第二版

橡胶模具实用手册

虞福荣　编　张国钧　主审

化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

橡胶技术论坛
WWW.GAOMO.NET

橡胶模具实用手册

第 二 版

虞福荣 编
张国钧 主审

化 学 工 业 出 版 社
材料科学与工程出版中心
·北 京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

橡胶模具实用手册/虞福荣编 张国钧主审. -2 版. 北京:化学工业出版社,2001.10
ISBN 7-5025-3561-6

Ⅰ.橡… Ⅱ.虞… Ⅲ.橡胶加工-模具-手册 Ⅳ.TQ330.4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 070969 号

橡胶模具实用手册
第二版
虞福荣 编
张国钧 主审
责任编辑:宋向雁
责任校对:陈 静
封面设计:蒋艳君
*
化学工业出版社
材料科学与工程出版中心 出版发行
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话:(010) 64918013
http://www.cip.com.cn
*
新华书店北京发行所经销
北京市燕山印刷厂印刷
三河市东柳装订厂装订
开本 850×1168 毫米 1/32 印张 24¾ 字数 695 千字
2001 年 10 月第 2 版 2001 年 10 月北京第 5 次印刷
印 数:12001—16000
ISBN 7-5025-3561-6/TQ·1469
定 价:58.00 元

版权所有 违者必究
该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

第二版前言

《橡胶模具实用手册》出版至今已逾多年，随着我国工业飞跃发展，新产品大量涌现，各类标准也有了很大的变化，为及时反映这一情况，满足广大读者的要求，编者在第一版的基础上进行了修订。

修订内容主要有以下几个方面。

1. 增加“橡胶压出成型模具”，使橡胶模具主要种类基本上齐全。橡胶压出成型模具也是橡胶制品一种不可缺少的制造工艺。

2. 增加“实践与经验”，这部分内容是编者在总结近几年生产实践与经验的基础上，补充的一些经过生产考验的新产品和新技术。

3. 删除和更改第一版中现已淘汰和作废的标准，全面更新为相应现有最新标准。

4. 增加“模具常用数据与资料”，使读者查阅方便。

在修订过程中，编者听取了各方面有关人士的宝贵意见，修订初稿完成后送与上海橡胶制品公司技术管理部张国钧高级工程师（教授级）主审，在此对本手册修订工作中给予本人协助和提供宝贵资料的上海橡胶模具厂蔡恩祥、上海橡胶制品四厂方舒平、航天部三五三六厂胡颖峰及有关同志表示衷心的感谢。由于编者水平有限，调查研究不够，书中仍会出现缺点和错误，恳切希望广大读者继续提出批评和建议。

编　者

2001 年 5 月

第一版前言

橡胶模具对产品质量和生产效率有直接的影响（在一定条件下甚至是决定性的影响）；另一方面，橡胶模具的造价高、生产周期长，而且橡胶厂多由不太精通模具结构设计和使用的用户单位提供模具，致使橡胶制品质量差、生产效率低、严重制约生产的发展。因此，普及和提高橡胶模具结构设计技术知识已成为当务之急。

为总结和推广橡胶模具设计和应用方面的经验，特把本人20多年来从事橡胶模具设计及应用推广的实践积累汇编成书，以求有助于橡胶模具技术的发展，为加速社会主义现代化建设服务。

全书分上、下二篇。上篇主要介绍橡胶模具实践与应用经验；下篇主要介绍典型、实用、新型、标准化橡胶模具结构，共计200套，是根据本人多年来设计的近3000套橡胶模具及国内外收集的2000余套模具资料中精选出来的。

书中的模具结构图和示意图均以国家标准为基础，兼顾习惯画法，以能说明问题为主。

在本书编写过程中，承蒙化工部西北橡胶工业研究所李书春高级工程师主审，刘俊平高级工程师和林佩珍工程师审阅。本书还得到上海橡胶制品四厂张国钧总工程师、北京化工大学高瑞源教授、上海橡胶工业职工大学张吉甫讲师的大力支持和校阅，此外，上海橡胶模具厂熊杏娣、项黎英工程师及中国橡胶工业协会机头模具协会顾问朱敏厂长也对本书进行了审核，在此一并致谢。

由于编者理论水平有限，调查研究还不够广泛深入，因此，缺点和错误之处在所难免，恳切希望读者批评指正。

编　者

1998年8月

内 容 提 要

本手册主要介绍橡胶模具设计实践与应用，内容包括：铰链式、轴向分型、冲切与组合式、夹布制品、少无厚薄飞边制品、O形圈等橡胶模具设计实践与应用；橡胶制品收缩率；橡胶制品中嵌件与模具结构的关系以及橡胶压出模具、制品脱模与管理方法等。

本书还重点介绍了各类橡胶工业制品模具设计中典型、实用、新型、特殊结构图例共200余幅，并附有简要说明、结构特点、适用范围、设计要点和零部件图表；此外还列举了23种常用橡胶工业制品标准化模具结构以及实践与经验介绍。

附录中有橡胶密封制品常用标准及模具设计常用数据等。

本手册可供橡胶模具设计人员、橡胶加工行业技术人员及有关院校师生参考。

目　　录

第一章　绪论 …… 1
1.1　橡胶模具发展现状 …… 1
1.1.1　国内现状 …… 1
1.1.2　国外现状 …… 2
1.2　我国橡胶模具的改进和研究方法 …… 2
1.2.1　解决存在问题开发新课题 …… 2
1.2.2　提高技术水平改善组织管理 …… 6
第二章　橡胶模具结构设计 …… 8
2.1　模具分型面设计 …… 8
2.1.1　分型面与制品工作面的关系 …… 8
2.1.2　分型面与制品厚度的关系 …… 10
2.1.3　分型面与模芯、镶块的关系 …… 13
2.2　模具的定位 …… 16
2.3　模具外形尺寸 …… 18
2.3.1　模具外形尺寸与模腔数的关系 …… 18
2.3.2　模具外形尺寸与模具结构的关系 …… 20
2.4　模具结构发展 …… 24
第三章　铰链式橡胶模具 …… 31
第四章　轴向分型模具 …… 34
4.1　轴向分型模具的特点 …… 34
4.2　轴向分型模具加工 …… 36
第五章　特殊冲切与组合式橡胶模具 …… 40
5.1　特殊冲切橡胶模具 …… 40
5.2　组合式模具 …… 42
第六章　粘合密封垫圈模具 …… 45
6.1　粘合密封垫圈的应用 …… 45
6.1.1　结构和特点 …… 45

6.1.2 尺寸系列与技术要求 …… 46
6.1.3 材料选择 …… 46
6.2 粘合密封圈的模具结构 …… 47
第七章 橡胶模压制品空气压出与空气成型硫化 …… 50
7.1 橡胶模压制品空气压出 …… 50
7.1.1 胶套空气压出 …… 50
7.1.2 超长密封嵌条制品空气压出 …… 52
7.1.3 模压小型制品空气压出 …… 53
7.2 橡胶制品空气成型硫化（蒸气成型法） …… 55
7.2.1 小型轮胎 …… 55
7.2.2 超长、无模芯波纹软管 …… 55
7.2.3 拼合式鼓形制品 …… 56
7.2.4 大型橡胶制品 …… 56
第八章 大型橡胶制品模具 …… 59
第九章 橡胶压铸成型模具 …… 62
9.1 压铸成型 …… 62
9.2 压铸成型模具原理 …… 62
9.3 压铸成型模具结构 …… 63
9.3.1 薄壁制品压铸成型模具 …… 63
9.3.2 厚壁制品压铸成型模具 …… 66
9.3.3 多孔、易弯小模芯压铸成型模具 …… 69
9.3.4 夹有织物制品压铸成型模具 …… 71
9.3.5 正压反铸成型模具 …… 74
9.3.6 其他压铸成型模具 …… 75
9.4 压铸成型模具设计 …… 83
9.4.1 设计要求 …… 83
9.4.2 压铸系统设计 …… 83
9.4.3 其他系统的设计与计算 …… 103
9.5 压铸成型模具工艺要求 …… 104
9.5.1 模具材料的选用 …… 104
9.5.2 热处理与表面处理 …… 104
9.6 典型结构 …… 109
第十章 夹布橡胶制品模具 …… 115

10.1 低压密封夹布橡胶制品模具 …… 115
10.2 中压夹布制品模具 …… 119
10.3 高压夹布制品模具 …… 120
10.4 夹布制品的收缩率 …… 122
第十一章 橡胶制品无、少、薄、厚飞边模具 …… 126
11.1 概述 …… 126
11.1.1 飞边厚度与余料槽及半成品质量的关系 …… 126
11.1.2 飞边厚度与胶料硬度、模具结构形式的关系 …… 128
11.2 无飞边模具 …… 129
11.3 少飞边模具 …… 134
11.4 薄飞边模具 …… 137
11.5 厚飞边模具 …… 141
第十二章 橡胶制品收缩率 …… 144
12.1 橡胶收缩率变化因素 …… 144
12.2 胶料收缩率的规律性 …… 145
12.3 橡胶收缩率的计算方法 …… 147
12.4 部分胶料收缩率 …… 149
12.5 模具模腔尺寸计算 …… 153
12.6 常用收缩率（1%～2.5%）计算表 …… 162
第十三章 橡胶O形圈模具 …… 195
13.1 概述 …… 195
13.2 橡胶O形圈模具结构设计 …… 196
13.3 O形圈模具制造 …… 203
13.3.1 180°分型面O形圈模具 …… 203
13.3.2 45°分型面O形圈模具 …… 208
13.3.3 轴向分型面O形圈模具 …… 215
13.3.4 模具工艺 …… 216
第十四章 模压制品二次硫化成型法 …… 218
14.1 二次硫化成型工艺 …… 219
14.1.1 第一次成型法 …… 219
14.1.2 第二次成型法 …… 220
14.2 预成型半成品测定方法 …… 227
14.3 注意事项 …… 229

第十五章　嵌件与模具 …… 230
15.1　嵌件种类与要求 …… 230
15.1.1　嵌件作用与分类 …… 230
15.1.2　带嵌件制品工艺要求 …… 230
15.1.3　嵌件粘合与镶嵌 …… 231
15.2　模具结构 …… 236
15.2.1　嵌件制品与模具结构的关系 …… 236
15.2.2　嵌件定位与取出 …… 240
15.3　嵌件精度 …… 260
15.4　注意事项 …… 266
第十六章　油封模具结构设计与收缩率计算 …… 269
16.1　油封的技术要求与制造工艺 …… 269
16.2　模具结构设计 …… 270
16.2.1　单、双唇口油封模具 …… 270
16.2.2　三唇口油封模具 …… 271
16.2.3　模具系列化、标准化 …… 271
16.3　油封收缩率计算与模腔尺寸的标注 …… 277
第十七章　高难度橡胶制品模具结构 …… 281
17.1　超长、连杆防尘套 …… 281
17.1.1　模具结构 …… 282
17.1.2　加工方法与操作程序 …… 284
17.2　内外齿形变速带 …… 286
17.3　波纹形夹布导管 …… 290
17.3.1　普通模压法 …… 292
17.3.2　充气模压法 …… 292
第十八章　橡胶压出成型模具 …… 294
18.1　概述 …… 294
18.2　压出工艺对设备的要求 …… 295
18.2.1　压出设备与工艺要求 …… 295
18.2.2　压出变形与膨胀的规律 …… 297
18.3　压出成型（口型）模具的设计 …… 300
18.3.1　口型模具设计的一般原则 …… 300
18.3.2　设计步骤与方法 …… 302

18.4 口型模安装与调试 …… 312
18.4.1 口型模的操作、调试要点与工艺要求 …… 312
18.4.2 口型模的安装与调试 …… 312
18.4.3 部分型材压出方法 …… 316
18.5 口型模的典型结构 …… 318
第十九章 实用橡胶制品脱模方法 …… 323
19.1 手工脱模 …… 324
19.1.1 小型防尘套制品脱模方法 …… 324
19.1.2 烟斗形护套（罩）制品脱模形式与方法 …… 327
19.1.3 I形制品脱模形式与方法 …… 328
19.1.4 弯管制品脱模形式与方法 …… 331
19.2 机械脱模 …… 334
19.3 空气脱模 …… 337
19.4 变形脱模 …… 338
19.5 模芯脱模 …… 340
19.6 镶块脱模 …… 342
19.7 其他脱模 …… 343
第二十章 橡胶模具管理 …… 346
20.1 模具的验收 …… 346
20.1.1 初检 …… 346
20.1.2 入库登记 …… 347
20.1.3 模具报告单 …… 347
20.2 试模与核样 …… 348
20.2.1 试模 …… 348
20.2.2 核样 …… 349
20.2.3 制定正规硫化工艺 …… 349
20.3 模具清洗和保养 …… 349
20.3.1 模具的清洗 …… 349
20.3.2 模具的保养 …… 351
20.4 模具档案 …… 353
第二十一章 橡胶一般介绍 …… 355
21.1 概述 …… 355
21.2 分类 …… 355

21.3 主要特性与用途 …… 355
21.4 橡胶（胶料）的主要质量指标 …… 357
第二十二章 橡胶模具结构设计 …… 359
22.1 密封圈制品类模具结构 …… 359
22.1.1 O形密封圈 …… 359
22.1.2 矩形密封圈 …… 370
22.1.3 方形密封垫圈、垫片 …… 378
22.1.4 油封、皮碗 …… 382
22.1.5 环状密封圈 …… 396
22.2 胶套制品类模具结构 …… 401
22.2.1 管形制品（直管、弯管） …… 401
22.2.2 波纹胶管（防尘套） …… 419
22.2.3 橡胶护套 …… 431
22.2.4 胶囊制品 …… 465
22.3 橡胶嵌条类模具结构 …… 471
22.3.1 门窗密封嵌条 …… 471
22.3.2 专用密封嵌条 …… 475
22.3.3 带骨架密封嵌条 …… 483
22.4 减震器（垫）制品类模具结构 …… 485
22.4.1 平板式减震器 …… 485
22.4.2 圆筒形减震器 …… 487
22.4.3 圆锥形减震器 …… 493
22.4.4 连接减震器 …… 495
22.4.5 双U形剪切减震器 …… 501
22.4.6 其他减震器 …… 503
22.5 胶轮、胶带制品类模具结构 …… 513
22.5.1 实芯轮胎 …… 513
22.5.2 镶嵌轮胎 …… 515
22.5.3 空芯轮胎 …… 517
22.5.4 胶轮 …… 519
22.5.5 胶带 …… 527
22.6 橡胶膜片、阀门制品类模具结构 …… 531
22.6.1 纯胶、夹布薄膜 …… 531

22.6.2 阀片、阀门 …… 535
22.7 大型制品类模具结构 …… 541
22.7.1 接长、接圆制品 …… 541
22.7.2 分段拼接模具 …… 543
22.7.3 无模芯、充气硫化模具 …… 549
22.7.4 衬胶法模具 …… 553
22.7.5 简易法模具 …… 559
22.8 其他制品类模具结构 …… 561
22.8.1 生活用品 …… 561
22.8.2 胶板、胶垫 …… 569
22.8.3 橡胶轴承 …… 577
22.8.4 杂件 …… 581
22.8.5 电缆护套 …… 619
22.8.6 海绵零件 …… 633
第二十三章 常用橡胶制品标准化模具 …… 635
23.1 模具结构与分类 …… 635
23.2 O形密封圈标准化模具 …… 635
23.3 V形密封圈标准化模具 …… 664
23.4 J形密封圈标准化模具 …… 666
23.5 橡胶套圈标准化模具 …… 671
23.6 模具通用零部件 …… 675
23.6.1 导销 …… 675
23.6.2 手柄 …… 676
第二十四章 实践与经验 …… 677
24.1 一般模压制品的生产经验 …… 677
24.1.1 型芯定位 …… 677
24.1.2 球形制品、空芯O形圈制品模具与发泡剂选用 …… 677
24.1.3 提高模压制品表面粗糙度的措施与方法 …… 679
24.1.4 汽车用橡胶刮水器胶条切割与碾压方法 …… 681
24.1.5 防止帘线、钢丝绳起弓、弯曲的改进方法 …… 682
24.1.6 防止夹有帘布（带）模压制品起弓的改进方法 …… 683
24.1.7 防止条状接长模压制品弯曲、起弓的改进方法 …… 685
24.1.8 薄膜皮硫模具与工艺方法的改进 …… 685

24.1.9 橡胶缩边（溢边）原因与改进方法 …… 687
24.1.10 硬质橡胶开裂原因与改进方法 …… 687
24.1.11 盐浴硫化的改进 …… 688
24.1.12 减少外骨架油封胶边（飞边）的措施 …… 688
24.2 油封的生产经验 …… 690
24.2.1 油封使用时泄漏量 …… 690
24.2.2 油封的使用寿命 …… 690
24.2.3 橡胶油封试验要求 …… 691
24.2.4 流体动力油封介绍 …… 692
24.3 其他经验 …… 693
24.3.1 金属骨架表面化学处理方法 …… 693
24.3.2 金属骨架脱胶处理方法 …… 693
24.3.3 橡胶平板硫化机全自动控制 …… 694
24.3.4 包覆、复合（聚四氟乙烯/橡胶）密封圈模具与工艺 …… 694
附录A 橡胶密封制品常用标准 …… 702
附录B 模具设计常用数据 …… 767

第一章　绪　　论

1.1　橡胶模具发展现状

1.1.1　国内现状

目前国内有关书刊、资料对橡胶模具的设计、制造和应用报道较少，实际上，橡胶工业制品就产量和品种而言，不亚于其他工业制品。例如：1辆丰田1.25t小型汽车上的橡胶配件不少于200种；1枚中型导弹上的橡胶制品不少于100种；而1辆小型摩托车上的橡胶制品也不少于50种。由此可见对橡胶模具的需求也是相当大的。橡胶模具对橡胶产品质量和生产效率有很大影响，在一定条件下甚至是决定性的。但我国橡胶模具的设计与加工都落后于其他模具行业，不能适应橡胶制品的生产与发展，主要原因有以下几点。

（1）长期以来，国内多数橡胶企业和科研部门采用用户提供的模具来加工橡胶制品，并且多数用户单位通常不十分精通橡胶模具设计和模具使用情况，所以，橡胶制品的质量和产量往往取决于来模。由于模具质量低劣（一模一腔模具普遍存在），造成某些产品质量不稳定、产量降低。

（2）橡胶生产企业及科研单位大都侧重于橡胶物理性能、新产品试制工作，而不太重视模具结构的开发和研究，同时缺乏橡胶模具研究人员和加工手段，通常依靠外加工。实际上，橡胶模具在橡胶制品生产工艺过程中是最重要的工具之一，甚至可以说橡胶制品的价值在一定程度上是在模具中形成的。

（3）发展不平衡。长期以来由于模具设计加工与使用不统一，使得模具结构五花八门，有的结构笨重、操作繁琐，严重影响生产率的提高。同时制造一副多模腔模具的费用较高，加工周期又长，一旦不能使用，就会造成浪费。

1.1.2 国外现状

国外橡胶公司所属制品厂，都十分重视橡胶模具研究，均自行设计和制造部分和大部分模具（包括骨架、弹簧等配件生产），大大提高了生产效率。同时，由于认识到模具是保证产品质量和高效率生产的关键所在，各厂都配有设计和制造模具的专门力量。

国外橡胶模具发展的共同特点是精密化、多模腔，与主机配合使用，自动推出、顶出零件或采用压缩空气从模腔中吹出零件，操作方便、迅速。对于固定在平板上的模具，有的直接用压缩空气把零件吹至平板后面的容器中。此外，还特别重视薄飞边或无胶边模具的研究与制造，以及超多孔模腔的应用。如英国道蒂密封件厂生产的小规格O型密封圈模具一模多达170余个模腔；有的油封模具也有数十个模腔（无骨架）、带骨架的中小型油封一模多达16个模腔。加料采用多孔抽板式料斗，修边采用冷冻去边，O形圈错位及飞边厚度一般不超过0.05～0.10mm范围。

另外，国外已普遍采用快速和省力的立式或卧式注压机及注压模具，约占生产量的20%左右。

1.2 我国橡胶模具的改进和研究方法

1.2.1 解决存在问题开发新课题

1.2.1.1 大型、薄壁（空心）O形密封圈制品

如图1-1所示。

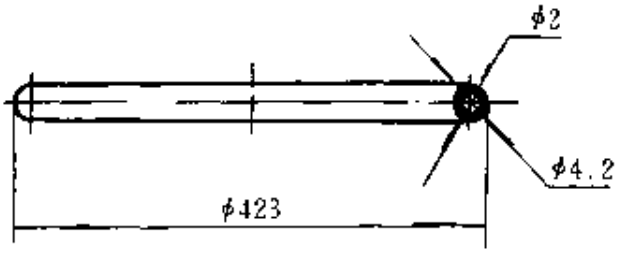


图1-1 空心O形密封圈

图1-1中制品虽然比较简单，但由于壁薄，故搭接面难。制品在模具中硫化时，易于变形、开裂、粘合。合理的模具结构与工艺有待进一步提高和开发（按现有设备采用挤出胶管，切成45°斜口，搭接后充气模压硫化）。

1.2.1.2 密集形孔距橡胶垫块（接插件绝缘、密封垫块）

如图1-2（a）、（b）、（c）所示。

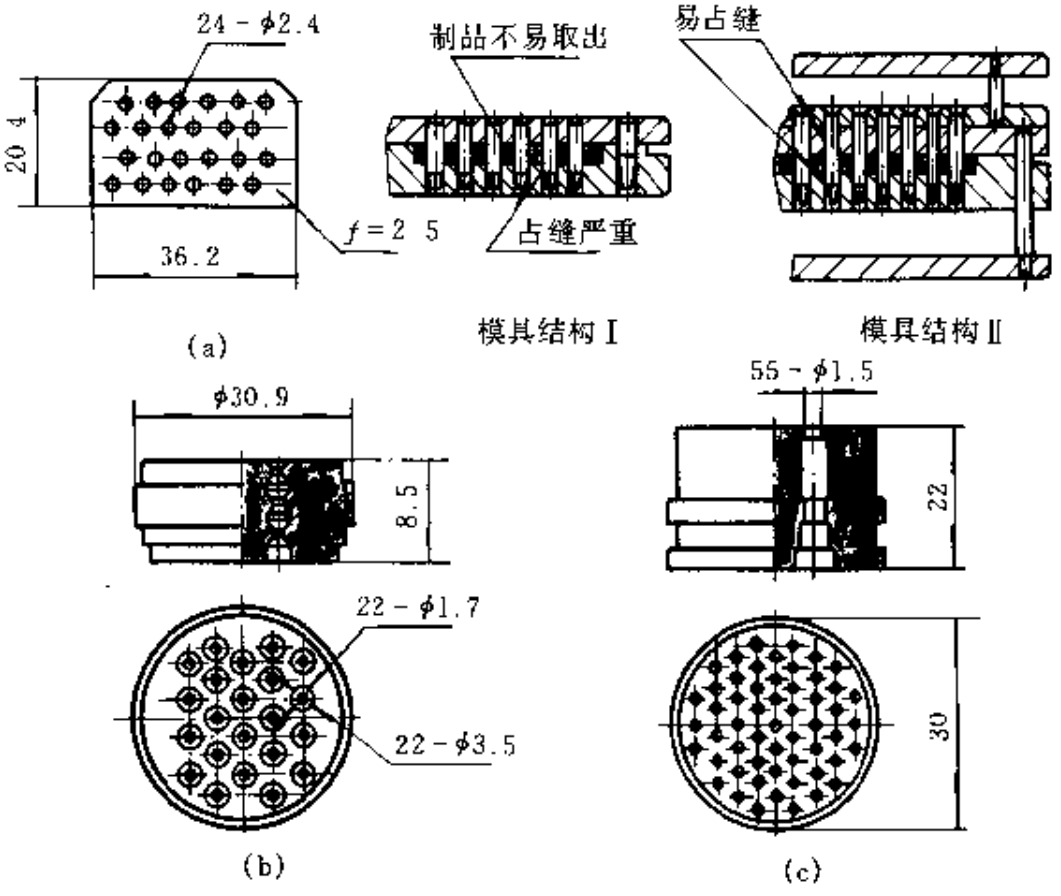


图 1-2　密集形孔距接插件橡胶垫块

图 1-2 所示的（a）、（b）、（c）制品，胶料硬度低于 60（邵尔），其模具结构设计难度不太大，但由于橡胶硫化时间长、流动性好，造成模芯与模板间隙配合处占缝严重。即使模具配合处仅留 0.01mm 间隙，橡胶飞边占缝也很严重，它给清理密集形模腔孔和模芯中间飞边带来很大困难，难以正常生产。这是该类制品最难解决的问题之一。如果胶料硬度大于 70，模具打开和制品取出都较困难，国内大量生产尚未

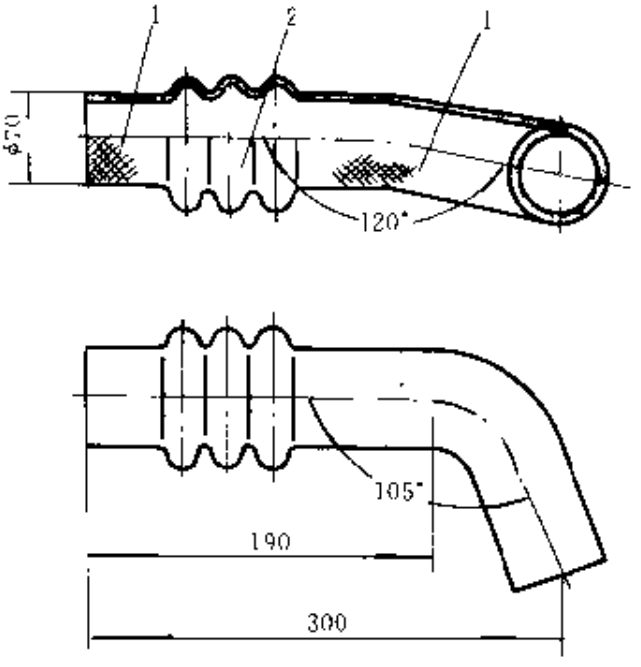


图 1-3　夹布、波纹连接弯管

1　夹布；2　纯胶

过关。国外采用注压、高速硫化或浇铸法成型模具。

1.2.1.3　夹布、波纹连接弯管

图 1-3 中制品根据使用要求，两端为夹布橡胶，它给模具中模芯取出带来一定的困难，虽然模芯可制成分块抽芯，但由于制品硬度高(邵尔 75)、模芯偏长，造成模具结构复杂化。因此必须对模具结构加以改造优化，才能提高生产效率，改善模压制品质量。该类形状制品如为纯胶制品，可采用挤出胶管、充气成形硫化方法获得。

1.2.1.4　流体动力油封模具设计与制造

制品结构如图 1-4 所示。

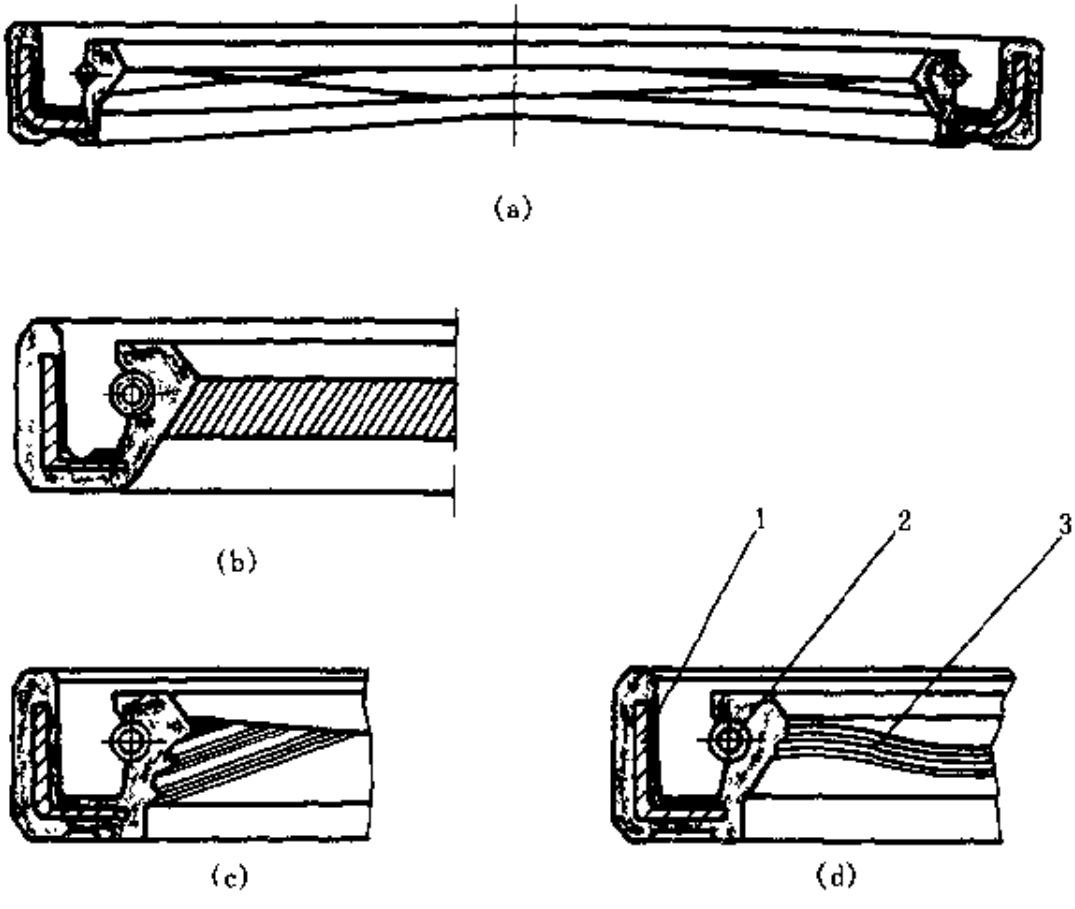


图 1-4　流体动力油封

(a)、(d) 双向动力油封；(b)、(c) 单向动力油封；

1—金属骨架；2—弹簧；3—工作面

对于矿山机械、打夯机或运动赛车的曲轴油封，由于轴的高速旋转、震动偏心及高温，普通油封满足不了要求，因而促进了流体动力

油封的发展，在国外已大批量生产，并广泛使用。我国只有少量采用，其主要原因仍为模具的设计与制造问题。

除此之外，橡胶模具设计、制造与应用还有很多课题有待我们去研究和开发。

(1) 超多孔（100 余孔以上）模具结构，特别是高精度小规格 O 形圈模具，并且要求飞边厚度≤0.06mm（便于冷冻去边），国外专业密封件厂已大量采用。国内采用较少，并且飞边厚度>0.10mm，以手工修边或磨削，制品外观质量较差。

(2) 超多孔 45°分型面 O 形密封圈模具（25 孔以上），国内除了河南新乡平原机械制造公司所属五分厂能生产高质量 25 孔 45°分型模具外，其余单位一般生产最多为 12 孔，有的专业模具厂至今还只能生产一模 4 孔甚至一模 1 孔的模具。

(3) 压铸、注射法模具应用与开发。国内除了沈阳地区 117 厂（黎明机械厂）大量采用外（塑料注射机改装），其他地区几乎还是空白或很少采用。在国外该类模具约占 20%左右。压铸法模具由于结构比一般压模复杂、成本高，用户单位应用较少。贵州遵义地区 3536 厂应用面较广，凡减震器、薄壁制品、细长模芯、两端大中间小以及超多孔、尺寸偏小矩形、宝塔形制品，多采用压铸法模具。

(4) 橡胶模具采用自动推出、顶出零件（制品或模芯）等与主机配套，并采用压缩空气吹出或真空吸盘法取出模压制品，国内还未大量应用，国外已普遍采用。

(5) 无飞边橡胶模具结构研究国内还处于探讨试验阶段，而国外由于大量采用冷冻去毛刺工艺，多模腔模压制品着重于薄飞边和少飞边、无飞边结构研究。采用冷冻去边工艺，制品飞边厚度要求≤0.1mm。

(6) 模具设计中除了要求结构合理外，对于胶料收缩率计算方法以及准确性研究，国内还处于经验与理论相结合方法阶段，并且资料少，研究人员更少。

此外，诸如带骨架密封橡胶嵌条、挤出口型模、带骨架伞形减震器、超长波纹管、超大型橡胶模具设计与制造等项目有待我们进行研

究和开发。

1.2.2 提高技术水平改善组织管理

提高模具的生产技术水平，可使橡胶制品质量迅速提高，产量成倍增长。否则，橡胶性能再好也收不到应有的效果。要解决的模具制造技术主要是精密性、多模腔、与主机的配合（自动推出和顶出等）以及薄胶边或无胶边。

我国橡胶模具技术素质较差，目前专业模具厂、专业模具车间及用户单位提供的橡胶模具精度偏低、标准化程度较差、结构各异，且多数模具模腔表面不镀硬铬、不淬火，造成某些橡胶制品表面粗糙、无光泽，外观质量差。如图 1-5 中所示极简单的超小型橡胶密封制品，它们广泛用于钟表、气体打火机、微型接插件密封等，使用量较大。它要求制品内外径表面光滑、无胶边，就模具结构而言，由于是超小型，给模具模腔加工、测量都带来困难。又因模具质量不过关，所以无法避免分型面所造成的飞边，目前只能依靠手工细致修边，工效极低，制品外观质量差，不能适应大批量生产。

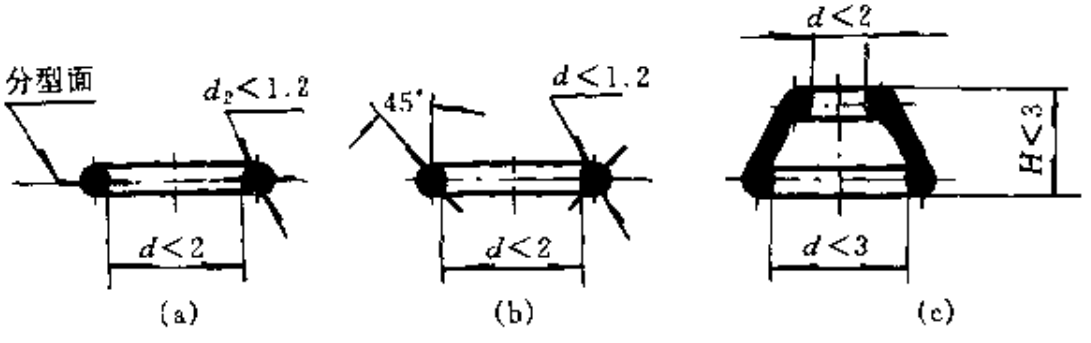


图 1-5 超小型橡胶密封制品

(a) 水平分型 O 形圈；(b) 45°分型 O 形圈；(c) 锥形密封圈

据不完全了解，国内橡胶模具技术方面领先的单位有以下几家。

(1) 沈阳 117 厂　该厂大量采用塑料注射机改装的橡胶注射机生产橡胶制品。

(2) 河南新乡平原机械制造公司所属五分厂　批量生产高质量 25 孔 45°分型而 O 形密封圈模具。

(3) 辽宁铁岭橡胶制品研究院　对国标 O 形密封圈系列化模具结构进行了研究与开发。

（4）贵阳3097厂（红阳机械厂） 对45°分型面O形密封圈模具及大型、复杂模具的结构设计和加工有一定经验。

（5）贵州遵义3536厂 主要研究模具结构、压铸法模具应用。

橡胶模具的生产组织要走专业化道路，建设专业化模具厂，制造通用化、标准化以及大型、复杂非标准化的模具和配套设备。

第二章　橡胶模具结构设计

橡胶模具是生产橡胶制品硫化的主要装备之一，模具设计的依据是制品形状、特性和使用要求，根据同一件橡胶制品可以设计出几种不同结构的模具。模具结构直接关系到制品质量、生产效率、模具加工难易程度和使用寿命等。因此，模具结构设计研究是相当重要的。

为了保证橡胶模压制品有正确的几何形状和一定的尺寸精度，模具结构设计应遵循几项主要原则。

(1) 掌握和了解橡胶制品所用材料的硬度、收缩率以及使用要求。

(2) 模具结构合理，定位可靠，操作方便，易于清洗和制品修边。

(3) 模具模腔数量适当，便于机械加工和模具使用，并应兼顾生产效率。

(4) 模具应有足够的强度和刚度，力求外形小、质量轻。

(5) 模具模腔使用时应便于装料、排气、逃余料；硫化时胶料应有足够压力。

(6) 模具设计应符合系列化、标准化，力求通用性好。

2.1　模具分型面设计

2.1.1　分型面与制品工作面的关系

制品的工作面分为静态和动态两类。静态工作面用于固定密封部位，动态工作面用于活动密封部位。如骨架油封外径为固定密封，内径为活动密封。

模具设计者及有关工艺人员应根据橡胶制品形状和制品名称含义，分析和确定制品工作面，特别是活动工作面部位——密封唇口，设计模具时应确保该工作面及唇口有较高的粗糙度，并使模具的分型面尽量避开制品的工作面或唇口。但目前很多橡胶制品未标注其工作面部位，给模具设计工作带来一定困难。

对于多数油封、皮碗、防尘圈、O形圈等制品，因为没有标注其工作唇口，除专业生产厂外，模具生产者往往按模具加工方便选取唇口交点选取分型面，由于留有配合间隙而导致制品产生飞边。一些有条件的专业工厂，可采用磨削、车削工艺去除飞边，但多数还是采用修边工艺，造成制品唇口缺陷（修剪过量或残留飞边），影响使用效果。

实践证明，直接模压唇口加工方法从质量和工效方面都优于磨削、车削工艺。因为后者工艺繁琐，加工后的唇口如在高倍显微镜下观察，唇口尖锐、毛刺严重，对使用效果有影响。

直接模压法制造唇口，在结构设计上的主要问题是模具的加工以及模压操作中制品的取出，如果生产得法，可获得理想效果。下面介绍模压法一次成型模具结构。

(1) 制品为倒角形唇口，如图 2-1 所示。断面形状一次成型，典型模具结构见图 2-2。

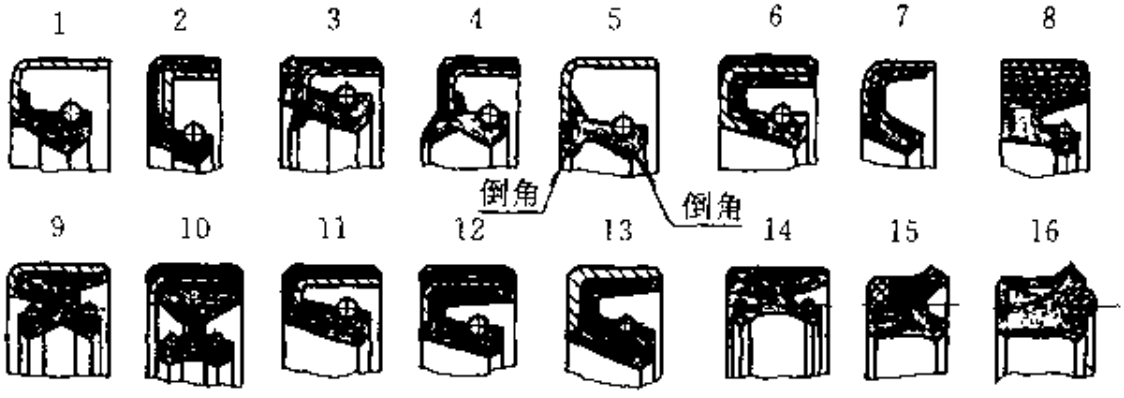


图 2-1　倒角唇口部分制品断面形状

(2) 制品为尖角形唇口，如图 2-3 所示。一次成型典型模具结构如图 2-4。

采用图 2-4 中 10°～30°分型结构模具加工精度较高，虽然制品修边有困难，但因唇口带有斜面，使用效果优于水平或垂直分型。此外模具开合方便，不易损坏配合面，使用寿命长。

水平分型模具成型的制品修边困难，难以达到光滑平整工作唇口，使用时或多或少会产生如图 2-5 所示的不良现象。

垂直分型的模具由于模具配合面不允许添加油类润滑剂，使用时

易于拉毛，特别是上模分型处的锐角，使用中易于倒钝和拉毛，模具开合困难，使用寿命短，并且造成制品带毛刺和胶瘤，影响密封效果（如图 2-6 所示）。

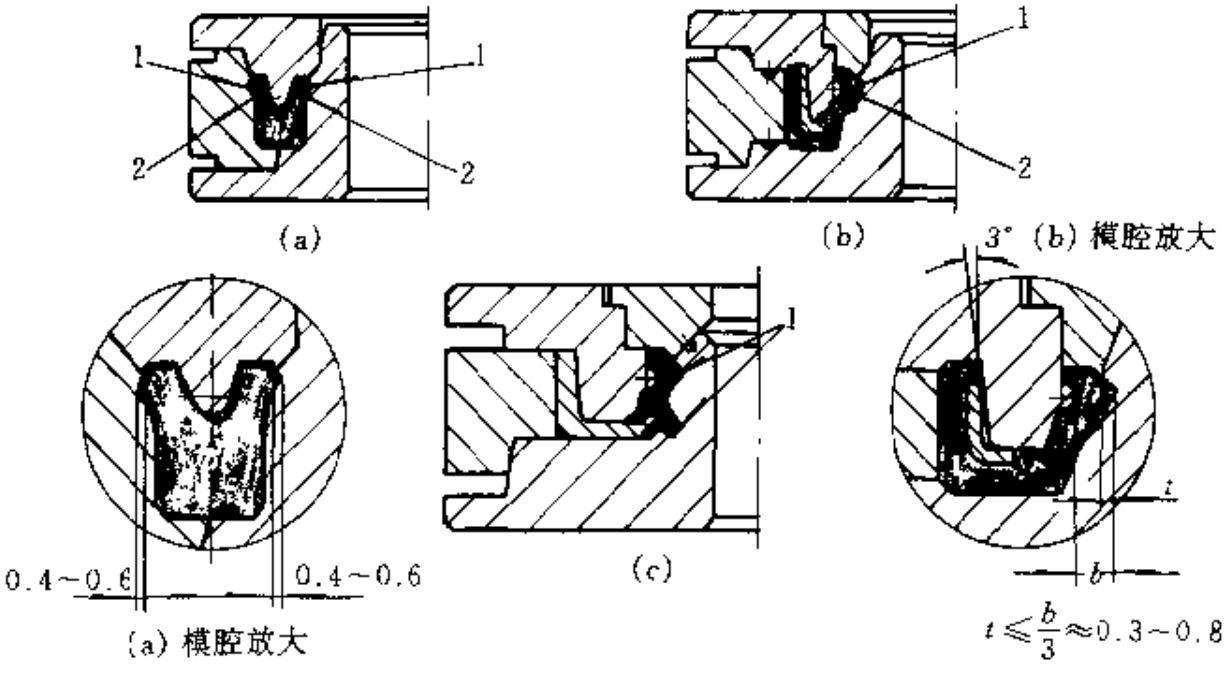


图 2-2　倒角唇口典型模具结构

1—工作唇口；2—工作面

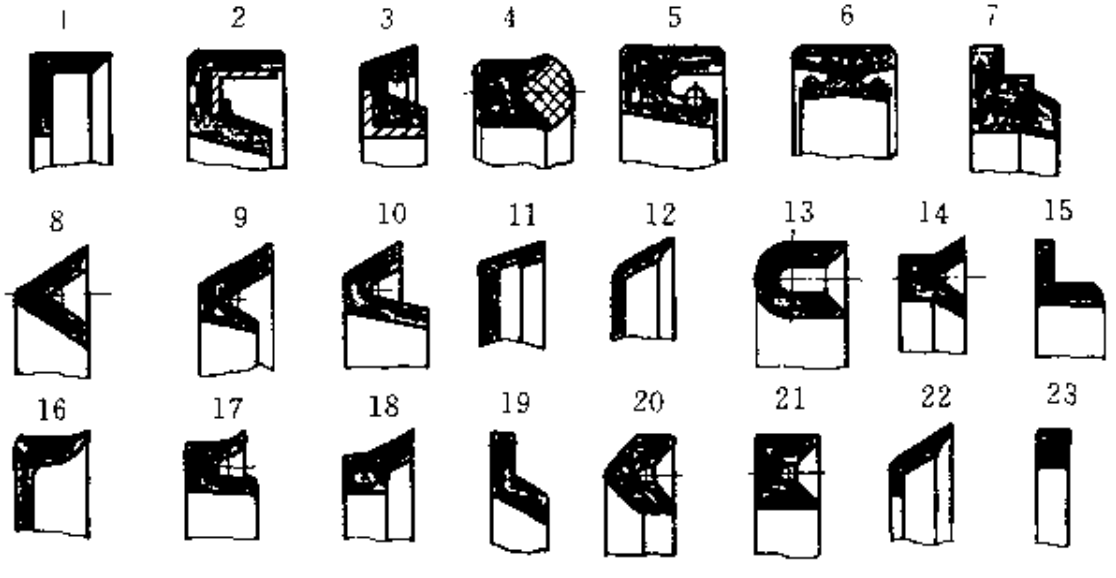


图 2-3　尖角唇口部分制品断面形状

2.1.2　分型面与制品厚度的关系

形状简单的橡胶制品，若模具分型面选取不当，往往给制品取出

造成困难，有时需采用钢针、铜杆挑取，这样不但影响生产效率，而且会降低制品质量，军工产品和影响人身安全的密封制品是不允许用钢针插入制品表面挑出的。

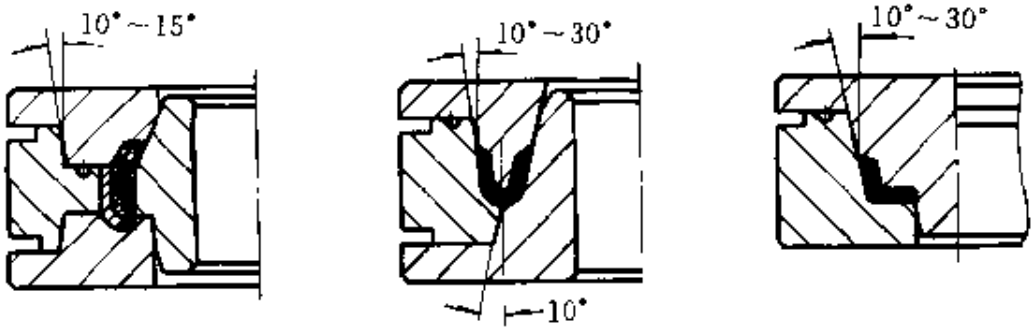


图 2-4　尖角唇口典型模具结构

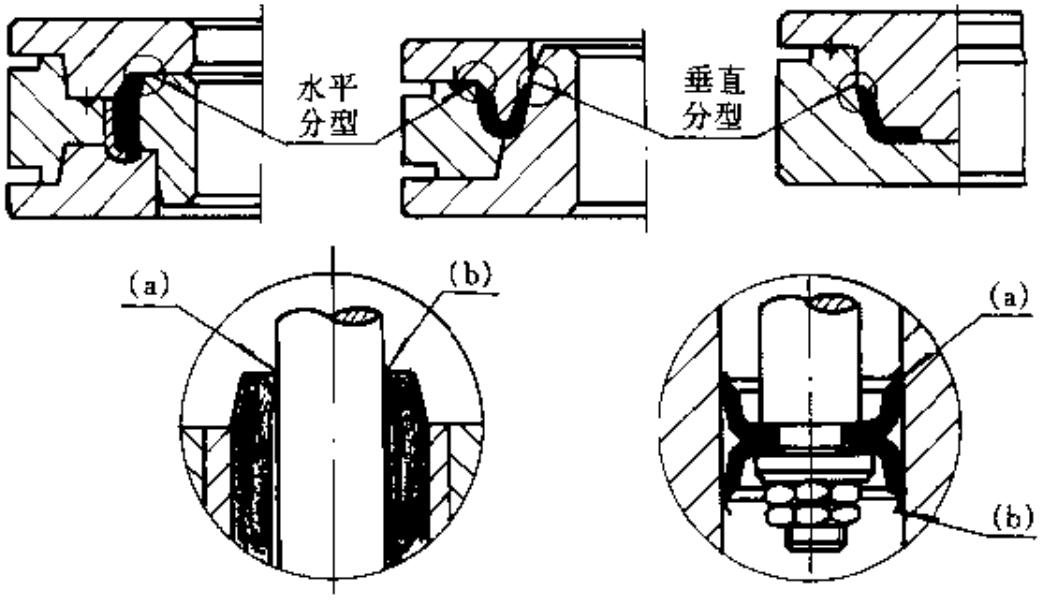


图 2-5　水平分型使用中不良现象

(a) 修边过量（唇口凹陷）；

(b) 修边不足（唇口外凸）

图 2-6　垂直（轴向）分型使用中不良现象

(a) 上模锐角倒钝（唇口胶瘤）；

(b) 模具拉毛或毛刺（唇口外凸）

一般认为，凡制品高度超过 3mm、断面小于高度尺寸或带有骨架的薄形制品（厚度＜3mm），在设计模具时都应该考虑制品排气和取出方便，否则会导致模具返工甚至报废。表 2-1 为分型面与制品厚度的关系。

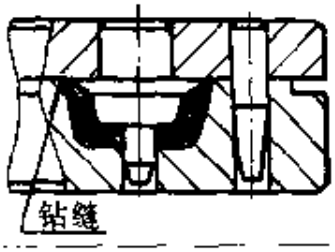
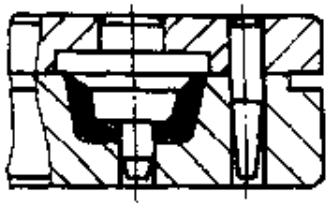
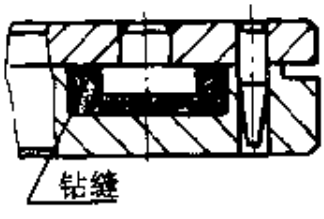
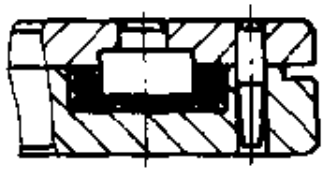
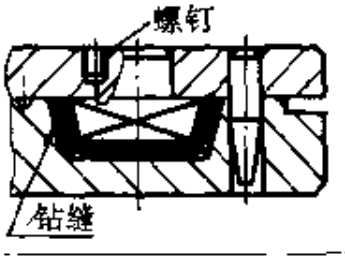
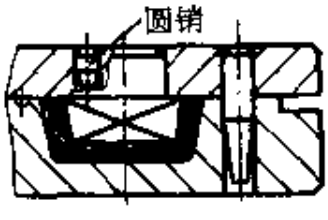
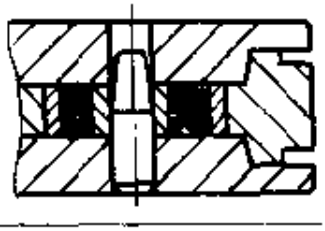
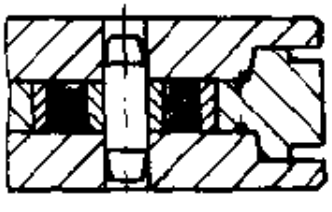
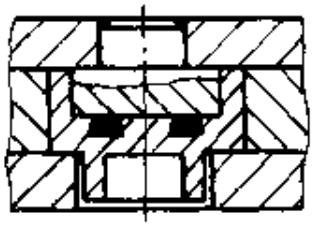
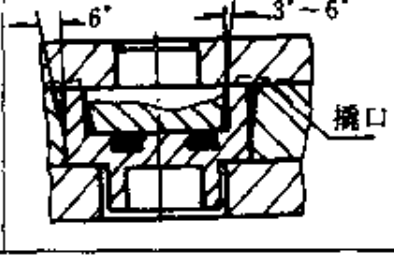
表 2-1　分型面与制品厚度关系示例

不妥当的形式	推荐的形式	说　　明
$d<20$，$h>3\sim6$	$d<20$，$h>3\sim6$	左图分型，制品取出困难；右图分型，镶模芯结构，加料、取件方便，并可采用块（粒）状加料法
$d>20$，$h>3\sim6$	$d>20$，$h>3\sim6$	左图分型，不适应硬料、流动性较差的胶料，模芯阻力大、飞边厚；右图分型，采用圈（环）状加料法，制品质量好，模具定位性能好
$d>20$，$h>6$	$d>20$，$h>6$	左图分型，当制品厚度 $h>6$mm 时，制品取出、模具开合比右图分型困难
$d>40$，$h>3$	$d>40$，$h>3$	左图分型，模腔为整体，加料硫化时不易排出空气，制品取出较困难；右图分型排气良好，制品取出也较方便
$h>2.5$	$h>2.5$	左图分型，为典型方形垫片模具结构，加工方便，但厚制品取出困难；右图分型，利用小模芯孔用铜杆取出制品既快又好
骨架，h		因制品带有骨架，采用右图分型，有利于制品取出；当 $h>3$mm 时，右图中模可采用不带台阶模板
骨架		因制品带有骨架，采用右图分型，有利于制品取出

2.1.3 分型面与模芯、镶块的关系

(1) 分型面与模芯的关系　橡胶制品中各类套管、橡胶轴承、油封皮碗等模具结构都离不开模芯和镶块。实践证明，设计中由于某些细节掌握不妥，会使模具产生一定的问题和弊病（见表 2-2）。其主要原因是国内橡胶厂实行来模加工橡胶制品，致使模具设计、制造、使用三者关系不协调。

表 2-2　分型面与模芯的关系示例

不妥当的形式	推荐的形式	说　　明
		左图分型，模芯易引起胶边钻缝、制品取出困难或造成唇口缺陷；采用右图垂直静配模芯，能避免上述问题
		左图分型，缺点同上，并且按机械结构原理，使用很普遍；右图分型结构合理
		左图分型，缺点同上，另外为了清除胶边，模芯定位不应采用螺钉定位，可按右图圆销定位
		带内外骨架或薄形铝合金制品，中心定位模芯可按右图两端间隙配合定位，便于先取下模芯，后取制品，左图取件困难
		带垂直配合面骨架定位模芯或模腔应按右图带 3°～6° 脱模工艺斜度，左图制品取出困难，右图上模中虚线表示对称撬口

续表

不妥当的形式	推荐的形式	说　　明
1×45°	3°	带骨架油封外径虽是工作面，不应按左图分型，应按右图分型，骨架定位应带3°工艺斜度，便于制品出模
	10° V形挡板	骨架或模芯定位，不论大小都应按右图10°单向锥面定位或双向10°锥面定位，$d<20$ 应配置V形定位挡板定位，左图模芯制品取出困难

（2）分型面与镶块的关系　不少橡胶制品在模具结构设计时为了使制品取出容易、操作和机械加工便利，往往采用镶块结构。

凡是有镶块结构的模具，必然出现镶块拼合面，镶块越多，分型面也越多，配合精度要求也越高，加工就越困难，并且制品外观质量也越差。所以，镶块越少越好。

镶块分为固定与活动式两种。面定式多用于卧式模具（制品轴向分型的模具）。在设计面定式镶块时应考虑镶块定位与紧固强度。如图2-7。该模采用左右镶块，有利于机械加工。在硫化工艺操作中，合模时左右两端必须配置V形定位挡板。

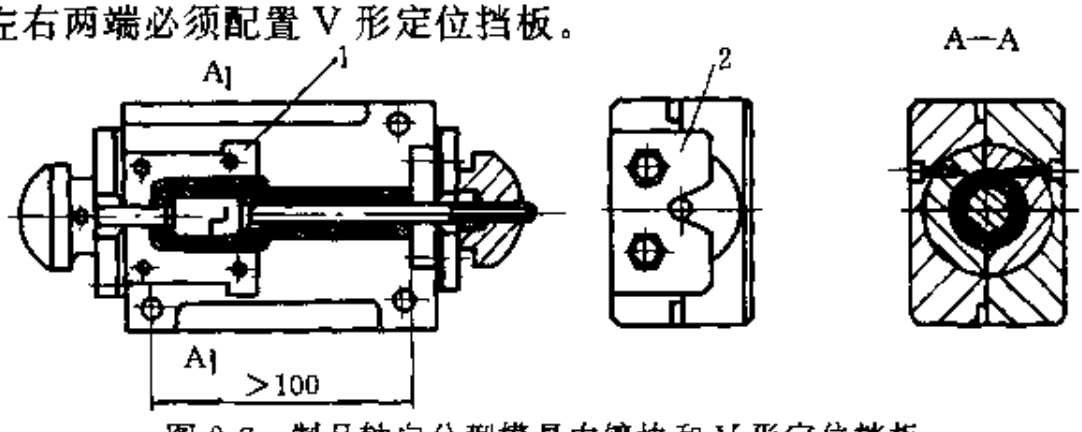


图2-7　制品轴向分型模具中镶块和V形定位挡板

1　反扣镶块；2—V形定位挡板

镶块或定位挡板在橡胶硫化过程中承受强大压力和胶料热膨胀力，因此，定位紧固螺钉应尽量采用大规格的，但由于模具地位限制，镶块可加工成带台阶反扣形式，如图 2-7 中左镶块。

活动式镶块用于中间小、两头大的制品，如图 2-8 穿线护套（又称镶圈、套圈）。由于制品中间小、两头大，整体加工对制品取出不利。但当 $d>10$mm 时，可以设计为整体镶块，如图 2-9 所示。硫化后利用橡胶的弹性，及未冷却制品的良好延伸性能，是能通过剥、拉、推、压等强制方法顺利通过 d 孔的，这样取出制品有利于模具加工，减少修边部位；模腔不受二瓣模结构影响，可大大提高模腔数量，并且制品外观质量好。

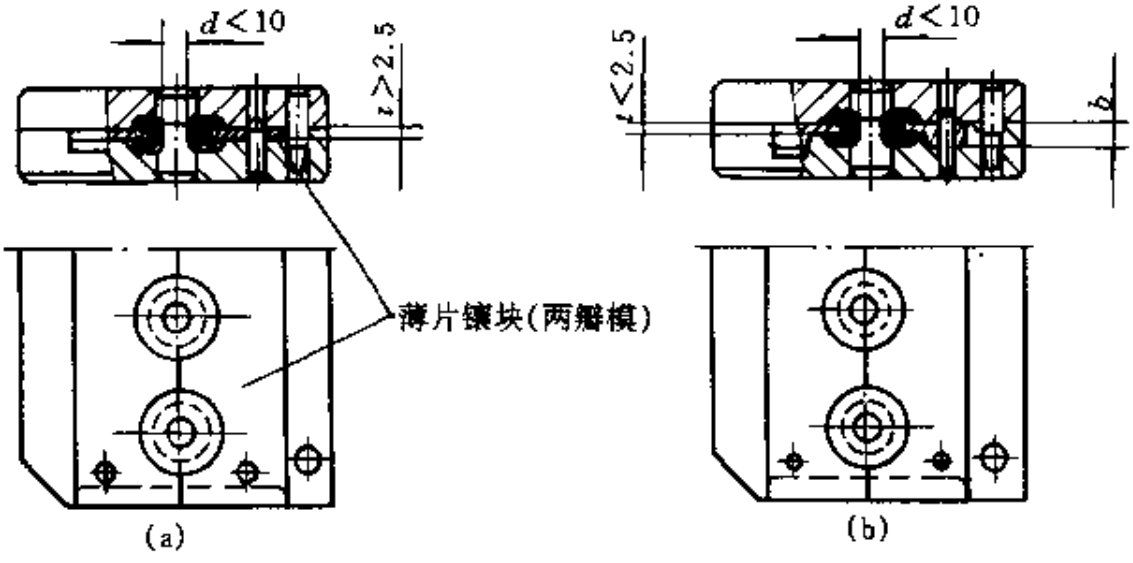


图 2-8　穿线护套 $d<10$mm 镶块结构

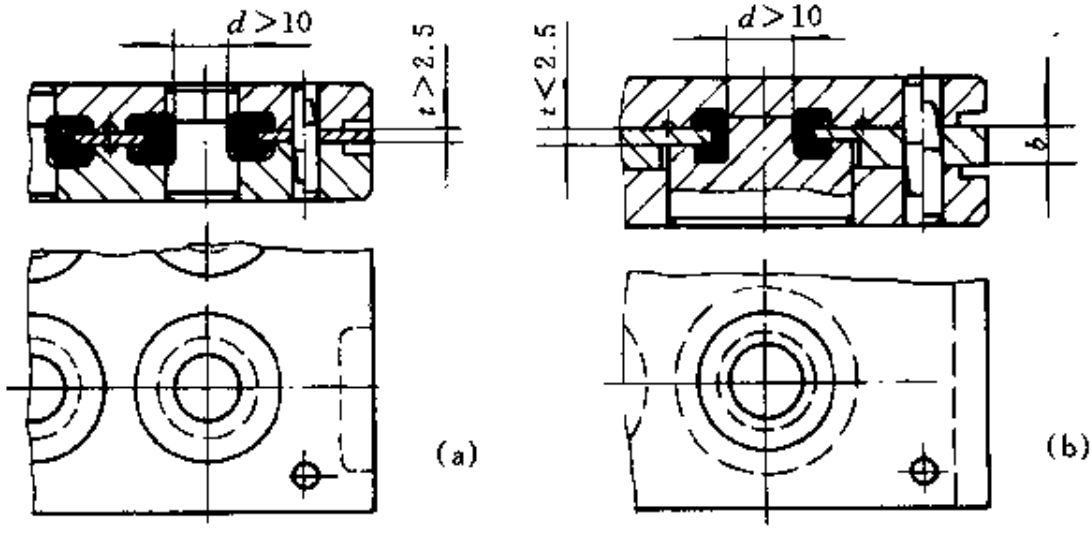


图 2-9　穿线护套 $d>10$mm 镶块结构

对于口径较小、硬度较低（邵尔硬度 65 以下）、薄壁（2mm 以下）的中孔制品，如热水袋模具、防毒面具、鼓形制品等都能通过剥、拉、推、压的方法取出制品。但对于硬度高、壁厚（>2mm）或带有骨架（特别是薄形外骨架）的制品，必须采用两瓣模镶块结构，否则取出制品较为困难。如图 2-10 和图 2-11 所示。

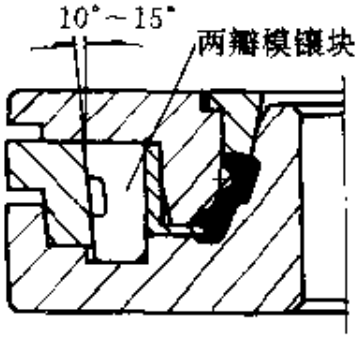


图 2-10　薄壁骨架两瓣模镶块

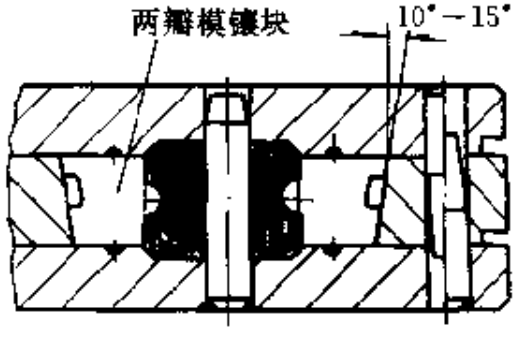


图 2-11　厚壁制品两瓣模镶块

2.2　模具的定位

模具模腔一般由多块模板拼合而成，要确保制品在模腔中获得准确的形状与位置，必须采用不同方式的定位，常用的定位方法有如下几种。

(1) 圆柱面定位如图 2-12 和图 2-13 所示。图 2-13 为圆柱面加强定位，适用于超长套管之类制品，它具有使制品壁厚均匀、模芯不易歪斜的特点（模芯下端定位形式 A 与 B 均可采用）。

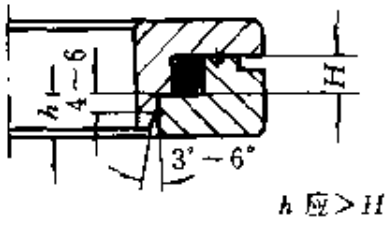


图 2-12　圆柱面定位结构

图 2-13　圆柱面加强定位结构

(2) 圆锥面定位　如图 2-14 所示。适用于环状制品多层模板定位，其特点为：定位可靠、使用方便，加工精度偏高，但如方法得当加工并不困难，它允许相互配作，是使用最广的模具定位方式之一。

(3) 斜边定位　如图 2-15 所示。它适用于各种橡胶嵌条模具定位；也适用于多孔制品加强定位，确保制品同轴度，如图 2-16。

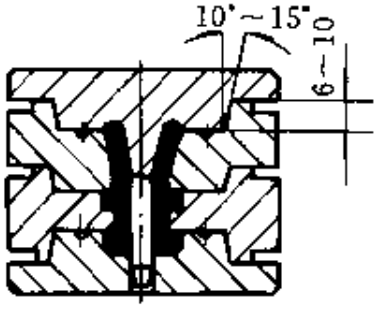


图 2-14　圆锥面定位

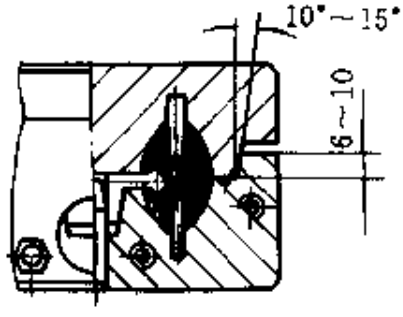


图 2-15　斜边定位

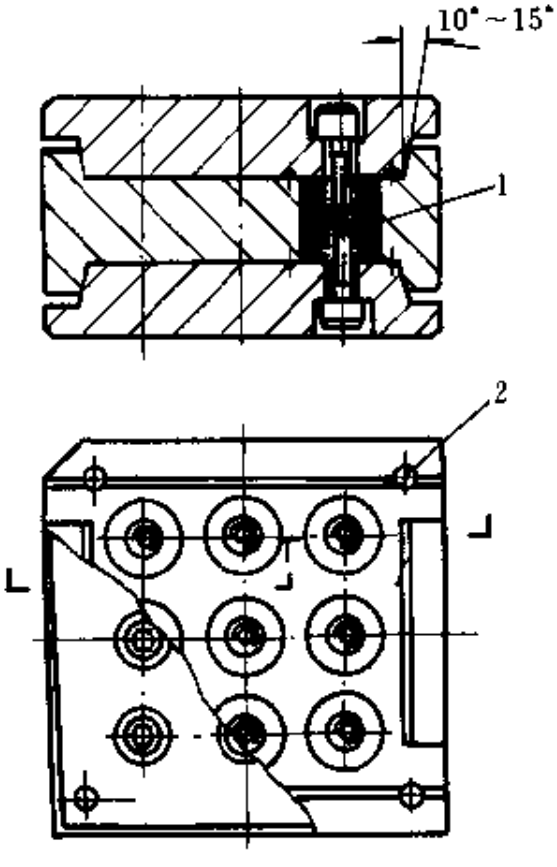


图 2-16　多孔制品加强斜边定位

1—制品（减震器）；

2—导销（上、下各 2）

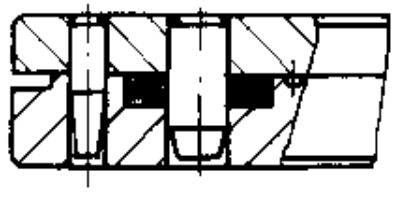


图 2-17　导柱(导销)定位

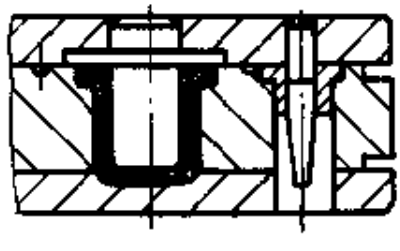


图 2-18　导柱、导套定位

注：图 2-18 制品也可采用图 2-16 斜边加强定位

斜边定位的特点是：定位可靠，操作方便，模具使用寿命长，配合精度高，但加工困难。

（4）导柱、导套定位　如图 2-17 和图 2-18 所示。图 2-18 中的导套多选用于模芯端面无定位作用的模具结构。其特点是：导柱、导套经热处理、精磨后配合精度高，耐磨损、使用寿命长、调换方便，但加工繁琐。

（5）工艺定位　工艺定位又称半成品胶料定位，适用于内骨架油封定位，如图 2-19 所示；也适用于直径>30mm 的管形制品以及二端带骨架制品的反压定位，如图 2-20 所示。

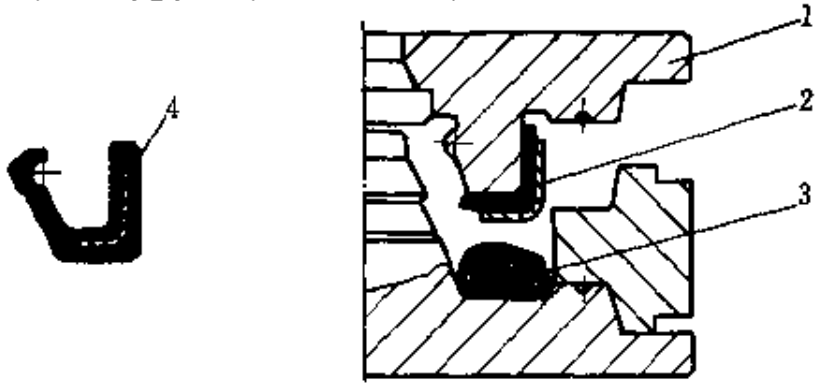


图 2-19　中间骨架油封的工艺定位

1—上模；2—薄胶片；3—胶料；4—中间骨架

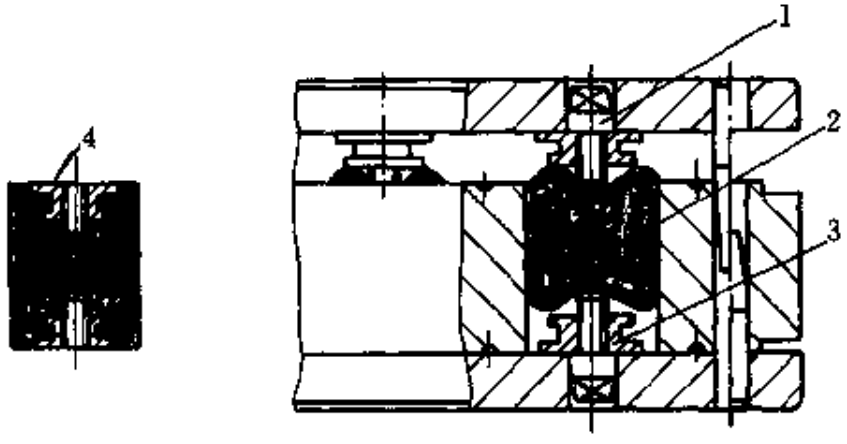


图 2-20　插入式螺钉的工艺定位

1—插入式螺钉；2—胶料；3—嵌件（骨架）；4—无台阶骨架（平面）

2.3　模具外形尺寸

2.3.1　模具外形尺寸与模腔数的关系

确定模具外形尺寸时，首先应考虑制品的几何形状、模腔数量以及加工设备条件（包括硫化设备及模具加工设备）、经济效果（生产数量）等因

素。一般来说，为了提高硫化工序生产效率，模腔数越多，生产效率越高。

据文献介绍，国外专业密封件厂对直径<15mm 的 O 形圈、矩形圈、小型皮碗等模具，多采用百余孔密集形结构，使生产效率大大提高。但模腔数越多，对加工精度要求越高，加工费用也提高。

为了合理掌握模具模腔数，应注意以下几点。

(1) 对于批量大、规格小、形状简单和精度偏低的制品，为了提高生产效率、降低成本，在设备加工条件允许的情况下，应采用多孔结构，一般可采用 9、16、25、36、49……自乘倍数递增模腔数（方型模具）。

(2) 对于批量小（包括试制任务）、规格偏小的制品，不管形状简单或复杂，不宜采用一模单腔结构，否则会造成模具材料的浪费，降低设备利用率以及使单件制品成本增大。因此建议采用模腔数偏少的多孔结构，一般可采用 4、6、9 个模腔数。

(3) 对于形状复杂或带有骨架制品的模具，模腔数一般不宜过多。如图 2-16 所示螺钉定位，采用 4-9 孔为宜。图 2-20 插入式螺钉定位一般也不宜超过 16 孔，并且应配置二套以上备用螺钉，硫化时，一进一出不受开合、取件影响。

(4) 模腔数直接影响操作时间。模腔数过多时，操作中往往导致忙乱，或引起启模、取件、加料不协调，造成模具停放时间过长，模温下降，致使制品欠硫等现象。

一般按制品外径大小选择常用模腔数可参见表 2-3 规定，模具外形尺寸系列见表 2-4。

表 2-3 常用模腔数(按制品外形尺寸)

直径或边长 /mm	模腔数 个
<10	4～36
10～20	4～25
20～40	4～16
40～60	4～9
60～80	1～4
>80	1～2

表 2-4 模具外形尺寸系列/mm

方型外形（长×宽）	圆形外径（D）	闭合尺寸（高度）
120×100	100,120,140 ……逢 20 递增至 260	25，30，35 ……逢 5 递增至 80
140×120		
160×140		
180×140		
200×160		
220×180		
240×200		

注：上述模具外形尺寸、模腔数适用于 45t 硫化机，如用于 100t 硫化机应按上述数据增加 1 倍。

多模腔模具的外形多选用方形结构，有利于机械加工和模具操作，单模腔或多孔压铸式模具多选用圆形结构。

2.3.2 模具外形尺寸与模具结构的关系

模具在硫化时，除了受热外还承受着双重的压力，即硫化机对模具的压力和胶料的热膨胀力，后者往往被忽视。如设计一副 274mm×154mm 简单的橡胶垫片模具（图 2-21），按一般概念，设计为 $H=30$mm 即可使用。但由于硫化时强大压力传递给胶料，胶料膨胀，迫使边框中心外凸变形成弧形，胶料大量从弯曲边框拼缝中挤出，从而造成模具报废。第二次设计扩大为 50mm，稍有改善，但边框拼缝中心部位外挤（凸）0.30～0.50mm 间隙，引起制品飞边增厚，造成制品超差代用。

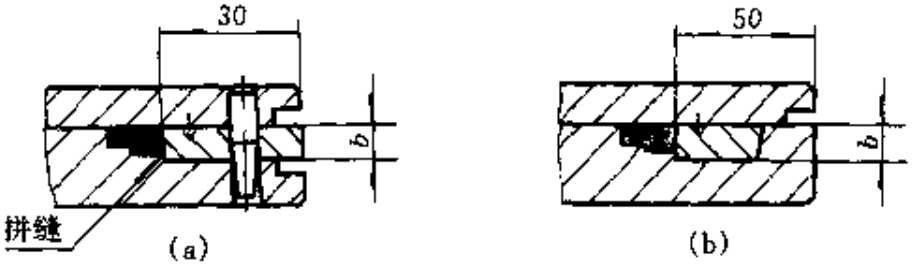


图 2-21　274mm×154mm 橡胶垫片模具

(a) 不妥结构；(b) 合理结构

应按理论与实践相结合的方法改正如下。式（2-1）为理论计算公式：

$$F=\frac{P_0}{R_b} \tag{2-1}$$

式中　F——实际承压面积（空模状态），cm^2；

P_0——硫化机吨位，N；

R_b——模具材料许用应力，N/cm^2（常用 45 号钢 $R_b=7845.3$ N/cm^2）。

模具壁厚的确定见图 2-22 和下列公式。其中圆形阴模和模套的壁厚按式（2-2）计算：

$$\delta=r\left(\sqrt{\frac{R_b+0.4p_0}{R_b-1.3p_0}}-1\right) \tag{2-2}$$

式中 δ——壁厚，cm；

r——模腔孔半径，cm；

p_0——制品硫化所受单位压力，N/cm²；

R_b——模具材料许用应力，N/cm²。

也可按式（2-3）作近似计算：

$$\delta=\frac{d}{2}\cdot\frac{p_0}{R_b}\cdot\frac{h}{H} \tag{2-3}$$

式中 d——阴模或模套内径，cm；

h——模腔高度，cm；

H——阴模或模套高度，cm；

R_b——模具材料许用应力，N/cm²。

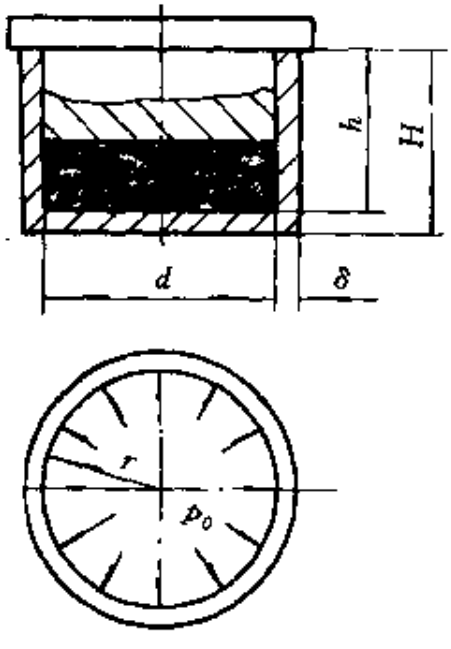


图 2-22 模具壁厚

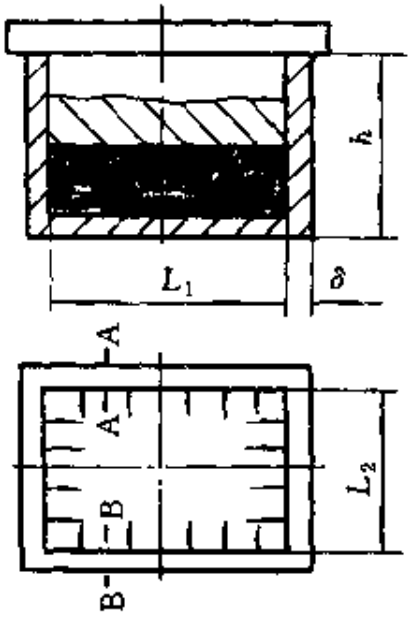


图 2-23 矩形模具壁厚

对于带有两个阴模的压铸式模具，当模套是一个中间带通孔（即 $h=H$）的柱体时，其壁厚按式（2-4）计算：

$$\delta=\frac{d}{2}\cdot\frac{p_0}{R_b} \tag{2-4}$$

矩型模具的壁厚见图 2-23 和下列公式。其中矩形阴模或模套按式（2-5）检查危险断面 A-A、B-B 的壁厚：

$$\frac{P_2}{2F}+\frac{M}{W}\leqslant R_b \tag{2-5}$$

式中 P_2——张力，N（$P_2=p_0\cdot h\cdot L_2$）；

F——壁断面面积，cm^2（$F=h\delta$）；

M——弯曲力矩，N·cm；

W——壁断面系数，cm^3；

R_b——模具材料许用应力，N/cm^2；

p_0——胶料的单位压力。开放式或半封闭式模具按 981～1471 N/cm^2 计算；封闭式或注压模具按 9806.7～11768N/cm^2 计算；

h——模腔高度，cm；

L_2——矩型模腔矩边长度，cm；

δ——模具壁厚，cm。

壁的弯曲力矩按式（2-6）计算：

$$M=P_1\times L_1/12 \tag{2-6}$$

式中 L_1——矩形模腔长边长度，cm；

P_1——作用于长边壁上的力，N($P_1=p_0\cdot I_1\cdot b$)；

b——胶料的实际厚度，cm。

式（2-1）～式（2-6）的理论计算也有一定的局限性。如图 2-21(a) 结构中的模框，它在硫化时侧重于垂直加压时的压力，实际上，当胶料热膨胀时，还产生横向（水平）挤压弹性变形压力以及胶料蠕（流）动时渗透钻缝挤压压力。这几种力的计算很复杂，多数模具设计者是无法计算的。故对于常用模具的外形尺寸，除教学外基本凭经验估计。

目前不少设计部门因对橡胶厂硫化平板机设备认识不足，设计的橡胶模具外形尺寸过小，有的模具外形直径或每边宽度<100mm，往往造成硫化机工作面压痕累累，有的甚至把模具压得变了形。为此对于模具外形尺寸也有一定的规定。如 45t 硫化机使用的模具直径或边长（长×宽平均值）不得<100mm，或按式（2-7）计算模具的最小承压面积：

$$F_{min}=P/R_b \tag{2-7}$$

式中 F_{min}——模具最小承压面积，cm^2；

P——硫化机吨位，N；

R_b——模具材料许用应力，N/cm^2。

实际上模具外形尺寸只需与硫化机吨位相匹配。表 2-5 列出供选择的硫化机吨位和相适应的模具外形尺寸。

表 2-5 模具外形尺寸与常用硫化机吨位

平板硫化机吨位 N	硫化机工作台面（长×宽）/mm	模具垂直受压面积 /cm^2	模具外径或边长/mm	
			最小	最大
25	250×250	80～400	90	200
45	400×400	100～900	100	300
100	600×600	900～2500	250	500
140	750×850	1125～3100	300	600
200	1000×1000	1600～6400	400	800

表 2-5 中模具外径或边长（长×宽平均值）的最小尺寸属经验数据，最大尺寸按制品硫化单位压力 441N/cm^2 计算。据文献记载，模压制品硫化单位压力为 2.4kN/cm^2，按此计算：常用 45t 硫化机（400×400 平板工作面）最大模具外形尺寸不得大于 250cm^2（即边长或直径约等于 160mm）。按计算是合理的，但不切合实际应用。实践证明，45t 硫化机常用模具外形尺寸最大可为 900cm^2（即边长或直径约等于 300mm），折合单位受压压力为 441N/cm^2。

橡胶模具在结构设计上还应注意一点：橡胶厚度越大，膨胀力越大；橡胶硬度越大，膨胀力也相应增大。对于厚制品及夹布制品的模具既要保证其不易变形又不能过分笨重。除对模具进行热处理外（增强钢度和强度），还可采用反包结构，俗称“司别克”结构，如图 2-21 中（b）、图 2-24 和图 2-25 所示。

反包结构可以克服胶料硫化时的热膨胀力，并能减轻模具质量。

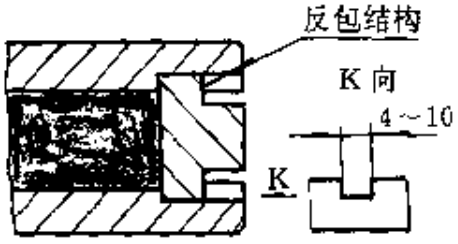


图 2-24　反包模具结构

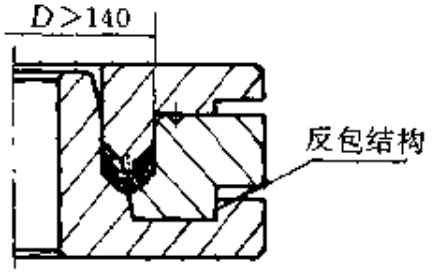


图 2-25　夹布制品反包模具结构

2.4　模具结构发展

为了适应生产科研需要，在利用现有设备的基础上，要多方面改进和发展橡胶模具的结构。如先合膜、后加料，不易损坏的直压式或带有料腔（室）压铸模结构，它是进一步发展先进、高效的注压（射）式模具结构的基础。

下面介绍几种典型压铸模结构与传统模具结构的优劣对比。

（1）图 2-26 和图 2-27 中制品，由于壁薄（壁厚小于 3mm），如采用图中（a）所示的普通开放式模压法则制品的形状完整性和致密性都不甚理想。主要原因是胶料没有充分填充到模腔底部面外溢。为了克服这一弊病，改善硫化效果，可采用带料腔的压铸模结构［图中（b）］。图 2-27（a）、（b）模具由于模芯过长，一般需配有模芯顶出装置。

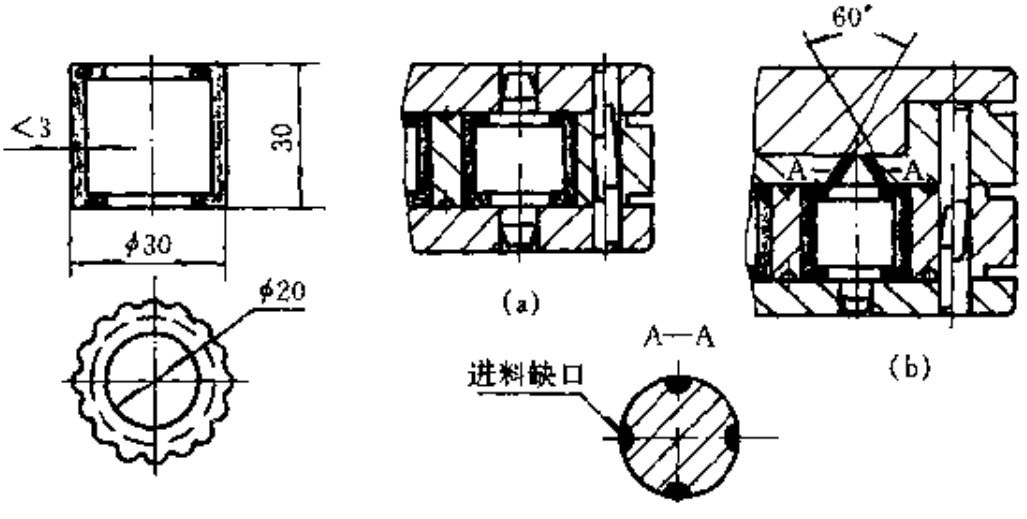


图 2-26　薄壁制品模具结构

（a）普通模具结构；（b）压铸模具结构

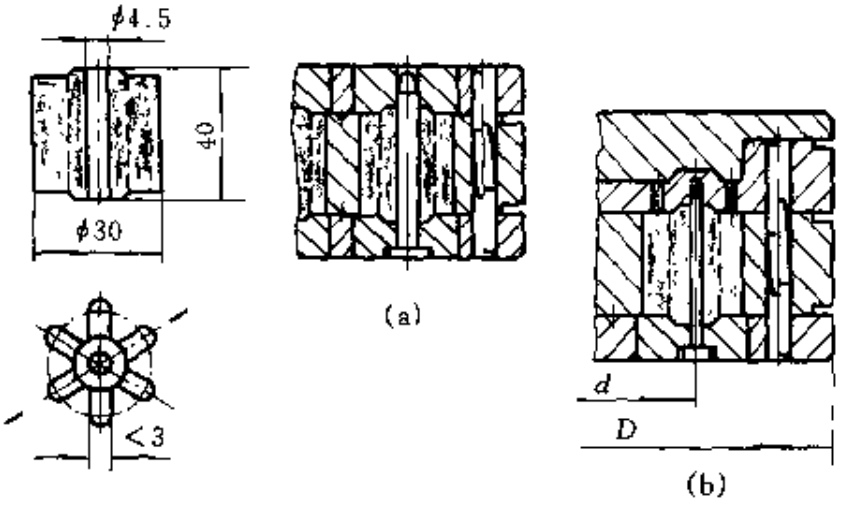


图 2-27　薄壁、细长模芯制品模具结构

(a) 普通模具结构；(b) 压铸模具结构

(2) 图 2-28～图 2-30 所示的模具结构是利用料腔与压头，把胶料放入料腔中直接压入模腔，适用于外形规格较小的厚、薄制品。一些上口小、下端大或者细长形状的制品也可采用压铸法模具。

压铸法模具的最大特点是加料方便、制品质量好、省料、工效高。

(3) 图 2-31～图 2-33 所示的模压制品，模具模芯细而长。如采用普通典型开放式填料法模具图中 (a)，硫化时模芯容易弯曲，这是因为加料后模板、模芯提高，操作时极不安全。采用先合模后加料压铸式模具结构［图 2-31 (b)、图 2-32 (b) ～图 2-33 (b)］，操作安全、加料方便、工效高并且制品不易缺料，质量好。

细而长的模芯除了模具结构外，钢材选用也很重要，最理想的是弹簧钢并经热处理，以增加其钢度，其次也可选用 T10A 或 45#钢，其淬火硬度不宜过高，一般为 HRC42～48。

(4) 图 2-34～图 2-36 为压铸薄壁骨架、胶层的模具结构。硫化制品时，由于强大压力使胶料产生张力，作用于薄壁骨架上，使其很容易变形，为此骨架与模具模腔配合不宜过松，一般取$\frac{H7}{g6}$间隙或$\frac{H7}{k6}$过渡配合精度。由于硫化后配合精度更紧，薄壁骨架制品很难取出或压出，图 2-36 (a) 与 (b) 模具结构存在上述弊病。为此可采用两瓣模镶块结构（图 2-34 和图 2-35）。图 2-34 模具当上、下模取掉后，利用 d_1

（撬口孔）或镶块下端撬出或压出镶块，既快又好，图 2-35 模具由于下模模芯中倒角与 $R4.25$ 的影响，该模应配置顶出装置［顶出装置见图 9-6（b）所示］。

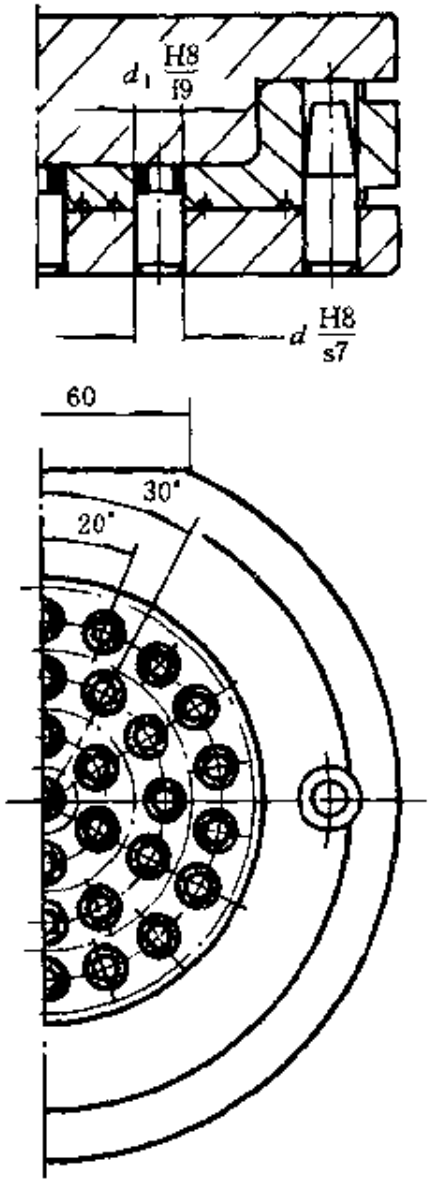


图 2-28　小规格密集形压铸模结构

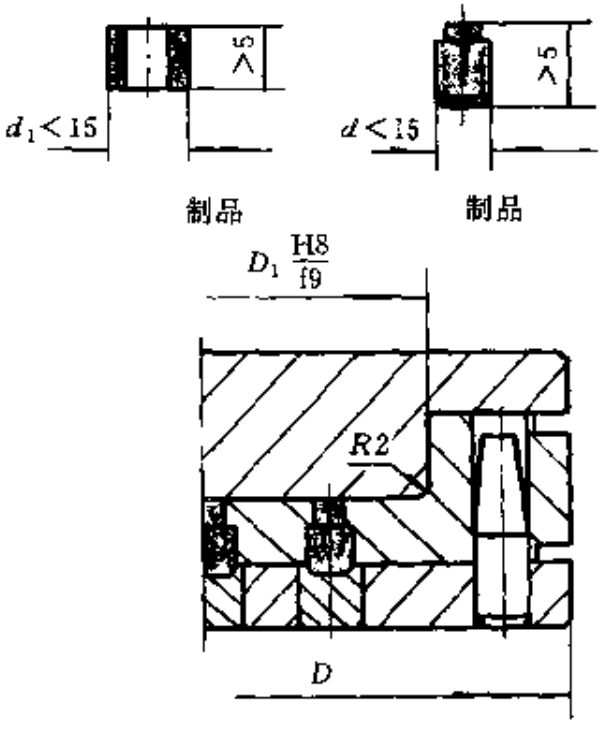


图 2-29　小规格密集形压铸模结构

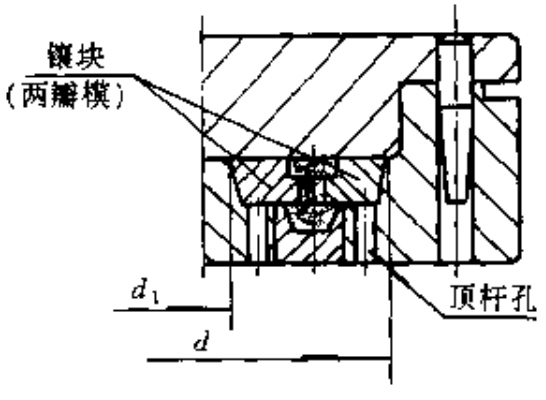


图 2-30　小规格压铸模结构

（5）图 2-37～图 2-39 模具硫化的制品属同一类型挠性轴承，采用不同结构压铸模形式，其特点如下：

图 2-37 为多孔压铸模结构，配有顶出装置，工效高、质量好，适用于外径<60mm 制品；

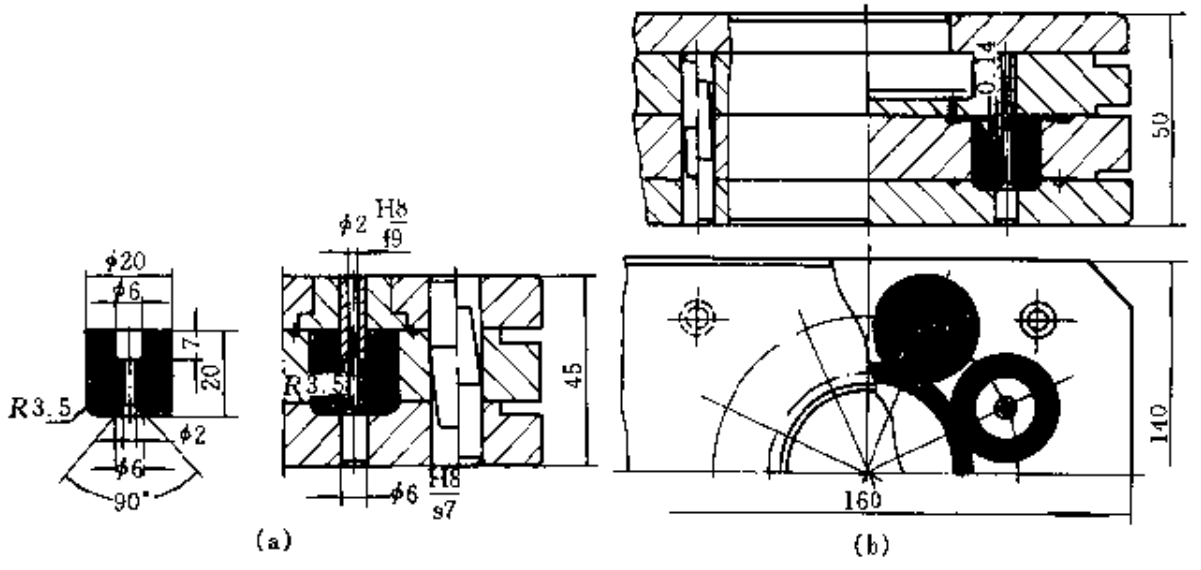


图 2-31　细长模芯制品模具结构

(a) 普通模具结构；(b) 压铸模具结构

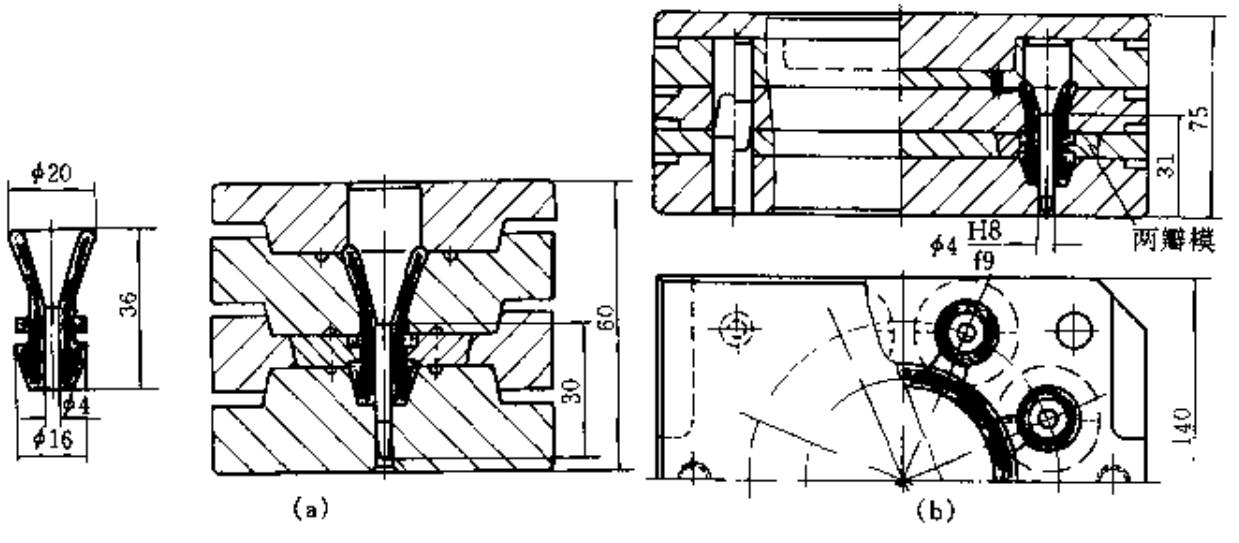


图 2-32　细而长模芯制品模具结构

(a) 普通模具结构；(b) 压铸模具结构

图 2-38 为单孔典型压铸模结构，必要时应配置顶出装置；

图 2-39 为直压式压铸模结构，该模开合、取件均较方便。开模步骤为：取掉上模、压出模芯，而后取掉下模，即可压出两瓣模镶块，取出制品。

总之，橡胶模具结构设计要全面考虑制品的工作性能，也应注意

其模具制造、硫化工艺的可行性，特别是模具开合、胶料填放、制品取出、制品外观质量等都是模具设计的主要环节。对于模具设计中飞边厚度、余料槽开置方式、胶料收缩率计算方法等，可参照本书有关章节。

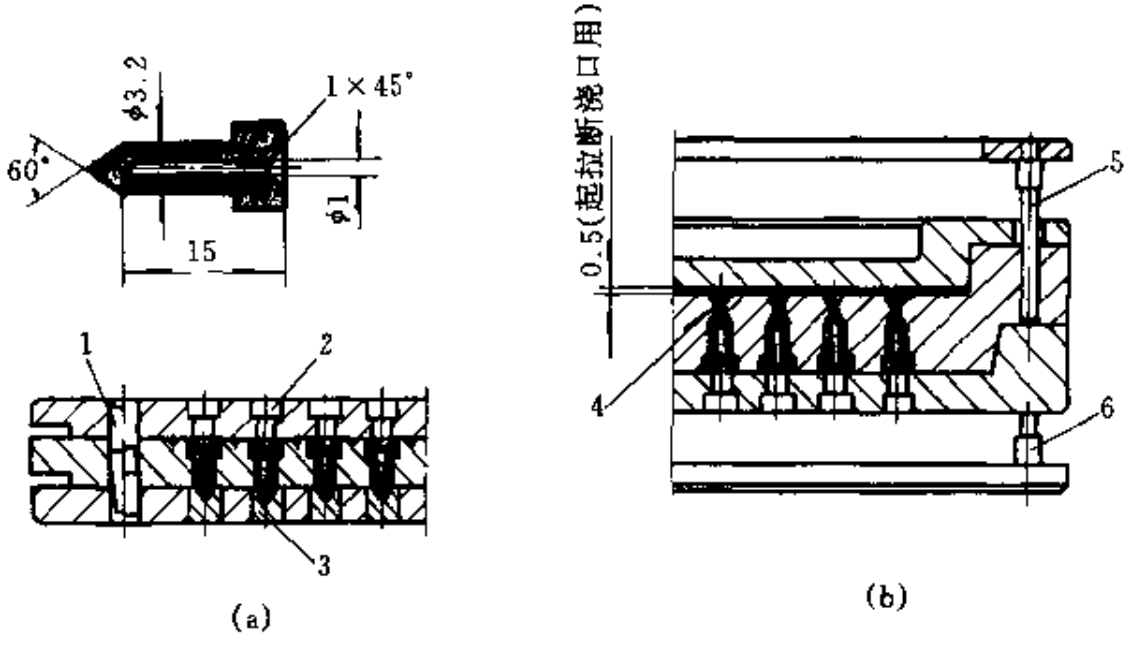


图 2-33　细长盲孔模芯制品模具结构

(a) 普通模具结构；(b) 压铸模具结构

1—导销；2—模芯；3—镶块；4—浇口 φ1.2；

5—上顶杆 3-φ10；6—下顶杆 3-φ10

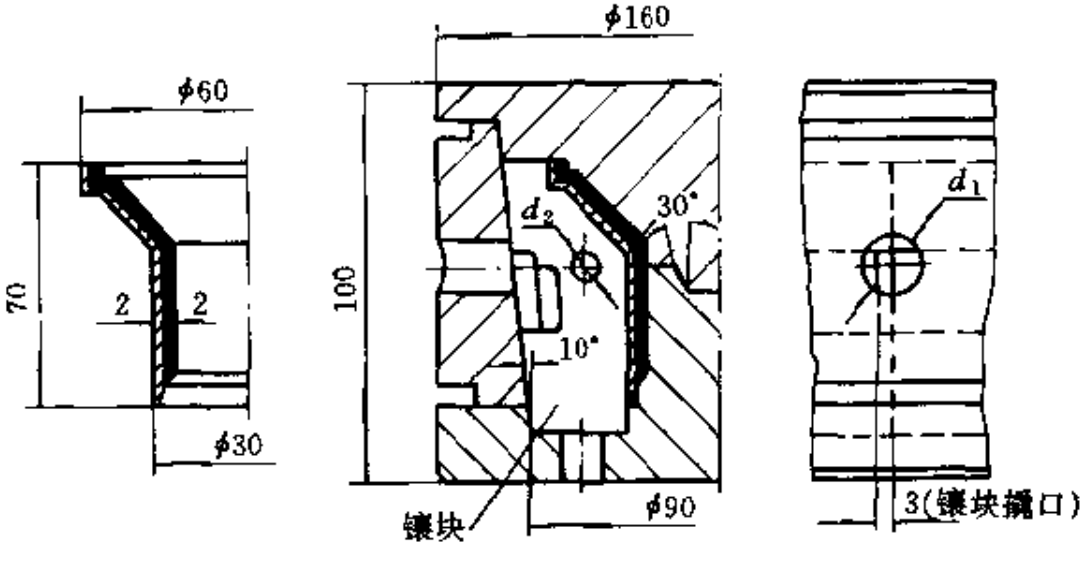


图 2-34　薄壁骨架、胶层模具结构

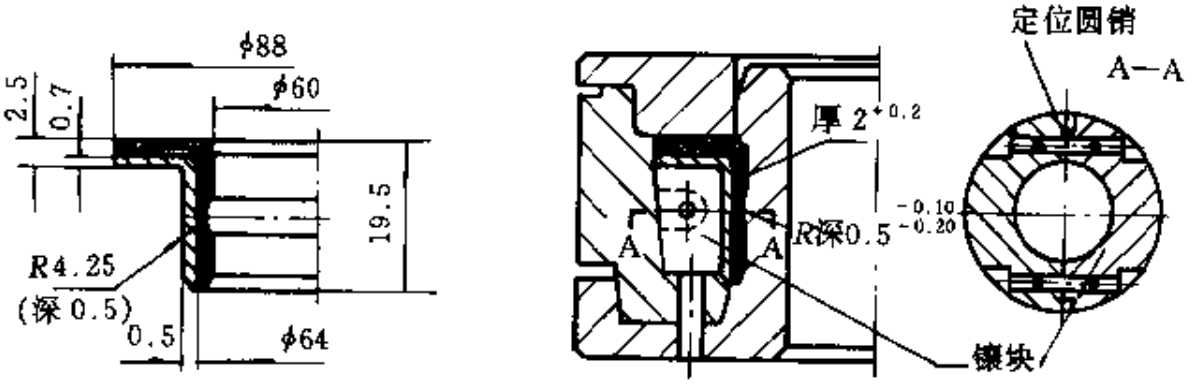


图 2-35　薄壁骨架、胶层压铸模结构

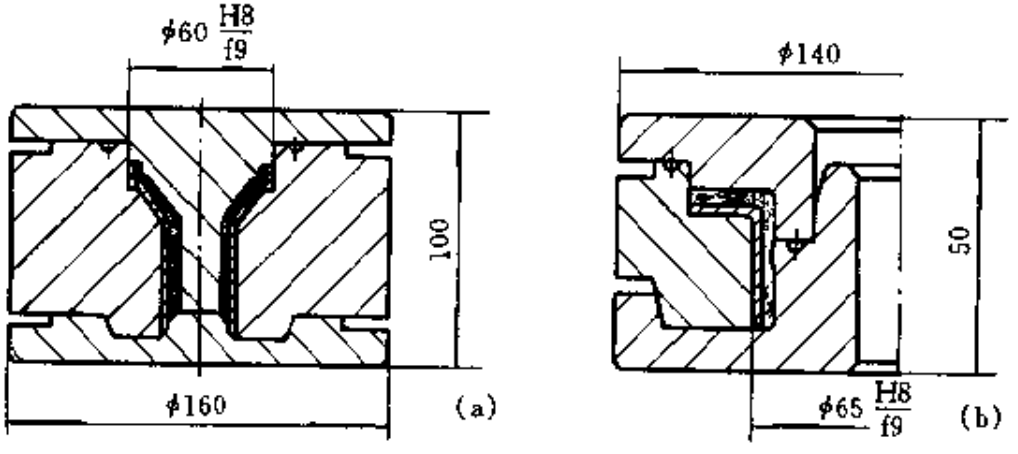


图 2-36　有缺陷的薄壁骨架、胶层模具结构

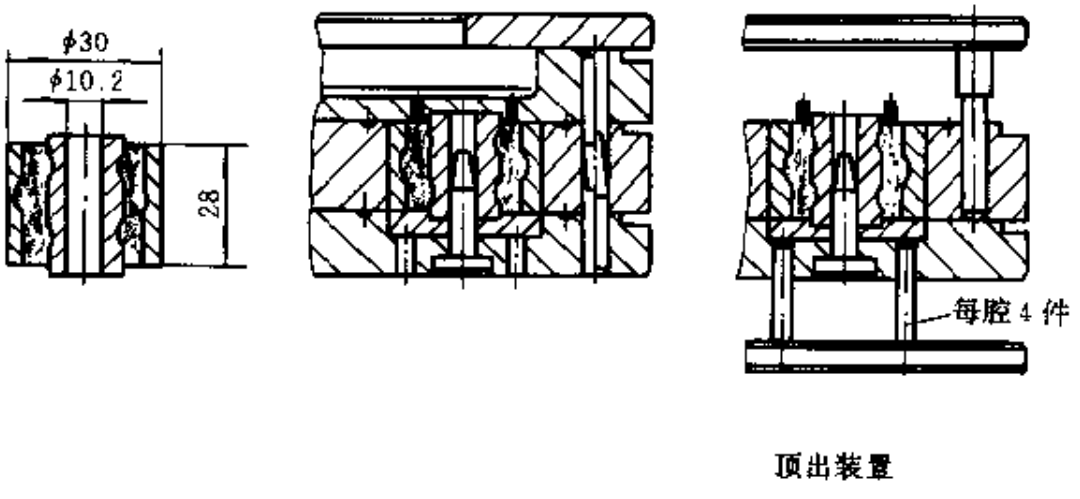


图 2-37　挠性轴承多孔压铸模结构

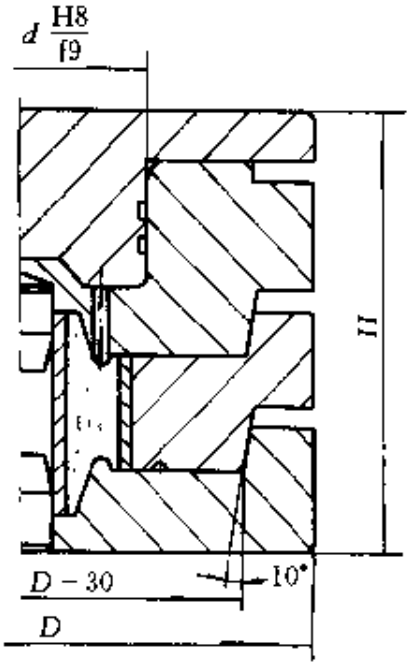


图 2-38　典型压铸模结构

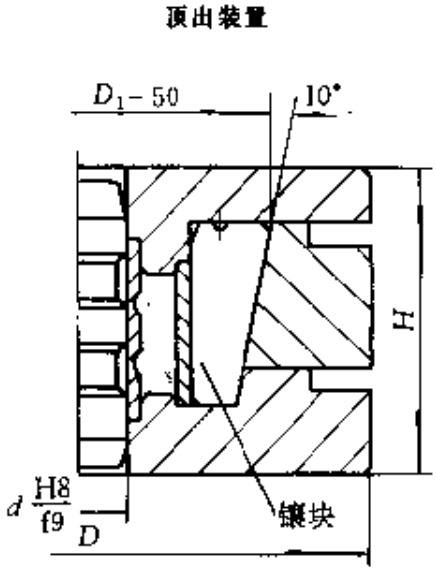


图 2-39　直压式压铸模结构

第三章　铰链式橡胶模具

一些手工移动操作的橡胶模具，在操作中，其锐角或薄壁模芯很易碰伤，直接影响模具的使用寿命和产品质量。

为了避免上述损坏现象，将这种模具改为合页式结构，即铰链式模具，由于铰链精度较低，并且容易磨损，使用时需与其他定位方法相结合。铰链式结构的模具形式如下。

(1) 10°斜面定位结构（如图 3-1 所示）

(2) 60°锥销、锥套定位结构（如图 3-2 所示）。

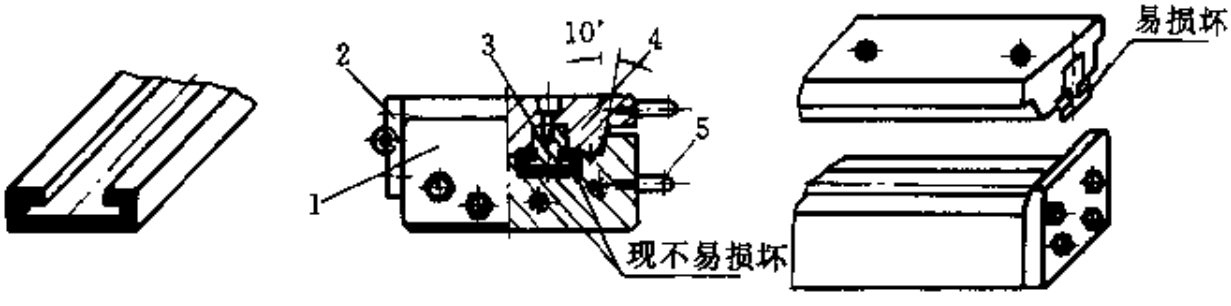


图 3-1　10°斜面定位结构

1—闷头；2—铰链；3—模芯；4—上模；5—手柄

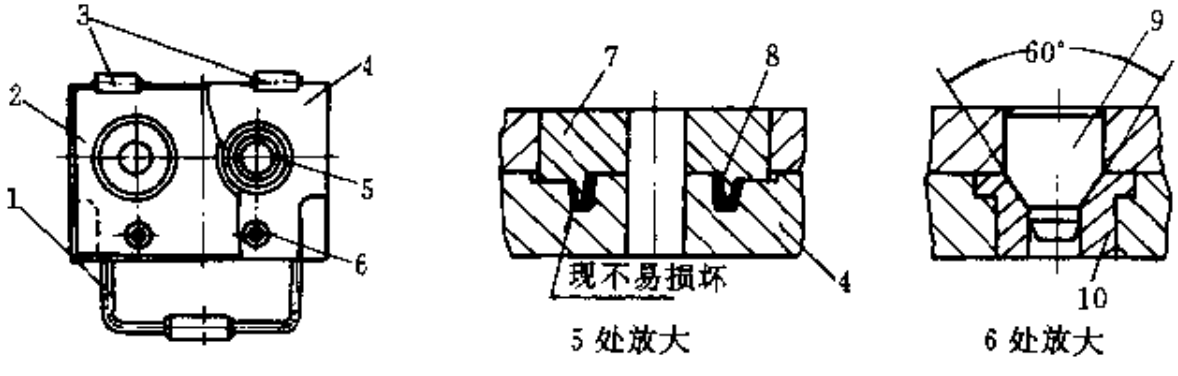


图 3-2　60°锥销定位结构

1—手柄；2—上模；3—铰链；4—下模；5—模腔；6—锥销、锥套；7—模芯；8—皮碗（产品）；9—锥销；10—锥套

（3）90°模芯定位结构（如图 3-3 所示）。

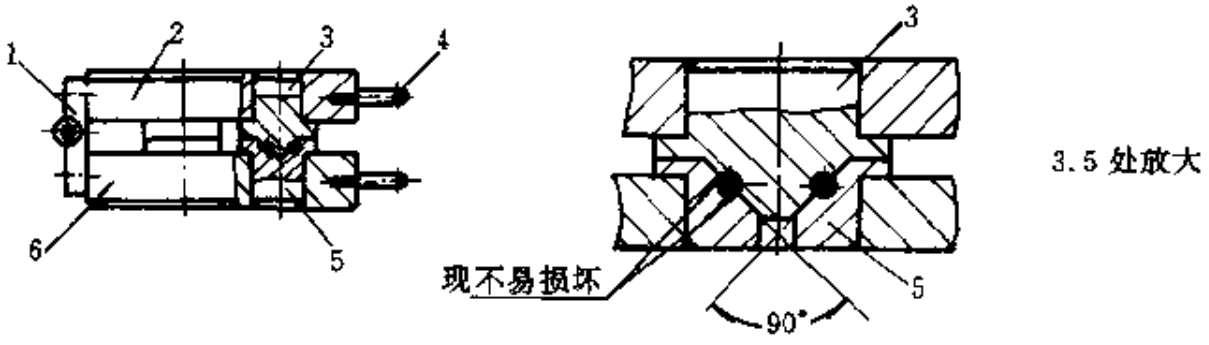
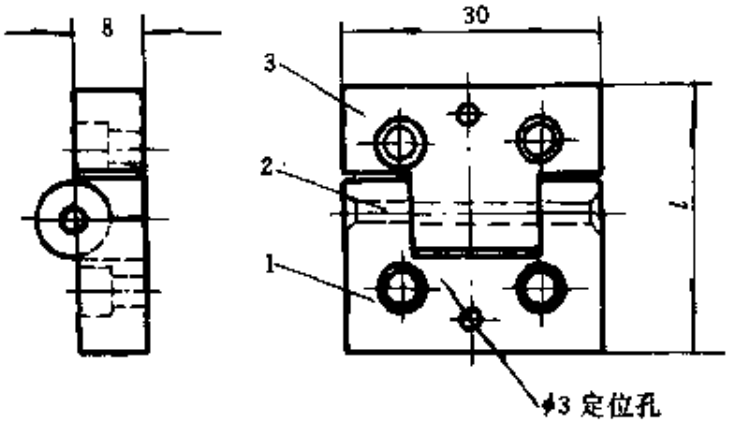


图 3-3　90°模芯定位结构

1—铰链；2—上模；3—上模芯；4—手柄；5—下模芯；6—下模

（4）通用合页（铰链）结构（如图 3-4 所示）。



类别	高度 l/mm
1	30
2	40
3	50

图 3-4　通用合页（铰链）结构

1—凹页板；2—圆柱销；3—凸页板

铰链式模具有如下优点：①启模、合模方便；②有定位、定向作用，不易发生操作上差错；③可在手柄一侧安装弹簧（弹簧顶力必须大于开模力），以帮助模具自动顶开。

铰链式模具也适用于皮碗、O 形密封圈及其他类似的密封嵌条的生产。

为了防止模具闭合时发生碰撞，也可采用带台阶形状的定位销。这种定位销一侧是平的，如图 3-5 所示。

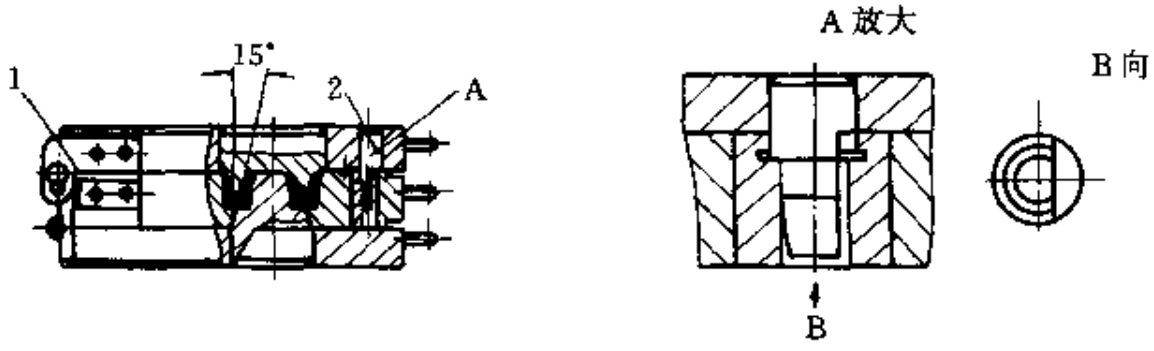


图 3-5　特殊铰链式模具（15°圆锥面定位、台阶形导销定位）

1—特殊铰链；2—带台阶导销与导套

铰链式橡胶模具的结构形式较多，可根据制品的形状加以选择。图 3-6 和图 3-7 所示的双铰链式模具，具有加料、启模、制品取出、胶料清理等操作均较方便的特点。其中为了加料后模具定位、合模安全，铰链定位孔应加工成椭圆形，便于上下移动。

图 3-6 和图 3-7 中的右图均为按 A、B 次序启模后展开示图。

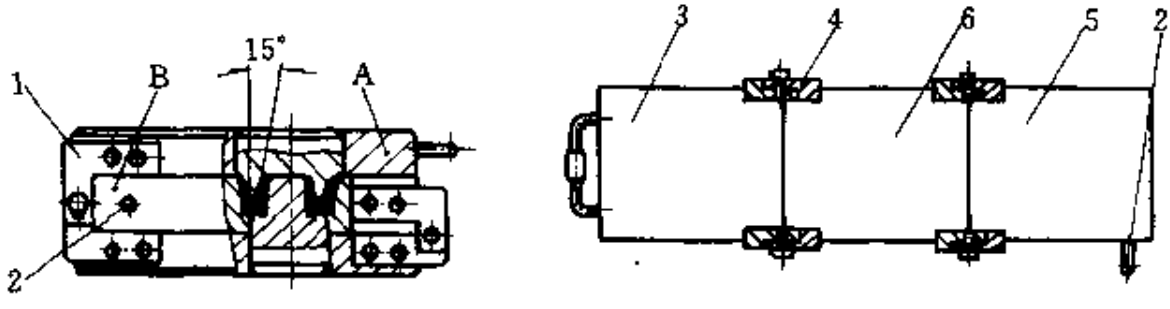


图 3-6　双铰链式模具结构

1—特殊铰链；2—手柄；3—上模；4—铰链；5—下模；6—中模

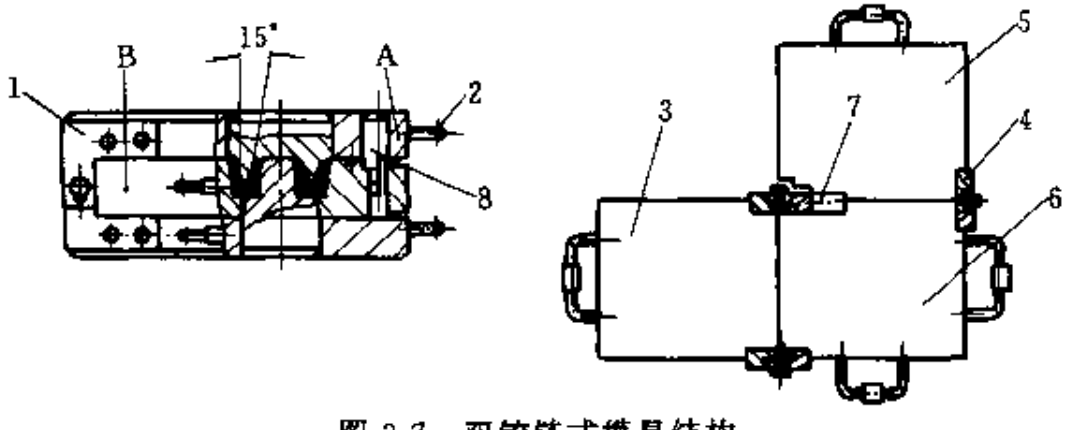


图 3-7　双铰链式模具结构

1—特殊铰链；2—手柄；3—上模；4—铰链；5—中模；6—下模；7—通用铰链；8—台阶定位导销

第四章　轴向分型模具

轴向分型模具适用于O形圈、矩形圈、三角形、X形、梯形等环状垫圈；也可用于带骨架的简单环状制品。

4.1　轴向分型模具的特点

轴向分型模具有以下几方面优势。

(1) 特别适用于制品内径>40mm、断面直径或边长<3mm、胶料硬度（邵尔）<40的情况。低硬度胶料（如硅橡胶、2840丁锂橡胶等）质软、粘度大，给称量、成型、输送、切割、加料带来一定的困难，如果采用如图4-1所示的轴向分型模具结构，便可进行块状半成品成型，使操作便利。

(2) 可以缩小模具外形结构尺寸。轴向分型结构模具与普通典型模具结构相比，其外形尺寸可减小50%左右。如内径$d_1=60$mm、断面$d_2=2.5$mm的O形圈制品，按一模4孔典型模具结构设计，其外形尺寸至少为200mm×200mm左右，而采用轴向分型模具结构，模腔数可增加到10孔以上，而模具外形尺寸（除高度尺寸外）反而缩小到130mm×130mm左右，既提高功效又节省材料。

(3) 轴向分型橡胶模具，结构简单、功效高、省料、操作方便，有利于大批量生产。加制造得法，制品外观质量优于典型水平分型模压法生产的制品。

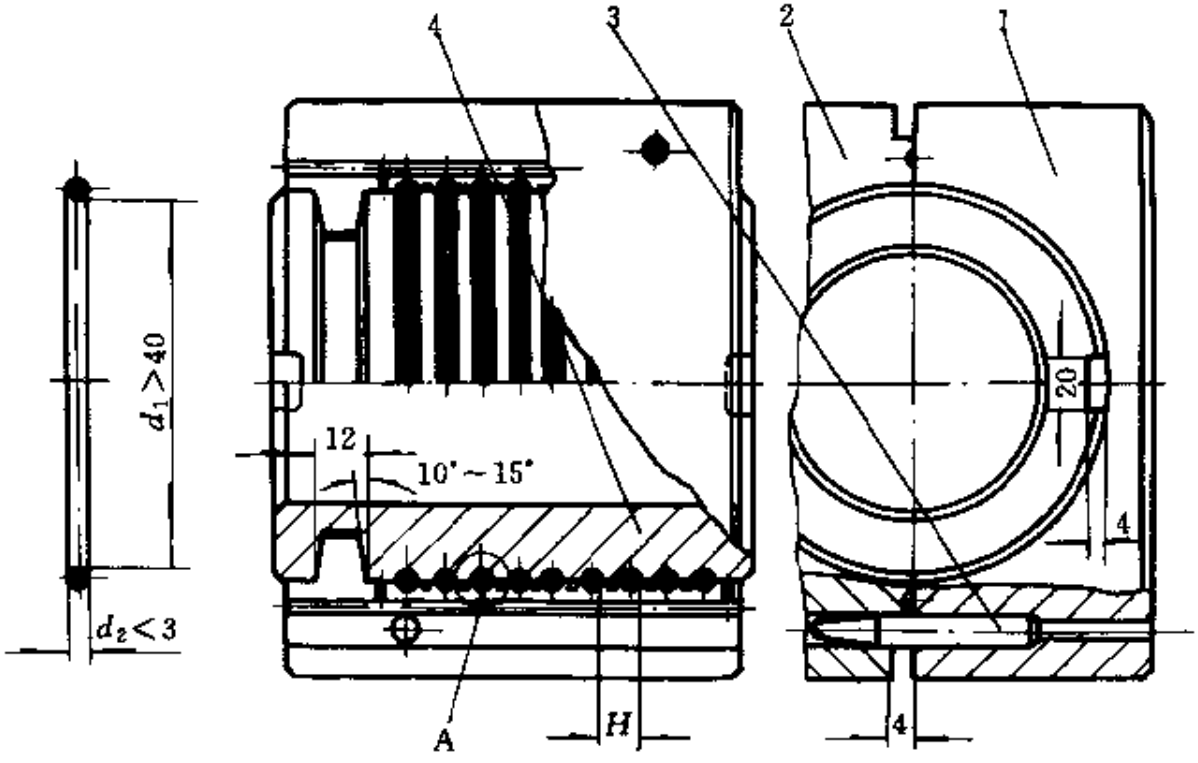
但轴向分型模具也存在一些不足。

(1) 模具结构虽然简单，但加工精度要求高（模具合拢后，模腔错位量要求不能大于0.05mm）。

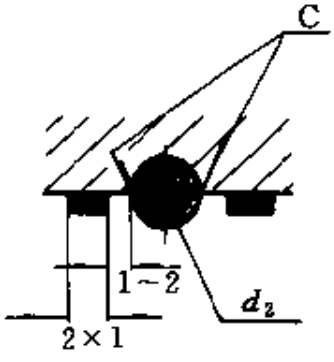
(2) 由于模具轴向分型，模具厚度相应增加，为此硫化时间相应比水平分型模具长。

(3) 轴向分型模具硫化的制品虽然内外径无分型面所引起的飞

边，但存有制品轴向两侧留下上下模分型面所引起的飞边。



A 放大



技术要求：

① 模具合拢后模腔 d_2 错位量≤0.05mm；

② 10°～15°合模后锥面要求密合不低于 80%面积；

③ 全部模腔 C 处应保持清角。

图 4-1　O 形圈轴向分型模具结构

1—上模；2—下模；3—导销；4—模芯

在使用轴向模具时要注意以下几点。

(1) 全部模腔 C 处必须保持清角，模具定位要可靠。

(2) 余料槽必须开置在上、下模板上，不允许开置在模芯上，否则硫化后制品取出面难；对胶料硬度低于 40 的制品一般不需要开置余料槽。

(3) 模具材料必须具有一定淬火硬度，建议上下模按 HRC32～

38；模芯按 HRC48～52。

(4) 对要求较高的制品，模具模腔表面粗糙度不低于 $\frac{0.8}{}$；配合面 $\frac{3.2}{}$ ～ $\frac{1.6}{}$；模腔表面镀硬铬 0.005～0.011 并抛光。

(5) 对一般制品，模具模腔表面粗糙度 $\frac{1.6}{}$ ～ $\frac{0.8}{}$；配合面 $\frac{3.2}{}$ ～ $\frac{1.6}{}$；不镀硬铬模具，不允许用砂纸打磨方法清洗橡胶积垢。

4.2 轴向分型模具加工

轴向分型模具结构很早就有应用，但多用于要求偏低的矩形圈制品，如蓄电池腔壳盖密封垫圈、各种绝缘垫圈等。主要是由于模具加工方法不当、工艺要求不严，致使模具精度较低，只能用于低档制品。

实际上，轴向分型模具如加工方法掌握得法，工艺上予以重视和改进，可以高效生产要求高的制品。下面介绍两种典型的加工方法。

(1) 矩形、O 形圈的轴向分型模具加工方法　图 4-2 所示为矩形圈轴向分型模具结构，又称轴向分型卧式模具。

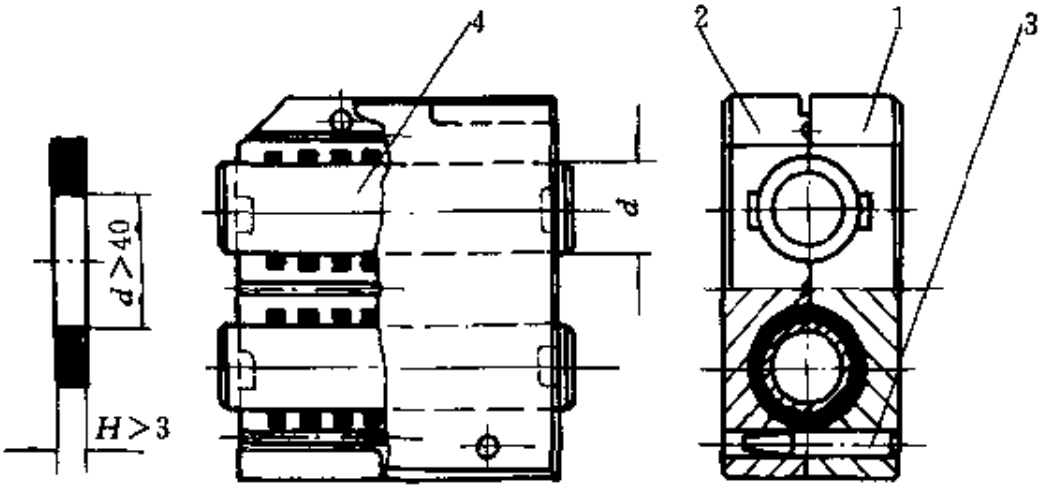


图 4-2　矩形圈轴向分型模具结构

1—上模；2—下模；3—导销；4—模芯

全部模腔由上下模组合，常规方法是由四爪卡头夹紧上下模板，然后调正中心即可加工全部模腔。但由于模腔是凹槽结构，加工中模腔尺寸较难测量准确，只能依靠刀架中刻度或专用千分表换算和测量加工深度；并且加工中难以观察到模腔表面加工状况，如表面粗糙度、尺

寸之差、对刀间距等。因此，用该方法加工的模具质量不高，硫化制品表面粗糙、尺寸精度低，只能使用于要求较低的制品。

卧式模具的模腔加工，一般不采用四爪卡头，而在车头花盘上配有 90°三角铸铁，并用工艺螺钉紧面下模和上模，校正模腔中心即可加工模腔。如图 4-3 所示。

图 4-3 模具在模腔加工过程中，由于在花盘上加工拆装方便，移动快；并可随时取掉工艺螺钉打开上模，有利于样板复核、尺寸测量以及观察模腔加工质量等，对复杂曲面，有利于对刀、进刀、圆滑连接以及模腔错位校核和改进。

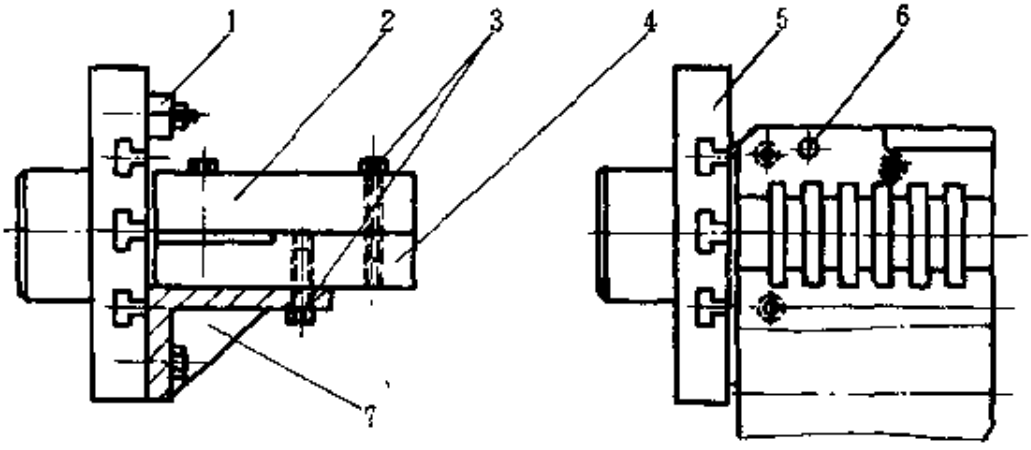


图 4-3 卧式模具模腔加工方法示意

1—平衡块；2—上模；3—工艺螺钉；4—下模；

5—花盘；6—导销孔；7—90°三角铸铁

用同样加工方法加工图 4-2 中 O 形圈轴向分型模具也能取得一定的成效，其制造加工工艺过程如下：

①备料回火——②粗加工——③调质处理——④磨平面——⑤划线、钻孔、装配导柱、导套、配置工艺螺钉——⑥模腔加工——⑦初检——⑧试模——⑨模腔镀硬铬抛光——⑩检验——⑪进库。

其中“⑥模腔加工”的具体步骤为：如图 4-3 所示将上下模全部模腔完工（包括配合凸槽），模腔间隔距离 H 允许按自由公差尺寸加工。凸槽的大小可与模芯选配，一般按基孔制配作，即模芯加工时，优先配作凹凸的定位腔，面后以上下模模腔间隔距离 H 值为基准，分别加工模芯模腔，并注意模腔错位量及 C 处清角。

为了使制品飞边尽可能薄，应开置与模外相沟通的余料槽，使其空气及多余胶料排出模外。

（2）拼合式模芯轴向分型模具加工方法　拼合式模芯轴向分型模具（图 4-4 所示）适用于批量大、制品刃口采用磨削或车削再加工以及带有骨架的矩形制品。它能确保骨架配合面上无飞边和胶料粘合现象，适用于某些特殊需要的橡胶制品。如图 4-4 制品中 G 面不允许有橡胶层存在。

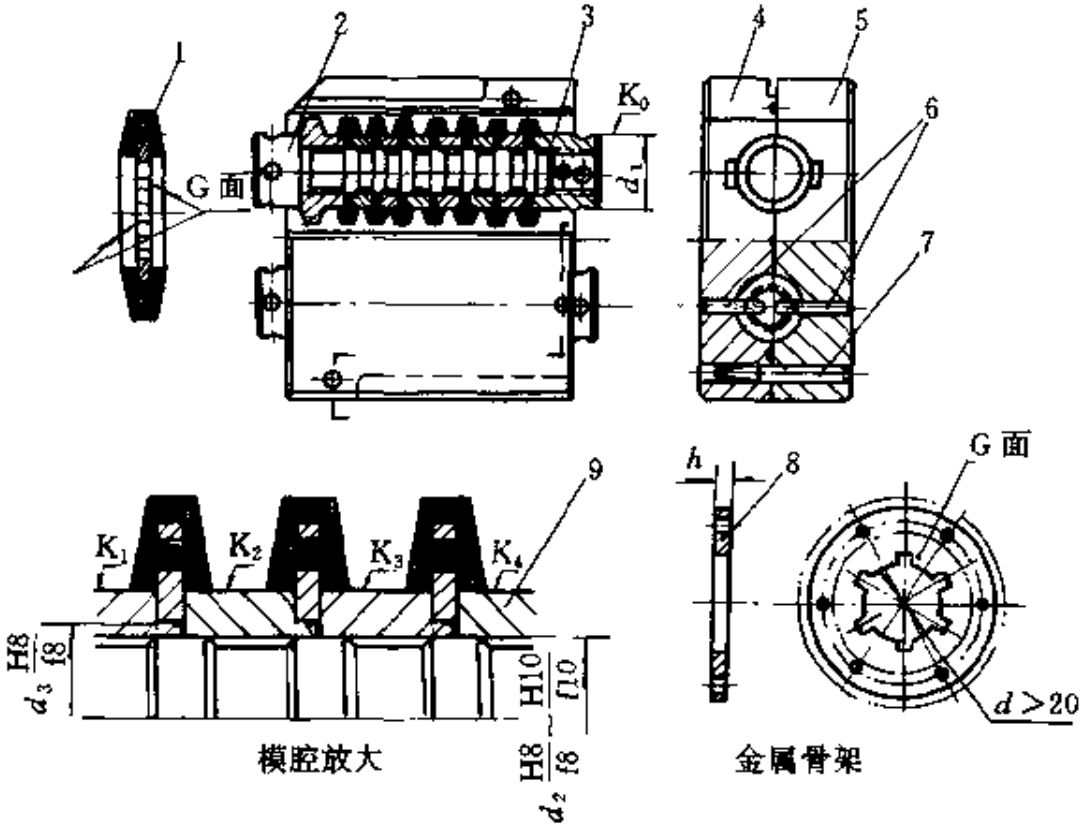


图 4-4　带骨架靠轮制品轴向分型模具结构

1—制品；2—模芯螺杆；3—圆螺母；4—下模；5—上模；

6—圆螺母定位销；7—导销；8—骨架；9—镶套

拼合式轴向分型模具在使用时必须注意如下事项。

① 金属骨架高度 h 要求一致或组合后累计公差≤0.10mm。

② 为了节省操作时间，拼合式模芯应该配置两套以上拼合模芯，以备交替使用。

③ 为了模具开合时抽芯方便，镶套与模芯螺杆配合，如果选用

$\frac{H10}{f10}$间隙配合或$\frac{H12}{f12}$更大间隙配合，可以开置一副以 d_1 为基准孔与模具相似的工装，使其装配后的组合模芯上的 2、3、9 全部 K 面同轴，避免因间隙过大影响 K 面参差不齐。

④ 出模时，当打开上模后旋松模芯螺杆 1～2 牙距，即可取出整体拼合模芯，随即加料，装入待用的组合模芯又可连续硫化。

上述轴向分型模具结构，具有结构简单、功效高、省料、操作方便等优点，并能克服低硬度胶料成型和加料困难等，但是其模具结构、加工方法有待我们进一步改善和提高。

第五章　特殊冲切与组合式橡胶模具

对一些外形呈复杂曲线形状的橡胶制品［如图 5-1（a）］，或者较简单、超多孔橡胶制品［如图 5-4（a）、图 5-5（a）］，为了一次性全部（整板）取出制品，要求飞边较厚，否则逐孔取出影响功效和模温。但飞边过厚又给修边工序带来一定的困难。对批量大、数量多的此类橡胶制品，可采用如下介绍的特殊模具（厚飞边）与特殊冲切方法，并可实行机械化、自动化生产。

5.1　特殊冲切橡胶模具

计算机用导电、绝缘按钮橡胶制品，由于外形大多呈曲线形状，故模具加工和制品修边都比较困难。因此一般把模具模腔做成简单方形平板形状，其制品与模具结构如图 5-1 所示。

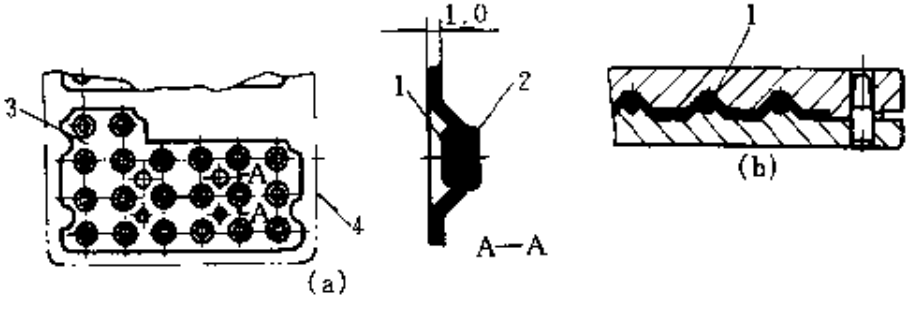


图 5-1　导电、绝缘按钮制品与模具结构

（a）成品与半成品形状；（b）模具结构

1—导电橡胶；2—绝缘橡胶；3—成品；4—轮廓线

注：导电橡胶块，硫化前要求半硫定型状态（预制件）

图 5-1 中模具先制成轮廓线为制品外形尺寸，然后用一般立式冲床，以制品装配用工艺孔作为定位基准孔，冲切成制品曲线形状的尺寸。

橡胶的冲切模具有两种结构形式：

（1）当橡胶制品硬度较高、含胶率较低时，一般可采用普通刀口模具（如图 5-2）或下模为硬质橡胶垫块、上模为锋利刀口模（刀锋应做成剪刀形，可提高使用寿命）。

（2）当橡胶制品硬度较低、含胶率较高时，采用一般刀口模效果较差，因冲切橡胶刀口模具不允许加油类润滑剂，因而刀口容易拉毛，由于制品含胶率较高，伸长率相应较大，制品边缘与定位孔处难以冲下或者制品边缘拉毛痕迹严重。为此，可采用冲边撞击模具（如图5-3所示）。

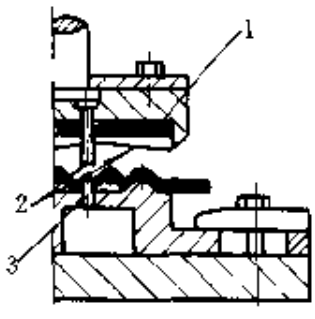


图 5-2　刀口模具结构示意图

1—海绵推料板；2—剪刀口；3—定位销

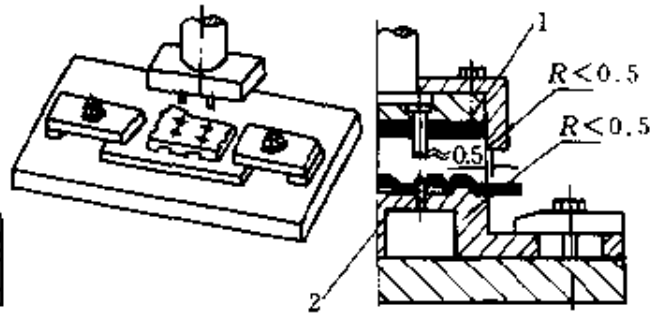
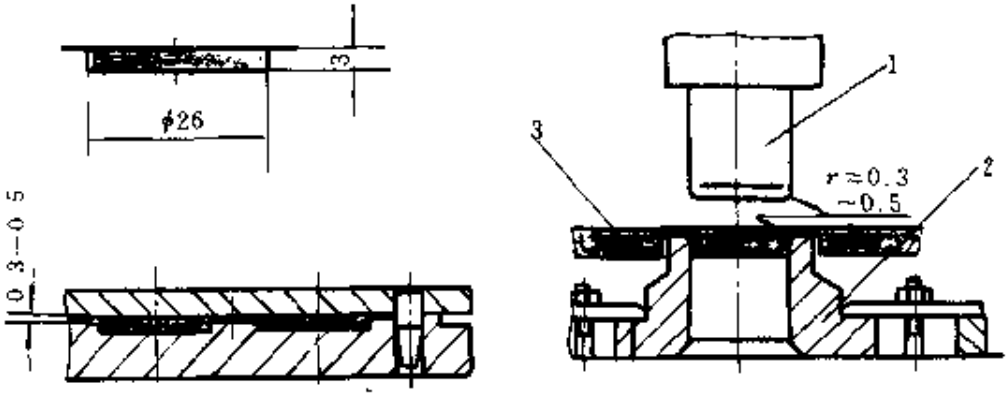


图 5-3　撞击模具结构示意图

1—海绵推料板；2—制品

撞击法模具也适用于厚飞边制品冲切，如图 5-4（b）和图 5-5（b）所示。

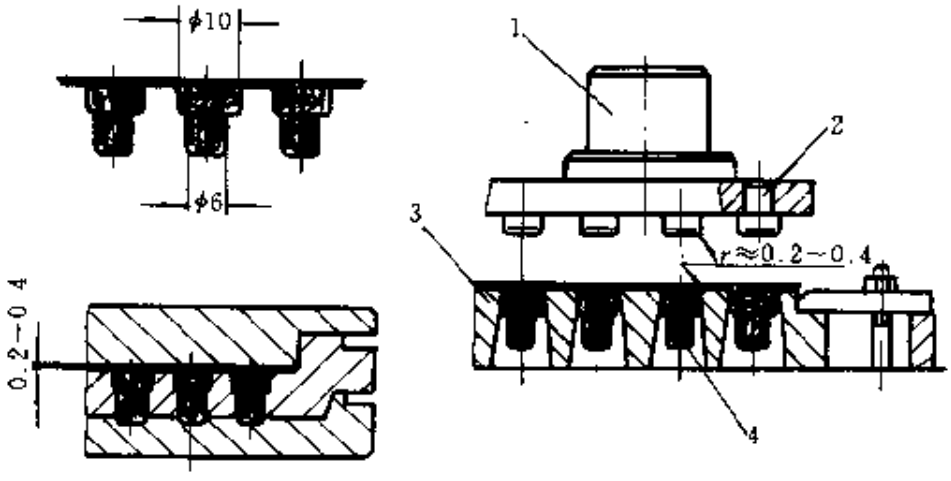


（a）　　（b）

图 5-4　厚飞边制品和撞击法模具结构

（a）厚飞边制品模具结构；（b）撞击法模具结构

1—上冲；2—下模；3—制品



(a) (b)

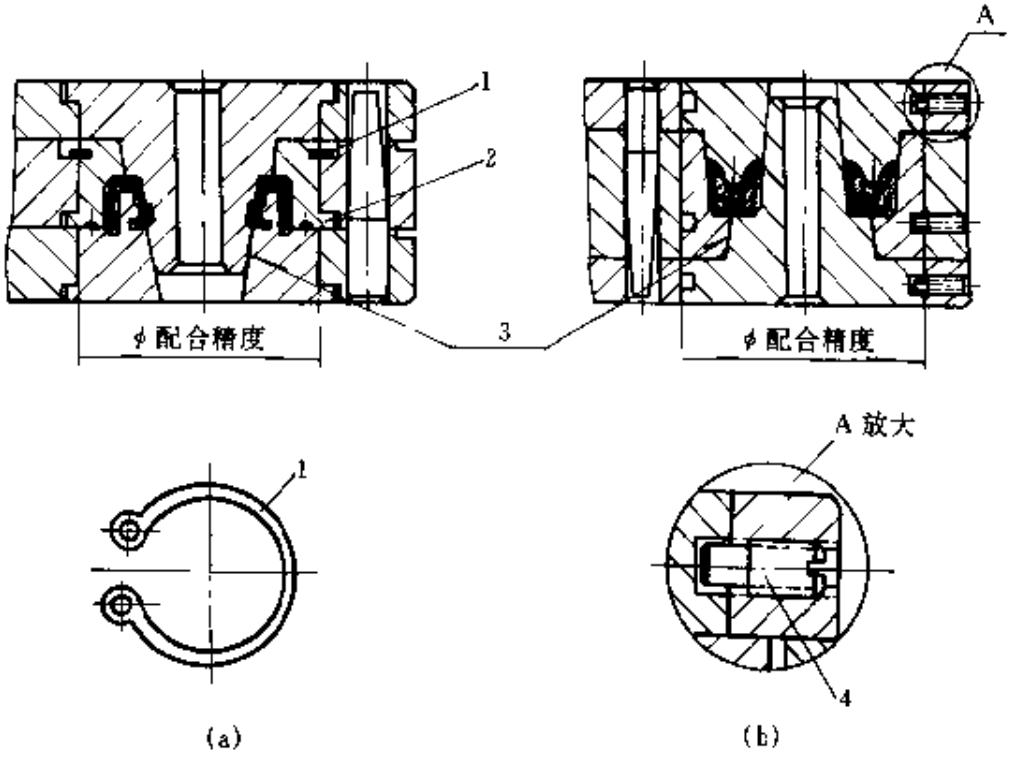
图 5-5 厚飞边制品和撞击法模具结构

(a) 厚飞边制品模具结构；(b) 撞击法模具结构

1—主上冲；2—冲头；3—下模；4—制品

5.2 组合式模具

组合式模具的特点是可以方便地更换单个模芯，特别是当模具固



(a) (b)

图 5-6 组合模具结构

(a) 弹性挡圈、台阶定位；(b) 螺钉定位

1—弹性挡圈；2—台阶；3—锥形面

定在平板上时，组合式模具可迅速更换模芯以适应生产品种和规格的变更。如油封模具更换规格所需时间可缩短至 30min，特别是氟橡胶制品在硫化时放出的氟化氢腐蚀作用，其模具使用寿命仅为丁腈橡胶模具的 1/6～1/8 。常用的油封模具，模芯与模板是静配合联接，不能分离，模芯损坏时，整副模具也就报废了，而更换模芯正是组合模具所具有的优越性。氟橡胶油封模具结构如图 5-6（a）所示；丁腈橡胶 U 形皮碗模具如图 5-6（b）所示。

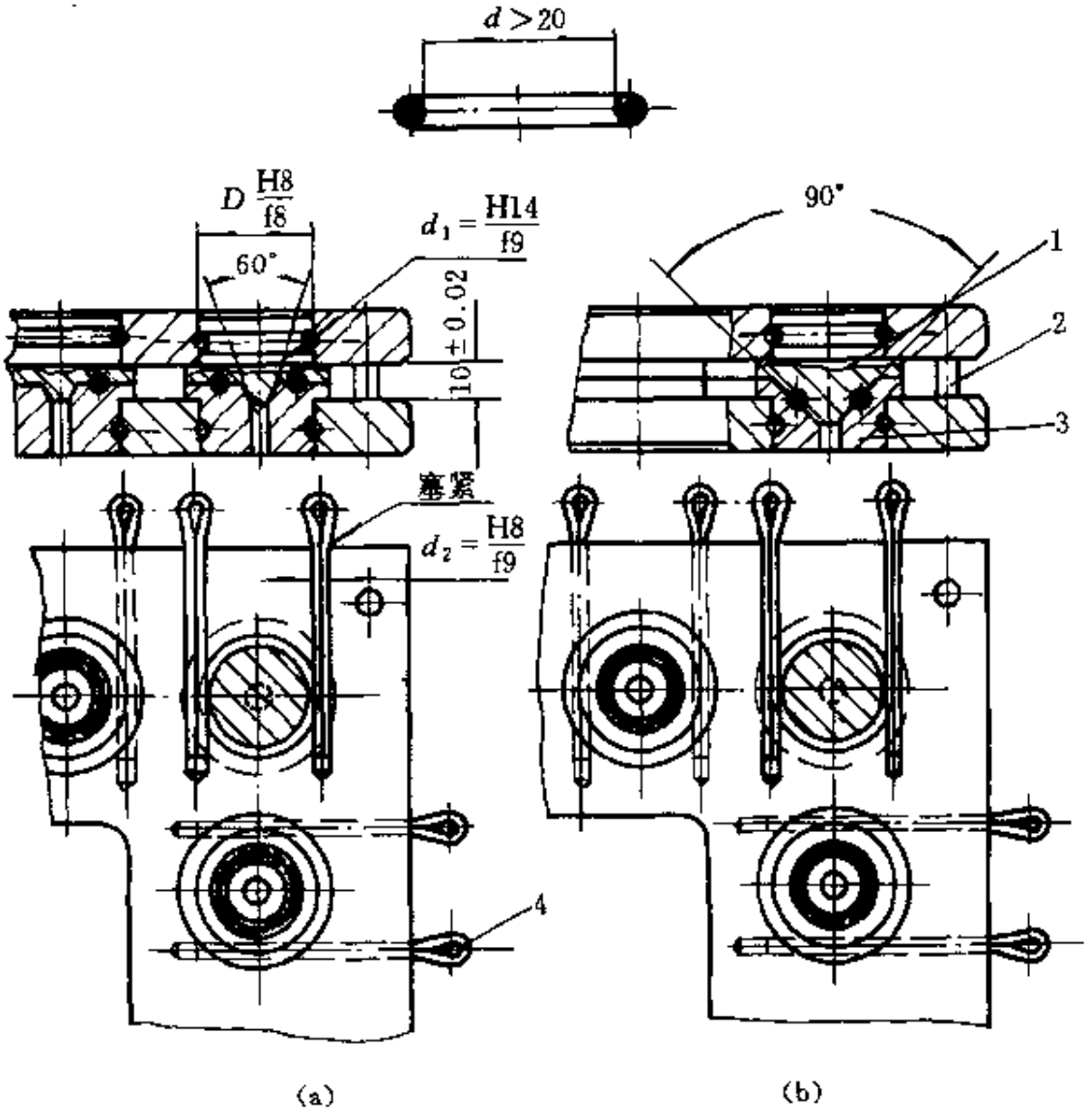


图 5-7　组合模具结构

（a）水平分型；（b）45°分型

1—上模芯；2—导销；3—下模芯；4—开口销

上述模具在3块模板中具有装配部件系列化尺寸的孔，每个组装件有外凸台阶或内凹装配沟槽，当模板与组装件组装时，利用台阶或在沟槽中安放弹性挡圈或紧固螺钉联接，以保证启模时组装件固定在模板上。组装件之间都以锥面配合，以保证合模时的同轴度，组装件一旦磨损或损坏以及改变规格时，即可更换，而模板则可长期使用。

组合式模具也可用于高要求O形圈模具，如图5-7所示。

当模具固定在平板上时，配合精度可为$\frac{H8}{f8}$或$\frac{H8}{f9}$间隙配合，便于拆装及更换零部件。

图5-7模具结构适用于内径大于20mm的制品。该模上下模芯趋于松动状态，最终由60°与90°锥面定位。由于占孔深度（开口销孔）的关系，模具为框式或环形结构，采用开口销塞紧固定位，拆装方便。

第六章　粘合密封垫圈模具

6.1　粘合密封垫圈的应用

6.1.1　结构和特点

粘合密封垫圈是一种新型密封垫圈。在断面为矩形的金属垫圈的内侧粘有梯形断面的橡胶环，如图6-1所示。它对气体和液体在高、低压力的静态密封提供一种极简单、有效和可靠的方法。粘合密封垫圈可在公称压力≤39MPa静态密封状态下达到最佳密封性能。粘合密封垫圈的典型装配结构如图6-2所示。

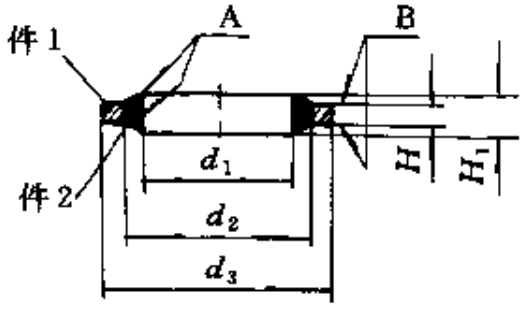


图6-1　粘合密封垫圈

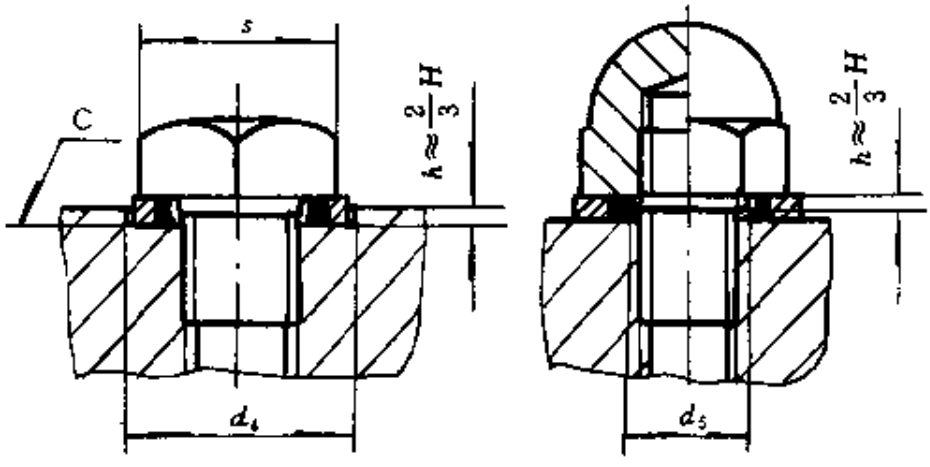


图6-2　粘合密封垫圈典型装配结构

粘合密封垫圈的特点如下。

(1) 粘合密封垫圈在夹紧负荷下不会移动或浮动（在使用合成物或软金属垫圈的情况下则是可能发生的）。

(2) 粘合密封垫圈不会像其他密封垫片那样发生破碎，最大破坏压力决定于金属环的强度，金属环还起着限制橡胶变形的作用。

（3）粘合密封垫圈有极佳的结构，即使在压力下与被密封元件间发生轻微轴向移动时也能保持密封。

6.1.2 尺寸系列与技术要求

粘合密封垫圈尺寸系列见表 6-1。

表 6-1 粘合密封垫圈尺寸系列/mm

公称直径	$d\pm0.15$	d_2	$d_3-0.3$	$H\pm0.15$	$H_1\pm0.15$	d_4	S	适用螺纹尺寸
10	10.4	12+0.24	16	2	2.8	18	16.2	M10（G⅛in）
14	14.4	16+0.24	20			22	21.9	M14（G¼in）
18	18.4	20+0.28	25			28	25	M18（G⅜/in）
22	22.5	24.5+0.28	30	2.5	3.4	32	30	M22（G½in）
27	27.5	29.5+0.28	36			38	35	M27（G¾in）
33	33.5	36.5+0.32	44	3	4	46	42	M33（Glin）
42	42.6	45.5+0.32	55			58	53	M42（G1¼in）

粘合密封垫圈的技术要求如下。

（1）粘合密封垫圈制造过程中，橡胶分型面位置要求在唇部的边缘或中心部位，如图 6-1 中 A 处。

（2）粘合密封垫圈制造过程中金属环密封面不允许有橡胶层，如图 6-1 中 B 处。

（3）图 6-1 中件 1 金属环外径 d_3 与内径 d_2 的同轴度允差为 0.2mm。

（4）件 1 与件 2（图 6-1）粘结必须牢固，联接后件 2 在 H_1 方向对件 1 的高度中心对称度允差为 0.1mm。

（5）C 面（图 6-2）对螺纹中心线的跳动允差为 0.10mm。

（6）直径 d_5 应小于内径 $d_1$0.8mm。

6.1.3 材料选择

粘合密封垫圈由金属环通过喷砂或化学处理，涂刷粘合剂与橡胶经过模压硫化粘合而成。金属环、橡胶材料选择可参照表 6-2。

表 6-2　金属环、橡胶材料选择表

接触介质	温度范围/℃	金属环材料	橡胶牌号	最低破裂压力/MPa
矿　物　油	−40～+100	钢	I-3、I-4	372.7
磷　酸　酯			1150、1152	
盐水或海水		黄铜、不锈钢		323.6、539.4
发动机润滑油		钢	I-3、I-4	372.7
航空汽油与煤油		铝合金、钢		264.8、372.7
高温空气	≤250	钢	6144	372.7

6.2　粘合密封圈的模具结构

新型、特殊的模具结构——反挤、压铸橡胶模具是通过不断摸索和探讨设计的，使用该模具制造粘合密封垫圈时，可保证金属垫圈密封面上没有橡胶层，如图 6-1B 面。反挤压式橡胶模单腔结构见图 6-3，多模腔结构见图 6-4，顶出工装结构见图 6-5，压胶时工作状态如图 6-6。

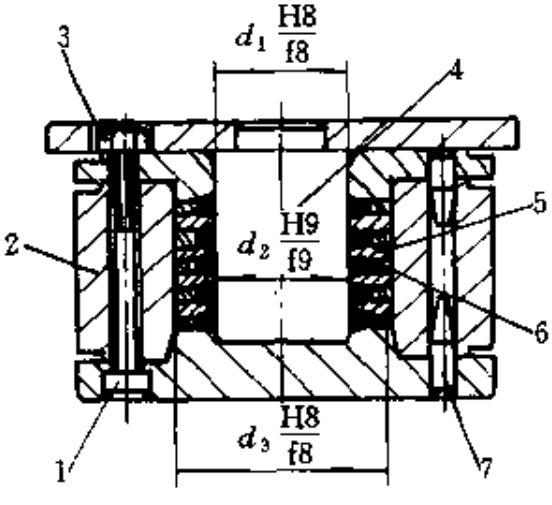


图 6-3　反挤、压铸单模腔结构

1—内六角螺钉；2—中模；3—螺母；4—压料头；5—衬圈；6—金属环；7—导销

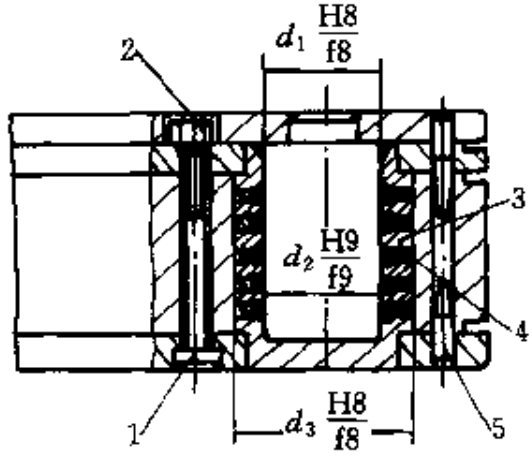


图 6-4　反挤、压铸多模胶结构

1—螺钉；2—螺母；3—衬圈；4—金属环；5—导销

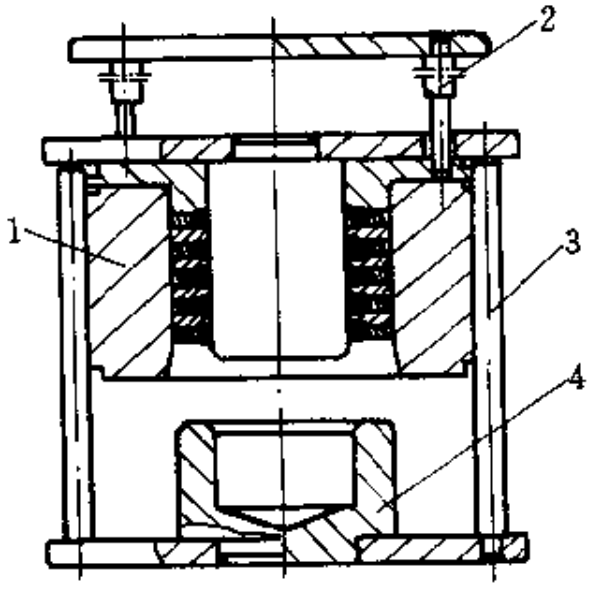


图 6-5　制品顶出装置

1—中模；2—上顶杆；

3—下顶杆；4—下顶座

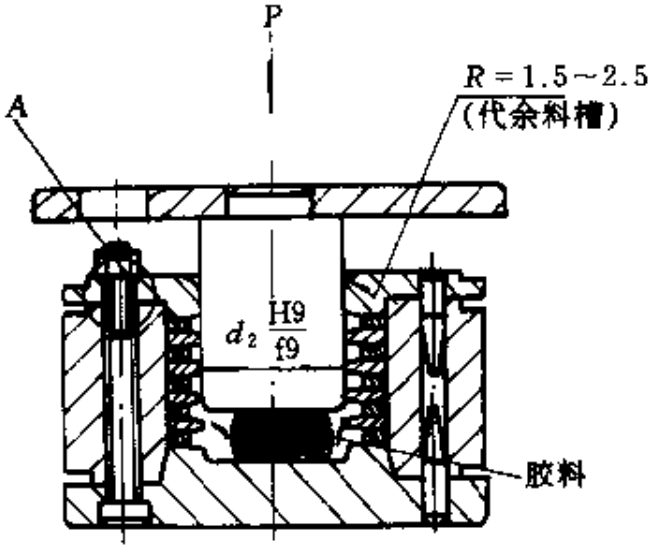


图 6-6　反挤压铸工作原理图

反挤、压铸模结构原理是利用压料头与衬圈配合间隙，通过硫化机的强大压力，把具有可塑性的胶料反挤向上，填满各个模腔。

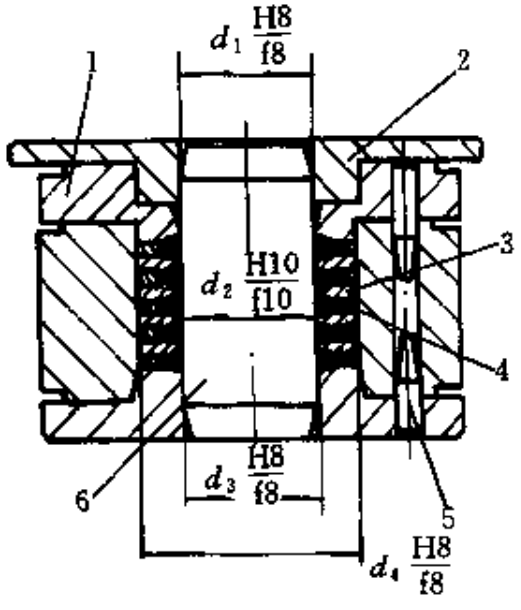


图 6-7　带料腔压铸模（单孔结构）

1—料腔；2—压头；3—衬圈；

4—金属环；5—导销；6—模芯

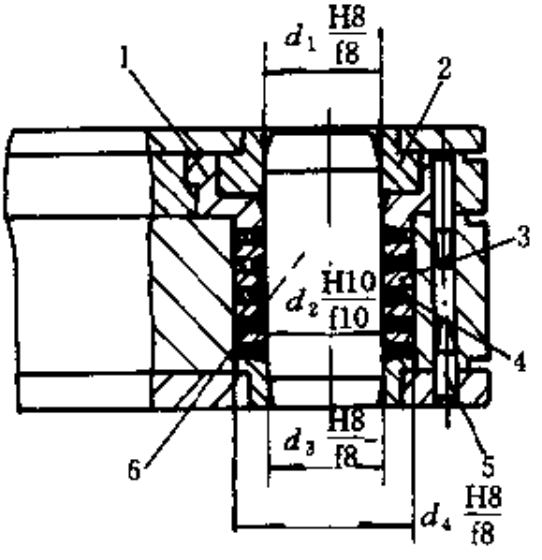


图 6-8　带料腔压铸模（多孔结构）

1—镶套料腔；2—镶套压头；3—衬圈；4—金属环；5—导销；6—模芯

图 6-3 和图 6-4 所示反挤、压铸模具具有结构新型、特殊、工效高、制品质量好等优点，但由于螺钉旋入压紧，操作上拆装较繁琐；闭合尺寸要求较高，螺纹闭合不当易损坏螺纹，应注意余料槽的大小并与模外沟通，防止胶料过多和压力过大损坏螺杆。为了简化操作，也可采用带有料腔的压铸模结构，如图 6-7 和图 6-8。

带料腔压铸模也需要配置顶出装置。

第七章　橡胶模压制品空气压出与空气成型硫化

橡胶模压制品空气压出与空气成型硫化工艺是橡胶制品生产中的一项新技术。其最大的特点是简化模具结构。缩短开合时间、减轻劳动强度，提高生产效率，尤其是对形状复杂的鼓形、波浪形、超长管形制品，效果更为显著。它是橡胶制品生产实现机械化和自动化（自动出模）的新途径，具有广阔的发展前途。

下面介绍近年来橡胶模压制品空气压出与成型硫化的工艺情况。

7.1　橡胶模压制品空气压出

7.1.1　胶套空气压出

胶套的类型较多，如图 7-1 带台阶的胶套零件，多数情况下是用手工剥离拉出的。但由于模芯温度较高，操作时必须带双层纱手套。在生产数量较多情况下，可将压缩空气喷嘴对准制品小口一端，利用压缩空气的压力作用使制品膨胀并向反方向压出制品。

图 7-1 中制品采用空气压出既快又省力，图 7-2 为其工作图。

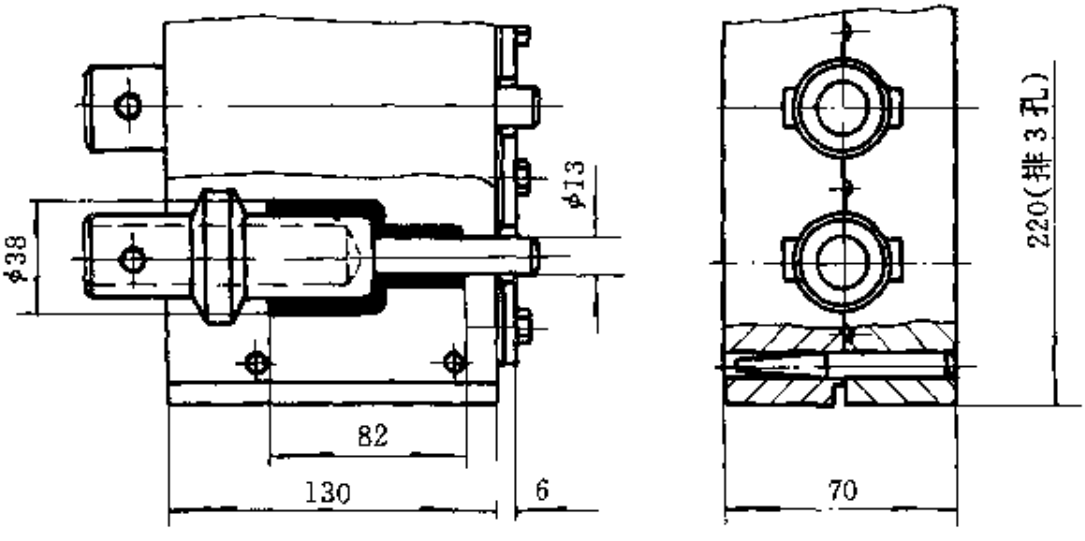


图 7-1　带台阶胶套模具结构

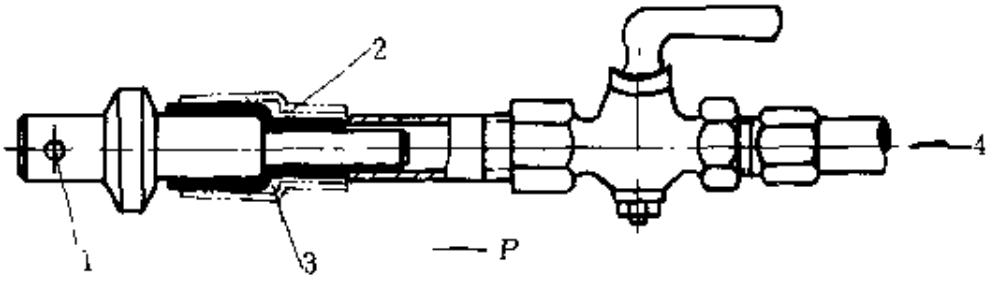


图 7-2　带台阶胶套压缩空气压出制品工作图

1—定位孔；2—充气后制品位置；3—存气膨胀；4—气源

对于壁厚超过 2mm、硬度超过 70（邵尔）的橡胶皮囊制品，单靠手工出模是困难的，也可采用空气压出法取出制品。模具结构如图 7-3 所示。出模时，需去掉吊紧螺杆，外接气源，加适当压力即可压出制品。为防止制品受力不均或受力过大，造成局部膨胀和破裂，可以在制品外部加一只保护套，促使制品受力均匀，又能限制制品外径无规则扩大，如图 7-4 所示。

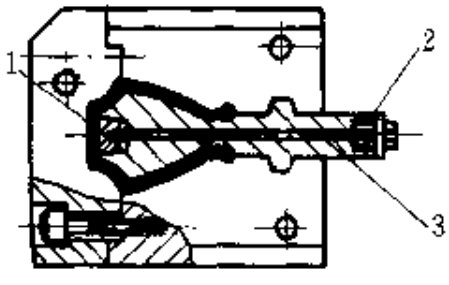


图 7-3　橡胶皮囊制品模具结构

1—锥形闷头；2—外接管螺纹；

3—闷头吊紧螺杆

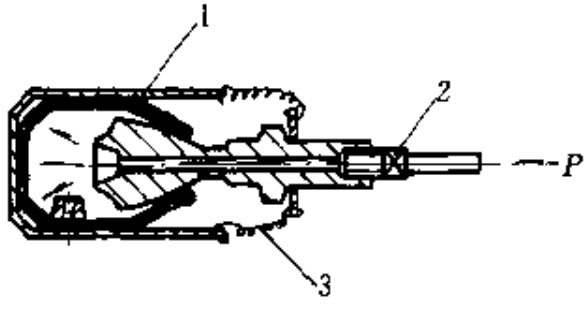


图 7-4　防破裂保护套示意图

1—保护套；2—外接水气源；

3—连接链

图 7-5 为波浪形橡胶防尘胶套，如采用抽芯分块结构模具，结构复杂，加工精度高，操作繁琐。而用空气压出法，可采用整体模芯结构，模芯容易加工，操作也较方便。

图 7-6 为空气压出工作图，制品压出时应注意进气不宜过猛，当第 1 节膨胀时，压力反作用使其余几节处于真空状态，必须用手前后摆动和挤压制品，把第 1 节膨胀的空气过渡到第 2 节、第 3 节……，最后 1～2 节由于膨胀的空气压力形成漏气现象，用力即可剥出。

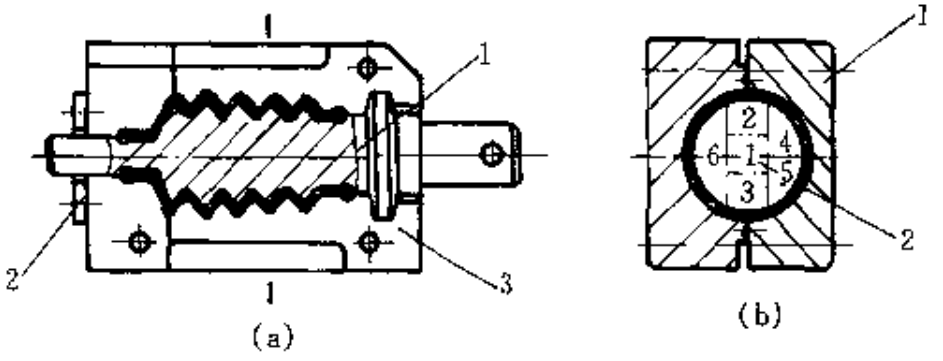


图 7-5 整体模芯模具结构（a）和分块模芯结构（b）

（a）1—整体模芯；2—V 形定位镶块；3—下模；（b）1—上模；2—分块模芯

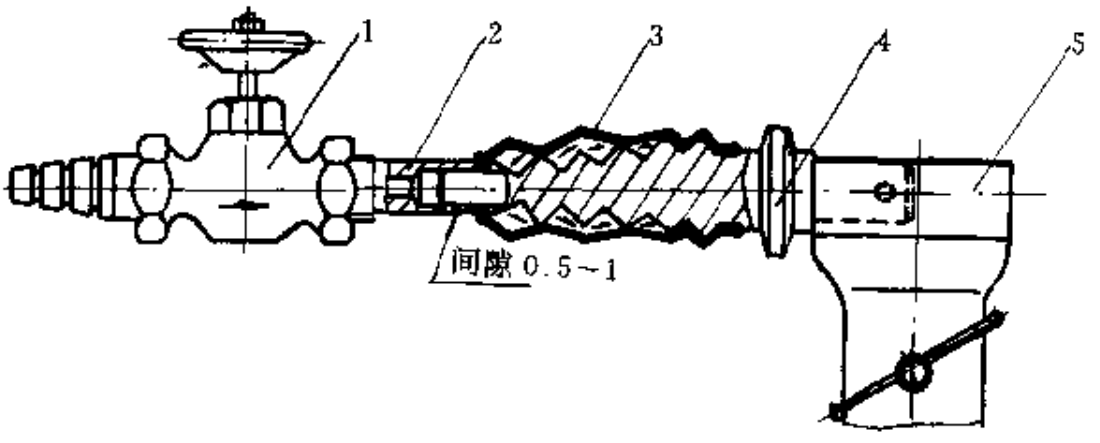


图 7-6 空气压出工作图

1—阀门；2—喷嘴；3—制品；4—模芯；5—台虎钳

7.1.2 超长密封嵌条制品空气压出

如图 7-7 所示各种断面形状的超长密封嵌条制品，可采用挤出机压出工艺生产。但对批量少、品种多、制品形状和尺寸要求较高的密封嵌条，通常还是采用模压生产工艺较为适宜。当模具长度超过 400mm 时，难以用手工把超长的模芯顺利拉出，一般靠专用机械——拉拔机拉出模芯，对于批量少、品种多的超长制品，除采用机械拉出法外，也可采用上述空气压出法。它的特点是不管形状多么复杂的型芯，只要把充气喷嘴口一端加工成与制品断面内孔相似的形状，即可对准或塞入一部分制品顶端充气；另一端用手向外拉拔，即可拉出制品。操作时应注意 A、B 二端，应适当用手工卡紧，避免过分漏气，并向充气一端拉拔，即可顺利拉出制品。

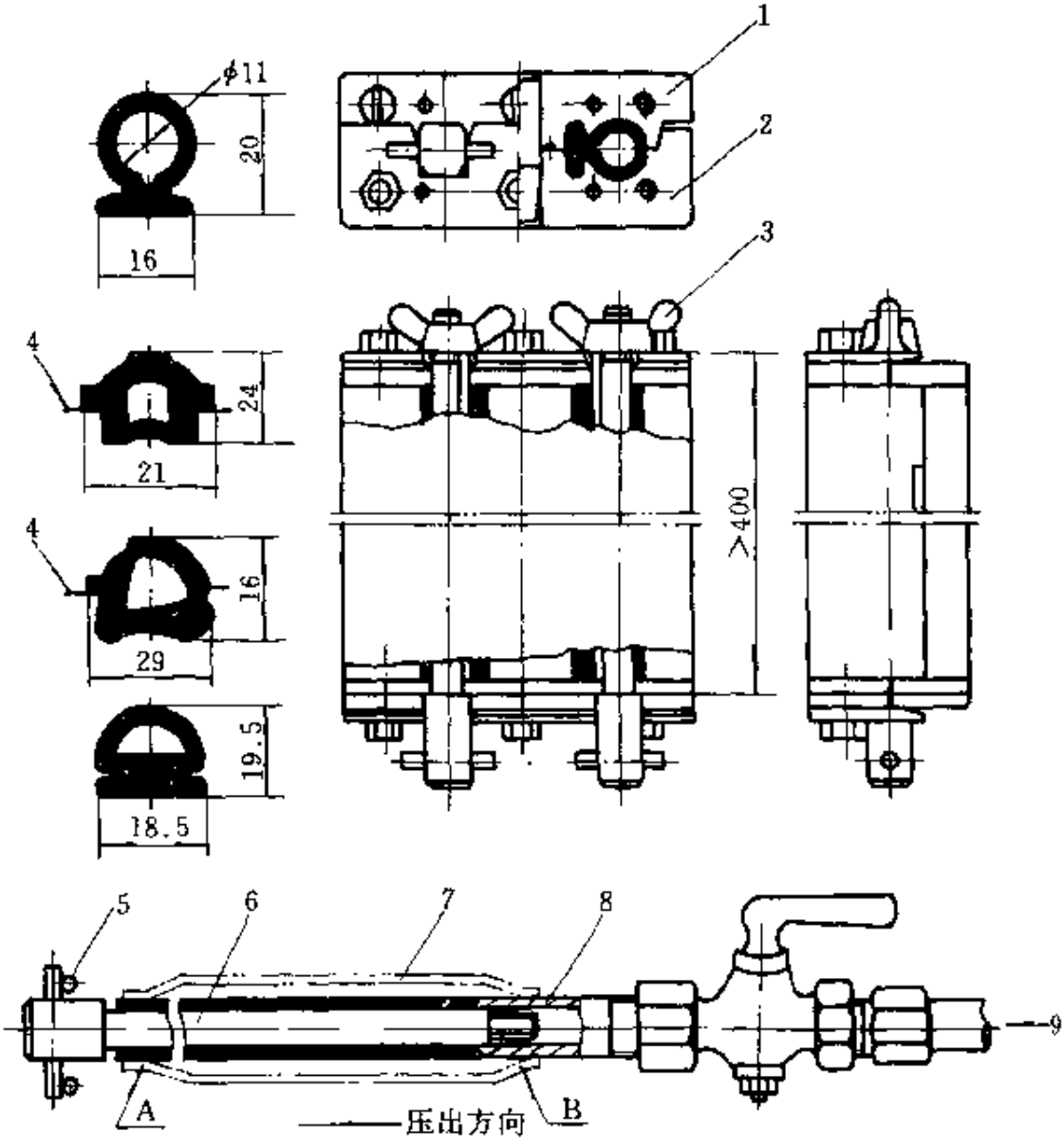


图 7-7　各种断面密封嵌条空气压出工作图

1—上模；2—下模；3—模芯拉紧；4—分型面；5—定位销；6—模芯；7—充气后制品形状；8—充气喷嘴；9—气源

接长或穿芯挤出的超长密封嵌条、胶管型材制品同样也适用此方法压出制品。

7.1.3　模压小型制品空气压出

空气压出也适用于多数模压制品（俗称空气吹出），如图 7-8 所示的制品。制品硫化后停留在中模模腔中，对于超多孔用手工取出速度过慢，也可采用压缩空气喷嘴压出制品，图 7-9 所示为模具打开后制品

压出工作图。但必须注意制品的胶料硬度，如果胶料过软，空气压出时容易压缩膨胀而卡住模腔壁。模具设计时应能适应两种情况，只要压出失败，即可改为整体加厚A端飞边厚度，用手工拉出制品。用于整体拉出制品的飞边厚度一般为0.20～0.30mm。图7-8中飞边厚度为0.5～1mm，属料头、浇口取出用。

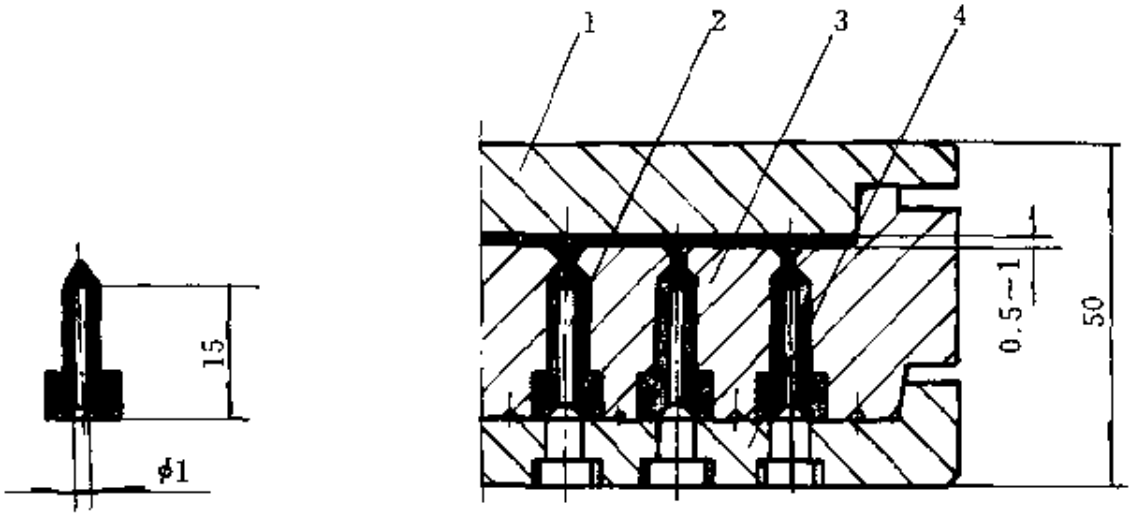


图7-8 小型制品模具结构（压铸法）

1—上模；2—模芯；3—中模；4—下模

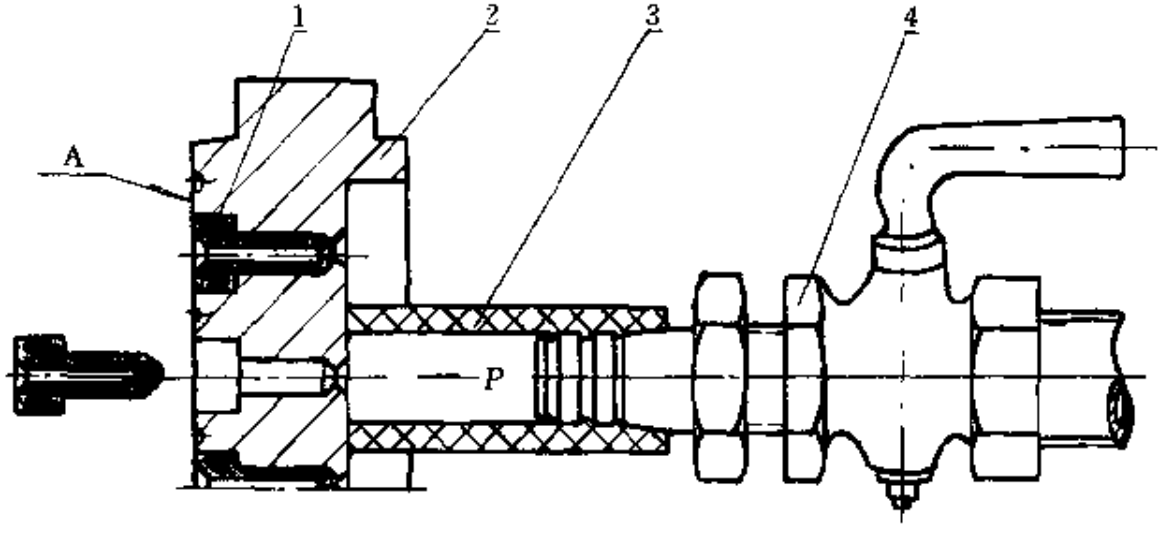


图7-9 小型制品空气压出工作示图

1—制品；2—中模；3—胶管；4—充气阀门

采用压缩空气从模型中取出制品，操作迅速省力。对于固定在平板上的模具，可直接用压缩空气把制品吹出至平板后面的料斗容器中，

但必须考虑先顶出制品（包括模具被拉出到工作台上也须装有制品顶出装置），否则空气压出只能适用于较简单的O形圈制品或制品暴露在模板上的各种制品。

7.2 橡胶制品空气成型硫化（蒸气成型法）

7.2.1 小型轮胎

目前市场上出售的小型橡胶轮胎多数为实心，其质量大、弹性差，不能满足轻型机械的实际使用要求。

为了改进实心轮胎的不足之处，国外轻型机械的轮胎已较多采用空心橡胶轮胎，如图7-10所示。这种轮胎既轻巧又富有弹性，还能节省胶料。

空气成型硫化空心轮胎的模具结构如图7-11所示。

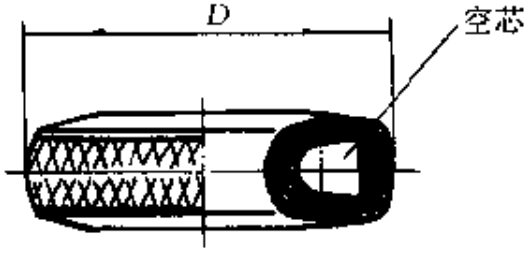


图7-10 空心轮胎

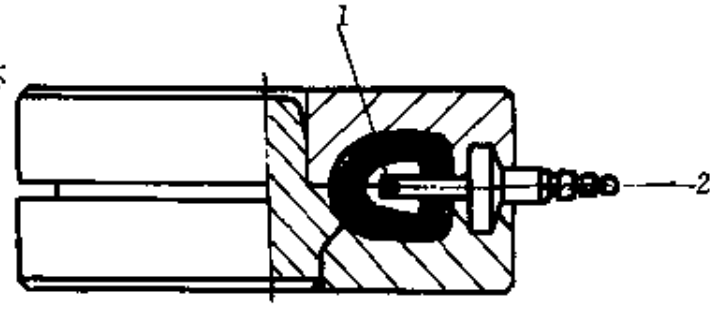


图7-11 空心轮胎模具结构

1 充气出口；2—气源

空气成型硫化空心轮胎，包括其他空心制品（如空心O形圈、空心软管、空气减震垫等），使用挤出机压出成型半成品，接合口处要求切成45°斜面并用甲苯或胶浆搭接粘牢，硫化时充气或填放适量发泡剂。

7.2.2 超长、无模芯波纹软管

图7-12所示超长、无模芯空气成型硫化模具结构，适用于较长或超长波纹形或管形橡胶制品。如防毒面具导气软管、洗衣机外接进出排水软管以及各种弯曲的（使用要求）排气、排水、过滤、防尘、导气软管。这种成型工艺的特点是模具结构简单，硫化时，外模按常规硫化工艺硫化（如硫化温度、硫化压力不变），内模采用无模芯充气成型硫化（采用低压状态蒸气——0.08～0.25MPa）。

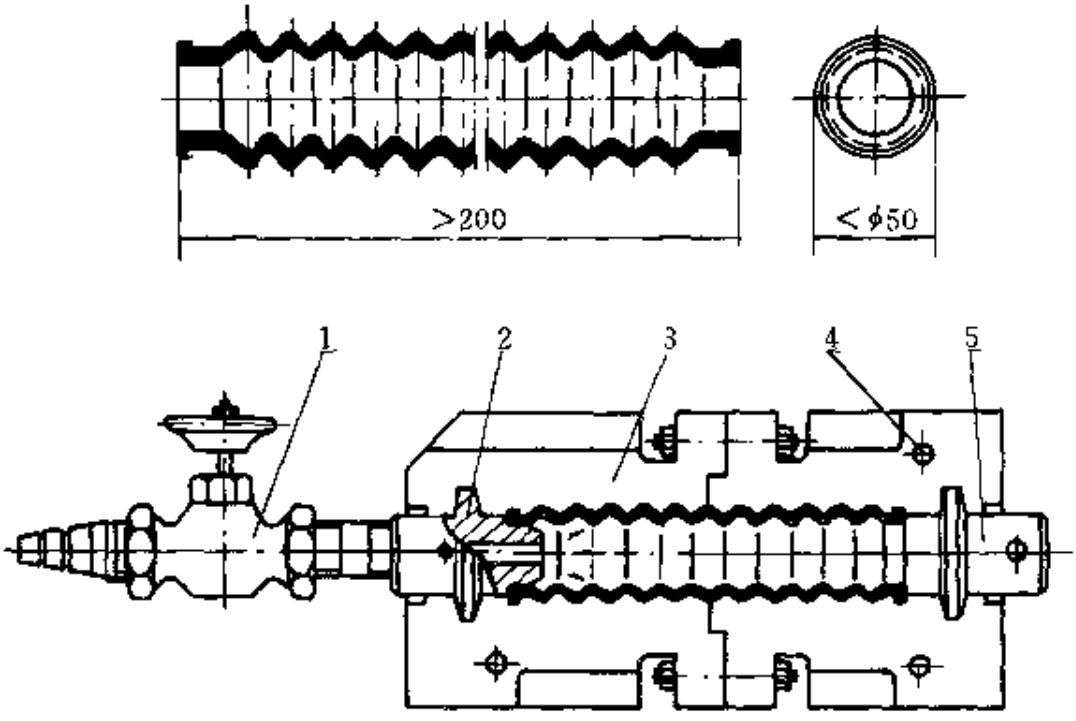


图 7-12 超长、无模芯充气硫化模结构

1—进气阀；2—进气口模芯；3—下模；4—导销孔；5—堵头模芯

图 7-12 模具所使用的半成品胶料，必须采用挤出成型工艺，挤出的半成品胶管内径必须略小于模具中两端模芯直径，装模芯后两端胶管外径必须大于模孔内径，这样合模后两端压紧半成品胶管，避免充气时位移和脱节。此外，为了防止挤出的半成品胶管截剪后两端变形（指硫化前备用的第二缸、第三缸次的半成品），应配有轻金属或非金属加工的定径塞规，塞入两端半成品胶管中待用。

7.2.3 拼合式鼓形制品

鼓形制品在设计时，首先应考虑制品壁厚与胶料硬度。图 7-13 所示的制品如果壁厚超过 2mm，胶料硬度超过邵尔 70，单靠手工出模是困难的，可采用图 7-3 气涨式模具或采用拼合式、充气二次硫化，但需开置 3 副模具，如图 7-14（a）、（b）、（c），其中（a）、（b）为鼓形制品上、下段，（c）为拼合、充气式成型硫化模。

图 7-14 中（a）、（b）鼓形上下段制品硫化要求呈半硫定型状态。

7.2.4 大型橡胶制品

图 7-15 中制品为驾驶员座舱的气密垫，尺寸较大。通过挤出工艺

图 7-13　鼓形制品

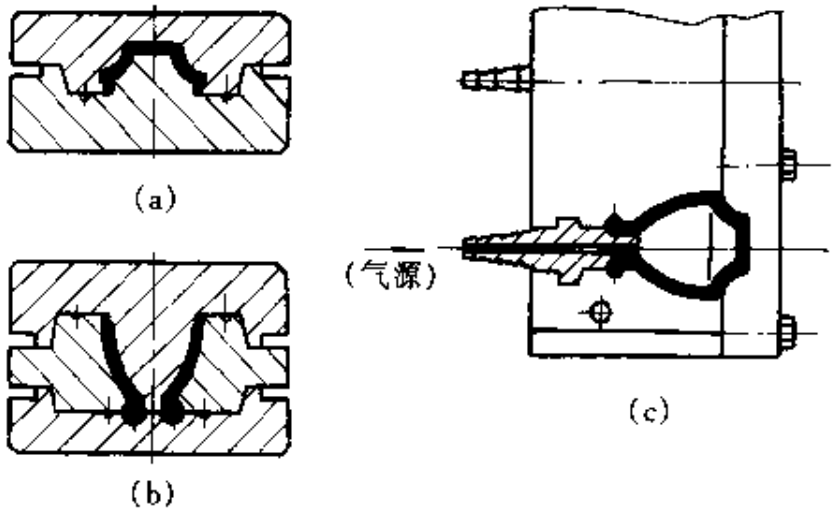


图 7-14　空气成型硫化拼合式模具

(a) 鼓形上段模；(b) 鼓形下段模；

(c) 拼合、充气式成型硫化模

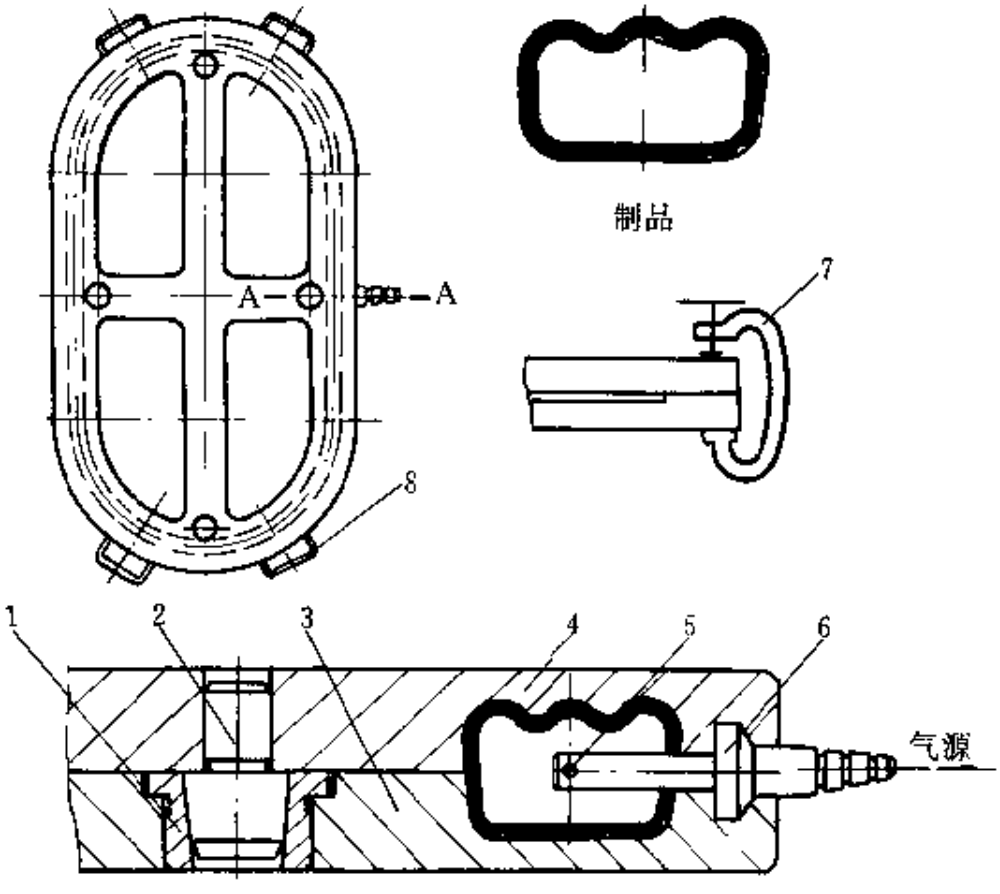


图 7-15　气密垫空气成型硫化模结构

1—导套；2—锥形导销；3　下模；4　上模；5—喷嘴；

6—充气杆；7　C 字卡头；8　手柄

成型出半成品管材装入图 7-15 模具内，用C 字卡头或平板硫化机将四周压紧，而后送入硫化罐或大型平板硫化机，由 A-A 处充入低压蒸气或压缩空气进入管材内腔中硫化。

第八章　大型橡胶制品模具

大型橡胶制品种类较多，它主要用于矿山、化工、重型机械以及船舶工业。如大型机械连接件——橡胶风筒、大型防尘罩（套）、油箱皮囊、防震垫、摩擦片等橡胶制品。这些大型橡胶制品的特点是：外形配合尺寸一般要求不高，并处于低压工作状态，批量少、形状简单，可以采用简易橡胶模具代替价格昂贵、加工复杂、结构笨重的橡胶硫化模具。例如：硫化各种大型规格连接风筒的橡胶连接器，即可采用简易模具——衬胶模代替。

图 8-1 是大型制品与简易模具——衬胶模的结构图。模具是由纯铝板弯曲、氩弧焊焊接而成。为了防止硫化时受压变形或橡胶下垂移动，可采用简易槽钢制作的C形夹具夹住制品上端，以防止橡胶下垂。衬胶模具使用时，应注意以下两点。

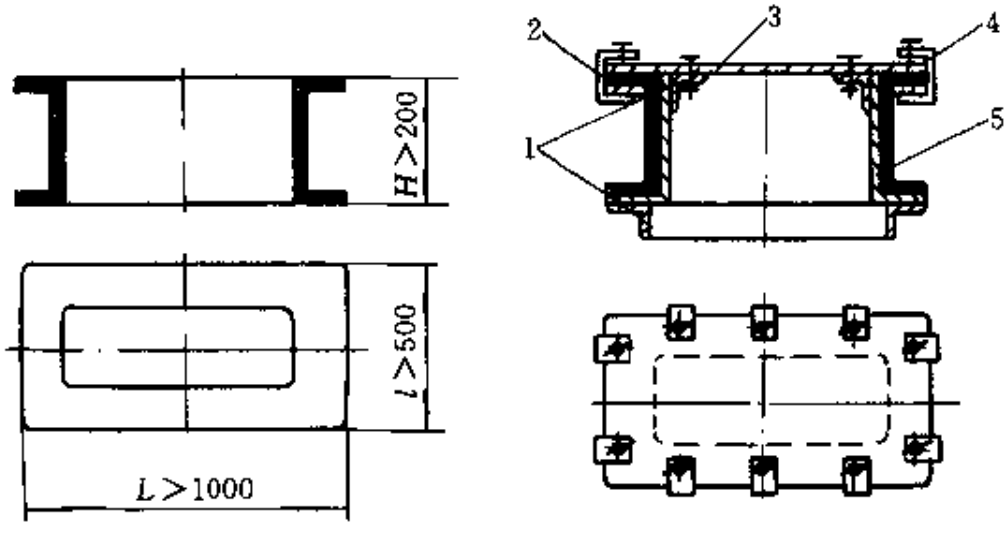


图 8-1　大型制品与简易模具——衬胶模

1—加强筋（三角钢）；2—衬板（铝板）；3—上盖板（铝板）；4　简易夹具（U 型钢）；5—衬胶模（纯铝 3～4）

（1）衬胶模所衬胶料表面要求平整光滑、无气泡杂质等缺陷。

（2）衬胶模模腔表面可以涂一层胶浆，有利于衬胶脱落，还须注意硫化后制品能轻易脱模。

又如化工厂大型电石炉橡胶摩擦片简易模具——压板式橡胶模，如图 8-2 所示。该模具是由上、下两块厚 12mm 的弧形钢板制成。压板式简易模具结构简单、加工方便，并比一般典型橡胶模具质量轻，还能适用于硫化罐或烘箱加温硫化。

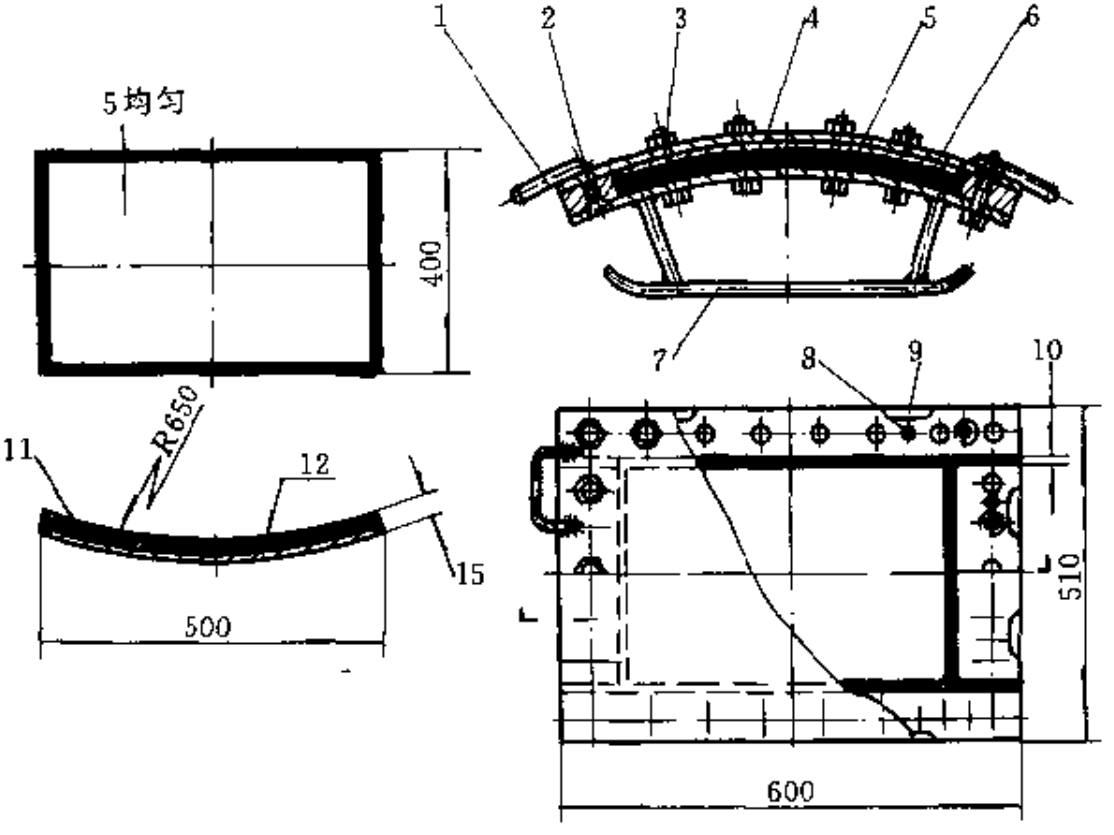


图 8-2　大型制品的简易模具结构

1—手把；2—沉头螺钉；3—六角螺栓；4—上压板；5—衬板；6—下模板；7—底盘；8—定位销；9—撬孔；10—余料槽；11—橡胶；12—5mm 衬板

压板式简易模具在使用时应注意：由于制品中镶有 5mm 衬板（又称骨架），硫化时使用橡胶与金属粘合剂，使上压板或下模板与硫化橡胶粘合，为使硫化后模具容易打开，可在上压板与下模板模腔表面垫放一张蜡纸或其他不易粘合的纸作隔离之用。制品表面粘合纸可用水冲洗掉。

又如大型油箱胶囊（飞机油箱用皮囊），也可采用简易衬胶、包布硫

化模，如图 8-3 所示。它由衬胶内模、支架、出模工装组成。衬胶内模可由铝铸件或纯铝板成型、氩弧焊焊接而成，为防止硫化时受压变形以及成型、出模时需要，内模中应有适当的加强筋加固及中心支架孔。

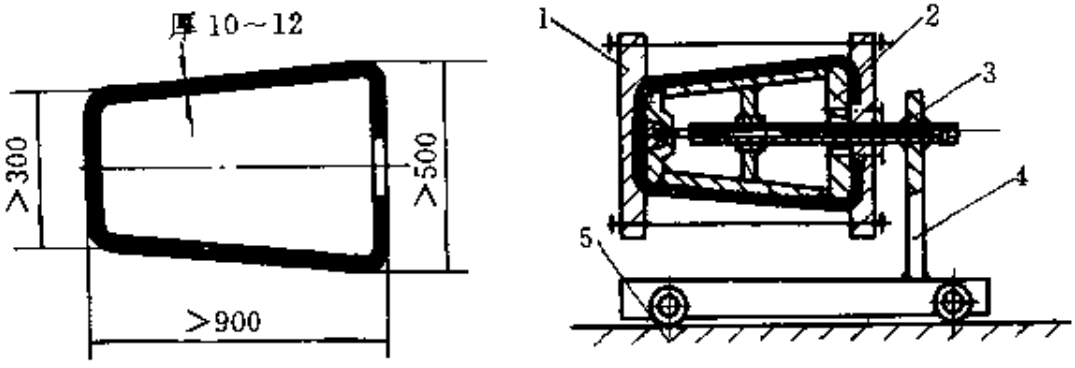


图 8-3　简易衬胶、包布硫化模结构图

1—压板；2—内模；3—吊紧螺杆；4—支架；5—硫化罐（导轨）

由于该制品外形呈鼓状，并且外口较小，制品取出必须配有如图 8-4 所示出模工装，并配有能压入适量脱模剂（肥皂水）的管道口。出模时利用内模中心支架孔内的外接管道，压入适量肥皂水，使其橡胶囊与内模脱离；再用吊车（行车或三脚起重架）把胶囊固定在吊钩上，利用 4～8 爪拉杆螺杆扩张制品口径，在机械与手工操作配合下可把制品强制剥下。

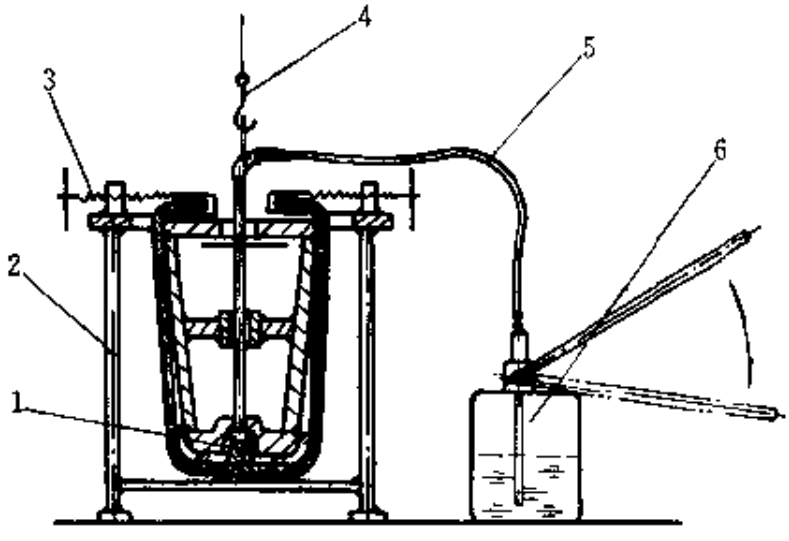


图 8-4　油箱胶囊出模工装示意图

1—闷头；2—支架；3—丝杆钩；4—起重钩；5—软管；6—手压泵

第九章　橡胶压铸成型模具

9.1　压铸成型

橡胶压铸模的硫化工艺是应该提倡的一项橡胶制品生产工艺。其最大的特点是提高生产效率，改进橡胶制品的质量，尤其是能硫化普通模压法所不能硫化的薄壁、超长和超厚的制品；此外能增强橡胶与金属嵌件的结合粘着力，模具在使用过程中由于先合模后加料，模具不易损坏。因此，橡胶压铸成型方法（又称挤胶成型）逐渐被广泛采用。

橡胶压铸模硫化与橡胶注压模硫化工艺很接近，主要区别在于：橡胶注压硫化是通过橡胶注射成型机的压力，将预热成塑性状态的混炼胶注入模腔中定型硫化，启模后得到橡胶制品的工艺方法。

9.2　压铸成型模具原理

基本原理：在普通模压模具上增加两个组合零件：压铸塞（头）与压铸料腔（又称铸压料室），起装填胶料的作用。在压铸料腔底部与相

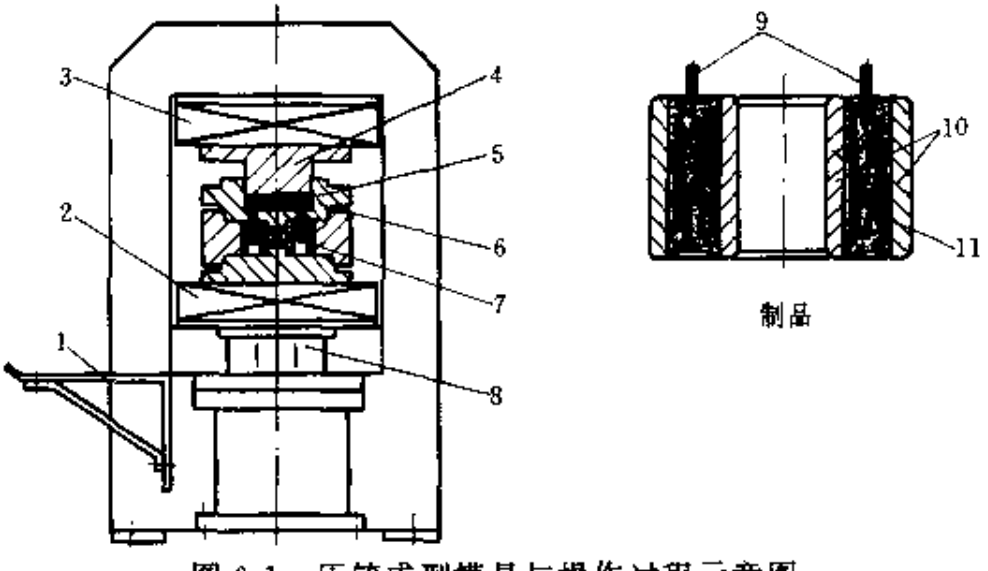


图 9-1　压铸成型模具与操作过程示意图

1—工作台；2，3—加热板；4—压铸塞；5—压铸料腔；6—料道；7—制品（减震器）；8—压机活塞柱；9—浇口；10—骨架；11—橡胶

连接的模板或模腔部位开置一定数量的压铸胶料流道口，在平板硫化机的压力作用下，将力传递至压铸塞压缩胶料，在受热、受压情况下，胶料软化呈半流体状态并快速挤入胶料流道口进入模具模腔中，然后通过定时、恒压硫化阶段，胶料定型而得到模压制品。

压铸成型模具硫化操作过程如图 9-1 所示。

9.3 压铸成型模具结构

9.3.1 薄壁制品压铸成型模具

一些薄壁橡胶制品（厚度<3mm），如采用普通模压法硫化，制品往往出现缺胶、起泡、质地疏松等现象。主要原因是硫化过程中胶料没有全部填充到模腔中而外溢。采用压铸成型模具结构可解决这一问题，如图 9-2～图 9-6 所示。

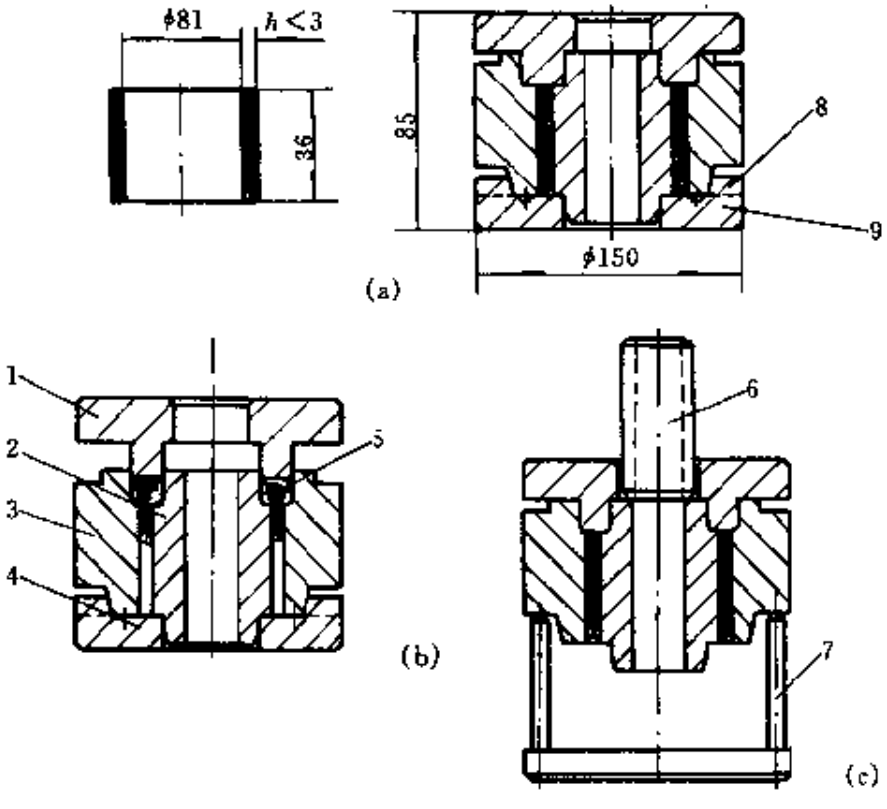


图 9-2 薄壁制品及压铸成型模具

(a) 薄壁制品（h<3mm）；(b) 模具加料后状态；(c) 顶出装置（下模已去掉）

1—压铸塞；2—模芯；3—中模；4—下模；5—料腔；6—上顶杆；

7—下顶杆；8—开置 4～10 个缺口（余料、逃气槽）；9—下模

图 9-2 模具的特点为：内外径表面无分型面痕迹，模具结构简单、操作安全可靠，启模配有简易顶出装置，加料、启模方便，下模开有余料、逃气槽（如图中下模开置 4～10 个缺口）并与模外沟通，便于排气、逃料。

图 9-3 模具结构适用于小型矩形圈制品，其特点为：加料方便、工效高、制品质量好。制品高度超过内径 2 倍以上，模腔数又较多时应配置如图 9-3（b）所示的顶出装置。

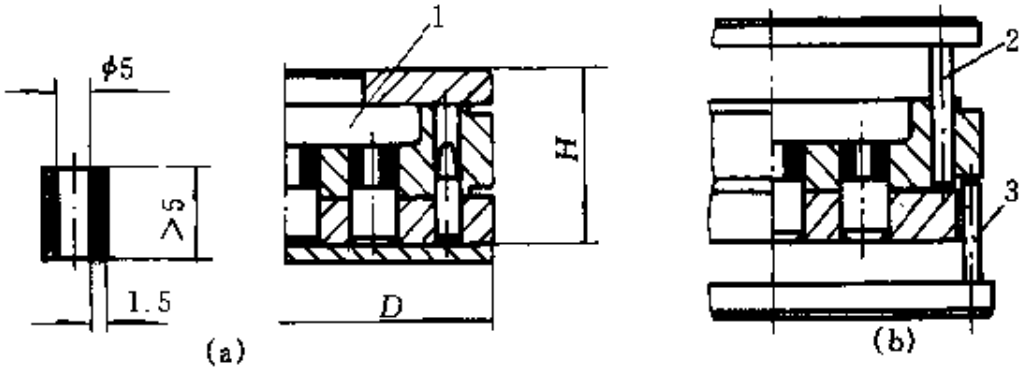


图 9-3　多孔小型套管制品压铸成型模具

(a) 模具结构；(b) 顶出装置（压铸塞已去掉）

1　压铸塞；2—3-ϕ10 顶杆；3—3-ϕ10 顶杆

图 9-4 模具结构适用于橡胶硬度较高、模腔较多的减震器之类制品。压铸料腔设计为整体加料腔，效果比多料腔（即多个型腔配置一个压铸料腔）为好，因整体加料方便，压铸时进料快，并且具有配合面减少、出模快等优点。顶出装置如图 9-4（b）所示。

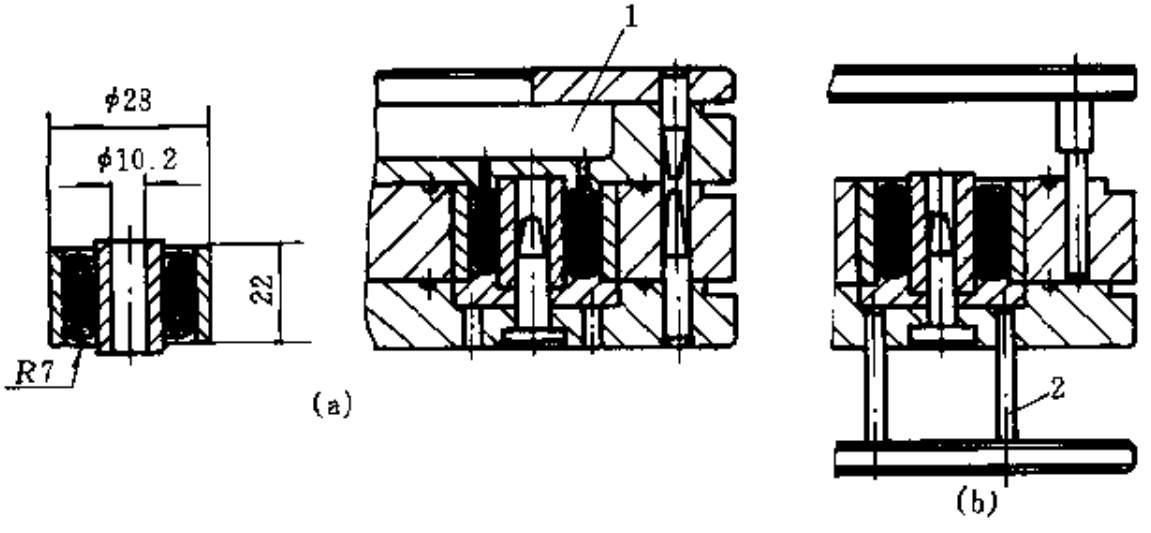


图 9-4　高硬度胶料压铸成型模具

(a) 模具结构；(b) 顶出装置

1　压铸塞；2—每腔 4 件

图 9-5 模具结构适用于较长的薄壁制品，由于制品过长，此模具压铸料腔结构采用上下两端同时压缩进料。顶出装置如图 9-5（c）所示。

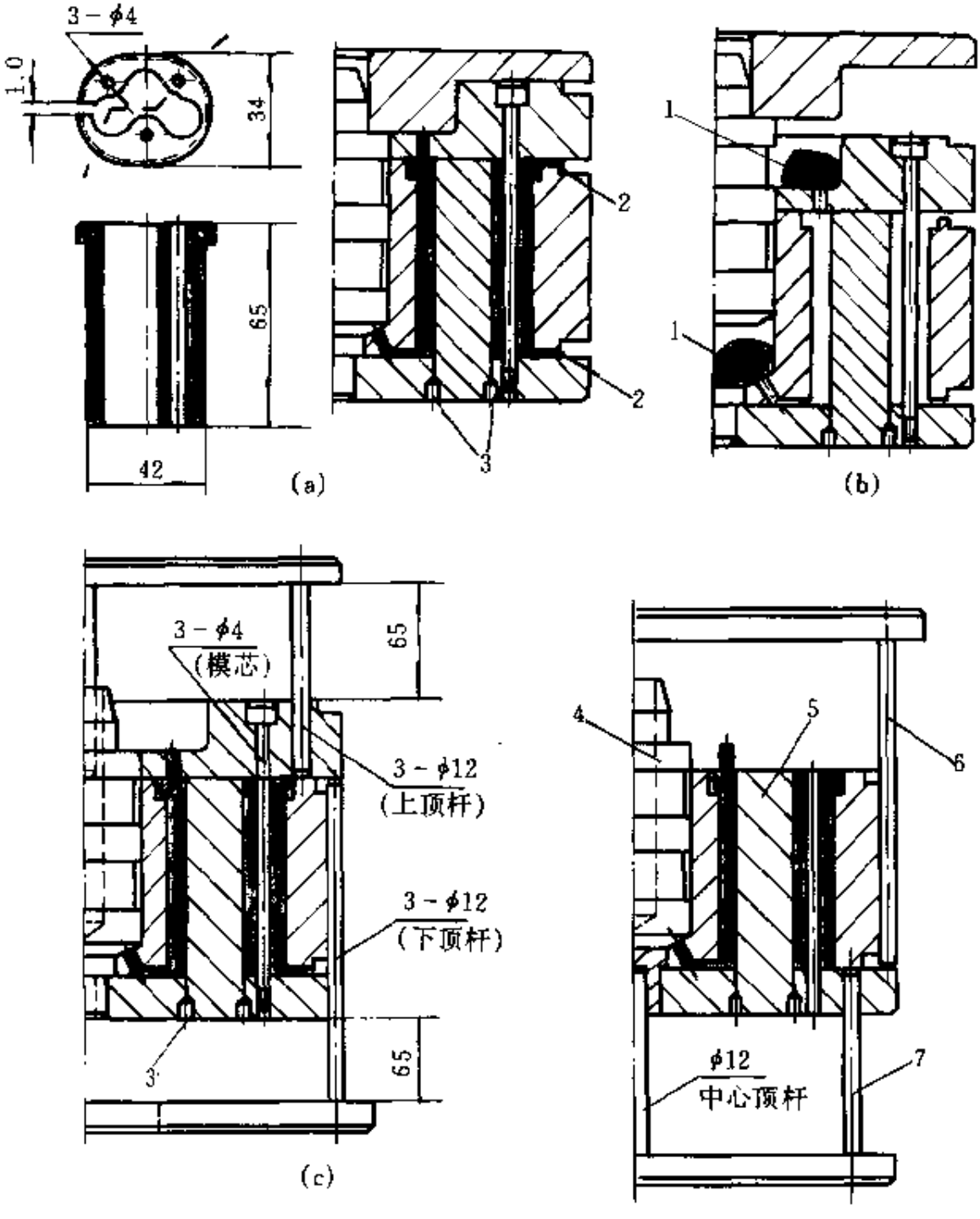


图 9-5　开口薄壁较长制品压铸法模具

（a）模具结构；（b）压铸前工作图；（c）顶出装置

1—料腔；2　0.02～0.05 排气、余料槽；3 -紧定螺钉；

4—中心压铸塞；5 ·下模芯；6—下顶杆；7—上顶杆

图 9-5 模具，由于制品较长，因而顶出装置闭合尺寸也较大，为了避免超过硫化机使用高度，采用二次压出。即先压出压铸料腔与 3-ϕ4 超长模芯，然后上、下顶杆调换方向与位置后，再次压出中心压铸塞与下模芯。

图 9-6 所示压铸法模具结构适用于难以加料、难以取出的制品硫化。

为了防止薄壁骨架制品在取出时变形，在薄壁骨架外径面上采用两瓣模，便于取出带薄壁骨架制品。

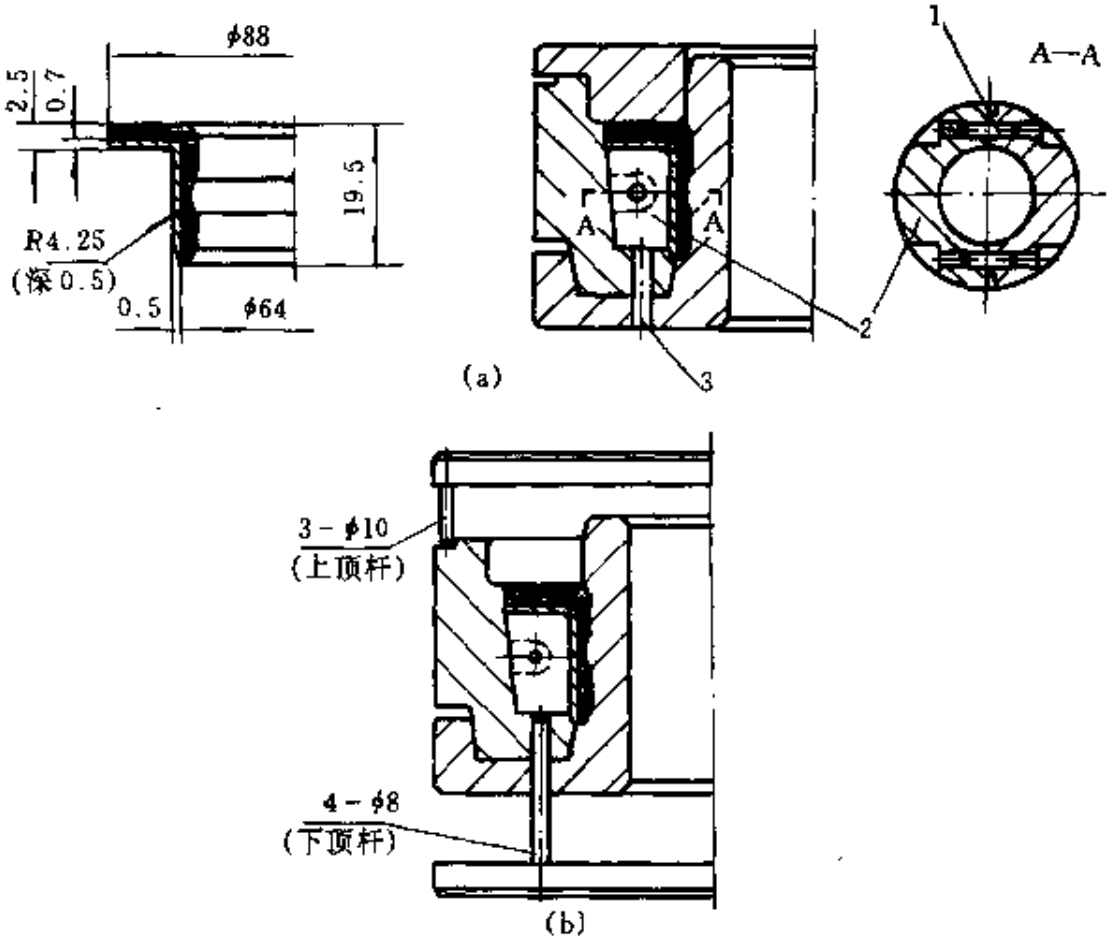


图 9-6 薄壁带薄壁骨架压铸成型模具结构

(a) 模具结构；(b) 顶出装置

1—导销；2—二瓣模；3—顶出孔

9.3.2 厚壁制品压铸成型模具

厚壁制品（壁厚>20mm）采用一般模压法硫化时，虽然加料方便，但合模后，由于半成品胶料都有一定的压缩行程，其长度是根据制品

高度和壁厚来确定的。因此，当模腔的容积较大时，厚壁制品由于橡胶传热性能较差，且受热不均，与模腔接触处的胶料硫化较快，而中心部分的橡胶温度还在继续上升，不断受热膨胀，迫使模具的分型而产生间隙，将四周上下边缘部位已硫化的橡胶挤出模腔，使这部分橡胶在挤出过程中被挤碎。当制品从模具中取出时，在分型面边角处，就会出现缩边、溢边、起皱、破裂现象。特别是带金属嵌件（骨架）的厚壁制品或纯胶壁厚超过 20mm 的厚制品。如采用压铸成型模具，即可避免上述存在的问题。因为胶料经过挤压，内外温度基本一致，并且胶料处于封闭状态，对带有金属嵌件的制品，胶料与金属嵌件粘合后，不易从配合的缝隙中挤出、破碎。另外由于压铸成型的单位压力大于普通模压硫化，所以，制品致密性好，橡胶与金属制品的结合粘着力强。图 9-7～图 9-9 为几种压铸成型模具。

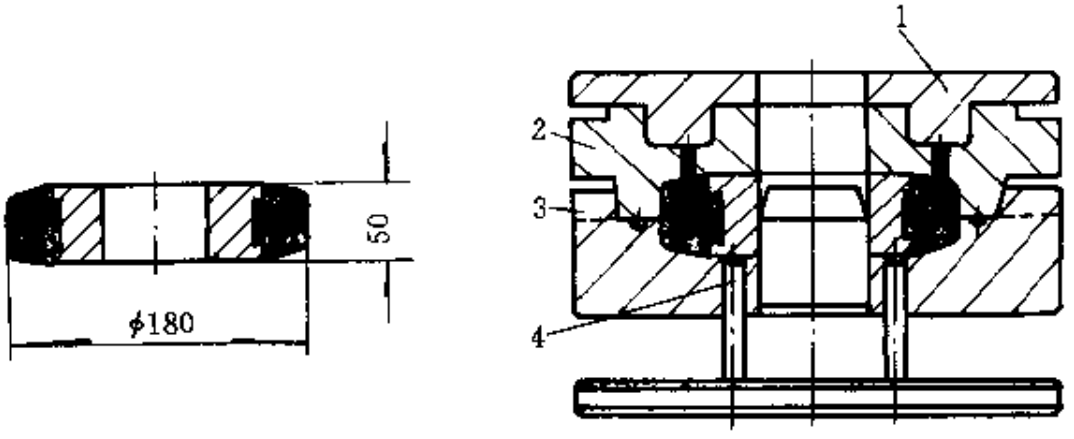


图 9-7　实芯轮胎压铸模具结构与顶出装置

1—压铸塞；2—中模；3—4-ϕ10 缺口（逃气、余料槽）；4—下顶杆 4-ϕ10

图 9-7 的模具结构适用于较大、较厚的橡胶制品，由于厚壁半成品用胶量较多，为了避免压铸料腔过深，也允许在模腔中预置一块预热胶料，不足部分可采用压铸法加料结构，也能达到理想的效果。为了便于加工和启模，采用简单下顶杆顶出装置（使用顶杆前先取掉上、中模），也可利用顶杆孔，用铜棒敲出或利用螺钉顶出。下模必须开置逃气、余料槽缺口。

图 9-8（a）模具结构适用于较大制品，模具由内外模套组成。其特点是：结构简单、加工方便。出模顶出装置如图所示。由于制品较

长，假如顶出装置闭合尺寸超过硫化机最大工作高度，可以多备一副1/2顶杆高度的顶出装置，分二次压出，即先采用短顶杆，后采用长顶杆压出制品。

图9-8（b）模具结构适用于中型、中等厚度制品，模具中制品外径定位采用两瓣模组合，出模方便。其步骤是：先将中心定位销压出或敲出，然后取掉上、下模板，即可在 P 向压出或轻轻地敲打锥形模套取出制品。

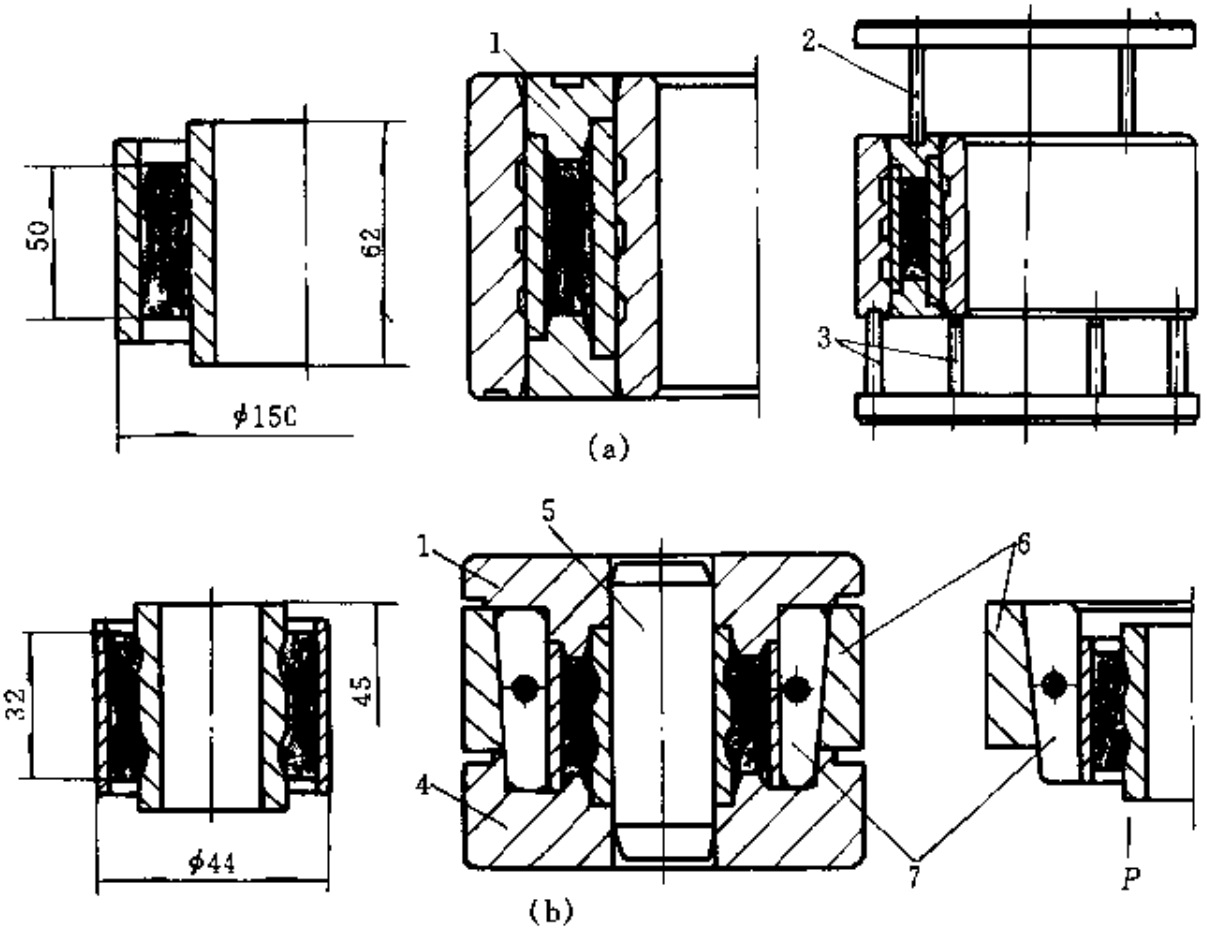


图9-8 轴承压铸成型模具

（a）弹性轴承压铸成型模具结构和顶出装置；

（b）挠性轴承压铸模结构和出模状态

1—压铸塞（上模）；2—上顶杆3-φ12；3—下顶杆各3-φ12；

4—下模；5—定位销；6—锥形模套（中模）；7—两瓣模

图9-9为橡胶缓冲器压铸模具。其特点是：由于制品形状偏高、偏大，胶料用量较多，为缩短模具闭合高度，特别是避免料腔高度过大，

可采用内外加料法，即把经烘箱或平板预热60～70℃的部分胶料放入模腔中，不足部分在料腔中压铸补充，也可获得无缩边厚制品。

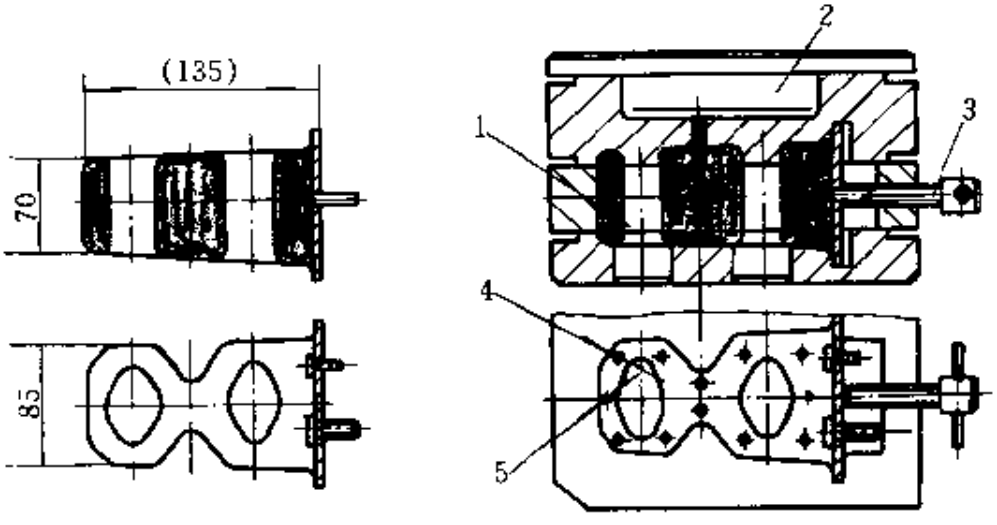


图 9-9　橡胶缓冲器压铸法模具

1—模芯；2—压铸塞；3—顶紧螺钉；4—进料孔 10-ϕ3.2；5—排气孔 2-ϕ2.5

9.3.3　多孔、易弯小模芯压铸成型模具

由于一些橡胶制品形状特殊或模具带有较多细长模芯，如采用普通模压硫化法，在操作和使用中模芯很容易损坏和弯曲，直接影响模具使用寿命。采用压铸成型模具结构可避免上述存在的问题。如图 9-10～图 9-13 所示。

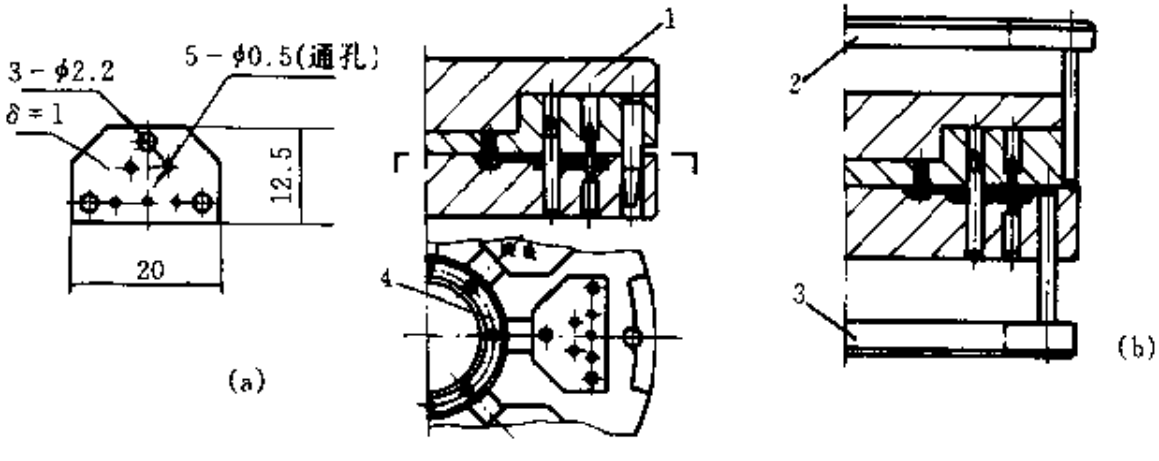


图 9-10　橡胶垫块压铸模具

(a) 模具结构；(b) 顶出装置

1—压铸塞；2—上顶板；3—下顶板；4—环形浇道

图 9-10 的模具结构适用于厚度较薄、超小模芯孔制品（图中制品带有 5-ϕ0.5 超小模芯孔），并要求该制品孔必须为通孔，所以一般模压法是不适宜的。压铸法成型模具结构可最大限度避免模芯弯曲或断裂的问题。顶出装置如图 9-10（b）所示。

图 9-11 模具结构适用于形状特殊的包胶制品，这种模具可避免损坏嵌件，并能使制品包胶均匀、质量优越。

图 9-11 所示制品中导线较长，模具外径尺寸较小，模具使用时导线可折弯在模底沟槽中硫化，出模时折回原来状态，放在下顶杆上待压出。导线定位套必须为两瓣模组合，其主要作用是：便于清理导线定位套孔中的飞边以及便于制品取出。

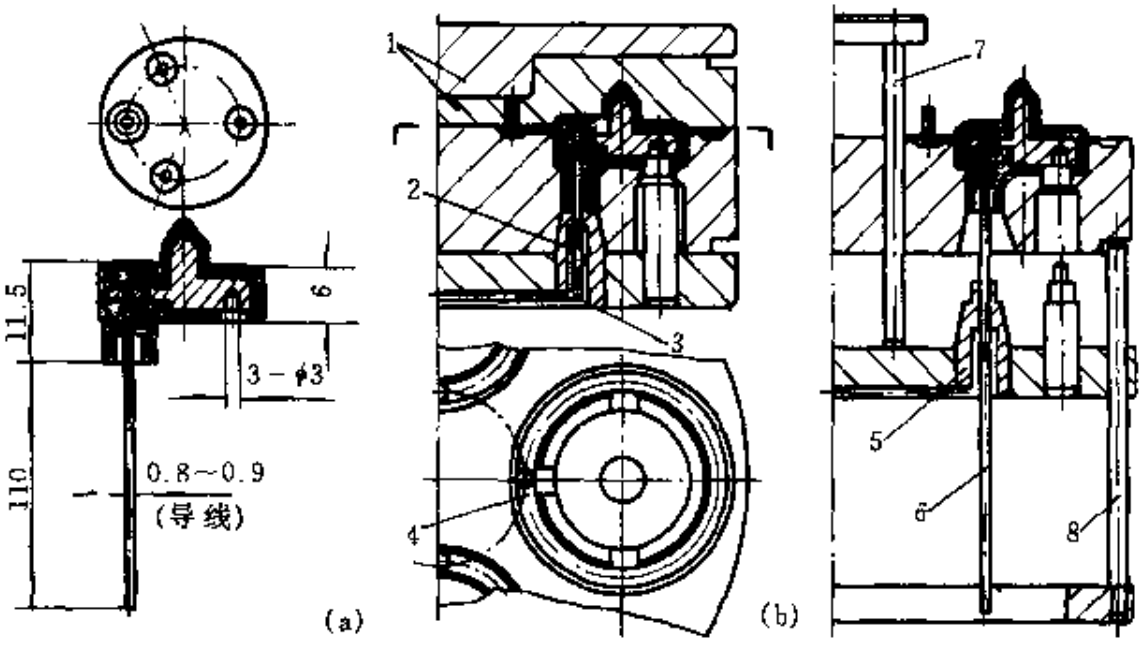


图 9-11　接点包胶压铸模具

（a）模具结构；（b）顶出装置

1—压铸部分；2—导线定位套（两瓣模）；3—折弯；4—环形浇道；

5—两瓣模；6—折直；7—上顶杆 3-ϕ10；8—下顶杆 3-ϕ12

图 9-12 模具结构的特点是：能克服一般模压硫化法，因模芯较长易压损下模模芯定位孔的缺点，并可避免普遍存在的缺胶现象。

图 9-13 中，如采用一般模压硫化法（a），模具加料后闭合时，因模芯细而长，胶料虽然易充满模胶，但是由于先加料后合模，模芯易

于弯曲。如采用压铸法模具（b），可克服上述弊病。

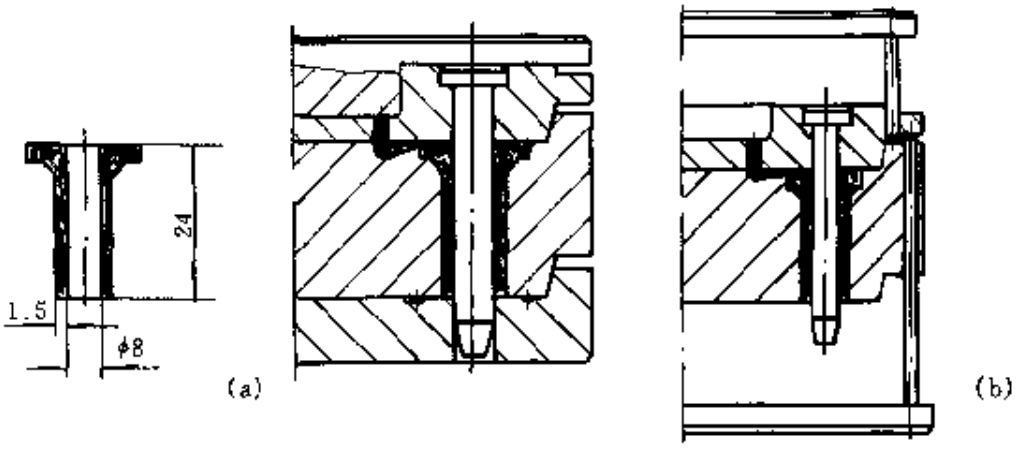


图 9-12　细长套管压铸模具

（a）模具结构；（b）顶出装置

图 9-14 为超多孔橡胶塞子压铸模具。其特点是：适用于细长盲孔制品，模具模腔密集产量高，易于加料，操作安全可靠，利用浇口余料拉断分型点，制品取出也较方便。为了避免手工开模造成模芯弯曲，应配置顶出工装。

9.3.4　夹有织物制品压铸成型模具

夹有织物橡胶制品的压铸成型模具实际上是将胶料与织物于封闭模胶中，通过一定压力进行最大限度地填充和压实；特别是一些胶料流动性比较差、几何形状比较简单的厚制品或夹布、夹纤维的橡胶制品，都应该采用模式镶嵌压铸模具结构，如图 9-15～图 9-17 所示。这种结构的模具在加料后，半成品在模胶中处于封闭状态，可避免织物在合模或硫化时滑出模腔而压伤，因此不易造成工作面缺损、缩边等现象。

图 9-15 模具结构适用于各种夹有织物 L 形、U 形、V 形密封环制品，也适用于胶料流动性较差、硬度较高的橡胶制品。由于硫化时压力较高，当制品外径超过 140mm 时，中模应采用反包结构，如图 9-15（b），以免模具变形。

图 9-16 为复合制品压铸模结构，它适用于高压密封件，通过硫化使夹布制品与纯胶制品粘合（硫化）在一起。硫化分二步进行，先硫化夹布制品［半硫化定型状态，模具结构如图 9-16（a）］，然后放入图 9-16（b）模具中与纯胶一起再次硫化，即可获得理想的高压密封件制品。

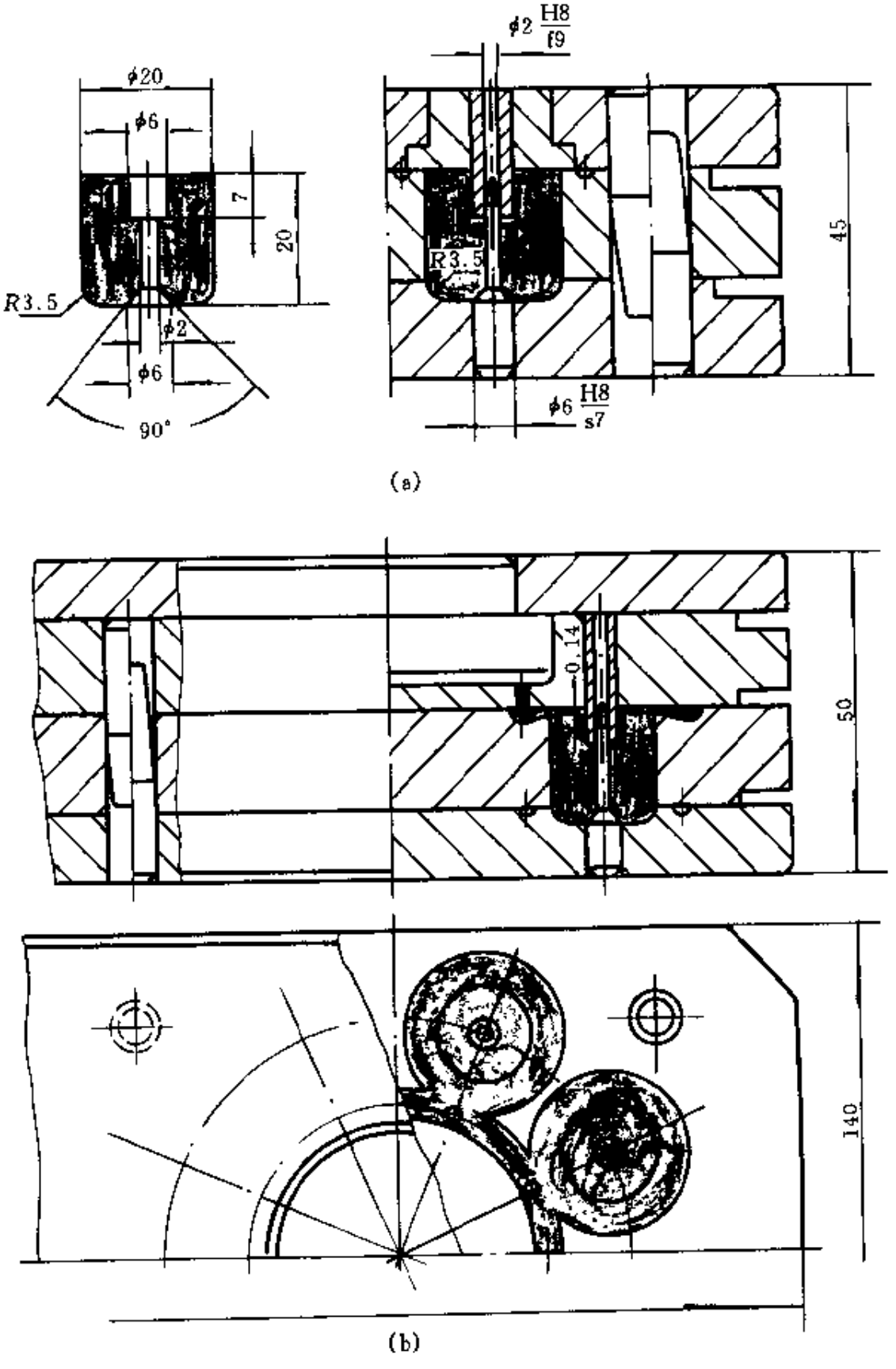


图 9-13　细而长模芯制品模具结构

(a) 一般模压硫化；(b) 压铸模具结构

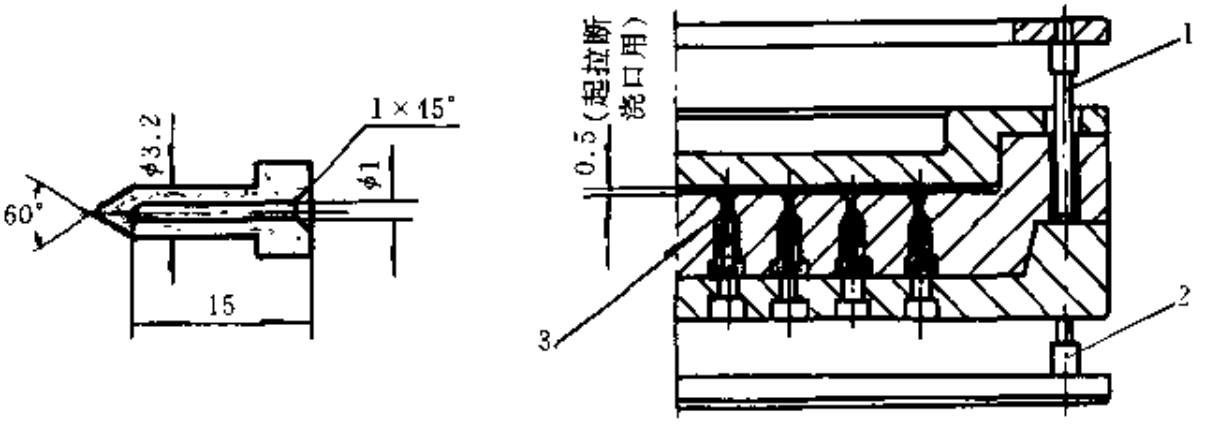


图 9-14　超多孔（>50孔）橡胶塞子压铸法模具结构

1—上顶杆 3-φ10；2—下顶杆 3-φ10；3—浇口 φ1.2

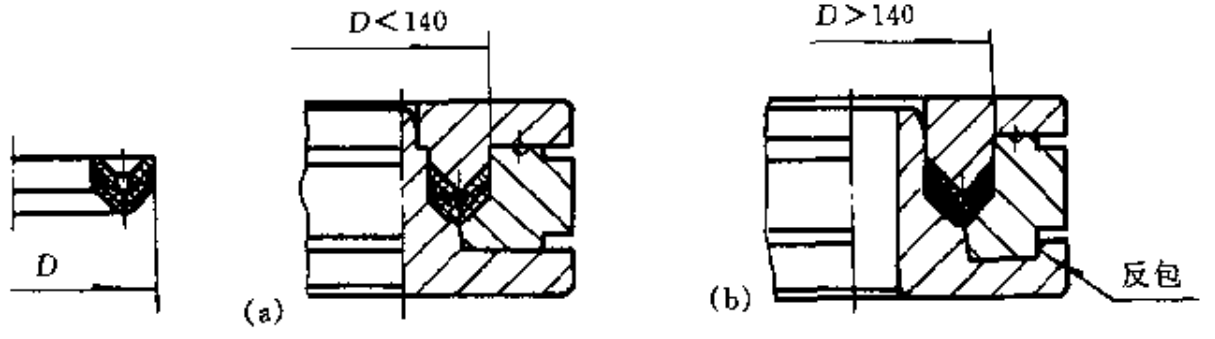


图 9-15　V 形夹织物压铸模具结构

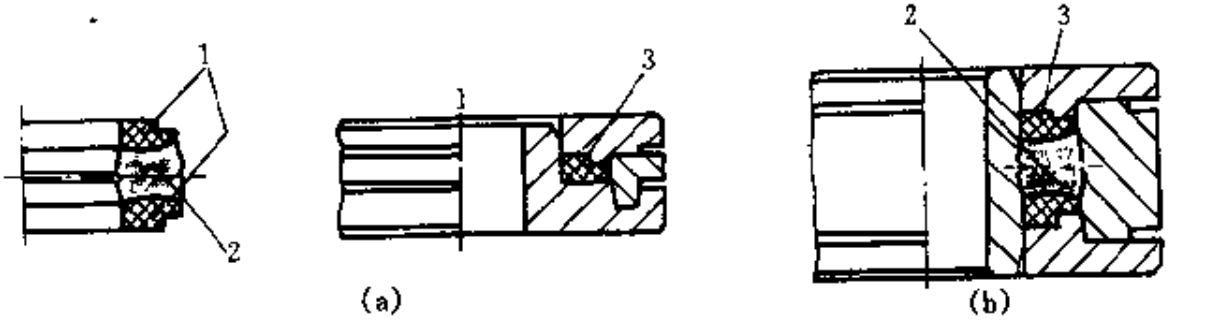


图 9-16　高压密封件压铸模具

(a) 夹织物制品（预制件）铸模结构；(b) 复合制品压铸模结构

1—夹布橡胶；2—纯胶；3—预制件

图 9-17 模具结构适用于夹布或厚制品垫块、缓冲及减震块制品等，采用上下模镶嵌结构后硫化时可以保证压实橡胶，避免制品出现缩边、溢边、边缘破碎的现象。

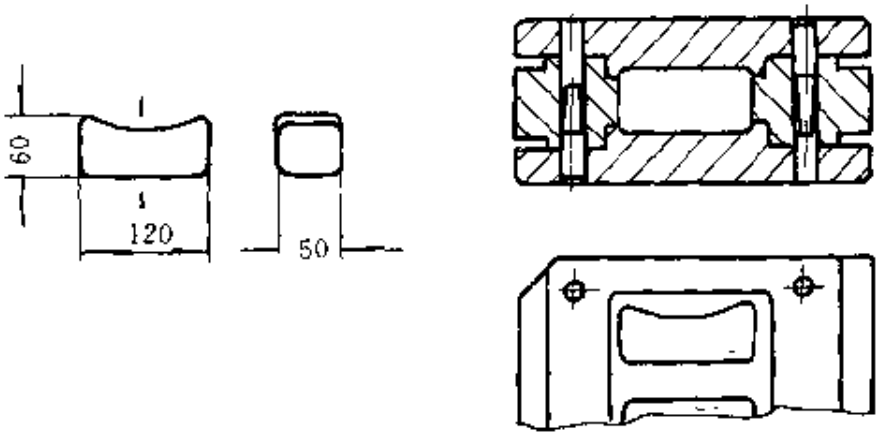


图 9-17　夹布或厚制品垫块压铸模结构

9.3.5　正压反铸成型模具

正压反铸成型模具是利用橡胶的可塑性，在硫化诱导阶段（焦烧期）交联尚未开始时（此时胶料在模内具有良好的流动性），通过压力将压铸塞或外凸模芯压入模腔或料腔将胶料反挤向上，以填充模腔。

正压反铸成型模具多数适用于管形有底制品，也适用于有特殊要求并带有金属嵌件的制品。它的主要特点是：加料方便，制品外观质量好（没有两瓣模所引起的分型面痕迹）。各种正压反铸成型模具如图 9-18～图 9-21 所示。

图 9-18 模具结构适用于外径凸出面为密封面的制品，不允许有飞边。该模的特点是：加料简单，模腔多、工效高，配有二次顶出装置，见图 9-18（b）和（c）。图 9-18（b）是利用橡胶制品压缩变形顶出制品。

图 9-19 的制品如使用典型卧式模具结构［图 9-19（b）］一模 4 孔，结构复杂、加工精度高，硫化后制品外径中心轴向断面带有分型面所造成的飞边，修边较困难。采用图 9-19（c）所示立式正压反铸模后，模腔数可增至 9～12 孔，工效高、外观质量好，出模工装简单、并且出模方便，只要把夹嘴钳塞入模腔外径或制品一侧，旋转不到 1 周，即可拉出制品。

图 9-20 模具适用于减震器、弹性支承等一类制品。模具结构简单、

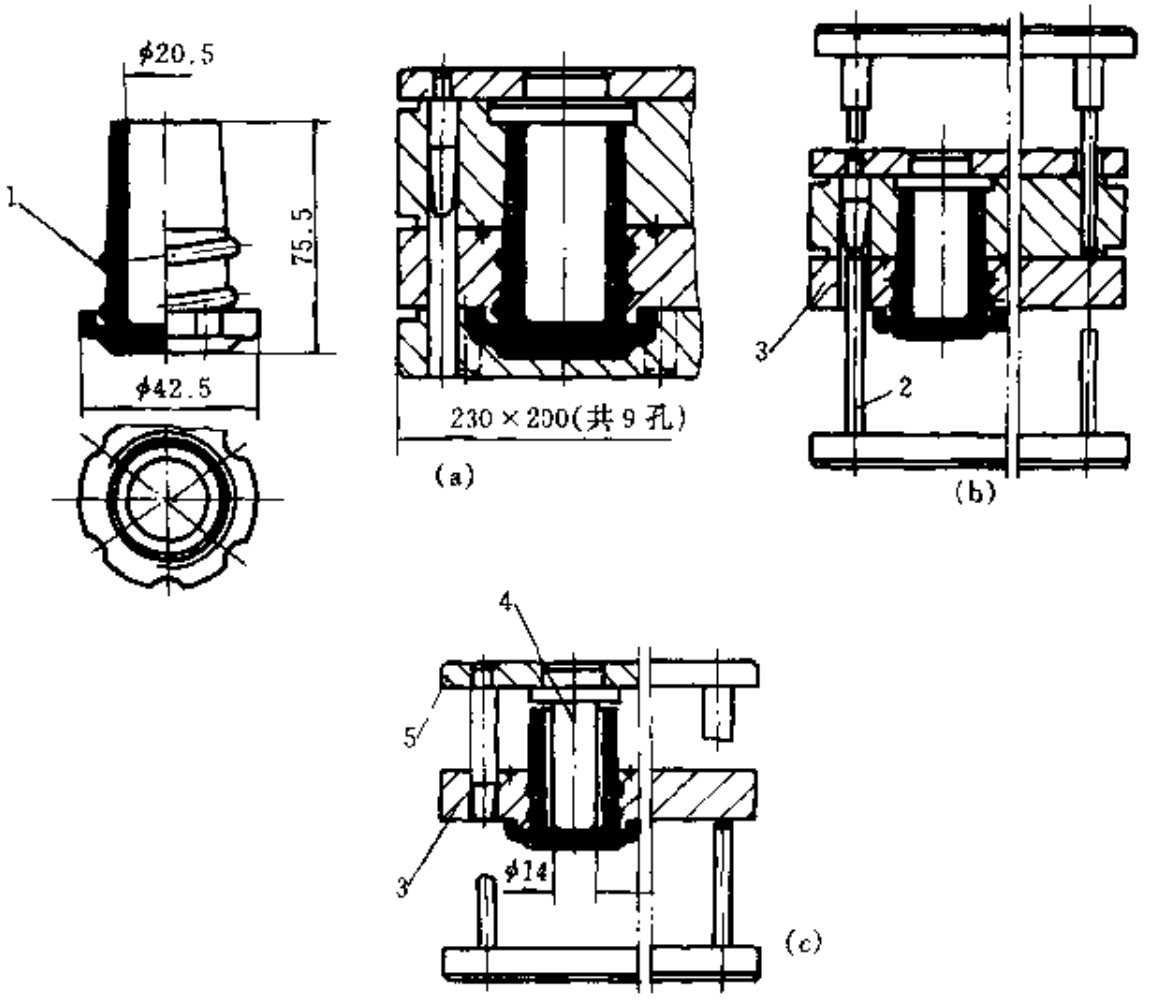


图 9-18　油箱盖正压反铸模具

(a) 模具结构；(b) 模具顶出装置；(c) 制品顶出装置

1—不允许分型；2—下顶杆 4-ϕ12；3—下中模；4—顶出杆；5—上顶模

加料方便。如模腔较多，也可配置简单上、下模顶出装置，上下模顶开后，制品易于从模腔中取出。

9.3.6　其他压铸成型模具

压铸模结构形式除上述之外还有很多。一般是根据制品的形状及其结构特点，选择和确定合适的压铸成型模具结构。图 9-21～图 9-28 所示模具结构，虽然有的相近似，但各有特色。图 9-21 所示的为直压式压铸模结构，其特点是：利用制品一端，直接压铸进料，避免由于制品形状（中间小）造成缺料或压力不足现象，并且，加料方便，工效高，操作安全可靠，制品质量好。

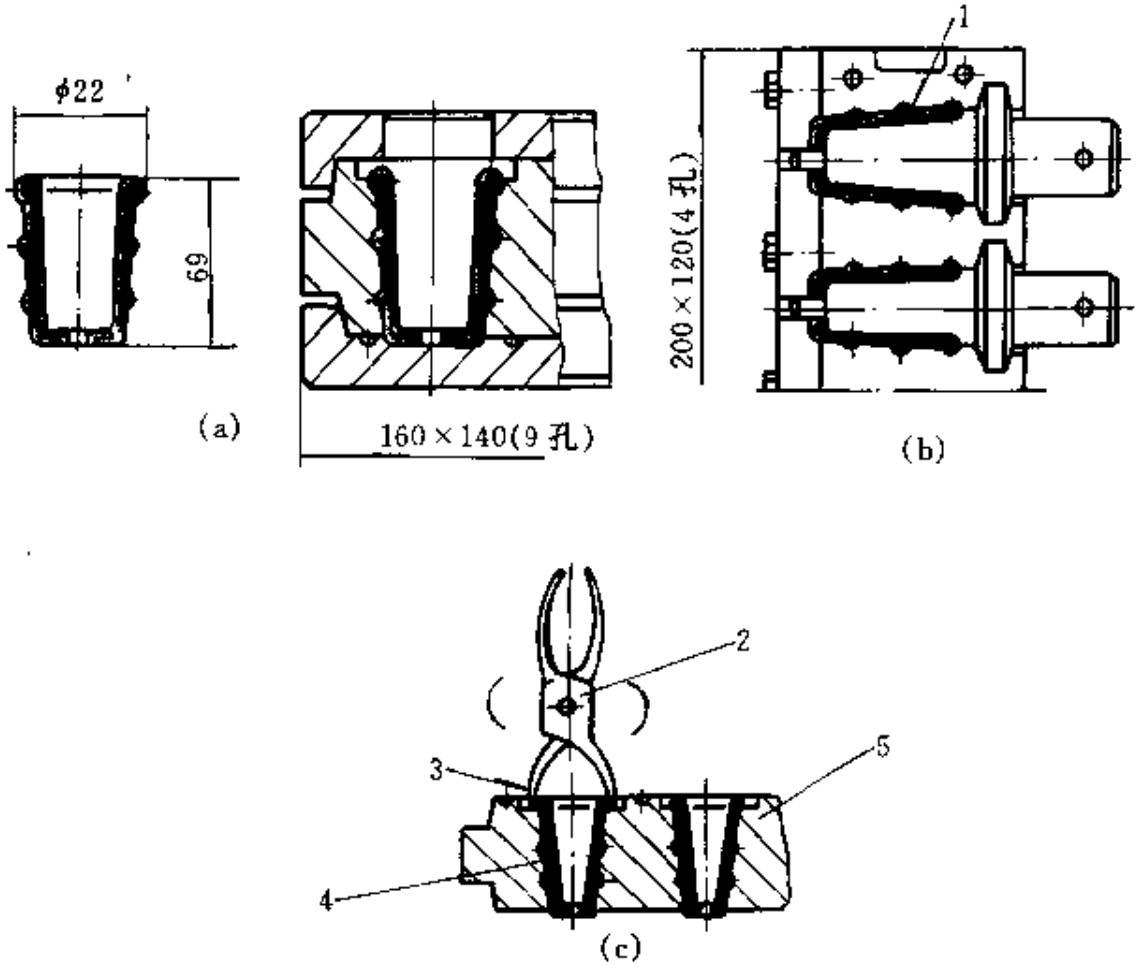


图 9-19　保护套正压反铸模具

(a) 模具结构；(b) 典型卧式模具；(c) 制品出模方法与简单工装

1—飞边；2—夹嘴钳；3—头部烧铜焊；4—制品；5－中模

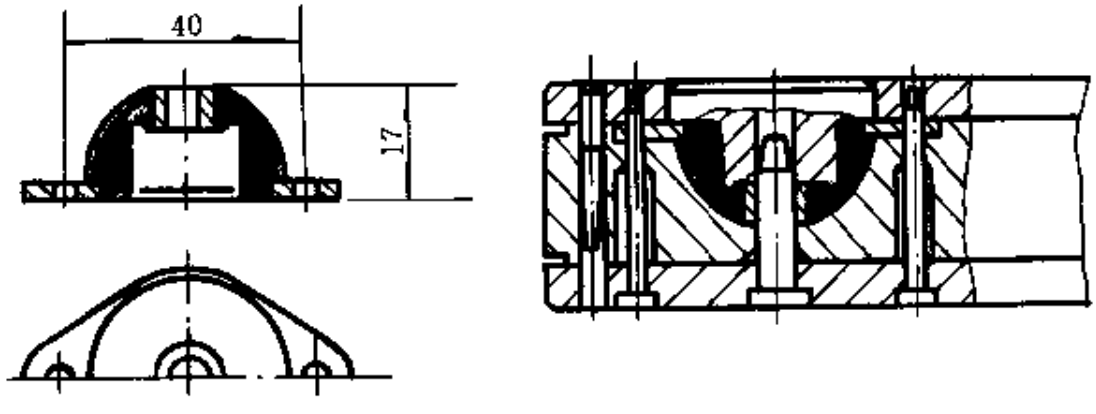


图 9-20　弹性支承正压反铸模具结构

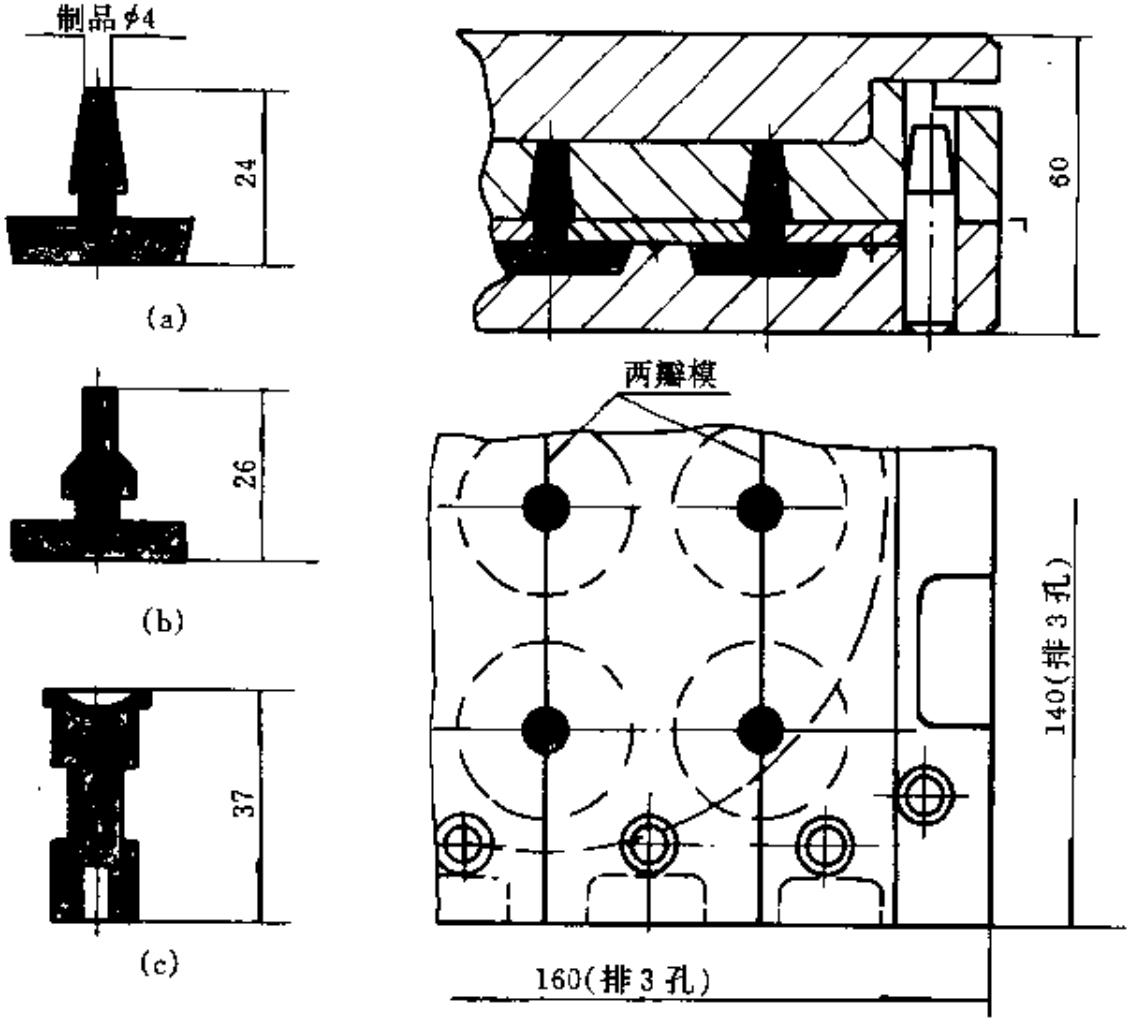


图 9-21　直压式压铸模具结构

(a) 为制品压铸模结构，也适用于 (b)、(c) 制品

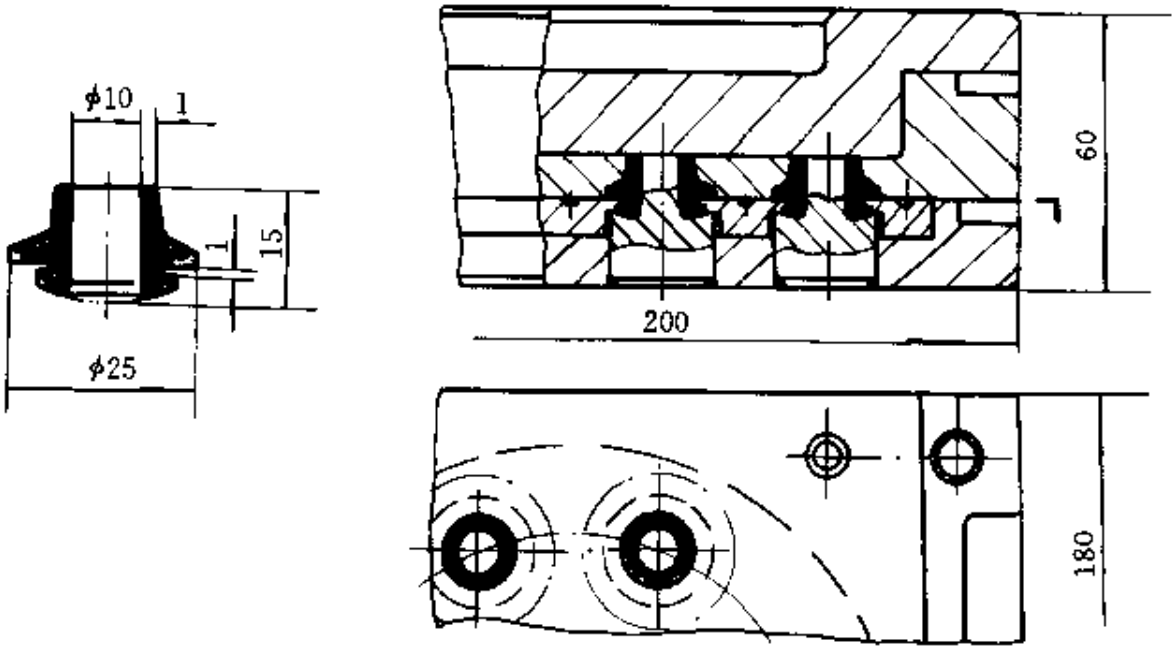


图 9-22　直压式压铸模具结构

图 9-22 也属直压式压铸模结构，其特点为：模具结构可靠，加料方便，制品质量好。中模（衬板）为整体式镶嵌结构，使用寿命长。

又如图 9-23，它的加料方法是利用型芯模腔孔挤压充满型腔，不是利用模芯反挤向上。

图 9-23 模具结构，适用于薄壁带台阶橡胶制品，采用压铸法模具后，模芯同轴度好，加料、合模安全，模腔数量多，并比一般卧式模具结构简单，采用分层结构机械加工方便。制品出模也可利用嘴上焊有铜焊的尖嘴钳，插入型腔（制品内外径任意一侧），旋转半圈后向外拉伸，制品即可出模。开模顶出装置如图 9-23（b）。

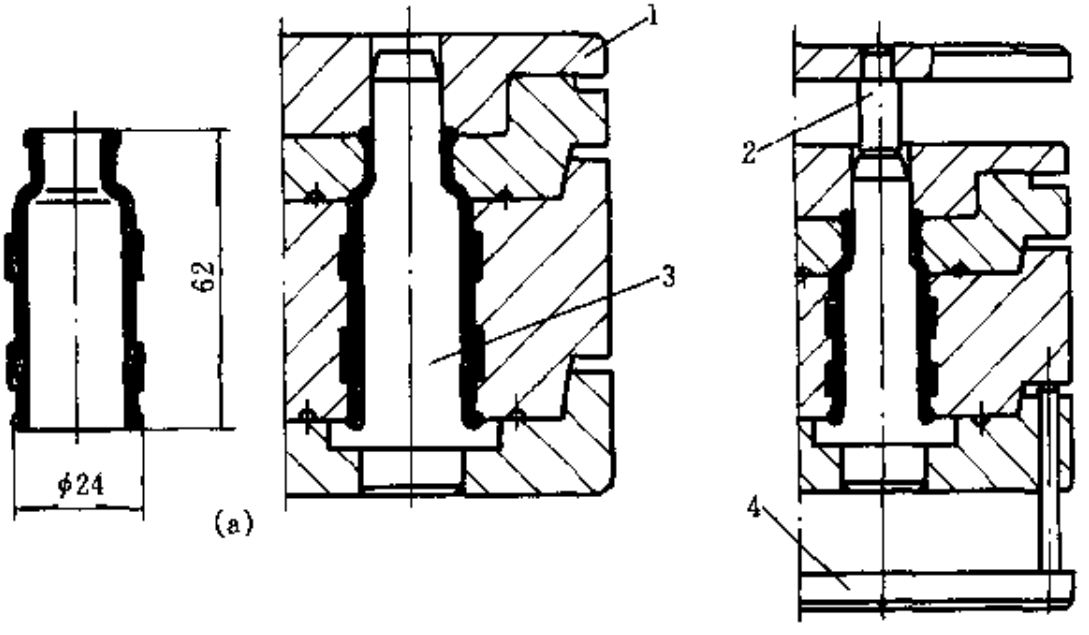


图 9-23　套管压铸模具

（a）模具结构；（b）顶出装置

1—压铸塞；2—上顶杆；3—模芯；4—下顶板

图 9-24 模具结构，适用于盲孔偏深的异形制品。以模结构的特点是：加料方便、模芯不易歪斜，模腔采用两瓣模结构，顶出后，出模方便。顶出装置如图 9-24（b）。

图 9-25 模具适用于内外带有金属嵌件的橡胶制品，模具结构简单，加料、出模均较方便，并不易损坏金属嵌件。出模时先取掉压铸塞及上中模，然后压一下配合间距很短的中心模芯，即可取出制品，压出装置如图 9-25（b）。

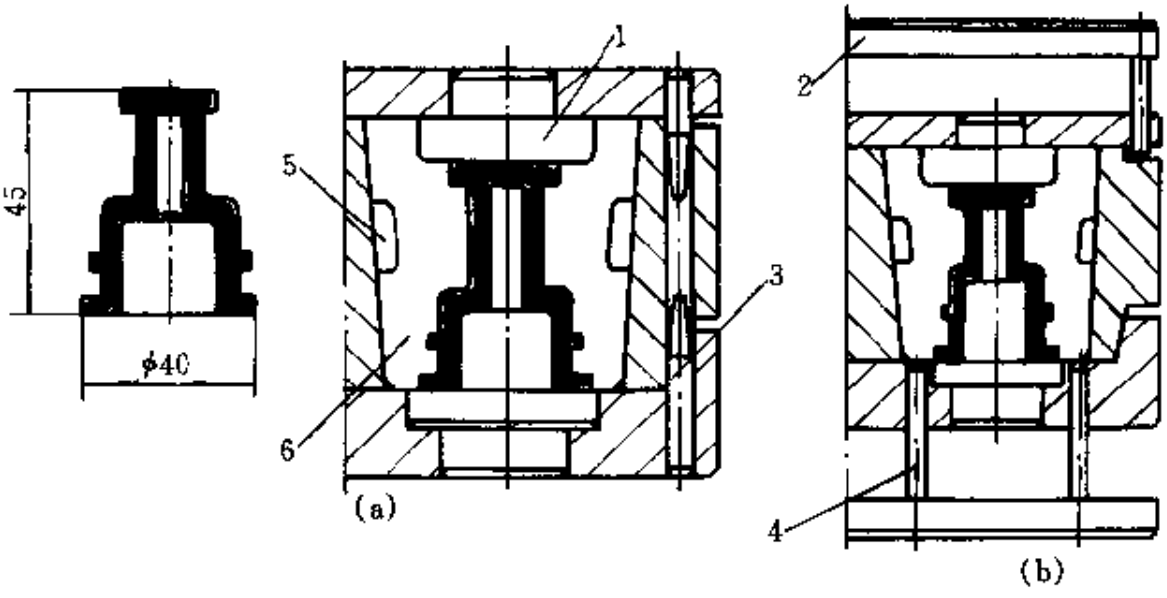


图 9-24　护帽多腔压铸模具

(a) 模具结构；(b) 顶出装置

1—压铸塞；2　上顶板；3—导销；4 下顶杆（每腔 4 件）；5 撬口；6—两瓣模

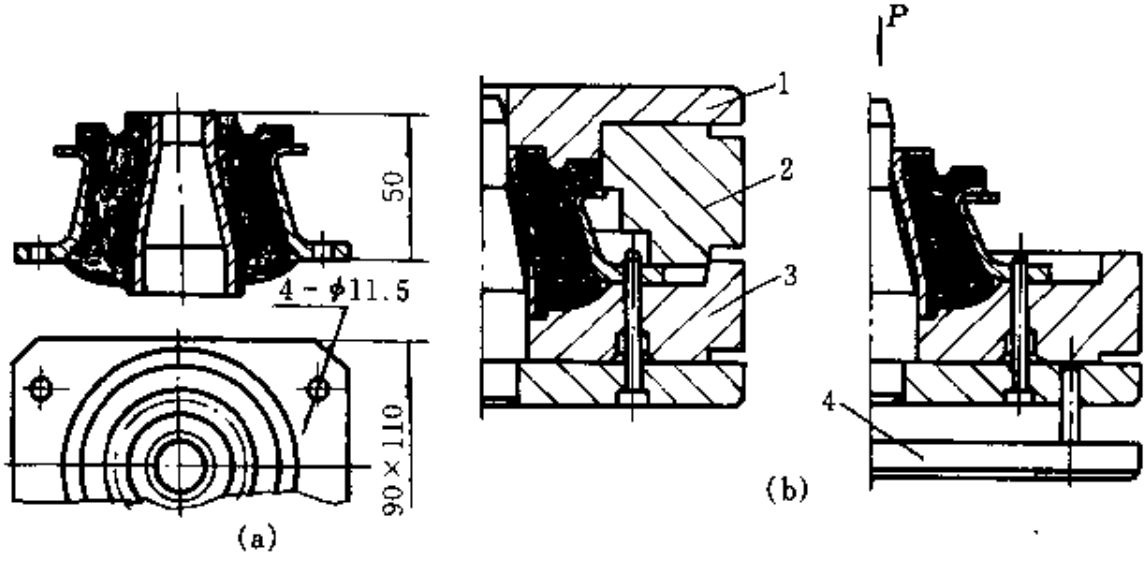


图 9-25　减震垫压铸模具

(a) 模具结构；(b) 压出装置

1—压铸塞；2—上中模；3—下中模；4—顶板

图 9-26 模具结构适用二头大、中间小薄壁制品，中间中模采用两瓣模组合结构，便于制品取出，如果制品 $d>15$mm，也允许中模整体加工，制品可以从 d 孔中剥出；制品高度$>$20mm，模芯要求加强定位（见模芯上端结构）。此模配有顶出装置，见图 9-26 (b)。

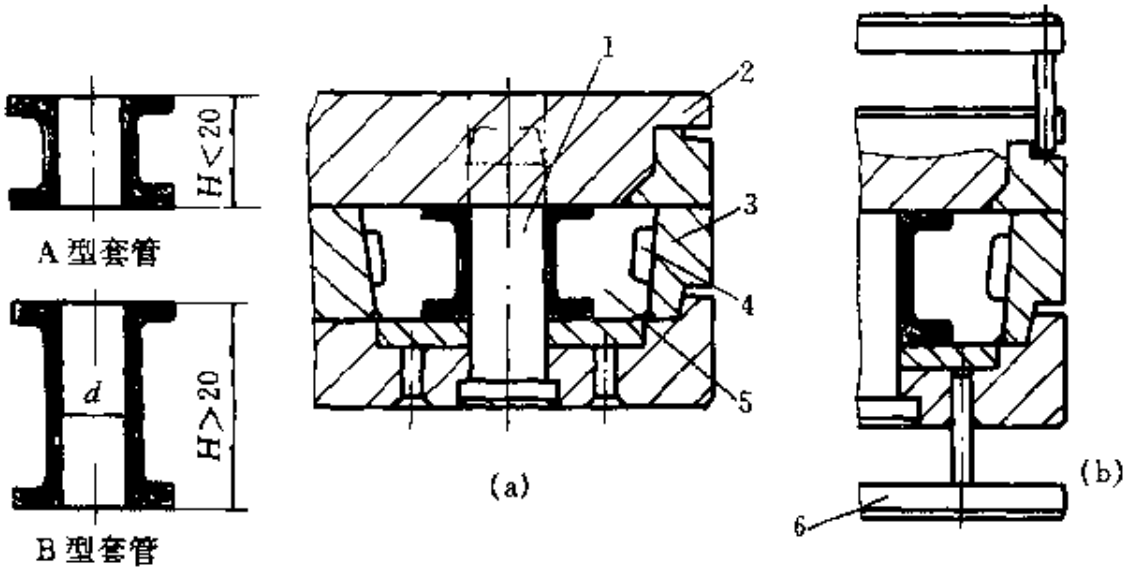


图 9-26　线圈套管压铸模具

(a) 模具结构；(b) 顶出装置

1—模芯；2—压铸塞；3　中模；4 —撬口；5—镶块（两瓣模）；6— 下顶板

图 9-27A 模具适用于薄壁带模芯制品，该模具结构简单，出模时，为了确保薄片模芯不致歪斜、弯曲，采用简单顶出装置，一顶即松开两瓣模镶块，如图 9-27A（b）所示。

图 9-27B 为典型水轮叶片压铸模结构。其特点是：能克服普通模压法所引起的加料困难，又可提高制品质量。

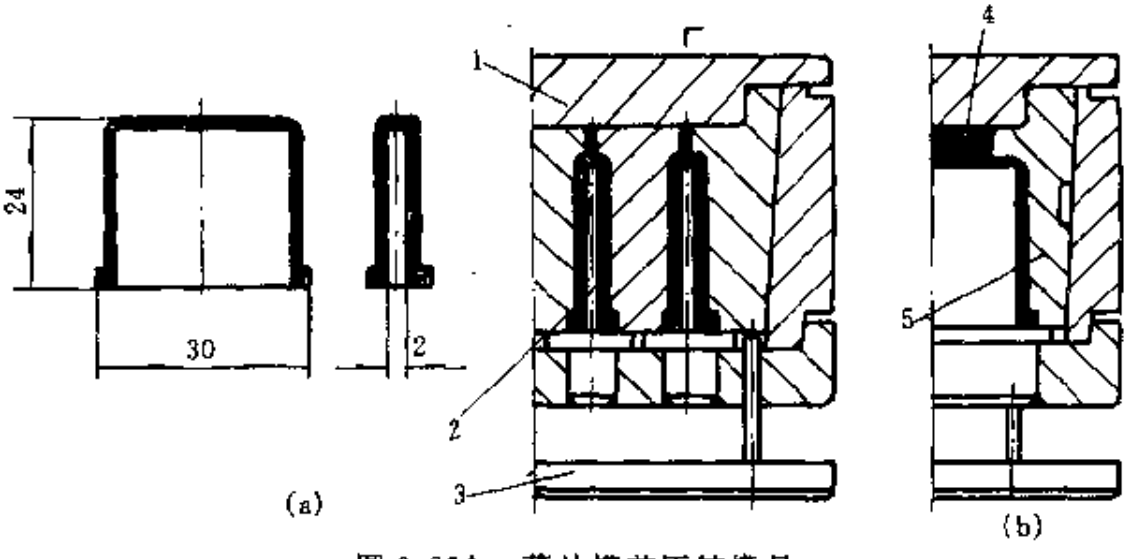


图 9-27A　薄片模芯压铸模具

(a) 模具结构；(b) 顶出装置

1—压铸塞；2 —薄片模芯；3—下顶板；4— 扇形浇口；5—两瓣模

图 9-28 为复合模具结构。由于制品形状不规则，其中 A 部 5mm 宽

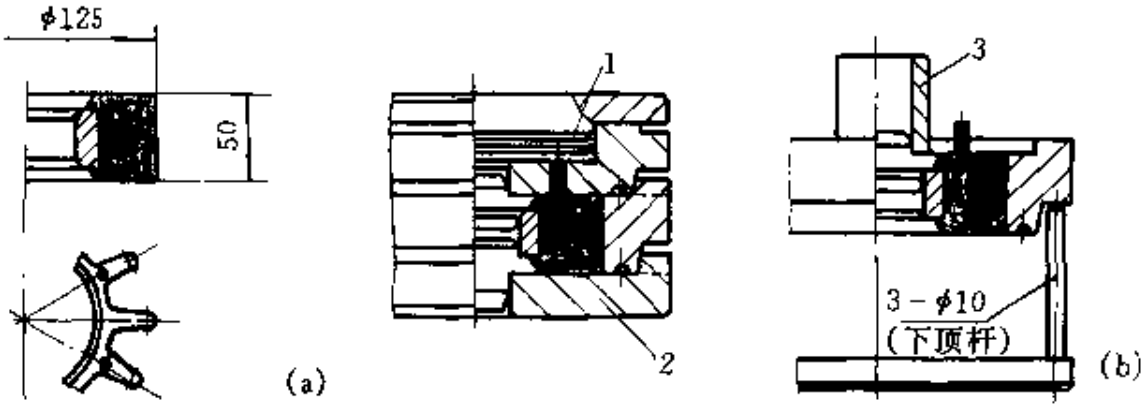


图 9-27B　水轮叶片压铸模具

(a) 模具结构；(b) 顶出装置

1—压铸塞；2—下模；3—套筒顶杆

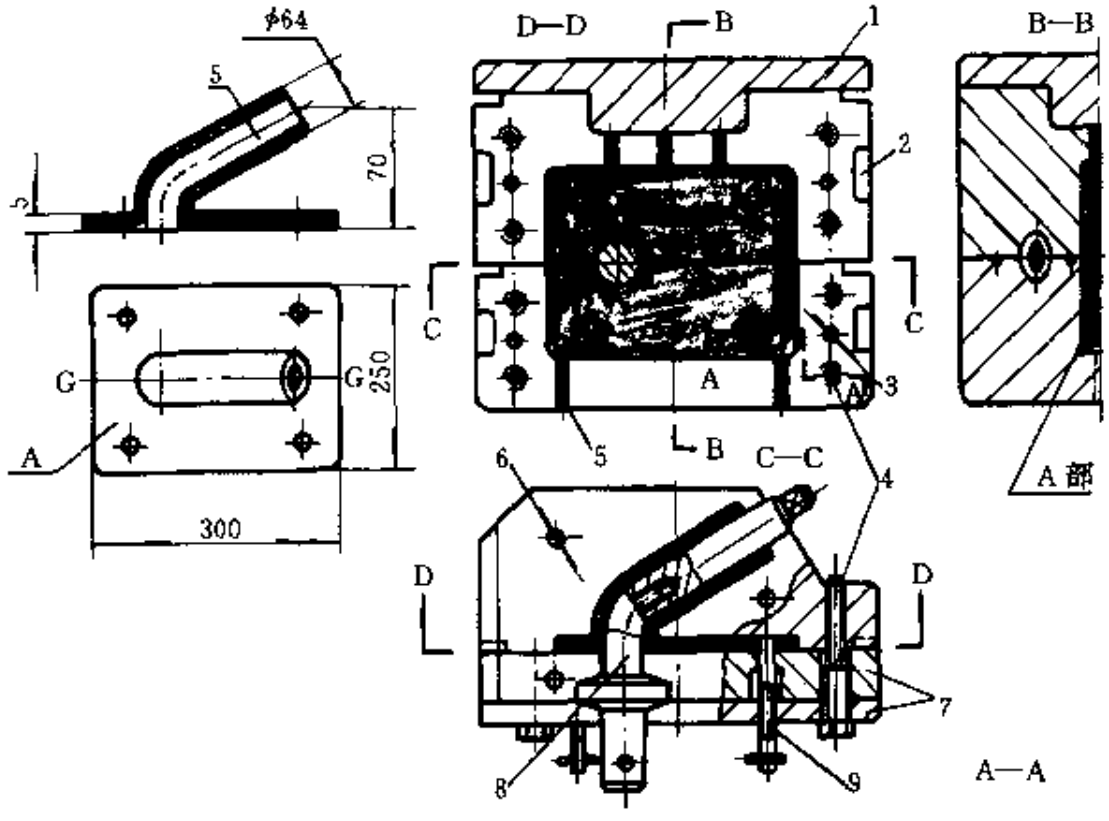


图 9-28　电缆护套复合模具结构

1—压铸塞；2—撬口（深 4）；3—镶块定位销孔；4—螺钉；5—逃气、余料槽；

6—上下模（导销孔）；7—镶块；8—大模芯；9—小模芯

注：G-G 为制品分型面

模腔，加料困难，为了便于加料，采用普通模压硫化法与压铸法相结合的复合模结构，即 A 部采用压铸法，套管部分采用普通模压法，这样有

利于模具加工和保证制品质量，并且加料方便，出模也不十分困难。

模具出模时应注意：由于橡胶在硫化时受热、受压，趋于流动状态而无孔不入，因此，开模时，如果小模芯通过螺纹结构向外退至5mm模腔宽度时，上下模仍打不开，可松动镶块压紧螺钉；通过撬口，松动镶块，取出制品。

图9-29模具结构适用于大型、带台阶、锥面金属嵌件橡胶制品。如采用普通模压硫化模具，加料后，由于金属嵌件与橡胶层数较多，相互干涉，难以合模。采用压铸模后，可避免上述弊病。但压铸前，金属嵌件中间要求预放小于或等于h高度的胶片合模，然后通过压铸，补充各橡胶层不足胶料部分。这样可获得理想的制品。该模具配有简单金属环（圈）顶出装置［图9-29（b）］，一顶即松，然后按顺序号从大到小⑥→①一层层从外到内取掉，即可取出制品。

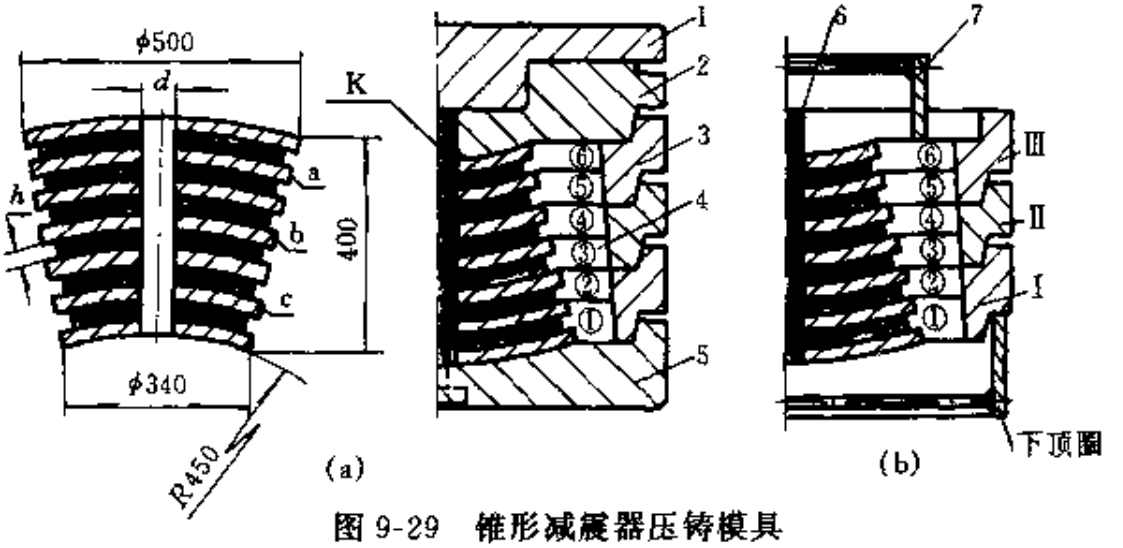


图9-29 锥形减震器压铸模具

（a）模具结构；（b）顶出装置

1—压铸塞；2—料腔；3—外模3#；4—内膜3#（两瓣模）；

5—底模；6—实芯橡胶；7—上顶圈

图9-29中的制品如果d孔尺寸大小不一，可采用不同的模具结构和加工工艺方法。如d孔尺寸较小，可采用图9-29结构，制品压铸后，d孔为实芯橡胶，可用机加工方法去掉（钻或镗加工）；如d孔尺寸较大，可在底模装置K模芯，压铸时减少橡胶用量，节约胶料；如d为盲孔，可采用二次硫化成型工艺，即利用模具以及盲孔金属嵌件（其中a、b、c金属嵌件表面不作任何粘合所要求的表面处理），每层中间

放置大于 h 高度的5%～10%胶料，合模、受压硫化至半硫化状态，然后打开模具，调换a、b、c 3块金属嵌件（表面按粘合要求处理的金属嵌件），同时每层橡胶中再增加一定重量薄胶片，然后合模再硫化，硫化时间按硫化工艺决定。

上述压铸法橡胶模具的应用可遵循一些基本的原则，但是要找出一条普遍适用的准则是困难的。因此，对于每一个新模具，都要在已有经验的基础上，给予新的考虑，在每一种模具制成之后，还应采取各种专门的补充措施，才能使成批生产出来的模具更为完美。

9.4 压铸成型模具设计

9.4.1 设计要求

压铸成型模具与普通模压硫化模具相比较，由于带有压铸塞、料腔、胶料流道口等结构，且模具压铸过程中压力较高。所以压铸成型模具结构设计时应注意如下几点。

（1）模具的结构、材料要有足够的强度和刚度。因为压铸时的压力高于开放式压模的压力，如果强度不够，压铸胶料时模具易变形，造成制品超差或模具报废。

（2）在设计或选择压铸流道（浇口）或压铸面位置时应避开制品工作面或重要表面（有外观要求的面），模胶排列要紧凑，使流道尽可能短一些，有利于压铸时胶料快速挤满模腔，缩短硫化时间。

（3）由于压铸模具适用于薄壁制品、特厚制品、超长制品、带有金属嵌件等制品，模具设计中应尽可能使模具闭合高度尺寸短一些，有利于压铸和脱模。如果手工脱模困难，必须配有结构简单、操作方便的脱模装置。

9.4.2 压铸系统设计

为了使设计的压铸成型模具所生产的橡胶制品达到理想的质量要求，具有较长的使用寿命，除了保证上述基本要求外，同时还必须满足于设计的工艺和技术要求。

9.4.2.1 压铸料腔（又称料腔、加料室）的设计

压铸料腔是用来装填胶料和传递平板硫化机压力的密封压缩容

器，这个容器必须有一定的容量，能一次装填满足制品成型用的胶料，由于压铸挤压压力高于模压压力，所以要求料腔具有足够的强度和刚度。否则压铸时易变形和挤损料腔。

9.4.2.2 料腔的结构形式

在设计压铸料腔的结构和尺寸时，必须结合制品形状特点和使用要求予以考虑。

压铸模具的应用按结构形式可分为如下几种。

(1) 有底压铸料腔（如图 9-5、图 9-7、图 9-12 和图 9-13 模具中料腔）它的结构形式大多是由于普通模具难以加料或为提高制品质量增设的，料腔底部都带有多孔圆柱进料流道，它与模腔连接相通。有底压铸料腔结构形状可分为圆形、方形或多腔形。一般以圆形较为常见，也有的由制品断面形状决定，呈方形制品或多腔模具采用方形也可以，但尽可能选用圆形断面料腔，以利于机械加工和降低加工成本。有底压铸料腔结构形式如图 9-30 (a)、(b)、(c) 所示。

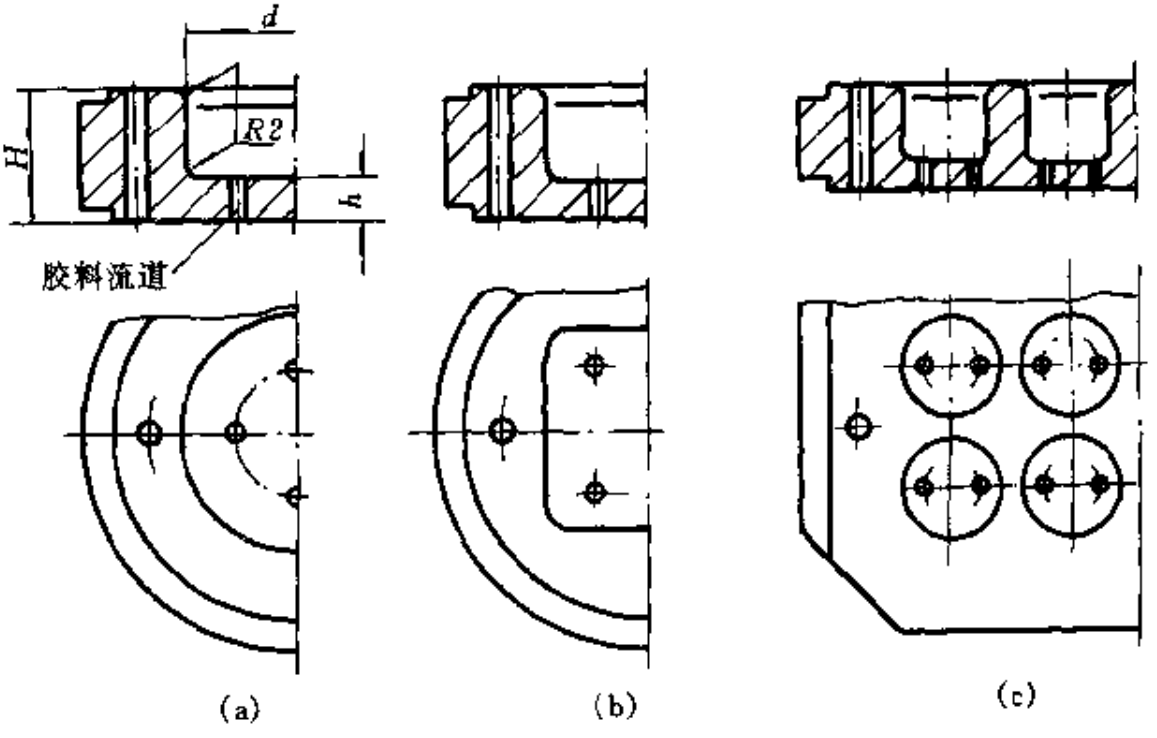


图 9-30 有底压铸料腔结构与形式

(a) 圆形料腔；(b) 方形料腔；(c) 多孔料腔

图 9-30 (a) 圆形有底压铸料腔结构简单、加工方便，因而被广泛

应用。

图 9-30（b）为各种方形有底压铸料腔，适用于多模腔或断面形状近似方形的制品（如图 9-52 所示），由于加工精度难以控制，一般使用较少。

图 9-30（c）为多孔压铸料腔，适用于模腔较多或由于形状关系，模腔间隔排列距离较大、不允许分流道太长的制品，也可采用多孔压铸料腔（如图 9-24）。

（2）无底或带台阶压铸料腔　图 9-31（压铸料腔）结构形式的特点为：结构简单、通用性好，除（b）外，可单独从硫化机上取下（即所谓传递式移模法）。图 9-31 中，较多采用的是（a）、（b）结构。为

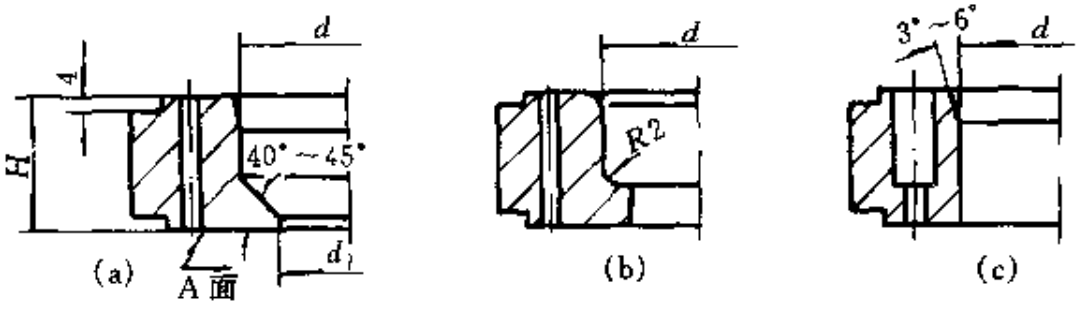


图 9-31　无底或带台阶压铸料腔结构与形状

（a）带斜面台阶料腔；（b）带圆角台阶料腔；（c）无台阶料腔

了避免压铸中胶料从加料腔底面的间隙中溢出，在加料底部加工成带 40°～45°斜面台阶形或圆角边框，这样当压铸塞施加压力时，压力也作用在边框环形投影面上，将加料腔紧紧地压在模具的压铸板上（上模），以免胶料从加料腔底（A 面）即与上模接触面间隙中溢出。如采用（c）形结构，一般以螺钉连接上模，但加料腔装卸不如前者方便［见图 9-32（c）］。不论哪一种结构，加料腔底面与上模接触面应磨平密合，一般表面粗糙度为 1.6 以上，二者定位可设导销如图 9-32（b）或带凹凸台阶槽定位，如图 9-32（a）。为了具通用性与装卸方便，二者配合精度一般为松动配合，也可按压铸料腔外径大小，在上模板上安装 3～4 个螺钉或圆销定位，如图 9-32（d）。图 9-32 为压铸料腔与上模定位及安装方式。

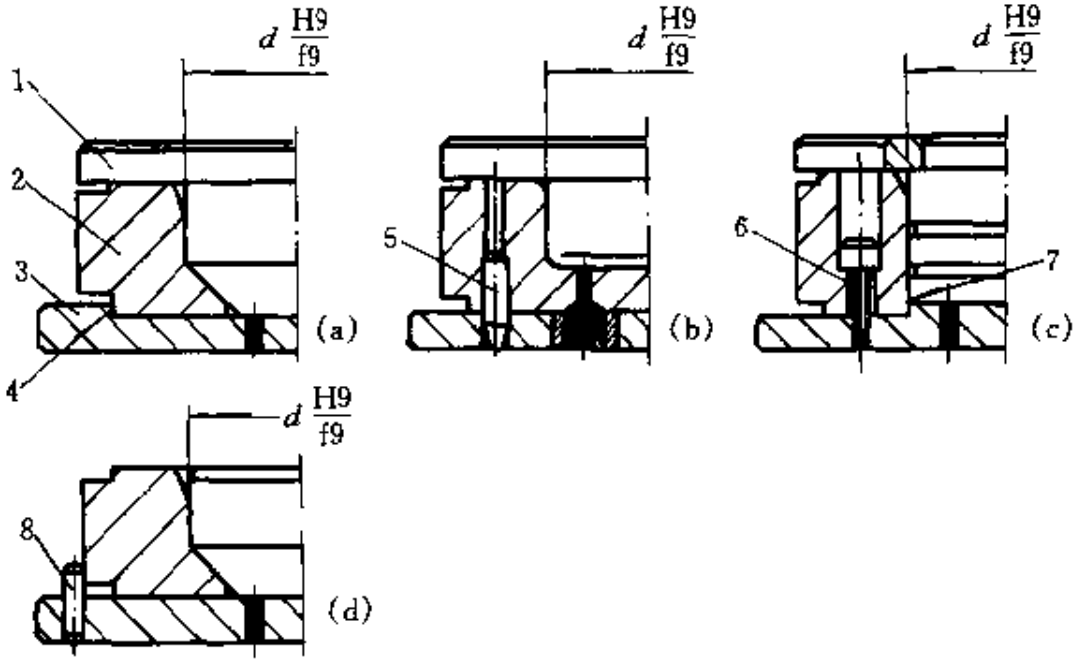


图 9-32 压铸料腔与上模板定位与安装方式

1—压铸塞；2—压料腔；3—上模；4—凹凸定位；5—导销定位；

6—螺钉定位；7—内台阶定位；8—螺压或圆销定位

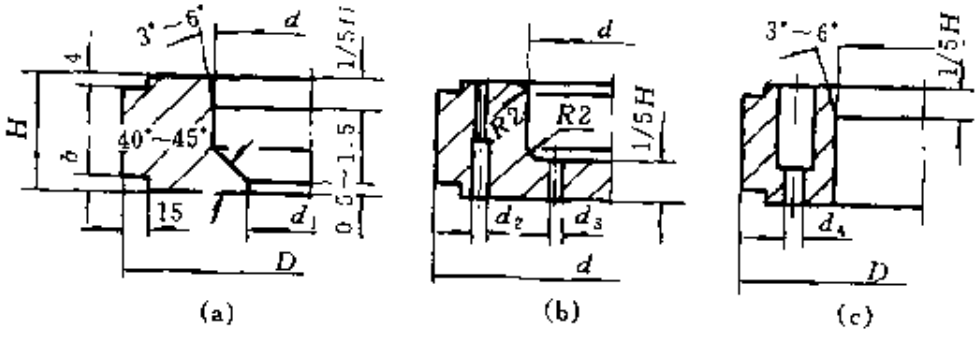
常用有底、无底、带台阶压铸料腔经验尺寸见表 9-1。

(3) 带模腔压铸料腔（如图 9-3、图 9-8 和图 9-15 所示） 它适用于纯橡胶薄壁制品、夹布制品或带有金属嵌件的厚制品。这种结构形式的压铸料腔与有底或无底料腔相比，减少了一个压铸胶料流道，胶料直接压铸到型腔中，既快又好，所以也被广泛采用。

设计带模腔压铸料腔时必须注意：压铸柱塞（也可称是上模板）与压铸料腔配合面不能采用斜面配合，因压铸时出现反压力，从面使大量胶料从锥面间隙中溢出，模具闭合后导致缺胶或浪费胶料。如图9-33是不合理的结构。但为了合模、启模方便，也允许局部配合面带有倒角导向或工艺性锥面配合面或圆角导向面，见图 9-34。

(4) 其他压铸料腔结构 按制品形状与要求，在模具压铸料腔结构上各取其能。例如图 9-35 所示的有底加强压铸料腔，该结构形式适用于带金属骨架制品或底部较大的橡胶制品。其中间金属嵌件上下端要求定位或镶嵌；又如图 9-36 制品由于底部较大而有低压铸料腔，浇流道越短越好（压铸料腔底部厚度一般取 5～10mm），它不允许底部中

表 9-1 常用有底、无底、带台阶压铸料腔经验尺寸



料腔有效容积/cm³			料腔有效投影面积/cm²		料腔尺寸/mm			
(a)	(b)	(c)	(a)	(b),(c)	D	d	d_1	H
5.4	4.7	6.2	3.1	3.1	100	25	20	25
9.5	8.1	10.8	4.5	4.5	105	30	24	30
13	11	14.6	6.2	6.1	105	35	28	30
19.2	16.8	22.4	8.0	8.0	105	40	32	35
28	24.3	32.4	10.2	10.1	105	45	36	40
23.9	22.5	30	12.6	12.5	120	50	40	30
35.3	37.8	50.4	19.6	18	120	60	50	35
76.4	58.8	78.4	28.3	24.5	130	70	60	40
119.4	86.4	115.2	38.5	32	140	80	70	45

注：表中有效容积、有效投影面积，指料腔加料时考虑到加料便利等工艺因素所需要的半成品实际形状加料尺寸的容积，如图 9-39 所示的结构形式。

有效容积×胶料密度＝有效半成品质量。

心钻孔或加工凹槽，特别是对底部较大的制品，如设计不当，强度不够，会引起凹陷或损坏压铸料腔底部。在这种情况下，可采用图 9-35、图 9-36 所示的有底、加强、带模腔结构；也可采用缓冲式挡板压铸料腔（如图 9-37）。该结构的料腔和模腔之间通过一块缓冲挡板分开，压铸的胶料通过缓冲挡板周围开设的缺口或流道小孔进入模腔，它适用于金属嵌件两端伸出制品表面的制品，因这些嵌件的一端可以定位在模腔底部的孔中，另一端可定位在缓冲挡板上，它多用于生产中、小型制品。

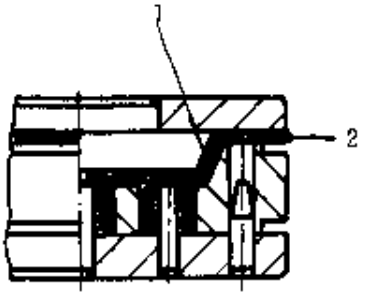


图 9-33 不合理结构 带锥面配合

1—带锥面配合；2—胶料溢出

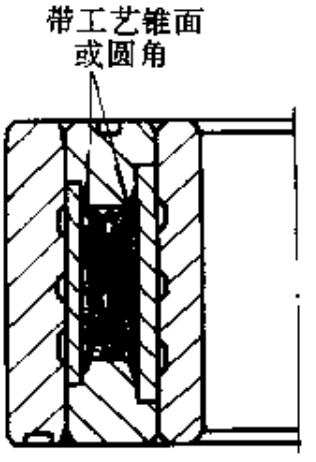


图 9-34 合理结构——带工艺锥面或圆角

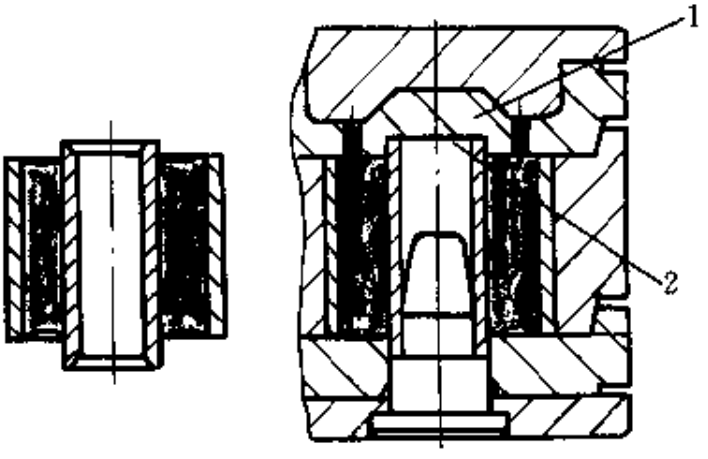


图 9-35 有底加强压铸料腔结构

1—加强料腔；2—骨架定位

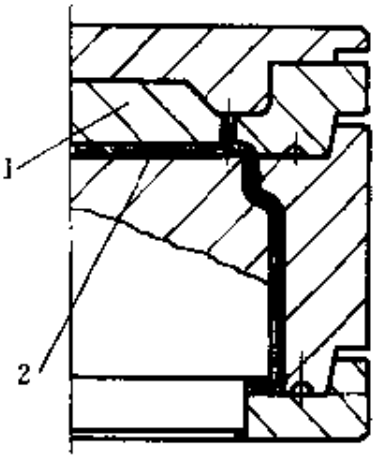


图 9-36 有底带模腔、加强料腔

1—加强料腔；2—制品底部

上述介绍的有底、无底、带台阶或带模腔、加强压铸料腔，在模具设计中应着重注意，在硫化机压力通过压铸塞作用于压铸料腔底面或台阶上时，模具相应处于受压封闭的状态下，把腔料铸(注)入模腔过程中不允许出现模板从分型面处顶开现象。假如设计时考虑不周到，胶料从分型面缝隙中大量溢出，会导致压铸失败，特别是常见的带台阶超长制品、倒锥度制品或鼓形制品，应注意压铸时有足够大的锁模压力。图 9-38 为带倒锥度制品的压铸模具，如料腔（型腔）不带台阶

结构，胶料直接压入，由于压铸时胶料反挤压力促使中模板向上浮起，造成胶料大量从中下模间隙中溢出。

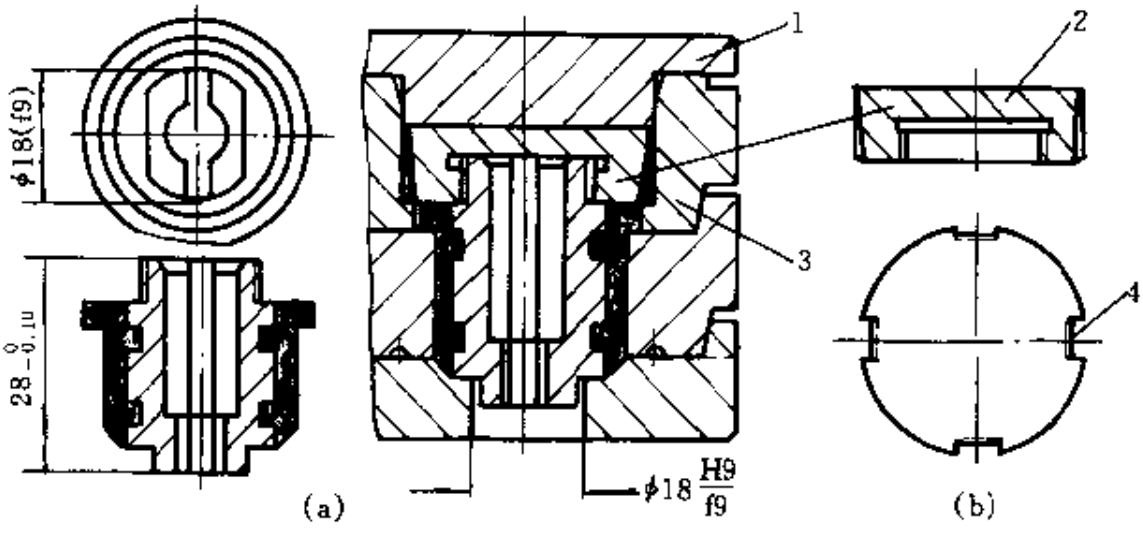


图 9-37 缓冲挡板压铸料腔结构（a）及缓冲挡板（b）

1—压铸塞；2—缓冲隔板；3 料腔；4—进料缺口

图 9-38 类似制品压铸模具，中模料腔（兼模腔）一定要设计为带台阶边框，如图 9-38（b）所示，以克服胶料外溢的不良现象。

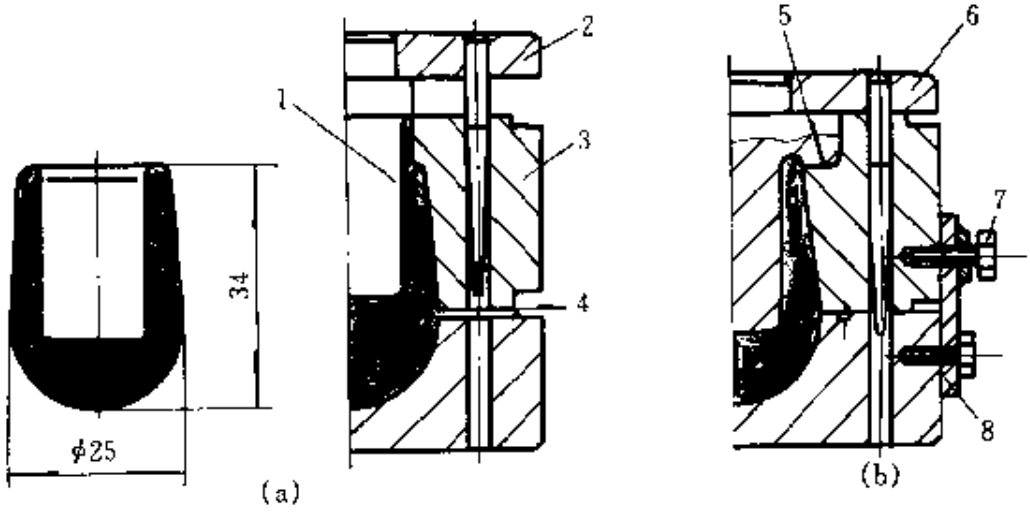


图 9-38 带倒锥度制品的压铸模具

(a) 不合理结构…不带台阶料腔；(b) 合理结构…带台阶料腔

1—压料塞；2—上模板；3—不带台阶料腔（中模）；4—胶料外溢；5—带台阶料腔；6—上模板；7—定位螺钉；8—定位板

图 9-38 (b) 模具如果用于锥度较大制品，带台阶料腔还不能锁住中下模时，可在模具两侧配置定位板与定位螺钉加强定位。在中下模板合拢后旋入定位螺钉，压铸硫化后，旋开定位螺钉，虽然在操作上增加了麻烦，但可克服胶料外溢或弥补模具已完工而不能使用的损失。

所以在设计压铸料腔时，应遵循以下要求：硫化机作用于压铸料腔底面或台阶上的总压力（锁模力）必须大于模腔作用于分型面上的内压力。如果条件受限制，也要考虑尽可能减少压铸时胶料从分型面间隙中大量溢出的可能性。

9.4.2.3 压铸料腔尺寸计算

(1) 压铸料腔与压铸塞定位高度的计算　在设计和计算压铸料腔具体尺寸时，首先要考虑加料后压铸塞进入压铸料腔能一次将胶料铸(注)满模腔，而后考虑压铸塞进入料腔时定位高度与半成品胶料在料腔中占有的有效容积。

按定位效果考虑，压铸塞进入料腔的定位高度应该越大越好，但从加工、使用性能考虑，定位高度应越小越好，一般可根据模具结构和使用要求综合考虑并按压铸料腔直径或断面宽度变化，选择适宜的定位高度。常用的定位高度一般为 5～10mm（包括导向圆角或倒角）；也可按表 9-2 规定选取。

表 9-2　加料后压铸柱塞进入料腔定位高度　　单位：mm

料腔直径 (D)	料腔断面宽 (W)	定位高度	料腔直径 (D)	料腔断面宽 (W)	定位高度
<40	<20	5～6	80～100	40～50	8～9
40～60	20～30	6～7	>100	>50	9～10
60～80	30～40	7～8			

注：料腔直径 D 与料腔断面宽度 W 可见图 9-39～图 9-41 示例。

(2) 压铸料腔尺寸计算　为了使橡胶制品致密程度好、耗胶量少，除模具结构合理外，填放半成品胶料的重量也是关键问题之一。加料腔容积过大，特别是料腔断面过宽，压铸时阻力大、进腔慢；而料腔断面过小，使压铸塞与料腔配合高度相应加深，从而给模具操作、加

工带来一定的困难。所以选择正确、合理的料腔容积与深度需要实践与理论相结合。常用的料腔尺寸可按表 9-1 经验数据选用。特殊的结构形式可按下列步骤与经验公式计算。计算时，应先了解加料的概念：因同一个加料腔，在半成品重量相等情况下，可制成各种不同形状的半成品，为简化成型工艺和加料方便，半成品胶料与加料腔应保留一定的间隙，这个间隙又称工艺间隙，其容积大小一般取决于成型工艺（间隙的容积可取半成品容积 30%～50%）。这个间隙的容积与半成品容积以及压铸塞进入料腔定位高度所占的容积三者之和，才是压铸料腔的设计总容积。如图 9-39～图 9-41 所示。

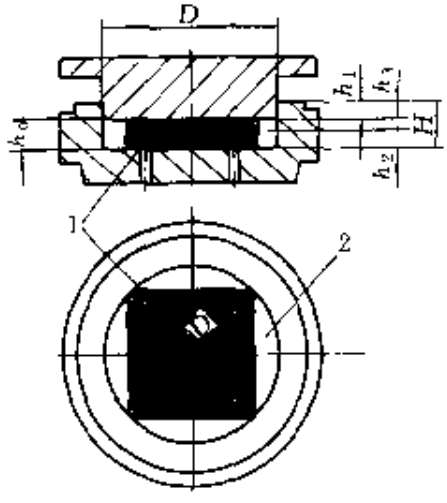


图 9-39　有底压铸料腔结构形式
1—胶料（半成品）；2—工艺间隙量

加料腔的断面直径 D（水平投影尺寸），一般单腔模可按制品的形状或大小确定；多腔模可按型腔分布情况确定。当加料腔直径确定后，即可按如下步骤计算料腔深度 H。

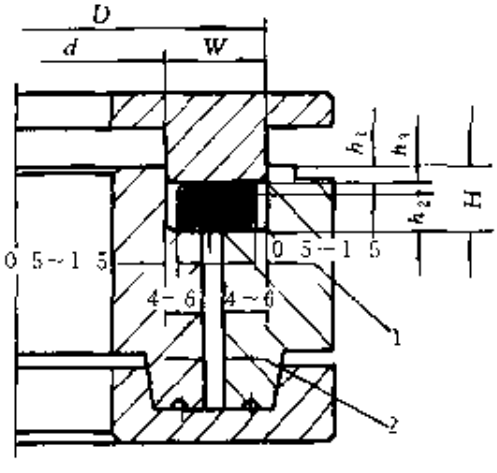


图 9-40　薄壁制品压铸料腔结构形式
1—工艺间隙量；2—制品厚度<3mm

第一步，按产品图纸计算制品质量或对实样（样品）进行称重（纯胶部分）。对于形状复杂的橡胶制品（如防尘套、油封皮碗等），计算重量是比较困难的，并且由于密度变化范围较大，计算结果也是近似值，但由于料腔设计时已考虑到工艺间隙量，所以计算误差可由工艺间隙量弥补。

计算制品质量时，应查阅胶料的密度。部分胶料的密度参见表 9-3。如果查不到胶料相对密度，可按表 9-3 胶料密度（范围为 1～1.4g/cm³）选取平均值 1.2 为参考数据。

表 9-3 部分胶料密度/(g/cm³)

胶料牌号 (HG 6—407—71)	密度	胶料牌号 (HG 6—407—71)	密度	胶料牌号 (HG 6—407—71)	密度
1140	0.96	3160	1.21	5172	1.32
1141	1.45	3380	1.21	5180	1.30
1142	1.05	4150	1.35	5250	1.21
1143	1.21	4160	1.53	5260	1.18
1144	1.03	4161	1.35	5280	试
1150	1.38	4162	1.41	5460	1.32
1151	1.28	4170	1.40	5461	1.05
1152	1.16	4171	1.45	5470	1.35
1153	1.11	4172	1.46	5471	1.35
1154	1.42	4190	试	5480	1.31
1160	1.57	5160	1.16	5860	1.26
1161	1.20	5170	1.28	5870	1.27
1180	1.41	5171	1.28		

计算半成品胶料质量时，可按上述方法把已成型半成品胶料放入压铸模料腔中，通过压铸塞压力把胶料注入模具型腔中硫化。胶料虽然逐一通过称量，但总会存在一定的允差，并且压铸时也有流胶流道、溢出模腔飞边等胶料损耗，要求半成品胶料的重量应该稍为过量些，过量值一般取半成品重量的 5%～10%。因用压铸模硫化的胶料是在闭模状态下压入模腔的，胶料过量太多会造成制品高度超差或造成飞边增厚，给修边工序带来一定的困难，并影响制品外观质量和使用性能，又浪费胶料。

第二步，压铸料腔尺寸计算。通过上述计算已知加料腔结构形式、定位高度、半成品胶料重量以及腔料与料腔应留有的间隙量，从而进一步进行压铸料腔尺寸的计算。

部分压铸料腔结构形式和计算方法分别由图 9-39～图 9-41 予以说明。

图 9-39 有底压铸料腔的尺寸可由式（9-1）计算。

$$H = h_1 + h_0$$
$$= h_1 + (h_2 + h_3) \qquad (9\text{-}1)$$

其中：
$$h_2 = \frac{G \times (1+10\%)}{d \times S}$$
$$h_3 = 0.5h_2$$

式中 H——料腔总高（深度），mm；

h_1——压铸塞与料腔定位高度（查表 9-2），mm；

h_0——料腔加料工艺高度（$h_0 = h_2 + h_3$），mm；

h_2——料腔加料理论高度，mm；

h_3——料腔加料后工艺间隙量或称压缩行程高度，mm；

G——制品质量，g；

(1+10%)——半成品工艺质量；

d——胶料密度，g/cm³；

S——料腔投影面积（$S = R^2 \cdot \pi$）。

［说明］

ⓐ 料腔直径 D 可依制品大小或按模腔分布情况确定。

ⓑ h 是在直径为 D 的压铸料腔中按习惯性方法填放一块正方形半成品胶料（如图 9-39），其投影面积约占料腔投影面积 50%，也就是留有 50%空隙，需利用压缩行程，将等于理论加料高度（h_2）的半成品胶料压入模腔以弥补此间隙。这个弥补量即工艺间隙量（h_3），如把它换算成压缩行程高度，约等于 $0.5h_2$，所以 $h_3 \approx 0.5h_2$。

【例】 已知制品质量为 100g，密度为 1.2g/cm³（平均密度参考值 1.2），设 $D = 100$mm，求料腔高度 H。

解：按式（9-1）
$$H = h_1 + h_0$$
$$= h_1 + h_2 + h_3$$
$$= h_1 + 1.5h_2$$
$$= h_1 + 1.5\frac{G \times (1+10\%)}{d \times S}$$

由表 9-2 得 $h_1 = 9$mm

代入上式得 $H = 9 + 1.5\dfrac{100 \times (1+10\%)}{0.0012 \times 50^2 \cdot \pi} = 26.5$(mm)

即：料腔高度为 26.5mm

图 9-40 中薄壁制品压铸料腔尺寸可由式（9-2）计算：

$$H = h_1 + h_0$$
$$= h_1 + (h_2 + h_3) \qquad (9\text{-}2)$$

其中
$$h_2 = \frac{G(1+10\%)}{d \times S_w}$$
$$S_w = S_{外} - S_{内}$$
$$= \pi\left(\frac{D^2}{4}\right) - \pi\left(\frac{d^2}{4}\right)$$
$$= \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$$
$$h_3 = 0.2h_2$$

式中 H——料腔高度，mm；

h_1——压铸塞与料腔定位高度（查表 9-2），mm；

h_0——料腔加料工艺高度（$h_0 = h_2 + h_3$），mm；

h_2——料腔加料理论高度，mm；

h_3——料腔加料工艺间隙量或称压缩行程高度，mm；

G——制品质量，g；

$(1+10\%)$——半成品工艺质量；

d——橡胶胶料密度，g/cm^3；

S_w——料腔投影面积，mm^2；

$S_{外}$——直径 D 投影面积，mm^2；

$S_{内}$——直径 d 投影面积，mm^2。

［说明］

ⓐ 制品断面壁厚小于 3mm，可按制品内外径离开 4～6mm 计算其料腔直径 D 和料腔环形宽度 W；制品断面壁厚大于 3mm 时，可按 6～10mm 计算 D 和 W。

ⓑ 在料腔内填放一块围成管状的矩形胶条半成品，其厚度比料腔圆环宽度小 1～3mm 或保持图 9-40 所示内外 0.5～1.5mm 的间隙量。这个间隙就需要利用压缩行程，将约等于 $1+20\%h_2$ 的半成品胶料压入模腔加以弥补，这个间隙量即称工艺间隙量或压缩行程高度 h_3，为经验数据。

【例】 已知制品质量为 25g，橡胶密度为 1.2g/cm³，设 $D=100\text{mm}$，料腔环形宽度 $W=10\text{mm}$，求料腔高度 H。

解：按式(9-2)

$$\begin{aligned} H &= h_1+h_0 \\ &= h_1+(h_2+h_3) \\ &= h_1+1.2h_2 \\ &= h_1+1.2\times\frac{G(1+10\%)}{d\times\frac{\pi(D^2-d^2)}{4}} \end{aligned}$$

由表 9-2 得 $h_1=6\text{mm}$

代入上式得

$$\begin{aligned} H &= 6+1.2\frac{25(1+10\%)}{0.0012\times\frac{3.14(100^2-80^2)}{4}} \\ &= 15.6(\text{mm}) \end{aligned}$$

即：料腔高度为 15.6mm。

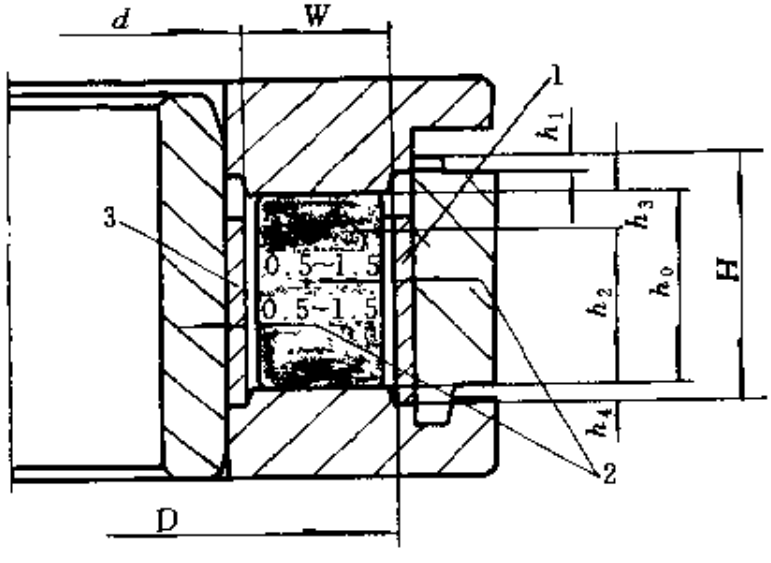


图 9-41 厚壁制品压铸料腔结构形式

1 外骨架；2—工艺间隙量；3—内骨架

图 9-41 厚壁制品压铸料腔尺寸可由式（9-3）计算：

$$\begin{aligned} H &= h_1+h_0+2h_4 \\ &= h_1+(h_2+h_3)+2h_4 \end{aligned} \tag{9-3}$$

其中：

$$h_2=\frac{G(1+10\%)}{d\times S_w}$$

$$S_w = S_D - S_d$$

$$h_3 = 0.3h_2$$

式中 H——料腔与模腔总高度，mm；

h_1——柱塞与料腔定位高度（查表 9-2），mm；

h_0——料腔与模腔加料总高度，mm；

h_2——模腔加料理论高度，mm；

h_3——模腔加料工艺间隙量或压缩行程高度，mm；

h_4——模腔镶嵌高度，mm；

G——制品质量，g；

(1+10%)——是半成品工艺质量；

d——橡胶制品密度，g/cm³；

S_w——W 断面圆环投影面积，mm²；

S_D——直径 D 投影面积，mm²；

S_d——直径 d 投影面积，mm²。

[说明]

ⓐ 如制品形状复杂，制品质量 G 可采用理论计算、经验估计或参照相近似制品称量对比。

ⓑ h_3 属经验数据。

【例】 已知制品纯胶部分外径 $D=100$mm，断面 $W=20$mm，$h_2=40$mm（模腔高度），求高度 h_3。

解：按式(9-3) $h_3=0.3h_2, h_2=\dfrac{G(1+10\%)}{d\times S_w}$

故

$$\begin{aligned} h_3 &= 0.3\frac{G(1+10\%)}{d-S_w} \\ &= 0.3\frac{S_w 20d(1+10\%)}{d\times S_w} \\ &= 0.3[20(1+10\%)] \\ &= 0.3\times 22 = 6.6(\text{mm}) \end{aligned}$$

即：料腔高度 h_3 为 6.6mm。

9.4.2.4 浇道系统的设计

压铸料腔中进胶流道又称压铸进胶通道。由于橡胶压铸成型方向

性强、成型快，所以进胶道开设的位置正确与否，直接影响到制品的成型和性能以及胶料在模具中的流动情况。压铸是在模具闭合状态下，胶料在高温和压力作用下挤入主流(浇)道和分流(浇)道直达模腔部位。所以流道的截面形状及长度对高速流胶料的生热起一定的作用。一般较宽的流道或直接压入的流道比狭窄的流道所产生的温度要低些。但进胶流道太狭窄，压铸过程摩擦生热较大，胶料在流道中容易过早硫化；而进胶道过宽，特别是直接圆孔进胶流道，硫化后不易从模腔中取出制品，即使能取出也影响制品外观质量，又浪费胶料。

为了达到理想的进胶流动条件，进胶流道应选择下列结构和形式。

(1) 在压铸成型模具中，圆柱孔进胶流道由于加工方便，是应用最多、最典型的结构形式之一。

圆柱孔进胶流道适用于流道垂直于模型平面方向进胶的流道，又称直浇口。

对压铸成型断面尺寸较大的橡胶制品，流道也可代替主胶道直接将胶料压入模腔中。

圆柱孔进胶流道直径范围为 $\phi1.5\sim\phi10$mm，其中 $\phi1.5\sim\phi5$mm 为直浇口，它是直接由料腔进入模腔的；$\phi5\sim\phi10$mm 为直浇口主流道，它通过分流道进入模腔。

对于 $\phi1.5\sim\phi5$mm 进胶直浇口，一副多腔模或单腔模开置进胶浇口的个数和浇口直径的大小，可根据制品的直径或截面积来确定。绝大多数先按经验估计，在设计进胶流道(浇口)大小和数量时，可先选择直径偏小、数量偏少的流道口，以便在压铸速度太慢时加大孔的直径和孔的数量。如果制品表面不允许带有进胶流道所留下的明显痕迹，或修边后仍影响使用性能或外观要求，也可在胶料压铸完毕后，换上不带进胶流道的上模板。但必须注意：它不是一般的移模法（取掉无底料腔进行硫化方法)，而是取掉有底带流道料腔，采用该工艺应掌握胶料性能和硫化时间，否则胶料易呈粘糊状态，不易开模并影响胶料诱导阶段，为避免发生缺料现象允许换模板时补充胶料。

(2) 分流道的设计。分流道的作用是使主流道起过渡和转向作用，使胶料平稳地转换。

分流道截面大小应满足良好的压力传递和合理的填充时间等。截面太小，填充时间长；截面过大会使模腔空气增加，容易使制品产生气泡，面且增加浇口宽度，影响制品外观质量和使用性能，特别是180°分型的O形密封圈工作面，分流道距模腔的长度越短越好，一般不超过10mm。分流道断面形状较多，如图9-42所示。

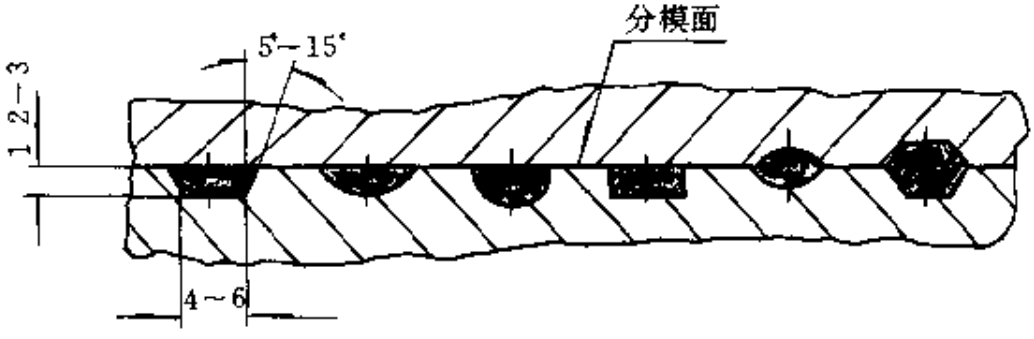


图9-42　分流道断面形状

分流道结构形式也较多，但多数采用直通形或圆环形分流道，这些都是根据制品的形状或制品模腔排列选择的，方形制品或模腔数较少的模具，一般多选择直通形，如图9-43；圆形制品或模腔数较多的模具，一般多选择圆环形，如图9-44所示。

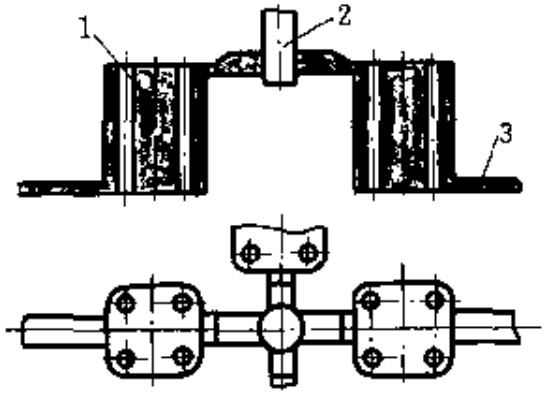


图9-43　直通形分流道结构

1—制品；2—主流道；3—排气槽

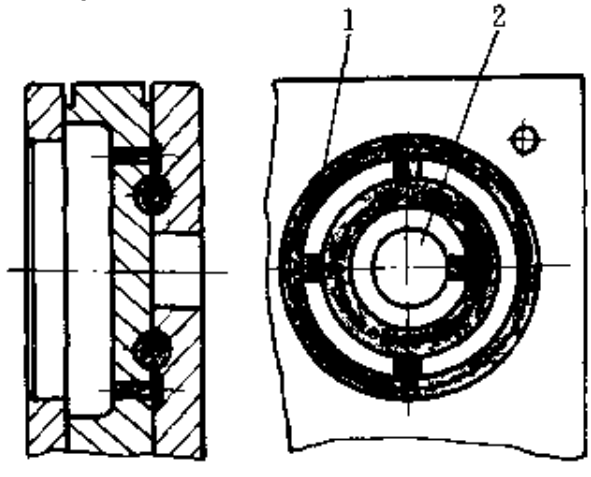


图9-44　圆环形分流道结构(多模腔)

1—环形槽；2—排气孔

图9-44中，如制品较大(一般大于40mm)，分流道可加工于制品内侧，这样有利于压缩模具外形尺寸。

(3) 浇口设计。浇口是浇注系统的关键部分，浇口的形状和尺寸

对制品质量影响很大，在多数情况下，浇口是整个流道中断面尺寸最小的部分，它的结构形式也较多，常用的有如下几种。

① 内浇口。分流道与模腔相接部位称内浇口，长度一般为1～2mm，宽度为4～6mm，截面高度较小——取决于制品的外观和使用要求，一般为0.1～0.5mm，截面形状多数为矩形。如图9-45所示。

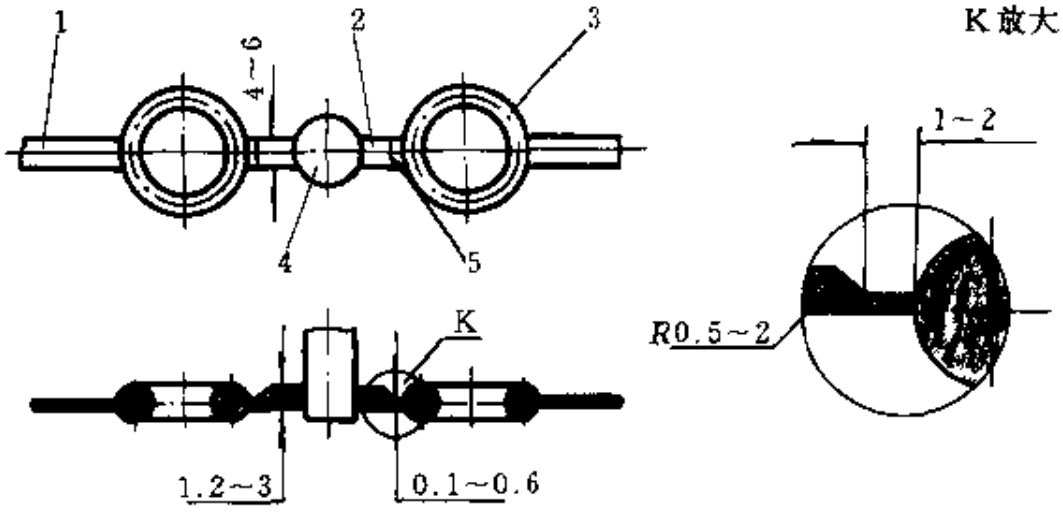


图9-45 内浇口结构形状

1—排气槽；2—分流道；3—制品；4—主流道；5—内浇口

由于内浇口截面较小，表面粗糙度要求较高，一般应达 ▽0.40 以上，否则容易产生摩擦阻力，使橡胶发热而造成过早硫化或定型。

② 扇形浇口。它适用于宽度较大的薄片状制品。为了提高进料速度，浇口沿制品边缘形成扇形薄片，并使浇口的台阶宽面浅，常用深度为0.1～0.6mm，可根据制品形状或大小决定其扇形最大宽度，扇形浇口如图9-27A和图9-46所示。

③ 圆柱形浇口（又称主流道浇口）。橡胶压铸模中圆柱型浇口最常见，它与压铸料腔、模腔直接相通，实际上也可称主流道浇口，它的断面形状为圆柱形，直径较小，一般为ϕ1.2～ϕ2.5mm，高度一般为6～8mm。按制品规格、形状、大小，可采用单个或多个浇口。为了调节进料速度快慢，一般先采用较少浇口，按进料速度快慢，再逐渐增加浇口个数，以求达到合理的数量。单个或多个圆柱形浇口如图9-47（a）和（b）所示。

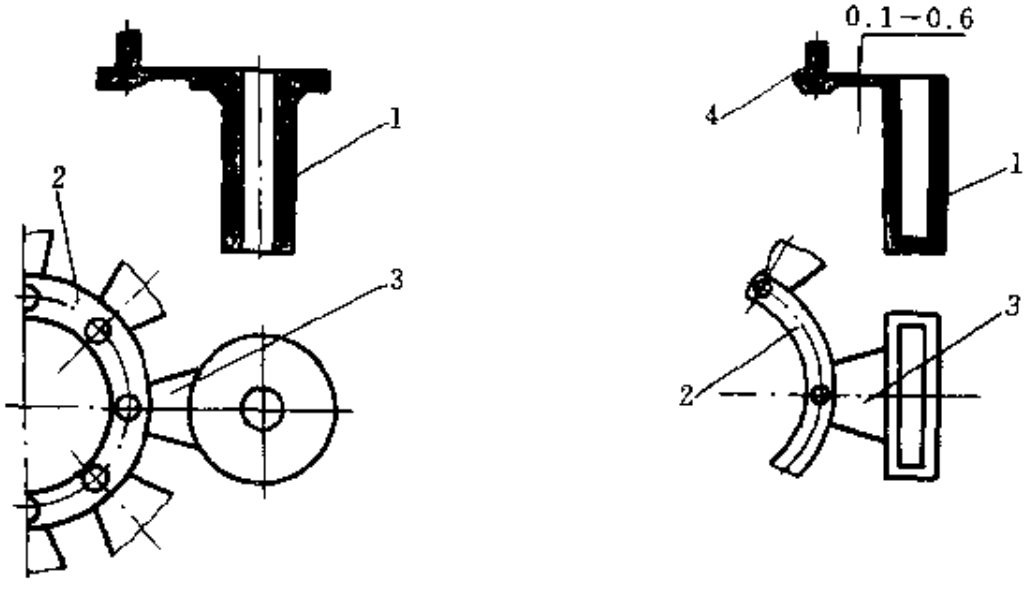


图 9-46　扇形浇口结构形式

1—制品；2—环形流道；3—扇形浇口；4—主流道

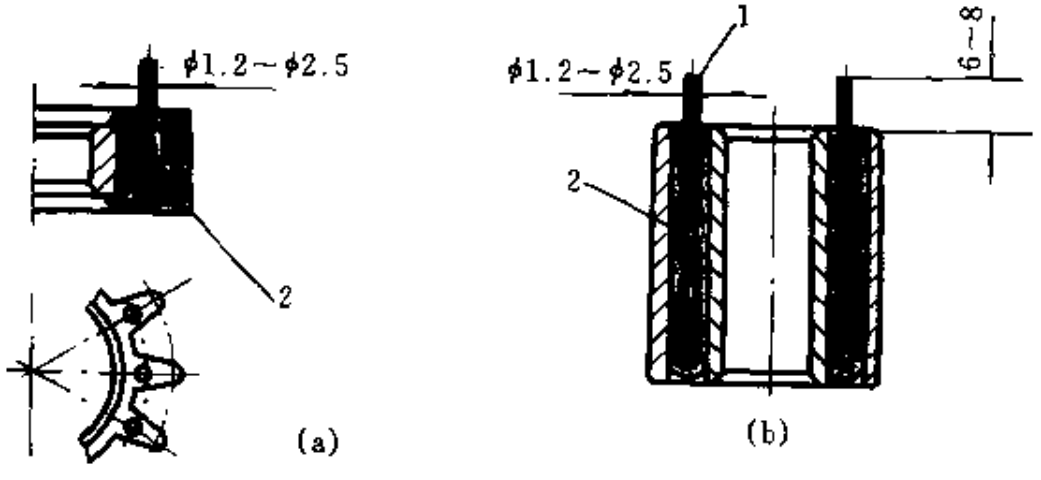


图 9-47　圆柱形浇口结构

1—圆柱浇口；2—制品

④ 直压浇口（又称无形浇口）。它适用于薄壁环形制品，也适用于带金属嵌件环形制品，它与正规注压法有明显差别，环形直压式浇口由压铸模料腔直接加料，通过压铸塞直接压入模腔，它比一般有浇口压铸模进料快；制品外观质量好（制品无浇口），如图 9-48 和图 9-49 所示。

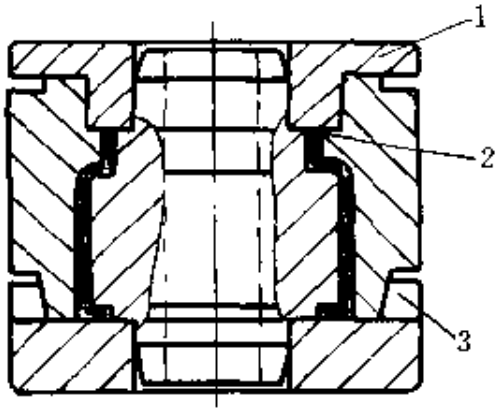


图 9-48　薄壁制品直压式浇口

1—压铸塞；2—浇口；3—逃气缺口（4～10mm 宽）

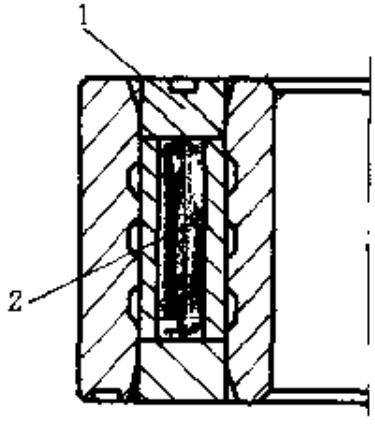


图 9-49　带金属嵌件直压式浇口

1—压铸塞；2—制品

浇口设计时应注意位置，一般的纯胶制品应选择壁厚最大或橡胶最多的部位作为进胶口。如果有金属嵌件或细长模芯，则嵌件定位处和模芯易弯部位应避免作为进胶部位，否则进胶时由于橡胶高速流经浇口，冲击嵌件定位处和型芯易弯部分，使其定位走向或移动；如型芯弯曲并硫化定形后，制品报废而且模芯难以抽出。图 9-50 和图 9-51 所示为合理与不合理的浇口结构。

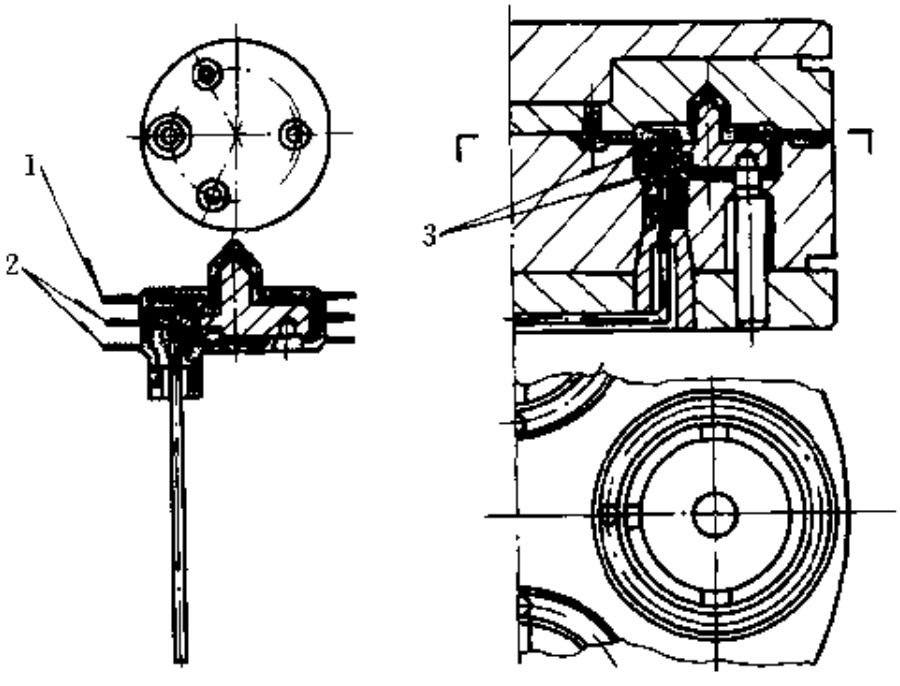


图 9-50　合理与不合理浇口位置

1—合理浇口；2—不合理浇口；3—不宜开置浇口

图 9-51 中的橡胶护套，由于 2-ϕ5 模芯较长、间距较小，又采用定位挡板定位，而且与护套外径间距只有 0.5～0.8mm，如用一般开放式橡胶硫化模硫化，加料后易压弯模芯，难以生产出合格产品。采用压铸法模具后，如果进料浇口位置选择不当，也会出现同样问题。实践证明，进料浇口必须开设在两端边缘处，并且进料口带有一定斜度，使高速流动的胶料缓冲至两端挡板面后返回并充满中间模腔；另外还应保证两个浇口平衡进料，因为进料速度不均同样会造成模芯弯曲。

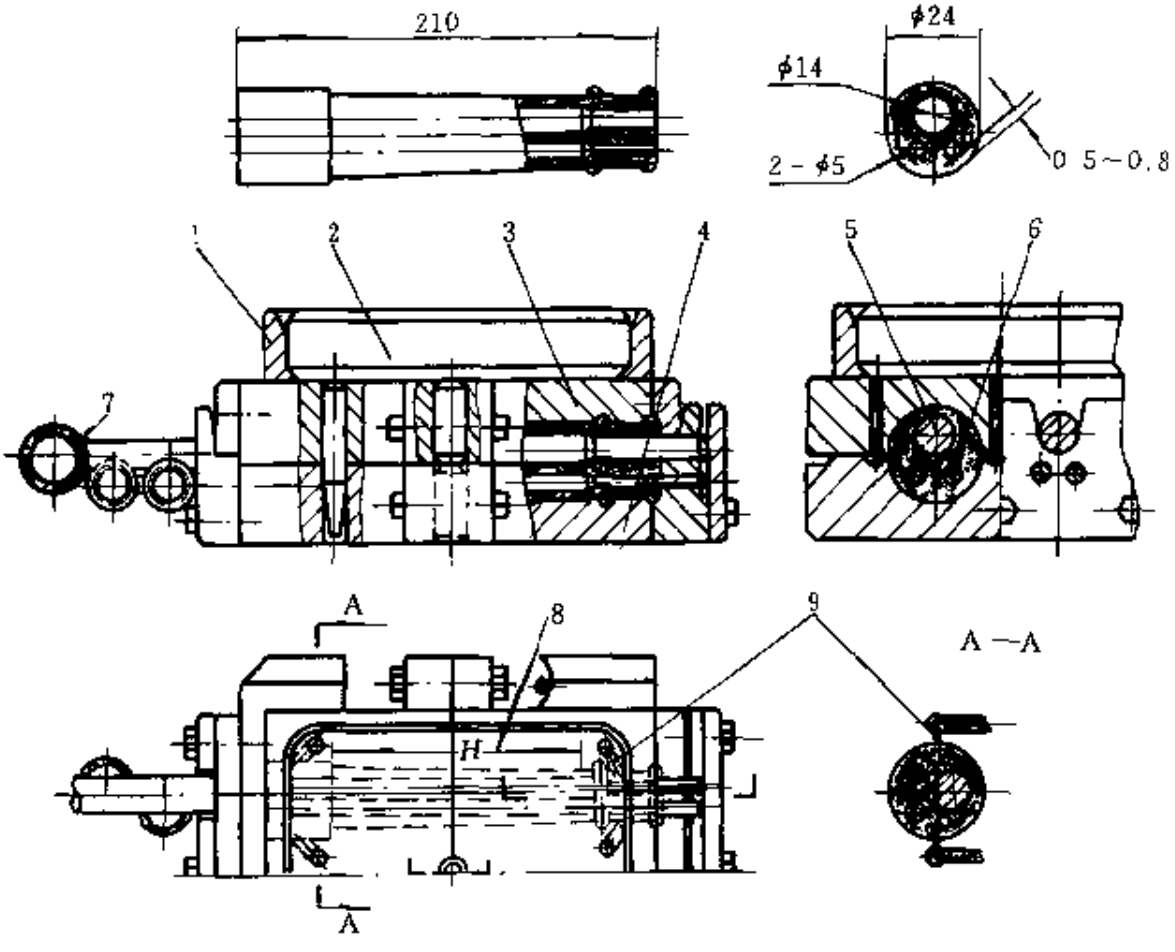


图 9-51 合理与不合理浇口位置

1—料腔；2—柱塞；3 上模；4—下模；5—大模芯；6—小模芯；7—焊接；8—不宜在 H 范围开设浇口；9—浇口（带斜度）

总而言之，浇口开设的位置应避开制品的重要表面或工作面，例如各种橡胶皮碗刃口工作面等。对制品外观质量有严重影响的地方不宜开设浇口，制品内侧隐蔽的地方也不宜开设，其不利于制品修边。浇

口应该开设在制品凸面或制品边缘处。

9.4.3 其他系统的设计与计算

9.4.3.1 排气、余料槽的开设位置

橡胶压铸成型模具，由于橡胶受热后流动性较好，模腔周围的余料槽一般都能起排气作用，特别是通孔、带间隙配合模芯的模具结构，不必担心空气排不出去。但对那些先合模后加料的斜面配合面、模腔死角以及过盈配合死角处、胶料汇合处，必须开设排气槽，以避免制品出现气泡及制品边角处缺料。排气槽密度一般为4～6mm，深度为0.08～0.15mm。圆柱形排气孔直径一般为ϕ1～ϕ2.5mm。

排气槽开设的位置可按下面原则确定。

(1) 排气槽应开设在远离浇口的浇道末端，即气体最终聚集的地方。

(2) 靠近嵌件或壁厚最小处，以及胶料汇合处，因为该处最容易形成流动最后熔接缝。熔接缝处应排尽气体、并排出部分余胶。在硫化过程中，当熔接缝处有橡胶排出时，说明橡胶已充满模腔。

(3) 多数排气槽开设在分型面上，因为分型面上最容易排出空气。

(4) 模具上的活动模芯、镶块和间隙配合面，其配合间隙都可以用来排气，一般不必开设排气槽或排气孔。对于厚制品型胶死角和斜面定位配合面（密合状态），可如图9-28和图9-52所示开置合理的排气槽（孔）。

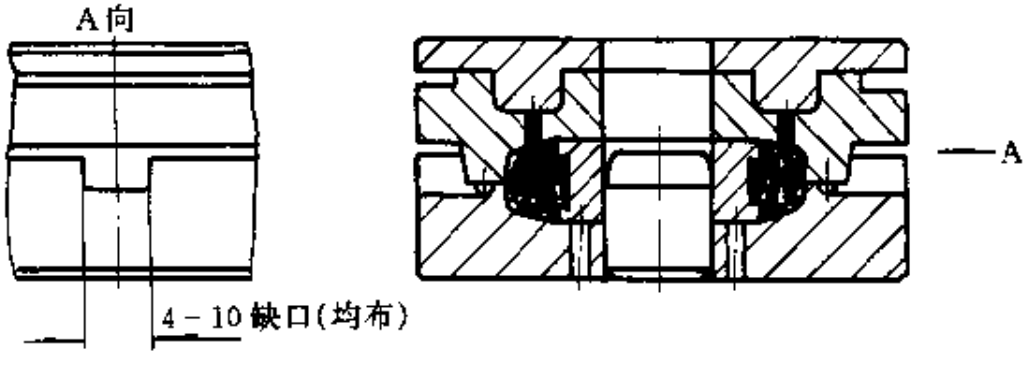


图9-52 典型斜面定位配合面排气槽的开设

9.4.3.2 压铸成型模具的胶料收缩率的计算

压铸法硫化的橡胶制品收缩率比一般模压硫化的制品收缩率略小。因为压铸法硫化压力大于模压法，因而制品致密性好、质量和体积都略大。有人做过这样的实验：用同一模具（单腔模、制品净重1.2g），同一种胶料，在相同条件下硫化制品，只是加入半成品的质量不同，结果表明，绝大多数半成品质量较大的制品比半成品质量较小的制品收缩率要小些［经工业天平（万分之一精度）称重后，前者质量比后者略重0.001～0.003g，又经投影仪放大50倍，测得前者外径尺寸比后者略大0.01～0.03mm］。所以说橡胶制品致密性越好，收缩率越小。但并不是绝对的，还要进一步探讨，特别是压铸法模具是在封闭状态下进行压铸硫化的，内外径略小，但高度随半成品质量变化较大。

为了便于计算，压铸法硫化制品收缩率可按一般模压法硫化制品的收缩率下限范围计算。具体计算方法和收缩率参考值可参照“12.橡胶制品收缩率的计算”。

9.5 压铸成型模具工艺要求

9.5.1 模具材料的选用

根据设计要求，压铸模具中压铸塞、压铸料腔、型腔模板、导销和顶杆等部件，可选用优质45号碳素钢，此种材料易得，易于传热煅打，淬透性较好，并且热处理后具有足够的机械强度，并有良好的机械加工性能和焊接性能，在一定程度上能耐硫化物的腐蚀。但不足之处是热处理变形较大 。如有条件可选用碳素工具钢T7～T10或高碳合金钢9Mn2V做压铸模具更为合适。对于较小、超长型芯或较薄镶块可选用弹簧钢65Mn或60Si2Mn。

9.5.2 热处理与表面处理

9.5.2.1 热处理

根据模具的使用要求和使用寿命，需要对模具进行热处理，由于45号钢淬火变形系数较高，对后精加工不便的较复杂制品的模具，一般多采用调质热处理的方法，其调质的硬度一般为HRC28～32，要求较高的模具为HRC34～38（如O形圈、环形密封圈模具）。

对于形状简单、便于采用磨加工的导销，有配合要求的轴与轴套（如压铸模中压铸塞、压铸腔以及模套、轴衬、顶杆等），热处理较多采用中等硬度，一般为HRC42～48，便于修正加工。

9.5.2.2 表面处理

在橡胶制品的硫化过程中，由于混炼胶由各种配合剂混炼而成，在硫化过程中受热、分解出的不同硫化物，对模具有腐蚀或积垢作用，破坏和影响模腔表面的粗糙度。为了避免硫化物的腐蚀和提高模腔表面粗糙度，常采用模腔表面镀硬铬的办法，镀铬层厚度一般为0.005～0.011mm，不宜太厚，否则镀铬层容易剥落，影响制品外观质量和模具使用寿命，特别是配合面剥落容易拉毛。镀铬前，模具模腔表面粗糙度应在 $\overset{0.8}{\vee}$ 以上，配合面 $\overset{3.2}{\vee}$ 以上，镀铬后抛光。此外，镀铬前应先试模，后镀铬，这样有利于修正模具不足之处，特别对新产品、新腔料更为必要。

9.5.2.3 表面粗糙度

模具模腔的表面粗糙度直接影响制品的质量，特别是制品的工作面，模具配合面粗糙度与模具定位有直接关系，虽然经过调质、淬火、镀硬铬，但因模具使用过程中受压、受热，并且绝对不能加油或其他润滑剂，粗糙度低于 $\overset{3.2}{\vee}$ 就容易拉毛或损坏，因此对模具表面粗糙度要有一定要求。

为了区别不同橡胶制品的技术要求以及不同模具部位表面粗糙度，列表9-4和表9-5。

表9-4 橡胶制品与模腔表面粗糙度

橡胶制品类别、名称	模腔粗糙度	备　注
航空密封件、汽车用件、O形密封圈	$\overset{0.8}{\vee}$ 以上	零件失效时会影响人身和整机的安全
机械密封件、精密零件	$\overset{1.6}{\vee}$ 以上	零件失效时会影响设备工作性能
衬垫、轮子、一般零件	$\overset{1.6}{\vee}$	零件失效时无显著影响

表 9-5 模具结构零件表面粗糙度/μm

模具结构零件名称	表面粗糙度	备注	模具结构零件名称	表面粗糙度	备注
压铸塞、压铸腔	1.6 以上		模具与工装外形	12.5	
导销、导套、零件、模板配合面	3.2 以上	包括模具闭合面、出模工装工作面	启模口、手柄、其余	25	

9.5.2.4 模具各部位的配合公差和精度

模具中模腔及其各部位的精度直接影响到橡胶制品尺寸和外观质量，也影响到模具的使用和装拆，特别是带金属嵌件的橡胶制品，必须控制模具各个部位的精度，具体要求如下。

(1) 模具中型腔的精度应比制品精度要求提高 2～3 级，其值约等于制品允差的 0.3 倍。

(2) 配合部位 轴与孔的配合公差可按国家规定的标准选择，间隙配合——动配合部位的公差可按$\frac{H8}{f8}$～$\frac{H8}{f9}$，过盈配合——静配合部位的公差可选用$\frac{H8}{s7}$。根据橡胶模具生产的特点，一副模具往往由同一个工人负责加工、制作，在不影响模具型腔精度的前提下，允许先加工完成比较难控制的零部件，然后再逐一对号、打印选配成统一配作，对于部分多腔模又有互换、互配型芯和嵌件要求的或大批量生产的模具，不宜采用。

(3) 带嵌件橡胶制品的配合公差，应保证符合公差的嵌件都能放进模具型腔中进行压合，并应注意嵌件与模具定位处的配合公差，不宜过紧或过松，应使嵌件易于放进模腔中，又便于顶出（或取出），一般配合精度可选用$\frac{H9}{f9}$。对于配有顶出装置模具中嵌件其配合精度可选用$\frac{H8}{f8}$。多数带嵌件制品经硫化后变形较大，对于某些要求嵌件不变形、且嵌件表面（如内外径配合面上）不能带胶料飞边的嵌件制品，可采用二次加工方法获得成品，即把嵌件内外径预放一定磨削量（单面约

放 0.15～0.25mm)，按$\frac{H9}{f9}$配合精度压制成品，然后装在专用夹具上磨削至符合要求尺寸。二次加工制品成本稍高，但质量好、配合精度高。

对于嵌件二端面高度公差，模腔配合尺寸公差一般选用过盈配合，但过盈量不宜超过 0.10mm 以上，常用范围为 0.02～0.06mm。

(4) 锥面或斜边配合。模具结构中为了启模、合模方便以及嵌件、镶块定位安全，大多采用锥面、斜边定位配合。定位配合公差一般按过渡配合公差选取，此公差一般在锥面、斜边小的一端标注尺寸，并在加工要求中注明：要求上下模锥面配作或着色选配，其接触面不低于 80%，也允许注上锥面相互研配，配合面要求密合，不允许有松动现象。

(5) 有两个以上配合面时，应首先保证与制品关系最密切的配合面优先接触，其他配合面，按模具结构可相应降低配合精度。但橡胶模具对配合面有一个要求，即在保证模具易于开合的前提下，二个以上配合面间隙越小越好，而这又给模具加工带来一定的困难。如果按照 (2) 中正规单件流水操作法加工模具，很难保证二个以上锥面、斜边密合和平面配合面同时接触，如果接触不好，因模具硫化时所承受压力较高（一般超过 9.8MPa)，间隙偏大会使模具变形，影响制品质量和模具的开合，如图 9-53 所示。

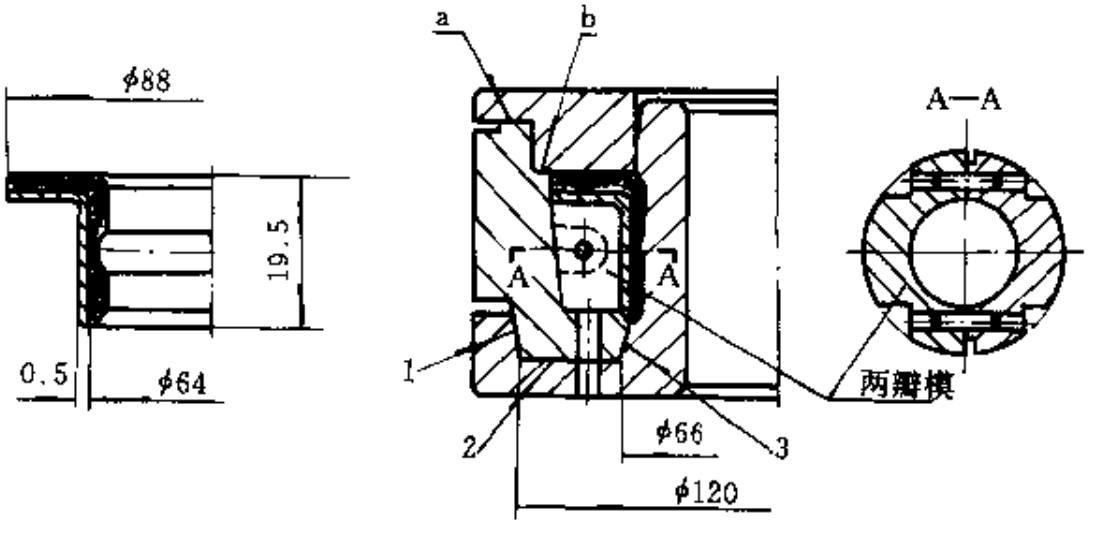


图 9-53 模具接合面分析

1—1 号面；2—2 号面；3—3 号面

图 9-53 中有 a 与 b 二处配合间隙，从与制品关系分析 b 比 a 面密切，配合面应优先接触，但 a 面也不允许有大于 0.10mm 间隙，因 b 面接合面宽度较窄（从模具结构考虑 b 面不宜过宽），硫化时强大压力会使 b 面变形，所以 a、b 面间隙越小越好。同样道理分析 1 号、2 号、3 号面配合间隙，其中 3 号面与制品关系最密切，其次是 1 号面起中模加强定位作用，2 号面允许带有小于 0.10mm 间隙，硫化时有些形变，但不影响使用效果。

（6）模具承压面要求每 $100mm^2$ 的平面度不能大于 0.05mm。

（7）模具中导销、导套、模芯、压铸塞、压铸腔与模具承压面的垂直度偏差（厚度在 30mm 以内）应≤0.05mm；厚度＞30mm 以上，应≤0.10mm。

（8）模具各零件（导销与导套、模芯与模芯孔、压铸塞与压铸腔）的配合同轴度偏差应≤0.03mm。

(9)模具非配合部位的精度按 7 级自由公差要求(新公差为Js12～14)。

9.5.2.5　其他技术要求

（1）模具中过盈配合的镶块、镶件、两瓣模接合面、反包结构斜面，应保持密合，局部间隙不得超过 0.03mm，对于不带台阶的镶块、镶件、模芯模具，装配后，不得低于或高于模具承压面，凡出现不平齐装配现象，模具承压面必须注上：装配后磨齐。

（2）模具中凡带间隙配合部分，如导套、导销的配合，模芯与模孔的配合，压铸塞与压铸料腔的配合，均应灵活，不得有歪斜、卡住等现象，特别是多孔模芯与模孔的配合，由于数量多，应避免累积误差所造成的干涉配合而发生卡住或过紧现象。

（3）凡模具中模腔与分型面相接处，应保持清角，特别是 O 形密封圈制品模具，必须保持清角，清角处不能有大于 0.05mm 倒钝，其他制品模具不能有＞0.10mm 的倒钝现象；模具合拢（箱）后（组装），上、下模型腔错位量误差一般应≤0.05～0.10mm。

（4）如模具没有明显区别，为使开合时避免模板转向或翻身，应采用三个（丁字形排列）导销定位，并且将模板截去一角、作为导向

角。多数方形模板截去其中一角，尺寸为(18～25)×45°倒角；圆形模板截去弦长等于 45～60mm 的倒角，并打上标记和代号，方形模具打在侧面上。

9.6 典型结构

压铸模典型结构形式较多，大致可分为二大类：第一类即模具带有压铸塞、压铸腔（料腔）、主流道、分流道、浇口。胶料从浇口进入模腔，简称带浇口压铸模，如图 9-54～图 9-58 所示。第二类，模具只

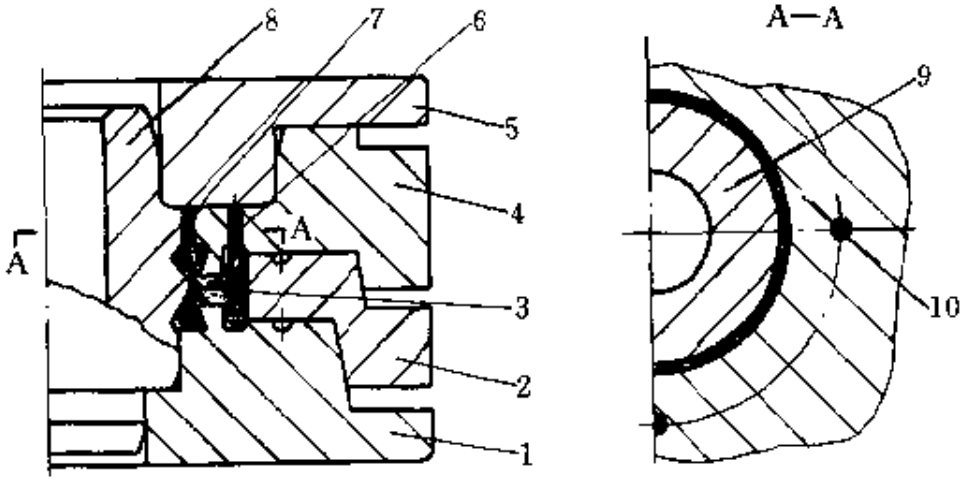


图 9-54 带双形浇口压铸模

1—下模；2—中模；3—骨架；4—压铸腔；5—压铸塞；6—圆柱形浇口；7—圆环形浇口；8—模芯；9—圆环状浇口 0.10～0.12mm；10—圆柱形浇口 4-φ1.5～φ2

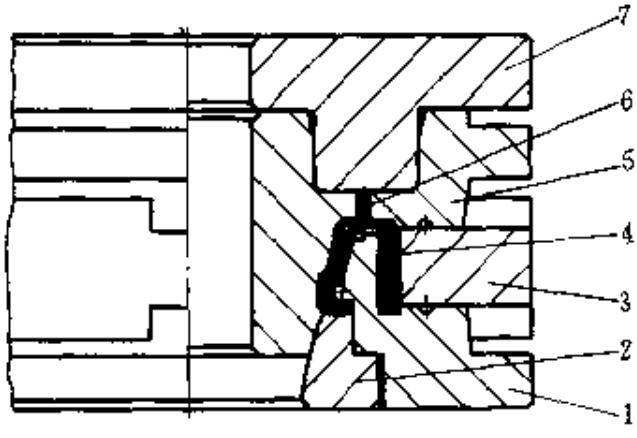


图 9-55 带圆柱形浇口压铸模（Ⅰ）

1—下模；2—镶块；3—中模；4—骨架；5—压铸腔；6—浇口；7—压铸塞

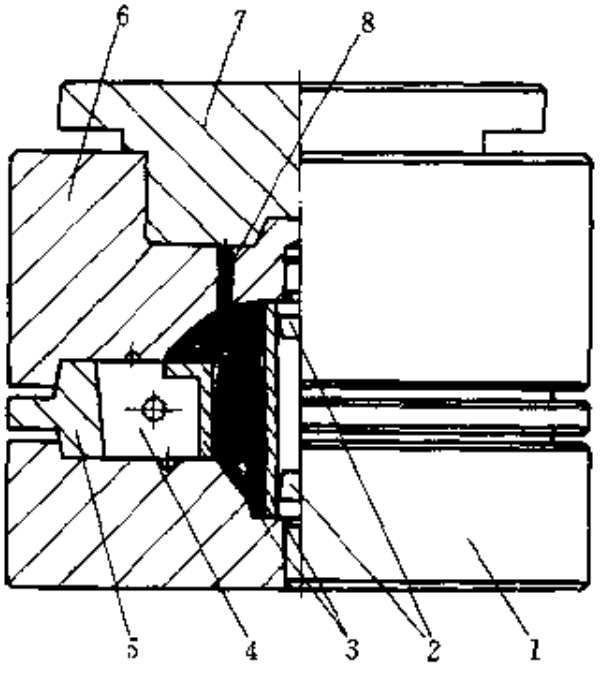


图 9-56　带圆柱形浇口压铸模（Ⅱ）

1—下模；2—上下定位销；3—内外嵌件；4—两瓣模；5—中模；6—压铸腔兼上模；7—压铸塞；8—浇口

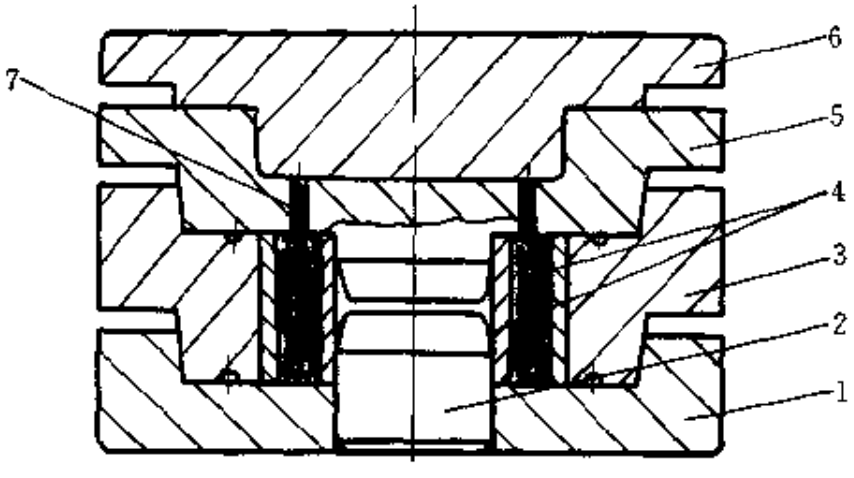


图 9-57　带圆柱形浇口压铸模（Ⅱ）

1—下模；2—嵌件定位销；3—中模；4—内外嵌件；5—压铸腔兼上模；6—压铸塞；7—浇口

带有压铸塞与料腔或模腔，压铸时胶料在封闭状态下直接进入模具模腔。简称无浇口压铸模，也可称封闭式模具。如图 9-59～图 9-68 所示。

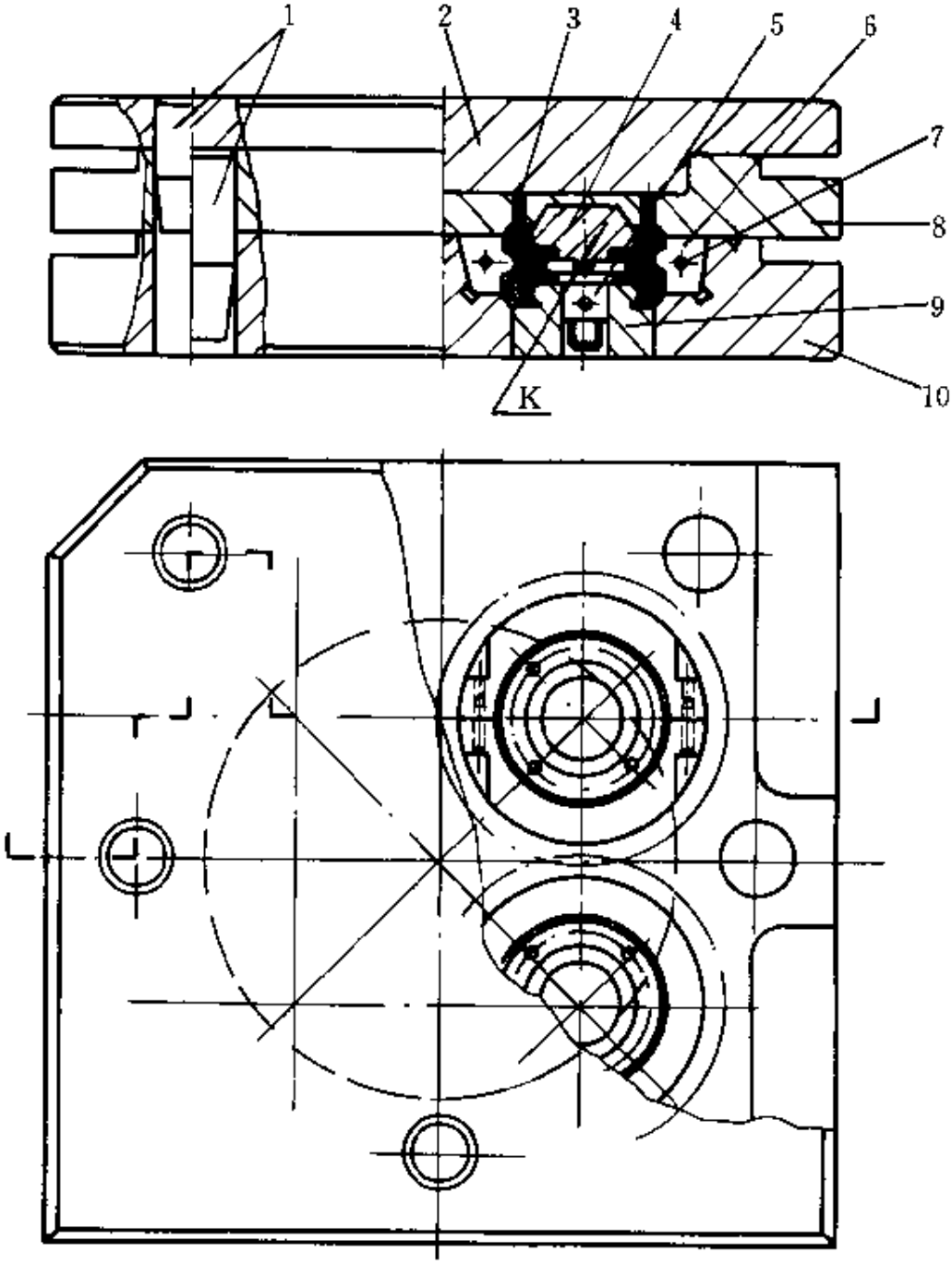


图 9-58　带圆柱形浇口多孔压铸模

1—导销；2—压铸塞；3　浇口；4—上模芯；5—嵌件（螺钉）；6—外模芯（两瓣模芯）；7　外模芯定位销；8—压铸（兼上模）；9—下模芯；10—下模

注：图中注有“K”处说明螺钉槽与件 4 凸槽必须吻合后才能合模硫化

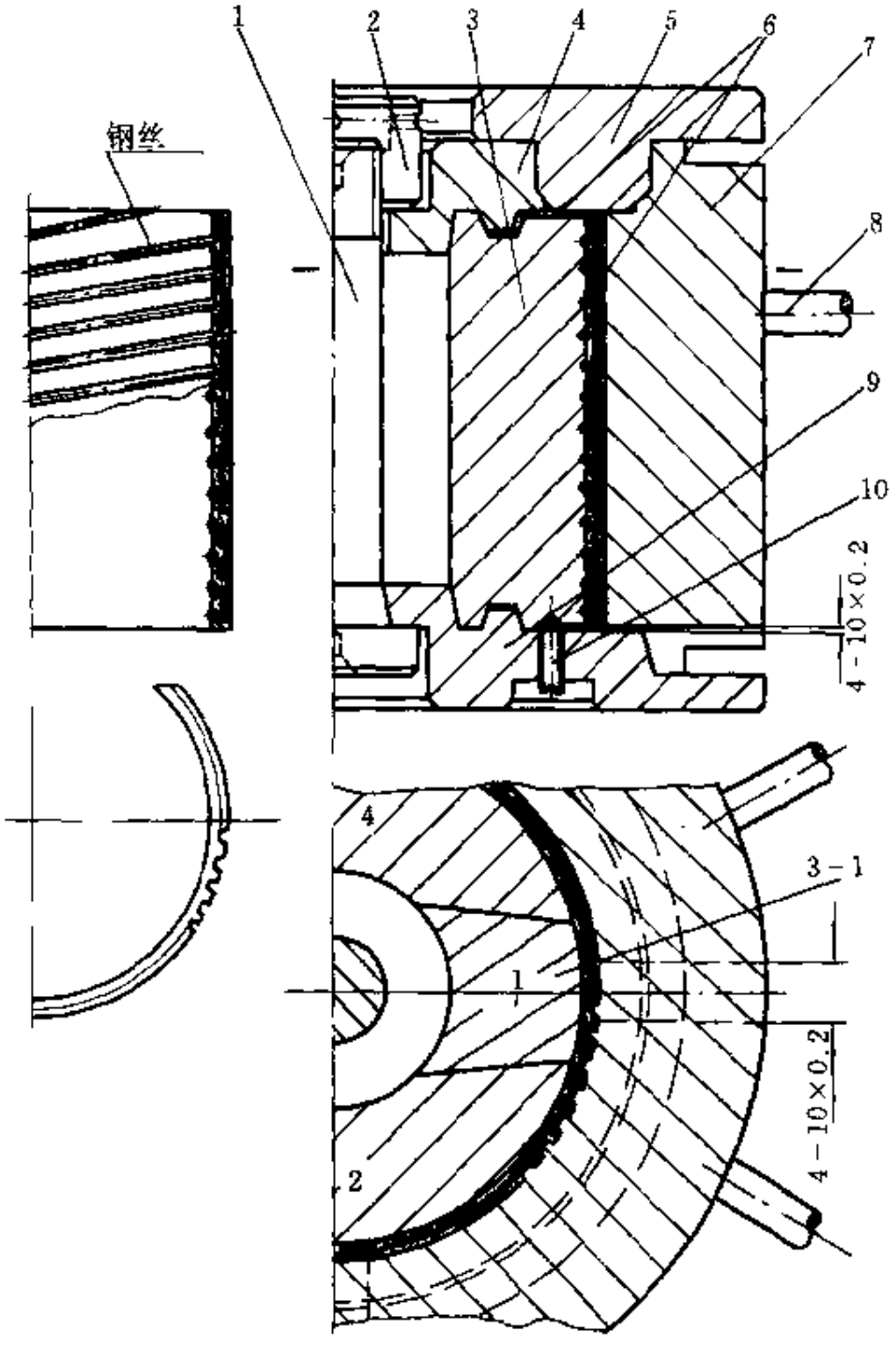


图 9-59 直压法、无浇口钢丝齿形带压铸模

1—吊紧螺钉；2—压紧圆螺母；3—组合模芯；4—上压板（兼压铸腔）；5—压铸塞；6—钢丝；7—外模（兼压铸腔）；8—手柄；9—下压板（兼下模）；10—紧定螺钉

注：1、图中件 3 模芯由 4 块镶块组合，采用凹凸梯形槽压紧定位。

2. 件 3 模芯缠绕钢丝时，应注意钢丝的凹槽要大于钢丝的半径，以使钢丝牢固于模芯上，不致被流胶冲乱。

3. 硫化后，先取下压铸塞，然后用螺钉起子旋松件 2 并卸下圆螺母，即可取出件 3 组合模芯及齿形带。

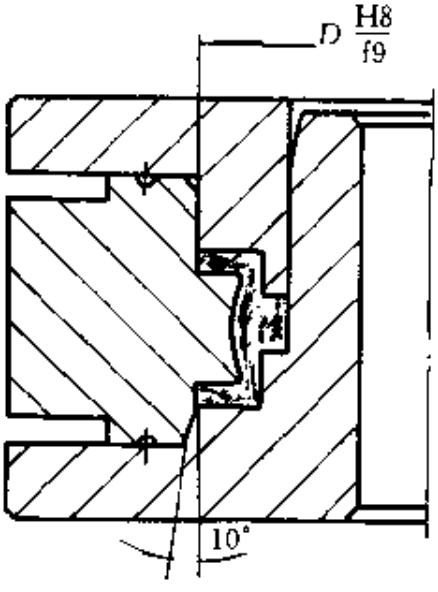


图 9-60　直压式压铸模

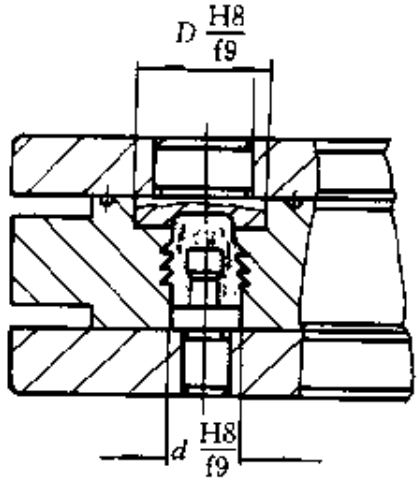


图 9-61　保护罩压铸模

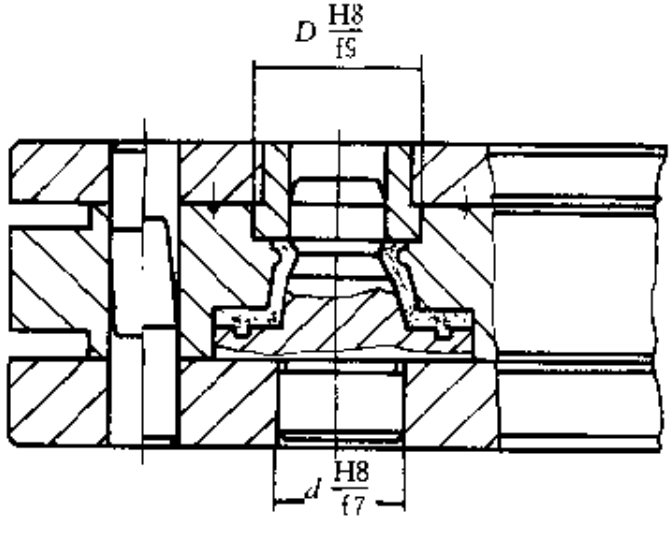


图 9-62　水封压铸模

无浇口压铸模适用于胶料硬度较高、流动性较差，或带有夹织物的橡胶制品，它比一般开放式模具省胶料，硫化制品致密性好，易于加料，特别是对夹织物半成品，可避免纤维露出模腔压伤结合面。

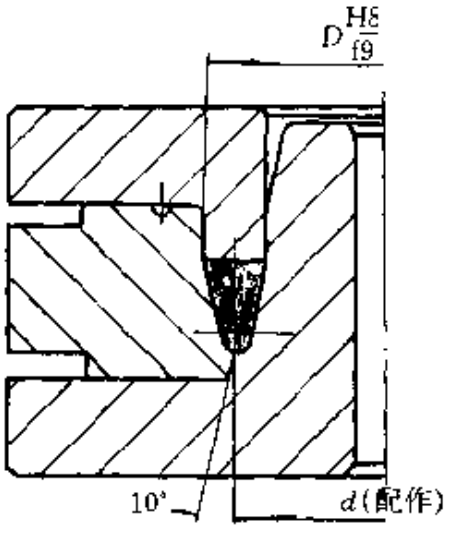


图 9-63 无浇口压铸模（Ⅰ）

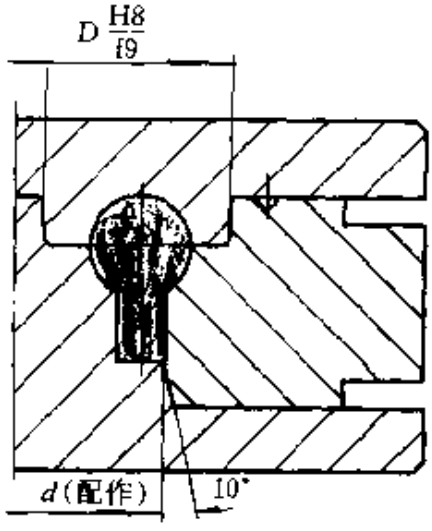


图 9-64 无浇口压铸模（Ⅱ）

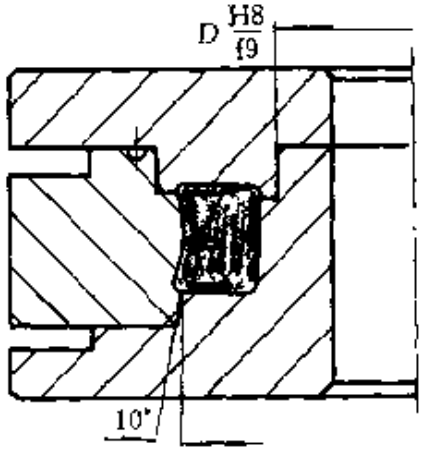


图 9-65 无浇口压铸模（Ⅲ）

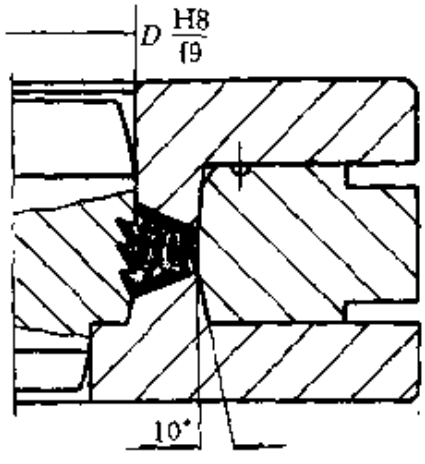


图 9-66 无浇口压铸模（Ⅳ）

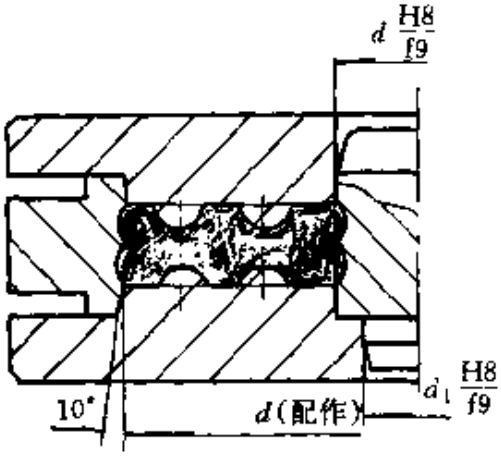


图 9-67 无浇口压铸模（Ⅴ）

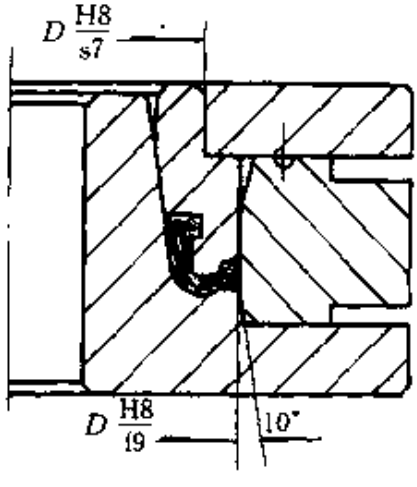


图 9-68 无浇口压铸模（Ⅵ）

第十章　夹布橡胶制品模具

夹布橡胶制品结构形式较多，它由橡胶与棉布、锦纶、涤纶、尼龙布（薄膜）、绳（线）、聚四氟乙烯等组合或镶嵌而成。其加工方法实际上是将胶料与织物在封闭模腔中通过一定压力，促使胶料、织物最大限度地填充和压实，使制品的硬度、强度、耐磨性能增强。夹布制品广泛用于机械中的高、中压密封和低压膜片密封。

高、中压密封件用于液压、气压油缸的活塞头和活塞杆，低压密封件用于液压、气压控制的自动阀门的膜片、轴封、夹布油封，又称薄膜制品和轻型密封制品。

最近，国外夹布橡胶制品发展较快，除了纯橡胶与夹布橡胶并用外，还出现了橡胶与氟塑料（聚四氟乙烯）、尼龙等材料复合或镶嵌并用。

以下着重介绍夹布或镶嵌并用橡胶制品硫化模具的结构形式、夹布制品半成品的准备以及夹布制品收缩率计算方法等。

10.1　低压密封夹布橡胶制品模具

在液压、气压工作压力低于 0.98MPa 的场合使用的密封件，一般称低压密封件。

低压密封件包括薄膜制品与轻型夹织物密封圈。一般截面厚度在 2mm 左右称薄膜制品，又称橡胶膜片。用于低压密封和调压、所受压力为 0.098MPa 以上的膜片不宜用纯橡胶制作，因橡胶虽然富有弹性、屈挠性，但伸长率高、变形大、强度差。为提高机械强度，通常用棉布、锦纶、涤纶、尼龙等纤维织物作为加强层。

橡胶膜片的厚度尺寸和外观要求均较高，这些要求除工艺外都由模具给予保证，特别是尼龙、锦纶薄膜橡胶制品在硫化时受热，易于抽布起皱、滞气缺胶，所以在模具设计时，必须注意这些问题。图10-1

所示的模具结构，在制品硫化过程中，由于两个圆槽之故，空气不易排出模外，制品易产生气泡、缺损、厚薄不匀等现象。如采用上下模板钻孔的办法会因逃料而引起抽布现象。最有效的办法是采用弹簧钢丝结构排气，如图 10-2 所示，当不受压时，锥形活动排气镶芯高于模腔平面 1～1.5mm，受压时与模腔平齐或低于型腔平面 0.10mm。使用中，压力可调节弹簧钢丝的压强，这样模腔的空气就沿着锥面缝隙排出模外。

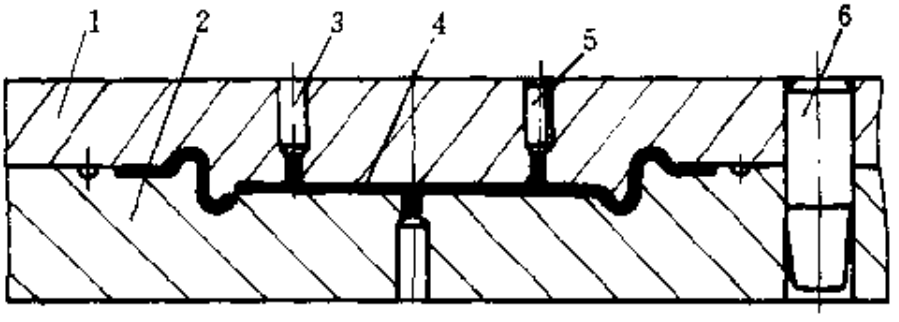


图 10-1　夹织物薄膜制品不妥当模具结构

1—上模；2—下模；3—钻孔或镶有倒扁角模芯；

4—薄膜制品；5—镶芯（倒扁角）；6—导销

图 10-3 所示的薄膜（膜片）制品较简单，但模具结构及工艺上有其特点。模具结构中缝隙 K 为织物 2/3 厚度，它有利于压紧织物，以防抽布和位移。另一种办法可把 D 放大到模腔尺寸 D_1，使半成品不受任何牵制力。采用上述两种办法，必须做到二面加料均匀，D 放大后的模具模腔尺寸，要求刻线（最佳为凸线），便于按制品凹线修剪。

图 10-4 薄膜套管与图 10-5、图 10-6 所示夹有帘线的制品，不宜采用普通一次成型直压式模具结构。虽然模具中模芯为圆棒形，可以绕制帘布或帘线，但由于硫化受压方向不当，会导致帘布起皱、帘线紊乱，造成制品受压不均、密封性能差的缺陷。

为克服上述弊病，模具可采用外箍管抽紧式结构，如图 10-4 与图 10-5（b）和图 10-6（b）所示。

按制造工艺要求，图 10-5 和图 10-6 中制品应该分二次硫化成型，第一次将夹织物部分采用外箍管式模具硫化成型，或把 45°斜截的胶布卷在专用成型芯棒上后包扎湿布，送入硫化罐硫化，面后切割成预

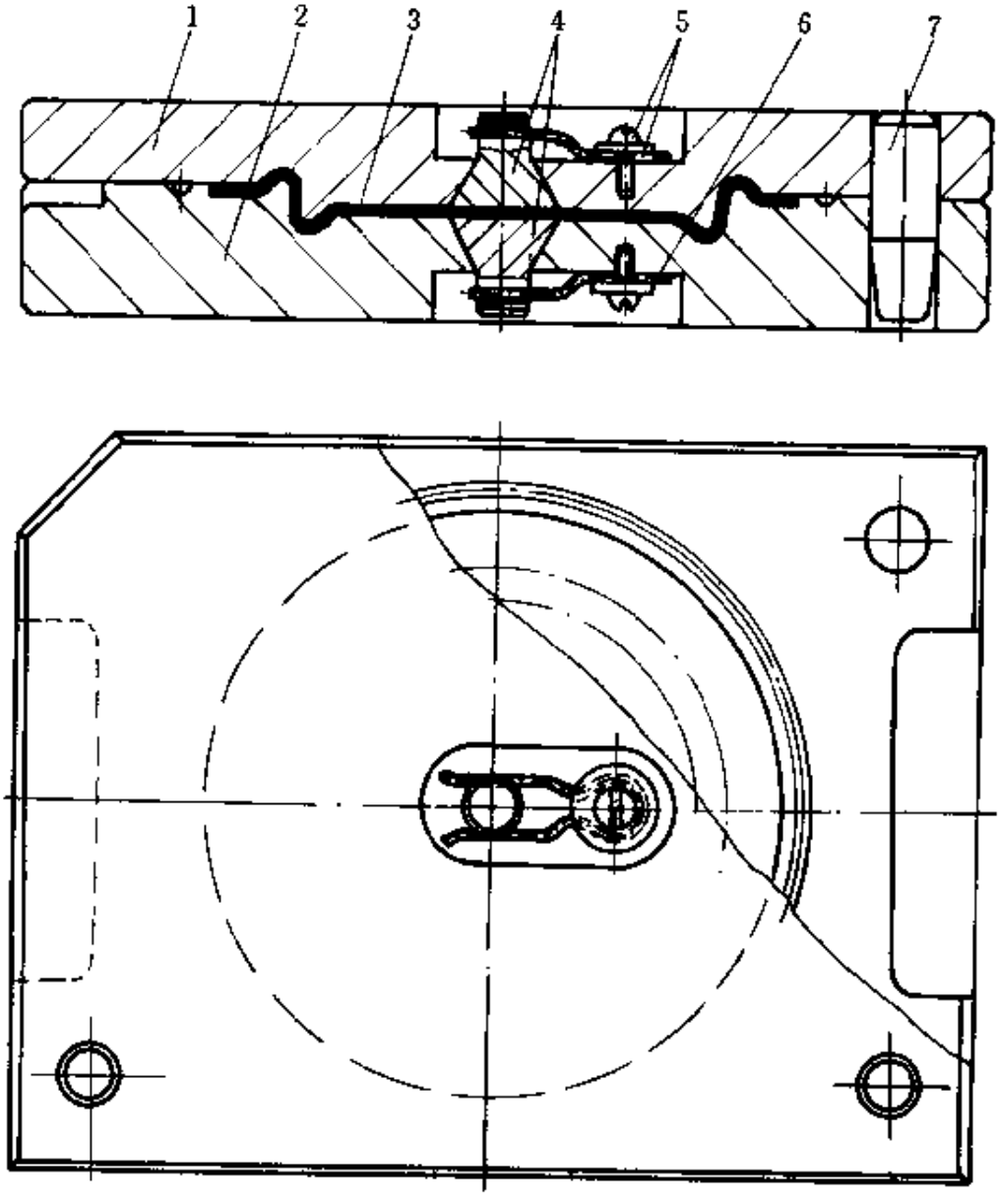


图 10-2　夹织物薄膜制品合理模具结构
1—上模；2—下模；3—薄膜制品；4—上、下镶芯；
5—螺钉、垫圈；6—弹簧钢丝；7—导销

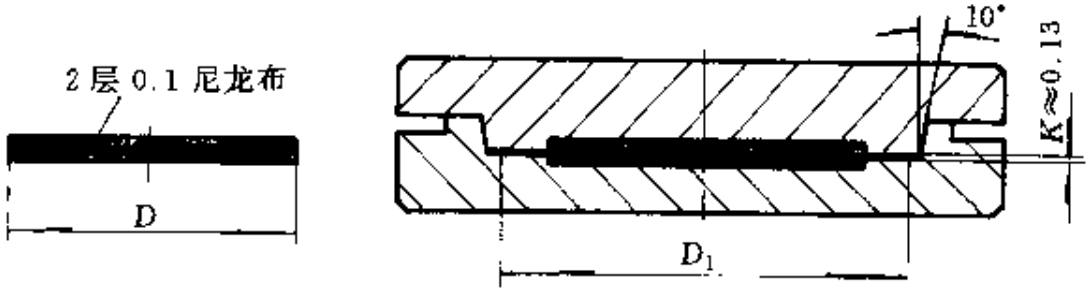


图 10-3　薄膜制品与模具结构
（$K \approx 2/3$ 织物层总厚度）

制件待用。

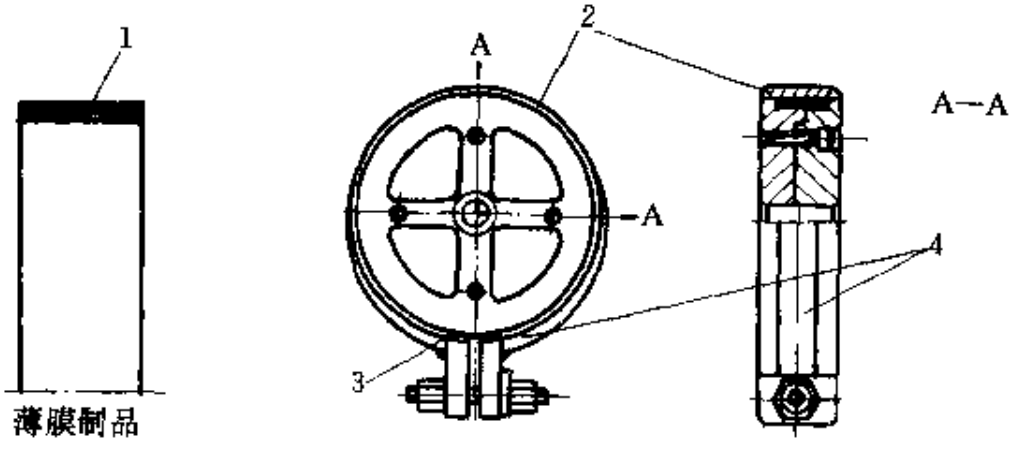


图 10-4　薄膜套管、平胶带外箍管压紧式模具

1—帘布或帘线；2—外箍管；3—0.15 薄钢片；4—加强筋

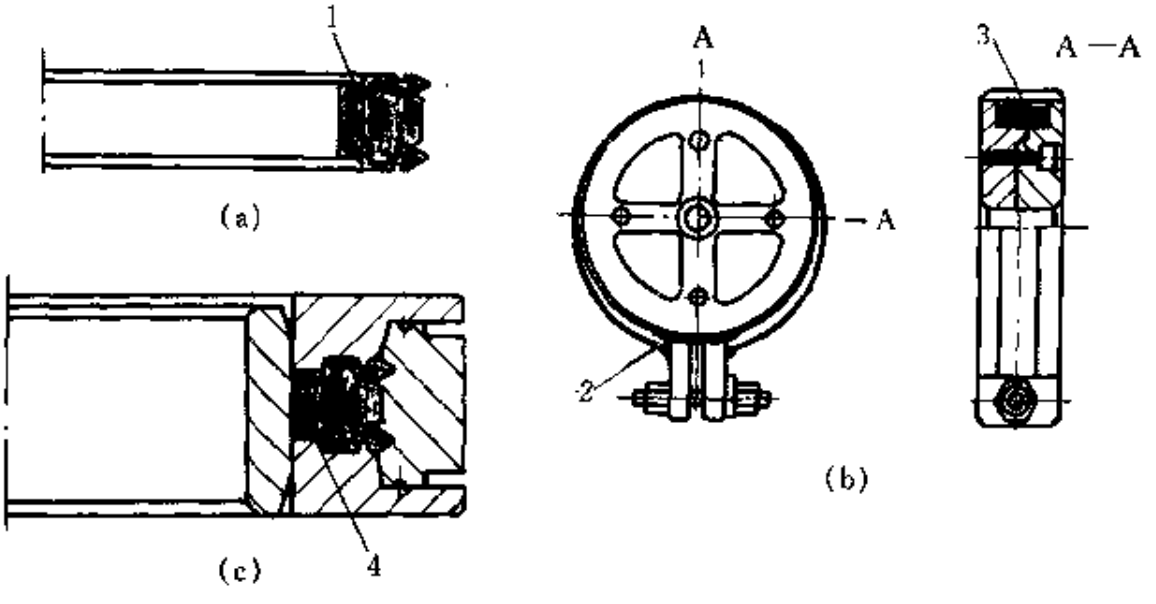


图 10-5　密封环与模具

(a) 制品（密封环）；(b) 帘线、帘布部分模具结构（第一次硫化或型）；(c) 密封环模具结构（第二次硫化或型）

1—帘线或帘布；2—薄钢片；3—帘线帘布部分（预制件）

把预制件放入图 10-5 (c) 和图 10-6 (c) 模具中与纯胶部分共同硫化，即第二次硫化成型。第一次成型的预制件要求呈半硫化状态，并且与纯胶粘合部位应打毛并涂刷胶粘剂。

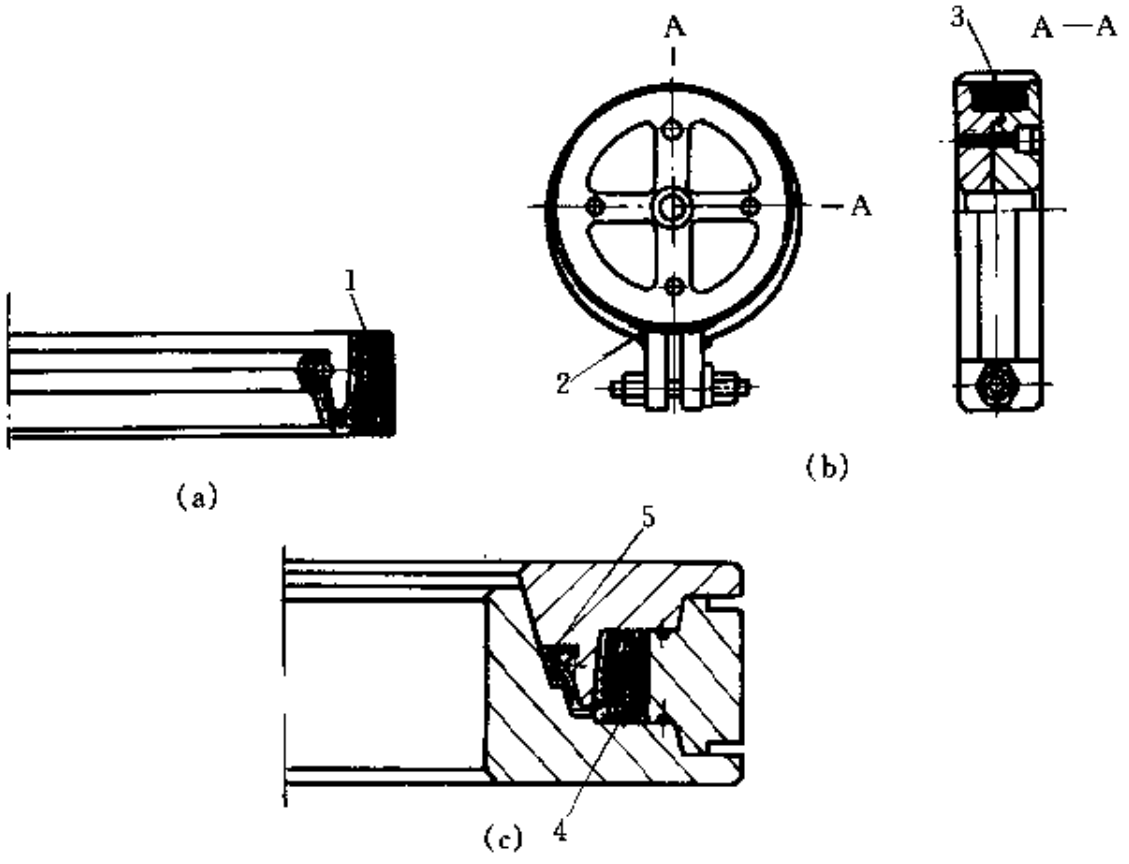


图 10-6　油封与模具

(a) 制品(油封)；(b) 同图 10-5(b)；(c) 油封模具结构(第二次硫化成型)

1－δ=0.3 三层帘布；2—刃口切削；3—预制件

10.2　中压夹布制品模具

在液压、气压工作压力低于 17.65MPa 的场合下工作的密封件，一般称中压密封件。

我们已经知道夹布橡胶制品模具的作用是在封闭模腔中，道过一定压力使胶料和织物最大限度地填充和压实。对于几何形状比较简单或带刃口的夹布橡胶制品模具，应采用上、下模腔带有一定深度镶嵌的挤压模具结构。如图 10-7 的矩形夹布制品模具和图 10-8 的 V 形夹布制品模具都带有一定高度(H)的镶嵌结构。

图 10-7 和图 10-8 中的模具当半成品加料后，由于上下模镶嵌，胶

料与纤维织物在模具模腔中处于封闭状态，可避免织物在合模加压硫化时从模腔中滑出而压伤，造成工作面或刃口啃伤、缺损等现象。

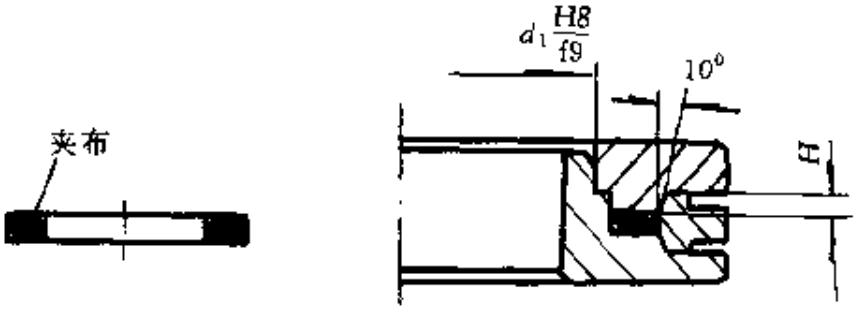


图 10-7　矩形夹布模具结构

图 10-8 模具结构适用于夹布、夹涤纶、维纶、尼龙等夹纤维织物的 L 形、U 形、X 形制品或流动性较差、硬度较高的橡胶制品，由于夹布制品模具硫化时所受压力比一般开放式模具所受压力高，故当制品外径大于 140mm 时，中、下模可采用反包结构，以免模具变形。

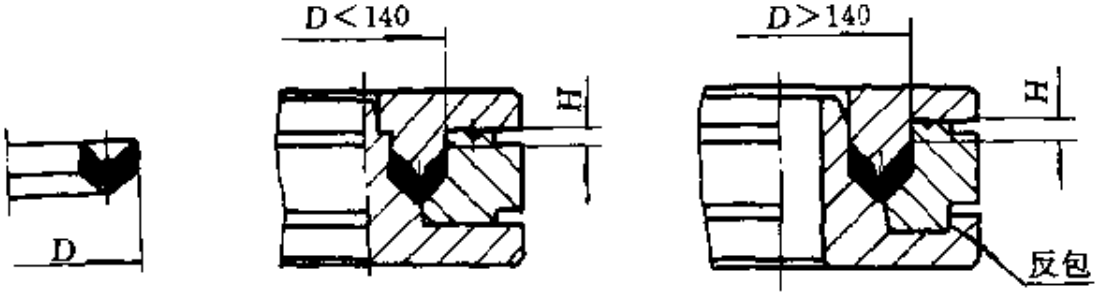


图 10-8　V 形夹织物模具结构

10.3　高压夹布制品模具

在液压、气压工作压力高于 17.65MPa 场合下使用的密封件，一般称高压密封件。

常用的 O 形圈和轻型的 V 形、U 形密封圈不能满足高压或超高压（高于 27.46MPa 以上的使用场合）往复动态的密封要求。这些工作条件下所产生的主要问题是：容易产生挤出、磨损、翻转、泄漏、高摩擦力等问题，此外还要考虑设计上的总体要求，如要求密封件同时起导向、承载作用，金属件结构的简单化和便于加工。

为了解决上述这些问题，目前国内外最广泛使用的高压密封件——液压油缸用的活塞头和活塞杆的密封件是由纯橡胶与夹布橡胶或氟塑料、尼龙等复合并用的。图 10-9 为纯橡胶与夹布橡胶并用（复合）制品，图 10-10 为各种形式的复合制品。

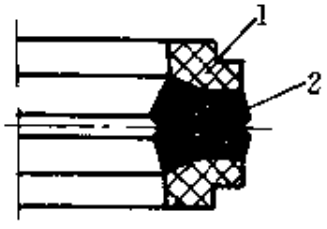


图 10-9　纯橡胶与夹布橡胶并用

1—夹布橡胶；2—纯橡胶（粘合）

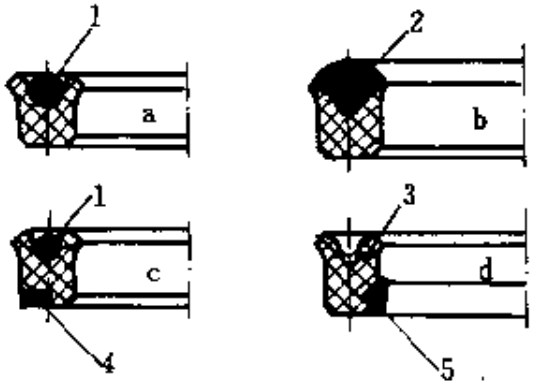


图 10-10　各种形式复合制品

1—橡胶（装配）；2—纯橡胶（粘合）；3—夹布橡胶；4—聚四氟乙烯（装配）；5—尼龙（镶嵌）

复合橡胶制品多由 2 件以上零件组合(复合)而成，在模具设计时，首先应注意复合制品的结构形式，如果复合制品的零件要求硫化粘合在一起，应先加工较硬的零件。如图 10-9 复合制品，应先加工上下两端夹布部分的零件，模具结构如图 10-11 所示，然后把夹布制品（预制件）放入图 10-12 的模腔中硫化实芯纯胶部分。

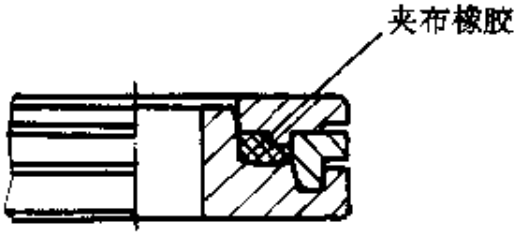


图 10-11　夹布橡胶零件模具结构

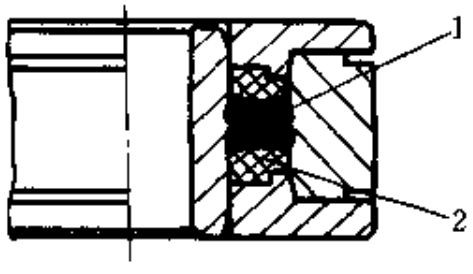


图 10-12　复合制品模具结构

1—纯橡胶；2—夹布橡胶

由于图 10-10 中 a、c、d 复合制品不要求硫化粘合，故模具结构可按复合零件的形状和尺寸，分别设计和加工模具，但必须了解和掌握组成复合零件的不同材料之间收缩值的差异，否则难以组装为一个整

体的复合制品。

10.4 夹布制品的收缩率

影响夹布制品收缩率变化的因素除了与纯胶制品相同外（参见12），还受织物种类的影响。因此，夹布制品的收缩率一般为0～1.8%。但目前为止，还没有一个准确、实用的夹布制品收缩率计算公式，只能凭经验数据估计或参考实际测定的数据积累。

目前橡胶制品收缩率的计算公式较多，适用于夹布制品收缩率的公式如下：

$$C=\frac{L_2-L_1}{L_1}\times 100\% \qquad (10\text{-}1)$$

式中 C——制品的收缩率；

L_1——在室温时测得的制品尺寸；

L_2——在室温时测得的模具模腔尺寸。

在不具备上述条件（无模具）时，也可按下述经验数据设计首批模具，而后在试模时按样品予以修正。

夹布制品中夹织物层次越多、胶料硬度越高，其收缩率越小，一般可以按下列数据选择：

（1）1～2层夹布制品收缩率为0.6%～1%；

（2）夹布与橡胶各占制品体积50%左右时，收缩率为0.4%～0.8%；

（3）夹布体积多于橡胶的制品，收缩率为0～0.4%；

（4）全部夹布橡胶制品，收缩率为0～0.2%；

（5）夹涤纶绳（线）制品收缩率一般为0.4%～1.5%；

（6）夹锦纶线、尼龙布（薄膜）制品收缩率一般为0.8%～1.8%；

（7）夹钢丝绳制品收缩率较小，且朝金属方向收缩，一般为0～0.4%；

（8）纯胶制品：天然橡胶制品收缩率一般为1.4%～2%；

耐油合成橡胶制品收缩率一般为1.2%～1.7%；

硅氟特种橡胶制品收缩率一般为2.2%～3.5%。

上述夹布制品（包括纯胶制品）的收缩率选择与胶料本身硬度有关，胶料硬度越高其收缩率越小，为了便于计算正确，低硬度胶料（邵尔 35～55）可取收缩率范围上限方向 1/3 区域；中硬度胶料（邵尔 65±5）可取收缩率范围中间方向 1/3 区域；高硬度胶料（邵尔 75±5）可取收缩率范围中下限方向 1/3 区域。

【例】 如图 10-10 中 a 制品中纯橡胶 O 形圈装配件用 5172 胶料制作，其硬度为邵尔 78±5，求其收缩率范围？

解：查阅经验数据中（8），得纯胶制品中耐油合成橡胶制品收缩率一般为 1.2%～1.7%。

已知胶料硬度为 78±5 属高硬度胶料，所以取下限方向 1/3 区域下限值即 1.2%～1.4%。

上述纯胶制品收缩率计算方法，适用于装配或镶嵌形式夹布制品。对于要求与夹布制品硫化在一起的复合制品，必须注意不同材料收缩率的差异。例如图 10-13 复合制品中，上下部分为夹布制品（预制件），中间部分为纯胶制品，由于收缩率不同以及硫化后夹布制品的牵制和影响，为此而造成纯胶部分收缩率较小，并且引起各点收缩率值不相同。

【例】 图 10-13 复合制品中，上下夹布制品（预制件）织物（夹布）多于橡胶，橡胶为 5180 胶料，硬度为邵尔 85±5，中间采用 5180 纯胶制作，求其制品各点收缩率？

解：已知上下夹布部分为织物多于橡胶结构形式，查阅经验数据（3）得收缩率范围为 0～0.4%。

又知胶料硬度为 85±5，属高硬度胶料，所以取下限方向 1/3 区域下限收缩率值为 0～0.15%，得夹布部分 D、D_1、D_2 各点相应增加收缩率 0～0.15%（一般外径取下限值为 0；内径取上限值为 0.15%，便于试模后修正模腔）。

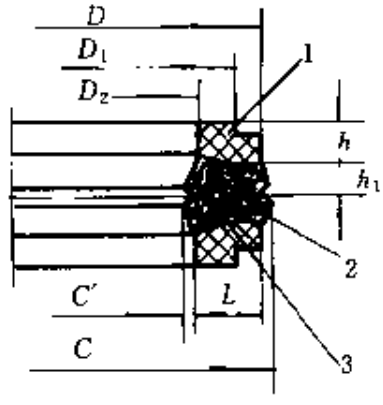


图 10-13 复合制品收缩率示图

（模具结构见图 10-11 和图 10-12）

1—夹布橡胶（预制件）；

2—纯橡胶；3 硫化粘合

厚度h，由于飞边影响可以不考虑收缩率，并取制品尺寸下限公差为宜。

纯胶部分由于与夹布部分（预制件）共同硫化，粘合一端因受夹布部分牵制和影响，收缩率可与夹布尺寸基本一致或稍大（纯胶可取上限公差）；刃口部分收缩率与h_1高度有关：当$h_1>L$时，可按高硬度、耐油合成橡胶制品1.2%～1.4%选取。

当$h_1<L$时，收缩率值可按下式计算：

$$C、C'\approx\frac{h_1}{L}\times C_1 \tag{10-2}$$

式中 C和C'——唇口收缩率；

C_1——胶料收缩率；

h_1——唇口高度；

L——夹织物制品宽度。

【例】 图10-14的复合制品，内侧为绕制3层0.5锦纶线夹布制品（预制件），采用5171胶料，硬度为77±5度，外侧为纯胶，求其制品各点收缩率？

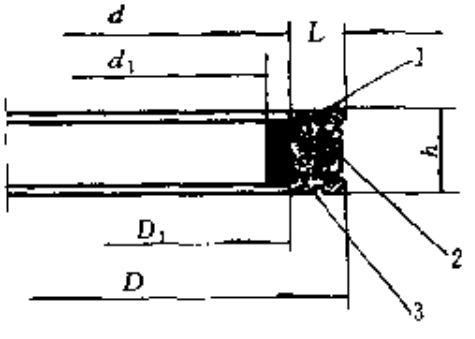


图10-14 复合制品收缩率示图

（模具结构见图10-5）

1—2.5mm厚三层帘线或帘布（预制件）；2—纯橡胶；3—硫化粘合

解：已知制品内侧为绕制0.5锦纶线3层结构形式夹织物制品，查阅数据(6)得收缩率范围为0.8%～1.8%。

又知硬度为77±5属高硬度胶料，可取0.8%～1.2%（一般外径取0.8%，内径取1.2%）。

纯胶部分由于内侧夹织物预制品影响，D_1可取0.8%～1.2%（一般取中间值1%为宜）；D可取上限值1.2%或按下式计算：

$$C_D=d+2\ [L+L\times1.2\%\ (\text{上限值})] \tag{10-3}$$

式中 C_D——唇口收缩率；

d——预制件外径；

L——纯胶宽度。

【例】 图 10-15 的复合制品，外侧为 $\delta=0.3$mm 的 3 层涤纶帘布制品（预制件），采用 4160 胶料，硬度为邵尔 62±5，内侧为纯胶制作，求其制品各点收缩率？

解：已知外侧为 $\delta=0.33$ 层涤纶帘布预制品，查阅经验数据（5）得收缩率范围为 0.4%～1.5%，

又知硬度为邵尔 62±5，属中硬度胶料，取 1/3 中间值范围即 1.16%～1.44%（外径取 1.16%；内径取 1.44%）。

纯胶部分由于下端连接单向受夹布预制件牵制，结合一端 d_1 按 D_1 取 1.44%；d 按上限值 1.5%计算。

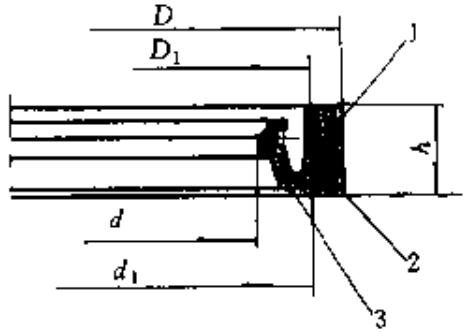


图 10-15 复合制品收缩率示意图
（模具结构见图 10-5 和图 10-6）
1—0.3mm 厚三层帘布（预制件）；
2—硫化结合；3—纯橡胶

第十一章　橡胶制品无、少、薄、厚飞边模具

11.1　概述

橡胶模压制品生产过程中，多余胶料从模具分型面外溢形成胶边，俗称飞边。

飞边的厚度与修除对于制品使用性能、尺寸精度和外观质量至关重要，但工作量大而且麻烦。目前修除飞边的方法较多，大部分为手工操作，也有各种形式的机械修边和冷冻去边，此外还出现了冲裁法、撞击法等去除胶边的方法。

飞边的厚度与模具结构、锁模压力、胶料硬度和半成品质量都有直接的关系，其中与模具结构关系最为密切，是国内长期来尚未解决的课题。

橡胶制品合理的、正常的飞边厚度一最为0.05～0.07mm，它适用于使用要求较高的O形密封圈、各种油封皮碗和对外观有要求的橡胶模压制品；也是手工机械磨削和冷冻去边最适宜的厚度。

生产中有的制品飞边较厚（0.10～0.30mm），不利于用上述方法去除飞边，又费工费料。

就模具结构而论，采用压铸法、注压(射)法进行硫化的制品飞边比一般模压法硫化的制品飞边厚度薄得多，锁模压力越高，胶（飞）边越薄，此外还与胶料硬度、胶料质量、余料槽结构形式等有关。

11.1.1　飞边厚度与余料槽及半成品质量的关系

11.1.1.1　飞边厚度与余料槽大小、形状的关系

在半成品胶料质量比制品质量多10%，锁模压力相等的情况下，余料槽越大、开置距高高模腔越近，制品飞边也相应越薄。但在半成品胶料质量大于制品质量5%～10%情况下，余料槽不宜开置过大，否则很容易造成制品缺胶或影响制品密实度。

余料槽的大小可按式（11-1）计算：

$$E=\frac{G\times(0.05\sim0.10)}{d} \tag{11-1}$$

式中　E——飞边体积，cm^3；

G——制品质量（胶料体积×密度），g；

d——胶料密度（按 1.2～1.3 范围），g/cm^3；

0.05～0.10——系数。

11.1.1.2　飞边厚度与余料槽和模具外界沟通的关系

余料槽与外界（模外）是否沟通也是决定制品飞边厚薄的关键之一。余料槽是否与外界沟通有以下 3 点规定。

(1) 半成品胶料经过严格称量（天平精度为 0.1g），质量多于制品质量 10%，使用开放式模具，余料槽不宜与外界沟通，如图 11-1 中 (a)。否则制品易造成缺胶。但对多腔模余料槽允许相互之间沟通，以利于调剂型腔胶料余缺，如图 11-1 中（b）。

(2) 半成品胶料经过称或估量，质量大于制品质量 20%时，余料槽必须与外界沟通，否则会造成制品飞边过厚、尺寸超差。如图 11-2 中（a）、（b）所示。

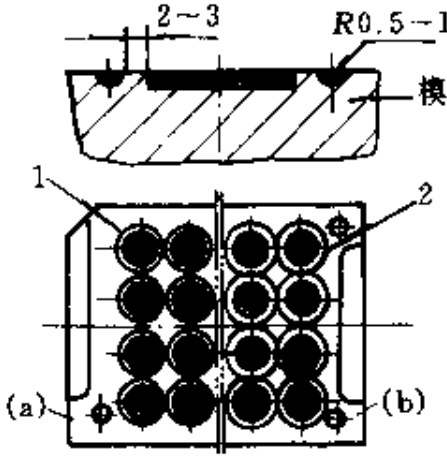


图 11-1　余料槽不沟通（a）与互相沟通（b）

1—不沟通余料槽；2—互相串连余料槽

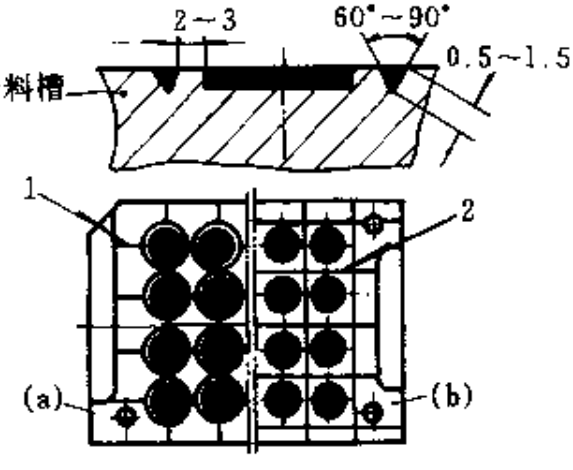


图 11-2　余料槽与外界沟通

1，2—沟通余料槽

(3) 制品厚度超过 30mm（俗称厚制品，如实芯垫块、铁芯轮胎

等)，不论开放式或封闭式模具，余料槽必须与外界沟通，否则制品会出现起泡和缩边现象。如图11-3所示。

余料槽结构形式有R形（半圆）、V形和U形，其结构形式要求不严，一般以加工方便、容易启出为原则；也不必精工细作，粗糙度 $\overset{2.5}{\nabla}$ ～ $\overset{12.5}{\nabla}$，大小适宜，常用的R形余料槽深（或半径）为0.5～1.5mm；V形采用60°～90°，边长为0.5～1.5mm；梯形余料槽深0.5～1.5mm、宽2～5mm，适用于胶料硬度较高、制品较厚的情况。如图11-3所示。

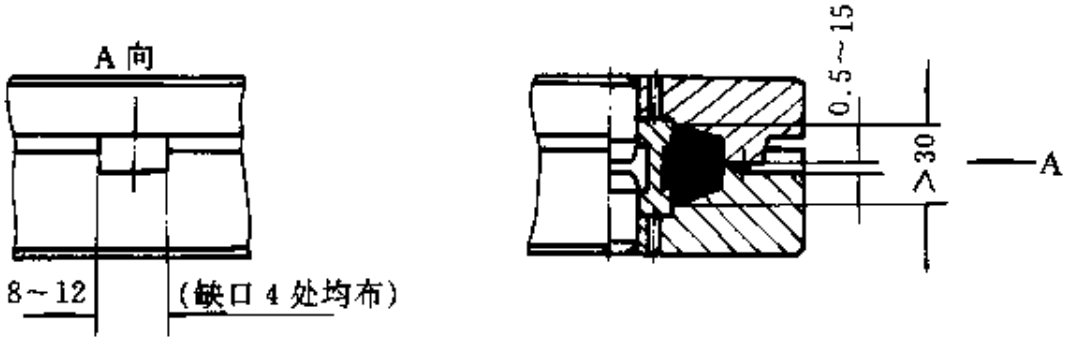


图 11-3　厚制品余料槽结构与外界沟通

11.1.2　飞边厚度与胶料硬度、模具结构形式的关系

胶料硬度越高，相对来说含胶量较低、流动性较差，消耗压力越大，在锁模压力相等条件下，制品飞边也就越厚。此外，胶边厚度与模具结构形式也有一定的关系。表11-1为飞边厚度参考值。

表 11-1　飞边厚度与硫化压力、模具结构、胶料硬度的关系

模具单位面积压力/MPa	模具结构	开放式、半封闭式			封　闭　式		
	胶料硬度	低硬度 35～55	中硬度 65±5	高硬度 75±5	低硬度 35～55	中硬度 65±5	高硬度 75±5
4.4	飞边厚度/mm	0.03～0.08	0.05～0.15	0.07～0.20	0.05～0.15	0.07～0.20	0.10～0.30
9.8	飞边厚度/mm	0.02～0.05	0.03～0.08	0.04～0.10	0.03～0.08	0.04～0.10	0.05～0.15

注：1. 半成品质量按大于制品质量5%～10%给定。

2. 封闭式模具结构中，注压（射）、压铸模除外。

3. 胶料硬度为邵尔A型。

11.2 无飞边模具

无飞边模具结构的最大特点是提高工效、提高制品外观质量和使用性能，省略繁琐、细致的修边工序。因而，具有广阔的发展前途。

无飞边模具结构与普通的模具结构相差不多，如图 11-4 所示。

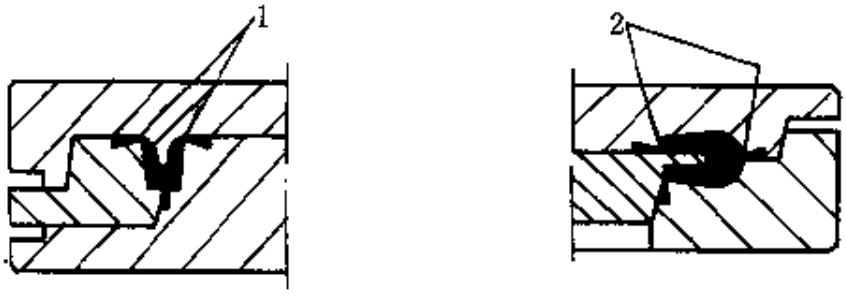


图 11-4 制品无胶边（飞边）模具结构

1，2—尖角（清角）配合接触

图 11-4 中余料槽呈三角形，其中最小一角与模腔分型面相连接，并提高锁模压力，硫化后只要把飞边取掉即成为无飞边制品。此种模具结构虽然简单，但操作时必须小心谨慎，多数无飞边模具应固定在平板上，并且平板平行度要求较高，还应带有导柱、导套及顶出装置，取制品时应采用压缩空气吹出，工人的操作只限于取出零件和装入半成品。

图 11-5 技术要求如下：

$A=2B$

$B\approx d_2\times(35\%\sim40\%)$，其取值范围一般在 0.5～1.5mm 之间

$L=d_1+2d_2+2A-0.3$

图 11-5 为多孔刃口式无飞边模具结构，适用于 $d_1<60$mm 的 O 形密封圈制品，如 $d_1>60$mm，模具可设计为单孔（下同）。其特点是模具精度高、加工困难，特别是多孔模腔 0.03～0.05mm 刃上的上下模难于吻合、使用寿命短。

无飞边模具利用了挤压、冲切的原理，因此，沿模腔周围必须具有尖锐的刃口，并且模具 N 接触面不宜过大，不然由于飞边厚度的影响而达不到理想的效果；接触面过小，刃口对模具的压力难以控制，这种模具的寿命往往只有几十次，若配合不当只使用数次，甚至一次即

坏。并且如接触面过小，合模时，橡胶大量外溢，造成制品致密度差，影响使用性能。此外，无飞边模具最理想的结构应该先合模，面后缓慢地接触刃口最为理想。

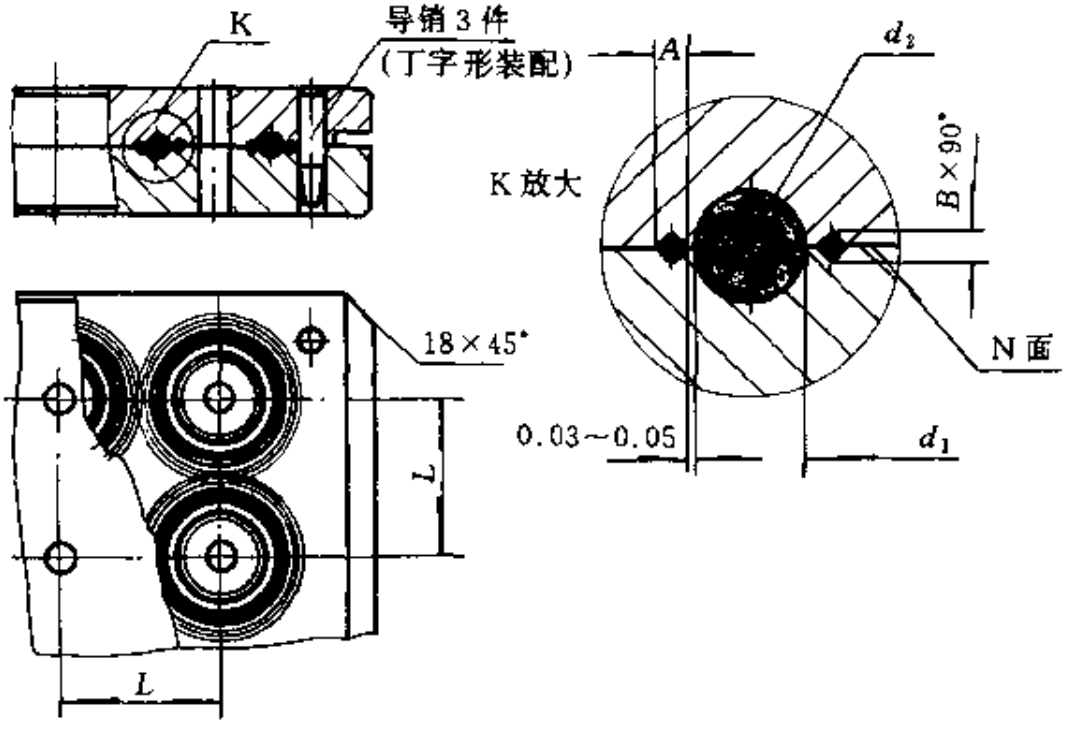


图 11-5　多孔刃口式无飞边模具

图 11-6 所示为多孔碟形垫圈控制的无飞边模具结构。适用于 $d_1<$ 60mm 的 O 形密封圈制品。

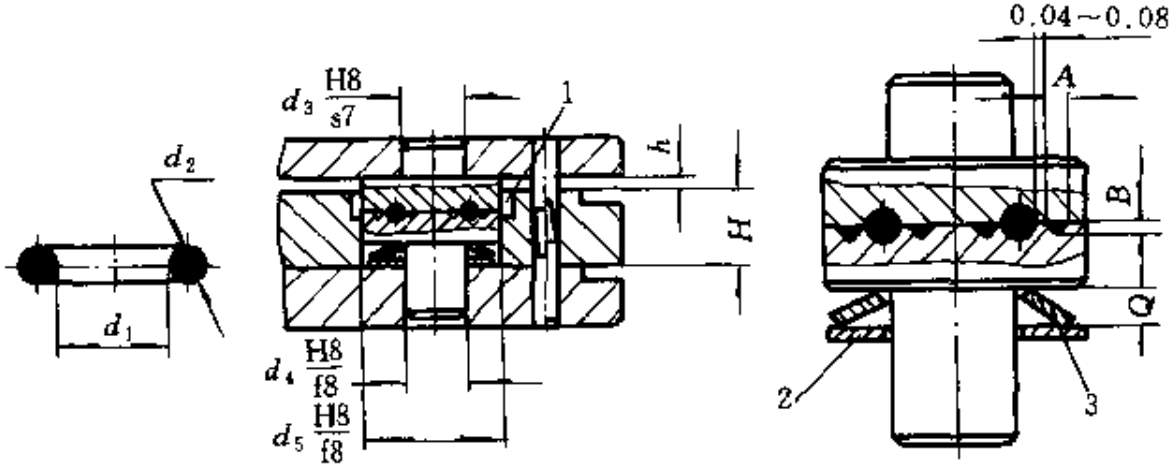


图 11-6　多孔碟形垫圈式无飞边模具结构

1—溢料槽；2—平垫圈；3—弹性垫圈

采用碟形弹性垫圈控制刃口的压力；并能自动调节平行度，模具精度高、使用安全可靠、寿命长（压力的大小可由高度 H 或平垫圈厚度调节和控制）。

图 11-6 技术要求如下：

$A=2B$；

$B\approx d_2\times(0.15\sim0.20)$，其取值范围一般在 0.5～1.5mm 之间；

$h\approx(0.3\sim0.5)Q$（初试阶段值）而后按飞边厚度调整 H 高度。

图 11-7 技术要求如下：

$A=2B$

$B\approx d_2\times$ （0.15～0.20），其取值范围一般在 0.5～1.5mm 之间

$$F\approx\pi\left[\frac{D^2}{4}-(d_1+d_2)(2A+a)\right]$$

$$P=\frac{F\cdot\delta_s}{2}$$

式中 P——总负载，N；

F——承压面积，m^2；

δ_s——抗压强度（淬火状态 686MPa）。

图 11-7 所示为多孔气压式无飞边模具结构，适用于 $d_1<60$mm 的 O 形密封圈制品。采用压缩空气控制刃口的压力，由耐高温氟硅橡胶 O 形圈作密封件。模具符合先合模后加压程序。该模具处于试验阶段，是理想的无飞边模具结构之一。

图 11-8 所示为多孔高膨胀金属式无飞边模具结构。适用于 $d_1<60$mm 的O 形密封圈制品。随着科学的发展，新型记忆金属、高膨胀金属的不断出现，新一代无飞边模具进入探索和开发阶段，该模采用高膨胀率金属的膨胀力控制刃口的压力，模具结构简单、使用寿命长。

图 11-8 技术要求如下：

$A=2B$

$B\approx d_2\times(0.15\sim0.20)$，其取值范围一般在 0.5～1.5mm 之间，$H_1=0.10\sim0.15$（从 30～160℃膨胀距离、其线膨胀系数 a 为 50×10^{-6}/℃，约等于碳钢 4～5 倍）；

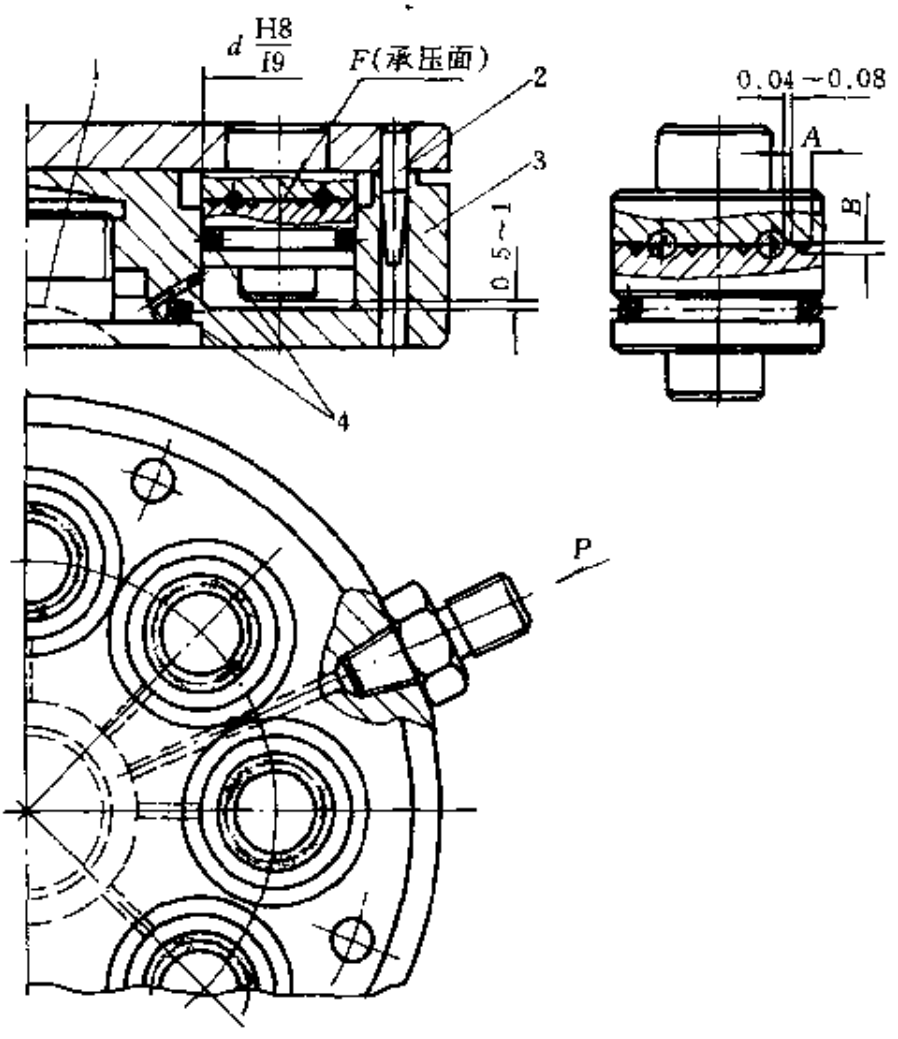


图 11-7　多孔气压式无飞边模具结构

1—月槽螺钉；2—导销 3 件；3—下模；4—氟硅橡胶 O 形圈

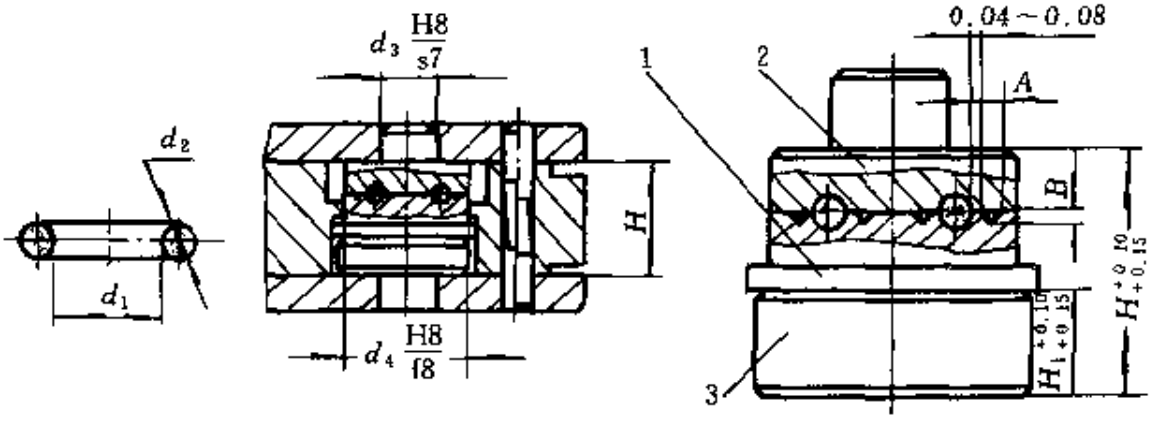


图 11-8　多孔高膨胀金属式无飞边模具结构

1—下模芯；2—上模芯；3—高膨胀金属

H_1——按 20mm 线膨胀系数 $a=0.000005$ 要求假设；

30℃——按模具经水冷却后的温度；

160℃——按模具硫化时温度。

无飞边模具材料要求加工性能好，热处理变形小，硬度偏高（一般为 HRC42～48），配合精度高，特别是多孔结构，型腔表面必须镀硬铬（铬层不宜过厚，一般为 0.005～0.011mm）。

无飞边模具一般不允许手工操作（开合模具）以及用砂纸打光（磨）、清洗积垢污点，必须保持模腔刃口清角，它是无飞边模具使用寿命的关键。

无飞边模具除了上述几种外，其他结构形式还较多。如图 11-9 所

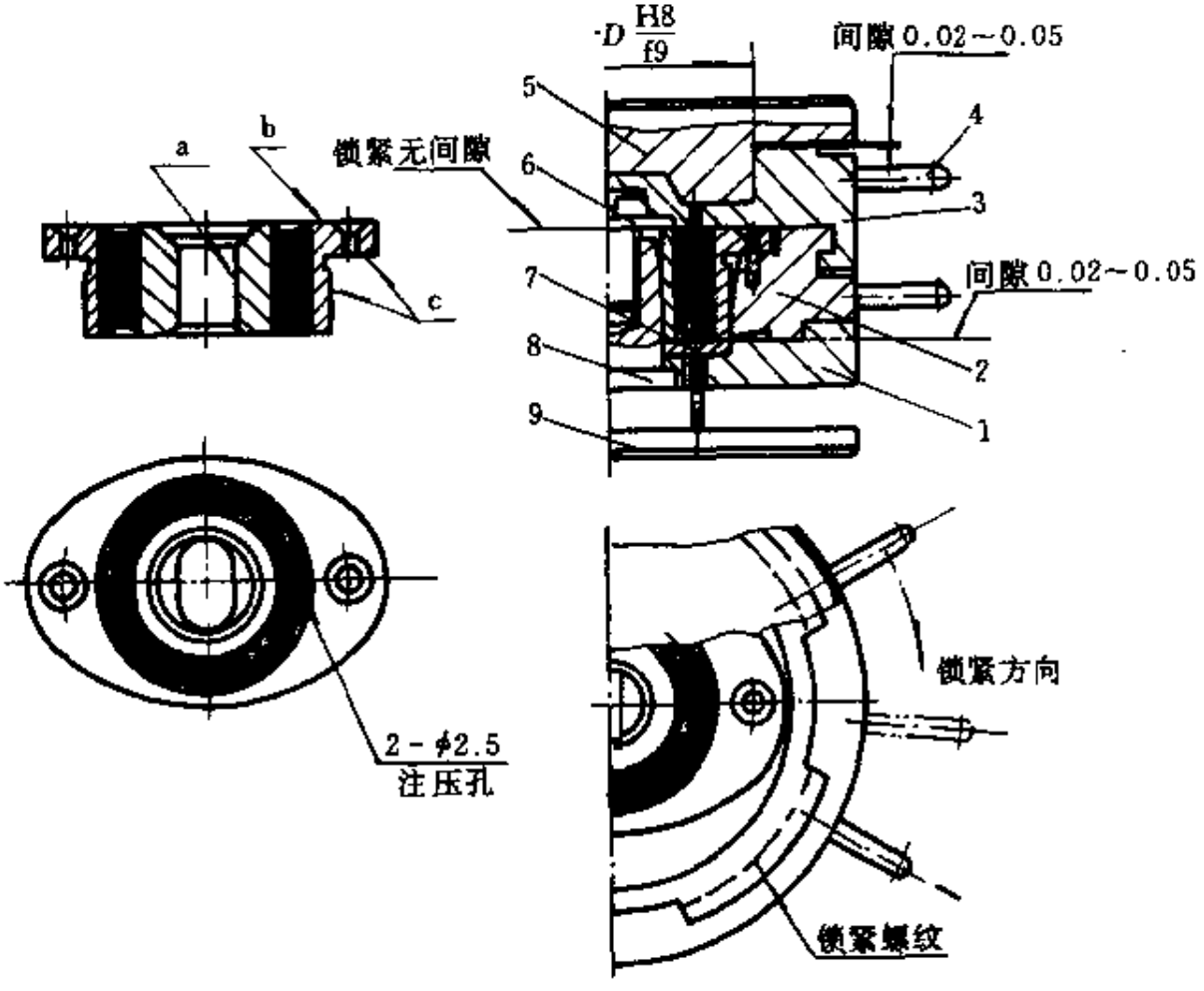


图 11-9 快速锁紧无飞边模具结构

（a、b、c 表面不允许有橡胶层）

1—下模；2—中模；3—上模；4—锁紧手把；5—压头；

6—压紧螺钉；7—顶出垫块；8—内骨架定位模芯；9—顶板

示的带嵌件减震器压铸模，为了符合该制品上端A面无飞边粘合，采用像瓶盖一样快速螺纹锁紧模板，使其模腔分型面处于无缝状态，而后加入胶料推入硫化机中进行硫化。这种模具操作时虽然增加一道装拆工序，但模具易于保证制品达到无飞边或某一面无飞边。

此外，也有采用先合模、后加料过盈配合结构面达到制品无飞边模具结构，如图11-10所示。这些模具结构必须考虑逃料、逃气的出口。图11-9和图11-10模具中没有0.02～0.05间隙，硫化时的强大压力会促使外骨架膨胀变形，达不到无飞边的效果。

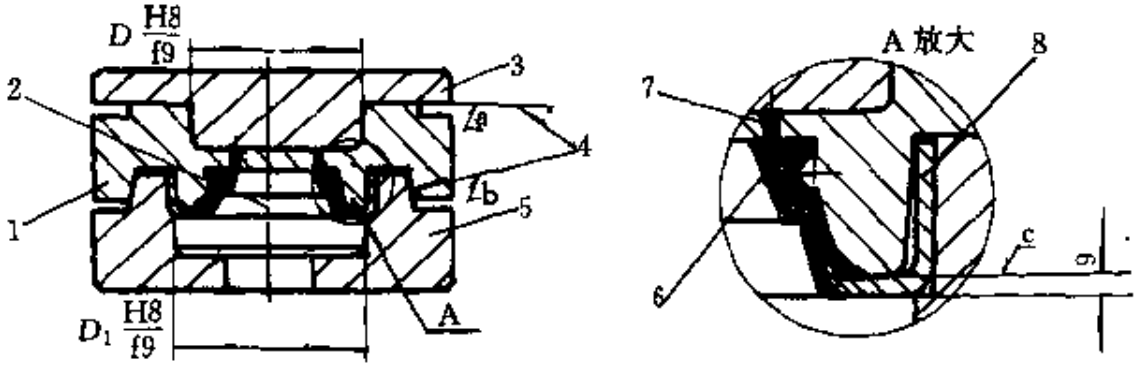


图11-10 过盈配合无飞边模具结构

(a面间隙起逃料作用，b面间隙保证骨架，c面过盈0.10～0.20mm)

1—中模；2—模芯；3—上模；4—留间隙0.05；

5—下模；6—刃口采用切削；7—注压孔；

8—骨架表面要求无飞边；9—骨架厚度过盈0.10～0.20

无飞边模具目前除有少数应用外，多数还处于摸索和探讨阶段。

11.3 少飞边模具

飞边是由模具分型面引起的，模具分型面越多，飞边越多。为此，设计模具时，分型面越少越好。如橡胶镶圈制品、曲面橡胶护套、减震器等，这些典型制品在模具设计时，如何考虑减少分型面结构是提高工效、提高制品外观质量和满足使用要求的关键。特别是专业模具厂和专业模具车间，应最大限度地了解橡胶制品生产加工过程，模具设计时应理论联系实际。减少分型面可节省大量修边工时，对橡胶制品厂来说是欢迎的。如图11-11橡胶镶（套）圈当d>10mm时，实践

证明可设计为整体镶块，硫化后利用橡胶的弹性，通过剥、拉、推、压的方法强制取出制品，为此应尽可能减少分型面或两瓣模镶块结构，促使制品少修边。因不少两瓣模镶块制品，修边是比较困难的，并且功效又低，如图 11-11 制品按两瓣模模具结构模腔最多开置 4～8 个；如果按图 11-12 模具结构可开置 9 孔以上，因为当 $d>10$mm 时，一般可从 D 孔中强制剥离和通过。

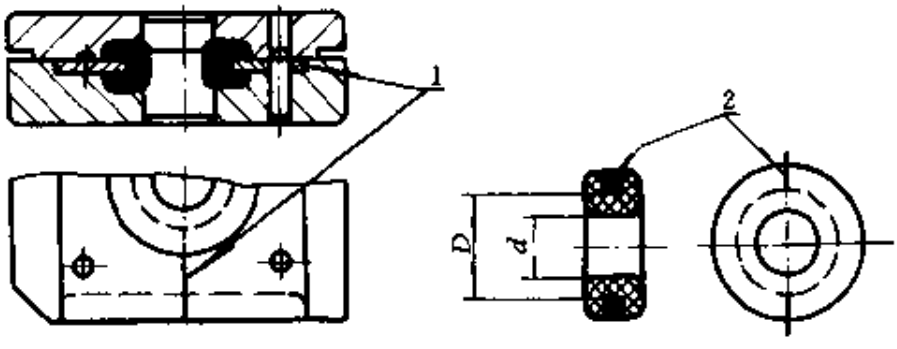


图 11-11　带有两瓣模镶块的制品修边困难

1—镶块与两瓣模；2—两瓣模飞边

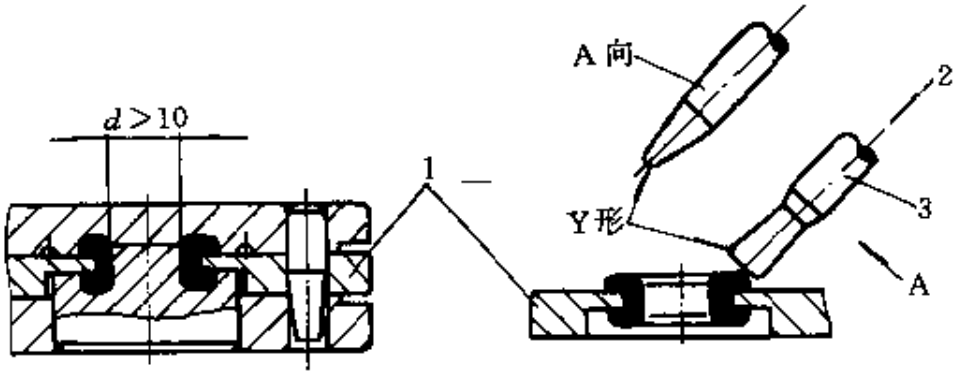


图 11-12　当 $d>10$mm 时，镶块整体结构与出模工装示意图

1—镶块；2　出模方向；3—铜棒（有手柄）

对 $d<10$mm 镶圈制品，模具应该设计为二瓣模拼合镶块，否则制品取出困难。

又如飞机降落伞伞钩护套，图 11-13(a)为典型模具结构一模 4 孔，制品卧式开置结构复杂、精度高、加工困难，制品外径中心横断面带有分型面所造成的飞边，修边较难。如果采用图 11-13（b）制品为立式开置后模腔可增至 9～12 孔，工效高，制品外径中心横断面又无分型面，外观质量好，出模工装简单，制品取出方便。出模工装图如图

11-13 (c)，只要把尖嘴钳塞入型腔，旋转不到一周即可拉出制品。类似制品都可采用此方法。

对于某些带金属嵌件的减震器或活门制品，特点是带螺纹嵌件制品，应尽力避免飞边钻入和粘合，否则清除飞边是比较困难的。

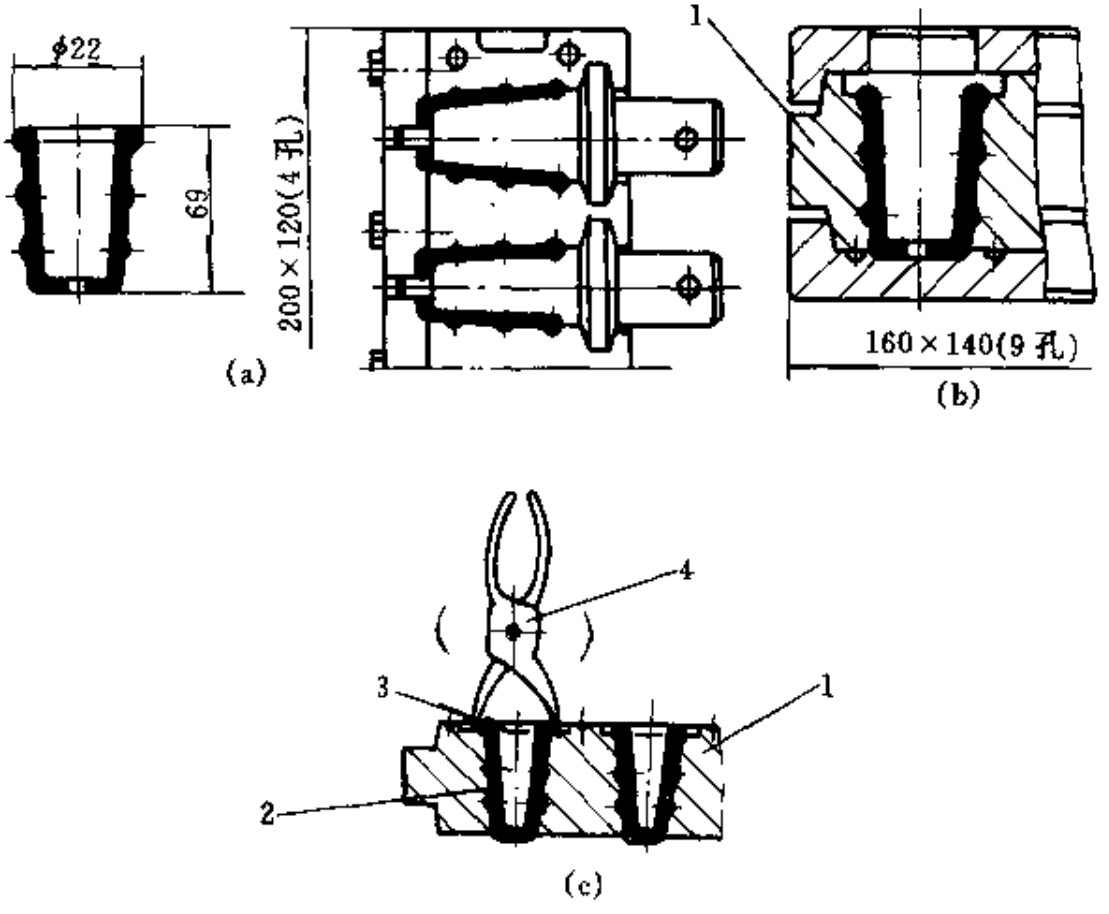


图 11-13　降落伞伞钩护套模具结构

(a) 典型一模 4 孔卧式模具结构；(b) 一模 9 孔立式模具结构；(c) 出模工装图

1— 中模；2—制品；3—尖部烧铜焊；4— 尖嘴钳

为了提高制品质量，可以采用过盈压紧法，减少飞边存在，以提高外观质量和使用性能。

图 11-14 为过盈压紧法模具结构，其原理是利用硫化机压力传递给压头（压铸塞），然后传递给缓冲隔板、嵌件和下模，由于嵌件选为上公差，模具闭合后，促使嵌件闭合高度与模具平面处于过盈配合状态，使钻入的胶料被迫排挤出模外和缝隙，形成 A、B 面无飞边状态。

采用过盈压紧法，模具与嵌件结合面距离（l），不宜过宽，一般

≤5mm，嵌件闭合高度过盈量为 0.05～0.10mm 或者采用$\frac{H8}{s7}$过盈配合。

采用过盈压紧法模具与嵌件过盈部分，模具必须处于淬火状态（常用硬度一般为 HRC48～52），保证在硫化过程中模具不变形，即模具压强刚度大于嵌件强度，这样，保证模具可以长期使用。图 11-14 模具应配有顶出装置。

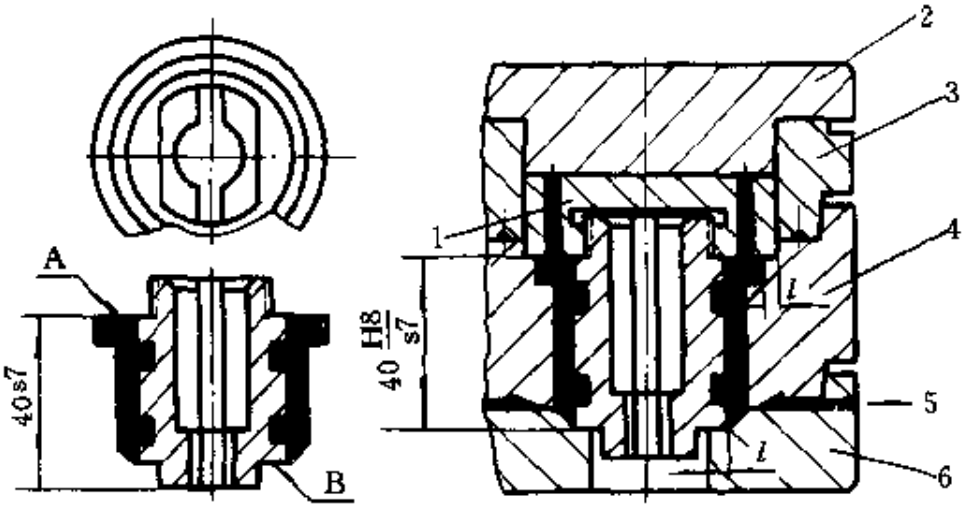


图 11-14　嵌件过盈压紧法模具

1—缓冲隔板；2—压铸塞；3—料腔；4—中模；5—逃气逃料；6—下模

11.4　薄飞边模具

制品无飞边模具结构是最理想的结构形式，其次是尽量减少分型面，促使制品少修边。但由于模具加工精度高，操作要求严，模具使用寿命短等条件限制，多数模具还趋于向薄飞边方向发展。特别是超多孔模具（百余孔左右），较多采用镶模芯结构，以减少模板结合面，增加锁模压力，并能促进多余胶料溢出模芯外，如图 11-15 所示的小规格 O 形圈模具。采用镶模芯模具结构，加工精度偏高；对型芯材料要求加工性能好，硬度高（一般硬度为 HRC50～55），表面镀硬铬并抛光或采用 40Cr 经调质，模腔氮化处理，要求半成品为颗粒状，重量基本一致，并采用抽屉板式加料方法，既快又好，如图 11-15 所示。

图 11-15 制品的取出采用压缩空气吹出法，不然百余孔模腔加料、取出制品是难以控制模温和时间的。

抽屉板加料法很简单，孔距 l 距离错位半格即可在料斗中加料，然后利用导销孔定位把孔距 l 距离复位，胶料即可落下至下模模芯上，取掉料板即可合模硫化。

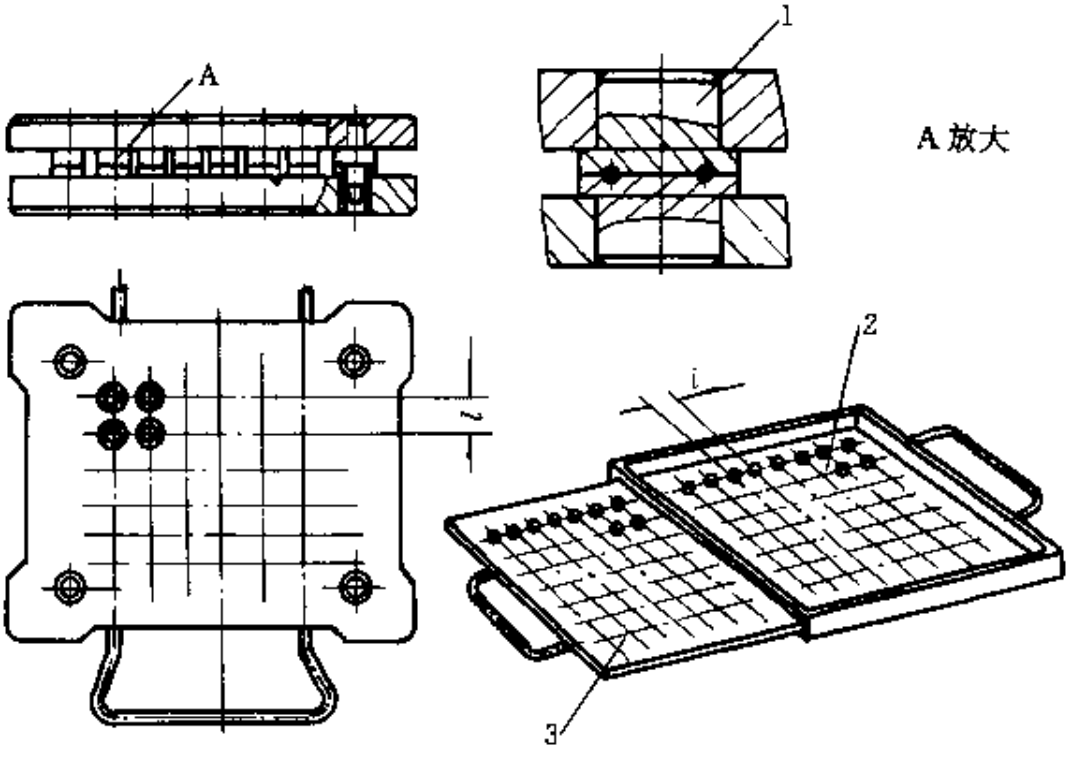


图 11-15　薄胶边典型模具结构

1—镶模芯；2—料斗；3—抽板

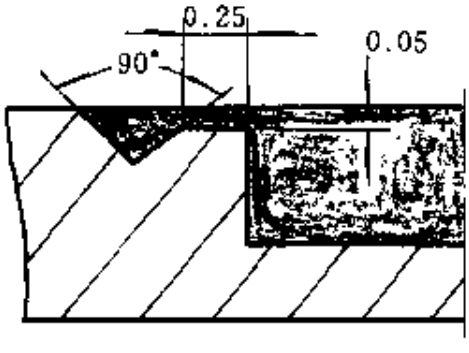


图 11-16　可撕去胶边的流胶槽布置尺寸

此外对于某些超多孔橡胶制品，如采用压缩空气是无法吹出的，需手工成片取出零件，再把胶边撕去，可按图 11-16 所示的模具结构中流胶槽布置尺寸，能获得可撕胶边的效果。但必须保证如下条件：锁模压力大于 14.7MPa；半成品质量大于制品质量 5%～10%；余料槽必须与模外沟通。

对于那些带有金属嵌件的橡胶制品，由于金属嵌件闭合高度带有一定的公差范围，想获得较薄的飞边——0.03～0.07mm是比较困难的。但采用适当的措施可以达到上述薄飞边要求。下面介绍几种解决方法。

(1) 螺钉调节法　硫化时，如果嵌件配合高度尺寸误差为上偏差>0.10mm，导致压胶时嵌件或模腔压缩变形；反之，若为下偏差<0.10mm，造成金属嵌件在模腔中浮动(间隙)，引起胶料外溢而缺胶或飞边过厚。螺钉调节法可克服嵌件尺寸不一致的缺点，操作时需增加一道装拆工序，如图 11-17 所示，硫化前必须先压紧上模，然后调节螺钉高度并拆下压紧螺钉再填胶、加压硫化。可做到嵌件与模具高度 H 件件一致。

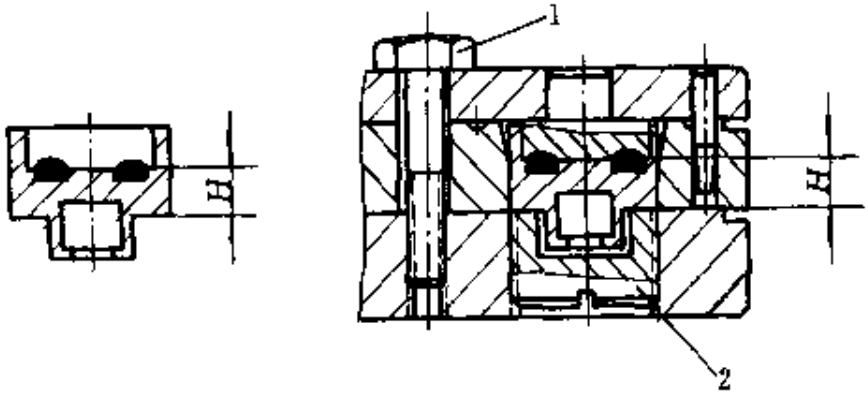


图 11-17　螺钉调节高度模具结构

1　压紧螺钉；2—调节螺钉

(2) 弹簧调节法　图 11-18 和图 11-19 所示模具结构的特点是操

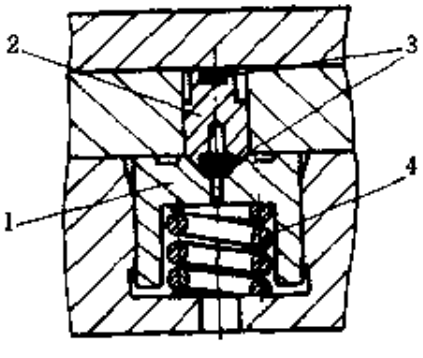


图 11-18　弹簧调节高度模具结构

1—芯模；2—嵌件；3—橡胶；4—弹簧

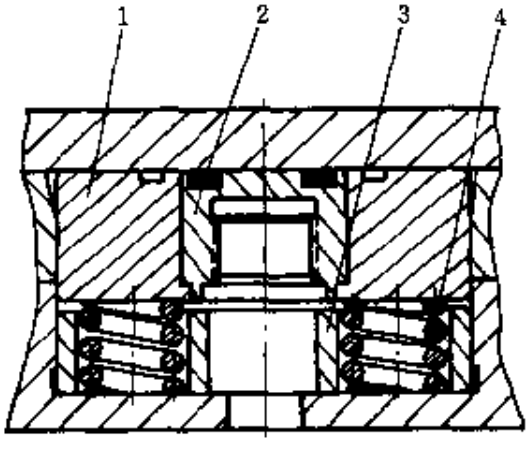


图 11-19　多个弹簧调节高度模具结构

1—芯模；2—嵌件；3—弹簧隔圈；4—弹簧

作方便、自动调节高度、降低模具和嵌件的加工精度，降低成本，有利于生产。缺点是由于模具长期处于受压、受热状态下，弹簧使用寿命较短，但选材、热处理得当也可长期使用，有必要也可采用单件或若干复合碟形弹性垫圈代用，该垫圈压强大、变形系数小，这样结构也可取得一定的成效，特别是高硬度橡胶更为适用，但弹簧调节后的工作压力应不低于 2.45MPa，又要低于锁模压力，应注意嵌件的材料，避免压力过大而变形。

表 11-2 为不同材料的弹簧调节后的压力许用范围。

表 11-2 弹簧调节后的压力许用范围

嵌件用材	铝	铜	钢
调节后压力/MPa	2.45～3.92	2.45～4.90	2.45～7.35

弹簧调节后的总压力可按式（11-2）计算：

$$P_n = s \cdot f \tag{11-2}$$

式中 P_n——弹簧总压力，N；

s——嵌件受压面积，cm^2；

f——嵌件许用压力，N/cm^2。

（3）质量增减法 在合理的模具结构条件下，想获得较薄飞边制品，除修正和控制余料槽大小或采用与外界沟通方法外，最有效的方法是试模时掌握和调整半成品质量而获得理想的飞边厚度。

用一副新开或转产的合理的模具，在规定的硫化压力、硫化温度条件下，试模 1～3 缸次样品，俗称试样。

在试样过程中，由于某些制品形状复杂，如果按图或按模腔计算胶料质量是比较困难的，并且一般橡胶密度资料较少，所以，试模中第一缸次为初试阶段，它按产品图或型腔形状和大小，凭经验估计填放大于制品质量的胶料进行试模。试模后的样品，目测其外观质量，如果无缺陷经修边称量，第二缸次即可按第一缸次样品质量额外增加 10%损耗余量再次硫化，得到的样品测其飞边厚度，如果飞边厚度偏高，可逐次减少胶料损耗余量直至取得理想的飞边厚度。

11.5 厚飞边模具

厚飞边模具适用于以下几种情况。

(1) 用于邵尔 45 以下易于粘合的顺丁橡胶/丁锂橡胶并用的 2840 胶料、天然橡胶 1140 胶料，以及其他邵尔 45 以下的低硬度胶料。由于硬度低、流动性好，硫化后制品飞边较薄，一般在 0.05mm 以下，硫化后开模制品受冷收缩，过薄的飞边易于卷边和粘合，以至难以清理和修除。某些制品可用滑石粉隔离，但污染环境，最有效的办法是加厚飞边，使其开模后不卷边。飞边厚度范围根据制品要求和修边方法确定。加厚飞边典型模具结构如图 11-20 和图 11-21 所示。

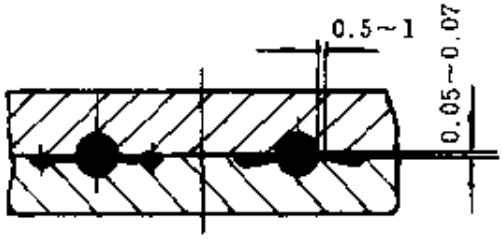


图 11-20 O 形圈加厚飞边模具结构

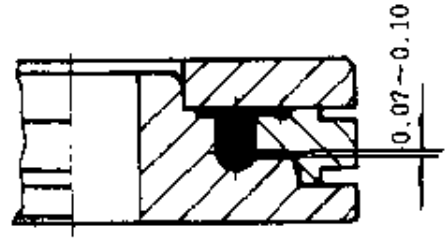


图 11-21 垫圈加厚飞边模具结构

(2) 用于橡胶撕裂强度差、硬度偏低、流动性较好的胶料，如 6141～6144 硅橡胶制品，或含胶量较低（20%以下）、流动性较差、硬度较高的再生胶和硬质橡胶制品。由于这些制品撕裂性能较差，一般用较简单的二合模（上下模）凹模模腔，硫化后制品是较难取出的。为了顺利从模腔中取出，解决的办法有二个：一是改变模具结构——把二合模改为三合模，便于制品取出；二是加厚飞边，利用厚飞边取出制品。加厚飞边模具结构如图 11-22 所示。

(3) 为了减少分型面所引起的飞边存在以及考虑制品同轴度要求，某些小规格制品，在模具设计时往往有意减少分型面，采用整体成型，其结果是制品不能从型腔中顺利取出，特别是多模腔结构，假如一孔一孔取出制品，既影响模温，工效又低。为了整批、整板从模腔中一次性取出制品，只能依靠加厚飞边的方法获得理想的效果。如图 11-23 和图 11-24 所示的制品与模具结构。

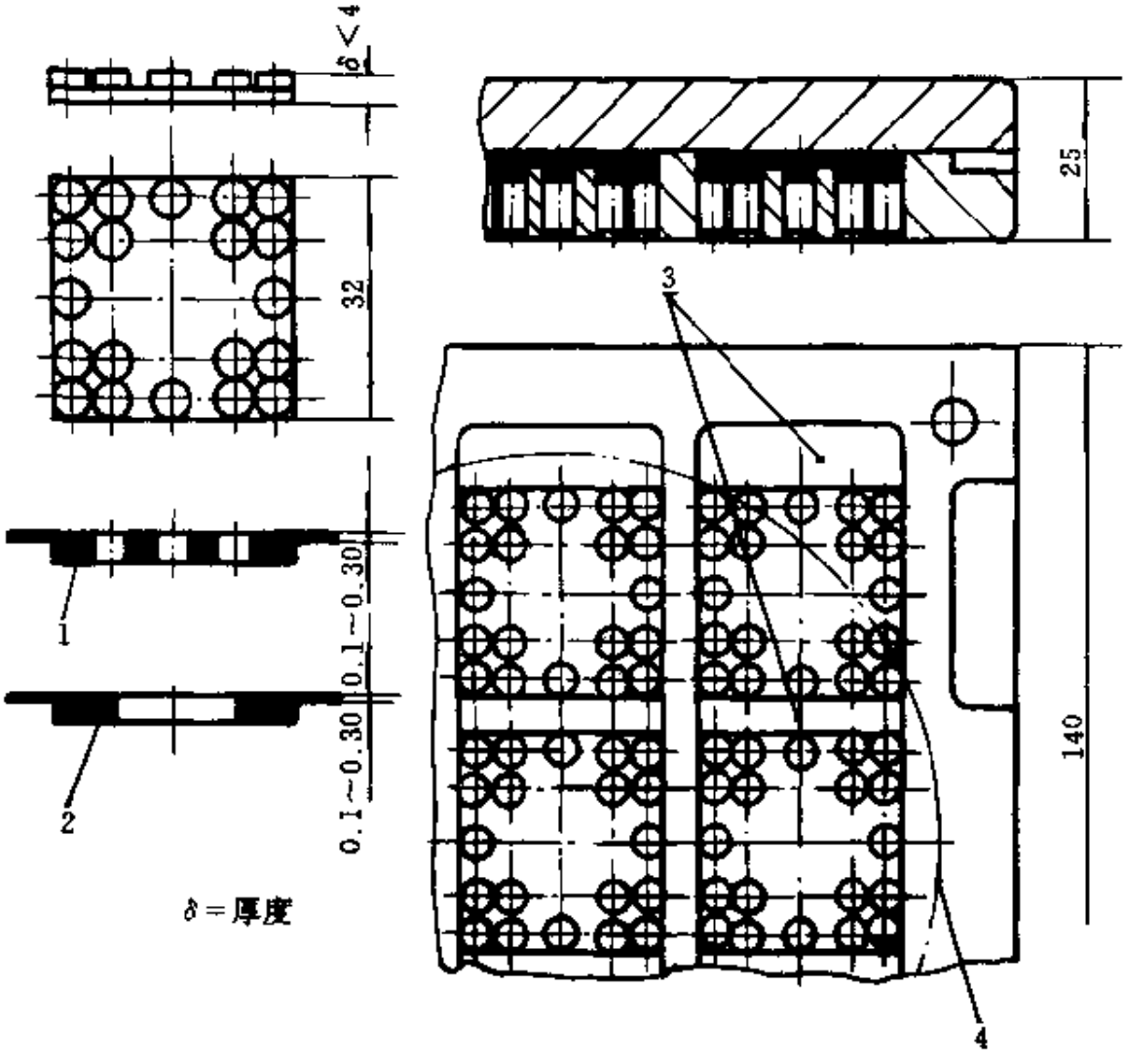


图 11-22　垫片制品加厚飞边模具结构

1—带孔制品厚度<4mm；2—矩形制品厚度<4mm；

3—深 0.25±0.05mm（取制品）；4—或环形结构（深 0.25±0.05mm）

加厚飞边厚度范围为 0.10～0.20mm，加厚飞边的过程应逐步进行，一般以拉出制品为前提，不应该一次性加厚至 0.20mm 或更厚（一般手工修边不超过 0.30mm）。

飞边过厚影响修边质量并浪费胶料。飞边加厚法有利有弊，但也是模具结构中不可缺少的一种可行的补救办法。

图 11-23 停档制品硫化后按设想从 P 向推出，但实际操作中由于推力致使橡胶压缩膨胀很难一件件推出，既费力又费时间。采用飞边加厚方法可一次性拉出全部制品。

图 11-24 制品由于模芯细而长，模具采用压铸模结构，A 处

0.5mm 为余料，系拉出料头（浇口）之用；并且模具打开后先取料头一端，而后拉出制品。

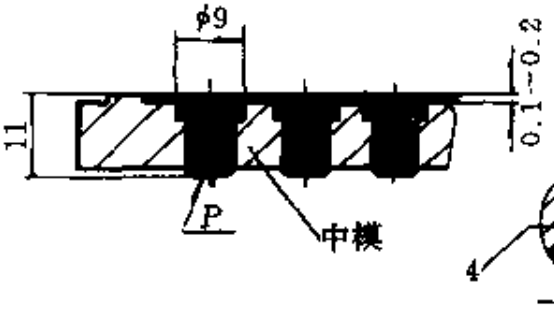


图 11-23　停档加厚飞边模具结构

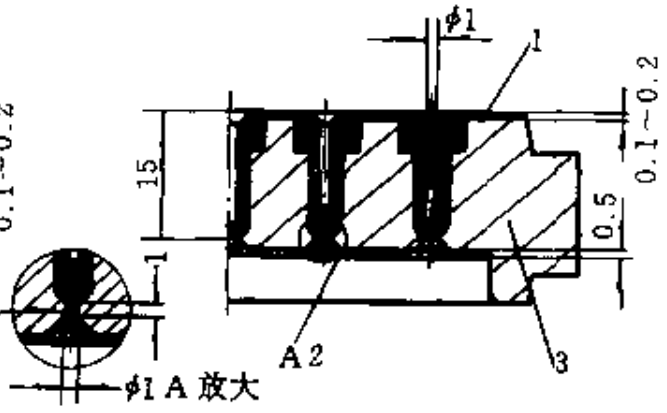


图 11-24　阻头塞与料头加厚飞边模具结构

1—拉出制品；2　拉出料头；3—中模（料腔）；4　断裂

综上所述，飞边厚度与模具结构是密切相连的，值得模具设计者重视和研究，特别是无飞边模具结构更应该优先开发，它是提高工效、去除修边工序最有发展前途的结构。

根据不同的工艺条件及胶料性能，选择适合的模具结构、选取最佳的飞边厚度以适应生产需要，是模具设计者的宗旨。

第十二章　橡胶制品收缩率

胶料在加热硫化时，胶料内部发生形变和交联，由此而产生的应力，被硫化过程所固定。在硫化胶料冷却过程中，应力趋于消除，制品的线性尺寸也成比例地缩小。故在设计模具模腔时尺寸需相应加大，加大的比例即为模压制品橡胶收缩率或称模压制品胶料收缩率，简称橡胶（或胶料）收缩率。收缩率的单位一般采用百分比。

12.1　橡胶收缩率变化因素

影响橡胶收缩率的因素很多，诸如橡胶的热膨胀；制品结构形式、壁厚、有无金属或其他非金属嵌件；制品含胶量；硫化温度；胶料致密程度以及硫化工艺等因素。

(1)橡胶收缩率随硫化制品含胶量的增大而增大，如图 12-1 所示。

(2) 橡胶收缩率随硫化后橡胶硬度增加而呈马鞍形曲线变化，如图 12-2 所示。

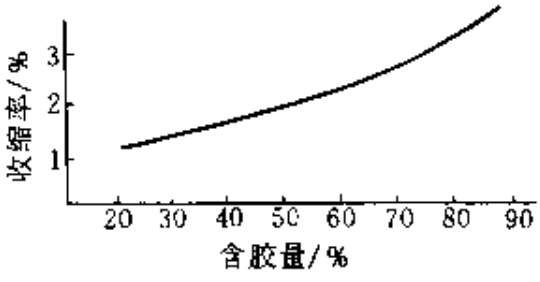


图 12-1　橡胶收缩率与制品含胶量的关系

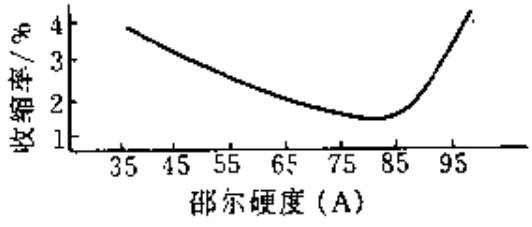


图 12-2　橡胶收缩率与橡胶硬度的关系

(3) 橡胶收缩率与硫化温度的关系曲线如图 12-3 所示。

(4) 橡胶收缩率与半成品胶料质量的关系，如图 12-4 所示。

图中曲线表明：半成品胶料质量大于制品质量 5%的收缩率与大于制品质量 20%的收缩率相比其波动范围要小。所以硫化工艺中半成品胶料质量一般以大于制品质量 5%～10%为宜。

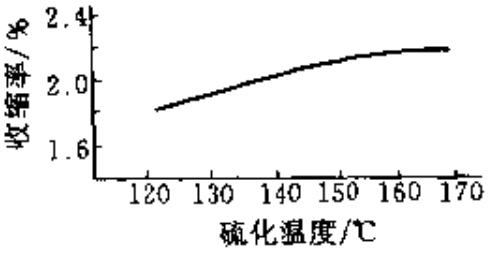


图 12-3 橡胶收缩率与硫化温度的关系

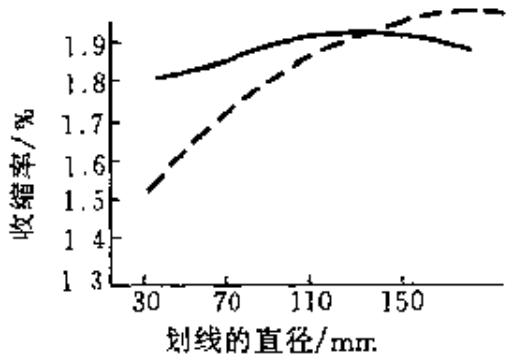


图 12-4 橡胶收缩率与半成品胶料质量的关系

（图形模具中模板刻线直径，如图 12-7 所示）

——半成品胶料质量大于制品质量 5%；

……半成品胶料质量大于制品质量 20%

12.2 胶料收缩率的规律性

（1）硫化温度越高，收缩率就越大，一般情况下，温度以超过正硫化点温度为界，每升高 10℃，其收缩率就增大 0.1%～0.2%。

（2）胶料压延方向和在模具中流动方向的收缩率大于垂直方向的收缩率。

（3）模具模腔半成品胶料装入量越多，制品致密度越高，收缩率就越大。装胶量以大于制品质量 5%～10%为宜。

（4）胶料可塑性越大，其收缩率越小；胶料硬度越高，收缩率越小（高硬度例外）。

（5）填充剂用量越多，收缩率越小；含胶量越高，其收缩率越大。

（6）多孔模腔的模具，中间模腔硫化的制品收缩率比边缘模腔硫化的制品收缩率大。

（7）注压法硫化的制品收缩率比一般模压法硫化的制品收缩率稍小。

（8）薄形制品（断面厚度小于 3mm）的收缩率比厚制品（10mm 以上）收缩率大 0.2%～0.6%。

(9)一般橡胶制品收缩率随制品的内外径和截面的增大而降低；同规格的圆截面和方截面胶圈其收缩率相近似；同类型胶料收缩率相近似；不同类型橡胶收缩率的顺序是氟橡胶最大，硅橡胶次之，其次是三元乙丙橡胶、天然橡胶、丁腈橡胶、氯丁橡胶最小（仅指胶种）。

(10) 棉布经涂胶后与橡胶分层贴合夹布制品的收缩率一般为0～0.4%；夹涤纶线制品收缩率一般为0.4%～1.5%；夹绵纶丝、尼龙布制品收缩率一般为0.8%～1.8%。夹层织物越多收缩率越小。

(11) 衬有金属嵌件的橡胶制品收缩率较小，且朝金属方向收缩，一般为0～0.4%。单向粘合制品为0.4%～1%（如骨架油封）。

(12) 硬质橡胶的螺距设计时，不能按钢制螺纹公差设计，橡胶螺纹的螺距为2～5mm时的螺纹配合间隙，要求松动0.2～0.4mm；螺纹长度不宜过长，一般不超过50mm。

(13) 硬质橡胶（邵尔硬度90以上）含胶量约在20%时，制品收缩率一般为1.5%左右。

(14) 橡胶海绵制品膨胀与收缩率波动范围很大．橡胶海绵制品一般采用一次或二次硫化，第一次发泡硫化（又称发孔），模具型腔按制品尺寸缩小60%左右，如图12-5；第二次按制品尺寸放大7%～10%，作为定型硫化，如图12-6。

橡胶海绵品种较多，模具模腔缩小与放大变化大，图12-5和图12-6模具结构可以选用；缩小与放大数值可供首次模具试验参考。海绵制品还有一个特点：随着存放时间增长，其外形尺寸会逐渐缩小、制品硬度会不断加大，橡胶海绵制品最佳制造方法是海绵板切割成形法。

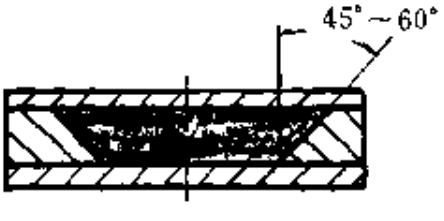


图12-5　第一次硫化模

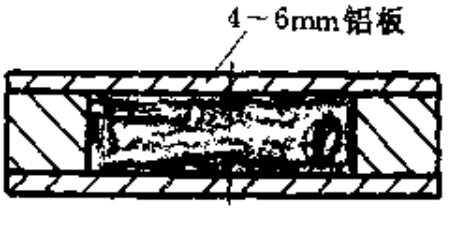


图12-6　第二次硫化模

12.3 橡胶收缩率的计算方法

橡胶硫化后的收缩率一般为1.2%～3.5%（纯胶制品），夹布（包括其他织物）或带有骨架制品硫化后的收缩率一般为0～10%。这对模具设计人员来说，是必须掌握的参数，但胶料收缩率是一个变化多端、极为复杂的问题；也是模具设计者最需慎重考虑的一个问题，目前，还没有一个真正的、完善的具有实用价值的准确计算公式，还只能凭经验估计或以积累实际测量数据作参考。因为即使是用一种胶料、同一副模具，在同一工艺条件下（如硫化温度相同、压力相同、胶料半成品质量也相同），硫化后的制品收缩率也有所不同（见表12-1）。因此，以试验测得制品收缩率也是一个近似值，再加上制品受形状、硬度等工艺因素影响，故只能按测得的收缩率平均值或在平均值基础上适当引入必要的修正值（又称补偿值）来计算模具模腔的尺寸。

表12-1 同一工艺条件下制品硫化后收缩率不同差值数

缸次	规格	外径收缩率/%	内径收缩率/%	断面收缩率/%	规格	外径收缩率/%	内径收缩率/%	断面收缩率/%
1		−1.60	−1.4	−1.8		−1.7	−2.0	−2.8
2	ϕ30×3.5	−1.61	−1.35	−2.0	ϕ10×1.9	−1.5	−2.2	−3.0
3		−1.65	−1.31	−2.6		−2.5	−2.5	−3.3
差别		−0.05	−0.09	−0.8		−0.8	−0.5	−0.5
平均收缩率		−1.62	−1.35	−2.13		−1.9	−2.23	−3.03

注：硫化条件为151℃×25min；硫化压力为4.4MPa；半成品质量过秤后比成品质量多10%；模具分型面为45°的单模腔O形圈。

目前橡胶模压制品收缩率的计算公式收多，现推荐以下三种公式。

（1）橡胶制品与模腔相应尺寸的计算公式

$$C=\frac{L_2-L_1}{L_1}\times 100\% \tag{12-1}$$

式中 C——制品胶料的收缩率（平均值），%；

L_1——在室温时测得的橡胶制品尺寸，mm；

L_2——在室温时测得的模具模腔尺寸，mm。

测定制品胶料收缩率的模具结构如图 12-7 和图 12-8，其中各种胶垫制品（包括厚、薄制品）可参照图 12-7 与表 12-2 规定。对于各种 O 形圈及橡胶嵌条制品可参照图 12-8，制品尺寸与模具尺寸关系可参照表 12-3 规定。

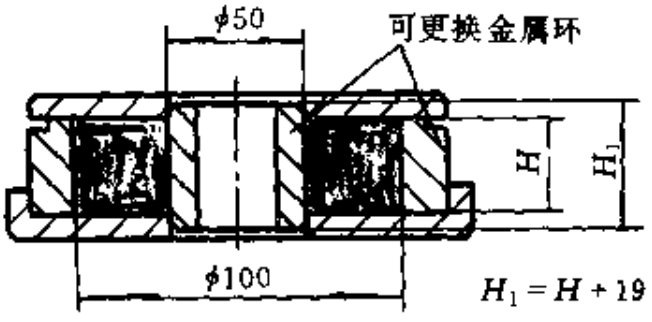


图 12-7　胶垫制品的收缩率测试模具结构及制品厚度与 H 值的选定

表 12-2　制品厚度与 H 值

制品厚度/mm	H/mm	厚度范围
0.2～3	2	薄制品
3～20	10	中等
＞20	20	厚制品

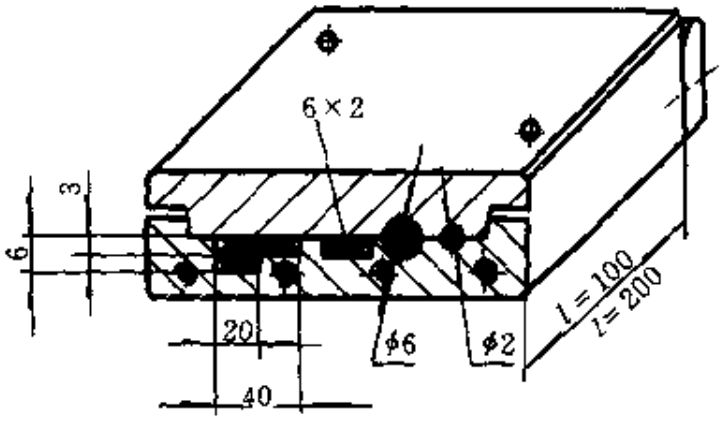


图 12-8　O 形圈及嵌条测试模具结构及尺寸的选定

表 12-3　模具尺寸与试验制品尺寸范围

模具尺寸/mm	制品尺寸范围
$d=3$	$<d_4$(断面)
$d=6$	$>d_4$(断面)
$b\times2$	$<10\times4$
$40\times b$	$>10\times4$
$l=100$	$\approx\phi30$(内径)
$l=200$	$\approx\phi60$(内径)

注：表 12-3 中制品尺寸内径超过 ϕ60 时，可按 ϕ60 与 ϕ30 相对收缩之差值，推算大于 ϕ60 制品收缩的参考值。

（2）以邵氏硬度计算制品胶料收缩率的经验公式

$$C=(2.8-0.02\cdot k)\times100\% \tag{12-2}$$

式中　C——制品胶料收缩率，%；

k——橡胶邵氏硬度。

【例】 橡胶 1142 硬度为 40～50（邵尔），试求制品收缩率。

解：$k=40\sim50$

代入式 12-2 得$C_1=(2.8-0.02\times40)\times100\%=2\%$(邵尔 40)

$C_2=(2.8-0.02\times50)\times100\%=1.8\%$(邵尔 50)

得 1142 橡胶制品收缩率为 1.8%～2%。

(3) 以橡胶硫化温度计算制品胶料收缩率的一般计算公式

$$C=(\alpha-\beta)\cdot\Delta T\cdot R\cdot100\% \qquad (12\text{-}3)$$

式中 C ——制品胶料收缩率，%；

α——橡胶的线性膨胀系数；

β——模具金属的膨胀系数；

ΔT——硫化温度与测量温度（室温）之差；

R——生胶、硫黄和有机配合剂在橡胶中的体积百分数，%。

常用橡胶、填充剂和金属的线胀系数见表 12-4。

表 12-4 常用橡胶、填充剂和金属的线胀系数

材料名称	线胀系数	材料名称	线胀系数
天然橡胶	216×10^{-6}	丁基橡胶	194×10^{-6}
丁苯橡胶	216×10^{-6}	填充剂	$(5\sim10)\times10^{-6}$
丁腈橡胶	196×10^{-6}	钢	11×10^{-6}
氯丁橡胶	200×10^{-6}	轻金属	22×10^{-6}

12.4 部分胶料收缩率

表 12-5 所列近百种胶料收缩率是长期来积累的经验数据，表中胶料收缩率是制品平均收缩率。一般制品可以参考，对于要求较高的制品，一定要按规定的硫化工艺试模，测试收缩率。表 12-6 为胶料收缩率与胶种、硬度及制品厚度的关系。

部分胶料测试、公式计算、经验数据胶料收缩率的比较列于表 12-7。

表 12-5　部分橡胶收缩率参考表

胶料牌号	标准代号	胶种	邵尔硬度(±5)	收缩率/%
1120	GB/T 5574—94	天然橡胶	60～75	1.2～1.4
1140	HG 6-407—79		37	2～2.4
1141			45	1.6～1.8
1142			45	1.7～2
1143			45	1.7～2.2
1144			45	1.9～2
1150			55	1.4～1.6
1151			53	1.6～1.8
1152			55	1.6～1.8
1153			56	1.8～1.9
1154			58	1.4～1.6
1160			65	1.4～1.5
1161			67	1.5～1.7
1180			82	1.2～1.3
1157	HG 6-408—79		45	1.8～1.9
1164			60	1.4～1.5
1147	HG 6-674—74		50	1.5～1.8
1171	HG 6—448-79		70	1.5～1.8
3160	HG 6—407-79	丁苯橡胶	60	1.9～2.1
3161			70	1.5～1.6
3180			85	1.1～1.3
3308	HG 6—483—75		72	1.5～1.7
3309			60	1.5～1.8
3381	HG 6-448—79		75	1.3～1.7
4150	HG 6—407—79	氯丁橡胶	52	1.7～1.8
4160			62	1.4～1.6
4161			62	1.5～1.6
4162			63	1.3～1.5
4170			70	1.2～1.4
4171			70	1.1～1.3
4172			78	1.4～1.6
4190			90	1.3～1.4

续表

胶料牌号	标准代号	胶种	邵尔硬度(±5)	收缩率/%
5160	HG 6 407—79	丁腈橡胶	66	1.6～1.8
5170			75	1.3～1.5
5171			77	1.4～1.7
5172			73	1.3～1.5
5180			85	1.3～1.5
5250			60	1.6～1.7
5260			67	1.5～1.6
5280			85	1.3～1.4
5460			65	1.4～1.5
5461			68	1.9～2
5470			72	1.6～1.8
5471			78	1.3～1.4
5480			85	1.4～1.6
5860		丁腈橡胶氯丁橡胶	62	1.5～2
5870		丁腈橡胶聚硫橡胶	77	1.4～1.5
5251	HG 6- 408—79	丁腈橡胶	45	1.8～2.2
5101	HG 6—483- 75		75	1.4～1.5
8075	HG 6 669—74		75	1.5～1.8
36-5	HG 6—669 74		78	1.7～2
5261	HG 6—674- 74		65	1.8～2
5080	HG 6 878—76		80	1.8～2
试 5171	SXS 108—77			1.6～1.8
5076-1	SXS 101—71			1.5～1.7
Ⅰ-1	HG 4—543- 67		55	1.6～1.8
Ⅰ-2			65	1.5～1.7
Ⅰ-3			75	1.4～1.6
Ⅰ 4			85	1.3～1.5
Ⅱ-1		普通橡胶	55	1.7～1.9
Ⅱ-2			65	1.6～1.8
Ⅱ-3			75	1.5～1.7
Ⅱ-4			85	1.4～1.6
1403	HG 6—483- 75		80	1.4～1.6
2840	HG 6—878- 76	天然橡胶丁锂	40～55	1.9～2.1

续表

胶料牌号	标准代号	胶种	邵尔硬度(±5)	收缩率/%
6141	HG 6-677-74	硅橡胶	45～65	2.8～3
6144			40～60	2.2～2.8
7370	上海橡胶制品研究所	氟橡胶	70	2.8～3.2
7372			70	2.8～3.5

注：表 12-5 中制品胶料收缩率是平均值，其选择方法可遵循以下 5 点。

1. 制品的收缩率随其截面、厚度、内径、外径的减少而增大。截面或厚度≤3mm 应取上限值，3～10mm 取中间值，>10mm 取下限值。

2. 模具压延方向：轴向（高度方向）应取下限值并应减除飞边厚度；径向（长或宽度方向）应取中间值～上限值。

3. 开放式模具结构取上限值；封闭式模具取中间值；挤胶、注压模取下限值。

4. 为了便于修正由收缩率引起的制品误差，模具型腔轴径应取上限值，孔径应取下限值，厚度取中间值。

5. 收缩率选择与加料方法有关，块状胶料加料法应取上限值；圈状加料法应取中间值。

表 12-6 收缩率（%）与胶种、硬度及制品厚度的关系/%

胶种	制品尺寸/mm		低硬度			中硬度		高硬度	
			35	40	45	55	65	75	85
天然橡胶	厚度或截面尺寸范围	≤3	2.5	2.4	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5
		3～6	2.4	2.3	2.2	2	1.8	1.6	1.4
		6～10	2.3	2.2	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3
		>10	2.2	2.1	2	1.8	1.6～1.7	1.4～1.5	1.1～1.3
氯丁橡胶		≤3			2	1.9	1.8	1.7	1.6
		3～10			1.9	1.6～1.8	1.5～1.7	1.4～1.6	1.3～1.5
		>10			1.8	1.5～1.7	1.4～1.6	1.3～1.5	1.2～1.4
丁腈橡胶		≤3		2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.5
		>3		1.9～2.1	1.8～2	1.6～1.8	1.5～1.7	1.4～1.6	1.3～1.5
丁苯橡胶						1.7～1.9	1.5～1.7	1.4～1.6	1.1～1.3
硅橡胶			2.2～3(采用二段(次)硫化)						
氟橡胶			2.5～3.5(采用二段(次)硫化)						
其他	夹布胶	1～2 层夹布胶					0.6～1		
		布层少于橡胶					0.4～0.8		
		布层多于橡胶					0～0.4		
		全部夹布橡胶					0～0.2		
		夹涤纶绳(线)制品					0.4～1.5		
		夹锦纶线尼龙布(薄膜)					0.8～1.8		
		夹钢丝绳制品					0～0.4		

续表

胶种	制品尺寸/mm		低硬度			中硬度		高硬度	
			35	40	45	55	65	75	85
其他	金属骨架制品	胶层≤3					0～0.4		
		胶层>3					0.4～0.8		
		单向粘合(如油封唇口部分)					0.4～1.2		
	海绵制品	一次硫化定型					2.5～3.5		
		二次硫化	第一次发泡(孔)				缩小 40～60		
			第二次定型				放大 7～10		
	硬质胶(含胶量 20%)		1.5～2				轴向(高度方向)1.5		
							径向(宽或长度)1.5～2		

注:1. 上述制品收缩率都与胶料硬度、填充剂、含胶量、制品厚度有关。一般说:填充剂用量越大,硬度越高,收缩率越小;含胶量越高,其收缩率越大。

2. 制品收缩率与模具受压面积有关(即胶料压缩高度与制品厚度),型腔受压面积越大制品厚度较薄,其收缩率越大。如 100×100×2 标准试片模,其收缩率大大超过一般制品收缩率(约大 0.4%～0.8%)。

表 12-7 测试、公式计算、经验数据胶料收缩率(%)比较

计算方法 / 橡胶牌号	测试结果平均收缩率			按式(12-3)计算结果	按式(12-2)计算结果	沈阳橡胶四厂经验数据	3506 厂经验数据
	外径	内径	断面				
1140	2.36	2.26	3.50	2.45	2.06	2.40	2.20
1142	2.00	1.87	3.40	2.03	1.90	2.00	1.80
4172	1.61	1.45	2.80	1.46	1.35	1.40	1.50
5073	1.75	1.57	2.87	1.35	1.25	1.40	1.70
5160	1.90	1.80	3.10	1.71	1.50	1.60	1.70
5170	1.62	1.51	2.80	1.42	1.30	1.50	1.40
5171	1.65	1.50	3.08	1.45	1.30	1.40	1.60
5172	1.80	1.62	3.06	1.31	1.40	1.50	1.40
5480	1.65	1.51	3.10	1.29	1.20	1.20	1.50
5870	1.85	1.70	3.17	1.56	1.35	1.40	1.50

12.5 模具模腔尺寸计算

由于影响胶料收缩率变化的因素较多，所以模具模腔尺寸通常采用经验数据与计算公式相结合的办法确定。

采用经验数据计算模具模腔尺寸方法有如下几种。

(1) 厚、薄制品模具模腔的内、外径尺寸的计算　制品厚度和断面宽度对胶料收缩率有一定影响。实践证明，制品越厚，收缩率越小；断面宽度越大，相对收缩率也越小。其影响值(又称补偿值)见表12-8。

表 12-8 厚度和断面宽度对制品收缩率的补偿值

厚度范围/mm 断面宽度/mm	≤3	>3～6	6～10	10～20	20～30	30～40	>50
收缩率，C 补偿值 C_1/%	C_{max}	$C_{max}-0.1$	$C_{max}-0.2$	$C_{max}-0.3$	$C_{max}-0.4$	$C_{max}-0.5$	$C_{max}-0.6$

注：当制品厚度和断面宽度不在同一数值范围内时，取二者中尺寸范围小者为补偿值。如厚度（H）为 3mm，断面宽（W）为 2.5mm，应取 3mm，相对补偿值为 C_{max}。

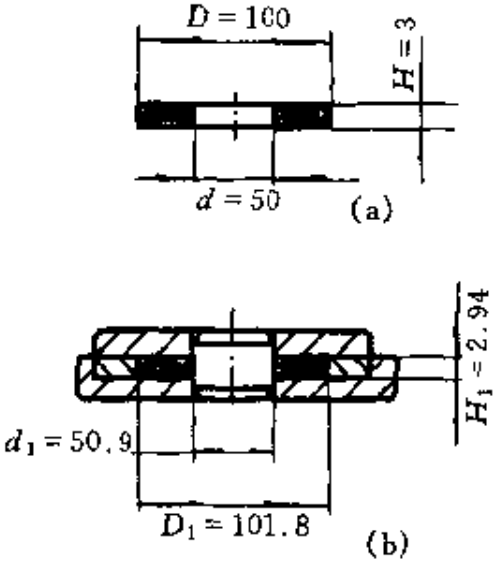


图 12-9 制品尺寸（a）、模型尺寸（b）与标注

【例】 已知制品尺寸如图 12-9（a）所示，使用胶料为 1142，模具受压（单位面积压力为 4.4MPa），求模具模腔尺寸 D_1、d_1、H_1？

解： 查表 12-5 得 1142 收缩率为 1.7%～2%；查表 12-8 得补偿值为 2－0.4＝1.6%；查表 12-10 得 1142 飞边为 0.055（中间值），

模腔外径 D_1 按式（12-1）得

$$D_1=D+(D\times C_1)$$
$$=100+(100\times 1.6\%)$$
$$=101.60(\text{mm})$$

模腔内径 d_1 按式(12-1)得

$$d_1=d+(d\times C_1)=50+(50\times 1.6\%)=50.80(\text{mm})$$

求：模腔厚度 H_1 同样按式(12-1)得

$$H_1=H+(H\times C_1)=20+(20\times 1.6\%)$$
$$-0.055\times 2=20.21(\text{mm})$$

模具模腔尺寸标注见图 12-9（b）。

【例】 已知制品尺寸如图 12-10（a）所示，使用胶料 I-1，硬度为 60，模具受压单位面积压力为 9.8MPa，求模具型模尺寸？根据计算公式（12-2）得出的收缩率与胶料硬度的关系参见表 12-9。

表 12-9 以胶料硬度计算其收缩率参考表

邵尔硬度(±5)	35	40	45	55	65	75	85
收缩率/%	2.3～2.5	2～2.2	1.9～2.1	1.7～1.9	1.5～1.7	1.3～1.5	1.1～1.3

解：已知硬度为 60，查表 12-9 得收缩率 C 为 1.6%～1.8%(取 55～60 度中间对应值)。查表 12-10 得飞边厚度为 0.055mm。

查表 12-8 得收缩率补偿值为 $C_{max}=1.8\%$；

按式（12-1）求得模腔外径 D_1 为：

$$D_1=100+(100\times1.8\%)=101.8$$

模腔内径 d_1 为：

$$d_1=50+(50\times1.8\%)=50.9$$

模腔厚度 H_1 为：

$$H_1=3+(3\times1.8\%)-(0.055\times2)=2.94$$

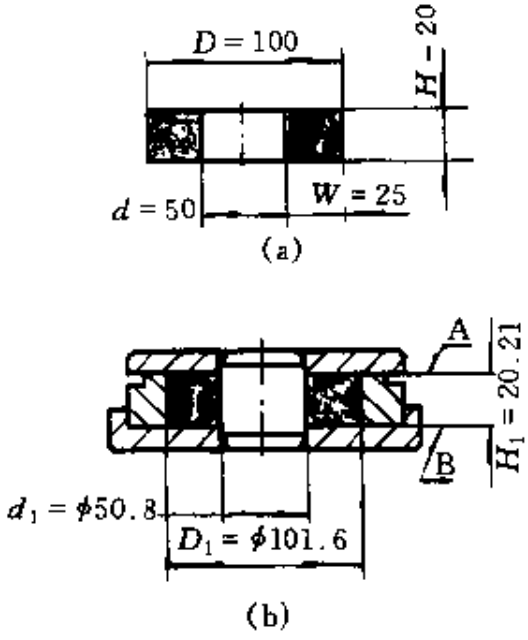


图 12-10 制品尺寸（a）与模腔尺寸（b）

模具模腔尺寸标注如图 12-10（b）。

（2）模具模腔尺寸允差的决定及飞边对模腔尺寸的影响　制品总是有公差要求的。但由于影响收缩率的因素比较复杂，不易计算准确，为此可充分利用制品规定的允差，以确保硫化出合格制品。通常要将模具模腔的加工精度比制品允差提高 2～3 级，其值约等于制品允差的 0.3 倍；另外，模腔厚度尺寸的计算还要考虑到分型面所引起的飞边厚度。

飞边厚度与半成品质量、硫化压力、胶料硬度、模具结构有直接关系。半成品质量越大，制品飞边越厚；硫化压力越高，制品飞边越薄；胶料硬度越高，制品飞边越厚。飞边厚度参考值如表 12-10 所示

表 12-10　飞边厚度与硫化压力、模具结构、胶料硬度的关系

硫化模具单位面积压力/MPa	模具结构	开放式、半封闭式			封闭式		
	胶料硬度	低硬度 35～55	中硬度 65±5	高硬度 75±5	低硬度 35～55	中硬度 65±5	高硬度 75±5
45	飞边厚度/mm	0.03～0.08	0.05～0.15	0.07～0.20	0.05～0.15	0.07～0.20	0.10～0.30
100	飞边厚度/mm	0.02～0.05	0.03～0.08	0.04～0.10	0.03～0.08	0.04～0.10	0.05～0.15

（半成品质量大于制品质量5%～10%）。

因飞边厚度还与余料槽大小以及余料槽与外界（模外）接通与否有一定的关系，并且上述条件各厂均不统一，所以表12-10中数值只供首批模具计算飞边时参考。

飞边厚度计算与模具分型面的数量、位置也有一定差别，一般说：动模分型面飞边厚度可取表12-10中上限值；静模面飞边较薄可取下限值。例如图12-9（b）中A面（动模面），可取表12-10中上限值；B面（静模面）可取表中下值限。为了计算方便，凡是只带动、静（A、B）分型面飞边，可各取表12-10中中间值的二倍数值。

为了获得较正确模腔厚度尺寸，可按如下公式计算：

$$H_1=(H+H\cdot C_1)-h \tag{12-4}$$

式中 H_1——模腔厚度，mm；

H——制品厚度，mm；

C_1——胶料收缩率补偿值（查表12-9），%；

h——预定飞边厚度（或查表12-10），mm。

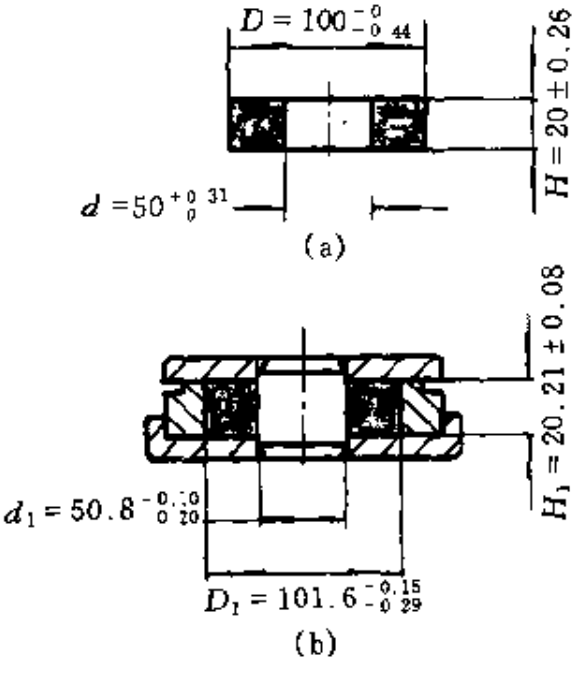


图12-11 制品尺寸（a）与模腔尺寸（b）

允差、飞边对模腔尺寸计算举例如下。

【例】 已知图12-11制品，使用胶料为1142，模具单位面积所受压力为4.4MPa，求模具模腔尺寸。

解： 查表12-5得1142收缩率 $C=1.7\%\sim2\%$；

查表12-8得补偿值 $C_1=2-0.4=1.6\%$

按式（12-1）计算：

模腔外径 D_1 为：

$D_1=100+(100\times1.6\%)$

$=101.6(\text{mm})$

模腔精度提高，其值约等于制

品允差的 0.3 倍，得 $D_1=101.6^{-0.15}_{-0.29}$(公差带为 0.14 约等于制品公差带 0.44 的 0.3 倍)。

模腔内径 d_1 为：$d_1=50+(50\times1.6\%)=50.8$(mm)

模腔精度提高，其值约等于制品允差的 0.3 倍得：

$d_1=50.8^{+0.10}_{+0.20}$（公差带为 0.10 约等于制品 0.31 允差的 0.3 倍）。

模腔厚度按公式 12-4 为：

$$H_1=(20+20\times1.6\%)-(0.055\times2)=20.21(\text{mm})$$

模腔厚度精度提高，其值约等于制品允差的 0.3 倍得：

$H_1=20.21\pm0.08$(公差带为0.16 约等于制品公差带0.52 的0.3 倍)。

综合模具模腔尺寸标注如图 12-11（b）。

为了计算方便，实践证明，制品厚度<6mm，一般不考虑收缩率（因制品收缩率值与飞边厚度相近似，相互抵消）；>6mm 按上述方法计算。

(3) 衬有金属嵌件制品的收缩率计算与模具模腔尺寸的标注

a. 衬有金属嵌件的制品收缩率较小，且朝金属嵌件方向收缩。一般带有金属嵌件的制品可以按下列经验公式计算自由收缩值 U（制品形状如图 12-12）：

$$U\approx\frac{H\cdot C}{2}+(W\times C)\qquad \text{双向}\qquad(12\text{-}5)$$

$$U\approx\frac{H\cdot C}{1}+(W\times C)\qquad \text{单向}\qquad(12\text{-}6)$$

式中 U— 自由收缩最大深度，mm；

H— 制品胶料厚度（嵌件粘接高度），mm；

C— 制品胶料收缩率，%；

W— 橡胶断面宽度，mm。

式(12-5)中的分母 2 为制品双向收缩时所采用，式(12-6)中分母 1 为制品单向收缩时所采用。举例如下。

【例】 已知制品（双向活门）如图 12-12 两端面不允许自由收缩，要求平直或凸 0.10mm。使用腔料为 1152。

求：模具型腔 U_1 值尺寸。

解：查表 12-5 得 1152 收缩率 C 为 1.6%～1.8%，代入式

(12-5) 得：

$$U_1 \approx \frac{20\times1.7\%(\text{中间值})}{2}+10\times1.7\% \approx 0.34(\text{mm})$$

已知三点尺寸作近似圆弧，得模具型腔标注如图 12-12 (a)。

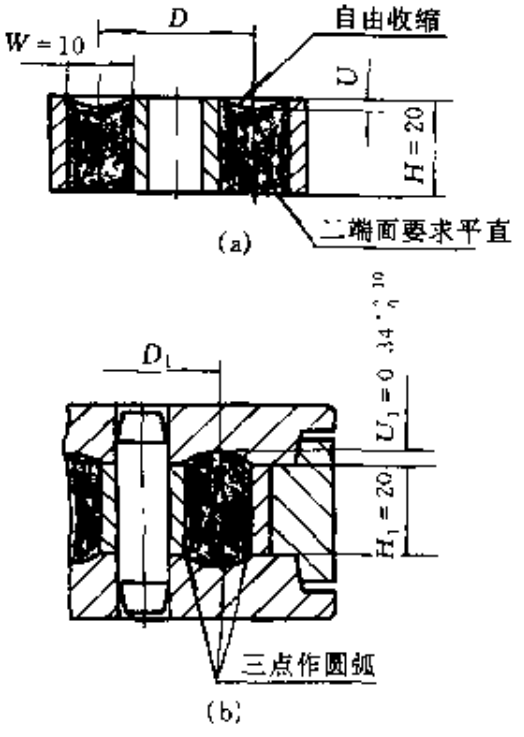


图 12-12 双向活门 (a) 与模腔尺寸 (b)

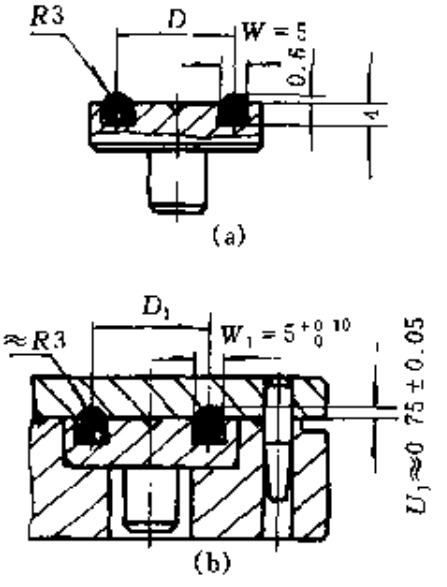


图 12-13 单向活门 (a) 与模腔尺寸 (b)

【例】 已知制品（单向活门）如图 12-13 (a)，使用胶料 I -3，硬度为邵尔 60，求：模具模腔 U_1 值。

解：查表 12-9 得收缩率 C 为 1.6%～1.8%，代入式(12-6)得：

$$U_1 \approx \frac{4\times1.7\%}{1}+5\times1.7\% \approx 0.15(\text{mm})$$

已知图 12-13(a)单向活门制品要求圆弧凸 0.60，故 0.60+0.15=0.75 即模腔 U_1 值总高为 0.75。模具标注如图 12-13 (b)。

b. 制品中金属嵌件单向粘合如图 12-14(a)，模具模胶计算与标注如图 12-14 (b)。

常见的单向粘合油封制品收缩率为 0.2%～1%，它与橡胶部分到嵌件的距离有一定关系，离嵌件越近，制品胶料收缩率越小（因有嵌

件粘合牵制），且朝金属嵌件方向收缩，如图 12-14（a）。因此 d_1、d_2、d_3 尺寸收缩率是不同的，在计算模腔尺寸时，可按下列方法计算：

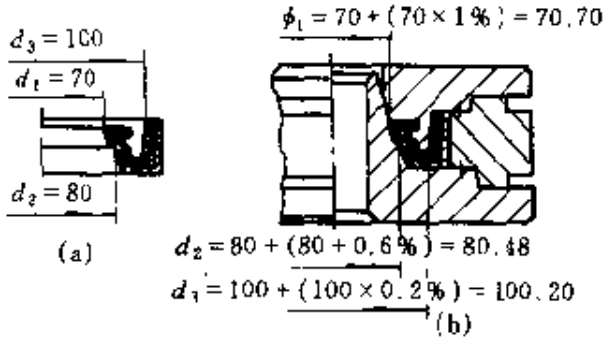


图 12-14　油封尺寸（a）与型腔尺寸（b）

d_1 尺寸离嵌件距离最远，收缩率最大，应取 1%；d_2 距离居中，应取中间值为 0.6%；d_3 距离最近，应取 0.2%；其余未注尺寸部位可以依此类推。

（4）夹布或其他织物制品模腔尺寸的计算　夹布或衬有其他织物的制品收缩率为 0～1.8%。制品中夹织物层次越多，硬度越高，其收缩率越小(夹尼龙制品收缩规律例外)。一般可以按如下数据范围计算。

1～2 层夹布制品，可按最大收缩范围 0.6%～1%计算；夹布与橡胶各占制品体积 50%左右，可按 0.4%～0.8%计算；夹布多于橡胶可按 0～0.4%计算；全部夹布制品按 0～0.2%计算。

对夹有尼龙布或线的制品，不管夹层多少，可按 1.2%～1.8%范围计算首批模具，之后按实测数据修正模具。

对夹有涤纶线或预件处理的尼龙线制品，可按 1%～1.5%范围计算。

上述夹织物制品收缩率计算（包括制品中带有金属嵌件单向粘合收缩率计算）比较复杂，它与工艺因素、材料型号以及胶料本身硬度有关，一般说：胶料硬度越高其收缩率越小，计算时如胶料硬度大于 75 度（邵氏），应取收缩率最小值或不超过中间值；低于 75 度应取最大值或不超过中间值。

（5）橡胶 O 形密封圈模具模腔内径及断面尺寸的计算

a. O 形圈模腔内径尺寸及公差可按下式计算：

$$d_1=d(1+C)\pm\Delta \tag{12-7}$$

式中 d_1——模腔内径尺寸，mm；

d——制品尺寸，mm；

C——内径收缩率（平均收缩率），%；

Δ——模腔内径公差（提高精度后公差——其值约等于制品内径公差的 0.3 倍）。

b. 模腔断面尺寸及公差可按下式计算：

$$W_1=W(1+C)\pm\Delta \tag{12-8}$$

式中 W_1——模腔断面直径，mm；

W——O 形圈断面直径，mm；

C——胶料收缩率（平均收缩率），%；

Δ——模具模腔断面公差取±0.05（包括上、下模合拢后型腔断面错位量）。

c. 模腔断面半圆 R 深浅尺寸的计算说明与方法如下。硫化 O 形圈时，由于飞边厚度对 O 形圈断面尺寸的影响，在计算模具模腔尺寸时，必须考虑飞边厚度对 O 形圈形状的影响。例如 180°分型面的 O 形圈模具（如图 12-15），其断面模腔半圆深浅 H_1 应等于断面模腔的半径 R 再减去飞边厚度 h 的一半。当两断面模腔合拢后，再加上飞边厚度，即为一整圆。其计算公式如下：

$$H_1=\left[\frac{W(1+C)-h}{2}\right]+\Delta \tag{12-9}$$

式中 H_1——模腔断面半圆深度，mm；

W——O 形圈断面直径，mm；

C——制品胶料收缩率（C_{max}值），%；

h——飞边厚度（查表 12-10）取中间值，mm；

Δ——深度公差（取±0.05）。

对 45°分型面的 O 形圈模具，由于飞边厚度所致，模具断面半圆在分型面处将产生轴向位移 y 值，从面造成断面错位（如图 12-16），如果飞边厚度为 h，则轴向位移 $y=\frac{h}{\sin 45°}$。因此在计算模具模腔尺寸时，

必须予以全面考虑。如果将模具下模 A 值加大一个 y 值或把上模的 A 值减小一个 y 值，由位移而造成的断面错位即可避免。在模具模腔计算时，下模一般标注上偏差；上模标注下偏差（如图 12-16 中 A 值）。

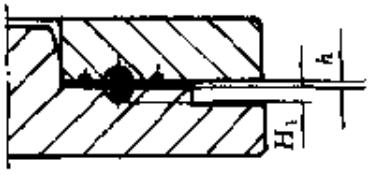


图 12-15　由飞边厚度造成椭圆

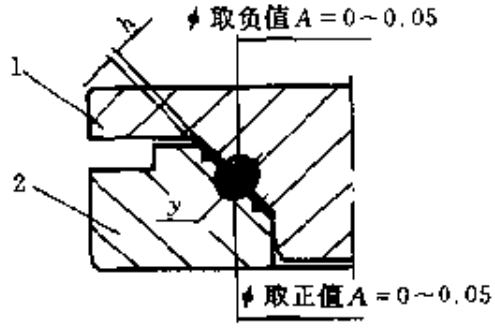


图 12-16　由飞边厚度造成椭圆和错位
1—上模；2—下模

上述 O 形圈模具模腔内径、断面及公差、飞边尺寸的计算举例如下。

【例】 已知 O 形圈制品如图 12-17（a）所示，使用胶料为 5171，求模腔内径、断面及公差计算与标注。

解： 查表 12-5 得 5171 收缩率 C 为 1.4%～1.7%，代入式(12-7)，得模腔内径 d_1 为：

$$d_1=54.5(1+1.7\%)\pm0.13$$
$$=55.42\pm0.13(\text{mm})$$

将 C 值代入式(12-8)得模腔断面尺寸 W_1 为：

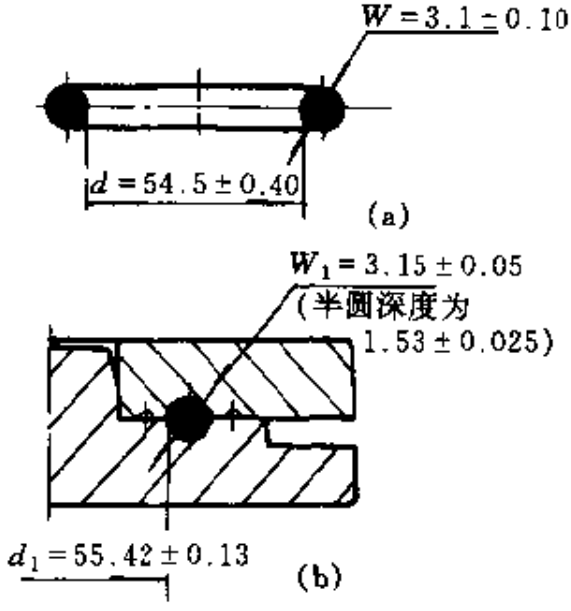


图 12-17　制品尺寸（a）与模腔尺寸（b）

$$W_1=3.1(1+1.7\%)\pm0.05=3.15\pm0.05(\text{mm})$$

再将 C 值代入式(12-9)得模腔断面半径深度 H_1 为：

$$H_1=\left[\frac{3.1(1+1.7\%)-0.10}{2}\right]\pm0.05=1.525\pm0.025(\text{mm})$$

模腔综合尺寸标注如图 12-17（b）所示。

(6) 其他制品尺寸的计算　上述几种模具模腔尺寸的计算与标注适用于一般相类似的橡胶制品。其成功率约在85%左右。对于其他种类繁多、形状复杂的橡胶制品，如防尘罩（套）、皮碗、异形嵌条等等，其模腔尺寸的计算可按如下步骤进行。

① 可以查阅表12-5或以硬度为基准计算胶料收缩率的近似值，作为计算首批模具模腔尺寸必不可少的数据。

② 提高加工精度，按制品要求提高2～3级，其值约等于制品允差的0.3倍。

③ 对精度要求较高的制品，可以取形状大小类似的模具进行试压，测定制品的实际收缩率；同时尽可能考虑在新开模具时留有修模余地，以便试样后修正不当的尺寸。但要注意模腔外径是越修越大，而模芯则相反，越修越小。

12.6　常用收缩率（1%～2.5%）计算表

对于橡胶制品收缩率，至今为止还没有一个具有实用价值的、真正准确的计算公式，因此只能凭经验估计或以实际测定的数据作参考。影响橡胶制品收缩率的变化因素较多，并且各橡胶制品生产企业工艺不统一，往往由此而产生很多麻烦。例如某模具厂，由于橡胶收缩率掌握不当，模具尺寸计算结果与实际差异较大，模具用户返工、退货频繁，该厂为此亏损而倒闭。这充分说明，对橡胶制品收缩率的研究与掌握是一件很重要的事情，并需进一步探讨和发展。

表12-11～表12-26为橡胶收缩率由1%～2.5%的常用模具尺寸计算值。表中N为依据尺寸（即制品的计算尺寸值），表内查得数值为所得尺寸（即模具考虑了收缩率后的尺寸）。表中N可100～1000查对，也可按10～100或1～10查对。但必须注意，依据尺寸小数点每移动一位，查对所得尺寸也得相应移动一位。

例如：收缩率为2.5%，

当依据尺寸＝256时，所得尺寸＝262.400；

依据尺寸＝25.6时，所得尺寸＝26.24；

依据尺寸＝2.56时，所得尺寸＝2.624。

表 12-11　1.0 %收缩率计算值

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	101.000	102.010	103.020	104.030	105.040	106.050	107.060	108.070	109.080	110.090
10	111.100	112.110	113.120	114.130	115.140	116.150	117.160	118.170	119.180	120.190
20	121.200	122.210	123.220	124.230	125.240	126.250	127.260	128.270	129.280	130.290
30	131.300	132.310	133.320	134.330	135.340	136.350	137.360	138.370	139.380	140.390
40	141.400	142.410	143.420	144.430	145.440	146.450	147.460	148.470	149.480	150.490
150	151.500	152.510	153.520	154.530	155.540	156.550	157.560	158.570	159.580	160.590
60	161.600	162.610	163.620	164.630	165.640	166.650	167.660	168.670	169.680	170.690
70	171.700	172.710	173.720	174.730	175.740	176.750	177.760	178.770	179.780	180.790
80	181.800	182.810	183.820	184.830	185.840	186.850	187.860	188.870	189.880	190.890
90	191.900	192.910	193.920	194.930	195.940	196.950	197.960	198.970	199.980	200.990
200	202.000	203.010	204.020	205.030	206.040	207.050	208.060	209.070	210.080	211.090
10	212.100	213.110	214.120	215.130	216.140	217.150	218.160	219.170	220.180	221.190
20	222.200	223.210	224.220	225.230	226.240	227.250	228.260	229.270	230.280	231.290
30	232.300	233.310	234.320	235.330	236.340	237.350	238.360	239.370	240.380	241.390
40	242.400	243.410	244.420	245.430	246.440	247.450	248.460	249.470	250.480	251.490
250	252.500	253.510	254.520	255.530	256.540	257.550	258.560	259.570	260.580	261.590
60	262.600	263.610	264.620	265.630	266.640	267.650	268.660	269.670	270.680	271.690
70	272.700	273.710	274.720	275.730	276.740	277.750	278.760	279.770	280.780	281.790
80	282.800	283.810	284.820	285.830	286.840	287.850	288.860	289.870	290.880	291.890
90	292.900	293.910	294.920	295.930	296.940	297.950	298.960	299.970	300.980	301.990
300	303.000	304.010	305.020	306.030	307.040	308.050	309.060	310.070	311.080	312.090
10	313.100	314.110	315.120	316.130	317.140	318.150	319.160	320.170	321.180	322.190
20	323.200	324.210	325.220	326.230	327.240	328.250	329.260	330.270	331.280	332.290
30	333.300	334.310	335.320	336.330	337.340	338.350	339.360	340.370	341.380	342.390
40	343.400	344.410	345.420	346.430	347.440	348.450	349.460	350.470	351.480	352.490
350	353.500	354.510	355.520	356.530	357.540	358.550	359.560	360.570	361.580	362.590
60	363.600	364.610	365.620	366.630	367.640	368.650	369.660	370.670	371.680	372.690
70	373.700	374.710	375.720	376.730	377.740	378.750	379.760	380.770	381.780	382.790
80	383.800	384.810	385.820	386.830	387.840	388.850	389.860	390.870	391.880	392.890
90	393.900	394.910	395.920	396.930	397.940	398.950	399.960	400.970	401.980	402.990
400	404.000	405.010	406.020	407.030	408.040	409.050	410.060	411.070	412.080	413.090
10	414.100	415.110	416.120	417.130	418.140	419.150	420.160	421.170	422.180	423.190
20	424.200	425.210	426.220	427.230	428.240	429.250	430.260	431.270	432.280	433.290
30	434.300	435.310	436.320	437.330	438.340	439.350	440.360	441.370	442.380	443.390
40	444.400	445.410	446.420	447.430	448.440	449.450	450.460	451.470	452.480	453.490
450	454.500	455.510	456.520	457.530	458.540	459.550	460.560	461.570	462.580	463.590
60	464.600	465.610	466.620	467.630	468.640	469.650	470.660	471.670	472.680	473.690
70	474.700	475.710	476.720	477.730	478.740	479.750	480.760	481.770	482.780	483.790
80	484.800	485.810	486.820	487.830	488.840	489.850	490.860	491.870	492.880	493.890
90	494.900	495.910	496.920	497.930	498.940	499.950	500.960	501.970	502.980	503.990
500	505.000	506.010	507.020	508.030	509.040	510.050	511.060	512.070	513.080	514.090
10	515.100	516.110	517.120	518.130	519.140	520.150	521.160	522.170	523.180	524.190
20	525.200	526.210	527.220	528.230	529.240	530.250	531.260	532.270	533.280	534.290
30	535.300	536.310	537.320	538.330	539.340	540.350	541.360	542.370	543.380	544.390
40	545.400	546.410	547.420	548.430	549.440	550.450	551.460	552.470	553.480	554.490
N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

续表

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
550	555.500	556.510	557.520	558.530	559.540	560.550	561.560	562.570	563.580	564.590
60	565.600	566.610	567.620	568.630	569.640	570.650	571.660	572.670	573.680	574.690
70	575.700	576.710	577.720	578.730	579.740	580.750	581.760	582.770	583.780	584.790
80	585.800	586.810	587.820	588.830	589.840	590.850	591.860	592.870	593.880	594.890
90	595.900	596.910	597.920	598.930	599.940	600.950	601.960	602.970	603.980	604.990
600	606.000	607.010	608.020	609.030	610.040	611.050	612.060	613.070	614.080	615.090
10	616.100	617.110	618.120	619.130	620.140	621.150	622.160	623.170	624.180	625.190
20	626.200	627.210	628.220	629.230	630.240	631.250	632.260	633.270	634.280	635.290
30	636.300	637.310	638.320	639.330	640.340	641.350	642.360	643.370	644.380	645.390
40	646.400	647.410	648.420	649.430	650.440	651.450	652.460	653.470	654.480	655.490
650	656.500	657.510	658.520	659.530	660.540	661.550	662.560	663.570	664.580	665.590
60	666.600	667.610	668.620	669.630	670.640	671.650	672.660	673.670	674.680	675.690
70	676.700	677.710	678.720	679.730	680.740	681.750	682.760	683.770	684.780	685.790
80	686.800	687.810	688.820	689.830	690.840	691.850	692.860	693.870	694.880	695.890
90	696.900	697.910	698.920	699.930	700.940	701.950	702.960	703.970	704.980	705.990
700	707.000	708.010	709.020	710.030	711.040	712.050	713.060	714.070	715.080	716.090
10	717.100	718.110	719.120	720.130	721.140	722.150	723.160	724.170	725.180	726.190
20	727.200	728.210	729.220	730.230	731.240	732.250	733.260	734.270	735.280	736.290
30	737.300	738.310	739.320	740.330	741.340	742.350	743.360	744.370	745.380	746.390
40	747.400	748.410	749.420	750.430	751.440	752.450	753.460	754.470	755.480	756.490
750	757.500	758.510	759.520	760.530	761.540	762.550	763.560	764.570	765.580	766.590
60	767.600	768.610	769.620	770.630	771.640	772.650	773.660	774.670	775.680	776.690
70	777.700	778.710	779.720	780.730	781.740	782.750	783.760	784.770	785.780	786.790
80	787.800	788.810	789.820	790.830	791.840	792.850	793.860	794.870	795.880	796.890
90	797.900	798.910	799.920	800.930	801.940	802.950	803.960	804.970	805.980	806.990
800	808.000	809.010	810.020	811.030	812.040	813.050	814.060	815.070	816.080	817.090
10	818.100	819.110	820.120	821.130	822.140	823.150	824.160	825.170	826.180	827.190
20	828.200	829.210	830.220	831.230	832.240	833.250	834.260	835.270	836.280	837.290
30	838.300	839.310	840.320	841.330	842.340	843.350	844.360	845.370	846.380	847.390
40	848.400	849.410	850.420	851.430	852.440	853.450	854.460	855.470	856.480	857.490
850	858.500	859.510	860.520	861.530	862.540	863.550	864.560	865.570	866.580	867.590
60	868.600	869.610	870.620	871.630	872.640	873.650	874.660	875.670	876.680	877.690
70	878.700	879.710	880.720	881.730	882.740	883.750	884.760	885.770	886.780	887.790
80	888.800	889.810	890.820	891.830	892.840	893.850	894.860	895.870	896.880	897.890
90	898.900	899.910	900.920	901.930	902.940	903.950	904.960	905.970	906.980	907.990
900	909.000	910.010	911.020	912.030	913.040	914.050	915.060	916.070	917.080	918.090
10	919.100	920.110	921.120	922.130	923.140	924.150	925.160	926.170	927.180	928.190
20	929.200	930.210	931.220	932.230	933.240	934.250	935.260	936.270	937.280	938.290
30	939.300	940.310	941.320	942.330	943.340	944.350	945.360	946.370	947.380	948.390
40	949.400	950.410	951.420	952.430	953.440	954.450	955.460	956.470	957.480	958.490
950	959.500	960.510	961.520	962.530	963.540	964.550	965.560	966.570	967.580	968.590
60	969.600	970.610	971.620	972.630	973.640	974.650	975.660	976.670	977.680	978.690
70	979.700	980.710	981.720	982.730	983.740	984.750	985.760	986.770	987.780	988.790
80	989.800	990.810	991.820	992.830	993.840	994.850	995.860	996.870	997.880	998.890
90	999.900	1000.910	1001.920	1002.930	1003.940	1004.950	1005.960	1006.970	1007.980	1008.990
N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

表 12-12　1.1 %收缩率计算值

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	101.100	102.111	103.122	104.133	105.144	106.155	107.166	108.177	109.188	110.199
10	111.210	112.221	113.232	114.243	115.254	116.265	117.276	118.287	119.298	120.309
20	121.320	122.331	123.342	124.353	125.364	126.375	127.386	128.397	129.408	130.419
30	131.430	132.441	133.452	134.463	135.474	136.485	137.496	138.507	139.518	140.529
40	141.540	142.551	143.562	144.573	145.584	146.695	147.606	148.617	149.628	150.639
150	151.650	152.661	153.672	154.683	155.694	156.705	157.716	158.727	159.738	160.749
60	161.760	162.771	163.782	164.793	165.804	166.815	167.826	168.837	169.848	170.859
70	171.870	172.881	173.892	174.903	175.914	176.925	177.936	178.947	179.958	180.969
80	181.980	182.991	184.002	185.013	186.024	187.035	188.046	189.057	190.068	191.079
90	192.090	193.101	194.112	195.123	196.134	197.145	198.156	199.167	200.178	201.189
200	202.200	203.211	204.222	205.233	206.244	207.255	208.266	209.277	210.288	211.299
10	212.310	213.321	214.332	215.343	216.354	217.365	218.376	219.387	220.398	221.409
20	222.420	223.431	224.442	225.453	226.464	227.475	228.486	229.497	230.508	231.519
30	232.530	233.541	234.552	235.563	236.574	237.585	238.596	239.607	240.618	241.629
40	242.640	243.651	244.662	245.673	246.684	247.695	248.706	249.717	250.728	251.739
250	252.750	253.761	254.772	255.783	256.794	257.805	258.816	259.827	260.838	261.849
60	262.860	263.871	264.882	265.893	266.904	267.915	268.926	269.937	270.948	271.959
70	272.970	273.981	274.992	276.003	277.014	278.025	279.036	280.047	281.058	282.069
80	283.080	284.091	285.102	286.113	287.124	288.135	289.146	290.157	291.168	292.179
90	293.190	294.201	295.212	296.223	297.234	298.245	299.256	300.267	301.278	302.289
300	303.300	304.311	305.322	306.333	307.344	308.355	309.366	310.377	311.388	312.399
10	313.410	314.421	315.432	316.443	317.454	318.465	319.476	320.487	321.498	322.509
20	323.520	324.531	325.542	326.553	327.564	328.575	329.586	330.597	331.608	332.619
30	333.630	334.641	335.652	336.663	337.674	338.685	339.696	340.707	341.718	342.729
40	343.740	344.751	345.762	346.773	347.784	348.795	349.806	350.817	351.828	352.839
350	353.850	354.861	355.872	356.883	357.894	358.905	369.916	360.927	361.938	362.949
60	363.960	364.971	365.982	366.993	368.004	369.015	370.026	371.037	372.048	373.059
70	374.070	375.081	376.092	377.103	378.114	379.125	380.136	381.147	382.158	383.169
80	384.180	385.191	386.202	387.213	388.224	389.235	390.246	391.257	392.268	393.279
90	394.290	395.301	396.312	397.323	398.334	399.345	400.356	401.367	402.378	403.389
400	404.400	405.411	406.422	407.433	408.444	409.455	410.466	411.477	412.488	413.499
10	414.510	415.521	416.532	417.543	418.554	419.565	420.576	421.587	422.598	423.609
20	424.620	425.631	426.642	427.653	428.664	429.675	430.686	431.697	432.708	433.719
30	434.730	435.741	436.752	437.763	438.774	439.785	440.796	441.807	442.818	443.829
40	444.840	445.851	446.862	447.873	448.884	449.895	450.906	451.917	452.928	453.939
450	454.950	455.961	456.972	457.983	458.994	460.005	461.016	462.027	463.038	464.049
60	465.060	466.071	467.082	468.093	469.104	470.115	471.126	472.137	473.148	474.159
70	475.170	476.181	477.192	478.203	479.214	480.225	481.236	482.247	483.258	484.269
80	485.280	486.291	487.302	488.313	489.324	490.335	491.346	492.357	493.368	494.379
90	495.390	496.401	497.412	498.423	499.434	500.445	501.456	502.467	503.478	504.489
500	505.500	506.511	507.522	508.533	509.544	510.555	511.566	512.577	513.588	514.599
10	515.610	516.621	517.632	518.643	519.654	520.665	521.676	522.687	523.698	524.709
20	525.720	526.731	527.742	528.753	529.764	530.775	531.786	532.797	533.808	534.819
30	535.830	536.841	537.852	538.863	539.874	540.885	541.896	542.907	543.918	544.929
40	545.940	546.951	547.962	548.973	549.984	550.995	552.006	553.017	554.028	555.039
N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

续表

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
550	556.050	557.061	558.072	559.083	560.094	561.105	562.116	563.127	564.138	565.149
60	566.160	567.171	568.182	569.193	570.204	571.215	572.226	573.237	574.248	575.259
70	576.270	577.281	578.292	579.303	580.314	581.325	582.336	583.347	584.358	585.369
80	586.380	587.391	588.402	589.413	590.424	591.435	592.446	593.457	594.468	595.479
90	596.490	597.501	598.512	599.523	600.534	601.545	602.556	603.567	604.578	605.589
600	606.600	607.611	608.622	609.633	610.644	611.655	612.666	613.677	614.688	615.699
10	616.710	617.721	618.732	619.743	620.754	621.765	622.776	623.787	624.798	625.809
20	626.820	627.831	628.842	629.853	630.864	631.875	632.886	633.897	634.908	635.919
30	636.930	637.941	638.952	639.963	640.974	641.985	642.996	644.007	645.018	646.029
40	647.040	648.051	649.062	650.073	651.084	652.095	653.106	654.117	655.128	656.139
650	657.150	658.161	659.172	660.183	661.194	662.205	663.216	664.227	665.238	666.249
60	667.260	668.271	669.282	670.293	671.304	672.315	673.326	674.337	675.348	676.359
70	677.370	678.381	679.392	680.403	681.414	682.425	683.436	684.447	685.458	686.469
80	687.480	688.491	689.502	690.513	691.524	692.535	693.546	694.557	695.568	696.579
90	697.590	698.601	699.612	700.623	701.634	702.645	703.656	704.667	705.678	706.689
700	707.700	708.711	709.722	710.733	711.744	712.755	713.766	714.777	715.788	716.799
10	717.810	718.821	719.832	720.843	721.854	722.865	723.876	724.887	725.898	726.909
20	727.920	728.931	729.942	730.953	731.964	732.975	733.986	734.997	736.008	737.019
30	738.030	739.041	740.052	741.063	742.074	743.085	744.096	745.107	746.118	747.129
40	748.140	749.151	750.162	751.173	752.184	753.195	754.206	755.217	756.228	757.239
750	758.250	759.261	760.272	761.283	762.294	763.305	764.316	765.327	766.338	767.349
60	768.360	769.371	770.382	771.393	772.404	773.415	774.426	775.437	776.448	777.459
70	778.470	779.481	780.492	781.503	782.514	783.525	784.536	785.547	786.558	787.569
80	788.580	789.591	790.602	791.613	792.624	793.635	794.646	795.657	796.668	797.679
90	798.690	799.701	800.712	801.723	802.734	803.745	804.756	805.767	806.778	807.789
800	808.800	809.811	810.822	811.833	812.844	813.855	814.866	815.877	816.888	817.899
10	818.910	819.921	820.932	821.943	822.954	823.965	824.976	825.987	826.998	828.009
20	829.020	830.031	831.042	832.053	833.064	834.075	835.086	836.097	837.108	838.119
30	839.130	840.141	841.152	842.163	843.174	844.185	845.196	846.207	847.218	848.229
40	849.240	850.251	851.262	852.273	853.284	854.295	855.306	856.317	857.328	858.338
850	859.350	860.361	861.372	862.383	863.394	864.405	865.416	866.427	867.438	868.449
60	869.460	870.471	871.482	872.493	873.504	874.515	875.526	876.537	877.548	878.559
70	879.570	880.581	881.592	882.603	883.614	884.625	885.636	886.647	887.658	888.669
80	889.680	890.691	891.702	892.713	893.724	894.735	895.746	896.757	897.768	898.779
90	899.790	900.801	901.812	902.823	903.834	904.845	905.856	906.867	907.878	908.889
900	909.900	910.911	911.922	912.933	913.944	914.955	915.966	916.977	917.988	918.999
10	920.010	921.021	922.032	923.043	924.054	925.065	926.076	927.087	928.098	929.109
20	930.120	931.131	932.142	933.153	934.164	935.175	936.186	937.197	938.208	939.219
30	940.230	941.241	942.252	943.263	944.274	945.285	946.296	947.307	948.318	949.329
40	950.340	951.351	952.362	953.373	954.384	955.395	956.406	957.417	958.428	959.439
950	960.450	961.461	962.472	963.483	964.494	965.505	966.516	967.527	968.538	969.549
60	970.560	971.571	972.582	973.593	974.604	975.615	976.626	977.637	978.648	979.659
70	980.670	981.681	982.692	983.703	984.714	985.725	986.736	987.747	988.758	989.769
80	990.780	991.791	992.802	993.813	994.824	995.835	996.846	997.857	998.868	999.879
90	1000.890	1001.901	1002.912	1003.923	1004.934	1005.945	1006.956	1007.967	1008.978	1009.989
N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

表 12-13　1.2 %收缩率计算值

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	101.200	102.212	103.224	104.236	105.248	106.260	107.272	108.284	109.296	110.308
10	111.320	112.332	113.344	114.356	115.368	116.380	117.392	118.404	119.416	120.428
20	121.440	122.452	123.464	124.476	125.488	126.500	127.512	128.524	129.536	130.548
30	131.560	132.572	133.584	134.596	135.608	136.620	137.632	138.644	139.656	140.668
40	141.680	142.692	143.704	144.716	145.728	146.740	147.752	148.764	149.776	150.788
150	151.800	152.812	153.824	154.836	155.848	156.860	157.872	158.884	159.896	160.908
60	161.920	162.932	163.944	164.956	165.968	166.980	167.992	169.004	170.016	171.028
70	172.040	173.052	174.064	175.076	176.088	177.100	178.112	179.124	180.136	181.148
80	182.160	183.172	184.184	185.196	186.208	187.220	188.232	189.244	190.256	191.268
90	192.280	193.292	194.304	195.316	196.328	197.340	198.352	199.364	200.376	201.388
200	202.400	203.412	204.424	205.436	206.448	207.460	208.472	209.484	210.496	211.508
10	212.520	213.532	214.544	215.556	216.568	217.580	218.592	219.604	220.616	221.628
20	222.640	223.652	224.664	225.676	226.688	227.700	228.712	229.724	230.736	231.748
30	232.760	233.772	234.784	235.796	236.808	237.820	238.832	239.844	240.856	241.868
40	242.880	243.892	244.904	245.916	246.928	247.940	248.952	249.964	250.976	251.988
250	253.000	254.012	255.024	256.036	257.048	258.060	259.072	260.084	261.096	262.108
60	263.120	264.132	265.144	266.156	267.168	268.180	269.192	270.204	271.216	272.228
70	273.240	274.252	275.264	276.276	277.288	278.300	279.312	280.324	281.336	282.348
80	283.360	284.372	285.384	286.396	287.408	288.420	289.432	290.444	291.456	292.468
90	293.480	294.492	295.504	296.516	297.528	298.540	299.552	300.564	301.576	302.588
300	303.600	304.612	305.624	306.636	307.648	308.660	309.672	310.684	311.696	312.708
10	313.720	314.732	315.744	316.756	317.768	318.780	319.792	320.804	321.816	322.828
20	323.840	324.852	325.864	326.876	327.888	328.900	329.912	330.924	331.936	332.948
30	333.960	334.972	335.984	336.996	338.008	339.020	340.032	341.044	342.056	343.068
40	344.080	345.092	346.104	347.116	348.128	349.140	350.152	351.164	352.176	353.188
350	354.200	355.212	356.224	357.236	358.248	359.260	360.272	361.284	362.296	363.308
60	364.320	365.332	366.344	367.356	368.368	369.380	370.392	371.404	372.416	373.428
70	374.440	375.452	376.464	377.476	378.488	379.500	380.512	381.524	382.536	383.548
80	384.560	385.572	386.584	387.596	388.608	389.620	390.632	391.644	392.656	393.668
90	394.680	395.692	396.704	397.716	398.728	399.740	400.752	401.764	402.776	403.788
400	404.800	405.812	406.824	407.836	408.848	409.860	410.872	411.884	412.896	413.908
10	414.920	415.932	416.944	417.956	418.968	419.980	420.992	422.004	423.016	424.028
20	425.040	426.052	427.064	428.076	429.088	430.100	431.112	432.124	433.136	434.148
30	435.160	436.172	437.184	438.196	439.208	440.220	441.232	442.244	443.256	444.268
40	445.280	446.292	447.304	448.316	449.328	450.340	451.352	452.364	453.376	454.388
450	455.400	456.412	457.424	458.436	459.448	460.460	461.472	462.484	463.496	464.508
60	465.520	466.532	467.544	468.556	469.568	470.580	471.592	472.604	473.616	474.628
70	475.640	476.652	477.664	478.676	479.688	480.700	481.712	482.724	483.736	484.748
80	485.760	486.772	487.784	488.796	489.808	490.820	491.832	492.844	493.856	494.868
90	495.880	496.892	497.904	498.916	499.928	500.940	501.952	502.964	503.976	504.988
500	506.000	507.012	508.024	509.036	510.048	511.060	512.072	513.084	514.096	515.108
10	516.120	517.132	518.144	519.156	520.168	521.180	522.192	523.204	524.216	525.228
20	526.240	527.252	528.264	529.276	530.288	531.300	532.312	533.324	534.336	535.348
30	536.360	537.372	538.384	539.396	540.408	541.420	542.432	543.444	544.456	545.468
40	546.480	547.492	548.504	549.516	550.528	551.540	552.552	553.564	554.576	555.588
N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

续表

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
550	556.600	557.612	558.624	559.636	560.648	561.660	562.672	563.684	564.696	565.708
60	566.720	567.732	568.744	569.756	570.768	571.780	572.792	573.804	574.816	575.828
70	576.840	577.852	578.864	579.876	580.888	581.900	582.912	583.924	584.936	585.948
80	586.960	587.972	588.984	589.996	591.008	592.020	593.032	594.044	595.056	596.068
90	597.080	598.092	599.104	600.116	601.128	602.140	603.152	604.164	605.176	606.188
600	607.200	608.212	609.224	610.236	611.248	612.260	613.272	614.284	615.296	616.308
10	617.320	618.332	619.344	620.356	621.368	622.380	623.392	624.404	625.416	626.428
20	627.440	628.452	629.464	630.476	631.488	632.500	633.512	634.524	635.536	636.548
30	637.560	638.572	639.584	640.596	641.608	642.620	643.632	644.644	645.656	646.668
40	647.680	648.692	649.704	650.716	651.728	652.740	653.752	654.764	655.776	656.788
650	657.800	658.812	659.824	660.836	661.848	662.860	663.872	664.884	665.896	666.908
60	667.920	668.932	669.944	670.956	671.968	672.980	673.992	675.004	676.016	677.028
70	678.040	679.052	680.064	681.076	682.088	683.100	684.112	685.124	686.136	687.148
80	688.160	689.172	690.184	691.196	692.208	693.220	694.232	695.244	696.256	697.268
90	698.280	699.292	700.304	701.316	702.328	703.340	704.352	705.364	706.376	707.388
700	708.400	709.412	710.424	711.436	712.448	713.460	714.472	715.484	716.496	717.508
10	718.520	719.532	720.544	721.556	722.568	723.580	724.592	725.604	726.616	727.628
20	728.640	729.652	730.664	731.676	732.688	733.700	734.712	735.724	736.736	737.748
30	738.760	739.772	740.784	741.796	742.808	743.820	744.832	745.844	746.856	747.868
40	748.880	749.892	750.904	751.916	752.928	753.940	754.952	755.964	756.976	757.988
750	759.000	760.012	761.024	762.036	763.048	764.060	765.072	766.084	767.096	768.108
60	769.120	770.132	771.144	772.156	773.168	774.180	775.192	776.204	777.216	778.228
70	779.240	780.252	781.264	782.276	783.288	784.300	785.312	786.324	787.336	788.348
80	789.360	790.372	791.384	792.396	793.408	794.420	795.432	796.444	797.456	798.468
90	799.480	800.492	801.504	802.516	803.528	804.540	805.552	806.564	807.576	808.588
800	809.600	810.612	811.624	812.636	813.648	814.660	815.672	816.684	817.696	818.708
10	819.720	820.732	821.744	822.756	823.768	824.780	825.792	826.804	827.816	828.828
20	829.840	830.852	831.864	832.876	833.888	834.900	835.912	836.924	837.936	838.948
30	839.960	840.972	841.984	842.996	844.008	845.020	846.032	847.044	848.056	849.068
40	850.080	851.092	852.104	853.116	854.128	855.140	856.152	857.164	858.176	859.188
850	860.200	861.212	862.224	863.236	864.248	865.260	866.272	867.284	868.296	869.308
60	870.320	871.332	872.344	873.356	874.368	875.380	876.392	877.404	878.416	879.428
70	880.440	881.452	882.464	883.476	884.488	885.500	886.512	887.524	888.536	889.548
80	890.560	891.572	892.584	893.596	894.608	895.620	896.632	897.644	898.656	899.668
90	900.680	901.692	902.704	903.716	904.728	905.740	906.752	907.764	908.776	909.788
900	910.800	911.812	912.824	913.836	914.848	915.860	916.872	917.884	918.896	919.908
10	920.920	921.932	922.944	923.956	924.968	925.980	926.992	928.004	929.016	930.028
20	931.040	932.052	933.064	934.076	935.088	936.100	937.112	938.124	939.136	940.148
30	941.160	942.172	943.184	944.196	945.208	946.220	947.232	948.244	949.256	950.268
40	951.280	952.292	953.304	954.316	955.328	956.340	957.352	958.364	959.376	960.388
950	961.400	962.412	963.424	964.436	965.448	966.460	967.472	968.484	969.496	970.508
60	971.520	972.532	973.544	974.556	975.568	976.580	977.592	978.604	979.616	980.628
70	981.640	982.652	983.664	984.676	985.688	986.700	987.712	988.724	989.736	990.748
80	991.760	992.772	993.784	994.796	995.808	996.820	997.832	998.844	999.856	1000.868
90	1001.880	1002.892	1003.904	1004.916	1005.928	1006.940	1007.952	1008.964	1009.976	1010.988
N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

表 12-14　1.3 %收缩率计算值

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	101.300	102.313	103.326	104.339	105.352	106.365	107.378	108.391	109.404	110.417
10	111.430	112.443	113.456	114.469	115.482	116.495	117.508	118.521	119.534	120.547
20	121.560	122.573	123.586	124.599	125.612	126.625	127.638	128.651	129.664	130.677
30	131.690	132.703	133.716	134.729	135.742	136.755	137.768	138.781	139.794	140.807
40	141.820	142.833	143.846	144.859	145.872	146.885	147.898	148.911	149.924	150.937
150	151.950	152.963	153.976	154.989	156.002	157.015	158.028	159.041	160.054	161.067
60	162.080	163.093	164.106	165.119	166.132	167.145	168.158	169.171	170.184	171.197
70	172.210	173.223	174.236	175.249	176.262	177.275	178.288	179.301	180.314	181.327
80	182.340	183.353	184.366	185.379	186.392	187.405	188.418	189.431	190.444	191.457
90	192.470	193.483	194.496	195.509	196.522	197.535	198.548	199.561	200.574	201.587
200	202.600	203.613	204.626	205.639	206.652	207.665	208.678	209.691	210.704	211.717
10	212.730	213.743	214.756	215.769	216.782	217.795	218.808	219.821	220.834	221.847
20	222.860	223.873	224.886	225.899	226.912	227.925	228.938	229.951	230.964	231.977
30	232.990	234.003	235.016	236.029	237.042	238.055	239.068	240.081	241.094	242.107
40	243.120	244.133	245.146	246.159	247.172	248.185	249.198	250.211	251.224	252.237
250	253.250	254.263	255.276	256.289	257.302	258.315	259.328	260.341	261.354	262.367
60	263.380	264.393	265.406	266.419	267.432	268.445	269.458	270.471	271.484	272.497
70	273.510	274.523	275.536	276.549	277.562	278.575	279.588	280.601	281.614	282.627
80	283.640	284.653	285.666	286.679	287.692	288.705	289.718	290.731	291.744	292.757
90	293.770	294.783	295.796	296.809	297.822	298.835	299.848	300.861	301.874	302.887
300	303.900	304.913	305.926	306.939	307.952	308.965	309.978	310.991	312.004	313.017
10	314.030	315.043	316.056	317.069	318.082	319.095	320.108	321.121	322.134	323.147
20	324.160	325.173	326.186	327.199	328.212	329.225	330.238	331.251	332.264	333.277
30	334.290	335.303	336.316	337.329	338.342	339.355	340.368	341.381	342.394	343.407
40	344.420	345.433	346.446	347.459	348.427	349.485	350.498	351.511	352.524	353.537
350	354.550	355.563	356.576	357.589	358.602	359.615	360.628	361.641	362.654	363.667
60	364.680	365.693	366.706	367.719	368.732	369.745	370.758	371.771	372.784	373.797
70	374.810	375.823	376.836	377.849	378.862	379.875	380.888	381.901	382.914	383.927
80	384.940	385.953	386.966	387.979	388.992	390.005	391.018	392.031	393.044	394.057
90	395.070	396.083	397.096	398.109	399.122	400.136	401.148	402.161	403.174	404.187
400	405.200	406.213	407.226	408.239	409.252	410.265	411.278	412.291	413.304	414.317
10	415.330	416.343	417.356	418.369	419.382	420.395	421.408	422.421	423.434	424.447
20	425.460	426.473	427.486	428.499	429.512	430.525	431.538	432.551	433.564	434.577
30	435.590	436.603	437.616	438.629	439.642	440.655	441.668	442.681	443.694	444.707
40	445.720	446.733	447.746	448.759	449.772	450.785	451.798	452.811	453.824	454.837
450	455.850	456.863	457.876	458.889	459.902	460.915	461.918	462.941	463.954	464.967
60	465.980	466.993	468.006	469.019	470.032	471.045	472.058	473.071	474.084	475.097
70	476.110	477.123	478.136	479.149	480.162	481.175	482.188	483.201	484.214	485.227
80	486.240	487.253	488.266	489.279	490.292	491.305	492.318	493.331	494.344	495.357
90	496.370	497.383	498.396	499.409	500.422	501.435	502.448	503.461	504.474	505.487
500	506.500	507.513	508.526	509.539	510.552	511.565	512.578	513.591	514.604	515.617
10	516.630	517.643	518.656	519.669	520.682	521.695	522.708	523.721	524.734	525.747
20	526.760	527.773	528.786	529.799	530.812	531.825	532.838	533.851	534.864	535.877
30	536.890	537.903	538.916	539.929	540.942	541.955	542.968	543.981	544.994	546.007
40	547.020	548.033	549.046	550.059	551.072	552.085	553.098	554.111	555.124	556.137
N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

续表

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
550	557.150	558.163	559.176	560.189	561.202	562.215	563.228	564.241	565.254	566.267
60	567.230	568.293	569.306	570.319	571.332	572.345	573.358	574.371	575.384	576.397
70	577.410	578.423	579.436	480.449	581.462	582.475	583.488	584.501	585.514	586.527
80	587.540	588.553	589.566	590.579	591.592	592.605	593.618	594.631	595.644	596.657
90	597.670	598.683	599.696	600.709	601.722	602.735	603.748	604.761	605.774	606.787
600	607.800	608.813	609.826	610.839	611.852	612.865	613.878	614.891	615.904	616.917
10	617.930	618.943	619.956	620.969	621.982	622.995	624.008	625.021	626.034	627.047
20	628.060	629.073	630.086	631.099	632.112	633.125	634.138	635.151	636.164	637.177
30	638.190	639.203	640.216	641.229	642.242	643.255	644.268	645.281	646.294	647.307
40	648.320	649.333	650.346	651.359	652.372	653.385	654.398	655.411	656.424	657.437
650	658.450	659.463	660.476	661.489	662.502	663.515	664.528	665.541	666.554	667.567
60	668.580	669.593	670.606	671.619	672.632	673.645	674.658	675.671	676.684	677.697
70	678.710	679.723	680.736	681.749	682.762	683.775	684.788	685.801	686.814	687.827
80	688.840	689.853	690.866	691.879	692.892	693.905	694.918	695.931	696.944	697.957
90	698.970	699.983	700.996	702.009	703.022	704.035	705.048	706.061	707.074	708.087
700	709.100	710.113	711.126	712.139	713.152	714.165	716.178	716.191	717.204	718.217
10	719.230	720.243	721.256	722.269	723.282	724.295	725.308	726.321	727.334	728.347
20	729.360	730.373	731.386	732.399	733.412	734.425	735.438	736.451	737.464	738.477
30	739.490	740.503	741.516	742.529	743.542	744.555	745.568	746.581	747.594	748.607
40	749.620	750.633	751.646	752.659	753.672	754.685	755.698	756.711	757.724	758.737
750	759.750	760.763	761.776	762.789	763.802	764.815	765.828	766.841	767.854	768.867
60	769.880	770.893	771.906	772.919	773.932	774.945	775.958	776.971	777.984	778.997
70	780.010	781.023	782.036	783.049	784.062	785.075	786.088	787.101	788.114	789.127
80	790.140	791.153	792.166	793.179	794.192	795.205	796.218	797.231	798.244	799.257
90	800.270	801.283	803.296	803.309	804.322	805.335	806.348	807.361	808.374	809.387
800	810.400	811.413	812.426	813.439	814.452	815.465	816.478	817.491	818.504	819.517
10	820.530	821.543	822.556	823.569	824.582	825.595	826.608	827.621	828.634	829.647
20	830.660	831.673	832.686	833.699	834.712	835.725	836.738	837.751	838.764	839.777
30	840.790	841.803	842.816	843.829	844.842	845.855	846.868	847.881	848.894	849.907
40	850.920	851.933	852.946	853.959	854.972	855.985	856.998	858.011	859.024	860.037
850	861.050	862.063	863.076	864.089	865.102	866.115	867.128	868.141	869.154	870.167
60	871.180	872.193	873.206	874.219	875.232	876.245	877.258	878.271	879.284	880.297
70	881.310	882.323	883.336	884.349	885.362	886.375	887.388	888.401	889.414	890.427
80	891.440	892.453	893.466	894.479	895.492	896.505	897.518	898.531	899.544	900.557
90	901.570	902.583	903.596	904.609	905.622	906.635	907.648	908.661	909.674	910.687
900	911.700	912.713	913.726	914.739	915.752	916.765	917.778	918.791	919.804	920.817
10	921.830	922.843	923.856	924.869	925.882	926.895	927.908	928.921	929.934	930.947
20	931.960	932.973	933.906	934.999	936.012	937.025	938.038	939.051	940.064	941.077
30	942.090	943.103	944.116	945.129	946.142	947.155	948.168	949.181	950.194	951.207
40	952.220	953.233	954.246	955.259	956.272	957.285	958.298	959.311	960.324	961.337
950	962.350	963.363	964.376	965.389	966.402	967.415	968.428	969.441	970.454	971.467
60	972.480	973.493	974.506	975.519	976.532	977.545	978.558	979.571	980.584	981.597
70	982.610	983.623	984.636	985.649	986.662	987.675	988.688	989.701	990.714	991.727
80	992.740	993.753	994.766	995.779	996.792	997.805	998.818	999.831	1000.844	1001.857
90	1002.870	1003.883	1004.896	1005.909	1006.922	1007.935	1008.948	1009.961	1010.974	1011.987
N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

表 12-15　1.4 %收缩率计算值

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	101.400	102.414	103.428	104.442	105.456	106.470	107.484	108.498	109.512	110.526
10	111.540	112.554	113.568	114.582	115.596	116.610	117.624	118.638	119.652	120.666
20	121.680	122.694	123.708	124.722	125.736	126.750	127.764	128.778	129.792	130.806
30	131.820	132.834	133.848	134.862	135.876	136.890	137.904	138.918	139.932	140.946
40	141.960	142.974	143.988	145.002	146.016	147.030	148.044	149.058	150.072	151.086
150	152.100	153.114	154.128	155.142	156.156	157.170	158.184	159.198	160.212	161.226
60	162.240	163.254	164.268	165.282	166.296	167.310	168.324	169.338	170.352	171.366
70	172.380	173.394	174.408	175.422	176.436	177.450	178.464	179.478	180.492	181.506
80	182.520	183.534	184.548	185.562	186.576	187.590	188.604	189.618	190.632	191.646
90	192.660	193.674	194.688	195.702	196.716	197.730	198.744	199.758	200.772	201.786
200	202.800	203.814	204.828	205.842	206.856	207.870	208.884	209.898	210.912	211.926
10	212.940	213.954	214.968	215.982	216.996	218.010	219.024	220.038	221.052	222.066
20	223.080	224.094	225.108	226.122	227.136	228.150	229.164	230.178	231.192	232.206
30	233.220	234.234	235.248	236.262	237.276	238.290	239.304	240.318	241.332	242.346
40	243.360	244.374	245.388	246.402	247.416	248.430	249.444	250.458	251.472	252.486
250	253.500	254.514	255.528	256.542	257.556	258.570	259.584	260.598	261.612	262.626
60	263.640	264.654	265.668	266.682	267.696	268.710	269.724	270.738	271.752	272.766
70	273.780	274.794	275.808	276.822	277.836	278.850	279.864	280.878	281.892	282.906
80	283.920	284.934	285.948	286.962	287.976	288.990	290.004	291.018	292.032	293.046
90	294.060	295.074	296.088	297.102	298.116	299.130	300.144	301.158	302.172	303.186
300	304.200	305.214	306.228	307.242	308.256	309.270	310.284	311.298	312.312	313.326
10	314.340	315.354	316.368	317.382	318.396	319.410	320.424	321.438	322.452	323.466
20	324.480	325.494	326.508	327.522	328.536	329.550	330.564	331.578	332.592	333.606
30	334.620	335.634	336.648	337.662	338.676	339.690	340.704	341.718	342.732	343.746
40	344.760	345.774	346.788	347.802	348.816	349.830	350.844	351.858	352.872	353.886
350	354.900	355.914	356.928	357.942	358.956	359.970	360.984	361.998	363.012	364.026
60	365.040	366.054	367.068	368.082	369.096	370.110	371.124	372.138	373.152	374.166
70	375.180	376.194	377.208	378.222	379.236	380.250	381.264	382.278	383.292	384.306
80	385.320	386.334	387.348	388.362	389.376	390.390	391.404	392.418	393.432	394.446
90	395.460	396.474	397.488	398.502	399.516	400.530	401.544	402.558	403.572	404.586
400	405.600	406.614	407.628	408.642	409.656	410.670	411.684	412.698	413.712	414.726
10	415.740	416.754	417.768	418.782	419.796	420.810	421.824	422.838	423.852	424.866
20	425.880	426.894	427.908	428.922	429.936	430.950	431.964	432.978	433.992	435.006
30	436.020	437.034	438.048	439.062	440.076	441.090	442.104	443.118	444.132	445.146
40	446.160	447.174	448.188	449.202	450.216	451.230	452.244	453.258	454.272	455.286
450	456.300	457.314	458.328	459.342	460.356	461.370	462.384	463.398	464.412	465.426
60	466.440	467.454	468.468	469.482	470.496	471.510	472.524	473.538	474.552	475.566
70	476.580	477.594	478.608	479.622	480.636	481.650	482.664	483.678	484.692	485.706
80	486.720	487.734	488.748	489.762	490.776	491.790	492.804	493.818	494.832	495.846
90	496.860	497.874	498.888	499.902	500.916	501.930	502.944	503.958	504.972	505.986
500	507.000	508.014	509.028	510.042	511.056	512.070	513.084	514.098	515.112	516.126
10	517.140	518.154	519.168	520.182	521.196	522.210	523.224	524.238	525.252	526.266
20	527.280	528.294	529.308	530.322	531.336	532.350	533.364	534.378	535.392	536.406
30	537.420	538.434	539.448	540.462	541.476	542.490	543.504	544.518	545.532	546.546
40	547.560	548.574	549.588	550.602	551.616	552.630	553.644	554.658	555.672	556.686
N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

续表

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
550	557.700	558.714	559.728	560.742	561.756	562.770	563.784	564.798	565.812	566.826
60	567.840	568.854	569.868	570.882	571.896	572.910	573.924	574.938	575.952	576.966
70	577.980	578.994	580.008	581.022	582.036	583.050	584.064	585.078	586.092	587.106
80	588.120	589.134	590.148	591.162	592.176	593.190	594.204	595.218	596.232	597.246
90	598.260	599.274	600.288	601.302	602.316	603.330	604.344	605.358	606.372	607.386
600	608.400	609.414	610.428	611.442	612.456	613.470	614.484	615.498	616.512	617.526
10	618.540	619.554	620.568	621.582	622.596	623.610	624.624	625.638	626.652	627.666
20	628.680	629.694	630.708	631.722	632.736	633.750	634.764	635.778	636.792	637.806
30	638.820	639.834	640.848	641.862	642.876	643.890	644.904	645.918	646.932	647.946
40	648.960	649.974	650.988	652.002	653.016	654.030	655.044	656.058	657.072	658.086
650	659.100	660.114	661.128	662.142	663.156	664.170	665.184	666.198	667.212	668.226
60	669.240	670.254	671.268	672.282	673.296	674.310	675.324	676.338	677.352	678.366
70	679.380	680.394	681.408	682.422	683.436	684.450	685.464	686.478	687.492	688.506
80	689.520	690.534	691.548	692.562	693.576	694.590	695.604	696.618	697.632	698.646
90	699.660	700.674	701.688	702.702	703.716	704.730	705.744	706.758	707.772	708.786
700	709.800	710.814	711.828	712.842	713.856	714.870	715.884	716.898	717.912	718.926
10	719.940	720.954	721.968	722.982	723.996	725.010	726.024	727.038	728.052	729.066
20	730.080	731.094	732.108	733.122	734.136	735.150	736.164	737.178	738.192	739.206
30	740.220	741.234	742.248	743.262	744.276	745.290	746.304	747.318	748.332	749.346
40	750.360	751.374	752.388	753.402	754.416	755.430	756.444	757.458	758.472	759.486
750	760.500	761.514	762.528	763.542	764.556	765.570	766.584	767.598	768.612	769.626
60	770.640	771.654	772.668	773.682	774.696	775.710	776.724	777.738	778.752	779.766
70	780.780	781.794	782.808	783.822	784.836	785.850	786.864	787.878	788.892	789.906
80	790.920	791.934	792.948	793.962	794.976	795.990	797.004	798.018	799.032	800.046
90	801.060	802.074	803.088	804.102	805.116	806.130	807.144	808.158	809.172	810.186
800	811.200	812.214	813.228	814.242	815.256	816.270	817.284	818.298	819.312	820.326
10	821.340	822.354	823.368	824.382	825.396	826.410	827.424	828.438	829.452	830.466
20	831.480	832.494	833.508	834.522	835.536	836.550	837.564	838.578	839.592	840.606
30	841.620	842.634	843.648	844.662	845.676	846.690	847.704	848.718	849.732	850.746
40	851.760	852.774	853.788	854.802	855.816	856.830	857.844	858.858	859.872	860.886
850	861.900	862.914	863.928	864.942	865.956	866.970	867.984	868.998	870.012	871.026
60	872.040	873.054	874.068	875.082	876.096	877.110	878.124	879.138	880.152	881.166
70	882.180	883.194	884.208	885.222	886.236	887.250	888.264	889.278	890.292	891.306
80	892.320	893.334	894.348	895.362	896.376	897.390	898.404	899.418	900.432	901.446
90	902.460	903.474	904.488	905.502	906.516	907.530	908.544	909.558	910.572	911.586
900	912.600	913.614	914.628	915.642	916.656	917.670	918.684	919.698	920.712	921.726
10	922.740	923.754	924.768	925.782	926.796	927.810	928.824	929.838	930.852	931.866
20	932.880	933.894	934.908	935.922	936.936	937.950	938.964	939.978	940.992	942.006
30	943.020	944.034	945.048	946.062	947.076	948.090	949.104	950.118	951.132	952.146
40	953.160	954.174	955.188	956.202	957.216	958.230	959.244	960.258	961.272	962.286
950	963.300	964.314	965.328	966.342	967.356	968.370	969.384	970.398	971.412	972.426
60	973.440	974.454	975.468	976.482	977.496	978.510	979.524	980.538	981.552	982.566
70	983.580	984.594	985.608	986.622	987.636	988.650	989.664	990.678	991.692	992.706
80	993.720	994.734	995.748	996.762	997.776	998.790	999.804	1000.818	1001.832	1002.846
90	1003.860	1004.874	1005.888	1006.902	1007.916	1008.930	1009.944	1010.958	1011.972	1012.986
N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

表 12-16　1.5 %收缩率计算值

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	101.500	102.515	103.530	104.545	105.560	106.575	107.590	108.605	109.620	110.635
10	111.650	112.665	113.680	114.695	115.710	116.725	117.740	118.755	119.770	120.785
20	121.800	122.815	123.830	124.845	125.860	126.875	127.890	128.905	129.920	130.935
30	131.950	132.965	133.980	134.995	136.010	137.025	138.040	139.055	140.070	141.085
40	142.100	143.115	144.130	145.145	146.160	147.175	148.190	149.205	150.220	151.235
150	152.250	153.265	154.280	155.295	156.310	157.325	158.340	159.355	160.370	161.385
60	162.400	163.415	164.430	165.445	166.460	167.475	168.490	169.505	170.520	171.535
70	172.550	173.565	174.580	175.595	176.610	177.625	178.640	179.655	180.670	181.685
80	182.700	183.715	184.730	185.745	186.760	187.775	188.790	189.805	190.820	191.835
90	192.850	193.865	194.880	195.895	196.910	197.925	198.940	199.955	200.970	201.985
200	203.000	204.015	205.030	206.045	207.060	208.075	209.090	210.105	211.120	212.135
10	213.150	214.165	215.180	216.195	217.210	218.225	219.240	220.255	221.270	222.285
20	223.300	224.315	225.330	226.345	227.360	228.375	229.390	230.405	231.420	232.435
30	233.450	234.465	235.480	236.495	237.510	238.525	239.540	240.555	241.570	242.585
40	243.600	244.615	245.630	246.645	247.660	248.675	249.690	250.705	251.720	252.735
250	253.750	254.765	255.780	256.795	257.810	258.825	259.840	260.855	261.870	262.885
60	263.900	264.915	265.930	266.945	267.960	268.975	269.990	271.005	272.020	273.035
70	274.050	275.065	276.080	277.095	278.110	279.125	280.140	281.155	282.170	283.185
80	284.200	285.215	286.230	287.245	288.260	289.275	290.290	291.305	292.320	293.335
90	294.350	295.365	296.380	297.395	298.410	299.425	300.440	301.455	302.470	303.485
300	304.500	305.515	306.530	307.545	308.560	309.575	310.590	311.605	312.620	313.635
10	314.650	315.665	316.680	317.695	318.710	319.725	320.740	321.755	322.770	323.785
20	324.800	325.815	326.830	327.845	328.860	329.875	330.890	331.905	332.920	333.935
30	334.950	335.965	336.980	337.995	339.010	340.025	341.040	342.055	343.070	344.085
40	345.100	346.115	347.130	348.145	349.160	350.175	351.190	352.205	353.220	354.235
350	355.250	356.265	357.280	358.295	359.310	360.325	361.340	362.355	363.370	364.385
60	365.400	366.415	367.430	368.445	369.460	370.475	371.490	372.505	373.520	374.535
70	375.550	376.565	377.580	378.595	379.610	380.625	381.640	382.655	383.670	384.685
80	385.700	386.715	387.730	388.745	389.760	390.775	391.790	392.805	393.820	394.835
90	395.850	396.865	397.880	398.895	399.910	400.925	401.940	402.955	403.970	404.985
400	406.000	407.015	408.030	409.045	410.060	411.075	412.090	413.105	414.120	415.135
10	416.150	417.165	418.180	419.195	420.210	421.225	422.240	423.255	424.270	425.285
20	426.300	427.315	428.330	429.345	430.360	431.375	432.390	433.405	434.420	435.435
30	436.450	437.465	438.480	439.495	440.510	441.525	442.540	443.555	444.570	445.585
40	446.600	447.615	448.630	449.645	450.660	451.675	452.690	453.705	454.720	455.735
450	456.750	457.765	458.780	459.795	460.810	461.825	462.840	463.855	464.870	465.885
60	466.900	467.915	468.930	469.945	470.960	471.975	472.990	474.005	475.020	476.035
70	477.050	478.065	479.080	480.095	481.110	482.125	483.140	484.155	485.170	486.185
80	487.200	488.215	489.230	490.245	491.260	492.275	493.290	494.305	495.320	496.335
90	497.350	498.365	499.380	500.395	501.410	502.425	503.440	504.455	505.470	506.485
500	507.500	508.515	509.530	510.545	511.560	512.575	513.590	514.605	515.620	516.635
10	517.650	518.665	519.680	520.695	521.710	522.725	523.740	524.755	525.770	526.785
20	527.800	528.815	529.830	530.845	531.860	532.875	533.890	534.905	535.920	536.935
30	537.950	538.965	539.980	540.995	542.010	543.025	544.040	545.055	546.070	547.085
40	548.100	549.115	550.130	551.145	552.160	553.175	554.190	555.205	556.220	557.235
N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

续表

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
550	558.250	559.265	560.280	561.295	562.310	563.325	564.340	565.355	566.370	567.385
60	568.400	569.415	570.430	571.445	572.460	573.475	574.490	575.505	576.520	577.535
70	578.550	579.565	580.580	581.595	582.610	583.625	584.640	585.655	586.670	587.685
80	588.700	589.715	590.730	591.745	592.760	593.775	594.730	595.805	596.820	597.835
90	598.850	599.865	600.880	601.895	602.910	603.925	604.940	605.955	606.970	607.985
600	609.000	610.015	611.030	612.045	613.060	614.075	615.090	616.105	617.120	618.135
10	619.150	620.165	621.180	622.195	623.210	624.225	625.240	626.255	627.270	628.285
20	629.300	630.315	631.330	632.345	633.360	634.375	635.390	636.405	637.420	638.435
30	639.450	640.465	641.480	642.495	643.510	644.525	645.540	646.555	647.570	648.585
40	649.600	650.615	651.630	652.645	653.660	654.675	655.690	656.705	657.720	658.735
650	659.750	660.765	661.780	662.795	663.810	664.825	665.840	666.855	667.870	668.885
60	669.900	670.915	671.930	672.945	673.960	674.975	675.990	677.005	678.020	679.035
70	680.050	681.065	682.080	683.095	684.110	685.125	686.140	687.155	688.170	689.185
80	690.200	691.215	692.230	693.245	694.260	695.275	696.290	697.305	698.320	699.335
90	700.350	701.365	702.380	703.395	704.410	705.425	706.440	707.455	708.470	709.485
700	710.500	711.515	712.530	713.545	714.560	715.575	716.590	717.605	718.620	719.635
10	720.650	721.665	722.680	723.695	724.710	725.725	726.740	727.755	728.770	729.785
20	730.800	731.815	732.830	733.845	734.860	735.875	736.890	737.905	738.920	739.935
30	740.950	741.965	742.980	743.995	745.010	746.025	747.040	748.055	749.070	750.085
40	751.100	752.115	753.130	754.145	755.160	756.175	757.190	758.205	759.220	760.235
750	761.250	762.265	763.280	764.295	765.310	766.325	767.340	768.355	769.370	770.385
60	771.400	772.415	773.430	774.445	775.460	776.475	777.490	778.505	779.520	780.535
70	781.550	782.565	783.580	784.595	785.610	786.625	787.640	788.655	789.670	790.685
80	791.700	792.715	793.730	794.745	795.760	796.775	797.790	798.805	799.820	800.835
90	801.850	802.865	803.880	804.895	805.910	806.925	807.940	808.955	809.970	810.985
800	812.000	813.015	814.030	815.045	816.060	817.075	818.090	819.105	820.120	821.135
10	822.150	823.165	824.180	825.195	826.210	827.225	828.240	829.255	830.270	831.285
20	832.300	833.315	834.330	835.345	836.360	837.375	838.390	839.405	840.420	841.435
30	842.450	843.465	844.480	845.495	846.510	847.525	848.540	849.555	850.570	851.585
40	852.600	853.615	854.630	855.645	856.660	857.675	858.690	859.705	860.720	861.735
850	862.750	863.765	864.780	865.795	866.810	867.825	868.840	869.855	870.870	871.885
60	872.900	873.915	874.930	875.945	876.960	877.975	878.990	880.005	881.020	882.035
70	883.050	884.065	885.080	886.095	887.110	888.125	889.140	890.155	891.170	892.185
80	893.200	894.215	895.230	896.245	897.260	898.275	899.290	900.305	901.320	902.335
90	903.350	904.365	905.380	906.395	907.410	908.425	909.440	910.455	911.470	912.485
900	913.500	914.515	915.530	916.545	917.560	918.575	919.590	920.605	921.620	922.635
10	923.650	924.665	925.680	926.695	927.710	928.725	929.740	930.755	931.770	932.785
20	933.800	934.815	935.830	936.845	937.860	938.875	939.890	940.905	941.920	942.935
30	943.950	944.365	945.980	946.995	948.010	949.025	950.040	951.055	952.070	953.085
40	954.100	955.115	956.130	957.145	958.160	959.175	960.190	961.205	962.220	963.235
950	964.250	965.265	966.280	967.295	968.310	969.325	970.340	971.355	972.370	973.385
60	974.400	975.415	976.430	977.445	978.460	979.475	980.490	981.505	982.520	983.535
70	984.550	985.565	986.580	987.595	988.610	989.625	990.640	991.655	992.670	993.685
80	994.700	995.715	996.730	997.745	998.760	999.775	1000.790	1001.805	1002.820	1003.835
90	1004.850	1005.865	1006.880	1007.895	1008.910	1009.925	1010.940	1011.955	1012.970	1013.985
N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

表 12-17　1.6 %收缩率计算值

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	101.600	102.616	103.632	104.648	105.664	106.680	107.696	108.712	109.728	110.744
10	111.760	112.776	113.792	114.808	115.824	116.840	117.856	118.872	119.888	120.904
20	121.920	122.936	123.952	124.968	125.984	127.000	128.016	129.032	130.048	131.064
30	132.080	133.096	134.112	135.128	136.144	137.160	138.176	139.192	140.208	141.224
40	142.240	143.256	144.272	145.288	146.304	147.320	148.336	149.352	150.368	151.384
150	152.400	153.416	154.432	155.448	156.464	157.480	158.496	159.512	160.528	161.544
60	162.560	163.576	164.592	165.608	166.624	167.640	168.656	169.672	170.688	171.704
70	172.720	173.736	174.752	176.768	176.784	177.800	178.816	179.832	180.848	181.864
80	182.880	183.896	184.912	185.928	186.944	187.960	188.976	189.992	191.008	192.024
90	193.040	194.056	195.072	196.088	197.104	198.120	199.136	200.152	201.168	202.184
200	203.200	204.216	205.232	206.248	207.264	208.280	209.296	210.312	211.328	212.344
10	213.360	214.376	215.392	216.408	217.424	218.440	219.456	220.472	221.488	222.504
20	223.520	224.536	225.552	226.568	227.584	228.600	229.616	230.632	231.648	232.664
30	233.680	234.696	235.712	236.728	237.744	238.760	239.776	240.792	241.808	242.824
40	243.840	244.856	245.872	246.888	247.904	248.920	249.936	250.952	251.968	252.984
250	254.000	255.016	256.032	257.048	258.064	259.080	260.096	261.112	262.128	263.144
60	264.160	265.176	266.192	267.208	268.224	269.240	270.256	271.272	272.288	273.304
70	274.320	275.336	276.352	277.368	278.384	279.400	280.416	281.432	282.448	283.464
80	284.480	285.496	285.512	287.528	288.544	289.560	290.576	291.592	292.608	293.624
90	294.640	295.656	296.672	297.688	298.704	299.720	300.736	301.752	302.768	303.784
300	304.800	305.816	306.832	307.848	308.864	309.880	310.896	311.912	312.928	313.944
10	314.960	315.976	316.992	318.008	319.024	320.040	321.056	322.072	323.088	324.104
20	325.120	326.136	327.152	328.168	329.184	330.200	331.216	332.232	333.248	334.264
30	335.280	336.296	337.312	338.328	339.344	340.360	341.376	342.392	343.408	344.424
40	345.440	346.456	347.472	348.488	349.504	350.520	351.536	352.552	353.568	354.584
350	355.600	356.616	357.632	358.648	359.664	360.680	361.696	362.712	363.728	364.744
60	365.760	366.776	367.792	368.808	369.824	370.840	371.856	372.872	373.888	374.904
70	375.920	376.936	377.952	378.968	379.984	381.000	382.016	383.032	384.048	385.064
80	386.080	387.096	388.112	389.128	390.144	391.160	392.176	393.192	394.208	395.224
90	396.240	397.256	398.272	399.288	400.304	401.320	402.336	403.352	404.368	405.384
400	406.400	407.416	408.432	409.448	410.464	411.480	412.496	413.512	414.528	415.544
10	416.560	417.576	418.592	419.608	420.624	421.640	422.656	423.672	424.688	425.704
20	426.720	427.736	428.752	429.768	430.784	431.800	432.816	433.832	434.848	435.864
30	436.880	437.896	438.912	439.928	440.944	441.960	442.976	443.992	445.008	446.024
40	447.040	448.056	449.072	450.088	451.104	452.120	453.136	454.152	455.168	456.184
450	457.200	458.216	459.232	460.248	461.264	462.280	463.296	464.312	465.328	466.344
60	467.360	468.376	469.392	470.408	471.424	472.440	473.456	474.472	475.488	476.504
70	477.520	478.536	479.552	480.568	481.584	482.600	483.616	484.632	485.648	486.664
80	487.680	488.696	489.712	490.728	491.744	492.760	493.776	494.792	495.808	496.824
90	497.840	498.856	499.872	500.888	501.904	502.920	503.936	504.952	505.968	506.984
500	508.000	509.016	510.032	511.048	512.064	513.080	514.096	515.112	516.128	517.144
10	518.160	519.176	520.192	521.208	522.224	523.240	524.256	525.272	526.288	527.304
20	528.320	529.336	530.352	531.368	532.384	533.400	534.416	535.432	536.448	537.464
30	538.480	539.496	540.512	541.528	542.544	543.560	544.576	545.592	546.608	547.624
40	548.640	549.656	550.672	551.688	552.704	553.720	554.736	555.752	556.768	557.784
N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

续表

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
550	558.800	559.816	560.832	561.848	562.864	563.880	564.896	565.912	566.928	567.944
60	568.960	569.976	570.992	572.008	573.024	574.040	575.056	576.072	577.088	578.104
70	579.120	580.136	581.152	582.168	583.184	584.200	585.216	586.232	587.248	588.264
80	589.280	590.296	591.312	592.328	593.344	594.360	595.376	596.392	597.408	598.424
90	599.440	600.456	601.472	602.488	603.504	604.520	605.536	606.552	607.568	608.584
600	609.600	610.616	611.632	612.648	613.664	614.680	615.696	616.712	617.728	618.744
10	619.760	620.776	621.792	622.808	623.824	624.840	625.856	626.872	627.888	628.904
20	629.920	630.936	631.952	632.968	633.984	635.000	636.016	637.032	638.048	639.064
30	640.080	641.096	642.112	643.128	644.144	645.160	646.176	647.192	648.208	649.224
40	650.240	651.256	652.272	653.288	654.304	655.320	656.336	657.352	658.368	659.384
650	660.400	661.416	662.432	663.448	664.464	665.480	666.496	667.512	668.528	669.544
60	670.560	671.576	672.592	673.608	674.624	675.640	676.656	677.672	678.688	679.704
70	680.720	681.736	682.752	683.768	684.784	685.800	686.816	687.832	688.848	689.864
80	690.880	691.896	692.912	693.928	694.944	695.960	696.976	697.992	699.008	700.024
90	701.040	702.055	703.072	704.088	705.104	706.120	707.136	708.152	709.168	710.184
700	711.200	712.216	713.232	714.248	715.264	716.280	717.296	718.312	719.328	720.344
10	721.360	722.376	723.392	724.408	725.424	726.440	727.456	728.472	729.488	730.504
20	731.520	732.536	733.552	734.568	735.584	736.600	737.616	738.632	739.648	740.664
30	741.680	742.696	743.712	744.728	745.744	746.760	747.776	748.792	749.808	750.824
40	751.840	752.856	753.872	754.888	755.904	756.920	757.936	758.952	759.968	760.984
750	762.000	763.016	764.032	765.048	766.064	767.080	768.096	769.112	770.128	771.144
60	772.160	773.176	774.192	775.208	776.224	777.240	778.256	779.272	780.288	781.304
70	782.320	783.336	784.352	785.368	768.384	787.400	788.416	789.432	790.448	791.464
80	792.480	793.496	794.512	795.528	796.544	797.560	798.576	799.592	800.608	801.624
90	802.640	803.656	804.672	805.688	806.704	807.720	808.736	809.752	810.768	811.784
800	812.800	813.816	814.832	815.848	816.864	817.880	818.896	819.912	820.928	821.944
10	822.960	823.976	824.992	826.008	827.024	828.040	829.056	830.072	831.088	832.104
20	833.120	834.136	835.152	836.168	837.184	838.200	839.216	840.232	841.248	842.264
30	843.280	844.296	845.312	846.328	847.344	848.360	849.376	850.392	851.408	852.424
40	853.440	854.456	855.472	856.488	857.504	858.520	859.536	860.552	861.568	862.584
850	863.600	864.616	865.632	866.648	867.664	868.680	869.696	870.712	871.728	872.744
60	873.760	874.776	875.792	876.808	877.824	878.840	879.856	880.872	881.888	882.904
70	883.920	884.936	885.952	886.968	887.984	889.060	890.016	891.032	892.048	893.064
80	894.080	895.096	896.112	897.128	898.144	899.160	900.176	901.192	902.208	903.224
90	904.240	905.256	906.272	907.288	908.304	909.320	910.336	911.352	912.368	913.384
900	914.400	915.416	916.432	917.448	918.464	919.480	920.496	921.512	922.528	923.544
10	924.560	925.576	926.592	927.608	928.624	929.640	930.656	931.672	932.688	933.704
20	934.720	935.736	936.752	937.768	938.784	939.800	940.816	941.832	942.848	943.864
30	944.880	945.896	946.912	947.928	948.944	949.960	950.976	951.992	953.008	954.024
40	955.040	956.056	957.072	958.088	959.104	960.120	961.136	962.152	963.168	964.184
950	965.200	966.216	967.232	968.248	969.264	970.280	971.296	972.312	973.328	974.344
60	975.360	976.376	977.392	978.408	979.424	980.440	981.456	982.472	983.488	984.504
70	985.520	986.536	987.552	988.568	989.584	990.600	991.616	992.632	993.648	994.664
80	995.680	996.696	997.712	998.728	999.744	1000.760	1001.776	1002.792	1003.808	1004.824
90	1005.840	1006.856	1007.872	1008.888	1009.904	1010.920	1011.936	1012.952	1013.968	1014.984
N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

表 12-18　1.7 %收缩率计算值

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	101.700	102.717	103.734	104.751	105.768	106.785	107.802	108.819	109.836	110.853
10	111.870	112.887	113.904	114.921	115.938	116.955	117.972	118.989	120.006	121.023
20	122.040	123.057	124.074	125.091	126.108	127.125	128.142	129.159	130.176	131.193
30	132.210	133.227	134.244	135.261	136.278	137.295	138.312	139.329	140.346	141.363
40	142.380	143.397	144.414	145.431	146.448	147.465	148.482	149.499	150.516	151.533
150	152.550	153.567	154.584	155.601	156.618	157.635	158.652	159.669	160.686	161.703
60	162.720	163.737	164.754	165.771	166.788	167.805	168.822	169.839	170.856	171.873
70	172.890	173.907	174.924	175.941	176.958	177.975	178.992	180.009	181.026	182.043
80	183.060	184.077	185.094	186.111	187.128	188.145	189.162	190.179	191.196	192.213
90	193.230	194.247	195.264	196.281	197.298	198.315	199.332	200.349	201.366	202.383
200	203.400	204.417	205.434	206.451	207.468	208.485	209.502	210.519	211.536	212.553
10	213.570	214.587	215.604	216.621	217.638	218.655	219.672	220.689	221.706	222.723
20	223.740	224.757	225.774	226.791	227.808	228.825	229.842	230.859	231.876	232.893
30	233.910	234.927	235.944	235.961	237.978	238.995	240.012	241.029	242.046	243.063
40	244.080	245.097	246.114	247.131	248.148	249.165	250.182	251.199	252.216	253.233
250	254.250	255.267	256.284	257.301	258.318	259.335	260.352	261.369	262.386	263.403
60	264.420	265.437	266.454	267.471	268.488	269.505	270.522	271.539	272.556	273.573
70	274.590	275.607	276.624	277.641	278.658	279.675	280.692	281.709	282.726	283.743
80	284.760	285.777	286.794	287.811	288.828	289.845	290.862	291.879	292.896	293.913
90	294.930	295.947	296.964	297.981	298.998	300.015	301.032	302.049	303.066	304.083
300	305.100	306.117	307.134	308.151	309.168	310.185	311.202	312.219	313.236	314.253
10	315.270	316.287	317.304	318.321	319.338	320.355	321.372	322.389	323.406	324.423
20	325.440	326.457	327.474	328.491	329.508	330.525	331.542	332.559	333.576	334.593
30	335.610	336.627	337.644	338.661	339.678	340.695	341.712	342.729	343.746	344.763
40	345.780	346.797	347.814	348.831	349.848	350.865	351.882	352.899	353.916	354.933
350	355.950	356.967	357.984	359.001	360.018	361.035	362.052	363.069	364.086	365.103
60	366.120	367.137	368.154	369.171	370.188	371.205	372.222	373.239	374.256	375.273
70	376.290	377.307	378.324	379.341	380.358	381.375	382.392	383.409	384.426	385.443
80	386.460	387.477	388.494	389.511	390.528	391.545	392.562	393.579	394.596	395.613
90	396.630	397.647	398.664	399.681	400.698	401.715	402.732	403.749	404.766	405.783
400	406.800	407.817	408.834	409.851	410.868	411.885	412.902	413.919	414.936	415.953
10	416.970	417.987	419.004	420.021	421.038	422.055	423.072	424.089	425.106	426.123
20	427.140	428.157	429.174	430.191	431.208	432.225	433.242	434.259	435.276	436.293
30	437.310	438.327	439.344	440.361	441.378	442.395	443.412	444.429	445.446	446.463
40	447.480	448.497	449.514	450.531	451.548	452.565	453.582	454.599	455.616	456.633
450	457.650	458.667	459.684	460.701	461.718	462.735	463.752	464.769	465.786	466.803
60	467.820	468.837	469.854	470.871	471.888	472.905	473.922	474.939	475.956	476.973
70	477.990	479.007	480.024	481.041	482.058	483.075	484.092	485.109	486.126	487.143
80	488.160	489.177	490.194	491.211	492.228	493.245	494.262	495.279	496.296	497.313
90	498.330	499.347	500.364	501.381	502.398	503.415	504.432	505.449	506.466	507.483
500	508.500	509.517	510.534	511.551	512.568	513.585	514.602	515.619	516.636	517.653
10	518.670	519.687	520.704	521.721	522.738	523.755	524.772	525.789	526.806	527.823
20	528.840	529.857	530.874	531.891	532.908	533.925	534.942	535.959	536.976	537.993
30	539.010	540.027	541.044	542.061	543.078	544.095	545.112	546.129	547.146	548.163
40	549.180	550.197	551.214	552.231	553.248	554.265	555.282	556.299	557.316	558.333
N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

续表

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
550	559.350	560.367	561.384	562.401	563.418	564.435	565.452	566.469	567.486	568.503
60	569.520	570.537	571.554	572.571	573.588	574.605	575.622	576.639	577.656	578.673
70	579.690	580.707	581.724	582.741	583.758	584.775	585.792	586.809	587.826	588.843
80	589.860	590.877	591.894	592.911	593.928	594.945	595.962	596.979	597.996	599.013
90	600.030	601.047	602.064	603.081	604.098	605.115	606.132	607.149	608.166	609.183
600	610.200	611.217	612.234	613.251	614.268	615.285	616.302	617.319	618.336	619.353
10	620.370	621.387	622.404	623.421	624.438	625.455	626.472	627.489	628.506	629.523
20	630.540	631.557	632.574	633.591	634.608	635.625	636.642	637.659	638.676	639.693
30	640.710	641.727	642.744	643.761	644.778	645.795	646.812	647.829	648.846	649.863
40	650.880	651.897	652.914	653.931	654.948	655.965	656.982	657.999	659.016	660.033
650	661.050	662.067	663.084	664.101	665.118	666.135	667.152	668.169	669.186	670.203
60	671.220	672.237	673.254	674.271	675.288	676.305	677.322	678.339	679.356	680.373
70	681.390	682.407	683.424	684.441	685.458	686.475	687.492	688.509	689.526	690.543
80	691.560	692.577	693.594	694.611	695.628	696.645	697.662	698.679	699.696	700.713
90	701.730	702.747	703.764	704.781	705.798	706.815	707.832	708.849	709.866	710.883
700	711.900	712.917	713.934	714.951	715.968	716.985	718.002	719.019	720.036	721.053
10	722.070	723.087	724.104	725.121	726.138	727.155	728.172	729.189	730.206	731.223
20	732.240	733.257	734.274	735.291	736.308	737.325	738.342	739.359	740.376	741.393
30	742.410	743.427	744.444	745.461	746.478	747.495	748.512	749.529	750.546	751.563
40	752.580	753.597	754.614	755.631	756.648	757.665	758.682	759.699	760.716	761.733
750	762.750	763.767	764.784	765.801	766.818	767.835	768.852	769.869	770.886	771.903
60	772.920	773.937	774.954	775.971	776.988	778.005	779.022	780.039	781.056	782.073
70	783.090	784.107	785.124	785.141	787.158	788.175	789.192	790.209	791.226	792.243
80	793.260	794.277	795.294	796.311	797.328	798.345	799.362	800.379	801.396	802.413
90	803.430	804.447	805.464	806.481	807.498	808.515	809.532	810.549	811.566	812.583
800	813.600	814.617	815.634	816.651	817.668	818.685	819.702	820.719	821.736	822.753
10	823.770	824.787	825.804	826.821	827.838	828.855	829.872	830.889	831.906	832.923
20	833.940	834.957	835.974	836.991	838.008	839.025	840.042	841.059	842.076	843.093
30	844.110	845.127	846.144	847.161	848.178	849.195	850.212	851.229	852.246	853.263
40	854.280	855.297	856.314	857.331	858.348	859.365	860.382	861.399	862.416	863.433
850	864.450	865.467	866.484	867.501	868.518	869.535	870.552	871.569	872.586	873.603
60	874.620	875.637	876.654	877.671	878.688	879.705	880.722	881.739	882.756	883.773
70	884.790	885.807	886.824	887.841	888.858	889.875	890.892	891.909	892.926	893.943
80	894.960	895.977	896.994	898.011	899.028	900.045	901.062	902.079	903.096	904.113
90	905.130	906.147	907.164	908.181	909.198	910.215	911.232	912.249	913.266	914.283
900	915.300	916.317	917.334	918.351	919.368	920.385	921.402	922.419	923.436	924.453
10	925.470	926.487	927.504	923.521	929.538	930.555	931.572	932.589	933.606	934.623
20	935.640	936.657	937.674	938.691	939.708	940.725	941.742	942.759	943.776	944.793
30	945.810	946.827	947.844	948.861	949.878	950.895	951.912	952.929	953.946	954.963
40	955.980	956.997	958.014	959.031	960.048	961.065	962.082	963.099	964.116	965.133
950	966.150	967.167	968.184	969.201	970.218	971.235	972.252	973.269	974.286	975.303
60	976.320	977.337	978.354	979.371	980.388	981.405	982.422	983.439	984.456	985.473
70	986.490	987.507	988.524	989.541	990.558	991.575	992.592	993.609	994.626	995.643
80	996.660	997.677	998.694	999.711	1000.728	1001.745	1002.762	1003.779	1004.796	1005.813
90	1006.830	1007.847	1008.864	1009.881	1010.898	1011.915	1012.932	1013.949	1014.966	1015.983
N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

表 12-19　1.8 %收缩率计算值

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	101.800	102.818	103.836	104.854	105.872	106.890	107.908	108.926	109.944	110.962
10	111.980	112.998	114.016	115.034	116.052	117.070	118.088	119.106	120.124	121.142
20	122.160	123.178	124.196	125.214	126.232	127.250	128.268	129.286	130.304	131.322
30	132.340	133.358	134.376	135.394	136.412	137.430	138.448	139.466	140.484	141.502
40	142.520	143.538	144.556	145.574	146.592	147.610	148.628	149.646	150.664	151.682
150	152.700	153.718	154.736	155.754	156.772	157.790	158.808	159.826	160.844	161.862
60	162.880	163.898	164.916	165.934	166.952	167.970	168.988	170.006	171.024	172.042
70	173.060	174.078	175.096	176.114	177.132	178.150	179.168	180.186	181.204	182.222
80	183.240	184.258	185.276	186.294	187.312	188.330	189.348	190.366	191.384	192.402
90	193.420	194.438	195.456	196.474	197.492	198.510	199.528	200.546	201.564	202.582
200	203.600	204.618	205.636	206.654	207.672	208.690	209.708	210.726	211.744	212.762
10	213.780	214.798	215.816	216.834	217.852	218.870	219.888	220.906	221.924	222.942
20	223.960	224.978	225.996	227.014	228.032	229.050	230.068	231.086	232.104	233.122
30	234.140	235.158	236.176	237.194	238.212	239.230	240.248	241.266	242.284	243.302
40	244.320	245.338	246.356	247.374	248.392	249.410	250.428	251.446	252.464	253.482
250	254.500	255.518	256.536	257.554	258.572	259.590	260.608	261.626	262.644	263.662
60	264.680	265.698	266.716	267.734	268.752	269.770	270.788	271.806	272.824	273.842
70	274.860	275.878	276.896	277.914	278.932	279.950	280.968	281.986	283.004	284.022
80	285.040	286.058	287.076	288.094	289.112	290.130	291.148	292.166	293.184	294.202
90	295.220	296.238	297.256	298.274	299.292	300.310	301.328	302.346	303.364	304.382
300	305.400	306.418	307.436	308.454	309.472	310.490	311.508	312.526	313.544	314.562
10	315.580	316.598	317.616	318.634	319.652	320.670	321.688	322.706	323.724	324.742
20	325.760	326.778	327.796	328.814	329.832	330.850	331.868	332.886	333.904	334.922
30	335.940	336.958	337.976	338.994	340.012	341.030	342.048	343.066	344.084	345.102
40	346.120	347.138	348.156	349.174	350.192	351.210	352.228	353.246	354.264	355.282
350	356.300	357.318	358.336	359.354	360.372	361.390	362.408	363.426	364.444	365.462
60	366.480	367.498	368.516	369.534	370.552	371.570	372.588	373.606	374.624	375.642
70	376.660	377.678	378.696	379.714	380.732	381.750	382.768	383.786	384.804	385.822
80	386.840	387.858	388.876	389.894	390.912	391.930	392.948	393.966	394.984	396.002
90	397.020	398.038	399.056	400.074	401.092	402.110	403.128	404.146	405.164	406.182
400	407.200	408.218	409.236	410.254	411.272	412.290	413.308	414.326	415.344	416.362
10	417.380	418.398	419.416	420.434	421.452	422.470	423.488	424.506	425.524	426.542
20	427.560	428.578	429.596	430.614	431.632	432.650	433.668	434.686	435.704	436.722
30	437.740	438.758	439.776	440.794	441.812	442.830	443.848	444.866	445.884	446.902
40	447.920	448.938	449.956	450.974	451.992	453.010	454.028	455.046	456.064	457.082
450	458.100	459.118	460.136	461.154	462.172	463.190	464.208	465.226	466.244	467.262
60	468.280	469.298	470.316	471.334	472.352	473.370	474.388	475.406	476.424	477.442
70	478.460	479.478	480.496	481.514	482.532	483.550	484.568	485.586	486.604	487.622
80	488.640	489.658	490.676	491.694	492.712	493.730	494.748	495.766	496.784	497.802
90	498.820	499.838	500.856	501.874	502.892	503.910	504.928	505.946	506.964	507.982
500	509.000	510.018	511.036	512.054	513.072	514.090	515.108	516.126	517.144	518.162
10	519.180	520.198	521.216	522.234	523.252	524.270	525.288	526.306	527.324	528.342
20	529.360	530.378	531.396	532.414	533.432	534.450	535.468	536.486	537.504	538.522
30	539.540	540.558	541.576	542.594	543.612	544.630	545.648	546.666	547.684	548.702
40	549.720	550.738	551.756	552.774	553.792	554.810	555.828	556.846	557.864	558.882
N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

续表

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
550	559.900	560.918	561.936	562.954	563.972	564.990	566.008	567.026	568.044	569.062
60	570.080	571.098	572.116	573.134	574.152	575.170	576.188	577.206	578.224	579.242
70	580.260	581.278	582.296	583.314	584.332	585.350	586.318	587.386	588.404	589.422
80	590.440	591.458	592.476	593.494	594.512	595.530	596.548	597.566	598.584	599.602
90	600.620	601.638	602.656	603.674	604.692	605.710	606.728	607.746	608.764	609.782
600	610.800	611.818	612.836	613.854	614.872	615.890	616.908	617.926	618.944	619.962
10	620.980	621.998	623.016	624.034	625.052	626.070	627.088	628.106	629.124	630.142
20	631.160	632.178	633.196	634.214	635.232	636.250	637.268	638.286	639.304	640.322
30	641.340	642.358	643.376	644.394	645.412	646.430	647.448	648.466	649.484	650.502
40	651.520	652.538	653.556	654.574	655.592	656.610	657.628	658.646	659.664	660.682
650	661.700	662.718	663.736	664.754	665.772	666.790	667.808	668.826	669.844	670.862
60	671.880	672.898	673.916	674.934	675.952	676.970	677.988	679.006	680.024	681.042
70	682.060	683.078	684.096	685.114	686.132	687.150	688.168	689.186	690.204	691.222
80	692.240	693.258	694.276	695.294	696.312	697.330	698.348	699.366	700.384	701.402
90	702.420	703.438	704.456	705.474	706.492	707.510	708.528	709.546	710.564	711.582
700	712.600	713.618	714.636	715.654	716.672	717.690	718.708	719.726	720.744	721.762
10	722.780	723.798	724.816	725.834	726.852	727.870	728.888	729.906	730.924	731.942
20	732.960	733.978	734.996	736.014	737.032	738.050	739.068	740.086	741.104	742.122
30	743.140	744.158	745.176	746.194	747.212	748.230	749.248	750.266	751.284	752.302
40	753.320	754.338	755.356	756.374	757.392	758.410	759.428	760.446	761.464	762.482
750	763.500	764.518	765.536	766.554	767.572	768.590	769.608	770.626	771.644	772.662
60	773.680	774.698	775.716	776.734	777.752	778.770	779.788	780.806	781.824	782.842
70	783.860	784.878	785.896	786.914	787.932	788.950	789.968	790.986	792.004	793.022
80	794.040	795.058	796.076	797.094	798.112	799.130	800.148	801.166	802.184	803.202
90	804.220	805.238	806.256	807.274	808.292	809.310	810.328	811.346	812.364	813.382
800	814.400	815.418	816.436	817.454	818.472	819.490	820.508	821.526	822.544	823.562
10	824.580	825.598	826.616	827.634	828.652	829.670	830.688	831.706	832.724	833.742
20	834.760	835.778	836.796	837.814	838.832	839.850	840.868	841.886	842.904	843.922
30	844.940	845.958	846.976	847.994	849.012	850.030	851.048	852.066	853.084	854.102
40	855.120	856.138	857.156	858.174	859.192	860.210	861.228	862.246	863.264	864.282
850	865.300	866.318	867.336	868.354	869.372	870.390	871.408	872.426	873.444	874.462
60	875.480	876.498	877.516	878.534	879.552	880.570	881.588	882.606	883.624	884.642
70	885.660	886.678	887.696	888.714	889.732	890.750	891.768	892.786	893.804	894.822
80	895.840	896.858	897.876	898.894	899.912	900.930	901.948	902.966	903.984	905.002
90	906.020	907.038	908.056	909.074	910.092	911.110	912.128	913.146	914.164	915.182
900	916.200	917.218	918.236	919.254	920.272	921.290	922.308	923.326	924.344	925.362
10	926.380	927.398	928.416	929.434	930.452	931.470	932.488	933.506	934.524	935.542
20	936.560	937.578	938.596	939.614	940.632	941.650	942.668	943.686	944.704	945.722
30	946.740	947.758	948.776	949.794	950.812	951.830	952.848	953.866	954.884	955.902
40	956.920	957.938	958.956	959.974	960.992	962.010	963.028	964.046	965.064	966.082
950	967.100	968.118	969.136	970.154	971.172	972.190	973.208	974.226	975.244	976.262
60	977.280	978.298	979.316	980.334	981.352	982.370	983.388	984.406	985.424	986.442
70	987.460	988.478	989.496	990.514	991.532	992.550	993.568	994.586	995.604	996.622
80	997.640	998.658	999.676	1000.694	1001.712	1002.730	1003.748	1004.766	1005.784	1006.802
90	1007.820	1008.838	1009.856	1010.874	1011.892	1012.910	1013.928	1014.946	1015.964	1016.982
N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

表 12-20　1.9 %收缩率计算值

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	101.900	102.919	103.938	104.957	105.976	106.995	108.014	109.033	110.052	111.071
10	112.090	113.109	114.128	115.147	116.166	117.185	118.204	119.223	120.242	121.261
20	122.280	123.299	124.318	125.337	126.356	127.375	128.394	129.413	130.432	131.451
30	132.470	133.489	134.508	135.527	136.546	137.565	138.584	139.603	140.622	141.641
40	142.660	143.679	144.698	145.717	146.736	147.755	148.774	149.793	150.812	151.831
150	152.850	153.869	154.888	155.907	156.926	157.945	158.964	159.983	161.002	162.021
60	163.040	164.059	165.078	166.097	167.116	168.135	169.154	170.173	171.192	172.211
70	173.230	174.249	175.268	176.287	177.306	178.325	179.344	180.363	181.382	182.401
80	183.420	184.439	185.458	186.477	187.496	188.515	189.534	190.553	191.572	192.591
90	193.610	194.629	195.648	196.667	197.686	198.705	199.724	200.743	201.762	202.781
200	203.800	204.819	205.838	206.857	207.876	208.895	209.914	210.933	211.952	212.971
10	213.990	215.009	216.028	217.047	218.066	219.085	220.104	221.123	222.142	223.161
20	224.180	225.199	226.218	227.237	228.256	229.275	230.294	231.313	232.332	233.351
30	234.370	235.389	236.408	237.427	238.446	239.465	240.484	241.503	242.522	243.541
40	244.560	245.579	246.598	247.617	248.636	249.655	250.674	251.693	252.712	253.731
250	254.750	255.769	256.788	257.807	258.826	259.845	260.864	261.883	262.902	263.921
60	264.940	265.959	266.978	267.997	269.016	270.035	271.054	272.073	273.092	274.111
70	275.130	276.149	277.168	278.187	279.206	280.225	281.244	282.263	283.282	284.301
80	285.320	286.339	287.358	288.377	289.396	290.415	291.434	292.453	293.472	294.491
90	295.510	296.529	297.548	298.567	299.586	300.605	301.624	302.643	303.662	304.681
300	305.700	306.719	307.738	308.757	309.776	310.795	311.814	312.833	313.852	314.871
10	315.890	316.909	317.928	318.947	319.966	320.985	322.004	323.023	324.042	325.061
20	326.080	327.099	328.118	329.137	330.156	331.175	332.194	333.213	334.232	335.251
30	336.270	337.289	338.308	339.327	340.346	341.365	342.384	343.403	344.422	345.441
40	346.460	347.479	348.498	349.517	350.536	351.555	352.574	353.593	354.612	355.631
350	356.650	357.669	358.688	359.707	360.726	361.745	362.764	363.783	364.802	365.821
60	366.840	367.859	368.878	369.897	370.916	371.935	372.954	373.973	374.992	376.011
70	377.030	378.049	379.068	380.087	381.106	382.125	383.144	384.163	385.182	386.201
80	387.220	388.239	389.258	390.277	391.296	392.315	393.334	394.353	395.372	396.391
90	397.410	398.429	399.448	400.467	401.485	402.505	403.524	404.543	405.562	406.581
400	407.600	408.619	409.638	410.657	411.676	412.695	413.714	414.733	415.752	416.771
10	417.790	418.809	419.828	420.847	421.866	422.885	423.904	424.923	425.942	426.961
20	427.980	428.999	430.018	431.037	432.056	433.075	434.094	435.113	436.132	437.151
30	438.170	439.189	440.208	441.227	442.246	443.265	444.284	445.303	446.322	447.341
40	448.360	449.379	450.398	451.417	452.436	453.455	454.474	455.493	456.512	457.531
450	458.550	459.569	460.588	461.607	462.626	463.645	464.664	465.683	466.702	467.721
50	468.740	469.759	470.778	471.797	472.816	473.835	474.854	475.873	476.892	477.911
70	478.930	479.949	480.968	481.987	483.006	484.025	485.044	486.063	487.082	488.101
80	489.120	490.139	491.158	492.177	493.196	494.215	495.234	496.253	497.272	498.291
90	499.310	500.329	501.348	502.367	503.386	504.405	505.424	506.443	507.462	508.481
500	509.500	510.519	511.538	512.557	513.576	514.595	515.614	516.633	517.652	518.671
10	519.690	520.709	521.728	522.747	523.766	524.785	525.804	526.823	527.842	528.861
20	529.880	530.899	531.918	532.937	533.956	534.975	535.994	537.013	538.032	539.051
30	540.070	541.089	542.108	543.127	544.146	545.165	546.184	547.203	548.222	549.241
40	550.260	551.279	552.298	553.317	554.336	555.355	556.374	557.393	558.412	559.431
N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

续表

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
550	560.450	561.469	562.488	563.507	564.526	565.545	566.564	567.583	568.602	569.621
60	570.640	571.659	572.678	573.697	574.716	575.735	576.754	577.773	578.792	579.811
70	580.830	581.849	582.868	583.887	584.906	585.925	586.944	587.963	588.982	590.001
80	591.020	592.039	593.058	594.077	595.096	596.115	597.134	598.153	599.172	600.191
90	601.210	602.229	603.248	604.267	605.286	606.305	607.324	608.343	609.362	610.381
600	611.400	612.419	613.438	614.457	615.476	616.495	617.514	618.533	619.552	620.571
10	621.590	622.609	623.628	624.647	625.666	626.685	627.704	628.723	629.742	630.761
20	631.780	632.799	633.818	634.837	635.856	636.875	637.894	638.913	639.932	640.951
30	641.970	642.989	644.008	645.027	646.046	647.065	648.084	649.103	650.122	651.141
40	652.160	653.179	654.198	655.217	656.236	657.255	658.274	659.293	660.312	661.331
650	662.350	663.369	664.388	665.407	666.426	667.445	668.464	669.483	670.502	671.521
60	672.540	673.559	674.578	675.597	676.616	677.635	678.654	679.673	680.692	681.711
70	682.730	683.749	684.768	685.787	686.806	687.825	688.844	689.863	690.882	691.901
80	692.920	693.939	694.958	695.977	696.996	698.015	699.034	700.053	701.072	702.091
90	703.110	704.129	705.148	706.167	707.186	708.205	709.224	710.243	711.262	712.281
700	713.300	714.319	715.338	716.357	717.376	718.395	719.414	720.433	721.452	722.471
10	723.490	724.509	725.528	726.547	727.566	728.585	729.604	730.623	731.642	732.661
20	733.680	734.699	735.718	736.737	737.756	738.775	739.794	740.813	741.832	742.851
30	743.870	744.889	745.908	746.927	747.946	748.965	749.984	751.003	752.022	753.041
40	754.060	755.079	756.098	757.117	758.136	759.155	760.174	761.193	762.212	763.231
750	764.250	765.269	766.288	767.307	768.326	769.345	770.364	771.383	772.402	773.421
60	774.440	775.459	776.478	777.497	778.516	779.535	780.554	781.573	782.592	783.611
70	784.630	785.649	786.668	787.687	788.706	789.725	790.744	791.763	792.782	793.801
80	794.820	795.839	796.858	797.877	798.896	799.915	800.934	801.953	802.972	803.991
90	805.010	806.029	807.048	808.067	809.086	810.105	811.124	812.143	813.162	814.181
800	815.200	816.219	817.238	818.257	819.276	820.295	821.314	822.333	823.352	824.371
10	825.390	826.409	827.428	828.447	829.466	830.485	831.504	832.523	833.542	834.561
20	835.580	836.599	837.618	838.637	839.656	840.675	841.694	842.713	843.732	844.751
30	815.770	846.789	847.808	848.827	849.846	850.865	851.884	852.903	853.922	854.941
40	855.960	856.979	857.998	859.017	860.036	861.055	862.074	863.093	864.112	865.131
850	866.150	867.169	868.188	869.207	870.226	871.245	872.264	873.283	874.302	875.321
60	876.340	877.359	878.378	879.397	880.416	881.435	882.454	883.473	884.492	885.511
70	886.530	887.549	888.558	889.587	890.606	891.625	892.644	893.663	894.682	895.701
80	896.720	897.739	898.758	899.777	900.796	901.815	902.834	903.853	904.872	905.891
90	906.910	907.929	908.948	909.967	910.986	912.005	913.024	914.043	915.062	916.081
900	917.100	918.119	919.138	920.157	921.176	922.195	923.214	924.233	925.252	926.271
10	927.290	928.309	929.328	930.347	931.366	932.385	933.404	934.423	935.442	936.461
20	937.480	938.499	939.518	940.537	941.556	942.575	943.594	944.613	945.632	946.651
30	947.670	948.689	949.708	950.727	951.746	952.765	953.784	954.803	955.822	956.841
40	957.860	958.879	959.898	960.917	961.936	962.955	963.974	964.993	966.012	967.031
950	968.050	969.069	970.088	971.107	972.126	973.145	974.164	975.183	976.202	977.221
60	978.240	979.259	980.278	981.297	982.316	983.335	984.354	985.373	986.392	987.411
70	988.430	989.449	990.468	991.487	992.506	993.525	994.544	995.563	996.582	997.601
80	998.620	999.639	1000.658	1001.677	1002.696	1003.715	1004.734	1005.753	1006.772	1007.791
90	1008.810	1009.829	1010.848	1011.867	1012.886	1013.905	1014.924	1015.943	1016.962	1017.981
N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

表 12-21　2 %收缩率计算值

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	102.000	103.020	104.040	105.060	106.080	107.100	108.120	109.140	110.160	111.180
10	112.200	113.220	114.240	115.260	116.280	117.300	118.320	119.340	120.360	121.380
20	122.400	123.420	124.440	125.460	126.480	127.500	128.520	129.540	130.560	131.580
30	132.600	133.620	134.640	135.660	136.680	137.700	138.720	139.740	140.760	141.780
40	142.800	143.820	144.840	145.860	146.880	147.900	148.920	149.940	150.960	151.980
150	153.000	154.020	155.040	156.060	157.080	158.100	159.120	160.140	161.160	162.180
60	163.200	164.220	165.240	166.260	167.280	168.300	169.320	170.340	171.360	172.380
70	173.400	174.420	175.440	176.460	177.480	178.500	179.520	180.540	181.560	182.580
80	183.600	184.620	185.640	186.660	187.680	188.700	189.720	190.740	191.760	192.780
90	193.800	194.820	195.840	196.860	197.880	198.900	199.920	200.940	201.960	202.980
200	204.000	205.020	206.040	207.060	208.080	209.100	210.120	211.140	212.160	213.180
10	214.200	215.220	216.240	217.260	218.280	219.300	220.320	221.340	222.360	223.380
20	224.400	225.420	226.440	227.460	228.480	229.500	230.520	231.540	232.560	233.580
30	234.600	235.620	236.640	237.660	238.680	239.700	240.720	241.740	242.760	243.780
40	244.800	245.820	246.840	247.860	248.880	249.900	250.920	251.940	252.960	253.980
250	255.000	256.020	257.040	258.060	259.080	260.100	261.120	262.140	263.160	264.180
60	265.200	266.220	267.240	268.260	269.280	270.300	271.320	272.340	273.360	274.380
70	275.400	276.420	277.440	278.460	279.480	280.500	281.520	282.540	283.560	284.580
80	285.600	286.620	287.640	288.660	289.680	290.700	291.720	292.740	293.760	294.780
90	295.800	296.820	297.840	298.860	299.880	300.900	301.920	302.940	303.960	304.980
300	306.000	307.020	308.040	309.060	310.080	311.100	312.120	313.140	314.160	315.180
10	316.200	317.220	318.240	319.260	320.280	321.300	322.320	323.340	324.360	325.380
20	326.400	327.420	328.440	329.460	330.480	331.500	332.520	333.540	334.560	335.580
30	336.600	337.620	338.640	339.660	340.680	341.700	342.720	343.740	344.760	345.780
40	346.800	347.820	348.840	349.860	350.880	351.900	352.920	353.940	354.960	355.980
350	357.000	358.020	359.040	360.060	361.080	362.100	363.120	364.140	365.160	366.180
60	367.200	368.220	369.240	370.260	371.280	372.300	373.320	374.340	375.360	376.380
70	377.400	378.420	379.440	380.460	381.480	382.500	383.520	384.540	385.560	386.580
80	387.600	388.620	389.640	390.660	391.680	392.700	393.720	394.740	395.760	396.780
90	397.800	398.820	399.840	400.860	401.880	402.900	403.920	404.940	405.960	406.980
400	408.000	409.020	410.040	411.060	412.080	413.100	414.120	415.140	416.160	417.180
10	418.200	419.220	420.240	421.260	422.280	423.300	424.320	425.340	426.360	427.380
20	428.400	429.420	430.440	431.460	432.480	433.500	434.520	435.540	436.560	437.580
30	438.600	439.620	440.640	441.660	442.680	443.700	444.720	445.740	446.760	447.780
40	448.800	449.820	450.840	451.860	452.880	453.900	454.920	455.940	456.960	457.980
450	459.000	460.020	461.040	462.060	463.080	464.100	465.120	466.140	467.160	468.180
60	469.200	470.220	471.240	472.260	473.280	474.300	475.320	476.340	477.360	478.380
70	479.400	480.420	481.440	482.460	483.480	484.500	485.520	486.540	487.560	488.580
80	489.600	490.620	491.640	492.660	493.680	494.700	495.720	496.740	497.760	498.780
90	499.800	500.820	501.840	502.860	503.880	504.900	505.920	506.940	507.960	508.980
500	510.000	511.020	512.040	513.060	514.080	515.100	516.120	517.140	518.160	519.180
10	520.200	521.220	522.240	523.260	524.280	525.300	526.320	527.340	528.360	529.380
20	530.400	531.420	532.440	533.460	534.480	535.500	536.520	537.540	538.560	539.580
30	540.600	541.620	542.640	543.660	544.680	545.700	546.720	547.740	548.760	549.780
40	550.800	551.820	552.840	553.860	554.880	555.900	556.920	557.940	558.960	559.980
N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

续表

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
550	561.000	562.020	563.040	564.060	565.080	566.100	567.120	568.140	569.160	570.180
60	571.200	572.220	573.240	574.260	575.280	576.300	577.320	578.340	579.360	580.380
70	581.400	582.420	583.440	584.460	585.480	585.500	587.520	588.540	589.560	590.580
80	591.600	592.620	593.640	594.660	595.680	596.700	597.720	598.740	599.760	600.780
90	601.800	602.820	603.840	604.860	605.880	605.900	607.920	608.940	609.960	610.980
600	612.000	613.020	614.040	615.060	616.080	617.100	618.120	619.140	620.160	621.180
10	622.200	623.220	624.240	625.260	626.280	627.300	628.320	629.340	630.360	631.380
20	632.400	633.420	634.440	635.460	636.480	637.500	638.520	639.540	640.560	641.580
30	642.600	643.620	644.640	645.660	646.680	647.700	648.720	649.740	650.760	651.780
40	652.800	653.820	654.840	655.860	656.880	657.900	659.920	659.940	660.960	661.980
650	663.000	664.020	665.040	666.060	667.080	668.100	669.120	670.140	671.160	672.180
60	673.200	674.220	675.240	676.260	677.280	678.300	679.320	680.340	681.360	682.380
70	683.400	684.420	685.440	686.460	687.480	688.500	689.520	690.540	691.560	692.580
80	693.600	694.620	695.640	696.660	697.680	698.700	699.720	700.740	701.760	702.780
90	703.800	704.820	705.840	706.860	707.880	708.900	709.920	710.940	711.960	712.980
700	714.000	715.020	716.040	717.060	718.080	719.100	720.120	721.140	722.160	723.180
10	724.200	725.220	726.240	727.260	728.280	729.300	730.320	731.340	732.360	733.380
20	734.400	735.420	736.440	737.460	738.480	739.500	740.520	741.540	742.560	743.580
30	744.600	745.620	746.640	747.660	748.680	749.700	750.720	751.740	752.760	753.780
40	754.800	755.820	756.840	757.860	758.880	759.900	760.920	761.940	762.960	763.980
750	765.000	766.020	767.040	768.060	769.080	770.100	771.120	772.140	773.160	774.180
60	775.200	776.220	777.240	778.260	779.280	780.300	781.320	782.340	783.360	784.380
70	785.400	786.420	787.440	788.460	789.480	790.500	791.520	792.540	793.560	794.580
80	795.600	796.620	797.640	798.660	799.680	800.700	801.720	802.740	803.760	804.780
90	805.800	806.820	807.840	808.860	809.880	810.900	811.920	812.940	813.960	814.980
800	816.000	817.020	818.040	819.060	820.080	821.100	822.120	823.140	824.160	825.180
10	826.200	827.220	828.240	829.260	830.280	831.300	832.320	833.340	834.360	835.380
20	836.400	837.420	838.440	839.460	840.480	841.500	842.520	843.540	844.560	845.580
30	846.600	847.620	848.640	849.660	850.680	851.700	852.720	853.740	854.760	855.780
40	856.800	857.820	858.840	859.860	860.880	861.900	862.920	863.940	864.960	865.980
850	867.000	868.020	869.040	870.060	871.080	872.100	873.120	874.140	875.160	876.180
60	877.200	878.220	879.240	880.260	881.280	882.300	883.320	884.340	885.360	886.380
70	887.400	888.420	889.440	890.460	891.480	892.500	893.520	894.540	895.560	896.580
80	897.600	898.620	899.640	900.660	901.680	902.700	903.720	904.740	905.760	906.780
90	907.800	908.820	909.840	910.860	911.880	912.900	913.920	914.940	915.960	916.980
900	918.000	919.020	920.040	921.060	922.080	923.100	924.120	925.140	926.160	927.180
10	928.200	929.220	930.240	931.260	932.280	933.300	934.320	935.340	936.360	937.380
20	938.400	939.420	940.440	941.460	942.480	943.500	944.520	945.540	946.560	947.580
30	948.600	949.620	950.640	951.660	952.680	953.700	954.720	955.740	956.760	957.780
40	958.800	959.820	960.840	961.860	962.880	963.900	964.920	965.940	966.960	967.980
950	969.000	970.020	971.040	972.060	973.080	974.100	975.120	976.140	977.160	978.180
60	979.200	980.220	981.240	982.260	983.280	984.300	985.320	986.340	987.360	988.380
70	989.400	990.420	991.440	992.460	993.480	994.500	995.520	996.540	997.560	998.580
80	999.600	1000.620	1001.640	1002.660	1003.680	1004.700	1005.720	1006.740	1007.760	1008.780
90	1009.800	1010.820	1011.840	1012.860	1013.880	1014.900	1015.920	1016.940	1017.960	1018.980
N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

表 12-22　2.1%收缩率计算值

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	102.100	103.121	104.142	105.163	106.184	107.205	108.226	109.247	110.268	111.289
10	112.310	113.331	114.352	115.373	116.394	117.415	118.436	119.457	120.478	121.499
20	122.520	123.541	124.562	125.583	126.604	127.625	128.646	129.667	130.688	131.709
30	132.730	133.751	134.772	135.793	136.814	137.835	138.856	139.877	140.898	141.919
40	142.940	143.961	144.982	146.003	147.024	148.045	149.066	150.087	151.108	152.129
150	153.150	154.171	155.192	156.213	157.234	158.255	159.276	160.297	161.318	162.339
60	163.360	164.381	165.402	166.423	167.444	168.465	169.486	170.507	171.528	172.549
70	173.570	174.591	175.612	176.633	177.654	178.675	179.696	180.717	181.738	182.759
80	183.780	184.801	185.822	186.843	187.864	188.885	189.906	190.927	191.948	192.969
90	193.990	195.011	196.032	197.053	198.074	199.095	200.116	201.137	202.158	203.179
200	204.200	205.221	206.242	207.263	208.284	209.305	210.326	211.347	212.368	213.389
10	214.410	215.431	216.452	217.473	218.494	219.515	220.536	221.557	222.578	223.599
20	224.620	225.641	226.662	227.683	228.704	229.725	230.746	231.767	232.788	233.809
30	234.830	235.851	236.872	237.893	238.914	239.935	240.956	241.977	242.998	244.019
40	245.040	246.061	247.082	248.103	249.124	250.145	251.166	252.187	253.208	254.229
250	255.250	256.271	257.292	258.313	259.334	260.355	261.376	262.397	263.418	264.439
60	265.460	266.481	267.502	268.523	269.544	270.565	271.586	272.607	273.628	274.649
70	275.670	276.691	277.712	278.733	279.754	280.775	281.796	282.817	283.838	284.859
80	285.880	286.901	287.922	288.943	289.964	290.985	292.006	293.027	294.048	295.069
90	296.090	297.111	298.132	299.153	300.174	301.195	302.216	303.237	304.258	305.279
300	306.300	307.321	308.342	309.363	310.384	311.405	312.426	313.447	314.468	315.489
10	316.510	317.531	318.552	319.573	320.594	321.615	322.636	323.657	324.678	325.699
20	326.720	327.741	328.762	329.783	330.804	331.825	332.846	333.867	334.888	335.909
30	336.930	337.951	338.972	339.993	341.014	342.035	343.056	344.077	345.098	346.119
40	347.140	348.161	349.182	350.203	351.224	352.245	353.266	354.287	355.308	356.329
350	357.350	358.371	359.392	360.413	361.434	362.455	363.476	364.497	365.518	366.539
60	367.560	368.581	369.602	370.623	371.644	372.665	373.686	374.707	375.728	376.749
70	377.770	378.791	379.812	380.833	381.854	382.875	383.896	384.917	385.938	386.959
80	387.980	389.001	390.022	391.043	392.064	393.085	394.106	395.127	396.148	397.169
90	398.190	399.211	400.232	401.253	402.274	403.295	404.316	405.337	406.358	407.379
400	408.400	409.421	410.442	411.463	412.484	413.505	414.526	415.547	416.568	417.589
10	418.610	419.631	420.652	421.673	422.694	423.715	424.736	425.757	426.778	427.799
20	428.820	429.841	430.862	431.883	432.904	433.925	434.946	435.967	436.988	438.009
30	439.030	440.051	441.072	442.093	443.114	444.135	445.156	446.177	447.198	448.219
40	449.240	450.261	451.282	452.303	453.324	454.345	455.366	456.387	457.408	458.429
450	459.450	460.471	461.492	462.513	463.534	464.555	465.576	466.597	467.618	468.639
60	469.660	470.681	471.702	472.723	473.744	474.765	475.786	476.807	477.828	478.849
70	479.870	480.891	481.912	482.933	483.954	484.975	485.996	487.017	488.038	489.059
80	490.080	491.101	492.122	493.143	494.164	495.185	496.206	497.227	498.248	499.269
90	500.290	501.311	502.332	503.353	504.374	505.395	506.416	507.437	508.458	509.479
500	510.500	511.521	512.542	513.563	514.584	515.605	516.626	517.647	518.668	519.689
10	520.710	521.731	522.752	523.773	524.794	525.815	526.836	527.857	528.878	529.899
20	530.920	531.941	532.962	533.983	535.004	536.025	537.046	538.067	539.088	540.109
30	541.130	542.151	543.172	544.193	545.214	546.235	547.256	548.277	549.298	550.319
40	551.340	552.361	553.382	554.403	555.424	556.445	557.466	558.487	559.508	560.529
N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

续表

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
550	561.550	562.571	563.592	564.613	565.634	566.655	567.676	568.697	569.718	570.739
60	571.760	572.781	573.802	574.823	575.844	576.865	577.886	578.907	579.928	580.949
70	581.970	582.991	584.012	585.033	586.054	587.075	588.096	589.117	590.138	591.159
80	592.180	593.201	594.222	595.243	596.264	597.285	598.306	599.327	600.348	601.369
90	602.390	603.411	604.432	605.453	606.474	607.495	608.516	609.537	610.558	611.579
600	612.600	613.621	614.642	615.663	616.684	617.705	618.726	619.747	620.768	621.789
10	622.810	623.831	624.852	625.873	626.894	627.915	628.936	629.957	630.978	631.999
20	633.020	634.041	635.062	636.083	637.104	638.125	639.146	640.167	641.188	642.209
30	643.230	644.251	645.272	646.293	647.314	648.335	649.356	650.377	651.398	652.419
40	653.440	654.461	655.482	656.503	657.524	658.545	659.566	660.587	661.608	662.629
650	663.650	664.671	665.692	666.713	667.734	668.755	669.776	670.797	671.818	672.839
60	673.860	674.881	675.902	676.923	677.944	678.965	679.986	681.007	682.028	683.049
70	684.070	685.091	686.112	687.133	688.154	689.175	690.196	691.217	692.238	693.259
80	694.280	695.301	696.322	697.343	698.364	699.385	700.406	701.427	702.448	703.469
90	704.490	705.511	706.532	707.553	708.574	709.595	710.616	711.637	712.658	713.679
700	714.700	715.721	716.742	717.763	718.784	719.805	720.826	721.847	722.868	723.889
10	724.910	725.931	726.952	727.973	728.994	730.015	731.036	732.057	733.078	734.099
20	735.120	736.141	737.162	738.183	739.204	740.225	741.246	742.267	743.288	744.309
30	745.330	746.351	747.372	748.393	749.414	750.435	751.456	752.477	753.498	754.519
40	755.540	756.561	757.582	758.603	759.624	760.645	761.666	762.687	763.708	764.729
750	765.750	766.771	767.792	768.813	769.834	770.855	771.876	772.897	773.918	774.939
60	775.960	776.981	778.002	779.023	780.044	781.065	782.086	783.107	784.128	785.149
70	786.170	787.191	788.212	789.233	790.254	791.275	792.296	793.317	794.338	795.359
80	796.380	797.401	798.422	799.443	800.464	801.485	802.506	803.527	804.548	805.569
90	806.590	807.611	808.632	809.653	810.674	811.695	812.716	813.737	814.758	815.779
800	816.800	817.821	818.842	819.863	820.884	821.905	822.926	823.947	824.968	825.989
10	827.010	828.031	829.052	830.073	831.094	832.115	833.136	834.157	835.178	836.199
20	837.220	838.241	839.262	840.283	841.304	842.325	843.346	844.367	845.388	846.409
30	847.430	848.451	849.472	850.493	851.514	852.535	853.556	854.577	855.598	856.619
40	857.640	858.661	859.682	860.703	861.724	862.745	863.766	864.787	865.808	866.829
850	867.850	868.871	869.892	870.913	871.934	872.955	873.976	874.997	876.018	877.039
60	878.060	879.081	880.102	881.123	882.144	883.165	884.186	885.207	886.228	887.249
70	888.270	889.291	890.312	891.333	892.354	893.375	894.396	895.417	896.438	897.459
80	898.480	899.501	900.522	901.543	902.564	903.585	904.606	905.627	906.648	907.669
90	908.690	909.711	910.732	911.753	912.774	913.795	914.816	915.837	916.858	917.879
900	918.900	919.921	920.942	921.963	922.984	924.005	925.026	927.047	927.068	928.089
10	929.110	930.131	931.152	932.173	933.194	934.215	935.236	936.257	937.278	938.299
20	939.320	940.341	941.362	942.383	943.404	944.425	945.446	946.467	947.488	948.509
30	949.530	950.551	951.572	952.593	953.614	954.635	955.656	956.677	957.698	958.719
40	959.740	960.761	961.782	962.803	963.824	964.845	965.866	966.887	967.908	968.929
950	969.950	970.971	971.992	973.013	974.034	975.055	976.076	977.097	978.118	979.139
60	980.160	981.181	982.202	983.223	984.244	985.265	986.286	987.307	988.328	989.349
70	990.370	991.391	992.412	993.433	994.454	995.475	996.496	997.517	998.538	999.559
80	1000.580	1001.601	1002.622	1003.643	1004.664	1005.685	1006.706	1007.727	1008.748	1009.769
90	1010.790	1011.811	1012.832	1013.853	1014.874	1015.895	1016.916	1017.937	1018.958	1019.979
N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

表 12-23　2.2 %收缩率计算值

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	102.200	103.222	104.244	105.266	106.288	107.310	108.332	109.354	110.376	111.398
10	112.420	113.442	114.464	115.486	116.508	117.530	118.552	119.574	120.596	121.618
20	122.640	123.662	124.684	125.706	126.728	127.750	128.772	129.794	130.816	131.838
30	132.860	133.882	134.904	135.926	136.948	137.970	138.992	140.014	141.036	142.058
40	143.080	144.102	145.124	146.146	147.168	148.190	149.212	150.234	151.256	152.278
150	153.300	154.322	155.344	156.366	157.388	158.410	159.432	160.454	161.476	162.498
60	163.520	164.542	165.564	166.586	167.608	168.630	169.652	170.674	171.696	172.718
70	173.740	174.762	175.784	176.806	177.828	178.850	179.872	180.894	181.916	182.938
80	183.960	184.982	186.004	187.026	188.048	189.070	190.092	191.114	192.136	193.158
90	194.180	195.202	196.224	197.246	198.268	199.290	200.312	201.334	202.356	203.378
200	204.400	205.422	206.444	207.466	208.488	209.510	210.532	211.554	212.576	213.598
10	214.620	215.642	216.664	217.686	218.708	219.730	220.752	221.774	222.796	223.818
20	224.840	225.862	226.884	227.906	228.928	229.950	230.972	231.994	233.016	234.038
30	235.060	236.082	237.104	238.126	239.148	240.170	241.192	242.214	243.236	244.258
40	245.280	246.302	247.324	248.346	249.368	250.390	251.412	252.434	253.456	254.478
250	255.500	256.522	257.544	258.566	259.588	260.610	261.632	262.654	263.676	264.698
60	265.720	266.742	267.764	268.786	269.808	270.830	271.852	272.874	273.896	274.918
70	275.940	276.962	277.984	279.006	280.028	281.050	282.072	283.094	284.116	285.138
80	286.160	287.182	288.204	289.226	290.248	291.270	292.292	293.314	294.336	295.358
90	296.380	297.402	298.424	299.446	300.468	301.490	302.512	303.534	304.559	305.578
300	306.600	307.622	308.644	309.666	310.688	311.710	312.732	313.754	314.776	315.798
10	316.820	317.842	318.864	319.886	320.908	321.930	322.952	323.974	324.996	326.018
20	327.040	328.062	329.084	330.106	331.128	332.150	333.172	334.194	335.216	336.238
30	337.260	338.282	339.304	340.326	341.348	342.370	343.392	344.414	345.436	346.458
40	347.480	348.502	349.524	350.546	351.568	352.590	353.612	354.634	355.656	356.678
350	357.700	358.722	359.744	360.766	361.788	362.810	363.832	364.854	365.876	366.898
60	367.920	368.942	369.964	370.986	372.008	373.030	374.052	375.074	376.096	377.118
70	378.140	379.162	380.184	381.206	382.228	383.250	384.272	385.294	386.316	387.338
80	388.360	389.382	390.404	391.426	392.448	393.470	394.492	395.514	396.536	397.558
90	398.580	399.602	400.624	401.646	402.668	403.690	404.712	405.734	406.756	407.778
400	408.800	409.822	410.844	411.866	412.888	413.910	414.932	415.954	416.976	417.998
10	419.020	420.042	421.064	422.086	423.108	424.130	425.152	426.174	427.196	428.218
20	429.240	430.262	431.284	432.306	433.328	434.350	435.372	436.394	437.416	438.439
30	439.460	440.482	441.504	442.526	443.548	444.570	445.592	446.614	447.636	448.658
40	449.680	450.702	451.724	452.746	453.768	454.790	455.812	456.834	457.856	458.878
450	459.900	460.922	461.944	462.966	463.988	465.010	466.032	467.054	468.076	469.098
60	470.120	471.142	472.164	473.186	474.208	475.230	476.252	477.274	478.296	479.318
70	480.340	481.362	482.384	483.406	484.428	485.450	486.472	487.494	488.516	489.538
80	490.560	491.582	492.604	493.626	494.648	495.670	496.692	497.714	498.736	499.758
90	500.780	501.802	502.824	503.846	504.868	505.890	506.912	507.934	508.956	509.978
500	511.000	512.022	513.044	514.066	515.088	516.110	517.132	518.154	519.176	520.198
10	521.220	522.242	523.264	524.286	525.308	526.330	527.352	528.374	529.396	530.418
20	531.440	532.462	533.484	534.506	535.528	536.550	537.572	538.594	539.616	540.638
30	541.660	542.682	543.704	544.726	545.748	546.770	547.792	548.814	549.836	550.858
40	515.880	552.902	553.924	554.946	555.968	556.990	558.012	559.034	560.056	561.078
N/mm	C	1	2	3	4	5	6	7	8	9

续表

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
550	562.100	563.122	564.144	565.166	556.188	567.210	568.232	569.254	570.276	571.298
60	572.320	573.342	574.364	575.386	576.408	577.430	578.452	579.474	580.496	581.518
70	582.540	583.562	584.584	585.606	586.628	587.650	588.672	589.694	590.716	591.738
80	592.760	593.782	594.804	595.826	596.848	597.870	598.892	599.914	600.936	601.958
90	602.980	604.002	605.024	606.046	607.068	608.090	609.112	610.134	611.156	612.178
600	613.200	614.222	615.244	616.266	617.288	618.310	619.332	620.354	621.376	622.398
10	623.420	624.442	625.464	626.486	627.508	628.530	629.552	630.574	631.596	632.618
20	633.640	634.662	635.684	636.706	637.728	638.750	639.772	640.794	641.816	642.838
30	643.860	644.882	645.904	646.926	647.948	648.970	649.992	651.014	652.036	653.058
40	654.080	655.102	656.124	657.146	658.168	659.190	660.212	661.234	662.256	663.278
650	664.300	665.322	666.344	667.366	668.388	669.410	670.432	671.454	672.476	673.498
60	674.520	675.542	676.564	677.586	678.608	679.630	680.652	681.674	682.696	683.718
70	684.740	685.762	686.784	687.806	688.828	689.850	690.872	691.894	692.916	693.938
80	694.960	695.982	697.004	698.026	699.048	700.070	701.092	702.114	703.136	704.158
90	705.180	706.202	707.224	708.246	709.268	710.290	711.312	712.334	713.356	714.378
700	715.400	716.422	717.444	718.466	719.488	720.510	721.532	722.554	723.576	724.598
10	725.620	726.642	727.664	728.686	729.708	730.730	731.752	732.774	733.796	734.818
20	735.840	736.862	737.884	738.906	739.928	740.950	741.972	742.994	744.016	745.038
30	746.060	747.082	748.104	749.126	750.148	751.170	752.192	753.214	754.236	755.258
40	756.280	757.302	758.324	759.346	760.368	761.390	762.412	763.434	764.456	765.478
750	766.500	767.522	768.544	769.566	770.588	771.610	772.632	773.654	774.676	775.698
60	776.720	777.742	778.764	779.786	780.808	781.830	782.852	783.874	784.896	785.918
70	786.940	787.962	788.984	790.006	791.028	792.050	793.072	794.094	795.116	796.138
80	797.160	798.182	799.204	800.226	801.248	802.270	803.292	804.314	805.336	806.358
90	807.380	808.402	809.424	810.446	811.468	812.490	813.512	814.534	815.556	816.578
800	817.600	818.622	819.644	820.666	821.688	822.710	823.732	824.754	825.776	826.798
10	827.820	828.842	829.864	830.886	831.908	832.930	833.952	834.974	835.996	837.018
20	838.040	839.062	840.084	841.106	842.128	843.150	844.172	845.194	846.216	847.238
30	848.260	849.282	850.304	851.326	852.348	853.370	854.392	855.414	856.436	857.458
40	858.480	859.502	860.524	861.546	862.568	863.590	864.612	865.634	866.656	867.678
850	858.700	869.722	870.744	871.766	872.788	873.810	874.832	875.854	876.876	877.898
60	878.920	879.942	880.964	881.986	883.008	884.030	885.052	886.074	887.096	888.118
70	889.140	890.162	891.184	892.206	893.228	894.250	895.272	896.294	897.316	898.338
80	899.360	900.382	901.404	902.426	903.448	904.470	905.492	906.514	907.536	908.558
90	909.580	910.602	911.624	912.646	913.668	914.690	915.712	916.734	917.756	918.778
900	919.800	920.822	921.844	922.866	923.888	924.910	925.932	926.954	927.976	928.998
10	930.020	931.042	932.064	933.086	934.108	935.130	936.152	937.174	938.196	939.218
20	940.240	941.262	942.284	943.306	944.328	945.350	946.372	947.394	948.416	949.438
30	950.460	951.482	952.504	953.526	954.548	955.570	956.592	957.614	958.636	959.658
40	960.680	961.702	962.724	963.746	964.768	965.790	966.812	967.834	968.856	969.878
950	970.900	971.922	972.944	973.966	974.988	976.010	977.032	978.054	979.076	980.098
60	981.120	982.142	983.164	984.186	985.208	986.230	987.252	988.274	989.296	990.318
70	991.340	992.362	993.384	994.406	995.428	996.450	997.472	998.494	999.516	1000.538
80	1001.560	1002.582	1003.604	1004.626	1005.648	1006.670	1007.692	1008.714	1009.736	1010.758
90	1011.780	1012.802	1013.824	1014.846	1015.368	1016.890	1017.912	1018.934	1019.956	1020.978
N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

表 12-24　2.3 %收缩率计算值

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	102.300	103.323	104.346	105.369	106.392	107.415	108.438	109.461	110.484	111.507
10	112.530	113.553	114.576	115.599	116.622	117.645	118.668	119.691	120.714	121.737
20	122.760	123.783	124.806	125.829	126.852	127.875	128.898	129.921	130.944	131.967
30	132.990	134.013	135.036	136.059	137.082	138.105	139.128	140.151	141.174	142.197
40	143.220	144.243	145.266	146.289	147.312	148.335	149.358	150.381	151.404	152.427
150	153.450	154.473	155.496	156.519	157.542	158.555	159.588	160.611	161.634	162.657
60	163.680	164.703	165.726	166.749	167.772	168.795	169.818	170.841	171.864	172.887
70	173.910	174.933	175.956	176.979	178.002	179.025	180.048	181.071	182.094	183.117
80	184.140	185.163	186.186	187.209	188.232	189.255	190.278	191.301	192.324	193.347
90	194.370	195.393	196.416	197.439	198.462	199.485	200.508	201.531	202.554	203.577
200	204.600	205.623	206.646	207.669	208.692	209.715	210.738	211.761	212.784	213.807
10	214.830	215.853	216.876	217.899	218.922	219.945	220.968	221.991	223.014	224.037
20	225.060	226.083	227.106	228.129	229.152	230.175	231.198	232.221	233.244	234.267
30	235.290	236.313	237.336	238.359	239.382	240.405	241.428	242.451	243.474	244.497
40	245.520	246.543	247.566	248.589	249.612	250.635	251.658	252.681	253.704	254.727
250	255.750	256.773	257.796	258.819	259.842	260.865	261.888	262.911	263.934	264.957
60	265.980	267.003	268.026	269.049	270.072	271.095	272.118	273.141	274.164	275.187
70	276.210	277.233	278.256	279.279	280.302	281.325	282.348	283.371	284.394	285.417
80	286.440	287.463	288.486	289.509	290.532	291.555	292.578	293.601	294.624	295.647
90	296.670	297.693	298.716	299.739	300.762	301.785	302.808	303.831	304.854	305.877
300	306.900	307.923	308.946	309.969	310.992	312.015	313.038	314.061	315.084	316.107
10	317.130	318.153	319.176	320.199	321.222	322.245	323.268	324.291	325.314	326.337
20	327.360	328.383	329.406	330.429	331.452	332.475	333.498	334.521	335.544	336.567
30	337.590	338.613	339.636	340.659	341.682	342.705	343.728	344.751	345.774	346.797
40	347.820	348.843	349.866	350.889	351.912	352.935	353.958	354.981	356.004	357.027
350	358.050	359.073	360.096	361.119	362.142	363.165	364.188	365.211	366.234	367.257
60	368.280	369.303	370.326	371.349	372.372	373.395	374.418	375.441	376.464	377.487
70	378.510	379.533	380.556	381.579	382.602	383.625	384.648	385.671	386.694	387.717
80	388.740	389.763	390.786	391.809	392.832	393.855	394.878	395.901	396.924	397.947
90	398.970	399.993	401.016	402.039	403.062	404.085	405.108	406.131	407.154	408.177
400	409.200	410.223	411.246	412.269	413.292	414.315	415.338	416.361	417.384	418.407
10	419.430	420.453	421.476	422.499	423.522	424.545	425.568	426.591	427.614	428.037
20	429.660	430.683	431.706	432.729	433.752	434.775	435.798	436.821	437.844	438.867
30	439.890	440.913	441.936	442.959	443.982	445.005	446.028	447.051	448.074	449.097
40	450.120	451.143	452.166	453.189	454.212	455.235	456.258	457.281	458.304	459.327
450	460.350	461.373	462.396	463.419	464.442	465.465	466.488	467.511	468.534	469.557
60	470.580	471.603	472.626	473.649	474.672	475.695	476.718	477.741	478.764	479.787
70	480.810	481.833	482.856	483.879	484.902	485.925	486.948	487.971	488.994	490.017
80	491.040	492.063	493.086	494.109	495.132	496.155	497.178	498.201	499.224	500.247
90	501.270	502.293	503.316	504.339	505.362	506.385	507.408	508.431	509.454	510.477
500	511.500	512.523	513.546	514.569	515.592	516.615	517.638	518.661	519.684	520.707
10	521.730	522.753	523.776	524.799	525.822	526.845	527.868	528.891	529.914	530.937
20	531.960	532.983	534.006	535.029	536.052	537.075	538.098	539.121	540.144	541.167
30	542.190	543.213	544.236	545.259	546.282	547.305	548.328	549.351	550.374	551.397
40	552.420	553.443	554.466	555.489	556.512	557.535	558.558	559.581	560.604	561.627
N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

续表

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
550	562.650	563.673	564.696	565.719	566.742	567.765	568.788	569.811	570.834	571.857
60	572.880	573.903	574.926	575.949	576.972	577.995	579.018	580.041	581.064	582.087
70	583.110	584.133	585.156	586.179	587.202	588.225	589.248	590.271	591.294	592.317
80	593.340	594.363	595.385	596.409	597.432	598.455	599.478	600.501	601.524	602.547
90	603.570	604.593	605.615	606.639	607.662	608.685	609.708	610.731	611.754	612.777
600	613.800	614.823	615.846	616.869	617.892	618.915	619.938	620.961	621.984	623.007
10	624.030	625.053	626.076	627.099	628.122	629.145	630.168	631.191	632.214	633.237
20	634.260	635.283	636.305	637.329	638.352	639.375	640.398	641.421	642.444	643.467
30	644.490	645.513	646.536	647.559	648.582	649.605	650.628	651.651	652.674	653.697
40	654.720	655.743	656.765	657.789	658.812	659.835	660.858	661.881	662.904	663.927
650	664.950	665.973	666.996	668.019	669.042	670.065	671.088	672.111	673.134	674.157
60	675.180	676.203	677.226	678.249	679.272	680.295	681.318	682.341	683.364	684.387
70	685.410	686.433	687.456	688.479	689.502	690.525	691.548	692.571	693.594	694.617
80	695.640	696.663	697.686	698.709	699.732	700.755	701.778	702.801	703.824	704.847
90	705.870	706.893	707.916	708.939	709.962	710.985	712.008	713.031	714.054	715.077
700	716.100	717.123	718.146	719.169	720.192	721.215	722.238	723.261	724.284	725.307
10	726.330	727.353	728.376	729.399	730.422	731.445	732.468	733.491	734.514	735.537
20	736.560	737.583	738.605	739.629	740.652	741.675	742.698	743.721	744.744	745.767
30	746.790	747.813	748.836	749.859	750.882	751.905	752.928	753.951	754.974	755.997
40	757.020	758.043	759.066	760.089	761.112	762.135	763.158	764.181	765.204	766.227
750	767.250	768.273	769.296	770.319	771.342	772.365	773.388	774.411	775.434	776.457
60	777.480	778.503	779.526	780.549	781.572	782.595	783.618	784.641	785.664	786.687
70	787.710	788.733	789.756	790.779	791.802	792.825	793.848	794.871	795.894	796.917
80	797.940	798.963	799.986	801.009	802.032	803.055	804.078	805.101	806.124	807.147
90	808.170	809.193	810.216	811.239	812.262	813.285	814.308	815.331	816.354	817.377
800	818.400	819.423	820.446	821.469	822.492	823.515	824.538	825.561	826.584	827.607
10	828.630	829.653	830.676	831.699	832.722	833.745	834.768	835.791	836.814	837.837
20	838.860	839.883	840.906	841.929	842.952	843.975	844.998	846.021	847.044	848.067
30	849.090	850.113	851.136	852.159	853.182	854.205	855.228	856.251	857.274	858.297
40	859.320	860.343	861.366	862.389	863.412	864.435	865.458	866.481	867.504	868.527
850	869.550	870.573	871.596	872.619	873.642	874.665	875.688	876.711	877.734	878.757
60	879.780	880.803	881.826	882.849	883.872	884.895	885.918	886.941	887.964	888.987
70	890.010	891.033	892.056	893.079	894.102	895.125	896.148	897.171	898.194	899.217
80	900.240	901.263	902.286	903.309	904.332	905.355	906.378	907.401	908.424	909.447
90	910.470	911.493	912.516	913.539	914.562	915.585	916.608	917.631	918.654	919.677
900	920.700	921.723	922.746	923.769	924.792	925.815	926.838	927.861	928.884	929.907
10	930.930	931.953	932.976	933.999	935.022	936.045	937.068	938.091	939.114	940.137
20	941.160	942.183	943.206	944.229	945.252	946.275	947.298	948.321	949.344	950.367
30	951.390	952.413	953.436	954.459	955.482	956.505	957.528	958.551	959.574	960.597
40	961.620	962.643	963.666	964.689	965.712	966.735	967.758	968.781	969.804	970.827
950	971.850	972.873	973.896	974.919	975.942	976.965	977.988	979.011	980.034	981.057
60	982.080	983.103	984.126	985.149	986.172	987.195	988.218	988.241	990.264	991.287
70	992.310	993.333	994.356	995.379	996.402	997.425	998.448	999.471	1000.494	1001.517
80	1002.540	1003.563	1004.586	1005.609	1006.632	1007.655	1008.678	1009.701	1010.724	1011.747
90	1012.770	1013.793	1014.816	1015.839	1016.862	1017.885	1018.908	1019.931	1020.954	1021.977
N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

表 12-25　2.4%收缩率计算值

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	102.400	103.424	104.448	105.472	106.496	107.520	108.544	109.568	110.592	111.616
10	112.640	113.664	114.688	115.712	116.736	117.760	118.784	119.808	120.832	121.856
20	122.880	123.904	124.928	125.952	126.976	128.000	129.024	130.048	131.072	132.096
30	133.120	134.144	135.168	136.192	137.216	138.240	139.264	140.288	141.312	142.336
40	143.360	144.384	145.408	146.432	147.456	148.480	149.504	150.528	151.552	152.576
150	153.600	154.624	155.648	156.672	157.696	158.720	159.744	160.768	161.792	162.816
60	163.840	164.864	165.888	166.912	167.936	168.960	169.984	171.008	172.032	173.056
70	174.080	175.104	176.128	177.152	178.176	179.200	180.224	181.248	182.272	183.296
80	184.320	185.344	186.368	187.392	188.416	189.440	190.464	191.488	192.512	193.536
90	194.560	195.584	196.608	197.632	198.656	199.680	200.704	201.728	202.752	203.776
200	204.800	205.824	206.848	207.872	208.896	209.920	210.944	211.968	212.992	214.016
10	215.040	216.064	217.088	218.112	219.136	220.160	221.184	222.208	223.232	224.256
20	225.280	226.304	227.328	228.352	229.376	230.400	231.424	232.448	233.472	234.496
30	235.520	236.544	237.568	238.592	239.616	240.640	241.664	242.688	243.712	244.736
40	245.760	246.784	247.808	248.832	249.856	250.880	251.904	252.928	253.952	254.976
250	256.000	257.024	258.048	259.072	260.096	261.120	262.144	263.168	264.192	265.216
60	266.240	267.264	268.288	269.312	270.336	271.360	272.384	273.408	274.432	275.456
70	276.480	277.504	278.528	279.552	280.576	281.600	282.624	283.648	284.672	285.696
80	286.720	287.744	288.768	289.792	290.816	291.840	292.864	293.888	294.912	295.936
90	296.960	297.984	299.008	300.032	301.056	302.080	303.104	304.128	305.152	306.176
300	307.200	308.224	309.248	310.272	311.296	312.320	313.344	314.368	315.392	316.416
10	317.440	318.464	319.488	320.512	321.536	322.560	323.584	324.608	325.632	326.656
20	327.680	328.704	329.718	330.752	331.776	332.800	333.824	334.848	335.872	336.896
30	337.920	338.944	339.968	340.992	342.016	343.040	344.064	345.088	346.112	347.136
40	348.160	349.184	350.208	351.232	352.256	353.280	354.304	355.328	356.352	357.376
350	358.400	359.424	360.448	361.472	362.496	363.520	364.544	365.568	366.592	367.616
60	368.640	369.664	370.688	371.712	372.736	373.760	374.784	375.808	376.832	377.856
70	378.880	379.904	380.928	381.952	382.976	384.000	385.024	386.048	387.072	388.096
80	389.120	390.144	391.168	392.192	393.216	394.240	395.264	396.288	397.312	398.336
90	399.360	400.384	401.408	402.432	403.456	404.480	405.504	406.528	407.552	408.576
400	409.600	410.624	411.648	412.672	413.696	414.720	415.744	416.768	417.792	418.816
10	419.840	420.864	421.888	422.912	423.936	424.960	425.984	427.008	428.032	429.056
20	430.080	431.104	432.128	433.152	434.176	435.200	436.224	437.248	438.272	439.296
30	440.320	441.344	442.368	443.392	444.416	445.440	446.464	447.488	448.512	449.536
40	450.560	451.584	452.608	453.632	454.656	455.680	456.704	457.728	458.752	459.776
450	460.800	461.824	462.848	463.872	464.896	465.920	466.944	467.968	468.992	470.016
60	471.040	472.064	473.088	474.112	475.136	476.160	477.184	478.208	479.232	480.256
70	481.280	482.304	483.328	484.352	485.376	486.400	487.424	488.448	489.472	490.496
80	491.520	492.544	493.568	494.592	495.616	496.640	497.664	498.688	499.712	500.736
90	501.760	502.784	503.808	504.832	505.856	506.880	507.904	508.928	509.952	510.976
500	512.000	513.024	514.048	515.072	516.096	517.120	518.144	519.168	520.192	521.216
10	522.240	523.264	524.288	525.312	526.336	527.360	528.384	529.408	530.432	531.456
20	532.480	533.504	534.528	535.552	536.576	537.600	538.624	539.648	540.672	541.696
30	542.720	543.744	544.768	545.792	546.816	547.840	548.864	549.888	550.912	551.936
40	552.960	553.984	555.008	556.032	557.056	558.080	559.104	560.128	561.152	562.176
N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

续表

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
550	563.200	564.224	565.248	566.272	567.296	568.320	569.344	570.368	571.392	572.416
60	573.440	574.464	575.488	576.512	577.536	578.560	579.584	580.608	581.632	582.656
70	583.680	584.704	585.728	586.752	587.776	588.800	589.824	590.848	591.872	592.896
80	593.920	594.944	595.968	596.992	598.016	599.040	600.064	601.088	602.112	603.136
90	604.160	605.184	606.208	607.232	608.256	609.280	610.304	611.328	612.352	613.376
600	614.400	615.424	616.448	617.472	618.496	619.520	620.544	621.568	622.592	623.616
10	624.640	625.664	626.688	627.712	628.736	629.760	630.784	631.808	632.832	633.856
20	634.880	635.904	636.928	637.952	638.976	640.000	641.024	642.048	643.072	644.096
30	645.120	646.144	647.168	648.192	649.216	650.240	651.264	652.288	653.312	654.336
40	655.360	656.384	657.408	658.432	659.456	660.480	661.504	662.528	663.552	664.576
650	665.600	666.624	667.648	668.672	669.696	670.720	671.744	672.768	673.792	674.816
60	675.840	676.864	677.888	678.912	679.936	680.960	681.984	683.008	684.032	685.056
70	686.080	687.104	688.128	689.152	690.176	691.200	692.224	693.248	694.272	695.296
80	696.320	697.344	698.368	699.392	700.416	701.440	702.464	703.488	704.512	705.536
90	706.560	707.584	708.608	709.632	710.656	711.680	712.704	713.728	714.752	715.776
700	716.800	717.824	718.848	719.872	720.896	721.920	722.944	723.968	724.992	726.016
10	727.040	728.064	729.088	730.112	731.136	732.160	733.184	734.208	735.232	736.256
20	737.280	738.304	739.328	740.352	741.376	742.400	743.424	744.448	745.472	746.496
30	747.520	748.544	749.568	750.592	751.616	752.640	753.664	754.688	755.712	756.736
40	757.760	758.784	759.808	760.832	761.856	762.880	763.904	764.928	765.952	766.976
750	768.000	769.024	770.048	771.072	772.096	773.120	774.144	775.168	776.192	777.216
60	778.240	779.264	780.288	781.312	782.336	783.360	784.384	785.408	786.432	787.456
70	788.480	789.504	790.528	791.552	792.576	793.600	794.624	795.648	796.672	797.696
80	798.720	799.744	800.768	801.792	802.816	803.840	804.864	805.888	806.912	807.936
90	808.960	809.984	811.008	812.032	813.056	814.080	815.104	816.128	817.152	818.176
800	819.200	820.224	821.248	822.272	823.296	824.320	825.344	826.368	827.392	828.416
10	829.440	830.464	831.488	832.512	833.536	834.560	835.584	836.608	837.632	838.656
20	839.680	840.704	841.728	842.752	843.776	844.800	845.824	846.848	847.872	848.896
30	849.920	850.944	851.968	852.992	854.016	855.040	856.064	857.088	858.112	859.136
40	860.160	861.184	862.208	863.232	864.256	865.280	866.304	867.328	868.352	869.376
850	870.400	871.424	872.448	873.472	874.496	875.520	876.544	877.568	878.592	879.616
60	880.640	881.664	882.688	883.712	884.736	885.760	886.784	887.808	888.832	889.856
70	890.880	891.904	892.928	893.952	894.976	896.000	897.024	898.048	899.072	900.096
80	901.120	902.144	903.168	904.192	905.216	906.240	907.264	908.288	909.312	910.336
90	911.360	912.384	913.408	914.432	915.456	916.480	917.504	918.528	919.552	920.576
900	921.600	922.624	923.648	924.672	925.696	926.720	927.744	928.768	929.792	930.816
10	931.840	932.864	933.888	934.912	935.936	936.960	937.984	939.008	940.032	941.056
20	942.080	943.104	944.128	945.152	946.176	947.200	948.224	949.248	950.272	951.296
30	952.320	953.344	954.368	955.392	956.416	957.440	958.464	959.488	960.512	961.536
40	962.560	963.584	964.608	965.632	966.656	967.680	968.704	969.728	970.752	971.776
950	972.800	974.824	974.848	975.872	976.896	977.920	978.944	974.968	980.992	982.016
60	983.040	984.064	985.088	986.112	987.136	988.160	989.184	990.208	991.232	992.256
70	993.280	994.304	995.328	996.352	997.376	998.400	999.424	1000.448	1001.472	1002.496
80	1003.520	1004.544	1005.568	1006.592	1007.616	1008.640	1009.664	1010.688	1011.712	1012.736
90	1013.760	1014.784	1015.808	1016.832	1017.856	1018.880	1019.904	1020.928	1021.952	1022.976
N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

表 12-26　2.5%收缩率计算值

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	102.500	103.525	104.550	105.575	106.600	107.625	108.650	109.675	110.700	111.725
10	112.750	113.775	114.800	115.825	116.850	117.875	118.900	119.925	120.950	121.975
20	123.000	124.025	125.050	126.075	127.100	128.125	129.150	130.175	131.200	132.225
30	133.250	134.275	135.300	136.325	137.350	138.375	139.400	140.425	141.450	142.475
40	143.500	144.525	145.550	146.575	147.600	148.625	149.650	150.675	151.700	152.725
150	153.750	154.775	155.800	156.825	157.850	158.875	159.900	160.925	161.950	162.975
60	164.000	165.025	166.050	167.075	168.100	169.125	170.150	171.175	172.200	173.225
70	174.250	175.275	176.300	177.325	178.350	179.375	180.400	181.425	182.450	183.475
80	184.500	185.525	186.550	187.575	188.600	189.625	190.650	191.675	192.700	193.725
90	194.750	195.775	196.800	197.825	198.850	199.875	200.900	201.925	202.950	203.975
200	205.000	206.025	207.050	208.075	209.100	210.125	211.150	212.175	213.200	214.225
10	215.250	216.275	217.300	218.325	219.350	220.375	221.400	222.425	223.450	224.475
20	225.500	226.525	227.550	228.575	229.600	230.625	231.650	232.675	233.700	234.725
30	235.750	236.775	237.800	238.825	239.850	240.875	241.900	242.925	243.950	244.975
40	246.000	247.025	248.050	249.075	250.100	251.125	252.150	253.175	254.200	255.225
250	256.250	257.275	258.300	259.325	260.350	261.375	262.400	263.425	264.450	265.475
60	266.500	267.525	268.550	269.575	270.600	271.625	272.650	273.675	274.700	275.725
70	276.750	277.775	278.800	279.825	280.850	281.875	282.900	283.925	284.950	285.975
80	287.000	288.025	289.050	290.075	291.100	292.125	293.150	294.175	295.200	296.225
90	297.250	298.275	299.300	300.325	301.350	302.375	303.400	304.425	305.450	306.475
300	307.500	308.525	309.550	310.575	311.600	312.625	313.650	314.675	315.700	316.725
10	317.750	318.775	319.800	320.825	321.850	322.875	323.900	324.925	325.950	326.975
20	328.000	329.025	330.050	331.075	332.100	333.125	334.150	335.175	336.200	337.225
30	338.250	339.275	340.300	341.325	342.350	343.325	344.400	345.425	346.450	347.475
40	348.500	349.525	350.550	351.575	352.600	353.625	354.650	355.675	356.700	357.725
350	358.750	359.775	360.800	361.825	362.850	363.875	364.900	365.925	366.950	367.975
60	369.000	370.025	371.050	372.075	373.100	374.125	375.150	376.175	377.200	378.225
70	379.250	380.275	381.300	382.325	383.350	384.375	385.400	386.425	387.450	388.475
80	389.500	390.525	391.550	392.575	393.600	394.625	395.650	396.675	397.700	398.725
90	399.750	400.775	401.800	402.825	403.850	404.875	405.900	406.925	407.950	408.975
400	410.000	411.025	412.050	413.075	414.100	415.125	416.150	417.175	418.200	419.225
10	420.250	421.275	422.300	423.325	424.350	425.375	426.400	427.425	428.450	429.475
20	430.500	431.525	432.550	433.575	434.600	435.625	436.650	437.675	438.700	439.725
30	440.750	441.775	442.800	443.825	444.850	445.875	446.900	447.925	448.950	449.975
40	451.000	452.025	453.050	454.075	455.100	456.125	457.150	458.175	459.200	460.225
450	461.250	462.275	463.300	464.325	465.350	466.375	467.400	468.425	469.450	470.475
60	471.500	472.525	473.550	474.575	475.600	476.625	477.650	478.675	479.700	480.725
70	481.750	482.775	483.800	484.825	485.850	486.875	487.900	488.925	489.950	490.975
80	492.000	493.025	494.050	495.075	496.100	497.125	498.150	499.175	500.200	501.225
90	502.250	503.275	504.300	505.325	506.350	507.375	508.400	509.425	510.450	511.475
500	512.500	513.525	514.550	515.575	516.600	517.625	518.650	519.675	520.700	521.725
10	522.750	523.775	524.800	525.825	526.850	527.875	528.900	529.925	530.950	531.975
20	533.000	534.025	535.050	536.075	537.100	538.125	539.150	540.175	541.200	542.225
30	543.250	544.275	545.300	546.325	547.350	548.375	549.400	550.425	551.450	552.475
40	553.500	554.525	555.550	556.575	557.500	558.625	559.650	560.675	561.700	562.725
N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

续表

N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
550	563.750	564.775	565.800	566.825	567.850	568.875	569.900	570.925	571.950	572.975
60	574.000	575.025	576.050	577.075	578.100	579.125	580.150	581.175	582.200	583.225
70	584.250	585.275	586.300	587.325	588.350	589.375	590.400	591.425	592.450	593.475
80	594.500	595.525	596.550	597.575	598.600	599.625	600.650	601.675	602.700	603.725
90	604.750	605.775	606.800	607.825	608.850	609.875	610.900	611.925	612.950	613.975
600	615.000	616.025	617.050	618.075	619.100	620.125	621.150	622.175	623.200	624.225
10	625.250	626.275	627.300	628.325	629.350	630.375	631.400	632.425	633.450	634.475
20	635.500	636.525	637.550	638.575	639.600	640.625	641.650	642.675	643.700	644.725
30	645.750	646.775	647.800	648.825	649.850	650.875	651.900	652.925	653.950	654.975
40	656.000	657.025	658.050	659.075	660.100	661.125	662.150	663.175	664.200	665.225
650	666.250	667.275	668.300	669.325	670.350	671.375	672.400	673.425	674.450	675.475
60	676.500	677.525	678.550	679.575	680.600	681.625	682.650	683.675	684.700	685.725
70	686.750	687.775	688.800	689.825	690.850	691.875	692.900	693.925	694.950	695.975
80	697.000	698.025	699.050	700.075	701.100	702.125	703.150	704.175	705.200	706.225
90	707.250	708.275	709.300	710.325	711.350	712.375	713.400	714.425	715.450	716.475
700	717.500	718.525	719.550	720.575	721.600	722.625	723.650	724.675	725.700	726.725
10	727.750	728.775	729.800	730.825	731.850	732.875	733.900	734.925	735.950	736.975
20	738.000	739.025	740.050	741.075	742.100	743.125	744.150	745.175	746.200	747.225
30	748.250	749.275	750.300	751.325	752.350	753.375	754.400	755.425	756.450	757.475
40	758.500	759.525	760.550	761.575	762.600	763.625	764.650	765.675	766.700	767.725
750	768.750	769.775	770.800	771.825	772.850	773.875	774.900	775.925	776.950	777.975
60	779.000	780.025	781.050	782.075	783.100	784.125	785.150	786.175	787.200	788.225
70	789.250	790.275	791.300	792.325	793.350	794.375	795.400	796.425	797.450	798.475
80	799.500	800.525	801.550	802.575	803.600	804.625	805.650	806.675	807.700	808.725
90	809.750	810.775	811.800	812.825	813.850	814.875	815.900	816.925	817.950	818.975
800	820.000	821.025	822.050	823.075	824.100	825.125	826.150	827.175	828.200	829.225
10	830.250	831.275	832.300	833.325	834.350	835.375	836.400	837.425	838.450	839.475
20	840.500	841.525	842.550	843.575	844.600	845.625	846.650	847.675	848.700	849.725
30	850.750	851.775	852.800	853.825	854.850	855.875	856.900	857.925	858.950	859.975
40	861.000	862.025	863.050	864.075	865.100	866.125	867.150	868.175	869.200	870.225
850	871.250	872.275	873.300	874.325	875.350	875.375	877.400	878.425	879.450	880.475
60	881.500	882.525	883.550	884.575	885.600	886.625	887.650	888.675	889.700	890.725
70	891.750	892.775	893.800	894.825	895.850	896.875	897.900	898.925	899.950	900.975
80	902.000	903.025	904.050	905.075	906.100	907.125	908.150	909.175	910.200	911.225
90	912.250	913.275	914.300	915.325	916.350	917.375	918.400	919.425	920.450	921.475
900	922.500	923.525	924.550	925.575	926.600	927.625	928.650	929.675	930.700	931.725
10	932.750	933.775	934.800	935.825	936.850	937.875	938.900	939.925	940.950	941.975
20	943.000	944.025	945.050	946.075	947.100	948.125	949.150	950.175	951.200	952.225
30	953.250	954.275	955.300	956.325	957.350	958.375	959.400	960.425	961.450	962.475
40	963.500	964.525	965.550	966.575	967.600	968.625	969.650	970.675	971.700	972.725
950	973.750	974.775	975.800	976.825	977.850	978.875	979.900	980.925	981.950	982.975
60	984.000	985.025	986.050	987.075	988.100	989.125	990.150	991.175	992.200	993.225
70	994.250	995.275	996.300	997.325	998.350	999.375	1000.400	1001.425	1002.450	1003.475
80	1004.500	1005.525	1006.550	1007.575	1008.600	1009.625	1010.650	1011.675	1012.700	1013.725
90	1014.750	1015.775	1016.800	1017.825	1018.850	1019.875	1020.900	1021.925	1022.950	1023.975
N/mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

第十三章　橡胶O形圈模具

13.1　概述

随着合成橡胶的发展，出现了耐油、耐热、耐磨、真空耐氟等具有各种特性的合成橡胶O形密封制品。由于O形圈的形状和安装沟槽的结构简单，而且密封性能良好，所以橡胶O形密封圈是液压和气动系统中广泛使用的一种简单、可靠的密封元件。据不完全统计，在整个橡胶工业制品中O形圈品种约占25%左右，O形圈生产量约占整个橡胶工业制品中37%左右，可见橡胶O形圈从数量和品种上在橡胶工业制品中都占有重要的地位。为了总结有关橡胶O形圈模具设计、制造经验，特把典型、新型、先进的O形圈橡胶模具总结如下。

O形圈按加工工艺、使用要求分45°与180°分型两大类。

一般工作压力不大于20.6MPa的往复、直线运动的活动密封和固定密封选用45°分型面模具结构，因工作压力不大时，密封圈与被密封面间的接触压力较小，分型面的毛边（又称飞边）对密封面密封性能的影响较大，为克服这一影响活动密封的密封圈分型面以45°分型为佳。

一般要求的固定密封O形圈可选用180°的分型面，它具有良好的工艺性及经济性，所以固定密封圈多选择180°压模分型面。

45°与180°分型面的区别在于O形圈飞边位置不同，但由于橡胶是弹性体，如果经仔细修边后的O形圈残留毛边的凸出高度不大于0.05mm、宽度不大于0.10mm，一般说来180°分型面可以代替45°分型面O形圈。如达不到上述要求，则采用45°分型面，目的是将飞边避开工作面（密封部位）。下面介绍180°分型与45°分型的橡胶模具典型结构设计与制造方法。

13.2 橡胶O形圈模具结构设计

（1）常用典型结构　如图 13-1 所示。

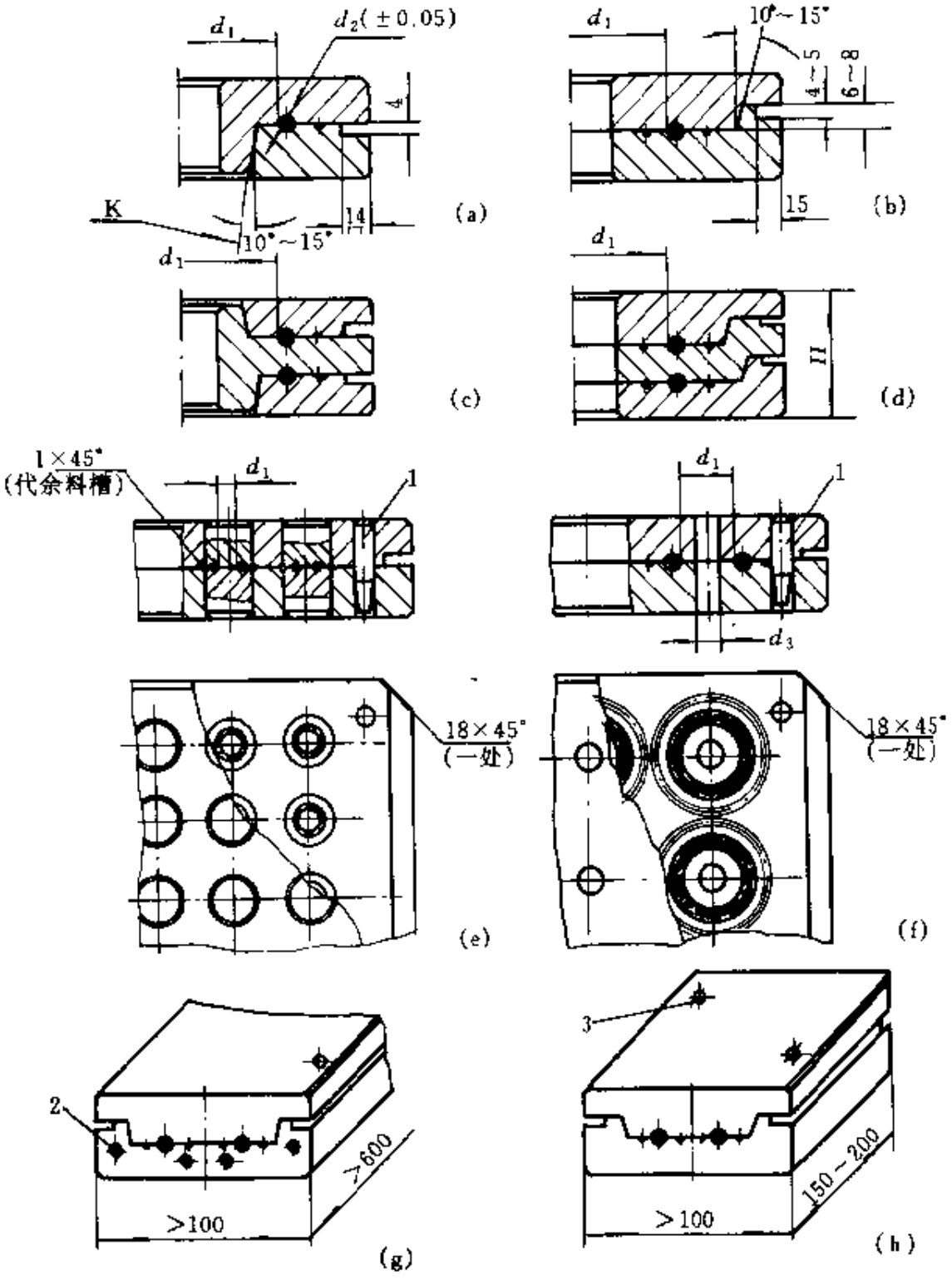


图 13-1　常用典型结构

1—导销3件（丁字形排列）；2—闷头螺孔；3—导销孔

图 13-1 中 (a) 适用于内径 d_1>60mm 大型制品，采用内侧圆锥面定位，加工精度高、使用性能好。注有 K 处说明：当制品内径>60mm 时，不能采用常用的圆柱面定位，因为圆柱面定位其配合公差间隙量已接近和超过 d_2 公差值，易引起模腔错位（下同）。

(b) 适用于内径 d_1>60mm 中型制品，采用外侧圆锥面定位，加工精度高、使用性能好。

(c) 双孔结构，其余同 (a)。

(d) 双孔结构。如采用多层结构，模具外形尺寸与 H 高度之比不得小于 2∶1，否则将影响硫化温度，其余同 (b)。

(e) 适用于内径 d_1<20mm 多孔 O 形圈制品。采用镶模芯结构，加工、维修方便；并可采用条状或粒状半成品加料法。

(f) 适用内径 d_1>20mm 多孔 O 形圈制品。采用以 d_3 为基准孔加工模腔，采用圈状半成品加料法。

(g) 为O 形圈接长模。适用于长度>500mm 制品，或与 (w) 模配合使用可加工内径>500mm 的 O 形圈制品。

(h) 为O 形圈接头模。与 (g) 模配合使用可加工内径>500mm 的 O 形圈制品。

(2) 注压法结构　如图 13-2 所示❶。

图 13-2 中 (a) 为典型多孔注压模，半成品成形简单、操作方便、制品质量好。适用于内径 d_1<60mm 的 O 形圈制品。

图 13-2 (b) 为立式多孔注压模，工效高，加料方便，模具精度高。适用于内径 d_1<15mm 的 O 形圈制品。

图 13-2 (c) 为典型单孔注压模，采用环形分流道进料、排气槽中带有缓冲槽（又称气扎包），避免制品会合处熔接痕。

(3) 轴向分型结构　如图 13-3 所示。

图 13-3 (a) 适用于 d_1<60mm 的 O 形圈制品。采用轴向分型结构，特点是工效高、模具外形小、半成品成形简单、加料方便；特别是可

---

❶ 由于 O 形圈分型面飞边精度要求较高，因此注压模进料浇口高度 0.06～0.10mm，比其他制品浇口 (0.1～0.6) 薄得多，所以硫化时加压速度不宜过快。

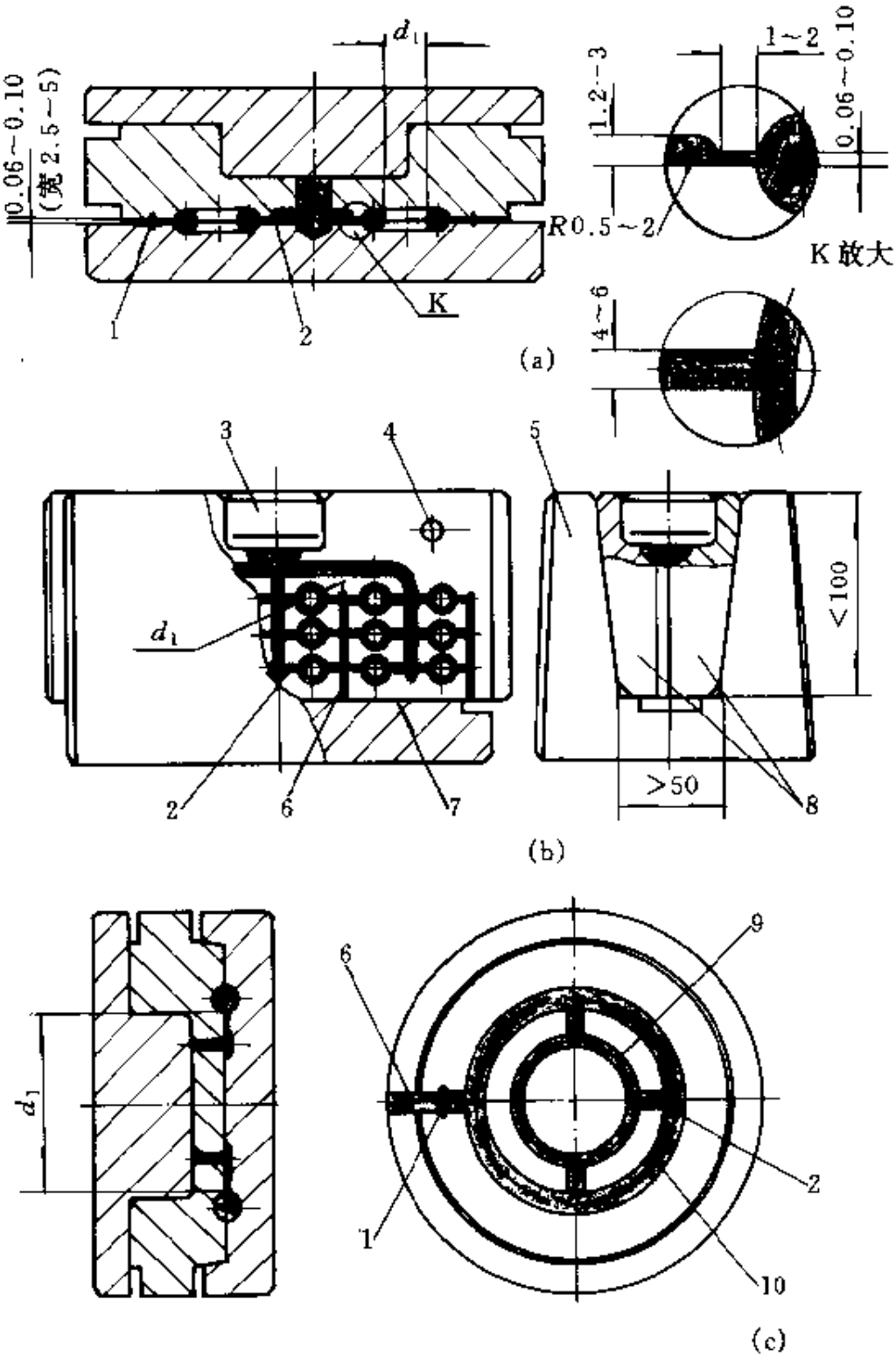


图 13-2　注压模结构

1—缓冲槽；2—浇口；3—压料头；4—导销；5—模架；6—排气槽；7—间隙≤0.10mm；8—两瓣模；9—环形分流道；10—O形圈

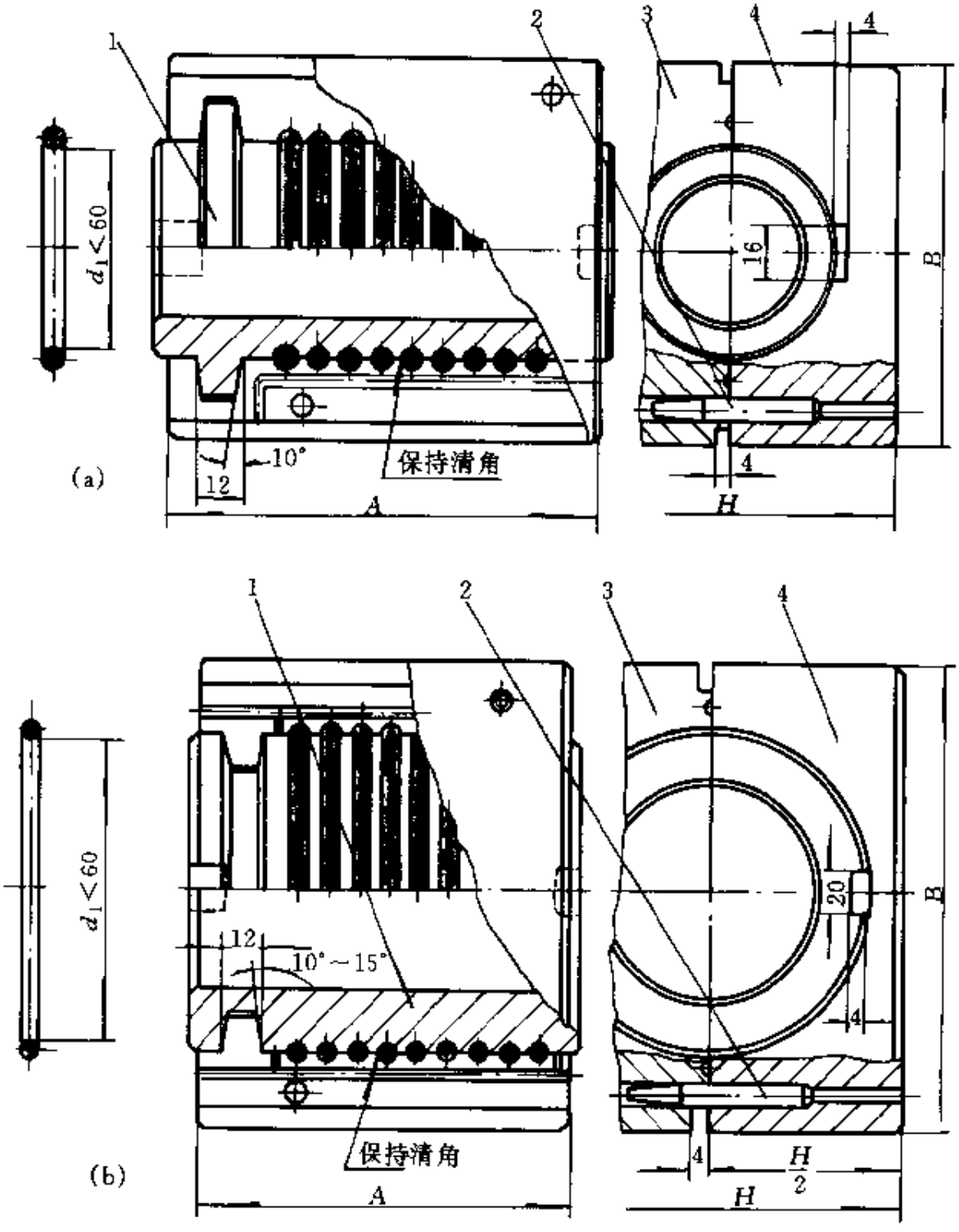


图 13-3 轴向分型结构

1—模芯；2—导销；3—下模；4—上模

克服 $d_2<3$mm 低硬度（邵尔 40 度以下）胶料半成品成形的困难，模具精度偏高。

图 13-3（b）适用于 $d_1>60$mmO 形圈制品。其余同上。a、b 模具

$A\times B$ 外形尺寸与高度 H 之比不得小于 2∶1，有利于模具导热均匀。

(4) 无飞边模具结构　如图 13-4～图 13-7 所示。

图 13-4 为多孔刃口式无飞边模具结构，适用于 $d_1<60$mm 的O 形圈制品。$d_1>60$mm 时可设计为单孔（下同）。模具精度高、加工困难，使用寿命短。

图 13-4 技术要求如下：

$A=2B$

$B\approx d_2\times(35\%\sim40\%)$其取值范围一般为 0.5～1.5mm

$L=d_1+2d_2+2A-0.3$

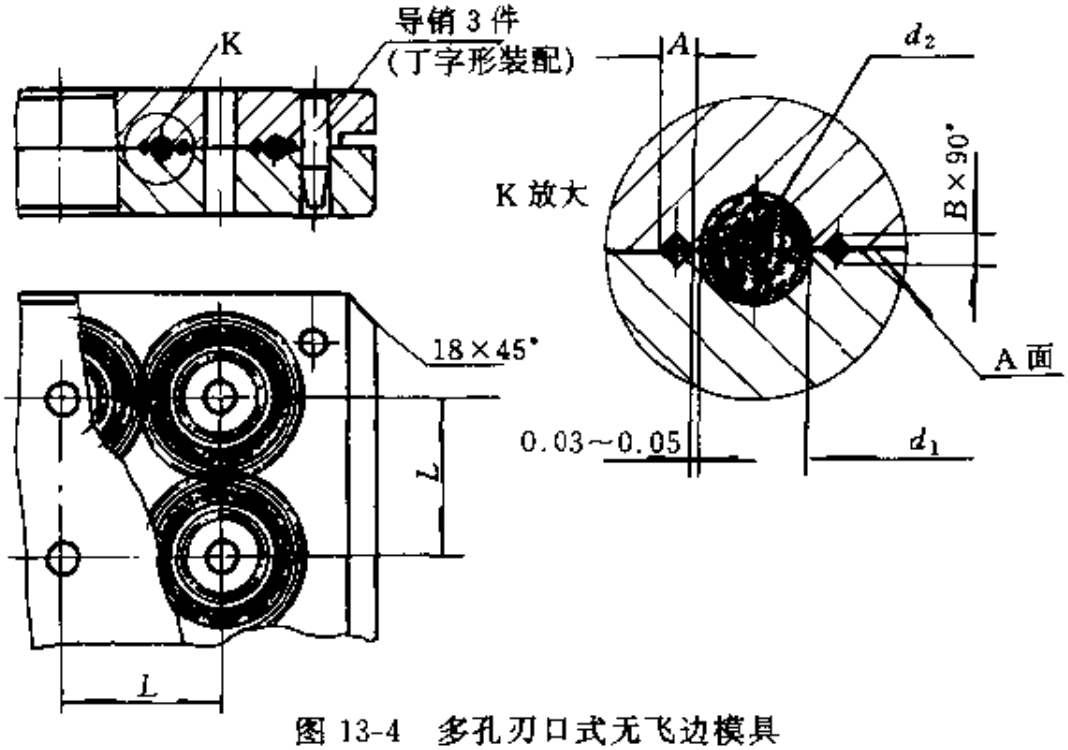


图 13-4　多孔刃口式无飞边模具

图 13-5 为多孔碟形垫圈控制式无飞边模具结构，适用于 $d_1<60$mm 的O 形圈制品。采用碟形弹性垫圈控制刃口的压力，并能自动调节平行度。模具精度高、使用安全可靠，寿命长（压力的大小可由高度 H 或平垫圈厚度调节和控制）。

图 13-5 技术要求如下：

$A=2B$

$B\approx d_2\times(0.10\sim0.15)$其取值范围一般为 0.5～1.5mm

$h\approx(0.3\sim0.5)Q$(初试阶段值)尔后按飞边厚度调整高度 H。

图 13-6 所示为多孔气压式无飞边模具结构，适用于 $d_1<60$mm 的

O 形圈制品。采用压缩空气压力控制刃口的压力。由耐高温氟硅橡胶O形圈作密封件，模具处于试验阶段是理想的无飞边模具结构之一。

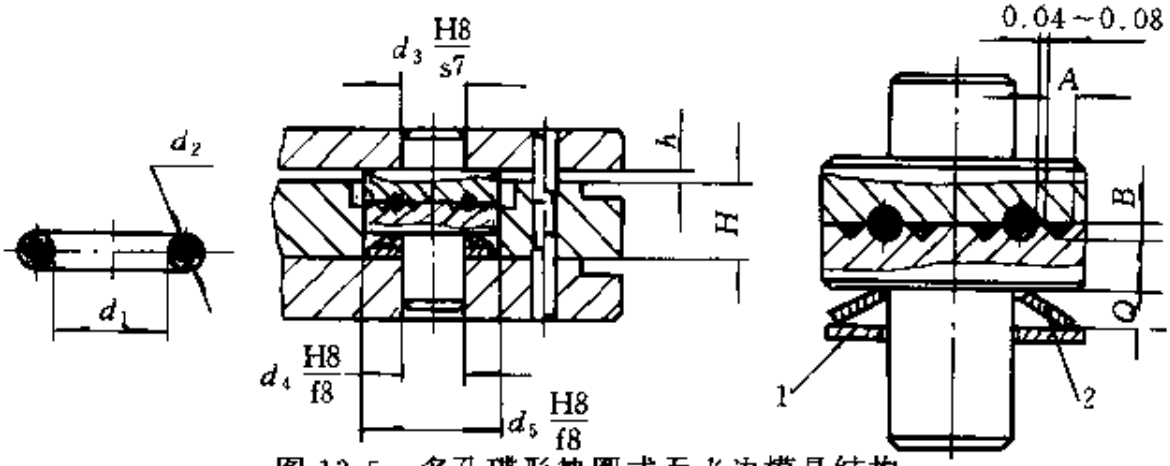


图 13-5　多孔碟形垫圈式无飞边模具结构

1—平垫圈；2—弹性垫圈

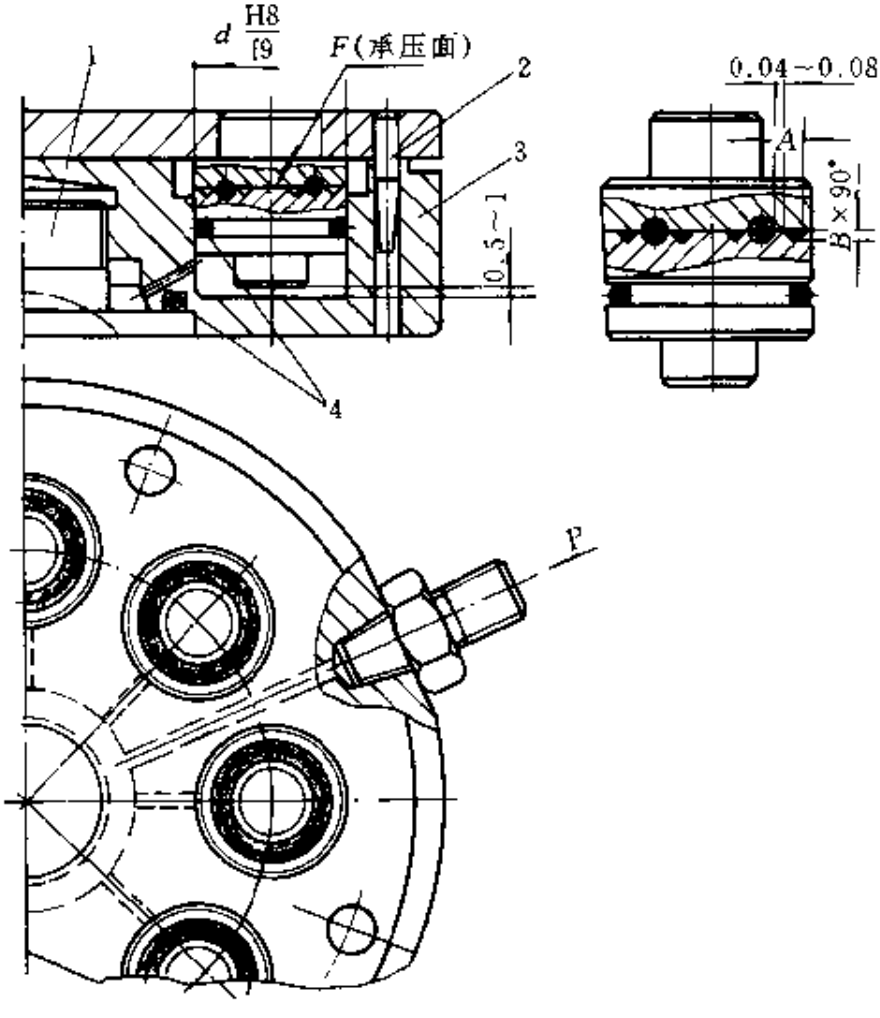


图 13-6　多孔气压式无飞边模具结构

1—闷头螺钉；2—导销 3 件；3—下模；4—氟硅橡胶 O 形圈

图 13-6 技术要求如下：

$A=2B$

$B\approx d_2\times(0.10\sim0.15)$其取值范围一般为 0.5～1.5mm

$$F\approx\pi\left[\frac{D^2}{4}-(d_1+d_2)(2A+d)\right]$$

$$P=\frac{F\cdot\sigma_s}{2}$$

式中 P——许用压力，N；

F ——承压面积，mm^2；

σ_s—— 抗压强度（淬火状态 686.5N/mm^2）。

图 13-7 为多孔高膨胀金属式无飞边模具结构，适用于 d_1<60mmO形圈制品。随着高膨胀金属的不断出现，新一代无飞边模具进入探索和开发阶段，该模采用高膨胀率金属的膨胀力控制刃口的压力，模具结构简单，使用寿命长。

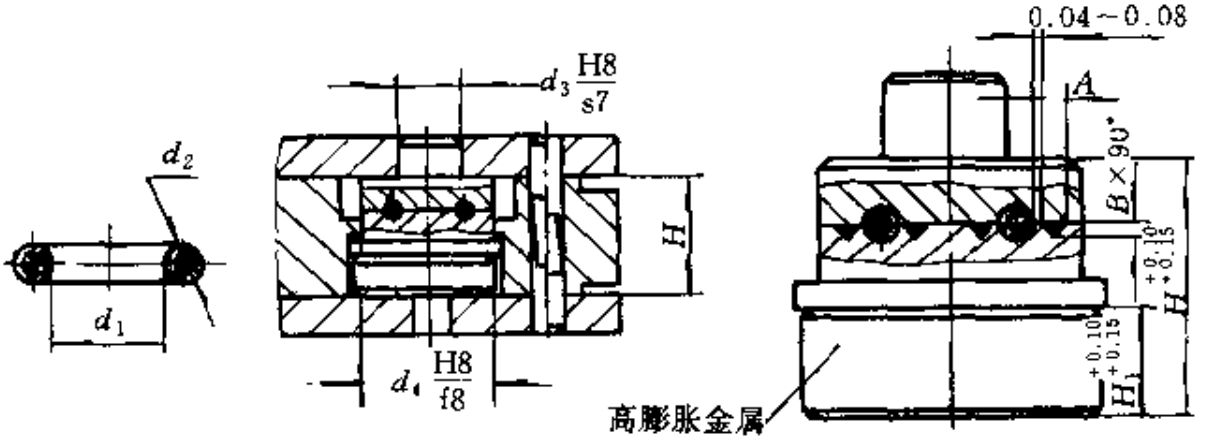


图 13-7 多孔高膨胀金属式无飞边模具结构

图 13-7 技术要求如下：

$A=2B$

$B\approx d_2\times(0.10\sim0.15)$其取值范围一般为 0.5～1.5mm

$H_1=0.10\sim0.15$（从 30～160℃膨胀距离，其线膨胀系数 a 为 50×10^{-6}/℃，约为碳钢 4～5 倍）；

H_1——按 20mm 线膨胀系数 $a=0.00005$ 要求假设；

30℃ ——水冷却后模具温度；

160℃——模具硫化时温度。

13.3 O形圈模具制造

O形橡胶密封圈同其他矩形密封垫圈一样，几何形状比较简单，但由于制品多用于活动密封部位或由于内外径固定密封，所以对表面粗糙度和内径尺寸精度要求较高。特别是模具必须由二个半圆形组合成一个理想的光滑圆形截面，这不仅要求结构设计合理，而且如果加工不妥就会产生模缝错位，导致产品错位或截面不圆，直接影响尺寸要求。因此提高模具制造的工艺水平具有十分重要的意义。

13.3.1 180°分型面O形圈模具

(1) 定位孔加工法　当O形密封圈外径<25mm时，可以采用定位孔加工法。上下模板组合后，首先在上模腔的背面加工定位孔，如图13-8左图所示。定位孔要求按2级精度加工，面后按上模板加工的2级定位孔，加工下模定位孔。并按加工好的定位孔定位，加工上、下模模腔直至全部完工（如图13-8右图）。

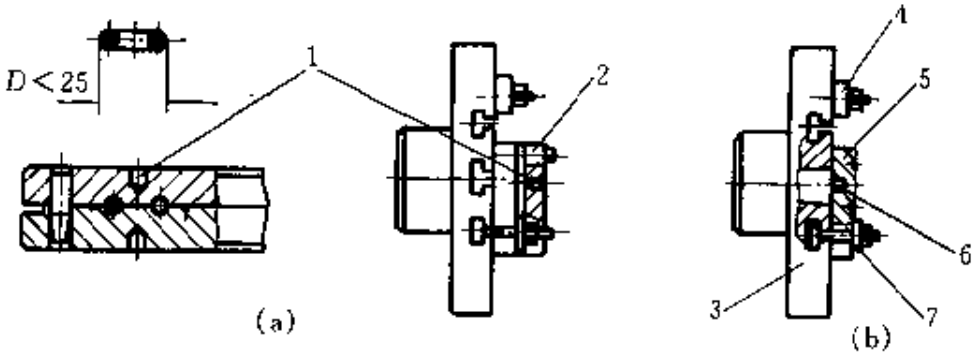


图13-8　定位孔及下模加工法

1—定位孔；2—上模；3　平衡块；4—下模；

5—定位销；6　车头花盘；7—压板

(2) 镶配模芯加工方法　图13-9为镶配模芯加工法。这种加工方法的特点是维修调换方便。但模腔间距H应较大，如果模腔间距较小，模芯镶配后模板容易变形。

(3) 定位板加工法　定位板加工方法适用于批量大、专业性较强的模具工厂或车间。其优点是：模腔加工方便、精度高。缺点是工装

精度要求较高，不适宜少批量模具生产。

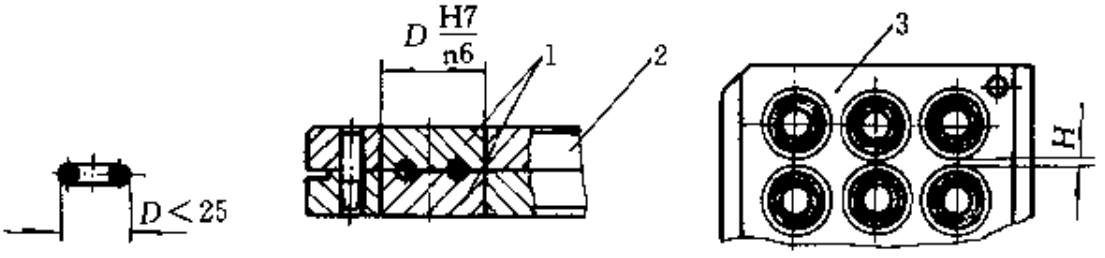


图 13-9　镶配模芯结构加工法

1—上、下模芯；2　上模；3　下模

采用定位板加工方法，主要有两种形式。

第一种（如图 13-10 所示）是固定于车床花盘上模具定位板的加工。方法如下：模具模腔加工前，要在模具上加工 2-ϕ8H7$^{+0.015}$定位孔，并配装 ϕ8g6$\left(^{-0.005}_{-0.014}\right)$间隙动配合圆柱销，间距与定位板（工装）$l$ 距离相一致（如图 13-11 所示）。而后按图 13-12 位置加工上下模第一孔模腔。加工第二孔时，只要把模板沿 P 方向移动 H 距离，即定位板 H 距离，就可加工第二孔模腔。这样依此类推至第 9 孔全部完工。

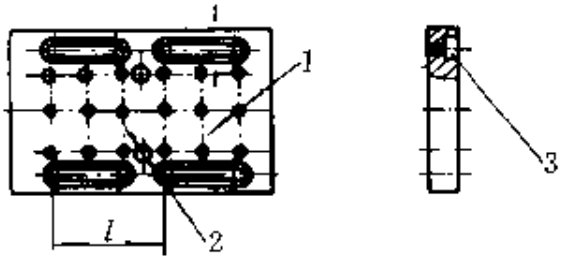


图 13-10　加工 9 个模腔定位工装

1—模具定位孔 18-ϕ8H7$^{+0.015}$；

2—车头中心孔 2-ϕ10～20；

3　槽形螺孔（与花盘定位）

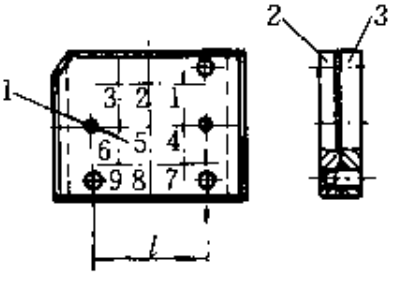


图 13-11　模具定位孔

1—模具定位孔 2-ϕ8H7$^{+0.015}$；

2　下模；3—上模

定位板上的定位孔孔数是模具模腔孔数的两倍，即 9 个模腔，定位板孔数为 18 个，以此递增，可加工更多的模腔。

第二种定位板加工方法也是在模具型腔加工前加工 2-ϕ8H7$^{+0.015}$定位孔，并配装 ϕ8g6$\left(^{-0.005}_{-0.014}\right)$间隙动配合圆柱销，间距与定位板 l 相一致，如图 13-13 所示。而后按定位孔与车头中心定位销相配合加工上下

模板各模腔，如图 13-14 所示。

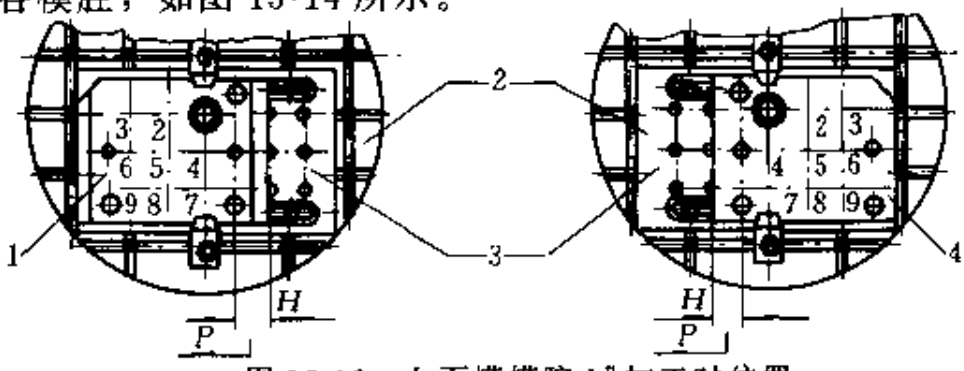


图 13-12　上下模模腔 1# 加工时位置

1—下模；2—车床花盘；3—定位板；4　上模

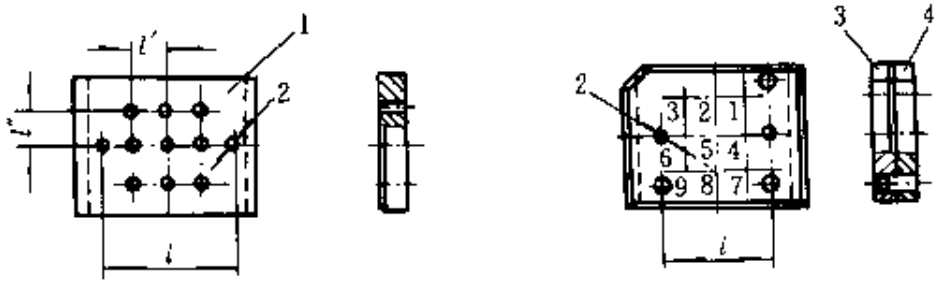


图 13-13　定位板与上下模工艺定位孔

1—定位板；2—模具定位孔 2-ϕ8H7$^{+0.015}$；3—下模；4—上模

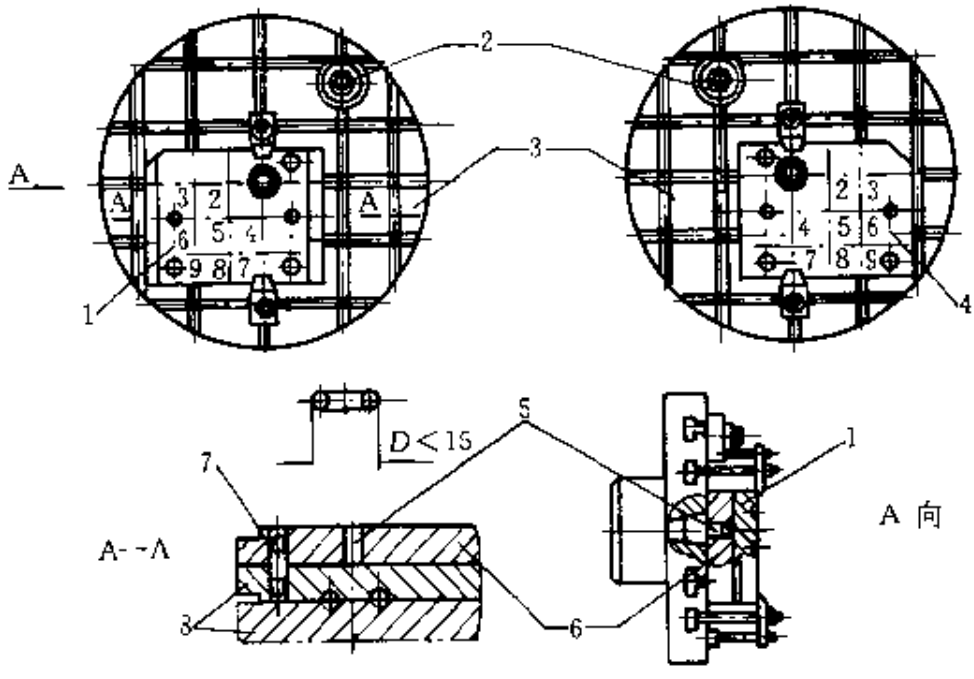


图 13-14　上下模模腔加工时的位置

1—下模；2—平衡块；3—车床花盘；4—上模；5—定位孔与销；

6—定位板；7—2-ϕ8 $\frac{H7}{g6}$定位销；8　上下模

图 13-14 所示加工方法的优点是由于定位板外形尺寸较小，它可与加工的模具模板大小相似；定位方便。缺点是定位板孔距精度较高，l' 必须等于 l''，否则加工后的上下模腔容易造成错位。

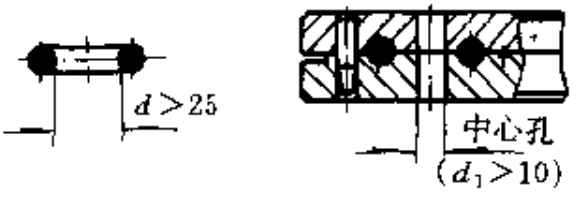


图 13-15　中心孔加工模具结构图

（4）中心孔加工方法　当 O 形密封圈内径>25mm 时，一般可以用上、下模板模腔中心孔作为基准加工模腔。

中心孔粗糙度要求在 $\frac{1.6}{}$ 以上；并且上下模板必须组合加工，确保模板中心孔同轴度，如图 13-15 所示。

（5）成形铣铰刀加工方法　成形铣铰刀加工方法适用于批量较大的中、小形 O 形密封圈（外径 20～40mm）。其加工方法是利用上下模板中模腔中心孔为基准孔，定位加工模腔，如图 13-16 所示。为了提高模腔表面粗糙度，一般配置精、粗二把成型铣铰刀。

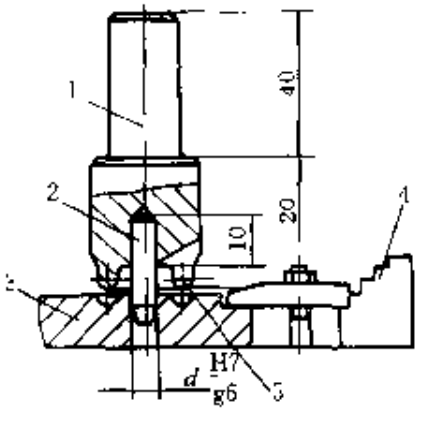


图 13-16　成形铣铰刀加工方法

1—成形刀；2　定位销；3—模板；4—垫块；5—刃口

成形铣铰刀加工法的特点是模腔大小一致、工效高，但加工精度高、模腔表面粗糙度较低、抛光困难。

（6）冷挤压加工法

a. 冷挤压成形 O 形圈模腔是一种无切削加工新工艺。它是按照冷锻原理，将零件毛坯置于成型模套、压头中，在一定压力下，迫使金属产生延伸变形，并充满成形模套中使其成形。

图 13-17 所示的冷挤压加工法挤压工装由压头、模套、组合模架组成，内模套可根据被挤压的零件规格大小进行调换。图 13-17 采用液压式顶杆顶出被挤压的零件。

图 13-18 为简易式模套结构，其特点是结构简单，但操作较图 13-17 自动顶出被挤压零件费力，须由操作工将模套颠倒后压出挤压零件。为了防止压头爆裂，当 $d<22$mm 时，模套应加工成带台阶结构，

如图 13-18（b）所示。

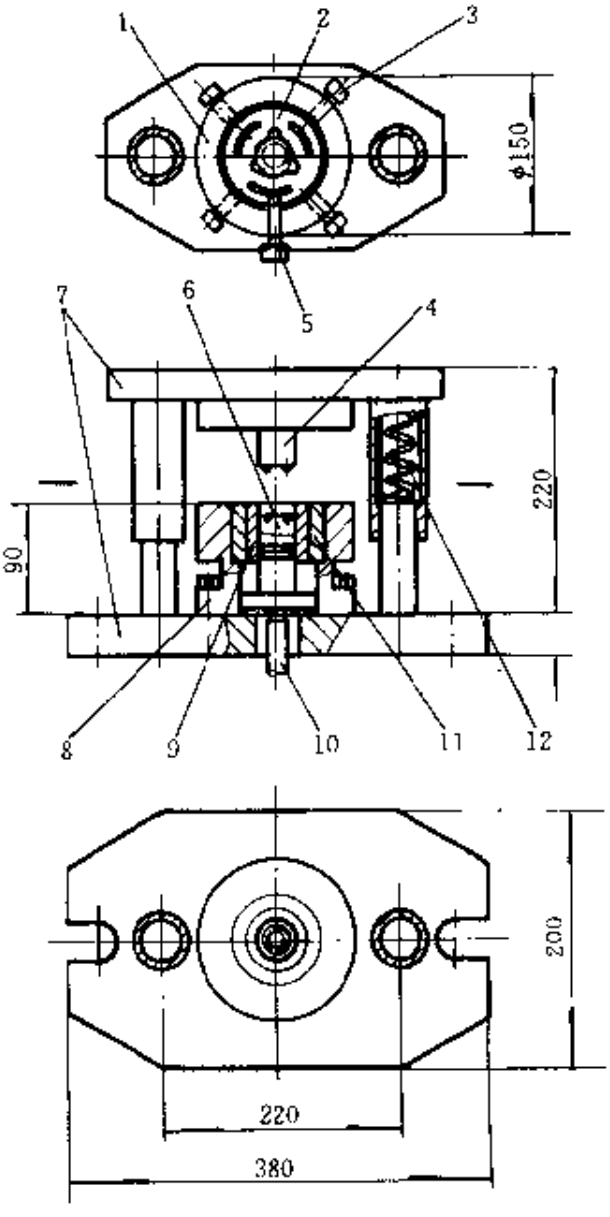


图 13-17　O 形圈模芯冷挤压工装结构

1—外套调节环；2—压头定位内套；3—调质螺钉；4—压头；5—紧固压头螺钉；6—O 形圈模芯；7—组合模架；8—外套座；9—内套；10—顶杆；11—外套；12—压簧

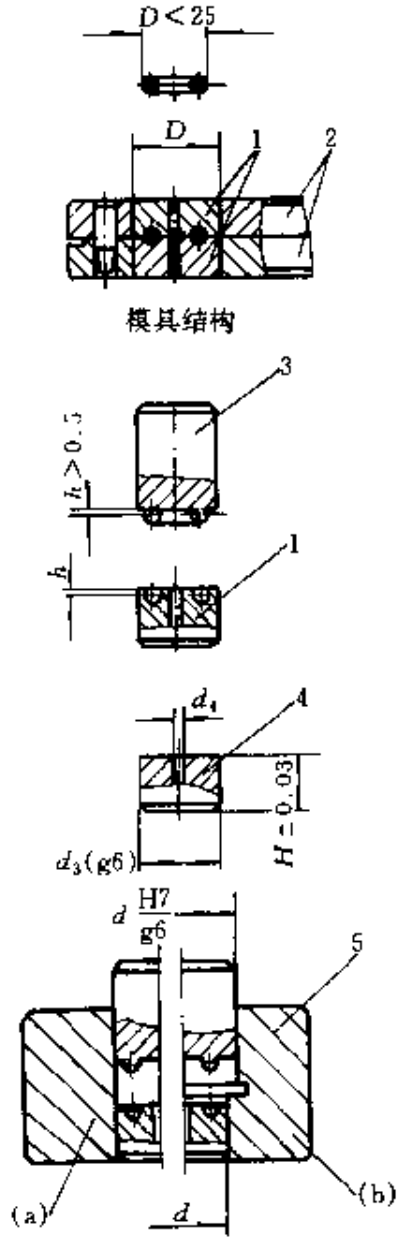


图 13-18　简易式模套结构

(a) $d>22$mm 简易模套；

(b) $d<22$mm 带台阶简易模套

1—上下模芯；2—上下模；3—压头；4—模芯毛坯；5—简易模套

b. 采用冷挤压新工艺加工的特点如下。

① 显著提高工效。新工艺比旧工艺提高功效百倍以上（过去加工一组上下模芯的工时平均至少需要 1h），而冷挤压 1 件只需 5s。

② 模腔表面粗糙度高、质量优越。

c. 存在问题　工装精度要求较高，工艺性能复杂，只适用于大批量生产 O 形圈模具。

d. 采用冷挤压新工艺技术要求与注意事项如下。

① 压头材料选用 CrWMn，淬火硬度 HRC58～60。

② 模芯材料选用 45#钢或退火状态 T8・T10。

③ 挤压时宜加硫化亚铜或氯化石蜡［4h 内被挤压模腔表面要求抛光上油（硫化亚铜、氯化石蜡易于氧化生锈）］。

④ 挤压时应确保压头与模芯同轴度≤0.03mm。

⑤ 模芯毛坯件高度 H 要求同一批一致，≤0.02mm。

⑥ 模芯中模腔压合，过深高度 h>0.5mm，并经磨削或车削去除过深高度直至符合图纸要求。

⑦ 模具 D 配合尺寸应略大于挤压孔 d0.01～0.02mm［因模芯被挤压顶出后膨胀值略大于挤压孔 d0.02mm 左右（参考尺寸）］。

⑧ 模芯中要求模腔表面镀硬铬 0.005～0.011mm，并抛光。

13.3.2　45°分型面 O 形圈模具

（1）样板复合加工方法　样板复合加工方法是以样板作为基准，进行模具加工、复核和检验。约计 80%以上模具采用样板加工。样板制作依靠技术全面的老师傅承担，不一定由成本较高的线切割机床编排程序切割样板。如要求较高的 45°分型面 O 形圈模具也可采纳样板加工法。在模腔加工中可省略繁琐的计算并避免因测量不当所造成的明显错位。特别是对那些批量少、任务紧的模具加工，能收到很好的效果。

45°分型面 O 形圈模具样板加工法如图 13-19 所示。

（2）90°直角加工法　图 13-20 所示的是 90°直角加工法。这种加工方法的特点是加工简便、功效高，但精度稍差，适用于批量少、要求低的一般 45°O 形密封圈。

90°直角加工步骤与方法如下。

a. 由样板工制作一块O形圈断面外凸 R 测量深度的样板，如图13-20（a）所示。

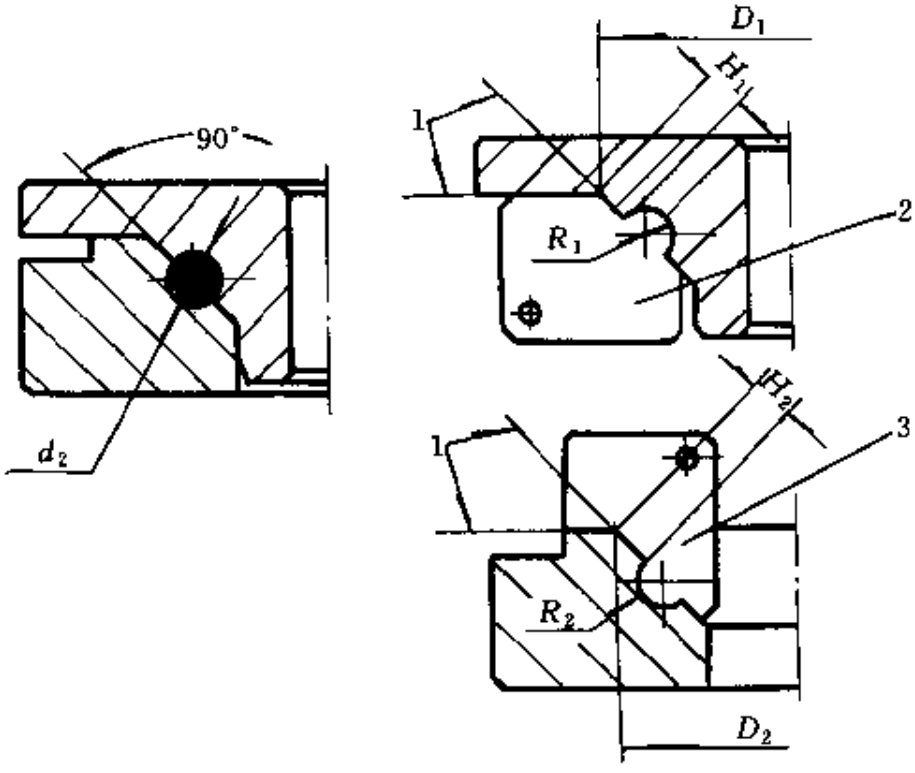


图 13-19 O形圈模具样板校核加工法

1—基准面；2—上模样板；3 下模样板

b. 按图13-20（c）所示形状，车制 ϕ 和 ϕ_1 尺寸（按式13-1计算）。

c. 用 R 成形刀，精车与图13-20（a）样板相等 R 模腔，并注意三点均匀车出。

d. 精车后模腔面抛光和上油。

图13-20（c）直角内、外径 ϕ 和 ϕ_1 计算公式如下：

$$\phi_1 = d_0 + 2x \tag{13-1}$$

$$\phi = d_0 - 2x \tag{13-2}$$

式中 d_0——O形圈型腔中径（需放收缩率）；

x——45°分型面计算交点［（$x = 0.7071 \times 0.5d^2$）d^2 需放收缩率］。

图中 $H=h-\frac{\phi_1-\phi}{2}$

(3) 芯棒加工法　芯棒加工法常用于加工多孔模芯，如图 13-21 所示。

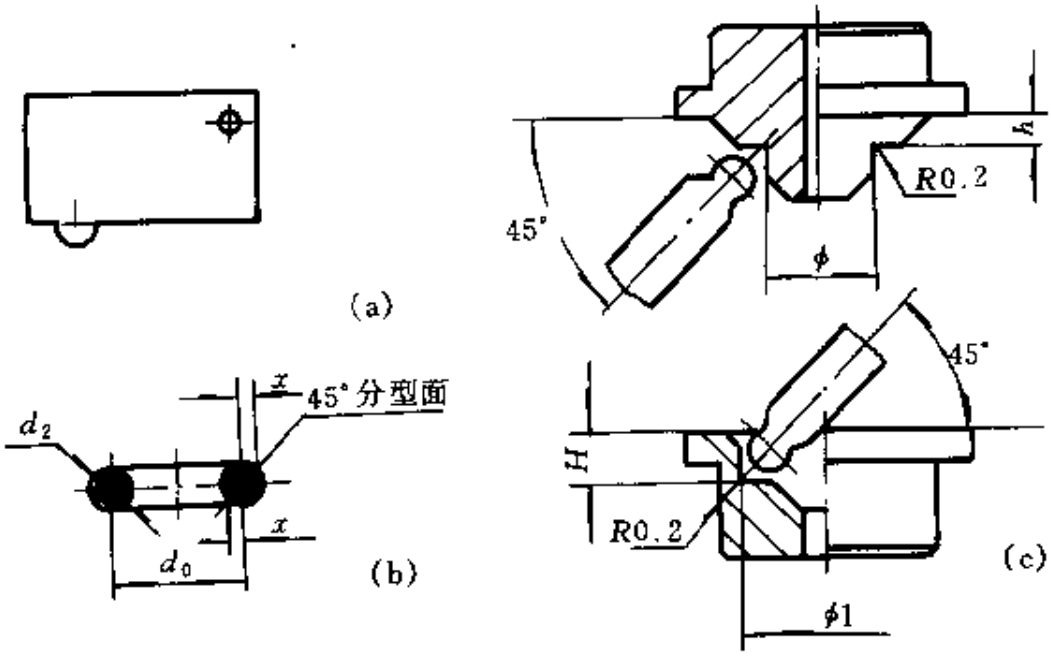


图 13-20　直角加工法与计算

(a) R 深度样板；(b) 制品；(c) 模芯

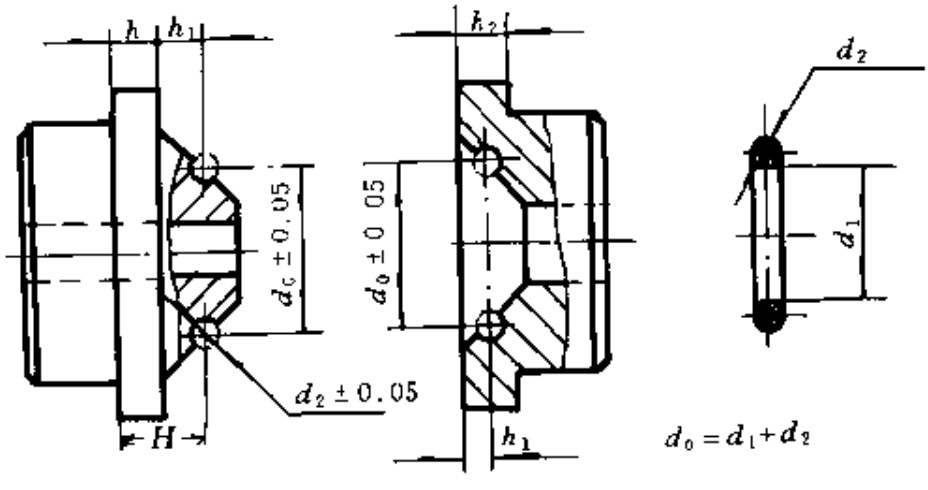


图 13-21　模芯

以模具模腔中径 d_0 为基准，利用磨削或车削加工的对刀芯棒加工模腔。这种方法加工简便、工效高、计算少。

芯棒加工方法如下。

a. 粗车各件，留车余量 1～2mm。

b. 调质 HRC28～32。

c. 模腔除外，精车各部分。

d. 精车芯棒 $H=h+h_1$，$d=d_0$（模芯中径），把 R 成形刀对准芯棒（如图 13-22），利用千分表调正中小拖板，然后停止中拖板，动小拖板进到模腔深度。

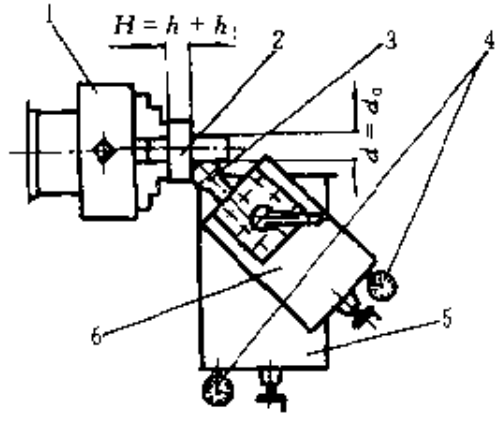


图 13-22 芯棒加工法对刀示图

1—三爪卡盘；2—芯棒；3—成形头；4—千分表；5—中拖板；6—小拖板

注：芯棒 $h+h_1$ 为加工上模基准距离，h_2-h_1 为加工下模基准距离

精车芯棒时，须用软三爪卡盘装夹，对刀前应将三爪卡盘的卡爪内孔精车一刀，保证装上芯棒后，芯棒的径向跳动不大于 0.01mm。

e. 精车上模芯模腔。

f. 精车下模芯模腔（车头反转，调正芯棒 h_2-h_1 距离中拖板向前芯棒距离 d_0，动小拖板进到模腔深度）。

（4）留卡头加工法　如图 13-23 所示为留卡头加工法。其特点是同轴度好、精度高，但费料费工。

留卡头模芯加工步骤。

a. 粗车各件留车余量 1～2mm，及留卡（夹）头 10～20mm 搭子。

b. 调质 HRC28～32。

c. 加工上模

① 加工上模 45°分模面时主轴反转，并将 A 面及 D_1 按精度车出。

② R 刀对好外圆，然后移动中小拖板致 H 距离并与锥面接触，主轴正转，用成形 R 刀加工模腔深度。

上模芯进口距离：

$$H_t=\frac{D_1-d_0}{2}+R-0.707R$$

式中　$R=\frac{d_2}{2}$

加工上模模腔首件自检中可控制 d_4 的尺寸或用百分表测量 d_1 尺寸(内径),测量时须在模腔圆槽中放入两个小于圆槽直径的标准量棒,减去两个量棒尺寸即为模腔内径 d_1 尺寸,如图 13-23 (c) 所示。

测量点 $d_4=d_0-0.707d_2$

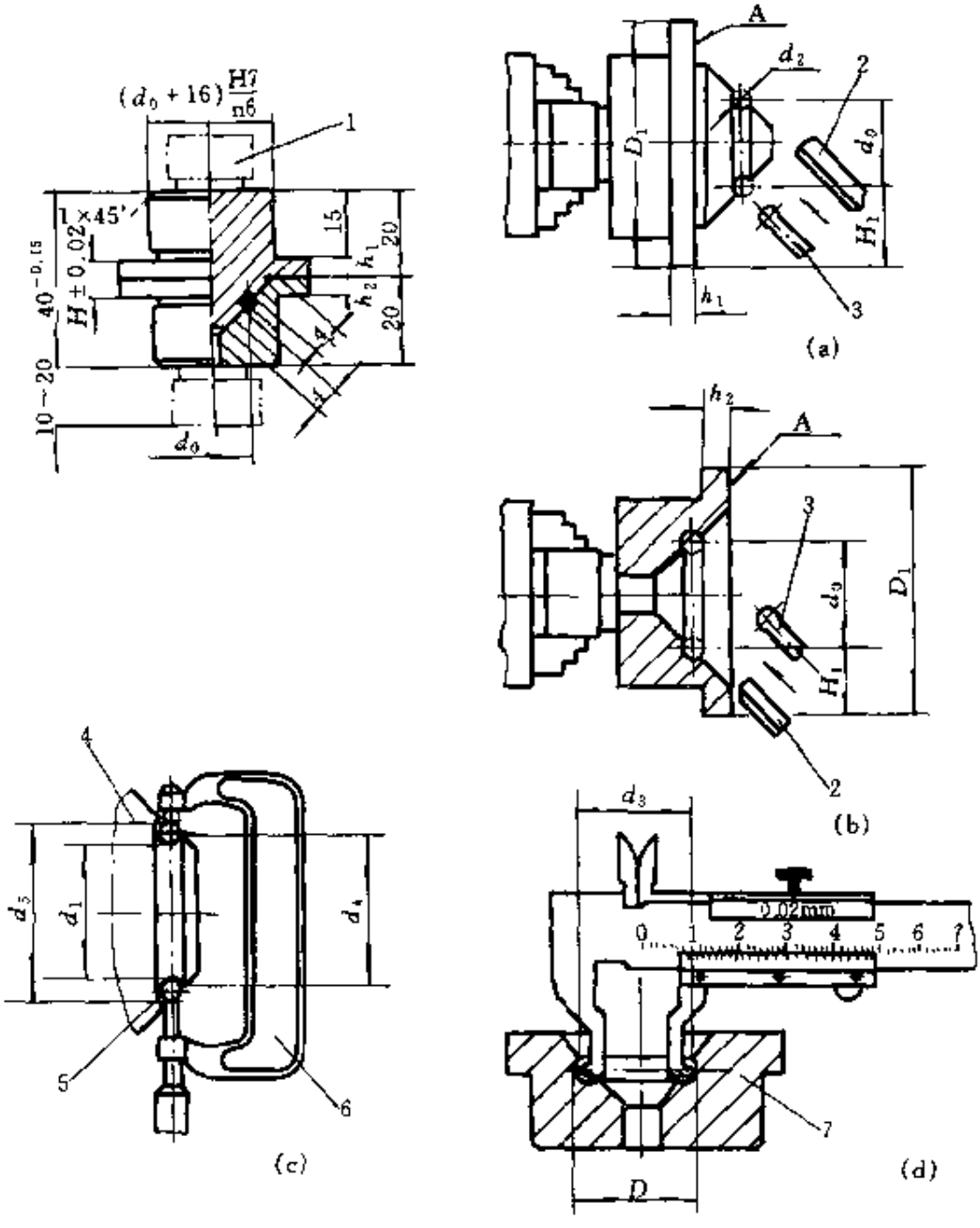


图 13-23 留卡头型芯加工

(a) 上模芯加工;(b) 下模芯加工;

(c) 百分表测量;(d) 自制卡尺测量

1—卡头;2—斜面车刀;3—成形尺寸;

4—上模芯;5—量棒;6—百分表;7—下模芯

d. 加工 h_1 及压合部分外圆（d_0+16）n6 并切去卡头及倒角。

e. 加工下模

① 主轴正转，以上模为基准用红印泥涂色配作下模 45°配合面和 A 面，每组保持合箱并车出 D_1（与上模一致）。

② 主轴反转以 D_1 为对刀基准，移动 H_1 距离并接触锥面用成形尺刀加工模腔深度。

下模芯进刀距离：

$$H_1=\frac{D_1+d_0}{2}+R-0.707R$$

式中 $R=\frac{d_2}{2}$。

加工中首件自检时可控制 d_3 的尺寸或用改制的游标卡尺测量模腔外径 D，如图 13-23（d）所示。测量点 $d_3=d_0+0.707d_2$

f. 加工 h_2（并保证每组 $h_2+h_1=H\pm0.02$）及压合部分外圆（d_0+16）n6 并切去卡头及倒角。

（5）钢珠滚压加工法　图 13-24 为钢珠滚压加工上下模芯方法示意。它为提高模腔圆度、粗糙度开辟了一条发展的道路。其加工方法如下。

a. 粗车各件，留车余量 1～2mm。

b. 调质 HRC28～32。

c. 精车各部分，并使 d_2 留出挤压余量 0.05mm 左右。

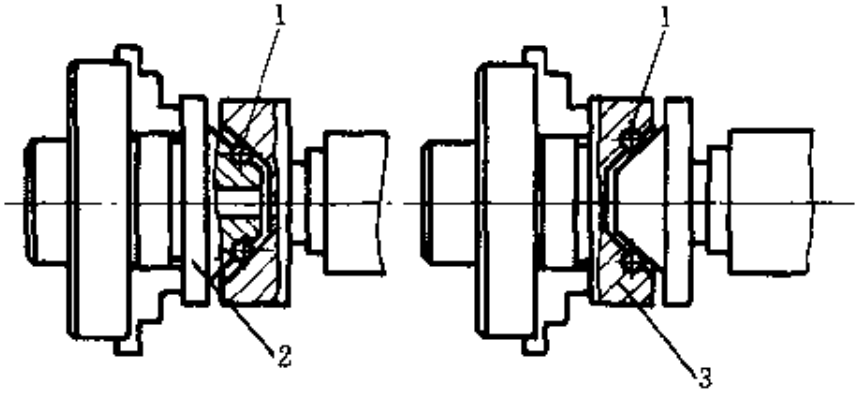


图 13-24　钢珠滚压加工法

1—钢球；2—上模芯；3—下模芯

d. 选用或改制 5 粒左右钢珠，其直径为 d_2 中间公差值并要求一致，用凡士林粘合在模腔内，从而将挤压工具按图 13-24 利用车床尾座顶住加压，主轴转动 12～20r/min 正反转交替滚（挤）压时间约 1min。挤压时注意不能加压太猛，而使模腔尺寸超差或挤坏，加压力求均匀。在加压时，严禁停车，以免产生模腔局部出现压痕，并且退回时要缓慢，并不得停车，防止圆弧模腔槽中表面产生折皱。

钢珠滚压加工法的优点为：

① 大大提高了模腔不圆度和表面粗糙度，可达 0.40 以上；

② 提高模腔表面硬度，延长使用寿命。

缺点为：

① 挤压时，由于模腔受力不均，表面粗糙度也有所不同；

② 挤压时，由于模腔塑性变形，产生在模腔 d_2 分型两点外凸夹角或毛刺，重新修正容易产生误差；

③ 钢珠规格不全，需要相应改制钢珠规格。

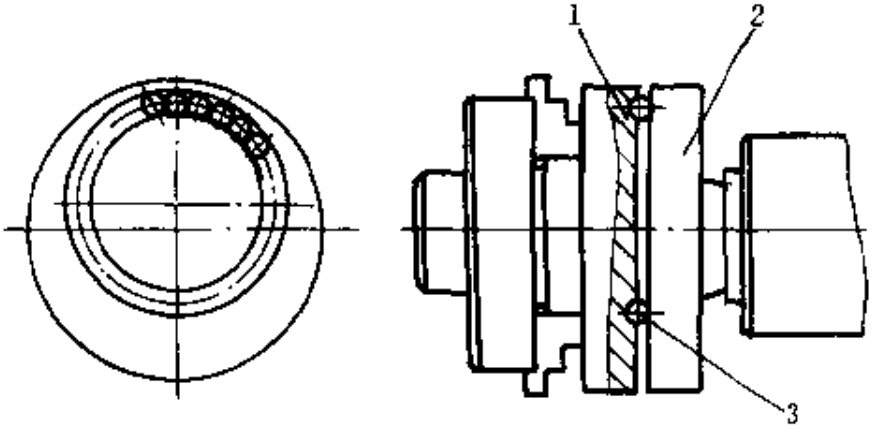


图 13-25　钢珠的研磨

1—带圆槽铸铁圆盘；2—平面铸铁圆盘；3—被磨钢珠

钢珠改制需配置图 13-25 所示工装。其加工方法如下。

先车出一铸铁研磨盘，研磨盘上带有圆弧偏心槽，圆弧槽直径要比被研磨的钢珠直径小 0.05～0.10mm，偏心距离约为 5～8mm，以保证钢珠在研磨过程中不至于出现椭圆，研磨时用甘油将钢珠粘在研磨盘圆弧槽的边缘上，并用一平面铸铁圆盘将钢珠顶上，主轴转速 80～150 r/min，先加入研磨粉粗研，粗研后用煤油清洗，然后进行两次精磨。

如果模具批量较大，可先研磨最小规格的钢珠，一步步扩大研磨盘上的圆弧槽，这样可一盘多用，积累多规格钢珠，有利于提高生产效果。

钢珠挤压加工方法虽有以上缺陷，但还是一种可发展的先进工艺。对于产品质量要求较高或批量较大的模具加工，其缺点在一定程度上是可以补偿的。

13.3.3 轴向分型面O形圈模具

图13-3所示模具结构为O形圈轴向分型模具结构，又称轴向分型卧式模具。按习惯加工方法可由四爪车床夹头夹紧上下模，而后调正中心即可加工全部上下模模腔。但由于模腔是凹槽结构，加工模腔尺寸较难测量准确，只能依靠刀架中刻度或专用量具换算和测量加工件的深度；并且加工中难以观察到模腔表面加工状况，如表面粗糙度、尺寸允差、对刀间距等。因此，该方法加工的模具质量难以提高；用该模具硫化的制品表面粗糙、尺寸精度差，只能用于要求较低的使用部位。

对那些轴线水平分型的卧式模具，多不采用四爪夹头加工，而是在车头花盘上配有90°三角铸铁，并用工艺螺钉紧固下模和上模，如图13-26所示。而后校正模腔中心，即可加工模腔。

图13-26模具在模腔加工过程中，由于在花盘上拆装方便、移动快，并可随时取掉工艺螺钉打开上模，因此有利于样板复核、尺寸测量、观察模腔加工质量等，对复杂曲面，有利于对刀、进刀、圆滑连接以及模腔错位校核和改进。

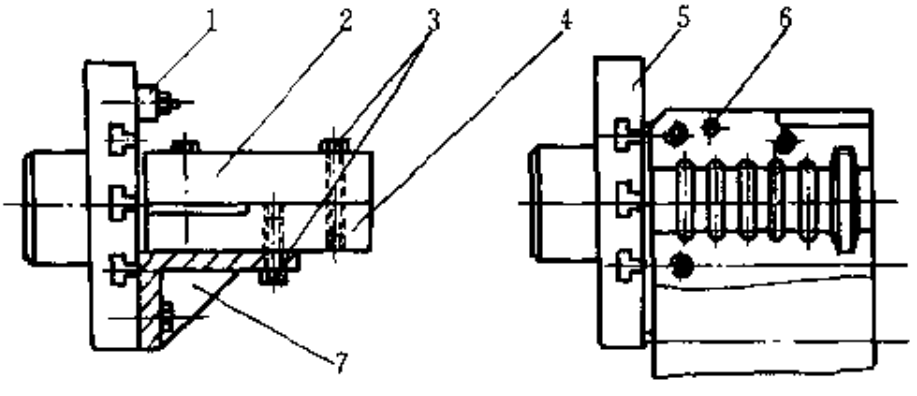


图13-26 O形圈轴向分型加工方法示意

1—平衡块；2—上模；3—工艺螺钉；4—下模；

5—花盘；6—导销孔；7—90°三角铸铁

按图 13-26 方法加工至上下模全部模腔完工（包括配合模芯凹凸槽）。加工过程中，模腔间隔距离 H 允许按自由公差尺寸加工；凹槽或凸槽的大小可与模芯匹配，一般按基孔制配作。即模芯加工时，先加工凹或凸定位腔而后以上下模模腔间隔距离 H 值为基准，分别加工模芯中 R 圆槽模腔并注意模腔错位量及 C 处清角。

上述轴向分型模具加工方法如掌握得法，一定会取得良好的成效。

13.3.4 模具工艺

(1) 材料　根据模具的使用情况，模具材料应满足以下几点要求：

① 具有足够的机械强度，能抗冲击和磨损；

② 具有良好的机械加工性能和焊接性能；

③ 易于传热；

④ 热处理变形小；

⑤ 耐硫化物的腐蚀。

橡胶模具一般选用为 45 号优质碳素钢，该材料易得，机械性能均能满足上述要求。

(2) 热处理　根据使用要求，橡胶 O 形圈模具应具有一定的硬度和较高的抗冲击性和耐磨性，从而延长模具使用寿命。为此，须对材料进行热处理。常用的热处理方法有淬火和调质，淬火硬度为 HRC38～42，调质硬度为 HRC28～32。

(3) 表面处理　为了提高模腔的表面粗糙度和耐硫化物的腐蚀，常采用模型表面镀硬铬的方法，铬层厚度一般为 0.005～0.011mm，镀层不宜太厚，否则镀层剥落影响 O 形圈尺寸和外观质量，镀铬前模腔表面粗糙度应在 $\overset{0.8}{\vee}$ 以上，镀铬后抛光。

(4) 表面粗糙度　模具模腔的表面粗糙度直接影响 O 形圈的外观质量，而制品表面粗糙度与模具的外观质量有关。因此对模具的表面粗糙度有如下要求：

① 模具模腔的表面粗糙度为 $\overset{0.80}{\vee}$ 以上；

② 模具各零件的配合面（包括模具闭合高度二平面）为 $\overset{1.6}{\vee}$，外表及周边为 $\overset{3.2}{\vee}$，启模撬口及其他为 $\overset{12.5}{\vee}$；

③ 导销（柱）除了两个端面及倒角面为$\overset{12.5}{\vee}$外，其余均为$\overset{1.6}{\vee}$（包括导销孔在内）；

④ 模芯与模芯孔为$\overset{1.6}{\vee}$（包括两端面）；

⑤ 顶出装置接触面为$\overset{1.6}{\vee}$，其余为$\overset{12.5}{\vee}$。

（5）其他技术要求　模具模腔及其各零件的精度直接影响到模具的拆装以及O形圈的尺寸和外观质量，因此必须对模具各个部位的精度予以控制。

① 模具模腔的精度应比O形圈精度提高2～3级，其尺寸公差应根据O形圈公差及加工公差综合考虑。

② 配合部位　间隙（动）配合部位的公差按$\frac{H8}{f8}$～$\frac{H9}{f9}$；过盈（静）配合部位的公差按$\frac{H7}{n6}$～$\frac{H8}{s7}$；过渡配合部位的公差按$\frac{H7}{k6}$～$\frac{H8}{k7}$。

③ 导销与模板固定部分为过盈配合$\frac{H8}{s7}$；180°分型面模芯与模板面定配合为$\frac{H7}{n6}$；90°分型面模芯与模板固定配合为$\frac{H8}{k7}$（取上限，不允许出现间隙以防止模芯掉下，或取过盈0～0.02mm）；滑动部分为间隙配合，180°分型面导销为$\frac{H8}{f8}$，90°分型面导销为$\frac{H9}{f9}$。

④ 锥面按间隙配合公差选取，一般在锥体大端标准公差并注上相互研配或着色调配，其接触面积不得低于80%。

⑤ 模具表面的平行度偏差为每$100mm^2$<0.02mm。

⑥ 模具各零件的同轴度偏差≤0.02mm。

⑦ 模具的非配合部分按Js12公差要求。

⑧ 模具各零件的高度总和应符合模具总高度公差。

第十四章　模压制品二次硫化成型法

由于使用上的特殊要求，有些橡胶制品外形结构呈现如图 14-1（a）～图 14-10（a）所示的各种形状，给模具结构设计带来一定的难度，并且制品不易取出，硫化与成型工艺困难。实践证明，采用下面所介绍的二次硫化成型法是最有效的加工方法，可获得理想的橡胶制品。

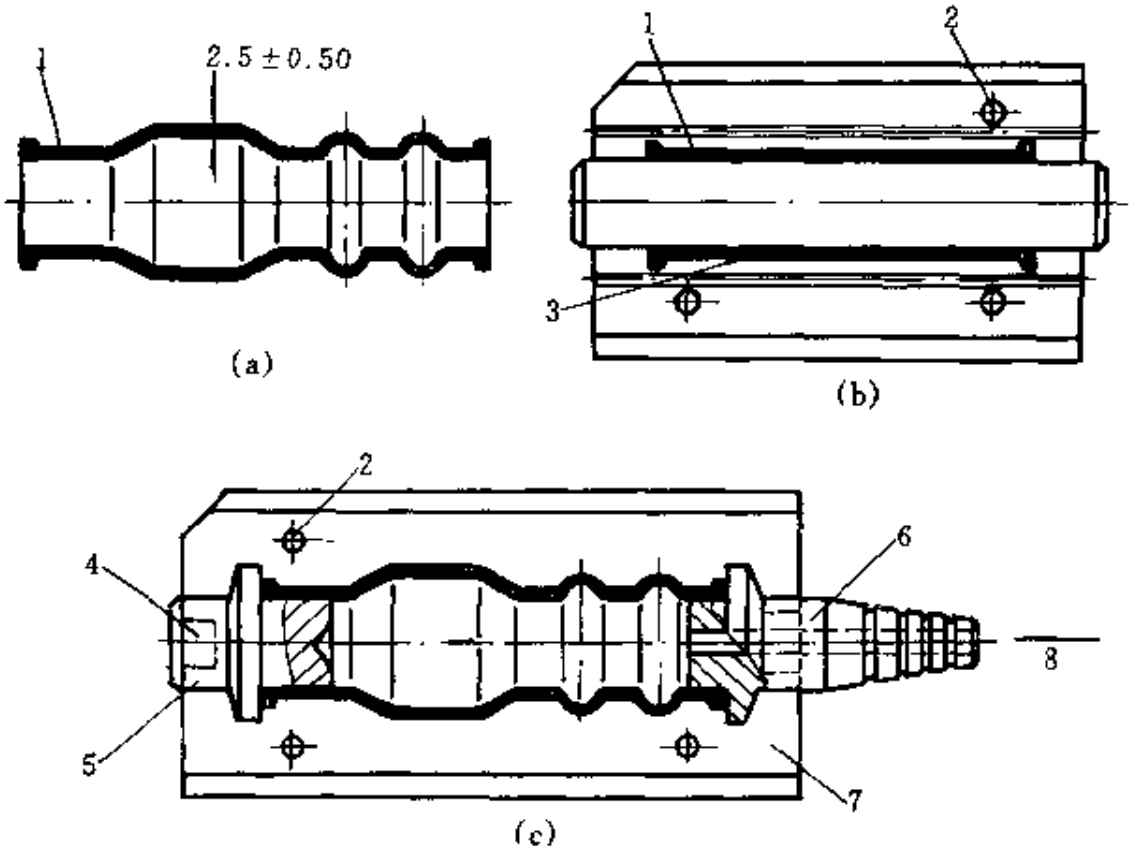


图 14-1　鼓形胶管二次硫化模

（a）鼓形胶管；（b）第一次硫化模结构；（c）第二次硫化模结构

1—二端夹布；2—导销孔；3—预成型半制品；4—撬口；5—堵头；6—充气头；7—下模板；8—进气口

14.1 二次硫化成型工艺

二次硫化成型法，即利用橡胶整个硫化过程中诱导、预硫、正硫、过硫四个不同硫化阶段，分二次模压硫化成型从而获得制品。

14.1.1 第一次成型法

二次成型法中第一次成型即利用橡胶硫化过程中诱导（焦烧）阶段后期或预硫化阶段的初期，橡胶开始发硬并丧失流动性（即定型）、交联即将开始或交联程度较低的状态下，把复杂形状的模具简化为容易加工、容易取出的预成型半成品的模具结构。如图 14-1（b）～图 14-12（b)所示。

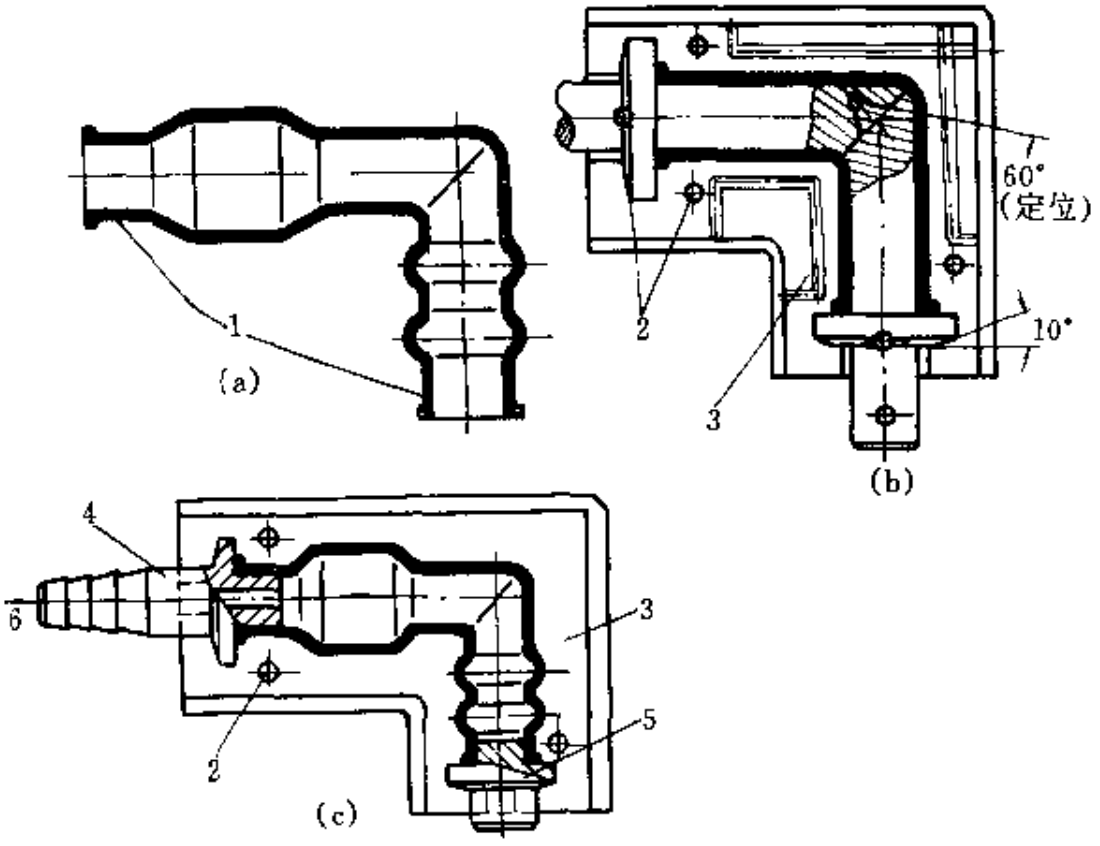


图 14-2 鼓形弯胶管二次硫化模

(a) 鼓形弯胶管；(b) 第一次硫化模结构；(c) 第二次硫化模结构

1—二端夹布；2—导销孔；3—下模板；4—充气头子；5—堵头；6—进气口

上述预制件加工方法称第一次成型法。

14.1.2 第二次成型法

（1）气压式二次成型法　即利用第一次硫化成型或压出成型的预成型半成品，放入无模芯模具模腔中，两端卡紧，然后充入低压蒸气，促使已定型、交联刚开始的半成品内壁扩张，沿着模具模腔再次定型硫化而获得的无模芯模压制品。这种加工方法称气压（充气）二次成型法。如图 14-1（c）～图 14-4（c）与图 14-12（c）所示。

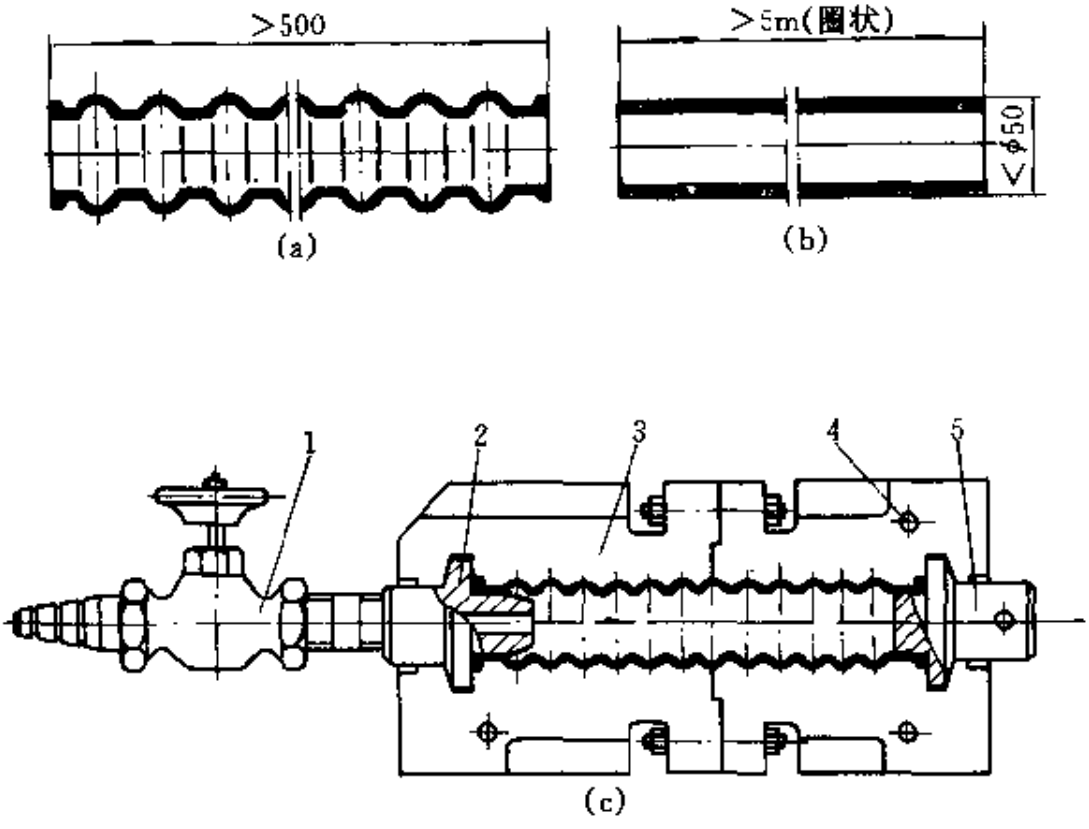


图 14-3　波纹超长胶管预成型半成品及硫化模（mm）

（a）波纹超长胶管（纯胶）；（b）挤（压）出法预成型半成品（胶管）；

（c）第二次充气扩张硫化模结构

1—进气阀；2—进气口模芯；3—下模；4—导销孔；5—堵头

（2）模具二次成型法　利用第一次模压的局部预制件（零件），放入第二次模具中组合硫化，该方法获得的制品称模具二次成型法。模具结构如图 14-7（c）～图 14-11（c）所示。

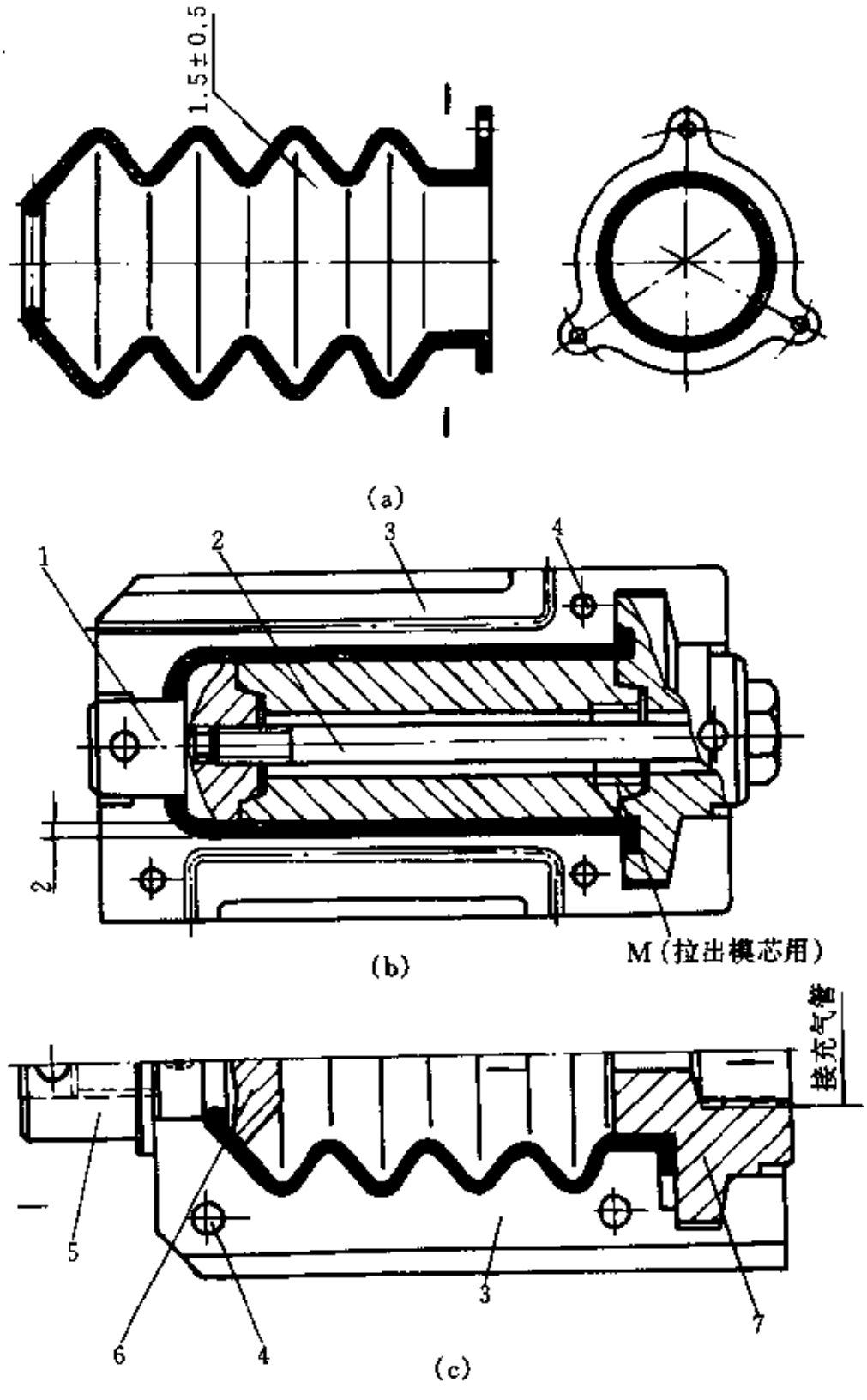


图 14-4　波纹防尘罩二次硫化模

(a) 波纹防尘罩；(b) 第一次硫化模具结构；(c) 第二次硫化模结构

1—组合模芯；2—压紧螺钉；3—下模；4—导销孔；

5—滚花圆螺母；6—堵头；7—充气模芯

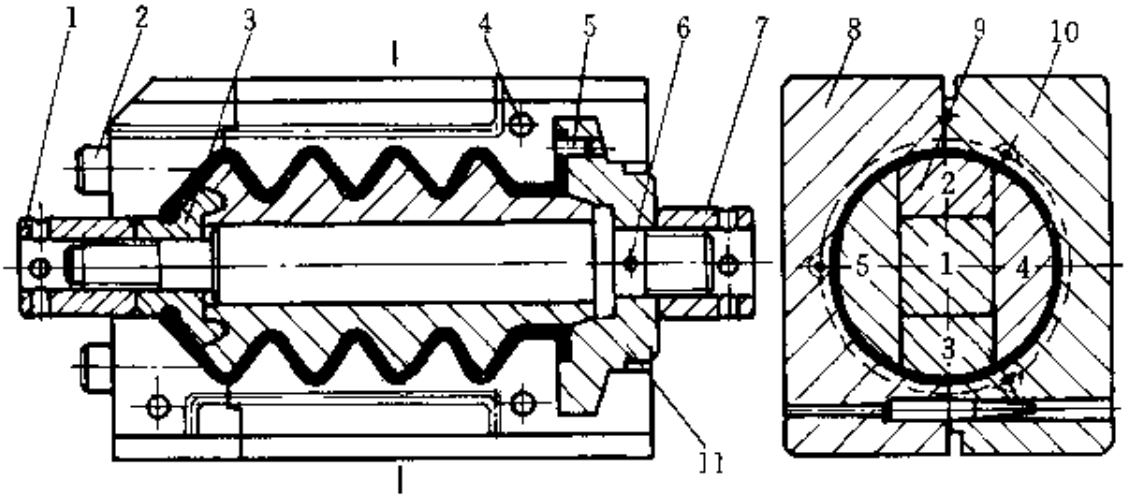


图 14-5　典型、常用模具结构

1—圆螺母；2—内六角螺钉；3—模芯堵头；4　导销孔；5—小模芯；
6—销或紧定螺钉；7　圆螺母；8—上模；9—组合模芯；
10—下模；11—定位堵头

波纹形防尘罩（套）制品形状各异、品种较多，图 14-4（a）所示制品波纹为圆角连接，一端或二端口径壁较厚，制品从模芯中出模困难，一般只能靠典型、常用的 4～6 块拼合而成的模芯结构（如图14-5所示），但该模具加工工艺复杂，精度要求高，操作繁琐，并且模具容易损坏。采用二次硫化法进行加工需开置两副模具，第一次硫化模具也可开置为如图 14-4(b)卧式结构或图 14-6 立式结构。第二次无模芯硫化模具结构如图 14-4(c)所示。

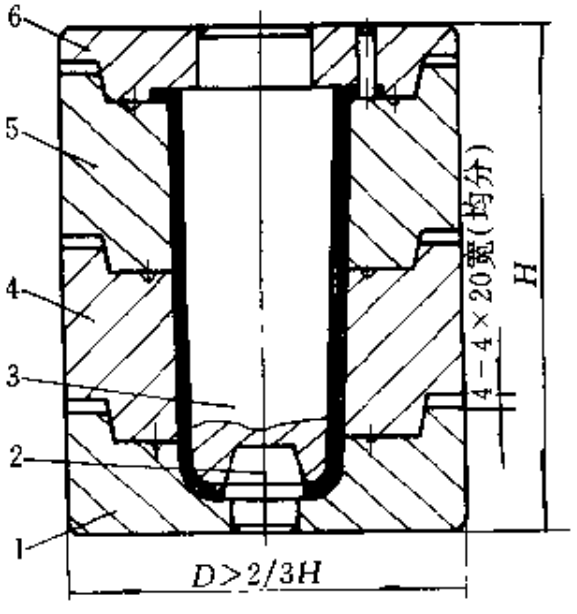


图 14-6　第一次立式硫化模具结构

1—下模；2　定位模芯；3—模芯；
4—下中模；5—上中模；6—上模

图 14-7 制品，由于带有密集形台阶小孔，给加料、制品取出、飞边清理、模芯加工和零件装配都带来不便。如采用二次模压法，在一定程度上可克服上述困难。可供近

似形状制品参考选用。

在条件许可时，上、下段组合也可采用胶粘剂粘合，从而省略第二次硫化模。图 14-7（a）制品，如胶料硬度低（邵尔 55 以下）也可采用整体加工。

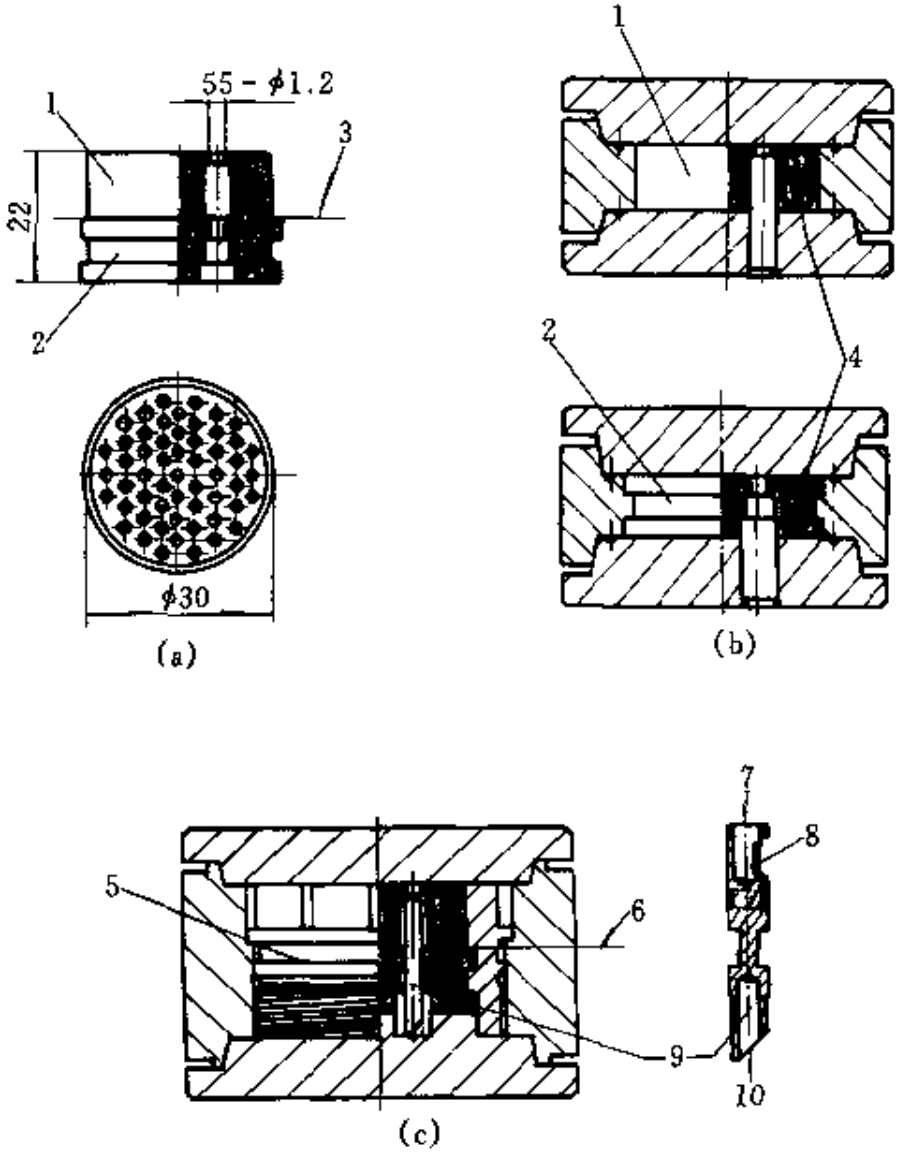


图 14-7　带台阶插座垫二次硫化模

（a）带台阶插座垫；（b）第一次硫化模结构；（c）第二次硫化模结构

1—上段；2—下段；3—分型线；4—刻字 1～55（需装导销各 2）；5—外壳（嵌件）；6—胶粘剂；7—插孔；8—弹簧片；9—装配件；10—焊接孔

图 14-8 制品为大型锥形减震器。如果采用一般普通橡胶模具，加料后，由于金属嵌件与橡胶层数较多，胶料分配不均、互相干涉，难

以合模、难以控制胶料正确质量。采用二次模压法，可以克服上述弊病，获得良好的效果。

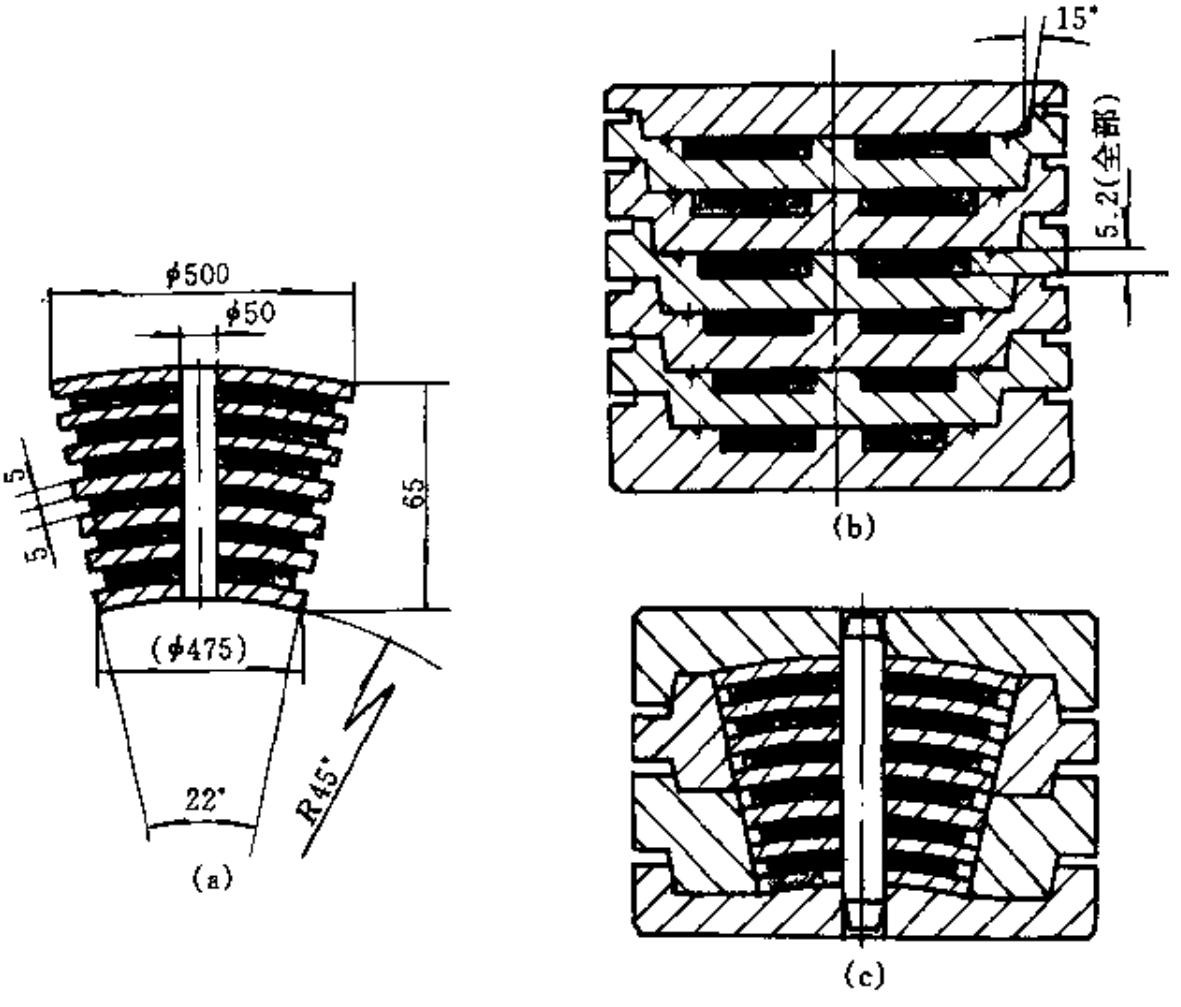


图 14-8　锥形减震器二次硫化模

(a) 锥形减震器；(b) 第一次硫化模结构；(c) 第二次硫化模结构

图 14-9 中制品，根据使用要求，开口处不允许进胶，这给包覆橡胶带来一定的困难。采用二次硫化模压法，可以克服上述困难。

对于一般带有缝隙或开口的金属件，可以先硫化（第一次硫化）一件硬度偏高（邵尔 75 以上）的帽罩之类预制件（半硫化状态），而后覆盖在第二次硫化模中的嵌件上，这样，可避免胶料钻缝，获得全包覆效果。

图 14-10 (a) 为球形橡胶囊制品，由于该制品断面壁厚不均，出模口偏小，如采用整体模芯加工，制品取出困难，而采用空气压出很

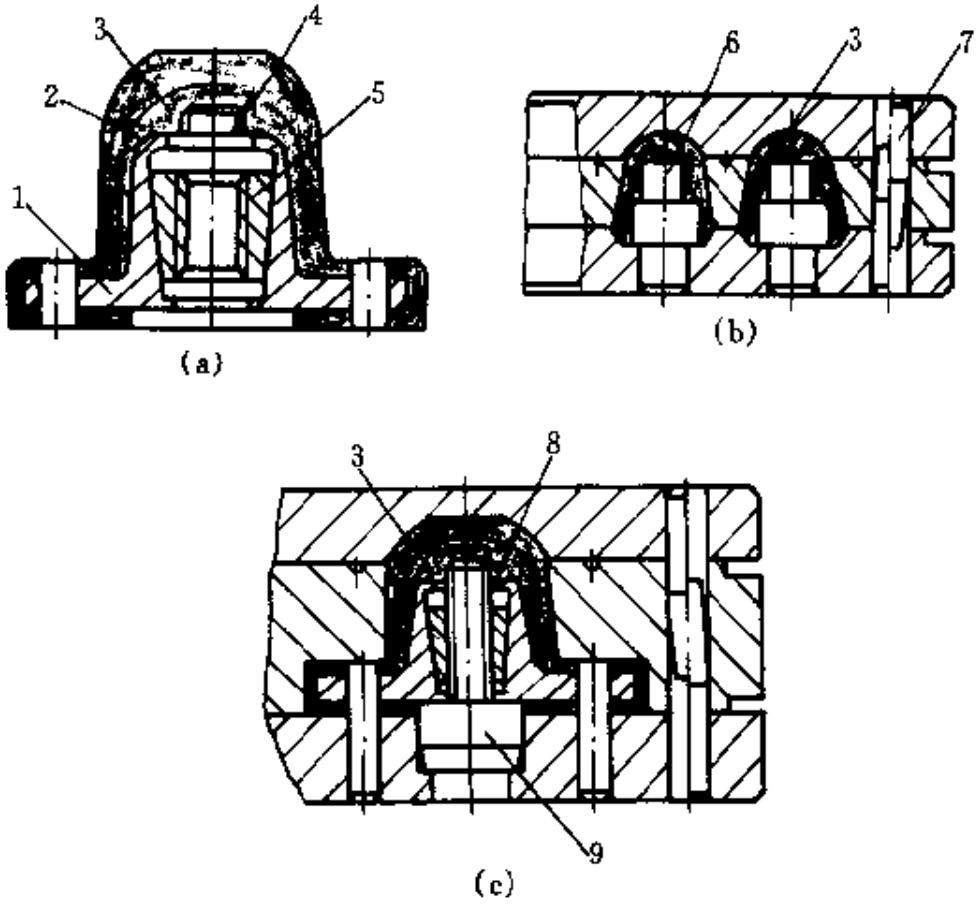


图 14-9　全包覆橡胶护罩二次硫化模

(a) 全包覆橡胶护罩；(b) 第一次硫化模（帽罩）；(c) 第二次硫化模结构

1—螺套；2—收口结构；3—帽罩；4—开口处不允许进胶；5—带槽锥形螺母；6—模芯；7—导销；8—不允许钻缝；9—内六角螺钉

容易造成薄壁处破裂。为了克服上述存在问题，可采用拼合式、充气二次硫化法，能获得理想的制品，但需加工 3 副模具［如图 14-10 (b)、(c)、(d) 所示］。

图 14-11 为复合密封件（纯橡胶与夹布橡胶并用），其结构形式要求牢固粘合在一起。在一般情况下，应先加工硬度较高预制件，而后放入第二次硫化模具中与纯橡胶粘合硫化。

图 14-12 (a) 为字形胶管。厚壁制品可采用挤出半成品胶管，在图 14-12 (b) 简易模具中硫化定型。薄壁制品由于硫化时变形，要求按图 14-12 (c) 充气模具作第二次定型硫化。

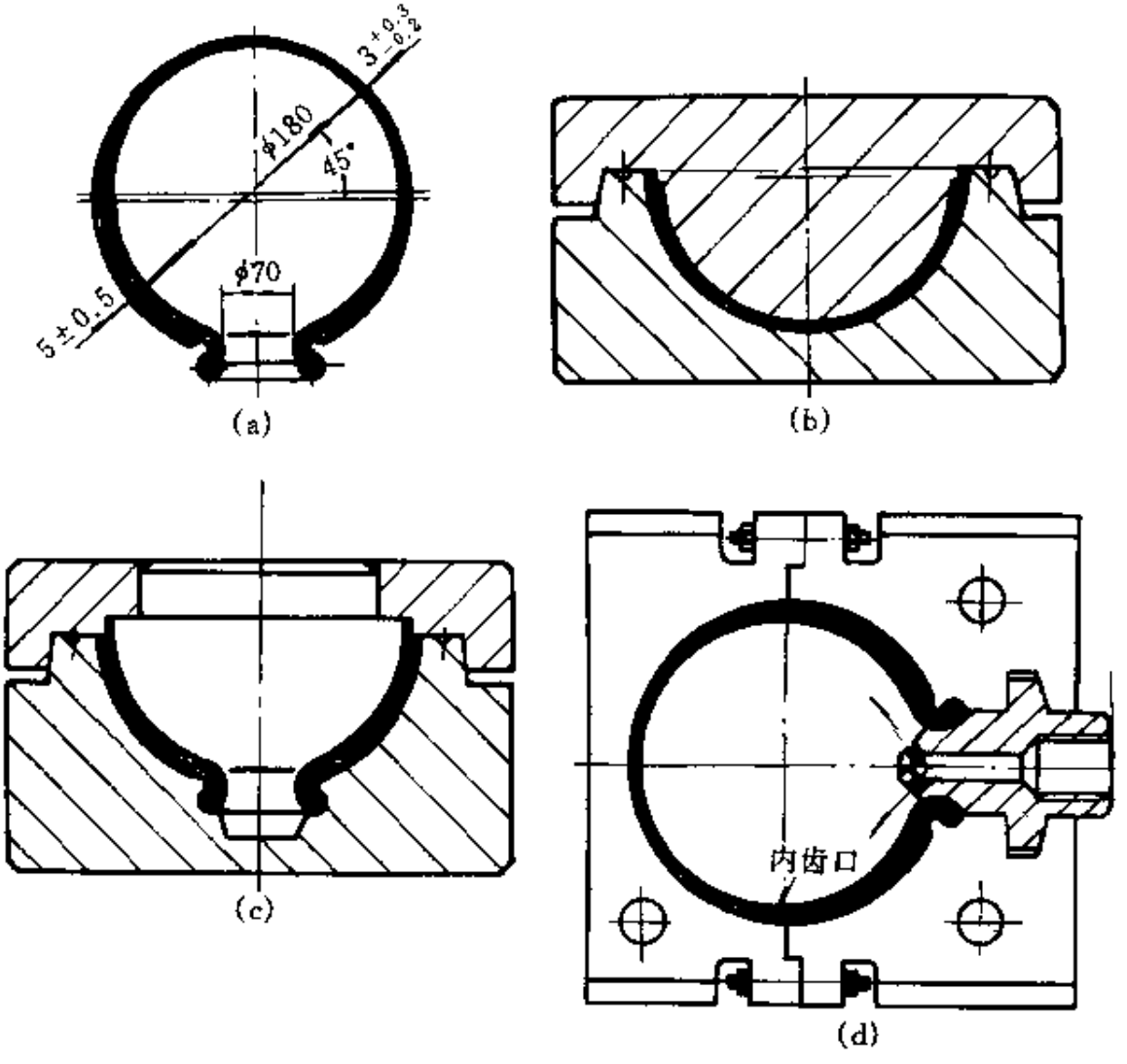


图 14-10　球形橡胶囊二次硫化模

(a) 球形橡胶囊；(b) 第一次硫化模结构（球底部）；

(c) 第一次硫化模（球口部）；(d) 第二次硫化模结构

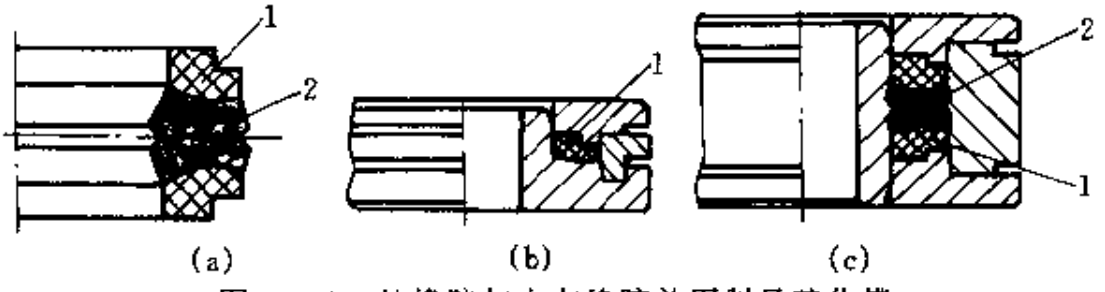


图 14-11　纯橡胶与夹布橡胶并用制品硫化模

(a) 纯橡胶与夹布橡胶并用；(b) 第一次（夹布橡胶）硫化模结构；

(c) 第二次（复合制品）硫化模结构

1—夹布橡胶；2—纯橡胶

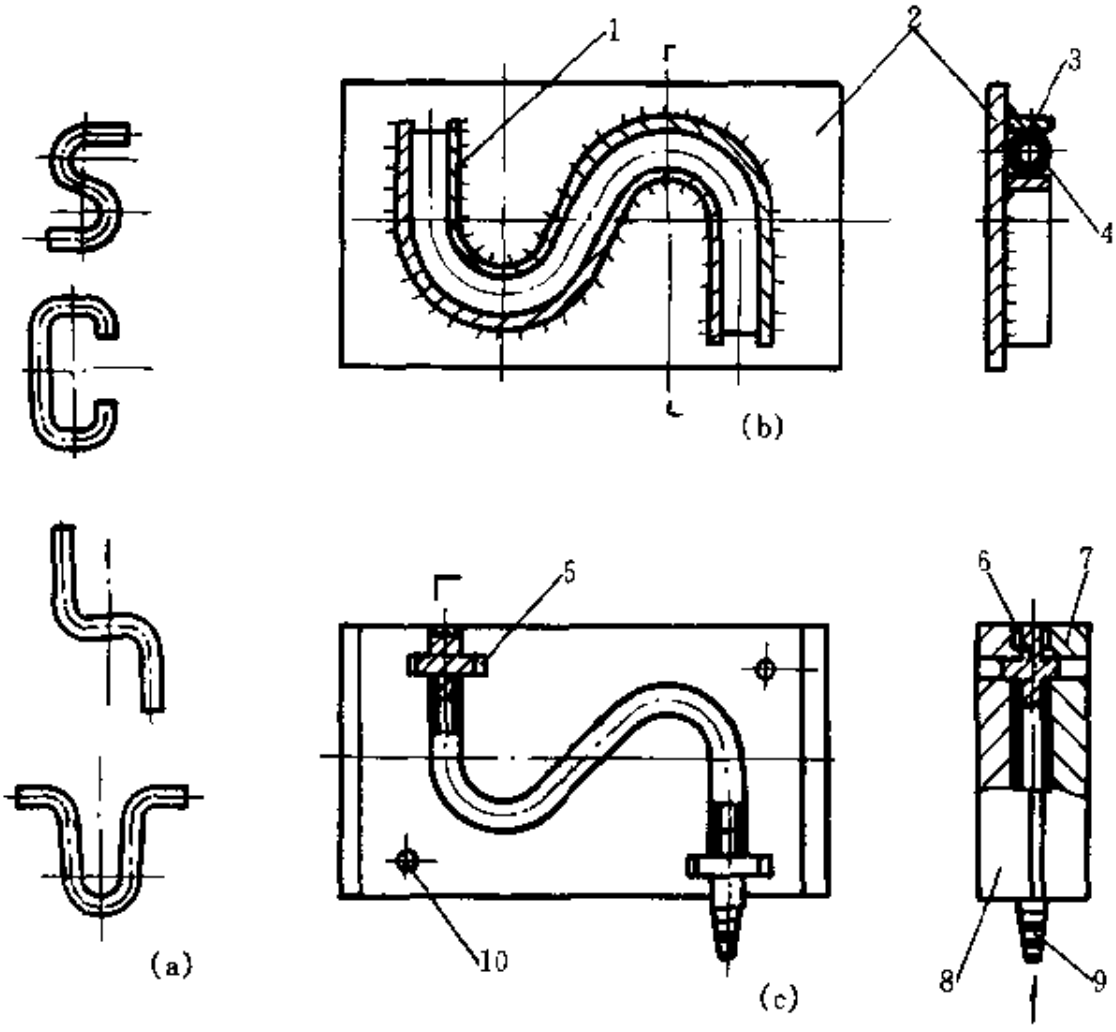


图 14-12　字形胶管二次硫化模

(a) 各种字形胶管；(b) 第二次（简易模具）硫化模结构；

(c) 第二次（充气法）硫化模结构

1—点焊；2　底板；3　挡板；4　制品；5—通孔；

6—阻头；7—上模；8—下模；9—进气嘴；10—导销

14.2　预成型半成品测定方法

测定硫化胶料诱导、预硫、正硫、过硫四个阶段性能的方法较多，现推荐如下两种方法。

(1) 器械（仪器）测定法　器械（仪器）测定方法中，针式硫化仪（CEPAR）可测定硫化全过程，是一种简易的全面测定橡胶硫化性能的专用仪器，可以用来测定橡胶的硫化（C）、压出（E）、塑性（P）

及复原（R），其结构如图 14-13 所示。

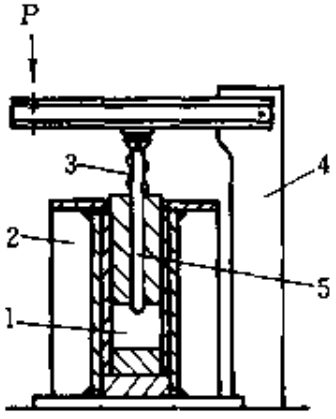


图 14-13　针式硫化测定仪

1—试片；2—加热器；3—弹簧；4—支架；5—针杆

试片放入直径为 19mm 的圆筒状加热槽中，有一直径为 6.3mm 的活塞形针入器在一定负荷下周期性地刺入试片，根据针入深度的变化来判断硫化程度（随着硫化时间的加长，针入深度渐减），所得硫化曲线见图 14-14。

根据仪器测出的诱导阶段后期和预硫阶段初期（如图 14-14 中阴影线部分）是预成型半成品的半硫化状态最宜硫化条件。

（2）实践试验法　由于各种工艺因素影响，仪器测出的诱导阶段、预硫阶段，并不完全等于具体硫化状态最宜硫化条件，还必须考虑以下因素：

① 制品的厚度；

② 胶料的导热系数（随配方而异）；

③ 制品形状（二次硫化变形量大小）；

④ 模具结构。

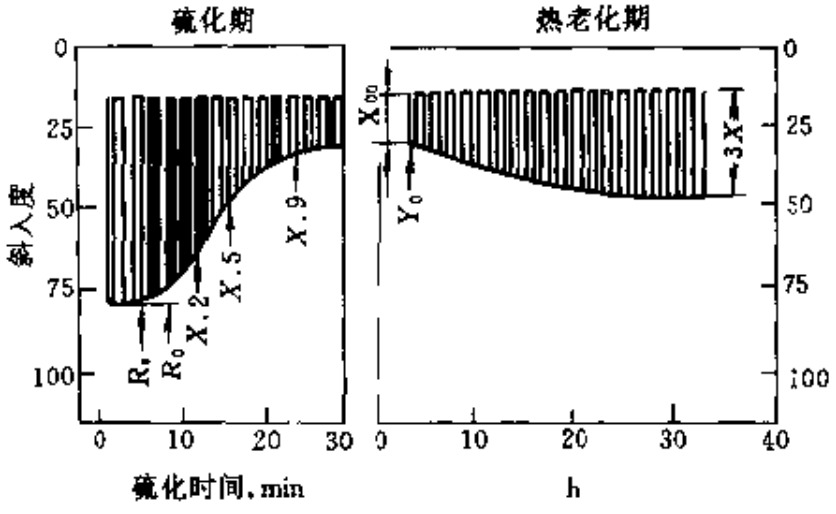


图 14-14　针式硫化仪硫化曲线图

R_t—焦烧时间；R_0—诱导期；X_{∞}—充分硫化，X.9—90%硫化；X.5—50%硫化，X.2—20%硫化；Y_0—老化开始时针入度

其中二次硫化胶料扩张变形量是最重要的因素，变形量越大，选

择预成型半成品胶料硫化条件要求越高，特别是硫化时间的确定。如果过早开模，胶料尚未定型，趋于发粘状态；过迟开模，胶料已交联，影响第二次硫化时间和制品质量。实践试验法可以获得较理想的半硫化状态。

第一次硫化摸索阶段，可取整个硫化期 1/3 时间（即 1/3 正硫化阶段时间），并且用目测法鉴定外观有无微孔、气泡和发粘现象，并用指甲压痕半成品，如果压痕回弹率差，说明半硫化状态较好，可以用于第二次硫化。第二次硫化时间可取 2/3 正硫化时间。

14.3 注意事项

第二次硫化应注意以下几方面事项。

（1）采用气张式成型制品，预成型半成品装入模具中，两端必须由模具卡紧，充气时不致脱落或漏气，充气速度不宜过快、压力不宜过大，一般以 0.12～0.25MPa 为宜。厚制品可适当增加。

（2）预成型半成品进行第二次硫化时，充气扩张系数（变形量）不宜过大，以防单边和破裂（一般取充气扩张系数 40%以下，含胶率较高者最大不超过 75%）。

（3）采用拼接成型预成形半成品，两端拼接处应用醮、刷甲苯或粘合剂，粘接后放入模具中合模加压，而后充气，并且充气方向必须与拼接内齿口一致（如图 14-8c 所示）。

（4）预成型半成品壁厚要求均匀，不允许单边或有微孔、气泡、裂纹和杂质存在，它会造成二次硫化成型时漏气和破裂。

（5）较多预成型半成品出模较困难，允许采用水冷却取出，不允许采用脱模剂和隔离剂。

二次硫化成型法除适用于上述各种形状制品外，还广泛用于各种橡胶嵌条、大型皮碗、密封圈接长、接圆硫化工艺，也用于大型胶板制品接长硫化工艺以及复合件橡胶制品组合加工。

第十五章　嵌件与模具

橡胶制品大致有纯胶、夹织物、带有嵌件（骨架）等三种结构形式。其中嵌件制品日益增多，特别是减震器、骨架油封、滚轮、缓冲连接件都离不开金属嵌件。由于多数嵌件为冲压件或成批车制件，一般批量较大，两者返修都较困难，所以在设计嵌件与模具时，首先要协调好两者相应尺寸和配合公差，或者优先规定嵌件配合公差，而后设计模具。最合理的方法是由模具设计者提供嵌件精度，但嵌件与模具是由两个不同性质部门设计的，所以两者矛盾往往影响生产，为此下面着重介绍有关嵌件设计、嵌件粘合以及与模具结构的关系。

15.1　嵌件种类与要求

15.1.1　嵌件作用与分类

为了增强橡胶制品局部的刚度，有利于装配或机械连接，使之适用于避震、密封、缓冲、滚动、导电、导磁等各种场合并满足其他多种要求，橡胶制品中常采用粘合和镶嵌各种形式、各种材料制作的零件，这个零件称为嵌件或骨架。

多数嵌件（骨架）系由各种有色或黑色金属制成，也有用尼龙、塑料等非金属为材料的。图 15-1 所示的即为几种常见制品中金属和非金属嵌件。

15.1.2　带嵌件制品工艺要求

带有嵌件橡胶制品在制作中有如下几点要求。

① 凡要求嵌件与橡胶粘合的制品，必须使橡胶与嵌件牢固地结合在一起，不允许有开裂、脱胶现象，即具有一定粘合强度。

② 凡带有嵌件橡胶制品，应保证嵌件顺当的放入模具进行模压硫化；同时也应保证制品顺当的取出，必要时，应配置专用顶出装置。

③ 在制品硫化过程中不允许出现橡胶蠕动、冲击和受压可能引起的嵌件位移和变形。

④ 在硫化过程中，不允许或避免胶料挤入嵌件装配孔或工作面上，必要时应考虑再加工工艺，确保制品使用性能。

⑤ 特殊嵌件或采用粘合性能较差胶料，在不影响使用性能的前提下，可采用镶嵌、包覆或装配式结构形式。

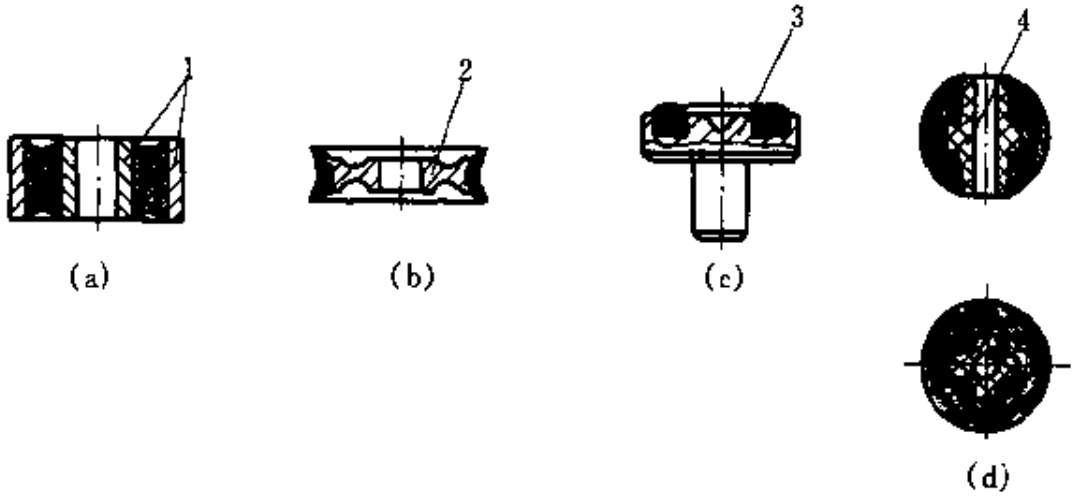


图 15-1　典型带有嵌件橡胶制品

(a) 圆柱形减震器；(b) 航空活塞；(c) T 型活门；(d) 球形脚轮

1—钢套；2—铝合金；3—黄铜或不锈钢；4—尼龙或塑料

15.1.3　嵌件粘合与镶嵌

多数带有嵌件的制品，要求嵌件与橡胶牢固地结合在一起，如图 15-1 制品中减震器和航空活塞，绝不允许有开裂、脱胶的现象，并且能承受撕裂、屈挠破坏性的使用条件。对于某些粘合性能较差的合成橡胶、特种橡胶及非金属嵌件，在设计嵌件时，应了解胶料与嵌件结合性能与方法。常用的有以下 4 种方法。

(1) 硬质胶法　适用于大型制品金属与橡胶粘合，能耐受 80℃以下温度、不受严重冲击的制品可使用此法。

硬质胶法的优点是粘合力较高、工艺简便，便于处理大型制品，如化工设备衬胶或制品中间层粘合，如图 15-2 (a)、(b) 所示的制品。

采用硬质胶法橡胶与金属的结合强度见表 15-1。

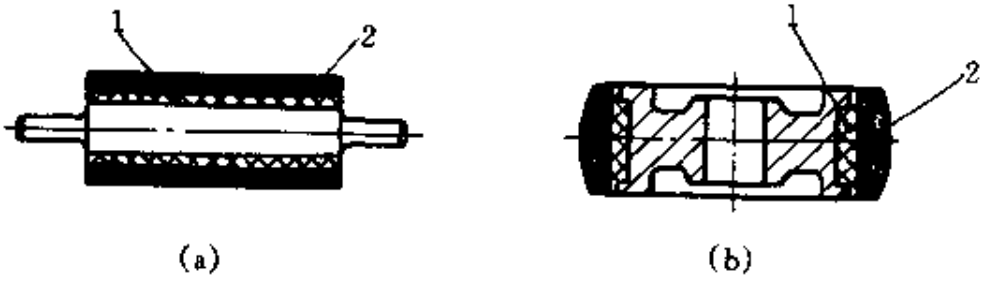


图 15-2　部分大型制品嵌件的粘合

(a) 胶辊；(b) 实心轮胎

1—硬质胶；2—软质胶

表 15-1　硬质胶法橡胶与金属结合强度/MPa

金　　属	3 号钢	不锈钢	铸　铁	生黄铜	不含锡的黄铜	硬　铝	镁合金
天然橡胶	4～6	4～6	4～6	4～6	<2	4～6	<2
丁苯橡胶	4～6	4～6	4～6	4～6	<2	4～6	<2

(2) 镀黄铜法　适用于黄铜或表面镀黄铜的金属材料，可以不用胶粘剂就能与各种橡胶直接粘合。黄铜成分对橡胶与金属结合强度有很大的影响，铜锌比为 70∶30 时为最佳，黄铜中铜锌比对结合强度的影响见表 15-2。

表 15-2　黄铜成分对结合强度的影响

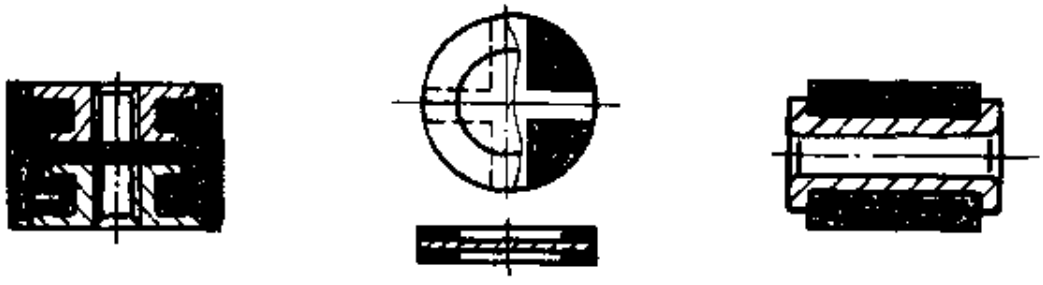
成分/%		结合强度/MPa	成分/%		结合强度/MPa
铜	锌		铜	锌	
60	40	5.6	70	30	6
65	35	5.8	75	25	6

注：所镀黄铜薄膜厚度一般为 0.00125～0.0125mm。

镀黄铜法优点较多，如粘合强度高、耐热、耐油（嵌件与丁腈橡胶、氯丁橡胶粘合）、抗振动性良好（嵌件与天然橡胶粘合）以及使用寿命长久等。

镀黄铜法缺点是：必须配置镀槽设备，工艺繁琐，铜锌比控制困难；镀铜件使用期短（24h 内使用）。此外，由于镀槽设备关系，不适宜较大部件生产。

镀黄铜法适用于要求较高的减震器以及批量较大、中小型制品的生产，如图 15-3（a）、（b）、（c）所示。



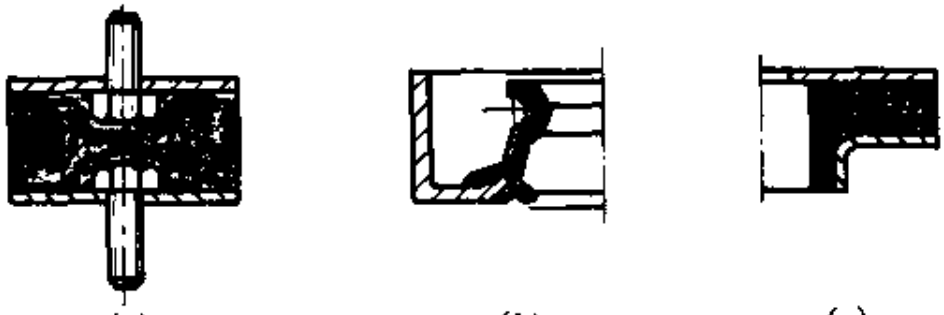
（a）　　（b）　　（c）

图 15-3　镀黄铜法橡胶制品

（a）减震器；（b）阀片；（c）滚轮

（3）胶粘剂法　用于橡胶与各种材料的粘合。胶粘剂品种较多，常用的氯丁胶浆和聚异氰酸酯胶粘合——JQ-1 胶液（俗称“列可纳”），国外商品名：德斯模都 R、列克纳特、列苛依纳胶。

胶粘剂 JQ-1 胶液可用于橡胶与钢、不锈铜、铸铁、铝（及其合金）、铜（及其合金）以及与其他非金属材料的粘合。其优点是：粘合力大、使用方便，只要把嵌件表面经过酸洗或喷砂处理后，再经清洗即可涂刷 1～2 层粘合剂，然后经 100～140℃×40～30min 烘干后冷却，即可与橡胶层一起加压、加热，即硫化粘合。如图 15-4（a）、（b）、（c）所示的制品。



（a）　　（b）　　（c）

图 15-4　胶粘剂法（硫化工艺）橡胶制品

（a）连接器；（b）骨架油封；（c）橡胶垫

采用 JQ-1 胶液粘合剂硫化后结合强度见表 15-3。JQ-1 胶粘剂缺点是对光敏感；遇湿易分解变质；存放条件苛刻，有毒，操作时应具

备防护措施（由于有毒，国外不允许涂有列可纳的橡胶制品入境，即不适用于出口产品以及食品、医药、水质橡胶制品）；涂刷后嵌件存放时间短（4～8h 内使用）；此外由于易于水解而使嵌件生锈或导致脱胶现象，质量稳定性差。为了改进 JQ-1 胶粘剂缺点，也可采用由青岛化工厂试制成功的 RM-1 胶粘剂，其性能等同于德国、日本等国使用的 TD870 胶粘剂。

RM-1 胶粘剂的特点是：无毒、防锈、粘合力强、性能稳定、价格低廉。涂有 RM-1 的金属嵌件不受季节、环境、湿度的影响，特别是对经过预固化的嵌件可以存放更长的时间（30 天左右），其粘合力不下降、不水解、不产生锈蚀，此外，RM-1 胶粘剂对模具不产生任何腐蚀和污染。

RM-1 胶粘剂的不足之处是结合强度低于 JQ-1 胶粘剂。

表 15-3　常用 JQ-1（列可纳）胶液胶粘剂结合强度

橡　　胶	胶　粘　剂	金　　属	结合强度/MPa
丁腈-40 胶料	JQ-1 胶液	硬　铝	≥4
5470 胶料	JQ-1 胶液	硬　铝	≥4
丁腈-40 胶料	JQ-1 胶液	20 号钢	≥4

（4）镶嵌与装配法　镶嵌法用于非金属嵌件（包括批量少、粘合性能较差的合成橡胶、特种橡胶）。由于粘接性能差，把嵌件接合面加工成齿形、浪花形、攻丝、开槽、占孔、滚花等形式，促使嵌件增大接触面并钩住橡胶。如图 15-5（a）、（b）、（c）所示。

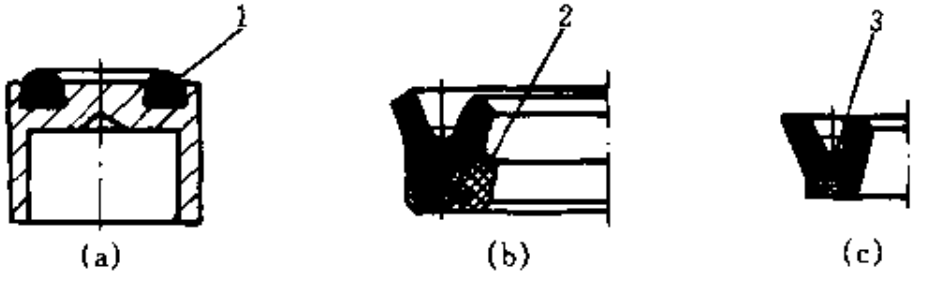


图 15-5　镶嵌法橡胶制品

（a）活门；（b）U 形皮碗；（c）V 形皮碗

1—氟橡胶；2—尼龙；3—聚四氟乙烯

装配法适用于加固、绝缘、隔离、连接、防护等带有嵌件的制品，如图 15-6（a）、（b）、（c）所示。对于形状简单的零部件，也可采用装配法胶液粘合，如图 15-6（c）。胶液品种较多，表 15-4 为上海橡胶制品研究所部分胶液牌号、用途与技术性能。胶液粘接方法有室温固化与加热、加压硫化两种，采用胶液粘接具有操作简便、外观质量好的优点。国外很多带嵌件制品采用胶液粘接方法，它能保持嵌件外观整洁（无模压硫化所引起的残胶与飞边粘合现象）。其缺点是适用于简单零部件粘接；嵌件平整度要求较高；室温固化胶液粘接抗拉强力偏低。

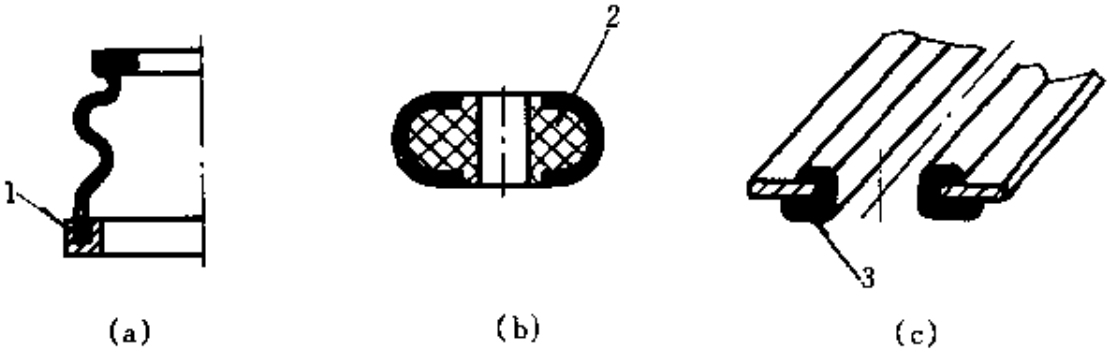


图 15-6　装配法橡胶制品

（a）防尘套；（b）滚轮；（c）镶条

1—收口压紧；2—酚醛轮；3—胶液粘合

表 15-4　胶液牌号、用途与技术性能

牌　号	产品名称	主　要　用　途	技　术　性　能
JG-1	胶　　液	粘接铝和硅橡胶，制作耐热、耐湿管座及密封加热仪器等	结合强度（铝-硅橡胶）室温 1.3～1.5MPa，250℃×12h 老化后 1.5MPa；稳定期 4 个月
JG-2	胶　　液	硅橡胶之间相互粘接，硅橡胶与钢、硬铝及铝合金粘接用	结合强度（硅橡胶-铝合金）≥0.8MPa；稳定期 6 个月；活性期 24h；双组分组成
JX-5	胶　　液	粘接铝、碳钢及合金钢	剪切强度（铝）>15MPa；不均匀结合强度（铝合金）3.5MPa
JX-6	胶　　液	粘接帆布、锦纶布、丁腈橡胶织物及钢、铝等	室温固化 72h，80℃×48h；帆布与铝粘接扯离力>9.81kN/90×100mm

续表

牌　号	产品名称	主　要　用　途	技　术　性　能
JX-7	胶　　液	粘接帆布、锦纶布、丁腈橡胶及其与钢、铝、镁合金等	40℃固化，帆布与铝或有机玻璃粘接，浸水1.5天后扯离力4.4kN/90×100mm
GPS-1	硅橡胶胶粘剂	用于硫化硅橡胶、硅氟橡胶制品粘接，及其与经表面处理的金、银、铜、锡、铝等粘接	双组分组成，活性期3h；能在－60～＋150℃下长期使用，200℃下短期使用
GPS-2	硅橡胶与金属胶粘剂	用于硫化的硅橡胶或硅海绵与铝、钢、铜等粘接	室温固化后铝与硅橡胶结合强度1.5MPa左右，在－60～＋150℃下长期使用，短期200℃
GPS-4	有机硅胶粘剂	用于粘接各种硫化硅橡胶，以及硫化硅橡胶与金属、非金属材料	室温硫化，粘接硬铝和硅橡胶常温结合强度>1.8MPa；剥离强度35N/2.5cm

注：1. 本资料摘自上海橡胶工业制品研究所产品说明书。

2. 粘接剂品种很多，常用的还有橡胶树脂胶粘剂、树脂胶粘剂。

15.2　模具结构

要获得理想的带嵌件制品，除了要了解嵌件的作用和嵌件的粘合要求之外；还应考虑制品的使用性能与要求，以及嵌件与模具配合与公差。

15.2.1　嵌件制品与模具结构的关系

制品使用要求可分为性能要求与外观质量（装饰与配合要求），其中外观质量与模具结构有直接关系。

15.2.1.1　简单骨架制品使用要求与模具结构的关系

图15-7中（a）、（b）、（c）、（d）带骨架制品的形状较简单，但由于使用中带有配合要求，制品中嵌件表面不允许带有橡胶胶边皮或飞边粘合，这给模具结构设计带来一定困难，因为胶料在加压、加热硫化过程中无孔不入。实验表明：模具中配合间隙≤0.01mm时，橡胶也能钻入从而造成制品飞边。所以模具设计者应了解橡胶骨架制品的硫化工艺、表面处理方法，有针对性地采取办法保证上述制品外观质量。

如图15-7（a）耐油橡胶制品，嵌件为不锈钢材料，采用喷砂、涂

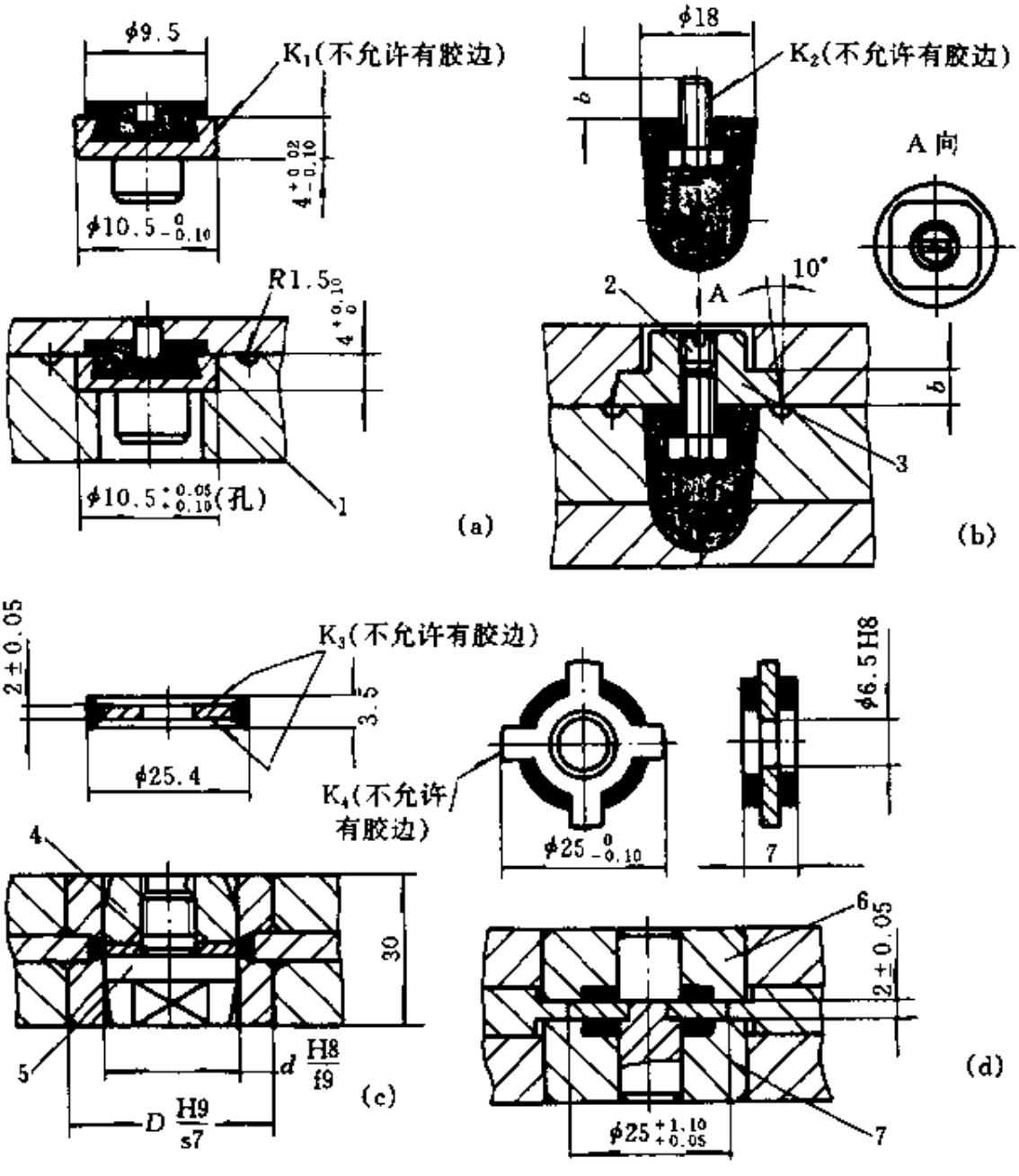


图 15-7 简单骨架制品与模具结构

1—下模；2—限位螺钉；3—镶块；

4—螺母；5—螺钉；6—上模芯；7—下模芯

刷粘合剂硫化工艺。由于该制品使用时上下活动，K_1 面不允许有胶边存在。模具设计时，可从按其制品数量与要求，考虑几种加工方法，数量偏少者，一般可提高嵌件精度与模具配合精度，减少间隙量；并加

大余料槽，促使多余胶料溢出模外；也可在嵌件 K_1 面上涂刷适量隔离剂，硫化后剥离。对数量偏多、要求较高的制品可以采用二次加工法，即嵌件外径放大 0.2～0.4mm，硫化后，经磨削或车削再加工 K_1 面使其达到所需要的尺寸。

图 15-7（b）制品嵌件为镀锌六角螺钉，表面去油后，硫化 1152 橡胶，螺纹部分不允许有胶边粘合。1152（天然橡胶）易于与锌、铜粘合，设计模具时应建议螺纹表面发黑处理，这样螺纹定位部位一般不考虑胶层粘合，只考虑 6mm 限位尺寸，但应注意螺钉与螺纹孔径不宜过松或过紧，一般为 3 级精度。如制品批量较大时，为防止螺孔磨损以及便于调换及提高工效，可采用有一定硬度的带锥度镶块，并配置二套以上，使其硫化时一进一出不受装卸影响。

图 15-7（c）制品中嵌件 K_3 面，由于装配要求不允许有胶层粘合，嵌件外径表面采用喷砂、涂刷粘合剂，硫化 I-3 耐油橡胶。为了保证 K_3 面无胶层，模具设计时可采用螺钉与螺母旋合嵌件结构，使其优先紧固嵌件 K_3 面，然后放入中下模中加料、合模硫化。凡模具中组装模芯，一般需要配置二套以上模芯，生产时一进一出可提高工效。

图 15-7（d）制品为 I-3 橡胶，嵌件材料为 H68 铜，表面汽油清洗处理，K_4 面不允许有胶层粘合。铜与橡胶中硫化剂（硫黄）起化学反应后易于粘合，该制品又是薄制品，所以在模具设计时应注意 K_4 面配合间隙不宜过大（一般为 0.05～0.10mm）硫化后制品 K_4 面可用手工在砂纸上打磨。批量较大时，可设计一套简易专用夹具，用于车削和磨削外径，但必须注意外径放大 0.2～0.4mm 并提高内径 ϕ6.5 配合精度。

15.2.1.2　高性能骨架制品与模具结构的关系

高性能骨架制品主要指对嵌件有较高的装配要求或外观要求，如图 15-8（a）、（b）、（c）中制品与图 15-9（a）、（b）中制品。

图 15-8 制品中骨架外径配合尺寸要求较高，又是薄壁骨架，易于变形；并且不允许 K 面有胶层粘合和变形，模具设计时有两种方法：第一种方法可采用先合模后加料注射模或挤胶模结构如图 15-8（b）、（c）所示，其特点是模具在注射或挤胶过程中，优先把骨架过盈配合，

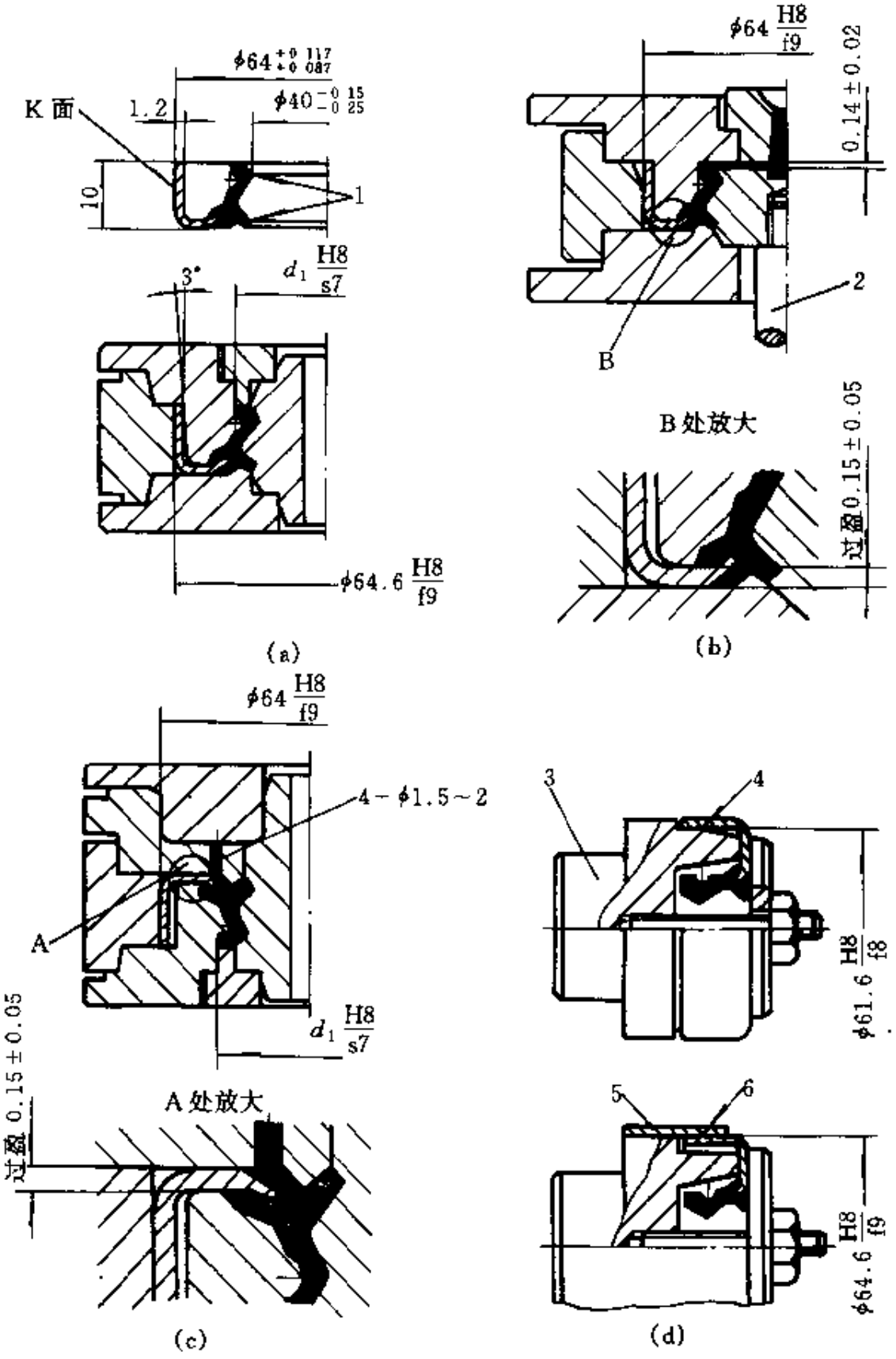


图 15-8　高要求骨架制品与模具结构

(a) 普通硫化模；(b) 注射模；(c) 挤胶模；(d) 硫化模制品磨削工装

1—工作唇口；2—顶杆；3—磨头夹具；4—内径定位；5—定位套筒；6—外径定位

即A、B处放大图中骨架底部处于切断、隔离状态，不使橡胶流入骨架装配面。第二种方法可采用二次加工法，即骨架外径预放一定再加工余量，利用典型硫化模［图15-8（a）］硫化制品，之后可在专用简易夹具上磨削骨架外径，如图15-8（d）所示。如果骨架内径定位精度较差，可以外加定位套筒，先定位、后夹紧，磨削时取下，如图15-8（d）右下所示。

图15-9所示的内外径带嵌件制品结构形式较多，并且多数制品外径表面不允许带有橡胶飞边粘合，影响装配性能。为了避免飞边粘合，一般多采用二次加工方法获得配合尺寸。也可一次成型获得，但模具与嵌件配合间隙量应小于制品配合公差值，即模具与嵌件采用过渡配合或过盈配合才能保证嵌件外径无飞边状态，如图15-9（a）所示，该模具中镶块要求由两瓣模组成或配有顶出装置，否则嵌件装卸困难。图15-9（b）为二次加工方法典型挤胶模结构，其特点为加料方便、制品质量优良，制品取出时需配置简易顶出装置。[ϕ44＋(0.20～0.40)]为成品磨削再加工余量。

图15-10为内外带嵌件制品与模具结构。由于该制品内外径及K_1、K_2面不允许有橡胶层粘合，如果采用二次加工方法工艺复杂，并很难保证嵌件表面镀铜层不被破坏。为了保证上述要求，其中嵌件内径可采用槽型螺钉紧固法，避免橡胶钻入；外径采用过渡配合；K面采用涂刷隔离剂——“透布油”。也可采用（b）模结构——利用弹簧压力接触K面减少飞边；并可调节嵌件高度允差精度的差异。

15.2.2 嵌件定位与取出

在嵌件制品加工过程中，结构合理的橡胶模具起着重要作用，模具设计人员首先应考虑加料方法、嵌件定位、制品取出三个基本概念与方法，其中定位和取出与模具设计者关系最大，所以设计人员必须谨慎考虑，图15-11和图15-12所示为合理与不合理模具示例。

嵌件定位与取出方法应按其嵌件形状，压胶方向、取出难易程度多作考虑。嵌件定位好劣关系到制品质量和模具使用寿命；嵌件取出影响到模具开合，是工效高低的关键。嵌件定位与取出方法按其嵌件形状有如下几种。

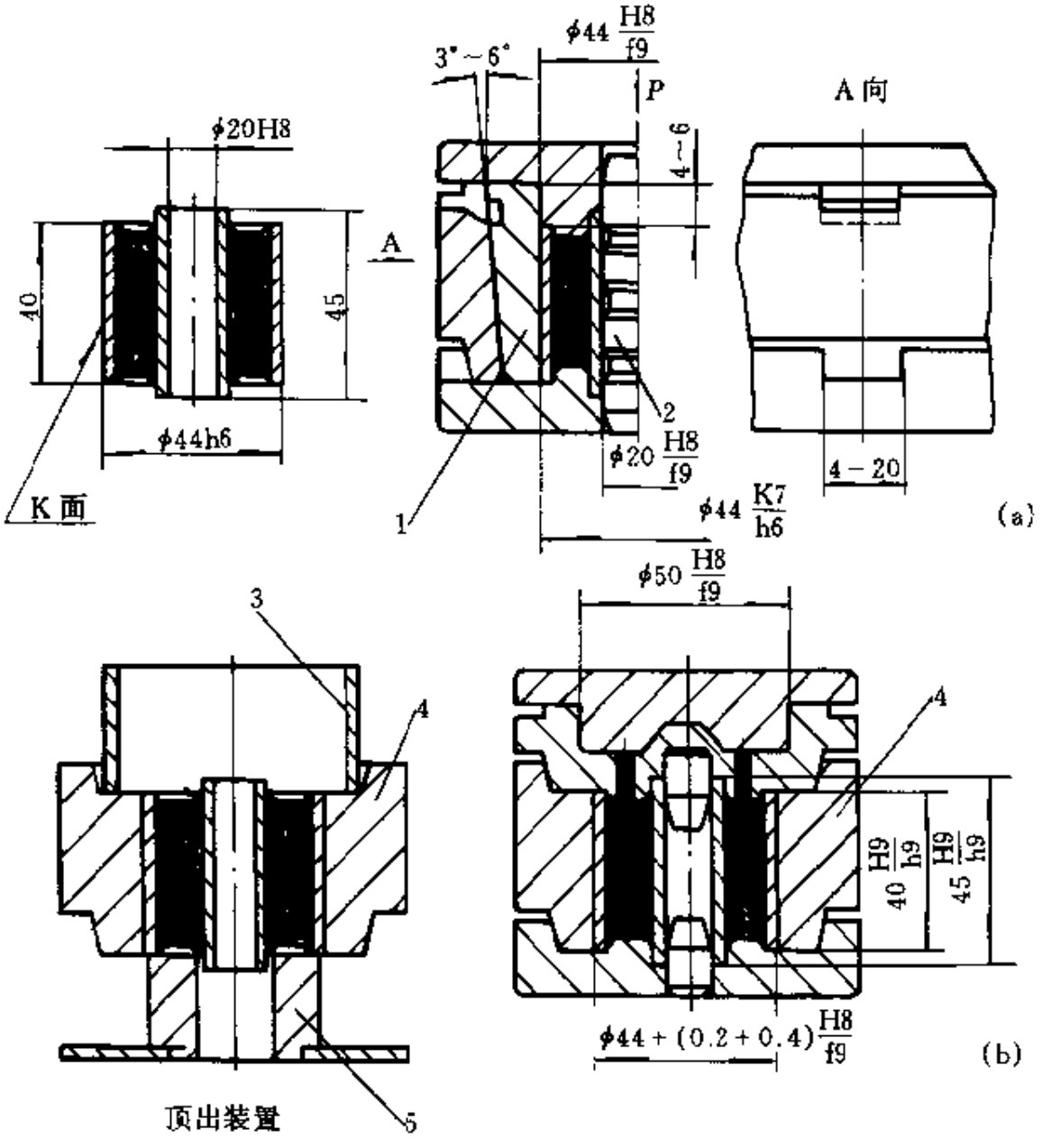


图 15-9 高要求嵌件制品与模具结构

1—两瓣模镶块；2—模芯；3—上顶圈；4—中模；5—下顶圈

(1) 圆柱销定位与取出 圆柱销定位实际上又称限位定位，可使带嵌件制品在模压硫化过程中避免嵌件位移和胶层不均现象，其特点是结构简单、取出方便，用于橡胶护条、电缆卡子、骨架油封等橡胶制品，如图 15-13 (a)、(b) 所示。

(2) 薄壁嵌件定位与取出 带有薄壁嵌件制品在模具结构设计时，应着重注意以下二点：①由于嵌件壁薄，定位必须可靠，硫化时

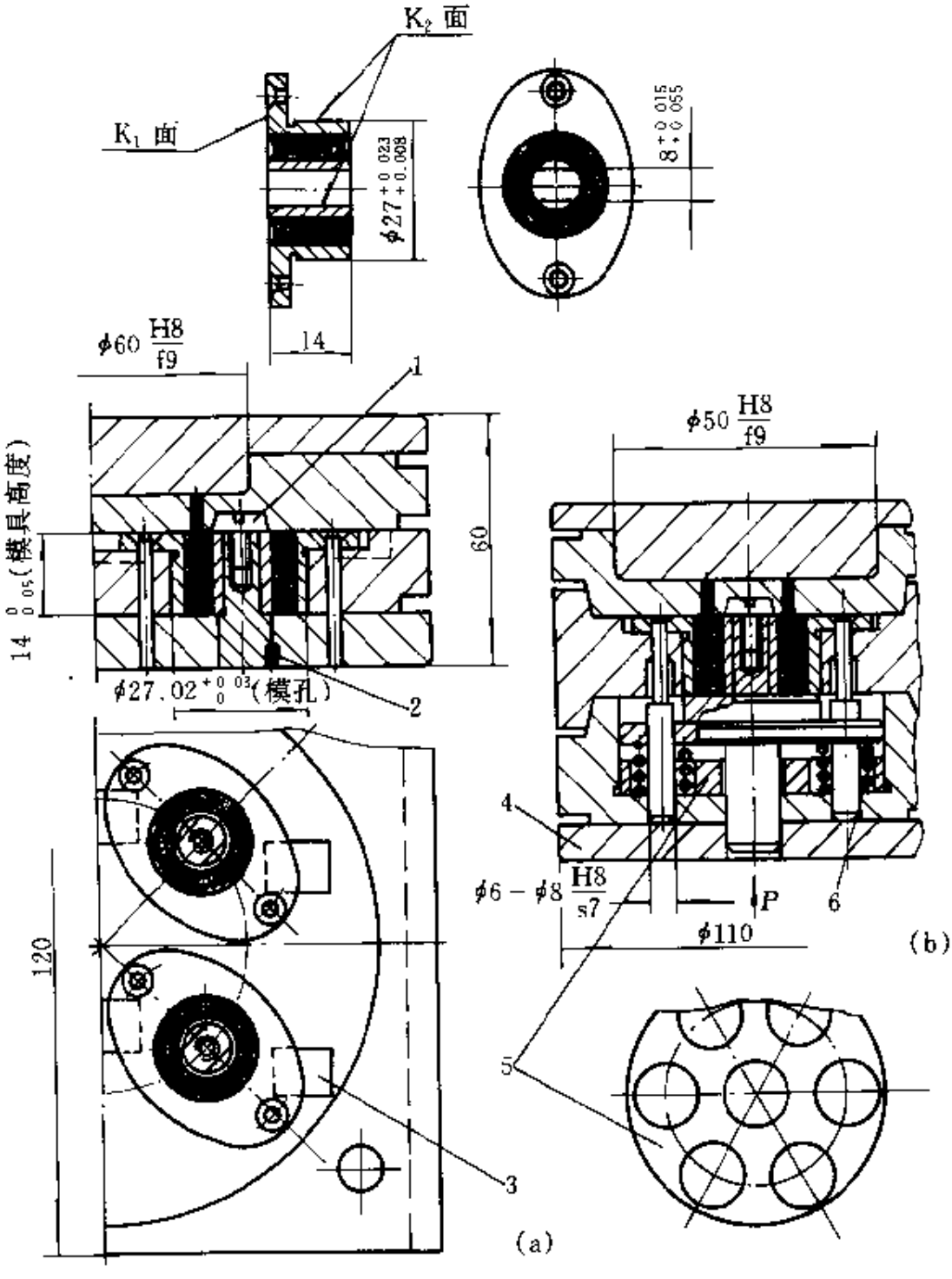


图 15-10　高要求嵌件制品与模具结构

(a) 多孔结构；(b) 单孔挤胶模结构

1—槽形螺钉；2—紧定螺钉；3—撬口；4—垫块；5—弹簧衬圈；6—弹簧

不允许嵌件形变；②模具必须配有简便取出制品装置，不允许取出过程中出现嵌件变形。一般带有薄壁嵌件的制品，如模具设计时考虑不

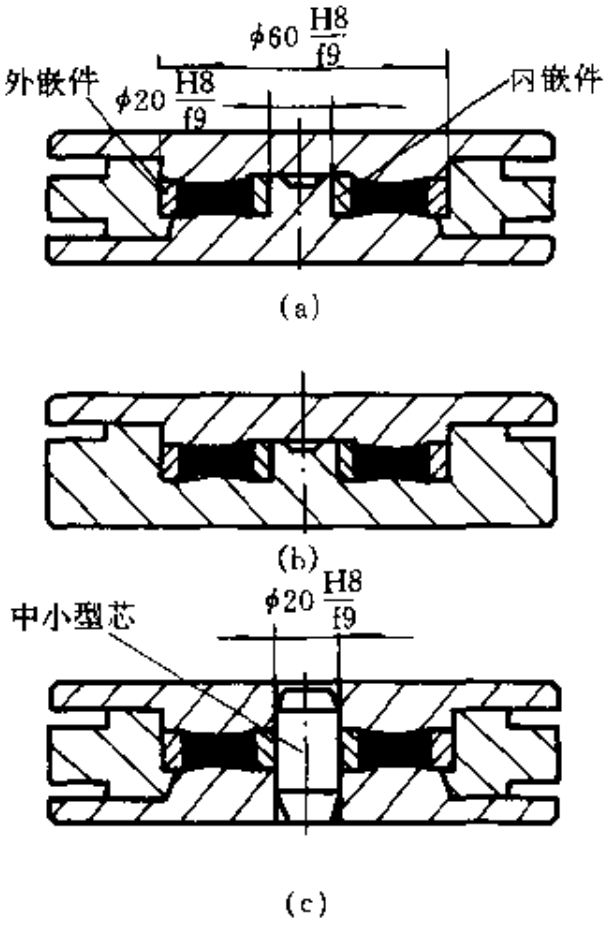


图 15-11　合理与不合理模具结构

(a) 不合理结构—内嵌件取出困难；

(b) 更不合理结构—内外嵌件取出困难；

(c) 合理结构--优先压出中心模芯

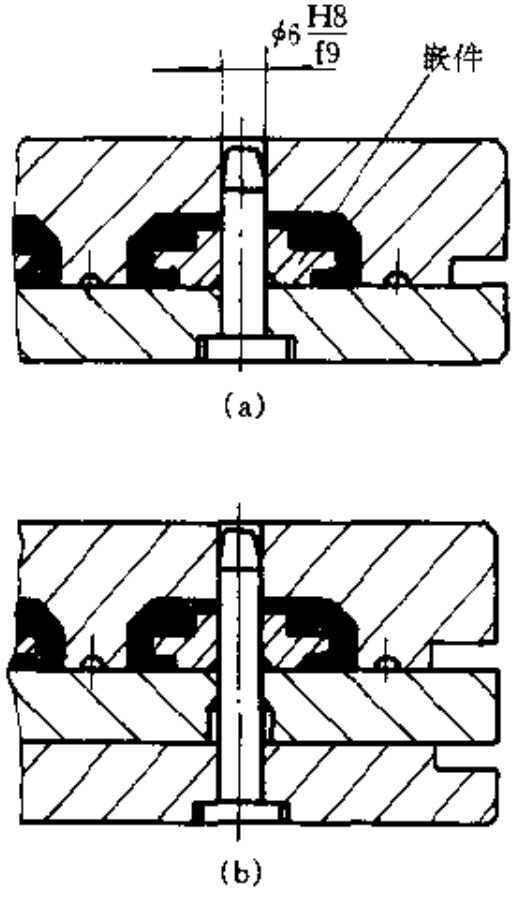


图 15-12　合理与不合理模具结构

(a) 不合理结构 --嵌件取出困难；

(b) 合理结构

周，制品取出较困难，嵌件易造成部分损坏或变形。如图 15-14 制品，由于该嵌件壁薄，高度又偏高，其内径定位不允许与带有大于 3°模具锥面配合或留有较大间隙定位配合，否则嵌件易于变形或胶料钻入，给制品取出带来困难，特别是手工操作，模具应配有启模安全镶块（如图 15-14 所示）。当启模时，镊刀要求优先在镶块部分用力，促使嵌件与上模分离；如果采用机械顶出装置应在 P 点用力，这样可防止嵌件局部损坏或影响嵌件粘合性能。

图 15-14 制品采用机械压出时，中心顶杆优先接触模具中模芯，并向下压出$\frac{H}{2}$，然后上顶杆接触嵌件压出制品，这样有利于模芯取出。

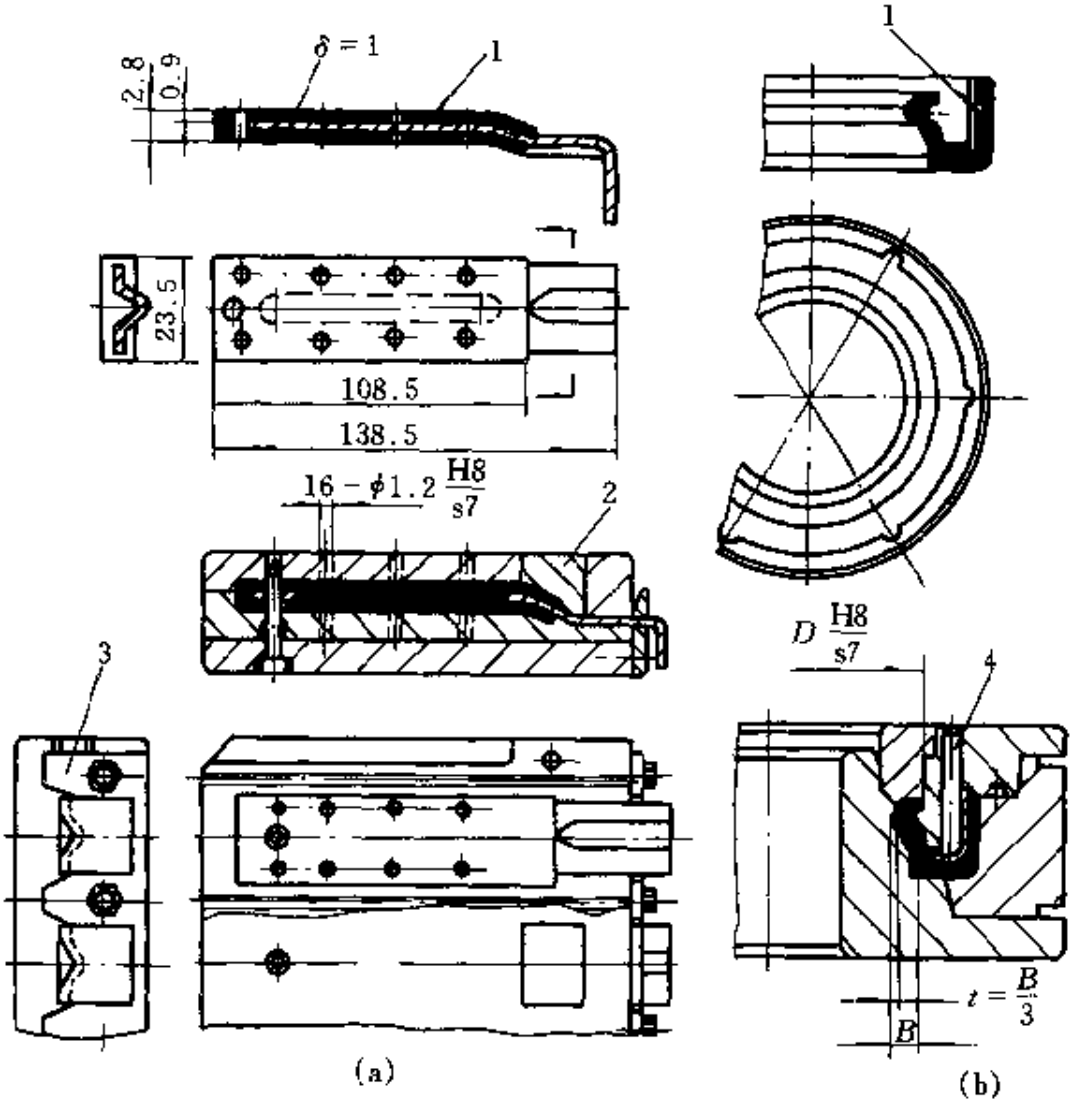


图 15-13 圆柱销定位模具结构

(a) 电线卡子中间骨架定位；(b) 油封中间骨架定位

1—中间骨架；2—镶块；3—V形定位挡板；4—定位模芯

当薄壁嵌件为外骨架时，由于制品形状导致取出较为困难，可采用二瓣模镶块定位，而后用上下顶杆压出。如图 15-15 所示的外骨架定位与压出工装，该模也可用于手工操作，但模具设计时分型面应在 K 处分型；件 1、件 2 可改为整体，有利于制品取出，但制品内径质量不如采用压出分型面好（无飞边），因此，同一件制品有不同的模具结构和操作方法，设计时可根据制品要求而定。

(3) 工艺方法定位与取出　所谓工艺方法定位，即利用模具模腔加料后合模时的挤压力，促使嵌件定位。工艺定位适用于使用要求偏

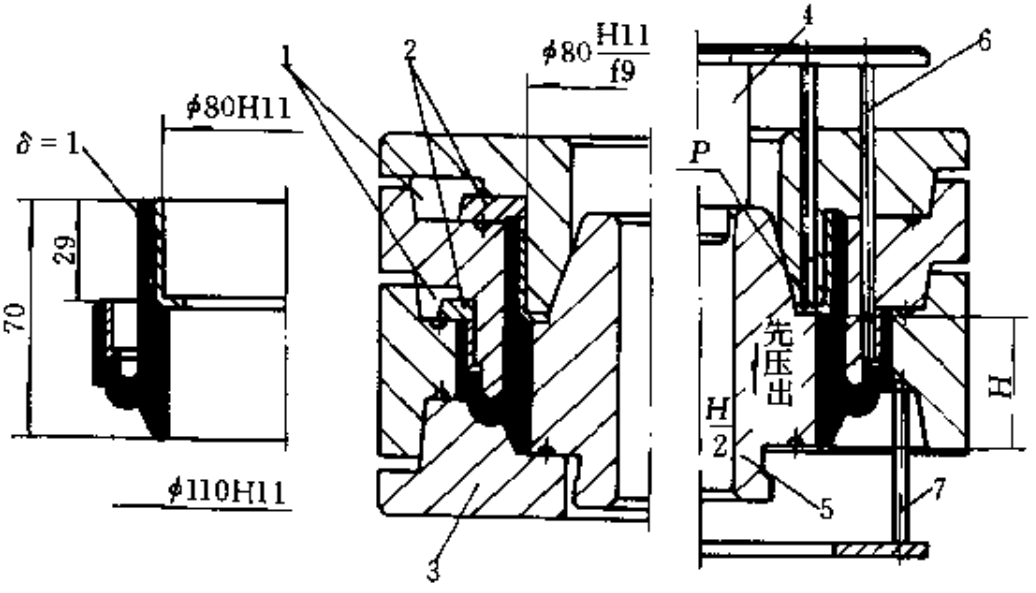


图 15-14　薄壁嵌件定位与取出

1　撬口（4 处）；2　启模镶块；3　手工操作；4—中心顶杆；5—模芯；6—上顶杆 3-φ10；7—下顶杆 3-φ12

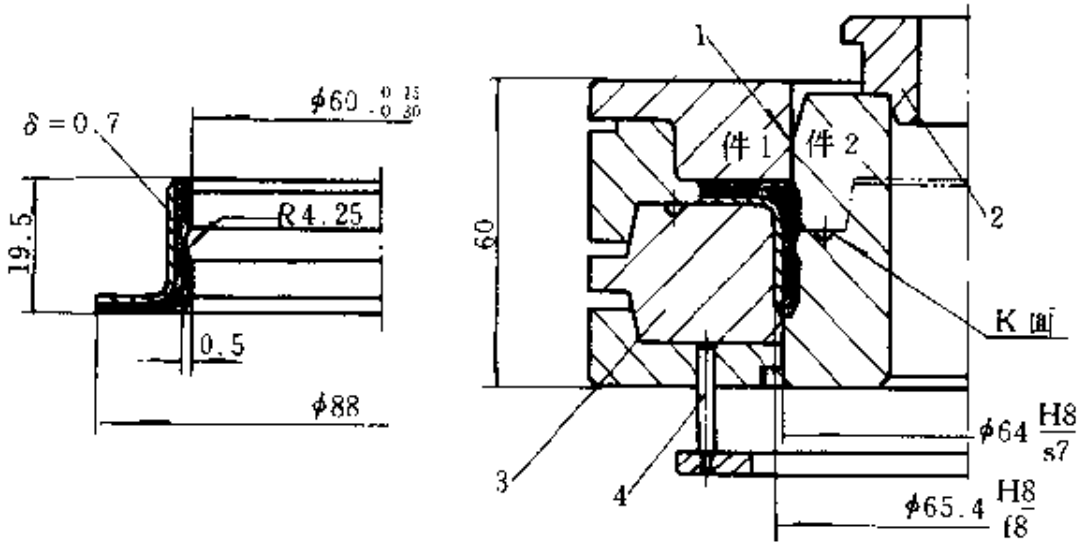


图 15-15　薄壁外骨架定位与取出

1—压出分型面；2—上顶杆；3—两瓣模镶块（中模）；4—下顶杆（3-φ12）

低的骨架油封、缓冲卡销、减震器等制品。嵌件工艺方法定位主要有两种方法。

① 利用压胶方向反挤力固定嵌件定位，如图 15-16、图 15-17 所示。

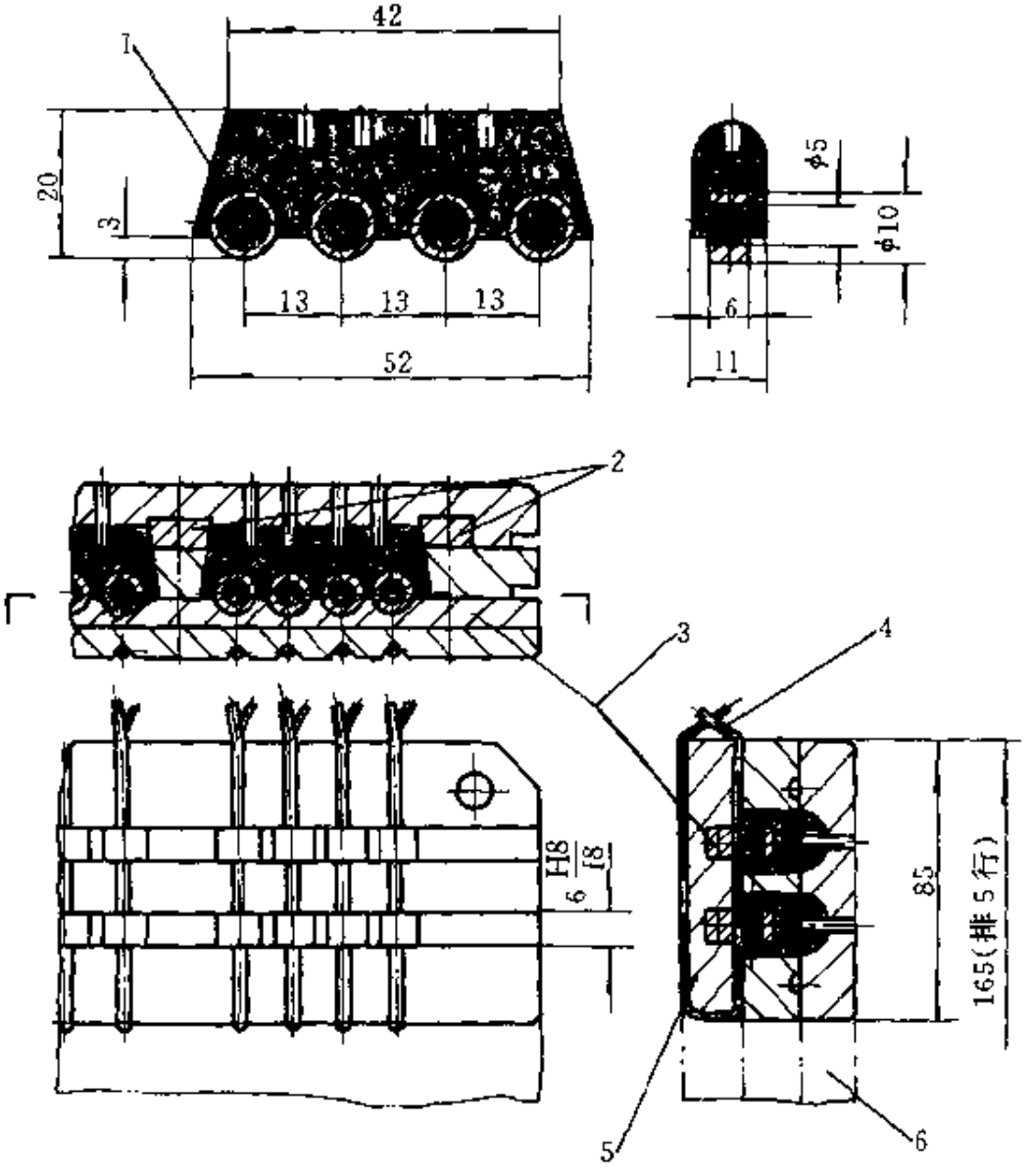


图 15-16　钢丝绕接定位与无钢丝压胶定位

1—嵌件（小钢圈）；2—上模镶条；3—下模镶条；4—钢丝绕接；

5—钢丝绕接（一模 4 孔）；6—无钢丝（一模 10 孔）

图 15-16 中 4 件小钢圈嵌件，原设计为一模 4 孔，由细钢线一件件串连小钢圈绕接固定于模具沟槽中，硫化后一件件拆下，工效较低，又麻烦（如图中钢丝绕接）。实际上可利用加料后的胶料反挤压力固定嵌件，可以省略繁琐钢丝绕接定位。实践证明既快又好；并由原设计一模 4 孔提高到一模 10 孔或更多模孔。但必须注意：当加料后的模具送入平板硫化机时，由于胶料高低不平，部分嵌件还没有接触胶料，这时模具不宜碰撞硫化机或过分震动，以防部分嵌件跳动而划出定位沟

槽，造成嵌件和模具压损。

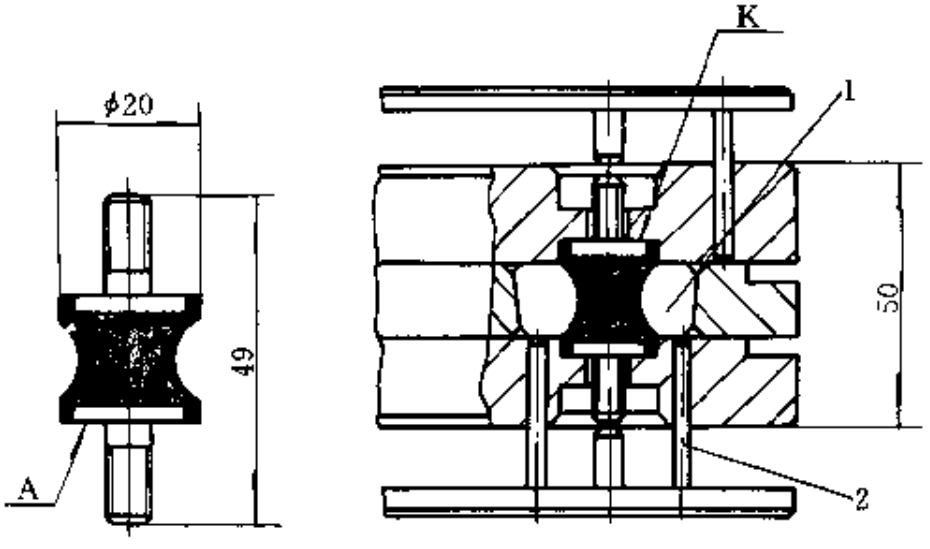


图 15-17　利用硫化工艺定位与嵌件取出

1—两瓣模镶块；2—下顶杆 3-ϕ6（一个模腔）

类似图 15-17 所示双头螺钉或垫片之类制品较多，一般设计为带螺母结构定位，但由于受拆装影响模腔数不宜过多，否则会影响模温，为此工效提不高。实际上硫化时，由于胶料挤压力及热胀因素促使嵌件自动定位，所以类似制品一般不需要螺母紧固，但必须注意嵌件 A 面不允许出现不平整现象或带有台阶，否则胶料容易钻入和抬高嵌件，为此必须配置螺母紧固定位。此外，合模时为避免上模中螺钉掉下，可采用加料后的中下模（填料状态）倒过来，盖在上模上，即可避免螺钉掉下来。另外，启模时由于 K 面的粘合强制开模，一定程度上会影响嵌件与橡胶结合力，因此要求配置顶出上下模同时顶出嵌件和两瓣模镶块，以利于提高工效和产品质量。

② 利用包胶定位法，即利用半成品薄胶片或胶块包覆和镶嵌嵌件方法定位，如某些带骨架制品在使用过程中接触性物质，不允许金属骨架局部或少量暴露，要求骨架全部包覆在橡胶中，这样造成骨架无法采用机械方法定位。

图 15-18、图 15-19 所示均为接触腐蚀性物质带中间骨架的橡胶制品，很难采用机械方法定位。碰到类似制品，一般可以采用包胶或镶嵌方法定位，也称工艺方法定位。操作中应注意：凡采用包胶方法定

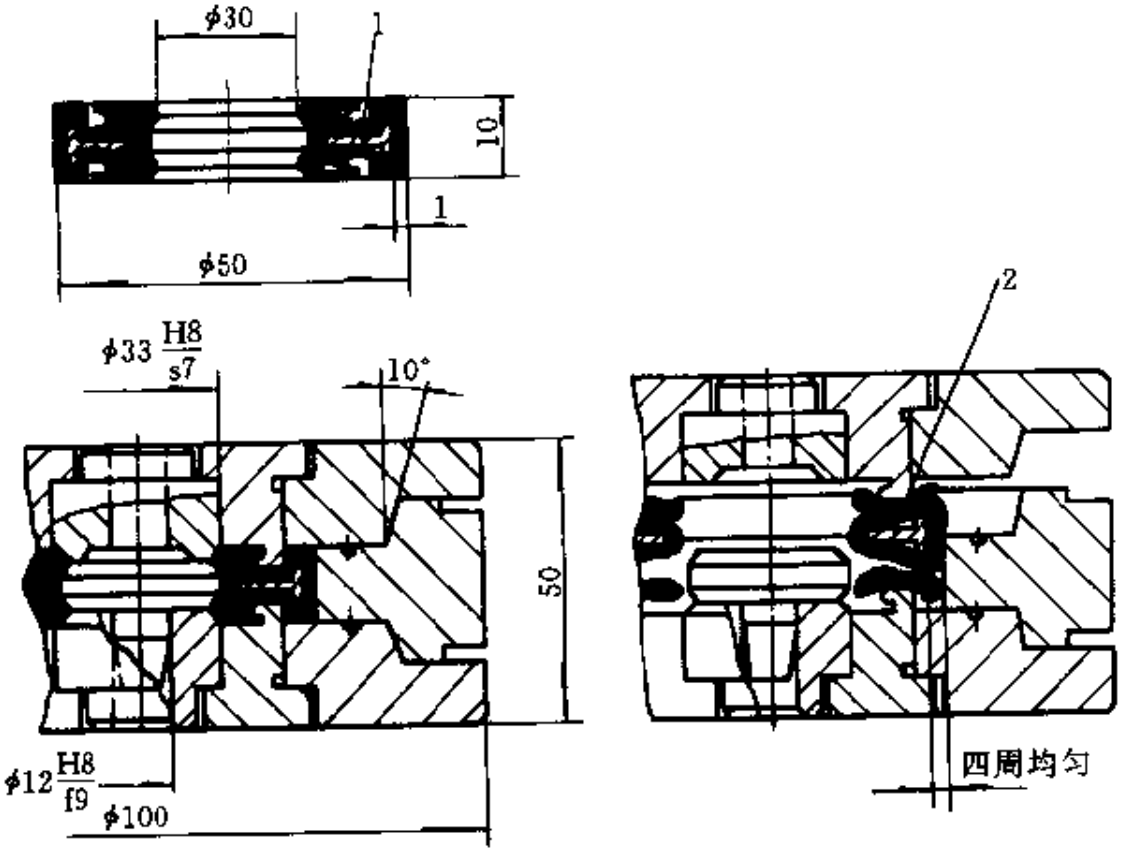


图 15-18　中间骨架包胶定位模具与方法

1- 中间骨架；2—胶料包覆嵌件

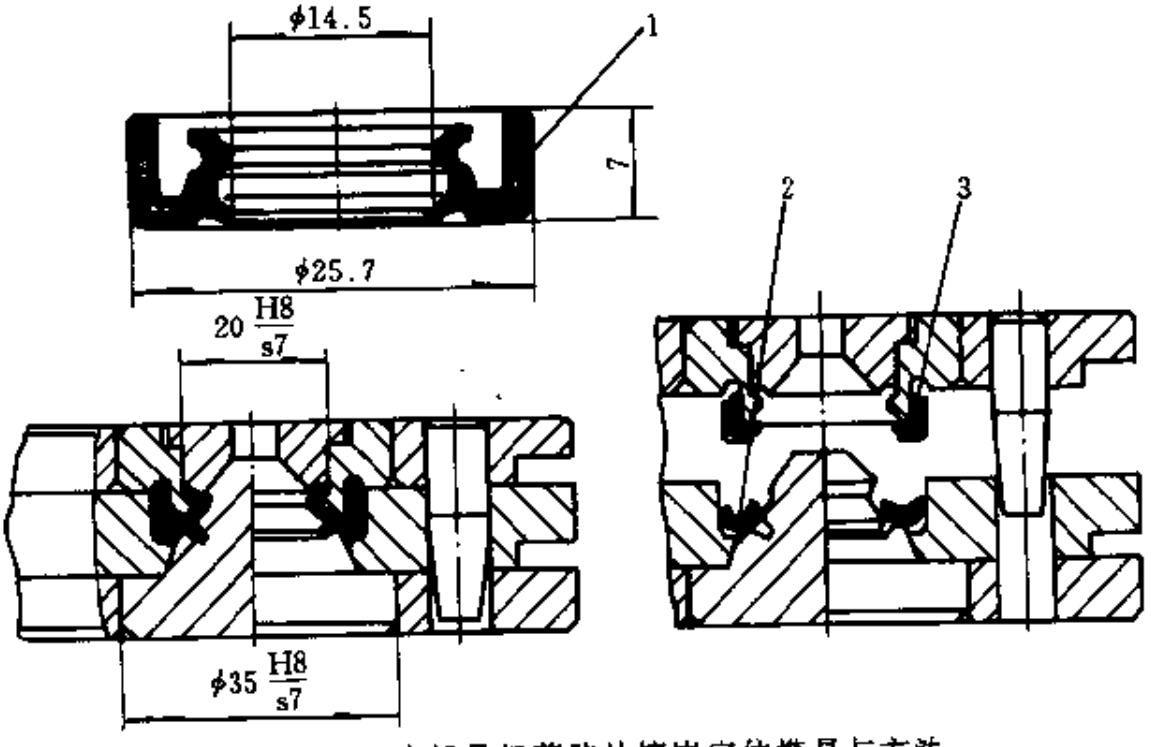


图 15-19　中间骨架薄胶片镶嵌定位模具与方法

1-- 中间骨架；2—胶料；3- 薄胶片镶嵌

位，必须注意要上下、四周胶料均匀。采用镶嵌法应保证胶块（条）厚薄一致，它是决定中间骨架同轴度好与劣的关键。

（4）镶块定位与取出　镶块定位实际上是固定、隔离定位；并为嵌件取出提供方便。镶块结构形式较多，其中常用的有插入式或拼合式结构，适用于槽形、8字形、双U形等各类减震器。

图15-20为槽型减震器镶块定位模具，采用4块镶块拼合结构，该制品为桥梁、房屋基座大型槽型减震器，由于胶料用量较多，在设计模具时应考虑模腔用料与料腔高度H的关系，为避免H偏高，可以在

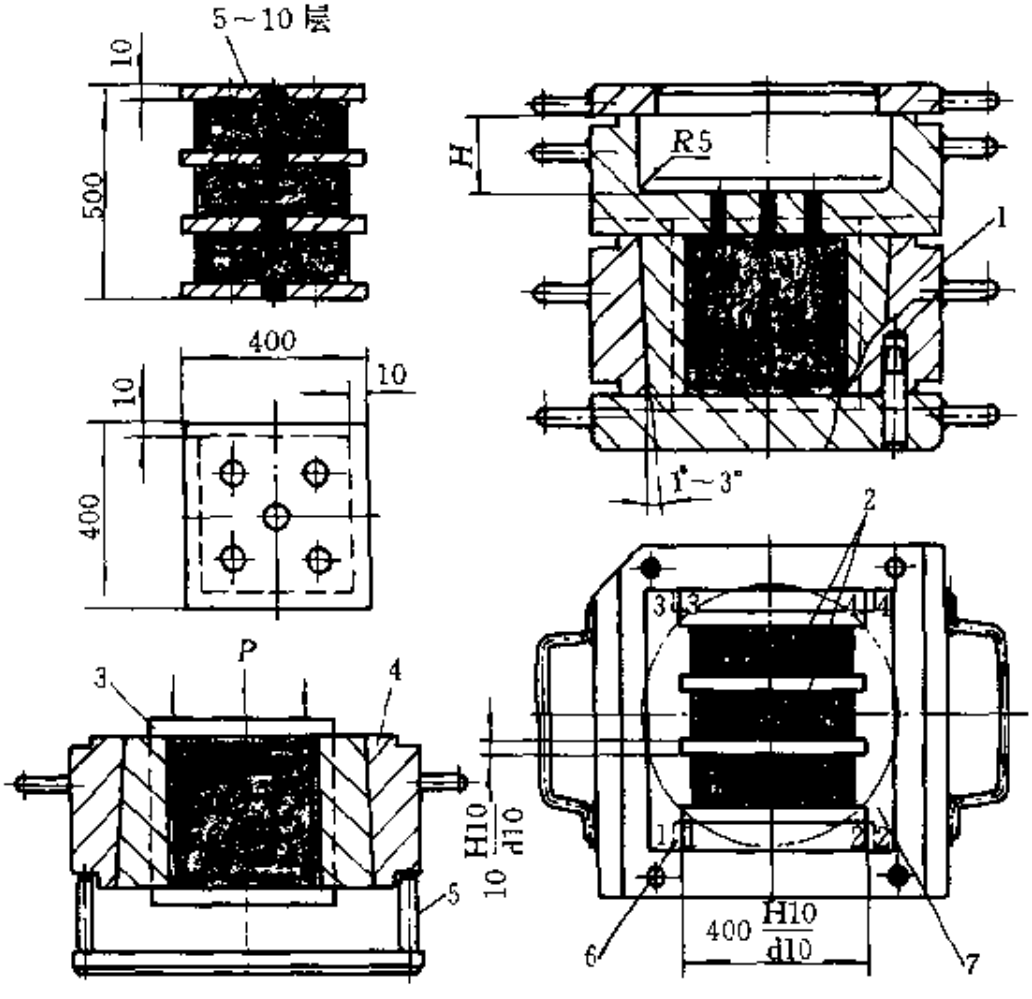


图15-20　槽型减震器镶块模具与制品取出

1—中模；2—模腔；3—嵌件；4—中模（颠倒）；

5—顶杆4-φ20；6—撬口；7—4块拼合镶块

合模前分别在模腔中预放一定重量的预热胶料（预热温度 70～80℃），不足部分可由料腔中胶料填充，但应注意多槽模腔加料时应均匀分布，不宜随意加料，以防受力不均造成嵌件变形。

图 15-20 制品模具由于采用锥形镶块定位，制品取出较为方便，只要把中模颠倒过来，放在顶杆上并送入硫化机中轻轻一压，即可压出制品与镶块，然后利用镶块中撬口即可取出制品。

图 15-21 为车用悬架 8 字形减震器模具与压出装置，嵌件采用单向叙边镶块定位，开合方便，制品取出见图中压出装置，该模结构可靠、制品质量好。

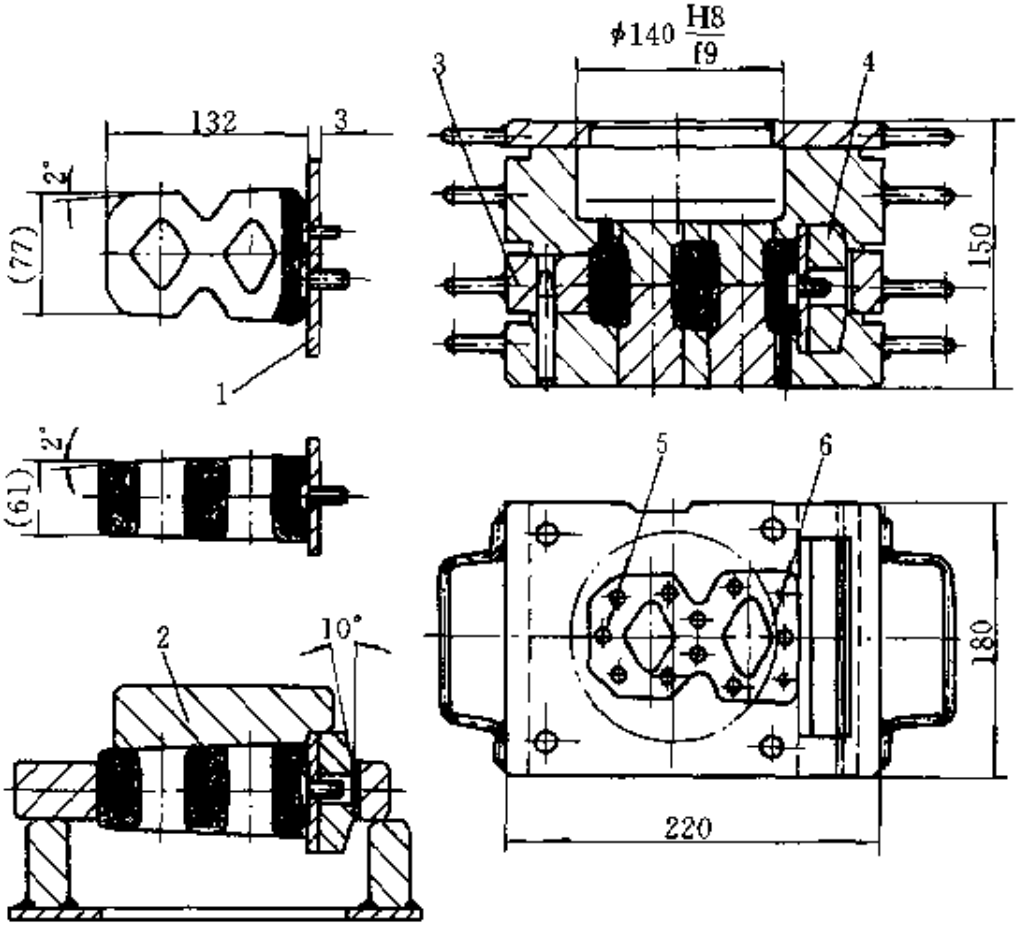


图 15-21　8 字形减震器镶块结构与制品取出

1—嵌件；2—压块（硬木）；3—中模；

4—镶块；5—浇口 11 φ3.2；6—逃气孔 6 φ2.5

图 15-22 为双 U 形减震器模具，采用镶块隔离嵌件定位，操作安全可靠，并配有镶块、制品顶出装置，是理想的模具结构。

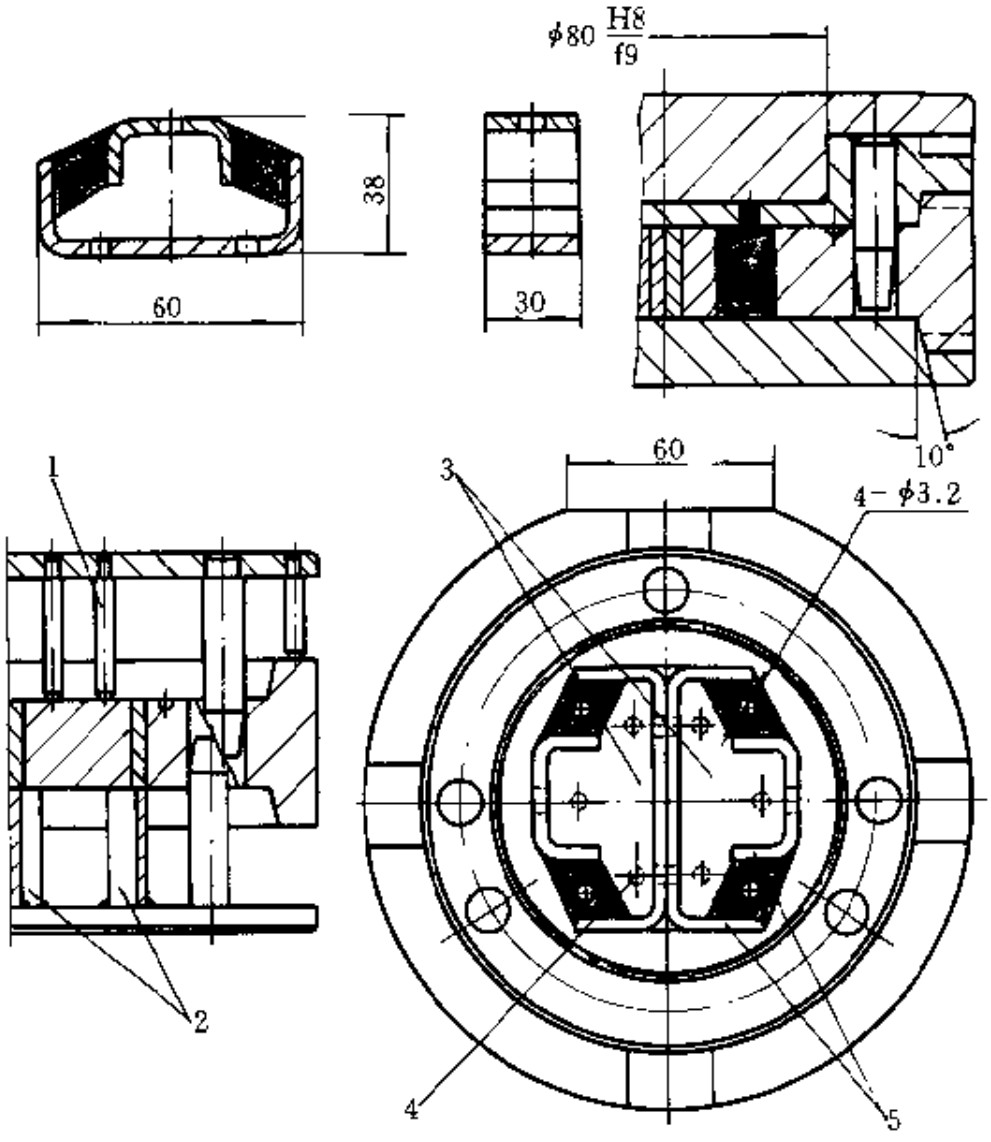


图 15-22 双 U 形减震器模具镶块与顶出装置

1 上顶杆 6-φ10（顶镶块用）；2—U 形顶块（顶嵌件用）；

3—镶块；4—上顶杆位置；5—上下嵌件

(5) 模芯定位与取出 带有嵌件制品模芯定位品种较多，且结构简单、使用面广，一般以中心定位为主，分为立式和卧式结构，适用于各类筒形、平板形减震器以及各类滚轮制品。

图 15-23 为立式抽芯模芯定位模具结构，采用挤胶加料方法，利用

镶块与顶杆取出制品，模具结构合理，制品质量好。

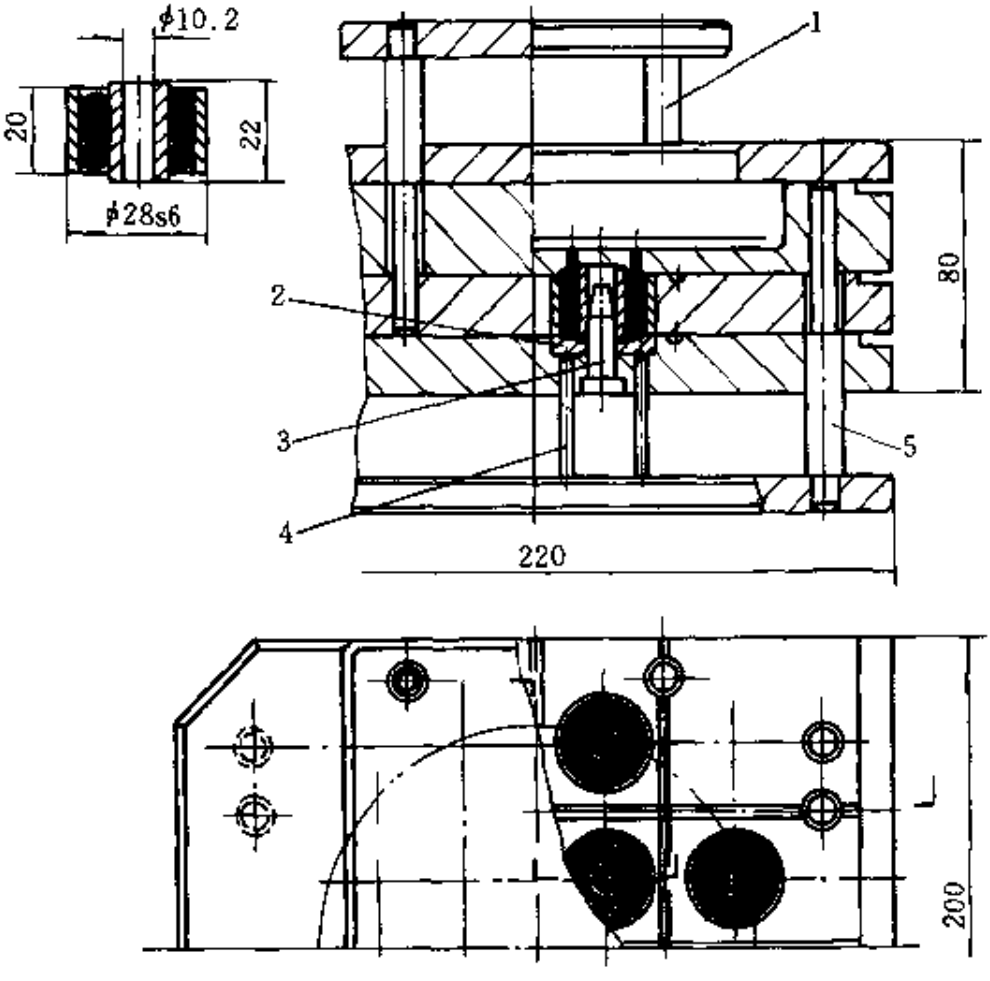


图 15-23　筒形减震器模具、嵌件模芯定位与顶出装置

1—上顶杆（3 件）；2—镶块；3—模芯；4—顶杆（3～4 件）；5—下顶件（3 件）

图 15-24 为平板式减震器典型模具，嵌件采用模芯定位，采用三合模抽芯结构，嵌件放置、制品取出均较方便。该模制品 H 高度是减震载重变形系数关键，一般产品图中为未注数，所以凡多腔模具，要求 H 先小后大，并先加工一腔，经试模合格后才能全部加工。

图 15-25 为卧式模芯定位模具，操作安全、结构可靠；模具两端配有 V 形定位板，限制加料后模芯左右位移，提高模具使用寿命。制品取出时，可利用模芯两端 D 孔或配置圆销，适当手工转动即可取出制品。

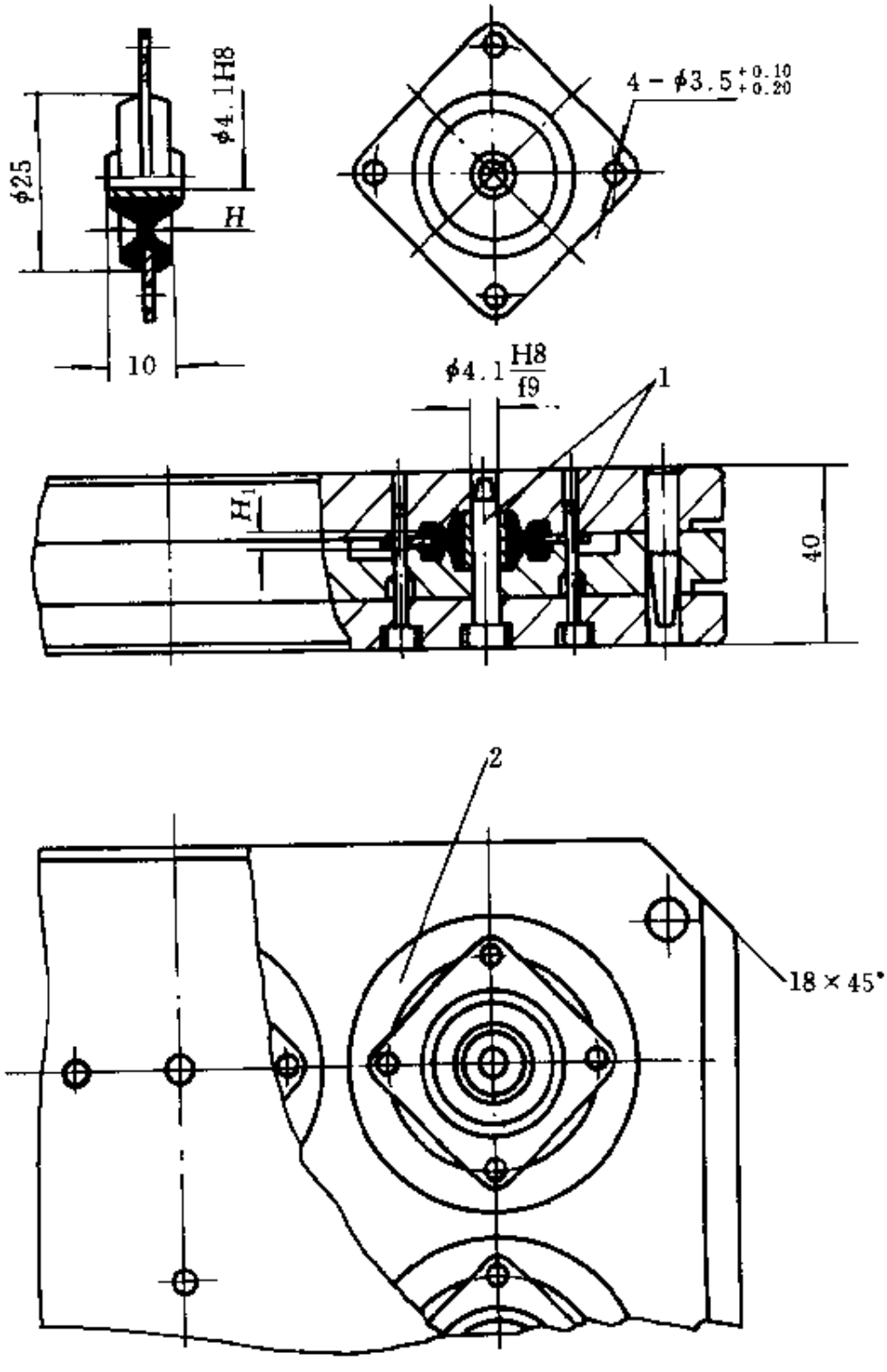


图 15-24　平板式减震器模具嵌件模芯定位

1—模芯；2—撬口（深 3）

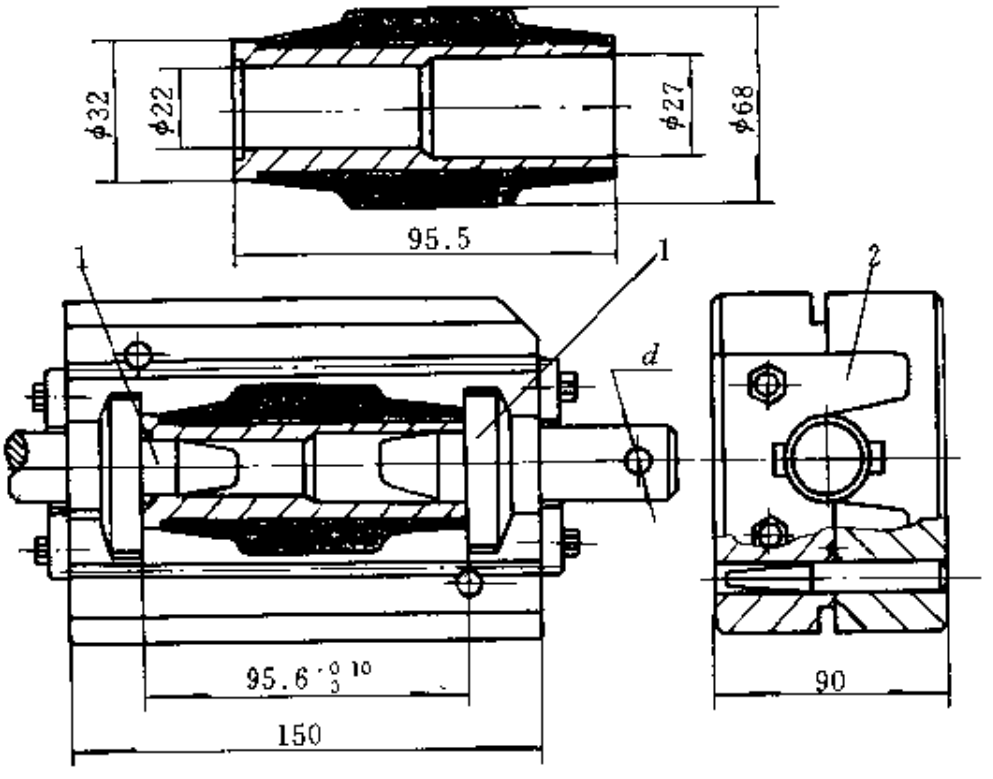


图 15-25　卧式抽芯模芯定位模具

1—定位模芯；2—V 形定位板

（6）超长嵌件定位与取出　有些嵌件根据使用要求，局部包覆或横压橡胶，其嵌件尺寸偏长，一般在不影响使用情况下，模具外接定位装置或对细长嵌件折弯处理，可获得理想制品。如图 15-26 超长连杆缓冲器及图 15-27 接触器外接导线硫化模。

图 15-26 模具结构采用挤胶法加料，制品质量稳定。超长连杆部分采用三连杆固定；V 形板定位，模具结构轻巧、可靠；开合方便。该模机加工中必须注意锥形螺杆配合——不允许上下串动。

图 15-27 为立式模芯定位模具，由于制品中导线较长，且模具外形尺寸较小，导线可折弯在模底沟槽中硫化，出模时应折回原来状态。定位导线模芯必须采用两瓣模结构，否则橡胶进入缝隙制品难以取出，导线也难以插入。

（7）螺钉定位与取出　螺钉定位结构形式较多，应用面较广，其结构形式主要分为紧固法（即利用螺钉旋合紧固定位，如图 15-28 和图

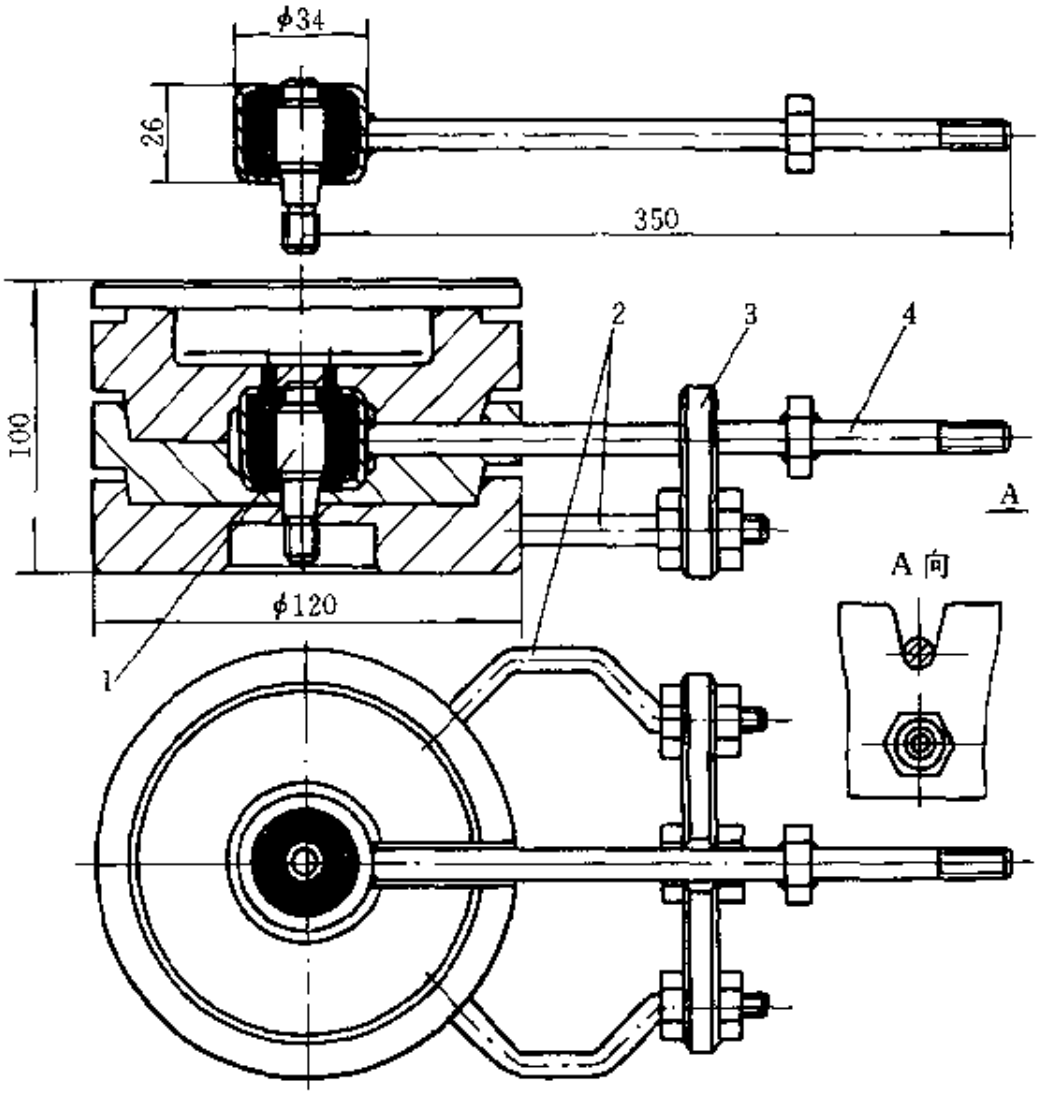


图 15-26　超长连杆缓冲器压模

1—锥形螺杆；2—三连杆（ϕ10）；3—V 形定位板；4—超长连杆（嵌件）

15-29）及顶紧法（即利用工艺螺钉推力固定嵌件，如图 15-30 所示）。

图 15-28 模具结构属典型结构，但其中由于合模时金属骨架导向全部依靠导销定位，易于磨损，为了提高使用寿命、确保制品同轴度，该模采用四方形叙边镶嵌定位，使用性能好、寿命长。

图 15-29 模具结构采用先合模、后加料挤胶模结构，模腔进料依靠 0.14～0.20 薄片浇口，可避免强大胶流对双杆模芯螺钉损坏，出模时应配置顶出装置（顶出位置应在 K 部）。该模双杆模芯螺钉应配置二部以上备件，操作时一进一出不受影响，能提高工作效率。

图 15-30 模具采用挤胶模结构，骨架定位采用螺钉压紧，拆装便

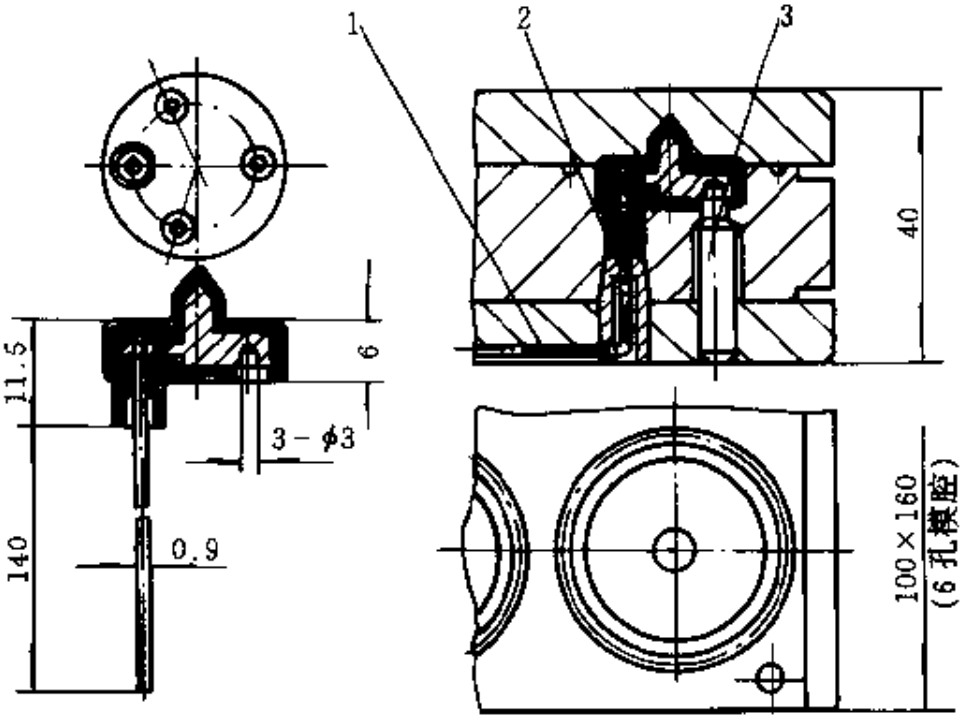


图 15-27　超长导线压模

1—折弯导线；2—导线定位模芯（两瓣模）；3—嵌件定位模芯（3 件）

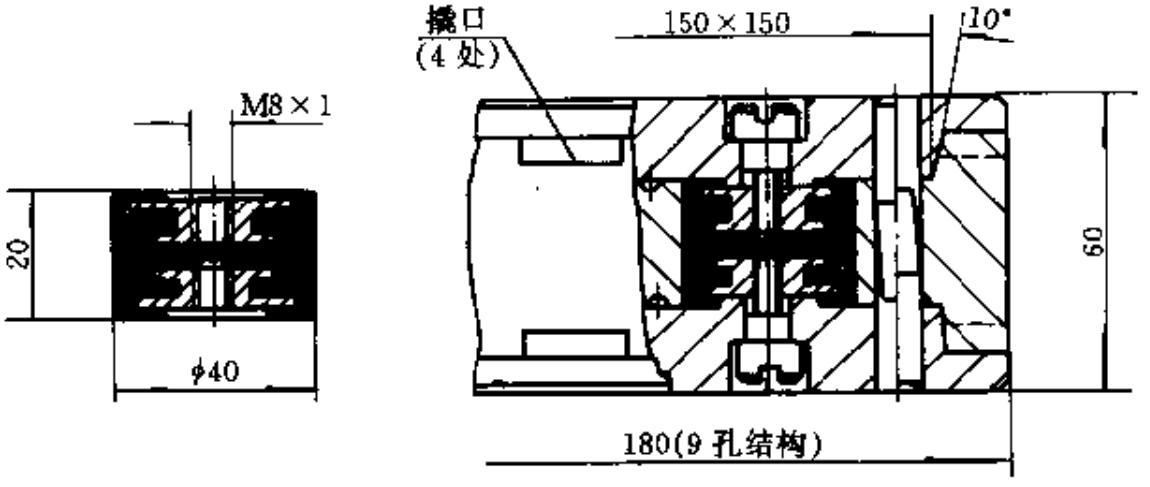


图 15-28　减震器橡胶模具

利、结构新型，是理想的模具结构，三角形浇口其特点是在圆柱形制品上修边痕迹少，进料胶流为旋转形，适用于特殊场合。

(8) 特殊嵌件定位与取出　特殊嵌件一般为较复杂带嵌件橡胶制品，设计人员必须仔细考虑嵌件定位与取出，否则对那些加工周期较

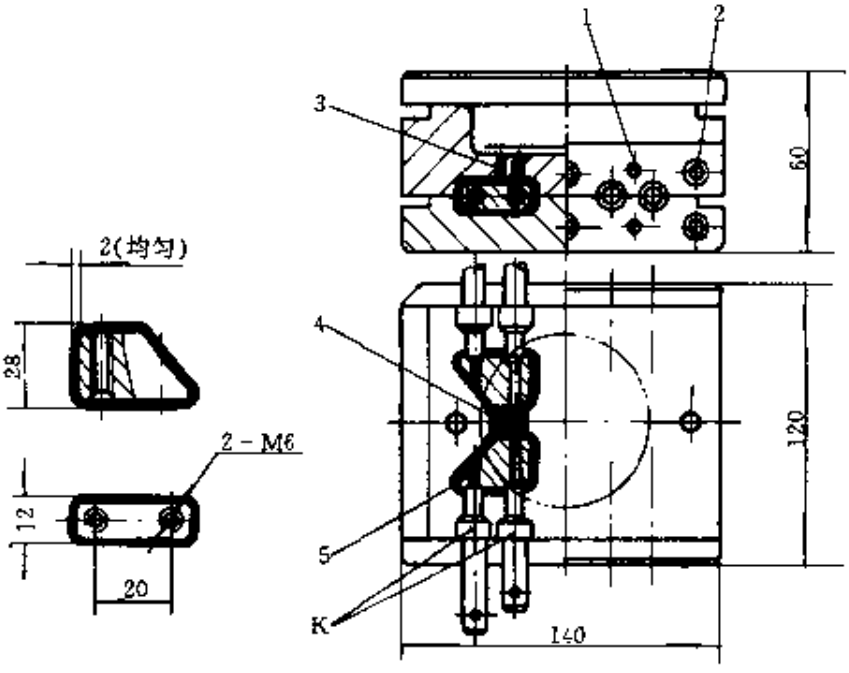


图 15-29　螺钉定位橡胶模具
1—圆销；2—内六角螺钉；3—进料口 4-ϕ2.8；
4—进料槽 0.14～0.2；5—螺钉

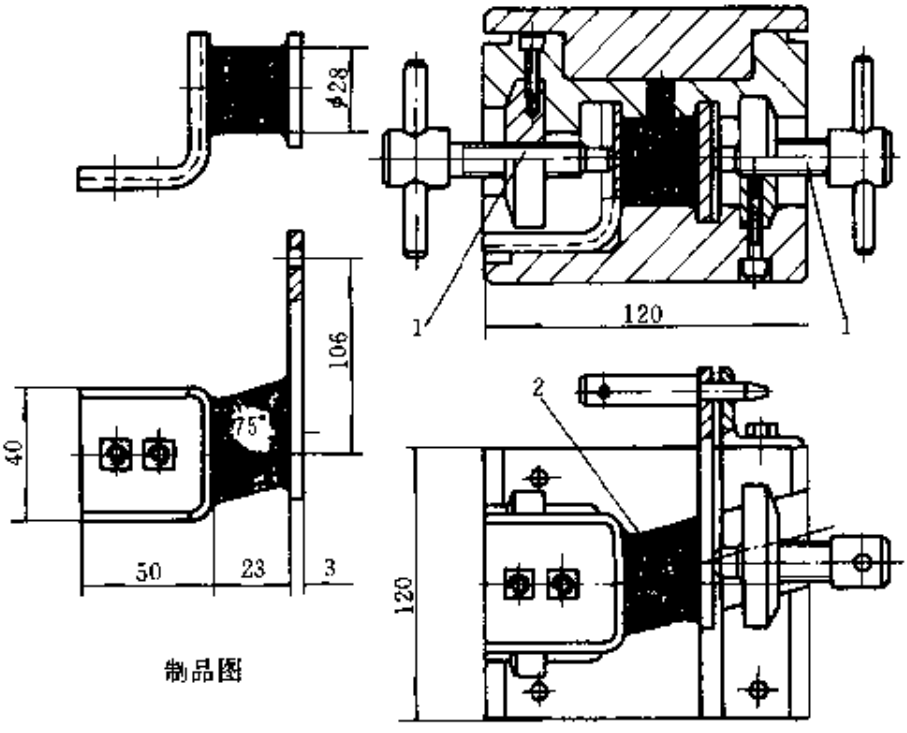


图 15-30　排气支架挤胶模结构
1—螺钉；2—三角形浇口（线切割加工）

长、费用较高的模具，难以获得理想的效果。如图 15-31 所示制品，模具设计时可分为立式与卧式二种构造，两者各有特色，但相比之下还是 b 模结构合理、操作方便，不足之处是模具中 K 处易于损坏、制品质量不如 a 模（挤胶模结构）。a 模最大缺点是嵌件精度要求高、制品取出必须配置顶出装置。

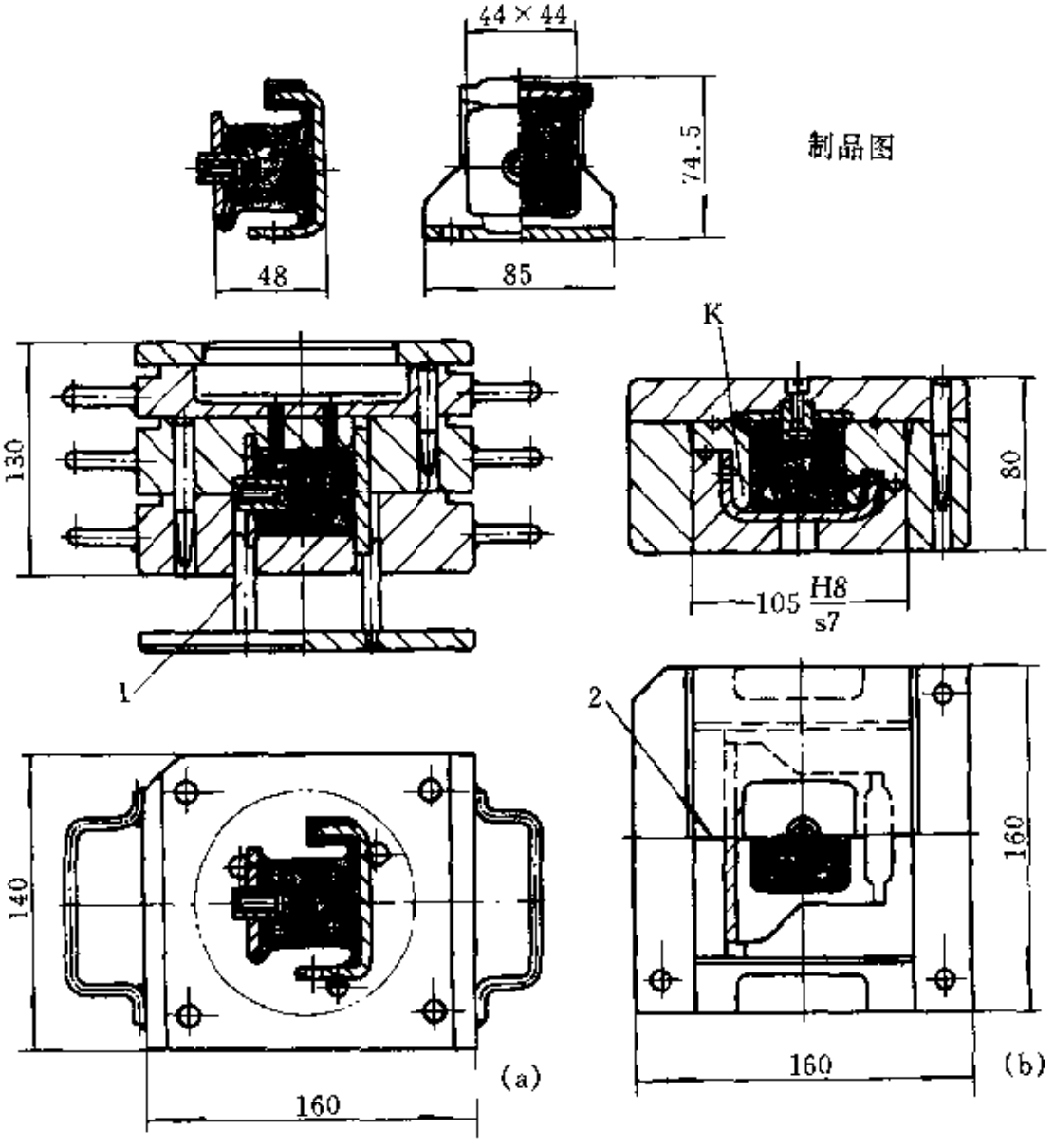


图 15-31 橡胶座模具结构

(a) 立式结构；(b) 卧式结构

1 -顶出杆 3-φ12；2 -两瓣模线

图 15-32 为伞形减震器模具结构。该模结构紧凑、配合精度高。为了便于取出制品中模芯（镶块模芯），要求由 6 块镶块拼合而成；并且镶块中件 1 必须大于件 2 和件 3，这样才能按顺序从 d 孔中取出。为了提高操作工效，中部零部件要求配置二套以上，以便操作时一进一出不受拆装影响。

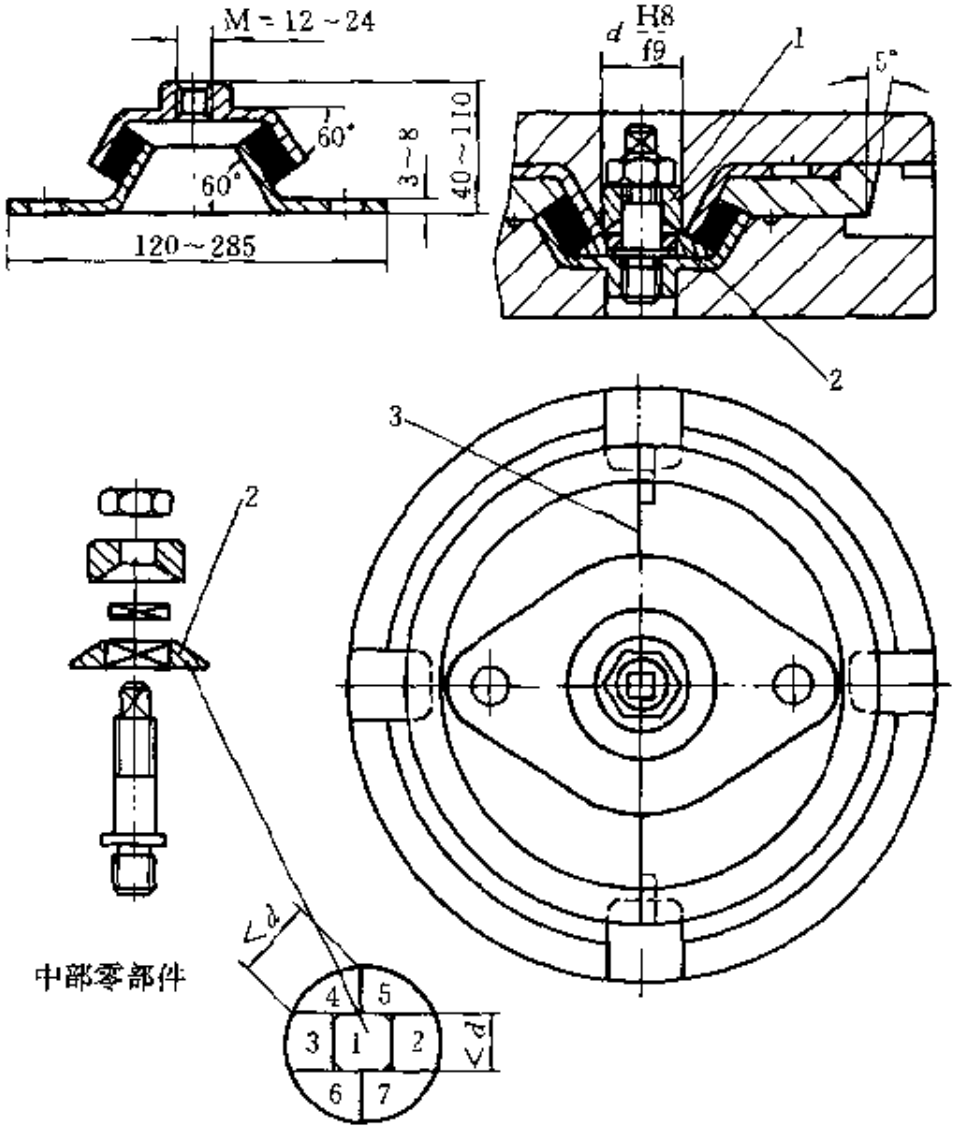


图 15-32　伞形减震器模具

1—锥形压紧圈；2—镶块模芯；3　两瓣模线

15.3 嵌件精度

为保证符合公差的嵌件都能顺当地放入模具模腔中进行模压硫化，应遵循下面二条原则：①注意嵌件与模具定位配合公差，使嵌件易于插入模具；②易于取出带嵌件制品。特别是橡胶制品中绝大多数嵌件尺寸都未注尺寸公差，设计模具时，由于模具定位都需要有一定配合公差，假如按未注公差精度，难以选择合理的模具与嵌件配合公差。例如图 15-33 所示。极简单橡胶活门制品与模具。

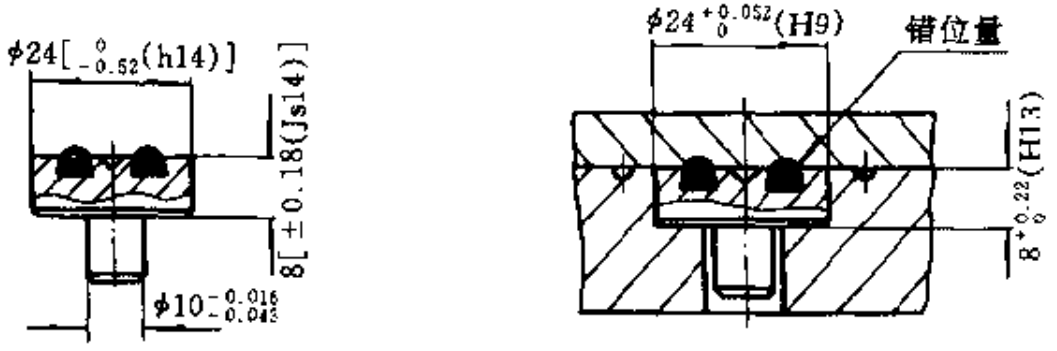


图 15-33 橡胶活门与模具结构

图 15-33 制品设计模具时，按常规规定：当嵌件为未注公差时，一般选用 GB 1804—79 未注公差 IT14 级标准，取轴为 $\phi24_{-0.52}^{0}$(h14)，高度为 8±0.18 (JS14)。这样的公差值在模具设计时，难以选择合适的模具配合公差。假设按图 15-33 模具结构，其配合公差按常规为 $\phi24^{+0.0}$ (H9)，这样其嵌件与模具最大配合间隙为 $_{-0.52}^{0}$ (嵌件) $^{+0.052}_{0}$ (模具) = 0.572，即可能造成制品外径带有 0.572 胶边和密封面错位，影响制品质量。高度 8 在模具中为闭合尺寸，当嵌件高度 8 处于上差时为 $8^{+0.18}_{0}$，模具处于下差时 8 为零，这样嵌件或模具易于出现 0.18 压痕或压损。反之当嵌件 8 处于下差时为 $8_{-0.18}^{0}$，模具处于上差时为 $8^{+0.22}_{0}$，这样形成 0.18+0.22=0.40 间隙，造成大量胶边。另一种情况，橡胶制品中嵌件带有局部配合公差或公差过紧现象，以图 15-9 圆筒式减震器与图 15-34 垫块制品与模具为例。

图 15-9 制品中内外径带有配合公差，其余未注公差，按内外径配合公差，模具必须配置顶出装置，另外为确保制品内外径无飞边粘合，采用内外径磨削工艺最为理想，其加工余量一般为 0.15～0.30mm（每边），即内径缩小 0.30～0.60mm，外径增大 0.30～0.60mm，这样嵌件与模具的配合公差的间隙可以放宽一些，一般可采用$\frac{H9}{f9}$配合等级，有利于嵌件放入和取出。图 15-9 制品中高度 40、45 为未注公差，同样带来嵌件与模具配合尺寸公差的矛盾。所以嵌件与模具配合尺寸的矛盾是长期存在的问题之一。又如图 15-34 制品，该件为冲压件，批量大，又带斜边与圆角，未注配合公差给模具设计带来更大困难。解决嵌件与模具配合矛盾最妥当的办法是提供冲压件样品（即实际公差范围）用于制造模具，但由于制品设计与模具制造由二个不同部门进行，实际上较难做到。为了改善上述问题，根据长期积累的经验与数据编排出嵌件与模具配合尺寸公差参考表（见表 15-5）。由于嵌件种类繁多，该表均以典型、代表性嵌件与模具配合尺寸公差为例，可以作为其他嵌件［孔与轴、闭合高度、长度、孔距、半径（R）与倒角 C］选择配合与公差时参考。

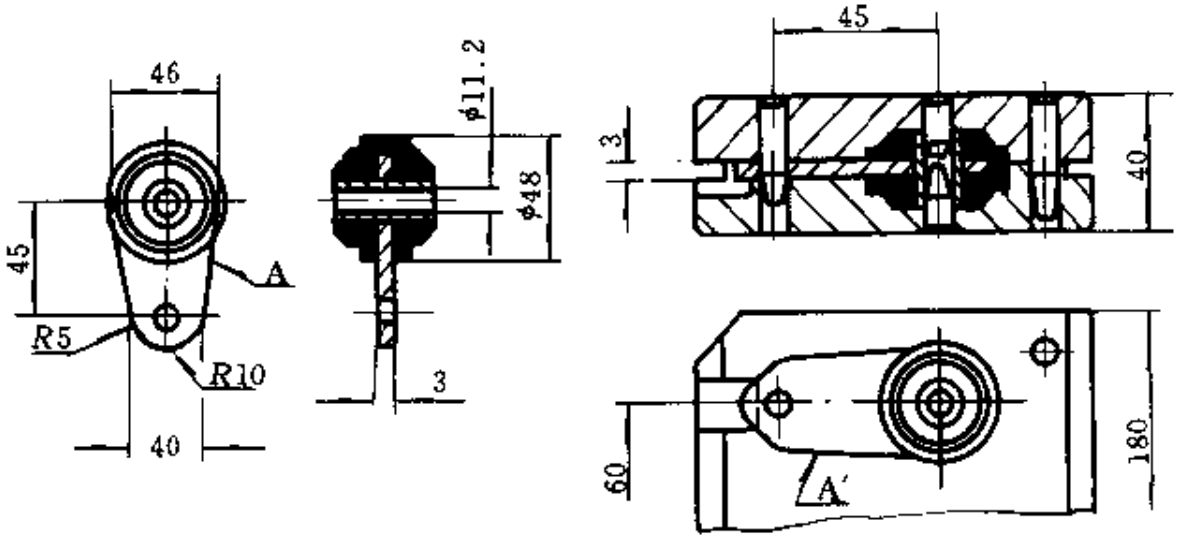
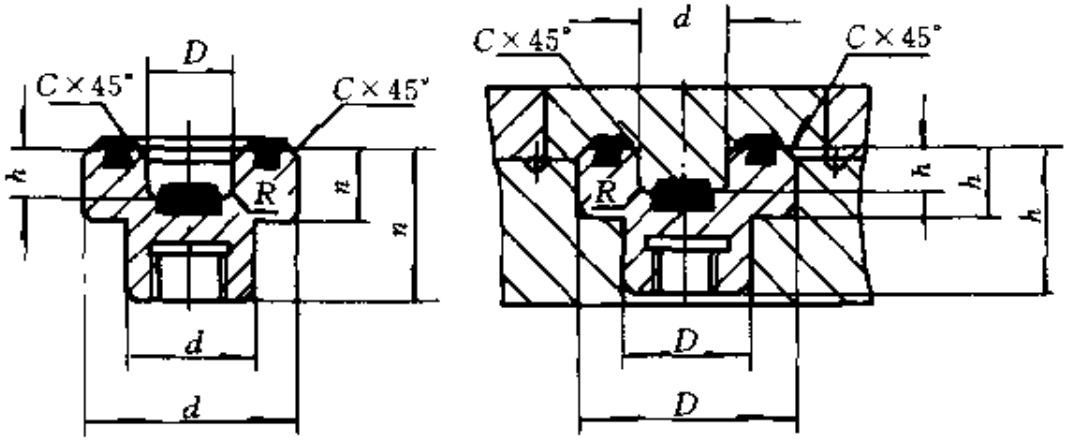


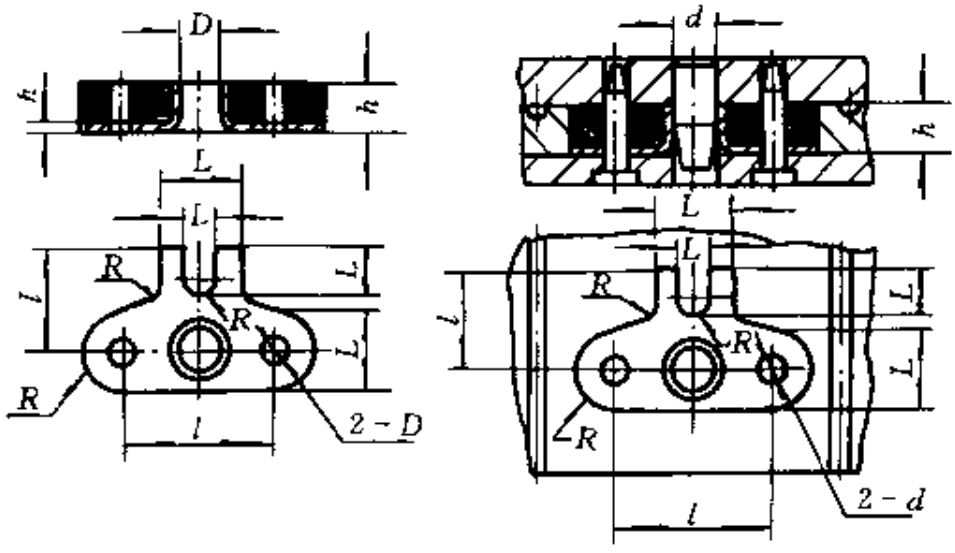
图 15-34　垫块制品与模具结构

表 15-5　嵌件与模具



类别 / 与配合形式 / 公差等级 / 基本尺寸	孔与轴				闭合高度			
	带配合要求		非配合要求		带配合要求		非配合要求	
	嵌件与模具				闭合高度 h			
	圆孔 D (H8)	圆轴 d (f9)	圆孔 D (H10)	圆轴 d (d10)	嵌件 (JS10)	模具 (H9)	嵌件 (d10)	模具 (H10)
≤3	$^{+0.014}_{0}$	$^{-0.006}_{-0.031}$	$^{+0.040}_{0}$	$^{-0.020}_{-0.060}$	±0.020	$^{+0.025}_{0}$	$^{-0.020}_{-0.060}$	$^{+0.040}_{0}$
>3～6	$^{+0.018}_{0}$	$^{-0.013}_{-0.049}$	$^{+0.048}_{0}$	$^{-0.030}_{-0.078}$	±0.024	$^{+0.030}_{0}$	$^{-0.030}_{-0.078}$	$^{+0.048}_{0}$
>6～10	$^{+0.022}_{0}$	$^{-0.013}_{-0.049}$	$^{+0.058}_{0}$	$^{-0.040}_{-0.098}$	±0.029	$^{+0.036}_{0}$	$^{-0.040}_{-0.098}$	$^{+0.058}_{0}$
>10～18	$^{+0.027}_{0}$	$^{-0.016}_{-0.059}$	$^{+0.070}_{0}$	$^{-0.050}_{-0.120}$	±0.035	$^{+0.043}_{0}$	$^{-0.050}_{-0.120}$	$^{+0.070}_{0}$
>18～30	$^{+0.033}_{0}$	$^{-0.020}_{-0.072}$	$^{+0.084}_{0}$	$^{-0.065}_{-0.149}$	±0.042	$^{+0.052}_{0}$	$^{-0.065}_{-0.149}$	$^{+0.084}_{0}$

配合尺寸公差参考值　　单位:mm



长度				孔距				半径(R)与倒角(C)			
带配合要求		非配合要求		带配合要求		非配合要求		带配合要求		非配合要求	
长度 L				孔距 l				嵌件与模具			
嵌件 (d9)	模具 (H9)	嵌件 (d11)	模具 (H11)	嵌件 (JS12)	模具 (JS10)	嵌件 (JS14)	模具 (JS12)	凹 R 或 C (H9)	凸 R 或 C (d9)	凹 R 或 C (H11)	凸 R 或 C (d11)
−0.020 −0.045	+0.025 0	−0.020 −0.080	+0.060 0	±0.050	±0.020	±0.125	±0.050	+0.025 0	−0.020 −0.045	−0.060 0	−0.020 −0.080
−0.030 −0.060	+0.030 0	−0.030 −0.105	+0.075 0	±0.060	±0.024	±0.15	±0.060	+0.030 0	−0.030 −0.060	+0.075 0	−0.030 −0.105
−0.040 −0.076	+0.036 0	−0.040 −0.130	+0.090 0	±0.075	±0.029	±0.18	±0.075	+0.036 0	−0.040 −0.076	−0.090 0	−0.040 −0.130
−0.050 −0.093	+0.043 0	−0.050 −0.160	+0.11 0	±0.090	±0.035	±0.215	±0.090	+0.043 0	−0.050 −0.093	+0.11 0	−0.050 −0.160
−0.065 −0.117	+0.052 0	−0.065 −0.195	+0.13 0	±0.105	±0.042	±0.26	±0.105	+0.052 0	−0.065 −0.117	+0.13 0	−0.065 −0.195

类别 / 与配合形式 / 公差等级 / 基本尺寸	孔与轴				闭合高度			
	带配合要求		非配合要求		带配合要求		非配合要求	
	嵌件与模具				闭合高度 h			
	圆孔 D (H8)	圆轴 d (f9)	圆孔 D (H10)	圆轴 d (d10)	嵌件 (JS10)	模具 (H9)	嵌件 (d10)	模具 (H10)
>30～50	+0.039 0	−0.025 −0.080	+0.10 0	−0.080 −0.180	±0.050	+0.062 0	−0.080 −0.180	+0.10 0
>50～80	+0.046 0	−0.030 −0.104	+0.12 0	−0.100 −0.220	±0.060	−0.074 0	−0.100 −0.220	+0.12 0
>80～120	+0.054 0	−0.036 −0.123	+0.140 0	−0.120 −0.260	±0.070	+0.087 0	−0.120 −0.260	+0.140 0
>120～180	+0.063 0	−0.043 −0.143	+0.160 0	−0.145 −0.305	±0.080	+0.100 0	−0.145 −0.305	+0.160 0
>180～250	+0.072 0	−0.050 −0.165	+0.185 0	−0.170 −0.355	±0.092	+0.115 0	−0.170 −0.355	+0.185 0
>250～315	+0.081 0	−0.056 −0.186	+0.210 0	−0.190 −0.400	±0.105	+0.130 0	−0.190 −0.400	+0.210 0
>315～400	+0.089 0	−0.062 −0.202	+0.230 0	−0.210 −0.440	±0.115	+0.140 0	−0.210 −0.440	+0.230 0
>400～500	+0.097 0	−0.068 −0.223	+0.250 0	−0.230 −0.480	±0.125	+0.155 0	−0.230 −0.480	+0.250 0

注：1. 表中模具结构图仅供示意，不作设计依据。

2. 表中带配合要求与非配合要求，系对嵌件与模具配合而论。如嵌件本身带有公差者，

3. 凡嵌件采用二次再加工制品，其嵌件与模具配合精度，可采用表中非配合要求，

4. 孔距 l 配合公差（JS）使用中会出现上下公差干涉矛盾，必要时可在模具设计时注明，

续表

长度				孔距				半径(R)与倒角(C)			
带配合要求		非配合要求		带配合要求		非配合要求		带配合要求		非配合要求	
长度 L				孔距 l				嵌件与模具			
嵌件 (d9)	模具 (H9)	嵌件 (d11)	模具 (H11)	嵌件 (JS12)	模具 (JS10)	嵌件 (JS14)	模具 (JS12)	凹 R 或 C (H9)	凸 R 或 C (d9)	凹 R 或 C (H11)	凸 R 或 C (d11)
−0.080 −0.142	+0.062 0	−0.080 −0.240	+0.16 0	±0.125	±0.050	±0.31	±0.125	+0.062 0	−0.080 −0.142	+0.16 0	−0.080 −0.240
−0.100 −0.174	+0.074 0	−0.100 −0.290	+0.19 0	±0.150	±0.060	±0.37	±0.150	+0.074 0	−0.100 −0.174	+0.19 0	−0.100 −0.290
−0.120 −0.207	+0.087 0	−0.120 −0.340	+0.220 0	±0.175	±0.070	±0.435	±0.175	+0.087 0	−0.120 −0.207	+0.220 0	−0.120 −0.340
−0.145 −0.245	+0.100 0	−0.145 −0.395	+0.250 0	±0.200	±0.080	±0.50	±0.200	+0.100 0	−0.145 −0.245	+0.250 0	−0.145 −0.395
−0.170 −0.285	+0.115 0	−0.170 −0.460	+0.290 0	±0.230	±0.092	±0.575	±0.230	+0.115 0	−0.170 −0.285	−0.290 0	−0.170 −0.460
−0.190 −0.320	+0.130 0	−0.190 −0.510	+0.320 0	±0.260	±0.105	±0.650	±0.260	+0.130 0	−0.190 −0.320	+0.320 0	−0.190 −0.510
−0.210 −0.350	+0.140 0	−0.210 −0.570	−0.360 0	±0.285	±0.115	±0.700	±0.285	+0.140 0	−0.210 −0.350	+0.360 0	−0.210 −0.570
−0.230 −0.385	+0.155 0	−0.230 −0.630	+0.400 0	±0.315	±0.125	±0.775	±0.315	+0.155 0	−0.230 −0.385	+0.400 0	−0.230 −0.530

模具可按表中配合公差带范围，公差过大或过小者可选取表中公差值或公差精度代号。

嵌件采用二次再加工余量参考表 15-6。

按嵌件配作。

表 15-6 嵌件采用二次再加工余量 单位:mm

余量范围 \ 类别 / 基本尺寸	磨削		车削	
	孔(D)	轴(d)	孔(D)	轴(d)
	减小	增加	减小	增加
≤6	0.30	0.20~0.30	0.30~0.50	
>6~18	0.40	0.30~0.40	0.40~0.8	
>18~50	0.50	0.40~0.50	0.60~1.0	
>50~120	0.60	0.50~0.60	0.8~1.2	
>120~250	0.70	0.60~0.70	1.0~1.4	
>250~500	0.80	0.70~0.80	1.2~1.6	

注:所注加工余量与嵌件长度有关,表中长度适用于<50mm,>50mm 应适当减小和增加。

15.4 注意事项

带有嵌件橡胶制品除了上述提到的粘合与镶嵌、定位与取出、公差与配合要求外，还应注意以下几点。

(1) 凡采用粘合、镶嵌形式嵌件，其钩槽不宜过深或过宽，力求设置在制品次要部位。橡胶收缩时钩槽会造成制品表面凹凸不平现象，必要时可按橡胶深度 h 预放一定收缩值或采用磨削、车削工艺。橡胶收缩形状见图 15-35。收缩范围 U 值可按下列经验公式计算：

$$U \approx H \cdot C + W \cdot C$$

式中 U——橡胶收缩最深深度,mm;

H——制品胶料厚度(嵌件粘接高度),mm;

C——制品胶料收缩率,%;

W——橡胶断面宽度,mm。

(2) 凡带有粘合嵌件的制品，收缩率较小，且朝嵌件方向收缩，计算及应用方法可参考本书有关内容。

(3) 凡嵌件为薄壁零件、且带有装配要求者，应注意嵌件定位支承面，因橡胶硫化时的强大压力易引起嵌件变形与破坏，嵌件与模具配合间隙不宜过大，一般采用$\frac{H8}{f9}$或过渡配合$\frac{H7}{k6}$。为了有利于嵌件取出，必要时应采用两瓣模结构，如图 15-9 与图 15-15 所示。

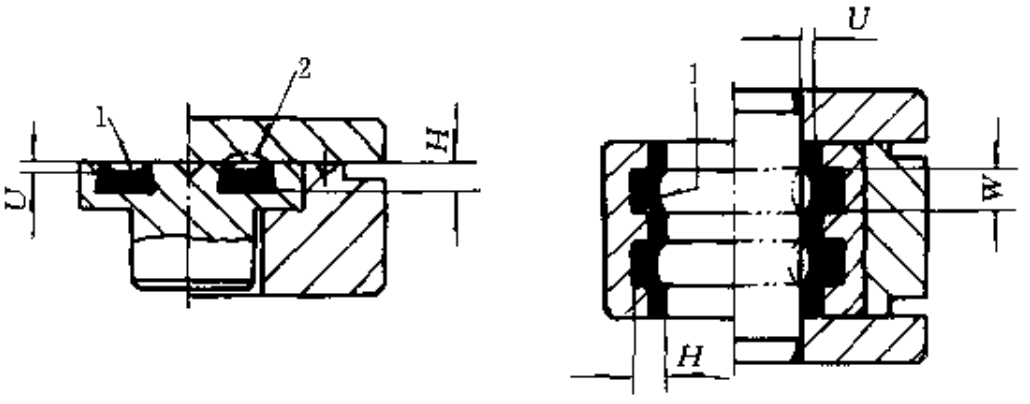


图 15-35　橡胶收缩与模具改造形状

1 -橡胶收缩；2　改进形状

（4）对不带有装配要求的薄壁嵌件，如中间骨架与内骨架油封，由于粘合剂影响，嵌件与模具配合部位需带 3°～4°脱模斜度，如图 15-36（a）所示。而多数带有外观或装配要求嵌件一般与模具配合不带出模斜度，为避免橡胶钻入配合斜面采用顶出装置，如图 15-36（b）所示。

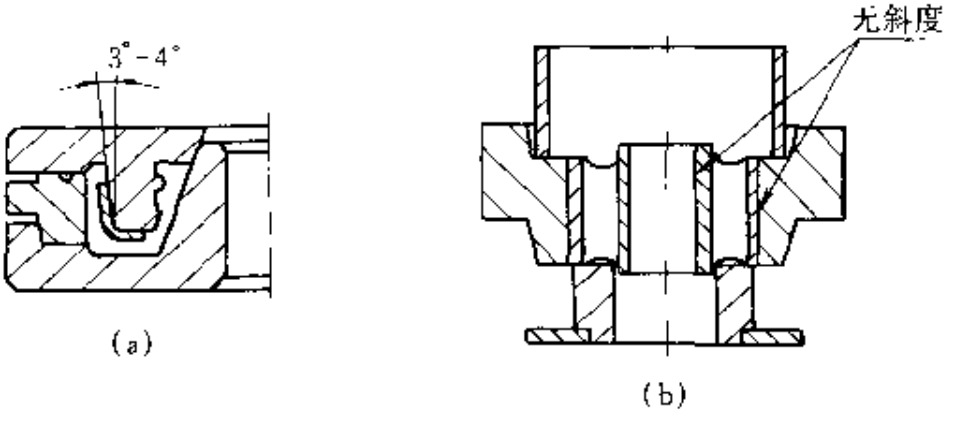


图 15-36　出模斜度与无斜度

（5）凡带有倒角或带台阶嵌件的制品（如图 15-37），按制品要求不允许在该部位粘有橡胶，有条件者应先硫化橡胶后倒角加工。目前多采用嵌件先倒角，后压胶，然后再加工，俗称二次加工，也有的采用涂刷脱模剂工艺，但应注意脱模剂经加热后易于流动，应在保证粘合强度前提下使用。

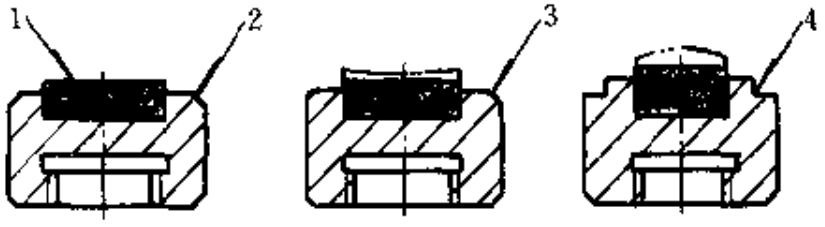


图 15-37　倒角与带台阶嵌件制品

1—加工后平面；2—倒角；3—圆角；4—台阶

（6）凡带有密封面要求的嵌件制品，由于橡胶收缩引起凹凸不平（如图 15-35～图 15-37 所示），必要时应预放一定加工余量，加工余量一般为 1～2mm 左右，不宜过小，因橡胶是弹性体，切削量一般为 1～2mm，过小和过多难以达到理想的效果，并且多数一刀切削成功。

（7）凡采用电焊、气焊、对焊加工的嵌件，应避免严重变形。严重变形者应予以校正（批量较大的嵌件应配置检验形状尺寸卡板），并彻底清除焊接所引起的焊碴残瘤，特别是要注意焊接过程中接触点以及飞溅焊花所引起的残瘤麻点，其硬度很高，必须清除干净。实际生产中焊接嵌件往往由于上述弊病影响产品质量。

（8）凡采用镀铜工艺嵌件，其表面粗糙度为 $\frac{12.5}{}$～$\frac{6.3}{}$；采用喷砂工艺嵌件表面粗糙度为 $\frac{12.5}{}$～$\frac{25}{}$。对带有外观或配合要求的嵌件，采用喷砂工艺要求配置喷砂保护工装（如图 15-38 所示）。喷砂保护工装最理想的材料为橡胶，其次为金属。

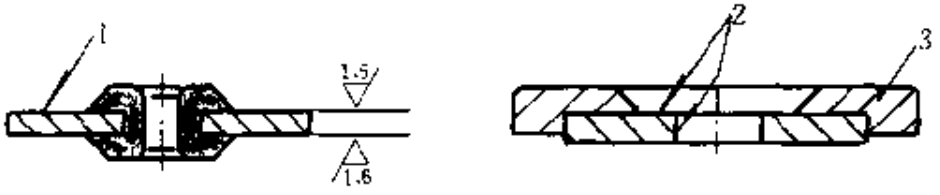


图 15-38　喷砂保护工装

1—工作面；2—喷砂部位；3—保护工装

第十六章　油封模具结构设计与收缩率计算

随着各种机电产品在结构上、性能上不断提高和发展，对油封硫化模的设计和制造要求越来越高。油封断面形状和参数，目前虽有国家标准和部颁标准，但模具设计尚无通用规范可循，这主要是由于油封收缩率的计算还必须根据具体情况灵活运用。本章着重介绍单唇、双唇、三唇口油封模具结构设计、收缩率计算的实践与研究积累经验，供有关人员参考。

16.1　油封的技术要求与制造工艺

油封唇口（工作面）直径 d 的尺寸精度与表面粗糙度要求较高，更不允许存在模具分型面所造成的飞边，与轴径配合过盈量及公差见表 16-1。

表 16-1　油封过盈量及公差/mm

油封公称内径 D_1(轴径)	唇口直径 d			
	普通型(低速)	高速型	无弹簧型	往复型
30 及以下	$(D_1-1.0)\pm0.30$		$(D_1-1.5)\pm0.30$	$(D_1-1.5)\pm0.15$
>30～80	$(D_1-1.0)\pm0.50$	$D_1{}^{+0}_{-1.0}$	$(D_1-1.5)\pm0.50$	$(D_1-1.5)^{+0}_{-0.50}$
>80～180	$(D_1-1.0)^{+0}_{-1.0}$	$D_1{}^{-0.5}_{-1.5}$	$(D_1-1.5)^{+0}_{-1.0}$	$(D_1-1.5)^{+0}_{-1.0}$
180 以上	$(D_1-1.0)^{+0}_{-1.5}$	$D_1{}^{-1.0}_{-1.5}$	$(D_1-1.5)^{+0}_{-1.0}$	$(D_1-1.5)^{+0}_{-1.5}$

注：1. 低速线速度在 4m/s 以下；高速一般在 4～12m/s 或更高。

2. 过盈量是指油封唇口（未装弹簧）在自由状态时的直径与轴径的差值。

3. 表中数值为主唇口过盈量及公差，副唇口约取主唇口过盈量以及公差值的½～⅔。

4. 油封唇口（工作面）表面粗糙度：普通型，无弹簧油封取 $\overset{1.6}{\nabla}$；往复型，高速型取 $\overset{0.8}{\nabla}$。

油封唇口加工，以往多数工厂采用切割和磨削工艺，而一些使用单位认为，直接一次模压成型唇口优于切割或磨削唇口，为此，直接模压唇口今后有增多的趋势。这两种工艺在结构设计上有某些差别，主要差别是后者的模具精度提高，加工难度相应提高，并且易造成唇口错位现象。此外一次模压成型工艺也有其局限性，由于模具镶块关系，它不适用窄边油封（油封断面宽度较窄的一种油封）。

16.2 模具结构设计

16.2.1 单、双唇口油封模具

油封唇口按加工工艺要求有两种加工形式，即切割、磨削与模压一次成型法。采用切割或磨削工艺时，要求把唇口前角拉平，选取拉平后的前角唇口交点为分型面如图 16-1（a）所示。硫化后制品采用切割或磨削工艺获得无飞边倒角唇口。采用该方法的模具结构简单、加工方便。采用模压一次成型唇口法［如图 16-1（b）所示］，模具结构复杂、精度高，并且必须注意唇口前角分型处 $t=\frac{b}{3}$ 的规定，否则制品出模时会造成 K 点与 R 点干涉，即造成剪切状态，无法用于生产。

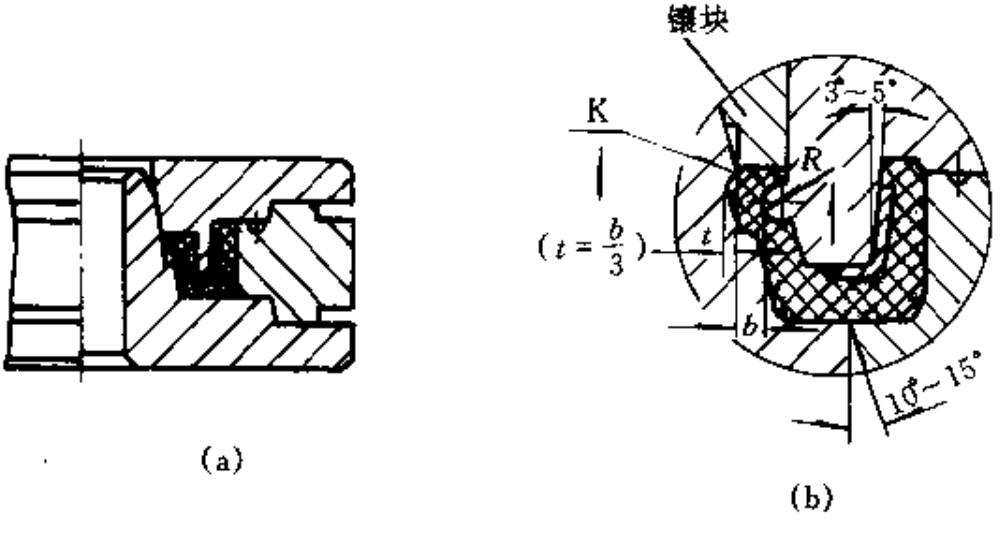


图 16-1 唇口切割或磨削成型（a）与唇口一次模压成型（b）

16.2.2 三唇口油封模具

三唇口油封多用于往复式密封减震场合，它与一般单、双唇口油封相比，其腰部断面宽度较厚，与轴径配合过盈量也较大，相近于无弹簧骨架油封的过盈量，而且三唇口油封要综合考虑抗挤出、导向、简化金属结构等特点。所以，三唇口油封所用的胶料要求耐磨、强度高、屈挠性能好。模具结构如图 16-2 所示。

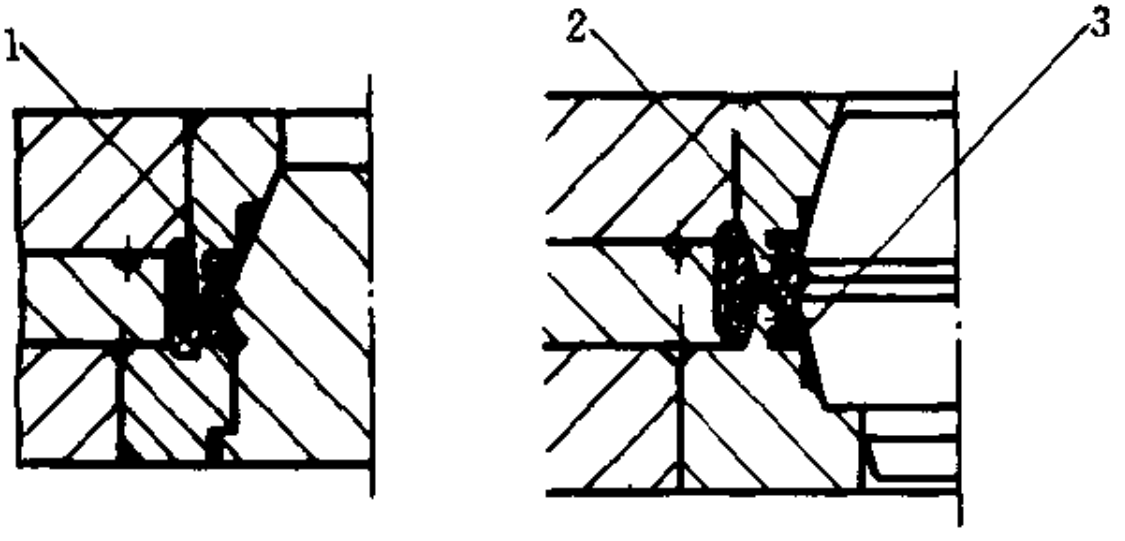


图 16-2 三唇口油封切割或磨削模具结构

1，2，3—唇口切割

16.2.3 模具系列化、标准化

目前各种油封模具还没有统一的标准，为了节省设计时间，缩短国内外规范差距，推广系列化、标准化模具是当务之急，现推荐下列单唇、双唇、三唇口油封系列尺寸，供选用和参考。

表 16-2 为单个模腔油封唇口切割或磨削成型结构；

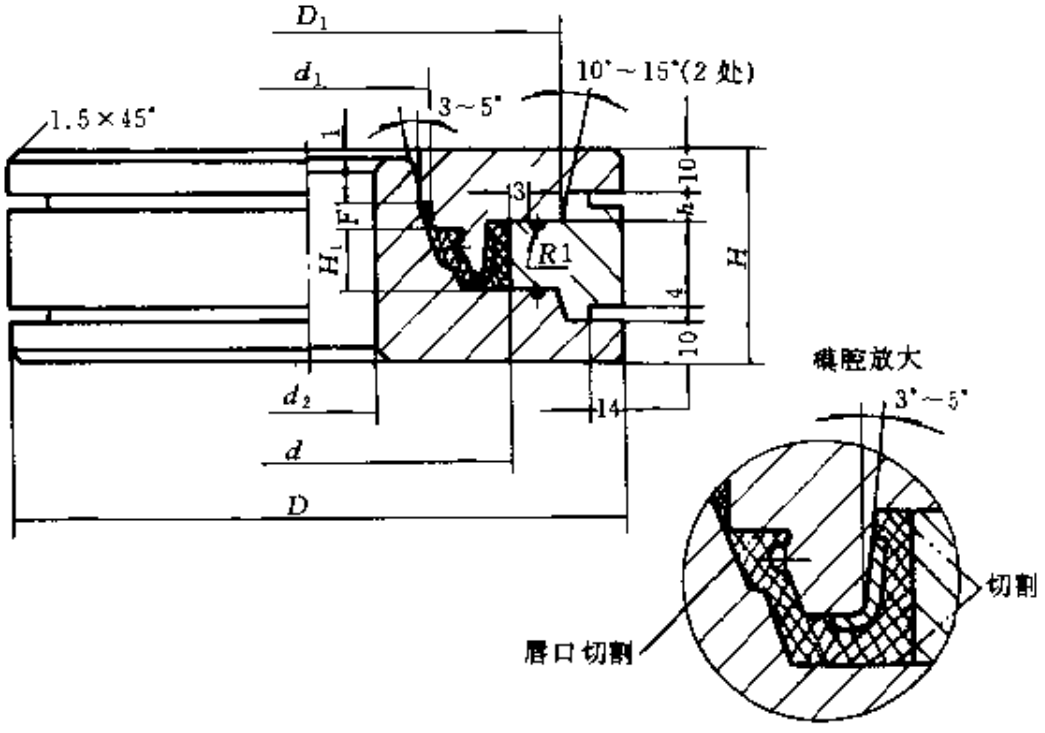
表 16-3 为单个模腔油封唇口一次模压成型结构；

表 16-4 为单个模腔双唇口油封一次模压成型结构；

表 16 5 为 4～9 个模腔单、双唇口一次模压成型结构；

表 16-6 为 4～9 个模腔三唇口油封切割或磨削成型结构。

表 16-2　单个模腔油封唇口切割或磨削成型结构　　单位：mm



序号	产品尺寸		模具尺寸					
	d	H_1	d_2	D	D_1	h	F	H
001	>40～65	<12	d_1-30	120	85	6	2.5	<45
002	65～100			160	120		3	
003	100～140			200	160			
004	140～170	<16	d_1-35	240	200	8		<55
005	170～210			280	240			
006	210～300	<20	d_1-40	380	340	10	3.5	<65
007	300～380			460	420			

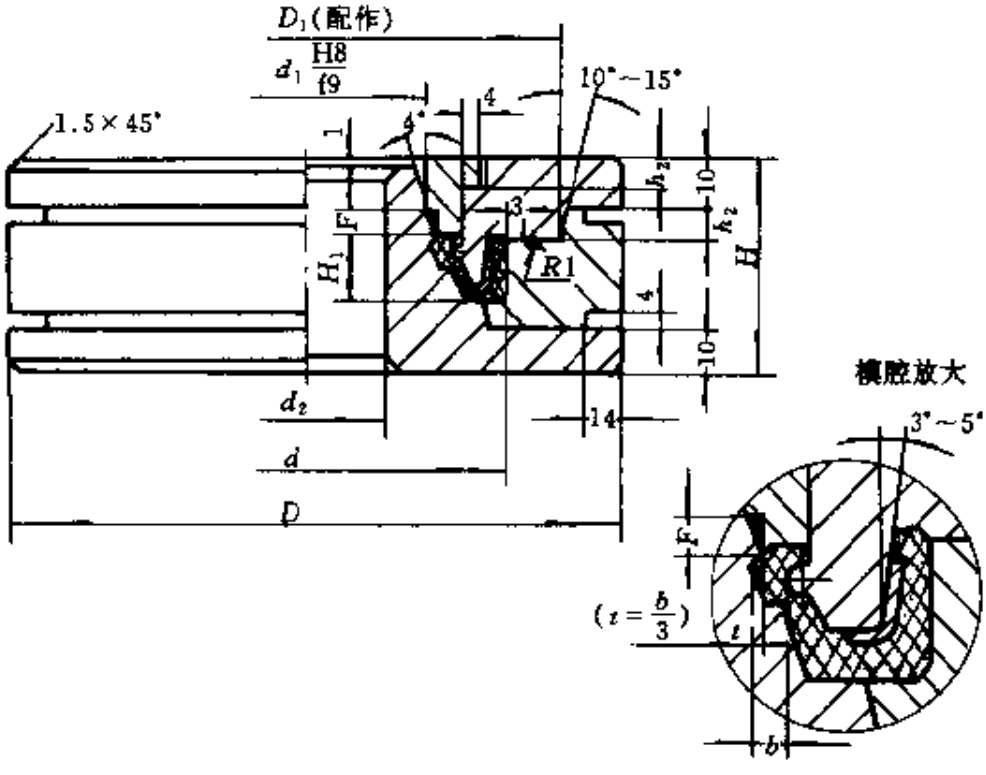
注：1. 橡胶模腔 0.8，配合面 1.6，其余 6.3。

2. 10°～15°配合斜面要求配作并密合。

3. 模具材料 45#钢，调质 HRC28～32。

4. 油封唇口与倒角采用切割或磨削。

表 16-3　单个模腔油封唇口一次模压成型结构　单位：mm



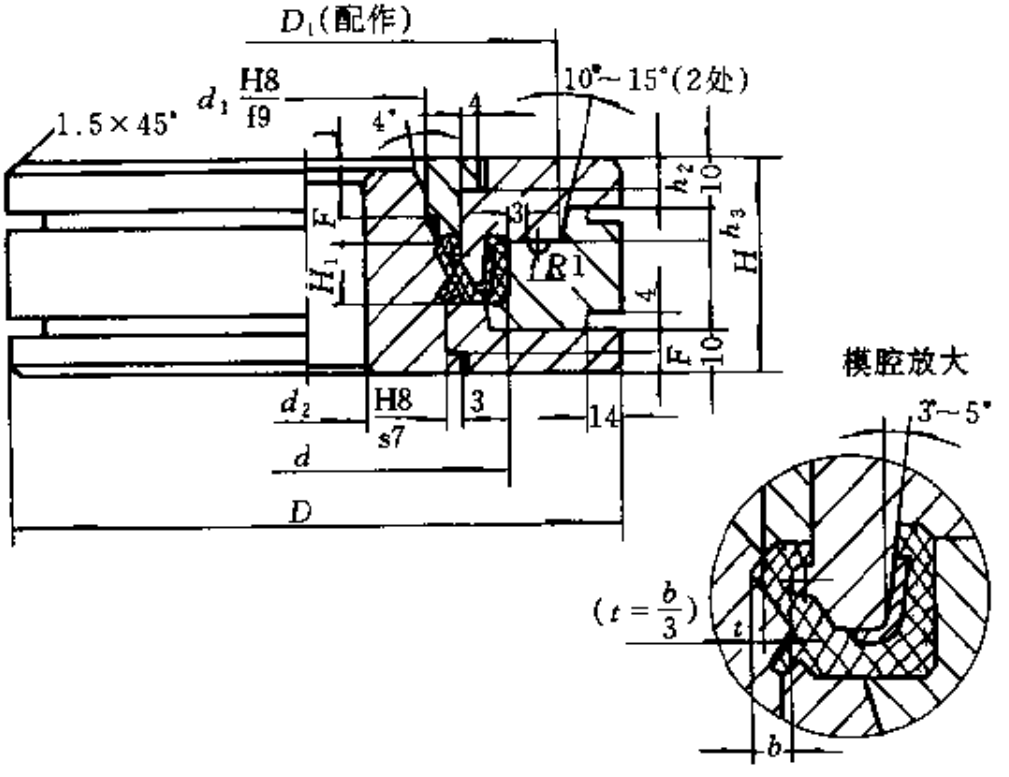
序号	产品尺寸		模具尺寸					
	d	H	d_2	D	D_1	h_2、h_3	F	H
010	>40~65	<12	d_1-30	120	85	6	2.5	<45
011	65~100			160	120			
012	100~140			200	160			
013	140~170	<16	d_1-35	240	200	8	3	<55
014	170~210			280	240			
015	210~300	<20	d_1-40	380	340	10	3.5	<65
016	300~380			460	420			

注：1. 橡胶模腔 0.8，配合面 1.6，其余 6.3。

2. 10°~15°配合面要求配作并密合。

3. 模具材料 45#钢，调质 HRC28~32。

表 16-4　单个模腔双唇口油封一次模压成型结构　　单位：mm



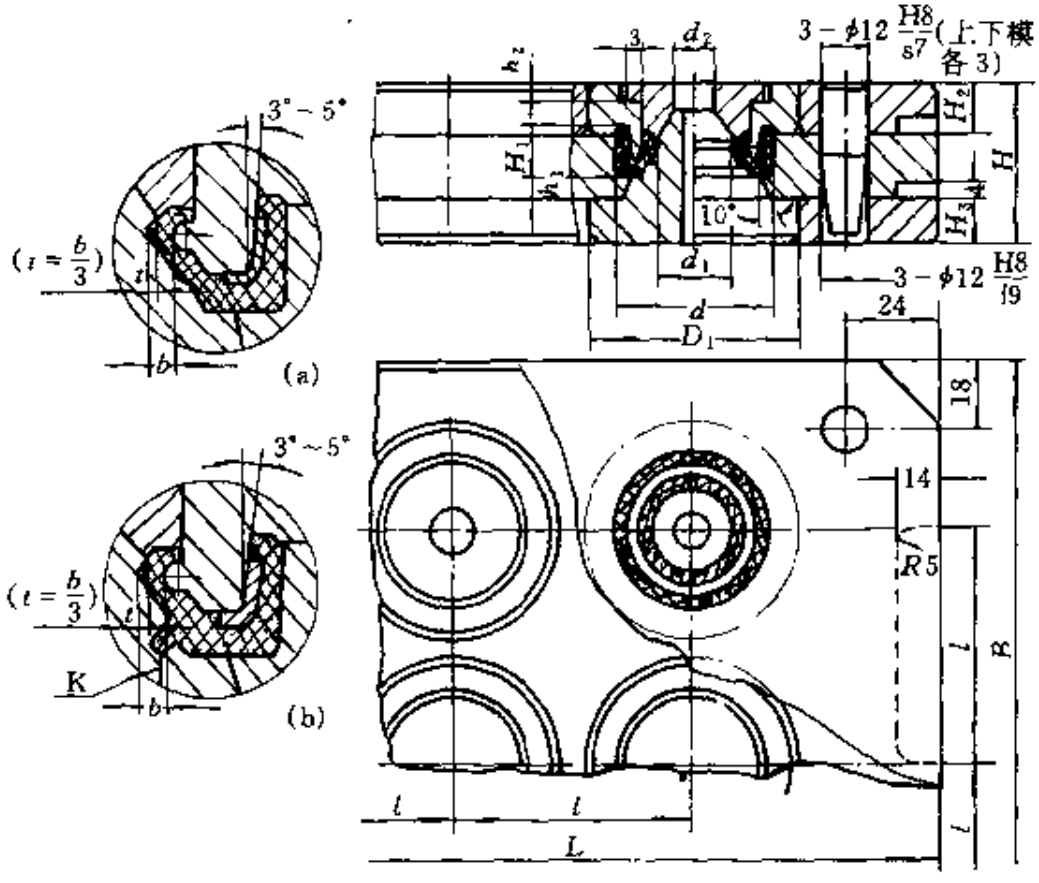
序号	产品尺寸		模具尺寸					
	d	H_1	d_2	D	D_1	h_2、h_3	F	H
020	>40～65	<12	d_1-35	120	85	6	2.5	<45
021	65～100			160	120			
022	100～140			200	160			
023	140～170	<16	d_1-40	240	200	8	3	<55
024	170～210			280	240			
025	210～300	<20	d_1-45	380	340	10	3.5	<65
026	300～380			460	420			

注：1. 橡胶模腔 0.8，配合面 1.6，其余 6.3。

2. 10°～15°配合面要求配作并密合。

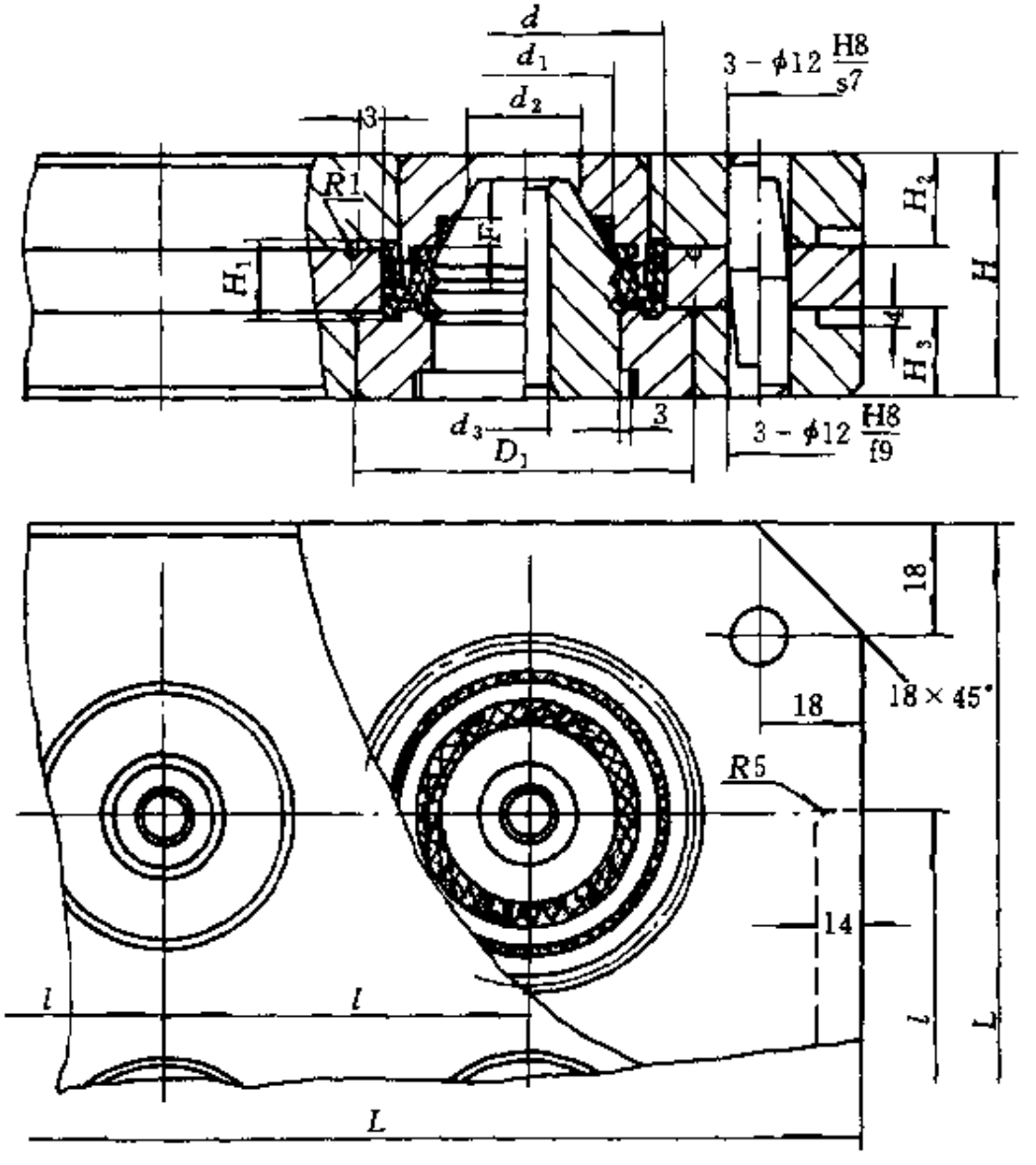
3. 模具材料 45#钢，调质 HRC28～32。

表 16-5　4～9 个模腔单、双唇口一次模压成型结构　　单位：mm



模腔数	序号	产品尺寸		模具尺寸						
		d	H_1	$L\times B$	H	D_1	l	H_2、H_3	h_1、h_2	d_2
4	050	<20	<8	120×100	<40	28	35	12	5	
	051	>20～30	<10	140×120		38	45			
	052	30～48		180×150	<45	56	65	14	6	8
	053	48～55		200×160		64	74			10
	054	55～65	<12	220×200	<50	75	85	16	7	12
	055	65～75		240×220		85	95			14
9	060	<20	<8	160×140	<40	28	35	12	5	
	061	>20～30	<10	180×160		38	45			
	062	30～48		240×220	<45	56	65	14	6	8
	063	48～55		260×240		64	74			10
	064	55～65	<12	300×280	<50	75	85	16	7	12
	065	65～75		340×320		85	95			14

表 16-6　4～9 个模腔三唇口油封切割或磨削成型结构　　单位：mm



模腔数	序号	产品尺寸		模具尺寸							
		d	H_1	$L\times B$	H	D_1	l	F	d_2	d_3	H_2、H_3
4	030	<20	<8	120×100	<40	28	35	2	20	5	12
	031	>20～30	<10	140×130		38	45				
	032	30～48		180×150	<45	56	65	2.5	25	10	14
	033	48～55		200×160		64	74				
	034	55～65	<12	220×200	<50	75	85	3	35	20	16
	035	65～75		740×220		85	95				

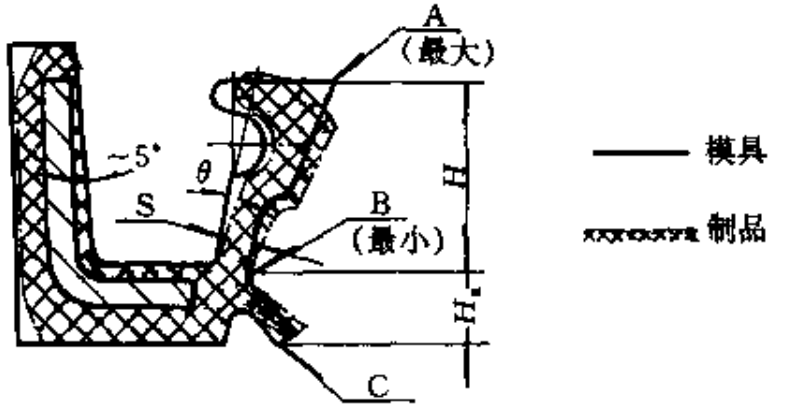
续表

模腔数	序号	产品尺寸		模具尺寸							
		d	H_1	$L\times B$	H	D_1	l	F	d_2	d_3	H_2、H_3
9	040	<20	<8	160×140	<40	28	35	2	20	5	12
	041	>20～30	<10	180×160		38	45				
	042	30～48		240×220	<45	56	65	2.5	25	10	14
	043	48～55		260×240		64	74				
	044	55～65	<12	300×280	<50	75	85	3	35	20	16
	045	65～75		340×320		85	95				

16.3 油封收缩率计算与模腔尺寸的标注

油封制品收缩率计算和模具模腔标注是一项比较繁琐的工艺程序。实践经验告诉我们，衬有金属嵌件的橡胶制品，收缩率较小，且朝金属嵌件方向收缩，如表 16-7 中油封断面，由于金属骨架牵制，油封中唇口部位的收缩率形成 A 点（最大）、B 点（最小）扇形变化，并且其中随着制品断面宽度（S）、高度（H）的变化，收缩率也随着变化，即断面宽度越小，A 点收缩率越大；高度越小（即橡胶离开骨架越近），收缩率越小。为了便于计算和参考，表 16-7 列出实践积累的经验数据。

表 16-7 骨架油封形状与收缩率范围 单位：mm



续表

唇口高度 H	唇口腰部宽度 S		
	0.8～1.4	1.2～1.8	1.6～2.4
	收　缩　率，%		
	A 点(max)～B 点(min)	A 点(max)～B 点(min)	A 点(max)～B 点(min)
≥12	1.6～0.2	1.5～0.2	1.4～0.2
8～12	1.5～0.2	1.4～0.2	1.3～0.2
6～10	1.4～0.2	1.3～0.2	1.2～0.2
4～8	1.3～0.2	1.2～0.2	1.1～0.2
<4	1.2～0.2	1.1～0.2	1.0～0.2

注：1. 表中油封收缩率范围是按丁腈橡胶（邵尔硬度 70）选取，如为天然橡胶可取 1.8（最大）；硅橡胶 2；氟橡胶 3；丙烯酸酯橡胶 1.6。

2. 图中，H 中任意 a 点收缩率值可按下式计算：

$$C_a=\left(C_b+\frac{C_m-C_b}{H}\cdot H_a\right)\cdot\frac{1}{100}$$

式中　C_a——油封唇口部分任意一点收缩率；

C_b——B 处最小收缩率；

C_m——A 处最大收缩率；

H_a——油封唇口部分任意一点离 B 点的高度。

3. BC 段收缩率计算可按以 B 点为起点向 H 方向 a 点距离等同。

【例】 有一件 GB 9877·3—88 装配式旋转轴双唇口油封，如图 16-3 中制品尺寸，材料选用耐油橡胶 I-3，主唇口采用切割成形，求油

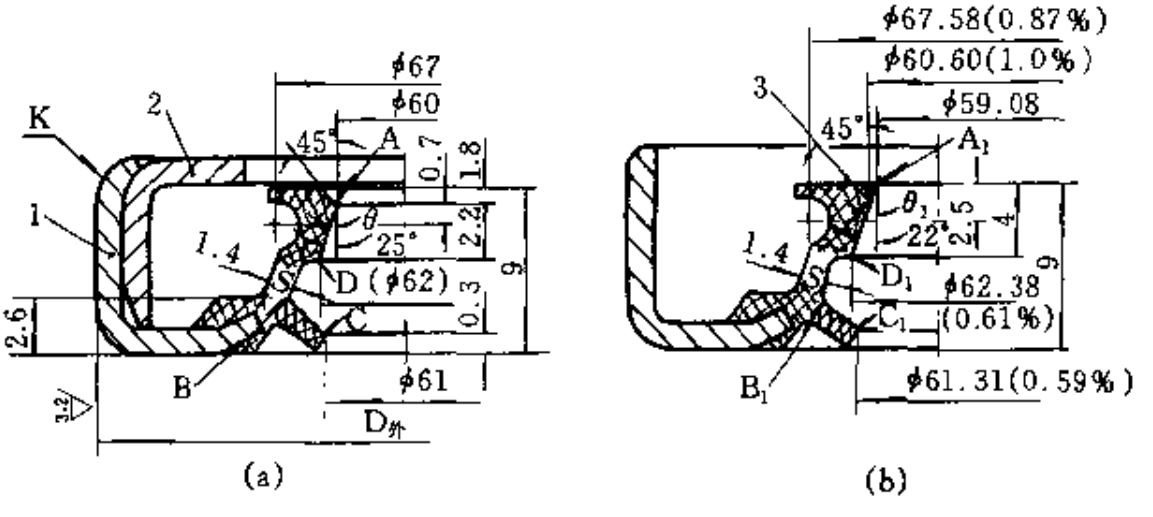


图 16-3　制品与模腔尺寸

(a) 制品尺寸；(b) 模腔尺寸

1—外骨架；2—内骨架；3—唇口切割

封各点的制品收缩率以及模具模腔尺寸。

解：(1) 已知制品图中主唇口内径为 $\phi60$，下夹角 25°，唇口前角高 1.8，求制品 A 点尺寸与模腔 A_1、B_1 点尺寸与收缩率。

制品 A、B 点高度为 $H=9-2.6=6.4$；$S=1.4$，查表 16-7 得A＝1.3%，B＝0.2%；

制品切割前角 A 点内径尺寸 $\phi60-1.8\text{tg}25°\times2=\phi58.32$

模腔前角 A_1 内径尺寸：$\phi58.32+(58.32\times1.3\%)=\phi59.08$

(2) 求 $\phi62$ 模腔尺寸

$\phi62$D 点与 B 点高度为：$H_a=9-2.6-(2.2+1.8)=2.4$

代入公式 $C_a=\left(C_s+\dfrac{C_m-C_s}{H}\cdot H_a\right)\cdot\dfrac{1}{100}$，

得 $C_a=\left(0.2+\dfrac{(1.3-0.2)}{6.4}\times2.4\right)\cdot\dfrac{1}{100}=0.61\%$

$\phi62$ 模腔尺寸：$\phi62+(62\times0.61\%)=\phi62.38$

(3) 求模腔 θ_1 夹角

已知模腔 A_1 内径为 $\phi59.08$，D_1 内径为 $\phi62.38$，高 4，按三角函数计算，得 $\text{tg}\theta=\dfrac{(62.38-59.08)/2}{4}$，$\theta=22°25'$

(4) 求制品副唇口 $\phi61$ 模腔尺寸

$\phi61$C 点与 B 点的高度为：$H_a=2.6-0.3=2.3$

代入公式 $C_a=\left(C_s+\dfrac{C_m-C_s}{H}\cdot H_a\right)\cdot\dfrac{1}{100}$，

得 $C_a=\left(0.2+\dfrac{(1.3-0.2)}{6.4}\times2.3\right)\%=0.59\%$

$\phi61$ 模腔尺寸，为 $\phi61+(61\times0.59\%)=\phi61.36$

需要指出，本例中装配式骨架油封 K 部要求翻边，它应在压胶后进行，骨架翻边一般采用上下模冲压成型工艺，但应保证骨架（$D_{外}$）配合公差与表面粗糙度，所以压胶后不允许外骨架过分变形或表面残存粘合的飞边存在，为此，骨架与模具模腔配合间隙不宜过大，最佳选用过渡配合或采用骨架外径放大 0.4～0.6mm，经磨削工艺后翻边。

国外近 10 年来大力发展的流体动力油封其结构如图 16-4 所示。动力油封可用于转轴偏心大、振动大、速度高的场合，如汽车、赛车、

摩托车、粉碎机等曲轴的油封，它可满足曲轴转速达 40～50m/s、偏心 0.2mm 的苛刻要求。实际上，流体动力油封研制和生产的主要问题也是模具结构设计与加工，因此，对模具的结构设计与加工应引起我们的重视。

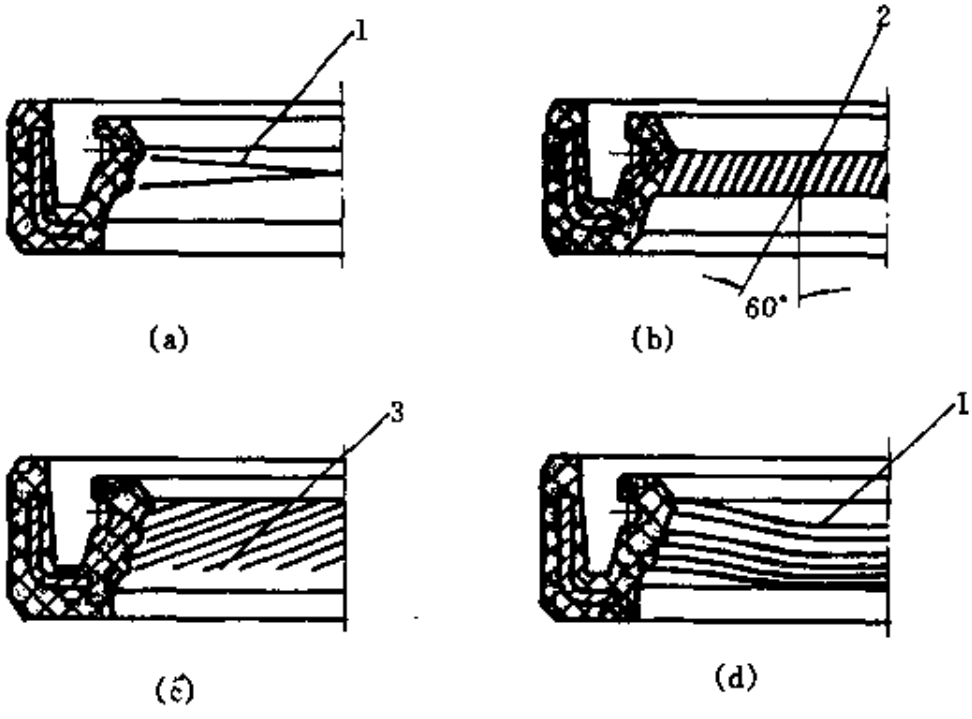


图 16-4　流体动力油封

(a) TG 双向动力油封；(b) Rolf 单向动力油封；

(c) SG 单向动力油封；(d) DP 双向动力油封

1—曲线；2—60°螺旋线；3—30°螺旋线

第十七章　高难度橡胶制品模具结构

17.1　超长、连杆防尘套

图 17-1 制品为用于机床、锅炉、矿山化工设备中的连杆、导轨防尘、防水、防腐蚀护套。该制品要求拉伸、合拢之比为 10∶1（即最大拉伸距离 1300mm，合拢距离为 130mm）。由耐油橡胶制作，不允许有

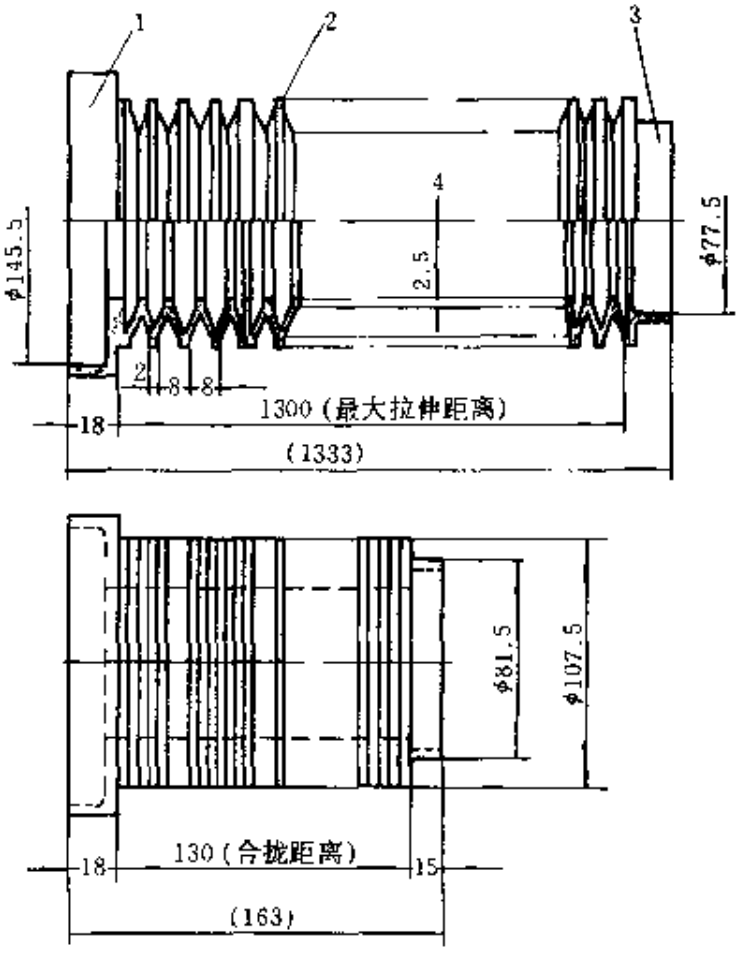


图 17-1　超长防尘套拉伸与合拢示意图

1—L 形环；2—连接环；3　T 形环；4—粘合高度

注：1. 连杆防尘套拉伸与合拢之比 10∶1。

2. 按进口样件制造，不允许有脱胶起皱现象。

脱胶、起皱现象。该制品样件由昆明三聚磷酸钠厂按德国引进设备中样件提供，其结构先进，具有推广应用价值，是目前矿山、化工机械超长连杆、导轨以及各种磨床防尘、防水、防腐蚀功能较理想的保护套，可相对提高使用寿命，减少维修费用。

17.1.1 模具结构

图 17-1 制品有两种加工方法：即胶片粘合法（德国样件采用粘合法）与胶片硫化法。实践证明：胶片硫化法优于胶片粘合法，但硫化工艺要求较高。

胶片粘合法需配置 3 副模具和 2 套工装，如图 17-2（a）、（b）、（c）和图 17-3、图 17-4 所示。

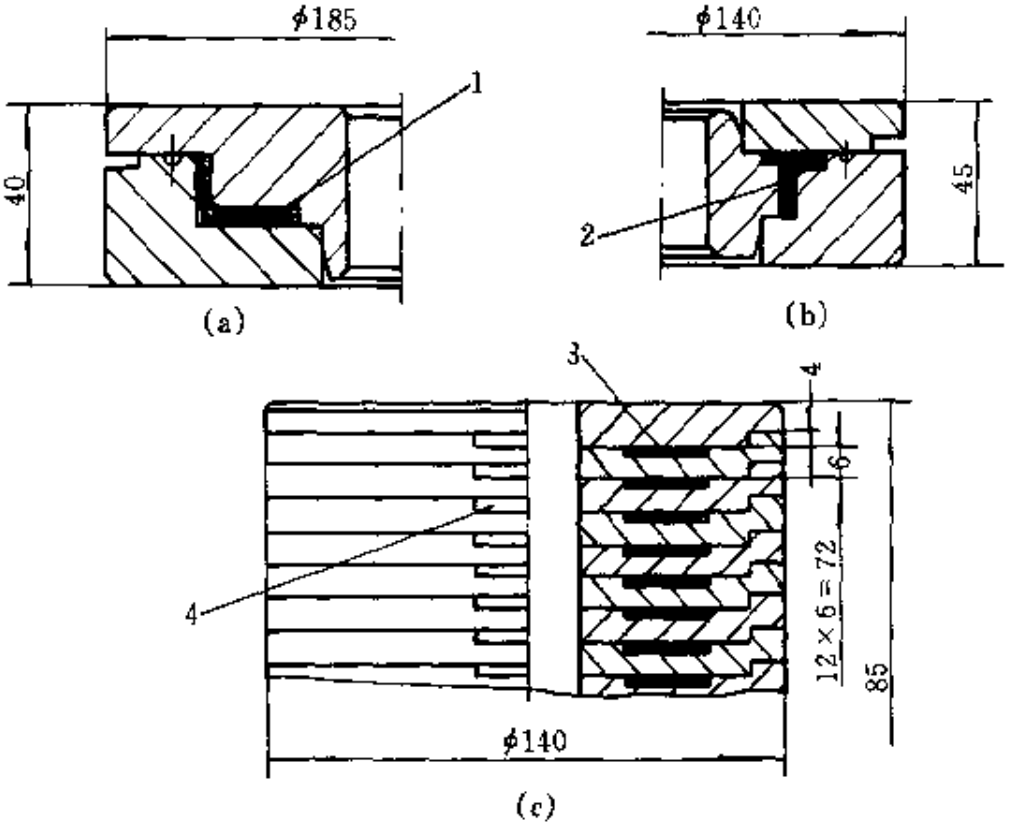


图 17-2 超长防尘套模具

1—L 形环；2 -T 形环；3 -连接环；4 撬口（4×12）

胶片硫化法需配置 3 副模具（与图 17-2 相同）和二套工装，如图 17-3 和图 17-5（二种规格）即切纸成形刀 d、D 尺寸由图 17-1 制品内外径决定，如外径粘合（$D-6$）；内径粘合（$d+6$）。切纸成形刀也可用于切割胶料成形刀，只对胶料厚度稍作增减即可达到重量一致半成

品胶料。

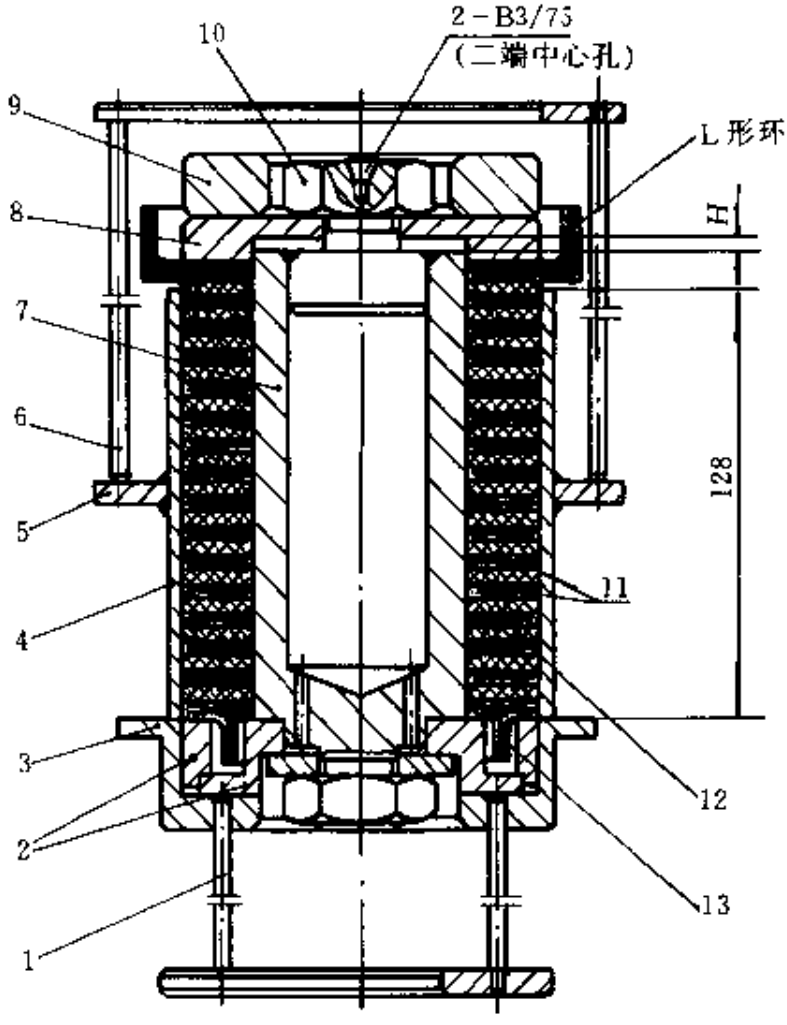


图 17-3　粘合、硫化成型工装

1—下顶杆；2—镶圈；3—底座；4—外套；5—加强筋；
6—上顶杆；7—模芯；8—压紧圈；9—垫圈；10—螺母；
11—粘合部位；12—连接环；13—T形环

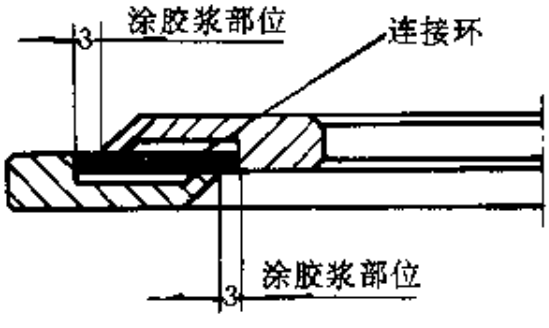


图 17-4　涂刷胶浆工装

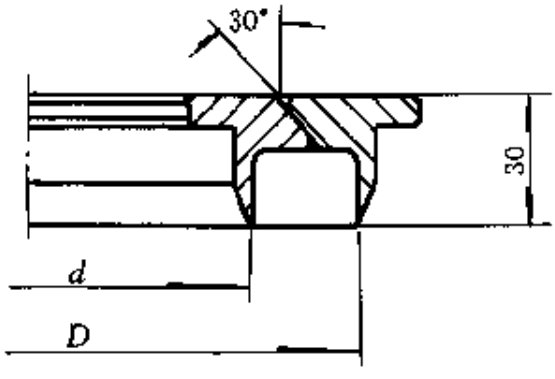


图 17-5　切纸和切胶料成形刀工装

17.1.2 加工方法与操作程序

17.1.2.1 胶片粘合法加工程序

(1) 按图 17-1 制品形状要求，利用图 17-2 (a)、(b) 模具，分别硫化 L、T 形环各 1 件待用。

(2) 用图 17-2 (c) 模具，硫化一批所需数量的垫片（连接环），如图 17-1 制品共需 118 件（片）。

(3) 用图 17-4 涂刷胶浆工装，分二次涂刷所有垫片和 L、T 形环粘合部位，按次序放入图 17-3 粘合成型工装加压，压力由 H 间隙决定，其大小依制品粘合状况而定，由于橡胶是弹性体，当片数过多、压力不均时也可分几次压合，压合后工装加热，加热方式由烘箱加温 (80～100)℃×30min。

(4) 取出模具，利用上下顶杆压出外套（件 4），之后利用两端中心孔车削或磨削制品外径（制品外径在设计模具时约放每边 0.5～1mm 加工余量）。

(5) 松开螺钉，压出模芯，待冷却后，仔细分离不该粘合部位，即可获得所需的超长防尘套。

胶片粘合法存在问题如下。

① 胶浆涂刷困难（其中胶浆流动、渗透、不易控制涂刷范围）。

② 由于胶浆关系，外观质量差。

③ 胶浆涂刷不均，粘合牢度差。

④ 制品超长，受压、受热不均，局部易引起脱胶现象。改进方法：制品超长，可以把全部连接环分成三段进行粘合硫化，尔后合三为一再次低温粘合硫化或采用下述胶片二次硫化法。

17.1.2.2 胶片二次硫化法

胶片二次硫化法即利用橡胶整个硫化过程中诱导、预硫、正硫、过硫 4 个不同特性硫化阶段，分二次模压硫化获得制品，这种成型方法亦称二次硫化成型法。胶片二次硫化法加工程序如下。

(1) 同样硫化图 17-2 (a)、(b)、(c) 制品，其不同之处是 (c) 制品（连接环）要求全部呈半硫化定型状态待用。

(2) 利用图 17-5 工装冲压一定数量描图纸（手工裁剪也可），作连

接环隔离之用。

(3) 利用图 17-3 粘合、硫化成型模工装中模芯（件 7），按次序放入胶片与隔离描图纸衬垫，注意垫放次序：即垫放一张以内孔定位隔离纸是制品外径边缘粘合之用，反之垫放一张以外径定位隔离纸即制品内径边缘粘合之用，依次类推（见图 17-6 所示）。

(4) 按次序放入胶片与隔离纸后，放入外套（件 4）在垫放最后 L 形环时，粘合面要求涂刷胶浆，然后合模送入烘箱预热至 80～100℃，迁至平板硫化机中加压；取 2/3 正硫化时间再次硫化。硫化时注意模具中外套保温，确保模具传热均匀。

(5) 硫化后卸模，利用顶出装置压出外套，车削或磨削制品外径至图纸要求。

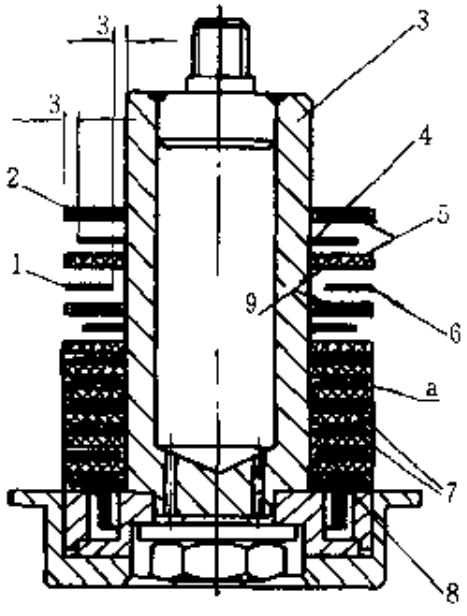


图 17-6 硫化粘合工作图

1—描图纸（0.005mm 厚）；2—连接环；3—模芯；4—内径定位；5—外径边缘硫化粘合；6—外径 a 面定位；7—连接环；8—T 形环；9—内径边缘硫化粘合

(6) 用 40～60℃加热水浸泡、冲洗，剥离隔离纸，即可获得外观超过德国样件的效果。

“连接环”半硫化胶片测定方法有如下两种。

a. 实践测定法　为了获得最佳半硫化状态，严格控制胶片硫化时间，确保胶片半硫化状态是保证制品粘合强度的关键，少批量生产可采用秒表记时、水冷却，获得半硫化胶片。加工中：第一次为硫化摸索阶段，取整个正硫化期 1/3 时间，用目测法鉴定压出的半成品胶片外观有无微孔、气泡、发粘现象存在，并用指甲压痕胶片，如果压痕回弹率差，说明半硫化状态良好，可以用于再次硫化粘合。

b. 器械（仪器）测定法　器械测定法中针式硫化仪（CEPAR）测定硫化全过程针式硫化仪是一种简易、可以全面测定橡胶硫化性能专用仪器，可以用来测定橡胶的硫化（C）、压出（E）、塑性（P）及复原

(R)，其结构如图 17-7 所示。

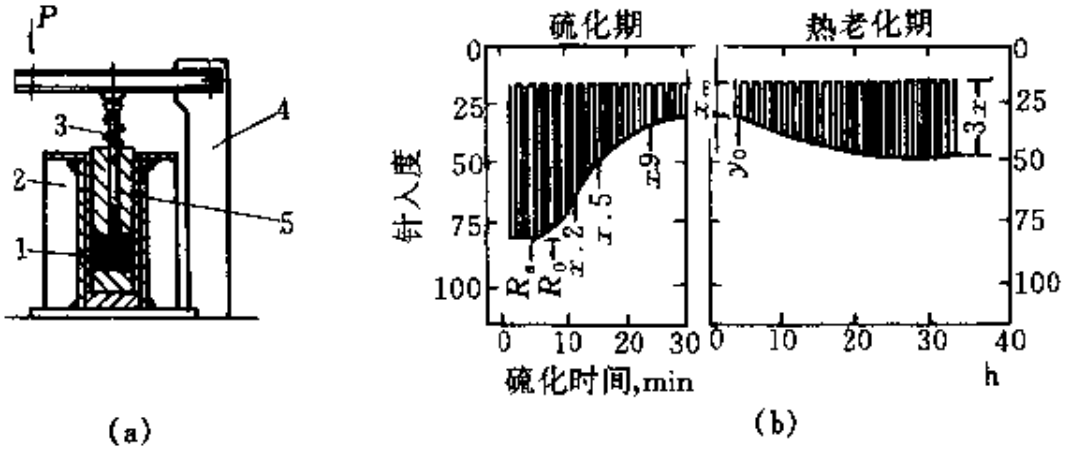


图 17-7　硫化测定仪

(a) 针式硫化测定仪；(b) 针式硫化仪硫化曲线图

1—试片；2—加热器；3—弹簧；4—支架；5—针杆；

R_s—焦烧时间；R_0—诱导期；x_∞　充分硫化；

$x.9$—90%硫化；$x.5$—50%硫化；$x.2$—20%硫化；

y_0—老化开始时针入度

图 17-7 硫化测定仪使用方法：试片放入直径为 19mm 的圆筒状加热槽中，有一直径为 6.3mm 的活塞形针入器在一定负荷下周期性地刺入试片，根据针入深度的变化程度（随着硫化时间的加长，针入深度渐减）所得的硫化曲线如图 17-7 (b) 所示。根据仪器测出的诱导阶段后期，预硫阶段初期［图 17-7 (b) 中黑线部分］是预成形半成品半硫化状态最佳硫化条件。

17.2　内外齿形变速带

图 17-8 内外齿形变速带用于机械无级变速转动，损坏样件由贵州有机化工厂按日本引进样件提供，结构合理、弹性优越、带身柔软、曲挠性好，是理想的开发产品。

图 17-8 制品需加工两副外箍管，其中一副用于底齿成型硫化模，如图 17-9 所示；一副用于外齿成型硫化模，如图 17-10 所示；配置一副制品顶出装置，如图 17-11 所示。图 17-9 硫化模除硫化底齿外，还用于绕制涤纶线或钢丝绳以及外齿成型硫化。

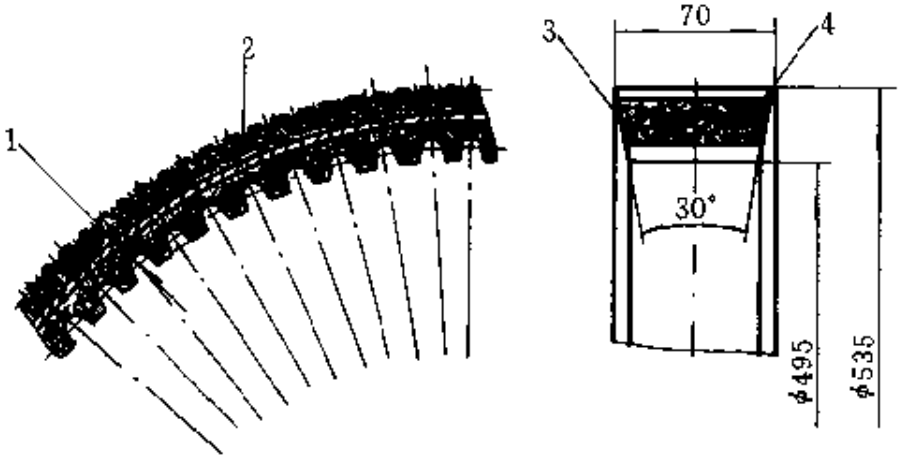


图 17-8　内外齿无级变速带

1—103 齿均布；2—117 齿均布；3—四周一层帆布；4—尼龙或钢丝绳

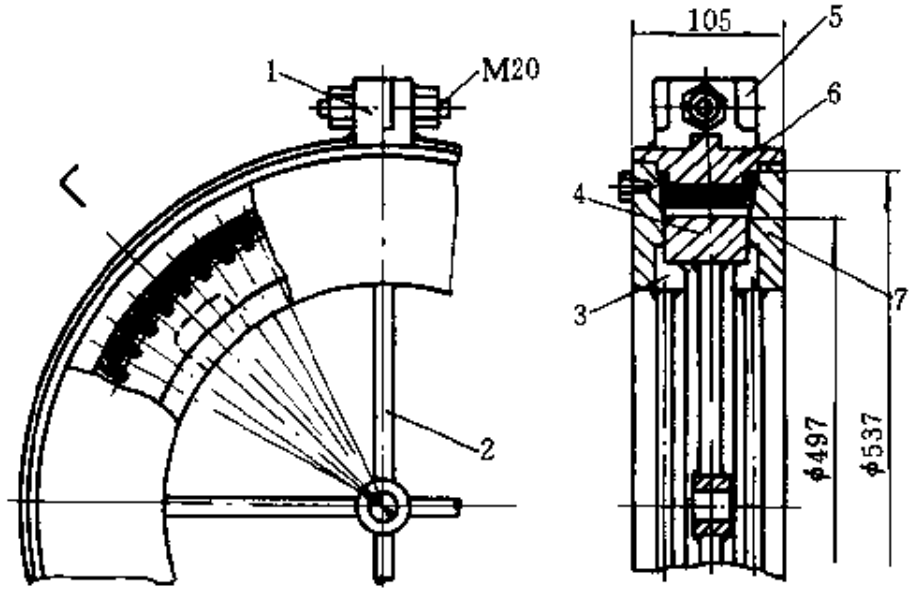


图 17-9　底齿成型硫化模

1—镶块（2 处）；2—1/2″水管；3—撬口（4 处）；

4—内齿圈；5—撬口；6—外箍 1；7—模板

内外齿形变速带加工方法与步骤如下。

（1）利用图 17-9 底齿成型模具，在内齿圈齿面上预放一层上胶细帆布，并在每齿凹槽中嵌入胶条，促使帆布成齿状，然后把带状底胶围绕在胶条上合模，送入平板硫化机中加压、加热（使用设备 100t，合模压力 9.8MPa，加热 70～100℃），30～45min 后转换水冷却。

（2）模具冷却后打开外箍管，按图 17-12 示意在普通车床上均匀

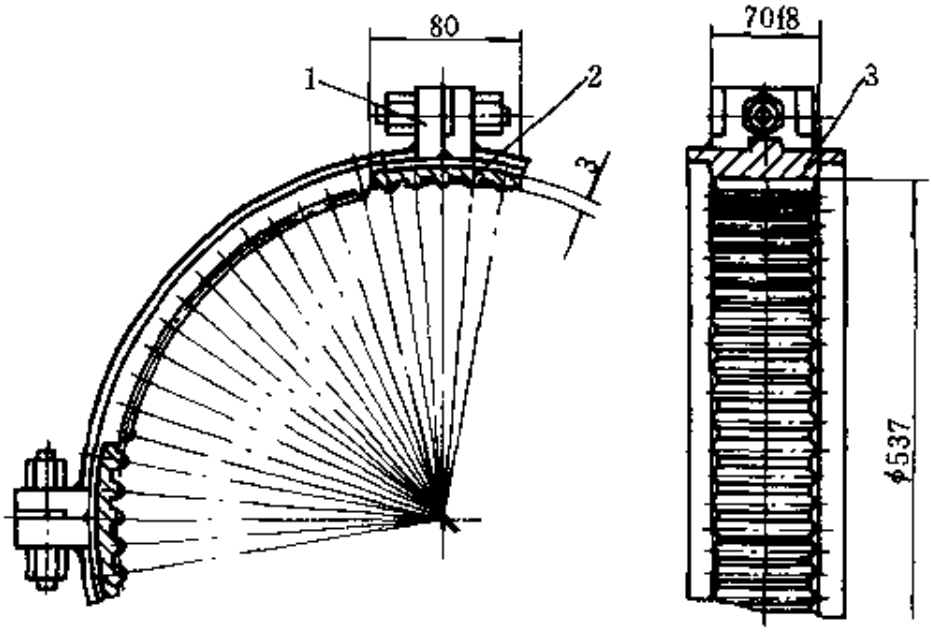


图 17-10　外齿成型硫化外箍

1—镶块（4 处）；2—活镶块（4 处）；3—外箍 2

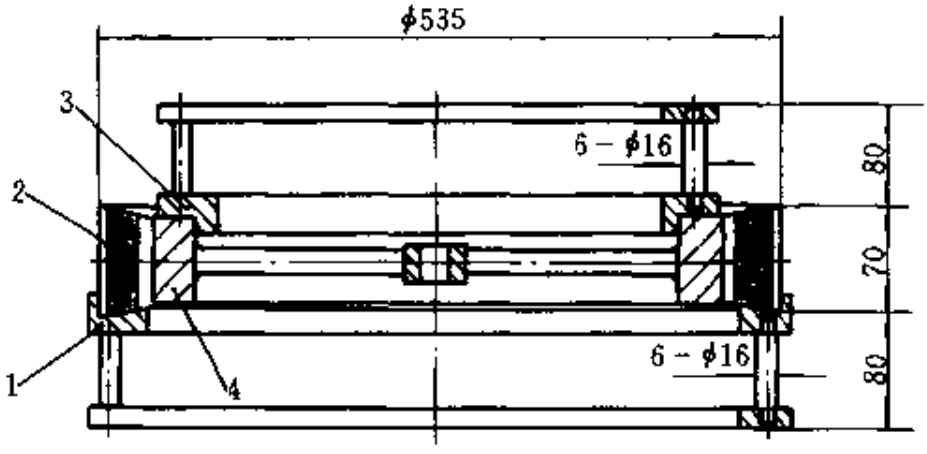


图 17-11　顶出装置

1—上顶板；2—制品；3—下顶板；4—内齿圈

绕制强力帘线或镀铜钢丝绳。

（3）绕制后帘线表面涂刷胶浆或胶液胶粘剂 JQ-1（列可纳），待干数分钟，然后覆盖胶条（皮）压紧。

（4）将上胶帆布覆盖在外齿上并在凹槽中嵌入胶条，最后合模送入平板硫化机中加压、加热硫化。

（5）硫化 151℃×45min，卸去外箍管、模板，利用图 17-11 压出工装即可获得理想的带内外齿无级变速带。

加工中注意事项如下。

① 首件制品胶料用量不宜过多，最佳为先少后多，一般为制品净重量多5%～10%。

② 带帘线模具结构不允许无规则逃料，否则会造成帘线、帘布（帆布）排列紊乱，影响使用性能。

③ 由于不允许无规则逃料，模具采用封闭式结构，故硫化或成型时压力较高，外箍中镶块焊接必须牢固，能承受14.7MPa外胀压力，故在试模中胶料用量不宜过多，否则易造成镶块裂口或无法用于生产。

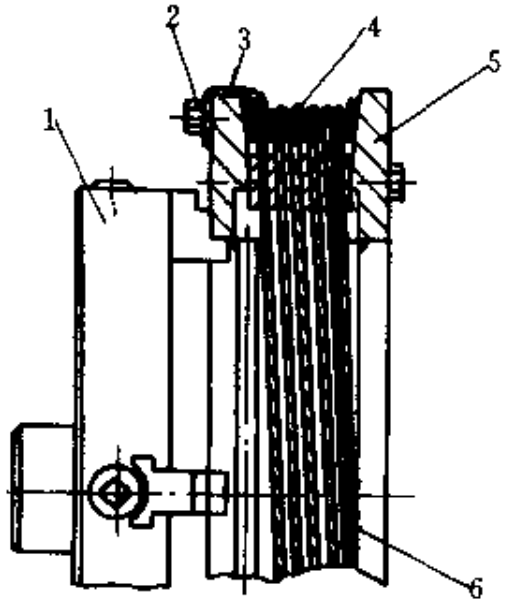


图17-12 绕制钢丝绳示意图

1—车头夹具；2—绳头紧固；3—嵌槽；4—钢丝绳；5—模板；6—绳头包扎

④ 在模具加工中由于外箍管、齿圈选用117齿；内齿圈选用103齿，均为奇数，一般插床、刨床加工困难。实践经验证明可按下述方法加工，即配置一块117齿插孔板，按机床回转盘（台）刻度计算加工值，假如插孔板主轴每一转为1/120，可按下式计算：

$$1:120=\frac{1}{117}:n;\quad n=\frac{120}{117}=1\frac{3}{117}\text{（转）}$$

式中 n——插孔板手柄转数；

120——回转台分度头定数；

117——工件等分数。

$1\frac{3}{117}$（转）即插孔柄手柄应旋转1圈另加3个孔距。

⑤ 模具中内齿圈103齿加工，一般在X62W中小型卧式铣床上加工，但由于机床上下行程尺寸限制，凡齿圈外径小于400mm可按图17-13示意图加工；大于400mm可按图17-14示意图加工，但由于回转台无法采用差动分度法，也可配置一块103齿插孔板加工，计算公式如下：

$$1:120=\frac{1}{103}:n$$

$n=\frac{120}{103}\approx 1\frac{17}{103}$（转）即插孔板手柄应旋转 1 圈另加 17 孔孔距。

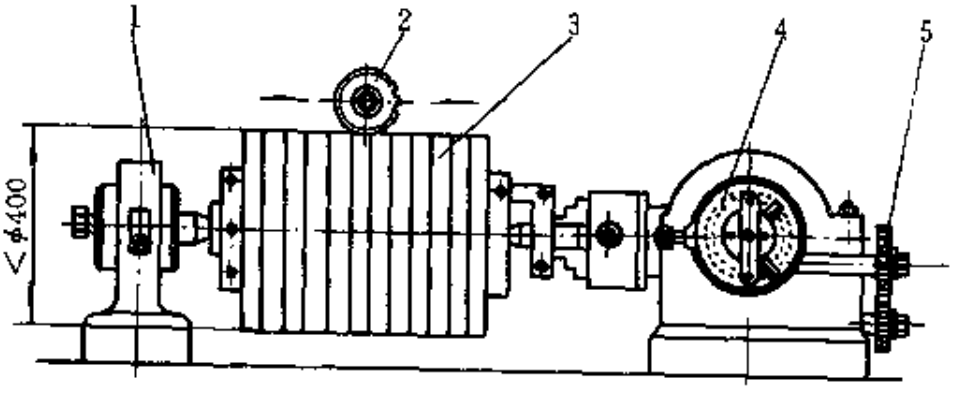


图 17-13 <400 齿圈卧式加工法（103 齿采用差动分度法）

1—尾架；2—成形铣刀；3—加工件；4—插孔板；5—齿轮

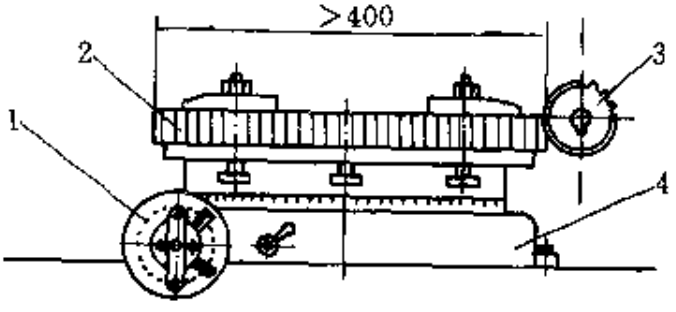


图 17-14 >400 齿圈加工法（103 齿采用自制插孔板）

1—插孔板（103 孔）；2—加工件；3—铣刀；4—回转台

⑥ 图 17-10 外箍管中活镶块齿圈，允许用线切割机床加工，并要求该材料有一定硬度和弹性。

17.3 波纹形夹布导管

图 17-15 所示的波纹形夹布导管为用于汽车、机车、矿山机械震动状态下工作的连接件。损坏样品由某军工厂引进法国项目提供。制品结构可靠、强度高、寿命长（比一般纯胶制品提高几倍使用寿命）。

图 17-15 制品两端夹有织物增强，中间为纯胶波纹形异形胶管。模具结构复杂，制品制作工艺难度高，如考虑不周，模具中众多模芯难以顺利取出，必须经过合理的设计以及正确的工艺，才能制造出如图

17-15 所示制品。下面介绍该制品的二种加工方法。

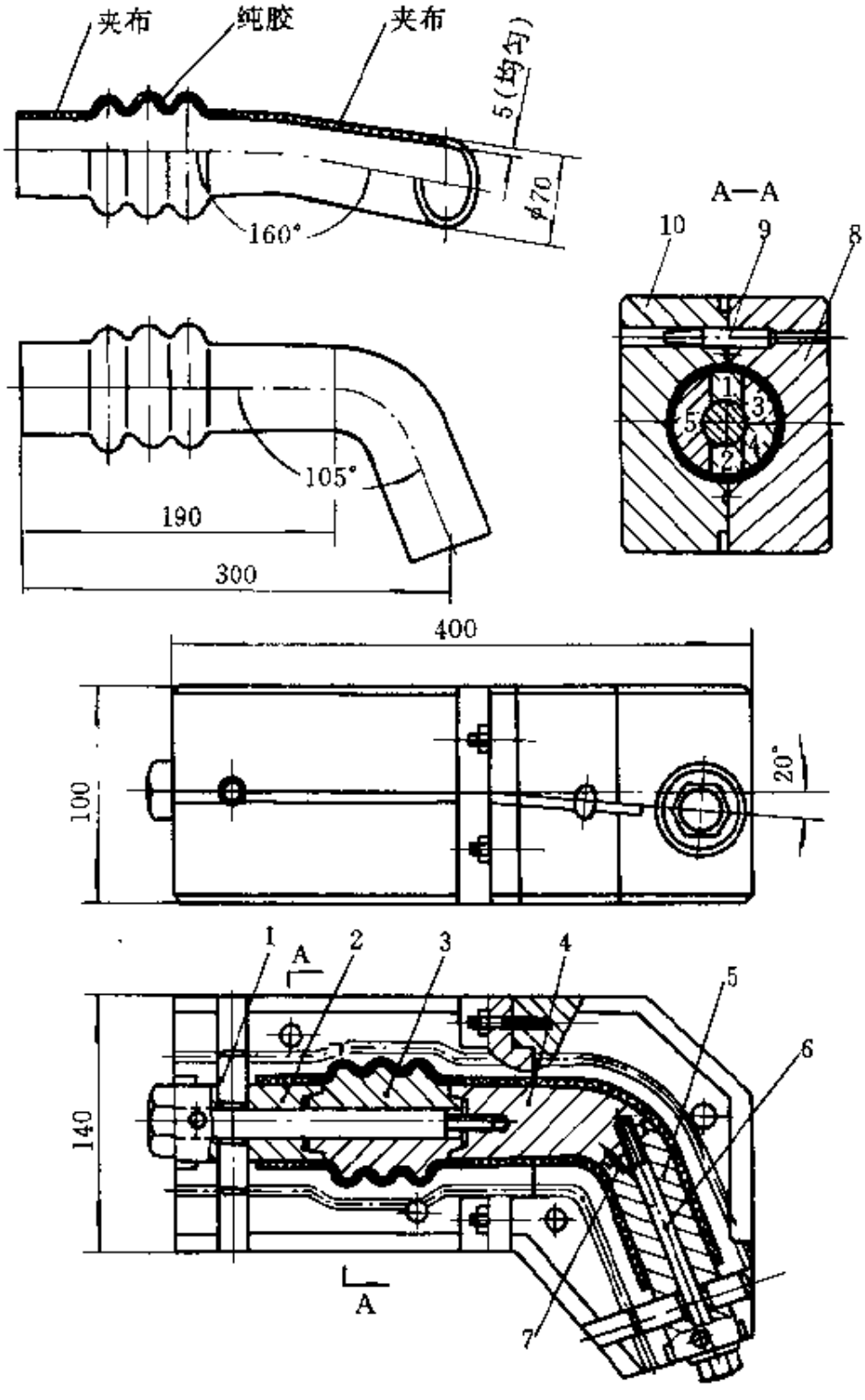


图 17-15 波纹形夹布导管与模具

1—定位圆柱销；2 模芯 1；3—模芯；4—模芯 3；5—模芯 4；6—吊紧螺钉；7- 定位销；8 上模；9--导销；10—下模

17.3.1 普通模压法

普通模压法需加工一副如图 17-15 所示模具结构，件 3 模芯由 5～6 块组合而成，模芯依靠加料及二端圆柱销定位。

制品制作步骤如下。

(1) 取出模芯，二端模芯表面涂刷硅油脱模剂。

(2) 将 1～2 层经 45°裁剪上胶细帆布，以螺旋形形式缠绕在二端模芯上，表面涂刷 1～2 层胶浆，待干数分钟。

(3) 上下模模腔中，均匀、对称填放半成品胶条，之后将型芯嵌入上下模模腔中合模，并送入平板硫化机中硫化。

(4) 按胶种不同，硫化一定时间，取出模具按下述步骤取出制品。

a. 取出整个模芯，将二端六角吊紧螺钉松动并卸下。

b. 取出二端件 1 和件 5 模芯。

c. 松动模芯件 3，并按组合次序依次取出镶块模芯。

d. 最后件 4 模芯，利用吊紧螺钉从件 2 方向拉出即可获得图 17-15 制品。

17.3.2 充气模压法

采用同一副图 17-15 模具，省略其中件 3 波纹形模芯，利用件 1 模芯孔，外接加热蒸气，其压力 0.14MPa 促使胶管内壁受压成型。

充气模压法制作制品步骤如下。

(1) 取出二端模芯，涂刷少量硅油脱模剂。

(2) 同样将 1～2 层、30～40mm 宽、经 45°裁剪的上胶细帆布，以螺旋形式缠绕在二端模芯上。

(3) 利用挤出机挤出壁厚大于制品壁厚 0.5～1mm 的半成品胶管，其内径等于或稍大于已缠绕帆布外径，经水槽冷却待用。

(4) 上下模模腔二端填放均匀、对称薄胶片。

(5) 裁剪半成品胶管，其长度大于波纹段 10～20mm，并套入件 2、件 4 模芯各 5～10mm，然后嵌入上下模模腔中合模。

(6) 利用件 2 模芯中心孔（外端车有 1/2″管螺纹）外接蒸气气源，并缓慢打开阀门，让气源由低到高充入蒸气，促使内壁受压成型和硫化。

(7) 打开模具，取出件 2、件 4 和件 5，即可获得波纹形、无模芯、高难度图 17-15 制品。

充气模压法与普通模压法各有特色，充气模压法其最大特点是：可省略高难度波纹形模芯与结构；制品取出比普通模压法方便；但制品制作可靠性低于普通模压法，并且采用充气模压法必须配有压出机设备。

第十八章　橡胶压出成型模具

18.1　概述

橡胶压出成型又称挤出成型，它是在压出机中对胶料加热和塑化，通过螺杆的旋转，使胶料在螺杆和机筒筒壁之间受到强大的挤压力，不断地向前传送，然后在一定压力作用下，通过橡胶压出成型模具（简称口型模）而制得各种形状断面、连续的型材（半成品）以达到初步造型的目的。

这种半成品的造型目的如下。

（1）作为模压制品预成型的半成品（如图 7-12 所示的模具加料，该模采用压出工艺法）。

（2）通过压出机，压出的半成品经冷却定型后，在硫化罐中再次进行硫化而获得制品，如橡胶管材、板材、棒材以及各种断面密封嵌条。

（3）通过压出机，压出的半成品直接通过微波、远红外、电加热、盐浴等一条龙硫化装置进行硫化而获得橡胶型材、海绵制品、硅橡胶制品。

因此，压出成型在橡胶型材、模压制品预成型半成品，一条龙硫化装置加工中占有很重要的地位。

经压出成型制造的型材，虽然优点较多，但也有不足之处。适于制造形状简单的直条型材、预成型半成品如管、棒、板材料，而不适用于生产精度高，断面形状复杂的橡胶零件和带有金属嵌件（骨架）的橡胶制品以及带有角形密封嵌条，如各种减震零件、无接缝角形门窗密封嵌条等。

由于影响压出变形的工艺因素较多，设计的口型模具很难一次试验成功，必须边试验边修正，最后得到所需要的口型模具定型尺寸。要求由技术熟练、经验丰富的人员操作，因为压出机的转速、温度高低、

加料快慢和胶料热炼后的硬度等必须凭经验来调整和控制，控制得当，才能连续不断地压出合格的橡胶制品。

压出机压出成型工艺与平板机模压成型硫化工艺相比有如下优点。

（1）胶料通过压出机机头螺杆旋压，使混炼胶得到进一步混炼和塑化，从而使压出的半成品胶料质量更致密、更均匀。

（2）应用面广。通过口型模变换，可以压出各种规格尺寸、各种断面形状的橡胶型材和各种模压预成型的半成品。

（3）设备占地面积小、质量轻、结构简单、造价低、灵活机动。

（4）压出成形使用的口型模具，结构简单、加工周期短，拆装方便，使用寿命长，并且易于保管和维修。

（5）压出成形生产的制品，速度快、工效高、成本低，有利于自动化生产。

（6）由于橡胶压出连续不断，不受长度限制，可以生产因设备限制不能用模压法制造的超长橡胶空芯制品。

橡胶型材、预成形半成品❶ 压出工艺过程如图 18-1 所示。

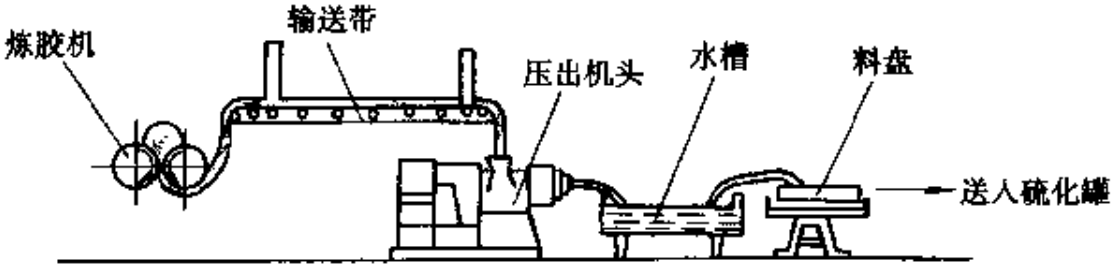


图 18-1　压出工艺流程示意图

18.2　压出工艺对设备的要求

18.2.1　压出设备与工艺要求

压出机由机身（机筒与螺杆）、机头、口型模具、传动装置以及加热和降温装置等几部分构成，如图 18-2 所示。

---

❶ 胶料压出至冷却定型后送入料盘，而后按半成品要求截断即成。

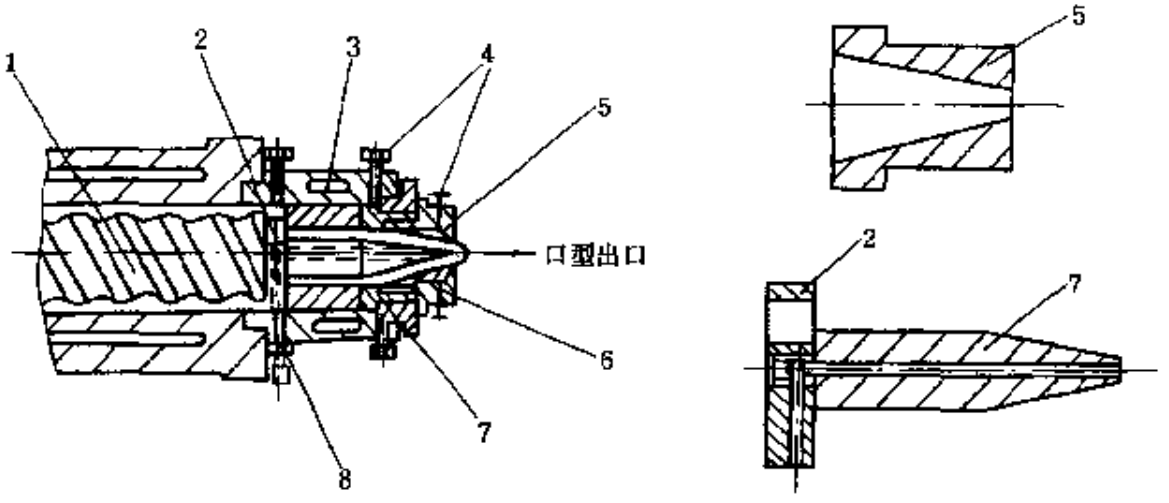


图 18-2　压出机与压出机头示意图

1—螺杆；2—支架；3—蒸汽加热腔；4—调节口型螺钉；
5—口型模；6—外套螺母；7—型芯；8—滑石粉入口腔

为了满足工艺要求，压出机机头与口型模具必须具有如下结构要求。

(1) 机头内腔呈流线型　为使胶料能沿着机头的流道充满并均匀地被挤出，避免胶料发生过热硫化，机头内腔流道必须呈流线型。它的形状不能急剧地扩大或缩小，更不能留有死角和停滞区域，流道应加工得十分光滑，特别是机头内腔、口型模具压出口的表面粗糙度一般为$\frac{1.6}{\nabla}$～$\frac{0.8}{\nabla}$。

(2) 有足够的压缩比　为使橡胶制品质量致密度密实和消除因分流器支架所造成的结合缝应有足够的压缩比。

橡胶压出机的压缩比通常为（1.2～1.4）（后部）：1（前部）。但对某些特种橡胶不受此限制（如压出硅橡胶胶料的压缩比最佳为2：1）。

橡胶压出机的挤出压力 P 可按下式计算：

$$P=\frac{b\eta V_x LCtHl}{1+12L} \tag{18-1}$$

式中　V_x——螺杆转速，r/min；

L——螺杆长度，mm；

C——断面形状系数，mm；

t——螺距，mm；

H——螺峰与机筒壁的间隙，mm；

l——口型长度，mm。

由上式可见螺杆压力随着胶料粘度的上升，螺杆转速的提高而提高，并随着螺峰与机筒间隙的增大而减小。

一般成形用的胶料压出机的单位面积压力为 10～12MPa。

常用国产压出机的主要技术规范见表 18-1。

表 18-1 国产压出机的主要技术规范

项目 \ 型号	XJ G 30	XJ—G—65	XJ—85	XJ—115
螺杆直径/mm	30	65	85	115
转速/r/min	11～100	20～47	27～54	15～45
功率/kW	1～3	7	14	22
长径比/L/D	55	4	4.8	4.8

18.2.2 压出变形与膨胀的规律

一般说来，胶料通过压出机口型压出的时间极短，往往仅有几分之一秒，因此具有瞬时应力松弛的特点。这种应力松弛，导致胶料离开口型模后在长度方向收缩而在断面方向膨胀的趋势，这种趋势通常称为膨胀变形。

胶料离开口型后的膨胀变形不仅表现在量的方面，而且表现为几何形状外观差异性。这与它在机筒中所受的作用力有关。如胶料在机筒或口型阶段与机筒或口型摩擦，而摩擦阻力的分布以中心部位最小，因此当它向前推进时，中心部位的胶料向前推进速度最大，当它离开口型后，这种约束力虽解除，但由于胶料的松弛作用，胶料仍趋于球形，即中心部位的膨胀变形快于周围（因为中间部位受到的粘力作用较小）。图 18-3 表示胶料离开压出机口型前后的运动状态。

橡胶压出膨胀变形有如下规律性。

（1）硬度较低（邵尔 50～60）的橡胶胶料压出，膨胀变形大，压出尺寸不稳定；硬度较高（邵氏 70 以上）的橡胶胶料压出后的膨胀变形小，压出的形状尺寸比较稳定。

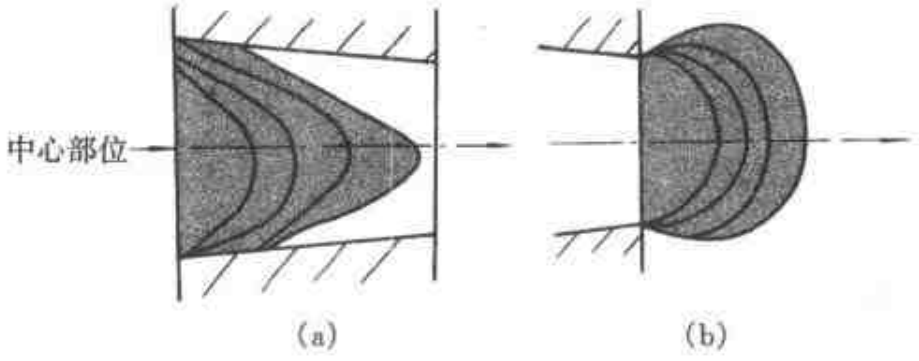


图 18-3　胶料在离压出机口型前后的运动状态

(a) 胶料离压出机口型前的运动状态；

(b) 胶料离压出机口型后的运动状态

(2) 可塑性较好的胶料，压出后的膨胀变形较小，压出的尺寸也较稳定。

(3) 硅橡胶与其他胶料不同，一般压出的型材或半成品尺寸形状不膨胀，反而稍有收缩。可根据制品的公差要求，取制品最大极限尺寸为口型模的实际尺寸。

(4) 压出的型材膨胀与制品尺寸大小有关，在型材断面形状相同、材料相同，工艺相同条件下压出的制品，它的膨胀率与型材尺寸大小成正比。在同一时间内，型材尺寸大（出胶间距大）、出胶量大（体积大），膨胀率就大；反之型材尺寸小（出胶间距小）、出胶量小（体积小），膨胀率也就小，压出的尺寸较稳定。

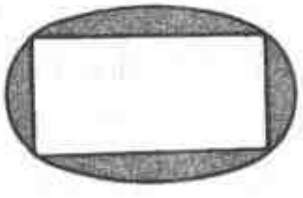


图 18-4　口型与压出半成品形状的变异

(5) 压出的型材膨胀与制品断面形状有关，一般圆断面的制品（如胶绳、胶管）压出后因膨胀直径增大或缩小，其断面形状不变。而矩形断面或其他各种异形断面的橡胶型材，压出后因膨胀变形，绝大多数都改变原来的几何形状，图 18-4 表示口型与压出半成品形状的变异。所以在设计口型模具时，必须根据制品的具体尺寸和形状，力求设计出合理的口型模具。

按胶料硬度的变化，压出的型材膨胀率见表 18-2 所示。

(6) 压出的型材膨胀、制品表面光滑程度与压出机各部位温度有

关，在压出开始前，要对压出机的机筒、机头、口型和芯型预热，达到规定温度，使胶料在压出机内处于热塑性流动状态。

表 18-2 胶料硬度与压出膨胀率

橡胶硬度（邵尔 A）/度	膨胀范围/%	橡胶硬度（邵尔 A）/度	膨胀范围/%
50	15～20	>70	5～20
60	10～22		

注：由于影响压出膨胀变形的工艺因素较多，膨胀范围又较大，所以表 18-2 仅供首批口型模设计用，操作时可按胶料、压出量、速度、温度、形状等变化修正口型模尺寸。

预热到规定温度后，开始供胶，供胶可用输送带或人工喂料法。人工喂料法要求做到恒量、恒速喂料，不能断断续续或大小不一断面胶料进行喂料，否则会造成挤出的制品时大时小，尺寸难以控制。

供胶开始后，调节压出机的口型位置，测定并观察压出半成品的尺寸、表面状态（光滑程度、有无气泡等）、厚薄均匀等，直到完全符合工艺要求的公差范围为止。

调节好口型后，再调节压出机各部位的温度。压出机不同部位的温度不同，通常是口型部位最高，机头次之，机筒最低。这样做是为了使压出半成品表面光滑、压出顺利和减少膨胀率。温度过低会使半成品表面粗糙、断面增大、电流负荷增大；反之，又会引起胶料自硫、起泡等。压出温度应视胶料不同而异，见表 18-3 所示。

表 18-3 各种常用橡胶的压出温度/℃

部位＼胶种	天然橡胶	丁苯橡胶	氯丁橡胶	顺丁橡胶	丁腈橡胶	丁基橡胶
机　筒	50～60	40～50	20～35	30～40	40～50	40～50
机　头	80～85	70～80	50～60	50～60	60～70	70～80
口　型	85～95	90～100	70 以下	85～95	80～90	85～95
螺　杆	20～25	20～25	20～25	20～25	20～25	20～25

最后要调节压出速度。压出速度快，半成品膨胀率大，表面粗糙；反之，膨胀率小，表面光滑，但生产能力低。胶料的压出速度应视半成品规格和胶料性质而定，一般为 3～20m/min。

18.3 压出成型（口型）模具的设计

18.3.1 口型模具设计的一般原则

上述机头内腔必须呈流线型，表面粗糙度应不大于$\overset{1.6}{\nabla}$，并有足够的压缩比，使胶料挤压致密，为此口型模设计原则应该是：

（1）压出实心或圆形型材半成品时，口型模具压出口尺寸大小宜为螺杆直径⅓～¾。口型口径过大会导致压出的胶料压力不足，使排腔量多少不一，膨胀率变化不定，也使型材断面形状不一致，压出的制品致密性差；反之压出口径过小，会引起胶料焦烧自硫或机头、机身因压力过大面破裂，或者造成螺钉损伤和断裂。表 18-4 列出了压出机不同螺杆直径的合适口型尺寸范围，在设计口型模时作参考。

在压出扁平形型材半成品时，由于断面壁薄，为了充分发挥设备潜力，可不受表 18-4 的限制，一般压出的型材宽度相当于螺杆直径 2.5～3.5 倍。

压出机螺杆直径与压出最大宽度见表 18-5。

表 18-4 压出机螺杆直径与口型尺寸的适用范围

型　号	XJ—G—30	XJ—G—65	XJ—85	XJ—115
螺杆直径/mm	30	65	85	115
口径尺寸/mm	20 以下	20～40	30～60	40～80

表 18-5 压出机螺杆直径与压出最大宽度

型　号	XJ—G—30	XJ—G—65	XJ—85	XJ—115
螺杆直径/mm	30	65	85	115
口径最大宽度/mm	90	180	250	300

注：扁平形型材压出的宽度乘高度总的压出量，也应保持螺杆直径⅓～¾为限。

（2）口型模的压出锥度适当要大，但不宜大于 90°。流道较长、形状简单的口型模压出锥度一般为 30°～60°，如图 18-5（a）所示。

流道较短、形状复杂的薄片口型模，考虑加工方便，允许在离开口型模腔 2～4mm 处加工压出锥形面，常用为 60°～90°，如图 18-5（b）所示。

口型模的压出锥度与压出机的关系：靠机头内端的口径（角度）越

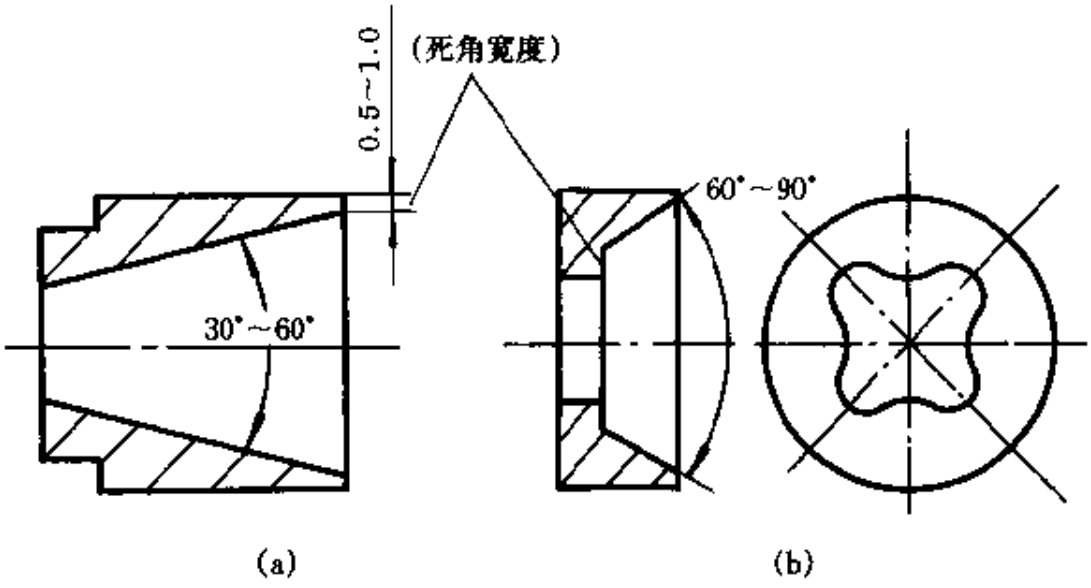


图 18-5　口型模压出锥度范围

大，则压出的压力越大，压出的速度越快。所得到的压出型材半成品表面越光滑，致密性越好，但膨胀率也越大。

(3) 口型模内腔要求光滑、呈流线型、无死角存在，如图 18-5 (a)、(b) 所示的死角边缘宽度越小越好，为了不形成尖角，一般0.5～1.0mm 为宜，它不会产生涡流现象。

(4) 机筒与排胶口（压出口）尺寸悬殊以及压出断面不对称时应开置适量排胶孔或开置多孔压出口，以免出现焦烧、自硫和机器部件、薄片口型模受损或变形，其结构形式如图 18-6 所示。

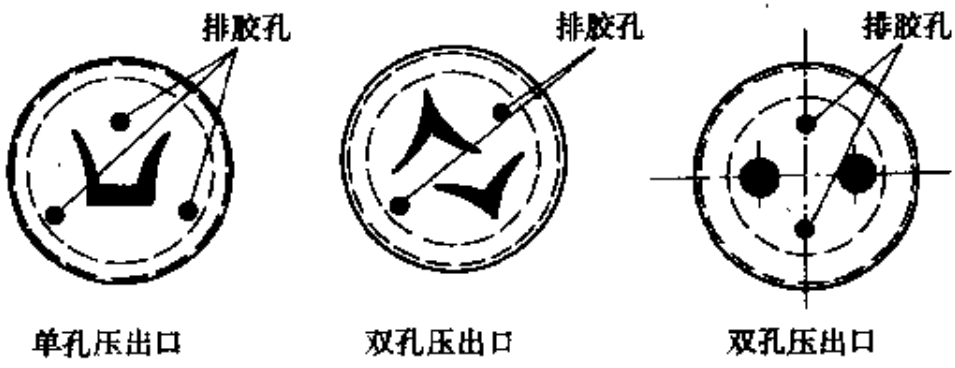


图 18-6　各种薄片压出口与排胶孔示意图

(5) 由于口型模拆装频繁，特别是制品形状复杂的口型模，膨胀

系数不易控制和掌握，须对口型模进行反复试验和修正。口型模装配应配有组装连接件（又称内外套筒）。

装配形式见表 18-6．组装连接件见图 18-8 和图 18-9。连接件螺纹宜选用粗牙为佳。

（6）口型模厚度越大，膨胀率越小；口型模厚度越小，膨胀率越大。在设计口型模时，不妨将口型模厚度放大以备压出半成品尺寸达不到要求时再作修正。在压出胶料硬度较高、形状复杂、加料困难；并有焦烧危险时，可采用较薄的口型模。但注意口型模强度与刚度。

18.3.2 设计步骤与方法

橡胶通过口型模后，由于压力消除，出现因弹性回复而膨胀、变形现象，促使型材断面积增大，并且因牵引和冷却收缩的关系，断面积也有缩小的趋势。这种膨胀和收缩的大小与橡胶种类、性质、机头温度、挤出速度、压力、口型模结构等有直接关系。目前膨胀率的理论计算尚未成熟、通常采用如下两种办法试制和生产。

理论计算与实际修正：形状简单的型材半成品（如胶管、胶棒、方形胶条等）口型模设计比较简单。口型模口径尺寸应比型材断面尺寸缩小一定的数值，这个缩小数值可按下式计算：

$$d=D-KD \tag{18-2}$$

式中 d——口型模口径，mm；

D——型材断面直径，mm；

K——压出膨胀率（查表 18-2 或经验数据）。

又如简单的矩形断面橡胶条的口型模设计，如图 18-7 所示因矩形尖角部位压出时摩擦力大，出胶速度慢，因而出胶量少，面中间部位压出时摩擦力小，出胶速度快，出胶量则大，这样由于同一时间内压出胶料，体积不等、膨胀不均，促使压出型材几何形状发生变化。

为了满足型材尺寸要求，在口型模设计时，必须考虑消除产品压出后因膨胀面产生的变形曲面。

图 18-7 中口型模腔曲面尺寸的确定，首先根据型材尺寸宽（H）、高（h）及压出膨胀率（K）（查表 18-2），确定口型模尺寸 A 和 B，使 $A=H-KH$，$B=h-Kh$，根据 A、B 确定 l 和 l_1，得出 o、R 和 o_1、R_1，

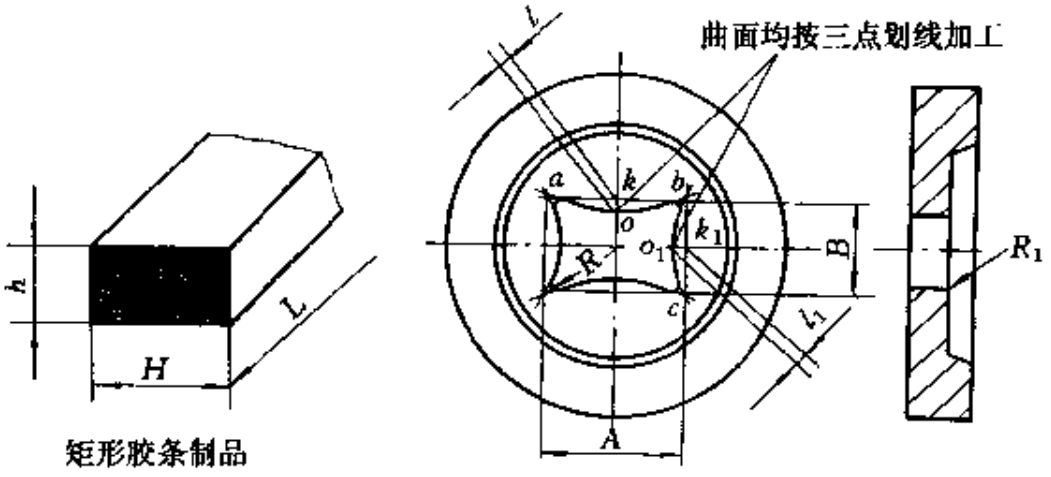


图 18-7　矩形断面胶条口型模结构

分别将 a、o、b 和 b、o_1、c 按三点划线作曲面过渡圆滑连接。根据经验 l 和 l_1 的确定主要决定于 B 的大小。

当 B 在 5mm 以下时；$l=0.3\sim0.5$mm

$l_1=0.2\sim0.3$mm

当 B 在 10mm 以下时；$l=0.5\sim0.8$mm

$l_1=0.3\sim0.6$mm

由于口型的尖角摩擦力大，影响出胶速度，所以在口型模设计时，应尽力消除尖角，一般可采用 $R=0.2\sim0.3$mm 连接，对压出口 R_1 处可适当放大，一般为 $R_1=1\sim1.5$mm，过大会造成加工困难。

对于宽度较大的矩形断面胶条，其宽度大大超过口型模直径数倍时，可采用在挤出机机头外径上，装置一套如图 18-8 所示的切割装置。其工作原理为：当胶管不断从挤出机机头压出时，胶管上侧在切割刀作用下一分为二，使压出的胶管成为致密度高、表面光洁、厚度均匀的胶片，可用于密封贴面、橡胶沿条以及各类预成型胶片生产。

18.3.2.1　口型备模选择法

对于简单形状口型模，如圆断面、方断面型材的口型模，由于它们压出的型材几何形状是不变的，所以，可以根据制品的具体尺寸和形状设计一整套合理的、系列化的口型模，以供常用型材压出选用，这样有利于提高工效、降低成本。

系列化口型模安装示意与结构尺寸如下所示。

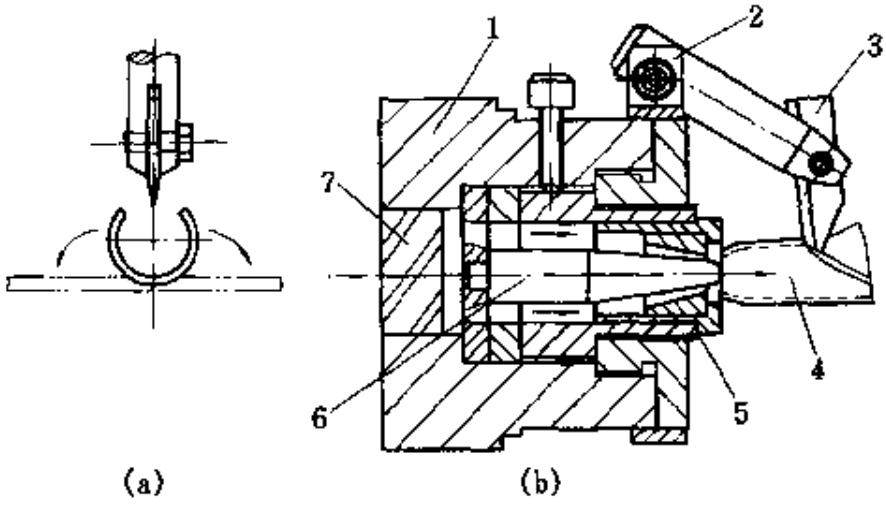


图 18-8 胶管切割装置

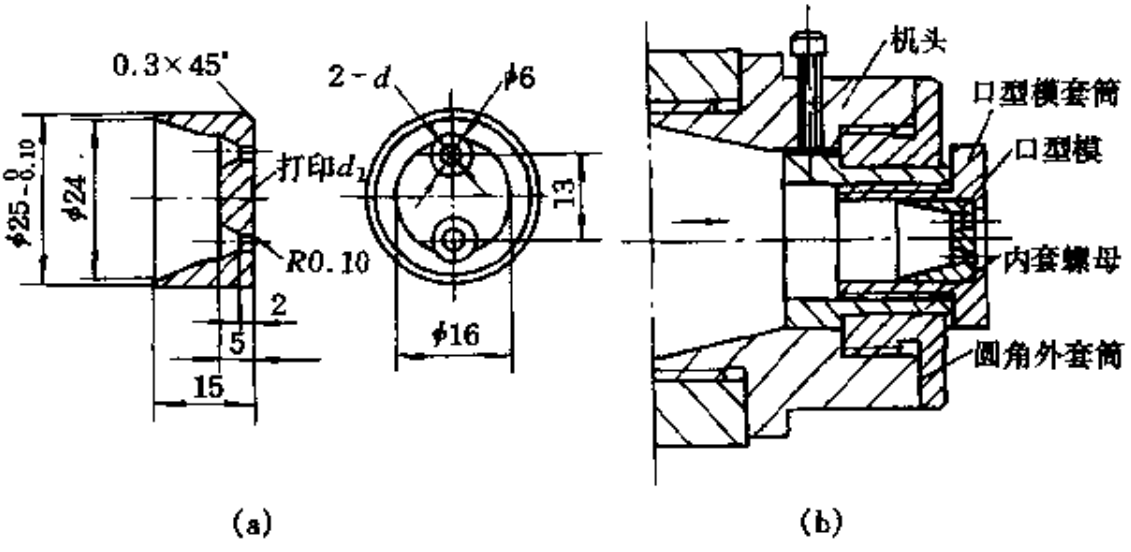
(a) 切割后胶管形状；(b) 胶管切割装置

1—机头；2—刀架箍管；3—刀片；4—胶管；

5—口型模；6—型芯；7—螺杆

表 18-6 为压出口口径 2～2.7mm 圆断面、双孔口型模安装示意与结构和尺寸系列。

表 18-6 圆断面双孔口型模安装示意与结构和尺寸系列



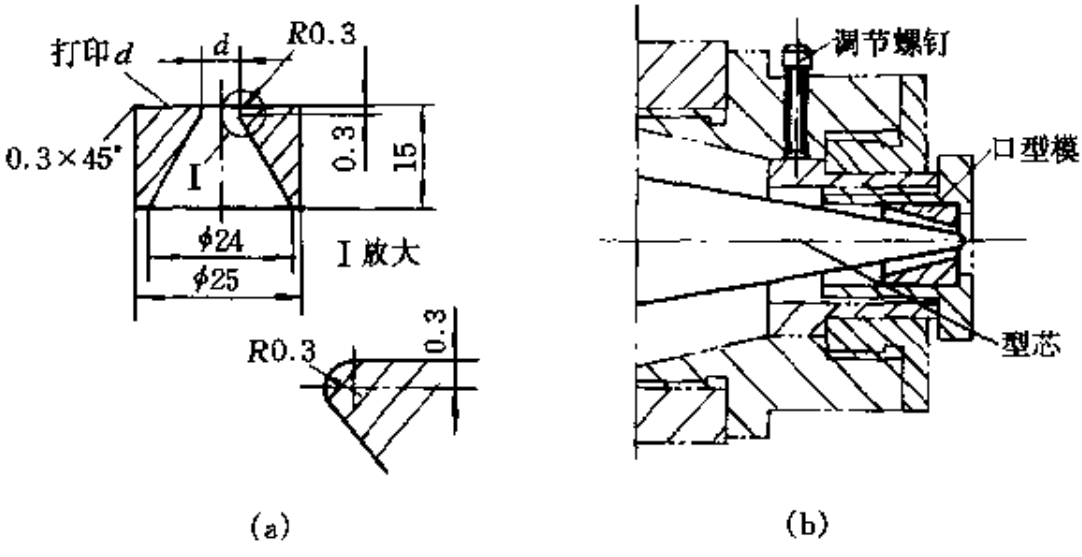
(a) 口型模结构；(b) 口型模安装

(安装于 XJ—G—30 机头)

续表

序号	口型模压出口直径（d）/mm	序号	口型模压出口直径（d）/mm	序号	口型模压出口直径（d）/mm
1	2	5	2.4	9	2.60
2	2.15	6	2.45	10	2.70
3	2.30	7	2.50		
4	2.35	8	2.55		

表 18-7　圆断面单孔口型模安装示意与结构和尺寸系列



（a）口型模结构；（b）口型模安装

序号	口型模压出口直径（d）/mm	序号	口型模压出口直径（d）/mm	序号	口型模压出口直径（d）/mm
1	2.6	11	3.30	21	3.80
2	2.65	12	3.35	22	3.85
3	2.70	13	3.40	23	3.90
4	2.75	14	3.45	24	3.95
5	2.80	15	3.50	25	4
6	2.85	16	3.55	26	4.1
7	2.90	17	3.60	27	4.2
8	2.95	18	3.65	28	4.3
9	3	19	3.70	29	4.4
10	3.15	20	3.75	30	4.5

续表

序号	口型模压出口直径（d）/mm	序号	口型模压出口直径（d）/mm	序号	口型模压出口直径（d）/mm
31	4.6	58	7.3	85	10
32	4.7	59	7.4	86	10.2
33	4.8	60	7.5	87	10.4
34	4.9	61	7.6	88	10.6
35	5.0	62	7.7	89	10.8
36	5.1	63	7.8	90	11
37	5.2	64	7.9	91	11.2
38	5.3	65	8.0	92	11.4
39	5.4	66	8.1	93	11.6
40	5.5	67	8.2	94	11.8
41	5.6	68	8.3	95	12
42	5.7	69	8.4	96	12.2
43	5.8	70	8.5	97	12.4
44	5.9	71	8.6	98	12.6
45	6.0	72	8.7	99	12.8
46	6.1	73	8.8	100	13
47	6.2	74	8.9	101	13.2
48	6.3	75	9.0	102	13.4
49	6.4	76	9.1	103	13.6
50	6.5	77	9.2	104	13.8
51	6.6	78	9.3	105	14
52	6.7	79	9.4	106	14.2
53	6.8	80	9.5	107	14.4
54	6.9	81	9.6	108	14.6
55	7.0	82	9.7	109	14.8
56	7.1	83	9.8	110	15
57	7.2	84	9.9		

注：本表圆断面包括胶管、胶绳。加工胶绳时取掉型芯即可。

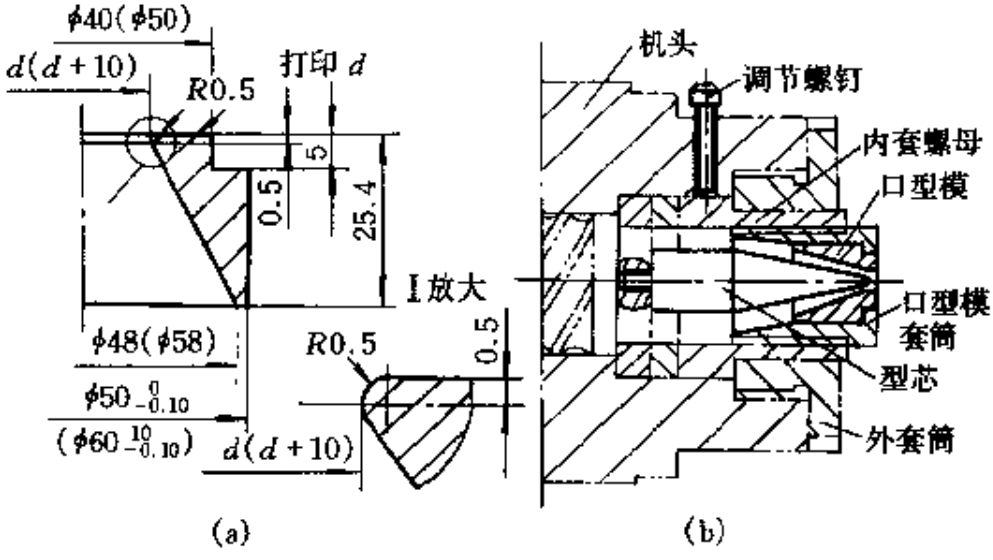
表 18-7 为压出口口径 2.6～15mm 圆断面、单孔口型模安装示意与结构和尺寸系列。

表 18-8 为压出口口径 13～26mm 圆断面、单孔口型模安装示意与结构和尺寸系列。

表 18-9 为压出口（2.4～5.5）mm×5.5mm 方形断面单孔口型模

安装示意与结构和尺寸系列。

表 18-8　圆断面单孔口型模安装示意与结构和尺寸系列



(a) 口型模结构；(b) 口型模安装示意图

(安装于 XJG　85A 机头)

序号	口型模压出口直径 (d) /mm	序号	口型模压出口直径 (d) /mm	序号	口型模压出口直径 (d) /mm
1	13	17	16.2	33	19.4
2	13.2	18	16.4	34	19.6
3	13.4	19	16.6	35	19.8
4	13.6	20	16.8	36	20
5	13.8	21	17	37	20.2
6	14	22	17.2	38	20.4
7	14.2	23	17.4	39	20.6
8	14.4	24	17.6	40	20.8
9	14.6	25	17.8	41	21
10	14.8	26	18	42	21.2
11	15	27	18.2	43	21.4
12	15.2	28	18.4	44	21.6
13	15.4	29	18.6	45	21.8
14	15.6	30	18.8	46	22
15	15.8	31	19	47	22.2
16	16	32	19.2	48	22.4

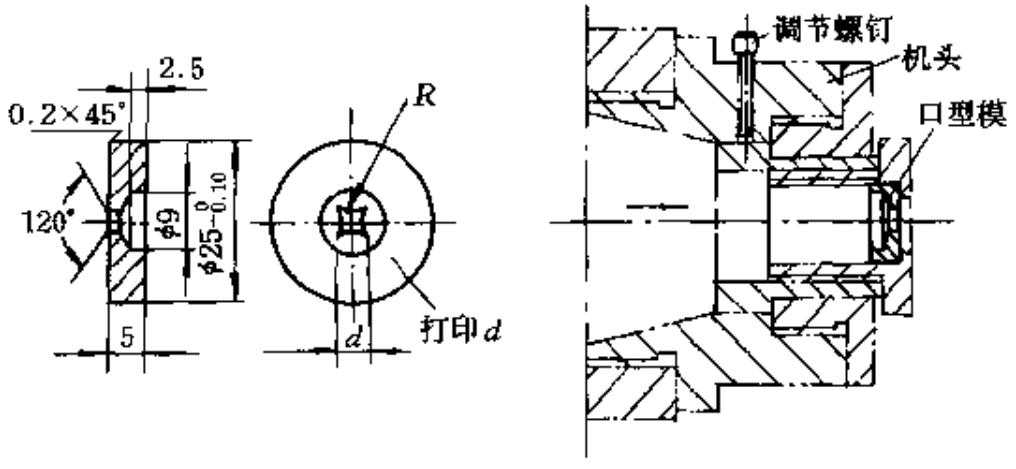
续表

序号	口型模压出口直径（d）/mm	序号	口型模压出口直径（d）/mm	序号	口型模压出口直径（d）/mm
49	22.6	55	23.8	61	25
50	22.8	56	24	62	25.2
51	23	57	24.2	63	25.4
52	23.2	58	24.4	64	25.6
53	23.4	59	24.6	65	25.8
54	23.6	60	24.8	66	26

注：1. 本表图断面包括胶管、胶绳。加工胶绳（棒）时取掉型芯即可。

2. 表图口型模结构中有两种结构尺寸，带有（ ）者为另一种结构尺寸，其余相同。

表 18-9 方形断面单孔口型模安装示意与结构和尺寸系列



(a) (b)

（a）口型模结构；（b）口型模安装

（安装于 XJG—30 机头）

序号	口型模压出口直径（d）/mm	序号	口型模压出口直径（d）/mm	序号	口型模压出口直径（d）/mm
1	2.4	4	4	7	5.5
2	3	5	4.5	8	6
3	3.5	6	5	9	6.5

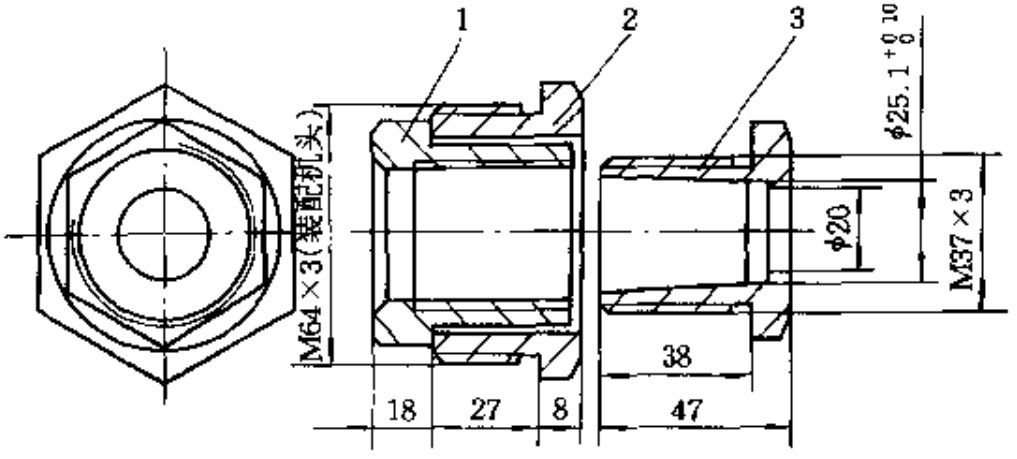
注：1. $d=R$。

2. 使用时由于工艺条件不同，压出的方形胶条如有不规则现象，可按具体要求修正口型模或工艺条件。

表 18-6～表 18-9 口型模安装示意与结构和尺寸系列有以下几点补充说明：

(1) 口型模内腔与压出口表面粗糙度为$\sqrt{1.6}$、其余为$\sqrt{3.2}$。

(2) 表 18-6、表 18-7 安装示意图中所示的圆角外套筒、内套螺母、口型模套筒如图 18-9。



技术要求

1. 锐角倒钝
2. 材料 45#钢，调质 HRC32～38
3. 粗糙度全部 R_a 3.2

图 18-9 压出机组装连接件

1—内套螺母；2—六角外套筒；3—口型模套筒

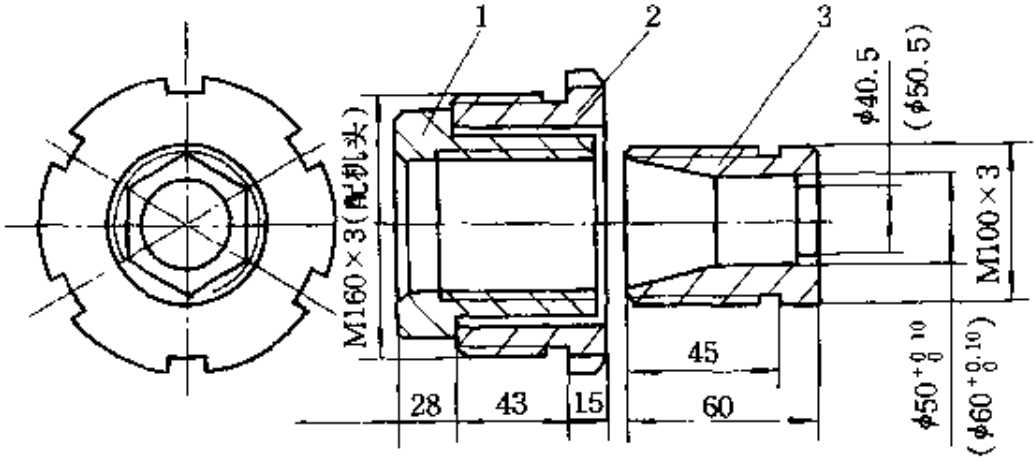
(3) 表 18-8 安装示意图中所示的内套螺母、外套筒口型模套筒结构尺寸如图 18-10 所示。

(4) 测量压出时的型材口型大小可用塞规检测，塞规结构尺寸见表 18-10 所示。

18.3.2.2 口型备模选择举例

首先在规定的操作条件下（压出工艺），选择一个较近似的口型备模，用规定的胶料压出一段坯料，计算其膨胀率，而后按获得的膨胀率选用或计算更近似的口型备模，并在操作过程中调整近似压出口径。

例如：生产一件型材外径为 10mm，壁厚为 1.5mm，胶料硬度为邵氏 64 度，选用适宜口型备模可参照下述两种方法。



技术要求

1.锐角倒钝 2.材料45#钢,调质HRC32～38 3.粗糙度全部 R_a3.2

图 18-10 压出机组装连接件

[口型模套筒为两种尺寸规格，图中带（ ）尺寸为另一种规格尺寸]

1 内套螺母；2—外套筒；3—D型模套筒

（1）可先查表 18-2，如选择压出膨胀率 K 为 15%，型材压出时，型材实际尺寸 10mm 外径应缩小 15%，为 8.5mm，即为口型模压出口口径尺寸。这样可在表 18-7 中查出压出口口径 $d=8.5$mm，作为第一次压出口型模。

（2）用规定工艺条件压出一段坯料，计算其膨胀率。例如：按上述生产的型材，将经验估计的口型备模取直径为 8.2mm，压出一段胶坯，测量其膨胀后的外径为 9.43mm，按压出膨胀率计算公式（下式）计算膨胀率 K：

$$K=\frac{D_1-d}{d} \tag{18-3}$$

式中 K——膨胀率；

D_1——坯料外径，mm；

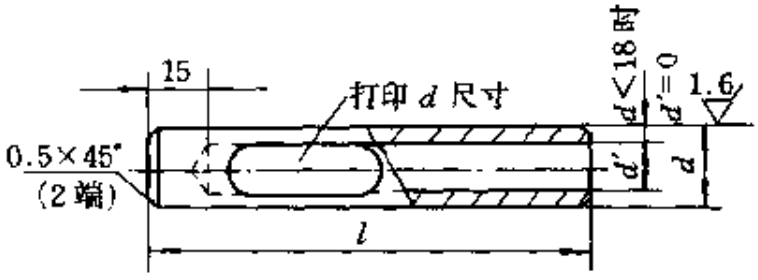
d——口型模口径，mm。

代入上式得 $K=\frac{9.43-8.2}{8.2}=0.15$ 即 15%

求得膨胀率为 15%，代入式（18-2）得口型模口径

$$d=10-\frac{15}{100}\times10=8.5\text{mm}$$

表 18-10　测量型材口径备用塞规结构及尺寸



序号	长度(L)/mm	直径(d±0.05)/mm	序号	长度(L)/mm	直径(d±0.05)/mm	序号	长度(L)/mm	直径(d±0.05)/mm
1		4	13		13	25		24
2		4.5	14		14	26		25
3		5	15		15	27		26
4	80±1.5	6	16	80±1.5	16	28		27
5		7	17		17	29		28
6		7.5	18		17.5	30		29
7		8	19		18±0.10	31	100±2	30
8		9	20		19±0.10	32		31
9		9.5	21		20±0.10	33		32
10		10	22		21	34		35
11	80±1.5	11	23	100±2	22	35		38
12		12	24		23	36		40

注：1. 材料为 45 号钢。

2. 热处理 HRC42～48。

3. 表面镀铬 0.005～0.011。

4. d>18 时，两端倒角 1.5×45°，壁厚为 6。

型材压出后因膨胀尺寸增大，内径因壁厚膨胀而变小，因此在设计型芯时，型芯直径尺寸应比型材内径尺寸大一些。如型材内径尺寸为 D_2，型芯直径尺寸为 d_2，胶料膨胀率为 K。求型芯直径可按下式计算：

$$d_2=D_2+KD_2 \tag{18-4}$$

型芯的长度尺寸和螺纹连接应按压出机头配制，多数型芯与支架是连接在一起的，压出口顶端部位呈圆锥形，可以与压出成型模之间

通过调节螺钉，调整压出间距或同轴度（调节范围约在 2mm 左右），它可弥补理论计算，经验估计所获得的近似值，予以修正误差。

在压出过程中，为避免较软、较薄的空心胶管或型材压出后内壁粘合或变形、在型芯中心部位可开设喷孔，外接导管，以便在压出过程中喷洒滑石粉或压出后配制的定径长型芯，硫化后，利用压缩空气喷嘴对准胶管内壁吹胀、拉拔而取出超长型芯。

对于较硬、较厚的空心橡胶型材压出，除了冷却中表面沉浸在带有滑石粉水槽中通过，使表面不予粘合外，蒸缸硫化时可以放在带有冷水料盘中，并给胶管内部充满冷水不使胶管浮上来，这样可获得合格的制品。

18.4 口型模安装与调试

18.4.1 口型模的操作、调试要点与工艺要求

（1）除了冷压出工艺外，胶料必须热炼与充分预热，不然会出现压出物膨胀率不均的问题。机头温度太低时也会出现这类现象。

（2）除胶料焦烧外，压出物表面不光滑时，第一可检查压出口型模表面粗糙度（凡接触橡胶表面粗糙度一般为 R_a1.6 以下，其余可取 R_a3.2），第二可检查加热口型部位，如果加热后仍不见效，说明跟胶料或炭黑品种有关，需要按情况调整软化剂品种与用量。

（3）压出物大小尺寸应与所用压出机规格相适应（参见表 18-4、表 18-5 规定）。

（4）对于不对称、排胶口太小或压出的形状虽大而壁薄的制品口型模，应加设流胶孔或多孔压出口，并应加强口型模的刚度（橡胶压出模具所选用的材料一般为 45 号钢、淬火硬度为 HRC（36～42）。淬火硬度不宜太高，否则给修正口型尺寸时带来加工困难。

（5）压出型材过程中，供料能力应基本上与压出机压出能力一致，不允许出现供料脱节，更不允许出现断断续续供料情况，否则会造成压出物时大时小，不易控制膨胀率。

18.4.2 口型模的安装与调试

压出口型模一般可以分成圆柱形和圆柱扁平形两大类，前者较多

用于简单型材压出或模压需用的预成型半成品胶坯；后者（扁平形）用于复杂的型材压出。如图 18-17～图 18-20 所示。

用于压出空心制品的口型模与带有支架型芯配合使用装置，它由口型模、型芯及支架三个部件组成，如图 18-11 所示。

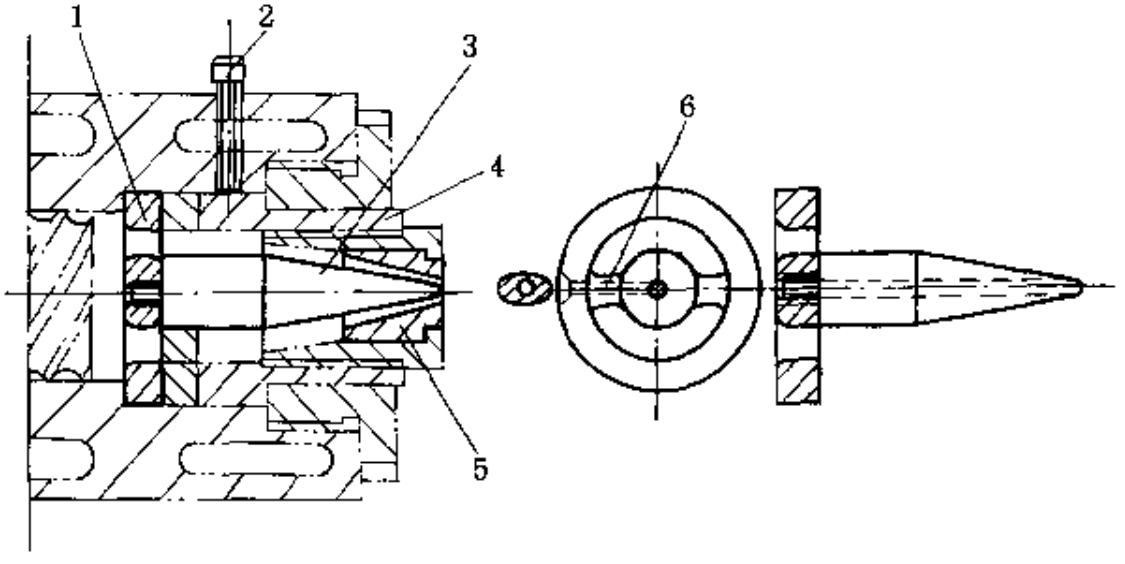


图 18-11　支架、型芯、口型模结构示意图

1—支架；2—调节螺栓；3—型芯；

4—内套螺母；5—口型模；6—连接肋

为了拆装、调试方便，压出机头中配有双套内外螺纹压出调节、拆装、调试连接件，如图 18-9、图 18-10 以及调节内套螺母调节螺钉，如图 18-11。

18.4.2.1　型芯与支架

型芯有两种结构形式：一种是带中心孔结构，它与支架加强筋外接孔相通，压出时利用压缩空气吹入滑石粉，使空芯制品内壁保持不粘合状态；另一种是无孔结构，用于压出胶料硬度较高或厚壁制品。

型芯带螺纹一端与支架连接，支架起固定型芯作用，它与机头内孔配合定位，多数支架由 2～3 条椭圆形连接筋（又称加强筋）支撑，新型的支架只有一条连接筋支撑，它有简化结构、出胶阻力小、成型好的优点，但支架必须强度高，压出型材品种少，二条连接筋支撑支架如图 18-11 中 6 号件所示。

型芯与支架调节可采用两种方式：一种是用三根螺栓直接调节中部如图 18-11 中 4 号件内套螺母；另一种由螺栓通过对支架或口型模套筒的调节，获得压出件同轴度符合要求。

18.4.2.2　口型模的安装、调试

口型模结构简单、压出实芯型材时，只要把口型模装入口型模套筒内，拧入内套螺母中即可试车压出型材，压出膨胀率、压出口型备模选用如前所述。

压出空心型材时，机头中必须装上带型芯支架。尺寸偏移（同轴度）可由调节螺栓调节。由膨胀引起的尺寸变化除调换口型模具外，少量尺寸偏差可以调节口型模套筒螺距（调节距离应保证螺纹连接强度许用范围，一般不超过螺纹总长 1/3），口型模套筒离型芯距离越远，压出的型材壁越厚，内径越小；反之口型模离型芯距离越近型材壁越薄，内径越大，如图 18-11 所示（按结构而论）。

对于形状复杂、尺寸变化大（壁厚悬殊）、出胶间距不等的制品，会造成压出成形困难，如图 18-12（a）所示制品。假如按制品几何形状和尺寸设计相同形状、尺寸的口型模，如图 18-12（b）所示，则压出时的制品会出现如图 18-12（c）所示膨胀变形的情况，它不但改变了制品的几何形状，甚至在压出过程中使压出的型材弯曲而造成无法成型的结果，如图 18-12（b）所示。

出现这种现象的主要原因是：由于制品的壁厚不均，造成出胶间距不等、摩擦阻力相差较大及出胶量不均。

所以在设计类似压出口型模具时，应尽量使出胶间距保持均匀。在考虑膨胀所引起的尺寸变化时，对于制品中大的尺寸（断面）可取其下限公差尺寸，小的尺寸应取其上限公差尺寸，或者在口型模较小部位开设流胶孔，如图 18-6，最大限度促使胶量均匀。

此外，对压出过程中的质量问题与原因分析有如下几点。

（1）半成品表面不光滑　机头温度低，致使表面出现麻面；胶料产生局部焦烧；牵引速度慢；胶料预热不均或返回胶掺炼不均；压出速度过快等。

（2）焦烧　胶料配合不当，致焦烧时间太短；机头温度过高。

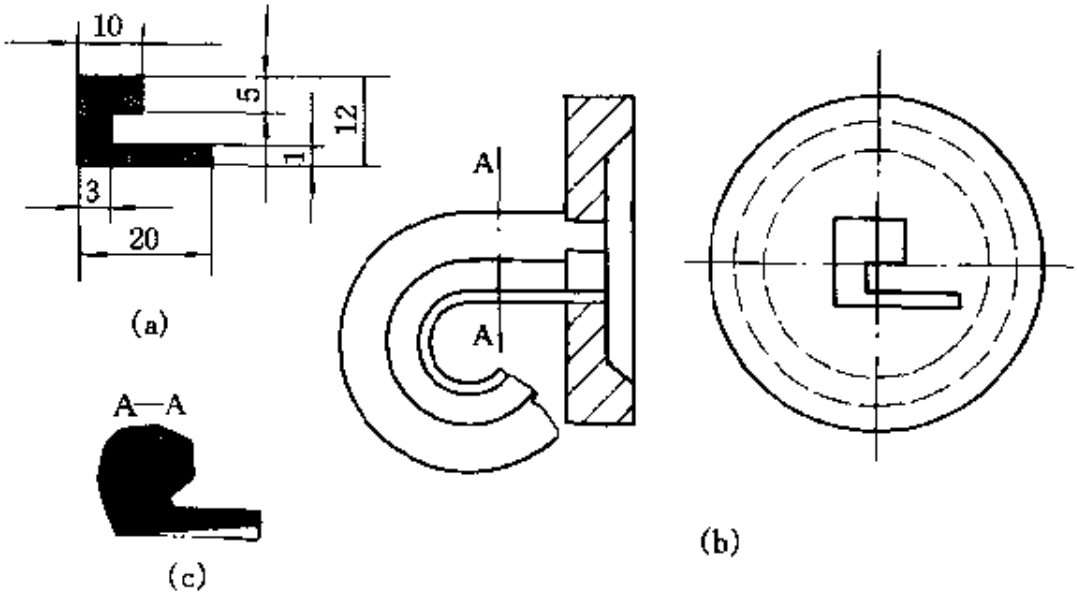


图 18-12　制品壁厚悬殊与口型模

(a) 壁厚悬殊型材；(b) 按制品形状设计（不合理）口型模；

(c) 压出形状与弊病

(3) 起气泡或海绵状　压出速度过快，使胶料中的空气来不及排出；原材料含水分或挥发物太多；机头温度过高；供胶不足。

(4) 条痕裂口　胶料含有杂质或自硫胶粒；口型模或型芯表面粗糙。

(5) 半成品规格不准确　如厚度不足或太大，主要是机头和机身温度过高或过低。如宽度不足或太大，主要原因是由于牵引速度过快或过慢。厚度不均主要是由于型芯偏位或口型模没装好。

(6) 管状制品严重变形或粘合　胶料硬度过低；外径与壁厚比例失调；无水冷却隔离剂与喷洒滑石粉工艺装置。

口型模调试除上述几点外，还应根据不同胶种，不同压出工艺等多种因素相互协调，才能压出合格的制品。

几种常用橡胶的压出工艺特性如下。

(1) 天然橡胶　天然橡胶的压出速度比合成橡胶快，压出后半成品的收缩率较小，压出温度一般机身部位为 50～60℃，机头为70～80℃，口型为 85～95℃。

(2) 丁苯橡胶　丁苯橡胶由于可塑性低、弹性大，压出速度较慢，压出后收缩变形比天然橡胶大，表面较粗糙。压出温度通常机身部位为 40～50℃，机头为 70～80℃，口型为 90～100℃。

(3) 顺丁橡胶　顺丁橡胶压出性能好，接近于天然橡胶，但收缩率比天然橡胶大。

(4) 氯丁橡胶　氯丁橡胶的热炼操作与天然橡胶不同，不需要进行充分热炼，只要均匀加热使之软化即可。压出时要注意利用氯丁橡胶的弹性态温度范围，一般采用机筒部位为 40℃左右，机头部位约为 60℃，口型部位约为 70℃。压出后应充分冷却。

(5) 乙丙橡胶　乙丙橡胶比一般橡胶容易压出，速度快、收缩小。但要掌握好胶料的门尼粘度，通常门尼粘度以 40～60 为佳。压出时要控制好温度，一般采用口型温度 90～140℃，机头温度 80～130℃；机身温度 60～70℃。

(6) 丁基橡胶　丁基橡胶比天然橡胶压出困难，压出速度缓慢，压出后断面膨胀大。丁基橡胶压出发热量大，要严格控制压出温度，以免焦烧，压出半成品应迅速冷却。

(7) 丁腈橡胶　丁腈橡胶压出性能差。加入适当的填充剂和润滑性的软化剂能改善压出性能。胶料压出之前需进行充分预热回炼，压出温度一般采用机身温度 40～50℃，机头温度 60～70℃，口型温度 80～90℃。

18.4.3　部分型材压出方法

图 18-13 所示的常用型材各种断面结构，这些型材在压出时虽经冷却，但由于硫化时加压、加热，橡胶处于变软状态，易于变形和粘合。为了不让变形和粘合，一般采用轻金属支架支撑，有条件的工厂可改制压出机头垂直压出或采用远红外、盐浴、微波和电加热等硫化设备，以便快速硫化、定型。如图 18-14 所示的常用橡胶型材电加热一条龙硫化装置，图 18-15 所示的硅橡胶型材盐浴加热一条龙硫化装置，图 18-16 所示的氯丁橡胶海绵盐浴加热一条龙硫化装置，在压出实践中收到了良好的经济效果。特别是连续硫化氯丁橡胶海绵型材产量高、质量好，并能克服模压法不能压制的空心、异形海绵型材，因为氯丁

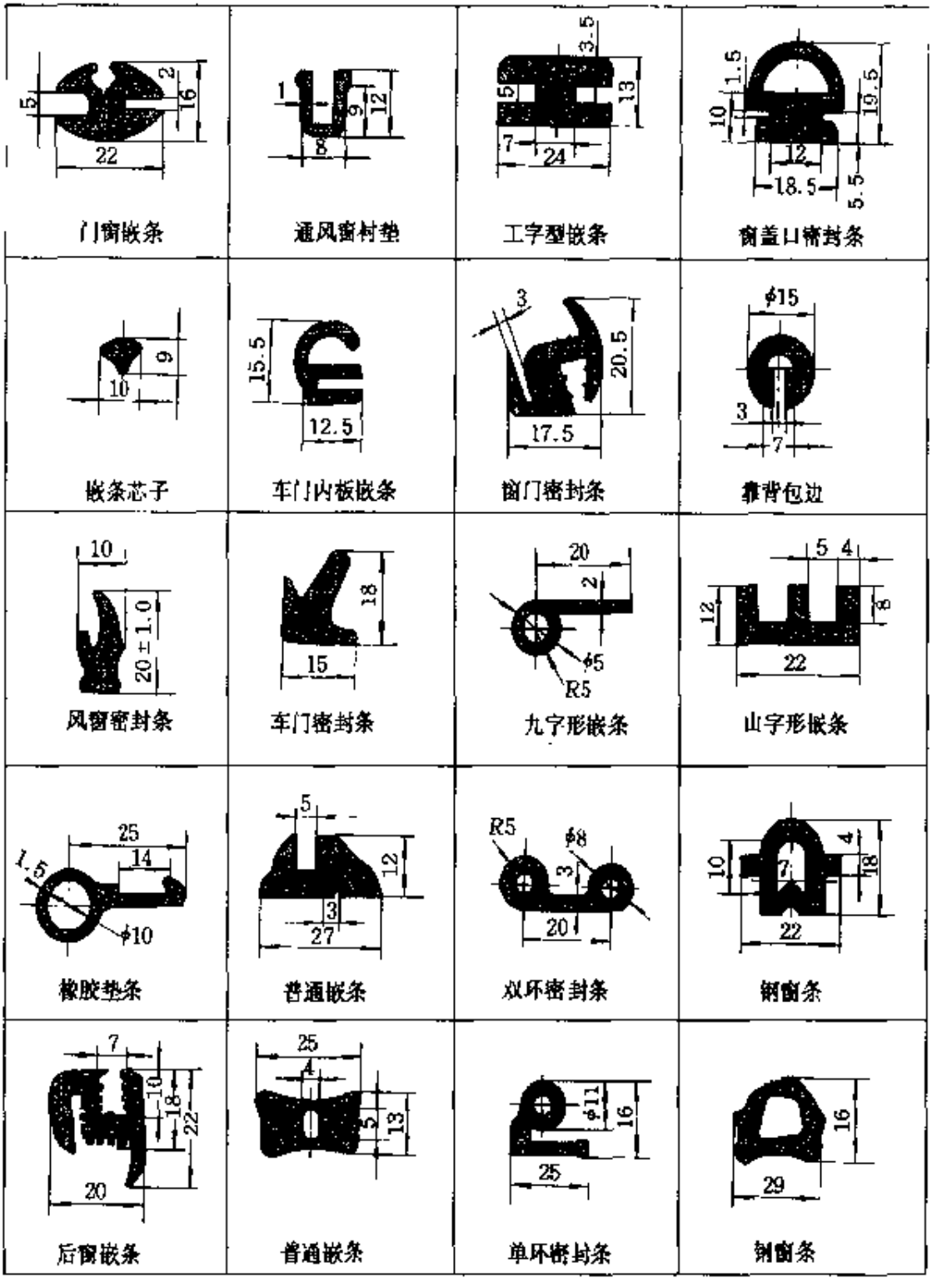


图 18-13　部分常用型材断面结构

海绵橡胶型材的硫化速度很快，所以前期硫化时间很短，121℃温度下提高 10 个硫化点大约需要 2～4min，这种快速硫化的胶料生产可以用普通

机器混合成形。全部工艺过程要精确控制，使胶料不要长时间存放。在胶料中加入促进剂之后，8h 内要进行压出，否则存放时应有冷却装置。

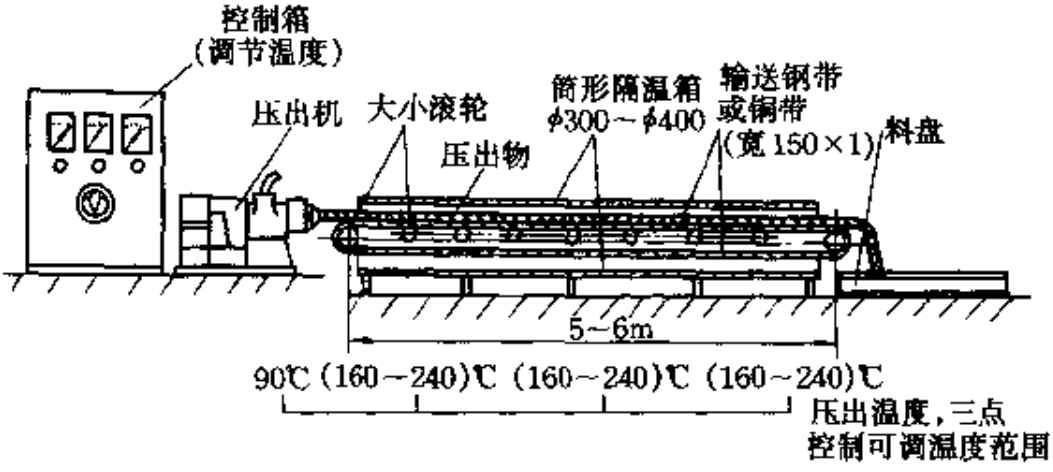


图 18-14　电加热一条龙硫化示意图

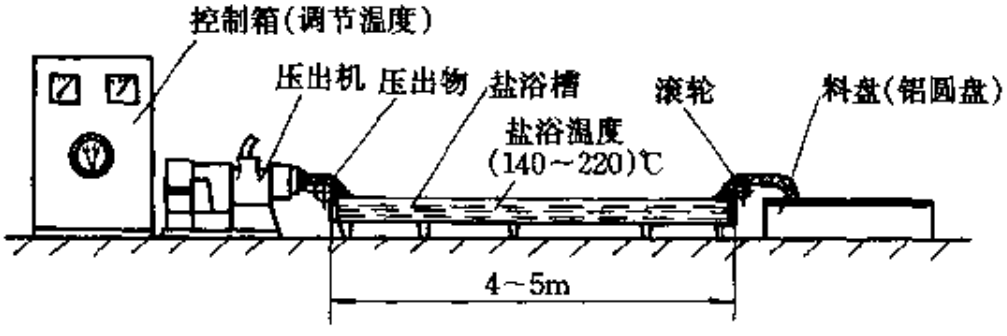


图 18-15　硅橡胶盐浴加热一条龙硫化装置示意图

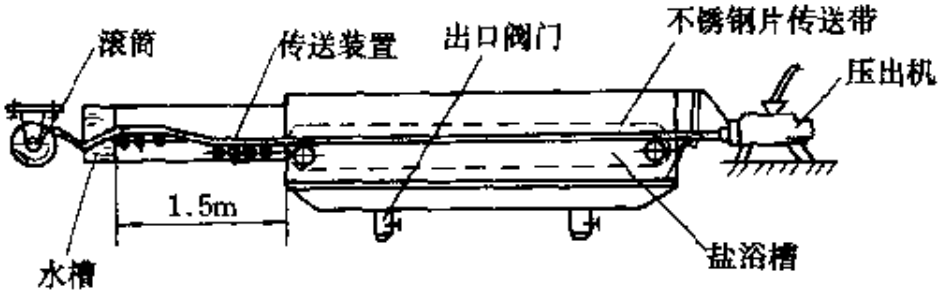


图 18-16　氯丁橡胶海绵盐浴加热一条龙硫化装置示意图

18.5　口型模的典型结构

在生产实践中，口型模的结构很多，下面介绍几种典型结构，供参考选用。

图 18-17 为窗嵌条压出口型模结构。

图 18-18 为夹管保护嵌条压出口型模结构。

图 18-19 为斜山形防尘密封嵌条压出口型模结构。

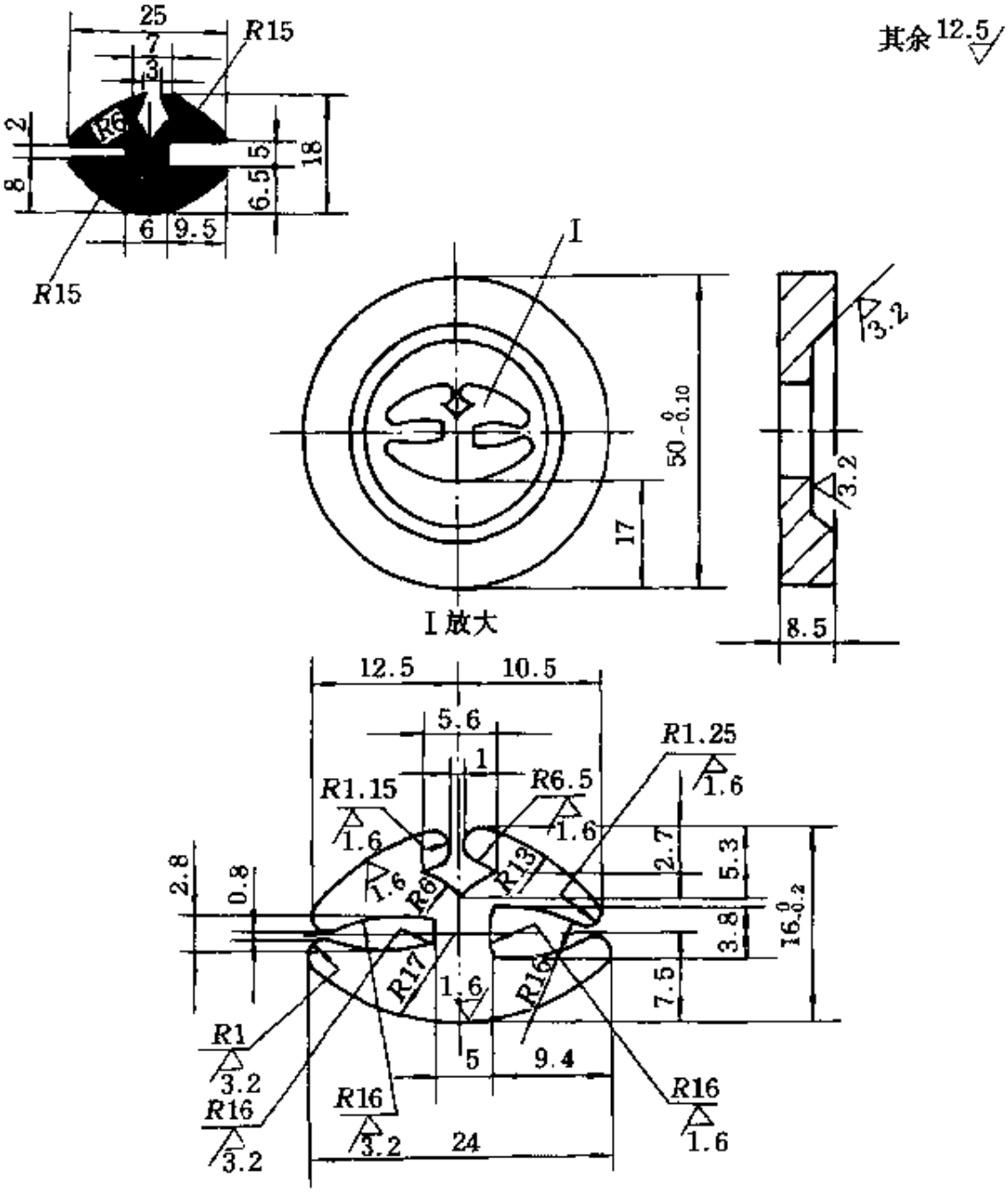


图 18-17 窗嵌条压出口型模结构

材料：45#钢 热处理：HRC38～42

图 18-20 为单环 9 字形密封嵌条压出口型模结构。

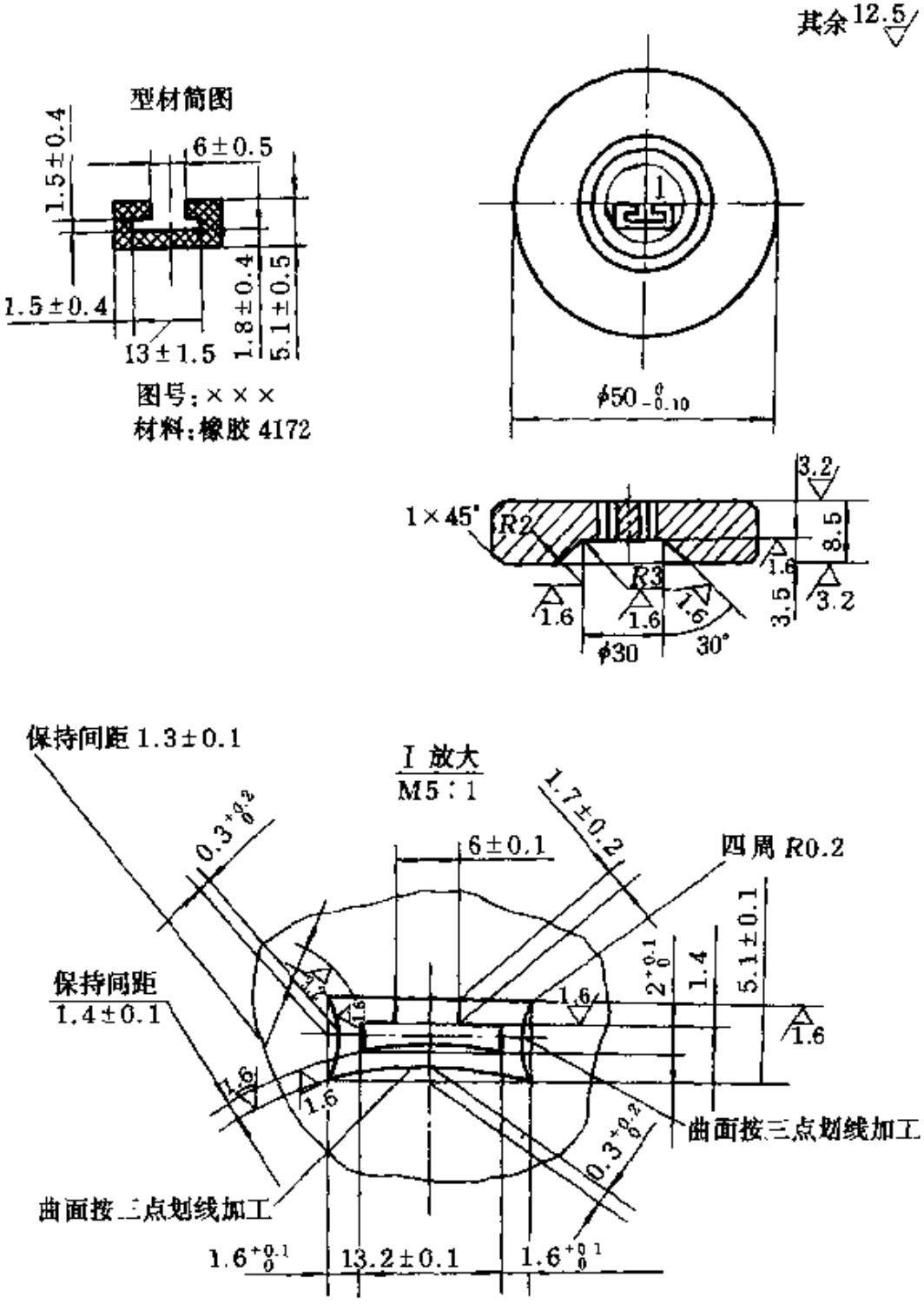


图 18-18　夹管保护嵌条压出口型模结构

材料：45#钢　热处理：HRC38～42

由于压出膨胀和收缩的大小与橡胶种类、性质、机头温度、挤出

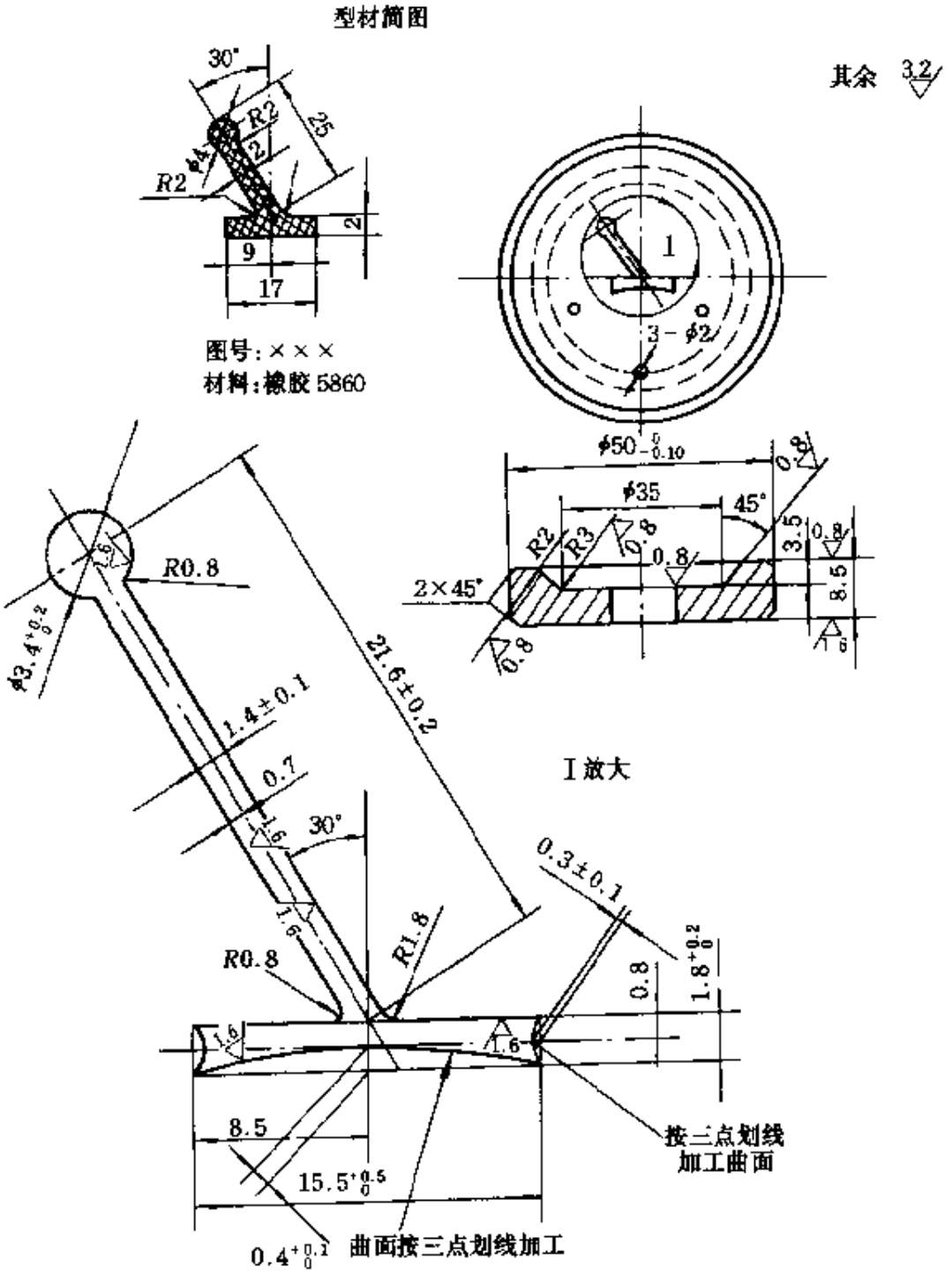


图 18-19　斜山形防尘密封嵌条压出口型模结构

速度、压力以及口型模结构都有直接关系，故所示典型结构仅供首批模具参考。试样时按制品尺寸要求反复修正口型模，直至压出合格的型材。

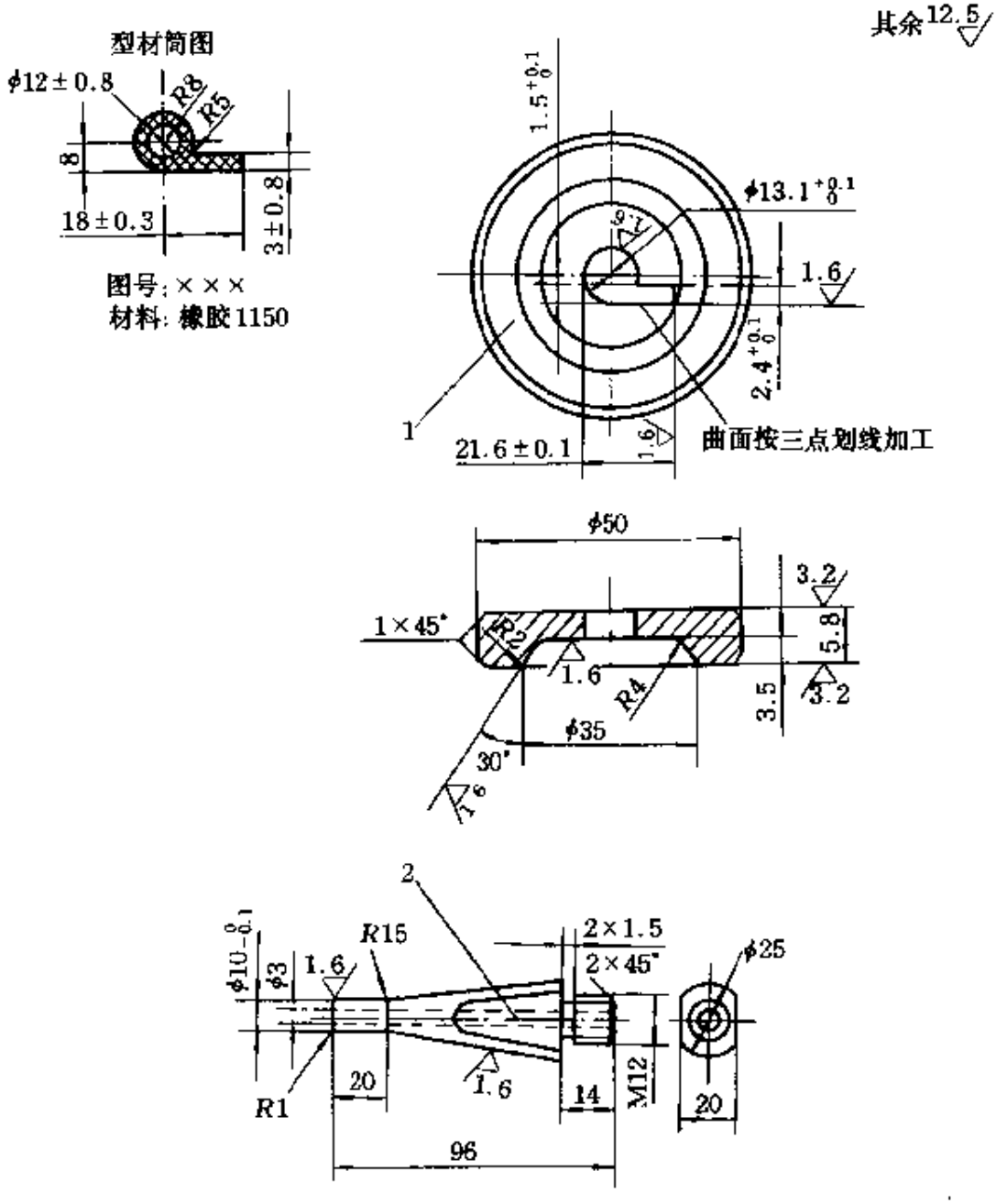


图 18-20　单环 9 字形密封嵌条压出口型模结构

第十九章　实用橡胶制品脱模方法

一般说，橡胶模压制品都要通过相应的模具来进行成型加工。一件橡胶制品从模具模腔或模芯中取出，俗称脱模。脱模是模压制品硫化工艺过程中关键工序之一，它直接影响到制品质量和工效高低。脱模与模具结构、操作方法、熟练程度以及胶料强度、硬度有关。一副结构合理的模具，如使用同一胶料、采用同一工艺路线，由于操作人员熟练程度与方法不同，获得的脱模效果差距较大；此外，模具设计者的愿望、要求与实际效采有时也有一定的距离。为了缩短差距、提高工效，本章详细阐述实践中有关各种脱模形式与方法，供模具设计者、操作者、工艺员借鉴。

橡胶具有独特的高弹性和优异的伸长率，它与塑料、电木、瓷器制品在脱模形式上有所不同。图 19-1 所示的一件极简单矩形密封圈模具，当断面尺寸 W 小于高度尺寸 h 时，制品是难以取出的，特别是硬度超过 70 度（邵尔）的橡胶制品更难从模腔中取出，很多民用厂用钢针插入制品挑出，但密封制品与军工制品是不允许用钢针插入制品的，它会影响使用密封效采，导致泄漏事故隐患。又如图 19-2 制品与模具，两者结构都很简单，由于多孔模芯牵制影响，制品很难从下模中取出，如果强制取出，变形严重、造成装配孔距误差大，无法用于生产。

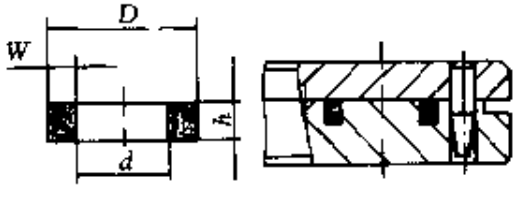


图 19-1　矩形圈与模具

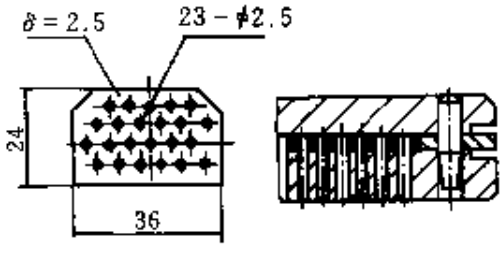


图 19-2　垫片与模具

下面介绍几种合理的脱模方法与注意事项。

19.1 手工脱模

手工脱模是橡胶制品从模腔与模芯上取出制品最典型、最常用的方法之一。手工脱模方法也适用于一般难度较高橡胶制品，如小型防尘套、烟斗形护罩、L形大小胶管、I形镶圈、热水袋以及硬度较高的橡胶轴承、胶套等。这些制品的特点是：口形小、外径大，若采用机械脱模，工装复杂、成本高，一般多采用手工强制剥离方法脱模。

19.1.1 小型防尘套制品脱模方法

手工脱模法劳动强度大，与操作熟练程度有密切的关系，如图19-3制品与模具，如操作不熟练，制品脱模很困难，往往造成破裂，并很吃力。有人想把模具中的模芯加工成可分离镶块结构（如图19-6所示的防尘罩模具），实际上效果不佳，因模芯外形较小、操作时温度又高（150℃左右），操作者为了隔热，双手需套上双层纱手套拆装高温模芯；另外由于模芯外形小而精度高，定位镶块螺纹强度不够，易造成橡胶钻缝或螺钉弯曲和断裂，无法用于长期生产。改进办法，还是采用整体模芯，手工强制剥离。

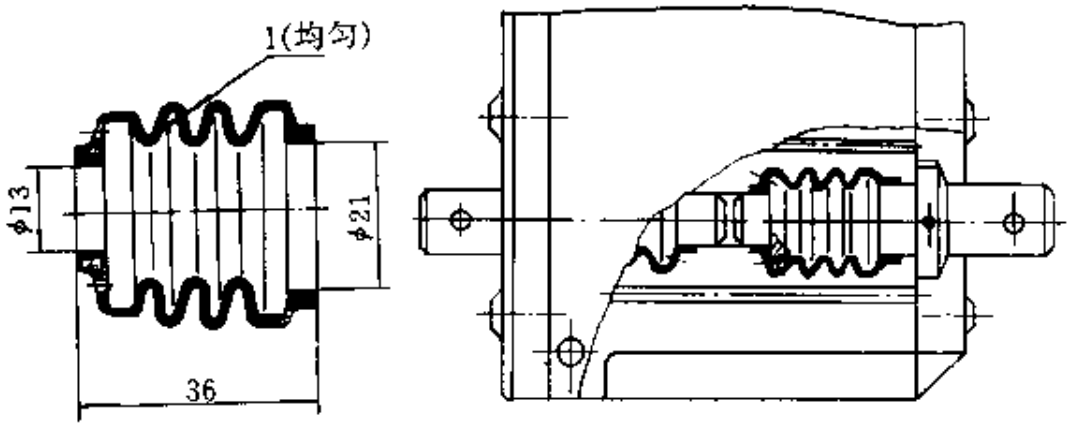


图19-3 防尘套与模具（一）

手工强制剥离操作方法如下：当图19-3模具打开后，取出模芯，在大口一端插入铜杆，灌入适量肥皂水（3∶7），快速旋转一圈让肥皂水渗透至内部起隔离作用，在橡胶尚未冷却之前快速强制剥离。其关键

在于速度快，即熟练程度，如速度缓慢，橡胶冷却收缩变硬，较难强制剥离模芯。该类各种大小防尘罩，为了手工脱模方便，其模具结构可按图 19-4～图 19-6 所示参考设计。

图 19-3～图 19-6 防尘套制品以及其他形状防尘套，凡采用手工脱模方法，模具结构可遵循如下几条规则，以利于手工脱模和模具规范化。

(1) 采用整体模芯规定（如图 19-3）

a. 防尘套外径<50mm；b. 胶料硬度<60（邵尔），扯断伸长率>300%；c. 壁厚<1.5mm；d. 防尘套外径与其中一端大的口径之比<3∶1。

(2) 采用圆片模芯规定（如图 19-4）

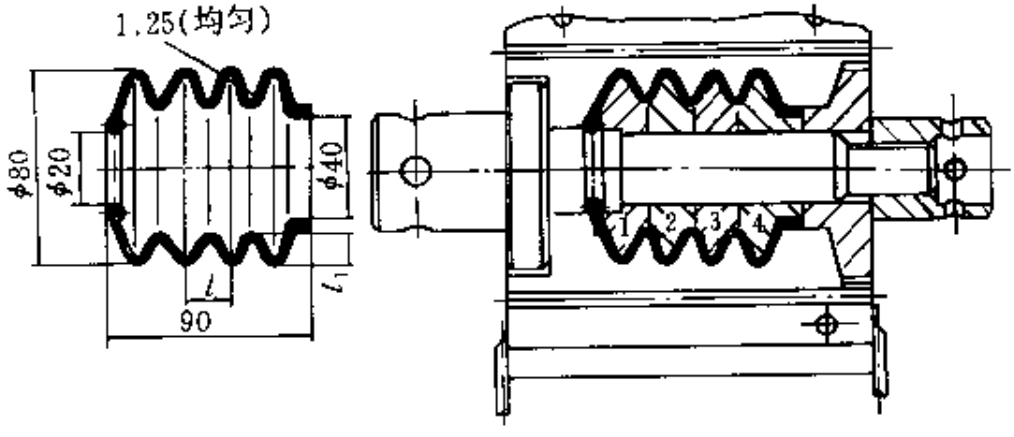


图 19-4 防尘套与模具（二）

a. 防尘套外径>50mm；b. 胶料硬度<65（邵尔），扯断伸长率>300%；c. 壁厚>2mm；d. 外径与大口径之比<3∶1；e. 节距 l>6mm 或 l∶l_1>1。

(3) 采用局部整体模芯规定（如图 19-5）

其一：a. 胶料硬度<70（邵尔），扯断伸长率>300%；b. 壁厚<2mm；防尘套外形成锥形，其圆锥度>20°或 l∶l_1>1。

其二：a. 制品外径>50mm；b. 胶料硬度<65（邵尔）；扯断伸长率>300%；c. 壁厚<1.5mm；d. 圆锥度>15°；e. 节距 l>6mm 或 l∶l_1>1；f. 大口径处为薄壁形状或 L 为短距离结构。

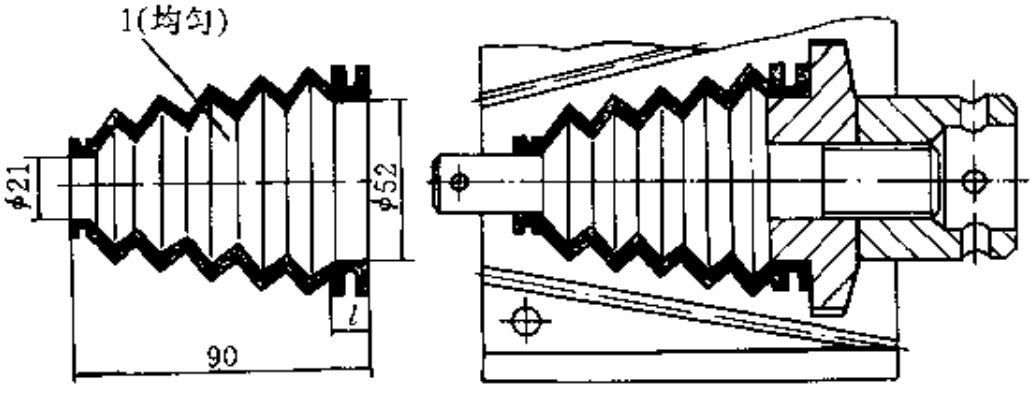


图 19-5　防尘套与模具（三）

（4）采用镶块模芯规定（如图 19-6）

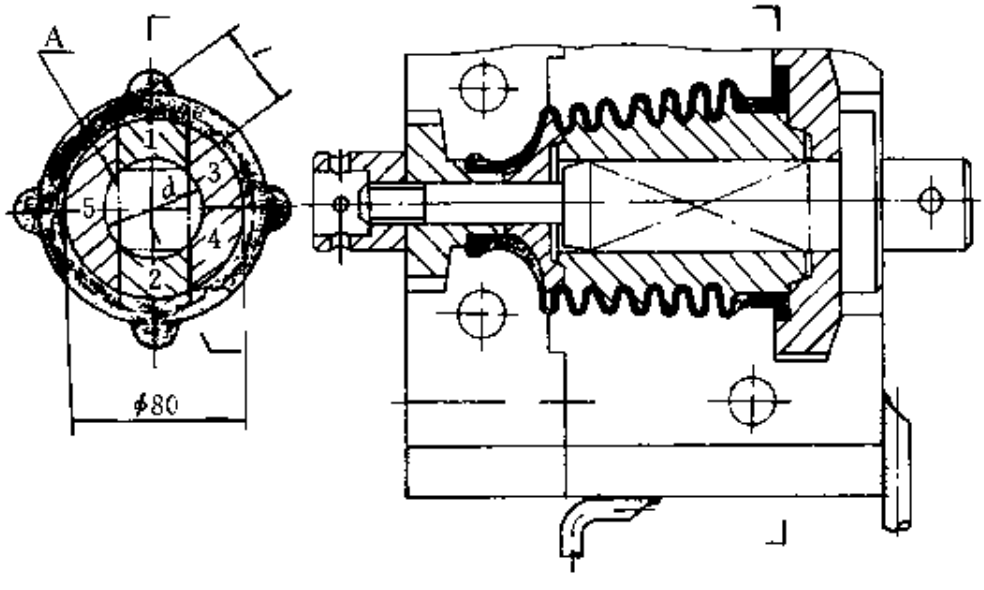


图 19-6　防尘套与模具（四）

（$l<d$；A 允许采用方形结构）

其一：a. 制品外径>50mm；b. 胶料硬度>60（邵尔）；扯断伸长率<300%；c. 壁厚>1.5mm；d. $l:l_1<1$。

其二：a. 制品外径>50mm；b. 胶料硬度<60（邵尔）；扯断伸长率>300%；c. 壁厚<1.5mm；d. 大口径处为厚壁形状或 L 为长距离者。

其三：a. 夹布制品；b. 厚壁制品（>2.5mm）；c. 硬度>70（邵

尔)；d. 大口径处为厚壁形状或 L 为长距离者，凡符合其中一条者，均应考虑采用镶块结构，镶块中 l 尺寸必须小于中心轴 d 尺寸，否则取出困难。为了适应不同机床、不同工艺加工模具中模芯，中心轴允许采用方型结构，脱模时优先取出中心轴，而后按次序取出全部镶块。

19.1.2 烟斗形护套（罩）制品脱模形式与方法

烟斗形护罩制品品种与形状也很多，如图 19-7 (a)、(b)、(c)。(a)、(b) 模具如图 19-8 所示。它属于小形、典型护罩，这些制品不论薄壁或厚壁（<2.5mm），一般多以手工强制剥离方法取出制品。剥离方法有以下几种。

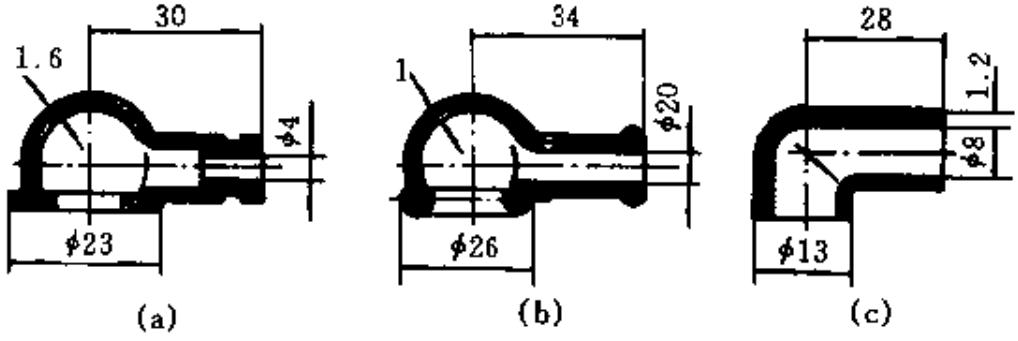


图 19-7 烟头形护罩

(1) 对低硬度（≤60）胶料，又是薄壁制品（<1.5mm），多以反剥为主，而后利用模具硫化时间，把已反剥的制品复位。

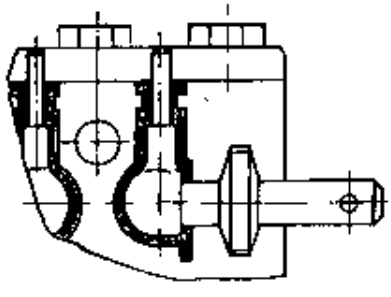


图 19-8 烟斗形护罩模具

(2) 对硬度>60，壁厚>2mm 制品，一般采用模芯表面喷涂脱模剂或适量肥皂水，用铜杆插入制品大口一侧，采用推、拉、拔强制取出制品。

(3) 对制品大口径处为厚壁结构或不利于强制脱模的各类护套制品（如图 19-9 制品），一般可以采用图 19-10 模具中模芯镶接结构。但必须注意：由于操作中拆装频繁，模芯连接处易于磨损，特别是螺纹连接，必须处于旋紧状态和定位牢靠，不然易于损伤；并要求配置两套以上模芯，有利于生产和更换需要。

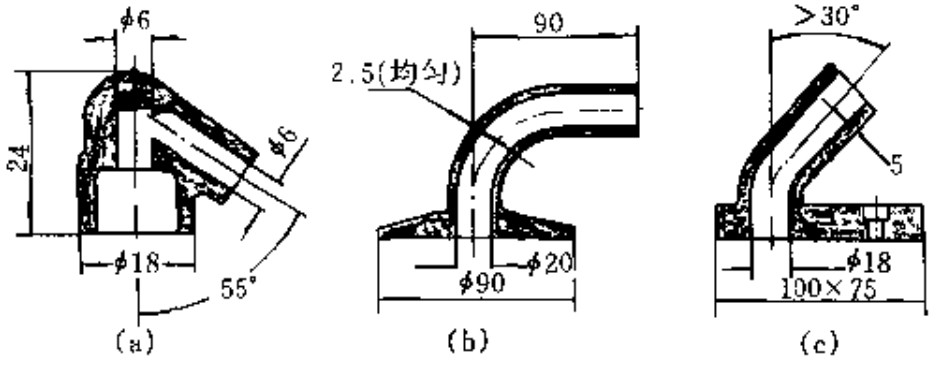


图 19-9 护套制品

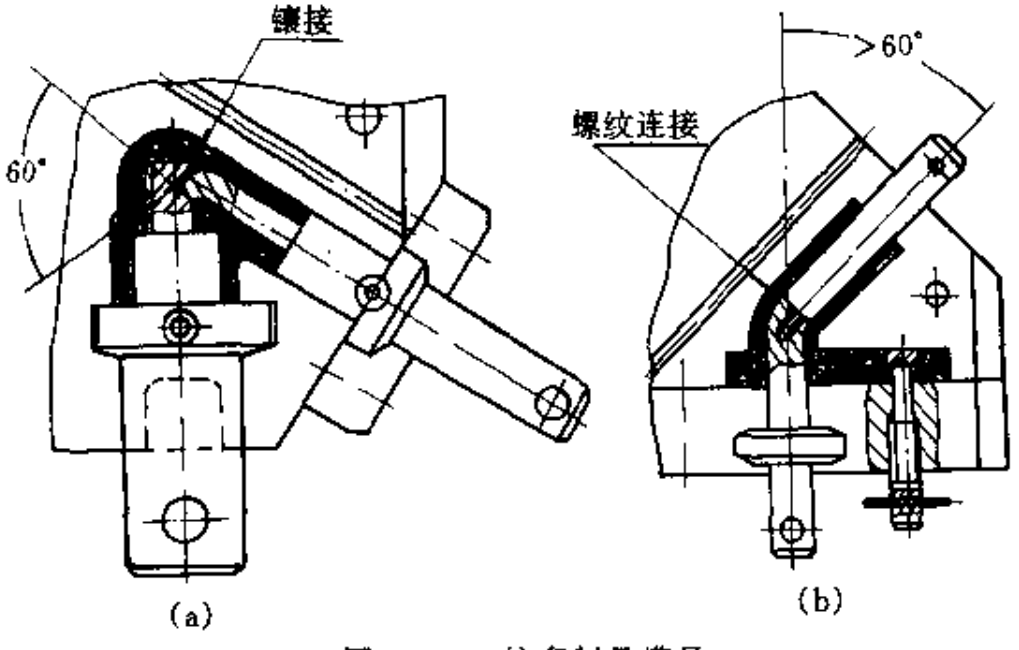


图 19-10 护套制品模具

(a) 图 19-9 (a) 制品模具；(b) 图 19-9 (c) 制品模具

图 19-10 模具使用注意事项：①镶块与螺纹连接结合处，要求处于无缝状态，并有一定淬火硬度，一般为 HRC38～42；②螺纹直径不宜<6mm，因操作过程中易于损坏；③当图 19-9 (c) 制品夹角<30°，(a) 制品夹角>90°时，模芯可以采用整体结构。

19.1.3 I 形制品脱模形式与方法

对两端大、中间小的 I 形制品来说，手工脱模与模具分型、胶料性能有关。I 形制品结构形式较多，图 19-11 (a) 所示为最典型橡胶套圈，又称护口圈、镶圈，按常规，模具中中模由左右两块拼合，当模具打

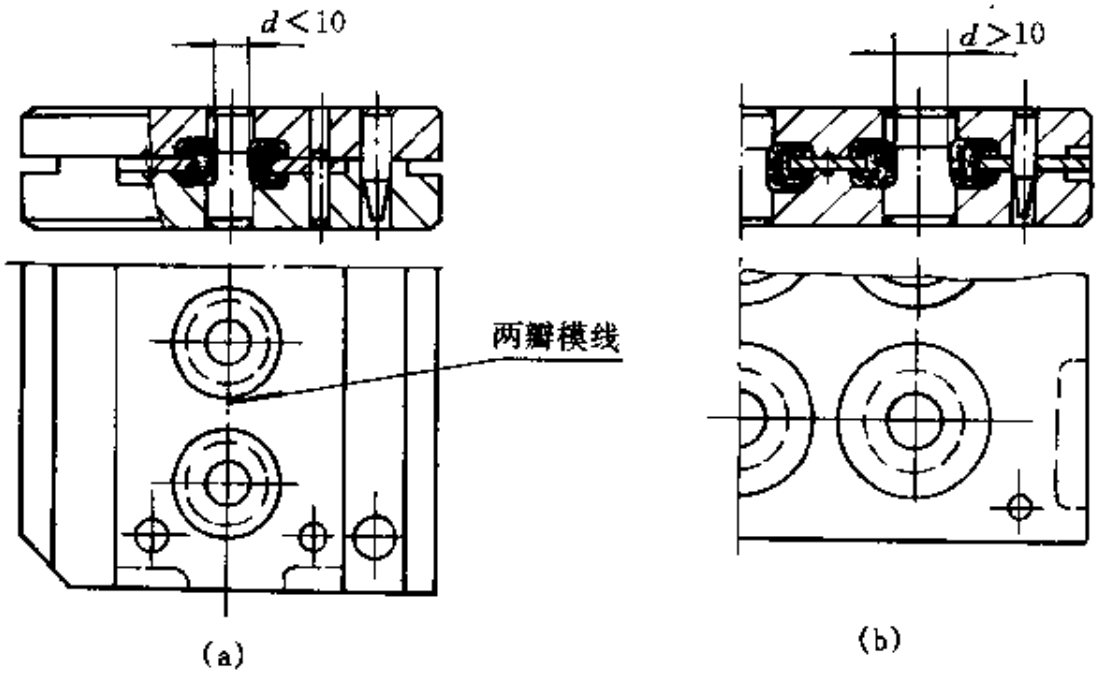


图 19-11　I形制品模具

(a) 两瓣模结构；(b) 整体结构

开后，中模左右分开，产品自然脱模。但由于中模较薄，易于变形与磨损，并且由于二瓣模结构的影响，模腔数有所限制，且飞边严重，修边困难，导致外观质量差。为了提高工效，改善上述弊病，当 $d>10$mm 或 $d>D-d$ 时（表 19-1 中橡胶镶圈系列），模具中镶块可以整体加工，制品可以通过推、压，强制从 D_1 孔中压出脱模［见图 19-12 (a)］，这样有利于模具加工，并可减少修边部位，模腔也不受二瓣模结构影响，可以大大增加模腔数，工效可提高数倍。

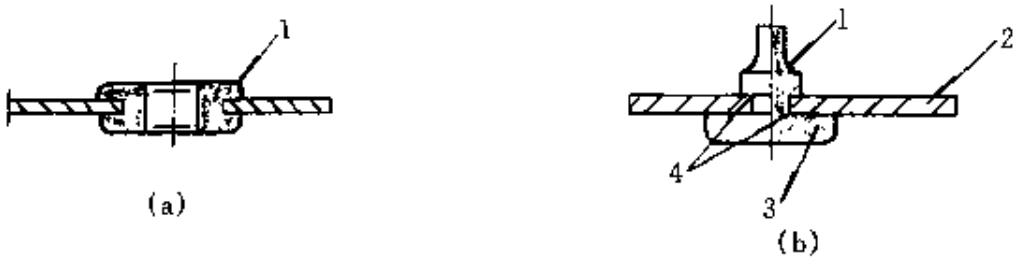
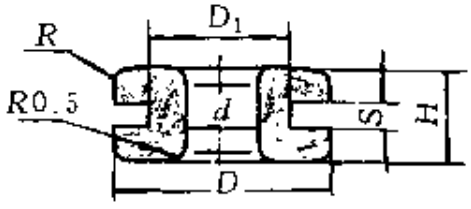


图 19-12　手工脱模

1—推、压；2—中模（镶块）；3—拉拔；4—R 为 0.2～0.4（模具）

表 19-1　橡胶镶圈系列尺寸　　单位:mm

橡胶镶圈结构与形状



序号	D	D_1	d	H	S	R	序号	D	D_1	d	H	S	R
1	8	6	3	6.5	1.5	2	13	8	5	3	6.5	1.5	2
2				7	2		14				7.5	2.5	
3	11	8	5	8	1.5	1	15	11	8	5	8	1.5	1
4				8.5	2	2.5	16				9	2.5	2.5
5	14	11	7	7.5	1.5	1.5	17	14	10	7	8	2	1.5
6				8	2		18	15	12	9		1.5	2
7	17	14	10	8	1.5	2	19	18	14	10	5.5	1.5	2
8				6	2		20	20	16	12	9		3
9	22	18	12	9	1.5	3	21				10	2.5	3
10				9.5	2		22	25	20	16	9	1.5	
11	25	22	16	9	1.5		23				10	2.5	
12				9.5	3		24	30	24	20	12	3	3.5

类似 I 形制品形状品种很多，如图 19-13 所示。采用什么方法脱模（即二瓣模还是整体结构），是模具设计者最难决定的问题之一。如果按常规：多采用二瓣模镶块结构，但由于该类制品一般批量较大、拆装频繁，镶块易于磨损；此外由于制品外形小、质地硬，二瓣模处飞边严重，修边困难；同时模腔数受一定限制，因此最佳方法为整体镶块结构。

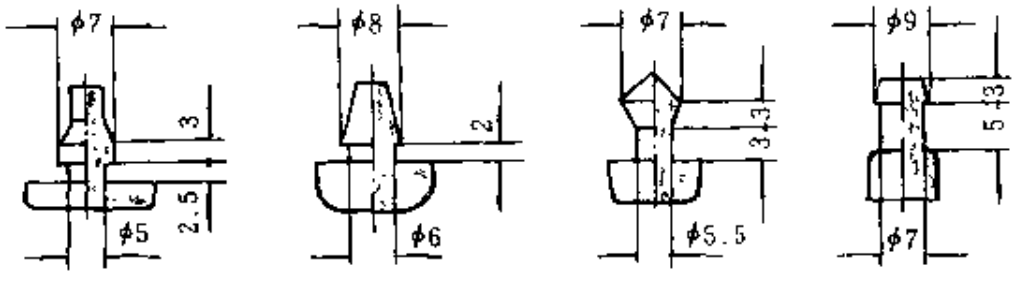


图 19-13　I 形制品

按实践经验分析：当制品胶料硬度<60（邵尔）、伸长率>300%时，可以采用整体镶块，它可利用橡胶的弹性以及强制拉与推相结合的方法取出制品，其工艺示意图如图 19-12（b）。但必须注意镶块中 K 处应带有工艺圆角 $R\approx0.2\sim0.4$，否则易于拉断和损伤制品。当胶料硬度>60～70 时，模具中镶块结构设计应留有余地，可以先整体后线切割，即按试模效果做出决定，胶料硬度≥70 者，多数为两瓣模结构。

19.1.4 弯管制品脱模形式与方法

（1）小型弯管制造与取出　橡胶弯管又称异形胶管，其弯曲形状按使用要求变化较多。图 19-14 为部分小型弯管，其内外径尺寸依靠挤出机压出成型，由水槽冷却。其弯曲形状有两种加工方法。①硬度偏高（邵尔 65 以上）、壁厚>2mm 的弯管，可采用无芯蒸缸硫化，图 19-15 所示为简易工装。②硬度偏低（<60）、壁厚<2mm 的弯管，一般采用芯棒抽芯结构，为了便于脱模，芯棒表面要求镀硬铬（铬层较薄一般为 0.005～0.009mm，使用中不易因碰撞脱皮）；并在生产时涂刷硅油或其他脱模剂。采用芯棒定型硫化弯管，其芯棒外径应小于胶管内径 1～1.5mm，可以根据胶管弯曲程度与装配要求而定。脱模方法如图 19-16 所示。

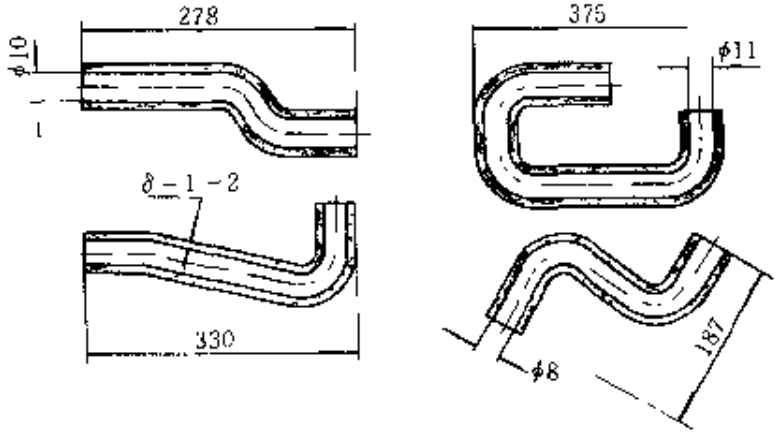


图 19-14　小型弯管

采用图 19-15 无芯定型硫化的异型胶管，为避免硫化中胶坯加热后软化，引起塌凹变形，可以在盘中加入适量水；也可在硫化罐内充入一定压力的压缩空气，以减少胶管变形程度。

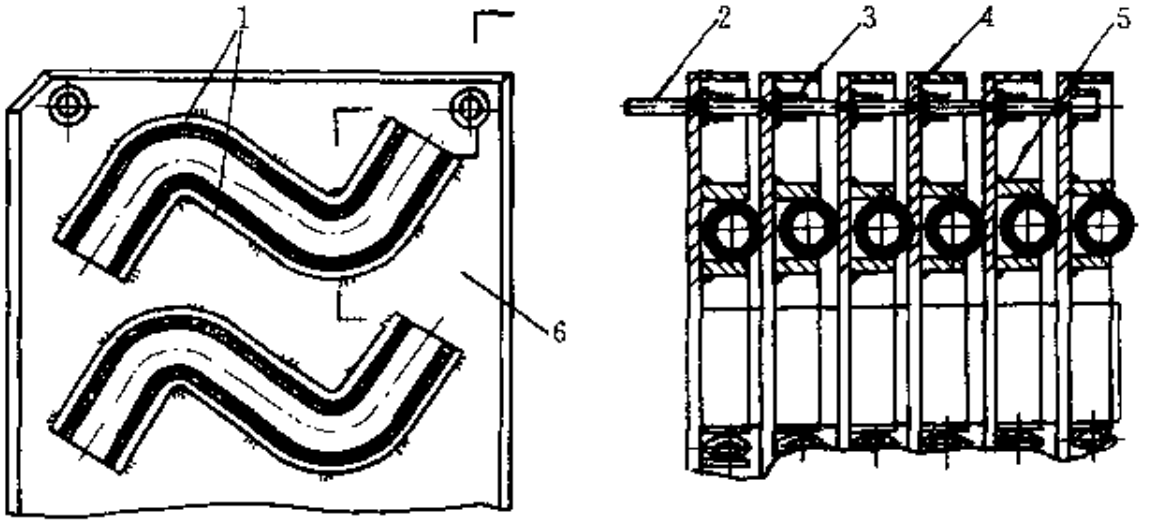


图 19-15　多腔多层硫化装置示意图

1—内外挡板（3mm 钢带）；2—定位销；3　定位套；

4—底板；5—挡板；6—加水

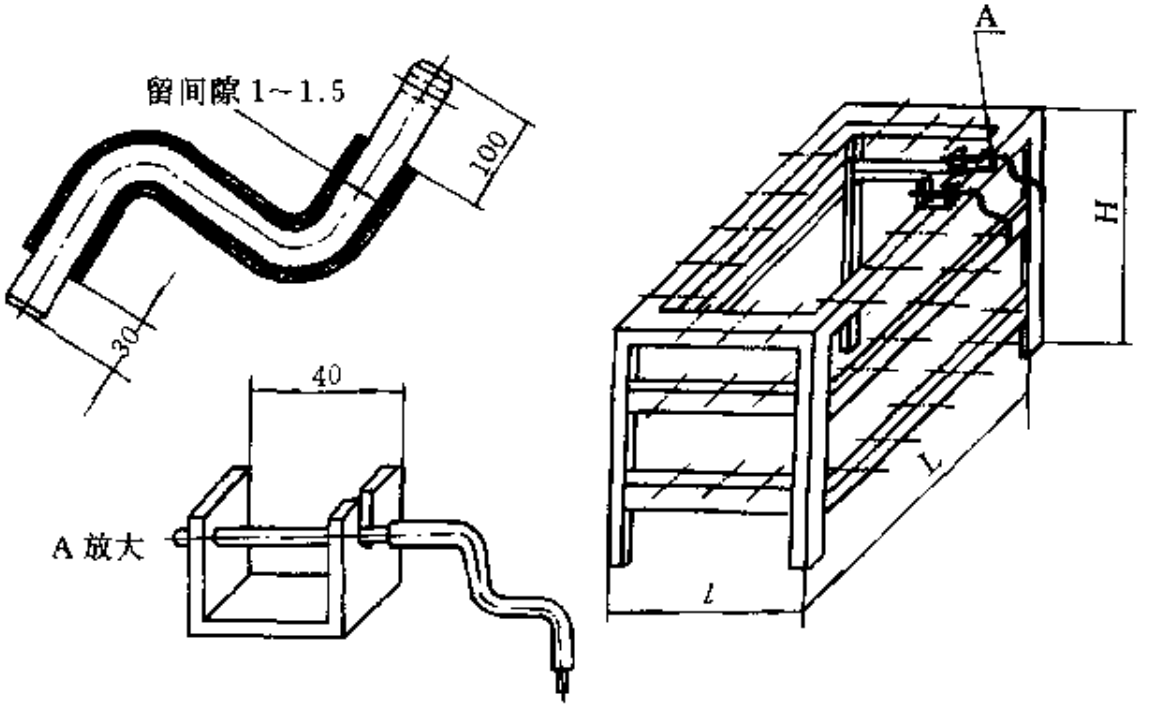


图 19-16　抽芯定型硫化装置示意图

图 19-16 中硫化架外形尺寸 L、l、H，可以根据数量与设备大小而定。抽芯芯棒中 100 一端可以在台虎钳上夹紧后套入胶坯或取出硫化后的制品。

（2）大型弯管脱模形式与方法　图 19-17 中（a）、（b）、（c）为大

形弯管制品，是手工脱模劳动强度最大的一种，尺寸较短弯管一般采用模具定型硫化制造，模具结构如图 19-18 所示。

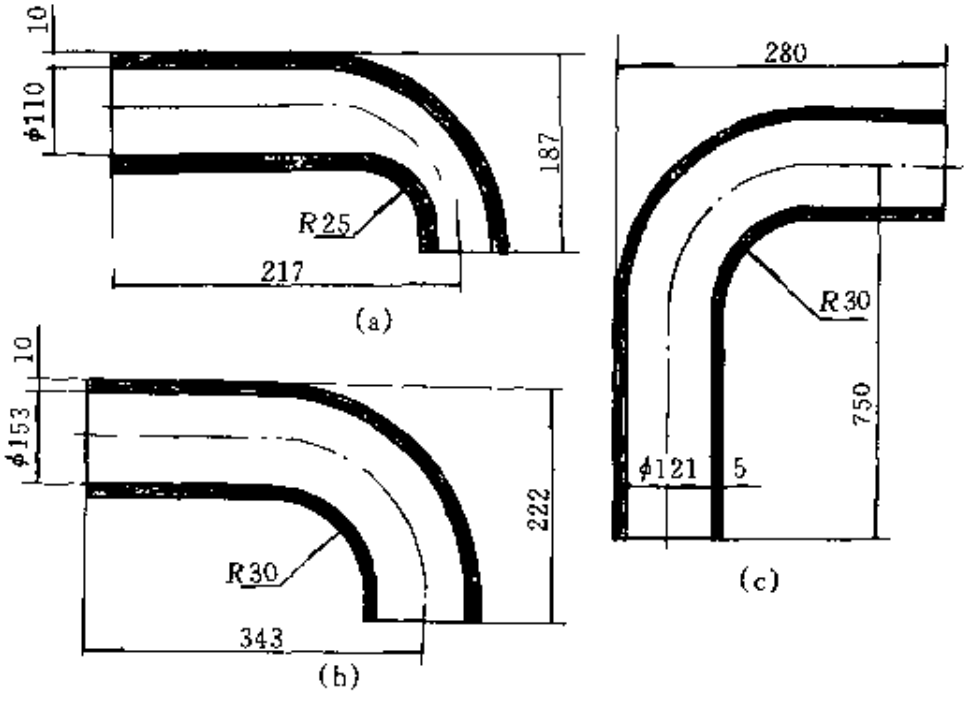


图 19-17　大型弯管制品

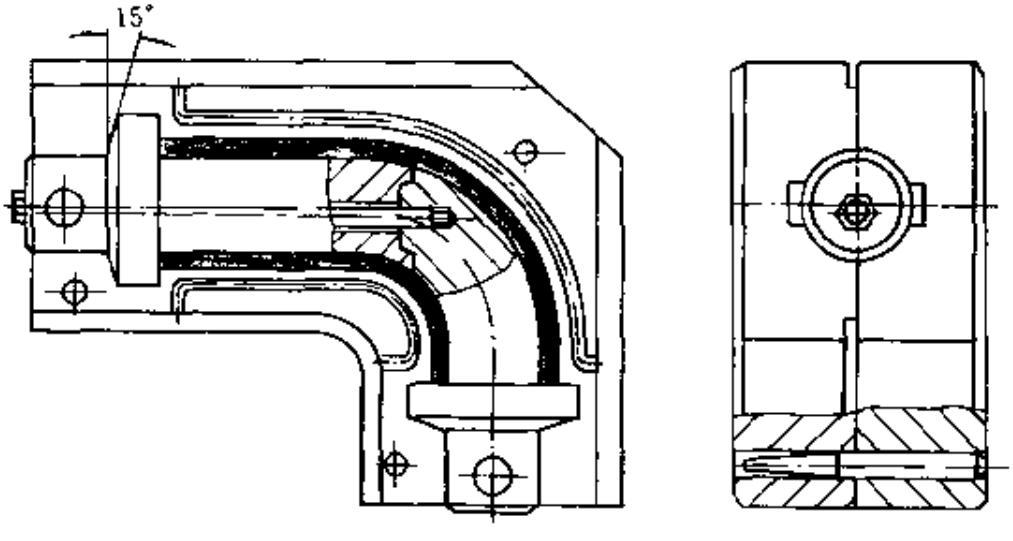


图 19-18　大型弯管典型模具［图 19-17 制品（b）］

图 19-18 模芯要求两端定位；加料时要求上下半成品用料重量与形状基本一致。脱模方法如下：①打开模具，取出型芯，松卸压紧螺钉；②夹紧一端，另一端插入钢棒左右摇摆，促使二端模芯分离；③利用钢棒正反旋转模芯并向外拉拔，即可取出模芯。

超长大型弯管［如图 19-17（c）制品］可采用只有模芯简易模具［如图 19-19 所示模具结构］。当一定厚度胶片均匀包覆在模芯上后，利用湿布（平布或细帆布）缠绕在胶片上扎紧（2～3 层），而后送入硫化罐硫化。采用简易的模具所生产的制品，外观质量较差、厚薄均匀度较差，但模具成本低。

超长大型弯管，由于橡胶摩擦系数较大，硫化后的胶管紧紧箍在模芯上（如图 19-19 所示）。脱模时先取下吊紧螺钉，换上钢管，利用手揿泵，压入适量肥皂水作隔离剂，然后有条件者利用行车拉拔其中一节（端），再靠手工或吊车强行拉出模芯。

上述几种制品都是劳动强度较大、难度较高的手工脱模典型示例。另一种省力、外观质量较好的脱模方法是：采用挤出成型胶管，利用简易外模定型；内壁充气生产异形胶管，即无模芯充气硫化，但必须具备挤出机，且胶管内壁不宜过薄和过大。

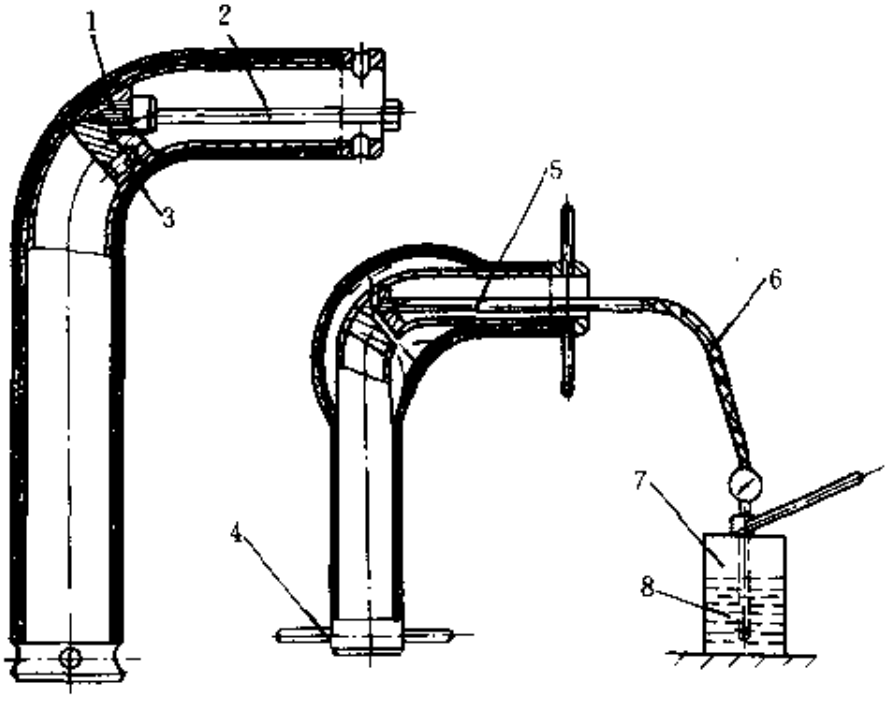


图 19-19　超长胶管脱模方法示意

1—1/2"管牙；2—M14 螺杆；3—60°锥销；4—钢棒；5—1/2"钢管；6—软管；7—手压泵；8—皂水

19.2　机械脱模

机械脱模多用于注射成型模具，要求制品由模具模腔中脱出，脱

出制品的机构为机械脱模，如图 19-20 所示。其次还有利用顶杆、顶管、推板、镶块简易机械脱模机构，用于模压、挤胶成型模具脱模和顶出制品，如图 19-21 所示。

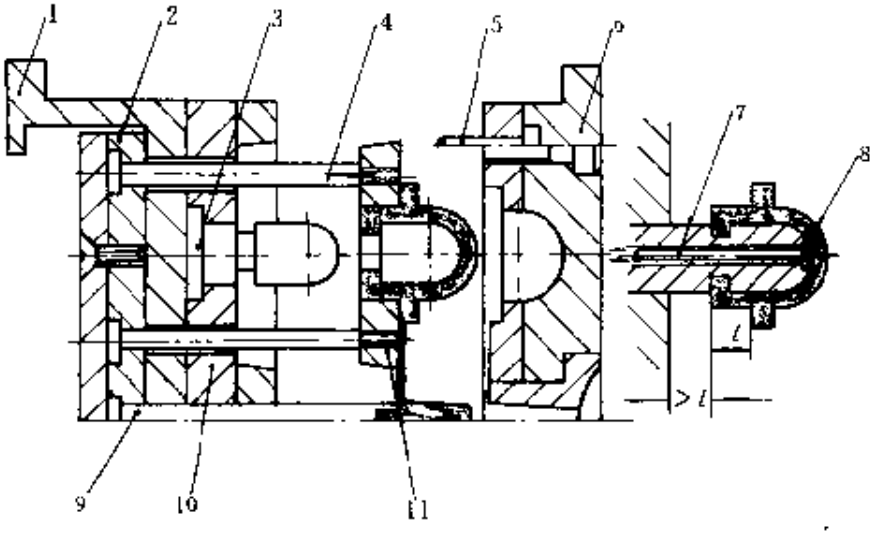


图 19-20　皮套机械脱模机构

1—模座；2—顶出板；3—模芯；4—连杆；5　导柱；6—定模；7—带弹簧连杆；8—镶块；9—勾料杆；10—动模；11—推板

[>l 属气动二级脱模距离（>l 优先顶出，再充气压出制品）]

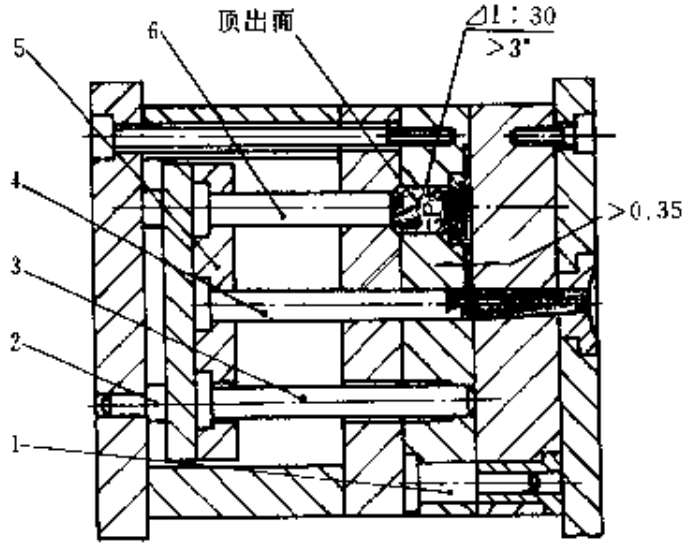


图 19-21　橡胶停挡脱模结构

1—导柱、导管；2—挡销；3—回程杆；

4—勾料杆；5—顶板；6—推料杆

图 19-20 和图 19-21 所示机械脱模结构与塑料模具有本质区别，其主要不同有以下几点。

① 橡胶是高分子弹性体，其硬度低于塑料。

② 橡胶摩擦系数大，易于压缩鼓胀，伸长率大，变形系数大。

③ 橡胶模具处于加热状态，硫化时间长，飞边占缝严重，飞边多于塑料模且清理较困难。

④ 橡胶中硫黄促进剂在硫化过程中释放硫化物，腐蚀模具模腔表面，并易于积垢，造成橡胶与模具不同程度粘合，制品取出困难。

由于上述原因，机械脱模应注意以下事项。

(1) 橡胶硬度大大低于塑料，为此，当使用顶杆、顶管或推板等形式顶出制品时，要求顶杆端面与橡胶制品接触面要大，不允许局部、面积偏小面顶出。

(2) 由于橡胶是弹性体，制品中带有凹槽或花纹（包括螺纹扣），要求在拉伸状态下顶出制品，这样可简化模具结构，如图 19-20 所示小口径制品（塑料件是无法取出的）；也可采用如图 19-20 右图所示气动脱模结构。

(3) 由于橡胶易于压缩鼓胀变形，产生如图 19-21 制品中 P 向受力，摩擦力之大很难想象，实践证明：顶出面压力越大，上口鼓胀变形越大，强制顶出制品时，往往造成上口挤损。因此，凡柱形细长制品（高度大于径向尺寸）应考虑脱模斜度，一般取单向大于 3°斜面，如果制品不允许带有 3°斜面，可考虑增加飞边厚度，建议采用手工操作，即利用飞边拉出制品，取出制品飞边厚度一般为 0.30～0.50mm，不宜过厚，以免影响制品外观和修边困难。

(4) 同样道理，对于细长管形制品，由于橡胶易于压缩变形，易于卡死在模腔中［如图 19-22 (c)，为不妥当结构］。改进方法是：模具结构中模芯应优先退出模腔［如图 19-22 (b)］，或制品处于拉长状态推出制品［如图 19-22 (a)］，制品处于中孔状态之后利用飞边拉出制品。如果按典型结构［图 19-22 (c)］，当 P 点加力时，橡胶受压形变，A 部橡胶鼓胀，摩擦系数大大加强，常引起卡死和挤损现象。因此，橡胶机械脱模最优方案为制品拉长状态和留有鼓胀间隙，为此多采用顶圈、镶块和利用飞边或空气压出制品。

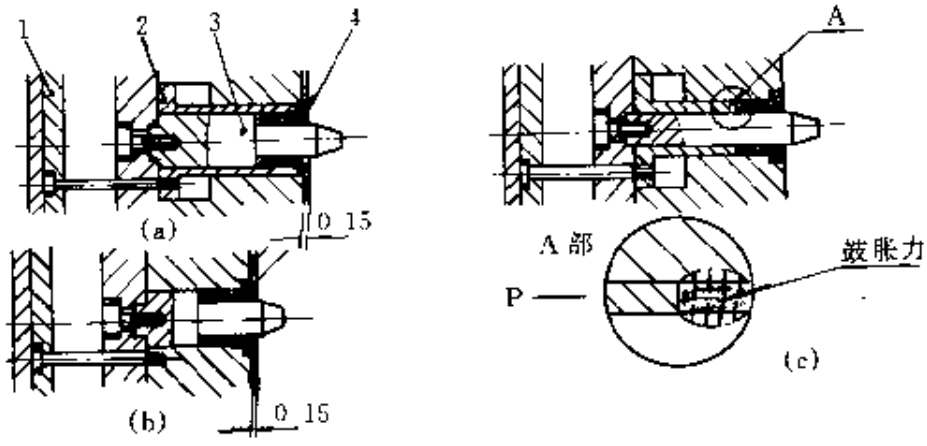


图 19-22　细长管形制品顶出结构

1—顶板；2—顶管；3—模芯；4—制品

19.3　空气脱模

空气脱模是利用压缩空气或真空吸盘取出制品，其最大特点是：简化模具结构，缩短开合时间，减轻劳动强度，提高生产效率。如各种带台阶胶套、防尘套（图 19-23 所示的制品与模具结构），按常规多采

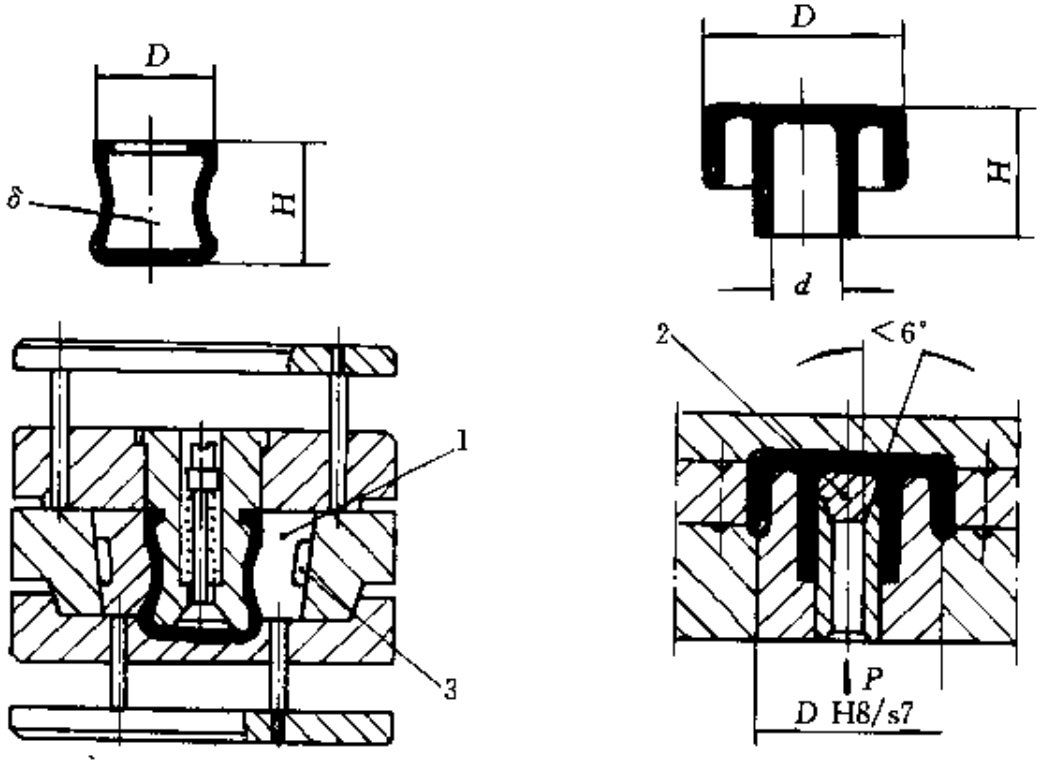


图 19-23　空气压出制品与模具结构

1—镶块（二瓣模）；2—镶块；3—撬口

用手工剥离、拉拔取出制品，操作时费工费时，并且由于模芯处于高温状态，拉拔时隔热手套易于破损，劳动强度较高。因此，该类制品可以采用带有压缩空气喷嘴对准模芯小孔吹气，促使制品鼓胀、拉长，由此产生推（拉）力作用，自行压出制品，既快又省力。同样，空气压出也适用于各类橡胶皮囊制品及各类皮碗、超长管形密封嵌条。对于较简单的橡胶制品，如O形圈、皮碗以及暴露在模板上各种零件，可以直接用压缩空气喷嘴把零件吹向平板机后面的容器中，既快效果又好。

19.4 变形脱模

所谓变形脱模，主要是利用橡胶的弹性和良好的伸长率，采用强制压缩或伸长变形，从而获得脱模效果，如图19-24所示制品与模具结构。

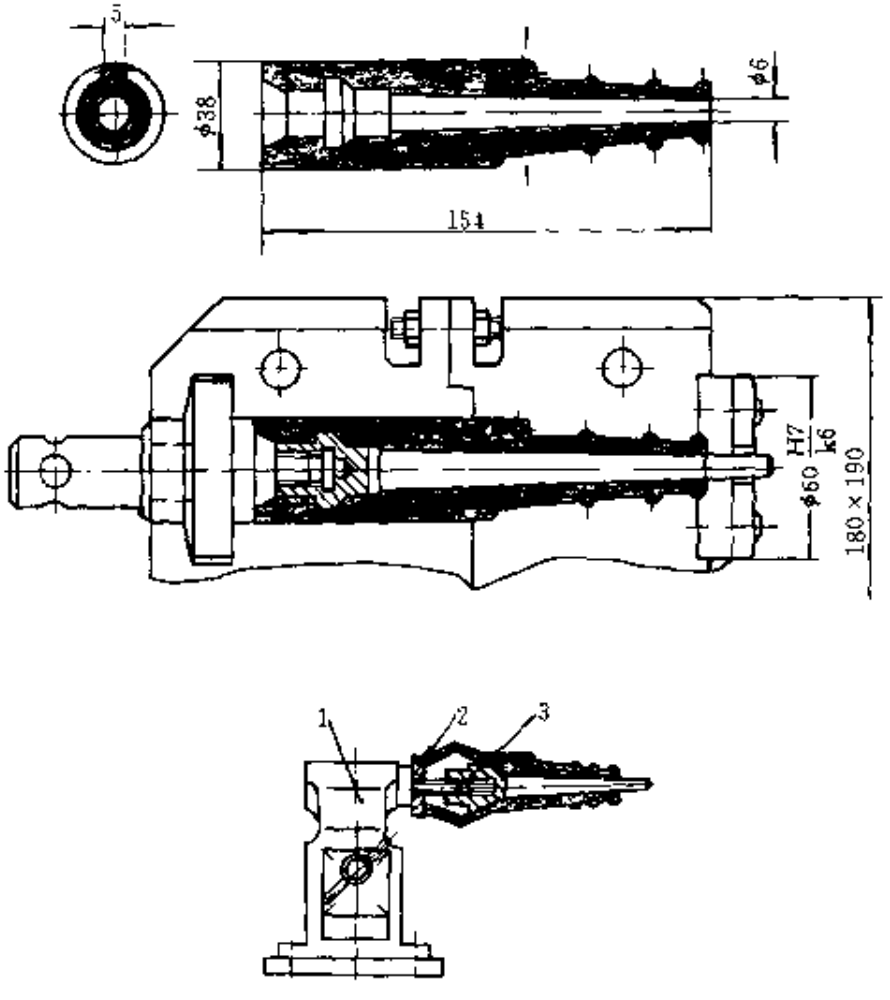


图19-24 变形脱模制品与模具结构及工作图
1- 台虎钳；2- 垫圈；3 -螺钉

图 19-24 中制品一端带有清角内凹台阶，如果采用直接拉拔出模是很难拉出模芯的，可采用如图所示的压缩形变，促使橡胶处于鼓胀状态，使清角台阶模芯与橡胶脱离，从而轻快地取出制品（见工作图）。

又如外径带有螺纹、凸台的各种套管（如图 19-25 所示的制品与模具结构），按常规采用卧式二瓣模、一模 4 孔模具结构、产量较低；而且易产生飞边，制品外观质量差，修边工作量大。为解决上述问题，利用橡胶良好的伸长率和曲挠性，把模具由卧式改为立式结构，模腔数可由原来 4 孔增加到 9～12 孔，可大大提高工效，并且外观质量好（螺纹与凸台工作面无飞边）。制品脱模见图 19-25 工作图，可用铜棒压

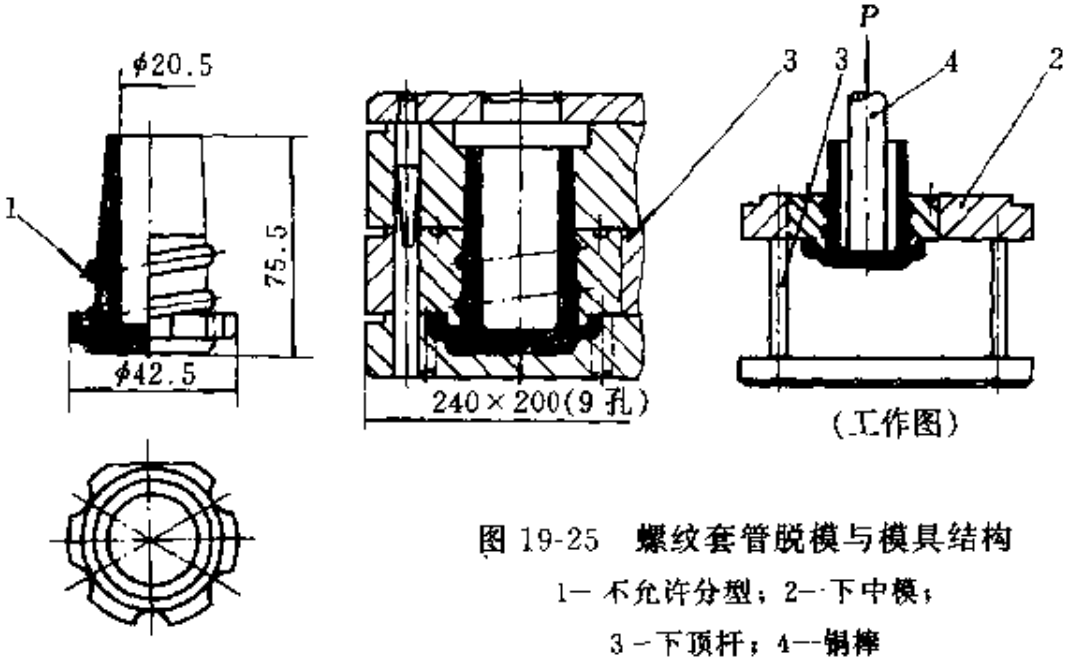


图 19-25　螺纹套管脱模与模具结构

1—不允许分型；2—下中模；

3—下顶杆；4—铜棒

出制品。对制品底部较薄带凸台阶套管，可采用尖嘴钳插入任何一侧，旋转不到一周即可拉出制品，既快又好，见图 19-26 制品脱模工作图。

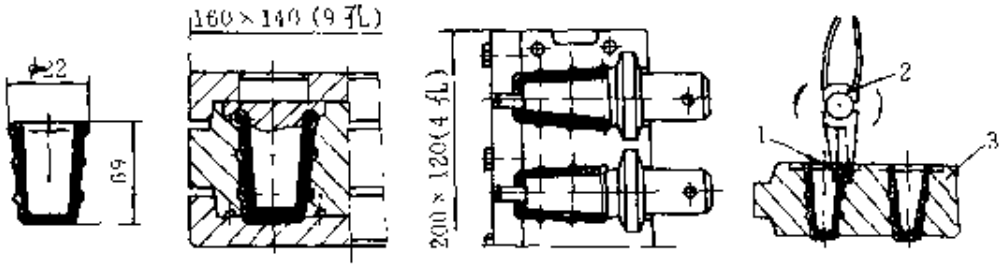


图 19-26　凸台套管脱模与立式模具结构、典型卧式模具结构

1　尖部烧铜焊；2—尖嘴钳；3—中模

19.5 模芯脱模

模芯脱模有几种形式。

（1）有不少制品由于模芯牵制制品取出困难或易造成不良现象（如图 19-27 所示各种制品）。这些制品有一个共同特点：制品中心带有嵌件；有不少模具设计者片面认为，硫化后橡胶强力较高，可以帮助带出嵌件［如图 19-27（d）所示］，实际上不可靠，并且不同程度上会损伤粘合强度，因为当制品中橡胶与嵌件处于高温状态时，过分拉伸，一定会损伤嵌件与橡胶结合力，所以对图 19-27 中（a）、（c）模具中模芯，脱模时应先敲出或压出模具中心模芯，然后再打开模具脱模，这样有利于保证制品质量与脱模效果。

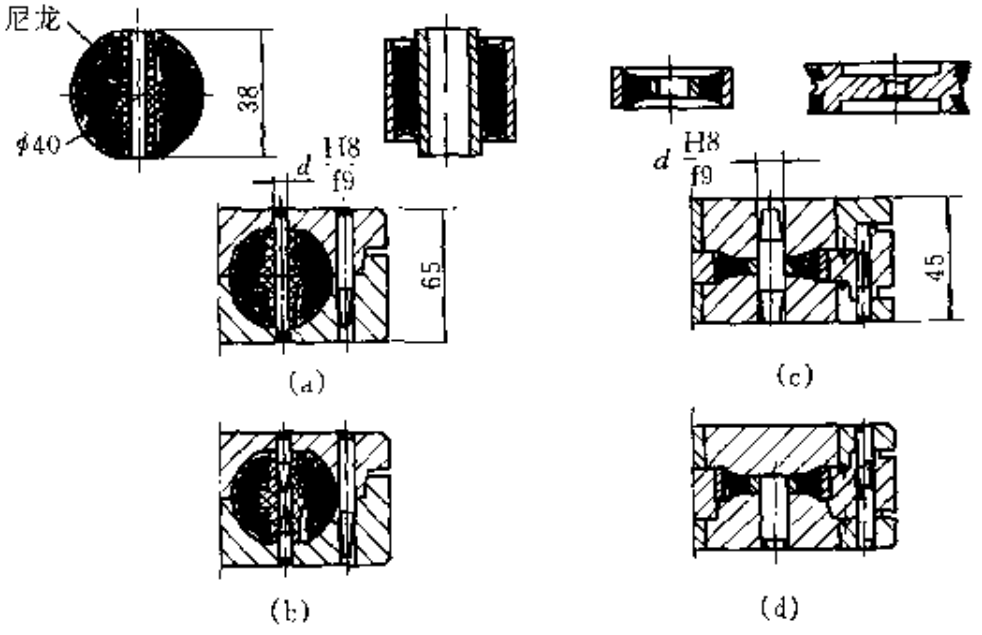


图 19-27 模芯脱模制品与模具结构

（a）、（c）合理结构；（b）、（d）不合理结构

（2）制品带有密集形模芯绝缘垫片（如图 19-28 所示制品与模具）。

图 19-28 所示长方形垫片形状简单，初次设计模具一般都要出问题，因为（a）与（b）为典型模具结构，生产实践中会带来开模困难，制品也难以取出。如果强制拉出制品容易撕裂和拉长，变形的制品其孔距无法用于装配，而且清理飞边困难。为了改进上述存在的问题，可以把模具设计成上下隔档模芯，即上下模都带有 1/2 模芯。这样当模

具开合时，由于上下模芯的牵制作用，制品已经趋于松动现象；并且由于模芯隔档装配，模芯间距拉开，有利于脱模和清理飞边，实践证明这是一种行之有效的模具设计。

图 19-28 所示圆形垫块制品与模具结构形式上与上述几种形式相

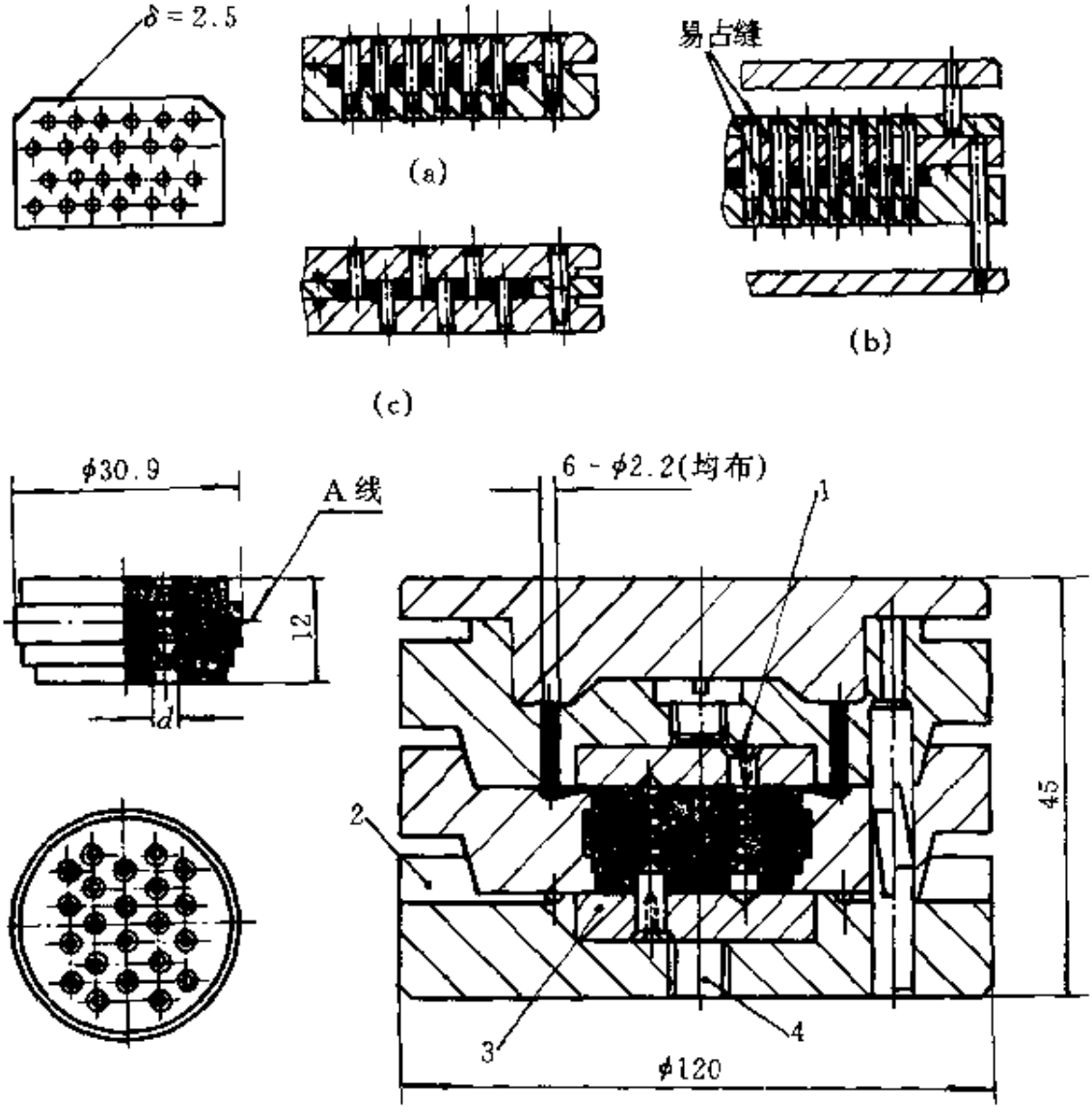


图 19-28　模芯脱模制品与模具结构

(a)、(b) 不合理结构；(c) 合理结构

1—扩孔铆接；2—逃气、余料槽（宽 20）；3—下镶块；4—顶镶块用

比较为复杂，其高度偏高。此类制品凡胶料硬度偏低（<60）可以参照图 19-28 (c) 形式，把模芯上下隔挡安装，其上下镶块为紧配状态，为便于维修，上下模带有螺孔（顶出镶块用）。胶料硬度>60 时，制品

脱模有两种形式：①以制品 A 线分界，加工上下二副模具，采用二层制品装配时粘合，有利于模芯脱模；②改变制品中孔径 d 尺寸形状，放大至无台阶结构，制品装配时采用胶料粘接，经烘箱加热再次硫化，采用此工艺也有利于脱模。

19.6 镶块脱模

镶块脱模适用于较复杂或带有嵌件的制品，图 19-29 所示为制品与模具结构。该制品（踏脚板）由于背面带有众多 2mm 宽 11mm 高的加强筋，内部镶有 U 字形薄钢皮加强骨架，又以及硫化时骨架粘合剂外溢造成模具污染而引起脱模困难。长期生产中，橡胶硫化剂与胶粘剂污染模具表面，特别是 2×11 加强筋污染，凹槽积垢很难清理。为此，可采用镶块脱模方法获得制品取出，即打开模具后，利用模具中镶块撬出制品。由于镶块受力、拆装频繁，要求具有一定硬度，以延长使用寿命，一般为 HRC38～42。

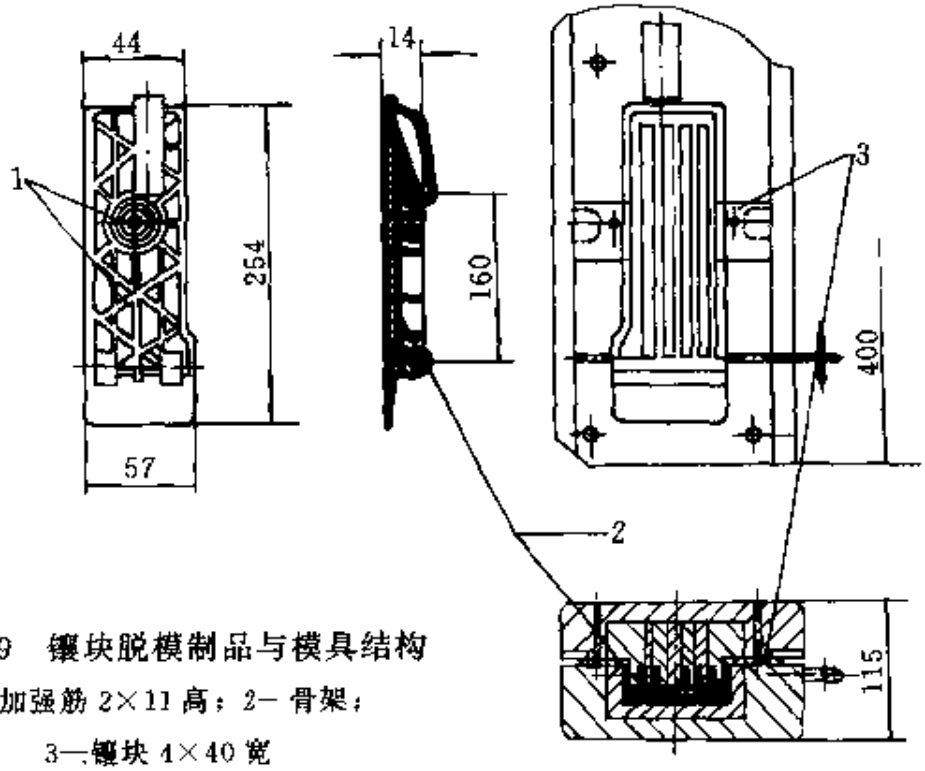


图 19-29 镶块脱模制品与模具结构

1 -加强筋 2×11 高；2- 骨架；

3—镶块 4×40 宽

图 19-30 为方形或圆形橡胶护套，橡胶硬度为 75±5（邵尔），制品中带有内凸台阶。设计模具时应考虑脱模方式，除了采用压缩空气脱模外，还可采用镶块脱模法。当制品外径≥25mm、厚度≤2mm 时，

不论制品为方形或圆形均可采用图 19-30（a）结构：模芯由上下镶块组合，当模具打开后，上镶块留在制品中可采用手工强制剥离取出制品。当厚度≥2mm 时，方形制品可采用图 19-30（b）结构，当模具打开后取出中心模芯即可顺当取出左右镶块；圆形制品可采用图 19-30（c）结构，它由 6 块镶块组合而成，当上中模打开后，抽出中心模芯，然后按次序取出镶块，最后强制取出上镶块。

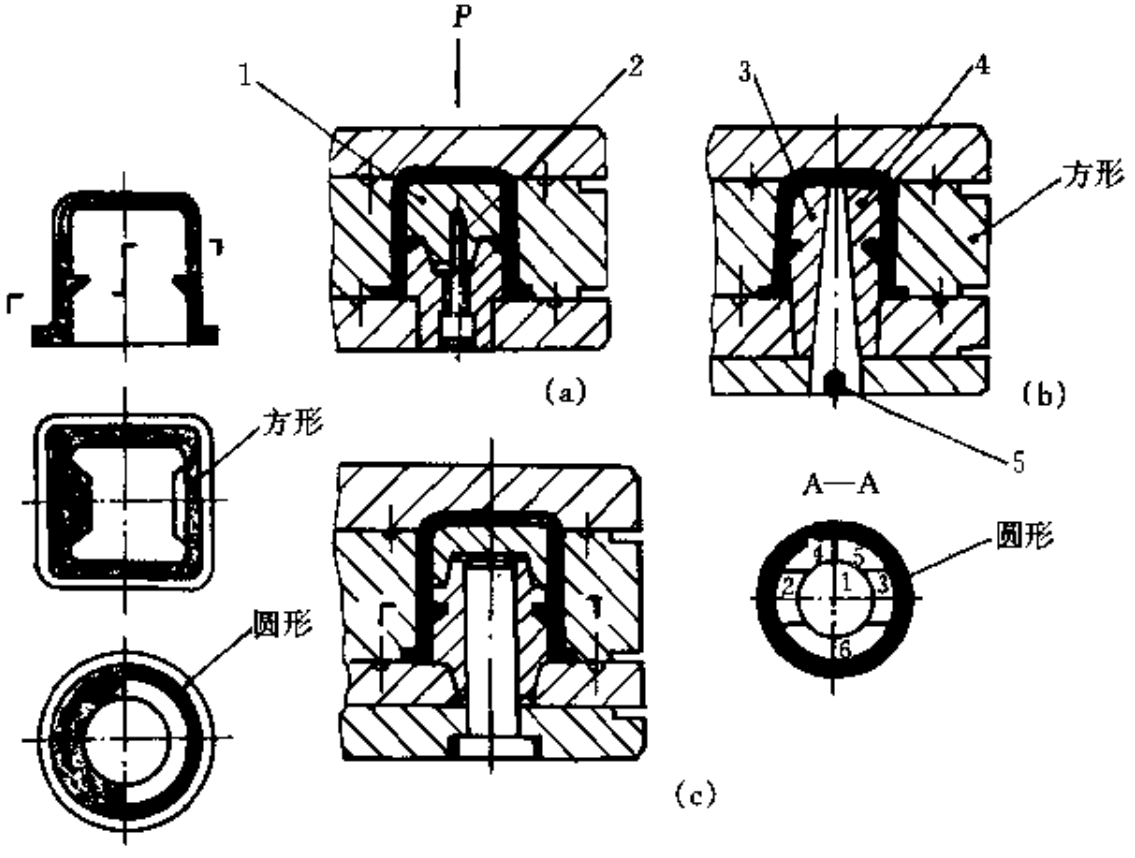


图 19-30　镶块脱模制品与模具结构

1—上镶块；2—螺钉；3—左镶块；4　右镶块；5　骑缝螺钉

19.7　其他脱模

在模具设计中往往会碰到意想不到的问题。如图 19-31 所示极简单橡胶制品，采用硅橡胶材料，使用典型模具结构（无搭子模具结构）试模结果，制品脱模困难，只能采用特殊形式脱模。

（1）加搭子脱模　如图 19-31 中模具结构，该模结构简单，经试模后发现：如果没有脱模搭子，由于硅橡胶硬度较低、撕裂强度较差，并

带有粘模现象，制品脱模困难。后对模具表面镀铬抛光处理，效果甚微。在此情况下，凡类似制品可采用模腔一侧带有脱搭子，如图 19-31 模具结构中深 0.3±0.10 整体搭子帮助拉出制品，搭子形式有半圆形、方形等，其搭子厚度为 0.3～0.5mm，不宜过厚，不然将影响修边和制品外观质量。如果产品批量较大，也可采用省工省时的真空吸盘或吸尘器改装吸盘取出制品。

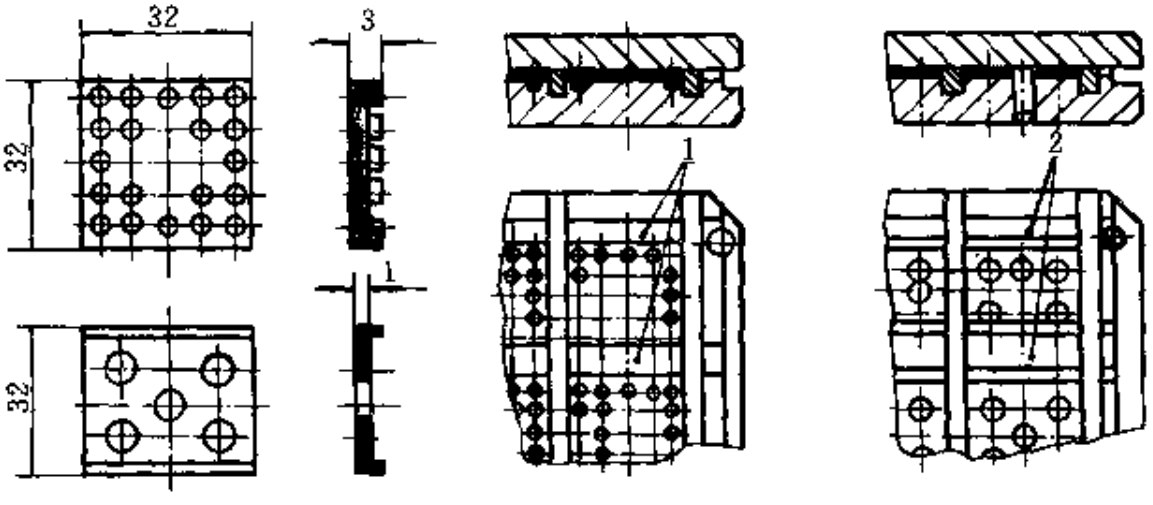


图 19-31　加搭子脱模制品与模具结构

1，2 -深 0.3±0.10（取制品用）

（2）加厚飞边脱模　对于硬度低（如胶料 1140、2840、6144、6143 或低于邵尔 40 度）的各种橡胶，以及各种超小型橡胶制品，不论其形状简单或复杂，都应谨慎考虑脱模问题。以前往往认为橡胶硬度越低，制品取出相对越方便，实践证明并非如此。由于橡胶硬度偏低，硫化过程中飞边过薄，有时形成透明薄膜，对于伸长率偏低的橡胶一撕即破，而伸长率偏高的橡胶启模后易于卷边或粘子制品表面上，二者均带来制品脱模困难，或者造成局部取出、局部留在模中，影响工效。改进方法是：可在模胶周围加厚飞边，利用飞边取出整模制品。如图 19-32 所示制品与模具结构，可以克服上述存在的弊病；并提高工效。

（3）加纸脱模　凡橡胶与金属粘合的制品，特别是较大形制品（如图 19-33 所示的摩擦片制品），要求橡胶与金属牢固地粘合。在生产中所使用的胶粘剂有聚异氰酸酯胶液或 RM-1 新型胶粘剂，这些胶粘剂按适当比例添加在胶浆中涂刷在嵌件上，由于硫化时胶粘剂随着橡

胶蠕动，污染模板，造成不同程度上与橡胶粘合，常使脱模困难。为了便于脱模，常使用肥皂水之类脱模剂，由于面积较大涂刷不匀，硫化时也易于蠕动，影响制品粘合强度。因此在生产实践中可采用上蜡油纸或描图纸等耐热隔离纸的方法，即可顺当脱模。若硫化后发现纸与橡胶粘合，可在温水中浸泡一定时间即可洗刷干净。

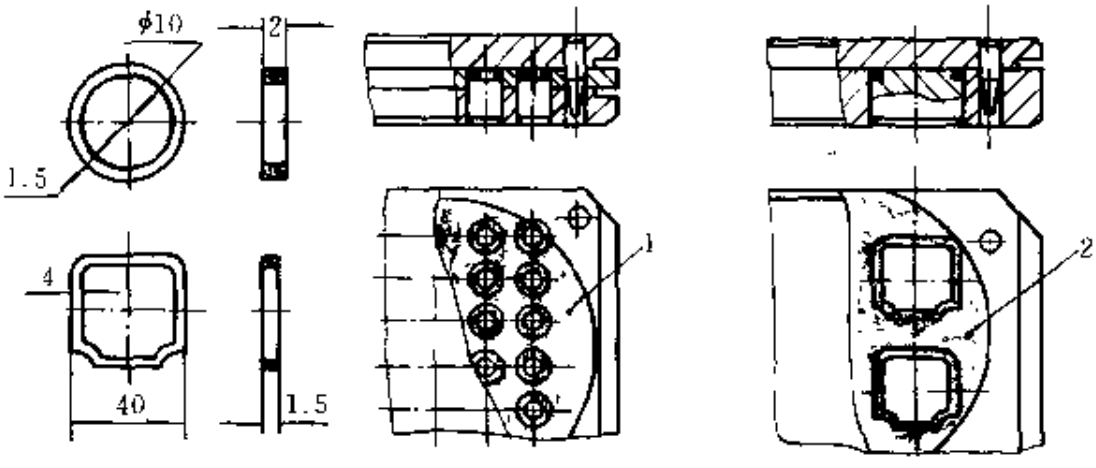


图 19-32　加厚飞边脱模制品与模具结构

1，2—深 0.1～0.2（飞边厚度）

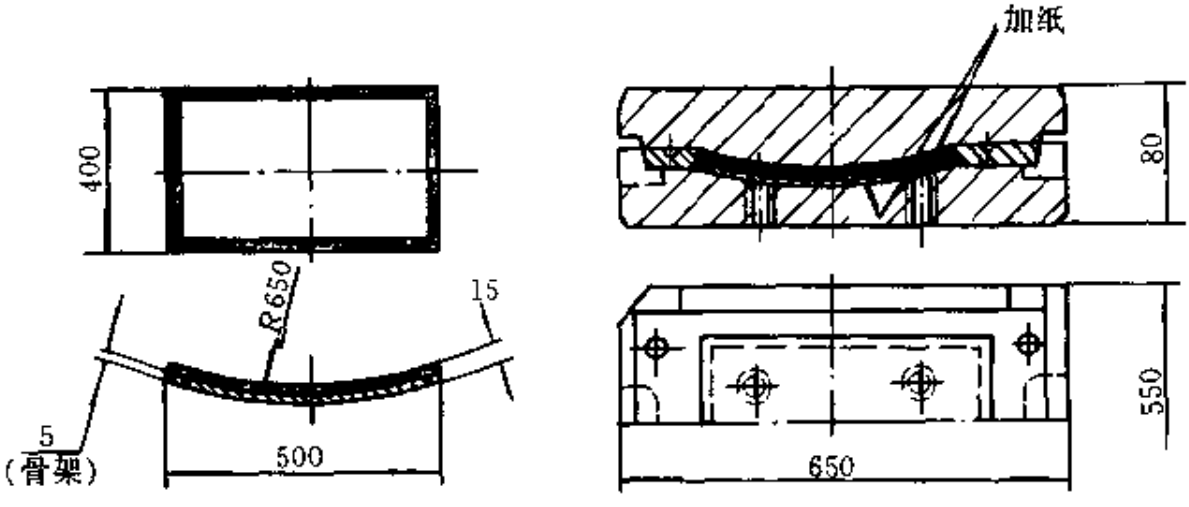


图 19-33　加纸脱模制品与模具结构

第二十章　橡胶模具管理

合理的橡胶模具，如果使用、保管得当，其使用寿命可达10年以上（间断生产）或1万次以上（连续生产）。但是，如果管理不当，就可能只使用一次或生产一批制品，特别是维修、新产品试制用的少批量配件的模具，由于模压制品件数少、品种多，往往生产一批后，模具便搁置很久，无人过问，造成极大的浪费。或者由于管理不善，没有及时清洗和油封，致使模具生锈、腐蚀，不能再次使用。

因此模具的管理工作是很重要，一般专业橡胶制品厂，都有专职模具管理人员负责模具的收发、验收、清洗和保管。模具的管理工作主要有以下几方面。

20.1　模具的验收

20.1.1　初检

模具进入模具库前，首先应经过初检（包括新模或转厂的旧模具）。初检的内容如下。

（1）模具外形尺寸的检查。目前国内不少生产厂使用模具外形过小，这样易使硫化平板工作面早期损坏，因此各厂对模具的最小外形尺寸都有一定的规定，一般典型模具的最小外形尺寸以直径100mm或边长100mm×100mm为宜。过小不予进库验收或返工加置上、下垫板（指一次性急件、临时任务）。

（2）检查模具开启、合模紧松程度、配合部位有无拉毛或磨损的现象。

（3）检查模具模腔有无损坏、碰伤痕迹；对带有嵌件（骨架）制品模腔，必须试放嵌件，验收配合精度，避免生产混乱。

（4）检查带有顶出工装夹具，核对附件数量与配置部位、号码等。

20.1.2 入库登记

模具初检符合要求后，按制品图纸和模具合格证登记模具卡片（一式二份，一大一小），其中小的一份卡片给供模单位（用户）留存。

模具卡片内容、格式可参见表 20-1 和表 20-2。

表 20-1 供模单位（用户）留存卡片 №

橡胶模具卡

模号　　来模单位

产品名称		图号	
规格		付眼	
来模号码		备注	

背面注有说明：此卡供来模单位保存，如需修理或提回必须凭此卡办理手续，并交回此卡。

年　月　日

表 20-2 模具库留存卡片 №

模胶模具卡　　年　月　日

本厂编号		图号			
产品名称		规格			
原（来）模号		制品简图		付眼	
附　件				设备类型	
外形尺寸					
委托单位					

经手人

背面注有表格说明

日　期	修理内容	提回日期

20.1.3 模具报告单

模具入库后，管理人员应填写一式三份（三联单）模具报告单[其中一份交生产计划部门，一分交工艺科（工装设计主管部门）、一

份由管理人员留存]。模具报告单格式参见表 20-3。

表 20-3　模具报告单　　№

×××（部门）

年　月　日　　模具报告单

模具编号		委托单位	
产品名称		产品图号	
产品规格		模具规格	
原（来）模号		模具　付各　眼	
模具检定		产品简图	
备注			

审核　　经手人

注：1. 备注栏中，应填写模具产权归属，即本厂还是用户单位。

2. 本表为三色三联单，×××（部门）可在印刷时标注该部门。

20.2　试模与核样

一般来说试模与核样也是模具管理工作之一，有利于生产准备，也是鉴定模具质量的关键手段之一，可为制品制造和模具使用打下基础。

20.2.1　试模

试模是全面鉴定模具设计、模具结构、模具制造质量优劣的手段，也是合理使用新模具的关键。可以说试模员是模具质量鉴定者，应由经验丰富、操作熟练的老师傅或工艺技术人员承担，否则一副结构合理的模具难以达到理想的效果。

试模步骤与要求如下。

① 试模前应仔细消化制品图纸和技术要求，了解所用胶料以及制品形状和大小，并估计制品质量。

② 熟悉模具结构，了解设计意图；检查模具定位性能并考虑如何加料、启模和取出制品。

③ 模具去油。模具中油封的防锈油一般为厚油（俗称牛油），可用硫化蒸气喷洗；薄油（俗称机油）可在平板硫化机中烘压加热

10～20min，而后趁热用棉纱擦洗或用汽油洗刷。

④ 复验、检查模具结构是否合理（如模具开启、合模是否方便和妥当）。

⑤ 参照制品图纸和硫化临时工艺卡片，考虑加料方法、估计半成品重量（第一模胶料一般偏多为宜）。

⑥ 试压第一模硫化制品后，观察制品有无缺陷。合格后，经修边、称重后，额外增加5%～10%胶料，复压第二模硫化制品，为制定正确的硫化工艺打下基础（内容包括：半成品质量、成形形状、硫化时间、操作方法、开模时间以及其他工艺参数）。

20.2.2 核样

由于橡胶具有一系列变化过程（化学反应），特别是胶料收缩率是关系到模具设计、制品尺寸精度的主要关键之一。试样制品硫化后，一定要停放24h后按制品图纸测量、核对样品外形尺寸及外观要求。测量工具有0.02mm精度游标卡尺、5～20倍投影仪以及工具显微镜等专用量具。

对于尺寸>100mm易于变形的橡胶制品，由于制品无规则变形，给测量带来一定的困难，也允许送交使用单位试装和核样。或采用回转仪（测量O形密封圈尺寸专用仪器）测量。

20.2.3 制定正规硫化工艺

首批模具经过试模，制品经测量或核样合格，模具符合操作要求，最后制定正式硫化工艺和技术文件。

20.3 模具清洗和保养

20.3.1 模具的清洗

模具的表面，特别是模腔的表面要求光滑，无麻点、纹痕、镀硬铬层脱落的现象，特别是O形密封圈模具，上下分型面半圆的清角处不允许有划伤或大于0.10mm倒钝或圆角。否则将影响制品外观质量和使用中的密封性能。

影响模具模腔表面光洁度有以下几种因素。

① 操作不慎，启模工具或模具模芯碰撞而引起麻点和纹痕。

② 硫化时，胶料分离出含硫化合物和硫黄等有害物质腐蚀、氧化和沉积在模腔表面上。

③ 脱模剂积垢氧化生锈。

④ 清洗时，手工砂模、机械抛光，使模腔清角变钝或磨损。

⑤ 模具保管不善，生锈、腐蚀面产生斑纹或麻点。

为了清除上述弊病，一般可以采用如下措施，

① 经常擦洗模具（连续生产的模具一般每周擦洗 1～2 次）。镀铬模具可以放在 20%的热苛性钠溶液中浸泡 3～8h，而后用毛刷或铜丝刷清洗模具模腔表面。有条件者，可用含有玻璃小球的高压水喷射清洗或利用简易超声波加速清洗。

② 操作时，小心谨慎，避免启模工具（撬刀、螺丝起子）划伤模腔表面。对容易划伤模腔表面的模具，可配置铜质启模工具。

③ 模具清洗时，特别是用细砂布打磨模具时，必须注意模腔清角和配合面。

④ 模具使用过后，必须及时清洗、擦干、上油，严禁把模具存放在潮湿的地方。

上述手工或机械打磨法去除模具模腔中污垢的方法目前国内应用较普遍。这种方法虽然简单、方便，但很容易加速模具模腔中表面的磨损，而且，对于一些精度较高的模具，经过多次打磨后，难以保证模腔的正确度。特别是 O 形密封圈分型面的边缘清角，经不断的打磨，使其磨钝，甚至成圆角，影响制品外观质量。

此外一些几何形状复杂的模具（如带有凹槽结构油封、水封、防尘套模具）难以打磨，经多次打磨，往往造成模具模腔凹槽扩大，拼合处磨损，迫使模具更新。

另外，在生产过程中，对于批量较大的制品模具，总是希望能尽快缩短清洗模具的时间，而打磨往往要花费不少时间。

下面介绍一种最新型、最有发展前途的清洗橡胶硫化模具的新技术、新工艺方法。即选择某种除垢添加剂，把添加剂混炼到橡胶里，然后利用混有添加剂的胶料来进行模压，模压后，由于添加剂的作用，模腔上的污垢便能随同胶料一起除去。如果除垢添加剂配方选择得法，此

法有如下特点：

① 硫化模具可以保留在硫化设备上，不需要从硫化机上取下来，这是其他除垢方法所不能及的；

② 无论模具的结构如何复杂，均能完全清洗干净，并对模具模腔没有丝毫的损伤，从而延长了模具的使用寿命；

③ 操作方便、简单；无需专门的技术，可以由操作工直接在现场进行清洗，大大增加了模具的使用周期。

下面的除垢胶料配方可供试验或探讨用。

配方中由三元乙丙橡胶、二氧化硅、过氧化二异丙苯（DCP）、硫黄、二氧化钛、氧化锌、三乙醇胺、硬脂酸等组成（其中三乙醇胺是作为添加剂）。

添加剂除了三乙醇胺外，还有：四乙醇五胺、一异丙醇胺、*N*-二甲基乙醇胺、*Z*-羟基酸乙酯、聚乙二醇胺等等。

除垢胶料首先用开炼机进行混炼，混炼温度在55℃左右，硫化条件为153℃×20min。在许可条件下，硫化温度还可适当提高。

上述除垢胶料对天然橡胶胶料引起的模腔污垢有较好的去垢能力，对于其他各类合成橡胶，由于影响模具模腔污染的因素不同，可选择不同的添加剂，进一步摸索试验。

20.3.2 模具的保养

为了延长模具的使用寿命，除了使用中谨慎小心外，还应重视模具保养。

模具使用完毕后，应送回模具库，管理人员除进行模具清洗、上油外，还必须按以下几项进行检查。

① 模具有无形变、特别是模腔或模框。

② 配合部位有无松动和拉毛。

③ 定位是否可靠。

④ 模腔表面是否光滑、积垢情况如何。

⑤ 模具中活动配合型芯、顶出附件是否齐全；手柄有无松动和脱落。

如存在上述问题，模具应按例行手续办理、填写模具修理单，而

后送往模具修理车间修理。修理单格式如表 20-4 所示。

表 20-4　模具修理单　　№

生产故障报告单

生产单位		故障原因"√"	①材料②工模具③工艺④图纸⑤设备⑥其他				
任务编号		产品名称		图号		模号	
故障情况			处理意见			备　注	
			车间 厂部				

一、车间留存

填单人　　车间　　报告日期

注：该表为三联单。一、车间留存；二、转有关单位；三、处理结果反馈单。

模具经检查符合进库要求后，存放要求如下。

(1) 模具回库逐付进行检查，符合要求后及时上油油封或采用冷溶型可剥性塑料薄膜封存。

冷溶型可剥性塑料薄膜配方如下。

过氯乙烯树脂	100g	变压器油	1g
邻苯二甲酸二丁酯	25g	羊毛脂镁皂	8g
蓖麻油	24g	丙酮	350g
环氧树脂	10g	二甲苯	350g

工艺过程及注意事项如下。

a. 工艺过程

① 除油　汽油或煤油清洗。

② 滤干　10～20min。

③ 浸涂液　室温下 3～5s。一次浸液厚度 0.2mm，需要增加厚度可二次、三次浸涂，可在 5min 左右操作一次。也可采用浸液法或涂刷法，但不许用手直接拿工件。

④ 滤干　1～2h。冷溶剂挥发比较慢，必须干后才能重叠，包括包

装重叠。

⑤ 检验　工作表面塑料层要均匀，不允许有气泡出现，夹缝处不得无涂层。

b. 注意事项

① 工件表面不得有锈蚀点、毛刺、氧化皮、铜锈及金属屑、油漆层。工件要达到质量要求，应配置夹具或挂具。

② 塑料薄膜防锈封存，保存时间不宜过长，一般不超过 1 年。

③ 超过 1 年可采用 201 防锈油；超过 3 年可采用 201 防锈油加凡士林调厚；短时期封存可用 201 防锈油加煤油稀释。

(2) 按模具编号，送回原来模架上，模架离地面应有一定高度。做成由门开启、封闭式模架更为妥当。

(3) 做好模具使用情况记录卡（即模具的档案）登记工作。

20.4　模具档案

从模具的验收、入库登记、模具报告单，以及试模、核样、使用、保养等一系列过程中反映模具自进厂或进库后，在长期生产过程所处的状态，为了解模具使用寿命、预测备模周期，建立模具的档案工作很有必要。模具的档案卡如表 20-5 所示，它能反映模具使用寿命和存在问题，并能预测备模周期，更好地发挥其效能，为生产服务。

表 20-5　模具档案卡　　№

年　月　日

模具编号		委托单位	
产品名称		产品图号	
产品规格		模具规格	
来模代号		模具　付各　眼	
产品简图		模具检定①	
		备注②	

续表

使用检定记录				
发模日期	还模日期	生产数量	操作者	记事
修理、重开、记录				
日期	修理、重开、内容			备注

模具存放位置	提回日期与用户	经办人

①模具检定栏中填写内容：有无模具合格证；模具质量情况；经试模后核样记录（转抄工艺试模核样数据）。

②备注栏中填写内容：新模具还是转产旧模具；有无顶出装置及其代号；有无带有金属骨架（嵌件）；有无其他附件说明；模具产权（模具归谁所有）。

第二十一章　橡胶一般介绍

21.1　概述

橡胶是高分子化合物，随着温度的升高，在外力作用下产生粘流态流动。

橡胶的流动特性在橡胶塑炼、混炼、压延、压出、成型、模压扣注压加工过程中具有十分重要的意义。

橡胶（生胶）在未经加工硫化以前，实质上是一种粘度很高的液体，其分子之间没有产生交联，缺乏良好的物理机械性能，实用价值不大。生胶经过塑炼后变得柔软而易于流动，并能很好地混入各种配合剂制成半成品（俗称混炼胶或胶料），经硫化交联后才基本上失去了流动性。由于结构的变化而使橡胶性能大大改善，使其具有独特的高弹性能、优异的抗疲劳强度、极好的电绝缘性能、良好的耐磨耗性和耐热性；并具有良好的防震性、不透水性、不透气性和化学稳定性等。因此，橡胶在航空航天、交通运输、机械制造、仪器仪表制造、化工、矿山等工业部门中，以及农业、医疗卫生及日常生活等各个方面，都得到了广泛地应用。

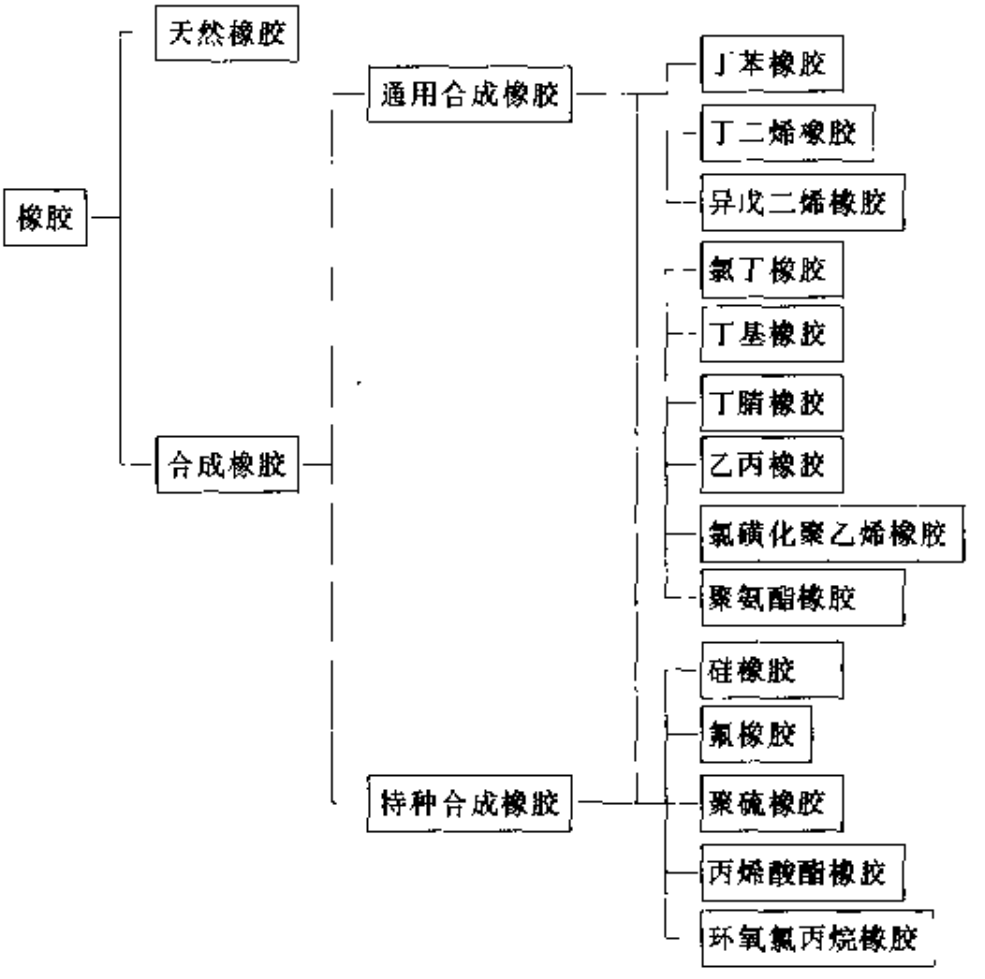
21.2　分类

橡胶一般分为天然橡胶与合成橡胶。在合成橡胶中，极据其性质和用途，有通用合成橡胶和特种合成橡胶之分，具体分类如下页所示。

21.3　主要特性与用途

（1）天然橡胶　与多数合成橡胶相比，天然橡胶具有独特的耐寒性、较高的回弹性和耐磨性。天然橡胶虽不耐矿物油的膨润，但其对

植物油和醇类较稳定。采用正丁醇/精制蓖麻油为制动液的液压制动系统中的皮碗、皮圈均用天然橡胶制造，一般密封条也用天然橡胶制造。



（2）丁腈橡胶　具有优良的耐油、燃料油及芳香溶剂等性能，但不耐酮、酯和氯代烃等介质，因此，耐油密封制品以采用丁腈橡胶为主。按照丙烯腈含量不同，有 20 号、30 号、40 号丁腈橡胶。丙烯腈含量越高，耐油、耐热性越好，但低温性能也越差。此外，丁腈橡胶耐大气老化、耐臭氧性能较差。

（3）氯丁橡胶　具有良好的耐油、耐溶剂及耐化学介质等性能。它对齿轮润滑油、变压器冷冻机油也有较好的抗耐性，但不耐高芳香族油。氯丁橡胶的特点是耐天候老化和臭氧老化性能优良，特别是配用防老剂 4010 时，其耐臭氧老化仅略次于丁基橡胶。生产中通常采用氯丁橡胶制作门窗密封条。氯丁橡胶对于无机酸也有良好的耐腐蚀作用。此外，由于氯丁橡胶具有良好的屈挠性和不透气性，故可制作膜片及一般真空用密封制品。

(4) 硅橡胶　具有突出的耐高低温性能，在－70～＋260℃的温度范围内保持良好的使用弹性，并有耐臭氧、耐天候老化等优点，但其机械性能差，价格昂贵，宜作热机构中的密封衬垫，如强光源灯罩密封衬圈、阀垫。硅橡胶的耐油性不好，故不宜作耐油密封制品和强度要求高或者要求耐压、耐磨耗的各类密封器件。硅橡胶的另一个特点是耐辐射性能、耐臭氧老化性能优异，并具有良好的电绝缘性能；无任何毒性，可制作绝热、绝缘制品及医用橡胶制品。

(5) 聚氨酯橡胶　具有独特的耐磨性和良好的不透气性，弹性温度范围一般为－35～＋130℃。此外，还具有中等耐油、耐氧及耐臭氧老化特性，但不耐酸碱、水溶液、热水、蒸气和酮类等。适于制作各种橡胶密封制品，如油封、O 形圈和隔膜等。此外，还可作为新型的冷压冲裁与弯曲加工的材料，代替钢制凹模，得到了比较广泛的应用。

(6) 聚硫橡胶　具有良好的耐油性能、耐有机溶剂性能以及耐臭氧性能。而且，聚硫橡胶的硫化收缩小，耐候性能、耐水性能、电绝缘性能和抗电晕性能也很理想，但耐热性能较差。聚硫橡胶可以用来制作输油胶管、飞机油箱、橡皮船、液态化学肥料运输包、印刷胶辊、耐油衬里、各类密封制品、电器绝缘制品以及各类机械缓冲器、防震垫等。

(7) 氟橡胶　具有耐高温性，可在－30～＋250℃环境中使用，若短时间使用，使用温度可达 316℃，耐强氧化剂、耐油、耐酸碱。但是氟橡胶的自粘性能较差、热塑性能不高，所以，其加工成型以及与金属粘接的性能较为低劣，模制化成型较为困难，给模压制品质量带来一定的问题。氟橡胶通常用于高温、高真空及高压环境中，也适宜于油类环境。由于具有各种优异的性能，氟橡胶广泛地用于石油、化工、航空航天等部门和尖端科学技术领域。

21.4　橡胶（胶料）的主要质量指标

(1) 拉伸强度　是橡胶试片（经硫化）扯断时单位面积上所受的力，以 MPa 表示。其大小主要由生胶质量和其他配合剂的性质和配合量决定，同时与选用正确的硫化条件也有一定的关系。

（2）伸长率　是橡胶试片（经硫化）扯断时所增加的长度与原始长度之比的百分率，以%表示。伸长率表示橡胶的柔性。

（3）邵尔硬度　是橡胶试样受外力压缩时，所发生的反抗变形的能力。邵尔硬度一般采用A型硬度（shore A）旧名称为肖氏硬度。邵尔A型硬度是试样受试验器的钝针压入时，指针所表示的度数，以25～100为限。

（4）永久变形　是橡胶试片（经硫化）扯断后并经过一段时间（通常为3min）停放后，增长的长度与原始长度之比的百分率，以%表示。永久变形是表示橡胶弹性的指标。

（5）脆性温度　是橡胶试片在冲击试验机上被冲断时的最高温度，以℃表示。脆性温度是橡胶开始丧失弹性时的温度，脆性温度越低，表示橡胶低温性能越好。

（6）老化性能变化率（老化系数）　橡胶由于受大气因素（空气中的氧气、日光、热、臭氧等）和工作介质及温度的影响而逐渐产生物理机械性能变坏的现象叫老化。老化性能变化率是橡胶试样老化后与老化前性能的差值跟老化前性能值之比的百分数。老化系数是橡胶试样老化后与老化前性能的比值。为提高橡胶制品耐老化能力可在配方中加入防老剂。

第二十二章　橡胶模具结构设计

22.1　密封圈制品类模具结构

22.1.1　O 形密封圈

(1) O 形密封圈模具结构之一（如图 22-1 所示，制品见图 22-2）

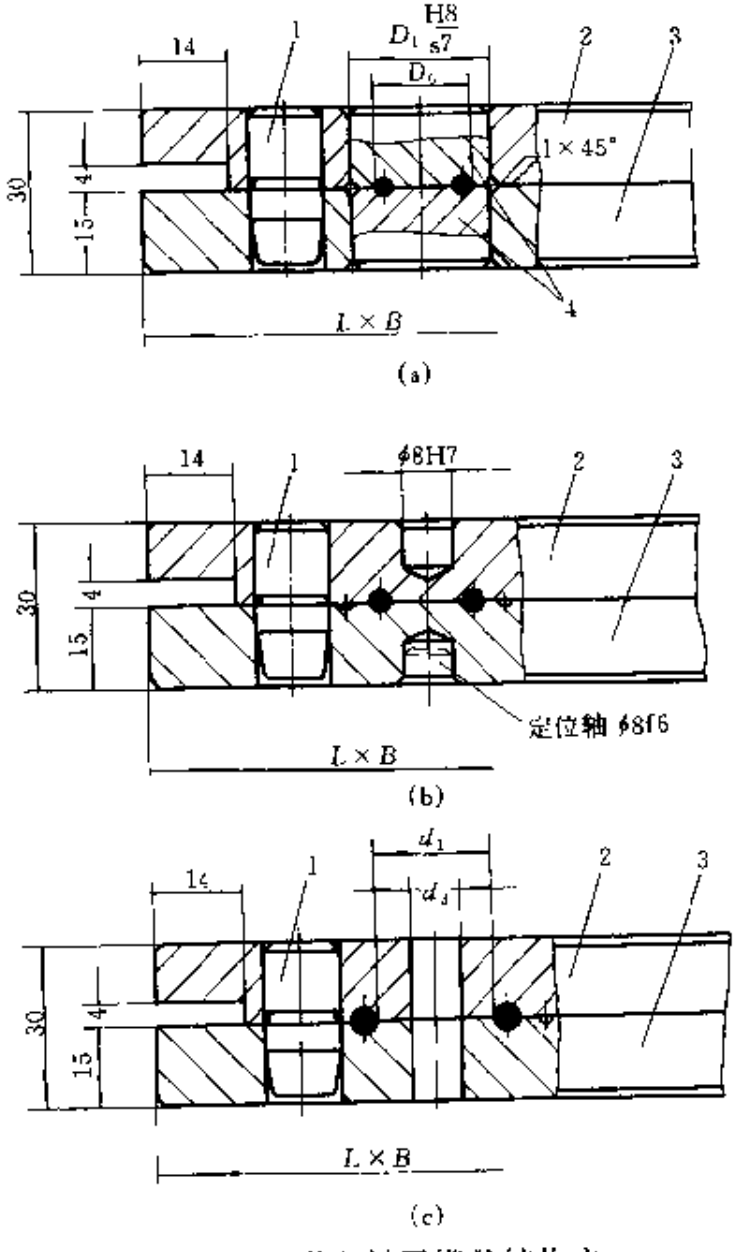


图 22-1　O 形密封圈模具结构之一

(a) $D_1=D_0+6$；(c) $d_3=d_1-10$

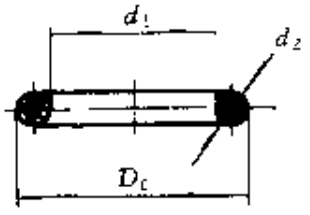


图 22-2 O 形密封圈

（材料：橡胶 5171）

【说明】

(a) 结构适用于 D_0<20mm 多孔制品，模具结构简单、维修方便、模芯同轴度好。图中 1×45°倒角代替余料槽。$L\times B$=长×宽（下同）。

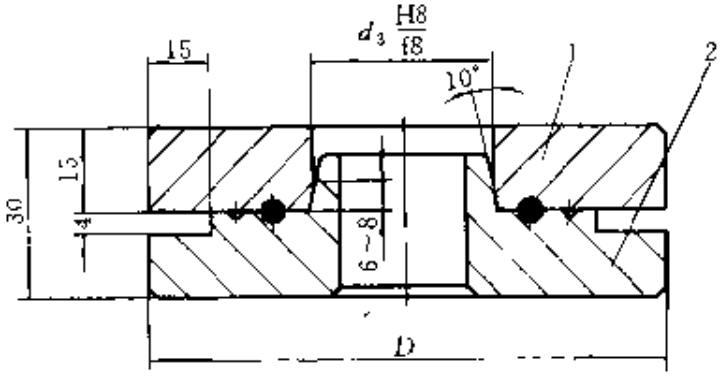
(b) 结构适用于 D_0<20mm 多孔制品，模具在车床上用轴定位加工。加工方法：当加工下模模腔时复合上模，加工背面定位孔，最后以上模定位孔加工上模模腔。

(c) 结构适用于 D_0>20～60mm 多孔制品。d_3 属中心基准孔，要求光洁度、同轴度好。

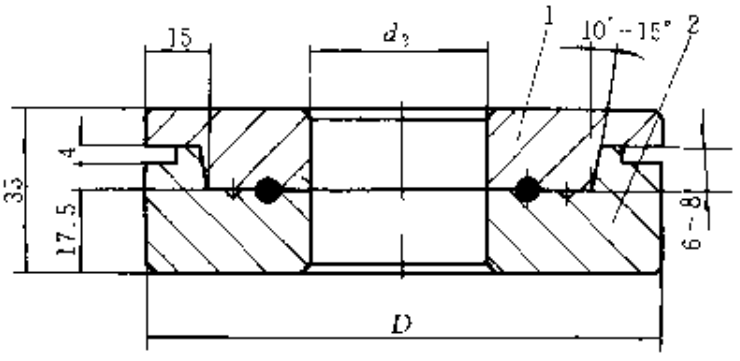
零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
4	上、下模芯		45	HRC38～42	淬火
3	下模	1	45	HRC28～32	调质
2	上模	1	45	HRC28～32	调质
1	导销	3	45	HRC42～48	淬火

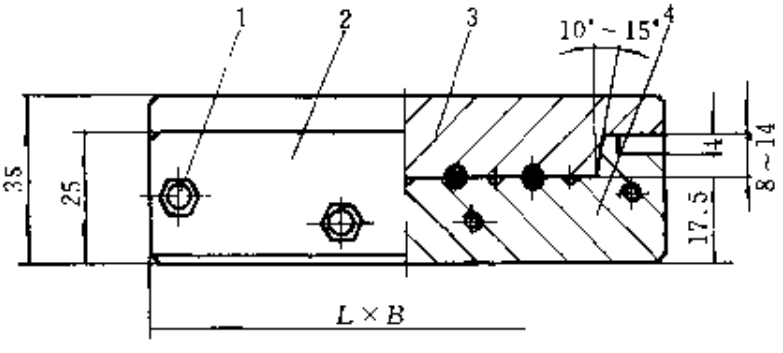
(2) O 形密封圈模具结构之二（如图 22-3 所示，制品见图 22-2）



(a)



(b)



(c)

图 22-3 O 形密封圈模具结构之二

(a) $d_3=d_1-10\sim20$；$D=D_0+50\sim60$；(b) $d_3=d_1-15\sim20$；$D=D_0+50\sim60$；

(c) 接长模 $L=600\sim800$，接圆模 $L=160\sim200$

【说明】

(a) 采用内侧圆锥面定位。

(b) 采用外侧圆锥面定位，适用于 $D_0>60$mm 单孔制品。其特点为：操作方便、定位可靠、加工精度高。

(c) 采用斜边定位，结构可靠、加工精度高。适用于 $D_0>500$mm 多孔接长制品，当制品要求接圆时，应备模长 160～200mm、模腔 1～2 孔接圆模。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
4	下模	1	45	HRC28～32	调质
3	上模	1	45	HRC28～32	调质
2	挡板	2	45	HRC28～32	调质
1	螺钉	8			M8～M10

(3) O 形密封圈模具结构之三（如图 22-4 所示，制品见图 22-2）

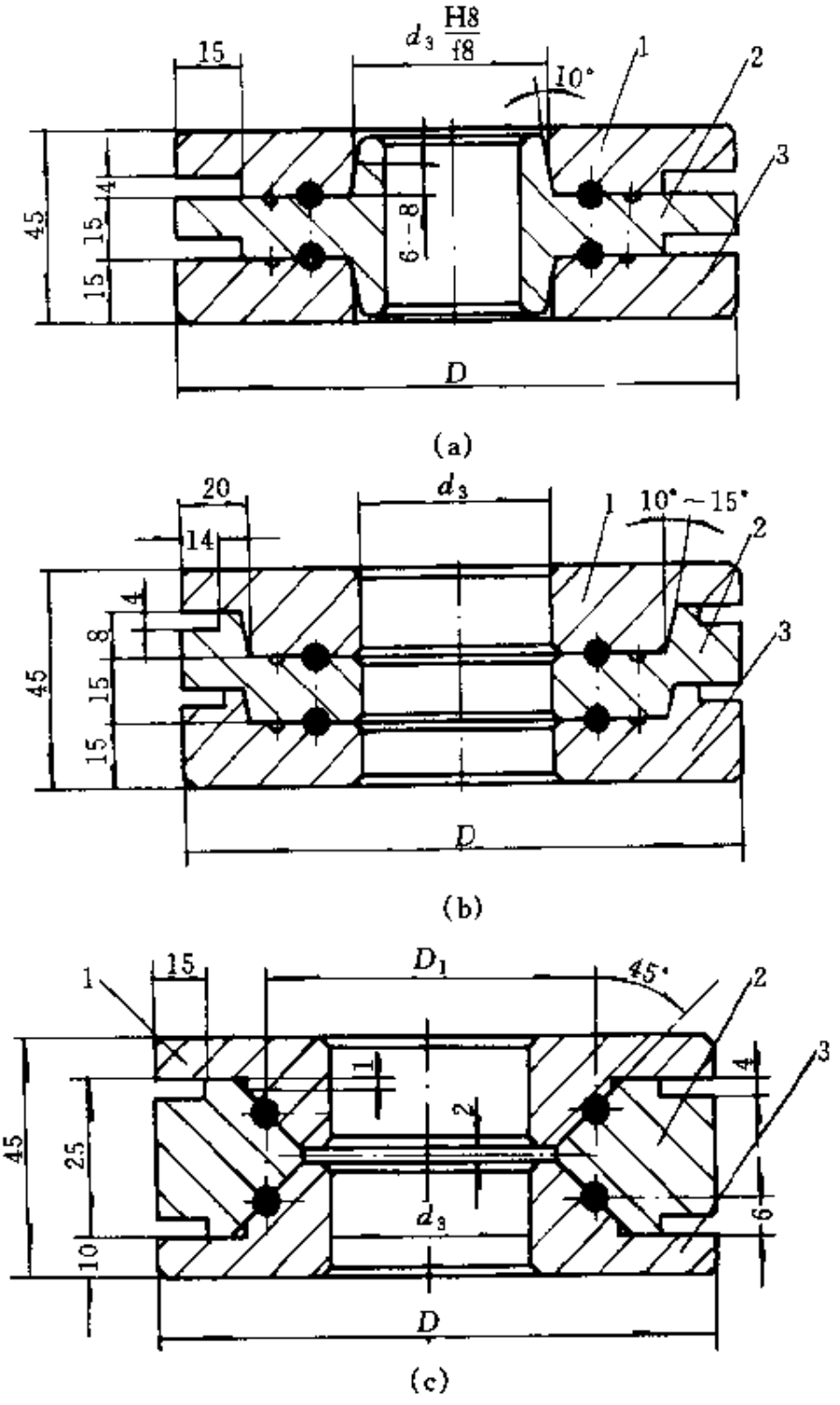


图 22-4 O 形密封圈模具结构之三

(a) $d_3=d_1-10\sim20$，$D=D_0+50\sim60$；(b) $d_3=d_1-15\sim20$，$D=D_0+60\sim70$；

(c) $d_3=D_1-20\sim25$，$D=D_1+50\sim60$

【说明】

(a) 为圆锥面定位，适用于 D_0>60～500mm 双腔结构。上模、下模与中模锥面配合要求配作并明显打印配合序号或改变 d_3 为不同大小轴孔配合。

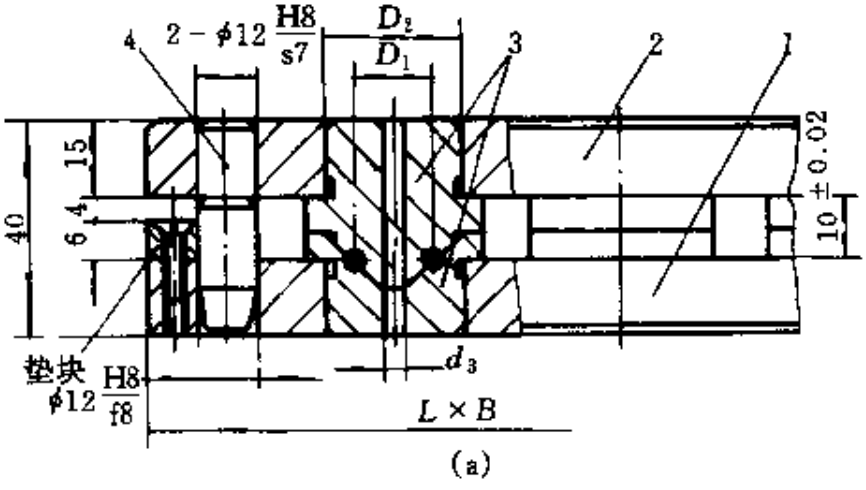
(b) 为圆锥面定位，适用于 D_0>60～500mm 双腔结构；也可制作多层结构，但模具闭合总高度必须小于模具外径 D 的 1/3；并明显打印配合序号。

(c) 为 45°分型圆锥面定位，适用于 D_0>40mm 双腔 45°分型制品，其模配合面要求密合；并明显打印配合序号。45°分型 O 形密封圈适用于动态轴用密封场合（下同）。

零件表

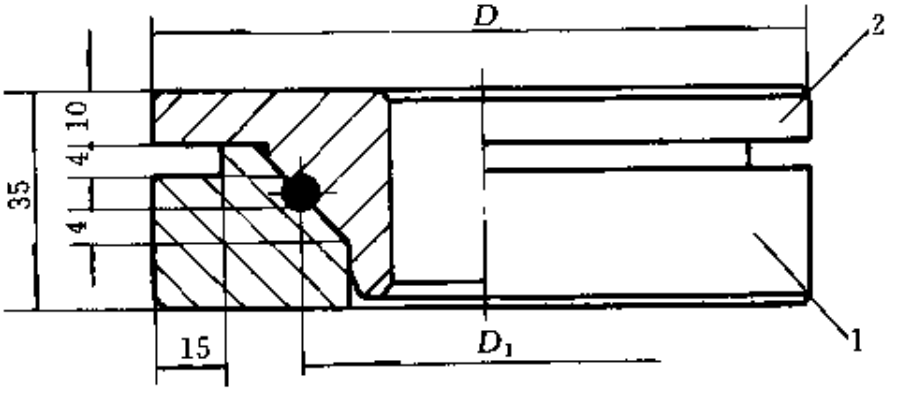
序号	名称	数量	材料	热处理	备注
3	下模	1	45	HRC28～32	调质
2	中模	1	45	HRC28～32	调质
1	上模	1	45	HRC28～32	调质

(4) O 形密封圈模具结构之四（如图 22 5 所示，制品见图 22-6）

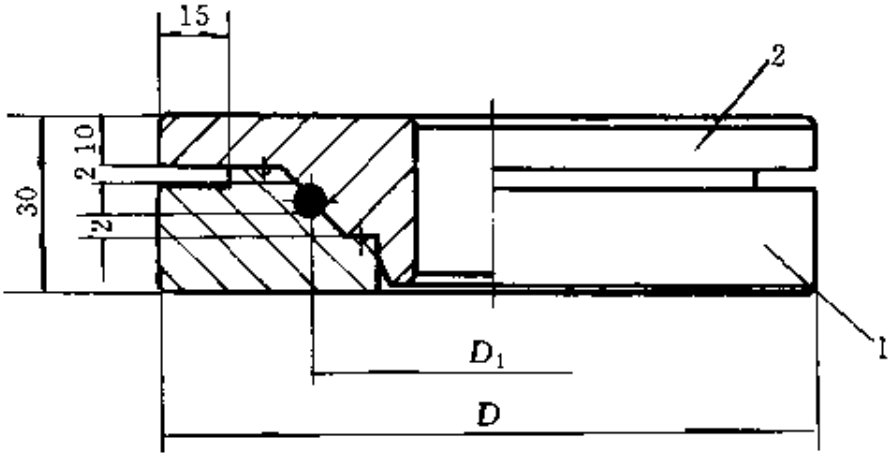


(a)

图 22-5



(b)



(c)

图 22-5 O 形密封圈模具结构之四

(a) $D_2=D_1+8\sim10$，当 $D_1<10$ 时 d_1 为零（无孔）；

(b) $D=D_1+50\sim60$；(c) $D=D_1+50\sim60$

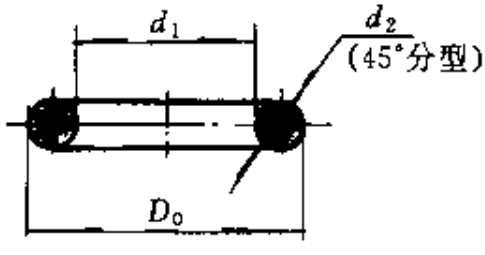


图 22-6 制品图

【说明】

(a) 适用于 $D_0<60$mm 多孔制品，是典型 45°分型 O 形密封圈模具。

(b)、(c) 两种结构适用于 $D_0>60$mm 单孔制品，也是常用典型 45°分型 O 形密封圈模具。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
4	导销	2	45	HRC42～48	淬火
3	上、下模芯	多孔	45	HRC28～32	调质
2	上模	1	45	HRC28～32	调质
1	下模	1	45	HRC28～32	调质

(5) O 形密封圈模具结构之五（如图 22-7 所示，制品见图 22-6）

【说明】

(a) 适用于容易缩边、裂口的氟橡胶 O 形圈制品硫化模具，由于氟橡胶定型快、流动、结合力差，为避免过分逃气、溢胶，不需要典型余料槽，可开置(0.04～0.06)mm×(2.5～4)mm 封闭间隙，可防止缩边或裂口。

(b) 适用于 30°或 45°分型 O 形圈外表面包覆或压制聚四氟乙烯(0.10～0.15mm) 薄膜制品，压环起固定成型薄膜之用。其中 (i) 为成型薄膜。(ii) 为包覆薄膜。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
4	压环	1	45	HRC28～32	调质
3	加长导柱	1	45	HRC42～48	淬火
2	上模	1	45	HRC28～32	调质
1	下模	1	45	HRC28～32	调质

(6) O 形密封圈模具结构之六（如图 22-8 所示，制品见图 22-2，材料为橡胶 5160）

【说明】

(a) 用于 D_0<40mm 水平分型多孔 O 形圈制品的注压模具，该模采用环状流胶道进料、排气结构。用注压法生产的橡胶制品质量好、产量高。

(b) 适用于 D_0>60mm 45°分型单孔 O 形圈制品注压模，该模采用环状缝隙进胶，模具结构简单。

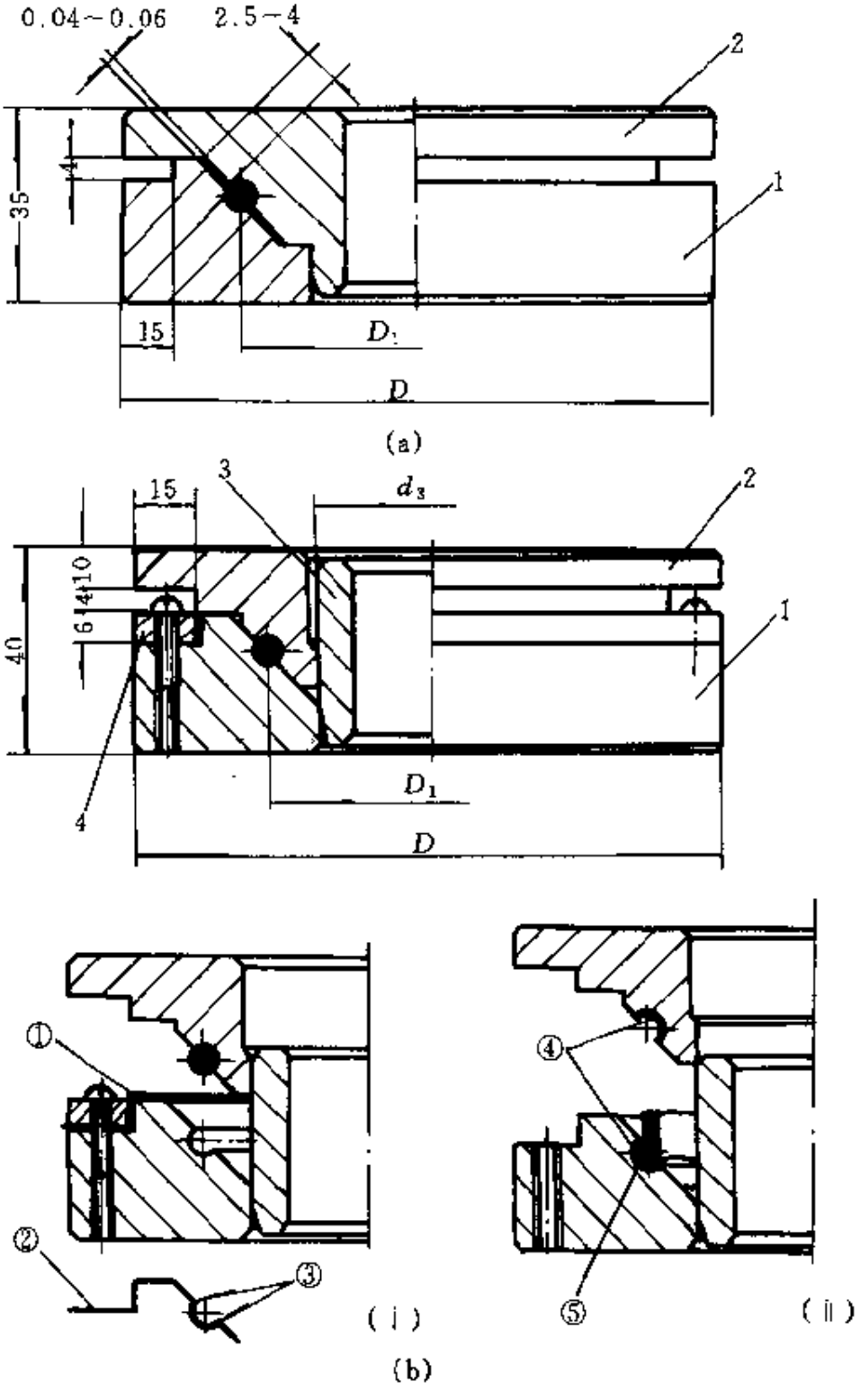


图 22-7 O形密封圈模具结构之五

(a) $D=D_1+50\sim60$；(b) $D=D_1+50\sim60$

① 聚四氟乙烯 0.1～0.15；②- 成型后薄膜；

③—去掉废边；④—薄膜；⑤—胶料

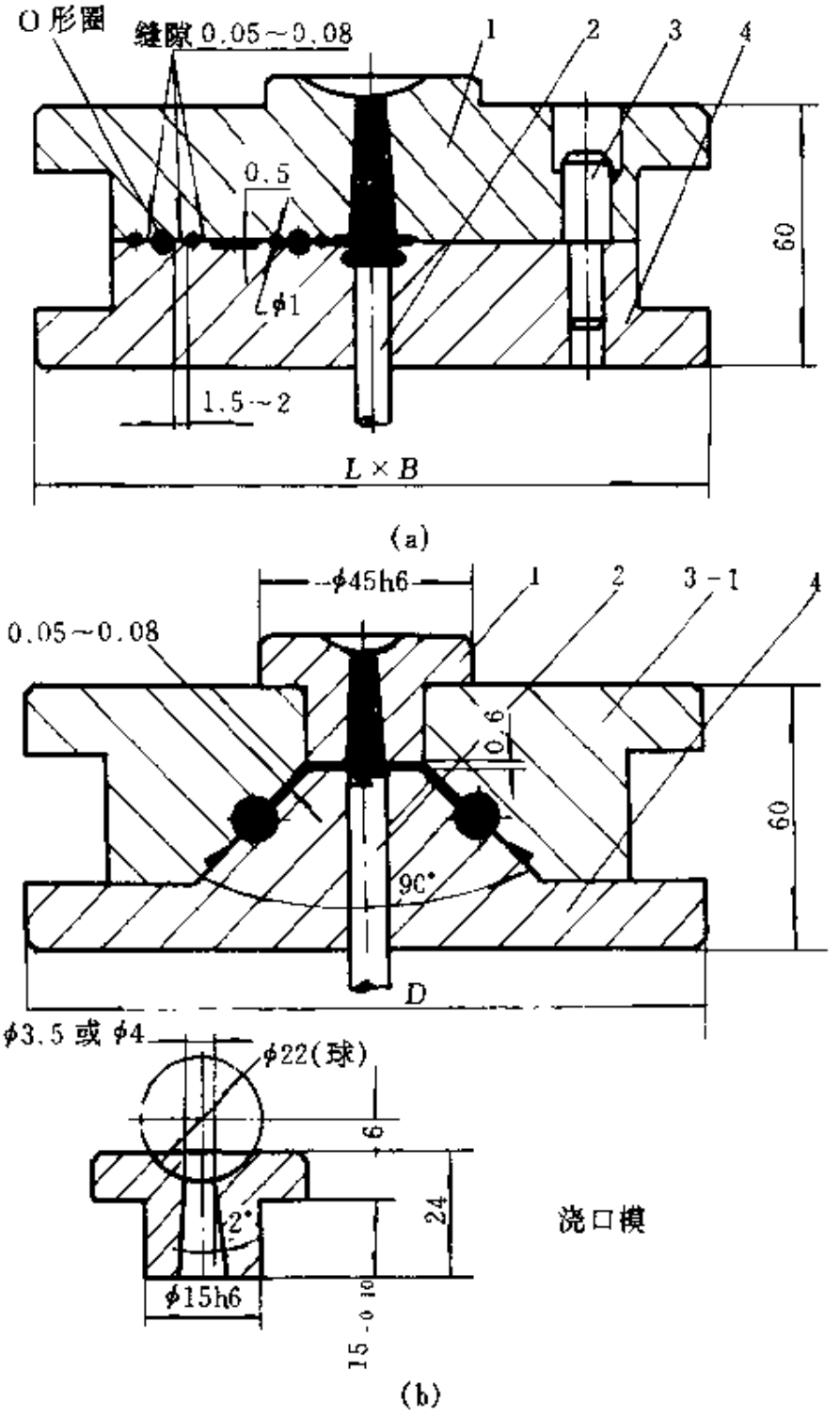


图 22-8 O形密封圈模具结构之六

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
4	下模	1	45	HRC28～32	调质
3-1	上模	1	45	HRC28～32	调质
3	导柱	2	45	HRC42～48	淬火
2	顶杆	1	45	HRC42～48	淬火
1	浇口模	1	45	HRC42～48	淬火

（7）O 形密封圈模具结构之七（如图 22-9 所示，制品见图 22-6，材料为橡胶 5073）

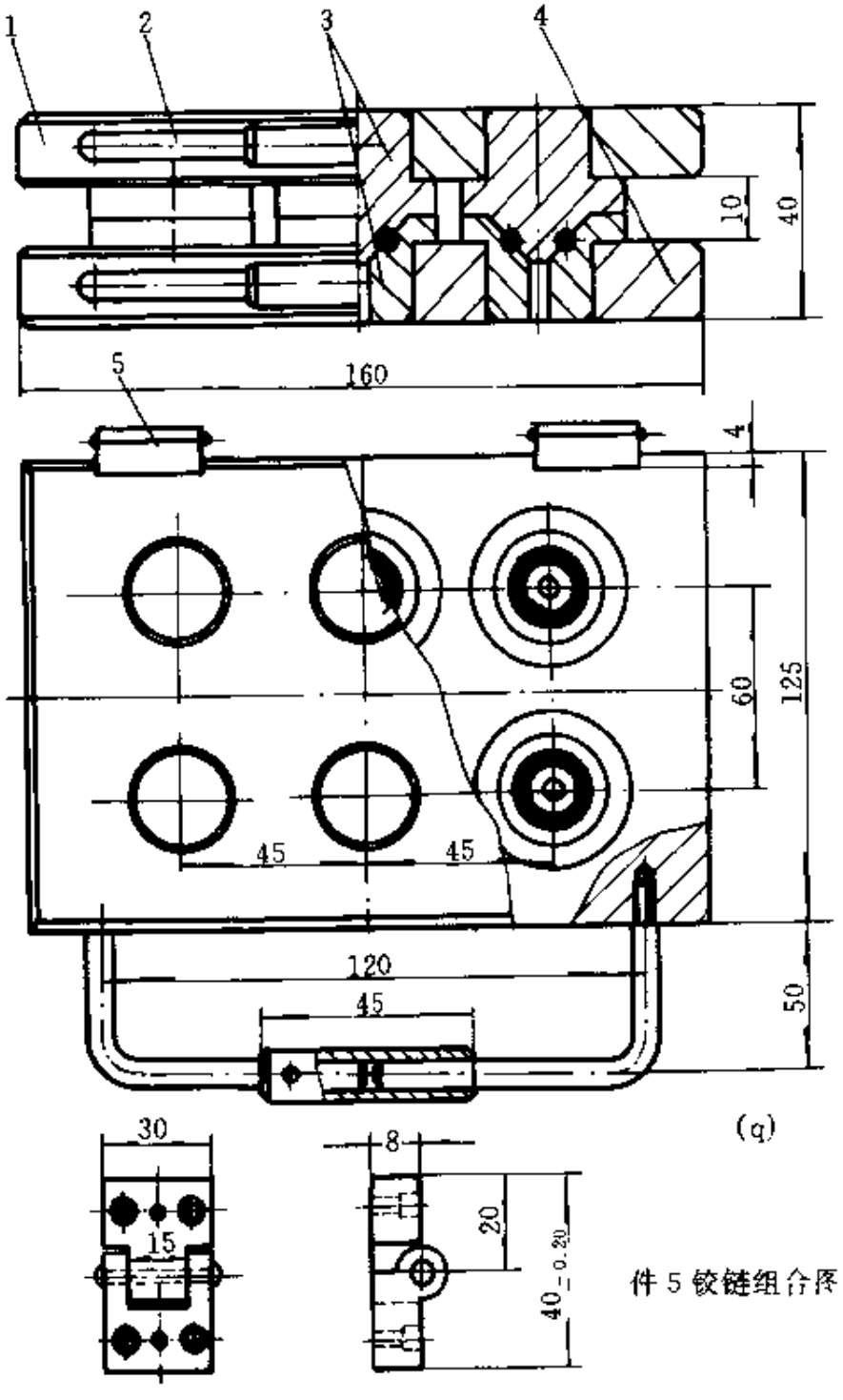


图 22-9　O 形密封圈模具结构之七

【说明】

用于 $D_0<15$mm 45°分型多孔 O 形圈模具。该模采用铰链式接合结构，其特点是：启模、合模方便；有定位、定向作用，不易造成操作时扣反现象；减轻劳动强度。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
5	铰链	2	45		组合件
4	下模	1	45	HRC28～32	调质
3	上、下模芯	6	45	HRC38～42	淬火
2	手柄	2	45		组合件
1	上模	1	45	HRC28～32	调质

(8) O 形密封圈模具结构之八（如图 22-10 所示，制品见图22-2，材料为橡胶 2840）

【说明】

该模结构适用于 $D_0>40$mm 轴向分型多腔 O 形圈制品。该模特点为：结构简单、工效高、省模料、加料方便，有利于大批量生产；特别适用于硬度低、粘度大、成型困难的胶料，如硬度低于 40 的硅橡胶、天然橡胶等。其缺点是模具加工精度高、闭合高度较高。

注意事项：10°配合面要求密合，K 处保持清角，闭合高度 H 应小于 $1/3A\times B$。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
4	导销	2	45	HRC42～48	淬火
3	上模	1	45	HRC32～38	调质
2	下模	1	45	HRC32～38	调质
1	模芯	1	45	HRC42～48	淬火

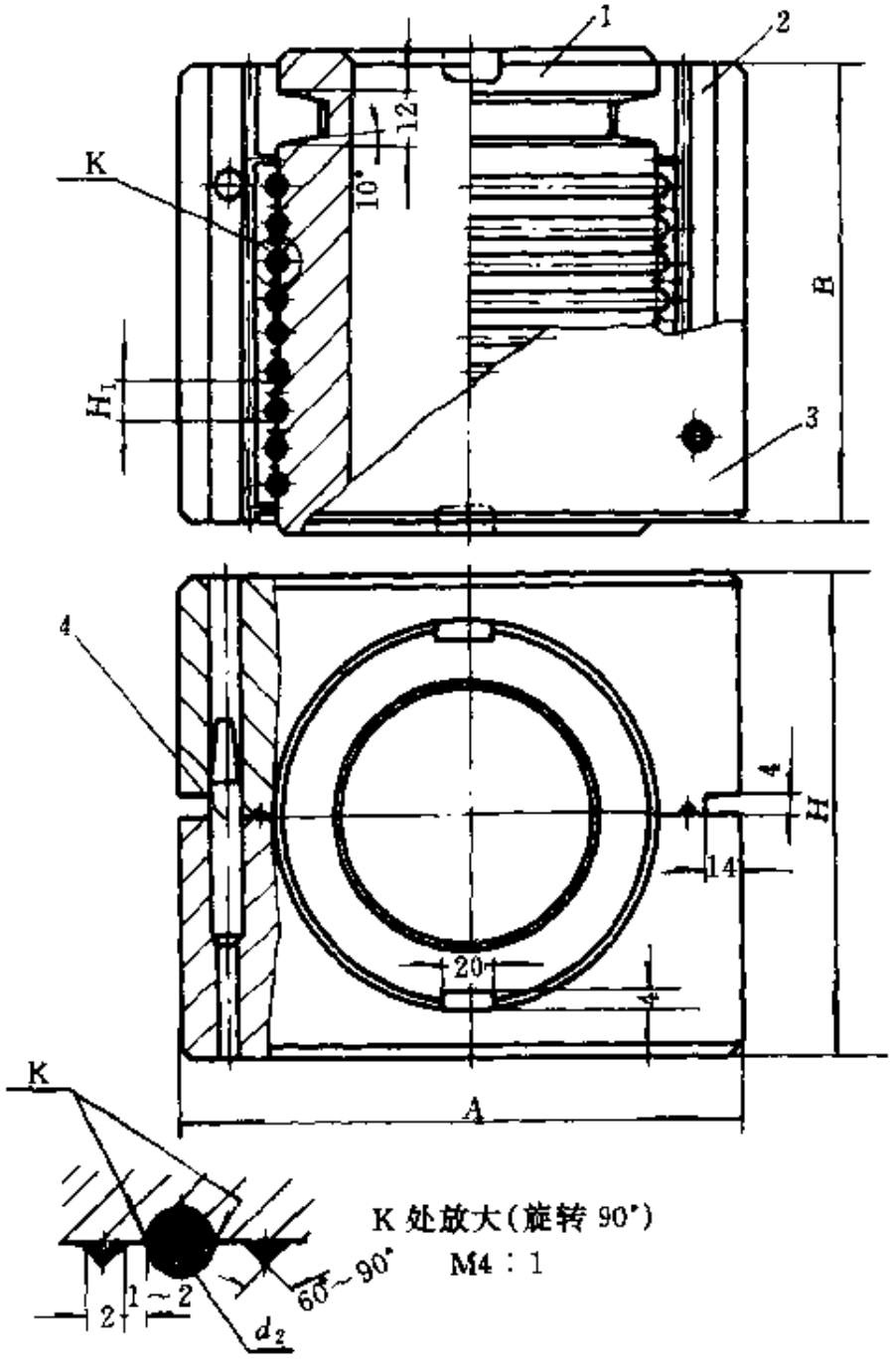


图 22-10 O 形密封圈模具结构之八

22.1.2 矩形密封圈

(1) 矩形密封垫圈模具结构之一（如图 22-11 所示，制品见图22-12）

【说明】

该模结构适用于 $D<10$mm、$H<4$mm 矩形密封圈制品。该模采用压铸法结构。其特点为：加料方便、制品致密度好；模芯采用与中模镶嵌结构，制品内外径同轴好，但开启稍为困难，当 $H>4$mm 时模具结构应配置模具开启装置。

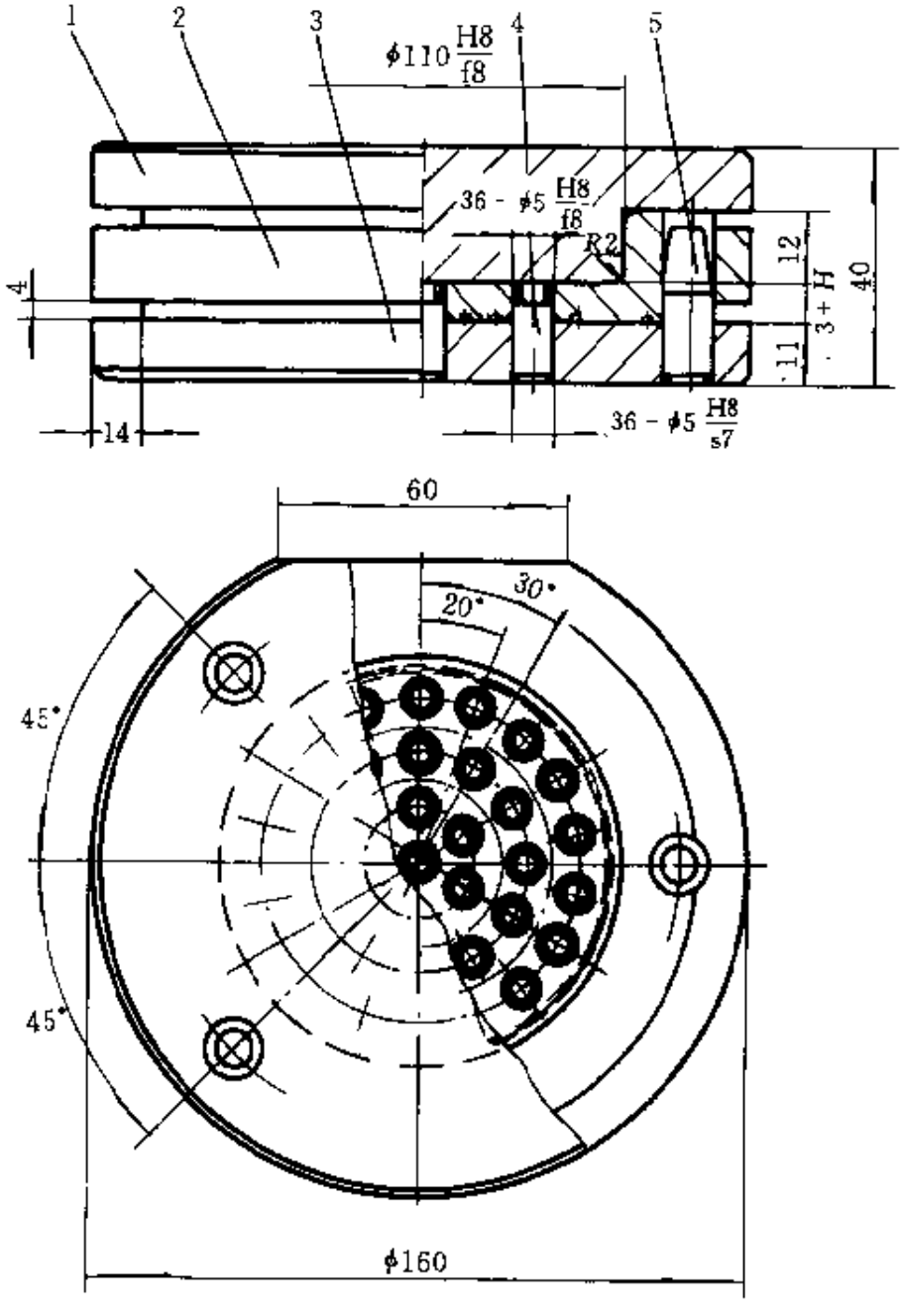


图 22-11　矩形密封垫圈模具结构之一

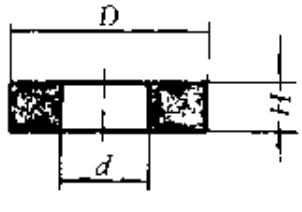
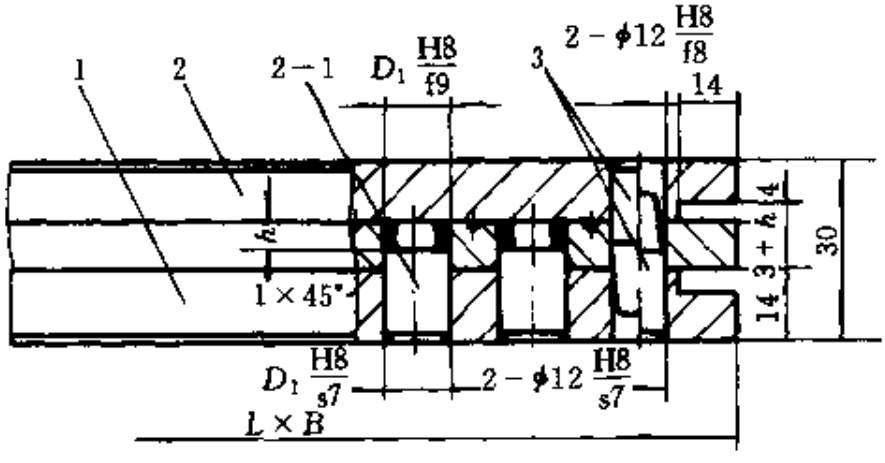


图 22-12　制品图（材料：橡胶 6144）

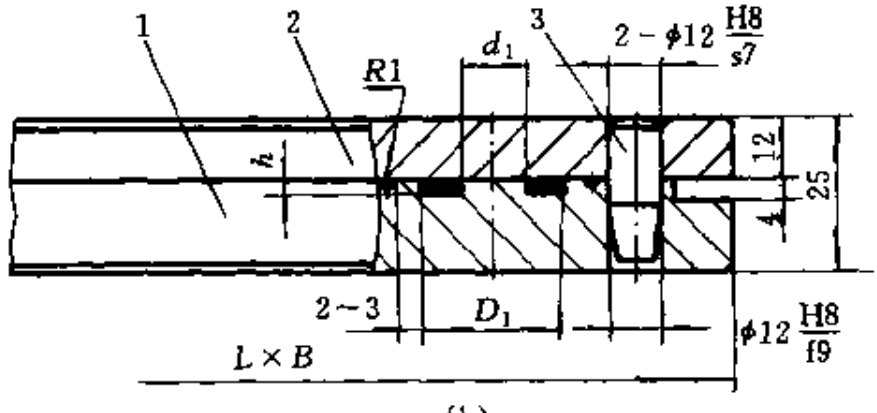
零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
5	导销	3	45	HRC42～48	淬火
4	模芯	36	T10A	HRC48～52	淬火
3	下模	1	45	HRC28～32	调质
2	中模	1	45	HRC28～32	调质
1	压料模	1	45	HRC42～48	淬火

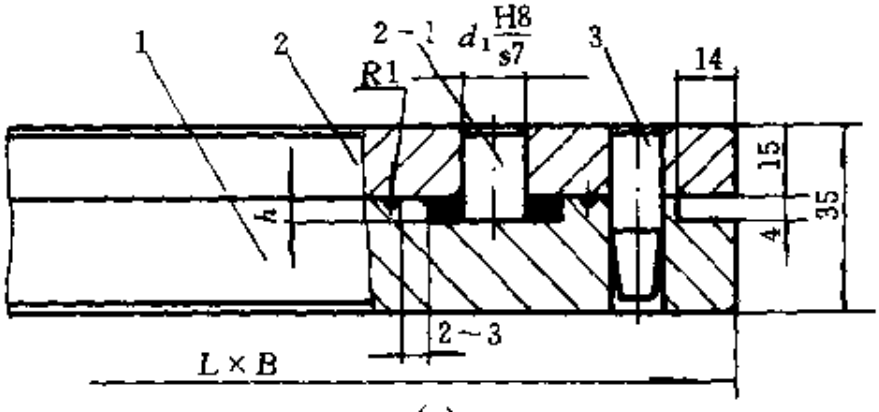
（2）矩形密封垫圈模具结构之二（如图 22-13 所示，制品见图 22-12）



(a)



(b)



(c)

图 22-13 矩形密封垫圈模具结构之二

【说明】

(a) 模结构适用于 $D<15mm$、$H<6mm$ 的矩形制品，该模模芯采用中模镶嵌结构。使用寿命高，制品内外径同轴好。

(b) 模结构适用于 $H<3mm$、$\frac{D-d}{2H}>1.5mm$ 的矩形制品，模具结构简单，制品内外径同轴度好，也允许以 d 或 D 径分型，静配镶模芯。

(c) 模结构适用于 $d<15mm$、$H<6mm$ 的矩形制品，该模采用上模镶模芯结构，加料、取出制品都较方便。

零件表

3	导　销	各 2	45	HRC42～48	淬　火
2—1	模　芯		T10A	HRC48～52	淬　火
2	上　模	1	45	HRC28～32	调　质
1	下　模	1	45	HRC28～32	调　质
序　号	名　称	数　量	材　料	热处理	备　注

(3) 矩形密封垫圈模具结构之三（如图 22-14 所示，制品见图22-12）

【说明】

(a) 适用于 $d>15mm$、$H<6mm$ 的矩形制品，模芯采用通孔结构、定位性能可靠。制品内径为通孔状态。

(b) 适用于 $d>10\sim20mm$、$H>6\sim20mm$ 的矩形制品，采用三合

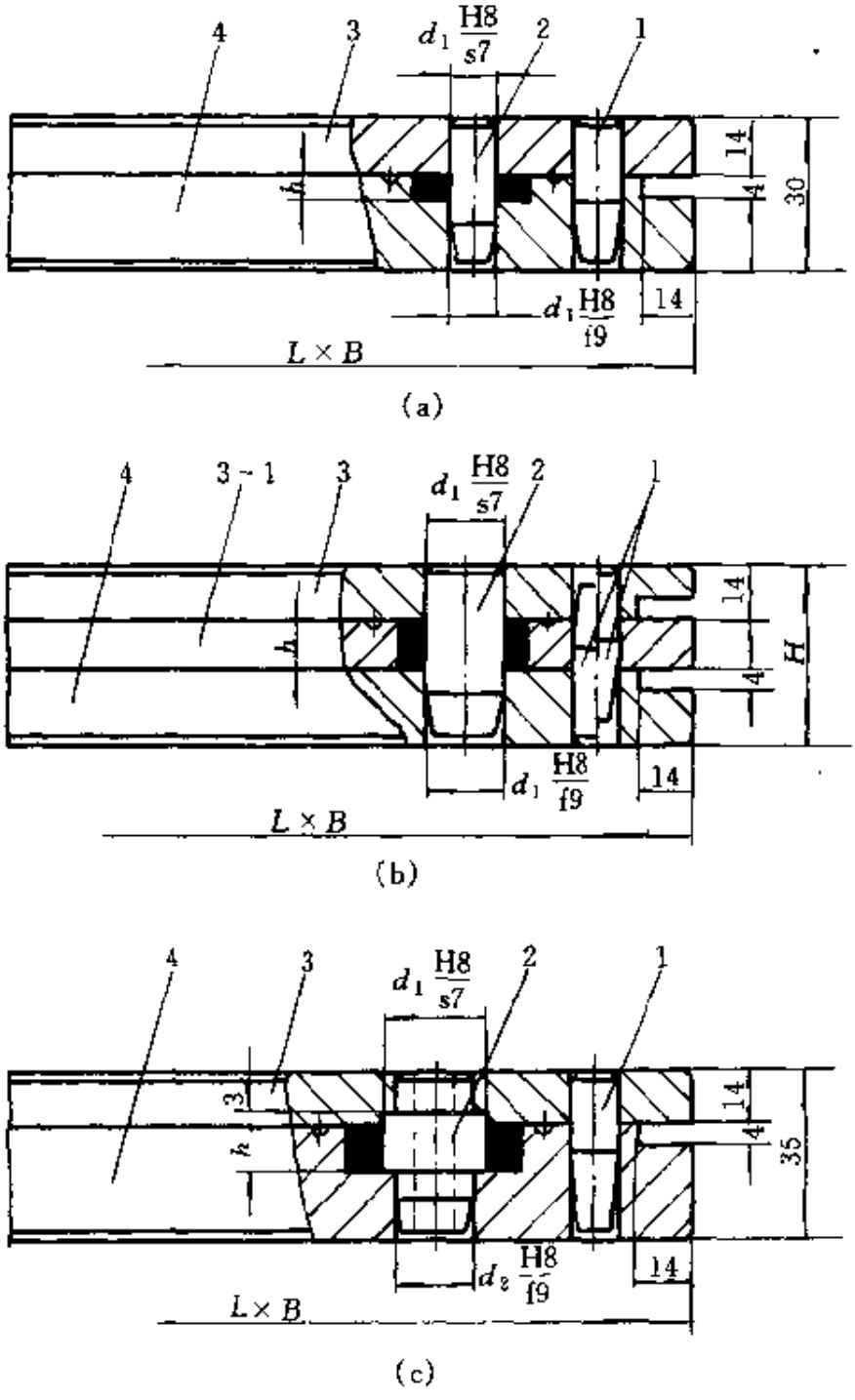


图 22-14 矩形密封垫圈模具结构之三

(b) $H=28+h$；(c) $d_2=d_1-6$

模通孔结构，排气性好，出模方便。

(c) 适用于 $d>20$mm、$H<6$mm 的矩形制品，模芯采用带台阶结构，模具加工精度高、定位可靠、使用寿命好，但下料、脱模麻烦。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
4	下模	1	45	HRC28～32	调质
3－1	中模	1	45	HRC28～32	调质
3	上模	1	45	HRC28～32	调质
2	模芯		T10A	HRC48～52	淬火
1	导销	各2	45	HRC42～48	淬火

（4）矩形密封垫圈模具结构之四（如图22-15所示，制品见图22-12）

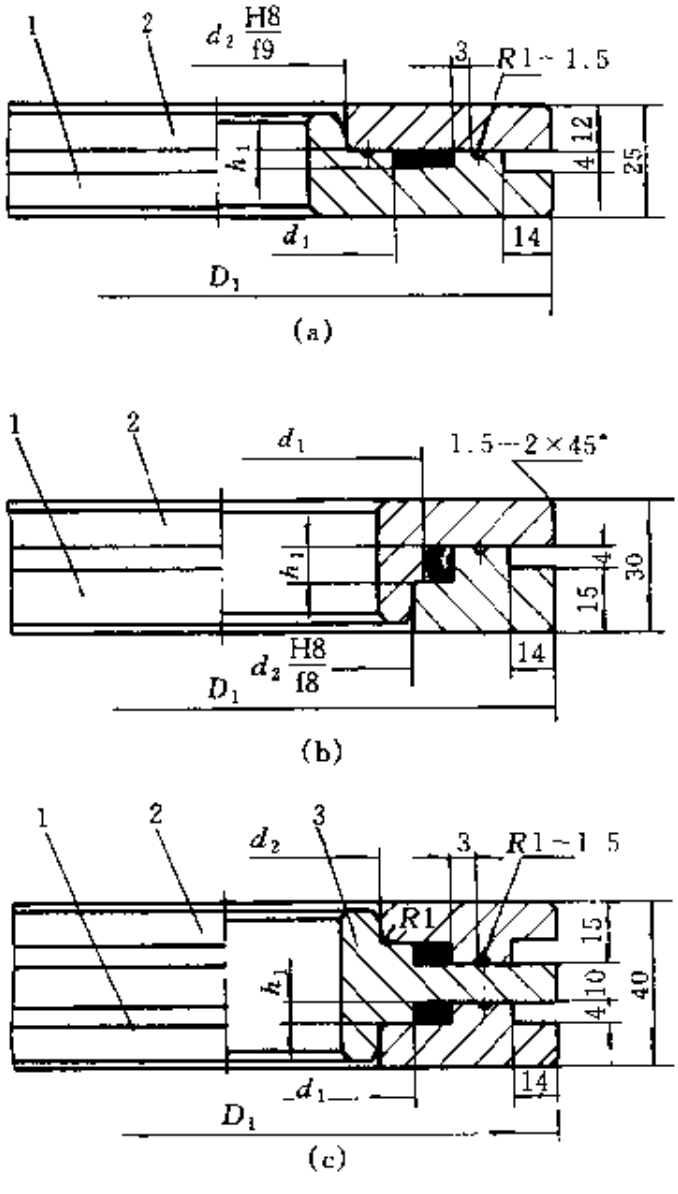


图22-15 矩形密封垫圈模具之四

(a) $d_2=d_1-20$，$D_1>100$；(b) $d_2=d_1-8$，$D_1>100$；(c) $d_2=d_1-10$，$D_1>100$

【说明】

(a) 适用于 $d>60$mm、$H<3$mm 的薄片矩形制品，该模结构简单；制品内外径同轴度好。

(b) 适用于 $d>60$mm、$H>3$mm 的矩形制品，该模为典型结构，装料、取件方便。

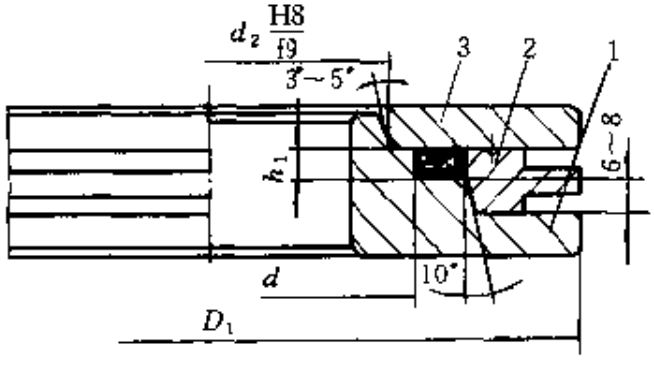
(c) 适用于 $d>60$mm、$H<6$mm 的双腔矩形制品，上、下模要求与中模互配互用或者明显打印 1、2、3 或上、中、下（也允许把 d_2 二端分为明显大小尺寸）。

h_1、D_1 及 d_1 为模具尺寸代号。

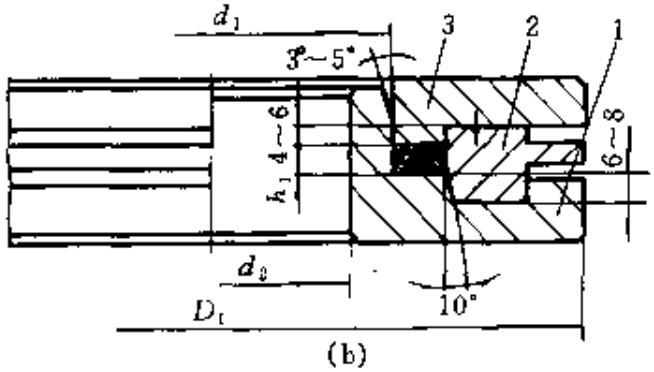
零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
3	中模	1	45	HRC28～32	调质
2	上模	1	45	HRC28～32	调质
1	下模	1	45	HRC28～32	调质

(5) 矩形密封垫圈模具结构之五（如图 22-16 所示，制品见图22-12）



(a)



(b)

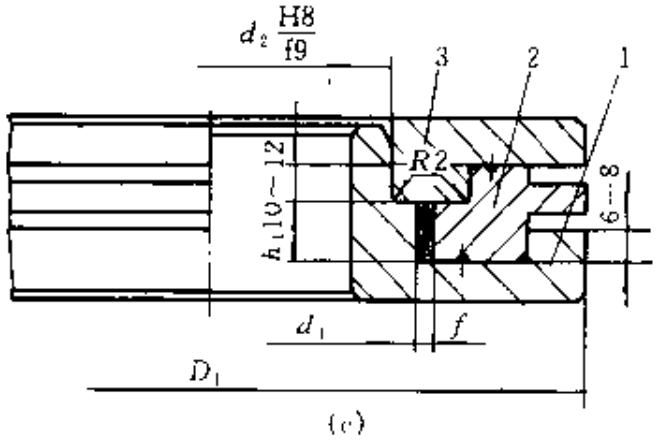


图 22-16　矩形密封垫圈模具结构之五

(a) $d_2=d_1-8$，$D_1>100$；(b) $d_2=d_1-20$，$D_1>100$；

(c) $d_2=d_1-16\sim20$，$D_1>100$

【说明】

(a) 适用于 $d>60$mm、$H>3$mm 的矩形制品，该模采用 10°圆锥面配合定位，加工精度稍高，但使用安全可靠又方便。

(b) 采用 10°圆锥面配合定位外，上模采用镶嵌、下模采用反包结构，加工精度偏高，但结构可靠，使用安全、寿命长，适用于 $d>60$mm、$H>3$mm 的高硬度与夹布矩形制品。

(c) 模结构适用于 $d>60$mm、$H>100$mm、$f<6$mm 的矩形套管制品，采用压铸结构，使用效果好，制品质量好。

零件表

序　号	名　称	数　量	材　料	热处理	备　注
3	上　模	1	45	HRC28～32	调　质
2	中　模	1	45	HRC28～32	调　质
1	下　模	1	45	HRC28～32	调　质

(6) 矩形密封垫圈模具结构之六（如图 22-17 所示，制品见图 22-12，材料为橡胶 6144）

【说明】

该模适用于 $d>30\sim60$mm、$H>3$mm 的多腔矩形制品，采用轴向

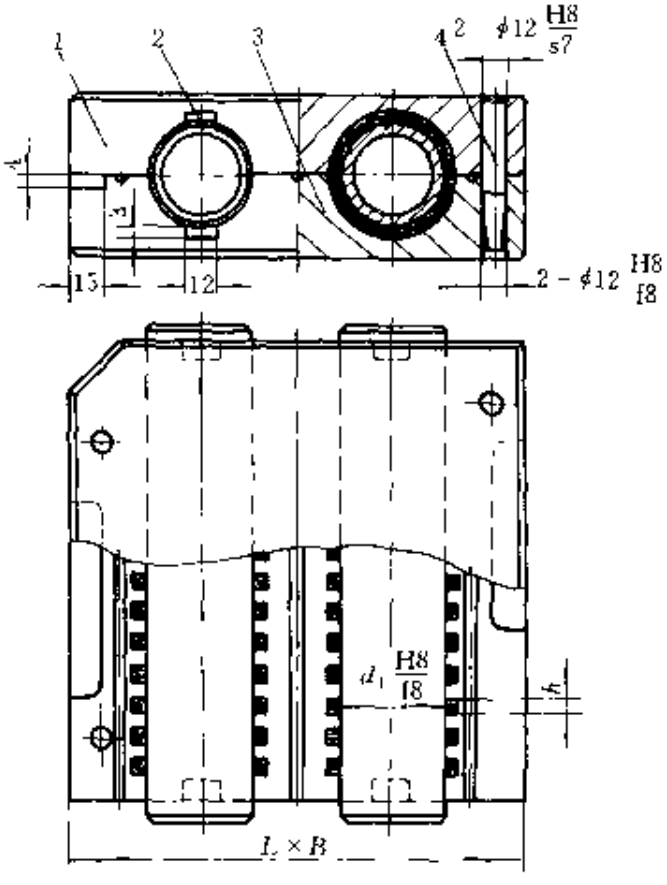


图 22-17　矩形密封垫圈模具结构之六

分型，其特点为：工效高、省料、操作方便、胶料成型简单；模具外形小。有利于大批量生产，制造得法，制品外观质量优于水平分型模。

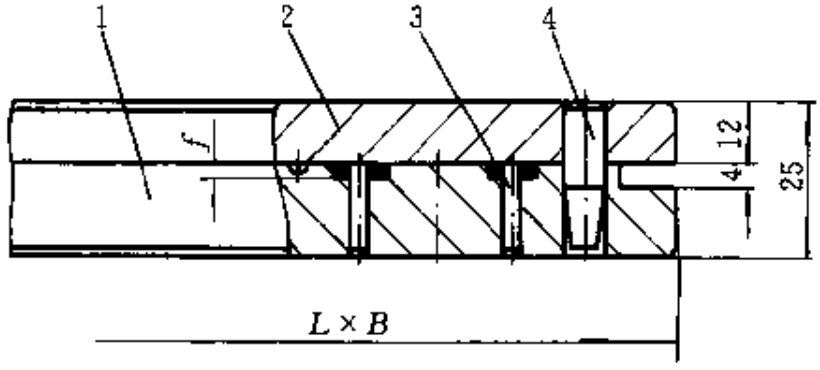
加工精度偏高，模腔结合处应保持清角，硫化时间比水平分型模具稍长。

零件表

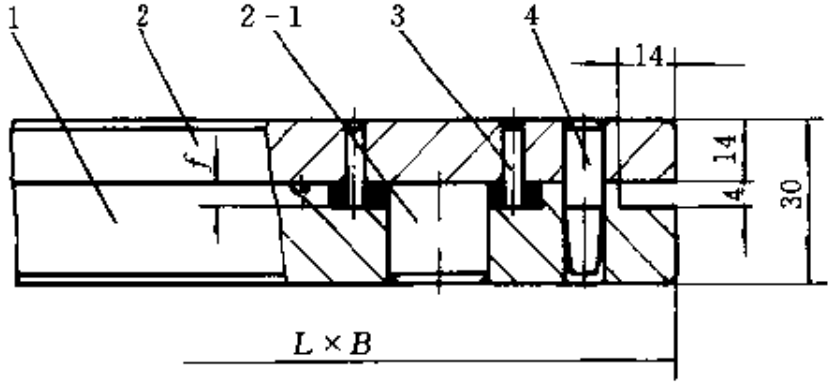
序　号	名　称	数　量	材　料	热处理	备　注
4	导　销	3	45	HRC42～48	淬　火
3	下　模	1	45	HRC28～32	调　质
2	模　芯	2	45	HRC42～48	淬　火
1	上　模	1	45	HRC28～32	调　质

22.1.3　方形密封垫圈、垫片

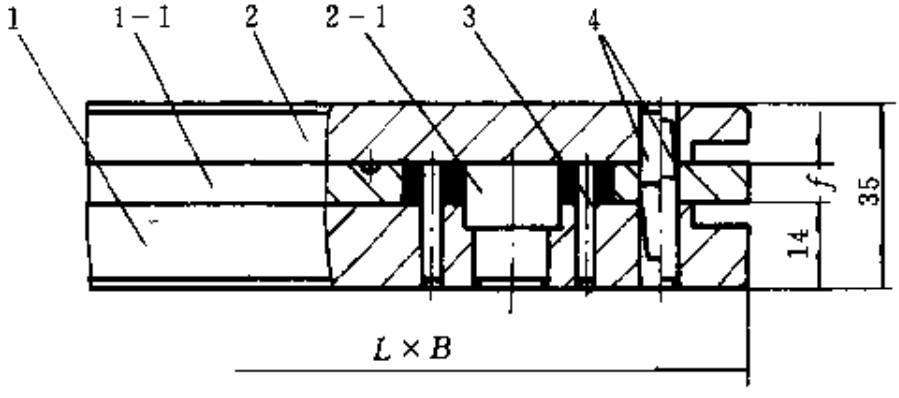
（1）方形垫片模具（如图 22-18 所示，制品见图22-19）



(a)



(b)



(c)

图 22-18　方形垫片模具结构

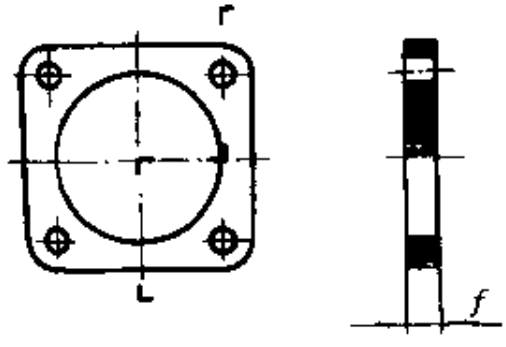


图 22-19　制品图（材料：各种橡胶）

【说明】

(a) 适用于 $f<3$mm 的垫片制品，采用整体加工，结构简单、使用方便。

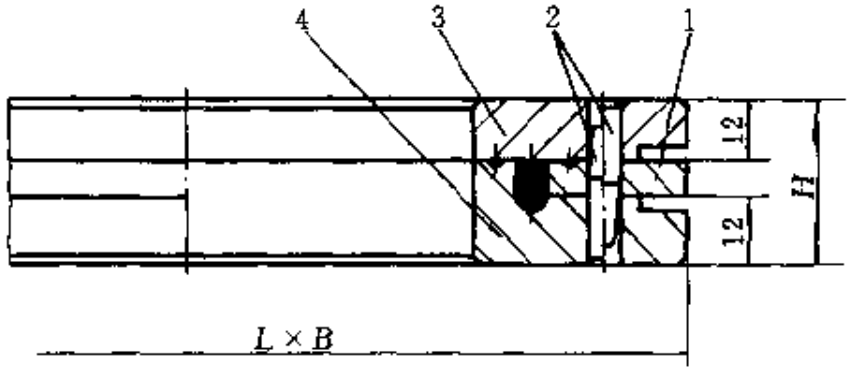
(b) 适用于 $f>3\sim6$mm 的垫片制品，采用上、下静配模芯，便于模具加工和制品取出，但上模芯位移度差一些。

(c) 适用于 $f>6$mm 垫片制品，采用三合模结构，有利于逃气和制品取出。

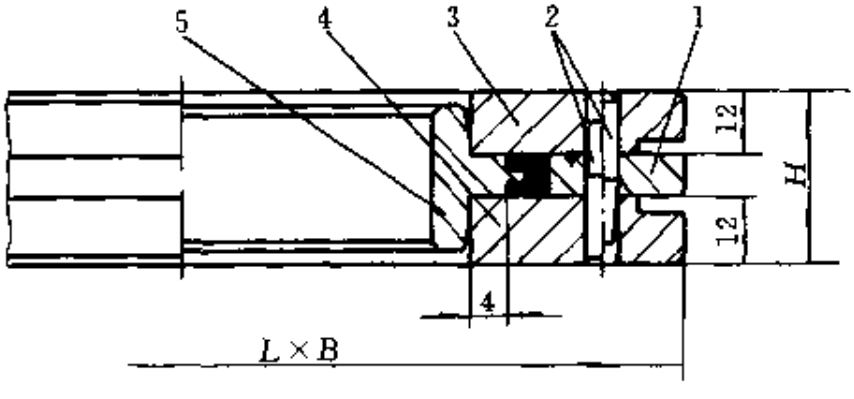
零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
4	导销	各3	45	HRC42～48	淬火
3	小模芯		T10A	HRC48～52	淬火
2－1	大模芯		45	HRC42～48	淬火
2	上模	1	45	HRC28～32	调质
1－1	中模	1	45	HRC28～32	调质
1	下模	1	45	HRC28～32	调质

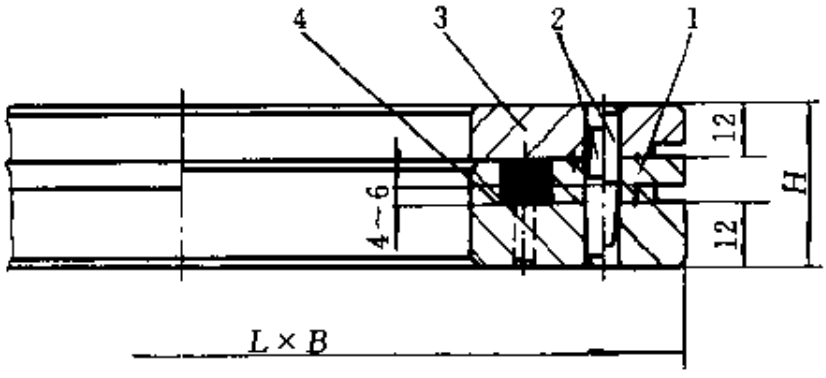
(2) 长方形垫圈模具（如图 22-20 所示，制品见图 22-21）



(a)



(b)



(c)

图 22-20　长方形垫圈模具结构

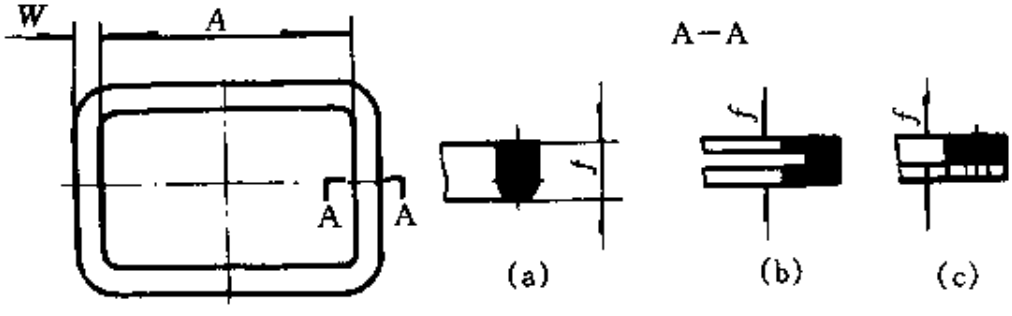


图 22-21　制品图（材料：各种橡胶）

【说明】

(a) 适用于 $f>6$mm 断面之一端带半圆型的长方形垫圈制品，采用三合模结构有利于逃气和制品取出。

(b) 适用于 $f>6$mm 带内凹方形垫圈制品，采用动配模芯，便于逃气、装料和制品取出。

(c) 适用于 $f>6$mm，断面较宽（$W>6$mm）、$A>160$mm 的方形制品，应采用反包中模结构，压缩外形尺寸，减轻重量，使用方便。同样适用于 (a)、(b) 模具结构。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
5	模芯	1	45	HRC28～32	调质
4	下模	1	45	HRC28～32	调质
3	上模	1	45	HRC28～32	调质
2	上、下导销	上 2，下 3	45	HRC42～48	淬火
1	中模	1	45	HRC28～32	调质

22.1.4 油封、皮碗

(1) J形密封圈多孔模具（如图22-22所示，制品见图22-23）

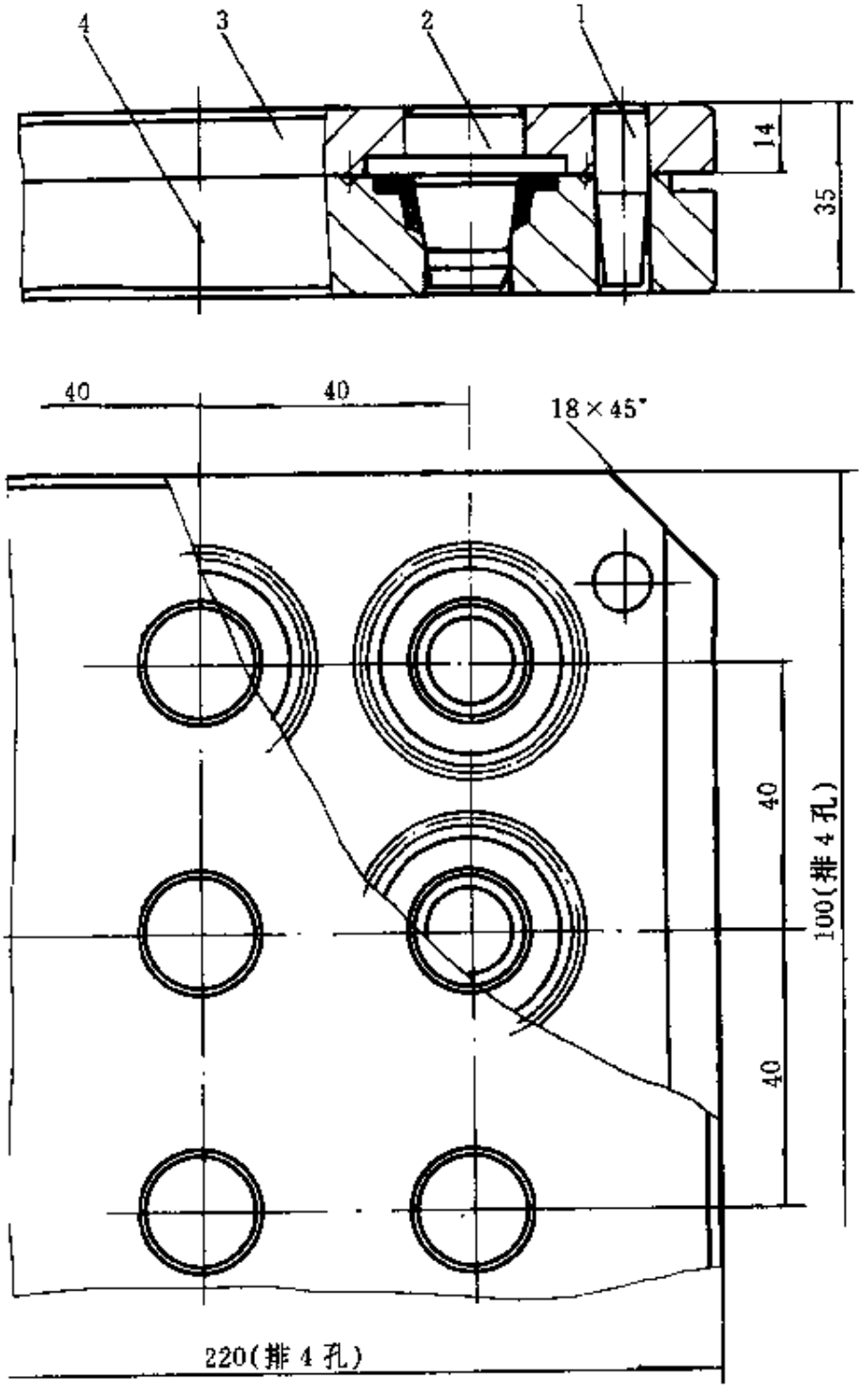


图 22-22 J形密封圈多孔模具结构

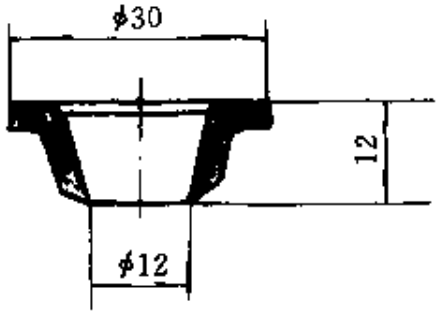


图 22-23 J形密封圈（材料：橡胶 4172）

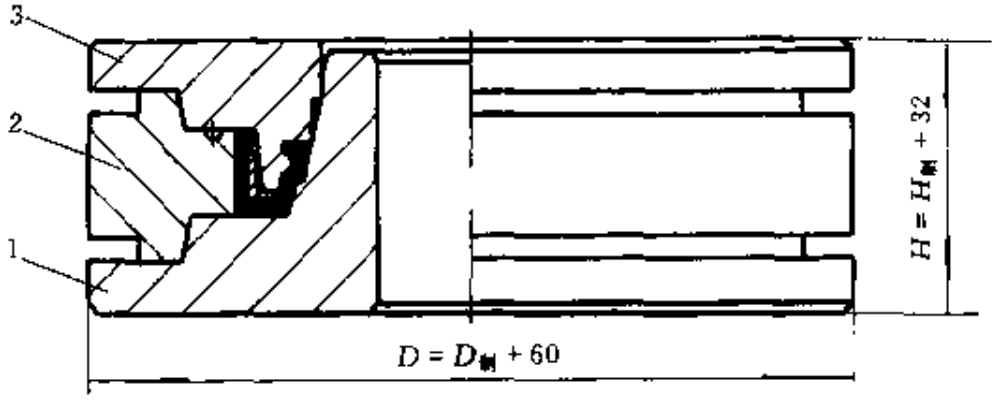
【说明】

该模为多腔结构形式，模芯采用镶嵌、超制品外径结构，减少分型面，有利于修边和提高制品外观质量。

零件表

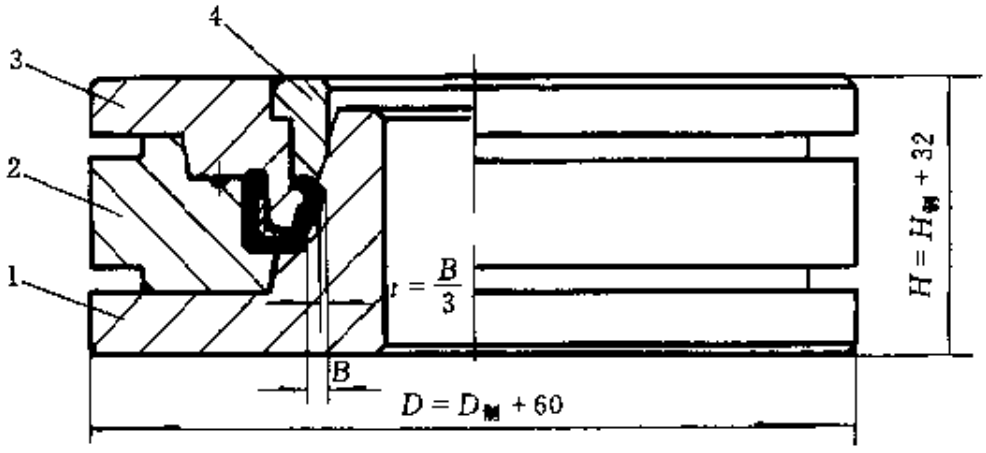
序号	名称	数量	材料	热处理	备注
4	下模	1	45	HRC28～32	调质
3	上模	1	45	HRC28～32	调质
2	模芯	16	45	HRC38～42	淬火
1	导销	3	45	HRC38～42	淬火

（2）J形骨架油封模具结构之一（如图 22-24 所示，制品见图 22-25）

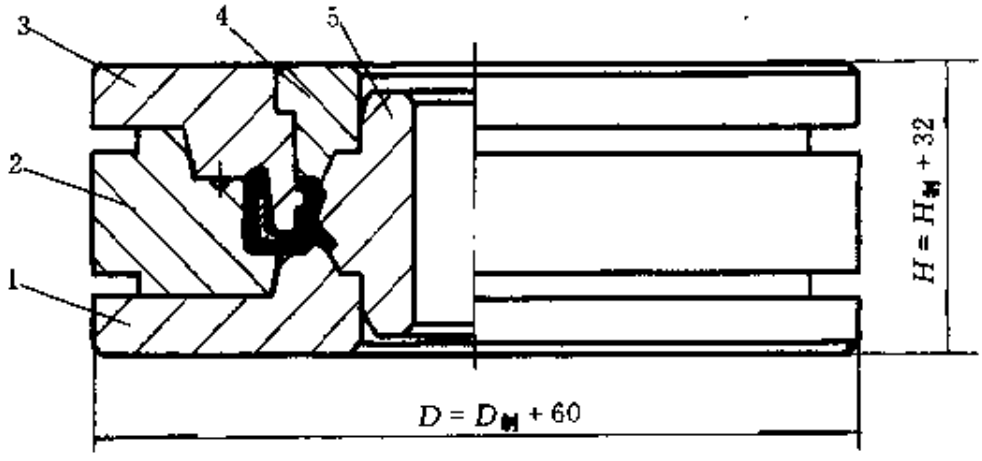


(a)

图 22-24



(b)



(c)

图 22-24　J 形骨架油封模具结构之一

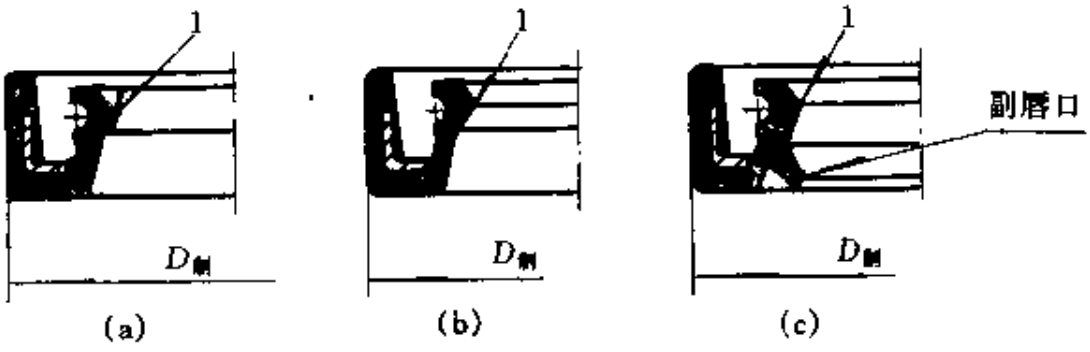


图 22-25　J 形骨架油封（材料：耐油橡胶）

1—工作唇口

【说明】

(a)、(b)、(c) 为骨架式油封典型结构；模具采用斜边定位，结构

可靠、使用性能好。

(a) 模硫化的油封工作唇口及外径倒角均需磨削或切削再加工。

(b)、(c) 模硫化的油封工作唇口及外径倒角或 R 均由模具模腔保证，加工精度高，一次成型工效高，制品质量好。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
5	模芯	1	45	HRC28～32	调质
4	镶块	1	45	HRC38～42	淬火
3	上模	1	45	HRC28～32	调质
2	中模	1	45	HRC28～32	调质
1	下模	1	45	HRC28～32	调质

(3) J 形骨架油封模具结构之二（制品见图22-26，模具结构如图22-27 所示）

【说明】

该模为多腔带骨架典型油封模具结构。唇口及外径倒角采用模具模腔一次成型法；中间骨架定位采用薄片胶料工艺定位，要求较高者，可在件 3 装置用若干销钉定位，避免骨架位移。

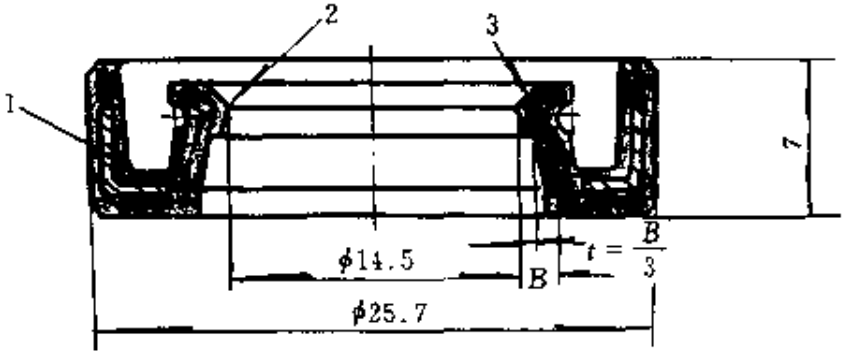


图 22-26 J 形骨架油封（材料：橡胶 I -3）

1—中间骨架；2—工作唇口；3—分型面

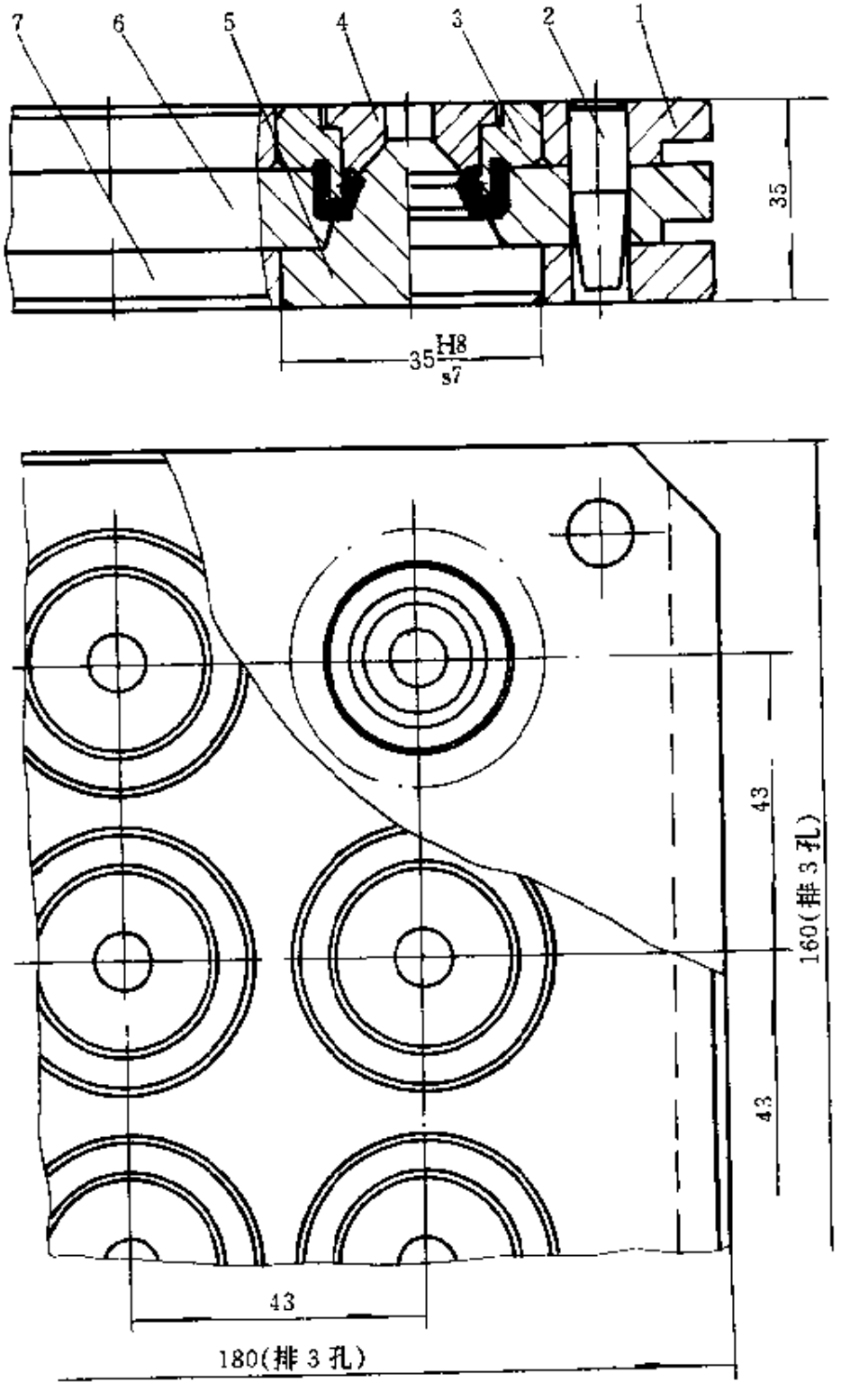


图 22-27　J 形骨架油封模具结构之二

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
7	下　模	1	45	HRC28～32	调　质
6	中　模	1	45	HRC28～32	调　质
5	模芯 1	9	45	HRC28～32	调　质
4	模芯 2	9	45	HRC28～32	调　质
3	模芯 3	9	45	HRC28～32	调　质
2	导　销	共 6	45	HRC38～42	淬　火
1	上　模	1	45	HRC28～32	调　质

(4) U 形 (Y 形) 密封圈模具单、多孔结构 (如图 22-28 所示，制品见图 22-29)

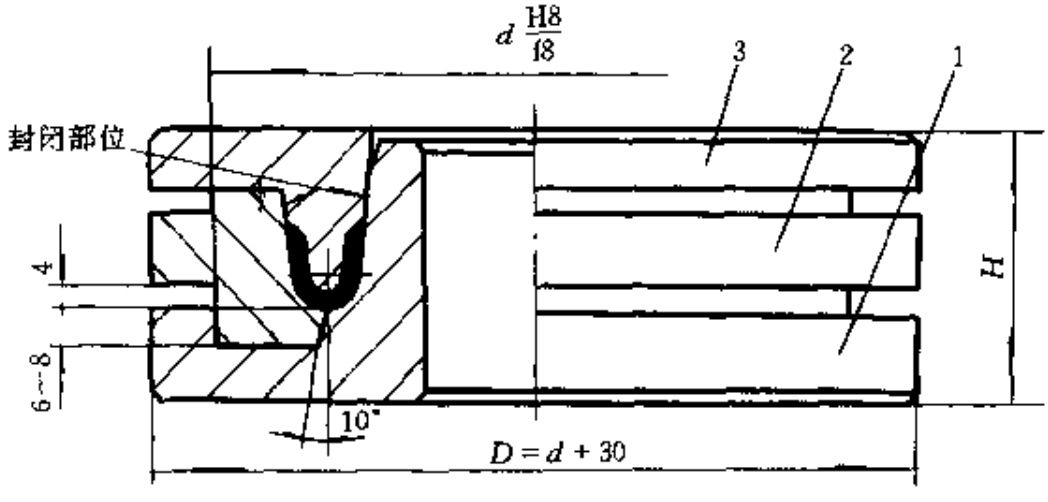
【说明】

该模由三开模组成，采用锥面定位。开合方便、唇口质量好。

(a) 为典型单腔结构，下模采用反包结构，适用外径>60mm、胶料硬度偏高的制品，但不适用夹布制品，夹布制品要求封闭部分为垂直配合面。

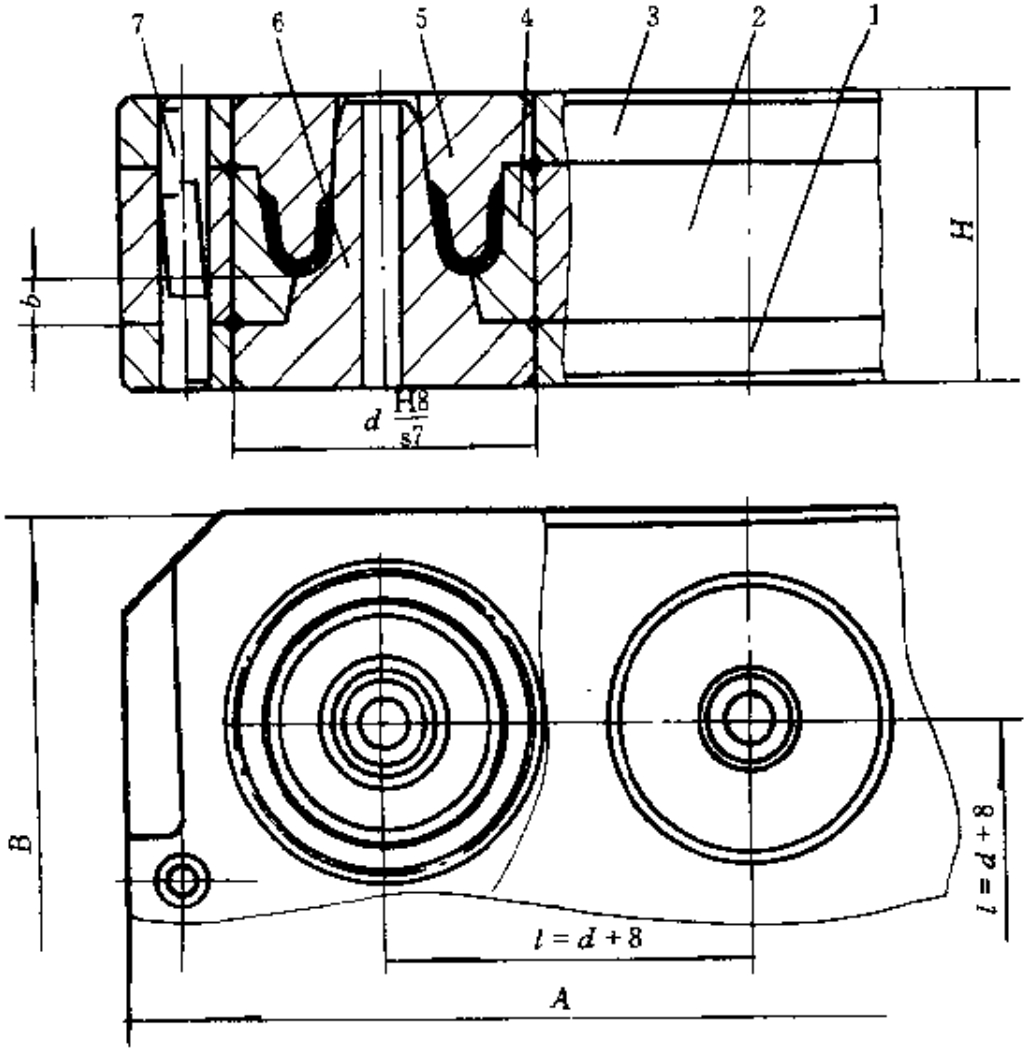
(b) 为多腔模结构，适用于外径<60mm 的 U 形制品。

(a)、(b) 模结构形式也适用于 Y 形密封圈制品。



(a)

图 22-28



(b)

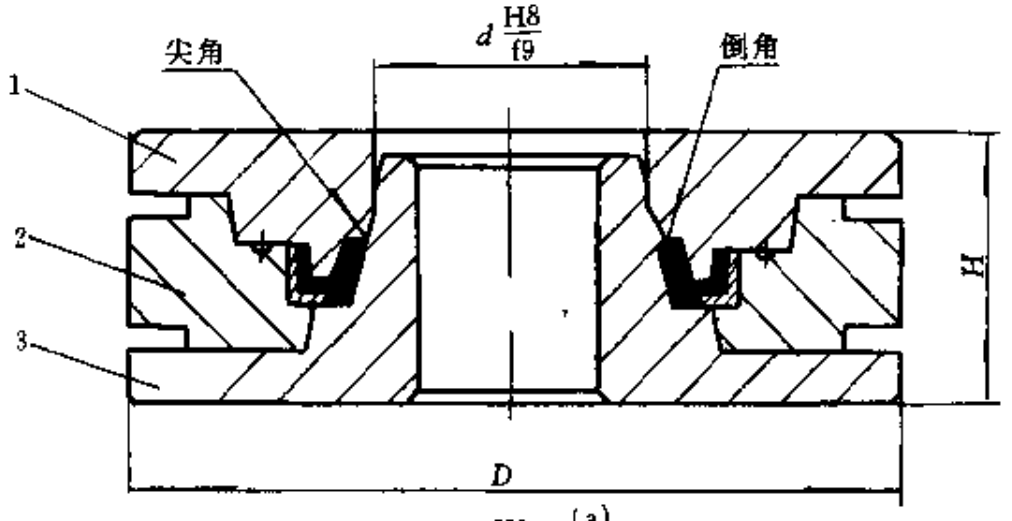
图 22-28 U 形（Y 形）密封圈模具

图 22-29 U 形（Y 形）密封圈（材料：橡胶 5171）

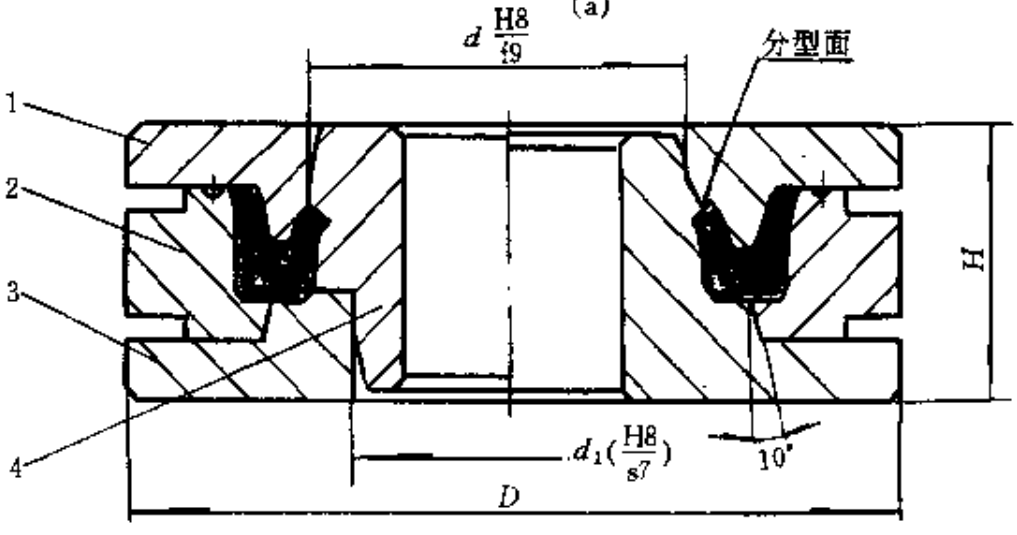
零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
7	导销	上、下各 2	45	HRC38～42	淬火
6	下模芯		45	HRC28～32	调质
5	上模芯		45	HRC28～32	调质
4	中模芯		45	HRC28～32	调质
3	上模	1	45	HRC28～32	调质
2	中模	1	45	HRC28～32	调质
1	下模	1	45	HRC28～32	调质

(5) J 形密封圈模具（如图 22-30 所示，制品见图 22-31）

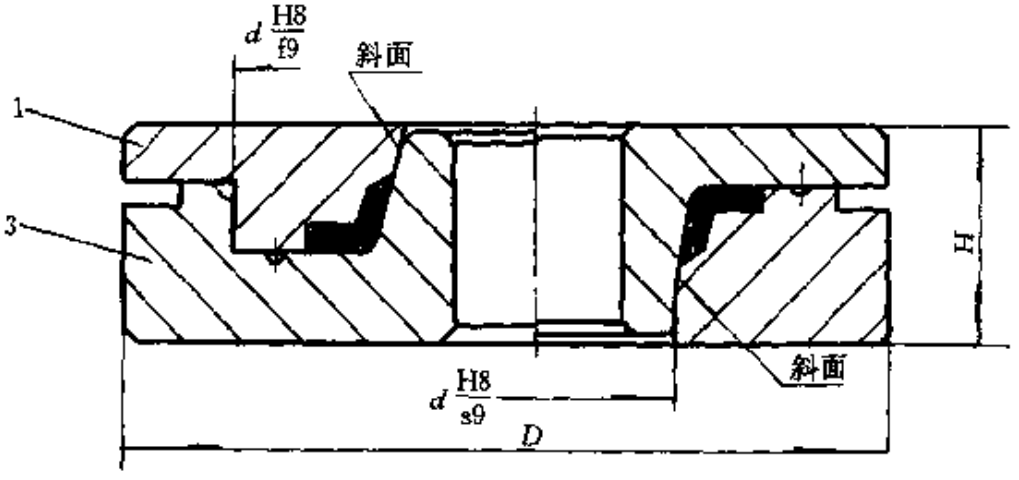


(a)



(b)

图 22-30



(c)

图 22-30 J形密封圈模具结构

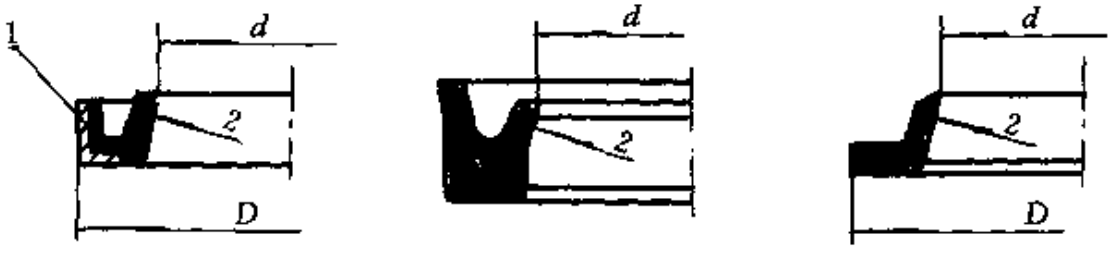


图 22-31 J形密封圈（材料：耐油橡胶）

1—外骨架；2—工作唇口

【说明】

图 (a)、(b)、(c) 均由左右两种结构组成，为该类制品典型结构。

(a) 结构：当制品工作唇口为尖角时按左图设计；倒角时可按右图结构设计。

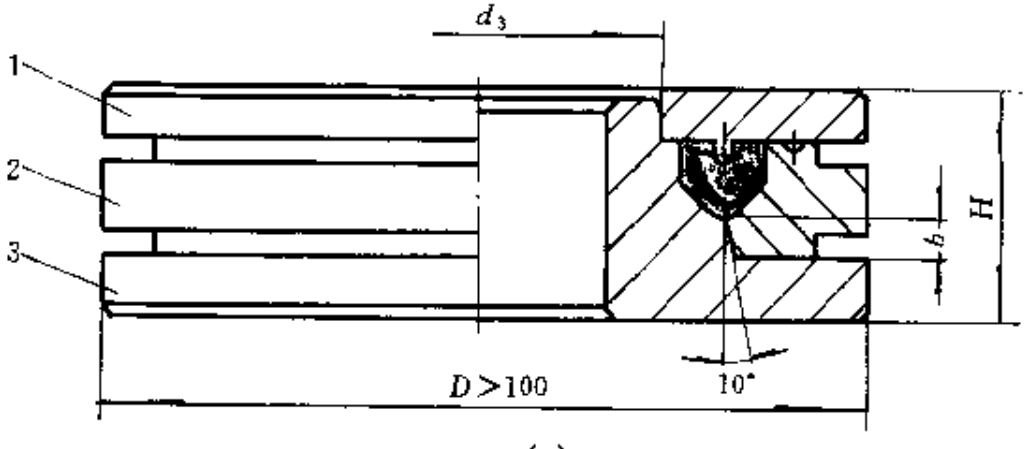
(b) 结构：当制品硬度超过邵氏 80 度，按右图分型面结构有利于制品出模；也可把左图 $d_1\left(\frac{H8}{s7}\right)$ 改为 $\frac{H8}{f9}$ 便于镶块取出。

(c) 左右两种结构均可采纳。制品工作唇口尖角处均由斜面分型，模具不易拉毛损坏，有利于提高制品唇口质量。

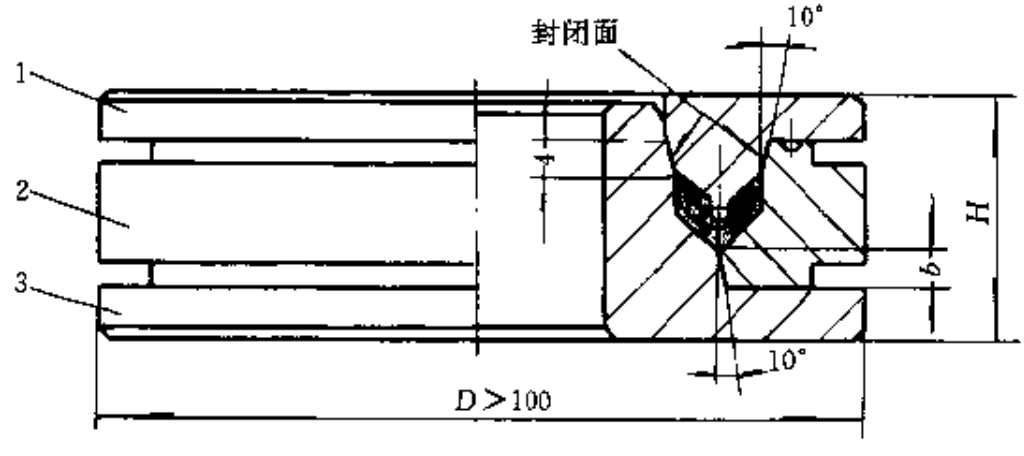
零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
4	镶块	1	45	HRC28～32	调质
3	下模	1	45	HRC28～32	调质
2	中模	1	45	HRC28～32	调质
1	上模	1	45	HRC28～32	调质

（6）V形橡胶密封圈（压环密封环、支承环）模具（如图22-32所示，制品见图22-33）

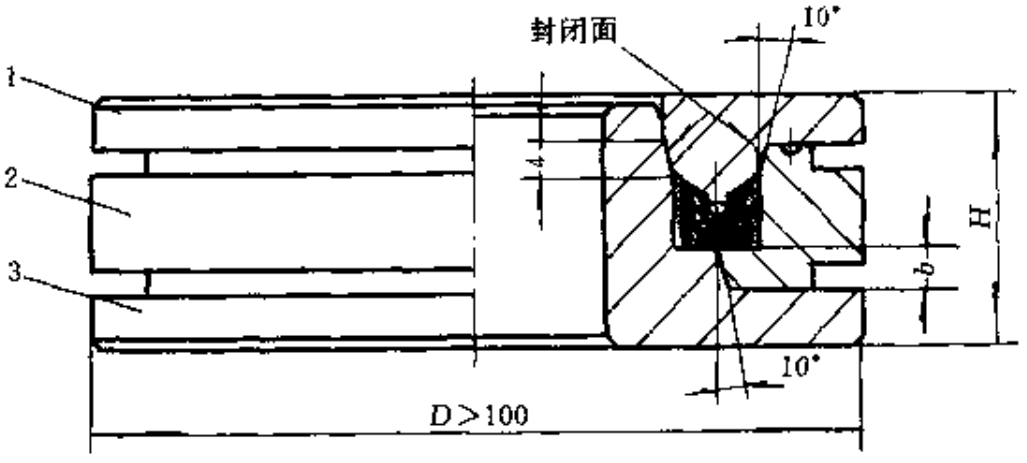


(a)



(b)

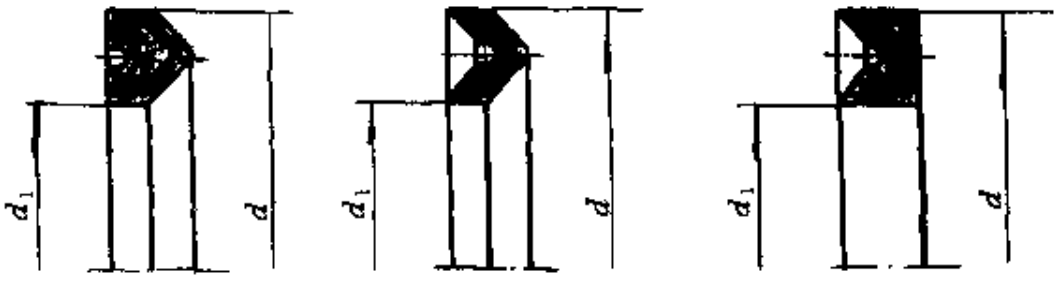
图 22-32



(c)

图 22-32　V 形橡胶密封圈模具结构

(a) 压环；(b) 密封环；(c) 支承环



(a)　(b)　(c)

图 22-33　V 形橡胶密封圈（材料：耐油橡胶）

【说明】

该模适用于 $d=30\sim140$mm V 形纯胶制品；$d>140$mm 制品，下模应采用反包结构。该模采用 10°斜面定位与配合，开合便利；加料、取件均较方便；唇口质量好。

硫化夹布制品时，该模封闭面应设计为垂直配合面，即镶嵌结构，深度一般为 6mm；并且下模也应采用反包结构。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
3	下模	1	45	HRC28～32	调质
2	中模	1	45	HRC28～32	调质
1	上模	1	45	HRC28～32	调质

(7) V 形橡胶密封圈多孔模具（如图 22-34 所示，制品见图22-35）

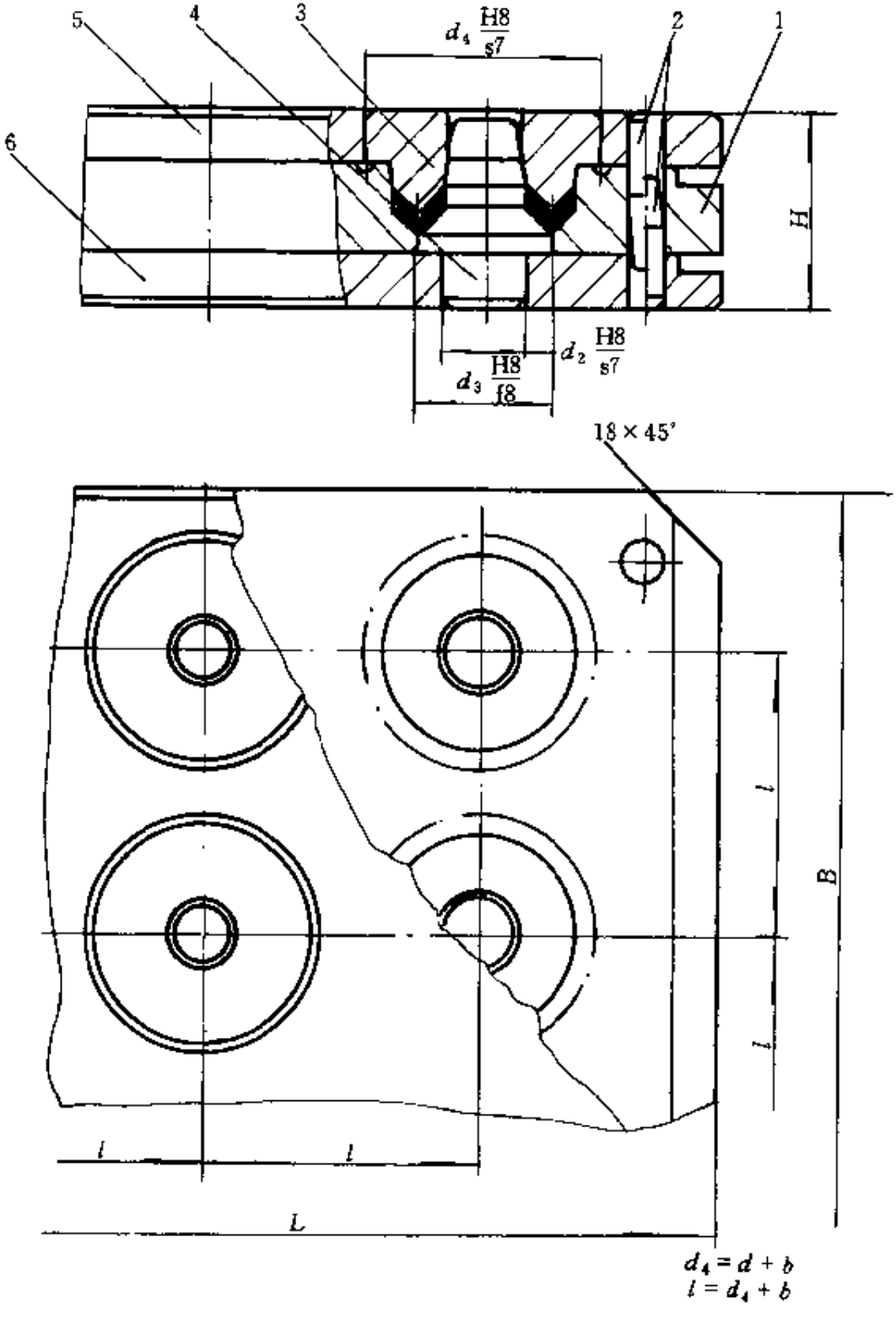


图 22-34　V 形橡胶密封圈多孔模具结构

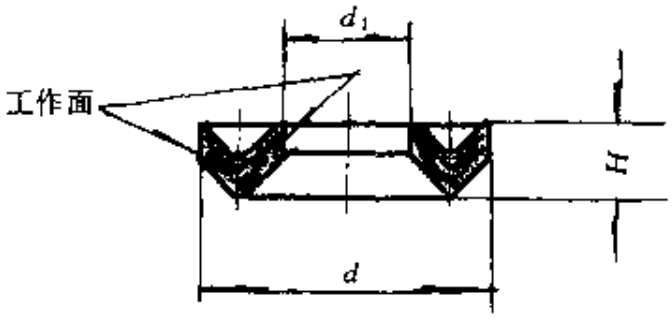


图 22-35　V 形橡胶密封圈（材料：橡胶 5180）

【说明】

该模制品适用于 $d<40$mm 一模多孔 V 形密封圈制品。唇口尖角采用锥面配合，有利于唇口质量提高和修边。

硫化夹布制品时，封闭面应采用垂直配合面，以避免纤维织物溢出模腔面压伤唇口或严重毛刺（边）。

零件表

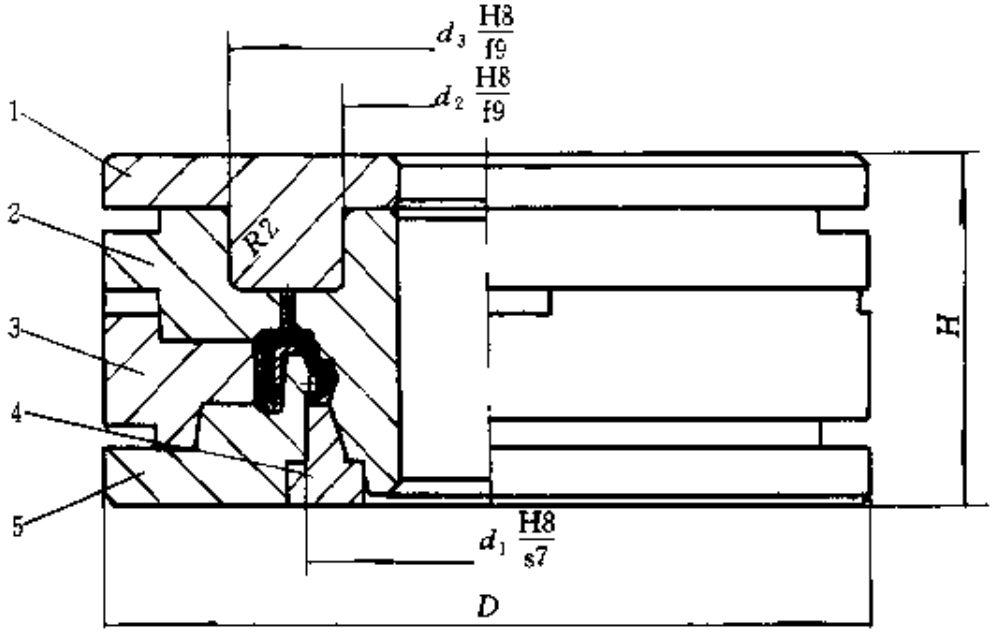
序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	下模	1	45	HRC28～32	调质
5	上模	1	45	HRC28～32	调质
4	下模芯	多孔	45	HRC28～32	调质
3	上模芯	多孔	45	HRC28～32	调质
2	导销	上下各 2	45	HRC38～42	淬火
1	中模	1	45	HRC28～32	调质

(8) J 形骨架式油封橡胶压铸与注压模具（如图 22-36 所示，制品见图 22-37）

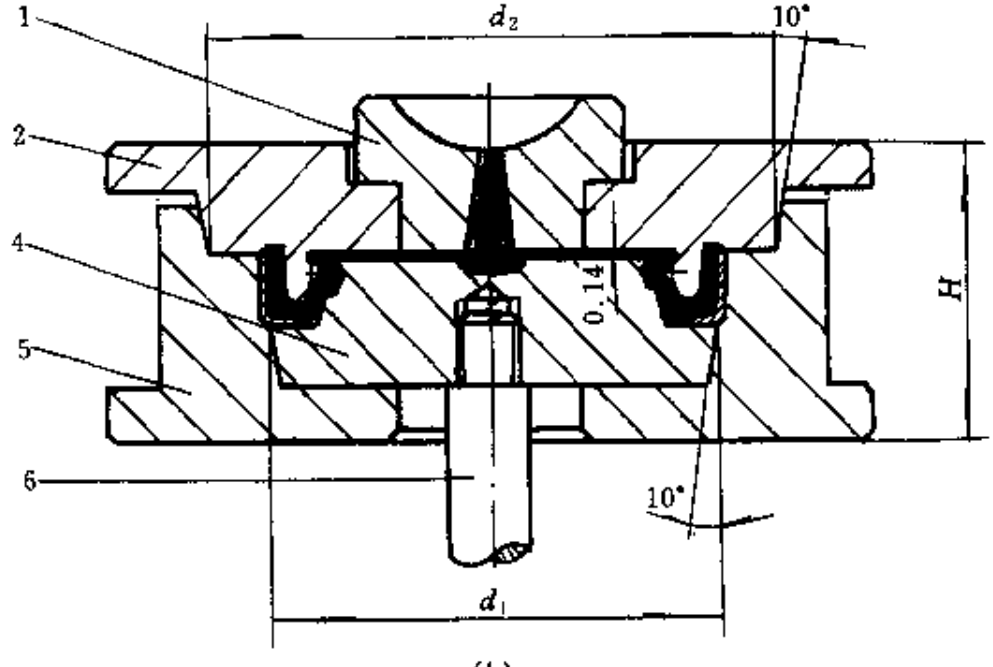
【说明】

(a) 模制品采用带料腔压铸模结构。其特点为：加料方便、操作安全、制品质量好。由于进料方向的关系，该模适用于内骨架油封。

(b) 模制品采用 0.14 间隙进料注压（射）模结构。其特点为：采用专用硫化机生产，工效高、制品质量好。由于进料方向的关系，该模适用于外骨架油封。



(a)



(b)

图 22-36 J形骨架式油封模具结构

(a) 压铸模具；(b) 注压模具

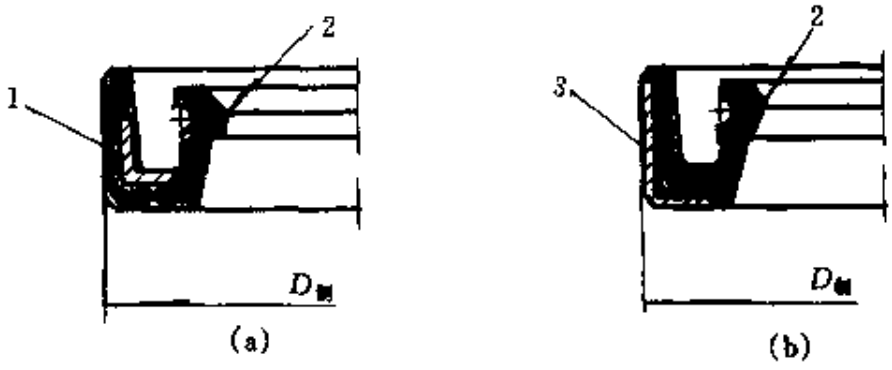


图 22-37 J形骨架式油封（材料：耐油橡胶）

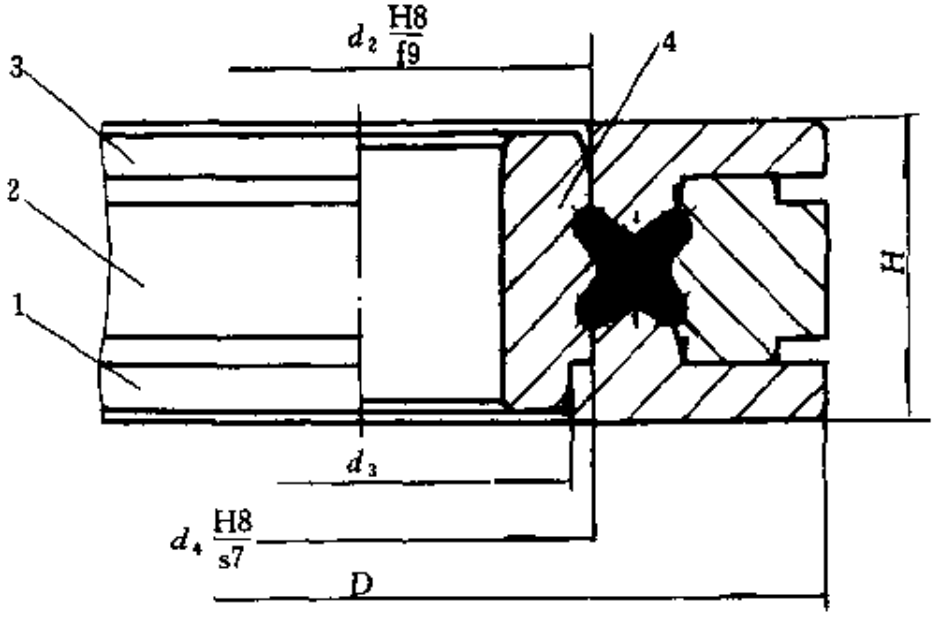
1—内骨架；2—工作唇口；3—外骨架

零件表

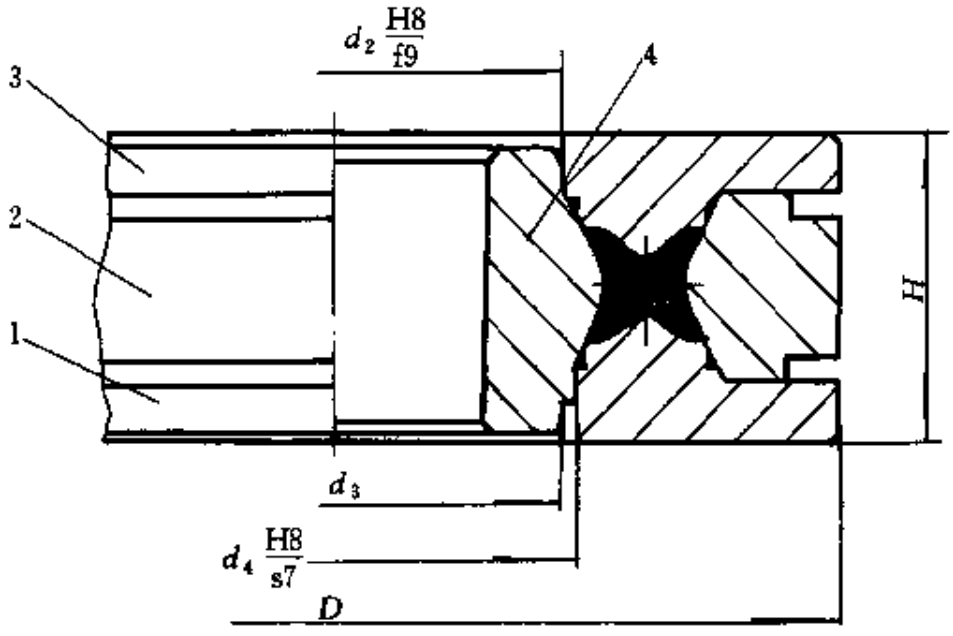
序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	顶拉杆	1	45	HRC28～32	调质
5	下模	1	45	HRC28～32	调质
4	镶块	1	T10A	HRC38～42	淬火
3	中模	1	45	HRC28～32	调质
2	上模	1	45	HRC28～32	调质
1	压头	1	T10A	HRC48～52	淬火

22.1.5 环状密封圈

（1）X形橡胶密封圈模具（如图 22-38 所示，制品见图 22-39）

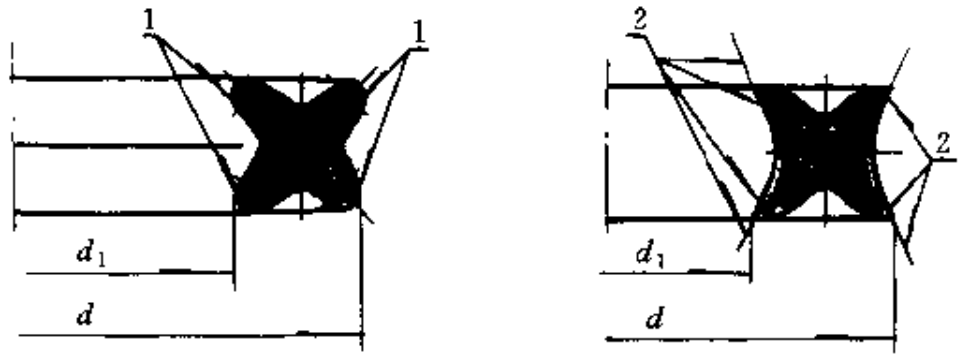


(a)



(b)

图 22-38 X 形橡胶密封圈模具结构



(a) (b)

图 22-39 X 形橡胶密封圈（材料：橡胶 8075）

1—工作面；2—工作唇口或面

【说明】

该模为典型 X 形制品模结构，适用于 $d>40$mm 的 X 形制品。该模采用锥面分型和定位，开合便利；并有利于提高制品工作面或唇口密封性能。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
4	模芯	1	45	HRC38～42	淬火
3	上模	1	45	HRC28～32	调质
2	中模	1	45	HRC28～32	调质
1	下模	1	45	HRC28～32	调质

(2) 鼓形圈复合制品模具（如图 22-40 所示，制品见图 22-41）

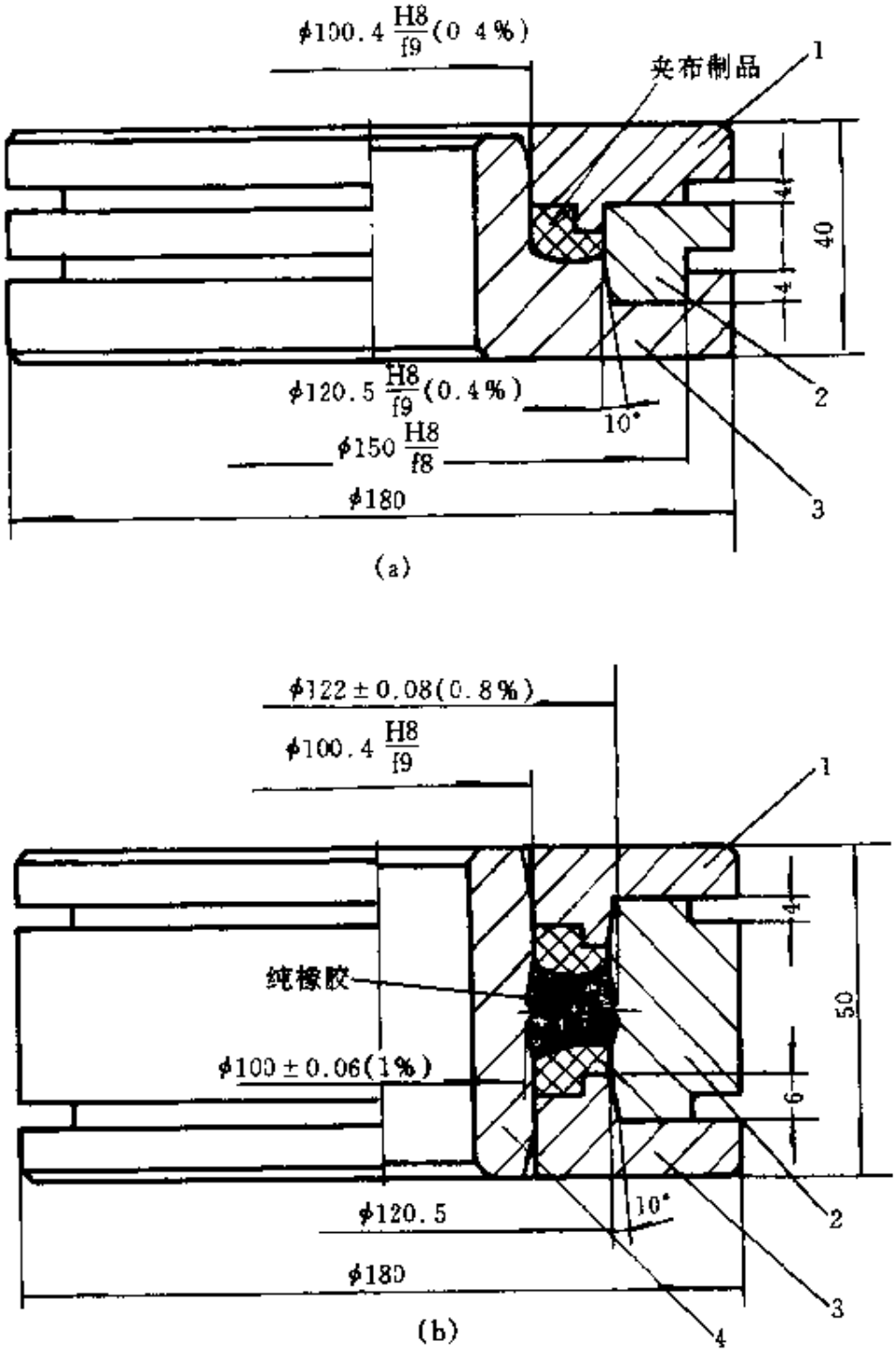


图 22-40 鼓形圈复合制品模具结构

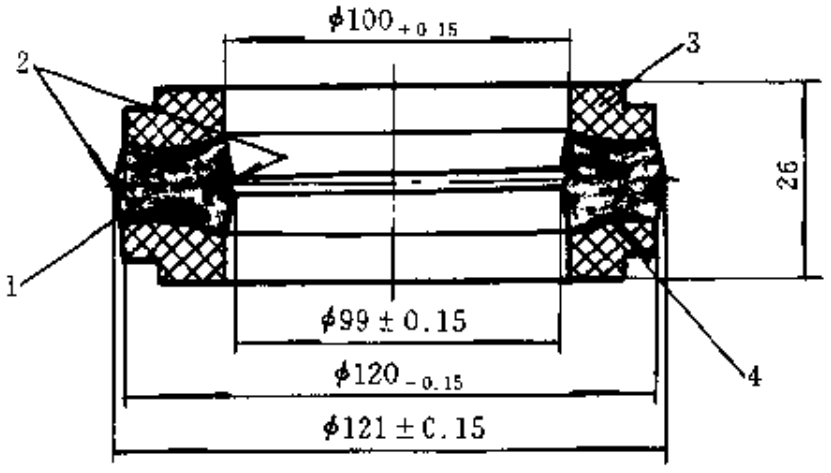


图 22-41 鼓形圈复合制品（材料：橡胶 I-4）

1—纯胶；2—工作刃口；3—夹布橡胶；4—硫化粘合

【说明】

该模制品为夹布纯胶复合制品。先由（a）模加工夹布部分预制件，然后放入（b）模型腔中硫化纯胶部分并使夹布与橡胶粘合在一起。

图中括号内为该制品收缩率，夹布制品收缩率较小，并影响纯胶部分收缩率，使其相应减小（纯胶收缩率原为 1.4%～1.6%）。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
4	模芯	1	45	HRC38～42	淬火
3	下模	1	45	HRC38～42	淬火
2	中模	1	45	HRC28～32	调质
1	上模	1	45	HRC38～42	淬火

（3）U 形圈复合制品模具（如图 22-42 所示，制品见图 22-43）

【说明】

该模制品为夹布与纯胶、聚四氟乙烯或尼龙的复合制品，模具可按复合部件、形状分别设计和加工，但必须掌握复合部件不同材料的收缩率差异，否则难以组装成一体。

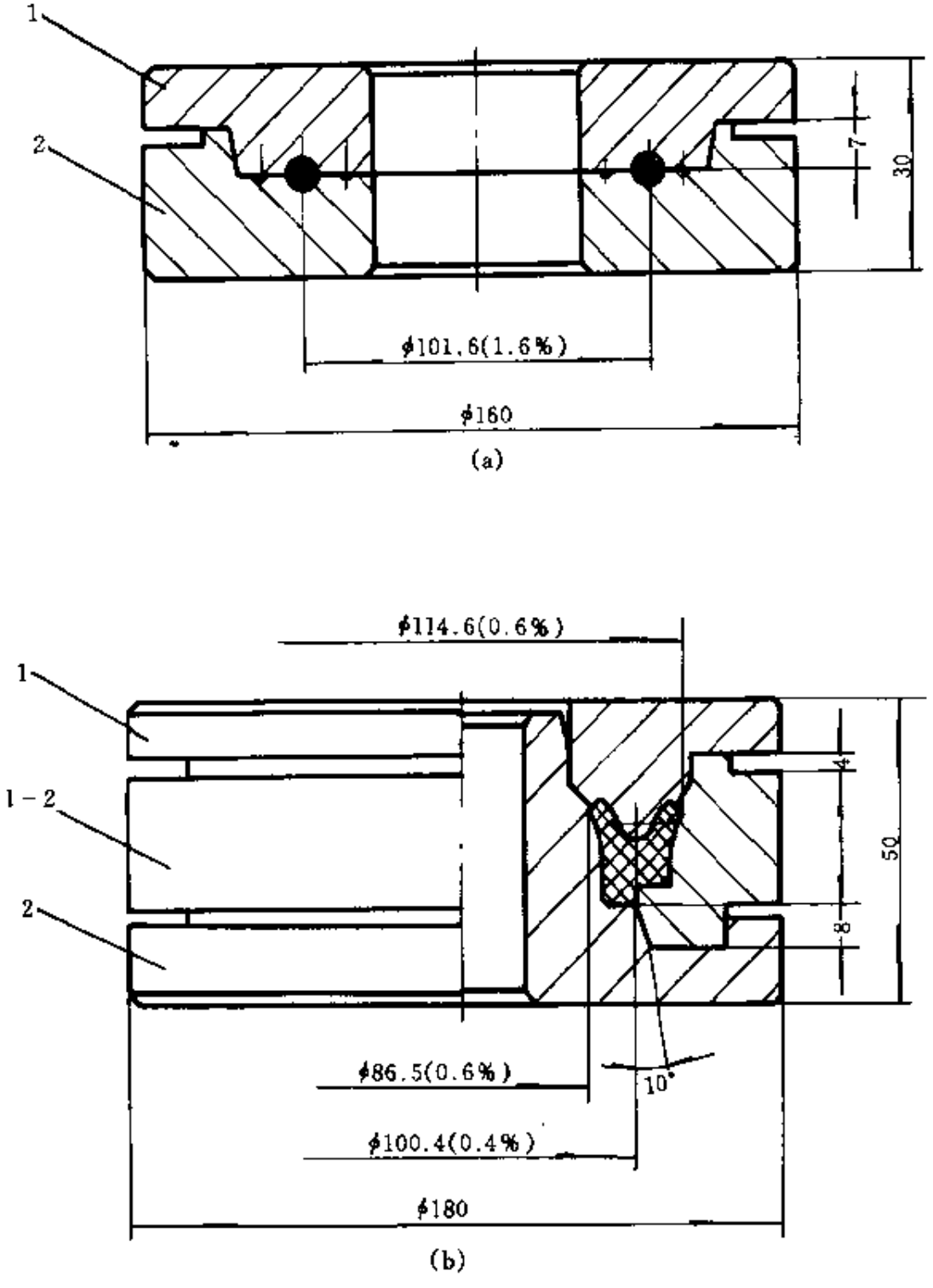


图 22-42　U 形圈复合制品模具结构

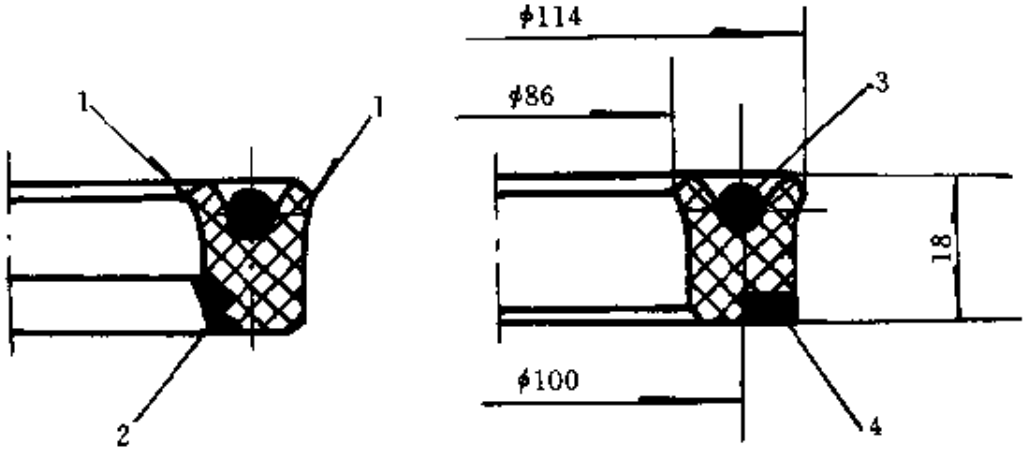


图 22-43 U 形圈复合制品（材料：复合制品）

1 工作刃口；2—尼龙（嵌入）；3—纯胶（装入）；4—聚四氟乙烯（装入）

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
2	下模	1	45	HRC28～32	调质
1—2	中模	1	45	HRC28～32	调质
1	上模	1	45	HRC28～32	调质

22.2 胶套制品类模具结构

22.2.1 管形制品（直管、弯管）

（1）浮标橡胶护套模具结构（如图 22-44 所示，制品见图 22-45）

【说明】

该模采用双向定位结构，性能可靠，制品同轴度好；适用于超长、模壁套管制品。

型芯外径（轴向无飞边）下端采用半圆与 60°锥面定位形式均可。

如制品批量较小，可采用卧式结构。

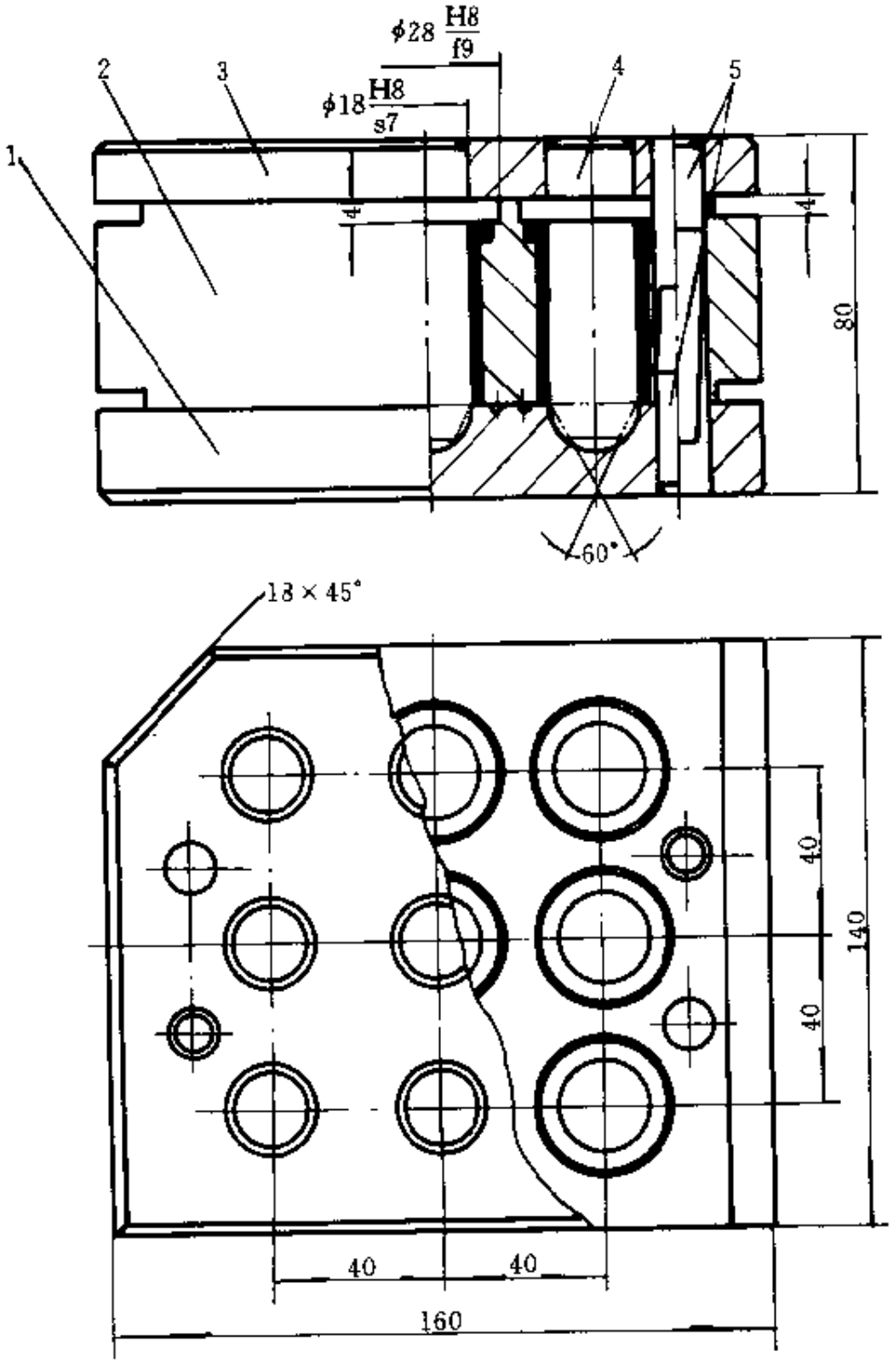


图 22-44 浮标橡胶护套模具结构

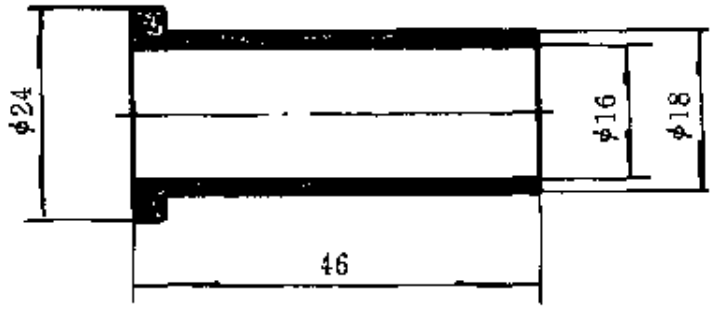
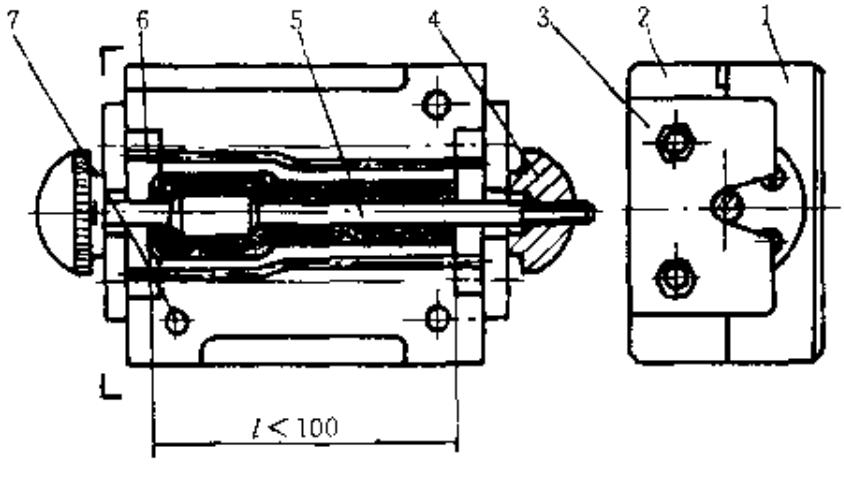


图 22-45　浮标橡胶护套（材料：橡胶 1142）

零件表

序　号	名　称	数　量	材　料	热处理	备　注
5	导　销	上、下各 2	45	HRC42～48	淬　火
4	模　芯	9	45	HRC42～48	淬　火
3	上　模	1	45	HRC28～32	调　质
2	中　模	1	45	HRC28～32	调　质
1	下　模	1	45	HRC28～32	调　质

（2）套管橡胶模具（如图 22-46 所示，制品见图 22-47）



(a)

图 22-46

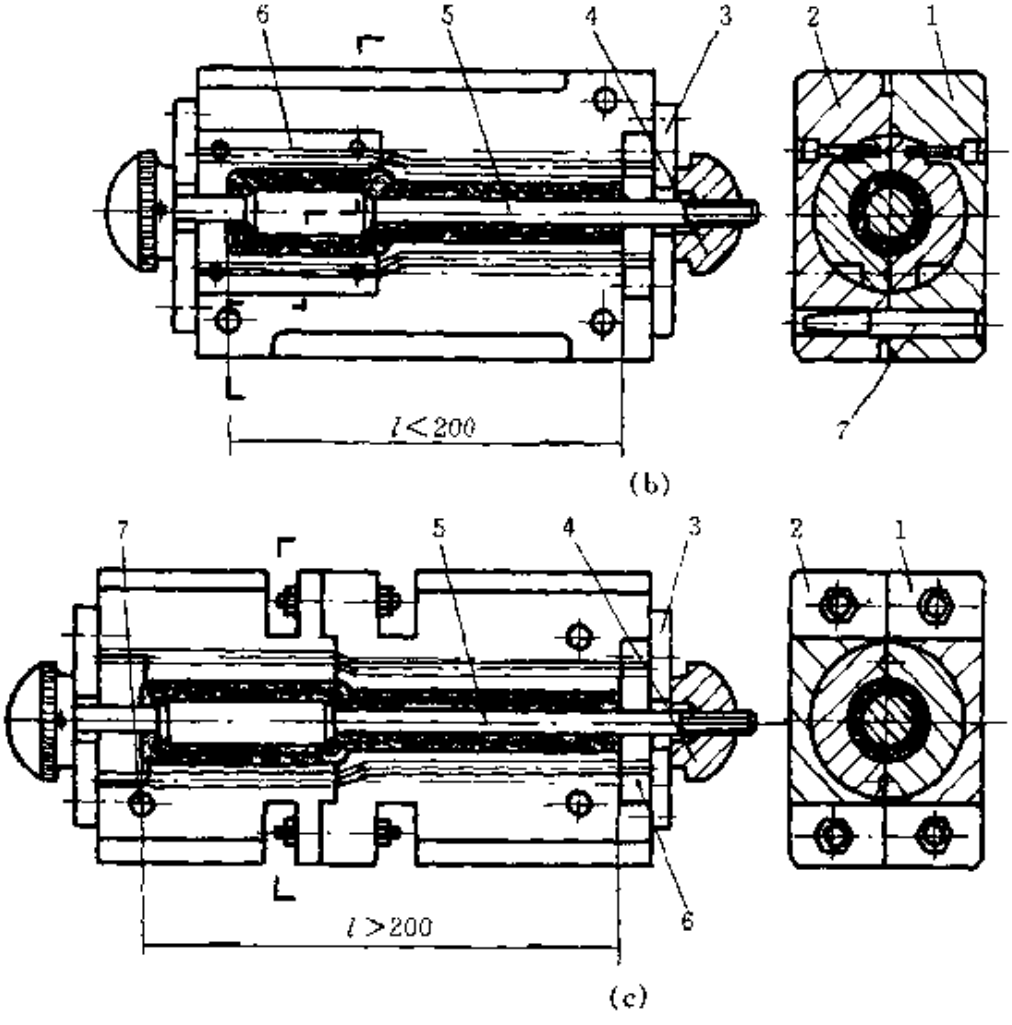


图 22-46　套管橡胶模具结构

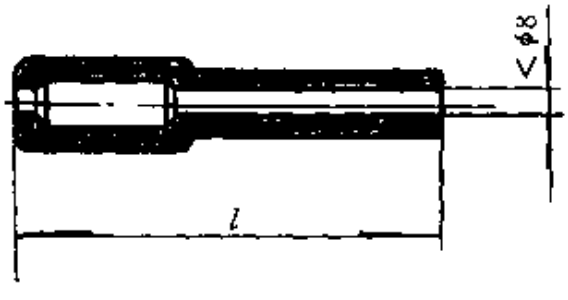


图 22-47　套管（材料：橡胶 4161）

【说明】

按制品长度尺寸的变化而引起模具加工的困难程度不同，设计了(a)、(b)、(c) 三种典型模具结构，其目的有利于机械加工。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
7	导销	3	45	HRC42～48	淬火
6	镶块	上、下各1	45	HRC28～32	调质
5	模芯	1	65Mn	HRC38～42	淬火
4	拉紧螺母	1	45	HRC38～42	淬火
3	V形定位板	各2	45	HRC28～32	调质
2	下模	1	45	HRC28～32	调质
1	上模	1	45	HRC28～32	调质

（3）绝缘套橡胶模具（如图22-48所示，制品见图22-49）

【说明】

该模制品属细长薄壁制品，模具精度高、加工困难。设计时按加工性能允许拼接；细长模芯要求采用有一定钢度的弹簧钢制造。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
8	冲头块	1	45	HRC28～32	调质
7	V形定位板	1	45	HRC28～32	调质
6	定位销	4	45	HRC42～48	淬火
5	上、下镶块	各1	45	HRC28～32	调质
4	模芯	4	60Si2Mn	HRC42～48	淬火
3	下模	1	45	HRC28～32	调质
2	上模	1	45	HRC28～32	调质
1	导销	2	45	HRC42～48	淬火

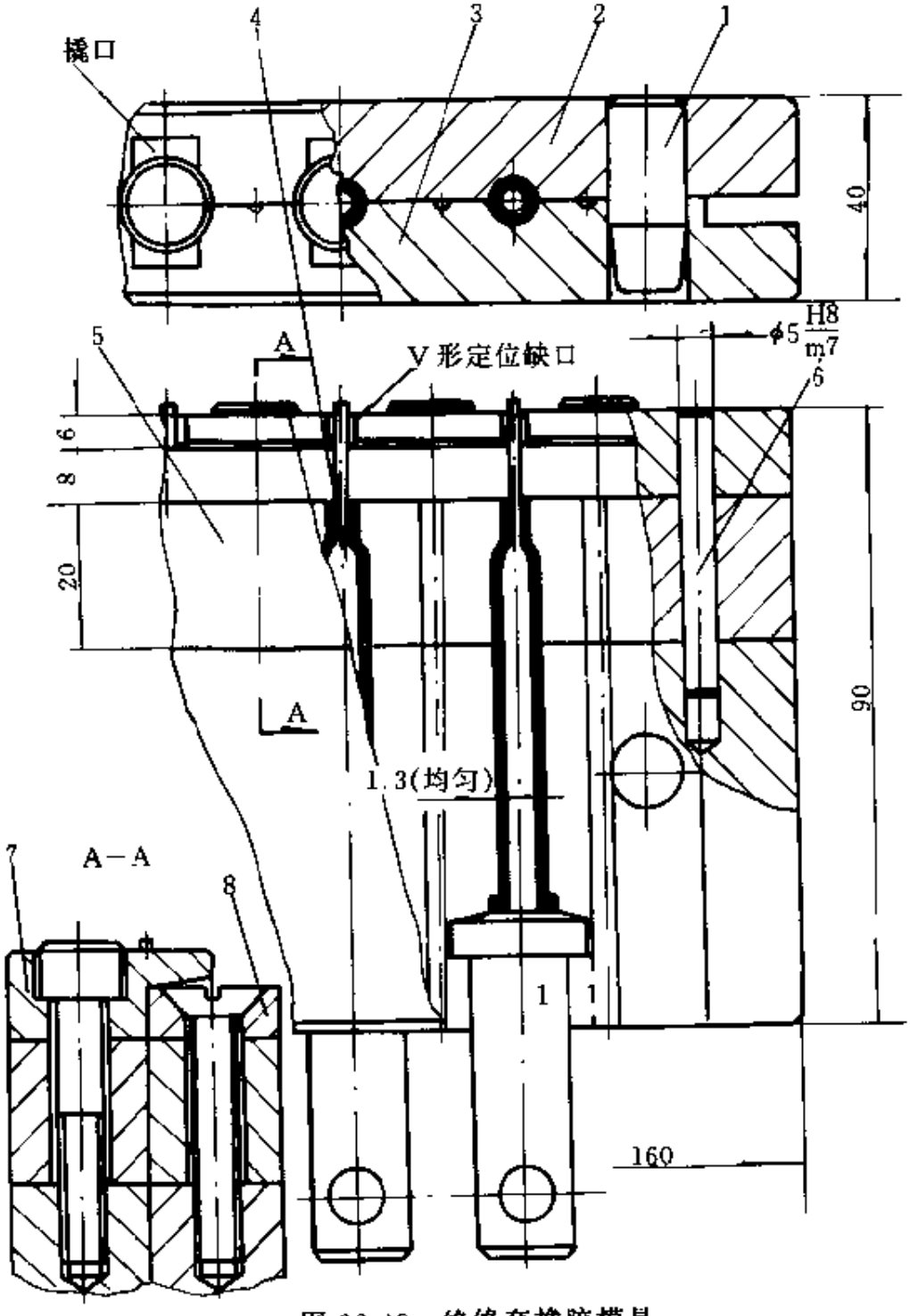


图 22-48　绝缘套橡胶模具

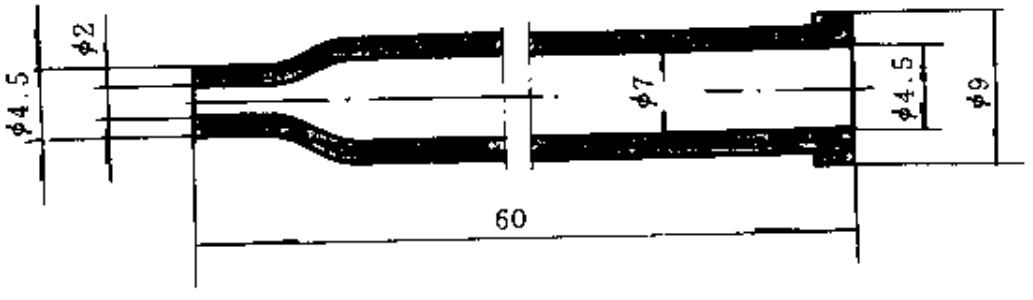


图 22-49　绝缘套（材料：橡胶 5860）

（4）起动蹬杆柄胶套模具（如图 22-50 所示，制品见图 22-51）

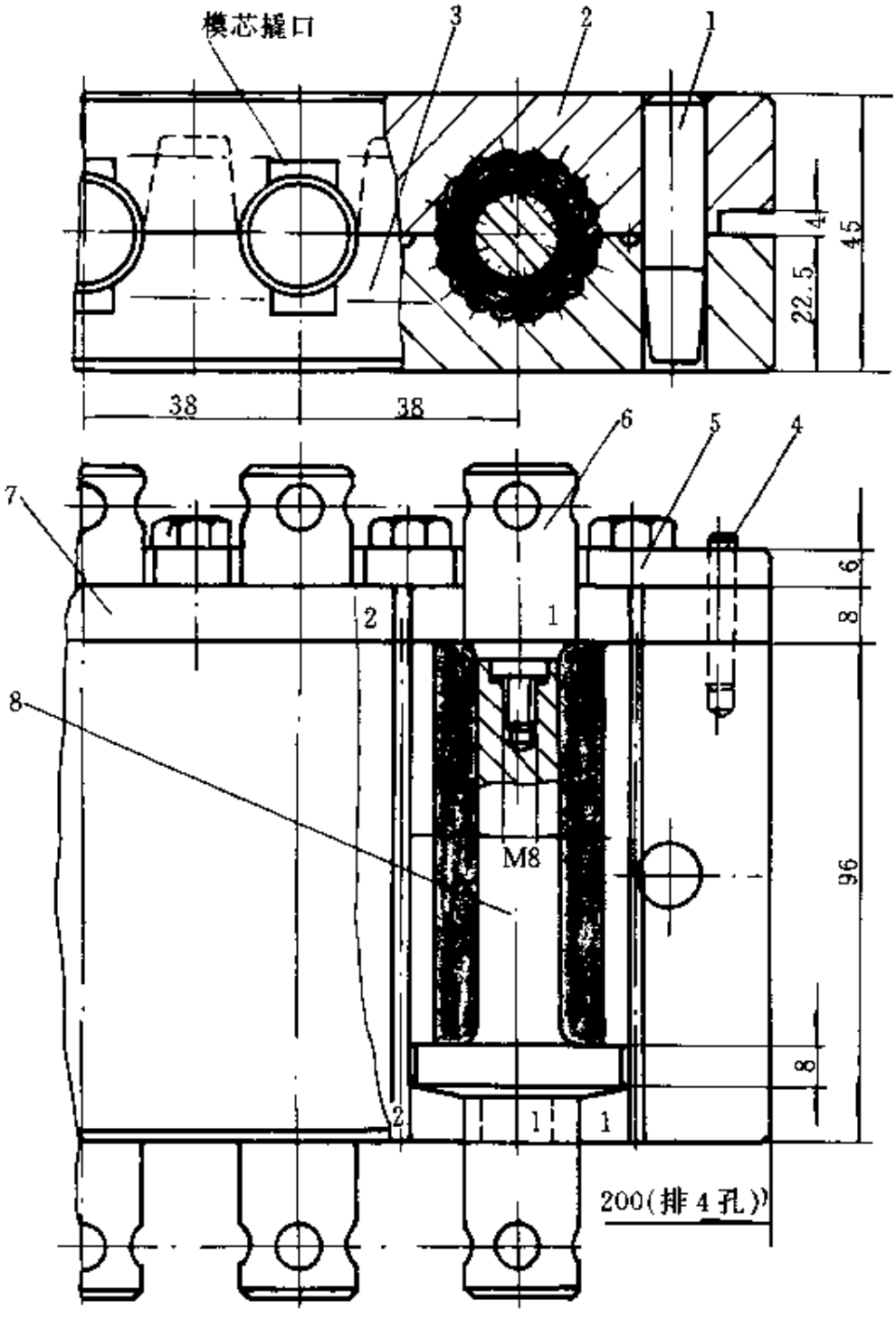


图 22-50　起动蹬杆柄胶套模具结构

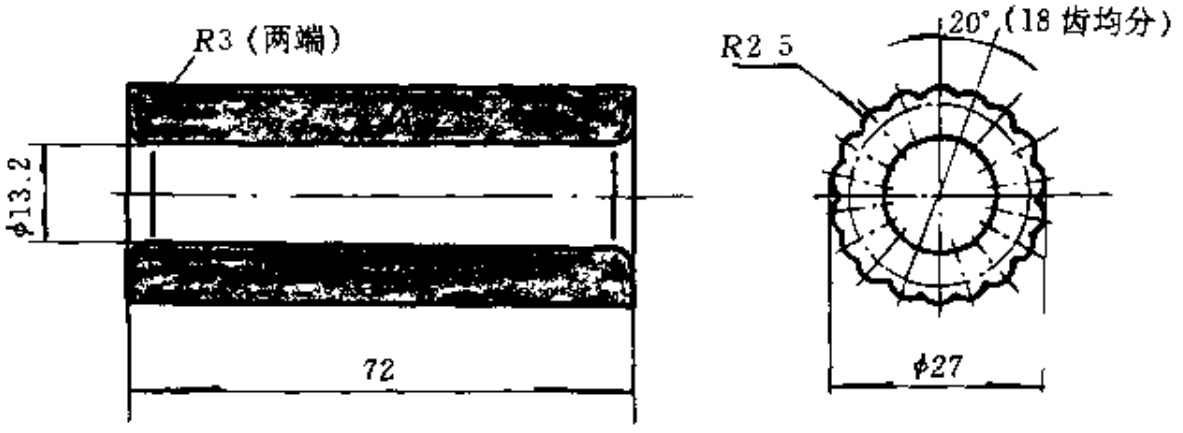


图 22-51　起动蹬杆柄胶套（材料：橡胶Ⅱ-2）

【说明】

该模属典型结构，为了提高工效，需备双套模芯，操作时一进一出不受影响。上模挡板由 M6×18 沉头螺钉紧固。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
7	挡板	上、下各 1	45	HRC28～32	调质
6，8	模芯	4	45	HRC38～42	淬火
5	V 形板	1	45	HRC28～32	调质
4	定位销	上、下各 2	45	HRC42～48	淬火
3	下模	1	45	HRC28～32	调质
2	上模	1	45	HRC28～32	调质
1	导销	2	45	HRC42～48	淬火

（5）橡胶滤套模具（如图 22-52 所示，制品见图 22-53）

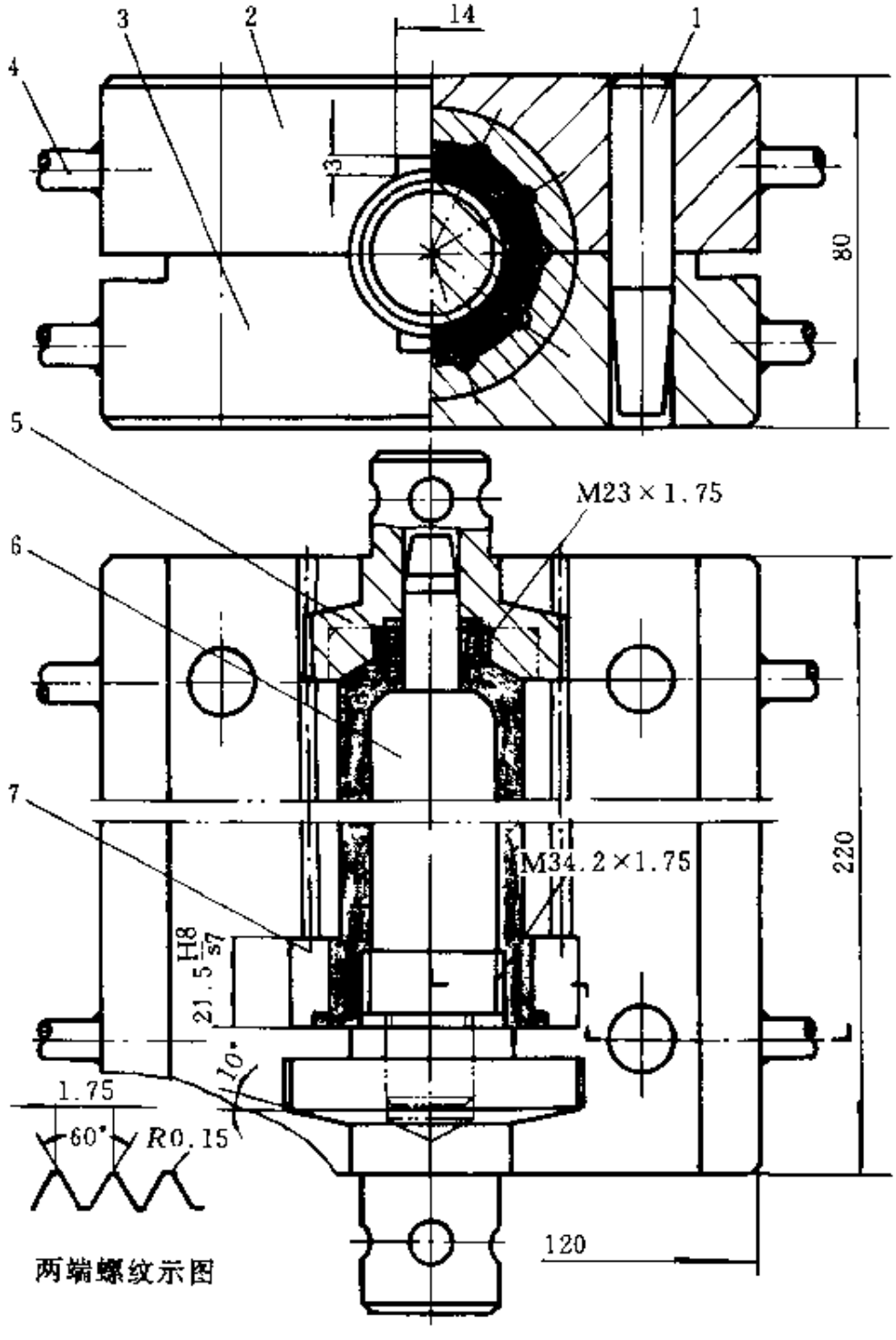


图 22-52　橡胶滤套模具结构

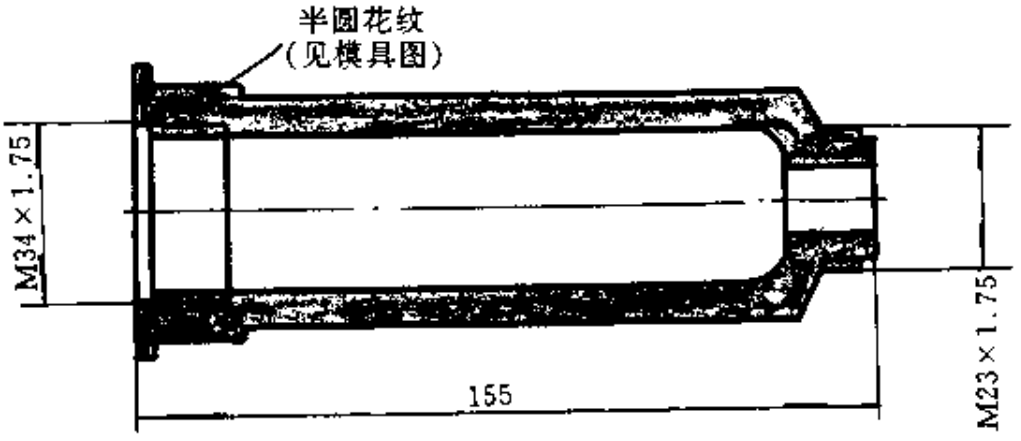


图 22-53 橡胶滤套（材料：橡胶 4161）

【说明】

该制品二端内外螺纹，模具不允许开置退刀槽，为此该类制品模具可按双点划线结构，配置镶套、轴孔配合（过盈配合）。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
7	半圆镶块	2	T10A	HRC42～48	淬火
6	模芯	1	45	HRC28～32	调质
5	定位模芯	1	45	HRC28～32	调质
4	手柄	4	45		
3	下模	1	45	HRC28～32	调质
2	上模	1	45	HRC28～32	调质
1	导销	3	45	HRC42～48	淬火

(6) 橡胶阀体模具（如图 22-54 所示，制品见图 22-55）

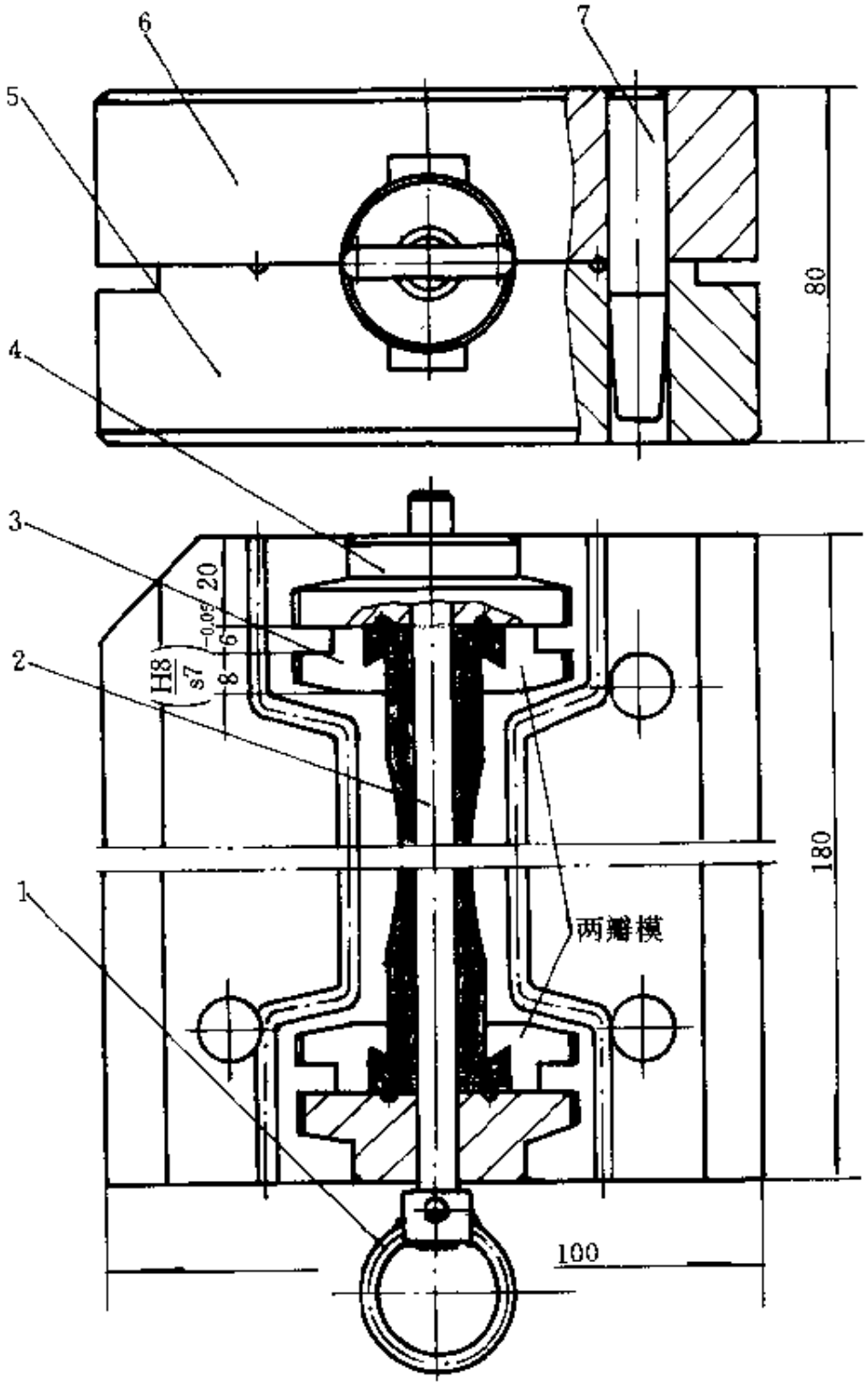


图 22-54 橡胶阀体模具结构

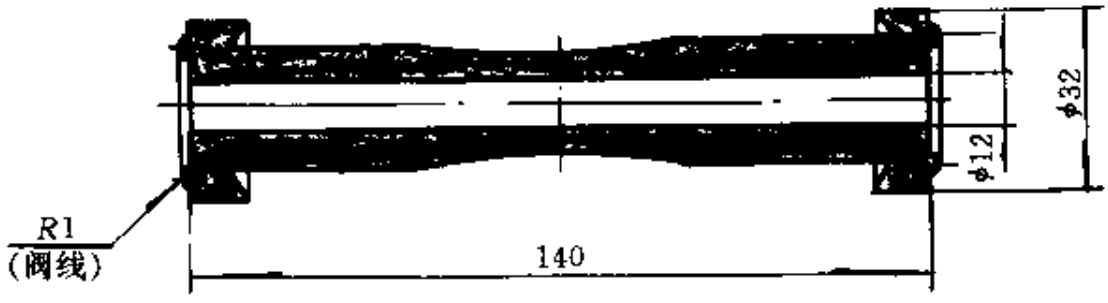


图 22-55 橡胶阀体（材料：橡胶 1164）

【说明】

该模制品两端 R_1 阀线密封面不允许有分型面，模芯采用整体加工。此外该制品两端带有 60°内凹沟槽，采用两瓣模结构，由于轴向尖角干涉可强启模取件。如取件困难可采用 H8/f9 间隙配合与定位模芯一起出模取件。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
7	导销	3	45	HRC42～48	淬火
6	上模	1	45	HRC28～32	调质
5	下模	1	45	HRC28～32	调质
4	定位模芯	2	45	HRC38～42	淬火
3	两瓣模模芯	2付	45	HRC38～42	淬火
2	中心模芯	1	T10A	HRC48～52	淬火
1	拉环	1	45	1	

(7) 气门弯管橡胶模具结构（如图 22-56 所示，制品见图 22-57）

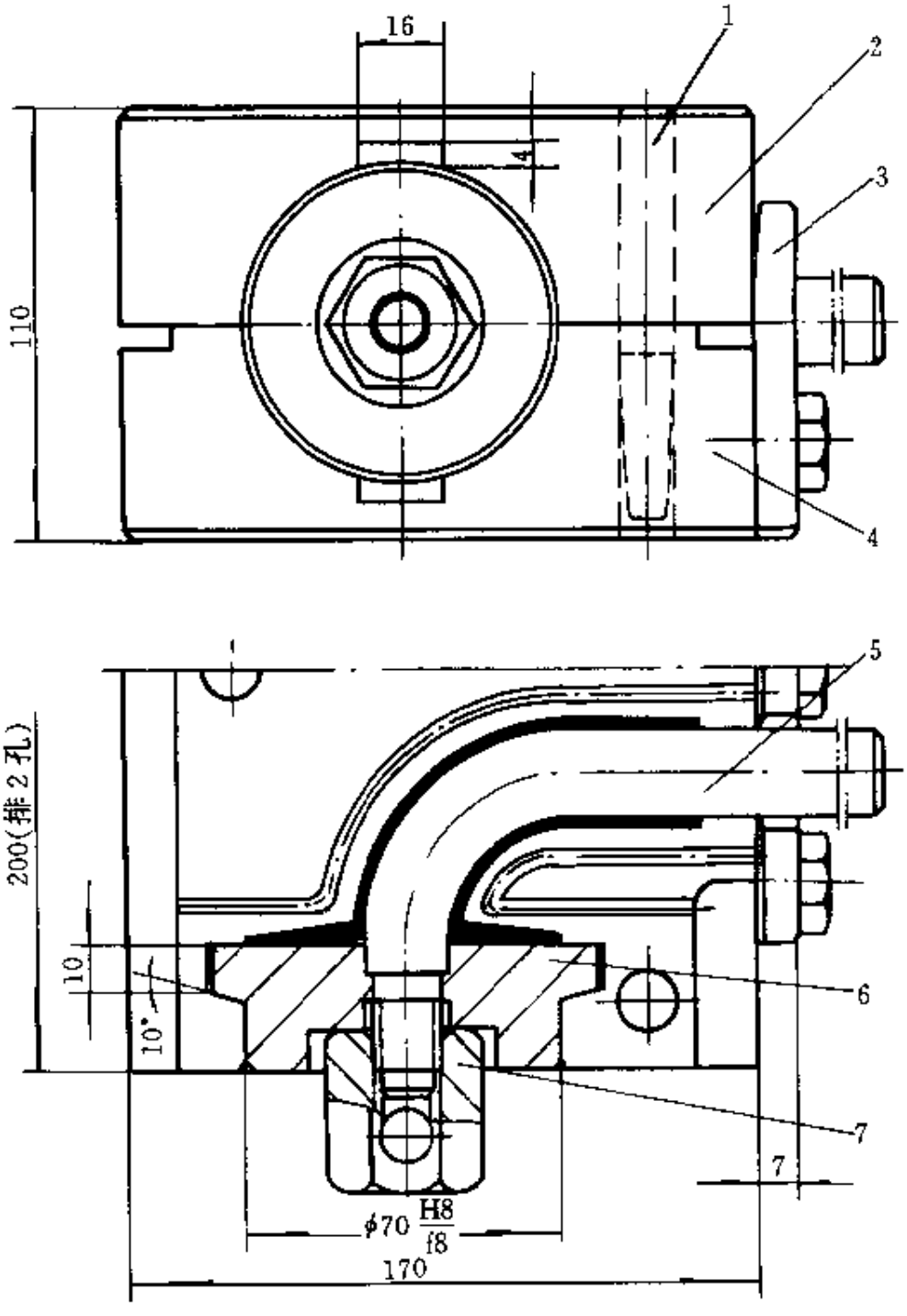


图 22-56 气门弯管橡胶模具

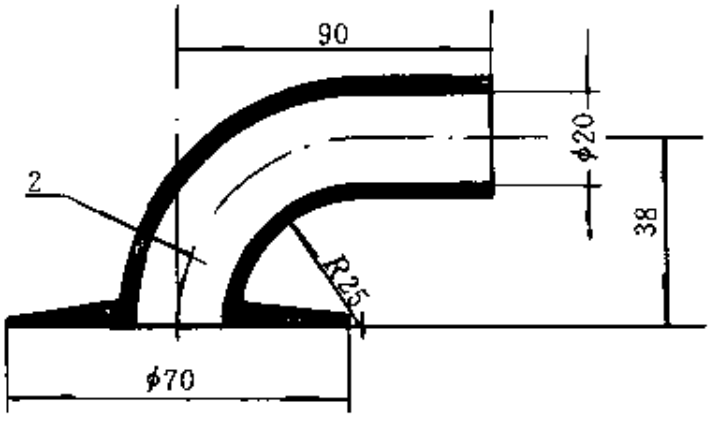


图 22-57 气门弯管（材料：橡胶 1142）

【说明】

该模制品中弯管模芯采用螺钉紧固定位镶块定位。结构合理、操作安全可靠。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
7	六角螺母	1	45	HRC38～42	淬火
6	定位镶块	1	45	HRC28～32	调质
5	模芯	1	45	HRC28～32	调质
4	下模	1	45	HRC28～32	调质
3	叉式定位板	1	45	HRC28～32	调质
2	上模	1	45	HRC28～32	调质
1	导销	3	45	HRC38～42	淬火

(8) 橡胶护帽模具（如图 22-58 所示，制品见图 22-59）

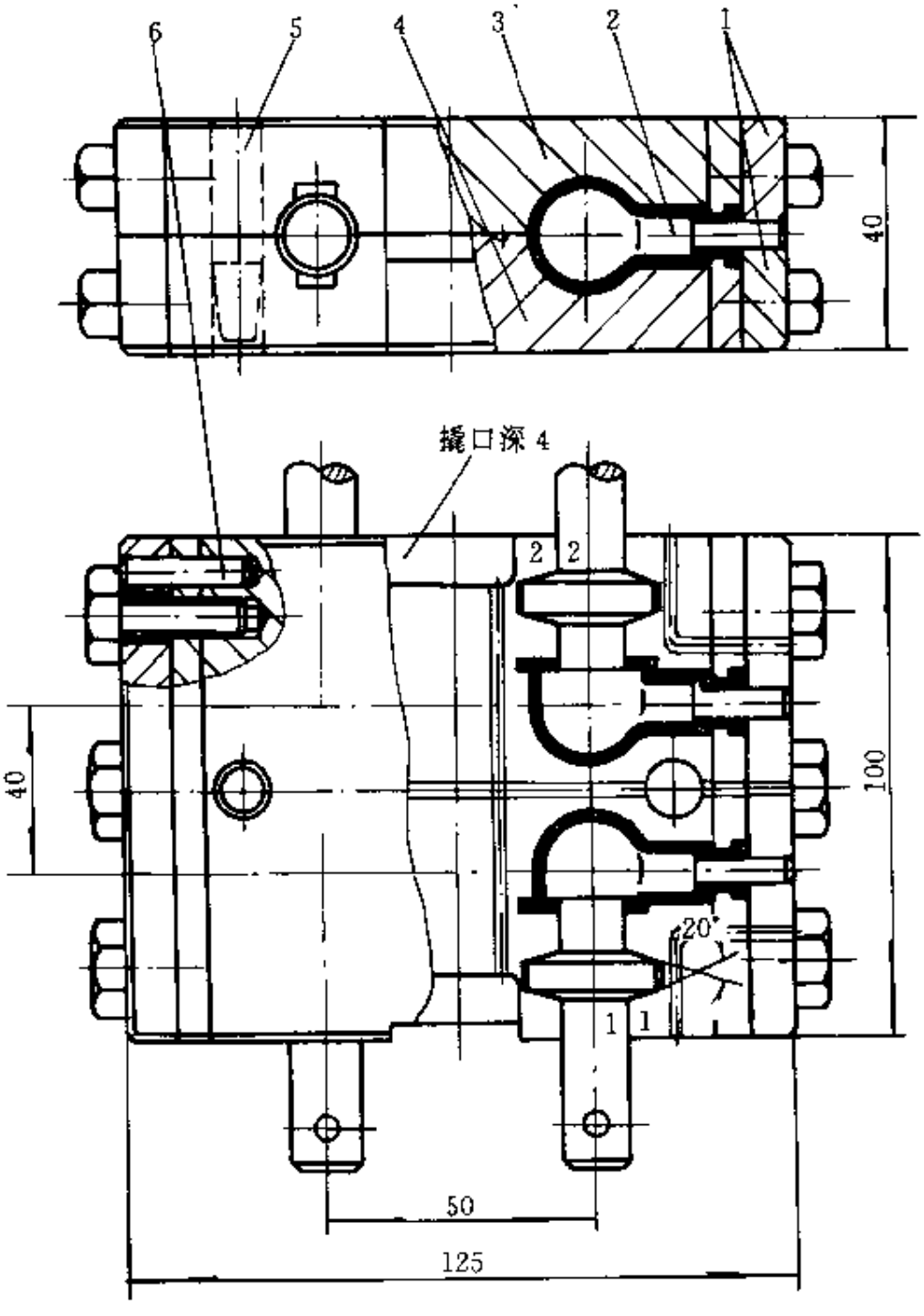


图 22-58 橡胶护帽模具结构

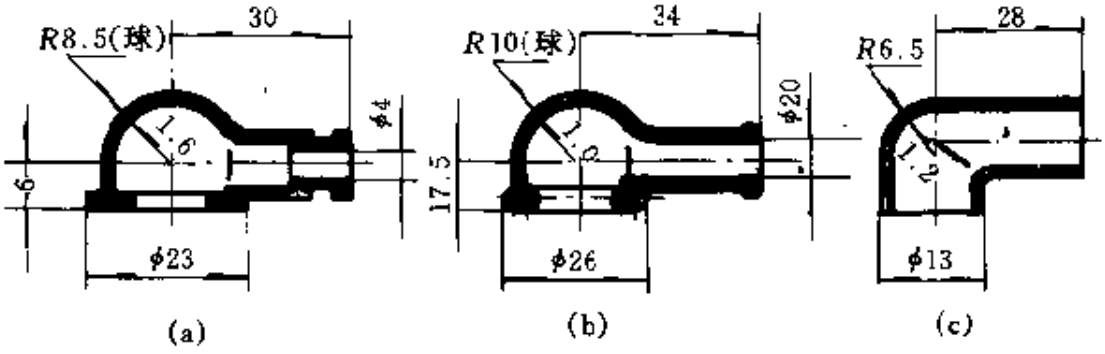


图 22-59 橡胶护帽（材料：橡胶 4161）

【说明】

该模为制品（a）的硫化模具，也适用于（b）、（c）制品，是该类制品典型结构。

模芯要求整体材料加工，如采用焊接或镶套结构，必须无砂眼和缝隙；模芯对号入座时，应分别打印 1#～4#。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	圆销	8	45	HRC38～42	淬火
5	导销	2	45	HRC38～42	淬火
4	下模	1	45	HRC28～32	调质
3	上模	1	45	HRC28～32	调质
2	模芯	4	45	HRC28～32	调质
1	上、下挡板	2付	45	HRC28～32	调质

(9) 火花塞橡胶帽罩模具（如图 22-60 所示，制品见图 22-61）

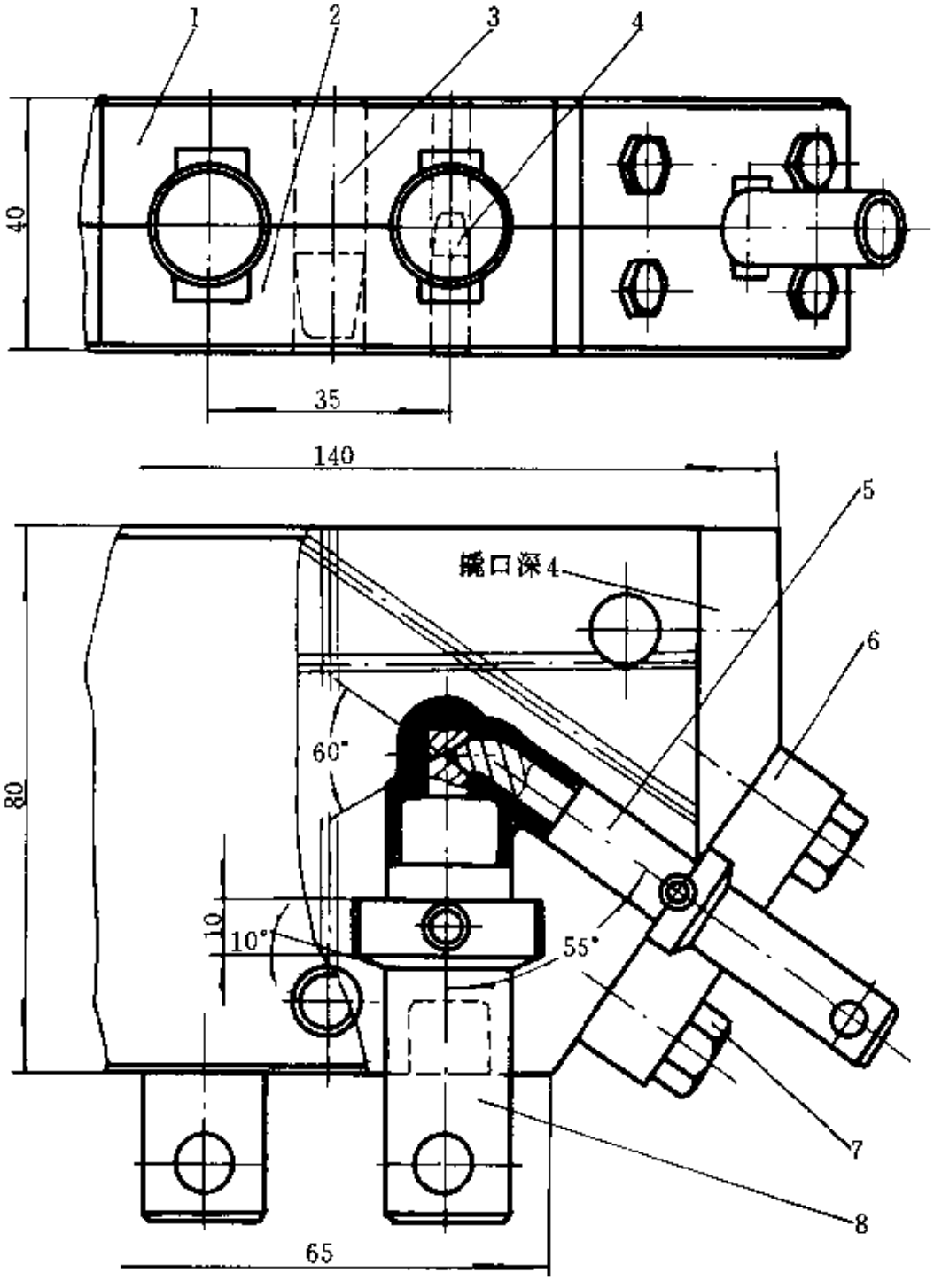


图 22-60 火花塞橡胶帽罩模具结构

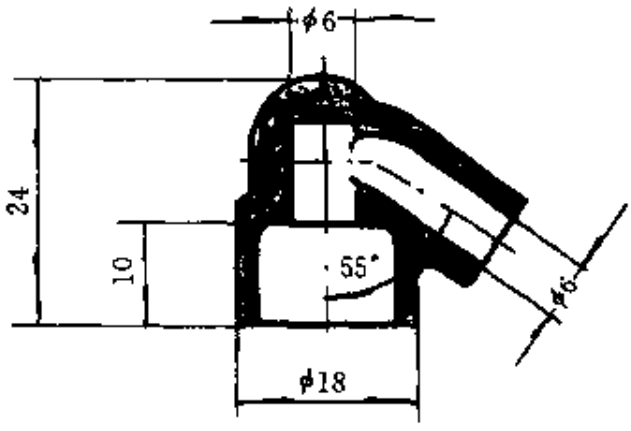


图 22-61　火花塞橡胶帽罩（材料：橡胶 6144）

【说明】

该模为典型弯管制品模具，模芯采用分件抽芯结构，适用于夹角<90°、壁厚偏厚、强制剥出较困难的制品。

零件表

序号	名　称	数　量	材　料	热处理	备　注
8	主模芯	2	T10A	HRC42～48	淬　火
7	六角螺钉	8			M8×22
6	挡　板	2付	45	HRC28～32	调　质
5	侧模芯	2	T10A	HRC42～48	淬　火
4	定位销	2	45	HRC42～48	淬　火
3	导　销	3	45	HRC42～48	淬　火
2	下　模	1	45	HRC28～32	调　质
1	上　模	1	45	HRC28～32	调　质

22.2.2 波纹胶管（防尘套）

（1）橡胶防尘罩模具之一（如图 22-62 所示，制品见图 22-63）

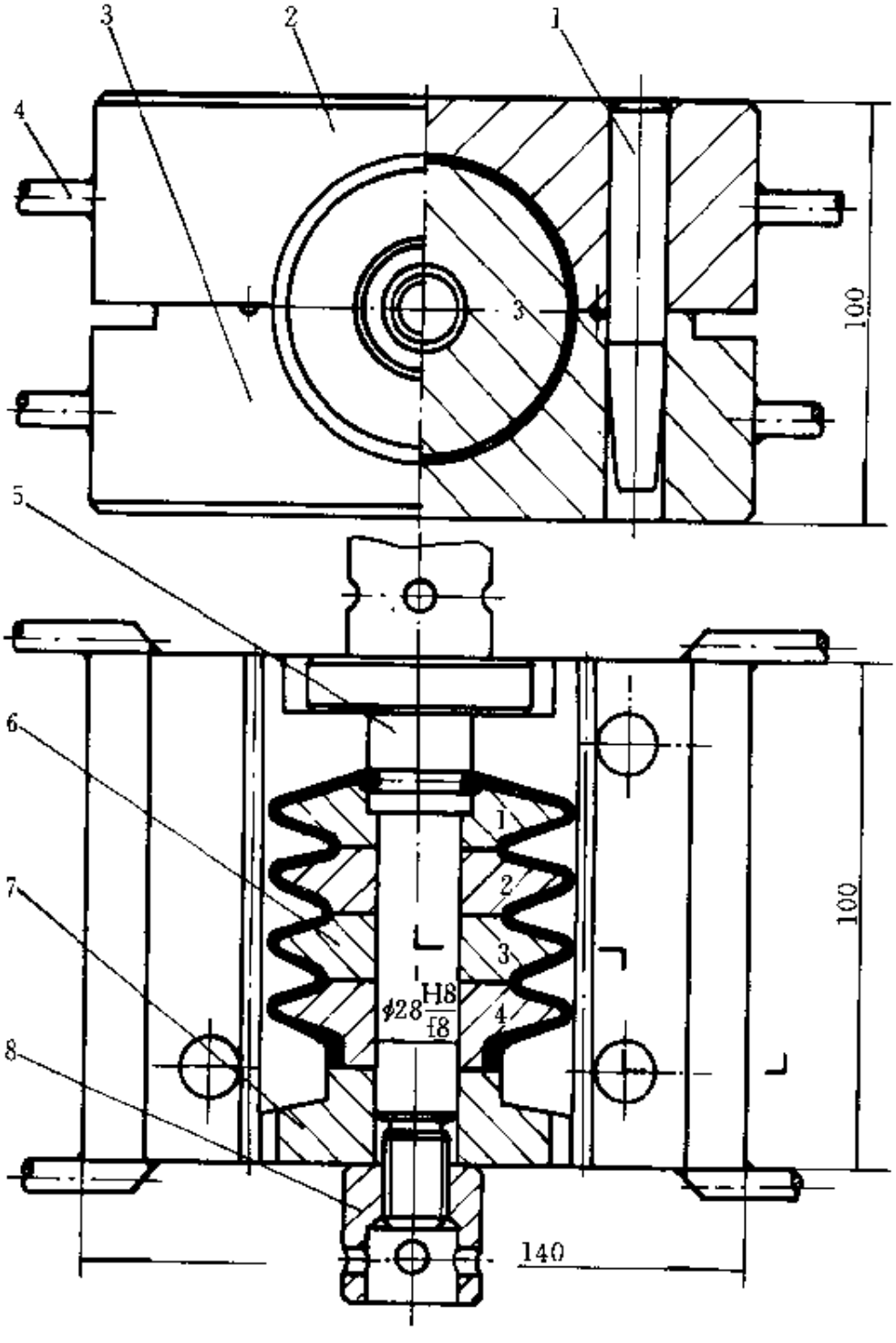


图 22-62 橡胶防尘罩模具结构（一）

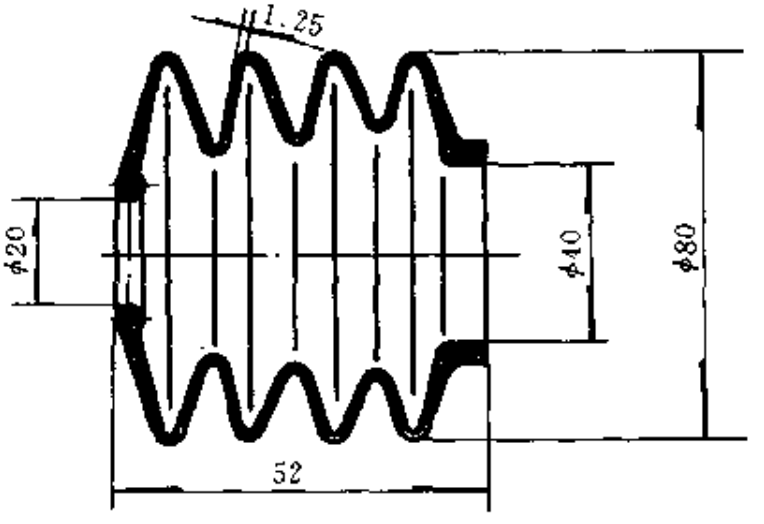


图 22-63 橡胶防尘罩（一）（材料：橡胶 I -1）

【说明】

该模模芯采用圆片结构，二端压紧。硫化后中间抽芯，分件取出圆片。适用于一端口径 $d>40$mm、壁厚 $f<2$mm、圆片数量小于 6 块的制品。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
8	圆螺母	1	45	HRC28～32	调质
7	定位镶块	1	45	HRC38～42	淬火
6	拼合模芯	一组 4 块	45	HRC38～42	淬火
5	中心模芯	1	T10A	HRC38～42	淬火
4	手把	4	45		
3	下模	1	45	HRC28～32	调质
2	上模	1	45	HRC28～32	调质
1	导销	3	45	HRC42～48	淬火

（2）橡胶防尘罩模具之二（如图 22-64 所示，制品见图 22-65）

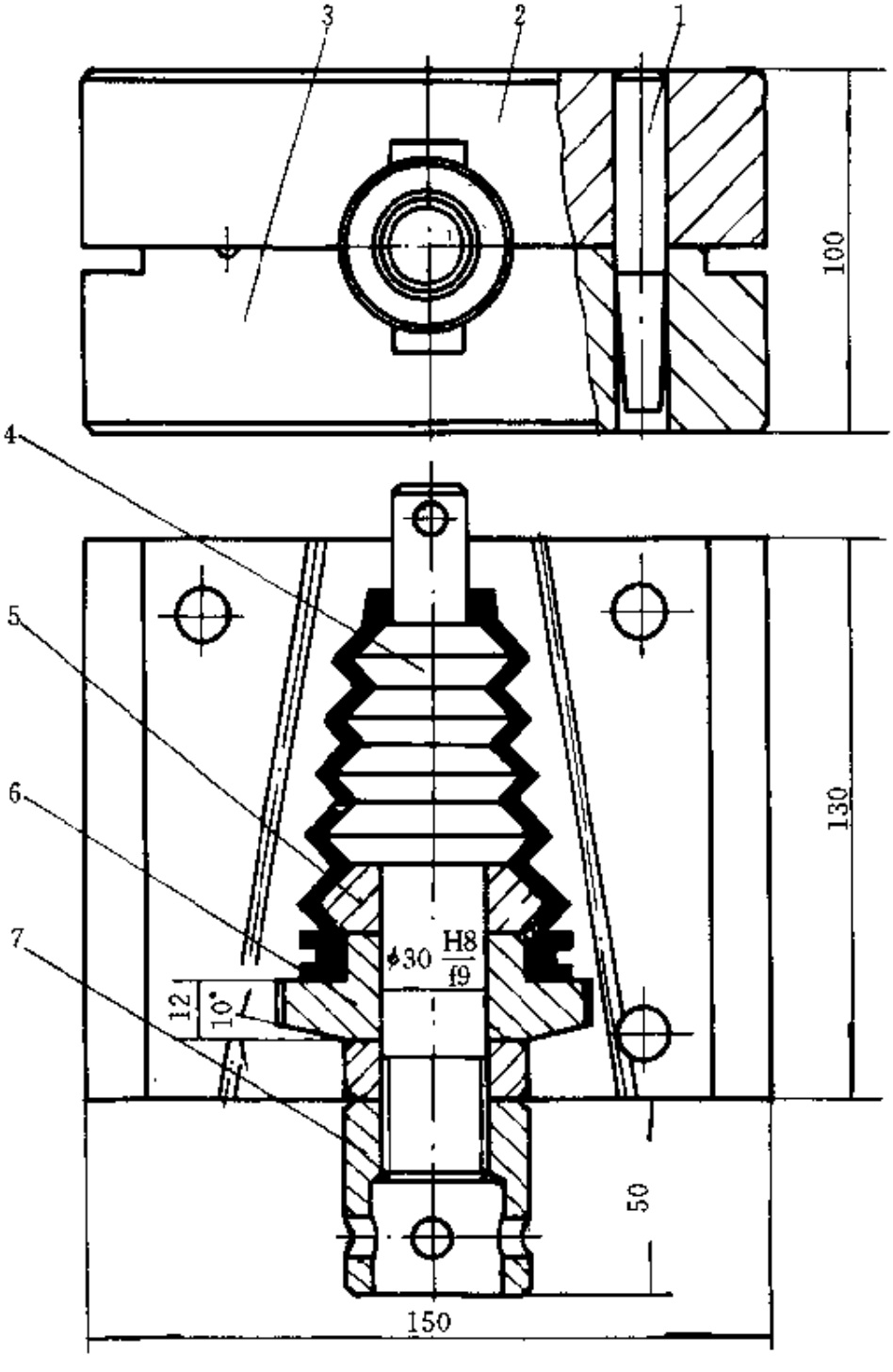


图 22-64　橡胶防尘罩模具结构（二）

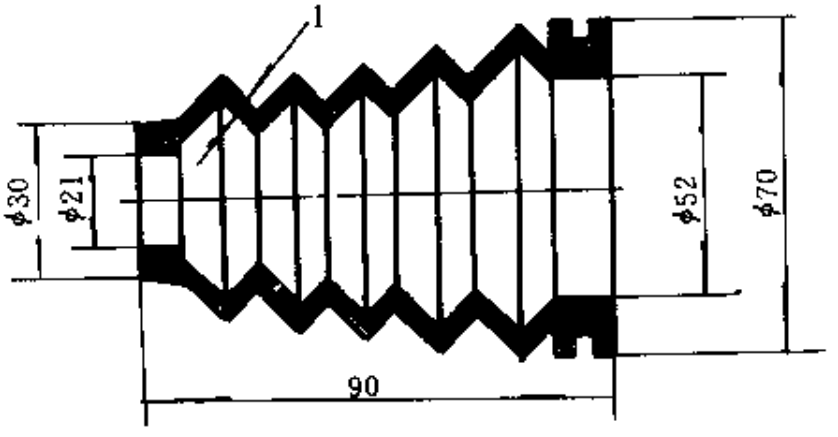


图 22-65　橡胶防尘罩（二）（材料：橡胶Ⅰ-2）

【说明】

该模适用于一端较大的锥形防尘套。模芯采用整体加工或局部圆片模芯，模具结构简单，加工、使用均较方便。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
7	圆螺母	1	45	HRC28～32	调质
6	定位模芯	1	45	HRC38～42	淬火
5	模芯 1	1	45	HRC38～42	淬火
4	模芯 2	1	45	HRC38～42	淬火
3	下模	1	45	HRC28～32	调质
2	上模	1	45	HRC28～32	调质
1	导销	3	45	HRC38～42	淬火

（3）橡胶防尘罩模具之三（如图 22-66 所示，制品见图 22-67）

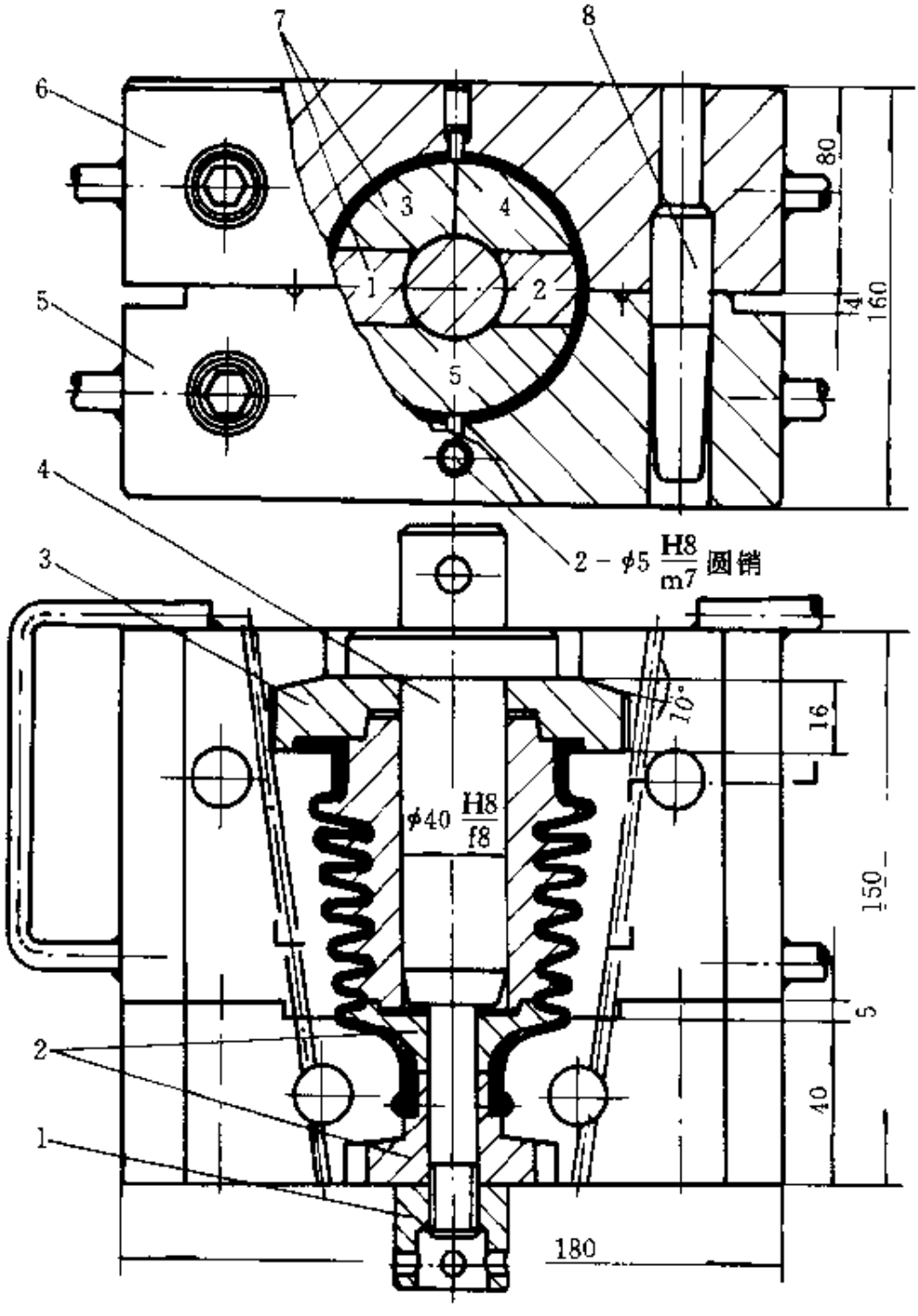


图 22-66 橡胶防尘罩模具结构（三）

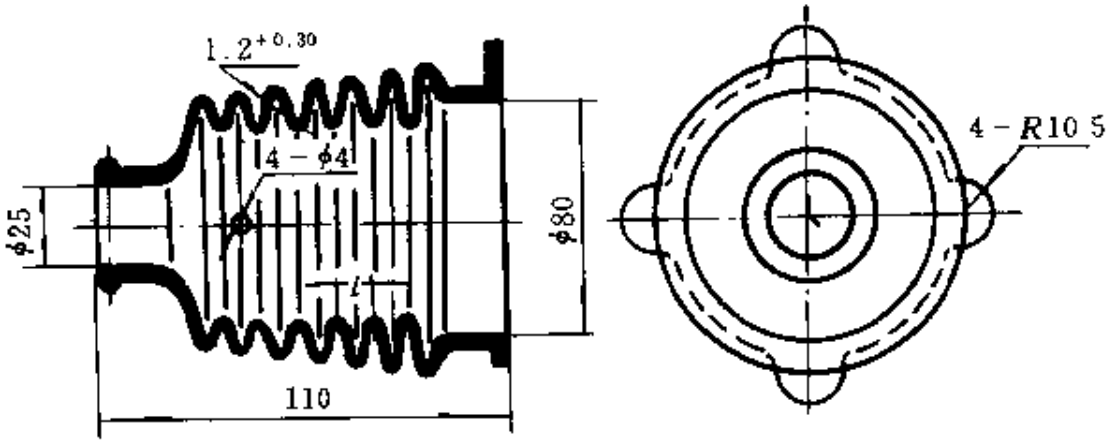


图 22-67　橡胶防尘罩（三）（材料：橡胶Ⅰ-1）

【说明】

该模模芯采用典型二端压紧、中间由 6 块镶块拼合而成的结构，开合时按次序取出模芯，模具结构复杂、精度高、加工繁琐。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
8	导销	3	45	HRC42～48	淬火
7	组合模芯	一组 5 块	45	HRC28～32	调质
6	上模	1	45	HRC28～32	调质
5	下模	1	45	HRC28～32	调质
4	中心模芯	1	T10A	HRC28～32	调质
3	定位模芯	1	45	HRC38～42	淬火
2	模芯	各 1	45	HRC28～32	调质
1	圆型螺母	1	45	HRC38～42	淬火

（4）橡胶防尘罩模具之四（如图 22-68 所示，制品见图 22-69）

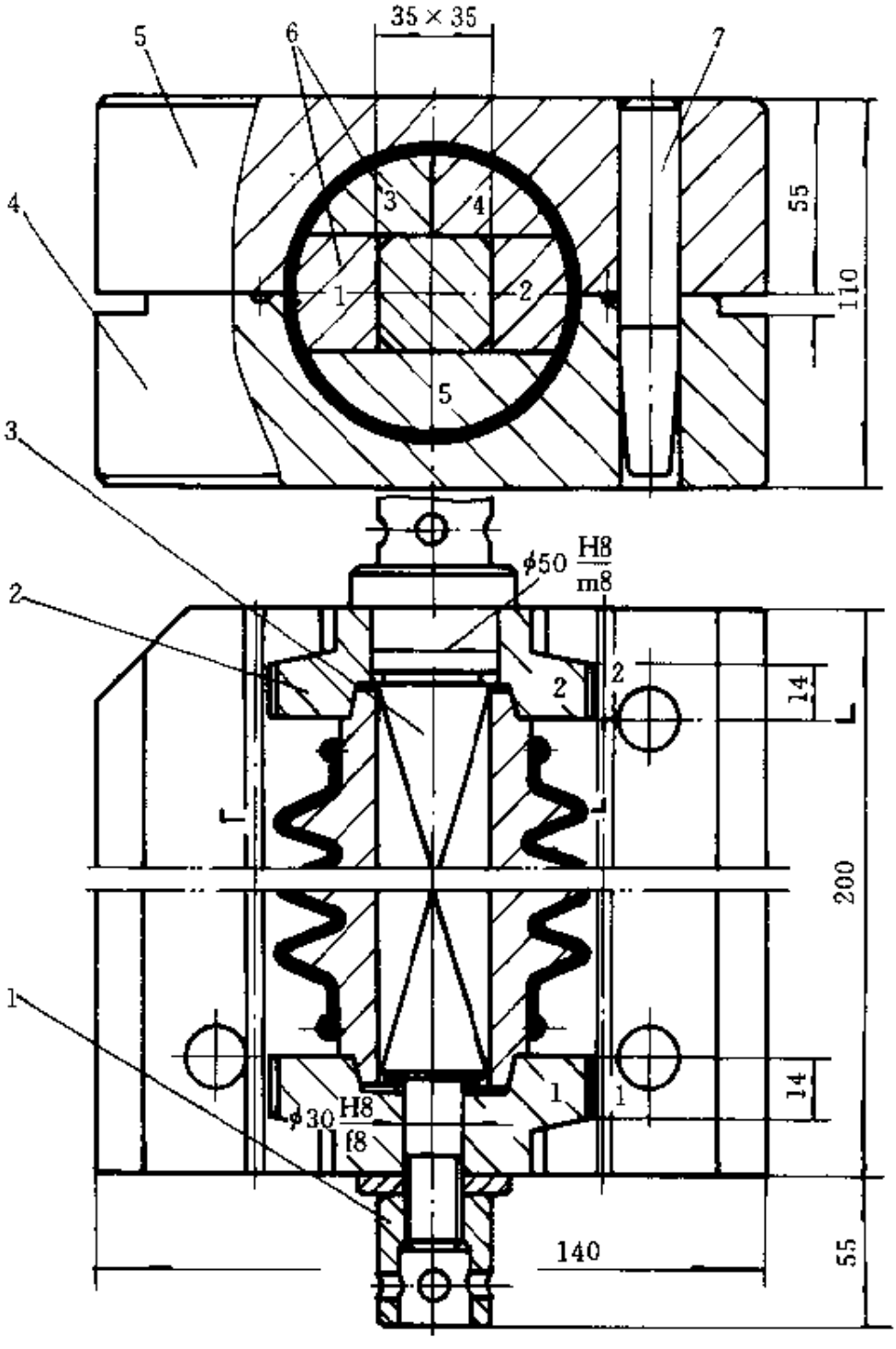


图 22-68　橡胶防尘罩模具结构（四）

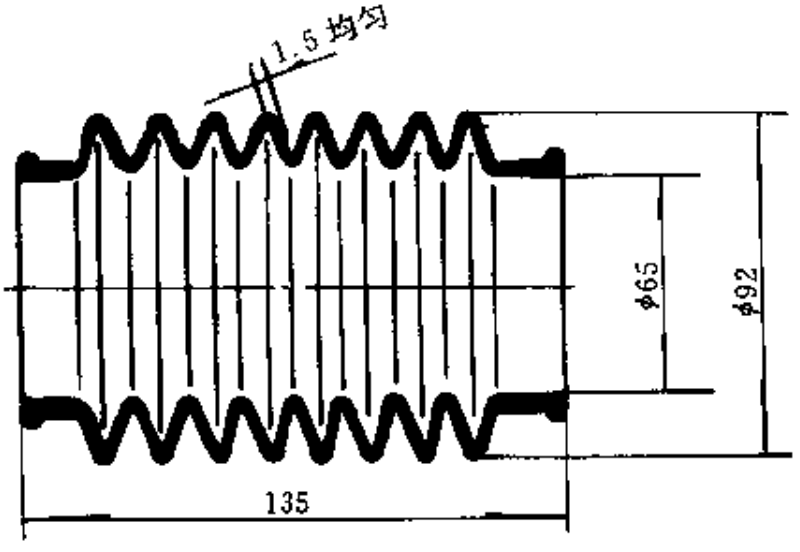


图 22-69　橡胶防尘罩（四）（材料：橡胶 I -1）

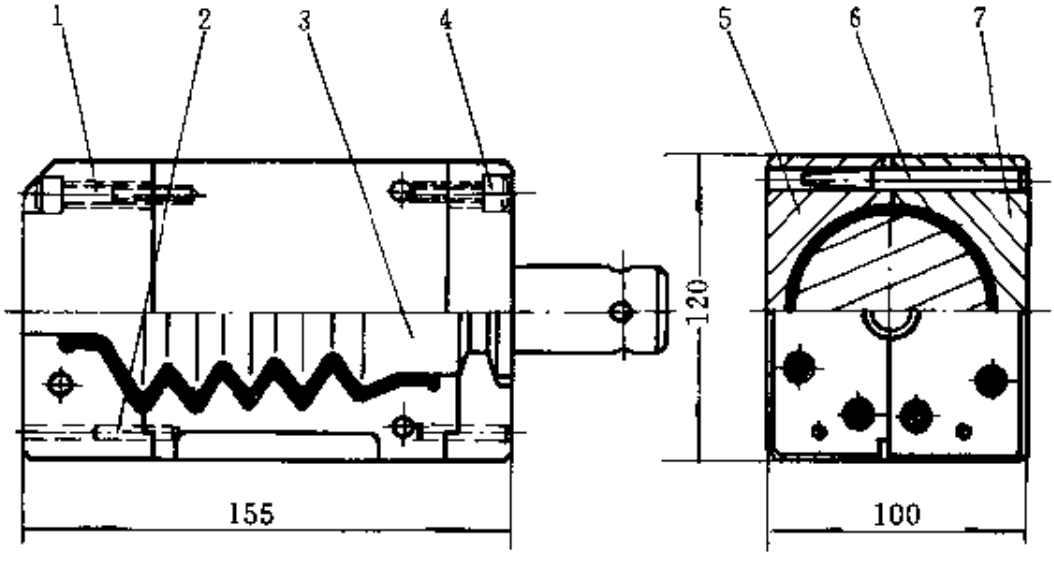
【说明】

该模结构形式与前图原理相同，其区别在于中心模芯采用方形结构，其加工方法各有特色。

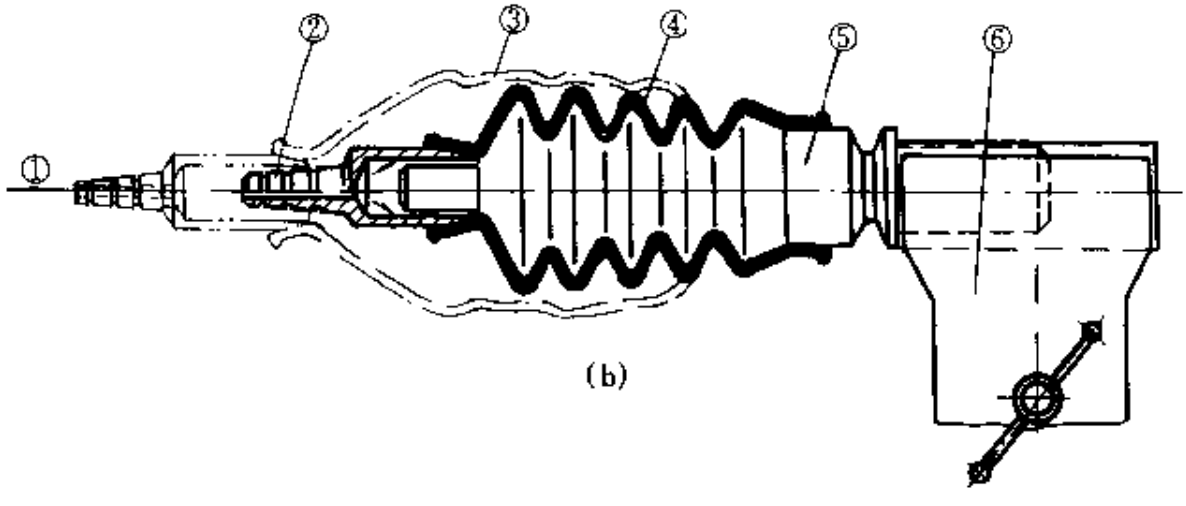
零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
7	导销	3	45	HRC42～48	淬火
6	组合模芯	一组 5 块	45	HRC28～32	调质
5	上模	1	45	HRC28～32	调质
4	下模	1	45	HRC28～32	调质
3	中心模芯	1	45	HRC38～42	淬火
2	定位镶块	各 1	45	HRC38～42	淬火
1	圆螺母	1	45	HRC28～32	调质

(5) 防尘套整体模芯模具与空气压出（如图 22-70 所示，制品见图 22-71）



(a)



(b)

图 22-70　防尘套整体模芯模具

结构（a）与空气压出（b）

①—气源；②—充气头子；③—防尘套膨胀状态；

④　防尘套；⑤　模芯；⑥　台虎钳

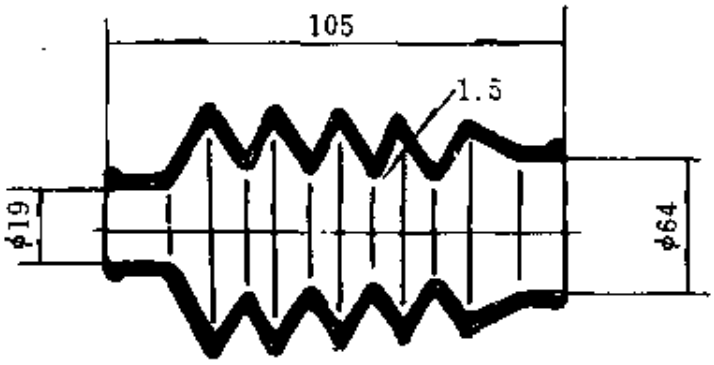


图 22-71 橡胶防尘套（材料：橡胶Ⅰ-1）

【说明】

该模适用于波纹形防尘套，采用低压空气和肥皂水加压取出整体模芯制品。其特点为：模芯加工容易，操作也较方便。但注意压出时气压不宜过大，并用手工前后摆动，膨胀后，最后1～2节由于逃气，可用手工或工装强制剥出或自动推出。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
7	上模	1	45	HRC28～32	调质
6	导销	3	45	HRC42～48	淬火
5	下模	1	45	HRC28～32	调质
4	螺钉	8			M12
3	模芯	1	45	HRC28～32	调质
2	圆销	8	45	HRC42～48	淬火
1	螺钉	8			M12

（6）波纹弯管模具（如图 22-72 所示，制品见图 22-73）

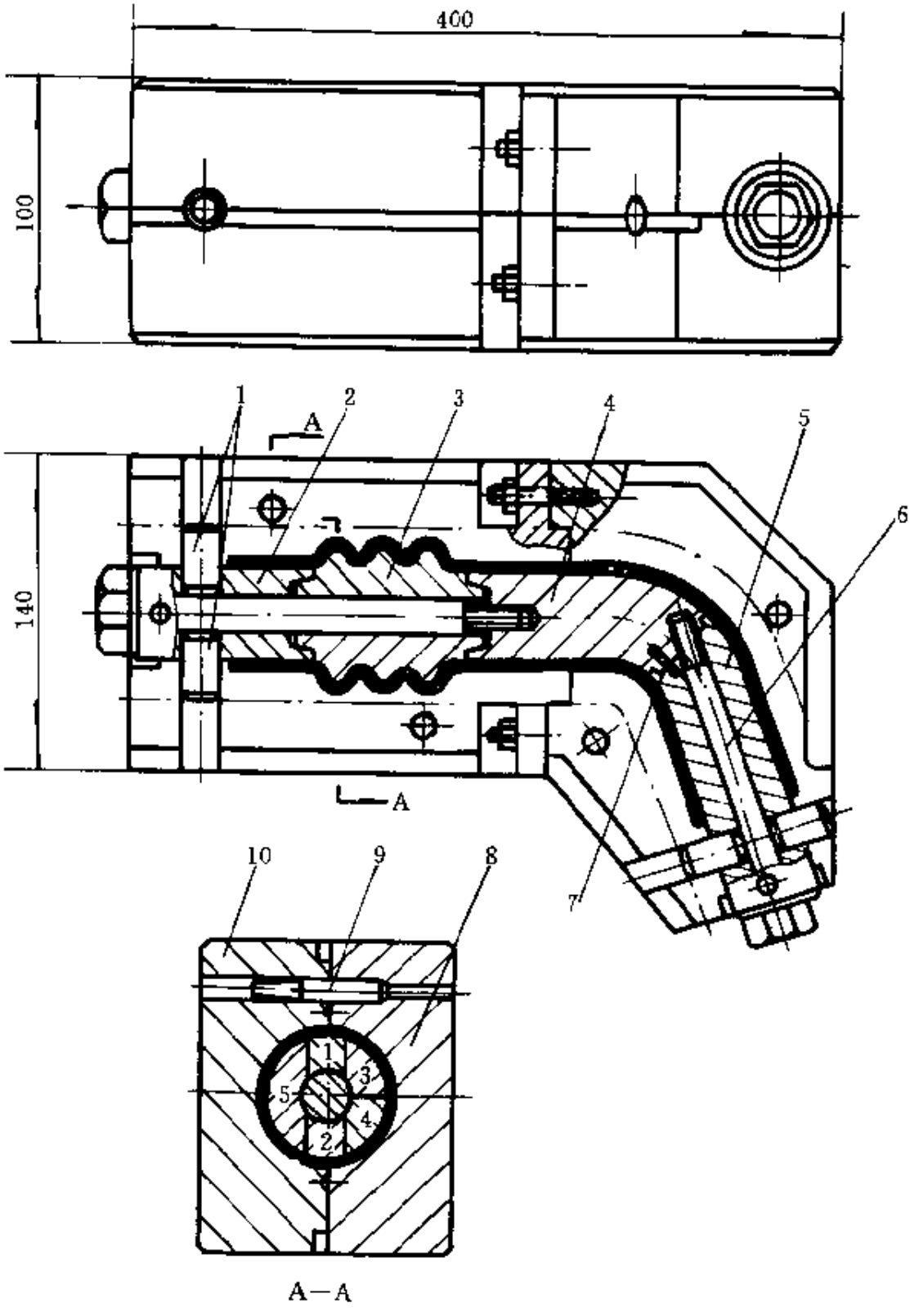


图 22-72　波纹弯管模具结构

（注：件 1 与件 2、件 5 静配，与上、下模三级动配）

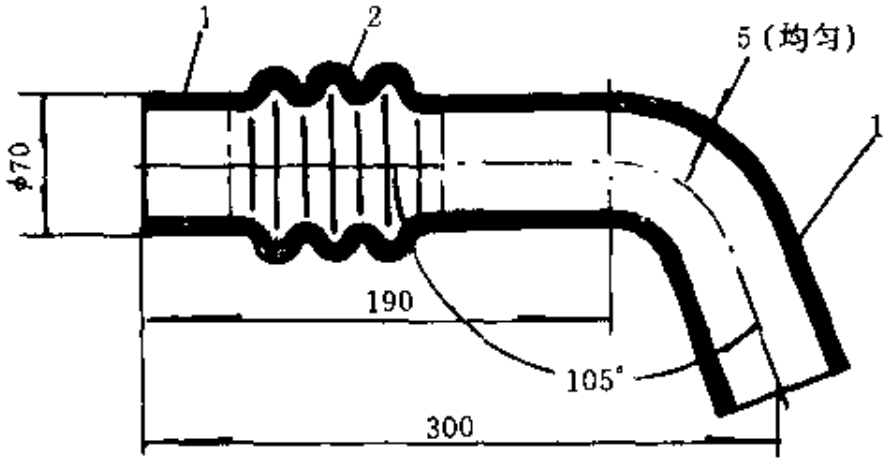


图 22-73　波纹弯管（材料：夹布橡胶）

1 -夹布；2　纯胶

【说明】

适用于二端夹布波纹弯管，模具结构复杂、精度高。硫化后先取下模芯 2 和模芯 5，组合模芯按镶块次序取出，最后取模芯 4。

零件表

序　号	名　　称	数　量	材　料	热处理	备　　注
10	下　　模	1	45	HRC28～32	调　质
9	导　　销	3	45	HRC42～48	淬　火
8	上　　模	1	45	HRC28～32	调　质
7	定位圆销	1	45	HRC42～48	淬　火
6	吊紧螺杆	二端各 1	45	HRC28～32	调　质
5	模芯 5	1	45	HRC28～32	调　质
4	模芯 4	1	45	HRC28～32	调　质
3	组合模芯	一组 5 块	45	HRC28～32	调　质
2	模芯 2	1	45	HRC28～32	调　质
1	定位圆销	二端各 2	45	HRC42～48	淬　火

22.2.3 橡胶护套

（1）橡胶套管压铸模具（如图 22-74 所示，制品见图 22-75）

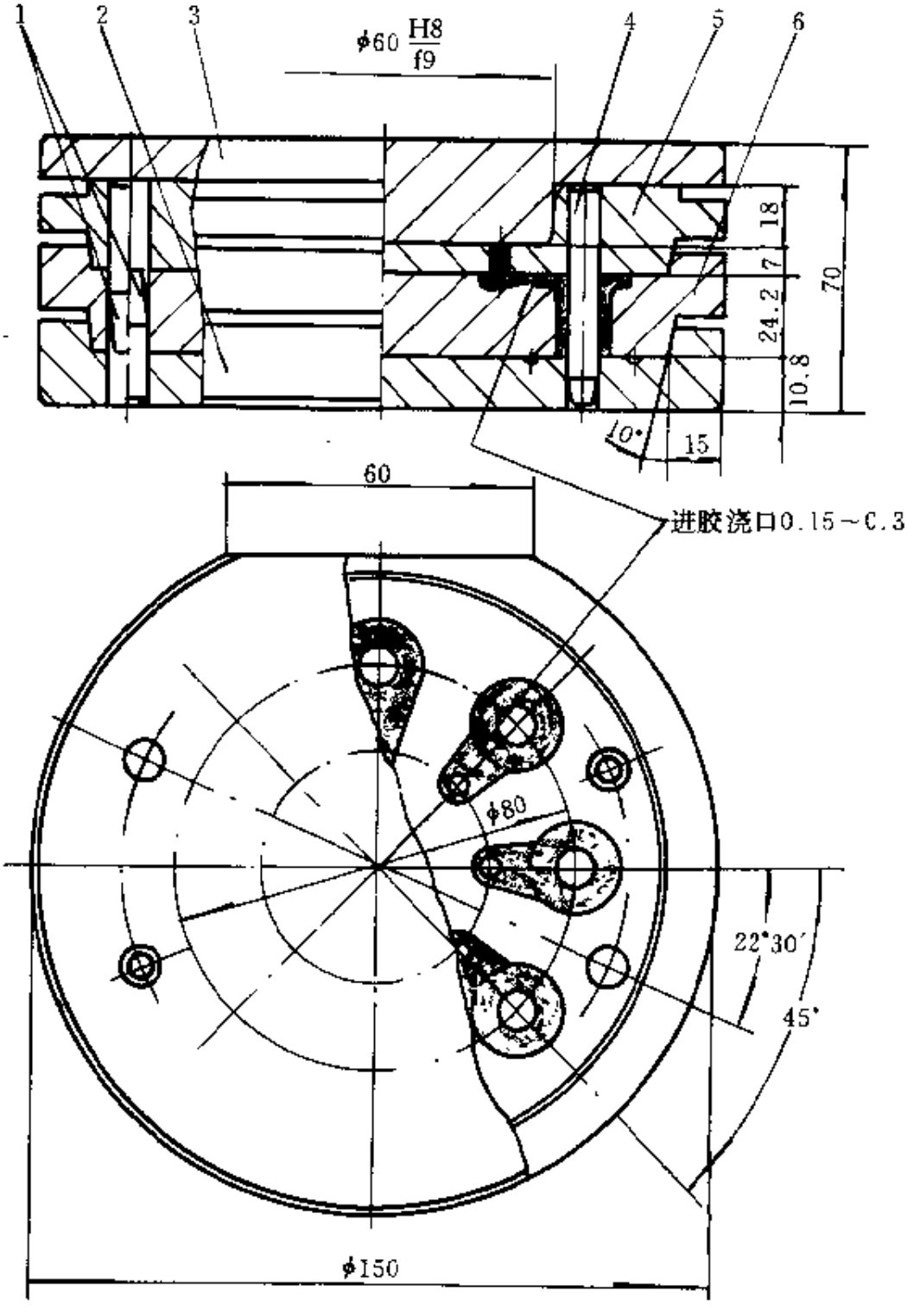


图 22-74 橡胶套管压铸模结构

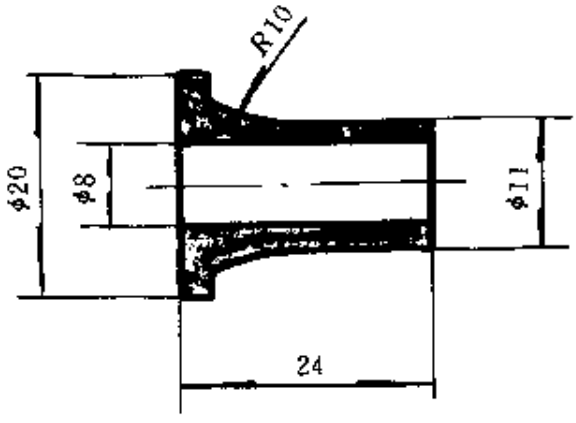


图 22-75　橡胶套管（材料：橡胶 1142）

【说明】

该模模芯偏长，制品壁厚较小，采用先合模、后加料压铸的结构形式，其特点为：避免模芯弯曲，加料困难。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	中模	1	45	HRC28～32	调质
5	上模	1	45	HRC28～32	调质
4	模芯	8	T10A	HRC48～52	淬火
3	压料模	1	45	HRC42～48	淬火
2	下模	1	45	HRC28～32	调质
1	上、下导销	各 2	45	HRC42～48	淬火

（2）橡胶保护罩模具（卧式）（如图 22-76 所示，制品见图22-77）

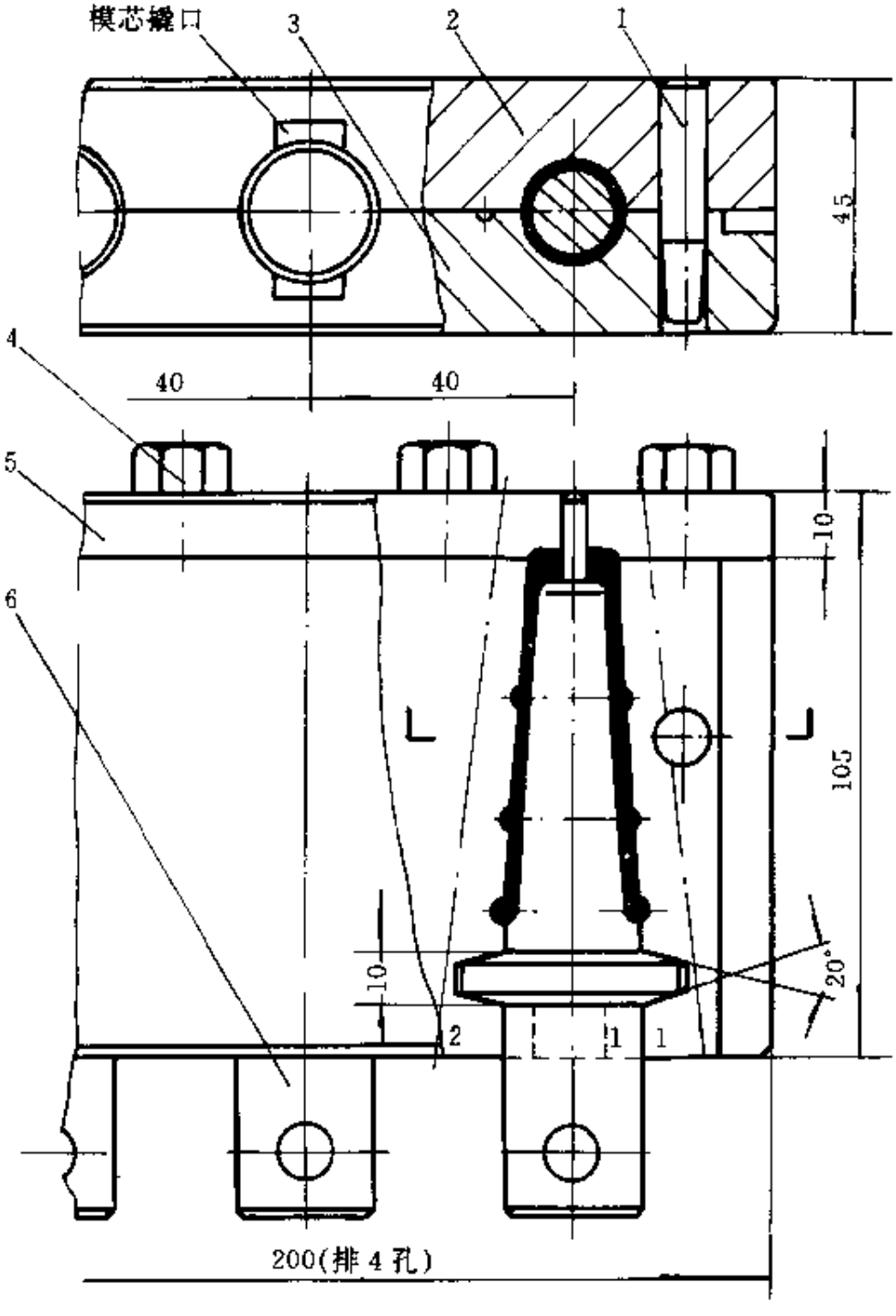


图 22-76　橡胶保护罩模具结构（卧式）

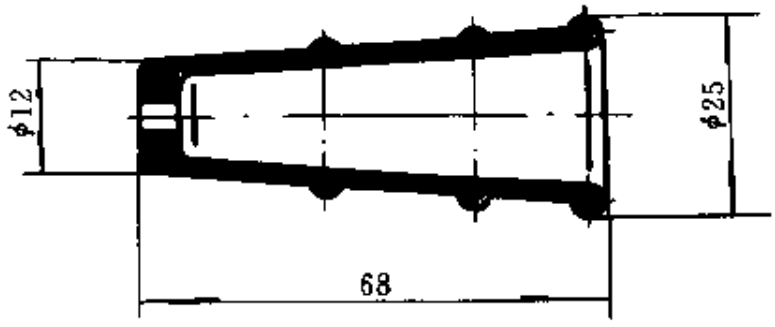


图 22-77　橡胶保护罩（材料：橡胶 3160）

【说明】

该模具为轴向分型制品的典型模具结构，一模 4 个模腔，采用 20° 锥面定位，开合方便。

挡模板上下挡模板需装 ϕ5 定位圆柱销各 2 个。

零件表

序号	名称	材料	数量	热处理	备注
6	模芯	45	4	HRC38～42	淬火
5	挡模板	45	2	HRC28～32	调质
4	六角螺钉		10		
3	下模	45	1	HRC28～32	调质
2	上模	45	1	HRC28～32	调质
1	导销	45	2	HRC38～42	淬火

（3）橡胶保护罩模具（立式）（如图 22-78 所示，制品见图22-77）

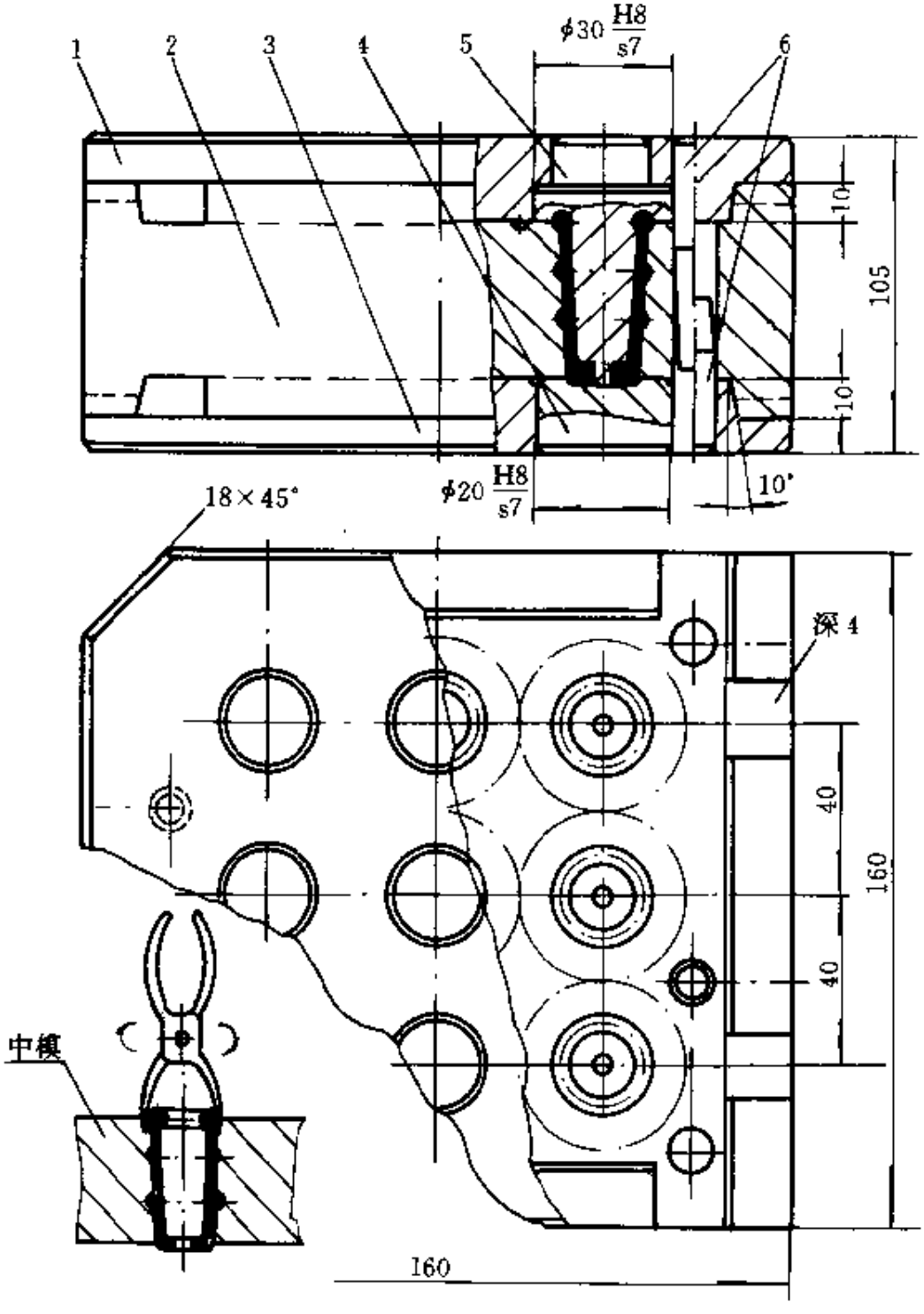


图 22-78　橡胶保护罩模具结构（立式）

【说明】

该模制品为径向分型立式结构，采用四方10°斜边定位，一模9孔、工效高，结构可靠，不易引起制品单边；制品外观质量好，制品可按图左下角图示方法取出。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	导销	上3下2	45	HRC38～42	淬火
5	上模芯	9	45	HRC38～42	淬火
4	下模芯	9	45	HRC38～42	淬火
3	下模	1	45	HRC28～32	调质
2	中模	1	45	HRC28～32	调质
1	上模	1	45	HRC28～32	调质

（4）线圈套管橡胶压铸模（如图 22-79 所示，制品见图 22-80）

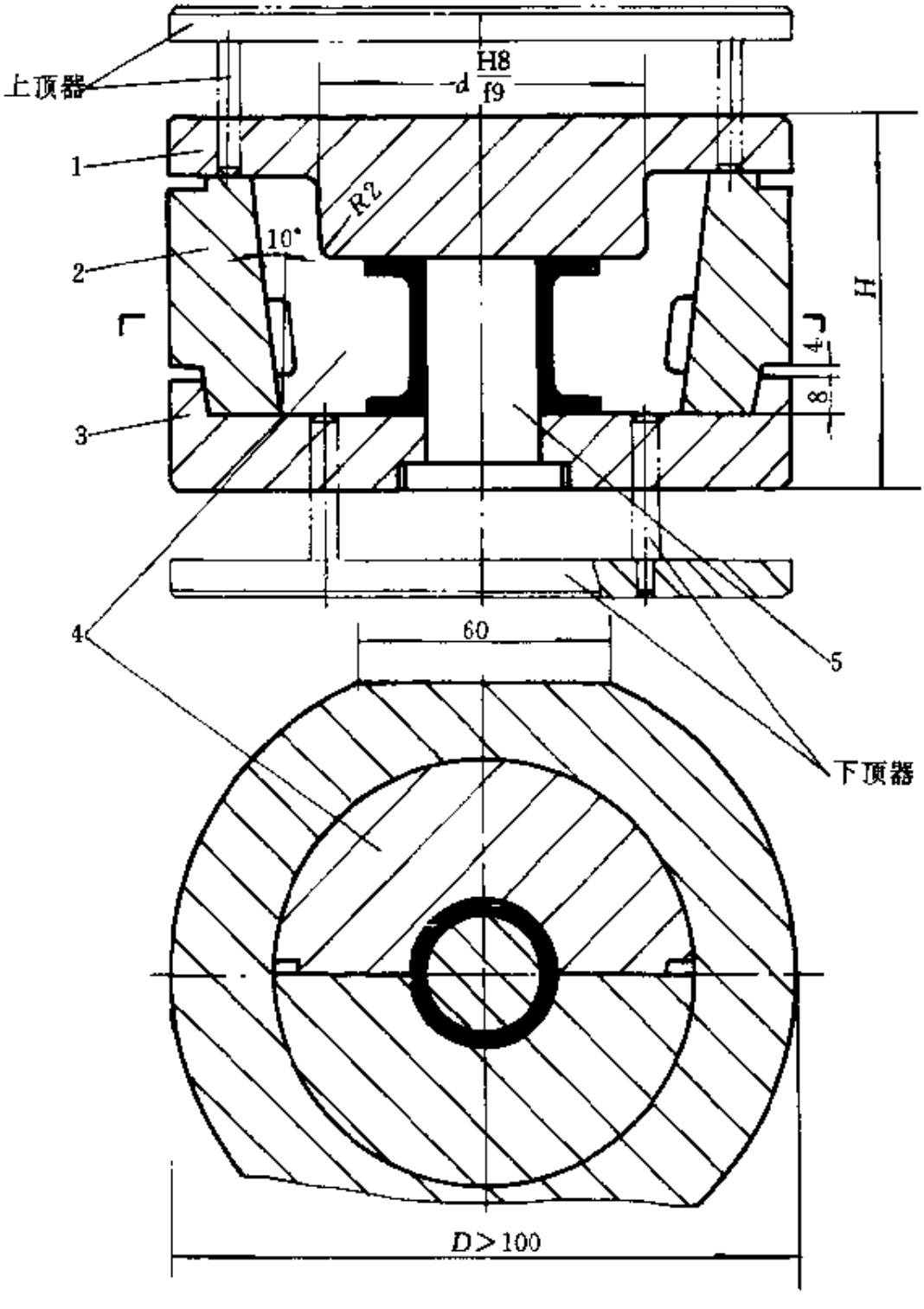


图 22-79　线圈套管橡胶压铸模结构

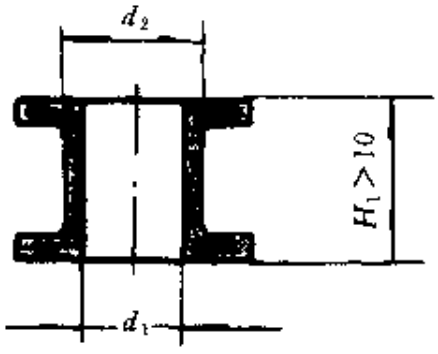


图 22-80　线圈套管（材料：橡胶 1150）

【说明】

该模结构适用于两头大、中间小、高度 $H_1>10$mm 的薄壁制品。两瓣模结构便于制品取出，如果 $d_1>15$mm，允许内模为整体镶块，制品一端可以从 d_2 孔中强制推出。

制品高度>20mm 时应配置顶出装置。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
5	模芯	1	45	HRC42～48	淬火
4	两瓣模	1付	45	HRC38～42	淬火
3	下模	1	45	HRC28～32	调质
2	中模	1	45	HRC28～32	调质
1	上模	1	45	HRC28～32	调质

（5）橡胶护线圈模具（如图 22-81 所示，制品见图 22-82）

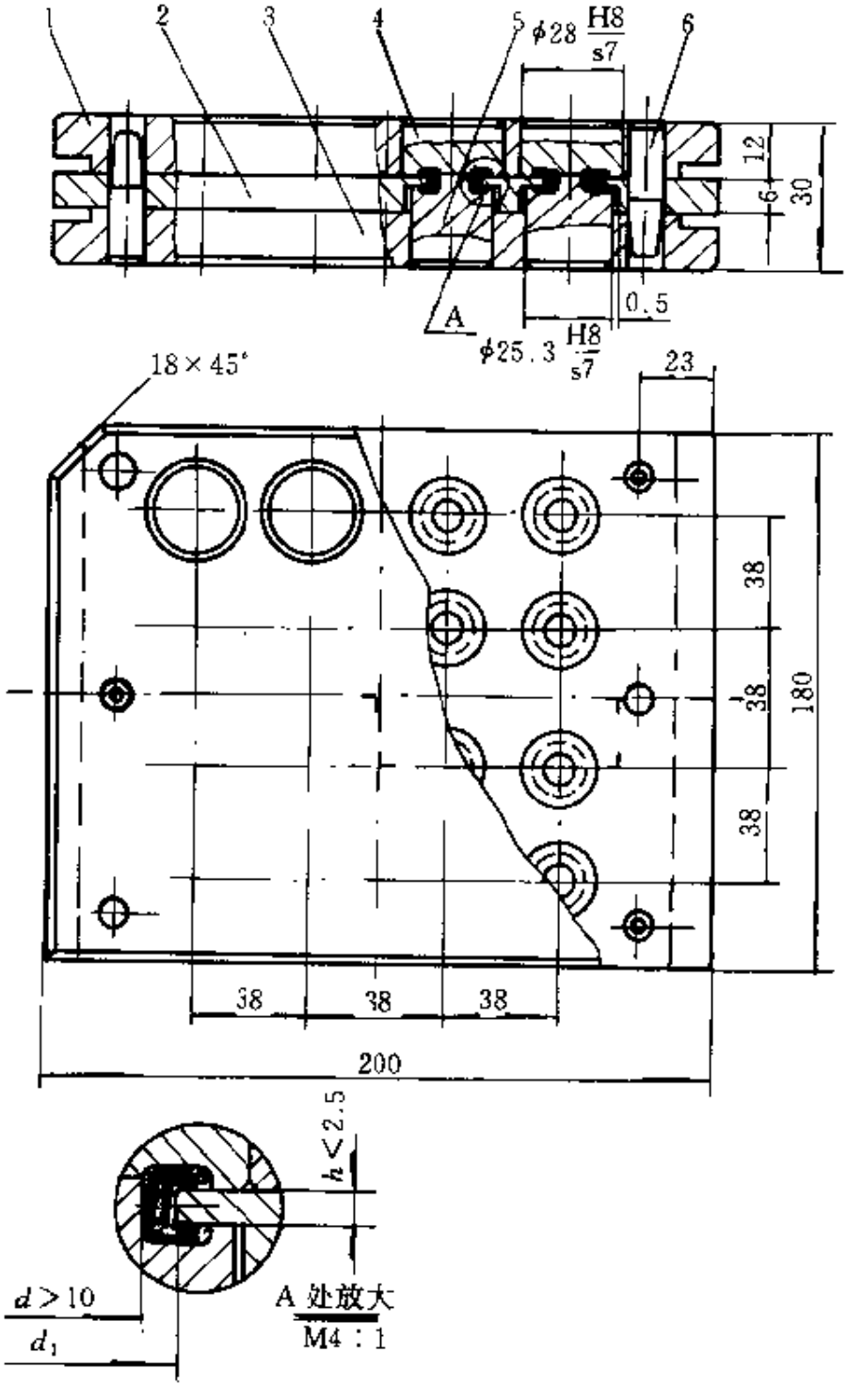


图 22-81　橡胶护线圈模具结构

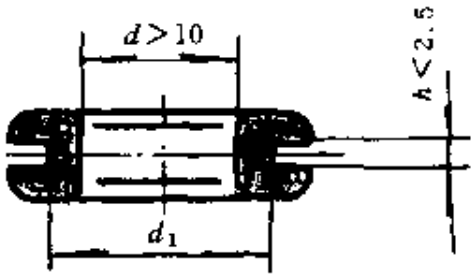


图 22-82　橡胶护线圈（橡胶：4161）

【说明】

凡该模制品 $d>10$mm 时，模具不必开置两瓣模拼合结构，可以开置整体镶块（中模），硫化后制品可以从 d_1 孔中强制推出。其特点为：工效高、修边方便；并且有利于机械加工。

为了提高模具寿命，凡 $h<2.5$mm 时，可加厚中模尺寸，如图中中模由原 $h<2.5$mm 薄板增厚至 6mm。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	导销	共 6	45	HRC42～48	淬火
5	下模芯	16	45	HRC42～48	淬火
4	上模芯	16	45	HRC42～48	淬火
3	下模	1	45	HRC28～32	调质
2	中模	1	45	HRC28～32	调质
1	上模	1	45	HRC28～32	调质

（6）进气管封圈橡胶硫化模（如图 22-83 所示，制品见图 22-84）

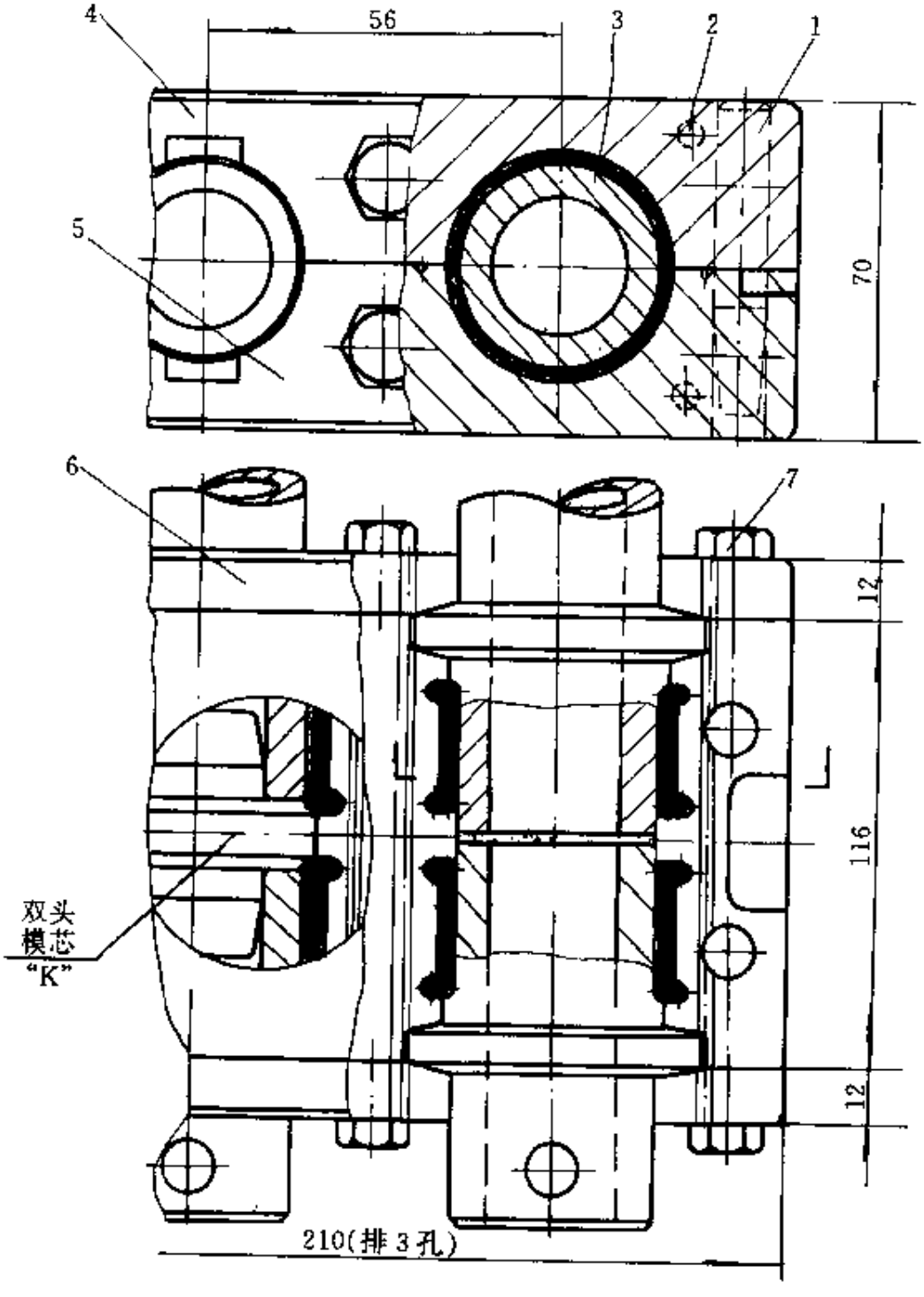


图 22-83　进气管封圈橡胶硫化模结构

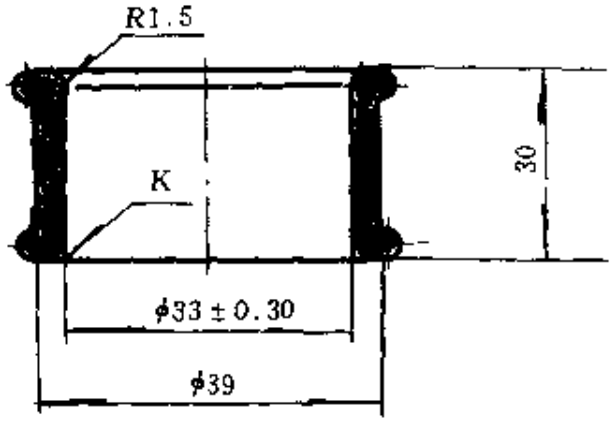


图 22-84 进气管封圈（材料：橡胶 4161）

【说明】

该模具采用锥面镶嵌定位，开合安全方便。该模一副模芯二件制品，制品中“K”点为 R1.5 时（即两端 R1.5）模具结构可按模具“K”处所示即双头模芯连接和定位。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
7	六角螺钉	16			M8×24
6	定位挡板	2 付	45	HRC28～32	调质
5	下模	1	45	HRC28～32	调质
4	上模	1	45	HRC28～32	调质
3	模芯	3 付	45	HRC38～42	淬火
2	定位销	8	45	HRC48～52	淬火
1	导销	3	45	HRC38～42	淬火

（7）橡胶护套压铸模（如图 22-85 所示，制品见图 22-86）

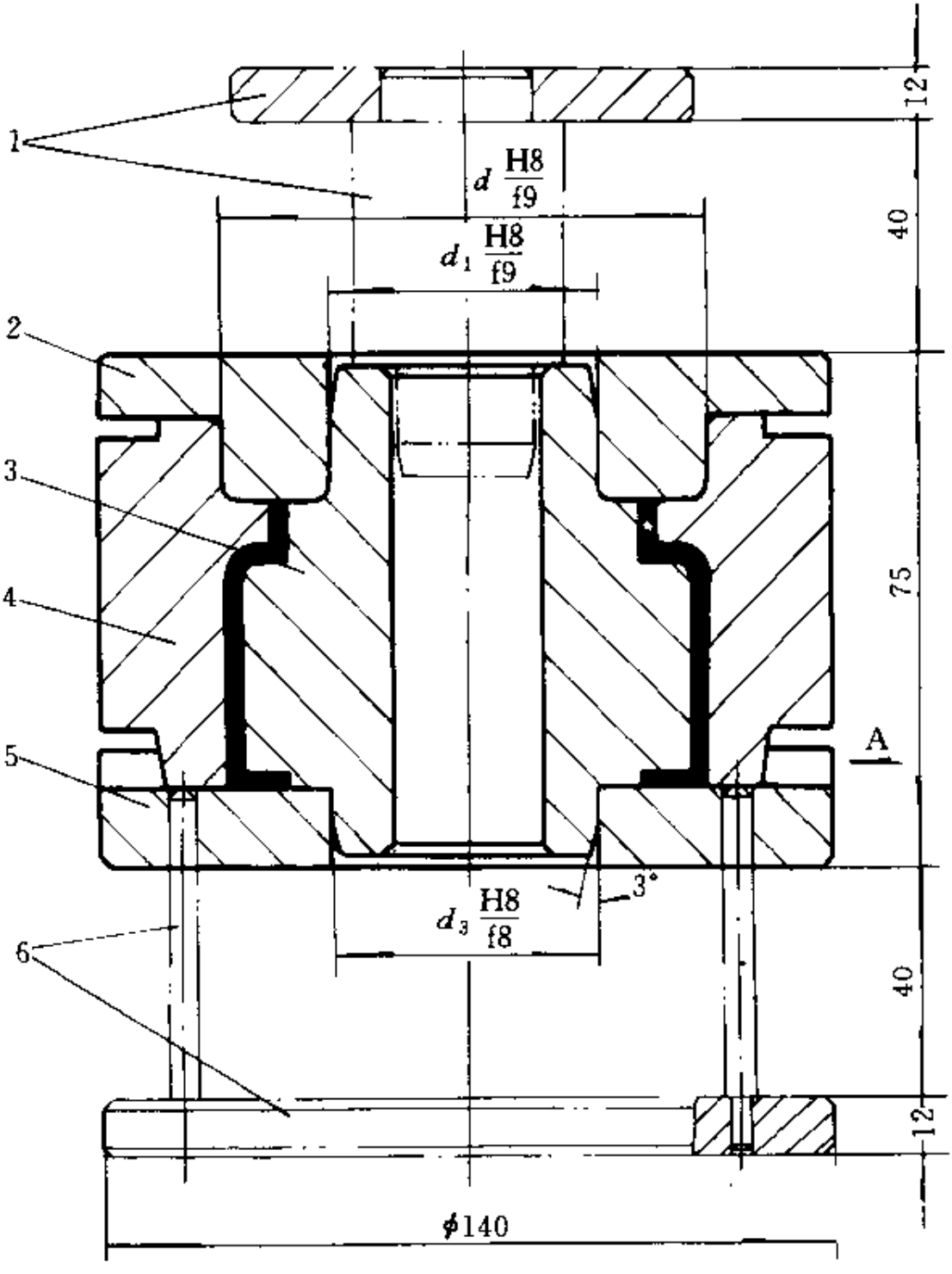


图 22-85　橡胶护套压铸模结构

（注：A 向均分 4 个 10mm 宽逃气缺口）

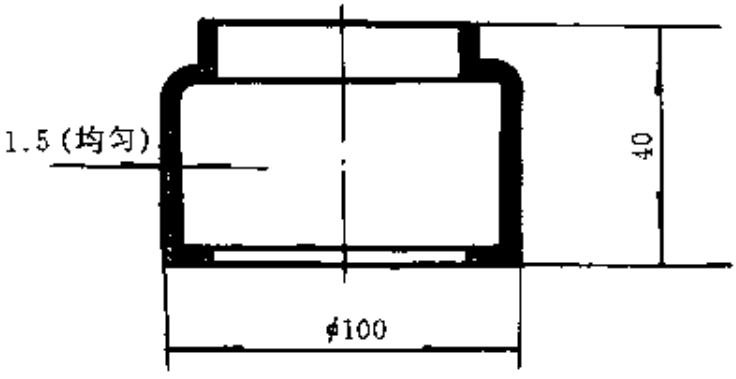


图 22-86 橡胶护套（材料：橡胶Ⅱ-2）

【说明】

该模具属直压法压铸模结构。其特点为：制品外观质量好、加料方便，适用于薄壁套管制品。如开合困难者，可配置简单顶出装置。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	下顶器	1付	45	HRC28～32	调质
5	下模	1	45	HRC28～32	调质
4	外中模	1	45	HRC28～32	调质
3	模芯	1	45	HRC38～42	淬火
2	上模	1	45	HRC38～42	淬火
1	上顶器	1付	45	HRC28～32	调质

（8）橡胶圈压铸模（如图 22-87 所示，制品见图 22-88）

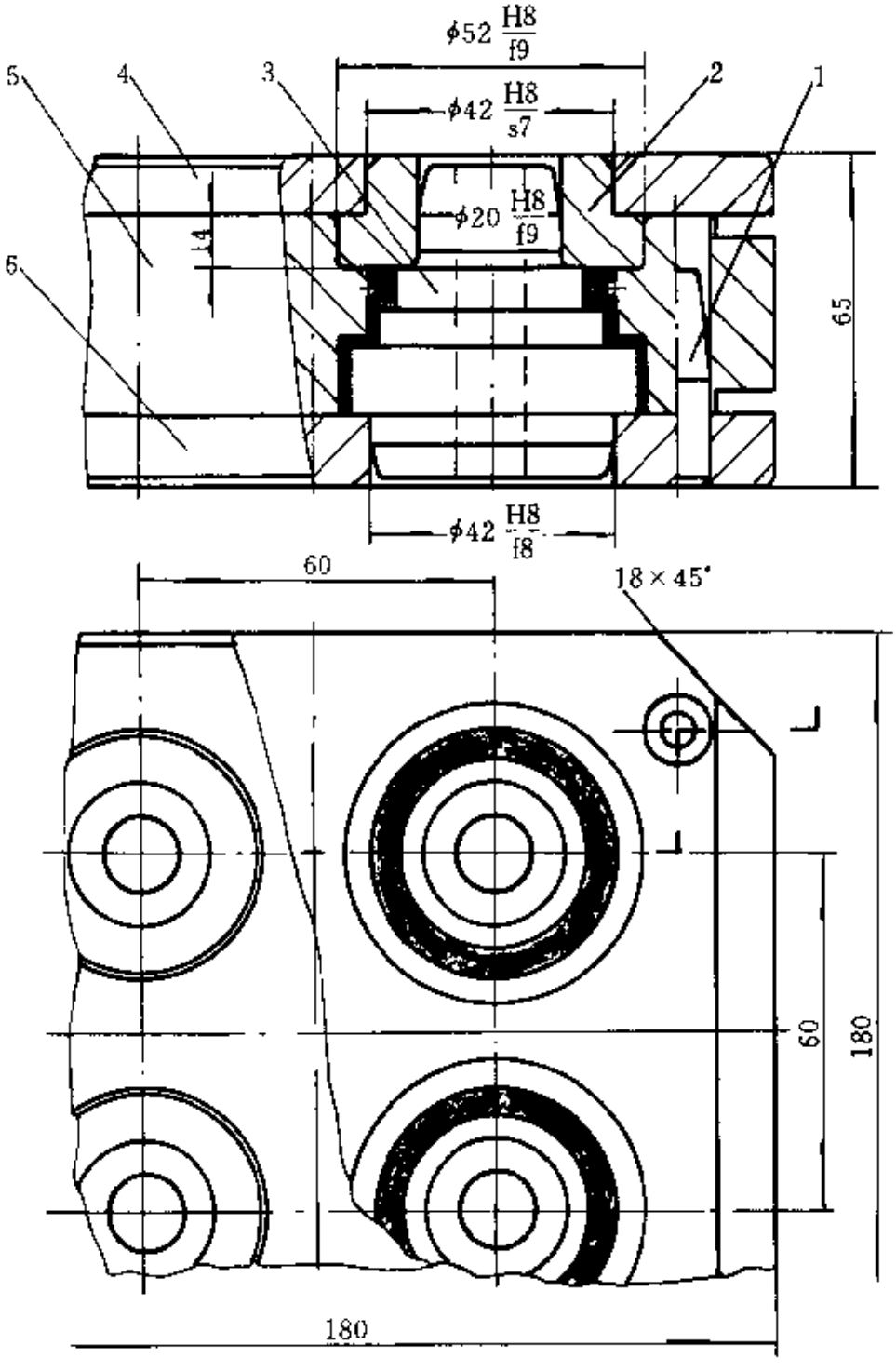


图 22 87　橡胶圈压铸模结构

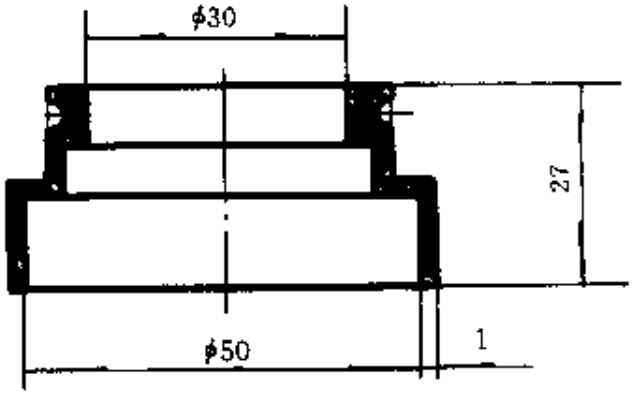


图 22-88　橡胶圈（材料：橡胶 1147）

【说明】

该模也可设计为卧式结构，但立式工效高、机械加工方便，制品外径又无轴向分型面，外观质量好。采用压铸式模具可提高制品内材质量。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	下　模	1	45	HRC28～32	调　质
5	中　模	1	45	HRC28～32	调　质
4	上　模	1	45	HRC28～32	调　质
3	模　芯	4	45	HRC38～42	淬　火
2	压　头	4	T10A	HRC48～52	淬　火
1	导　销	3	45	HRC38～42	淬　火

(9) 阻水橡皮圈硫化模（如图 22 89 所示，制品见图 22-90）

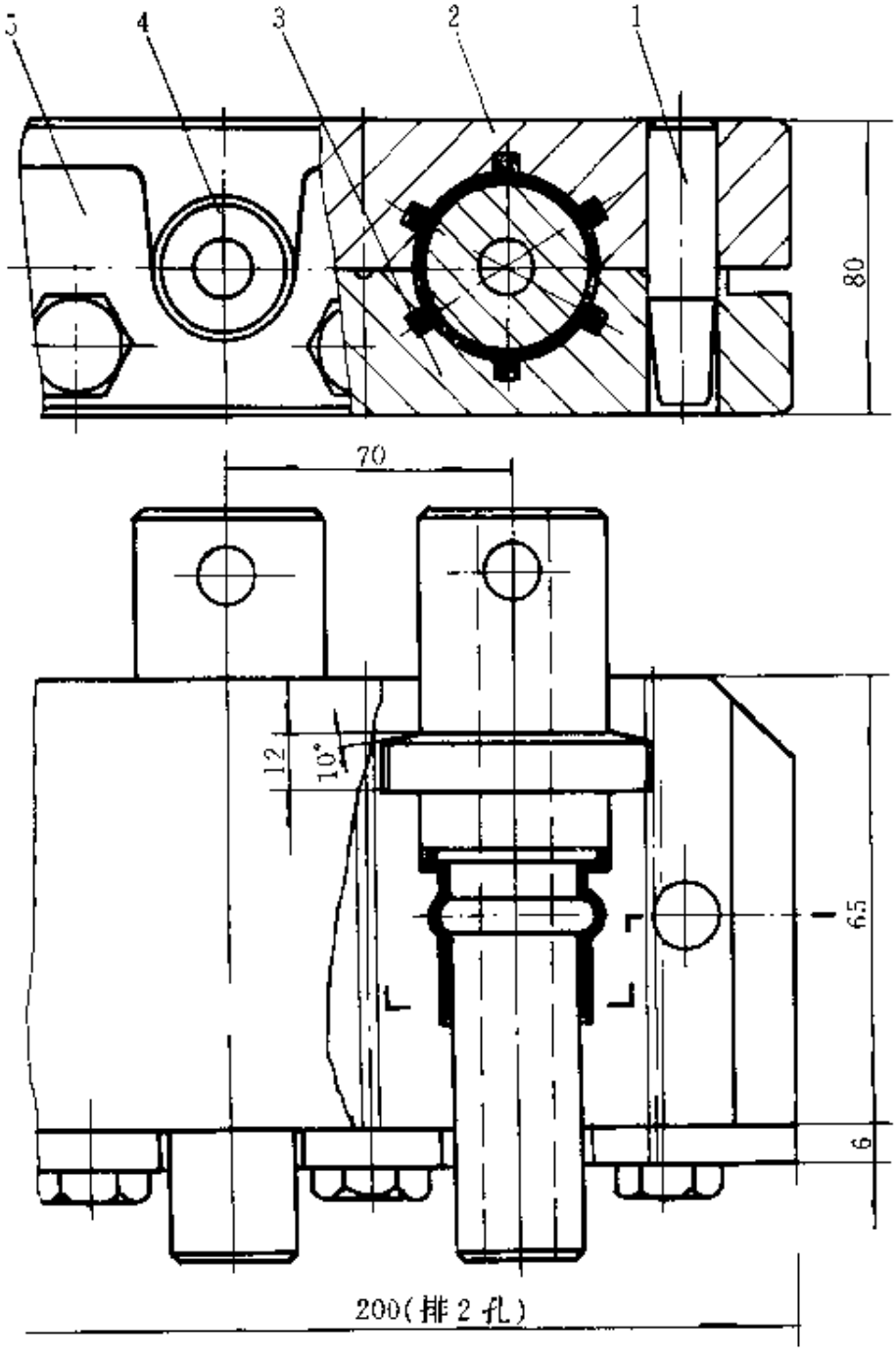


图 22-89 阻水橡皮圈硫化模结构

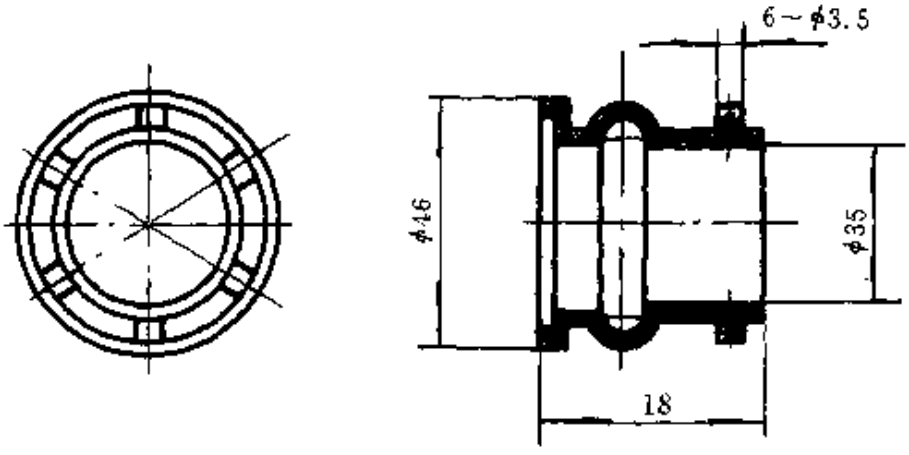


图 22-90 阻水橡皮圈（材料：橡胶Ⅱ-2）

【说明】

该模制品为典型卧式结构，采用 10°凹凸槽和轴径定位，性能可靠、使用方便。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
5	叉式定位挡板	1	45	HRC28～32	调质
4	模芯	2	45	HRC28～32	调质
3	下模	1	45	HRC28～32	调质
2	上模	1	45	HRC28～32	调质
1	导销	2	45	HRC38～42	淬火

（10）橡胶帽罩注压模（如图 22-91 所示，制品见图 22-92）

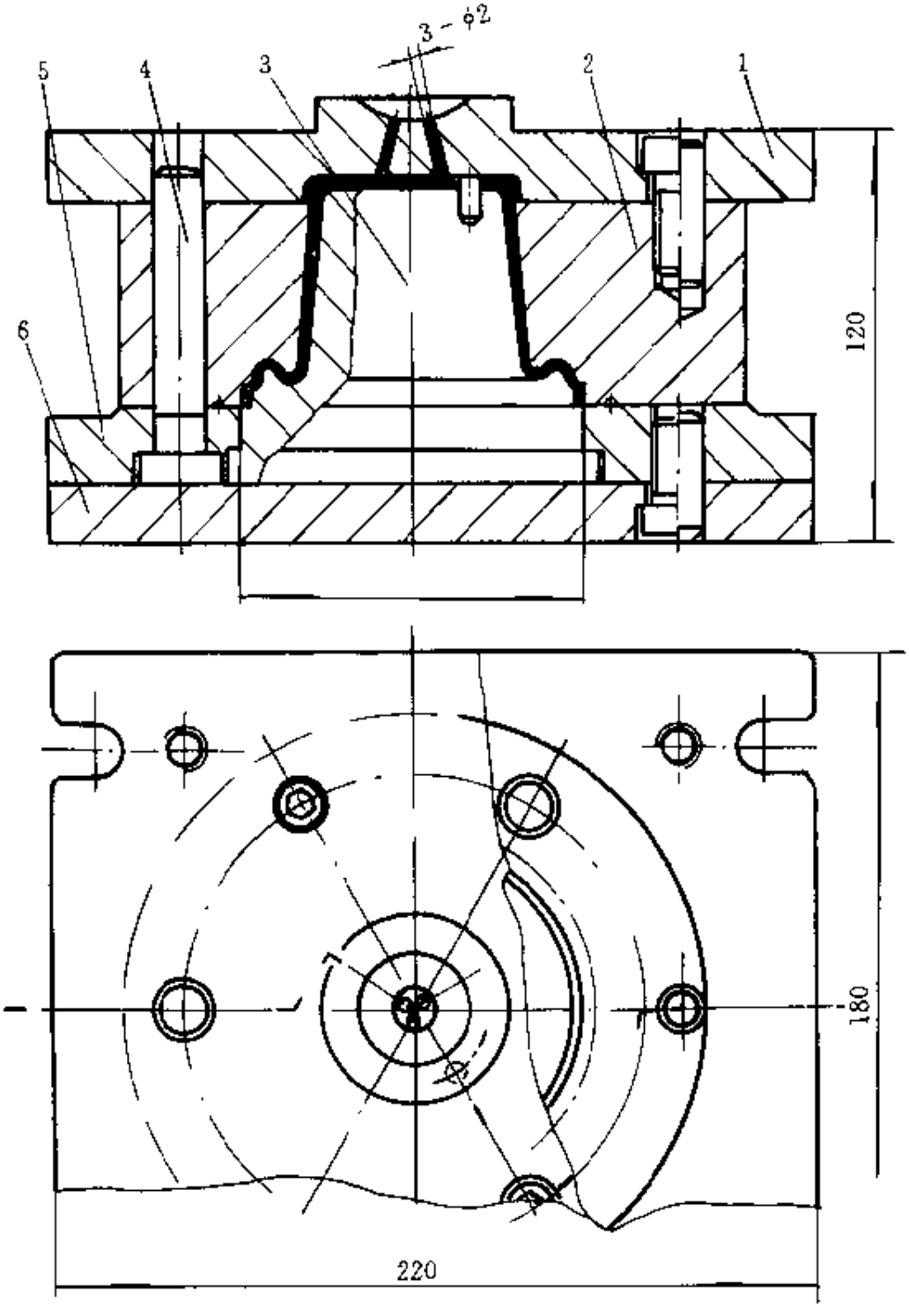


图 22-91　橡胶帽罩注压模结构

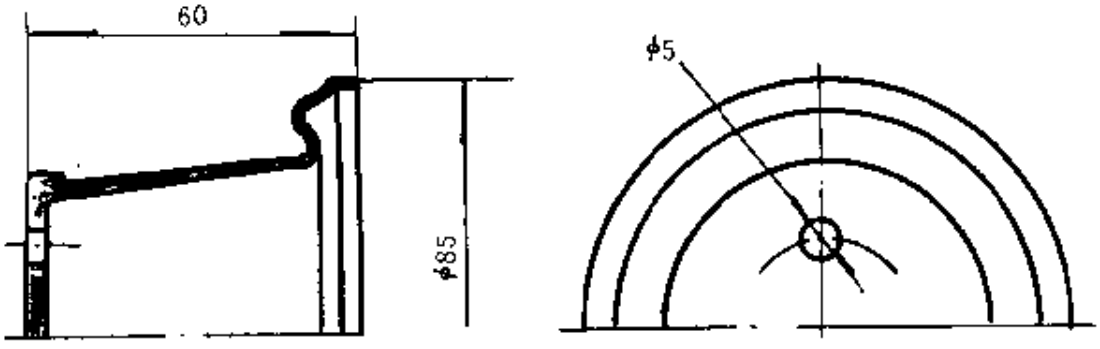


图 22-92 橡胶帽罩（材料：橡胶 4172）

【说明】

该模适用于异形、薄壁、筒形制品，外径<30mm 可采用直流道点浇口，外径>30mm 可采用 3 孔多点点浇口进料，有利于浇口修剪。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	底模	1	45	HRC28～32	调质
5	定位模	1	45	HRC28～32	调质
4	导柱	3	T10A	HRC42～48	淬火
3	模芯	1	45	HRC28～32	调质
2	外模	1	45	HRC28～32	调质
1	上模	1	45	HRC28～32	调质

（11）薄片形浇口橡胶注压模（如图 22-93 所示，制品见图 22-94）

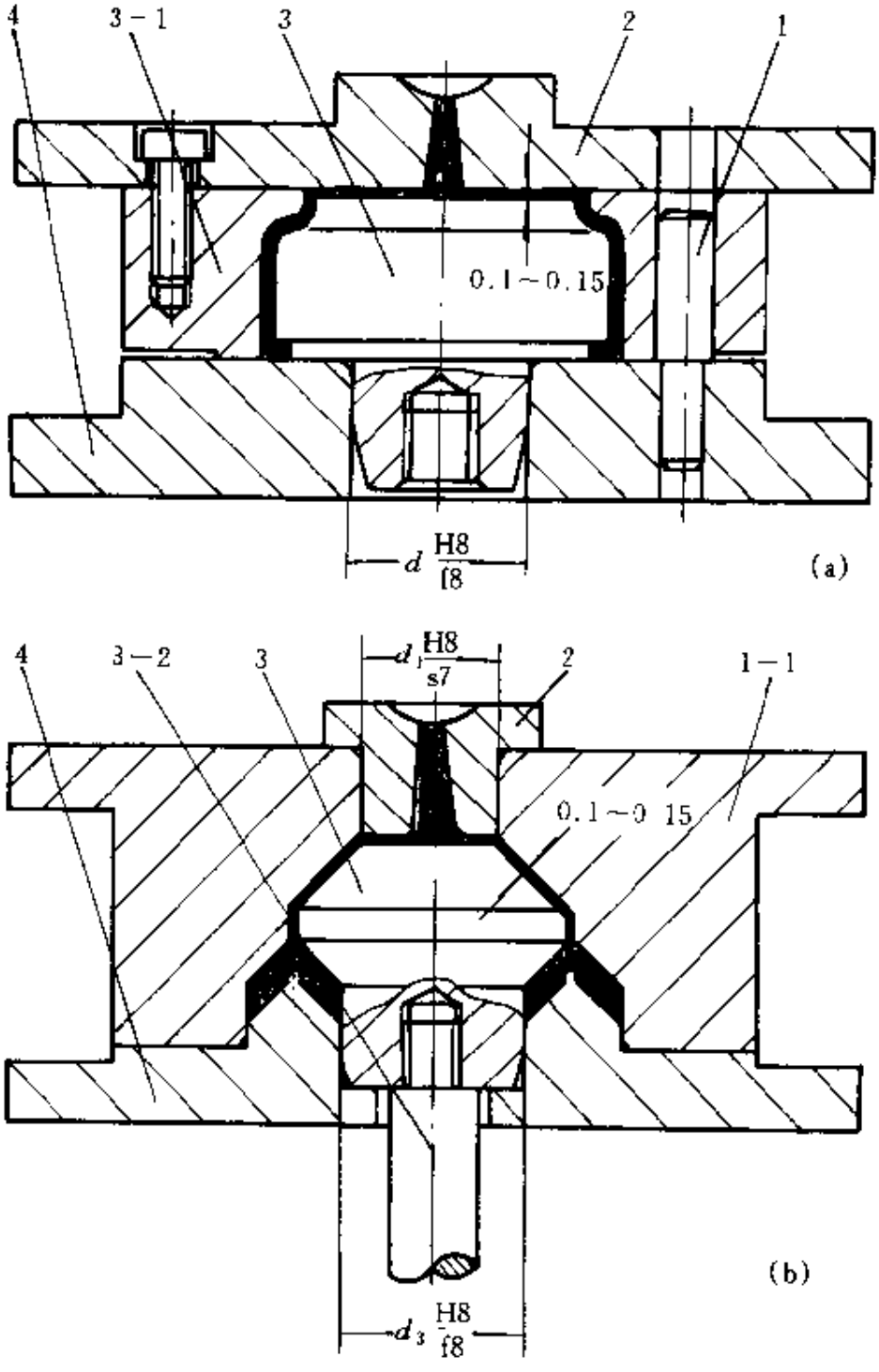


图 22-93　薄片形浇口橡胶注压模结构

（a）护套；（b）V 形圈

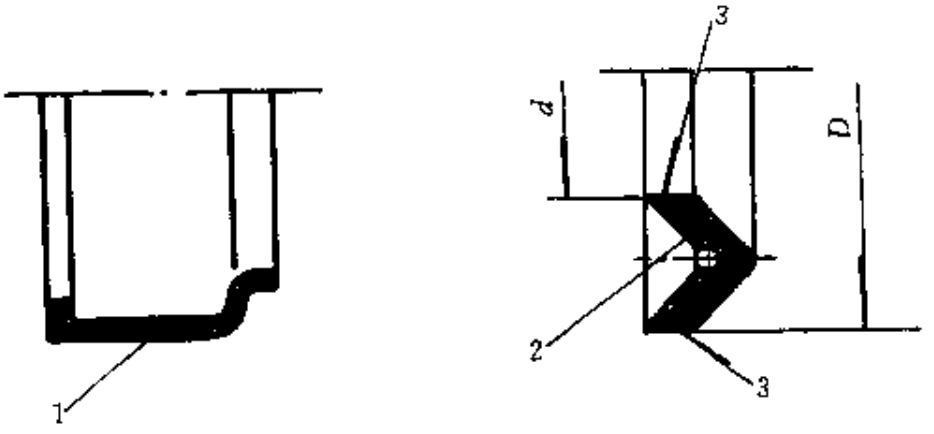


图 22-94 薄片形浇口（材料：橡胶Ⅰ-3）

1—护套；2—V形圈；3—工作面

【说明】

该模为采用薄片形浇口注压模，适用于无底胶套、非工作面密封圈、防尘套之类制品，外径一般为 20～60mm。

该模进料均匀，制品质量好。外形为方形、圆形结构均可。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
4	底模	1	45	HRC28～32	调质
3—2	顶杆	1	45	HRC28～32	调质
3-1	中模	1	45	HRC28～32	调质
3	模芯	1	45	HRC38～42	淬火
2	浇口模	1	45	HRC42～48	淬火
1-1	上模	1	45	HRC28～32	调质
1	导销	3	45	HRC42～48	淬火

（12）水封圈橡胶硫化模（如图 22-95 所示，制品见图 22-96）

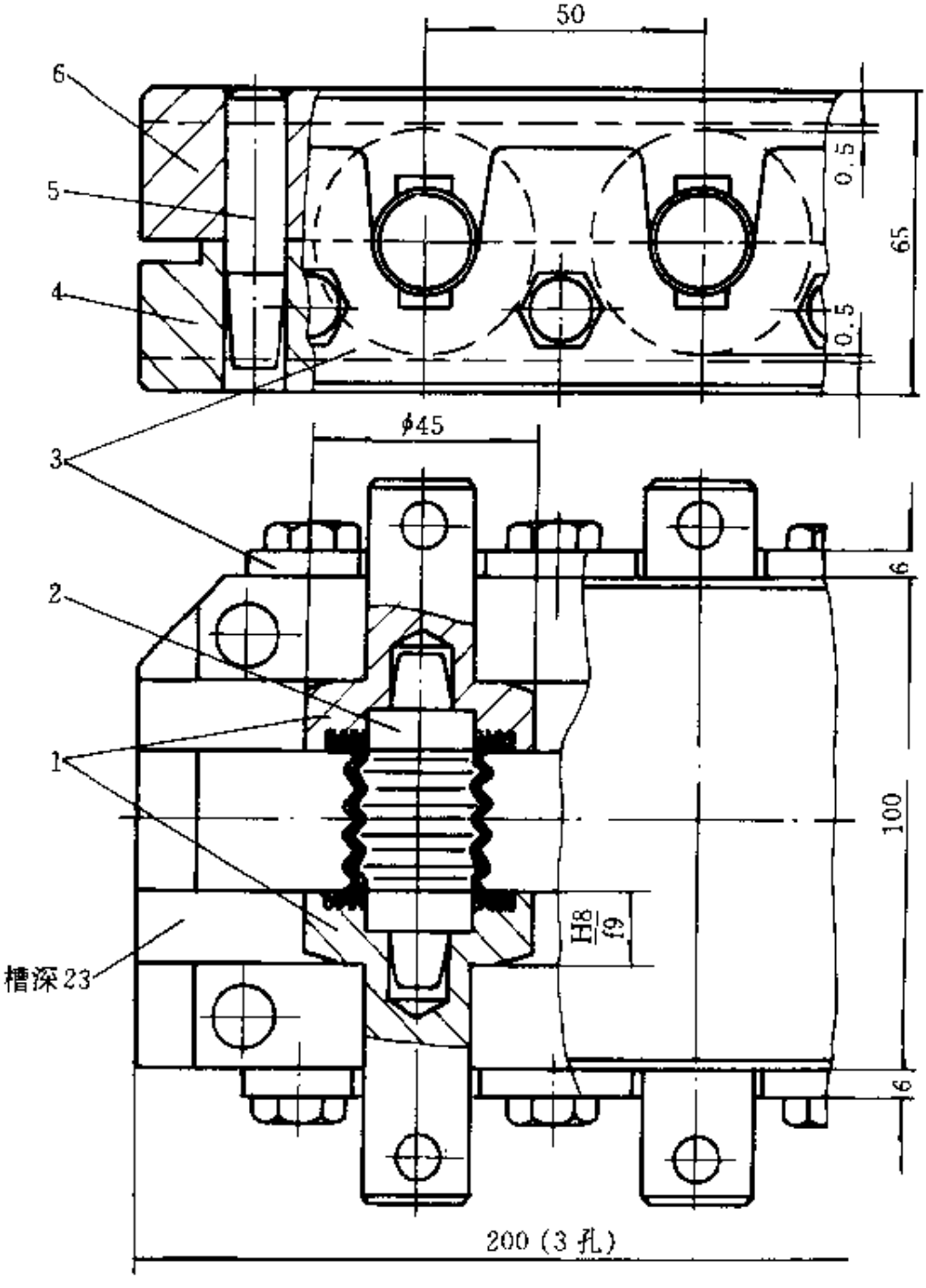


图 22-95　水封圈橡胶硫化模结构

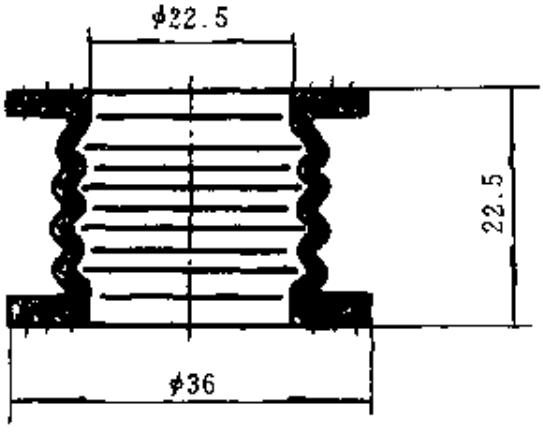


图 22-96　水封圈（材料：橡胶Ⅱ-2）

【说明】

该模为一模多孔的典型水封圈模具结构，其特点为：采用槽型轴向定位槽、叉式挡板径向定位，加工方便，操作安全。为提高工效，模芯需配置双套件数，便于一进一出，不受制品取出操作时间的影响。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	上模	1	45	HRC28～32	调质
5	导销	3	45	HRC38～42	淬火
4	下模	1	45	HRC28～32	调质
3	叉式挡板	2	45	HRC28～32	调质
2	模芯	3	T10A	HRC42～48	淬火
1	模芯套	3付	45	HRC38～42	淬火

(13)垫块式防尘罩橡胶硫化模(如图 22-97 所示,制品见图22-98)

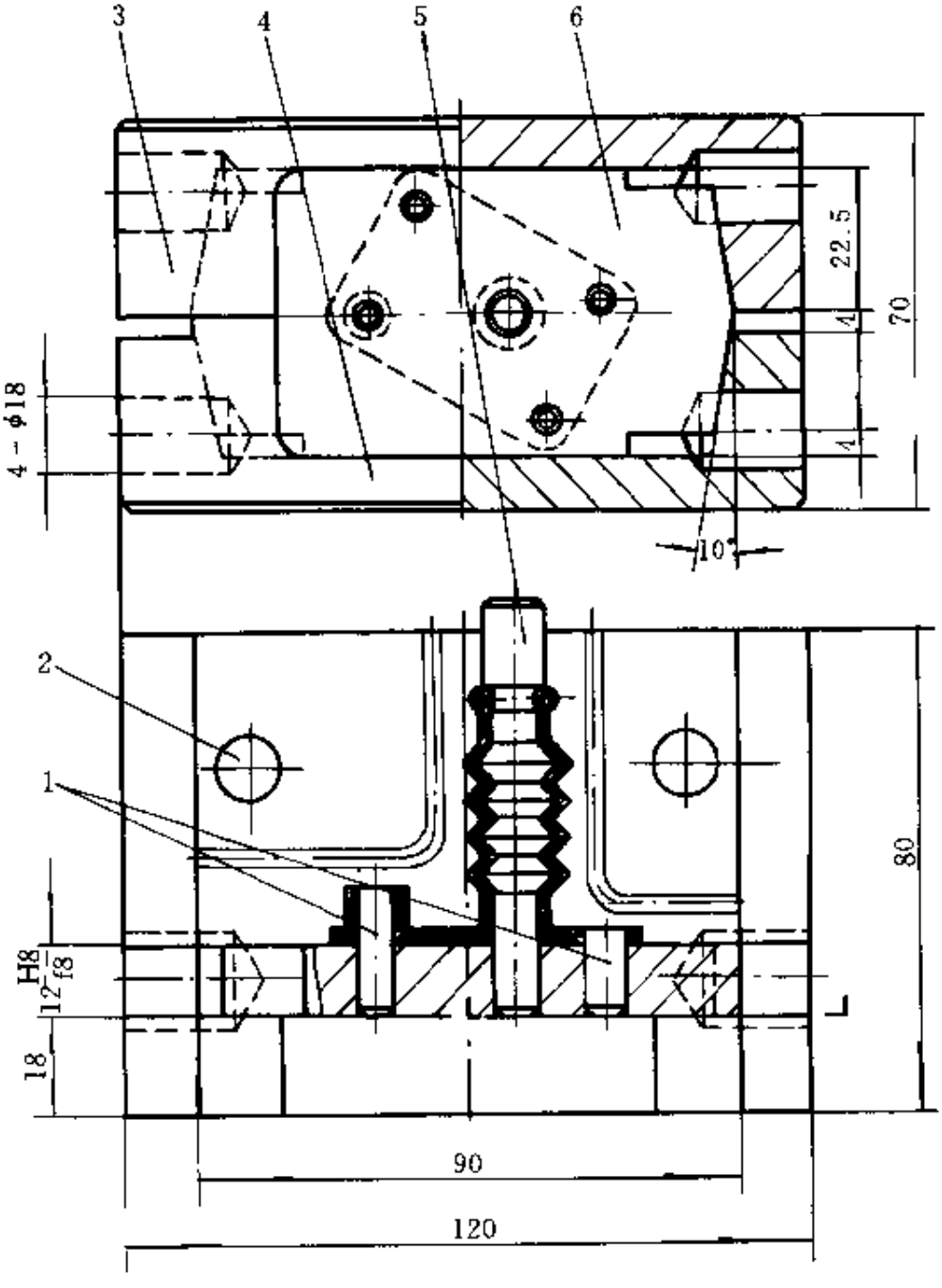


图 22-97　垫块式防尘罩模具结构

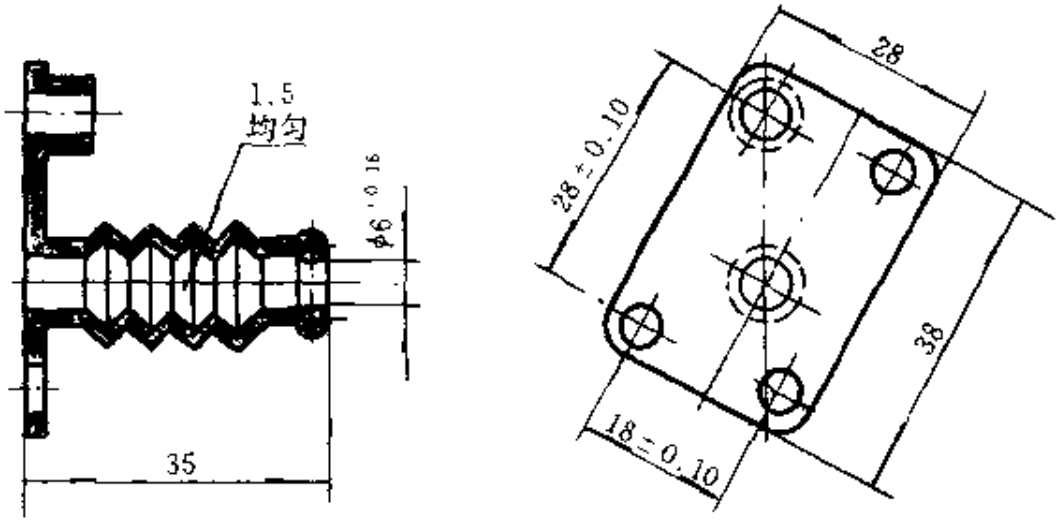


图 22-98　垫块式防尘罩（材料：橡胶 1142）

【说明】

该模制品形状复杂，为了便于整体出模，采用插入式镶块，模具后拢（箱）后应确保镶块 10°斜面与上下模密合；4-ϕ18 代退刀槽与启镶块工艺孔。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	镶　块	1	45	HRC42～48	淬　火
5	模　芯	1	T10A	HRC42～48	淬　火
4	下　模	1	45	HRC28～32	调　质
3	上　模	1	45	HRC28～32	调　质
2	导销（孔）	2	45	HRC42～48	淬　火
1	圆模芯	共 4	T10A	HRC52～58	淬　火

（14）橡皮胶圈硫化模（如图 22-99 所示，制品见图 22-100）

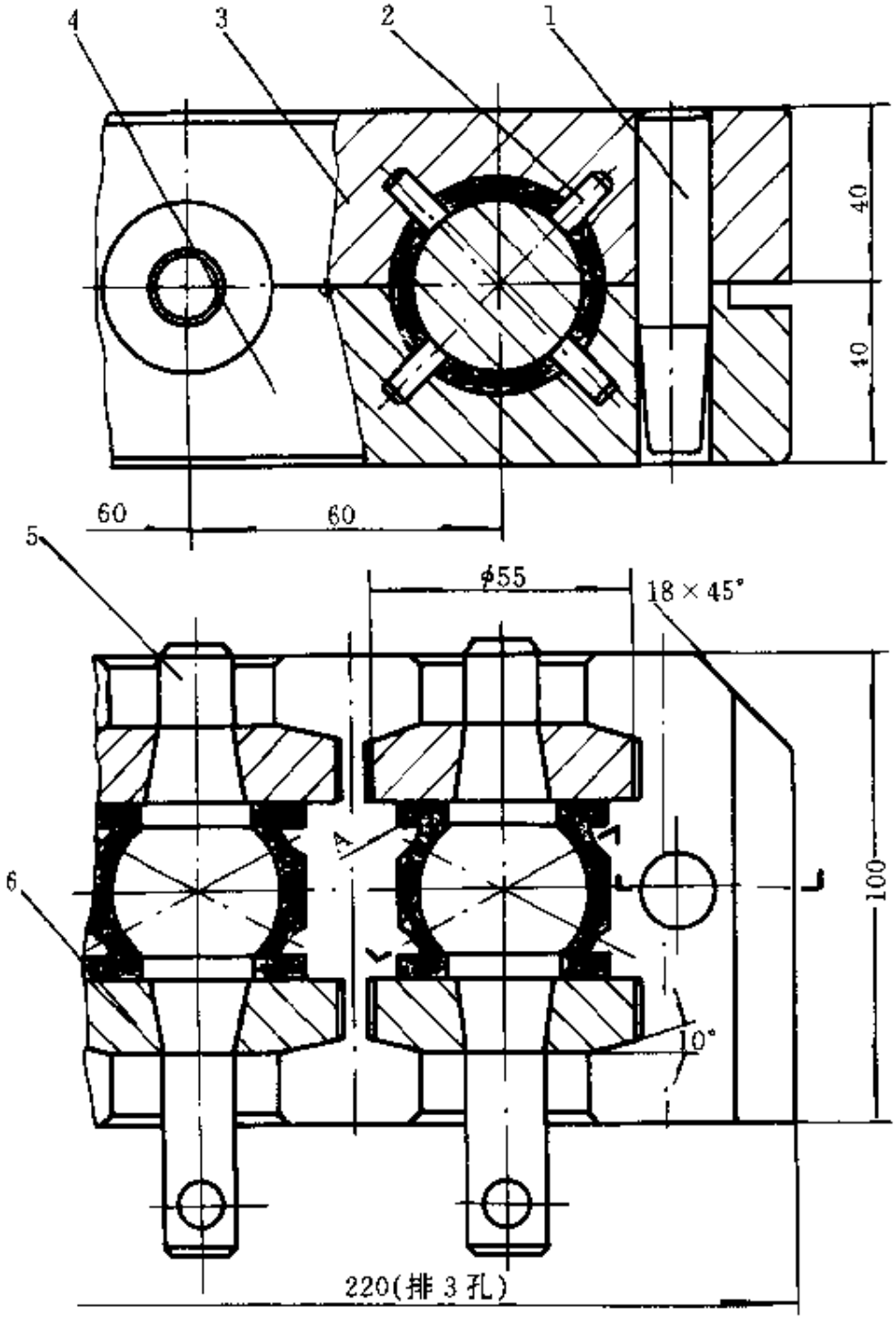


图 22-99　橡皮胶圈模具结构

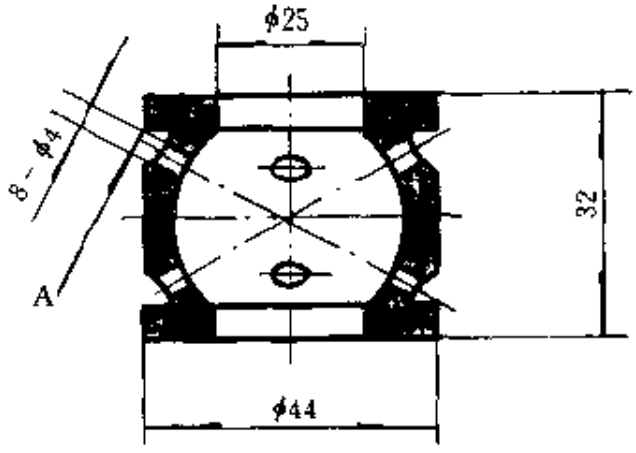


图 22-100　橡皮胶圈（材料：橡胶Ⅰ-2）

【说明】

该模模芯采用带锥面镶块定位，开合方便、安全，精度高，3 件模芯与镶块力求互换互用，也允许对号入座，但必须明显打印 1#～3#。8-ϕ4小模芯占孔时应注意：由于制品 A 角干涉，必须先钻孔，后装配小模芯，再加工 A 角模腔。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	定位镶块	6	45	HRC42～48	淬火
5	模芯	3	T10A	HRC28～32	调质
4	下模	1	45	HRC28～32	调质
3	上模	1	45	HRC28～32	调质
2	小模芯	24	T10A	HRC48～52	淬火
1	导销	2	45	HRC38～42	淬火

（15）橡胶密封套直压式压铸模（如图 22-101 所示，制品见图 22-102）

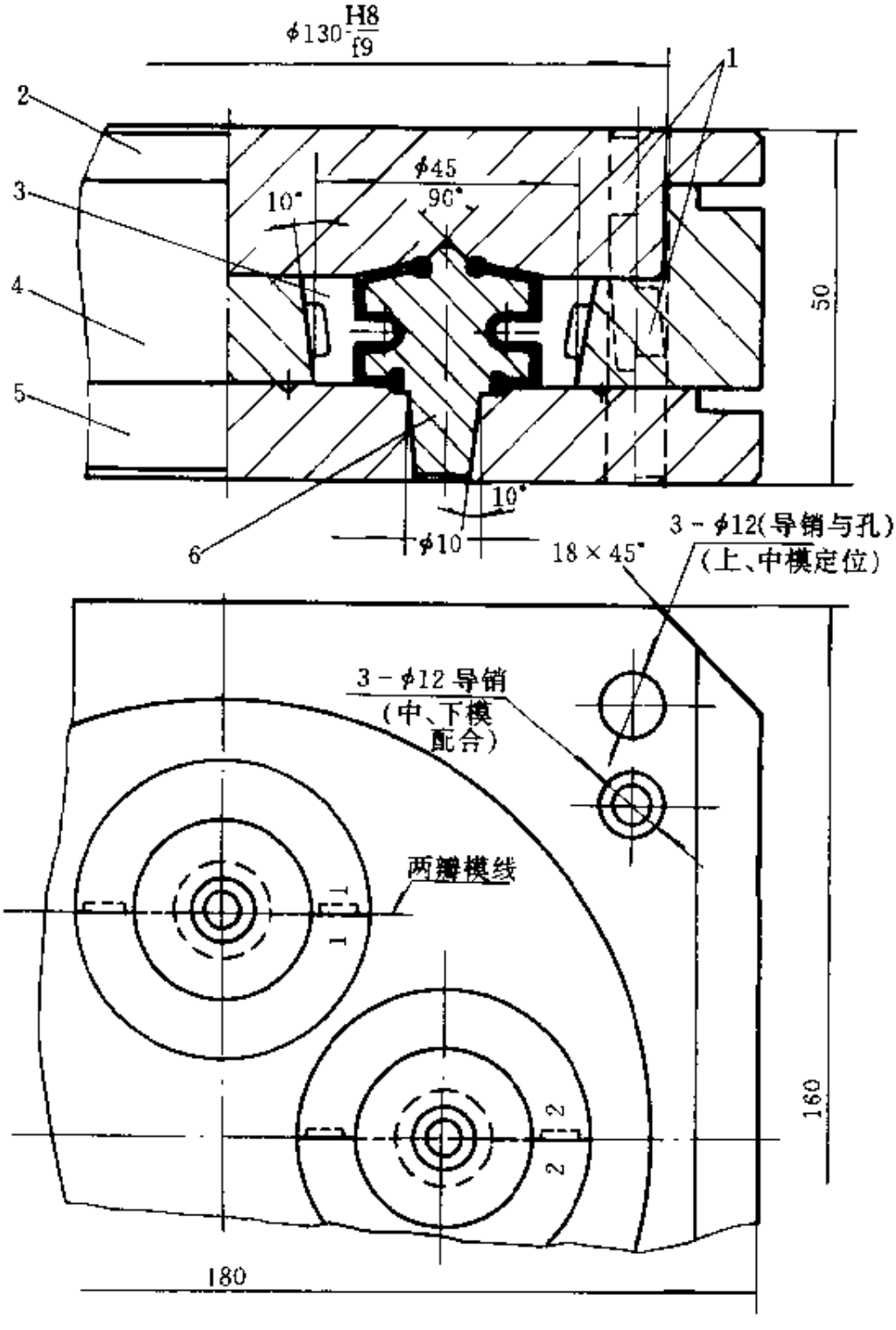


图 22-101　橡胶密封套直压式压铸模结构

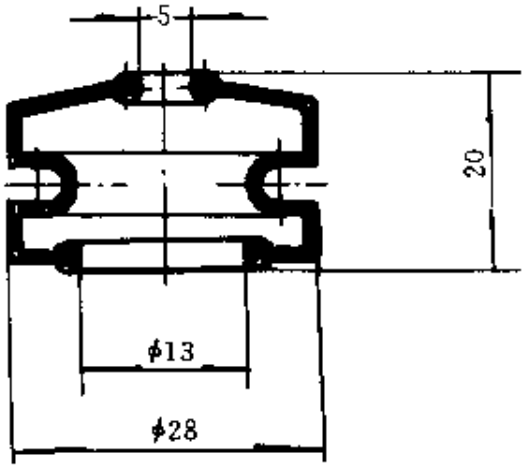


图 22-102　橡胶密封套（材料：橡胶 1142）

【说明】

该模制品为薄壁凹凸鼓型，采用直压式加料压铸模。模芯采用双向定位，以提高制品质量。为了提高工效，模芯应配置双套，一进一出，不受手工剥取制品操作时间的影响（该模为一模 4 腔）。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	模芯	4×2	T10A	HRC48～52	淬火
5	下模	1	45	HRC28～32	调质
4	中模	1	45	HRC28～32	调质
3	两瓣模镶块	4 付	T10A	HRC48～52	淬火
2	上模	1	45	HRC38～42	淬火
1	导销	共 6	45	HRC38～42	淬火

（16）橡胶防尘罩硫化模（如图 22-103 所示，制品见图 22-104）

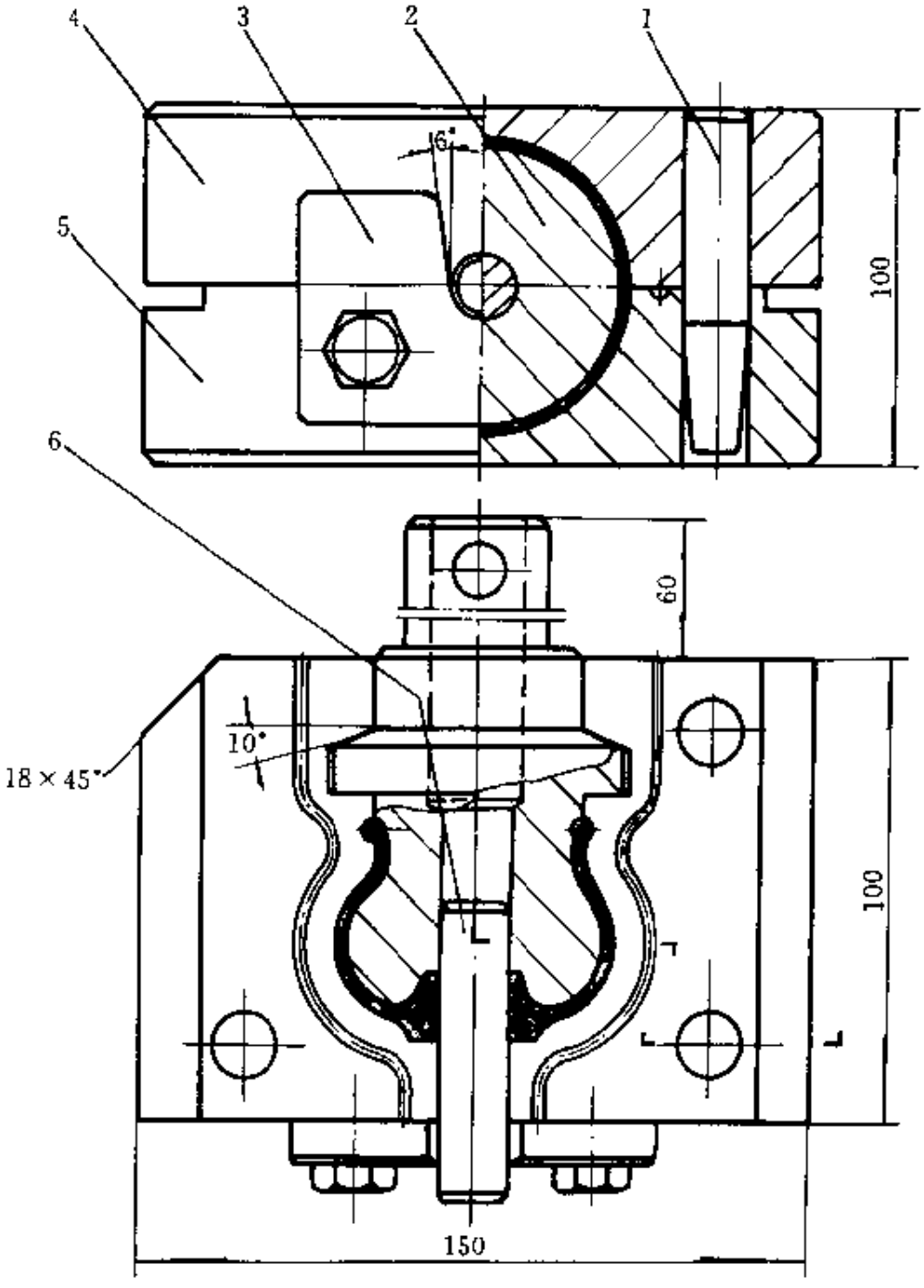


图 22-103　橡胶防尘罩硫化模结构

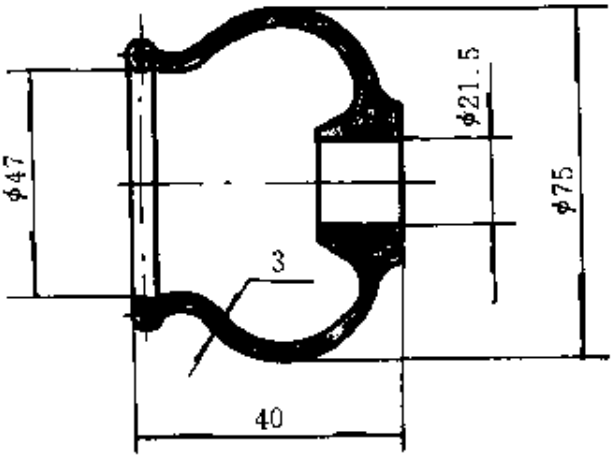


图 22-104　橡胶防尘罩（材料：橡胶 4161）

【说明】

该模为典型卧式鼓型防尘罩橡胶硫化模具，采用带锥面模芯定位以及叉式镶块定位，模具使用安全、操作方便。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	镶模芯	1	T10A	HRC48～52	淬火
5	下模	1	45	HRC28～32	调质
4	上模	1	45	HRC28～32	调质
3	叉式镶块	1	45	HRC28～32	调质
2	模芯	1	45	HRC28～32	调质
1	导销	3	45	HRC38～42	淬火

（17）转向总机橡胶防尘套硫化模（如图 22-105 所示，制品见图 22-106）

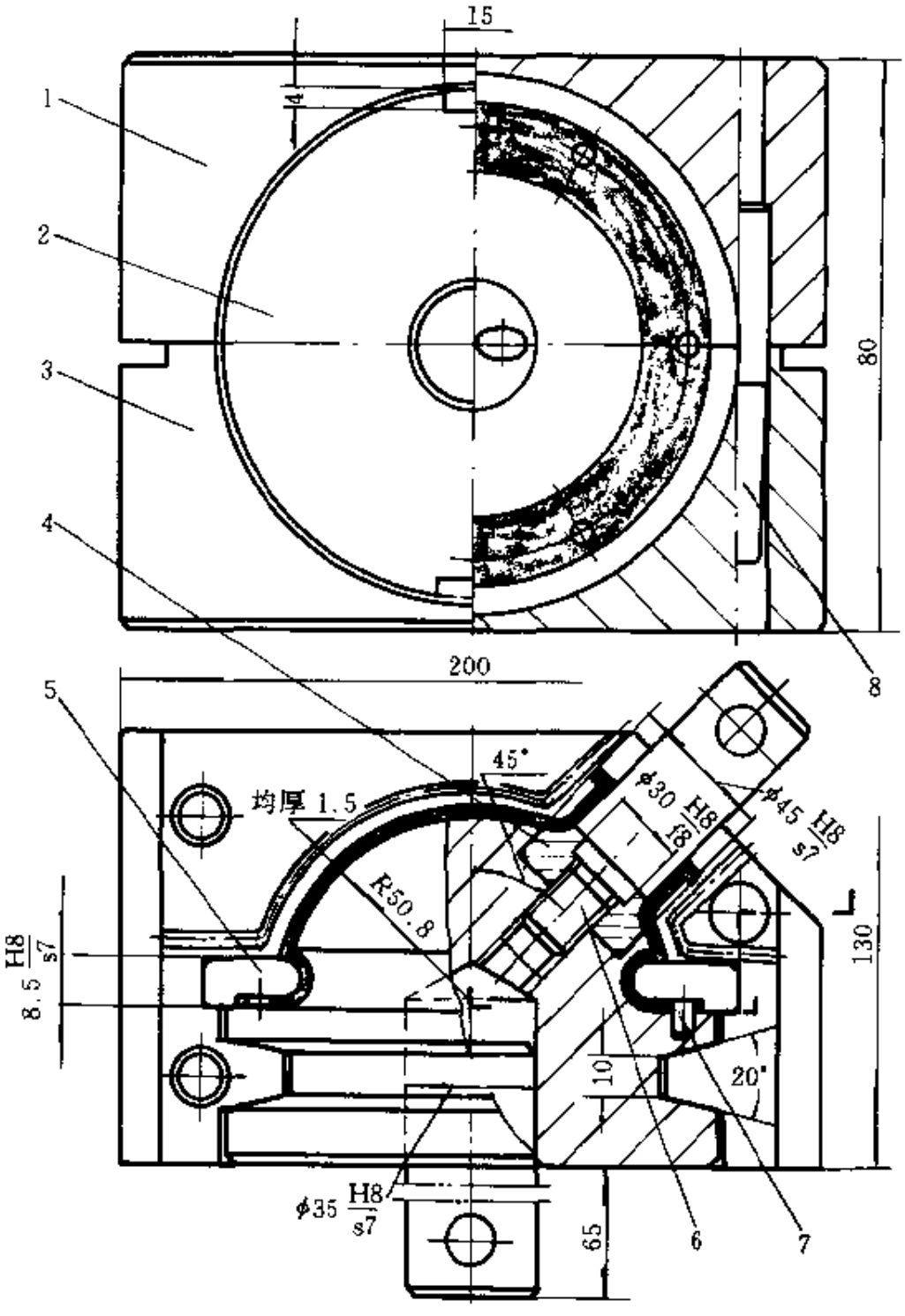


图 22-105　转向总机橡胶防尘套硫化模结构

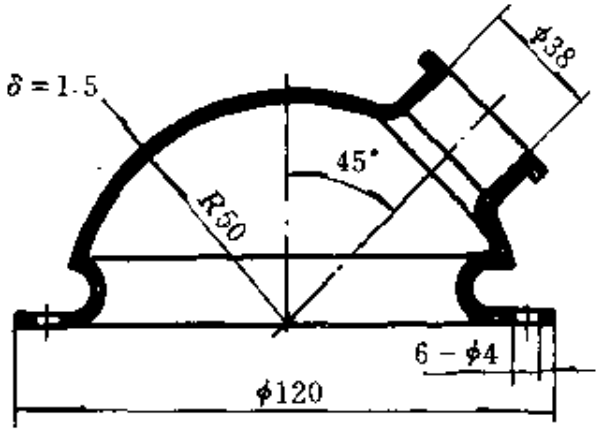


图 22-106　转向总机橡胶防尘套（材料：橡胶 4161）

【说明】

该模制品为汽车转向总机防尘套，为了便于模具加工，采用镶圈和两瓣模镶圈。模具结构紧凑、布局合理；加料、取件均较方便。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
8	导销	3	45	HRC38～42	淬火
7	圆销	6	T10A	HRC48～52	淬火
6	模芯	1	T10A	HRC48～52	淬火
5	两瓣模镶圈	1付	45	HRC38～42	淬火
4	镶圈	1	45	HRC38～42	淬火
3	下模	1	45	HRC28～32	调质
2	大模芯	1	45	HRC28～32	调质
1	上模	1	45	HRC28～32	调质

22.2.4 胶囊制品

(1) 橡胶皮囊硫化模（如图 22-107 所示，制品见图 22-108）

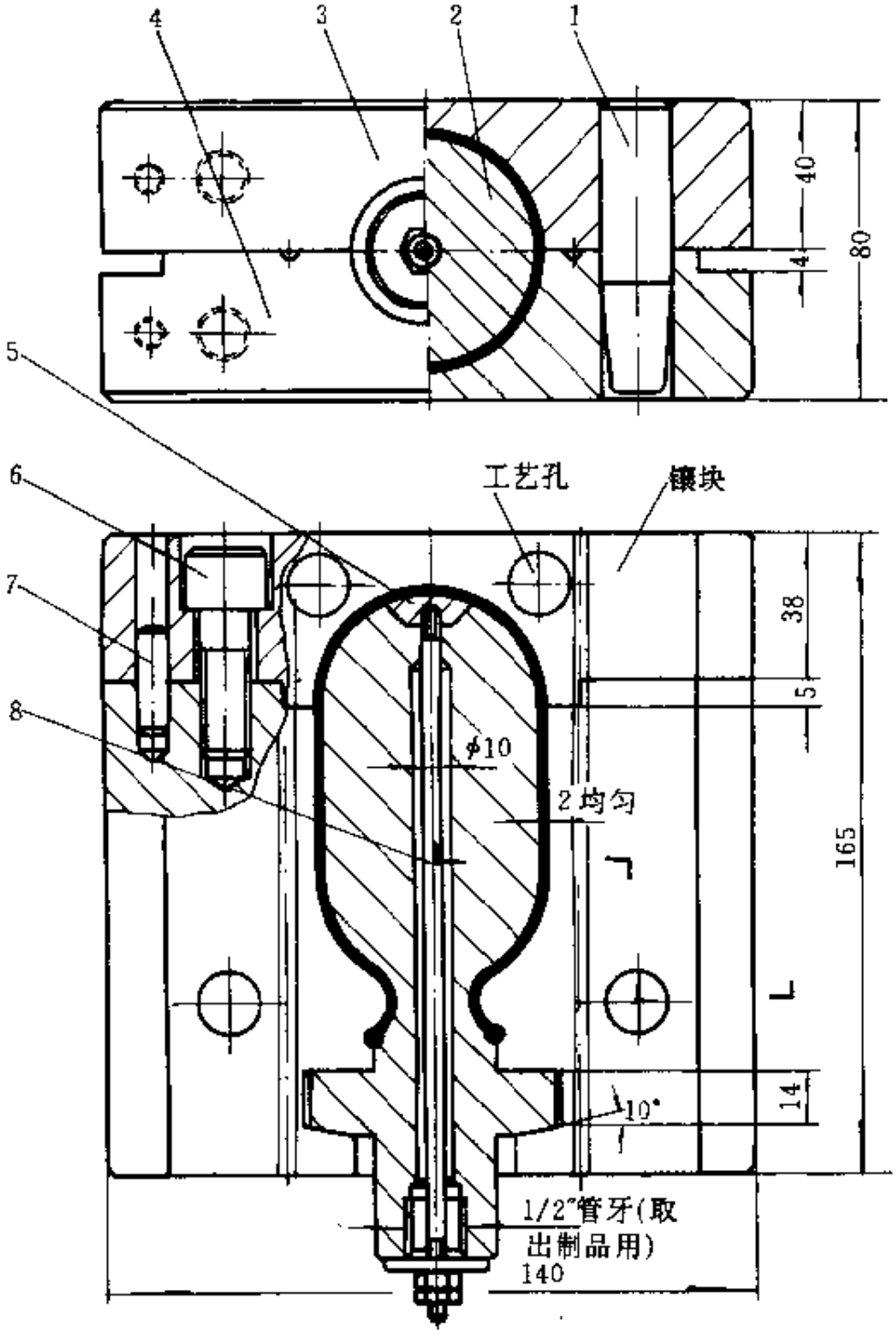


图 22-107 橡胶皮囊硫化模结构

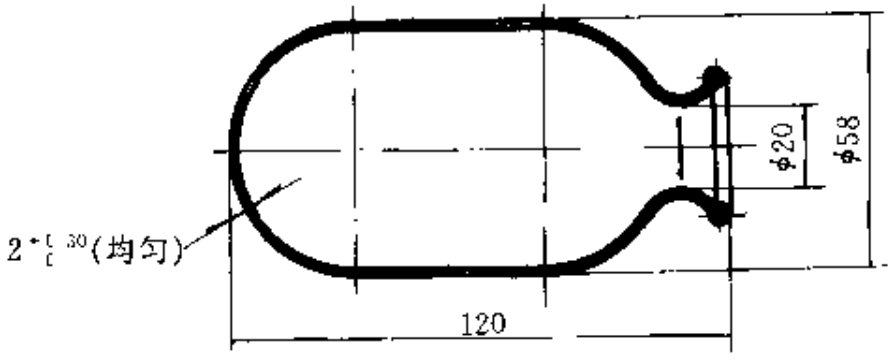


图 22-108　橡胶皮囊（材料：橡胶 5171）

【说明】

该瓶状制品采用镶块与锥形镶块结构，开模后取出双头螺杆，外接气或水源加压，即可使制品脱模。其特点为既解决模腔加工困难，又可解决口小体大瓶状制品取出困难的问题。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
8	双头螺杆	1	45	HRC28～32	调质
7	圆销	4	45	HRC38～42	淬火
6	内六角螺钉	4			M16×30
5	锥形镶块	1	45	HRC38～42	淬火
4	下模	1	45	HRC28～32	调质
3	上模	1	45	HRC28～32	调质
2	模芯	1	45	HRC28～32	调质
1	导销	3	45	HRC42～48	淬火

(2) 橡胶皮囊拼接、充气硫化模（如图 22-109 所示，制品见图 22-110）

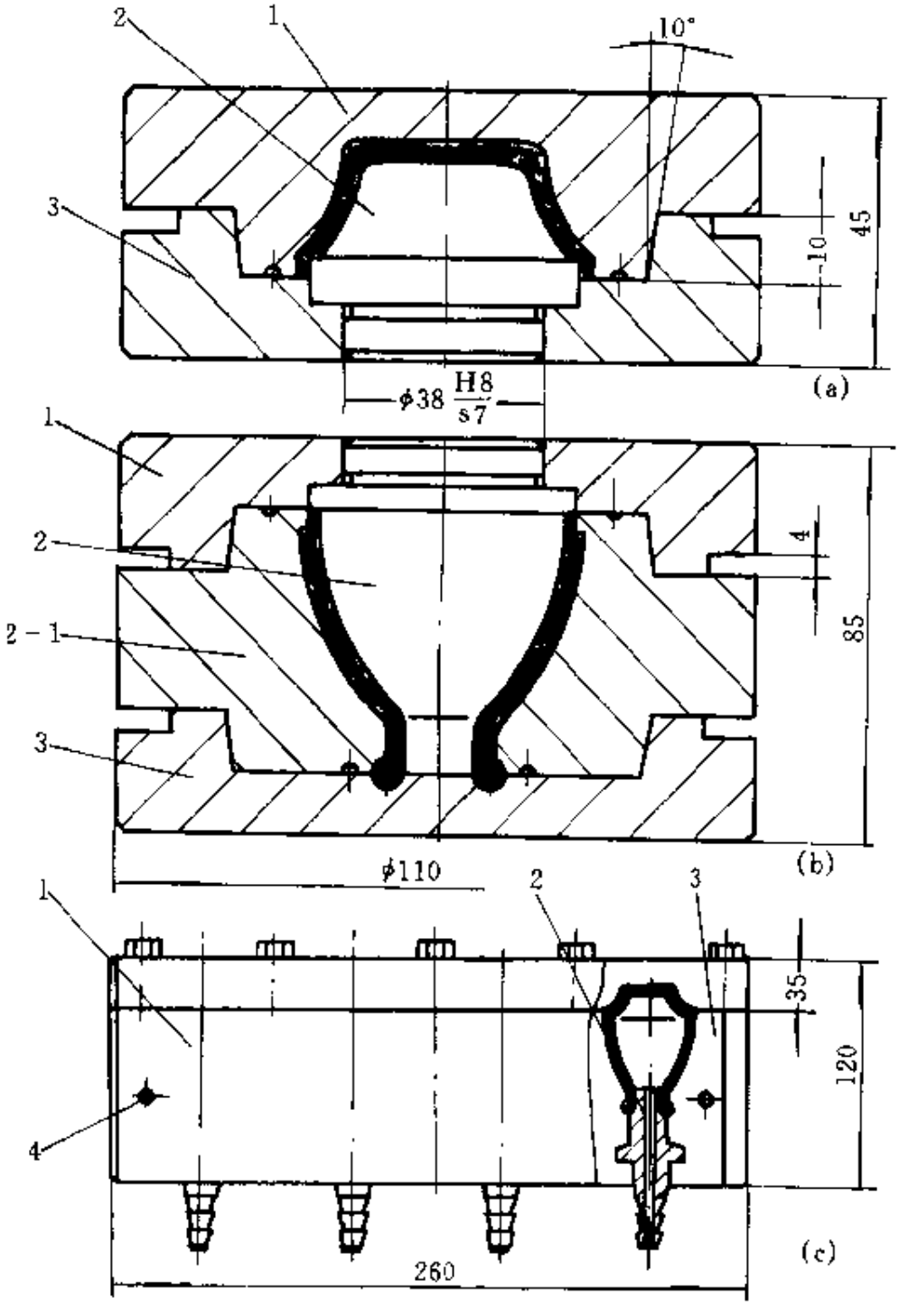


图 22-109 橡胶皮囊拼接、充气硫化模结构

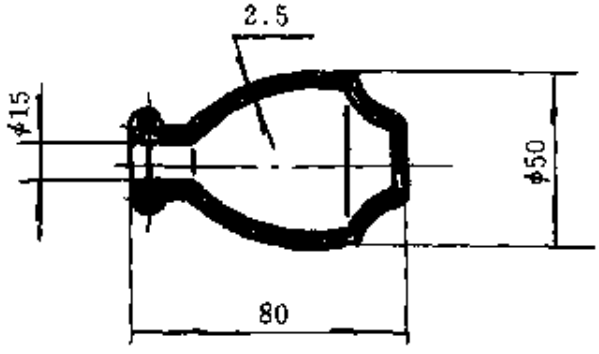


图 22-110 橡胶皮囊（材料：橡胶 4172）

【说明】

制品断面壁偏厚、出模口偏小，采用整体模加工，制品取出困难，定位欠牢靠。可采用拼合式、充气二次硫化法获得理想效果，但需(a)、(b)、(c) 所示三副模具。并注意硫化时间和拼合工艺。

(a)、(b) 模制品硫化时应缩短硫化时间（即半硫化定型状态），拼合时应使用粘合剂并采用低压蒸气硫化。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
4	导销	2	45	HRC42～48	淬火
3	下模	1	45	HRC28～32	调质
2—1	中模	1	45	HRC28～32	调质
2	模芯	上、中 1，下 4	45	HRC28～32	调质
1	上模	1	45	HRC28～32	调质

（3）环形波纹橡胶皮囊压铸模（如图 22-111 所示，制品见图 22-112）

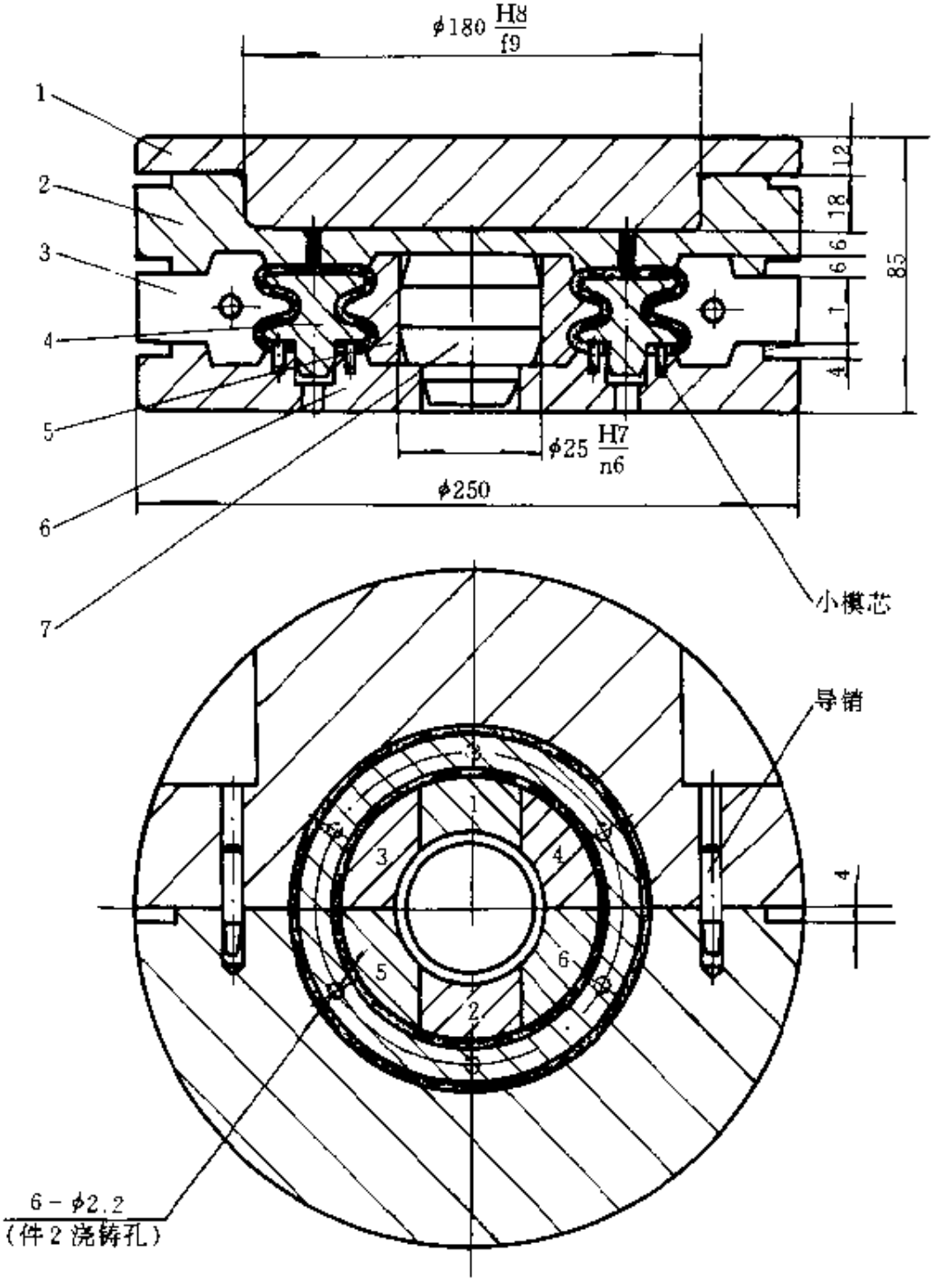


图 22-111　环形波纹橡胶皮囊压铸模结构

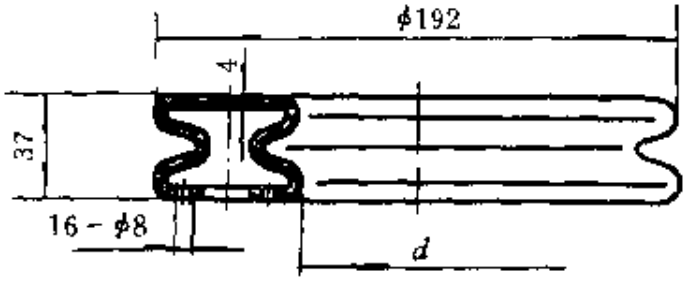


图 22-112　环形波纹皮囊（材料：橡胶）

【说明】

该模制品形状复杂，模具采用先合模、后加料，是先进、合理的压铸模结构。

启模步骤：先取下铸压塞、料腔和定位模芯，然后按次序取出内中模，最后取下下模和外中模，制品从模芯中强制剥出。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
7	定位模芯	1	45	HRC42～48	淬火
6	下模	1	45	HRC28～32	调质
5	内中模	6块拼合	45	HRC28～32	调质
4	模芯	1	45	HRC28～32	调质
3	外中模	2块拼合	45	HRC28～32	调质
2	料腔	1	45	HRC28～32	调质
1	铸压塞	1	45	HRC42～48	淬火

22.3 橡胶嵌条类模具结构

22.3.1 门窗密封嵌条

（1）窗橡胶嵌条模具（水平式）（如图 22-113 所示，制品见图 22-114）

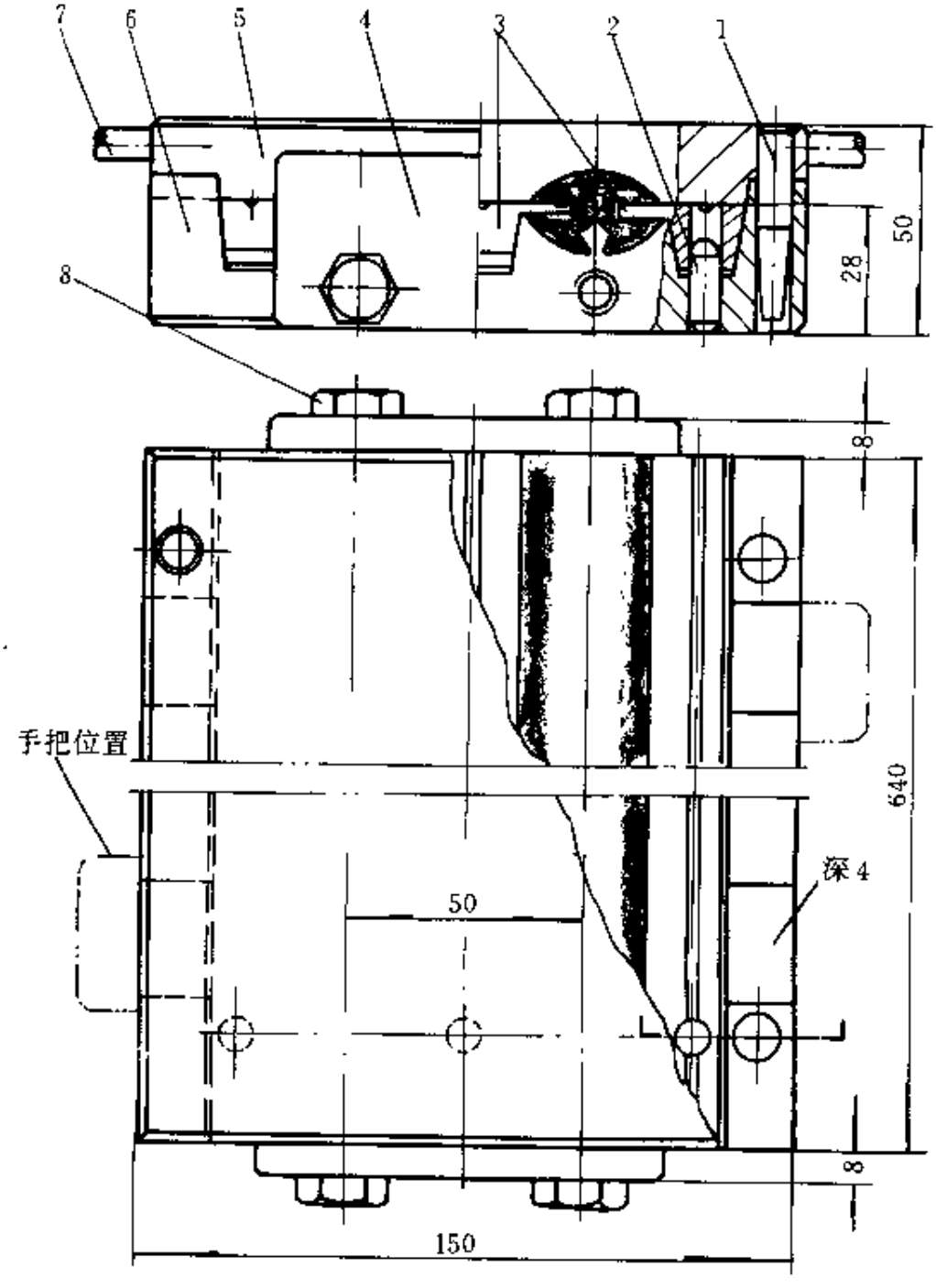


图 22-113 窗橡胶嵌条模具（水平式）结构

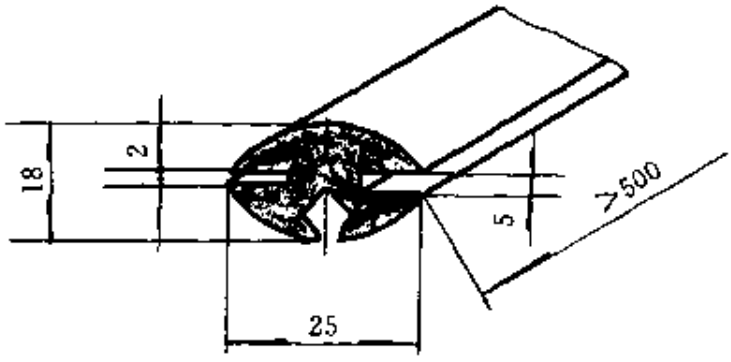


图 22-114　窗橡胶嵌条（材料：氯丁橡胶、天然橡胶并用）

【说明】

该模制品选择水平分型，下模外凸，模芯要求与下模整体加工。

该模制品外观质量好，生产接长制品时，在模具一端（模腔插入口）需加工 15°×15 倒角口，以便于制品插入模腔。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
8	六角螺钉	4			M10×20
7	手把	2	45		
6	下模	1	45	HRC28～32	调质
5	上模	1	45	HRC28～32	调质
4	挡板	2	45	HRC28～32	调质
3	模芯镶条	1 套	45	HRC28～32	调质
2	定位销	3	45	HRC38～42	淬火
1	导钉	3	45	HRC38～42	淬火

（2）窗橡胶嵌条模具（垂直式）（如图 22-115 所示，制品见图 22-116）

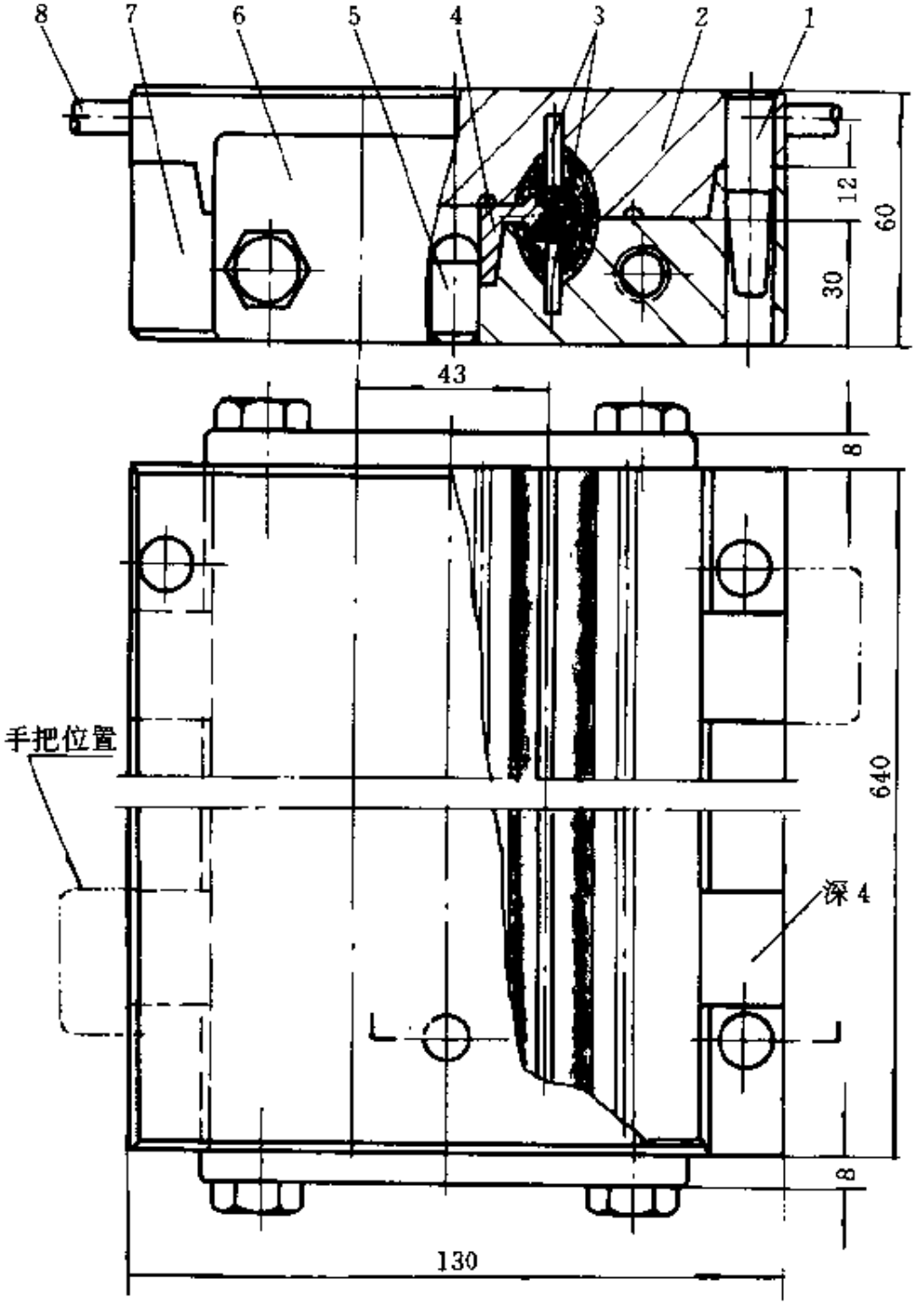


图 22-115　窗橡胶嵌条模具（垂直式）结构

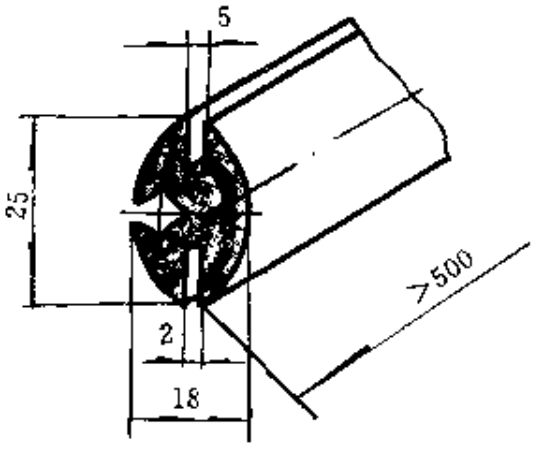


图 22-116　窗橡胶嵌条（材料：氯丁橡胶、天然橡胶并用）

【说明】

该模制品可选择垂直分型结构与水平分型结构，二者相比各有特色，按机械加工条件选取。其制品外观质量稍差，可生产接长制品，在模具一端（模腔插入口）需加工 15°×15 倒角，以便于制品插入模腔。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
8	手柄	2	45		
7	下模	1	45	HRC28～32	调质
6	挡板	2	45	HRC28～32	调质
5	定位销	1	45	HRC42～48	淬火
4	模芯条	1	45	HRC28～32	调质
3	镶块	2 付	弹簧钢	HRC42～48	淬火
2	上模	1	45	HRC28～32	调质
1	导销	3	45	HRC38～42	淬火

22.3.2 专用密封嵌条

(1) U形橡胶嵌条模具（如图22-117所示，制品见图22-118）

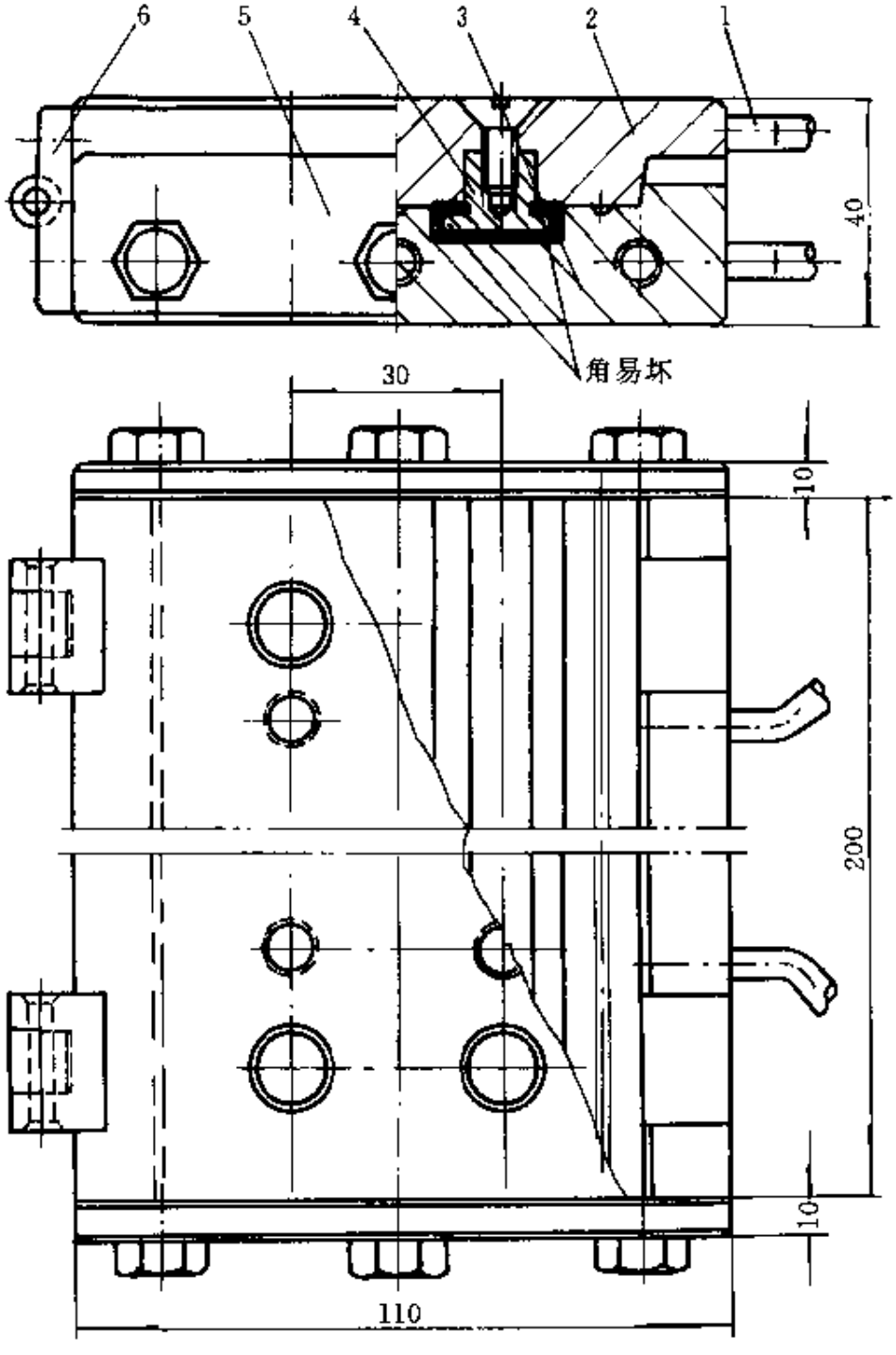


图22-117 U形橡胶嵌条模具结构

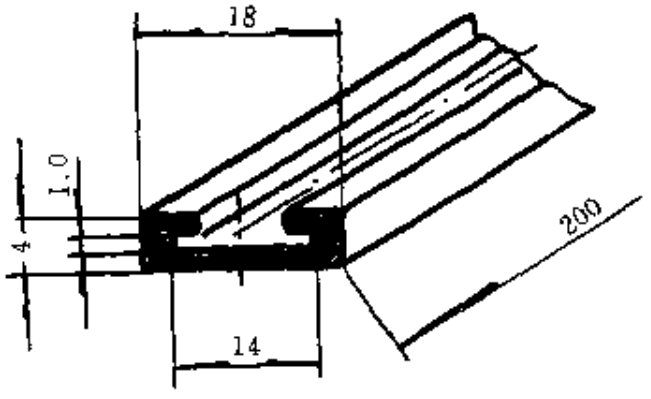


图 22-118 U 形橡胶嵌条（材料：橡胶 1142）

【说明】

该模制品模芯较薄（1mm），使用中二端薄片容易碰伤、弯曲。采用铰链式连接上、下模后，操作安全，模具使用寿命大大提高。

铰链式模具对于小皮碗、小模芯、外凸薄片等易损模具结构更为适用。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	铰链	2 付	45	HRC38～42	淬火
5	挡板	2	45	HRC28～32	调质
4	模芯	2	45	HRC38～42	淬火
3	下模	1	45	HRC28～32	调质
2	上模	1	45	HRC28～32	调质
1	手把	2	45		

(2) ⊥形橡胶密封嵌条模具（如图 22-119 所示，制品见图 22-120）

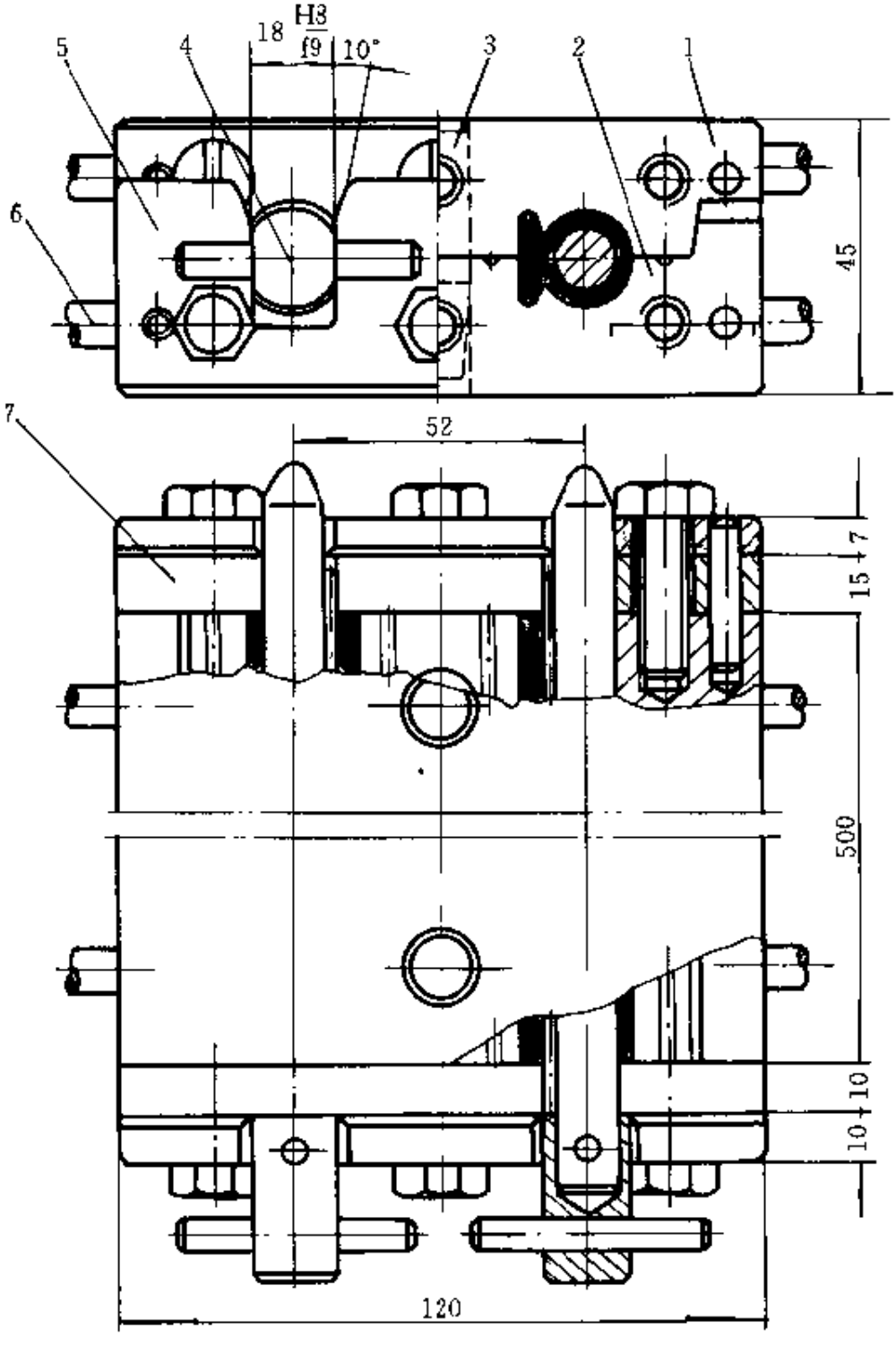


图 22-119 ⊥形橡胶密封嵌条模具结构

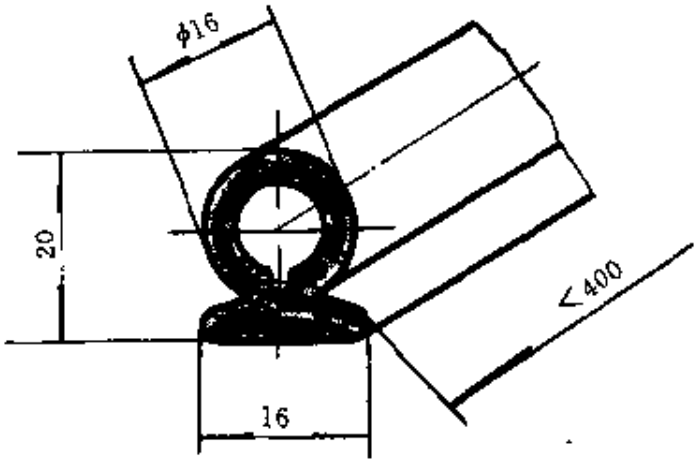


图 22-120 ⊥形橡胶密封嵌条（材料：橡胶Ⅱ-1）

【说明】

该模制品采用二瓣模抽芯结构，由于模芯偏长，加料时应上下均匀，并应配置简单机械拉出或空气吹出机构。该模可生产接长制品。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
7	闷头挡板	2	45	HRC28～32	调质
6	手把	4	45		
5	U形定位板	2	45	HRC28～32	调质
4	模芯	2	T10A	HRC38～42	淬火
3	导销	2	45	HRC38～42	淬火
2	下模	1	45	HRC28～32	调质
1	上模	1	45	HRC28～32	调质

（3）仪表架橡胶密封嵌条模具（如图 22-121 所示，制品见图 22-122）

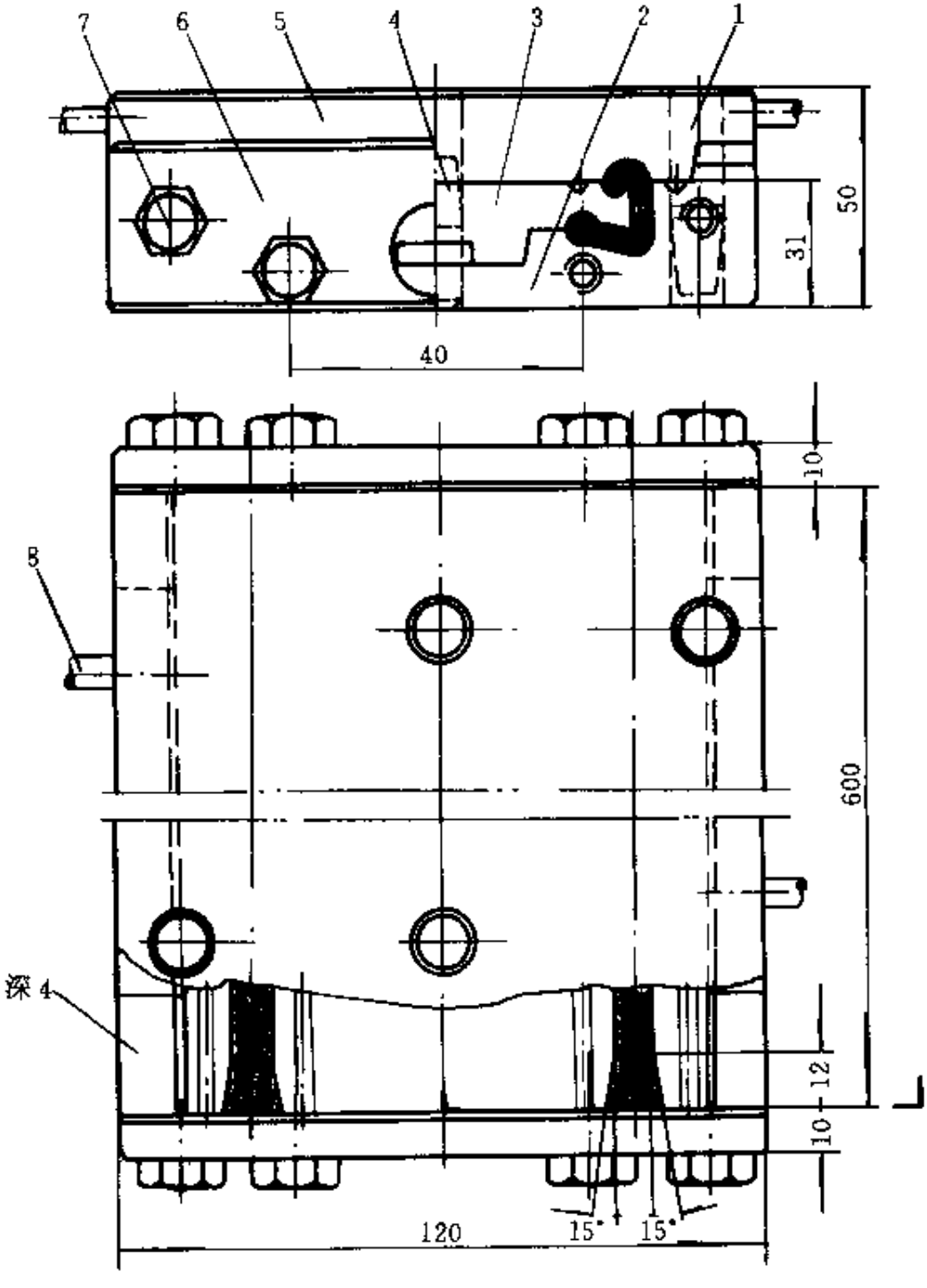


图 22-121　仪表架橡胶密封嵌条模具结构

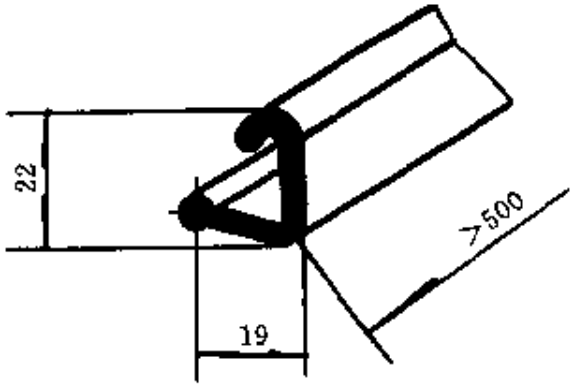


图 22-122　仪表架橡胶密封嵌条（材料：橡胶Ⅰ-2）

【说明】

该模制品形状奇特，但模具结构简单，采用 10°斜边定位，性能可靠、使用方便。生产接长制品时，模具一端需加工 15°×12 倒角，便于接长制品插入模腔。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
8	手把	2	45		装上模
7	六角螺钉	8			M8×24
6	挡板	2	45	HRC28～32	调质
5	上模	1	45	HRC28～32	调质
4	导销	2	45	HRC42～48	淬火
3	模芯	1	45	HRC28～32	调质
2	下模	1	45	HRC28～32	调质
1	导销	2	45	HRC42～48	淬火

（4）门封胶条直条硫化模（如图 22-123 所示，制品见图 22-124）

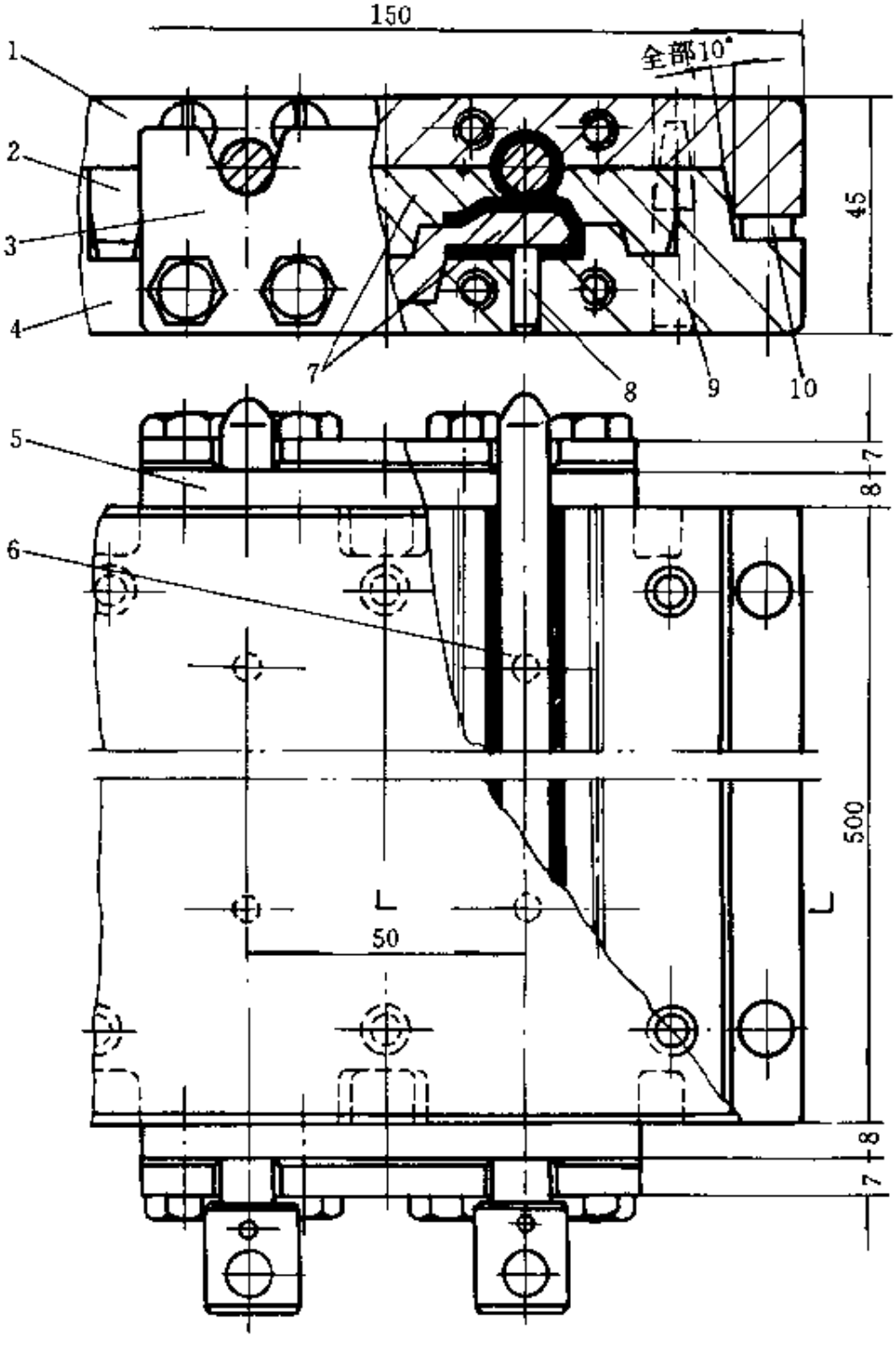


图 22-123　门封胶条直条硫化模结构

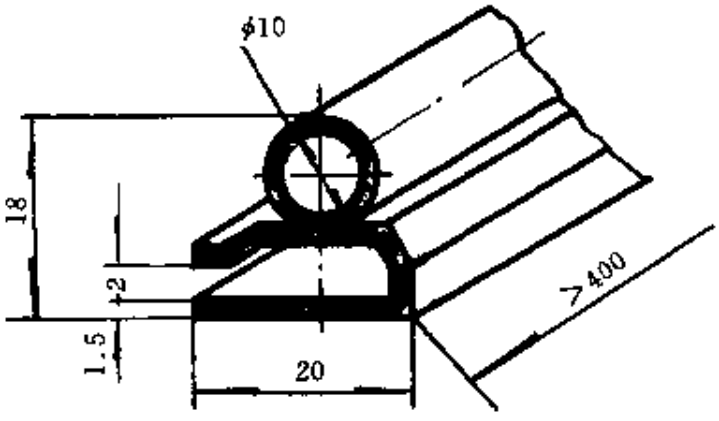


图 22-124　门封胶条（材料：橡胶Ⅰ-1）

【说明】

该模制品为薄壁形嵌条，模具全部采用10°斜面定位，性能可靠，开合方便。由于模芯偏长，加料时必须注意上、下均匀。支撑圆销起支撑作用，可按制品要求选配件数，该模可生产接长制品。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
10	导销	3	45	HRC38～42	淬火
9	导销	共6	45	HRC38～42	淬火
8	支撑圆销	共6	45	HRC42～48	淬火
7	上、下模芯	各1	45	HRC28～32	调质
6	模芯	2	弹簧钢	HRC42～48	淬火
5	阻头	2	45	HRC28～32	调质
4	下模	1	45	HRC28～32	调质
3	V形定位板	2	45	HRC28～32	调质
2	左模芯	左右各1	45	HRC28～32	调质
1	上模	1	45	HRC28～32	调质

22.3.3 带骨架密封嵌条

新型、带金属骨架橡胶密封嵌条模具（如图 22-125 所示，制品见图 22-126）

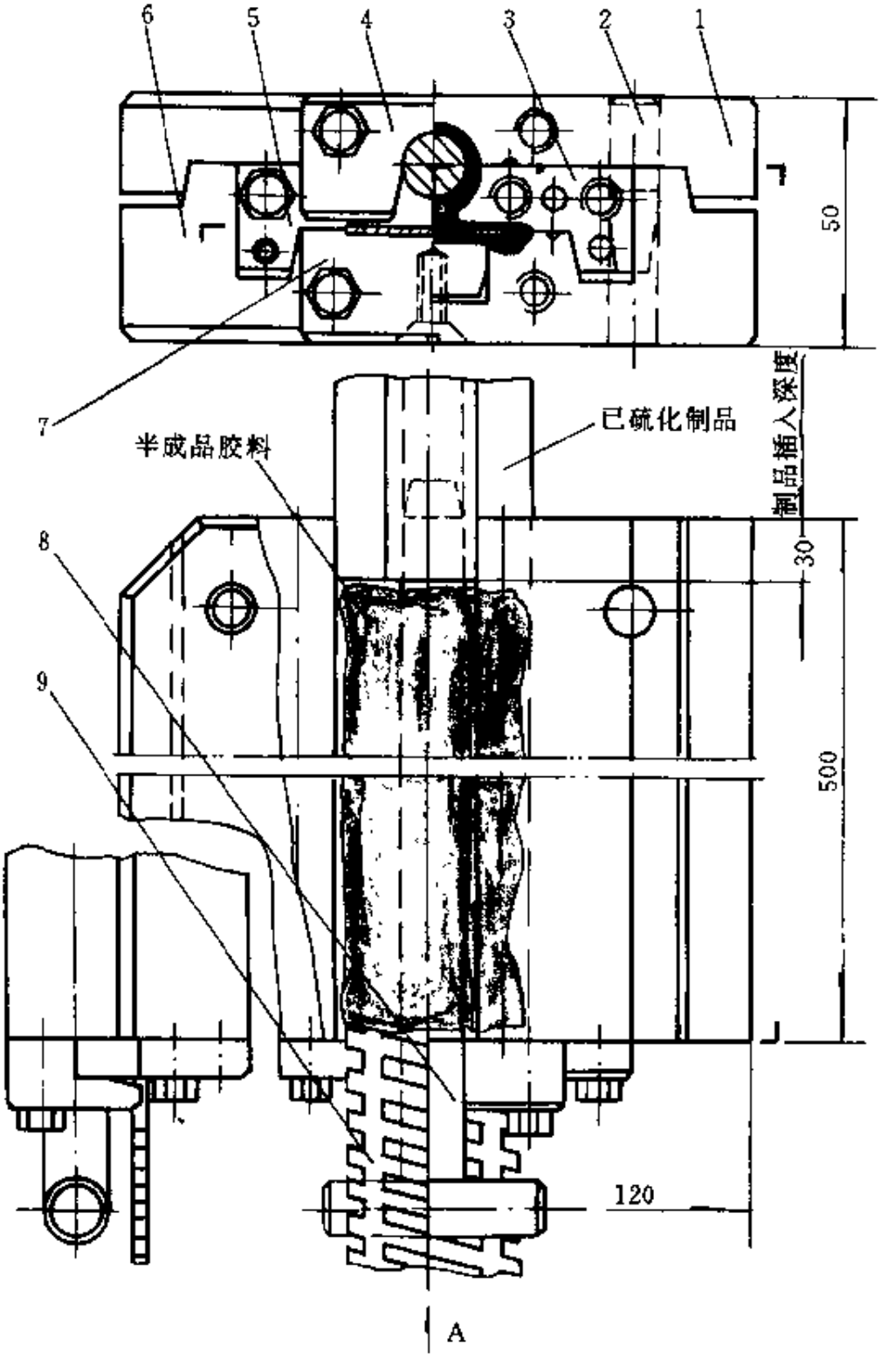


图 22-125 新型、带金属骨架橡胶密封嵌条模具结构

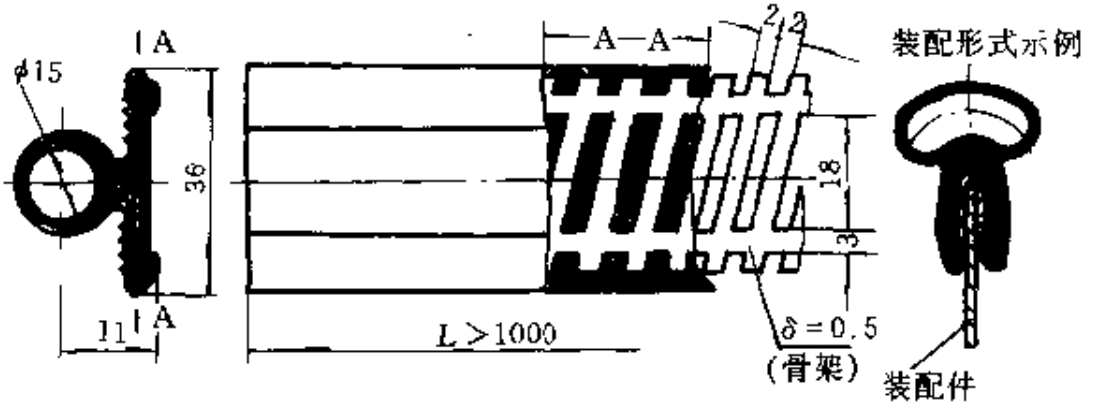


图 22-126 新型、带金属骨架密封条（材料：橡胶 4172）

【说明】

该模制品中带有蛇形金属骨架，结构新颖，使用效果好，为可变性门窗嵌条。模具采用插入式接长模。如有条件可由改装的挤出机生产，工效高、质量好，φ15 孔中塞入合适海绵棒，使用效果更佳。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
9	金属骨架		F8 或 10		带钢
8	模芯	1	60Si2Mn	HRC42～48	淬火
7	下挡板	1	45	HRC38～42	淬火
6	下模	1	45	HRC28～32	调质
5	镶条挡板	左右各 1	45	HRC38～42	淬火
4	上模挡板	1	45	HRC38～42	淬火
3	右镶条	左右各 1	45	HRC28～32	调质
2	导销	2	45	HRC42～48	淬火
1	上模	1	45	HRC28～32	调质

22.4 减震器（垫）制品类模具结构

22.4.1 平板式减震器

JP 型平板式减震器硫化模结构如图 22 127 所示，制品见图 22-128。

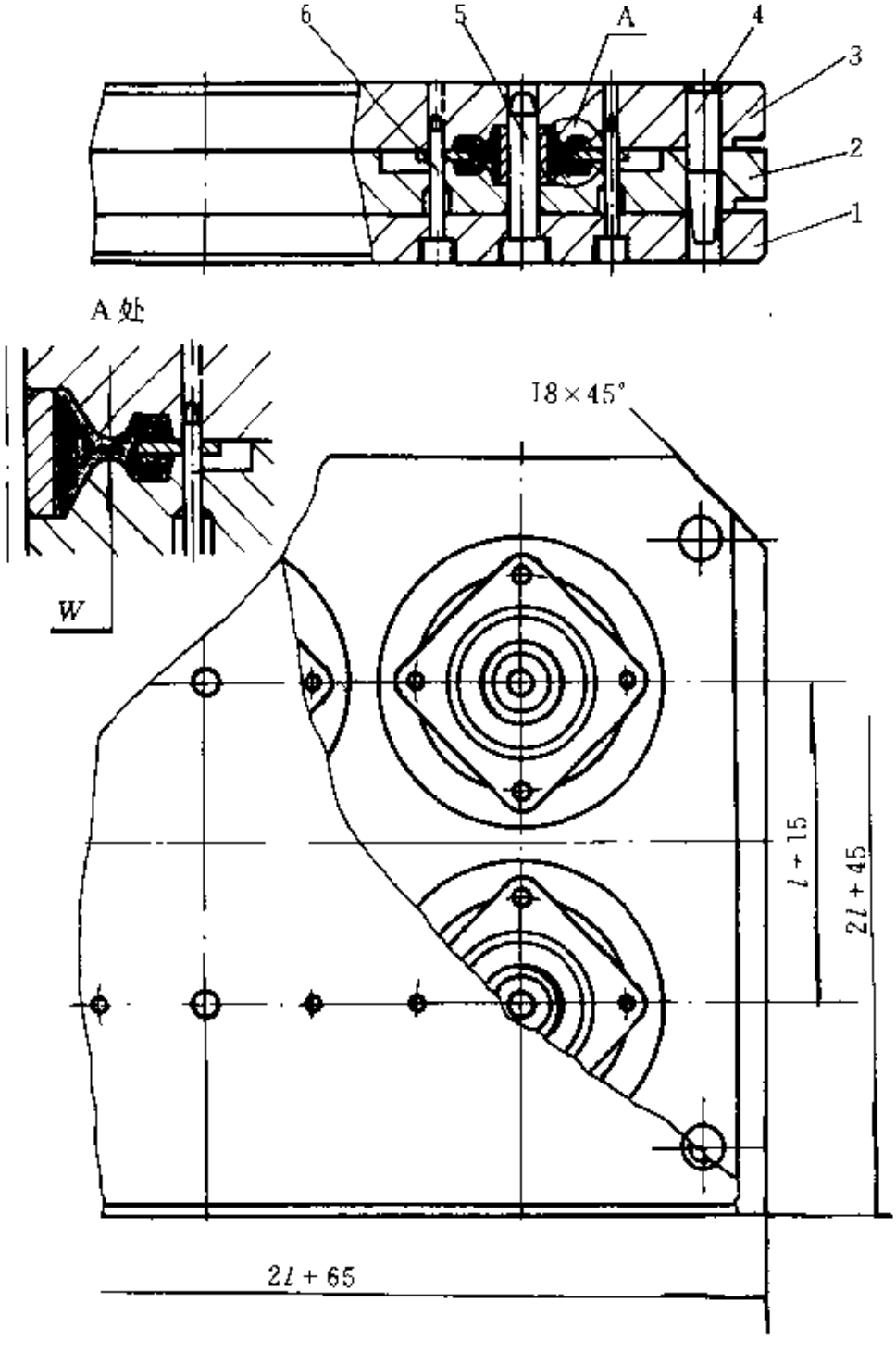


图 22-127 JP 型平板式减震器硫化模结构

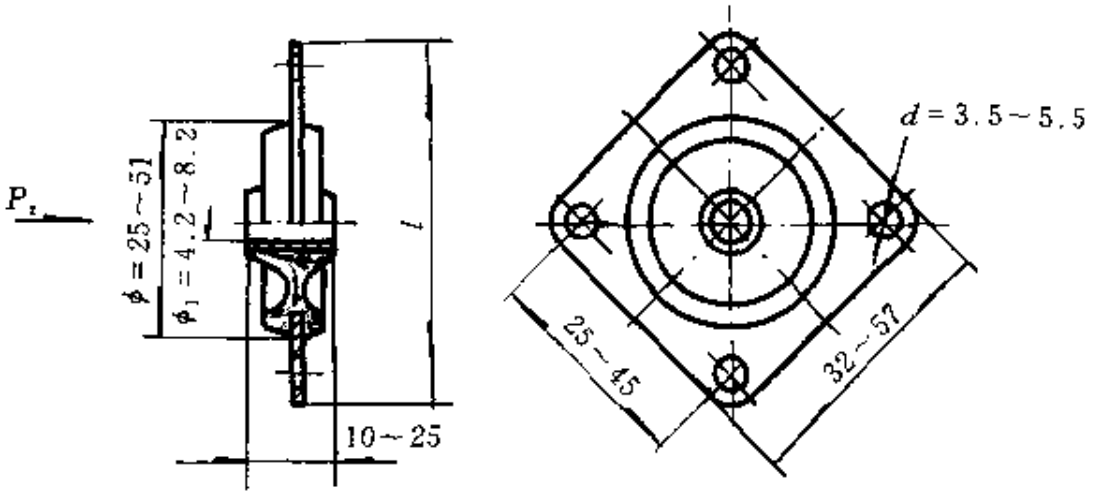


图 22-128 JP 型平板式减震器（材料：橡胶 1152）

【说明】

该模为 JP Ⅰ～Ⅲ型平板式减震器典型模具。结构简单，放置金属嵌件和取出制品均较方便。

W 厚度关系到该类型 P_z 向额定负荷下的变形量。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	小模芯	8	T10A	HRC42～48	淬火
5	大模芯	4	T10A	HRC42～48	淬火
4	导销	上、下各 2	45	HRC42～48	淬火
3	上模	1	45	HRC28～32	调质
2	中模	1	45	HRC28～32	调质
1	下模	1	45	HRC28～32	调质

22.4.2 圆筒形减震器

（1）圆筒形减震器多孔模具（如图 22-129 所示，制品见图 22-130）

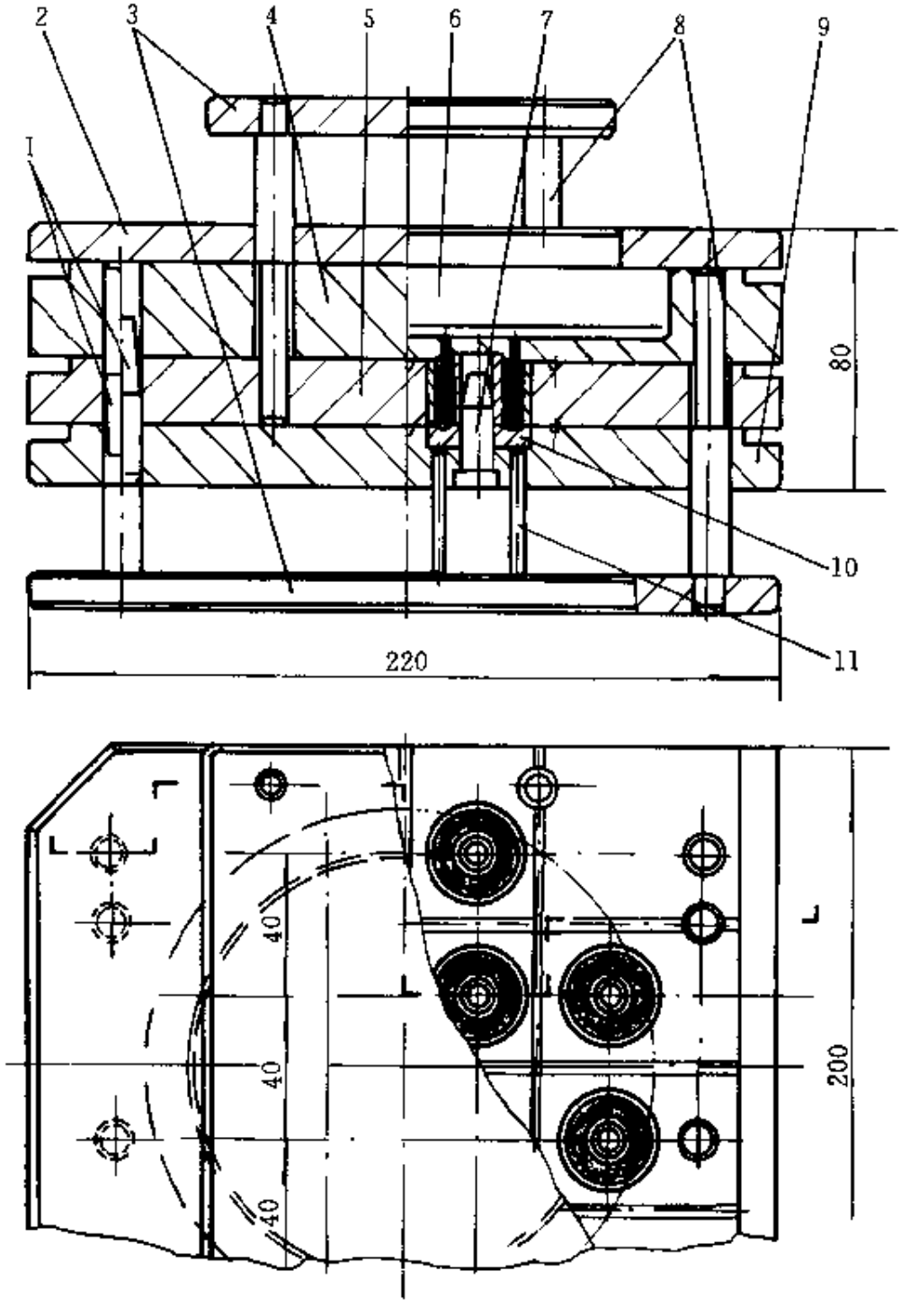


图 22-129 圆筒形减震器多孔模具结构

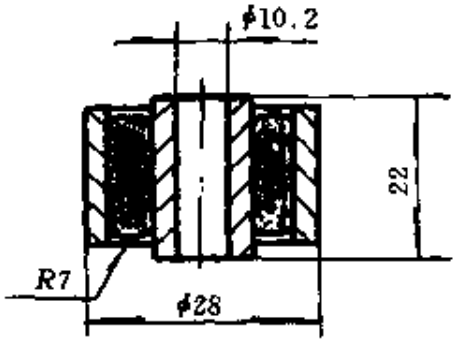


图 22-130　圆筒形减震器（材料：橡胶Ⅰ-4）

【说明】

该模结构适用于高硬度胶料压铸成型多孔减震器之类制品。模具配有顶出装置。

该模结构特点为：工效高、加料方便，制品质量好。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
11	顶出杆	48	T10A	HRC42～48	淬火
10	顶出圈	12	45	HRC42～48	淬火
9	下模	1	45	HRC28～32	调质
8	上、下顶杆	各 4	45	HRC38～42	头部淬火
7	定位模芯	12	45	HRC38～42	淬火
6	压料头	1	45	HRC38～42	淬火
5	中模	1	45	HRC28～32	调质
4	料腔	1	45	HRC28～32	调质
3	上、下顶板	各 1	45	HRC28～32	调质
2	压料板	1	45	HRC28～32	调质
1	导销	各 3	45	HRC42～48	淬火

（2）挠性轴承减震器模具（如图 22-131 所示，制品见图 22-132）

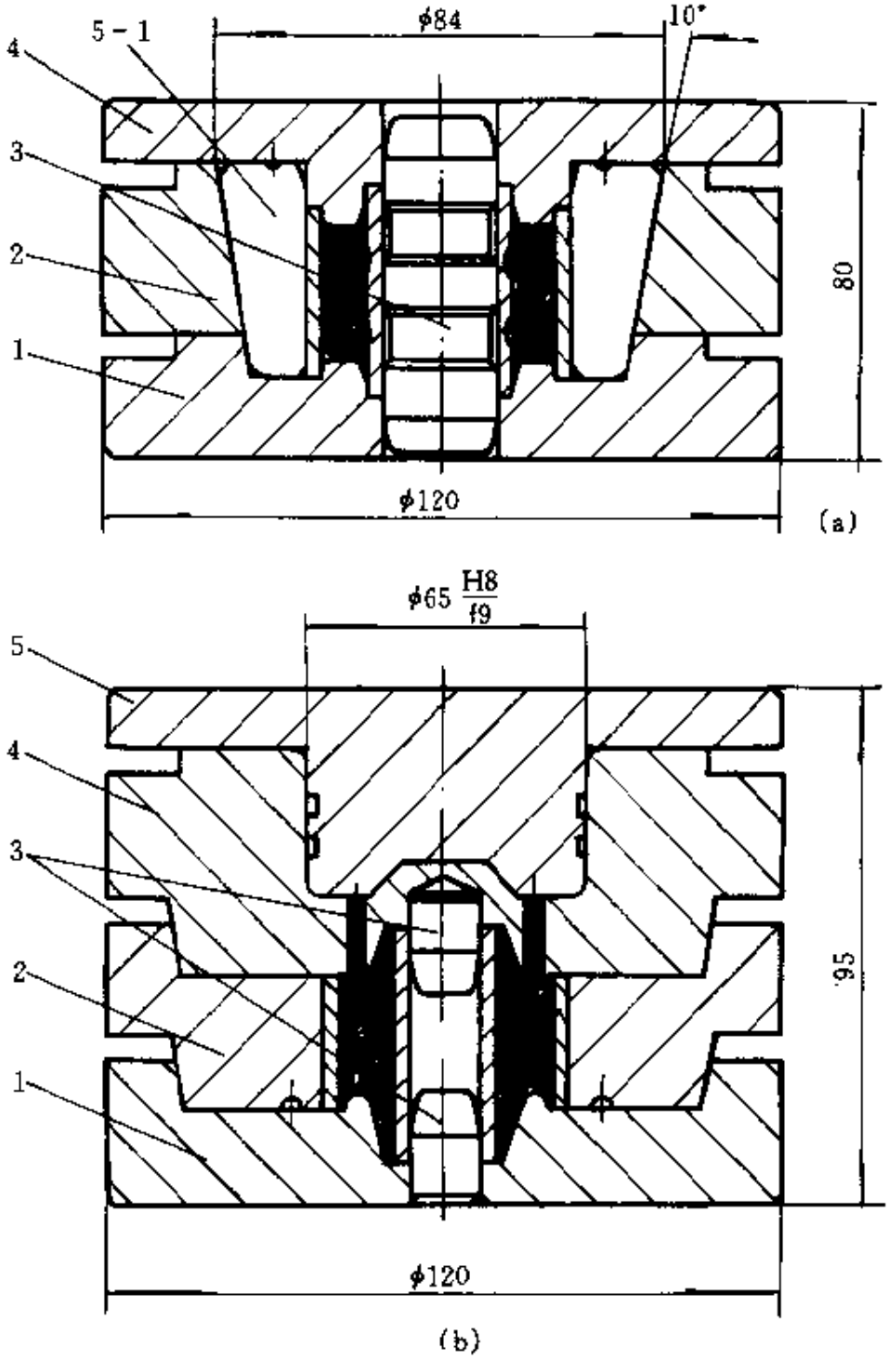


图 22-131　挠性轴承减震器模具结构

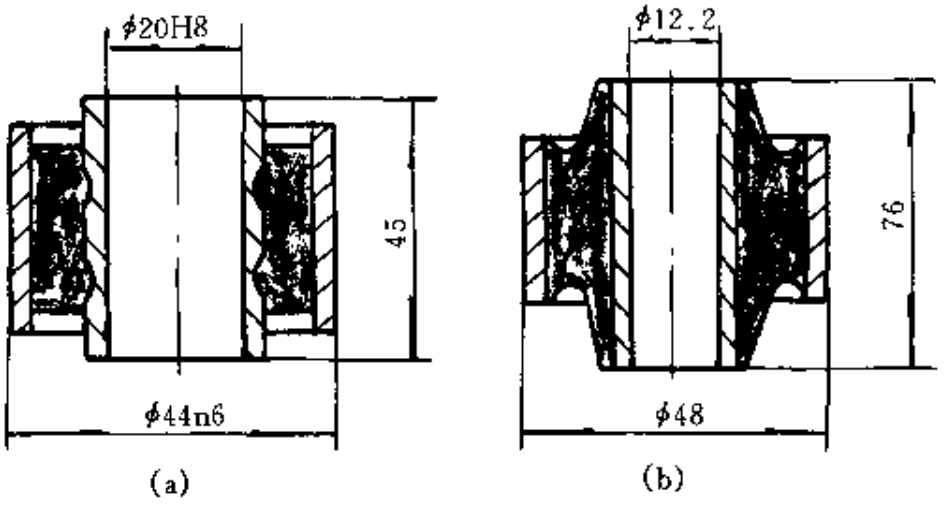


图 22-132　挠性轴承减震器（材料：橡胶 1152）

【说明】

（a）与（b）两种相类似制品可采用同一类型模具结构。

（a）模采用胶料直压式压铸模结构，其特点为：加料、开合、取件方便。采用二瓣模结构，当定位模芯压出后，取掉下模，制品即可从下端顶出。

（b）模为典型压铸模结构，其特点为：必要时需配置顶出装置。

零件表

序　号	名　称	数　量	材　料	热处理	备　注
5—1	两瓣模镶块	1付	45	HRC38～42	淬　火
5	压料头	1	45	HRC38～42	淬　火
4	上　模	1	45	HRC28～32	调　质
3	定位模芯		45	HRC42～48	淬　火
2	中　模	1	45	HRC28～32	调　质
1	下　模	1	45	HRC28～32	调　质

（3）螺旋桨橡胶减震套模具（如图 22 133 所示，制品见图 22-134）

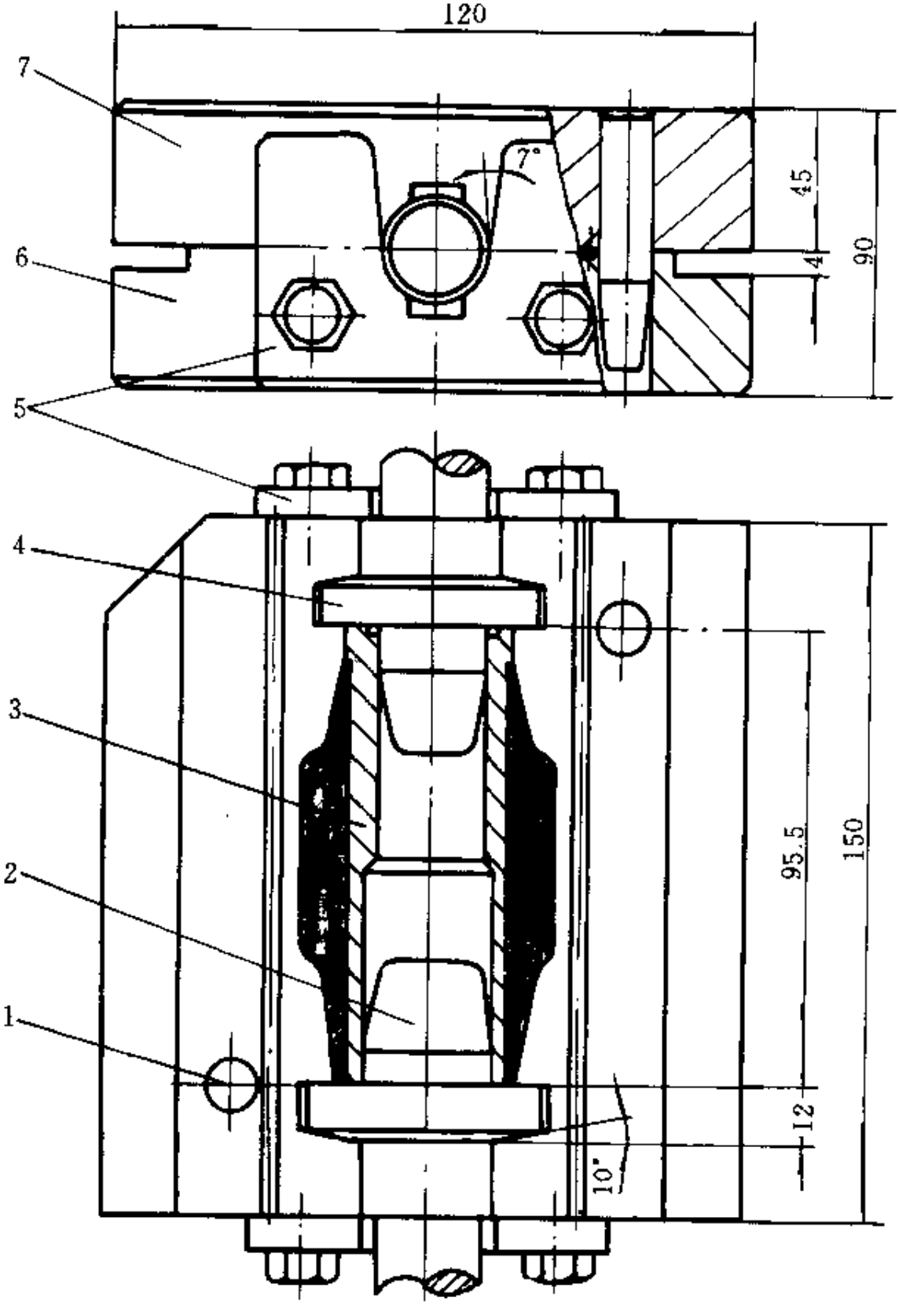


图 22-133　螺旋桨橡胶减震套模具结构

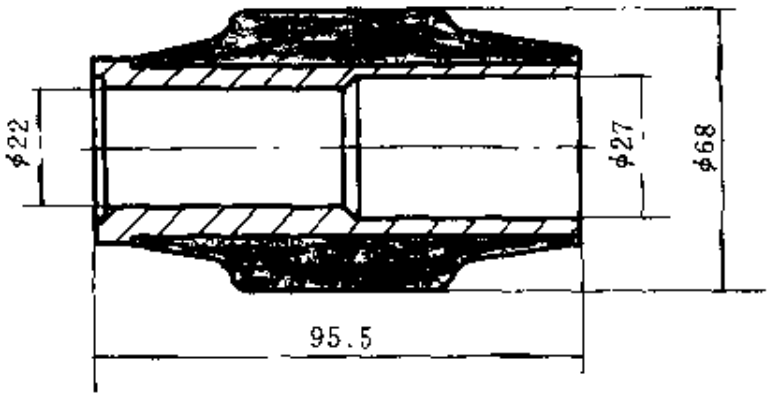


图 22-134 螺旋桨橡胶减震器（材料：耐油橡胶）

【说明】

该模为轴向分型、典型减震器模具，两端装有V形定位挡板，便于加料后定位，模具操作安全可靠。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
7	上模	1	45	HRC28～32	调质
6	下模	1	45	HRC28～32	调质
5	定位挡板	2	45	HRC28～32	调质
4	定位模芯	1	45	HRC38～42	淬火
3	骨架	1	45		
2	定位模芯	1	45	HRC38～42	淬火
1	导销	2	45	HRC42～48	淬火

22.4.3 圆锥形减震器

Z 型圆锥形橡胶减震器模具如图 22-135 所示，制品见图 22-136。

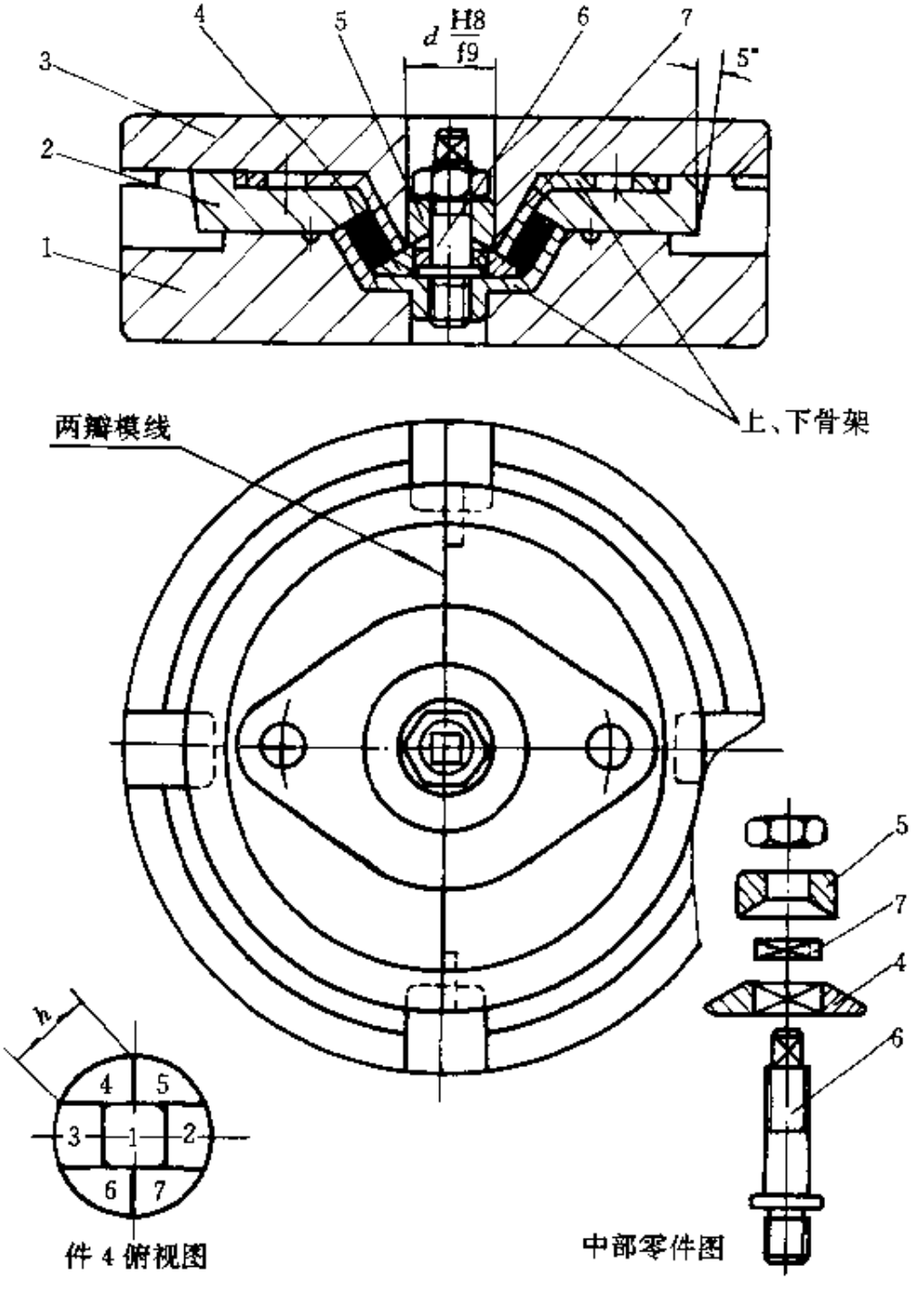


图 22-135 Z 型圆锥形橡胶减震器模具结构

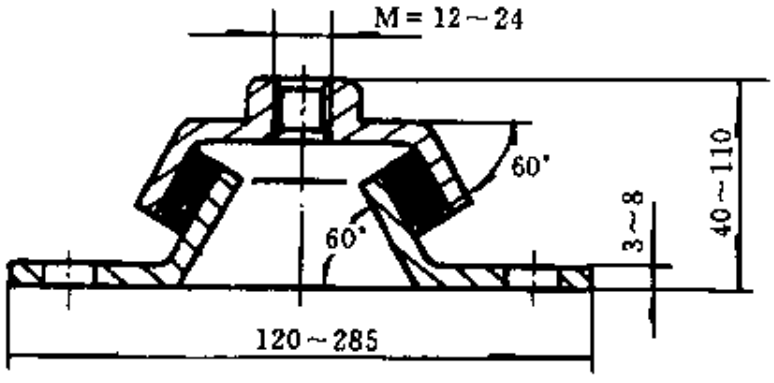


图 22-136　Z 型圆锥形减震器（材料：橡胶 1152）

【说明】

该模制品由于带有内凹沟槽，模芯要求采用 6 块拼合镶块，并且都由 d 孔中取出，所以设计时 h 必须小于直径 d，才能按次序取出［此外镶块中 2 或 3 应小于 1（中心模芯）］。

件 2 由两瓣模组合，并应带有开启缺口。该模结构紧凑、精度高。为了提高工效，中部零件要求配置二套以上备件。

零件表

序　号	名　称	数　量	材　料	热处理	备　注
7	方型垫圈	1	T10A	HRC42～48	淬　火
6	定位模芯	1	T10A	HRC38～42	淬　火
5	锥型压圈	1	T10A	HRC42～48	淬　火
4	镶　块	一组 6 块	45	HRC28～32	调　质
3	上　模	1	45	HRC28～32	调　质
2	两瓣模镶块	1 付	45	HRC28～32	调　质
1	下　模	1	45	HRC28～32	调　质

22.4.4 连接减震器

（1）双头螺钉橡胶避震器模具（如图 22-137 所示，制品见图 22-138）

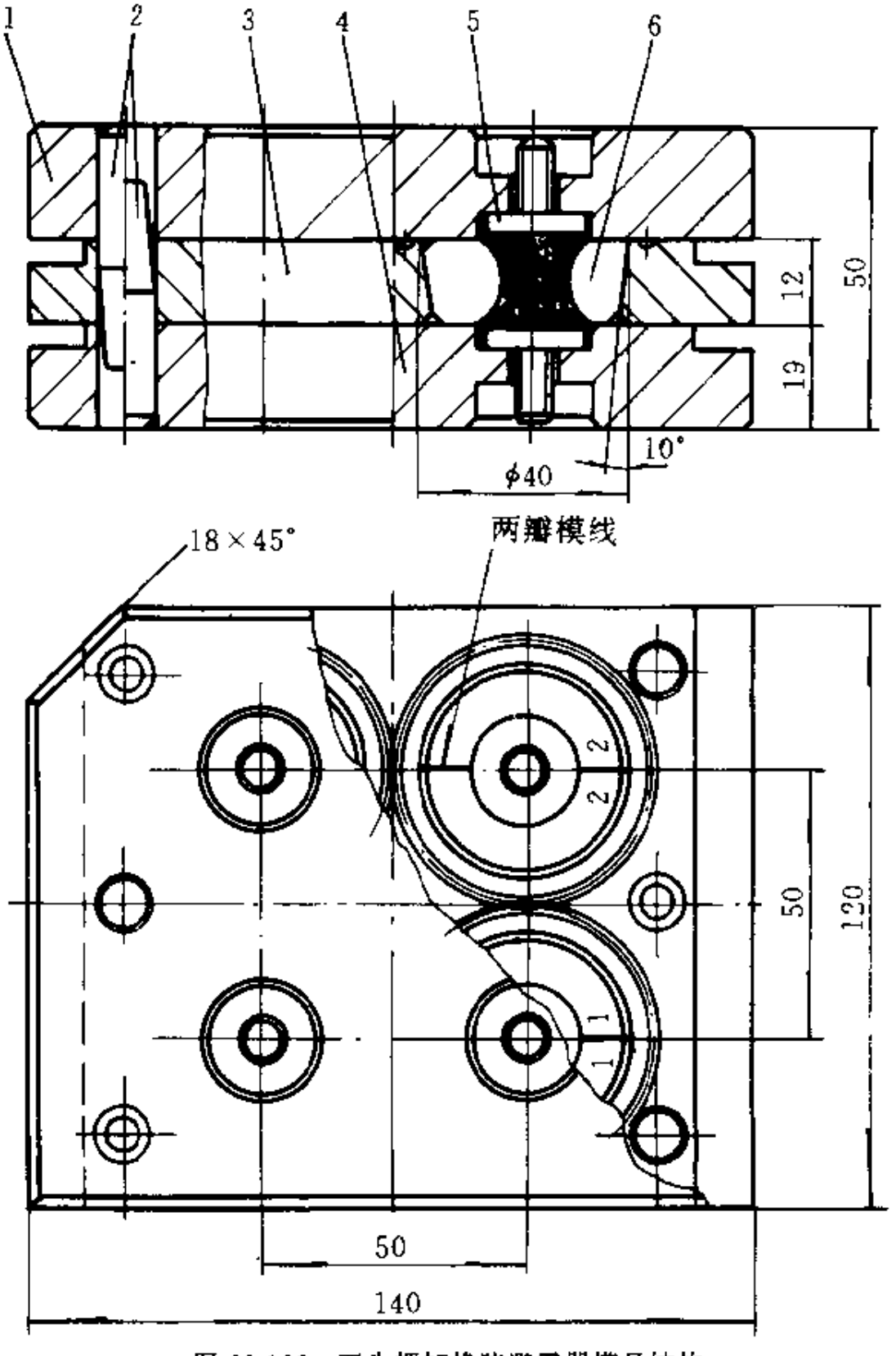


图 22-137 双头螺钉橡胶避震器模具结构

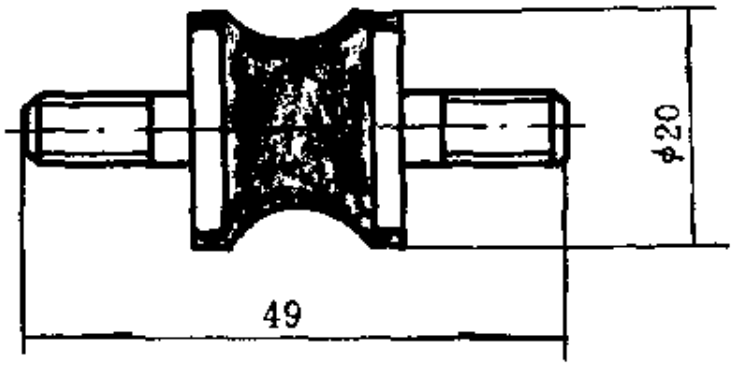


图 22-138　双头螺钉避震器（材料：橡胶 1152）

【说明】

该模制品为双头螺钉避震器，采用两瓣模镶块结构，便于制品取出，镶块每付应分别打印 1#～4#。必要时应配拉紧螺帽，也可加料后把中下模翻过来合模。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	两瓣模镶块	4 付	45	HRC38～42	淬火
5	骨架	共 8	45		
4	下模	1	45	HRC28～32	调质
3	中模	1	45	HRC28～32	调质
2	导销	共 6	45	HRC42～48	淬火
1	上模	1	45	HRC28～32	调质

（2） Ⅰ型橡胶减震器模具（如图 22-139 所示，制品见图 22-140）

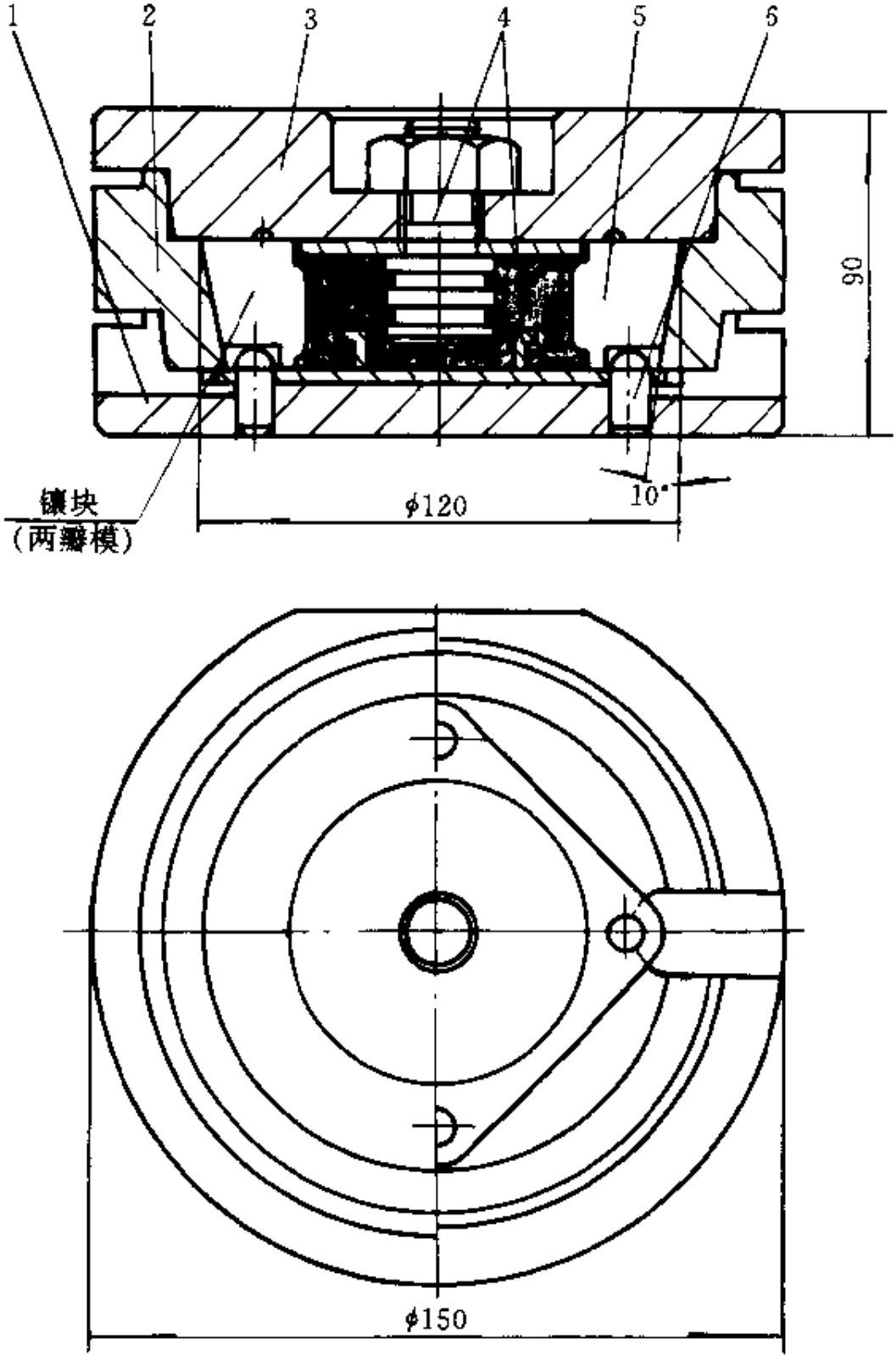


图 22-139　Ⅰ型橡胶减震器模具结构

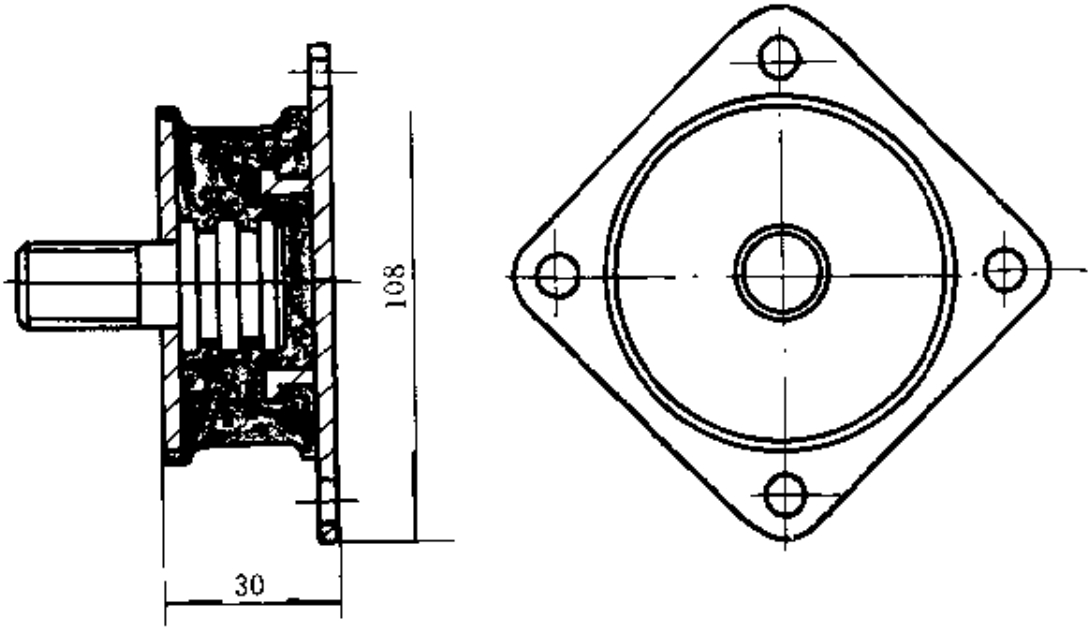


图 22-140　Ⅰ型橡胶减震器（材料：橡胶Ⅱ-3）

【说明】

该模为径向分型典型减震器模具，结构可靠、操作方便。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	定位销	2	45	HRC48～52	淬火
5	两瓣模镶块	1付	45	HRC38～42	淬火
4	上、下骨架	各1			
3	上模	1	45	HRC28～32	调质
2	中模	1	45	HRC28～32	调质
1	下模	1	45	HRC28～32	调质

（3）橡胶连杆减震器模具（如图 22-141 所示，制品见图 22-142）

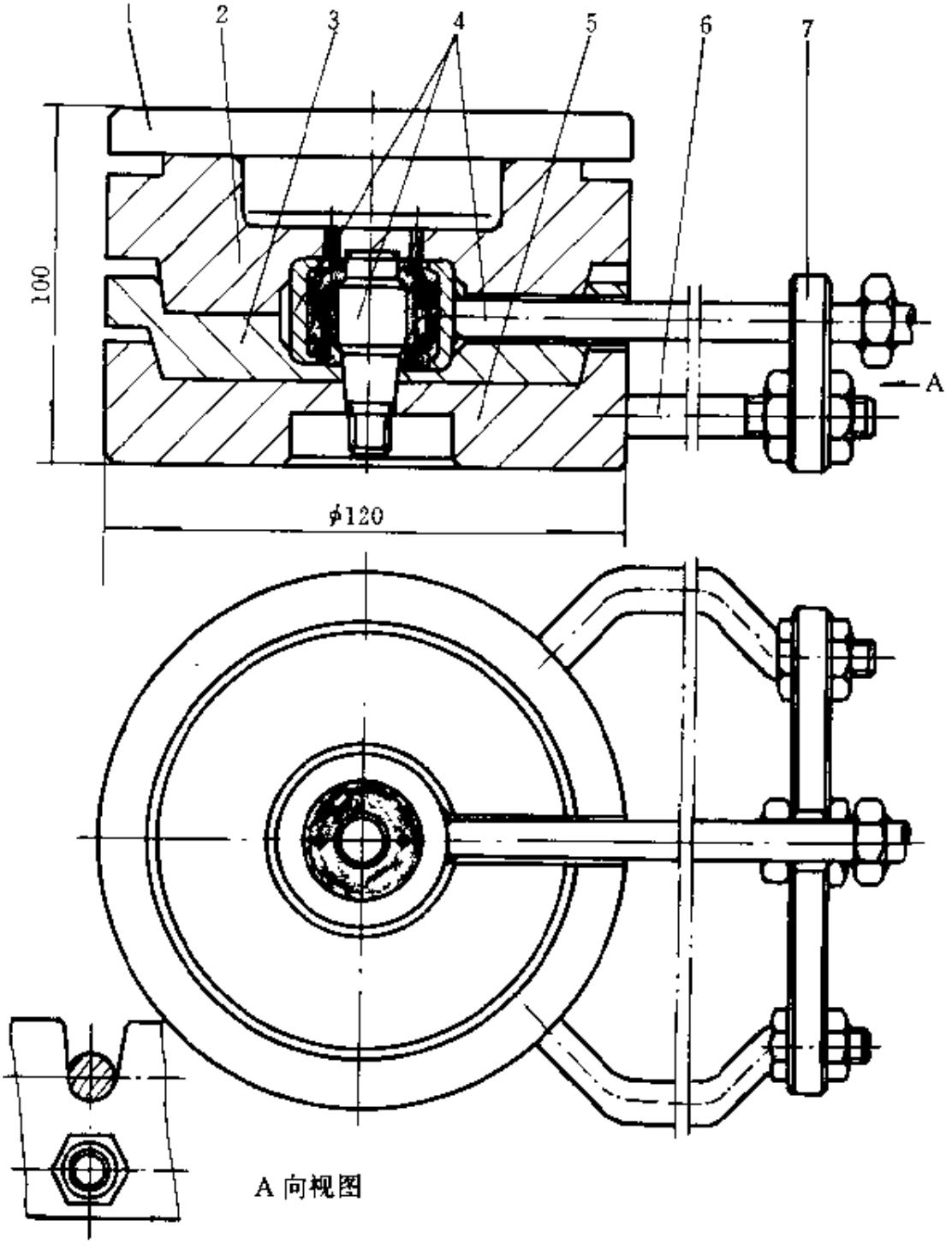


图 22-141　连杆减震器模具结构

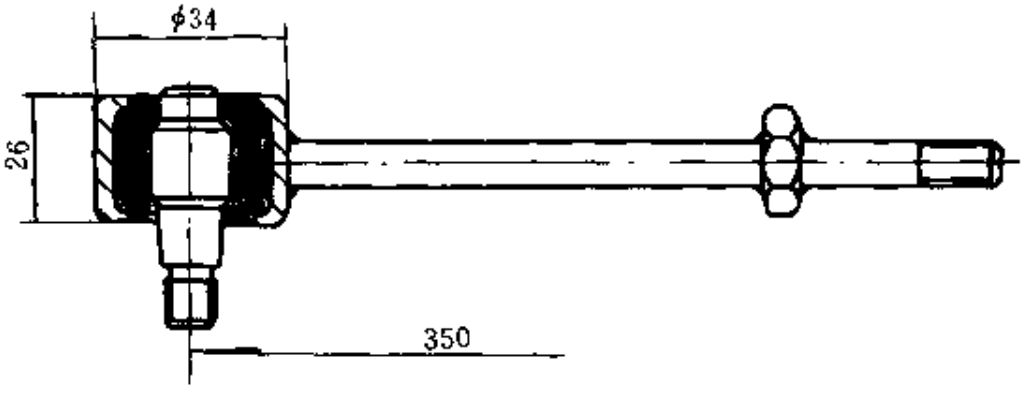


图 22-142　连杆减震器（材料：橡胶 1152）

【说明】

该模制品为带超长连杆的特殊减震器，模具采用压铸模结构，制品质量稳定；超长连杆部分采用三连杆固定，叉式定位板定位，模具结构轻巧、可靠。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
7	定位板	1	45	HRC28～32	调质
6	连杆	3	45	HRC28～32	调质
5	下模	1	45	HRC28～32	调质
4	骨架	1套	20		
3	中模	1	45	HRC28～32	调质
2	上模	1	45	HRC28～32	调质
1	压头	1	45	HRC38～42	淬火

22.4.5 双U形剪切减震器

双U形橡胶剪切减震器模具（如图22-143所示，制品见图22-144）

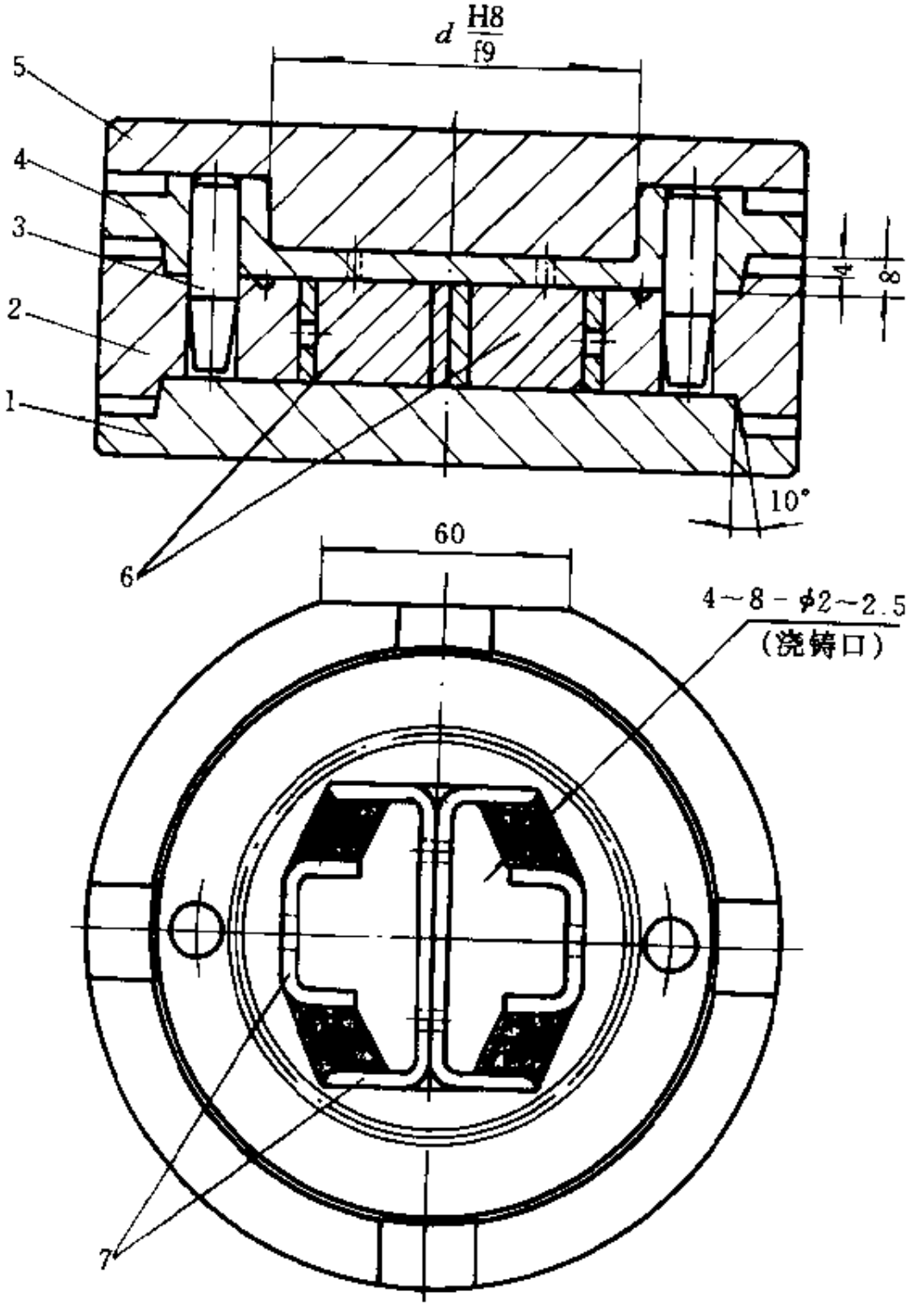


图22-143 双U形橡胶剪切减震器模具结构

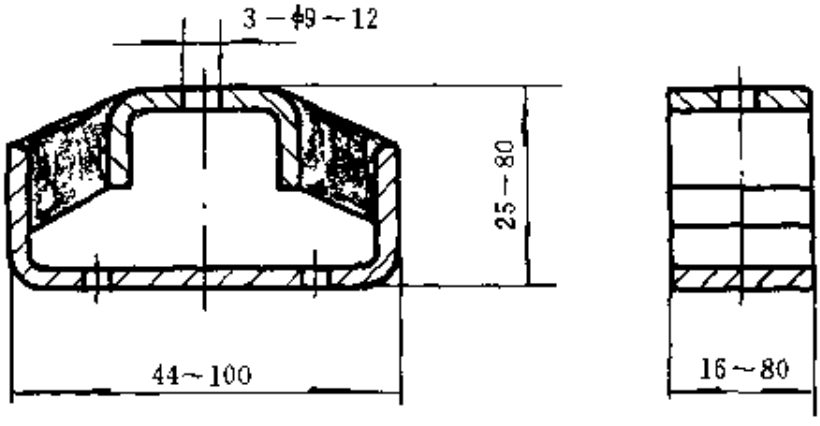


图 22-144　双 U 形剪切减震器（材料：橡胶 1152，表面涂耐油橡胶）

【说明】

该模采用模芯衬块隔离上下骨架、双腔、双 U 形减震器，结构简单、使用方便；并采用压铸模结构，制品质量比一般模压法优越。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
7	上、下骨架				
6	模芯衬块				
5	压料头	1	45	HRC38～42	淬火
4	料腔	1	45	HRC38～42	淬火
3	导销	2	45	HRC42～48	淬火
2	中模	1	45	HRC28～32	调质
1	下模	1	45	HRC28～32	调质

22.4.6 其他减震器

（1）橡胶弹性支承模具结构（如图 22-145 所示，制品见图22-146）

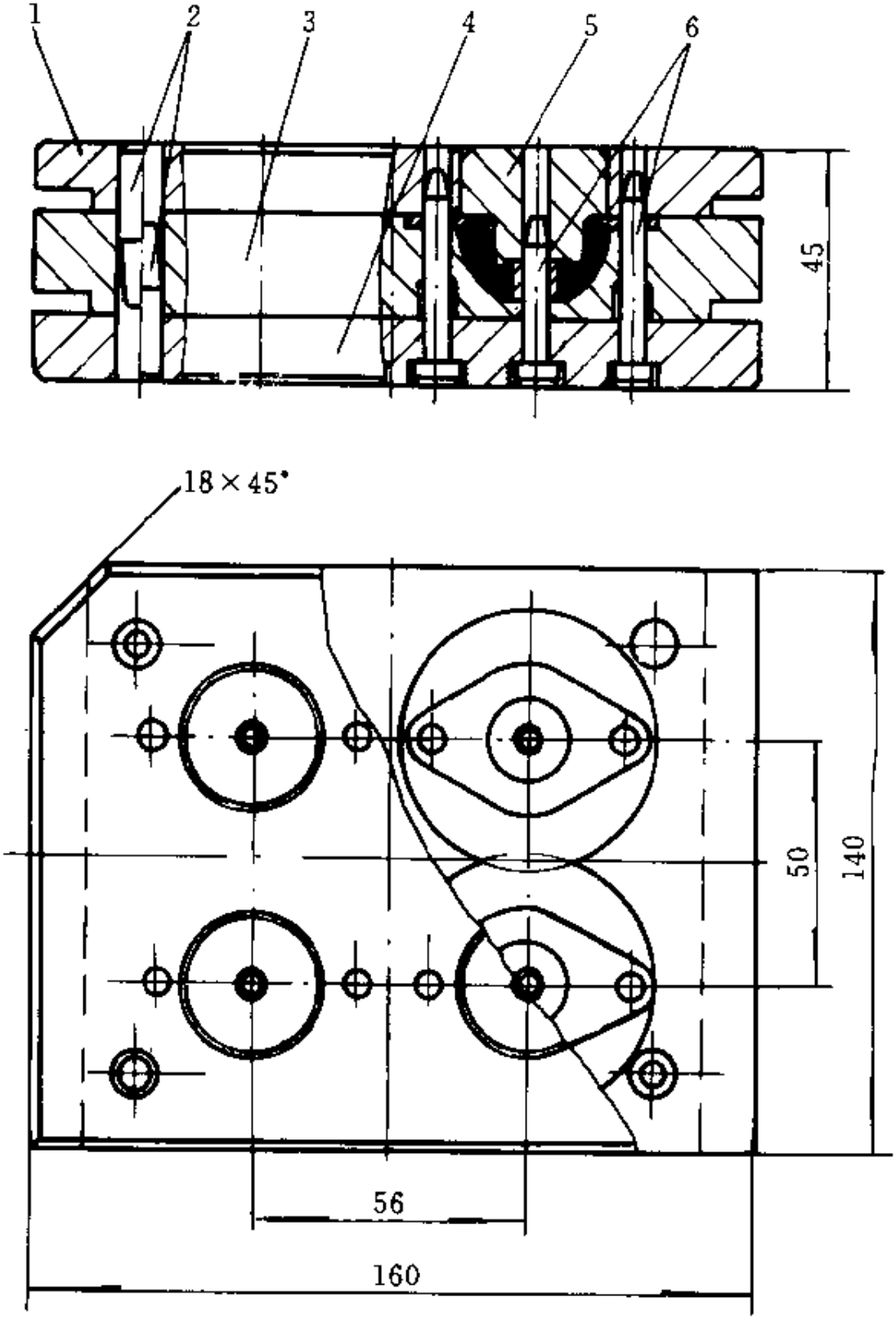


图 22-145 橡胶弹性支承模具结构

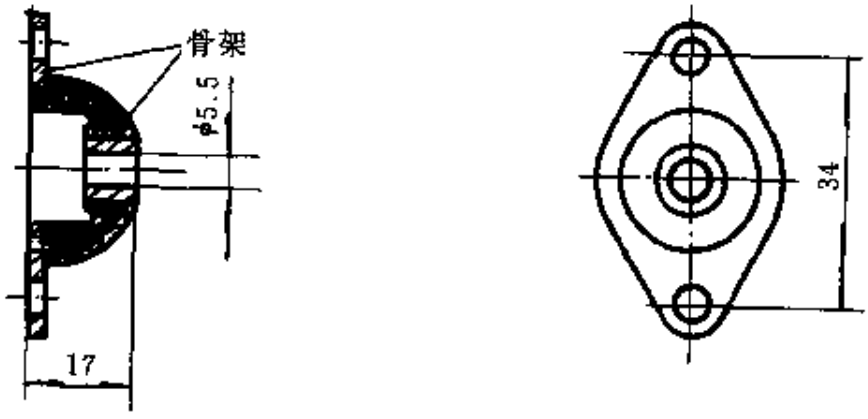


图 22-146　弹性支承（材料：橡胶 1152）

【说明】

该模制品带有两件金属骨架，模具采用反压式下模抽芯结构，加料、取件均很方便，结构简单、合理。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	模芯	4 组	T10A	HRC48～52	淬火
5	镶块	4	45	HRC28～32	调质
4	下模	1	45	HRC28～32	调质
3	中模	1	45	HRC28～32	调质
2	导销	共 4	45	HRC38～42	淬火
1	上模	1	45	HRC28～32	调质

（2）碟形橡胶减震器模具（如图 22-147 所示，制品见图 22-148）

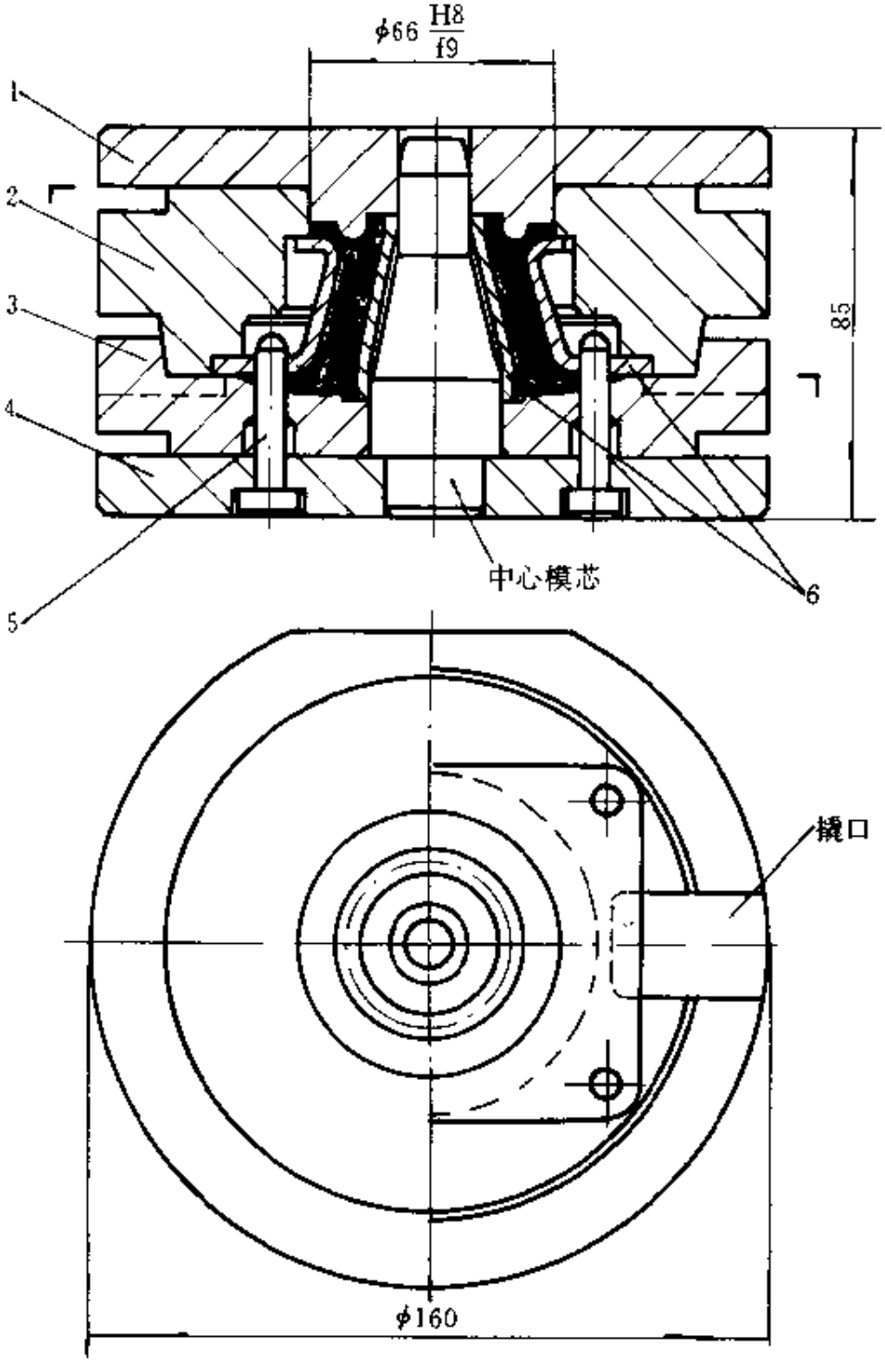


图 22-147　碟形橡胶减震器模具结构

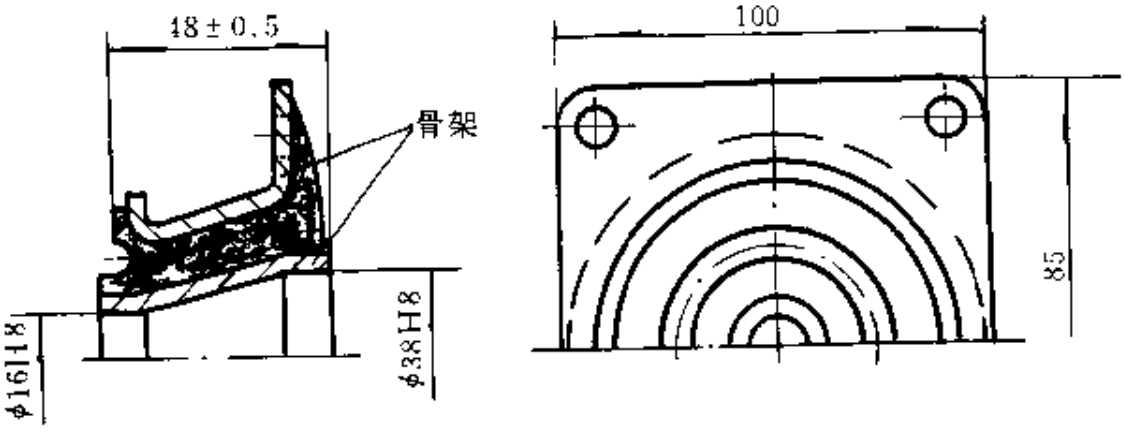


图 22-148 碟形橡胶减震器（材料：橡胶 1152）

【说明】

该模制品采用直压式加料压铸模，开合安全、简便、保证制品质量。下模，4 孔定位模芯装配时，只装二件（对角装配、其中 2 孔备用）。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	骨架	1 套	ZG35		
5	定位模芯	共 4	45	HRC48～52	淬火
4	下模	1	45	HRC28～32	调质
3	下中模	1	45	HRC28～32	调质
2	上中模	1	45	HRC28～32	调质
1	上模	1	45	HRC38～42	淬火

（3）组合式橡胶避震器模具（如图 22-149 所示，制品见图 22-150）

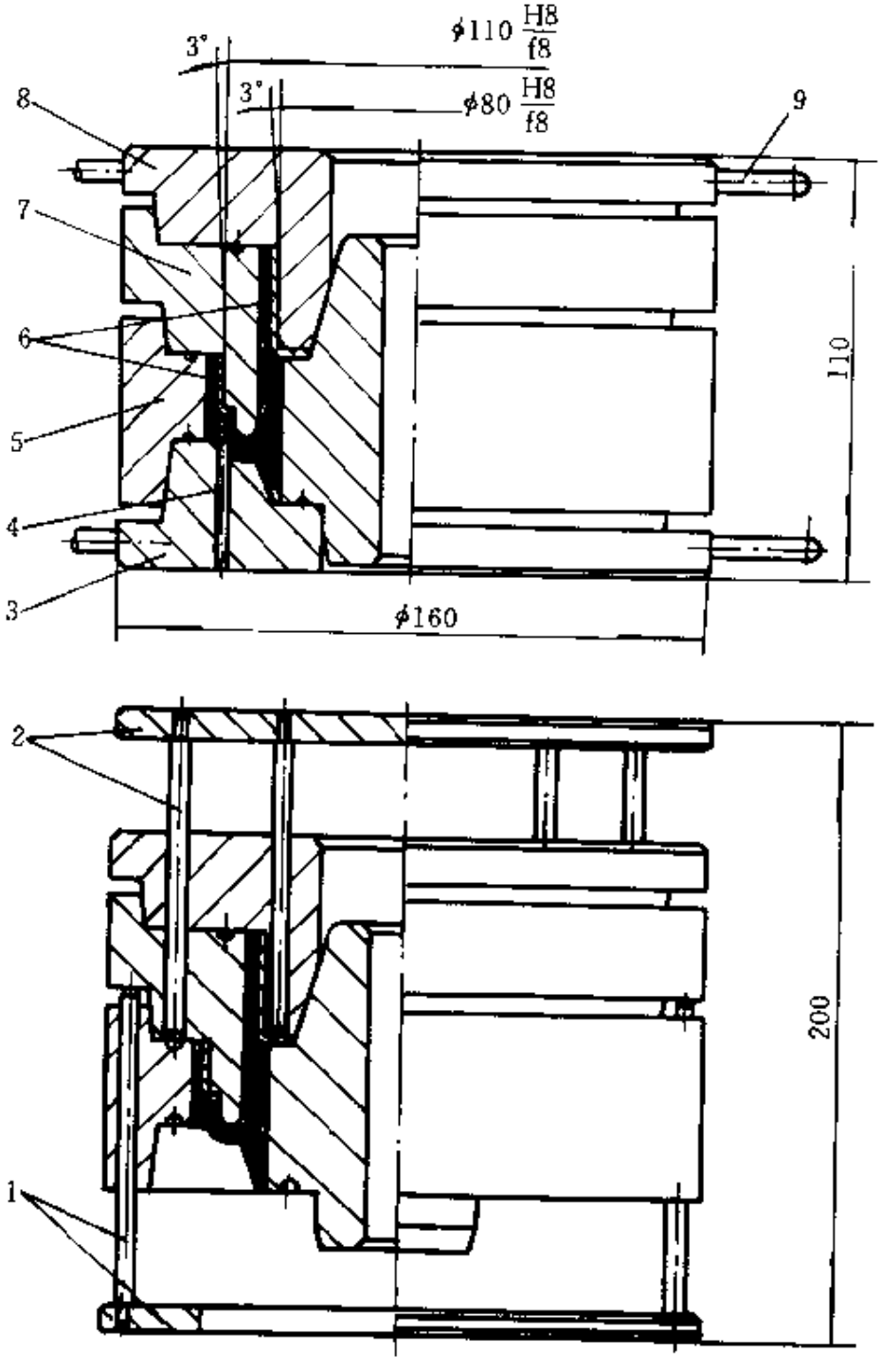


图 22-149　组合式橡胶避震器模具结构

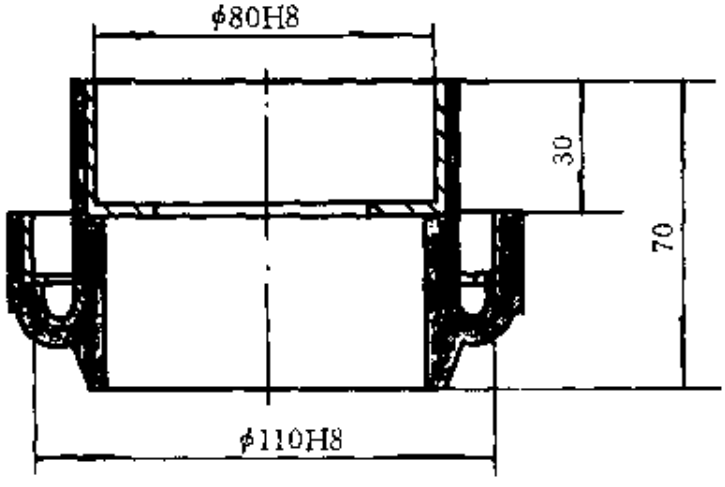


图 22-150　组合式橡胶避震器（材料：耐油橡胶）

【说明】

该模制品为组合式避震器，由于带有二件薄壁骨架，应配有简易顶出装置，该模结构合理、开合方便。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
9	手把	4	45		
8	上模	1	45	HRC28～32	调质
7	上中模	1	45	HRC28～32	调质
6	骨架	各1	20		回火
5	下中模	1	45	HRC28～32	调质
4	定位销	4	T10A	HRC48～52	淬火
3	下模	1	45	HRC28～32	调质
2	上顶器	1套	45	HRC38～42	顶杆淬火
1	下顶器	1套	45	HRC38～42	顶杆淬火

（4）避震器弹簧调节高度压铸模（如图 22-151 所示，制品见图 22-152）

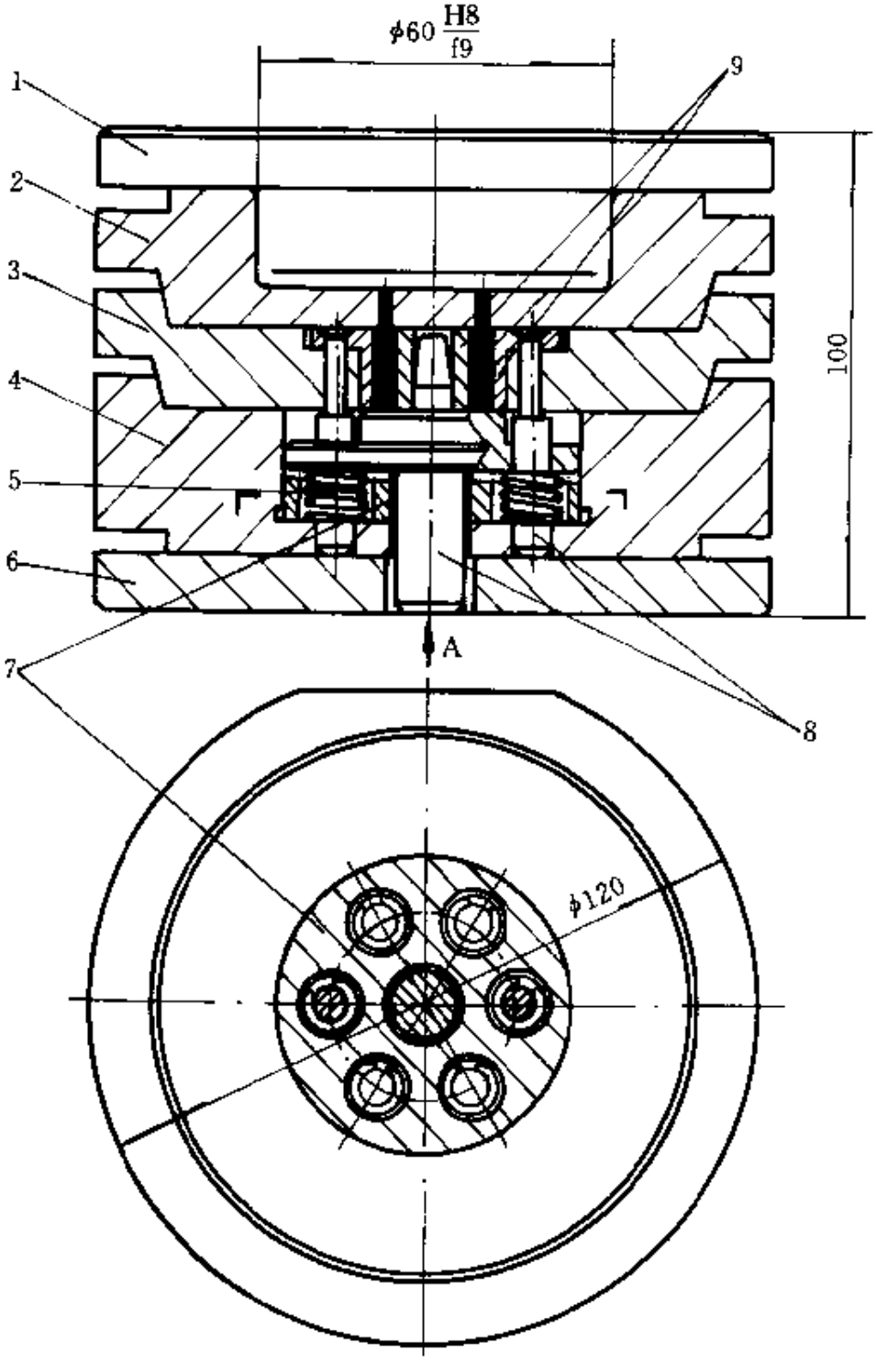


图 22-151　避震器弹簧调节高度压铸模结构

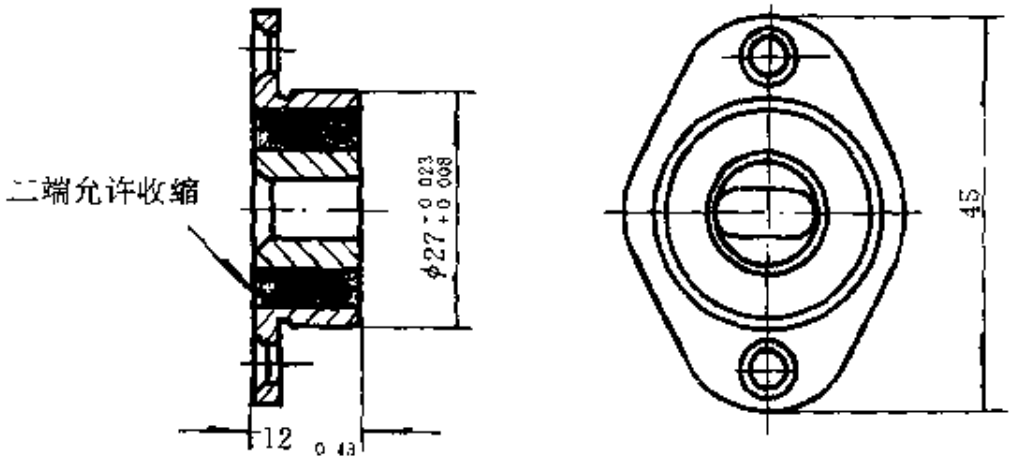


图 22-152 避震器（材料：橡胶 1152）

【说明】

该模制品高度公差较大，采用断面 $\phi3$ 弹簧 6 件，使用性能良好；当取掉压头、上模和垫块后，利用定位模芯中 A 端即可压出制品。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
9	骨架	1 套	20		
8	定位模芯	共 3	45	HRC48～52	淬火
7	弹簧隔垫	1	45		
6	垫块	1	45	HRC28～32	调质
5	弹簧	6	65Mn	HRC48～52	淬火
4	下模	1	45	HRC28～32	调质
3	中模	1	45	HRC28～32	调质
2	上模	1	45	HRC28～32	调质
1	压头	1	45	HRC42～48	淬火

（5）鼓形橡胶补偿接管模具（如图 22-153 所示，制品见图22-154）

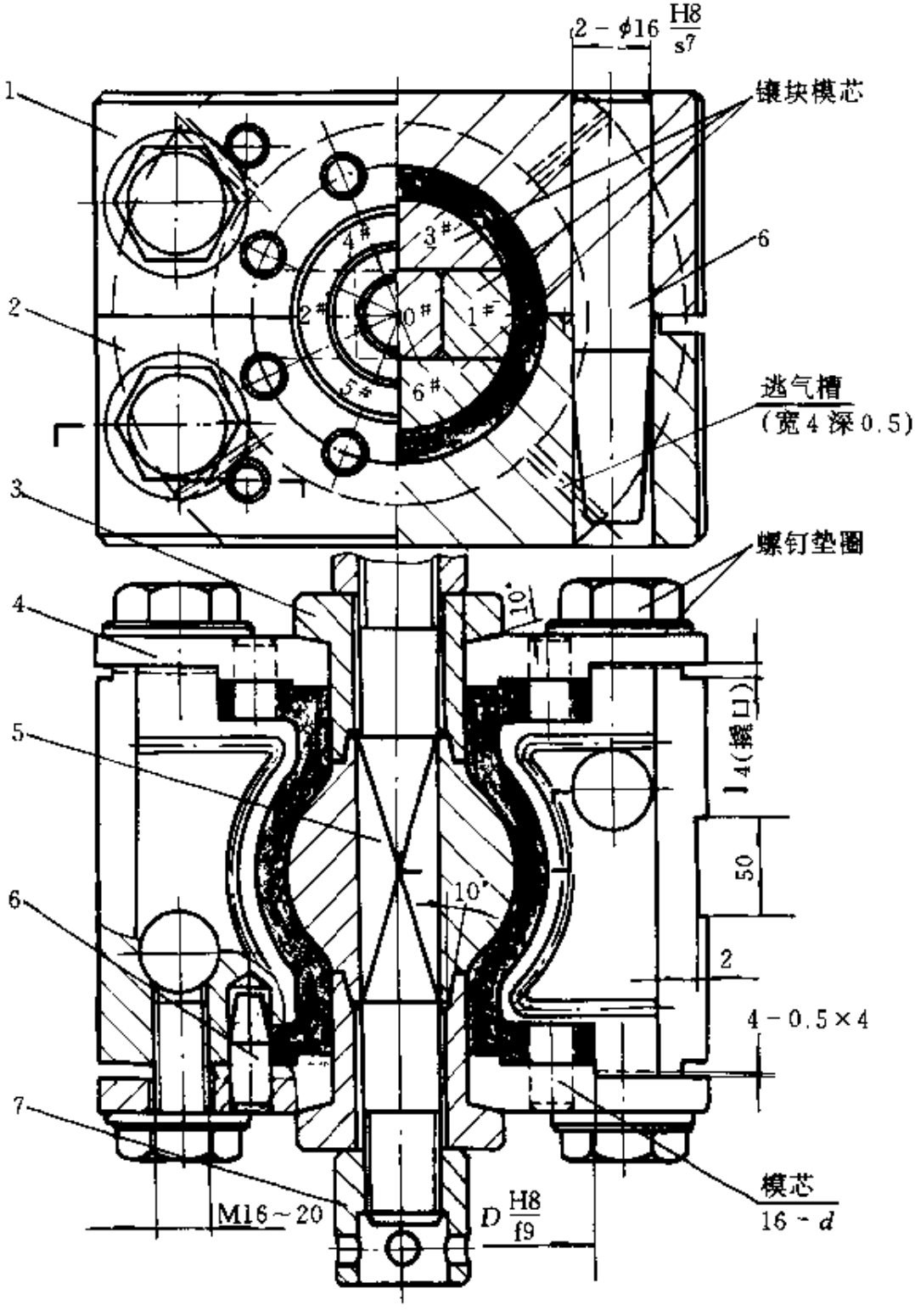


图 22-153　鼓形橡胶补偿接管模具结构

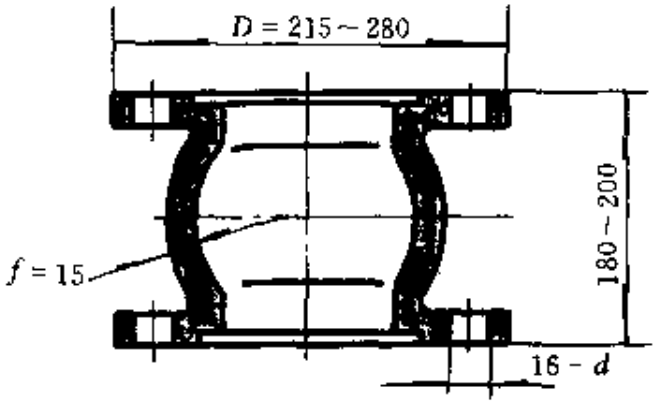


图 22-154　鼓形橡胶补偿接管（材料：橡胶 1164）

【说明】

该模制品中部外凸、壁偏厚，模芯应采用 6 块拼合结构。由于 16 孔模芯的影响，开模步骤如下：①先拆下二端圆螺母及 8 只六角螺钉；②利用撬口(4)打开堵头和中心模芯；③压出中心模芯；④打开上、下模；⑤最后按模芯顺序取出组合镶块。

注意：中心模芯断面 0#外形尺寸必须大于左右 1#、2#镶块。

零件表

序　号	名　称	数　量	材　料	热处理	备　注
7	压紧圆螺母	2	45	HRC28～32	调　质
6	导　销	8	45	HRC42～48	淬　火
5	中心模芯	1	45	HRC28～32	调　质
4	堵　头	2 付	45	HRC28～32	调　质
3	压紧垫圈	2	45	HRC38～42	淬　火
2	下　模	1	45	HRC28～32	调　质
1	上　模	1	45	HRC28～32	调　质

22.5 胶轮、胶带制品类模具结构

22.5.1 实芯轮胎

铁芯轮胎硫化模具结构如图 22-155 所示，制品见图 22-156。

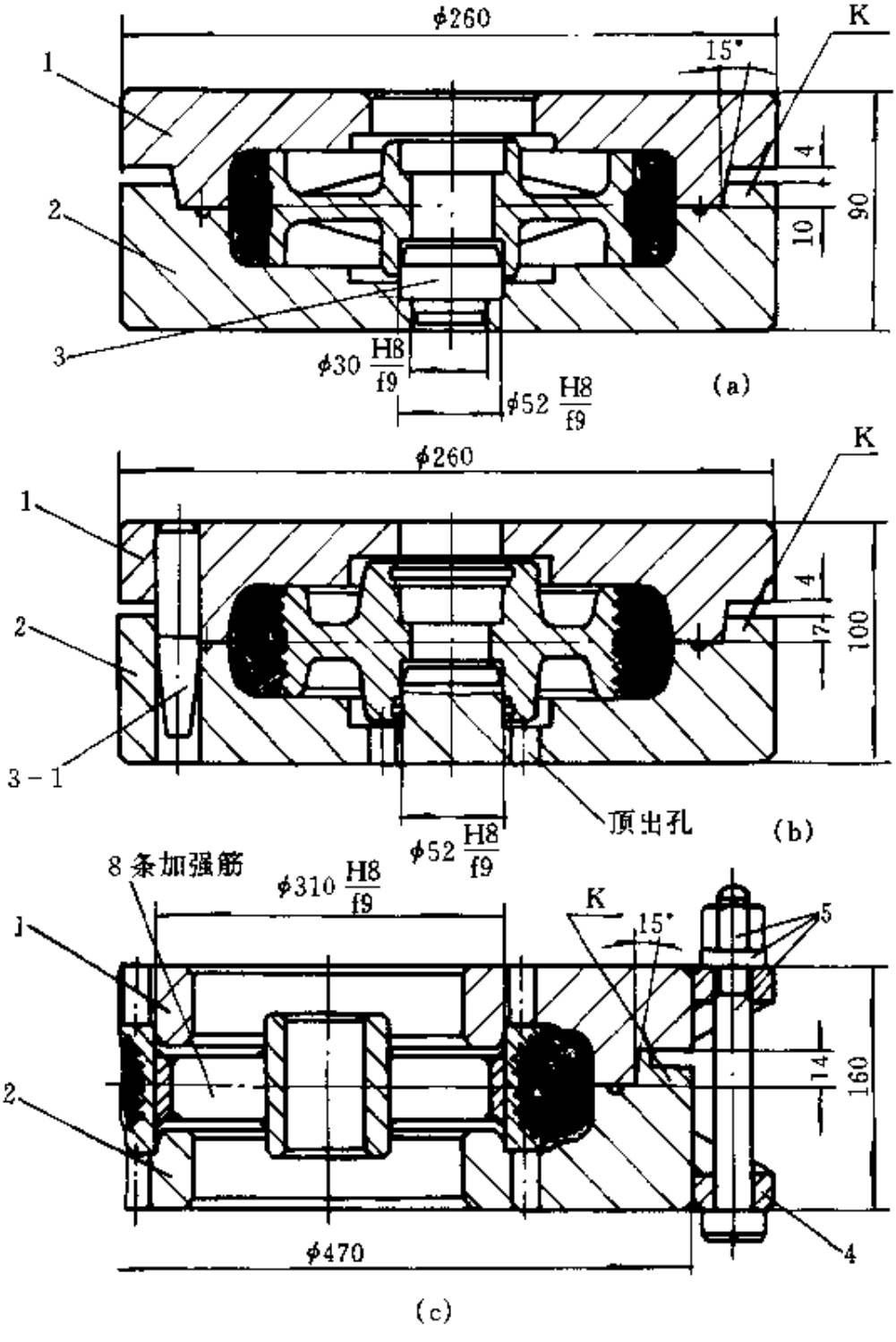


图 22-155 铁芯轮胎硫化模具结构

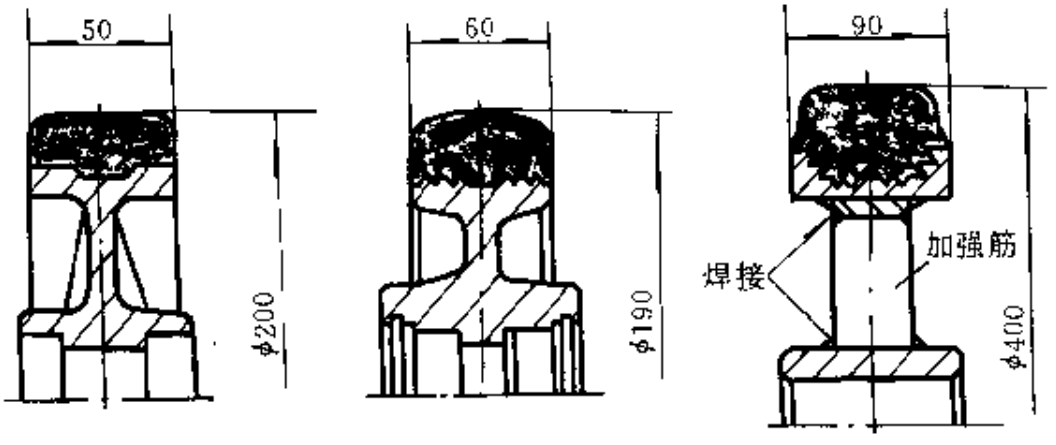


图 22-156　铁芯轮胎（材料：轮胎胶）

【说明】

(a)、(b) 模为铁芯胶轮制品模具典型结构，在轮缘外径齿形凹槽较多、耗胶量较大（即半成品胶料高度较高）情况下，需装置三个导销；上、下模需各装手把二个。

(c) 模结构适用于>400mm 铁芯胶轮，模具采用模压、蒸缸两用硫化结构。

(a)、(b)、(c) 模中 K 处表示圆周上开置 10～14mm 缺口 4 处，便于逃溢空气和余料。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
5	螺栓、螺母	4～8 套	45	HRC28～32	调质
4	镶圈	2	45	HRC28～32	调质
3-1	导销	3	45	HRC42～48	淬火
3	定位模芯	1	45	HRC42～48	淬火
2	下模	1	45	HRC28～32	调质
1	上模	1	45	HRC28～32	调质

22.5.2 镶嵌轮胎

装配式橡胶轮硫化模结构如图 22-157 所示，制品见图 22-158。

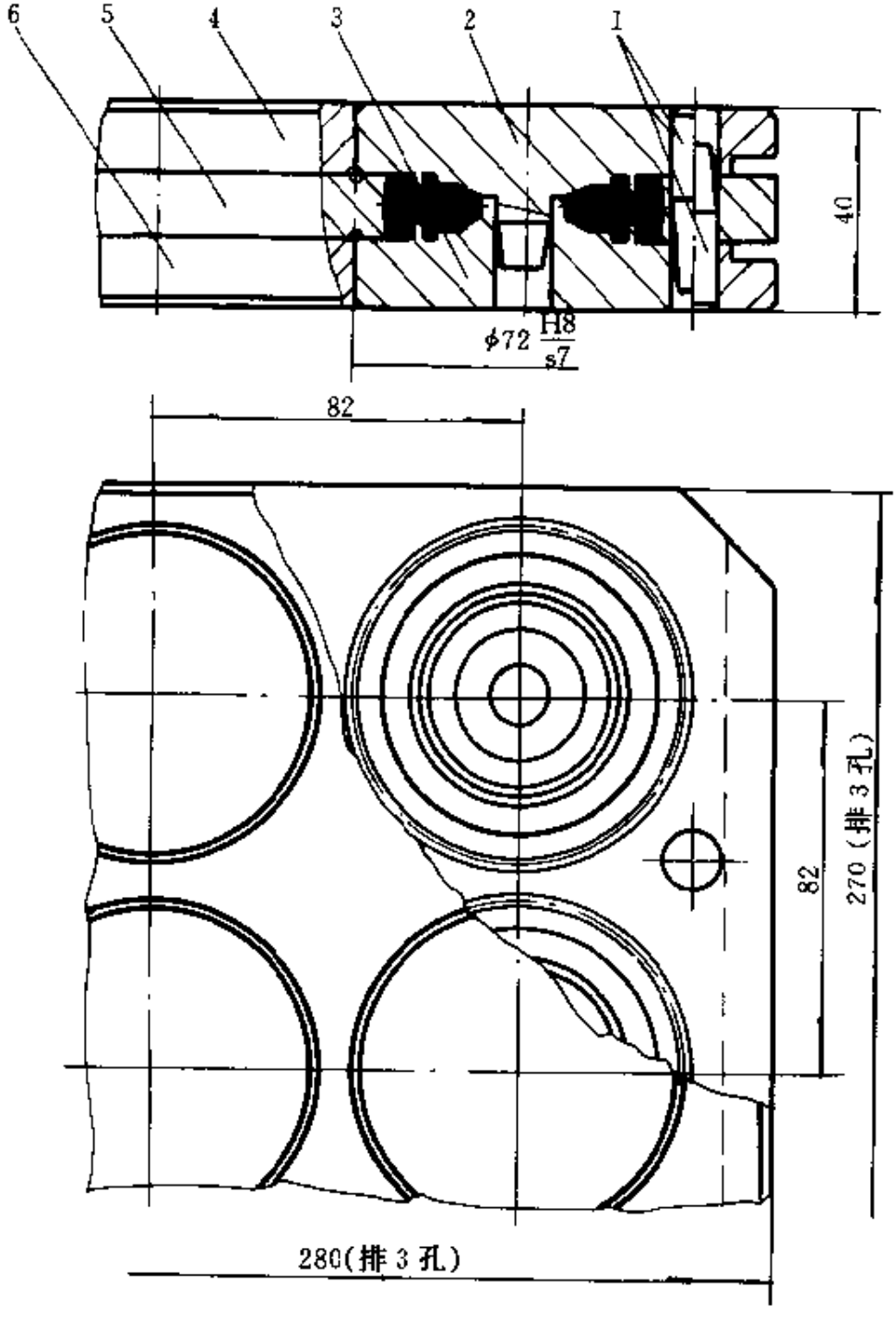


图 22-157　装配式橡胶轮硫化模结构

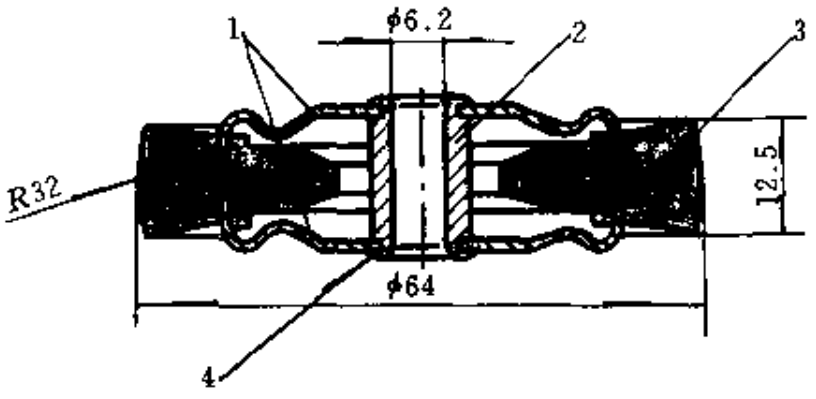


图 22-158 装配式橡胶轮（材料：轮胎胶）

1—轮缘；2—轴芯；3—胶轮；4—反口铆接

【说明】

该模具结构简单，加料、开合方便，制品外观质量好。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	下模	1	45	HRC28～32	调质
5	中模	1	45	HRC28～32	调质
4	上模	1	45	HRC28～32	调质
3	下模芯	9	45	HRC38～42	淬火
2	上模芯	9	45	HRC38～42	淬火
1	导销	各 2	45	HRC38～42	淬火

22.5.3 空芯轮胎

空芯胶轮（无模芯、充气式）硫化模具结构如图 22-159 所示，制品见图 22-160。

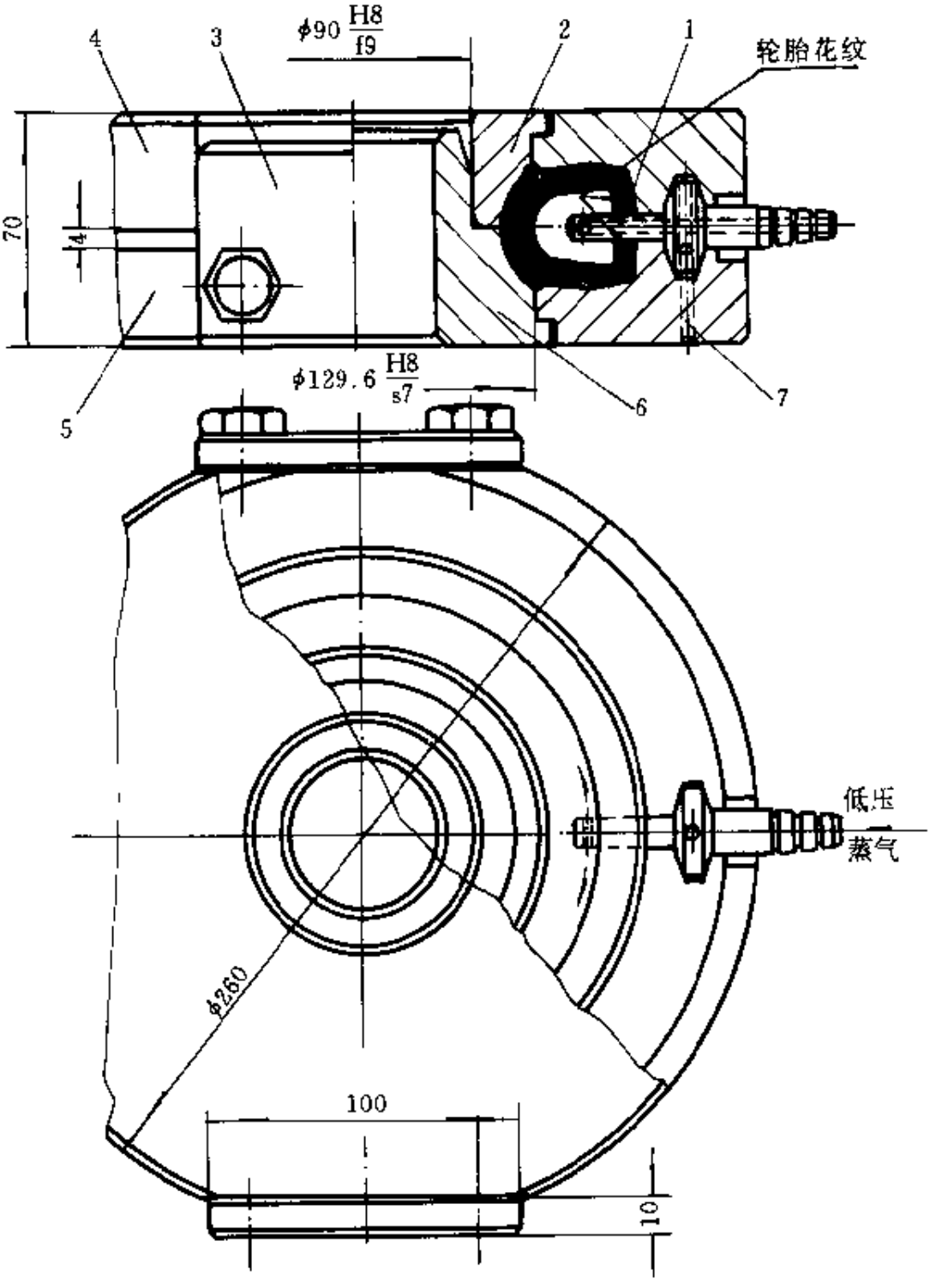


图 22-159 空芯胶轮硫化模具结构

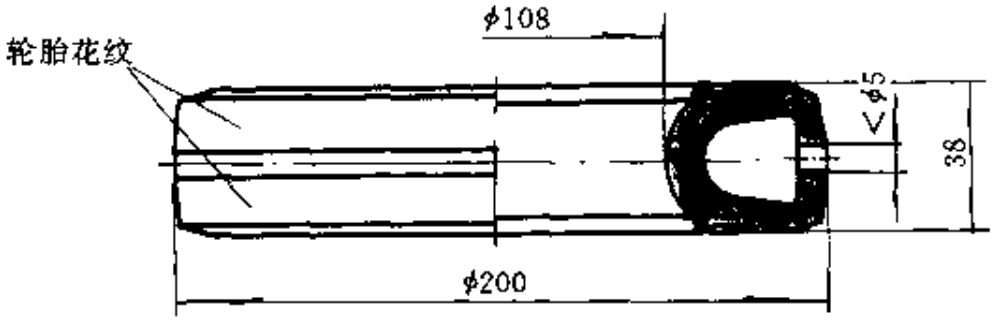


图 22-160　空芯胶轮（材料：轮胎胶）

【说明】

该模制品为空芯胶轮，采用无模芯气压硫化工艺。该模结构新颖，但半成品必须采用挤出胶管 45°斜切、蘸苯，粘接后充气硫化。

为刻制轮胎花纹便利，该模采用上镶块和下镶块，刻制时压出镶块。上、下模需装手把各两件。定位挡扳起气嘴合模时定位作用。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
7	定位销	1	45	HRC48～52	淬火
6	下镶块	1	45	HRC28～32	调质
5	下模	1	45	HRC28～32	调质
4	上模	1	45	HRC28～32	调质
3	定位挡板	2	45	HRC28～32	调质
2	上镶块	1	45	HRC28～32	调质
1	气嘴	1	45	HRC28～32	调质

22.5.4 胶轮

(1) $1\frac{1}{2}$"橡胶脚轮硫化模（如图 22 161 所示，制品见图 22-162）

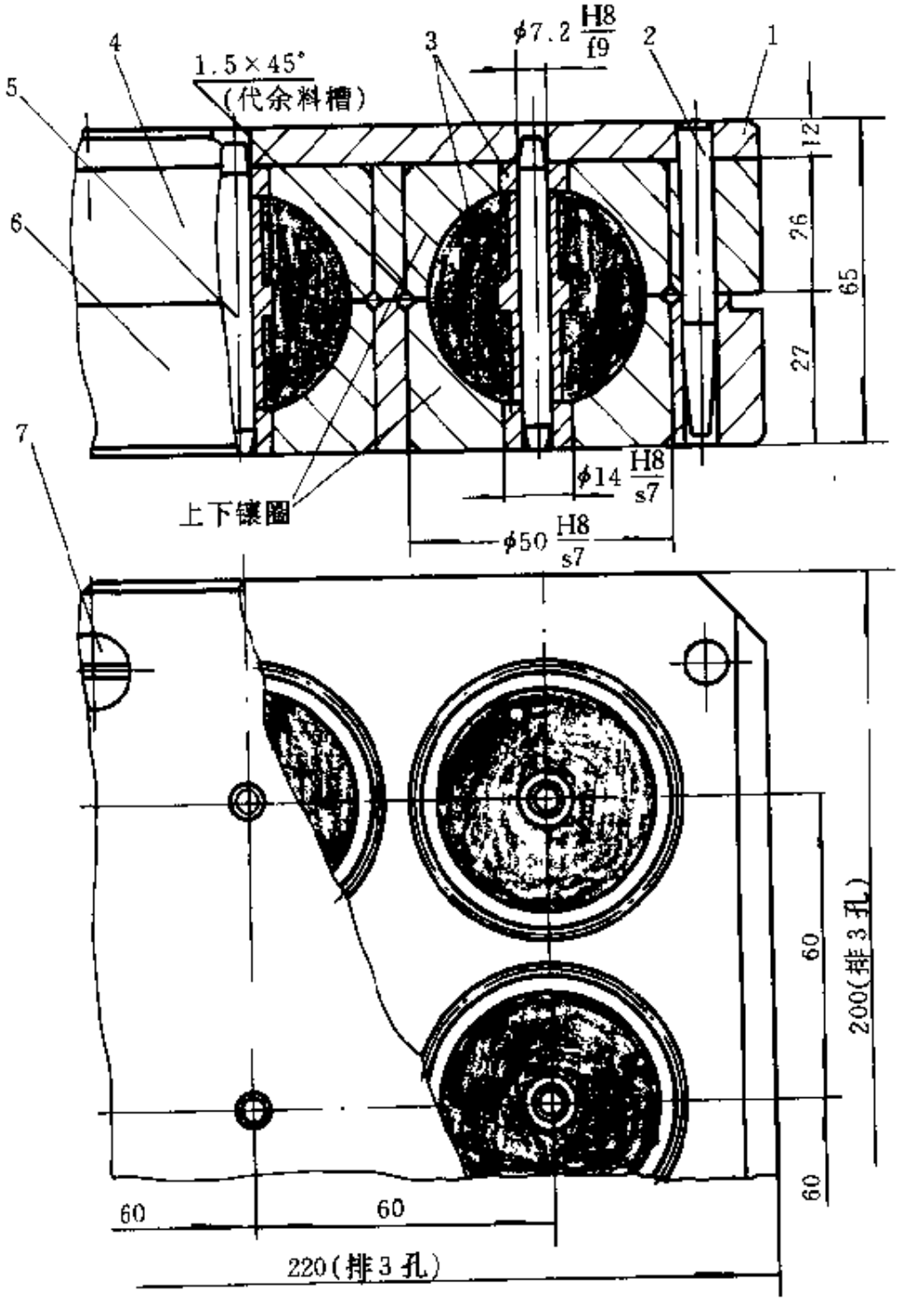


图 22-161 $1\frac{1}{2}$"橡胶脚轮硫化模结构

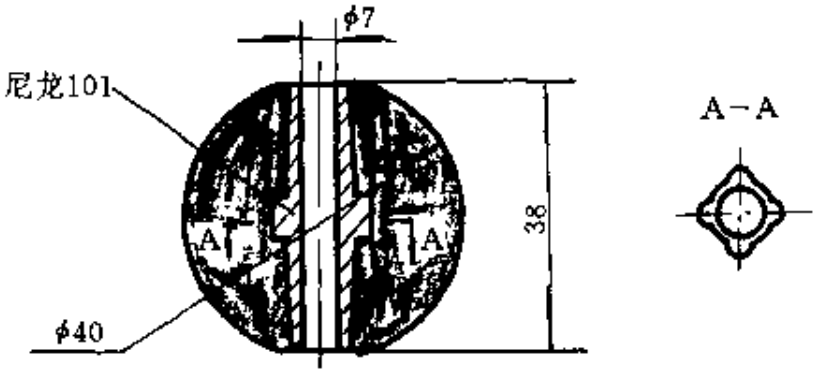


图 22-162　$1\frac{1}{2}$"橡胶脚轮（材料：轮胎橡胶）

【说明】

该模属大批量生产模具，全部采用镶芯镶圈结构，有利于镀铬抛光和调换损坏零件。模具硫化后开模时首先敲出中心定位销。上下模需装手把各 2 个。

嵌件采用等外品尼龙或耐磨塑料模压。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
7	沉头螺钉	8			M8×20
6	下　模	1	45	HRC28～32	调质
5	中心定位销	9	T10A	HRC42～48	淬火
4	上　模	1	45	HRC28～32	调质
3	上、下镶圈	各 9	T10A	HRC42～48	淬火
2	导　销	3	45	HRC42～48	淬火
1	压　板	1	45	HRC28～32	调质

（2）橡胶滚轮硫化模具之一（如图 22-163 所示，制品见图 22-164）

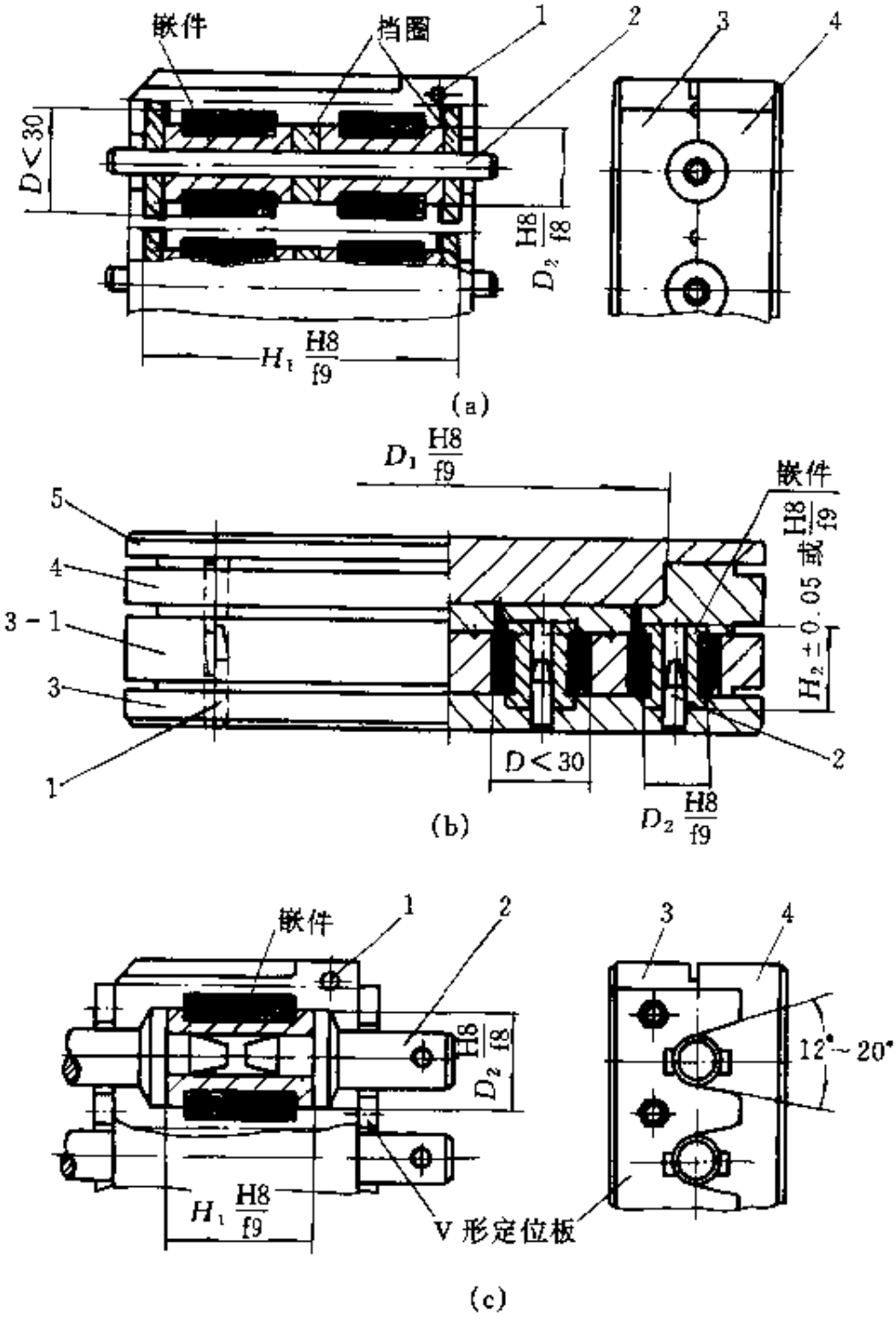


图 22-163　橡胶滚轮硫化模具结构之一

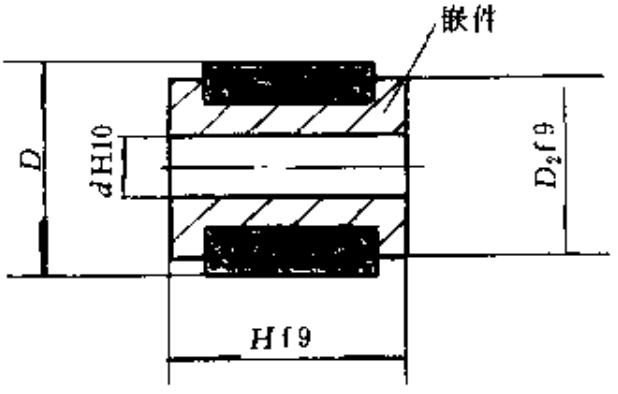


图 22-164　橡胶滚轮（材料：橡胶 4172）

【说明】

(a) 模采用挡圈定位结构，模具加工、使用均方便，并可选配或调节 H_1 配合间隙量。适用于 $D<30$mm 多孔制品。

(b) 模采用压铸模结构，制品无轴向分型面外观质量好、工效高。适用于 $D<30$mm 多孔制品。

(c) 模采用带锥面模芯定位，适用于 $H_1>50$mm 多孔制品。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
5	压头	1	45	HRC42～48	淬火
4	上模	1	45	HRC28～32	调质
3-1	中模	1	45	HRC28～32	调质
3	下模	1	45	HRC28～32	调质
2	模芯	多孔	45	HRC42～48	淬火
1	导销	各 3	45	HRC42～48	淬火

（3）橡胶滚轮硫化模具之二（如图 22-165 所示，制品见图 22-166）

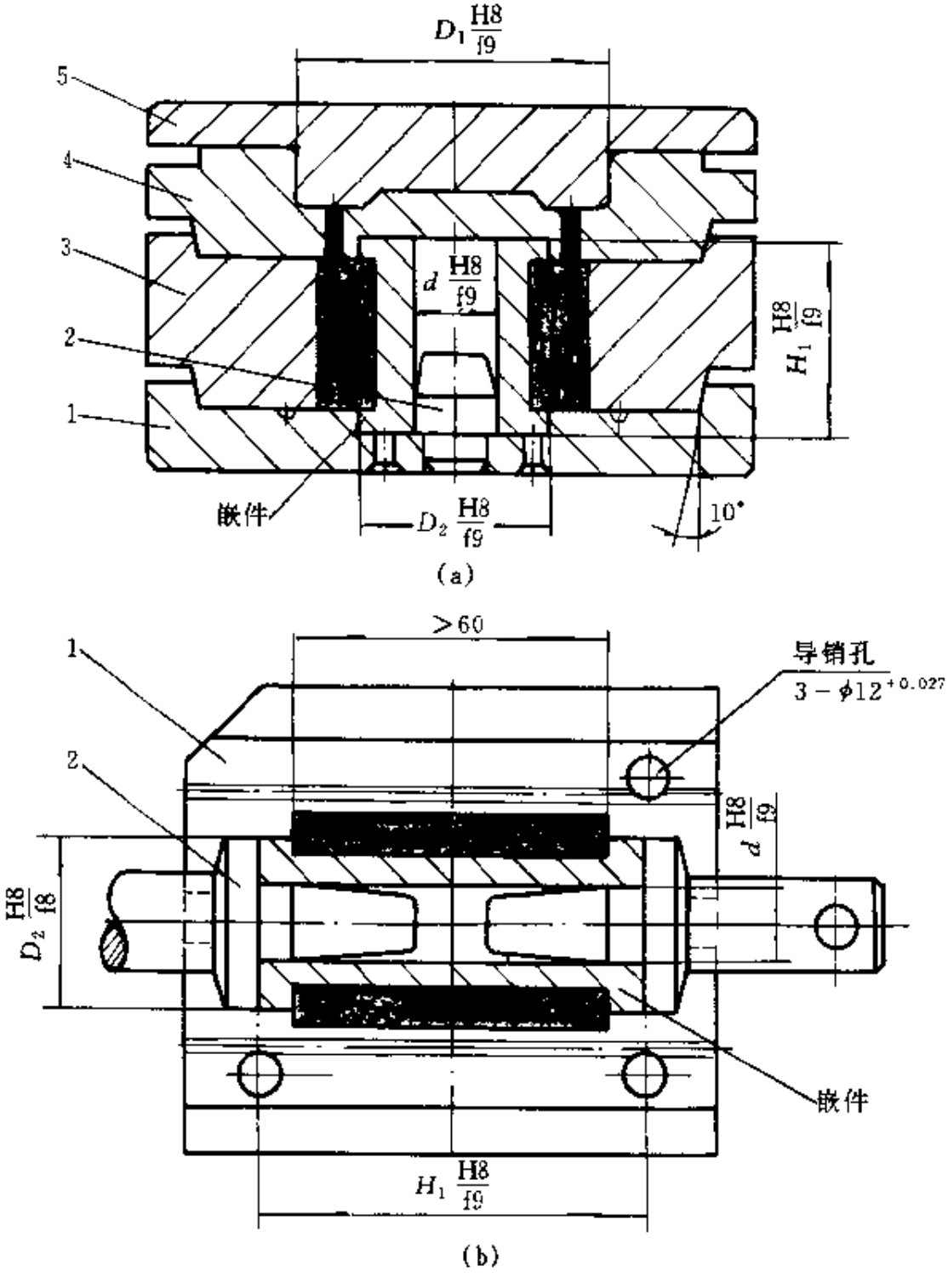


图 22-165　橡胶滚轮硫化模具结构之二

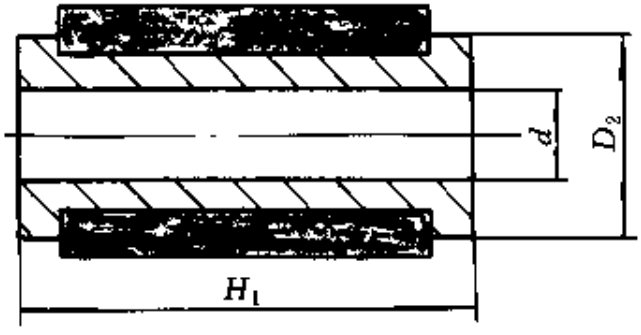


图 22-166 橡胶滚轮（材料：橡胶 4172）

【说明】

（a）模采用单腔压铸模结构，适用于 $H_1<60$mm、$D_2>60$mm 滚轮制品。

（b）模结构适用于细长滚轮制品，该模加料、取件均较方便，卧式结构模具受热均匀，结构简单。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
5	压料头	1	45	HRC38～42	淬火
4	上模兼料腔	1	45	HRC28～32	调质
3	中模	1	45	HRC28～32	调质
2	模芯	(a)1,(b)2	45	HRC38～42	淬火
1	下模	1	45	HRC28～32	调质

（4）水泵叶轮橡胶压铸模（如图 22-167 所示，制品见图 22-168）

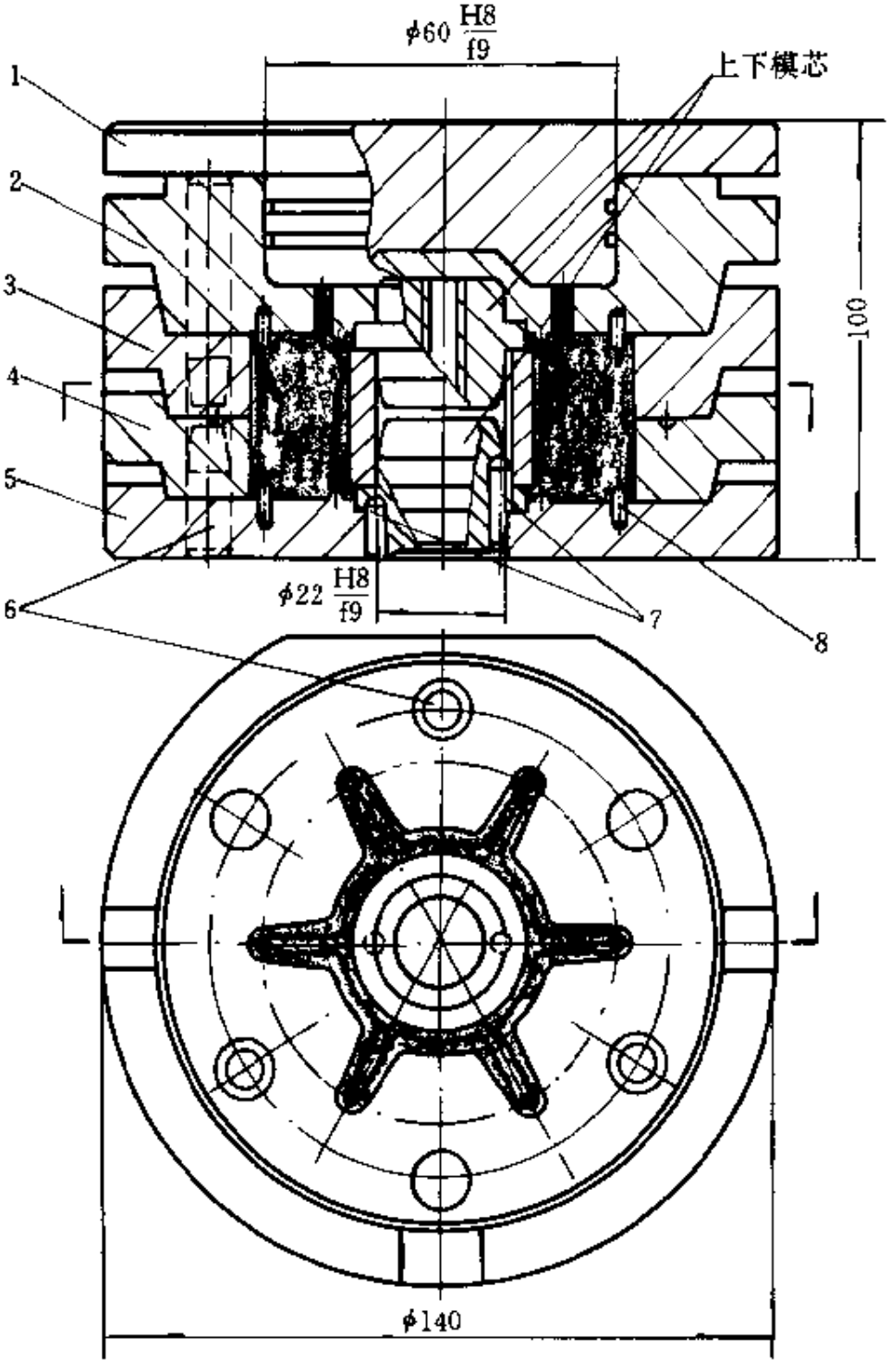


图 22-167　水泵叶轮橡胶压铸模结构

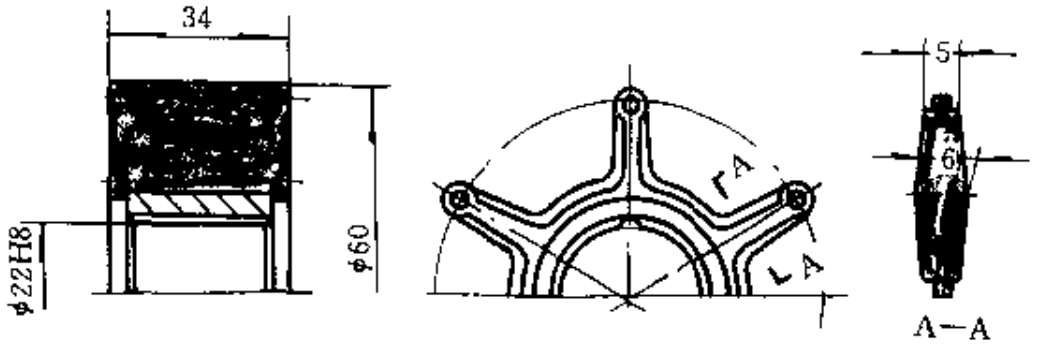


图 22-168 水泵叶轮（材料：橡胶 I -3）

【说明】

为了便于加料，该模采用带料腔压铸模结构。由于料腔底部装配模芯，厚度过薄，为避免变形，采用 45°凹凸加强结构。

该模结构合理、操作安全，制品质量好。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
8	圆头销	12	T10A	HRC48～52	淬火
7	两瓣模销	各 1	T10A	HRC48～52	淬火
6	导销	共 9	45	HRC38～42	淬火
5	下模	1	45	HRC28～32	调质
4	下中模	1	45	HRC28～32	调质
3	上中模	1	45	HRC28～32	调质
2	上模	1	45	HRC28～32	调质
1	压头	1	45	HRC38～42	淬火

22.5.5 胶带

（1）箍带垫橡胶硫化模（如图 22-169 所示，制品见图 22-170）

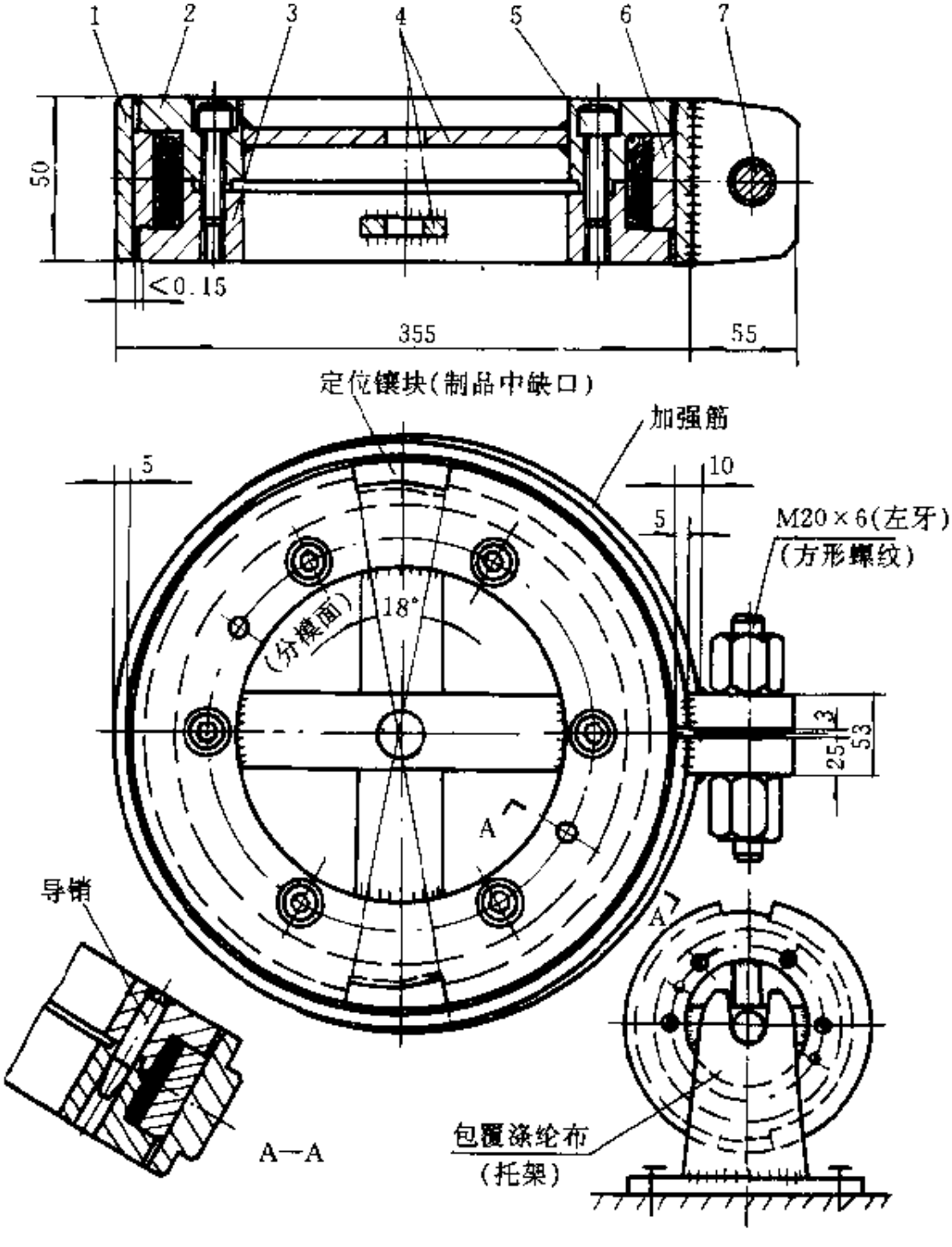


图 22-169 箍带垫橡胶硫化模结构

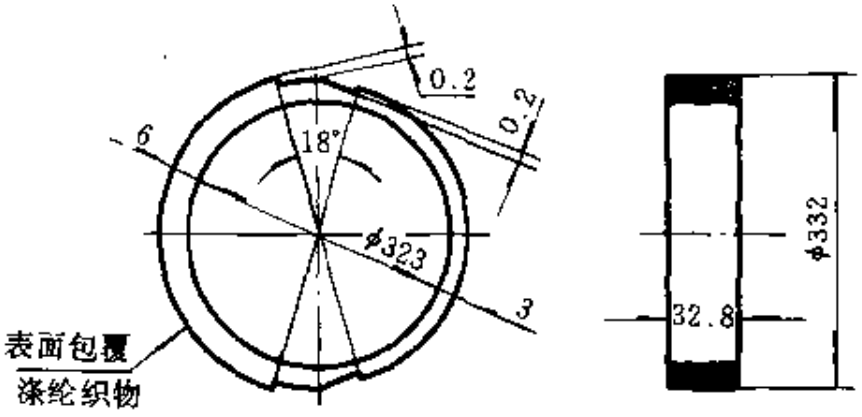


图 22-170 橡胶箍带垫（材料：硅橡胶，外包涤纶布）

【说明】

该模制品使用硫化平板或硫化罐硫化均可。模具中左右镶块由18°定位镶块定位。该模配有简单包布托架。外箍圈有条件最好选用弹簧钢或锻打成形；加强筋允许焊接成形（毛坯件）。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
7	双头螺栓、螺母	1套	45	HRC28～32	调质
6	镶块	左右各1	45	HRC28～32	调质
5	内六角螺钉	6			M10×30
4	连接块	各1	扁钢		10×50
3	下模	1	45	HRC28～32	调质
2	上模	1	45	HRC28～32	调质
1	外箍圈	1套	45	HRC28～32	调质

(2) 双孔 V 带硫化模具（如图 22-171 所示，制品见图 22-172）

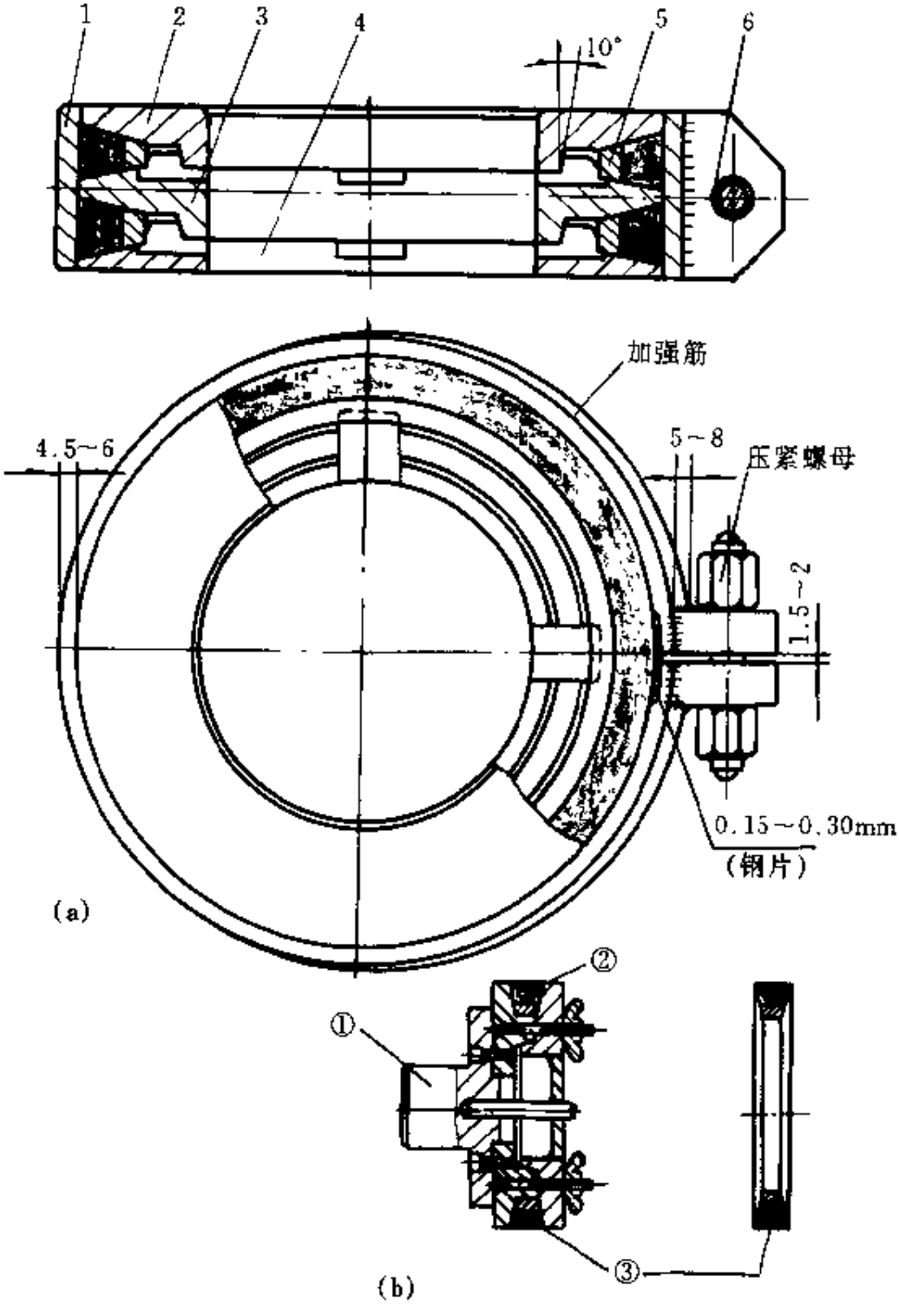


图 22-171 双孔 V 带硫化模具结构

(a) 模具结构；(b) 模具成型示意

① 绕线机机头；② 绕线、包布；③ 成型后毛坯

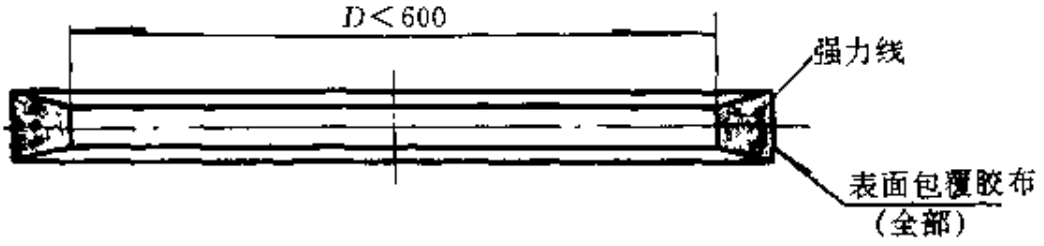


图 22-172　双孔 V 带（材料：夹线、包布耐磨橡胶）

【说明】

该模为典型 V 带双腔结构模具，由镶圈成型 V 带预制件，之后放入硫化模中进行硫化。镶圈数量按生产量而确定。该模结构形式也适用于平带和内齿形胶带生产。

为了减轻劳动强度，压紧螺母也可采用外接蜗轮蜗杆慢速、限位六角套筒开合。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	夹紧搭子	1付2块	45		焊接
5	成型圈	2	45	HRC28～32	调质
4	下模	1	45	HRC28～32	调质
3	中模	1	45	HRC28～32	调质
2	上模	1	45	HRC28～32	调质
1	外箍圈	1	65	HRC28～32	调质

22.6 橡胶膜片、阀门制品类模具结构

22.6.1 纯胶、夹布薄膜

（1）纯胶薄膜制品（钻孔或半圆间隙排气）硫化模（如图 22-173 所示，制品见图 22-174）

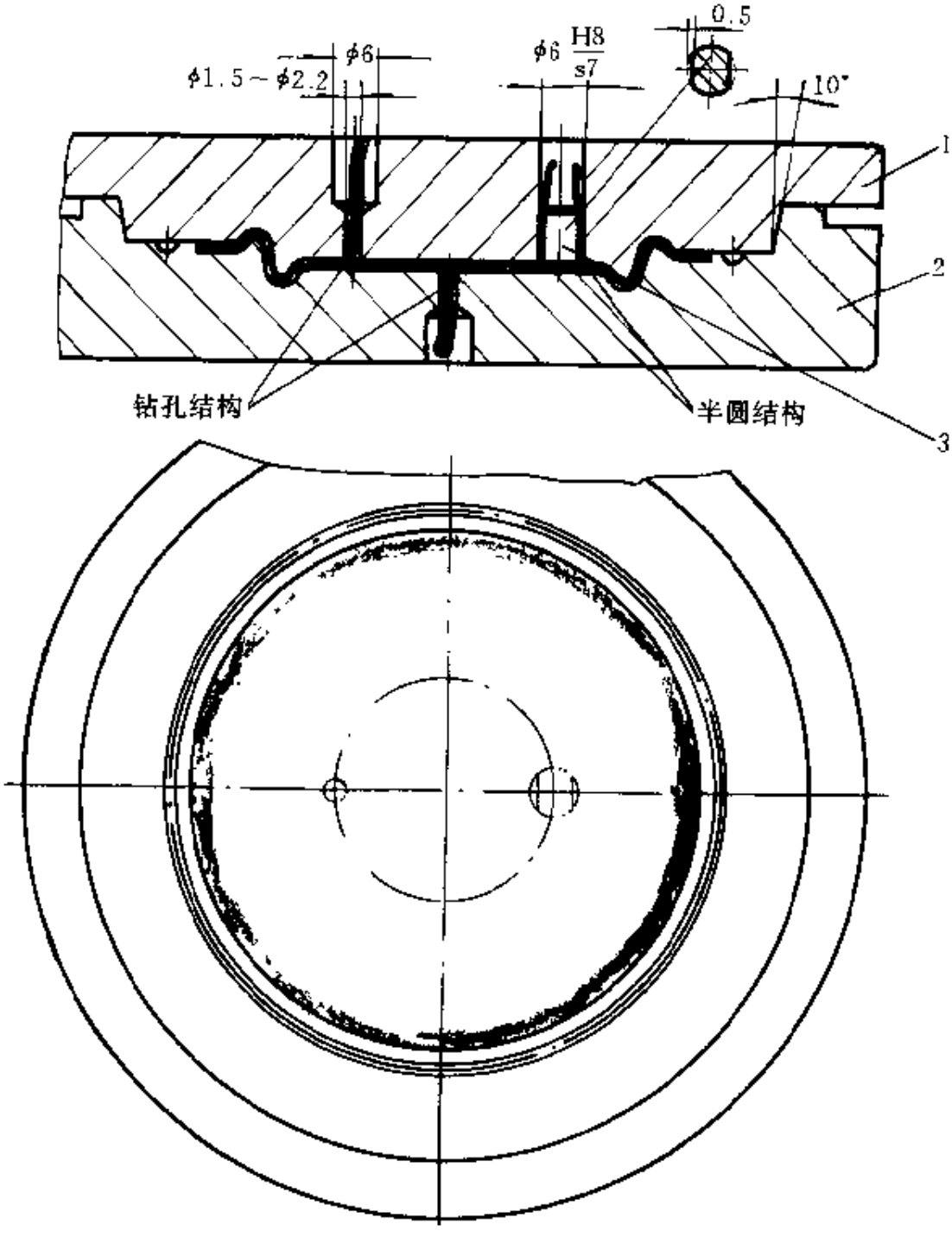


图 22-173 纯胶薄膜制品（钻孔或半圆间隙排气）硫化模结构

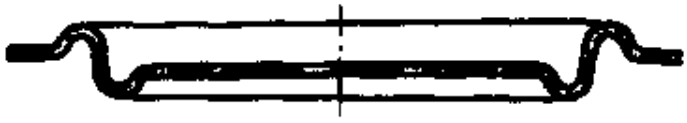


图 22-174　纯胶薄膜制品（材料：纯橡胶）

【说明】

该模制品为纯胶薄膜。由于制品带有两个圆槽，空气不易排泄模外，易产生气泡或缺损，可钻孔或装置带有半圆镶芯排气。

装置带有半圆镶芯优于钻孔结构——易于修边、痕迹小。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
3	带半圆镶芯	3	45	HRC42～48	淬火
2	下模	1	45	HRC28～32	调质
1	上模	1	45	HRC28～32	调质

（2）夹织物薄膜制品（压簧式排气）模具（如图 22-175 所示，制品见图 22-176）

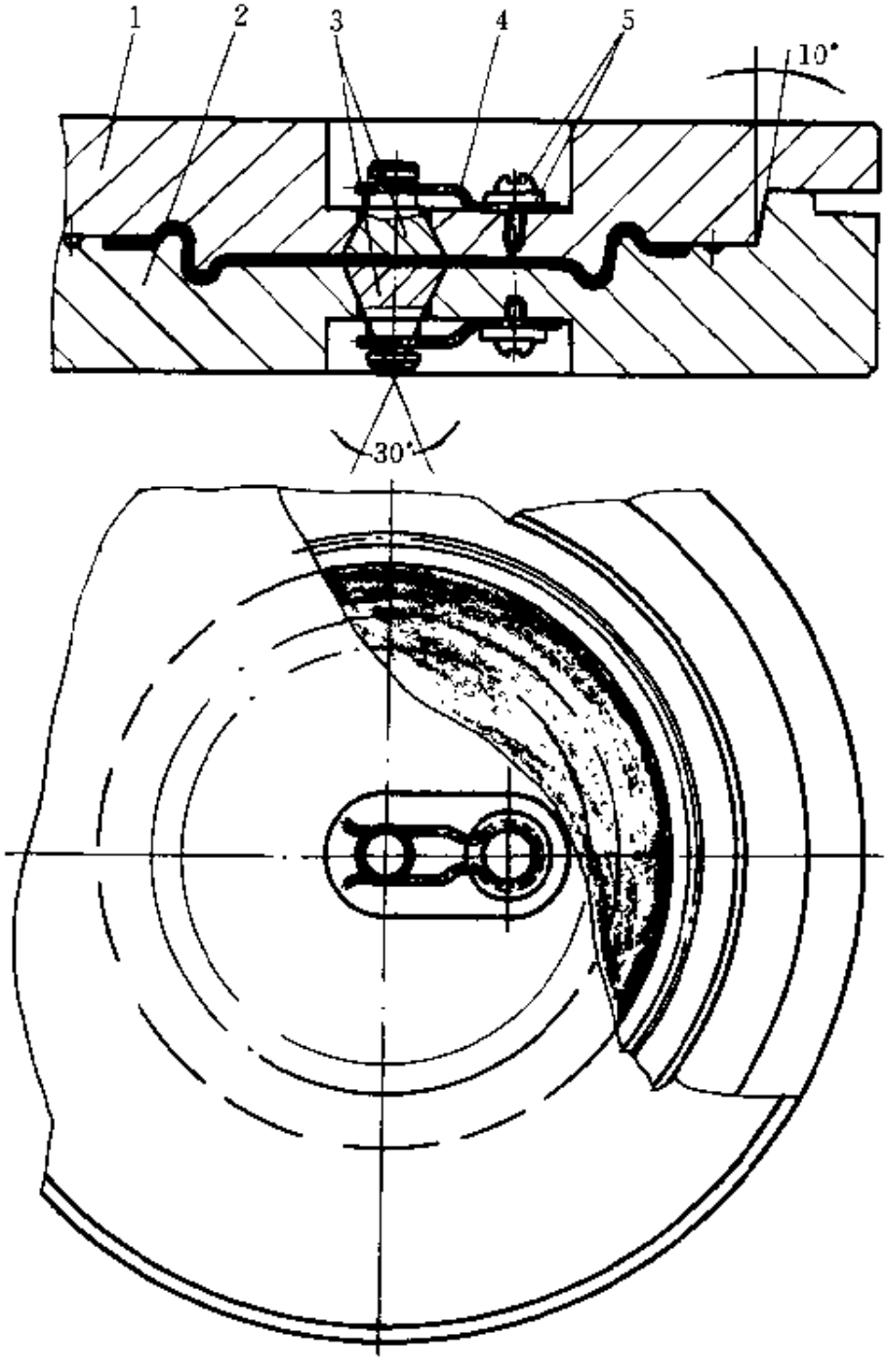


图 22-175　夹织物薄膜制品（压簧式排气）模具结构

图 22-176　夹织物薄膜（材料：夹织物橡胶）

【说明】

该模为夹制尼龙、锦纶等薄膜制品。采用压簧式排气结构。其特点为易于排气、拆装方便；并能克服钻孔排气所引起的抽布起皱现象。

其工作原理为：不受压时，由于压簧作用使其锥形镶芯高于模腔平面，受压后，镶芯平齐或低于模腔平面 0.10mm。该结构可任意调节或压出镶芯清理飞边。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
5	螺钉、垫圈	各 2			M6×8
4	压　簧	2	弹簧钢	HRC42～48	$\phi2$～$\phi3$
3	锥型镶块	2	45	HRC42～48	淬　火
2	下　模	1	45	HRC28～32	调　质
1	上　模	1	45	HRC28～32	调　质

22.6.2 阀片、阀门

（1）橡胶阀隔膜硫化模（如图 22-177 所示，制品见图 22-178）

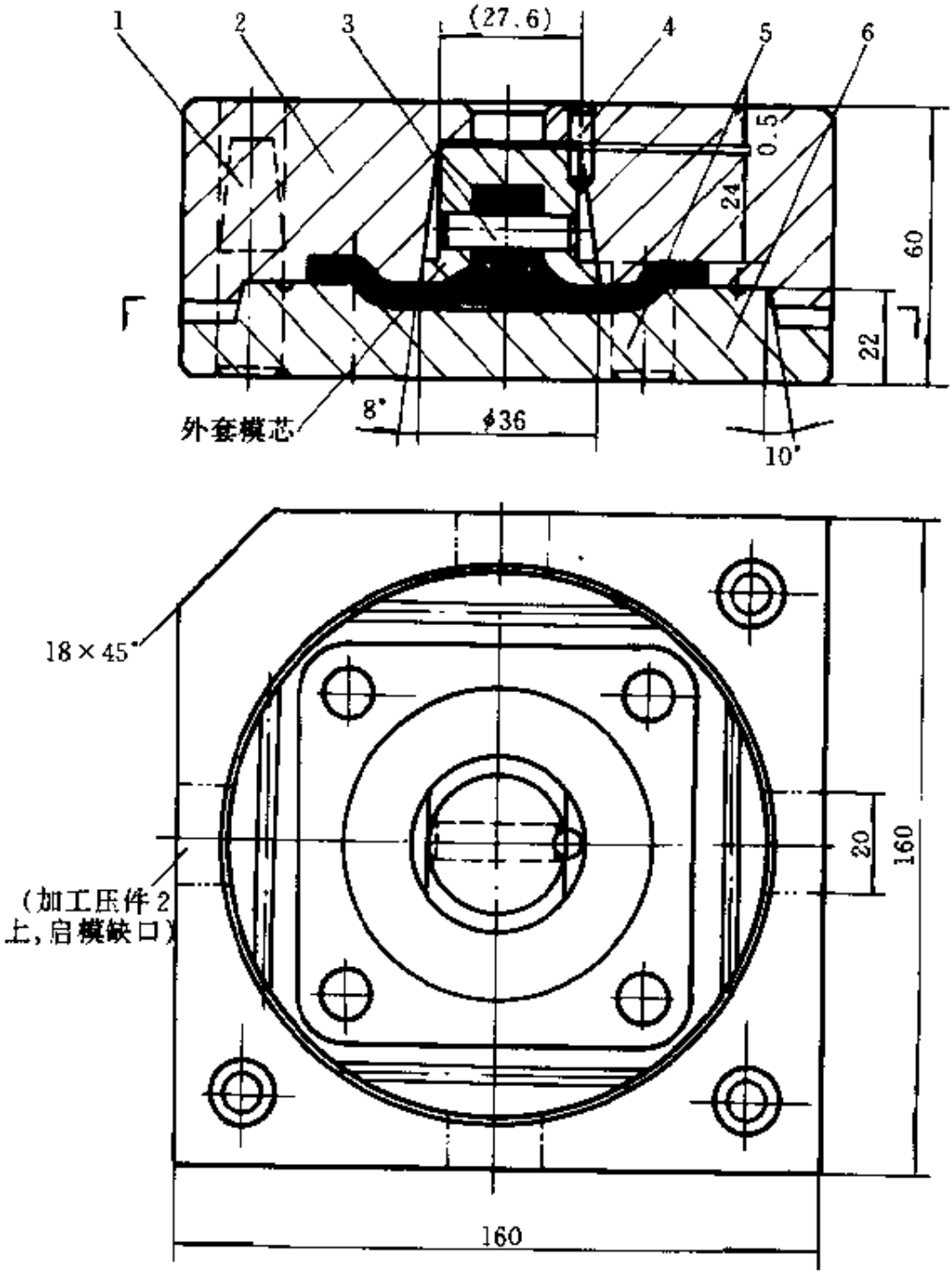


图 22-177 橡胶阀隔膜硫化模结构

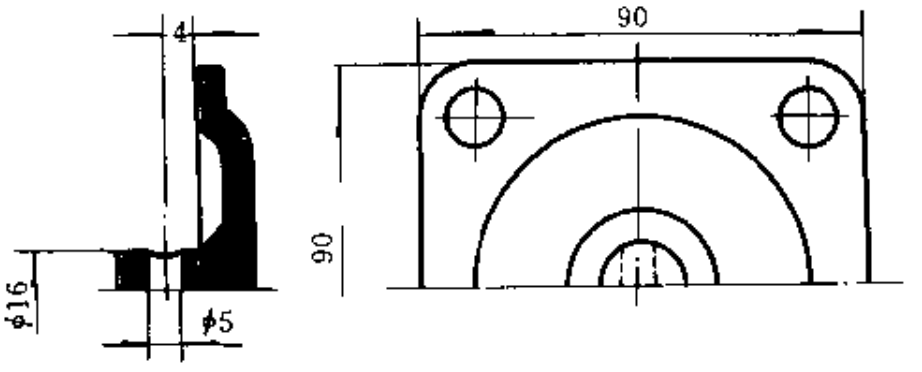


图 22-178 橡胶隔膜（材料：橡胶Ⅰ-3）

【说明】

该模制品形状简单，但由于制品的ϕ16搭子上带有ϕ5通孔，给模具结构设计带来一定困难。现采用8°锥面定位的外套模芯，开合方便，取出胶件后再取出模芯（件3）。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	上模	1	45	HRC28～32	调质
5	模芯	4	45	HRC48～52	淬火
4	两瓣模定位销	1	45	HRC48～52	淬火
3	模芯	1	45	HRC48～52	淬火
2	下模	1	45	HRC28～32	调质
1	导销	3	45	HRC38～42	淬火

（2）弹簧调节骨架高度橡胶主阀门硫化模（如图 22-179 所示，制品见图 22-180）

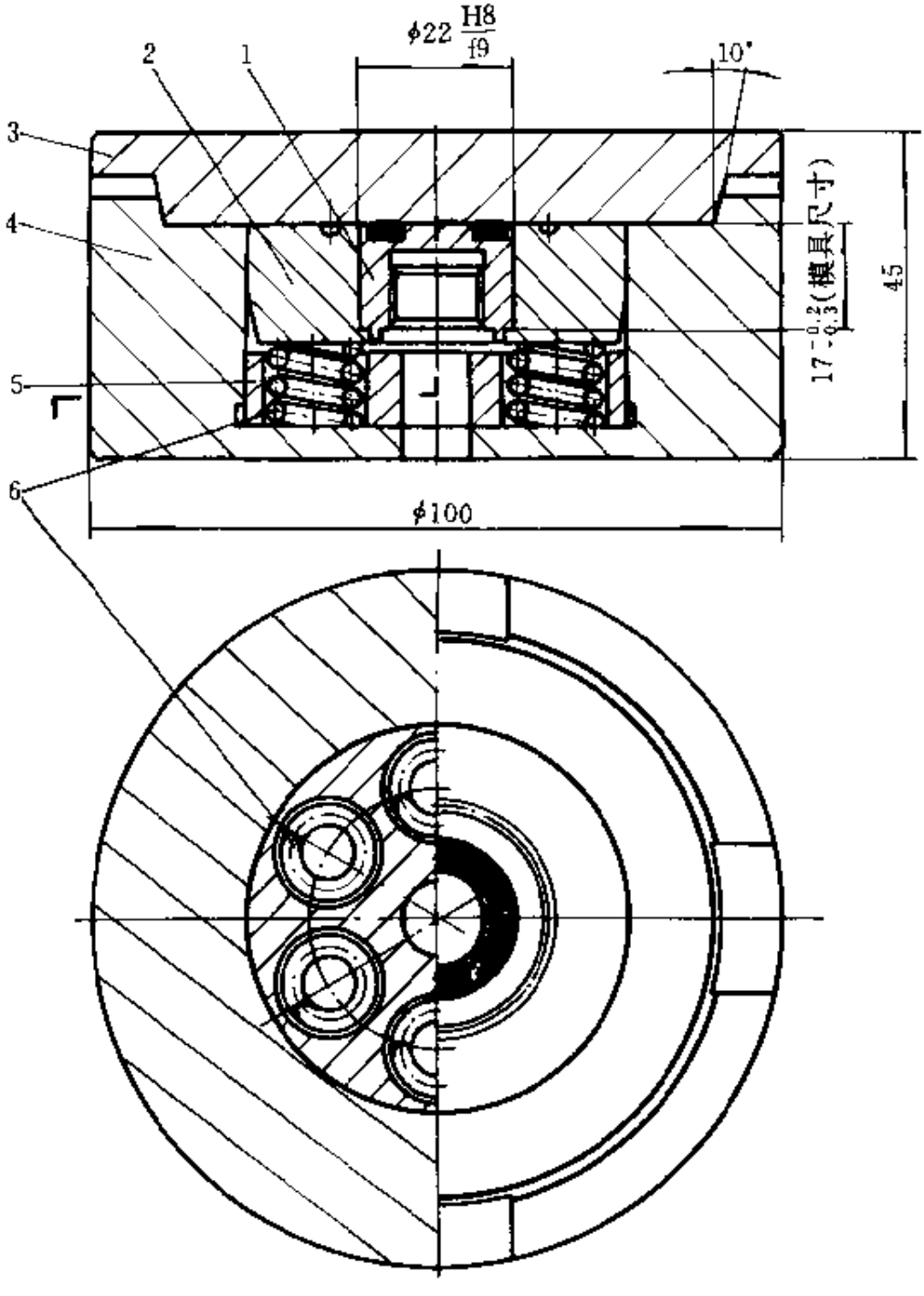


图 22-179　弹簧调节骨架高度橡胶主阀门硫化模结构

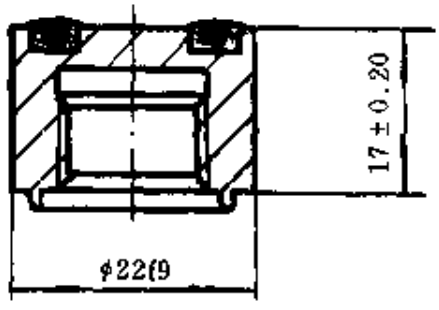


图 22-180　橡胶主阀门（材料：橡胶 3825）

【说明】

该模制品由于定位面狭窄，且高度允差一致性较难控制，可采用断面 3mm、间距 4mm、外径 14mm 的弹簧支撑并调节嵌件高度允差的模具结构。

其特点为使用可靠性好，嵌件不易损坏。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	弹簧	6	OBC	盘成后回火处理	
5	弹簧隔圈	1	45		
4	下模	1	45	HRC28～32	调质
3	上模	1	45	HRC28～32	调质
2	定位模芯	1	45	HRC42～48	淬火
1	金属嵌件	1			

(3)弹簧调节金属嵌件允差橡胶副阀门硫化模(如图 22-181 所示，制品见图 22-182)

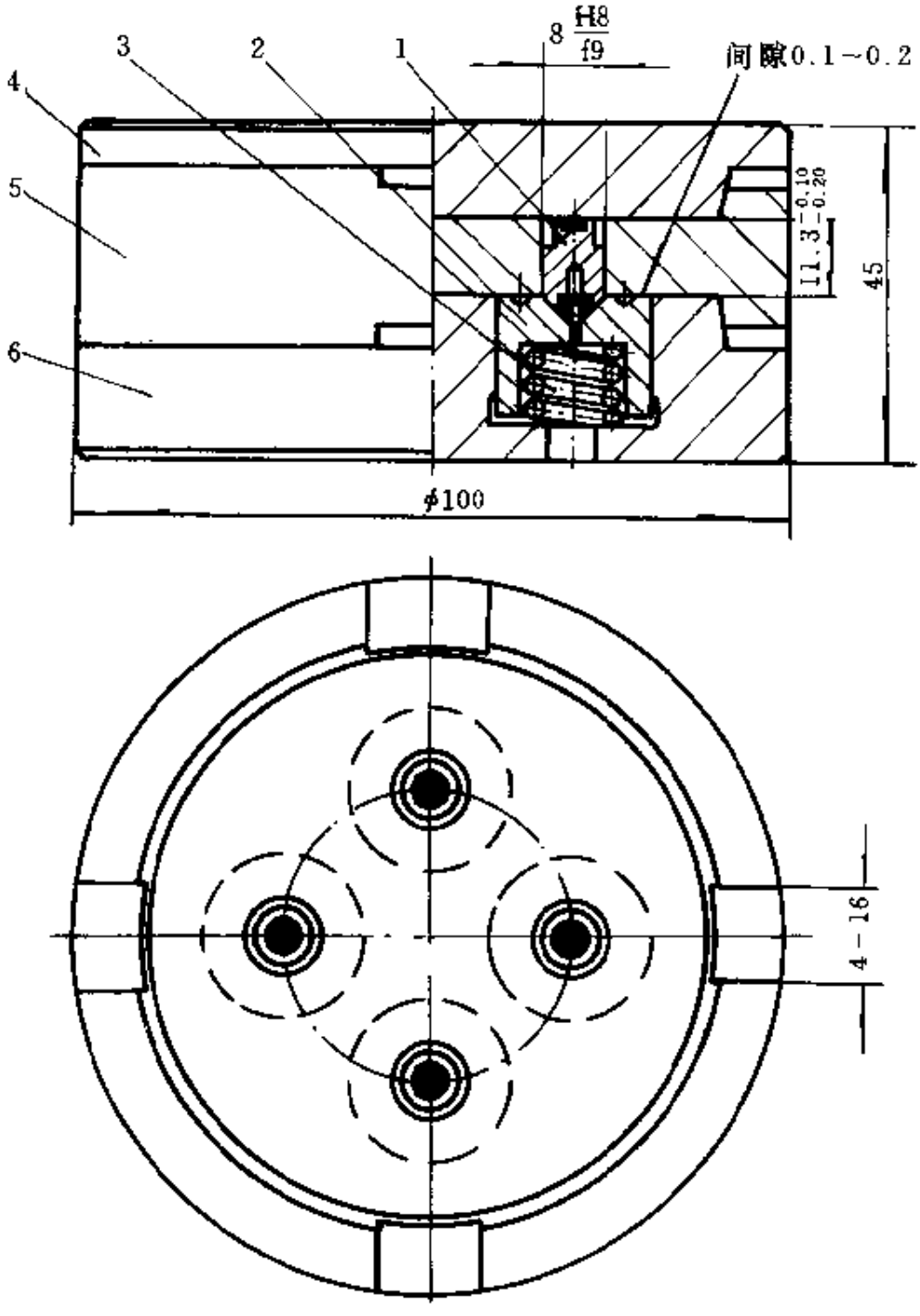


图 22-181 弹簧调节金属嵌件允差橡胶副阀门硫化模结构

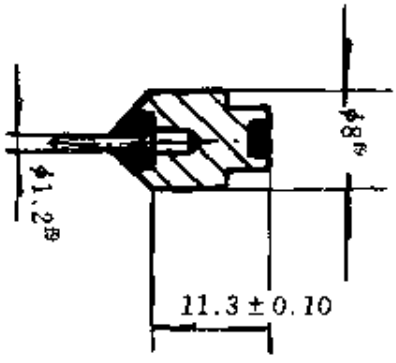


图 22-182　橡胶副阀门（材料：橡胶 3825）

【说明】

该模制品外形尺寸较小，由于二端压胶、定位面更狭窄，可采用单件断面 3mm、间距 4mm、外径 14mm 的自制弹簧支撑和调节嵌件高度的模具结构。

其特点为使用可靠性好，不易损坏超小型金属嵌件。

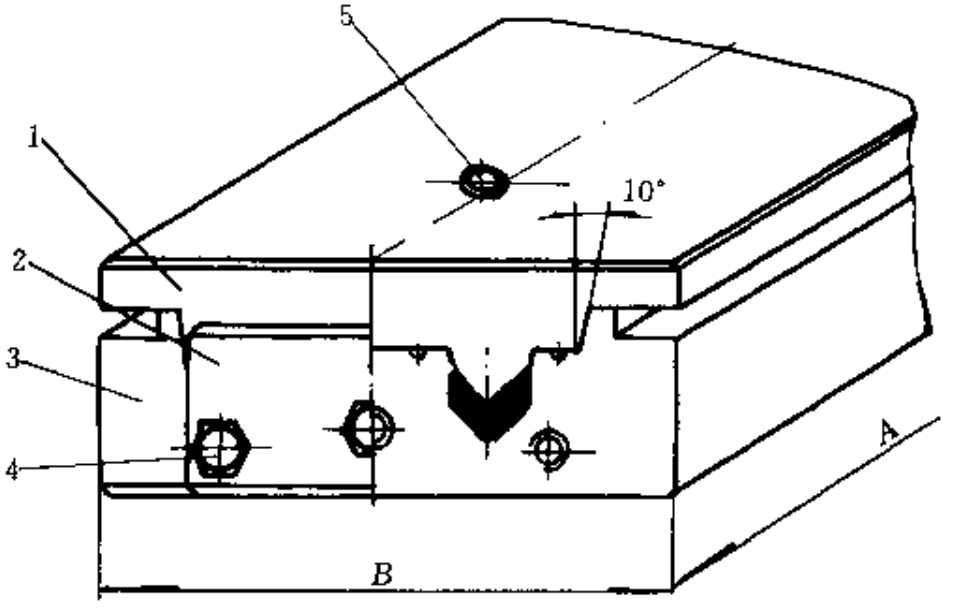
零件表

序　号	名　称	数　量	材　料	热处理	备　注
6	下　模	1	45	HRC28～32	调　质
5	中　模	1	45	HRC28～32	调　质
4	上　模	1	45	HRC28～32	调　质
3	弹　簧	1	OBC	盘成后回火处理	
2	镶　块	1	45	HRC42～48	淬　火
1	嵌　件	1			

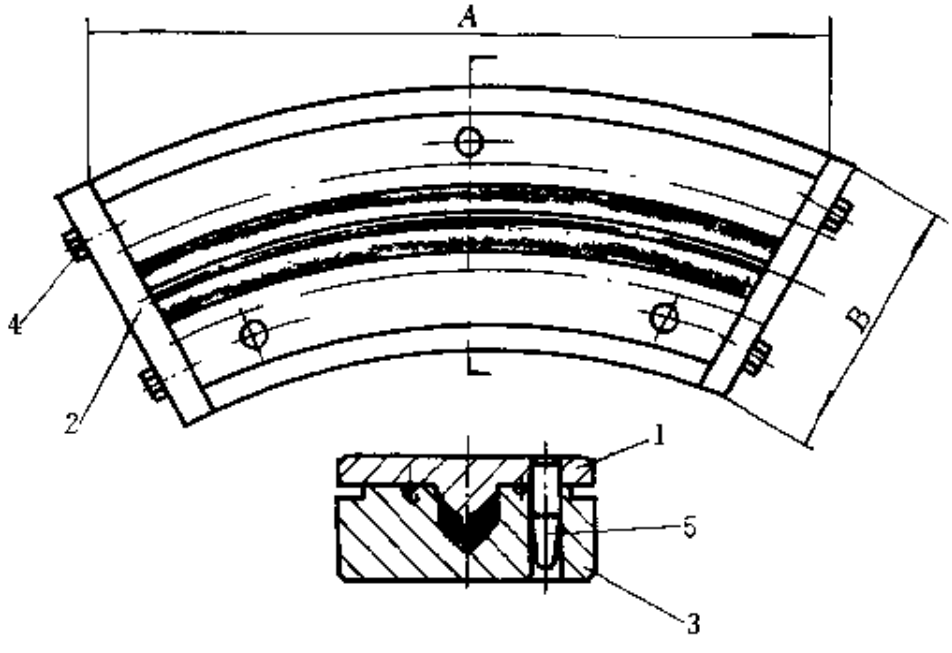
22.7 大型制品类模具结构

22.7.1 接长、接圆制品

V形橡胶密封圈接长、接圆硫化模（如图22-183所示，制品见图22-184）



(a)



(b)

图22-183 V形橡胶密封圈接长、接圆硫化模结构

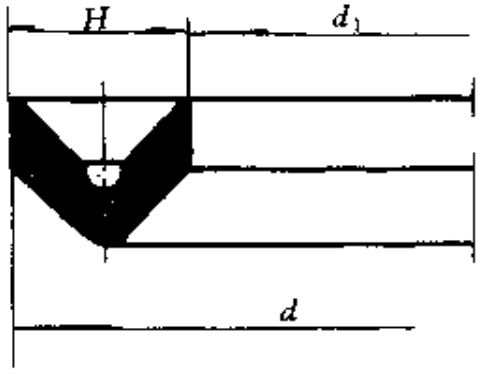


图 22-184　V 形橡胶密封圈（材料：橡胶 I -3）

【说明】

该模适用于 $d>1000$mm 的大型 V 形密封圈制品，其结构形式也适用于其他类似密封圈制品。

(a) 模采用斜边定位，结构可靠、使用方便；制品如需接长，模具 $A=600\sim800$mm；制品如需接圆圈，模具额外增加 $A=200\sim300$mm 接圆模。

(b) 模适用于制品断面宽度 H 偏大，不易强制弯曲成大型圈状制品。扇形模具加工困难，但制品质量好。接长模 $A=600\sim800$mm；接圆模 $A=200\sim300$mm。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
5	导销	(a) 2、(b) 3	45	HRC42～48	淬火
4	六角螺钉	(a) 6、(b) 4			
3	下模	1	45	HRC28～32	调质
2	挡板	2	45	HRC28～32	调质
1	上模	1	45	HRC28～32	调质

22.7.2 分段拼接模具

(1) 大型制品对接或接长工作图与模具（如图 22-185 所示，制品见图 22-186）

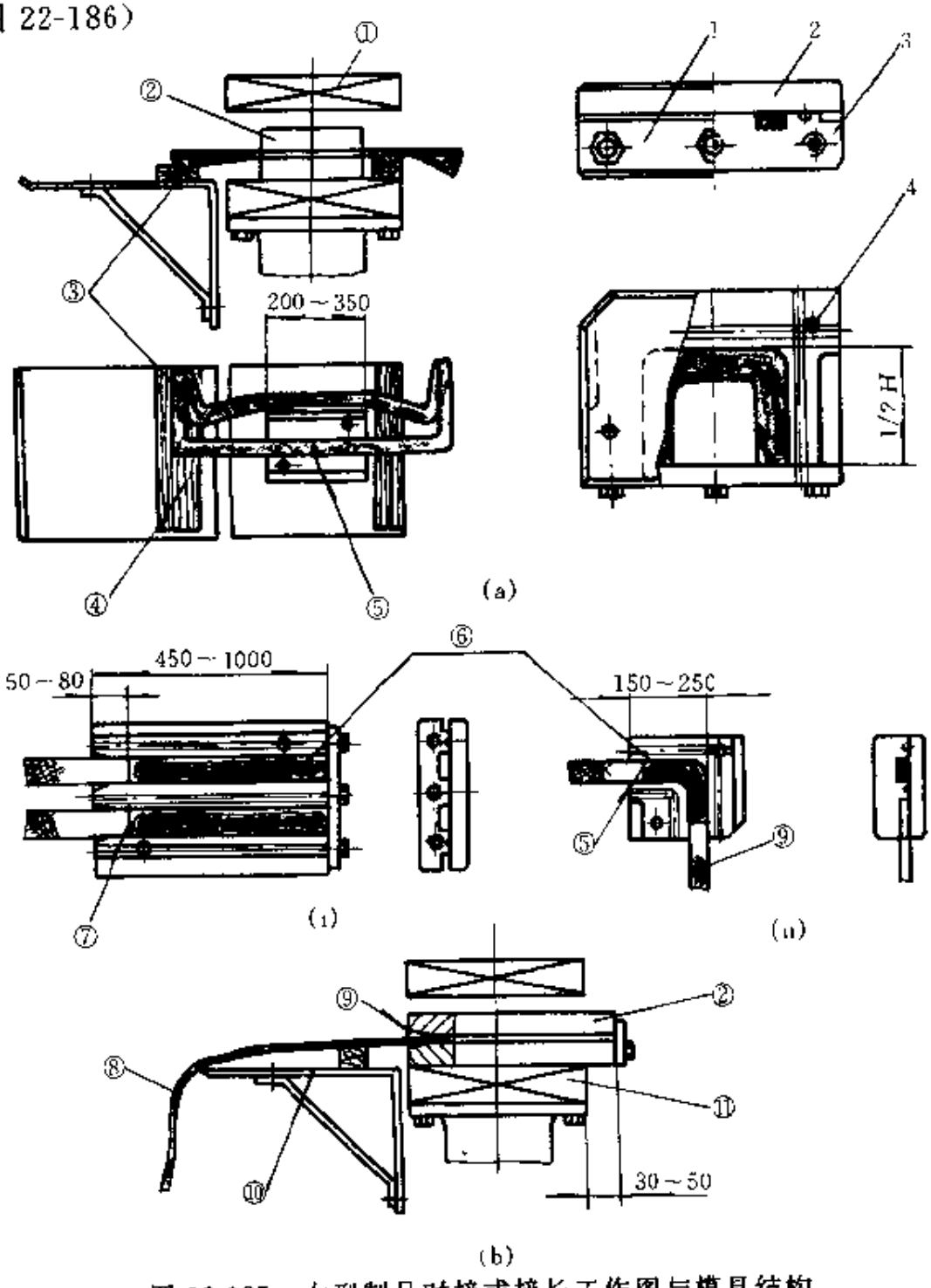


图 22-185 大型制品对接或接长工作图与模具结构

(a) 大型制品对接工作图及½H 对接模具结构图；

(b) 大型制品直条接长工作图及直角接长模 (i) 和直角对接模 (ii)

①—上热板；②—模具；③—制品；④—木垫块；⑤—对接处；

⑥—混炼胶（半成品）；⑦—接长处；⑧—直条接长制品；

⑨—插入口倒角；⑩—工作台；⑪—下热板

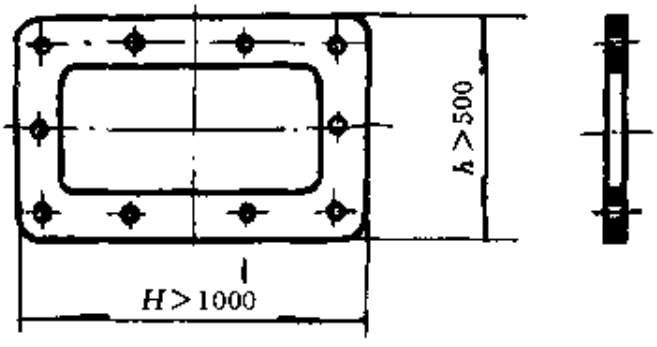


图 22-186　大型制品（材料：橡胶 1164）

【说明】

任意一边超过 1m 的方形或异形制品俗称大型制品。由于受到加工或硫化机械条件限制，可采用模具对接或局部对接（如图 2-185a）；也可由接长制品利用角型模具对接（如图 2-185b）。孔距接长后冲制。接长与接圆模具长度可参考下表：

硫化机吨位/tf	压机工作台规格/mm	模具长度/mm	接圆模具长度/mm
45	400×400	450	200
100	600×600	600	250
140	850×750	800	300
200	1000×1000	1000	350

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
4	导销	2	45	HRC42～48	淬火
3	下模	1	45	HRC28～32	调质
2	上模	1	45	HRC28～32	调质
1	挡板	1	45	HRC28～32	调质

(2) C形密封圈拼接模（如图22-187所示，制品见图22-188）

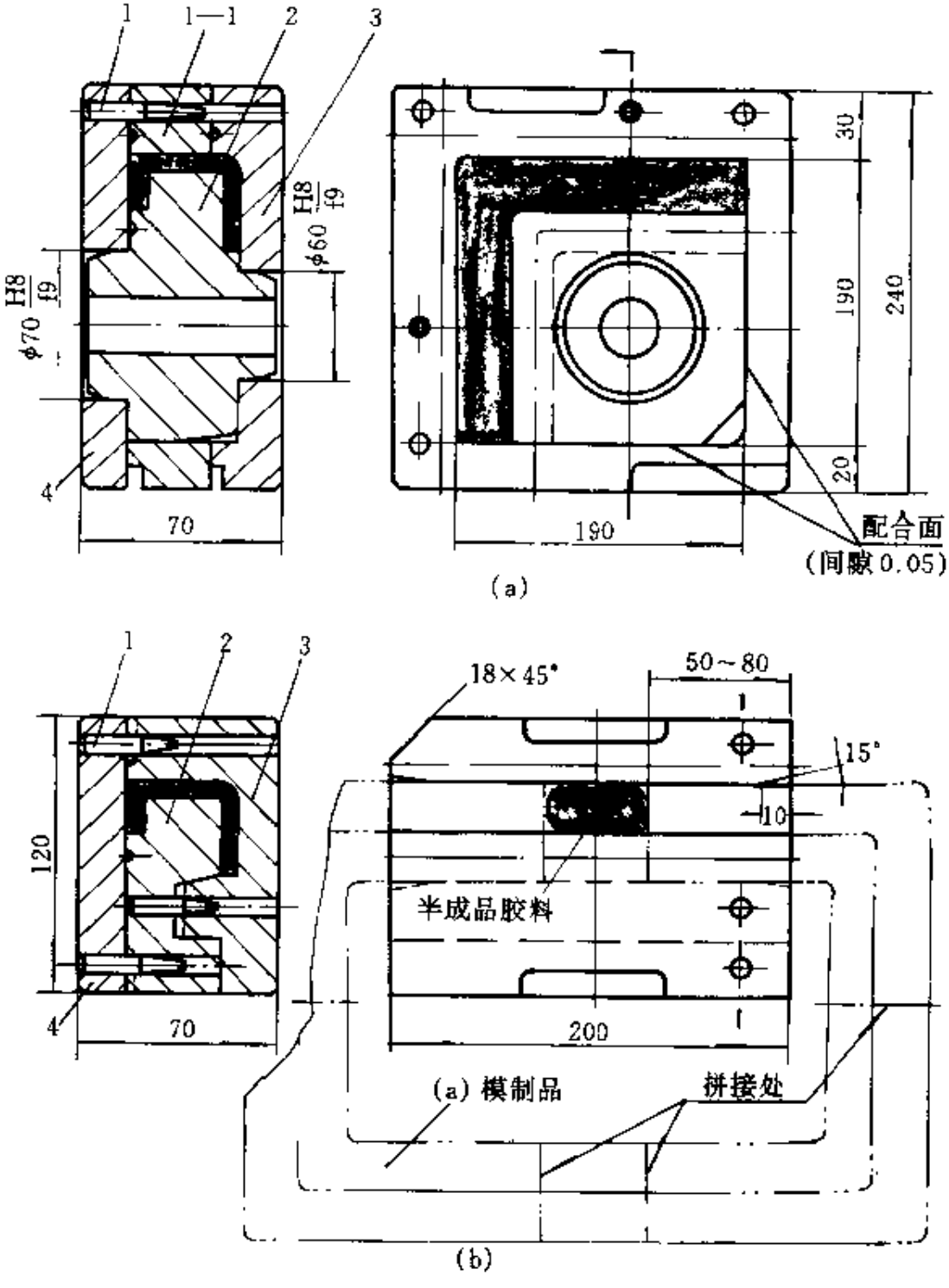


图22-187 C形密封圈拼接模结构

(a) 直角模；(b) 直条拼接模

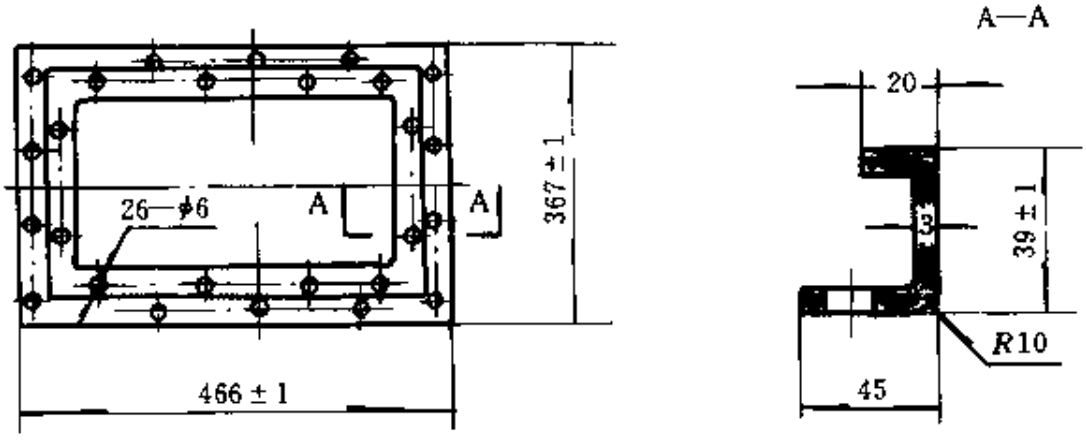


图 22-188　C 形密封圈（材料：橡胶 1142）

【说明】

该模制品外形尺寸虽然不太大，但由于厚度偏厚，如整体加工模具，结构笨重、费用昂贵。采用拼接法模具有利于小批量生产。

(a) 模长度由制品长度而定，并与 (b) 模相匹配。制品宽度可由拼接时截取需要长度拼接。

制品尺寸与公差可由插入长度深浅调节，带孔制品拼接后冲制。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
4	上模	1	45	HRC28～32	调质
3	下模	1	45	HRC28～32	调质
2	模芯	1	45	HRC38～42	淬火
1—1	中模	1	45	HRC28～32	调质
1	导销	(a) 5 (b) 3	45	HRC42～48	淬火

（3）前风窗密封条硫化模（如图 22-189 所示，制品见图 22-190）

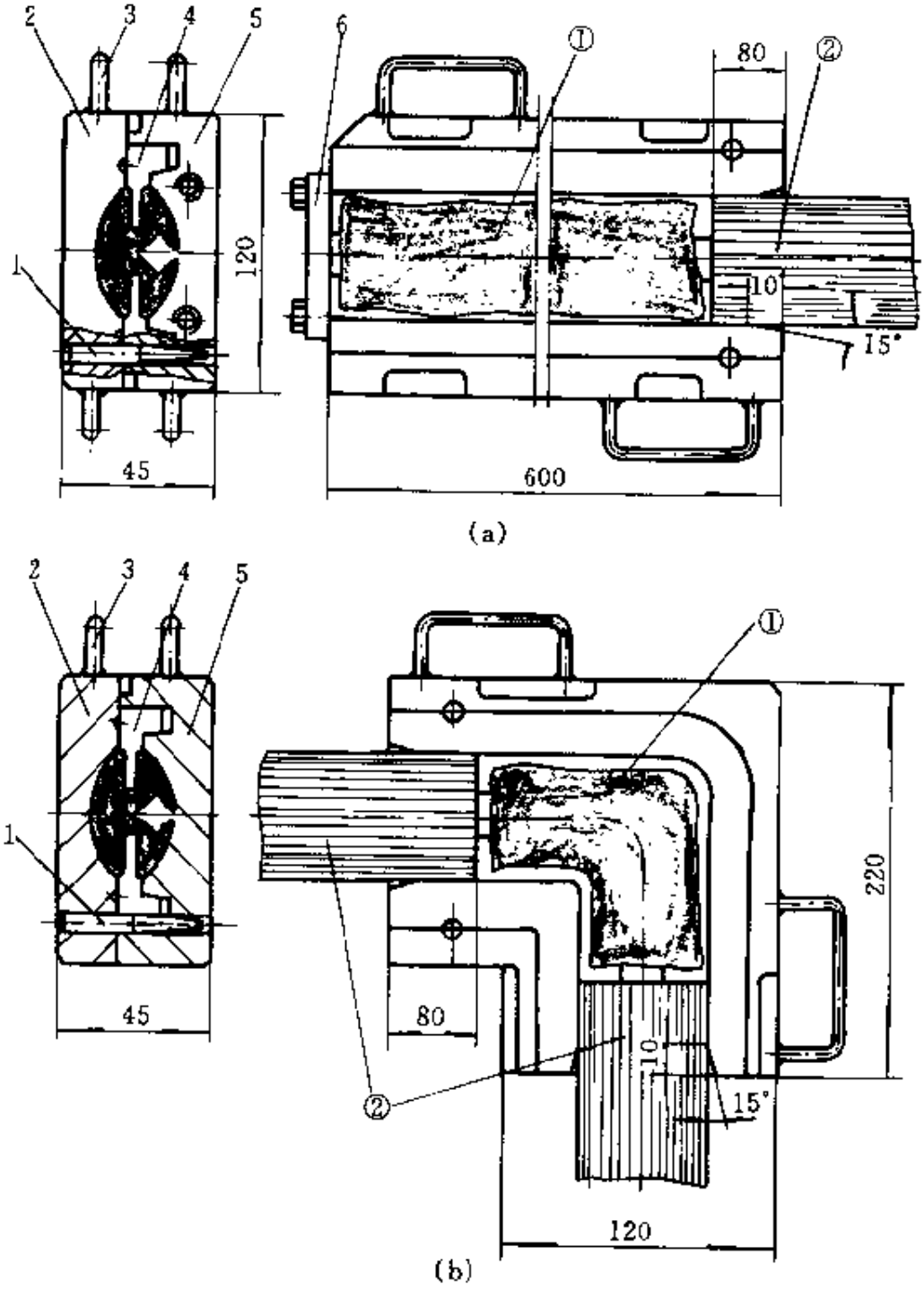


图 22-189　前风窗密封条硫化模结构

（a）直条接长模；（b）直角接长模

①　半成品胶料；②　接长制品

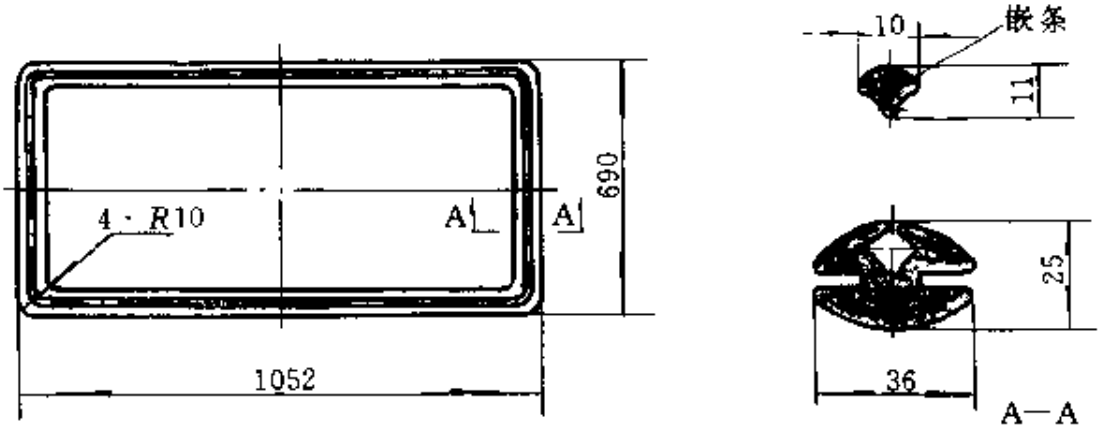


图 22-190 门窗密封嵌条（材料：橡胶 V-2）

【说明】

该制品尺寸较大、四角半径偏小，直条装配弯曲困难，故采用拼接法硫化模具。(a) 为直条接长模；(b) 为直角拼接模，模具中 80mm 为拼接制品插入长度；10×15°为插入口倒角。

该制品中有条件可由挤出机工艺生产，之后利用直角模四角拼接。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	挡板	1	45	HRC28～32	调质
5	下模	1	45	HRC28～32	调质
4	模芯	左右各 1	45	HRC28～32	调质
3	手柄	上、下各 2	45		
2	上模	1	45	HRC28～32	调质
1	导销	2	45	HRC42～48	淬火

22.7.3 无模芯、充气硫化模具

(1) 超长波纹胶管无模芯充气硫化模（如图 22-191 所示，制品见图 22-192）

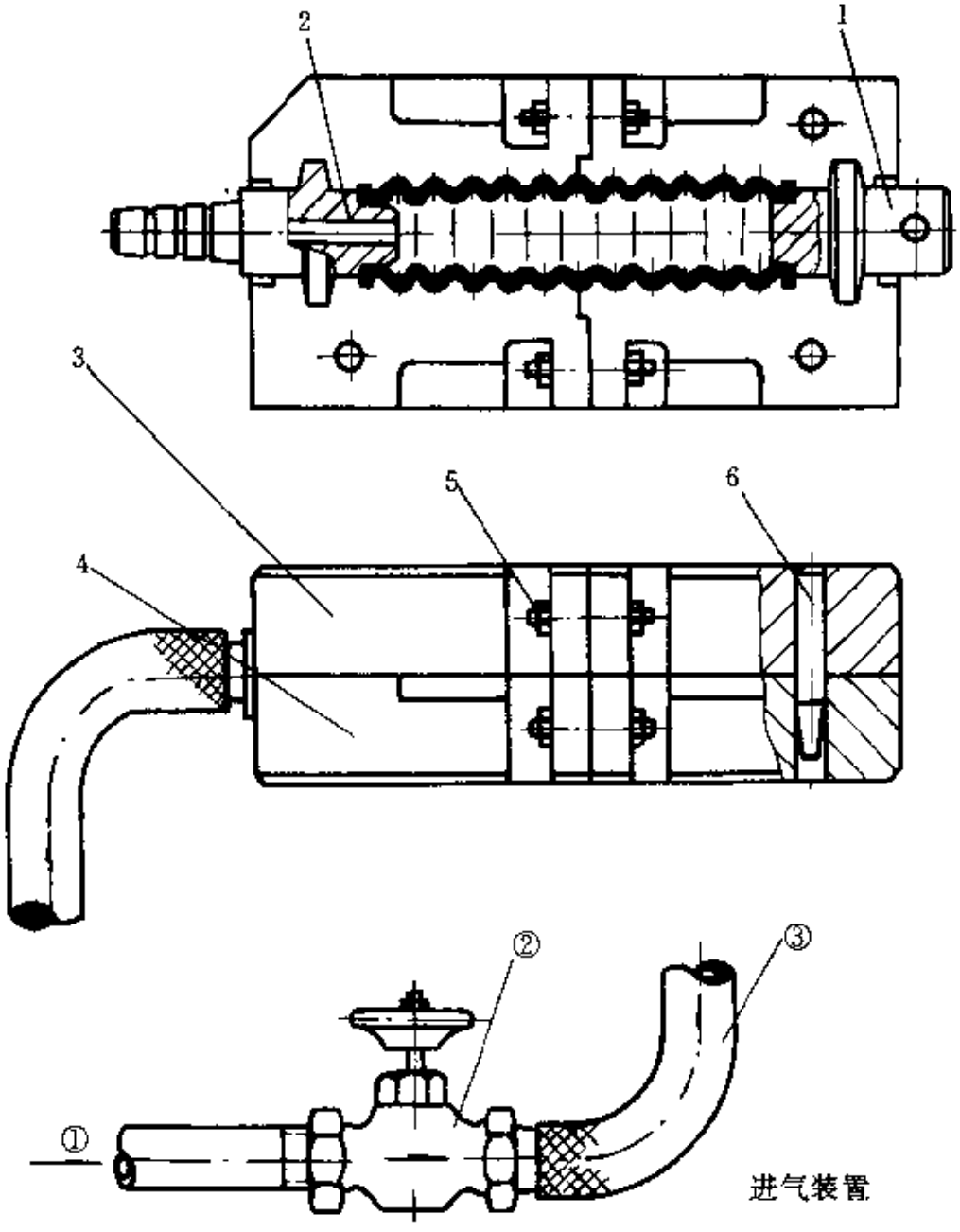


图 22-191 超长波纹胶管无模芯充气硫化模结构

① 蒸汽；②—进气阀；③ 高压胶管

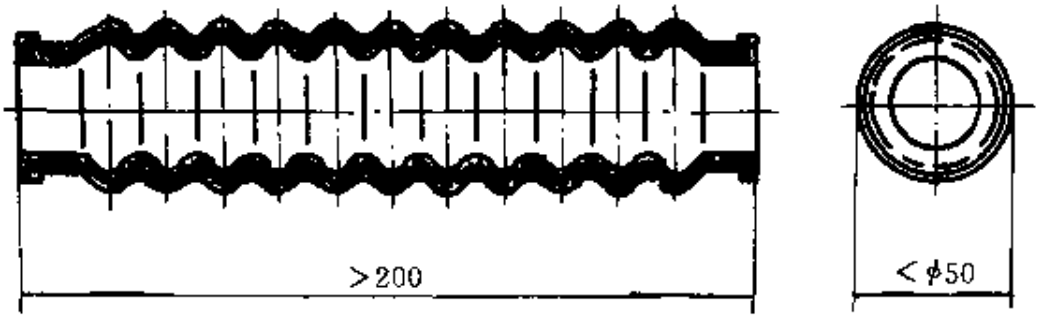


图 22-192　波纹管（材料：橡胶 1161）

【说明】

该模制品采用无模芯、充气硫化方法。其特点为：结构简单、使用方便。硫化时，外模按常规硫化温度，内模充入低于 0.25MPa 低压蒸气硫化。半成品必须挤出成型，内径略小于二端模芯，便于压紧。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	导销	3	45	HRC42～48	淬火
5	螺栓、螺母	共 4 套			M14×65
4	下模	1	45	HRC28～32	调质
3	上模	1	45	HRC28～32	调质
2	进气端模芯	1	45	HRC38～42	淬火
1	堵头模芯	1	45	HRC38～42	淬火

（2）大型气垫无芯充气硫化模（如图 22-193 所示，制品见图 22-194）

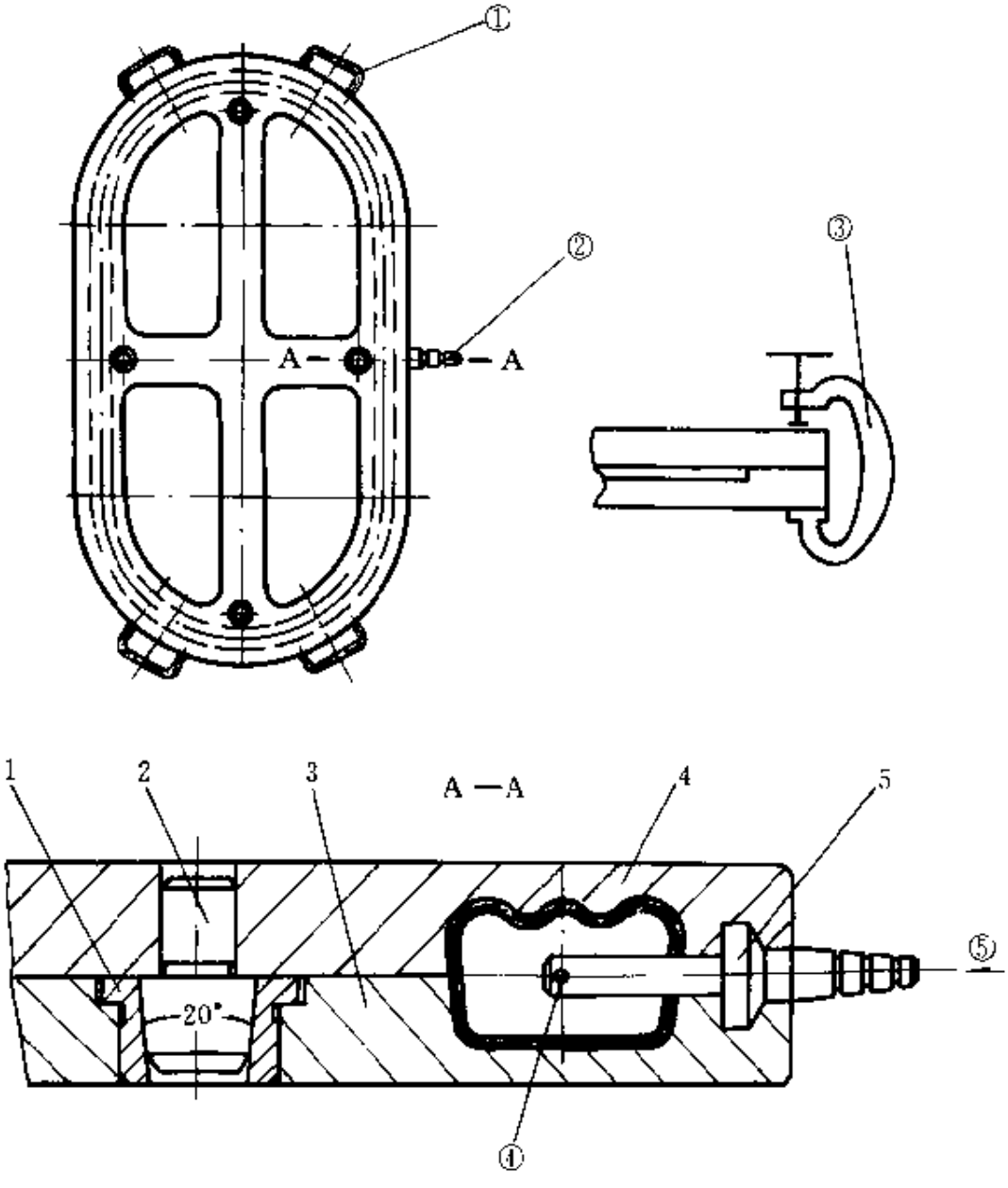


图 22-193　大型气垫无芯充气硫化模结构

①－手把（上、下模各4）；②—进气嘴；③　C字轧头；

④　出气口；⑤　气源进口

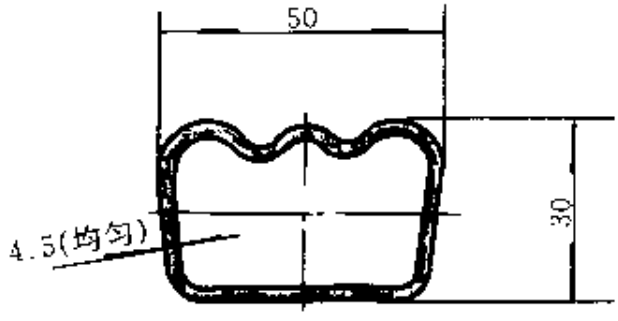


图 22 194　大型橡胶气垫（材料：橡胶 1152）

【说明】

该模制品为大型气垫制品，采用无芯充气结构。硫化时，用若干C字轧头或大型平板硫化机将上下模压紧，由进气嘴充入低压蒸气或压缩空气，然后进入硫化罐或大型硫化机中硫化。

该模半成品必须采用挤出机管材成型，并且要求接口处牢固粘合。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
5	进气嘴	1	45	HRC28～32	调质
4	上模	1	45	HRC28～32	调质
3	下模	1	45	HRC28～32	调质
2	导销	4	45	HRC42～48	淬火
1	导套	4	45	HRC42～48	淬火

22.7.4 衬胶法模具

（1）大型制品简易模具——衬胶模（如图 22-195 所示，制品见图 22-196）

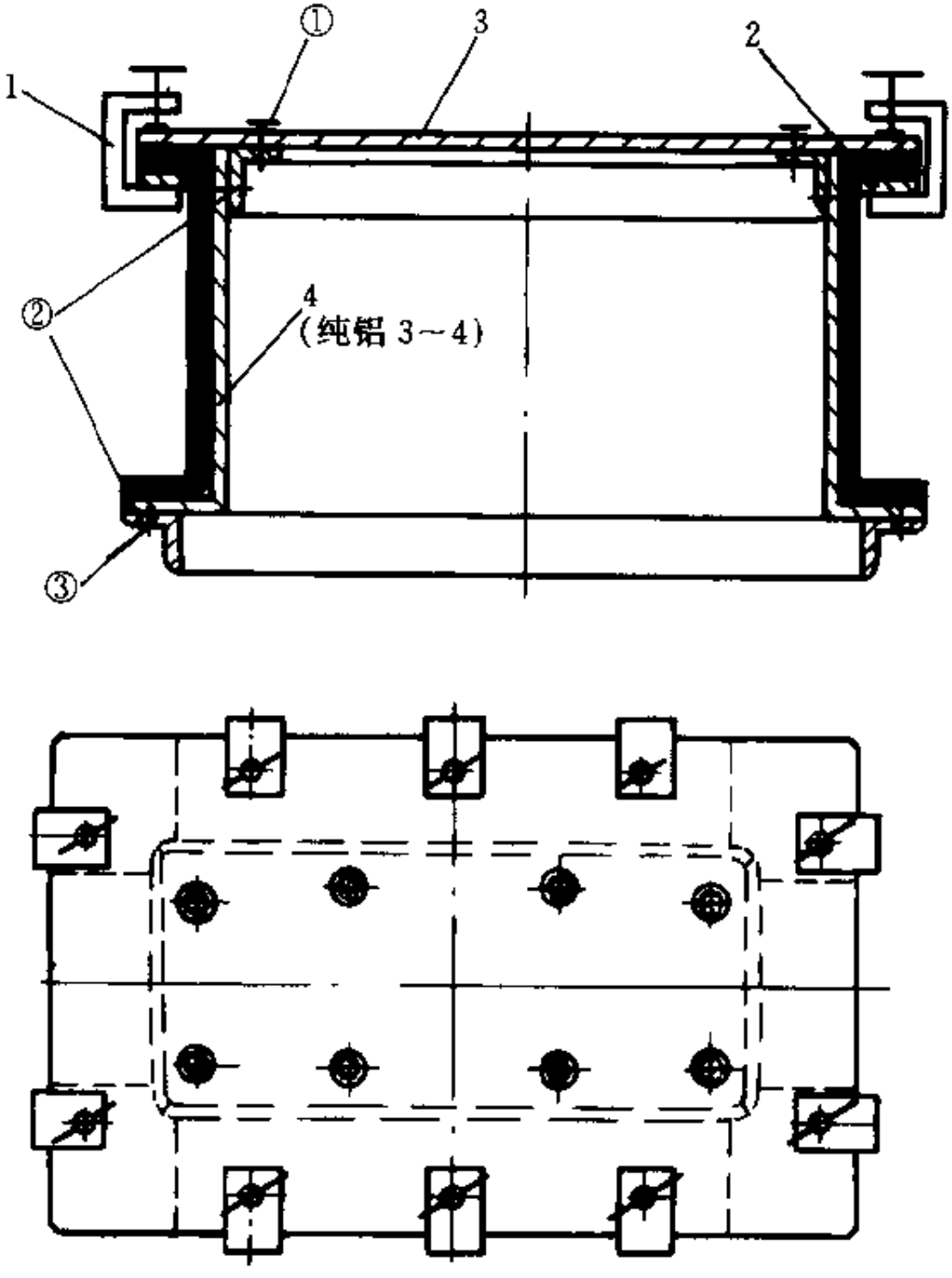


图 22-195　大型制品衬胶模结构

①　内六角螺钉；②　加强筋（角钢）；③—沉头铆接

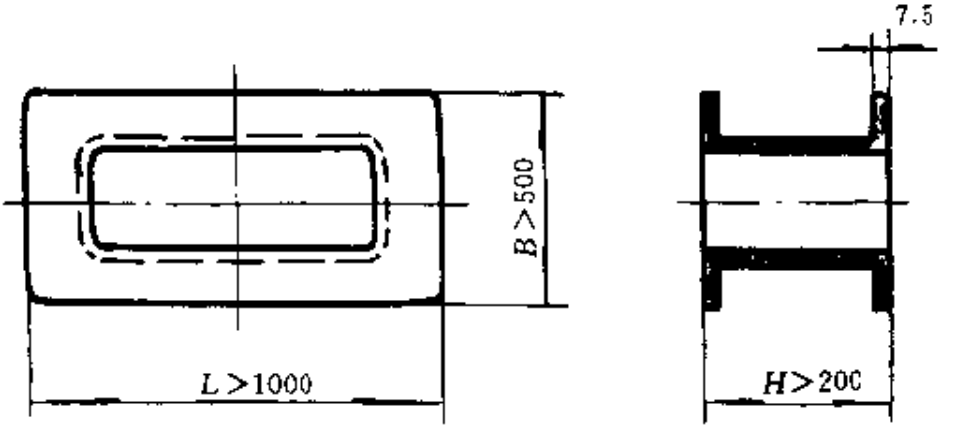


图 22-F96　大型制品（材料：橡胶 1152）

【说明】

该模属大型制品用衬胶式简易模，由纯铝板弯曲、氩弧焊焊接而成。其特点为模具结构简单、轻巧、费用低廉，制品质量较差，适用于要求低、批量少、形状简单的大型制品。

该模为硫化罐硫化，为防止硫化时橡胶下垂，备有简易 C 字轧头、衬板、上盖板以及衬胶前模具表面涂刷一层胶浆，以使衬胶时不易脱落。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
4	衬胶模框	1 套	纯铝、角钢		
3	衬板	1	合金铝板		3～5mm
2	盖板	1	合金铝板		3～5mm
1	C 字轧头	10	U 型钢		

（2）大型胶囊简易衬胶模（如图 22-197 所示，制品见图 22-198）

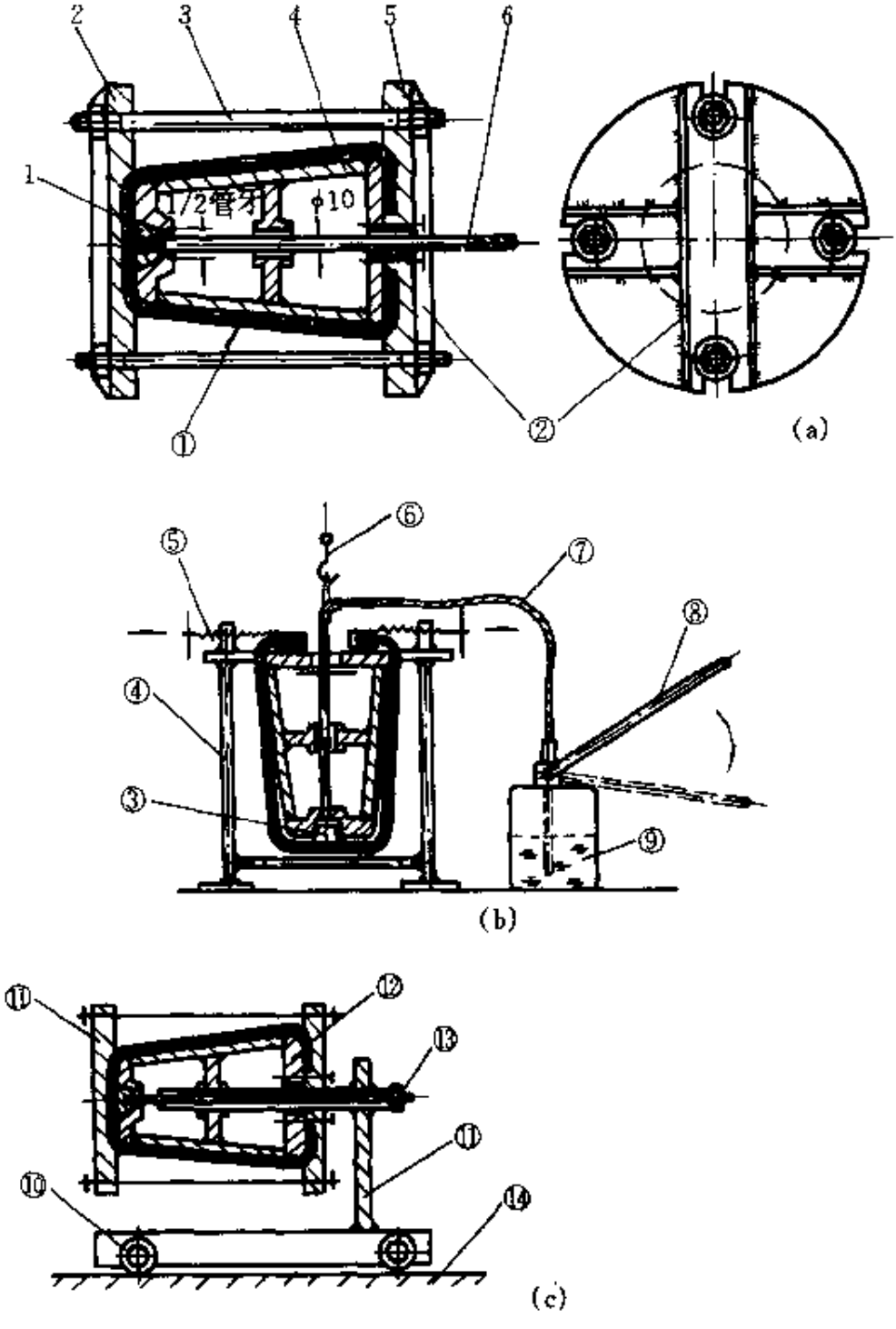


图 22-197　大型胶囊简易衬胶模

（a）衬胶硫化模；（b）制品取出工装图；（c）包布、硫化罐简易支架车

①　包扎湿布；②—加强筋（U 形钢）；③　闷头；④—支架；⑤—丝杆钩；⑥—吊钩；⑦—软管；⑧—手压泵；⑨—肥皂水；⑩—车轮；⑪　压板；⑫—衬模；⑬—吊紧螺母；⑭—硫化罐（导轨）

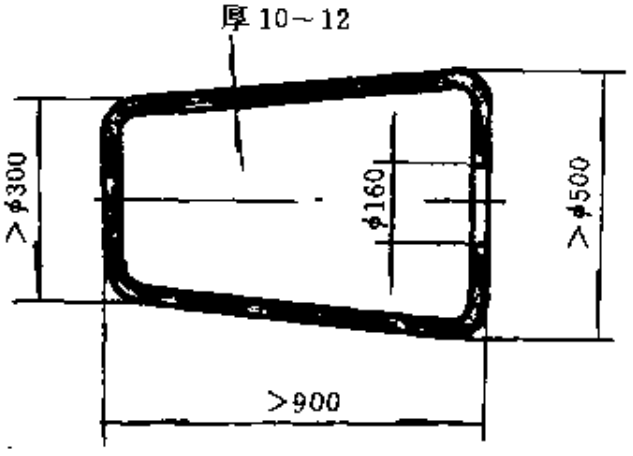


图 22-198　大型胶囊（材料：橡胶 I-3）

【说明】

该模制品属油箱液压成型胶囊，外观要求低、数量少，可采用简易衬胶、包布硫化模（如图 22-197a）。衬胶模采用铝铸件或薄钢板焊接而成。

胶囊口径偏小，需配有 6～8 爪拉杆螺杆，在机械与手工操作配合下，可把制品强制剥下。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	螺杆	1	45		
5	压板	1	45		
4	衬胶模	1	铝铸件		或钢板焊接
3	拉紧螺杆	4	45		
2	压板	1	45		
1	闷头	1	45		

（3）大型弯管衬胶模（如图 22-199 所示，制品见图 22-200）

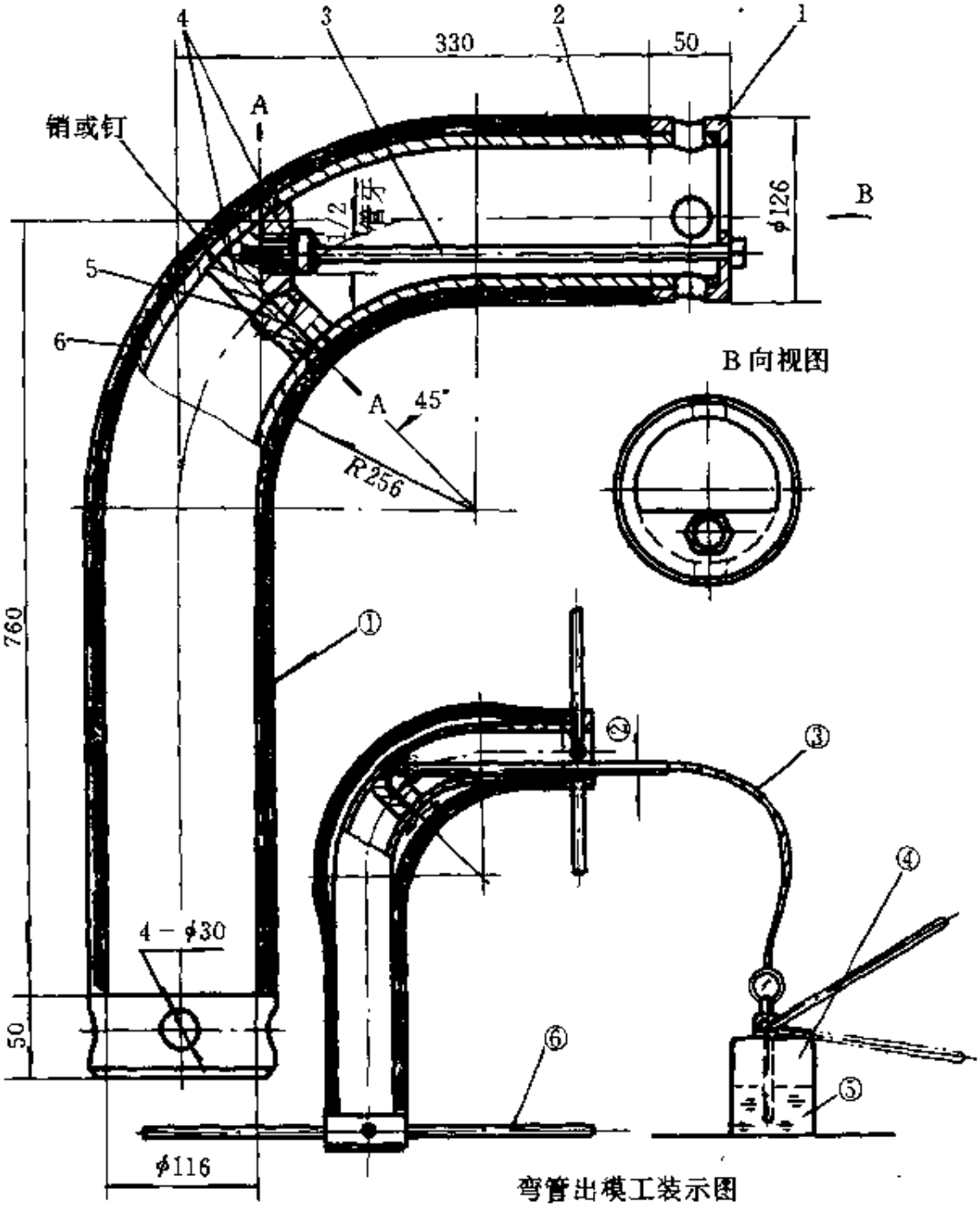


图 22-199　大型弯管衬胶模结构及出模工装图

①—表面包湿布；②－ ½"水管；③　软管；④－ 手压泵；

⑤－ 肥皂水；⑥　定位、出模钢管（十字形）

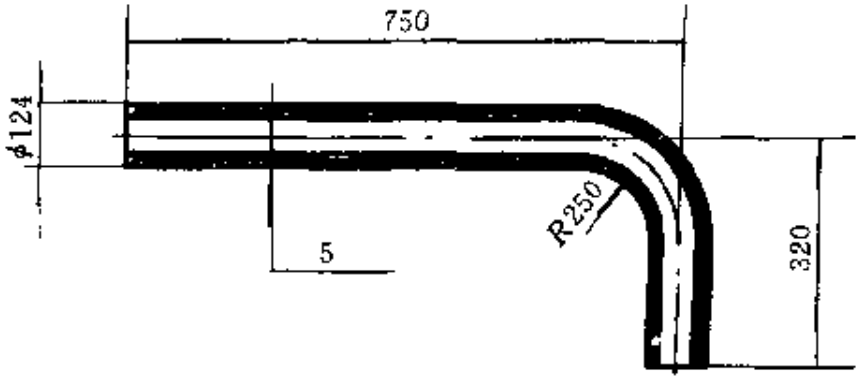


图 22-200　大型弯管（材料：橡胶 1142）

【说明】

该模制品属防尘进气管，外观要求偏低，用量少，可用标准无缝钢管弯曲成型，由 A-A 锯开，焊接或螺钉紧固镶块，即成简易衬胶模。开合时，吊紧螺钉调换½″水管，加压肥皂水，当制品膨胀时，利用二端十字形手把强制取出制品。此外，有条件者也可采用挤出成型半成品胶管，利用简易外模采用无芯充气硫化。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	长段衬胶模	1	钢管		120×10YB231-70
5	带圆锥形定位销	1	45	HRC42～48	
4	镶　块	各 1	45		
3	吊紧螺钉	1	45		M14
2	短段衬胶模	1	钢管		120×10YB231-70
1	外　套	2	45	HRC28～32	

22.7.5 简易法模具

大型制品的简易模具如图 22-201 所示，制品见图 22-202。

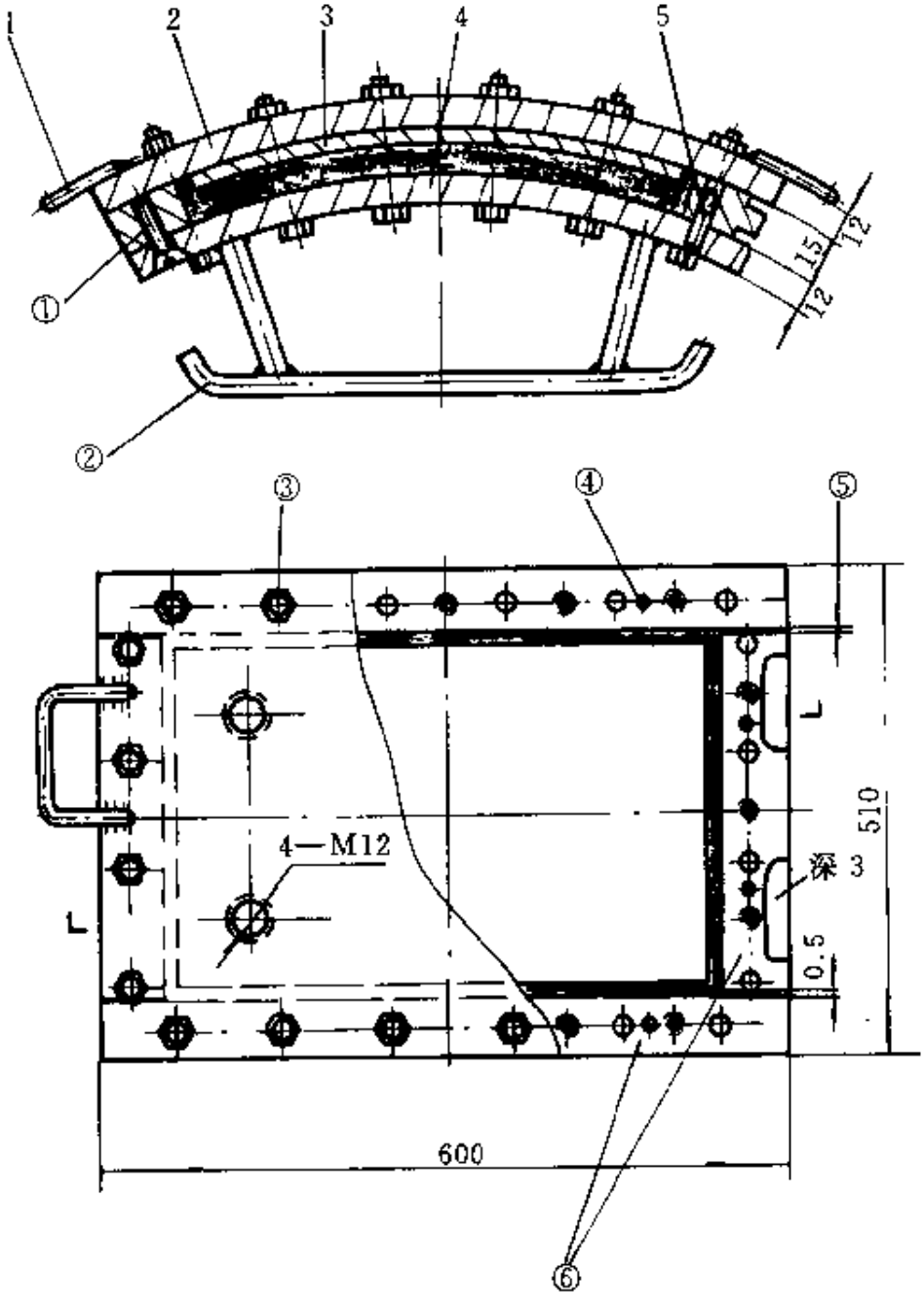


图 22-201 大型制品（橡胶摩擦片）简易模具结构

①—沉头螺钉；②—底盘（¾"钢管）；③—六角螺钉、螺母；④—导销；⑤—余料槽（0.5mm）；⑥—中模框（由 4 条扁钢拼合）

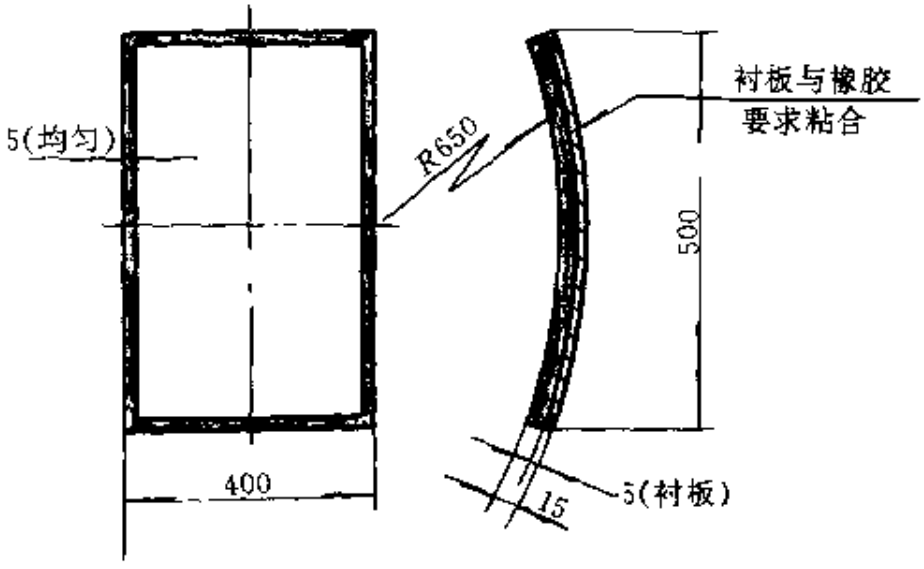


图 22-202 橡胶摩擦片（材料：耐磨橡胶）

【说明】

该模制品为橡胶摩擦片，量少、表面粗糙，可采用由 45#钢（厚 12mm）手工冷作成型的简易模具。其特点为结构简单、加工方便、重量轻，并可用于电热加温烘箱或蒸缸硫化。橡胶成型时，衬板与上模之间应放一张隔离纸，以防制品与上模粘合。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
5	导销	8	45	HRC42～48	淬火
4	下模	1	45		
3	衬板	1	45		骨架
2	上模	1	45		
1	手柄	2	45		焊接

22.8 其他制品类模具结构

22.8.1 生活用品

(1) 热水袋硫化模（如图 22-203 所示，制品见图 22-204）

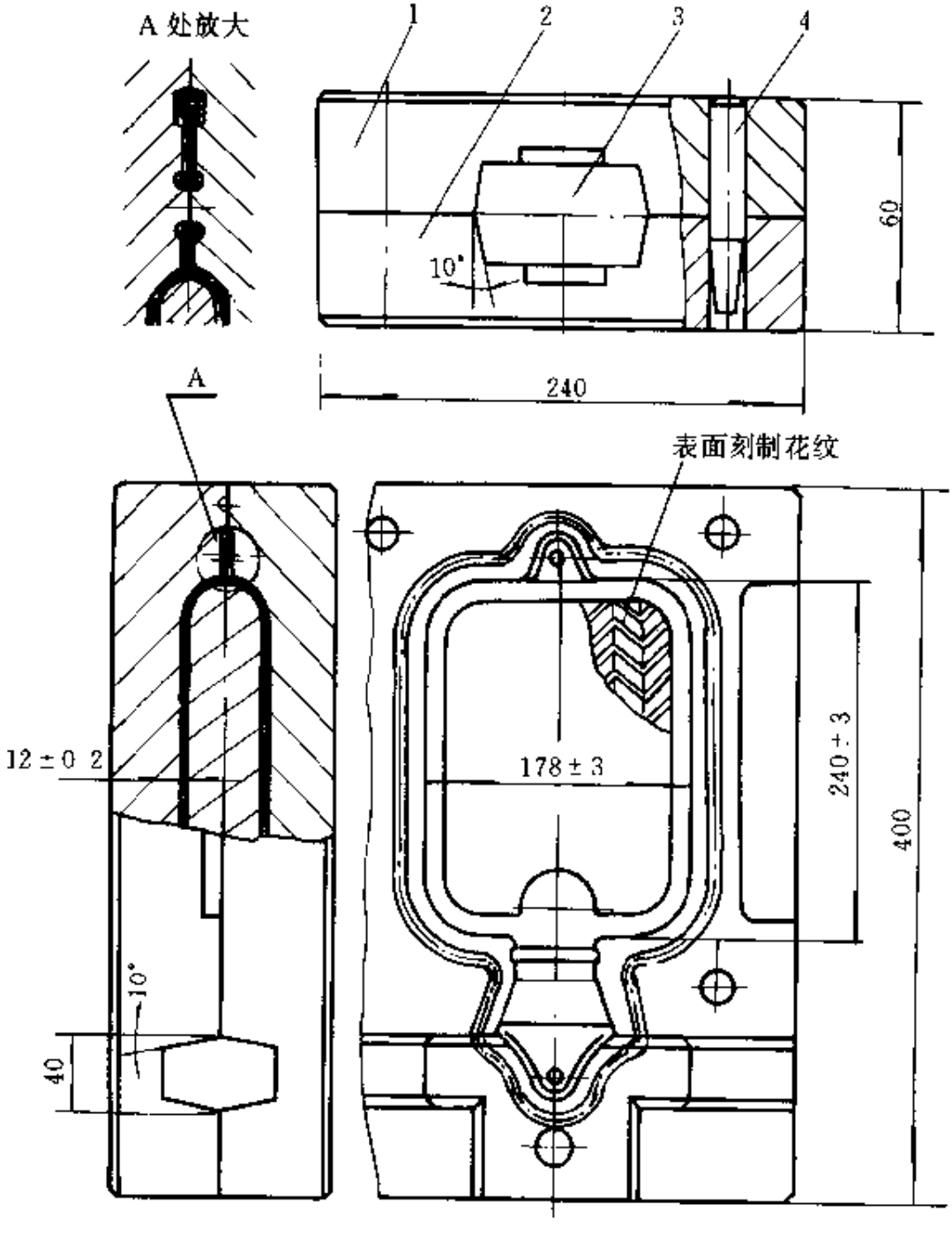


图 22-203 热水袋硫化模结构

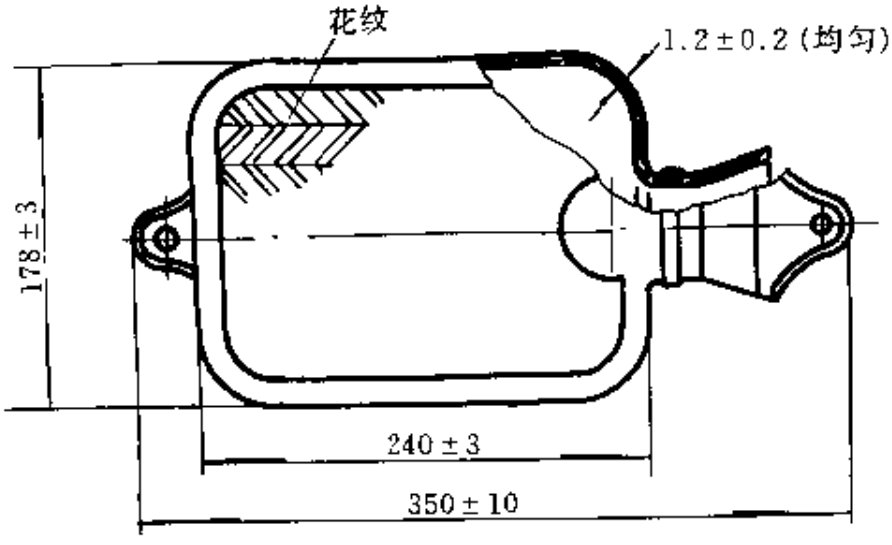


图 22-204　大号热水袋（材料：耐热橡胶）

【说明】

该模为大号热水袋典型模具结构。采用带十字形斜面定位结构。结构可靠、使用方便，制品硫化完成后，启模，快速、强制从口部拉出。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
4	导销	3	45	HRC42～48	淬火
3	带定位模芯	1	45	HRC28～32	调质
2	下模	1	45	HRC28～32	调质
1	上模	1	45	HRC28～32	调质

（2）男式中跟皮鞋胶底模具（如图 22-205 所示，制品见图 22-206）

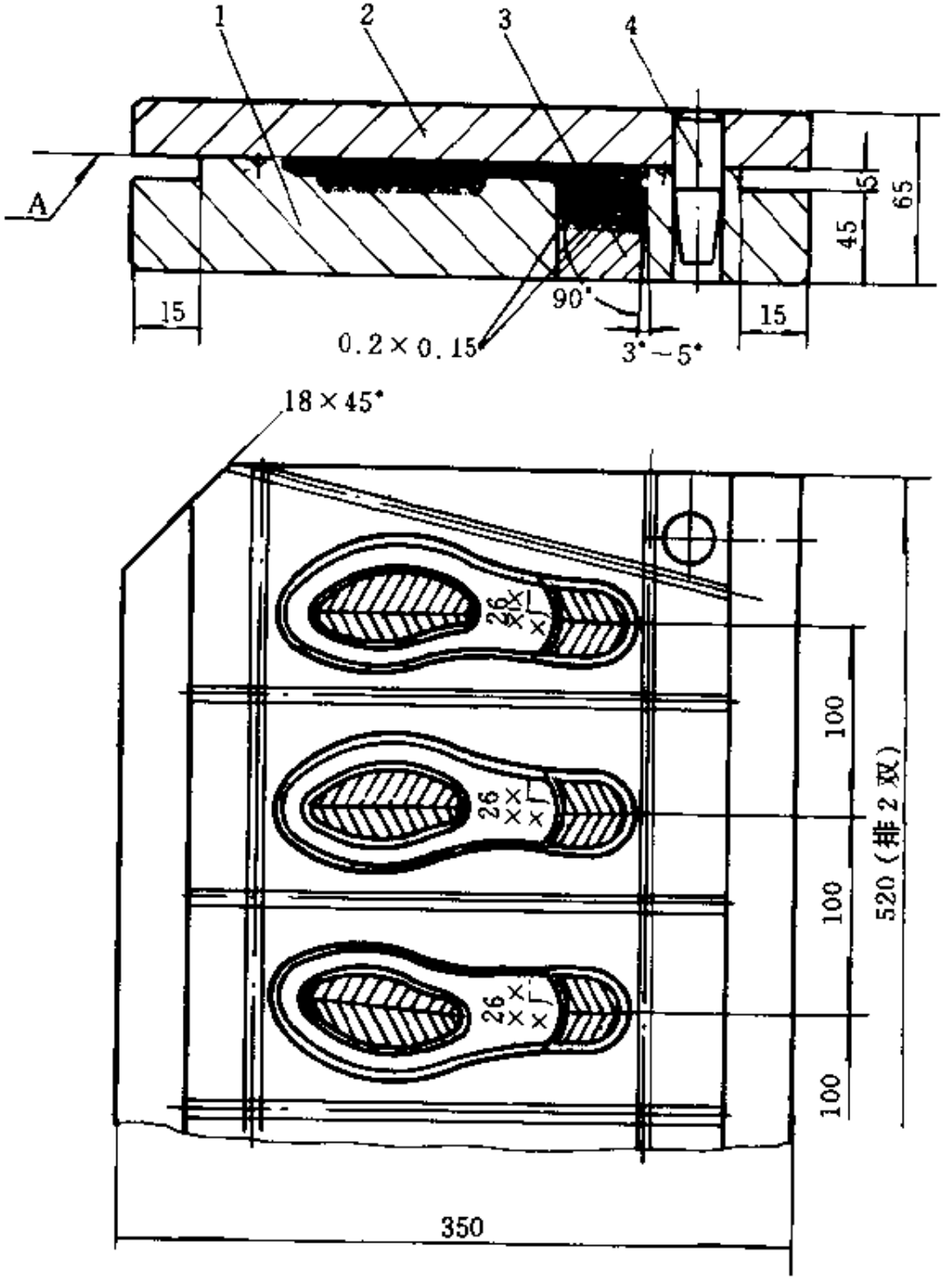


图 22-205　男式中跟皮鞋胶底模具结构

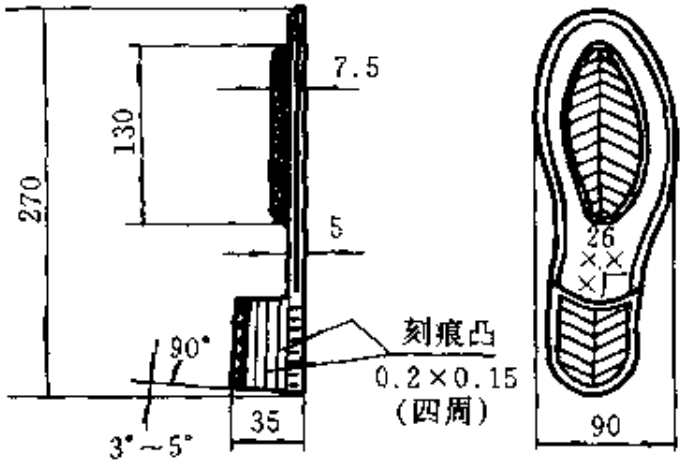


图 22-206　男式中跟皮鞋胶底（材料：鞋底胶）

【说明】

该模为典型男式中跟鞋底模结构，上模 A 面刻制细粒或网纹花纹；下模刻制各特色花纹和反体字鞋号与厂名。模孔数按硫化机吨位设计，一双配 45t 硫化机、两双配 100t 硫化机硫化。

零件表

序　号	名　称	数　量	材　料	热处理	备　注
4	导　销	2～3	45	HRC42～48	淬　火
3	花纹镶块	4	45	HRC28～32	调　质
2	上　模	1	45	HRC28～32	调　质
1	下　模	1	45	HRC28～32	调　质

（3）女式中高跟皮鞋胶底模具（如图 22-207 所示，制品见图 22-208）

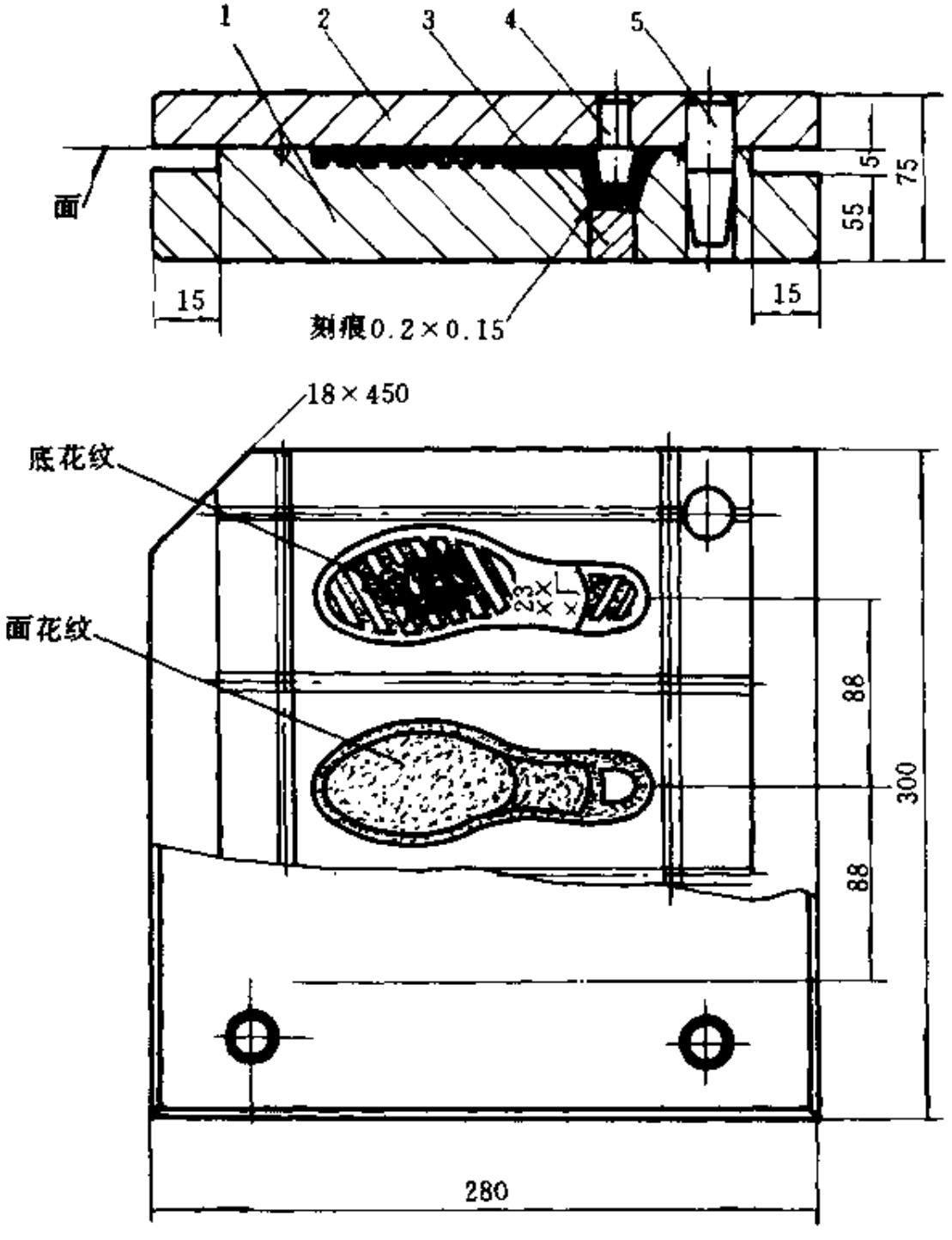


图 22-207　女式中高跟皮鞋胶底模具结构

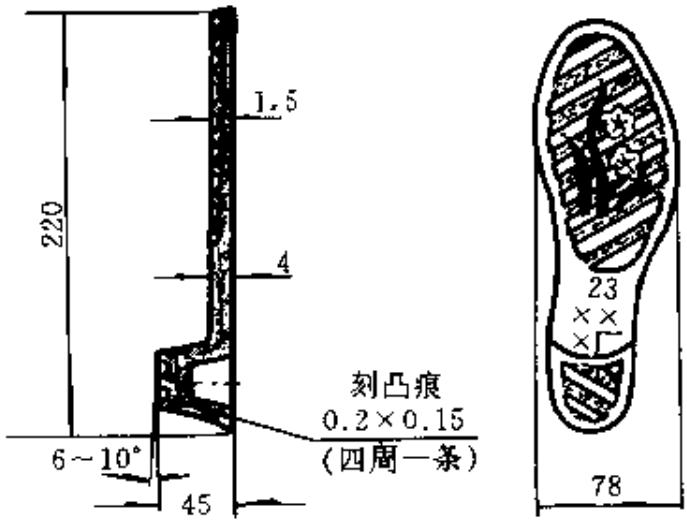


图 22-208　女式中高跟皮鞋胶底（材料：鞋底胶）

【说明】

该模为典型女式中高跟鞋底硫化模结构。下模刻制各特色花纹和反体字鞋号与厂名。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
5	导销	3	45	HRC42～48	淬火
4	上模芯	3	45	HRC42～48	淬火
3	下模芯	3	45	HRC28～32	调质
2	上模	1	45	HRC20	
1	下模	1	45		

（4）软椅橡胶基脚硫化模（如图 22-209 所示，制品见图 22-210）

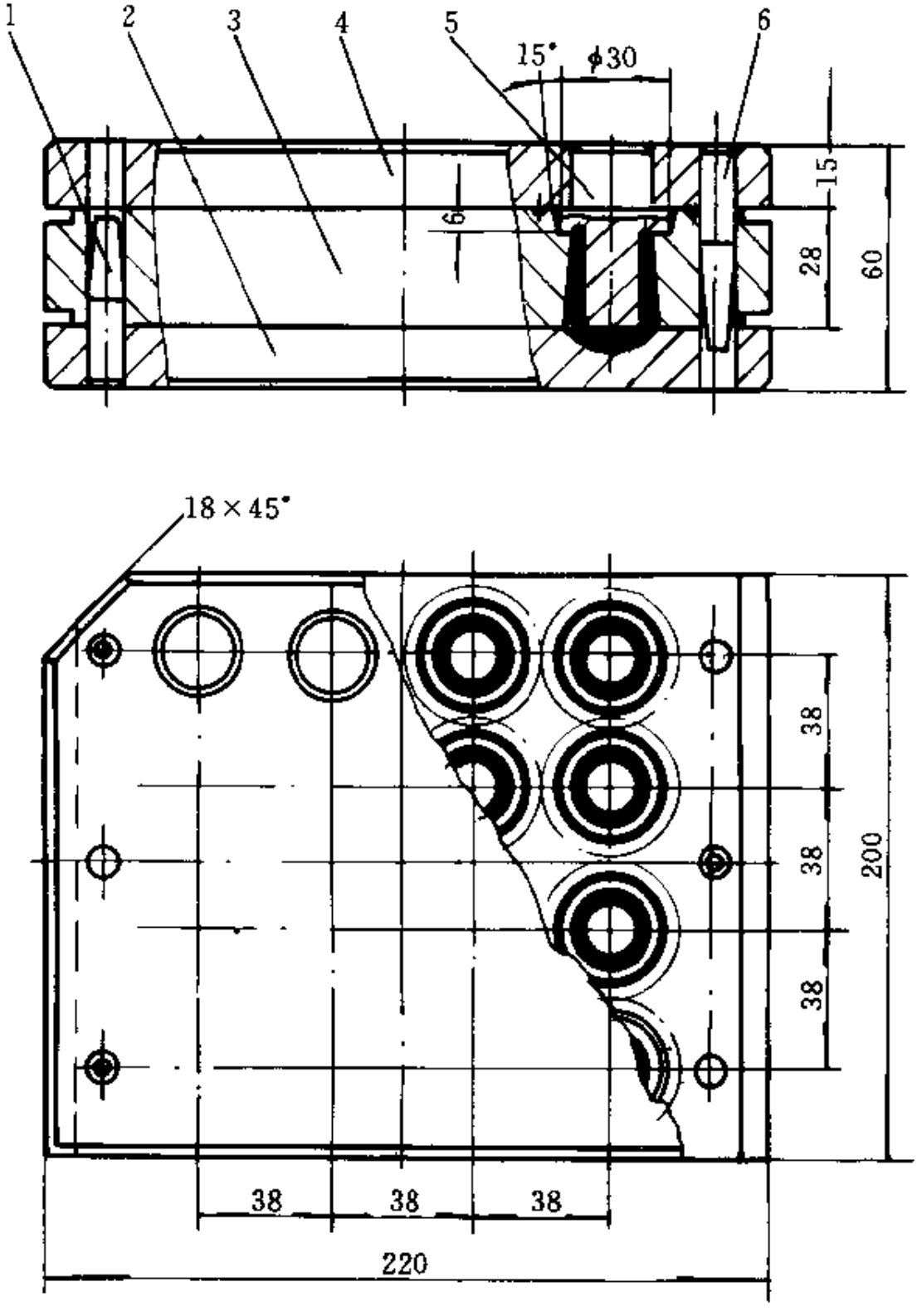


图 22-209　软椅橡胶基脚硫化模结构

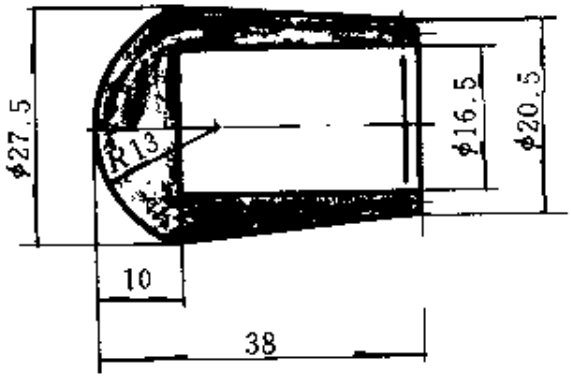


图 22-210　软椅橡胶基脚（材料：橡胶Ⅰ-4）

【说明】

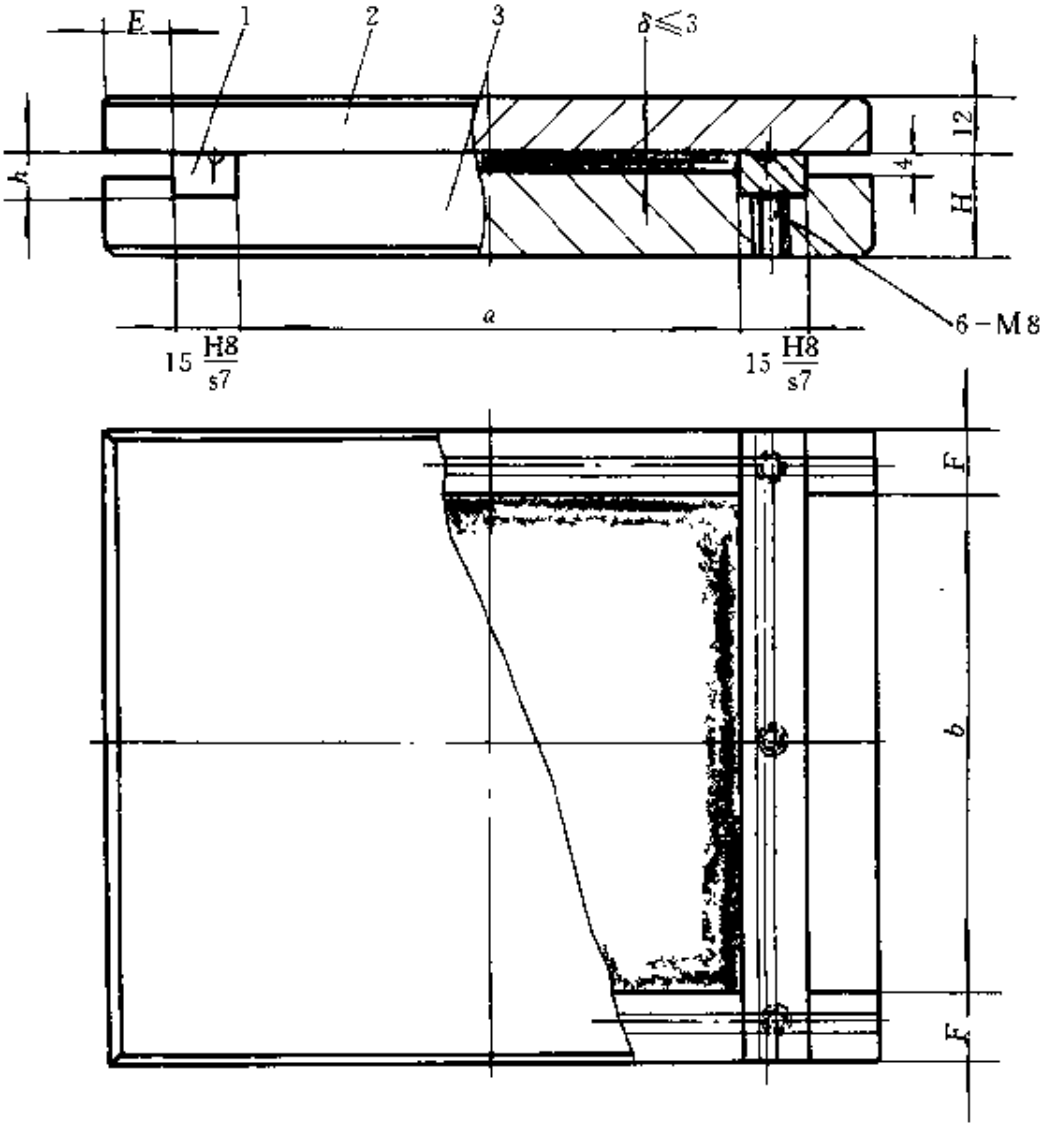
该模制品胶料硬度较高，模芯一端为盲孔，无定位作用，可采用带 15°台阶加强定位，以保证制品壁厚均匀，减轻导销定位负担，延长模具使用寿命。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	导销	3	45	HRC42～48	淬火
5	模芯	16	45	HRC42～48	淬火
4	上模	1	45	HRC28～32	调质
3	中模	1	45	HRC28～32	调质
2	下模	1	45	HRC28～32	调质
1	导销	3	45	HRC42～48	淬火

22.8.2 胶板、胶垫

（1）$\delta<3$mm 胶板模具（如图 22-211 所示，制品见图 22-212）



δ<3mm 胶板模具尺寸参照表　　单位：mm

胶板规格 a×b（长×宽）	模具尺寸			M（钉钉）
	H	E、F	h	
<200	18	20	6	M5×2
200～400			8	M6×12
400～600	22	25	8	M6×12
600～800			10	M8×14

图 22-211　δ<3mm 胶板模具结构

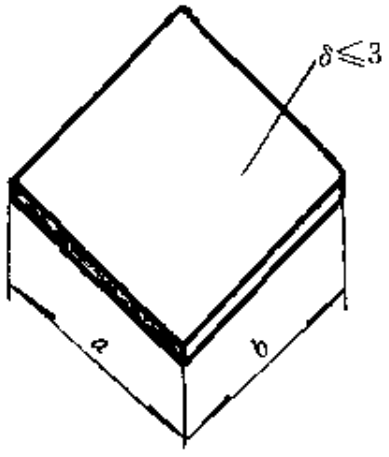


图 22-212　薄形胶板（材料：各种橡胶）

【说明】

该模具适用于 $\delta \leqslant 3$mm 薄形胶板，模具采用镶条结构，便于模具加工。

模具尺寸见参照表。上（盖板）允许用 4～5mm 不锈钢板或合金铝板代用。

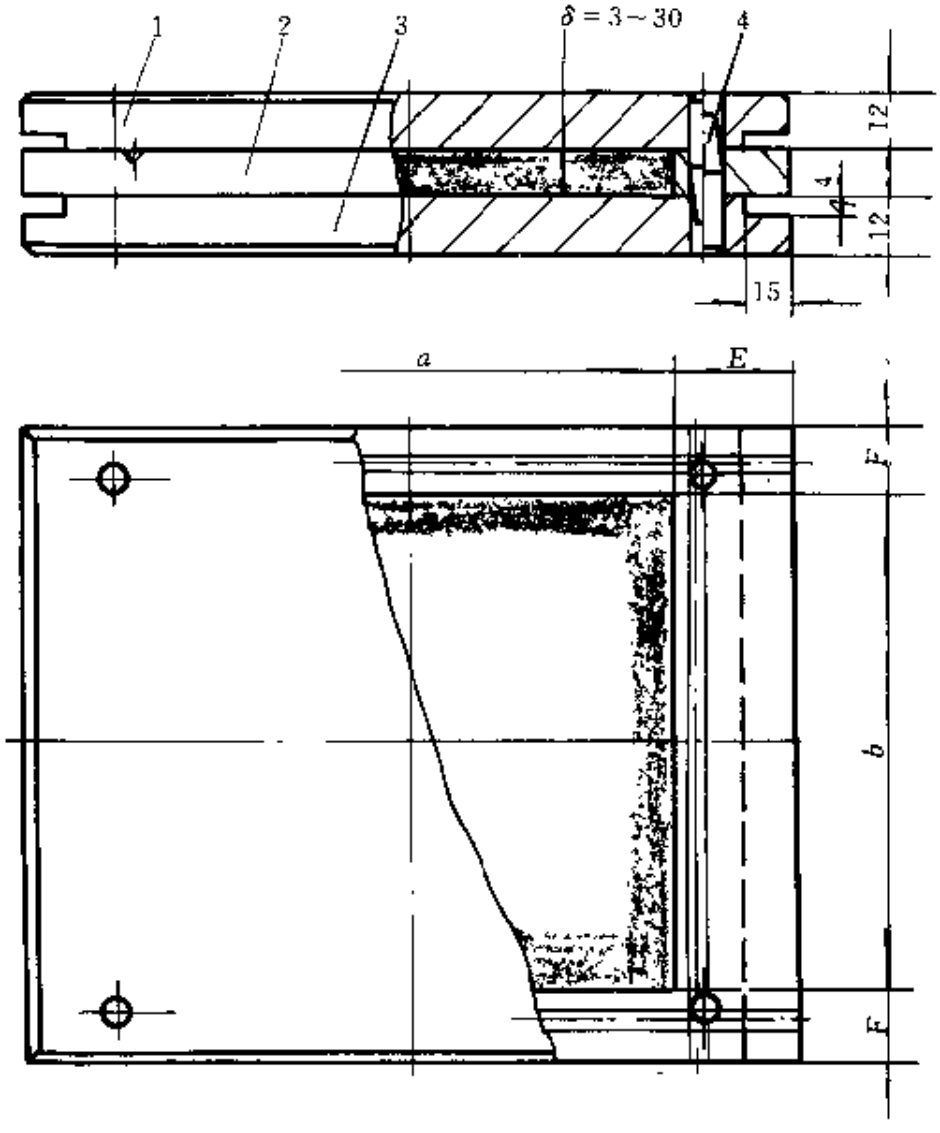
模具外形尺寸>400mm，粗加工后需装手把各 2（上、下模对角焊接）。

6-M8 顶出、调换镶条作用。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
3	下　模	1	45		
2	上盖板	1	45		
1	镶　条	2	45	HRC28～32	调质

（2）$\delta=3\sim30$mm 胶板模具（如图 22-213 所示，制品见图 22-214）



$\delta=3\sim30$mm 胶板模具尺寸参照表　　单位：mm

模具尺寸	E　F			
胶板规格 $a\times b$（长×宽）	$\delta=3\sim6$	6～15	15～20	20～30
<200	35	40	45	50
200～400	40	45	50	55
400～600	45	50	55	60
400～800	50	55	60	65

注：1. 该模具尺寸适用于中等硬度胶料，半成品重量不超过 10%。

2. 高硬度胶料或批量较多制品应采用中下模反包结构，并省略导销。

图 22-213　$\delta=3\sim30$mm 胶板模具结构

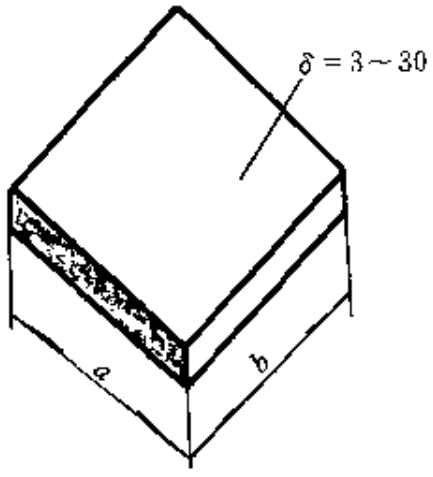


图 22-214　中厚胶板［材料：各种橡胶（中等硬度）］

【说明】

该模适用于 $\delta=3\sim30$mm 中厚胶板，模具采用三合模，为了防止移动麻烦，上下模需装导销各 2，与中模松动配合。1 上模（盖板）允许 4～5mm 不锈钢板或合金铝板代用。

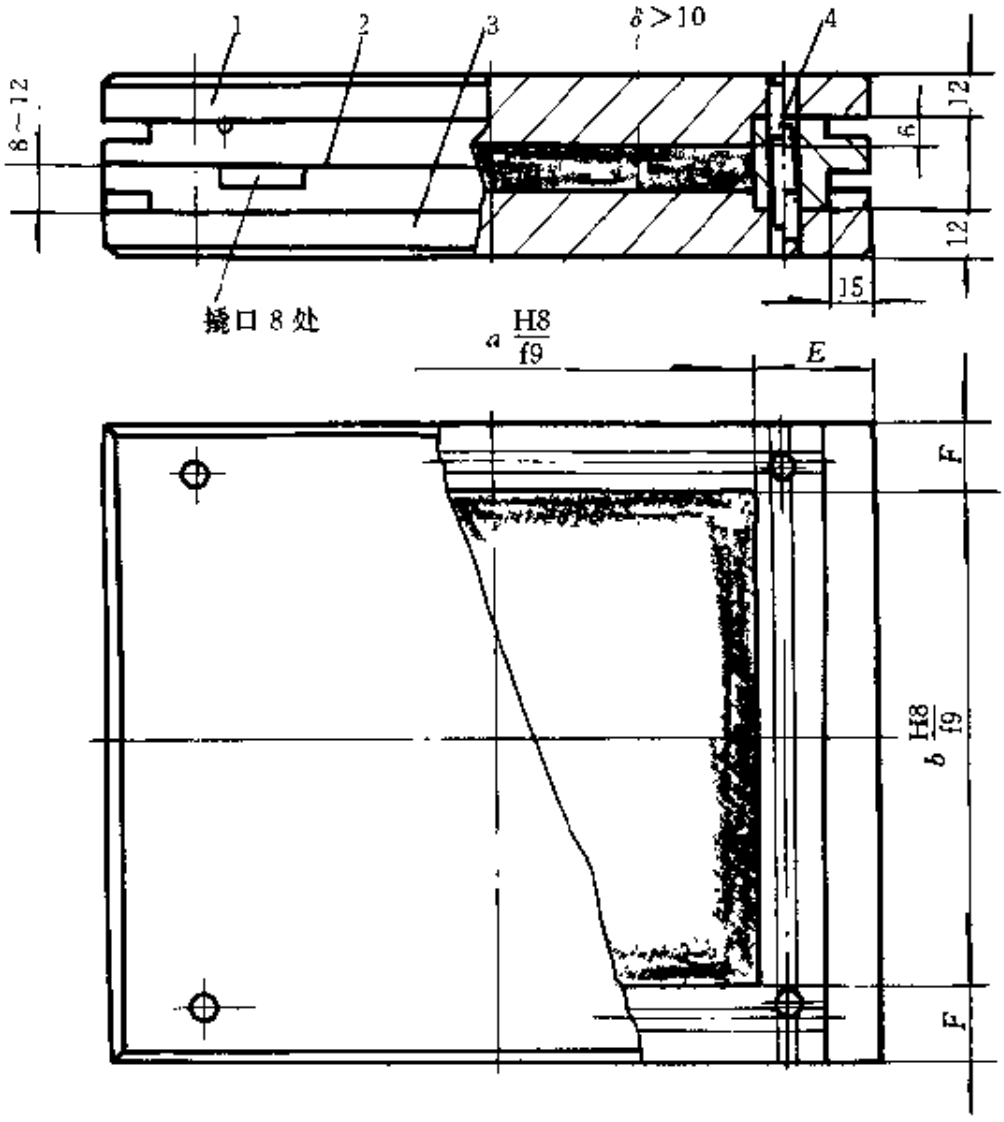
模具尺寸见参照表。由于橡胶硫化时内压力较高，中模框易于变形，应做到注解要求。

模具外形尺寸超过 400mm，需装手把各 2。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
4	上、下导销	各 2	45	HRC42～48	淬火
3	下模	1	45		
2	中模	1	45	HRC28～32	调质
1	上模	1	45		

(3) $\delta>10$mm 胶板模具（如图 22-215 所示，制品见图 22-216）



$\delta>10$mm 胶板模具尺寸参照表　　单位：mm

模具尺寸	E　F			
胶板规格 $a\times b$（长×宽）	$\delta=10\sim16$	16～22	22～30	30～50
<200	50	55	60	65
200～400	55	60	65	70
400～600	60	65	70	75
600～800	65	70	75	80

注：该模具尺寸适用于高硬度或夹布制品胶板

图 22-215　$\delta>10$mm 胶板模具结构

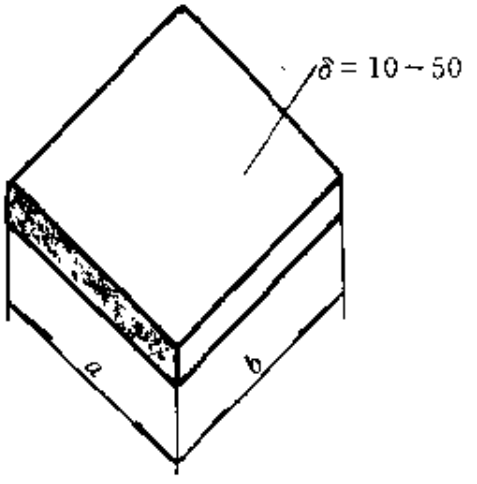


图 22-216　中厚橡胶板［材料：各种橡胶（高硬度）］

【说明】

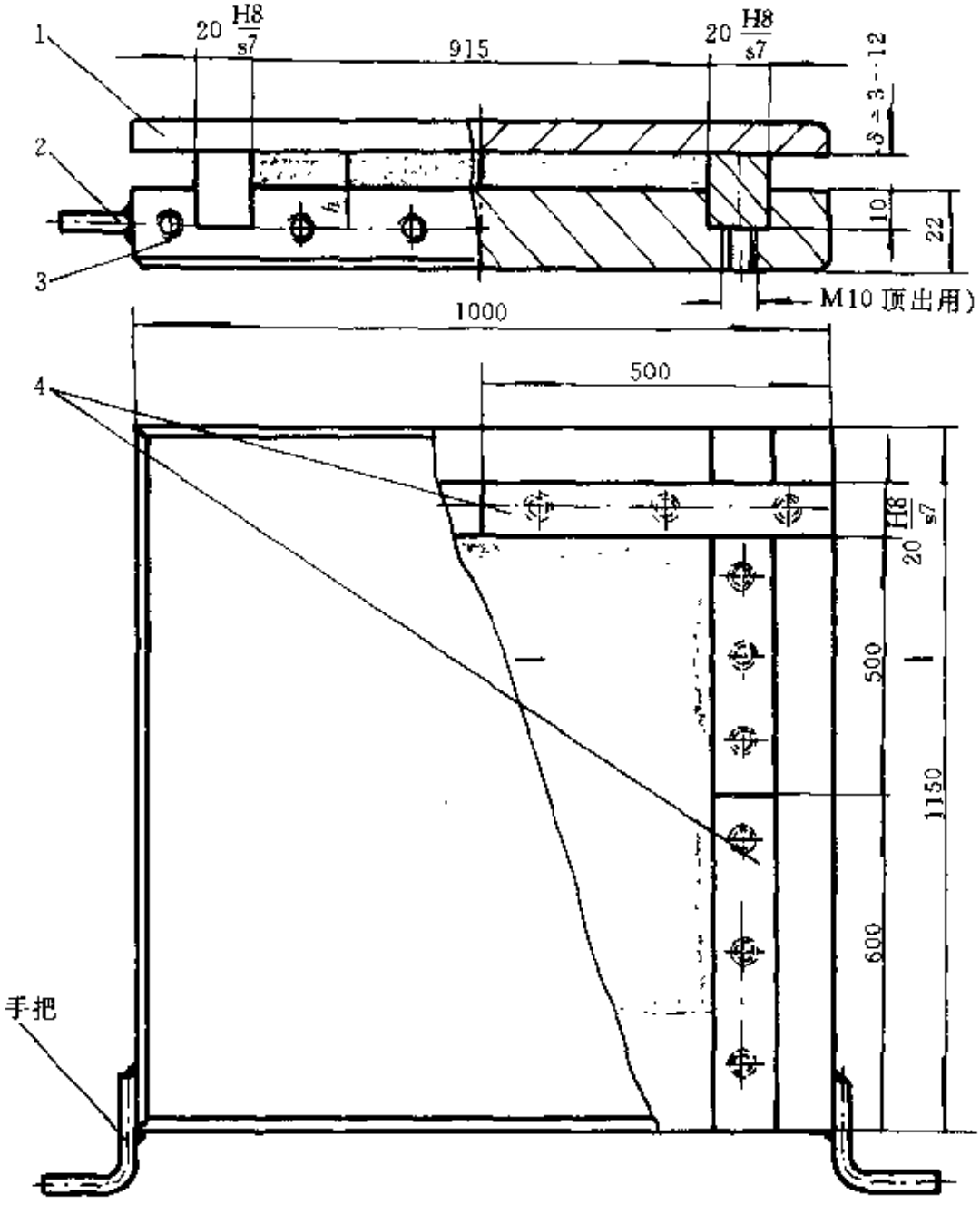
该模适用于 $\delta=10\sim50$mm 高硬度或夹织物胶板制品。为防止制品缩边和致密度差，模具采用三合模镶嵌结构。为防止中模变形，中、下模为反包结构。

模具尺寸见参照表。模具外形尺寸大于 300mm 时，粗加工后，上、中、下模两对侧面需装手把各 2（共 12 个）。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
4	上、下导销	各 2	45	HRC42～48	淬火
3	下模	1	45		
2	中模	1	45	HRC28～32	调质
1	上模	1	45		

（4）$\delta=3\sim12$mm 胶板可任意接长模具（如图 22-217 所示，制品见图 22-218）



$\delta=3\sim12$mm 胶板备用嵌条高度尺寸参照表　单位：mm

胶板厚度（δ）	3	4	5	6	8	10	12
嵌条高度（h）	13	14	15	16	18	20	22

图 22-217　$\delta=3\sim12$mm 可接长胶板硫化模具结构

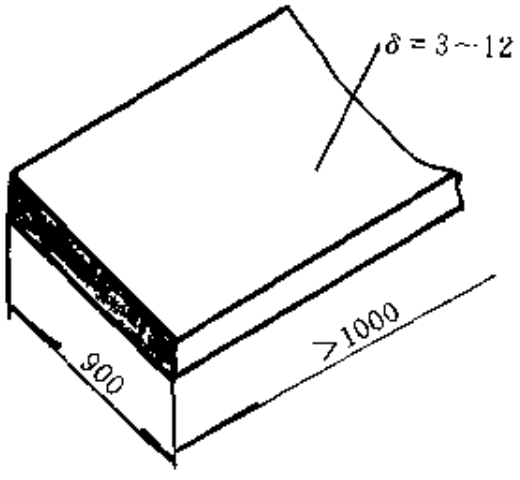


图 22-218　3～12mm 可接长胶板（材料：各种橡胶）

【说明】

该模具可更换备用镶嵌条高度规格，适用于 3～12mm 厚度各种胶板，并可任意接长。该模具属典型、合理、大规格普通胶板或带花纹胶板模具结构。

盖板允许用 4～5mm 不锈钢板或铝合金薄板代用。备用嵌条见参照表。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
4	镶嵌条	1 套 6 条	45	HRC38～42	淬火
3	下模	1	45		
2	手把	2	45		焊接
1	盖板	1	45		

22.8.3 橡胶轴承

（1）橡胶轴承立式硫化模（如图 22-219 所示，制品见图 22-220）

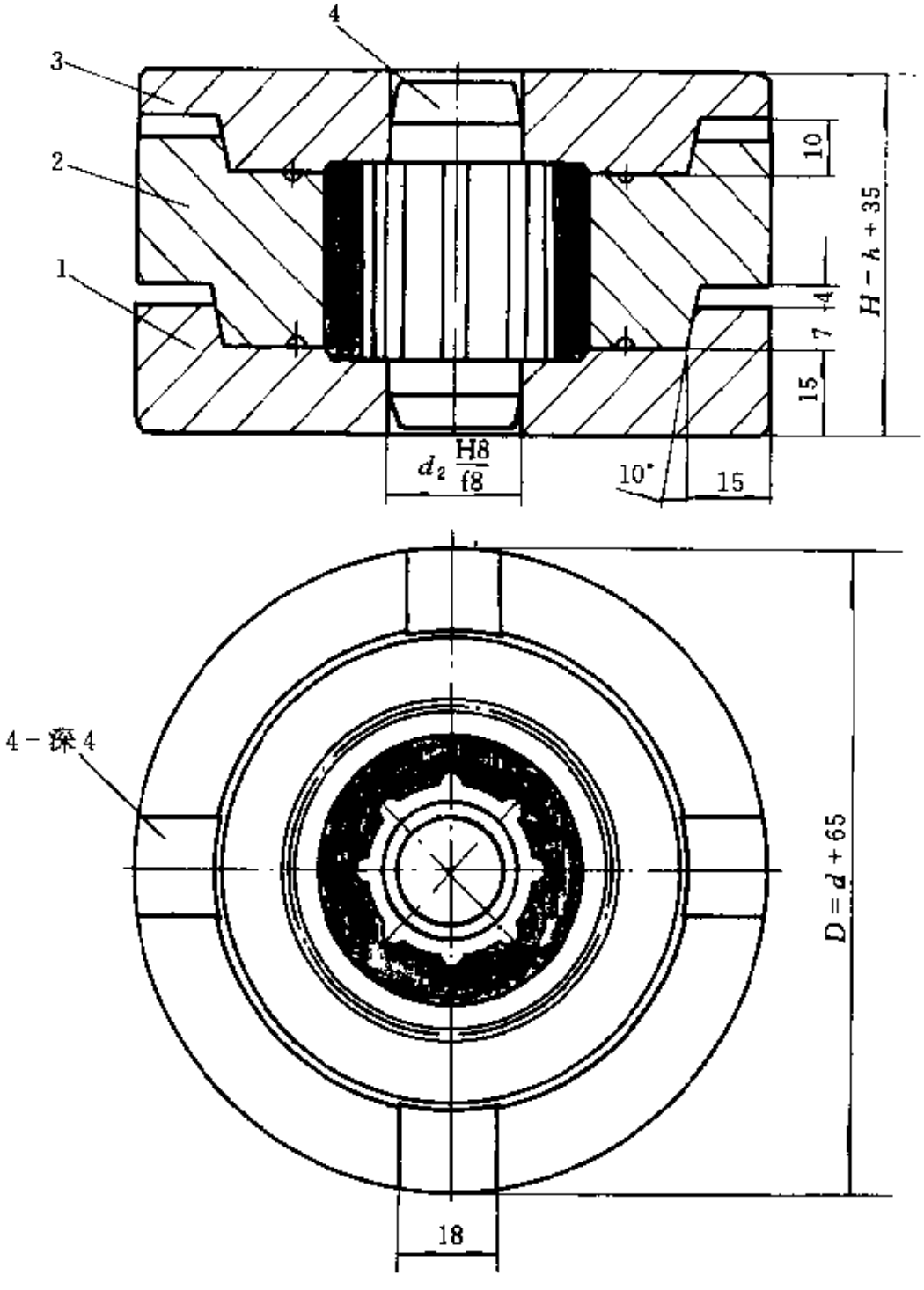


图 22-219 橡胶轴承立式硫化模结构

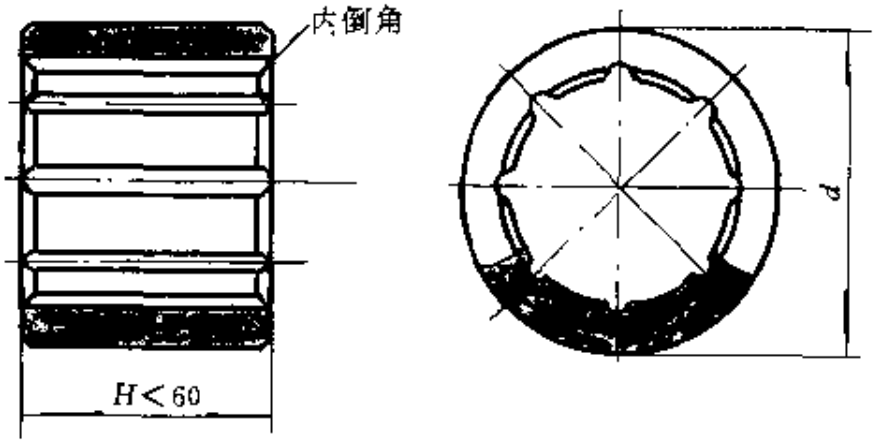


图 22-220 橡胶轴承（材料：橡胶Ⅰ 4）

【说明】

该模制品为典型 $H<60$mm 橡胶轴承，模具也属典型结构。制品的内倒角，由于模具加工复杂，一般采用车削或磨削再加工获得。

制品壁厚<2.5mm 时，应采用压铸式模具结构，以利于半成品加料。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
4	模芯	1	45	HRC38～42	淬火
3	上模	1	45	HRC28～32	调质
2	中模	1	45	HRC28～32	调质
1	下模	1	45	HRC28～32	调质

（2）橡胶轴承卧式硫化模（如图 22-221 所示，制品见图 22-222）

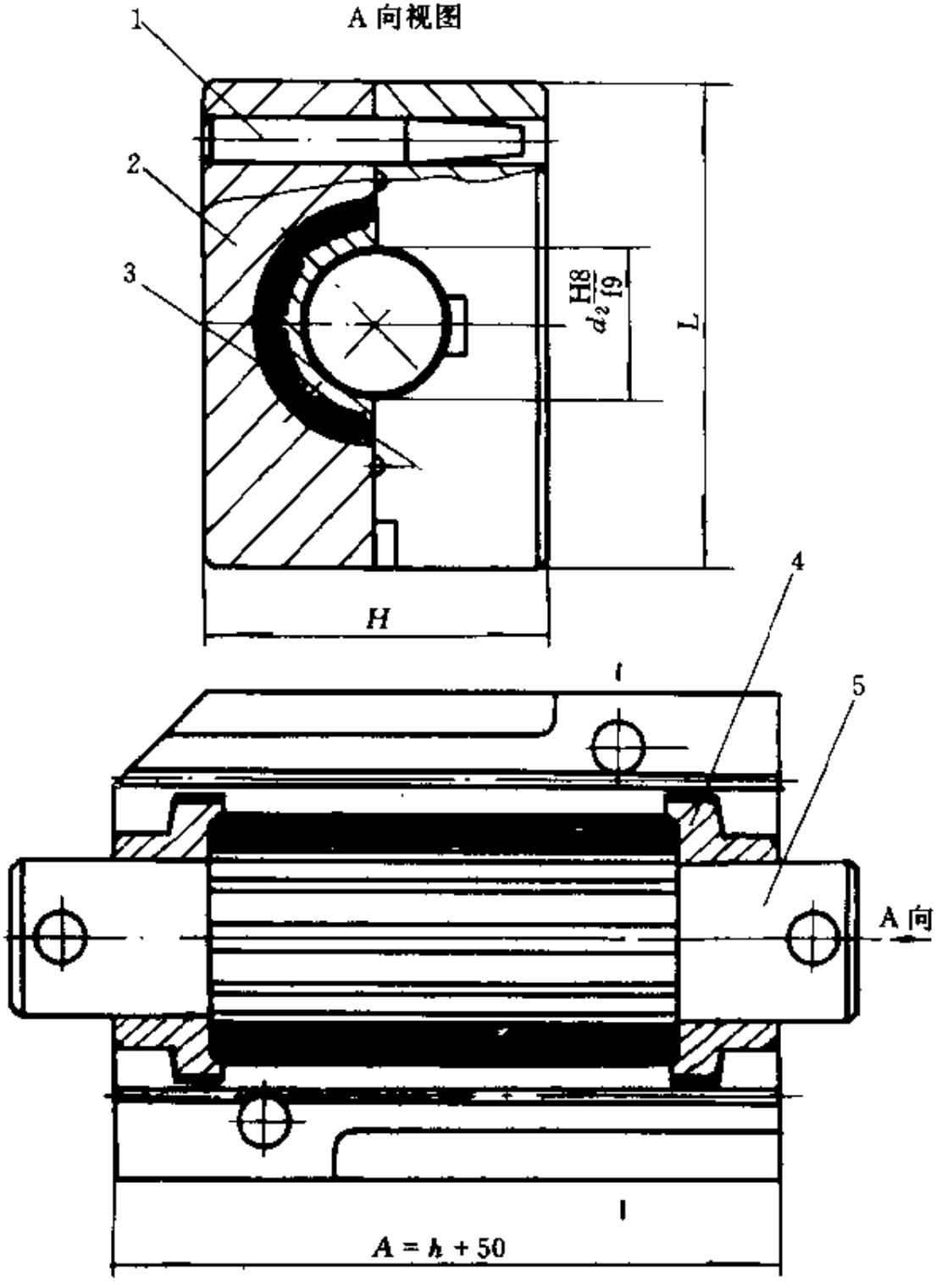


图 22 221　橡胶轴承卧式硫化模结构

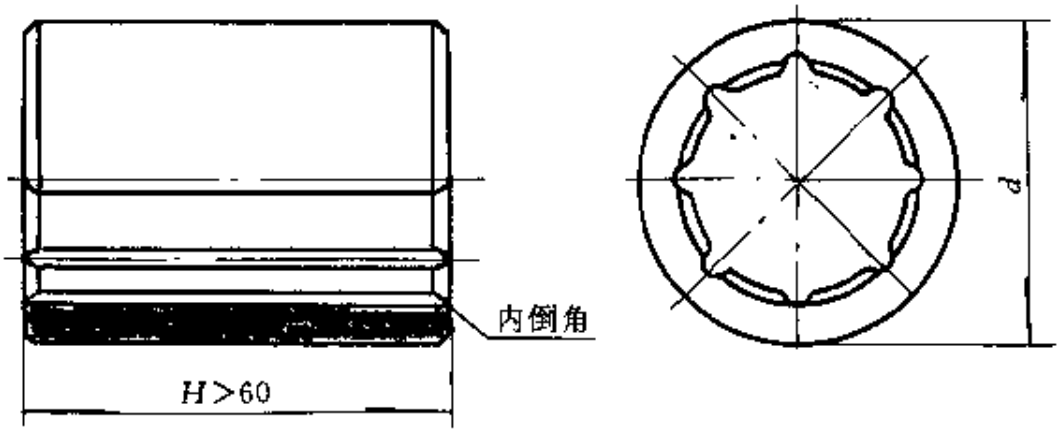


图 22-222 橡胶轴承（材料：橡胶 I -4）

【说明】

该模制品为典型 $H>60$mm 橡胶轴承，模具为典型卧式结构，制品中的内倒角一般采用车削或磨削再加工获得，或者一端加工成内倒角，以利于制品取出和模具加工。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
5	模芯	1	45	HRC38～42	淬火
4	定位挡圈	2	45	HRC38～42	淬火
3	下模	1	45	HRC28～32	调质
2	上模	1	45	HRC28～32	调质
1	导销	2	45	HRC38～42	淬火

22.8.4 杂件

（1）双孔绝缘衬垫橡胶注压模（如图 22-223 所示，制品见图 22-224）

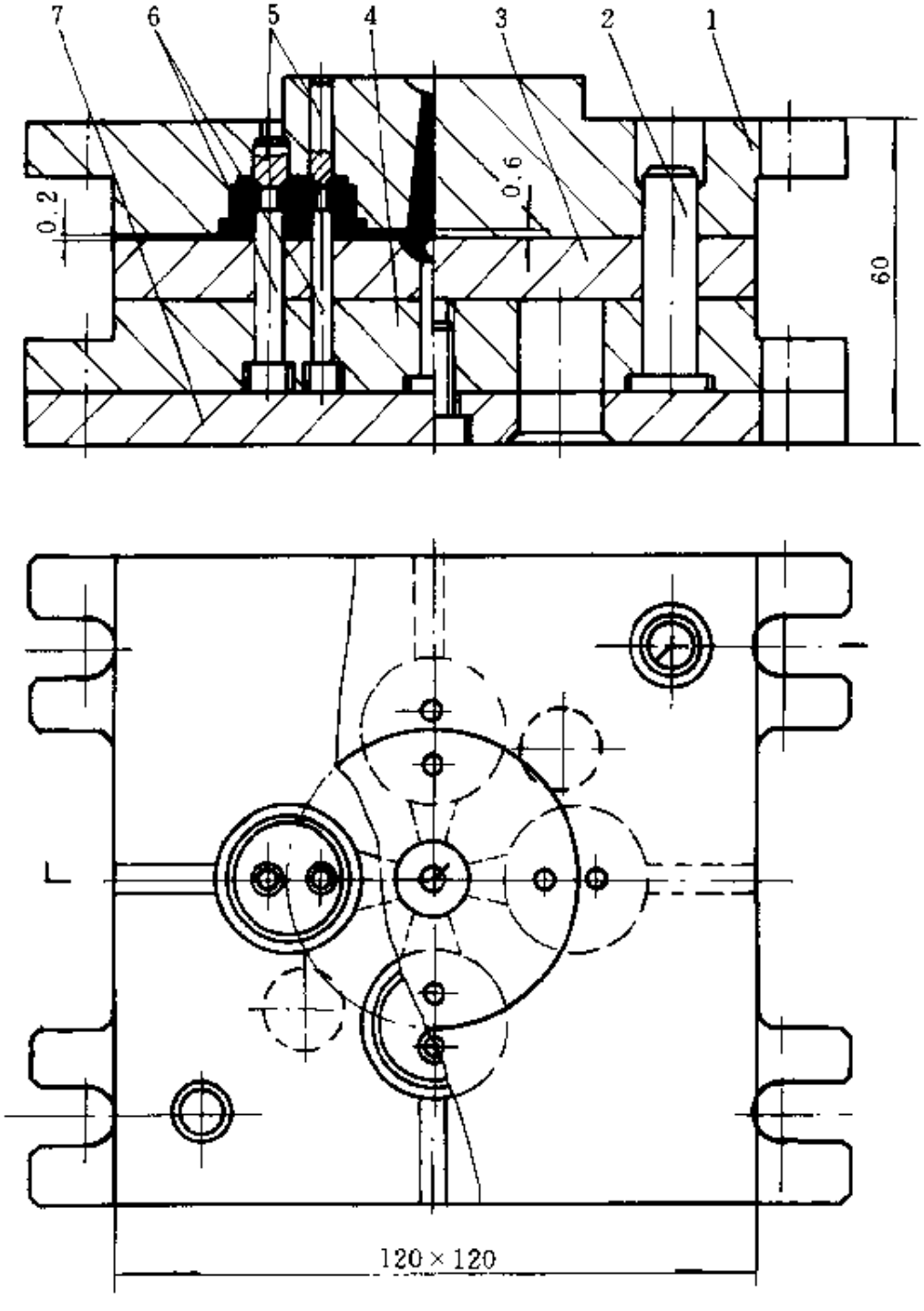


图 22-223　双孔绝缘衬垫橡胶注压模结构

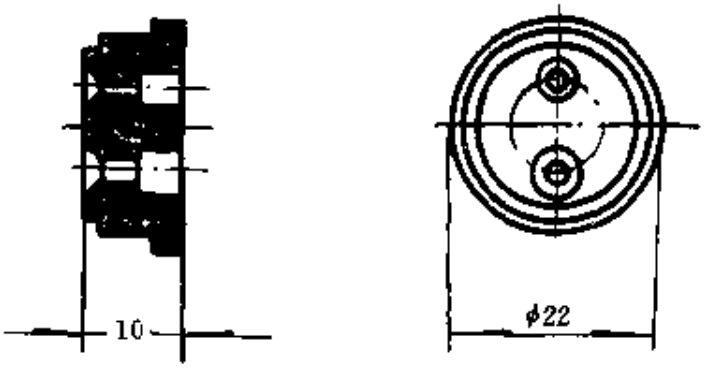


图 22-224 橡胶衬垫（材料：橡胶 6144）

【说明】

该模为推板式、抽芯结构注压模，制品易取出，且不变形，适用于多孔带模芯制品。此模为扇型浇口。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
7	底模	45	45	HRC28～32	调质
6	下模芯	共8	T10A	HRC42～48	淬火
5	上模芯	共8	T10A	HRC42～48	淬火
4	下模	1	45	HRC28～32	调质
3	推板	1	45	HRC28～32	调质
2	导销	2	T10A	HRC42～48	淬火
1	上模	1	45	HRC34～38	淬火

（2）橡胶塞头硫化模（如图 22-225 所示，制品见图 22-226）

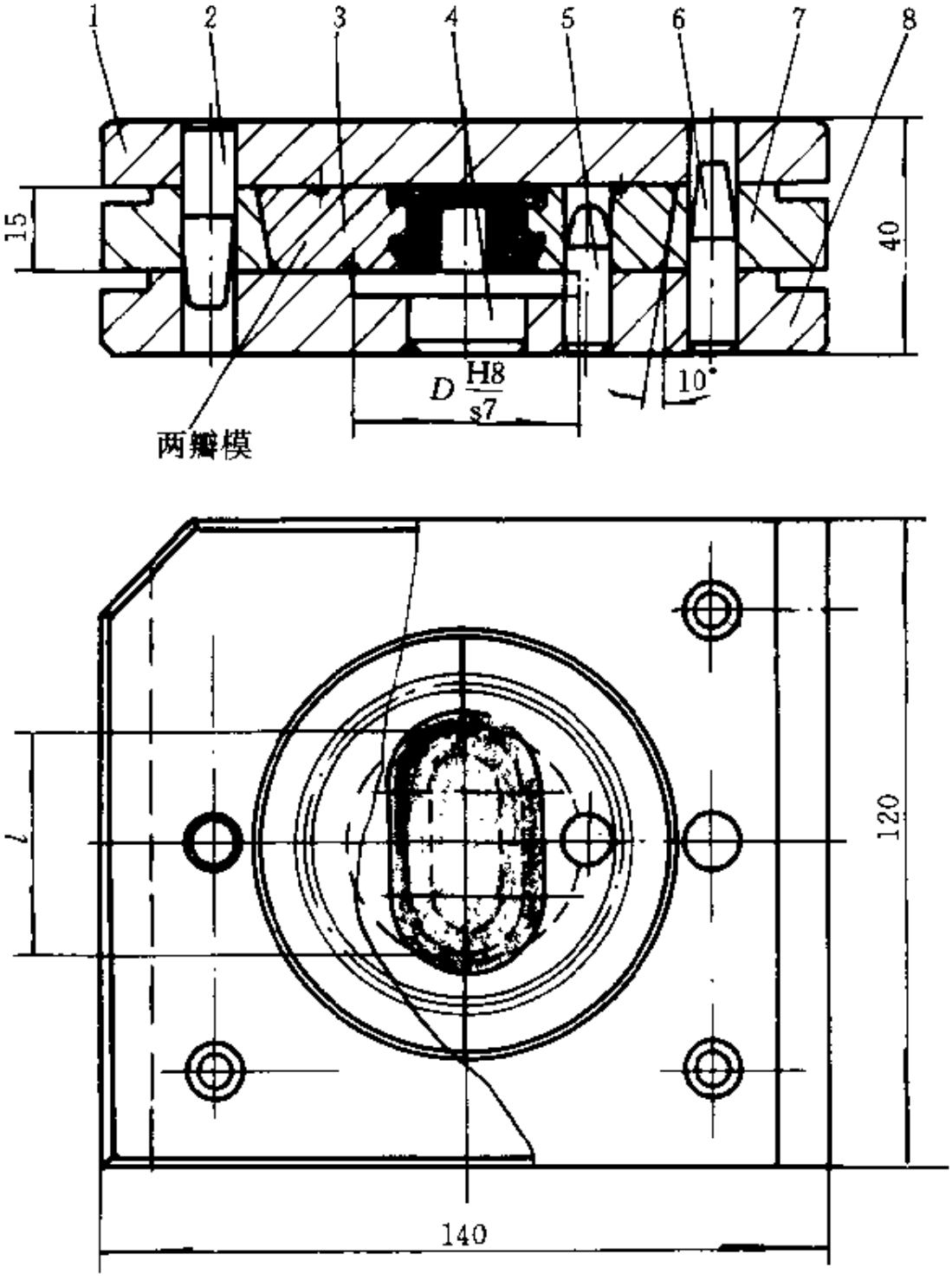


图 22-225　橡胶塞头硫化模结构

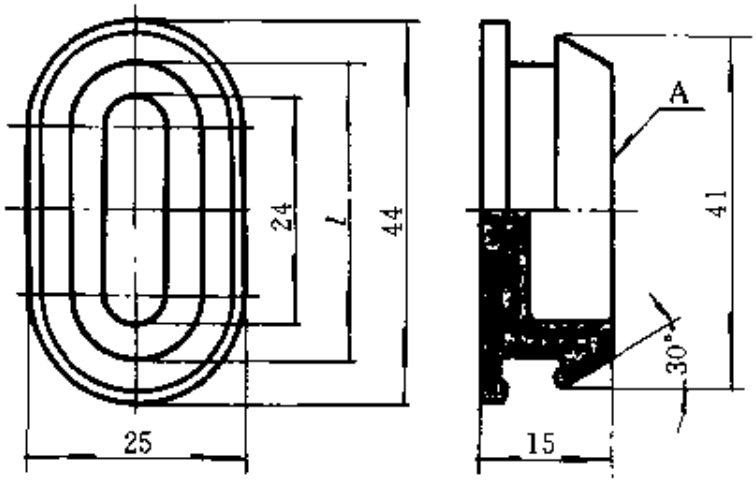


图 22-226 橡胶塞头（材料：橡胶 4172）

【说明】

该模制品带椭圆凹槽，采用两瓣模镶块，以便于取出制品。模芯 D 应$\geqslant l$，使制品 A 端面无结缝。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
8	下模	1	45	HRC28～32	调质
7	中模	1	45	HRC28～32	调质
6	导销	3	45	HRC42～48	淬火
5	定位销	1	45	HRC42～48	淬火
4	下模芯	1	45	HRC28～32	调质
3	两瓣模镶块	1组	45	HRC28～32	调质
2	导销	2	45	HRC42～48	淬火
1	上模	1	45	HRC28～32	调质

（3）带内外螺纹橡胶制品硫化模（如图 22-227 所示，制品见图 22-228）

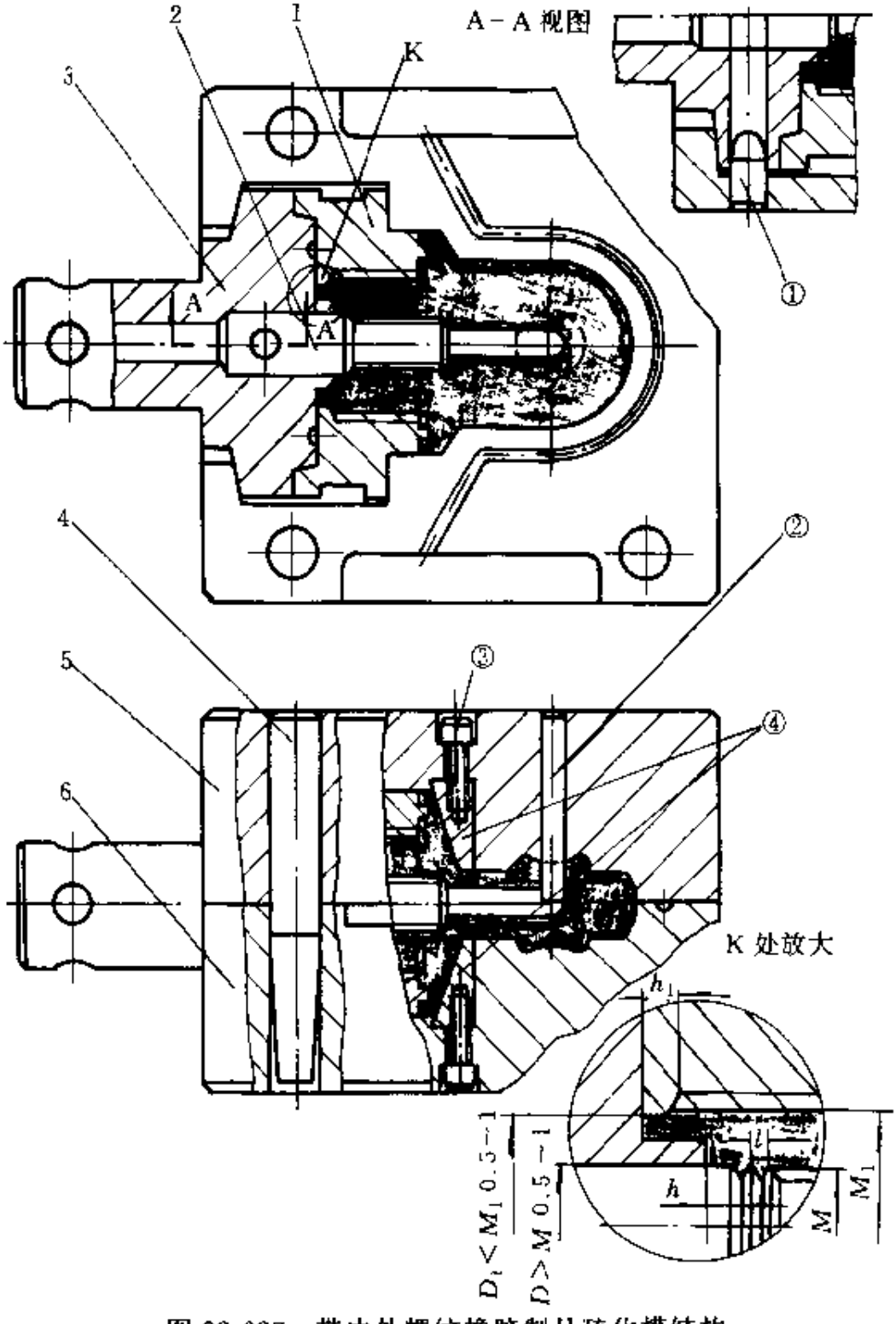


图 22-227　带内外螺纹橡胶制品硫化模结构

①　定位销；②—上模模芯；③　内六角螺钉；④—上、下镶块

注：$h \cdot h_1$—0.5～1.5l（螺距）

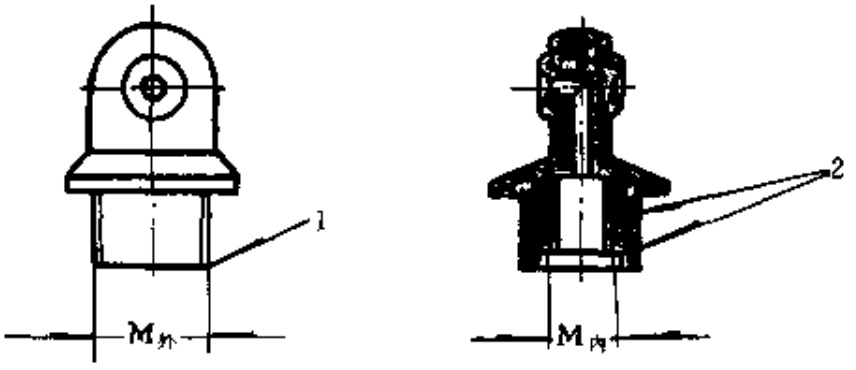


图 22-228 带内外螺纹橡胶制品（材料：橡胶 8075）

1—端面；2—不允许有两瓣模线

【说明】

凡带旋合或外径密封螺纹的制品，不允许采用两瓣模结构。旋入端螺纹不应到达端面，应留 1～3mm 或 0.5～1.5 螺距的长度，并且其直径应符合 K 处示意图要求，这样，有利于硫化后螺纹制品顺利旋入。此外，外螺纹中径应小些；内螺纹中径应大些，如硬质橡胶，螺距为 2～5mm，可松动 0.2～0.4mm，螺纹配合长度不宜超过 50mm。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	下模	1	45	HRC28～32	调质
5	上模	1	45	HRC28～32	调质
4	导销	3	45	HRC42～48	淬火
3	定位模芯	1	45	HRC28～32	调质
2	内螺纹模芯	1	T10A	HRC42～48	淬火
1	外螺纹镶圈	1	T10A	HRC38～42	淬火

（4）橡胶密封套硫化模（如图 22-229 所示，制品见图 22-230）

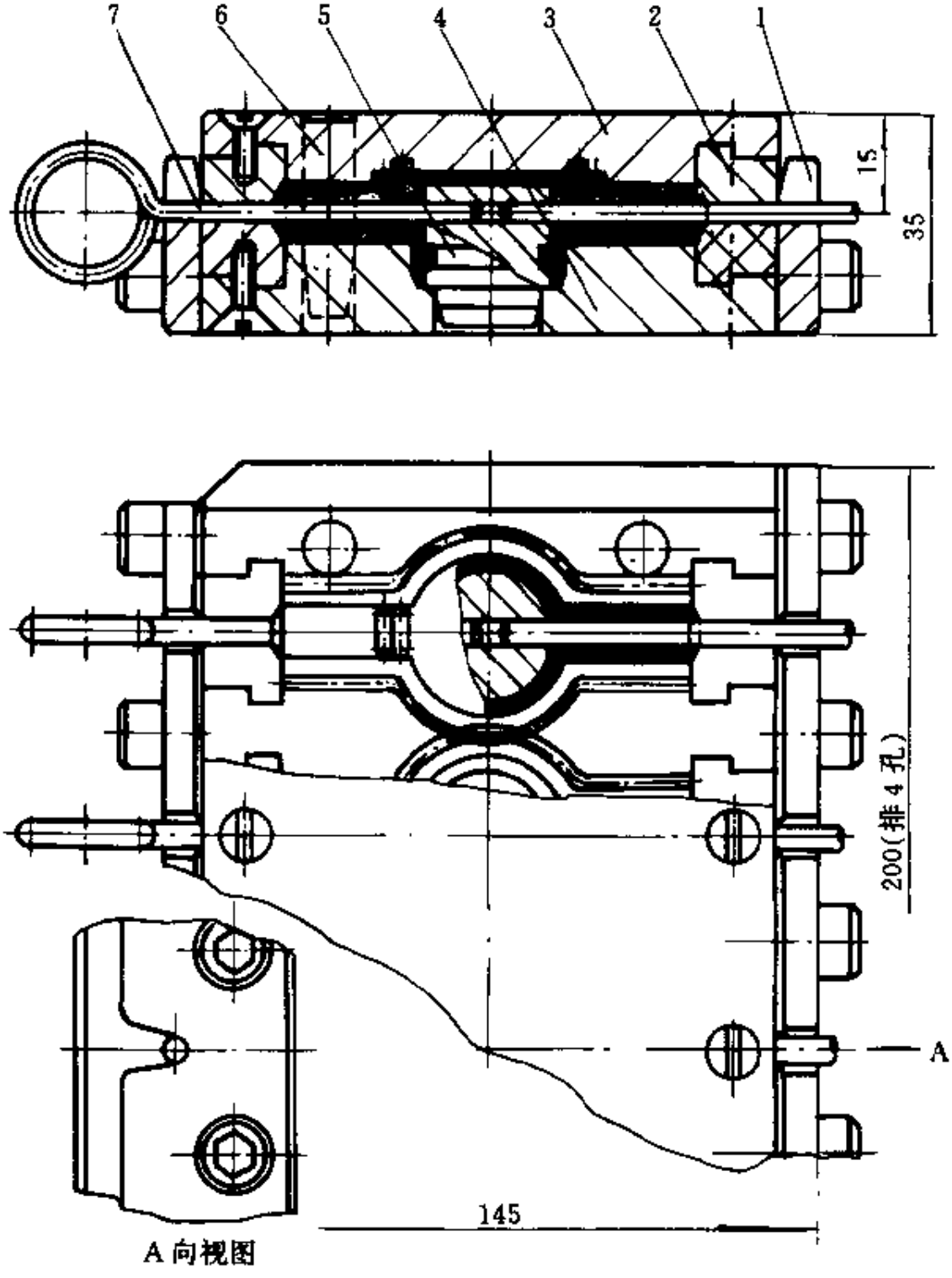


图 22-229　橡胶密封套硫化模结构

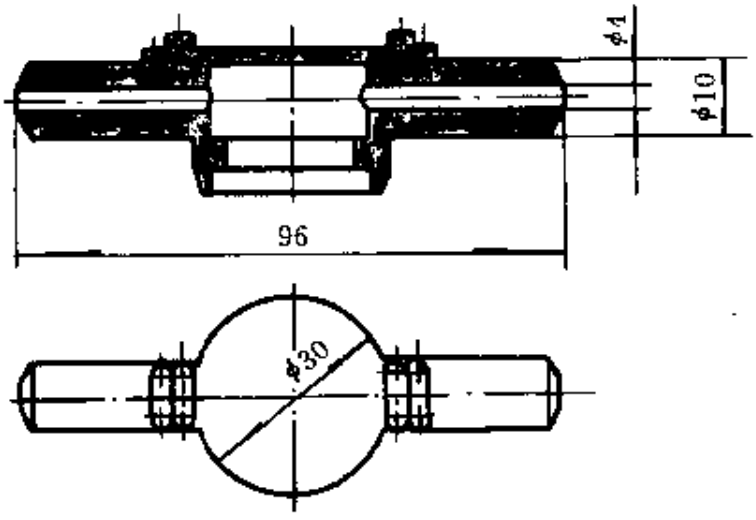


图 22-230　橡胶密封套［材料：橡胶 1140（黑）］

【说明】

该模制品中间有 ϕ4 通孔，采用二端抽芯、叉式挡板定位，结构合理、操作方便。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
7	抽出模芯	8	60Si2Mn	HRC48～52	淬火
6	导销	3	45	HRC38～42	淬火
5	模芯	4	T10A	HRC42～48	淬火
4	下模	1	45	HRC28～32	调质
3	上模	1	45	HRC28～32	调质
2	镶块	共 8 付	45	HRC28～32	调质
1	叉式定位板	2	45	HRC28～32	调质

（5）橡胶塞子压铸模（如图 22-231 所示，制品见图 22-232）

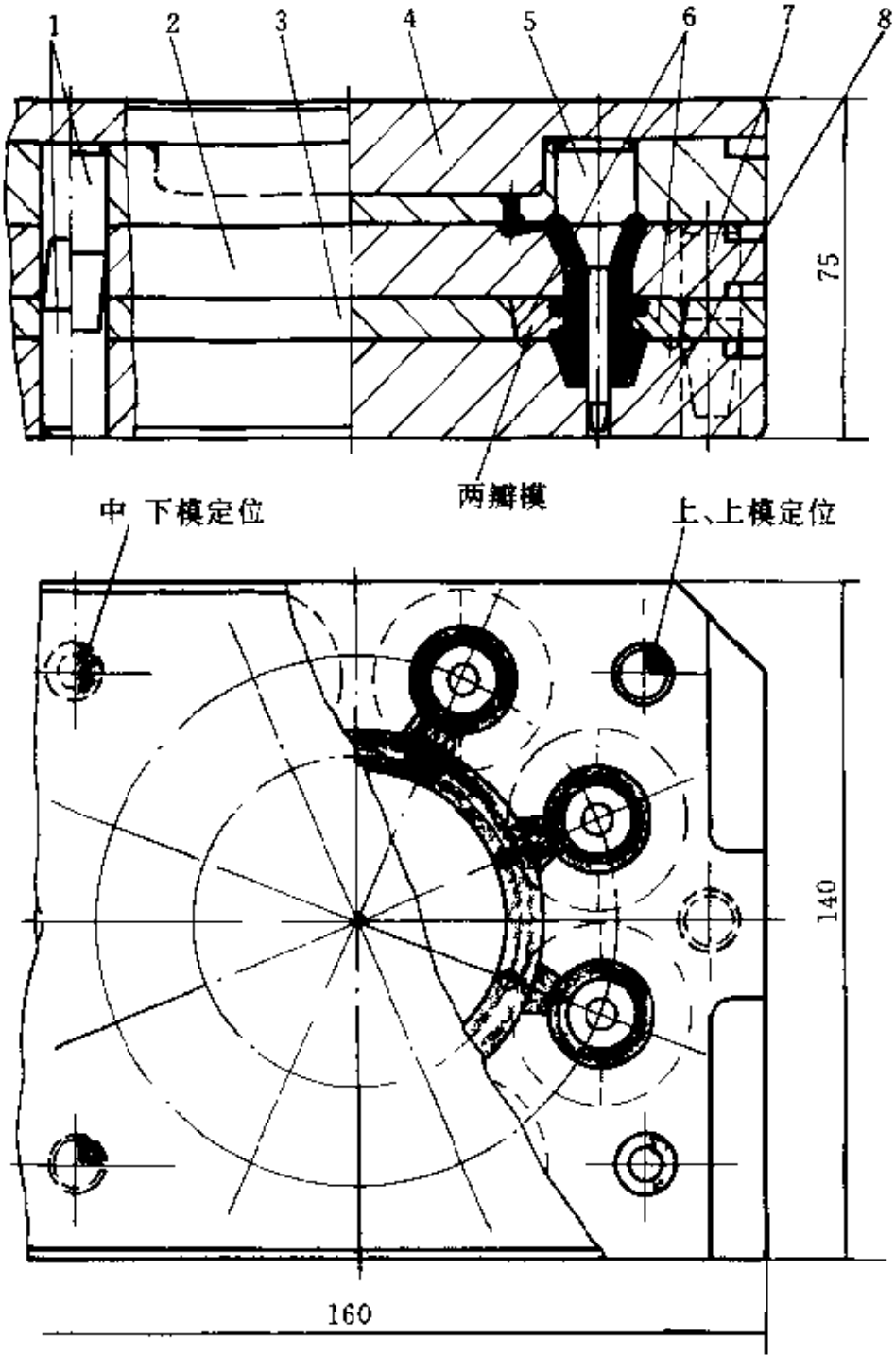


图 22-231　橡胶塞子压铸模结构

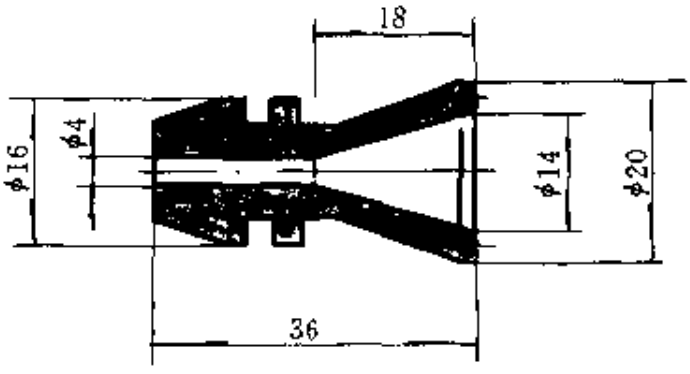


图 22-232 橡胶塞子（材料：橡胶 4161）

【说明】

该模制品模芯细而长，采用一般开放式模具模压时，模芯易弯曲，且加料困难、操作不安全。采用先合模后加料的压铸模结构，操作安全，加料方便，制品质量好。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
8	下模	1	45	HRC28～32	调质
7	导销	2	45	HRC42～48	淬火
6	两瓣模镶块	8组	45	HRC42～48	淬火
5	模芯	8	T10A	HRC52～56	淬火
4	压料头	1	45	HRC42～48	淬火
3	中模	1	45	HRC28～32	调质
2	上模	1	45	HRC28～32	调质
1	导销	各2	45	HRC42～48	淬火

（6）橡胶止动块压铸模（如图 22-233 所示，制品见图 22-234）

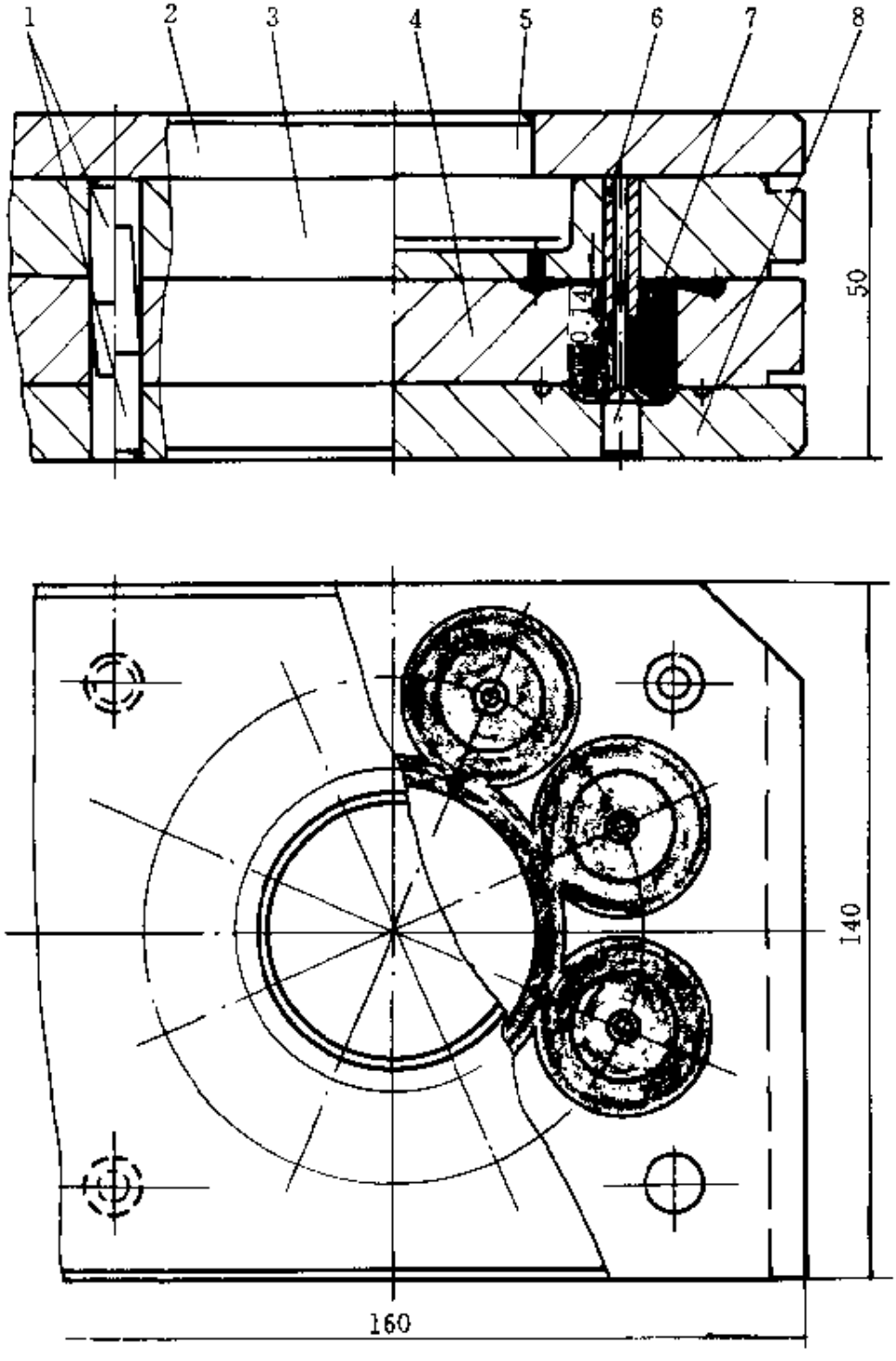


图 22-233　橡胶止动块压铸模

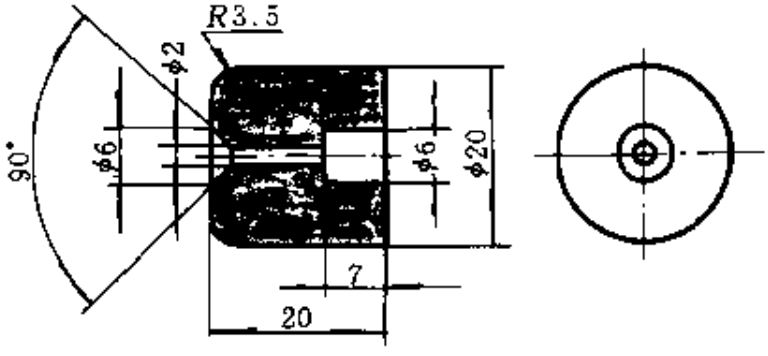


图 22-234　橡胶止动块（材料：橡胶 5171）

【说明】

该模制品模芯 φ2 细而长，采用一般开放式模具模压时，模芯容易弯曲，加料后操作不安全，采用先合模后加料压铸模结构，操作安全，加料方便，工效高、质量好。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
8	下模	1	45	HRC28～32	调质
7	模芯	8	T10A	HRC52～56	淬火
6	模芯套	8	T10A	HRC52～56	淬火
5	压头	1	45	HRC42～48	淬火
4	中模	1	45	HRC28～32	调质
3	上模	1	45	HRC28～32	调质
2	压头板	1	45	HRC28～32	调质
1	导销	各 2	45	HRC42～48	淬火

（7）橡皮垫硫化模（如图 22-235 所示，制品见图 22-236）

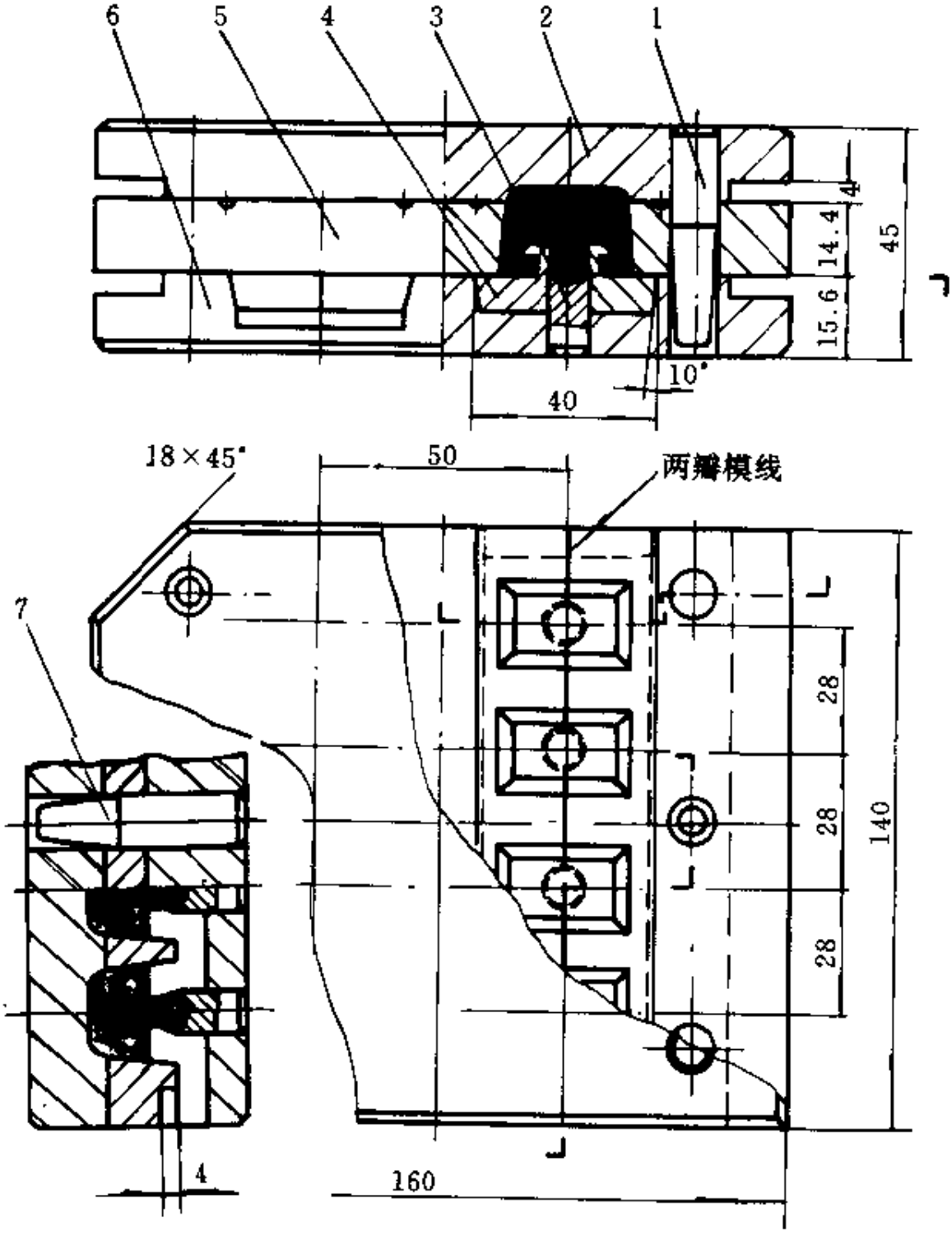


图 22-235　橡皮垫硫化模

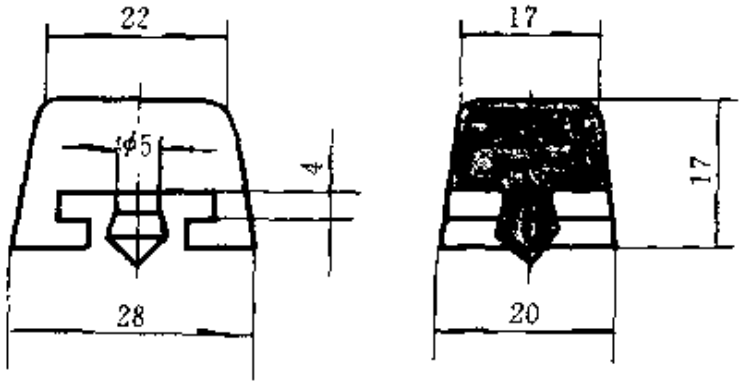


图 22-236 橡皮垫（材料：橡胶Ⅱ-3）

【说明】

该模制品采用三合模，利用制品斜面分型结构，40°、10°斜面配合要求密合，并采用两瓣模拼合，制品取出方便。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
7	导销	3	45	HRC42～48	淬火
6	下模	1	45	HRC28～32	调质
5	中模	1	45	HRC28～32	调质
4	镶块	2付	45	HRC28～32	调质
3	模芯	8	T10A	HRC52～56	淬火
2	上模	1	45	HRC28～32	调质
1	导销	3	45	HRC42～48	淬火

（8）保护橡皮硫化模（如图 22-237 所示，制品见图 22-238）

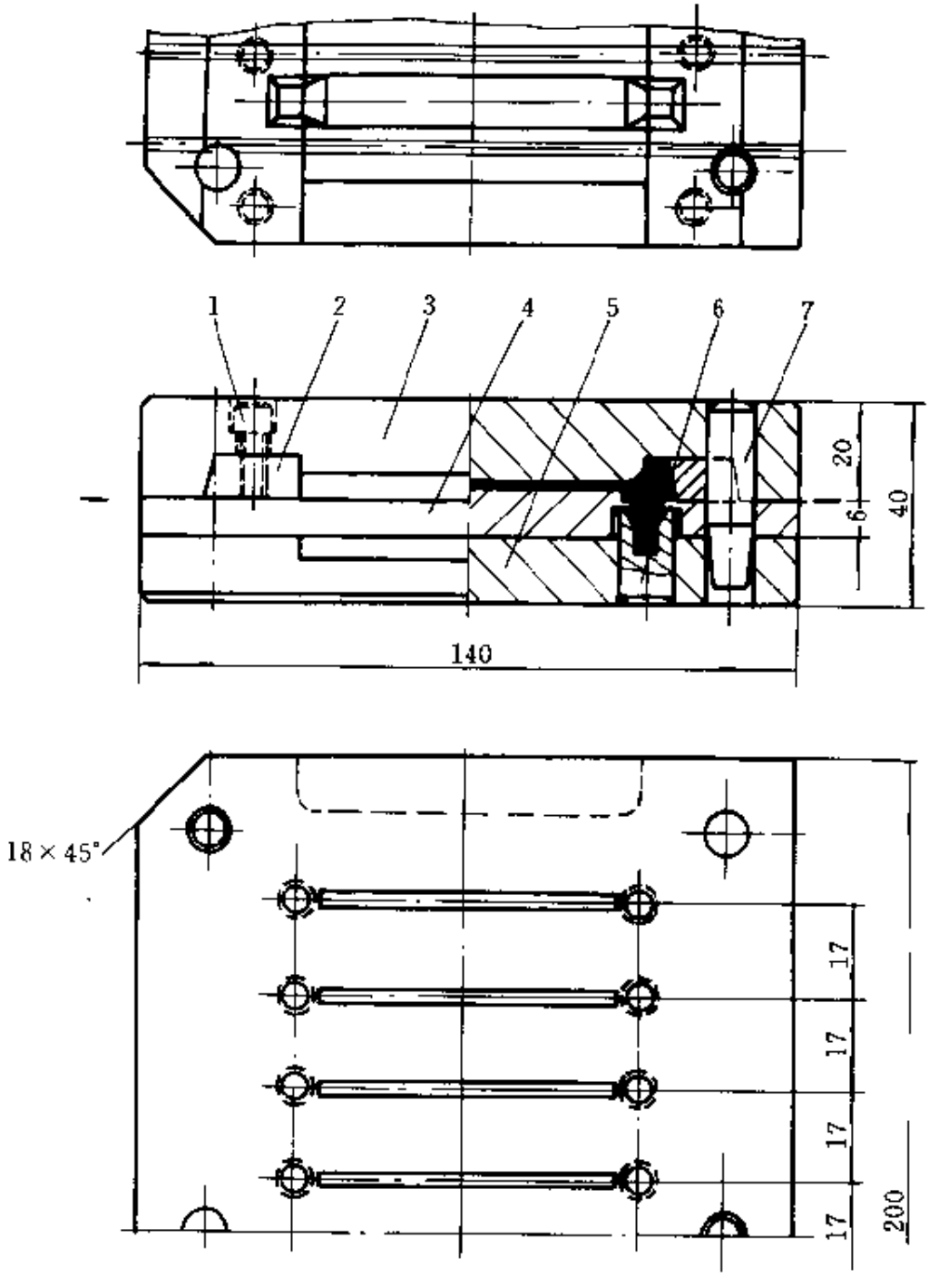


图 22-237　保护橡皮硫化模结构

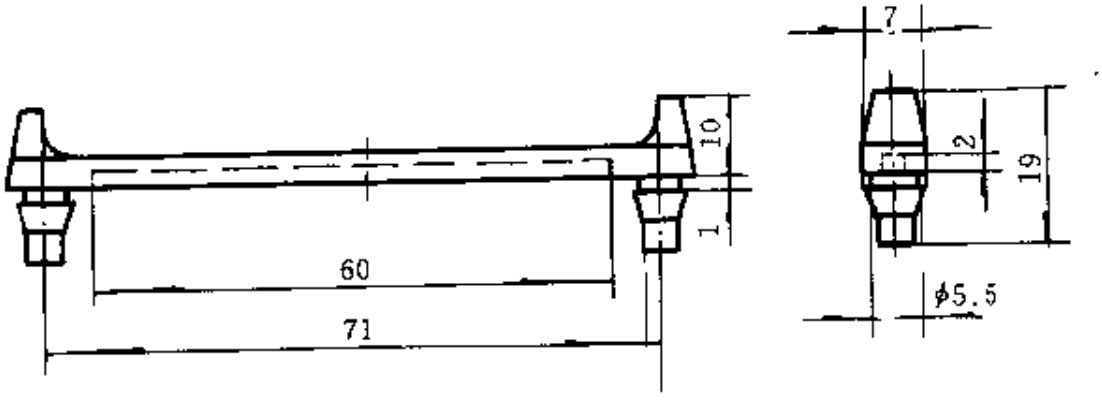


图 22-238　保护橡皮（材料：橡胶Ⅰ-3）

【说明】

该模制品形状奇特，模具采用三合模结构，使用方便。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
7	导销	3	45	HRC42～48	淬火
6	模芯	16	T8A	HRC48～52	淬火
5	下模	1	45	HRC28～32	调质
4	中模	1	45	HRC28～32	调质
3	上模	1	45	HRC28～32	调质
2	镶块	2	45	HRC28～32	调质
1	内六角螺钉	10			M5×15

（9）减震垫硫化模（如图 22-239 所示，制品见图 22-240）

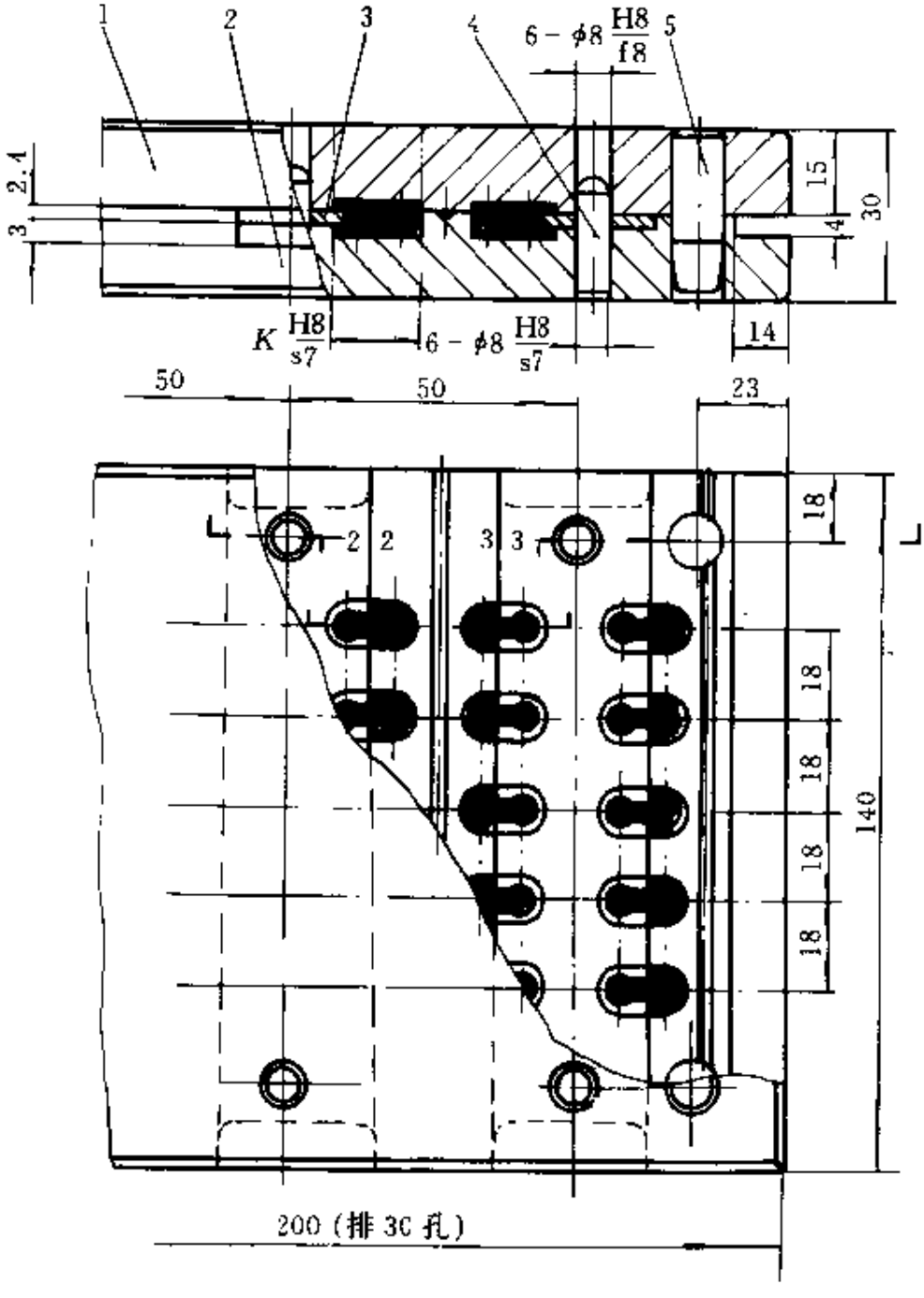


图 22-239　减震垫硫化模结构

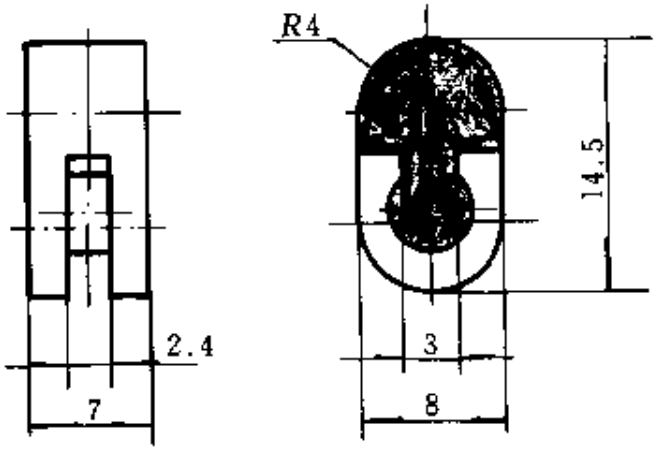


图 22-240 减震垫（材料：橡胶 I -2）

【说明】

该模结构简单、工效高。标注 K H8/s7 代号为具有线切割机床加工模具结构（即上、下模中镶椭圆镶块）。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
5	导销	3	45	HRC42～48	淬火
4	导销	6	45	HRC42～48	淬火
3	镶块	3	65mm		
2	下模	1	45	HRC28～32	调质
1	上模	1	45	HRC28～32	调质

（10）漏出导管硫化模（如图 22-241 所示，制品见图 22-242）

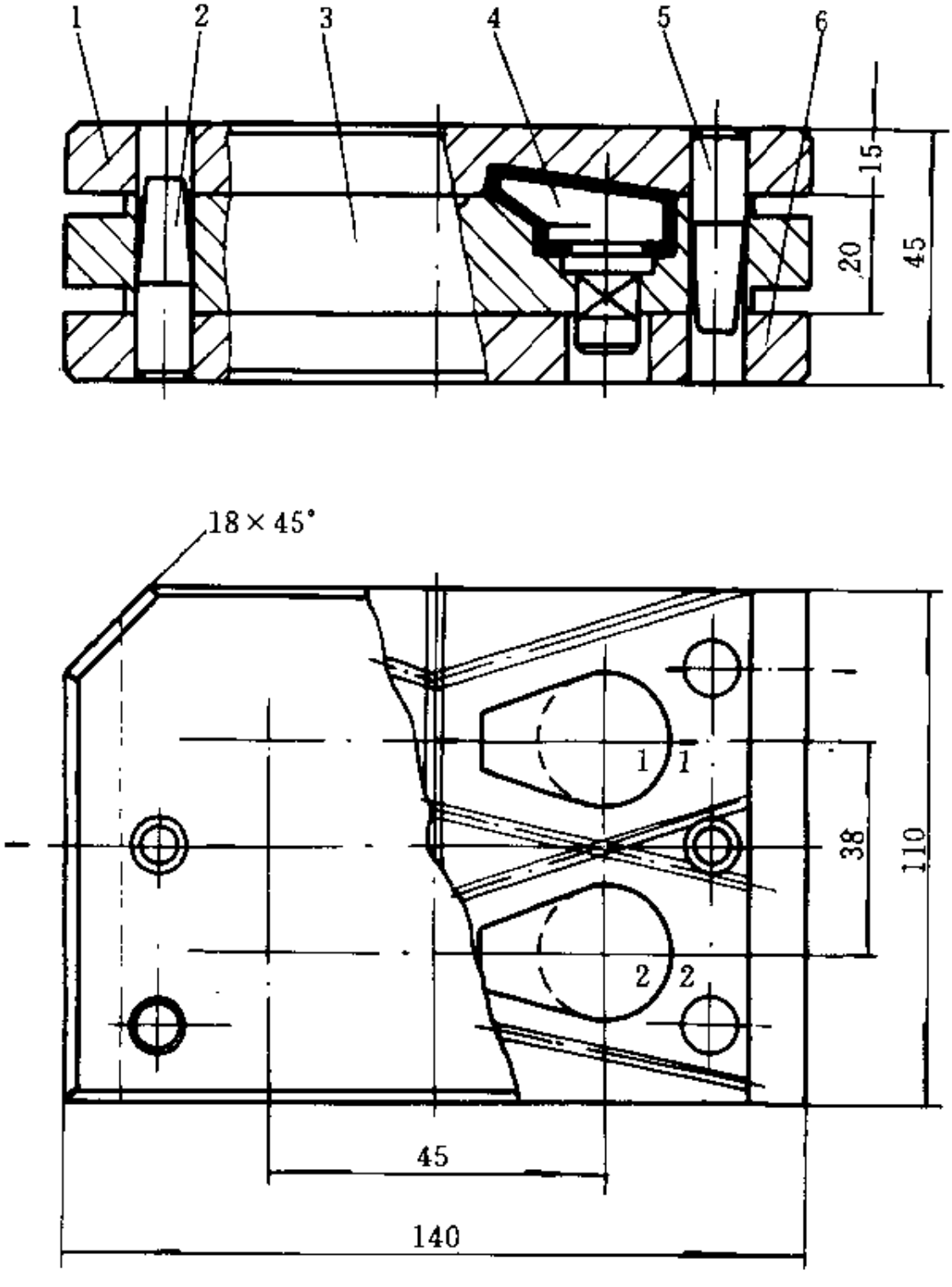


图 22-241　漏出导管硫化模结构

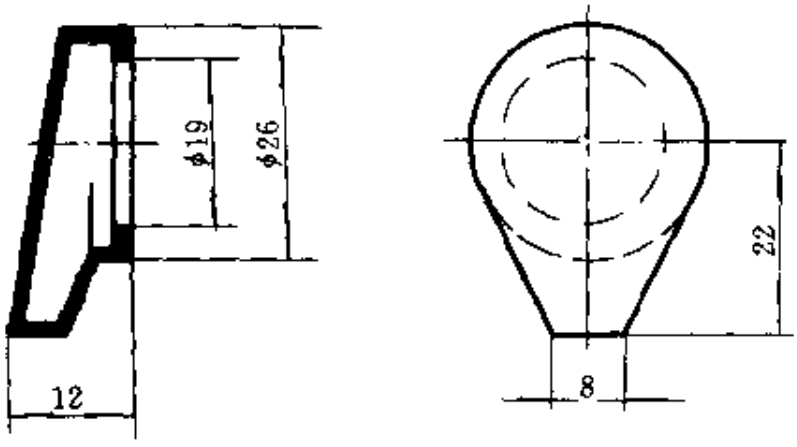


图 22-242　漏出导管（材料：橡胶 1-1）

【说明】

该模制品形状较复杂，模具结构简单，使用方便。模芯应对号入座，胶料应加在模芯上。

零件表

序　号	名　称	数　量	材　料	热处理	备　注
6	下　模	1	45	HRC28～32	调　质
5	导　销	3	45	HRC42～48	淬　火
4	模　芯	4	45	HRC38～42	淬　火
3	中　模	1	45	HRC28～32	调　质
2	导　销	2	45	HRC42～48	淬　火
1	上　模	1	45	HRC28～32	调　质

（11）油箱盖直压式硫化模（如图 22-243 所示，制品见图 22-244）

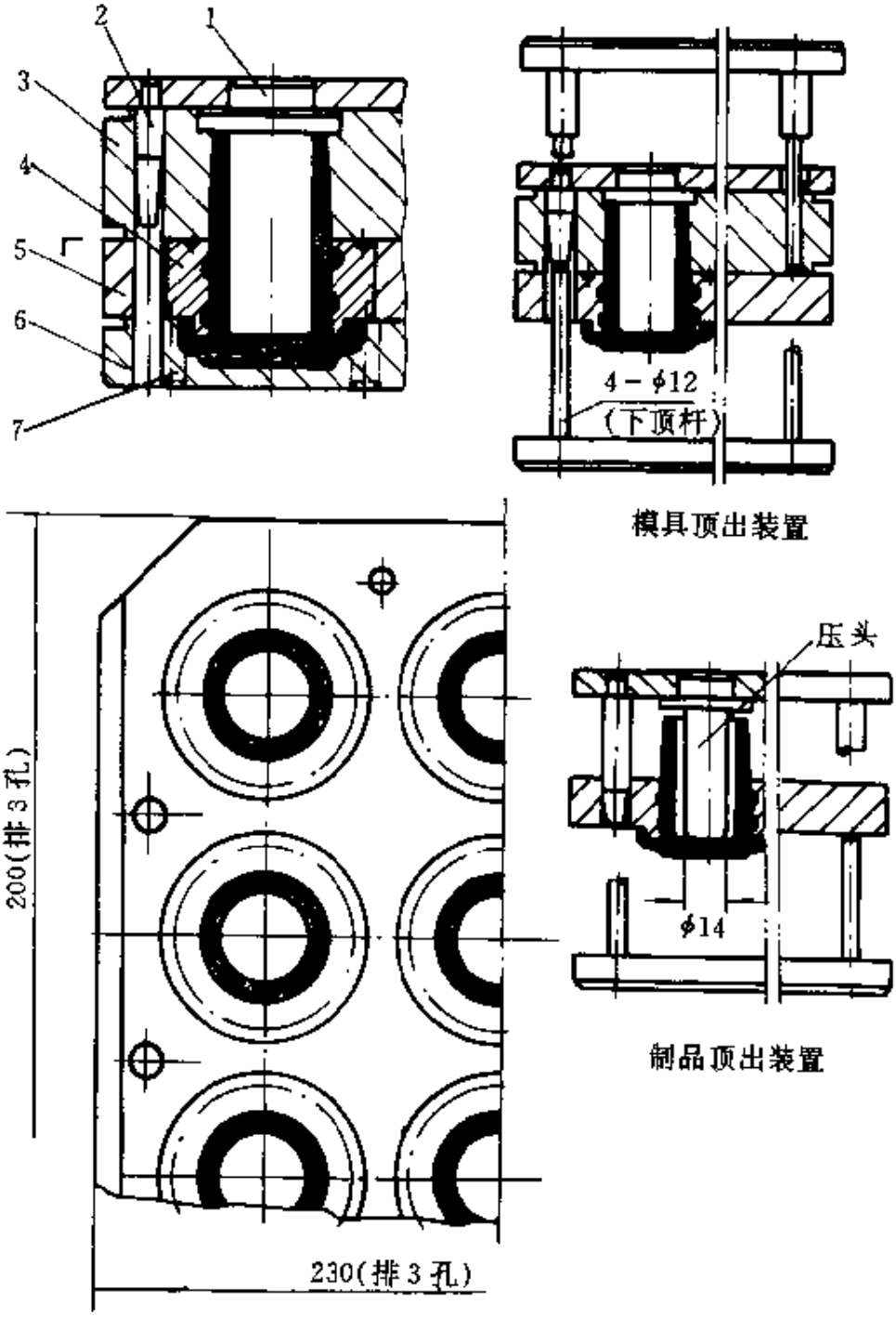


图 22-243　油箱盖直压式硫化模结构

（注：中模、上模与下模需配置 φ12 导销各 3）

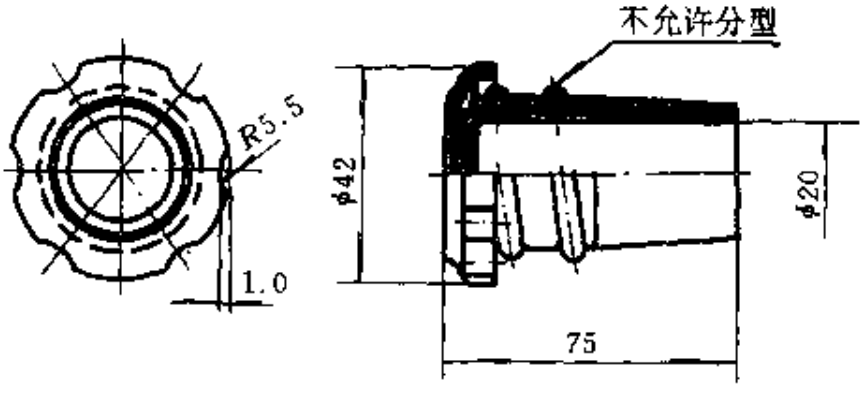


图 22-244 油箱盖（材料：橡胶 I -3）

【说明】

该模加料方便，制品外观质量好（外径无分型面），且工效高、结构可靠。配有二次顶出装置，如果操作熟练，可省略顶出装置，可直接用铜棒一件件顶出制品。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
7	小模芯	54	45	HRC48～52	淬火
6	下模	1	45	HRC28～32	调质
5	中模	1	45	HRC28～32	调质
4	镶块	9	T10A	HRC38～42	淬火
3	上模	1	45	HRC28～32	调质
2	模芯模	1	45	HRC28～32	调质
1	大模芯	9	T10A	HRC38～42	淬火

（12）护帽硫化模（如图 22-245 所示，制品见图 22-246）

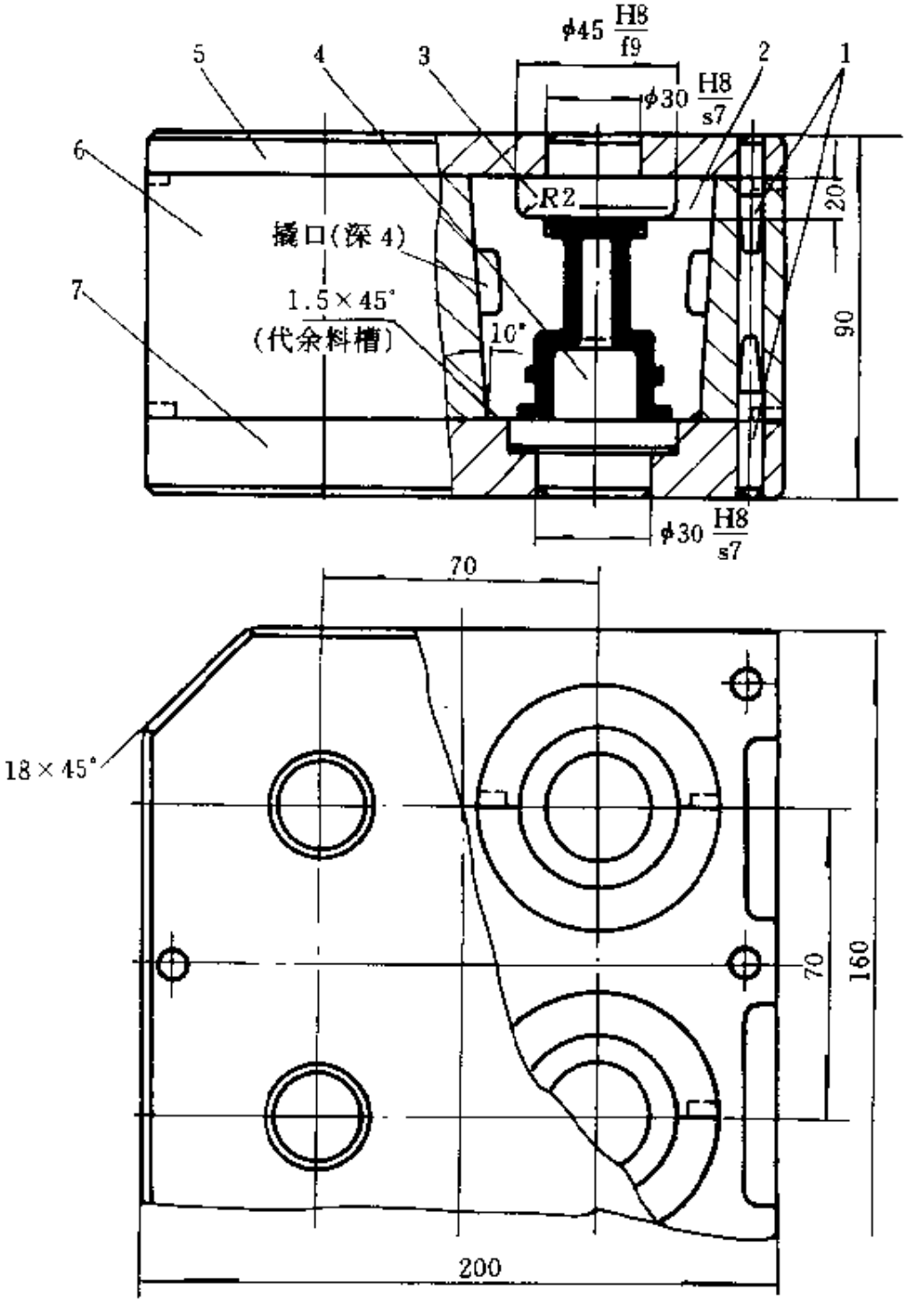


图 22-245　护帽硫化模结构

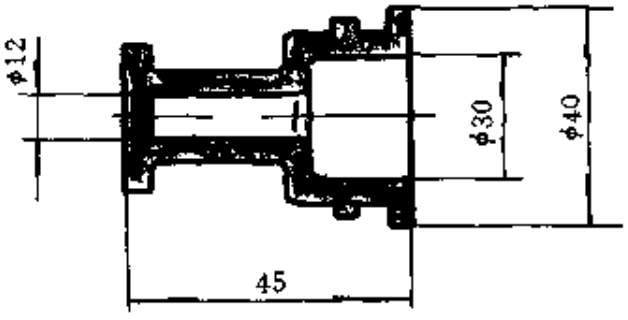


图 22-246　橡胶护帽（材料：橡胶 4160）

【说明】

该模采用立式压铸模结构。适用于一端盲孔、模芯偏长的制品。该模加料方便，模芯不易歪斜。两瓣模镶套由两瓣模并合，如配有顶出装置，出模方便。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
7	下　模	1	45	HRC28～32	调　质
6	中　模	1	45	HRC28～32	调　质
5	上　模	1	45	HRC28～32	调　质
4	模　芯	4	T10A	HRC42～48	淬　火
3	压料头	4	T10A	HRC42～48	淬　火
2	两瓣模镶套	4	45	HRC28～32	调　质
1	上、下导销	各 3	45	HRC42～48	淬　火

（13）橡胶胶垫硫化模（如图 22-247 所示，制品见图 22-248）

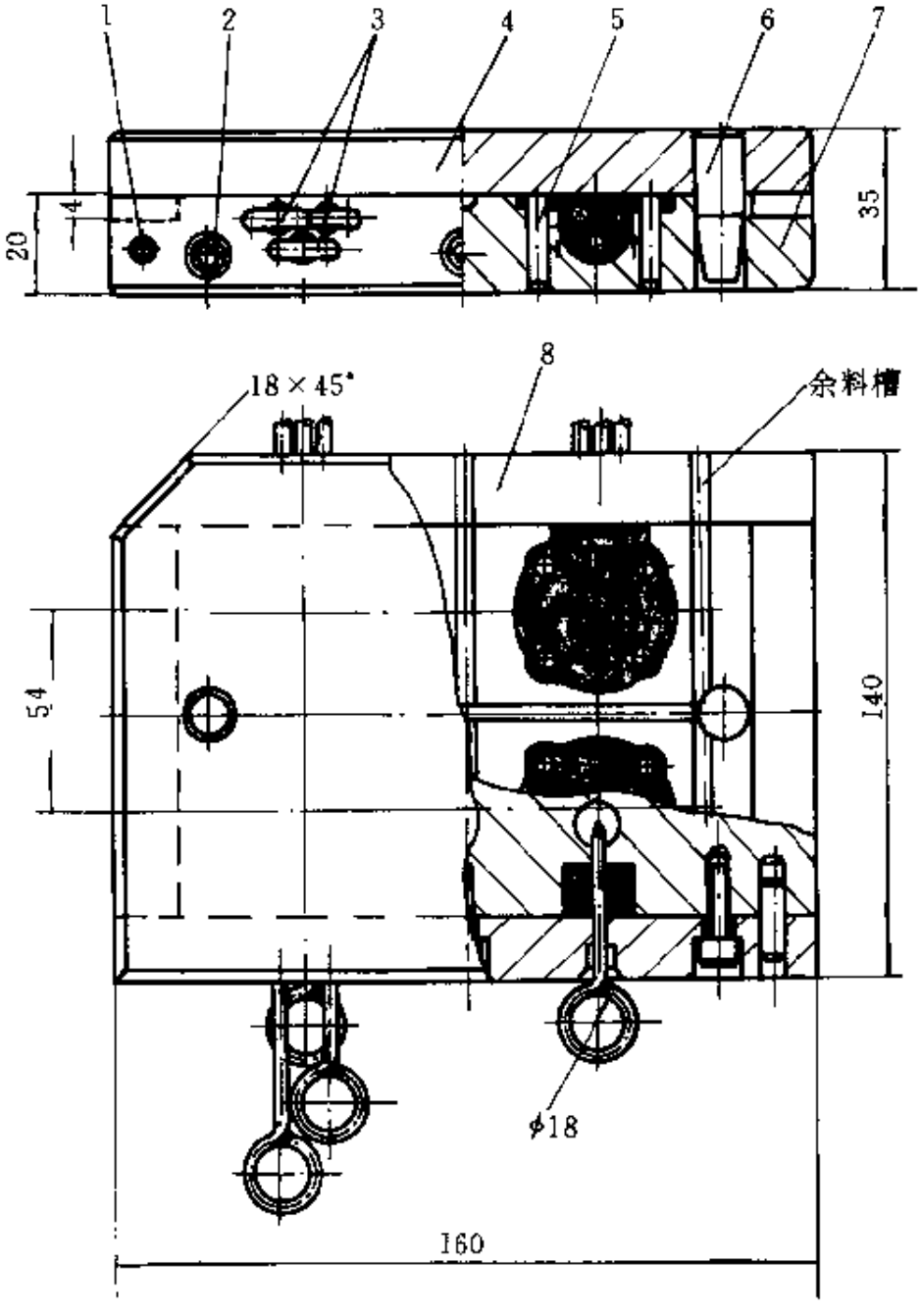


图 22-247　橡胶胶垫硫化模结构

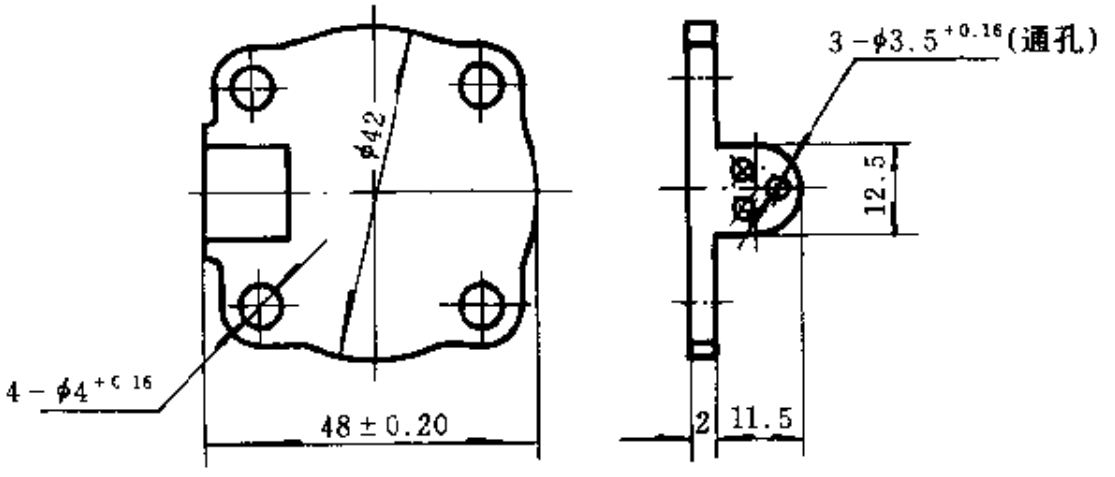


图 22-248　橡胶胶垫（材料：橡胶 4161）

【说明】

该模为典型抽芯模具结构，使用方便、结构简单，拉模芯为易损件，需备备件一套。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
8	挡板	2	45	HRC28～32	调质
7	下模	1	45	HRC28～32	调质
6	导销	2	45	HRC42～48	淬火
5	模芯	16	45	HRC42～48	淬火
4	上模	1	45	HRC28～32	调质
3	拉模芯	12	60Si2Mn	HRC48～52	淬火
2	内六角螺钉	6			M8×20
1	圆销	4	45	HRC42～48	淬火

（14）橡胶卡销硫化模（如图 22-249 所示，制品见图 22-250）

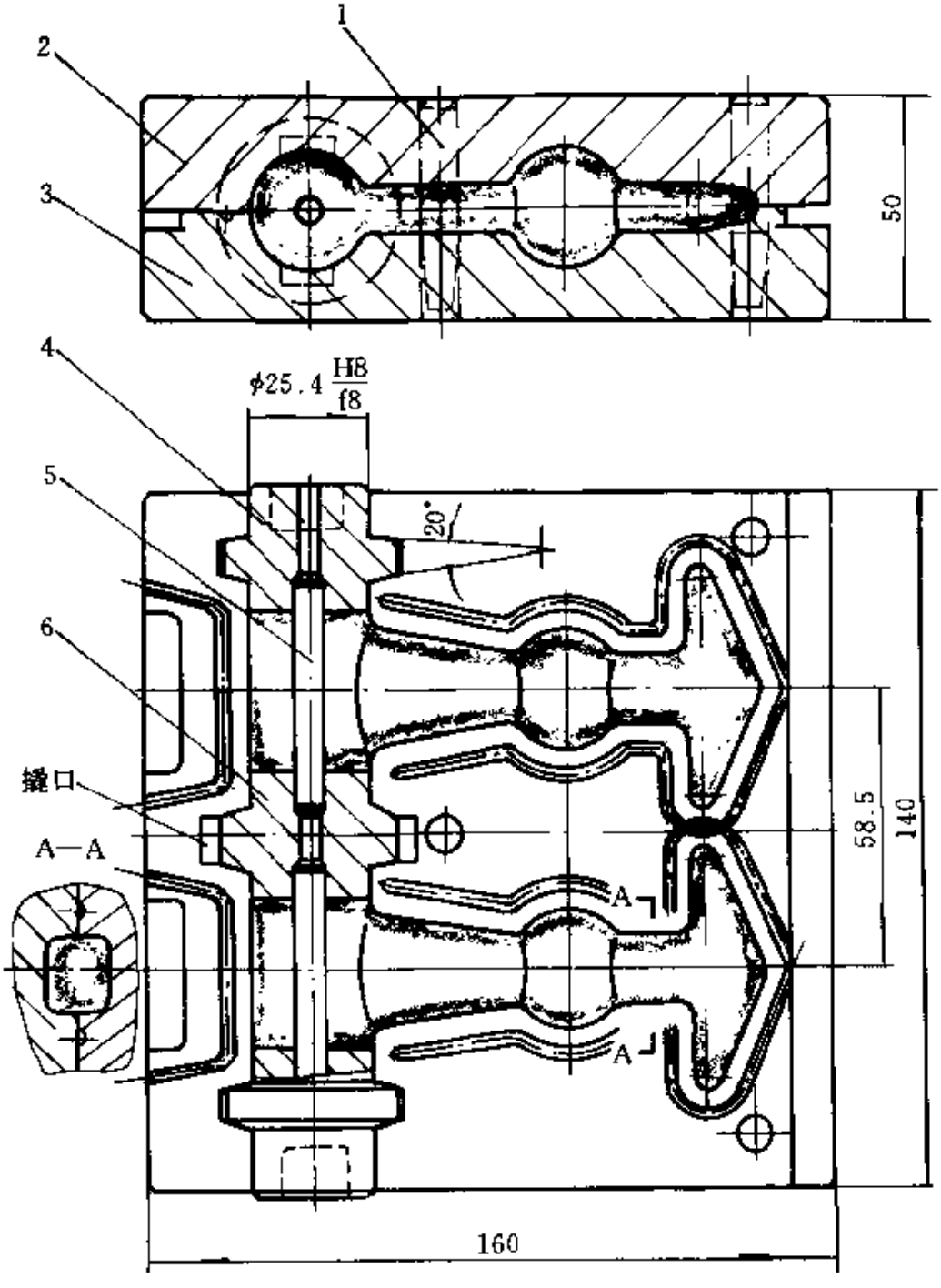


图 22-249　橡胶卡销硫化模结构

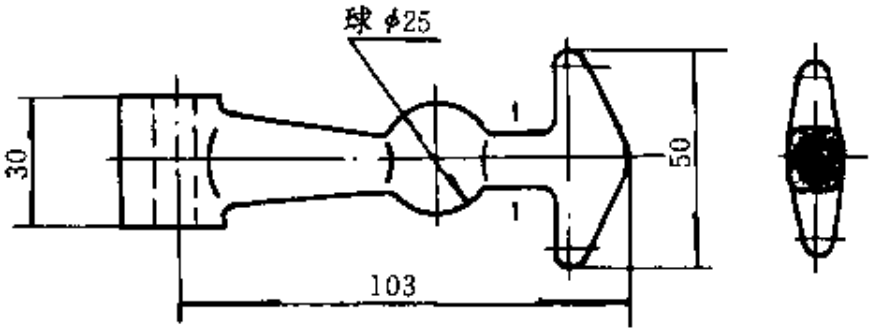


图 22-250　橡胶卡销（材料：橡胶 I -1）

【说明】

该模模芯采用带锥度镶块定位，结构可靠，与 V 形挡板镶块定位相比加工精度高，但制品两端面无两瓣模所引起的分型飞边。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	镶　块	1	45	HRC38～42	淬　火
5	模　芯	2	T10A	HRC42～48	淬　火
4	镶　块	2	45	HRC38～42	淬　火
3	下　模	1	45	HRC28～32	调　质
2	上　模	1	45	HRC28～32	调　质
1	导　销	3	45	HRC42～48	淬　火

（15）橡胶垫板硫化模（如图 22-251 所示，制品见图 22-252）

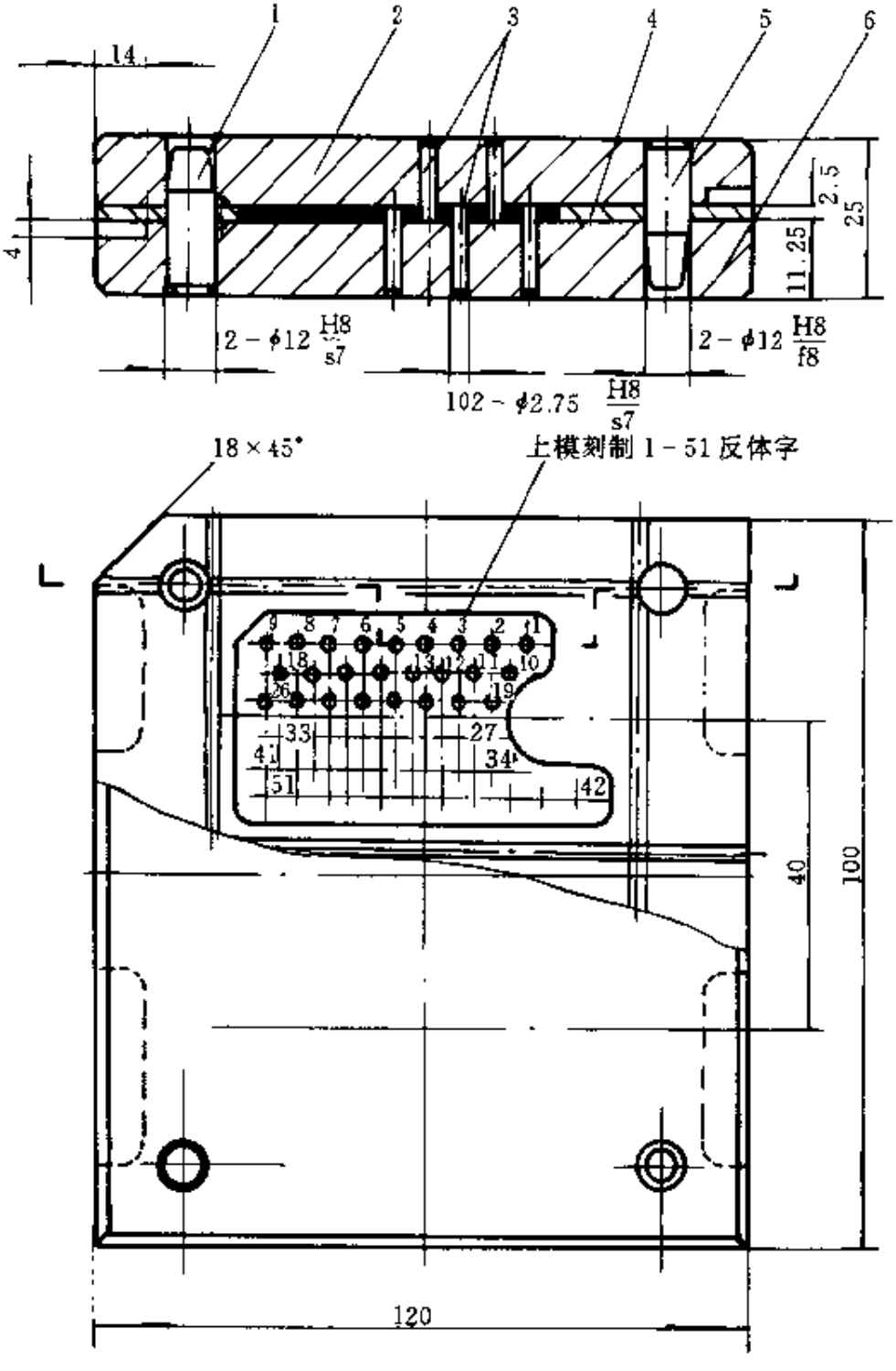


图 22-251　橡胶垫板硫化模结构

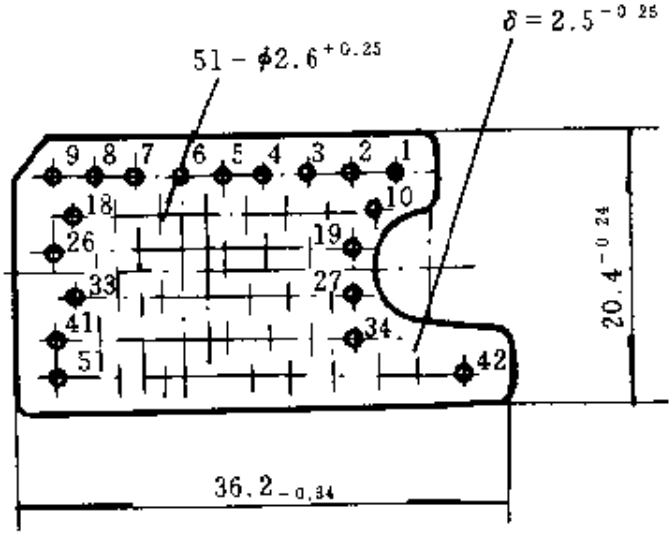


图 22-252 橡胶垫板（材料：橡胶 5860）

【说明】

该模适用于密实型多孔垫片制品，模具模芯采用上下隔档装置，有利于制品启出及飞边清理。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	下模	1	45	HRC28～32	调质
5	导销	2	45	HRC42～48	淬火
4	中模	1	45	HRC28～32	调质
3	上、下模芯	各 51	T8A	HRC50～56	淬火
2	上模	1	45	HRC28～32	调质
1	导销	2	45	HRC42～48	淬火

（16）橡胶垫块模式压铸模（如图 22-253 所示，制品见图 22-254）

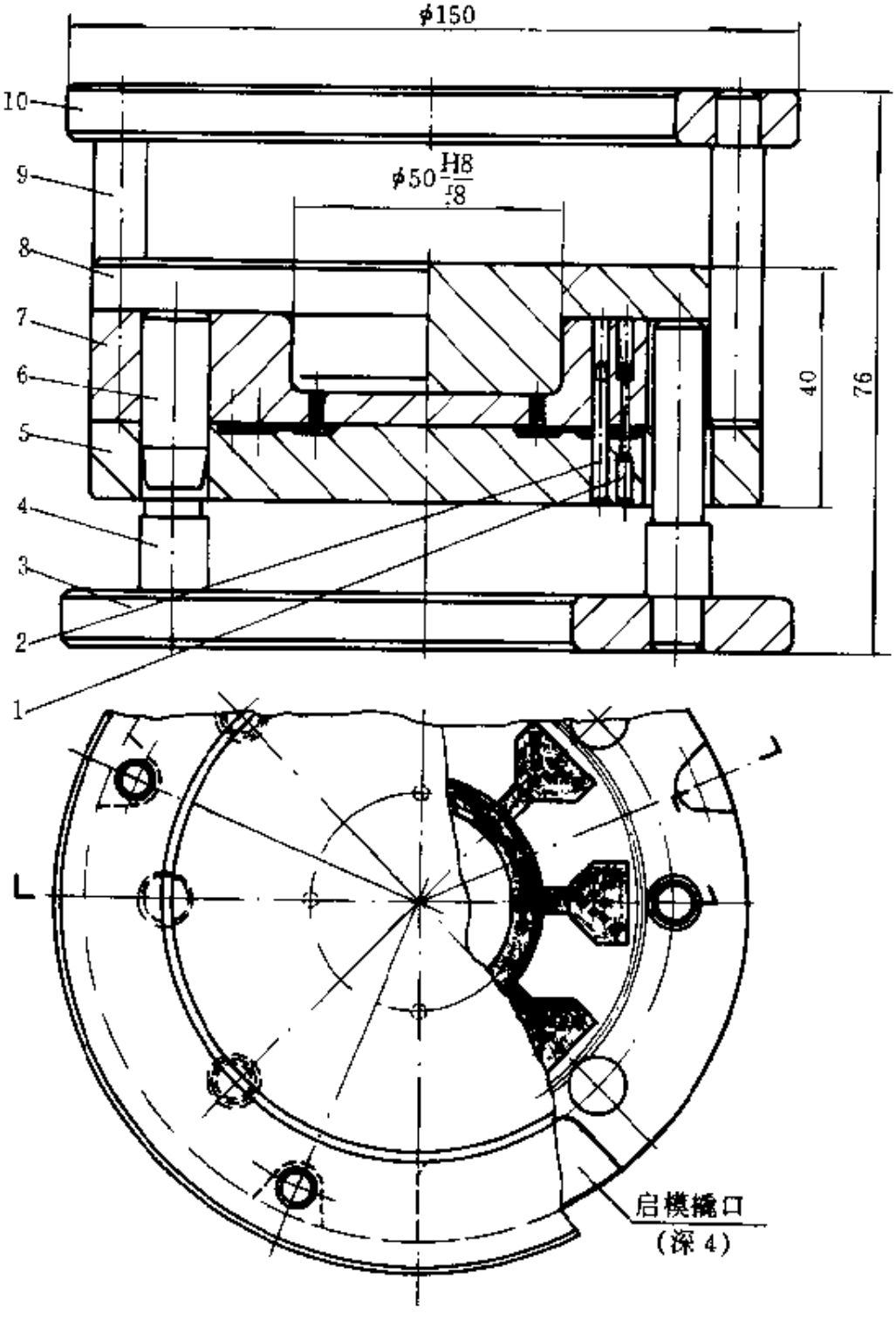


图 22-253　橡胶垫块模式压铸模结构

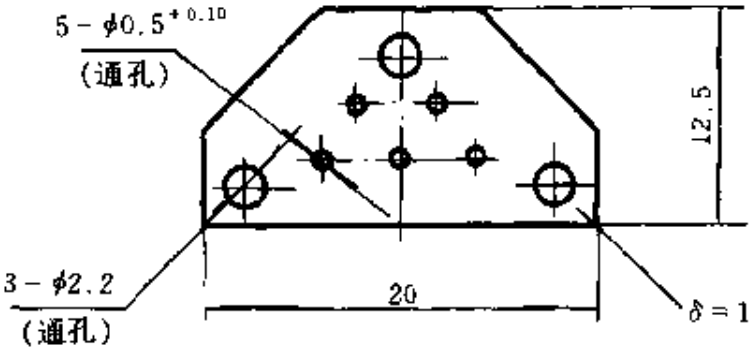


图 22-254　橡胶垫块（材料：橡胶 1142）

【说明】

该模具结构适用于模芯直径<2mm 细而长的多孔制品。该模采用先合模、后加料压铸模结构，模具结构合理、使用安全，配有启模顶出装置。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
10	上顶板	1	45	HRC28～32	调质
9	上顶杆	3	45	HRC42～48	淬火
8	压料板	1	45	HRC42～48	淬火
7	料腔	1	45	HRC28～32	调质
6	导销	3	45	HRC42～48	淬火
5	模腔板	1	45	HRC28～32	调质
4	下顶杆	3	45	HRC42～48	淬火
3	下顶板	1	45	HRC28～32	调质
2	大模芯	24	60Si2 或 65Mn	HRC42～48	淬火
1	小模芯	40	60Si2 或 65Mn	HRC42～48	淬火

（17）橡胶防震圈硫化模（如图 22-255 所示，制品见图 22-256）

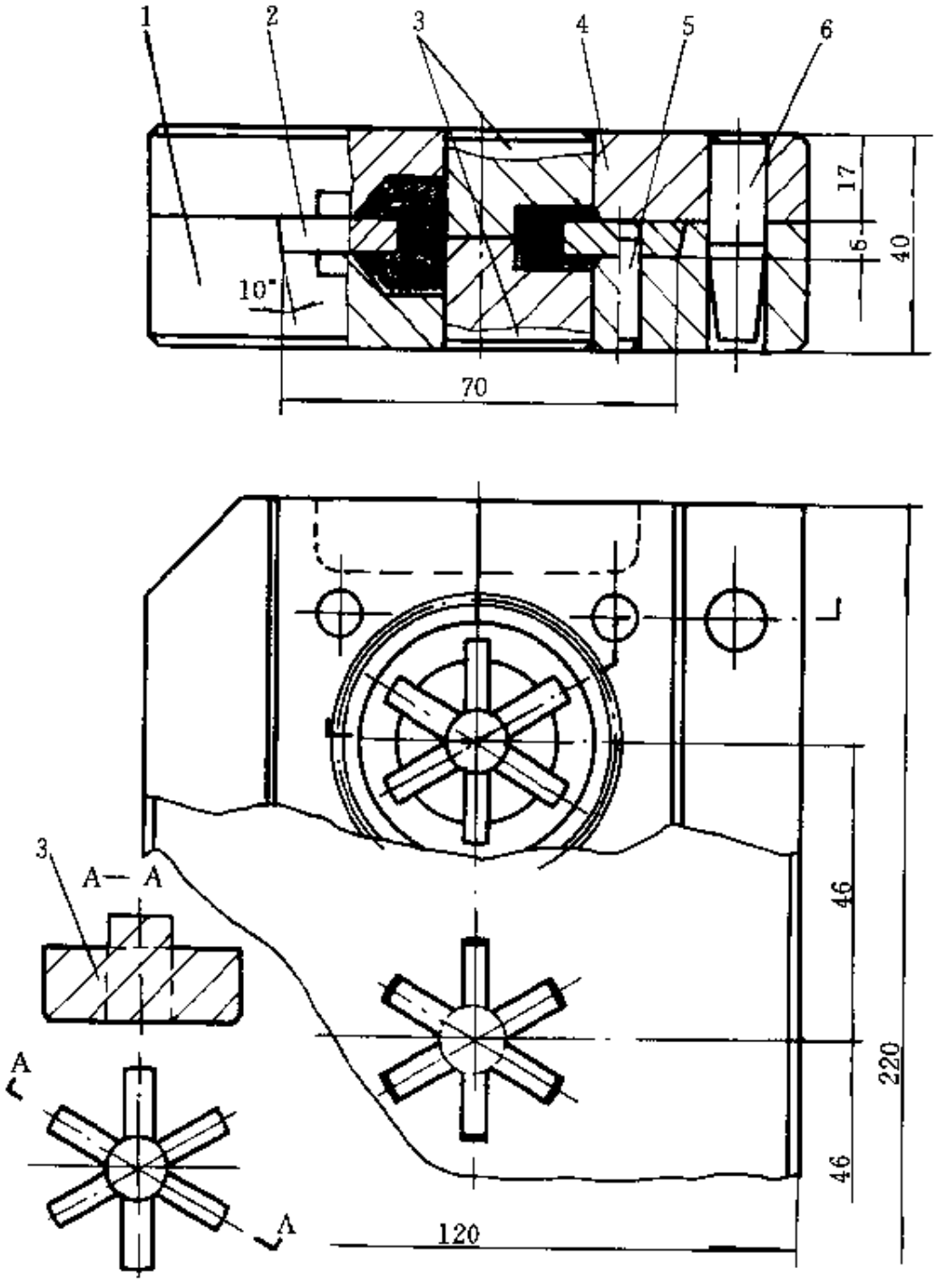


图 22-255　橡胶防震圈硫化模结构

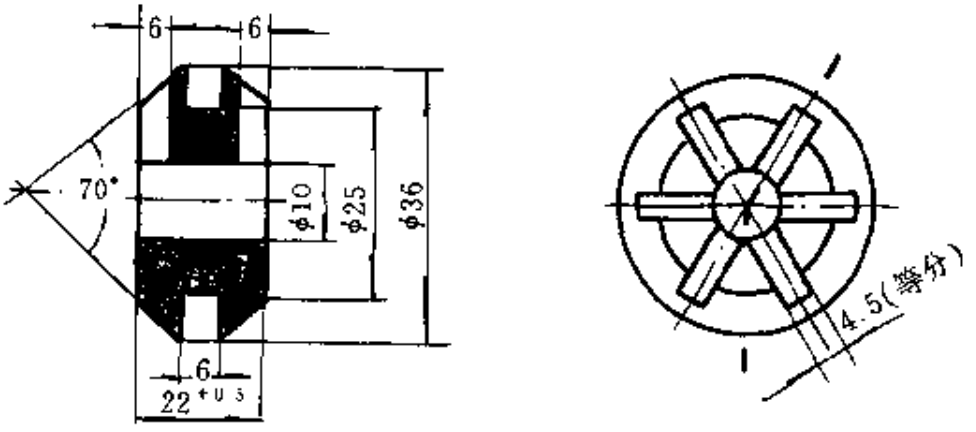


图 22-256 橡胶防震圈（材料：橡胶 1142）

【说明】

该模制品上、下 45°等分花纹，采用镶嵌结构，左右镶块采用左右二块拼合，便于取出制品。该模结构合理、加工精度偏高。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	导销	3	45	HRC42～48	淬火
5	导销	4	45	HRC42～48	淬火
4	上模	1	45	HRC28～32	调质
3	上、下模芯	各 4	45	HRC42～48	淬火
2	左右镶块	各 1	45	HRC28～32	调质
1	下模	1	45	HRC28～32	调质

（18）SC 型十字形螺钉旋具硫化模（如图 22-257 所示，制品见图 22-258）

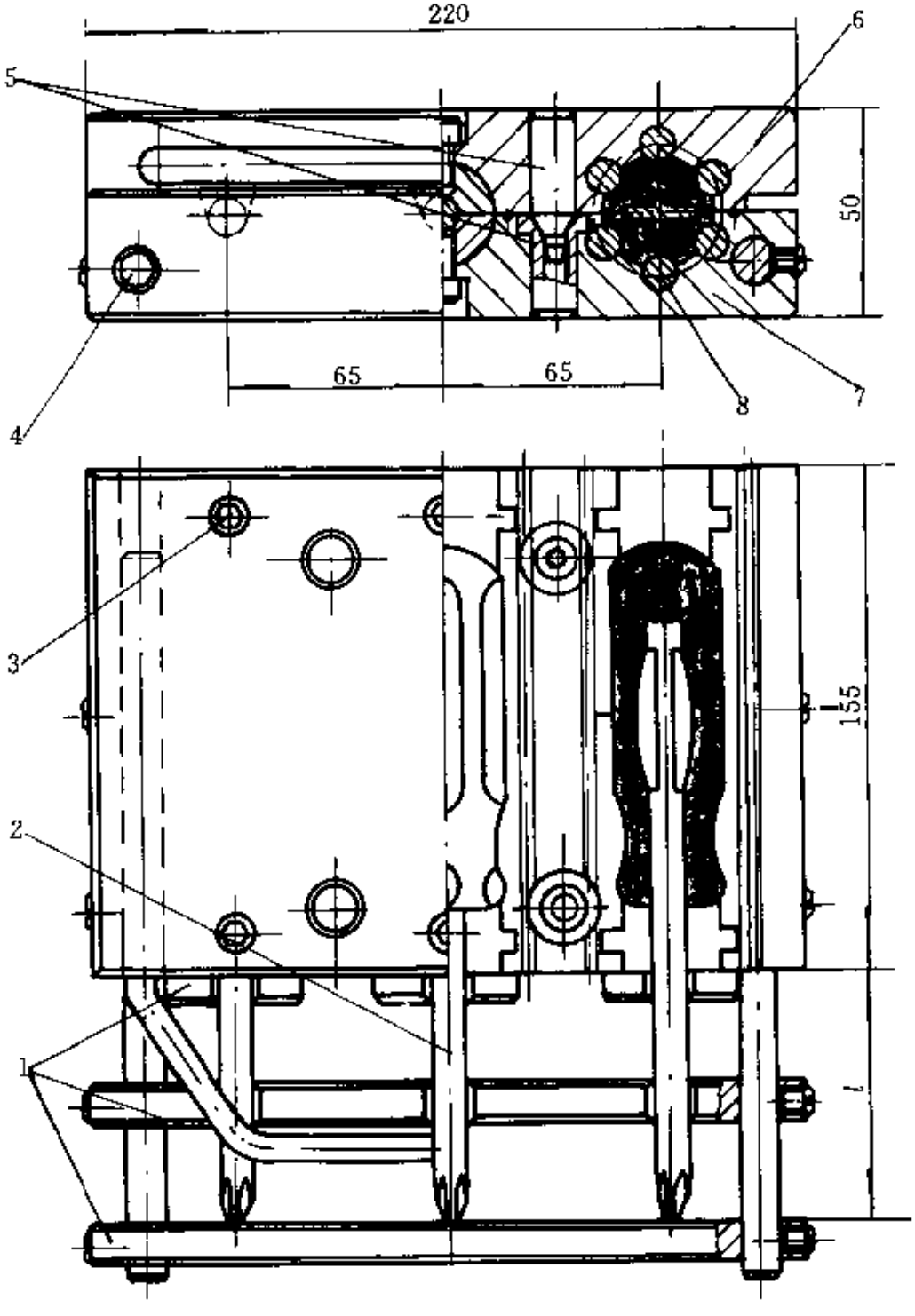


图 22-257　SC 型十字形螺钉旋具硫化模结构

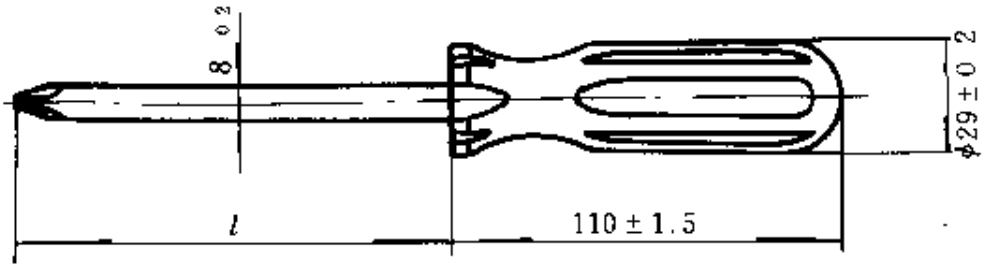


图 22-258 SC 型十字形螺钉旋具（材料：硬质橡胶）

【说明】

该模制品为硬质橡胶胶柄十字形螺钉旋具。按制品规格不同，长度 l 可随意调节，上下模采用 60°锥销配合定位，结构可靠、使用方便。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
8	模芯	18	45	HRC38～42	淬火
7	下模	1	45	HRC28～32	调质
6	上模	1	45	HRC28～32	调质
5	定位销、套	2 套	45	HRC42～48	淬火
4	定位连杆	2	45	HRC28～32	调质
3	螺钉	12			M5×18
2	旋具杆	3			
1	定位器	1 组	45	HRC28～32	调质

（19）组合密封垫圈压铸模（如图 22-259 所示，制品见图 22-260）

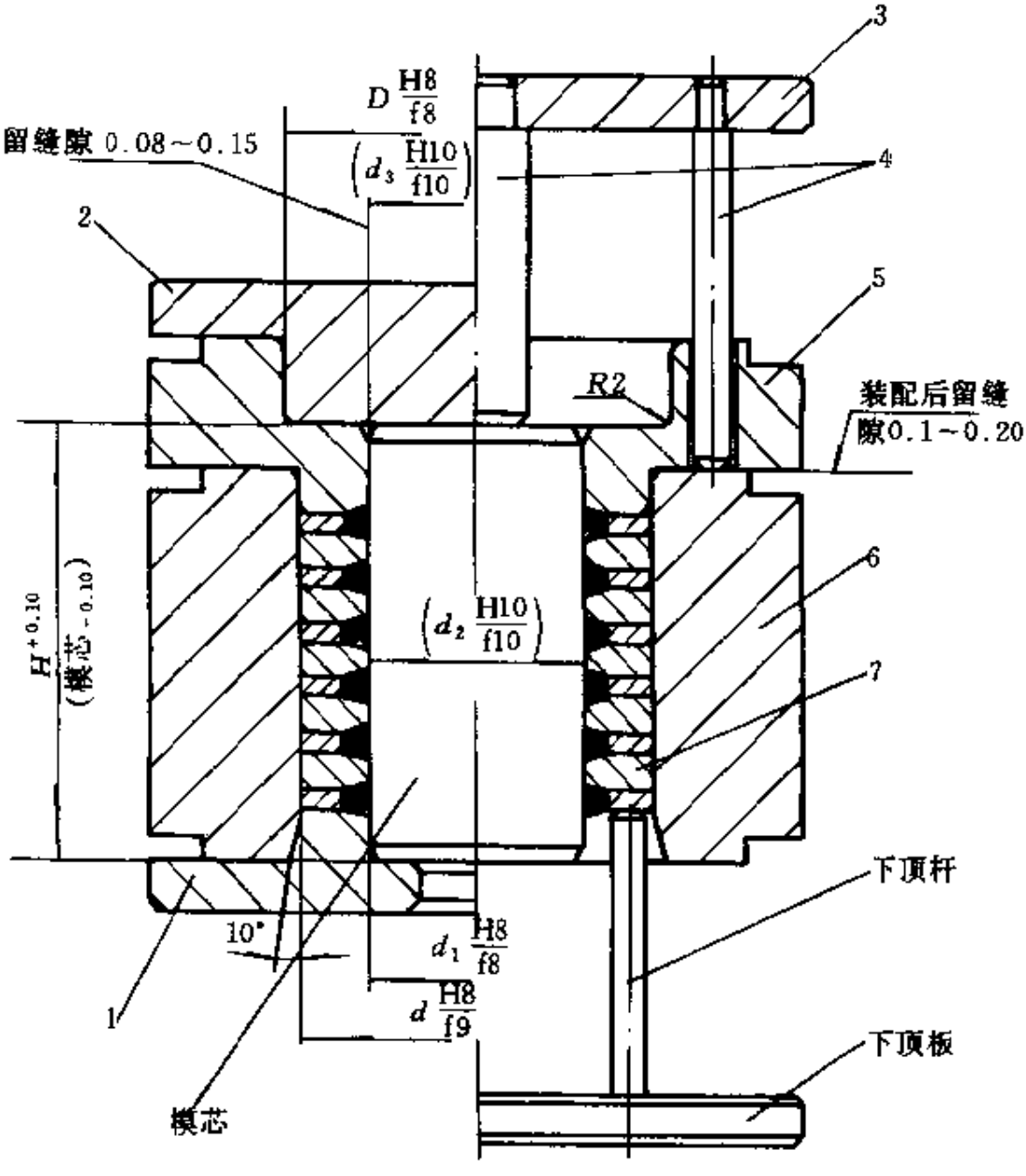


图 22-259　组合密封垫圈压铸模结构

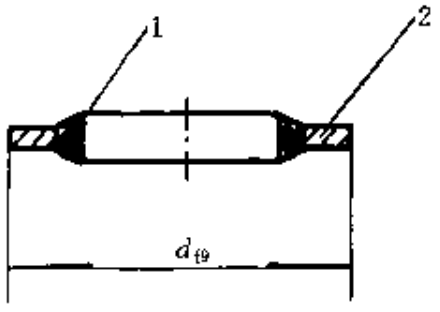


图 22-260 组合密封垫圈（材料：橡胶 I -3）

1—橡胶；2—金属环

【说明】

该模采用压铸、缝隙进料结构，其特点为加料简便，制品质量好，工效高（$d<30$mm 时可采用多腔结构）。

该模使用时，应注意起泵不宜过快，防止胶料大量外溢，进料间隙可按制品要求调节（图中间隙尺寸供参考）。配有顶出装置。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
7	隔垫圈	5	45	HRC42～48	淬火
6	中模	1	45	HRC42～48	淬火
5	料腔	1	45	HRC42～48	淬火
4	上顶杆	共 5	45	HRC38～42	淬火
3	上顶板	1	45	HRC28～32	调质
2	压料头	1	45	HRC42～48	淬火
1	下模	1	45	HRC28～32	调质

22.8.5 电缆护套

（1）橡胶护套硫化模（如图 22-261 所示，制品见图 22-262）

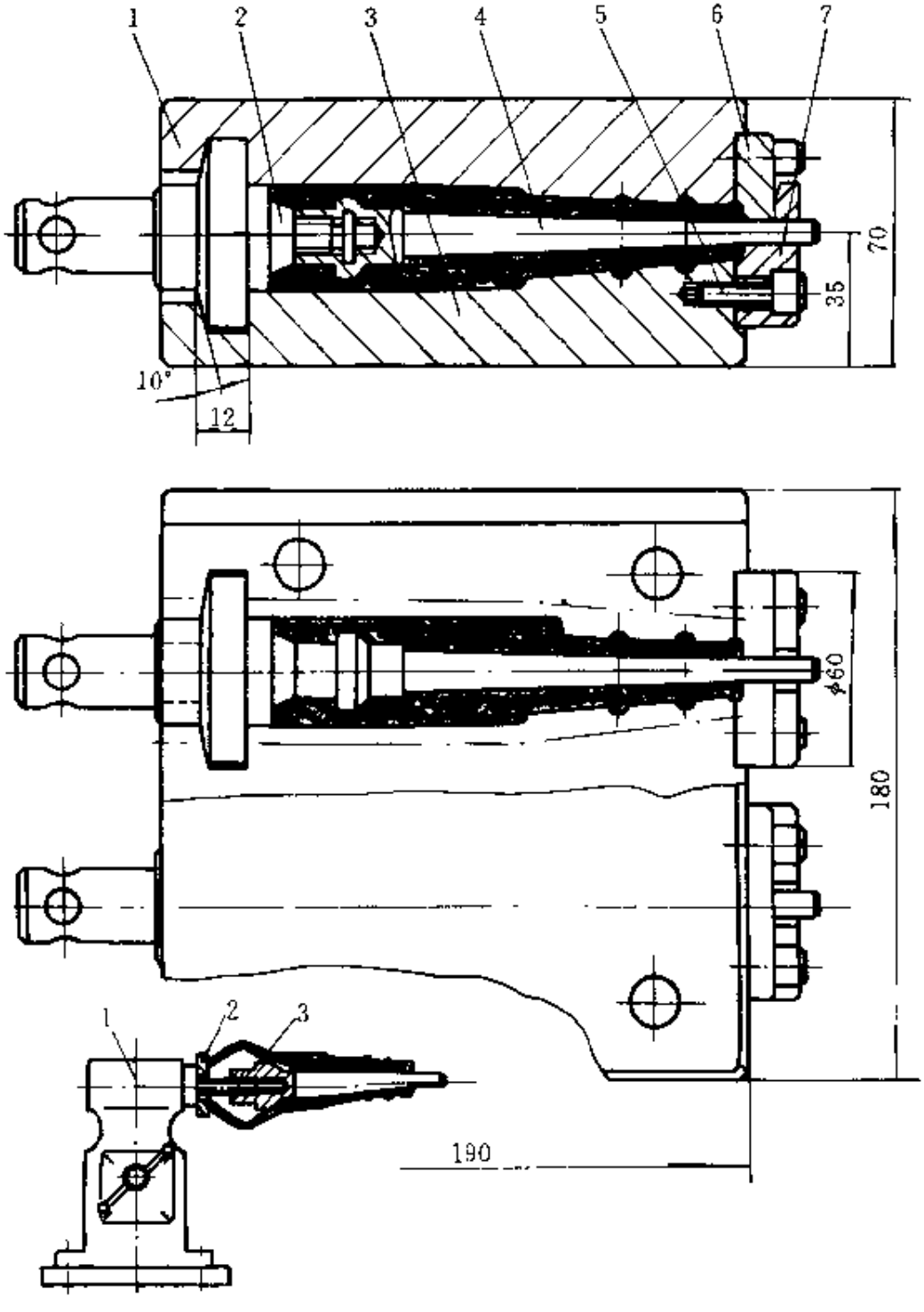


图 22-261 橡胶护套硫化模结构

左下图中：1—台虎钳；2—垫圈；3—螺钉

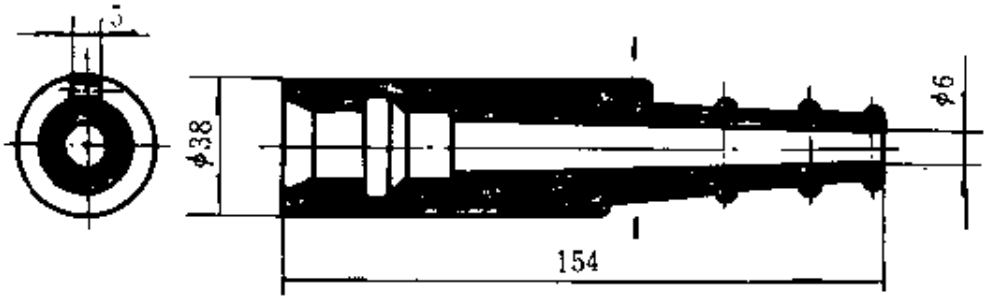


图 22-262　电缆护套（材料：橡胶 1142）

【说明】

该模制品一端带有内凹台阶，模芯采用螺纹连接结构，启模后，取下定位模芯，利用简单工装使橡胶压缩膨胀成鼓形（见图 22-261 左下角），取出制品既快又好。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
7	V 形定位挡板	2	45	HRC28～32	调质
6	挡板	2	45	HRC28～32	调质
5	内六角螺钉	4			M8×20
4	模芯	2	45	HRC38～42	淬火
3	下模	1	45	HRC28～32	调质
2	定位模芯	2	45	HRC28～32	调质
1	上模	1	45	HRC28～32	调质

（2）电缆护套硫化模（如图 22-263 所示，制品见图 22-264）

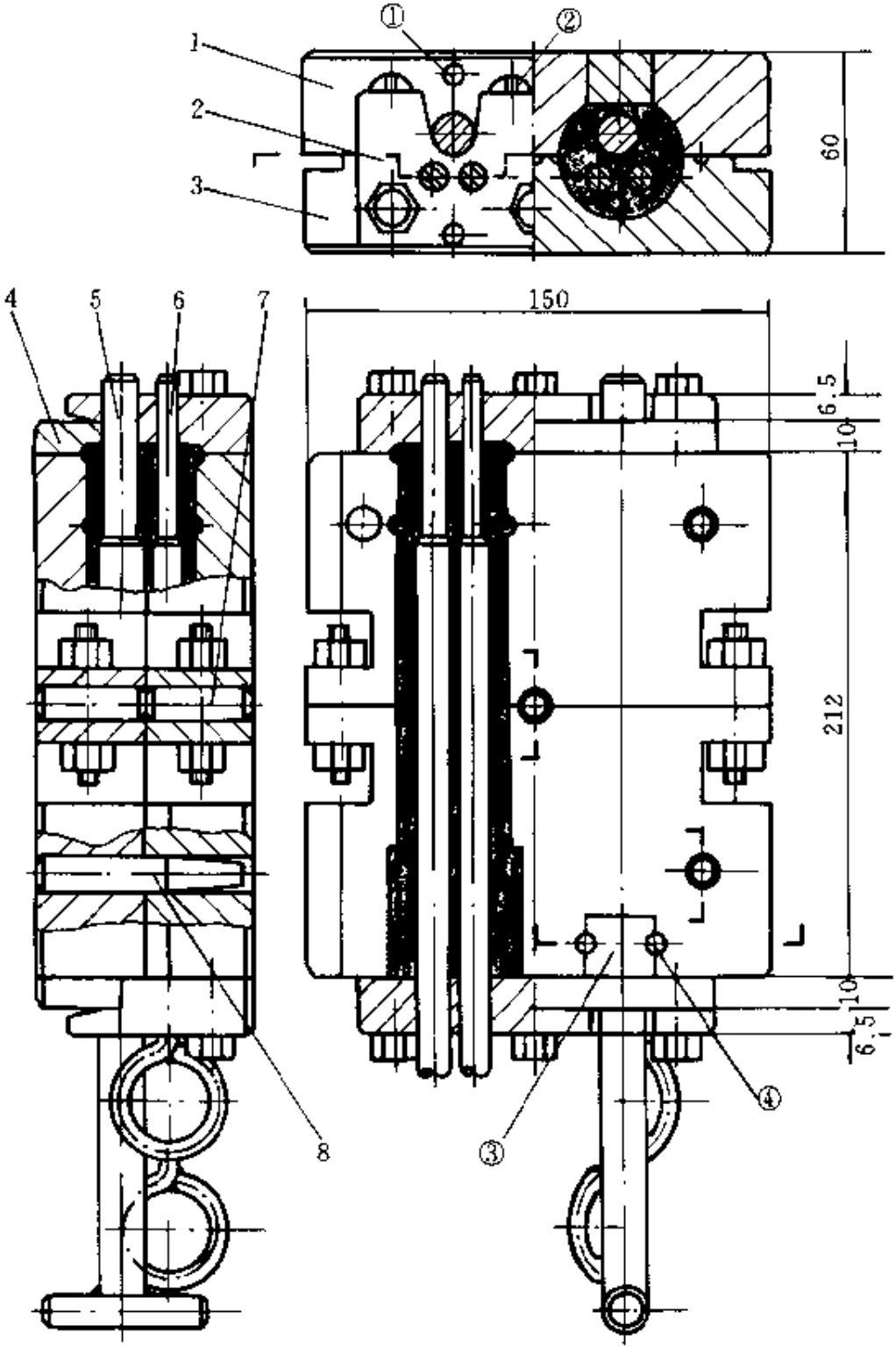


图 22-263　电缆护套硫化模结构

①—φ5 定位销；②—M10 沉头螺钉；③　镶块；④—骑缝螺钉

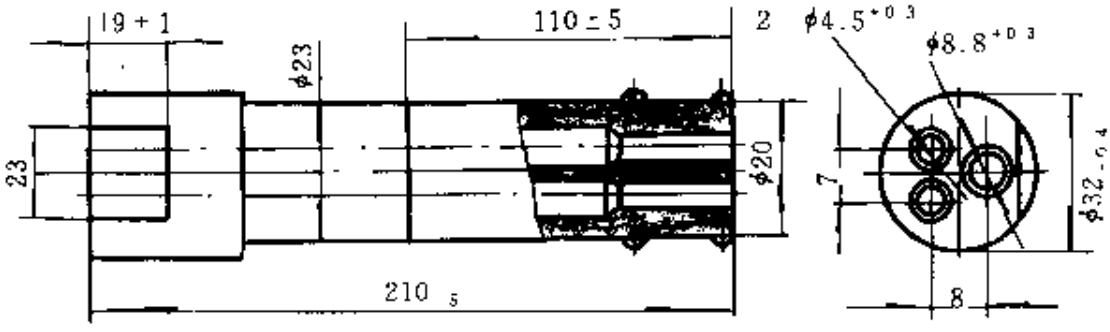


图 22-264　电缆护套（材料：橡胶 4161）

【说明】

该模为典型电缆护套模具结构，模芯采用手工拉出。由于模芯细长，加料时必须均匀，不使模芯过分弯曲，否则拉出困难。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
8	导销	3	45	HRC42～48	淬火
7	定位圆销	2	45	HRC42～48	淬火
6	小模芯	2	60Si2Mn	HRC38～42	淬火
5	大模芯	1	60Si2Mn	HRC38～42	淬火
4	闷头	二端各 1	45	HRC28～32	调质
3	下模	1	45	HRC28～32	调质
2	V 形挡板	二端各 1	45	HRC28～32	调质
1	上模	1	45	HRC28～32	调质

（3）引线套硫化模（如图 22-265 所示，制品见图 22-266）

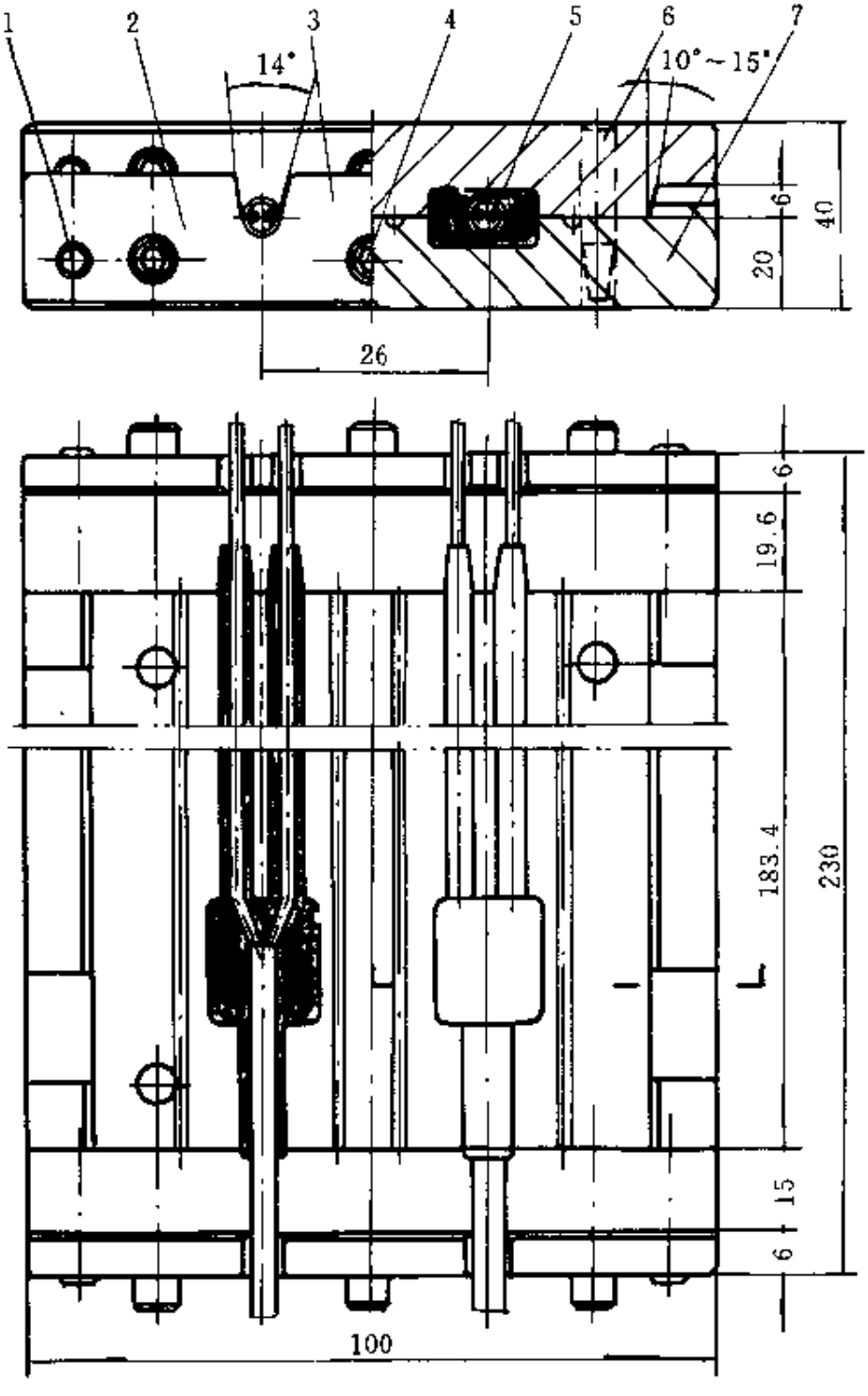


图 22-265　引线套硫化模结构

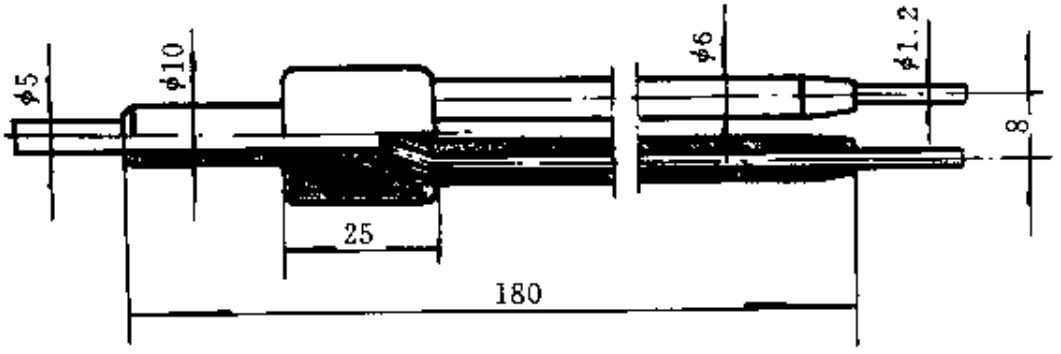


图 22-266　橡胶引线套（材料：包覆橡胶）

【说明】

该模制品为引线包覆橡胶，模具采用 10°～15°斜边定位，结构可靠、使用方便。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
7	下模	1	45	HRC28～32	调质
6	导销	3	45	HRC42～48	淬火
5	引线	双线			电线
4	内六角螺钉	12			M6×12
3	V 式定位挡板	2	45	HRC28～32	调质
2	上模	1	45	HRC28～32	调质
1	定位圆销	8	45	HRC48～52	淬火

（4）硅胶下管帽硫化模（如图 22-267 所示，制品见图 22-268）

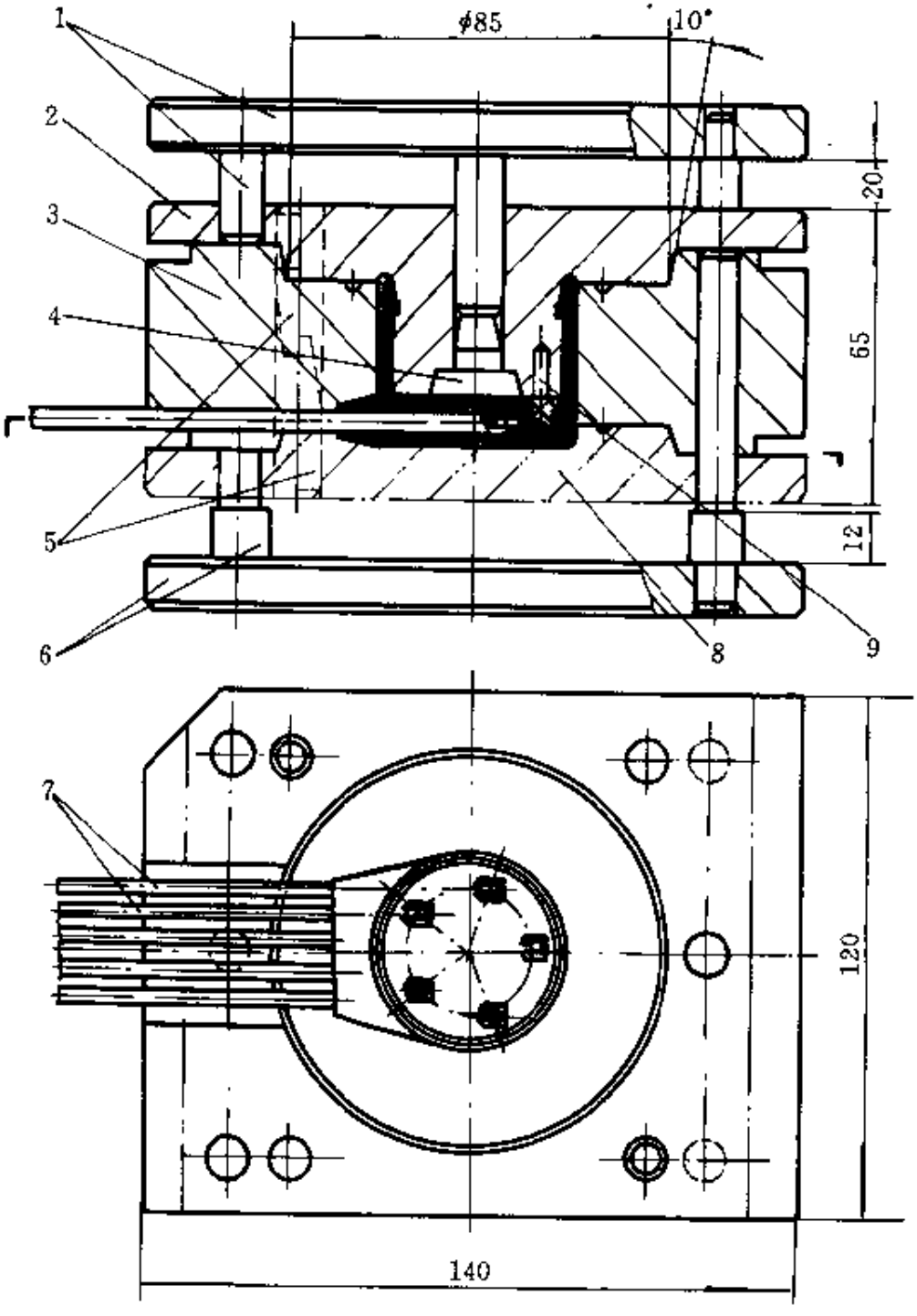


图 22-267　硅胶下管帽硫化模结构

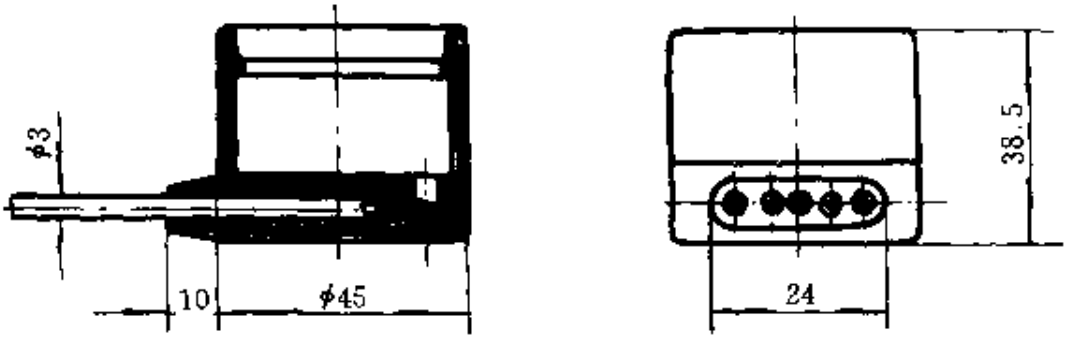


图 22-268　硅胶下管帽（材料：橡胶 6144）

【说明】

该模制品硫化时镶嵌与电线焊接在一起的插座脚，加料必须均匀，以避免电线无规则形变和外露。模具开启时先取下模，然后采用顶出装置。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
9	插座销	5	T10A	HRC48～52	淬火
8	下模	1	45	HRC28～32	调质
7	电线	5			
6	下顶杆、板	杆 3 板 1	45	HRC38～42	淬火
5	上、下导销	各 2	45	HRC38～42	淬火
4	顶出器	1	T10A	HRC48～52	淬火
3	中模	1	45	HRC28～32	调质
2	上模	1	45	HRC28～32	调质
1	上顶杆、板	杆 3 板 1	45	HRC38～42	淬火

（5）橡胶塞直压式压铸模（如图 22-269 所示，制品见图 22-270）

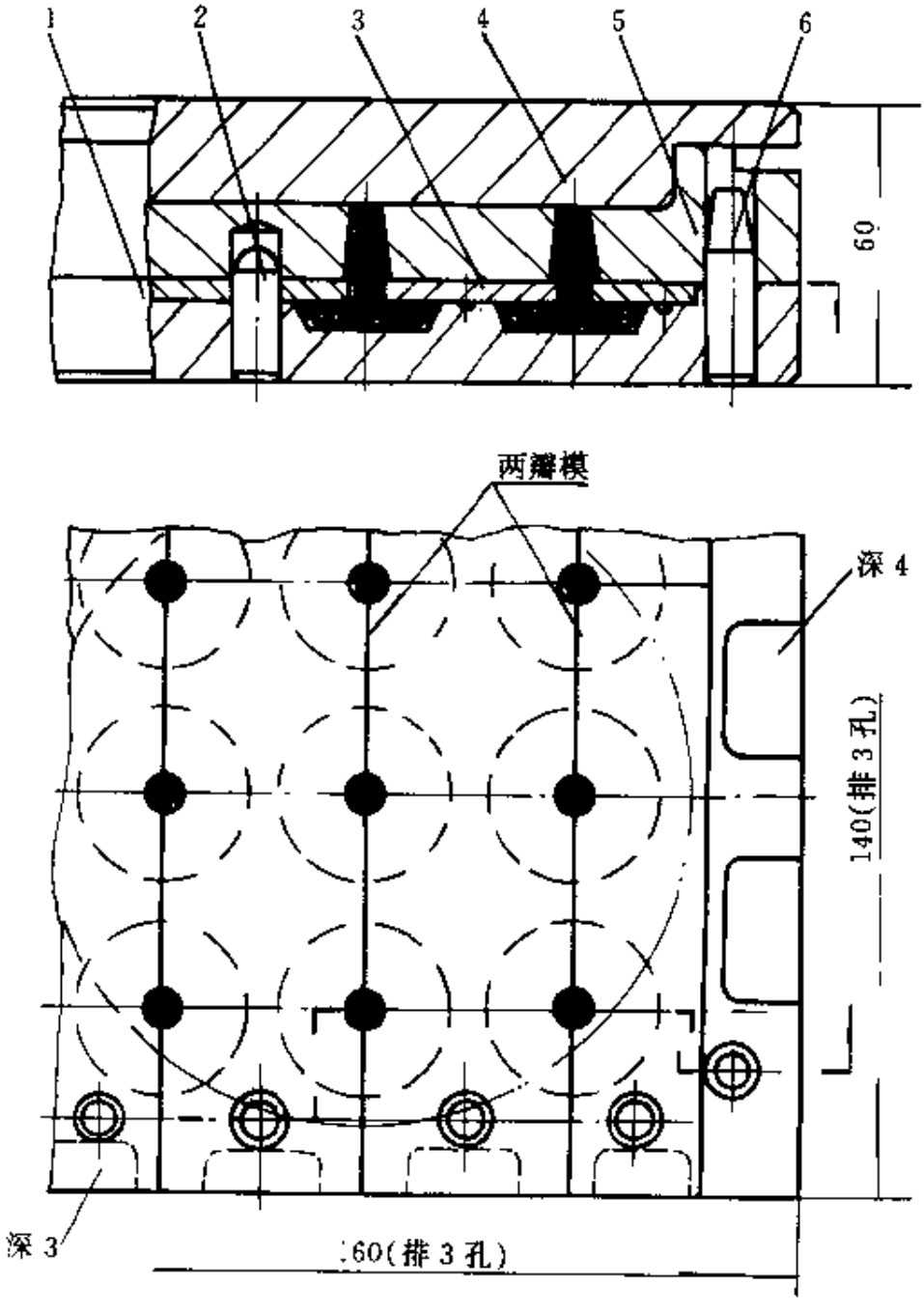


图 22-269　橡胶塞直压式压铸模结构

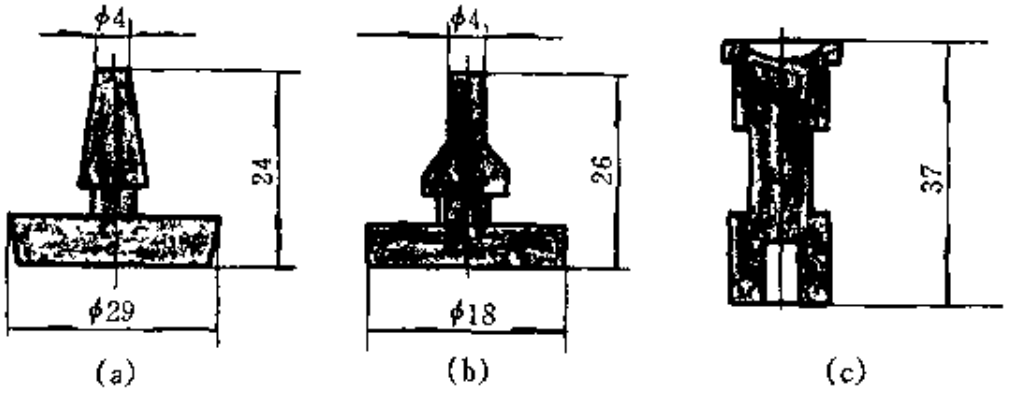


图 22-270 橡胶塞（材料：橡胶 1161）

【说明】

该模为图 22-270（a）制品模具结构，也适用于图 22-270（b）、（c）制品。该模特点为利用制品一端直接压铸进料，避免由于制品形状关系（中间小）造成缺料或压力不足现象，并且加料方便，功率高，操作安全可靠，制品质量好。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	导销	3	45	HRC38～42	淬火
5	料腔兼中模	1	45	HRC28～32	调质
4	压铸塞	1	45	HRC38～42	淬火
3	镶块	4	45 或 65Mn	HRC28～32	调质
2	定位销	8	45	HRC38～42	淬火
1	下模	1	45	HRC28～32	调质

（6）橡胶套圈直压法压铸模（如图 22-271 所示，制品见图 22-272）

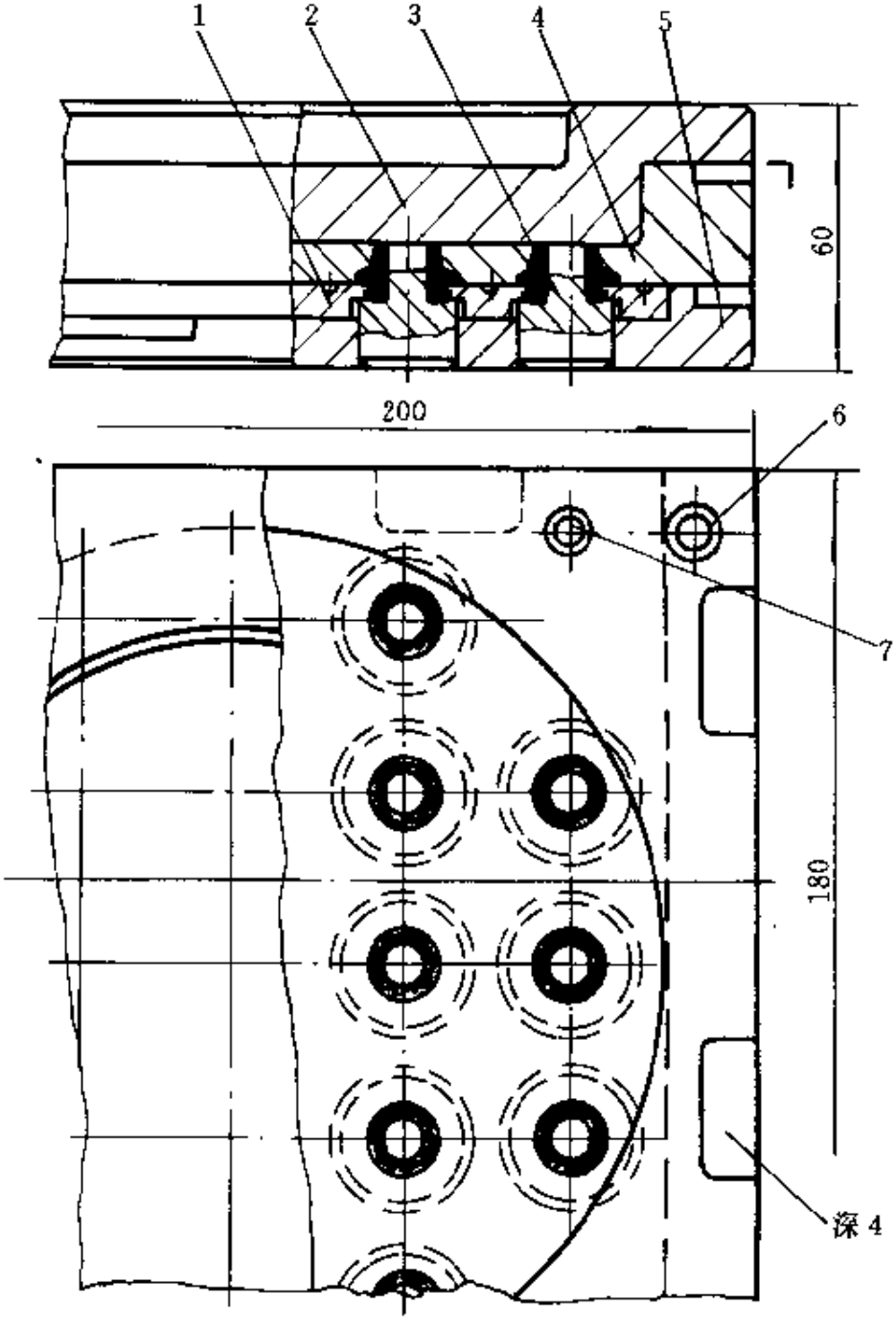


图 22-271　橡胶套圈直压法压铸模结构

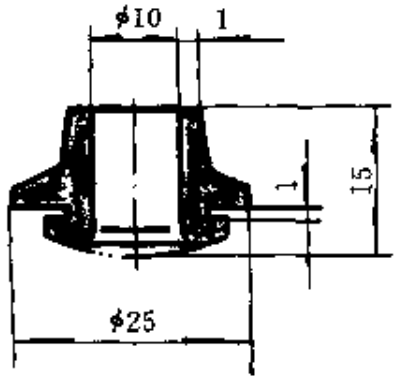


图 22-272　橡胶套圈（材料：橡胶 4161）

【说明】

该模也为直压法压铸模结构，其特点为模具结构可靠、加料方便、制品质量好。下模中镶块为整体式镶嵌结构，模具使用寿命长。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
7	定位销	3	45	HRC38～42	淬火
6	导销	3	45	HRC38～42	淬火
5	下模	1	45	HRC28～32	调质
4	料腔兼中模	1	45	HRC28～32	调质
3	模芯	21	45	HRC38～42	淬火
2	压铸塞	1	45	HRC38～42	淬火
1	镶块	1	45	HRC28～32	调质

（7）橡胶塞子压铸模（如图 22-273 所示，制品见图 22-274）

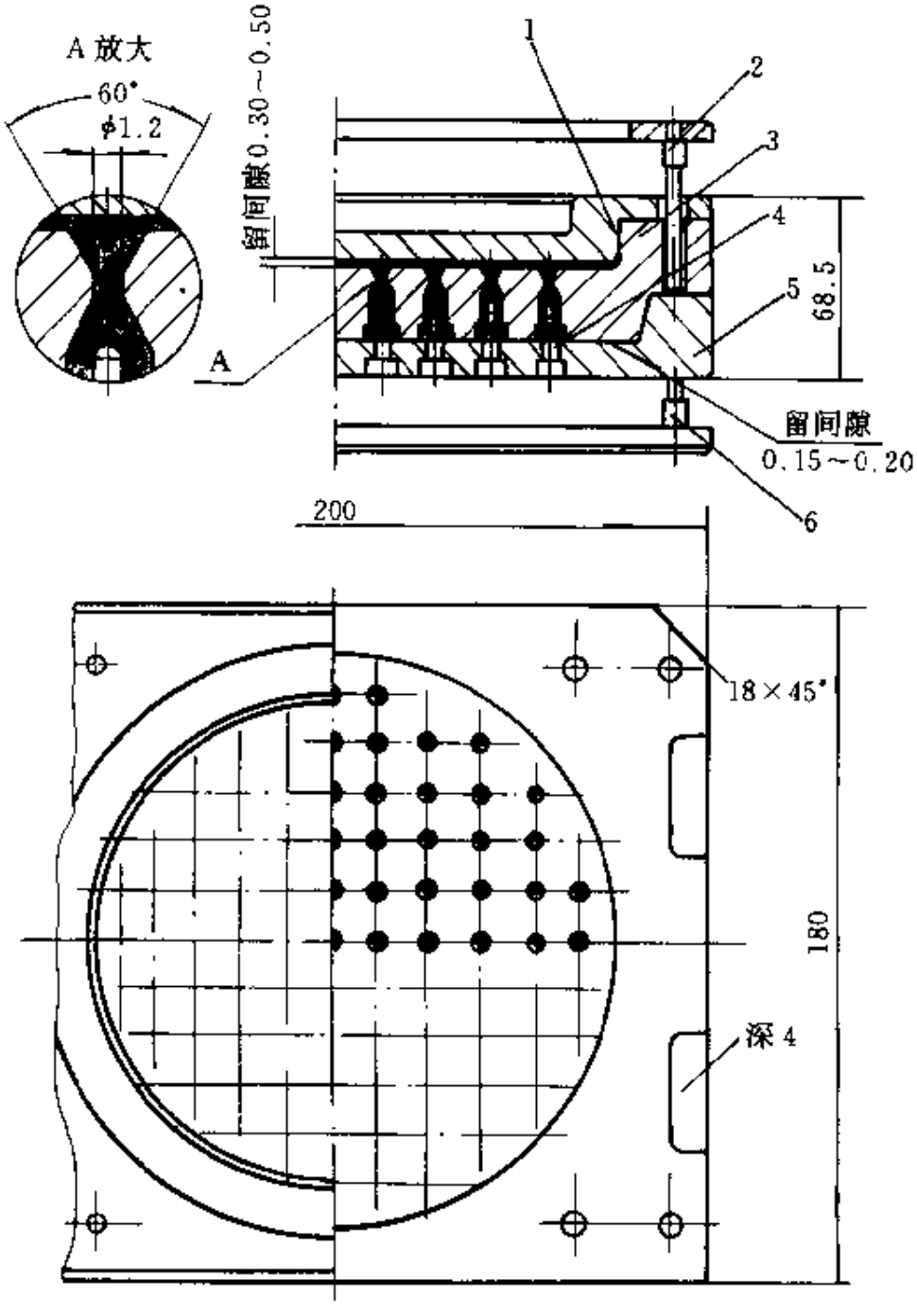


图 22-273　橡胶塞子压铸模结构

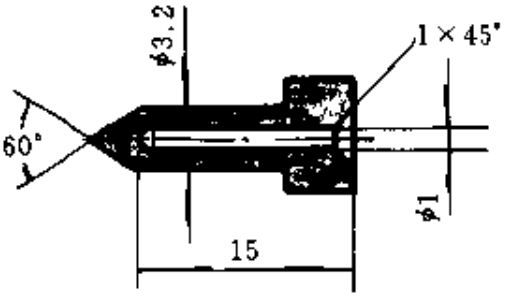


图 22-274　橡胶塞子（材料：橡胶 1151）

【说明】

该模为超多孔（大于 50 孔）细长盲孔制品压铸法模具。其特点为模腔密集产量高，易于加料，操作安全可靠，利于浇口拉断分型点。制品取出将利用 0.15～0.20 飞边整体拉出模腔中制品。

零件表

序号	名称	数量	材料	热处理	备注
6	下顶杆	4	45	HRC38～42	淬火
5	下模	1	45	HRC28～32	调质
4	模芯	52	45	HRC38～42	淬火
3	料腔兼中模	1	45	HRC28～32	调质
2	上顶杆	4	45	HRC38～42	淬火
1	压铸塞	1	45	HRC38～42	淬火

22.8.6 海绵零件

橡胶海绵制品硫化模如图 22-275 所示，制品见图 22-276。

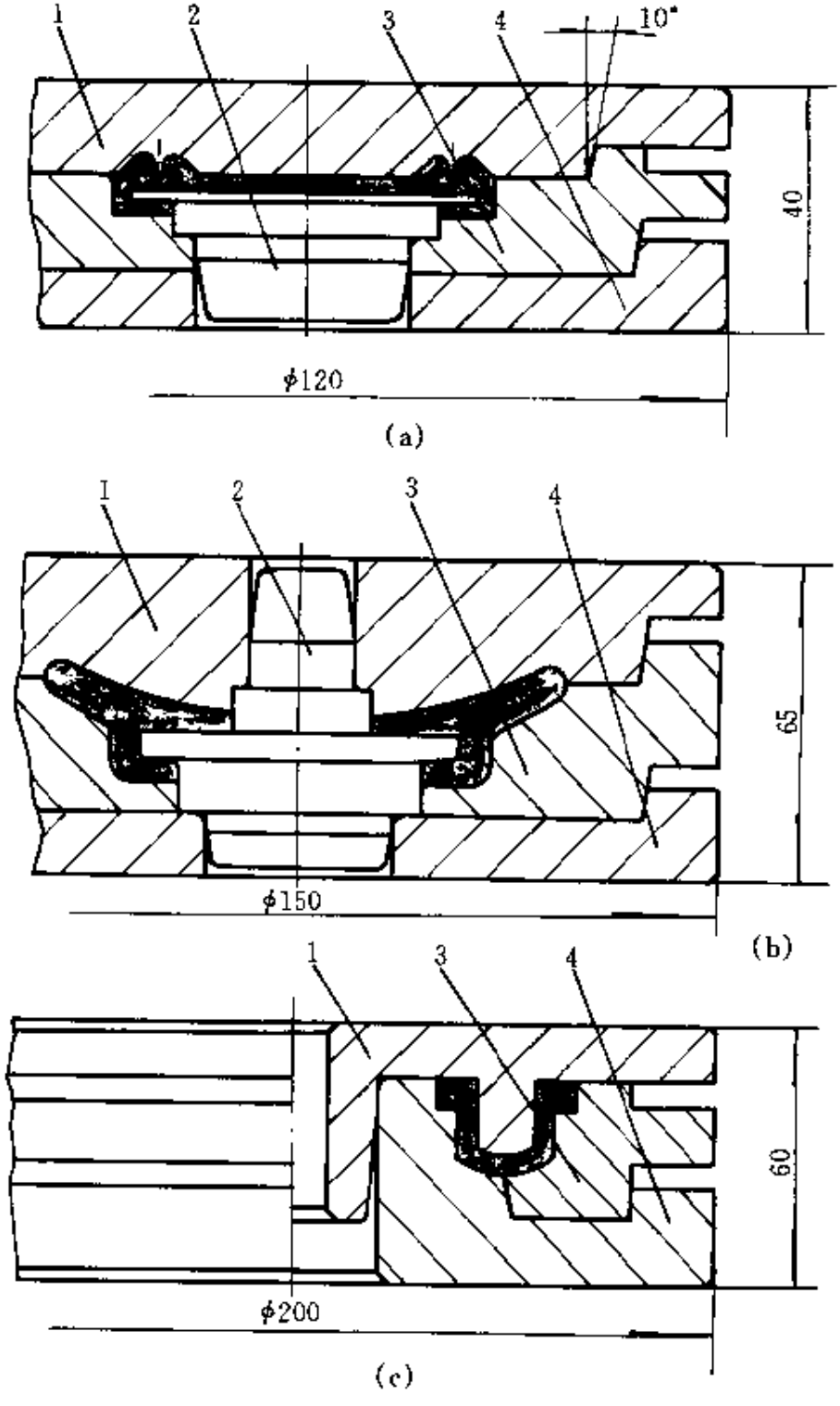


图 22-275 橡胶海绵制品硫化模结构

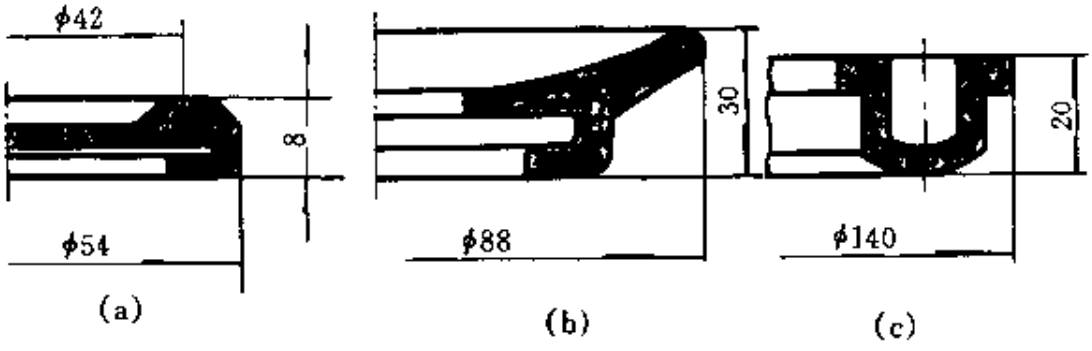


图 22-276　橡胶海绵（材料：橡胶海绵）

【说明】

图 22-275（a）、（b）、（c）模均为橡胶海绵制品模具结构，与一般橡胶模基本相同，其不同之处在于：模具中无余料槽、逃气孔；胶料收缩率波动范围较大；工艺要求严、配合面精度高；模具闭合后，不应有溢胶、逃气现象。

零件表

序　号	名　称	数　量	材　料	热处理	备　注
4	下　模	1	45	HRC28～32	调　质
3	中　模	1	45	HRC28～32	调　质
2	模　芯	1	45	HRC28～32	调　质
1	上　模	1	45	HRC28～32	调　质

第二十三章　常用橡胶制品标准化模具

23.1　模具结构与分类

常用橡胶制品硫化模典型结构包括橡胶O形密封圈、橡胶套圈(镶圈)、各类油封、皮碗等模具结构形式。

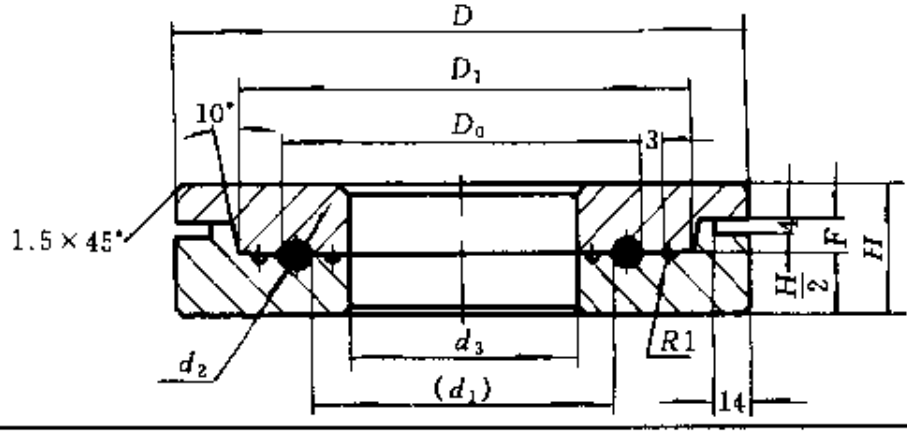
为缩短模具设计周期，使常用的橡胶制品硫化模具通用化、系列化、标准化，以适应省时、省力、成批地生产橡胶成型模具的要求。本章主要介绍常用橡胶制品标准化硫化模典型结构，供设计常用制品硫化模或类似形状制品硫化模时选择或参考。

23.2　O形密封圈标准化模具

O形密封圈标准化模具结构及尺寸见表23-1～表23-11。

表23-1　O形圈模具（一）

名　称			
O形橡胶密封圈硫化模 （单个型外圆锥面结构）	d_2 d_1 D_0 D_0-d_1+2d　（产品尺寸）		
	图　号		胶　号



续表

标记示例：$D=160$　$H=30$　其标记为 XZ—82/003-A　　单位：mm

XZ-82 序号-型号	产品尺寸		模具尺寸				
	D_0	d_2	D	H	D_1	d_3	F
001-A	<45	<6	120	30	80	d_1-30	6
002-A	>45～65		140		100		
003-A	65～85		160		120		7
004-A	85～100		180		140		
005-A	100～115		200		160		
006-A	115～135		220	35	180		8
007-A	135～155	<8.6	240		200		
008-A	155～175		260		220		

注：1. 橡胶模腔 0.8，配合面 3.2，余 12.5。

2. 橡胶模腔镀硬铬 0.005～0.011 并抛光。

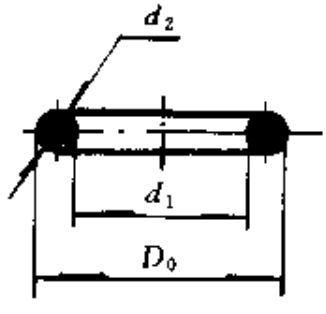
3. 模具材料 45#钢，调质 HRC28～32。

4. D_0 与 d_2 设计时确定。

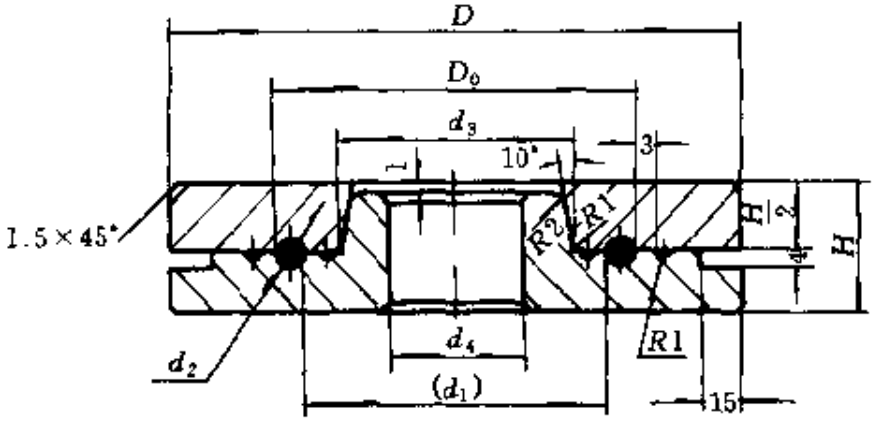
5. 装配后，模腔（d_2）错位量≤0.05。

6. 10°配合面要求吻合（配作）。

表 23-2　O 形圈模具（二）

名　称	
O 形橡胶密封圈硫化模 （单个型内圆锥面结构）	 $D_0=d_1+2d$　　（产品尺寸）
	图　号　　胶　号

续表



标记示例：$D=300$　$H=35$　其标记为 XZ—82/003-B　　单位：mm

XZ—82 序号-型号	产品尺寸		模具尺寸			
	D_0	d_2	D	H	d_3	d_4
001-B	>175～195	<8.6	260	35	d_1-30	d_1-60
002-B	195～215		280			
003-B	215～235		300			
004-B	235～255		320	40		
005-B	255～275		340			
006-B	275～295		360			
007-B	295～315		380			
008-B	315～335		400			
009-B	335～355		420	45		
010-B	335～415		480			

注：1. 橡胶模腔 0.8，配合面 3.2，其余 12.5。

2. 橡胶模腔镀硬铬 0.005～0.011，并抛光。

3. 模具材料 45#钢，调质 HRC28～32。

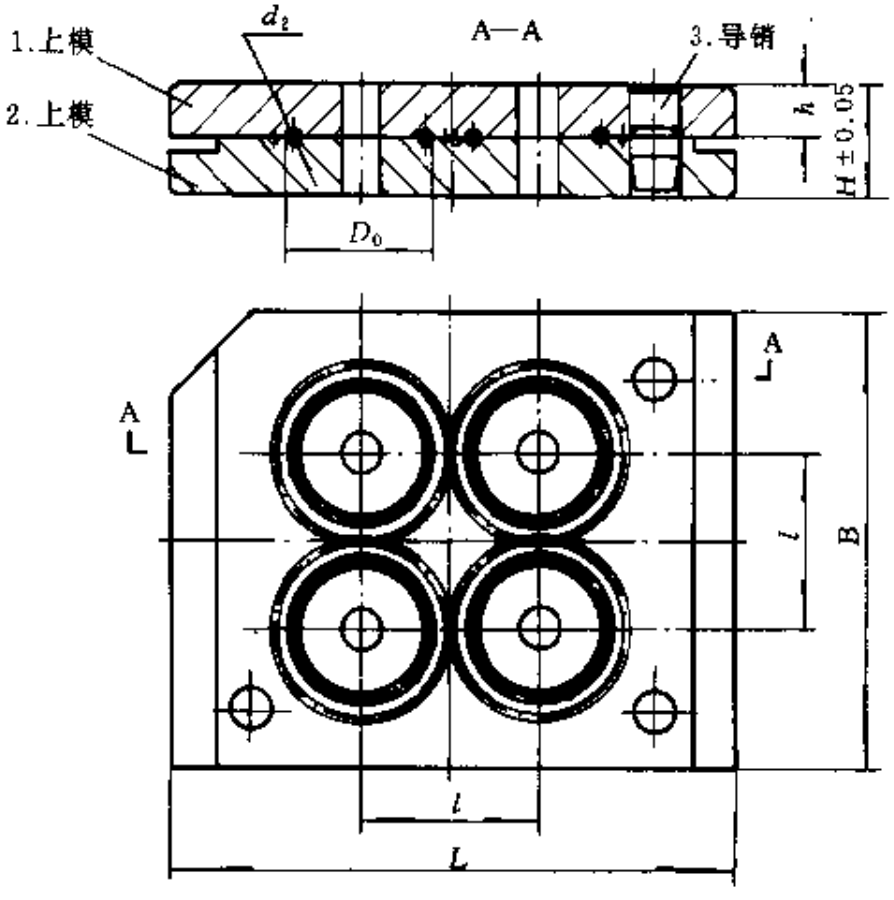
4. D_0 与 d_2 设计时确定。

5. 10°配合面要求吻合（选配）。

6. 装配后，模腔 d_2 错位量≤0.05。

表 23-3　O 形圈模具（三）

名　称		
O 形橡胶密封圈硫化模 （4 个型 180°分型结构）	$D_0=d_1+2d_2$　（产品尺寸）	
	图　号	胶　号



标记示例：$L=160$　$B=140$　$l=50$　其标记为 XZ--82/012　单位：mm

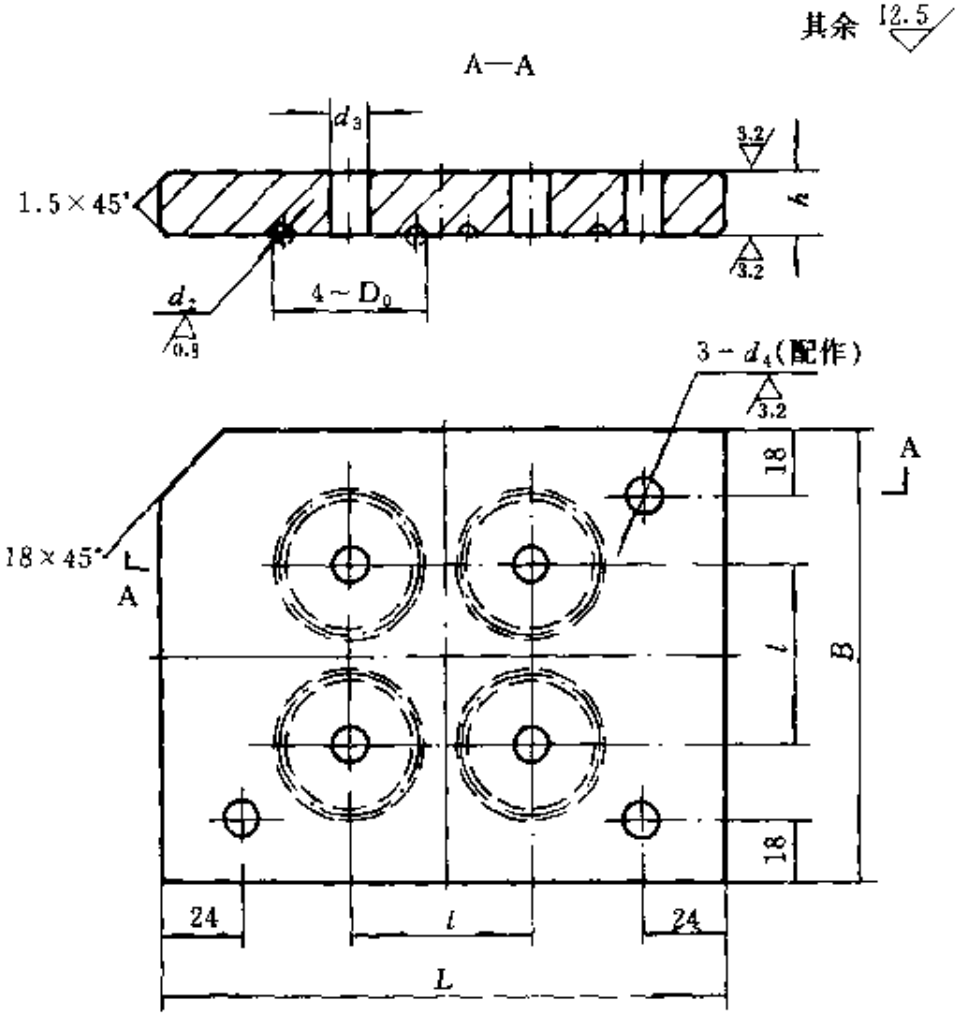
XZ—82 序　号	最大产品尺寸		模　具　尺　寸					导销 XZ/T
	D_0	d_2	L	B	l	H	h	规　格
010	20	3	120	100	30	25	12.5	$\phi12\times24\times12.5$
011	30	4	140	120	40	30	15	$\phi12\times29\times15$
012	40	5	160	140	50	30	15	$\phi12\times29\times15$
013	60	6	200	160	70	30	15	$\phi12\times29\times15$

注：1. 装配后，上下模模腔 d_2 错位量≤0.05。

2. D_0 与 d_2 设计时确定。

续表

1. 上模



单位：mm

XZ—82 序号-1	模具尺寸					d_4 (H8)		最大产品尺寸	
	L	B	l	h	d_3	尺寸	偏差	D_0	d_2
010-1	120	100	30	12.5	-	12	+0.027	20	3
011-1	140	120	40	15	5			30	4
012-1	160	140	50	15	10			40	5
013-1	200	150	70	15	15			60	6

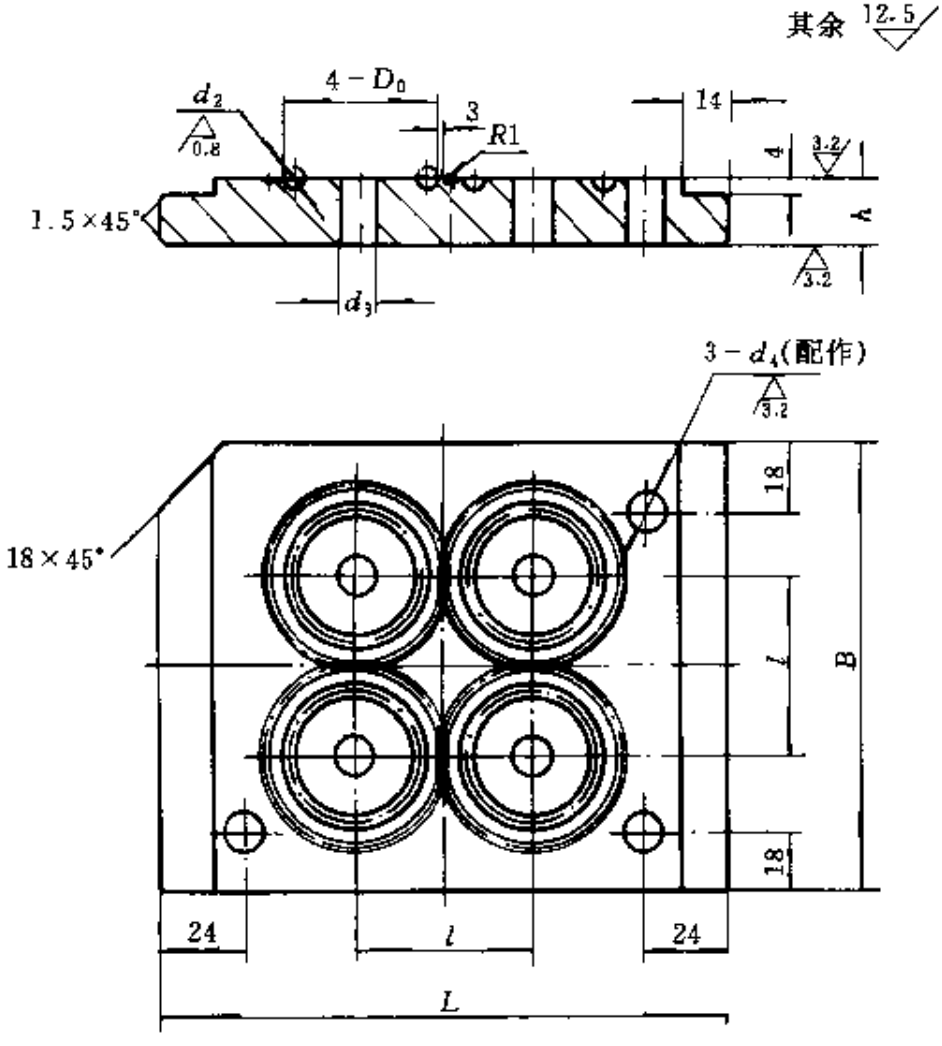
注：1. 材料45#钢。

2. 调质HRC28～32。

3. 模腔 0.8，镀铬0.005～0.011，并抛光。

续表

2. 下模



单位：mm

XZ—82 序号-2	模具尺寸					d_4 (H8)		产品尺寸	
	L	B	l	h	d_3	尺寸	偏差	D_0	d_2
C10-2	120	100	30	12.5	—	12	+0.027	20	3
C11-2	140	120	40	15	5			30	4
C12-2	160	140	50		10			40	5
C13-2	200	160	70		15			60	6

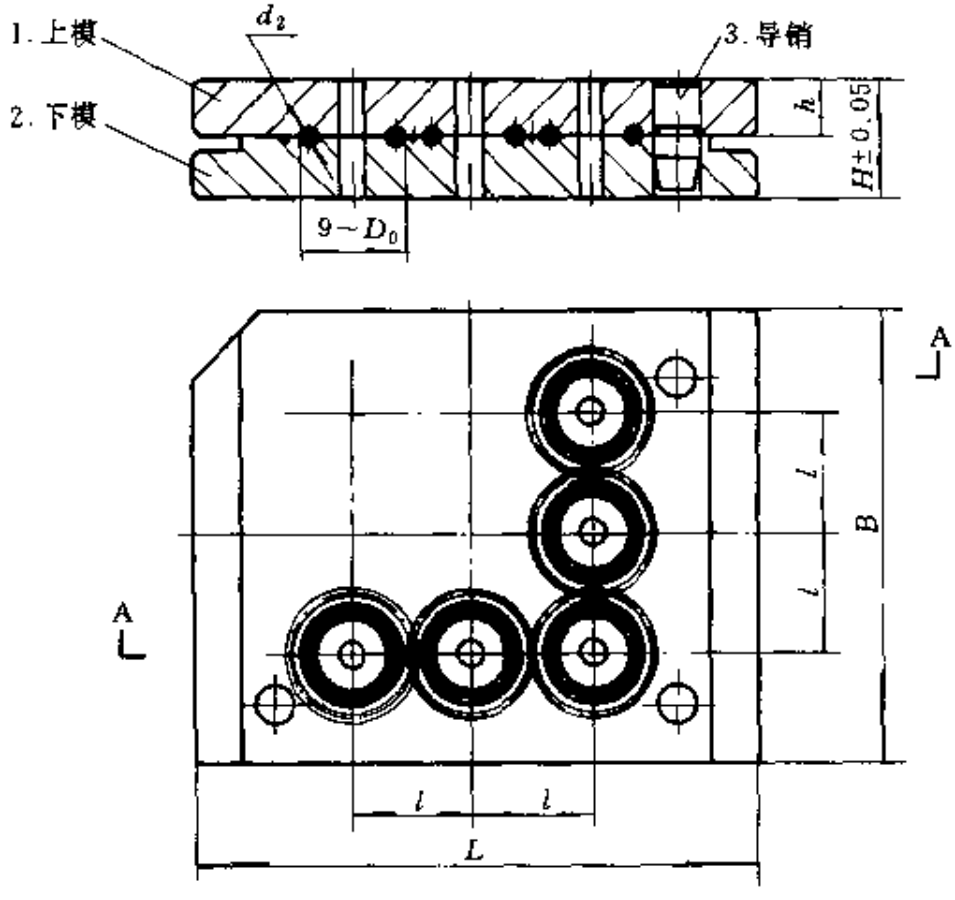
注：1. 材料45#钢。

2. 调质HRC28～32。

3. 模腔 0.8，镀硬铬0.005～0.011，并抛光。

表 23-4 O 形圈模具（四）

名　称			
O 形橡胶密封圈硫化模 （9 个型 180°分型结构）	$D_0=d_1+2d_2$　（产品尺寸）		
	图　号		胶　号



标记示例：$L=160$　$B=140$　$l=35$　其标记为 XZ—82/022　　单位：mm

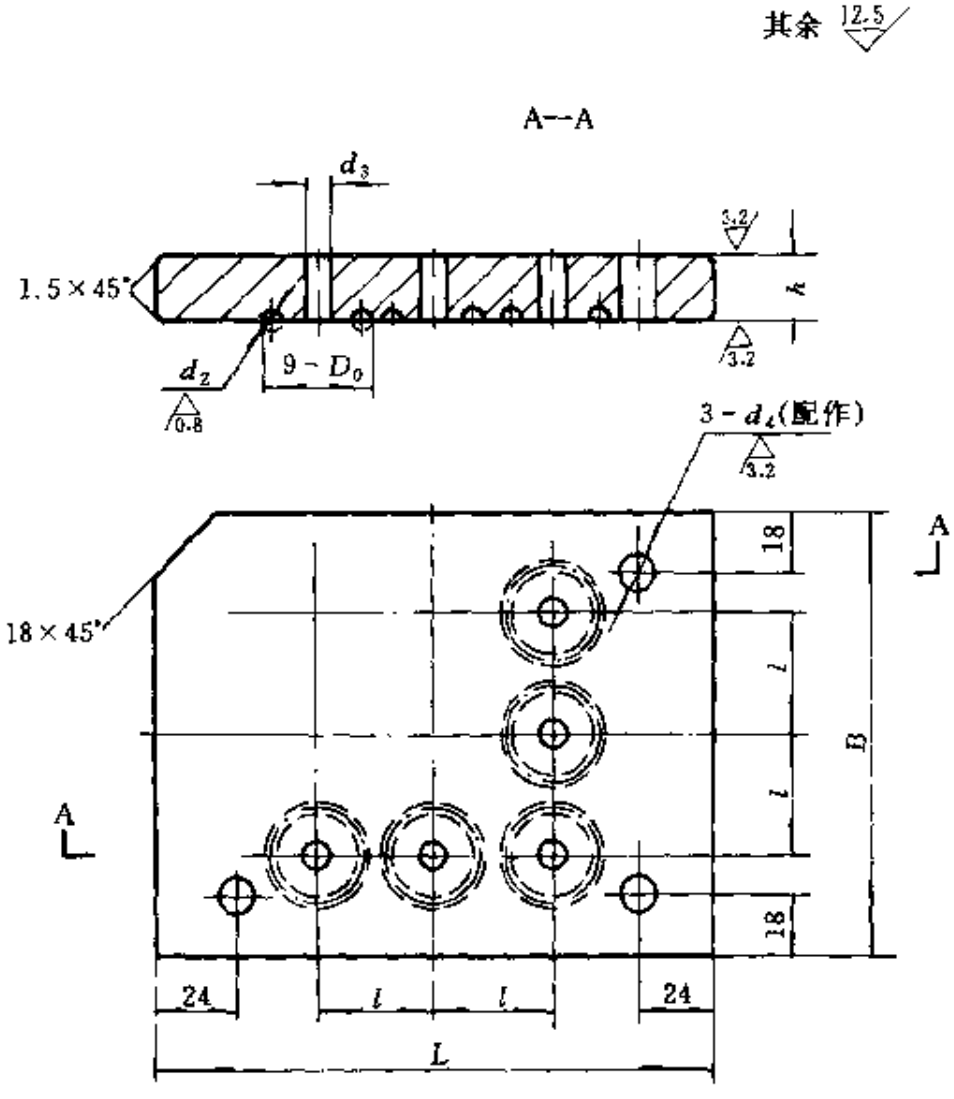
XZ—82 序　号	最大产品尺寸		模　具　尺　寸					导销 XZ/T
	D_0	d_2	L	B	l	H	h	规格
020	10	3	120	100	20	25	12.5	$\phi12\times24\times12.5$
021	15	4	140	120	25	30	15	$\phi12\times29\times15$
022	25	5	160	140	35			
023	35	6	200	160	50			

注：1. 装配后上、下模模腔 d_2 错位量≤0.05。

2. D_0 与 d_2 设计时确定。

续表

1. 上模



单位：mm

XZ—82 序号-1	模具尺寸					d_4 (H8)		最大产品尺寸	
	L	B	l	h	d_3	尺寸	偏差	D_0	d_2
020-1	120	100	20	12.5	—	12	+0.027	10	3
021-1	140	120	25	15	—			15	4
022-1	160	140	35		5			25	5
023-1	200	160	50		10			35	6

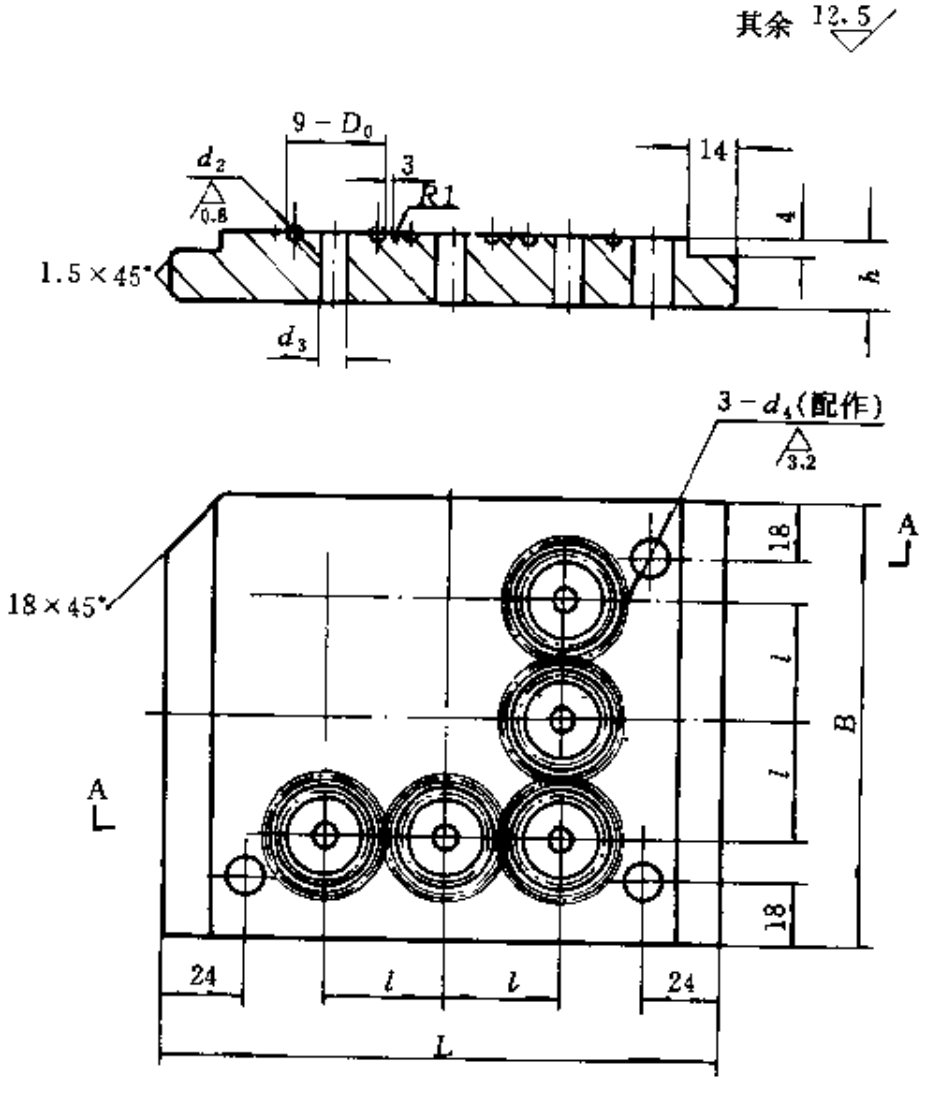
注：1. 材料 45#钢。

2. 调质 HRC28～32。

3. 模腔 0.8，镀硬铬 0.005～0.011，并抛光。

续表

2. 下模



单位：mm

XZ—82 序号-2	模具尺寸					d_4 (H8)		最大产品尺寸	
	L	B	l	h	d_3	尺寸	偏差	D_0	d_2
020-2	120	100	20	12.5	—	12	+0.027	10	3
021-2	140	120	25	15				15	4
022-2	160	140	35		5			25	5
023-2	200	160	50		10			35	6

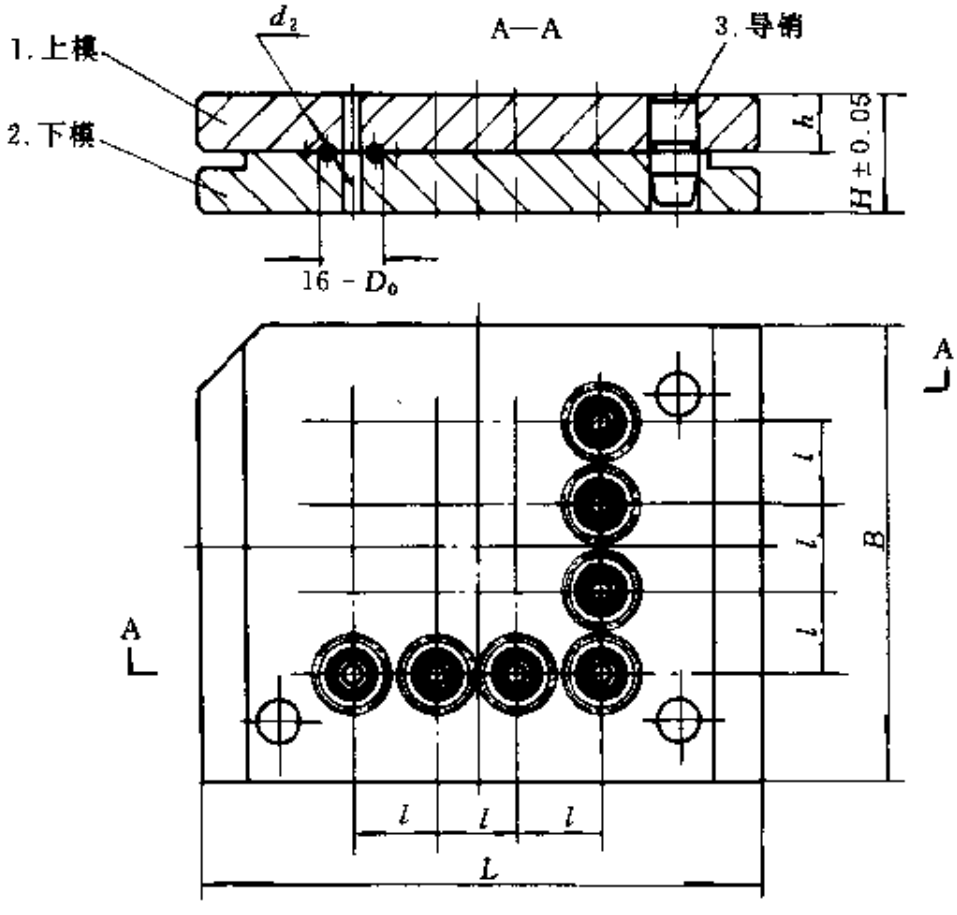
注：1. 材料45#钢。

2. 调质HRC28～32。

3. 模腔 0.8，镀硬铬0.005～0.011，并抛光。

表 23-5　O 形圈模具（五）

名　称	d_1　d_2　D_0　$D_0=d_1+2d_2$　（产品尺寸）
O 形橡胶密封圈硫化模 （16 个型 180°分型结构）	图　号　　胶　号



标记示例：$L=160$　$B=140$　$l=25$　其标记为 XZ—82/031　单位：mm

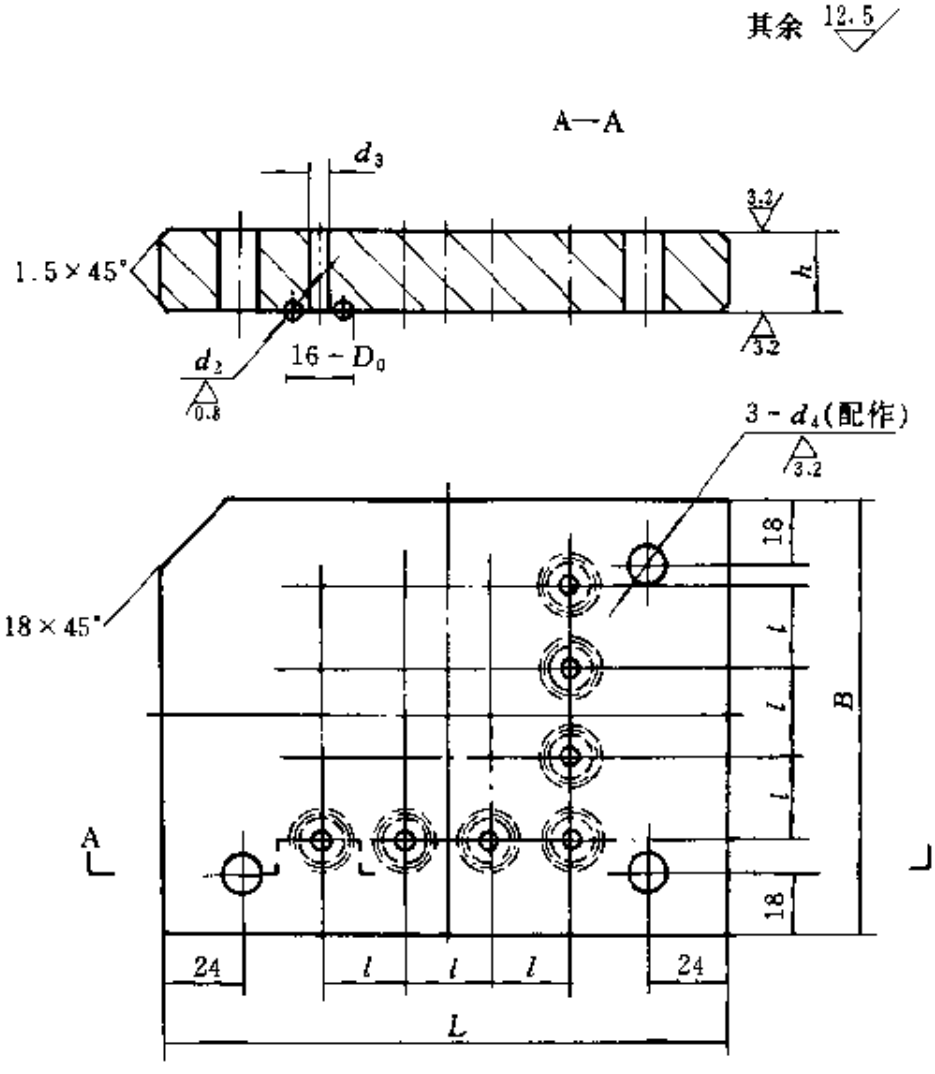
XZ—82 序　号	最大产品尺寸		模　具　尺　寸					导销 XZ/T
	D_0	d_2	L	B	l	H	h	规格
030	10	3	140	120	18	25	12.5	$\phi12\times24\times12.5$
031	15	4	160	140	25	30	15	$\phi12\times29\times15$
032	25	5	200	160	35			

注：1. 装配后，上下模模腔 d_2 错位量≤0.05。

2. D_0 与 d_2 设计时确定。

续表

1. 上模



单位：mm

XZ—82 序号-1	模具尺寸					d_4 (H8)		最大产品尺寸	
	L	B	l	h	d_3	尺寸	偏差	D_0	d_2
030-1	140	120	18	12.5	—	12	+0.027	10	3
031-1	160	140	25	15				15	4
032-1	200	160	35		5			25	5

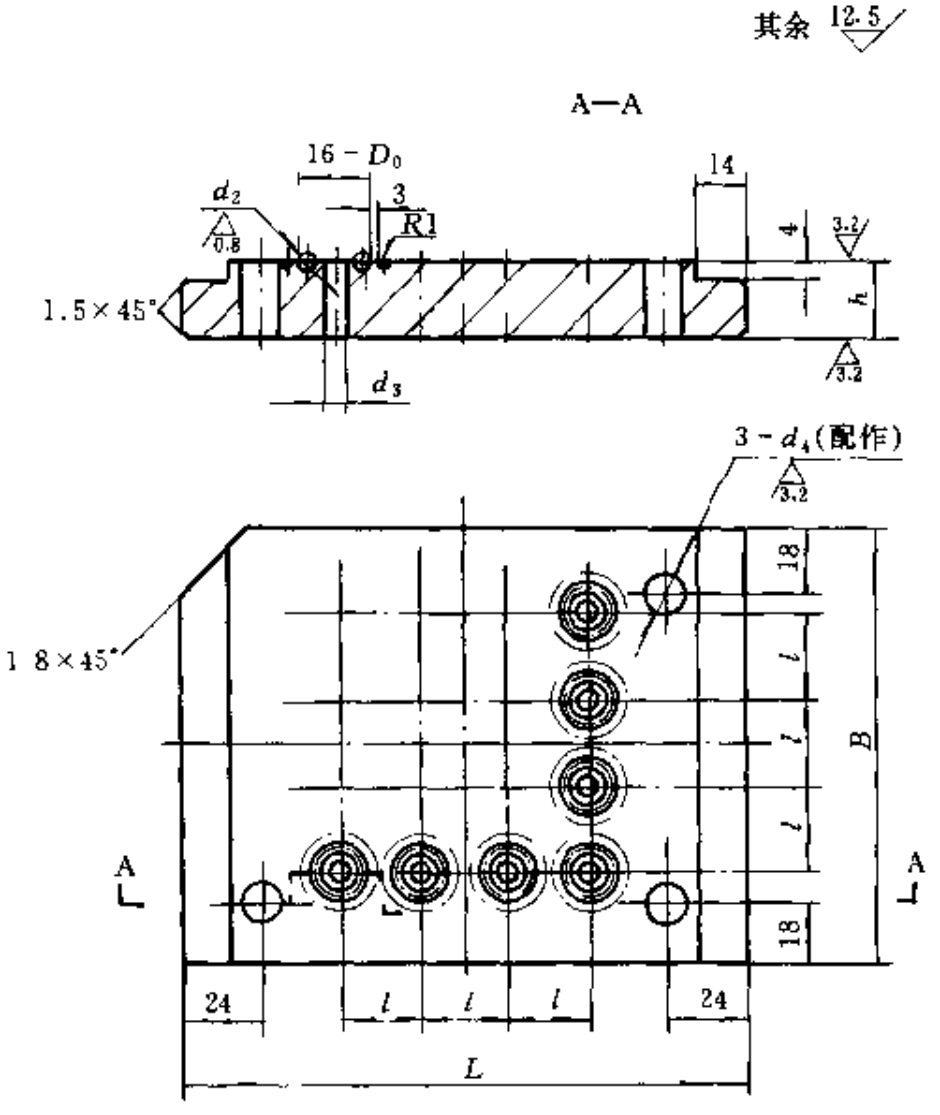
注：1. 材料 45#钢。

2. 调质 HRC28～32。

3. 模腔 0.8，镀硬铬 0.005～0.011，并抛光。

续表

2. 下模



单位：mm

XZ—82 序号-2	模具尺寸					d_4 (H8)		最大产品尺寸	
	L	B	l	h	d_3	尺寸	偏差	D_0	d_2
030-2	140	120	18	12.5	—	12	+0.027	10	3
031-2	160	140	25	15				15	4
032-2	200	160	35		5			25	5

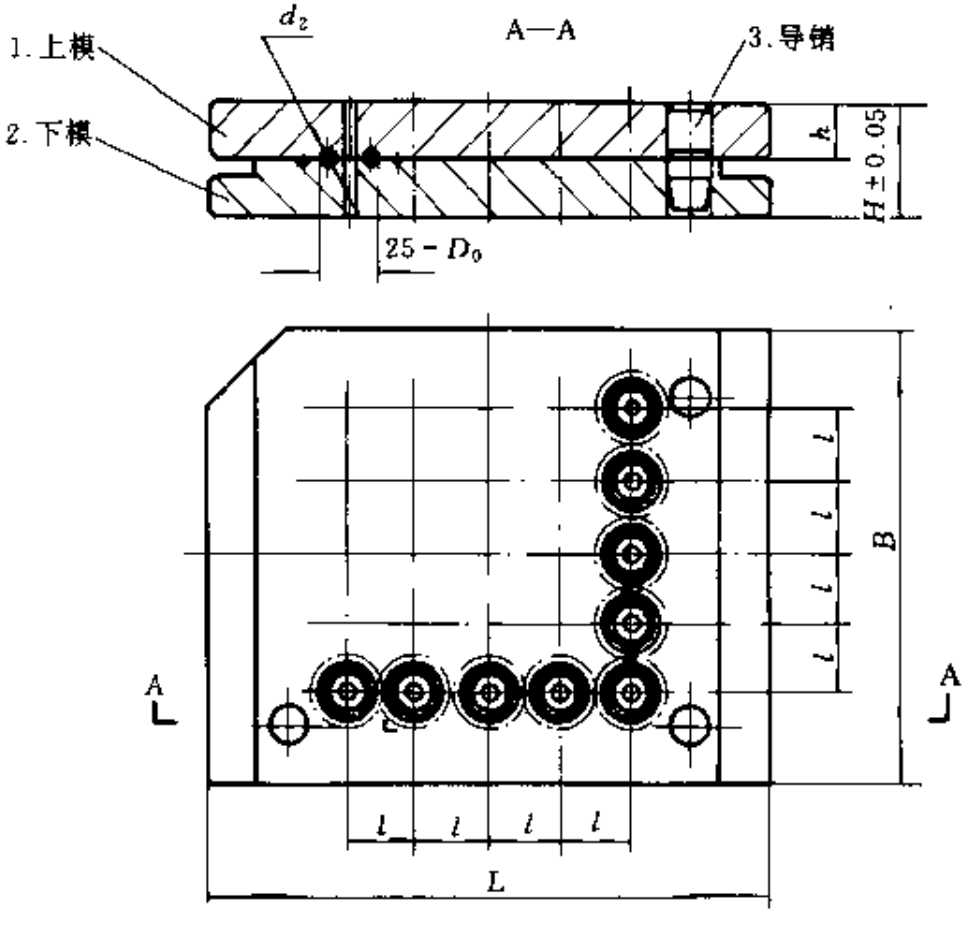
注：1. 材料 45#钢。

2. 调质 HRC28～32。

3. 模腔 0.8，镀硬铬 0.005～0.011，并抛光。

表 23-6　O 形圈模具（六）

名　称	d_1　d_2　D_0
O 形橡胶密封圈硫化模 （25 个型 180°分型结构）	$D_0=d_1+2d_2$　（产品尺寸）
	图　号　　胶　号



标记示例：$L=160$　$B=140$　$l=25$　其标记为 XZ　82/040　单位：mm

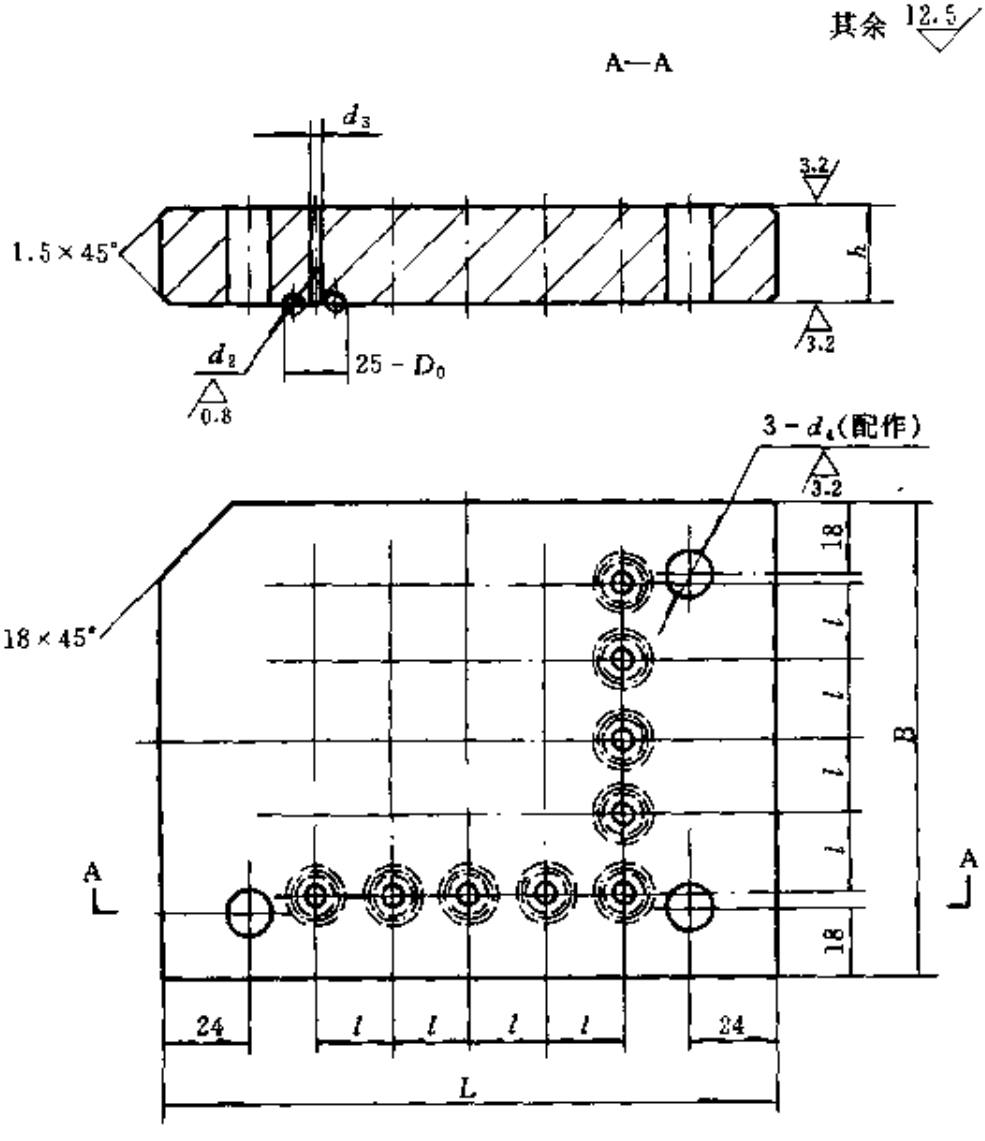
XZ　82 序　号	最大产品尺寸		模　具　尺　寸					导销 XZ/T
	D_0	d_2	L	B	l	H	h	规格
040	10	3	160	140	20	30	15	$\phi12\times29\times15$
041	20	4	200	160	28			

注：1. 装配后，上下模模腔 d_2 错位量≤0.05。

2. D_0 与 d_2 设计时确定。

续表

1. 上模



单位：mm

XZ—82 序号-1	模具尺寸					d_4 (H8)		最大产品尺寸	
	L	B	l	h	d_3	尺寸	偏差	D_0	d_2
040-1	160	140	20	15	—	12	+0.027	10	3
041-1	200	160	28		4			20	4

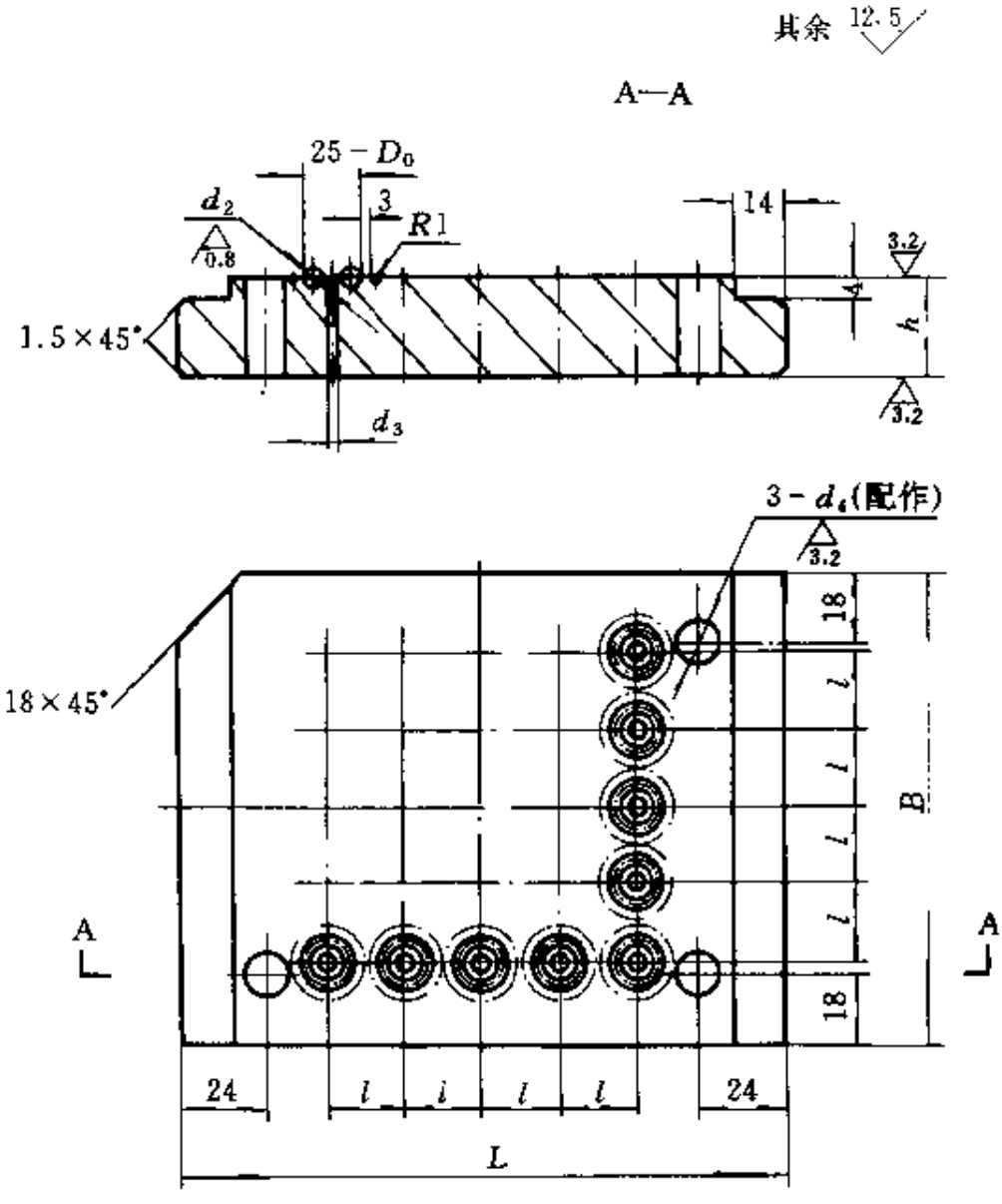
注：1. 材料 45#钢。

2. 调质 HRC28～32。

3. 模腔 0.8，镀硬铬 0.005～0.011，并抛光。

续表

2. 下模



单位：mm

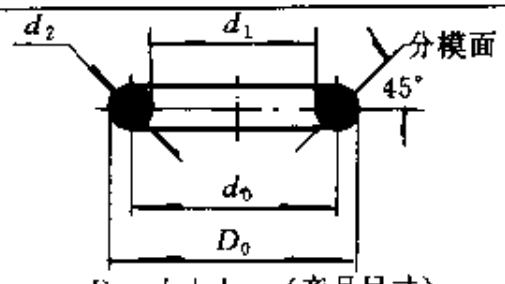
XZ—82 / 序号-2	模具尺寸					d_1 (H8)		最大产品尺寸	
	L	B	l	h	d_3	尺寸	偏差	D_0	d_2
040-2	160	140	20	15	—	12	+0.027	10	3
041-2	200	160	28		4			20	4

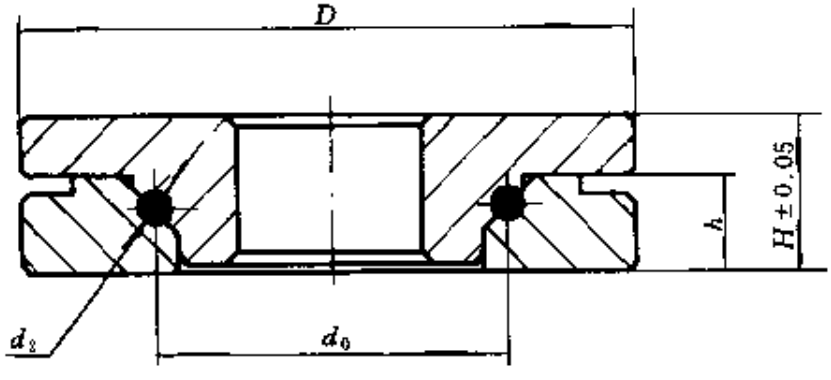
注：1. 材料 45#钢。

2. 调质 HRC28～32。

3. 模腔 C.8，镀硬铬 0.005～0.011，并抛光。

表 23-7　O 形圈模具（七）

名　称	
45°O 形橡胶密封圈硫化模 （单个型 45°分型结构）	 $D_0=d_0+d_2$　（产品尺寸） 图　号　　胶　号



标记示例：$D=160$　$H=40$　$h=25$　其标记为 XZ　82/054　　单位：mm

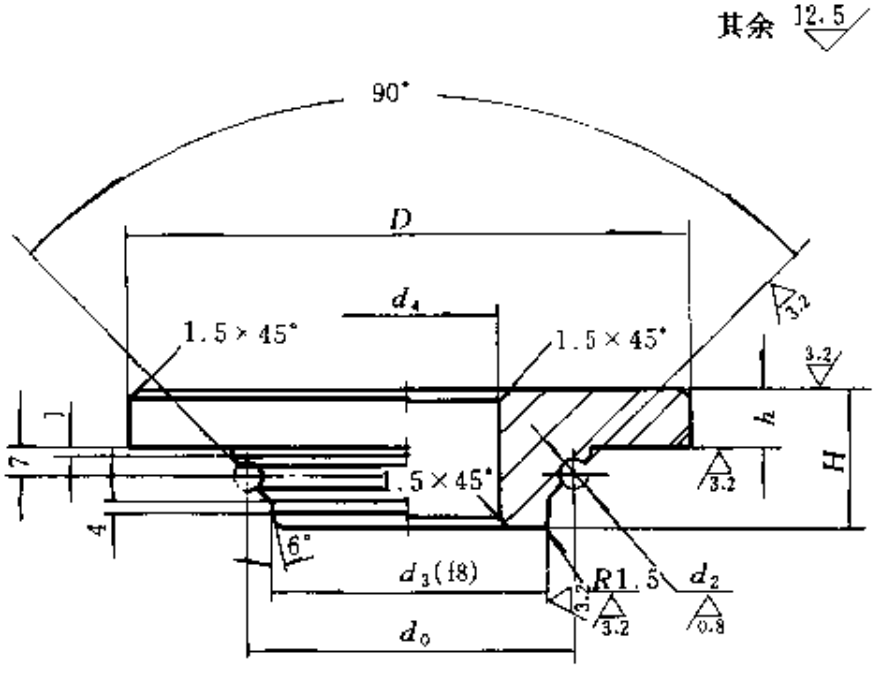
XZ—82 / 序号	产品尺寸		模具尺寸			1. 上模 XZ—82	2. 下模 XZ—82
	D_0	d_2	D_1	H	h	序号＋件号	序号＋件号
051	35～45	<6	100	35	20	051-1	051-2
052	>45～60		120			052-1	052-2
053	60～75		140			053-1	053-2
054	75～95		160	40	25	054-1	054-2
055	95～115		180			055-1	055-2
056	115～135		200			056-1	056-2
057	135～155	<8	220	45	30	057-1	057-2
058	155～175		240			058-1	058-2
059	175～195		260			059-1	059-2

注：1. 装配后，上下模芯模腔 d_2 错位量≤0.05。

2. D_0 与 d_2 设计时确定。

续表

1. 上模



单位：mm

XZ—82 序号-件号	模具尺寸				d_3 (f8)		产品尺寸	
	D	H	h	d_4	尺寸	偏差	D_C	d_2
051-1	100	34	15	d_0-35	d_0-15	$^{-0.020}_{-0.053}$	>35～45	<6
052-1	120					$^{-0.025}_{-0.064}$	45～60	
053-1	140					$^{-0.030}_{-0.076}$	60～75	
054-1	160	39					75～95	
055-1	180					$^{-0.036}_{-0.090}$	95～115	
056-1	200						115～135	
057-1	220	44				$^{-0.043}_{-0.100}$	135～155	<8
058-1	240						155～175	
059-1	260						175～195	

注：1. 材料 45#钢。

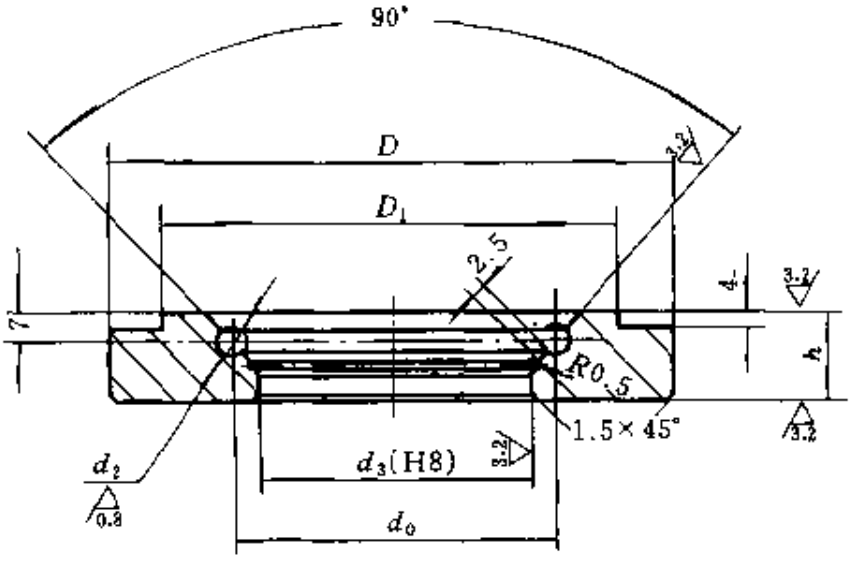
2. 调质 HRC28～32。

3. 模腔 0.8，镀硬铬 0.005～0.011 并抛光。

续表

2. 下模

其余 12.5



单位：mm

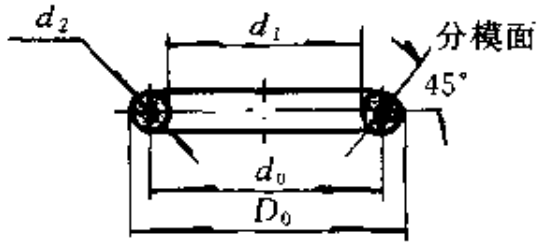
XZ 82 序号-件号	模具尺寸			d_3 (H8)		产品尺寸	
	D	D_1	h	尺寸	偏差	D_0	d_2
051-2	100	70	20	d_0-15	+0.033	>35～45	<6
052-2	120	90			+0.039	45～60	
053-2	140	110			+0.046	60～75	
054-2	160	130	25			75～95	
055-2	180	150			+0.054	95～115	
056-2	200	170				115～135	
057-2	220	190	30		+0.063	135～155	<8
058-2	240	210				155～175	
059-2	260	230				175～195	

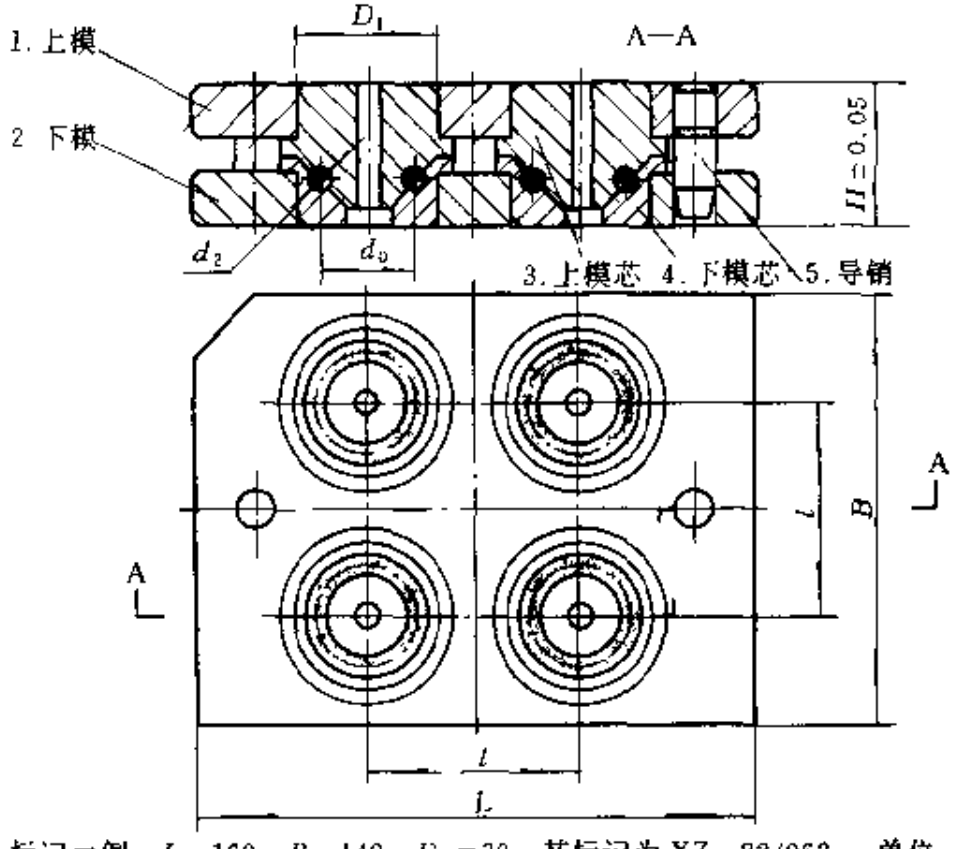
注：1. 材料 45#钢。

2. 调质 HRC28～32。

3. 模腔 0.8，镀硬铬 0.005～0.011 并抛光。

表 23-8　O 形圈模具（八）

名　称	
45°O 形橡胶密封圈硫化模 （4 个型 45°分型结构）	 $D_0=d_0+d_2$　（产品尺寸） 图　号　　胶　号



标记示例：$L=160$　$B=140$　$D_1=30$　其标记为 XZ—82/062　单位：mm

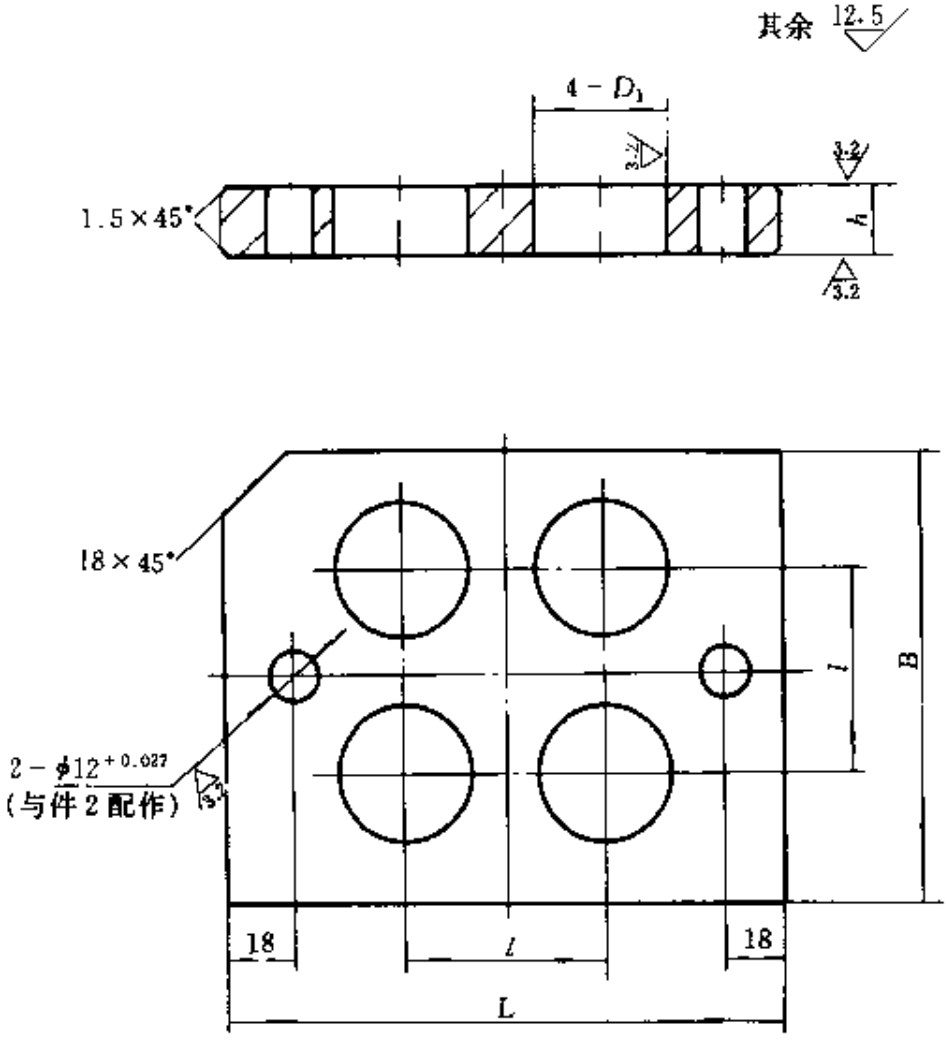
XZ—82 序号	产品尺寸 D_0	d_2	模具尺寸 L	B	l	H	D_1	导销 XZ/T 规格
060	>3～10	<3	120	100	50	40	20	ϕ12×38×15
061	10～15						25	
062	15～20	<4	160	140	60	40	30	ϕ12×38×15
063	20～25						40	
064	25～30						45	
065	30～35	<5	200	160	80	50	50	ϕ12×45×20
066	35～40						55	
067	40～45						60	
068	45～50						65	

注：1. 装配后，上下模芯模腔 d_2 错位量≤0.05。

2. d_0 与 d_2 设计时确定。

续表

1. 上模



单位：mm

XZ—82 序号-件号	模具尺寸				D_1（H7）		产品尺寸	
	L	B	l	h	尺寸	偏差	D_0	d_2
060-1	120	100	50	15	20	+0.021	>3～10	<3
061-1					25		10～15	
062-1	160	140	60	15	30		15～20	<4
063-1					40	+0.025	20～25	
064-1					45		25～30	
065-1	200	160	80	20	50		30～35	<5
066-1					55	+0.030	35～40	
067-1					60		40～45	
068-1					65		45～50	

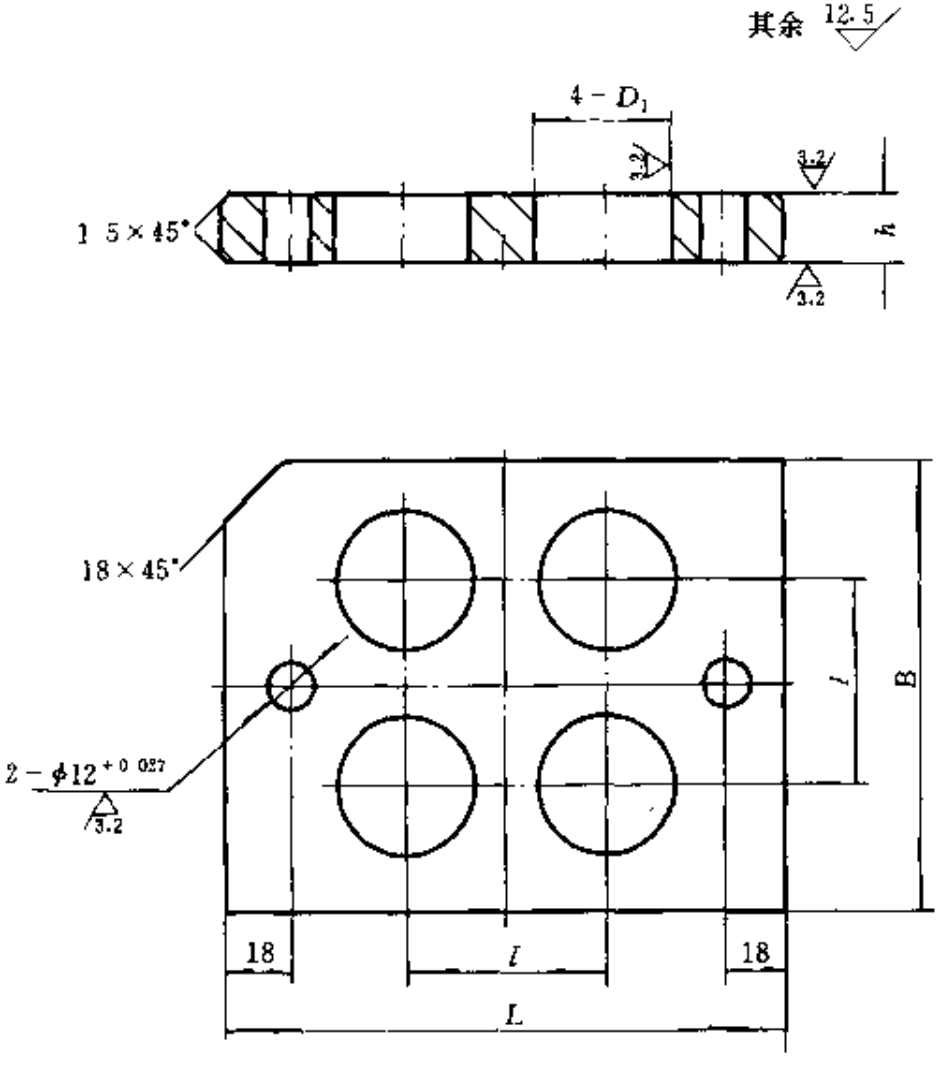
注：1. 材料45#钢。

2. 调质HRC28～32。

3. 全部孔与件2（下模配作）。

续表

2. 下模



单位：mm

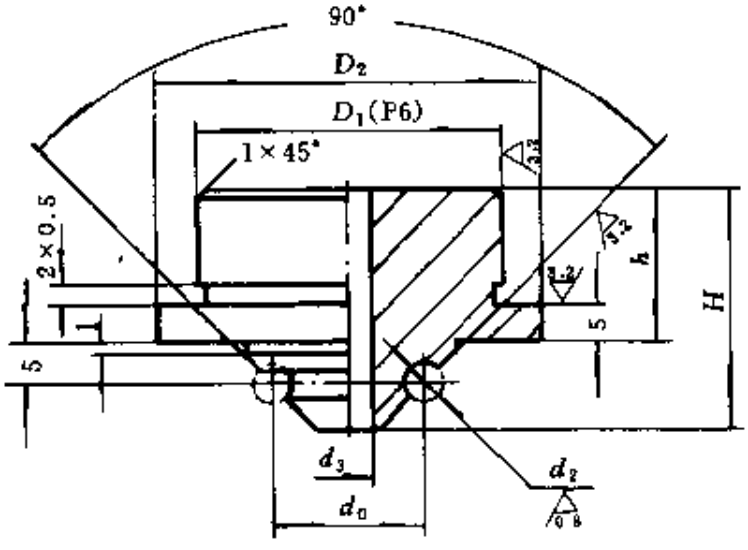
XZ—82 序号-件号	模具尺寸 L	B	l	h	D_1（H7）尺寸	偏差	产品尺寸 D_0	d_2
060-2	120	100	50	15	20	+0.021	>3～10	<3
061-2					25		10～15	
062-2	160	140	60	15	30		15～20	<4
063-2					40	+0.025	20～25	
064-2					45		25～30	
065-2	200	160	80	20	50		30～35	<5
066-2					55	+0.030	35～40	
067-2					60		40～45	
068-2					65		45～50	

注：1. 材料 45#钢。
2. 调质 HRC28～32。
3. 全部孔与件 1（上模配件）。

续表

3. 上模芯

其余 12.5



单位：mm

XZ/T 序号-件号	产品尺寸		D_1 (P6)		模具尺寸			
	D_0	d_2	尺寸	偏差	D_2	d_3	h	H
060-3A	3～6	<1.5	20	+0.035 +0.022	30	—	20	26.5
060-3	>6～10	<3	20		30			28
061-3	10～15		25		35			28
062-3	15～20		30		40			31
063-3	20～25	<4	40	+0.042 +0.026	50	5	20	31
064-3	25～30		45		55			
065-3	30～35		50		60	10	25	36
066-3	35～40	<5	55	+0.051 +0.032	65	15	25	36
067-3	40～45		60		70	20		
068-3	45～50		65		75	25		

注：1. 材料 45#钢，调质 HRC28～32。

2. 上、下模芯组合后 d_2 错位量≤0.05。

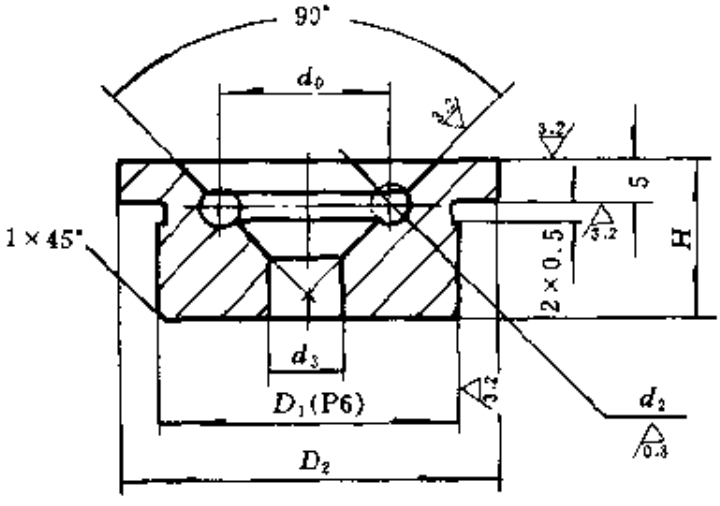
3. 模腔镀硬铬 0.005～0.011 并抛光。

4. d_0 与 d_2 设计时确定 $D_0=d_0+d_2$。

续表

4. 下模芯

其余 12.5



单位：mm

XZ/T 序号-件号	产品尺寸		D_1 (P6)		模具尺寸		
	D_0	d_2	尺寸	偏差	D_2	d_3	H
060-4A	3～6	<1.5	20	+0.035 +0.022	30	—	20
060-4	>6～10	<3	20		30	2	
061-4	>10～15		25		35	5	
062-4	15～20		30		40	8	
063-4	20～25	<4	40	+0.042 +0.026	50	10	20
064-4	25～30		45		55	15	
065-4	30～35		50		60	20	25
066-4	35～40	<5	55	+0.051 +0.032	65	25	
067-4	40～45		60		70	30	
068-4	45～50		65		75	35	

注：1. 材料 45#钢、调质 HRC28～32。

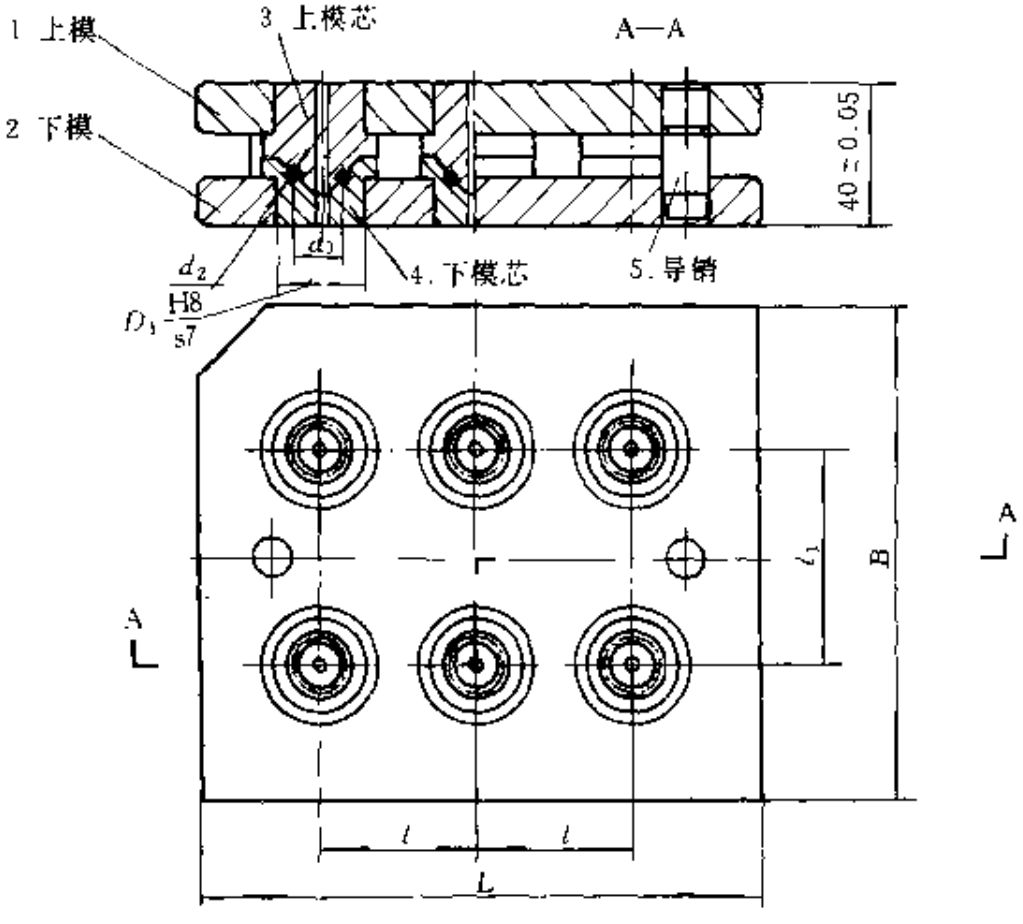
2. 上、下模芯组合后 d_2 错位量≤0.05。

3. 模腔镀硬铬 0.005～0.011 并抛光。

4. d_0 与 d_2 设计时确定 $D_0=d_0+d_2$。

表 23-9　O 形圈模具（九）

名　称	d_2　d_1　分模面　45°　d_0　D_0　$D_0=d_0+d_2$　（产品尺寸）
45°O 形橡胶密封圈硫化模 （6 个型 45°分型结构）	图　号　　胶　号



标记示例：$L=160$　$B=140$　$D_0=15$　其标记为 XZ -82/071　　单位：mm

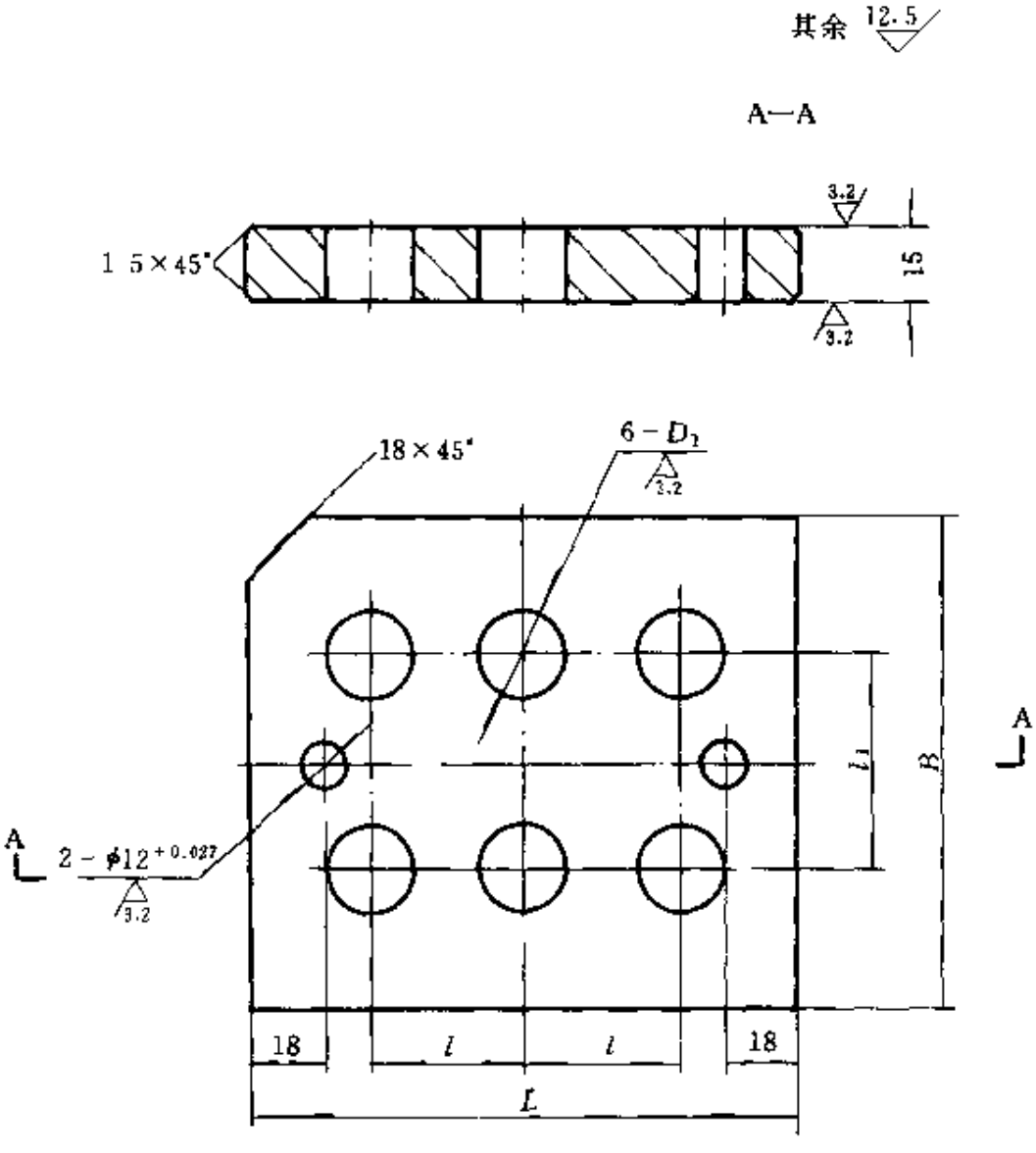
XZ—82 序　号	产品尺寸		模　具　尺　寸					导销 XZ/T
	D_0	d_2	L	B	l	l_1	D_1	规格
070	3~10	<3	160	140	45	55	20	φ12×39×15
071	>10~15						25	
072	>15~20	<4	200	160	60	60	30	
073	20~25					65	40	
074	25~30					70	45	

注：1. 装配后，上、下模芯模腔 d_2 错位量≤0.05。

2. d_0 与 d_2 设计时确定。

续表

1. 上模



单位：mm

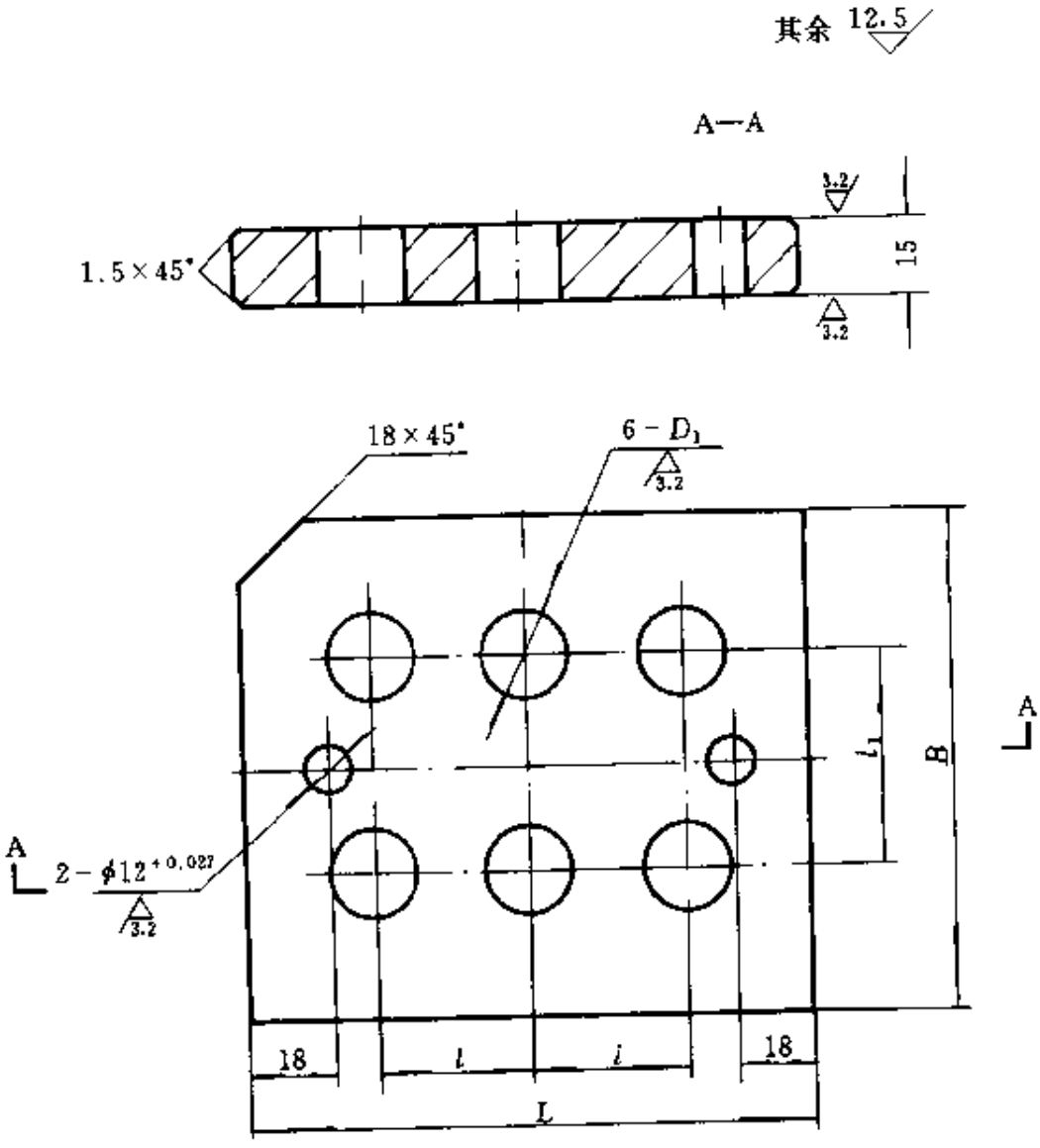
XZ－82 序号-件号	模具尺寸				D_1（H7）		产品尺寸	
	L	B	l	l_1	尺寸	偏差	D_0	d_2
070-1	160	140	45	55	20	+0.021	3～10	<3
071-1					25		>10～15	
072-1	200	160	60	60	30		15～20	<4
073-1				65	40	+0.025	20～25	
074-1				70	45		25～30	

注：1. 材料45#钢，调质HRC28～32。

2. 全部孔与下模配作。

续表

2. 下模



单位：mm

XZ—B2 序号-件号	模具尺寸				D_1 (H7)		产品尺寸	
	L	B	l	l_1	尺寸	偏差	D_0	d_2
070-2	160	140	45	55	20	+0.021	3～10	<3
071-2					25		>10～15	
072-2	200	160	60	60	30		15～20	<4
073-2				65	40	+0.025	20～25	
074-2				70	45		25～30	

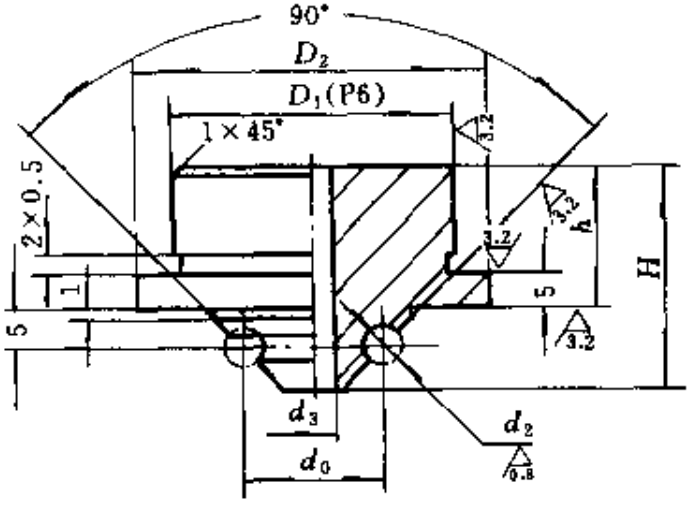
注：1. 材料 45#钢，调质 HRC28～32。

2. 全部孔与上模配作。

续表

3. 上模芯

其余 12.5



单位：mm

XZ/T 序号-件号	产品尺寸		D_1 (P6)		模具尺寸			
	D_0	d_2	尺寸	偏差	D_2	d_3	h	H
070-3A	3～6	<1.5	20	+0.035 +0.022	30	—	20	26.5
070-3	>6～10	<3	20		30			28
071-3	10～15		25		35			28
072-3	15～20		30		40			31
073-3	20～25	<4	40	+0.042 +0.026	50	3	20	31
074-3	25～30		45		55			

注：1. 材料 45#钢，调质 HRC28～32。

2. 上、下模芯组合后 d_2 错位量≤0.05。

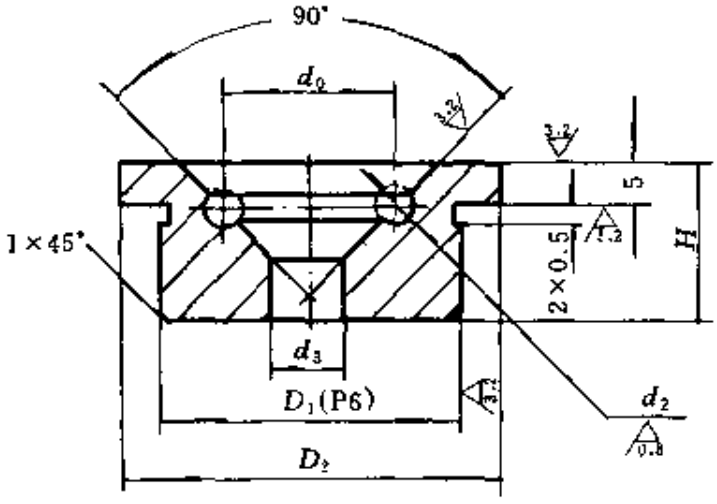
3. 模腔镀硬铬 0.005～0.011 并抛光。

4. d_0 与 d_2 设计时确定 $D_0=d_0+d_2$。

续表

4. 下模芯

其余 12.5



单位：mm

XZ/T 序号-件号	产品尺寸		D_1 (P6)		模具尺寸		
	D_0	d_2	尺寸	偏差	D_2	d_3	H
070-4A	3～6	<1.5	20	+0.035 +0.022	30	-	20
070-4	>6～10	<3	20		30	2	
071-4	10～15		25		35	5	
072-4	15～20		30		40	8	
073-4	20～25	<4	40	+0.042 +0.026	50	10	20
074-4	25～30		45		55	15	

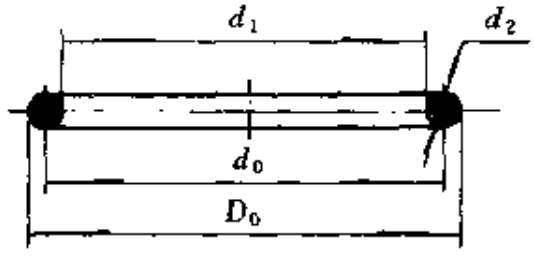
注：1. 材料 45#钢，调质 HRC28～32。

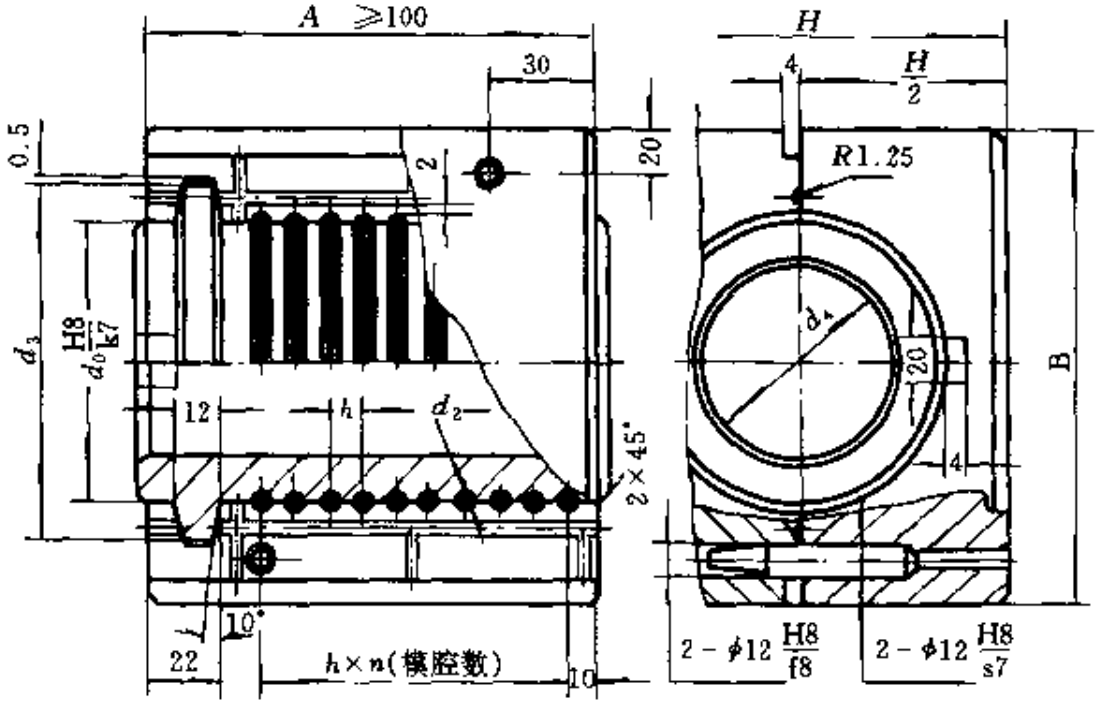
2. 上、下模芯组合后 d_2 错位量≤0.05。

3. 模腔镀硬铬 0.005～0.011 并抛光。

4. d_0 与 d_2 设计时确定，$D_0=d_0+d_2$。

表 23-10 O形圈模具（十）

名　称	
O形橡胶密封圈硫化模 （10个型轴向分型结构）	 $D_0=d_0+2d_2$　（产品尺寸） 图　号　　胶　号



标记示例：$D_0=65$　$d_2=4$　其标记为 XZ—82/082-A　　单位：mm

XZ--82 序号-型号	产品尺寸		模具尺寸					
	D_0	d_2	A	B	H	h	d_2	d_4
080 A	>35～45	<6	≥100	d_0+70	d_0+30	d_0+3	d_0+16	d_0-25
081-A	45～60							
082-A	60～75							
083-A	75～95							

注：1. 装配后，上、下模芯组合后错位量 $d_2\leqslant0.05$。

2. 橡胶模腔 0.8，配合面 3.2，其余 12.5。

3. 橡胶模腔镀硬铬 0.005～0.011 并抛光。

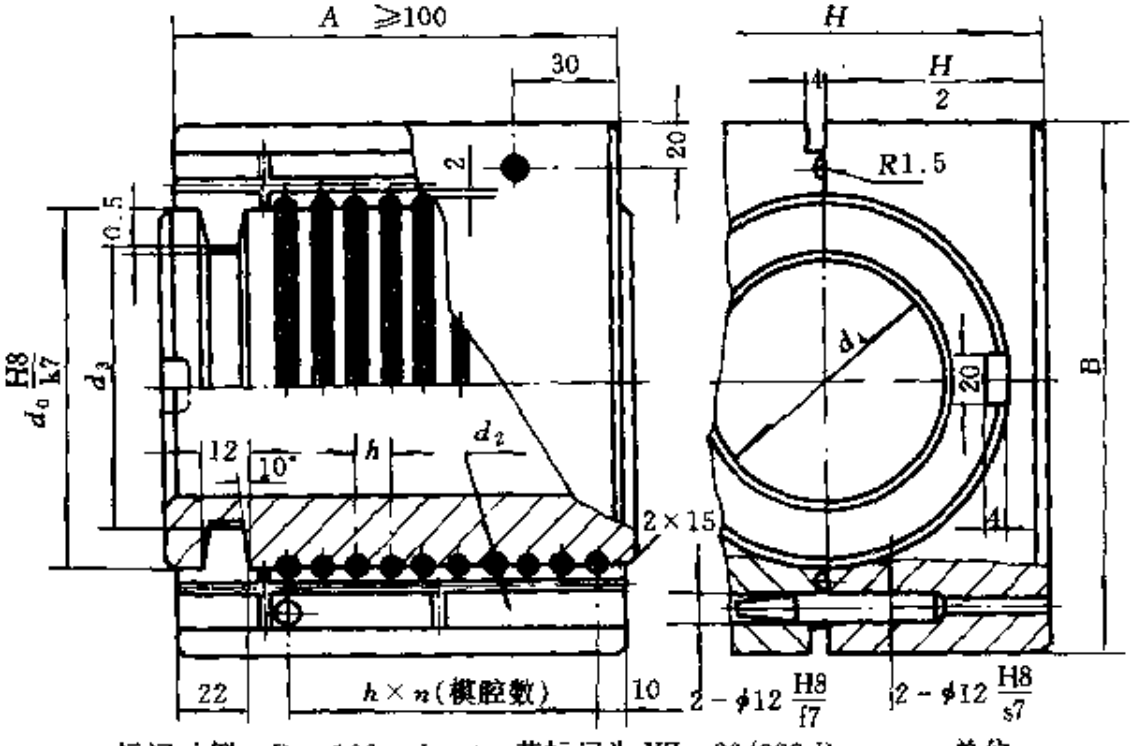
4. d_0、d_2 设计时确定。

5. 材料 45# 钢，调质 HRC28～32。

6. 由于硫化压力与硫化温度影响 A 应≥100。

表 23-11 O 形圈模具（十一）

名　称	
O 形橡胶密封圈硫化模 （10 个型轴向分型结构）	d_1　d_2　d_0　D_0 $D_0=d_0+2d_2$　（产品尺寸）
	图　号　　胶　号



标记示例：$D_0=100$　$d_2=4$　其标记为 XZ- -82/082-B　　单位：mm

XZ—82 序号-型号	产品尺寸		模具尺寸					
	D_0	d_2	A	B	H	h	d_3	d_4
080-B	>60～75	<6	≥100	d_0+70	d_0+25	d_0+3	d_0-16	d_0-35
081-B	75～95							
082-B	95～115	<8		d_0+80	d_0+30	d_0+4		
083-B	115～135							

注：1. 装配后，上、下模与模芯错位量 $d_2\leqslant0.05$。

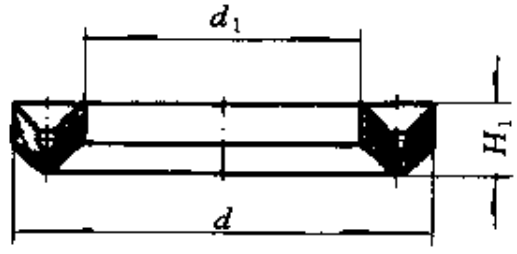
2. 橡胶模腔 0.8，配合面 3.2，其余 12.5。橡胶模腔镀硬铬 0.005～0.011 并抛光。

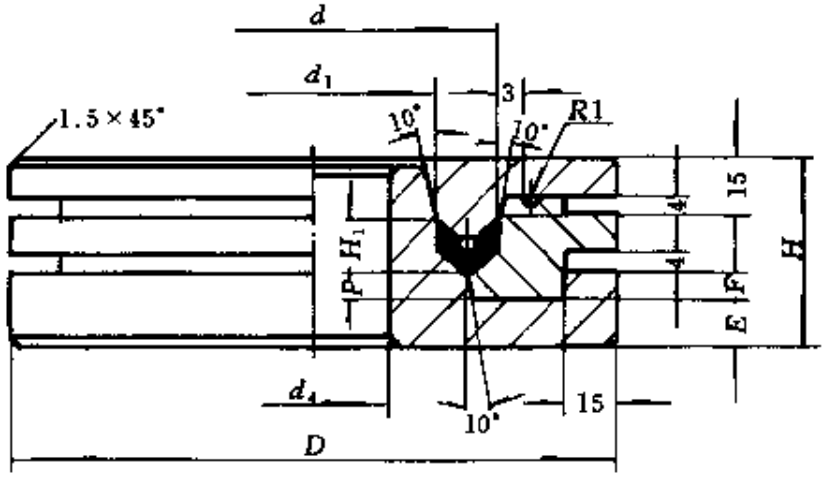
3. d_0、d_2 设计时确定。材料 45#钢，调质 HRC28～32。

23.3　V 形密封圈标准化模具

V 形密封圈标准化模具结构及尺寸见表 23-12 和表 23-13。

表 23-12　V 形密封圈模具（一）

名　称			
V 形橡胶密封圈硫化模 （纯橡胶结构）	 （产品尺寸）		
	图　号		胶　号



标记示例：$d=100$　$H_1=10$　其标记为 XZ—82/093-A　　单位：mm

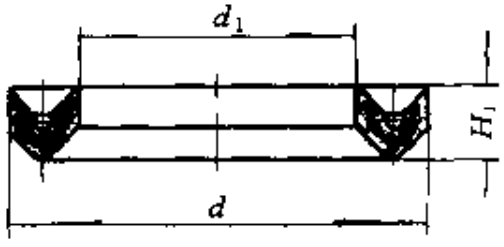
XZ—82 序号-型号	产品尺寸		模具尺寸					
	d	H_1	d_4	D	H	P	F	E
090-A	<55	<8	d_1-30	100	<40	5	—	9
091-A	>55～65	>5～10		120				
092-A	65～85			140				
093-A	85～100	>7～12.5		160	<45			10
094-A	100～115			180				
095-A	115～135			200				
096-A	135～155			220				
097-A	155～175	>9～16		240	<50	6	6	11
098-A	175～195			260				

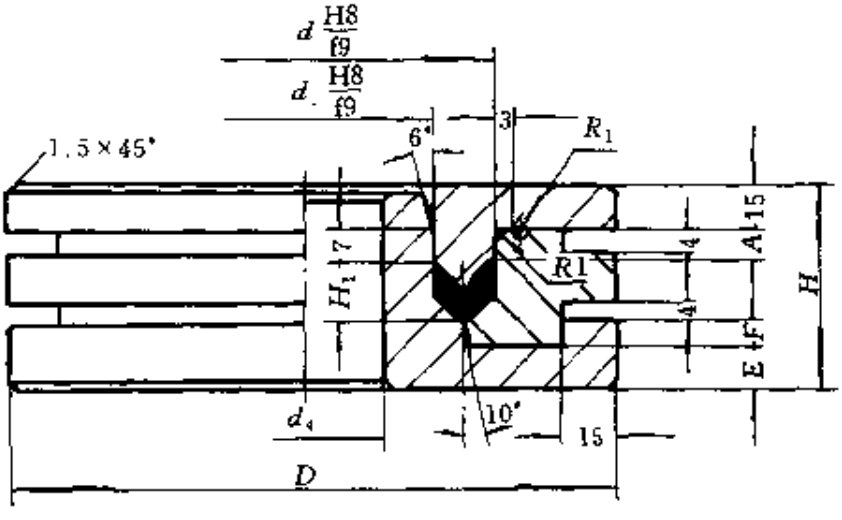
注：1. 橡胶模腔 $\overset{1.6}{\nabla}$，配合面 $\overset{3.2}{\nabla}$，其余 $\overset{12.5}{\nabla}$。材料 45# 钢，调质 HRC28～32。

2. 上、中、下模动配合 $\left(\frac{H8}{f8}\right)$。$d$、$d_1$、$H_1$ 设计时确定。

3. 此模具结构形式同样适用于 V 形支承环、压环密封圈制品。

表 23-13　V 形密封圈模具（二）

名　称			
V 形橡胶密封圈硫化模 （夹布橡胶结构）	 （产品尺寸）		
	图　号		胶　号



标记示例：$d=100$　$H_1=10$　其标记为 XZ　82/093-B　　单位：mm

XZ—82 序号 型号	产品尺寸		模具尺寸					
	d	H_1	d_4	D	H	A	F	E
090-B	<55	<8	d_1-30	100	<45	3	5	9
091-B	>55～65	>5～10		120		3.5		
092 B	65～85			140				
093-B	85～100	>7～12.5		160	<50	4		10
094-B	100～115			180				
095-B	115～135			200				
096-B	135～155			220				
097-B	155～175	>9～16		240	<55	4.5	6	11
098-B	175～195			260				

注：1. 橡胶模腔 $\frac{1.6}{}$，配合面 $\frac{3.2}{}$，其余 $\frac{12.5}{}$、材料 45#钢，调质 HRC28～32。

2. 上、中模动配合 $\frac{H8}{f8}$。d、d_1、H_1 设计时确定。

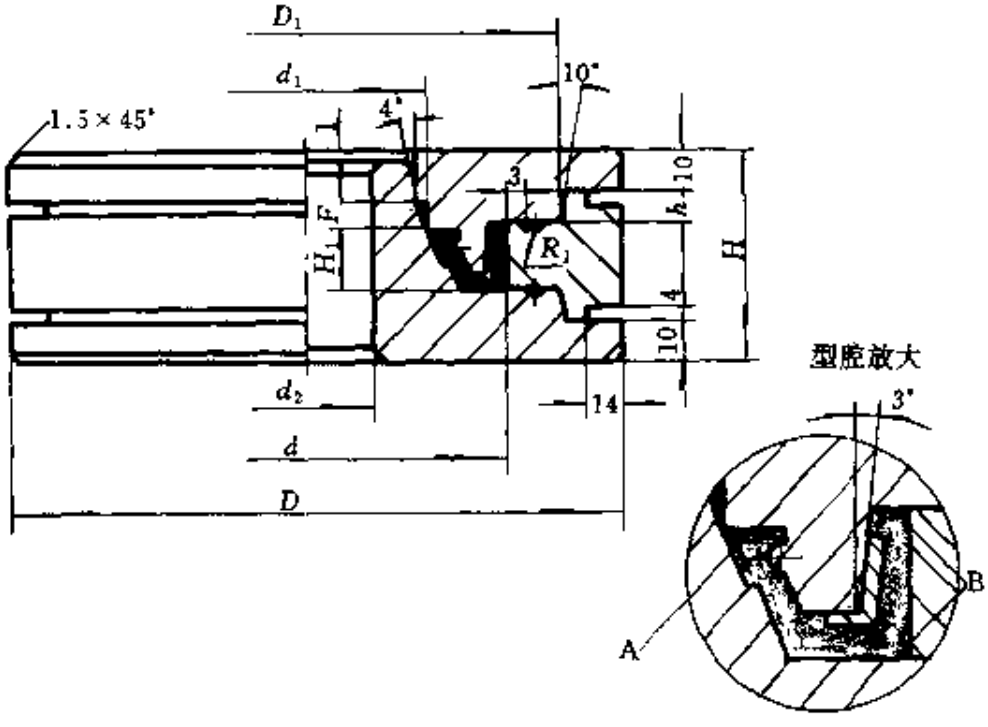
3. 此模具结构形式同样适用于支承环、压环密封圈制品。

23.4　J 形密封圈标准化模具

J 形密封圈（俗称油封）标准化模具结构及尺寸见表 23-14～表 23-17 和图 23-1。

表 23-14　J 形密封圈模具（一）

名　称			
J 形橡胶密封圈硫化模 （刃口磨削或车削成型结构）	 （产品尺寸）		
	图　号		胶　号



标记示例：$D=120$　$H=45$　其标记为 XZ—××　100-B　　单位：mm

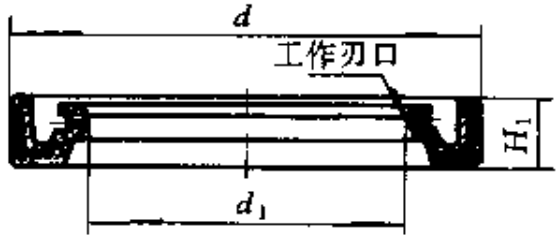
XZ—82 序号-型号	产品尺寸		模具尺寸					
	d	H_1	d_2	D	D_1	h	F	H
100-B	>40～65	<12	d_1-30	120	85	6	25	<45
101-B	65～100			160	120		3	
102-B	100～140			200	160			
103-B	140～170	<16	d_1-35	240	200	8		<55
104-B	170～210			280	240			
105-B	210～300	<20	d_1-40	380	340	10	3.5	<65
106-B	300～380			460	420			

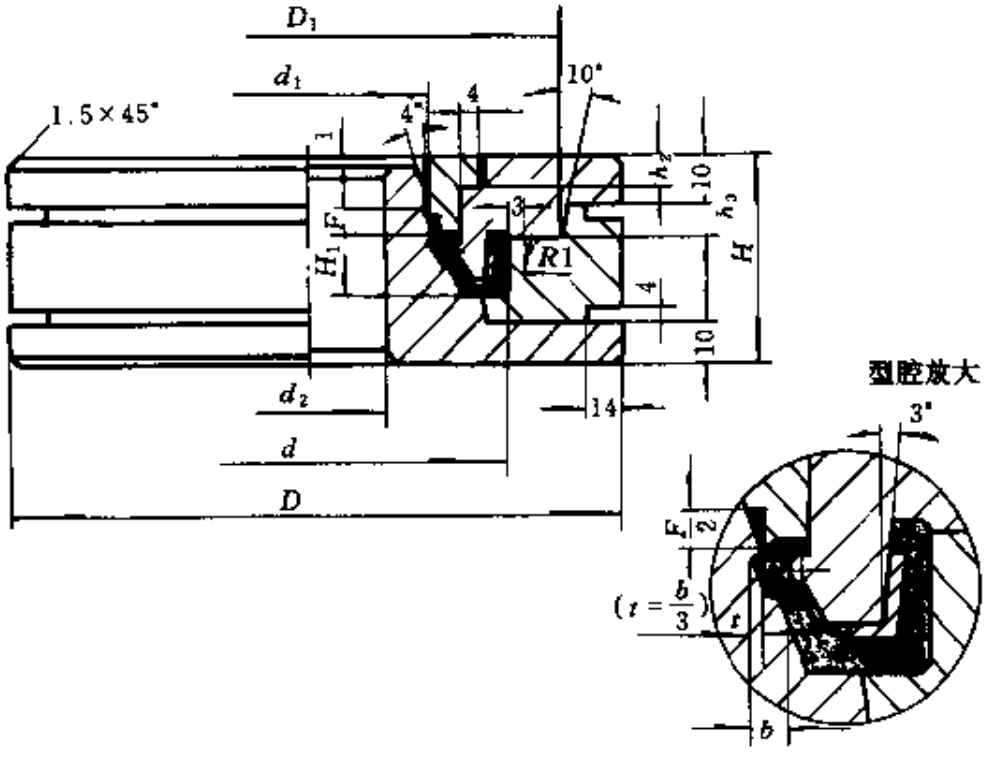
注：1. 橡胶模腔 1.6，配合面 3.2，其余 12.5。材料 45# 钢，调质 HRC28～32。

2. 10°配合斜面要求密合（允许选配）。

3. A、B 倒角线表示磨或车削线。

表 23-15 J形密封圈模具（二）

名　称			
J形橡胶密封圈硫化模 （刃口一次模压成型结构）	 （产品尺寸）		
	图　号		胶　号



标记示例：$D=120$　$H=45$　其标记为 XZ—××-100-A　　单位：mm

XZ—82 序号-型号	产品尺寸		模具尺寸					
	d	H_1	d_2	D	D_1	h_2、h_3	F	H
100-A	>40～65	<12	d_1-30	120	85	6	4	<45
101-A	65～100			160	120			
102-A	100～140			200	160			
103-A	140～170	<16	d_1-35	240	200	8	5	<55
104-A	170～210			280	240			
105-A	210～300	<20	d_1-40	380	340	10	6	<65
106-A	300～380			460	420			

注：1. 橡胶模腔 $\frac{1.6}{}$，配合面 $\frac{3.2}{}$，其余 $\frac{12.5}{}$。

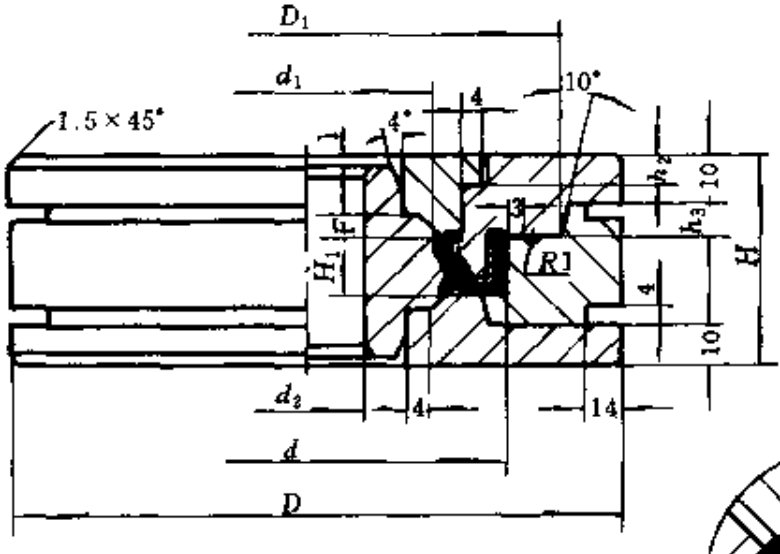
2. 10°配合斜面要求密合（允许选配）。

3. 材料 45#钢，调质 HRC28～32。

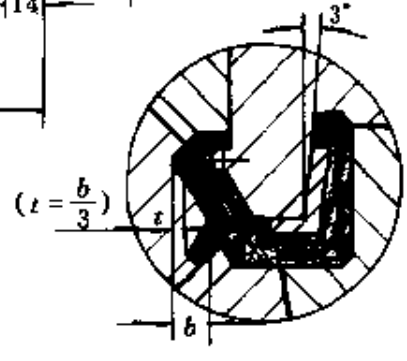
表 23-16 J形密封圈模具（三）

名　称			
J形橡胶密封圈硫化模 （双刃口一次模压成型结构）	图　号		胶　号

（产品尺寸）



型腔放大



标记示例：$D=120$　$H=45$　其标记为 XZ—××—100-C　　单位：mm

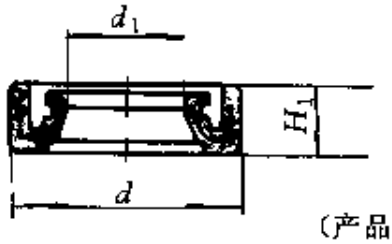
XZ—82 序号-型号	产品尺寸		模具尺寸					
	d	H_1	d_2	D	D_1	h_2、h_3	F	H
100-C	>40～65	<12	d_1-35	120	85	6	2.5	<45
101-C	65～100			160	120			
102-C	100～140			200	160			
103-C	140～170	<16	d_1-40	240	200	8	3	<55
104-C	170～210			280	240			
105-C	210～300	<20	d_1-45	380	340	10	3.5	<65
106-C	300～380			460	420			

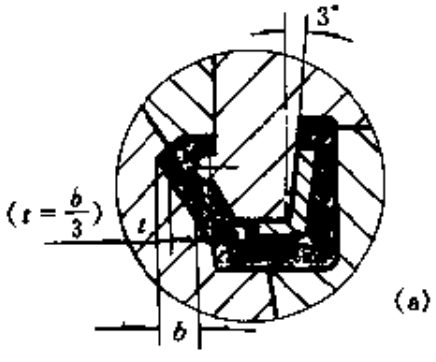
注：1. 橡胶模腔 1.6，配合面 3.2，其余 12.5。

2. 10°配合斜面要求密合（允许选配）。

3. 材料 45#钢，调质 HRC28～32。

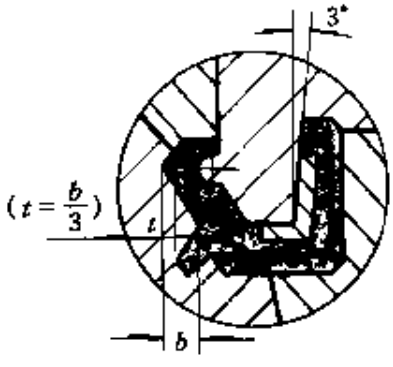
表 23-17 J 形密封圈模具（四）

名　称	
J 形橡胶密封圈压模 （多孔刃口一次模压成型结构）	 （产品尺寸）
	图　号 ｜ ｜ 胶　号 ｜ ｜



(a)

型腔放大



(b)

标记示例：$L=210$　$B=220$　$l\leqslant45$　9 孔 其标记为 XZ—××　102-E　　单位：mm

模孔数	XZ 82 号 序号-型号	产品尺寸		模具尺寸						
		d	H_1	$L\times B$	H_1	D_1	l	H_2	h_1-h_2	d_2
4	100-b	<20	<8	120×100	<40	28	35	12	5	—
	101-b	>20～30	<10	140×120		38	45			
	102-b	30～48		180×150	<45	56	65	14	6	8
	103 b	48～55		200×160		64	74			10
	104-b	55～65	<12	220×200	<50	75	85	16	7	12
	105-b	65～75		240×220		85	95			14
9	100-E	<20	<8	160×140	<40	28	35	12	5	—
	101-E	>20～30	<10	180×160		38	45			
	102-E	30～48		240×220	<45	56	65	14	6	8
	103-E	48～55		260×240		64	74			10
	104-E	55～65	<12	300×280	<50	75	85	16	7	12
	105-E	65～75		340×320		85	95			14

注：1. 橡胶模腔 $\frac{1.6}{}$，配合面 $\frac{3.2}{}$，其余 $\frac{12.5}{}$。
2. 配合斜面要求密合（允许选配）。
3. 材料 45#钢，调质 HRC28～32。
4. 此模结构同样适用于双刃口油封。

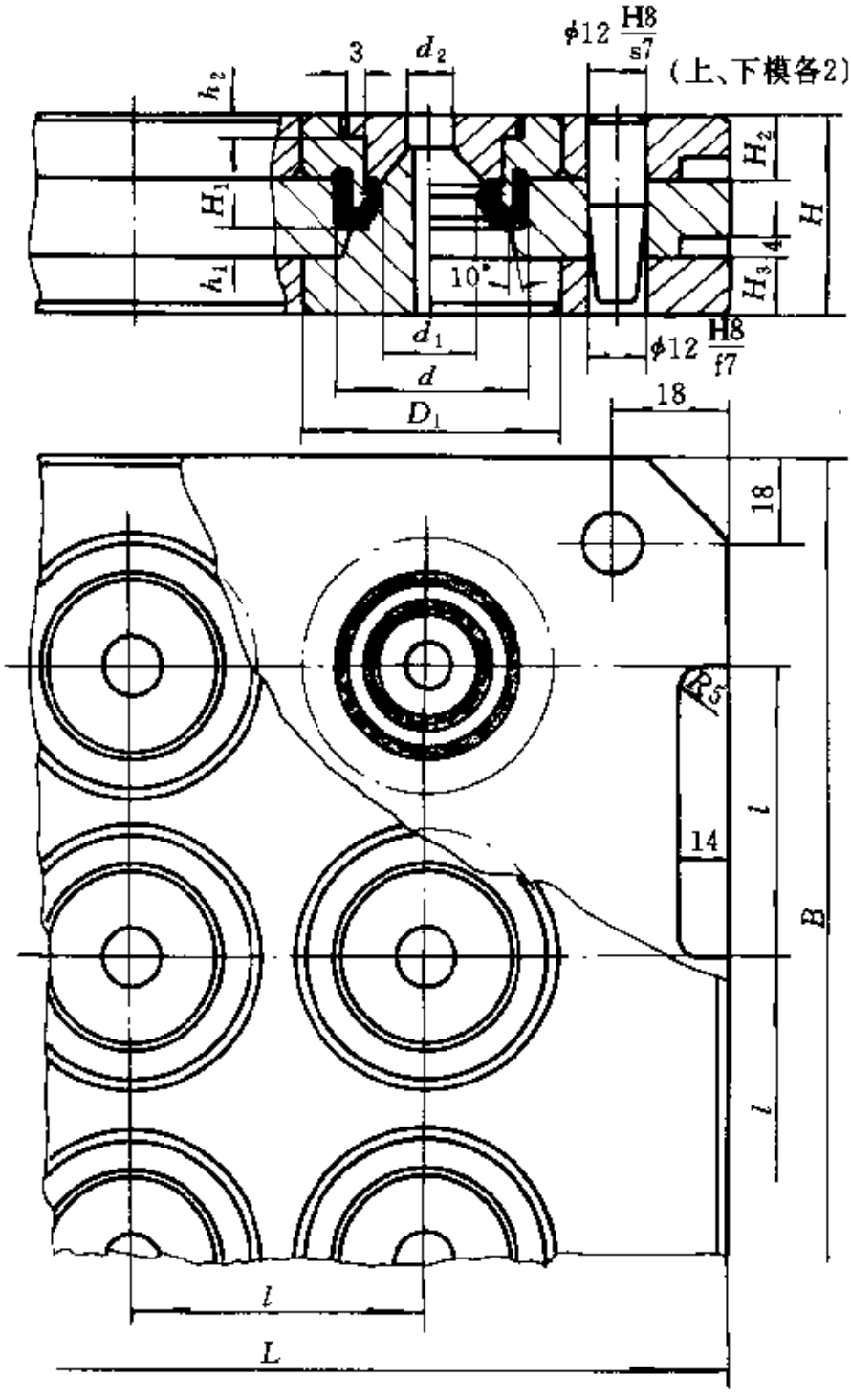
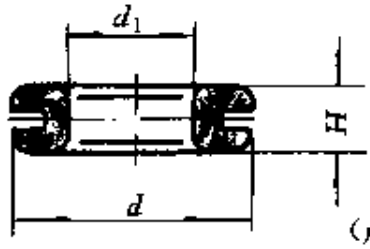


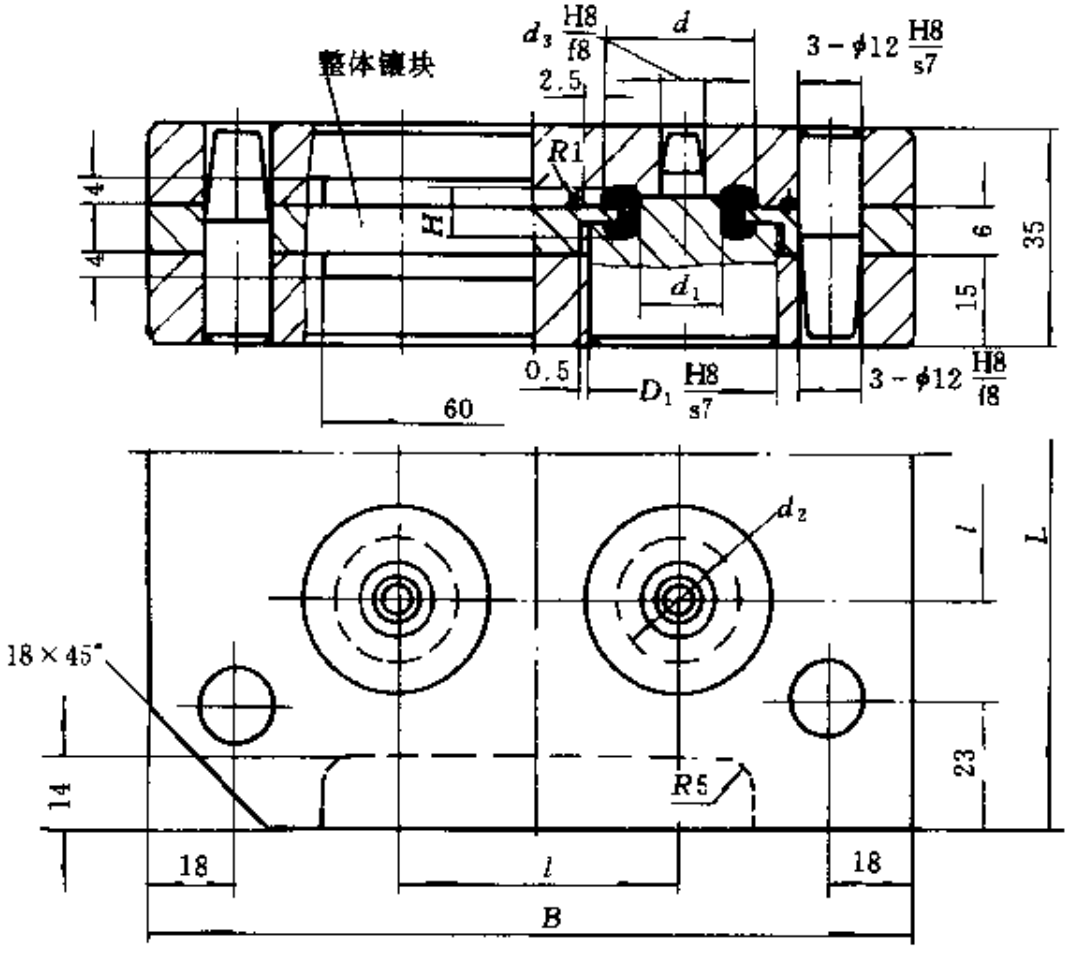
图 23-1 J形骨架式油封（4，9个型）硫化模结构图

23.5 橡胶套圈标准化模具

橡胶套圈(又称镶圈、护线圈)标准化模具结构及尺寸见表23-18～表 23-20。

表 23-18 橡胶套圈模具（一）

名称			
橡胶套圈（镶圈）硫化模 （4 个型整体镶块结构）	 （产品尺寸）		
图号		胶号	



标记示例：$d=24$　$d_1=14$　其标记为 XZ—82/111-B　　单位：mm

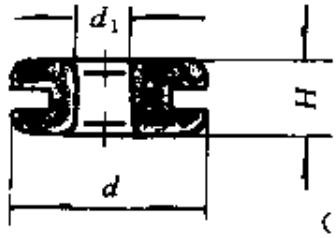
XZ—82 序号-型号	产品尺寸			模具尺寸				
	d	d_1	H	L	B	l	d_3	D_1
110-B	18～22	>10～12	<10	140	120	40	d_1-5	$d+6$
111-B	>22～28	12～16		140	120	45		
112-B	28～34	12～18		160	140	50		

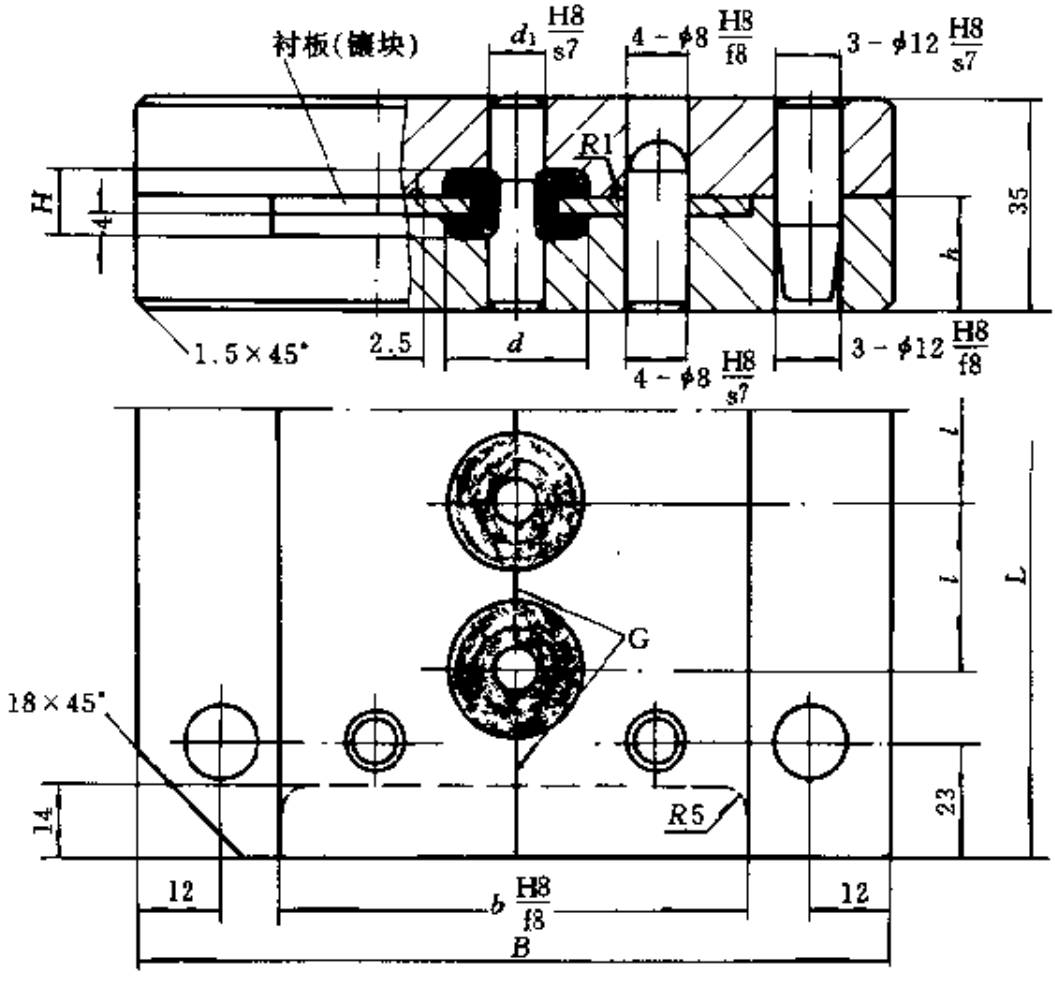
注：1. 此模结构适用于内径 $d_1>10$ 套圈（硫化后套圈可以从 d_2 中强制取出）。

2. 橡胶模腔 1.6，配合面 3.2，其余 12.5。

3. 材料 45#钢，调质 HRC28～32。

表 23-19 橡胶套圈模具（二）

名称			
橡胶套圈（镶圈）硫化模 （4个型两瓣模镶块结构）	 （产品尺寸）		
	图号		胶号

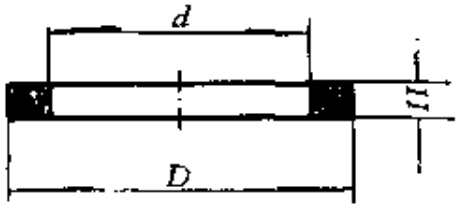


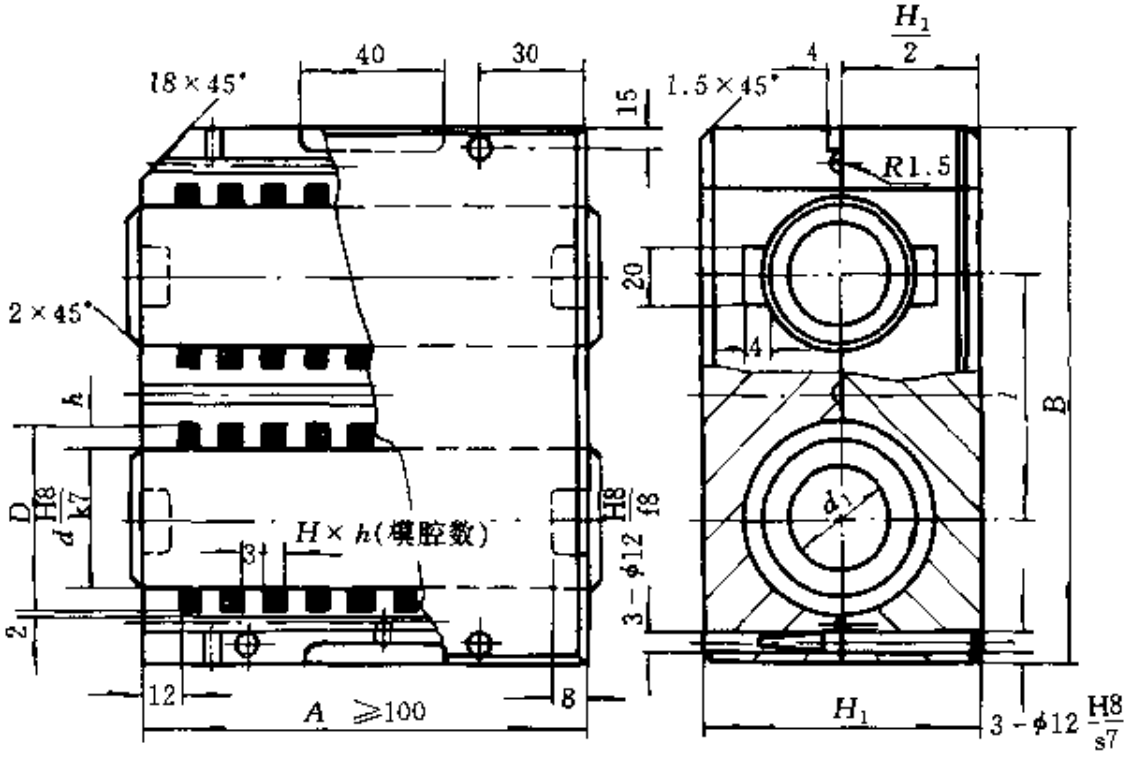
标记示例：$d=20$ $d_1=8$ 其标记为 XZ 82/112-A 单位：mm

XZ—82 序号-型号	产品尺寸			模具尺寸				
	d	d_1	H	L	B	l	b	h
110-A	8～14	3～5	<8	120	100	22	60	20
111-A	>14～18	>5～8		140	120	28	70	
112-A	18～22	8～10		160	140	32	80	

注：1. 此模结构适用于内径 $d_1<10$ 套圈。材料 45#钢，调质 HRC28～32。
2. 中间衬板由 G 线为界，二块拼合。
3. 模具配合后二端平板磨齐。

表 23-20　矩形橡胶密封圈模具

名　称			
矩形橡胶密封圈硫化模 (20 个型轴向分型结构)	 (产品尺寸)		
	图　号		胶　号



标记示例：$D=65$　$d=58$　其标记为 XZ—82/122-A　　单位：mm

XZ—82 序号-型号	产品尺寸			模具尺寸				
	D	h	H	A	B	l	H_1	d_1
120-A	>35～45	≤4	>2.5	≥100	$D+l-60$	$D+8$	$D+15$	$d-20$
121-A	45～60							
122-A	60～75					$D+10$	$D+20$	$d-25$
123-A	75～95							

注：1. 该模结构形式适用于矩形、△形、×形、梯形等成型、加料困难低硬度（<40）胶料。

2. 橡胶模腔 $\overset{1.6}{\vee}$，配合面 $\overset{3.2}{\vee}$，其余 $\overset{12.5}{\vee}$。

3. 橡胶模腔镀硬铬 0.005～0.011 并抛光。

4. D、d、H 设计时确定。

5. 材料 45#钢，上、下模调质 HRC28～32，模芯淬火 HRC42～48。

23.6 模具通用零部件

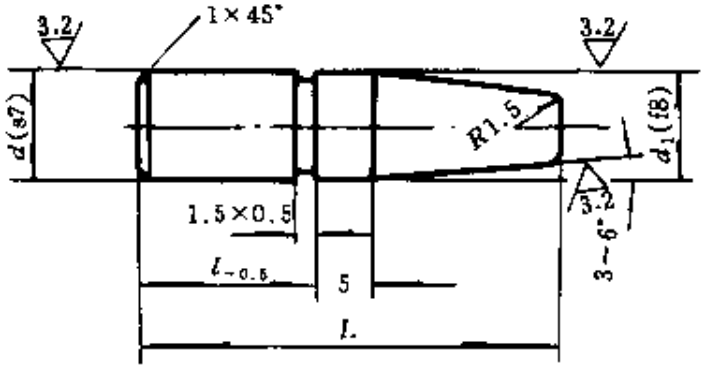
23.6.1 导销

导销结构与尺寸见表 23-21。

表 23-21 导销结构与尺寸

其余 12.5

热处理 HRC42～48



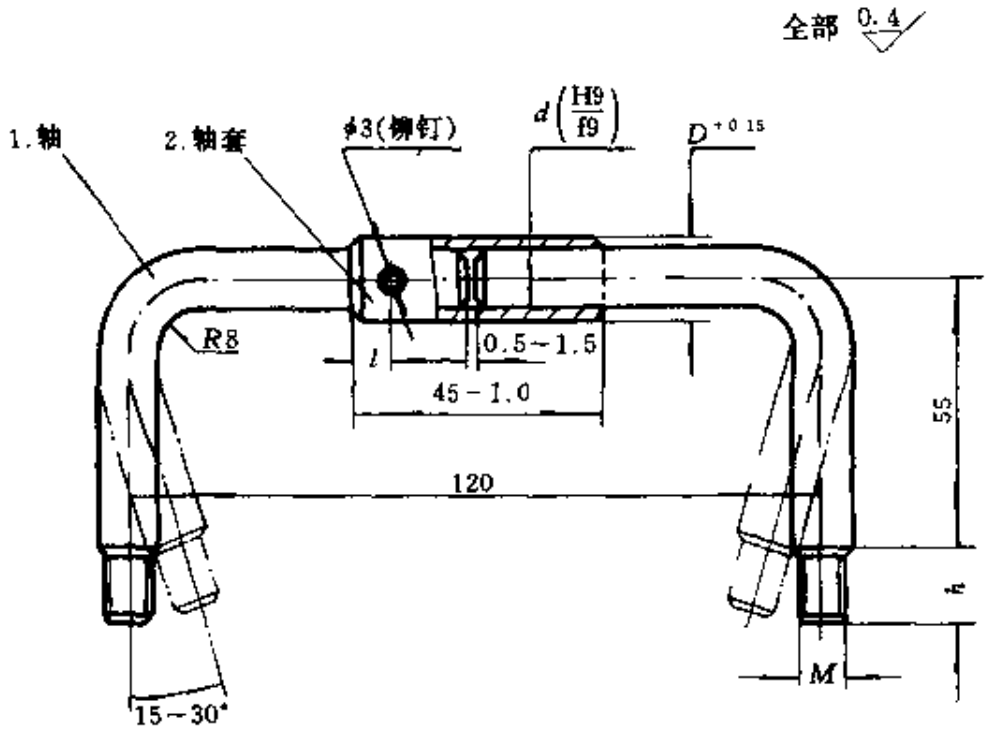
标记示例：$d=12$ $L=44$ $l=20$ 其标记为 12×44×20 XZ/T—161 单位：mm

XZ/T 序号	L	l	d (s7) 尺寸	d (s7) 偏差	d_1 (f8) 尺寸	d_1 (f8) 偏差
150	18	12.5	6	+0.031 +0.019	6	−0.010 −0.028
151	24	12.5				
152	24	15				
153	24	12.5	8	+0.038 +0.023	8	−0.013 −0.035
154	28	12.5				
155	28	15				
156	24	12.5	12	+0.046 +0.028	12	−0.016 −0.043
157	29	15				
158	34	15				
159	39	15				
160	39	20				
161	44	20				
162	48	20				
163	48	25				
164	29	15	16	+0.046 +0.028	16	−0.016 −0.043
165	34	15				
166	39	15				
167	39	20				
168	44	20				
169	48	20				
170	48	25				
171	58	30				

23.6.2 手柄

手柄结构与尺寸见表 23-22。

表 23-22 手柄结构与尺寸



标记示例：$d=10$ 其标记为 d_{10} XZ/T—161 单位：mm

XZ/T 序号	d	D	M	h	l
160	8	11	8	10	6
161	10	13	8	12	7
162	12	15	10	14	8
163	14	17	12	16	9
164	16	19	14	18	10

注：1. 未注倒角尺寸均为 1×45°。

2. φ3 铆钉允许选配铆接。

3. 表面发黑处理。

4. 圆模装配时手柄向内弯曲 15°～30°。

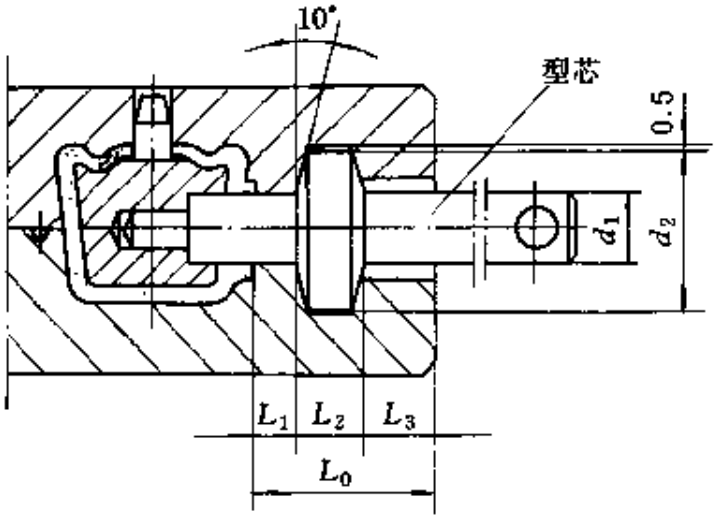
5. 手柄与模板装配后，不允许有松动现象。

第二十四章　实践与经验

24.1　一般模压制品的生产经验

24.1.1　型芯定位

凡模具中带有镶块或卧式模具中型芯定位部位，如图 24-1 中 L_0 一端距离越短越有利于模具机械加工。但就模具外形与定位要求而论，这一距离越长越好，模具外形尺寸关系到模具导热与压强；模具定位长度关系到模具型腔精度与使用寿命，二者具有一定的相关性，为模具设计者提供设计数据，模具外形尺寸可参照表 2-5；定位要求可按型芯大小确定，其一般规范可按图 24-1 表中选取。



d_1	d_2	L_1	L_2	L_3
6	12	4	6	6
8	16	5	8	8
10	20			
12	22	6	10	10
14	26			
16	30	8	12	12
18	32			
20	35	10		

图 24-1　型芯直径与相关尺寸

24.1.2　球形制品、空芯 O 形圈制品模具与发泡剂选用

在设计球形制品模具时，应考虑制品壁厚与胶料硬度，并应注意半成品接口处密封与粘合方法的效果。模具结构与方法可采用图 24-2 所示的一次成型法与图 24-3 所示的二次成型法。一次成型法要求操作

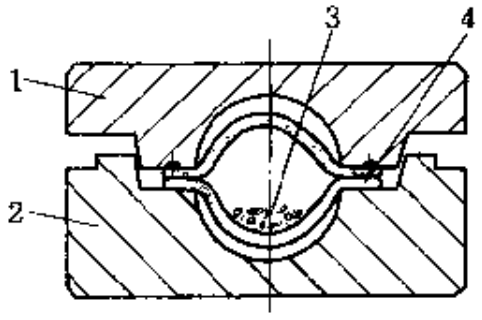


图 24-2 球形制品模具

（一次硫化结构）

1—上模；2—下模；3—发泡剂；4—胶片

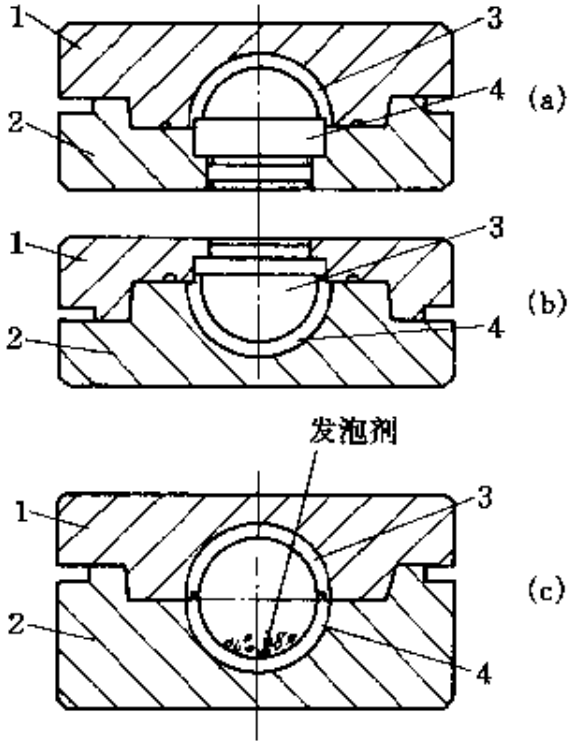


图 24-3 球形制品模具

（二次硫化结构）

（a）制品上部模具；（b）制品下部模具；（c）制品组合模具

1—上模；2—下模；

3—制品上部；4—制品下部

速度快，加入发泡剂与少量滑石粉后应尽快合模，并快速送入平板机加压硫化，使其接口处优先结合，并处于密封状态。胶料传热后发泡剂化解放出气体促使胶料受压成形。一次成型硫化法的成型工艺简单、成本低，但制品易造成厚薄不均，发泡剂量难以控制。采用二次成型法，制品壁厚均匀但速度慢、成本高，接口处在硫化前需用胶粘剂粘合后放入（c）模中再次硫化，所以在（a）、（b）模硫化时要求处于半硫化状态，难度较高。同样道理，对空芯O形圈成型工艺，接口处很重要，硫化前接口二端裁成45°斜口放入适量发泡剂与适量滑石粉，两端蘸苯后粘合，放入型腔中合模硫化也称一次硫化，半成品要求采用挤出机成型。

球形中孔制品所用发泡剂与配合剂如下。

亚硝酸钠与氯化铵以等摩尔量配合作为发泡剂，溶解成液体或冲切成片剂，在半成品成型后注入或加入球内，硫化时发泡剂受热反应，放出气体，使球内具有一定的内压，促使半成品硫化定型。

中孔橡胶O形圈制造的几种方法。

(1) 在预成型好的胶管内，预先放入碳酸氢铵，再放入模具型腔内硫化，促使体积膨胀。这种方法由于内部压力难以控制，致使产品爆破，合格率较低。

(2) 把预成型好的胶管放入模具型腔中，充入空气硫化。这种方法时间不易控制，易造成欠硫和缺陷，质量不稳定。

(3) 用硫化好的胶管，按所需的长度，用粘接法将两端粘合（俗称熟接法）。这种方法由于粘合面积过小，粘接强度太低，产品质量不过关。

(4) 改进胶料配方，促使挤出的半成品腔管表面平整、坚挺，然后按6%收缩率计算需要长度，二端裁成60°斜面，用半成品胶料以1∶10的比例溶于乙酸乙酯中制成成品粘接胶浆，涂刷二端待胶液挥发后搭接二端，然后采用烘箱或硫化罐硫化即成空芯O形圈（俗称生接法），制品质量稳定。

24.1.3 提高模压制品表面粗糙度的措施与方法

模压制品表面粗糙度一般由模具型腔表面粗糙度来保证，但在生产过程中由于橡胶硫化时分离出含硫化合物和硫磺等有害物质，腐蚀、氧化和沉积在型腔表面上，所以每隔一星期需要清洗或用砂皮、绿油打磨型腔表面，费工费时，现推荐以下两种新方法。

(1) 采用当前新型KAIFL系列模具专用聚四氟乙烯改性涂料，该涂料具有以下特性。

① 模具不必镀铬处理。

② 橡胶配方中可减少或免用内部脱模剂。

③ 免用硅酮、硅油、皂液等外部脱模剂，根除模压制品表面污染；避免隔离剂流动危害，增加橡胶粘接强度。

④ 免用模具清洗液和清洗胶，减少环境污染，保障职工身体健康。

⑤ 自动脱模，免除人为强制拉出模压制品导致的变形，提高成品合格率。

⑥ 减少脱模、清洗模具时间，降低劳动强度，提高生产率。

⑦ 耐高温，可长期使用温度达260℃。

⑧ 使用寿命达万次，可反复处理再涂覆。

上述 KAIFL 涂料由上海凯达防腐科技有限公司生产（上海周家嘴路 1825 号）。

（2）橡胶上光。由于模具型腔或胶种配方关系，其制品表面暗淡无光，可采用橡胶上光。上光剂配方（质量份）如下：

醇酸树脂	15	苯	100
三聚氧胺树脂	8		

工艺方法：按上述配方比例将醇酸树脂和三聚氰胺树脂加入苯内，

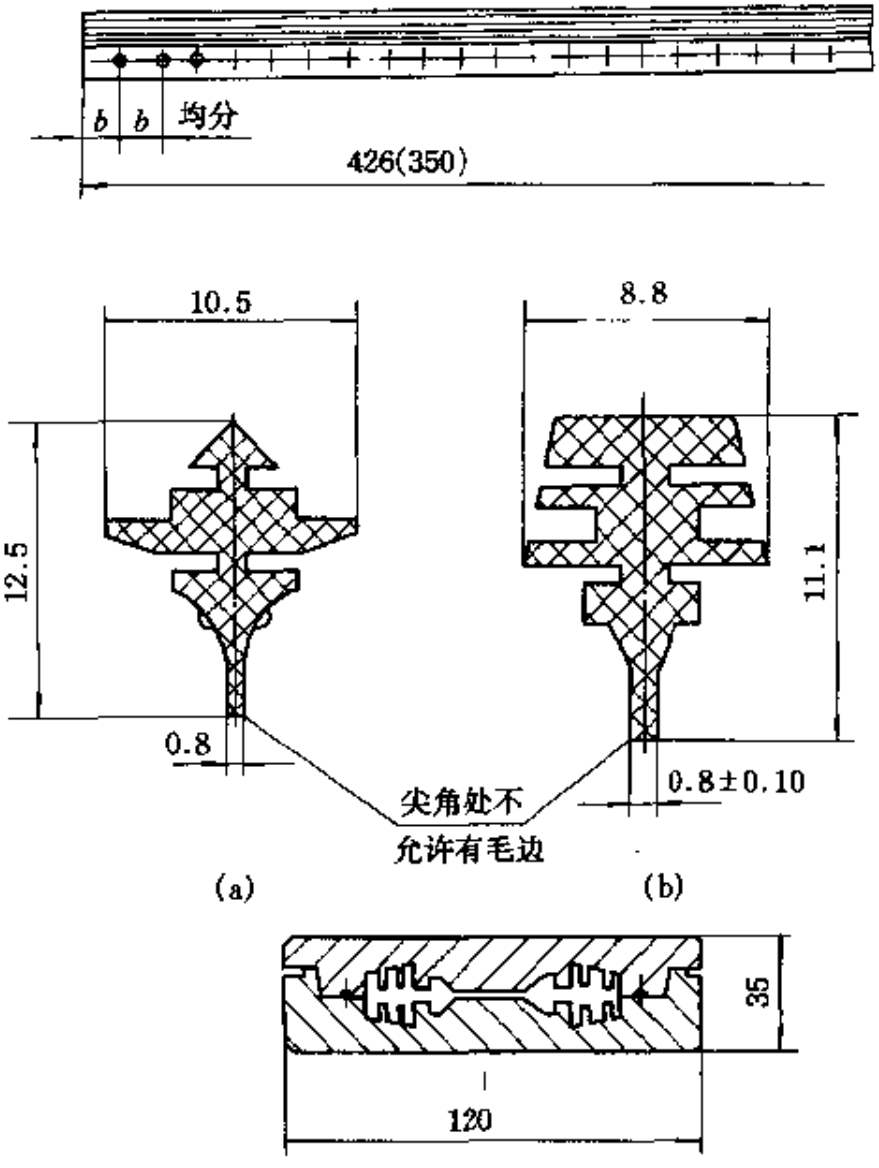


图 24-4　汽车雨刮器胶条模具

（a）426 断面；（b）350 断面

使其溶解备用（一般至少停放半个月以上）。上光时先将制品烘热，然后浸入上列溶液内约10秒钟取出，用棉球揩匀，再放在80～90℃的烘箱内烘2小时左右，使涂上去的树脂固化不再发粘即可。

24.1.4 汽车用橡胶刮水器胶条切割与碾压方法

有不少橡胶模压制品其工作面或唇口不允许有飞边或分模面所引起不平整现象存在，为此不少油封、皮碗制品普遍采用磨削或车削工艺，但对直条类模压制品，如汽车挡风玻璃上雨刮器胶条，其工作面要求平整、厚薄均匀、表面不允许带有飞边毛刺，模具精度较高，并需用切割法来保证制品质量要求，为此胶条两面对称、上下对称，模具结构如图24-4所示，切割工装采用铰链式结构，开合方便；划刀

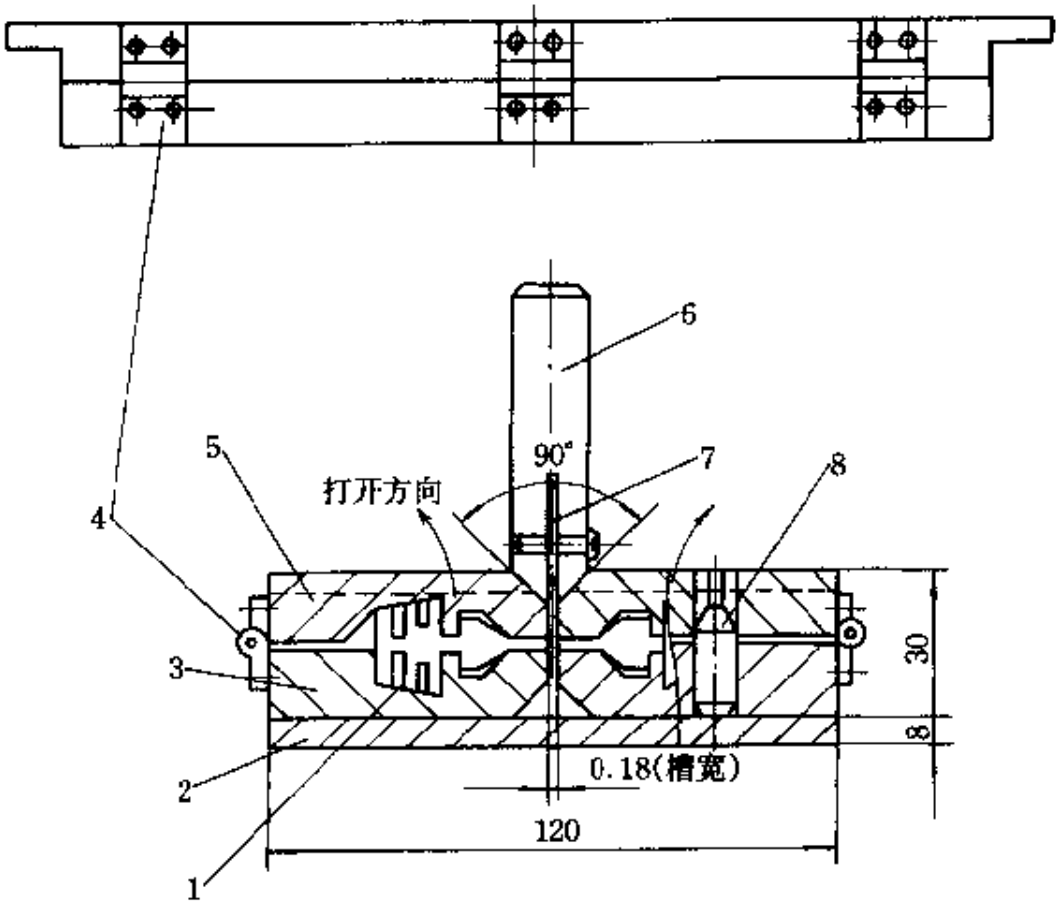


图24-5 雨刮器胶条切割工装

1—制品；2—底板；3—下压板；4—铰链；

5—上压板；6—刀柄；7—0.14双面刀片；8—60°定位锥销

（切割刀）采用0.14双面刀片夹紧式手把，依靠90°导轨，轻轻一划即可一分为二，即快又好。切割工装如图24-5所示。

雨刮器胶条往复摩擦于汽车挡风玻璃上阻力较大，为了减少摩擦阻力，人们通常在橡胶被摩擦部位，进行卤化处理和涂刷石墨、二硫化钼，前者需要专用设备，后者由于橡胶反复曲挠容易剥落。

为了改进上述弊病，可用压辊法，在一对橡胶条中间碾压润滑剂揉进橡胶摩擦表面里（带少量溶剂或适量粘合剂），压辊法工装示意如图24-6。辊压时加热效果更佳。

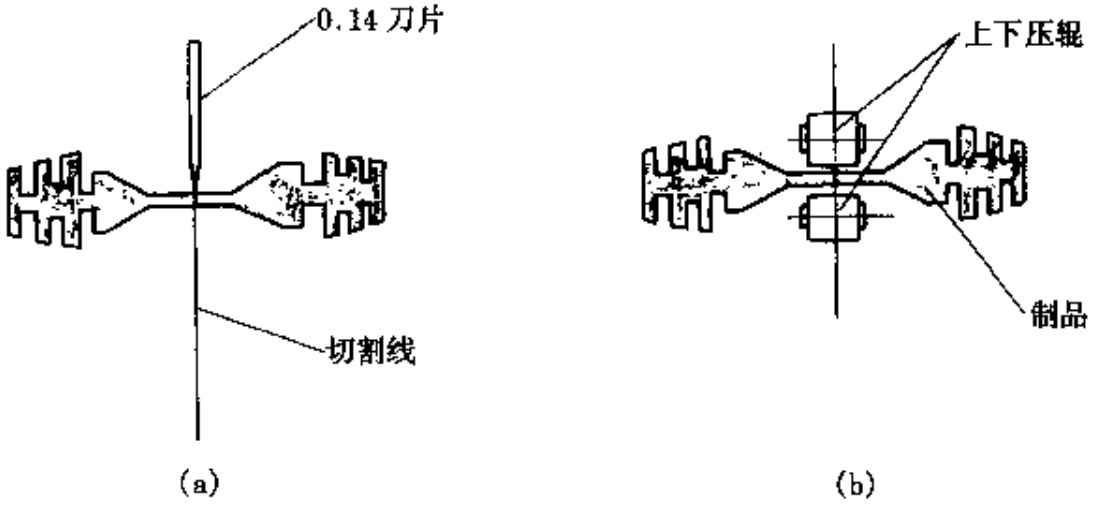


图24-6　压辊法工装示意图

（a）切割前胶条；（b）切割前辊压

24.1.5　防止帘线、钢丝绳起弓、弯曲的改进方法

在夹有帘线或钢丝绳模压制品生产中，往往发现制品中所夹的帘线或钢丝绳排列不规则，有的部位弯曲；有的部位起弓紊乱。使用时一受力，弯曲部位优先拉伸，紊乱部位拉力不均，易造成弯曲部位首先脱胶或断裂；紊乱部位造成胶带不规则拉伸旋转，严重时象油条一样打滚，严重影响使用寿命。

改进方法有如下措施：对单、双孔模压法成型胶带制品，可以改进半成品胶条成型角度，即底部大于上部。如图24-7（b）示意，当模具合拢时底部胶料向内挤压，促使胶料向上部挤压，迫使帘线或钢丝绳处于受压绷紧状态，硫化定型后的制品性能优于半成品胶条与硫化

模角度一致的老法成型工艺。底部大于上部可最大限度避免帘线或钢丝绳弯曲和紊乱现象。

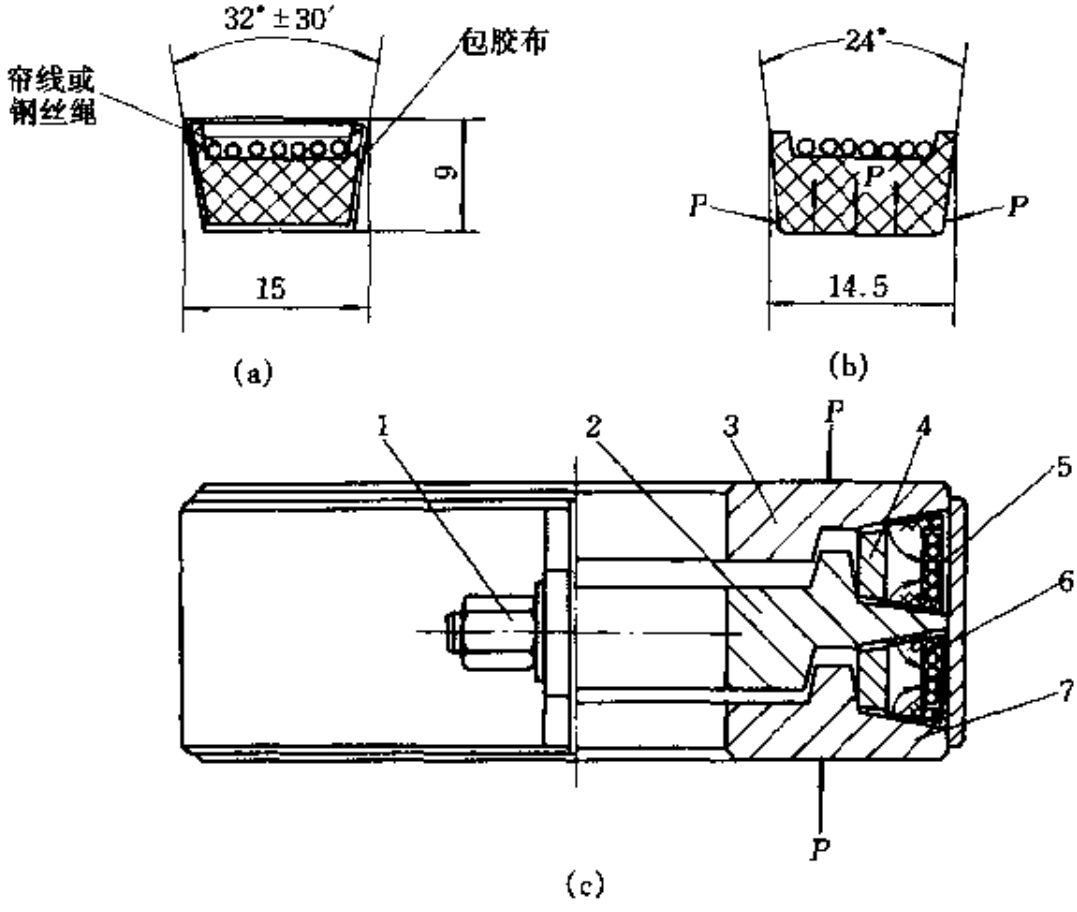


图 24-7 带帘线或钢丝绳模具改进

(a) 制品；(b) 改进后半成品；(c) 模具

1 外箍压紧双头螺钉；2—中模；3—上模；4—成型圈；

5—帘线或钢丝绳；6—外箍管；7—下模

24.1.6 防止夹有帘布（带）模压制品起弓的改进方法

压制如图 24-8 (a) 所示扶手绳攀制品，按常规设计橡胶压模如图 24-8 (b) 所示。按常规试模发现，制品中尼龙带起凸现象严重，并且多余胶料从 A 部与尼龙带一起挤出模外，造成制品报废，无法生产。为改变上述弊病，设想减少半成品质量，经再次试模，发现热膨胀胶料还是从 A 部与尼龙带一起挤出，并造成硫化后制品由于胶料热膨胀而挤出，因而硫化时型腔内部压力减少，制品中尼龙带与胶料粘合强度

差，用力一拉即一分为二，制品无法使用。

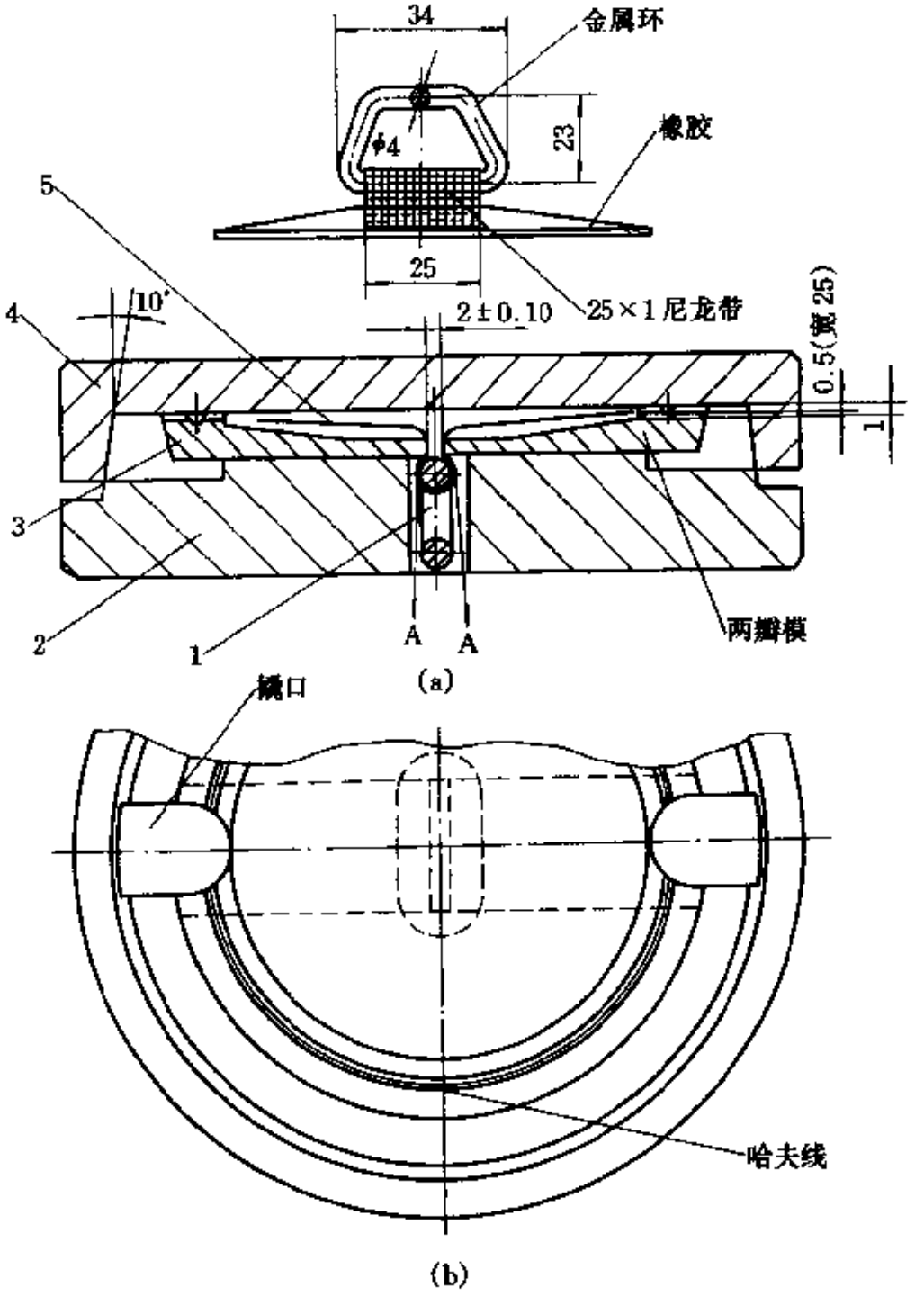


图 24-8 扶手绳模具

1—金属环；2—下模；3—镶块；4—上模；5—尼龙带

改进方法很简单，在原来模具基础上，在尼龙带二侧开置宽 25mm 深 0.5mm 流胶槽，并与外界开通，即可避免上述存在的问题，其原理：

因胶料受热膨胀，多余胶料与尼龙带一起从二侧沟槽中适量挤出，使尼龙带处于拉直状态。硫化后制品经检验，拉力合格。

24.1.7 防止条状接长模压制品弯曲、起弓的改进方法

图 24-9 所示的模压嵌条制品生产中，由于半成品重量公差波动，特别是偏多时，容易发生 A 处硫化后制品弯曲、起弓现象，为避免上述现象，可以在模具挡板一侧，在每个紧固螺钉中间垫一个 0.6～1mm 厚金属垫圈。其原理：制品硫化时，多余胶料从缝隙中排出模外，虽然带来一定的流胶飞边，但制品接长时因粘合需要，一端要求端面剪去，这样有利于制品接长时插入模腔和增加粘合强度。

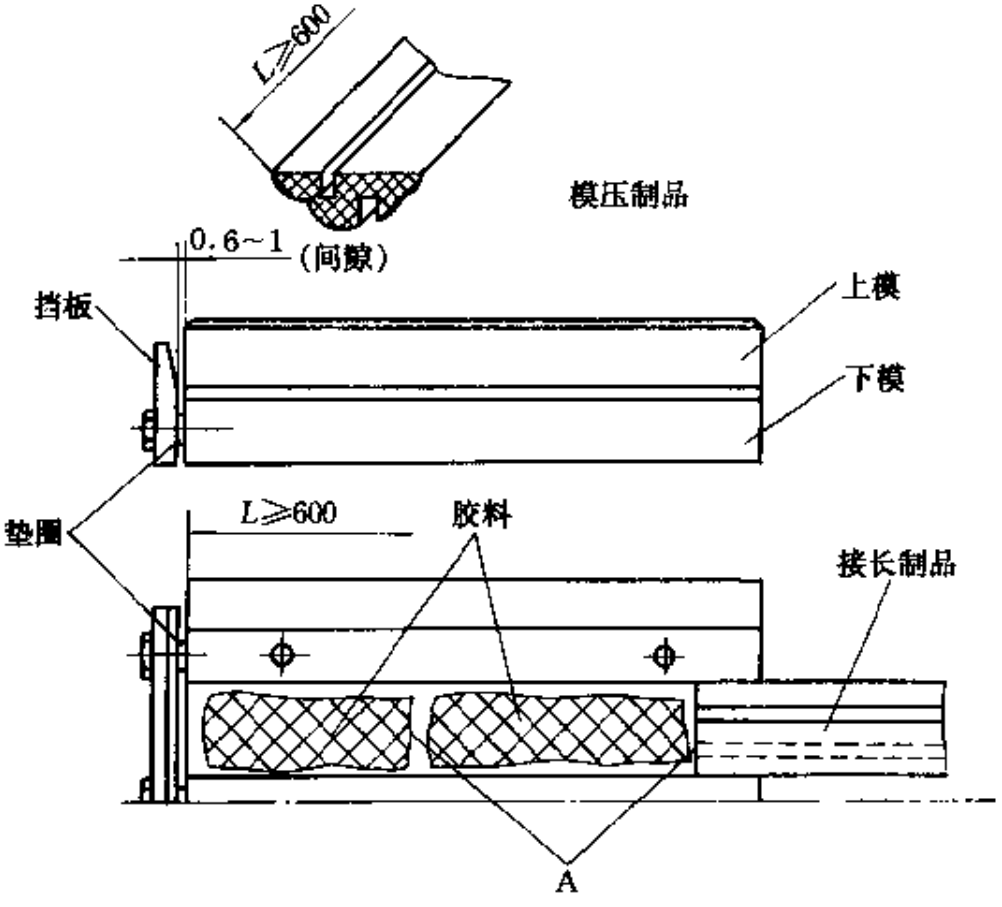


图 24-9 条状接长制品与模具

24.1.8 薄膜皮碗模具与工艺方法的改进

薄膜皮碗主要产品指截面厚度小于 1.2mm 夹供物(尼龙、涤纶布等)薄膜制品，该产品多带有凹凸圆弧面，其作用是提高制品曲挠性能。典型制

品为用于汽油泵、液压泵、流压泵薄膜皮碗，形状如图 24-10(a)所示。

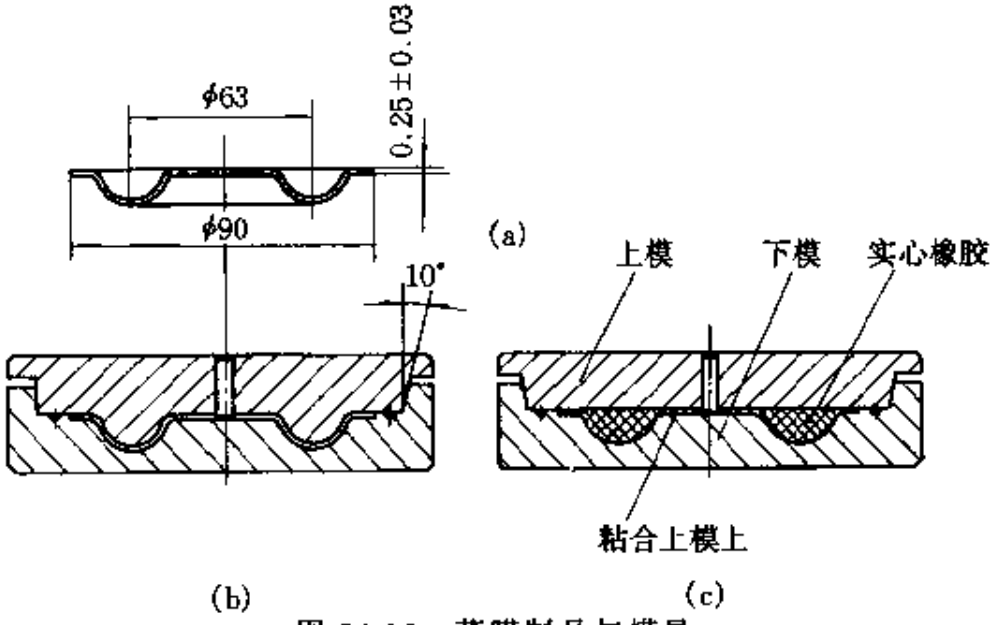


图 24-10 薄膜制品与模具

(a) 薄膜皮碗；(b) 普通模具；(c) 特殊模具

薄膜皮碗又称橡胶膜片、泵膜，常规方法是根据制品图纸或实物（实样），设计、测绘橡胶模具图。由于制品厚度均匀度要求较高，一般允差在 0.03～0.05mm 范围内，对带有凹凸曲面模具型胶，按常规由普通车床加工，很难达到理想的精度要求，一般合格率较低，特别是多腔薄膜制品模具，合格率更低，有条件工厂多数由电脑控制数控车床加工，才能保证高要求制品，但加工费用高昂。为克服上述问题，可采用如下改进工艺方法：由普通、典型上下模型腔模具结构［如图 24-10 (b) 所示］改用只有下模型腔，上模由无型腔平板模代用［如图 24-10 (c) 所示］。其表面要求打毛处理（喷砂或用手工砂纸打毛），并涂刷胶粘剂，待干后与下模一起压制第一模实心橡胶，开模后要求实芯橡胶牢固粘合在上模平板上，该模实心橡胶表面要求光洁、无气泡、无杂质等其他缺陷，其硬度要求在 75±5 度（邵尔）范围内，并要求耐热，由弹性好胶料制作。第二模开始即可把预成型半成品或半硫化薄膜胶片❶ 放入下模型腔中合模硫化，即可获得理想的薄膜制品。采

❶ 半硫化薄膜即为经硫化工艺处理的已定型未到正硫化点夹织物胶布，一般取正硫化点⅓～½硫化时间。

用只有下模有型腔模具，加工精度大大降低，不存在上下模型腔橡胶间隙±0.02mm 高精度要求。

24.1.9 橡胶缩边（溢边）原因与改进方法

橡胶缩边（溢边）指胶料经模压硫化在制品分模面周边产生折皱状缺陷称缩边现象，其主要原因有如下几点。

（1）硫化时压力波动，特别是跌泵（平板机压力降低）。按文献介绍，压力波动范围应小于±0.69MPa，一般工艺控制在±0.2MPa。

（2）胶料过量。硫化胶料不宜过量，过量会导致飞边过厚或造成缩边现象，并且浪费胶料。半成品重量最佳比成品重量多5%，开放式模具不超过10%。

（3）温度过高。硫化橡胶按胶种与工艺要求一般为140℃、151℃和170℃几级档次。140℃一般适应要求较高的军工产品；151℃为常用普通橡胶；170℃为特种橡胶或要求较低、硫化速度较快的橡胶制品。硫化温度公差范围一般为±2℃，如果为追求产量或温度控制不当，易造成硫化橡胶过硫或缩边。特别是厚度超过30mm厚制品，温度过高，胶料周边与接触模具部分开始硫化，内部由于胶料传热性能较差，温度慢慢上升；胶料逐渐膨胀向外溢胶，把周边已硫化橡胶挤碎，造成缩边现象。最佳方法是实施逐步升温，常用普通橡胶可以从120℃开始逐步升温到140℃至151℃，可避免上述存在的问题。

（4）含胶量较高制品也容易造成缩边现象。改进方法可同厚制品（厚度超过30mm）。另一种方法是把普通模具改制或挤胶模结构（可参照图9-7），或把型腔做成带有3～5mm深镶嵌结构（可参照图9-17夹布或厚制品垫块挤胶模）。

24.1.10 硬质橡胶开裂原因与改进方法

硬质橡胶开裂原因有如下几个方面。

（1）硬质橡胶硫化时，硫化温度不宜过高，并做到分级升溢（逐步升温最佳为：120℃/10min→140℃/10min→151℃/10min）至正硫化时间，不宜快速高温硫化。

（2）胶料预热处理，当第一缸硫化开始时，可把第二缸半成品放在硫化机顶上预热，约为60℃左右（预热胶料能增加其硫化性和温度

均匀性）。

（3）避免硫化压力波动，允许波动范围小于±0.69MPa。

（4）炼胶时对填充剂、硫化促进剂等配合剂必须按工艺配制，用量不精确、混炼不均也是开裂原因之一。

24.1.11 盐浴硫化的改进

盐浴一条龙硫化装置中快速硫化的胶料盐浴温度较高，一般在140～220℃范围，但盐浴槽一般为敞开式，散热与熔盐蒸气浓度较高，为避免和降低盐浴槽热损失和操作区熔盐蒸气浓度，其做法是在熔盐槽表面堆积一层厚度为10～20mm的聚四氟乙烯颗粒料（粒径为1～3mm）。采用这种办法可使热损失减少40%，蒸气浓度减少⅓～½，并且适用于高熔点盐浴硫化，高熔点为147℃，最高温度可达500℃（热稳定性）。熔盐配比如下：硝酸钠7%，亚硝酸钠40%，亚硝酸钾53%。

24.1.12 减少外骨架油封胶边（飞边）的措施

随着进口件外骨架油封增多，国内生产日趋普遍，生产中由于骨架与模具配合存在一定的配合间隙，造成骨架表面溢胶而产生飞边粘合，对清除与磨削产生一定障碍。为避免或减少飞边粘合，可以在型腔适当部位设宽大余料槽，促使多余胶料溢到宽大余料槽中去，如图24-11中（a）、（b）、（c）所示三种结构，它能获得一定的效果。对三种模具结构介绍如下：（a）为磨削结构，（b）为模压成型结构；（c）为一次成型挤胶模结构。磨削结构适用于外骨架A部装配槽度较高，需要采用磨削再加工（指硫化后制品），为此外骨架外径需放一定磨削余量，一般外径放大0.30～0.50mm范围。当外径磨削后，再以外径为基准切削或磨削B处唇口。该模制品有利有弊。有利处：外骨架可以粗糙一些；唇口尺寸可由再加工保证，相对模具精度较低一些。不利处：要求二次再加工，它适应于批量生产或军工配件。对一次成型模具结构分析，模具精度较高，有时不是一次成功，特别是唇口部分。国外已趋于发展一次成型模具，特别是动力油封的发展趋势，过去的动力油封的唇口都是切削的，而一些使用厂认为：直接模压唇口优于切削唇口，切削唇带有尖锐唇口，并因切削破坏了橡胶表皮。所以发展了直接模压动力油封。这在结构设计上的差别很小，主要问题是模具

的加工。

图 24-11（b）与（c）一次成型挤胶模结构中应注意：制品出模时，避免因上、下模打开时受剪切的影响，致使内径工作面唇口易于轧伤，采用一次成型结构模具，制品工作面唇口必须保持 $t \leqslant \frac{b}{3}$（约在 0.4～0.6mm 范围内最佳），否则出模时较困难或造成因剪切轧伤油封工作面，致使模具不能用于实际生产。

图 24-11（c）模操作步骤如下：当打开模具取样件 1 与件 2，放入件 4（骨架）后，盖上件 2，然后把称过量的胶料放入 U 槽料腔中，盖

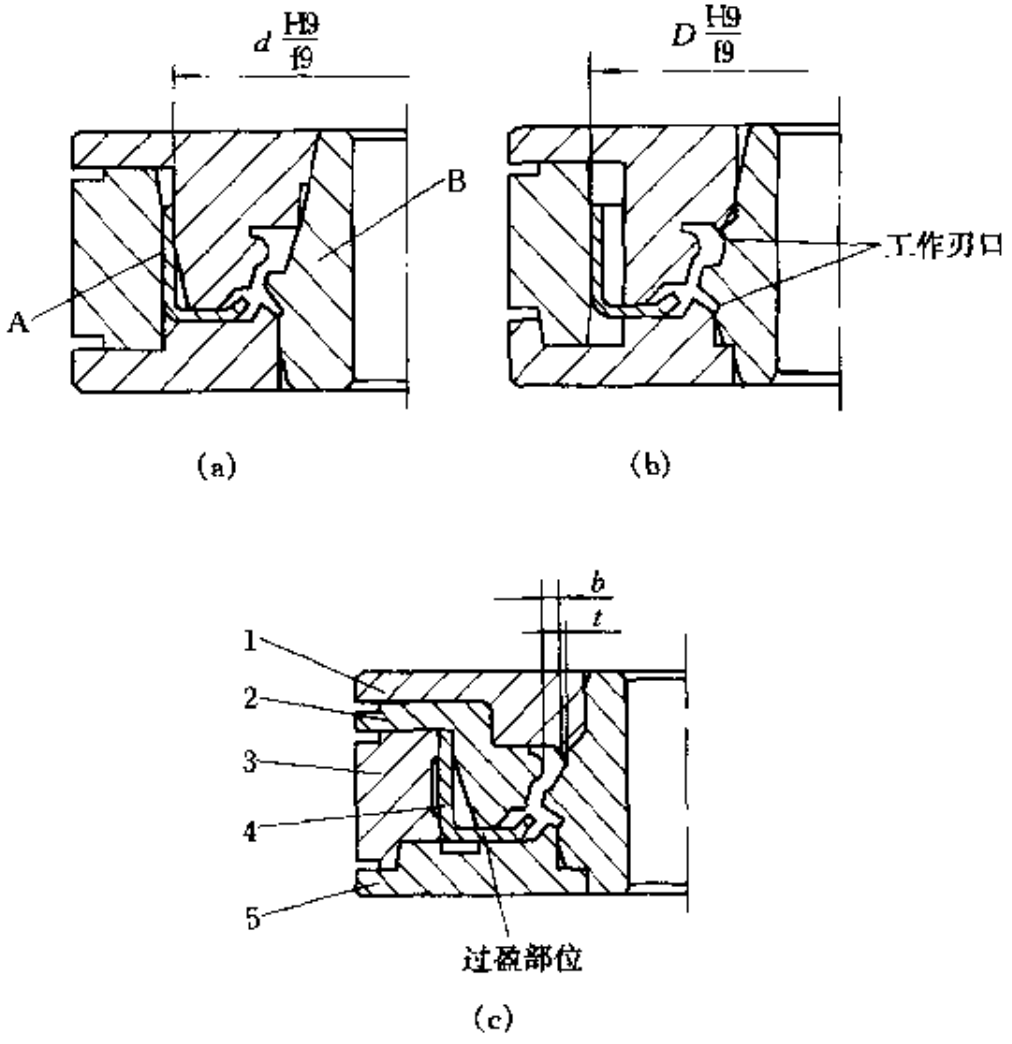


图 24-11

（a）A、B 需磨削结构；（b）一次模压成型结构；

（c）一次成型挤胶模结构

上件1送入压出机中即可开机进行硫化。硫化后取出件1、件2和件5，最后趁热向下压出制品。

24.2 油封的生产经验

24.2.1 油封使用时泄漏量

一般来说，油封使用过程中不允许漏油，但不能一概而论。下面介绍部分国外油封允许泄漏量（表24-1）。

表24-1 部分国外油封的允许泄漏量标准对比

国别	标 准	漏油个数	允许泄漏量
美国	汽车协会标准 SAEJ 110	—	无规定
	军用标准 MIL-S-45005A	1	不超过0.5mm/24h
	汽车公司标准	1	不超过1mm/24h或5mm/1000h
英国	BSI 399	1	不超过1g/24h
日本	JISB 2402	—	不允许
德国	DIN 3760		无规定

前苏联标准中规定：在没有形成液点落下时允许泄漏，泄漏率（q）不应超过$10^{-2}cm^3/cm$（轴周长）·h公式如下：

$$泄漏率\ q=\frac{Q}{\pi Dt} \tag{24-1}$$

式中 Q——在t时间内的泄漏量，cm^3；

t——泄漏收集的时间，h；

D —轴径，cm。

24.2.2 油封的使用寿命

油封的使用寿命与油封的使用条件和胶种也有关。油封的使用寿命如表24-2规定。

表 24-2 油封使用寿命

胶 种	使 用 条 件	使用寿命
丁腈橡胶	转速不超过 3000r/min 油温不超过 100℃	3000h
氟橡胶	转速 10m/s 油温 100℃条件下	5000～10000h
国别	使 用 条 件 与 寿 命	
日本基帕公司	小汽车用油封为 10 万公里 卡车、公共汽车应满足 20 万～30 万公里	
前苏联	用于汽车的丁腈橡胶油封为 12 万～15 万公里，氟橡胶油封为 17.5 万～20 万公里； 批量生产的汽车用丁腈橡胶油封，使用温度 120℃，应要求行驶 10 万公里； 丁腈橡胶用于拖拉机发动机和船舶机械时使用寿命为 3000～4000h； 氟橡胶用于拖拉机发动机和船舶机械时使用寿命为 5000～8000h	

油封、皮碗、嵌条使用寿命比较见表 24-3。

表 24-3 使用寿命比较

品 种	使用寿命（国内）	使用寿命（国外）
油封	一般为 2.5～5 万公里	一般为 10 万公里
皮碗	制动皮碗为 22 万次	50 万次
嵌条	门窗密封条一般为 2～5 年	一般为 10 年以上

24.2.3 橡胶油封试验要求

对橡胶油封来说，要研究油封结构参数与工作性能的关系，例如过盈量、空气角和油面角、唇口中心到弹簧中心的距离（R 值）、腰部长度和厚度、弹簧槽的形状和唇厚等油封密封效果和寿命的关系；油封外径对座孔的过盈量、圆度、油封高度对装配精度的影响都有一定的关系。

油封唇口过盈量及公差见表 24-4。

表 24-4 油封过盈量及公差 单位：mm

油封名义内径 D_1（轴径）	唇口直径（d）		
	普通型（低速）	高速型	无弹簧型
30 及以下	$(D_1-1.0)\pm0.30$		$(D_1-1.5)\pm0.30$
>30～80	$(D_1-1.0)\pm0.50$	$D_1{}^{+0}_{-1.0}$	$(D_1-1.5)\pm0.50$
>80～180	$(D_1-1.0)-1.0$	$D_1{}^{+0.5}_{-1.5}$	$(D_1-1.5)\pm1.0$
180 以上	$(D_1-1.0)-1.5$	$D_1{}^{+0}_{-1.5}$	$(D_1-1.5)\pm1.0$

注：过盈量是指油封唇口（未装弹簧）在自由状态时的直径与轴径的差值。

24.2.4 流体动力油封介绍

流体动力油封在密封唇口下部刻有各种花纹，能将渗漏的油“泵回”油腔，所以密封性能好，能适应 0.25mm 的偏心量，密封唇口部经常能保持油膜，不会有干摩擦的危险。所以应大力推广各种流体动力油封。我国浙江海门橡胶一厂在采用西北橡胶研究所的沟槽流体动力油封技术成果的基础上，已形成年产几百万件的批生产能力。多年来实践表明，沟槽流体动力油封确实可以解决各种车辆（含拖拉机、摩托车）、船舶、机床等工业部门过去一直未能彻底解决的三漏和工作寿

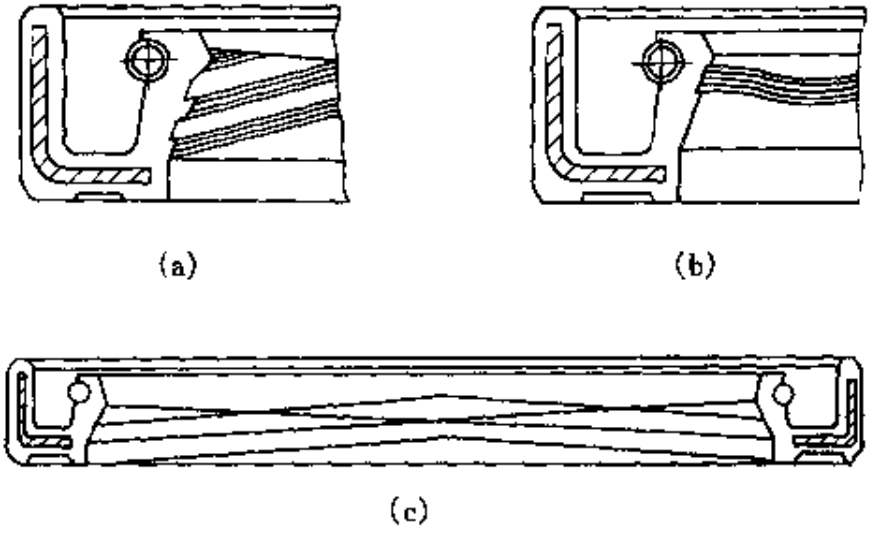


图 24-12 动力油封

(a) 单向动力油封；(b)、(c) 双向动力油封

命短的问题。

流体动力油封，在模芯上车制螺纹沟槽时，当与唇口线相接触时要迅速退刀，而对螺旋沟槽油封，因沟槽是与唇线成一定角度的同轴心圆，所以在车制时不仅要迅速退刀，而且在重新接触时要以同样的速度进刀，模具精度较高，加工难度较大。另一种双向动力油封，如沟槽线慢慢接近唇口而与之相切，然后又慢慢离开，同样可造成双向动力效果，而模具制造则比较容易一些，如图 24-12（c）内双向动力油封唇部花纹。

24.3 其他经验

24.3.1 金属骨架表面化学处理方法

金属骨架经硝酸、硫酸和水（比例 3∶2∶4）的混合液处理后，取得新鲜表面，并经热水洗两次，干燥后待用，干燥温度为 65～70℃，干燥时间为 30～60min，存放期为 24h，过期者则应按上述程序重新处理，保证与橡胶附着力稳定。

为避免金属骨架存放期过短，可采用由青岛化工厂试制成功的 RM-1 胶粘剂，其性能等同于德国、日本等国使用的 TD870 胶粘剂。

涂有 RM-1 的金属骨架不受季节、环境、湿度的影响，特别是对经过预固化的骨架可以存放更长的时间（30 天左右），其粘合力不下降、不水解、不产生锈蚀，此外，RM-1 胶粘剂对模具不产生任何腐蚀和污染。

RM-1 胶粘剂的不足之处是粘合强度低于 JQ-1 胶粘剂。

24.3.2 金属骨架脱胶处理方法

凡是采用喷砂、酸洗、涂刷胶粘剂（RM-1 或 JQ-1 等），利用其不耐高温的缺陷，可采用烘箱或其他方法加温到大于 200℃时，按其胶料厚度选取适当时间，即可获得金属骨架与橡胶脱胶，它比以往火烧法省时省力，减少环境污染并可防止金属骨架由火烧法引起高温而变形的最大缺陷。但对镶嵌、沟槽、钻孔结构橡胶制品，还需配置相应脱胶措施，如车削、钻孔或强制剥离。

24.3.3 橡胶平板硫化机全自动控制

橡胶硫化平板机实行全自动微机控制是当前设备改造关键之一，是高科技发展趋势，我国与国外相比还有一段距高，为了缩短与国外的差距，航空航天部615所科研人员，针对国内橡胶制品的质量问题，研究和开发了具有国内先进水平的集智能温度控制、动作控制和等效硫化时间控制于一体的DLK 221型电热平板硫化机微机控制器，经海军、上海、浙江、江苏、山东、吉林等地的橡胶机械行业厂家使用，获得好评。

过去橡胶制品质量得不到保证的主要问题是生产过程中硫化温度和时间不能有效控制而发生欠硫和过硫现象，而这种新型的硫化机控制器能对橡胶制品的硫化过程进行全自动控制，使产品达到最佳硫化效果，从而保证了产品质量稳定。目前这种机电一体化的微机控制器已有四种不同型号，并在615所创办的上海航虹高科技实业公司投入生产。

24.3.4 包覆、复合（聚四氟乙烯/橡胶）密封圈模具与工艺

本节介绍橡胶/聚四氟乙烯包覆与复合密封圈的设计、实验、模具与工艺。这种包覆与复合结构可用于往复动密封，其用途中首要的要求是摩擦系数低和经长期静止后能有效、可靠地密封。

低的摩擦系数由聚四氟乙烯环获得；同时它起到高压下有效的抗挤出元件。橡胶环起增能作用，它产生压力使聚四氟乙烯环与运动件的内外壁保持恒定和均匀的径向接触。

45°包覆聚四氟乙烯的橡胶O形圈能在≤20.58MPa的压力下往复运作；复合聚四氟乙烯的橡胶矩形圈能在≤48.02MPa的压力下往复运作，但不适合用作高压旋转轴的密封件，对较低压力下的密封件要求尽量减少压缩量，可取表24-5、表24-6中密封环内径D所规定的最小数值的50%，降低压缩量的有效方法：一般是增加环形槽的深度H值。下面介绍包覆、复合（聚四氟乙烯/橡胶）密封圈模具、工艺与尺寸系列。

24.3.4.1 45°包覆聚四氟乙烯橡胶O形圈模具与硫化工艺

相对模具精度较高，加工性能较难。45°包覆氟塑料（F-4）橡胶O

形圈制品如图 24-13（a）所示；模具结构如图 24-13（b）左部所示，该模具既是压制纯胶 O 形圈压模，又是成型 45°氟塑料薄膜定型模具，操作示意如图 24-13（b）右部所示，最后也是压制包覆氟塑料薄膜橡胶 O 形圈模具。该模操作工艺如下。

（1）当确定橡胶 O 形圈表面，要求包覆（0.14±0.02）mmF-4 聚四氟乙烯薄膜，先按图 24-13（b）左部模具压制一件耐热性能好的纯胶 O 形圈，建议硬度采用 75±5 度，硫化后经仔细修边后套在上模上，并处于热模状态下待用。

（2）去掉下模中压圈，放上外径等于模具大小氟塑料薄膜，然后放上压圈均匀紧固螺钉（不宜紧固太紧，处于压平状态），模具处于热模状态。

（3）上下模对中心合模后，用手工压一下下模，使其上模 a 角与下模 b 角合模⅓，然后送入压出机，缓慢加压合模，经一定时间加热定型，压出 45°半圆氟塑料薄膜，经修边后待用，其压制数量每只 O 形圈需两件半圆氟塑料薄膜。

（4）取两件半圆薄膜，经化学处理清洗后，内表面涂刷氟塑料胶粘剂，待干燥后分别放入上下模型腔中，然后加入预成型半成品胶料，合模后送入压出机硫化，经一定硫化时间即可获得外表包覆氟塑料薄膜 O 形圈制品。

24.3.4.2 复合聚四氟乙烯橡胶矩形圈尺寸系列、模具结构与硫化工艺

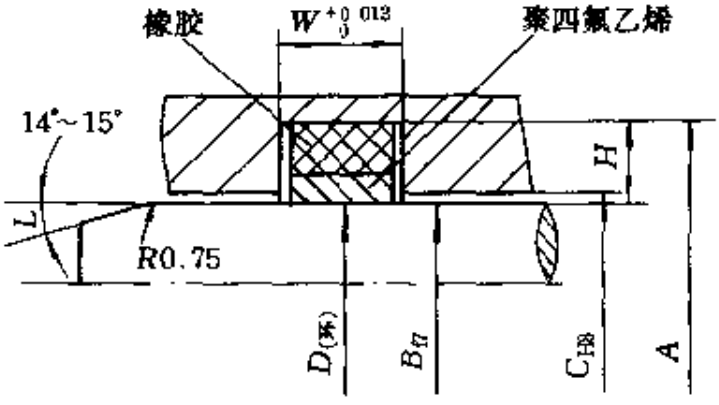
复合聚四氟乙烯矩形同轴内密封圈结构与尺寸系列见表 24-5；模具结构如图 24-14（a）所示。同轴外密封圈结构与尺寸系列见表 24-6；模具结构如图 24-14（b）所示。

上述两种复合内外同轴密封圈模具硫化工艺如下。

打开上模，把棒料车制或冷压烧结经化学处理后，其表面涂刷氟塑料胶粘剂，待干燥后外侧加入预成型半成品胶料，然后合模送入压制硫化，硫化后制品的表面精度，如果要求较高者，可以采用车削或磨削再加工工艺，采用再加工工艺制品其表面在模具设计时，应考虑再加工余量，一般外径放大 0.30～0.50mm、内径缩小 0.20～0.40mm

的加工余量。

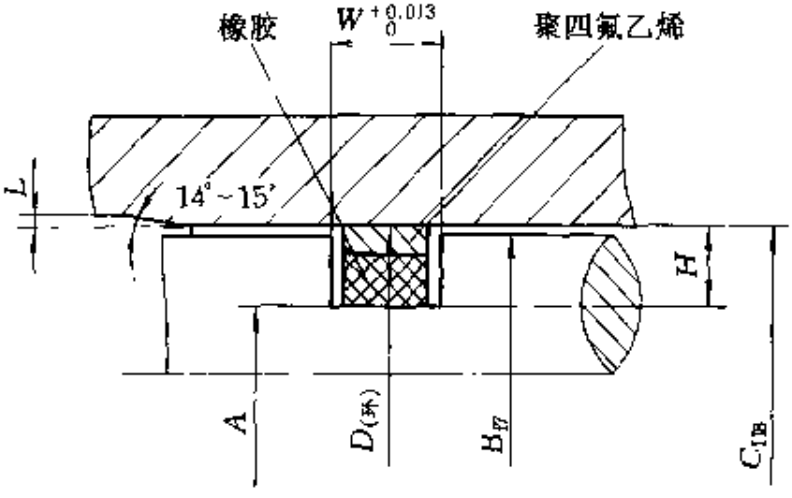
表 24-5　内密封同轴密封件尺寸系列　　单位：mm



公称轴直径范围 B	沟槽外径 A	沟槽内径 C	密封环内径 D	沟槽宽度 W	沟槽倒角 $L\times2$
1.6~16	B+4.1	B+H8	B−0.08~0.23	2.8	0.5
17.5~25	B+6.15		B−0.10~0.25	4.06	0.64
27~40	B+8.30		B−0.13~0.32	6.10	0.89
41~57			B−0.15~0.34		1.3
58~76			B−0.18~0.36		1.5
78~101			B−0.18~0.37		2.0
103~141			B−0.23~0.43		2.3
143~203	B+10.15		B−0.25~0.48	7.60	
206~305	B+15.25		B−0.25~0.50	10.15	
308~406	B+20.30		B−0.25~0.50	12.70	

注：密封环 D 安装压缩量即为 B−最小~最大值范围选取。

表 24-6　外密封同轴密封件尺寸系列　　单位：mm



公称孔直径范围 C	沟槽外径 B	沟槽内径 A	密封环外径 D	沟槽宽度 W	沟槽倒角 L×2
6.5～19		C－4.01	C＋0.08～0.23	2.8	0.64
20.5～36.5		C－6.04	C＋0.13～0.31	4.06	0.89
38～76		C－8.01	C＋0.15～0.36		1.14
78～90.5			C＋0.18～0.38	6.10	
92～117.5	C－f7	C－8.10	C＋0.25～0.46		
119～141			C＋0.31～0.51		1.3
143～203		C－10.15	C＋0.36～0.56	7.6	
206～305		C－15.25	C＋0.36～0.58	10.15	
308～406		C－20.30	C＋0.38～0.58	12.70	

注：密封环 D 安装压缩量即为 C＋最小～最大值范围选取。

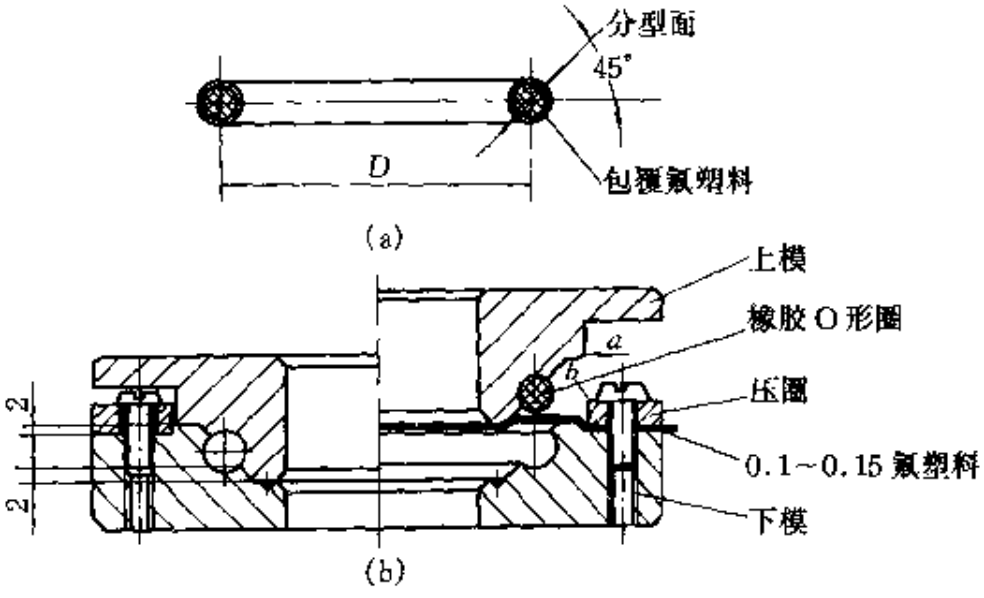


图 24-13　45°包覆聚四氟乙烯橡胶O形圈模具

(a) 制品；(b) 模具

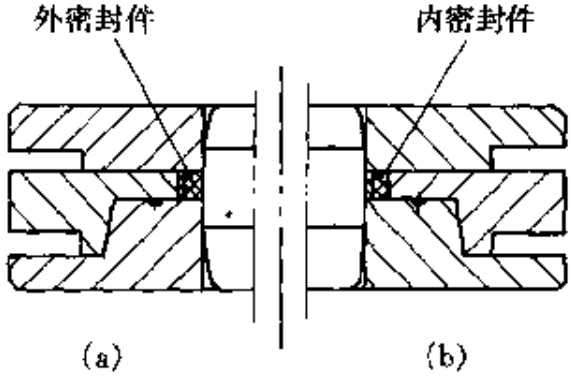


图 24-14　复合聚四氟乙烯

内外密封件模具

(a) 复合聚四氟乙烯外密封件模具；

(b) 复合聚四氟乙烯内密封件模具

24.3.4.3　聚四氟乙烯特性

聚四氟乙烯（F-4）属塑料类，是目前所发现的固体物质中摩擦系数最低的一种，几乎不吸水，耐腐蚀性突出，有塑料王之称，工作温度范围－100～250℃。其缺点：刚度差、强度低、冷流性很大，需采用冷压烧结法成型或用棒料加工。其综合性能见表 24-7。

表 24-7 F-4 综合性能

项　　目	单　　位	数　　值
密度	g/cm^3	2.1～2.3
吸水率	%	<0.005
拉伸强度（未淬火） （淬火）	kgf/cm^2	140～250 160～315
伸长率（断裂）	%	250～350
拉伸强度	MPa	13.7～2.45
弯曲强度	MPa	10.8～13.7
弯曲疲劳（0.4m/m）	万次	20
压缩强度（%变形）	MPa	4.12
冲击强度（缺口） （-57℃） （23℃） （77℃）	kN/m	 10.7 16.0 32.1
硬度（邵尔D）		50～65
摩擦系数（对钢） 动 静 油润滑		 0.04 0.04 0.02～0.03
线胀系数（25～200℃）	$\times10^{-5}$/℃	10～12
导热系数	kJ/m·h·℃	0.5
热变形温度 0.45MPa 1.04MPa	℃	 121 55
晶体温度	℃	≈327
成型收缩（模压）	%	1～5
脆化温度	℃	−180～−195

耐热性：F-4 长期使用温度范围可从−100～250℃，在 250℃的高

温条件下经 240 小时，其机械性能也不降低，在 390℃时开始分解，分解速度缓慢，约为每小时失重 0.006%。

F-4 收缩率较大，冷至－180℃收缩率为 20%。而从室温加热到＋260℃时，膨胀率为 4%，为此设计制造复合聚四氟乙烯矩形圈时应考虑热胀冷缩使用条件，适当选择压缩率参数与复合的聚四氟乙烯厚度，不宜过厚。为改进氟塑料耐磨、导热等性能，常用的几种填充剂及其作用见表 24-8，配比见表 24-9。

表 24-8　常用填充剂及作用

分　类	填充材料	作　　用
耐磨剂	石英砂（SiO_2） 玻璃纤维	增加耐磨性，改善冷流性 增加抗压强度，提高稳定性
导热剂	青铜粉	提高导热性能
润滑剂	石　墨 二硫化钼	起润滑、导热作用，降低热胀系数，提高硬度，提高自润能力

表 24-9　填充剂配比

项目 种类	聚四氟乙烯/%	玻璃纤维/%	青铜粉/%	二硫化钼/%	石　墨/%	二硫化硅/%	适宜部位
第一种 F 4	75	15		5	5		盘根、滑板
第二种 F-4	70	15		5		10	活塞环、矩形圈
第三种 F-4	65	10	10	5			盘根、轴瓦、矩形圈

注：对聚四氟乙烯环克服其高温下的蠕动，玻璃纤维填充环建议不要用于对软金属表面的运动接触。

24.3.4.4　聚四氟乙烯粘接剂

用于 F-4 粘接前处理的试剂有：金属钠、萘、四氢呋喃、乙二醇二甲醚等均为 cP 级市售试剂。

合成处理溶液浓度：活化（炭化）处理氟塑料表面一般采用理论钠含量为 1%～2%钠萘溶液。含量试验见表 24-10。

表 24-10 钠萘溶液含量试验

项目 \ 理论钠含量 / %	2.04	3.66	6.61	7.67
外观	墨绿色均匀溶液，无机械杂质			同左，底部有沉淀物
敞放变白时间（耐久性）①/d	2	4～6	5～8	5～8
间歇处理有效次数	约 20	约 30	35～50	约 40
首次处理试样②对水的接触角	69°	72°	68°	70°

① 在 30mL 的坩埚中加入 20 克处理液于室温下敞放。

② 处理时间为 30s。

用于 F-4 胶粘剂还有如下品牌：Araldite 金钱万能胶（兰牌）（瑞士进口）；CH 31 双组分环氧胶（江西慈春化工厂产品）；605 高强度酚醛丁腈胶粘剂（广州永化化工厂产品）；EPON 828 环氧树脂（进口）；MNA 酸酐（进口）；硅微粉（浙江湖州硅微粉厂产品，过 600 目筛）。

粘接性能见表 24-11。

表 24-11 胶粘剂性能

胶粘剂种类	固化条件①	剪切强度 MPa	破坏方式	备注
Araldite 金钱万能胶（兰牌）	室温 3d 100℃ 4h 粘接后室温过夜次日升温至 80℃随炉冷却	4.20 6.82 6.40	内聚 混合 混合	胶层较致密无流胶现象
CH-31 双组分环氧胶	室温 3d 100℃ 4h 粘接后室温过夜次日升温至 80℃随炉冷却	3.80 5.90 5.60	内聚 混合 混合	胶层强度较低
605 酚醛丁腈高强度胶	170℃×1h	6.40	混合	塑料本身变形，接缝密封性不好
环氧酸酐配胶粘剂	170℃×4h	7.50	混合	胶层强度高，但流胶严重，塑料本身变形

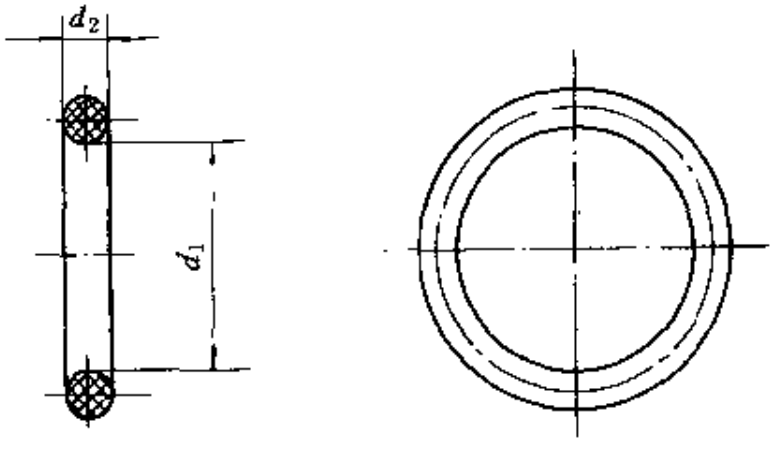
① 固化接触压力均为 0.1MPa。

上述为标准试验件，对模压件可参照上述数据进一步试验。

附录 A　橡胶密封制品常用标准

A1　O 形橡胶密封圈尺寸系列及公差（摘自 GB 3452.1-92）

O 形橡胶密封圈的形状如下图所示，该系列的内径、截面及公差见附表 A1-1，附表 A1-2 为宇航用 O 形圈系列的内径、截面及公差。



附表 A1-1　通用 O 形圈系列（代号 G）的内径、截面及公差　单位：mm

d_1		d_2					d_1		d_2					d_1		d_2				
内径	公差	1.80±0.08	2.65±0.09	3.55±0.10	5.30±0.13	7.00±0.15	内径	公差	1.80±0.08	2.65±0.09	3.55±0.10	5.30±0.13	7.00±0.15	内径	公差	1.80±0.08	2.65±0.09	3.55±0.10	5.30±0.13	7.00±0.15
1.80		×					5.00		×					8.50		×				
2.00		×					5.15		×					8.75		×				
2.24		×					5.30	±0.13	×					9.00	±0.14	×				
2.50		×					5.60		×											
2.80		×												9.50		×				
							6.00		×					10.0		×				
3.15	±0.13	×					6.30		×					10.6		×	×			
3.55		×					6.70		×					11.2		×	×			
3.75		×					6.90		×					11.8		×	×			
4.00		×					7.10	±0.14	×						±0.17					
4.50		×												12.5		×	×			
							7.50		×					13.2		×	×			
4.87		×					8.00		×					14.0		×	×			

续表

d 内径	d 公差	d_2 1.80±0.08	d_2 2.65±0.09	d_2 3.55±0.10	d_2 5.30±0.13	d_2 7.00±0.15
15.0	±0.17	×	×			
16.0		×	×			
17.0		×	×			
18.0		×	×	×		
19.0	±0.22	×	×	×		
20.0		×	×	×		
21.2		×	×	×		
22.4		×	×	×		
23.6		×	×	×		
25.0		×	×	×		
25.8		×	×	×		
26.5		×	×	×		
28.0		×	×	×		
30.0		×	×	×		
31.5	±0.30		×	×		
32.5		×	×	×		
33.5			×	×		
34.5		×	×	×		
35.5			×	×		
36.5		×	×	×		
37.5			×	×		
38.7		×	×	×		
40.0			×	×	×	
41.2	±0.36		×	×	×	
42.5		×	×	×	×	
43.7			×	×	×	
45.0			×	×	×	
46.2		×	×	×	×	
47.5			×	×	×	
48.7			×	×	×	
50.0		×	×	×	×	
51.5	±0.44		×	×	×	
53.0			×	×	×	
54.5			×	×	×	
56.0			×	×	×	
58.0			×	×	×	
60.0			×	×	×	
61.5			×	×	×	
63.0			×	×	×	
65.0	±0.53			×	×	
67.0			×	×	×	
69.0				×	×	
71.0			×	×	×	
73.0				×	×	

d_1 内径	d_1 公差	d_2 1.80±0.08	d_2 2.65±0.09	d_2 3.55±0.10	d_2 5.30±0.13	d_2 7.00±0.15
75.0	+0.53		×	×	×	
77.5				×	×	
80.0			×	×	×	
82.5	±0.65			×	×	
85.0			×	×	×	
87.5				×	×	
90.0			×	×	×	
92.5				×	×	
95.0			×	×	×	
97.5				×	×	
100			×	×	×	
103				×	×	
106			×	×	×	
109				×	×	×
112			×	×	×	×
115				×	×	×
118			×	×	×	×
122	±0.90			×	×	×
125			×	×	×	×
128				×	×	×
132			×	×	×	×
136				×	×	×
140			×	×	×	×
145				×	×	×
150			×	×	×	×
155				×	×	×
160				×	×	×
165				×	×	×
170				×	×	×
175				×	×	×
180				×	×	×
185	±1.20			×	×	×
190				×	×	×
195				×	×	×
200				×	×	×
206					×	×
212					×	×
218					×	×
224					×	×
230					×	×
236					×	×
243					×	×
250					×	×

d_1 内径	d_1 公差	d_2 1.80±0.08	d_2 2.65±0.09	d_2 3.55±0.10	d_2 5.30±0.13	d_2 7.00±0.15
258	±1.60				×	×
265					×	×
272					×	×
280					×	×
290					×	×
300					×	×
307					×	×
315					×	×
325	±2.10				×	×
335					×	×
345					×	×
355					×	×
365					×	×
375					×	×
387					×	×
400					×	×
412	±2.60					×
425						×
437						×
450						×
462						×
475						×
487						×
500						×
515	±3.20					×
530						×
545						×
560						×
580						×
600						×
615						×
630						×
650	±4.00					×
670						×

注："×"表示本标准规定的规格。

附表 A1-2　宇航用 O 形圈系列(代号 A)的内径、截面及公差　单位:mm

d_1 内径	d_1 公差	d_2 1.80±0.08	d_2 2.65±0.09	d_2 3.55±0.10	d_2 5.30±0.13	d_2 7.00±0.15
1.80	±0.13	×				
2.00		×				
2.24		×				
2.50		×				
2.80		×				
3.15		×				
3.55		×				
3.75		×				
4.00		×				
4.50		×	×			
4.87		×				
5.00		×				
5.15		×				
5.30		×	×			
5.60		×				
6.00		×	×			
6.30		×				
6.70		×				
6.90	±0.14	×	×			
7.10		×				
7.50		×				
8.00		×	×			
8.50		×				
8.75		×				
9.00		×	×			
9.50		×	×			
10.0		×	×			
10.6	±0.16	×	×			
11.2		×	×			
11.8		×	×			
12.5		×	×			
13.2		×	×			
14.0		×	×	×		
15.0		×	×	×		
16.0		×	×	×		
17.0		×	×	×		
18.0		×	×	×		
19.0	±0.21	×	×	×		
20.0		×	×	×		
21.2		×	×	×		
22.4		×	×	×		
23.6		×	×	×		
25.0		×	×	×		
25.8		×	×	×		
26.5		×	×	×		
28.0		×	×	×		

d_1 内径	d_1 公差	d_2 1.80±0.08	d_2 2.65±0.09	d_2 3.55±0.10	d_2 5.30±0.13	d_2 7.00±0.15
30.0	±0.21	×	×	×		
31.5	±0.28	×	×	×		
32.5		×	×	×		
33.5		×	×	×		
34.5		×	×	×		
35.5		×	×	×		
36.5		×	×	×		
37.5		×	×	×	×	
38.7		×	×	×	×	
40.0		×	×	×	×	
41.2	±0.33		×	×	×	
42.5		×	×	×	×	
43.7		×	×	×	×	
45.0		×	×	×	×	
46.2			×	×	×	
47.5		×	×	×	×	
48.7			×	×	×	
50.0		×	×	×	×	
51.5	±0.40		×	×	×	
53.0		×	×	×	×	
54.5			×	×	×	
56.0		×	×	×	×	
58.0			×	×	×	
60.0		×	×	×	×	
61.5			×	×	×	
63.0		×	×	×	×	
65.0	±0.48		×	×	×	
67.0		×	×	×	×	
69.0			×	×	×	
71.0		×	×	×	×	
73.0			×	×	×	
75.0		×	×	×	×	
77.5				×	×	
80.0		×	×	×	×	
82.5	±0.55			×	×	
85.0		×	×	×	×	
87.5				×	×	
90.0		×	×	×	×	
92.5				×	×	
95.0		×	×	×	×	
97.5				×	×	
100		×	×	×	×	
103				×	×	
106		×	×	×	×	
109	±0.65			×	×	×
112		×	×	×	×	×

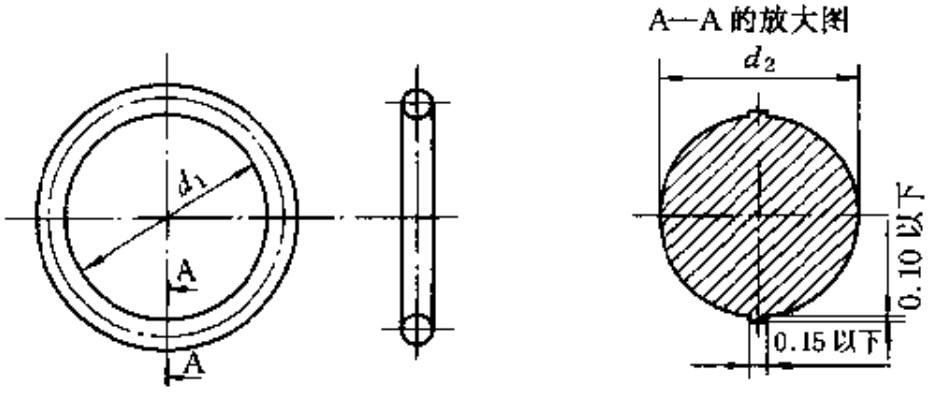
d_1 内径	d_1 公差	d_2 1.80±0.08	d_2 2.65±0.09	d_2 3.55±0.10	d_2 5.30±0.13	d_2 7.00±0.15
115	±0.65			×	×	×
118		×	×	×	×	×
122				×	×	×
125		×	×	×	×	×
128				×	×	×
132			×	×	×	×
136				×	×	×
140			×	×	×	×
145	±0.80			×	×	×
150			×	×	×	×
155				×	×	×
160			×	×	×	×
165				×	×	×
170			×	×	×	×
175				×	×	×
180			×	×	×	×
185	±1.00			×	×	×
190			×	×	×	×
195				×	×	×
200			×	×	×	×
206						×
212			×	×		×
218				×		×
224			×	×		×
230				×		×
236			×	×		×
243						×
250			×	×		×
258	±1.30			×		×
265				×		×
272						×
280				×		×
290				×		×
300				×		×
307				×		×
315				×		×
325	±1.60					×
335				×		×
345						×
355				×		×
365						×
375						×
387	±1.90					×
400						×

注："×"表示本标准规定的规格。

A2 日本 B 2401—1991 O 形圈形状和尺寸

A2.1 运动用 O 形圈的形状和尺寸

运动用 O 形圈的形状如下图所示，尺寸见附表 A2-1。



附表 A2-1 运动用 O 形圈的尺寸　　单位:mm

内径 d_1		d_2 断面尺寸与允许公差					沟槽的尺寸（参考）	
尺寸	允许公差	1.9±0.08	2.4±0.09	3.5±0.10	5.7±0.13	8.4±0.15		
		代　号					轴径	孔径
2.8	±0.14	P3					3	6
3.8	±0.14	P4					4	7
4.8	±0.15	P5					5	8
5.8	±0.15	P6					6	9
6.8	±0.16	P7					7	10
7.8	±0.16	P8					8	11
8.8	±0.17	P9					9	12
9.8	±0.17	P10					10	13
9.8	±0.17		P10A				10	14
10.8	±0.18		P11				11	15
11.0	±0.18		P11.2				11.2	15.2
11.8	±0.19		P12				12	16
12.3	±0.19		P12.5				12.5	16.5
13.8	±0.19		P14				14	18
14.8	±0.20		P15				15	19
15.8	±0.20		P16				16	20
17.8	±0.21		P18				18	22
19.8	±0.22		P20				20	24
20.8	±0.23		P21				21	25
21.8	±0.24		P22				22	26
21.7	±0.24			P22A			22	28
22.1	±0.24			P22.4			22.4	28.4
23.7	±0.24			P24			24	30
24.7	±0.25			P25			25	31

续表

内径 d_1		d_2 断面尺寸与允许公差					沟槽的尺寸（参考）	
尺寸	允许公差	1.9±0.08	2.4±0.09	3.5±0.10	5.7±0.13	8.4±0.15		
		代号					轴径	孔径
25.2	±0.25			P25.5			25.5	31.5
25.7	±0.26			P26			26	32
27.7	±0.28			P28			28	34
28.7	±0.29			P29			29	35
29.2	±0.29			P29.5			29.5	35.5
29.7	±0.29			P30			30	36
30.7	±0.30			P31			31	37
31.2	±0.31			P31.5			31.5	37.5
31.7	±0.31			P32			32	38
33.7	±0.33			P34			34	40
34.7	±0.34			P35			35	41
35.2	±0.34			P35.5			35.5	41.5
35.7	±0.34			P36			36	42
37.7	±0.37			P38			38	44
38.7	±0.37			P39			39	45
39.7	±0.37			P40			40	46
40.7	±0.38			P41			41	47
41.7	±0.39			P42			42	48
43.7	±0.41			P44			44	50
44.7	±0.41			P45			45	51
45.7	±0.42			P46			46	52
47.7	±0.44			P48			48	54
48.7	±0.45			P49			49	55
49.7	±0.45			P50			50	56
47.6	±0.44				P48A		48	58
49.6	±0.45				P50A		50	60
51.6	±0.47				P52		52	62
52.6	±0.48				P53		53	63
54.6	±0.49				P55		55	65
55.6	±0.50				P56		56	66
57.6	±0.52				P58		58	68
59.6	±0.53				P60		60	70
61.6	±0.55				P62		62	72
62.6	±0.56				P63		63	73
64.6	±0.57				P65		65	75
66.6	±0.59				P67		67	77
69.6	±0.61				P70		70	80
70.6	±0.62				P71		71	81
74.6	±0.65				P75		75	85
79.6	±0.69				P80		80	90
84.6	±0.73				P85		85	95
89.6	±0.77				P90		90	100
94.6	±0.81				P95		95	105
99.6	±0.84				P100		100	110

续表

内径 d_1		d_2 断面尺寸与允许公差					沟槽的尺寸（参考）	
尺寸	允许公差	1.9±0.08	2.4±0.09	3.5±0.10	5.7±0.13	8.4±0.15		
		代号					轴径	孔径
101.6	±0.85				P102		102	112
104.6	±0.87				P105		105	115
109.6	±0.91				P110		110	120
111.6	±0.92				P112		112	122
114.6	±0.94				P115		115	125
119.6	±0.98				P120		120	130
124.6	±1.01				P125		125	135
129.6	±1.05				P130		130	140
131.6	±1.06				P132		132	142
134.6	±1.09				P135		135	145
139.6	±1.12				P140		140	150
144.6	±1.16				P145		145	155
149.6	±1.19				P150		150	160
149.5	±1.19					P150A	150	165
154.5	±1.23					P155	155	170
159.5	±1.26					P160	160	175
164.5	±1.30					P165	165	180
169.5	±1.33					P170	170	185
174.5	±1.37					P175	175	190
179.5	±1.40					P180	180	195
184.5	±1.44					P185	185	200
189.5	±1.48					P190	190	205
194.5	±1.51					P195	195	210
199.5	±1.55					P200	200	215
204.5	±1.58					P205	205	220
208.5	±1.61					P209	209	224
209.5	±1.62					P210	210	225
214.5	±1.65					P215	215	230
219.5	±1.68					P220	220	235
224.5	±1.71					P225	225	240
229.5	±1.75					P230	230	245
234.5	±1.78					P235	235	250
239.5	±1.81					P240	240	255
244.5	±1.84					P245	245	260
249.5	±1.88					P250	250	265
254.5	±1.91					P255	255	270
259.5	±1.94					P260	260	275
264.5	±1.97					P265	265	280
269.5	±2.01					P270	270	285
274.5	±2.04					P275	275	290
279.5	±2.07					P280	280	295
284.5	±2.10					P285	285	300
289.5	±2.14					P290	290	305
294.5	±2.17					P295	295	310

续表

内径 d_1		d_2 断面尺寸与允许公差					沟槽的尺寸（参考）	
尺寸	允许公差	1.9±0.08	2.4±0.09	3.5±0.10	5.7±0.13	8.4±0.15		
		代号					轴径	孔径
299.5	±2.20					P300	300	315
314.5	±2.30					P315	315	330
319.5	±2.33					P320	320	335
334.5	±2.42					P335	335	350
339.5	±2.45					P340	340	355
354.5	±2.54					P355	355	370
359.5	±2.57					P360	360	375
374.5	±2.67					P375	375	390
384.5	±2.73					P385	385	400
399.5	±2.82					P400	400	415

A2.2 固定用O形圈的形状与尺寸

固定用O形圈的形状同运动用O形圈，尺寸见附表A2-2。

附表 A2-2　　单位：mm

内径 d_1		d_2 断面尺寸与允许公差		沟槽的尺寸（参考）	
尺寸	允许公差	3.1±0.10	5.7±0.13		
		代号		轴径	孔径
24.4	±0.25	G25		25	30
29.4	±0.29	G30		30	35
34.4	±0.33	G35		35	40
39.4	±0.37	G40		40	45
44.4	±0.41	G45		45	50
49.4	±0.45	G50		50	55
54.4	±0.49	G55		55	60
59.4	±0.53	G60		60	65
64.4	±0.57	G65		65	70
69.4	±0.61	G70		70	75
74.4	±0.65	G75		75	80
79.4	±0.69	G80		80	85
84.4	±0.73	G85		85	90
89.4	±0.77	G90		90	95
94.4	±0.81	G95		95	100
99.4	±0.85	G100		100	105
104.4	±0.87	G105		105	110
109.4	±0.91	G110		110	115
114.4	±0.94	G115		115	120
119.4	±0.98	G120		120	125
124.4	±1.01	G125		125	130
129.4	±1.05	G130		130	135
134.4	±1.08	G135		135	140

续表

内径 d_1		d_2 断面尺寸与允许公差		沟槽的尺寸（参考）	
尺寸	允许公差	3.1±0.10	5.7±0.13		
		代号		轴径	孔径
139.4	±1.12	G140		140	145
144.4	±1.16	G145		145	150
149.3	±1.19		G150	150	160
154.3	±1.23		G155	155	165
159.3	±1.26		G160	160	170
164.3	±1.30		G165	165	175
169.3	±1.33		G170	170	180
174.3	±1.37		G175	175	185
179.3	±1.40		G180	180	190
184.3	±1.44		G185	185	195
189.3	±1.47		G190	190	200
194.3	±1.51		G195	195	205
199.3	±1.55		G200	200	210
209.3	±1.61		G210	210	220
219.3	±1.68		G220	220	230
229.3	±1.73		G230	230	240
239.3	±1.81		G240	240	250
249.3	±1.88		G250	250	260
259.3	±1.94		G260	260	270
269.3	±2.01		G270	270	280
279.3	±2.07		G280	280	290
289.3	±2.14		G290	290	300
299.3	±2.20		G300	300	310

A2.3 真空密封用O形圈的形状与尺寸

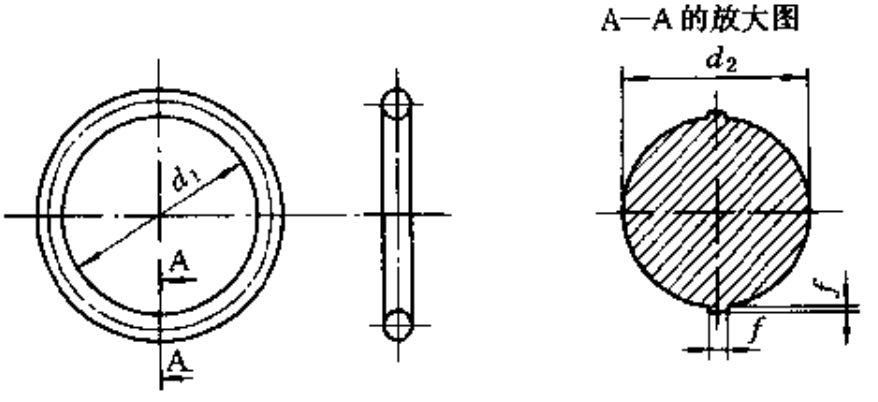
真空密封用O形圈的形状同运动用O形圈，尺寸见附表A2-3。

附表 A2-3　　单位：mm

内径 d_1		d_2 断面尺寸与允许公差			内径 d_1		d_2 断面尺寸与允许公差		
尺寸	允许公差	4±0.10	6±0.15	10±0.30	尺寸	允许公差	4±0.10	6±0.15	10±0.30
		代号					代号		
14.5	±0.20	V15			321.5	±2.34		V325	
23.5	±0.24	V24			376.0	±2.68		V380	
33.5	±0.33	V34			425.5	±2.99		V430	
39.5	±0.37	V40			475.6	±3.30			V480
54.5	±0.49	V55			524.5	±3.60			V530
69.0	±0.61	V70			579.0	±3.92			V585
84.0	±0.72	V85			633.5	±4.24			V640
99.0	±0.83	V100			683.0	±4.54			V690
119.0	±0.97	V120			732.5	±4.83			V740
148.5	±1.18	V150			782.0	±5.12			V790
173.0	±1.36	V175			836.5	±5.44			V845
222.5	±1.70		V225		940.5	±6.06			V950
272.0	±2.02		V275		1044.0	±6.67			V1055

A2.4 ISO 一般工业用 O 形圈的形状与尺寸

ISO 一般工业用 O 形圈的形状如下图所示，尺寸见附表 A2-4。



附表 A2-4　　单位：mm

d_2 断面尺寸与允许公差		1.80±0.08	2.65±0.09	3.55±0.10	5.30±0.13	7.00±0.15
记　号		A	B	C	D	E
f		<0.1	<0.12	<0.14	<0.16	<0.18
内径 d_1		代　号				
尺　寸	允许公差					
1.80	±0.13	A0018G				
2.00	±0.13	A0020G				
2.24	±0.13	A0022G				
2.50	±0.13	A0025G				
2.80	±0.14	A0028G				
3.15	±0.14	A0031G				
3.55	±0.14	A0035G				
3.75	±0.14	A0037G				
4.00	±0.14	A0040G				
4.50	±0.14	A0045G				
4.87	±0.15	A0048G				
5.00	±0.15	A0050G				
5.15	±0.15	A0051G				
5.30	±0.15	A0053G				
5.60	±0.15	A0056G				
6.00	±0.15	A0060G				
6.30	±0.15	A0063G				
6.70	±0.16	A0067G				
6.90	±0.16	A0069G				
7.10	±0.16	A0071G				
7.50	±0.16	A0075G				
8.00	±0.16	A0080G				
8.50	±0.16	A0085G				

续表

d_2断面尺寸与允许公差		1.80±0.08	2.65±0.09	3.55±0.10	5.30±0.13	7.00±0.15
记　号		A	B	C	D	E
f		<0.1	<0.12	<0.14	<0.16	<0.18
内径 d_1		代　号				
尺　寸	允许公差					
8.75	±0.17	A0087G				
9.00	±0.17	A0090G				
9.50	±0.17	A0095G				
10.0	±0.17	A0100G				
10.6	±0.18	A0106G				
11.2	±0.18	A0112G				
11.8	±0.19	A0118G				
12.5	±0.19	A0125G				
13.2	±0.19	A0132G				
14.0	±0.19	A0140G	B0140G			
15.0	±0.20	A0150G	B0150G			
16.0	±0.20	A0160G	B0160G			
17.0	±0.21	A0170G	B0170G			
18.0	±0.21		B0180G	C0180G		
19.0	±0.22		B0190G	C0190C		
20.0	±0.22		B0200G	C0200G		
21.2	±0.23		B0212G	C0212G		
22.4	±0.24		B0224G	C0224G		
23.6	±0.24		B0236G	C0236G		
25.0	±0.25		B0250G	C0250G		
25.8	±0.26		B0258G	C0258G		
26.5	±0.26		B0265G	C0265G		
28.0	±0.28		B0280G	C0280G		
30.0	±0.29		B0300G	C0300G		
31.5	±0.31		B0315G	C0315G		
32.5	±0.32		B0325G	C0325G		
33.5	±0.32		B0335G	C0335G		
34.5	±0.33		B0345G	C0345G		
35.5	±0.34		B0355G	C0355G		
36.5	±0.35		B0365G	C0365G		
37.5	±0.36		B0375G	C0375G		
38.7	±0.37		B0387G	C0387G		
40.0	±0.38			C0400G	D0400G	
41.2	±0.39			C0412G	D0412G	
42.5	±0.40			C0425G	D0425G	
43.7	±0.41			C0437G	D0437G	
45.0	±0.42			C0450G	D0450G	
46.2	±0.43			C0462G	D0462G	
47.5	±0.44			C0475G	D0475G	
48.7	±0.45			C0487G	D0487G	

续表

d_2 断面尺寸与允许公差		1.80±0.08	2.65±0.09	3.55±0.10	5.30±0.13	7.00±0.15
记　号		A	B	C	D	E
f		<0.1	<0.12	<0.14	<0.16	<0.18
内径 d_1		代　号				
尺　寸	允许公差					
50.0	±0.46			C0500G	D0500G	
51.5	±0.47			C0515G	D0515G	
53.0	±0.48			C0530G	D0530G	
54.5	±0.50			C0545G	D0545G	
56.0	±0.51			C0560G	D0560G	
58.0	±0.52			C0580G	D0580G	
60.0	±0.54			C0600G	D0600G	
61.5	±0.55			C0615G	D0615G	
63.0	±0.56			C0630G	D0630G	
65.0	±0.58			C0650G	D0650G	
67.0	±0.59			C0670G	D0670G	
69.0	±0.61			C0690G	D0690G	
71.0	±0.63			C0710G	D0710G	
73.0	±0.64			C0730G	D0730G	
75.0	±0.66			C0750G	D0750G	
77.5	±0.67			C0775G	D0775G	
80.0	±0.69			C0800G	D0800G	
82.5	±0.71			C0825G	D0825G	
85.0	±0.73			C0850G	D0850G	
87.5	±0.75			C0875G	D0875G	
90.0	±0.77			C0900G	D0900G	
92.5	±0.79			C0925G	D0925G	
95.0	±0.81			C0950G	D0950G	
97.5	±0.83			C0975G	D0975G	
100	±0.84			C1000G	D1000G	
103	±0.87			C1030G	D1030G	
106	±0.89			C1060G	D1060G	
109	±0.91			C1090G	D1090G	E1090G
112	±0.93			C1120G	D1120G	E1120G
115	±0.95			C1150G	D1150G	E1150G
118	±0.97			C1180G	D1180G	E1180G
122	±1.00			C1220G	D1220G	E1220G
125	±1.03			C1250G	D1250G	E1250G
128	±1.05			C1280G	D1280G	E1280G
132	±1.08			C1320G	D1320G	E1320G
136	±1.10			C1360G	D1360G	E1360G
140	±1.13			C1400G	D1400G	E1400G
145	±1.17			C1450G	D1450G	E1450G
150	±1.20			C1500G	D1500G	E1500G
155	±1.24			C1550G	D1550G	E1550G

续表

d_2 断面尺寸与允许公差		1.80±0.08	2.65±0.09	3.55±0.10	5.30±0.13	7.00±0.15
记号		A	B	C	D	E
f		<0.1	<0.12	<0.14	<0.16	<0.18
内径 d_1		代号				
尺寸	允许公差					
160	±1.27			C1600G	D1600G	E1600G
165	±1.31			C1650G	D1650G	E1650G
170	±1.34			C1700G	D1700G	E1700G
175	±1.38			C1750G	D1750G	E1750G
180	±1.41			C1800G	D1800G	E1800G
185	±1.44			C1850G	D1850G	E1850G
190	±1.48			C1900G	D1900G	E1900G
195	±1.51			C1950G	D1950G	E1950G
200	±1.55			C2000G	D2000G	E2000G
206	±1.59				D2060G	E2060G
212	±1.63				D2120G	E2120E
218	±1.67				D2180G	E2180G
224	±1.71				D2240G	E2240G
230	±1.75				D2300G	E2300G
236	±1.79				D2360G	E2360G
243	±1.83				D2430G	E2430G
250	±1.88				D2500G	E2500G
258	±1.93				D2580G	E2580G
265	±1.98				D2650G	E2650G
272	±2.02				D2720G	E2720G
280	±2.08				D2800G	E2800G
290	±2.14				D2900G	E2900G
300	±2.21				D3000G	E3000G
307	±2.25				D3070G	E3070G
315	±2.30				D3150G	E3150G
325	±2.37				D3250G	E3250G
335	±2.43				D3350G	E3350G
345	±2.49				D3450G	E3450G
355	±2.56				D3550G	E3550G
365	±2.62				D3650G	E3650G
375	±2.68				D3750G	E3750G
387	±2.76				D3870G	E3870G
400	±2.84				D4000G	E4000G
412	±2.91					E4120G
425	±2.99					E4250G
437	±3.07					E4370G
450	±3.15					E4500G
462	±3.22					E4620G
475	±3.30					E4750G
487	±3.37					E4870G

续表

d_2 断面尺寸与允许公差		1.80±0.08	2.65±0.09	3.55±0.10	5.30±0.13	7.00±0.15
记　号		A	B	C	D	E
f		<0.1	<0.12	<0.14	<0.16	<0.18
内径 d_1		代　号				
尺　寸	允许公差					
500	±3.45					E5000G
515	±3.54					E5150G
530	±3.63					E5300G
545	±3.72					E5450G
560	±3.81					E5600G
580	±3.93					E5800G
600	±4.05					E6000G
615	±4.13					E6150G
630	±4.22					E6300G
650	±4.34					E6500G
670	±4.46					E6700G

A3　ISO 3601—1：1988 O 形圈形状和尺寸
[摘自 ISO 3601—1G 系列—1988(E)]

O 形橡胶密封圈(普通应用)尺寸公差列于附表 A3-1。

附表 A3-1　O 形橡胶密封圈尺寸公差(普通应用)　单位:mm

d_1		d_2					d_1		d_2				
		1.80±0.08	2.65±0.09	3.55±0.10	5.30±0.13	7.00±0.15			1.80±0.08	2.65±0.09	3.55±0.10	5.30±0.13	7.00±0.15
1.8	0.13	×					5.15	0.15	×				
2	0.13	×					5.3	0.15	×				
2.24	0.13	×					5.6	0.15	×				
2.5	0.13	×											
2.8	0.14	×					6	0.15	×				
							6.3	0.15	×				
3.15	0.14	×					6.7	0.16	×				
3.55	0.14	×					6.9	0.16	×				
3.75	0.14	×					7.1	0.16	×				
4	0.14	×											
4.5	0.14	×					7.5	0.16	×				
							8	0.16	×				
4.87	0.15	×					8.5	0.16	×				
5	0.15	×					8.75	0.17	×				

续表

d_1		d_2					d_1		d_2				
		1.80±0.08	2.65±0.09	3.55±0.10	5.30±0.13	7.00±0.15			1.80±0.08	2.65±0.09	3.55±0.10	5.30±0.13	7.00±0.15
9	0.17	×					51.5	0.47			×	×	
9.5	0.17	×					53	0.48			×	×	
10	0.17	×					54.5	0.5			×	×	
10.6	0.18	×					56	0.51			×	×	
11.2	0.18	×					58	0.52			×	×	
11.8	0.19	×					60	0.54			×	×	
12.5	0.19	×					61.5	0.55			×	×	
13.2	0.19	×					63	0.56			×	×	
14	0.19	×	×				65	0.58			×	×	
15	0.2	×	×				67	0.59			×	×	
16	0.2	×	×				69	0.61			×	×	
17	0.21	×	×				71	0.63			×	×	
18	0.21		×	×			73	0.64			×	×	
19	0.22		×	×			75	0.66			×	×	
20	0.22		×	×			77.5	0.67			×	×	
21.2	0.23		×	×			80	0.69			×	×	
22.4	0.24		×	×			82.5	0.71			×	×	
23.6	0.24		×	×			85	0.73			×	×	
25	0.25		×	×			87.5	0.75			×	×	
25.8	0.26		×	×			90	0.77			×	×	
26.5	0.26		×	×			92.5	0.79			×	×	
28	0.28		×	×			95	0.81			×	×	
30	0.29		×	×			97.5	0.83			×	×	
31.5	0.31		×	×			100	0.84			×	×	
32.5	0.32		×	×			103	0.87			×	×	
33.5	0.32		×	×			106	0.89			×	×	
34.5	0.33		×	×			109	0.91			×	×	×
35.5	0.34		×	×			112	0.93			×	×	×
36.5	0.35		×	×			115	0.95			×	×	×
37.5	0.36		×	×			118	0.97			×	×	×
38.7	0.37		×	×			122	1			×	×	×
40	0.38			×	×		125	1.03			×	×	×
41.2	0.39			×	×		128	1.05			×	×	×
42.5	0.4			×	×		132	1.08			×	×	×
43.7	0.41			×	×		136	1.1			×	×	×
45	0.42			×	×		140	1.13			×	×	×
46.2	0.43			×	×		145	1.17			×	×	×
47.5	0.44			×	×		150	1.2			×	×	×
48.7	0.45			×	×		155	1.24			×	×	×
50	0.46			×	×		160	1.27			×	×	×

续表

d_1		d_2					d_1		d_2				
		1.80±0.08	2.65±0.09	3.55±0.10	5.30±0.13	7.00±0.15			1.80±0.08	2.65±0.09	3.55±0.10	5.30±0.13	7.00±0.15
165	1.31			×	×	×	335	2.43				×	×
170	1.34			×	×	×	345	2.49				×	×
175	1.38			×	×	×	355	2.56				×	×
180	1.41			×	×	×	365	2.62				×	×
185	1.44			×	×	×	375	2.68				×	×
190	1.48			×	×	×	387	2.76				×	×
195	1.51			×	×	×	400	2.84				×	×
200	1.55			×	×	×	412	2.91					×
206	1.59				×	×	425	2.99					×
212	1.63				×	×	437	3.07					×
218	1.67				×	×	450	3.15					×
224	1.71				×	×	462	3.22					×
230	1.75				×	×	475	3.3					×
236	1.79				×	×	487	3.37					×
243	1.83				×	×	500	3.45					×
250	1.88				×	×	515	3.54					×
258	1.93				×	×	530	3.63					×
265	1.98				×	×	545	3.72					×
272	2.02				×	×	560	3.81					×
280	2.08				×	×	580	3.93					×
290	2.14				×	×	600	4.05					×
300	2.21				×	×	615	4.13					×
307	2.25				×	×	630	4.22					×
315	2.3				×	×	650	4.34					×
325	2.37				×	×	670	4.46					×

O 形橡胶密封圈(航空应用)尺寸公差列于附表 A3-2。

附表 A3-2　O 形橡胶密封圈尺寸公差(航空应用)　单位:mm

d_1		d_2					d_1		d_2				
		1.80±0.08	2.65±0.09	3.55±0.10	5.30±0.13	7.00±0.15			1.80±0.08	2.65±0.09	3.55±0.10	5.30±0.13	7.00±0.15
1.8	0.13	×					3.15	0.13	×				
2	0.13	×					3.55	0.13	×				
2.24	0.13	×					3.75	0.13	×				
2.5	0.13	×					4	0.13	×				
2.8	0.13	×					4.5	0.13	×	×			

续表

d_1		d_2				
		1.80±0.08	2.65±0.09	3.55±0.10	5.30±0.13	7.00±0.15
4.87	0.13	×				
5	0.13	×				
5.15	0.13	×				
5.3	0.13	×	×			
5.6	0.13	×				
6	0.13	×	×			
6.3	0.13	×				
6.7	0.13	×				
6.9	0.14	×	×			
7.1	0.14	×				
7.5	0.14	×				
8	0.14	×	×			
8.5	0.15	×				
8.75	0.15	×				
9	0.15	×	×			
9.5	0.15	×	×			
10	0.15	×	×			
10.6	0.16	×	×			
11.2	0.16	×	×			
11.8	0.17	×	×			
12.5	0.17	×	×			
13.2	0.17	×	×			
14	0.18	×	×	×		
15	0.18	×	×	×		
16	0.19	×	×	×		
17	0.2	×	×	×		
18	0.2	×	×	×		
19	0.21	×	×	×		
20	0.21	×	×	×		
21.2	0.22	×	×	×		
22.4	0.23	×	×	×		
23.6	0.24	×	×	×		
25	0.24	×	×	×		
25.8	0.25	×	×	×		
26.5	0.25	×	×	×		
28	0.26	×	×	×		
30	0.27	×	×	×		
31.5	0.28	×	×	×		
32.5	0.29	×	×	×		
33.5	0.29	×	×	×		

d_1		d_2				
		1.80±0.08	2.65±0.09	3.55±0.10	5.30±0.13	7.00±0.15
34.5	0.3	×	×	×		
35.5	0.31	×	×	×		
36.5	0.31	×	×	×		
37.5	0.32	×	×	×	×	
38.7	0.32	×	×	×	×	
40	0.33	×	×	×	×	
41.2	0.34	×	×	×	×	
42.5	0.35	×	×	×	×	
43.7	0.35	×	×	×	×	
45	0.36	×	×	×	×	
46.2	0.37		×	×	×	
47.5	0.38	×	×	×	×	
48.7	0.38		×	×	×	
50	0.39	×	×	×	×	
51.5	0.4		×	×	×	
53	0.41	×	×	×	×	
54.5	0.42		×	×	×	
56	0.42	×	×	×	×	
58	0.44		×	×	×	
60	0.45	×	×	×	×	
61.5	0.45		×	×	×	
63	0.46	×	×	×	×	
65	0.48		×	×	×	
67	0.49	×	×	×	×	
69	0.5		×	×	×	
71	0.51	×	×	×	×	
73	0.52		×	×	×	
75	0.53	×	×	×	×	
77.5	0.55			×	×	
80	0.56	×	×	×	×	
82.5	0.57			×	×	
85	0.59	×	×	×	×	
87.5	0.6			×	×	
90	0.62	×	×	×	×	
92.5	0.63			×	×	
95	0.64	×	×	×	×	
97.5	0.66			×	×	
100	0.67	×	×	×	×	
103	0.69			×	×	
106	0.71	×	×	×	×	

续表

d_1		d_2					d_1		d_2				
		1.80±0.08	2.65±0.09	3.55±0.10	5.30±0.13	7.00±0.15			1.80±0.08	2.65±0.09	3.55±0.10	5.30±0.13	7.00±0.15
							212	1.29		×	×		×
109	0.72			×	×	×	218	1.32			×		×
112	0.74	×	×	×	×	×							
115	0.76			×	×	×	224	1.35		×	×		×
118	0.77	×	×	×	×	×	230	1.39		×	×		×
122	0.8			×	×	×	236	1.42		×	×		×
							243	1.46		×			×
125	0.81	×	×	×	×	×	250	1.49		×	×		×
128	0.83			×	×	×							
132	0.85		×	×	×	×	258	1.54			×		×
136	0.87			×	×	×	265	1.57			×		×
140	0.89		×	×	×	×	272	1.61					×
							280	1.65			×		×
145	0.92			×	×	×	290	1.71			×		×
150	0.95		×	×	×	×							
155	0.98			×	×	×	300	1.76			×		×
160	1		×	×	×	×	307	1.8			×		×
165	1.03			×	×	×	315	1.84			×		×
							325	1.9					×
170	1.06		×	×	×	×	335	1.96			×		×
175	1.09			×	×	×							
180	1.11		×	×	×	×	345	2					×
185	1.14			×	×	×	355	2.06			×		×
190	1.17		×	×	×	×	365	2.11					×
							375	2.16					×
195	1.2			×	×	×	387	2.23					×
200	1.22		×	×	×	×							
206	1.26					×	400	2.29					×

A4 内包骨架旋转轴唇形密封圈结构尺寸

（摘自 GB 9877.1—88，UDC 678—4.075—47）

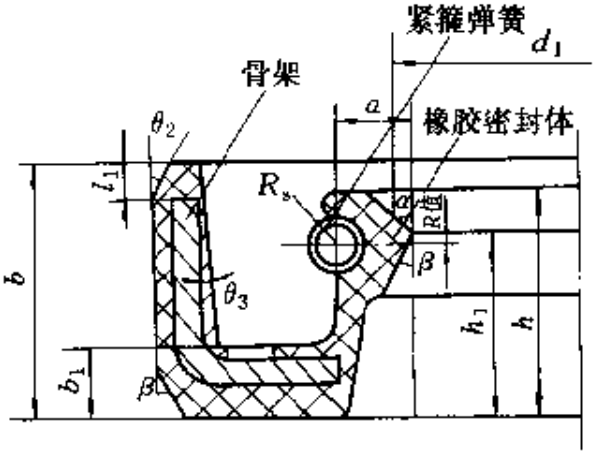
A4.1 型式和尺寸

内包骨架旋转轴唇形密封圈分两种基本型式。

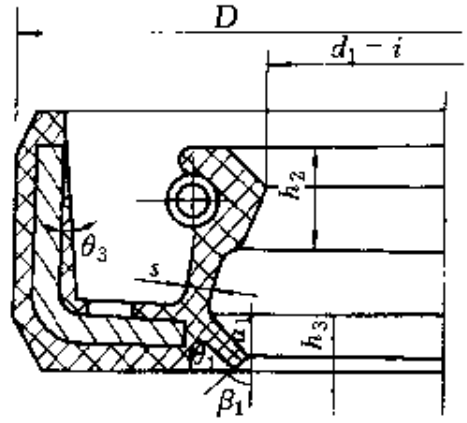
（1）B 型　无副唇内包骨架旋转轴唇形密封圈（见附图 1）。

（2）FB 型　有副唇内包骨架旋转轴唇形密封圈（见附图 2）。

内包骨架旋转轴唇形密封圈基本尺寸系列见附表 A4-1。内包骨架旋转轴唇形密封圈唇口过盈量和内径极限偏差应符合附表 A4-2 中的规定。



附图 1　B 型



附图 2　FB 型

附表 A4-1　内包骨架旋转轴唇形密封圈基本尺寸系列　　单位：mm

d_1	D		b		δ
轴的基本直径	基本外径	极限偏差	基本宽度	极限偏差	圆度公差
6	16				
6	22				
7	22				
8	22				
8	24				
9	22				
10	22				
10	25				
12	24				
12	25				
12	30				
15	26				
15	30	$^{+0.30}_{+0.15}$			0.25
15	35				
(16)	28		7	±0.3	
16	30				
(16)	35				
18	30				
18	35				
(18)	40				
20	35				

续表

d_1	D		b		δ
轴的基本直径	基本外径	极限偏差	基本宽度	极限偏差	圆度公差
20	40				
(20)	45				
22	35				
22	40	+0.30 +0.15			
22	47				
25	40				
25	47				
25	52	+0.35 +0.20			0.35
28	40	+0.30 +0.15			0.25
28	47				
28	52	+0.35 +0.20	7		0.35
30	42				
30	47	+0.30 +0.15			0.25
(30)	50				
30	52	+0.35 +0.20			0.35
32	45	+0.30 +0.15			0.25
32	47				
32	52	+0.35 +0.20			0.35
35	50	+0.30 +0.15			0.25
35	52				
35	55				
38	55				
38	58				
38	62				
40	55				
(40)	60				
40	62	+0.35 +0.20	8	±0.3	0.35
42	55				
42	62				
(42)	65				
45	62				
45	65				
(45)	70				
50	68				
(50)	70				

续表

d_1	D		b		δ
轴的基本直径	基本外径	极限偏差	基本宽度	极限偏差	圆度公差
50	72				
(52)	72				
(52)	75				
(52)	80				
55	72				
(55)	75		8		0.35
55	80				
60	80				
60	85				
(60)	90				
65	85				
65	90			±0.3	
(65)	95				
70	90				
70	95	+0.35 +0.20			
(70)	100				
75	95		10		
75	100				
80	100				
(80)	105				0.50
80	110				
(85)	105				
85	110		12		
85	120				
(90)	110				
(90)	115				
90	120				
95	120				
(95)	125			±0.4	
(95)	130				
100	125				
(100)	130	+0.45 +0.25			0.65
(100)	140				
(105)	130				
(105)	140				

续表

d_1	D		b		δ
轴的基本直径	基本外径	极限偏差	基本宽度	极限偏差	圆度公差
110	140				
(110)	150				
(115)	140				
(115)	150				
120	150		12		
(120)	160				
(125)	150				0.65
130	160				
(130)	170				
140	170				
(140)	180	$^{+0.45}_{+0.25}$			
150	180				
(150)	190				
160	190				
(160)	200				
170	200		15		
180	210			±0.4	
190	220				0.80
200	230				
220	250				
240	270				
(250)	290				
260	300				
280	320				
300	340				
320	360				
340	380	$^{+0.55}_{+0.30}$	20		1.00
360	400				
380	420				
400	400				

附表 A4-2　内包骨架旋转轴唇形密封圈唇口、副唇口过盈量和内径极限偏差

单位：mm

d_1	i		i_1	
>	唇口过盈量	极限偏差	副唇口过盈量	极限偏差
5～30	0.7～1.0	$^{+0.2}_{-0.3}$	0.3	±0.15
30～60	1.0～1.2	$^{+0.2}_{-0.5}$	0.4	±0.20
60～80	1.2～1.4	$^{+0.2}_{-0.6}$	0.5	±0.25
80～130	1.4～1.8	$^{+0.2}_{-0.8}$	0.6	±0.30
130～250	1.8～2.4	$^{+0.3}_{-0.9}$	0.7	±0.35
250～400	2.4～3.0	$^{+0.4}_{-1.0}$	0.9	±0.40

旋转轴唇形密封圈在接触较多灰尘或雨水等外来杂质的环境中使用时，应采用有副唇的密封圈。副唇口过盈量及内径极限偏差应符合附表 A4-2 中的规定。

按轴径大小将内包骨架旋转轴唇形密封圈分为六档。其截面示意图见附图 1 和附图 2，主要参数见附表 A4-3。

附表 A4-3　内包骨架旋转轴唇形密封圈截面主要参数

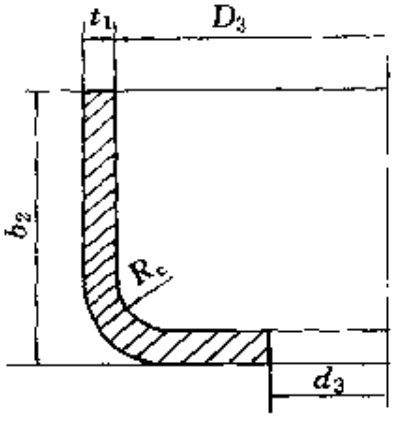
d_1	h	h_1	h_2	h_3	α	β	α_1	θ_1	θ_2	θ_3	β_1	s	$R_{值}$	R_s	a①	b_1	l_1
mm >	mm				度							mm					
5～30	6.2	5.1	2.8	0.2								0.8～1.2	0.4～0.6	0.80	2.3 2.6	1.9	1.0
30～60	7.1	5.9	3.5	0.3								1.0～1.4	0.5～0.7	1.00	2.8	2.0	1.0
60～80	9.0	7.3	4.0	0.3								1.2～1.6	0.6～0.8	1.25	3.5	2.6	1.5
80～130	11.0	9.2	5.0	0.4	45±5	25±5	40～50	30～35	25或30	3或5	50～70	1.4～1.8	0.6～1.0	1.50	4.2	3.0	1.5
130～250	13.5	11.2	6.5	0.5								1.6～2.0	0.7～1.1	1.75	5.2	4.0	2.0
250～400	15.5	12.9	7.2	0.6								2.0～2.4	0.8～1.2	2.00	5.8	5.0	2.5

① 当 $d_1 \leqslant 16$mm 时，a 取 2.3mm。

A4.2 骨架

用作密封非腐蚀性介质时，骨架材料采用 08F 钢板或类似的钢板制造。用作密封酸、碱类等腐蚀性介质时，应采用耐腐蚀性钢板或采用防腐性可靠的涂层进行保护。

内包骨架的结构型式如附图 3 所示。



附图 3　内包骨架结构型式

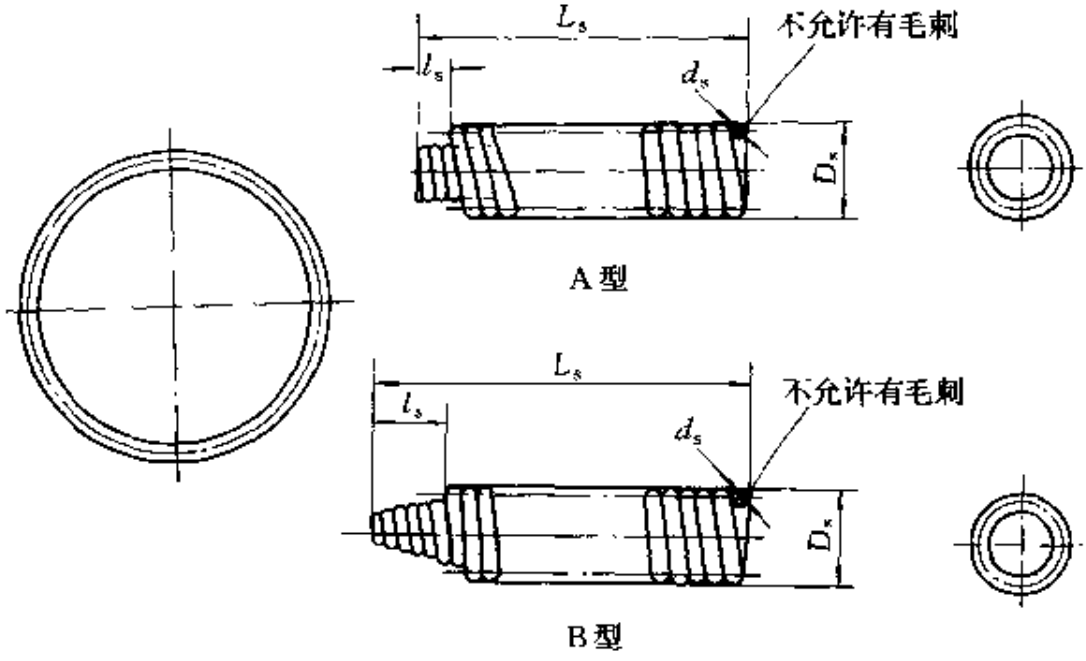
内包骨架的主要参数应符合附表 A4-4 中的规定。

附表 A4-4　内包骨架主要参数　　单位：mm

d_1 >	b_2	t_1	D_3	d_3	R_c 最大
5～30	5.5±0.2	0.5 0.8	$D-3.0^{+0.10}_{0}$	$d_1+5^{+0.20}_{0}$	t_1
30～60	6.5±0.2	0.8 1.0	$D-4.0^{+0.10}_{0}$	$d_1+6^{+0.30}_{0}$	
60～80	8.0±0.2	1.0 1.2	$D-5.0^{+0.10}_{0}$	$d_1+7^{+0.30}_{0}$	
80～130	9.5±0.2	1.2 1.5	$D-5.4^{+0.15}_{0}$	$d_1+9^{+0.40}_{0}$	
130～250	12.0±0.3	1.5 1.8	$D-6.4^{+0.15}_{0}$	$d_1+10^{+0.40}_{0}$	
250～400	16.5±0.3	2.0 2.2	$D-7.6^{+0.20}_{0}$	$d_1+12^{+0.50}_{0}$	

A4.3 紧箍弹簧

紧箍弹簧是由弹簧丝绕制而成的螺线型圆柱状环形弹簧，其结构型式分为 A 型、B 型，如附图 4 所示。



附图 4　紧箍弹簧结构型式

弹簧丝直径 d_s 依照密封圈唇部弹簧槽半径 R_s 大小而变化，一般弹簧的 D_s 与 d_s 之比应在 5～6 范围内。弹簧断面直径 D_s 应与旋转轴唇形密封圈弹簧槽半径 R_s 相一致。其他各参数应符合附表 A4-5 中的规定。绕制成的弹簧截成规定的长度后，首尾相连接，搭接部分 l_s 拧入尾部，要求连接牢固，不许松动。

附表 A4-5　紧箍弹簧基本尺寸　　单位：mm

d_1 >	d_s①	D_s	L_s②		l_s③	拉伸 5%负荷 /N
5～30	$^{0.25}_{0.30}$±0.01	1.6±0.05	$\pi(d_1+a)+l_s\pm2$	$\pm2d_s$	1.0～1.5	0.7～1.0 0.9～1.2
30～60	0.36±0.01	2.0±0.05			1.2～1.5	1.5～2.0
60～80	0.45±0.02	2.5±0.05			1.5～2.0	2.0～3.0
80～130	0.50±0.02	3.0±0.075			1.5～2.0	2.0～3.0
130～250	0.60±0.025	3.5±0.075			2.0～2.5	2.5～3.5
250～400	0.80±0.03	4.0±0.075			3.0～4.0	9.0～12.0

① $d_1\leqslant16$mm 时，d_s 取 0.25mm。
② L_s 的极限偏差为 $\pm2d_s$。
③ 若采用 B 型弹簧时，l_s 应适当加长。

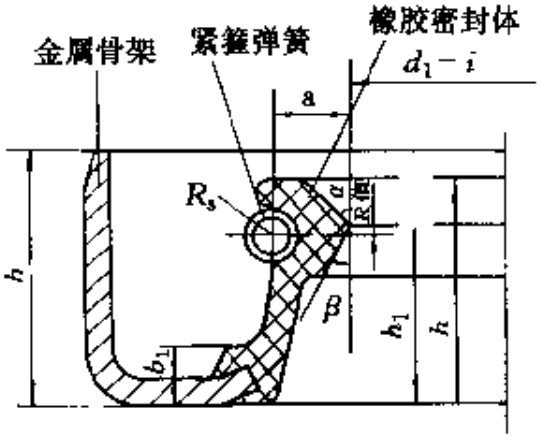
A5 外露骨架旋转轴唇形密封圈结构尺寸
（摘自 GB 9877.2—88，UDC 678—4.075—47）

A5.1 型式和尺寸

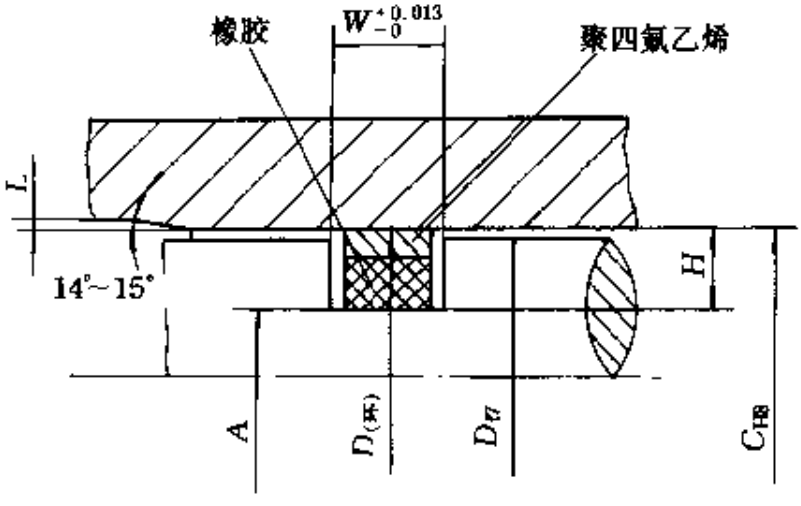
外露骨架旋转轴唇形密封圈分两种基本型式。

（1）W 型 无副唇外露骨架旋转轴唇形密封圈（见附图 5）。

（2）FW 型 有副唇外露骨架旋转轴唇形密封圈（见附图 6）。



附图 5 W 型



附图 6 FW 型

外露骨架旋转轴唇形密封圈基本尺寸系列见附录 A5-1。旋转轴唇

形密封圈唇口、副唇口过盈量和极限偏差应符合同附表 A4-2 内包骨架旋转轴密封圈的规定。

附表 A5-1　外露骨架旋转轴唇形密封圈基本尺寸系列

单位：mm

d_1	D		b		δ
轴的基本直径	基本外径	极限偏差	基本宽度	极限偏差	圆度公差
6	16				
6	22				
7	22				
8	22				
8	24				
9	22				
10	22				
10	25				
12	24				
12	25				
12	30				
15	26				
15	30				
15	35	$^{+0.20}_{+0.06}$			0.18
(16)	28		7	±0.3	
16	30				
(16)	35				
18	30				
18	35				
(18)	40				
20	35				
20	40				
(20)	45				
22	35				
22	40				
22	47				
25	40				
25	47				
25	52	$^{+0.23}_{+0.09}$			0.26
28	40	$^{+0.20}_{+0.08}$			0.18
28	47				
28	52	$^{+0.23}_{+0.09}$			0.26

续表

d_1	D		b		δ
轴的基本直径	基本外径	极限偏差	基本宽度	极限偏差	圆度公差
30	42				
30	47	+0.20 +0.08	7		0.18
(30)	50				
30	52	+0.23 +0.09			0.26
32	45	+0.20 +0.08			0.18
32	47				
32	52	+0.23 +0.09			0.26
35	50	+0.20 +0.08			0.18
35	52				
35	55				
38	55				
38	58				
38	62				
40	55				
(40)	60				
40	62				
42	55		8	±0.3	
42	62				0.26
(42)	65				
45	62	+0.23 +0.09			
45	65				
(45)	70				
50	68				
(50)	70				
50	72				
(52)	72				
(52)	75				
(52)	80				
55	72				
(55)	75				
55	80				
60	80				
60	85				
(60)	90				
(65)	85	+0.25 +0.10			0.30
65	90				
(65)	95		10		

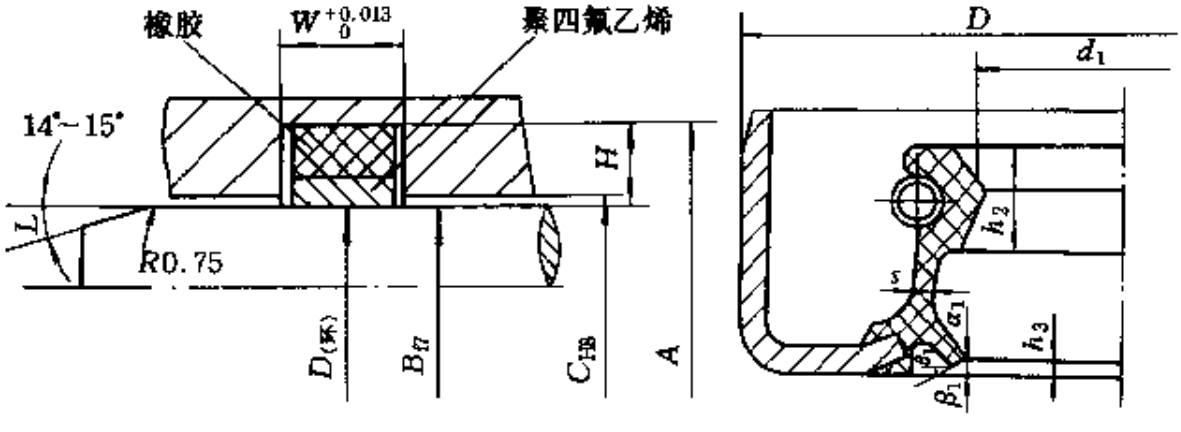
续表

d_1	D		b		δ
轴的基本直径	基本外径	极限偏差	基本宽度	极限偏差	圆度公差
70	90				
70	95				
(70)	100				
75	95				
75	100		10	±0.3	
80	100				
(80)	105	+0.25 +0.10			0.30
80	110				
(85)	105				
85	110				
85	120				
(90)	110				
(90)	115				
90	120				
95	120				
(95)	125				
(95)	130				
100	125				
(100)	130				
(100)	140		12		
(105)	130			±0.4	
(105)	140				0.40
110	140				
(110)	150	+0.28 +0.12			
(115)	140				
(115)	150				
120	150				
(120)	160				
(125)	150				
130	160				
(130)	170				
140	170				
(140)	180				
150	180				
(150)	190		15		
160	190	+0.35 +0.15			0.25% · D
(160)	200				
170	200				
180	210				

续表

d_1	D		b		δ
轴的基本直径	基本外径	极限偏差	基本宽度	极限偏差	圆度公差
190	220	$^{+0.35}_{+0.15}$	15	±0.4	0.25%·D
200	230				
220	250				
240	270				
(250)	290		20		
260	300				
280	320	$^{+0.45}_{+0.20}$			
300	340				
320	360				
340	380				
360	400				
380	420				
400	440				

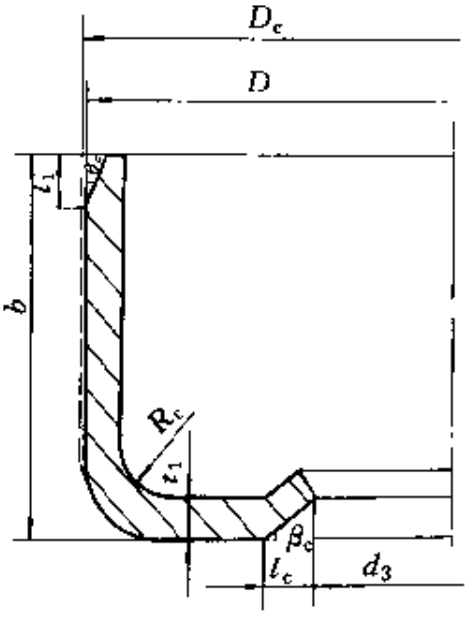
按轴径大小将外露骨架旋转轴唇形密封圈分为六档。其截面示意图见附图 7，主要参数同内包骨架旋转轴唇形密封圈。



附图 7　外露骨架旋转唇形密封圈截面示意图

A5.2　骨架

骨架材料同内包骨架旋转轴唇形密封圈的骨架。外露骨架的结构型式如附图 8 所示。



附图 8　外露骨架结构型式

外露骨架的主要参数应符合附表 A5-2 的规定。

表 A5-2　外露骨架的主要参数　　单位：mm

d_1 >	D_c	t_1	d_3	l_c	α_c	β_c①	l_1	R_c 最大
5～30		0.8 1.0	$d_1+5^{+0.2}_{0}$	2.0	15°～20°	20°	1.0	t_1
30～60		1.2	$d_1+6^{+0.3}_{0}$	2.5			1.2	
60～80	D+加	1.2	$d_1+7^{+0.4}_{0}$	2.5			2.0	
80～130	工余量	1.5	$d_1+9^{+0.4}_{0}$	3.5			2.2	
130～250		2.0 2.2	$d_1+10^{+0.4}_{0}$	3.5			2.5	
250～400		2.2 2.5	$d_1+12^{+0.4}_{0}$	4.0			3.0	

A5.3　紧箍弹簧

见 A4.3。

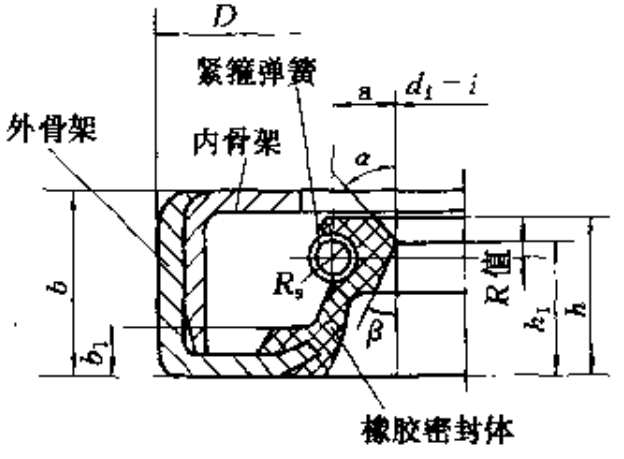
A6 装配式旋转轴唇形密封圈结构尺寸
（摘自 GB 9877.3—88，UDC 678—4.075—47）

A6.1 型式和尺寸

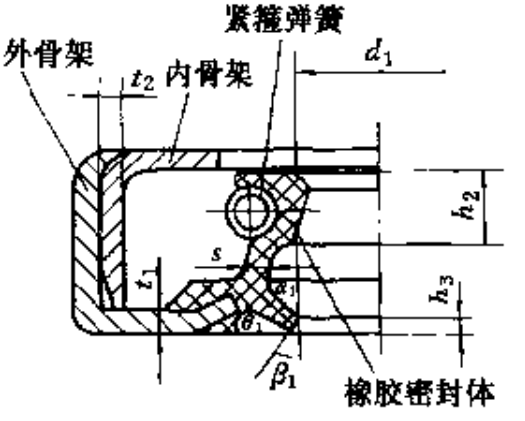
装配式旋转轴唇形密封圈分两种基本型式

（1）Z 型 无副唇装配式旋转轴唇形密封圈（见附图 9）。

（2）FZ 型 有副唇装配式旋转轴唇形密封圈（见附图 10）。



附图 9 Z 型



附图 10 FZ 型

装配式旋转轴唇形密封圈基本尺寸系列见附表 A6-1。装配式旋转轴唇形密封圈唇口过盈量和内径极限偏差应符合附表 A4-2(d_1>60～80)中的规定。旋转轴唇形密封圈在接触有较多的灰尘或雨水等外来杂质的环境中使用时，应采用有副唇的密封圈。副唇口过盈量及内径极限偏差应符合附表 A4-2(d_1>60～80)中的规定。

附表 A6-1 装配式旋转轴唇形密封圈基本尺寸系列 单位：mm

d_1	D		b		δ
轴的基本直径	基本外径	极限偏差	基本宽度	极限偏差	圆度公差
(65)	85				
65	90				
65	(95)				

续表

d_1	D		b		δ
轴的基本直径	基本外径	极限偏差	基本宽度	极限偏差	圆度公差
70	90				
70	95				
(70)	100				
75	95				
75	100				
80	100	$^{+0.25}_{+0.10}$	10	±0.3	0.30
(80)	105				
80	110				
(85)	105				
85	110				
85	120				
(90)	110				
(90)	115				
90	120				
95	120				
(95)	125				
(95)	130				
100	125				
(100)	130				
(100)	140				
(105)	130				
(105)	140				
110	140	$^{+0.28}_{+0.\ .2}$	12	±0.4	0.40
(110)	150				
(115)	140				
(115)	150				
120	150				
120	160				
(125)	150				
130	160				
(130)	170				
140	170				
(140)	180				
150	180		15		
(150)	190	$^{+0.35}_{+0.15}$			0.25% · D

续表

d_1	D		b		δ
轴的基本直径	基本外径	极限偏差	基本宽度	极限偏差	圆度公差
160	190				
(160)	200				
170	200				
180	210		15		
190	220	$^{+0.35}_{+0.15}$			
200	230			±0.4	
220	250				
240	270				0.25%·D
(250)	290				
260	300				
280	320				
300	340				
320	360				
340	380	$^{+0.45}_{+0.20}$	20		
360	400				
380	420				
400	440				

按轴径大小将装配式旋转轴唇形密封圈分为四档。其截面示意图见附图 10 和附图 11，主要参数见附表 A6-2。

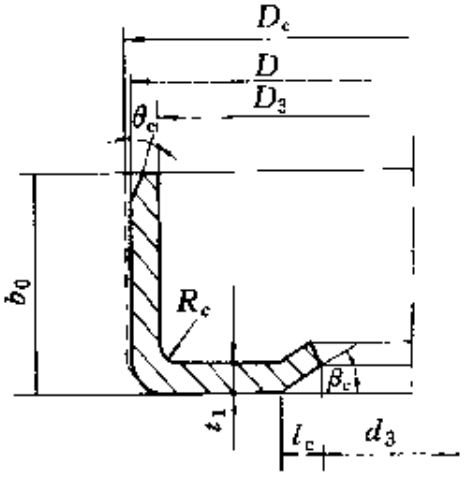
附表 A6-2　装配式旋转轴唇形密封圈截面主要参数

d_1	h	h_1	h_2	h_3	α	β	α_1	θ_1	β_1	s	$R_{值}$	R_6	a	b_1	t_3	t_4
>	mm				度					mm						
60～80	9.0	7.3	4.0	0.3						1.2～1.6	0.6～0.8	1.25	3.5	2.6	1.0	1.0
80～130	11.0	9.2	5.0	0.4	45	25	40	30	50	1.4～1.8	0.6～1.0	1.50	4.2	3.0	1.2	1.0
130～250	13.5	11.2	6.5	0.5	±5	±5	～50	～35	～70	1.6～2.0	0.7～1.1	1.75	5.2	4.0	1.5	1.2
250～400	15.5	12.9	7.2	0.6						2.0～2.4	0.8～1.2	2.00	5.8	5.0	2.0	1.5

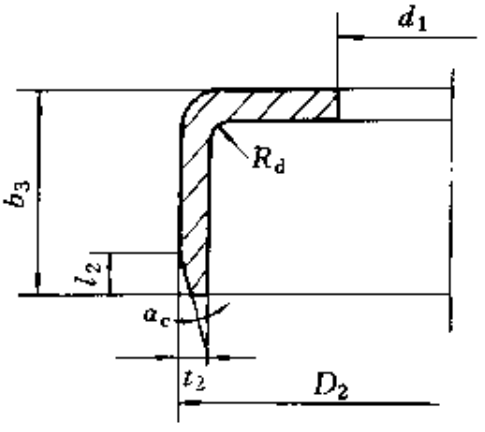
A6.2　内、外骨架

内、外骨架材料同内包骨架旋转轴唇形密封圈的骨架。内、外骨

架的结构型式如附图 11、附图 12 所示。



附图 11　外骨架结构型式



附图 12　内骨架结构型式

外骨架和内骨架的主要参数见附表 A6-3 和附表 A6-4。

附表 A6-3　外骨架主要参数　　单位：mm

d_1 >	D_c	d_3	b_0	t_1	l_c	β_c①	θ_c	R_c 最大
60～80		$d_1+7^{+0.3}_{0}$		1.0	2.5	20°	20°	t_1
80～130	D+加	$d_1+9^{+0.4}_{0}$	b+翻	1.2	3.5			
130～250	工余量	$d_1+10^{+0.4}_{0}$	边余量	1.5	3.5			
250～400		$d_1+12^{+0.5}_{0}$		2.0	4.0			

① β_c 也可取 0°。

附表 A6-4　内骨架主要参数　　单位：mm

d_1 >	D_2	d_4	b_3		t_2	l_2	α_c	R_d 最大
60～80	D_c-2t_1	d_1+10	$b-t_1$	0.2	1.0	2	20°	t_2
80～130		d_1+12		0.3	1.0	2		
130～250		d_1+15		−0.3	1.2	2.5		
250～400		d_1+17		−0.3	1.5	3.5		

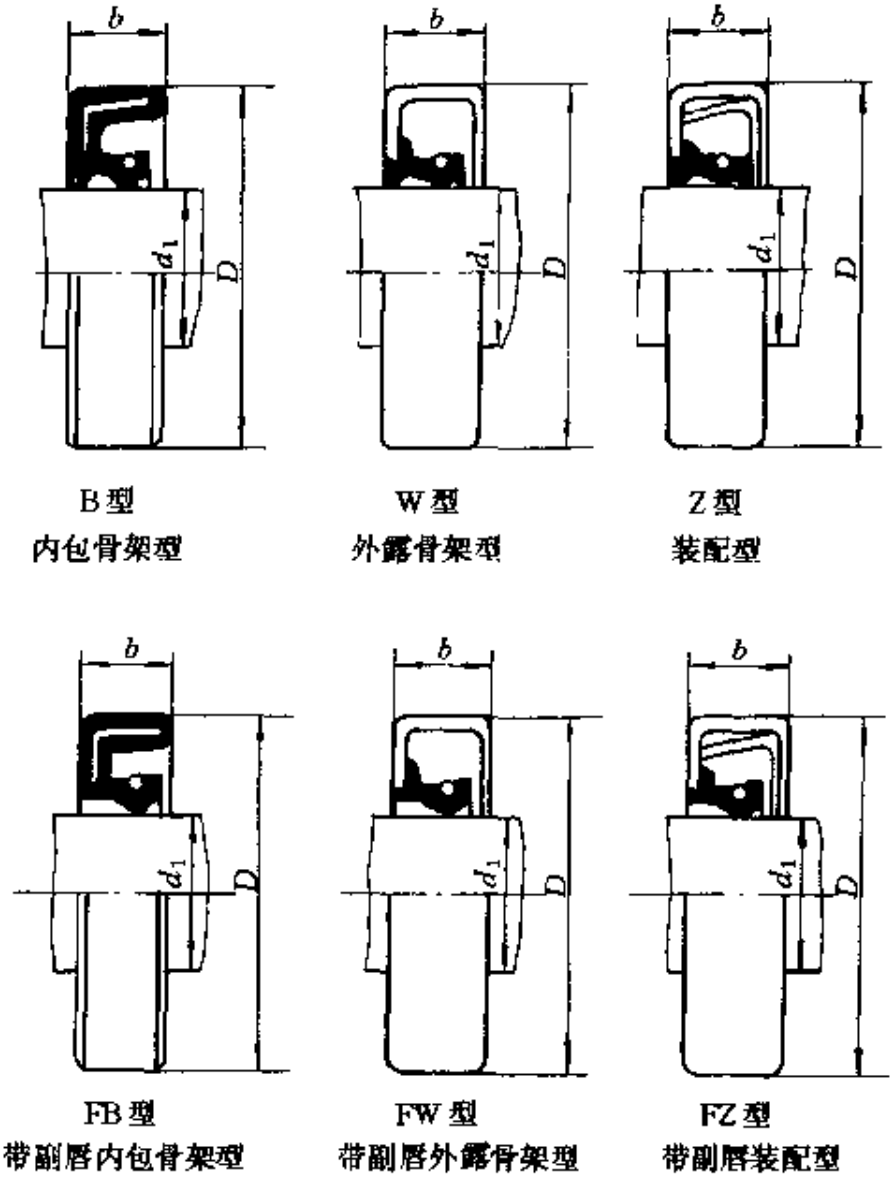
A6.3 紧箍弹簧

见附录 A4.3。

A7 旋转轴唇形密封圈结构尺寸（摘自 GB 13871—92）

A7.1 型式和尺寸

旋转轴唇形密封圈的基本型式及代号如附图 13 所示。



附图 13 密封圈六种基本型式及代号

密封圈的规格代码用密封圈的基本内径（轴的基本直径 d_1）、基本外径（腔体内孔直径 D）表示，列于附表 A7-1。

附表 A7-1　规格代码

d_1/mm	D/mm	规格代码	d_1/mm	D/mm	规格代码
6	16	006016	400	440	400440
70	90	070090			

A7.2　基本尺寸

密封圈的基本尺寸列于附表 A7-2。

附表 A7-2　密封圈的基本尺寸　　单位：mm

d_1	D	b	d_1	D	b
6	16	7	22	35	7
6	22		22	40	
7	22		22	47	
8	22		25	40	
8	24		25	47	
9	22		25	52	
10	22		28	40	
10	25		28	47	
12	24		28	52	
12	25		30	42	
12	30		30	47	
15	26		(30)①	50	
15	30		30	52	8
15	35		32	45	
16	30		32	47	
(16)①	35		32	52	
18	30		35	50	
18	35		35	52	
20	35		35	55	
20	40		38	52	
(20)①	45		38	58	

续表

d_1	D	b	d_1	D	b
38	62	8	(90)①	115	12
40	55		90	120	
(40)①	60		95	120	
40	62		100	125	
42	55		(105)①	130	
42	62		110	140	
45	62		120	150	
45	65		130	160	
50	68		140	170	15
(50)①	70		150	180	
50	72		160	190	
55	72		170	200	
(55)①	75		180	210	
55	80		190	220	
60	80		200	230	
60	85		220	250	
65	85	10	240	270	
65	90		(250)①	290	
70	90		260	300	20
70	95		280	320	
75	95		300	340	
75	100		320	360	
80	100		340	380	
80	110		360	400	
85	110	12	380	420	
85	120		400	440	

① 考虑到国内实际情况，除全部采用国际标准的基本尺寸外，还补充了若干种国内常用的规格，并加括号以示区别。

A7.3 轴和腔体

具体标准详见 GB 13871—92。

A7.4 密封圈公差

密封圈的宽度公差，应按附表 A7-3 规定。密封圈的外径公差应按附表 A7-4 规定。

附表 A7-3 密封圈的宽度公差 单位：mm

宽度 b	公差
$b \leqslant 10$	±0.3
$b > 10$	±0.4

附表 A7-4 密封圈的外径公差 单位：mm

基本外径 D	外径公差		圆度公差	
	外露骨架型	内包骨架型②	外露骨架型①	内包骨架型
$D \leqslant 50$	+0.20 +0.08	+0.30 +0.15	0.18	0.25
$50 < D \leqslant 80$	+0.23 +0.09	+0.35 +0.20	0.25	0.35
$80 < D \leqslant 120$	+0.25 +0.10	+0.35(0.45) +0.20	0.30	0.50
$120 < D \leqslant 180$	+0.28 +0.12	+0.45(0.50) +0.25	0.40	0.65
$180 < D \leqslant 300$	+0.35 +0.15	+0.45(0.55) +0.25	外径的 0.25%	0.80
$300 < D \leqslant 110$	+0.45 +0.20	+0.55(0.65) +0.30	外径的 0.25% 但不超过 0.90	1.00

① 圆度公差等于一等分或多等分测得的最大直径与最小直径之差。

② 密封圈外径表面的橡胶部分，允许为波浪形，但其外径公差应由用户和生产厂商定。

A8 往复运动单向密封橡胶密封圈结构尺寸（摘自 GB 10708.1—89）

A8.1 型式和尺寸

往复运动单向密封橡胶密封圈有以下 3 种型式。

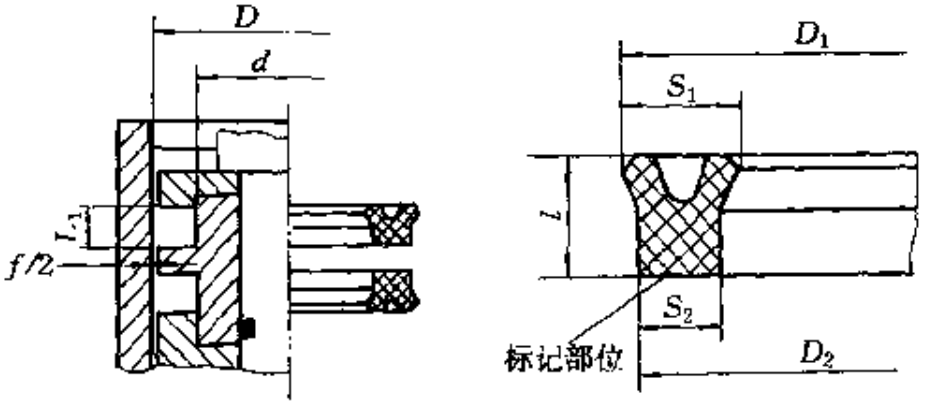
(1) 用于安装在活塞和活塞杆密封腔体 L_1 中的 Y 形橡胶密封圈。

(2) 用于安装在活塞和活塞杆密封腔体 L_2 中的 Y 形橡胶密封圈、蕾形夹织物橡胶密封圈。

(3) 用于安装在活塞和活塞杆密封腔体 L_3 中的 V 形夹织物橡胶组合密封圈。

A8.1.1 活塞密封腔体 L_1 用 Y 形橡胶密封圈

Y 形橡胶密封圈的型式如附图 14 所示，其尺寸和公差应符合附表 A8-1 的规定。



附图 14 活塞密封腔体 L_1 用 Y 形橡胶密封圈的型式

附表 A8-1 活塞密封腔体 L_1 用 Y 形橡胶密封圈的尺寸系列及公差

单位：mm

D	d	L_1	D_1	D_2	D_1、D_2 极限偏差	S_1	S_2	S_1、S_2 极限偏差	l	极限偏差
12	4	5	13	11.5	±0.20	5	3.5	±0.15	4.4	±0.20
16	8		17	15.5						
20	12		21.1	19.4	±0.25					
25	17		26.1	24.4						

续表

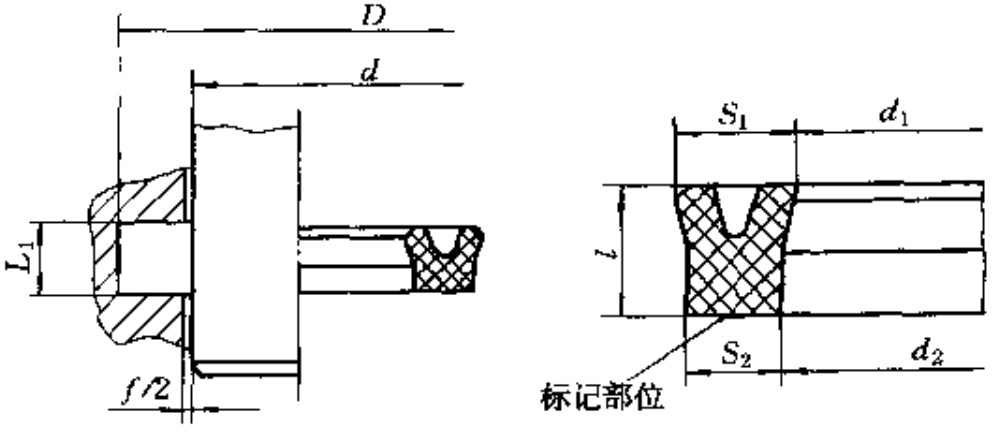
D	d	L_1	D_1	D_2	D_1、D_2 极限偏差	S_1	S_2	S_1、S_2 极限偏差	l	极限偏差
32	24	5	33.1	31.4	±0.25	5	3.5	±0.15	4.4	±0.20
40	32		41.1	39.4						
20	10	6.3	21.2	19.4		6.2	4.4		5.6	
25	15		26.2	24.4						
32	22		33.2	31.4						
40	30		41.2	39.4						
50	40		51.2	49.4	±0.35					
56	46		57.2	55.4						
63	53		64.2	62.4						
50	35	9.5	51.5	49.2		9	6.7		8.5	
56	41		57.5	55.2						
63	48		64.5	62.2						
70	55		71.5	69.2						
80	65		81.5	79.2						
90	75		91.5	89.2						
100	85		101.5	99.2						
110	95		111.5	109.2	±0.45					
70	50	12.5	71.8	69	±0.35	11.8	9		11.3	
80	60		81.8	79						
90	70		91.8	89						
100	80		101.8	99						
110	90		111.8	109						
125	105		126.8	124	±0.45					
140	120		141.8	139						
160	140		161.8	159						
180	160		181.8	179	±0.60					
125	100	16	127.2	123.8	±0.45	14.7	11.3		14.8	
140	115		142.2	138.8						
160	135		162.2	158.8						
180	155		182.2	178.8	±0.50					
200	175		202.2	198.8						
220	195		222.2	218.8						
250	225		252.2	248.8						

续表

D	d	L_1	D_1	D_2	D_1、D_2 极限偏差	S_1	S_2	S_1、S_2 极限偏差	l	极限偏差
200	170		202.8	198.5						
220	190		222.8	218.5	+0.50					
250	220	20	252.8	248.5		17.8	13.5		18.5	
280	250		282.8	278.5						
320	290		322.8	318.5	±0.90			±0.20		±0.25
360	330		362.8	358.5						
400	360		403.5	398						
450	410	25	453.5	448	±1.40	23.3	18		23	
500	460		503.5	498						

A8.1.2　活塞杆密封腔体 L_1 用 Y 形橡胶密封圈

Y 形橡胶密封圈的型式如附图 15 所示，其尺寸和公差应符合附表 A8-2 的规定。



附图 15　活塞杆密封腔体 L_1 用 Y 形橡胶密封圈的型式

附表 A8-2　活塞密封腔体 L_1 用 Y 形橡胶密封圈的尺寸系列及公差

单位：mm

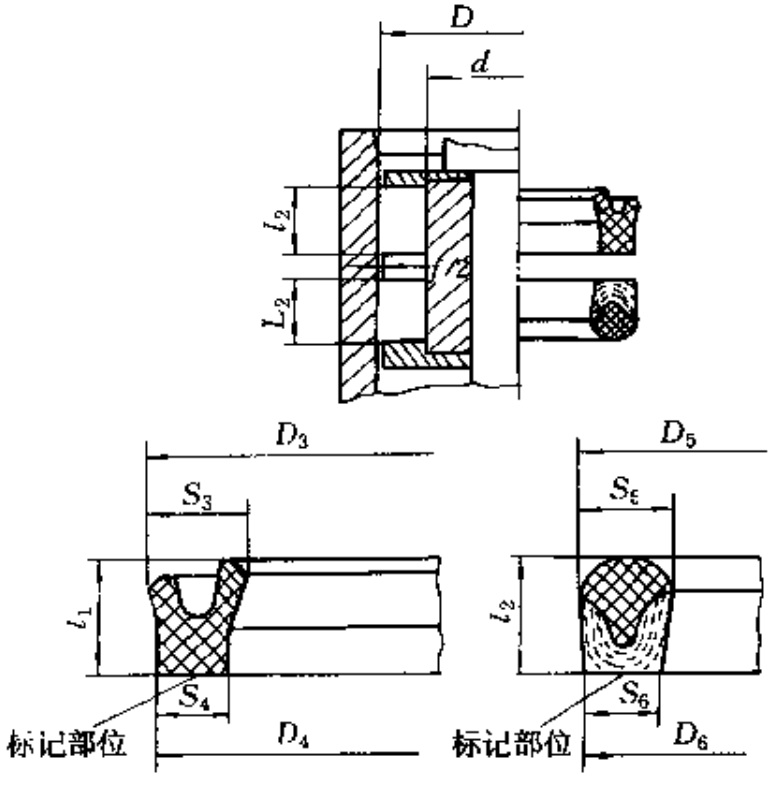
d	D	L_1	d_1	d_2	d_1、d_2 极限偏差	S_1	S_2	S_1、S_2 极限偏差	l	极限偏差
6	14	5	5	6.5	+0.20	5	3.5	±0.15	4.6	±0.20
8	16		7	8.5						
10	18		9	10.5						
12	20		11	12.5						
14	22		13	14.5						
16	24		15	16.5	±0.25					
18	26		17	18.5						
20	28		19	20.5						
22	30		21	22.5						
25	33		24	25.5						
28	38	6.3	26.8	28.6		6.2	4.4		5.6	
32	42		30.8	32.6						
36	46		34.8	36.6						
40	50		38.8	40.6						
45	55		43.8	45.6						
50	60		48.8	50.6						
56	71	9.5	54.5	56.8		9	6.7		8.5	
63	78		61.5	63.8						
70	85		68.5	70.8	±0.35					
80	95		78.5	80.8						
90	105		88.5	90.5						
100	120	12.5	98.2	101		11.8	9		11.3	
110	130		108.2	111	±0.45					
125	145		123.2	126						
140	160		138.2	141						

续表

d	D	L_1	d_1	d_2	d_1、d_2 极限偏差	S_1	S_2	S_1、S_2 极限偏差	l	极限偏差
160	185	16	157.8	161.2	±0.45	14.7	11.3	±0.15	14.8	±0.20
180	205		177.8	181.2	±0.60					
200	225		197.8	201.2						
220	250	20	217.2	221.5		17.8	13.5		18.5	
250	280		247.2	251.5						
280	310		277.2	281.5	±0.90					
320	360	25	316.7	322		23.3	18	±0.20	23	±0.25
360	400		356.7	362						

A8.1.3 活塞密封腔体 L_2 用高低唇 Y 形橡胶密封圈和蕾形夹织物橡胶密封圈

高低唇 Y 形橡胶密封圈和蕾形夹织物橡胶密封圈的型式如附图 16 所示，其尺寸和公差应符合附表 A8-3 的规定。



附图 16 活塞密封腔体 L_2 用橡胶密封圈的型式

附表 A8-3　活塞密封腔体 L_2 用橡胶密封圈的尺寸系列及公差　　单位：mm

D	d	L_2	D_3	D_4	D_3、D_4 极限偏差	D_5	D_6	D_5、D_6 极限偏差	S_3	S_4	S_5	S_6	S_3、S_4、S_5、S_6 极限偏差	l_1	l_2	l_1、l_2 极限偏差
12	4	6.3	13	11.5	+0.20	12.7	11.5	±0.18	5	3.5	4.7	3.5	±0.15	5.8	5.6	±0.20
16	8		17	15.5		16.7	15.5									
20	12		21	19.5	±0.25	20.7	19.5	+0.22								
25	17		26	24.5		25.7	24.5									
32	24		33	31.5		32.7	31.5									
40	32		41	39.5		40.7	39.5									
20	10	8	21.2	19.4		20.8	19.4		6.2	4.4	5.8	4.4		7.3	7	
25	15		26.2	24.4		25.8	24.4									
32	22		33.2	31.4		32.8	31.4									
40	30		41.2	39.4		40.8	39.4									
50	40		51.2	49.4		50.8	49.4									
56	46		57.2	55.4		56.8	55.4									
63	53		64.2	62.4		63.8	62.4									
50	35	12.5	51.5	49.2		51	49.1		9	6.7	8.5	6.6		11.5	11.3	
56	41		57.5	55.2		57	55.1									
63	48		64.5	62.2		64	62.1									

续表

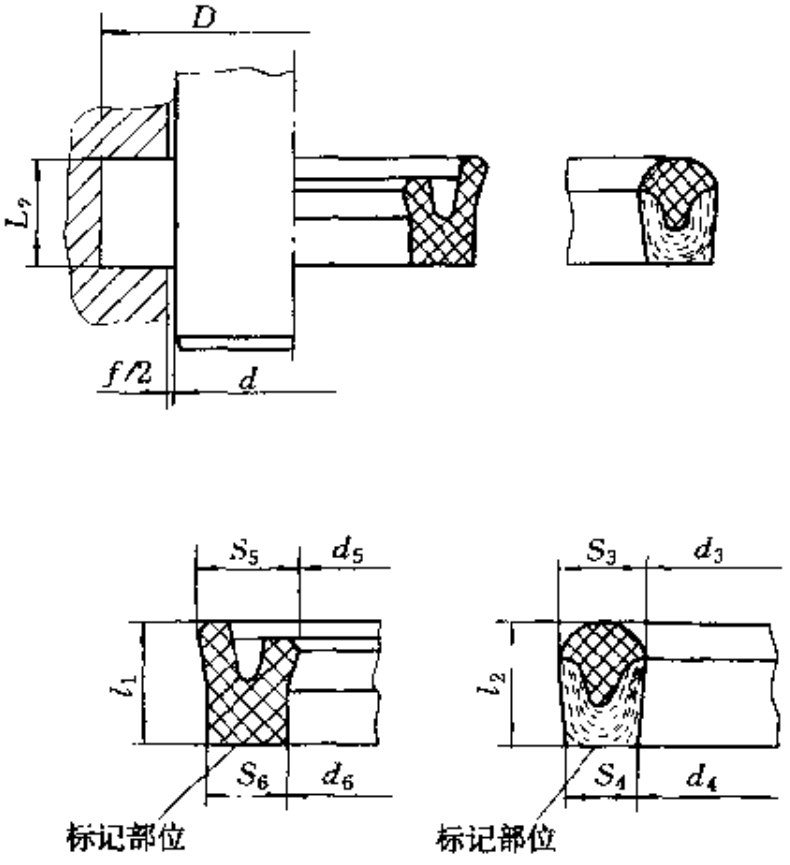
D	d	L_2	D_3	D_4	D_3、D_4 极限偏差	D_5	D_6	D_5、D_6 极限偏差	S_3	S_4	S_5	S_6	S_3、S_4、S_5、S_6 极限偏差	l_1	l_2	l_1、l_2 极限偏差
70	55	12.5	71.5	69.2	±0.35	71	69.1	±0.28	9	6.7	8.5	6.6	±0.15	11.5	11.3	±0.20
80	65		81.5	79.2		81	79.1									
90	75		91.5	89.2		91	89.1									
100	85		101.5	99.2		101	99.1									
110	95		111.5	109.2	±0.45	111	109.1	±0.35								
70	50	16	71.8	69	±0.35	71.2	68.6	±0.28	11.8	9	11.2	8.6	±0.25	15	14.5	
80	60		81.8	79		81.2	78.6									
90	70		91.8	89		91.2	88.6									
100	80		101.8	99		101.2	98.6									
110	90		111.8	109	±0.45	111.2	108.6	±0.35	11.3	9	11.2	8.6	±0.15	15	14.5	
125	105		126.8	124		126.2	123.6									
140	120		141.8	139		141.2	138.6									
160	140		161.8	159		161.2	158.6									
180	160		181.8	179	±0.60	181.2	178.6	±0.45								

续表

D	d	L_2	D_3	D_4	D_3、D_4 极限偏差	D_5	D_6	D_5、D_6 极限偏差	S_3	S_4	S_5	S_6	S_3、S_4、S_5、S_6 极限偏差	l_1	l_2	l_1、l_2 极限偏差
125	100	20	127.2	123.8	±0.45	126.3	123.2	±0.35	14.7	11.3	13.8	10.7	+0.15	18.5	18	±0.20
140	115		142.2	138.8		141.3	138.2									
160	135		162.2	158.8		161.3	158.2									
180	155		182.2	178.8	±0.60	181.3	178.2	±0.45								
200	175		202.2	198.8		201.3	198.2									
220	195		222.2	218.8		221.3	218.2									
250	225		252.2	248.8		251.3	248.2									
200	170	25	202.8	198.5		201.4	198		17.8	13.5	16.4	10.7	±0.20	23	22.5	±0.25
220	190		222.8	218.5		221.4	218									
250	220		252.8	248.5		251.4	248									
280	250		282.8	278.5	±0.90	281.4	278	±0.60								
320	290		322.8	318.5		321.4	318									
360	330		362.8	358.5		361.4	358									
400	360	32	403.3	398	±1.40	401.8	397	±0.90	23.3	18	21.8	17		29	28.5	
450	410		453.3	448		451.8	447									
500	460		503.3	498		501.8	497									

A8.1.4 活塞杆密封腔体 L_2 用高低唇 Y 形橡胶密封圈和蕾形夹织物橡胶密封圈

高低唇 Y 形橡胶密封圈和蕾形夹织物橡胶密封圈的型式如附图 17 所示，其尺寸和公差应符合附表 A8-4 的规定。



附图 17 活塞杆密封腔体 L_2 用橡胶密封圈的型式

A8.1.5 活塞密封腔体 L_3 用 V 形夹织物橡腔组合密封圈

V 形夹织物橡胶组合密封圈的型式如附图 18 所示，其尺寸和公差应符合附表 A8-5 的规定。

A8.1.6 活塞杆密封腔体 L_3 用 V 形夹织物橡胶组合密封圈

V 形夹织物橡胶组合密封圈的型式如附图 19 所示，其尺寸与公差应符合附表 A8-6 的规定。

附表 A8-4　活塞杆密封腔体 L_2 用橡胶密封圈的尺寸系列及公差　　单位：mm

d	D	L_2	d_3	d_4	d_3、d_4 极限偏差	d_5	d_6	d_5、d_6 极限偏差	S_3	S_4	S_5	S_6	S_3、S_4、S_5、S_6 极限偏差	l_1	l_2	l_1、l_2 极限偏差
6	14	6.3	5.3	6.5	±0.18	5	6.5	±0.20	4.7	3.5	5	3.5	+0.15	5.5	5.8	±0.20
8	16		7.3	8.5		7	8.5									
10	18		9.3	10.5		9	10.5									
12	20		11.3	12.5		11	12.5									
14	22		13.3	14.5		13	14.5									
16	24		15.3	16.5		15	16.5									
18	26		17.3	18.5		17	18.5									
20	28		19.3	20.5		19	20.5									
22	30		21.3	22.5	±0.22	21	22.5	±0.25								
25	33		24.3	25.5		24	25.5									
10	20	8	9.2	10.6	±0.18	8.8	10.6	±0.20	5.80	4.40	6.20	4.40		7	7.30	
12	22		11.2	12.6		10.8	12.6									
14	24		13.2	14.6		12.8	14.6									
16	26		15.2	16.6		14.8	16.6									
18	28		17.2	18.6		16.8	18.6									
20	30		19.2	20.6		18.8	20.6									

续表

d	D	L_2	d_3	d_4	d_3、d_4 极限偏差	d_5	d_6	d_5、d_6 极限偏差	S_3	S_4	S_5	S_6	S_3、S_4、S_5、S_6 极限偏差	l_1	l_2	l_1、l_2 极限偏差
22	32	8	21.6	22.6	±0.22	20.8	22.6	±0.25	5.80	4.40	6.20	4.40	±0.15	7	7.30	±0.20
25	35		24.2	25.6		23.8	25.6									
28	38		27.2	28.6		26.8	28.6									
32	42		31.2	32.6		30.8	32.6									
36	46		35.2	36.6		34.8	36.6									
40	50		39.2	40.6		38.8	40.6									
45	55		44.2	45.6		43.8	45.6									
50	60		49.2	50.6		48.8	50.6									
28	43	12.5	27	28.9		26.5	28.8		8.50	6.60	9	6.7		11.30	11.50	
32	47		31	32.9		30.5	32.8									
36	51		35	36.9		34.5	36.8									
40	55		39	40.9		38.5	40.8									
45	60		44	45.9		43.5	45.8									
50	65		49	50.9		48.5	50.8									
56	71		55	56.9		54.5	56.8									

续表

d	D	L_7	d_3	d_4	d_3、d_4 极限偏差	d_5	d_6	d_5、d_6 极限偏差	S_1	S_4	S_5	S_6	S_3、S_4、S_5、S_6 极限偏差	l_1	l_2	l_1、l_2 极限偏差
63	78	12.5	62	63.9	±0.28	61.5	63.8	±0.35	8.50	6.60	9	6.7	±0.15	11.30	11.50	±0.20
70	85		69	70.9		68.5	70.8									
80	95		79	80.9		78.5	80.8									
90	105		89	90.9		88.5	90.8									
56	76	16	54.8	57.4	±0.22	54.2	57	±0.25	11.20	8.60	11.80	9		14.50	15	
63	83		61.8	64.4		61.2	64									
70	90		68.8	71.4	±0.28	68.2	71	±0.35								
80	100		78.8	81.4		78.2	81									
90	110		88.8	91.4		88.2	91									
100	120		98.8	101.4		98.2	101									
110	130		108.8	111.4	±0.35	108.2	111	±0.45								
125	145		123.8	126.4		123.2	126									
140	160		138.8	141.4		138.2	141									
100	125	20	98.7	101.8		97.8	101.2		13.80	10.70	14.70	11.30		18	18.50	

续表

d	D	L_2	d_3	d_4	d_3、d_4 极限偏差	d_5	d_6	d_5、d_6 极限偏差	S_3	S_4	S_5	S_6	S_3、S_4、S_5、S_6 极限偏差	l_1	l_2	l_1、l_2 极限偏差
110	135	20	108.7	111.8	±0.35	107.8	111.2	±0.45	13.80	10.70	14.70	11.30	±0.15	18	18.50	±0.20
125	150		123.7	126.8		122.8	126.2									
140	165		138.7	141.8		137.8	141.2									
160	185		158.7	161.8		157.8	161.2									
180	205		178.7	181.8	±0.45	177.8	181.2	±0.60								
200	225		198.7	201.8		197.8	201.2									
160	190	25	158.6	162		157.2	161.5		16.4	13	18.5	13.5	±0.20	22.5	23	±0.25
180	210		178.6	182		177.2	181.5									
200	230		198.6	202		197.2	201.5									
220	250		218.6	222		217.2	221.5									
250	280		248.6	252		247.2	251.5									
280	310		278.6	282	±0.60	277.2	281.5	±0.90								
320	360	32	318.2	323		316.7	322		21.8	17	23.3	18		28.5	29	
360	400		358.2	363		357.7	362									

附表 A8-5　活塞密封腔体 L_3 组合密封圈的尺寸系列及公差　　单位：mm

D	d	L_3	D_7	D_8	D_7、D_8 极限偏差	D_9	极限偏差	S_7	S_8	S_9	S_7、S_8、S_9 极限偏差	l_3	l_4	l_5	l_3、l_4、l_5 极限偏差	V 形圈数量
20	10	16	20.6	19.7	±0.22	20.8	±0.25	5.6	4.7	5.8	±0.15	3	6	6.5	±0.20	2
25	15		25.6	24.7		25.8										
32	22		32.6	31.7		32.8										
40	30		40.6	39.7		40.8										
50	40		50.6	49.7		50.8										
56	46		56.6	55.7		56.8										
63	53		63.6	62.7		63.8										
50	35	25	50.7	49.5		51.1		8.2	7	8.6		4.5	8	8		
56	41		56.7	55.5		57.1										
63	48		63.7	62.5		64.1										
70	55		70.7	69.5	±0.28	71.1	±0.35									
80	65		80.7	79.5		81.1										
90	75		90.7	89.5		91.1										

续表

D	d	L_4	D_7	D_8	D_7、D_8 极限偏差	D_9	极限偏差	S_7	S_8	S_9	S_7、S_8、S_9 极限偏差	l_3	l_4	l_5	l_3、l_4、l_5 极限偏差	V形圈数量
100	85	25	100.7	99.5	±0.28	101.1	±0.35	8.2	7	8.6	±0.15	4.5	8	8	±0.20	2
110	95		110.7	109.5		111.1										
70	50	32	70.8	69.4		71.3		10.8	9.4	11.3		5	10	11		
80	60		80.8	79.4		81.3										
90	70		90.8	89.4		91.3										
100	80		100.8	99.4		101.3										
110	90		110.8	109.4	±0.35	111.3	±0.45									
125	105		125.8	124.4		126.3										
140	120		140.8	139.4		141.3										
160	140		160.8	159.4		161.3										
180	160		180.8	179.4		181.3										
125	100	40	126	124.4		126.6		13.5	11.9	14.1		6	12	15		
140	115		141	139.4		141.6										

续表

D	d	L_3	D_7	D_8	D_7、D_8 极限偏差	D_9	极限偏差	S_7	S_8	S_9	S_7、S_8、S_9 极限偏差	l_3	l_4	l_5	l_3、l_4、l_5 极限偏差	V 形圈数量
160	135	40	161	169.4	±0.35	161.6	±0.45	13.5	11.9	14.1	±0.15	6	12	15	±0.20	2
180	155		181	179.4		181.6										
200	175		201	199.4	±0.45	201.6	±0.60									
220	195		221	219.4		221.6										
250	225		251	249.4		251.6										
200	170	50	201.3	199.2		201.9		16.3	14.2	16.8		6.5		17.5	±0.25	3
220	190		221.3	219.2		221.9										
250	220		251.3	249.2		251.9										
280	250		281.3	279.2	±0.60	281.9	±0.90									
320	290		321.3	319.2		321.9										
360	330		361.3	359.2		361.9										
400	360	63	401.6	399	±0.90	402.1	±1.20	21.6	19	22.1	±0.20	7	14	26.5		
450	410		451.6	449		452.1										
500	460		501.6	499		502.1										

附表 A8-6　活塞杆密封腔体 L_3 用组合密封圈的尺寸系列及公差　　单位：mm

d	D	L_3	d_7	d_8	d_7、d_8 极限偏差	S_7	S_8	S_7、S_8 极限偏差	l_3	l_4	l_5	l_3、l_4、l_5 极限偏差	V 形圈数量
6	14	14.5	5.5	6.3	±0.18	4.50	3.70	±0.15	2.5	6	3	±0.20	2
8	16		7.5	8.3									
10	18		9.5	10.3									
12	20		11.5	12.3									
14	22		13.5	14.3									
16	24		15.5	16.3									
18	26		17.5	18.3	±0.22								
20	28		19.5	20.3									
22	30		21.5	22.3									
25	33		24.5	25.3									
10	20	16	9.4	10.3		5.60	4.70		3	6.50			
12	22		11.4	12.3									
14	24		13.4	14.3									
16	26		15.4	16.3									
18	28		17.4	18.3									

续表

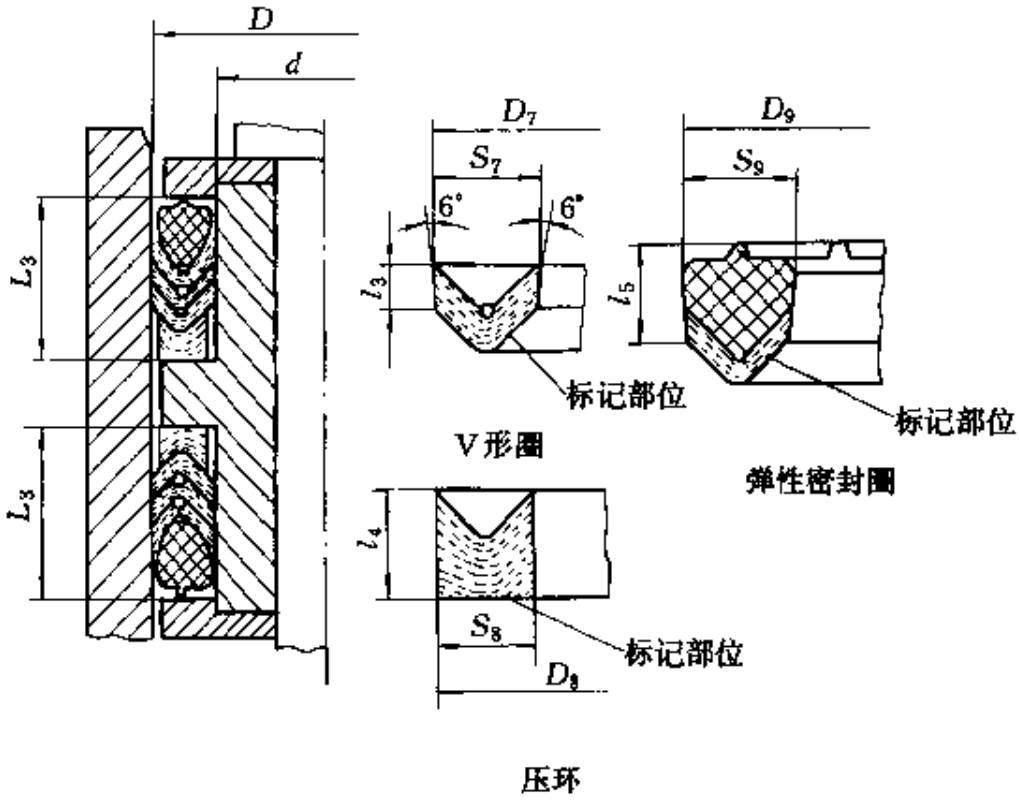
d	D	L_3	d_7	d_8	d_7、d_8 极限偏差	S_7	S_8	S_7、S_8 极限偏差	l_3	l_4	l_5	l_3、l_4、l_5 极限偏差	V 形圈数量
20	30	16	19.4	20.3	±0.22	5.60	4.70	±0.15	3	6.50	3	±0.20	2
22	32		21.4	22.3									
25	35		24.4	25.3									
28	38		27.4	28.3									
32	42		31.4	32.3									
36	46		35.4	36.3									
40	55		39.4	40.3									
45	55		44.4	45.3									
50	60		49.4	50.3									
28	43	25	27.3	28.5		8.20	7		4.50	8			3
32	47		31.3	32.5									
36	51		35.3	36.5									
40	55		39.3	40.5									
45	60		44.3	45.5									
50	65		49.3	50.5									

续表

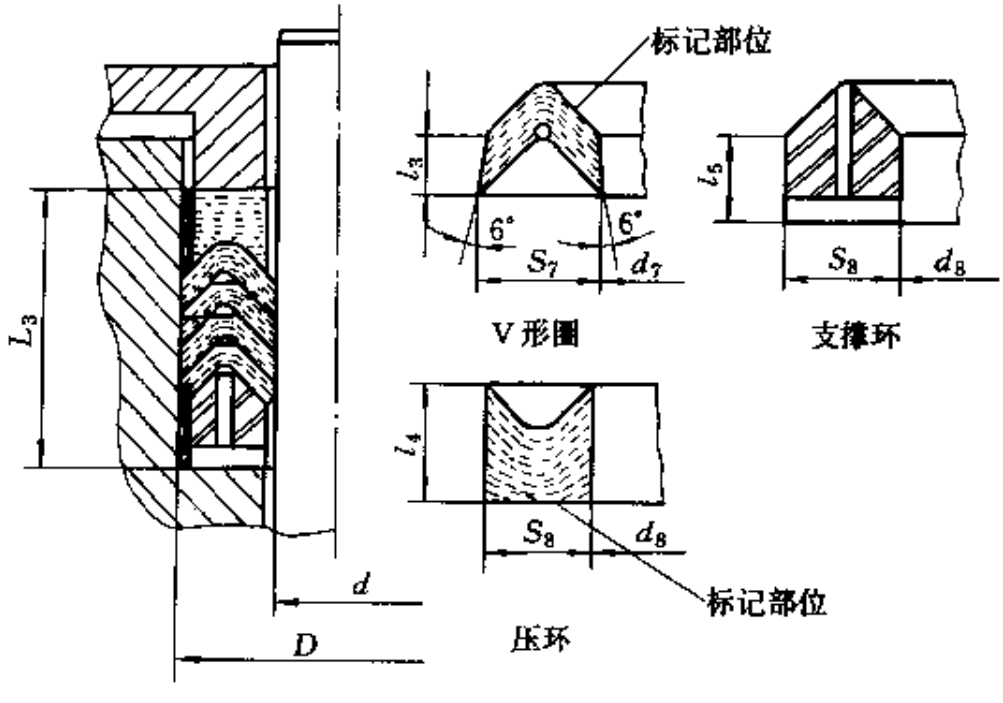
d	D	L_3	d_7	d_8	d_7、d_8 极限偏差	S_7	S_8	S_7、S_8 极限偏差	l_3	l_4	l_5	l_3、l_4、l_5 极限偏差	V 形圈数量
56	71	25	55.3	56.5	±0.22	8.20	7	±0.15	4.50	8	3	±0.20	3
63	78		62.3	63.5									
70	85		69.3	70.5	±0.30								
80	95		79.3	80.5									
90	105		89.3	90.5									
56	76	32	55.2	56.6	±0.22	10.8	9.4		6	10			
63	83		62.2	63.6									
70	90		69.2	70.6	±0.30								
80	100		79.2	80.6									
90	110		89.2	90.6									
100	120		99.2	100.6									
110	130		109.2	110.6									
125	145		124.2	125.6	±0.35								
140	160		139.2	140.6									

续表

d	D	L_3	d_7	d_8	d_7、d_8 极限偏差	S_7	S_8	S_7、S_8 极限偏差	l_3	l_4	l_5	l_3、l_4、l_5 极限偏差	V 形圈数量
100	125	40	99	100.6	±0.35	13.5	11.9	±0.15	6	12	3	±0.25	4
110	135		109	110.6									
125	150		124	125.6									
140	165		139	140.6									
160	185		159	160.6									
180	205		179	180.6	±0.45								
200	225		199	200.6									
160	190	50	158.8	160.8	±0.35	16.2	14.2	±0.20	6.5	14			5
180	210		178.8	180.8	±0.45								
200	230		198.8	200.8									
220	250		218.8	220.8									
250	280		248.8	250.8									
280	310		278.8	280.8	±0.60								
320	360	63	318.4	321		21.6	19	±0.20	7	15.5	4		6
360	400		358.4	361									



附图 18　活塞密封腔体 L_3 用组合密封圈的型式



附图 19　活塞杆密封腔体 L_3 用组合密封圈的型式

A9 往复运动双向密封橡胶密封圈结构尺寸
（摘自 GB 10708.2—89）

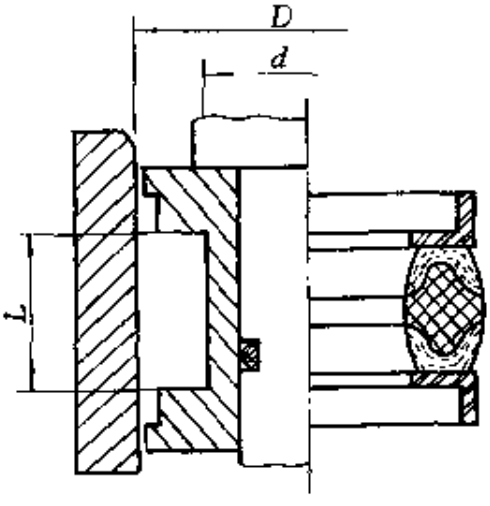
A9.1 型式和尺寸

双向密封橡胶密封圈有两种基本型式。

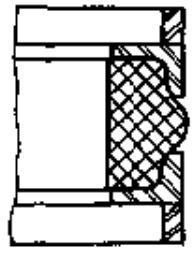
（1）第一种型式由一个鼓形夹织物橡胶密封圈和二个 L 形塑料环组成，如附图 20 所示。

（2）第二种型式由一个山形橡胶密封圈和两个 J 形塑料环，两个矩形塑料环组成，如附图 21 所示。

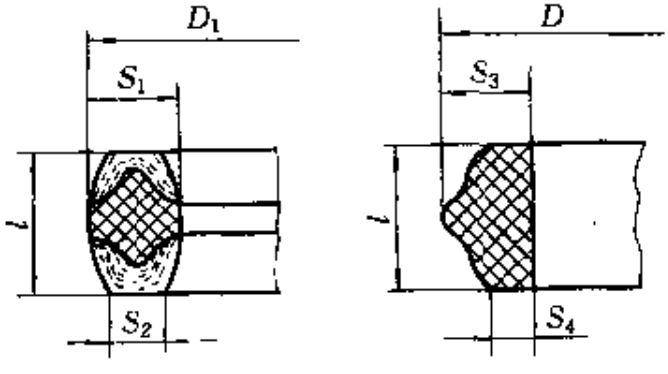
鼓形夹织物橡胶密封圈和山形橡胶密封圈，如附图 22 所示，其主要尺寸和公差应符合附表 A9-1 的规定。



附图 20 第一种密封结构型式



附图 21 第二种密封结构型式



附图 22 鼓形和山形橡胶密封圈

附表 A9-1　鼓形夹织物橡胶密封圈和山形橡胶密封圈的主要尺寸系列及公差　　单位：mm

D	d	L	D_1	D_1 极限偏差	S_1	S_2	S_3	S_4	S_1、S_2 S_3、S_4 极限偏差	l	极限偏差
25	17	10	25.6	±0.22	4.6	3.4	4.7	2.5	±0.15	6.5	±0.20
32	24		32.6								
40	32		40.6								
25	15	12.5	25.7		5.7	4.2	5.8	3.2		8.5	
32	22		32.7								
40	30		40.7								
50	40		50.7								
56	46		56.7								
63	53		63.7								
50	35	20	50.9	±0.28	8.4	6.5	8.5	4.5		14.5	
56	41		56.9								
63	48		63.9								
70	55		70.9								
80	65		80.9								
90	75		90.9								
100	85		100.9								
110	95		110.9								
80	60	25	81		11	8.7	11.2	5.5		18	
90	70		91								
100	80		101								
110	90		111	±0.35							
125	105		126								
140	120		141								
160	140		161								
180	160		181	±0.45							
125	100	32	126.3		13.7	10.8	13.9	7		24	
140	115		141.3								
160	135		161.3								
180	155		181.3								
200	170	36	201.5		16.5	12.9	16.7	8.8	±0.20	28	±0.25
220	190		221.5								
250	220		251.5								
280	250		281.5	±0.60							
320	290		321.5								
360	330		361.5								
400	360	50	401.8	±0.90	21.8	17.5	22	12		40	
450	410		451.8								
500	460		501.8								

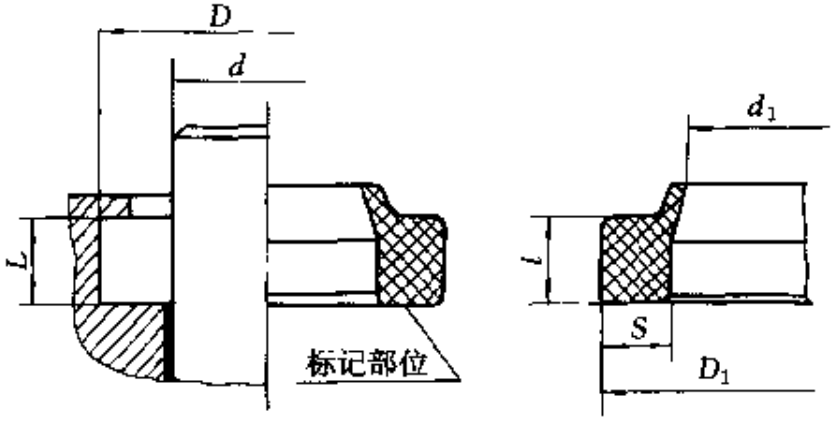
A10 往复运动橡胶防尘密封圈结构尺寸
（摘自GB 10708.3—89）

A10.1 型式和尺寸

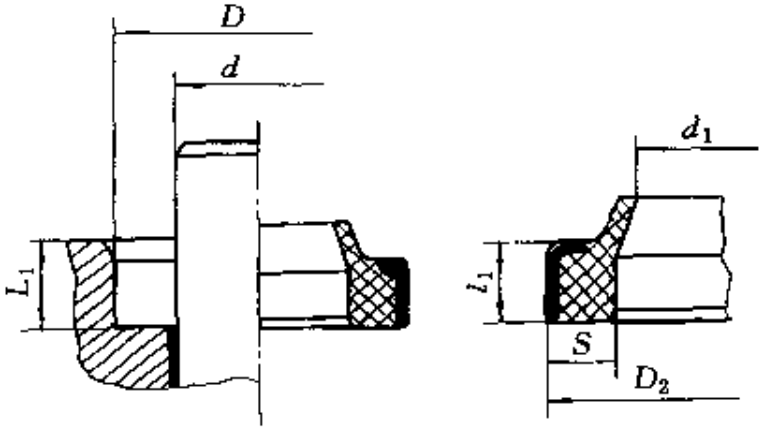
橡胶防尘密封圈有三种基本型式。

（1）第一种型式是一种纯橡胶圈，它适于安装在A型密封腔体内起防尘作用。其A型密封结构型式如附图23所示；尺寸系列和公差应符合附表A10-1的规定。

（2）第二种型式是一种有金属骨架的橡胶圈，它适于安装在B型密封腔体内起防尘作用。其B型密封结构型式如附图24所示；尺寸系列和公差应符合附表A10-2的规定。

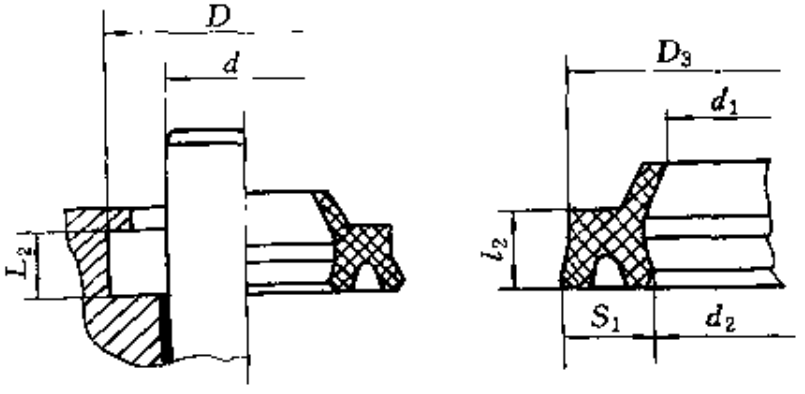


附图23 A型密封结构型式



附图24 B型密封结构型式

(3) 第三种型式是一种有双向唇的橡胶圈，它适于安装在C型密封腔体内起防尘和辅助密封作用。其C型密封结构型式如附图25所示；尺寸系列和公差应符合附表A10-3的规定。



附图25　C型密封结构型式

附表A10-1　A型密封型式的尺寸系列及公差　单位：mm

d	D	L	d_1	极限偏差	D_1	极限偏差	S	极限偏差	l	极限偏差
6	14	5	4.6	±0.15	14	±0.15	3.5	±0.15	5	$^{-0.30}_{0}$
8	16		6.6		16					
10	18		8.6		18					
12	20		10.6		20					
14	22		12.5	±0.25	22					
16	24		14.5		24					
18	26		16.5		26					
20	28		18.5		28					
22	30		20.5		30					
25	33		23.5		33					
28	36		26.5		36					
32	40		30.5		40					
36	44		34.5		44					
40	48		38.5		48					
45	53		43.5		53					
50	58		48.5		58					
56	66	6.3	53		66	±0.35	4.3		6.3	
60	70		58		70					
63	73		61		73					
70	80		68	±0.35	80					

续表

d	D	L	d_1	极限偏差	D_1	极限偏差	S	极限偏差	l	极限偏差
80	90	6.3	78	±0.35	90	±0.35	4.3	±0.15	6.3	−0.30 0
90	100		88		100					
100	115	9.5	97.5	±0.45	115	±0.45	6.5		9.5	
110	125		107.5		125					
125	140		122.5		140					
140	155		137.5		155					
160	175		157.5		175					
180	195		167.5	±0.60	195	±0.60				
200	215		197.5		215					
220	240	12.5	217		240		8.7		12.5	
250	270		247		270					
280	300		277	±0.90	300	±0.90				
320	340		317		340					
360	380		357		380					

附表 A10-2　B 型密封型式的尺寸系列及公差　单位：mm

d	D	L_1	d_1	极限偏差	D_2	极限偏差	S	极限偏差	l_1	极限偏差
6	14	5	4.6	±0.15	14	S7	3.5	±0.15	5	−0.30 0
8	16		6.6		16					
10	18		8.6		18					
12	22	7	10.5	±0.25	22		4.3		7	
14	24		12.5		24					
16	26		14.5		26					
18	28		16.5		28					
20	30		18.5		30					
22	32		20.5		32					
25	35		23.5		35					
28	38		26.5		38					
32	42		30		42					
36	46		34		46					
40	50		38		50					
45	55		43		55					
50	60		48		60					
60	70		58		70					
63	73		61		73					

续表

d	D	L_1	d_1	极限偏差	D_2	极限偏差	S	极限偏差	l_1	极限偏差
70	80	7	68	±0.35	80	S7	4.3	±0.15	7	−0.30 0
80	90		78		90					
90	100		88		100					
100	115	9	97.5	±0.45	115		6.5		9	−0.35 0
110	125		107.5		125					
125	140		122.5		140					
140	155		137.5		155					
160	175		157.5		175					
180	195		177.5	±0.60	195					
200	215		197.5		215					
220	240	12	217		240		8.7		12	−0.40 0
250	270		247		270					
280	300		317	±0.90	300					
320	340		357		340					
360	380		377		380					

附表 A10-3　C 型密封型式的尺寸系列及公差　单位：mm

d	D	L_2	d_1	d_2	d_1、d_2 极限偏差	D_3	极限偏差	S_1	极限偏差	l_1	极限偏差
12	18	4	10.8	11.2	±0.20	18	+0.10 −0.25	4.2	±0.15	4	−0.30 0
14	20		12.8	13.2		20					
18	24		16.8	17.2		24					
22	28		20.8	21.2		28					
28	36	5	26.5	27	±0.25	36	+0.10 −0.35	5.5		5	
36	44		34.5	35		44					
45	53		43.5	44		53					
56	66	6	54.2	54.8		66		6.8		6	
70	80		68.2	68.8	±0.35	80	+0.10 −0.40				
90	100		88.2	88.8		100					
110	125	8.5	107.8	108.4	±0.45	125	+0.15 −0.50	9.8		8.5	
140	155		137.8	138.4		155					

附录B　模具设计常用数据

B1　常用法定计量单位及其换算

常用法定计量单位及其换算列于附表B1。

附表B1　常用法定计量单位及其换算

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
长度	米	m	公里		1公里$=10^3$m
	海里	n mile	费密		1费密$=$1fm$=10^{-15}$m
			埃	Å	1Å$=$0.1nm$=10^{-10}$m
			英尺	ft	1ft$=$0.3048m
			英寸	in	1in$=$0.0254m
			英里	mile	1mile$=$1609.344m
			密耳	mil	1mil$=25.4\times10^{-6}$m
面积	平方米	m^2	公亩	a	1a$=10^2m^2$
			公顷	ha	1ha$=10^4m^2$
			平方英尺	ft^2	1$ft^2$$=0.0929030m^2$
			平方英寸	in^2	1$in^2$$=6.4516\times10^{-4}m^2$
			平方英里	$mile^2$	1$mile^2$$=2.58999\times10^6m^2$
体积、容积	立方米	m^3	立方英尺	ft^3	1$ft^3$$=0.0283168m^3$
	升	L,(l)	立方英寸	in^3	1in$=1.63871\times10^{-5}m^3$
			英加仑	UKgal	1UKgal$=$4.54609dm^3
			美加仑	USgal	1USgal$=$3.78541dm^3
质量	千克,(公斤)	kg	磅	lb	1lb$=$0.45359237kg
	吨	t	英担	cwb	1cwb$=$50.8023kg
	原子质量单位	u	英吨	ton	1ton$=$1016.05kg
			盎司	oz	1oz$=$28.3495g
			格令	gr,gn	1gr$=$0.06479891g
			夸特	qr,qtr	1qr$=$12.7006kg
			米制克拉		1米制克拉$=2\times10^{-4}$kg

续表

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
热力学温度	开[尔文]	K			表示温度差和温度间隔时：1℃＝1K
	摄氏温度	℃			表示温度的数值时：摄氏温度值℃＝(热力学温度值K－273.15)
			华氏温度	F	表示温度差和间隔时 $1F=\frac{5}{9}℃$，表示温度数值时 $K=\frac{5}{4}(F+459.67)℃=\frac{5}{9}(F-32)$
			兰氏温度	°R	表示温度数值时：$℃=\frac{5}{9}°R-273.15$；$K=\frac{5}{9}°R$
旋转速度	转每分	r/min	转每秒	r/s，rev/s	1r/s＝(1/60)r/min
				rpm	1rpm＝1r/min
力；重力	牛[顿]	N	达因	dyn	$1dyn=10^{-5}N$
			千克力	kgf	1kgf＝9.80665N
			磅力	lbf	1lbf＝4.44822N
			吨力	tf	$1tf=9.8065\times10^{3}N$
压力，压强；应力	帕[斯卡]	Pa	巴	bar	$1bar=10^{5}Pa$
			千克力每平方厘米	kgf/cm^2	$1kgf/cm^2=0.0980665MPa$
			毫米水柱	mmH_2O	$1mmH_2O=9.80665Pa$
			毫米汞柱	mmHg	1mmHg＝133.322Pa
			托	Torr	1Torr＝133.322Pa
			工程大气压	at	1at＝98066.5Pa＝98.0665kPa
			标准大气压	atm	1atm＝101325Pa＝101.325kPa
			磅力每平方英尺	lbf/ft^2	$1lbf/ft^2=47.8803Pa$
			磅力每平方英寸	lbf/in^2	$1lbf/in^2=6894.76Pa=6.89476kPa$

续表

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
能量；功；热	焦[耳]	J	尔格	erg	$1erg=10^{-7}J$
	电子伏	eV			1kW·h=3.6MJ
	千瓦小时	kW·h	千克力米	kgf·m	1kgf·m=9.80665J
			英马力小时	hp·h	1hp·h=2.68452MJ
			卡	cal	1cal=4.1868J
			热化学卡	cal_{th}	$1cal_{th}=4.1840J$
			马力小时		1马力小时=2.64779MJ
			电工马力小时		1电工马力小时=2.68560MJ
			英热单位	Btu	1Btu=1055.06J=1.05506kJ
功率，辐射通量	瓦[特]	W	千克力米每秒	kgf·m/s	1kgf·m/s=9.80665W
			马力，米制马力	法 ch，CV；德 PS	1ch=735.499W
			英马力	hp	1hp=745.700W
			电工马力		1电工马力=746W
			卡每秒	cal/s	1cal/s=4.1868W
			千卡每小时	kcal/h	1kcal/h=1.163W
			热化学卡每秒	cal_{th}/s	$1cal_{th}/s=4.184W$
			乏	var	1var=1W
			每小时英热单位	Btu/h	1Btu/h=0.293071W
速度	米每秒	m/s	英尺每秒	ft/s	1ft/s=0.3048m/s
	节	kn	英寸每秒	in/s	1in/s=0.0254m/s
	千米每小时	km/h	英里每小时	mile/h	1mile/h=0.44704m/s
	米每分	m/min			1km/h=0.277778m/s
					1m/min=0.0166667m/s
力矩	牛顿米	N·m	千克力米	kgf·m	1kgf·m=9.80665N·m
			磅力英尺	lbf·ft	1lbf·ft=1.35582N·m
			磅力英寸	lbf·in	1lbf·in=0.112985N·m

续表

物理量名称	法定计量单位		非法定计量单位		单位换算
	单位名称	单位符号	单位名称	单位符号	
传热系数	瓦特每平方米开尔文	W/(m²·K)	卡每平方厘米秒开尔文	cal/(cm²·s·K)	1cal/(cm²·s·K)=41868W/(m²·K)
			千卡每平方米小时开尔文	kcal/(m²·h·K)	1kcal/(m²·h·K)=1.163W/(m²·K)
			英热单位每平方英尺小时华氏度	Btu/(ft²·h·F)	1Btu/(ft²·h·F)=5.67826W/(m²·K)
热导率(导热系数)	瓦特每米开尔文	W/(m·K)	卡每厘米秒开尔文	cal/(cm·s·K)	1cal/(cm²·s·K)=418.68W/(m·K)
			千卡每米小时开尔文	kcal/(m·h·K)	1kcal/(m·h·k)=1.163W/(m·K)
			英热单位每英尺小时华氏度	Btu/(ft·h·F)	1Btu/(ft·h·F)=1.73073W/(m·K)

B2 长度单位换算

长度单位换算列于附表B2。

附表B2 长度单位换算

米	厘米	毫米	忽米①	微米	英尺	英寸
1	100	1000	100000	1000000	3.2808	39.37
0.01	1	10	1000	10000	0.0328	0.3937
0.001	0.1	1	100	1000	0.00328	0.03937
0.00001	0.001	0.01	1	10	0.0000328	0.0003937
0.000001	0.0001	0.001	0.1	1	0.00000328	0.00003937
0.3048	30.48	304.8	30480.37	304803.706	1	12
0.0254	2.54	25.4	2540.03	25400.3	0.0833	1

① 工厂习惯把忽米称作"丝"或"道"。

B3 常用材料的密度

常用材料的密度列于附表B3。

附表B3 常用材料的密度

材料名称	密度 /(g/cm³)	材料名称	密度 /(g/cm³)
碳钢	7.8～7.85	锡青铜	8.7～8.9
铸钢	7.8	工业用铝	2.7
合金钢	7.9	铅	11.37
镍铬钢	7.9	锡	7.29
灰铸铁	7.0	银	10.5
可锻铸铁	7.3	镁合金	1.74
紫铜	8.9	尼龙66	1.14～1.15
黄铜	8.4～8.85	橡胶制品	1.8～2.3