Rubber

橡胶制品配方

XIANGJIAO ZHIPIN PEIFANG

张玉龙 齐贵亮 主编

中国纺织出版社

Rubber

橡胶制品配方

XIANGJIAO ZHIPIN PEIFANG

上架分类：化工/材料/橡胶

ISBN 978-7-5064-5721-7

9 787506 457217 >

定价：32.00元

策划编辑：朱萍萍
责任编辑：赵东瑾
封面设计：畫子 中子画艺术设计

橡胶制品配方

张玉龙　齐贵亮　主编

中国纺织出版社

内 容 提 要

本书为读者提供了目前国内市场上各类常见、畅销橡胶制品的配方，包括橡胶轮胎、橡胶胶带、胶管、胶辊、工业胶板与耐腐蚀衬里、橡胶减震制品、橡胶密封制品和胶鞋等。除基本配方外，还介绍了制品的主要性能与评价，以便让读者全面掌握此配方。

本书所列举的制品原料易得，操作切实可行，适于中小型企业生产，并可满足应用企业的需求，极具实用性。本书也可供从事橡胶研究、产品设计、经营管理和销售的人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

橡胶制品配方/张玉龙，齐贵亮主编.—北京：中国纺织出版社，2009.8

ISBN 978-7-5064-5721-7

Ⅰ.橡… Ⅱ.①张…②齐… Ⅲ.橡胶制品—配方

Ⅳ.TQ330.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 090290 号

策划编辑：朱萍萍　责任编辑：赵东瑾　责任校对：陈　红
责任设计：李　然　责任印制：何　艳

中国纺织出版社出版发行
地址：北京东直门南大街 6 号　邮政编码：100027
邮购电话：010—64168110　传真：010—64168231
http://www.c-textilep.com
E-mail:faxing@c-textilep.com
三河市世纪兴源印刷有限公司印刷　三河市永成装订厂装订
各地新华书店经销
2009 年 8 月第 1 版第 1 次印刷
开本：880×1230　1/32　印张：11.875
字数：338 千字　定价：32.00 元

编委会名单

主　编：张玉龙　齐贵亮

副主编：杜文泽　石　磊　宫　洁　周芙蓉　王喜梅

编　委：王云奇　王喜梅　石　磊　任崇刚　齐贵亮　孙　梅　杜文泽　李　良　李　萍　李金鹿　李桂变　张　程　张　瑟　张广玉　张文栋　张玉龙　张丽娜　张婷婷　陈　瑞　周芙蓉　宫　洁　夏　敏　柴　娟　曾泉雁

前言

橡胶工业是传统产业之一，其工艺技术、工艺装备已基本成熟，产品相对稳定，在这种情况下，要谋求创新，进一步提高产品质量，开发新产品，就必须在橡胶原材料改进或并用以及制品配方设计上下工夫。随着高新技术的应用，橡胶的改性或并用以及配方设计在理论和实践上均有了一定的突破和发展，也呈现出良好的发展势头。

为了普及橡胶制品配方设计的基本知识，宣传并推广近年来配方设计的研究与应用成果，在收集国内外相关文献资料的基础上，结合研究与加工中的经验教训，组织编写了《橡胶制品配方》一书，全书共分为九部分，重点介绍了橡胶轮胎、橡胶胶带、胶管、胶辊、工业胶板与耐腐蚀衬里、橡胶减震制品、橡胶密封制品和胶鞋等的配方设计、性能与评价等内容，并且简单叙述了各种橡胶制品的生产工艺。书中各实例按照原材料、性能与评价的编写格式，对每一种橡胶产品的配方和性能进行了较为详尽的论述、解析和点评。本书是行业内材料研究、制品设计、制造加工、销售、管理和教学人员必读图书，也是行业内技术工人和橡胶制品爱好者自学的良好教材。

本书突出实用性、先进性和可操作性，理论叙述从简，以实例和实测数据说明问题，语言精练，实用性强。

由于编者水平有限，文中不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

作者

2009 年 3 月

目录

五、橡胶胶辊

六、工业用橡胶板与衬里

八、橡胶密封制品

九、胶鞋

一、概述

（一）橡胶制品的主要原材料

橡胶制品的主要原材料是生胶、配合剂和骨架材料。生胶通常是指天然胶、合成胶、再生胶及各种其他弹性体，如 SBS。配合剂是指填充剂、补强剂、硫化剂、促进剂及各种助剂等。骨架材料则是保持制品形状和提高制品强度的各种材料。橡胶制品的主要原材料见图 1－1。

- 主要原材料
  - 生　胶
    - 天然胶
    - 合成胶（包括各种热塑性弹性体）
    - 再生胶
  - 配 合 剂
    - 通用配合剂
    - 专用配合剂
      - 硫化剂
      - 促进剂
      - 助促进剂
      - 防老剂
      - 防焦剂
      - 补强剂
      - 填充剂
  - 骨架材料
    - 天然纤维
    - 化学纤维
    - 玻璃纤维
    - 钢丝等

图 1－1　橡胶制品的主要原材料组成

（二）橡胶制品的种类

橡胶制品的种类很多，分类方法也各有不同，但按橡胶制品的用途大致分为以下几大类。

(1)轮胎 轮胎是橡胶制品中的主要产品,世界上50% ~60%的橡胶用于生产各种轮胎。按用途来分,轮胎主要包括汽车轮胎、航空轮胎、拖拉机轮胎和工程机械轮胎等。按结构来分,轮胎有实心轮胎和充气轮胎两种。除短途运输的起重车、电瓶车外,汽车、飞机、拖拉机以及各种工程机械车辆都采用空心充气轮胎。充气轮胎的结构也在不断发展和改进,特别是子午线轮胎发展很快。近年来,无内胎轮胎也有了很大发展。

(2)力车胎 力车胎主要包括手推车车胎和自行车车胎两大类。根据结构不同,又可分为软边胎和硬边胎,由于两者结构有差异,其成型方法也稍有不同。力车胎在工农业生产和人民生活中都是不可缺少的。

(3)胶带 胶带按其使用功能不同,可以分为输送带和传动带。输送带是胶带运输机上的主要部件之一,在冶金、煤炭、化工、建筑等工业及交通运输业的应用十分广泛。

传动带包括平型传动带、三角带、同步齿形带、无级变速带、高速环形带等,都是传递动力用的。传动带工作时,运行平稳,没有噪声,并能缓和载重的冲击,制造、安装比较方便,因此,很多机械设备都采用胶带传动装置。

(4)胶管 胶管主要包括耐压胶管、吸引胶管、耐压吸引两用胶管三类,但企业一般按胶管材料和结构将胶管分为全胶胶管、夹布胶管、编织胶管、缠绕胶管、针织胶管、吸引胶管六种。胶管主要用来输送液体、气体或粒状固体物料。

(5)胶鞋 胶鞋按结构特点和形式大致分为胶面胶鞋和布面胶鞋两大类。按其使用对象又可分为军用鞋、工矿鞋、农林劳动鞋、一般穿用鞋、运动鞋等几种。

胶鞋是人们日常的生活用品,同时,在工矿企业、体育运动等方面用途也很广泛。我国人口众多,对各种胶鞋需求量很大,因而胶鞋也是橡胶制品中的重要产品之一。

(6)工业橡胶制品 橡胶制品除轮胎、胶带、胶管、胶鞋等品种外,还有许多其他制品,如飞机油箱、橡胶水、橡胶护舷、空气弹簧、胶布、胶板等。为了与轮胎等大型制品区别,习惯上称工业橡胶制品为橡胶"杂品"。

(7)乳胶制品 乳胶制品有工业用品,也有民用品,其主要产品有避孕套、工业手套、医用手套、乳胶胶管、胶丝、海绵床垫等。现在,乳胶制品的用途和需求量也在不断扩大。

为叙述方便,下面按照橡胶轮胎、胶带、胶管、胶辊、胶板、橡胶减震制品、橡胶密封制品和胶鞋的顺序对常用橡胶制品的配方加以介绍。由于乳胶制品数量较大,本书不作介绍。

(三)橡胶制品的配方设计

1. 基础知识

(1)基本要求与程序 配方设计是橡胶工业中的首要技术问题,对提高产品质量具有重要意义,是橡胶制品获得所需性能的主要途径。合理的配方,要求保证橡胶制品性能优良、胶料工艺性能良好并能获得最佳经济效益,配方设计应受到橡胶企业和技术人员的重视。

配方设计工作要继承前人的经验,在实践中勇于创新,并通过试验得到验证。配方设计程序见图 1－2。

图 1－2 配方设计程序示意图

(2) 配方设计的基本理论 配方设计的基本理论是相关性理论。配方组分与混炼胶和硫化胶之间存在相关关系；配方组分与材料品种、类型及用量，对混炼胶及硫化胶具有决定性的影响；硫化胶性能与材料之间存在相关关系；硫化胶性能之间存在相关关系；硫化胶性能与加工条件（开炼、密炼、挤出、压延、硫化方式、模压、注压）对性能的影响。上述五项相关性研究，即构成橡胶配方的基本内容，经过试验验证，达到技术经济指标合理配方。

(3) 配方成分的组成 橡胶配方原材料有数百种，所采用的配合剂越来越专用化，配方的组分概括为以下五种。

①生胶 这是配方的主体材料，以生胶为100，其他材料品种用量根据生胶类型选择。

②性能体系 补强剂、防老剂、着色剂、芳香剂、增硬剂、增黏剂和新型助剂。

③成本体系 填充剂、增容剂。

④增塑体系 增塑剂包括化学增塑剂和物理增塑剂。

⑤硫化体系 硫化剂、促进剂、活性剂、防焦剂。

(4) 配方设计依据（以载重轮胎胎面胶为例）

①产品使用条件 气温范围、路面条件（如柏油路、水泥路、土路、碎石路，平原和山区各占百分数）、负荷、车速、一次性行驶里程、往返连续性行驶里程。

②轮胎寿命 轮胎寿命必须满足用户最低要求（载重汽车轮胎剩余花纹保持2mm，轿车轮胎保持1.6mm）。

(5) 轮胎胶料整体配方设计 轮胎是复合材料厚制品，由11～12种不同性能的胶料和骨架材料组成。由于胶料加工受热过程、硫化受热过程不同，还须提高胶与胶、胶与骨架材料黏合的持久性，降低轮胎生热和提高胶料耐热老化性能，在整体配方设计时，要考虑以下性能的匹配和要求。

①门尼焦烧时间 t_5 匹配。

②硫化时间 t_{90} 匹配。

③300%定伸应力匹配。

④耐热老化性能指标：100℃，24h 胎面胶拉伸强度保持率、拉断伸长保持率均大于70%，布层胶拉伸强度保持率和拉断伸长保持率均大于80%。

(6) 制定胶料技术经济指标 制定内控指标时要考虑小配合、大配合、半成品和成品胶料性能的变化规律。

①混炼胶工艺性能指标项目 门尼黏度（$ML_{1+4}^{100℃}$），门尼焦烧时间

(125℃)t_5,硫化仪143℃(胎面胶)t_{10}、t_{90}、最大扭矩,密度,应具有良好的收缩性、挺性、黏着性、无喷霜等。

②硫化胶物理性能项目　硫化仪硫化曲线(t_{10}、t_{35}、t_{90}、t_{100}、最大扭矩)、返原性、拉伸强度、拉断伸长率、300%定伸强力、拉断永久变形、硬度、密度。此外,还有弹性、压缩生热、撕裂性、附着力、老化后(100℃,48h)拉伸强度。胎面胶(胎侧胶)还有日光老化、磨耗性能、损耗因子。

③成本指标

(7)选择方案　为实现配方的技术经济指标,有多种措施方案可以选择,要用计算机和经验选择最佳方案。在掌握各项机理和相关关系的基础上,运用数据库的数据,确定品种和用量,用均分法、修正法和比例组合法,评估性能,从多种方案中选出最优方案,经过试验验证,必要时进一步调整配方(变量和正交试验),选出最佳配方。

2. 配方设计要点

配方设计是从临时配方到实用配方的全过程,如图1－3所示,要使配方符合橡胶制品所要求的性能,还要掌握基本配方和原材料生产厂家的产品目录等有关技术资料。配方设计的方法,一般是按照选择生胶→选择硫化体系→选择填充剂、软化剂→选择防老剂的顺序进行。

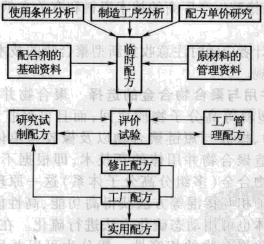


图1－3　实用配方制定过程

(1)原材料品种选择的要求　首先确定配方主体材料生胶类型,其他体系的原材料都按生胶类型进行选择,材料之间交互作用,产生物理化学变化,要利用以下协同效应,调出最高性能。

①极性效应　极性相近，才有良好的共混性和共硫化性，质量均一。

②正、负面效应　调出最大正面效应，克制或平衡负面效应。

③并用效应　取长补短。

④协同效应　不同并用材料协同作用。

⑤相似效应　性状和性能有相似之处。

⑥富化效应　用单价低廉、密度小的材料作填充剂，通过增加填充剂降低含胶率及体积成本，如充油、充炭黑。

⑦混炼效应　混炼后材料混合均匀，分子重排，在物理变化和化学反应中，产生活性、改性、吸附、网络、结合胶和“岛屿”现象等不同表面形态和多相络合物或复合物，硫化后可改善硫化胶的动态性能。

(2)生胶选择　生胶(原料橡胶)一般可分为用于轮胎的通用橡胶和除此之外的特种橡胶两大类。前者有 NR(天然橡胶)、IR(异戊二烯橡胶)、SBR(丁苯橡胶)、BR(顺丁橡胶)、IIR(丁基橡胶)；后者有 EPDM(三元乙丙橡胶)、CR(氯丁橡胶)、NBR(丁腈橡胶)、HNBR(氢化丁腈橡胶)、Q(硅橡胶)、ACM(丙烯酸酯橡胶)、CO/ECO(氯醚橡胶)、FKM(氟橡胶)、CSM(氯磺化聚乙烯)、CM(氯化聚乙烯)、PU(聚氨酯橡胶)、T(聚硫橡胶)、CIIR(氯化丁基橡胶)等。

橡胶制品的性能主要取决于生胶本身的性质。对于实用配方来说，配方设计者必须参考橡胶生产厂商的技术资料和有关文献，使其改进成符合本身所要求的配方。

此外，配方设计者应随时注意收集新型聚合物的技术资料和产品样本等，绝不可墨守成规。

(3)聚合物并用与聚合物合金的选择　聚合物并用不仅限于橡胶与橡胶、橡胶与塑料等高分子物质之间，而且已经扩大到橡胶与预聚体、橡胶与低聚物、橡胶与短链聚合物以及橡胶与单体的并用。最近，还出现了一种制造聚合物并用体的新技术，即根据不同高分子链之间微观存在的聚合物合金(多组分高分子体系)这一原理，采用在反应过程中使不同高分子相互掺混等方法获得高功能、高性能聚合物掺混体。这种聚合物掺混体也可用动态硫化方法进行硫化。在考虑了溶解度参数(SP 值)后，有关聚合物的相容性一般分为可以并用、难以并用和不可并用三种情况(图 1－4)。

在橡胶并用体系中，聚合物的相容性、分散状态、硫化剂和促进剂及填充剂的分布、共硫化性等在配方设计上迄今还存在很多问题。

橡胶并用一般是根据图 1－4 所示的聚合物相容性来选择生胶的。

树脂通过与弹性体并用，可极大提高其抗冲击性能，这是利用它作为相

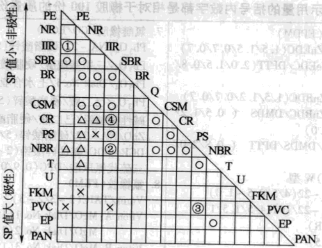


图 1－4　聚合物并用领域(相容性)

○—可以并用　△—难以并用　×—不可并用

①—IIR + PE　②—SBR + NBR = ABS　③—PVC + NBR　④—SBR + CR

PE—聚乙烯　NR—天然橡胶　IIR—丁基橡胶　SBR—丁苯橡胶

BR—顺丁橡胶　Q—硅橡胶　CSM—氯磺化聚乙烯　CR—氯丁橡胶

PS—聚苯乙烯　NBR—丁腈橡胶　T—聚硫橡胶　U—聚氨酯橡胶

FKM—氟橡胶　PVC—聚氯乙烯　EP—环氧化物　PAN—聚丙烯腈

的溶剂形成互穿网络的聚合物(IPN),从而实现其高性能化的。这种并用技术在以往 ABS、PVC 等通用树脂和现在的工程塑料中都很盛行。

(4)硫化体系的选择　影响橡胶制品性能的第一因素是橡胶的种类,第二因素是硫化剂和促进剂的组合,而在配方设计上硫化剂的选择是最重要的因素。选择硫化体系时,不仅要考虑最终橡胶制品的物理机械性能、耐久性等指标,而且还要考虑加工条件、硫化条件、分散性、喷霜性、污染性、着色性、形状、卫生性、成本等诸方面。考虑到节能,还要实施高温快速硫化,因此硫化体系的选择特别重要。选择硫化体系应注意:

①耐热、耐水蒸气性能要优异;

②硫化速度与温度的相关性要密切;

③硫化时产生的气体要少等。

从硫化曲线看,焦烧时间和硫化平坦线长的较为理想。此外,采用高温硫化时,抑制硫化返原是最大的问题,要在硫化剂选择问题上多加思索(如采用有效硫化体系),选择交联键解离能大的硫化体系(表 1－1)。

表 1-1 特种橡胶硫化体系代表例

（表示用量的括号内数字都是相对于橡胶 100 份的质量份）

1. 三元乙丙橡胶（EPDM）
   S/DM/TMTD/ZnEDC（1.5/1.5/0.7/0.7）
   S/M /TMTD/TeEDC/DPTT（2.0/1.5/0.8/0.8/0.8）
   S/CZ/TMTD/ZnBDC（1.5/1.2/0.7/0.7）
   S/CZ/TMTD/ZnBDC/DMDS （0.5/1.2/0.7/0.7/2.0）
   TMTD/ZnBDC/DMDS/DPTT （0.8/2.0/2.0/0.8）
2. 氯丁橡胶（CR）W 型
   MgO/ZnO/NA-22（4/5/0.5～1.0）
   MgO/ZnO/NA-22/DM（4/5/1.5/1）
3. 丁腈橡胶（NBR）
   S/DM（1.5/1.5）
   S/TMTM（1.5/0.4）
   S/DM/TMTD（1.5/1.5/0.5）
   S/M/ZnMDC（1.5/1.5/0 或 1.5）
   S/TMTD（0.5/3）
   TMTD（3.5）
   TMTD/DM（3/4）
   TMTD/ZnMDC/DM（0.4/1.5/3）
   S/TMTD/CZ（0.5/2/1）
   DCP-40C（4）
   DCP-40C/DM/ZnMDC/S（4/3/1.5/0.3）
   高温硫化体系 S/TMTM（1.5/0.4）
4. 氢化丁腈橡胶（HNBR）
   S/TMTD/TETD/M（0.5/1.5/1.0/0.5）
   1,4-双叔丁基过氧异丙基苯/TMPT（6.0/10.0）
5. 硅橡胶（Q）
   DCP-40C（2.5）
6. 丙烯酸酯橡胶（ACM）
   ①丙烯酸乙酯与 2-氯乙基乙烯醚共聚物
   S/NA-22/DETU/Pb_3O_4（0.5/0.5/4.5/5）
   三乙基三亚甲基三胺/PbO（3/8）
   ②丙烯酸丁酯与 2-氯乙基丙烯腈的共聚物
   三亚甲基四胺/DM（1.5/2.0）
   Diak No.1/七水合亚磷酸铅（0.75～1/3～5）
   Pb_3O_4/NA-22（5.0/2.0）
7. 氯醚橡胶（CO/ECO）
   Pb_3O_4/NA-22/硬脂酸锌（5/1.5/1）
   Pb_3O_4/三甲基硫脲/硬脂酸锌（5/1/1）
   Pb_3O_4/Diak No.1/七水合亚磷酸铅（5/1/1）
   Pb_3O_4/己二胺/硬脂酸锌（5/0.75/1）
   碱性碳酸铅/己二胺/硬脂酸锌（5/1/1）
   ZnO/NA-32/硬脂酸锌（5/3～5/1）
   DCP-40C/碱性硅酸铅（2～4/7.5）
   三硫代氰尿酸/DPG（0.9/0.3）
8. 氟橡胶（FKM）
   Varox/TAIC（2～3/2～3）
   Viton A：MgO/Diak No.1（15/1.25）
   MgO/Diak No.2（15/3）
   Viton B：MgO/Diak No.3（15/3）
9. 氯磺化聚乙烯（CSM）
   MgO/TMTD/季戊四醇（4/2/3）
   MgO/DPTT/季戊四醇（8/3/3）
   Pb_3O_4/DPTT/DM（25/0.75～2/0.5）
   MgO/DPTT/DM/间亚苯基双马来酰亚胺（10/2/0.5/1）
   MgO/氢化树脂/*N*-亚硝基二苯基胺（20/4/0.5）
   PbO/MgO/DPTT/DM/间亚苯基双马来酰亚胺（20/10/0.75～2/0.5/1）
   PbO/DPTT/DM/间亚苯基双马来酰亚胺（40/0.75～1/1/1）
   PbO/氢化树脂/*N*-亚硝基二苯胺（30/2.5～3/2～3）
   MgO 或 PbO/TAIC/DCP-40C（20/3/6）
10. 氯化聚乙烯（CM）
   MgO/NA-22/DPTT（5/1.5/0.5）
   MgO/NA-22/S（10/2.5/0.5）
   PbO/NA-22/DPTT（10/1.5/0.5）
   MgO/DCHA/三硫代氰尿酸（10/1.2/1）
   DCP/EDMA/PbO（6/2/5）
   DCP-40C/TAIC/Epikot 828（7.5/2～3/5～10）

注 Diak No.1 为己二胺氨基甲酸盐；Diak No.2 为乙二胺氨基甲酸盐；Diak No.3 为 *N*,*N′*-二亚肉桂基-1,6-己二胺；DCHA 为二环己胺；EDMA 为二甲基丙烯酸乙二醇酯；DCP-40C 为过氧化二异丙苯（40% 为本品，其余为碳酸钙）；Varox 为 2,5-二甲基-双（叔丁基过氧基）己烷；TAIC 为异氰尿酸三烯丙酯；TMPT 为三甲基丙烯酸三羟甲基丙烷基。引自ポリマーの友，4，233（1980）。

(5)填充剂、软化剂及增塑剂的选择 在配方设计中,补强剂(炭黑)的种类和用量的选择对于硫化体系十分重要。丁苯橡胶、丁腈橡胶等许多合成橡胶与天然橡胶不同,其纯胶配合硫化胶的物理机械性能很差,但添加炭黑后可极大提高其物理机械性能和耐热性能。炭黑的粒径、比表面积、结构、氢含量、氧含量不同,其硫化胶的性能也不同,在选择时要注意。此外,其他填充剂对橡胶也有一定的补强作用,但对于要求耐碱的制品,配方中要忌用碳酸盐类填充剂。添加填充剂时,最重要的是分散性问题。

软化剂和增塑剂被广泛用于提高橡胶的柔软性,协助配合剂混入和分散以及改善加工操作性能。在选择时,要考虑软化剂或增塑剂与橡胶的相容性、分散性、污染性和低温性能等。此外,对于耐热用途制品的配方,由于容易产生挥发问题最好不选用耐寒性增塑剂;而对于与油等接触的橡胶制品配方,选择软化剂和增塑剂时应注意其可被抽出的问题。

(6)防老剂的选择 防老剂的效果具有加和性,因此一般采取几种防老剂并用的方式。在设计橡胶配方时,通常须考虑硫化胶的下列性质后再选择防老剂。

①耐热、耐屈挠性能 对于橡胶的这两种老化性能,选用胺类或苯酚类自由基终止型防老剂比较好;对于高耐热制品配方,可选用二苯胺和防老剂124(2,2,4－三甲基－1,2－二氢化喹啉聚合物)等耐热型防老剂。此外,将作为自由基终止剂的防老剂与作为过氧化物分解剂的防老剂 MB(2－巯基苯并咪唑)等并用,可进一步改善硫化胶的耐热性能。

②耐臭氧性 对于要求耐臭氧的橡胶制品,胶料配方可选用防老剂 H、防老剂 124、硫脲类防老剂和蜡,若将污染型防老剂 H 与非污染型的硫脲类防老剂和蜡并用可获得优异效果。

对于与油类等接触的橡胶制品,选择防老剂时不仅要注意溶解析出问题,还要注意在硫化过程中防老剂与其他配合剂的反应性。此外,不仅要限制使用污染型防老剂,而且还应注意配有污染型防老剂的橡胶制品对与其接触物品的迁移性污染。

配合剂在配方设计中各有各的作用,不能忽视任何一方。橡胶、硫化体系和填充剂是决定橡胶制品性能的三个要素,因此在配方设计时必须非常注意。

(7)硫化胶性能与配方设计的关系 硫化胶的性能在很大程度上取决于结合硫的量,即使硫黄和促进剂的用量一定,但结合硫的量随硫化温度和硫化时间的变化而变化。硫化温度高,硫化时间长,则结合硫的量增加。因此,交联结构对硫化胶物理性能的影响很大,在设计配方时必须考虑硫化胶的整体物理性能,根据橡胶制品的用途选择硫化体系。

(8)原材料用量的选择与确定方法 在确定原材料品种时,应根据数据库基础配方变量试验和等高线试验,用份数均分法、比例组合法,算出评估性能或最佳用量。

①最佳份数法 从基础配方变量试验中找出最佳性能时的用量。

②相对用量法 所有材料用量都是相对而言,同系统材料和不同系统材料都存在相对用量。

③最佳比例法 在材料并用时的最佳配比。

④置换计算 同体积置换,同效能置换。

⑤效应增减法 在配方试验结果的基础上,调整某项性能,将有关材料用量或增或减。

⑥比例组合法 按比例计算评估性能,选出最佳方案,明确用量。

(9)配方设计与性能评估

①配方设计 根据胶料的使用条件和整体配方的要求,制定出技术经济指标。配方设计人员依靠专业知识的积累和经验积累,确定配方最佳技术措施思路,按照配方制定顺序:胶型选择、性能体系选择、增塑体系选择、硫化体系选择和新型助剂的使用,配方整理后,制定混炼条件。

②性能评估 材料品种和用量选择按照品种7项效应,用量6项方法,从数据库中选择有使用价值的数据,按均分法计算性能,并对性能进行修正;对实际材料性能/数据库性能和负面性能及相关材料用量进行修正,最后用比例组合法计算最终结果。

加入新型助剂并选用最佳用量(最佳配比),可直接改善炼胶和硫化胶某项性能。配方制定是使用相同基础配方数据进行计算的,有可比性,从中[illegible]方,到合格为止。确[illegible]选择技术经济指标最佳的方案进行论证,必要时调整配方[illegible]定配方组合与用量程序见表1-2。

表1-2 确定配方组合与用量的程序

项目	考虑事项
生胶类别	根据主要性能指标确定主体材料(单用或并用)[illegible]
性能体系(成本体系)	根据胶料性能及成本要求,确定含胶率、相对密[illegible]剂的品种和用量;确定防老剂品种和用量;确定其[illegible]用量
操作体系	根据生胶门尼黏度、配方补强填充剂用量及加工[illegible]标确定增塑剂品种和用量
硫化体系	根据生胶类型和品种及施工要求、硫化方式、门[illegible]化曲线平坦性和老化性能及其他性能要求,确定硫[illegible]

试验程序见图 1－5。

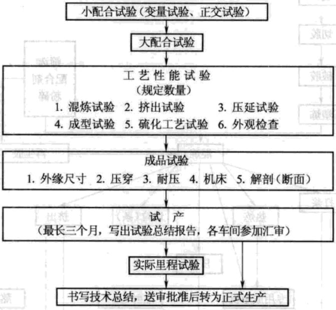


图 1－5 试验程序

（四）橡胶加工工艺

橡胶加工的产品虽然种类繁多，但生产各种橡胶制品的原材料、工艺过程及设备等都有许多共同之处。橡胶制品生产的基本工艺过程包括塑炼、混炼、压延、成型、硫化等基本工序。其主要工艺流程如图 1－6 所示。

（1）原材料加工 生胶切碎、烘干以及配合剂的粉碎、筛选、熔化、过滤和蒸发等过程，统称为原材料加工。此工序的安全要点主要在于：生胶和配合剂的烘干不可采用明火加热，温度一般不得超过 70℃，以免引起燃烧。

（2）配料 配料是将各种生胶、配合剂按配方逐项称量，并存放于容器

防爆电动机,并定期清除炭黑积尘,以消除隐患。

(5)压延 压延是通过压延机辊筒对胶料的作用,将胶料压制成一定

(11)成型 成型是将各种原材料或半成品加工造型,制成一定形状的初制品,经过硫化后即可成为橡胶制品。当然,也有某些热塑性橡胶,不需硫化即为最终制品。

各种橡胶制品在成型中常使用较多的胶浆和汽油溶剂。故成型工序必须有良好的通风,并杜绝火种,使用的胶浆和汽油一定要加盖,或采用其他妥善管理方法,以防汽油大量挥发造成事故。各种成型机又多为机械传动设备,如轮胎成型机、帘布贴合机、胶管缠绕机等,操作时极易出现人身事故,故应引起特别注意。

(12)硫化 硫化是硫化剂与橡胶在促进剂的作用下,在一定的温度和压力下,经过一定的时间进行化学和某些物理作用,使橡胶分子由线型结构变成网状结构的交联过程。经过硫化的橡胶制品不仅能使强度增加,还可获得优良的使用性能。

硫化过程中,应经常注意检查压力表、安全阀等安全装置,看其是否灵敏可靠。此外,在硫化过程中使用的脱模剂也是易燃物质,故应妥善保管和使用,以防发生火灾事故。

二、橡胶轮胎

(一)橡胶轮胎的配方设计

1. 配方设计的基本要求与方法

(1)轮胎的使用性能 轮胎作为汽车滚动时力的承受者,其基本功能包括:承受汽车全部负荷;具有吸震和缓冲性能,操纵稳定性好;具有抗湿滑性能,安全性好。

轮胎本身必要的使用性能包括:胎面胶耐磨耗和抗刺扎性能好;滚动阻力小,油耗低;温升低,行驶寿命长;噪声低;安全性高。

配方设计者首先要针对轮胎基本功能和使用性能进行设计,以满足对轮胎的综合要求。

轮胎使用性能不是一成不变的,随着汽车工业发展,公路修建,对轮胎使用性能的要求日益苛刻,胶料配方设计应与之相适应。

首先是速度要求。随着汽车工业的发展,公路建设的完善,汽车行驶速度已由最初的20km/h发展到现在的250km/h,甚至更高。汽车速度提高,轮胎的高速性能,尤其是高速安全性就成为高速轮胎的主要技术指标。

其次是节省能源。随着经济发展,能源需求日益增加,节省能源成了当务之急,因此,降低轮胎滚动阻力的研究成为主要课题之一。许多可降低胎面胶滚动阻力的原材料随之大量涌现,从而也大大促进了配方的研究工作。

节油要求也促使无内胎轮胎大力推广,从而对气密层配方的研究也相应发展起来。

此外,为了节省能源,提高劳动生产率,高温硫化技术得到进一步发展,从而给胶料配方带来了新课题;解决胶料在高温硫化条件下的裂解(即返原)、耐热老化、与骨架材料黏合以及原材料中的含水率等。

总之,配方设计要适应汽车对轮胎使用性能的日益苛刻的要求。

(2)轮胎各部件对胶料不同性能的要求 为了避免应力集中和减小剪切应力,满足轮胎的使用要求,各部件胶料配方设计必须满足其力学状态和功能的要求。

胎面胶要求胶料的耐磨、耐刺扎、抗湿滑性能好,并且耐空气、耐臭氧、耐日光老化以及耐屈挠龟裂性好,滞后损失小,而且不同结构、不同规格以

及不同用途的轮胎，其具体要求又有所侧重。对于工程轮胎胎面胶，其耐磨、耐刺扎、生热、寿命却是主要的技术指标，胶种应以天然橡胶(NR)为主，填充补强性能好的 N110 和 N220 系列炭黑，必要时还需要添加白炭黑和硅烷偶联剂，以提高胶料的抗撕裂性能和降低生热；为降低生热，采用复合胎面，其基部胶为低生热胶料。对于雪地轮胎，则要求胎面胶耐寒、耐湿滑性能好；热带地区则要求胶料耐热；沙膜轮胎则要求牵引性能好等。

胎侧胶由于其变形大于其他部件(子午线轮胎的胎侧变形更大)，胶料的耐屈挠龟裂、耐臭氧老化性则为主要的性能指标。在配方设计上，胶种的选择是最主要的。一般选用顺丁橡胶(BR)且用量在 50% 以上，就可以满足使用要求。对于高性能、高要求的胎侧胶，并用氯化丁基橡胶(CIIR)、三元乙丙橡胶(EPDM)等，可获得优异的耐屈挠、耐臭氧、耐日光老化等性能。

胎体在斜交轮胎中承受了轮胎的大部分应力，轮胎变形时，由于滞后损失，产生大量的热，因此胎体帘布胶要求耐热、弹性大、耐老化、生热低、耐屈挠性能高，与帘线有较高的黏合力，并与胎侧胶、缓冲胶、内衬层胶有较高的黏合力。

缓冲胶用于排除胎体和胎面基部产生的热量，故应有很好的导热性能。在反复变形的条件下，该胶料生热应极小，缓冲性和导热性好，同时还应耐老化、高度耐疲劳和耐热，并与骨架材料有良好的黏合力。配方设计以 NR 为主，并用部分丁苯橡胶(SBR)和 BR，以提高黏合力和弹性并降低生热，炭黑品种的选择以 N660 和 N550 系列为主。

对于子午线轮胎，带束层承受了轮胎内应力的 60% ~70%，因此带束层胶料的定伸应力要与钢丝相适应，而且与钢丝的黏合力要高(不仅要求有较高的初始黏合力，而且要求在热、盐水、湿热等苛刻老化条件下有较高的黏合保持率)，还应有较低的生热性能。为提高带束层胶与钢丝的黏合性能，必须添加黏合增进剂。配方设计中，胶料一般以全 NR 为主，也可并用少量的 BR；炭黑以 N330 和 N326 为主，并用量为 40 ~60 份；添加黏合增进剂；采用高硫后效性促进剂的硫化体系。

胎圈部位胶料，首先是钢丝圈的钢丝隔离胶，要适应钢丝强度大、刚性高并有一定弹性和柔软性要求。胶料中要填充大量的填充剂和再生胶，并添加适宜的助剂，使胶料的邵氏硬度 A≤90，并与钢丝有良好的黏合性。子午线轮胎由于胎圈应力比斜交轮胎高 30% ~40%，要求胎圈部位刚性大。除设计上采取措施外，还要求三角胶和胎圈硬度高，耐屈挠性能好，胎圈胶还应耐磨。在配方设计上，可以采用 NR/BR 并用，以提高耐屈挠性能；采用高填充炭黑、高硫配合，并添加增硬剂(一般可用高苯乙烯、苯甲酸、补强树

脂增硬,尤以补强树脂的效果好,且应用广泛)。

其他相应部件也要根据轮胎的使用要求进行设计。还应注意的是,胶料物理性能的多项性和矛盾性往往制约了配方的设计。这就要求配方设计工作者需根据轮胎的使用条件、矛盾的主次进行协调和取舍。

(3)轮胎整体配方设计 轮胎是一个复合的整体,除了满足各部件的性能要求外,还必须考虑其整体配合,使行驶中的应力—应变合理地过渡,避免应力集中,造成脱层。

由于胶料定伸应力和硬度代表其应力—应变特性,因此一般以定伸应力和硬度作为胶料力学性能的表征,以胶料定伸应力与硬度的匹配来平衡各部件之间应力—应变的过渡。不同结构轮胎的应力—应变情况不同。以子午线轮胎为例,周向变形很小,胎侧和胎圈变形很大,因此力的传递完全不同于斜交轮胎。子午线轮胎带束层承受了轮胎内应力的60% ~70%,钢丝的刚度又很大,为了承受内应力和减少橡胶与钢丝间的剪切应力,适应其变形,带束层胶须采用高定伸应力、高硬度配合,一般定伸应力在15 ~19MPa,邵氏硬度A在65 ~78(视不同规格和用途而异)。胎肩部位是刚性大的胎冠和柔软胎侧的过渡区,受到的力的冲击、传递和变形都比较大,且处于带束层的端部,因此,在带束层端部下的胎肩部位应放置高弹性、低生热、低硬度、低定伸应力的胎肩垫胶,以传递和吸收由胎面传至肩部的冲击应力,防止带束层端部与胎面或带束层间受外力冲击而产生的剥离。同时,为了避免或减轻带束层端部的位移和变形引起脱层的可能性,在载重轮胎的2 ~3带束层间的端部放置一块高硬度、高定伸应力的胶片,一般硬度应在80以上。子午线轮胎胎圈所受应力比斜交轮胎高30% ~40%,因此必须加大胎圈的刚性,三角胶的硬度一般应高于80,轿车子午线轮胎甚至达到90以上,而胎圈护胶一般也要在80以上。胎面部分由于周向带束层刚性很大,胎面胶变形很小,胶料不仅耐磨而且生热低,在配方设计上有较大的宽容度,在硬度、定伸应力上除了与带束层有合理过渡外,主要根据轮胎使用条件进行设计。胎侧胶变形大大超过斜交轮胎,是所有部件中应变最大的部分,对其定伸应力设计目前有3种观点:一种认为采用高定伸应力(高达13 ~14MPa),以减少胎侧变形;一种是采用低定伸应力(低于7MPa),以顺应变形减小内应力;第三种是采用中定伸应力(8 ~10MPa)。无论采用何种定伸应力配比,配方设计的前提是胶料应具有优异的耐屈挠龟裂性能;其他各部件胶料的定伸应力和硬度的匹配,原则上是与相邻部件过渡平缓,避免应力—应变集中。

为了满足复合厚制品的要求,各部件胶料硫化速率应相互匹配。在硫化过程中,由于热传递,各部分胶料受热历程实际上是一个温度场分布不均

的不等温过程，各胶料的受热历程有较大的差别。各胶料的硫化应根据其受热历程来确定最佳硫化时间，并尽可能有较长的硫化平坦区。硫化速率匹配是以硫化结束时各部分胶料均应能达到最佳的硫化程度为原则，即达到同步硫化，获得最佳物理性能和最佳界面状态。不同结构、不同规格轮胎的各部件胶料的受热历程是不同的，可以通过硫化测温和热传导计算来确定各部分胶料的等效硫化时间，从而确定各部分胶料的硫化速率。为了节省能源，还应考虑采取尽可能短的硫化时间。

（4）胶料功能与成本的综合考虑 在配方设计中，另一个要考虑的因素是胶料的物理性能与轮胎实际使用效果和寿命的关系，即要考虑降低成本，提高经济效益，充分发挥轮胎各部件的物理性能，避免个别部件功能过剩。例如轿车子午线轮胎，由于行驶速度高，路面好，胎面胶的设计主要考虑高速安全性，要求胶料生热低，定伸应力高，耐湿滑，而耐磨性能不是主要指标。子午线轮胎本身耐磨性就好，在配方设计上应选择低生热炭黑，并且可以大量填充；选用充油胶种，甚至全合成橡胶，其拉伸强度达到 12 ~ 16MPa 即可，而无须达到目前国内控制的 20MPa 以上甚至更高，这样胶料配方的成本会大大下降，又能满足使用要求。又如子午线轮胎胎侧胶要求耐屈挠性能好，在胶种选择上，并用 BR、CIIR 或 EPDM 都可获得满意结果，尤其是 CIIR 和 EPDM，但考虑到其他部件的寿命，在非白胎侧配方中并用 BR 就可满足要求，无需选用特殊胶种。

2. 各部件的配方设计特点

（1）胎面胶配方设计特点 子午线轮胎用的胎面胶性能与斜交轮胎有些不同，特别在滚动时，子午线轮胎胎面与地面的移动或蠕动很小，牵引力和侧向力较高，而且不同胶种对胎面磨耗性能的影响不像对斜交轮胎那样敏感。因此，对子午线轮胎而言，提高天然橡胶的使用比例，可以改善胎面的抗切割、耐撕裂和黏合性能。

子午线轮胎因行驶生热较低，胎面配方中可采用细粒子炭黑，如中超耐磨炉黑或超耐磨炉黑，以提高胎面的耐磨性和耐撕裂性。载重子午线轮胎的胎面胶硬度可低一些，轿车轮胎则要高一些好，这可通过适当多用炭黑来提高胎面的硬度，对提高轮胎的高速性能和行驶稳定性有好处。硫黄用量也可适当高一些，但要注意以不会造成胎面裂口为原则，参考配方（质量份）如下。

原材料	配方 1	配方 2
天然橡胶	100	80
丁苯橡胶	—	20
酮胺类防老剂	1 ~ 1.5	1.3

促进剂 DCBP 或 CBS	0.5~0.8	0.7
对苯二胺防老剂	1~1.5	1.3
中超耐磨炉黑(ISAF)	50~60	55
芳香烃油	5~8	7
不溶性硫黄	2.2~2.7	2.6
氧化锌	5~7	5
硬脂酸	2~3	2

其中,酮胺类防老剂为防老剂4010NA。

轿车子午线轮胎时速要求较高,特别在西欧一般都在150km以上,因此要适当提高胎面胶的硬度,可以采用提高炭黑和调节油类的用量。参考配方如下。

原材料	质量份
天然橡胶	100
硬脂酸	3.0
防老剂4010NA	2.5
氧化锌	5.0
促进剂 NOBS	0.8
中超耐磨炉黑	65.0
芳香烃油	9.0
不溶性硫黄	3.0

(2)胎侧胶配方设计特点 子午线轮胎的胎侧伸长大,经受的屈挠疲劳要比斜交轮胎严重,但受剪切应变却很小。有鉴于此,为了保证在成型时胎侧胶能与其他部件胶保持良好的黏合性能,因而要求胎侧胶料抗屈挠性能,抗热氧、抗臭氧老化性能优异,拉伸强度较高且伸长率较大,使其在承受大应力的情况下应变较低。胎侧胶还要求能经受住子午线轮胎多次翻新的施工受热。

胎侧胶料配方一般采用天然橡胶与合成橡胶并用,如果是与顺丁橡胶并用时,掺用量不能过高,因多用虽可提高胎侧胶的耐屈挠龟裂性能,但胎侧强度和耐撕裂性能也随之下降,未硫化胶料的黏合性也不好。因此,顺丁橡胶的掺用量以30~50份为宜。

胎侧胶可用细粒子炉黑(如中超耐磨炉黑、高耐磨炉黑、通用炉黑或快压出炉黑)作补强剂,适当提高炭黑总用量(可在55份左右)可提高胶料的强伸性能。为改善胶料的抗臭氧老化和耐屈挠龟裂性能,可采用防老剂4010NA、4020、4010与BLE或AW并用。防老剂总用量可适当提高一些(2~3份),如与微晶石蜡(2份左右)并用,可发挥协同防老化效应,防护效果会更好。

为了提高胎侧胶料的抗天候老化和抗屈挠性能，如能采用天然橡胶与三元乙丙橡胶或氯化丁基橡胶并用，效果则会更好，这是子午线轮胎较为理想的胎侧配方的胶种选择，三元乙丙橡胶或氯化丁基橡胶并用量一般在30份就可以了。胎侧胶料配方(质量份)实例如下。

原材料	载重轮胎	轿车轮胎
天然橡胶	50	50
顺丁橡胶	50	50
硬脂酸	2	1.5
氧化锌	3	5
对苯二胺类防老剂	2.5	1.5
酮胺类防老剂	1.5	1
促进剂 DZ	0.9	1.2
硫黄	1.2	1.4
耐磨类炭黑	25	15
快压出炉黑	25	35
高芳烃油	6	6
石蜡	1	1.0

(3)带束层胶配方设计特点 子午线轮胎的带束层应采用高模量的帘线作为骨架材料，这里只讲以钢丝为帘线的带束层的胶料[illegible]

由于钢丝帘线模量高，因而也要求其使用胶料有高的定伸强度，这样可减少帘线层之间胶料的剪切变形；要求胶料对钢丝帘线具有牢固的黏合强[illegible]

[illegible]在动态、高温、潮湿或老化后期[illegible]具有良好的黏合强度保持率。这是子午线轮胎用胶料配方技术的核心之[illegible]。不仅如此，它还要求带束层胶与其他部件的界面黏合能始终保持良好[illegible]状态。

(4)胎体帘布层胶配方设计特点 [illegible]

命和多次翻新（体现钢丝子午线轮胎优越性之一）的要求。配方设计可参考带束层胶配方。

（5）胎肩垫胶配方设计特点 由于子午线轮胎带束层边缘受剪切变形较大，为了保护带束层不致受到因冲击应力而产生脱层，在带束层的两胎肩端部各置有一块胎肩垫胶。该垫胶（条）可吸收来自胎面肩部的外应力，并

[redacted]

响黏合性能。

②胎圈护胶　胎圈护胶是起保护胎圈部位免受轮辋磨损的部件，应具

实例 2. 天然橡胶与丁苯橡胶并用的汽车轮胎胎面胶配方(质量份)

原材料	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4
天然橡胶	70	70	75	50
丁苯橡胶	30	30	25	50
氧化锌	3	5	5	5
硬脂酸	2	3	3	2
石蜡	1	1	—	—
三线油	10	6	—	—
防老剂 D	1.0	1.5	—	—
防老剂 4010	1.5	1.0	—	—
防老剂 PBN	—	—	0.75	0.5
操作油	—	—	6.25	7.5
HAF	43	25	—	—
半补强炉黑(SRF)	8	—	—	—
混气槽黑	—	20	50	50
促进剂 CZ	0.65	0.6	—	—
促进剂 DM	0.15	—	—	—
促进剂 M	—	—	1.13	1.25
硫黄	1.8	2.0	2.75	2.5

实例 3. 天然橡胶与顺丁橡胶并用的汽车轮胎胎面胶配方(质量份)

原材料	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4
烟片胶	50	60	50	50
顺丁橡胶	50	40(充油顺丁橡胶)	50	50
硫黄	1.2	1.4	1.5	1.2
促进剂 NOBS	—	0.8	—	—
促进剂 DBS	—	—	0.85	0.90
促进剂 CZ	0.6	—	—	—
氧化锌	4.0	5.0	3	3
硬脂酸	3.5	2.0	2	3
防老剂 A	—	1	—	—
防老剂 D	1.5	—	—	1.0
防老剂 4010	—	1	—	1.2
防老剂 BLE/AW	—	1/—	1/1.5	0.3(防老剂 H)
防老剂 BLE、H 混合物	—	—	1	—

石蜡	1.0	1	—	1
SAF	40	55	50	25
HAF	—	—	—	28
瓦斯炭黑	10	—	—	—
松焦油	—	—	5	—
操作油	—	—	4	—
机油	6.0	2	—	—
三线油	—	—	10	10

实例4. 天然橡胶、丁苯橡胶、顺丁橡胶并用的汽车轮胎胎面胶配方(质量份)

原材料	配方1	配方2	配方3
天然橡胶	20	30	30
丁苯橡胶	30	35	20
顺丁橡胶	50	35	50
硫黄	1.2	0.8	1.0
氧化锌	3.5	3.0	4.0
硬脂酸	2	2.0	3.0
促进剂 NOBS	1.4	—	—
促进剂 CZ	—	2.0	1.0
促进剂 D	—	—	0.21
防老剂 RD	0.7	—	—
防老剂 4010	1.5	1.5	1.5
防老剂 D	—	1.0	1.0
ISAF	42	—	50
HAF	12	55	—
操作油	10	—	—
石蜡	0.8	1.0	1.0
机油	—	—	5.0
古马隆树脂	2	—	—
六线油	—	10	—

实例5. 汽车外胎帘布层胶料配方(质量份)

原材料	配方1	配方2	配方3	配方4
烟片胶	100	100	100	100
硫黄	2.7	2.6	2.5	2.5
促进剂	1.5	1.3	1.7	1.1

氧化锌	5	7.5	5	7.5
硬脂酸	2.5	2.5	2.5	2.0
瓦斯炭黑	—	10	—	—
混气炭黑	25		15	
高耐磨炉黑	—	12	10	15
通用炉黑	17	—	—	—
半补强炉黑	—	20	15	25
松焦油	3.5	3.5	3.0	3.0
防老剂	2.5	2.5	2	2

实例 6. 汽车外胎胎侧胶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
烟片胶	100	可混槽黑	20
松焦油	1.5	硬脂酸	3
氧化锌	5	防老剂	0.75
硫黄	3.5	SRF	30
再生胶	30	促进剂 M	0.7

实例 7. 汽车内胎胶料配方(质量份)

原材料	配方 1	配方 2	配方 3
天然橡胶	100	70	—
松香软丁苯	—	30	—
丁基橡胶	—	—	100
氧化锌	5.0	5.0	5.0
硬脂酸	2.0	2.0	—
半补强炉黑	30	15	25
高耐磨炉黑	—	10	25(快压出炉黑)
松焦油	3.0	5.0	—
混气炭黑	—	10	—
防老剂 A	10	—	—
防老剂 D	1.0	1.2	1
防老剂 4010	—	1.2	—
石蜡	1.0	1.2	—
沥青	—	4.0	—
促进剂 M/DM	—/0.7	0.3/0.4	0.5/—
促进剂 TMTD	0.06	0.7(CZ)	1
促进剂 ZDC	—	—	1.5

软化剂	—	—	3
硫黄	2.0	2.0	2.0

实例8. 汽车外胎水胎胶配方(质量份)

原材料	配方1	配方2
丁基橡胶 301	90	95
氯化丁基橡胶	10	—
氯丁橡胶	—	5
氧化锌	10	10
硬脂酸	1	1
中超耐磨炉黑	50	50
蓖麻油	4	4
石蜡	1	1
201 树脂	10	10

实例9. 彩色自行车胎面胶配方(质量份)

原材料	配方1	配方2	配方3
天然橡胶	100	70	80
顺丁橡胶	—	30	—
高苯乙烯树脂	—	—	30
氧化锌	5	4	4
硬脂酸	2	2	2
硫黄	2.5	2	2.2
防老剂 SP	1	1	1
促进剂 CZ	0.4	0.4	0.6
促进剂 D	0.15	0.2	0.15
促进剂 DM	0.2	—	0.15
促进剂 M	—	0.5	—
白炭黑	—	30	30
碳酸钙	20	—	—
滑石粉	30	15	—
古马隆树脂	4	5	4
石蜡	1	0.5	1
机油	2.5	3	4
偶联剂 A-1100	—	1.2	—
三乙醇胺	—	—	2

(二)橡胶轮胎的制备方法

1. 汽车外胎的生产工艺

(1)胎面及型胶的制造

①胎面的制造　现普遍采用橡胶挤出机,且有单层挤出法和复合挤出法两种。前者是用一种胶料在单台螺杆挤出机生产;后者是用两种或三种胶料分别在连接一个复合机头的两台或三台挤出机上生产。随着轮胎生产工艺发展和挤出技术的进步,已逐步采用销钉式冷喂料挤出机,其挤出联动装置也更加完善。

②型胶的制造　轮胎(尤其子午线轮胎)生产需要的型胶部件种类较多。如斜交轮胎钢丝圈的三角胶芯等可用小型螺杆挤出机压制;子午线轮胎的胎肩垫胶,带束层垫胶、胎侧胶与胎圈护胶复合件,钢丝圈上、下三角胶芯复合件等,则需根据其大小、性能、性状和数量的要求,分别选用单螺杆挤出机或双复合挤出机压制。并放在存放车(架)上存放,供下工序使用。

(2)帘布挂胶及裁断　目前我国制造汽车轮胎使用的骨架材料主要为尼龙帘布和人造丝帘布。聚酯帘布开始试用,使用棉帘布的越来越少。随着子午线轮胎的发展,钢丝帘线用量正日益增多。

①帘布挂胶　帘布挂胶是轮胎生产中关键工序之一,压延帘布的质量直接影响着轮胎的内在质量。按照骨架材料的种类,可分为纤维帘布挂胶和钢丝帘布挂胶。

a. 纤维帘布挂胶　各种纤维帘布挂胶前,均需经过浸胶处理。浸胶和热伸张处理一般都在化纤厂进行,但棉帘布一般由轮胎厂自己进行浸胶。

b. 钢丝帘布挂胶　子午线轮胎钢丝帘布的挂胶方法,主要有压延法和挤出法两种。

c. 供胶机的配备　采用压延法挂胶需配备热炼供胶机台。目前,有开放式热炼机和冷喂料挤出机两种热炼供胶方式。

d. 大卷胶布存放　挂胶后的各种大卷胶布一般平放在存放架上。存放架有单层的和多层的。存放时间和存放量则按工艺要求和生产周转量的需要决定。

生产过程中的各种半成品,如存放时间过长,存放量过多,不仅影响产品质量,占用过多的存放器具和存放面积,而且影响生产资金周转。因此,应按照工艺要求和周转量的要求,适量为宜。

②胶布裁断

a. 纤维胶布裁断　广泛采用立式裁断机和卧式裁断机。立式裁断机

多用于各种较窄布条裁断，卧式裁断机则适用于胎身帘布裁断。

b. 钢丝胶布裁断　采用压延法挂胶的大卷钢丝胶布，需要进行裁断，通常采用的钢丝帘布裁断机有铡刀型和圆盘刀加矩形刀两种。

c. 各种胶布条及胶条裁断　由压延机压好的大卷胶布和大卷胶片，按照工艺要求分别采用立式裁断机、纵向裁断机和多刀裁断机进行裁断。裁成胶布条和胶条，卷成小卷，放在存放车(架)上，以供下道工序使用。

d. 大垫布的使用　各种帘、帆布挂胶后，卷取用的大垫布，现已比较普遍的采用丙纶垫布。其中钢丝帘布覆胶后，在进入冷却辊前先在两面贴上压有花纹的聚乙烯塑料垫布，随后卷取。

从裁断工段返回的各种大垫布，经过垫布整理机整理，再供压延工段重复使用。

(3)贴隔离胶及各种胶片的压制　胎身胶布贴隔离胶和各种胶片的压制，可在同一台压延机上进行。裁断好的各种胶布小卷和贴好隔离胶的各种胶布小卷，以及各种胶片的小卷，均放在小卷存放车(架)上，供胶布贴合等下道工序使用。

(4)油皮胶及气密层胶片的压制

①油皮胶的压制　贴油皮胶可与贴隔离胶共用一台 $\phi360 \times 1120$ 或 $\phi450 \times 1200$ 三辊压延机。

②气密层的压制　气密层一般由两种或两种以上不同胶料、不同厚度的胶片复合而成。目前比较先进的压制方法有两种：其一是采用四辊压延联动生产线生产；其二是采用挤出压延联动生产线生产，其主要设备是一台带辊筒机头的冷喂料挤出机和一台压延机及联动装置。

(5)钢丝圈的制造

①斜交轮胎所用钢丝圈的制造　斜交轮胎一般使用方形断面钢丝圈，其生产工序包括钢丝覆胶卷成，三角胶芯压制和钢丝圈包布等。分别用钢丝圈挤出联动装置、三角胶芯挤出机和钢丝圈包布机等专用设备生产。

②子午线轮胎所用钢丝圈的制造　目前，国内制造半钢丝轻载、乘用子午线轮胎一般采用方形断面钢丝圈；制造全钢丝载重子午线轮胎则多采用六角形断面钢丝圈，其专用设备为六角形钢丝圈缠绕机组。

(6)外胎成型

①斜交轮胎的成型　斜交轮胎的成型方法，有层贴法和套筒法两种。现在国内主要还是采用套筒法。套筒成型法包括层布贴合与外胎成型两个工序。

a. 层布筒贴合　套筒法成型所用的帘布筒，用层布贴合机贴合。层布贴合机的规格，可根据层布筒的宽度和周长选用。

b. 外胎成型　载重轮胎采用套筒法成型，一般选用半芯轮式压辊包边

成型机。轻载、乘用轮胎一般仍选用半鼓式成型机。成型机的型号较多,可按照所生产轮胎的规格不同,分别选用。

②子午线轮胎的成型　子午线轮胎通常采用的成型方法有两段成型法和一次成型法。

a. 两段法成型　其工艺特点是将轮胎的成型过程分解为两段,分别在两台成型机上完成。目前,在国内半钢丝轻载和乘用子午线轮胎的成型,多采用这种两段法成型工艺。

b. 一次法成型　是在两段法成型工艺的基础上发展起来的。其特点是在一台成型机上完成整个成型过程。当前国内凡是全钢丝载重子午线轮胎生产线,多数采用这种一次法成型工艺,选用一次法成型机。但它的结构比较复杂,利用计算机控制,操作工人素质要好,设备投资也比较大。

③胎坯喷涂隔离剂和烘胎存放　成型好的胎坯送入烘胎房或胎坯存放区,首先喷涂隔离剂,专用设备有自动喷涂机。

(7)外胎硫化

①斜交轮胎的硫化

a. 斜交轮胎胎坯从烘胎房运至硫化工段后,首先应经过胎坯扎孔机扎孔,以便硫化时排出胎体内残存的气体,提高轮胎硫化质量。

b. 斜交轮胎硫化,国内以往普遍使用立式水压硫化罐。

②子午线轮胎的硫化　子午线轮胎胎坯从胎坯存放处运至硫化机前,放在存胎器上,等待硫化。当前,各厂都尽量选用国产的定型硫化机。并根据产品质量要求,装配活络模型。国产的活络模型已批量生产,并基本上已形成系列,可供选用。

③生产线上的成品检验

a. 斜交轮胎硫化后,须逐条经过修剪机修边和外观质量检查,合格的随即分类入库。

b. 子午线轮胎硫化后,除需经过修边和外观质量检查外,还须对内在质量进行严格的检验。

④胶囊的制造　定型硫化机所用的硫化胶囊,均用丁基橡胶制造,先挤出胶片(条),然后采用胶囊硫化机硫化。

⑤硫化模型的清洗　轮胎硫化模型必须保持干净、光洁。因此,需要定期清洗,以清除整个花纹部分(尤其是花纹沟里)的沉积物,比较选进的清洗设备有液体洗模机。

2. 汽车内胎与垫带的生产工艺

(1)内胎制造　现在国内生产的汽车内胎有天然橡胶的和丁基橡胶的两种。

①内胎半成品的制备　内胎胶料须经过过滤。制造内胎首先用内胎挤出机将胶料压成胶筒,然后在联动装置上相继进行冷却、自动称量、打孔、贴气门嘴、切割。

内胎胎筒多用百叶车存放,内胎接头可选用各种型号的内胎接头机。

②内胎硫化　内胎接头后(丁基橡胶内胎接头冷冻后),先在定型盘上充气定型,然后装机硫化。内胎硫化现广泛采用内胎电动硫化机。硫化好的内胎,经过上螺丝帽和成品检查合格,送入成品仓库。

③气门嘴加工　气门嘴工段包括铜嘴打麻、酸(碱)处理、干燥、贴胶垫和硫化等工序。所用设备有铜嘴打麻机、酸(碱)处理装置、干燥箱和平板硫化机等。硫化好的气门嘴通过检查、打麻、涂胶浆和烘干后,供内胎成型使用。

(2)垫带制造　垫带的制造,是先用挤出机压出胶条,经过称量,用垫带硫化机硫化。胶条挤出可与内胎挤出共用一个挤出机组。也可单独设垫带挤出机组,视生产规模而定。通常采用的垫带硫化机均系模压硫化。动力介质有水压和油压两种,可根据具体情况选用。

3. 力车外胎的生产工艺

(1)力车外胎的生产工艺流程　软边胎(主要是手推车胎,也包括软边自行车胎)和硬边胎(主要是硬边自行车胎)的生产流程有所不同,如图2-1和图2-2所示。

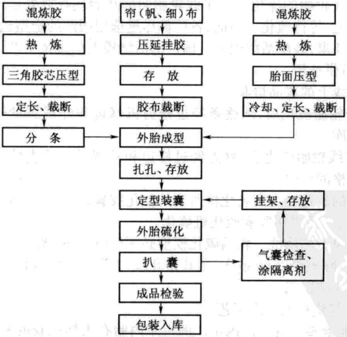


图2-1　软边力车胎生产流程图

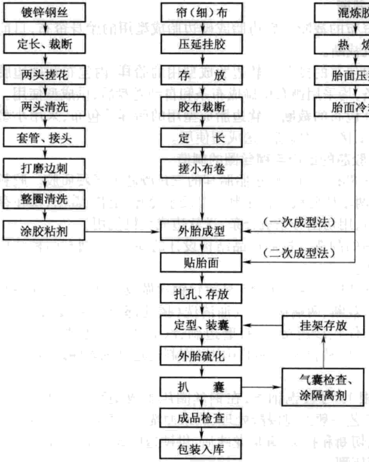


图 2－2　硬边自行车胎生产流程图

注　1. 如采用多根钢丝包胶压出卷成的钢丝圈，则需扎头，整周缠绕尼龙线。

　　2. 如生产彩色胎，胎面则需采用复合压制方法，不扎孔。

(2)帘(帆、细)布挂胶

①骨架材料尼龙化　我国力车胎的骨架材料已基本实现尼龙化，棉帘布用量已经很少。

②帘(帆、细)布挂胶　经过化纤厂浸渍处理的尼龙帘布，进厂后即可直接压延挂胶。尼龙帘布吸湿性很强，拆包后应立即使用，不可长时间裸露放置。

③热炼机的配备　根据各厂实际生产经验，可按照所采用压延机的规格、用途、台数和生产任务，相应配备热炼机。

④垫布的处理　大卷胶布使用的大卷垫布，每使用一次后均需送到大垫布整理机上进行整理，以保持舒展平整和清洁无尘。新的垫布使用前或使用一个时期后，均需进行浸渍处理。

(3)胶布裁断

①胎身帘布的裁断　软边胎或硬边胎成型用的胎身帘布，目前一般采用立式裁断机裁断。

②胎圈内包布的撕条　软边胎成型用的胎耳、内包布和硬边胎成型用的胎圈包布条，均采用撕布机撕成布条和自动卷盘后，供成型使用。

③胎圈外包布的裁断　软边胎成型用的胎耳外包布，采用小型卧式裁断机裁断，手工接头，卷盘后，送成型使用。

(4)三角胶芯的压制与钢丝圈的制造

①三角胶芯的压制　软边胎胎耳的三角胶芯为半硬质胶。胶料通过热炼后，一般用两辊压延机整板压制。经浸水冷却，定长、裁断，摆在存放板上存放。停放后，用切割分条机分条，送软边成型机使用。

②钢丝圈的制造　按照产品结构设计的要求，分别有两种结构形式和两种制造方法。

a. 用单根 13 号、14 号或 15 号镀锌钢丝做成。其制造工序一般经过钢丝校直、定长、裁断、两端搓花、汽油清洗(搓花部分)、套接头钢管(接头钢管为外厂协作件)、冷压接头、打磨边刺、汽油清洗。送硬边胎成型机使用前，还需涂上一层黏着剂。现在国内已有制造这种钢丝圈的专业厂家，可以直接订购。

b. 用单根 19 号镀铜钢丝，在钢丝圈压出成型联动生产线上包胶、卷成。其制造工艺一般经过浸酸处理、热水冲洗、空气吹干、压出包胶、卷三圈成“品”字形、切断和扎头、缠尼龙线后，供硬边胎成型机使用。

(5)胎面压型

①单色胎面的压型　通常有两种生产方法。一是用 $\phi230\times650$ 的三辊或四辊压型机压型；二是用 $\phi115$ 挤出机压型。出型后，在联动装置上经过冷却，直接引到贴胎面机上使用；或在联动装置上经过冷却、定长、裁断后，供外胎成型生产线使用。

②彩色胎面的压型　当前彩色自行车胎，主要有单色的、双色的和三色的。

双色胎面的压型，目前有复合挤出法和辊筒压延法两种。复合挤出法一般选用冷喂料复合挤出机；辊筒压延法则选用七辊压延机。

三色胎面的压型，系在上述双色胎面压型联动线上，增加一台两辊或三辊压延机，专门压制彩色底部胶片，并进行压型复合。

③热炼机的配备　装有多条热喂料的挤出机生产线或压延机生产线，平均每台压型机配一台热炼机。如果只装一台压型机，则配备热炼机和热炼机各一台为宜。

(6)外胎成型

①软边胎成型　通常采用折页式平鼓座式成型机。

②硬边胎成型　已广泛使用卧式(或立式)双鼓包迭成型机。

③贴胎面　可在成型机上贴,也可把胎壳集中在一起,经过质量检查后,送到胎面贴合机上专门贴。并进行胎坯扎孔。

④胎坯存放　成型好的胎坯,按工艺要求和生产周转量的需要进行存放,存放时间不得大于36h。

(7)外胎硫化

①硫化准备

a. 涂隔离剂　成型后的胎坯,经质量检验合格后,需在胎里(或气囊)表面涂刷液体隔离剂。每个班次在循环使用的气囊表面涂擦硅油隔离剂3~4次即可。

b. 装囊定型　采用气囊硫化方法的胎坯,需预先进行装囊定型,其中规格较大的,如手推车胎等,使用定型装囊机。规格较小的则用手工。

②硫化方式　力车外胎硫化方式有气囊硫化法和隔膜硫化法。

a. 气囊硫化法　适用于软边胎和硬边胎。

b. 隔膜硫化法　适用于硬边胎。

③硫化设备　目前国内普遍采用水压硫化机和电动硫化机。

a. 水压硫化机　有双层、三层和四层三种。适用手推车胎和自行车胎的硫化,该机结构简单,制造方便,运行平稳,维修容易,生产效率高,所以得到广泛采用。

b. 电动硫化机　有单层与双层两种。适用于手推车胎和自行车胎的硫化。硫化模开闭速度较快。不用高、低压力水。

④硫化条件　国内各厂采用的硫化介质基本相同,即用蒸汽硫化,其中硫化手推车胎的内压高些,硫化自行车胎的内压低些。

⑤成品检查及包装　硫化好的外胎成品,经外观质量检查合格后,进行包装入库。包装方式分正面套装和反面套装。

⑥硫化控制　力车胎硫化机通常采用电磁阀或射流系统控制。

(8)气囊制造　现已普遍使用丁基橡胶气囊,使用次数高达数百次。丁基混炼胶由炼胶车间供应。经过滤胶,用挤出机压出胎筒。然后通过浸水冷却,放在槽板内停放后,即可进行成型,装气嘴胶芯,在气囊接头机上接头,再停放后,即可进行硫化。气囊硫化机及所用硫化介质与力车外胎所用的相同。唯有丁基橡胶气囊的硫化时间较长。

4. 力车内胎的生产工艺

(1)力车内胎的生产工艺流程　力车内胎的生产方法有先接头后硫化

和先硫化再接头两种工艺。前者为无接头内胎。后者为有接头内胎。现已广泛采用无接头生产工艺。

按照使用胶种不同,分天然橡胶内胎和丁基橡胶内胎。其生产流程有所不同。如图 2－3 和图 2－4 所示。

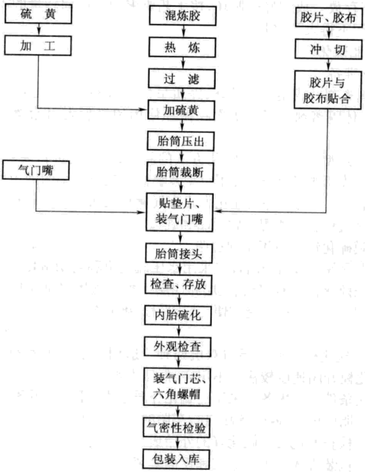


图 2－3　天然橡胶力车内胎生产流程图

(2) 内胎生产准备

①胶料的准备　内胎胶料必须经过滤胶机过滤。

②气门嘴的准备　丁基橡胶内胎使用胶垫气门嘴时,气门嘴须先在气门嘴工段进行必要的加工;天然橡胶内胎和丁基橡胶内胎使用普通气门嘴时,则需增贴气门嘴垫片。垫片由胶片层和胶布层贴合而成。气门芯需先套上胶皮芯,胶皮芯可用干胶生产,也可用胶乳生产。

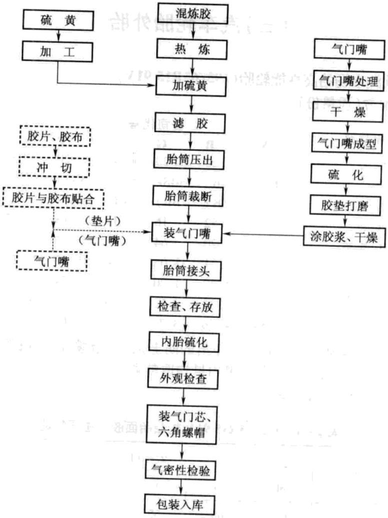


图 2－4　丁基橡胶力车内胎生产流程图

注　图中实线部分系采用胶垫气门嘴；虚线部分表示采用普通气门嘴。

(3) 内胎挤出与成型　内胎胎筒一般用挤出机压制，并在内胎成型生产联动装置上成型，包括胎筒压出后冷却、喷涂液体隔离剂、定长裁断、打眼、装气门嘴等工序，随即在内胎接头机上接头。

(4) 内胎硫化与包装　力车内胎硫化普遍使用个体电动硫化机。所需内压和外温的介质均为蒸气。

内胎成品经质量检查合格后，送包装工段，经抽真空、装气门芯和六角螺帽，并包装入库。

（三）汽车轮胎外胎

实例1. 欧洲市场的高性能轮胎（195/65R15 91V）

（1）配方（质量份）

原材料	公司代号					
	M	B	G	C	P	T
生胶	90/10（SBR/BR）	80/20（SBR/BR）	80/20（SBR/BR）	60/40（SBR/NR）	80/20（SBR/NR）	100（SBR）
炭黑	15	52	16	15	13	65
白炭黑	55	20	64	60	52	6
增塑剂	17.36	23.51	25.06	25.14	15.97	26.11
氧化锌	1.60	1.30	1.70	0.72	1.54	1.55
碳酸钙	0.15	0.30	0.12	0.48	0.25	0.22
总硫	3.84	4.76	3.73	4.39	4.00	4.74

其中，增塑剂应含丙酮能抽提出的防老剂、硬脂酸等组分；总硫含偶联剂、促进剂中的硫，炭黑及白炭黑用量均取整数。

（2）性能（表2－1）与评价

表2－1 195/65R15 91V轮胎胎面胶主要性能

项目		公司代号					
		M	B	G	C	P	T
邵氏硬度A		61	66	65	66	66	62
300%定伸应力/MPa		10.6	12.2	9.2	8.5	12.3	10.1
拉伸强度/MPa		21.0	20.4	19.1	18.4	22.4	18.3
拉断伸长率/%		510	490	550	570	500	490
$\tan\delta$	0℃	0.442	0.544	0.506	0.431	0.383	0.506
	60℃	0.148	0.223	0.209	0.142	0.145	0.234

由表2－1可以看出，轮胎的防滑性能（以0℃的tanδ表征）均很高，滚动阻力（以60℃的tanδ表征）相对较低，硬度和定伸应力分别在61～66和

9～12MPa 之间，拉伸强度均为 20MPa 左右。

实例 2. 非镶钉冬用轮胎(P245/70R16)

(1)配方(质量份)

原材料	公司代号					
	B	G	O	T	D	N

[redacted]

原材料	公司代号					
	M	G	C	S	D	Y
生胶(NR)	100	100	100	100	100	100
炭黑	52	41	47	51	47	51
白炭黑	—	12	—	8	6	—
增塑剂	8.5	13.0	8.1	9.1	9.7	11.0
氧化锌	3	3.5	3	2.5	3	3
总硫	1.82	1.94	1.91	1.90	2.25	2.32

②295/75R22.5 牵引型驱动轮胎胎面胶配方(质量份)

原材料	公司代号				
	M	G	B	Y	E
生胶(NR)	100	100	100	100	100
炭黑	52	54	52	48	58
白炭黑	—	—	—	—	4
增塑剂	6.5	8.86	7.87	8.85	9.75
氧化锌	3	4	3	3	3.5
总硫	2.01	2.93	2.47	3.42	2.66

其中,M 公司的轮胎规格为 275/80R22.5。

③295/75R22.5 公路型轮胎胎面胶配方(质量份)

原材料	公司代号				
	M	G	B	Y	E
生胶	100	100	100	100	100
炭黑	48	60	55	50	51
增塑剂	8.18	10.30	9.32	9.15	10.44
氧化锌	3	4	4	4	3
总硫	2.27	2.10	1.88	2.60	2.75

④公制低断面无内胎载重轮胎胎面胶配方(质量份)

原材料	固特异	倍耐力	横滨	登录普
生胶	100(NR)	90/10(NR/BR)	100(NR)	100(NR)
炭黑	45	45	48	50
白炭黑	14	13	—	—
溶剂抽出物	13.63	12.10	9.53	12.39
氧化锌	4	3.5	—	—
结合硫	2.1	2.4	2.1	0.9

(2)性能(表2-3~表2-6)与评价

表2-3 385/65R22.5轮胎胎面胶主要性能

项目		公司代号					
		M	G	C	S	D	Y
胎面胶性能	邵氏硬度A	66	62	62	66	66	65
	300%定伸应力/MPa	18.3	15.8	17.8	19.1	19.4	20.2
	拉伸强度/MPa	31.0	25.2	30.8	29.6	30.0	30.4
	拉断伸长率/%	470	440	460	440	440	430
$\tan\delta$	0℃	0.17	0.19	0.18	0.22	0.18	0.17
	60℃	0.07	0.09	0.07	0.11	0.08	0.07
100℃,24h热空气老化后	邵氏硬度A	68	65	66	67	69	67
	拉伸强度/MPa	28.9	25.6	27.0	25.7	27.8	26.5
	拉断伸长率/%	410	440	410	370	380	350

表2-4 295/75R22.5牵引型驱动轮胎胎面胶的主要性能

项目		公司代号				
		M	G	B	Y	E
胎面胶主要性能	邵氏硬度A	69	65	63	66	66
	300%定伸应力/MPa	17.9	18.7	11.9	21.2	17.5
	拉伸强度/MPa	26.0	26.0	25.7	30.7	26.1
	拉断伸长率/%	410	400	520	420	450
100℃,24h热空气老化后	邵氏硬度A	70	68	65	68	68
	拉伸强度/MPa	22.2	26.9	19.5	26.2	22.8
	拉断伸长率/%	380	390	370	380	410
$\tan\delta$	0℃	0.227	0.210	0.226	0.143	0.223
	60℃	0.161	0.114	0.150	0.050	0.113

表 2－5　295/75R22.5 公路型轮胎胎面胶的主要性能

项目		公司代号				
		M	G	B	Y	E
胎面胶主要性能	邵氏硬度 A	67	66	64	67	66
	300%定伸应力/MPa	20.6	17.9	11.5	21.2	16.9
	拉伸强度/MPa	30.5	22.8	26.6	31.0	30.1
	拉断伸长率/%	430	370	520	420	490
100℃,24h 热空气老化后	邵氏硬度 A	69	70	65	69	68
	拉伸强度/MPa	27.8	21.5	20.9	22.7	27.8
	拉断伸长率/%	370	310	440	300	400
$\tan\delta$	0℃	0.156	0.212	0.214	0.130	0.175
	60℃	0.080	0.137	0.124	0.055	0.091

表 2－6　公制低断面无内胎载重轮胎胎面胶性能

项目		固特异	倍耐力	横滨	登录普
产品年份		1995	1999	1999	1999
轮胎规格		295/80 R22.5	315/80 R22.5	385/65 R22.5	385/65 R22.5
胎面胶物理性能	邵氏硬度 A	64	67	67	64
	300%定伸应力/MPa	23.2	21.4	22.0	13.7
	拉伸强度/MPa	28.0	26.3	31.8	27.3
	拉断伸长率/%	375	458	433	537
	回弹率/%	45	44	52	45
	压缩生热/℃	—	40.1	19.8	35.4
	阿克隆磨耗量/cm^3	0.169	0.142	0.157	0.380

公制低断面无内胎载重子午线轮胎是该类产品的发展趋势，尤其是高速公路的发展，使汽车运输业在交通运输业中占主导地位，大型客车和货车(特别是厢式货车)均装配了这种子午线轮胎。

胎面胶均具有高定伸、高强度、中硬度的性能特征，配方均采用全 NR，含胶率提高，一般在60%左右；炭黑用量为47～52份，有的公司并用6～12份白炭黑，M公司，Y公司和C公司则未使用白炭黑。

实例4. 普通无内胎轮胎胎面胶

(1)配方

①11R24.5 轮胎胎面胶配方(质量份)

原材料	公司代号				
	M	G	B	C	Y
生胶(NR)	100	100	100	100	100
炭黑	48	48	48	49	50
白炭黑	9	—	—	—	—
增塑剂	7.4	7.87	8.6	7.3	9.37
氧化锌	2.5	4	3.5	3	4
总硫	2.25	3.03	2.14	2.92	2.14

②11R22.5 轮胎胎面胶配方(质量份)

原材料	公司代号		
	B	M	K
生胶	80/20(NR/SBR)	100(NR)	100(NR/SBR/BR)
炭黑	50	52	52
溶剂抽出物	10.33	8.25	13.65
氧化锌	—	—	5
结合硫	1.82	1.90	2.20

(2)性能(表2-7和表2-8)与评价

表2-7 11R24.5 轮胎胎面胶性能

项目		公司代号				
		M	G	B	C	Y
胎面胶主要性能	邵氏硬度 A	67	63	64	63	66
	300%定伸应力/MPa	19.5	16.2	15.0	14.7	19.3
	拉伸强度/MPa	29.7	27.9	29.0	27.0	27.2
	拉断伸长率/%	440	460	490	470	440
100℃,24h 热空气老化后	邵氏硬度 A	69	68	66	66	67
	拉伸强度/MPa	28.1	24.3	27.3	26.5	28.1
	拉断伸长率/%	390	380	440	430	400
tanδ	0℃	0.173	0.150	0.166	0.168	0.183
	60℃	0.090	0.071	0.093	0.083	0.101

表 2－8　11R22.5 轮胎胎面胶性能

项　　目	公　司　代　号		
	B	M	K
产品年份	1992	1994	1996
邵氏硬度 A	67	64	67
300%定伸应力/MPa	19.5	24.2	21.5
拉伸强度/MPa	30.4	33.0	29.4
拉断伸长率/%	440	439	396
回弹率/%	—	48	48
压缩生热/℃	—	30.3	—
阿克隆磨耗量/cm^3	—	0.193	0.142

上述两配方为国外两种常用的普通无内胎载重子午线轮胎配方，其胎面胶性能与配方特点基本如表 2－7、表 2－8 所述，只是 1992 年的 B 公司轮胎中并用了 20 份 SBR，1996 年的 K 公司轮胎中并用了少量的 SBR 和 BR。

实例 5. 普通有内胎轮胎(9.00R20 轮胎胎面胶)

(1)配方(质量份)

原材料	倍耐力	住友	米其林 1	米其林 2
产品年份	1990	1990	1990	1998
生胶	100(NR)	100(NR)	30/60/10 (NR/SBR/BR)	100(NR)
炭黑	42	49	63	49
白炭黑	12	10	—	—
溶剂抽出物	10.9	6.38	22.81	8.39
氧化锌	2.5	4	—	3
结合硫	2.23	2.55	—	1.89

(2)性能(表 2－9)与评价　国外各大轮胎公司生产的 9.00R20 规格轮胎剖析及实际里程试验结果见表 2－9。从表中可以看出，试验时米其林轮胎在国内使用情况并不理想，就其胎面胶来说，并用了 70% 的 SBR 和 BR，含胶率较低，物理性能也较差。1998 年同样剖析其 9.00R20 轮胎，胎面胶已改为全 NR，物理性能也较好。与当时较高水平的斜交轮胎相比，子午线轮胎耐磨性平均提高 20% ～40%，好的品牌

提高30%～60%，而米其林轮胎平均仅提高13%。

表 2－9　9.00R20 轮胎胎面胶性能

项目		倍耐力	住　友	米其林1	米其林2
里程试验磨耗/km·mm^{-1}	广东阳春	8.391	9.123	7.641	7.033①
	浙江杭州	7.499	9.843	8.143	7.079①
	湖北荆州	11.780	12.807	9.444	8.065①
邵氏硬度 A		66	67	66	63
300%定伸应力/MPa		15.6	17.8	13.0	14.9
拉伸强度/MPa		26.3	27.2	20.9	26.9
拉断伸长率/%		452	461	471	482

①同9.00－20 规格轮胎的数据（非米其林产品）。

实例6. 载重斜交轮胎胎面胶

（1）配方（质量份）

原材料	9.00－20 14PR 泰国兴达	9.00－20 14PR 正新	10.00－20 16PR 泰国兴达	10.00－20 16PR 佳通	11.00－20 16PR 普利司通	11.00－20 16PR 正新	12.00－20 18PR 正新
生胶(NR)	100	70	100	80	为主	100	100
SBR	—	—	—	20	少量	—	—
BR	—	30	—	—	少量	—	—
炭黑	50	53	52	51	51	46	46
白炭黑	—	5	—	—	—	3	6
溶剂抽出物	9.54	15.43	9.69	16.96	19.97	16.05	16.83
氧化锌	3	3.5	—	2.5	3	5	5
结合硫	1.7	2.4	1.8	2.3	2.2	2.5	2.1

其中，溶剂抽出物均是芳烃油、防护蜡、防老剂4020、防老剂RD、硬脂酸或加工助剂等。

（2）性能（表2－10）与评价　载重斜交轮胎在我国仍是主导产品，子午线轮胎虽然近年来异军突起，但载重斜交轮胎仍是面广、量大产品，还占有重要的市场份额。除其价格优势外，不断改进质量水平成为载重斜交轮胎在市场生存的关键。

从表2－10可以看到，各公司各种规格轮胎的胎面胶300%定伸应力都较大，在14～18MPa之间，胎肩胶在13～18MPa之间；相同牌号不同公司的产品定伸应力匹配也不相同，有的胎肩胶高于胎冠胶（如普利司通和正新），有的

胎肩胶低于胎冠胶(如泰国兴达),如以缓冲层胶定伸最高,则以前者较宜,如以胎冠胶最高,则以后者较宜。值得研究的是,其硬度在高定伸应力情况下控制在中等,一般在64~67。各公司轮胎均采用了“三方四块”的胎面胶结构,胎肩胶硬度更低,在55~58之间,具有很高的弹性、很低的生热,这对改善尼龙轮胎的肩空非常有利。这种胎面胶的设计有利于提高较高使用速度下轮胎的整体质量水平,同时确保了超载情况下的耐磨性能。

表2-10 载重斜交轮胎胎面胶主要性能

项目		9.00-20 14PR		10.00-20 16PR		11.00-20 16PR		12.0-20 18PR
		泰国兴达	正新	泰国兴达	佳通	普利司通	正新	正新
邵氏硬度A	上层	64	67	64	65	63	64	66
	下层	63	67	64	65	62	62	63
	胎肩	55	55	55	57	57	58	58
300%定伸应力/MPa	上层	17.4	14.4	17.0	15.1	14.5	15.1	14.0
	下层	18.1	13.3	18.2	15.8	15.0	14.7	12.7
	胎肩	14.1	17.3	12.8	14.5	18.0	17.7	17.0
拉伸强度/MPa	上层	25.9	23.4	27.0	24.7	25.0	25.5	26.6
	下层	26.2	26.1	30.0	26.2	23.6	25.4	25.1
	胎肩	24.8	30.7	25.1	27.5	29.2	28.7	31.8
拉断伸长率/%	上层	423	458	424	439	458	469	516
	下层	413	482	427	443	431	456	512
	胎肩	465	467	501	439	419	433	501
回弹率/%	胎冠	47	42	50	41	42	40	41
	胎肩	55	55	54	53	61	59	60
压缩生热/℃	胎冠	27.1	—	21.8	—	—	24.9	25.5
	胎肩	—	—	—	—	—	13.4	12.4
阿克隆磨耗量/cm^3		0.293	0.118	0.154	0.215	0.235	0.222	0.158
外胎平均质量/kg		39.2	41.3	43.8	44.9	44.3	53.2	66.4

胎冠胶的配方特点是:均以NR为主,甚至采用全NR;炭黑用量为46~53份,正新轮胎采用了少量白炭黑;硫黄用量对NR来说,均属低硫,可能采用了平衡硫化体系,类似于载重子午线轮胎胎面胶,但拉伸强度为25~27MPa,略低于子午线轮胎;防老体系为防老剂4020+防老

剂 RD + 防护蜡，操作油为芳烃油，均与子午线轮胎相同。由此可见，应尝试在相对提高原材料成本的前提下，获得较高的斜交轮胎质量水平，以有力地占有市场。

实例 7. 小客车子午线轮胎胎面胶

(1) 配方(质量份)

原材料	常用配方	降低炭黑用量配方
丁苯橡胶 1712	89.0	89.0
顺丁橡胶	35.0	35.0
氯化锌	3.0	3.0
硬脂酸	2.0	2.0
树脂	2.5	2.5
蜡	2.0	2.0
防老剂 4020	2.0	2.0
炭黑 N330	67.0	55.0
油	39.0	34.0
促进剂 Santocure NS	1.2	2.5
硫化剂 DTDM	—	1.0

(2) 性能与评价 应用低炭黑半有效硫化体系胎面配方，轮胎的滚动阻力下降 4%，而耐磨耗性能良好。

降低炭黑用量体系的胶料，由于具有较低的密度以及炼胶过程中能量的消耗降低而减少了成本，因而它的单位体积成本略有降低。

减少炭黑用量，并通过增加硫化体系用量的方法维持胶料定伸应力不变时，能使轮胎的滚动阻力明显降低，同时对胎面的耐磨性无明显的影响。

实例 8. 子午线轮胎胎侧胶

(1) 配方(质量份)

原材料	黑胎侧	白胎侧
天然橡胶	50 或 70	50.0
顺丁橡胶	50 或 30	—
丁苯橡胶 1502	—	25.0
三元乙丙橡胶	—	25.0
滑石粉	—	20.0
二氧化钛	—	50.0
低结构高耐磨炉黑	50.0	—

白色陶土	—	30.0
氧化锌	3.0	5.0
硬脂酸	1.0	1.0
芳烃油 Sundex 790	3.0	—
Mag Lite K	—	0.5
群青蓝	—	0.2
Suno Lite 240 蜡	2.5	—
山都佛莱克斯 B4	3.0	—
山都白色结晶体	—	1.0
不溶性硫黄 IS－60	2.0	2.0
促进剂 Santocure NS	1.0	1.0

(2)性能与评价 子午线轮胎胎侧使用过程中受到的屈挠和耐老化的程度比斜交胎胎侧严重很多，因此配方设计必须满足上述性能的要求，同时要求加工性能和黏合性能好。

斜交胎黑胎侧用的100%丁苯胶或丁苯/顺丁并用胶料，不适用于子午线轮胎，而需将丁苯橡胶或顺丁橡胶与天然橡胶并用，以增加胶料的黏合性能，另需适当增加防老剂用量，提高胎侧胶的耐天候老化性能。

子午线轮胎的白胎侧，可以使用100%的氯丁橡胶或天然胶/氯丁胶/三元乙丙并用胶。

实例9. 聚酯子午线轮胎胎体胶料

(1)配方

原材料	质量份
马来西亚标准胶 5L	50.0
丁苯橡胶 1778	36.0
丁苯橡胶 1502	24.0
中结构通用炉黑	70.0
氧化锌	3.0
硬脂酸	1.0
松焦油	4.0
树脂	10.0
Flectol H	1.0
促进剂 DM	0.8
促进剂 Santocure NS	0.5
不溶性硫黄 60	2.5

(2)性能与评价 子午线轮胎胎体胶料需使用生胶强度比较高的

胶料，因此必须增加胶料中天然橡胶的含量，同时使用中结构的细粒子炭黑。

在黑胎侧的小客车或载货汽车子午线轮胎胎体胶料中，加入3份对苯二胺类防老剂，如防老剂4020或山都佛来克斯B4，胎体中的防老剂能扩散到胎侧和胎面上去，起着防老剂储存库的作用，延长防老剂对这些区域的防护作用，提高轮胎的使用寿命。但在带有白胎侧子午线轮胎的胎体胶料中，加入对苯二胺类防老剂将会产生污染性和变色性。

实例10. 子午线轮胎钢丝缓冲层胶料

（1）配方

原材料	质量份
马来西亚标准胶5CV	100
低结构高耐磨炭黑	55
氧化锌	8
硬脂酸	1
操作油	3
防老剂4020	2
Electol	1
增黏树脂	3
萘酸钴	1
硫黄	4
促进剂NOBS	0.7
白炭黑	10

（2）性能与评价 含钴盐的胶料通常用于与镀黄铜的钢丝帘线的黏合，其黏合的效果受加工工艺、生胶种类、填充剂、硫化体系、防老剂以及钢丝帘线上黄铜镀层组成几个因素的影响。

选用的钢丝帘线胶应具有最大的黏合性能。

实例11. 小客车子午线轮胎胎圈部位胶料

（1）配方

①胎圈隔离胶

原材料	质量份
丁苯橡胶1500	100.0
再生胶	15.0
高耐磨炭黑	60.0
硬质陶土	20.0

Calcene	20.0
氧化锌	9.0
硬脂酸	2.5
树脂	3.0
油	2.0
硫黄	12.5
促进剂 NOBS	0.8
Flectol Flakes	1.5

②胎圈顶点胶(Apex)

原材料	质量份
天然橡胶	90
丁苯橡胶 1500	10.0
高耐磨炉黑	50.0
树脂	18.5
油	2.0
氧化锌	5.0
硬脂酸	2.0
防老剂 4020	1.0
不溶性硫黄	3.0
促进剂 NOBS	2.0
促进剂 D	0.5
防焦剂 PVI	0.3
HMT	1.0

③窄条胶(Chafer)

原材料	质量份
天然橡胶	100.0
低结构高耐磨炉黑	65.0
油	5.0
氧化锌	8.0
硬脂酸	1.5
树脂	10.0
防老剂 4020	1.5
不溶性硫黄 60	3.0
硫化剂 DTDM	1.5
促进剂 NOBS	0.75
防焦剂 PVI	0.25
HMT	1.00

间苯二酚	2.00

④油皮胶

原材料	质量份
天然橡胶	70.0
氯丁橡胶 HT 1068	30.0
高结构通用炉黑	65.0
硬脂酸	1.0
氧化锌	6.0
Flectol Flakes	2.0
芳烃油	16.0
硫黄	0.9
Thiofide	0.8
Vultac's	1.25

⑤胎圈填充胶

原材料	质量份
天然橡胶	50.0
丁苯橡胶 1500	50.0
高耐磨炉黑	85.0
油	2.0
硬脂酸	2.0
氧化锌	5.0
树脂	8.0
Electol	1.5
硫黄	2.4
促进剂 Santcnre NS	0.6
硫给予体 DTDM	1.5

(2)性能与评价 子午线轮胎与斜交结构轮胎相比,具有的优点为:行驶里程明显提高;滚动阻力低,节能降耗;耐擦伤、抗撞击损伤能力提高;牵引力及防滑性能改善;驾驶及转弯过程中操作性好;行驶安全;高速行驶条件下乘坐舒适。

由于子午线轮胎具有上述的一系列优越性能,因此它的应用范围越来越普遍。但它也存在缺点:成本较高,对胎面花纹、胎体结构及胶料配方要求高,不宜低速或在粗糙路面行驶。

与斜交胎相比,子午线轮胎胶料配方更复杂些,操作中要求精确严格。因胎侧屈挠程度大,要求胶料具有良好的性能。

实例12. 高速轿车子午线轮胎胎冠胶

(1)配方(质量份)

原材料	原生产	试验
SBR 1712	68.8	—
SBR 1500	20	—
溶聚丁苯胶 S－SBR 2305	—	70
BR 9000	30	30
炭黑	75	65
芳烃油	8	12
防老剂	4.5	4.5
硫化剂	3.1	3.3
其他助剂	20.0	12.5

(2)性能(表2－11)与评价

表2－11　胶料物理性能

项　　目		小配合试验		车间大料	
		原生产配方	试验配方	原生产配方	试验配方
门尼黏度($ML_{1+4}^{100℃}$)		53.8	63.1	56.4	69.2
焦烧时间(120℃)/min		36.9	35.3	37.45	34.05
硫化仪数据(151℃)	M_H/dN·m	79	83.8	75.6	81.6
	M_L/dN·m	10	11.4	12.4	13
	t_{10}/min	8.5	9.38	9.39	8.75
	t_{90}/min	15	17.35	16	16.25
硫化时间(151℃)/min		20	20	20	20
邵氏硬度 A		67	71	66	69
拉断伸长率/%		372	356	432	329
拉伸强度/MPa		17.1	19.2	18.1	19.1
300%定伸应力/MPa		13.6	17	11.7	15.9
拉断永久变形/%		8	7	7	9
撕裂强度/kN·m^{-1}		51.8	56	58.5	56.9
阿克隆磨耗量/cm^3		0.171	0.207	0.15	0.163

续表

项目		小配合试验		车间大料	
		原生产配方	试验配方	原生产配方	试验配方
炭黑分散度/级		—	—	5	7
$\tan\delta$	0℃	0.45	0.54	0.39	0.52
	60℃	0.375	0.256	0.367	0.268
胶料压缩温升/℃		16	5	—	—
滚动损失(相对值)		3.4	1.95	—	—
湿摩擦因数		39	28	—	—
100℃,48h 热空气老化后	邵氏硬度 A	73	80	72	77
	拉断伸长率/%	236	188	292	172
	拉伸强度/MPa	16	16.4	17	15
	拉断永久变形/%	6	3	5	2
	撕裂强度/$kN \cdot m^{-1}$	46	46.2	49.4	30.2
	阿克隆磨耗量/cm^3	—	—	0.147	0.272

S－SBR 可显著改善高速轿车子午线轮胎胎冠胶性能，表现为胶料的硬度、定伸应力和撕裂强度较高，拉断伸长率略低，轮胎生热，滚动阻力降低而抗湿滑性较好，磨耗性也能保持一定水平。成品轮胎的耐久性能和高速性能均达到较高的水平。

实例 13. 高速轿车子午线轮胎胎面胶

(1) 配方(质量份)

原材料	配方 1	配方 2	配方 3
NR	5	10	15
SBR 1500	30	25	25
SBR 1712	65	65	60
炭黑 N234	70	70	70
芳烃油	8.2	8.2	8.2
树脂	10	10	10

(2)性能(表2-12~表2-14)与评价

表2-12　小配合胶料的物理性能

项目		小配合			车间大料	
		配方1	配方2	配方3	配方1	配方2
门尼黏度($ML_{1+4}^{100℃}$)		87.7	82.2	89.9	86.9	86.6
焦烧时间(127℃)/min		28	23	34	30	32
硫化仪数据(151℃)	M_L/N·m	7.9	7.8	7.8	7.6	7.6
	M_H/N·m	27	27	24	29	28
	t_{30}/min	2.47	2.18	2.22	2.50	2.45
	t_{60}/min	2.77	2.52	2.52	2.65	2.62
密度/g·cm^{-3}		1.178	1.176	1.167	1.176	1.174
拉伸强度/MPa		19.3	19.4	18.9	18.1	19.0
拉断伸长率/%		590	560	580	595	589
100%定伸应力/MPa		2.5	2.3	2.1	2.2	2.2
300%定伸应力/MPa		10.7	11.2	9.4	9.7	9.9
邵氏硬度A		80	77	77	76	77
阿克隆磨耗量/cm^3		0.128	0.134	0.132	0.131	0.138

表2-13　轮胎耐久性能试验结果

项目	试验阶段		
	1	2	3
负荷率/%	85	94	100
负荷/kN	4.66	4.94	5.49
行驶时间/h	4	6	24

注　气压230kPa;速度88km/h;环境温度(38±3)℃。

表2-14　轮胎高速性能试验结果

项目	试验阶段							
	1	2	3	4	5	6	7	8
行驶速度/km·h^{-1}	0~170	170	180	190	200	210	220	230
行驶时间/min	10	10	10	10	10	10	10	2

注　气压280kPa;负荷4.41kN;环境温度22℃。

提高轮胎高速性能，胎面胶的强伸性能也要提高，硬度相应增大，胶料不易早期焦烧。胎面胶应选取变形小、生热低且安全性能好的原材料。由该配方生产成品轮胎经耐久性能和高速性能测试分别达到国家标准和德国ECE 标准，并得到德国大众公司的认可。

实例 14. 军用越野车子午线轮胎胎面胶

(1)配方

①原生产配方(质量份)

原材料	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4	配方 5	配方 6	配方 7	配方 8	配方 9
NR/SBR 1500	85/15	85/15	85/15	85/15	85/15	85/15	85/15	85/15	85/15
不溶性硫黄 IS－60	1.7	1.3	1.5	1.5	1.7	1.3	1.3	1.5	1.7
N326/N220	20/20	20/20	20/20	21/21	21/21	21/21	22/22	22/22	22/22
芳烃油	5	7	9	5	7	9	5	7	9
偶联剂 TESPT	0.5	—	1	—	1	0.5	1	0.5	—

原生产配方的其他组分为：氧化锌 5；硬脂酸 3；促进剂 NOBS 0.8；白炭黑 8；防老剂 4010NA/RD 2/1；石蜡 1。

②优选配方

原材料	质量份
NR/SBR 1500	85/15
IS－60	1.7
氧化锌	5
硬脂酸	3
促进剂 NOBS	0.8
N326/N220	20/20
白炭黑	8
防老剂 4010NA/RD	2/1
石蜡	1
芳烃油	5
偶联剂 TESPT	0.5

(2)性能(表 2－15)

表 2－15 原生产配方与优选配方的对比试验结果

项 目	原生产配方	优选配方
邵氏硬度 A	62	65
拉断伸长率/%	603	546

续表

项目	原生产配方	优选配方
拉伸强度/MPa	27.2	29.4
%定伸应力/MPa	11.3	10.3
扯断永久变形/%	36	28
撕裂强度/kN·m⁻¹	117	142
回弹率/%	49	37
阿克隆磨耗量/cm³	0.580	0.509
老化系数(100℃,48h)	0.53	0.55

评价　军用越野子午线轮胎胎面以 NR 与少量 SBR 并用,不仅降低了成本(每个外胎降低成本约 5 元),而且保证了物理性能和耐热氧老化性能,因而是切实可行的。胎面胶中加入少量白炭黑,可提高胶料的耐磨和抗撕裂等性能,但必须加入适量的偶联剂 TESPT,才能使其效果最佳。采用低结构高耐磨炭黑,对提高胶料的拉伸强度、撕裂强度以及抗切割性能均有利。

抗湿滑轮胎胎面胶

配方

原材料	质量份
SBR 1721(含 40% 聚乙烯和 37.5 份油)	77.6
SBR 1712(结合 23.5% 苯乙烯和 37.5 份油)	27.5
BR(未充油)	25.0
炭黑 N234	85.0
油	12.0
防老剂—抗臭氧剂 6PPD	1.5
石蜡	1.0
硫化剂—氧化锌	3.0
硬脂酸	1.0
促进剂 SBS	1.5
硫黄	2.0

性能与评价　由于苯乙烯能提高 T_g,使丁苯橡胶的滞后性能进一步改善,因此目前欧洲各国改善湿抓着力的办法仍然是控制橡胶结合苯乙烯的量。这种方式也有它的局限性,当增加苯乙烯的结合量使 T_g 接

300 拉 撕 阿 老化
(3)评 低了成本(性能,因而 抗撕裂等性 低结构高耐 有利。
实例 15. 扌
(1)配
步改善,因

实际上，滞后损失的增大使得胎面胶生热增大，轮胎的磨耗性能显著下降

烯结合量增加到使
量高达33份的

来的不利影响这
法已公布。首先
R更好的磨耗性
对由于增大SBR
方法是选用具有
炭黑来提高里
其他补强填充剂
有最佳磨耗性能

	生产配方
	70
	30
	(N375)
	30
	7.6

验结果

大配合	
验配方	生产配方
46	47
1.08	16.17
.71	1.89
2.88	13.91
8.88	19.81
7.53	49.99

…轮胎公司仍然将苯乙烯…用极限，以生产抗湿滑性能异常优越的轮胎。苯乙烯结合…苯橡胶常用于胎面中。

目前，在极端场合如何补偿为提高抗湿滑性能而带…一难题已取得重大突破，至少有3种改善磨耗性能的方…是在并用胶中增加BR的用量，这是因为BR具有比SB…能，提高并用比例（从25%增加到30%或更高）必定会…中苯乙烯的结合量而带来的里程损失给予补偿。另一种…更好磨耗性能的炭黑（如N115）来替代目前使用的N23…程。此外，还必须充分注意胶料的混炼过程，保证炭黑及…在橡胶相中最充分地均匀分散。混炼胶的质量是胎面具…的基础。

实例16 半钢雪地轮胎胎面胶

（1）配方（质量份）

原材料	试验配方	生…
NR	80	
BR	20	
炭黑	70（N220）	74…
芳烃油	30	
其他助剂	15.7	

（2）性能（表2－16～表2－21）与评价

表2－16 小配合和大配合试验配方与生产配方试验…

项目		小配合 试验配方	小配合 生产配方	试…
门尼黏度（$ML_{1+4}^{100℃}$）		42	32	[illegible]
门尼焦烧时间（127℃）/min		20.06	16.01	2…
硫化仪数据（195℃）	M_L/dN·m	1.62	1.78	[illegible]
	M_H/dN·m	12.11	13.13	1…
	t_{10}/min	18.20	19.13	1…
	t_{95}/min	47.01	49.10	4…

续表

项目		小配合		大配合	
		试验配方	生产配方	试验配方	生产配方
硫化胶性能（145℃，30min）	邵氏硬度 A	64	66	65	67
	300%定伸应力/MPa	13.5	13.3	11.5	11.1
	拉伸强度/MPa	21.9	18.5	20.1	19.7
	拉断伸长率/%	465	410	530	515
	撕裂强度/kN·m^{-1}	102	93	104	103
	阿克隆磨耗量/cm^3	0.06	0.09	0.15	0.12
100℃，24h 热空气老化后	邵氏硬度 A	64	65	63	65
	拉伸强度/MPa	16.3	16.1	19.4	18.5
	拉断伸长率/%	305	290	440	410
	撕裂强度/kN·m^{-1}	63	60	94	89
	阿克隆磨耗量/cm^3	0.37	0.23	0.28	0.24

表 2－17 胶料动态性能测试结果

项目	试验配方	生产配方
弹性转矩/dN·m	28.94	31.68
黏性转矩/dN·m	10.07	9.89
复合转矩/dN·m	30.65	33.19
弹性模量/kPa	1 128.8	1 235.6
黏性模量/kPa	392.85	385.97
复合模量/kPa	1 192.2	1 294.4
$\tan\delta$	0.348	0.312

注 硫化条件为 195℃，4min；应变扫描测试条件为温度 60℃，频率 15Hz，角度 0.1°～3°，应变 14%。

表 2-18 高速性能试验结果

项 目	试验轮胎	生产轮胎
达到速度/km · h^{-1}	201	201
行驶时间/min	21	16
累计行驶时间/h	7.35	7.27
轮胎状况	胎肩脱层	胎肩脱层

表 2-19 成品轮胎胎面胶邵氏硬度 A 试验结果

项 目		邵氏硬度 A	
		试验配方	生产配方
室内(22℃,停放 24h)	轮胎 1	61	62
	轮胎 2	62	62
	轮胎 3	62	62
	轮胎 4	62	63
	轮胎 5	63	62
室外(-22℃,停放 24h)	轮胎 1	64	66
	轮胎 2	65	66
	轮胎 3	64	66
	轮胎 4	65	66
	轮胎 5	64	65

表 2-20 成品轮胎耐久性试验后胎面胶物理性能

项 目	试验配方	生产配方
邵氏硬度 A	62	64
300% 定伸应力/MPa	9.0	10.7
拉伸强度/MPa	19.4	18.5
拉断伸长率/%	555	489

表 2-21 165/70R13 79H 半钢子午线雪地轮胎制动距离测试结果

项 目			制动距离/m	
			试验配方	生产配方
速度 40km/h	冰雪路面	初装	26	40
		行驶 5000km	18	21
	沥青路面	初装	16	21
		行驶 5000km	14	18

续表

项目			制动距离/m	
			试验配方	生产配方
速度 50km/h	冰雪路面	初装	38	50
		行驶 5000km	31	40
	沥青路面	初装	16	21
		行驶 5000km	14	18

注 车辆达到要求速度，稳定行驶 1min 后一次性制动。初装时测量温度为 -20℃，行驶 5000km 后测量温度为 -15℃。

通过改进雪地轮胎胎面胶配方，降低了胎面胶的硬度和模量，使成品轮胎在保持良好耐久性能的基础上，提高了其在冰雪路面上的抗湿滑性能，同时高速性能和强度性能得到优化。

实例 17. 耐磨性卤化异丁烯橡胶轮胎胎面胶

(1) 配方(质量份)

①橡胶组分

原材料	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4
天然橡胶	32	—	—	—
聚丁二烯橡胶	18	—	—	—
丁苯橡胶	50	40	40	40
顺式丁二烯橡胶	—	40	40	40
溴化丁基橡胶	—	20	—	—
星形支化溴化丁基橡胶	—	—	20	—
异丁烯/溴化甲基苯乙烯	—	—	—	20

②填料

原材料	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4
橡胶粉	6	—	—	—
胎面级炭黑	62	55	55	55
白炭黑	—	20	20	20
硅烷	—	5.6	5.6	5.6

③其他材料

原材料	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4
操作油	20	35	35	35

氧化锌	2.5	4	4	4
硫黄	1.4	1.75	1.75	1.75
促进剂	1.3	1.5	1.5	1.5
其他	4.5	5	5	5

(2)性能(表 2-22)与评价

表 2-22 耐磨性卤化异丁烯橡胶轮胎胎面胶性能

项目		配方 1	配方 2	配方 3	配方 4
门尼黏度(ASTM D1646)($ML_{1+4}^{100℃}$)		57.3	57.7	56.5	65.2
门尼焦烧 135℃(ASTM D1646)	t_2/min	17.6	14.3	14.2	13.2
	t_5/min	19.3	16.1	15.9	14.6
	t_{10}/min	20.2	17.5	17.1	15.8
密度(ASTM D297)/g·cm^{-3}		1.127	1.157	1.157	1.153
国际橡胶硬度仪(ASTM D1415)①		58.4	67.5	67.6	68.8
老化前的应力/应变(ASTM D412)①	300%定伸应力/MPa	6.6	12.2	11.4	13.4
	拉伸强度/MPa	16.9	16.8	17.2	17.4
	拉断伸长率/%	580	400	400	380
流变仪(1°,100 量程,160℃,ASTM D2084)	M_1/dN·m	11.5	11.6	11.6	13.0
	M_L/dN·m	9.2	9.9	9.7	12.1
	M_{H2}/dN·m	29.8	37.6	37.4	40.7
	t_2/min	5.6	4.7	4.6	4.3
	t_{50}/min	7.0	6.9	7.0	6.9
	t_{90}/min	9.3	12.0	12.2	12.9
固特里奇屈挠试验机(ASTM D623)①	ΔT/℃	76	66	37	70
	永久变形/%	9.0	5.5	5.7	4.2
	静压缩率/%	42.5	35.5	32.4	32.3
	初始压缩率/%	36.6	25.1	25.3	23.7
	终压缩率/%	39.9	27.5	29.0	26.1
固特异—希利回弹试验机(ASTM D1054)①	室温下回弹率/%	44.6	44.6	45.5	42.4
	100℃回弹率/%	56.4	64.1	62.0	65.7
皮克磨耗试验(ASTM D2225)①磨耗指数		117	120	114	120

①所有的试样都在 160℃下硫化 20min。

虽然卤化丁基胶也显示出较高的阻尼特性，但因其抗撕裂性能及耐磨性能差，所以通常不用于胎面来提高轮胎的牵引性能。该配方是一种理想的胎面胶配方，不仅可提高轮胎的牵引力、行驶速度和稳定性，同时还可以提高其与路面的摩擦力（以便传递驱动力、制动力和拐弯力）和耐磨性能。

实例18. 耐臭氧老化胎侧胶

（1）耐臭氧老化胎侧胶推荐配方（质量份）

原材料	配方1	配方2
NR	55.0	55.0
BR	45.0	45.0
炭黑 N339	30.0	30.0
炭黑 N660	20.0	20.0
芳烃油	7.00	7.00
氧化锌	3.00	3.00
硬脂酸	1.00	1.00
77PD	—	1.00
TAPDT	2.00	1.00
6PPD	3.00	3.00
TBBS	1.00	1.00
硫黄	2.00	2.00

其中，77PD 为 *N*,*N'*－双(1,4－二甲基丁基)－对苯二胺；TAPDT 为三－(*N*－1,4－二甲基苯基－对苯二氨基)－1,3,5－三嗪；6PPD 为 *N*－(1,3－二甲基丁基)－*N'*－苯基－对苯二胺。

（2）性能与评价 进行室内模拟试验，试验条件为 $50\times10^{-8}O_3$，40℃，25%应变，1000次屈挠。当用2份蜡的对比胶出现龟裂纹时，配方1胎侧胶无龟裂，配方2胎侧胶只出现极其轻微龟裂。试验结果表明，上述两组配方的胎侧胶具有很好的耐臭氧老化、抗龟裂性能。此外，因为推荐配方是无蜡配方，所以不用担心有蜡配方存在的问题，如胶料黏度下降，表面过度喷霜等。

实例19. 不褪色黑胎胎侧胶

（1）配方（质量份）

原材料	配方1	配方2	配方3	配方4
NR(SMR 5)	50	50	50	15
BR 1220	50	50	20	20

EDPM 5875	—	—	60	40
BIMS	—	—	—	35
炭黑 N330	50	50	—	—
炭黑 N660	—	—	50	50
炭黑 N351	—	—	—	40
白炭黑(Hisil 243LD)	—	9	—	—
Vanplast R	2	2	2	2
环烷油	10	10	10	12
烃类树脂(Escorez 1120)	—	—	—	5
氧化锌	3	3	3	1
硬脂酸	2	2	2	1
增黏剂	—	—	3	3
2,2,4-三甲基-1,2-二氢化喹啉聚合物	2	2	2	—
6PPD	2	2	—	—
Van wax H Special	3	3	3	—
硫黄	1.75	1.75	1.75	0.3
N-氧联二亚乙基-2-苯并噻唑基次磺酰胺	1	1	1	1
MBTS	—	—	—	0.8
二硫化烷基苯酚(Vulac 5)	—	—	—	0.8

(2)性能与评价 通常黑胎侧胶褪色是由于臭氧老化和污染性抗臭氧剂喷出造成的。要解决褪色问题，关键是减少虽防臭氧老化效果好，但具有严重污染性的抗臭氧剂的用量。上述推荐配方1通过用永久性抗臭氧剂(2,2,4-三甲基-1,2-二氢化喹啉聚合物)替代部分污染性抗臭氧剂(6PPD)，达到减轻污染性抗臭氧剂喷出的目的。推荐配方2通过添加白炭黑，降低黑胎侧表面吸光率，从而改善黑胎侧外观。推荐配方3通过并用高饱和度橡胶EDPM，增强胎侧胶自身的抗臭氧能力，同时也用永久性抗臭氧剂替代污染性抗臭氧剂，从而达到无污染的效果。推荐配方4在并用EDPM的基础上，加大了特种橡胶的用量。该配方所用的BIMS(溴化丁基-共-对甲基丁苯橡胶)具有类似于丁基橡胶的气密性和动态性能，还具有EPDM橡胶的抗臭氧、耐老化、耐热性能。

另外，与卤化丁基橡胶相比，BIMS的抗屈挠、抗龟裂增长性能更好些。车队试验结果表明，当用化学防护剂的普通黑胎侧胶褪色，变成红褐色时，BIMS黑胎侧胶依然乌黑发亮。

实例20. 抗硫化返原轮胎胶

(1)配方(质量份)

原材料	对比配方 1	对比配方 2	推荐配方 3	推荐配方 4
NR(SMR 10)	100	100	100	100
炭黑 N330	50	50	50	50
芳烃油	3	3	3	3
氧化锌	5	5	5	5
硬脂酸	2	2	2	2
6PPD	—	2.0	—	1.0
QDI	—	—	2.0	1.0
CBS	0.6	0.6	0.6	0.6
硫黄	2.3	2.3	2.3	2.3

(2)性能(表2-23~表2-25)与评价

表2-23 加工性能

项目		对比配方		推荐配方	
		1	2	3	4
硫化仪数据(150℃)	转矩变化量/N·m	1.66	1.55	1.60	1.56
	M_L/N·m	0.24	0.25	0.20	0.22
	t_{s2}/min	4.3	4.4	5.0	4.6
	t_{90}/min	12.1	11.5	11.8	11.6
硫化速率($t_{90}-t_{s2}$)/min		7.8	7.1	6.8	7.0
门尼焦烧时间(120℃)/min		29.8	28.0	32.1	32.7

表2-24 硫化胶的物理机械性能

项目		对比配方		推荐配方	
		1	2	3	4
100%定伸应力/MPa	未老化	3.4	3.3	3.7	3.5
	80℃,老化5d后	4.2	4.3	4.8	4.7
	抽提/老化后	3.9	4.5	5.3	5.4
300%定伸应力/MPa	未老化	16.5	15.6	17.5	16.1
	80℃老化5d后	17.9	18.4	20.1	19.9
	抽提/老化后	—	—	—	—

续表

项目		对比配方		推荐配方	
		1	2	3	4
拉伸强度/MPa	未老化	26.6	28.4	28.6	28.4
	80℃老化5d后	20.2	27.3	26.2	27.7
	抽提/老化后	9.4	16.9	21.7	20.7
拉断伸长率/%	未老化	450	415	450	510
	80℃老化5d后	330	450	390	420
	抽提/老化后	200	260	300	300

注 试样硫化条件为150℃，t_{90}；抽提试验条件为用丙酮—氯仿—甲醇共沸混合物在50℃下抽提12h。

表2-25 硫化胶的黏弹性能

项目		对比配方		推荐配方	
		1	2	3	4
弹性模量 E'/MPa	未老化	9.8	9.3	8.9	9.3
	100℃老化3d后	9.9	11.0	11.2	10.8
	抽提/老化后	10.0	11.2	10.3	10.5
黏性模量 E''/MPa	未老化	1.10	1.07	0.85	1.07
	100℃老化3d后	1.29	1.35	1.25	1.18
	抽提/老化后	1.21	1.31	1.01	1.14
损耗角正切	未老化	0.112	0.115	0.096	0.114
	100℃老化3d后	0.130	0.123	0.111	0.110
	抽提/老化后	0.121	0.117	0.097	0.109

注 试样硫化条件为150℃，t_{90}；抽提试验条件为用水在50℃下抽提14d；老化试验条件为用热空气在100℃下老化3d；在15Hz、60℃、1%应变条件下测量黏弹性。

推荐配方使用了QDI，这是一种醌二亚胺类抗降解剂，它兼有防老化和抑制焦烧的双重性能。推荐配方的加工性能并未因为用了QDI而劣化，相反用QDI部分或全部代替6PPD后，焦烧时间延长，加工安全性得到保障。其抽提/老化后的各个指标均优于对比胶。

使用QDI的硫化胶，无论是在老化前，还是在老化后，其多硫交联键都保持较高数量，同时单硫交联键较少。这说明在有氧环境中，多硫网络结构完整，硫化返原程度较低，因此硫化胶的物理机械性能保持良好。

该推荐配方适用于包括航空轮胎、汽车轮胎在内的各种轮胎。

实例21. 载重子午线轮胎胎面胶

(1)配方(质量份)

原材料	改进配方1	改进配方2	改进配方3	原配方
NR	100	70	100	100
BR	0	30	0	0
炭黑 N115	0	0	25	38.5
炭黑 N220	52	0	0	0
炭黑 N234	0	55	20	0
白炭黑	0	0	8	15
氧化锌	4	3.5	3.5	3.5
硬脂酸	2	2.4	2	2
偶联剂 Si69	0	0	2	3
增塑剂 A	1.5	3	2	2
防老剂 RD	1	1	1.8	1.5
防老剂 4020	2	1.5	2	2
硫黄	0.8	1.2	1.2	1
促进剂 CZ	1.3	1.3	1.3	1.5

(2)性能(表2-26和表2-27)与评价

表2-26 试验结果

项目		小配合改进配方			小配合原配方	大配合改进配方			大配合原配方
		1	2	3		1	2	3	
门尼黏度($ML_{1+4}^{100℃}$)		66	70	69	68	65	72	71	67
硫化仪数据(151℃)	M_L/N·m	1.53	1.62	1.57	1.30	1.57	1.65	1.60	1.35
	M_H/N·m	15.69	16.64	14.85	13.48	15.67	16.62	14.83	13.53
	t_{10}/min	7.98	9.18	8.03	7.47	7.93	9.28	8.20	7.57
	t_{90}/min	18.07	18.78	18.53	17.90	18.13	18.85	18.60	17.97
炭黑分散等级/级		9	8	8	9	9	8	9	9
硫化胶性能(151℃×30min)	密度/g·cm^{-3}	1.130	1.136	1.131	1.126	1.132	1.139	1.131	1.130
	邵氏硬度A	65	67	65	63	64	67	66	62
	100%定伸应力/MPa	2.9	3.5	3.0	2.8	2.9	3.6	3.3	2.8
	300%定伸应力/MPa	15.1	16.3	14.9	13.7	14.9	17.5	14.7	14.3
	拉伸强度/MPa	27.2	29.8	28.9	26.8	26.8	29.5	26.7	25.5
	拉断伸长率/%	510	488	504	521	522	478	522	536
	撕裂强度/kN·m^{-1}	105	108	121	127	99	101	122	126
	阿克隆磨耗量/cm^3	0.157	0.131	0.165	0.189	0.182	0.137	0.169	0.195
	回弹率(28℃)/%	42	38	43	46	40	39	42	45
	tanδ(60℃)	0.130	0.147	0.123	0.105	0.139	0.152	0.119	0.097

续表

项目		小配合改进配方			小配合原配方	大配合改进配方			大配合原配方
		1	2	3		1	2	3	
压缩疲劳试验	永久变形/%	2.2	1.3	1.7	3.3	2.0	1.1	1.4	3.5
	温升/℃	19.5	22.5	18.6	17.7	18.6	23.4	16.9	17.4

注 压缩疲劳试验的试验条件为冲程4.45mm，负荷1MPa，温度55℃。

表2-27 高速性能试验结果

项目	改进配方1	改进配方2	改进配方3	原配方
通过速度/km·h^{-1}	110	120	110	110
累计行驶时间/h	11.50	13.25	12.33	12.67
试验结束时轮胎状况	肩部起包	胎冠掉块	肩部脱层	肩部脱层

注 试验条件为充气压力840kPa，负荷3000kg，温度(38±3)℃。

通过对载重子午线轮胎胎面胶配方进行改进，可以提高胎面胶的耐磨性能，降低胶料成本。改进配方1适用于路况较好、耐磨性能要求中等的客运和中短途货运车辆轮胎；改进配方2适于全分层胎面结构的轮胎，可用于路面较好、耐磨性能要求苛刻的高速路面长途客运和货运车辆轮胎，较适用于纵向花纹轮胎，也可用于混合花纹轮胎；改进配方3适用于一般路面和极苛刻条件下的混合花纹轮胎。

实例22. 全钢载重子午线轮胎胎冠胶

(1)配方

原材料	质量份
生胶(NR/SBR/BR=80/8.5/11.5)	110
硫黄	1.575
白炭黑	11.8
氧化锌	5.0
硬脂酸	2.0
促进剂NS	1.3
防老剂4020	2.0
防老剂RD	1.0

微晶蜡	2.0
炭黑 N234	45
均匀剂 40MSF	2.0
其他助剂	3.0

(2)性能(表 2-28 和表 2-29)与评价

表 2-28　胎面胶物理性能计算值与实测值对比

项　　目	计 算 值	实 测 值
拉伸强度/MPa	20.86	21.7
撕裂强度/kN·m^{-1}	55.60	63.6
阿克隆磨耗量/cm^3	0.10	0.12
压缩生热①/℃	60.36	62

① 冲程 4.55mm,时间 25min,温度 55℃;预加负荷 1MPa,硫化条件为 151℃、30min。

表 2-29　成品性能试验结果

项　　目	计 算 值	实 测 值
耐久性能①/h	≥58	59.2
高速性能试验/km·h^{-1}	≥120	140

① 试验速度为 81km/h。

在全钢载重子午线轮胎胎面胶配方设计中应用组合回归设计,以生胶、硫黄和白炭黑用量为研究对象,对胎面胶的生热和耐磨性的相关性进行了研究,建立了胎面胶生热性和耐磨性的数学模型,通过优化配方设计提高了产品性能。所制得的产品耐久性达 59.2h,速度性能达到 140km/h。

实例 23. 9.00-20 16PR 载重轮胎胶的改进

(1)配方(质量份)

原材料	胎冠胶	胎肩胶	内帘布层胶	外帘布层胶	缓冲层胶
NR	70	100	70	70	90
BR	30	0	20	20	10
SBR	0	0	10	10	0
炭黑 N330	52	37.5	37	38	42

间接黏合体系	0	0	1.8	1.8	2.3
硫化剂和促进剂	2.8	2.6	2.7	2.8	4.75
高芳烃油	4	0	3	3	2
其他助剂	13	12	9.7	9.7	9.7

(2)性能(表2-30)与评价

成品轮胎机床试验后胶料物理性能

目		试验配方	生产配方
	上层	68	64
	中层	68	64
	下层	68	62
	上层	14.5	10.3
	中层	15.1	10.7
	下层	12.4	8.0
	纵向	7.6	10.2
	上层	22.7	20.5
	中层	23.0	21.5
	下层	21.4	16.9
	纵向	17.1	17.1
	上层	455	514
	中层	434	517
	下层	475	532
	纵向	591	473
率/%		40	30
耗量/cm^3		0.1	0.2
	2~3层	8.0	7.8
	3~4层	7.7	7.5
	4~5层	6.9	6.5
	5~6层	8.4	8.2
	6~7层	6.8	6.5
	7~8层	8.4	8.0

表

项

邵氏硬度 A

300%定伸应力/MPa

拉伸强度/MPa

拉断伸长率/%

回弹率

阿克隆磨耗

黏合强度/kN·m^{-1}

续表

项目		试验配方	生产配方
黏合强度/$kN \cdot m^{-1}$	胎面与缓冲层	扯不开	扯不开
	缓冲层间	8.1	7.8
	缓冲层与帘布层	10.1	9.8
	帘布层与胎侧	12.2	11.8

通过对9.00－20 16PR载重轮胎部分配方进行改进,提高了轮胎胶料的综合性能,保证轮胎整体性能协调、匹配,使轮胎整体应力分布合理、过渡均匀,轮胎的生热降低,黏合强度、耐久性和运行速度大大提高。

实例24. 补强材料改进型轮胎胶

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NR	40	ZnO	4
BR	60	硬脂酸	3
CB	53	防老剂	2.9
硫黄	1	其他助剂	9.4
促进剂 NOBS	0.9		

(2)性能(表2－31)与评价

表2－31 采用不同炭黑制品的试验结果

炭黑	N375	N326	N121	N115
撕裂强度/$kN \cdot m^{-1}$	91	102	111	117
阿克隆磨耗量/cm^3	0.05	0.1	0.03	0.03

补强剂是提高橡胶物理机械性能的主要配合剂。从目前看炭黑是橡胶的最主要的补强材料,炭黑粒径越小,结构越高,补强性能越好。随着橡胶工业的发展,橡胶的补强材料品种、类型日益增多,[illegible]是提高橡胶物理机械性能的一个发展方向。[illegible]为橡胶的补强剂很有发展前途,[illegible]橡胶与高分子材料的复合必将不断扩大和发展。

实例25. 斜交轮胎整体胶料

(1)配方(质量份)

原材料	胎面胶 A	胎面胶 B	胎侧胶 A	胎侧胶 B	缓冲层胶 A	缓冲层胶 B	外层胶 A	外层胶 B	内层胶 A	内层胶 B
IR			20		30		30		30	

SMR20	30	50	30	50	50	80	50	80	50	80
BR	50	40	50	50	20	20	10	10	10	10
SBR	20	10	—	—	—	—	10	10	10	10
促进剂 MDB	1.0	—	1.0	—	0.8	—	0.95	—	1.1	—
促进剂 NOBS	—	1.0	—	1.1	—	0.8	—	0.95	—	1.1
防老剂 WH－02	2.0	—	1.5	—	1.5	—	1.5	—	1.5	—
防老剂 A	—	1.5	—	1.5	—	1.5	—	1.5	—	1.5
石蜡	1.0	1.0	1.0	1.0	—	—	—	—	0.5	—
炭黑	53	50	55	53	47	45	42	40	37	35

其中 A 为改进后配方，B 为改进前配方，其他原材料同常规

……性能（表2-32、表2-33）与评价

表2-32 胶料主要性能

项目 \ 部位	胎冠胶	胎侧胶	缓冲层胶	外层胶	内层胶
300%定伸应力/MPa	9.5(8.7)	10.9(10.1)	13.2(11.8)	10.8(9.2)	8.4(7.1)
邵氏硬度 A	60(60)	59(60)	62(63)	61(62)	56(57)
撕裂强度/kN·m⁻¹	101.0(103.0)	84.2(79.7)	117.0(103.0)	92.0(81.9)	81.4(75.7)
200%疲劳寿命/次	14100(11200)	14775(13766)	10750(6131)	8107(4362)	9340(5963)
阿克隆磨耗量/cm³	0.089(0.12)				
H抽出力/N			162(150)	158(133)	142(136)
压缩生热/℃	21(24)	20(26)	10(13)	10(13)	8.7(12.5)
拉伸强度/MPa	21(29)	33(35)	54(48)	41(43)	45(48)
100℃，48h 老化后拉断伸长变化率/%	33(29)	41(43)	56(54)	44(42)	39(42)

注 括号内数字是改进前配方胶料的性能数据。

表2-33 胎冠胶成品的物理机械性能

项目	长征牌				日本普利司通 BS	美国固特异
	新配方		原配方			
	上层	下层	上层	下层	上层	下层
拉伸强度/MPa	22.6	22.3	22.6	22.2	22.3	16.5
拉断伸长率/%	494	468	512	488	458	552
拉断永久变形/%	8	8	9	8	11	10

续表

项目	长征牌 新配方 上层	长征牌 新配方 下层	长征牌 原配方 上层	长征牌 原配方 下层	日本普利司通 BS 上层	美国固特异 下层
300%定伸应力/MPa	11.1	11.6	10.1	11.0	12.8	7.5
邵氏硬度 A	61	61	59	59	63	61
阿克隆磨耗量/cm^3	0.13	—	0.20	—	0.35	0.15

表 2-34 轮胎成品黏合强度试验 单位:kN/m

层级	长征牌 新配方	长征牌 原配方	日本普利司通 BS	美国固特异
2~3	6.0	7.5	[illegible]	[illegible]
3~4	6.7	8.5	7.6	7.5
4~5	6.9	8.1	7.6	8.3
5~6	7.1	8.6	8.1	6.8
6~7	[illegible]	[illegible]	7.8	8.4
7~8	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

表 2-35 两种轮胎耐久性试验

项目		新配方	原配方
总行驶时间/h		98	78
总行驶里程/km		5390	4290
检查结果		无损	无损
行驶47h	冠部温度/℃	37	58
77h	冠部温度/℃	51	81
	花纹沟温度/℃	60	100
行驶97h	检查结果	肩部鼓泡	
	冠部温度/℃	52	
	花纹沟温度/℃	76	

表 2-36 两种轮胎的实际里程试验情况

项目	新配方	原配方
已行驶里程/km	58393	41722
花纹高度/mm	14.3	14.2
剩余花纹高度/mm	8.3	8.8

胎面胶中并用70%的合成胶，与原配方相比，胎冠胶耐磨性明显提高（半成品提高25.8%，成品提高35%），胎侧胶压缩生热明显降低（半成品降低23%）；胎体胶中并用50%的合成橡胶，加入促进剂兼硫黄给予体 MDB 和防老剂 WH-02，与原配方相比，胶料压缩生热明显降低，胶与帘线在高温下的黏合性有所改进。

实例26. 载重斜交轮胎胎面胶的改进

（1）配方（质量份）

原材料	试验配方	生产配方	对照配方
NR	50	70	85
BR 9000	50	80	15
炭黑	45	53	53
白炭黑	10	—	—
偶联剂	1.5	—	—
硫化剂	3.3	2.9	2.9
活性剂	6.0	6.0	6.0
防老剂	3.0	3.0	3.0
软化剂	5.0	5.0	5.0
其他助剂	2.5	2.5	2.5

（2）性能（表2-37～表2-42）与评价

表 2-37 不同生胶配比对胶料性能的影响

项目		试验配方	生产配方	对照配方
硫化仪数据（143℃）	M_L/N·m	0.67	0.82	0.82
	M_H/N·m	1.99	2.42	2.03
	t_{s2}/min	14.92	11.68	11.78
	t_{90}/min	26.42	22.55	25.08

续表

项　　目		试验配方		生产配方		对照配方	
硫化时间(143℃)/min		30	45	30	45	30	45
密度/g·cm^{-3}		1.13	1.13	1.12	1.12	1.12	1.12
邵氏硬度 A		63	64	64	64	64	64
300%定伸应力/MPa		8.1	8.8	10.9	10.2	11.7	11.1
拉伸强度/MPa		21.7	21.3	23.9	24.1	27.3	28.1
拉断伸长率/%		663	635	620	617	617	619
拉断永久变形/%		20	20	18	19	30	29
撕裂强度/kN·m^{-1}		86	80	84	81	123	123
阿克隆磨耗量/cm^3		0.09	0.09	0.14	0.14	0.14	0.14
屈挠龟裂次数①×10^{-4}/次		3.46	5.01	2.11	1.98	0.787	0.954
压缩屈挠试验②	温升/℃	30	32	37	36	38	38
	永久变形/%	3.87	4.01	4.65	4.80	4.16	4.23
100℃,24h 热空气老化后	邵氏硬度 A	68	69	67	68	68	68
	300%定伸应力/MPa	11.1	10.8	12.7	12.1	13.6	12.6
	拉伸强度/MPa	18.9	18.8	20.0	19.3	24.1	24.7
	拉断伸长率/%	479	478	475	497	488	539
	拉断永久变形/%	15	14	20	20	27	27

①割口增长 6mm 的屈挠次数;②试验条件为:冲程 4.45mm,负荷 1.0MPa,温度 55℃。

表 2-38　混炼胶试验结果

项　　目		试验配方	生产配方
门尼黏度($ML_{1+4}^{100℃}$)		65	67
塑性值		0.30	0.30
分散度	*X* 值	6.45	6.37
	Y 值	9.36	9.50
邵氏硬度 A		65	66
密度/g·cm^{-3}		1.13	1.12

注　*X* 表示炭黑在混炼胶中的分散度,*Y* 表示炭黑中超大颗粒的分布指数,*X* 和 *Y* 值越大,炭黑分散性越好。

表 2－39　大配合试验结果

项　　目		试验配方		生产配方	
门尼黏度($ML_{1+4}^{100℃}$)		77		63	
硫化仪数据(143℃)	M_L/N·m	0.74		0.44	
	M_H/N·m	2.48		1.90	
	t_{s2}/min	12.32		13.43	
	t_{90}/min	26.95		23.18	
硫化时间(143℃)/min		30	45	30	45
密度/g·cm^{-3}		1.13	1.13	1.12	1.12
邵氏硬度 A		67	66	63	64
300%定伸应力/MPa		9.1	9.7	10.0	10.6
拉伸强度/MPa		21.6	22.2	24.1	24.0
拉断伸长率/%		573	579	576	562
拉断永久变形/%		17	15	20	18
撕裂强度/kN·m^{-1}		82	86	87	81
阿克隆磨耗量/cm^3		0.08	0.08	0.12	0.12
屈挠龟裂次数×10^{-4}/次		0.952	0.935	0.375	0.323
压缩疲劳试验	温升/℃	36.95	36.84	39.83	40.71
	永久变形/%	4.12	4.01	5.09	5.22
100℃,24h 热空气老化后	邵氏硬度 A	72	71	66	66
	300%定伸应力/MPa	12.9	12.4	13.2	13.1
	拉伸强度/MPa	20.4	19.4	20.3	18.5
	拉断伸长率/%	452	437	447	415
	拉断永久变形/%	13	11	15	13

表 2－40　成品轮胎胎面胶的物理性能

项　　目	试验配方	生产配方
密度/g·cm^{-3}	1.13	1.11
邵氏硬度 A	63	62
300%定伸应力/MPa	10.0	11.0
拉伸强度/MPa	20.2	23.6
拉断伸长率/%	498	532
拉断永久变形/%	11	17
阿克隆磨耗量/cm^3	0.10	0.14
回弹率/%	40	38

续表

项目		试验配方	生产配方
100℃,24h热空气老化后	邵氏硬度 A	63	61
	300% 定伸应力/MPa	10.3	12.0
	拉伸强度/MPa	20.6	22.4
	拉断伸长率/%	508	478
	拉断永久变形/%	12	15

表 2-41　成品轮胎的高速性能试验结果

项目	试验轮胎	生产轮胎
通过速度/km·h^{-1}	110	100
累计行驶时间/h	12.2	10.42

注　标准气压 810kPa,标准负荷 30000N。

表 2-42　成品轮胎的耐久性试验结果

项目	试验轮胎	生产轮胎
累计行驶时间/h	72.67	66.68
累计行驶里程/km	3996.7	3667.6

注　标准气压 810kPa,标准负荷 30000N,试验速度 55km/h。

对载重斜交轮胎胎面胶配方进行改进。通过减小 NR 用量,增大 BR 9000 用量,以白炭黑替代部分炭黑,可改善炭黑的分散性,提高胶料的耐压缩疲劳性能和耐磨性能,有利于消除胎面胶在实际使用中出现的崩花、掉块现象,降低滚动阻力和生热,提高成品轮胎的速度性能和耐久性。

实例 27. 轻型载重斜交轮胎胎面胶的改进

(1)配方

原材料	试验配方	原生产配方
NR/BR/SBR 1712	40/40/27.5	35/40/35
纳米氧化锌	2.8	—
普通氧化锌	—	4
防老剂	4.5	4.2
炭黑	58	65
油	6.5	6.5
硫化剂	2.85	2.8
其他助剂	18.2	18.2

(2)性能(表 2-43 ~ 表 2-45)与评价

表 2-43 小配合试验结果

项目		小配合						大配合					
		试验配方			原生产配方			试验配方			原生产配方		
门尼焦烧时间/min		44.83			31.37			42.50			39.63		
硫化仪数据(140℃)	M_L/dN·m	2.90			3.57			2.44			2.87		
	M_H/dN·m	15.91			15.39			14.33			13.78		
	t_{10}/min	12.20			9.62			10.38			11.37		
	t_{90}/min	28.20			25.53			24.90			28.30		
硫化时间(140℃)/min		40	50	70	40	50	70	40	50	70	40	50	70
邵氏硬度 A		68	69	68	67	70	69	63	64	63	63	64	63
300%定伸应力/MPa		10.2	11.0	11.3	10.0	9.8	10.1	9.3	9.1	9.3	8.8	9.4	9.4
拉伸强度/MPa		18.6	18.1	17.5	18.1	16.9	17.7	17.3	17.3	16.7	16.9	16.8	16.6
拉断伸长率/%		468	436	424	472	468	468	488	472	452	496	480	460
撕裂强度/kN·m⁻¹		119	122	124	118	117	115	114	114	113	118	118	118
阿克隆磨耗量/cm³		0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08
压缩疲劳试验①	永久变形/%	9.7			18.6			7.6			13.7		
	温升/℃	49.0			72.6			46.4			63.7		
100℃,48h 热空气老化后	拉伸强度/MPa	14.7	14.5	13.6	14.3	14.0	14.0	13.8	13.0	12.5	13.4	13.4	13.3
	拉断伸长率%	312	315	308	324	320	328	326	318	304	332	328	324
	撕裂强度/kN·m⁻¹	88	96	105	108	104	99	101	99	98	95	94	94
	阿克隆磨耗量/cm³	0.22	0.21	0.20	0.20	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.14	0.17	0.18

①试验条件为温度 55℃,负荷 1MPa,冲程 4.45mm。

表 2-44 7.00-15 10PR 成品轮胎胎面胶物理性能

项目	试验轮胎			原生产轮胎		
	上层	中层	下层	上层	中层	下层
邵氏硬度 A	60	62	62	60	62	62
300%定伸应力/MPa	10.7	10.8	10.0	9.1	9.0	8.9
拉伸强度/MPa	16.5	17.3	17.7	17.1	16.8	16.5

续表

项目		试验轮胎			原生产轮胎		
		上层	中层	下层	上层	中层	下层
拉断伸长率/%		412	436	460	496	488	500
撕裂强度/$kN \cdot m^{-1}$		96	99	—	101	100	—
阿克隆磨耗量/cm^3		0.14	—	—	0.16	—	—
压缩疲劳试验（55℃，负荷 1MPa，冲程 4.45mm）	永久变形/%	5.9			14.8		
	温升/℃	43.0			61.4		
100℃，48h 热空气老化后	300%定伸应力/MPa	13.7	13.8	13.4	12.2	11.9	12.2
	拉伸强度/MPa	14.6	15.0	14.7	14.2	14.0	13.6
	拉断伸长率/%	308	320	332	340	348	344
	撕裂强度/$kN \cdot m^{-1}$	87	84		88	97	

表 2-45　7.00-15 10PR 轻型载重轮胎在耐久性试验中的温度变化

累计行驶时间/h	试验轮胎/℃		原生产轮胎/℃	
	胎　冠	花纹沟	胎　冠	花纹沟
47	52	68	55	67
77	67	82	73	85
117.15	70	91	75	91

通过应用纳米氧化锌，调整生胶比例，减少炭黑用量，7.00-15 10PR 轮胎胎面胶的挤出工艺性能得到改善，胎面挤出合格率增至 93%；胎面胶的生热和压缩永久变形大幅度降低；成品轮胎在耐久性试验的中后期温升明显降低，轮胎肩空现象得到改善，肩空退赔率降至 0.1%。

实例 28. 载重汽车斜交轮胎胶的改性

（1）配方

①胎冠胶配方

改进前		改进后	
原材料	**质量份**	**原材料**	**质量份**
NR/BR	70/30	NR/BR/SBR 1500	40/60
N220	50	N234 + N220	55
三线油	6.5	芳烃油	8

②胎侧胶配方

改进前 原材料	质量份	改进后 原材料	质量份
NR/BR	70/30	活化胶粉	5
N330 + N660	60	N330 + N660	50
三线油	6.5	RP-3(防护蜡、芳烃油)	17.9
NR/BR	60/40		

③内层帘布胶配方

改进前 原材料	质量份	改进后 原材料	质量份
NR/SBR 1500/ SBE 1712	60/10/13.8	NR/SBR 1500/ SBR 1712	55/15/30
N660 + N550 + SRF	38	N660	40
松焦油	4	古马隆树脂、沥青	5

④胎里油皮胶配方

改进前 原材料	质量份	改进后 原材料	质量份
NR/SBR 1500	50/50	再生胶	150
N660 + SRF	35	电缆胶粉	30
碳酸钙	60	碳酸钙 + 活化煤粉	90
BR/SBR 1500	30/70		

⑤内胎胶配方

改进前 原材料	质量份	改进后 原材料	质量份
NR	100	NR/SBR 1500	60/40
碳酸钙	14	N330 + SRF	45
SRF	3	活性陶土	10
松焦油	3	机油、古马隆	10

⑥垫带胶配方

改进前 原材料	质量份	改进后 原材料	质量份
NR/SBR 1712	30/70	NR/SBR 1712	30/70
再生胶	150	再生胶	150
N330 + SRF	43	活化煤粉、电缆胶粉	80

(2)性能(表 2-46 ~ 表 2-55)与评价

表 2－46　胎冠胶性能

项　　目		改　进　前						改　进　后					
密度/g·cm^{-3}		1.112						1.121					
焦烧时间/min		34						41.8					
硫化条件(137℃)/min		30	40	50	60	80	120	30	40	50	60	80	120
拉伸强度/MPa		26.2	26.5	26.2	26.4	26.0	23.8	19.8	23.0	24.6	23.6	22.0	21.6
拉断伸长率/%		680	605	610	600	580	570	735	630	630	580	550	510
300% 定伸应力/MPa		6.7	7.9	8.6	8.7	9.0	8.3	5.6	6.6	9.2	9.9	10.4	10.8
拉断变形/%		24	22	22	21	18	16	29	19	19	15	14	14
邵氏硬度 A		55	61	59	61	60	61	59	63	64	65	65	65
回弹率/%		41	44	43	43	44	44	32	36	38	36	37	37
撕裂强度/kN·m^{-1}		123	117	125	114	110	106	106	96	108	102	107	96
100℃，24h 热空气老化后	拉伸强度/MPa	19.9						19.8					
	拉断伸长率/%	460						380					
	撕裂强度/kN·m^{-1}	85						73					
	老化系数	0.51						0.44					
阿克隆磨耗量/cm^3	老化前	0.048						0.019					
	老化后	0.368						0.142					
屈挠龟裂(5万次)/级	老化前	0.0						0.0					
	老化后	0.0						0.0					

表 2－47　胎侧胶性能对比

项　　目	改　进　前						改　进　后					
焦烧时间(120℃)/min	35.3						34.5					
硫化条件(137℃)/min	30	40	50	60	80	120	30	40	50	60	80	120
拉伸强度/MPa	24.5	25.6	25.1	25.4	25.2	23.5	22.7	22.3	22.7	22.4	21.7	21.3
拉断伸长率/%	590	635	600	595	620	555	630	560	585	580	575	570
300% 定伸应力/MPa	7.8	7.4	6.6	6.2	6.4	8.1	7.2	6.3	8.1	7.9	7.9	7.7

续表

项目		改进前						改进后					
拉断变形/%		17	16	14	13	13	13	14	15	17	15	13	11
邵氏硬度 A		54	54	55	55	55	55	53	54	55	54	55	54
回弹率/%		39	43	44	42	43	41	43	43	45	46	44	43
撕裂强度/kN·m^{-1}		106	111	113	108	106	105	101	99	102	99	98	96
屈挠龟裂(15 万次)/级		0.0						0.0					
疲劳系数(10 万次)		0.93						0.91					
100℃，24h 热空气老化后	拉伸强度/MPa	17.5						16.0					
	拉断伸长率/%	430						430					
	撕裂强度/kN·m^{-1}	66						63					
	老化系数	0.46						0.55					
	屈挠龟裂(15 万次)/级	1.1						1.1					

表 2-48 内层帘布胶物理性能

项目	改进前						改进后					
焦烧时间/min	14.7						17.3					
硫化条件(137℃)/min	20	30	40	60	80	120	20	30	40	60	80	120
拉伸强度/MPa	27.6	25.5	24.8	24.1	23.0	23.5	21.3	21.6	19.0	21.4	20.4	18.6
拉断伸长率/%	615	570	565	535	530	540	555	550	510	510	490	480
300%定伸应力/MPa	7.3	8.1	7.9	8.3	8.2	8.2	7.0	7.4	7.6	8.1	7.6	7.7
拉断变形/%	31	25	22	17	19	16	23	20	18	14	12	10
邵氏硬度 A	57	56	58	58	57	57	56	57	56	58	58	57
回弹率/%	53	50	51	50	52	50	50	50	50	50	50	49
撕裂强度/kN·m^{-1}	64	77	63	52	55	46	47	41	41	38	40	39
半成品黏合强度/kN·m^{-1}	7.4						7.6					

续表

项目		改进前	改进后
100℃，24h热空气老化后	拉伸强度/MPa	17.3	18.1
	拉断伸长率/%	420	420
	撕裂强度/kN·m^{-1}	38	34
	老化系数	0.49	0.62

表 2-49　胎里油皮胶物理性能

项目		改进前				改进后			
硫化条件(137℃)/min		20	40	60	120	20	40	60	120
拉伸强度/MPa		13.3	13.5	13.4	13.8	7.9	8.0	7.6	7.5
拉断伸长率/%		580	547	541	552	485	500	495	495
300%定伸应力/MPa		5.0	5.6	5.8	5.9	4.1	4.1	3.8	3.9
拉断变形/%		30	25	26	26	20	20	20	20
邵氏硬度 A		60	62	62	62	57	57	56	58
回弹率/%		37	38	38	38	33	33	33	32
撕裂强度/kN·m^{-1}		34	33	29	26	29	30	29.2	29
100℃，24h热空气老化后	老化系数	0.63				0.65			
	撕裂强度/kN·m^{-1}	21				28			

表 2-50　内胎胶物理性能

项目	改进前						改进后					
门尼焦烧时间/min	29.0						36.6					
硫化条件(143℃)/min	8	10	12	20	40	100	8	10	12	20	40	100
拉伸强度/MPa	23.9	25.5	26.8	24.0	22.0	21.0	15.2	24.2	24.3	23.3	23.8	23.8
拉断伸长率/%	640	640	650	660	650	635	775	730	735	660	640	665
300%定伸应力/MPa	3.7	4.3	4.2	4.2	4.2	3.7	2.7	4.8	4.4	5.3	5.8	5.4
拉断变形/%	25	28	25	26	20	12	28	27	29	21	20	15
邵氏硬度 A	48	51	51	52	50	49	47	54	54	55	56	55

续表

项目	改进前						改进后					
回弹率/%	59	60	61	61	59	57	34	37	36	37	37	37
撕裂强度/kN·m⁻¹	63	64	74	49	46	40	85.4	108	102	94	93	105
老化系数(100℃,24h)	0.76						0.86					

表 2－51 垫带胶物理性能

项目	改进前				改进后			
焦烧时间(120℃)/min	18				18.5			
硫化条件(143℃)/min	8	10	12	20	8	10	12	20
拉伸强度/MPa	11.4	11.6	11.6	11.9	8.9	9.5	9.8	9.7
拉断伸长率/%	585	535	525	516	510	480	470	490
300%定伸应力/MPa	4.6	5.0	5.1	5.6	4.4	5.2	5.4	5.1
拉断变形/%	27	24	25	21	22	20	19	20
邵氏硬度 A	51	52	53	54	54	56	56	56
老化系数(100℃,24h)	0.61				0.71			

表 2－52 9.00－20 14PR 外胎解剖物理性能(新胎)

项目	改进前				改进后			
部位	胎冠			胎侧	胎冠			胎侧
	上	中	下		上	中	下	
拉伸强度/MPa	24.8	26.2	25.4	22.8	21.3	22.6	22.4	20.6
拉断伸长率/%	535	520	540	515	485	485	485	525
300%定伸应力/%	10.4	10.8	10.6	10.8	10.6	11.1	10.3	8.7
拉断变形/%	—	15	—	13	—	9	—	10
邵氏硬度 A	58	58	58	表 59	60	60	60	表 61
老化系数(100℃,24h)	0.67	0.67	0.67	0.83	0.90	0.90	0.90	0.95

续表

项目			改进前	改进后
黏合强度/$kN \cdot m^{-1}$	胎面与缓冲层间		不开	不开
	缓冲层间		13.6	12.0
	缓冲层与帘布层间		14.4	10.1
	布层与面胶间		6.3	5.5
	帘布层间	2~3	9.2	6.1
		3~4	8.7	5.8
		4~5	9.9	6.6
		5~6	8.1	7.0
		6~7	10.7	7.1

表 2-53　9.00-20 14PR 外胎耐久性试验、里程试验后解剖黏合强度

项目		改进前		改进后	
		耐久性试验后	里程试验后	耐久性试验后	里程试验后
黏合强度/$kN \cdot m^{-1}$	胎面胶与缓冲层间	局开 23.2	—	不开	—
	缓冲布层间	10.6	—	12.0	—
	缓冲层与帘布层间	10.0	—	10.05	—
帘布层间	2~3	6.9	6.3	5.5	7.0
	3~4	7.4	6.9	6.1	6.5
	4~5	5.7	—	5.8	—
	5~6	6.5	6.3	6.6	7.6
	6~7	7.0	6.4	7.0	6.2
	7~8	8.7	—	7.1	—
耐久试验结果		82h,20min		60h(未坏)	
行驶里程/km		49836		68571	
剩余花纹高度/mm		2.5		2.35	

表 2-54　内胎成品解剖物理性能

项目	改进前	改进后
拉伸强度/MPa	23.0	21.6
拉断伸长率/%	643	648
300%定伸应力/MPa	4.3	5.8

续表

项目	改进前	改进后
热拉伸变形/%	—	20
邵氏硬度 A	50	55
撕裂强度/$kN \cdot m^{-1}$	66	76
老化系数(70℃,24h)	0.92	0.95
接头强度/MPa	19.8	19.4
胶垫与胎身黏合强度/$kN \cdot m^{-1}$	7.2	7.9
气门嘴与胶垫黏合强度/$kN \cdot m^{-1}$	9.3	11.3

表 2－55　垫带成品解剖物理机械性能

项目	改进前	改进后
拉伸强度/MPa	11.3	8.8
拉断伸长率/%	546	520
300%定伸应力/MPa	5.2	3.8
拉断变形/%	23	19
邵氏硬度 A	56	56
回弹率/%	30	31
老化系数(70℃,24h)	0.97	0.88

配方改进的主要内容是:胎冠胶采用 NR/BR/SBR 1500 并用胶,其中合成橡胶用量 60 份;补强剂以新工艺高结构中超耐磨炭黑(N234)为主,与中超耐磨炉黑(N220)并用,用量 55 份;软化剂采用芳烃油。胎侧胶掺用活化胶粉,并使用防护蜡。内层帘布胶采用 NR/SBR 1500/充油丁苯胶(SBR 1712)并用,其中合成橡胶用量 45 份。胎里油皮胶掺用 150 份再生胶,70 份 SBR 1500,并填充较高量的电缆胶粉、活化煤粉。内胎胶使用 40 份 SBR 1500,补强填充剂采用活性陶土。垫带胶采用 150 份再生胶,70 份 SBR 1712,补强填充剂采用活化煤粉、电缆胶粉,其效果是含胶率降低,合成胶比例增加,胶料成本下降,胶料的静态物理性能特别是强伸性能普遍有所下降,而轮胎耐久性及实际使用质量却均有提高,经济效益十分显著。

实例 29. 低滚动阻力实心轮胎耐硫化返原胶

(1) 配方(质量份)

原材料	配方 1	配方 2	配方 3
天然橡胶 SMR 20	100	100	100
炭黑 N330	50	50	50
操作助剂	1.2	1.2	1.2
芳烃油	5.0	5.0	5.0
防老剂 1	1.0	1.0	1.0
防老剂 2	1.0	1.0	1.0
氧化锌	5.0	5.0	5.0
硬脂酸	2.0	2.0	—
硬脂酸锌	—	—	6.2
MBS	0.5	1.5	1.5
硫黄	2.6	1.5	1.5
防焦剂 PVI	0.1	0.1	0.1

其中，操作助剂为 Schill 和 Seilacher 公司生产的 Struktol A82；防老剂 1 为孟山都公司生产的聚－2,2,4－三甲基－1,2－二氢喹啉，Flectol H；防老剂 2 为孟山都公司生产的 N,N－1,3－二甲基－N'－苯基对苯二胺，Santflex13；MBS 为 N－羟基二乙烯基苯并噻唑－2－次磺酰胺；防焦剂 PVI 为孟山都公司生产的防焦剂，Santogard PVI。

(2) 性能(表 2－56)与评价

表 2－56 混炼胶性能(孟山都硫化仪，160℃，1°转角)

项 目	配方 1	配方 2	配方 3
M_H/转矩单位[①]	30.0	11.0	4.0
M_L/转矩单位	7.3	6.8	5.8
焦烧时间，t_{s1}/min	3.0	3.2	3.5
硫化时间，$t_c'(90)$/min	9.5	7.8	8.8
硫化时间，$t_c'(95)$/min	11.5	8.0	10.0
硫化时间，t_c'(最大)/min	14.5	12.0	20.0
M_H返原(60min，160℃)/%	30.0	11.0	4.0

① 1 转矩单位 = 0.11N·m。

由表中所列的性能可见配方2在过硫化后,物理性能的保持率优于配方1,而配方3的性能更佳。此外,采用氧化锌/硬脂酸锌半有效硫化体系还具有提高模数和改善加工安全性的优点。

实例30. 低滚动阻力实心轮胎用低滞后损失胶

(1)配方(质量份)

原材料	配方1	配方2	配方3
SMR 20	100	100	100
操作助剂	1.2	1.2	1.2
防老剂1	1.0	1.0	1.0
防老剂2	1.0	1.0	1.0
炭黑 N330	40.0	40.0	40.0
芳烃油	2.5	2.5	2.5
氧化锌	4.2	4.2	4.2
硬脂酸锌	6.6	6.6	6.6
MBS	1.5	—	—
TBBS	—	1.5	1.5
TMTM	—	—	0.2
硫黄	1.5	1.5	1.5
PVI	0.1	0.1	0.1

其中:TBBS为*N*-特丁基苯并噻唑-2-次磺酰胺;TMTM为四甲基-硫化秋兰姆。

(2)性能(表2-57)与评价

表2-57 混炼胶性能(孟山都硫化仪,160℃,1°转角)

项 目	配方1	配方2	配方3
M_H/转矩单位	32.0	35.0	38.0
M_L/转矩单位	4.5	4.5	4.5
焦烧时间,t_{s1}/min	3.8	3.5	3.8
硫化时间,$t'_c(90)$/min	9.8	8.0	6.8
硫化时间,$t'_c(95)$/min	11.5	9.0	8.0
硫化时间,t'_c(最大)/min	20.5	20.5	17.5
M_H返原(60min,160℃)/%	3.0	4.0	5.0

由表2-52可以看出,三个配方的耐硫化返原性一直保持不变。但用TBBS或TBBS/TMTM代替MBS,性能保持率会在一定程度上产生下

降，这可能是由于这些胶料硫化速度较快，在160℃硫化60min后较严重的过硫化所致。

实例31. 低滚动阻力实心轮胎用高模量耐磨性胶料

（1）配方（质量份）

原材料	配方1	配方2	配方3	配方4
SMR 20	100	100	100	100
操作助剂	1.2	1.2	1.2	1.2
防老剂	1.0	1.0	1.0	1.0
防老剂	1.0	1.0	1.0	1.0
炭黑N330	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
炭黑N234	[illegible]	[illegible]	40.0	35.0
白炭黑				5.0
芳烃油	2.5			
硅偶联剂				0.2
氧化锌	4.2	4.2	4.2	4.2
硬脂酸锌	6.6	6.6	6.6	6.6
TBBS	1.5	1.5	1.5	1.5
TMTM	0.2	0.2	0.2	0.2
硫黄	1.5	1.5	1.5	1.5
PVI	0.2	0.2	0.2	0.2

其中，白炭黑为Degussa公司生产的Ultrasil VN3；硅偶联剂为Degussa公司生产的Si69。

（2）性能（表2-58）与评价

表2-58 混炼胶的性能（孟山都硫化仪，160℃，1°转角）

项目	配方1	配方2	配方3	配方4
M_H/转矩单位	34.0	36.0	37.0	36.0
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
硫化时间，$t'_c(90)$/min	5.8	5.5	6.0	6.0
硫化时间，$t'_c(95)$/min	7.0	6.5	7.0	7.0
硫化时间，t'_c(最大)/min	15.5	17.5	15.5	15.5
M_H返原（60min，160℃）/%	5.0	5.0	4.0	5.0

在保证有较好的耐硫化返原性和较低的滞后损失前提下，模量和耐磨

性能是可以获得改善的。

在配方 1 中,用粒径更细、结构更高的 N339 炭黑代替了 N330 炭黑,从而改善了耐磨耗性能,而且采用高结构炭黑也可提高模量。配方 2,去掉了芳烃油后,可使模量进一步提高。配方 3 和配方 4 也作了其他方面的调整。配方 3 也采用了细粒径、高结构炭黑,因此,其磨耗性能进一步得到了改善。而配方 4,由于用白炭黑和少量硅偶联剂部分代替了炭黑,所以耐撕裂性能也获得了改善。

实例 32. BIIR 气密层胶料

(1)配方(质量份)

原材料	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4	配方 5
BIIR 2222	—	80	100	100	100
CIIR 1068	70	—	—	—	—
NR(SMR 20)	30	30	—	—	—
硫黄	2.40	0.30	0.45	0.45	0.45
促进剂 DM	—	1.0	1.2	1.2	1.2
促进剂 TMTD	—	0.2	—	0.2	0.2
氧化锌	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0
氧化镁	—	0.6	—	—	0.2
40MS	—	3.0	3.0	3.0	3.0
炭黑 N660	55	60	60	60	60
高芳烃油	5.2	12.0	8.0	8.0	8.0
其他助剂	6.1	1.5	1.0	1.0	1.0

其中:BIIR 2222($ML_{1+4}^{100℃}=33.2$)为美国 EXXON 公司产品。

(2)性能(表 2-59 和表 2-60)与评价

表 2-59 小配合试验结果

项目		配方 1	配方 2	配方 3	配方 4	配方 5
门尼黏度($ML_{1+4}^{100℃}$)		59.3	59.3	56.2	62.9	61.0
硫化仪数据(151℃)	M_L/N·m	6.4	8.3	5.8	6.0	5.7
	M_H/N·m	20.2	19.5	13.8	15.0	16.0
	t_{10}/min	4.0	4.5	4.5	4.3	4.8
	t_{90}/min	25	30	18	14	23
焦烧时间(120℃)/min		23.0	16.0	27.0	23.7	29.7

续表

项　目	配方 1			配方 2			配方 3			配方 4			配方 5		
硫化时间(151℃)/min	50	60	90	50	60	90	50	60	90	50	60	90	50	60	90
拉伸强度/MPa	12.6	12.6	13.4	10.4	10.9	10.9	9.2	8.7	8.7	9.2	9.1	9.1	9.6	10.0	9.9
拉断伸长率/%	622	605	553	553	553	550	790	787	778	838	817	807	772	787	787
300%定伸应力/MPa	5.7	6.0	7.4	6.7	6.7	7.0	3.6	3.7	3.6	4.1	4.0	4.3	4.7	4.9	5.0
邵氏硬度 A	58	58	58	58	58	58	64	64	64	64	64	64	64	64	64
回弹率/%	9	—	9	7	—	8	6	—	6	6	—	6	6	—	6

表 2-60　大配合试验结果

性　能		配方 1			配方 2			配方 5A			配方 5B			配方 5C		
门尼黏度($ML_{1+4}^{100℃}$)		65.3			60.2			67.5			62.4			63.2		
硫化仪数据(151℃)	M_L/N·m	7.8			7.0			8.1			7.4			7.3		
	M_H/N·m	21.0			15.0			19.5			18.0			18.0		
	t_{10}/min	4.7			3.8			6.0			5.5			4.5		
	t_{90}/min	30			29			30			25			23		
焦烧时间(120℃)/min		21.4			14.5			31.9			29.0			26.3		
硫化时间(151℃)/min		50	120	150	50	120	150	50	120	150	50	120	150	50	120	150
拉伸强度/MPa		14.7	13.7	14.2	11.2	11.2	11.1	11.9	11.6	11.1	11.4	11.4	11.2	11.0	10.6	10.7
拉断伸长率/%		553	437	427	413	403	403	570	560	535	608	605	593	660	657	627
300%定伸应力/MPa		8.4	10.4	10.3	9.2	9.5	9.2	7.3	7.2	7.0	6.3	6.3	6.2	5.7	5.7	5.7
邵氏硬度 A		64	66	66	62	62	62	66	70	70	66	66	66	68	68	68
拉断永久变形①/%		19.5			9.3			17.8			14.8			19.5		
回弹率①/%		7			7			5			5			5		
撕裂强度①/kN·m^{-1}		59			59			65			64			62		

续表

性能		配方1	配方2	配方5A	配方5B	配方5C
生热(弯曲20min)①/℃		120.0℃	断	断	119.5℃	135.0℃
100℃,72h热空气老化后①	拉伸强度/MPa	11.6	10.6	12.0	11.4	10.8
	拉断伸长率/%	343	353	468	560	573
	撕裂强度/N·mm⁻¹	38	47	60	61	59
	邵氏硬度A	72	60	73	68	68
与NR胎体剥离强度②/kN·m⁻¹		4.1	2.1	2.3	2.8	3.0

① 硫化时间(151℃)50min;② 硫化时间(151℃)40min。

BIIR胶料的硫化曲线较CIIR/NR并用胶料平坦,且随着硫化时间的延长,拉伸强度、300%定伸应力相差较大。BIIR/NR并用胶料较BIIR胶料拉断伸长率低得多,尤其以大配合表现明显。这可能是BIIR与NR并用工艺不成熟,配合剂在两种胶料中分散不匀所致。含BIIR的胶料回弹率小,拉断永久变形随工艺情况有较大波动。BIIR胶料较BIIR/NR和CIIR/NR并用胶料撕裂强度高,耐老化性能好。

实例33. 半钢子午线轮胎带束层胶料

(1)配方(质量份)

原材料	配方1	配方2	配方3	配方4
NR	95	95	95	95
BR	5	5	5	5
炭黑N330	60	—	—	—
炭黑N326	—	60	60	60
氧化锌	10	10	10	10
防老剂	4	4	4	4
不溶性硫黄IS-7020	6	6	4.4	4.4
促进剂CZ	1	1	1	—
促进剂DTDM	—	—	0.8	0.8
促进剂NOBS	—	—	—	1.1

其中,配方1为生产配方;配方2为用等量炭黑N326替代N330,其余不变;配方3为用0.8份促进剂DTDM替代1.6份不溶性硫黄IS-7020,其余同配方2;配方4为用1.1份促进剂NOBS替代1份促进剂CZ,

其余同配方 3。

(2)性能(表 2-61 ~ 表 2-63)与评价

表 2-61 小配合试验结果

项目		配方 1	配方 2	配方 3	配方 4
门尼黏度($ML_{1+4}^{100℃}$)		57.7	50.2	54.2	55.8
门尼焦烧时间(120℃)/min		23.93	25.40	25.62	26.53
硫化仪数据(151℃)	M_L/N·m	10.4	9.47	11.1	10.0
	M_H/N·m	40.7	39.9	41.5	41.0
	t_{s2}/min	4.0	4.5	3.9	4.1
	t_{90}/min	9.4	9.7	9.7	9.6
硫化胶性能(151℃,25min)	邵氏硬度 A	78	79	77	78
	300% 定伸应力/MPa	19.2	18.6	17.3	18.4
	拉伸强度/MPa	20.3	21.5	19.9	20.6
	拉断伸长率/%	367	374	366	382
	拉断永久变形/%	18	20	16	16
	H 抽出力/N	564	586	590	603
100℃,72h 热空气老化后	邵氏硬度 A	83	82	83	82
	300% 定伸应力/MPa	18.5	16.5	17.9	19.8
	拉伸强度/MPa	21.5	21.4	23.5	20.8
	拉断伸长率/%	316	327	308	335
	拉断永久变形/%	12	16	14	16
	H 抽出力/N	409	481	435	472

表 2-62 大配合试验结果

项目		试验配方	生产配方
门尼黏度($ML_{1+4}^{100℃}$)		70.3	75.2
门尼焦烧时间(120℃)/min		29.03	26.30
硫化仪数据(151℃)	M_L/N·m	13.0	12.6
	M_H/N·m	41.2	39.3
	t_{s2}/min	3.9	3.7
	t_{90}/min	10.2	10.6

续表

项目		试验配方	生产配方
硫化胶性能（151℃,25min）	邵氏硬度 A	76	77
	300%定伸应力/MPa	18.8	18.3
	拉伸强度/MPa	21.5	20.2
	拉断伸长率/%	366	349
	拉断永久变形/%	22	16
	H 抽出力/N	545	536
100℃,72h 热空气老化后	邵氏硬度 A	80	81
	300%定伸应力/MPa	19.0	19.2
	拉伸强度/MPa	20.3	20.0
	拉断伸长率/%	303	312
	拉断永久变形/%	9	10
	H 抽出力/N	452	473

表 2-63　185/60HR14 和 155R12C 成品轮胎高速和耐久性试验结果

项目		试验配方	生产配方
185/60HR14	高速试验时间/min	71	52
	耐久试验时间/h	120	96
155R12C	高速试验时间/min	81	65
	耐久试验时间/h	130	105

在带束层胶料配方中用炭黑 N326 替代 N330、用促进剂 NOBS 增量替代 CZ 和用 DTDM 部分替代 IS-7020 后，胶料的门尼黏度下降，焦烧时间延长；拉伸强度和 H 抽出力提高；生产中带束层不喷霜；成品轮胎的高速和耐久性能都有所提高。

实例 34. 载重斜交轮胎胎肩胶

（1）配方

原材料	质量份
SCR 5	100
硫黄	2
DTDM	1
氧化锌	8
RX-80	2

N330	35
白炭黑	5
其他助剂	12

(2)性能(表 2-64 和表 2-65)与评价

表 2-64　胎肩胶物理性能

项　目		小配合			大配合		
硫化时间(143℃)/min		30	40	50	30	40	50
300%定伸应力/MPa		14.3	14.0	13.5	14.5	14.2	13.6
拉伸强度/MPa		25.6	25.2	24.4	25.4	25.0	24.7
拉断伸长率/%		440	420	432	432	436	444
拉断永久变形/%		20	18	18	18	18	18
邵氏硬度 A		67	67	67	65	65	65
100℃,24h 老化后	300%定伸应力/MPa	17.2	16.4	16.3	16	16.1	15.9
	拉伸强度/MPa	24.1	23.8	23.1	24.4	23.9	22.8
	拉断伸长率/%	400	386	392	404	396	385
	拉断永久变形/%	20	14	14	18	16	14
	邵氏硬度 A	70	69	69	68	67	67
	老化系数	0.856	0.868	0.850	0.900	0.868	0.800
143℃硫化特性	M_L/dN·m	5.1	—	—	8.1	—	—
	M_H/dN·m	40.8	—	—	42	—	—
	t_{10}/min	11.75	—	—	11	—	—
	t_{90}/min	19.25	—	—	20.67	—	—

注　物理性能均按相应的国家标准进行测试。

表 2-65　10.00-20 16PR 和 90.00-20 16PR 载重斜交轮胎动态性能

项　目		改进前	改进后	结　果
10.00-20 16PR				
高速性能(企业标准)	检验速度/km·h^{-1}	100	110	合格
	检验时间/h	1.45	4	
	轮胎状况	胎肩脱空	未坏	
	外胎质量/kg	43.3	44.4	
耐久性能	耐久时间/h	125.4	140.3	合格
	轮胎状况	胎肩脱空	未坏	
	外胎质量/kg	45.4	44.2	

续表

项目		改进前	改进后	结果
10.00－20 16PR				
超负荷性能（企业标准）	耐久时间/h		33.3	合格
	轮胎状况		胎肩脱空	
	外胎质量/kg		46.2	
高速、超负荷性能（企业标准）	耐久时间/h		27.4	合格
	轮胎状况		冠爆	
	外胎质量/kg		44.1	
90.00－20 16PR				
高速、超负荷性能（企业标准）	耐久时间/h	15.5	18.4	合格
	轮胎状况	胎肩脱空	胎肩脱空	
	外胎质量/kg	42	41.4	

注 耐久性能以 GB/T 4501—1984 为依据。

肩胶配方单用 NR 和 N330 与白炭黑并用，采用 DTDM 半有效硫化体系，使用增黏树脂 RX－80 以及增加氧化锌用量，能够提高胎肩胶胶料拉伸性能和 300% 定伸应力，并且兼顾其低生热性。胎肩胶配方改进后，轮胎在高速、超负荷使用条件下的耐久性能得到改善，载重轮胎高速、耐久及超负荷使用性能达到有关指标要求。用户对改进后的载重轮胎的综合性能反映较好，其高速超负荷使用性能明显提高。

实例35. 实心轮胎高弹性中间胶

（1）配方

原材料	质量份
3#烟片胶	80
BR	20
氧化锌	5
硬脂酸	2
硫黄	3.5
促进剂 NOBS	1.5
炭黑	45
胶易素 T－78	1.5
增塑剂 TKO－80	3.0
其他	3.5

(2)性能(表2-66和表2-67)与评价

表2-66 性能

项目		小配合胶料		大配合胶料	
硫化仪数据(145℃)	t_{10}/min	6.92		7.10	
	t_{90}/min	12.10		11.40	
活化能/kJ·mol^{-1}		90.3524		98.8759	
硫化时间(145℃)/min		40	60	40	60
拉伸强度/MPa		21.9	21.8	21.4	22.1
300%定伸应力/MPa		11.7	10.9	11.6	11.7
拉断伸长率/%		460	460	440	460
邵氏硬度A		60	61	61	62
拉断永久变形/%		15	12	14	14
撕裂强度/kN·m^{-1}		46.3	47.5	43.6	45.4
回弹率/%		74.6	73.9	73.9	71.2
145℃,100h热空气老化后	拉伸强度保持率/%	85	87	86.0	89.3
	回弹率保持率/%	78	81	82.0	80.5
	撕裂强度保持率/%	71.6	77.3	73.9	76.8

表2-67 实心轮胎滚动阻力因数

项目		试制产品	WATTS公司产品
负荷14.7kN	轮胎外直径/mm	567	570
	持续时间/s	7.85	7.70
	滚动距离/mm	926.3	909.6
	滚动阻力因数	0.001725	0.001757
负荷24.5kN	轮胎外直径/mm	567	570
	持续时间/s	5.85	5.10
	滚动距离/mm	658.1	602.0
	滚动阻力因数	0.002428	0.002655

注 温度为20℃,行驶速度为16km/h。

实心轮胎高弹性中间胶的配方中，生胶 NR/BR 并用，硫化体系选用后效性促进剂和高温稳定的不溶性硫黄，补强体系选用低结构新工艺炭黑，并添加胶易素 T－78 和增塑剂 TKO－80。胶料的物理性能可以满足实心轮胎的生产要求，试制的成品轮胎缓冲、减震等性能有较大的改善、具有滚动阻力及生热低的优点。产品质量达到国际同类产品先进水平。

实例 36. 高品质轮胎黑胎侧胶

（1）配方

原材料	质量份
NR/BR/SBR	100
炭黑及填充剂	70
氧化锌	5
硬脂酸	2
硫黄与促进剂	2
紫外线吸收剂	6
再生胶	5
软化剂	10
防老剂	3
石蜡	1

（2）性能（表 2－68）与评价

表 2－68 成品轮胎全天候老化试验结果

老化试验		未充气原配方轮胎	未充气中试轮胎	充标准气压中试轮胎
30d 日晒	轮胎外观	表面泛棕色	表面未变色	表面未变色，无龟裂
	试样外观	表面泛棕色，轻微龟裂	表面未变色，无龟裂	—
60d 日晒	轮胎外观	表面泛棕色	表面未变色	表面未变色，无龟裂
	试样外观	表面泛棕色，较深龟裂	表面未变色，无龟裂	—
90d 日晒	轮胎外观	表面泛棕色	表面未变色	表面未变色，无龟裂

从表 2－68 可以看出，采用改进后的胎侧胶配方试制的轮胎外观有明显的改善，耐老化龟裂性能得到提高，而生产成本比采用原配方有所降低。

可以考虑并用 EPDM 来大幅提高胎侧胶耐臭氧老化性能，用量以 10 份为宜。化学和物理防老剂在提高胎侧胶耐老化龟裂性能的同时，会对胎侧表面产生污染，影响轮胎的外观质量，化学防老剂的用量不宜大于 4 份；物

理防老剂的用量不宜大于1.5份。紫外线吸收剂能改善胎侧胶的耐老化龟裂性能,因此配合适量的紫外线吸收剂可减少防老剂的用量,其用量以5~10份为宜。配合轮胎再生胶在降低配方成本的同时,对改善轮胎表观黑度有一定的帮助作用,但用量不宜过大。

实例37. 翻胎胎面胶

(1)配方(质量份)

原材料	载重胎				乘用胎	
	美国	美国	意大利	德国	日本	德国
NR	—	—	10	25	—	27.5
SBR 1712	—	—	13.75	62	82.5	100
SBR	150(SBR 1714)	171.5(SBR 1824)	45(SBR 1500)	—	40(SBR 1500)	—
BR-01	—	72(BR 1351)	35	30	—	—
氧化锌	3	3	4	4	2	4.5
硬脂酸	1	1	2	2	1	2
炭黑 N339	82.5(N347)	—	60	—	70	—
炭黑 N375	—	—	—	76	—	91
芳烃油	12.5	—	22	23	7.5	26
促进剂 CZ	1.4	1.3	0.25	—	—	—
促进剂	—	0.2	0.35	—	1.7	—
防老剂4010NA	—	1	1	1.2	1(4020)	1.3
防老剂	2	2	1	—	1	—
石蜡	—	—	1.5	2	2.5	2
其他助剂	—	—	—	2.7	—	3.5
硫黄	2	2	1.5	—	2	—

其中,SBR 1712:每100份SBR含芳烃油37.5份;SBR 1714:每100份SBR含芳烃油50份;SBR 1834:冷充油丁苯炭黑母胶,每100份SBR含芳烃油62.5份、N220炭黑82.5份;BR 1351:充油充炭黑顺丁胶,每100份BR含芳烃油50份、N220炭黑90份。

(2)性能(表2-69)与评价

表 2－69 翻新胎的机械性能

项 目	载 重 胎				乘 用 胎	
	美国	美国	意大利	德国	日本	德国
邵氏硬度 A	58	—	—	63～66	69	60～63
拉伸强度/MPa	20	—	—	16.8	21	15
300%定伸应力/MPa	7.8	—	—	9.2	16.5	8.5
伸长率/%	630	—	—	500～520	390	480
密度/g·cm^{-3}	—	—	—	1.165	—	1.15

翻胎胎面胶在翻胎成本中占60%以上，胎面胶的性能和质量直接影响到翻胎的使用质量，如耐磨性、抗撕裂性和行驶里程等。因此提高胎面胶的质量，降低胎面胶的成本，对翻胎行业的发展有重大意义。可以说，改进翻胎配方也是翻胎市场竞争的需要，是翻胎技术进步的重要组成部分。

实例38. 翻新子午线轮胎

(1)配方(质量份)

①胎面胶

原材料	配方1	原材料	配方2
NR/NdBR	20/30	NR	50
S－SBR	50	S－SBR	50
[illegible]	2.5	SA	2
…剂CZ	0.7	促进剂CZ	1.0
[illegible]	0.6	超高结构高耐磨炉黑	50
…构高耐磨炉黑	55	芳烃油	6
…剂	8	防老剂AW	2
…剂AW	1.5	4010NA	1
[illegible]	1	微晶石蜡	1
…石蜡	1		

(基部胶)

原材料	质量份	原材料	质量份
[illegible]	70	高结构高定伸活性炭黑	24

SA
促进…
DM
高结…
软化…
防老…
4010…
微晶…

②缓冲胶

原材料
NR

NdBR(或S-SBR)	30	半补强炉黑	18
硫黄	2.6	松焦油	4
ZnO	7	防老剂4010	1.5
SA	2	防RD	1
促进剂CZ	0.9	黏合剂RH	3.2
促进剂D	0.3		

③胎侧胶

原材料	质量份	原材料	质量份
NR	70	N330	30
NdBR	40	N660	15
S	2.0	芳烃油	6
ZnO	8	防老剂4010NA	1
SA	2	防老剂D	1
促进剂CZ	1.2	微晶石蜡	1.5
促进剂TMTD	0.16		

④橡胶与钢丝黏合胶

原材料	质量份	原材料	质量份
NR	100	MgO	4
硫黄	5	黏合剂RC	4.6
ZnO	6	松焦油	4
SA	1	防老剂4010	1.5
促进剂M	1.2	BLE	1.5
高结构高定伸炭黑	45		

⑤橡胶与聚酯帘线黏合胶

原材料	配方1	原材料	配方2
NR	100	ZnO	5
硫黄	2.5	SA	1.5
ZnO	5	硫黄	1.4
SA	1.5	M	0.6
促进剂M	0.6	DM	1.4
促进剂DM	1.0	TMTD	0.1
N330	30	N220	30
N660	15	N330	15
黏合剂RH	3.2	古马隆树脂	5
古马隆树脂	5	防老剂4010	1
防老剂AW	2.5	BLE	1
NR/CIIR	60/40		

(四)航空轮胎

实例1. 航空子午线轮胎胎面胶

(1)配方(质量份)

原材料	配方1	配方2	配方3
NR	100	80	75
BR	—	20	25
炭黑N110	—	25	23
炭黑N234	30	30	32
炭黑N339	25	—	—
防老剂	3	4	4
促进剂	1	1.5	1.5
硫化剂	3.5	3	3
纳米氧化锌	3.5	3.5	3.5
芳烃油	3	4	2.5
其他助剂	25	25	25

(2)性能(表2-70)与评价

表2-70 航空子午线轮胎胎面胶性能

项目		数据
邵氏硬度A		68
300%定伸应力/MPa		15.8
拉伸强度/MPa		26.5
拉断伸长率/%		486
拉断永久变形/%		18
回弹率/%		43
阿克隆磨耗量/cm^3		0.084
脆性温度/℃		-60
100℃,48h热空气老化后	邵氏硬度A	70
	300%定伸应力/MPa	17.2
	拉伸强度/MPa	26.2
	拉断伸长率/%	445
	拉断永久变形/%	14

实例 4. 导静电航空轮胎胎侧胶

（1）配方

[illegible]	60/20
氧化锌	5
硬脂酸	[illegible]
灰黑 V660/V4（42/10）	30 80

（2）性能（表 [illegible]）

项目	新配方			现生产配方		
硫化时间（138℃）/min	30	40	50	[illegible]	[illegible]	[illegible]
拉伸强度/MPa	19.7	18.7	17.9	25.2	27.0	26.9
拉断伸长率/%	635	551	505	518	496	477
拉断永久变形/%	22	20	18	20	20	24
回弹率/%		46			36	
撕裂强度/kN·m⁻¹		120			145	
屈挠龟裂/（级/万次）	2/30	2/30	2/30	6/22.5	6/21	6/18
压缩疲劳温升/℃		20			19	
臭氧老化/（10⁻⁸，48h）		[illegible]			4 级	

②910×250 成品胎性能见表 2-75。

表 2-75　910×250 成品胎性能

项　目	部颁标准	翻　胎
邵氏硬度 A	60	65
拉断伸长率/%	>450	544
拉伸强度/MPa	>24.5	32.3
300%定伸应力/MPa	>9.8	15.1
永久变形/%	<50	30
老化系数(70℃,24h)	>0.85	0.97
脆性温度/℃	≤-50	-52.5

③装机　使用情况如表 2-76 所示。

表 2-76　两型号成品胎使用次数

项　目	910×250	900×300
新胎起落平均次数/次	140	250
翻胎起落平均次数/次	160	383

其实际的起落次数均比国产新胎的使用次数明显提高，在两年多的使用过程中无脱层、掉块等异常现象，磨面光滑，完全满足飞机使用要求。

航空轮胎翻胎胎面胶使用全天然橡胶为宜。

在配方设计时，硫化剂选用硫载体如 DTDM 代替部分硫黄，采用低硫高促半硫化体系，能减少半成品的喷雾，可增加胶料存放时间以及提高胎面胶的耐热老化性能。

补强体系宜选用补强性能好、耐磨、300%定伸强力高的炭黑，炭黑用量以45~50份为宜。为了保证补强体系混炼时分散的均匀性，混炼最好采用三段混炼。

航空轮胎胎面胶 300%定伸应力半成品控制在 13~14MPa，成品胎300%定伸应力应在 17MPa 以下较好。

由上述试验结果可看出，使用国产原材料设计出的胎面配方，各项性能达到或超过意大利提供的性能要求。

(五)其他轮胎外胎胶

实例 1. 力车轮胎外胎胶

(1)配方(质量份)

原材料	配方 1	配方 2	配方 3
3#烟片胶	100	100	100
硫黄	2.5	2.5	2.5
促进剂 CZ	0.5	0.5	0.5
氧化锌	5	5	5
硬脂酸	2	2	2
TP 补强剂	50	—	—
FY 活性硅粉	—	50	40.38

(2)性能(表 2-77)与评价

表 2-77　不同配方不同硫化时间的胶料物理机械性能

项目		配方 1		配方 2		配方 3	
		老化前	老化后	老化前	老化后	老化前	老化后
硫化时间(143℃)/min		20 30 40	30 40	20 30 40	30 40	20 30 40	30 40
邵氏硬度 A		53 53 53	50 50	51 51 52	50 50	52 52 50	50 49
300% 定伸应力/MPa		4.1 3.9 3.6	3.9 3.7	3.0 3.1 3.1	3.4 2.8	3.2 2.9 2.6	3.3 2.9
伸长率/%		643 623 628	466 471	693 673 655	533 585	658 663 678	570 583
断裂强度/MPa		23.2 21.2 18.7	9.6 9.4	22.2 20.8 18.8	11.7 12.9	22.9 21.2 19.5	15.3 14.7
永久变形/%		36 36 36	30 28	38 36 28	16 24	30 34 28	30 32
回弹率/%		— 66 —	— —	— 66 —	— —	— 66 —	— —
撕裂强度/kN·m⁻¹		— 71 65	— —	— 72 67	— —	— 78 66	— —
门尼焦烧(120℃)	t_2/min	32.6	(老化性能变化率 -62%)	25.1	(老化性能变化率 -39%)	28.0	(老化性能变化率 -35%)
	t_{18}/min	37.3	(老化性能变化率 -58%)	31.0	(老化性能变化率 -56%)	32.5	(老化性能变化率 -38%)
门尼黏度($ML_{1+4}^{100℃}$)		28.9		41.5		35.1	
硫化仪(143℃)	t_{10}/min	7.8		7.8		7.8	
	t_{90}/min	16.8		15.6		16.8	
相对密度		1.17~1.18		1.08~1.09		1.04~1.05	

FY 活性硅粉的价格低于 TP 补强剂，但是其物性和 TP 补强剂的性能相当，耐久性试验后的成品解剖附着强度仍保持较高水平，可见它是一种值得应用和推广的新型廉价高效填充补强材料。

应用新配方后，每年能比原配方节约大量的原材料费用，因此使用 FY 活性硅粉是降低成本、提高经济效益的有效途径。

FY 活性硅粉粒径较小、分散性好，有利于提高产品质量，而且混炼时不易飞扬，有利于改善车间生产环境。

实例 2. 工程机械轮胎胶

这种轮胎的作业场地条件恶劣，要求轮胎整体刚性大；胎面胶耐切割、耐刺扎、抗崩花掉块、耐磨耗、弹性好、硬度高、变形小、生热低，胎体胶生热低、耐疲劳、耐热、耐老化、胶与帘线及不同胶料之间黏合强度高。对于巨型、大型工程机械轮胎，由于花纹沟深、基部胶厚、胎体厚、帘布层数多、外胎硫化时间长，因此要求各部件胶料的物理机械性能、硫化速度具有较好的匹配性。对于胎里密封胶和胎圈密封层胶，要求其气密性好，胶料与胎体、胶料与帘线黏合强度高，不脱层、不起泡，以保持轮胎气压稳定，延长轮胎使用寿命。

(1) 配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NR/SBR 1500	60/40	防老剂 4020	2.0
白炭黑	10	促进剂 NOBS	0.7
炭黑 N231	40	促进剂 TMTD	0.6
油	3.0	短纤维 Santoweb DX	2.25
氧化锌	5.0	防臭氧蜡	1.5
硬脂酸	2.0	硫黄	1.5
防老剂 124	2.0		

(2) 性能（表 2-78）及评价

表 2-78　不同硫化体系和补强体系胶料的交联键类型及基本性能

项　目	炭　黑			白炭黑	炭　黑		炭黑/白炭黑	白炭黑
硫化体系	常规	半有效	有效	TMTD	过氧化物	等效	等效	等效
硫黄/份	2.5	1.4	0.56	—	—	—	—	—
促进剂 NOBS/份	0.6	1.4	5.6	—	—	—	—	—

续表

项目	炭黑			白炭黑	炭黑		炭黑/白炭黑	白炭黑
硫化体系	常规	半有效	有效	TMTD	过氧化物	等效	等效	等效
促进剂 TMTD/份	—	—	—	5.5	1.1	—	—	—
促进剂 NOBS/硫黄/Si69/份	—	—	—	—	—	1.18/1.07/2.5	1.8/1.4/4.0	1.8/2.1/6.25
交联键类型	C—S_x—C	C—S_x—C	—	—	C—C	C—S_x—C	C—S_x—C	C—S_x—C
	C—S_2—C	C—S_2—C	C—S_2—C	—	—	—	白炭黑—胶	白炭黑—胶
	C—S—C	C—S—C	C—S—C	C—S—C	—	—	—	—
300%定伸应力/MPa	10.3	10.4	10.9	10.7	10.1	10.4	10.2	10.2
拉伸强度/MPa	25.0	25.1	22.7	18.5	16.9	23.1	24.9	25.5
撕裂强度/$kN \cdot m^{-1}$ 室温	31	28	22	20	14	31	20	32
撕裂强度/$kN \cdot m^{-1}$ 80℃	35	30	10	19	11	32	36	38

根据工程机械轮胎性能要求,设计的配方体系,所制备的轮胎,完全符合标准规定要求,使用性能良好。

(六)橡胶内胎

实例1. 汽车内胎胶料

(1)配方(质量份)

原材料	改进前	改进后
1#,2#烟片胶	90	70
SBR	5	30
BR	5	—
硫黄	2	1.8
促进剂 DM	0.75	1.25
促进剂 D	0.2	—

促进剂 CZ	0.5	0.7
防焦剂 CTP	0.05	—
防老剂 A	1	1
防老剂 D	1	1(DFC-34)
氧化锌	5	5
硬脂酸	2.5	2.1
炭黑 N330	—	25
混气炭黑	10	—
半补强炉黑	20	15.26
轻质碳酸钙	10	—
活性碳酸钙(SOS)	—	10
石蜡	1	1.2
古马隆树脂	2	5.5
松焦油	1	8.34
亚麻油	4	—

(2)性能(表2-79和表2-80)与评价

表2-79 硫化特性及物理性能

项目		改进前	改进后
LH-I硫化仪(143℃)	t_{s2}/min	10.2	—
	t_{90}/min	19.05	—
GK-I硫化仪(143℃)	t_{s2}/min	—	4.1
	t_{90}/min	—	9.7
143℃硫化20min	邵氏硬度A	51	56
	300%定伸应力/MPa	4.9	5.7
	拉断伸长率/%	595	620
	拉伸强度/MPa	20.7	22.2
	永久变形/%	22	26
	撕裂强度/kN·m^{-1}	87	121
老化系数(100℃,24h)		0.518	0.681

表 2－80 成品内胎性能

解剖部位	国标 GB 7036—1989	改进前			改进后		
	—	上模	下模	平均	上模	下模	平均
拉伸强度/MPa	≥14.7	23.5	23.4	23.4	20.7	21.2	20.9
拉断伸长率/%	≥550	610	620	815	850	855	652
300%定伸应力/MPa	—	14.8	13.6	14.2	12.1	11.9	12.0
永久变形/%	≤35	26	26	26	26	25	25
邵氏硬度 A	—	45	46	45.5	48	50	48.5
撕裂强度/kN·m^{-1}	—	115	98	106	116	109	112
接头强度/MPa	≥8.4	20.3			16.1		
接头伸长率/%	—	560			594		
胶—胶附着力/kN·m^{-1}	≥3.5	4.5			8.4		
胶—金属附着力/kN·m^{-1}	≥3.5	14.4			8.0		
热拉伸变形/%	≤25	—			20		
10.00－20 成品内胎实际使用性能	—	使用后胎体变软现象严重			使用后胎体变软现象比改进前轻，使用寿命长		

使用 30 份 SBR 与 70 份 NR 并用生产的内胎，其半成品的拉断伸长率、撕裂强度、耐老化性能均比用 5 份 SBR 生产的好。

使用 30 份 SBR 的配方，通过适当提高 NR 塑炼胶的可塑度，严格控制塑、混炼工艺，并在内胎挤出过程中，严格控制返回胶掺用比例（掺用量在 30%以下），加强挤出胎筒的冷却效果等措施，可减少因 SBR 用量大而引起的挤出胎筒收缩大及胎筒成型黏性差等问题，使该配方内胎胶料工艺性能符合生产要求。

使用 10 份超细活性碳酸钙，含胶率降至 56.03%，且胶料工艺性能好，半成品及成品物理机械性能均符合国标规定。

制造的 10.00－20 内胎成品，经实际装用于大型客车试用，证明胎身挺性好，保持了良好弹性，使用寿命长，用户反映良好。

由于使用了价格较低的 SBR，并采用 10 份超细活性碳酸钙，增加了补强填充剂的总用量，使内胎成本降低。

实例 2. IIR 内胎胶

(1) 配方(质量份)

原材料	配方 1	配方 2	配方 3
IIR	100	85	83
硬脂酸	1.0	1.0	1.0
EPDM	—	15	17
RIIR	—	—	24
氧化锌	5.0	5.0	5.0
炭黑	50	70	65
操作油	15	22	20
促进剂	1.8	2.0	2.0
硫黄	1.75	1.0	1.0
树脂	—	4.0	4.0

其中,IIR(牌号 IIR301)是美国埃克森公司产品;EPDM 是荷兰产品;IIR 再生胶(简称 RIIR)为上海总联橡胶实业公司产品。

(2) 性能(表 2-81 和表 2-82)与评价

表 2-81 试验结果

项目		小配合						车间大料试验配方	
		配方 1		配方 2		配方 3			
门尼黏度($ML_{1+4}^{100℃}$)		60.5		70.1		71.4		69.5	
门尼焦烧(120℃)/min		42.9		37.1		38.6		35.6	
硫化仪数据(153℃)	t_{10}/min	4.85		3.50		3.80		4.2	
	t_{90}/min	21.5		20.4		20.0		19.8	
硫化时间(153℃)/min		20	30	20	30	20	30	30	40
邵氏硬度 A		60	63	63	67	66	66	65	65
拉伸强度/MPa		11.9	10.9	11.6	11.6	11.2	10.3	10.5	10.8
300% 定伸应力/MPa		4.7	5.5	4.4	4.8	4.3	4.2	3.9	4.0
拉断伸长率/%		627	531	704	653	656	622	668	630
拉断永久变形/%		34	30	32	30	30	28	28	26
撕裂强度/kN·m^{-1}		26	26	52	45	48	45	45	47
100℃,24h 热空气老化后撕裂强度/kN·m^{-1}		24	22	43	41	42	40	43	44

表 2－82 IIR 内胎成品的物理性能

项目		测试值	指标(GB 7036.1—1997)
黏合强度/kN·m^{-1}	胶—铜之间	10.0	≥3.5
	胶—胶之间	9.0	≥3.5
拉伸强度/MPa		10.7	≥8.4
拉断伸长率/%		622	≥450
热拉伸变形率/%		18	≤35
接头强度/MPa		7.7	≥3.4

由该配方生产的 IIR 内胎配方中生胶体系采用 IIR/EPDM/RIIR 三胶并用,软化剂采用石油增黏树脂和石蜡油,补强填充剂采用炭黑 N660。相应改进了 IIR 内胎生产中的混炼、挤出、接头及硫化工艺条件。

改进工艺后的 IIR 内胎综合性能良好,各项性能均达到或超过相应的国家标准,用户反映使用情况良好。

实例 3. 丁基再生胶/丁基橡胶内胎

(1) 配方(质量份)

原材料	试验配方	原配方
268 丁基橡胶	100	100
电白丁基再生胶	20	—
硫黄	1.5	1.5
促进剂	2.5	2.5
氧化锌	5.0	5.0
硬脂酸	1.0	1.0
炭黑	60	60
软化剂	24	24
其他助剂	适量	适量

(2) 性能(表 2－83 和表 2－84)与评价

表 2－83　内胎胶性能对比

配　方		试验配方		原配方	
门尼黏度($ML_{1+4}^{100℃}$)		48.4		44.8	
硫变仪 156℃	t_{s1}/min	1.49		1.33	
	t_{90}/min	9.33		9.82	
硫化条件(156℃)/min		8	15	8	15
拉伸强度/MPa		11.5	10.4	10.4	10.0
伸长率/%		652	541	650	578
邵氏硬度 A		56	58	58	61
撕裂强度/kN·m^{-1}		40.1		36.5	
热拉伸变形率/%		19.2		18.4	

表 2－84　内胎成品性能对比

配　方	试验配方	原配方
规格	26×1.75/1.95	26×1.75/1.95
拉伸强度/MPa	12.0	11.4
伸长率/%	670	639
邵氏硬度 A	51	50
撕裂强度/kN·m^{-1}	36.0	31.2
热拉伸变形率/%	18.6	19.4
接头强度/MPa	7.17	7.5
机床试验	通过	通过

广东电白产内胎型丁基再生胶粒子细而光滑，性能优良，接近进口同类产品水平，可应用于丁基内胎生产中。内胎型丁基再生胶随用量的增加，胶料的门尼黏度、耐撕裂性能、混炼胶强度均有所提高，硫变仪性能有所改善，其他性能变化不大。应用内胎型丁基再生胶于丁基内胎配方中，胶料各项工艺性能稳定，半成品和成品性能良好，经济效益明显，符合大生产条件。

实例 4. 100%丁基再生胶自行车内胎

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
电白丁基再生胶	182	促进剂 TT	1.0
硫黄	2.0	氧化锌	5.0
促进剂 MO	5.0		

(2)性能(表 2－85)及评价

表 2－85 再生胶内胎的性能

项目	不掺丁基再生胶	100%丁基再生胶
拉断强度/MPa	14.2	8.0
伸长率/%	476	471
300%定伸应力/MPa	6.3	5.4
邵氏硬度 A	54	53
永久变形/%	31	20
撕裂强度/$kN \cdot m^{-1}$	46.1	35.5
热拉伸变形/%	17.1	22
接头强度/MPa	7.5	3.9
胶垫与胎身黏合力/N	356(胶断)	120(胶断)
溶胀指数	2.70	2.87

该丁基再生胶粒子细而光滑,性能接近进口同类产品水平,掺用于丁基内胎有利改善接头工艺,有利于提高耐撕裂性能,极利于降低丁基内胎的制造成本,是一种很好的丁基橡胶的代用材料。

三、橡胶胶带

(一)胶带的配方设计与生产工艺

1. 输送带的配方设计

输送带按其用途可分为普通输送带、特种输送带、阻燃输送带、钢丝绳输送带等。其胶料配方设计要点分述如下。

(1)普通输送带的配方设计 普通输送带各部件所用的胶料包括覆盖胶、缓冲胶、布层擦胶、布层贴胶四种。性能指标见表3-1和表3-2。

表3-1 覆盖胶的性能要求

覆盖胶性能级别	代号	拉伸强度/MPa	伸长率/%	阿克隆磨耗量/cm^3	70℃,7d老化后拉伸强度和伸长变化率/%
重型	H	≥18	≥400	≤0.7	-25~25
普通型	M	≥14	≥350	≤0.8	-25~25
轻型	L	≥10	≥300	≤1.0	-30~30

表3-2 普通输送带的性能要求(黏合强度,kN/m)

骨架材料	布层—布层	布层—覆盖胶	
		覆盖胶≤1.5mm	覆盖胶>1.5mm
尼龙	≥5.0	≥3.5	≥3.9
棉	≥2.7	≥2.4	≥2.7
其他	≥3.5	≥2.4	≥3.0

①覆盖胶的配方设计 输送带使用时覆盖胶受物料的冲击、磨损和微生物侵蚀以及各种老化作用。因此,要求覆盖胶具有较好的拉伸强度和耐磨性、耐老化、抗撕裂性、耐生物侵蚀。此外,还要求其具有良好的黏性。

生胶以天然橡胶为主或并用适量的丁苯橡胶,含胶率控制在50%~55%。硫化体系采用硫黄、促进剂传统配合体系。在天然橡胶配方中,硫黄

用量为2.5份左右，在含丁苯橡胶配方中，硫黄用量为1.5～2.0份。促进剂一般采用M、DM并用，促进剂CZ、NOBS等后效性促进剂适合于含丁苯橡胶的胶料中。补强剂可选用高耐磨炉黑、中超耐磨炉黑等，用量为40～50份。软化增塑剂常用的品种有机油、重油、松焦油、古马隆树脂和石油树脂。

②缓冲胶的配方设计　缓冲胶在覆盖胶和带芯层之间，能增加二者的黏合力，并可吸收和分散输送物料的冲击力，起缓冲作用。因此，要求胶料具有良好的黏合性(胶与布的黏合强度78.5N/5cm)，弹性大、生热小、散热性好、工艺性能好。

生胶一般采用天然橡胶和顺丁橡胶并用，含胶率为50%～55%。硫化体系宜使用低硫配合，以提高胶层和布层之间的黏合强度。促进剂以M、DM、TMTD并用较为普遍，CZ、NOBS等后效性促进剂适用于含顺丁橡胶的胶料。炭黑常为高耐磨炉黑和半补强炉黑并用，用量不宜过多，通常在10份左右。软化增塑剂选用增黏性较好的品种，如松焦油、固体古马隆树脂等。

③布层擦胶(擦布胶)的配方设计　擦布胶的主要作用是将带芯帆布层黏合成一个整体。要求其对带芯材料有良好的黏合性能(布与布黏合强度不低于78.5N/5cm)、耐疲劳性(布层屈挠次数要超过2.5万次/全剥)，并且要有足够的可塑性(可塑度0.5～0.6)和抗焦烧等工艺性能。

生胶以天然橡胶为主，并用20～30份丁苯橡胶，含胶率50%左右。硫化体系为一般的硫黄、促进剂体系。促进剂一般采用M和DM并用，或加入少量TMTD，以加快硫化速度，但要注意防止胶料焦烧。炭黑用量宜低，10份左右即可，并选用软质炭黑为宜，如半补强炉黑。掺用丁苯橡胶的擦胶应适当增加古马隆树脂和石油树脂的用量，否则会降低布层的黏合强度。

(2)特种性能输送带的配方设计　特种性能输送带要求覆盖胶具有特殊性能，其他胶料配方与普通输送带相同。特种性能输送带的覆盖胶主要有难燃、耐热、耐酸碱、导静电、食品输送等类型。其主要性能要求和配方设计要点如表3－3所示。

表3－3　特种输送带覆盖胶配方设计要点

胶料名称	性能要求	配方设计要点
难燃输送带	阻燃、导静电	以PVC/NBR并用或CR为主，含胶率为50%左右；配以适量氯化石蜡、三氧化二锑、硼酸锌、氢氧化铝等阻燃剂

续表

胶料名称	性能要求	配方设计要点
耐热输送带	具有良好的耐热性能，在较高的使用温度下不易产生老化龟裂现象	可用氯丁橡胶、丁苯橡胶、氯醇橡胶、乙丙橡胶和氯磺化聚乙烯橡胶，它们的分解温度都比较高，丁基胶料（以树脂硫化）的热分解温度为250～300℃，氯丁胶料为215～220℃，氯磺化聚乙烯胶料为240～270℃，丁苯胶料为285～310℃，三元乙丙胶与丙烯酸酯并用胶料为320～358℃，含胶率55%左右 一般采用无硫（黄）配合、过氧化物或醌类等硫化体系，以提高胶料的热老化性；生胶一般采用SBR无硫配合，要求高的可用EPDM低硫配合或过氧化物硫化 炭黑品种可用HAF、混气炭黑等，用量为45份；适当增加胶料硬度，可防止高温裂解 耐热输送带覆盖胶应选用高温下挥发性小、热分解温度高的软化增塑剂，如煤焦油、石油树脂、氯化石蜡、固体古马隆树脂；也可几种软化增塑剂并用，以提高黏度和耐热性能 以采用NBC（二丁基二硫代氨基甲酸镍）的耐热性能较高，可与MB、2246并用，以提高热老化性能
耐酸碱输送带	耐一定浓度的无机酸（如盐酸、硫酸、硝酸）的腐蚀	生胶一般采用CR，要求高的采用IIR；可配入硬质炭黑和硫酸钡等，以提高胶料的耐酸性能
食品输送带	无毒、无味、无污染性，表面要求为白色或浅色	生胶一般采用白绉片NR或浅色的优质烟片胶；硫化体系采用无硫或低硫配合，不得使用M、DM等有毒、有味的促进剂；采用非污染、不变色、无毒的防老剂，但不能使用胺类防老剂
导静电输送带	要求胶料体积电阻率低，有导静电性能	生胶可采用NBR，加入适量的乙炔炭黑、石墨等导电性填料，以提高其导静电性能
耐寒	—	以天然橡胶与顺丁橡胶并用；可加入适量的癸二丁酯等软化增塑剂，以提高其耐寒性能

阻燃输送带除覆盖胶要求具有阻燃性外，其擦布胶（或纤维抗拉层结合胶）也要具有阻燃性能。

橡胶耐热输送带分为3类，分别为T1、T2、T3（又称为1型、2型、3型），最高的使用温度分别为100℃、125℃、150℃，其性能要求见表3－4。

表 3-4　耐热输送带覆盖胶的性能(老化条件为 T,168h)

项目		型号		
		1 型	2 型	3 型
IRHD 硬度	老化后与老化前之差	±20		±20
	老化后的最大值	85		
拉伸强度	性能变化率/%	-25	-30	-40
	老化后的最低值/MPa	12	10	5
拉断伸长率	性能变化率/%	50		55
	老化后的最低值/%	200		180
阿克隆磨耗量	一等品最大值/cm^3	0.8	1.0	
	合格品最大值/cm^3	1.0	1.2	

2. 传动带的配方设计

(1)普通 V 型带的配方设计　随着 V 型带品种的日益繁多,传动功率不断提高,要求 V 带具有良好的动力性能(高回弹性,低生热性),良好的耐热性、抗屈挠破裂性、耐油性和抗臭氧性。目前,在胶种选择上,其方向是以氯丁橡胶为主。氯丁橡胶有较高的拉伸强度,良好的耐磨、耐屈挠、耐候、耐氧、耐臭氧、耐热、耐溶剂等特性,特别是氯丁橡胶黏合性能良好,适于作胶带制品。

V 型带部件繁多,配方各异,一般有包布层、伸张层、帘布层,线绳浸胶和压缩层等。

普通 V 型带根据强力层骨架材料的不同分为帘布层和线绳浸胶两种。其胶料配方较多,有包布层胶、伸张层胶、帘布层胶、压缩层胶、线绳浸胶等。

c. 补强剂一般以半补强炉黑和硬质炭黑并用，其用量为30份左右。

d. 配方中要加入适量的软化增塑剂，如松焦油、古马隆树脂，以提高黏合强度，胶料的可塑度控制在0.5~0.6，以利压延擦胶。但软化增塑剂用量不宜过多，否则会使胶布发黏，影响操作。

②伸张层胶的配方设计　伸张层由具有伸张性能的胶料组成。它能承受V型带在运转弯曲时的部分张力，且能增加V型带的弹性。这要求胶料具有较好的耐疲劳性能，弹性大、变形小、定伸应力高。在帘布芯V型带中，伸张层胶料配方基本上与压缩层胶相似。

在线绳芯V型带中，伸张层胶料配方基本上与缓冲层胶料配方相似。含胶率比压缩层胶高一些。

③帘布层胶的配方设计　帘布层是承受运行中拉力的骨架。要求胶料具有良好的耐屈挠疲劳性能，发热低，与帘布黏合好，耐热、耐老化，具有较高的定伸应力。

配方设计要点如下：

a. 一般采用天然橡胶或其与丁苯橡胶或氯丁橡胶并用，含胶率在60%左右。

b. 硫化体系与包布胶相同。促进剂一般采用M和DM或CZ、NOBS等并用。含丁苯橡胶的胶料，应适当增加促进剂的用量。硫黄用量：天然橡胶为2.7份左右，丁苯橡胶为1.5~2.0份，天然橡胶和丁苯橡胶并用的配方，按二者之比计算。氧化锌10~15份，以改善胶料的导热性。

c. 补强剂一般采用半补强炉黑或加入适量的混气炭黑。

d. 配入适量的松焦油、固体古马隆树脂、苯并呋喃树脂，以提高黏合强度。

④线绳浸胶的配方设计　要求与线绳有牢固的黏合强度，其他性能要求与帘布胶相似。

⑤压缩层胶的配方设计　压缩胶层是位于V型带的下底部，支撑V型带芯层，起增大V型带断面、增加V型带与槽轮的摩擦面和提高传动效率等作用，在线绳V型带中还对每根线绳起坚固的作用。当V型带运行时，防止带上歪斜和压扁，使之能保持断面梯形的角度。由于该层受到周期性的压缩，因而生热大，故要求胶料能耐热、生热小、耐屈挠，有足够的硬度，压缩变形小，且与帘布有较好的黏合性。

配方设计要点如下：

a. 生胶选择天然橡胶或其与丁苯橡胶、氯丁橡胶并用，含胶率40%左右。

b. 可选用高耐磨炉黑和其他炭黑并用，用量50份左右。

c. 硫化体系与帘布层胶基本相同。氧化锌用量可适当提高，以改善胶料的导热性能。

d. 为了保证压缩胶层的支撑作用，胶料必须具有一定的硬度，故炭黑

含量约加入50份为宜。含丁苯橡胶的配方采用中超耐磨炉黑以提高强度，软化增塑剂应尽可能少用，但可加入适量的机油，以提高胶料的弹性。

e. 为了增强胶料的耐磨性和横向刚性，可配用10～20份短纤维。

(2)汽车V型带(风扇带)的配方设计 风扇带安装于汽车或拖拉机发动机前端的驱动风扇中，带轮间的可调距离很小，且受发动机辐射热的作用，各部分的胶料承受着复杂的压缩、拉伸、剪切等多次变形。因此风扇带的使用条件、使用环境要比普通V型带苛刻、恶劣。为了延长风扇带的使用寿命，在各种胶料的配合上应力求完善。汽车V型带的强力层都采用线绳结构。所用的胶料包括压缩层、缓冲胶、伸张层胶和包布胶。

①压缩层胶的配方设计 压缩层是汽车V型带的支撑材料，它使强力层线绳保持在一个平面上，并承受带体受拉时带体两侧与带轮的侧压力。压缩层胶料必须具有一定的硬度，以抵抗凹状变形，而且在保持高强度及高弹性变形的情况下要有良好的耐热性和耐疲劳性能。压缩变形小，滞后损失要小，动态模量要低。

生胶一般选用耐屈挠疲劳性能好的氯丁橡胶。硫化体系除使用常用的金属氧化物外，可加入适量的促进剂NA－22来提高硫化胶的交联密度，并配以适量的促进剂DM，以延缓胶料的焦烧，保证其加工安全性。为提高带体工作面的刚性，提高传动效率和V型带的使用寿命，在压缩层胶料中最好加入适量的短纤维。适当增加防老剂的用量。

②线绳浸渍胶的配方设计 若采用棉纤维线绳时，用胶浆直接浸渍就能获得较好的黏着性，若使用强力人造丝或其他合成纤维线绳时，为使其与橡胶具有足够的黏合强度，常用的浸渍液有两种。一是采用间苯二酚甲醛树脂胶乳液浸渍；另一种是先把线绳浸过稀列克纳溶液[列克纳稀液的溶剂可用氯苯，其配比为列克纳(浓度为20%)1份，氯苯6份]后，再浸一次胶浆。

聚酯纤维大多经两次浸渍，对于一般的聚酯纤维一般用酚醛胶乳浸两次，但效果不佳。近年来，除仍采用两次浸渍外，还可以从改进纤维和浸渍剂两个方面入手，使一次浸渍获得成功。

目前用于解决聚酯纤维与橡胶结合的胶黏剂有异氰酸酯、封闭异氰酸酯、亚乙基脲、改性聚氯乙烯、聚环氧化物等。

③缓冲胶的配方设计 缓冲胶是包覆于线绳周围的胶料。汽车V型带在使用时，缓冲胶在线绳的上、下侧受到周期性的拉伸、压缩和剪切，因此要求缓冲胶与线绳牢固黏合。同时在传动过程中，缓冲胶要能吸收发动机启动或速度变化时对线绳的冲击力，因此还必须具有较高的定伸应力，并对线绳有较牢固的黏合性，以起到防止线绳相互摩擦而被损坏的作用，同时要具有较好的弹性和耐老化性能。

配方设计的关键是解决线绳(多用聚酯线绳)与橡胶的黏合及橡胶与线绳黏合界面间的剪切应力问题。生胶一般采用氯丁橡胶或其与天然橡胶并用。以氯丁橡胶为主的胶料,应选用高活性的促进剂如氧化锌和氧化镁,控制促进剂 NA-22 的用量,以保证足够的焦烧时间和硫化程度,并可用促进剂 DM 调节硫化速度。配以适量的白炭黑和增黏剂,以提高胶料的黏合性。补强剂一般选用半补强炉黑。

④包布胶的配方设计　包布胶应具有良好的耐疲劳性能和耐热、耐磨、耐油、耐臭氧老化性能。

⑤伸张层胶的配方设计　伸张层的胶料要适应该层处于周期性的伸张状态,特别是带轮间的可调距离小,因此其变形的频率大。故要求胶料的弹性好、永久变形小,防止带子在使用时伸长。

(3)同步带的配方设计　同步带是一种工作面带有齿状结构,集齿轮、链轮和带传动的优点于一体的新型传动带。由带背、强力层、带齿和带齿包布层组成(浇注型聚氨酯同步带无包布层)。

带背是保护层,它将强力层牢固地固定在节线位置,传动时承受拉伸、弯曲变形,将应力传递给强力层。

带齿在工作中与带轮的齿相啮合,传递动力。它与带背胶组成一个整体,传递应力和保护强力层,在传动时承受剪切应力。

同步带胶料的性能要求中,最重要的是使胶料与玻璃纤维或聚酯纤维线绳牢固地黏合,具有良好的焦烧期内流动性,以保证成齿。另外胶料还要耐热、耐疲劳、耐水、耐臭氧、耐油、耐天候老化,有足够的可塑度。

本体胶料一般采用氯丁橡胶,要求高的可选用氢化丁腈橡胶(HNBR)。配方中可采用间甲白直接黏合体系,使黏合强度达到要求。炭黑选用半补强炉黑。

(4)平型传动带　普通平型传动带有布层擦胶、封口胶、对口胶和边浆胶等,配方设计重点是布层擦胶,因为布层擦胶的好坏对产品质量影响较为显著。

设计普通平型传动带配方时,主要是满足以下要点,即提高胶料的老化性能、改善胶料的耐屈挠性能、有一定的综合平衡性能、保证一定的黏合强度。

①布层擦胶配方设计要点

a. 性能要求

- 有较好的定伸应力,较好硫化平坦性和适当硫化速度。
- 较好的耐老化性能,散热性好。
- 较好的操作性能,压延时不落胶,不产生焦烧。

b. 配方设计要点

- 含胶率一般为50%左右。
- 硫化体系,在 NR 中硫黄用量为 2.7 份左右;促进剂以 M、D 并用,或

以次磺酰胺类促进剂和 M 并用。

- 增加氧化锌用量,以改善胶料的导热性。
- 软化增塑剂不宜大量使用,以满足工艺要求为准。
- 合理使用防老剂,对提高布层屈挠性能有一定效果。

②封口胶、对口胶

a. 封口胶性能要求

- 要求胶料硫化定型快,流动性低,以保证外观质量。
- 要求胶料有良好的耐老化性能。
- 胶料颜色要求鲜艳。

b. 封口胶配方设计要点

- 一般使用全天然胶,含胶率为40%左右。
- 促进剂采用 M 和 D 并用,在天然胶中硫黄用量为 2.7 份左右。
- 加入适量的碳酸镁,以减少胶料的流动性,增强氧化锌和锌钡白的用量,保证胶料颜色鲜艳。
- 用不变色防老剂,如 MB。
- 一般采用红色胶料。

对口胶的性能要求基本和封口胶相同,但胶料要求稍软一些,在配方设计中可加入适量软化增塑剂,硫化速度比封口胶慢。

③边浆胶　性能要求与封口胶基本相同,配方设计与封口胶也基本相同。但胶料的颜色要求更加鲜艳,故一般使用较多的有机红颜料,锌钡白用量比封口胶多。

3. 胶带配方举例

实例 1. 普通输送带胶料配方(质量份)

(1)配方一

原材料	覆盖胶	缓冲胶	帆布擦贴胶
天然橡胶	48	70	70
顺丁橡胶	52	30	—
丁苯橡胶	—	—	30
促进剂 M	—	0.35	0.5
促进剂 DM	1.2	0.70	1.6
促进剂 CZ	0.8	—	—
促进剂 TT	—	0.08	0.25
硫黄	1.25	1.8	2.5
氧化锌	5.0	5.0	5.0
硬脂酸	2.0	2.3	2.0

防老剂 A	0.5	1.0	1.0
防老剂 D	0.5	1.0	1.5
防老剂 BLE	1.5	—	—
松焦油	6.0	4.0	7.0
机油	3.6	—	—
古马隆树脂	6.0	4.0	10
石蜡	1.0	—	—
松香	—	2.0	—
轻质碳酸钙	—	75	64
HAF	52	—	—
SRF	12	5	—

(2)配方二

原材料	覆盖胶	缓冲胶	擦布胶
RSS	100	70	70
SBR	—	—	30
BR	—	30	—
SRF	30	—	5
HAF	20	5	—
硫黄	2.6	1.8	2.5
促进剂 M	1	0.35	0.50
促进剂 DM	0.6	0.7	1.6
促进剂 TT	0.02	0.08	0.25
防老剂 A	1	1	1
防老剂 RD	1	1	1
SA	2.5	0.3	2.0
氧化锌	5	5	5
机油	8	—	—
松焦油	4	4	7
古马隆树脂	—	4	10
轻钙	11	50	65
硫酸钡	—	25	—
松香	—	2	—
石蜡	1.5	—	—

实例 2. 维棉输送带配方(质量份)

原材料	覆盖胶	帆布擦贴胶	网眼布擦贴胶
烟片胶	40	70	100
丁苯橡胶	35	30	—

顺丁橡胶	25	—	—
硫黄	1.8	2	2
促进剂 M	0.2	0.35	0.5
促进剂 NOBS	1.2	—	—
促进剂 DM	—	1	0.2
防老剂 BLE	1	1	—
防老剂 D	1.5	1.5	1
氧化锌	5	5	5
硬脂酸	3	1.5	1
高耐磨炉黑	50	—	—
半补强炉黑	10	10	5
古马隆树脂	5	6	—
松香	—	—	1
碳酸钙	—	25	62
松焦油	12	—	0.52
机油	—	—	5
变压器油	—	8	—
间苯二酚	—	2.6	—
促进剂 H	—	1.5	—
白炭黑	—	15	—
石蜡	1.5	—	—

实例3. 钢丝绳芯输送带(镀锌钢绳)胶料配方

原材料	质量份	原材料	质量份
烟片胶	70	软化重油	9
松香软丁苯橡胶	30	防老剂 BLE	1
硫黄	3	防老剂 SP	1
促进剂 NOBS	1.3	高耐磨炉黑	45
硬脂酸	2	白炭黑	19
氧化锌	8	环烷酸钴	10

实例4. 耐热耐磨输送带覆盖胶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
丁苯橡胶 1502	100	促进剂 TMTD	1.5
HAF	50	防老剂 DNP	0.5
操作油 Philrich 5	8	防老剂 RD	2.5
操作油 Picco 100	5	防老剂 Sunolite 127	2
氧化锌	3	防老剂 Sunolite 666	2.5

硬脂酸	2	防老剂 UOP 88	1.5
促进剂 CZ	2	硫化剂 DTDN	1.5

实例 5. 阻燃输送带覆盖胶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
聚氯乙烯	70	磷酸三甲苯酯	50
NBR－26	30	苯二甲酸二丁酯	20
硫黄	0.5	氯化石蜡	20
DCP	2	硼酸锌	20
促进剂 DM	1	氢氧化铝	30
二盐基亚磷酸铅＋三盐基硫酸铅	2.3	ISAF	30
氧化锌	5	三氧化二锑	12
硬脂酸	2	乙炔炭黑	10
防老剂 MB	1.3	抗静电剂	4

实例 6. 普通 V 型带配方(质量份)

原材料	压缩层胶	包布层胶	帘布层胶	伸张层胶	线绳浸胶
NR	100	100	100	100	100
硫黄	2.8	2.6	2.8	2.5	2.6
氧化锌	15	10	15	10	5
硬脂酸(SA)	2.0	2.5	2.0	2.5	2.0
促进剂 M	0.5	0.5	0.5	0.3	1.2
促进剂 NOBS	—	—	0.5	0.1	—
促进剂 DM	0.9	0.5	—	0.9	0.2
防老剂 A	1.0	—	1.5	1.0	—
防老剂 RD	1.5	1.5	1.0	1.5	1.5
轻钙	40	60	12.5	—	36.5
陶土	40	—	—	40	—
沥青	4	—	2	—	2
SRF	41	15	18	20	—
混气炭黑	—	—	—	20	—
HAF	—	—	—	—	10
硫酸钡	—	—	6	—	—
石蜡	—	—	—	1	—
松焦油	2	4	3	—	4
古马隆树脂	—	3	2	—	—

实例 7. 风扇带胶料配方(质量份)

原材料	压缩层胶	缓冲层胶	伸张层胶	线绳浸胶	包布层胶
NR	70	100	100	100	80
BR	30	—	—	—	—
SBR	—	—	—	—	20
氧化锌	15	15	15	20	15
SA	2	1.5	2	1	2
促进剂 CZ	1.3	—	—	—	—
促进剂 M	—	1.4	1.2	1.0	—
促进剂 DM	—	1.5	1.2	1.0	1.65
防老剂 D	—	—	—	—	0.2
防老剂 A	—	1	1	1	—
防老剂 RD	1	1	1	1	1.5
防老剂 4010NA	1	—	—	—	—
硫黄	2	2	2	2	2
机油	3.5	—	—	—	—
古马隆树脂	4	—	—	—	6
松焦油	—	2	3	—	—
松香	—	—	—	0.5	—
工业脂	—	—	—	—	6
HAF	50	20	20		
SRF	—				20
轻钙	20	40	62	23.5	30
陶土				—	15
氧化铁红	—			3	

实例 8. 平型传动带配方(质量份)

原材料	布层擦胶	封口胶	对口胶	边浆胶
NR	100	100	100	100
硫黄	2.7	2.6	2.5	2.8
氧化锌	10	10	5	5
SA	2.5	1.0	2.0	1.0
促进剂 M	0.5	0.7	0.5	2.2
促进剂 D	—	0.25	—	0.30
促进剂 NOBS	0.6			
促进剂 DM	—	—	0.5	—
防老剂 A	1	—	1	—

防老剂 MB	—	1.5	—	1.5
防老剂 RD	1.5	—	1.5	—
轻钙	40	72	113	25
硫酸钡	25	—	—	—
机油	2	—	—	—
碳酸镁	—	40	—	50
立德粉	—	15	15	50
石蜡	—	0.5	—	—
大红	—	2	—	7
松焦油	—	—	4	—
古马隆树脂	6	—	—	—

4. 胶带生产工艺

胶带产品的种类及型号较多，生产工艺过程各有不同，因此，安全操作技术也不相同，现将几种胶带生产的安全操作技术分别阐述如下。

(1)三角带 首先检查设备各部件是否牢固，安全防护装置是否齐全，润滑是否良好。开机后应空转 1 ~ 2min，待设备得到充分润滑后再工作。使用裁布机裁布的安全操作技术可参照前一章通用设备的有关内容。人工裁布要精神集中，防止剪刀刺伤他人；生产中使用帘布或线绳做骨架时，在分线、合胶中应防止绞伤。

裁缓冲胶条时，手不准接触切胶刀。出底条胶时向出型辊续胶，手不得按压；换出型辊时，要配合好，防止辊掉下砸脚。

设备运转中，不得处理布褶或取物料，以防发生压手事故，成组成型使用压辊和割刀时，注意手与辊有一定安全距离；割胶片时，手不准接近刀刃。套底胶片时，须将底胶拎起后再推上，不准用手接触槽板。

使用包布机时，须掌握开关方向，左手引包布头，右手应离开气阀手柄，左手引好头离开后，右手方可操纵气阀和脚踏开关进行包布；发生故障，应立即打开风门，使包布压辊松开，停车。下带时，必须打开离合器，以防发生事故。

单机和手工成型时，须将压辊、剪刀放置稳妥，以防掉下伤人。在成型操作过程中，汽油应有专人妥善保管。

硫化前挂半成品带，须保持均匀，防止歪倒，上带时须互相配合好，以免伤害操作人员。

硫化可参照平板硫化机安全操作技术。

(2)风扇带 风扇带和三角带虽然是同类产品，但风扇带的生产过程和使用设备与三角带也有很多不同之处。

大多数企业采用的风扇带成型方式为单机成型，为了防止成型中压辊压手，在成型时上布、上帘线、压合、卸带等操作中必须引起注意。成型后的

带坯入库时，要防止掉下碰伤脚。

风扇带装模、卸模、吊钩要挂牢。往硫化车或案子上放模具时，要放置平稳。上带或下带使用扳手时要卡好，慢用力，防止扳手滑脱扭伤腰部。

向带模上缠水布、卸水布要停机引布头，布打褶或缠卷中有杂物须停机处理，模具缠水布后，一定要等模具不转动时，再卸模具，以防将手带入压辊内。

(3) 平型带 首先检查电器开关，前后压合辊及安全挡板等装置是否齐全、灵敏有效，润滑系统是否正常。

上岗后，必须互相呼应，发出信号后方可开车。

卷取上料时，卡箍必须套好，上好安全销，防止布卷或方杠脱落砸伤人；处理引头胶与布粘连和布打褶及垫布漏垫时均应停车；往压辊引带时，手与压合辊应保持 500cm，并应点车引头；贴盖胶和冲边胶使用刀具时，要防止冲伤。

钢丝绳运输带成型装钢丝绳盘时，应放置牢固，以防坠落；钢丝绳接头，周围不得存放易燃物品。钢丝绳成型时，周围不准站人。

环型带和传动带成型上料、卷取、压合等安全操作技术可参照上述有关内容；但传动带成型使用橹子时，须防止伤手。

在成型中使用布轴、方杠时应注意周围环境，用后放置指定地点，以防碰伤人。汽油用后须加盖盖好，妥善保管。成型过程中产生静电火花，遇汽油易发生火灾，操作工应经常注意观察静电的消除。成型缓冲胶和边胶时，使用压型辊续胶，不得用手按压，以防压手。

平型带硫化的安全操作技术，请参照前一章通用设备中的有关内容。

(二) 橡胶输送带

实例 1. 耐热难燃输送带用胶

(1) 配方

原材料	质量份	原材料	质量份
SBR 1500	100	氢氧化铝	5 ~ 15
促进剂 TT、DTDM	1.5 ~ 3.0	氢氧化镁	5 ~ 15
促进剂 CZ、NOBS	1.0 ~ 3.0	硼酸锌	5 ~ 15
氧化锌	8 ~ 20	酚醛树脂	5 ~ 10
硬脂酸	1.0 ~ 3.0	防老剂 4010NA	1.0 ~ 2.0
炭黑 N220	30 ~ 70	防老剂 RD	1.0 ~ 2.0
氯蜡 70、十溴联苯醚	10 ~ 30	防老剂 MB	1.0 ~ 2.0
红磷	5 ~ 15	新型助剂	3.0 ~ 5.0
氧化锑	5 ~ 15		

(2) 性能(表 3-5)与评价

表 3-5　耐热难燃输送带性能检测表

项　目		指　标	实　测
拉伸强度/MPa		≥10	15.0
拉断伸长率/%		≥300	600
阿克隆磨耗量/cm^3		≤1.0	0.5
邵氏硬度 A	老化后与老化前之差	±20	7
	老化后最大值	85	77
拉伸强度	性能变化率/%	±30	-9

%	±50	-25
/%	200	450
m	≥400	488
%	≥10	18
/%	≤4	2
	≥3.5	6.5
	≥2.7	5.6
5mm	2.4	5.6
5mm	3.0	6.7

拉断伸长率			性能变化率/
			老化后最低值
骨架	纵向全厚度拉伸性能		拉伸强度/kN·
			拉断伸长率/
			参考力伸长率
	黏合强度/kN·m	布层间	平均值
			最低峰值
		覆盖胶与布层间	覆盖层厚度≤1
			覆盖层厚度>1

注　老化条件:125℃,168h。

烧一个试样,燃烧平均值不大于

热难燃输送带经测试证明其覆盖

效果良好,满足了用户的使用需

能外,还具有阻燃性能、耐高温灼

升级换代产品,填补了国内这一类

原材料	质量份
软化剂	22
补强剂	55
硫化剂	5.5
促进剂	2.5

覆盖层安全性能是指酒精喷灯燃

60s,且任何一个试样无复燃现象。该耐

层安全性能良好且经首钢烧结厂使用

求。该产品除具有耐热输送带的耐热性

热物料的灼烧性能,属于耐热输送带的

产品的空白。

实例 2. EPDM/NR 耐高温输送带胶

(1) 配方

原材料	质量份
EPDM	70
NR	30
活性剂	12
防老剂	5.5

(2) 性能(表 3-6)与评价

表 3-6 耐高温输送带检验结果

项目		4 层 EP100 带芯		5 层涤/棉带芯	
		指标①	实测	指标①	实测
覆盖胶②阿克隆磨耗量/cm^3		≤1.20	0.86	≤1.20	0.22
覆盖胶②老化后性能	IRHD 硬度最大值	≤85	85	≤85	85
	IRHD 硬度变化/度	-20 ~ +20	10	-20 ~ +20	13
	拉伸强度最小值/MPa	≥5.0	13.3	≥5.0	10.8
	拉伸强度变化率/%	≥ -40	3.0	≥ -40	5.5
	拉断伸长率最小值/%	≥180	189	≥180	185
	拉断伸长率变化率/%	≥ -55.0	-48.4	≥ -55.0	-46.0
全厚度拉伸强度/kN·m^{-1}	纵向	≥400	450	≥250	314
	横向	≥160	199	—	—
全厚度纵向参考力③伸长率/%		≤4	4	≤4	2
全厚度纵向拉断伸长率/%		≥10	27	≥10	17
黏合强度/kN·m^{-1}	布层间纵向均值	≥3.2	5.6	≥3.0	3.9
	布层间纵向最小值	≥2.7	3.6	≥2.0	3.6
	覆盖胶—布层间纵向均值	≥2.7	5.6	≥2.6	5.0
	覆盖胶—布层间纵向最小值	≥2.2	4.2	≥1.6	5.2

① 指标为 HG 2297—1992 中 T3 型耐热输送带指标；②成品输送带上取样；③HG 2297—1992 规定的参考力。

采用 EPDM 为覆盖胶原材料，EP 或涤/棉帆布为带芯帆布生产耐高温输送带。EPDM 覆盖胶中选用挥发分少的软化剂，缓冲胶采用 EPDM 与 NR 并用，并用比为 70/30。两种胶料都采用过氧化物和硫黄并用的硫化体系。制得的耐高温输送带全面满足 T3 型耐热输送带的要求。使用寿命是 SBR 耐热输送带的 2 ~ 3 倍。

实例 3. EPDM 耐高温输送带胶

(1) 配方

原材料	质量份	原材料	质量份
EPDM	60	防老剂 RD	3.5
氯化聚乙烯	40	石蜡油	15
硫化剂 DCP	4.0	高耐磨炉黑	40
TATIC	1.0	半补强炉黑	20
促进剂	2.5		

(2)性能(表3-7)与评价

表3-7 耐高温输送带物理性能指标

项目			标准值	输送带测定值
全厚度拉伸强度/$kN \cdot m^{-1}$			≥800	982
覆盖胶胶料性能	IRHD 硬度		65±5	67
	拉伸强度/MPa		≥11.0	17.5
	拉断伸长率/%		≥350	580
	阿克隆磨耗量/cm^3		≤1.0	0.75
胶—布黏合强度/$kN \cdot m^{-1}$	覆盖胶厚度<1.5mm	平均值	≥2.1	5.46
		最小值	>1.6	4.95
	覆盖胶厚度>1.5mm	平均值	≥2.7	6.21
		最小值	>2.2	4.85
热空气老化后性能(200℃,168h)	IRHD 硬度		<20	15
	拉伸强度变化率/%		≤40	29
	拉断伸长率变化率/%		≤55	44

EPDM的耐热性好,用其作覆盖胶制得的耐高温输送带的耐热性也很好。研制的高温耐热,产品性能符合"耐热输送带"标准要求,产品所用原料立足国内,生产工艺先进。

实例4. 玻璃纤维芯耐高温输送带胶

(1)配方(质量份)

①覆盖胶的基本配方

原材料	质量份	原材料	质量份
EPDM	100	防老剂	3.5
硫化剂 DCP	8	石蜡油	25
硫黄	1	高耐磨炉黑	25
氧化锌	8	半补强炉黑	40
硬脂酸	1	玻璃纤维粉	12

②擦贴胶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
EPDM	70	半补强炉黑	30
NR	30	四线油	10
硫黄	1	歧化松香	8
促进剂 M	2	白炭黑	15

促进剂 TMTD	2	黏合剂 RS	3
氧化锌	10	黏合剂 RH	2
硬脂酸	1	液体古马隆树脂	6
防老剂	3		

(2)性能(表 3-8)与评价

表 3-8　玻璃纤维芯耐高温输送带物理性能指标

项目				标准值	分层带	整芯带
全厚度拉伸强度/kN · m^{-1}				≥800	855	982
覆盖胶胶料性能	IRHD 硬度			65 ±5	66	67
	拉伸强度/MPa			≥11.0	17.0	17.5
	拉断伸长率/%			≥350	580	576
	阿克隆磨耗量/cm^3			≤1.0	0.80	0.75
黏合强度/kN · m^{-1}	胶—布	覆盖胶厚度 <1.5mm	平值值	≥2.1	4.25	5.46
			最小值	>1.6	3.45	4.92
		覆盖胶厚度≥1.5mm	平均值	≥2.7	4.64	6.15
			最小值	>2.2	3.80	5.23
	布—布	平均值		≥3.2	4.45	—
		最小值		>2.7	4.50	—
热空气老化后(200℃,168h)	IRHD 硬度变化			<20	15	14
	拉伸强度变化率/%			≤40	32	29
	拉断伸长率变化率/%			≤55	44	42

注　标准值为 HG 2297—1992 对 T3 型耐热输送带性能规定值。

采用玻璃纤维为骨架材料,EPDM 为覆盖胶的分层结构和整芯结构耐高温输送带性能完全满足 HG 2297—1992 标准的要求,可以在 200℃ 的高温下长期使用。

除了材料成本降低外,玻璃纤维耐高温输送带的允许使用温度提高了 50℃,达到 200℃ 以上,使用寿命延长了 1 ~2 倍。

实例 5. 煤矿用阻燃钢丝绳芯输送带胶

(1)配方(质量份)

①覆盖胶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
橡塑合金	60.0	石蜡	1.0
丁苯橡胶(2.5)	40.0	芳烃油	5.0
硫黄	0.5	偶联剂	0.8

促进剂	1.8	高耐磨炉黑	35.0
氧化锌	4.0	通用炉黑(GPF)	10.0
硬脂酸	2.5	阻燃剂	45.0
防老剂	2.0		

②黏合胶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
橡塑合金	60.0	石蜡	1.0
丁苯橡胶	40.0	芳烃油	5.0
硫黄	0.5	偶联剂	0.8
促进剂	1.3	高耐磨炉黑	30.0
氧化锌	5.0	白炭黑	15.0
硬脂酸	2.0	硼酰化钴	2.5
防老剂	2.0	阻燃剂	45.0

③贴胶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
橡塑合金	60.0	防老剂	2.0
丁苯橡胶	40.0	芳烃油	5.0
硫黄	0.5	偶联剂	0.8
促进剂	1.3	炭黑	30.0
氧化锌	5.0	白炭黑	15.0
硬脂酸	2.0	阻燃剂	45.0

(2)性能(表3－9～表3－12)与评价

表3－9　产品的物理力学性能

项目		标准值	实测值
老化前钢丝绳黏合强度/kN·m^{-1}		≥107.87	170.4
老化后钢丝绳黏合强度/kN·m^{-1}		≥91.69	183.8
上/下覆盖层黏合强度/kN·m^{-1}		≥10/10	20/18
覆盖层性能	拉伸强度/MPa	≥15.0	17.3
	拉断伸长率/%	≥350	600
	老化后拉伸强度变化率/%	－25～25	1.7
	老化后拉断伸长率变化率/%	－25～25	－16.7
	阿克隆磨耗量/cm^3	≤0.20	0.096
	邵氏硬度A	70±5	66

表 3－10　产品的导电性能

项　目	标准值	实测值
上表面电阻平均值/Ω	≤3.0×10^{8}	2.0×10^{5}
下表面电阻平均值/Ω	≤3.0×10^{8}	2.3×10^{5}

表 3－11　产品的滚筒摩擦数据

项　目	标准值	实测值
滚筒表面最高温度/℃	≤325	280
有无火星	无	无

表 3－12　酒精喷灯燃烧数据

燃烧状况	平均时间/s		最长时间/s	
	标准值	实测值	标准值	实测值
具有覆盖层，有焰	≤3.00	0.50	≤10.00	0.80
具有覆盖层，无焰	≤3.00	1.42	≤10.00	1.68
剥去覆盖层，有焰	≤5.00	0.70	≤15.00	1.05
剥去覆盖层，无焰	≤5.00	0.91	≤15.00	1.36

由该配方生产的煤矿用阻燃钢丝绳芯输送带，可满足煤矿用户的需求，具有较好的经济效益和社会效益。

实例 6. 环保难燃输送带胶

（1）配方（质量份）

①覆盖胶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	55.0	石蜡	1.0
丁苯橡胶	45.0	RP	2.5
硫黄	1.6	补强树脂	15.0
促进剂	1.2	阻燃剂 RM 301	15.0
氧化锌	7.0	新型氢氧化镁	6.0
硬脂酸	5.0	ISAF	45.0
防老剂	3.5		

②贴胶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	30.0	硬脂酸	2.0
丁苯橡胶	70.0	防老剂	2.0

硫黄	1.80	炭黑	50.0
促进剂	3.1	软化剂	30.0
氧化锌	5.0	操作油	5.0

(2) 性能(表3-13和表3-14)与评价

表3-13 覆盖胶物理性能

项目		性能指标 指标	性能指标 实测
拉伸强度/MPa		≥14.0	15.6
拉断伸长率/%		≥400	500
电性能	上覆盖层表面电阻/Ω	$\leqslant 3.0\times10^{8}$	2.7×10^{7}
电性能	下覆盖层表面电阻/Ω	$\leqslant 3.0\times10^{8}$	2.6×10^{7}
燃烧三个纵向全厚度试样的平均值/s		≤60	48.27
阿克隆磨耗量/cm^3		≤0.25	0.221

表3-14 成品带性能

项目				指标	实测值
纵向全厚度拉伸性能	拉伸强度/$kN\cdot m^{-1}$			800	843
纵向全厚度拉伸性能	参考力伸长率/%			4	3
黏合强度/$kN\cdot m^{-1}$	布层间	平均值		≥4.5	6.7
黏合强度/$kN\cdot m^{-1}$	布层间	最低峰值		≥3.9	6.1
黏合强度/$kN\cdot m^{-1}$	覆盖胶与布层间	覆盖层厚度≤1.5mm	平均值	≥3.2	4.7
黏合强度/$kN\cdot m^{-1}$	覆盖胶与布层间	覆盖层厚度≤1.5mm	最低峰值	≥2.4	4.2
黏合强度/$kN\cdot m^{-1}$	覆盖胶与布层间	覆盖层厚度>1.5mm	平均值	≥3.5	7.8
黏合强度/$kN\cdot m^{-1}$	覆盖胶与布层间	覆盖层厚度>1.5mm	最低峰值	≥2.9	7.1

由该配方生产的环保型难燃输送带,性能符合Q/FXS 13—2005标准要求。产品所用原材料立足国内,确定的工艺路线合理。工装设备属于国内先进水平,产品达到国际同类产品的先进水平。该产品具有良好的安全性能,为矿山及易燃环境提供了安全保护措施,达到环保要求,产品深受用户青睐,具有较好的经济效益和社会效益,填补了国内空白,已获国家专利。

实例7. 超薄耐热打孔输送带胶

(1) 配方

原材料	质量份	原材料	质量份
SBR	100	古马隆树脂	5
炭黑 N600	30	防老剂 D	1
碳酸钙	30	硫黄	2
氧化锌	5	促进剂 M	0.8
硬脂酸	3	促进剂 CZ	0.6

(2)性能　该配方下硫化胶性能[硫化条件为(140±2)℃,3min]如下：邵氏硬度 A 40,拉伸强度 9.8MPa,拉断伸长率 761%,密度 1.109g/cm³。其成品性能见表 3-15。

表 3-15　超薄耐热输送带成品性能

项　目	试样 1	试样 2	试样 3	试样 4	试样 5	试样 6	试样 7	试样 8
厚度/mm	1.19	1.00	1.19	1.00	1.19	1.00	1.19	1.00
邵氏硬度 A	45	43	45	43	45	43	45	43
拉伸强度/MPa	29.96	31.20	19.42	24.81	14.81	16.20	24.98	29.10
拉断伸长率/%	49.86	32.25	27.21	20.41	32.28	30.19	42.35	30.10
耐热温度/℃	100	100	100	100	100	100	100	100

注　1. 试样 1 和试样 2 无接头无孔;试样 3 和试样 4 有接头无孔;试样 5 和试样 6 有接头有孔;试样 7 和试样 8 无接头有孔;试样 1,试样 3,试样 5 和试样 7 为研制输送带;试样 2,试样 4,试样 6 和试样 8 为进口产品。
2. 试样加热至 100℃,质量基本不变,颜色未变黄。

尽管该输送带与进口产品相比,在性能方面稍有差异,但经多家大型研究单位试用表明,该产品性能能够达到使用要求,可以替代进口产品,且具有供货周期短、价格低廉的优势,经济效益和社会效益显著。

实例 8. SBR/CPE 复合耐热输送带胶

(1)配方

原材料	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4	配方 5	配方 6	配方 7
氯化聚乙烯	100	80	70	60	40	30	20
丁苯橡胶	—	20	30	40	60	70	80
硬脂酸	—	0.4	0.7	—	1.2	1.4	1.7
氧化锌	—	1	1.5	2	2.5	3.5	5
促进剂	3	2.8	2.5	2.2	1.8	1.5	1.2
交联剂	5	4.8	4.2	3.8	3.2	2.8	2.5
防老剂	6	5	4.5	4	3.5	3	3
补强填充剂	70	70	70	70	70	70	70
增塑软化剂	20	18	16	14	12	10	8

(2) 性能(表 3-16)与评价

表 3-16 硫化胶物理性能

项目		配方1	配方2	配方3	配方4	配方5	配方6	配方7
拉伸强度/MPa		13.4	12.9	12.7	12.8	12.1	12.8	12.4
拉断伸长率/%		500	500	602	540	573	587	589
邵氏硬度 A		67	65	63	64	65	63	64
阿克隆磨耗量/cm^3		0.242	0.258	0.279	0.263	0.285	0.287	0.292
150℃,96h 热空气老化后	拉伸强度/MPa	12.1	11.9	11.8	11.9	11.2	11.3	10.8
	拉断伸长率/%	382	407	417	394	397	384	398
	邵氏硬度 A	78	76	77	80	79	81	83
	老化系数	0.903	0.922	0.929	0.930	0.926	0.883	0.871

注 硫化条件为150℃,15min。

上述配方中的硫化体系应用了硫黄加超速促进剂和过氧化物的组合;补强填充剂主要是N330炭黑及陶土;防老体系则主要是防老剂4010NA、稳定剂、氧化镁、金属皂、环氧树脂。增塑剂考虑到耐热性能及抗灼烧性能,使用了环氧类增塑剂及氯化石蜡。

通过上述配方试测及生产成本的考虑,最终选择了配方3作为生产应用配方。

耐热输送带在水泥生产线使用,环境温度略大于150℃,使用8个月后,输送带质量基本完好,还能继续使用。

实例9. 抗静电阻燃聚氨酯输送带胶料

(1) 配方

原材料	质量份	原材料	质量份
聚氨酯	100	十溴二苯醚	10
三(β-氯乙基)磷酸酯	9	导电炭黑	适量

(2) 性能(表 3-17 和表 3-18)与评价

表 3-17 抗静电阻燃聚氨酯输送带胶料性能

项目	数值
酒精喷灯燃烧试验自熄时间/s	1.4;1.6;1.4;1.8;1.8;1.2
表面电阻/Ω	10^6 ~ 10^7
拉伸强度/MPa	30 ~ 40
断裂伸长率/%	400 ~ 500

注 燃烧试验的自熄时间为6个试样的数值。

表 3－18 抗静电阻燃聚氨酯输送带测试结果

项目		指标	实测值
酒精喷灯燃烧试验自熄时间/s	有覆盖层	≤3	0.71
	无覆盖层	≤3	0.92
辊筒摩擦试验/℃（无火星温度）	上胶面	≤325	235
	下胶面	≤325	223
表面电阻/Ω	上胶面	$\leq 1\times10^8$	1.1×10^7
	下胶面	$\leq 1\times10^8$	1.2×10^6
布层间黏合强度/$kN\cdot m^{-1}$		≥3	3～5

由该配方生产的聚氨酯输送带各项性能都达到了预定要求，特别是根据煤矿安全生产的需要，进行了抗静电、阻燃的特殊处理。该输送带的综合性能优于聚氯乙烯输送带和橡胶输送带，是一种很有发展前途的新型品种，填补了国内空白。

实例 10. 耐磨型输送带覆盖胶

（1）配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NR	50	防老剂 4010NA/RD	4.5
BR	50	防焦剂 CTP	0.5
炭黑 N220	55	硫黄	2
氧化锌	5	促进剂 CZ	1
硬脂酸	3	软化重油	5

（2）性能（表 3－19）与评价

表 3－19 优选配方 BR/NR 并用胶的性能

项目		数值
硫化仪数据（150℃）	t_{10}/min	5.00
	t_{90}/min	12.50
邵氏硬度 A		60
拉伸强度/MPa		19.5
拉断伸长率/%		750
阿克隆磨耗量/cm^3		0.085
密度/$g\cdot cm^{-3}$		1.110

采用优选配方的输送带覆盖胶性能达到了德国 W 型输送带标准要求。采用该配方覆盖胶生产的耐磨型输送带使用反映良好。

实例11. 高耐磨钢丝绳芯输送带胶

(1)配方

①覆盖胶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NR/BR	30/70	防老剂	4.5
硫黄	2.0	防焦剂	0.5
促进剂	1.0	氧化锌、硬脂酸	8
炭黑	55	软化重油	5

②高耐磨钢丝绳芯输送带黏合胶的配方

原材料	质量份	原材料	质量份
SBR	100	炭黑	23
促进剂	1.3	防老剂	2
氧化锌	8	黏合剂	2.5
硬脂酸	1	软化重油	10
硫黄	3	其他填料	40
白炭黑	19		

(2)性能(表3-20和表3-21)与评价

表3-20 覆盖胶的力学性能

项目	指标	实测值
拉伸强度/MPa	≥18	19.5
拉断伸长率/%	≥400	750
阿克隆磨耗量/cm^3	≤0.09	0.085

表3-21 成品带性能

项目		指标	实测值
黏合强度/$kN\cdot m^{-1}$	φ4.0钢丝绳	≥80	120
	φ6.0钢丝绳	≥105	140
150℃,7d热空气老化后的黏合强度/$kN\cdot m^{-1}$	φ4.0钢丝绳	≥75	105
	φ6.0钢丝绳	≥95	126

该产品投产可获得较好的经济效益和社会效益。经使用证明，该产品

有整体拉伸强度高、耐冲击、耐磨损、耐日光老化等特点。

实例 12. 耐冲击抗磨耗织物芯输送带胶

(1) 配方

①覆盖胶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	30	防老剂	4.5
顺丁橡胶	70	软化剂	5.5
硫黄	2	氧化锌	3.5
促进剂	1	硬脂酸	4.5
补强剂	55		

②耐冲击抗磨耗织物芯输送带贴胶的配方

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	30	硬脂酸	2
丁苯橡胶	70	防老剂	2
硫黄	1.8	炭黑	48
促进剂	3.2	软化剂	30
氧化锌	5	操作油	4

(2) 性能(表 3－22)与评价

表 3－22　耐冲击抗磨耗织物芯输送带胶性能

项目		指标	实测值
覆盖胶性能	拉伸强度/MPa	≥18	19.5
	拉断伸长率/%	≥450	490
	阿克隆磨耗量/cm^3	≤0.10	0.085
布层间黏合强度/$kN \cdot m^{-1}$	全部试样平均值	≥4.5	8.2
	全部试样最低峰值	≥3.9	5.6
	覆盖胶与布黏合平均值	≥3.5	9.2
全厚度纵向拉伸强度 $kN \cdot m^{-1}$		≥1000	1094

经使用证明，该产品具有良好的弹性，自身磨耗少，使用寿命长。有整体拉伸强度高、耐冲击、耐磨损、耐日光老化等特点，深受用户的欢迎；其使用寿命是普通输送带的 3～5 倍，销售价格可提高 23% 以上，具有较好的经济效益和社会效益。

实例 13. 天然/合成橡胶制抗冲击高耐磨输送带

(1) 配方

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	70	促进剂	1.8
合成橡胶	30	补强剂	55
硫黄	1.8	软化剂	11.5
氧化锌	5	防老剂	3
硬脂酸	2.5		

(2) 性能(表 3－23)与评价

表 3－23　抗冲击高耐磨输送带成品性能和使用情况

项目		企业标准	检测结果		结论
			1	2	
覆盖胶性能	拉伸强度/MPa	≥18.0	20.2	22.5	合格
	拉断伸长率/%	≥450	490	516	合格
	阿克隆磨耗量/cm^3	≤0.10	0.075	0.075	合格
	邵氏硬度 A	55～65	58	64	合格
	弹性/%	≥40	43	45	合格
	老化后拉伸强度变化率/%	±25	－3.5	－6	合格
	老化后拉断伸长变化率/%	±25	－10.2	－13	合格
布层间黏合强度/$kN \cdot m^{-1}$	全部试样平均值	≥4.5	8.2	7.3	合格
	全部试样最低峰值	≥3.9	5.6	6.5	合格
	覆盖胶与布黏合平均值	≥3.5	9.2	8.5	合格
全厚度纵向拉伸强度/$kN \cdot m^{-1}$		≥1200	1300	—	合格
		≥1000	—	1094	合格

从检测结果看,覆盖胶的各项性能均达到标准规定的要求。

该配方选用了优质的材料和合理科学的配方组成,工艺性能良好,产品性能优异,生产出的输送带表面光滑,外观缺陷很少,耐磨耗性、抗冲击性和弹性均较好。因此,特别适用于大型石场高冲击、高落差输送机的使用和大型采沙船高速运送河沙的使用。

该抗冲击高耐磨输送带的使用寿命是普通带的 2～3 倍,其售价仅比普通带高 20%～30%,对提高用户的经济效益起到很好的作用,且在生产过程中与普通带一样没有环境污染。

实例14. 耐油橡胶输送带

(1)配方

①覆盖胶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NBR	85	硫黄	0.4
促进剂	2.5	防老剂	3.5
活性剂	8	软化剂	28
DCP	0.8	补强剂	75

②过渡胶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
丁腈橡胶	60	防老剂	2.5
天然橡胶	40	软化剂、增黏剂	12
硫化剂	2.0	补强填充剂	35
活性剂	6	黏合体系	22
促进剂	3.5		

③耐油贴胶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NBR	100	防老剂	1.5
硫化剂	2	软化剂、增黏剂	15
活性剂	6	补强填充剂	50
促进剂	2.1	黏合体系	12

(2)性能(表3-24~表3-26)与评价

表3-24 覆盖胶的物理机械性能

类　型	拉断强度/MPa	拉断伸长率/MPa	阿克隆磨耗量/cm^3
LO	≥14.0	≥350	≤0.20
DO	≥16.0	≥350	≤0.16

注　LO为一般条件下的耐油输送带;DO为强耐磨油条件下的耐油输送带。

表3-25 覆盖胶的耐油性能指标

在浸泡液体中的试验条件			体积变化率/%	
GB/T 169 中号油	浸泡温度/℃	浸泡时间/h	LO	DO
2#油	70±2	7	≤20	≤-5
3#油	70±2	7	≤50	≤+5
3#油	100±2	7	≤50	≤+5

注　耐油试验选做其中一种即可。

表 3－26　不同并用比例丁腈橡胶与天然橡胶的过渡胶性能

NBR/NR		80/20	70/30	60/40	50/50	40/60	30/70	20/80
黏合强度/$kN\cdot m^{-1}$	覆盖胶	8.6	7.8	7.5	4.5	3.5	3.0	2.2
	贴胶	3.5	4.5	7.5	7.2	8.0	8.2	8.5
界面情况		与贴胶明显	与贴胶稍有	无	与盖胶稍有	与盖胶明显	与盖胶显明	与盖胶明显

由以下性能对比可以看出，选择 NBR/NR＝60/40 最好。

过渡胶的物理性能：邵氏硬度A 52；拉伸强度 13.8MPa；拉断伸长率 680%。

耐油贴胶的物理性能：邵氏硬度A 50；拉伸强度 14.8MPa；拉断伸长率 780%。

实例 15. 丁腈橡胶耐油输送带

（1）配方

①覆盖胶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
丁腈橡胶	100	防老剂	2
硫黄	1.6	软化增黏剂	18
活性剂	6	补强填充剂	71
促进剂	1.7		

②缓冲胶

原材料	质量份	原材料	质量份
丁腈橡胶	60	促进剂	1.9
天然橡胶	40	防老剂	2
硫化剂	1.8	软化剂	18
活性剂	7	补强填充剂	70

（2）性能（表 3－27）与评价

表 3－27　耐油输送带覆盖胶的力学性能

项　　目		标准值	检测值	结　论
拉断强度/MPa		≥14	18.9	合格
拉断伸长率/%		≥350	460	合格
阿克隆磨耗量/cm^3		≤0.20	0.075	合格
耐油体积增量/%	2#油	<20	−2.17	合格
	3#油	<50	26	合格

续表

项目		标准值	检测值	结论
纵向全厚度拉伸强度/kN·m⁻¹		≥125	182	合格
纵向全厚度拉断伸长率/%		≥10	20	合格
全厚度纵向参考力伸长率/%		≤4	1.5	合格
布层间黏合强度/kN·m⁻¹		≥2.7	4.49	合格
覆盖胶与布层间黏合强度/kN·m⁻¹	上胶	≥2.7	4.29	合格
	下胶	≥2.7	3.15	合格

从表3－27可以看出，成品带各项性能都合乎标准，经用户实际应用，效果良好。

缓冲胶的物理性能(150℃，10min)：邵氏硬度A 52，拉断强度10MPa，伸长率610%，变形23%。

该耐油带是用普通输送带的芯层材料，帆布擦贴胶采用天然橡胶和丁苯橡胶，不耐油，这种带仅在轻型低负荷的情况下使用。如果在高冲击、长距离运输线上使用，帆布擦贴胶则采用丁腈橡胶或丁腈橡胶与氯丁橡胶并用，才能在要求更高的条件下使用。

这种用普通带芯外面覆盖耐油盖胶的带子，是应用户要求研制的。研究配方的关键是缓冲胶，要使盖胶与芯层胶黏合得好，又能同步硫化，附着力强，胶带使用中不会离层，才能保证使用。

最理想的耐油带的结构是内芯层的擦贴胶和外覆盖胶都用丁腈橡胶。

实例16. 耐油耐寒输送带

(1)配方(质量份)

原材料	原覆盖胶	现覆盖胶	耐龟裂胶	缓冲胶
丁腈橡胶(含AN 26%)	100	—	—	—
丁腈橡胶(含AN 18%)	—	100	—	—
丁腈橡胶(含AN 20%)	—	—	60	—
天然橡胶	—	—	—	60
丁苯橡胶1500	—	—	40	40
氧化锌	5	5	5	5
硬脂酸	1	1	1	2
防老剂	4	4	1	2
(化学)增塑剂	30	30	30	—
促进剂	1	1	1.2	1.2
环烷酸钴	—	—	—	7.5

硫黄	2	2	1.5	1.5
炭黑	65	65	65	70
软化剂	—	—	5	—
黏合剂	—	—	—	5～10

(2)性能(表3－28)与评价

表3－28 耐油耐寒输送带力学性能

项	目	原覆盖胶	现覆盖胶	耐龟裂胶	缓冲胶
吉门值	t_2/℃	－27	－25	－42	－25
	t_5/℃	－43	－47	－55	－43
	t_{10}/℃	－48	－51	－59	－49
	t_{100}/℃	－56	－58	－66	－58
刚性扭转模量/MPa	－50℃	38	10	—	—
	－55℃	130	70	—	—
耐油体积增量/%	JIS 3#油,70℃,24h	20	23	32	140
	煤油,常温,24h	18	19	40	160
拉伸强度/MPa		16.2	15.7	14.2	14.7
拉断伸长率/%		480	500	550	550
邵氏硬度 A		58	58	57	64
阿克隆磨耗量/cm^3		0.110	0.115	—	—
与金属帘线黏合强度/$kN\cdot m^{-1}$		—	—	—	55

该胶含有大量耐寒性增塑剂的溶胀胶层被封入覆盖胶层内。当覆盖胶与油接触时,其含有的增塑剂被抽出。这时,溶胀胶层内的增塑剂不断地迁移到覆盖胶层上,这样,就可长时间保持输送带的耐油性和耐寒性。

该输送带更适合在寒冷地区输送油砂,具有良好的耐寒、耐油、耐冲击和耐龟裂性。

实例17. 耐寒难燃钢丝绳芯输送带

(1)配方(质量份)

原材料	覆盖胶	芯胶
NR	50.0	15.0
BR	50.0	35.0
SBR 1500	—	50.0
促进剂 NOBS	1.0	1.0
防老剂 RD	1.0	1.0

防老剂 BLE	1.0	1.0
氧化锌	5.0	7.0
硬脂酸	3.0	3.5
石蜡	2.0	1.0
氯蜡 70#	20.0	19.0
白炭黑	—	15.0
中超耐磨炉黑	45.0	40.0
三氧化三锑	6.0	5.0
氢氧化铝	20.0	20.0
环烷酸钴	—	5.0
硼酸锌	10.0	10.0
硫黄	1.6	2.0

(2)性能(表 3－29 和表 3－30)与评价

表 3－29 输送带覆盖胶及芯胶力学性能

项目		覆盖胶	芯胶
硫化后(150℃, 20min)	拉伸强度/MPa	18.4	15.2
	拉断伸长率/%	665	640
阿克隆磨耗量/cm^3		0.108	
拉伸耐寒系数(－45℃)		0.6	

表 3－30 成品带力学性能及安全性能

项目			指标	实测值
拉断强度/MPa			≥18	19.1
拉断伸长率/%			≥450	560
70℃, 7d 热空气老化后	拉断强度变化率/%		－25 ~ ＋25	－18
	拉断伸长率变化率/%			－15
阿克隆磨耗量/cm^3			≤0.6	0.4
拉伸耐寒系数(－45℃)			≥0.3	0.6
导静电	成品带上、下两面的表面电阻平均值/Ω		≤3×10^8	5.8×10^6
酒精喷灯燃烧	明焰	4 个试样自熄时间平均值/s	≤30	4
		任一个试样自熄时间单个值/s	≤45	7
	无焰燃烧	4 个试样自熄时间平均值/s	≤120	26
		任一个试样自熄时间单个值/s	≤180	33

由该配方生产的耐寒难燃钢丝绳芯输送带，经检测和用户的实际使用证明，产品性能达到国内先进水平。产品结构和胶料配方设计合理、材质选用得当、生产工艺先进可行。耐寒难燃钢丝绳芯输送带的研制成功为寒冷地区安全生产提供了可靠保证，可以替代进口产品，满足用户配套要求，具有显著的经济效益和社会效益。

实例18. 阻燃耐寒输送带

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	70	防老剂	2
顺丁橡胶	30	增塑剂	6
硫化剂	2	阻燃剂	35
促进剂	1.6	炭黑	40

(2)性能(表3-31)与评价

表3-31 国外标准、国家标准、本企业标准及产品实测值

性能		JISK 6324	GB 10822	Q/SXDJ 02·16—1997	实测值
拉伸强度/MPa		≥9.81	≥10	≥14	20.1
拉断伸长率/%		≥350	≥350	≥400	520
阿克隆磨耗量/cm^3		—	—	≤0.8	0.34
70℃,168h热空气老化后	拉伸强度变化率/%	—	—	-25~+25	-7.4
	拉断伸长率变化率/%	—	—	-25~+25	-8.5
脆性温度/℃		—	—	≤-50	-50℃正常
导静电性能/Ω		—	—	$\leqslant 3\times10^8$	2.4×10^5
三个纵向全厚度试样火焰持续时间平均值及无焰结果		≤60s 任一试样不得有复燃	≤60s 且任何一个单次结果均无复燃现象	≤60s 且任何一个单次结果均无复燃现象	有焰5s单次无复燃现象

该产品在研制过程中，重点解决了阻燃耐寒覆盖胶配方的优选问题，确定了合理的工艺参数，使产品质量达到项目规定的技术指标，经用户使用证明性能良好，满足用户使用的要求。

经试产证明，现有的设备及检测手段齐全，能满足产品的生产需要，具备了大生产的生产条件，可以投入生产。

该产品的开发填补了国内外阻燃耐寒输送带产品的空白，所以推广应用该系列产品有着极其广阔的前景。

实例19. 耐烧蚀输送带胶

(1) 配方

原材料	质量份	原材料	质量份
SBR	100	磷酸三苯酯	6
氧化锌	5	机油	5
硬脂酸	2	高耐磨炉黑	50
防老剂 4010	2	促进剂 CZ	1.5
古马隆树脂	13	促进剂 TMTD	0.2
结炭剂	20	硫黄	2.8
松焦油	10		

(2) 性能(表 3－32)与评价

表 3－32 耐烧蚀输送带性能

项目			标准 Q/SXY 26—1996	实测数据
覆盖胶	拉伸强度/MPa		≥6.0	8.6
	拉断伸长率/%		≥300	160
	邵氏硬度 A		65±5	68
	阿克隆磨耗量/cm^3		≤1.0	0.25
成品带	全厚度拉伸强度/$kN \cdot m^{-1}$		≥315	465
	拉断伸长率/%		≥10	11
	参考力伸长率/%		≤4	1
黏合强度/$kN \cdot m^{-1}$	布层间	平均值	≥3.17	3.76
		最低值	≥2.70	3.34
	上覆盖胶与布	平均值	≥2.70	3.78
		最低值	≥2.20	3.12
	下覆盖胶与布平均值		≥2.20	2.61
高温纵向黏合强度/$kN \cdot m^{-1}$	150℃,30min 布层间		≥3.0	2.26
	150℃,30min 覆盖层与布		≥2.0	3.10
	150℃,40h 炭化后布层间		≥2.4	3.36
	炭化后在 150℃,30min 布层间		≥1.8	2.68
500℃,30min,40 次热砂灰化后	屈挠次数/万次		≥2.5	3.8
	表面情况		无气泡	无气泡

隔热烧蚀层胶料硫化胶性能(硫化条件 143℃,25min)为:拉伸强度

9.4MPa;300%定伸应力4.7MPa;拉断伸长率510%;拉断永久变形28%;邵氏硬度A 68;阿克隆磨耗量0.25cm³;回弹率33%。

采用使覆盖胶高温炭化形成高强度隔热烧蚀层这一新设计思路研制耐烧蚀输送带是可行的,该研制的输送带在耐高温方面有了突破性进展。

输送带耐高温性能良好,运转平稳,使用过程中不脱层,不变形,使用寿命长,减少了换带次数。

耐烧蚀输送带机械性能达到并超过了Q/SXY 26—1996标准要求,在300~700℃的苛刻输送条件下,使用寿命可提高2~4倍,具有可观的经济效益和社会效益。

实例20. 楞筋防滑输送带胶

(1)配方

①输送带平基带体的覆胶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
SBR	50	活性剂	8
NR	20	增塑剂	25
BR	30	补强剂	70
硫黄	2.5	防老剂 RD	2
促进剂 NOBS	1.5	石蜡	1

②阻滑楞筋的胶料配方

原材料	质量份	原材料	质量份
SBR	70	活性剂	8
NR	20	增塑剂	15
高苯乙烯树脂	10	中超耐磨炉黑	50
硫黄	2	填充剂	30
促进剂 DM/CZ	1.6	防老剂 BLE/RD	3

(2)性能(表3-33)与评价

表3-33 覆盖胶与防滑楞筋性能(硫化150℃,20min)

项目	覆盖胶	防滑楞筋
拉伸强度/MPa	16.0	16.8
拉断伸长率/%	600	500
邵氏硬度 A	60	80
阿克隆磨耗量/cm³	0.45	0.25
密度/g·cm⁻³	—	1.245

楞筋防滑输送带除提高物料的输送效率外,还由于被输送物料不滑动

可使带体使用寿命提高3%～5%；而在输送机采用柔性启动和无级变速运行的条件下，它可使带体的使用寿命提高15%～20%，具有很大的开发和推广价值。

实例21. 普通用途防撕裂钢丝绳芯输送带胶

(1)配方

①盖胶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	80.0	石蜡	1.0
丁苯橡胶	20.0	古马隆树脂	7.0
硫黄	1.3	芳烃油	4.0
促进剂	1.8	偶联剂	1.0
氧化锌	5.0	ISAF	45.0
硬脂酸	2.5	通用炉黑	10.0
防老剂	2.0		

②黏合胶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
丁苯橡胶	100.0	防老剂	2.0
硫黄	2.0	白炭黑	10.0
促进剂	1.1	炭黑	50.0
氧化锌	8.0	软化剂	8.0
硬脂酸	2.0	环烷酸钴	8.0

③贴胶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
丁苯橡胶	100.0	白炭黑	10.0
硫黄	2.0	炭黑	50.0
促进剂	1.0	软化剂	8.0
氧化锌	8.0	聚异丁烯	4.0
硬脂酸	2.0	环烷酸钴	8.0
防老剂	2.0	黏合剂	3.0

(2)性能(表3-34和表3-35)与评价

表3-34 覆盖胶力学性能

项目	性能指标					
	D		H		L	
	指标	实测	指标	实测	指标	实测
拉伸强度/MPa	≥18	20	≥25	26.2	≥20	21.1

续表

项目	性能指标					
	D		H		L	
	指标	实测	指标	实测	指标	实测
拉断伸长率/%	≥0.40	0.525	≥0.45	0.60	≥0.40	0.65
阿克隆磨耗量/cm^3	≤90	80	≤120	115	≤150	138

注 1. D指强磨损工作条件下;H指强划裂工作条件下;L指一般工作条件下。

2. 覆盖胶在70℃,168h热空气老化后其拉伸强度变化率和拉断伸长变化率为-25%~25%。

表3-35 成品带性能

项目		指标	实测值	备注
黏合强度/kN·m^{-1}	老化前	≥130	148	ϕ7.2mm
		≥95	124	ϕ4.5mm
	老化后	≥120	132	ϕ7.2mm
		≥90	106	ϕ4.5mm

由该配方生产的防撕裂钢丝绳芯输送带,产品所需原材料立足于国内。在配方设计中,通过合理选材,科学配合,使产品性能符合HG 3646—1999标准,使用性能可满足作业环境苛刻的用户的需求,延长带的使用寿命,具有较好的经济效益和社会效益。该产品已获国家专利。

实例22. 提升用输送带胶

(1)配方

①聚酯布贴胶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	60	炭黑	40
丁苯橡胶	40	硫黄	2
氧化锌	4	软化剂	20
硬脂酸	2	防老剂	2
促进剂	1.5	胶黏剂	1.6

②平基带体覆盖胶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	60	炭黑	60
顺丁橡胶	40	硫黄	2.5
氧化锌	4	软化剂	18.5
硬脂酸	2	防老剂	2.0
促进剂	1.0		

③横挡板胶料配方

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	80	促进剂	1.2
顺丁橡胶	20	防老剂	2.5
硫黄	2.5	炭黑	65
氧化锌	4	软化剂	17
硬脂酸	2.5		

④波形挡边胶料配方

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	80	促进剂	1.5
丁苯橡胶	20	炭黑	50
硫黄	2.0	软化剂	20
金属氧化物	5.5	防老剂	3.0
硬脂酸	2	防焦剂	0.1

(2)性能(表3-36)与评价

表3-36　输送带整体物理性能

试验项目	指标		实测值	判定
覆盖胶性能	拉伸强度/MPa	≥15	30.0	合格
	拉断伸长率/%	≥450	660	合格
	阿克隆磨耗量/cm^3	≤1.0	0.8	合格
	老化后拉伸强度和拉断伸长变化率/%	-25~25	-7.4~8.5	合格
总厚度纵向拉伸强度/$kN\cdot m^{-1}$	≥900		1150	合格
总厚度纵向拉断伸长率/%	≥10		14	合格
总厚度纵向伸长率/%	≤3		1	合格
层间黏合强度/$kN\cdot m^{-1}$	布层间	≥5.0	10.1	合格
	下覆盖胶与布	≥3.15	8.7	合格
	上覆盖胶与布	≥3.5	9.6	合格
分体部件黏合强度/$kN\cdot m^{-1}$	横挡板与带体	≥3.5	4.3	合格
	波形挡边与带体	≥3.5	4.0	合格
综合判定	全项性能合格			

波形挡边提升胶带是瑞典剥铅机的主要配件之一，该输送带可分为平基带体、横挡板和波形挡边三部分。三者首先分别制备并预硫化，然后按照成品带尺寸要求，用自行研制的冷硫化型胶黏剂黏合。采用分体设计，尺寸控制好。该产品具有运行平稳、提升角度大、使用寿命长等特点。

实例 23. 耐酸碱织物芯输送带胶

(1)配方(质量份)

原材料	覆盖胶配方	芯胶配方
氯磺化聚乙烯 40	100.0	100.0
氢化松香	2.5	2.5
一氧化铅	40.0	40.0
硫酸钡	20.0	—
促进剂 NOBS	1.0	—
促进剂 DM	1.0	1.5
防老剂 RD	1.0	1.0
防老剂 4010NA	1.0	1.0
聚乙烯	—	4.0
三芳基异丙磷酸酯	—	10.0
石蜡	17.0	—
古马隆树脂	10.0	—
中超耐磨炉黑	20.0	15.0
白炭黑	40.0	40.0
二氧化钛	—	30.0
硬脂酸锌	—	0.5

(2)性能(表 3-37 和表 3-38)与评价

表 3-37　覆盖胶、芯胶物理机械性能

项目		覆盖胶	芯胶
硫化条件(150℃,20min)	拉伸强度/MPa	15.4	15.2
	拉断伸长率/%	580	640
	层间黏合强度/$kN \cdot m^{-1}$	—	5.8
阿克隆磨耗量/cm^3		0.115	—
耐酸系数		0.98	0.96
耐碱系数		0.92	0.90
70℃,7d 热空气老化后	拉断强度变化率/%	-2	-10
	拉断伸长率变化率/%	-8	-14

表 3－38　成品带的物理机械性能

试验项目		指标	实测值
拉断强度/MPa		≥15	15.6
拉断伸长率/%		≥350	510
层间黏合强度/kN·m^{-1}		≥4.5	6.0
70℃,7d 热空气老化后	拉断强度变化率/%	－25～25	－18
	拉断伸长率变化率/%		－7
阿克隆磨耗量/cm^3		≤0.20	0.126
耐酸系数		≥0.85	0.92
耐碱系数		≥0.85	0.96

耐酸碱织物芯输送带,经检测和用户的实际使用证明,产品性能满足用户使用要求及标准,达到国内先进水平。产品结构和胶料配方设计合理、材质选用得当、生产工艺先进可行。

耐酸碱织物芯输送带的研制成功为有酸、碱介质腐蚀等工作条件的环境中长距离、高速度、大负荷的连续生产作业的安全生产提供了可靠保证,可以替代进口产品,满足用户配套要求,具有显著的经济效益和社会效益。

实例 24. 人字形花纹输送带胶

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	50	硬脂酸	3.0
丁苯橡胶	50	防老剂	2.0
再生胶	20	石蜡	1.5
硫黄	2.0	炭黑	55
促进剂	1.5	软化剂	15
氧化锌	5.0		

(2)性能与评价　经检测和用户的实际使用证明,该产品性能达到或超过 Q/FXZ001—2005 标准。产品结构设计和胶料配方设计较合理,人字模具材质选用得当,生产工艺先进可行。

人字带的研制成功,增大了输送倾角并节省了输送机的占地面积,具有显著的经济效益和社会效益。

实例 25. 条状花纹输送带胶(Ⅰ)

(1)配方

①平基带覆盖胶

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	60.0	硬脂酸	4.0
顺丁橡胶	40.0	防老剂	2.0
再生胶	10.0	石蜡	1.5
硫黄	0.8	炭黑	50.0
促进剂	2.0	软化剂	11.0
氧化锌	5.0	操作油	10.0

②平基带覆盖胶与条纹胶之间的黏合胶

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	70.0	硬脂酸	2.5
顺丁橡胶	30.0	防老剂	2.0
再生胶	30.0	炭黑	45.0
硫黄	2.2	软化剂	14.5
促进剂	1.9	操作油	11.0
氧化锌	5.0		

(2)性能(表3-39)与评价

表3-39 性能

项目		指标	实测
平基带覆盖胶	拉伸强度/MPa	≥15	20
	拉断伸长率/%	≥350	425
	阿克隆磨耗量/cm^3	≤0.20	0.155
平基带覆盖胶与条纹胶之间的黏合强度/$kN \cdot m^{-1}$	平均值	≥5.7	6.5
	最低均值	≥5.2	6.0

由该配方研制的条纹输送带,工艺路线合理,技术措施得当,工艺先进、结构合理,所需材料立足国内。经橡胶制品质量监督检验站的检测,产品性能达到Q/FXZ002—2004标准的要求,使用性能能够满足用户要求。

实例26. 状状花纹输送带胶(Ⅱ)

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	50	硬脂酸	3
顺丁橡胶	50	防老剂RD	2
硫黄	2	石蜡	1.5
促进剂CZ	1.5	炭黑N330	55
促进剂TT	0.3	软化剂	15
氧化锌	5		

(2)性能与评价 条纹结构设计和胶料配方设计合理，模具和工艺可行并通过检测。条纹的黏合强度提高了2倍，通过用户实际使用，证明性能稳定，产品使用寿命大大延长。

实例27. 新型环保输送带胶

(1)配方

①覆盖胶

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	55.0	石蜡	1.0
丁苯橡胶	45.0	阻燃剂RP	2.5
硫黄	1.6	补强树脂	15.0
促进剂	1.2	阻燃剂RM301	15.0
氧化锌	7.0	氢氧化镁	6.0
硬脂酸	5.0	炭黑	45
防老剂	3.5		

②贴胶

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	30.0	硬脂酸	2.0
合成橡胶	70.0	防老剂	2.0
硫黄	1.8	炭黑	50.0
促进剂	3.1	软化剂	30.0
氧化锌	5.0	操作油	5.0

(2)性能(表3-40和表3-41)与评价

表3-40 覆盖胶物理性能

项目		指标	实测
拉伸强度 MPa		≥140	15.6
拉断伸长率/%		≥400	550
电性能	上覆盖层表面电阻/Ω	$\leqslant 3.0\times10^8$	2.7×10^7
	下覆盖层表面电阻/Ω	$\leqslant 3.0\times10^8$	2.6×10^7
燃烧三个纵向全厚度试样火焰持续时间平均值/s		≤60	48.27
阿克隆磨耗量/cm^3		≤0.25	0.221

表3-41 成品带性能

项目		指标	实测值
纵向全厚度拉伸性能	最小全厚度拉伸强度/$N\cdot mm^{-1}$	≥800	843
	参考力伸长率/%	≤4	3

续表

项		目		指 标	实测值
黏合强度/ kN · m^{-1}	布层间	平均值		≥4.5	6.7
		最低峰值		≥3.9	6.1
	覆盖胶与布层间	覆盖层厚度 0.8 ~ 1.5mm	平均值	≥3.2	4.7
			最低峰值	≥2.4	4.2
		覆盖层厚度	平均值	≥3.5	7.8

b. 性能与评价　该配方制品显示的撕裂强度为40kN/m,一周后在室温状态和165℃下的DLN磨耗量分别为120mm^{3}和170mm^3,并具有良好的耐污性[在质量浓度为0.5g/cm^{3}的碳酸钙水溶液中,试样自由运行10min,附着量为0.2g/(100cm^2)]。选择此种覆盖胶制成的耐热输送带具有较好的耐磨性和耐污性。

③钢丝绳芯耐热输送带胶

a. 配方

原材料	质量份	原材料	质量份
SBR	70	间苯二酚	2
NR	30	六亚甲基四胺	1
炭黑	35	氧化铅	2
氧化锌	5	白炭黑	15
硬脂酸	1	促进剂NS	1
防老剂	2	硫黄	2.5
环烷酸钴	4		

b. 性能与评价　将钢丝绳夹在试样之间,经平板硫化机硫化后对所得样品进行测试,在145℃下加热前后黏合强度分别为180kN/m和165kN/m。通过采用新配方,以热硫化黏合方式对试样和金属帘线进行了最佳黏合。

(2)日本横滨橡胶有限公司的耐热输送带覆盖胶

①配方

原材料	质量份	原材料	质量份
EPDM/硅橡胶混炼胶	85/15	防老剂	2.0
白炭黑	37	石蜡	10
多马来酰亚胺	3	聚丁烯	6
氧化锌	5	甲基丙烯酸酯	1.2
硬脂酸	0.5	过氧化二异丙苯	6.0

②性能与评价　将各原材料混合后硫化,其老化前后的抗张积(拉伸强度和拉断伸长率的乘积)分别为270和168,撕裂强度分别为32.4kN/m和36.3kN/m。而只含有EPDM 3045和炭黑的胶料在老化前后的抗张积为220和160,撕裂强度分别为21.6kN/m和4.9kN/m。通过对覆盖胶配方的调整,使其具有更强的实用性。

(3)荷兰阿克苏·诺贝尔公司的耐热输送带胶料

①配方

原材料	质量份
NR	100

炭黑	50
硫黄	2.3
抗硫化返原剂 1,3－二(氯代琥珀酰亚胺基甲基)苯(Ⅰ)	1.0
其他助剂	10.6

②性能与评价　试样在150℃时硫化返原率为3%,170℃时为10%,焦烧时间为1.23min。而不使用(Ⅰ)的胶料,相应的硫化返原率分别为13%和31%,焦烧时间为1.0min。由此可见,该体系提高了胶料的抗硫化返原性,延长了焦烧时间,有效防止了早期硫化。

(4)波兰耐热输送带胶

①配方

原材料	质量份	原材料	质量份
SBR	100	炉黑	60
陶土	30	防老剂 RD	1
半补强炉黑	20	防老剂 4010NA	1
白炭黑	30	促进剂 TMTD	1.1
萘	18	促进剂 NA－22	1.5
硬脂酸	1	氧化铅	1.5

②性能与评价　这种带芯和覆盖胶组成的输送带在高温作用下和经过长时间热老化后,仍具有相当高的黏合强度。

(三)橡胶V型胶带

实例1. 通用V型胶带

(1)V型带色布胶料

①配方

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	60	轻质碳酸钙	66.5
丁苯橡胶 1712	40	松焦油	1
氧化锌	5	古马隆树脂	6
硬脂酸	1.6	促进剂 M	0.8
防老剂 D	0.8	促进剂 CZ	0.5
炭黑 N774	20	硫黄	2

②性能与评价　邵氏硬度A 60;拉伸强度17.3MPa;300%定伸应力3.43MPa;拉断伸长率690%;拉断永久变形29%;阿克隆磨耗$2.713cm^3$;老化系数(100℃,24h)0.968。该配方已投产应用多年,使用性能良好。

(2)橡塑并用V型带压缩层胶料

①配方

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	40	炭黑 N774	25
顺丁橡胶	30	轻质碳酸钙	30
丁苯橡胶	20	古马隆树脂	8
低密度聚乙烯	10	松焦油	6
再生胶	50	机油	8
氧化锌	5	促进剂 CZ	1.3
硬脂酸	1.5	促进剂 DM	0.6
防老剂 A	0.5	交联剂 DCP	0.6
防老剂 D	1	硫黄	2.5
炭黑 N330	60		

②性能与评价　邵氏硬度A 74；拉伸强度 11.2MPa；300%定伸应力 8.3MPa；拉断伸长率 400%；拉断永久变形 30%。该配方已经实际应用，性能良好，可广泛推广。

(3)V型带压缩胶料

①配方

原材料	质量份	原材料	质量份
氯丁橡胶	60	炭黑 N330	25
3#烟片胶	40	炭黑 N770	25
再生胶	20	活性碳酸钙	25.3
氧化锌	5	陶土	28
硬脂酸	3	古马隆树脂	6
氧化镁	3	促进剂 DM	1.2
防老剂 D	2	硫黄	0.5
石蜡	2		

②性能与评价　制品邵氏硬度A 70；拉伸强度 12.94MPa；300%定伸应力 8.53MPa；拉断伸长率 456%；拉断永久变形 18%。该配方已经验证，并投入应用，性能良好。

(4)V型带维纶帆布包布擦胶

①配方

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	70	炭黑 N774	20
丁苯橡胶 1500	30	轻质碳酸钙	43
胎面再生胶	10	古马隆树脂	1.5
氧化锌	5	松焦油	3

硬脂酸	2.5	促进剂 M	0.5
防老剂 A	1	促进剂 DM	0.95
防老剂 D	1	促进剂 TMTD	0.05
炭黑 N330	10	硫黄	2

②性能与评价　硫化胶邵氏硬度A 65;成品工作面包布间黏合强度3.53～4.12kN/m。该配方已经多年应用,性能良好。

(5)聚酯线绳 V 型带缓冲胶

①配方

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	70	轻质碳酸钙	40
丁苯橡胶 1500	30	古马隆树脂	7
氧化锌	7	松焦油	3
硬脂酸	2	黏合剂 RS	3.8
防老剂 RD	2	黏合剂 A	2.6
炭黑 N332	10	促进剂 CZ	1.2
白炭黑	10	硫黄	2.3

②性能与评价　邵氏硬度A 60;拉伸强度 19MPa;300% 定伸应力 5MPa;500% 定伸应力 12MPa;拉断伸长率 622%;拉断永久变形 32%;对聚酯线绳的 T 抽出力 210.24N。该配方已经应用,在实际运行中表现出良好的使用特性。

实例 2. 汽车 V 型带(风扇带)

(1)压缩层胶

①配方

原材料	质量份	原材料	质量份
1#烟片胶	100	松焦油	5
氧化锌	30	促进剂 DM	1.1
硬脂酸	3	促进剂 D	0.7
防老剂 D	1.5	硫黄	2.8
炭黑 N330	60		

②性能与评价　邵氏硬度A 80;拉伸强度 19.32MPa;拉断伸长率 340%;拉断永久变形 29%;屈挠龟裂(全裂)11.73 万次。此配方性能好,可广泛推广。

(2)伸长层胶

①配方

原材料	质量份	原材料	质量份
1#烟片胶	100	轻质碳酸钙	36
氧化锌	25	松焦油	2
硬脂酸	2	促进剂 DM	1.65

防老剂 D	1.5	促进剂 D	0.2
炭黑 N330	5	硫黄	2
炭黑 N774	5		

②性能与评价　邵氏硬度A 55；拉伸强度 19.69MPa；拉断伸长率582%；拉断永久变形 23%。此配方经多年应用，性能优良建议推广应用。

(3)包布擦胶

①配方

原材料	质量份	原材料	质量份
1#烟片胶	60	陶土	10
丁苯橡胶 1500	40	古马隆树脂	6
氧化锌	15	工业脂	6
硬脂酸	2	促进剂 DM	1.8
防老剂 D	1.5	促进剂 D	0.4
炭黑 N774	20	硫黄	1.8
轻质碳酸钙	35		

②性能与评价　邵氏硬度A 55；拉伸强度 13.52MPa；拉断伸长率 567%；拉断永久变形 23%。成品黏合强度：上包布 3.65kN/m，下包布 3.4kN/m，包布与压缩胶 3.5kN/m。该配方经试验验证，性能可靠，可投入应用。

(4)黏合层胶

①配方

原材料	质量份	原材料	质量份
1#烟片胶	100	古马隆树脂	5
氧化锌	40	酚醛树脂	40
硬脂酸	2.5	促进剂 H	0.5
防老剂 A	1.5	促进剂 MZ	1.5
半补强炉黑	50	硫黄	2.8

②性能与评价　邵氏硬度A 90；拉伸强度 9.96MPa；拉断伸长率 350%；拉断永久变形 21%；上胶与钢丝黏合强度 5.78kN/m；下胶与钢丝黏合强度 4.51kN/m；成品压缩胶与黏合胶层黏合强度 4.55kN/m；成品黏合胶与钢丝剥离强度：上 6.28kN/m，下 5.35kN/m。

其中使用的是镀铜钢丝。该配方已应用多年，可广泛推广。

(5)缓冲层胶

①配方

原材料	质量份	原材料	质量份
5#烟片胶	40	轻质碳酸钙	53.1
氯丁橡胶(1212)	60	机油	6
氧化锌	5	氧化镁	2.4

硬脂酸	2	古马隆树脂	5
防老剂 A	1	促进剂 DM	0.1
混气炭黑	25	硫黄	0.4

②性能与评价　邵氏硬度A 57;拉伸强度 15.66MPa;30% 定伸应力 4.4MPa;拉断伸长率 660%;拉断永久变形 22%。该配方性能良好,经应用证明可推广应用。

(6)尼龙线绳汽车 V 型带的缓冲胶和浸浆胶

①配方

原材料	质量份	原材料	质量份
1#,2#烟片胶	100	白炭黑	15
氧化锌	5	重油	4
硬脂酸	1.4	黏合剂 RS	1.8
防老剂 4010	1	黏合剂 RH	3
炭黑 N660	25	促进剂 CZ	1.2
轻质碳酸钙	22.4	硫黄	2

②性能与评价　邵氏硬度A 56;拉伸强度 18.5MPa;拉断伸长率 560%;拉断永久变形 20%。该配方经试验验证,性能良好,可推广应用。

实例 3. 同步带

(1)压缩胶(齿胶)

①配方

原材料	质量份	原材料	质量份
氯丁橡胶(CR)	100	防老剂 H	0.3
氧化锌	5	炭黑 N550	45
硬脂酸	0.5	邻苯二甲酸二辛酯	5
氧化镁	4	促进剂 NA-22	1
防老剂 OD	4	促进剂 TMTD	0.5

②性能与评价　邵氏硬度A 77;拉伸强度 20.6MPa;100% 定伸应力 6.6MPa;拉断伸长率 260%;压缩永久变形(100℃,22h)23%;120℃,7d 热空气老化后性能变化:硬度增大 9 度,拉伸强度 -4.75%,100% 定伸应力 +100%,拉断伸长率 -34.6%。该配方已经应用多年。

(2)氢化丁腈压缩胶(齿胶)

①配方

原材料	质量份	原材料	质量份
氢化丁腈橡胶	100	炭黑 N774	40
氧化锌	5	增塑剂 TP-95	5

硬脂酸	1	促进剂 M	0.5
防老剂 124	1	促进剂 TMTD	1.5
防老剂 4010NA	1	MC 硫黄(透明胶专用)	0.5

其中,氢化丁腈橡胶为 Therban C3845,丙烯腈含量为 38%,饱和度为 95%,德国拜耳(Bayer)公司生产。

②性能与评价　邵氏硬度A 67(23℃);拉伸强度:28.9MPa(23℃),5.4MPa(100℃),3MPa(150℃);100% 定伸应力:2MPa(23℃),1.7MPa(100℃);拉断伸长率:560%(23℃),330%(100℃),130%(150℃);撕裂强度:45kN/m(23℃),17kN/m(100℃),10kN/m(150℃);压缩永久变形:55%(120℃,70h),69%(150℃,70h);吉门(Gehman)低温刚性试验:t_2 −21℃,t_{10} −24℃;阿克隆磨耗 0.104cm^3;120℃,168h 热空气老化后性能变化:硬度增大3 度,拉伸强度 −9%,拉断伸长率 −14%;135℃,168h 热空气老化后性能变化:硬度增大 6 度,拉伸强度 −33%,拉断伸长率 −47%;屈挠龟裂(初级)>100 万次。该配方经试验验证,性能良好,建议推广应用。

(3)变速 V 型带伸张胶

①配方

原材料	质量份	原材料	质量份
氢化丁腈橡胶	100	芳纶短纤维	27
氧化锌	5	酚醛树脂	10
硬脂酸	1.5	促进剂 H	1
防老剂 ODA	2	促进剂 TMTM	1.5
防老剂 MMBZ	1	促进剂 DOTG	0.5
炭黑 N550	50	硫黄	1.5
增塑剂 TP−95	15		

其中,氢化丁腈橡胶为 Zetpol 2020L,丙烯腈含量 36%,门尼黏度($ML_{1+4}^{100℃}$)为 58,碘值 28(不饱和度约 10%),日本瑞翁(Zeon)公司生产;防老剂 MMBZ(Nocrac MMBZ)为 2−硫醇基甲基苯并噻唑锌盐,日本大内新兴公司生产;增塑剂 TP−95 为己二酸二[2−(2−丁氧基乙氧基)乙酯],美国 Thiokol 公司生产。

②性能与评价　邵氏硬度A 72;拉伸强度 21.6MPa;100% 定伸应力 4.7%;150℃,96h 热空气老化后性能:拉伸强度 15.6MPa,拉断伸长率 110%;短纤维定向后性能:纵向拉伸强度 39.3MPa、拉断伸长率 14%,横向拉伸强度 10.5MPa、拉断伸长率 160%。该配方经应用证明性能良好,应广泛推广。

实例 4. 变速 V 型带

(1)压缩胶层胶料

①配方

原材料	质量份	原材料	质量份
氯丁橡胶 1212	100	炭黑 N774	35
氧化锌	5	白炭黑	35
硬脂酸	1	人造丝短纤维	15
氧化镁	4	机油	10
防老剂 A	2	促进剂 D	1
炭黑 N330	30	醋酸钠	1

②性能与评价　邵氏硬度A 85；拉伸强度 9.21MPa；拉断伸长率 245%；拉断永久变形 29%；老化系数：0.81（100℃，48h），0.78（100℃，72h），0.72（100℃，96h）。该配方设计合理，制品性能优良，可广泛应用。

(2)缓冲胶及胶浆胶

①配方

原材料	质量份	原材料	质量份
氯丁橡胶(1212)	100	炭黑 N774	70
氧化锌	5	机油	10
硬脂酸	1	促进剂 D	1
氧化镁	4	醋酸钠	1
防老剂 A	2		

②性能与评价　邵氏硬度A 62；拉伸强度 14.9MPa；拉断伸长率 443%；拉断永久变形 6%；老化系数：0.84（100℃，48h），0.69（100℃，72h），0.72（100℃，96h）。该配方设计合理，性能优良，可广泛应用。

(3)尼龙帆布包布擦胶及贴胶

①配方

原材料	质量份	原材料	质量份
氯丁橡胶 1212	60	石蜡	0.5
天然橡胶	40	炭黑 N774	20
氧化锌	5	轻质碳酸钙	60.3
硬脂酸	3	机油	6
氧化镁	2.4	促进剂 DM	0.5
防老剂 A	0.5	硫黄	0.8
防老剂 D	1		

②性能与评价　邵氏硬度A 63；拉伸强度 12.25MPa；拉断伸长率 641%；拉断永久变形 26%。该胶性能良好，应广泛推广。

实例5. 轻骑摩托车变速V型带

①配方

原材料	质量份	原材料	质量份
氯苯橡胶	100	人造丝短纤维	20

氧化锌	6	癸二酸二丁酯	10
硬脂酸	0.5	凡士林	2
氧化镁	5	促进剂 DM	0.4
防老剂 D	2	促进剂 TMTD	0.6
炭黑 N330	35	促进剂 NA－22	0.5
炭黑 N774	30	硫黄	1

②性能与评价　邵氏硬度A 85；拉伸强度 14.3MPa；拉断伸长率 230%；拉断永久变形 9%；老化系数(70℃，70h)0.91；阿克隆磨耗 0.6cm^3。该配方已经应用多年，使用性能良好，可广泛使用。

实例 6. 窄 V 型胶带

①配方

原材料	质量份	原材料	质量份
氯磺化聚乙烯	75	古马隆树脂	10
顺丁橡胶	25	一氧化铅	10
氧化镁	5	季戊四醇	3
防老剂 NBC	2	促进剂 DM	0.5
炭黑 N330	30	促进剂 TMTD	2
炭黑 N220	20	硫黄	1.5

其中，氯磺化聚乙烯为 CSM20，氯含量 29%～33%，硫含量 1.3%～1.7%，门尼黏度($ML_{1+4}^{100℃}$)为 40～50，吉化电石厂生产。

②性能与评价　邵氏硬度A 93；拉伸强度 26.26MPa；100% 定伸应力 14.21MPa；拉断伸长率 154%；拉断永久变形 4%；撕裂强度 36.26kN/m；老化系数(120℃，24h，抗张积)1.45；H 抽出力 172.48N。该配方已经过多年应用，使用性能良好，应推广应用。

(四)平带

实例 1. 浅色平带

(1)擦布胶料

①配方

原材料	质量份	原材料	质量份
5#烟片胶	100	硫酸钡	25
氧化锌	10	机油	2
硬脂酸	2.5	古马隆树脂	6

防老剂 A	1	促进剂 M	0.5
防老剂 D	1.5	促进剂 NOBS	0.6
轻质碳酸钙	38.2	硫黄	2.7

②性能与评价　邵氏硬度A 54；拉伸强度 29.3MPa；300% 定伸应力 3.14MPa；500% 定伸应力 9.4MPa；拉断伸长率 694%；拉断永久变形 46%。该配方设计合理，适用性强，应给予推广应用。

(2) 封条胶料

①配方

原材料	质量份	原材料	质量份
1#烟片胶	100	立德粉	15
氧化锌	10	氧化铁红	5
硬脂酸	1	3105 橡胶大红 LG	2
防老剂 MB	1.5	促进剂 M	0.7
石蜡	0.5	促进剂 D	0.25
轻质碳酸钙	71.45	硫黄	2.6
碳酸镁	40		

②性能与评价　邵氏硬度A 64；拉伸强度 16.95MPa；300% 定伸应力 6.86MPa；500% 定伸应力 15.58MPa；拉断伸长率 520%；拉断永久变形 40%。成品黏合强度：3.45 ~ 4.04kN/m。该配方设计合理，适用性较强，可广泛应用。

(3) 嵌条胶料

①配方

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	100	碳酸镁	7
氧化锌	5	氧化铁	5
硬脂酸	2	3105 橡胶大红 LG	1.5
防老剂 A	1	松焦油	1.5
防老剂 D	1.5	促进剂 M	0.5
轻质碳酸钙	19	促进剂 DM	0.5
活性碳酸钙	58	硫黄	2.5
立德粉	15		

②性能与评价　邵氏硬度A 55；拉伸强度 20.68MPa；拉断伸长率 601%；拉断永久变形 34%。该配方经试验验证，性能良好，适用性强，应推广应用。

(4) 边浆胶料

①配方

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	100	碳酸镁	50

氧化锌	10	3105 橡胶大红 LG	7
硬脂酸	1	促进剂 M	2.2
防老剂 AW	1.5	促进剂 D	0.3
轻质碳酸钙	25.2	硫黄	2.8
立德粉	50		

②性能与评价　邵氏硬度A 63；拉伸强度 21.65MPa；拉断伸长率 529%；拉断永久变形 50%。该配方设计合理，经试验证明性能良好，质量可靠。

实例 2. 黑色平带

(1) 擦布胶

①配方

原材料	质量份	原材料	质量份
3#烟片胶	100	松香	2
氧化锌	5	古马隆树脂	8
硬脂酸	1.5	液体古马隆树脂	8
防老剂 D	2	松焦油	10
炭黑 N660	25	促进剂 DM	0.5
轻质碳酸钙	68	促进剂 M	0.7
活性碳酸钙	35	硫黄	2.5

②性能与评价　邵氏硬度A 50；拉伸强度 19.2MPa；300% 定伸应力 3.14MPa；500% 定伸应力 9.02MPa；拉断伸长率 675%；拉断永久变形 34%。该配方已应用多年，实践证明其性能良好，质量可靠。

(2) 贴胶

①配方

原材料	质量份	原材料	质量份
4#烟片胶	30	活性碳酸钙	35
丁苯橡胶 1500	70	古马隆树脂	8
氧化锌	5	液体古马隆树脂	8
硬脂酸	2.5	促进剂 DM	2
防老剂 D	2	促进剂 TMTD	0.25
炭黑 N660	25	硫黄	2

②性能与评价　邵氏硬度A 52；拉伸强度 13.72MPa；300% 定伸应力 3.33MPa；500% 定伸应力 7.15MPa；拉断伸长率 683%；拉断永久变形 20%。该配方使用性能好，质量可靠，应广泛推广应用。

(3) 尼龙(聚酰胺)片基平带

①配方

a. 面胶

原材料	质量份	原材料	质量份
丁腈橡胶 N230S	100	邻苯二甲酸二丁酯	7
氧化锌	5	酚醛树脂	8
硬脂酸	5	黏合剂 RS	3.6
防老剂 4010	1	黏合剂 A	2.4
防老剂 RD	1	促进剂 D	0.3
炭黑 N774	45	促进剂 CZ	1.2
轻质碳酸钙	23	硫黄	1.5

b. 胶浆胶

原材料	质量份	原材料	质量份
丁腈橡胶 N230S	100	邻苯二甲酸二丁酯	5
氧化锌	5	酚醛树脂	8
硬脂酸	1	黏合剂 RS	3.6
防老剂 4010	1	黏合剂 A	2.4
防老剂 RD	1	促进剂 D	0.3
炭黑 N774	15	促进剂 CZ	1.2
轻质碳酸钙	40	硫黄	1.5

②性能与评价　该制品柔软性好；拉伸强度高（达 300MPa）；断裂伸长率小（20% ~40%）；弹性模量高（1000 ~1200MPa）；负载能力大；传动效率高，节能；复合性好；耐油、耐化学药品性好。

实例 3. 专用胶带

（1）收录机传动胶带配方（质量份）

原材料	配方 1	原材料	配方 2
三元乙丙橡胶	100	氯丁橡胶 1212	100
氧化锌	5	氧化锌	5
硬脂酸	1	硬脂酸	0.5
炭黑 N330	58	氧化镁	4
DCP	4.5	防老剂 4010	1.5
硫黄	0.5	炭黑 N774	25

（2）抗静电复印机传送带

①配方

原材料	质量份	原材料	质量份
氯丁橡胶 1212	100	石蜡	2
氧化锌	5	炭黑 N330	40
氧化镁	4	凡士林	5

硬脂酸	1	促进剂 DM	1
防老剂 4010NA	1	促进剂 TMTD	0.5
防老剂 D	1	促进剂 NA－22	0.5

②性能与评价　邵氏硬度A 75；拉伸强度 20MPa；300% 定伸应力 15MPa；拉断伸长率 330%；拉断永久变形 12%；撕裂强度 53kN/m。该配方设计合理，配制方便，制品抗静电性高，耐久性好。

实例4. 音响抗静电传动带

①配方

原材料	质量份	原材料
三井(Mitsui) EPT 4045	100	炭黑 N
氧化锌膏	7	导电炭
		环烷油

②性能与评价　邵氏硬度A 65；拉伸强度 17M… 3.9MPa；拉断伸长率 236%；拉断永久变形 10%；表面… 配方设计合理，制备方便，产品性能优良，质量可靠。

实例5. 半导体胶带

原材料	质量份	原材料	质量份
丁基橡胶	100	促进剂 M	1
氧化锌	5	促进剂 BZ	2
硬脂酸锌	2	促进剂 TL	2
炭黑 N472	60	硫黄	1

其中，丁基橡胶(Exxon Butyl 035)由加拿大宝兰山(Playsar)公司生产，炭黑 N472 为特导电炉黑。

②性能与评价　邵氏硬度A 67；拉伸强度 10.39MPa；200% 定伸应力 2.94[illegible]；拉断伸长率 560%；体积电阻率 <3×10[illegible]Ω·cm；表面电阻 4.65×10[illegible]Ω。该配方设计合理，工艺简便，产品质量上乘，耐久性好。

四、橡胶胶管

(一)胶管的配方设计与生产工艺

胶管的主体材料可以是单一胶种,也可以是用几种橡塑并用,常见的并用形式及用途见表4-1和表4-2。

表4-1　几种常用橡胶的并用比范围、特性及主要用途

胶　种	并用比范围	特　　性	主要用途
[illegible]	[illegible]	提高胶料挺性,改善SBR工艺性能	一般胶管的内、外层胶,尤[illegible]内层胶
[illegible]	[illegible]	提高耐磨性和回弹	一般胶管的内、外层[illegible]

表 4-2　几种常用的橡塑并用品种、特性及主要用途

品　种	共混温度/℃	特　　性	主要用途
NR/PE	120～130	提高 NR 耐油及耐老化性能，增加胶料挺性，改善工艺性能，降低成本	一般胶管各层胶，尤其适用于无芯法成型的胶管内层胶
NBR/PVC	140～150	提高 NBR 耐臭氧老化及耐燃性能，改善胶料工艺性能，减小收缩率	制造耐油、耐燃及耐老化的胶管
NBR/尼龙	150～160	提高 NBR 耐热、耐油、耐磨性能及拉伸强度，改善胶料工艺性能，增加挺性及表面光泽性，减小收缩率	制造耐热、耐油胶管，尤其适用于无芯法成型的胶管内层胶以及液压胶管等特性胶层

注　共混温度可根据不同高聚物的塑化温度适当掌握；共混比可按产品及性能要求合理选择。

1. 普通胶管的配方设计

普通胶管主要是指在常温下输送空气或其他惰性气体以及输送水或其他中性液体的夹布胶管。胶管各部件的胶料包括内层胶、擦布胶、填充胶（中间胶）和外层胶等。其性能要求如表 4-3 和表 4-4 所示。

表 4-3　普通输水胶管物理机械性能要求

性　能　项　目		内层胶	外层胶
拉伸强度/MPa		≥5	≥6
伸长率/%		≥250	≥300
70℃，72h 热空气老化后	拉伸强度变化率/%	-25～25	—
	伸长率变化率/%	-10～30	—
黏合强度/kN·m^{-1}	胶层—增强层	≥15	—
	增强层—增强层	≥15	—

表 4-4　氧气、乙炔胶管物理机械性能要求

性　能　项　目		内层胶	外层胶
拉伸强度/MPa		≥6	≥6
伸长率/%		≥250	≥300
70℃，72h 热空气老化后	拉伸强度变化率/%	-25～25	—
	伸长率变化率/%	-10～30	—

(1)内层胶的配方设计 内层胶是输送介质的第一工作面，也是使用条件最苛刻的部位。

①对内层胶的要求

a. 良好的致密性，特别是输送气体的高压胶管。

b. 对输送介质有良好的适应性，如输油胶管要求耐溶胀，化工胶管要求耐腐蚀，泥沙胶管要求耐磨损，食品胶管要求无毒、无味。

c. 具有一定弹性、柔软性、耐老化性。

②工艺上的要求

a. 与其他部件硫化速度匹配，即与外胶相接近，但要慢于布层胶。

b. 适于工艺加工性的要求，如半成品有足够挺性，收缩性小，压出、压延表面光滑，易于成型。

③配方设计要点

a. 胶种选择 以天然橡胶和丁苯橡胶为主，或天然橡胶、丁苯橡胶、顺丁橡胶并用；也可采用橡塑共混，并可使用适量的再生胶。一般含胶率为25% ~30%。

b. 硫化体系 通常采用硫黄和促进剂的传统硫化体系。硫黄用量为1.5~2.5份，促进剂以噻唑类及次磺酰胺类效果较好。

c. 补强填充体系 补强剂可为高耐磨炉黑、半补强炉黑、通用炉黑并用，通常以两者并用的综合性能较好；填充剂以碳酸钙、陶土等无机填料为主。

d. 软化增塑剂 石油系软化增塑剂如重油、机油、松焦油和固体软化增塑剂如沥青、石油树脂并用，效果较好。

e. 防护体系 以胺类防老剂，如防老剂A等为宜。

(2)擦布胶的配方设计 擦布胶也称布层胶，主要作用是使骨架层之间及骨架层与内、外胶层之间牢固结合。

①对擦布胶的要求

a. 要求胶料的流动性好，对织物有一定渗透性，能渗入纤维及织物的结构中，以提高各部件的黏合强度，同时附着力(黏合性)强。

b. 胶料也应具有一定的强伸性能及耐屈挠疲劳性能。

②工艺上的要求

a. 具有良好的压延工艺性能。

b. 硫化速度与其他部件匹配；要有足够的流动性及渗透性，初硫点稍慢，但正硫点要稍快于内、外胶层，才能达到同步硫化。

③配方设计要点

a. 胶料配方以天然橡胶为主，可适量配用丁苯橡胶、顺丁橡胶、氯丁橡

胶等通用橡胶,并可适量加入再生胶。一般含胶率为35%~40%。

b. 硫化体系采用一般的硫黄和促进剂,与内层胶相适应,但其硫化速度应略快于内层胶。

c. 补强剂采用半补强炉黑或通用炉黑或两者并用;填充剂以碳酸钙、陶土等无机填料为主,用量不宜过多。

d. 软化增塑剂用具有增黏作用的松焦油、重油,并配以适量的松香、古马隆树脂、石油树脂及RF、RH直接黏合体系;氯丁橡胶用量较大的配方中,应配用适量的酯类增塑剂,如邻苯二甲酸二丁酯等。

(3)填充胶的配方设计 填充胶又称中间胶或中胶。填充胶主要应用于多层骨架胶管,起到填充、黏合骨架与胶层的作用,同时也起到一定的缓冲作用,使胶管成为一体,减少管体骨架材料之间在动态下的摩擦疲劳和生热影响,防止内、外胶层与骨架层出现脱层现象,它也是内胶层的保护层。对填充胶的要求有如下几点。

①良好的黏合性能。

②良好的弹性、柔软性、耐屈挠性。

③硫化速度应与各层匹配;要求硫化的渗透性强、初硫点慢,但正硫点应要稍快于内、外胶层。

④通常以天然橡胶为主,与适量的丁苯橡胶、顺丁橡胶等并用,也可配用适量的再生胶,含胶率在35%左右。

⑤硫化体系与擦布胶相似,可采用硫黄和促进剂(噻唑类与次磺酰胺类并用),但硫黄用量略大于内层胶和擦布胶。

⑥补强填充剂以半补强炉黑和高耐磨炉黑并用效果较好,用量略低于内层胶和外层胶;填充剂可采用碳酸钙等廉价的无机填料。

⑦软化增塑剂一般以石油系的液体软化增塑剂(重油、沥青等)和固体软化增塑剂并用为好。适当多加黏合型软化增塑剂,古马隆树脂、松香及RF、RH直接黏合体系。

(4)外层胶的配方设计 外层胶是胶管的第二工作面,暴露于空气中,起着保护内层结构不受外界损伤(如磨损、老化、腐蚀等)的作用。

①对外层胶的具体要求

a. 外层胶必须满足使用环境和工作条件的需要,例如与地面接触频繁的胶管要求胶料具有良好的耐磨性和抗撕裂性能。

b. 长期暴露在大气中或在恶劣气候条件下使用的胶管,应具有优异的耐老化性能。

②工艺上的要求

a. 流速平稳、平坦性良好。

b. 压出、压延表面光滑。

③配方设计要点

a. 外层胶配方通常以氯丁橡胶为主，并与天然橡胶、丁苯橡胶等通用橡胶并用。若采用有芯法包布硫化工艺，可适量配用再生胶，一般含胶率在30% ~35%。

b. 硫化体系可选用硫黄、促进剂体系，促进剂以次磺酰胺类为主；若氯丁橡胶用量较多时（在50%以上），应配合氯丁橡胶硫化体系。

c. 填充体系一般是半补强炉黑和高耐磨炉黑并用较好，其用量应稍低于内层胶炭黑用量；填充剂可与内层胶所用的品种相同，但用量略少。

d. 软化增塑剂以酯类增塑剂（如DBP、DOP）与石油系软化增塑剂（以松焦油、机油、重油为主体，可适当掺用三线油、六线油）并用效果较好。防老剂以胺类防老剂（如防老剂A）为主，并配以适量的物理防老剂（如石蜡等）。

（5）胶浆胶的配方设计　对其性能要求为：具有良好的黏合性；硫化流动性好；弹性、柔软性及耐屈挠性好。

胶浆胶配方设计要点基本与填充胶相近，含胶率控制在40% ~45%。

2. 特种胶管的配方设计

特种胶管品种繁多，根据其使用条件和输送介质的不同，主要有耐油胶管，耐酸、碱胶管，耐热胶管，液压胶管，耐磨胶管等。

对于特种胶管各胶层配方的设计原则，首先应根据其工作层（与介质直接接触的胶层）的性能要求及其工艺特点进行选配，至于其他各胶层的胶料配方，则以相应的性能要求适当配合。

（1）耐油胶管的配方设计

①胶种　通常以NBR为主，或与适量CR并用；也可与其他高聚物共混，以获得较好的综合性能。外层胶的胶种配合应以CR为主。

②硫化体系　对于采用NBR配合的胶料，通常以低硫配合效果较好；在NBR与CR并用的配方中，若CR配比大于NBR，应按CR的硫化体系配合。

③补强填充剂　通常可用HAF或GPF，或与SRF并用；外层胶应以SRF为主；填充剂以使用碳酸钙、陶土粉等无机填料为主。

④软化增塑剂　在耐油胶管胶料中使用的软化增塑剂品种应以不易被输送介质溶解（析出）为宜。一般来说，在满足工艺要求的情况下，软化增塑剂应尽量少用。在NBR和CR并用的胶料中，通常以酯类软化增塑剂的增塑效果较好。对于无芯法成型的胶管，可选用适量的固体软化增塑剂。

(2)耐酸(碱)胶管的配方设计

①胶种　对一般的耐酸(碱)胶管,可采用 SBR、CR 或其他通用型胶种与适量 NR 并用,可改善压延、挤出等工艺性能。使用适量的再生胶,有利于提高产品性能。对输送腐蚀性较强介质的耐酸(碱)胶管,可选用 IIR 或 CSM 等特种橡胶。

②硫化体系　可根据相应胶种进行配合,对 SBR、NR 等通用胶种,一般可采用低硫配合,促进剂以噻唑类或次磺酰胺类效果较好。在 CSM 配合中,常用的硫化体系有金属氧化物、有机酸和乙烯基硫脲等。

③补强填充剂　通常多采用 HAF 或 SRF,两者并用则效果更佳。填充剂的使用,应选择一些对介质保持"惰性"的品种,如硫酸钡、陶土粉等无机填料。一般来说,在保证所需物性要求的前提下,适当增加填充剂用量,还可提高耐酸(碱)性能。

④软化增塑剂　应选用在酸(碱)介质中较为稳定的品种,尽量少用或不用酯类软化增塑剂,通常以固态产品和液态产品并用效果较好。

耐酸(碱)胶管配方举例如下。

内层胶:

原材料	质量份	原材料	质量份
NR	30	SBR	70
再生胶	60	氧化锌	4
硫黄	1.6	促进剂	2.5
硬脂酸	1.5	石蜡	2
操作油	14.5	固体软化增塑剂	8
炭黑	30	防老剂	3.5
填充剂	53		

外层胶:

原材料	质量份	原材料	质量份
NR	30	CR	70
氧化锌	4	氧化镁	3
硫黄	0.4	促进剂	0.8
硬脂酸	1.5	石蜡	2
操作油	14.5	固体软化增塑剂	8
炭黑	30	防老剂	3.5
填充剂	82.3		

(3)耐热胶管的配方设计

①胶种 在耐热胶管中较为常见的为用于输送蒸汽或过热水的耐热胶管。若其输送的饱和蒸汽或过热水的温度在150℃以下,则可选用SBR、CR等通用胶种,与适量NR并用可改善胶料的工艺性能;适当掺用再生胶,有助于提高产品的使用性能。对于温度要求更高的耐热胶管,可选用EPDM和IIR,以及FKM和Q,其中较为新型的四丙氟橡胶具有很好的耐高温蒸汽性能。

②硫化体系 可根据选用的具体胶种而定。采用SBR和NR等通用胶种时,一般以无硫或低硫配合为好;采用过氧化物作硫化剂时,可获得热稳定性更佳的交联结构;用树脂硫化的IIR,其耐热性能很好,但硫化时间较长,且树脂用量较大。

③补强填充剂 通常用SRF或GPF的综合性能较好,吸水性较小的浅色无机填充剂的耐热性能优于炭黑。

④软化增塑剂 一般可配用石油系高沸点的操作油,尽量少用或不用低沸点的软化增塑剂。

耐热(蒸汽)胶管配方举例如下。

内层胶:

原材料	质量份	原材料	质量份
NR	20	SBR	80
再生胶	50	氧化锌	5
硫黄	0.2	促进剂	3.9
硬脂酸	2	操作油	4
固体软化增塑剂	12	炭黑	45
防老剂	2.5	填充剂	65.8

外层胶:

原材料	质量份	原材料	质量份
SBR	20	CR	80
氧化锌	4	氧化镁	6
促进剂	1.1	硬脂酸	1
石蜡	2	操作油	7
固体软化增塑剂	12	炭黑	40
防老剂	2.5	填充剂	78

3. 胶管配方举例

实例1. 低成本橡胶水管配方

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	100	石蜡	2
胎面再生胶	160	硬脂酸	2
硫化胶粉	100	防老剂	2
碳酸钙	200	促进剂 DM	1.5
氧化锌	10	硫黄	6
矿质橡胶	10		

实例2. 通用纯胶胶管胶料配方(质量份)

原材料	红色	黑色
天然橡胶	50	50
丁苯橡胶	40	40
聚乙烯	10	10
氧化锌	8	6
硫黄	2.3	2.5
促进剂 M	0.9	0.85
促进剂 TMTD	0.3	0.25
操作油	6	8
石油系树脂	10	10
氧化铁红	15	—
高耐磨炉黑	—	15
防老剂	2.5	2.5
碳酸钙	113.2	128.4
碳酸镁	25	25
硬脂酸	1.1	1.5
石蜡	2.5	2.5
陶土	50	40

实例3. 通用胶管胶料配方

(1)通用胶管内、外层胶胶料配方(质量份)

原材料	内层胶	外层胶
天然橡胶	10	30
丁苯橡胶	70	—
顺丁橡胶	20	20
氯丁橡胶	—	50
再生胶	80	—
氧化锌	4.5	4.0
氧化镁	—	2.5
硫黄	2.4	0.5
促进剂 DM	2.7	—
促进剂 CZ	1.6	—
促进剂 NOBS	—	0.9
硬脂酸	2.5	2
石蜡	—	1.5
操作油	5	16
沥青	8	—
石油系树脂	10	6
HAF	40	—
MP 炭黑	—	20
SRF	—	15
防老剂	2.5	3
碳酸钙	84.5	99.2
陶土	45	31
防焦剂	1	1

(2)夹布层擦胶胶料配方(质量份)

原材料	普通型	增黏型
天然橡胶	70	60
丁苯橡胶	30	10
氯丁橡胶	—	30
再生胶	50	30
氧化锌	4	4

氧化镁	—	1.5
硫黄	3	2.8
促进剂 DM	1.2	1.8
促进剂 M	0.7	—
促进剂 TMTD	0.4	0.3
硬脂酸	1.2	0.8
古马隆树脂	10	7
操作油	14	15
SRF	20	25
防老剂	2.5	2.2
碳酸钙	73.3	73.4
增黏剂	3.2	5.4

(3)夹布输水胶管参考配方(质量份)

原材料	内层胶	外层胶	擦胶
天然橡胶	20	60	50
丁苯橡胶	80	40	50
再生胶	100	70	80
氧化锌	4	5	4
促进剂 M	—	0.2	0.5
促进剂 DM	1.5	0.4	0.5
促进剂 TT	0.3	0.3	0.4
防老剂 A	1.5	1.5	—
防老剂 D	0.5	0.5	1.5
硬脂酸	2.5	2.5	1.5
石蜡	1	2	—
重油	3	15	20
高耐磨炉黑	20	40	—
通用炉黑	30	30	30
轻质碳酸钙	50	40	—
陶土	53	85	52
古马隆树脂	—	10	10
硫黄	2.5	2.4	2.6

实例4. 耐油胶管

(1)耐油胶管参考配方(质量份)

原材料	内层胶	外层胶
丁腈橡胶	50	20
氯丁橡胶	50	80
氧化锌	4	4.8
氧化镁	5	5.4
促进剂 DM	0.5	—
促进剂 D	0.2	0.54
邻苯二甲酸二丁酯	12	18.4
硬脂酸	3	3.2
古马隆树脂	15	14
高耐磨炉黑	20	32
通用炉黑	30	32
陶土	66.3	29.7
松焦油	5	—
硫黄	0.5	0.54
促进剂 TMTD	—	0.32
防老剂 D	1.5	2.1

(2)耐油胶管胶料配方(质量份)

原材料	内层胶	中间胶	外层胶
丁腈橡胶-26	100	100	—
丁腈橡胶-18	—	—	20
通用氯丁橡胶	—	—	80
氧化锌	15	10	5
氧化镁	—	—	4
硬脂酸	2	2	4
防焦剂 CTP	2	—	—
防老剂 AH	2	—	—
防老剂 BLE	—	10	—
防老剂 D	—	—	2
液体古马隆树脂	—	10	—
氧化钙	8	8	8

石蜡	—	—	2
二硫化钼	—	10	—
$2^{\#}$油膏	5	—	—
促进剂 DM	—	—	0.5
促进剂 TMTD	2.5	—	1.5
促进剂 CZ	1	0.9	—
癸二酸二辛酯	10	10	10
炭黑 MP	90	35	80
SRF	30	—	—
沉淀法白炭黑	—	25	—
硫黄	0.75	2.5	—

实例 5. 耐稀酸、碱、盐溶液胶管配方

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	100	硫黄	2.8
促进剂 M	0.8	氧化锌	5.0
硬脂酸	1.0	防老剂 D	1.5
喷雾炭黑	20		

实例 6. 耐浓硫酸胶管胶料配方

原材料	质量份	原材料	质量份
氯磺化聚乙烯 -40	100	白炭黑	25
氧化镁	10	硫酸钡	50
促进剂 M	0.3	氯化石蜡	8
促进剂 NOBS	0.6	歧化松香	6
硬脂酸	3	邻苯二甲酸二丁酯	5

实例 7. 耐纯氨胶管配方(质量份)

原材料	内层胶	外层胶	胶浆胶
三元乙丙橡胶	100	100	100
氯磺化聚乙烯 -20	5	8	5

氧化锌	5	5	5
氧化镁	2	2	2
过氧化二异丙苯	4	4	3
硬脂酸	0.5	0.5	0.5
HAF	60	50	—
SRF	—	—	30
滑石粉	10	10	—
硫酸钡	10	10	—
50#机油	5	3	—

实例8. 耐高压蒸汽胶管配方

原材料	质量份	原材料	质量份
三元乙丙橡胶	100	癸二酸二丁酯	15
氧化锌	5.0	DCP	4.0
硬脂酸	0.5	硫黄	0.5
HAF	60		

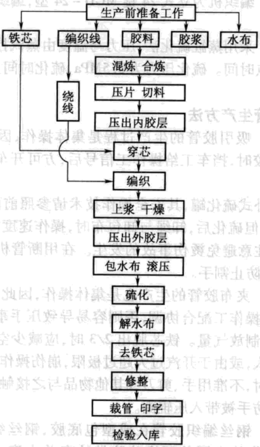
实例9. 耐磨喷浆胶管内胶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
1#烟片胶	40	三线油	8.0
顺丁橡胶	60	防老剂 D	1.5
氧化锌	3.0	石蜡	1.2
硫黄	1.5	防老剂 4010	1.0
硬脂酸	3.0	防老剂 H	0.5
古马隆树脂	5.0	邻苯二甲酸酐	0.8
ISAF	65	促进剂 CZ	1.0

4. 胶管生产工艺

胶管生产分吸引胶管、夹布胶管、钢丝编织胶管、帘线编织胶管生产四类工艺。

(1)工艺流程 胶管生产工艺流程图如下页所示：



大的 DX－35 型

时胶料焦烧时间

并严格控制两段胶料冷却、停贮时间及混炼时密

温度。

胶管在 φ35mm 螺旋压出机上直接压出，机身温

～80℃。

胶管在 φ65mm 螺旋压出机上直接压出，包贴在

管；机身温度 50～60℃，机头温度 70～80℃。

(2)工艺过程

①混炼工艺 为了使材料混合均匀，采用剪切力作用

齿合型密炼机进行混炼。考虑到胶料生热大及热敏感性强对

合剂在第二段混炼时加入

炼机的冷却水温度和排料

②压出工艺

a. 内层胶压出 内层

度 50～60℃，机头温度 70

b. 外层胶压出 外层

涂过胶浆的编织层上；内胶

③编织工艺　编织机为立式 24 锭 MGD－24 型，编织速度为 9r/min，编织角度约为 54°。

④硫化工艺　采用蒸缸硫化法，压力与温度由蒸汽控制，硫化时间取决于胶料的正硫化点时间。硫化压力为 0.5MPa，硫化时间为 60min，硫化温度为 153℃。

（3）各类胶管生产方法

①吸引胶管　吸引胶管的生产过程是集体操作，因此必须配合协调。接布头成型包底胶时，挡车工给操作工信号后，方可开车；缠绕接头必须停车处理。

硫化使用的卧式硫化罐，其安全操作技术请参照前面橡胶胶带通用设备中的有关内容，但硫化后，卸绳与卸包布时，操作速度须和设备运转速度配合适当。同时注意避免烫伤事故的发生。在用断管机切头时，人必须闪开刀，人工操作要防止割手。

②夹布胶管　夹布胶管的生产也是集体操作，因此在成型底胶及包布时，挡车工必须与操作工配合协调，否则容易导致压手事故。在套芯、胶芯及脱布时，必须控制放气量。铁芯脱出 2/3 时，应减少空气压力，严防铁芯快速冲出胶管伤人，或由于开汽过大超过极限，崩伤操作人员。

成型车运转时，不准用手、剪刀或其他物品与之接触。在压辊运转过程中，放标牌时，严防手被带入压辊圈。

③编织胶管　钢丝编织胶管在成型包底胶、钢丝编织、上面胶、包水

重质碳酸钙(GPR 325)	60	60	60
石蜡油	80	80	80
氧化锌	5.0	5.0	5.0
抗氧剂 Naugard ® 445(αMSDPA)	1.0	1.0	1.0
抗氧剂 ZMTI	1.5	1.5	1.5
助剂 TMPTAE	2.0	—	—
过氧化物 DCP-40	8.0	—	—
硬脂酸	—	1.0	1.0
硫黄	—	0.5	0.5
硫载体 Naugex ® SD-1(DTDM)	—	2.0	3.0
促进剂 Butazate ®（二丁基二硫代氨基甲酸锌）	—	2.0	4.0
促进剂 Royalac ® 136A	—	—	1.0
促进剂 Tuex ®（二硫化四甲基秋兰姆）	—	0.8	—
促进剂 DPTT	—	0.8	—

(2)性能(表4-5)与评价

表4-5 EPDM类耐电化学性(ECR)冷却液胶管性能

项目		过氧化物	硫黄-A	硫黄-B
圆盘振荡硫化仪数据(165℃)	t_{s2}/min	1.5	3.2	3.5
	t_{90}/min	10.9	9.1	9.3
165℃平板硫化15min	100%定伸应力/MPa	3.3	3.4	3.2
	拉伸强度/MPa	8.8	10.8	11.5
	伸长率/%	540	590	630
	邵氏硬度 A	58	60	59
150℃,168h热空气老化后	拉伸强度/MPa	8.7	11.1	11.3
	伸长率/%	470	200	185
	邵氏硬度 A	60	71	70
	125℃,70h后的永久变形/%	26	66	66

冷却液胶管或水箱胶管聚合物几乎只采用EPDM。EPDM胶料可以采用硫黄硫化体系或过氧化物硫化体系。必须限制炭黑用量以获得低电导率。随着电导率的升高,胶管会渗入冷却液,在橡胶内形成枝状

结构及发生龟裂，这将导致胶管的早期破损。除了在配方中限制炭黑的用量，冷却液胶管采用过氧化物硫化通常可以获得额外的抗早期破损的性能。

实例2. 汽车散热器用EPDM胶管

(1)配方

①含胶率为35.4%的EPDM胶管

原材料	质量份
Keltan 520	80
Keltan 480×100(充油品种)	40
炭黑 N550	35
炭黑 Durex O	70
硅酸铝	25
聚乙二醇(相对分子质量3400)	2
稳定剂 TMQ	1
石蜡油	20
过氧化物 Perkadox 14-40MB	7
活性助剂 TMPT	2

②含胶率为38.5%的散热器胶管(质量份)

原材料	配方1	配方2
Keltan 520	80	0
Keltan 480×100(充油品种)	40	0
Keltan 8340A	0	70
Keltan 708×15(充油品种)	0	35
氧化镁	0	4
炭黑 N550	25	30
炭黑 Durex O	60	40
硅酸铝	25	25
聚乙二醇(相对分子质量3400)	0	4
稳定剂 TMQ	1	1
稳定剂 NDBC	0	1
石蜡油	20	40
过氧化物 Perkadox 14-40	7	3
过氧化物 Tirgonox 101	0	5
活性助剂 TMPT	2	2

③含胶率为46.6%的散热器胶管

原材料	质量份
Keltan 740	60
Keltan 2308	40
炭黑 N683	80
稳定剂 ADPA	0.5
稳定剂 ZMTI	1
石蜡油	25
过氧化物 Perkadox 14－40MB	6.75
活性助剂 TAC－70	1.4

④含胶率为30.9%的散热器胶管

原材料	质量份
Keltan 740	100
炭黑 N550	90
炭黑 N762	60
稳定剂 TMQ	1
石蜡油	65
过氧化物 Perkadox 14－40MB	6.5
活性助剂 TMPT	1.5

其中，Keltan 为荷兰 DSM 公司 EPDM 商品名；Durex O 为德国德固萨公司生产的非污染高定伸半补强炉黑；Perkadox 14－40MB 为 AKZO NOBEL 公司生产的1，4－双叔丁基过氧化异丙苯，其中过氧化物质量分数为0.4，其余为碳酸钙或陶土等惰性填料。

(2)性能(表4－6～表4－9)与评价

表4－6　含胶率为35.4%的EPDM散热器胶管性能

项　　目		数　　值
门尼黏度($ML_{1+4}^{100℃}$)		89
圆盘振荡硫化仪数据(180℃)	t_{s2}/min	0.9
	t_{90}/min	8.3
	最小转矩/N·m	1.7
	最大转矩/N·m	10.2

续表

项目		数值
硫化胶性能（180℃，12min）	邵氏硬度 A	72
	100%定伸应力/MPa	5.2
	300%定伸应力/MPa	11.4
	拉伸强度/MPa	11.9
	拉断伸长率/%	325
压缩永久变形（106℃，24h）/%	除夹具后 5s	53.0
	除夹具后 60min	28.0
160℃，94h 热空气老化后	邵氏硬度 A	76
	100%定伸应力/MPa	6.6
	拉伸强度/MPa	12.2
	拉断伸长率/%	240
ASTM 2#油浸泡后性能（100℃，24h）	质量变化率/%	56.0
	邵氏硬度 A	56
	100%定伸应力/MPa	6.0
	拉伸强度/MPa	9.3
	拉断伸长率/%	205

表 4-7　含胶率为 38.5%的 EPDM 散热器胶管性能

项目		配方 1	配方 2
门尼黏度（$ML_{1+4}^{100℃}$）		72	75
圆盘振荡硫化仪数据（180℃）	t_{s2}/min	0.9	0.9
	t_{90}/min	7.2	8.3
	最小转矩/N·m	1.4	1.6
	最大转矩/N·m	8.3	10.7

续表

项目		配方 1	配方 2
硫化胶性能(180℃,12min)	邵氏硬度 A	68	65
	100% 定伸应力/MPa	4.5	3.2
	300% 定伸应力/MPa	10.5	9.1
	拉伸强度/MPa	11.2	11.2
	拉断伸长率/%	375	375
除夹具后 5s 压缩永久变形(106℃,24h)/%		38.0	40.0
160℃,94h 热空气老化后	邵氏硬度 A	71	67
	100% 定伸应力/MPa	5.7	4.0
	300% 定伸应力/MPa	—	10.8
	拉伸强度/MPa	12.3	11.5
	拉断伸长率/%	275	335
ASTM 2[#]油浸泡后性能(100℃,24h)	质量变化率/%	—	70.0
	邵氏硬度 A	—	55
	100% 定伸应力/MPa	—	5.0
	拉伸强度/MPa	—	9.5
	拉断伸长率/%	—	250

表 4-8　含胶率为 46.6% 的 EPDM 散热器胶管性能

项目		数值
门尼黏度($ML_{1+4}^{100℃}$)		87
圆盘振荡硫化仪数据(180℃)	t_{s2}/min	1.1
	t_{90}/min	7.5
	最小转矩/N·m	1.6
	最大转矩/N·m	12.3
硫化胶性能(180℃,12min)	邵氏硬度 A	80
	100% 定伸应力/MPa	6.6
	拉伸强度/MPa	18.6
	拉断伸长率/%	260
	Delft 撕裂强度/N	36.0
除夹具后 30min 压缩永久变形(150℃,72h)/%		14.0

续表

项目		数值
150℃,7d热空气老化后	邵氏硬度 A	82
	拉伸强度/MPa	19.1
	拉断伸长率/%	260
	Delft 撕裂强度/N	40.0
150℃,14d热空气老化后	邵氏硬度 A	82
	100% 定伸应力/MPa	7.4
	拉伸强度/MPa	19.0
	拉断伸长率/%	255
	Delft 撕裂强度/N	42.0
150℃,28d热空气老化后	邵氏硬度 A	84
	100% 定伸应力/MPa	8.2
	拉伸强度/MPa	18.2
	拉断伸长率/%	225
	Delft 撕裂强度/N	41.0

注 Delft 撕裂强度采用 ISO 816—1983 进行测定。

表 4－9 含胶率为 30.9% 的 EPDM 散热器胶管性能

项目		数值
门尼黏度($ML_{1+4}^{100℃}$)		78
圆盘振荡硫化仪数据(180℃)	t_{s2}/min	1.25
	t_{90}/min	6.4
	最小转矩/N·m	1.4
	最大转矩/N·m	7.0
硫化胶性能(180℃,12min)	邵氏硬度 A	65
	100% 定伸应力/MPa	2.9
	300% 定伸应力/MPa	11.2
	拉伸强度/MPa	12.0
	拉断伸长率/%	325
压缩永久变形/%	70℃,24h	32
	120℃,24h	46
	125℃,72h	20

续表

项　　目		数　　值
145℃,7d 热空气老化后	邵氏硬度 A	72
	100% 定伸应力/MPa	3.5
	300% 定伸应力/MPa	11.2
	拉伸强度/MPa	11.6
	拉断伸长率/%	315

过氧化物硫化 EPDM 汽车散热器胶管存在过氧化物硫化剂价格较高、补强填充剂填充量较低、挤出速度较慢、芯棒污垢较多、清理污垢较费事等缺点。然而,随着汽车向节能化和低污染化方向发展,对散热器胶管的要求越来越高,硫黄硫化 EPDM 已越来越难以满足这些要求,因此,坚持采用过氧化物硫化配方还是值得研究推广的。

实例 3. 低透气性汽车空调胶管

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
氯化丁基橡胶	100	硬脂酸	1
溴化苯酚甲醛树脂	10	防老剂(RD－GS)	2
炭黑	70	软化剂(机油)	5
氧化锌	5	聚酰胺树脂	6

(2)性能与评价　采用此法制得的胶管按日本 JRA 2001 标准(日本空调制冷工业标准)进行检测。结果表明用本方法制造的胶管制冷剂透过量仅为 0.5～0.1g/(m·72h),而对照的例子则为 3.0g/(m·72h),从而说明此项技术可制造出渗透性极低的胶管。用此法除生产汽车空调胶管外,也适用于液压转向管、乙炔管、石油液化气胶管以及氢气胶管等的制造。

实例 4. 耐寒性氢化氯丁胶管

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
氢化氯丁橡胶	100	硬质陶土	40
硬脂酸	0.5	操作油	25
防老剂 810NA	1	氧化锌	3
防老剂(オクタミン)	3	过氧化二异丙苯	0.6
氧化镁	2	1,3,5－三巯基三嗪	0.35
SRF	25	三烯丙基异氰酸酯	0.2
快压出炉黑(FEF)	30		

(2) 性能(表 4-10)与评价

表 4-10 胶料物理性能

项目	氢化氯丁橡胶	普通氯丁橡胶
断裂强度/MPa	10	11
伸长率/%	340	380
硬度(JISA)	71	—
耐寒性/℃	-60	-39
耐臭氧龟裂[①]浓度/mg·L^{-1}	50	432
压缩永久变形/%	31	36

①耐臭氧龟裂发生的条件:40℃,裂纹发生时间>1000h,伸长 30%。

结果表明,氢化氯丁橡胶比普通氯丁橡胶在耐寒性、耐臭氧老化方面有明显改善,而其加工工艺与普通氯丁橡胶相同。

实例 5. 纺织牵伸胶辊用 NBR/PVC 胶管

(1) 配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NBR	70	氧化镁	5.0
PVC	30	氧化锌	4.0
硬脂酸锌	1	明胶	30
碱式铅盐	2	钛白粉	20
硬脂酸	1.0	白炭黑	30~50
石蜡	1.5	增塑剂 DBP	15
促进剂 DB	1.5	防老剂	1.5
促进剂 DM	2.0	其他助剂	5.5
抗静电剂	1.5		

(2) 性能(表 4-11 和表 4-12)与评价

表 4-11 胶料的力学性能

性能	数值	性能	数值
邵氏硬度 A	82	回弹率/%	20
拉伸强度/MPa	13.7	体积电阻率/Ω·cm	10^5
拉断伸长率/%	200	表面电阻/Ω	6.4×10^4
拉断永久变形/%	8.0	压缩永久变形/%	12.2
阿克隆磨耗量/cm^3	0.02	耐臭氧性(臭氧浓度 20mg/L, 25℃,46h,拉伸 20%)	无裂纹
老化系数(70℃,96h)	0.98		

表 4－12　成品胶管与同类产品装机的乌斯特试验对比

胶　管	CV/%	粗节	细节	毛粒	断头/根·千锭时$^{-1}$
YRC－9310	23.30	75	132	20	250
同类毛纺胶管	23.10	87	144	39	319
YRC－9311	18.73	34	73	18	120
同类棉纺胶管	19.36	35	82	45	137
YRC－9312	18.61	28	64	15	80
同类化纤纺胶管	18.96	38	78	27	99

改性胶管的性能优于同类产品，特别是在耐磨、耐老化及断头率等方面更为突出。

实例 6. 水泥砂浆挤压泵胶管

（1）配方

原材料	质量份
生胶（NR/BR＝70/30）	100
活性剂	7
补强剂	50～55
防老剂	2～3
硫黄和促进剂	2～3

（2）性能（表 4－13 和表 4－14）与评价

表 4－13　挤压胶管主要技术性能指标

项　目			指　标
内、外层胶	拉伸强度/MPa		≥20
	拉断伸长率/%		≥500
	拉断永久变形/%		≤10
	阿克隆磨耗量/cm^3		≤0.5
	回弹率/%		≥50
成　品	工作压力/MPa		≤2
	爆破压力/MPa		≥8
	黏合强度/kN·m^{-1}	胶—布	≥8
		布—布	≥8

表 4－14 挤压胶管成品检测结果

项目		结果
爆破压力/MPa		12(未破)
黏合强度/kN·m^{-1}		10～12
内层胶性能	拉伸强度/MPa	21～22
	拉断伸长率/%	600～650
	拉断永久变形/%	6～8
	回弹率/%	55～60
	阿克隆磨耗量/cm^3	0.18

此胶管工作时承受挤压作用力，又要依靠其自身的弹性使其恢复原状，因此对胶管所用材料的性能要求较高，尤其是骨架层的纤维材料。尼龙帘布虽有其自身的优良特性，但其初始模量低、伸长率大，使得胶管使用初期就产生较大的永久变形，这一缺陷只能靠内层胶的高弹性来弥补。因此可以考虑使用初始模量高、延伸率小、尺寸稳定性高的聚酯帘布作为增强层，可以认为只要黏合问题能够解决，采用聚酯一定比用尼龙更好。

内、外层胶的高弹性是此胶管的特点。高弹性来源于合理的配方设计和可靠的工艺。BR 具有优异的高弹性和低变形，是制作内、外层胶的理想材料，但其工艺性能较差，可掺入一定比例的 NR 以改善工艺性能。

生产中可加一步滤胶工序，以除去炼胶过程中可能混入的杂质以及凝胶粒子。因为杂质会显著影响胶料的各项性能，尤其是在动态工作条件下，滤胶对保持胶料的清洁和均匀性是至关重要的。

实例 7. 厚壁彩色乳胶管

(1) 配方(质量份)

原材料	素色管对照样	厚壁彩色管
浓缩胶乳(干计)	100	100
硫黄	1.5	1.5
碳酸锌	0.75	0.75
促进剂 TT	0.5	0.5
促进剂 DM	1.5	1.5
防老剂 264	—	0.7
防老剂 B	—	0.3
氯化铵	3～5	3～5

稳定剂	适量	适量
颜料	—	适量

(2)性能(表4-15)与评价

表4-15 厚壁管力学性能

项目	素色管对照样	厚壁彩色管
拉伸强度/MPa	21.06	20.36
500%定伸应力/MPa	2.74	2.24
拉断伸长率/%	810	800
老化系数(100℃,22h)	0.77	0.91

注 以上数据为热带农产品加工所重点实验室检验数据。

在现有的输血胶管生产工艺及设备(如输血胶管间歇式压出机台和机头,1000L蒸汽硫化缸,热空气硫化干燥柜等)的基础上,对玻璃模具及热水套和生产工艺进行了如下改进设计:

①加长玻璃模具的有效长度,即增加热水受热处的长度和增大热水套的容积。

②增加耐老化性能良好的防老剂并用体系。

③控制硫化胶的氯仿值在适当的范围。

④适当控制好压出温度在90℃±5℃内。

⑤采用第二热敏剂,以解决厚壁乳胶管易流头的难题。

⑥延长胶管半成品预烘干时间,使其充分干燥,以保证表面处理后胶管的外观良好,成功地开发了厚壁乳胶管新品种。

该产品自投产以来,已陆续生产了六批次,用户反映良好。

实例8. 加成型医用硅橡胶胶管

(1)配方

原材料	质量份
甲基乙烯基硅橡胶(110-2)	100
4#气相法白炭黑	44~55
硅氧烷	0.6
含氢硅油	1~3
抑制剂	适量
催化剂	适量

(2)性能(表4-16)与评价

表4-16 产品的性能指标

项目		指标
力学性能	邵氏硬度A	50~70
	拉伸强度/MPa	≥7.5
	撕裂强度/$kN\cdot m^{-1}$	≥20
	压缩永久变形/%	4
	热空气老化系数	>0.85
理化性能	外观	无色、半透明
	pH变化值	≤1.5
	蒸发残留物/$mg\cdot mL^{-1}$	≤0.05
	高锰酸钾消耗量/mL	≤6.5
	重金属含量/$mg\cdot kg^{-1}$	≤1
	紫外吸收度(波长220nm)	≤0.3
生物性能	细胞毒性试验	合格
	急性毒性试验	合格
	皮内刺激试验	合格
	短期肌肉埋植试验	合格

加成型硅橡胶制品具有优异的生理惰性,无毒、无味、生物相容性好,耐生物老化,植入体内无不良反应,长期植入体内其物理性能变化很小。加成型硅橡胶胶管主要应用在与血液接触及埋入体内的各种场合。

实例9. NR/BR 9000输吸食品胶管

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
1#标准胶	80	补强剂	30
BR 9000	20	着色剂	160
无机活性剂	5.0	防老剂SP-C	4.0
有机活性剂	1.5	软化剂	18
硫化剂、促进剂	1.6		

其中,1#标准胶由海南农垦公司生产。

(2)性能(表 4－17)与评价

表 4－17　性能测试结果

项目			指标	实测
力学性能	内层胶拉伸强度/MPa		≥4.9	9.5
	外层胶拉伸强度/MPa		≥5.9	8.5
	内层胶拉断伸长率/%		≥250	392
	外层胶拉断伸长率/%		≥300	372
	70℃,72h 热空气老化后	拉伸强度变化率/%	－25～＋25	－5～＋6
		拉断伸长率变化率/%	－30～＋10	－10～－7
	黏合强度/kN·m^{-1}		≥1.5	2.0
	承受真空度/kPa		≥60	66
卫生化验	4%乙酸浸泡液蒸发残渣/mg·L^{-1}		≤2000	560
	65%乙醇浸泡液蒸发残渣/mg·L^{-1}		≤40	40
	水浸泡液蒸发残渣/mg·L^{-1}		≤15	10
	正己烷浸泡液蒸发残渣/mg·L^{-1}		≤1200	1020
	水浸泡液高锰酸钾消耗量/mg·L^{-1}		≤45	19.5
	4%乙酸浸泡液锌含量/mg·L^{-1}		≤30	15

用 NR/BR 9000 为 80/20(质量份)的并用胶,并选取无毒、无污染的加

(2)性能(表4-18)与评价

表4-18 钓鱼用光滑软胶管性能

项目	指标	产品
拉伸强度/MPa	>20	22.5
拉断伸长率/%	>500	680
邵氏硬度 A	42±2	42
老化系数(100℃,22h)	>80	0.89
外观	黑色光滑,且手感柔软	

用此配方制得的产品性能达到了钓鱼胶管的技术要求。该产品的外观较光滑、柔软,测试的数据均符合客户要求。

(三)特种橡胶胶管

实例1. 典型配方(质量份)

(1)耐油胶管

原材料	内层胶	外层胶
NBR	70	—
CR	30	80
NR	—	20
再生胶	50	—
氧化镁	2	4
氧化锌	5	4
硫黄	0.5	1.6
促进剂	1	2.1
硬脂酸	1.5	1.3
石蜡	—	2
操作油	5	6
固体软化剂	16	8
邻苯二甲酸二丁酯	8	10
炭黑	40	30
防老剂	2.5	3.5
填充剂	59.2	80.2

(2) 耐酸(碱)胶管

原材料	内层胶	外层胶
NR	30	30
SBR	70	—
CR	—	70
再生胶	60	—
氧化锌	4	4
氧化镁	—	3
硫黄	1.6	0.4
促进剂	2.5	0.8
硬脂酸	1.5	1.5
石蜡	2	2
操作油	14.5	14.5
固体软化剂	8	8
炭黑	30	30
防老剂	3.5	3.5
填充剂	53	82.3

(3) 耐热(蒸汽)胶管

原材料	内层胶	外层胶
NR	20	—
SBR	80	20
CR	—	80
再生胶	50	—

促进剂	5	5	4
半补强炉黑	60	60	60
防老剂	3	4	3
软化剂	10	12	10
活性剂	4	—	2
其他助剂	5	5	5

(2)性能(表4-19)

表4-19 胶管的性能

项目		内层胶		外层胶	
		性能指标	测试结果	性能指标	测试结果
邵氏硬度A	供货状态	70±5	73	70±5	73
	热老化后	0~12	+7	0~12	7
	燃料老化后	0~-17	-7	0~-25	-7
	燃料老化后干燥处理	≤87	78	≤90	78

该复合橡胶燃油管可以解决目前 CA488 发动机燃油管路过渡胶管早期老化龟裂等问题，并且每段燃油管路由原来三根软管变成一根软管，从而减少了两个密封点，简化了装配工艺、降低了成本。

研制的复合橡胶管满足德国大众汽车股份公司 TL－VW 52255 标准，所以对于奥迪、捷达等轿车发动机燃油管国产化有很大意义。

研制的复合橡胶管可以在其他轻型车、轿车发动机上推广使用。

实例 3. NBR／PVC 共混胶燃油胶管

(1)配方

原材料	配方 1	配方 2
NT/VC 2870B	100	100
快压出炉黑	65	65
酚醛树脂	5	5
氧化锌	5	5
促进剂 CZ＋促进剂 TT＋促进剂 DTDM	1.5	4.9
硬脂酸	1	1
液体 NBR＋DOS	25	31
防老剂 RD＋防老剂 4010NA	2	2
硫黄	0.5	0.5

(2)性能(表 4－20)与评价

表 4－20　耐燃油胶管胶料性能

项目		配方 1	配方 2	标准
	脆性温度/℃	－41	－43	—
	门尼黏度(ML 100℃)	[illegible]	[illegible]	[illegible]

续表

项　目		配方 1	配方 2	标　准
耐燃油 C 性能（40℃，48h）	拉伸强度变化率/%	-47.4	-38.1	-50
	拉断伸长率变化率/%	-40	-47.1	> -60
	体积变化率/%	+29.5	+24.4	<55
耐臭氧性（0.5mg/L，40℃，24h）		0 级	0 级	

NBR/PVC 共混胶采用有效硫化体系中的促进剂 TT + 促进剂 CZ + 促进剂 DTDM 并用体系，其综合性能较好；以快压出炉黑填充对胶料拉伸强度提高效果最好，其用量在 70 份以内为最佳，浅色填充剂以白炭黑的补强效果突出；其自身抗臭氧性较好，加入防老剂 4010NA 能提高耐臭氧能力。防老剂 RD 对共混胶热氧老化防护作用较好。

软化剂液体丁腈橡胶对改善 NBR/PVC 共混胶门尼焦烧工艺性能较好。DOS 能改善共混胶低温性能，使得硫化胶在燃油 C 及燃油 C + 15% 甲醇液体中体积变化较小。

NBR/PVC 共混胶因其耐燃油性好，耐臭氧，生产工艺性良好，特别适用于汽车用燃油胶管及相关零件。

实例 4. 输油胶管

（1）配方

①输油胶管内层胶

原材料	质量份
Paracril ® BLT M80 NBR	100
炭黑 N762	115
硬质高岭土	60
增塑剂 TP-95	22
聚合型酯类增塑剂	12
氧化锌	5.0
硬脂酸	0.5
Aminox ®（ADPA）抗氧剂	1.0
Naugard ® 445（αMSDPA）抗氧剂	3.0
Naugard ® SD-1（DTDM）硫载体	1.00
Tuex ®（TMTD）秋兰姆类促进剂	2.25
Delac ® NS（CBS）促进剂	2.00

②输油胶管外层胶

原材料	质量份
NBR/PVC 混合型并用胶 Paracril ® OZO	100

抗氧剂 Aminox®（ADPA）	2.0
抗氧剂 MTI	1.0
抗氧剂 Flexzone® 6H(6PPD)	1.5
炭黑 N774	60
炭黑 N650	50
聚合型酯类增塑剂	15
大豆环氧化物	10
噻唑类促进剂 Naugex®（MHTS）	1.5
秋兰姆类促进剂 Tuex®（TMTD）	1.0
硫载体 Naugex® SD-1(DTDM)	1.5
氧化锌	5.0
硫黄	0.5

(2)性能(表4-21)与评价

表4-21 NBR类输油胶管内、外层胶胶料性能

项目		内层胶	项目		外层胶
155℃的硫化实验	t_{s2}/min	4.3	168℃下硫化20min	100%定伸应力/MPa	13.0
	t_{c90}/min	12.2		拉伸强度/MPa	19.0
155℃下硫化30min	拉伸强度/MPa	14.1		伸长率/%	170
	伸长率/%	360		邵氏硬度 A	85
	邵氏硬度 A	76	浸入23℃ ASTM 标准 B类燃料中老化168h	100%定伸应力/MPa	8.7
125℃,70h热空气老化后	拉伸强度/MPa	13.6		拉伸强度/MPa	14.2
	伸长率/%	200		伸长率/%	150
	邵氏硬度 A	87		邵氏硬度 A	77
浸入23℃ ASTM 标准 C类燃料中老化48h	拉伸强度/MPa	8.2		体积增加率/%	17
	伸长率/%	200	浸入23℃ ASTM 标准 C类燃料中老化168h	100%定伸应力/MPa	10.8
	邵氏硬度 A	49		拉伸强度/MPa	14.3
	体积增加率/%	33		伸长率/%	140
压缩永久变形(100℃,70h)/%		12		邵氏硬度 A	85
				体积增加率/%	28

带汽化器的吸气式发动机的输油胶管的标准结构是用丁腈橡胶(NBR)作内层胶,氯丁橡胶(CR)作外层胶。

由于注油系统在世界上许多地方相当普及,在注油系统的燃油再循环过程中形成了过氧化汽油,输油胶管常常用含氟弹性体(FKM)作为内层胶,以达到胶管耐过氧化汽油的目的。同时,FKM具有低蒸气渗透率。

胶管的外层胶可以采用氯化聚乙烯或聚氯乙烯和丁腈橡胶的并用胶。典型的对苯二胺抗臭氧剂(Flexzone® 6H)以及 NBR 与 PVC 的并用胶都可以提供抗臭氧分解的性能。

实例 5. 氯化橡胶/氯化聚乙烯耐油胶管

(1)配方(质量份)

原材料	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4	配方 5	配方 6
氯丁橡胶	100	100	100	100	100	—
氯化聚乙烯	—	15	25	35	45	—
丁腈橡胶	—	—	—	—	—	100
促进剂 NA-22	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	—
氧化锌	5	5	5	5	5	5
硬脂酸	2	2	2	2	2	1.5
防老剂	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
古马隆树脂	5	5	5	6	6	5
石蜡	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0.5
邻苯二甲酸二丁酯	15	15	15	15	15	15
40#机油	5	5	5	5	5	5
半补强炉黑	50	50	50	50	50	50
高耐磨炉黑	30	30	30	30	30	30
陶土	30	30	30	30	30	30
氧化镁	4	4	4	4	4	—
促进剂 DM	—	—	—	—	—	1.5
硫黄	—	—	—	—	—	1.8

(2)性能(表 4-22)与评价

表 4-22 耐油胶管的性能

项目		配方 1	配方 2	配方 3	配方 4	配方 5	配方 6
硫化条件(143℃ ±1℃,20min)	邵氏硬度 A	73	75	75	74	73	63
	拉断伸长率/%	256	328	360	408	468	548
	抗张强度/MPa	10.8	9.6	9.7	10.1	9.9	11.7
	拉断永久变形/%	8	15	15	20	30	20
70℃,72h 热空气老化后	邵氏硬度 A	80	78	76	75	75	70
	拉断伸长率/%	284	312	340	346	424	388
	抗张强度/MPa	10.5	10.1	10.2	10.2	9.8	13.0
	拉断伸长变化率/%	+10.9	-4	-5.6	-10.8	-9.4	-29.2
	抗张强度变化率/%	-2.8	+5.2	+5.2	+1	-1	+11.1

续表

项		目	配方1	配方2	配方3	配方4	配方5	配方6
耐油试验	120#汽油+苯（常温,24h）	质量变化率/%	16	26.2	22.7	20.1	17.6	11.8
		体积变化率/%	31.5	46	43.2	40.9	37	22.7
	2#煤油（常温,24h）	质量变化率/%	6	18.1	14.2	11.1	10.3	4.8
		体积变化率/%	12.5	29	18.6	17.1	16.3	10

随氯化聚乙烯并用量的增加，并用胶料的拉断伸长率不断增加，而邵氏硬度A和抗张强度变化不大；随氯化聚乙烯并用量增加，耐油性能有所下降，但并用量超过25份后下降幅度变缓；从热空气老化结果和综合性能看，并用氯化聚乙烯以15~25份为好。

无论是高温混炼，还是常温混炼，内胶筒的挤出等工艺性能均良好，成品的物理性能和耐油性能均达到标准要求，满足了生产需要和用户要求，可以取得一定的经济效益。

实例6. 氯橡胶隔离膜燃油胶管

(1)配方

①FKM隔离膜胶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
FKM	100	氢氧化钙	6
炭黑N990	20	硫化剂双酚AF	2
活性氧化镁	9	促进剂BPP	0.4

②内层胶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
均聚型氯醚橡胶(CO)	100	促进剂NA-22	1.2
炭黑N550	60	促进剂CZ	1
增塑剂DBP	10	氢氧化钙	6
硬脂酸	3	活性氧化镁	10
防老剂NBC	1	黏合促进剂	15
四氧化三铅	5		

③外层胶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
共聚型氯醚橡胶(ECO)	100	防老剂NBC	1
		防老剂MB	0.5
炭黑N774	30	四氧化三铅	5
硬脂酸	3	促进剂NA-22	1.5

(2)性能(表 4-23~表 4-25)与评价

表 4-23 FKM 隔离膜胶料性能

项目		指标	实测
硫化胶性能 (160℃,40min)	邵氏硬度 A	70±5	72
	拉伸强度/MPa	≥11.8	13.7
	拉断伸长率/%	≥250	340
120℃,70min 热空气老化后	硬度变化/度	-5~+10	+3
	拉伸强度变化率/%	>-15	+16.8
	拉断伸长率变化率/%	>-30	-6
加醇汽油①浸泡后性能 (40℃,48h)	硬度变化	-25~0	-8
	拉伸强度变化率/%	>-50	-18.6
	拉断伸长率变化率/%	>-40	-7
	体积变化率/%	0~+30	+15
酸性汽油②浸泡后性能 (40℃,140h)	硬度变化/度	-20~0	-7
	拉伸强度变化率/%	>-40	-14
	拉断伸长率变化率/%	>-30	-10

①加醇汽油为乙醇质量分数为 20% 的燃油 C;②酸性汽油为过氧化物质量分数为 2.5% 的燃油 C。

表 4-24 内、外层胶胶料性能

项目		内层胶		外层胶	
		指标	实测	指标	实测
硫化胶性能 (160℃,40min)	邵氏硬度 A	70±5	74	50±5	54
	拉伸强度/MPa	≥10.8	11.1	>7.8	10.1
	拉断伸长率/%	≥300	370	>250	440
120℃,70min 热空气老化后	硬度变化/度	0~+20	+13	0~+15	+6
	拉伸强度变化率/%	>-20	+16.7	>-20	+6.5
	拉断伸长率变化率/%	>-70	-33	>-50	-25
汽油(燃油 C)浸泡后 (40℃,48h)	体积变化率/%	0~+80	+24	0~+80	+34.5
3#润滑油浸泡后 (120℃,70h)	体积变化率/%	-5~+15	+12.2	-35~0	-15

注 酸性汽油为过氧化物质量分数为 15% 的燃油 C。

表 4－25　FKM 隔离膜燃油胶管成品性能

项　目		指　标	实测值
耐压性能（0.5MPa，5min）	外观	无开裂、泄漏和局部破损	合格
	外径变化率/%	0～+10	+1
	长度变化率/%	−10～0	−0.5
	爆破压力/MPa	>3.0	3.2（未爆）
密压性（大气压～80kPa，5mm）外径变化率/%		>−20	−4
内、外层胶黏合强度/N·(25mm)$^{-1}$		>19.6	43
耐老化性（120℃，70h，弯曲 180°）		无龟裂和其他异常	合格
耐低温性（−40℃，5h，弯曲 180°）		无龟裂和其他异常	合格

FKM 隔离膜燃油胶管对酸性汽油和加醇汽油均有良好的抗耐性，其耐热、抗臭氧性能也较好，而且胶管弯曲性好，承压能力也较高。

如果今后能用芳纶线绳替代目前所用的涤纶线绳，本胶管的耐压性能将会进一步提高。

实例 7. 燃料胶管

（1）配方（质量份）

原材料	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4
宝兰山 Tornao A4560	100	100	100	100
热裂法炭黑 MT	50	100	150	100
滑石粉	150	100	50	—
硫酸钡	—	—	—	60
过氧化二异丙苯（含量 40%）	7	7	7	10
低聚酯（Saret－500）	3	3	3	—
三烯丙基异氰酸酯	—	—	—	3

（2）性能（表 4－26）与评价

表 4－26　丁腈橡胶管的性能

项　目		配方 1	配方 2	配方 3	配方 4
邵氏硬度 A		87	88	89	80
拉伸强度/MPa		11.9	11.7	11.9	15.7
拉断伸长率/%		275	275	280	200
燃油 C 中性能变化（25℃，48h）	硬度变化/度	−27	−30	−28	−19
	拉伸强度变化率/%	−41	−31	−16	−27
	拉断伸长率变化率/%	−11	+7	−12	−25
	体积变化率/%	+42	+42	+34	+36

续表

项目		配方1	配方2	配方3	配方4
在"酸性"Indolene中性能变化(25℃,14d)	硬度变化/度	-13	-16	-13	-8
	拉伸强度变化率/%	-31	-31	-18	-18
	拉断伸长率变化率/%	-4	+5	-5	-3
	体积变化率/%	+23	+25	+19	+21

以高饱和丁腈橡胶作胶管的内层胶,以氯醇橡胶作外层胶,可使制品在成本、性能上获得平衡,或者以氯磺化聚乙烯树脂作内层胶并衬以氢化丁腈橡胶作防渗层膜。

对丁腈橡胶的研究表明,胺类防老剂与 *N*,*N'*-双(3,5-二叔丁基-4-羟基苯丙酰胺)联合使用,能有效地保护丁腈橡胶在汽油重复循环试验中不受酸性汽油的侵蚀,尤其是与防老剂稳定结合的丁腈橡胶。改善丁腈胶料耐酸性汽油的另一方法是加1份1,2双-(3,5-二叔丁基-4-羟基肉桂酰)肼(Irganox MD 1024),将含 MD 1024 的丁腈硫化胶,在含叔丁基氢过氧化物的 Indolene HO-Ⅱ(过氧化指数为50)的油中浸泡14d,其拉伸强度损失远小于标准指标(50%),同时拉断伸长率也得到改善。

实例8. 轿车用燃料油异型胶管

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NT/VC 3470B	100	氧化锌	5.0
硬脂酸	1.0	FEF	30
SRF	35	聚酯类增塑剂	10
酯类增塑剂	10	硫黄/促进剂(DTDM/CZ/TMTD)	5.6
防老剂 RD/防老剂 MB/石蜡	适量		

(2)性能与评价 胶料性能(155℃,0.45MPa,30min)为:邵氏硬度A 77;拉伸强度13.5MPa;拉断伸长率296%;撕裂强度48kN/m;压缩永久变形(压缩率25%,70℃,22h)29.6%;100℃,7d热空气老化后:硬度增大8度,拉伸强度变化率9.6%,拉断伸长率变化率-36.5%;23℃,70h燃油C/甲醇(质量比85/15)混合液浸泡后:厚度变化率13.2%,质量变化率10.1%,燃料油C渗透量9g/(h·m);臭氧老化龟裂时间(臭氧含量2mg/L,40℃):原硫化试样≥48h,100℃,7d热空气老化后≥48h,燃料油C浸泡后(100℃,2h)≥48h。

用NBR/PVC乳液共沉积物(NT/VC 3470B)胶料制备的燃料油异型胶管力学性能、耐油性能、耐热空气老化性能和耐臭氧老化性能好,满足设计要求,已应用于富康轿车。

实例9. 轿车用冷却剂胶管

(1)配方(质量份)

原材料	配方1	配方2
宝兰山 EPDM 227X	100	60
宝兰山 EPDM 847X	—	60
二苯胺类防老剂	2	1.5
防老剂 MBZ	2	1.5
快压出炉黑	25	—
通用炉黑	—	75
热裂法炭黑	50	—
表面处理硅酸镁	—	55
石蜡油	—	45
硬脂酸	1	—
氧化锌	5	10
氧化镁	10	7.5
低聚酯(SR－500)	2	2.5
DCP(含量40%)	7	8

(2)性能(表4－27和表4－28)与评价

表4－27　耐热三元乙丙橡胶冷却胶管胶料性能指标

项目		指标
拉伸强度/MPa		≥9.0
拉断伸长率/%		≥250
175℃,168h 热空气老化后	拉伸强度变化率/%	≤－35
	拉断伸长变化率/%	≤－65
150℃,70h 压缩永久变形/%		≤40

表4－28　耐175℃高温的三元乙丙橡胶冷却胶管的性能

项目		配方1	配方2
硫化胶力学性能	100%定伸应力,MPa	5.4	5.7
	拉伸强度/MPa	15.9	9.9
	拉断伸长率/%	380	340

续表

项目		配方 1	配方 2
175℃,168h 热空气老化后	100%定伸应力变化率/%	+45	+35
	拉伸强度变化率/%	-3	-13
	拉断伸长率变化率/%	-32	-56
压缩永久变形(175℃,70h)/%		44	44

目前,通用的三元乙丙橡胶冷却剂胶管,在高温条件下降解,会导致关键性能的损失,往往会导致胶管过早失效。

采用硅橡胶内、外管,芳酰胺增强层结构的软管寿命较长,通常在两次发动机大修日期之间,能保持卡车或汽车连续运转。硅橡胶用于冷却剂胶管虽然成本高一些,但可以被它的使用寿命大大延长所抵消。在卡车上,因温度高,硅橡胶用于冷却剂胶管的较多。

三元乙丙橡胶可与硅橡胶并用,这类并用胶已用作重型卡车和公共汽车的冷却剂管。并用胶的成本适中,性能位于三元乙丙橡胶和硅橡胶之间,有一定的发展前途。

实例 10. 制动胶管

(1)配方(质量份)

原材料	不含增塑剂	含液态 EPDM	含石蜡油
Rolyalene® 501 EPDM	100	100	100
氧化锌	5	5	5
炭黑 N774	60	60	60
Naugard® Q(TMQ)抗氧剂	1	1	1
TMPTMA 助剂	2	2	2
DCP-40 过氧化物	7	7	7
Tnlene® 77 液态 EPDM	—	10	—
石蜡操作油	—	—	10

(2)性能(表4-29)与评价

表4-29 制动胶管胶的性能

项目		不含增塑剂	含液态 EPDM	含石蜡油
门尼黏度($ML_{1+4}^{100℃}$)		83	69	63
177℃的硫化实验	M_L/dN·m	2.8	2.8	2.4
	M_H/dN·m	56.0	45.0	36.8
	t'_{c2}/min	3.4	3.4	3.4
	t'_{c90}/min	12.3	13.1	12.4
166℃硫化30h	200%定伸应力/MPa	40	40	1.7
	拉伸强度/MPa	19.4	19.6	17.6
	伸长率/%	270	280	460
	邵氏硬度A	70	70	66
压缩永久变形(175℃,22h)/%		16	16	18
150℃,70h热空气老化后	200%定伸应力/MPa	3.4	5.4	17
	拉伸强度/MPa	16.7	16.5	20.4
	伸长率/%	215	220	470
	邵氏硬度A	72	72	66
150℃,22h热空气老化后	DOT3#制动液,溶胀/%	2.8	3.1	0.4
	DOT4#制动液,溶胀/%	2.2	1.9	-0.9
抽提(68%三氯甲烷/32%丙酮)提取物/%		1.8	1.8	5.8

制动胶管可以采用CR或EPDM材料。在温度较高的工作环境中,EPDM胶管寿命更长。为使耦合力的保留率最大,通过过氧化物硫化获得低的压缩永久变形非常重要。而且,制动胶管胶料通常含有极少或者不含可抽提油或增塑剂,以避免塑化液体迁移到液压油和导致胶料收缩。

为防止在使用中胶管收缩,可以采用10份液态EPDM代替石蜡油。这一替换可以在不影响浸入DOT4#制动液体中的胶管体积收缩的条件下,使门尼黏度相对降低。

实例11. 塔菲克 T_5BH 车用暖风水胶管

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
EPDM	100	硫化剂	2

促进剂	2.7	氧化锌	5
防老剂	2	炭黑	95
软化剂	50	硬脂酸	2

(2)性能(表 4-30)与评价

表 4-30 暖风水管胶料性能

项目		标准值	实测值
拉伸强度/MPa		≥6	11.5
拉断伸长率/%		—	384
邵氏硬度 A		—	79
撕裂强度/kN·m^{-1}		≥20	27.1
125℃,2d 热空气老化后	拉伸强度/MPa	≥8	13.6
	拉断伸长率/%	≥100	199.8
118℃,21d 冷却液老化后	拉伸强度变化率/%	≤30	9.2
	拉断伸长率变化率/%	≤40	-27.4
	体积变化率/%	≤5	1.05
	黏合强度/kN·m^{-1}	≥2.0	2.65
	产品爆破压力/MPa	≥0.9	1.4
	液体质量变化率/%	-1.0~+3.0	0.65

从结构设计、配方设计和生产工艺等几方面介绍了塔菲克 T_5BH 车用暖风水管的研制过程。结构上,以人造丝为骨架材料,采用针织结构;配方上,以 EPDM 4045 为主体材料,采用半有效硫化体系,防老剂 RD 和防老剂 MB 并用作防老体系,石蜡油作增塑剂;工艺上采用联动连续工艺生产半成品直管。采用以上方法制得的胶管全面满足了用户提出的性能要求。

实例 12. NBR 通气胶管

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NBR	100	氧化锌	5
硬脂酸	3	防老剂 D	0.5
防老剂 RD	0.5	防老剂 4010NA	0.5
半补强炉黑	120	增塑剂 DBP	20
硫黄	0.5	促进剂 TMTD	1.5
促进剂 CZ	1.5	丙烯腈	30~40

（2）性能（表4－31）与评价

表4－31 NBR通风胶管的性能

项目		数值
硫化胶性能（151℃，30min）	邵氏硬度A	69
	拉伸强度/MPa	13.5
	拉断伸长率/%	380
耐1#油性能（100℃，24h）	硬度变化/度	+13
	体积变化率/%	−15.3
耐3#油性能（100℃，24h）	硬度变化/度	−1
	体积变化率/%	+2.5

提高配方含胶率和减小增塑剂DBP用量可显著改善通气胶管胶料耐3#油性能。丙烯腈用量对NBR耐3#油性能影响较大，丙烯腈用量增大，耐3#油性能提高。不同丙烯腈用量的NBR并用可以获得耐1#和3#油性能俱佳的胶料。

实例13. 钢丝绳缠绕蒸汽胶管

（1）配方（质量份）

原材料	内层胶	外层胶
EPDM	100	100
CSM	10	10
炭黑N550/白炭黑	85	—
白炭黑/超细滑石粉	—	100
氧化锌/氧化锑/氧化铁	20	23
硬脂酸	0.5	2
防老剂MMBI/RD	4	4
石蜡油	30	20
黏合剂RF	2	2
树脂Escorez －1102	3	3
硅烷偶联剂A－172	1	2
活性剂PEG－4000	1.5	2
分散剂WB－212	1	1
硫黄	—	0.5
硫化剂DTDM	—	2
助交联剂TMPT	5	—
硫化剂DCP	2	—
促进剂BZ/M/TMTD/DPTT	—	3.5

(2)性能(表4－32和表4－33)与评价

表4－32　内层胶和外层胶的性能①

项　　目		内层胶	外层胶
邵氏硬度A		75	71
拉伸强度/MPa		14.4	11.6
拉断伸长率/%		384	416
拉断永久变形/%		8	17
压缩永久变形②/%		21	38
撕裂强度/kN·m^{-1}		29	34
脆性温度/℃		－40(未断)	－40(未断)
阿克隆磨耗量/cm^3		—	0.86
DIN磨耗量/cm^3		[illegible]	0.256
耐臭氧老化等级③/级		[illegible]	0
热空气老化后④	硬度变化/度	＋5	＋3
	拉伸强度变化率/%	－10	－6
	拉断伸长率变化率/%	－14	－28

①硫化条件为160℃,20min;②内层胶和外层胶试验温度分别为150℃和125℃,时间均为22h;③臭氧含量为0.05mg/L,伸长率为20%(40℃,72h);④内层胶老化条件为150℃,72h;外层胶老化条件为125℃,70h。

表4－33　钢丝绳缠绕蒸汽胶管成品的性能

项　　目			标准①	实测值
爆破压力/MPa			≥10	22.8
内层胶	邵氏硬度A			74
	拉伸强度/MPa			14.2
	拉断伸长率/%			392
	与骨架层黏合强度/kN·m^{-1}		≥1.5	②
外层胶	与骨架层黏合强度/kN·m^{-1}		≥1.5	②
	阿克隆磨耗量/cm^3		—	1.02
	DIN磨耗量/mm^3		≤300③	252
	耐臭氧老化等级④/级		0	0
	爆破压力降低率/%		≤15	13
蒸汽老化后⑤	内层胶	硬度变化/度	≤10	3
		拉断伸长率降低率/%	≤50	26
电阻(两端头间)/Ω			≤$10^6$③	<10^6

①HG/T 3036—1999;②剥离不开;③DIN 282…25/1—1994;④同表4－32注③;⑤蒸汽压力为1MPa(184℃),时间为168h。

从表4－33可以看出，钢丝绳缠绕蒸汽胶管的各项性能均符合标准要求。

胶管内径为32mm，最大工作压力为1.0MPa。胶管内外层胶所用生胶以EPDM为主，并用少量氯磺化聚乙烯橡胶（CSM），以提高耐热性。内层胶采用过氧化物硫化体系，补强体系为炭黑N550/白炭黑，防护体系为防老剂MMBI（2－巯基甲基苯丙咪唑）/RD。外层胶采用硫给予体/低硫/高促硫化体系，补强体系以白炭黑为主，其余组分的选择与内层胶基本相同。由该配方所生产的钢丝绳缠绕蒸汽胶管耐高压蒸汽性能优良、承压性好、管体柔软，使用效果好。

实例14. 氧气乙炔阻燃胶管

（1）配方（质量份）

原材料	配方1	配方2
SBR	—	30
NBR	100	70
FEF	50	50
DPO	10	10
硬脂酸	1	1
氧化锌	5	5
硫黄	2	2
促进剂DM	1	1

（2）性能（表4－34）与评价

表4－34 阻燃胶管的性能

项目		配方1	配方2
起火温度/℃	360～365	不起火	不起火
	370～375	不起火	起火
	380～385	起火	—
常态物理性能	邵氏硬度A	65	65
	拉伸强度/MPa	16.3	15.8
	伸长率/%	400	380

以NBR为基础的胶料制成的氧气乙炔胶管，在用于气焊、切割及其相关的作业时，从实用观点看，亦即从不损害硫化胶物理性能的观点看，这种

胶管可以充分地满足 JIS K 6333:1999 标准中规定的氧气乙炔胶管内层胶的标准值要求。

实例15. 矿用阻燃夹布风水胶管

(1)配方(质量份)

原材料	配方1	配方2
CR	60	60
BR	40	—
NR	—	40
ZnO	4	4
MgO	3	3
促进剂 DM	0.6	0.6
硫黄	0.6	0.6
防老剂 D	1.5	1.5
硬脂酸	1.5	1.5
古马隆树脂	5	5
炭黑	70	70
阻燃剂	88	88
陶土	20	20

(2)性能(表4-35~表4-36)与评价

表4-35 CR/BR 和 CR/NR 并用胶性能

项　　目	CR/BR(60/40)	CR/NR(60/40)
拉伸强度/MPa	8.4	9.0
伸长率/%	376	464
拉断永久变形/%	14	32
邵氏硬度 A	74	77
表面电阻/Ω	1.75×10^4	1.20×10^4
火焰自熄时间/s	2.2	4.6

结果表明,上述两种生胶并用体系其性能都能够达到标准要求,在工艺上也有效地解决了 CR 的粘辊问题,但从生胶的价格来说,因 BR 比 NR 便宜,所以选用 CR/BR 并用体系。

表 4－35　阻燃夹布风水胶管安全性能检测结果

项　　目	标　　准	实　　测
酒精喷灯燃烧试验	火焰和火星燃烧时间≤30s	2.48s
导电性能试验	正压用胶管其外壁表面电阻≤$1.6\times10^8\Omega$	$1.6\times10^6\Omega$

表 4－36　成品力学性能

项　　目		标准 内层胶	标准 外层胶	实测 内层胶	实测 外层胶
拉伸强度/MPa		≥5	≥6	8.0	6.4
拉断伸长率/%		≥250	≥300	338	480
70℃,72h 热空气老化	拉伸强度变化率/%	－25～25	－25～10	8.8	13.7
	拉断伸长率变化率/%	－30～10	－30～10	2.8	－21.7
黏合强度/ $kN\cdot m^{-1}$	内层胶—增强层	≥1.5		1.6	
	外层胶—增强层	≥1.5		1.9	
	增强层—增强层	≥1.5		2.2	
爆破压力/MPa		≥2.1		4.0	

局部阻燃与全部阻燃相比，其阻燃胶管的胶料成本费可降低。同时还减轻了阻燃剂对织物层的腐蚀和有毒物质对输送介质的影响。

采用 CR/BR 生胶并用体系，配合适量的通用阻燃剂和陶土，可以使阻燃夹布胶管获得理想的阻燃效果。

选用 ISAF 与 GPF 炭黑并用，完全可以满足胶管抗静电的要求。若胶料中采用含氯橡胶和含氯阻燃剂，则不宜用 $CaCO_3$ 作填料，否则将产生对抗作用而降低胶料的阻燃效果。

实例 16. 煤矿用难燃液压胶管

(1) 配方(质量份)

原材料	内层胶	外层胶
丁腈－26	100	—
丁腈橡胶	—	30
氯丁橡胶	—	70

硫化剂	2.5	1.0
氧化锌	5.0	4.0
促进剂	1.0	0.5
防老剂	3.0	2.0
补强剂	90	60
阻燃剂	—	38
增塑剂	3.0	16
其他助剂	17.5	28.5

(2)性能(表4-37)与评价

表4-37 成品性能测试结果

项目	指标	实测
爆破压力/MPa	≥80	102
脉冲性能/万次	≥20	>20
长度变化率/%	-4~+2	-0.67
耐3[#]标准油体积分数变化率(100℃,72h)/%	-15~100	13.8~18.5
上表面:表面电阻值/Ω	≤1×10^8	3.9×10^4
下表面:表面电阻值/Ω	≤1×10^8	3.3×10^6
平均燃烧时间/h	≤30	4.80

注 煤炭科学院上海检测中心测试结果。

由该配方制得的难燃液压胶管其物理性能达到标准要求;阻燃性能和导静电性能经煤炭科学院上海检测中心检测达到能源部MT-191-1989《煤矿井下用橡胶管安全性能检测规范》的标准要求。并获得煤炭科学院上海研究所井下工业性试验生产许可证,经实际应用产品性能良好,受到用户的高度评价。

实例17. 耐磨纤维缠绕喷砂胶管

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NR	50	炭黑 N220	50
BR	50	炭黑 N330	20
氧化锌	5	软化剂	10
硬脂酸	2	黏合剂	6

石蜡	2	硫黄	1.8
防老剂	3	促进剂 CZ	1
白炭黑	12	促进剂 M	0.5

(2)性能(表 4-38)与评价

表 4-38　耐磨纤维缠绕喷砂胶管成品内层胶性能

项　目	技术指标	本产品	意大利产品
拉伸强度/MPa	≥9.8	15.2	18.6
拉断伸长率/%	≥350	480	520
阿克隆磨耗量/cm^3	≤0.80	0.09	0.08
内层胶与纤维缠绕层黏合强度/$kN \cdot m^{-1}$	≥2	4.2	5.7

从表 4-38 可以看出,本产品内层胶耐磨性能与意大利同类产品接近,各项性能均超过技术指标要求。

通过合理的结构设计和对内层胶胶料配方进行优化,由该配方生产的耐磨纤维缠绕喷砂胶管性能接近进口同类产品的水平,用户试用后反映良好。

实例 18. 排吸芳香族溶剂的胶管

(1)配方

①内层胶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
氟橡胶	100	氢氧化钙	6
MT 炭黑	30	氧化镁	3
对羟基苯甲酸	0.5	促进剂 BPP	1
双酚 AF	2		

②过渡层胶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NBR	100	防老剂 BLE	8
炭黑	60	硫化剂 DCP	3
氢氧化钙	20	硫黄	0.5
氧化锌	5	助交联剂 TAIC	3
硬脂酸	1	促进剂 TRA	2
古马隆树脂	5	促进剂 D	1
增塑剂 DBP	10		

③外层胶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
CR	100	防老剂 BLE	5
炭黑	30	石蜡	3
氧化锌	5	促进剂 NA－22	1
活性氧化镁	4	促进剂 DM	1

（2）性能（表4－39）与评价

表4－39　内层胶、过渡层胶和外层胶的性能

项　　目			内层胶	过渡层胶	外层胶
邵氏硬度 A			77	73	55
拉伸强度/MPa			11.4	16.7	19.5
拉断伸长率/%			240	400	530
拉断永久变形/%			8	15	13
溶剂浸泡后（室温，72h）	甲　苯	质量变化率/%	1.78	—	—
		体积变化率/%	5.45	—	—
	二甲苯	质量变化率/%	1.09	—	—
		体积变化率/%	3.05	—	—
耐臭氧老化性能			—	—	不龟裂

注　硫化条件为160℃，20min。臭氧含量为0.5mg/L，伸长率20%，40℃，144h。

成品胶管的耐压强度为5.2MPa，各层间黏合强度为：内层胶—过渡层1.8kN/m，过渡层—胶布层2.2kN/m，胶布层—外层胶2.3kN/m。

成品胶管在甲苯中浸泡半年无明显变化，内层胶与过渡层胶黏合层保持良好。

采用氟橡胶作内层胶主体材料生产排吸芳香族溶剂胶管，内层胶外不用涂擦胶浆，不会造成环境污染。生产的胶管易弯曲，耐溶剂性能好，使用性能优异，且由于内层胶很薄，能够较好地控制成本。

实例19. 大口径钢编液压胶管

（1）配方

①内层胶管

原材料	质量份	原材料	质量份
NBR 2707	50	炭黑 N660	60
NBR 41L	50	软化剂	8

氧化锌	5	偶联剂	3
硬脂酸	1	防焦剂	0.3
防老剂	3	硫黄	2.5
炭黑 N330	20	促进剂	1.5

②外层胶

原材料	质量份	原材料	质量份
CR 322	70	黏合促进剂	10
SBR 1500	30	软化剂	10
硬脂酸	1	氧化锌	2
防老剂	3	氧化镁	4
炭黑	60	硫黄	0.5
填充剂	40	促进剂	1

(2)性能(表 4-40)

表 4-40 内、外层胶的物理性能

项 目	内层胶		外层胶	
	标准值	实测值	标准值	实测值
邵氏硬度 A	78~82	81	60~68	65
拉伸强度/MPa	>13	15.7	>11	12.2
拉断伸长率/%	>220	264	>300	364
拉断永久变形/%	<10	6	<20	16
φ0.30mm 钢丝抽出力/N	>110	182	>110	182
3#标准油浸泡后(100℃,72h)体积变化率/%	—	+23.7	—	—

注 硫化条件为 147℃,30min。

NBR 2707 二段塑炼,NBR 41L 一段塑炼。用 3 层 60 目滤网过滤母炼胶后再加入硫黄。内层胶挤出机头内装 2 层 20 目滤网。控制内层胶厚度为 2.5~2.8mm。内层胶挤出后到钢丝编织前不要超过 8h。

用压延机压出 1.8mm 厚的胶片,再裁成 180mm 宽的胶条,采取人工缠绕方式包外胶,包外胶后在包布机上缠绕水布。胶管硫化罐硫化条件为 151℃、0.38MPa、60min。

采用上述配方生产的钢丝编织液压胶管外观符合要求,1.5 倍工作压力下水压检测无泄漏,经多次对多种成品胶管的爆破检验结果均符合标准要求。生产和用户实际使用表明,该生产工艺合理,产品质量稳定。该钢丝编织液压胶管已通过国家煤矿安全监察局的认可。

实例20. 火电厂烟气脱硫除尘装置用胶管

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
EPDM 4725	100	均匀增黏剂40MSF	3
炭黑 N220	100	C_9 石油树脂	2
氧化锌	5	硫黄	1.5
硬脂酸	1	促进剂 M	0.9
石蜡油	65	促进剂 TMTD	1.9

(2)性能与评价 硫化胶性能(硫化条件为151℃,20min):密度1.147g/cm^3,邵氏硬度A 76,200%定伸应力5.7MPa,拉伸强度17.0MPa,拉断伸长率485%,拉断永久变形30%,阿克隆磨耗0.28cm^3。

胶管内层胶厚度为6mm,帘布层采用5层1100dtex/3聚酯浸胶帘布,金属螺旋线采用直径为3.2mm的钢丝,螺距为24mm。内层胶主体材料采用乙烯质量分数为70%的EPDM,硫化体系为硫黄/促进剂M/促进剂TMTD(并用比为1.5/0.9/1.9),补强剂采用炭黑N220(100份)。采用该结构和配方生产的胶管性能良好,使用寿命在1年以上。

五、橡胶胶辊

(一)简介

1. 胶辊的种类与特点

胶辊(辊筒)是工业中常用的重要部件,它以金属或其他材料为辊芯,外覆橡胶等材料,因此与纯金属辊筒相比,它具有弹性好、耐腐蚀、噪声小、吸水性强、硬度适中等优点。正是这些优点使得胶辊广泛地应用于造纸、印刷、印染、冶金和粮食工业等各个领域中。随着科学技术的不断发展和进步,胶辊的应用领域越来越广泛。为适应和满足各种不同的应用领域,胶辊的类型——包覆材料,除固体橡胶外也发展到了液体橡胶。固体橡胶与液体橡胶(聚氨酯)除了性能上有较大的差别外,因黏度差异很大,其成型工艺及设备也各不相同。

2. 胶辊制备工艺流程

(1)传统胶辊制备工艺流程

铁壳→清洁→检查
胶管→检查→(切割)
→套胶管→胶辊压圆整形→粗磨→胶辊再压圆整形→倒角→粗磨→擦洁→直径检分→漆头标识→表面处理(或不处理)→上盖加油→清洁上车

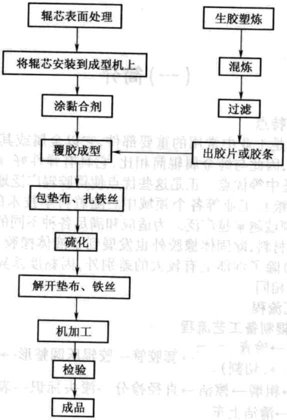
(2)改进后胶辊制备工艺流程

铁壳→清洁→检查
胶管→检查→(切割)
→套胶管→胶辊压圆整形→上盖加油→粗磨→胶辊再压圆整形→倒角→精磨→擦洁→直径检分→漆头标识→表面处理(或不处理)→清洁上车

3. 一般橡胶胶辊的成型工艺

橡胶胶辊的成型过程与其他固体橡胶制品相类似的是混炼胶的制备。首先用大功率开炼机对某些生胶进行塑炼,赋予生胶塑性,便于以后的成型加工;然后将生胶或塑炼胶与各种配合剂放入密炼机中进行均匀混合,因为胶辊对表面要求很高,胶料中不能混入任何杂质,否则会严重影响其使用性能,因此胶料混炼后必须进行过滤;而后是压片、压延,即压出薄厚均匀的胶片,以备下道成型工序使用;成型工序是胶辊生产中的一个重要环节,其方法也多种多样,在后面将着重介绍成型工序中的成型方法及特点;最后一道工序是将已成

型胶辊包上布并用铁丝扎紧，送入硫化罐硫化。硫化后还需车磨，以保证胶辊表面的光洁度和尺寸精度。橡胶胶辊的加工工艺流程如下所示。



橡胶胶辊加工工艺流程

橡胶包覆胶辊的成型方法主要有贴合法、缠绕法和挤出法，各种不同的成型方法所配备的设备也不同。

（二）纺织用橡胶胶辊

实例1. 抗静电 NBR 纺织胶辊胶料

（1）配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NBR	100	防老剂 RD	2.0
氧化锌	5.0	抗静电剂	1.5
氧化镁	10	明胶	35

硬脂酸	0.5	硫黄	2.5
白炭黑	15	导电乙炔炭黑	50
钛白粉	10	EVA	20
增塑剂 DBP	10		

(2)性能与评价 EVA 的用量为 20 份时，硫化胶的综合物理性能较好且体积电阻率(ρ_v)已减小至 $1.3\times10^{10}\Omega\cdot cm$，基本满足浅色纺织胶辊的物理性能和抗静电性能要求。

乙炔炭黑作导电填料，其用量对硫化胶物理性能和电性能的影响见表 5－1。乙炔炭黑的用量为 50 份时，硫化胶的物理性能和电性能(ρ_v = $2.3\times10^{5}\Omega\cdot cm$)基本上达到中等硬度胶辊物理性能和抗静电的要求。

表 5－1 乙炔炭黑用量对硫化胶性能的影响

项目	乙炔炭黑用量/份			
	0	50	80	110
拉伸强度/MPa	14.9	19.8	16.5	14.8
300%定伸应力/MPa	5.3	11.9	15.0	18.0
拉断伸长率/%	540	320	220	150
邵氏硬度 A	60	78	84	93
拉断永久变形/%	21	15	18	20
$\rho_v/\Omega\cdot cm$	1.24×10^{12}	2.3×10^{5}	3.7×10^{3}	1.1×10^{3}
表面电阻/Ω	1.22×10^{12}	4.2×10^{5}	5.0×10^{3}	2.7×10^{3}
吸湿率/%	1.38	1.48	1.23	1.15
放湿率/%	0.95	0.88	0.78	0.69

用 20 份 EVA 可制备抗静电浅色 NBR 纺织胶辊胶料；用 50 份乙炔炭黑可制备抗静电中等硬度 NBR 纺织胶辊胶料；若采用并用比为 5/45 的华光炭黑/乙炔炭黑并用体系，可制备抗静电性能更好的抗静电 NBR 纺织胶辊胶料。

实例 2. NBR/PVC 抗静电纺织胶辊

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NBR/PVC	60/40	硫黄	2.5
促进剂 CZ	1	促进剂 TMTD	0.3
氧化锌	5	氧化镁	15
硬脂酸	1	陶土	5
松香	1.5	增塑剂 DOP	15
防老剂 MB	1	硬脂酸铅	2.5
三盐基硫酸铅	1	ACET/ISAF	20/40

(2) 性能(表 5－2)与评价

表 5－2 中试成品性能

性能	指标	实测值
体积电阻率 $\times 10^{-3}/\Omega \cdot cm$	≤10	5.62
邵氏硬度 A	75±5	78
拉伸强度/MPa	≥15.4	17.56
拉断伸长率/%	≥480	485
拉断永久变形/%	≤14	14
阿克隆磨耗量/cm^3	≤0.034	0.0319
20#润滑油浸泡(130℃,24h)后质量变化率/%	≤4	3.40
耐臭氧屈挠龟裂性	20h 不裂	28h 不裂

注 硫化条件为 150℃,25min。

与经表面处理才具有抗静电性能的纺织胶辊比,NBR/PVC 抗静电纺织胶辊具有制备工艺简单、导电和抗臭氧龟裂性能好、无颜色污染、生产成本低等特点,实用性很好。

实例 3. 并条胶辊胶料

(1) 配方

原材料	质量份	原材料	质量份
丁腈/特种橡胶	100	活性剂	11
防老剂	3.5	硫化剂	2.5
促进剂	6	填充补强剂	80
抗静电剂	12	分散剂	2
偶联剂	2	着色剂	5.5
内润滑剂	2		

(2) 性能(表 5－3)与评价

表 5－3 试验配方胶料的力学性能

项目	指标	试验配方	生产大料
邵氏硬度 A	85±3	84	85
拉伸强度/MPa	≥15	18.0	18.5
拉断伸长率/%	≥300	350	356

续表

项目		指标	试验配方	生产大料
300%定伸强度/MPa		≥10	15.0	14.8
撕裂强度/$kN \cdot m^{-1}$		≥35	57	58
冲击弹性/%		≥30	46	45
阿克隆磨耗量/cm^3		≤0.05	0.03	0.034
恒定压缩变形(100℃,22h,压缩率25%)/%		≤35	25	26
体积电阻率/$\Omega \cdot cm$		$\leq 1.0 \times 10^{11}$	1.8×10^9	1.6×10^9
100℃,72h热空气老化	拉伸强度变化率/%	≥-15	5	6
	拉断伸长变化率/%	≥-25	-10	-9
	硬度变化/度	≤5	2	2
臭氧老化(40℃±2℃,0.5mg/L,36h,20%预伸)		不龟裂	不龟裂	不龟裂

注 硫化条件160℃,20min。

通过采用丁腈橡胶和特种橡胶并用,硫黄和过氧化物(硫化剂)硫化,白炭黑和功能材料HPS填充补强(填充补强剂),非离子和阴离子并用抗静电体系,并加以适当的活性剂、防老剂、偶联剂、分散剂和着色剂以及内润滑剂等材料,设计研制并条胶辊胶料。试验结果表明,该胶料物理性能符合要求,试制的并条胶辊性能优异,试纺效果良好,可满足高速并条机的使用要求。

实例4. 聚氨酯橡胶纺纱胶辊胶

(1)配方

①混炼型聚氨酯配方

原材料	质量份	原材料	质量份
生胶	100	活性剂	1
炭黑	30	硬脂酸镉	0.5
促进剂DM	4	硫黄	2
促进剂M	2		

②浇注型聚氨酯配方

原材料	质量份	原材料	质量份
预聚体	100	着色剂	0.2
1,4-丁二醇	3.2	防水剂	0.5
三羟甲基丙烷	1.3	消泡剂	1
静电剂	1.5		

其中,预聚体中 NCO 基团含量为4.1% ~4.2%(NCO 基团——异氰酸酯具有重叠双链的端基基团)。

(2)性能(表5-4~表5-7)与评价

表5-4 混炼型聚氨酯橡胶性能指标

项目	指标
邵氏硬度 A	72
拉伸强度/MPa	35.2
拉断伸长率/%	520
撕裂强度(C型)/kN·m⁻¹	63
压缩永久变形(88℃,22h)/%	30
回弹率/%	25
阿克隆磨耗量/cm³	0.012

注 硫化条件:145℃,15min;橡胶为美国 Elastothane-455。

表5-5 浇注型聚氨酯橡胶性能指标

项目	指标
邵氏硬度 A	65
拉伸强度/MPa	12.5
拉断伸长率/%	470
撕裂强度(C型)/kN·m⁻¹	3.1
压缩永久变形(88℃,22h)/%	6
体积电阻/Ω·cm	10^6
回弹率/%	42

表5-6 拜尔公司 KA8550 性能指标

项目	指标
邵氏硬度 A	78
拉断伸长率/%	700
断裂强度/MPa	30
阿克隆磨耗量/cm³	0.03
回弹率/%	43
撕裂强度/kN·m⁻¹	40

表 5-7　邵氏硬度 A 为 65~70 聚氨酯纺纱胶辊的性能

检验项目	检验结果
邵氏硬度 A	65~70
300% 定伸强度/MPa	5.2~9.0
拉断伸长率/%	520~500
拉伸强度/MPa	8~12
拉断永久变形/%	1.0~2.0
撕裂强度/kN·m^{-1}	40~70
回弹率/%	65~54
阿克隆磨耗量/cm^3	0.009~0.006

注　实验条件：温度为 25℃，相对湿度为 58%~60%。

聚氨酯胶辊是一种新型的纺纱器材，其最大的特点是具有极高的弹性，极好的耐磨性和优异的各项物理力学性能，但由于受材料本身的性能和选用工艺方法的差异，加之工艺的复杂性及材料成本高等因素影响，还不能大范围推广应用。

实例 5. 压出法制造纺织胶辊

(1) 配方（质量份）

原材料	配方 1	配方 2
丁腈 -26	100.0	100.0
硫黄	8.0	8.0
氧化锌	5.0	5.0
硬脂酸	1.5	1.5
氧化镁	10.0	10.0
促进剂 DM	2.0	2.0
钛白粉	15.0	15.0
轻质碳酸钙	35.0	35.0
防老剂 D	1.0	1.0
明胶	50.0	20.0
白炭黑	—	30.0

(2) 性能（表 5-8）与评价

表 5-8　硫化胶性能

性　　能	配方 1	配方 2
拉伸强度/MPa	18.52	16.68
拉断伸长率/%	188	142

续表

性　能	配方 1	配方 2
阿克隆磨耗量/cm^3	0.0382	0.0783
邵氏硬度 A	82	88
永久变形/%	14.8	14.2

明胶（骨胶）是蛋白质，属于高分子物质，对丁腈橡胶有良好的补强作用。此外，蛋白质即氨基酸，导电性较好，加入胶料中硫化后有良好的抗静电作用，而且胶料的耐磨性好。

实例 6. 模压法制造纺织胶辊

（1）配方

原材料	质量份	原材料	质量份
丁腈 – 26	100.0	促进剂 CZ	1.0
氯醋树脂	30.0	促进剂 TMTD	0.2
硫黄	10.0	沉淀法白炭黑	60.0
交联剂 DCP	0.2	钛白粉	5.0
硬脂酸	2.0	酞菁绿	0.02
增塑剂 DOP	15.0	硬脂酸钡	1.0
抗静电剂	5.0		

（2）性能与评价　硫化胶性能：拉伸强度 17.64MPa；拉断伸长率 340%；邵氏硬度A 83；阿克隆磨耗量 0.113cm^3；绿色。

丁腈橡胶的可塑度低，一般在 0.12 左右，经低温轧炼塑炼和薄通数次，并加入软化剂，能使可塑度增加。

丁腈橡胶与氯醋树脂都是强极性物质，相容性、耐油性较好，抗静电积累性能良好，硫化后的胶料耐磨性也较好。此外，加入硬脂酸钡，可防止树脂高温下受热分解。

（三）印染、印刷胶辊

实例 1. 耐混合有机溶剂低硬度白色印染胶辊

（1）配方（质量份）

原材料	配方 1	配方 2	配方 3
Keltan 4802	100	100	—
Keltan 578F	—	—	100
氧化锌	5	5	5

硬脂酸	2	2	2
硫黄	0.5	0.5	0.5
促进剂	4.6	4.6	4.6
防老剂 RD	1	1	1
白炭黑	30	40	30
轻质碳酸钙	15	10	15
钛白粉	10	10	10
石蜡油	25	30	25

其中，促进剂为 DPTT/BZ/DTDM/TMTD/DM 并用体系，其并用比为 0.6/1.2/1/0.8/1。

(2)性能(表 5－9 和表 5－10)与评价

表 5－9　胶料性能

项　　目		配方 1	配方 2	配方 3
硫化胶性能(150℃,40min)	邵氏硬度 A	50	56	60
	拉断强度/MPa	13.1	14.3	14.5
	拉断伸长率/%	410	370	360
在混合有机溶剂中浸泡后①	体积变化率/%	13.9	12.7	9.3
	质量变化率/%	8.8	8.1	6.9

①环己酮/甲苯/丙酮体积比为 70/20/10;浸泡条件为 25℃,24h。

表 5－10　成品胶辊性能

项　　目		指　标	实测值
邵氏硬度 A		50±5	52
在混合有机溶剂中浸泡后①	体积变化率/%	<20	12.8
	质量变化率/%	<20	8.6

①同表 5－9 注①。

该印染胶辊具有生产工艺简单、色泽稳定、耐混合有机溶剂性能好、硬度低、弹性好及生产成本低等特点，实用性很好。

实例2　耐热洗涤碱 CSM/CR 印染胶辊

(1)配方

原材料　质量份

CSM－40　65.0

原材料　质量份

碳酸钙　50.0

CR 320	35.0	滑石粉	30.0
活性 MgO	25.0	DOP	10.0
硬脂酸	2.0	着色剂	0.5
促进剂 DM	1.0	其他助剂	3.0

项目	数据		
邵氏硬度 A	80		
拉伸强度/MPa	11.3		
拉断伸长率/%	537		
拉断永久变形/%	16		
阿克隆磨耗量/cm^3	0.63		
浸泡 90℃浓洗涤碱液后	天数/d		
	3	5	10
邵氏硬度 A	81	82	82
拉伸强度变化率/%	+5	+7	+8
拉断伸长变化率/%	−10	−15	−15
表面是否突起、溶胀	无	无	无

化条件为 150℃,50min。

① 硫

用时间已超过四个月,均未见有块状脱层脱落现象,使用时间大大延长,证明该胶辊性能可靠。

质量份	原材料	质量份
70	黑油膏	15
30	白油膏	10
1.5	机油	10
1.5	氧化锌	10
1	碳酸钙	20
30	色料	2

质量份	原材料	质量份
100.0	促进剂 DM	1.0

有一批放在 80℃浓碱液中使象,比过去常规配方印染辊的

实例 3. 耐油印刷胶辊

原材料
丁腈 −26
天然橡胶
硫黄
促进剂 D
防老剂 A
邻苯二甲酸二丁酯

实例 4. 低硬度印刷胶辊

(1) 配方

原材料
丁腈橡胶 N41

软化剂膏	260.0	促进剂 M	1.0
明胶混合体	22.0	沉淀法的炭黑	10.0
氧化锌	5.0	氧化铁红粉	5.0
硬脂酸	1.5	防老剂 A	1.0
硫黄	3.0	防老剂 D	1.0

(2)性能(表5-12)与评价

表5-12　胶料硫化胶性能①

项　　目		数　　据
拉伸强度/MPa		2.7
邵氏硬度 A		15
回弹率/%		33
吸油率(25℃,24h)/%	在亚麻仁油中	8.11
	在煤油中	5.11

①硫化条件160℃,2h。

对低硬度印刷胶辊的质量要求是:硬度符合要求;长期受压力时无变形,在油墨浸蚀下无膨胀;传墨性能好,印字清晰。

胶辊是印刷机的重要部件,低硬度的印刷胶辊常用于传递油墨,通过胶辊将油墨传至印刷版上去,因此要求它能耐亚麻仁油、煤油或机油等物质,尤其是凸版印刷用的胶辊要求其硬度低,以便印刷的成品清晰。由该配方生产的胶辊可满足各项性能要求。

实例5. 新型酒精润版印刷胶辊

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NBR(KrynacE3438)	75	PVC	25
DOP	40	液体 NBR	30
硫黄	2.0	ZnO	5.0
硬脂酸	1.5	促进剂 TT	0.4
促进剂 CZ	1.0	高补强白炭黑	20
活性碳酸钙	20	黑油膏	30
防老剂 A+D	3	氧化铁红	4.0
亲水剂	1.0~2.0	稳定剂	2.0

(2)性能与评价　NBR/PVC并用胶经适当配合制得的低硬度酒精润版印刷胶辊与目前通用的纯NBR或CR胶辊相比,在耐热、耐臭氧、耐磨、耐介质性能方面均有大幅度提高。经数家印刷企业在高速印刷机、4色印刷

机等机型上使用证明,该胶辊在高速运转(2000r/min 以上)及接触酒精润版液的条件下与介质亲和性好,体积变形、硬度变化均较小,而且表面不易起胶刺和龟裂,磨耗小,使用寿命是老式胶辊的 2 倍以上,是印刷、印染行业理想的新型胶辊。

实例 6. 耐介质印刷胶辊

(1)配方(质量份)

原材料	配方 1	配方 2	配方 3
NBP 聚合物(ACN 35,门尼黏度 80)	100	100	100
硅藻土	20	20	20
油膏 D	30	30	30
增塑剂 DOP	50	—	—
增塑剂 DIDP	—	50	—
增塑剂 DINP	—	—	50
环氧大豆油	20	20	20
氧化锌	5	5	5
硬脂酸	1	1	1
促进剂 MBTS	2	2	2
促进剂 TMTD	1	1	1
硫黄	1	1	1

(2)性能(表 5-13)与评价

表 5-13　耐介质印刷胶辊物理测试数据

项目		配方 1	配方 2	配方 3
门尼黏度($ML_{1+4}^{100℃}$)		15	14	13
门尼焦烧(32℃)t_3/min		13	13	15
平板硫化 154℃,60min	拉伸强度/MPa	1.90	1.78	1.65
	拉断伸长率/%	330	320	275
	200%定伸应力/MPa	1.43	1.85	1.10
	800%定伸应力/MPa	1.88	1.72	—
	邵氏硬度 A	31	31	32
	压缩永久变形(70℃,70h)/%	22	21	18
	撕裂强度(C 型)/$kN \cdot m^{-1}$	10.4	10.3	9.5
	回弹率/%	65	64	64

对导致印刷胶辊产生体积溶胀、体积收缩及质量变化的主要因素进行了如下分析。

①要使体积溶胀较小，则应采用含 35% ACN 的聚合物；采用比例为 50/20 的 DOP/SOE 增塑剂。

②要使质量变化较小，则应采用含 35% ACN 的聚合物；采用配合比例为 50/20 的 DOP/SOE 增塑剂；油膏含量应高(30 份)。

③要使体积收缩较小，则应采用含 35% ACN 的聚合物；油膏含量应高(30 份)；采用配合比例为 50/20 的 DOP/SOE 增塑剂；以增塑剂 DINP 来替代 DOP。

实例 7. NBR /PVC 低硬度高速印刷胶辊

(1) 配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NBR/PVC	65/35	硫黄	0. 13
硫化剂 DTDM	1	促进剂 DM	0. 67
促进剂 TMTD	0. 33	促进剂 TETD	0. 67
硬脂酸	0. 67	氧化锌	3. 33
氧化镁	1. 33	增塑剂 DOP	26. 7(墨辊 53. 3)
液体 NBR	13. 3(墨辊 0)	聚酯 QS－2	26. 7
黑油膏	13. 3	液体古马隆树脂	6. 67
活性白炭黑	10	防老剂 2246/NAPM	2
颜料	适量		

(2) 性能(表 5－14)与评价

表 5－14 硫化胶性能

性　　能	本配方胶辊硫化胶		日本胶辊硫化胶①		德国胶辊硫化胶①		HG 2287—2001 标准(优等品)	
	墨辊	水辊	墨辊	水辊	墨辊	水辊	墨辊	水辊
邵氏硬度 A	25～27	29～32	25～26	30～32	25～27	30～32	25～35	25～35
拉伸强度/MPa	4. 1	4. 7	4. 2	4. 4	4. 1	4. 3	≥3	≥3
拉断伸长率/%	710	780	970	910	660	730	≥450	≥450
拉断永久变形/%	16	12	32	28	18	14	≤14	≤14
回弹率/%	39	41	43	47	42	46	≥35	≥35
在酒精溶液中浸泡后(室温,24h)质量变化率/%	—	－2. 7	—	＋3. 4	—	－2. 1	—	—
在亚麻仁油中浸泡后(室温,24h)质量变化率/%	－1. 5	—	＋0. 6	—	－1. 7	—	－6～＋4	－6～＋4

①由进口混炼胶硫化而成，各胶料硫化条件均为 145℃，20min。

由该配方生产的 NBR/PVC 低硬度高速印刷胶辊具有强度高、耐油墨性能和机加工抛光性能好、体积变形小和使用寿命长等优点，受到用户好评。

实例 8. NBR/PVC 低硬度胶辊

(1) 配方

原材料	质量份	原材料	质量份
1204D	280	钛白粉	5
活性氧化锌	3	白炭黑	20
硬脂酸	1	DOP	20
防老剂 A	1	古马隆树脂	10
防老剂 D	1	硫化体系	5.5
钛菁蓝	2		

其中：1204D 为 NBR/PVC/DOP = 100/60/120。

(2) 性能(表 5－15)

表 5－15　该配方物理性能

项目		数值
门尼黏度($ML_{1+4}^{100℃}$)		18
硫化仪数据	M_L/N·m	3.14
	M_H/N·m	8.21
	t_s/min	7.36
	t_{10}/min	7.37
	t_{50}/min	10.41
	t_{90}/min	13.44
物理性能	300% 定伸强度/MPa	1.17
	500% 定伸强度/MPa	2.29
	拉伸强度/MPa	4.03
	拉断伸长率/%	612
	邵氏硬度 A	32
	回弹率/%	32
	永久变形率/%	12

续表

项目		该配方	
	浸泡时间	质量变化率/%	体积变化率/%
石家庄报社酒精润板液	24h	2.57	3.30
	48h	3.23	3.29
	72h	3.44	3.93

该配方制品经过3个月至半年印刷试验，已满足酒精润板液印刷工业的要求，同时满足印刷工业中油墨印刷的要求，并已经应用于印刷油墨用磁卡、信用卡等，获得用户好评。该配方试制低硬度(20~40)印刷胶辊，其混炼工艺性能好，物理性能稳定，半成品存放过程中尺寸稳定性好，成品合格率可达96%~98%，已满足批量试生产的需要。但该配方制品低温弹性和压缩变形性能方面尚需进一步改进。

实例9. PVC/NBR/BR浅色胶辊

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
PVC	30	NBR	60~70
BR	0~10	硫黄	0.3
硫化剂 DCP	2.5	氧化锌	5
促进剂 DM	0.4	增塑剂 DOP	25~30
防老剂 MB	1.0	硬脂酸钡	2.0
白炭黑	30~40	硬脂酸	1~1.5

(2)性能与评价 PVC/NBR/BR三元共混弹性体中，随BR加入量的增加，共混体系的拉伸强度、拉断伸长率、耐油性均下降，而回弹率、硬度提高。当PVC/NBR/BR=30/60/10时，配以过氧化物加少量硫黄的硫化体系及白炭黑等助剂，经模压可制得性能较好的浅色橡塑胶辊。

在PVC/NBR/BR三元共混弹性体中，填充剂以白炭黑的补强效果最好，陶土次之，碳酸钙最差。

制造浅色橡塑并用胶辊时，稳定剂可选择有机锡、硬脂酸钡、硬脂酸锌、

硬脂酸钙等。防老剂应选择酚类或防老剂 MB 等，而不应选用铅、镉类稳定剂，以免在硫化时引起污染。

硫化体系对浅色橡塑并用胶辊的力学性能影响不大，耐老化性能较好的硫化体系为硫给予体硫化体系和过氧化物加少量硫黄的硫化体系。

实例 10. NBR/CR 彩色印刷胶辊

(1) 配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NBR	70	CR	30
硫黄	1.5	促进剂 CZ	2
促进剂 TMTD	0.15	ZnO	5
硬脂酸	2	防老剂 4010NA	1.5
$CaCO_3$	30	DBP	25
橡胶大红 LG	1		

(2) 性能(表 5－16)与评价

表 5－16　胶辊料的性能对比

项　目	NBR	NBR/CR＝70/30
邵氏硬度 A	28	29
拉伸强度/MPa	0.93	1.08
拉断伸长率/%	620	580
阿克隆磨耗量/cm^3	1.69	1.58
拉断永久变形/%	12	12
耐油质量变化率(室温,24h)/%	+0.5	+0.45

由 NBR/CR 并用胶制作彩印胶辊工艺简单，产品质量稳定，合格品率较高。NBR/CR 并用胶物理力学性能较好，能满足彩印胶辊的使用要求。

(四)其他胶辊

实例 1. 天然橡胶(NR)海绵胶辊

(1)配方

原材料	质量份
3#烟片胶	100
10#机油 + 松焦油	10 ~ 20
发泡剂 OBSH + 碳酸氢钠	3 ~ 5
防老剂 A + D	3 ~ 4
高耐磨炉黑 + 喷雾炭黑 + 碳酸钙	120 ~ 150
硫黄 + 促进剂 NOBS	2. 8 ~ 3. 2
氧化锌 + 硬脂酸	8

(2)性能与评价 硫化海绵胶的视密度为 0. 3g/cm^3。胶料混炼时,混炼胶的门尼黏度值控制在 35 ~ 45 之间;胶辊成型时,包布的张力为 300 ~ 500N,铁丝的缠绕张力为 800 ~ 1200N;胶辊的硫化温度为 140 ~ 150℃,硫化时间为 60 ~ 150min;胶辊的车削和磨削工艺参数应严格控制。

该 NR 海绵胶辊的体积压缩率大、吸液性和弹性好,可满足用户使用要求。

实例 2. 丁腈/乙丙橡胶海绵胶辊

(1)配方

原材料	质量份
丁腈橡胶 N215SL	80
乙丙橡胶 EPT4021	20
高耐磨炉黑(Seast 3)	5
硬脂酸	1
发泡剂 AC#3	7
发泡剂 N5000	3
粉状硫黄	1. 5
二硫化四乙基秋兰姆(促进剂 TETD)	1. 5
2 - 巯基苯并噻唑(促进剂 M)	1
N - 环己基 - 2 - 苯并噻唑亚磺酰胺(促进剂 CZ)	0. 6

(2)性能与评价 由该配方所制造的胶辊,其轴芯和海绵橡胶层的黏合强度比较高,而且该胶辊的外径以及电阻值的稳定性优异。

实例3. 微波干燥生产线用食品级胶辊

(1) 配方

原材料	质量份	原材料	质量份
丁苯橡胶	100	氧化锌	5
硬脂酸	1	Ts-3白炭黑	30
医用滑石粉	20	硫酸钡	10
DOP	5	软化剂	10
防老剂4010NA	0.5	防老剂MB	1
防老剂261	1	促进剂CZ	1.2
硫黄	1.5		

(2) 性能与评价 150℃, 50min 硫化胶性能：邵氏硬度A 48；拉伸强度14MPa；拉断伸长率420%；阿克隆磨耗量0.24cm^3。

100℃, 24h 热空气老化后：邵氏硬度A 51；拉伸强度14MPa；拉断伸长率370%。

胶料性能符合确定的技术指标。

该胶工艺性能良好，用包贴法可顺利完成生产。第一批8根胶辊一次合格率达100%，外观洁白，表面光滑，无色点，无痕迹，经主机厂装机配套使用后，情况良好，满足了使用要求，寿命已近一年仍完好无损，受到用户好评。

实例4. 仿石胶辊

(1) 配方

原材料	质量份
NR	100
碳酸钙	73
氧化镁	8
炭黑	0.5
硫黄	42
促进剂D	0.8

(2) 性能(表5-17)与评价

表5-17 胶料性能

项目	指标	实测值
邵氏硬度D	≥85	85
拉伸强度/MPa	≥35	38
拉断伸长率/%	≥5	7

续表

项目		指标	实测值
冲击强度/$kJ \cdot m^{-2}$		≥300	386
压碎强度/MPa		≥150	199
阿克隆磨耗量/cm^3		≤0.2	0.1
在硫酸溶液中浸泡后①	硬度变化/度	±3	0
	质量变化率/%	±5	0
在氢氧化钠溶液中浸泡后②	硬度变化/度	±3	-1
	质量变化率/%	±5	-1

① 23℃,168h,硫酸质量分数为10%;②23℃,168h,氢氧化钠质量分数为10%。

成品胶辊在模拟试验机(线压力300kN/m,线速度1500m/min)上运转6个月,没有出现脱壳(橡胶覆层与辊芯分离)、脱层(胶层之间分离)、表面龟裂和磨损等现象,完全满足设计要求。

实际使用证明,与天然石辊相比,仿石胶辊质量小、硬度高、抄纸和释纸性能好、抗冲击、耐磨、耐酸碱腐蚀及生产效率高,是天然石辊的理想替代品,具有较好的社会效益和经济效益。

实例5. 聚氨酯胶辊

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
聚四亚甲基二醇	100	三乙醇胺	20~40
甲苯二异氰酸酯	10~40	丁二醇	5~15
乙醇	10~25	3,3-二氯-4,4-二氨基二苯基甲烷	10~30
钛白粉	0.5~1.3		
甘油	10~30		

(2)性能与评价 采用该聚氨酯材料生产的产品具有优异的耐磨、耐高温、耐腐蚀和耐老化等性能,而价格仅为一般橡胶制品的1~2倍,尤其是聚氨酯胶辊能在高转速和喷雾工业甘油的工作环境中使用3个月不发生任何变化,其综合性能优于国外同类产品。

实例6. NBR与NBR/PVC包胶胶辊

(1)配方(质量份)

原材料	NBR胶辊	NBR/PVC胶辊
NBR(中等丙烯腈含量)	100.0	—
NBR/PVC	—	100.0

油膏	10.0	10.0
氧化锌	20.0	20.0
硬脂酸	1.0	1.0
沉淀白炭黑	25.0	25.0
古马隆树脂	15.0	15.0
钛酸正丁酯	15.0	25.0
滑石粉	50.0	50.0
硫黄	2.0	2.0
MBTS	1.5	1.5
促进剂 TMTM	0.3	0.3

其中,NBR 和 NBR/PVC 均为 Uniroyal 化学公司生产。

(2)性能(表 5-18)与评价

表 5-18 NBR 和 NBR/PVC 胶辊的性能对比

项　目		NBR 胶辊	NBR/PVC 胶辊
门尼黏度($ML_{1+4}^{100℃}$)		34	37
149℃平板硫化 30min	邵氏硬度 A	62	70
	拉伸强度/MPa	15.0	11.4
	拉断伸长率/%	690	525
NBS(美国国家标准局)磨耗指数		41	50

油膏的使用旨在使胶料具有良好的加工性能和粉碎性能。古马隆树脂用以增大胶料的成型黏合力。即使在 NBR/PVC 胶料中另加入 10 份增塑剂,该胶料仍比相应的 NBR 胶料硬度高且耐磨性好。

实例 7. 砻谷用 NBR 胶辊

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NBR(中等丙烯腈含量)	100.0	辛基化二苯胺	1.0
沉淀白炭黑	60.0	硫黄	2.5
酚醛树脂	15.0	CBS	1.5
邻苯二甲酸二辛酯	15.0	硫基硅烷	1.0
氧化锌	5.0	六次甲基四胺(含量65%)	2.0
硬脂酸	1.0		

(2)性能(表5-19)与评价

表5-19 砻谷用NBR胶辊性能[①]

项目	数值
邵氏硬度A	90
拉伸强度/MPa	18.6
拉断伸长率/%	400

①平板硫化条件为160℃,20min。

沉淀白炭黑与硅烷偶联剂结合使用,可使胶料具有砻谷用途所需的高强度和高耐磨性。采用六次甲基四胺硫化酚醛树脂,酚醛树脂在硫化时可提高胶料的硬度、强度和耐磨性能。该酚醛树脂在硫化前起着热塑性塑料的作用,因而可改善胶料在混炼温度和压延温度下的加工性能。

实例8. 通用EPDM胶辊

(1)配方

原材料	质量份
EPDM	100.0
炭黑N550	65.0
石蜡油	45.0
氧化锌	5.0
硬脂酸	1.0
过氧化二异丙苯(含量40%)	7.0
亚乙基二甲基丙烯酸酯	2.0

(2)性能(表5-20)与评价

表5-20 通用型EPDM胶辊性能

项目		数值
平板硫化 170℃,20min	邵氏硬度A	56
	300%定伸应力/MPa	7.5
	拉伸强度/MPa	13.6
	拉断伸长率/%	160
贴合圆盘百分率/%		10.2

通用型EPDM胶辊胶料配方中采用石蜡油,这是因为石蜡油与过氧化

物硫化体系的相容性极大。过氧化二异丙苯硫化体系与甲基丙烯酸酯树脂一起使用,使胶辊在硫化后具有极佳的压缩永久变形性和耐热老化性能。此外,液态甲基丙烯酸酯树脂还有助于未硫化胶料的加工。

六、工业用橡胶板与衬里

(一)工业橡胶板

工业橡胶板主要是为了机械工业用以冲切、剪裁设备用的各种密封垫圈和垫片。现已扩展到电工电子、石油化工等领域。这类工业橡胶板的橡胶消耗量,通常已占到橡胶工业用胶量的2%以上,与输送带、传动带、夹布胶管、编织胶管大体相当。

工业橡胶板的种类视制造方法、橡胶原料及用途而不同,其分类方法也各不相同。一般有普通、耐热、耐酸碱和耐油4类胶橡板。以制造方法来分,有平板硫化机、鼓式硫化机压制硫化和硫化罐卷蒸硫化两大类,而前者占绝大部分,后者已下降到不足10%。高档胶板全部为压制硫化,价格也高。由于其厚度均匀,尺寸精度高,质量稳定性好,最适于静态固定用的密封垫圈,尤其是大型的垫片。

以平板硫化机制造的胶板,由于平板上有四框铁板固定限制,且施以1.5MPa以上的压力,制品的上下面还覆上电镀钢板或不锈钢钢板并涂有光洁的液体隔离剂等,所以外表十分美观。实际上,它也可以说是一种模制的橡胶板,完全能够满足一般工业密封件的质量要求。这种橡胶板的尺寸受平板硫化机平板规格的限制,大多在(0.5m×0.5m)~(0.8m×0.8m)范围内,厚度可薄至0.5~2.0mm,也能厚到5~20mm。为防止密封垫片伸张变形,有时在橡胶板的中间或外表面夹入或衬上布料进行补强。

对于尺寸更大的橡胶板则用鼓式硫化机生产,外观光滑,尺寸稳定性也好,其宽×长可高达1m×100m,常以卷状出售。要求不高的可将未硫化的橡胶板在硫化缸内卷蒸硫化。但这种硫化方法不仅蒸汽消耗量大、尺寸稳定性不好,而且也难以制出极软或过硬的橡胶板,同时厚度也受到很大限制,物理力学性能也不理想。目前,除了价格上的优势外,由于污染环境,已很少采用。橡胶板生产总的趋势是向多层平板和鼓式硫化的方向发展。

实例1. 工业橡胶板配方

(1)普通工业橡胶板配方

原材料	质量份	原材料	质量份
5#烟片胶	40	促进剂 CZ	1.8
顺丁橡胶	60	防老剂 AW	1.5
鞋类再生胶	180	石蜡	3
氧化锌	5	高耐磨炉黑	40
硬脂酸	3	钙镁粉(双飞粉)	90
硫黄	4	30#机油	30

(2)2000t 橡胶支座配方

原材料	质量份	原材料	质量份
1#烟片胶	100	防老剂 A	1
氧化锌	5	防老剂 D	1
硬脂酸	2	防老剂 H	0.3
促进剂 CZ	5	防老剂 4010	1.5
硫黄	0.3	高耐磨炉黑	75
石蜡	0.5	软化剂	5

(3)工业用绝缘橡胶板配方

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	100	碳酸钙	60
氧化锌	5	滑石粉	60
硬脂酸	1.5	碳酸镁	30
防老剂 D	1	操作油	15
石蜡	1	着色剂	4
促进剂 TMTD	3		

(4)导电橡胶靶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	100	氧化锌	5
硫黄	1.7	硬脂酸	2
促进剂 D	0.5	防老剂 D	1.2
促进剂 M	0.6	乙炔炭黑	110
促进剂 TMTD	1.5	机油	5

(5)A型浮选机定子衬胶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
烟片胶	40	氧化锌	5
顺丁胶	60	硬脂酸	2.5
硫黄	1.6	ISAF	30
促进剂 CZ	1.0	HAF	20
促进剂 DM	0.5	邻苯二甲酸二丁酯	5

防老剂 4010NA	1.0	石蜡	1
防老剂 D	0.5		

(6)采煤电机橡胶衬里配方

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	50	HAF	20
丁苯橡胶	50	石英粉	20
硫黄	26	硫酸钡	40
促进剂 D	1.2	滑石粉	60
硬脂酸	0.5	古马隆树脂	7
氧化镁	4	松焦油	5
防老剂 D	1.5	干燥剂 RD－100	6

(7)耐寒橡胶衬里配方

原材料	质量份	原材料	质量份
3#烟片胶	100	防老剂 A	1
硫黄	2	防老剂 D	1
促进剂 M	1	HAF	30
促进剂 DM	0.3	硫酸钡	53
氧化锌	5	古马隆树脂	5
硬脂酸	2		

(8)导电橡胶按键接点胶料配方

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	100	防老剂 4010	1.5
氧化锌	5	超导电炭黑	120
硬脂酸	4	促进剂 TMTD	[illegible]

(10)磁性橡胶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	100	防老剂 D	1
促进剂 DM	1	机油	10
促进剂 D	0.05	松焦油	5
氧化锌	5	锶铁粉	200
硬脂酸	1.5	硫黄	2.0~2.5

(11)橡胶筛板胶料配方

原材料	质量份	原材料	质量份

[redacted]

(15)泥泵衬里胶料配方

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	70	促进剂 DM	0.2
顺丁橡胶	30	硫黄	
氧化锌	5	防老	
硬脂酸	2	HAF	
促进剂 CZ	1.0	松焦	

(16)彩色橡胶地毯胶料配方

原材料	质量份	原材料
NR/BR	100	石蜡
硫黄	1.2	防老剂
促进剂 CZ	1.5	防老剂
促进剂 TMTD	0.2	填料
氧化锌	5	颜料
硬脂酸	4	

(17)橡胶叶轮胶料配方

原材料	质量份	原材料
丁腈-26	100	防老剂
硫黄	0.4	防老剂
促进剂 DM	1.2	高耐磨
促进剂 TMTD	1.4	喷雾炭
氧化锌	5	癸二酸
硬脂酸	1	DCP
防老剂 4010NA	1	

(18)橡塑并用纺织胶辊配方

原材料	质量份	原材料
NBR-26	70	硬脂酸
氯醋树脂	30	DOP
硫黄	10	白炭黑
DCP	0.8	二氧化
促进剂 CZ	1	防老剂
促进剂 TMTD	0.2	酞菁绿
氧化锌	5	

(19)囊式蓄能器胶囊配方

原材料	质量份	原材料
丁腈-26	100	氧化锌
硫黄	1.5	硬脂酸

促进剂 CZ	0.8	喷雾炭黑	25
促进剂 DM	0.2	中超耐磨炉黑	25
防老剂 MB	1	癸二酸二丁酯	20
防老剂 4010NA	1		

(20)硅橡胶电线套管配方

原材料	质量份	原材料	质量份
甲基乙烯基硅橡胶	100	2,5-二甲基-2,5-二叔丁基过氧己烷	1.0
2#气相法白炭黑	30		
4#气相法白炭黑	15	二苯基硅二醇	3~5

实例 2. 重型铁路钢轨用橡胶垫板胶料

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NR/SBR	80/20	氧化锌	5
硬脂酸	2	石蜡	2
防老剂 4010NA	1	防老剂 D	1
高耐磨炉黑+白炭黑	65	陶土(苏州产)	40
古马隆树脂	5	硫黄+促进剂	4.2

(2)性能(表 6-1)与评价

表 6-1　重型铁路钢轨用橡胶垫板硫化胶的性能

项　　目		标准	实测值
拉伸强度/MPa		≥12.5	16.0
拉断伸长率/%		≥250	280
200%定伸应力/MPa		≥9.5	10.0
邵氏硬度 A		72~80	80
压缩永久变形(100℃,24h)/%		≤30	20
阿克隆磨耗量/cm^3		≤0.6	0.45
工作电阻/Ω		≥10^6	10^8
100℃,72h 热空气老化后	拉伸强度/MPa	≥10	10.9
	拉断伸长率/%	≥150	200
	静刚度(60-12-17 型)/$kN \cdot mm^{-1}$	40~60	55

该重型铁路钢轨用橡胶垫板硫化胶性能完全达到标准,且该产品已通过技术鉴定,实际使用效果较好。

实例3. 铁路混凝土轨枕橡胶垫板

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
丁苯橡胶	100	DCP	2.0
助交联剂 TAIC	2.5	硬脂酸	1.0
氧化锌	5.0	防老剂 2246	1.5
石蜡	1.0	补强填充剂	105

(2)性能(表6-2)与评价

表6-2　产品力学性能

项目		指标	实例
邵氏硬度 A		72~82	80
拉伸强度/MPa		≥12.5	13.1
拉断伸长率/%		≥250	298
200%定伸应力/MPa		≥9.5	11.9
恒定压缩永久变形(100℃,24h)/%		≤30	12
阿克隆磨耗量/cm^3		≤0.6	0.32
工作电阻/Ω		≥10^6	2.2×10^6
100℃,72h 热空气老化后	拉伸强度/MPa	≥10	18.3
	拉断伸长率/%	≥150	260
静刚度(60-10-17型)/$kN\cdot mm^{-1}$		90~120	106

注　硫化条件170℃,7min。

采用丁苯橡胶为主体材料研制的橡胶垫板,通过选择适宜的配方及加工工艺,产品性能达到了标准要求。

实例4. 青藏铁路轨枕橡胶垫板

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
EPDM	100	炭黑 N539	45
滑石粉	50	防老剂 RD	1
紫外线吸收剂 UV-2	0.3	DCP	3.7
硫黄	0.3		

(2)性能(表6-3)与评价

表6-3 铁路轨枕橡胶垫板成品性能

项目		指标	实测值
邵氏硬度 A		72~82	77
200%定伸应力/MPa		≥9.5	9.8
拉伸强度/MPa		≥12.5	14.4
拉断伸长率/%		≥250	270
压缩永久变形(100℃,24h,压缩率50%)/%		≤30	13.6
脆性温度/℃		≤-50	-60
100℃,72h 热空气老化后	硬度变化/度	—	1
	200%定伸应力保持率/%	—	101
	拉伸强度保持率/%	≥90	97
	拉断伸长率保持率/%	≥70	96
紫外线老化后	硬度变化/度	—	0
	200%定伸应力保持率/%	—	95
	拉伸强度保持率/%	≥95	99
	拉断伸长率保持率/%	≥90	103
电阻/Ω		$\geq 1\times10^{6}$	1.2×10^{7}

采用本配方生产的铁路轨枕橡胶垫板耐老化性能和耐紫外线性能良好,已在青藏铁路上安装使用一年多,未出现异常现象(如开裂等),目前仍在继续使用。

实例5. 铁路钢轨橡胶垫板

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
SBR	80	硬脂酸	2
NR	20	防老剂4010	1.2
氧化锌	5	混气炭黑	60
石蜡	2	促进剂 DM+促进剂	4.6
防老剂 D	1.2	TMTD+硫黄	
苏州陶土	60		

(2)性能(表6-4)与评价

表6-4 胶料力学性能

项目	指标	半成品	成品
硫化条件(160℃)/min	—	10	10
邵氏硬度A	80±5	82	82
拉伸强度/MPa	≥12.8	19	17
200%定伸应力/MPa	≥9.8	15	14
永久变形率/%	≤25	12	14

该橡胶垫板成本大幅度降低,配方中并用20份天然橡胶能够明显改善加工工艺条件,而且能充分利用生产中的扒皮天然橡胶和低等级的天然橡胶,各项物理性能符合标准要求。

橡胶垫板中,不适合用电离性强的炉法炭黑,其对电绝缘性影响很大,会大大降低其电阻率,经过大量的试验发现,混气炭黑几乎是橡胶垫板的唯一选择。

对于高硬度、高填充的橡胶胶料,通过改善工艺,能够用密炼机混炼,完成一次加硫化剂的设想,克服了用开炼机混炼劳动强度大、动能消耗大、胶料物理性能不稳定的缺点。

实例6. 普通耐油胶板

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NBR/PVC	120~130	防老剂	1.0
再生胶	50~10	硫黄	2~3
硬脂酸	1.5	增塑软化剂	50~70
ZnO	5.0	补强填充剂	160~180
促进剂	1.5	其他助剂	适量

(2)性能(表6-5)与评价

表6-5 耐油胶板新配方胶料性能

项目	标准	生产配方胶料
邵氏硬度A	75±5	74
拉伸强度/MPa	≥6.9	8.2
拉断伸长率/%	≥250	360
拉断永久变形/%	≤25	20

续表

项　目		标　准	生产配方胶料
老化系数(90℃,24h)		≥0.75	0.99
耐油性能(质量变化率)/%	浸汽油+苯后(常温,24h)	0~20	0.7
	浸45[#]变压器油后(70℃,24h)	-10~3	0.9

所设计的耐油胶板新配方从生胶到增塑软化剂及补强填充剂均摆脱了传统的选料思路和方法,所制得的产品在某些方面也优于传统的耐油胶板,而且新配方胶料工艺性能更优,产品一级品率高,与原配方相比成本大幅度下降。

实例7. 耐油胶板

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
丁腈-26	29.94	邻苯二甲酸二丁酯	1.99
丁腈-18	19.96	松焦油	2.49
氧化锌	2.49	古马隆树脂	1.50
硬脂酸	0.99	促进剂 DM	0.20
防老剂 A	0.50	促进剂 M	0.50
混气炭黑	9.98	促进剂 D	0.25
半补强炉黑	19.96	硫黄	1.25
轻质碳酸钙	7.98		

(2)性能(表6-6)与评价

表6-6　硫化橡胶板物理性能

项　目		数　值
邵氏硬度 A		73
拉伸强度/MPa		13.62
拉断伸长率/%		406
拉断永久变形/%		8
耐油性能(质量变化率)/%	浸汽油+苯(配比为3:1)后(室温,24h)	+23.9
	浸汽油后(室温,24h)	+7.7
	浸45[#]变压器油后(70℃,24h)	+9.4

耐油胶板的混炼与普通胶板基本相同，在混炼时炭黑和软化剂可交替加入，混炼时辊温不宜太高。该工艺采用的混炼温度为：前辊(55±5)℃，后辊(50±5)℃。耐油胶板在大平板硫化机上硫化，选用不同的硫化温度进行试验，气压分别是0.4MPa和0.45MPa，时间都为10min，结果物理性能基本相同。耐油胶板需要进行外观、尺寸、物理性能的检验。

实例8. 550石棉橡胶板

(1)配方

原材料	质量份
1#特种橡胶	7~10
2#特种橡胶	4~6
功能增塑剂	1~3
填料(325目硅灰石粉)	10~20
三级石棉	50~80

(2)性能(表6-7和表6-8)与评价

表6-7 国产550石棉橡胶板标准值与KLINGERIT公司产品比较

项　目	国产550(标准值)	澳大利亚产①	
		K-U 550	K-550
压缩性/%	7~17	10	10
回弹率/%	>60	55	55
拉伸强度/MPa	—	23/42	23/35
强度变化率/%	12/17	-20	-40
浸油增重率/%	<15	10	12
浸油增厚率/%	<12/15	8/12	20/15
烧失量/%	<28	22	21
密度/g·cm^{-3}	1.5~2.0	1.95	1.95

①数据来源于KLINGERIT公司产品样本。

表6-8 国产550石棉橡胶板实测值与华尔卡公司产品对比

项　目	国内550(实测值)	华尔卡公司①1500AC
密度/g·cm^{-3}	1.9	1.89
拉伸强度/MPa	—	290
烧失量/%	26.8	26
回弹率/%	67.5	55
浸油增厚率/%	8.8	25
浸油强度减少率/%	—	20
浸油强度/MPa	20.6	—

①数据来源于内部资料《国外石棉制品资料汇编》。

本产品密封性能良好，可顶替同类进口产品，性能达到国外同类产品先进水平。该产品性能、价格较高，发展前景广阔，具有显著的社会效益和经济效益。

实例9. 无石棉纤维橡胶板

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
氟橡胶 26	3~5	防老剂	0.2~0.8
羧基丁腈橡胶	3~5	软化剂	0.5~1.0
1#烟片胶	5~10	颜料	0.5~1.8
硫化剂 1#	0.1~0.5	表面吸附剂	2.0~3.5
硫化剂 2#	0.1~0.3	填料	25~35
促进剂	0.1~0.5	芳纶浆粕纤维	20~30

(2)性能与评价 采用芳纶浆粕纤维的无石棉纤维橡胶板实测物理性能：室温横向拉伸强度≥13.93MPa；浸滑油拉伸强度≥13.09MPa；浸滑油吸油率≤5.5%；浸滑油增厚率≤1.62%；浸煤油拉伸强度≥10.81MPa；浸煤油吸油率≤11.83%；浸煤油增厚率≤4.91%；压缩率10.40%；回弹率≥61.54%；密度1.2~2.0g/cm^3；柔软性好，无裂纹；密封性好，无泄漏。

经测试，产品全部达到企业标准。

无石棉纤维橡胶板作为第二代新型板材型静密封垫片材料，是石棉橡胶板密封材料的替代品。它耐高温，耐滑油、燃油，密封性好，无腐蚀性，回弹率高，强度高，主要应用于石油、化工、热电、制冷、船舶等行业管道法兰处的静密封。可有效地控制介质泄漏，降低能源和原材料损耗，减少设备停机维修，提高生产效率。

实例10. 耐油纤维水镁石绒橡胶板

(1)配方

原材料	质量份
丁腈-40	3~5
丁腈-20	3~5
1#烟片胶	5~10
硫化剂(硫黄粉，灰分≤0.3%，100目筛全通过)	0.1~0.3
促进剂(二硫化四甲基秋兰姆，筛余物100目全通过)	0.1~0.5
防老剂D	0.2~0.8

古马隆树脂	0.5～1.0
颜料(有机着色剂、酞菁蓝)	0.8～1.5
填料	10～15
纤维水镁石绒	65～70

(2)性能(表6－9)与评价

表6－9 性能测试结果

项 目	检验结果	
空气拉伸强度/MPa	19.2	20.8
浸滑油拉伸强度/MPa	13.9	14.3
浸煤油拉伸强度/MPa	14.6	15.4
浸滑油增重率/%	8	6
浸煤油增重率/%	10	9
压缩率/%	11	12
回弹率/%	64	54
密度/$g \cdot cm^{-3}$	1.84	1.84
柔软性	合格	合格
密封性	合格	合格
耐腐蚀性	合格	合格
浸滑油增厚率/%	2	3
浸煤油增厚率/%	2	1

耐油纤维水镁石绒橡胶板，为非石棉静密封材料，是石棉橡胶板的替代品。主要应用于石油、化工、热电、制冷、汽车、船舶等行业管道法兰处的密封。

实例11. 导电橡胶板

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NBR－3606	100	硫黄	1.8
促进剂	2.3	氧化锌	5

硬脂酸	1.5	乙炔炭黑	55
碳酸钙	35	陶土	30
超补强剂 SR	20	邻苯二甲酸二丁酯	23
防老剂 D	1.4		

(2)性能(表6-10)与评价

表6-10 导电胶板成品性能测试结果

项目	标准	测试结果
拉伸强度/MPa	≥7.84	12.6
拉断伸长率/%	≥350	530
拉断永久变形/%	≤35	23
邵氏硬度 A	60~70	65
老化系数(70℃,72h)	>0.75	0.85
外观	无明显缺陷	符合要求
电阻值/Ω	$\leqslant 1.5\times10^5$	1.1×10^3

采用丁腈橡胶和乙炔炭黑,能够生产出导电性能较为稳定,符合标准要求的国家标准的导电橡胶板(简称胶板)。研制的导电胶板已通过省级鉴定,现已批量生产。

实例12. 再生橡胶导电板

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NBR-41	100	再生胶	100
硫黄	2	促进剂	2.3
活化剂	5	硬脂酸	1.5
乙炔炭黑	60	$CaCO_3$	30
陶土	30	超补强剂 SR	20
邻苯二甲酸二丁酯	25	防老剂 D	1.5

(2)性能与评价 利用再生胶和丁腈橡胶共混,加入导电炭黑研制出符合标准要求的导电胶板,并已通过省级鉴定。

再生胶是废橡胶的主要利用形式之一,它的价格只有丁腈橡胶的1/4。为了扩大其应用范围,对再生胶的力学性能、电性能、耐老化性能及微观结构进行了研究,利用再生胶和丁腈橡胶共混研制出导电胶板,用于消除由于人在工作生活中因摩擦而产生的对化工等行业有巨大危害的人体静电。

实例13. 防霉硅橡胶板

(1) 配方

原材料	质量份	原材料	质量份
乙烯基硅橡胶110	100	防霉剂2#	1.0
4#气相法白炭黑	35	羟基硅油	10
氧化铁红	5	DCP	1.5
防霉剂1#	0.5		

(2) 性能(表6-11)与评价

表6-11 防霉硅橡胶板的性能指标与实测结果

项目	指标	实测结果
邵氏硬度A	30±5	27
拉伸强度/MPa	≥2.3	4.3
拉断伸长率/%	≥150	720
击穿电压/$kV \cdot mm^{-1}$	≥10	30
防霉等级/级	1	1~0

硅橡胶具有一定的防霉性,加入防霉剂后,其防霉性能得到进一步改善。防霉剂1#和防霉剂2#并用具有协同防霉效应。

防霉硅橡胶板的物理性能及防霉性能稳定,达到使用要求,且其工艺简单、稳定。

实例14. 耐磨橡胶板

(1) 配方

原材料	质量份	原材料	质量份
BR/NR(50/50)	100	HAF	65
二硫化钼	3~6	硫化剂(S/TT/CZ = 1.0/0.5/1.5)	3.0
防老剂RD	1.0		
ZnO	5.0		

(2) 性能(表6-12)与评价

耐磨橡胶板技术指标:拉伸强度≥20MPa,阿克隆磨耗≤$0.03cm^3$,压缩永久变形(100℃,22h,压缩率30%)≤40%,拉断伸长率≥300%,邵氏硬度A 75~80。橡胶摩擦板使用寿命应保证混黏土喷射机喷射混黏土$400m^3$以上。

表 6－12 二硫化钼用量对胶料性能的影响

项 目	二硫化钼用量/份			
	0	3	6	9
邵氏硬度 A	77	77	78	78
100% 定伸应力/MPa	4.9	5.1	5.3	5.6
300% 定伸应力/MPa	17.8	18.9	18.7	18.4
拉断强度/MPa	21.2	23.3	23.0	22.8
拉断伸长率/%	328	325	321	324
压缩永久变形(100℃,24h)/%	35.0	38.6	39.1	39.0
阿克隆磨耗量/cm^3	0.0286	0.0457	0.0644	0.0881

通过研究胶种并用比、硫化体系、炭黑和减磨剂对胶料的耐磨性及力学性能的影响，得到了性能优异的耐磨橡胶板的胶料配方，此耐磨胶板的阿克隆磨耗量 $<0.03cm^3$。

实例 15. 氟橡胶再生胶板

（1）配方

原材料	质量份	原材料	质量份
氟橡胶 F 2603	100	MgO	3
$Ca(OH)_2$	6	炭黑 N990	20
3#硫化剂	3.0	再生氟橡胶粉	40～60

（2）性能（表 6－13）与评价

表 6－13 氟橡胶再生胶性能

项 目		邵氏硬度 A①	硬度变化②/度	拉伸强度①/MPa	拉伸强度变化率②/%	拉断伸长率①/%	拉断伸长率变化率②/%
200℃,24h 压缩变形	61.8%	77	+2	14.04	+3.3	315.8	－18.7
	64.5%	80	+1	10.59	+16.2	279	－10.9
	66.4%	82	0	13.52	+1.3	266	－16.2

① 一段硫化 170℃,20min,二段硫化 200℃,3h;② 再经过 200℃,24h 老化。

由氟橡胶生产的一段硫化产品，在开炼机上进行破碎，反复数次后，得到粗粒的胶粉，用于氟橡胶的加工填料，经 3#硫化剂的交联，可制成低级橡胶板等产品。

实例16. 纸箱印刷胶板

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
丁腈橡胶	100	再生胶	15
氧化锌	4~8	硫黄	0.3~0.8
促进剂 TT	2.0~2.5	促进剂 CZ	1.5~2.0
硬脂酸	0.5~1.0	防老剂 SP-C	1.0~1.5
白炭黑	55~65	轻质碳酸钙	80~90
软化系统	25~35		

(2)性能与评价

①指标要求　纸箱印刷胶板，大部分用于油溶性油墨，故有耐油的要求；另外，胶板在连续使用过程中，前后的印刷效果要一致，不能走样，故胶板的压缩永久变形不能大，硬度要适中，且质地要均匀。印刷胶板在使用前，首先要经过雕刻，有些规格如2.0mm、2.5mm、3.0mm的胶板还需要在一面经过均匀打底并经过黏合后才能进行雕刻，所以胶板既要便于雕刻，又要便于打底及黏合。

②测试性能结果(表6-14)

表6-14　不同硫化条件下的胶料性能

项　目	硫化条件		
	150℃,8min	150℃,10min	150℃,15min
拉伸强度/MPa	6.95	7.35	6.72
300%定伸强度/MPa	3.98	4.16	4.32
拉断伸长率/%	610	550	500
拉断永久变形/%	22	18	17
邵氏硬度 A	63	65	66

本产品的最大特点是成本很低，但质量却能符合用户的要求，生产工艺简单可行，所需生产设备较少，生产效率及成品合格率均很高。该产品除能满足印刷行业的需要外，也能用于其他行业。

(二)耐腐蚀橡胶衬里

实例1. 耐腐蚀天然橡胶衬里

(1)配方(质量份)

原材料	胶料	胶浆
天然橡胶	100	100
白泥粉	50	—
胎面再生胶	20	—
硫黄	25	25
氧化锌	5	5
硬脂酸	—	0.5
促进剂 D	2	1.2
促进剂 DM	0.8	0.5
防老剂 A	0.5	0.5
防老剂 D	0.5	0.5
滑石粉	10	—
炭黑	7.5	—
硫酸钡	40	—
氧化铁红	—	20
钙基酯	4	0.8
松香	—	2
沥青	20	—
石蜡	0.2	—
水杨酸	0.3	0.2

(2)性能(表 6-15)与评价

表 6-15 耐腐蚀天然橡胶衬里物理性能与指标

项目		指标	本产品
抗折强度/MPa		>58.82	62.5
冲击强度/Pa		$>19.62\times10^4$	20×10^4
马丁耐热/℃		>50	55
与金属剥离强度/MPa		>5.88	6.1
耐酸系数	50%硫酸	>0.90	0.90
	30%硫酸(室温,240h)	>0.90	0.88

用橡胶为化工装置衬里比喷塑、涂刷涂料处理的设备物理性能好,不产生污染,吸噪减震,可减少设备内容物的损失且耐磨性好。

橡胶衬里耐腐蚀性优良,除浓硫酸、硝酸以外,对其余介质几乎都具有良好的抗蚀性。此外,橡胶衬里的形状随意,适用温度宽广,施工方便,在化工防腐上具有广阔的发展前景。

氧化锌	—	5	5	7
硬脂酸	—	1	0.5	1
促进剂 TMTD	—	3	3	2
促进剂 DM	4	—	—	—
促进剂 M	—	—	0.5	—
促进剂 MZ	—	3	—	—
促进剂 TDEDC	—	—	—	1.5
硫黄	—	3	2	1.7
硫化剂 GM	2	—	—	—
四氧化三铅	6	—	—	—
不变色热处理剂	—	—	—	1.5

(2)性能与评价 丁基橡胶双键少，饱和度高，化学稳定性超过天然橡胶，是一种良好的衬里材料，它对酮、醇、醚和植物油的稳定性比天然胶好。采用树脂硫化的丁基橡胶可在 130～140℃下使用。

实例4. 自然硫化氯丁橡胶衬里

(1)配方(质量份)

①自然硫化氯丁胶板参考配方

原材料	配方 1	配方 2
氯丁橡胶	100	100
防老剂 A	2	—
防老剂 D	—	1
氧化镁	4	7
氧化锌	5	5
喷雾炭黑	80	—
灯烟炭黑	—	40
硬脂酸	1	—
硅胶	—	40
氯化石蜡	10	—
机油	—	5
凡士林	1	—
松香	—	5

②自然硫化氯丁胶浆配方

原料	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4
氯丁橡胶	100	100	100	100

氯化橡胶	—	—	—	100
硫黄	—	—	—	7
氧化镁	10	8	4	25
氧化锌	10	5	5	55
乙酸钠	0.5	—	—	—
防老剂 D	—	—	2	10
硬脂酸	—	—	—	10
白炭黑	—	—	—	10
陶土	—	—	—	7
萜烯树脂	—	—	—	60
异氰酸酯	—	—	65	135
酚醛树脂 2402	85	100	—	—

(2)性能(表 6－16～表 6－19)与评价

表 6－16　自然硫化氯丁橡胶力学性能

项　　目		北京橡胶制品研究院		天津橡胶制品一厂	
		软胶 ZC－300	胶液胶	软胶 D－32	胶液胶
拉断强度/MPa		≥10	—	≥10	—
拉断伸长率/%		≥350	—	≥350	—
邵氏硬度 A		55～70	—	55～65	—
耐腐蚀性	在 55% H_3PO_4 介质中质量变化率/%	－5～＋15	—	＋3%	—
	在 5% H_2SO_4 介质中体积变化率/%	－3～＋10	—	＋9%	—

表 6－17　自然硫化氯丁橡胶耐腐蚀性能

介　　质	浓度/%	温度/℃	评　　定
硫酸	<30	65	耐腐蚀
硫酸	>60	20	尚耐
盐酸	稀	65	可用
磷酸	<50	65	耐腐蚀
氢氟酸	<50	25	耐腐蚀
草酸	稀	65	耐腐蚀
酒石酸	—	65	耐腐蚀

续表

介　质	浓度/%	温度/℃	评　定
苯二酸	50	65	耐腐蚀
单宁酸	10	65	耐腐蚀
氨基磺酸	—	65	耐腐蚀
顺丁烯二酸	—	65	耐腐蚀
氟硼酸	—	65	耐腐蚀
氯酸	10～20	65	耐腐蚀
氟硅酸	—	65	耐腐蚀
甲酸	—	65	耐腐蚀
乙醇酸	—	65	耐腐蚀
碱	<40	50	耐腐蚀
食盐溶液	25	65	耐腐蚀
氨水	任意	65	耐腐蚀
硫化氢	<10	25	耐腐蚀
乙二醇	—	25	耐腐蚀
甘油	—	25	耐腐蚀
磷酸铵	—	65	耐腐蚀
硫酸镍	—	65	耐腐蚀
硫酸铝	—	65	耐腐蚀
汽油	—	—	不耐
丙酮	—	—	不耐
苯	—	—	不耐
浓硫酸	—	—	不耐
浓铬酸	—	—	不耐

表 6－18　自然硫化氯丁胶板规格尺寸　　单位:mm

厚　度	宽　度	长　度
2	800	≥5000
2.5	800	≥5000
3	1000	≥5000
4	1200	≥5000
5	1200	≥5000

表 6-19　自然硫化氯丁胶板的技术要求

项　目	优等品	允许范围	
		一等品	合格品
气泡	不允许	平方米深度不超过厚度 1/3，面积不大于 $2mm^2$ 的气泡不超过 5 处	平方米深度不超过厚度 1/3，面积不大于 $2mm^2$ 的气泡不超过 10 处；面积不大于 $5mm^2$ 的气泡不超过 5 处
表面杂质	不允许	平方米深度不超过厚度 1/5，长度不超过 1mm 的杂质不超过 5 处	平方米深度不超过厚度 1/5，长度不超过 2mm 的杂质不超过 5 处
水纹	不允许	允许有轻微痕迹，弯曲 90°检查无裂纹	
斑痕或凸凹不平	不允许	深度或高度不超过胶板厚度的允许偏差	

氯丁橡胶一般是由氯丁二烯经乳液聚合制得。由于氯丁橡胶的结构比较规整，极性较大，结晶度高，所以它具有优良的化学稳定性且其耐酸碱、耐油、耐水、耐溶剂、抗臭氧、耐老化、耐热、耐久、耐磨和阻燃性均较天然橡胶好，其适用范围也较天然橡胶广泛。氯丁橡胶自黏性好，与金属及其他材料黏结性好，使用温度比天然橡胶高，可用于常压 90℃ 以下酸、碱、盐环境，但耐油性不如丁腈橡胶。

实例 5. 预硫化丁基橡胶衬里

(1) 配方（质量分数）

原材料	配方 1	配方 2
丁基橡胶	100	100
硫黄	2	1.5
促进剂 M	0.5	1.5
促进剂 TMTD	3	1.5
炉黑	70	50
槽法炭黑	25	—
石墨片	30	—
氧化锌	5	5
硬脂酸	2.5	3

(2)性能(表6－20和表6－21)与评价

表6－20 预硫化丁基胶板的物理机械性能

项目	北京橡胶制品研究院		浙江瑞安调频橡胶厂		吉林化学工业公司研究院	
	软胶 Y1－100 YE－200	胶液胶	软胶 2R－10	胶液胶 2R－21 2R－22	软胶 JHF	胶液胶 JHF
拉断强度/MPa	≥5	—	≥10	—	≥9.8	—
拉断伸长率/%	≥400	—	≥600	—	≤300	—
拉断永久变形/%	≤40	—	—	—	≤30	—
软胶与金属剥离强度/N·$(2.5cm)^{-1}$	—	≥70	—	50～70	—	≥67.5
邵氏硬度A	47～57	—	47～57	—	65±5	—

表6－21 预硫化丁基橡胶耐腐蚀性能

介质	浓度/%	温度/℃	评定	介质	浓度/%	温度/℃	评定
硫酸	<30	20～85	A	氢氧化钠	<60	25～80	A
硫酸	<60	20～66	A	氢氧化钾	<60	25～80	A
硝酸	<10	20～40	A	氨水	10	25～80	A
盐酸	—	20～66	B	硫酸盐	—	25～80	A
磷酸	<80	20～66	B	硝酸铵	—	25～80	A
氢氟酸	<50	20～85	A	磷酸铵	—	25～80	A
氢溴酸	—	20～66	A	氯化铵	—	25～80	A
亚硫酸	—	20～66	A	氟化铵	—	25～80	A
碳酸	—	20～85	A	次氯酸钠	—	25～50	A
铬酸	<5	20	A	氯化物	—	25～50	A
硼酸	—	20～85	A	氰化物	—	25～50	A
氯酸	<20	20～85	A	碳酸氢钠	—	25～85	A
高氯酸	—	20～85	A	氯气	—	25～50	B
氟硅酸	—	20～40	A	氟	—	25～50	A
甲酸	—	25～66	A	溴	—	25～50	A
醋酸	25～80	25～50	A	氢	—	25～50	A

续表

介　质	浓度/%	温度/℃	评　定	介　质	浓度/%	温度/℃	评　定
醋酐	25	25～50	A	硫	—	25～66	A
丙酸	<50	25～66	A	汞	—	25～66	A
脂肪酸	—	25～85	B	氨	—	25～66	A
硬脂酸	—	25～66	A	氯化汞	—	25	A
软脂酸	—	25～66	A	硫化氢	—	25～66	B
乳酸	—	25～66	A	二硫化碳	—	25	C
草酸	—	25～85	A	甲醇	—	25～26	A
柠檬酸	—	25～66	A	乙醇	—	25～26	A
丙酮	—	25	B	异丙醇	—	25～66	A
乙二胺	—	25～66	A	甘油	—	25	A
尿素	—	25～66	A	甲醛	—	25	A
苯胺	—	25～66	A	乙醛	—	85	A
洗涤剂	—	25	A	糠醛	—	85	A

注　A—耐腐蚀；B—较耐腐蚀；C—不耐腐蚀。

丁基橡胶是由异丁烯和异戊二烯（或丁二烯）共聚而成的高分子弹性体，它具有优良的化学稳定性，且耐酸碱盐、耐老化、耐热性能好，可在100℃情况下使用，气密性强，与金属黏合力强，剥离强度≥70N/2.5cm。

七、橡胶减震制品

(一)汽车用橡胶减震制品

实例1. 汽车用空气弹簧NR橡胶气囊胶

(1)配方(质量份)

原材料	内、外层胶	帘布胶
天然橡胶	50	100
合成橡胶	50	—
硫黄	1.2	2.5
氧化锌	4	4
硬脂酸	2	2
促进剂 TMTD	0.1	0.12
促进剂 NOBS	1	0.5
防老剂 H	0.3	0.3
防老剂 D	1.2	1.2
防老剂 4010NA	1.5	1.5
石蜡	1	—
炭黑	45	40
古马隆树脂	2	—
松焦油	—	5

(2)性能(表7-1和表7-2)与评价

表7-1　NR橡胶气囊胶料的性能

项目		内、外层胶	帘布胶
硫化仪数据	t_{s2}/min	12	9
	t_{90}/min	21	18
邵氏硬度A		59	54
200%定伸应力/MPa		4.8	4.5
拉伸强度/MPa		24	32
拉断伸长率/%		580	580
拉断永久变形/%		8	18

续表

项目		内、外层胶	帘布胶
撕裂强度/kN·m^{-1}		55	87
剥离强度/kN·m^{-1}		—	9
屈挠龟裂/万次		105(不裂)	—
70℃,96h 热空气老化后	200% 定伸应力/MPa	7.2	6.2
	拉伸强度/MPa	23	31
	拉断伸长率/%	510	550
伸长 100%、屈挠 10 万次后	200% 定伸应力/MPa	5.0	4.8
	拉伸强度/MPa	24	30
	拉断伸长率/%	570	590

表 7-2 空气弹簧 NR 橡胶气囊产品性能

项目		GB/T 13061—1991	D5-260×260
内、外层胶料	拉伸强度/MPa	≥20	24
	拉断伸长率/%	≥500	580
	拉断永久变形/%	≤35	8
	邵氏硬度 A	55~65	59
	屈挠龟裂(三级裂口)/万次	≥50	105(未裂)
气囊成品及弹簧总成	24h 内压降/MPa	≤0.02	0.003
	破坏内压/MPa	≥2.0	2.2
	黏附强度/kN·m^{-1}	≥6	8
	台架寿命/万次	≥300	650
	静刚度/N·mm^{-1}	—	145
	固有频率/Hz	—	1.2

由该配方生产的 D5-260×260 空气弹簧橡胶气囊在实际使用中性能良好,可靠性高,使用寿命最高达 10^5km 以上,可取代进口产品。

实例 2. 汽车空气弹簧 CR 橡胶气囊

(1)配方

原材料	质量份
CR(GRT)	100
氧化锌	5

氧化镁	4
硫黄＋促进剂 DM	1.5
炭黑	30
软化剂	11.5
防老剂 4010NA/ODA	7
其他助剂	5

（2）性能与评价 用该配方进行大配合试验，结果如表 7－3 所示。从表 7－3 可以看出，胶料耐屈挠龟裂、耐热老化和耐臭氧老化性能好，所有指标均达到 Contitech 公司空气弹簧橡胶气囊胶料的性能要求。

表 7－3 空气弹簧 CR 橡胶气囊胶料性能

项目		指 标	测定值
硫化仪数据（150℃）	t_{s2}/min	—	3.57
	t_{90}/min	—	20.93
硫化胶性能（150℃，30min）	邵氏硬度 A	60±5	63
	300%定伸应力/MPa	—	1.9
	拉伸强度/MPa	≥15	18.4
	拉断伸长率/%	≥450	682
	H 抽出力/N	—	137.9
热老化性能（100℃，7d）	硬度变化/度	≤＋10	＋7
	拉伸强度变化率/%	≥－20	－10
	拉断伸长率变化率/%	≥－30	－28
耐臭氧老化性能（40℃，48h，相对湿度 55%，臭氧含量 0.5mg/L）		0 级	0 级
屈挠龟裂—级裂口次数 $\times 10^{-4}$		—	128

注 空气弹簧性能指标由 Contitech 公司提供。

用 CR 试制的空气弹簧现已通过装车运行试验，试验后产品无异常情况，完全可以满足车辆对气囊的要求。

实例 3. 汽车用 CIIR 橡胶空气弹簧胶料

（1）配方（质量份）

原材料	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4
CIIR	40	40	50	50
NR	60	60	50	50
炭黑 N539	37	30	30	—

炭黑 N220	8	—	—	—
炭黑 N330	—	15	15	45
增黏剂 TKO－80	2.0	2.0	2.0	2.0
分散剂 T－78	1.75	1.75	1.50	—
芳烃油	6.5	6.0	7.0	5.0
黏合剂 RH	0.6	1.2	1.5	2.0
沥青（高软化点）	—	—	—	2.0
防老剂	3.0	3.0	3.0	3.0
硫化体系	10.13	10.28	10.80	9.30
其他助剂	0.8	1.6	1.5	1.8

(2) 性能（表 7－4～表 7－7）与评价

表 7－4　小配合试验胶料物理性能

项目		配方 1	配方 2	配方 3	配方 4
硫化仪数据（145℃）	t_{10}/min	5.75	3.75	5.42	9.25
	t_{90}/min	13.72	7.72	12.65	16.83
	活化能/kJ·mol^{-1}	106.74	90.35	112.01	108.67
硫化胶性能（145℃，40min）	300%定伸应力/MPa	8.2	9.4	9.0	9.5
	拉伸强度/MPa	15.2	16.3	15.9	17.3
	拉断伸长率/%	426	325	403	563
	拉断永久变形/%	24	17	24	30
	邵氏硬度 A	63	67	65	65
	撕裂强度/kN·m^{-1}	30.2	25.1	28.0	55.1
	屈挠龟裂等级(50 万次)	1	1	1	1
H 抽出力/N	1400dtex/2	97.1	100.0	123.0	135.5
	1870dtex/2	114.7	106.3	137.6	151.0
70℃，96h 热空气老化后	拉伸强度保持率/%	102.5	102.8	103.0	100.6
	拉断伸长率保持率/%	104.7	93.2	93.0	90.6

表 7－5　大配合试验胶料物理性能

性能		试样 1	试样 2	试样 3	平均值
硫化仪数据（145℃）	t_{10}/min	9.02	9.98	9.05	9.35
	t_{90}/min	15.38	17.18	17.67	16.75
	活化能/kJ·mol^{-1}	106.34	103.80	101.06	103.74
硫化胶性能（145℃，40min）	300%定伸应力/MPa	9.0	8.8	9.5	9.1
	拉伸强度/MPa	19.3	19.1	18.1	18.8
	拉断伸长率/%	570	582	592	581

续表

性能		试样 1	试样 2	试样 3	平均值
硫化胶性能（145℃，40min）	拉断永久变形/%	28	30	29	29
	邵氏硬度 A	62	61	57	60
	撕裂强度/kN·m^{-1}	62.8	68.0	62.7	64.5
	屈挠龟裂等级(50 万次)	1	1	1	1
H 抽出力/N	1400dtex/2	129.8	153.7	119.1	134.2
	1680dtex/2	143.6	168.2	148.9	153.6
70℃,96h 热空气老化后	拉伸强度保持率/%	97.4	99.5	98.6	98.5
	拉断伸长率保持率/%	97.5	94.8	96.5	96.3

表 7－6　台架寿命试验结果

项　　目	压降/MPa	最大外径/mm
试验前	0.005	358.6
运行 100 万次	0.005	358.3
运行 200 万次	0.006	358.0
运行 250 万次	0.006	357.6
运行 280 万次	0.006	357.3
运行 300 万次	0.006	357.3
运行 310 万次	0.006	357.3

注　标准规定：压降≤0.2MPa；最大外径≤360mm。

表 7－7　空气弹簧特性试验结果

变形量/mm	负荷/kN	内压/MPa	有效面积/mm^2
0	15.60	0.29	53793
10	17.17	0.31	55387
20	18.37	0.32	57406
30	19.66	0.34	57824
40	20.50	0.35	58571
50	21.19	0.36	58861
60	21.48	0.37	58054
70	21.94	0.38	57737
80	22.71	0.39	58231
90	23.28	0.40	58450

续表

变形量/mm	负荷/kN	内压/MPa	有效面积/mm²
100	24.49	0.42	58310
110	25.66	0.44	58318
120	26.92	0.46	58522
130	28.21	0.48	58771
140	29.61	0.50	59220
150	30.88	0.52	59385
160	32.38	0.54	59963
170	33.82	0.56	60393

注 许用最大伸张状态。

采用本配方研制的汽车用橡胶空气弹簧胶料的物理性能良好,成品性能达到国家及行业的标准要求并接近国外同类产品的水平。该配方已正式用于生产。

实例 4. 轿车底盘弹簧座减震器

(1) 配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NR	70	硬脂酸	1.5
CR	30	石蜡	1.0
氧化镁	4	防老剂 4010NA	1.5
促进剂 DM	1.2	硫黄	1.5
氧化锌	3	通用炭黑	35
促进剂 NA-22	0.5	防老剂 D	1.5
促进剂 CZ	0.8	其他	3.7

(2) 性能与评价 研制胶料的物理性能:邵氏硬度 A 58,拉伸强度 16.4MPa,拉断伸长率 487%;70℃,46h 热空气老化后:硬度增大 2 度,拉伸强度17.3MPa,拉断伸长率 456%;90℃,46h 热空气老化后:硬度增大 5 度;低温特性(-35℃,22h):产品有弹性、无裂纹;耐电解铜腐蚀(100℃,16h):无腐蚀;耐臭氧老化[(25±3)℃,拉伸 25%,臭氧浓度 2mg/L,46h]:无裂纹。

减震器在给定负荷下的变形为:3000N,4.5mm;4000N,6.2mm;5000N,8.5mm;7000N,11.8mm。疲劳试验 100 万次后金属骨架无断裂,胶与金属无脱落现象。

该减震器已装车试验,效果良好,达到国外同类产品技术水平,已投入批量生产,可取代进口产品。

实例5. 复合橡胶空气弹簧

(1) 配方(质量份)

原材料	外层胶	内层胶	帘布胶
天然橡胶	40	60	60
氯丁橡胶	60	—	20
氯化丁基胶	—	40	20
硫化剂	10.8	2	8.8
促进剂	1.3	1.5	1.4
防老剂	5.5	3.5	3
活性剂 SA	2	7	2
N330/N660	12/38	15/30	10/40(SiO_2/N660)
软化剂	7	7	10
黏合剂 A/RS	—	—	2.3/3.7
201 树脂	—	5	5
其他助剂	2	2	2

(2) 性能(表7－8和表7－9)与评价

表7－8　三种胶的物理性能

项　目	外层胶	内层胶	帘布胶
拉断强度/MPa	23.5	22.8	19.3
300%定伸强度/MPa	9.2	10.3	9.4
拉断伸长率/%	580	620	570
拉断永久变形/%	16	16	12
邵氏硬度 A	62	59	57
屈挠龟裂/万次	102	98	—

注　硫化条件145℃,40min(半成品胶料)。

表7－9　橡胶空气弹簧成品性能参数

项　目	"TAURUS"牌	"久龙"牌
质量/kg	1.9	1.9
钢丝圈内径/mm	185	185
填充胶条尺寸/mm	5×7×8	6×7×9
子口厚度/mm	12.5	12.8
子口直径/mm	178	178
帘布密度(50mm×50mm)/根	48	45

续表

项　　目	"TAURUS"牌	"久龙"牌
帘布反包长/mm	28	35
帘线长度/mm	1068	720
帘布角度(中部)/(°)	41	44
中部胎体厚度/mm	5.5	5.8
帘线直径/mm	0.7	0.8
24h 内压降/MPa	—	<0.02
最大直径×总高/mm×mm	258×348	260×340
空载工作直径/mm	348	344
空载工作高度/mm	170	166
外层胶拉断强度/MPa	—	23.5
外层胶拉断伸长率/%	—	580
内层胶拉断强度/MPa	—	22.8
内层胶拉断伸长率/%	—	620
外层胶邵氏硬度 A	72	63
外层胶拉断永久变形/%	—	12
减震性、刚性参考值	适中	适中
使用寿命/10^4km	11	10~12
爆破压力/MPa	—	>2.5

注　表中数据仅对产品而言,数据仅供参考。

橡胶空气弹簧以其优越的动态减震承载性能,广泛应用于各种机车车辆、汽车的减震悬挂系统以及精密仪器仪表、大型机械设备的隔震器等方面,特别是近年来在我国汽车、铁路等方面的应用更为广泛。该汽车悬架用橡胶空气弹簧主要配用依卡露斯(IKARUS)-256 及桑诺斯 S-411 等车型,该空气弹簧的物理性能满足了产品要求,经用户实际使用,该空气弹簧的使用寿命满足要求。

实例 6. 汽车前减震器用橡胶减震垫

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
IIR	100	喷雾炭黑/高耐磨炉黑	50~55
氧化锌	15		
硫黄	1.5	促进剂 M/TMTD/ZDC	2.2
微晶蜡	3		
硬脂酸	1		

(2)性能与评价 该配方胶料的硫化仪数据(165℃)为：t_{s1} = 1.88min，t_{90} = 8.23min；物理性能(165℃，16min)为：邵氏硬度 A 59，拉伸强度7.4MPa，拉断伸长率 380%，拉断永久变形 16%。

减震垫的实测弹性曲线与设计曲线基本吻合，经 50 万次压缩疲劳试验后减震垫完好无损，达到设计要求。

实例7 复合减震橡胶空气弹簧用胶

(1)内、外层胶配方

原材料	质量份	原材料
NR	50	BR
炭黑 N220	40	炭黑 N[illegible]
硫黄	3	促进剂[illegible]
加工助剂 T-78	1.5	增黏剂[illegible]

(2)性能(表 7-10～表 7-12)与评价

表 7-10 胶料性能

项目	指标①	实测值
邵氏硬度[illegible]	[illegible]	[illegible]

表 7－12　不同总成高度和内腔气压下复合减震橡胶空气弹簧的负荷能力

总成高度/mm	内腔气压/MPa		
	0	0.53	0.80
230	70	580	800
240	55	460	660
260	40	300	450
280	15	266	410
290	10	250	400

该复合减震橡胶空气弹簧各项性能指标均达到预期目标，能同时发挥支撑、缓冲和减震作用，还能节省安装空间，简化安装条件，特别适用于底盘较为繁杂的轿车悬架系统，同时也可用于其他车辆的悬架系统。

实例 8. ZD－I 型轿车减震器橡胶支架胶

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NR	70	BR	30
氧化锌	5	硬脂酸	2.5
硫黄	1.5	促进剂 CZ	2.5
促进剂 DM	0.5	防老剂 MB	1.5
防老剂 4010NA	1	石蜡	1.5
防焦剂 CTP	0.1	快压出炉黑	30
热裂解炭黑	25	植物油	65

(2)性能(表 7－13 和表 7－14)与评价

表 7－13　硫化胶性能

项　　目		指　　标	测 定 值
邵氏硬度 A		40 ± 5	39
拉伸强度/MPa		≥14	16
拉断伸长率/%		≥400	587
压缩永久变形(70℃,22h,压缩率 25%)/%		≤30	19
撕裂强度/$kN \cdot m^{-1}$		≥10	25
耐臭氧龟裂时间(臭氧含量 0.5mg/L,23℃,伸长率 20%)/h		≥16	16(无龟裂)
70℃,168h 热空气老化后	拉伸强度变化率/%	－20 ~ ＋20	＋6
	拉断伸长率变化率/%	－30 ~ ＋30	－6

注　硫化条件为 170℃,7min。

表 7 – 14　产品性能

项　目		指　标[①]	测定值
中心轴向运动刚度/kN·m^{-1}	频率 15Hz，振幅 ±1mm	300 ±45	333
	频率 100Hz，振幅 ±1mm	340 ~ 350	342
径向运动刚度（频率 15Hz，振幅 0 ~ 3mm）/kN·m^{-1}		830 ~ 1130	1044
外部轴向静刚度/kN·m^{-1}		2000 ±300	1977
中心轴向静刚度/kN·m^{-1}		250 ±50	230
耐疲劳试验后[②]外观径向刚度降低率/%		无损坏 ≤20	无损坏 8.4

①企业标准 Q/ZDM 27—2002；②试验条件为频率 4Hz，应力 ±3.5kN，应变次数为 100 万。

ZD – Ⅰ型减震器橡胶支架性能达到国际先进水平，完全符合用户要求，可替代进口产品，具有很好的经济效益和社会效益。

（二）船舶用橡胶减震制品

实例 1. V 型橡胶护舷

（1）配方（质量份）

原材料	内层胶	中层胶	外层胶	黏合剂
NR	100	100	30	100
CR	—	—	70	—
氧化锌	3	5	10	10
硬脂酸	1	3	5	1
防老剂 A	2	1	1	—
防老剂 D	1	1	1	1
防老剂 4010	1	1	1	—
石蜡	1	1	2	—
混气炭黑	50	50	—	—
高耐磨炉黑	—	—	25	—
半补强炉黑	23	23	20	—
乙炔炭黑	—	—	—	30
锭子油	15	15	—	—
氧化镁	—	—	6	5
氧化钙	—	—	—	7
五氧化二磷	—	—	—	1.6

联苯三酚	—	—	—	1.5
促进剂 CZ	1.5	0.8	—	—
促进剂 TMTD	—	0.2	—	—
促进剂 DM	—	—	—	0.5
促进剂 PX	—	—	—	1
邻苯二甲酸二丁酯	—	—	7	—
硫黄	3	2	—	15

(2)性能(表 7-15)与评价

表 7-15　V 型橡胶护舷胶料性能

项目		内层胶	中层胶	外层胶	黏合胶
硫化条件/℃ × min		155 × 15	155 × 8	155 × 20	148 × 60
邵氏硬度 A		62	64	62	52
300% 定伸应力/MPa		8.43	7.25	10.58	—
拉伸强度/MPa		21.27	22.76	14.7	18.03
拉断伸长率/%		572	570	462	673
撕裂强度/kN · m^{-1}		105.0	104.9	68.6	—
回弹率/%		44	42	38	—
压缩永久变形(70℃,22h,压缩率 25%)/%		—	—	20	—
阿克隆磨耗量/cm^3		—	—	0.3	—
浸汽油(室温,24h)后体积变化率/%		—	—	+16.1	—
70℃,72h 热空气老化后	拉伸强度变化率/%	-5.3	-6.3	-4.0	—
	拉断伸长率变化率/%	-17.2	-17.3	-26.5	—
脆性温度/℃		-64	-64	-43	—
橡胶—钢板黏合强度/MPa		—	—	—	44.1

护舷又称护木,是港口码头或船舶上使用的一种能量缓冲装置,用以减缓船舶与码头或船舶与船舶在靠泊或系泊时的冲击,使船舶和码头免受损坏。

橡胶护舷具有弹性好、吸能高、维护方便、使用寿命长和便于大批定型生产等特点,在日本、欧美和东南亚国家被广泛采用。

按上述配方生产的橡胶护舷的各项指标均达到行业标准的要求,通过有关部门检验,并得到了用户的好评。

实例2. 橡胶护舷胶

(1)配方(质量份)

原材料	配方1	配方2	配方3	配方4	配方5	配方6	配方7	配方8
SBR	45	20	45	40	20	20	—	—
NR	—	—	—	—	—	—	20	—
EPDM	—	—	—	—	—	—	—	40
PE	55	80	55	60	80	—	80	60
PP	—	—	—	—	—	80	—	—
硫化剂	2	2	2	2	2	2	2	2
氧化锌	5	5	5	5	5	5	5	5
硬脂酸	1	1	1	1	1	1	1	1
炭黑	60	60	60	60	60	60	60	60
芳香油	20	20	20	20	20	20	20	20
硫化促进剂	1	1	1	1	1	1	1	1
防老剂	2	2	2	2	2	2	2	2

(2)性能(表7-16)与评价

表7-16　护舷胶的性能

项　　目	配方1	配方2	配方3	配方4	配方5	配方6	配方7	配方8
摩擦系数μ	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
拉断伸长率/%	530	510	570	560	550	500	500	550
拉伸强度/MPa	24.5	25.5	28.4	28.4	29.4	36.3	24.5	27.5
永久变形/%	55	75	40	55	60	60	60	40
橡胶弹性体评价	○	○	○	○	○	○	○	○

注　○表示合格。

护舷表面层的摩擦系数都不大。此外,拉断伸长率、拉伸强度和永久变形满足护舷实际使用要求。

(三)桥梁用橡胶减震制品

实例1. 桥梁橡胶支座

(1)配方

①天然橡胶(NR)减震支座配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NR	100	填充剂	20

活化剂	4.0	防老剂	6.0
硫黄	1.5	软化剂	5.0
炭黑	50		

②氯丁橡胶(CR)减震支座配方

原材料	质量份	原材料	质量份
CR	100	炭黑	25
硫化剂 M1	3.0	填充剂	1.0
硫化剂 M2	4.0	防老剂	5.0
促进剂 A3	0.3	软化剂	5.0
促进剂 A4	0.2		

③三元乙丙橡胶(EPDM)减震支座配方

原材料	质量份	原材料	质量份
EPDM	100	炭黑	25
活化剂	6.0	填充剂	10
DCP	4.0	防老剂	4.0

(2)性能(表 7-17 和表 7-18)与评价

表 7-17 NR 支座的性能

项　目	最　值	项　目	最　值
拉伸强度/MPa	20.1	邵氏硬度 A	61
拉断伸长率/%	540	t_{10}/min	5.05
拉断永久变形/%	25.0	t_{90}/min	6.38

表 7-18 CR 和 EPDM 的胶料性能

项　目		恒定压缩					
		拉伸强度/MPa	拉断伸长率/%	拉断永久变形/%	永久变形(70℃,22h)/%	脆性温度/℃	邵氏硬度 A
氯丁胶	部标	≥17.0	≥400	—	≤20	≤-40	60±3
	实测	17.5	530	28.0	11.0	-40(未断裂)	62
三元乙丙胶	部标	≥15.2	≥350	—	≤25	≤-60	60±3
	实测	18.8	530	25.5	17.7	-60(未断裂)	60

在 NR、CR、EPDM 3 种橡胶中,在一般使用条件下,NR 是生产桥梁橡胶支座的首选胶种。

通过对 NR、CR、EPDM 3 种橡胶的硫化体系、补强体系和防老化体系进

行配方变量试验，均为并用体系效果较好，并由此确定了满足交通部部颁标准的胶料配方。

制得的桥梁橡胶支座成品力学性能经交通部交通工程检测中心检测也已达到标准要求。

实例 2. NR 橡胶支座胶料

(1)配方(质量份)

原材料	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4
天然橡胶	100.00	100.00	100.00	100.00
氧化锌	10.00	10.00	10.00	10.00
硬脂酸	0.5	0.5	0.5	0.5
硫黄	2.00	2.5	3.00	3.50
促进剂 CZ	1.0	0.80	0.80	0.80
防老剂 RD	2.00	2.00	2.00	2.00
防老剂 4010NA	2.00	2.00	2.00	2.00
防护蜡	0.50	0.50	0.50	0.50
炭黑	40.00	40.00	40.00	40.00
氧化铁红	10.00	10.00	10.00	10.00
松焦油	6.00	5.00	5.00	5.00

(2)性能(表 7－19)与评价

表 7－19　不同配方试验结果

项目		标准	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4
硫化条件(154℃)	t_{s2}/s	—	152	146	145	140
	t_{90}/s	—	445	406	403	335
邵氏硬度 A		60 ±5	60	62	64	65
拉伸强度/MPa		≥17.5	22.60	23.41	23.60	22.80
拉断伸长率/%		≥400	540	534	516	535
脆性温度/℃		≤－50	－53	－54	－53	－54
橡胶与钢板的剥离强度/kN·m⁻¹		>7	5.2	6.8	11.0	17.6
橡胶与四氟板的剥离强度/kN·m⁻¹		>4	3.5	4.0	4.5	7.0
耐臭氧老化(臭氧含量 20～50mg/L，20% 伸长，40℃，96h)		无龟裂	无龟裂	无龟裂	无龟裂	无龟裂

续表

项目		标准	配方1	配方2	配方3	配方4
70℃,168h 热空气老化后	拉伸强度降低率/%	<15	6	9	7	11
	拉断伸长率降低率/%	<20	11	12	9	16
	硬度变化/度	+10	+1	+2	0	+2

胶料的制备根据配方4在密炼机里进行混炼。用此配方制作制品时，必须清除附着在加劲钢板骨架材料表面的油、锈、水、污等。

在加劲钢板骨架材料表面涂刷胶黏剂时，德国技术生产的胶黏剂、美国技术生产的开姆洛克胶黏剂 CH250 和 CH220 及国产胶黏剂列可钠－1均有很强的适应性。应选择成本最低的列可钠－1。

按照上述优选配方4，选定硫化条件进行了成品试验表明成品制作顺利，工艺性能良好，满足批量生产要求。

产品分别送到铁道部、交通部进行检验，均通过两部认证，并取得合格证。

该天然橡胶配方制作的减震制品具有成本低、性能优良的特点，实际应用表明，具有良好的社会效益和经济效益。

实例3. 三元乙丙橡胶桥梁支座

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
EPDM 3070	100	高耐磨炉黑	40
氧化锌	5	工艺油	20
硬脂酸	1	硫化体系	5.2

(2)性能(表7－20)与评价

表7－20　三元乙丙橡胶桥梁支座用硫化胶性能

项目	指标要求	实测值
拉伸强度/MPa	≥15.2	22.3
拉断伸长率/%	≥350	580
邵氏硬度A	60±3	61
橡胶与钢板剥离强度/kN·m^{-1}	>7	7.2
脆性温度/℃	<－60	－61
恒定压缩永久变形(70℃,22h)/%	≤25	18.5

续表

项目		指标要求	实测值
耐臭氧老化(臭氧含量为0.25~0.5mg/L,20%伸长,40℃,96h)		无龟裂	无龟裂
100℃,70h热空气老化后	拉伸强度/MPa	—	19.2
	拉伸强度变化率/%	<15	13.9
	拉断伸长率/%	—	460
	拉断伸长率变化率/%	<40	20.7
	邵氏硬度 A	—	65
	硬度变化/度	< +10	+4
	四氟板与橡胶剥离强度/kN·m⁻¹	>4	4.3

该硫化胶性能稳定,各项指标均优于中华人民共和国交通行业标准JT/T 4—1993。

采用三元乙丙橡胶(EPDM 3070)为生胶、硫给予体为硫化体系、60%的高耐磨炉黑(HAF)为主的补强填充体系,开发出桥梁板式橡胶支座配方。该配方成本低、工艺性好、性能优,用户反映良好。

(四)机械、电气和工程减震制品用橡胶

实例1. 高损耗天然橡胶支座

(1)配方(质量份)

原材料	配方1	配方2	配方3	配方4	配方5
天然橡胶	50	50	67	67	33
顺丁橡胶	50	50	33	33	67
炭黑	50	50	50	40	45
酚醛树脂	10	15	20	20	10
二环戊二烯树脂	—	5	—	—	10
硫黄	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
六次甲基四胺	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

(2)性能(表7-21)与评价

表7-21　高损耗天然橡胶支座料硫化胶性能

项目	配方1	配方2	配方3	配方4	配方5
100%拉伸变形时损耗特性 h_{100}	0.33	0.42	0.40	0.39	0.40
$E(-10)/E(30)$	1.22	1.21	1.19	1.19	1.25

该高损耗橡胶胶料由橡胶100份和熔点为150℃以下的酚醛树脂3～40份组成。这种胶料的硫化胶具有以下两种特性：一是25℃、100%拉伸变形时的滞后比为0.2～0.7；二是5Hz、0.01%动态变形时，-10℃和30℃的储存弹性模量 $E(-10)/E(30)$ 为1.0～2.5。可用于机械、电子等设备橡胶减震支座的制备。

实例2. 高损耗橡胶支座胶

(1)配方(质量份)

原材料	配方1	配方2	配方3
天然橡胶	70	70	70
顺丁橡胶	30	30	30
炭黑	50	70	90
二环戊二烯树脂	30	50	70
硫黄	1.5	1.5	1.5

(2)性能(表7-22)与评价

表7-22　高损耗橡胶支座胶的性能

项　　目	配方1	配方2	配方3
h_{100}	0.36	0.51	0.60
$E(-10)/E(30)$	1.49	1.57	1.67
拉断伸长率/%	860	870	760
100%定伸应力/MPa	1.04	0.94	1.03

该高损耗橡胶胶料由天然橡胶等橡胶100份与环戊二烯和(或)二环戊二烯树脂15～100份组成。可用于制备机械设备用支座。

实例3. 高衰减防震支座胶

(1)配方(质量份)

原材料	配方1	配方2	配方3	配方4
天然橡胶	60	60	85	40
顺丁橡胶	—	—	—	30
异戊橡胶 (乙烯基含量,%)	40(25)	40(40)	15(55)	30(40)
快压出炉黑	40	40	40	40
操作油	20	20	20	30

硫黄	1.5	1.5	1.5	1.5
促进剂	0.8	0.8	0.8	0.8
树脂	3	3	3	3
氧化锌	3	3	3	3
硬脂酸	2	2	2	2
防老剂	2	2	2	2
石蜡	1	1	1	1

(2)性能(表 7－23)与评价

表 7－23　高衰减防震支座胶的硫化胶性能

项　　目	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4
损耗因子(tanδ)	0.35	0.29	0.31	0.35
硬度变化及低温性能	优	良	良	良
拉断伸长率/%	740	730	730	730
压缩永久变形(常温)/%	7	8	9	9

该高衰减防震橡胶胶料含有异戊橡胶，其中的 1,2－或 3,4－异戊二烯量为 20%～60%，可用于制备机械、电子电气设备减震支座。

实例 4. 防震支座胶

(1)配方(质量份)

原材料	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4	配方 5
天然橡胶	30	30	30	50	—
丁苯橡胶(乙烯基含量/%)	70(19)	70(19)	70(50)	50(19)	100(19)
炭黑	40	40	40	40	40
氧化锌	5	5	5	5	5
硬脂酸	2	2	2	2	2
松香类树脂	3	3	3	3	3
防老剂	3	3	3	3	3
芳香族油	13	13	13	13	13
硫黄	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
促进剂 CZ	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

(2)性能(表7-24)与评价

表7-24 防震支座胶的硫化胶性能

项目	配方1	配方2	配方3	配方4	配方5
tanδ	0.219	0.260	0.234	0.222	0.379
滞后损耗/%	31.2	32.8	31.6	31.6	30.7
低温性能 $E(-10)/E(30)$	1.54	2.8	2.04	2.31	1.64
拉断伸长率/%	720	755	700	740	740
拉伸强度/MPa	15.5	19.2	15.7	20.2	19.0

可用这种橡胶配方制备机械设备、电气电子设备等的防震支座。

实例5.高衰减隔音减震用胶

(1)配方(质量份)

原材料	配方1	配方2	配方3	配方4
天然橡胶	100	100	100	100
短纤维增强天然橡胶	5	10	20	30
操作油	30	30	30	30
高耐磨炉黑	50	50	50	50
氧化锌	5	5	5	5
硬脂酸	1	1	1	1
硫黄	1.5	1.5	1.5	1.5
防老剂	1	1	1	1
促进剂	2.5	2.5	2.5	2.5

(2)性能(表7-25)与评价

表7-25 减震器的硫化胶性能

项目	配方1	配方2	配方3	配方4
tanδ	0.20	0.24	0.31	0.44
动态弹性模量/Pa	2×10^5	4×10^6	5×10^6	6×10^6
拉断伸长率/%	650	620	600	580
拉伸强度/MPa	17.1	19.2	19.7	20.7

该高衰减隔震器由用聚酰胺短纤维补强的天然橡胶胶垫构成,可用于制备各种减震制品。

实例 6. 高衰减天然橡胶支座胶

(1) 配方(质量份)

原材料	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4	配方 5
天然橡胶	60	80	85	50	80
顺丁橡胶	10	—	—	15	—
丁苯橡胶	30	20	15	35	20
苯乙烯量(M_w)	21(1.2×10^4)	25(5.2×10^4)	47(9.6×10^4)	24(13×10^4)	35(18.7×10^4)
炭黑(碘吸收值/DBP 值)	40(49/82)	40(49/82)	40(49/82)	30(37/125)	40(49/82)
操作油	20	20	20	20	20
硫黄	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
促进剂	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
树脂	3	3	3	3	3
氧化锌	3	3	3	3	3
防老剂	2	2	2	2	2
石蜡	1	1	1	1	1

(2) 性能(表 7-26)与评价

表 7-26　高衰减天然橡胶支座胶的硫化胶性能

项　　目	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4	配方 5
tanδ	0.36	0.35	0.32	0.36	0.31
硬度变化及低温性能	良	良	良	良	良
拉断伸长率/%	830	810	800	720	770
压缩永久变形(常温)/%	7	7	8	6	5

该胶料硫化胶的损耗因子 tanδ 在 0.25 以上,可用于制备各种减震支座。

实例 7. 高衰减橡胶支座胶

(1) 配方(质量份)

原材料	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4	配方 5	配方 6	配方 7	配方 8	配方 9
天然橡胶	70	70	70	70	70	70	70	70	70
顺丁橡胶	30	30	30	30	30	30	30	30	30
炭黑	50	50	50	50	50	50	40	70	80
热塑性烃树脂 A	15	30	50	60	—	—	30	30	30

热塑性烃树脂 B	—	—	—	—	30	50	—	—	—
氧化锌	5	5	5	5	5	5	5	5	5
硬脂酸	2	3	3	2	2	2	2	2	2
防老剂	3	3	3	3	3	3	3	3	3
硫黄	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
促进剂 CZ	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

其中，树脂 A 为ハイレシソQPA，树脂 B 为ハイレシソRS－21。

(2)性能(表 7－27)与评价

表 7－27　减震支座的硫化胶性能

项　目	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4	配方 5	配方 6	配方 7	配方 8	配方 9
$\tan\delta$	0.249	0.326	0.394	0.475	0.390	0.390	0.263	0.440	0.390
滞后损失/%	40.6	44.6	50.0	53.3	40.4	47.0	36.5	58.1	51.8
$E(-10)/E(30)$	1.47	1.70	2.94	3.35	1.64	2.78	1.82	1.95	1.95
拉断伸长率/%	720	800	820	810	833	830	800	735	770
拉伸强度/MPa	23.3	34.9	20.3	18.0	25.5	20.9	23.7	22.8	24.1

可用此配方制备机械、电子电气设备等的减震支座或其他制品。

实例 8. 高衰减聚异丁烯支座胶

(1)配方(质量份)

原材料	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4	配方 5
聚异丁烯	100	100	100	100	—
天然橡胶	—	—	—	—	100
中超耐磨低结构炉黑(碘吸附值/$mg\cdot g^{-1}$)	70(26)	70(26)	90(26)	120(26)	70(26)
煅烧滑石粉	85	85	105	215	85
软化剂	22	29	58	56	22
硬脂酸	2	2	2	2	2
钛偶联剂	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

(2)性能(表 7－28)与评价

表 7－28　高衰减聚异丁烯橡胶支座胶硫化胶性能

项目		配方 1	配方 2	配方 3	配方 4	配方 5
损耗特性 tanδ	30℃	0.54	0.58	1.3	1.0	0.54
	－10℃	0.83	0.89	1.3	1.1	0.83
复数剪切弹性模量/MPa	30℃	4.0	3.8	6.7	7.2	4.2
	－10℃	14.7	13.6	23.4	28.0	16.0
E(－10)/E(30)		3.7	3.6	3.5	3.9	3.7

该高衰减橡胶胶料中炭黑（碘吸附值 20～120mg/g）Y 份，填充剂 X 份。当填充剂用量 $X \leqslant 450$ 份，炭黑用量 $Y \leqslant 150$ 份，$X+Y \geqslant 100$ 份时，在频率 0.5Hz（1±50%）、温度 30℃条件下，胶料具有复数剪切弹性模量［（G^*）4～30MPa］，它的损耗因子 tanδ 为 0.4～1.5。

实例 9. 高衰减天然/顺丁橡胶支座胶

（1）配方（质量份）

原材料	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4	配方 5	配方 6	配方 7	配方 8	配方 9	配方 10
天然橡胶	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
顺丁橡胶	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
高耐磨炉黑	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
树脂（ハイレシンQPA）	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
芳纶短纤维（长度/mm）	2（6）	2（3）	2（1）	3（1）	—	—	—	—	2（3）	—
维纶短纤维（长度/mm）	—	—	—	—	—	—	—	2（3）	—	—
锦纶短纤维（长度/mm）	—	—	—	—	2（5）	—	—	—	—	—
粘胶短纤维（长度/mm）	—	—	—	—	—	2（5）	—	—	—	2（5）
涤纶短纤维（长度/mm）	—	—	—	—	—	—	2（5）	—	—	表面处理

（2）性能（表 7－29）与评价

表 7－29　高衰减天然/顺丁橡胶料的硫化胶性能

项目		配方 1	配方 2	配方 3	配方 4	配方 5	配方 6	配方 7	配方 8	配方 9	配方 10
损耗特性	－1℃，h_{100}/%	87	87	82	87	77	78	84	79	81	77
	－2℃，h_{eq}/%	27	25	21	26	18	23	24	22	22	20

续表

项　　目	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4	配方 5	配方 6	配方 7	配方 8	配方 9	配方 10
$E(-10)/E(30)$	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.4	1.5
拉断伸长率/%	483	505	531	502	550	508	434	588	512	517
10%定伸应力/MPa	1.96	2.16	2.35	2.45	2.35	1.96	2.16	2.35	2.45	[illegible]

注：h_{eq}为等价衰减常数，是由防震橡胶动态试验求取的损耗特性。

实例 10. 防震支座橡胶

(1) 配方（质量份）

原材料	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4	配方 5
天然橡胶	100	100	70	70	30
异戊橡胶	—	—	30	30	50
高耐磨炉黑	50	—	50	50	50
中超耐磨低结构炉黑	—	50	—	—	—
オリコテンヶ1400（低聚物）	20	20	20	—	20
オリコテツヶ1300（低聚物）	—	—	—	20	—
松香	5	5	5	5	5
芳香族操作油	10	10	10	10	10
防老剂	3	3	3	3	3
氧化锌	5	5	5	5	5
硬脂酸	1	1	1	1	1
硫黄	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
促进剂 NS	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
促进剂 TBTD	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

原材料	配方 6	配方 7	配方 8	配方 9	配方 10
天然橡胶	100	100	100	100	100
中超耐磨低结构炉黑	50	50	50	50	50
オリゴテツヶ1400（低聚物）	20	29	8	22	10
エスケロン	—	8	5	—	20
氢化松香	10	—	—	—	—
软化剂	6	—	20	15	10
防老剂	3	3	3	3	3

氧化锌	5	5	5	5	5
硬脂酸	1	1	1	1	1
硫黄	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
促进剂/防焦剂	2.8/0.3	2.8/0.3	2.8/0.3	2.8/0.3	2.8/0.3

(2)性能(表7-30和7-31)与评价

表7-30 防震支座胶的性能(配方1~配方5)

项目	配方1	配方2	配方3	配方4	配方5
拉伸强度/MPa	20	20.6	19.4	18.6	18.6
拉断伸长率/%	720	740	780	750	790
压缩永久变形/%	17	18	16	14	14

表7-31 防震支座胶的性能(配方6~配方10)

项目	配方6	配方7	配方8	配方9	配方10
tanδ	[illegible]	0.304	0.195	0.211	0.295
剪切模量(30℃)/MPa	[illegible]	6.91	7.10	6.60	7.80
剪切模量比值(-10℃/30℃)	[illegible]	1.65	[illegible]	[illegible]	[illegible]
剪切伸长率/%	[illegible]	635	580	620	550

可用此制备机械、电子电气、纺织和其他工程用防震支座。

实例11. 震动衰减支座胶

(1)配方(质量份)

原材料	配方1	配方2	配方3
天然橡胶	100	100	100
液体丁腈橡胶	20	20	20
天然橡胶接枝聚酰胺纤维	10	10	10
炭黑	40	40	40
操作油	20	20	20
硫化剂、防老剂	10	10	10
聚醚类增塑剂	10	20	5

（2）性能（表 7－32）与评价

表 7－32　震动衰减胶的性能

项　　目	配方 1	配方 2	配方 3
硬度（JISA）	53	50	52
拉伸强度/MPa	18.6	17.7	18.1
拉断伸长率/%	660	670	630
$\tan\delta$（23℃）	0.24	0.22	0.25
$E(-10)/E(40)$	1.9	1.8	2.0
叠层胶等价衰减常数 h_{eq}	0.12	0.12	0.14

该配方可制成机械、电气等设备用减震支座或其他制品。

实例 12. 震动衰减天然橡胶支座胶

（1）配方（质量份）

原材料	配方 1	配方 2	配方 3
天然橡胶	100	100	100
滑石粉（粒径 5μm）	20	50	100
炭黑	30	30	30
操作油	20	20	20
硫化剂、防老剂	10	10	10

（2）性能（表 7－33）与评价

表 7－33　震动衰减天然橡胶的性能

项　　目	配方 1	配方 2	配方 3
硬度（JISA）	44	47	51
拉伸强度/MPa	20.6	21.6	22.6
拉断伸长率/%	630	610	600
$\tan\delta$	0.15	0.24	0.25
$E(-10)/E(40)$	2.0	2.0	2.1
叠层胶等价衰减常数	0.10	0.11	0.12

该震动衰减材料可用此制备机械、纺织、电气、工程等设备用防震支座与制品。

实例13. 高衰减橡胶/烯烃支座胶

(1) 配方(质量份)

原材料	配方1	配方2	配方3	配方4	配方5
天然橡胶	100	100	70	70	70
丁苯橡胶	—	—	30	—	—
顺丁橡胶	—	—	—	30	—
异戊橡胶	—	—	—	—	30
烯烃类树脂	5	25	25	25	25
油改性酚醛树脂	40	10	10	10	10
炭黑	60	50	60	60	60
芳香烃油	5	5	5	5	5
氧化锌	3	3	3	3	3
硬脂酸	2	2	2	2	2
石蜡	1	1	1	1	1
防老剂	2	2	2	2	2
硫黄	2	2	2	2	2
促进剂 CZ	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

(2) 性能(表7-34)与评价

表7-34 复合橡胶支座料的性能

项 目	配方1	配方2	配方3	配方4	配方5
等价衰减常数(h_{eq})比	319	328	333	327	324
蠕变性能	良	良	良	良	良
拉断伸长率/%	600	630	620	630	620
$E(-10)/E(40)$①	良	良	良	良	良

①以<1.2为良。

该高衰减橡胶胶料可用于制备机械、电气、纺织、工程等设备用减震支座与制品。

实例14. 高衰减异戊橡胶支座胶

(1) 配方(质量份)

原材料	配方1	配方2	配方3	配方4	配方5
天然橡胶	10	37	37	30	50
异戊橡胶	90	13	13	70	50
丁苯橡胶	—	50	—	—	—
顺丁橡胶	—	—	50	—	—

松香衍生物	5	20	20	25	50
炭黑	35	50	50	45	65
芳烃操作油	5	5	5	5	5

（2）性能（表 7－35）与评价

表 7－35　支座胶的性能

项　目	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4	配方 5
蠕变性能	良	良	良	良	良
拉断伸长率/%	620	630	640	630	630
$E(-10)/E(40)$	1.22	1.21	1.18	1.17	1.19

该高衰减橡胶胶料可用于制备机械、电子电气、工程等设备减震支座与制品。

实例 15. 高衰减异戊橡胶料

（1）配方（质量份）

原材料	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4	配方 5
天然橡胶	10	15	20	25	30
异戊橡胶 （乙烯含量 60%）	90	85	80	75	70
松香季戊四醇酯	3	10	20	30	40
炭黑	40	40	45	50	60
芳烃油	5	5	5	5	5
氧化锌	3	3	3	3	3
硬脂酸	2	2	2	2	2
石蜡	1	1	1	1	1
防老剂	2	2	2	2	2
硫黄	2	2	2	2	2
促进剂 CZ	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

（2）性能（表 7－36）与评价

表 7－36　高衰减异戊橡胶支座料的性能

项　目	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4	配方 5
h_{eq} 比	325	324	325	327	331
蠕变性能	良	良	良	良	良
拉断伸长率/%	650	660	670	640	610
$E(-10)/E(40)$	1.20	1.19	1.17	1.18	1.16

该高衰减橡胶胶料可用于制备机械、电气、工程等设备用减震制品。

实例16. 高阻尼支座胶

(1)配方(质量份)

原材料	配方1	配方2	配方3	配方4	配方5	配方6
天然橡胶	—	70	35	70	70	50
聚异戊二烯橡胶	70	—	35	—	—	50
顺丁橡胶	30	30	30	30	30	—
超耐磨炉黑	85	85	85	85	85	85
T-陶土	—	—	20	—	—	—
高岭土	—	—	—	20	—	—
滑石粉	—	—	—	—	20	20
氧化锌	5	5	5	5	5	5
硬脂酸	1	1	1	1	1	1
树脂	40	40	40	40	40	40
操作油	6	10	10	11	11	16
硫黄	2	2	2	2	2	2
N-环己烷基-2-苯并噻唑次磺酰胺	1	1	1	1	1	1

(2)性能(表7-37)与评价

表7-37　高阻尼支座胶的性能

项　目	配方1	配方2	配方3	配方4	配方5	配方6
100%定伸应力/MPa	3.04	2.87	2.955	3.47	3.58	3.62
300%定伸应力/MPa	7.69	7.41	7.55	8.6	8.27	8.71
拉伸强度/MPa	19.12	15.6	17.36	16.32	16.8	16.7
拉断伸长率/%	713.3	600	656.65	586.7	613.3	582

该高阻尼支座用橡胶配方还可添加聚丁二烯橡胶、硫化体系和保护体系制成阻尼系数和剪切弹性模量对变形依赖性小的高阻尼支座。

实例17. 吊装式立体车库橡胶减震垫

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NR/SBR	40/60	氧化锌	4

硬脂酸	1	硫黄	1.5
促进剂	1.6	防老剂	3
炭黑	40	软化剂	10

(2)性能与评价 该配方所得胶料的硫化胶性能(硫化条件 145℃,15MPa,30min)为:邵氏硬度 A 56,拉伸强度 22.2MPa,拉断伸长率 550%,拉断永久变形 18%;70℃,96h 热空气老化后拉伸强度 20.2MPa,拉断伸长率 390%。

减震垫性能采用 MTS-810 型材料试验机检测,测试结果为:压缩刚度 22.7MN/m,压缩弹性模量 17MPa,阻尼比 10%。

吊装式立体车库橡胶减震垫的研制与车库和建筑物结构、环境要求等有关,其胶料性能和结构需要不断变化、改进,以适应不同的车库、建筑物和环境要求,达到更好的减震和降噪效果。

实例 18. 减震用厚橡胶制品

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
3#烟片胶	70	丁苯橡胶	30
氧化锌	20	硬脂酸	2
高耐磨炉黑	50	沉淀法白炭黑	10
石蜡	1.5	芳烃油	5
防老剂 4010NA	1.5	防老剂 RD	2.4
促进剂 OTOS	2	促进剂 CZ	1
硫黄	0.5		

(2)性能(表 7-38)与评价

表 7-38 减震用厚橡胶胶料力学性能(硫化条件:151℃,35min)

项 目	指标(企业标准)	实 测
拉伸强度/MPa	≥16	22
拉断伸长率/%	≥400	470
拉断永久变形/%	≤25	13
邵氏硬度 A	70±5	69
100℃,48h 老化系数(拉伸强度计)	≥0.8	0.91

对需要长时间硫化的厚制品来说,硫化体系的合理选用是问题的关键,采用促进剂 OTOS/促进剂 CZ/硫黄 = 2/1/0.5 体系较好。防老剂的用量较一般制品大,选用能产生协同作用的防老剂并用体系较好。对厚制品来说,在性能允许的前提下,尽量多采用金属氧化物类导热性好的补强填充剂,可

以提高耐热老化性能，增强热的传导。用新配方生产的减震件，经用户使用，产品质量稳定，性能良好，使用期明显增长。

实例 19. 耐热型二元乙丙橡胶减震器

（1）配方

原材料	质量份	原材料	质量份
乙烯基－亚乙基降冰片烯－丙烯三聚物橡胶	100	炭黑	55
		石蜡油	21
		硫化剂	4.0
石蜡油 100	16	硫化促进剂	4.0

（2）性能与评价　该胶料拉伸强度为 19MPa，拉断伸长率为 300%，邵氏硬度 A 为 72，并具有良好的耐老化性。

实例 20. 抗蠕变天然橡胶支座料配方系列

（1）配方（质量份）

原材料	配方 1	配方 2	配方 3	配方 4	配方 5	配方 6	配方 7
SMR5（标准马来西亚橡胶）	100	100	100	100	100	—	100
DPNR（脱蛋白天然橡胶）	—	—	—	—	—	100	—
硬脂酸	—	—	2	2	1	—	—
月桂酸	1	1	—	—	—	1	1
ZnO	5	5	5	5	5	5	5
非污染低定伸半补强炉黑	40	—	—	—	—	10	10
防老剂 RD	1.5	1.5	—	—	2.25	1.5	1.5
防老剂 D	—	—	—	—	0.75	—	—
防老剂 4010NA	—	—	—	1.0	—	—	—
促进剂 CBS	0.54	0.54	0.6	0.6	—	0.54	0.54
促进剂 TMTD	—	—	—	—	0.66	—	—
促进剂 MOR	—	—	—	—	1.4	—	—
硫黄	2.7	2.7	2.5	2.5	0.35	2.7	2.7

原材料	配方 8	配方 9	配方 10	配方 11	配方 12	配方 13	配方 14	配方 15
DPNR	—	100	100	—	—	—	—	100
SMR5	100	—	—	100	100	100	100	—
ZnO	5	5	5	5	5	5	5	5

硬脂酸	1	—	—	2	2	2	2	2
2－乙基乙酸锌	—	1.5	1.5	—	—	—	—	1.5
防老剂 RD	1.5	2	2	2	2	2	2	2
非污染低定伸半补强炉黑	25	20	10	—	20	10	20	10
硫黄	2.7	0.7	0.7	—	—	—	—	0.7
促进剂 MOR	—	1.7	1.7	—	—	—	—	1.7
促进剂 TBTD	—	0.7	0.7	—	—	—	—	0.7
防老剂 4020	—	—	—	2	2	2	2	—
硫化剂 DTDM	—	—	—	2	2	2	2	—
促进剂 TBBS	—	—	2	2	2	2	—	—
促进剂 TMTD	—	—	—	0.3	0.3	0.3	0.3	—

原材料	配方 16	配方 17	配方 18	配方 19
DPNR	100	100	100	100
硬脂酸	1	1	1	—
非污染低定伸半补强炉黑	10	10	10	2
防老剂 RD	—	—	1.5	—
日光龟裂防护蜡	—	—	—	1.5
ZnO	5	5	5	5
防老剂 4020	3	3	3	3
防老剂 4030	2	4	2	3
促进剂 MOR	0.54	0.54	0.54	1.7
2－乙基乙酸锌	—	—	—	1.5
硫黄	2.7	2.7	2.7	0.7
促进剂 TBTD	—	—	—	0.7

(2)性能(表 7－39 和表 7－40)与评价

表 7-39 室温条件下天然橡胶支座物理性能和拉伸蠕变数据(配方 1～配方 15)

项目	配方 1				配方 2			配方 3	配方 4	配方 5		配方 6	配方 7	
硫化条件,时间(min)/温度(℃)	30/140				30/140			40/140	40/140	30/150		30/140	30/140	
拉伸强度/MPa	21.0				11.3			9.8	11.7	19.2		22.4	20.9	
伸长率/%	600				670			700	700	540		730	700	
邵氏硬度 A	—				—			—	—	—		40	44	
空气/氮气	空气	空气	空气	空气	空气	空气	空气	空气	空气	空气	空气	空气	空气	
相对湿度	低①	高②	试验室环境	试验室环境	试验室环境	试验室环境	低	试验室环境	试验室环境	试验室环境	试验室环境	试验室环境	试验室环境	
相对蠕变率/%	13.1	27.5	308.2	387.3	100.0	356.2	25.2	247.7	270.6	298.8	255.4	22.4③	243.6④	28.6⑤
检测时间/d	6	6	392	412	275	449	1016	275	382	526	499	964	405	69
试样是否仍在试验	否	否	否	否	否	否	是	否	否	否	否	是	否	否

续表

项　目	配方 8	配方 9		配方 10				配方 11	配方 12	配方 13	配方 14	配方 15	
硫化条件,时间(min)/温度(℃)	45/140	40/110		40/140				30/150	30/150	30/150	30/150	60/140	
拉伸强度/MPa	19.4	24.1		18.7				15.1	20.2	16.4	19.9	—	
伸长率/%	1000	700		720				710	640	655	640	—	
邵氏硬度 A	12	41		39				35	42	39	42	—	
空气/氮气	空气	空气	空气	空气	空气	空气	空气	空气	空气	空气	空气	空气	氮气
相对湿度/%	试验室环境	试验室环境	试验室环境	试验室环境	试验室环境	试验室环境	试验室环境	试验室环境	试验室环境	试验室环境	试验室环境	试验室环境	
相对蠕变率/%	427.7	42.6	20.9⑥	21.0	39.0⑦	19.1⑧	16.4⑨	44.1	34.3	37.0	44.7	16.7	4.0
检测时间/d	380	480	70	465	881	70	837	1008	1008	1008	1008	100	805
试样是否仍在试验	否	否	否	否	是	否	是	是	是	是	是	否	是

①试样周围有干燥剂;②试样周围有浸水纱布团;③蠕变试验前预应力为 621kPa;④蠕变试验前预应力为 372kPa;⑤蠕变试验前预应力为 621kPa;⑥蠕变试验前预应力约为 621kPa;⑦表面经 Antozlote2(抗臭氧剂)处理;⑧蠕变试验前预应力为 621kPa;⑨表面经 Black Out Black(抗降解剂)处理。

表 7－40　室温条件下天然橡胶支座物理性能(配方 16～配方 19)

项　目	配方 16	配方 17	配方 18	配方 19
硫化条件,时间(min)/温度(℃)	45/140	45/140	45/140	60/140
拉伸强度/MPa	12.9	10.7	12.6	12.9
伸长率/%	500	820	825	740

通过对天然橡胶进行了多种配方设计,对抗蠕变效果好的配方列出了选择性数据。结果表明,主体材料采用 DPNR(脱蛋白天然橡胶)比采用 NR 抗蠕变性能更优越,其中配方 15 胶料的综合性能最好,推断其 15 年使用寿命中相对蠕变值只有 26%。

八、橡胶密封制品

(一)典型密封制品胶料配方举例

实例1. 高硬度O形圈、Y形圈胶料

原材料	质量份	原材料	质量份
丁腈橡胶	100	甲基丙烯酸初聚酯	15
促进剂 DM	2	氧化锌	5
DTDM	3	硬脂酸	1
DCP	1	防老剂 MB	1
HAF 炭黑	80	防老剂 RD	2

实例2. 耐压油封胶料

原材料	质量份	原材料	质量份
丁腈-26	100	甲基丙烯酸初聚酯	15
促进剂 DM	2	氧化锌	5
DTDM	2	硬脂酸	1
DCP	1	防老剂 MB	1
喷雾炭黑	75	防老剂 RD	1

实例3. 打气筒用橡胶皮碗

原材料	质量份	原材料	质量份
丁腈橡胶	100	防老剂 D	2.5
氧化锌	7	SRF	50
硬脂酸	2	HAF	40
促进剂 DM	1.5	邻苯二甲酸二丁酯	20
促进剂 TMTD	0.2	硫黄	1.5

实例4. 油压注浆泵用密封件

原材料	质量份	原材料	质量份
丁腈-26	80	HAF	45
高苯乙烯(HS-860)	20	氧化锌	5
硫黄	0.8	硬脂酸	1.3

促进剂 M	1.5	防老剂 D	1.5
促进剂 DM	1.0	邻苯二甲酸二丁酯	20
SRF	20		

实例 5. 压裂泵橡胶阀体密封胶料

原材料	质量份	原材料	质量份
丁腈橡胶	100	环氧树脂	4
槽法炭黑	80	邻苯二甲酸二丁酯	2
氧化锌	5	顺丁烯二酸酐	0.1
硬脂酸	1	促进剂 DM	2.5
防老剂 D	0.5	促进剂 D	0.15
石蜡	0.2	促进剂 TMTD	0.25

实例 6. 建筑构件用密封带胶料

原材料	质量份	原材料	质量份
丁基橡胶	15~25	苯酚甲醛和萜烯烃的缩合物	5~15
软化剂 OKTOП	25~40		
松香	1~5	填充剂	33.85~39.90
油酸	0.05~0.15		

实例 7. 建筑用防水屋顶和密封胶料

原材料	质量份	原材料	质量份
丁基橡胶	100	硅乳石页岩	20~60
对醌二肟	3~4	聚乙烯蜡	4~6
沥青	15~30	有机溶剂	150~350

(二)阀门橡胶密封圈

实例 1. 蝶阀橡胶密封圈

(1)配方(质量份)

原材料	耐酸碱配方	原材料	耐油、煤制气配方
三元乙丙橡胶(EPDM)	100	NBR	100
氧化锌	10	氧化锌	10
硬脂酸	0.5	硬脂酸	0.5
硫化剂 DCP	5	硫化剂 DCP	4
		硫黄	0.5

硫黄	0.2	石蜡	1
石蜡	1	防老剂 RD	0.5
防老剂 RD	2	防老剂 4010	2
防老剂 4010	0.5	炭黑	67
炭黑	70	增塑剂 DOS	10
增塑剂 DBP	4	促进剂 DM	0.5
沉淀白炭黑	5	交联助剂 TAIC	1.5
松焦油	4		

(2)性能(表 8－1 和表 8－2)与评价

表 8－1　耐酸碱蝶阀橡胶密封圈(硫化条件:153℃,40min)力学性能

项目			标准值	实测值
邵氏硬度 A			71 ±3	70
拉伸强度/MPa			≥12	15
拉断伸长率/%			≥200	472
冲击弹性/%			≥30	38
低温脆性①/℃			根据条件选择	－47.5
压缩永久变形(常温,72h,压缩率 25%)			≤10	9
70℃,7d 热空气老化后	硬度变化率(最大)/%		±6	+4
	拉伸强度变化率(最大)/%		－15	－7
	拉断伸长率变化率(最大)/%		－25 ~ +10	－10
耐液体试验②	30% NaOH,常温,72h	质量变化率/%	—	0.05
		体积变化率/%	—	－0.33
	30% H_2SO_4,常温,72h	质量变化率/%	—	0.22
		体积变化率/%	—	0.91

①低温脆性一般分为:－25℃、－30℃或－40℃;②因应用于耐酸碱管道,试验结果供参考。

表 8－2　耐油(或煤制气)蝶阀橡胶密封圈(硫化条件:153℃,40min)力学性能

项目	标准值	实测值
邵氏硬度 A	71 ±3	71
拉伸强度/MPa	≥12	15
拉断伸长率/%	≥200	240
冲击弹性/%	≥30	40
低温脆性/℃	根据条件选择	－31

续表

项目		标准值	实测值
压缩永久变形率/%(常温,72h,压缩率25%)		≤10	4
70℃,7d热空气老化后	硬度变化率(最大)/%	±6	3
	拉伸强度变化率(最大)/%	-15	-11
	拉断伸长率变化率(最大)/%	-25~10	3
液体B浸泡,标准室温,72h后	硬度变化率(最大)/%	-15	-5
	体积变化率(最大)/%	-30	+12

经对用户调查,认为蝶阀橡胶密封圈的耐酸碱配方耐酸、耐碱、弹性好、压缩复原好,且耐老化性能好等;耐油配方除弹性好、耐压复原好外,耐低温性能和耐油性能都很好,两种配方经产品应用打压试验没有渗漏现象,达到原设计要求。

该配方采用的EPDM全部为进口橡胶,由于产品含胶率高,阀座用料大,因此成本高。目前阀座正在改进中,拟将阀座与阀体连接,改为蝶板直接与橡胶圈连接。

实例2. 高炉煤气蝶阀硅橡胶密封圈

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
硅橡胶	100	氧化锌	5
沉淀法白炭黑	40	三氧化二铁	5
气相法白炭黑	30	二苯基硅二醇(结构控制剂)	2

(2)性能与评价

①胶料性能(表8-3)

表8-3 硅橡胶密封圈胶料的性能

项目	老化前		200℃,24h热空气老化后		280℃,24h热空气老化后	
	MVQ	MVQ/MPVQ(50/50)	MVQ	MVQ/MPVQ(50/50)	MVQ	MVQ/MPVQ(50/50)
拉伸强度/MPa	5.1	4.4	4.5	3.8	4.4	4.2
拉断伸长率/%	200	200	140	160	110	150
邵氏硬度A	74	70	76	71	83	73
撕裂强度/$kN \cdot m^{-1}$	14	12	—	—	—	—
拉断永久变形率/%	1	2	1	2	2	2
压缩永久变形率①/%	—	—	39	20	60	29

①压缩率为30%。

②成品使用性能　经实际使用证明，高炉煤气蝶阀硅橡胶密封圈在200～280℃的高温下使用性能良好，使用寿命达到设计要求。

高炉煤气蝶阀甲基乙烯基硅橡胶/甲基苯基乙烯基硅橡胶（MVQ/MPVQ）并用密封圈的耐热老化性和耐化学稳定性好。实际应用结果表明，成品性能达到设计要求。

实例3. 推拉杆用外嵌骨架橡胶密封圈

（1）配方

原材料	质量份	原材料	质量份
丁腈橡胶/PVC	170	稳定剂/增塑剂	6
硫黄	1.5	金属氧化物	5
防老剂	1.0	硬脂酸	1.0
炭黑	90	石蜡	1.0
促进剂	2.5	软化剂	7.0
其他助剂	0.15		

（2）性能与评价

①设计指标　设计的是柱径为140mm用外嵌骨架橡胶密封圈，其外形尺寸为：140mm×160mm－8mm/12mm。胶料物理性能要求：邵氏硬度A≥70；拉伸强度≥10MPa；拉断伸长率≥100%；撕裂强度≥30kN/m；产品表面粗糙度3.2。

②性能结果　该配方制品性能：邵氏硬度A 80；拉伸强度14MPa；拉断伸长率150%；撕裂强度350kN/m；耐油实验：（70℃，24h）3#标准油，体积变化率为45%；耐老化实验（100℃，24h）：拉断伸长变化率－10.4%，强度变化率10.9%。

此工艺投产后，生产较顺利。采用外嵌骨架材料，使得产品易于装配、受力时底部不易翻转变形。

经用户使用表明，此产品设计合理，具有较强的耐天候老化性能，使用寿命长，达到国内同类产品的水平。

实例4. 内骨架耐热橡胶密封圈

（1）配方

原材料	质量份	原材料	质量份
三元乙丙橡胶	100	氧化锌	5
硬脂酸	1	炭黑	70
滑石粉	10	软化剂	12
硫黄	0.5	促进剂	3.3
防老剂	3.0	黏合剂	1.5

(2)性能(表8－4)与评价

表8－4　内骨架耐热橡胶密封圈硫化胶力学性能指标

性能		指标
邵氏硬度A		70
拉伸强度/MPa		142
拉断伸长率/%		412
压缩永久变形(20%,100℃,22h)/%		10
100℃,24h 热空气老化	硬度变化	3
	拉伸强度变化率/%	－4
	拉断伸长率变化率/%	－30

注　硫化条件:151℃,45min。

内骨架耐热橡胶密封圈主要用在工业输送饱和蒸汽或过热水时缸体的密封部位,多数属于静密封,因为工作介质的温度较高,有时高达180℃,所以要求橡胶密封圈的耐热性能良好。

产品经用户使用,证明其具有耐热性能好、结构合理、使用寿命长等特点。

(三)工业橡胶密封制品

实例1.综合采煤机械化设备用系列橡胶密封件

(1)配方(质量份)

原材料	配方1	配方2	配方3	配方4	配方5	配方6
丁腈橡胶(或橡塑共混胶)	100	100	100	100	100	100
硫化体系(硫化剂、促进剂、活性剂和防焦剂)	10～12	10～12	7～9	8～10	10～12	10～12
软化增塑剂(DOS或并用)	5～10	10～15	5～10	5～10	5～10	10～15
补强填充剂(HAF或并用)	50～60	75～85	55～65	80～90	50～60	50～60
防老剂	2.5	2.5	2.0	3.5	2.5	2.0
胶黏剂	3～5	—	—	—	—	—

(2)性能与评价

①工作条件与性能要求(表8－5)

表 8－5　橡胶密封件的种类及工作条件

配方号	工　作　条　件	主要橡胶密封件
1	介质：乳化液、机油等；工作压力：10MPa；井下温度下使用；其中鼓形、蕾形圈可承压 40～60MPa，作动、静密封	O 形圈、鼓形圈、蕾形圈软胶部分等
2	介质：乳化液、机油等；工作压力一般为 10MPa，个别达 40MPa，作动、静密封；井下温度下使用	O 形圈、黏合密封件等
3	介质：乳化液、机油、空气、粉尘等；工作压力一般为 10～40MPa；井下温度下使用	防尘圈等
4	介质：乳化液、机油等；长期在 40MPa 压力下作往复运动；井下温度下使用	Y 形圈等
5	介质：乳化液；在 10～35MPa 压力下作往复运动，或在 40～60MPa 下作往复运动	V 形、鼓形、蕾形夹布制品等
6	介质：乳化液、机油等；能承受 40～60MPa 高压液流冲刷及机械冲击	阀垫等

根据产品的工作条件，研制的系列橡胶密封胶料性能和产品外观质量应符合标准。

②性能实测值（表 8－6）

表 8－6　单体液支柱用橡胶密封件胶料性能

项　　目	O 形圈	阀　垫	防尘圈	Y 形圈
邵氏硬度 A	80 ±5(76)	90 ±5(86)	88 ±5(84)	88 ±5(84)
拉伸强度/MPa	≥15.0(20.7)	≥15.0(16.8)	≥14.0(21.2)	≥15.0(24.5)
拉断伸长率/%	≥150(320)	≥250(500)	≥150(360)	≥140(270)
撕裂强度/kN·m^{-1}	—	≥60(63)	—	—
100℃，24h 热空气老化，拉断伸长率变化率/%	≥ −25(−9.4)	≥ −40(−30)	≥ −35(−11.1)	≥ −30(−3.7)
热空气中，100℃，22h，压缩 20% 永久变形/%	≤35(31)	—	—	—
20#机油中，100℃，24h，体积变化率/%	±6(−1.8)	±6(−3.3)	±6(−4.1)	±6(+0.9)
5% M－10 乳化液中，70℃，24h，体积变化率/%	−4～+8(+3.2)	−4～+8(+2.7)	−4～+8(+3.4)	−4～8(+3.2)

注　括号内为研制胶料测试结果。

采煤机械化是高产高效矿井的核心手段,综合采煤机械化已成为我国采煤机械化发展的主流。其中综合采煤机械化支护设备橡胶密封件的质量高低,直接影响着井下采煤的安全性和可靠性。

采用丁腈橡胶或橡塑并用胶为主体材料,配合适量的各种配合剂,经混炼、硫化加工可制得符合标准质量要求的综合采煤机械化设备橡胶密封件产品,已应用于实际工业生产。

实例2.耐寒丁腈橡胶密封制品

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NBR	85	促进剂 BR	15
氧化锌	7	硬脂酸	1.5
防老剂 4010NA	1.5	防老剂 MB	1.5
快压出炭黑	40	混气炭黑	20
增塑剂 DOA/DOS	40	复合硫化剂	4
促进剂	2.5	其他助剂	4

(2)性能(表8-7)与评价

表8-7 耐寒 NBR 胶料性能

项目			技术指标	测定值
邵氏硬度 A			47±5	47
拉伸强度/MPa			≥11	12.9
拉断伸长率/%			≥400	480
100℃,24h 热老化后	拉断伸长率变化率/%		—	-13
	拉伸强度变化率/%		—	+17
	屈挠龟裂性能/万次		>30	>100
	压缩永久变形(100℃,24h)/%		≤45	33
耐液体性能(GP-9 硅酯)	质量变化率/%		≤15	+3
	脆性温度/℃		<-60	<-61
	压缩耐寒系数	-40℃	—	0.69
		-50℃	≥0.60	0.61

丁腈橡胶具有优良的耐油性,目前它已作为一种通用耐油橡胶被广泛用于机车车辆制动机用的隔膜、Y形圈、密封圈以及胶垫等制品。此类密封制品是整个制动机的关键部件,其性能的好坏直接影响行车安全。在这些

耐油橡胶制品的使用过程中,由于工作环境的需要,除了要求其具有优良的耐油性外,还要求其具有非常好的低温耐寒性能,而丁腈橡胶的耐寒性不足,从而影响了耐油制品的使用寿命。

通过对各个配合体系的研究和试验,确定了耐寒丁腈橡胶的优化配方。所得到的胶料具有优良的耐油和低温耐寒性能,脆性温度 < -61℃,压缩耐寒系数在 -40℃和 -50℃下分别为0.69和0.61,达到了相应的技术指标。

该配方还适用于其他硬度较低,同时要求具有较高拉伸强度和伸长率、优良耐寒性能和耐油性橡胶制品的生产。

实例3. 汽车管口橡胶密封塞

(1) 配方

原材料	质量份	原材料	质量份
CR	80	NBR	20
氧化锌	5	氧化镁	4
促进剂 DM	1	硫黄	0.09
半补强炉黑	30	喷雾炭黑	20
防老剂 D	1	防老剂 4010	1
石蜡	2	硬脂酸锌	0.48
增塑剂 DOP	28.8		

(2) 性能与评价 胶料物理性能(硫化条件:150℃,15min):拉伸强度10.4MPa;拉断伸长率520%;邵氏硬度 A 58;拉断永久变形18.7%;耐臭氧等级(臭氧含量为5mg/L,拉伸25%,20℃,48h)0;70℃,70h 热空气老化后:拉伸强度变化率 -20%,拉断伸长率变化率 -30%,邵氏硬度 A 变化 +8 度。

用多腔模具生产密封塞具有生产效率高及产品尺寸精度高、质量稳定、易修边、表面光滑等优点,可满足企业高质高产的要求。

实例4. 单体液体支柱用系列橡胶密封件

(1) 配方(质量份)

原材料	O 形圈	阀座(垫)	防尘圈	Y 形圈
丁腈橡胶	100	—	—	100
橡塑共混胶(NBR/PVC,稳定剂)	—	100	100	—
硫化剂、促进剂、活性剂	10.5	6.5	7.5	11.5
补强填充剂(HAF或并用炭黑)	75	50	60	90

增塑剂 DOP	12	7	8	8
防老剂 RD/MB	2.5	2.0	2.0	3.5

(2)性能与评价 单体液压支柱是机械化采煤的支护设备之一,而橡胶密封件又是单体液压支柱不可缺少的零件,其性能好坏直接影响着井下采煤的安全性与可靠性。

选择丁腈橡胶或丁腈橡胶与聚氯乙烯并用胶为主体材料,配入适当其他助剂,可制得符合标准要求的单体液压支柱密封件胶料及产品,工艺可行,可用于实际生产。

实例5. L 形特种橡胶密封帽

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
IR-307	70	氧化锌	5
白绉片胶	30	硬脂酸	2
硫黄	1.8	抗氧剂 1078	1
促进剂 TRA	1.5	沉淀白炭黑	20

(2)性能(表8-8)与评价

表8-8 该配方胶料的性能

项目	数值	项目	数值
拉伸强度/MPa	15	拉断永久变形/%	10
500%定伸强度/MPa	1.2	邵氏硬度 A	40
拉断伸长率/%	800	—	—

L 形特种橡胶帽适用于内装 500mL 大输液特种结构聚丙烯瓶口的密封。

该产品要求无毒、无味,质地纯净,色泽鲜艳,呈半透明状,密封性能优良,耐穿刺且不泄漏药液,对人体和药物均无有害影响。

选用医药、食品等级的 IR-307,经过特殊配合,采用先进合理的生产工艺可制得符合中国大家制药有限公司使用要求的 L 形特种橡胶帽。

该产品属国内首创并等效采用日本技术标准,全项性能达到日本同类产品的技术水平。该产品的研制成功实现了引进技术配套产品的国产化,提高了国内大输液橡胶塞的生产技术水平和人体用药的安全性。

实例6. 热交换器橡胶密封框

(1) 配方

原材料	质量份	原材料	质量份
丁腈2707	100	氧化锌	5
硬脂酸	1	磷酸三苯酯	5
防老剂	2.5	半补强炉黑	75
促进剂	1	促进剂TT	适量
硫黄	适量		

(2) 性能(表8-9)与评价

表8-9 胶料的力学性能

项目		标准值	测试值
邵氏硬度A		78±3	79
拉伸强度/MPa		≥12	15.8
拉断伸长率/%		≥200	280
压缩永久变形(125℃,22h)/%		≤30	27
125℃,24h热空气老化后	拉伸强度/MPa	≥10	15
	拉断伸长率/%	≥150	230
	邵氏硬度A	80±5	82

经过几年的生产证明,生产配方比较成熟,各项指标稳定,尺寸符合要求,外观质量好;生产厂反映其密封性能良好,没有发生泄漏现象,得到用户的信赖和好评,同时也提高了企业的经济效益。

实例7. 软木/橡胶密封制品

(1) 配方

原材料	质量份	原材料	质量份
丁腈橡胶	100	白炭黑	20
硫黄	2.5	松焦油	10
促进剂DM	1.5	防老剂A	1.0
促进剂TT	1.0	氧化锌	5.0
防老剂D	1.0	硬脂酸	1.0
软木粉	50~200		

(2)性能(表8-10和表8-11)与评价

表8-10 软木粉对胶料其他物性的影响

项　　目	软木粉100份	软木粉150份	软木粉180份
老化系数(100℃,96h)	1.17	1.20	1.33
恒定压缩永久变形(70℃,22h)/%	28.96	41.23	43.56
15#机油质量变化率(70℃,72h)/%	-0.824	-0.212	-0.162

表8-11 软木/丁腈橡胶胶料加入不同量白炭黑的试验

项　　目	软木粉100份	
	白炭黑20份	白炭黑40份
邵氏硬度A	84	87
拉伸强度/MPa	5	9
拉断伸长率/%	130	150

软木橡胶密封制品是由软木和橡胶的复合材料制成,具有软木和橡胶的共同优点,特别适用于对耐油、耐老化、耐沸水等条件要求苛刻的场合。此外,该类制品还具有成本低的特点。

丁腈橡胶中加入软木粉后可提高胶料的耐热老化和耐油性,并随用量的增加而提高,但对物理性能有一定的影响。如拉断伸长率下降,压缩永久变形增大等。软木粉对促进剂有吸附作用,因此硫化体系中促进剂用量应比一般橡胶稍大。软木/丁腈橡胶胶料中加入适量补强剂对提高硫化胶的物理性能有利。

实例8.纤维增强软木橡胶密封制品

(1)配方

原材料	质量分数
橡胶	15%
纤维	15%
软木	40%
其他(填料及调节剂)	30%

(2)性能与评价 密封垫片是汽车、船舶以及各种容器、管道和机械设备不可缺少的部件。传统的含石棉密封材料近年来国内外已被部分禁用,而以非石棉材料替代。

采用此配方能满足材料的整体性能要求。

实例9. 动态硫化浅色 PVC/BR 密封条

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
PVC(聚合度为1300)	100	BR	27
NBR	3	增塑剂 DOP	65
稳定剂	2	防老剂4010	1
硬脂酸	0.5	氧化锌	0.5
碳酸钙	40	陶土	20
促进剂 TMTD	3	促进剂 CZ	0.5

(2)性能(表8-12和表8-13)与评价

表8-12　生产配方胶料的性能

性　　能	橡胶密封条标准	生产配方
邵氏硬度 A	63 ±9	70
拉伸强度/MPa	>7.0	9.6
拉断伸长率/%	>250	340
撕裂强度/$kN \cdot m^{-1}$	>25	27
拉断永久变形/%	≤25	34
压缩永久变形(170℃,22h,压缩率20%)/%	<50	60
脆性温度/℃	—	-45
加热减量/%	<60	69
温度敏感性 ΔH(0~40℃)/度	<30	18

表8-13　返炼次数对 PVC/BR 热塑性弹性体性能的影响

性　　能	未返炼	一次返炼(15min)	二次返炼(30min)
邵氏硬度 A	70	72	70
拉伸强度/MPa	9.0	10.0	9.8
拉断伸长率/%	340	330	330
撕裂强度/$kN \cdot m^{-1}$	25.0	27.0	27.0
拉断永久变形/%	20	15	15

该配方将 PVC 和 BR 并用,采用动态硫化法制备综合性能良好的浅色

热塑性弹性体密封条,在性能和工艺上都切实可行。

实例10. 中空玻璃用橡胶密封条

(1)配方

①CR密封条配方

原材料	质量份	原材料	质量份
CR	100	陶土	100
钛白粉	30	黑油膏	40
防老剂D	3	氧化铅	15
氧化锌	5	石蜡	2
古马隆树脂	5	邻苯二甲酸二丁酯	30
环氧树脂	5		

②IIR密封条配方

原材料	甲组分	原材料	乙组分
低相对分子质量IIR	60	聚丁烯	10
对醌二肟	3.5	低相对分子质量IIR	40
硅烷偶联剂	4	二氧化铅	7.5
碳酸钙	75	甲苯	30.5
甲苯	46	白炭黑	10

③复合密封条配方

原材料	质量份	原材料	质量份
低相对分子质量IIR	70	低相对分子质量聚异丁烯	30
炭黑	40		
干燥剂	20	黏土	20
硅烷偶联剂	4	溴化烷基酚醛树脂	16

(2)性能与评价 将本配方研制的CR、IIR和复合密封条用于中空玻璃,其隔热、保温、隔声、防尘、防结霜(露)性能及使用寿命均达到国家标准,而且复合密封条的配方和制备及其与中空玻璃的装配都较简单,因此,该复合密封条是中空玻璃的首选密封材料。

九、胶鞋

(一)简介

1. 基本概念

以橡胶(更广义地说是弹性体)为主要原料,用大生产方法制造并具备橡胶特性的鞋称为胶鞋。

传统的布面胶鞋,其底、围条、前包头、后跟衬等部件均取材于橡胶;胶面胶鞋则连鞋絃也采用橡胶。

2. 品种分类

(1)按功能分类 可分为生活用鞋和劳动用鞋。

(2)按材料分类 可分为布面胶鞋、胶面胶鞋和橡塑鞋。

(3)按加工工艺分类 可分为冷粘鞋和浇注鞋。

3. 胶鞋的部件

任何一双胶鞋均由底、帮及帮底结合部件组成。

(1)底部件 底部件从外到内分成2~3个层次,其中着地部分称为大底或外底;鞋腔中接触足底的部件为中底(也称内底),一般选用橡胶海绵,也有的采用不发泡胶料称为硬中底,一般胶面胶鞋采用。内底的作用是增加弹性,抵挡外来冲击,缓解行走或跳跃时产生的震动。

在冷粘鞋中有时在大底与内底之间嵌入第3个层次,称为插底或楔形底,使整个底部件呈坡形。

(2)帮部件 帮部件是以织物为主构成鞋帮各组成部分的部件,包括鞋帮、鞋舌、护趾布、鞋眼、鞋带、沿口条和装饰件。

(3)帮底结合部件及其他部件 帮底结合部件及其他部件泛指位于帮底结合处或由结合处延伸的部件。一般包括围条、外包头、后跟条和内头皮。

(二)胶鞋的配方设计

1. 基本概念与要求

胶鞋的配方设计就是在生胶和助剂确定之后进一步确定它们的配比。

由于配方设计要满足制造加工工艺、产品性能及成本等多方面要求，因此在设计时应抓住三点：一是胶鞋是典型的多部件产品，配方设计要从整体角度出发，兼顾多部件的一致性，把提高全鞋使用寿命作为配方设计的最终目的；二是协调好各部件胶料的硫化速度，因各部件厚度有较大差异，受热先后也不同，应做到正硫化时间的基本同步；三是要考虑性能的整体性，不仅要满足一般性能要求，更要达到部件的主要性能要求（表 9－1）。

表 9－1　胶鞋各胶制部件的性能要求

部　　件	主要性能要求	次要性能要求
大底	优良的耐磨性	耐屈挠性
鞋面	耐屈挠、耐光老化	弹性、强伸性能较高
围条	耐屈挠、耐碰擦	抗动态疲劳
大梗子、包头	耐磨损、坚韧	挺性好、抗冲击
海绵中底	低压缩变形、高弹性	柔软
里后跟	耐磨损、挺性好	抗屈挠

此外，配方设计还要满足以下工艺要求：

①收缩性　收缩性应控制在一定范围之内，以使半成品尺寸稳定。

②黏性　要求有较高的黏合性及较长的黏性保持期。

③抗焦烧性　应适应胶鞋出型中胶料返回次数多、受热时间长、焦烧概率高的特点，应有较长的焦烧时间。

2. 胶鞋配方的整体设计

胶鞋是由多种部件（包括胶件和非胶件）有机协调构成的一个统一整体，胶鞋中的各部件所处的位置和所承担的作用各不相同，对各部件性能的要求也不相同。整体配方设计是影响全鞋质量和穿用寿命的关键之一。

胶鞋的使用寿命取决于质量最差的部件，而不是取决于质量最好的部件。因而胶鞋的胶料部件和非胶料部件的使用寿命应具有良好的配合，应保证具有基本一致的使用寿命，即在穿用寿命终止时，鞋帮、大底等各部件受破坏程度应相差不大。一般正常穿着条件下，应保证胶鞋的整体使用寿命不低于八个月，大底的使用寿命一般设计为鞋帮使用寿命的 1.2 倍。胶件之间的协调配合至少应当包括下列三个方面。

（1）各胶料部件硫化速度（及发泡速度）的配合　在胶鞋硫化过程中，虽然总体硫化条件相同，但由于胶鞋中各胶件所处的位置不同及胶料尺寸不同，加上胶料和纺织物是热的不良导体，造成具体每个胶件硫化时间和温

度有所差别，这就要进行胶料硫化速度的配合设计。

硫化速度总的配合原则是：保证各胶料部件的起硫点、起发点具有正确的配合；保证各胶料部件在硫化工艺条件下，都能够达到正硫化状态；在许可前提下尽可能提高硫化速度，缩短硫化时间。

布面鞋配方设计时以大底为基础，调整各部件的硫化速度，而胶面鞋则以鞋面为基础，举例见表 9－2。

表 9－2　胶鞋各部件胶料硫化速度

部件名称	硫化仪测定(134℃) t_{10}/min	硫化仪测定(134℃) t_{90}/min	硫化起点(134℃)/min①	正硫点(134℃)/min①	平坦期范围(134℃)/min①	硫化起点(134℃)/min②	正硫化范围(134℃)/min②
黑大底	4～5	12～13	3.5～4.5	20	20～60	2～2.5	10～20
浅色大底	5～6	12～13	3.5～4.5	20	20～60		
海绵中底	3～4	8～9	2～2.5	15	15～40	夏 3.4～4 冬 2～2.5	12.5～25
围条	5～6	15～17	4～5	25	25～60	夏 2.5～3 冬 2～2.5	12.5～20
鞋面	7～8	14～15	6～6.5	25	25～70	夏 3.5～4 冬 3～3.5	10～20
底后跟	7～8	12～13	5～5.5	20	20～60	2～2.5	12.5～20
里后跟	4～5	10～11	3～3.5	20	20～40		
胶浆	5～6	18～20	4～4.5	25	20～60	夏 2.5～3	—
包头	—	—	—	—	—	夏 2.5～3 冬 2～2.5	12.5～20

①与②资料来源不同。

（2）各胶料部件含胶率的配合　各部件胶料含胶率的确定是以部件所承担的作用和结构为依据的。一般来说，遵循下列三个比较原则：一是主要部件比次要部件含胶率高；二是作用强烈的部件比作用缓和的部件含胶率高；三是作用程度相近时，规格薄的部件比规格厚的部件含胶率高。鞋面和鞋底是胶鞋的主要部件，围条和胶浆部件在穿着中作用显著而且规格薄，所以要求这些部件的含胶率高些。外包头部件一般规格厚，头跟部件、上口线部件为次要部件，作用较不明显，所以这些部件含胶率可以低些。

各胶料部件的含胶率设计以大底为基准，胶鞋各部件胶料的含胶率见表 9－3。

表 9-3 胶鞋胶料含胶率(%)

部件名称		品种		胶浆名称		品种	
		工农雨鞋	解放鞋			工农雨鞋	解放鞋
大底		40 左右	40~46	操作汽油浆		75~85	75 左右
中底		<6	—	合布胶	汽油浆	—	45 左右
海绵中底	一次硫化	5~10	5~10		胶乳浆	—	43 左右
	二次硫化	—	20~30	内头皮汽油浆		45~60	45~60
鞋面		50 左右	—	鞋里布	汽油浸浆	60 左右	—
围条	内	—	50 左右		胶乳浸浆	43~45	—
	外	50 左右	45 左右	中底布	汽油浆	45 左右	45 左右
外包头		—	25 左右		胶乳浆	35 左右	35 左右
内包头		25 左右	—	围条	汽油浆	—	75 左右
里后跟		20~30	—	—	乳胶浸浆	—	45 左右
大梗子		35~38	—	后跟帮乳胶浆		—	45 左右
底后跟		30~45	—	底后跟	汽油浆	75 左右	—
					胶乳浆	50 左右	—

(3)各胶料部件与非胶件之间配色的配合 由于胶件的着色剂在硫化过程中会发生变色，胶件与非胶件间的配色问题就更值得关注了。

3. 主要胶件的配方设计

(1)大底的配方设计 大底是胶鞋接触地面承受频繁摩擦、受压及弯曲的部分，因此规定它必须具备良好的耐磨性、耐屈挠性、弹性和一定的强度。胶料要求柔软、收缩小和黏合性好。

①黑色大底与浅色大底则要注意以下方面：

a. 生胶 目前黑色大底多采用天然胶与丁苯胶、天然胶与顺丁胶或天然胶、丁苯胶、顺丁胶并用。

b. 再生胶 胶鞋大底用再生胶有胎面再生胶、胶面胶鞋再生胶和布面胶鞋再生胶等。含胶率一般控制在 37% ~42%。

c. 硫化促进剂 硫化体系可采用低硫高促体系，以克服合成胶硫化速度慢的缺点。通常选择能赋予胶料良好物理性能，硫化平坦性好，防焦烧性好及不污染、不变色、不喷出的促进剂。促进剂可采用 M + D + DM(AB 型)或 M +

D + CZ(ABN 型)系统,常用的为促进剂 M、促进剂 DM 与促进剂 D 并用。

d. 补强剂　黑色大底一般使用高耐磨炭黑,用量较大(一般 65 ~ 75 份),也可与陶土、碳酸钙或软质炭黑并用。

浅色大底应使用无污染性补强剂,如白炭黑、白艳华、陶土、木质素等。

e. 软化增塑剂　常用的软化增塑剂有古马隆树脂、三线油、工业脂、机油、凡士林、松焦油、锭子油等。软化增塑剂一般对胶料的硫化速度均有影响,可根据使用量适当调整。

浅色大底软化增塑剂要选用非污染性的石油系软化增塑剂,如石蜡油(锭子油)及环烷油(变压器油)、凡士林、钙基脂等。

f. 其他配合剂　防老剂用量一般为 1 ~ 1.5 份,要求选用耐屈挠、耐空气和日光老化性好的品种。

因采用低硫高促硫化体系,成品硫化温度较低,这就要求胶料焦烧性能好,硫化速度快,为此目前常加水杨酸作防焦剂。

②透明大底、半透明大底要注意以下几点:

a. 生胶　适合制造这类大底的胶种主要有白绉片、透明丁苯橡胶(特别是非污染的充油丁苯胶、溶聚丁苯胶、SBR 1502)和透明顺丁橡胶。顺丁及非污染的充油丁苯橡胶、白绉片可并用或单用。各种胶制成大底的透明度排列顺序如下:溶聚丁苯橡胶 2003 > 顺丁橡胶 > SBR 1502 > 白绉片 > 1# 烟片胶。

b. 补强填充剂　填料为折射率与主体接近的透明白炭黑、硅酸铝、透明碳酸镁等。

c. 促进剂　硫化剂应选用易硫化和硫化后不易再结晶的品种,一般有二硫代氨基甲酸盐类促进剂(但用量要少,以防再结晶和焦烧)、促进剂 DHC、促进剂 FN 与促进剂 TMTD 并用。

d. 防老剂　防老剂须使用非污染或污染性小的品种,如防老剂 EX 和防老剂 WSL、防老剂 MB 等。

e. 活化剂与软化增塑剂　透明底中应采用活性氧化锌或透明碳酸锌、二甘醇和丙三醇等,用量较低。

③化学鞋大底　化学鞋大底分为橡塑并用微孔底、橡塑并用低发泡底两种。橡塑并用微孔底又分为透明底、半透明底和不透明底三种。

a. 橡塑并用微孔底　橡塑并用微孔底是以塑料为主,橡塑并用交联发泡而成制品。这种制品配方设计的要点:一是要注意橡塑微孔胶料的交联与发泡的速度相互配合,交联起点应稍快于发泡起点;二是要根据橡塑微孔的要求,比如耐磨程度、软硬程度等来确定橡塑微孔配方中主体材料的选择、起发率的大小和各种配合组分的量;三是常用的配比为塑料:橡胶 =

(75～85)：(15～25)；四是要求塑料与通用橡胶的溶解度参数、结构及极性接近，故塑料主要选用高压聚乙烯，并用EVA，橡胶可用天然橡胶或并用丁苯橡胶、顺丁橡胶、溶聚丁苯及三元乙丙橡胶。

b. 橡塑并用低发泡鞋底的配方　该配方与橡塑微孔底配方差不多，只不过在配方中加入很少量的发泡剂AC，一般是2份以下，使制品为低发泡体。其特点是能够制成定型鞋底，简化生产工序，节约胶料。

④改性PVC鞋底　目前改性PVC鞋底多是在100份疏松型的PVC中，加入大量增塑剂(80～90份)，少量发泡剂AC及稳定剂后，再加入20～30份粉末丁腈(或PVC改性剂P83，或PVC改性剂741改性)，通过注塑成型机在高温下注塑成型而得。

⑤橡塑并用鞋大底胶料　生胶除了天然橡胶外，使用较多的还有乳聚丁苯橡胶1502、1507，溶聚丁苯橡胶2003，顺丁橡胶。树脂选用与橡胶相容性好的热塑性树脂，如橡胶与PE、EVA、HS等并用。用PE或EVA时，宜以过氧化物(如DCP)与硫黄并用作交联剂；用HS时，硫黄单用即可。目前国内并用HBS一般是20～30份，PE在黏制法大底中已掺用20份。

⑥仿革底料　作为时装鞋的仿革底，要求其邵氏硬度A＞90，着地时会发出似牛皮底的声音，耐屈挠、耐磨、耐低温等性能较好。胶料的主体为松香软丁苯橡胶与高苯乙烯树脂的并用胶，配方特点是硫黄用量大于并用促进剂M＋D＋DM＋TMTD的量，氧化锌及炭黑、陶土、碳酸钙等填料用量也很高。

⑦注塑鞋大底胶料

a. SBS鞋底料　由SBS基料、环烷油、聚苯乙烯树脂、无机填料和防老剂等配制而成。

b. 聚氯乙烯鞋底料　由PVC树脂、增塑剂(如DOP、DBP等)、填料、改性剂(如Elvaloy、Chemigum P83等)、稳定剂(如三碱式硫酸铅、硬脂酸铅＋硬脂酸钡、WJ－310液体稳定剂)等配制而成。

(2)鞋面的配方设计　因为鞋面(胶面靴)在穿着时经受频繁的变形，且鞋面的胶片较薄，所以要求鞋面有较高的耐屈挠性、耐疲劳性、耐老化性能、抗撕裂性能和高拉伸强度。因此，配方设计应注意如下事项。

①生胶选择　应选择玻璃化温度低的橡胶。根据我国资源情况，仍以天然橡胶为主体。由于鞋面胶是薄制品，有微小的杂质都可能影响鞋面光洁度和耐疲劳性能，故应选用1#或2#烟片胶、SMR5CV或国产颗粒胶。鞋面胶含胶率较高，工农雨鞋、轻便靴一般是48%～50%，工矿靴是52%～55%。

②硫化体系　硫化体系常采用促进剂M＋DM＋D或M＋DM＋CZ并用，总用量为1.2～1.5份。

③填充体系　因鞋面较薄，所以其填充体系一般以轻质碳酸钙为主，掺用部分立德粉、白艳华或低结构炭黑等，可提高鞋面胶料的柔软性和耐屈挠性能。

④防老剂　要求选用耐屈挠，耐老化性能好的品种。在黑色鞋面胶中一般使用防老剂 A + RD，防老剂 4010NA 和 4020 对提高胶面耐屈挠性能，解决早期胶面开裂有较好效果；也可防老剂 A、防老剂 4010（4010NA、4020）及防老剂 H 并用。

在浅色和彩色鞋面胶中，常用防老剂品种有防老剂 SP、防老剂 264、防老剂 MB 等。

⑤软化增塑剂　一般选用机油或钙基脂等黏度较小的品种，软化增塑剂用量以能满足混炼压延要求为原则，如过量则会喷出，影响半成品表面黏性和表面光泽。胶料中软化增塑剂用量较少，常用的有固体古马隆树脂、凡士林、黑油膏等。

(3) 围条及外包头的配方设计　围条在胶鞋中的功能一是黏结帮与底，二是保护鞋帮不受磨损，其主要性能是耐屈挠性和耐老化性，同时要严格控制配合剂的喷出，一般含胶率要稍高于其他部件，而定伸应力要比其他部件低。

①橡胶　一般以天然胶为主，常用 1#、2#、3#烟片胶，如用 4#、5#烟片胶要进行洗胶，对鲜艳产品应考虑选择浅色胶片，高级白色围条要选用白绉片。选用合成胶作围条必须选用非污染性合成胶，如 SBR 1502 或顺丁橡胶，一般掺用量不超过 15 份，掺用溶聚丁苯橡胶则在 20～30 份。

②硫化系统　全天然围条的硫黄用量控制在 2.0～2.2 份，以防喷霜。促进剂采用 AB 型，如促进剂 M + D + DM。

③防老剂　防老剂是围条胶中需主要考虑的配合组分。应选用耐屈挠疲劳和防日光、老化性好的不污染品种，其难度在于不污染品种的防屈挠疲劳性一般，在不得已的情况下只好优先满足不变色、不污染要求。深色围条一般选用防老剂 A、防老剂 4010 与防老剂 H 并用。浅色围条一般使用防老剂 MB、2246、264、SPC 等，也可选用不变色的耐屈挠疲劳、防日光老化的防老剂，如防老剂 DOD。

④填充剂　使用惰性填料。浅色围条一般以碳酸钙为主，并用 15～20 份立德粉。

⑤软化增塑剂　深色围条一般使用固体古马隆树脂、工业脂等，浅色围条一般使用凡士林（1～3 份）。

⑥着色剂　选择的要点是着色力强、色泽鲜艳、不迁移表面、耐高温、耐蒸汽、不变色、耐日光照射、非水溶性。另外，为使颜色鲜艳可添加 5～20 份

钛白粉或锌钡白。

(4)中底的配方设计 中底分海绵中底与硬中底两种。

①海绵中底 海绵中底在胶鞋中起缓冲作用,要求具有柔软性、持久的弹性和耐压缩变形性能,良好的耐老化性能。控制海绵中底的起发点和初硫点是相当重要的。胶鞋在穿着过程中,要求海绵压缩变形率小,有良好的弹性和柔韧性,还应具有闭孔结构。

a. 生胶 一般使用低级天然橡胶(如 5[#]烟片胶、褐绉胶)或与丁苯橡胶、顺丁橡胶并用。配方含胶率较低,一般为 5% ~10%;另外可大量采用再生胶,所用的再生胶要求有一定的强伸性能和较好的柔软性。

b. 发泡剂 鞋海绵中底大多数采用联孔结构,必须是无机和有机发泡剂并用,常用的发泡剂有发泡剂 H、小苏打和明矾。

c. 硫化体系 所以硫化罐硫化的海绵应选择诱导期较长的后效性促进剂体系,以达到在大量发泡的同时迅速硫化的目的。一般是促进剂 M 与促进剂 DM 和促进剂 D 并用,其中 M:D = 1:1,或促进剂 DM 与促进剂 M 和促进剂 TMTD 并用。硫黄和促进剂具体用量要根据实际试验而定,含再生胶较多的海绵中底配方,一般硫黄用量较大。

d. 软化增塑剂 软化增塑剂一般使用液体古马隆、工业脂、机油、凡士林、黑油膏等。

e. 防老剂 一般使用防老剂 A、防老剂 RD 等。浅色海绵可用防老剂 SP。

f. 填充系统 多为陶土与碳酸钙并用。

②硬中底 硬中底在布面和胶面胶鞋中均有应用,但以后者为主。与海绵中底相比,硬中底虽然缺乏柔软性和穿着舒适性,但却有海绵中底无可比拟的硬度和挺性,既有强度,又有良好的耐弯曲性。

硬中底要求控制一定的硬度和挺性,既有强度,又有良好的耐弯曲性能。在配方设计中,一般使用低级天然橡胶或掺用部分丁苯橡胶和再生胶,再生胶用量为生胶的 8 ~ 10 倍,可用全再生胶,含胶率控制在 5% ~ 10%。多选用促进剂 M 与促进剂 D 并用,并用比例为(1:1) ~ (2:1)。填充剂采用轻质碳酸钙和陶土或高岭土并用。配方中掺用一定量的粉碎布屑有助于提高耐屈挠性能和中底硫化后的硬度,而软化增塑剂用量很少。为减少粘辊,可掺用凡士林和增加硬脂酸用量。

主体材料使用无级天然胶,7 ~ 10 倍于生胶的再生胶(也有用全再生胶的,含胶率 5% ~10%),陶土等廉价填充剂。

(5)里后跟的配方设计 里后跟在布面胶鞋中主要用来加固后帮,防止倒帮。在穿用过程中,其所处的部位正好是磨损剧烈和频繁的地方。因

此要求耐磨、耐疲劳，同时还要注意提高其耐老化性能，使其硬度高于一般胶料。

里后跟用生胶以3#、4#、5#烟片胶为宜，可并用20～50份顺丁橡胶或丁苯橡胶。因含胶率一般只有30%～35%，所以黑色里后跟可掺用60～80份胎面再生胶。在掺用顺丁橡胶的配方中，硫化体系以低硫高促体系较好，多采用促进剂M+D+DM或促进剂M+D+CZ（以CZ为第一促进剂）。里后跟胶返回胶周期较长，要求胶料耐焦烧性能好，而硫化速度要求稍快，使其在硫化罐中能达到正硫化。黑色胶料多以炭黑及陶土作补强剂，对浅色胶料则用碳酸钙。里后跟一般很少使用软化增塑剂，黑色胶料用石蜡，用量高达6份。防老剂多用防老剂D或防老剂RD、防老剂SP等。

(6)底后跟的配方设计 底后跟要求具有良好的耐磨性，设计要求基本与黑大底一致。但也有不同点：一是含胶率比大底高，一般在40%～45%；二是因底后跟为厚制品，要求胶料焦烧性能好、硫化速度快，多采用促进剂M+D+CZ并用，以CZ为第一促进剂；三是底后跟与大底比，软化增塑剂用量少，混炼胶可塑度较小些，以避免冲切时变形。

(7)大梗子、外包头的配方设计 大梗子在鞋帮的前下侧面与大底的连接处，具有防外物冲撞和防撕裂作用，要求其耐屈挠、耐撕裂，并具有较高的弹性，其配方设计和原材料的选择等可参照围条及包头。

(8)前后皮的配方设计 内鞋头皮的作用是保护脚趾，防止鞋头塌瘪，承受外力冲击。内后跟皮的作用是增强后跟部位的耐磨性能及挺性，对减少后跟挫损起到良好的作用。前后皮胶料的含胶率一般为20%～35%，配方中掺用软皮或胶鞋细粒子再生胶，宜用炭黑或陶土作补强剂，橡胶一般用低级烟片胶或标准胶，并掺用一部分顺丁橡胶和丁苯橡胶。

(9)胶黏剂的配方设计 在胶鞋生产中，为使胶料与织物之间或胶料与胶料间牢固黏合，必须在黏合部位喷涂胶浆（胶黏剂）。其黏合牢度取决于胶浆的配方、工艺稳定性、分散均匀性、工艺操作方法及黏合层的性质。

目前使用的胶浆有汽油胶浆（天然橡胶汽油胶浆）、乳胶浆和氯丁胶浆。天然橡胶汽油胶浆和乳胶浆一般用于加热黏合，氯丁胶浆大多用于冷粘，一般与三异氰酸酯、四异氰酸酯或硫代磷酸三（4－异氰酸酯基苯酯）并用。

(10)亮油的配方设计 胶鞋表面一般都须涂上一层亮油。亮油在胶鞋的表面形成一层有光泽和弹性的坚韧的薄膜，使胶鞋表面光泽鲜艳，同时又起到防止老化的作用。亮油必须具备四个条件：一是亮油形成的漆膜与橡胶结合迅速而且牢固；二是漆膜膨胀系数与胶料接近，并富有弹性，以耐屈挠变形；三是不会受气候和使用时间的影响而发生脱落、龟裂和起皱等现

象;四是具有一定的化学稳定性。

目前,胶鞋所用亮油分为黑色亮油和彩色胶鞋用的亮油。

①黑色亮油　黑色亮油一般是由干性油、硫化剂、干燥剂、着色剂以及溶剂五种原料组成。

②透明亮油　透明亮油的品种很多,生产上使用的有合成树脂类透明亮油和合成橡胶类透明亮油。合成树脂类透明亮油常用的是醇酸树脂透明亮油,合成橡胶类透明亮油常选用无色透明的顺丁橡胶等。

(11)专用胶面胶鞋配方设计

①耐酸靴　接触酸类作业之防护用靴。其硫化促进系统与一般胶鞋相同,主要不同点如下。

a.采用耐酸材料、沉淀法硫酸钡、陶土、滑石粉作填充剂,应避免选用在使用条件下不稳定的品种如碳酸镁、氧化镁等。为了提高鞋面压延后的光洁度,减少收缩性,可掺用适量的碳酸钙,但碳酸钙溶解于酸,影响耐酸性能,最好少用或不用。

b.实际使用证明,配方中增加防老剂D的用量,能提高胶料的耐酸性能。

c.耐酸靴涂亮油,过去由于配方中掺用石蜡作物理防老剂,使胶料表面黏性受一定影响,而且也影响靴表面涂刷亮油。现在采用消光亮油后,不仅在使用条件下使表面保持惰性,而且表面光滑,容易洗刷。

d.硫化程度要高,并且硫黄用量要低。

②绝缘靴　作为电工作业的防护用靴其配方设计应注意以下几点。

a.天然橡胶和大部分合成橡胶都有很高的介电性能,因此橡胶作为电绝缘材料得到广泛应用。如果用手工贴合成型,选用1#、2#烟片胶为宜,要严格控制生胶中的杂质。

b.选用配合剂时,硫黄用量必须减少,常用促进剂TMTD代替部分硫黄。填充剂对电性能起着决定作用,以吸水性小的碳酸钙、滑石粉为佳。炭黑一般会导致橡胶的电性能下降,故不宜使用,通常以油溶黑代替。鉴于配合剂的体积电阻一般高于生胶,所以含胶量应该高些。

c.配用铜抑制型防老剂,如防老剂A、防老剂D,有助于电绝缘性能的提高。

d.增塑剂最好用石蜡烃油,有助于绝缘性能的提高。

③耐油靴　作为接触油类作业的防护用靴,其配方设计应注意以下几点。

a.生胶要选用与油液介质溶解度参数悬殊的橡胶。丁腈橡胶、氯丁橡胶是耐油常用胶种,二者并用不仅具有较好的耐油特性,而且有较高的物理

性能和较好的贴合成型工艺。

b. 硫化剂　丁腈橡胶一般用硫黄；氯丁橡胶采用氧化锌加氧化镁系统。在硫化促进剂的选择上，丁腈橡胶一般用促进剂 M + DM + TMTD，氯丁橡胶一般用促进剂 NA－22。

c. 软化增塑剂　以二丁酯类或二辛酯类为主，并用部分固体古马隆或松焦油。

d. 填充剂　以碳酸钙、陶土为主。填充剂用量宜适当增多，这样有助于抗溶胀。

e. 硫化程度要高，因为交联密度越高，橡胶的耐油效果也越好。

④防砸、防穿刺靴　作为采矿、矿石加工、采伐、建筑、机械加工等行业的安全防护用靴，其胶料硫化促进系统与一般工矿靴相同，主要不同点是：

a. 防砸靴在鞋头某部位的里子布与头面子之间安装一块钢制包头，能承受 2t 以上的静压力或冲击压力；

b. 防穿刺靴在其大底与内底之间装配一层3～4cm 厚的擦胶帆布或 1cm 厚的弹性钢板，以增强防穿刺能力。

⑤防寒靴　作为制冰、冷库职工用安全防护用靴，其胶料硫化促进系统与一般工矿靴基本相同，主要不同点是里子与垫底必须使用保暖性好的材料，如里子布采用长毛绒、绒毡或里子与统面之间加一层保暖海绵胶，垫底采用活络海绵或绒毡。

(12) 鞋用橡塑并用配方的设计要点　与在其他橡塑制品中一样，胶鞋中应用的橡塑并用体的配方设计要兼顾橡胶和塑料两相。配方中除添加树脂外，还得加入树脂所需的助剂，如稳定剂、增黏剂等。并用体本身为共混体系，除两相都使用的配合组分(如填充剂)可整体计算外，其余供某一相专用的组分要单独定量。

4. 胶料的配色设计

配色设计是胶鞋配方设计的内容之一，鞋的款式确定之后，须通过配色翻新花样。大部分着色剂(白色着色剂除外)的着色力很强，用量大多在 1 份以下。

橡胶颜料的选择除考虑着色鲜艳、耐晒性、耐久性、透明性外，还须注意以下几点：必须具备一定的耐热性。绝大多数制品要在 110～170℃ 下经一定时间加热硫化，此时着色剂不变色；对硫黄和其他配合剂(如促进剂、防老剂、软化增塑剂等)稳定性良好，颜料不应与这些配合剂反应而使制品变色；着色力及遮盖力强，以减少颜料的用量；对制品的性能(如物理性能及老化性能)不应有不良影响；必须注意有害金属(尤其是铜、锰、钴)的含量；在橡胶中的迁移性能，在水和溶剂中的渗色性能及对织物或物质的上染性

能良好;易均匀分散,以提高工效,并使胶料色泽均匀一致;细度一般要求100目筛全过。

橡胶颜料通常分为无机颜料和有机颜料两大类。一般来说,无机颜料耐热、耐晒性能好、遮盖力强、耐溶剂性能优良。有机颜料与无机颜料相比,具有品种多、色泽鲜艳、着色力强、透明性好、用量少等优点,但耐热、耐有机溶剂性能较差。

5. 配方举例

实例 1. 透明橡胶鞋底胶料配方

原材料	质量份	原材料	质量份
顺丁橡胶	100	白炭黑	50
硫黄	1.8	防老剂 MB	1
促进剂 DM	1.0	变压器油	12
促进剂 H	1.2	乙二醇	2
促进剂 PX	0.4	丙三醇	4
着色剂	0.025		

实例 2. 浅色胶鞋大底配方

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	100	凡士林	3
硫黄	2.2	硅灰石	1.5
促进剂 M	0.5	石蜡	0.5
促进剂 DM	0.6	防老剂 SP	1
氧化锌	5	RX－80	4
硬脂酸	3	酞菁绿	0.62
轻质碳酸钙	134.28		

实例 3. 旅游鞋底配方

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	15	白炭黑	50
顺丁橡胶	35	变压器油	20
丁苯橡胶	50	凡士林	3
硫黄	2.3	二甘醇	4
促进剂 M	1.7	防老剂	1
促进剂 D	0.6	石蜡	0.5
氧化锌	3	着色剂	适量
硬脂酸	1.5		

实例 4. 高苯乙烯树脂鞋底配方

原材料	质量份	原材料	质量份
天然橡胶	100	古马隆树脂	1.5
高苯乙烯	30	氧化铁红	5
白色补强填充剂	80	促进剂 DM	1.3
氧化锌	7	促进剂 D	0.6
硬脂酸	1.5	硫黄	3
防老剂	1.1	炭黑	0.3

实例 5. 橡胶漆皮鞋底配方

原材料	质量份	原材料	质量份
丁苯橡胶	80	硫黄	2.1
高苯乙烯	20	操作油	5
氧化锌	3	石蜡	1
硬脂酸	1.5	棉屑	4
防老剂	1	硬质陶土	90
促进剂 BTDS	1.6	白炭黑	40
促进剂 ZDC	0.4	古马隆树脂	10

实例 6. 微孔海绵鞋底配方

原材料	质量份	原材料	质量份
丁苯橡胶	75	聚乙二醇	1
天然橡胶	10	防老剂	1
高苯乙烯	15	氧化铁红	1
古马隆树脂	3	氧化铁黄	2.5
白炭黑	45	发泡剂 OT	4
特级陶土	10	促进剂 BTDS	1.5
操作油	1.5	硫黄	2.8
氧化锌	5	硬脂酸	2.5
软化剂	10		

(三)胶鞋生产方法与工艺

1. 布面胶鞋的生产方法

布面胶鞋的品种繁多,仅以辊筒底运动鞋为例,简述其布料部件制备和胶料部件制备,胶鞋成型,硫化,成品检验及包装的生产方法。其生产流程

如图 9－1 所示。

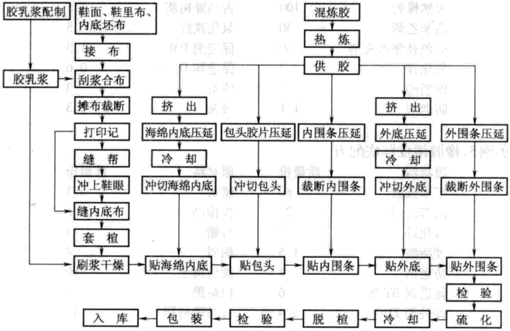


图 9－1　布面胶鞋生产流程图

(1) 布料部件制备　布料部件制备包括鞋帮和内底布加工。鞋帮加工一般由刮浆合布、裁断、缝帮、冲上鞋眼、缝内布等工序组成。

①刮浆合布　刮浆合布工序包括配布、接布、刮浆、合布、干燥等加工过程。

②裁断　鞋帮布、内底布刮浆干燥后，在摊布工作台上折叠成一定长度和层数，供裁断用。

裁剪是借助样板和裁剪刀具将帮布和内底布裁剪成需要的形状。

③打印记　鞋帮部件和内底布裁剪后，需在规定的部位盖印货号、鞋号、工序代号等标记。

④缝帮、冲上鞋眼　缝帮是按要求的缝针密度和各部件之间的相对位置，将鞋帮部件缝合在一起，并冲上鞋眼。

⑤缝内底布　辊筒底胶鞋成型前需将鞋帮与内底布缝制在一起，以便于套楦、刷浆、成型工序的操作。

(2) 胶料部件制备　布面胶鞋的胶料部件制备，包括外底、海绵内底、内外围条、包头和大梗子等出型。

①外底出型　外底出型采用挤出－压延工艺为宜。

外底出型线的数量根据生产规模和产品的花色品种确定。每条出型线由热炼——供胶——挤出——压延——冷却——冲切组成“一条龙”流水作业线，分别采用开炼机、挤出机、压延机、外底胶片冷却装置及外底冲切机。

②海绵内底出型　海绵内底出型与外底出型基本相同，也采用热炼——供胶——挤出——压延——冷却——冲(滚)切“一条龙”流水作业线。每条流水线分别配备开炼机、挤出机、压延机、海绵内底胶片冷却装置、冲(滚)切机。

③围条、包头、大梗子出型　围条、包头、大梗子出型，包括热炼、供胶、压延、截取裁断等工序。根据生产规模的大小和品种规格的多少，三个部件可在一条生产线上生产，也可分别设置生产线，每条生产线分别采用开炼机、压延机及截取裁断装置。

(3)胶鞋成型　胶鞋成型是将鞋帮和各种胶料部件组装成“生鞋”的重要工段。包括套楦、刷浆干燥、贴合并压实海绵内底、包头、内围条、外底、外围条和大梗子等工序。

(4)胶鞋硫化、检验及包装　胶鞋硫化通常采用卧式硫化罐。加热介质采用间接蒸汽或混气。

在规定的温度和压力下，经过一定的时间即可完成胶鞋硫化，随即便可出罐冷却。

脱楦一般采用链式脱楦机。经过脱楦，成品鞋和鞋楦分别落入各自的运输装置。分楦后的鞋楦继续供成型工段使用，暂不使用的鞋楦送入楦库存放待用。成品鞋经配双、外观检验、小包装和大包装后入库。

2.胶面胶鞋的生产方法

胶面胶鞋的品种也很多，现仅以一般穿用的辊筒底中统靴为例，简要叙述其布料部件制备，胶料部件制备，胶鞋成型，硫化，成品检验及包装的生产方法及需用的设备。其生产工艺流程如图9－2所示。

(1)布料部件制备　胶面胶鞋布料部件的制备主要包括鞋里布的浸浆干燥、轧光、裁断、翻折里布；内底布的接布、刮浆干燥、裁断、打印记、缝内底布等加工工序。分别叙述如下。

①鞋里布的浸浆干燥　鞋里布浸浆是将双面针织棉毛布的一面浸渍一层胶乳胶浆。浸渍后进行干燥，鞋里布浸浆采用圆筒浸渍胶乳浆工艺，该工艺质量稳定，生产效率高。在一台浸浆机上连续地完成浸浆、干燥两道工序。

②鞋里布的轧光、裁断和翻折鞋里布　鞋里布浸浆干燥后，即进行轧光

胶乳浆制造
胶乳浆
内底坯布
接 布
刮浆干燥
摊 布
裁 断
针织布
接 布
浸浆干燥
轧 光
摊布裁断
混炼胶
热 炼
供 胶
挤 出
海绵内底压延
鞋面压延
外底压延
植物油
熬清油
停 放
熬亮油
冲汽油

炼——供胶——挤出——压延——滚切诸工序组成“一条龙”联动生产线。

筒底中统靴)的外底及海绵内底
内底出型相同,也采用热炼——
)切等工序。
般采用手工操作。套好鞋里布后,
泛采用。喷浆后送入干燥室干燥。
及干燥时间根据具体情况确定。
贴海绵内底、贴鞋面(包括上口
等。在胶面胶鞋成型流水线上按
外底贴合到套有鞋里布的鞋楦上。
一般采用气动压合机。
采用浸渍亮油联动装置。
硫化、冷却、修口及脱楦等工序。
气和混气两种方式。
方式一般为强制风冷。
脱楦。修口采用修口机,脱楦一
至套鞋里工序供套鞋里用。脱楦
观检查后,进行小包装、大包装。
自动包装两种方式。大包装后,成

性体新材料,集中了橡胶和塑料
用了冷粘法、注塑法和浇注法,其

鞋、拖鞋、旅游鞋、便鞋和防滑鞋,
现仅以一般旅游鞋为例,简要叙
流程如图9-3所示。
鞋帮部件加工,内底、中底和外底
、包装,入库。

工艺要求和规格进行选料,颜色、
裁剪。裁剪有裁切和套裁两种方
位置盖印鞋号等标记。冲切一般

②外底、海绵内底出型。胶面胶鞋(
的出型分别与布面胶鞋滚筒法外底及海绵
供胶——挤出——压延——冷却——冲(

(3)套鞋里布喷浆及干燥 套鞋里布
便可进行喷涂胶乳浆,静电喷浆装置已被广
干燥室加热采用间接蒸汽。干燥室的温度及

(4)成型及浸亮油 中统靴成型包括
线、内包头、里后跟等部件)、贴外底等工
先后顺序和工艺要求,将海绵内底、鞋面、外
并分别利用相应的压合机压实压牢。压合
成型好的“生鞋”即可浸渍亮油,一般

(5)硫化、检验及包装 硫化一般包括
一般采用卧式硫化罐硫化,加热有间接蒸汽
硫化结束后,胶鞋便可出罐冷却,冷却
胶鞋冷却至45℃以后,即进行修口及
般采用链式脱楦装置。
脱楦后,鞋楦继续挂在运输链上,被送
后的成品鞋落入包装输送带上,经配双、外
小包装采用手工,大包装有半机械包装和
品入库。

3.橡塑鞋的生产方法

橡塑鞋鞋底采用橡塑并用或热塑性弹
两种材料的优良性能,橡塑鞋的新工艺采用
中,冷粘法的应用最为广泛。
目前,冷粘法生产的橡塑鞋主要有:凉
具有穿着轻便、舒适、柔软、弹性好等优点。
述其生产方法。冷粘法旅游鞋的生产工艺
冷粘法旅游鞋的生产工艺主要包括:鞋
制备,套楦绷帮,成型压合,脱楦,修整,检验

(1)鞋帮部件加工

①裁剪 鞋帮部件裁剪前,首先根据
厚度要一致。材料选好后进行鞋帮部件的
法。裁切出各种鞋帮部件后,按照规定的

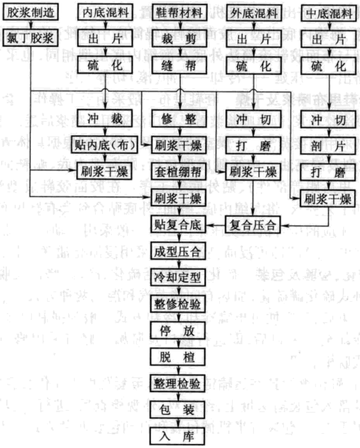


图 9－3 冷粘法旅游鞋生产流程图

选用龙门液压下料机。

②鞋里黏合 将裁切的鞋里和鞋面用胶黏剂黏合在一起,待下道工序使用。

③划标准点、标准线 按鞋帮设计要求在鞋帮上划好各种标准点和标准线,以便缝帮工序按标准要求缝制各种鞋帮部件和装饰部件。

④缝制鞋帮 按工艺要求缝制装饰部件,拼缝前头和后跟、沿口条、鞋眼衬垫、鞋舌,冲上鞋眼,锁边。锁边时将一定长度的拉帮绳埋缝在帮脚处,以便套楦绷帮操作。

(2)内底制备 内底制备包括内底半成品出片、硫化、冲切、贴内底布、刷浆干燥等工序。

①内底出片及硫化 内底出片是将内底混料在开炼机上压制成一定厚

度和宽度的内底片半成品,以便在平板硫化机上按工艺要求进行硫化。

②内底冲切及贴内底布　将硫化好的内底片用切模冲裁机冲切成各种规格的内底,然后用手工刷浆并贴好内底布。冲切内底一般采用龙门液压下料机。

③内底刷浆干燥　内底贴布后,在与中底结合面上涂刷胶黏剂,以便与中底牢固的黏合在一起。涂刷胶黏剂采用手工操作。干燥一般采用烘干箱。

(3)中底制备　中底制备包括中底半成品出片、硫化、冲切、剖片、打磨等工序。

①出片及硫化　中底出片通常采用开炼机,将中底混料压制成一定厚度和宽度的片材,再按工艺要求的温度、压力,经过一定时间的加热,使中底材料形成密度小、弹性好的海绵发泡体,并达到规定的物理机械性能。硫化设备一般采用多层平板硫化机。加热通常采用蒸汽。

②中底冲切及剖片　硫化好的中底片材,分别采用龙门液压下料机和切片机裁切成一定形状并带有一定坡度的各种内底半成品。待下道工序使用。

③中底打磨　裁切好的中底半成品,按工艺要求磨制成一定形状和外形尺寸的中底。磨制中底通常选用起毛机。

(4)外底制备　外底制备包括外底半成品出片、硫化、冲切、打磨等工序,其加工方法及选用设备与中底制备基本相同。

(5)复合底制备　复合底制备是将打磨除尘后的中底和外底,在组合成型之前先用胶黏剂黏合在一起,供成型用。

(6)成型、检验及包装　成型包括内帮脚刷浆干燥,组合套楦,绷帮(包括绷前帮、腰窝和后帮),复合底结合面刷浆干燥、鞋帮与复合底贴合并压实,冷定型,脱楦等工序。一般在一条流水作业线上按工艺顺序连续完成。

脱楦后的成品鞋,经过整修、外观质量检验,合格产品即可进行小包装、大包装,入库。

(四)整体胶鞋

实例1. 耐油解放鞋

(1)配方(质量份)

原材料	外底	围条包头	胶浆
CR	80	80	90
NR	10	10	10
BR	10	10	—

促进剂 DM	0.5	0.5	—
乙酸钠	0.5	0.5	—
氧化锌	4	5	5
氧化镁	2	3	4
硬脂酸	4	4	—
促进剂 NA－22	0.3	0.5	0.5
胶富丽 B－52	0.2	0.5	—
补强填充剂	86	80	6
软化剂	15	15	—

(2)性能与评价　在耐油解放鞋成品物理性能测试中，热空气老化试验项目中的围条试样从围条包头混炼胶片上制取，经模压硫化获得，硫化条件为(132±2)℃，10min，与硫化罐等效硫化，其余试样均取自成品耐油解放鞋。耐油解放鞋成品物理性能如表 9－4 所示。

表 9－4　耐油解放鞋成品物理性能

项目			性能要求	测试结果
外底	拉伸强度/MPa		≥9.9	12
	拉断伸长率/%		≥300	315
	阿克隆磨耗量/cm^3		≤1.0	0.5
	邵氏硬度 A		55～65	61
	机油膨胀率/%		≤5	1.88
	(100±2)℃，12h 热空气老化后	拉伸强度变化率/%	≥10	12
		拉断伸长率变化率/%	≥45	－24
围条	黏合强度/$kN \cdot m^{-1}$		≥2.16	2.34
	机由膨胀率/%		≤5	2.25
	(100±2)℃，12h 热空气老化后	拉伸强度变化率/%	≥10	11
		拉断伸长率变化率/%	≥45	－18
鞋帮	黏合强度/$kN \cdot m^{-1}$		≥2.16	2.34

耐油解放鞋的外底和围条包头采用 CR/NR/BR 并用胶为主体材料，胶浆采用 CR/NR 并用胶为主体材料，并按传统工艺制作，技术配方合理，加工工艺可行，产品性能良好。

实例 2. 彩色农田靴

（1）配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NR	50	硬脂酸	0.4
BR	50	白炭黑	20
硫黄	1.5	ZM 工程材料	40
促进剂 DM	1.2	防老剂 DFL－34	1
促进剂 M	0.3	R－80	10
活性氧化锌	3	颜料	1
促进剂 CZ	1	苯酐	0.4
超细碳酸钙	60		

（2）性能与评价 该配方制品的力学性能：拉断强度 10.5MPa；伸长率 500%；邵氏硬度 A 50。

彩色农田靴的试制生产，是把原黑色农田靴提高了一个档次，增加了花色品种，满足了市场需求，为企业带来了很好的经济效益。

实例 3. 胶面安全靴

（1）配方

①胶面安全靴用钢包头浆子配方

原材料	质量份
氯丁橡胶	100
氧化锌	8
氧化镁	4
防老剂 350	1
酚醛树脂	80

②胶面安全靴靴面、靴底配方（质量份）

原材料	靴面胶	靴底胶
1#烟片胶	85.00	—
高苯乙烯	15.00	—
丁苯橡胶	—	100.00
再生橡胶	—	90.00
硫黄	2.30	2.40
促进剂 M	0.70	1.50
促进剂 D	0.40	0.90
促进剂 DM	1.00	1.70

氧化锌	5.00	5.00
硬脂酸	1.00	1.00
防老剂 SP－C	1.00	0.50
防老剂 350	0.50	0.50
炭黑	0.50	5.00
白炭黑	10.00	—
二甘醇	0.60	—
立德粉	10.00	—
苯酐	0.30	0.50
凡士林	1.00	2.00
碳酸钙	63.00	32.00
橡胶大红	0.50	—
永固黄	0.60	—
酞菁绿	1.60	—

(2)性能与评价 胶面安全靴与普通靴的区别在于它的前端有防砸内钢包头为胶面安全靴的主要部件，由于安全靴的内部特殊结构，决定了它的特殊用途。胶面安全靴适用于采矿、建筑、冶金、交通、采伐、运输及水产等行业使用的保护脚趾的胶面胶靴。

该配方产品力学性能及外观质量见表9－5。

表9－5 产品力学性能及产品外观质量

项目		内封闭式非绝缘黑外底(HAF)	外封闭式绝缘黑外底(SRF)	全封闭式绝缘浅色外底(SiO_2)
外底	拉伸强度/MPa	18.0～21.0	12.5～15.6	17.5～19.5
	拉断伸长率/%	480～520	440～480	465～580
	邵氏硬度 A	65～70	60～65	55～65
	阿克隆磨耗量/cm^3	0.48～0.65	0.63～0.90	0.57～1.0
沿条与鞋带	黏合强度/$kN \cdot m^{-1}$	2.3～3.5	2.5～4.1	2.5～3.5
绝缘性能	出厂测试电压 5kV, 2min 击穿率/%	2～5	0.133	0.0833
	泄漏电流/mA	0.5～2.0	0.2～0.5	0.10～0.28
	击穿电压/kV	5～8	10～15	12～18
外观合格率/%		85～90	92～96	95～98

三种绝缘结构的产品：测试电压 5kV，2min 击穿率，内封闭式为 2% ~ 5%，外封闭式、全封闭式均可视为零；击穿电压，内封闭式为 5 ~ 8kV，外、全封闭式为10 ~ 18kV；力学性能及三种绝缘结构均达到或超过企业标准和国家标准的要求。

实例 4. 外封闭式及全封闭式低压绝缘胶鞋

（1）配方（质量份）

①绝缘外底配方

原材料	内封闭式非绝缘黑外底（HAF）		外封闭式绝缘黑外底（SRF）		全封闭式绝缘浅色外底（SiO_2）	
	75－01	77－01	82－01	80－02	85－01	86－01
NR（2#，3#）	100	100	100	70	100	100
BR	—	—	—	30	—	—
鞋底再生胶	—	30	30	70	—	—
促进剂 M/D/DM	2.45	4.6	4.5	4.2	1.5	1.6
氧化锌	4	5	5	5	4	4
硬脂酸	3.0	3.0	2.5	3.0	2.5	2.0
防老剂 A/D	1.0	1.2	1.2	1.2	—	0.7
防老剂（非污染）	—	—	—	—	2.7	2.7
HAF	54	68	—	—	—	—
SRF	—	—	68	70	—	—
白炭黑 TS－3	—	—	—	—	26.68	35
陶土	15.35	10	10.6	15.3	38.32	44.7
古马隆树脂	—	7	8	—	—	—
工业脂	8	6	5	14	10	12
机油	10	13	—	—	—	—
变压器油	—	—	13	9	10	15
三乙醇胺	—	—	—	—	2	2
水杨酸	—	—	—	—	0.2	0.2
硫黄	2.2	2.2	2.2	2.3	2.1	2.1

②绝缘层（或标志层）配方

原材料	内封闭式	外封闭式（标志层）	全封闭式
	73－03	83－01	90－01
NR（1#，3#）	100	85	80
BR	—	15	20
硫黄	2.0	2.0	2.1

促进剂 M/D/DM	1.1	1.5	3.3
氧化锌	5.0	5.0	5.0
硬脂酸	1.5	1.5	1.5
防老剂 D/SP－C	1.0	3.0	3.5
陶土	30	80	70
碳酸钙	54.4	97.2	75
机油	5	—	—
凡士林	—	8	5
萜烯树脂	—	—	17
松焦油	—	8.0	—
中铬黄	—	1.8	2.5

(2)性能与评价

①绝缘性能要求　绝缘测试电压为5kV,2min不击穿,泄漏电流不大于5mA,试验方法为水试或干试。

②力学性能指标　外底力学性能指标如下:拉断强度≥11.7MPa;拉断伸长率≥400%;邵氏硬度A 55～70;阿克隆磨耗量:黑色≤$1.0cm^3$,浅色≤$1.6cm^3$;内围条与鞋帮间黏合强度≥2.2kN/m。

将原来的内封闭式绝缘结构先后改为外封闭式绝缘结构(以下简称为外封闭式)和内封闭式、外全封闭式绝缘结构(以下简称为全封闭式)。这样既节约了橡胶又简化了生产工艺,不仅提高了产品合格率,亦有效地降低了电压检测击穿报废品率。用绝缘层及半高内围条(或不用内围条),以绝缘外底包覆鞋帮封闭,其绝缘性能和绝缘强度大大增强,受到用户的好评和欢迎。通过百余次试验和多年生产实践证明,全封闭式、外封闭式优于内封闭式,其中以全封闭式为最佳。

实例5.抗菌防臭胶鞋

(1)配方

①抗菌防臭乳胶浆配方

原材料	质量份
60%乳胶	100
20%平平加O	1
3.5%CMC	30
3%拉开粉	17
硅酸钠	8.5
5%CHA抗菌剂	15

其中,抗菌剂乳化液用量与按原乳胶浆配方中 H_2O 用量相等。故不影响乳胶浆浓度及黏度。

②乳胶去氨配方

原材料	质量份
60%乳胶	100
平平加 O	0.5
甲醛	0.6 ±0.05
氢氧化钾	0.2

(2)性能与评价 经 CHA 抗菌剂整理的织物对人体无刺激并能有效地杀抑附着于织物上的各种细菌,同时具有良好的耐久性。经 50 次皂洗后仍有显著的抗菌性能。采用 CHA 抗菌剂的加工织物,只需在通用设备通常的加工条件下进行即可,整理方法简便,无环境污染。经 CHA 抗菌剂整理后的织物,对原有的强度、弹性、吸水性、白度、色泽、手感等各项性能均无不良影响。

由上可知,CHA 抗菌剂是一种抗菌效果优良,加工方法简便,耐久性好,适用范围广的抗菌防臭整理剂。它的推广使用将改善人们的生活环境,会取得相应的社会效益。

实例 6. 外贸胶鞋

(1)配方(质量份)

①白底和围条通用胶配方

原材料	质量份	原材料	质量份
国产 1#浅色标胶	100	雪 油	0.9
硫黄	2	钛白粉(广西藤县产)	18.5
促进剂 M	1.05	白艳华	20
促进剂 TMTD	0.35	碳酸钙	95
防老剂 SP－C	0.65	白石粉	47
氧化锌	4.5	群 青	0.37
硬脂酸	2		

工艺规定:生胶可塑度 0.38 ±0.02;混炼时先投粉料,炼匀再投其他料;硫黄及促进剂 TMTD 在使用前半天加入;围条用料补加钛白 1 份、群青 0.004 份,加硫黄前投入;设备保持清洁,胶片用中性皂水冷却。

②透明底配方

原材料	质量份	原材料	质量份
顺丁橡胶	100	硫黄	1.8
促进剂 DM	2	促进剂 H	1.2

促进剂 ZDC	0.2	防老剂	1
硬脂酸	0.67	乙二醇（亦可用甘油）	3.3
白矿油	22	白炭黑（江西南昌产）	54
碳酸锌	2	红黄色料	适量

③一次硫化海绵中底配方

原材料	质量份	原材料	质量份
标胶或 3#、4#烟胶片	100	黑油膏	40
黑杂再生胶	1000	重柴油	40
硫黄	11	松焦油	10
促进剂 M	1.6	雪油	10
促进剂 DM	2	陶土	240
促进剂 D	1.8	碳酸钙	200
氧化锌	5	发泡剂 M	11
硬脂酸	12	防霉剂	2
防老剂	1		

(2)性能(表 9－6)与评价

表 9－6　该配方制品性能

项　　目	数　　值	项　　目	数　　值
抗张力/MPa	9.3	永久变形/%	35
300%定伸应力/MPa	6.5	阿克隆磨耗量/cm^3	1.25
伸长率/%	390	邵氏硬度 A	66

本配方成本低、质量好，向内腔膨胀，手感柔软，不脱空，回弹性好。出口胶鞋的质量要求以外观为主，兼顾物性。外观要求造型美，全鞋挺性好，做工精细，整洁无污染，一次硫化胶鞋要求大底平整不外鼓，海绵中底要向内拱起，手感柔软、表面平整，对胶料部件的要求是白度或色泽好，底边比较硬，有较好的耐磨性。

实例 7. 难燃全橡胶鞋

(1)配方

原材料	鞋面	外底
NR	80.0	70.0
BR	20.0	15.0
硫黄	2.5	2.5
促进剂	2.1	2.1
CR	—	15.0

氧化锌	5.0	5.0
硬脂酸	1.0	1.0
防老剂	1.0	1.0
炭黑	10.0	40.0
阻燃剂	28.5	30.5
硅灰石粉	70.7	40.7

(2)性能与评价

①难燃全橡胶鞋力学性能及氧指数(表9－7)。

表9－7 难燃全橡胶鞋力学性能及氧指数

项　　目	鞋　面	外　底
邵氏硬度 A	56	73
300%定伸应力/MPa	4.02	15.80
拉断强度/MPa	14.70	19.35
拉断伸长率/%	650	350
永久变形/%	18	15
氧指数(OI)	30.6	24.5

注　硫化条件为143℃,10min。

②成品阻燃性能　用酒精喷灯法分别对成品鞋的鞋面和外底作阻燃性能试验。鞋面接触火焰10s后离火2s内熄灭;外底接触火焰10s后离火自熄。

由于鞋面配方中阻燃剂六溴环十二烷与二异丙苯低聚物协同阻燃,对硫化时间的影响不大,半成品性能良好,阻燃效果明显,氧指数(OI)为30.6,但是滤胶压出后制成的胶片表面不光滑,不易出型,外底配方中阻燃剂主要为氯化石蜡,在所采用的使用份数范围内,对硫化速度影响不大,但对半成品力学性能却有较大的影响。外底氧指数比鞋面要低些,仅为24.5,其力学性能的降低,还有一个重要原因是掺用了部分氯丁橡胶所致。

以NR为主体材料的胶面胶鞋配方中添加一定量的阻燃剂后,产品能达到离火自熄的效果,卤素阻燃剂与氧化锑的用量比对阻燃效果有影响。

卤素阻燃剂中氯化石蜡有较好的阻燃效果,在混炼中有较强的增塑作用,但在硫化过程中易分解产生气孔且易喷出,故不能在外观要求较高的鞋面中使用。

六溴环十二烷和二异丙苯低聚物在胶料中有较佳的阻燃效果,但六溴环十二烷与橡胶不相容、不浸润,混炼胶及硫化胶的断面均可以看到其明显的粒子,限制了其在胶料中的用量。以上两者都会喷出,影响产品的外观

质量。

填充剂应避免使用碳酸钙，其对阻燃剂有明显的对抗作用。吉林梨树天然硅灰石粉在难燃配方中有明显的协同阻燃效果。

实例8. 胶里胶靴

(1)配方(质量份)

原材料	靴面胶	靴里胶
2#烟片胶	90.0	90.0
丁苯橡胶	10.0	10.0
硫黄	2.2	2.2
促进剂 M	0.5	0.6
促进剂 DM	0.7	0.8
促进剂 D	0.3	0.3
氧化锌	5.0	5.0
硬脂酸	1.0	1.0
防老剂 SP	—	1.0
碳酸钙	49.1	67.9
立德粉	10.0	10.0
水杨酸	0.2	0.2
钛白粉	—	3.0
防老剂 DFG－34	0.5	—
防老剂 FA－5	0.5	—
炭黑	22.0	—
古马隆树脂	6.0	—
黑油膏	2.0	—

(2)性能与评价 胶里胶靴与一般胶靴的主要区别是：胶里胶靴不用纤维材料作靴里，而是直接用橡胶作为靴里的一种胶靴。由于胶里胶靴的特殊构成，决定了它的特殊用途。胶里胶靴一般适合于水上作业穿用。在水上作业时，水灌进靴内是不可避免的，如果是一般胶靴，灌进靴内的水被棉纱吸收，不易晾干，长时间穿着就会感觉不舒服；但如果是胶里胶靴，只要把灌进靴内的水倒出，用一块干布擦干，胶靴又能变得干爽，这对长期在水中作业的人的身体健康有益。胶里胶靴在整体的设计和生产过程中，与传统的胶靴相比，有一些独特的地方。

只要掌握了胶里胶靴的基本特点和关键问题，就可以根据客户的要求，设计和生产出不同款式的胶里胶靴。

实例 9. 皮帮热硫化胶鞋

(1) 透明底配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NR	52	SBR	48
碳酸锌	7.5	硫黄	2.3
促进剂	4.4	防老剂	1.5
硬脂酸	2	白机油	10
二甘醇	5	白炭黑	59
着色剂	0.05		

(2) 白围条配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NR	70	SBR	30
氧化锌	5.5	硫黄	2.3
促进剂	3.5	防老剂	1.5
硬脂酸	2	石蜡	1
RX－80 树脂	2	白炭黑	25
二甘醇	2.5	钛白粉	30
群青	1	填料	[illegible]

(3) 主跟皮配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NR	[illegible]	SBR	20
高苯乙烯	[illegible]	氧化锌	5
硫黄	[illegible]	促进剂	3.3
防老剂	[illegible]	硬脂酸	3.5
二甘醇	5	水杨酸	0.2
填料	160		

实例 10. 胶面鞋

(1) 配方

表 9－10　大底胶料半成品物理性能

项　　目		配　　方							
		松焦油/操作油				芳烃油/操作油			
134℃硫化时间/min		10	12.5	15	20	10	12.5	15	20
邵氏硬度 A		—	—	70	—	—	—	71	—
300%定伸应力/MPa		—	4.6	4.9	5.4	5.8	5.5	6.1	6.1
拉伸强度/MPa		9.0	9.9	9.8	9.9	10.1	10.1	10.0	9.7
伸长率/%		530	530	505	480	495	485	480	460
永久变形/%		—	35	37	35	32	30	29	22
老化系数(70℃,24h)		—	—	0.81	—	—	—	0.82	—
阿克隆磨耗量/cm^3		—	1.2	—	—	—	0.9	—	—
屈挠试验	初裂/次	4500				4500			
	六级/次	13500				21000			

注　松焦油与操作油,芳烃油与操作油的配比均为 15.3/14.7。

橡胶增塑剂是指一类相对分子质量较低的化合物,加入橡胶后,起到一种稀释橡胶浓度的作用,从而改善了混炼、压延、压出等工艺操作性能;另一方面也起到改善硫化胶物理性能的作用,如降低硬度,降低定伸强度,赋予硫化胶较高弹性和较低生热,提高耐寒性等。增塑剂是橡胶配方中的一个重要组成部分。

芳烃油 WSK 在以天然胶为主及顺丁橡胶、丁苯橡胶并用的胶鞋配方中使用,加工操作性能较好;而且可明显提高胶鞋面子及大底的物理性能和耐老化性能。

实例 11. 低含胶量靴面胶

(1) 配方

原材料	质量份	原材料	质量份
3#烟片胶	90	1500 丁苯橡胶	10
硫黄	1.8	促进剂 CZ	0.55
促进剂 D	0.25	促进剂 DM	0.2
氧化锌	4	硬脂酸	2
碳酸钙	80	碳酸镁	10
高耐磨炉黑	20	陶土	20
黑油膏	6.5	古马隆树脂	3.5

（2）性能（表9－11和表9－12）与评价

表9－11 低含胶量靴面胶半成品性能

项目		试样1	试样2	试样3
硫化条件(134℃)/min		10	15	20
老化前力学性能	拉伸强度/MPa	13.1	13.5	13.9
	拉断伸长率/%	460	472	532
	300%定伸应力/MPa	4.8	5.1	5.2
	永久变形/%	31	34	31
	邵氏硬度A	62	61	65
90℃,72h热空气老化后	拉伸强度/MPa	11.8	12.1	12.9
	拉断伸长率/%	410	435	489
	老化系数	0.80	0.83	0.84

表9－12 成品力学性能(硫化条件:130℃,50min)

项目	标准	实测
拉伸强度/MPa	≥11.8	12.9
拉断伸长率/%	≥320	478
300%定伸应力/MPa	—	4.9
永久变形/%	—	37
邵氏硬度A	≤70	64

该40%含胶量的内销靴面配方完全可以投入使用，其成品鞋物理性能均达到行业标准。通过近4个月试生产观察，该配方混炼、过滤、合炼容易，无脱辊、粘辊现象，操作安全性好，出型压延性能稳定，鞋面出型率高，成品靴外观质量好。

（五）胶鞋底

实例1. 足球鞋底胶料

（1）配方

原材料	质量份	原材料	质量份
胶清胶	65.38	松香丁苯	34.62
再生胶	120	硫黄	2.1
促进剂M	1.65	促进剂DM	1.0
促进剂D	1.27	活化胶	10
炭黑	65.93	陶土	9.85
防老剂RD	0.7	软化剂	45

(2)性能(表9-13)与评价

表9-13 足球鞋底胶料的性能

项 目	国家标准	本产品	质检站
拉断强度/MPa	11.76	13.3	13.4
拉断伸长率/%	420	452	449
阿克隆磨耗量/cm^3	1	0.304	0.374
邵氏硬度A	50~70	68	69
耐屈挠性能	8万次不裂		

大底是决定全鞋综合性能的关键,大底配方中的主体胶料决定大底质量和经济效益的好坏。根据上述确定的大底物性指标及其货源供应情况,确定使用再生胶、胶清胶和松香丁苯橡胶。丁苯橡胶的性质与天然橡胶接近,来源广泛、价格便宜,可以按任意比例与天然橡胶并用;增大丁苯橡胶的比例可以提高硫化胶的耐磨性。再生胶硫化胶的物理性能和半成品表面光滑度除了与制造方法有关外,主要与再生胶的橡胶含量及品种、炭黑的含量多少有关。成品的表面光滑程度对模压制品影响不大,用较多的再生胶可以减少丁苯橡胶的收缩。

实例2.胶鞋外底

(1)配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NR	75	氧化锌	5.0
BR	25	硬脂酸	2.0
硫黄	2.22	颜料	2.0
促进剂M母胶	1.56	白炭黑	31
促进剂D母胶	0.9	软化剂	16
促进剂DM	1.0	填充剂	适量

(2)性能(表9-14)与评价

表9-14 胶鞋外底的性能

项 目	原配方	新配方
密度/$g\cdot cm^{-3}$	1.18	1.18
邵氏硬度A	50	50
拉伸强度/MPa	16	16
拉断伸长率/%	505	522
阿克隆磨耗量/cm^3	1.3	1.1

胶鞋外底配方设计中常用的促进剂 M 和促进剂 D 粉料在操作中大量飞扬，严重污染环境的同时，易使操作工人患上职业病，还易使胶料的硫化速度产生波动。为了解决这一问题，该配方采用促进剂母胶（促进剂和橡胶用量比为 80/20）替代促进剂粉料，从而改善了工作环境，使操作工人的劳动保护得到了落实。

随着各种促进剂母胶（粉料）用量比例增大，胶料硫化速度提高，焦烧时间和正硫化时间缩短。当促进剂母胶（粉料）用量之比为 1.0 时，t_{10} 和 t_{90} 最佳。

促进剂 D 和促进剂 M 的母胶或粉料用量之比均为 1:2 时，硫化胶的综合性能最好，并满足使用要求。

实例 3. 半透明大底胶料

（1）配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NR	10	SBR	30
BR	60	硫黄	2
促进剂 M	0.7	促进剂 DM	1.2
碳酸锌	5	硬脂酸	1
防老剂 SP	1	白炭黑活性剂	3
白矿油	10	白炭黑	50
中铬黄	0.6	橡胶大红	0.001

（2）性能与评价　胶料的硫化特性值：M_L = 4.87N · m，M_H = 6.14N · m，t_{s1} = 5.42min，t_{s2} = 6.11min，t_{90} = 14.50min；胶料的物理性能（成品鞋）：邵氏硬度 A 62，300% 定伸应力 3.2MPa，拉伸强度 9.4MPa，拉断伸长率 705%，阿克隆磨耗量 0.2cm^3，屈挠龟裂次数：4500 次（初裂），102000 次（断裂）。

胶料的硫化速度适中，满足厚制品（带钉的运动鞋）的硫化工艺，其物理性能达到运动鞋的要求，且不易断底。

配方采用三胶并用，充分发挥各胶种的特性，在拉伸强度、拉断伸长率和耐屈挠等物理性能上得到互补，从而达到设计要求；配方使用了防老剂 SP 和白炭黑活性剂 PEG－4000S 两种新型配合剂，使胶料的加工性能和物理性能都大有改善；配方从原材料的选取到加工工艺以及硫化工艺，均考虑到保持胶料鲜艳的色泽。

该配方已正式投入生产，配合新颖的帮面设计，生产出来的产品以中等档次投放市场，成为企业开拓市场、取得效益的又一新品种。

实例 4. 抗静电鞋底

（1）配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NBR 3606	100	硫黄	1.75
促进剂	2.2	活性剂	4.5
乙炔炭黑	43	陶土	40
超补强剂 SR	35	二丁酯	10
二辛酯	15	防老剂 D	1.5

(2)性能(表 9-15)与评价

表 9-15 防静电鞋底性能测试结果

性能	标准	测试结果
拉伸强度/MPa	≥9.8	11.6
拉断伸长率/%	≥300	370
邵氏硬度 A	65±5	68
耐磨(20min)/mm	≤10	8
耐折(4 万次)/mm	≤12	9
电阻值/Ω	$(0.5\times10^5)\sim(1.0\times10^5)$	0.96×10^5

对于电子工业,静电可导致质量的不稳定以及下降。防静电鞋底是一种能将静电导出人体的橡胶鞋底,使所在场所不会因静电引起燃烧、爆炸,它还能避免 250V 以下电气设备偶然引起的对人体的电击。

用丁腈橡胶加导电炭黑,能够生产出导电性能较为稳定,符合国家标准的防静电鞋底。

实例 5. 导电橡胶鞋底

(1)配方

①导电橡胶外底配方

原材料	质量份	原材料	质量份
丁腈橡胶	60	顺丁橡胶	40
硫黄	2.5	硬脂酸	2.0
氧化锌	5.0	促进剂 M/D/DM	1.6
软化剂+增黏剂	30.0	陶土	39.0
乙炔炭黑	70.0	防老剂	1.5

②导电橡胶海绵配方

原材料	质量份	原材料	质量份
丁苯橡胶	100	促进剂	1.9

硫黄	1.5	氧化锌	5.0
硬脂酸	8.0	乙炔炭黑	40.0
高耐磨炉黑	40.0	增塑剂	105
发泡剂	14.0	轻质碳酸钙	84.6

③导电乳胶浆配方

原材料	质量份
天然橡胶	100
乙炔炭黑	25
乙二醇	适量

(2)性能与评价 导电橡胶鞋底是由导电橡胶外底、导电橡胶海绵、导电乳胶浆及导电底布4部分组成的复合结构。该复合结构可使人的脚底与导电橡胶鞋底充分接触，达到点点均可释放人体静电的效果（即为面释放人体所带静电），克服了鞋底采用导电电极钉结构的点释放静电的不足。

由于复合结构的导电弹性体的电阻值与其复合厚度成正比，因此，复合结构各部分的电阻值必须小于复合结构（导电橡胶鞋底）总的电阻值。

实例6. 透明胶鞋底

(1)配方

原材料	质量份
SBR 1502	30
颗粒胶料（云南一级胶料）	50
BR	20
白炭黑	55
氧化锌	3.0
其他助剂	适量

(2)性能（表9-16和表9-17）与评价

表9-16 硫化胶物理性能测试对比

项 目	国际标准	实 测 值
拉断强度/MPa	15.2	15.3
定伸强度/MPa	2.0	1.98
300%伸长率/%	550	552
邵氏硬度 A	60~65	64
永久变形/%	32	30
透光率/%	82~90	88

表 9-17 折光率对比

组　分	SBR 1502	SBR 1507	SBR 1500	颗粒胶料	CR	BR	NR
溶解度参数（SP 值）	8.25	7.91	8.85	8.26	10.2	8.23	7.9
折光率	1.51	1.53	1.31	1.50	1.18	1.48	1.22

运用橡胶并用理论使国产合成橡胶与天然橡胶并用其成本仅为进口透明胶鞋底的 1/2，因此具有广泛的应用前途和应用价值，值得在同行业推广。

实例 7. 胶鞋胶底配方系列

(1) 跑鞋和网球鞋胶底配方

原材料	聚醚-1 PUR	标准胶料	桥架胶料
聚醚-1	100.0	—	50.0
NR	—	30.0	15.0
顺式 BR	—	40.0	20.0
SBR 1502	—	30.0	15.0
硬脂酸锌	0.5	—	0.25
硬脂酸	0.5	1.0	0.75
Carbowax 3350	3.0	3.0	3.0
Hi-Sil 233	40.0	45.0	42.5
氧化锌	—	5.0	2.5
环烷油	—	5.0	2.5
石蜡	—	1.0	0.5
防老剂 NS	—	1.0	0.5
TP-95	8.0	—	4.0
MBTS	4.0	1.0	3.0
MBT	4.0	0.5	2.0
促进剂 TMTD	—	0.2	0.1
促进剂 TMTM	—	0.2	0.1
Thanecure	2.0	—	1.0
硫黄	2.0	2.2	2.0

其中，聚醚-1 为聚醚/TDI 硫黄硫化的 PUR。

(2) 透明 PU 胶底配方

原材料	聚醚-1	聚醚-2	聚醚-3
聚氨酯橡胶	100.0	100.0	100.0
硬脂酸	0.5	0.25	0.25

气相法白炭黑	20.0	20.0	20.0
硅烷 A－172	0.5	—	0.25
Sartomer SR 231	6.0	—	3.0
群青	0.003	0.003	0.003
Lupersol 231	0.5	0.5	0.5

其中,聚醚－2 为聚醚/过氧化物硫化/脂族二异氰酸酯;聚醚－3 由 PEMEG 制成,并使用了脂肪族二异氰酸酯。

(3)SBS 胶鞋底配方

原材料	质量份	原材料	质量份
SBS	100	PS	5～40
填料	5～40	软化油	5～40
UHMWPE	1～50	脱模剂	0～3
抗氧剂	0～5	热稳定剂	0～5
光稳定剂	0～5	发泡剂	0～2

(4)棕色仿革鞋底配方

原材料	质量份	原材料	质量份
SBR 1502	30	顺丁橡胶	25
天然橡胶	5	高苯乙烯 6H860	40
硫黄	1.5	促进剂 DM	0.8
促进剂 DZ	0.8	促进剂 TMTD	0.4
氧化锌	4	陶土	25
碳酸钙	15	白炭黑	30
三乙醇胺	1	铬黄	2
氧化铁红	0.5		

(5)SBR/BR 透明胶胶料配方

原材料	质量份	原材料	质量份
SBR	60	BR	40
硫黄	1.5	促进剂 M	0.5
促进剂 DM	0.5	促进剂 TMTD	0.4
活性氧化锌	0.5	硬脂酸	1
透明白炭黑	52	丙三醇	4
变压器油	10	萜烯树脂	8
防老剂 MB	0.5		

(6)橡胶与 EVA 并用透明鞋底配方

原材料	质量份	原材料	质量份
NR	40	BR	20
EVA	40	硫黄	0.6

DCP	0.7	促进剂 M	0.6
TS-3 白炭黑	20	透明氧化锌	5
松香	2	防老剂 MB	1

参考文献

[1]谢遂志. 充气轮胎配方设计(第14讲　子午线轮胎用原材料)[J]. 轮胎工业,1996,16(2-3):111-118,177-182.

[2]周伊云. 充气轮胎配方设计(第1讲　轮胎配方设计与进展)[J]. 轮胎工业,1995,15(1):42-51.

[3]郑正仁. 子午线轮胎的结构特点和性能(第4讲　子午线轮胎配方设计和特点)[J]. 轮胎工业,1990,37(60):365-369.

[4]周伊云. 充气轮胎配方设计(第11讲　轮胎生产工艺及设备)[J]. 轮胎工业,1995,15(11):690-695.

[5]陈志红. 汽车轮胎面胶的性能与配方发展[J]. 轮胎工业,2003,23(3):131-137.

[6]于福水,孟凡良,邢德萍,等. 高速轿车子午线轮胎胎冠胶配方的研究[J]. 轮胎工业,2001,21(9):550-552.

[7]孔庆杰,周成涛. 高速轿车子午线轮胎胎面胶的配方设计[J]. 轮胎工业,2002,22(1):39-41.

[8]李盈彩,马鹏举. 军用越野子午线轮胎胎面胶的配方设计[J]. 轮胎工业,1996,16(8):469-471.

[9]陈勇,董世春,王宝江. 半钢雪地轮胎胎面胶配方的改进[J]. 轮胎工业,2006,26(2):97-100.

[10]韦小燕,梁铮. 胎面胶配方(P). 欧洲专利,EP-0527396.

[11]邓海燕. 国外最新实用轮胎配方摘编[J]. 现代橡胶技术,2005,31(2):44-47.

[12]黄同忠,常晓军. 全合成橡胶胎面胶[J]. 河南化工,1996(8):11-13.

(4):209－211.
[23]唐跃,田会玲,李晓荣,等.半钢子午线轮胎带束层胶料配方的优化设计[J].轮胎工业,2004,24(5):281－283.
[24]陈亚州.实心轮胎高弹性中间胶的配方研究[J].轮胎工业,2002,22(7):414－415.
[25]徐世传.高品质轮胎黑胎侧的配方研究[J].轮胎工业,2002,22(2):82－84.
[26]梅恭任.翻胎胎面胶配方浅析[J].轮胎工业,1998,18(2):57－59.
[27]唐伦虞.翻新子午线轮胎的配方及工艺[J].轮胎工业,1999,19(4):124－131.
[28]刘江.FY活性硅粉在力车胎中的应用[J].硅铝化合物,2003(4):29－30.
[29]宫洛群,马建国.航空轮胎翻新胎橡胶配方设计[J].翻胎工业技术,1990,10(3):180－183.
[30]Stephens,李心阳,邓海燕.航空轮胎胎面结构及配方(P).欧洲专利,EP－0370664A2.
[31]刘志辉,高智.航空子午线轮胎胎面胶配方的研究[J].轮胎工业,2005,25(10):598－600.
[32]Samir Majwmdar,徐学忠.IIR内胎——配方设计[J].轮胎工业,1997,17(12):729－737.
[33]刘高宗,孙维亮.汽车内胎胶料配方的改进[J].轮胎工业,1992(10):12－13.
[34]潘仁.丁基再生胶在内胎中的应用[J].广东橡胶,2001(9):11－13.
[35]魏延贤,杨风伟,胡群绪.IIR内胎配方的研制及生产工艺的改进[J].轮胎工业,2001,21(10):613－614.
[36]曾宪奎,李志祥.输运带生产工艺及设备[J].橡胶技术及装备,2005,31(10):18－25.
[37]周世元,周悦.输送带加工技术讲座[J].橡胶工业,2002,49(2):122－123.
[38]李洪星,曹文国,张亚民,等.耐热难燃输送带的研制[J].橡胶技术与装备,2004,30(10):20－23.
[39]姜必多,陈银娟.EPDM耐高温输送带的研制[J].橡胶工业,2004,51(11):676－678.
[40]彭立新.EPDM耐高温输送带的研究[J].化学工程师,2008(3):51－52.
[41]袁陆海.玻璃纤维芯耐高温输送带的研制[J].橡胶工业,2002(1):33－36.
[42]白文科.煤矿用阻燃钢丝绳芯输送带的研制[J].辽宁化工,2005,34(11):493－496.
[43]白文科,李平,赵春利.环保型难然输送带的研制[J].辽宁化工,2006,35(2):99－101.
[44]胡思前,张健.超薄耐热打孔输送带的研制[J].橡胶工业,2006,53(6):359－361.
[45]申祖应,刘丹丹.SBR/CPE复合耐热输送带的研制[J].中国橡胶,2008(5):35.
[46]张虹,张春雷,刘立山.耐热输送带的国外部分专利介绍[J].橡胶工业,2001,48(10):632－635.
[47]卢经扬.阻燃聚氨酯输送带的研制[J].塑料科技,200735(1):50－52.
[48]屈柏峰,李树,张雅民,等.耐磨型输送带覆盖胶的配方设计[J].橡胶工业,2005,52(6):354－356.
[49]牛洪龙.高耐磨钢丝绳芯输送带的研制[J].橡塑资源利用,2007(6):7－9.
[50]牛洪龙.耐冲击抗磨耗织物芯输送带的研制[J].橡胶资源利用,2008(2):19－22.
[51]姜必多,陈银娟,姚雪容.抗冲击高耐磨输送带的研制[J].中国橡胶,2007,23(6):27－30.

[52]王奇. 耐油橡胶输送带的研制与开发[J]. 中国橡胶,2007,23(4):19-23.
[53]姜必多,陈银娟. 丁腈胶耐油输送带配方和工艺[J]. 中国橡胶,2005,21(15):24-26.
[54]张虹. 耐油、耐寒输送带[J]. 特种橡胶制品,2006,27(4):34-36.
[55]王笛辉,杜虹,张春医. 耐寒难燃钢丝绳芯输送带的研制[J]. 橡胶技术与装备,2004,36(5):22-24.
[56]李明. 阻燃耐寒输送带的开发研制[J]. 辽宁工业,2001,30(9):384-386.
[57]杨书卿,张波恩,邢明海. 耐烧蚀输送带的研制[J]. 橡胶工业,1997,44(1):26-28.
[58]刘锦文. 楞筋防滑输送带的研制[J]. 橡胶工业,2002,49(12):741-742.
[59]白文科,屈柏峰,杨威,等. 普通用途防撕裂钢网丝绳芯输送带的研制[J]. 辽宁工业,2002,31(12):531-533.
[60]周毅. 提升用输送带的研制[J]. 世界橡胶工业,2001,28(6):22-25.
[61]王笛辉. 耐酸碱织物芯输送带的研制[J]. 橡胶技术与装备,2006,32(3):34-37.
[62]褚静,艾兵,王纬,等. 人字形花纹输送带的研制[J]. 特种橡胶制品,2007,28(2):32-34.
[63]白文科. 条状花纹输送带的研制[J]. 橡胶资源利用,2005(5):14-16.
[64]褚静,宋静芳,徐玉海,等. 条状花纹输送带的研制[J]. 特种橡胶制品,2008,29(1):38-40.
[65]牛洪龙. 新型环保输送带的研制[J]. 橡塑资源利用,2007(5):9-12.
[66]莫德林. 用于胶管和胶带的配方[J]. 现代橡胶技术,2003,30(6):38-41.
[67]莫德林. 用于胶管和胶带的配方[J]. 现代橡胶技术,2004,31(1):27-33.
[68]徐桃源. 浅谈胶管配方设计[J]. 橡胶工业,1995,42(12):747-749.
[69]李劲然. 汽车用胶管[J]. 制品,1998(1):13-19,30.
[70]郑精益. 轿车用燃料油异型胶管的研制[J]. 橡胶工业,2000,47(11):667-669.
[71]蔡宝瑜,郑精益. 塔菲克 T5BH 车用暖风水管的研制[J]. 橡胶工业,1998,45(10):605-607.
[72]周冰. 过氧化物硫化的 EPDM 汽车散热器胶管配方[J]. 橡胶工业,2003,56(2):81-84.
[73]王清国. 复合橡胶燃油管的研制[J]. 汽车技术,1994(10):41-44.
[74]董道理,戴国梁,张庆虎. NBR/PVC 共混胶在燃油胶管中的应用[J]. 特种橡胶制品,2001,22(6):24-29.
[75]张瑞造. 氟橡胶隔离膜燃油胶管的研制[J]. 橡胶工业,2002,49(6):347-349.
[76]张瑞造. 调整配方改善 NBR 通气胶管耐油性能[J]. 橡胶工业,2002,49(5):286-288.
[77]王巧福,孙明乐. 钢线绳缠绕蒸汽胶管的研制[J]. 橡胶工业,2006,53(8):485-487.
[78]那洪东. 氧气乙炔阻燃胶管及其胶料[J]. 世界橡胶工业,2004,31(5):16-18.
[79]杨慈文,姚朝云. 矿用阻燃夹布风水胶管的研制[J]. 特种橡胶制品,1992,13(6):42-46.
[80]周同钧,陈启宇. 煤矿用难燃液压胶管的研制[J]. 化学世界,1993(6):264-267.
[81]谭镜华,史生. 耐磨纤维缠绕喷砂胶管的研制[J]. 橡胶工业,2005,52(5):294-295.
[82]潘晓天,范强. 排吸芳香族溶剂胶管的研制[J]. 橡胶工业,2007,54(9):554-555.
[83]张娟,王建周,宋助元. 加成型医用硅橡胶管的制备[J]. 有机硅材料,2000,14(5):12-14.

[84]谷敬志,文建江. 纺织牵伸胶辊用 NBR/PVC 胶管的研制[J]. 橡胶工业,1995,12(12):728-730.

[85]曾柏林,谭凤霞. NR/BR 9000 输吸食品胶管的研制[J]. 合成橡胶工业,1996,19(6):367-368.

[86]梁悦,黄利. 厚壁彩色乳胶管的研制[J]. 特种橡胶制品,2000,21(6):29-31.

[87]陈曙. 水泥砂浆挤压泵胶管的研制[J]. 橡胶工业,1998,45(3):158-160.

[88]杨慈文,赵三桥,赵银桥. 火电厂烟气脱硫除尘装置用胶管的研制[J]. 橡胶工业,2007,54(5):295-296.

[89]梁悦,邓广生. 钓鱼用光滑软胶管的研制[J]. 特种橡胶制品,1997,18(3):24-26.

[90]刘世平. 国外胶管新产品介绍[J]. 橡胶技术与装备,2004,30(2):24-27.

[91]那洪东. 胶辊及其制造方法[J]. 世界橡胶工业,2006,33(5):38-41.

[92]张惠敏,焦冬梅. 胶辊的成型工艺及设备[J]. 特种橡胶制品,2004,25(4):44-47.

[93]何祖泽,黄永炎. 自捻纺纱用胶辊的研制[J]. 制品与应用,2000(3):16-17.

[94]吴涛,范汝良. 抗静电 NBR 纺织胶辊料的研究[J]. 橡胶工业,1998,45(11):666-668.

[95]王艳秋,华君. NBR/PVC 抗静电纺织胶辊的研制[J]. 橡胶工业,2003,56(3):160-162.

[96]李汉清,王永昌. 并条胶辊胶料的配方及研制[J]. 纺织器材,2005,32(6):345-347.

[97]涂同华. 聚氨酯橡胶与纺织纱胶辊[J]. 纺织器材,2008,35(2):87-89.

[98]黄永炎. 两种纺织胶辊的制造工艺[J]. 特种橡胶制品,1998(1):39-41.

[99]李莉,张瑞造,申会杰. 耐混合有机溶剂低硬度白色印染胶辊的研制[J]. 橡胶工业,2004,51(6):358-359.

[100]何进文. 耐热洗涤碱 CSMICR 印染胶辊的研制[J]. 热带农业工程,2004(1):4-7.

[101]王福才. 印刷用胶辊的制作与使用[J]. 印刷杂志,1994(5):22-23.

[102]杨杏木. 新型酒精润版印刷胶辊的研制[J]. 特种橡胶制品,2003,24(3):33-35.

[103]郭宏盛,陈惠昌. 耐介质印刷胶辊的配方研究[J]. 橡胶译丛,1992(1):61-67.

[104]杨杏木,许卫东. NBR/PVC 低硬度高速印刷胶辊的研制[J]. 橡胶工业,2003,50(7):431-433.

[105]李翠荣,李树仁,李树英. 橡塑并用胶 NBR/PVC(T腈胶/聚氯乙烯)研制低硬度印刷胶辊[J]. 辽宁工学院学报,2003,23(3):50-51.

[106]张军. PVC/NBR 顺丁橡胶浅色模压胶辊的研制[J]. 橡胶工业,1994,41(9):533-537.

[107]郭芬. 丁腈橡胶与氯丁橡胶并用生产彩印胶辊的研制[J]. 热带农业工程,2002(1):16-17.

[108]汤守新,马为明. NR 海绵胶辊的研制[J]. 橡胶工业,1999,46(8):488-489.

[109]陈福林,岑兰,周彦豪. 耐渗剂胶辊胶料配方的研究[J]. 广东橡胶,2002(4):1-4.

[110]郑桂绍,马利明. 微波干燥生产线用食品级胶辊的研制[J]. 特种橡胶制品

[111]周兆燎,邵本延. 色胶辊筒的配

[112]于清溪. 橡胶板现状与发展[J].

要求及技术[J]. 橡胶世界,1989,20(4):25-29.

橡胶技术与装备,2005,31(1):6-10.

[113] 马汉连，张晓宏，郑钢. 纸箱印刷胶版的研制[J]. 特种橡胶制品，1995，16(3)：20－22.

[114]贺春江，毛鲲鹏，吴智强. 耐磨橡胶拔配方的研究[J]. 弹性体，2005，15(2). 55－57.

[115]贺春江，毛鲲鹏，吴智强. 青藏铁路轨枕橡胶垫板的研制[J]. 橡胶工业，2005，52(10)：619－621.

[116]张利. 特路钢轨橡胶垫板的研制[J]. 特种橡胶制品，1993，14(4)：34－36.

重型铁路钢轨用橡胶垫板胶料的研制[J]. 橡胶工业，1998，45 [117]张涛，郭东华，束飞

(11)：675－676.

橡胶垫板[J]. 特种橡胶制品，1996，17(1)：30－33. [118]谢希伯. 推焦车钢轨

片[J]. 世界橡胶工业，2001，28(4)：19－23. [119]张虹，宋静芳. 防水胶

防水胶板的研制[J]. 胶体聚合物，2002，20(3)：38－41. [120]赵顺平，张巧萍. 屋面

[121]陆蔚. 耐油胶板的研制[J]. 辽宁化工，2000，29(3)：1:9－151.

：52－56. [122]隋华，宋海新. 耐油纤维水镁石绒橡胶板的研制[J]. 非金属矿，2000，23(6)

2001,22(2):32 – 33.
[145]杨魁. 桥梁橡胶支座的配方设计研究[J]. 特种橡胶制品,2003,24(2):5 – 9.
[146]樊再春. 橡胶桥梁支座胶料配方的设计[J]. 山西化工,2003,23(1):10 – 12.
[147]王伟兴,刘引,赵国光,等. 三元乙丙橡胶桥梁支座技术开发[J]. 化工科技,1999,2(2):39 – 42.
[148]王雪飞,黄晔. 抗蠕变天然橡胶支座[J]. 世界橡胶工业,2001,28(5):20 – 25.
[149]梁浩,韩金辉. 高阻尼支座用橡胶配方[J]. 现代橡胶技术,2004,30(4):16 – 20.
[150]刘孝平,刘引,何俊松,等. EPDM 橡胶铁路套靴及轨枕垫的配方研制与应用[J]. 弹性体,2001,11(6):44 – 47.
[151]王作玲. 日本减震橡胶制品专利集锦[J]. 世界橡胶工业,2001,28(1):27 – 32.
[152]卢明明,牟培毅. 蝶阀橡胶密封圈的试制[J]. 特种橡胶制品,1998,19(3):34 – 37.
[153]谢亦蕴. 高炉煤气蝶阀硅橡胶密封圈的研制[J]. 橡胶工业,1999,46(9):541 – 542.
[154]周毅. 内骨架耐热橡胶密封圈的研制[J]. 弹性体,2000,11(12):31 – 33.
[155]谢彦飞,张友南,唐先贺,等. 耐寒丁腈橡胶密封制品配方的研究[J]. 特种橡胶制品,2004,25(5):14 – 16.
[156]魏友民. L 型特种橡胶帽的研制[J]. 特种橡胶制品,1990(6):19 – 22.
[157]秋希文. 热交换器橡胶密封框的研制[J]. 特种橡胶制品,1995,16(1):38 – 39.
[158]江虹,密封用软木橡胶制品配方研究[J]. 特种橡胶制品,1991(3):10 – 12.
[159]刘玉强,陈南欣. 综合采煤机械设备用系列橡胶密封件[J]. 世界橡胶工业,2004,31(5):19 – 21.
[160]谢苏江,蔡仁良. 纤维增强软木橡胶密封材料硫化及配方的止交设计试验[J]. 流体机械,1995,23(11):10 – 13.
[161]李俊山,张善辉. 动态硫化浅色 PVC/BR 熟塑性弹性体密封条的研制[J]. 橡胶工业,1996,13(2):92 – 94.
[162]李腾英,袁强,郑洪喜. 用多腔模具生产汽车管口橡胶密封塞[J]. 橡胶工业,2002,49(9):535 – 536.
[163]蔡斌. 回收火炬气用干式气柜橡胶密封膜的研制与应用[J]. 合成橡胶工业,2001,24(6):365 – 367.
[164]贾建华,杜玉平. 足球鞋底的胶料配方设计[J]. 河南化工,1990(6):27 – 28.
[165]闫新杰. 耐油解放鞋的研制[J]. 橡胶工业,2000,47(10):603 – 606.
[166]徐秉德. 促进剂母胶在胶鞋外底配方中的应用研究[J]. 橡胶工业,2003,50(3):157 – 158.
[167]冯振强,王桂丽. 导电橡胶鞋底的研制[J]. 橡胶工业,1993,40(8): 473 – 475.
[168]黄志杰,翁晨瑜,韩阳. 皮帮热硫化胶鞋的研制[J]. 橡胶工业,1996,43(10):612 – 614.
[169]赵光贤. 胶鞋技术讲座,第一讲概论[J]. 橡胶工业,1999,46(8): 507 – 511.
[170]梁献镖. WSK 高芳香烃油在胶鞋配方中的应用[J]. 广西化工,2000,29(2):52 – 54.
[171]刘瑞田. 国产透明底的研制与生产[J]. 丹东化工,1996(3 – 4):18 – 19.
[172]刘方,徐文颐. 防静电鞋底的研制[J]. 特种橡胶产品,1997,18(1): 25 – 28.

[173]简勃.低含胶量靴面的研制[J].中国橡胶,2001(2):26.
[174]曹让祥.外封闭式及全封闭式低压绝缘胶鞋的研制[J].橡胶工业,1992,39(2):95-98.
[175]王朱遣,邓泸征.难燃全胶鞋的研制[J].橡胶工业,1991,38(6):350-356.
[176]刘丽敏.胶里胶靴的研制[J].中国鞋业,2002(1):90-92.
[177]郭秀杰.浅谈胶面安全靴的研制[J].中国鞋业,2000(2):87-90.

［General Information］
书名＝U
SS号＝12329290