

第三篇

橡胶配方设计

第一章 橡胶配方设计基础

第一节 橡胶配方设计的概念与要求

一、橡胶配方设计的概念

橡胶、配合剂以恰当的品种与比例组合,通过一定的加工历程,按橡胶制品的结构而制成橡胶制品。其结构设计、配方设计、加工历程(的设备与工艺)作为橡胶制品生产过程三个重要组成部分,它们既相互独立,又相互联系、协同、制约,它们本身和它们之间的相互作用都有可能对橡胶制品的物化性能、使用性能、寿命、外观质量、生产成本起决定性作用,过分强调任何一者的作用都是不切实际、不全面的。鉴于此,配方设计者首先应该确立“整体”的观念。

无芯夹布胶管与有芯缠绕胶管的成型、硫化方法不同,斜交轮胎与子午轮胎的结构不同,其配方的设计、加工历程也不同,后者的寿命比前者高15%;同一产品中的不同部件会有不同的性能要求,要用不同的配方来满足,而各配方之间如粘合、同步硫化要有恰当的配合;厚制品相对于薄制品而言,硫化条件与配方中的硫化体系不相同;就插入式联轴节而言,同样的配方与加工工艺;“同心圆式”断面者远不及“外圆内方”断面者经久耐用。

又如,采用橡胶/纤维胶片冷粘成型工艺制造橡胶水坝,难以使用耐天候优异的乙丙橡胶,只能使用氯丁橡胶;大容器的橡胶衬里受硫化设备限制,只好使用低温(100℃以下)以至室温硫化的橡胶配方及冷粘贴技术。

橡胶配方设计固然要保证加工历程的顺利进行,而恰当的工艺条件不但会使橡胶/配合剂体系有效地发挥总体效能,甚至大大地改变其总体效能;“外在的”条件确实有时起着决定性作用。如丁基橡胶太阳能集热板,其改进的混炼工艺同常规工艺相比,臭氧老化裂纹出现时间分别为 290、170(min)N,塑炼不足,过早加入炭黑,或者 BLE、SW 等粘合剂的加料顺序不当,会使黄铜/NR 或 CR 的直接粘接效果大大下降;EVA/NBR 动态硫化比静态硫化有更好的耐热老化性能,稀释混炼法比常规方法使 NR 并用适量 BR 或 SBR 改进疲劳寿命。高温(例如 250℃)空气处理硫化胶数小时,体积电阻率 ρ_v 下降 1~2 个数量级。实际上,工艺历程的管理同样关系到制品的寿命,如对某飞机用密封胶圈断裂原因进行分析,表明在于管理不善,是胶料中夹杂物过多、颗粒粗大、混炼不匀而集中于胶圈某一截面所致。

橡胶制品的配方设计就是合理地选用橡胶、配合剂的品种与恰当的用量以至最佳组合,满足产品结构、加工历程、使用条件(与相应的使用性能)、产品寿命、外观质量、成本等综合要求,或在突出重点性能的前提下达到所需各种性能较佳的综合平衡,使其质量好、加工效率高,用低的效益成本获取高的成本效益。拟定橡胶配方,试验(了解配方组分变量对性能的关系或性能变化的趋向)、调整、验证(包括实地考察),最后确认适用于橡胶制品生产的橡胶、配合剂品种与用量的配比,这个过程称之为橡胶的配方设计。

橡胶配方就是表示橡胶、配合剂品种与用量的配比。生产用的橡胶配方还可包含更详尽的内容,例如,配方(或胶料)的名一称与代号、用途、密度、含胶率、配炼工艺条件、物化性能以至成本,等等。

就配方的功能而论,大致有:

1. 检验配方

又称作标准配方,或鉴定配方。它用于橡胶、配合剂的性能评价、质量鉴定与分级验收。我国及许多国家制定与应用此类配方,国际标准亦相继制定与应用此类配方。带有权威性。有时,企业(原料供需双方)也可协商制定与应用此类质检(验收)性的配方。

2. 性能配方

又称作技术(或研究)配方。一方面以橡胶、配合剂品种、用量比、特定组合,探求它们同胶料加工性能、硫化胶物化性能的相互关系(正向);另一方面,以此为借鉴,针对橡胶制品的使用状况、工艺历程来拟定配方,或者为改进某些性能寻求新特性的配合(反向)。这类配方,从“正向”与“反向”强化了配方设计者对配方组成同性能相关关系的认识。

3. 制品配方

又称实用(或生产)配方。在性能配方获得实验室认证的基础上,结合工业生产实

况、产品实际使用状况、成本等诸因素适当调整,最终得到适合工厂生产用的实用配方。无疑,制品配方的实施与制品的使用考察,必使人们获得制品使用性能同硫化胶物化性能之间相关关系的认识。

严格来说,橡胶配方设计就是拟定性能配方与确认制品配方。从原材料组合到成品物性的“正向思辨”同从成品物性要求到原材料组合的“反向思辨”共存,相辅相成。通过信息反馈、调节,逐步走向配方设计的“目标值”。

二、橡胶配方设计的要求

前已述及,配方设计得应有“整体”观念,切勿过分强调结构设计、配方设计、加工历程任何一者的作用,认真注意它们既相互独立,又相互联系、协同与制约的关系。

橡胶配方中包含多种组分:橡胶及其它聚合物、硫化用配合剂(硫化剂或交联剂、促进剂、活性剂与助交联剂、防焦剂)、填充与补强剂、软化与增塑剂、防护用配合剂(抗氧化剂、抗臭氧剂等防老剂)、特殊赋予配合剂(增粘剂、粘合剂、发泡剂、着色剂,等等)。橡胶制品可以说是多组分组成的多相复合系统。在加工历程中的热-化学、力-化学作用下,组分之间(例如硫化用配合剂之间、补强炭黑同橡胶大分子之间、不同橡胶大分子之间)有着复杂而又多样的物化作用。炭黑结合胶的形成、ENR的环氧基同白炭黑的羟基作用使体系的硫化进程加快, N_n/CR 低温塑炼引发的接枝等便是例证。橡胶配方每个组分自身的效能及它们之间的相互作用虽然对胶料的加工行为(如流动性、弹性恢复、硫化特性之类)、硫化胶物化性能、橡胶制品使用性能与寿命有着不尽相同的效应,但橡胶制品的性能无疑是配方组分系统效应的反映。系统效应指的是组分自身效能加组分间相互作用的总和。这也就再次强调橡胶配方设计者应确立“整体”观念。

配方设计,基础在于熟悉原材料的物性与效能;“神农尝百草”式的实验(控制论中的随机调节),虽然成败参半,但积累了大量实验数据,为配方设计以至科学理论的形成与发展打下了坚实的实践基础。

配方设计者把整个配方体系视作不打开的“黑箱”,进一步探索原材料品种、用量比(组合)等的输入信号同橡胶加工行为(参数)、硫化胶物化性能以及制品使用性能与寿命等的输出信号之间的“相关性”,然后加以辨析、调节与控制,借此寻求达到橡胶制品生产及使用要求的配合方案,也就是通过反馈调节达到“目标值”。“相关性”原理在配方设计中显然占有重要的地位。不管何时,人们还会这样进行配方设计,还会使人们觉得橡胶配方设计仍依赖于长期积累的经验。

要使经验性的配方设计前进一步,必须将它上升到理论阶段,再以理论指导实践。橡胶合成技术从“正向合成”(先合成出材料,再了解物性)走向“逆向合成”(按物性要求

“裁剪”成分与结构)的进步,表示人们以原材料组成/结构与形态/物性的理论认识指导实践的成功。实际上,人们在研究输入信号与输出信号相关性的同时,不但借此“推导”配方体系的“内在结构”,也不断地探索输入信号、输出信号同配方体系“内在因素”(形态、相界面、结构转化、交联类型与密度等)的联系。新的橡胶、新的以至多功能配合剂的开发与应用,测试仪器的开发及测试技术的不断进步,自然加强了对上述“相关性”内在实质的探索,加深了对橡胶配方体系微观世界的洞察,进一步深化了“配方体系的组成/体系的内在结构与形态/流变与加工性能及硫化胶性能”之间多重相关关系的认识,使配方设计建立在越来越坚实的理论基础上,提高了配方设计的科学性和设计者的自由度,摆脱凭经验工作的落后状态,有的放矢地由原材料的调整达到“内在因素”的调节,提高了调节的确切性(辨证施治),更加科学地发挥配方组分的系统效应。例如,过氧化物或有效硫化体系使橡胶具有碳-碳或单硫键交联,获得好的耐热性;SBR 1502/炭黑配入 Amine-BSA 叠氮对氨基苯磺酰或者轮胎胎面胶中引入白炭黑/Si-69,以及 ENR/炭黑配入六亚甲基二胺,以提高抗湿滑性又降低滚动阻力,正好同 15Hz 下 -15℃(或 -20℃)的 $\tan\delta$ 增大及 60℃(或 70℃) $\tan\delta$ 减少相对应,又恰恰是调整了橡胶/填料、填料/填料的相互作用的结果。低滚动阻力炭黑、粗糙的表面、增多活性点,使同橡胶大分子的结合更牢固,同样使 60℃ $\tan\delta$ 下降。

数理统计方法与计算机技术的应用,以较少的实验获取较多的数据信息,节省人力、物力与时间。更重要的是,综合而非孤立地研究变量,能够明确各个配合变量(因子)的主效应及因子之间的交互作用对多种性能影响的相应位置,排除试验中人为与仪器误差对试验结果的干扰,明确试验结果的精确度与可信度,甚至以数学表达式表述所获得的相关关系,抓住重点,综合平衡,优化配方组分的组合,预测性能。从“整体”辩证地思维,减少片面性,使配方设计的实验验证、调节与确认更加辩证、全面与科学。但无可否认,配方设计者的理论素养、间接与直接经验的积累、归纳与总括的能力在诸如选定因子、所需研究的因子间的交互作用以及多因子的水平值选定等方面仍时时起着极其重要的作用。变量水平同计算所得的结论息息相关,也决定着结果的相对使用价值。

科学在不断进步,但科学的进步仍受到时间制约。就目前状态而论,在橡胶配方设计过程中;“知其然,又知其所以然”,不但很好,有的也已做得到;只知其然,不知(或暂不求知)其所以然,有时在所难免;实践中,先用“其然”,用自己或他人的经验积累与总结,解决面对的问题,在必要与可能时才加深认识,求知“其所以然”,这也是经常出现的。实际上,过分地“求知其所以然”也并不实际,有时甚至未具备可能;“所以然”有时要等很久,随着科技进步才会昭然的。对结构-性能关系的认识要达到更高层次,还要不断努力探索。另一方面,橡胶配方设计者再不能沉浸在配方设计在一定程度上仍依赖于长期

积累的经验的迷惘中,禁锢自己,盲目实践,以至不求进取了。应该切实了解与掌握原材料物性与效能,加强橡胶现有基础理论的素养,掌握控制论的调节与控制的方法,以此指导实践。

第二节 橡胶配方设计的原则与程序

一、橡胶配方设计的原则

橡胶的配方设计,既要保证橡胶制品的使用性能与寿命、外观质量的要求,保证制品多结构部件间物化性能与工艺性能的恰当配合,又要保证加工历程的可行性以至高的生产效率,力求以低的效益成本获取相对高的成本效益。配方设计者应按具体情况,“辨证施治”(中医学用语,证,指症候群,在此指一组性能要求),突出重点,兼顾其它,综合平衡,发挥配方组分整体的“系统效应”。

配方设计选用原材料的基本原则可归纳如下:

(1)按橡胶制品及各组成部件的使用条件、使用状况及寿命要求所确认的使用性能、硫化胶性能具体项目、指标,以及制品各部件性能的恰当配合来选用橡胶及其配合剂(包括品种及用量配比)。例如,轮胎胎面、鞋底都要求耐磨耗,但两者的指标会相差很大,轮胎胎面与砂磨机衬里都要求耐磨耗,磨耗工况不同,机理各异,硫化胶性能组合也会很不相同,轮胎胎侧与雨鞋面皮皆要求耐层挠疲劳,受荷条件与寿命要求不同,性能指标也相差较大,轮胎各部件胶料的定伸应力要求适当相配,用于印刷橡胶鞋底片材既要物机性能好,又要表面光滑以及同印刷油墨的相容性。这些都是例证。

(2)保证加工历程可行的前提下,力求顺利进行(如生产效率、质量稳定性),按工艺历程拟定的各工序的工艺条件的组合来选用橡胶、配合剂品种与用量组合。例如,室温硫化胶浆贴合成型的气垫船围裙,按工艺历程可行性,应选用 CR 或 CSM,放弃 EPDM;以绢英粉取代 C_aCO_3 ,可望加快挤出速度,硫化温度、介质、压力的差异,必将采用不同的硫/促进剂组合。

(3)注意橡胶与配合剂的“相配”。切实注重橡胶/配合剂、配合剂/配合剂的相配,配合剂之间的协同与对抗、“相生相克”,以求科学地发挥材料的总体效能。这往往是配方的相对合理性及优化配方的关键所在。绢英粉(120份)混炼胶同纯胶相比, IIR、EPDM、CPE、CSM 等饱和橡胶的 t_s (焦烧时间)及 t_{90} (正硫化时间)缩短了,而 NR、SBR、NBR 不

饱和橡胶则正好相反,但 CR 例外, t_s 延长了而 t_{90} 缩短了。另外,降低了自补强性好的 NR、CR、CSM 的拉伸强度、撕裂强度;而对无自补强能力的 SBR、NBR、IIR、EPDM,只稍有点补强作用。但 CPE 例外,拉伸强度降低,但撕裂强度增大。例如,DTDM 对 CR 迟缓焦烧与硫化,对 NR 之类则可作硫化剂;DCP、陶土(含水)使 IIR 热裂解;ZDC 对 NR 有硫时为超促进剂,无硫时可作抗紫外线防老剂;NR 之类不饱和和橡胶适用的防老剂对 IIR 的耐屈挠疲劳几乎无效;CSM 的耐候、耐热配合,不宜使用 ZnO ,以免生成 $ZnCl_2$;4010NA/BIE 组合可望比每者单独使用大大改进 NR 之类橡胶的耐屈挠疲劳,对高填充胶料尤其显著,形成多硫交联键的硫化体系使防老剂效能下降,防老剂 RD/2402 酚醛树脂组配可减少 RD 迁移污染。对 NR 以 S 1.2 份/CZ1.8 份为硫化体系配 Si-69(1.5 份),显现抗硫化还原特性,但对 S 2.5 份/CZ1.6 份为硫化体系就不明显了。

(4)成本的总体核算,包括原材料成本及加工历程成本的核算。对于用胶量少、耗得多、每次产出率低的橡胶制品,加工历程成本尤其重要。效益成本是将制品使用寿命考虑在内,即单位寿命时间所耗原材料成本与加工成本之和。若制品寿命增长一倍,即使原材料成本与加工成本也增大一倍,效益成本不变,也应该是合算的,至少减少了维修拆卸与安装时间及由此引起生产停顿带来的损失,对于密封件、防腐衬里等尤其应加以注意。成本效益是指单位总成本下的制品寿命,可评价制品的质量水平。

对已批量生产的制品,保持原有物性又求降低配方(原材料)成本,有时往往是配方设计的难点。

二、橡胶配方设计的程序

橡胶配方设计的程序大致如下:(1)就橡胶制品的结构形式、使用条件(如负荷、工作温度、介质及工作状态,等等)寿命要求,确认使用性能及与之相应的硫化胶物化性能具体项目及指标(确认调节与控制的目标值)。首先,关键在于用何种性能硫化胶来表征制品使用性能才可获得可靠评价,其次是确认该硫化胶性能指标对使用效果的关系。例如,对螺杆泵橡胶定子,压缩温升试验较好地表征它的动态性能,采用终动与初动压缩率之差小,终动永久变形低,压缩疲劳温升低的橡胶配方,制出的橡胶定子尺寸稳定、抗压缩力大,密封输送效果好、寿命长,而硫化胶硬度与含胶率同上述动态性能相关。对于 $200m^3$ 隔膜泵的隔膜,属定应力型的疲劳,硫化胶高定伸应力的,疲劳寿命长。另外,拉伸、压缩应力松弛性能是衡量橡胶密封制品质量的重要参数,橡胶试样拉伸、压缩应力变化到某稳定值的时间短、橡胶密封件的跟随性好,密封效果就好,平稳应力值的大小也对密封效果起关键作用。同样,为评估轮胎胶料的抗龟裂增长性能,实验室孟山都疲劳、德墨西亚疲劳的测试结果同轮胎实验机的测试结果或胶料实际使用性能的相关性并不令

人满意。只有脉冲测试的结果才同使用情况有好的相关性。可见,恰当选择测试仪器是非常重要的。

国际标准化组织属下的橡胶与橡胶制品委员会已经优选出 11 组橡胶材料性能:包括硬度、拉伸强度、扯断伸长率、定伸应力、撕裂强度、剪切模量、耐磨耗指数、耐热性、耐臭氧、耐天候与光、压缩永久变形与拉伸永久变形、应力松弛与蠕变、耐液体(包括耐化学药品)动态性能、耐低温性、电性能、抗污染性和粘着性。它们的优选等级及试验方法可查国际标准 ISO 1433—84 硫化橡胶性能优选等级。国家标准如 GB7535 硫化胶分类采用了国际标准的性能优选等级,并且正制定与 ISO 1433—84 对应的国家标准。橡胶材料的合格性能由供需双方协商确定,每项单独的性能等级应从 ISO 1433—84 规定的优选等级中选取。此外,技术指标的表示也要规范。例如,硬度 521RHD;拉伸强度 14MPa,扯断伸长率 180%,最好按 ISO 1433—84 的规定写成:硬度 501RHD;拉伸强度,最小 14MPa,扯断伸长率,最小 200%。

(2)收集相应资料。例如,前人的实验数据、同类或类同产品技术数据,甚至实样剖析的数据,吸收他人的经验与思路,类比,结合自己面对的实际情况加以“变通”,寻找出求解问题的途径,明确各种信息、数据相对于目标值位置的“距离”,寻求到达目标值位置的调节方向与力度。

应该注意,橡胶、配合剂品种、加工历程、制品使用性能项目群及其指标等,多种多样,使得橡胶制品的配方千差万别,同时配方设计者的理论素养、工作阅历及经验积累上亦千差万别,加之他们所面对的原材料品种、规格上的差异,同一橡胶制品能满足使用性能、加工性能以及成本要求的配方会因人而异。可以说,配方设计蕴含着设计者主观与客观的色彩,具体配方的相对合理性是同外部条件相关联的,明智的配方设计者借鉴他人的资料、数据时务必要下一番功夫,去粗取精,去伪存真,结合自己面对的实况取舍。生搬硬套是得不到好结果的;“借鉴”与“变通”的能力同配方设计者的理论素养、经验积累、实践能力息息相关。

(3)按照配方设计的基本原则拟定性能配方。对于实验室小配合试验,掌握配合因素、工艺条件对加工行为、硫化胶物化性能的效应或其变化趋向以及它们之间的相关关系,通过实验结果同目标值的比对,调整性能配方,直至选出恰当而又相对稳定的配方,进行复试。在此阶段,采用数理统计方法安排,应用计算机技术处理数据,正如前述会大有收益,以至可以依据实验所得结果与给定的目标值预示较适宜的配合变量与水平的组合。

(4)中试。按照车间生产规模检验配方对实际工艺历程的适用性及相应的硫化胶性能,制取的成品可进行实用条件模拟试验以至实地考察,依据工厂实际生产条件及实验

与考察反馈的数据、信息,找出差别,调整配方(或同步调整工艺条件),以求产品质量达标并相对稳定。一般来说,实验室获取的结果应用于工业大生产,许多性能水平是要打折扣的。

(5)确认生产用配方及相应的工艺条件,投入工厂批量化生产并再作实地长期观察。

第三节 橡胶配方的组成和表示方法

橡胶配方简单地说,就是一份表示生胶、聚合物和各种配合剂用量的配比表。但生产配方则包含更详细的内容,其中包括:胶料的名称及代号、胶料的用途、生胶及各种配合剂的用量、含胶率、相对密度、成本、胶料的工艺性能和硫化胶的物理性能等。

同一个橡胶配方,根据不同的需要可以用4种不同的形式来表示。见3-1-1。

表3-1-1 橡胶配方的表示形式

原材料名称	基本配方 /质量份	质量分数配方 / %	体积分数配方 / %	生产配方 /kg
NR	100	62.20	76.70	50.0
硫黄	3	1.86	1.03	1.5
促进剂 M	1	0.60	0.50	0.5
氧化锌	5	3.10	0.63	2.5
硬脂酸	2	1.24	1.54	1.0
炭黑	50	31.00	19.60	25.0
合计	161	100.00	100.00	80.5

(1)基本配方 以质量份来表示的配方,即以生胶的质量为100份,其他配合剂用量都以相应的质量份数表示。这种配方称为基本配方,常用于实验室中。

(2)质量分数配方 以质量分数来表示的配方,即以胶料总质量为100%,生胶及各种配合剂都以质量分数来表示。这种配方可以直接从基本配方导出。

(3)体积分数配方 以体积分数来表示的配方,即以胶料的总体积为100%,生胶及各种配合剂都以体积分数来表示。这种配方也可从基本配方导出,其算法是将基本配方中生胶及各种配合剂的质量分数分别除以各自的相对密度,求出它们的体积分数,然后以胶料的总体积分数为100%,分别求出它们的体积分数。体积分数配方计算示例见表3-1-3。

表 3-1-2 体积分数配方计算举例

原材料	基本配方 /质量份	相对密度	体积分	体积分数 /%
NR	100	0.92	108.70	76.70
硫黄	3.0	2.05	1.46	1.03
促进剂 M	1.0	1.42	0.70	0.50
氧化锌	5.0	5.57	0.09	0.63
硬脂酸	2.0	0.92	2.18	1.54
炭黑	50.0	1.80	27.78	19.60
合计	161.0		141.72	100.00

注:体积分数配方常用于按体积计算成本。

(4)生产配方 符合生产使用要求的质量配方,称为生产配方。生产配方的总质量通常等于炼胶机的容量,例如使用开炼机混炼时,炼胶机的容量(装胶量)Q,用下列经验公式计算:

$$Q = D \cdot L \cdot \gamma \cdot K$$

式中 Q——炼胶机装胶量,kg;

D——辊筒直径,cm;

L——辊筒长度,cm;

γ ——胶料相对密度;

K——系数(0.0065~0.0085)。

Q除以基本配方总质量即得换算系数a:

$$a = \frac{Q}{\text{基本配方总质量}}$$

用换算系数a乘以基本配方中各组分的质量份,即可得到生产配方中各组分的实际用量。例如表3-1-1中生产配方的总质量(即装胶量Q)为80.5kg,基本配方总质量为161g,则

$$\text{换算系数 } a = \frac{80.5 \times 1000}{161} = 500$$

天然橡胶的实际用量 = $0.1 \times 500 = 50$ (kg),其他组分的实际用量也依此类推。

在实际生产中,有些配合剂往往以母炼胶或膏剂的形式进行混炼,因此使用母炼胶或膏剂的配方应进行换算。例如现有如下基本配方:

NR	100.00	硬脂酸	3.00
硫黄	2.75	防老剂 A	1.00
促进剂 M	0.75	HAF	45.00
氧化锌	5.00	合计	157.50

其中促进剂 MW 母炼胶的形式加入。M 母炼胶的质量分数配方为:

NR	90.00	合计	100.00
促进剂 M	10.00		

上述 M 母炼胶配方中 M 的含量为母炼胶总量的 1/10 ,而原基本配方中 M 用量为 0.75 质量份 ,所需 M 母炼胶为 :

$$\frac{1}{10} = \frac{7.5}{x}$$

$x = 7.5$,即 7.5 质量份 M 母炼胶中含有促进剂 M 0.75 质量份 ,其余 6.75 质量份为天然橡胶 ,因此原基本配方应作如下修改 :

NR	93.25	硬脂酸	3.00
硫黄	2.75	防老剂 A	1.00
M 母炼胶	7.50	HAF	45.00
氧化锌	5.00	合计	157.50

第四节 橡胶配方的鉴定及测试

橡胶材料与其他工程材料差别很大 ,其独具的特点是具有高弹性 ,容易产生高度的形变 ,而形变后又基本可以恢复原状 ,但体积模量比其剪切模量或拉伸模量大数千倍 ,实际上是不可压缩的材料。其硫化胶是个多组分构成的多相体系 ,性能变化范围很大 ,种类可以说是无限的。橡胶材料的性能变化如此之多 ,以致几乎不存在什么标准品种的胶料 ,人们必须逐一鉴定每一种胶料方能了解其性能和用途。从橡胶配方设计的角度来说 ,一个配方设计是否合理 ,胶料的工艺性能、硫化胶的物理性能以及成本是否达到要求 ,都必须通过试验室的测试数据作出鉴定、判断。但是由于聚合物的结构和它们对配方或加工细微变化的敏感性 ,会导致各批胶料的性能出现变化 ,给研究人员或加工者带来困难。也就是说 ,用传统试验研究方法只能作出初步的判断 ,因此有必要充分利用先进的仪器和测试手段 ,寻求结构与性能之间的关系。随着高分子理论和测试技术的发展 ,近年来 ,很多研究者采用了一种高分子材料、“三方块”设计方案(见 3-1-3) ,目前该设计方案在并用与共混的体系中尤为适用。“三方块”设计方案的主要特点是 ,在传统的第一方块和第三方块之间 ,有意识地加了一个第二方块。第二方块的加入 ,为设计提供了理论根据 ,减少了试验工作的盲目性 ,是寻求结构与性能之间关系的有效方法 ,大大改进了传统的研究方法。

表 3-1-3 橡胶材料“三方块”设计方案

第一方块	第二方块	第三方块
配方： 橡胶及共混高 分子材料 硫化体系 补强填充体系 防护体系 其他助剂 工艺条件： 混炼工艺条件 压延、压出条件 硫化条件	结构和形态： 电子显微镜 光学显微镜 热分析(DTA、DSC) X 射线衍射法 核磁共振波谱法(NMR) 化学组成及化学反应： 红外光谱 紫外光谱 原子吸收光谱 凝胶渗透色谱 色谱分析 运动的表征： 表面粘度 粘流活化能 弹性模量 复合模量 损耗角正切	加工工艺性能： 门尼粘度或可塑性 门尼焦烧 硫化特性 硫化胶物理性能： 拉伸性能 撕裂强度 硬度 压缩变形 有效弹性和滞后损失 耐磨耗性 耐疲劳性能 耐老化性能 低温性能 热性能 电性能 扩散和渗透性能 粘接性能 耐介质性能 静态粘弹性能

例如,通过电子显微镜可以研究胶料中炭黑和各种填料的分散状态,以及聚合物并用或混体系中分散相的大小、组成及界面的形态结构等;用 X 射线衍射可测定生胶和硫化胶中的结晶度,研究配合剂的原始形态和硫化混炼过程中的结构变化,以及炭黑的结构、骨架材料的结晶度和取向度等;通过热分析(DTA 和 DSC)可以测定聚合物的玻璃化温度(T_g),判断共混物的相容性,分析弹性体的结晶度,研究和分析橡胶的硫化过程,鉴别胶料的热稳定性、抗老化稳定性以及评价防老剂在橡胶中的防护效果等;用核磁共振波谱仪可以研究橡胶的微观结构,以及橡胶硫化和补强的机理等;通过红外光谱、紫外光谱等色谱分析可以鉴定聚合物的成分、主链结构、结晶度、序列分布等;通过流变仪可以研究胶料的粘度与剪切应力、剪切速率、温度等的关系,以及聚合物流动中的粘弹行为等;用粘弹谱仪可以分析硫化胶的动态粘弹性等动态力学性能,为某些制品(如减震制品)的配方设计提供重要依据。

上述第二方块的测试可表征胶料的微观结构、形态等一系列重要参数。它们与胶料的工艺性能、硫化胶的力学性能等均有密切的相关性和因果关系,可为配方设计提供较为准确的理论依据。

表 3-1-3 中第三方块中所列的各项性能,都是橡胶加工中常用的鉴定项目,即常规测试项目,包括硫化胶基本的物理—机械性能、胶料的工艺性能和使用性能。每项指标都有其特定的物理意义和标准的测试方法。现将这些性能测试的现状简介如下。

一、未硫化橡胶加工性能的试验

(一) 配合剂在混炼胶中分散度的检测

橡胶配方中各种原材料在混炼胶中是否分散均匀,一直是橡胶工艺技术人员所关注的问题,特别是炭黑的分散自 1930 年以来,先后提出了许多方法,其中一些方法已臻实用化。分散度测定方法,可分为直接测定法和间接测定法两种。

1. 直接测定分散度的方法

以撕裂、拉伸、切割等方式制得胶料的新鲜表面,再借助仪器或肉眼来观察表面测定分散度,或者对胶料超薄切片,进行内部结构的观察以测定分散度。分散度的直接测定法有:①ASTM(美国材料试验协会)D2663 标准 A 法——肉眼判断法和 B 法——凝聚块计数法;②显微照相法(GB 6030、R-S 法);③采用分视野反射光显微镜的分散度计;④汞针式表面粗糙度测定仪。

2. 间接测定分散度的方法

间接法是使用特定的仪器,对试样进行某些物理性能的测定。其测定结果与直接测定分散度结果相对照,从而得到胶料的分散度。方法有电阻法或电导法、超声波法、微波法以及精确相对密度测定法等。

(二) 生胶、混炼胶的流变性

影响橡胶加工性能的流变性质主要是胶料的粘度和弹性,因此理解橡胶的流变性能,掌握其试验方法,对评价和研究橡胶的加工性能,了解橡胶分子的结构参数、配方设计、加工工艺条件等与加工性能之间的关系都有十分重要的意义。

1. 可塑度的测试

这是采用压缩的方式测定胶料流动性大小的一种试验方法。常用的仪器有威廉姆塑性计、德弗塑性计、快速塑性计三种,主要用于工厂快检。上述三类塑性计中以快速塑性计较为先进,其全部测试仅需 40s,比威氏塑性计提高效率 9 倍,可适应工艺高速化的需要。快速塑性值按 GB 3510 规定的方法测定。用快速塑性计除测定快速塑性值外,还可测定塑性保持指数,用以衡量天然橡胶的耐老化性能——指数高,说明耐老化性能好。它是目前测定天然橡胶耐老化性能最快速且灵敏的方法,通过它可快速鉴定天然橡胶的质量,用于生产控制。塑性保持指数的计算公式如下:

$$PRI = \frac{P_t}{P_0} \times 100$$

式中 PRI——塑性保持指数;

P_t ——3 个老化试样 30min 后快速塑性值中值;

P_0 ——3 个试样老化前的快速塑性值中值。

2. 门尼粘度的测试

这是以转动的方式测定胶料流动性大小的一种试验,通过测定转子在转动过程中转动力矩的大小来表征胶料的流动性。门尼粘度用 ML_{1+4}^{100} 表示:其中 M 为门尼粘度值; L 为大转子; 1 表示预热时间为 1min ; 4 表示转子转动时间为 4min ; 100 为试验温度($^{\circ}\text{C}$)。试验的仪器采用单速或变速的门尼粘度计。目前门尼粘度计已广泛用于橡胶工业的科学研究和工艺控制,门尼粘度已成为各种橡胶和胶料的重要指标。与压缩型的塑性计相比,门尼粘度的切变速率高更接近实际工艺条件,而且试样简单、测试的精确度较好,并可自动记录、打印和绘图。

3. 门尼焦烧的测试

用门尼粘度计测定门尼焦烧时间和硫化指数。在一定的交联密度范围内,交联密度随硫化时间增加而增大,同时胶料的粘度也随之升高,因此可用门尼粘度值变化的情况来反映胶料早期硫化的情况。国家标准(GB 1233)规定:当用大转子转动的门尼粘度值下降到最低点后再转入上升 5 个门尼粘度值所对应的时间,即为焦烧时间(t_5)。从最低门尼粘度值上升 35 个门尼粘度值的时间为 t_{35} ,见图 3-1-1。

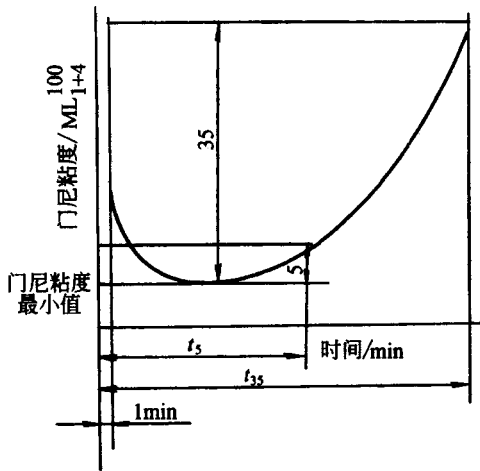


图 3-1-1 粘度-时间关系曲线

硫化指数 $\Delta t_{30} = t_{35} - t_5$ (用大转子试验时)

硫化指数可以表征硫化速度:硫化指数小,表示硫化速度快;硫化指数大,则表示硫化速度慢。

4. 应力松弛加工性能试验

可作为塑性计与门尼粘度测试结果的补充。这种试验能测定应力松弛,还能测定弹性复原性。因为橡胶加工都与“弹性记忆”或松弛效应有关,所以用应力松弛加工性能试

验机,对进一步了解胶料的工艺性能、正确地评估胶料加工性能更为有利。常用的仪器有压缩型应力松弛加工性能试验机、锥形转子应力松弛加工性能试验机、动态应力松弛试验机等。

5. 流变性和口型膨胀等的测试

采用毛细管压出的方法来测量胶料的粘度与切变速率、切变应力、温度的关系,试验材料膨胀系数等。通过试验可以测定聚合物或胶料的表观粘度、剪切应力、剪切速率、口型膨胀、“熔体断裂”、应力松弛及焦烧等性能,对了解和评价胶料的加工性能十分重要。常用的仪器有,高化氏流动性测定仪、各种类型的毛细管流变仪等。

6. 胶料加工综合性能的测试

用同一种仪器可以测出胶料多方面的工艺性能,如密炼机混炼时的转矩-时间曲线,用该曲线和由密炼机得到的功率-时间曲线,通过功率积分仪可求得单元功。单元功与混炼工艺中的门尼粘度、口型膨胀、炭黑分散以及结合胶等性能有一定的相关性,已被作为表征橡胶混炼加工性能的有用参数。采用单元功原理绘制的混炼工艺轮廓图,可将试验室的混炼工艺参数扩大应用到生产中。还可以测定焦烧时间、硫化速率,进行压出试验等。布拉本达(Braben-der)塑性仪,是这类测试仪器中的典型代表。

7. 胶料硫化特性的测试

橡胶在硫化过程中的全部性能变化,可用硫化仪连续、迅速、精确的测出。通过硫化仪可以了解整个硫化历程和胶料在硫化过程中的主要特性参数,如初始粘度、焦烧时间、正硫化时间、硫化速度、硫化平坦期、过硫化状态(返原情况)以及达到某一硫化程度所需要的时间等,还能直观地描绘出整个硫化过程的硫化曲线,因而是橡胶工业中科研与生产均不可缺少的测试手段。目前硫化仪的型号很多,大体上可分为有转子硫化仪和无转子硫化仪两种,目前的发展趋势是由有转子硫化仪向无转子硫化仪转变。因为有转子硫化仪的试样体积大、耗胶多,转子本身不能加热,试样温度达到稳定所需的时间长;另外转子与胶料产生的摩擦力也计入了胶料的剪切模量之中,这就降低了数据的重现性水平,因此目前各生产硫化仪的主要公司都推出了无转子硫化仪,其中的佼佼者仍然是美国孟山都(Mosanto)公司的 Mosanto 2000 型。

二、硫化橡胶性能的测试

(一)硫化橡胶力学性能测试

1. 硫化橡胶拉伸性能测试

橡胶的拉伸性能,通常是指“拉伸强度”、“定伸应力”、“定应力伸长率”、“扯断伸长率”、“扯断永久变形”。这些性能都属橡胶材料最基本的力学性能,是鉴定硫化胶物理性

能的重要项目。

(1) 拉伸强度 试样拉伸至断裂时的最大拉伸应力。拉伸应力为试样拉伸时产生的应力,其值为所施加的力与试样的初始横截面积之比。

拉伸强度的计算公式如下:

$$T_B = \frac{P}{bh}$$

式中 T_B ——拉伸强度,MPa;

P ——试样拉断时所受的力,N;

b ——试验前试样工作部分宽度,mm;

h ——试验前试样工作部分厚度,mm。

(2) 定伸应力 拉伸试样时,试样工作部分(标距)拉伸至给定伸长时的拉伸应力。一般测定伸长为100%、200%、300%、500%时的定伸应力。其计算公式和单位与拉伸强度相同。

(3) 扯断伸长率 试样扯断时伸长部分与原长之比的百分数。其计算公式如下:

$$E_B = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100$$

式中 E_B ——扯断伸长率,%;

L_0 ——试验前试样工作部分标距,mm;

L ——试样扯断时的标距,mm。

(4) 扯断永久变形 试样拉伸至断裂后,标距伸长变形不可恢复的长度与原长之比的百分数。

$$H_d = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100$$

式中 H_d ——扯断永久变形,%;

L_0 ——试验前试样初始标距,mm;

L_1 ——试样扯断后停放3min对起来的标距,mm。

拉伸性能试验是在拉力试验机上进行,试验方法按GB 528。拉力试验机常用的有摆锤式拉力试验机和电子拉力试验机两种。前者的测定伸长率装置是由人工控制,既费力、费时,测试的误差比较大,而电子拉力机则采用了非接触式的光学测伸长计、红外线非接触式伸长计。此外,电子拉力机还设有操作控制台、数据记录显示装置、打印装置和计算机,不仅提高了测试精度,而且有效地提高了工作效率。因此从发展的趋势看来,将来摆锤式机械拉力机必将被电子拉力机或更先进的拉力机所取代,如最近几年出现的二轴拉力试验机、高速拉力机和自动化拉力试验机等。

2. 撕裂强度的测试

撕裂强度是试样被撕裂时单位厚度所承受的负荷。国际上关于撕裂试验的方法很多,试样形状也不同。我国采用的撕裂试验方法有两种,即直角型撕裂试验和圆弧型撕裂试验。前者是把直角型试样在拉力机上以一定的速度连续拉伸到撕断时单位厚度所承受的负荷;后者是在圆弧型试样上割一定深度的口,将试样夹在拉力试验机上,以一定速度连续拉伸到撕断时单位厚度所承受的负荷。撕裂强度按下列公式计算:

$$\Phi = \frac{P}{h}$$

式中 Φ ——撕裂强度 $\text{kN} \cdot \text{m}^{-1}$ ($1\text{kg}/\text{cm} = 0.981\text{kN}/\text{m}$);

P ——试样撕裂时的最高负荷, N ;

h ——试样厚度, cm 。

撕裂试验也是在拉力试验机上进行。

3. 硫化橡胶硬度的测试

橡胶硬度试验是测定橡胶试样在外力作用下,抵抗外力压入的能力。目前世界上普遍采用两种硬度:一种是邵尔硬度;另一种是国际橡胶硬度(IRHD)。邵尔硬度在我国应用最为广泛,它分为邵尔 A 型(测量软质橡胶硬度)、邵尔 C 型(测量半硬质橡胶硬度)和邵尔 D 型(测量硬质橡胶硬度)。一般橡胶制品都采用邵尔 A 硬度计测量硬度。由于这种硬度计属于弹簧式结构,弹簧力的校正不准、弹簧疲劳、压针磨损以及试样厚度的影响等,均可能造成较大的试验误差。而国际硬度属于定负荷式结构,它的测量精度高、稳定性好,特别是微型硬度计不受试样形状和厚度的影响,可直接从产品上取样进行测试,使用起来十分方便。测量的硬度范围为 30~95IRHD 的硫化胶。国际橡胶硬度(IRHD)和邵尔 A 硬度的相关性较好,两者的硬度值基本相同。除上述两种常用的硬度试验之外,还有赵氏硬度、邵坡尔硬度以及专门用于测量微孔海绵橡胶的硬度。

4. 压缩变形的测试

压缩变形试验,包括恒定形变压缩永久变形试验和静压缩试验。通过压缩永久变形试验,可以判断硫化胶的硫化状态,了解制品抵抗静压缩应力和剪切应力的能力。该测试项目是某些橡胶密封制品的关键性指标。其试验方法按 GB 1683。压缩永久变形按下列公式计算:

$$K = \frac{h_0 - h_2}{h_0 - h_1} \times 100$$

式中 K ——压缩永久变形, %;

h_0 ——压缩前试样的高度, mm ;

h_1 ——限位器的高度, mm ;

h_2 ——压缩后试样恢复高度, mm。

静压缩试验在拉力试验机上进行, 其试验方法按 GB 1684。

5. 有效弹性和滞后损失的测试

硫化橡胶伸张时的有效弹性是, 将试样在拉力机上拉伸到一定长度, 测量试样收缩时恢复的功同伸长时所消耗的功之比的百分数。滞后损失是测量试样伸长后收缩时所损失的功与伸长时所消耗的功之比的百分数。

若将橡胶试样在拉力机上以一定的速度拉伸(不使其拉断)然后以相同的速度使其回缩, 则拉伸与回缩的负荷-伸长曲线(ABC与CDE)并不重合, 如图 3-1-2 所示。

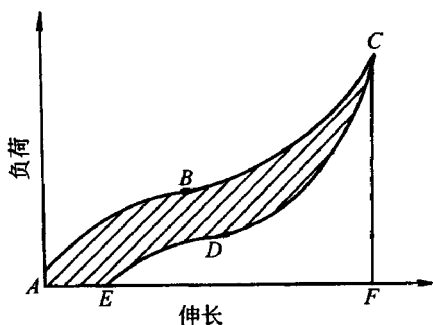


图 3-1-2 拉伸与回缩的负荷-伸长曲线

用求积仪得出 ABCFEA 的面积表示试样拉伸时所消耗的功(F_1), 以 EDCFE 的面积表示试样收缩时恢复的功(F_2), 则有效弹性用下式计算:

$$\eta_k = \frac{F_2}{F_1} \times 100$$

式中 η_k ——有效弹性, %;

F_1 ——试样拉伸时所消耗的功, 以 ABCFEA 的面积表示;

F_2 ——试样收缩时恢复的功, 以 EDCFE 的面积表示。

滞后损失的计算公式为:

$$H_k = \frac{F_1 - F_2}{F_1} \times 100$$

式中 H_k ——滞后损失, %;

F_1 ——试样拉伸时所消耗的功, 以 ABCFEA 的面积表示;

F_2 ——试样收缩时恢复的功, 以 EDCFE 的面积表示。

F_1 与 F_2 之差(以 ABCDEA 的面积表示)即是试样伸长后再收缩时所损失的功。试验所用的仪器是拉力试验机, 试验方法按 GB 1686。

6. 硫化橡胶摩擦与磨耗性能测试

橡胶的摩擦与磨耗性能,是橡胶制品特别是动态条件下使用的橡胶制品极为重要的技术指标,它与某些制品(如轮胎、输送带、胶鞋、动态密封件等)的使用性能、可靠性、安全性和使用寿命都有密切的关系。因此,橡胶的摩擦与磨耗,尤其是磨耗性能及其测试,对橡胶配方设计是至关重要的。

(1)橡胶的摩擦及测试 橡胶的摩擦比其他工程材料都复杂得多,其影响因素很多,除温度、压力、速度、表面状态、橡胶弹性模量等因素之外,还涉及到许多橡胶微观结构方面的问题,诸如橡胶大分子的拉伸、破坏、松弛、力学损耗等。因此,其测试相当困难,至今也没有列入标准。摩擦性能的测试,主要是测定摩擦系数,使用的仪器有恒牵引力式摩擦仪、恒速式往复运动摩擦仪、恒速式旋转运动摩擦仪、摆式摩擦仪等。

(2)橡胶磨耗的测试 磨耗是橡胶表面在各种复杂因素的综合作用下,受摩擦力的作用而发生微观破损和宏观脱落的现象。磨耗试验所用的仪器种类很多,其中比较重要的有以下5种。

①阿克隆磨耗试验机 这是我国目前应用最为广泛的一种橡胶磨耗试验机,试验按 GB 1689 进行。试样的磨耗体积按下式计算:

$$V = \frac{g_1 - g_2}{\rho}$$

式中 V ——试样磨耗体积, $\text{cm}^3 \cdot (1.61\text{km})^{-1}$;

g_1 ——试样在试验前的质量, g ;

g_2 ——试样在试验后的质量, g ;

ρ ——试样的密度, $g \cdot \text{cm}^{-3}$ 。

试验结果也可以用耐磨耗指数(RAI)表征:

$$\text{RAI} = S/T \times 100$$

式中 S ——参比配方(基础配方)试样的磨耗体积;

T ——试验配方试样在相同里程中的磨耗体积。

②邵坡尔磨耗试验机 邵坡尔磨耗试验机又叫 DIN 磨耗试验机。1985年,国际标准化组织(ISO)已决定推荐使用该机的试验方法为国际标准(ISO 4649)。我国也以旋转辊筒式磨耗机法制定了国家标准(GB 9867)。该试验机是使试样与固定在旋转辊筒上的砂布(经校正的一定级别的砂布)进行摩擦而产生磨耗。试验结果用耐磨耗指数和相对体积磨耗量(ΔV)表示。

③格拉西里磨耗试验机 该机曾被 ISO 和 ASTM 采纳作为标准试验机,在国际上曾风行一时,现已废止,目前只有少数几个国家列入本国标准。其主要方法是把试样压在试验机的回转摩擦面(砂纸或砂布)上进行摩擦,测量在一定转数的消耗单位功的试样耐

磨性和摩擦系数。

④皮克磨耗试验机:皮克磨耗试验机的特点是采用了两把具有特定形状和锐利程度又相互平行的碳化钨合金刀,在固定负荷作用下,来刮擦、划割以一定速度旋转着的橡胶试样,测定在规定时间内试样磨耗的质量。该机适用于软质硫化橡胶耐磨性的测定,和轮胎胎面胶磨耗的相关性较好,能较好地反映出轮胎在不良路面行驶中的磨耗情况。

⑤GHK磨耗试验机:该机是中国自行研制的磨耗试验机,能自动控制传送率和滑动率,试验精度较高,可以进行各种胶料的磨耗试验。试验结果和阿克隆磨耗一样,用磨耗体积和耐磨耗指数表示。

除上述5种之外,还有MNP-1磨耗试验机、邓录普磨耗试验机、台伯尔(Taber)磨耗试验机、刮刀式磨耗试验机以及NBS磨耗试验机等。

7. 疲劳性能的测试

疲劳试验就是在实验室模拟橡胶制品在使用过程中的主要使用条件,从而定量的测出该制品的耐疲劳性能。疲劳试验结果常以疲劳寿命表征。疲劳试验可分为:压缩屈挠试验、屈挠疲劳试验、伸张疲劳试验和回转疲劳试验。

(1)压缩屈挠试验 是以一定的频率和变形幅度,反复压缩试样,测定其生热、变形和疲劳寿命等性能。试验仪器有两种:定负荷压缩屈挠机(固特里奇式),试验按GB 1687进行,定变形压缩疲劳试验机,试验按GB 5602进行。

(2)屈挠龟裂试验 测定橡胶由于多次屈挠而产生裂口时的屈挠次数,或用橡胶割口扩展法测定一定屈挠次数时割口的扩展长度。常用测试仪器是德墨西亚屈挠试验机。试验方法按HG4—836和HG4—837。

(3)回转屈挠疲劳试验 所用的回转疲劳试验机可以两向坐标轴施力,即试样不仅轴向受力,而且还有与轴向垂直的作用力,更接近某些橡胶制品真实受力情况。此外,这种试验机不仅能作定应力屈挠试验,而且还能进行定变形屈挠试验。上述特点是固特里奇压缩屈挠试验机所没有的。

(二)硫化橡胶老化性能测试

1. 自然老化试验

自然老化试验是利用自然环境条件进行的试验,目的是了解橡胶在自然气候条件下的老化规律,以此评估橡胶制品的耐候性和贮存寿命。试验方法有大气静态老化(露天暴露试验)、动态大气老化试验、大气加速老化试验、自然贮存老化试验等。使用的仪器设备是暴露架、动态老化试验机(动态大气暴露架)、加速大气老化试验机、自然贮存试验室等。

2. 热空气老化试验

在常压、高温的热空气中,试样经过一定的时间,测量其物理性能的变化,以此来衡量橡胶的热稳定性和防老剂的防护效能等。试验的仪器有各种类型的热空气老化箱,试验方法按 GB 3512。这是最常用的老化试验方法。

3. 吸氧老化试验

测量试样在密闭的吸氧仪中的吸氧诱导期和吸氧速度,用以评价橡胶的热氧老化性能,研究氧化过程的动力学、氧化反应的特征,以及评价防老剂的防护效果、选择其最佳用量等。试验设备有静态体积法氧吸收装置、静态压力法氧吸收装置。

4. 臭氧老化试验

在有臭氧存在的条件下,研究臭氧对橡胶的作用规律,鉴定和评价橡胶的抗臭氧老化性能和抗臭氧剂的防护效能。试验的仪器有各种形式的臭氧老化试验箱,例如国产的 XLB 型、日本的 OMS - LVCR 和 OMS - IVCR 系列、英国的 PC - C5 型和德国的 VOK 型等。试验方法按 GB 7762(硫化橡胶耐臭氧老化试验 静态拉伸试验法);在 ISO 1432 中还规定了动态拉伸臭氧老化试验。

5. 人工天候老化试验

模拟和强化大气中的太阳光、热、雨水、湿度等因素以求在短时间内获得近似于实际大气老化的试验结果。目前常用的人工天候老化箱有氙灯型、阳光碳弧型和紫外线碳弧型。

6. 湿热老化试验

测量在有湿度因素作用下的热氧老化,用以评价橡胶制品在湿热条件下的耐老化性能,还可用来推算贮存期和使用期的研究。试验仪器有各种规格型号的湿热老化试验箱,如 DL 型、Dr 型、RH 型、WS 型、LH 型、SRB 型和 PR 型。

7. 光臭氧老化试验

这是在物理因素和化学因素联合作用下的老化试验,比臭氧老化具有更好的模拟性,更能确切反映出橡胶在大气条件下的老化情况。试验仪器有装有石英水银灯、氙灯、钨灯等人工光源的臭氧老化箱。

(三) 硫化橡胶低温性能测试

目前常用的低温试验方法有如下几种。

1. 脆性温度试验

通过试样在低温下冲击断裂时的温度,了解材料的耐低温性能。试验的仪器有 XCW - A 型多试样脆性温度测定仪、单试样脆性温度测定仪。试验方法分别按 HG4 - 841 和 GB 1682。

2. 耐寒系数试验

通过冷冻前后试样的弹性减少或硬度增加的程度,衡量硫化橡胶耐寒性的优劣。测量的仪器有拉伸耐寒系数测定仪、压缩耐寒系数测定仪。试验方法分别按 GB 6035 和 GB 6034。

3. 吉门扭转试验

又称低温刚性的测定,是通过测定橡胶试样在不同温度时的扭转角度,计算其扭转模量的变化,用以衡量橡胶在低温下刚度增加的程度。试验的仪器是吉门扭转仪。试验方法按 GB 6036。

4. 玻璃化温度的测试

橡胶由玻璃态向高弹态转变时,许多物理性能,如弹性模量、膨胀系数、比热容、密度等,都会发生突变,因而利用这些性能的突变来测定玻璃化温度。它能表征橡胶材料的极限使用温度(最低工作温度)。试验的仪器有温度-形变曲线测定仪、膨胀计、差热分析仪、动态模量仪等。

5. 温度-回缩试验

又称 TR 试验。通过温度-回缩的方法,可以了解胶料在低温下的粘弹性能,比较不同配方的硫化胶在低温应变下的结晶趋势等重要的低温性能数据,是测定硫化橡胶低温特性的重要方法之一。使用的仪器是 TR 测试仪。试验按 GB 7758 进行。

(四) 硫化橡胶粘弹性能试验

1. 静态粘弹性能试验

(1) 冲击弹性(回弹性) 是描述橡胶在变形时,特别是在冲击变形时,保持其机械能的一个指标。机械能损失小的橡胶回弹性大,反之回弹性则小。常用的仪器有冲击弹性试验机,试验按 GB 1681 进行。

(2) 蠕变 对橡胶试样施加一恒定的力,试样的形变随时间增加而逐渐增大,反映胶料塑性变形的大小。测试的仪器有压缩型蠕变试验仪、拉伸型蠕变试验仪和剪切型蠕变试验仪。试验方法可参考 ISO/DIS 8013。

(3) 应力松弛试验 试样在固定的应变条件下,应力随时间增加而逐渐减小。通过应力松弛试验可以测定某些橡胶密封制品的密封效能、评价橡胶材料的耐老化性能、估算产品的使用寿命等。试验仪器有压缩应力松弛仪、拉伸应力松弛仪。试验方法可参照 GB 1685、ISO 3384(压缩应力松弛试验),以及 GB 9871、ISO 6914(拉伸应力松弛试验)。

2. 动态粘-弹性能试验

测定橡胶试样在周期性外力作用下,动态模量、阻尼($\tan\delta$)的大小。它更能反映产品的使用性能,是一种最有效的粘-弹性试验。其测试结果可直接用作工程参数。测试仪器有杨子尼机械示波器、扭摆试验机、劳利动态试验机、动态模量仪、粘弹谱仪等。动态

粘弹性试验的一般要求以及弹性剪切模量(G')、损耗剪切模量(G'')、复数剪切模量(G^*)、损耗因子($\tan\delta$)等,试验结果的计算按 GB 9870 进行。

(五)硫化橡胶热性能试验

1. 导热系数的测试

测量橡胶试样在单位厚度上温度相差 1K 时,单位时间通过单位截面的热量,用以了解材料的热传导特性。测试仪器有导热系数测定仪。试验可参照 GB 11205 进行。

2. 比热容的测试

测量单位质量的硫化橡胶,温度上升 1℃ 所需的热量,即单位质量的热容量。试验的仪器有滴落式量热器、差热分析仪(DTA)、差示扫描量热器(DSC)、热重分析仪(TGA)和热机械分析仪(TMA)等。

3. 线膨胀系数的测试

测量温度每升高 1℃ 时,每厘米橡胶试样伸长的长度,即线膨胀系数。测试的仪器有立式膨胀计和卧式膨胀计。

4. 分解温度的测试

测量橡胶在受热情况下,大分子裂解时的温度。可用以衡量使用温度的上限,测试仪器主要是热失重仪。

5. 耐热性能的测试

(1)马丁耐热性试验 在等速升温环境中,在一定的静弯曲力矩作用下,达到一定的弯曲变形时的温度,为马丁耐热温度。该试验适用于硬质橡胶。试验仪器有马丁耐热试验仪。试验按 GB 1699 进行。

(2)维卡耐热性试验 在等速升温的恒温箱中,用断面为 1mm^2 的圆柱形钢针和试样表面接触,测量在一定负荷下钢针压入试样深度达 1mm 时的温度。测试仪器是维卡耐热试验仪。试验按 GB 1633 进行。该试验仅适用于大多数热塑性塑料。

6. 耐燃烧性能的测试

测量橡胶的燃烧速度、燃烧时间、燃烧失重率等,表征材料的难燃程度和阻燃性。测试的仪器有氧指数仪、水平燃烧和垂直燃烧试验装置、发烟量和烟浓度测定仪等。目前常用的是氧指数仪,其试验按 GB 10707 进行。

(六)硫化橡胶电性能试验

1. 绝缘电阻率的测试

通过测量硫化橡胶的体积电阻系数和表面电阻系数来评估其绝缘性能。测试仪器有检流计测试仪和高阻仪。试验方法见 GB 1692。

2. 介电常数和介质损耗角正切的测试

通过介电常数可以了解橡胶在单位电场中单位体积内积蓄的静电能量的大小。通过介质损耗角正切可以了解橡胶在电场作用下,单位时间内消耗的能量。测试的仪器采用工频高压电桥测试仪、音频电容电桥测试仪和高频介质损耗测试仪等。

3. 击穿电压强度的测试

橡胶试样在某一电压作用下被击穿时的电压值,称为击穿电压。击穿电压与试样厚度之比,叫击穿电压强度。该试验可为电力工程选用绝缘材料时提供可靠的依据。试验的仪器是高压击穿测试仪,如 JC-5A 型自动高压击穿测试仪。

4. 导电性和抗静电性的测试

测量具有导电或抗静电性能的硫化橡胶试样的体积电阻率,适用于电阻率小于 $10^6 \Omega \cdot \text{cm}$ 的胶料。试验方法分为有压法和无压法两种。有压法按 GB 2439 测试,电阻率按下列公式计算:

$$\rho = \frac{P \cdot S}{L} = \frac{R \cdot b \cdot d}{L}$$

式中 ρ ——电阻率 $\Omega \cdot \text{cm}$;

S——试样断面积 cm^2 ;

b——试样宽度 cm ;

d——试样厚度 cm ;

L——电压电极两刃口的距离 cm ;

R——电阻值 Ω , $R = \frac{U}{I}$;

U——电压电极两刃口间电压, V;

I——电流计的读数, A。

无压法采用 YDS-1 型无压法导电橡胶电阻率测试仪,这是我国研制的一种较为先进的仪器。其优点是试样在电极接触上不需要施加压力,能做到接触稳定、不必加温,而且用半导体集成运算器制作高输入阻抗的电势测量部分,可以直接读出电阻率真实值。

(七) 硫化橡胶的扩散和渗透性能试验

1. 透气性能的测试

测量在标准温度和标准压力状态下,气体在橡胶中的透过率。其值等于在单位压差和一定温度下,通过单位体积硫化橡胶两相对面气流的体积速率。通过透气率来表征橡胶的透气性。测试方法有恒容法(GB 7755)和恒压法(GB 7756)。测试仪器有恒容法透气仪和恒压法透气仪等。

2. 透湿性和透水性的测试

通过测量透湿系数、透湿量、透水系数和透水量了解橡胶的透湿性和透水性。测试

仪器有重量法透湿杯或透水杯、静水压法透水性测试仪。试验可参照 GB 1037、HG4—857 或 ISO 1402 进行。

3. 真空放气率的测试

在真空环境中,溶解在橡胶内部的气体和胶料内的可挥发成分,会不断的向真空放出。测量橡胶在真空中的放气率,对在真空系统中使用的橡胶制品的可靠性具有重要意义,可为其提供必要的工程参数。测试仪器有真空放气率测量仪等。

(八) 硫化橡胶耐介质性能试验

许多橡胶制品在使用过程中要接触各种介质。为了了解橡胶制品在使用条件下的耐介质性能,必须进行介质试验,它对配方设计人员选择胶种和配合剂,考核和控制产品质量都有重要意义。

1. 耐液体试验

耐液体试验中的液体包括石油基的各种烃类油、有机溶剂等,合成的酯类油以及无机酸、碱、盐溶液等化学药品。在耐介质试验中,绝大多数属于耐液体试验。耐液体试验的主要内容,是测量橡胶试样经液体浸泡前、后的质量、体积变化百分率和性能(拉伸性能和硬度等)变化百分率。试验按 GB 1690 进行。

2. 耐粘性介质、蒸气介质、特种介质试验

粘性介质主要指凡士林及各润滑酯类,蒸气介质指油、水及其他化学药品的蒸气,特种介质指那些腐蚀性极强的介质。试验方法参照 GB 1690 进行。

(九) 硫化橡胶粘接性能试验

在粘接性能试验中,主要是测定橡胶与金属、橡胶与帘线、钢丝、橡胶与织物的粘附强度。

1. 橡胶与金属的粘接性能试验

测定橡胶与金属的粘附强度,主要有以下三种方法:

(1) 橡胶与金属粘合强度的测试 在试样的粘合面上施加均匀、垂直的拉力,测定试样破坏时单位粘接面积上的最大拉力,即为橡胶与金属的粘合强度。试验仪器为拉力试验机。试验按 GB 11211 进行。

(2) 橡胶与金属粘接的剪切强度试验 在试样的粘接面上施加剪切力,测定试样剪切破坏时的单位粘接面积上的最大剪切力,即为橡胶与金属粘接的剪切强度。试验仪器为拉力试验机。试验按 HG4—853 进行。

(3) 橡胶与金属粘接的剥离强度试验 剥离强度是指试样剥离时,单位粘接宽度上所承受的剥离力。根据被粘材料及剥离角度的不同,常用以下三种剥离试验:①U型剥离试验(按 HG 4—854 试验);②L型剥离试验(按 ISO 831 试验);③T型剥离试验

(按 ASTM D 1876 试验)。上述试验均在拉力试验机上进行。

2. 橡胶与帘线、钢丝的粘接性能试验

(1) 橡胶与织物帘线粘着强度的测试(H 抽出法) 将帘线两端按规定长度埋入橡胶中,测定单根帘线从硫化胶块中抽出时所需的力。试验用 H 抽出夹具,在拉力试验机上按 GB 2942 进行。

(2) 橡胶与单根钢丝粘合强度的测试(抽出法) 将钢丝按规定尺寸包埋在硫化橡胶块中,在拉力试验机上测定每根钢丝沿其轴向从胶块中抽出时所需的力。试验时需用专门的单根钢丝抽出夹持器。试验按 GB 3513 进行。

3. 硫化橡胶与织物粘着强度的测试

剥离粘附强度试验。用一定宽度的试样,测量粘接层被剥离时所需的力。试验在拉力试验机上,按 GB 532 进行。

三、橡胶测试的一般要求

(一) 试样制备

配方设计需经多次试验、筛选。试验前必须制出标准的试样,而硫化橡胶试样又是通过配料、混炼、模压硫化等工艺过程而制成的。如上述工艺过程控制不当,往往会给试验造成很大的误差,影响试验结果的准确性,甚至使整个试验失败。因此在实验室制备试样时,要有一个标准的操作程序,以便尽可能地减少试验变动性的来源,把试验误差控制在一定的范围内。

1. 配料

在 ISO 2393 和 GB 6038 中均规定了试验室用开炼机的标准尺寸为 $\phi 150\text{mm} \times 300\text{mm}$ 。其标准混炼容量(一次装胶量)应是基本配方的 4 倍,最小容量为生胶 200g。其原则是调整适当的辊距和挡胶板距离,使混炼胶在混炼时在辊筒之间保持适量的余胶(堆积胶)。

所用的各种原材料应检验分析,符合国家标准规定。对某些固体块状配合剂如酚醛树脂、固体古马隆等,应粉碎、过筛。对某些容易吸潮的配合剂如氧化镁、尼龙树脂等,应进行干燥处理。对有粒径要求的配合剂,应过筛控制。各种原材料应按规定的条件贮存,大小药容器排列整齐、有序,标记清楚。

试验室用的天平、台秤,必须定期校正,确保称量准确无误。配料时橡胶和炭黑的称量应精确到 1g;促进剂精确到 0.02g;硫黄、氧化锌和硬脂酸精确到 0.1g;其他组分精确到 $\pm 0.01\text{g}$ 。

2. 混炼

试验室用 $\phi 150\text{mm} \times 300\text{mm}$ 开炼机的标准速比是 $1:1.4$, 前辊转速为 $(24 \pm 1)\text{r}/\text{min}$ 。炼胶机的辊温、辊距、挡胶板距离均应能调节。辊温应控制在规定辊温的 $\pm 5^\circ\text{C}$ 范围内。在 GB 6038 中, 还规定了一个测定两辊筒间距精确至 $\pm 0.01\text{mm}$ 的简单程序。

加药顺序对混炼胶质量有很大的影响。试验室混炼时应根据配方、原材料特点, 制定合理的加药顺序。一般常规的加药顺序为: 生胶(或塑炼胶) → 共混高聚物 → 小药(氧化锌、硬脂酸、促进剂、防老剂等) → 大料(炭黑及其他填充剂) → 液体软化剂、增塑剂 → 硫化剂。

混炼的操作方法也是影响混炼胶质量的重要因素。混炼过程中最主要的操作方法是捣胶和薄通。捣胶通常采用 $3/4$ 割刀, 其操作方法是: 由右向左或由左向右, 割下包辊胶宽度的 $3/4$, 待辊上的积胶全部通过辊距时, 将割下的胶推向辊筒的左边或右边。如此左右往返切割, 左右切割一次为一刀。割刀时应两边交替进行, 两次连续割刀之间的允许间隔时间为 20s 。当辊筒之间的堆积胶上有粉料时, 不应割刀, 散落在托盘上的原材料应全部收集起来并加入混炼胶中。薄通打包是保证配合剂均匀分散的重要操作步骤, 应按规定的辊距和次数进行。

混炼完成后按规定的厚度下片, 同时进行称重检查。混炼后胶料的质量和配方总量之差(损耗): ISO 2393 规定无填料的混炼胶为 0.3% ; 有填料的混炼胶为 0.6% 。在 GB 6038 中, 则规定混炼后的胶料质量与配方总量的差别不得大于 $\pm 1.0\%$ 。

3. 试样毛坯

混炼胶的停放条件和停放时间也会影响硫化胶的性能, 因此标准中规定混炼后的胶料要停放在阴暗和干燥的环境中, 硫化前的停放时间为 $2 \sim 24\text{h}$ 。

毛坯的形状和尺寸按照相应模腔形状和尺寸进行裁剪, 并在毛坯上标出编号、压延方向和硫化条件。

毛坯质量按下列公式计算:

$$M = V \cdot r$$

式中 M ——毛坯质量, g ;

V ——模腔容积, cm^3 ;

r ——胶料密度, g/cm^3 (一般为 $1.05 \sim 1.10$)。

为了确保硫化时不缺胶, 毛坯的实际用量应比计算量多 $5\% \sim 10\%$ 。

4. 模压硫化

应严格控制平板硫化机的压力、温度、平行度等参数, 对模具型腔面积上施加的压强不得低于 3.5MPa 。硫化机热板的温度分布应均匀, 各点与中心加热点的最大波动温差不大于 $\pm 1^\circ\text{C}$, GB 6038 规定了热板温度分布的测定方法。当热板在 150°C 及满压下闭合时, 用软铅条检查, 其平行度应在 $0.25\text{mm}/\text{m}$ 之内。

ISO 2393 规定硫化温度的偏差不超过 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$,对模具的加压和卸压操作要尽可能的快。综上可以看出 ,只有严格控制设备、温度、压力和操作程序 ,才能制出合格的试样。

5. 试样的裁切

有些试验 (如拉伸试验)的试样 ,需用专门的裁刀进行裁片。裁片时要求试样尺寸准确 ,特别是试样工作部分不能有任何缺陷和机械损伤。裁刀要有足够的刚度 ,而且要十分锋利 ,刀刃应平整、没有缺口 ,否则会在试样上留下缺陷。裁片时 ,胶片的厚度不能超过 4mm。用裁片机裁切试样时 ,裁刀的刃口只用中性肥皂水溶液或水作润滑剂。一次只能裁切一个试样 ,不准把胶片重叠一起裁切 ,而且必须一次裁断 ,不能重刀。

(二) 试样调节和试验条件

1. 试样的贮存期和调节期

通常把试验之前的历程划分为贮存期和调节期。调节期是特指在即将试验之前 ,把试样停放到标准的温、湿度环境中所放置的时间 ;而贮存期指的是从试样硫化后到调节期之前的这一段停放时间。

(1) 贮存期 ISO 1826 和 GB 2941 都作了如下规定 :对于非产品试验 (包括所有的物理性能试验) ,硫化与试验之间的时间间隔 (贮存期) ,最短为 16h ,最长是 4 周。比较试验应在相同的贮存期内进行。对于产品试验 ,在可能的情况下 ,贮存期不应超过 3 个月。在其他情况下 ,试验应在需方收到产品之日起的 2 个月内进行。

试样在贮存期间 ,必须防止受到高温和可能引起橡胶降解的有害物质 (如臭氧、腐蚀性化学药品) 的作用。贮存温度应在 $10 \sim 30^{\circ}\text{C}$ 之间 ,相对湿度应低于 80%。不同配方的试样必须分别放置 ,以保证没有组分间的迁移。

(2) 试样调节期 一般试验方法中 ,都规定了在试验之前将试样在标准环境下调节的时间。当温度和湿度两者都需要控制时 ,试样应在标准的温度和标准的湿度下停放不少于 16h ,即调节期至少为 16h。而只要求在标准温度下试验的试样 ,调节期不少于 30min。

在大多数的橡胶试验中 ,一般只控制温度 ;然而在某些情况下 ,例如电性能试验 ,湿度的控制则是必不可少的。厚试样欲达到完全的湿度平衡 ,需要几天甚至几个月的时间。加速老化试验后 ,试样的调节期应在 16h ~ 6d 之间 ,因为老化后的试样 ,在 6d 之后会进一步加快老化。介质试验时 ,试样经液体浸润后 ,应立即进行试验。需要打磨的试样 ,试验应在打磨之后的 16 ~ 72h 时间间隔内进行。

2. 试验条件

(1) 试验室标准环境条件 标准温度为 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$;标准湿度为相对湿度 60% ~ 70%。当只需控制试验温度时 ,标准温度仍为 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$,湿度为通常的环境湿度。亚热带

地区可以在 $27 \pm 2^\circ\text{C}$ 的温度下试验,但只能作内部控制质量的暂用温度,仲裁鉴定的标准温度必须是 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ 。

(2) 低温或高温试验时优先选用的温度:

- a. -70 、 -55 、 -40 、 -25 、 -10°C ;
- b. 40 、 55 、 70 、 85 、 100 、 125°C ;
- c. 150 、 175 、 200 、 225 、 250 、 275 、 300°C 。

当试验温度在 100°C 以下时,温度允差为 $\pm 1^\circ\text{C}$,试验温度在 $101 \sim 200^\circ\text{C}$ 时,温度允差为 $\pm 2^\circ\text{C}$,试验温度超过 201°C 时,温度允差为 $\pm 3^\circ\text{C}$

(三) 试验数据的处理

标准中规定,拉伸性能、邵尔 A 硬度、冲击弹性、压缩应力松弛、硬质橡胶的抗拉强度和硬度的试验结果用中值表示。中值的求法是:把同一项试验的全部试验数据,按数值大小递增的顺序排列,若试验数据的个数为奇数,取中间的一个数据为中值,若试验数据的个数为偶数时,取中间两个数据的平均值为中值。

大多数试验结果用算术平均值表示。该算术平均值的求法是:先用同一项试验的全部试验数据,计算出算术平均值。各试验数据对算术平均值的偏差,如超过表 3-1-4 规定的偏差时,则应把这个数据舍去,用剩下的数据重新计算出真正的算术平均值。

表 3-1-4 试验数据的取值方法和允许偏差

试 验 项 目	取值方法或 允许偏差	试 验 项 目	取值方法或 允许偏差
拉伸强度	中值	耐寒系数	$\pm 10\%$
定伸应力	中值	阿克隆磨耗	$\pm 10\%$
扯断伸长率	中值	格拉西里磨耗	$\pm 10\%$
撕裂强度	15%	邵坡尔磨耗	$\pm 5\%$
邵尔 A 硬度	中值	耐介质(质量、体积变化率)	平均值
橡胶与织物的粘着强度	平均值	橡胶与金属粘合强度	$\pm 10\%$
密度	$\pm 1\%$	橡胶与金属剪切强度	$\pm 15\%$
邵尔硬度	$\pm 2.5\%$	橡胶与金属剥离强度	$\pm 15\%$
赵氏硬度	$\pm 5\%$	高温拉伸强度	$\pm 10\%$
压缩永久变形	$\pm 10\%$	硬质橡胶硬度	中值
压缩变形	$\pm 5\%$	硬质胶耐热温度	± 2
恒定压缩永久变形	平均值	硬质胶抗折断强度	平均值
冲击弹性	中值	硬质胶拉伸强度	中值
压缩应力松弛	中值	硬质胶冲击强度	25%
压缩疲劳	$\pm 5\%$		

第二章 橡胶制品基础配方

第一节 橡胶基础配方

基础配方是供研究或鉴定新胶种、新配合剂使用的配方,通常采用传统配合量,以便对比,要求尽可能简单。

目前最有代表性的基础配方是美国材料试验协会提出的基础配方作为标准,简称ASTM。天然橡胶、异戊橡胶、丁基橡胶和氯丁橡胶可用纯胶配方不加补强剂。

一、天然橡胶

1. 纯胶

配方 1

组分	用量/g	组分	用量/g
天然橡胶	100	防老剂 PBN	1.0
ZnO	5.0	促进剂 MBN	1.0
HSt	2.0	梳磺	2.5

硫化条件 140℃ × 10min、20min、40min、80min。

配方 2

组分	用量/g	组分	用量/g
天然橡胶	100	促进剂 M	0.7
ZnO	5.0	梳磺	3.0
HSt	0.5		

硫化条件 国内基础配方 硫化 142℃ × 20min、30min、40min、50min。

配方 3

组分	用量/g	组分	用量/g
天然橡胶	100	促进剂 M	0.5
ZnO	6.0	硫磺	3.5
HSt	0.5		

硫化条件 140℃ × 10min、20min、40min、80min。

2. 加炭黑

配方 1

组分	用量/g	组分	用量/g
天然橡胶	100.0	高耐磨炉黑	35
ZnO	5.0	促进剂 NS	0.70
HSt	2.0	硫磺	2.25

硫化条件 140℃ × 10min、20min、40min、80min。

配方 2

组分	用量/g	组分	用量/g
天然橡胶	100	炭黑 HAF	7.5
ZnO	5.0	促进剂 NS	0.7
HSt	2	硫磺	2.25

硫化条件 140℃ × 10min、20min、40min、80min。

二、异戊橡胶

1. 纯胶

配方 1

组分	用量/g	组分	用量/g
异戊橡胶	100	HSt	4.0
ZnO	6.0	促进剂 MBTZ	1.2
硫磺	3.0	防老剂	1.0

硫化条件 国内基础配方 硫化条件 120℃ × 60min。

配方 2

组分	用量/g	组分	用量/g
异戊橡胶	100	HSt	2.0
ZnO	5.0	促进剂 MBTS	1.0
硫磺	2.5	防老剂 PBN	1.0

硫化条件 140℃ × 10min、20min、40min、80min。

2. 加炭黑

配方

组分	用量/g	组分	用量/g
异戊橡胶	100	HSt	2.0
ZnO	5.0	促进剂 NS	0.7
硫磺	2.25	NAF 炭黑	35

硫化条件 140℃ × 10min、20min、40min、80min。

三、丁苯橡胶

1. 非充油丁苯橡胶

配方 1

组分	用量/g	组分	用量/g
丁苯橡胶	100	硫磺	1.75
ZnO	3.0	炉法炭黑	50
HSt	1.0	促进剂 NS	1.0

硫化条件 150℃ × 15min、30min、60min。

配方 2

组分	用量/g	组分	用量/g
丁苯橡胶	100	HSt	1.0
ZnO	3.0	HAF 炭黑	35
硫磺	1.75	促进剂 CZ	1.0

硫化条件 145℃ × 25min、35min、50min。

2. 充油丁苯橡胶

配方 1

组分	用量/g	组分	用量/g
丁苯橡胶	100	HSt	1.0
充油量	25	HAF 炭黑	62.5
ZnO	3.0	促进剂 NS	1.25
硫磺	1.75		

配方 2

组分	用量/g	组分	用量/g
丁苯橡胶	100	HSt	1.0
充油量	37.5	HAF 炭黑	68.75
ZnO	3.0	促进剂 NS	1.38
硫磺	1.75		

配方 3

组分	用量/g	组分	用量/g
丁苯橡胶	100	HSt	1.0
充油量	50	HAF 炭黑	75.0
ZnO	3.0	促进剂 NS	1.50
硫磺	1.75		

配方 4

组分	用量/g	组分	用量/g
丁苯橡胶	100	HSt	1.0
充油量	Y	HAF 炭黑	(100 + Y) × 0.5
ZnO	3.0	促进剂 NS	(100 + Y) × 0.01
硫磺	1.75		

配方 1 ~ 4 硫化条件 145℃ × 25min、35min、50min。

3. 丁苯橡胶 1 500 系列检验配方

配方 1

组分	用量/g	组分	用量/g
丁苯橡胶	100	促进剂 NS	1.0
ZnO	3.0	硫磺	1.75
HSt	1.0	型号	1 500 和 1 502
HAF 炭黑	50		

配方 2

组分	用量/g	组分	用量/g
丁苯橡胶	137.5	促进剂 NS	1.38
ZnO	3.0	硫磺	1.75
HSt	1.0	型号	1 772 和 1 778
HAF 炭黑	68.75		

硫化条件 140℃ × 25min、35min、50min。

四、氯丁橡胶

1. 纯胶

配方 1

组分	用量/g	组分	用量/g
氯丁橡胶	100	MgO	4.0
HSt	0.5	ZnO	5.0

硫化条件 150℃ × 10min、20min、40min。

配方 2

组分	用量/g	组分	用量/g
氯丁橡胶	100	ZnO	5.0
防老剂 PBN	1.0	促进剂 NA-22	0.35
MgO	4.0		

硫化条件 150℃ × 10min、20min、40min。

配方 3

组分	用量/g	组分	用量/g
氯丁橡胶	100	HSt	0.5
ZnO	5.0	促进剂 NA-22	0.35
MgO	4.0	防老剂 D	2.0

硫化条件 150℃ × 15min、30min、60min。

2. 加炭黑

配方 1

组分	用量/g	组分	用量/g
氯丁橡胶	100	ZnO	5.0
MgO	4.0	促进剂 NA-22	0.5
HSt	1.0	防老剂 D	2
半补强炭黑	29		

硫化条件 150℃ × 15min、30min、60min。

配方 2

组分	用量/g	组分	用量/g
氯丁橡胶	100	SRF 炭黑	30
HSt	0.5	ZnO	5.0
MgO	4.0		

配方 3

组分	用量/g	组分	用量/g
氯丁橡胶	100	半补强炭黑	30.0
防老剂 PBN	1.0	ZnO	5.0
MgO	4.0	促进剂 NA-22	0.35

五、丁基橡胶

1. 纯胶

配方 1

组分	用量/g	组分	用量/g
丁基橡胶	100	促进剂 TMTD	1.0
ZnO	5.0	硫磺	2.0

硫化条件 150℃ × 25min、50min、100min ;150℃ × 20min、40min、80min。

配方 2

组分	用量/g	组分	用量/g
丁基橡胶	100	ZnO	5.0
硫磺	1.5	HSt	2.0
促进剂 TMTD	2.0	型号	301 和 400
促进剂 M	0.5		

2. 加炭黑

配方 1

组分	用量/g	组分	用量/g
丁基橡胶	100	HSt	1.0
ZnO	3.0	HAF 炭黑	50.0
硫磺	1.75	促进剂 TMTD	1.0

硫化条件 150℃ × 20min、40min、80min。

配方 2

组分	用量/g	组分	用量/g
丁基橡胶	100	促进剂 MBTS	0.5
ZnO	5.0	促进剂 TMTD	1.0
硫磺	2.0	槽法炭黑	50
HSt	3.0		

硫化条件 150℃ × 25min、50min、100min ;150℃ × 20min、40min、80min。

配方 3

组分	用量/g	组分	用量/g
丁基橡胶	100	HSt	1.0
ZnO	3.0	促进剂 TMTD	1.0
硫磺	1.75	HAF 炭黑	50.0

硫化条件 150℃ × 10min、20min、40min、80min。

六、丁腈橡胶

配方 1

组分	用量/g	组分	用量/g
丁腈橡胶	100	ZnO	5.0
HSt	1.5	槽法瓦斯炭黑	50
促进剂 M	1.5	硫磺	2.0

说明 适用于 DQJ - 170。

配方 2

组分	用量/g	组分	用量/g
丁腈橡胶	100	ZnO	5.0
HSt	1.5	槽法瓦斯炭黑	45.0
促进剂 M	0.8	硫磺	1.5

说明 适用于 DQJ - 270、DQJ - 370 和 DQJ - 371。

配方 3

组分	用量/g	组分	用量/g
丁腈橡胶	100	HSt	1.0

ZnO	3.0	HAF 炭黑	40
硫磺	1.5	促进剂 NS	0.70

硫化条件 配方 1 ~ 2 ,142℃ × 40min、50min、60min ;配方 3 ,150℃ × 20min、40min、60min。

配方 4

组分	用量/g	组分	用量/g
丁腈橡胶	100	HSt	1.0
ZnO	5.0	促进剂 MBTS	1.0
硫磺	1.5	瓦斯炭黑	40

硫化条件 150℃ × 10min、20min、40min、80min。

七、顺丁橡胶

1. 非充油顺丁橡胶

配方 1

组分	用量/g	组分	用量/g
顺丁橡胶	100	硫磺	1.5
ZnO	4.0	HAF 炭黑	50
HSt	2.0	促进剂 CZ	0.70
防老剂 RD	1.0		

硫化条件 145℃ × 25min、35min、50min。

配方 2

组分	用量/g	组分	用量/g
顺丁橡胶	100	HAF 炭黑	60.0
ZnO	3.0	促进剂 NS	0.90
硫磺	1.5	AMTM 103(软化剂)	15.0
HSt	2.0		

硫化条件 145℃ × 25min、35min、50min。

配方 3

组分	用量/g	组分	用量/g
顺丁橡胶	100	HAF 炭黑	60.0
ZnO	3.0	促进剂 NS	0.9
硫磺	1.5	高芳烃油(软化剂)	15.0
HSt	2.0		

2. 充油顺丁橡胶

配方 1

组分	用量/g	组分	用量/g
顺丁橡胶	100.0	HSt	2.0
充油量	37.5	HAF 炭黑	82.5
ZnO	3.0	促进剂 NS	1.24
硫磺	1.5		

硫化条件 145℃ × 25min、35min、50min。

配方 2

组分	用量/g	组分	用量/g
顺丁橡胶	100	HSt	2.0
充油量	Y	HAF 炭黑	0.6(100 + Y)
ZnO	3.0	促进剂 NS	0.009(100 + Y)
硫磺	1.5		

说明 Y = 100g 顺丁橡胶加入充油量。硫化条件 145℃ × 25min、35min、50min。

八、乙丙橡胶

1. 二元乙丙橡胶

配方 1

组分	用量/g	组分	用量/g
乙丙橡胶(生胶)	100	HAF 炭黑	70.0
MgO	5.0	硫磺(1级)	0.3
过氧化二异丙苯	6.0		

2. 三元乙丙橡胶

配方 1

组分	用量/g	组分	用量/g
三元乙丙橡胶(生胶)	100	促进剂 TMTD(1级)	1.5
HSt	1.0	HAF 炭黑	50.0
ZnO	5.0	硫磺(1级)	1.5
促进剂 M(专用品)	0.5		

配方 2

组分	用量/g	组分	用量/g
三元乙丙橡胶	100	ZnO	5.0
HSt	1.0	硫磺	1.5
HAF 炭黑	80	促进剂 TMTD	1.0
ASTM103(环烷油)	50	促进剂 M	0.5

3. 充油乙丙橡胶

配方 1

组分	用量/g	组分	用量/g
三元乙丙橡胶	100	油炉法炭黑	80
ZnO	5.0	石油系填充油	50
硫磺	1.5	促进剂 TT	1.0
HSt	1.0	促进剂 M	0.5

配方 2

组分	用量/g	组分	用量/g
三元乙丙橡胶	100	炉法炭黑	100
ZnO	5.0	石油系填充油	75
硫磺	1.5	促进剂 TT	1.0
HSt	1.0	促进剂 M	0.5

配方 3

组分	用量/g	组分	用量/g
三元乙丙橡胶	100 + Y	炉法炭黑	80
ZnO	5.0	石油系填充油	50 - Y
硫磺	1.5	促进剂 TT	1.0
HSt	1.0	促进剂 M	0.5

说明 Y - 100 质量份三元乙丙橡胶中加入填充油量。

九、聚氨酯橡胶

1. S 型

配方 1

组分	用量/g	组分	用量/g
聚氨酯橡胶	100	CdSt	1.0

硫磺	2.0	活性剂 NH-1	1.0
促进剂 M	2.0	HAF 炭黑	40
促进剂 DM	4.0		

2. 混炼型

配方 1

组分	用量/g	组分	用量/g
聚氨酯橡胶	100	HSt	0.2
DCP	3.5	半补强炉黑	30

配方 2

组分	用量/g	组分	用量/g
聚氨酯橡胶	100	促进剂 M	1~2
HAF 炭黑	30	硫磺	0.75~1.5
古马隆树脂	0~15	促进剂 Covtur4	0.35~1
促进剂 DM	4.0	CdSt	0.5

硫化条件 153℃ × 40min、60min。Covtur4 为促进剂与 ZnO 的复合物。

十、聚硫橡胶

1. 固态聚硫橡胶

配方 1

组分	用量/g	组分	用量/g
聚硫橡胶	100	HSt	1.0
槽法瓦斯炭黑	20	ZnO	10
喷雾炭黑	30		

硫化条件 142℃ × 70min、80min。

2. 半固态聚硫橡胶

配方 1

组分	用量/g	组分	用量/g
聚硫橡胶	100	活性 MnO ₂	2.0
槽法炭黑	60	促进剂 D	0.4
HSt	1.0		

硫化条件 143℃ × 30min。

3. 液态聚硫橡胶

配方 1

组分	用量/g	组分	用量/g
液态聚硫橡胶	100	活性膏	10
油基半补强炉黑(1级)	30	型号	JLY-124

配方 2

组分	用量/g	组分	用量/g
液态聚硫橡胶	100	硫化膏	8
半补强炉黑	30	促进剂 D	0.8
HSt	0.5	型号	JLY-155

配方 3

组分	用量/g	组分	用量/g
液态聚硫橡胶	100	硫化膏	10
半补强炭黑	30	促进剂 D	0.6
HSt	0.5	型号	JLY-215

说明 配方中硫化膏的组成 活性 MnO_2 100 质量份 ,邻苯二甲酸二丁酯 76 质量份 ,硬脂酸 0.42 质量份。

硫化条件 $100^\circ\text{C} \times 240\text{min}$ 。

十一、特种橡胶

1. 硅橡胶

配方 1

组分	用量/g	组分	用量/g
甲基乙烯基硅橡胶	100	二苯基硅二醇	3.0
氧化铁	5.0	膏状过氧化苯甲酰	
气相白炭黑	4.5	(BP)	1.0

配方 2

组分	用量/g	组分	用量/g
室温硫化硅橡胶	100	正硅酸乙酯	3.0
二月桂酸二丁基锡	1.0	型号	106、107(A、B)

配方 3

组分	用量/g	组分	用量/g
室温硫化硅橡胶	100	型号	SD-33、SDL-41
二月桂酸二丁基锡	2.0		SDL-1-35
正硅酸乙酯	2.5		

配方 4

组分	用量/g	组分	用量/g
室温硫化硅橡胶	100	正硅酸乙醇	2.0
二月桂酸二丁基锡	1.2	型号	SDI-1-43

硫化条件 1 段 125℃ × 5min 2 段 250℃ × 24h。

2. 氟橡胶

配方 1

组分	用量/g	组分	用量/g
氟橡胶	100	MgO(工业级)	15
过氧化二苯甲酰(强度 > 95%)		型号	氟橡胶 23-11Q
	3.0		

配方 2

组分	用量/g	组分	用量/g
氟橡胶	100	含量	> 97.5%(经 200 过筛)
MgO(试剂 3 级)	15		
六亚甲基氨基甲酸胺	1.3	型号	氟橡胶 26-41

配方 3

组分	用量/g	组分	用量/g
氟橡胶	100	硫化剂 Diak 3 号	3.0
MgO	15	型号	氟橡胶 246G

配方 4

组分	用量/g	组分	用量/g
氟橡胶 TP-2	100	过氧化二异丙苯	2.0
喷雾炭黑	2.5	异氰酸脲三烯丙酯	5.0
ZnSt	1.0		

硫化条件 1 段 150℃ × 30min 1 段 250℃ × 24h。

第二节 硫磺和促进剂基础配方

配方 1

组分	用量/g	组分	用量/g
天然橡胶(NR)	100	HSt	2.0
硫磺	2.5	促进剂 NS	0.6
ZnO	5.0		

配方 2

组分	用量/g	组分	用量/g
丁苯橡胶(SBR)	100	HSt	2.0
硫磺	1.8	促进剂 NS	0.9
ZnO	5.0		

配方 3

组分	用量/g	组分	用量/g
丁苯橡胶(SBR)	100	HSt	2.0
硫磺	1.5	促进剂 DM	1.2
ZnO	5.0	促进剂 D	0.4

配方 4

组分	用量/g	组分	用量/g
丁腈橡胶(NBR)	100	HSt	0.5
硫磺	0.5	促进剂 DM	0.2
ZnO	3.0	促进剂 TITD	1.0

配方 5

组分	用量/g	组分	用量/g
丁腈橡胶(NBR)	100	ZnO	2.0
硫磺	0.25	HSt	0.5
硫化剂 DTDM	1.0	促进剂 TMTD	1.0

配方 6

组分	用量/g	组分	用量/g
丁基橡胶(IIR)	100	HSt	2.0
硫磺	2.0	促进剂 M	0.5
ZnO	3.0	促进剂 TMTD	1.0

配方 7

组分	用量/g	组分	用量/g
乙丙橡胶(EPDM)	100	HSt	1.0
硫磺	1.5	促进剂 M	0.5
ZnO	5.0	促进剂 TMTD	1.5

硫化条件相应为：

硫化温度/℃ 148、153、153、140、140、153、160；

硫化时间/min 25、30、20、60、60、20、20。

所用填充剂、防老剂不同，可作相应变化。

第三节 补强填充剂基础配方

一、炭黑基础配方

配方 1

组分	用量/g	组分	用量/g
1 号烟片胶	100	硫磺	2.5
HSt	3.0	炭黑	50.0
ZnO	5.0	促进剂 DM	0.6

检验方法 GB 3780,18-83

配方 2

组分	用量/g	组分	用量/g
1 号烟片胶	100	松焦油	5.0
HSt	3.0	槽法炭黑	40.0
ZnO	5.0	硫磺	0.85
促进剂 M	0.75		

检验方法 GB 3780 ,19 - 83。

配方 3

组分	用量/g	组分	用量/g
1 号烟片胶	100	促进剂 M	0.6
HSt	3.0	松焦油	3.0
ZnO	5.0	炉黑	50
防老剂 A	1.0	硫磺	3.0

检验方法 GB 3780 ,19 - 83。

配方 4

组分	用量/g	组分	用量/g
1 号烟片胶	100	松焦油	5.0
HSt	3.0	半补强炉黑	40
ZnO	5.0	硫磺	2.85
促进剂 M	0.45		

检验方法 GB 3780 ,19 - 83。

配方 5

组分	用量/g	组分	用量/g
丁苯橡胶 1500	100	炭黑	50.0
ZnO	3.0	促进剂 NS	1.0
硫磺	1.75	HSt	1.0

检验方法 ISO 325 ,1980。

硫化条件 145℃ × 25min、35min、50min、75min。

配方 6

组分	用量/g	组分	用量/g
天然橡胶	100	HSt	3.0
ZnO	5.0	促进剂 DM	0.6
硫磺	2.5	炭黑	50

检验方法 ASTM D3192 - 84a。

配方 7

组分	用量/g	组分	用量/g
丁苯橡胶(SBR)1500	100	HSt	1.0
ZnO	3.0	炭黑	50

硫磺	1.75	促进剂 NB	1.0
----	------	--------	-----

检验方法 ASTM D3191 - 83。

硫化条件 145℃ × 25min、35min、50min。

配方 8

组分	用量/g	组分	用量/g
母炼胶(丁基橡胶)	100	促进剂 NS	1.25
ZnO	3.0	炭黑	50.0
硫磺	1.75	充油量	4.0
HSt	1.50		

检验方法 ASTM D3186 - 731。

二、白炭黑基础配方

配方 1

组分	用量/g	组分	用量/g
甲基乙烯基硅橡胶)	100	二苯基硅二醇	3.5
白炭黑	50	黑油膏	1.0
ZnO	15		

硫化条件 1 段 135℃ × 10min ; 2 段室温 0.5h → 150℃ × 2h、0.5h → 200℃ × 4h。

配方 2

组分	用量/g	组分	用量/g
丁腈橡胶 26	100	邻苯二甲酸二辛酯	10
白炭黑	40	HSt	1
喷雾炭黑	80	过氧化二异丙苯	1.7
己二酸二丁酯	20		

硫化条件 150℃ × 40min。

配方 3

组分	用量/g	组分	用量/g
天然橡胶 26	100	促进剂 M	0.5
HSt	2.0	促进剂 D	0.7
ZnO	5.0	硫磺	3.0
凡士林	4.0	白炭黑	60

硫化条件 143℃ × 80min。

配方 4

组分	用量/g	组分	用量/g
丁苯橡胶 1500	100	促进剂 TMTD	2.0
白炭黑	40	促进剂 NS	2.0
ZnO	3.0	硫磺	0.4
HSt	1.5		

检验方法 ISO 579412 - 1982。

三、碳酸钙基础配方

配方 1

组分	用量/g	组分	用量/g
1 号烟片胶	100	促进剂 D	0.30
ZnO(1 级)	5.0	硫磺	2.3
HSt	2.0	沉淀碳酸钙	100
促进剂 M	0.90		

硫化条件 134℃ × 5min、7.5min、10min、15min、20min、25min。

检验方法 GB 3780 ,18 - 83。

配方 2

组分	用量/g	组分	用量/g
1 号烟片胶	100	促进剂 D	0.50
ZnO(1 级)	5	硫磺	2.2
HSt	3	沉淀碳酸钙	100

硫化条件 134℃ ± 1℃ × 5min、7.5min、10min、12.5min、15min、20min。

检验方法 GB 3780 ,19 - 83。

配方 3

组分	用量/g	组分	用量/g
天然橡胶	100	促进剂 DM	1.0
ZnO(1 级)	5	促进剂 D	1.0
组分	用量/g	组分	用量/g
硫磺	3	碳酸钙	75
HSt	3		

硫化条件 140℃ × 10min、20min、40min、80min。

检验方法 ASTM D—15—71。

四、陶土基础配方

配方 1

组分	用量/g	组分	用量/g
1# 烟片胶	100	促进剂 D	0.44
ZnO(1 级)	5.0	硫磺	2.3
促进剂 M	0.98	陶土	100

硫化条件 143℃ ± 1℃ × 10min、15min、20min、25min、30min。

检验方法 GB 3780 ,18 - 83。

配方 2

组分	用量/g	组分	用量/g
1# 烟片胶	100	促进剂 D	0.5
ZnO(1 级)	5.0	硫磺	2.2
促进剂 M	1.2	陶土	100

硫化条件 134℃ ± 1℃ × 5min、7.5min、10min、12.5min、15min、20min。

检验方法 GB 3780 ,19 - 83。

第三章 橡胶制品配方介绍

第一节 轮胎类配方

1. 天然橡胶汽车轮胎胎面胶配方(质量份) 如表 3-3-1)

表 3-3-1 天然橡胶汽车轮胎胎面胶配方

原材料名称	A	B	C	D	原材料名称	A	B	C	D
烟片胶	100	100	100	100	松焦油/操作油	3.5/-	-/7	-/5	5/-
氧化锌	5	5	5	3	石蜡	1.0	—	—	—
硬脂酸	3.5	3	4	3	促进剂 MBT	0.8	—	1	—
防老剂 PBNA	1.5	—	1	—	促进剂 DBS	—	—	—	0.5
防老剂 IPPD	1.0	1.5	—	—	促进剂 CBS	—	0.65	—	—
防老剂 DPPD	0.3	防老剂 1241.5	—	1	硫黄	2.75	2.5	3	2.5
防老剂 DLE/ETMQ	—	—	—	1/1.5	合计	166.35	171.15	169	162.5
炭黑	47	50	50	45					

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) 如表 3-3-2)

表 3-3-2 天然橡胶与丁苯橡胶并用的汽车轮胎胎面胶配方

原材料名称	A	B	C	D	原材料名称	A	B	C	D
天然橡胶	70	70	75	50	N330 炭黑	43	25	—	—
丁苯橡胶	30	30	25	50	N772 炭黑	8	—	—	—
氧化锌	3	5	5	5	混气槽黑	—	20	50	50
硬脂酸	2	3	3	2	促进剂 CBS	0.65	0.6	—	—
石蜡	1	1	—	—	促进剂 MBTS	0.15	—	—	—
三线油	10	6	—	—	促进剂 MBT	—	—	1.13	1.25
防老剂 PBNA	1.0	1.5	0.75	0.5	硫黄	1.8	2.0	2.75	2.5
防老剂 CPPD	1.5	1.0	—	—	合计	172.1	165.1	168.88	168.75
操作油	—	—	6.25	7.5					

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) 如表 3-3-3)

表 3-3-3 天然橡胶与顺丁橡胶并用的汽车轮胎胎面胶配方

原材料名称	A	B	C	D	原材料名称	A	B	C	D
烟片胶	50	60	50	50	防老剂 BLE/ET-MQ	—	1/-	1/1.5	防老剂 DPPD 0.3
顺丁胶	50	40 ^①	50	50	防老剂 BLE、EP-PD 混合物	—	—	1	—
硫黄	1.2	1.4	1.5	1.2	石蜡	1.0	1	—	1
促进剂 MBS	—	0.8	—	—	N110 炭黑	40	55	50	25
促进剂 DBS	—	—	0.85	0.90	N330 炭黑	—	—	—	28
促进剂 CBS	0.6	—	—	—	瓦斯炭黑	10	—	—	—
氧化锌	4.0	5.0	3	3	松焦油	—	—	5	—
硬脂酸	3.5	2.0	2	3	操作油	—	—	4	—
防老剂 PANA	—	1	—	—	机油	6.0	2	—	—
防老剂 PBNA	1.5	—	—	1.0	三线油	—	—	10	10
防老剂 CPPD	—	1	—	1.2	合计	169.3	170.2	169.85	174.6

① 为充油顺丁橡胶

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)(如表 3-3-4)

表 3-3-4 天然橡胶、丁苯橡胶、顺丁橡胶并用的汽车轮胎胎面胶配方

原 材 料 名 称	A	B	C	原 材 料 名 称	A	B	C
天然橡胶	20	30	30	防老剂 CPPD	1.5	1.5	1.5
丁苯橡胶	30	35	20	防老剂 PBNA	—	-1.0	1.0
顺丁橡胶	50	35	50	N220	42	—	50
硫黄	1.2	0.8	1.0	N330	12	55	—
氧化锌	3.5	3.0	4.0	操作油	10	—	—
硬脂酸	2	2.0	3.0	石蜡	0.8	1.0	1.0
促进剂 MBS	1.4	—		机油	—	—	5.0
促进剂 CBS	—	2.0	1.0	石马隆	2	—	—
促进剂 DPG	—	—	0.21	六线油	—	10	—
防老剂 RD	0.7	—		合计	177.1	176.3	167.7

5. 胎面胶低成本配方(如表 3-3-5)

表 3-3-5 胎面胶低成本配方

配方与性能	A	B	C	D	配方与性能	A	B	C	D
天然橡胶	100	94	88	82	防老剂	1	1	1	1
再生胶	0	12	24	36	炭黑	45	44	43	42
氧化锌	5	5	5	5	促进剂	10.9	0.8	0.7	
硬脂酸	4	3.5	3.5	3	硫黄	3	3	3	3
松焦油	4	3.5	3.0	2.5					

6. 汽车外胎帘布层胶料配方(质量份)(如表 3-3-6)

表 3-3-6 汽车外胎帘布层胶料配方

原材料名称	A	B	C	D	原材料名称	A	B	C	D
烟片胶	100	100	100	100	高耐磨炭黑	—	12	10	15
硫黄	2.7	2.6	2.5	2.5	通用炭黑	17	—	—	—
促进剂	1.5	1.3	1.7	1.1	半补强炭黑	—	20	15	25
氧化锌	5	7.5	5	7.5	松焦油	3.5	3.5	3.0	3.0
硬脂酸	2.5	2.5	2.5	2.0	防老剂	2.5	2.5	2	2
瓦斯炭黑	—	10	—	—	合计	159.7	161.9	156.7	158.1
混气炭黑	25	—	15	—					

7. 汽车外胎胎侧胶配方(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	N772 炭黑	30
再生胶	30	促进剂 MBT	0.7

8. 汽车外胎水胎胶配方(质量份)(如表 3-3-7)

表 3-3-7 汽车外胎水胎胶配方

原材料名称	A	B	原材料名称	A	B
丁基橡胶(301)	90	95	中超耐磨炭黑	50	50
氯化丁基橡胶	10	—	蓖麻油	4	4
氯丁橡胶	—	5	石油	1	1
氯化锌	10	10	201 树脂	10	10
硬脂酸	1	1	合计	176	176

9. 汽车内胎胶料配方(质量份) (如表 3-3-8)

表 3-3-8 汽车内胎胶料配方

原材料名称	A	B	C	原材料名称	A	B	C
天然橡胶	100	70	—	防老剂 PBNA	1.0	1.2	1
松香软丁苯	—	30	—	防老剂 CPPD	—	1.2	—
丁基橡胶	—	—	100	石蜡	1.0	1.2	—
氧化锌	5.0	5.0	5.0	沥青	—	4.0	—
硬脂酸	2.0	2.0	—	促进剂 MBT/ MBTS	-/0.7	0.3/0.4	0.5/-
半补强炭黑	30	15	25	促进剂 TMTD	0.06	CBS 0.7	1
高耐磨炭黑	—	10	快压出炭黑 25	促进剂 ZEDC	—	—	1.5
松焦油	3.0	5.0	—	软化剂	—	—	3
混气炭黑	—	10	—	硫黄	2.0	2.0	2.0
防老剂 PANA	10	—	—	合计	159.59	159	163

第二节 胶管胶带类配方

1. 通用纯胶胶管胶料配方(质量份) (如表 3-3-9)

表 3-3-9 通用纯胶胶管胶料配方

原村料名称	红 色	黑 色	原材料名称	红 色	黑 色
天然橡胶	50	50	操作油	6	8
丁苯橡胶	40	40	石油系树脂	10	10
聚乙烯	10	10	氧化铁红	15	—
氧化锌	8	6	高耐磨炭黑	—	15
硫黄	2.3	2.5	防老剂	2.5	2.5
促进剂 MBT	0.9	0.85	碳酸钙	113.2	128.4
促进剂 TMTD	0.3	0.25	碳酸镁	25	25
硬脂酸	1.1	1.5	陶土	50	40
石蜡	2.5	2.5	合计	336.5	342.5

2. 通用胶管内、外层胶料配方(质量份)如表 3-3-10)

表 3-3-10 通用胶管内、外层胶料配方

原材料名称	内层胶	外层胶	原材料名称	内层胶	外层胶
天然橡胶	10	30	石蜡	—	1.5
丁苯橡胶	70	—	操作油	5	16
顺丁橡胶	20	20	沥青	8	—
氯丁橡胶	—	50	石油系树脂	10	6
再生胶	80	—	N330 炭黑	40	—
氧化锌	4.5	4.0	MP 炭黑	—	20
氧化镁	—	2.5	N772 炭黑	—	15
酞黄	2.4	0.5	防老剂	2.5	3
促进剂 MBTS	2.7	—	碳酸钙	84.5	99.2
促进剂 CBS	1.6	—	陶土	45	3,
促进剂 MBS	—	0.9	防焦剂	1	1
硬脂酸	2.5	2	合计	389.7	302.6

3. 通用胶管夹布层擦胶料配方(质量份)如表 3-3-11)

表 3-3-11 通用胶管夹布层擦胶料配方

原材料名称	普通型	增粘型	原材料名称	普通型	增粘型
天然橡胶	70	60	促进剂 TMTD	0.4	0.3
丁苯橡胶	30	10	硬脂酸	1.2	0.8
氯丁橡胶	—	30	古马隆树脂	10	7
再生胶	50	30	操作油	14	15
氧化锌	4	4	N110 炭黑	20	25
氧化镁	—	1.5	防老剂	2.5	2.2
硫黄	3	2.8	碳酸钙	73.3	73.4
促进剂 MBTS	1.2	1.8	增黏剂	3.2	5.4
促进剂 MBT	0.7	—	合计	283.5	269.2

4. 低成本橡胶水管配方(质量份)

天然橡胶	100	氧化锌	10	防老剂	2
胎面再生胶	160	矿质橡胶	10	促进剂 MBTS	1.5
硫化胶粉	100	石蜡	2	硫黄	6
碳酸钙	200	硬脂酸	2	合计	593.5

5. 普通输送带胶料配方(质量份)(如表 3-3-12)

表 3-3-12 普通输送带胶料配方

原材料名称	覆盖胶	缓冲胶	帆布擦贴胶	原材料名称	覆盖胶	缓冲胶	帆布擦贴胶
天然橡胶	48	70	70	防老剂 PBNA	0.5	1.0	1.5
顺丁橡胶	52	30	—	防老剂 BLE	1.5	—	—
丁苯橡胶	—	—	30	松焦油	6.0	4.0	7.0
促进剂 MBT	—	0.35	0.5	机油	3.6	—	—
促进剂 MBT5	1.2	0.70	1.6	固体古马隆	6.0	4.0	10
促进剂 CBS	0.8	—	—	石蜡	1.0	—	—
促进剂 TMTD	—	0.08	0.25	松香	—	2.0	—
硫黄	1.25	1.8	2.5	轻质碳酸钙	—	75	64
氧化锌	5.0	5.0	5.0	N330 炭黑	52	—	—
硬脂酸	2.0	2.3	2.0	N772 炭黑	12	5	—
防老剂 PANA	0.5	1.0	1.0	合计	192	200.23	200.35

6. 钢丝绳芯输送带(镀锌钢绳)胶料配方(质量份)

烟片胶	70	氧化锌	8	白炭黑	19
松香软丁苯橡胶	30	软化重油	9	环烷酸钴	10
硫黄	3	防老剂 BLE	1	合计	199.3
促进剂 MBS	1.3	防老剂 SPH	1		
硬脂酸	2	高耐磨炭黑	45		

7. 普通 V 带胶料配方(质量份)(如表 3-3-13)

表 3-3-13 普通 V 带胶料配方

原材料名称	压缩层胶	伸张层胶	包布层胶	线绳浸渍胶
天然橡胶	10	30	—	80
氯丁橡胶	85	70	100	20
顺丁橡胶	5	—	—	—
高耐磨炭黑	60	30	—	30
乙炔炭黑	—	—	45	—
氧化锌	5	5	6	5
硫黄	0.5	0.6	—	2
促进剂	2.65	1.55	1.5	1.6
防老剂	2.5	2.5	2.5	2.5
松香油	2	3	6	3
硬脂酸	2	2	2	2
古马隆树脂	4	6	6	6
碳酸钙	37	10	12	15
变压器油	—	3	14	—
氧化镁	4	3.5	4	—
醋酸钠	—	—	1	—
合计	219.65	167.15	200.0	167.10

第三节 鞋类胶料配方

1. 透明橡胶鞋底胶料配方(质量份)

顺丁橡胶	100	促进剂 PX	0.4	变压器油	12
硫黄	1.8	着色剂	0.025	乙二醇	2
促进剂 MBTS	1.0	白炭黑	50	丙三醇	4
促进剂 HMT	1.2	防老剂 MB	1	合计	173.425

2. 浅色胶鞋大底配方(质量份)

天然橡胶	100	硬脂酸	3	防老剂 SPH	1
硫黄	2.2	轻质碳酸笋	134.28	RX-80	4
促进剂 MBT	0.5	凡士林	3	酞菁绿	0.62
促进剂 MBTS	0.6	硅灰石	1.5	合计	272
氧化锌	5	石蜡	0.5		

3. 旅游鞋配方(质量份)

天然橡胶	15	氧化锌	3	二甘醇	4
顺丁橡胶	35	硬脂酸	1.5	防老剂	1
丁苯橡胶	50	白炭灰	50	石蜡	0.5
硫黄	2.3	变压器油	20	着色剂	适量
促进剂 NBT	1.7	凡士林	3	合计	186
促进剂 DPG	0.6				

4. 高苯乙烯树脂鞋底配方(质量份)

天然橡胶	100	防老剂	1.1	促进剂 DPG	0.6
高苯乙烯	30	古马隆树脂	1.5	硫黄	3
白色补强填充剂	80	氧化铁红	5	炭黑	0.3
氧化锌	7	促进剂 MBTS	1.3	合计	231.3
硬指酸	1.5				

5. 微孔海绵鞋底配方(质量份)

丁苯橡胶	75	操作油	1.5	氧化铁红	1
天然橡胶	10	氧化锌	5	氧化铁黄	2.5
高苯乙烯	15	硬脂酸	2.5	发泡剂 OT	4
古马隆树脂	3	软化剂	10	促进剂 BTDS	1.5
白炭黑	45	聚乙二醇	1	硫黄	2.8
特级陶土	10	防老剂	1	合计	190.8

第四节 工业橡胶制品类配方

1. 普通工业胶板配方(质量份)

5# 烟片	40	硫黄	4	高耐磨炭黑	40
顺丁橡胶	60	促进剂 CBS	1.8	双飞粉	90
鞋类再生胶	180	防老剂 EDTMQ	1.5	N32 机油	30
氧化锌	5	石蜡	3	合计	458.3
硬脂酸	3				

2. 高硬度 O 形圈、Y 形圈胶料配方(质量份)

丁腈橡胶	100	N330 炭黑	80	防老剂 MB	1
促进剂 MBTS	2	甲基丙烯酸聚酯	15	防老剂 RD	2
DTDM	3	氧化锌	5	合计	210
DCP	1	硬脂酸	1		

3. 彩色橡胶地毯胶料配方(质量份)

天然、顺丁 并用橡胶	100	促进剂 TMTD	0.2	防老剂 SPH	1
硫黄	1.2	氧化锌	5	防老剂 MB	0.5
促进剂 CBS	1.5	硬脂酸	4	填料	90
		石蜡	3	颜料	适量

4. 橡胶叶轮胶料配方(质量份)

丁腈 - 26	100	硬脂酸	1	喷雾炭黑	25
硫黄	0.4	防老剂 IPPD	1	癸二酸二丁酯	14
促进剂 MBTS	1.2	防老剂 MB	1	DCP	2.0
促进剂 TMTD	1.4	防老剂 DPPD	0.5	合计	192.5
氧化锌	5	高耐磨炭黑	40		

第五节 特殊用途橡胶配方

1. 耐热耐磨输送带覆盖胶配方(质量份)

丁苯橡胶(1502)	100	硬脂酸	2	防老剂 SunoLite 127	2
N330 炭黑	50	促进剂 CBS	2	防老剂 sunolite666	2.5
操作油 Philneh5	8	促进剂 TMTD	1.5	防老剂 UOP88	1.5
操作油 Picco 100	5	防老剂 DNPD	0.5	硫化剂 DTDN	1.5
氧化锌	3	防老剂 RD	2.5	合计	182

2. 阻燃输送带覆盖胶配方(质量份)

聚氯乙烯	70	防老剂 MB	1.3	三氧化二锑	12
NBR - 26	30	磷酸三甲苯酯	50	乙炔炭黑	10
硫黄	0.5	苯二甲酸二丁酯	20	抗静电剂	4
DCP	2	氯化石蜡	20	氧化锌	5
促进剂 MBTS	1	硼酸锌	20	氢氧化铝	30
二盐 + 三盐	2.3	N220 炭黑	30	合计	310.1
硬脂酸	2				

3. 耐烯酸、碱、盐溶液胶管配方(质量份)

天然橡胶	100	喷雾炭黑	20	防老剂 DPG	1.5
促进剂	0.8	硫黄	2.8	合计	131.1
硬脂酸	1.0	氧化锌	5.0		

4. 耐浓硫酸胶管胶料配方(质量份)

氯磺化聚乙烯-40	100	硬脂酸	3	歧化松香	6
氧化镁	10	白炭黑	25	邻苯二甲酸二丁酯	5
促进剂 MBT	0.3	硫酸钡	50	合计	207.9
促进剂 MBS	0.6	氯化石蜡	8		

5. 耐压油封胶料配方(质量份)

丁腈-26	100	喷雾炭黑	75	硬脂酸	1
促进剂 MBTS	2	甲基丙烯酸酐	15	防老剂 MB	1
DTDM	2	聚酯	5	防老剂 RD	1
DCP	1	氧化锌		合计	193

6. 工业用绝缘橡胶板配方(质量份)

天然橡胶	100	石蜡	1	碳酸镁	30
氧化锌	5	促进剂 TMTD	3	操作油	15
硬脂酸	1.5	硬脂钙	60	着色剂	4
防老剂 PBNA	1	滑石粉	60	合计	270.5

7. 导电橡胶靶配方(质量份)

天然橡胶	100	促进剂 TMTD	1.5	乙炔炭黑	110
硫黄	1.7	氧化锌	5	机油	5
促进剂 DPG	0.5	硬脂酸	2	合计	227.5
促进剂 MBT	0.6	防老剂 PBNA	1.2		

8. 耐高压蒸汽胶管配方(质量份)

三元乙丙橡胶	100	N330 炭黑	60	硫黄	0.5
氧化锌	5.0	癸二酸二丁酯	15	合计	185
硬脂酸	0.5	DCP	4.0		

9. 磁性橡胶配方(质量份)

天然橡胶	100	硬脂酸	1.5	松焦油	5
促进剂 MBTS	1	防老剂 PBNA	1	锑铁粉	200
促进剂 DPG	0.05	机油	10	硫黄	2.0~2.5
氧化锌	5				

10. 耐寒橡胶衬里配方(质量份)

3# 烟片胶	100	氧化锌	5	N330 炭黑	30
硫黄	2	硬脂酸	2	硫酸钡	53
促进剂 MBT	1	防老剂 PANA	1	古马隆	5
促进剂 MBTS	0.3	防老剂 PBNA	1	合计	200.3

11. 导电橡胶按键接点胶料配方(质量份)

天然橡胶	100	促进剂 DPG	0.5	促进剂 TMTD	1.5
氧化锌	5	防老剂 CPPD	1.5	硫黄	1.5
硬脂酸	4	超导电炭黑	120	合计	234

12. 耐油胶管胶料配方(质量份)(如表 3-3-14)

表 3-3-14 耐油胶管胶料配方

原材料名称	内胶	中胶	外胶	原材料名称	内胶	中胶	外胶
丁腈胶-26	100	100	—	石蜡	—	—	2
丁腈胶-18	—	—	20	二硫化钼	—	10	—
通用氧丁胶	—	—	80	2# 油膏	5	—	—
氧化锌	15	10	5	促进剂 MBTS	—	—	0.5
氧化镁	—	—	4	促进剂 TMTD	2.5	—	1.5
硬脂酸	2	2	4	促进剂 CBS	1	0.9	—
防焦剂 CTP	2	—	—	癸二酸二辛酯	10	10	10
防老剂 AH	2	—	—	MP 炭黑	90	90	80
防老剂 BLE	—	10	—	N772 炭黑	30	—	—
防老剂 PBNA	—	—	2	沉淀法白炭黑	—	25	—
液体古马隆	—	10	—	硫黄	0.75	2.5	—
氧化钙	8	8	8	合计	268.25	213.4	217