

伍江涛 主编

橡胶物理实验方法标准

实用手册



 中国标准出版社

图书在版编目(CIP)数据

橡胶物理实验方法标准实用手册/伍江涛主编. —
北京:中国标准出版社,2010
ISBN 978-7-5066-5868-3

I. ①橡… II. ①伍… III. ①橡胶-物理性质试验-
国际标准-学习参考资料 IV. ①TQ330.7-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 161812 号

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街 16 号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 32.75 字数 762 千字

2010 年 11 月第一版 2010 年 11 月第一次印刷

*

定价 68.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533

编委会名单

主 编：伍江涛

编 委：伍江涛 张新军 冯 萍

张 燕 柳建爱 陈毅敏

张美龄 朱 伟 阎高发

前 言

橡胶产品应用广泛,上至航天产品、飞行器,下至日常生活中的小孩玩具,随处可见的汽车轮胎,无所不在,其性能的优劣直接影响人类安全与健康。

橡胶与硫化橡胶的物理性能决定最终产品的性能,这些性能关系到产品的应用、可靠性和使用寿命以及动态性能。橡胶设计人员、加工人员以及用户都特别希望了解橡胶的物理性能,尤其是制造者。由于橡胶的微妙变化,使得不同批次的橡胶之间容易出现非人为因素导致的变化,从而使橡胶产品的质量一致性以及如何控制成为十分关注的问题。因为橡胶的黏弹性质,使得出现了大量的橡胶物理试验国际标准和不同的国家标准,而且五花八门的实验方法也论证了测试方法对橡胶行业的重要性。然而需要关注的是橡胶试验方法的灵敏性,每一项方法都有一个特定的应用范围,试验人员应根据具体情况选择适用的方法。

开始准备这本书的时候,正逢笔者离开标准化工作岗位转向产品研究,在接下来的研究工作中发现研究技术人员对标准的熟知度、对标准重要性的理解程度,令人担忧。尽管我们知道检测水平决定产品性能水平,试验与检测能给我们很多的启发,数据的可比性、再现性等简单又实用的要求无可厚非,然而在我们实际生产与研究过程中却很难做到;若再加上试验方法选择上的不尽人意,试验数据更是离散。我们历经3年时间完成了本书的编写,希望能对大家的工作有所帮助。

本书参考了来自英国的 R. P. Brown《橡胶物理实验》各个版本的技术内容,重点对 BS、ASTM、ISO、GB 等相关标准进行了对比分析,希望对从事橡胶研究、生产,尤其是检测人员提供帮助。本书的特点是从国际标准出发,结合国家、国外有关的试验方法标准,介绍每一项试验的基本特点、原理以及不同标准之间的差异,试验过程中的注意事项等,帮助使用者了解和分析试验方法,使其能够更好地使用这些方法。本书还有一个特点是对最新橡胶试验方法提供说明,其意义在于推动行业对标准的重视、对试验方法灵敏度的了解以及如何正确选择试验

方法。本书没有涉及和讨论有关的试验方法内容是否需要增加和补充或修改的意见,而就标准试验方法的试验原理、试验步骤以及在试验时应该注意的地方,给予了说明。由于技术保密的原因,在本书中将不会有意涉及公司标准或专利性较强的标准,然而在参考本书时,请注意对专利的识别。

在本书中我们没有专门提出章节来讨论热塑性橡胶,关于这类材料的定义,我们赞成这样的观点:它不像传统的硫化橡胶,但能够像热塑性材料一样加工和回收的性质不同的橡胶状材料。在通常情况下,热塑性橡胶与硫化橡胶的试验方法是可以通用的,而且我们很多的试验方法的名称就是将硫化橡胶与热塑性橡胶放在一起,这与国际标准化组织、国家标准化管理委员会的橡胶与橡胶制品技术委员会试验方法标准化分技术委员会(ISO/TC 45/SC 2、SAC/TC 35/SC 2)的工作推进有关。首先,橡胶与塑料之间存在必然的重叠,而且这种重叠随着材料技术的发展,将表现得越来越多。在实验室进行试验时,我们没有对其严格地加以区分,但是,我们建议参考塑料的一些试验加以验证较好。第二,本书未包括海绵橡胶和乳胶以及硬质橡胶试验方法,我们认为将它们作为新的部分更加合适一些。第三,本书包括了简单的橡胶与金属、橡胶与织物的基本试验,但是作为专业性的试验方法应该有特殊的要求,因此,在本书中仅仅做了简单描述。第四,本书是建立在橡胶材料试验的基本观点上,因此,很少讨论橡胶成品的试验方法,但是在有的试验方法中有关于成品试验如何取样的简单陈述,这些陈述仅仅是从试验本身讨论的,是基于试验的基本要求,而不是对于成品试验的原则性要求。第五,炭黑在橡胶中的分散性能,在我们的国家标准中是作为化学试验分类的,但是考虑到橡胶中炭黑的分散性能明显地影响橡胶的各项物理性能,又是一项简单的试验,作为橡胶光学性能的一个典型代表,而将其纳入本书中。第六,试验方法的灵敏度以及试验数据的处理是随着试验技术的发展而进步的。近几年来,橡胶试验数据处理以及试验方法灵敏度在试验中变得越来越重要,因此作为橡胶物理试验的一部分,我们认为是合理的。第七,关于橡胶的声学性能、光学性能、非破坏性试验,在本书中都没有讨论,其主要原因是因为声学性能、光学性能的研究在我国并未广泛开展,也没有相应的国家标准,其特殊性与其应用的专业有关,所以我们认为将它们归于专业性的试验更加适宜。而非破坏性试验不仅仅包括X光、超声波、全息照相等,

也包括我们传统的电性能、动态性能、硬度以及尺寸等试验,由于其内容繁杂,因而我们没有将其作为一个独立的章节来讨论。

在整理本书的过程中,我们发现我国国家标准/行业标准中,有关“实验室”和“试验室”之间没有进行严格的区分,鉴于尊重标准的观点,本书没有对标准中涉及到的“实验室”和“试验室”展开详细的讨论。从严格意义上说,两者是有区别的,尤其在试验条件的控制下。因此,请使用者在使用中予以注意。另外,标准中大量使用的“暴露(expose)”或“曝露”,“暴”和“曝”的应用也没有严格区分。也请在阅读时给予注意。

标准 GB/T 2941 是一个基础性的标准,其 2006 年版替代了 GB/T 5723,GB/T 9865.1,GB/T 9868 等,在相关标准程序的叙述中,可能直接用 GB/T 2941 替代。也请读者多加注意。

测试仪器的的发展以及自动化程度的进步,对改进实验室的条件以及减轻试验员的工作强度是很有帮助的,尤其对于试验数据的处理。但是试验仪器的自动化程度以及试验仪器的进步,仅仅在改善试验成本以及提高试验精度上表现出色,而在改善试验数据与产品的相关性上,并没有实质的改观,这方面的经验是值得注意的。因此在本书中我们并未对试验仪器的进步和自动化进行分析。

本书由北京橡胶工业研究设计院、北京万汇-方科技有限公司、常州朗博汽车零部件有限公司、贵州轮胎股份有限公司、青岛双星轮胎工业有限公司、西北橡胶工业研究设计院等单位的技术人员联合编写。其中,第 1、2、18 章由伍江涛编写,第 3、9 章由张新军编写,第 4、6 章由冯萍编写,第 5、10、15、16 章由张燕和柳建爱编写,第 7、17 章由陈毅敏编写,第 8、11、12、13、14 章由张美龄、朱伟、阎高发编写;全书由伍江涛统一协调、策划和统稿。

此外,由于标准手册不同于一般的专著,内容广且执笔技术专家多,写作风格各异,表达习惯不同,繁简不完全一致,在进行审定的过程中,力求统一,但限于时间、精力有限,不妥之处敬请读者谅解。限于编者水平、时间、标准的制修订速度等关系,文中的错误在所难免,愿望理想与现实的距离真实存在,我们衷心地希望得到各位的批评与指导,随着标准的变化,我们将不断完善与修订。

本书得到了来自各方的精心帮助与鼓励,无论是中国标准出版社、全国橡胶与橡胶制品标准化技术委员会以及各有关企业,还是每位编

写者的身边支持者,都给予了我们动力。

在此书的编写过程中,我们还得到北京橡胶工业研究设计院制品事业部和新材料事业部全体同仁的大力支持和帮助,向提供热心帮助的高瑞雪、杨旭迎、姜云平、薛秀等同志表示衷心的感谢。同时感谢第四届全国橡标委橡胶物理和化学试验方法标准化技术委员会全体委员,以及秘书处的全体同事。

谨以此书作为一个时期的工作纪念。

伍江涛

2010年5月于北京

目 录

第 1 章 综述	1
一、标准与标准化	1
二、试验与标准	27
三、国际标准的制定	27
四、中国国家标准与制定	29
第 2 章 试样的制备	30
一、橡胶混炼	30
二、模型硫化	35
三、试样制备	37
四、成品取样	39
五、本章涉及的标准	41
第 3 章 试验环境与调节	43
一、存储	43
二、调节	43
三、常用调节仪器与设备	44
四、非室温试验橡胶试样的热平衡时间	46
五、力学调节	50
六、本章涉及的标准	51
第 4 章 未硫化橡胶的测试	53
一、方法标准	53
二、样品制备	54
三、测试仪器	55
四、焦烧和硫化速率	60
五、黏性	63
六、其他试验	64
七、标准试验程序	65
八、本章涉及的标准	72
第 5 章 质量、密度和尺寸	75
一、质量	75

二、密度	75
三、尺寸	78
四、标准试验程序	81
五、本章涉及的标准	85
第 6 章 短期应力-应变性能	87
一、应力-应变关系	87
二、泊松比	90
三、有限元分析数据	90
四、硬度	91
五、拉伸应力-应变	99
六、压缩应力-应变	107
七、剪切应力-应变	110
八、曲挠(弯曲)应力-应变	111
九、撕裂试验	112
十、标准试验程序	118
十一、本章涉及的标准	135
第 7 章 动态应力-应变性能	138
一、橡胶动态性能试验的基本原理	138
二、橡胶动态性能试验的特点	140
三、橡胶的回弹性试验	141
四、扭摆	145
五、扬子尼机械振荡仪	152
六、橡胶动态性能的强迫振动试验方法	159
七、本章涉及的标准	163
第 8 章 蠕变、应力松弛和变形	165
一、蠕变	165
二、应力松弛	167
三、变形	170
四、标准试验程序	174
五、本章涉及的标准	193
第 9 章 摩擦和磨耗	194
一、摩擦	194
二、磨耗	203
三、本章涉及的标准	212

第 10 章 疲劳	213
一、屈挠龟裂和割口增长试验	213
二、拉伸试验	220
三、生热	233
四、本章涉及的标准	238
第 11 章 电性能试验	239
一、电阻和电阻率的测量	239
二、表面电荷	245
三、耐电强度	245
四、耐漏电性	246
五、电容率和功率因数	247
六、标准试验程序	248
七、本章涉及的标准	269
第 12 章 热性能	272
一、热分析	272
二、比热容	273
三、热导率及热扩散率	273
四、表面热传递系数	276
五、标准试验程序	276
六、本章涉及的标准	278
第 13 章 温度效应	280
一、热膨胀	280
二、玻璃化转换温度	281
三、低温试验	282
四、热老化	301
五、本章涉及的标准	311
第 14 章 耐环境试验	313
一、湿热和蒸汽试验	313
二、液体的影响	314
三、气体的影响(臭氧除外)	319
四、臭氧的影响	319
五、天候老化	326
六、生物侵蚀	327

七、燃烧	327
八、辐射	327
九、标准试验程序	328
十、本章涉及的标准	358
第 15 章 渗透性	361
一、基本原理	361
二、气体的渗透性	362
三、蒸汽的渗透性	366
四、标准试验程序	368
五、本章涉及的标准	376
第 16 章 粘合、腐蚀和污染	377
一、与金属的粘合	377
二、与织物的粘合	389
三、与帘线的粘合	392
四、金属的腐蚀与金属的粘附	403
五、污染	411
六、本章涉及的标准	416
第 17 章 炭黑分散度的测定	418
一、表面观察法	418
二、ASTM D2663 方法 A	419
三、ASTM D2663 方法 B	419
四、ASTM D2663 方法 C—触针法	420
五、光学法(非接触式)暗视场反射光显微镜法	420
六、扫描式电子显微镜法	420
七、R-S 试验法	420
八、ISO 11345(GB/T 6030)方法	421
九、炭黑分散度测定技术的应用进展	423
十、本章涉及的标准	423
第 18 章 统计学的应用	424
一、试验结果的局限性	424
二、结果分布和中心趋势的度量	427
三、置信限和显著性	439
四、秩方法	448
五、拒绝野值的准则	451

六、方差分析(ANOVA) 457

七、回归分析 462

八、不确定性测度 467

九、抽样 470

十、试样的数目 473

十一、结果表示 475

十二、精密度的声明 478

十三、试验设计 480

十四、统计质量控制 500

十五、本章涉及的标准 507

第 1 章 综 述

一、标准与标准化

(一) 概述

标准随时代的进步而变化,随技术的发展而发展。从定义上说,标准是对一定范围内的重复性事物和概念所做的统一规定。它以科学、技术和实践经验的综合成果为基础,以获得最佳秩序、促进最佳社会效益为目的,经有关方面协商一致,由主管机构批准,以特定形式发布,作为共同遵守的准则和依据。

1986 年国际标准化组织发布的 ISO 第 2 号指南中提出的定义(草案)是:“得到一致(绝大多数)同意,并经公认的标准化团体批准,作为工作或工作成果的衡量准则、规则或特性要求,供(有关各方)共同重复使用的文件,目的是在给定范围内达到最佳有序化程度。”

《贸易技术壁垒协定(TBT)》中给出的定义是:“经公认机构批准的、规定非强制执行的、供通用或重复使用的产品或相关工艺和生产方法的规则、指南或特性的文件。该文件还可包括或专门关于适用于产品、工艺或生产方法的专门术语、符号、包装、标志或标签要求。”

ISO/IEC 导则 2 中给出的定义是:“为在一定范围内获得最佳秩序,对活动或其结果规定共同的重复使用的规则、导则或特性的文件。该文件经协商一致制定并经一个公认机构的批准。注:标准应以科学、技术和经验的综合成果为基础,并以促进最大社会效益为目的。”需要说明的是“协商一致”并不意味着一致同意,它是指:总体同意,利益相关方的任何重要一方对重大问题没有坚持反对,整个过程寻求考虑所有相关方的意见,并且协调所有对立的争论。

标准的类型按使用范围划分有国际标准、区域标准、国家标准、行业标准、企业标准;按内容划分有基础标准(一般包括名词术语、符号、代号、机械制图、公差与配合等)、产品标准、辅助产品标准(工具、模具、量具、夹具等)、原材料标准、方法标准(包括工艺要求、过程、要素、工艺说明等);按成熟程度划分有法定标准、推荐标准、试行标准、标准草案。标准的制定,国际标准由国际标准化组织(ISO)理事会审查,ISO 理事会接纳国际标准并由中央秘书处颁布;国家标准在中国由国务院标准化行政主管部门制定,行业标准由国务院有关行政主管部门制定,企业生产的产品没有国家标准和行业标准的,应当制定企业标准,作为组织生产的依据,并报有关部门备案。法律对标准的制定另有规定,依照法律的规定执行。制定标准应当有利于合理利用国家资源,推广科学技术成果,提高经济效益,保障安全和人民身体健康,保护消费者的利益,保护环境,有利于产品的通用互换及标准

的协调配套等。

标准化是为了所有方面的利益,特别是为了促进最佳的全面经济,并适当考虑产品使用条件与安全要求,在所有有关方面的协作下,进行有秩序的特定活动所制定并实施的各项规则的过程。标准化主要对科学、技术与经济领域内重复应用的问题给出解决办法的活动,其目的在于获得最佳秩序。

(二) 标准组织

1. ISO 组织

ISO 是非政府性国际组织,其宗旨是在全世界促进标准化及有关活动的发展,以便国际物资交流和服务,并扩大知识、科学技术和经济领域中的合作。

ISO 的主要任务为:

- 制定、发布和推广国际标准;
- 协调世界范围内的标准化工作;
- 组织各成员国和技术委员会进行技术交流;
- 与其他国际组织共同研究有关标准化的问题。

由 ISO 的中央秘书处负责处理日常事务。技术委员会或分委会(TC 或 SC)承担制修订标准的工作,目前正式的 TC 有 252 个。

2. ISO/TC 45

TC 45 的领域为橡胶与橡胶制品。与其相关的 TC 为 TC 31(轮胎轮辋气门嘴)、TC 41/SC 3(带与带轮输送带分会)、TC 61(塑料)。

TC 45 下设分会和工作组见表 1-1。

表 1-1 TC 45 分会和工作组

分会或工作组编号	名 称
TC 45/WG 10	Terminology 术语
TC 45/WG 16	Environmental aspects 环境方面
TC 45/SC 1	Hoses (rubber and plastics)橡胶与塑料胶管
TC 45/SC 2	Testing and analysis 试验与分析
TC 45/SC 3	Raw materials (including latex) for use in the rubber industry 橡胶工业用填料
TC 45/SC 4	Products (other than hoses)胶管以外的制品

3. ISO/TC 45/SC 2

TC 45/SC 2 的领域为橡胶与橡胶制品试验与分析。与其相关的 TC 为 TC 61/SC 2(塑料力学性能),TC 61/SC 5(塑料理化性能),TC 61/SC 6(塑料的老化、耐化学和环境),TC 61/SC 9(热塑性塑料),TC 108(机械振动、冲击与调节器)。

该技术委员会下设工作组见表 1-2。现行国际标准目录见表 1-3。

表 1-2 TC 45/SC 2 工作组

工作组编号	名 称
TC 45/SC 2/WG 1	Physical properties 物理性能
TC 45/SC 2/WG 2	Visco-elastic properties 黏弹性能
TC 45/SC 2/WG 3	Degradation tests 降解试验
TC 45/SC 2/WG 4	Application of statistic methods 统计学应用
TC 45/SC 2/WG 5	Chemical tests 化学试验
TC 45/SC 2/WG 6	Interlaboratory test programmes for rubber test methods 橡胶试验实验室 间试验计划

表 1-3 现行的 TC 45/SC 2 国际标准目录及对应的国家标准

序号	标准编号	标 准 名 称	对应我国标准
1	ISO 34-1:2004	Rubber, vulcanized or thermoplastic—Determination of tear strength—Part 1; Trouser, angle and crescent test pieces 硫化橡胶或热塑性橡胶 撕裂强度的测定 第 1 部分:裤形、直角形和新月形试样	GB/T 529—2008
2	ISO 34-2:2007	Rubber, vulcanized or thermoplastic—Determination of tear strength—Part 2; Small (Delft) test pieces 硫化橡胶或热塑性橡胶 撕裂强度的测定 第 2 部分:小试片	GB/T 12829—2006
3	ISO 36:2005	Rubber, vulcanized or thermoplastic—Determination of adhesion to textile fabrics 硫化橡胶或热塑性橡胶与织物粘合强度的测定	GB/T 532—1991
4	ISO 37:2005	Rubber, vulcanized or thermoplastic—Determination of tensile stress-strain properties 硫化橡胶或热塑性橡胶 拉伸应力应变性能的测定	GB/T 528—2009
5	ISO 37:2005/ Cor1:2008		
6	ISO 48:2007	Rubber, vulcanized or thermoplastic—Determination of hardness (hardness between 10 IRHD and 100 IRHD) 硫化橡胶或热塑性橡胶硬度的测定(硬度在 10~100 IRHD 之间)	GB/T 6031—1998
7	ISO 48:2007/ Cor 1:2009		

续表 1-3

序号	标准编号	标 准 名 称	对应我国标准
8	ISO 132:2005	Rubber, vulcanized or thermoplastic—Determination of flex cracking and crack growth (De Mattia) 硫化橡胶或热塑性橡胶曲挠龟裂和裂口增长的测定	GB/T 13934—2006
9	ISO 188:2007	Rubber, vulcanized or thermoplastic—Accelerated ageing and heat resistance tests 硫化橡胶或热塑性橡胶 加速老化和耐热性试验	GB/T 3512—2001
10	ISO 247:2006	Rubber—Determination of ash 橡胶 灰分的测定	GB/T 4498—1997
11	ISO 248:2005	Rubber, raw—Determination of volatile-matter content 生橡胶 挥发分含量的测定	GB/T 24131—1997
12	ISO 249:1995	Rubber, raw natural—Determination of dirt content 天然生胶 杂质含量的测定	
13	ISO 289-1:2005	Rubber, unvulcanized—Determinations using a shearing-disc viscometer—Part 1; Determination of Mooney viscosity 未硫化橡胶 用圆盘剪切黏度计进行测定 第1部分:门尼黏度的测定	GB/T 1232.1—2000
14	ISO 289-1:2005/ Cor 1:2009		
15	ISO 289-2:1994	Rubber, unvulcanized—Determinations using a shearing-disc viscometer—Part 2; Determination of pre-vulcanization characteristics 未硫化橡胶 用圆盘剪切黏度计进行测定 第2部分:初期硫化特性的测定	GB/T 1233—2008
16	ISO 289-3:1999	Rubber, unvulcanized—Determinations using a shearing-disc viscometer—Part 3; Determination of the Delta Mooney value for non-pigmented, oil-extended emulsion-polymerized SBR 未硫化橡胶 用圆盘剪切黏度计进行测定 第3部分:无色充油乳聚丁苯橡胶门尼黏度值的测定	
17	ISO 289-4:2003	Rubber, unvulcanized—Determinations using a shearing-disc viscometer—Part 4; Determination of the Mooney stress-relaxation rate 未硫化橡胶 用圆盘剪切黏度计进行测定 第4部分:门尼应力松弛率的测定	

续表 1-3

序号	标准编号	标 准 名 称	对应我国标准
18	ISO 812:2006	Rubber, vulcanized or thermoplastic—Determination of low-temperature brittleness 硫化橡胶或热塑性橡胶低温脆性测定	GB/T 15256—1994
19	ISO 813:1997	Rubber, vulcanized or thermoplastic—Determination of adhesion to a rigid substrate—90 degree peel method 硫化橡胶或热塑性橡胶与刚性材料粘合性能的测定 90 度剥离法	GB/T 7760—2003
20	ISO 814:2007	Rubber, vulcanized—Determination of adhesion to metal—Two-plate method 硫化橡胶与金属粘合性能的测定 两板法	GB/T 11211—2009
21	ISO 815-1:2008	Rubber, vulcanized or thermoplastic—Determination of compression set—Part 1; at ambient and elevated temperatures 硫化橡胶或热塑性橡胶 压缩永久变形的测定 第 1 部分:高温或常温条件	GB/T 7759—1996
22	ISO 815-2:2008	Rubber, vulcanized or thermoplastic—Determination of compression set—Part 2; at low temperatures 硫化橡胶或热塑性橡胶 压缩永久变形的测定 第 2 部分:低温条件	GB/T 7759—1996
23	ISO 1407:1992	Rubber—Determination of solvent extract 橡胶溶剂抽出的测定	GB/T 3516—2006
24	ISO 1407:1992/ Cor 1:2007		
25	ISO 1408:1995	Rubber—Determination of carbon black content—Pyrolytic and chemical degradation methods 橡胶炭黑含量的测定 热裂解和化学降解法	GB/T 3515—2005
26	ISO 1409:2006	Plastics/rubber—Polymer dispersions and rubber latices (natural and synthetic)—Determination of surface tension by the ring method 塑料/橡胶 聚合物分散体和橡胶胶乳(天然和合成的) 用环形法测定表面张力	GB/T 18396—2001
27	ISO 1431-1:2004	Rubber, vulcanized or thermoplastic—Resistance to ozone cracking—Part 1; Static and dynamic strain testing 硫化橡胶或热塑性橡胶耐臭氧龟裂试验 第 1 部分:静态和动态拉伸试验法	GB/T 7762—2003 GB/T 13642—1992