

GB/T 25262—2010《硫化橡胶或热塑性橡胶磨耗试验指南》解析

冯 萍

(贵州轮胎股份有限公司技术中心, 贵州 贵阳 550008)

摘要:解析 GB/T 25262—2010《硫化橡胶或热塑性橡胶磨耗试验指南》。阐述 GB/T 25262—2010 的适用范围,磨耗的相关术语、定义、机理、摩擦材料、常用试验机类型,试验条件对橡胶材料磨耗试验结果的影响,以及参比材料的应用、磨耗试验结果表述等。

关键词:GB/T 25262—2010;磨耗;摩擦材料;磨耗试验机;耐磨性能

磨耗是由摩擦引起的一种破坏现象。在实际应用中,磨耗性能是橡胶制品重要的性能指标。轮胎、胶带、胶管和胶鞋等橡胶制品的磨耗性能与使用寿命相关。因此,磨耗性能及其测试是橡胶工业的一个重要课题。在不同的测试条件下,橡胶磨耗具有不同的特征。GB/T 25262—2010《硫化橡胶或热塑性橡胶磨耗指南》的制定有助于工程技术人员掌握橡胶的磨耗机理、测试方法和测试条件,更好地评价橡胶材料和制品的磨耗性能。

1 概况

本标准等同翻译采用 ISO 23794 : 2003《硫化橡胶或热塑性橡胶磨耗试验指南》(英文版),制订该标准的主要目的在于帮助使用者选择适当的测试方法和测试条件,以评价橡胶材料及其产品的磨耗性能。本标准还阐述了影响实验室磨耗试验和产品实际使用性能之间相关性的因素,但不能作为特定橡胶制品的磨耗试验方法。

2 术语和定义

磨耗定义为由摩擦力引起的材料表面损失。

耐磨性能定义为抵抗由于机械作用使材料表面产生磨损的性能,用耐磨指数表征。

耐磨指数定义为在相同的规定条件下测量的

标准橡胶与试验橡胶的体积磨耗损失比,用百分数表示。

相对体积磨损量定义为在相同的规定条件下,使标准橡胶产生固定质量损失的摩擦材料作用于试验橡胶所产生的体积磨耗损失。

3 磨耗机理

磨耗通常是由 2 个表面相互摩擦而发生,橡胶在移动中与另一种材料接触而产生磨耗的机理是复杂的,主要包括橡胶切割机理和疲劳机理。磨耗机理可以采用多种方式分类,本标准分为以下几种类型。

(1)磨蚀磨耗:由硬而尖的突起部位刮擦橡胶表面产生的磨耗。橡胶在粗糙表面上摩擦时,由于摩擦表面上尖锐点的刮擦,使橡胶表面产生局部的应力集中,磨损橡胶被不断切割和扯断成微小颗粒,从橡胶表面上脱落下来。磨蚀磨耗的特点是磨损后的橡胶表面形成一条与滑动方向垂直的痕带。在粗糙路面上行驶速度不高的轮胎胎面主要产生这种磨耗。

(2)疲劳磨耗:在滚动或光滑表面上微凸体引起的周期应力作用下,橡胶表面因疲劳而产生的磨耗。该磨耗是低苛刻度的磨耗,是橡胶制品在实际使用条件下普遍存在的磨耗形式。

(3)附着磨耗:橡胶表面与平滑面摩擦产生的磨耗。

(4)卷曲磨耗:橡胶表面层不断被撕裂破坏、起卷而产生的磨耗。

(5)腐蚀磨耗:橡胶表面直接受化学作用而产生的磨耗。

(6)侵蚀磨耗:有时指液体流中的粒子对橡胶的磨耗行为。

在任何一个特定的磨耗形式中,通常不止涉及一种磨耗机理,但总有一种机理起主导作用。如磨蚀磨耗中通常还存在疲劳磨耗及卷曲磨耗等。磨耗机理和对应的磨耗速率均可能随着摩擦接触压力、运行速度和温度等条件的变化而突然改变。在任何实际的橡胶磨耗过程中,磨耗机理是复杂的,并且依赖于一定条件。因此,如果要使磨耗试验结果与实际结果具有良好的相关性,关键是试验条件必须在本质上再现实际使用条件。如果磨耗试验的主导机理与实际机理不同,那么即使是2个橡胶试样之间耐磨性能的对比试验也可能无效。轮胎使用中的磨耗条件变化非常复杂,因此单一形式的磨耗试验结果不可能与实际结果吻合。

综合得出,不可能有一个统一的橡胶磨耗试验标准方法,但应选择合适的测试方法和测试条件,以符合产品最终使用条件。同时,如果要进行加速试验,更需要注意选择测试方法和测试条件。

4 摩擦材料

摩擦材料可分为致密型和松散型,致密的摩擦材料如砂轮、砂纸或砂布、金属刀、表面光滑材料;松散的摩擦材料通常为与砂轮或砂纸摩擦粒子材质相同的普通粒子,其摩擦特性取决于粒子大小和锐利度。

砂轮成本低和力学稳定性好以及通过简单的修复可恢复均匀表面,是应用最方便、最广泛的摩擦材料。砂轮的摩擦特性取决于摩擦粒子的种类、大小、锐利度以及其整体结构和与基质材料(玻璃基质材料或弹性基质材料)的黏合方式等。

砂纸较砂布便宜且使用简便,缺点是损坏速度相对较快,其摩擦特性取决于摩擦粒子的种类、

大小、锐利度。

金属刀有多种几何形状(包括带网格和凸纹的砂轮),其摩擦特性取决于接触胶料的刀口锐利度,但其刀口锐利度的重现性较差。

表面光滑材料的摩擦特性取决于材料表面的光滑程度以及材料的摩擦力水平。

选择摩擦材料时应尽量选用符合实际使用条件的材质,同时必须考虑材料的易获取和测试的可重复性。

总的说来,砂轮、砂纸或砂布更有利于模拟尖锐粗糙表面的摩擦,测试时必需确定适合的粗糙度和锐利度;采用光滑摩擦材料测试时磨耗速度相对较慢,提高摩擦速度会引起滑行表面温度上升过快。因此,砂轮和砂纸是最常用的摩擦材料。

5 磨耗试验机

磨耗试验主要分为两大类,一类是采用松散的摩擦材料,另一种是采用致密的摩擦材料。根据试样与摩擦材料摩擦的主要接触形式,可区分磨耗的类型,如往复运动型、轮-轮结构型等。

橡胶制品使用条件千差万别,所采用的磨耗试验机种类繁多。不同的磨耗试验机得出的试验结果是不同的,甚至是不可比的。以下列举几种常见的磨耗试验机。

1. 辊筒式磨耗试验机

辊筒式磨耗试验机又称 DIN 磨耗机(如图1所示),用于测定轮胎、胶鞋、胶带等的耐磨性能。试验时,在一定负荷作用下试样与辊筒上的砂布进行摩擦,测定规定行程内试样的磨耗量。该试验方法符合 GB/T 9867《硫化橡胶耐磨性能的测定》(旋转辊筒式磨耗机法)、ISO 4649 及 DIN 53516 的要求。试验时,砂布包贴在旋转辊筒表面,试样紧压在辊筒上沿辊筒横向移动,磨耗在圆柱型试样的一端产生。NBS 磨耗试验机(如图2所示)也是辊筒式磨耗试验机。NBS 磨耗试验在美国已作为鞋底橡胶耐磨性能的标准测试设备,其具体的测试方法是:将3个方块试样固定在施加负荷的杠杆上,同时在一个直径为150 mm、转速为 $(45 \pm 5) \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 的包贴砂布的旋转辊筒上进行摩擦,测定试样磨耗深度为2.5 mm时所

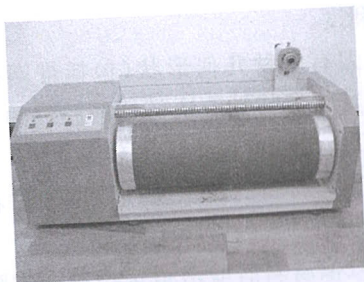


图 1 DIN 磨耗试验机

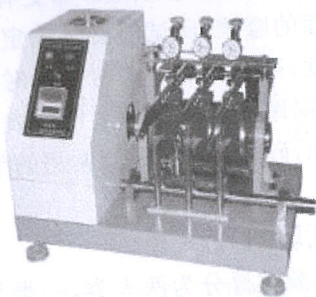


图 2 NBS 磨耗试验机

需要的转数。

2. 格拉西里磨耗试验机

格拉西里磨耗试验机又称威廉磨耗试验机或杜邦磨耗机,有关 ISO 标准和 ASTM 标准曾将其作为试验机,但现已停用,目前仅 BS 标准和 Γ OCT 标准采用。这种试验机的优点是更换砂纸方便,试验速度快,并且可以同时测定摩擦功率,缺点是试样表面易生热,同时砂纸易填充胶末。

格拉西里磨耗试验机是测定在平面滑动的橡胶耐磨性能,其特点是将试样压在一磨料圆盘上,圆盘以固定的速度($40 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$)旋转,磨料一般为砂纸或砂布。 Γ OCT 426 还采用一种金属网,在接近疲劳磨耗的情况,在润滑条件下进行试验。另外,BS 903A9 B 法采用一种恒功率的格拉西里磨耗试验机,在摩擦功率不变的情况下进行试验。BS 903A9 B 法规定砂布的使用寿命为 6 h,同时为了减少在同一批试验中砂布磨耗能力的变化对试验结果的影响,还规定对一组测试试样与一组标准试样进行正反顺序 2 次磨损的补偿性测试,并用测试试样与标准试样磨耗量比值——耐磨指数来表征试验结果,也可用试验过程中所消耗的

功率与磨耗体积比来表征试验结果。 Γ OCT 426 还增添了另一个耐磨指数——随压力变化而变化的磨耗强度指数。

3. 阿克隆磨耗试验机

阿克隆磨耗试验机(如图 3 所示)用于测定硫化橡胶的耐磨性能。使用标准是 GB/T 1689—1998《硫化橡胶耐磨性能的测定》(用阿克隆磨耗机)。该标准引用自 BS 903,试验时试样与砂轮在一定倾斜角度和一定负荷作用下进行摩擦,测定试样在一定里程内的磨耗体积。阿克隆磨耗属于轮-轮结构型类型。

4. 泰伯磨耗试验机

泰伯磨耗试验机(如图 4 所示)用于测试塑料夹板、皮革、涂料等的耐磨性能。试验时,配置在转盘右侧的轮子从试样中心向外摩擦,左侧的轮子与此相反,从外向试样中心摩擦。因为在转盘转动中连续进行摩擦,结果试样上形成了由 2 个相互交叉弧线围成的面积为 30 cm^2 的环状摩擦带。试验结果以泰伯磨耗指数,即试片磨耗 1000 次后的损失质量(mg)除以 1000 所得值表征。

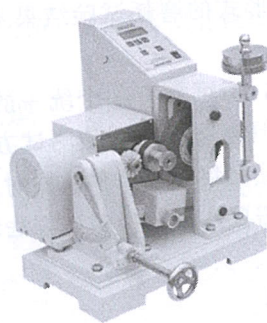


图 3 阿克隆磨耗试验机

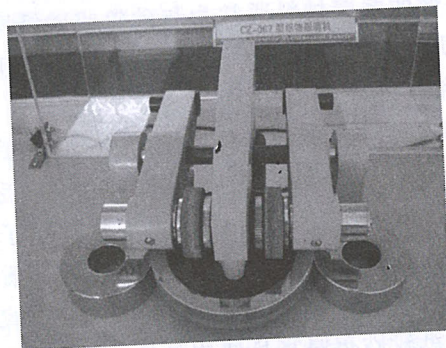


图 4 泰伯磨耗试验机

5. 金属刀磨耗试验机

金属刀磨耗试验机包括耐切削试验机(Cut & Chip Tester, 如图 5 所示)和皮克磨耗试验机(如图 6 所示)。耐切削试验机是在规定时间内,由具有一定尺寸的刀具在规定切削频率下对以规定转速旋转的圆盘试样进行切削,然后测量试样的损失质量和直径变量,以此评价硫化橡胶的耐磨性能。该试验机可模拟矿山和井下等使用的轮胎等受尖锐路面刮擦产生的磨耗。

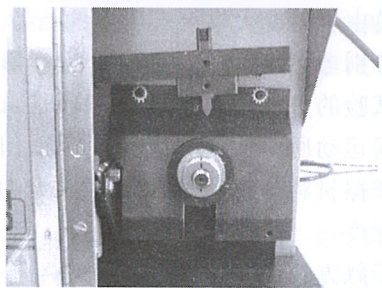


图 5 耐切削磨耗试验机



图 6 皮克磨耗试验机

皮克磨耗试验机采用一对碳化钨合金钝刀,在一定负荷和转速下,把 2 枚金属刀片压向以一定速度旋转的圆盘状试样进行磨耗。

耐切削试验机和皮克磨耗试验机测得的胎面胶的磨耗性能与胎面实际磨耗性能相关性较好,但刀具需要定期校正,以保证结果的可比性。

6. 兰伯恩磨耗试验机和 FPS 磨耗试验机

兰伯恩磨耗试验机(如图 7 所示)在评价轮胎、胶带、胶鞋底等橡胶制品的耐磨性能试验机中被公认为与产品实际试验结果相关性及再现性最好的仪器。兰伯恩磨耗试验机用砂轮作旋转磨耗轮,研磨其外周的环状试样,并向试样施加一定负

荷。除了进行磨耗测试之外,该试验机还可在试样轴上以及磨石轴上通过转矩探测器获得动态摩擦力。该试验机可以在 120 °C 的高温环境下以及在试样表面运行速度、打滑率相同且稳定的条件下进行测试。

FPS(Field Performance Simulation)磨耗试验机(如图 8 所示)的试验原理与兰伯恩磨耗试验机相同,且能更精确地显示微小滑移率并具有良好的再现性。

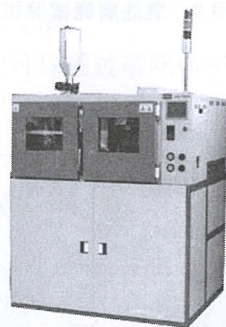


图 7 兰伯恩磨耗试验机

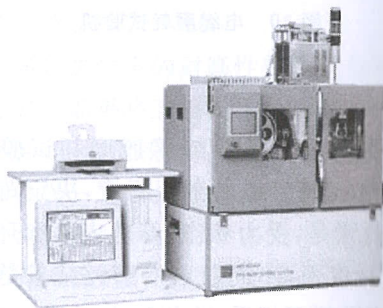


图 8 FPS 磨耗试验机

7. 其他

还有一些用于实际产品测试的磨耗试验机,如鞋底磨耗试验机(如图 9 所示)、电缆磨耗试验机(如图 10 所示)等。

橡胶磨耗试验机的种类很多,不同橡胶磨耗试验机适用于不同材料或产品和试验条件。为使试验条件与产品实际使用条件密切相关,最可靠的方法是在产品实际使用条件下进行试验,但这既耗时耗材,有时又不可行。本标准的制定旨在为橡胶磨耗试验提供一个指南,为正确评价材料或产品的磨耗性能提供适当的测试方法和测试条件。

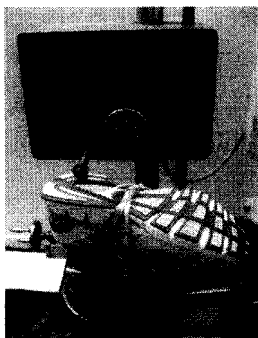


图9 鞋底磨耗试验机

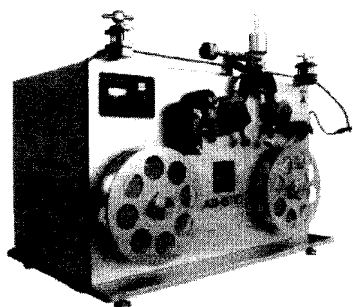


图10 电缆磨耗试验机

6 试验条件

试验条件即苛刻度对橡胶磨耗试验影响很大。苛刻度就是磨耗的激烈程度,决定苛刻度的3个基本要素是:受力状态、摩擦表面和环境。在不同的苛刻度下,不同胶料的磨耗结果是不可比的,有时结果甚至相反。

1. 温度

温度对磨耗速率有非常大的影响,并且是影响实验室测试条件与实际使用条件相关性的重要因素,但试验过程中温度的控制非常困难。磨耗试验通常在标准实验室温度下进行,摩擦表面温度对试验结果的影响比环境温度更大,摩擦表面温度取决于摩擦滑动程度和滑动速度、接触压力、接触方式、润滑剂、污染物。

2. 滑动程度和滑动速度

在带有固定摩擦材料的磨耗结构中,摩擦材料与试样之间存在相对运动或滑动,其滑动程度是确定磨耗速率的主要因素。如滑动程度100%,摩擦材料和试样之间的滑动速度与运动速

度是一样的,滑动程度可通过改变轮子间的角度而改变。在各种条件下,滑动速度取决于从动构件的运转速度。滑动速度增大会致使热量增大,从而导致摩擦表面温度上升。

3. 接触压力

试样与摩擦材料的接触压力是另一个重要的影响磨耗速率的因素。在某些情况下,磨耗速率与接触压力大致成正比,但随着接触压力的变化,如果磨耗机理发生改变,磨耗速率会突然变化,这种变化是由于温度大幅上升引起的。

除分别考虑接触压力和滑动速度影响外,作为磨耗试验的另一个重要的测试项目,试样与摩擦材料间运动所消耗的能量也应考虑。能量消耗取决于摩擦材料与试样之间的摩擦力,并决定温度上升程度。

4. 接触方式

试样与摩擦材料接触的方式有连续或间断接触。试样与摩擦材料连续接触时,在接触表面产生的热量不能散发,滑动速度影响磨耗速率,当滑动速度增大时,热量上升。

5. 润滑剂和污染物

磨耗试验中,任何接触表面状态的改变都会影响磨耗速率,这种改变包括摩擦材料和试样表面构形的改变,还包括接触表面由于杂质、污染物、摩擦材料和试样产生的碎屑所引起的改变。

使用液体润滑剂进行试验的磨耗试验机不多,试验中一般用刷子连续刷去试样或用压缩空气清除磨耗碎屑。在用压缩空气清除磨耗碎屑的过程中,应确保空气不被油或水污染。摩擦材料砂轮和砂纸结渣或被填平是普遍存在的问题,这种情况一旦发生,将导致试验结果无效。这通常是由于摩擦材料与试样接触表面温度过高引起的,尽管有时可通过在接触面撒粉使其影响降低,但已表明测试条件不适宜,应进行处置。如果试验确需在高温下进行,应选择可连续使用的新型摩擦材料。

7 参比材料

由于确保摩擦材料和试验条件的可重复性非常困难,因此通常将采用参比材料的试验结果与

试验材料的试验结果进行对比,这样可以消除由于名义上的同一设备与不同摩擦材料之间的不同表现造成的差异,但缺点是难以制成一种可精确重现的标准橡胶。

参比橡胶可以通过固定来源的材料制备,也可根据内部或用户评价的有代表性的配方、技术规范在当地制造(生产)。常用的参比橡胶采用轮胎胎面胶配方制备,但也采用鞋底胶料配方制备。

通用参比材料未指定。除橡胶以外的一些材料也可用作参比材料,并具有良好的再现性。已建议使用非常软的金属或塑料作参比材料,但这些材料还没有广泛应用。

8 试验步骤

选择摩擦材料和试验条件的主要目的是使试验符合实际使用条件。只有在试验可再现实际使用基本条件,尤其是再现实际磨耗机理时,才可能获得与实际情况相关性良好的试验结果。如果实际使用条件不易确定,建议选用系列摩擦材料和试验条件进行试验。

试验步骤应遵循特定的试验方法标准或试验仪器使用说明。GB/T 2941 规定了试样调节、试样尺寸和试样制备要求,应按规定执行。

对于一些试验方法,建议做预试验,以确定适合的试验条件。

测试中应实时清理摩擦材料表面或更新摩擦材料,并设计各试验材料的测试顺序,以减少因摩擦材料随时间变化而变化所产生的影响。理想的情况是每次测试都更换新摩擦材料;清理耐磨材料表面或更新摩擦材料的频次取决于摩擦材料的特性和被测材料的性质。一般来说,在试样测试间隔期间,测试参比材料,并且逆序重复测试同一组试样。

多数的测试方法是基于测定磨耗前和磨耗后试样质量的差异。应特别注意,如果在显微镜下观察到试验材料表面黏附刮擦碎屑,试验结果则不准确。

9 结果表述

磨耗试验中,通常是测量试样的损耗质量,再

以损耗质量除以密度换算成磨耗体积。磨耗体积可以表征为试样通过单位距离摩擦材料的损耗量,或表征为辊筒旋转 1000 r 试样的损耗量,还可以表征为其他单位时间内或单位距离内的损耗量。耐磨性能还可用磨耗过程中消耗单位能量所产生的磨耗量来表示,并通过 WLF 方程式来表示其与相对滑动速率的关系。无论如何,测试结果都用损耗表征。由于试样的不均匀性、试样表面的变化或摩擦材料性能的逐步改变,磨耗速率不会是恒定不变的。

耐磨性能可以通过磨耗体积的倒数来计算。

如果采用参比橡胶进行对比测试,试样的相对体积磨耗量(V_{rf})可通过以下公式获得:

$$V_{\text{rf}} = V_{\text{test}} \times V_{\text{const}} / V_{\text{ref}}$$

式中 V_{test} ——试样的体积磨耗量;

V_{const} ——参比橡胶的固定体积磨耗量;

V_{ref} ——参比橡胶测试的体积磨耗量。

如果以参比橡胶的体积磨耗量作为标准,则试样的耐磨指数 V_{ari} 可通过以下公式计算:

$$V_{\text{ari}} = V_{\text{ref}} / V_{\text{test}} \times 100.$$

上述方法测定的耐磨性都只是与特定的试验条件有关。如果将磨耗量作为一个以速度、温度、滑动程度、能量消耗等为参数的函数进行计算,也许可能形成一个多边相关分析式,并获得耐磨性能的综合测算结果。对于多数磨耗试验机,进行以上分析试验是不可能或至少是极其繁杂的,但用磨耗和牵引力试验机——实验室磨耗试验机 100(Laboratory Abrasion Tester 100, System Dr Grosch)则可以自动完成。该试验机由荷兰 VMI 公司研发,其试验原理与改进的兰伯恩磨耗试验机相似,试样与砂轮分别驱动,倾斜角度可在很大范围内调整,以改变磨耗的苛刻度,试样上的负荷也是可调的。该试验机有相应装置模拟干路面和湿滑路面情况,还可测试试样在冰路面上的摩擦性能。该模拟系统由电路系统和操作平台(包括摩擦盘、高灵敏度应力探测器、滑动角单元和表面温度探测器等)组成,试验数据用 LATExplorer 分析软件进行处理。该模拟系统的特点是测试条件控制精确、操作时间短、数据可自动采集和处理,避免了人为误差。 (下转第 46 页)

总出口量的 96.9%, 同比增长 23.0%, 其中江苏省的防老剂出口量占防老剂总出口量的 90.2%, 同比增长 25.1%; 广东省的防老剂出口量占防老剂总出口量的 3.5%, 同比减小 28.9%; 上海市的

防老剂出口量占防老剂总出口量的 1.9%, 同比增长 24.3%; 辽宁省的防老剂出口量占防老剂总出口量的 1.3%, 同比增长 485.2%。近年我国防老剂的主要出口地见表 6。

表 5 近年我国橡胶防老剂的主要出口海关

出口海关	2010 年		2011 年	
	出口量/t	出口金额/万美元	出口量/t	出口金额/万美元
上海海关	7061.18	1521.44	7904.83	1871.89
天津海关	133.30	36.21	151.67	34.53
深圳海关	238.57	34.24	246.54	63.78
黄埔海关	220.43	37.04	94.58	48.05
南京海关	41.50	8.81	997.65	218.93
拱北海关	30.05	33.96	28.17	27.70
青岛海关	109.18	28.09	47.55	18.21
大连海关	39.59	16.46	141.25	34.49
长春海关	52.20	11.34	27.22	7.90
昆明海关	21.42	5.60	13.91	3.99
郑州海关	13.00	3.58	13.00	4.13
其它	12.61	3.21	4.64	1.29
合计	7973.03	1739.98	9671.01	2334.89

表 6 近年我国橡胶防老剂的主要出口地

出口地	2010 年		2011 年	
	出口量/t	出口金额/万美元	出口量/t	出口金额/万美元
江苏省	6970.79	1521.73	8722.26	2055.58
广东省	481.05	100.46	341.97	137.54
上海市	150.95	14.78	187.69	36.06
辽宁省	21.09	9.02	123.40	27.63
天津市	86.71	25.02	71.89	22.39
山东省	103.98	24.40	56.57	19.34
河南省	59.00	14.91	44.54	11.57
河北省	54.15	11.55	57.35	12.09
北京市	21.14	9.67	5.75	1.15
浙江省	21.62	7.70	7.90	6.67
其它	2.55	0.74	51.69	4.87
合计	7973.03	1739.98	9671.01	2334.89

(上接第 31 页)

10 结语

GB/T 25262—2010 提供了硫化橡胶和热塑性橡胶耐磨性测试指南, 规范了磨耗术语, 阐述了磨耗机理和常用的磨耗试验机类型, 并介绍了试

验条件对试验结果的影响, 以及磨耗试验步骤和结果的表示方法, 对橡胶材料或产品耐磨性能试验的测试方法和测试条件选取以及评价橡胶材料或产品的磨耗性能有一定的指导作用。