

轮胎用胶料在不同温度环境下硬度测试的研究

赵贝贝, 张丽杰, 路官山, 王慧敏

(山东玲珑轮胎股份有限公司, 山东 招远 265400)

摘要: 研究轮胎各部件胶料在不同温度环境下硬度的变化。结果表明: 试验轮胎的胎面胶、带束层胶、气密层胶、胎体胶、基部胶和胎侧胶的硬度随温度变化的情况存在差异性, 可能导致在常温下匹配的各部件胶料在温度变化后不再匹配。本试验结果有助于配方设计人员根据轮胎使用环境预判胶料性能。

关键词: 轮胎; 胶料; 硬度; 温度环境; 测试

中图分类号: TQ330.7⁺3

文献标志码: B

文章编号: 1006-8171(2021)10-0651-03

DOI: 10.12135/j.issn.1006-8171.2021.10.0651



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

胶料硬度是其在给定条件下抵抗刚性测量器具探头压入的性能, 反映了胶料软硬程度。胶料硬度与其定伸应力、撕裂强度、压缩变形、弹性模量等密切相关^[1]。因此, 在某种意义上可以通过硬度了解胶料力学性能。利用胶料硬度来控制生产工艺, 对判定胶料硫化程度和产品质量具有重要意义^[2]。此外, 硬度可直接反映胶料在小应变下的应力-应变关系, 硬度越大, 在相同外力下胶料变形越小。轮胎行驶中经受外力的作用, 其中部分应力由于胶料弹性被吸收和分散, 使各部件胶料所受应力由外向内依次减小; 层与层间由于胶料变形不同而产生剪切应力, 在胎体层中剪切应力最大。因此合理配置各部件胶料硬度, 可避免因局部应力过大导致轮胎早期损坏^[3]。

目前国内大多数轮胎企业只测试胶料在常温下的硬度, 这对于有温度要求的特殊轮胎(冬季轮胎或用于非洲、中东等高温地区的轮胎)显然是不适用的。不同环境温度条件下, 轮胎硬度变化非常大, 并由此影响轮胎行驶安全性。因此, 测定胶料在低温或高温下的硬度及轮胎各部件硬度随温度的变化尤为重要。此外, 对不同温度下胶料进行硬度测定也为设计出在不同温度下可合理配置的部件胶料硬度提供有效的数据支持。

作者简介: 赵贝贝(1988—), 男, 山东滨州人, 山东玲珑轮胎股份有限公司工程师, 学士, 主要从事配方设计及橡胶材料研究分析工作。

E-mail: 493772990@qq.com

1 橡胶硬度测试方法

橡胶硬度测试方法和仪器很多, 通常按照施加负荷原理的不同分为两大类^[4-5], 一类是弹簧式硬度, 例如邵氏硬度; 另一类为定负荷硬度, 例如IRHD硬度、赵氏硬度等。此外还有一些特殊硬度测试, 例如微型硬度、多孔材料硬度和海绵硬度等。

1.1 邵氏硬度

邵氏硬度是目前国际上应用比较广泛的一种硬度, 在我国应用也最广泛。邵氏硬度一般分为A, C, D等几种型号, 邵尔A型硬度适用于软质橡胶, 邵尔C型硬度适用于半硬质橡胶, 邵尔D型硬度适用于硬质橡胶^[6-7]。

邵氏硬度计的结构简单, 试验时用外力将硬度计的钝针压在试样表面上, 钝针压入试样的深度按下式计算:

$$T=2.5-0.025h$$

式中: T 为钝针压入试样深度, mm; h 为所测硬度值; 2.5(mm)为压针露出部分长度; 0.025(mm)为硬度计指针每度压针缩短长度。

1.2 IRHD硬度

IRHD硬度计是以规定的负荷和球形压头, 以压头压入试样深度差值来表示试样硬度^[8]。

在较小的应变条件下胶料应力-应变近似于直线关系, 因此, 在较小的拉伸或压缩应变条件下, 弹性模量通常被定义为应力-应变曲线斜率。

IRHD硬度与弹性模量具有较好的相关性,它是在规定条件下测量硬度计钢球压入胶料深度(小变形),并将该深度换算成IRHD硬度。

2 实验

本研究对不同温度下胶料硬度的测定是在应用邵尔A型硬度计的基础上配备环境箱来实现的。

2.1 试验样品

试验轮胎部件胶料包括胎面胶、胎侧胶、基部胶、气密层胶、带束层胶和胎体胶,各部件胶料配方见表1。

组 分	胎面胶	带束层胶	气密层胶	胎体胶	基部胶	胎侧胶
天然橡胶	100	100	0	100	100	50
顺丁橡胶	0	0	0	0	0	50
溴化丁基橡胶	0	0	100	0	0	0
炭黑	48	49	66	55	35	50
白炭黑	5	5	0	0	5	0
操作油	0	2	9.5	0	0	9
活性剂	5	8.2	3.25	8.1	6.5	5
防老剂	5.1	3.5	0	2.5	4	4
硫黄	1.5	4.7	0.7	3.6	1.8	1.2
促进剂	1	1.2	0.5	1.38	1.7	0.64

2.2 测试仪器

DIGI-CHAMBER R型硬度计,德国BAREISS公司产品。

2.3 测试方法

不同温度下试样保持时间为30 min(保温时间已经过验证,超过30 min后,试样硬度测试结果无明显变化)。

3 结果与讨论

3.1 胎面胶

胎面胶邵尔A型硬度随温度的变化情况如表2所示。

由表2可见:在从常温25℃向低温方向变化时,胎面胶硬度变化较大,在25℃降至-10℃温度区间的变化率达到11%,更低温度时变化更加明显;在从常温向高温方向变化时胎面胶硬度变化较小。因此,轮胎在低温下使用时应更加注意胎面胶性能变化。

3.2 带束层胶

带束层胶邵尔A型硬度随温度的变化情况如

表2 胎面胶邵尔A型硬度随温度的变化

温度/℃	测试结果					中值	平均值
	1	2	3	4	5		
-50	92.0	92.5	93.5	92.4	93.0	92.5	92.7
-35	80.2	79.7	80.6	79.8	79.9	79.9	80.0
-10	71.1	71.2	70.9	71.0	70.8	71.0	71.0
0	70.1	69.5	69.6	69.9	70.0	69.9	69.8
25	63.9	64.1	63.8	63.8	63.8	63.8	63.9
60	60.4	61.2	61.7	62.0	61.7	61.7	61.4
150	57.6	57.7	57.5	57.5	57.6	57.6	57.6

表3所示。

由表3可见,在从25℃降至-10℃温度区内带束层胶硬度变化率为7.9%,在25℃升至150℃时硬度变化很小。说明带束层胶的耐低温性能较差,耐高温性能较好。

表3 带束层胶邵尔A型硬度随温度的变化

温度/℃	测试结果					中值	平均值
	1	2	3	4	5		
-50	96.4	96.1	96.1	96.6	96.3	96.3	96.3
-35	89.2	88.9	89.9	89.5	89.6	89.5	89.4
-10	83.7	83.6	83.5	83.7	83.4	83.6	83.6
0	82.2	82.1	81.8	81.8	81.9	81.9	82.0
25	77.0	77.8	76.9	78.6	77.4	77.4	77.5
60	77.9	78.0	77.8	78.1	77.8	77.9	77.9
150	73.6	73.2	73.0	72.7	73.2	73.2	73.1

3.3 气密层胶

气密层胶邵尔A型硬度随温度的变化情况如表4所示。

表4 气密层胶邵尔A型硬度随温度的变化

温度/℃	测试结果					中值	平均值
	1	2	3	4	5		
-50	97.3	96.4	96.4	96.6	96.8	96.6	96.7
-35	88.2	88.0	88.0	87.5	88.2	88.0	88.0
-10	64.8	64.7	65.1	64.3	65.1	64.8	64.8
0	59.4	59.3	59.4	59.3	59.3	59.3	59.3
25	49.7	49.7	49.6	50.4	49.7	49.7	49.8
60	42.1	42.0	42.1	42.1	42.0	42.1	42.1
150	37.2	36.8	36.9	36.6	36.8	36.8	36.9

由表4可见,在从25℃向低温方向或高温方向变化时,气密层胶硬度均有明显变化。因此,为保证轮胎在高低温环境下的综合性能,需要对气密层胶耐高低温性能进行改善。

3.4 胎体胶

胎体胶邵尔A型硬度随温度的变化情况如表5所示。

由表5可见,在从25℃向较低温及高温方向变

表5 胎体胶邵尔A型硬度随温度的变化

温度/℃	测试结果					中值	平均值
	1	2	3	4	5		
-50	96.2	96.0	96.1	96.1	96.2	96.1	96.1
-35	81.4	81.6	81.8	82.2	81.8	81.8	81.8
-10	68.9	68.7	68.8	69.1	69.1	68.9	68.9
0	66.8	67.5	67.0	67.0	67.0	67.0	67.1
25	65.1	65.7	65.0	65.0	65.2	65.1	65.2
60	64.2	64.0	64.3	64.3	63.9	64.2	64.1
150	62.7	63.1	63.6	63.3	63.0	63.1	63.1

化时,胎体胶硬度均未发生太大变化,但是在温度降至更低时,其硬度发生快速变化。由此可知胎体胶的耐高低温性能较好,但在极寒情况下适宜性较差。

3.5 基部胶

基部胶邵尔A型硬度随温度的变化情况如表6所示。

表6 基部胶邵尔A型硬度随温度的变化

温度/℃	测试结果					中值	平均值
	1	2	3	4	5		
-50	87.1	87.7	88.6	88.0	87.0	87.7	87.7
-35	67.0	67.1	67.3	67.6	67.1	67.1	67.2
-10	62.8	62.7	63.2	62.9	63.0	62.9	62.9
0	62.6	62.7	62.6	63.0	62.7	62.7	62.7
25	62.0	61.1	60.8	61.0	60.9	61.0	61.2
60	59.7	59.6	59.9	59.7	59.7	59.7	59.7
150	58.3	58.3	58.6	58.5	58.4	58.4	58.4

由表6可见,在从25℃向较低温或高温方向变化时,基部胶硬度变化较小,只有在极低温度时其硬度变化较大。这说明基部胶具有较强的环境适应性。

3.6 胎侧胶

胎侧胶邵尔A型硬度随温度的变化情况见表7。

由表7可见,胎侧胶在从25℃分别降低至-10℃或升高至60℃时,其硬度变化较小,在此温度区

表7 胎侧胶邵尔A型硬度随温度的变化

温度/℃	测试结果					中值	平均值
	1	2	3	4	5		
-50	93.9	94.5	94.2	94.4	94.2	94.2	94.2
-35	70.1	69.3	70.0	70.2	69.9	70.0	69.9
-10	58.8	58.8	58.8	59.0	58.7	58.8	58.8
0	57.6	57.4	57.3	57.8	57.5	57.5	57.5
25	52.8	52.3	52.7	53.2	52.8	52.8	52.8
60	50.6	50.7	51.2	50.8	50.8	50.8	50.8
150	44.8	44.9	44.8	44.9	44.9	44.9	44.9

间可正常使用,随着温度继续降低或升高其硬度发生较大变化,性能将急速降低,因此胎侧胶在极低或极高温环境下适用性较差。

综合对以上6种轮胎部件胶料在不同温度环境下硬度测试数据的分析可以看出,不同部件胶料硬度随温度变化的趋势具有差异性,在常温下匹配得到的胶料硬度在温度变化后不再匹配,因此在低温或高温环境下,胶料会形成早期破坏,影响轮胎的使用寿命。因此对于胶料配方设计人员来说,在设计配方时熟知每个部件胶料硬度随温度的变化趋势尤为重要,胶料硬度随温度变化的趋势对于预判胶料适宜的使用环境及地区具有重要意义。

4 结语

胶料硬度随温度的变化会发生很大的变化,测试胶料在不同温度下的硬度及其变化规律,对于探究轮胎使用条件、安全性能以及配方设计的优化等必不可少。目前,各轮胎企业由于自身设备仪器的限制以及测试目的的不同,测试胶料在不同温度环境下的硬度所使用的条件及方法各不相同,结果也没有可比性,因此不同温度下胶料硬度的测试方法有待统一。

参考文献:

- [1] 曾家兴,丁智平,林胜,等. 胶料硬度对超弹本构模型参数及橡胶弹簧刚度的影响[J]. 湖南工业大学学报,2018,32(3):92-96.
- [2] 刘植榕,汤华远,郑亚丽. 橡胶工业手册(修订版) 第八分册 试验方法[M]. 北京:化学工业出版社,1992.
- [3] 梁守智,钟延堃,张丹秋. 橡胶工业手册(修订版) 第四分册 轮胎[M]. 北京:化学工业出版社,1993.
- [4] 日本橡胶协会. 橡胶试验方法[M]. 王作龄,张卓娅,译. 北京:化学工业出版社,2012.
- [5] 吴向奎,何广霖. 力反馈控制型IRHD-M橡胶硬度计[J]. 自动化与信息工程,2020,41(4):59-60,66.
- [6] 吴向奎,陈明华,何广霖. 基于力与位移同步跟踪的A型邵氏硬度计校准装置[J]. 自动化与信息工程,2020,41(3):46-48.
- [7] 汪宁溪,骆昕,张思然,等. A型邵氏硬度计标准差对硬度测量结果影响分析[J]. 计量技术,2019(10):42-44.
- [8] 张英,赵堂春,黄桂芸,等. RYD-N型橡胶国际硬度计的研制[J]. 橡胶工业,2019,66(11):863-866.