

测试·分析

邵氏A型硬度计国内外标准差异解析

王宏刚, 杨兴亚, 王明波, 赵明恩, 李子康

(中铁工程装备集团有限公司, 河南 郑州 450000)

摘要: 分析国内外用于橡胶材料的邵氏A型硬度计的使用、校准和检定标准, 并对各标准的技术参数, 包括压针顶端平面直径、压足直径、压足内孔直径、压针最大伸出量和施加到压针上的弹簧力允差等进行了比较, 这对邵氏A型硬度计生产和使用企业、校准和检定机构有借鉴作用。

关键词: 邵氏A型硬度计; 橡胶材料硬度; 标准; 技术参数

中图分类号: TQ330.7

文献标志码: A

文章编号: 1000-890X(2024)03-0227-05

DOI: 10.12136/j.issn.1000-890X.2024.03.0227



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

橡胶作为一种高弹性聚合物材料, 其制品具有良好的绝缘性、塑性、弹性和耐磨性能, 因此被广泛地应用于汽车制造、医药卫生、航天航空等领域。硬度作为反映橡胶材料受到1种或多种作用力时的抗弹性变形、抗塑性变形、抗划痕或抗破裂等的能力^[1], 其检测试验迅速、经济、直观且方便, 因此在橡胶材料制造、研究、质检中硬度常常是必检项目之一。测定橡胶材料硬度的仪器主要有邵氏硬度计(测试头结构见图1)、国际橡胶硬度计(IRHD硬度计, 测试头结构见图2)和赵氏硬度(P&J法)计。邵氏硬度计(我国台湾省称萧氏硬度计)和肖氏硬度计都是由英国人Albert Ferdinand Shore提出并发明的, 但两者的应用对象和使用方法不同, 肖氏硬度计适用于金属材料硬度的测定, 采用动态回弹测量法, 邵氏硬度计适用于橡胶和塑料等非金属材料硬度的测定, 采用静态挤压测量法, 因此两者不可混用。

邵氏硬度计中, 邵氏A型硬度计主要用于检测软质橡胶材料, 邵氏D型硬度计主要用于检测硬质橡胶材料和塑料, 邵氏AM型硬度计主要用于检测

普通硬度范围的薄片橡胶材料, 邵氏AO型硬度计主要用于检测弧形表面橡胶材料。相对而言, 邵氏A型硬度计应用较为广泛, 本文主要介绍邵氏A型硬度计国内外标准的差异。

1 橡胶材料硬度测试原理

硬度分为划痕硬度、回跳硬度、压入硬度等, 用于表征矿物硬度的莫氏硬度和表征涂膜硬度的铅笔法硬度为划痕硬度, 用于表征金属材料硬度的肖氏硬度和里氏硬度为回弹硬度(动态), 布氏、洛氏、维氏和显微硬度为压入硬度(静态), 而用于表征橡胶材料硬度的邵氏硬度和IRHD硬度也是压入硬度。同为压入硬度, 金属材料硬度是在撤除压入力的情况下测定, 而橡胶材料硬度则是在保持压入力的情况下测定。橡胶材料硬度是橡胶材料在给定试验条件下抵抗刚性测量器具测试头(压针或压头)压入的能力, 测试原理是压针或压头穿过压足中部的孔, 压足在定力的作用下紧贴试样表面, 将总试验力与施加较小接触力的压针压入深度之差(简称压入深度差)作为测试

作者简介: 王宏刚(1991—), 男, 河南郑州人, 中铁工程装备集团有限公司助理工程师, 学士, 主要从事橡胶材料检测方向的研究工作。

E-mail: wanghonggang6@163.com

引用本文: 王宏刚, 杨兴亚, 王明波, 等. 邵氏A型硬度计国内外标准差异解析[J]. 橡胶工业, 2024, 71(3): 227-231.

Citation: WANG Honggang, YANG Xingya, WANG Mingbo, et al. Analysis of differences in domestic and foreign standards for shore A hardness testers[J]. China Rubber Industry, 2024, 71(3): 227-231.

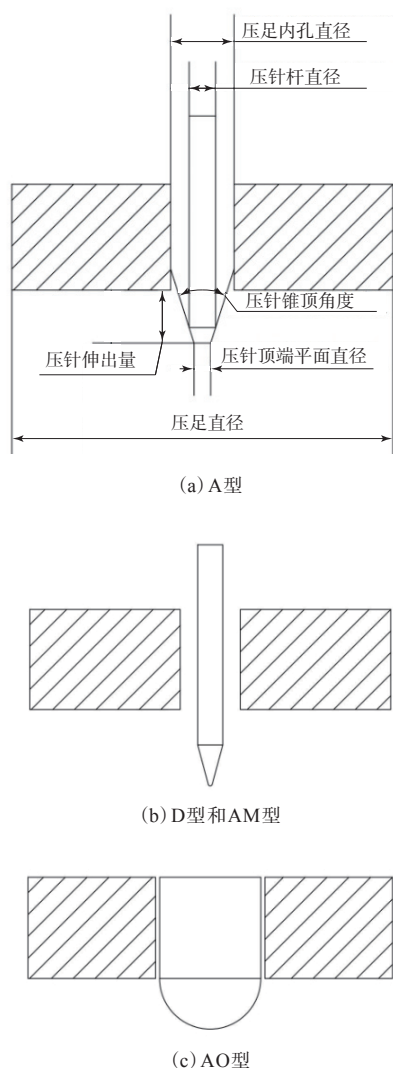


图1 邵氏硬度计测试头结构示意图
Fig. 1 Diagram of testing head structures of Shore hardness testers

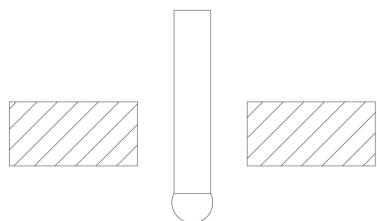


图2 IRHD硬度计测试头结构示意图
Fig. 2 Diagram of testing head structure of IRHD hardness tester

值,从而确定橡胶材料硬度。陈明华等^[2]对橡胶材料硬度的本质进行研究,表明在硬度测定过程中橡胶材料主要发生弹性形变,将橡胶材料假定为理想弹性体,则橡胶材料硬度对应的压针压入深

度差(h)与弹性模量(E)之间的对应关系为 $\lg E = 3.0428 - 1.35 \times \lg h$,这从实际角度表征了滞弹性和塑性形变对橡胶材料硬度测试的影响。邵氏硬度测试的试验力保持时间短且压针是锥形的,因此邵氏硬度测试值受材料塑性变形的影响更大。

2 橡胶材料硬度计分类

橡胶材料硬度计主要分为邵氏硬度计、IRHD硬度计和赵氏硬度(P&J法)计。赵氏硬度(P&J法)计主要用于测定纺织、造纸和印刷所用的胶辊硬度。我国暂未发布与赵氏硬度(P&J法)计相关的产品和使用国家标准,但GB/T 39693.9—2022对硫化橡胶或热塑性橡胶赵氏硬度(P&J法)测试方法的规定,制造及使用赵氏硬度(P&J法)计的相关企业可多加关注。相比于赵氏硬度(P&J法)计,邵氏硬度计和IRHD硬度计的使用更为广泛。IRHD硬度计采用球形压头,其中N型、H型、L型和M型IRHD硬度计分别适用于常规、高硬度、低硬度和微型橡胶材料,CN型、CH型、CL型和CM型IRHD硬度计则分别适用于N型、H型、L型和M型IRHD硬度计测试试样的弯曲表面。按照我国标准分类,邵氏硬度计分为A型、D型、AO型和AM型,而按照美国材料试验协会标准ASTM D2240分类,在其他领域应用的邵氏硬度计有B型、C型、D型、O型和OO型等,可应用于弹性体、复合泡沫(海绵)、凝胶等材料。邵氏A型硬度计采用圆台形、球形或锥形压针压入试样,通过测定的压入深度差 h 计算试样邵尔A型硬度(H_A),计算公式为 $H_A = 100 - L/0.025$ 。

3 国内邵氏A型硬度计技术参数

3.1 使用标准

国内邵氏A型硬度计使用技术参数标准见表1。

GB/T 531.1—2008^[3], GB/T 2411—2008^[4], CNS 3555:2008^[5]和CNS 12628:2019^[6]是国内橡胶硬度计使用标准。其中,GB/T 531.1—2008和CNS 3555:2008适用于硫化橡胶和热塑性橡胶硬度的测定,GB/T 2411—2008和CNS 12628:2019适用于硬质橡胶材料和塑料硬度的测定。GB/

表1 国内邵氏A型硬度计使用技术参数标准
Tab. 1 Standards of technical parameters for domestics Shore A hardness testers

参 数	GB/T 531. 1—2008	GB/T 2411—2008	CNS 3555:2008	CNS 12628:2019
压针杆直径/mm	1. 25±0. 15	1. 25±0. 15	1. 25±0. 15	1. 25±0. 15
压针顶端平面直径/mm	0. 79±0. 01	0. 79±0. 03	0. 79±0. 03	0. 79±0. 03
压针锥顶角度/(°)	35. 00±0. 25	35. 00±0. 25	35. 00±0. 25	35. 00±0. 25
压针最大伸出量/mm	2. 50±0. 02	2. 50±0. 04	2. 50±0. 04	2. 50±0. 04
压足直径/mm	18±0. 5			
压足内孔心到压足边缘距离/mm		≥6	≥6	≥6
压足内孔直径/mm	3. 0±0. 1	3. 0±0. 5	3. 0 ^{+0. 2} _{-0. 5}	3. 0±0. 5
施加到压足上的质量/kg	1 ₀ ^{+0. 1}			
压针伸出量允差/mm	±0. 02	±0. 04	±0. 04	±0. 04
施加到压针上的弹簧力允差/mN	±37. 5	±75. 0	±80. 0	±75. 0

T 531. 1—2008和GB/T 2411—2008分别参照ISO 7619-1: 2004 和ISO 868: 2003 制 定, 由于GB/T 531. 1—2008和GB/T 2411—2008的起草时间和制定机构不同, 因此两者对邵氏A型硬度计的技术要求不尽相同, GB/T 531. 1—2008较GB/T 2411—2008更为严苛。CNS 3555:2008参照ISO 48: 1994 和ISO 7619: 1996制定, ISO 48: 1994和ISO 7619: 1996的制定时间较早, 因此与GB/T 531. 1—2008相比, CNS 3555:2008对邵氏A型硬度计的技术要求较为宽松。CNS 12628:2019参照标准ISO 868: 2003制定, 因此与GB/T 2411—2008对邵氏A型硬度计的技术要求一致。

3. 2 校准和检定标准

国内邵氏A型硬度计校准和检定技术参数标准见表2。

根据国家市场监督管理总局发布的《市场监管总局关于调整实施强制管理的计量器具目录的公告》(文号为2020年42号), 硬度计不在

实施强制管理的计量器具目录中, 因此硬度计作为其他工作计量器具不再要求强制检定, 但使用者可自行进行校准, 以保证测量值准确。对于橡胶材料检测单位, 硬度计作为出具检验和检测报告的重要测量仪器, 仍有必要进行校准。GB/T 39693. 9—2021^[7]和JJG 304—2003^[8]是最新版本的硬度计校准标准。

针对邵氏A型硬度计, 国内共制修订两项行业标准, 分别是JB/T 6148—2017^[9]和HG/T 2368—2011^[10], 两者均适用于邵氏A型硬度计的检定、标志、运输等生产制造流程, 其中JB/T 6148—2017还适用于邵氏A型、D型、AO型和AM型硬度计。JB/T 6148—2017所代替的标准JB/T 6148—1992参照ISO 868: 1985和ISO 7619: 1986制定, 相较于JB/T 6148—1992, JB/T 6148—2017增大了压足尺寸、压针尺寸、施加到压足上的质量和施加到压针上的弹簧力允差。HG/T 2368—2011由于制定时间较早, 压针表面粗糙度、压针硬度、弹簧力允

表2 国内邵氏A型硬度计校准和检定技术参数标准
Tab. 2 Standards of technical parameters for calibration and verification of domestic Shore A hardness testers

参 数	GB/T 39693. 9—2021	JJG 304—2003	JB/T 6148—2017	HG/T 2368—2011
压针表面粗糙度Ra/μm			≤0. 40	≤0. 80 ¹⁾
压针杆直径/mm	1. 25±0. 15	1. 25±0. 15	1. 25±0. 15	1. 25±0. 15
压针顶端平面直径/mm	0. 79±0. 01	0. 79±0. 03	0. 79±0. 01	0. 79±0. 01
压针锥顶角度/(°)	35. 00±0. 25	35. 00±0. 25 ²⁾	35. 00±0. 25	35. 00±0. 25
压针最大伸出量/mm	2. 50±0. 02	2. 50±0. 04	2. 50±0. 02	2. 50±0. 02
压针维氏硬度/HV1		≥700	≥700	599~713
压足直径/mm	18. 0±0. 5		18. 0±0. 5	18. 0±0. 5
压足内孔心到压足边缘距离/mm		≥6		
压足内孔直径/mm	3. 0±0. 1	3. 0 ^{+0. 2} _{-0. 5}	3. 0±0. 1	3. 0±0. 1
施加到压足上的质量/kg	1 ₀ ^{+0. 1}		1 ₀ ^{+0. 1}	
压针伸出量允差/mm	±0. 02	±0. 04	±0. 02	±0. 02
施加到压针上的弹簧力允差/mN	±37. 5	±80. 0	±37. 5	±75. 0

注: 1) 弹簧经过3万次疲劳试验后不应出现永久变形; 2) 首次检定压针锥顶角度, 后续检定和使用中压针锥顶角度为(35. 00±0. 75)°。

差要求均相对较低,且缺少施加到压足上的质量的要求。

4 国外邵氏A型硬度计技术参数标准

国外邵氏A型硬度计技术参数标准见表3。
ISO 48-9:2018^[11]是硬度计国际校准标准的最新版本,ISO 48-9整合了ISO 7619.1,ISO 7267.1,ISO 18898,ISO 18517,ISO 27588及原ISO 48等标准,但未对压针表面粗糙度和压针硬

度进行要求。ASTM D2240-15 (2021)^[12]对压针尺寸和压足尺寸采用英制单位和国际单位制单位标注,并在压针杆直径、压足内孔直径、压针硬度等方面的要求与其他标准有较大差异,其中压针维氏硬度为500 HV10,与国内JB/T 6148—2017和HG/T 2368—2011的要求也不同;同时,区分了有无支架情况下压足直径的要求,对压针表面抛光及表面缺陷进行限制性要求。韩国KS M ISO 18898:2021参考ISO标准,因此其技术参数与ISO

表3 国外邵氏A型硬度计技术参数标准
Tab.3 Standards of technical parameters for foreign Shore A hardness testers

参 数	ISO 48-9:2018	ASTM D2240-15 (2021)	KS M ISO 18898:2021	JIS K6253-5:2012
压针杆直径/mm	1.25±0.15	1.27±0.12	1.25±0.15	1.25±0.15
压针顶端平面直径/mm	0.79±0.01	0.79±0.03	0.79±0.01	0.79±0.01
压针顶锥角度/(°)	35.00±0.25	35.00±0.25	35.00±0.25	35.00±0.25
压针最大伸出量/mm	2.50±0.02	2.50±0.04	2.50±0.02	2.50±0.02
压针维氏硬度/HV10		500 ¹⁾		
压足直径/mm	18.0±0.5	18.0±0.5 ²⁾	18.0±0.5	18.0±0.5 ²⁾
压足内孔心到压足边缘/mm		≥6 ³⁾		≥6 ³⁾
压足内孔直径/mm	3.0±0.1	2.8±0.3	3.0±0.1	3.0±0.1
施加到压足上的质量/kg	1.00±0.10	1.00 ⁴⁾	1.00±0.10	1.00±0.10
压针伸出量允差/mm	±0.02	±0.04	±0.02	±0.02
施加到压针上的弹簧力允差/mN	±37.5	±75.0	±37.5	±37.5

注:1)压针与试样接触区域应抛光,20倍显微镜下目视其无缺陷;2)硬度计有支架;3)硬度计无支架;4)推荐值。

标准无差异。日本工业标准JIS K6253-5:2012与ISO标准的差异主要为有无支架情况下压足直径的要求。

5 邵氏A型硬度计技术参数合理性

根据前述对比,国内外对邵氏A型硬度计技术参数要求的差异不大,但部分标准细化了压针表面粗糙度及压针硬度。分析认为:如果压针最大伸出量变化值为0.025 mm,这对应1个邵尔A型硬度单位值,因此压针最大伸出量允差为±0.02 mm更为合理^[13-14];压针顶端平面直径为(0.79±0.01)mm时,邵尔A型硬度计示值变化不超过±0.4度,符合各标准的要求^[15]。

6 结语

GB/T 39693.9—2021参照ISO 48-9标准起草发布,有代替除GB/T 2411—2008和GB/T 38119—2018外的其他各类邵氏硬度计使用、校准和检定

标准的可能性,将邵氏硬度和IRHD硬度等的测试标准及硬度计校准和检定标准整合,这将提升橡胶材料硬度测试标准的协调性和易用性,并方便硬度计的校准和检定,对硬度计生产和使用企业、校准和检定机构有较大帮助。

参考文献:

[1] 全国力值硬度重力计量技术委员会. 力值与硬度计量术语及定义: JJF 1011—2006[S]. 北京:质检出版社,2006.
[2] 陈明华,吴向奎. 橡胶硬度的本质探讨[J]. 中国计量,2012(7):74-75.
CHEN M H, WU X L. Exploration of the essence of rubber hardness[J]. China Metrology, 2012(7):74-75.
[3] 全国橡胶委橡胶物理和化学试验方法分技术委员会. 硫化橡胶或热塑性橡胶 压入硬度试验方法 第1部分:邵氏硬度计法(邵尔硬度):GB/T 531.1—2008[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
[4] 全国塑料标准化技术委员会. 塑料和硬橡胶 使用硬度计测定压痕硬度(邵氏硬度):GB/T 2411—2008[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
[5] 台湾地区经济部门标准检验局. 硫化或热塑性橡胶硬度试验法: CNS 3555:2008[S]. 中国台北市:台湾地区经济部门标准检验局,

- 2008.
- [6] 台湾地区经济部门标准检验局. 塑胶硬度 (Durometer) 测定法: CNS 12628:2019[S]. 中国台北市: 台湾地区经济部门标准检验局, 2019.
- [7] 全国橡胶与橡胶制品标准化技术委员会通用试验方法分技术委员会. 硫化橡胶或热塑性橡胶 硬度的测定 第9部分: 硬度计的校准和验证: GB/T 39693. 9—2021[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.
- [8] 全国力值硬度重力计量技术委员会. A型邵氏硬度计检定规程: JJG 304—2003[S]. 北京: 中国计量出版社, 2003.
- [9] 全国试验机标准化技术委员会. 邵氏硬度计: JB/T 6148—2017[S]. 北京: 机械工业出版社, 2017.
- [10] 化学工业橡胶测试仪器设备标准化技术委员会. 邵尔A型橡胶硬度计技术条件: HG/T 2368—2011[S]. 北京: 化学工业出版社, 2011.
- [11] International Organization for Standardization/Technical Committee 45/Sub Committee 2. Rubber, vulcanized or thermoplastic—Determination of hardness—Part 9: Calibration and verification of hardness testers: ISO 48-9: 2018[S]. Switzerland: IHS Markit, 2018.
- [12] ASTM Committee D11 on Rubber and Rubber-like Materials. Standard test method for rubber property—Durometer hardness: ASTM D2240-15 (2021) [S]. Switzerland: International Organization for Standardization, 2021.
- [13] 陈火成. 浅析指针式A型邵氏硬度计硬度测定值影响因素和解决对策[J]. 计量与测试技术, 2014, 41 (5): 31-32, 35.
- CHEN H C. The hardness of the pointer type A shore durometer values influence factors and countermeasures[J]. Metrology & Measurement Technique, 2014, 41 (5): 31-32, 35.
- [14] 刘伟, 房田, 张贺. JJG 304—2003相关问题探讨[J]. 中国计量, 2013 (11): 109.
- LIU W, FANG T, ZHANG H. Discussion on JJG 304—2003 related issues[J]. China Metrology, 2013 (11): 109.
- [15] 汪宁溪, 骆昕, 张思然, 等. A型邵氏硬度计标准差异对硬度测量结果影响分析[J]. 计量技术, 2019 (10): 42-44.
- WANG N X, LUO X, ZHANG S R, et al. Analysis of the impact of standard differences in A-type Shore hardness testers on hardness measurement results[J]. Measurement Technique, 2019 (10): 42-44.

收稿日期: 2023-12-16

Analysis of Differences in Domestic and Foreign Standards for Shore A Hardness Testers

WANG Honggang, YANG Xingya, WANG Mingbo, ZHAO Ming'en, LI Zikang

(China Railway Engineering Equipment Group Co., Ltd, Zhengzhou 450000, China)

Abstract: The use, calibration and verification standards of Shore A hardness testers used for rubber materials at domestic and foreign were analyzed, and the technical parameters of each standard, including the diameter of the cone frustum top, the diameter of the pressure foot, the diameter of pressure foot hole, the maximum extension of indenter and the allowable spring force applied to indenter were compared. This provided reference for Shore A hardness tester production and use enterprises, and the calibration and verification institutions.

Key words: Shore A hardness tester; rubber material hardness; standard; technical parameter

专利

由保定诺博汽车装饰件有限公司申请的专利 (公布号 CN 117264330A, 公布日期 2023-12-22) “一种低密度低摩擦因数的阻燃弹性体材料及制备方法和应用”, 公开的低密度低摩擦因数阻燃弹性体材料采用低门尼粘度三元乙丙橡胶和聚丙烯为基体材料, 加入特定牌号和含量的超高相对分子质量聚乙烯、阻燃剂和发泡剂制得, 其对应

的改性热塑性硫化胶兼具低密度、低摩擦因数、高阻燃、高硬度和高拉伸强度等性能, 且阻燃性能满足欧盟标准要求; 选择酚醛树脂作为硫化剂, 保证了改性热塑性硫化胶的硫化工艺性能, 有利于实现改性热塑性硫化胶的快速硫化和稳定生产, 该阻燃弹性体材料在汽车密封部件领域具有广阔的应用前景。

(信息来源于国家知识产权局)