

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2016.06.10

邵氏硬度计试验力校准技术新方法研究

艾兆春, 刘汉冶, 康强, 李兴华, 柳昕晨

(黑龙江华安精益计量技术研究院有限公司, 黑龙江 哈尔滨 150046)

摘 要: 介绍了目前国内对邵氏硬度计试验力的校准方法, 根据国内各军用橡胶配套生产企业对橡胶制品质量的严格要求, 邵氏硬度计的计量性能尤为重要, 同时参考 ASTM D2240 - 2015《橡胶性能标准试验方法 - 硬度计硬度》技术规范, 对邵氏硬度计试验力进行了校准新方法的研究。利用变臂杠杆平衡技术弥补了现有校准方法的不足, 从而保证了邵氏硬度计试验力参数的量值准确。

关键词: 邵氏硬度计; 试验力; 变臂杠杆

中图分类号: TB938.2

文献标识码: A

文章编号: 1674-5795(2016)06-0040-03

A New Research on Calibration of Drivmatic

AI Zhaochun, LIU Hanye, KANG Qiang, LI Xinghua, LIU Xinchen

(Heilongjiang Huaanjingyi Metrology Technology Institute Co., Ltd., Harbin 150046, China)

Abstract: The calibration method of Shore hardness test force is introduced in this paper. According to the requirement of the quality of rubber products, the measurement performance of Shore durometer is particularly important, and according to ASTM D2240-2015 Standard Test Method for Rubber Property-Durometer Hardness, a new method for the calibration of Shore durometer was studied. The use of variable arm lever balance technology make up for the shortcomings of the existing calibration methods, which can ensure the accuracy of the test force parameters of Shore durometers.

Key words: Shore durometer; test force; change the arm lever

0 引言

邵氏硬度是用于评定软橡胶、天然橡胶制品、氯丁橡胶、铸造树脂、聚酯、软 PVC、硬质塑料制品等质量的重要依据, 这些橡胶制品广泛应用于武器装备上, 其质量的好坏会直接影响武器装备的战斗性能, 甚至有发生爆炸的危险, 从而危及生命, 给国家财产也造成了巨大损失。

测量邵氏硬度的仪器为邵氏硬度计, 分为 A 型和 D 型。A 型邵氏硬度计主要用于中硬度的硫化橡胶和热塑性橡胶的硬度测量, D 型邵氏硬度计适用于高硬度范围。在使用 A 型邵氏硬度计得到指示值超出 90° 时使用邵氏 D 型硬度计进行测量, 因此目前生产和使用的邵氏 D 型硬度计数量较少, 我国目前使用中的邵氏硬度计 90% 以上是 A 型邵氏硬度计。以下主要介绍

A 型邵氏硬度计(简称邵氏硬度计)的相关内容。

依据 JJG 304-2003《A 型邵氏硬度计检定规程》, 对邵氏硬度计的检定是部件检定法, 即检定压针伸出长度、压针表面状况、几何尺寸和试验力等参数, 其中, 试验力参数是衡量硬度计计量性能的重要参数。参考美国 ASTM D2240-2015 技术规范, 提高邵氏硬度计试验力参数校准的准确度, 可利用变臂杠杆平衡技术对邵氏硬度计的试验力进行校准^[2], 从而确保邵氏硬度计参数的准确可靠。

1 工作原理

将具有一定形状的钢制压足, 在试验力作用下垂直压入试样表面, 当压足表面与试样表面完全贴合时, 压针尖端面相对压足平面有一定的伸出长度 L , 以 L 值的大小来表征邵氏硬度的大小, L 值越大, 表示邵氏硬度越低, 反之则越高。A 型邵氏硬度计原理如图 1 所示, 硬度值按式(1)计算。

$$HA = 100 - \frac{L}{0.025} \quad (1)$$

收稿日期: 2016-11-10

基金项目: 国家技术基础科研项目

作者简介: 艾兆春(1982-), 男, 高级工程师, 从事力学计量工作。

式中：HA 为 A 型邵氏硬度单位； L 为压针伸出长度，mm。

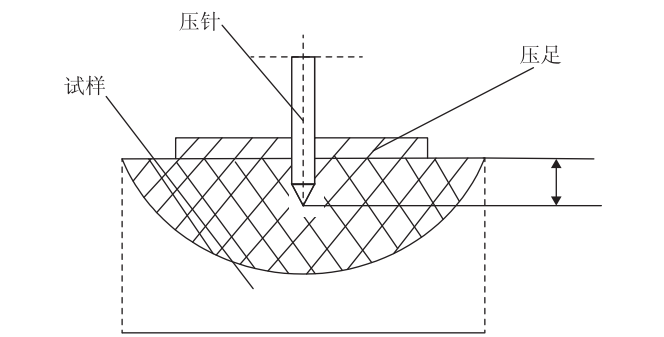


图1 邵氏硬度计工作原理图

试验力与 A 型邵氏硬度在数值上应符合关系式(2)。

$$F=550+75HA$$

(2)

式中： F 为 A 型邵氏硬度计试验力，mN。

由公式 1、公式 2 可知，邵氏 A 硬度与压针位移量有关，同时还和试验力有着一定关系。要获得准确的邵氏硬度值，就必须同时保证式(1)和式(2)。

2 国内对邵氏硬度计试验力参数的校准

试验力的准确与否直接影响到硬度示值的准确性，依据 JJG 304-2003《A 型邵氏硬度计检定规程》中的规定，检定/校准试验力时，硬度计压针垂直向下，并用硬度计试验支架或其他专用夹具固定硬度计，在压针垂直位置放置测力仪，压针置于测力仪加力轴线压垫上。以最大试验力对硬度计预压 3 次，然后缓慢地上升测力仪或下降硬度计，把硬度计试验力施加在测力仪上，并在硬度计示值 20~100 HA 范围内均匀分布 5 点，读取硬度计进程时不同示值的试验力。

在实际检定/校准工作中，很难保证压针垂直向下、以及施加试验力在加力轴线上，检定/校准人员全凭目测和经验进行操作，往往存在着一定的系统误差，其测量结果不确定度较大。

3 试验力校准技术新方法

针对上述问题，介绍了一种邵氏硬度计试验力校准技术的新方法，利用变臂杠杆平衡技术设计一套邵氏硬度计试验力校准装置，其最大的优点是力值准确、加载稳定可靠，测量原理图如图 2 所示。

设杠杆衡量为 AB，质量为 m 的滑块可以沿着杠杆衡量 AB 移动。假设支点 C 和力接触点的摩擦不计，不考虑衡量变形等因素的影响，则根据静力学原理，可

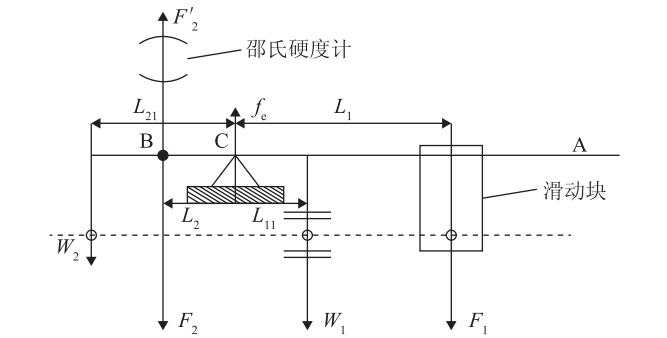


图2 邵氏硬度计试验力校准的测量原理图

得式(3)和式(4)。

$$F_1 \cdot L_1 + W_1 \cdot L_{11} = F_2 \cdot L_2 + W_2 \cdot L_{21}$$

(3)

$$F_2 = f(L_1) = \frac{F_1 \cdot L_1 + W_1 \cdot L_{11} - W_2 \cdot L_{21}}{L_2}$$

(4)

式中： W_1 ， W_2 分别为支点 C 处右边、左边的质量产生的重力； L_{11} ， L_{21} 为质心的位置距离支点的长度； F_1 为滑块位置距支点的距离的重力； F_2 为接触标准邵氏硬度计施加力的作用点 B 的力值； L_1 为滑块的位置距离支点的距离； L_2 为支点 C 到 B 的距离。

由此可见，当 m ， W_1 ， W_2 ， L_{21} ， L_{11} ， L_2 确定后，质量为 m 的滑块产生向下的作用力 F_1 经杠杆放大后，作用到标准邵氏硬度计上的力 F_2 与砝码 m 的位置 L_1 成正比，即可通过移动滑块的位置实现改变力值大小 F_2 的目的。邵氏硬度计试验力校准的示意图如图 3 所示。

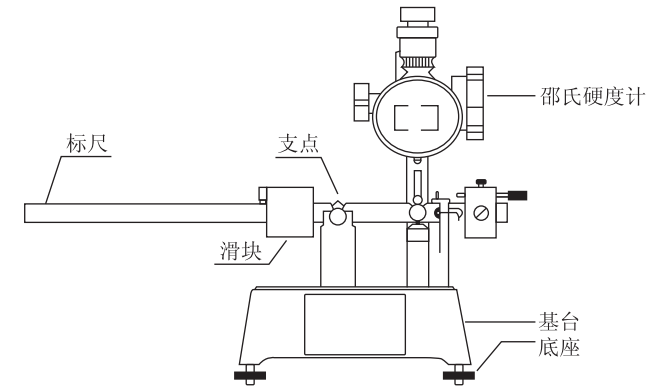


图3 邵氏硬度计试验力校准示意图

在校准过程中，主刀口的另一端和邵氏硬度计压针相连接，由于施加力的作用，杠杆会产生一定的变形，通过杠杆调平装置对其调平，同时将邵氏硬度计调至零位，滑动滑块，滑块在杠杆刻线位置上所对应的硬度值和被校邵氏硬度计显示的硬度值会有一定的示值误差，示值误差的正负由杠杆刻线位置对应的硬度值与被校邵氏硬度计显示的硬度值之差表示。根据

中规定的各校准点最大允许误差 ± 75 mN的要求, 试验结果较理想。

校准点 /HA	试验力 标称值 /mN	测量值/mN			平均值 /mN	试验力 重复性 /mN	试验力 示值误 差/mN
		1	2	3			
10	1300	1330	1345	1350	1342	20	-42
20	2050	2060	2075	2080	2072	20	-22
40	3550	3570	3580	3596	3582	26	-32
60	5050	5078	5090	5093	5087	15	-37
80	6550	6580	6595	6598	6591	18	-41
100	8050	8085	8090	8100	8092	15	-42

5 结论

本文对邵氏硬度计试验力校准技术新方法进行了研究,阐述了校准新方法的测量原理,并根据测量原理设计出校准过程示意图。校准技术新方法和以往传统试验力校准方法不同,加载机构更加稳定,加载控制更加准确,有效提高了试验力校准的准确度,确保邵氏硬度计试验力参数的准确性和可靠性,为橡胶产品的质量提供了有力的计量保障。

根据 ASTM D2240-2015 技术规范, 结合对邵氏硬度计校准试验力的高要求以及利用校准新方法对多台邵氏硬度计试验力校准的试验数据分析, 邵氏硬度计试验力的校准新方法满足 ASTM D2240-2015 技术规范

- [1] 国家质量监督检验检疫总局. JJG 304-2003 A 型邵氏硬度计 [S]. 北京: 中国计量出版社, 2003.
- [2] The American association of test materials. ASTM D2240-15 Standard Test Methods for Rubber Property - Durometer Hardness [S]. 2015.
- [3] 国防科工委科技与质量司组织编写. 力学计量(上册) [M]. 北京: 原子能出版社, 2002.

机现场的间隙测量,可以为发动机的测试提供准确的数据。通过有效检测并控制发动机叶尖间隙,一方面可以验证发动机设计,为改进优化提供数据依据,达到全飞行包线的最佳叶尖间隙设计目标;另一方面,可以对发动机叶尖间隙工作状态进行实时监测,对可能出现的故障进行分析并及时发出警告,保证航空发动机的飞行安全。但目前微波间隙测量系统的研究在我国还处于起步阶段,在校准和测试的过程中还有许多地方需要进一步完善,这些都将在后续的工作中继续开展研究。

1) 传感器自身方面：由于微波传感器存在空间滤波效应，传感器实际处理微波信号为此端口圆面上各点接收微波信号矢量和。这是由传感器自身结构和原理决定的，不能消除，只能通过对传感器的校准消除其对实际测试产生影响。此外，由于实际加工传感器样件与理论设计误差的存在，会造成一定的内部微波信号反射，此反射信号与传感器接收叶尖反射信号一起进入后续处理电路，影响相位的测量精度。

2)位移台自身精度:实际校准过程中,微波传感器和模拟机匣壁安装在电动位移台上,通过控制位移台的移动,改变叶尖间隙的距离,提供叶尖间隙标准值。同时在校准过程中,位移台控制叶尖间隙在量程范围内反复移动多次。位移台的精度直接影响标准值的精确程度,这种误差同样也会进入到传感器的校准和测试过程中。

3)数据处理引起的误差:此部分误差包括信号采集数据处理过程带来的误差,以及校准曲线的拟合计算误差。

参考文献

- [1] 黄春峰, 侯敏杰. 航空发动机叶尖间隙测量技术研究[J]. 测控技术, 2008, 27: 27-32, 39.
- [2] 张娜, 黄春峰. 航空发动机叶尖间隙测量技术[J]. 航空制造技术, 2010(13): 41-45.
- [3] 邱立新, 王振华. 航空发动机叶尖间隙测量研究[J]. 航空发动机, 2001(4): 26-29.
- [4] 马玉真. 旋转叶片叶尖间隙测量的关键技术研究[D]. 天津: 天津大学, 2006.
- [5] Thomas Arthur Holst. Analysis of Spatial Filtering in Phase-based Microwave Measurements of Turbine Blade Tips[M]. Georgia Institute of Technology, 2005.
- [6] Mark R Woike, James W Roeder, Christopher E, etc. Testing of a Microwave Blade Tip Clearance Sensor at the NASA Glenn Research Center[J]. AIAA, 2009.