



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1436—2013

超声硬度计校准规范

Calibration Specification of Ultrasonic Hardness Testers



2013-10-25 发布

2014-04-25 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

超声硬度计校准规范

Calibration Specification
of Ultrasonic Hardness Testers

JJF 1436—2013
代替 JJG 654—1990

归口单位：全国力值硬度计量技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院

广东省计量科学研究院

湖北省计量测试技术研究院

参加起草单位：泉州市丰泽东海仪器硬度块厂

东莞市中旺精密仪器有限公司

南昌况氏硬度块制造有限公司

北京兰铂高科检测仪器有限公司

本规范委托全国力值硬度计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

叶 明（中国计量科学研究院）

何广霖（广东省计量科学研究院）

胡 翔（湖北省计量测试技术研究院）

参加起草人：

陈俊薪（泉州市丰泽东海仪器硬度块厂）

郑春平（东莞市中旺精密仪器有限公司）

况 伟（南昌况氏硬度块制造有限公司）

张 斌（北京兰铂高科检测仪器有限公司）



目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(2)
4.1 硬度计的分辨力	(2)
4.2 硬度计的试验力	(2)
4.3 硬度计的示值误差及重复性	(2)
4.4 硬度计示值的漂移	(2)
5 校准条件	(2)
6 校准项目及校准方法	(2)
6.1 试验力的校准	(2)
6.2 硬度示值的校准	(3)
7 校准结果的表达	(4)
8 复校时间间隔	(5)
附录 A 布氏、洛氏硬度示值的校准	(6)
附录 B 超声硬度计校准记录内页格式	(7)
附录 C 超声硬度计校准证书内页格式	(8)
附录 D 超声硬度计测量结果不确定度分析及实例	(9)

引 言

本规范根据 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》规定的规则编写。

本规范在制订过程中充分考虑了 JJG 654—1990《超声硬度计》、JB/T 9377—2010《超声硬度计 技术条件》、ASTM A 1038—2005 使用超声接触阻抗法进行便携式硬度测试的标准试验方法 (Standard test method for portable hardness testing by the ultrasonic contact impedance method)、DIN 50159-2《金属材料 硬度检测 第2部分：硬度检测仪的检测和校准》(Metallic materials—Hardness testing with the UCI method—Part 2: Verification and calibration of the testing devices) 的有关超声硬度计的术语、符号与定义，以及相关的技术要求、技术指标和检验方法。本规范给出了超声硬度计计量特性的具体校准条件、校准项目和校准方法。

本规范代替 JJG 654—1990。与 JJG 654—1990 相比，除编辑性修改外，本规范主要技术变化如下：

- 引入了 UCI 的概念；
- 增加了试验力示值、硬度计示值误差和重复性；
- 删除了频率的检定；
- 删除了与压头有关的参数及检定项目；
- 增加了试验力重复性的校准项目；
- 增加了在测量试验力时，应使用测量压头台架；
- 增加了在校准前，应先将试件的校准参数输入超声硬度计后，才可校准；
- 对校准中所使用的标准硬度块的尺寸做了新的建议；
- 增加了不确定度的分析；
- 增加了证书内页格式和证书格式；
- 增加了其他硬度值的校准。

超声硬度计校准规范

1 范围

本规范适用于超声硬度计（以下简称硬度计）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 144—2007 标准测力仪

JJG 148—2006 标准维氏硬度块

GB/T 12604.1—2005 无损检测 术语 超声检测（ISO 5577：2000）

JB/T 9377—2010 超声硬度计 技术条件

ASTM A 1038—2005 使用超声接触阻抗法进行便携式硬度测试的标准试验方法（Standard test method for portable hardness testing by the ultrasonic contact impedance method）

DIN 50159-2 金属材料 超声 UCI 硬度检测 第 2 部分：硬度检测仪的检测和校准（Metallic materials—Hardness testing with the UCI method—Part 2: Verification and calibration of the testing devices）

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 概述

超声硬度计是利用 UCI 法（超声接触阻抗法）进行测量的仪器。基本原理是将焊有金刚石棱锥体压头的振动杆，激励到其自由振荡频率，当压头以恒定载荷与被测物垂直接触时产生共振，并利用该谐振频率计算出被测物的硬度值。即频率变化值可以通过压电陶瓷转换成电压信号，再根据材料的弹性模量，算出被测物的硬度值，并可换算其他硬度。

硬度按式（1）计算：

$$A = f(E_{\text{eff}}, \Delta f)$$

$$\text{HV} = 0.102 \times \sin \frac{\alpha}{2} \times \frac{F}{A} \quad (1)$$

式中：

A ——压痕面积；

E_{eff} ——弹性模量；

Δf ——频率变化量；

f ——函数符号；

HV——维氏硬度；

α ——压头相对面夹角 136° ；

F ——试验力。

4 计量特性

4.1 硬度计的分辨力

硬度计的硬度示值最小分辨力：数字式指示装置不大于 1 HV，模拟式指示装置不大于 20 HV。

4.2 硬度计的试验力

传感器套筒在规定行程内，由弹簧施加在压头的作用力。

硬度计的试验力应在（1~98）N 范围内，各级试验力的最大允许偏差为 $\pm 8\%$ ，重复性不大于 3% 。

4.3 硬度计的示值误差及重复性

硬度计的示值误差是指硬度计 5 次测量的平均值与硬度块标称值之差，或它们之间的绝对误差与标称值之比；示值重复性是指 5 次测量中最大与最小值之差或它们之间的差值与 5 点平均值之比。其指标由相关文件规定。

4.4 硬度计示值的漂移

指硬度计前后 2 次测量的平均值之差。

5 校准条件

5.1 环境温度为 $(23 \pm 10)^\circ\text{C}$ ，相对湿度不大于 85% 。

5.2 使用交流电源时，电源电压的波动在 (220 ± 22) V 范围内。使用直流电源时，电池组电压不低于额定电压的 85% 。

5.3 周围环境应无振动，无强磁干扰和腐蚀性介质。

5.4 校准前硬度计及使用的计量器具，应在同一环境条件下放置至少 1 h。

6 校准项目及校准方法

校准项目及使用仪器见表 1。

表 1 校准项目及使用仪器

校准项目	使用仪器名称	仪器技术要求
试验力校准	测力仪	0.3 级
硬度示值校准	标准维氏硬度块*	符合 JJG 148—2006
* 标准硬度块应黏附在较大的平台上使用，或采用直径 ≥ 80 mm、厚度 ≥ 16 mm 的标准硬度块。		

6.1 试验力的校准

使用准确度不低于 0.3 级的测力仪进行测量。卸下压头定位套，将测量压头安装在测量台架上，将测力仪置于压头下方，下降压头或上升工作台，缓慢施加试验力，测量压头施加到测力仪上的试验力。测量结果应符合 4.2 的规定。测量重复 3 次，测量的平

均值 \bar{f} 按式 (2) 计算:

$$\bar{f} = \frac{f_1 + f_2 + f_3}{3} \quad (2)$$

式中:

f_1, f_2, f_3 ——试验力测量值。

偏差 Δf 按式 (3) 计算:

$$\Delta f = \frac{\bar{f} - f_0}{f_0} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

\bar{f} ——试验力测量平均值;

f_0 ——试验力标称值。

重复性 b 按式 (4) 计算:

$$b = \frac{f_{\max} - f_{\min}}{\bar{f}} \times 100\% \quad (4)$$

式中:

f_{\max} ——3 次测量中的最大值;

f_{\min} ——3 次测量中的最小值;

\bar{f} ——3 次测量中的平均值。

6.2 硬度示值的校准

6.2.1 硬度计的硬度示值校准应在硬度计的测量、显示部分连接好, 开启电源 10 min 后进行。

6.2.2 校准参数的测定

在每次校准前, 应使用标准块测定硬度计的校准参数。用超声计在标准硬度块上测量 5 点, 然后将 5 点平均值与标准块标称值比较, 将标称值数据输入到超声计中, 并计算出硬度计的校准参数, 再进行校准。

6.2.3 根据使用的需求, 硬度示值的校准应至少选取 2 块不同硬度范围的标准块。

6.2.4 校准时, 使用测量压头台架以确保试验力垂直向下, 从而使测量的硬度值准确可靠, 所使用的标准硬度块应黏附在较大的平台上, 以避免在硬度块内部出现由于 UCI 传感器而引起的干扰振动。

6.2.5 将测量压头固定在台架或套筒内, 置于标准硬度块上, 并平稳缓慢地下压, 推动压头向内压缩移动至定位套端面, 此时显示器迅速记录下所测量的硬度值。在标准块上均匀分布测量 5 点, 其平均值为该点硬度测量示值, 平均值 \bar{H} 按式 (5) 计算:

$$\bar{H} = \frac{H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5}{5} \quad (5)$$

式中:

H_1, H_2, H_3, H_4, H_5 ——5 点的测量示值。

6.2.6 硬度计示值的误差

硬度计示值的误差是硬度计示值的平均值与标准块的硬度值比较结果。误差 δ 按式 (6) 计算：

$$\delta = \frac{\bar{H} - H_0}{H_0} \times 100\% \quad (6)$$

式中：

\bar{H} ——硬度示值测量平均值；

H_0 ——标准块硬度值。

6.2.7 硬度计示值的重复性

硬度计示值的重复性是以测量 5 点数值计算的。重复性 b 按式 (7) 计算：

$$b = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{H} \times 100\% \quad (7)$$

式中：

H_{\max} ——测量 5 点中硬度示值的最大值；

H_{\min} ——测量 5 点中硬度示值的最小值。

6.2.8 示值漂移

在第一次校准 1 h 后，依据 6.2 再次进行校准，两次测量结果相比较，以确定该仪器的漂移量。

漂移量按式 (8) 计算：

$$Z = H_1 - H_2 \quad (8)$$

式中：

Z ——前后 2 次校准之差，即漂移量；

H_1 ——第一次校准所得的平均值；

H_2 ——第二次校准所得的平均值。

7 校准结果的表达

校准后，出具校准证书。校准证书至少应包含以下信息：

- 1) 标题：“校准证书”；
- 2) 实验室名称和地址；
- 3) 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- 4) 送校单位的名称和地址；
- 5) 被校对象的描述和明确标识；
- 6) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- 7) 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- 8) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- 9) 校准环境的描述；

- 10) 校准结果及其测量不确定度；
- 11) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识，以及签发日期。

8 复校时间间隔

建议复校时间间隔不超过 1 年。用户也可根据自己实际使用情况自主决定复校时间间隔。



附录 A

布氏、洛氏硬度示值的校准

A.1 当硬度计进行布氏、洛氏硬度测量时，可以增加相应硬度示值的校准，校准时至少选取 2 块不同硬度范围的标准硬度块。

A.2 硬度示值的分辨力应符合表 A.1 规定。

表 A.1 硬度示值的分辨力

显示形式	布氏硬度	洛氏硬度
数字式指示装置	1 HBW	0.5 HR
模拟式指示装置	20 HBW	2.0 HR

注：指示装置中的最小示值应不大于表 A.1 中所给出的分辨力。

A.3 布氏硬度示值的平均值 \bar{H} 、误差 δ 、重复性 b 按式 (5)、式 (6) 和式 (7) 计算，洛氏硬度示值的平均值 \bar{H} 、误差 δ 、重复性 b 按式 (5)、式 (A.1) 和式 (A.2) 计算：

$$\delta = \bar{H} - H_0 \quad (\text{A.1})$$

式中：

\bar{H} ——硬度示值测量平均值；

H_0 ——硬度块硬度值。

$$b = H_{\max} - H_{\min} \quad (\text{A.2})$$

式中：

H_{\max} ——测量 5 点中硬度示值的最大值；

H_{\min} ——测量 5 点中硬度示值的最小值。

附录 B

超声硬度计校准记录内页格式

客户名称 _____ 校准室温 _____ °C 相对湿度 _____ %
 型号规格 _____ 出厂编号 _____ 制造厂 _____
 使用计量标准器 _____ 标准器证书编号 _____
 校准技术依据： _____ JJF 1436—2013 校准地点 _____

一、外观状况：

二、试验力校准：

传感测量头试验力标称值	测量结果					
	1	2	3	平均值	误差/%	重复性/%

三、硬度示值校准：（第一次校准）

标准硬度块		测量结果								
编号	硬度值	1	2	3	4	5	平均值	示值 误差/%	重复性/%	扩展不确 定度/% ($k=2$)

硬度示值校准：（第二次校准）

标准硬度块		测量结果								
编号	硬度值	1	2	3	4	5	平均值	示值 误差/%	重复性/%	扩展不确 定度/% ($k=2$)

漂移量： $Z_1 =$ _____； $Z_2 =$ _____。

注：

1 Z_1 通常指高值硬度块的漂移量。

2 若使用洛氏硬度块进行校准，则示值误差和重复性皆为绝对量，将表中的“%”去除。

四、校准证书号 _____

检定员 _____ 核验员 _____ 校准日期 _____ 年 _____ 月 _____ 日 校准周期 _____ 年

附录 C

超声硬度计校准证书内页格式

证书编号

校准结果

表 1 试验力校准

传感测量头试验力		实测结果	
编号	标称值	偏差/%	重复性/%

表 2 硬度示值校准

标准硬度块		实测结果			
编号	标称值	实测示值	误差/%	重复性/%	扩展不确定度/% ($k=2$)

漂移量： Z_1 ： Z_2 ：

注：本校准证书只对所校准的数据负责。

以下空白

本证书所列校准结果均可溯源至复现 SI 单位的中国国家计量基准。

校准结果不确定度的评估和表述均符合 JJF 1059 的要求。

敬告：

1. 被校准仪器修理后，应立即进行校准。
2. 在使用过程中，如对被校准仪器的技术指标产生怀疑，请重新校准。
3. 根据客户要求和校准文件的规定，通常情况下 12 个月校准一次。

检定员：

核验员：

附录 D

超声硬度计测量结果不确定度分析及实例

D.1 概述

校准不确定度是定量说明校准结果质量好坏的一个参数，因此它是一个与校准结果相联系的量。对超声硬度计校准最后结果的判定是以与上级标准（标准硬度块）比较的结果为依据的。

D.2 测量不确定度分量

D.2.1 A类不确定度评估

由被校超声计的重复性引起的不确定度分量：

已知测量点数 $n=5$ ，重复性为 W ，按极差法可算出 5 点硬度平均值的标准不确定度：

$$s = \frac{W}{d_n \times \sqrt{n}} = \frac{W}{2.33 \times \sqrt{5}}$$

D.2.2 B类不确定度评估

标准硬度块引起的标准不确定度分量 u ，由下式计算得出：

$$u = \frac{U_1}{k}$$

式中：

U_1 ——标准硬度块的扩展不确定度；

k ——包含因子。

D.3 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{s^2 + u^2}$$

D.4 扩展不确定度

按正态分布，取置信水平 95%，取包含因子 $k=2$ ，则

$$U = k u_c (k=2)$$

D.5 实例

某次实测结果见表 D.1。

表 D.1 实测结果

标准硬度块		实测结果			
编号	硬度值	实测示值	误差/%	重复性/%	扩展不确定度/% ($k=2$)
H290728	765 HV5	746 HV5	-2.5	3.1	$U=2.2$

D.5.1 已知校准超声硬度计测量点数 $n=5$ ，重复性为 3.1%，按极差法可算出 5 点硬度平均值的标准不确定度：

$$s = \frac{W}{d_n \times \sqrt{n}} = \frac{3.1\%}{5.21} = 0.59\%$$

D.5.2 标准硬度块引起的标准不确定度分量 u ，由下式计算得出：

$$u = \frac{U_1}{k} = \frac{1.8\%}{2} = 0.9\%$$

式中：

U_1 ——已知的标准硬度块的扩展不确定度， $U_1=1.8\%$ ($k=2$)。

D.5.3 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{s^2 + u^2} = \sqrt{0.595\%^2 + 0.9\%^2} = 1.1\%$$

D.5.4 扩展不确定度

按正态分布，取置信水平 95%，取包含因子 $k=2$ ，则

$$U = k u_c = 2 \times 1.1\% = 2.2\% \quad (k=2)$$

