ICS 77.040.10
H 22

中华人民共和国国家标准

GB/T 230.1—2018
代替 GB/T 230.1—2009

金属材料　洛氏硬度试验
第1部分：试验方法

Metallic materials—Rockwell hardness test—Part 1: Test method

(ISO 6508-1:2016, MOD)

2018-05-14 发布　　2018-12-01 实施

国家市场监督管理总局
中国国家标准化管理委员会　发布

目　次

前言 …… Ⅲ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　原理 …… 1
4　符号、缩写术语和名称 …… 1
5　试验设备 …… 4
6　试样 …… 4
7　试验程序 …… 5
8　结果的不确定度 …… 6
9　试验报告 …… 6
10　换算成其他硬度或抗拉强度值 …… 6
附录A（规范性附录）　薄产品 HR30TSm 和 HR15TSm 试验 …… 7
附录B（规范性附录）　洛氏硬度与试样最小厚度关系 …… 8
附录C（规范性附录）　日常检查程序 …… 11
附录D（规范性附录）　金刚石压头的检查 …… 14
附录E（规范性附录）　在凸圆柱面上试验的洛氏硬度修正值 …… 15
附录F（规范性附录）　在凸球面上试验C标尺洛氏硬度修正值 …… 17
附录G（资料性附录）　硬度测量值的不确定度评定 …… 18
参考文献 …… 24

前　言

GB/T 230《金属材料　洛氏硬度试验》分为以下3部分：

——第1部分：试验方法；

——第2部分：硬度计的检验与校准；

——第3部分：标准硬度块的标定。

本部分为GB/T 230的第1部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分代替GB/T 230.1—2009《金属材料　洛氏硬度试验　第1部分：试验方法》，与GB/T 230.1—2009相比主要技术变化如下：

——修改了球形标准型洛氏硬度压头的材质(见第1章，2009年版第1章)；

——修改了钢球压头的使用范围(见第1章注，2009版第1章)；

——修改了洛氏硬度HRA、HRB的适用范围(见表1，2009版表1)；

——修改了洛氏硬度HRC适用范围延伸至10HRC的规定(见表1注，2009版表1注)；

——修改了初试验力F_0和主试验力F_1的保持时间(见7.6和7.9，2009版7.3和7.5)；

——修改了两相邻压痕中心之间的距离(见7.13，2009版7.8)；

——删除了洛氏硬度值修约的要求[见2009版第9章d)]；

——删除了试样粗糙度的要求(见2009版6.1)；

——修改了附录A中薄产品HR30TSm和HR15TSm使用的压头(见附录A注1，2009版附录A中A.1)；

——附录C由资料性附录改为规范性附录，同时修改了附录C日常检查程序的内容(见附录C，2009版附录E)；

——附录D由资料性附录改为规范性附录(见附录D，2009版附录F)；

——修改了附录G硬度测量值的不确定度评定方法(见附录G，2009版附录G)。

本部分采用重新起草法修改采用ISO 6508-1:2016《金属材料　洛氏硬度试验　第1部分：试验方法》。

本部分与ISO 6508-1:2016相比结构基本一致。本部分与ISO 6508-1:2016相比存在技术差异，这些差异涉及的条款已通过在其外侧页边空白位置的垂直单线(|)进行了标示，本部分与ISO 6508-1:2016的技术差异及其原因如下：

——关于规范性引用文件，本部分做了具有技术性差异的调整，以适应我国的技术条件，调整的情况集中反映在第2章“规范性引用文件”中，具体调整如下：

- 用修改采用国际标准的GB/T 230.2代替了ISO 6508-2；
- 用修改采用国际标准的GB/T 230.3代替了ISO 6508-3；
- 增加引用了JJG 112(见第5章)；
- 增加引用了JJF 1059.1(见第8章)。

本部分还做了下列编辑性修改：

——附录G中增加了图G.1和相应的注；

——按照附录在标准中出现的次序调整了附录C、附录D、附录E、附录F编号；

——删除了国际标准的附录H和附录I。

本部分由中国钢铁工业协会提出。

本部分由全国钢标准化技术委员会(SAC/TC 183)归口。

本部分起草单位：钢铁研究总院、冶金工业信息标准研究院、国家钢铁及制品质量监督检验中心、上海尚材试验机有限公司、沈阳天星试验仪器有限公司、上海出入境检验检疫局工业品与原材料检测技术中心、宝山钢铁股份有限公司、国家有色金属质量监督检验中心、首钢集团有限公司。

本部分起草人：杜小强、高怡斐、董莉、袁月兰、钱宝根、张凤林、吴益文、方健、李璞、张娟、王萍。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB/T 230—1983、GB/T 230—1991、GB/T 230.1—2004、GB/T 230.1—2009；

——GB/T 1818—1979、GB/T 1818—1994。

金属材料　洛氏硬度试验
第1部分:试验方法

1　范围

GB/T 230的本部分规定了标尺为A、B、C、D、E、F、G、H、K、15N、30N、45N、15T、30T和45T的金属材料洛氏硬度和表面洛氏硬度的试验方法。

本部分适用于固定式和便携式洛氏硬度计。对于特定的材料或产品,适用其他特定标准,例如:GB/T 3849.1[1]、GB/T 9097[2]。

注:碳化钨合金球形压头为标准型洛氏硬度压头,钢球压头仅在满足附录A的情况下才可使用。

2　规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 230.2—2012　金属材料　洛氏硬度试验　第2部分:硬度计(A、B、C、D、E、F、G、H、K、N、T标尺)的检验与校准(GB/T 230.2—2012,ISO 6508-2:2005,MOD)

GB/T 230.3　金属材料　洛氏硬度试验　第3部分:标准硬度块(A、B、C、D、E、F、G、H、K、N、T标尺)的标定(GB/T 230.3—2012,ISO 6508-3:2005,MOD)

JJG 112　金属洛氏硬度计(A、B、C、D、E、F、G、H、K、N、T标尺)

JJF 1059.1　测量不确定度评定与表示

3　原理

将特定尺寸、形状和材料的压头按照第7章的规定分两级试验力压入试样表面,初试验力加载后,测量初始压痕深度。随后施加主试验力,在卸除主试验力后保持初试验力时测量最终压痕深度,洛氏硬度根据最终压痕深度和初始压痕深度的差值h及常数N和S(见图1、表1和表2)通过式(1)计算给出:

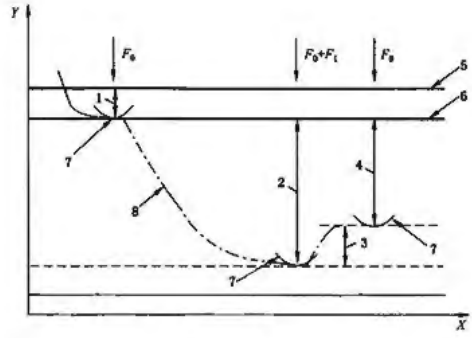
$$洛氏硬度=N-\frac{h}{S} \qquad \cdots\cdots(1)$$

4　符号、缩写术语和名称

4.1　本部分使用的符号、缩写术语和名称见图1、表1、表2及表3。如产品标准或协议允许,直径为6.350 mm和12.70 mm的压头也可以使用。参见ASTM E18[10]中其他标尺所使用的压头。

注1:对于某些材料,适用范围可能比表中所示要窄。

注2:试验力以前使用kgf为单位。例如:30 kgf的总试验力换算为294.2 N。



说明：

X ——时间；

Y ——压头位置；

1 ——在初试验力 F_0 下的压入深度；

2 ——由主试验力 F_1 引起的压入深度；

3 ——卸除主试验力 F_1 后的弹性回复深度；

4 ——残余压痕深度 h；

5 ——试样表面；

6 ——测量基准面；

7 ——压头位置；

8 ——压头深度相对时间的曲线。

图 1　洛氏硬度试验原理图

表 1　洛氏硬度标尺

洛氏硬度标尺	硬度符号单位	压头类型	初试验力 F_0	总试验力 F	标尺常数 S	全位程常数 N	适用范围
A	HRA	金刚石圆锥	98.07 N	588.4 N	0.002 mm	100	20 HRA～95 HRA
B	HRBW	直径 1.587 5 mm 球	98.07 N	980.7 N	0.002 mm	130	10 HRBW～100 HRBW
C	HRC	金刚石圆锥	98.07 N	1.471 kN	0.002 mm	100	20 HRC*～70 HRC
D	HRD	金刚石圆锥	98.07 N	980.7 N	0.002 mm	100	40 HRD～77 HRD
E	HREW	直径 3.175 mm 球	98.07 N	980.7 N	0.002 mm	130	70 HREW～100 HREW
F	HRFW	直径 1.587 5 mm 球	98.07 N	588.4 N	0.002 mm	130	60 HRFW～100 HRFW
G	HRGW	直径 1.587 5 mm 球	98.07 N	1.471 kN	0.002 mm	130	30 HRGW～94 HRGW
H	HRHW	直径 3.175 mm 球	98.07 N	588.4 N	0.002 mm	130	80 HRHW～100 HRHW
K	HRKW	直径 3.175 mm 球	98.07 NP	1.471 kN	0.002 mm	130	40 HRKW～100 HRKW

* 当金刚石圆锥表面和顶端球面是经过抛光的，且抛光至沿金刚石圆锥轴向距离尖端至少 0.4 mm，试验适用范围可延伸至 10 HRC。

表 2　表面洛氏硬度标尺

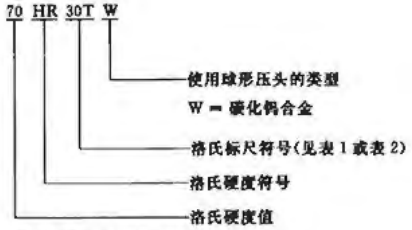
表面洛氏硬度标尺	硬度符号单位	压头类型	初试验力 F_0	总试验力 F	标尺常数 S	全量程常数 N	适用范围（表面洛氏硬度标尺）
15 N	HR15 N	金刚石圆锥	29.42 N	147.1 N	0.001 mm	100	70 HR15 N～94 HR15 N
30 N	HR30 N	金刚石圆锥	29.42 N	294.2 N	0.001 mm	100	42 HR30 N～86 HR30 N
45 N	HR45 N	金刚石圆锥	29.42 N	441.3 N	0.001 mm	100	20 HR45 N～77 HR45 N
15 T	HR15 TW	直径 1.587 5 mm 球	29.42 N	147.1 N	0.001 mm	100	67 HR15 TW～93 HR15 TW
30 T	HR30 TW	直径 1.587 5 mm 球	29.42 N	294.2 N	0.001 mm	100	29 HR30 TW～82 HR30 TW
45 T	HR45 TW	直径 1.587 5 mm 球	29.42 N	441.3 N	0.001 mm	100	10 HR45 TW～72 HR45 TW

表 3　符号及缩写术语

符号/缩写术语	说　明	单　位
F_0	初试验力	N
F_1	主试验力（总试验力减去初试验力）	N
F	总试验力	N
S	给定标尺的标尺常数	mm
N	给定标尺的全量程常数	—
h	卸除主试验力，在初试验力下压痕残留的深度（残余压痕深度）	mm
HRA HRC HRD	洛氏硬度$=100-\frac{h}{0.002}$	
HRBW HREW HRFW HRGW HRHW HRKW	洛氏硬度$=130-\frac{h}{0.002}$	
HRN HRTW	表面洛氏硬度$=100-\frac{h}{0.001}$	

4.2　洛氏硬度的表示方法如下示例。

示例：



注 1：GB/T 230 的以前版本允许使用钢球压头，并加后缀 S 表示。

注 2：HR30TSm 和 HR15TSm 在附录 A 进行了定义，使用大写 S 和小写 m 来表明使用钢球压头和金刚石试样支撑台。

5 试验设备

5.1 硬度计

硬度计应能按表 1 和表 2 的部分或全部标尺及第 7 章的要求施加试验力，并符合 GB/T 230.2—2012 或 JJG 112 的规定。

5.2 金刚石圆锥体压头

金刚石圆锥压头应满足 GB/T 230.2—2012 或 JJG 112 的要求，压头锥角应为 120°，顶部曲率半径应为 0.2 mm，可以证实用于以下试验：

——仅作为洛氏硬度标尺使用；

——仅作为表面洛氏硬度标尺使用；

——同时作为洛氏硬度标尺和表面洛氏硬度使用。

5.3 球形压头

碳化钨合金球形压头的直径为 1.587 5 mm 或 3.175 mm，并符合 GB/T 230.2—2012 的要求。

注 1：球形压头通常由一个压头球和压头体组成。如果接触试样的端部为球形的单体压头满足 GB/T 230.2—2012 中 6.3.1 尺寸、形状、抛光、硬度的要求以及满足 GB/T 230.2—2012 中 6.3.2 的性能要求，这种端部为球形的单体压头也可以使用。

注 2：碳化钨合金球形压头为标准型洛氏硬度压头，钢球压头仅在 HR30TSm 和 HR15TSm 时使用，见附录 A。

6 试样

6.1 除非材料标准或合同另有规定，试样表面应平坦光滑，并且不应有氧化皮及外来污物，尤其不应有油脂。在做可能会与压头粘结的活性金属的硬度试验时，例如钛，可以使用某种合适的油性介质，例如煤油。使用的介质应在试验报告中注明。

6.2 试样的制备应使受热或冷加工等因素对试样表面硬度的影响减至最小。尤其对于压痕深度浅的试样应特别注意。

6.3 附录 B 给出了洛氏硬度与试样最小厚度关系图。对于用金刚石圆锥压头进行的试验，试样或试验层厚度应不小于残余压痕深度的 10 倍；对于用球压头进行的试验，试样或试验层的厚度应不小于残余压痕深度的 15 倍。除非可以证明使用较薄的试样对试验结果没有影响。通常情况下，试验后试样的背面不应有变形出现。对于特别薄的薄板金属，应符合 HR30TSm 和 HR15TSm 标尺的特别要求，见附

录 A。

6.4 在凸圆柱面和凸球面上进行试验时，应采用洛氏硬度修正值，见 7.11。

7 试验程序

7.1 试验一般在 10 ℃～35 ℃的室温下进行。当环境温度不满足该规定要求时，试验室需要评估该环境下对于试验数据产生的影响。当试验温度不在 10 ℃～35 ℃范围内时，应记录并在报告中注明。

注：如果在试验或者校准时温度有明显的变化，测量的不确定度可能会增加，并且可能会出现测量超差的情况。

7.2 使用者应在当天使用硬度计之前，对所用标尺根据附录 C 进行日常检查。金刚石压头应按照附录 D 的要求进行检查。

7.3 在变换或更换压头、压头球或载物台之后，应至少进行两次测试并将结果舍弃，然后按照附录 C 进行日常检查以确保硬度计的压头和载物台安装正确。

7.4 压头应是上一次间接校准时使用的，如果不是上一次间接校准时使用的，压头应按照附录 C 中对常用的硬度标尺至少使用两个标准硬度块进行核查(硬度块按照 GB/T 230.2—2012 表 1 中选取高值和低值各 1 个)。该条款不适用于只更换球的情况。

7.5 试样应放置在刚性支承物上，并使压头轴线和加载方向与试样表面垂直，同时应避免试样产生位移。应对圆柱形试样作适当支承，例如放置在洛氏硬度值不低于 60 HRC 的带有定心 V 型槽或双圆柱的试样台上。由于任何垂直方向的不同心都可能造成错误的试验结果，所以应特别注意使压头、试样、定心 V 型槽与硬度计支座中心对中。

7.6 使压头与试样表面接触，无冲击、振动、摆动和过载地施加初试验力 F_0，初试验力的加载时间不超过 2 s，保持时间应为 3^{+1}_{+2} s。

注：初试验力的保持时间范围是不对称的。

例如：3^{+1}_{+2} s 表示 3 s 是理想的保持时间，可接受的保持时间范围是 1 s～4 s。

7.7 初始压痕深度测量。手动(刻度盘)硬度计需要给指示刻度盘设置设定点或设置零位。自动(数显)硬度计的初始压痕深度测量是自动进行，不需要使用者进行输入，同时初始压痕深度的测量也可能不显示。

7.8 无冲击、振动、摆动和过载地施加主试验力 F_1，使试验力从初试验力 F_0 增加至总试验力 F。洛氏硬度主试验力的加载时间为 1 s～8 s。所有 HRN 和 HRTW 表面洛氏硬度的主试验力加载时间不超过 4 s。建议采用与间接校准时相同的加载时间。

注：资料表明，某些材料可能对应变速率较敏感，应变速率的改变可能引起屈服应力值轻微变化，影响到压痕形成，从而可能改变测试的硬度值。

7.9 总试验力 F 的保持时间为 5^{+1}_{+2} s，卸除主试验力 F_1，初试验力 F_0 保持 4^{+1}_{+2} s 后，进行最终读数。对于在总试验力施加期间有压痕蠕变的试验材料，由于压头可能会持续压入，所以应特别注意。若材料要求的总试验力保持时间超过标准所允许的 6 s 时，实际的总试验力保持时间应在试验结果中注明(例如 65 HRF/10 s)。

7.10 保持初试验力测量最终压痕深度。洛氏硬度值由式(1)使用残余压痕深度 h 计算，相应的信息由表 1、表 2 和表 3 给出。对于大多数洛氏硬度计，压痕深度测量是采用自动计算从而显示洛氏硬度值的方式进行。图 1 中说明了洛氏硬度值的求出过程。

7.11 对于在凸圆柱面和凸球面上进行的试验，需要按附录 E(表 E.1、表 E.2、表 E.3 和表 E.4)和附录 F(表 F.1)进行修正，修正值应在报告中注明。未规定在凹面上试验的修正值，在凹面上试验时，应协商解决。

7.12 在试验过程中，硬度计应避免受到冲击或振动。

7.13 两相邻压痕中心之间的距离至少应为压痕直径的 3 倍，任一压痕中心距试样边缘的距离至少应

为压痕直径的 2.5 倍。

8 结果的不确定度

一次完整的不确定度评定宜依照测量不确定度表示指南 JJF 1059.1 进行。对于硬度，与来源类型无关，有以下两种测量不确定度的评定方法可供选择：

——基于在直接校准中对所有出现的相关不确定度分量的评定，参考 EURAMET Guide CG-16[3]；

——基于用标准硬度块(有证标准物质)进行间接校准[1,3,4]，测定指导参见附录 G。

9 试验报告

除非另有规定，试验报告应至少包括以下内容：

a) GB/T 230 的本部分编号；
b) 与试样有关的详细资料，包括试样表面的曲率；
c) 如果试验温度不在 10 ℃～35 ℃之间，应注明试验温度；
d) 以 4.2 的格式表示的试验结果；
e) 不在本部分规定之内的操作或可选操作；
f) 可能影响试验结果的各种细节；
g) 如果总试验力的保持时间超过 6 s，应注明总试验力的保持时间；
h) 试验日期；
i) 如果转换成其他硬度，转换的依据和方法应注明(参见 GB/T 33362[1])。

10 换算成其他硬度或抗拉强度值

尚无普遍适用的方法将洛氏硬度值精确地换成其他硬度或抗拉强度，因此应避免这种换算，除非通过对比试验得到可比较的换算方法(参见 GB/T 33362[1])。

附 录 A
（规范性附录）
薄产品 HR30TSm 和 HR15TSm 试验

A.1 一般要求

本试验适用于最大厚度为 0.6 mm 至产品标准所示最小厚度、最高硬度值为 82HR30TSm 或 93HR15TSm 的薄金属片。产品标准应规定何种情况下采用 HR30TSm 或 HR15TSm 进行硬度试验。

本附录的条件与本部分中规定的 HR30TW 或 HR15TW 试验条件相似，但允许在压痕背面出现变形痕迹。

注 1：标尺中 Sm 表示在试验中使用钢球压头和金刚石试样支座。

注 2：试验之前，需要在已知硬度值的薄样品上进行硬度测试，以确保试样支座表面不会影响测量结果。

除按本部分试验外，还应满足以下各项要求。

A.2 球形压头

试验使用的硬化钢球直径为 1.587 5 mm，并符合 GB/T 230.2—2012 的要求。

A.3 试样支座

试样支座应包含直径约为 4.5 mm 经抛光和光滑平整的金刚石平板。支座面应与压头轴线垂直，支座轴线应与主轴同轴，并能稳固精确地安装于硬度计试样台上。

A.4 试样制备

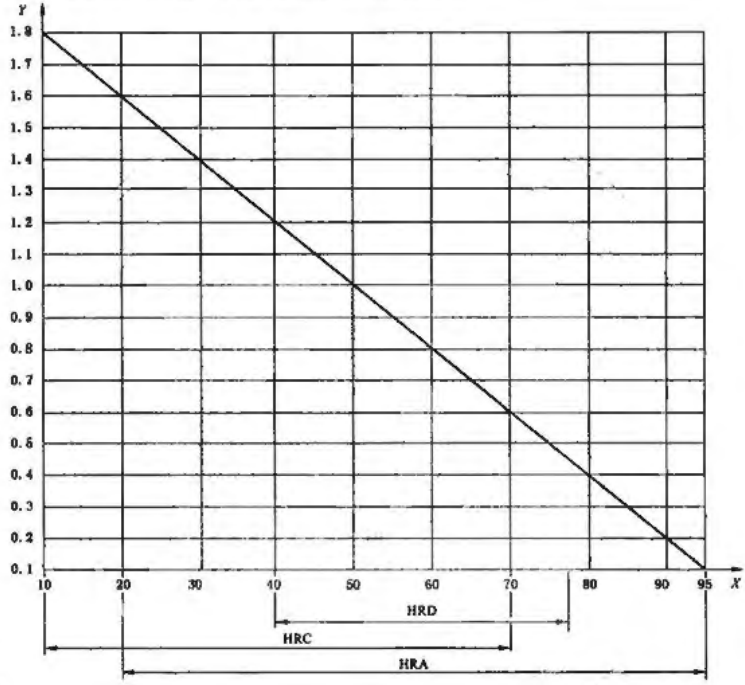
如有必要减薄试样，要对试样上下两面进行加工，加工中应避免如发热或冷作硬化等对基体金属性能的影响。基体金属不应薄于最小允许厚度。

A.5 压痕距离

如无其他规定，两相邻压痕中心间距离或任一压痕中心距试样边缘距离不小于 5 mm。

附 录 B
（规范性附录）
洛氏硬度与试样最小厚度关系

图 B.1、图 B.2 和图 B.3 给出了试样或试验层的最小厚度。

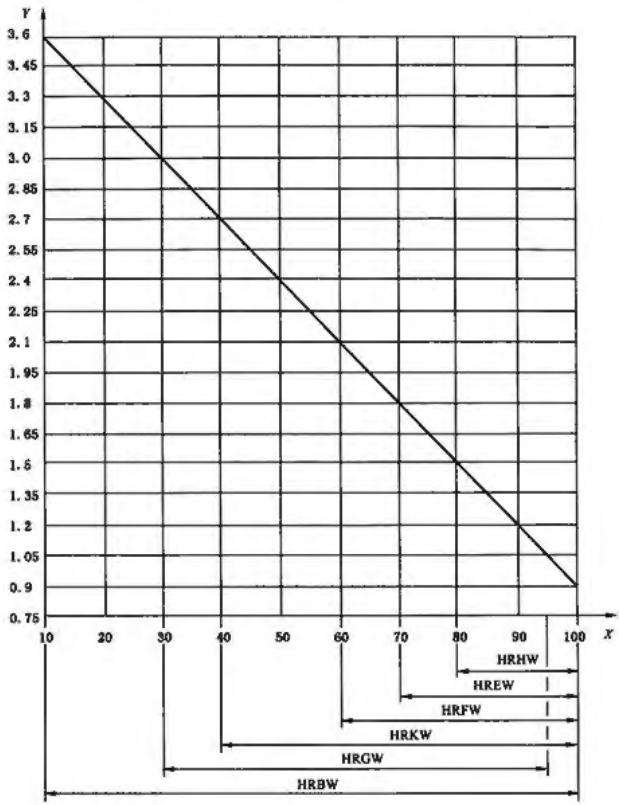


说明：

X——洛氏硬度；

Y——试样最小厚度，单位为毫米(mm)。

图 B.1 用金刚石圆锥压头试验(A、C、和 D 标尺)

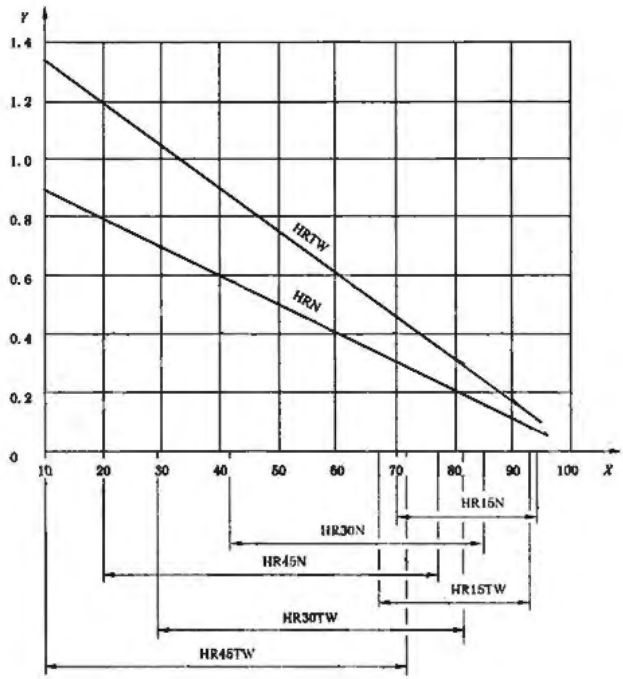


说明：

X——洛氏硬度；

Y——试样最小厚度，单位为毫米(mm)。

图 B.2　用球形压头试验(B、E、F、G、H 和 K 标尺)



说明：

X——洛氏硬度；

Y——试样最小厚度，单位为毫米(mm)。

图 B.3　表面洛氏硬度试验(N 和 T 标尺)

附 录 C
（规范性附录）
日常检查程序

C.1 总则

使用者应在当天使用硬度计之前，对硬度计需使用的每个标尺进行检查。至少选取一块符合GB/T 230.3—2012 表 E.1 范围中的标准硬度块，推荐选取与测试硬度值接近的标准硬度块。只能在标准硬度块的校准面进行试验，至少在标准硬度块上测试两个点，并用以下的公式计算测试结果的偏差和重复性。如果偏差和重复性在表 C.1 允许的范围内，则硬度计符合要求；否则，检查压头、试样支座和试验机的状态并重复上述试验。如果硬度计仍不符合要求，则需按照 GB/T 230.2—2012 中第 5 章进行间接校准。

所测数据建议保存一段时间，以便监测硬度计的重复性和稳定性。

C.2 偏差

试验设备的偏差 b，用洛氏单位表示，在特定的检查情况下，按照式(C.1)进行表示：

$$b=\overline{H}-H_{CRM} \qquad \cdots\cdots(C.1)$$

式中：

b ——试验设备的偏差；

$\overline{H}$ ——按照式(C.2)计算的平均硬度值；

H_{CRM}——标准硬度块的标准值。

压痕的平均硬度值 $\overline{H}$ 按照式(C.2)进行定义：

$$\overline{H}=\frac{H_1+\cdots+H_n}{n} \qquad \cdots\cdots(C.2)$$

式中：

$H_1,\cdots H_n$ ——表示按硬度值从小到大的顺序排列的测量硬度值；

n ——全部压痕的个数。

C.3 重复性范围

为了确定标准硬度块的重复性范围，用 $H_1\cdots H_n$ 表示从小到大的顺序排列的测量硬度值。

试验设备的重复性 r，用洛氏单位表示，在特定的检查情况下，按照式(C.3)确定：

$$r=H_n-H_1 \qquad \cdots\cdots(C.3)$$

表 C.1 硬度计允许的重复性范围和偏差

洛氏硬度标尺	标准硬度块的硬度值范围	允许偏差 b 洛氏单位	允许的硬度计重复性范围 r[a]
A	20 HRA～75 HRA >75 HRA～95 HRA	±2 HRA ±1.5 HRA	≤0.02×(100−$\overline{H}$)或 0.8 洛氏单位[b]
B	10 HRBW～45 HRBW >45 HRBW～80 HRBW >80 HRBW～100 HRBW	±4 HRBW ±3 HRBW ±2 HRBW	≤0.04×(130−$\overline{H}$)或 1.2 洛氏单位[b]
C	10 HRC～70 HRC	±1.5 HRC	≤0.02×(100−$\overline{H}$)或 0.8 洛氏单位[b]
D	40 HRD～70 HRD >70 HRD～77 HRD	±2 HRD ±1.5 HRD	≤0.02×(100−$\overline{H}$)或 0.8 洛氏单位[b]
E	70 HREW～90 HREW >90 HREW～100 HREW	±2.5 HREW ±2 HREW	≤0.04×(130−$\overline{H}$)或 1.2 洛氏单位[b]
F	60 HRFW～90 HRFW >90 HRFW～100 HRFW	±3 HRFW ±2 HRFW	≤0.04×(130−$\overline{H}$)或 1.2 洛氏单位[b]
G	30 HRGW～50 HRGW >50 HRGW～75 HRGW >75 HRGW～94 HRGW	±6 HRGW ±4.5 HRGW ±3 HRGW	≤0.04×(130−$\overline{H}$)或 1.2 洛氏单位[b]
H	80 HRHW～100 HRHW	±2 HRHW	≤0.04×(130−$\overline{H}$)或 1.2 洛氏单位[b]
K	40 HRKW～60 HRKW >60 HRKW～80 HRKW >80 HRKW～100 HRKW	±4 HRKW ±3 HRKW ±2 HRKW	≤0.04×(130−$\overline{H}$)或 1.2 洛氏单位[b]
15 N、30 N、45 N	所有范围	±2 HRN	≤0.04×(100−$\overline{H}$)或 1.2 洛氏单位[b]
15 T、30 T、45 T	所有范围	±3 HRTW	≤0.06×(100−$\overline{H}$)或 2.4 洛氏单位[b]

[a] $\overline{H}$ 是平均硬度值。

[b] 使用两个数值中较大的一个。

示例 1：一个低硬度值的 HRC 标准硬度块有以下的日常检查结果：

24.0 HRC 和 25.2 HRC

按照式(C.2)得出：$\overline{H}$=24.6 HRC，按照式(C.3)得出：r=1.2 HRC 硬度单位。

查表 C.1，对于该 HRC 标尺，HRC 为 24.6 时允许的重复性范围为 0.02×(100−24.6)=1.51 HRC 硬度单位。因为 1.51 HRC 硬度单位比 0.8 HRC 硬度单位大，所以，对于这个标准硬度块，硬度计的允许重复性范围是 1.51 HRC 硬度单位。

因为 r=1.2 HRC 硬度单位，所以硬度计的重复性是可接受的。

示例2：一个高硬度HRC标块有以下的日常检查结果：

63.1 HRC和63.9 HRC

按照式(C.2)得出：$\overline{H}$=63.5 HRC，按照式(C.3)得出：r=0.8 HRC硬度单位。

查表C.1，对于该HRC标尺，HRC为63.5时允许的重复性范围为0.02(100−63.5)=0.73 HRC硬度单位。因为0.73 HRC硬度单位小于0.8 HRC硬度单位，所以，对于这个标准硬度块，硬度计的允许重复性范围是0.8 HRC硬度单位。

因为r=0.8 HRC硬度单位，所以硬度计的重复性是可接受的。

附 录 D
（规范性附录）
金刚石压头的检查

经验表明，许多初始状态良好的压头在使用一段时间以后出现缺陷，这是由于表面的小裂纹、斑痕或缺陷所致。如果能及时检查出这些缺陷并再次研磨，许多压头仍能继续使用，否则任何小缺陷都会很快恶化，导致压头报废。因此对压头表面在首次使用和使用一定时间后需使用合适的光学装置（显微镜、放大镜等）进行检查：

——若发现压头表面有缺陷，则认为压头已经失效；

——应按 GB/T 230.2—2012 中的规定对重新研磨或修复的压头进行校准。

附 录 E
（规范性附录）
在凸圆柱面上试验的洛氏硬度修正值

表 E.1、表 E.2、表 E.3 和表 E.4 给出了在凸圆柱面上试验的洛氏硬度修正值，对表中其他半径的修正值，可用线性内插值求得。

表 E.1 用金刚石圆锥压头试验(A、C 和 D 标尺)

洛氏硬度读数	曲率半径/mm								
	3	5	6.5	8	9.5	11	12.5	16	19
20	—	—	—	2.5	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0
25	—	—	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0
30	—	—	2.5	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0	0.5
35	—	3.0	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5
40	—	2.5	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5
45	3.0	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5
50	2.5	2.0	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5
55	2.0	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0
60	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0
65	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0
70	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0
75	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0
80	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0
85	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
90	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
注：大于 3 HRA、3 HRC 和 3 HRD 的修正值不被认可，不在表中规定。									

表 E.2 用 1.587 5 mm 球形压头试验(B、F 和 G 标尺)

洛氏硬度读数	曲率半径/mm						
	3	5	6.5	8	9.5	11	12.5
20	—	—	—	4.5	4.0	3.5	3.0
30	—	—	5.0	4.5	3.5	3.0	2.5
40	—	—	4.5	4.0	3.0	2.5	2.5
50	—	—	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0
60	—	5.0	3.5	3.0	2.5	2.0	2.0
70	—	4.0	3.0	2.5	2.0	2.0	1.5
80	5.0	3.5	2.5	2.0	1.5	1.5	1.5
90	4.0	3.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.0
100	3.5	2.5	1.5	1.5	1.0	1.0	0.5
注：大于 5 HRB、5 HRF 和 5 HRG 的修正值不被认可，不在表中规定。							

表 E.3 表面洛氏硬度试验(15 N、30 N 和 45 N 标尺)[a,b]

表面洛氏硬度读数	曲率半径/mm					
	1.6	3.2	5	6.5	9.5	12.5
20	(6.0)[c]	3.0	2.0	1.5	1.5	1.5
25	(5.5)[c]	3.0	2.0	1.5	1.5	1.0
30	(5.5)[c]	3.0	2.0	1.5	1.0	1.0
35	(5.0)[c]	2.5	2.0	1.5	1.0	1.0
40	(4.5)[c]	2.5	1.5	1.5	1.0	1.0
45	(4.0)[c]	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0
50	(3.5)[c]	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0
55	(3.5)[c]	2.0	1.5	1.0	0.5	0.5
60	3.0	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5
65	2.5	1.5	1.0	0.5	0.5	0.5
70	2.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5
75	1.5	1.0	0.5	0.5	0.5	0
80	1.0	0.5	0.5	0.5	0	0
85	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0
90	0	0	0	0	0	0

[a] 修正值仅为近似值,代表从表中给出曲面上实测平均值。精确至 0.5 个表面洛氏硬度单位。

[b] 圆柱面的试验结果受主轴及 V 型试样支座与压头同轴度、试样表面粗糙度及圆柱面平直度综合影响。

[c] 括号中的修正值,经协商后方可使用。

表 E.4 表面洛氏硬度试验(15 T、30 T 和 45 T 标尺)[a,b]

表面洛氏硬度读数	曲率半径/mm						
	1.6	3.2	5	6.5	8	9.5	12.5
20	(13)[c]	(9.0)[c]	(6.0)[c]	(4.5)[c]	(3.5)[c]	3.0	2.0
30	(11.5)[c]	(7.5)[c]	(5.0)[c]	(4.0)[c]	(3.5)[c]	2.5	2.0
40	(10.0)[c]	(6.5)[c]	(4.5)[c]	(3.5)[c]	3.0	2.5	2.0
50	(8.5)[c]	(5.5)[c]	(4.0)[c]	3.0	2.5	2.0	1.5
60	(6.5)[c]	(4.5)[c]	3.0	2.5	2.0	1.5	1.5
70	(5.0)[c]	(3.5)[c]	2.5	2.0	1.5	1.0	1.0
80	3.0	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0	0.5
90	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5

[a] 修正值仅为近似值,代表从表中给出曲面上实测平均值。精确至 0.5 个表面洛氏硬度单位。

[b] 圆柱面的试验结果受主轴及 V 型试台与压头同轴度、试样表面粗糙度及圆柱面平直度综合影响。

[c] 括号中的修正值,经协商后方可使用。

附 录 F
（规范性附录）
在凸球面上试验C标尺洛氏硬度修正值

F.1 表F.1中给出了在凸球面上试验的洛氏硬度修正值。

表F.1 凸球面上C标尺洛氏硬度修正值

洛氏硬度读数	球面直径 d/mm								
	4	6.5	8	9.5	11	12.5	15	20	25
55 HRC	6.4	3.9	3.2	2.7	2.3	2.0	1.7	1.3	1.0
60 HRC	5.8	3.6	2.9	2.4	2.1	1.8	1.5	1.2	0.9
65 HRC	5.2	3.2	2.6	2.2	1.9	1.7	1.4	1.0	0.8

F.2 在表F.1中给出的洛氏硬度C标尺的修正值 ΔH 由式(F.1)算出：

$$\Delta H = 59 \times \frac{\left(1-\frac{H}{160}\right)^2}{d} \qquad \text{(F.1)}$$

式中：

ΔH ——洛氏硬度C标尺的修正值；

H ——洛氏硬度值；

d ——球的直径，单位为毫米(mm)。

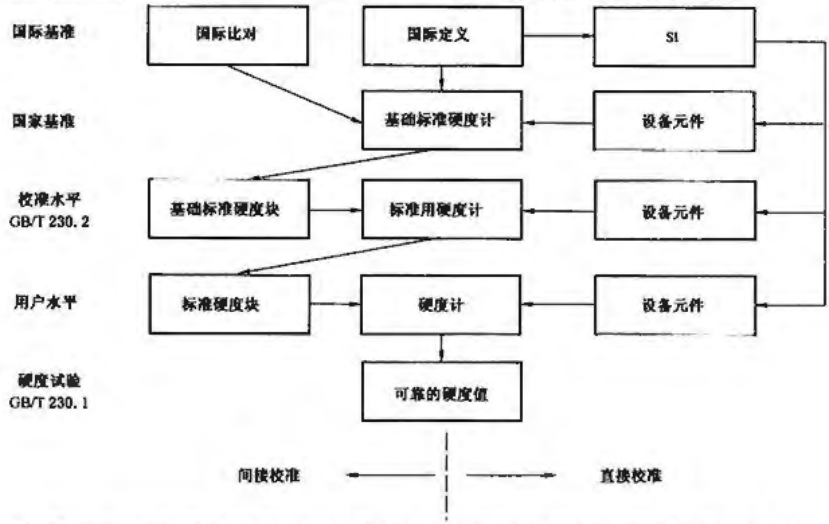
附 录 G
（资料性附录）
硬度测量值的不确定度评定

G.1 通常要求

G.1.1 测量不确定度分析是对决定误差来源和理解测试结果差异的一种有利工具。本附录给出了不确定度评估的指南，但是方法仅供参考，除非由客户特殊指定。大多数产品标准都有基于研究多年产品要求得到的允差，或者部分基于硬度测量时硬度计的性能。这些允差包含了硬度测量不确定度的贡献，但是因为硬度测量估计的不确定度来减小规定的允差是不合适的。换言之，当一个产品标准规定一项的硬度应高于或低于某一特定值，这应当解释为简单地规定了计算硬度值应满足这个要求，除非在产品标准中有特殊声明。然而，对于一些特殊情况，减小由测量不确定度带来的允差也许是合适的，这只能通过双方协商解决。

G.1.2 本附录定义的不确定度只考虑硬度计与标准硬度块（CRM）相关测量的不确定度。这些不确定度反映了所有分量不确定度的组合影响。由于本方法要求硬度计的各个独立部件均在其允许偏差范围内正常工作，故强烈建议在硬度计通过直接检定一年内采用本方法计算。

G.1.3 图 G.1 给出了用于定义和区分各硬度标尺的四级的计量溯源链的结构图。溯源链起始于用于定义国际比对的各硬度标尺的国际基准。一定数量的国家基准—基础标准硬度计“定值”校准实验室用基础参考硬度块。当然，基础标准硬度计应当在尽可能高的准确度下进行直接标定和校准。



注：图 G.1 的左侧表示通过校准层级（即国家，校准和用户）中每个级别的单个校准链进行的溯源性路径，包括标准块的校准和洛氏硬度试验机的间接检定。基础标准硬度计（国家级）用于校准基础标准硬度块，基础标准硬度块用于校准校准用硬度计（校准级），校准用硬度计用于校准标准硬度块，标准硬度块用于校准硬度计（用户级）。

图 G.1 校准链

G.2 通常程序

本程序计算与被测硬度值相关的扩展不确定度 U。表 G.1 和表 G.2 给出了两种不同的计算方法，同时给出了所用符号的细节。两种方法通过平方根求和的方法(RSS)合成一系列不相关的标准不确定度源，然后乘上扩展因子 k($k=2$)。方法之一是系统源的不确定度分量被算数加到这个数值上，另一方法是对测量结果进行修正，用于补偿这一系统分量。

注：该不确定度的评估是在硬度计上次校准之后进行，硬度计不能有任何可能的漂移，并且假定任何变化在幅值上都是不明显的。正因为如此，这种分析大多数都是在硬度计校准之后立即进行，校准结果在硬度计的校准证书中给出。

G.3 硬度计的偏差

硬度计的偏差 b 起源于下面两部分之间的差异：

——校准硬度计的 5 个硬度压痕的平均值。

——标准硬度块的校准值。

可以用不同的方法测定不确定度。

G.4 计算不确定度的步骤：硬度测量值

G.4.1 概述

测定扩展不确定度 U(见表 G.1)。用于计算不确定度的额外信息见文献[4]。下面给出了硬度测量不确定度的测定的两种方法：

——方法 M1：用两种方法解释了硬度计的系统偏差；

——方法 M2：没有考虑系统偏差大小的不确定度测定方法。

注：本附录中，CRM 是 Certified Reference Material 的缩写。在硬度试验标准中，有证参考物质与标准硬度块相当，也就是一种材料具有有证值和相关的不确定度。

G.4.2 考虑偏差的步骤(方法 M1)

方法 M1 的测量不确定度的测定方法见表 G.1。

硬度计的测量偏差 b 被认为是系统影响。JJF 1059.1 推荐对系统影响进行补偿，这是方法 M1 的基础。该方法的结果或者将全部硬度值减去偏差 b 或者将不确定度 U_{corr} 增加偏差 b。测定 U_{corr} 的步骤见表G.1[4][5]。

对于单次硬度测量的合成扩展不确定度依据式(G.1)进行计算：

$$U=k\cdot\sqrt{u_H^2+u_{ms}^2+u_{HTM}^2} \qquad \text{(G.1)}$$

式中：

u_H ——由于硬度计测量重复性的欠缺带来的测量不确定度分量；

u_{ms} ——硬度计在测量标准硬度块时分辨率带来的测量不确定度分量；

u_{HTM} ——硬度计测量产生的，由于偏差 b(该值在 GB/T 230.2—2012 中按照式(G.2)定义为间接校准的结果)的标准不确定度带来的测量不确定度分量。

$$u_{HTM}=\sqrt{u_{CRM}^2+u_{HCRM}^2+u_{ms}^2} \qquad \text{(G.2)}$$

式中：

u_{CRM} ——由于标准硬度值的有证值的校准不确定度带来的测量不确定度的分量，校准证书

中$k=1$；

u_{HCRM}——由于硬度计测量重复性的欠缺和标准硬度块不均匀性合成的测量不确定度的分量，当测量标准硬度块时硬度测量平均值的标准偏差；

u_{res}——硬度计在测量标准硬度块时分辨率带来的测量不确定度分量。

测量结果分别用式(G.3)和式(G.4)来表示：

$$X_{corr}=(x-b)\pm U_{corr} \quad \cdots\cdots(G.3)$$

或

$$X_{corr}=x\pm(U_{corr}+|b|) \quad \cdots\cdots(G.4)$$

取决于偏差b是否被认为是不确定度平均值的一部分。

当用方法M1时，包含RSS周期相应于b值的额外不确定度分量也可能是合适的。尤其是发生以下几种情况时：

——在对硬度计进行校准时，被测硬度与硬度块的水平明显不同；

——硬度计的偏差值在整个校准范围变化很大；

——被测材料与硬度计校准时所用硬度块的材料明显不同；

——硬度计日常检查时的再现性变化明显。

G.4.3 没有偏差的步骤(方法M2)

作为方法M1的替代方法，方法M2可以在有些情况下使用。方法M2是一种不考虑硬度计任何系统偏差大小的简化方法，然而，方法M2也经常过度评估真实的测量不确定度。

U的测定步骤在表G.2中给出。

方法M2仅对硬度计通过按照GB/T 230.2—2012的间接校准(即$\Delta H_{HTM\ max}=|b|+U_{HTM}$)才有效。而不是当测定偏差的最大允许偏差的符合性时只考虑偏差。

对于M2方法，偏差极限(硬度计的读数与标准硬度块的允许差的最大正值，在GB/T 230.2—2012中定义不确定度的一个分量b_E)。考虑到偏差极限，对硬度值没有修正。

对于单次硬度测量的合成扩展不确定度依据式(G.5)进行计算：

$$U=k\times\sqrt{u_H^2+u_{res}^2}+b_E \quad \cdots\cdots(G.5)$$

式中：

u_H——由于硬度计测量重复性的欠缺带来的测量不确定度分量；

u_{res}——硬度计在测量标准硬度块时分辨率带来的测量不确定度分量；

b_E——在GB/T 230.2—2012中规定的偏差的最大允许偏差，测量结果表示为：

$$X=x\pm U \quad \cdots\cdots(G.6)$$

G.5 硬度测量结果的表示

当报告硬度测量结果时，应注明用于评估不确定度的方法。

示例：用一个硬度计对一个样品进行了一单次C标尺的硬度测试，x。

单一硬度测量值x：　　$x=60.5$ HRC

硬度计的分辨率δ_{res}：　　$\delta_{res}=0.1$ HRC

上次间接校准的硬度计的测量偏差b和利用$\overline{X}_{CRM}=62.82$ HRC的标准硬度块的偏差不确定度U_{HTM}。间接校准的硬度块的硬度值尽可能接近待测样品的硬度。

硬度计的测量偏差b：　　$b=-0.72$ HRC

硬度计测量偏差的不确定度U_{HTM}：　　$U_{HTM}=0.66$ HRC

测定硬度计重复性的欠缺，实验室选取与待测样品的硬度类似的标准硬度块进行5次HRC的测

量 H_i。这 5 次测量尽可能临近并满足间距要求以降低硬度块不均匀性的影响。

5 次测量值 H_i：　61.7 HRC；61.9 HRC；62.0 HRC；62.1 HRC；62.1 HRC

测量的平均值 $\overline{H}$：　$\overline{H}=61.69$ HRC

测量值的标准偏差 S_H：　$S_H=0.17$ HRC

其中

$$\overline{H}=\frac{\sum_{i=1}^{n}H_i}{n} \qquad \text{……(G.7)}$$

$$S_H=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(H_i-\overline{H})^2} \qquad \text{……(G.8)}$$

$n=5$

S_H 值基于依据 GB/T 230.2—2012 上次间接校准的值，但是通常会过度估计缺乏重复性的不确定度分量，因为上述不确定度分量已包含了标准硬度块的不均匀性。

表 G.1 依据方法 M1 的测量结果的测定

步骤	不确定度来源	符号	公式	依据	例： […]=HRC
1	偏差 b 和间接校准得到的硬度计偏差的不确定度 U_{HTM} 由于最大允许偏差产生的扩展不确定度	b U_{HTM} u_{HTM}	$u_{HTM}=\frac{U_{HTM}}{2}$	b 和 U_{HTM} 依据 $\bar{x}_{CRM}$=62.82 HRC 的标准硬度块的间接校准证书(注 1)	$b=-0.72$ HRC $U_{HTM}=0.66$ HRC $u_{HTM}=\frac{0.66\ HRC}{2}=0.33$ HRC
2	重复性测量的标准偏差	S_H	$S_H=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(H_i-\bar{H})^2}$	选取与待测样品硬度值相近的硬度块，由实验室进行 5 次测量(注 2)	$S_H=0.17$HRC
3	由重复性引入的标准不确定度	u_H	$u_H=t\times S_H$ (注 3)	$n=5$ 时，$t=1.14$ (见 JJF 1059.1 的 G.3 和表 G.2)	$u_H=(1.14\times0.17)$HRC=0.19HRC
4	由硬度计读数分辨率引入的标准不确定度	u_{res}	$u_{res}=\frac{\delta_{res}}{2\sqrt{3}}$	$\delta_{res}=0.1$HRC	$u_{res}=\frac{0.1}{2\sqrt{3}}=0.03$
5	修正的扩展不确定度的测定	u_{corr}	$U_{corr}=k\times\sqrt{u_h^2+u_{res}^2+u_{HTM}^2}$	步骤 1,3 和 4 $k=2$	$U_{corr}=2\times\sqrt{0.19^2+0.03^2+0.33^2}$ $U_{corr}=0.76$ HRC
6	带修正硬度的测量结果	X_{corr}	$X_{corr}=(x-b)\pm U_{corr}$	步骤 1 和 5	$X=60.5$ HRC $X_{corr}=(61.2\pm0.8)$HRC

注 1：如果 $0.8b_E<b<1.0b_E$，CRM 与试样硬度值之间的关系应考虑。

注 2：为了降低硬度块不均匀性的影响，应选取与试样硬度接近的硬度块，并满足压痕间距的要求。S_H 值基于依据 GB/T 230.2—2012 上次间接校准的值，但是通常会过度估计缺乏重复性的不确定度分量，因为上述不确定度分量已包含了标准硬度块的不均匀性。

注 3：对于一个试样报告多个硬度测量的平均值的情况，而不是单一硬度测量，步骤 3 的 S_H 值应该被多次硬度测量的标准偏差被硬度测量次数 n 方根除来代替，t 值应适合 n 次测量($u_H=t\times S_H/\sqrt{n}$)。计算的不确定度 u_H 也应该考虑被测样品的不均匀性。

表 G.2　依据方法 M2 的测量结果的测定

步骤	不确定度来源	符号	公　式	依　据	例： […]=HRC
1	由最大允许偏差带来的扩展不确定度	b_E	b_E=允许偏差的最大正值	依据 GB/T 230.2—2012 表 2 的允许偏差 b	$b_E=1.50$
2	重复性测量的标准偏差	S_H	$S_H=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(H_i-\overline{H})^2}$	选取与待测样品硬度值相近的硬度块，由实验室进行 5 次测量(注)	$S_H=0.17$HRC
3	由于重复性的标准不确定度	u_H	$u_H=t\times S_H$	$n=5$ 时，$t=1.14$ (见 JJF 1059.1 的 G.3 和表 G.2)	$u_H=(1.14\times0.17)=0.19$
4	由硬度计读数分辨率带来的标准不确定度	u_{res}	$u_{res}=\frac{\delta_{res}}{2\sqrt{3}}$	$\delta_{res}=0.1$HRC	$u_{res}=\frac{0.1}{2\sqrt{3}}=0.03$
5	扩展不确定度的测定	U	$U=k\times\sqrt{u_H^2+u_{res}^2}+b_E$	步骤 1，3 和 4 $k=2$	$U_{res}=2\times\sqrt{0.19^2+0.03^2}+1.50$ $U=1.88$ HRC
6	测量结果	X	$X=x\pm U$		$x=60.5$HRC $X=(60.5\pm1.9)$HRC

注：S_H 可以使用基于上一次依据 GB/T 230.2—2012 进行的间接校准得到的值，但是通常会过度估计缺乏重复性的不确定度分量，因为上述不确定度分量已包含了标准硬度块的不均匀性。对于一个试样进行多次测量报出平均值而非进行单次测量的情况，步骤 3 中 S_H 的值应使用试样多次硬度测量的标准偏差除以硬度测试次数 n 的平方根的商代替，t 值应适合 n 次测量($u_H=t\times S_H/\sqrt{n}$)。计算的不确定度 u_H 也应该考虑被测样品的不均匀性。

参 考 文 献

[1] GB/T 3849.1 硬质合金洛氏硬度试验(A标尺) 第1部分:试验方法

[2] GB/T 9097 烧结金属材料(不包括硬质合金)表观硬度和显微硬度的测定

[3] EURAMET Guide CG-16, Guidelines on the Estimation of Uncertainty in Hardness Measurements.2007

[4] Gabauer W. Manual of Codes of Practice for the Determination of Uncertainties in Mechanical Tests on Metallic Materials, The Estimation of Uncertainties in Hardness Measurements, Project No. MT4-CT97-2165, UNCERT COP 14: 2000

[5] Gabauer W., & Binder O. Abschätzung der Messunsicherheit in der Härteprüfungunter Verwendung derindirekten Kalibriermethode, DVM Werkstoffprüfung. Tagungsband, 2000, pp. 255-61.

[6] Polzin T., &Schwenk D. Method for uncertainty determination of hardness testing: PC file for the determination, Materialprüfung, 44 (2002) 3, pp. 64-71

[7] Iizuka K. Worldwide Activities Around Hardness Measurement - Activities in CCM/CIPM, IMEKO/TC5, OIML/TC10 and ISO/TC164 in Proceedings HARDMEKO 2007, Tsukuba, Japan, 2007, 1-4

[8] Seton Bennett and Joaquin Valdés, 2010 Metrologia 47, number 2, Materials metrology, doi: 10.1088 / 0026-1394/47/2/E01

[9] VIM. International vocabulary of metrology—Basic and general concepts and associated terms, VIM, 3rd edition, JCGM 200: 2008 available via http://www.bipm.org/en/publications/guides/vim.html

[10] ASTM E18 Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials

[11] GB/T 33362 金属材料硬度值的换算

中华人民共和国
国家标准
金属材料 洛氏硬度试验
第1部分:试验方法
GB/T 230.1—2018

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn
总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238
读者服务部:(010)68523946
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

开本 880×1230 1/16 印张 2 字数 54 千字
2018年5月第一版 2018年5月第一次印刷

书号:155066·1-60246 定价 30.00元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107

GB/T 230.1-2018

打印日期:2018年5月28日 F002