



ASTM E18 - 12
金属材料洛氏硬度标准测试方法
(中文版)

Standard Test Methods for Rockwell
Hardness of Metallic Materials

美国材料与试验协会

2012

目 录

1. 范围.....	1
2. 引用文件.....	2
3. 术语和等式.....	3
4. 意义和用途.....	4
5. 测试原理和设备.....	4
6. 试样.....	8
7. 试验程序.....	9
8. 其他硬度刻度或抗拉强度值的转换.....	12
9. 报告.....	12
10. 精度和偏差.....	12
11. 关键词.....	14
附录（强制性信息）.....	15
附录（非强制性信息）.....	48

金属材料洛氏硬度标准测试方法^{①, ②}

本标准是以固定代号 E18 发布的。其后的数字表示原本正式通过的年号；在有修订的情况下，为最后一次的修订年号；圆括号中数字为最后一次重新确认的年号。上标符号 (e) 表示对上次修改或重新确定的版本有编辑上的修改。

本标准已经被美国国防部认可采用。

1. 范围

1.1 该测试方法包含金属材料的洛氏硬度和洛氏表面硬度的检验（洛氏压痕硬度原理）。该标准明确了洛氏硬度设备的要求和洛氏硬度测试的步骤。

1.2 该标准包括的附件要求如下：

洛氏硬度测试设备检定 附件 A1

洛氏硬度标定设备 附件 A2

洛氏硬度试验压头标定 附件 A3

洛氏硬度试样标定 附件 A4

试样最小厚度指导方针 附件 A5

洛氏硬度修正（当在圆柱表面测试时） 附件 A6

1.3 该标准附属的关于洛氏硬度测试的附录信息是非命令式的。

与抗拉强度相对应的洛氏硬度的 ASTM 标准清单 附录 X1

检验洛氏硬度不确定度步骤示例 附录 X2

1.4 单位—当进行洛氏硬度测试时，力值以克力(kgf)单位来表示。压头直径用英寸(in)单位表示。该标准的力和长度单位用国际体系单位(SI)表示，力为牛顿(N)，长度为毫米(mm)。然而，由于有历史先例和可以继续通用，力值用 kgf 单位和球直径用英寸单位可用来提供信息参考，该标准许多讨论涉及了这些单位。

1.5 测试原理，试验程序和检定程序对洛氏和洛氏表面硬度测试同样是有有效的。两次测试最大的差异是洛氏表面测试比洛氏测试更小。依据将采用的刻度，相同类型和尺寸的（硬度试验）压头可用于洛氏和洛氏表面硬度测试。相应地，除非特别说明，本标准的术语“洛氏”代表洛氏和洛氏表面。

^① 本技术条件标准受 ASTM 的 E28《力学性能试验》委员会的权限管辖，并且，除了另有指定外，由 E28.06《压痕法硬度试验》分委员会直接负责。

现版本于 2012 年 12 月 1 日批准，2013 年 2 月出版。原版本在 1932 年获得批准。前一个最新版本是 2011 年批准的 E18-11。DOI:10.1520/E0018-12.

^② 在本试验方法中，术语项“洛氏”意指如第 3 章中定义的压痕法硬度试验国际认可的型式，且不针对特定制造厂家的硬度试验设备。

1.6 本标准未特意说明所有的安全注意事项，如果有，则与其使用有关。在使用之前，本标准的用户有责任制定相应的安全和健康条例并确定规章限制的适用性。

2. 引用文件

2.1 ASTM标准：^①

A370 钢铁产品机械试验试验方法和定义

A623 锡轧制产品技术条件

A623M 锡轧制产品技术条件（米制）

B19 弹壳黄铜薄板，带材，厚板，棒材和圆盘规范

B36/B36M 黄铜厚板，薄板，带材和滚压棒材规范

B96/B96M 普通用途和压力容器用铜硅合金厚板，薄板，带材和滚压棒材规范

B103/B103M 磷青铜厚板，薄板，带材和滚压棒材规范

B121/B121M 铅黄铜厚板，薄板，带材和滚压棒材规范

B122/B122M 铜镍锡合金，铜镍锌合金（镍黄铜）和铜镍合金厚板，薄板，带材和滚压棒材规范

B130 商用青铜合金带材（用于子弹夹）规范

B134/B134M 黄铜线材规范

B152/B152M 铜薄板，厚板，带材和滚压棒材规范

B370 铜薄板和带材（用于建筑工程）规范

E29 试验数据采用有效数字确定符合规范的标准方法

E92 金属材料维氏硬度测试方法^②

E140 金属布氏硬度，维氏硬度，洛氏硬度，表面硬度，努氏硬度，肖氏硬度间的硬度换算表

E384 材料努氏硬度和维氏硬度测试方法

E691 实验室内部研究确定某一试验方法的精度的标准方法

2.2 美国轴承生产商协会标准：

ABMA 10-1989 金属压球^③

2.3 ISO 标准：

ISO 6508-1 金属材料-洛氏硬度测试 — 第1部分：测试方法（刻度A,B,C,D,E,F,G,H,K,N,T）^④

^① 对于ASTM的参考标准，可登陆ASTM网站，www.astm.org或联系service@astm.org的ASTM客户服务部。ASTM标准年报资料，参见ASTM网站的本标准的文件概要页。

^② 撤销。这个历史标准的最后批准被引用 www.astm.org。

^③ 可从美国轴承制造商协会（ABMA）获得，2025M Street, NW, Suite 800, Washington, DC 20036。

ISO/IEC 17011 一致性评估——一致性评定授权机构的通用要求⁶⁾

ISO/IEC 17025 实验室试验和校准执行通用要求⁶⁾

2.4 汽车工程师协会 (SAE) 标准

SAE J417 硬度测试和硬度数值转换⁶⁾

3. 术语和等式

3.1 定义

3.1.1 校准——通过比较参考设备或一系列参考标准显示的值得来检验主要参数的值。

3.1.2 检定——校核或测试以确保与规范一致。

3.1.3 标定——通过检定或校准以使与已知标准一致。

3.1.4 洛氏硬度测试——使用检定过的设备进行压痕硬度测试。校准设备将力施加在钻石球晶压头或者硬质合金（或钢）球形压头，在指定的条件下，压入材料表面，当压头施加的力从指定的最初测试力增加到指定的总的测试力时，然后返回到最初的测试力。测量压痕深度。

3.1.5 洛氏表面硬度测试——与洛氏硬度相同，除了使用较短的深度标尺，较低的最初测试力和总测试力之外。

3.1.6 洛氏硬度值——当压头施加的力从指定的最初测试力增加到指定的总的测试力时，然后返回到最初的测试力，测量压痕深度净增加值即为洛氏硬度值。

3.1.7 洛氏硬度设备——该设备能够进行洛氏硬度和洛氏表面硬度测试，能显示洛氏硬度数值结果。

3.1.7.1 洛氏硬度测试设备——用于普通测试口的的洛氏硬度设备。

3.1.7.2 洛氏硬度标定设备——洛氏硬度标定设备用来标定洛氏硬度压头和洛氏硬度测试块。标定设备与普通的洛氏硬度测试设备不同，标定设备的某些参数有严格的公差。

3.2 等式

3.2.1 n 个硬度测量值 H_1, H_2, \dots, H_n 的平均值 \bar{H} 计算如下：

$$\bar{H} = \frac{H_1 + H_2 + \dots + H_n}{n} \quad (1)$$

3.2.2 相对于标定刻度，每个硬度刻度的洛氏硬度设备操作误差 E ，定义如下：

$$E = \bar{H} - H_{STD} \quad (2)$$

其中： \bar{H} 为检定操作中标定测试块的 n 个硬度测量值 H_1, H_2, \dots, H_n 的平均值。

⁶⁾ 可从美国国家标准学会 (ANSI) 获得。25W.43rd St., 4th Floor, New York, NY 10036. <http://www.ansi.org>.

⁷⁾ 可从汽车工程师学会 (SAE) 获得。400 Commonwealth Dr., Warrendale, PA 15096-0001. <http://www.sae.org>.

H_{STD} 为标定试块鉴定的平均硬度值。

3.2.3 在特定检定条件下，洛氏硬度设备每个硬度刻度的性能重复性 R 可通过在标定试块上进行的 n 次硬度测量值范围而评估得出，并作为性能检定的一部分，定义为：

$$R = H_{\max} - H_{\min} \quad (3)$$

式中：

H_{\max} = 最高硬度值；

H_{\min} = 最低硬度值。

4. 意义和用途

4.1 洛氏硬度测试为经验的压痕硬度测试，该测试能够提供关于金属材料的有用信息。这些信息与抗拉强度，抗磨损，延展性和其他金属材料物理性质相联系。对质量控制和材料选择很有用处。

4.2 洛氏硬度测试为商业交付验收测试的必需要求，其在工业中拥有广阔的应用。

4.3 在特殊位置的洛氏硬度测试不能代表整个零件或最终产品的物理性质。

4.4 除非另有说明，该标准提供的测试方法应可追溯到国家级的洛氏硬度标准。

5. 测试原理和设备

5.1 洛氏硬度测试原理——洛氏压痕硬度测试通用原理见图 1。该测试的作用力的施加和移开分为三个步骤。

步骤 1——压头接触试样，使用最初测试力 F_0 。然后在指定的保压时间下保持最初测试力一段时间，测量压痕的基线深度。

步骤 2——以一定的可控速率（通过附加额外测试力 F_1 ）增加压头的作用力，使作用力达到总测试力 F 。总测试力在指定保压时间保持。

步骤 3——移开额外的附加测试力，返回到最初测试力。接着在指定的保压时间下保持最初测试力一段时间，测量最终的压痕深度。洛氏硬度值为在最初测试作用下的最终和基线压痕深度的差值 h 。最初测试力移开后，压头从试样中移开。

5.1.1 洛氏测试一般分为两类：洛氏硬度测试和洛氏表面硬度测试。两种测试分类的主要差异就是使用的测试力不同。对于洛氏硬度测试，最初测试力为 10kgf(98N)，总测试力为 60 kgf(589N)，100 kgf(981N)和 150kgf(1471N)。而对于洛氏表面硬度测试，最初测试力为 3kgf(29N)，总测试力为 15 kgf(147N)，30 kgf(294N)和 45 kgf(441N)。

5.1.2 洛氏硬度测试的压头包括指定直径的金刚石球形压头和硬质合金球形压头。

5.1.2.1 钢制球形压头只用于测试薄的锡板轧制产品（见规范 A623 和 A623M 所述），使用 HR15T 和

HR30T 刻度的金刚石测量砧座。使用硬质合金球与使用钢球获得的测试数据相比较发现，产品测试结果将显著不同。

注 1：本标准的先前版本已经说明钢球为标准的洛氏压头球，但是本标准中硬质合金球视为标准类型的洛氏压头球。硬质合金球用于洛氏硬度测试是一种改进，因为钢球用完后将失去光泽，将导致硬度值错误的提高。提醒使用者，通过比较钢球和硬质合金球的使用发现，两种球将给出不同的洛氏硬度测试结果。例如，洛氏 B 刻度测试使用硬质合金球压头获得的结果大约比钢球压头低一个洛氏单位。

5.1.3 洛氏硬度刻度定义为压头和可使用的测试力之间的组合。标准洛氏硬度刻度和刻度的典型应用见表 1 和表 2 所示。洛氏硬度值应采用这些标准刻度的某一种进行确定和报告。

5.2 洛氏硬度值计算——洛氏测试中，压头作用力从最初测试力增加到总测试力，然后返回到最初测试力。两次在最初测试力下测量得到的压头深度差值即为 h （见图 1）。

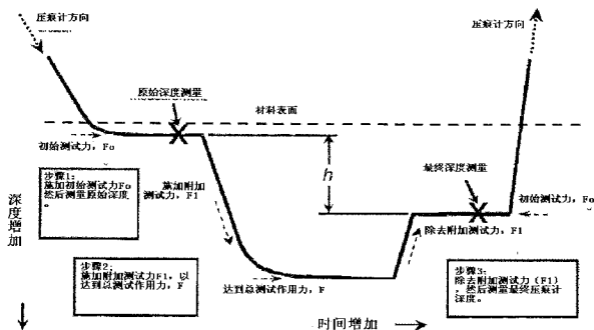


图 1 洛氏硬度测试方法（原理图）

5.2.1 h 的测量单位为 mm。依据 h 值，可得出洛氏硬度值。洛氏硬度值计算公式为：

5.2.1.1 使用金刚石球形压头刻度测量（见表 1 和表 2）：

$$\text{洛氏硬度} = 10 - h / 0.002 \quad (4)$$

$$\text{洛氏表面硬度} = 100 - h / 0.001 \quad (5)$$

其中 h 单位为 mm。

5.2.1.2 使用球形压头刻度测量（见表 1 和表 2）：

$$\text{洛氏硬度} = 130 - h / 0.002 \quad (6)$$

$$\text{洛氏表面硬度} = 10 - h / 0.001 \quad (7)$$

其中 h 单位为 mm。

5.2.2 洛氏硬度值是一个任意值，对于较硬材料，通过计算方法将得到一个较高值。

5.2.3 洛氏硬度值应不能用某一单独数值指定，因为有必要显示进行试验所使用的压头和作用力（见表 1 和 2）。洛氏硬度值应引用刻度符号，以代表使用的压头和作用力。硬度值后面紧随符号‘HR’和刻度符号。当使用球形压头时，刻度符号后用字母“W”来表示使用硬质合金球或者字母“S”来表示使用钢球（见 5.1.2.1）。

5.2.3.1 示例：

64 HRC = 在洛氏 C 刻度的洛氏硬度值为 64

81 HR30N = 在洛氏 30N 刻度的洛氏表面硬度值为 81

72 HRB W = 在使用硬质合金球压头的洛氏 B 刻度的洛氏硬度值为 72

5.2.4 洛氏硬度报告值或洛氏硬度测量平均值的分辨率应不大于测试设备能显示的硬度分辨率，报告值圆整符合规程 E29 的要求。典型地，洛氏硬度值的分辨率不应大于 0.1 洛氏单位。

注 2：当洛氏硬度试验作为商用产品和材料的验收试验时，使用者应将本标准允许的硬度试验机之间的潜在测量差值考虑在内（见章节 10，精度和偏差）。由于按照附录 A1 检定要求的规定，某一试验机的重复性和误差的公差是个允许的范围，一台试验机获得的试验结果可能比另一试验机大一个或更多的硬度单位，此时两台试验机可在检定公差（见表 A1.3）之内。通常对于验收试验，洛氏硬度值按照 E29 进行圆整。鼓励使用者在其质量管理体系列出验收试验相关的圆整规程，同时在合同复审期间能够已知任何特殊要求。

5.3 洛氏测试设备——洛氏测试设备通过施加测试力和测量压痕深度（依据洛氏硬度测试原理）来测定洛氏硬度。

5.3.1 阅读设备厂商说明手册，了解设备的特征，局限性和各自的操作程序。

5.3.2 洛氏测试设备应能自动地将测量深度转化为洛氏硬度值，通过电子设备或机械指示器显示硬度值和洛氏刻度。

表 1 洛氏硬度刻度

刻度符号	压头	总测试力, kgf	刻度盘数字	刻度的典型应用
B	1/16in (1.588mm) 球	100	红色	铜合金, 低碳钢, 铝合金, 可锻铁等
C	金刚石	150	黑色	钢, 硬铸铁, 珠光体可锻铁, 钛, 深度硬化钢和其他硬度大于 B100 的材料
A	金刚石	60	黑色	硬质合金, 细钢, 浅度硬化钢
D	金刚石	100	黑色	细钢, 中等硬化钢, 珠光体可锻铁
E	1/8in (3.175mm) 球	100	红色	铸铁, 铝镁合金, 轴承合金
F	1/16in(1.588mm)球	60	红色	退火铜合金, 薄的软薄板金属
G	1/8in(3.175mm)球	150	红色	可锻铸铁, 铜镀锌和铜镍合金。上极限 G92, 以避免钢球可能变平。
H	1/8in(3.175mm)球	60	红色	铝, 锌, 铅
K	1/8in(3.175mm)球	150	红色	支承金属和其他非常软或细的材料。使用最小的钢球和不致有测量砧座效应的最大的载荷。
L	1/4in(6.350mm)球	60	红色	
M	1/4in(6.350mm)球	100	红色	
P	1/4in(6.350mm)球	150	红色	
R	1/2in(12.70mm)球	60	红色	
S	1/2in(12.70mm)球	100	红色	
V	1/2in(12.70mm)球	150	红色	

表 2 洛氏表面硬度刻度

总的试验 作用力 Kgf(N)	标度标记				
	N 刻度, 金刚石 石压头	T 刻度, 1/8in (1.588mm) 球	W 刻度 1/8in (3.175mm) 球	X 刻度 1/4in (6.350mm 球)	Y 刻度, 1/2in (12.70mm) 球
15(147)	15 N	15 T	15W	15X	15Y
30(294)	30N	30 T	30W	30X	30Y
45(441)	45N	45 T	45W	45X	45Y

5.4 压头——标准洛氏压头为金刚石球形压头或 1.588mm(1/16in), 3.175mm(1/8in), 6.350mm(1/4in) 或 12.70mm(1/2in) 为直径的硬质合金球。压头应满足附录 A3 定义的要求。钢制球压头可用于某些场合(见 5.1.2.1)。

5.4.1 灰尘, 污垢或其他外来杂质应不允许积聚在压头上, 因为这将影响测试结果。

注 3: 按 E18-07 或随后版本鉴定过的压头满足本标准的要求。

5.5 样本支撑器——样本支撑器或‘砧座’适合用来支撑测试的样本。‘砧座’的底座和支撑面应该干净和平坦, 应没有凹陷, 深刻痕和外来杂质。当通过压头测试太薄的材料或意外接触‘砧座’时将引起‘砧座’的损坏。如果‘砧座’损坏, 则需要修理或者更换。‘砧座’上最小的可见的损坏都可能给出错误的结

果, 尤其对于薄材料。

5.5.1 普通样本支撑砧座硬度最小值应为 58HRC。一些特殊支撑砧座要求较低的材料硬度。

5.5.2 平片试样应在平砧进行测试, 平砧拥有光滑的平支座表面, 其平面垂直于压头轴。

5.5.3 小直径的圆柱试样应用硬的 V 槽平砧座直接放于压头下, 或在坚硬的平行成对的柱面正确放置, 并在底座夹紧。这些类型样本支撑器将用平面部分直接放于压头下支撑样本。

5.5.4 对于薄材料或者不是完成平直的样本, 应使用抬高的扁平‘表面’的直径为 3mm(1/8in) -12.5mm(1/2in)的砧座。非常软的材料不能在砧座‘表面’测试, 因为施加的作用力可能引起砧座穿过样本的边缘, 不管样本有多厚。

5.5.5 当用球形压头测试薄片金属时, 推荐使用金刚石表面砧座。高磨光的金刚石表面直径在 4.0mm(0.157in) -7.0mm(0.2875in) 之间, 测试点中心直径为 0.5mm(0.02in)。

5.5.5.1 注意: 金刚石表面砧座只用于最大总测试力为 45kgf(441N), 球形压头场合。除非材料规范另有直接陈述, 否则遵循本推荐。

5.5.6 特殊砧座或固定设备, 包括夹具固定设备, 可以用来测试不能被标准砧座支撑的试样。辅助支架也可用来测试长试样(有过多的摩擦, 试样在最初力作用下不能牢固的固定。)

5.6 检定——洛氏测试设备应按附录 A1 定期检定。

5.7 试块——满足附录 A4 要求的试块应按照附录 A1 对实验测试设备。

注 4: 按 E18-07 标准后版本鉴定过的试块满足本标准的要求。

注 5: 合适的标准试块可用于任何材料, 或两者不作要求。

6. 试样

6.1 为了获得最好的结果, 试样测试表面和底部平面应是平坦光滑的, 没有氧化物, 杂质和润滑剂。除了某些材料例如活性金属会粘附在压头上, 此时, 应选用合适的润滑剂例如煤油。润滑剂的使用应在测试报告中定义。

6.2 准备应充分以伸测试表面的表面硬度变动(例如, 因为热加工或冷加工)降到最小。

6.3 试样或层间厚度应由表格和附录 A5 图示来确定。这些表格是通过碳钢材研究而得来, 而且证明是可靠的结果。对所有的其他材料, 推荐厚度应不超过压痕深度的 10 倍。通常, 尽管没有任何记号表明是不合格的测试, 但是测试后, 试样背面不应出现可见的变形。

6.3.1 当测试零件显示有硬度梯度时, 应特殊考虑; 例如, 零件通过加工例如渗碳, 碳氮共渗, 渗氮和电磁感应等后, 零件变硬。附录 A5 所给最小厚度指导只适用于硬度均匀材料, 应不能确定用于测量有硬度梯度零件的合适刻度。对于具有硬度梯度的零件, 合适洛氏刻度的选取应按特殊协议执

行。

注 6: 不同洛氏刻度最小影响因子的深度需列举在表格中, 见 SAE J417 所示。

6.4 当在凸圆柱面测试时, 结果可能不能正确得显示真实的洛氏硬度; 因此, 应使用附录 A6 的修正值。对于表中所给的直径, 修正因子可以通过线性内插法获得。直径小于附录 A6 给出值的测试是不可接受的。球形和凹面表面测试的修正应服从特殊的协议。

注 7: 球面的测试结果的修正值表见 ISO 6508-1。

6.5 当测试小直径样本时, 测试的精度将受到压头和试样校直度, 表面抛光, 圆柱直线度的影响。

7. 试验程序

7.1 在进行硬度测试前, 应按照 A1.5 对测试设备进行日常检定。硬度测量应只在试块的校准表面进行。

7.2 洛氏硬度测试应在环境温度 10-35°C (50-95°F) 区间进行。洛氏硬度测试的使用者应注意测试材料的温度和硬度试验机温度可能影响测试结果。因此, 使用者应确保测试温度不会对硬度测量产生负面影响。

7.3 试样应刚性固定以使测试表面的位移降到最小 (见 5.5)。

7.4 测试周期——通过陈述的建议或要求, 本标准列举了洛氏测试周期(5 个单独的周期)。这些部分见洛氏 C 刻度测试 (图 2) 的插图说明。定义如下:

(1) 接触速率, v_A ——压头接触测试材料的速率。

(2) 初始力保压时间 t_{PF} ——保压时间为初始力完全作用开始到结束, 此时测量第一条压头的基线深度 (见 7.4.1.3)。

(3) 附加力施加时间 t_{TA} ——施加附加力达到总作用力的时间。

(4) 总作用力保压时间, t_{TF} ——总作用力完全作用的停留时间。

(5) 弹胜回复保压时间, t_R ——最初作用力保压时间, 从当附加力完全移开后开始, 到第二次测量压头的最终深度为结束。

7.4.1 标准洛氏测试周期见表 3 所述。用于洛氏硬度测试的测试周期应与测试周期值和公差 (见注 8)一致, 以下除外。

7.4.1.1 过量时间相关塑性 (压痕蠕变) 材料的预防措施——当材料在施加总测试力后, 出现大量的塑性流动, 因为压头将继续穿透, 因此有必要进行特殊考虑。当材料要求使用一个比表 3 所述的标准测试周期较长的总作用力保压时间时, 此时应在产品规范中规定。在这些场合, 测试结果后的实际延一长总作用力保压时间应该记录和报告 (例如 65HRFW, 10s)。

7.4.1.2 测试条件要求压头接触速率不超过表 3 推荐的最大值。使用者应确保较高的接触速率不引起冲击或超载而影响硬度结果。推荐按表 3 的要求使用相同测试材料按照某一测试周期来做比较性测试。

7.4.1.3 对于最初作用力作用时间 t_{PA} 不小于 1 秒的测试设备, 在比较表 3 的公差参数之前, 应将最初作用力保压时间应加上 $t_{PA}/2+t_{PF}$ 来调节。对于最初作用力作用时间 t_{PA} 小于 1 秒的测试设备, 最初作用力保压时间协调节为选择性要求。

注 8: 建议使用米间接检定硬度设备的测试周期尽可能与硬度设备的测试周期匹配。表 3 测试周期参数公差值的变化可获得不同的硬度结果。

7.5 试验程序——洛氏硬度设备有许多类型, 需要不同水平的操作者控制。有些硬度设可自动执行洛氏硬度试验程序, 几乎不受操作者影响, 然而其他设备需要操作者控制大部分试验程序。

7.5.1 将压头以垂直于测试表面的方向接触测试表面, 如果可以, 使用推荐的最大接触速率 v_A 。

表 3 测试周期公差

测试周期参数	公差
压头接触速率, v_A (推荐)	$\leq 2.5\text{mm/s}$
最初作用力保压时间, t_{PF} (当最初作用力作用时间 $t_{PA} \geq 1\text{s}$, 该参数为 $t_{PA}/2+t_{PF}$)	0.1-4.0s
附加作用力施加时间, t_{TA}	1.0-8.0s
总作用力保压时间, t_{TF}	2.0-6.0s
弹性回复保压时间, t_R	0.2-5.0s

7.5.2 将最初测试力 $F_0(10\text{kgf}(98\text{N}))$ 用于洛氏硬度测试或者 $(3\text{kgf}(29\text{N}))$ 用于洛氏表面硬度测试。

7.5.3 维持最初测试力等于规定的最初力, 保压时间为 t_{PF} 。

7.5.4 最初力保压时间 t_{PF} 后期, 立即确定压头基线深度的参考位置 (见厂商操作手册)。

7.5.5 施加附加测试力 F_1 使得达到对某一给定硬度刻度所要求的总测试力 F (见表 1 和 2)。附加测试力 F_1 在指定作用时间范围 t_{TA} 应是可控的。

7.5.6 在指定的总测试力保压时间场维持总测试力 F 。

7.5.7 维持最初测试力 F_0 的前提下, 移开附加测试力 F_1 。

7.5.8 最初测试力 F_0 维持一段合适时间, 允许测试材料弹性恢复, 并延续到所要计算的结构。

7.5.9 在弹性回复保压时间后期, 立即确定压头最终深度 (见厂商操作手册)。测试设备应计算出最终和基线深度测量值的差值, 同时能显示洛氏硬度值的结果。洛氏硬度值由等式 4, 等式 5, 等式 6 和等式 7 求压头深度增加值来确定。

7.6 测试过程中, 设备不能发生震动或晃动从而影响硬度测量结果。

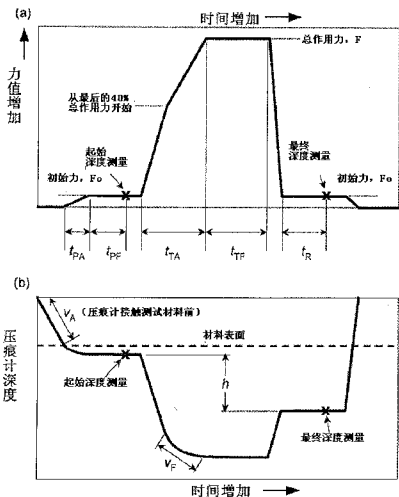


图2 (a)力-时间示意图；(b)压头深度-时间示意图（HRC测试举例说明测试周期）

7.7 压头或砧座的每次变化或移动和复位后，应至少进行两次预备的压痕测试以确保压头和砧座正确放置。预备压痕结果不能被忽视。

7.8 压头或砧座的每次变化或移动和复位后，强烈推荐设备的操作者按照附录 A1 的日常检定方法进行检査。

7.9 压痕间距——刚刚进行过压痕实验的材料硬度通常会增加，这是由于存在诱导残余应力和压痕过程导致加工硬化。如果受影响的材料有新的压痕，测量硬度值很可能比材料整体的真实硬度更高。同时，如果压痕靠近材料边缘或非常靠近先前压痕附近。压痕周围变形区域材料是不合适用来再做压痕测试，因为这能导致硬度值显著变低。如果压痕离材料边缘有合适的距离，那么这些情况是可以避免的。

7.9.1 两个临近压痕中心距离应至少为压头直径 d 的三倍（见图 3）。

7.9.2 任何试样边缘的压痕中心距离应至少为压痕直径的 2.5 倍（见图 3）。

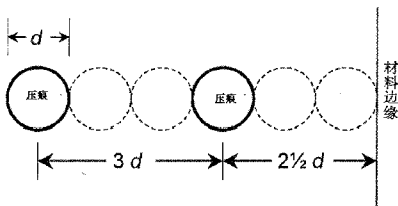


图3 最小压痕间距示意图

8. 其他硬度刻度或抗拉强度值的转换

8.1 没有精确的普通方法将一种刻度的洛氏硬度值转换为其他刻度或其他类型的硬度值，或者抗拉强度值。这些近似值的转换最好应该避免除了特殊案例，即通过比较测试表明近似转换有可靠的根据。

注9：金属标准硬度转换表 E140 给出了特殊材料例如钢，奥氏体不锈钢，镍和高镍合金，弹壳黄铜，铜合金和白色铸铁合金的近似转换。E140 转换表的洛氏硬度数据使用钢球压头来确定。

注10：ASTM 标准给出了近似的硬度—抗拉强度间的关系，列举在附录 X1。

9. 报告

9.1 测试报告应包括以下的信息：

9.1.1 洛氏硬度值。所有报告的洛氏硬度值应能显示使用的刻度。报告值应按规程 E 29 圆整（见 5.2.4 和注 2）。

9.1.2 总测试力保压时间，如果在所述标准测试周期公差之外（见表 3）。

9.1.3 测试时环境温度，是否在 10-35°C (50-95°F) 范围之外，除非已显示不影响测试结果。

10. 精度和偏差

10.1 精度——洛氏硬度精度和偏差已按照规程 E691 在 2000 年进行了研究。测试分为以下六种洛氏刻度：HRA, HRC, HRB S, HR30N, HR30TS 和 HRES。HRBS, HR30TS 和 HRES 刻度测试使用钢球压头。总数为 18 的洛氏刻度硬度测试块能很容易用于该研究。试块应有三种不同硬度水平（高，中，低），每种刻度应测试三次。首次研究归档于 ASTM 实验报告 RR: E28-1021。

10.2 从版本 E18-05 开始，该标准从使用钢球变化为碳化球作为所有等级的球形压头。由于这个变

化, 2006 年进行了第二次研究, 第二次研究遵照规程 E691 执行, 与最初的研究一致, 除了仅限于 HRBW, HR30TW, HREW 刻度的所有碳化球形压头。该研究的结果归档于实验报告 RR:E28-1022。

10.3 两次研究总共有 14 个不同的实验室参与。8 个实验室参与了首次研究, 9 个实验室参与了第二次研究。3 个实验室参与了两次研究。选择参与该研究的实验室组合为: 6 个商业测试实验室, 5 个自有的实验室, 3 个试样生产厂商校准实验室。每次实验室都被告知每个试样应在试样表面三个特殊位置测试。所有测试按照 ASTM E18-05 进行。

10.4 表 4 给出的结果可用来解释测量差异。其包括两次研究的组合。金刚石刻度, HRC, HRA 和 HR30N 用于首次研究, 钢球刻度, HRBW, HREW 和 HR30TW 用于第二次研究。组合通常能反映进行过的测试。

表 4: 精度和偏差研究结果

试样	平均硬度	St _R	SR	r _{FB}	R _{FB}
2000 年研究数据					
62.8 HRA	62.50	0.164	0.533	0.459	1.506
73.1 HRA	73.04	0.138	0.353	0.387	1.002
83.9 HRA	84.54	0.185	0.453	0.238	1.309
25.0 HRC	25.99	0.135	0.380	0.937	1.232
45.0 HRC	45.33	0.156	0.259	0.438	0.725
65.0 HRC	65.79	0.153	0.589	0.427	1.089
45.9 HR30N	46.75	0.299	2.489	0.837	6.969
64.0 HR30N	64.74	0.248	0.651	0.694	1.822
81.9 HR30N	82.52	0.195	0.499	0.547	1.396
2006 年研究数据					
40 HRBW	43.90	0.425	0.668	1.378	1.871
60 HRBW	61.77	0.625	0.697	1.855	1.953
95 HRBW	91.09	0.280	0.292	0.701	0.817
62 HREW	64.07	0.346	0.675	0.970	1.890
81 HREW	81.61	0.232	0.406	0.649	1.136
100 HREW	96.22	0.177	0.322	0.497	0.901
22 HR30TW	18.33	0.702	0.901	1.965	2.522
56 HR30TW	58.0	0.476	0.517	1.333	1.447
79 HR30TW	81.0	0.610	0.851	1.709	2.382

10.5 r_{FB} 值显示了在相同材料相同操作者使用相同硬度试验机在同一天获得的测试结果间预期的典型变化量。当比较这些条件下的两个测试结果时, 测量差值小于洛氏刻度的 r_{FB} 值则显示结果是有意义的。

10.6 R_{FB} 值显示了在相同材料不同操作者使用不同硬度试验装置在不同天获得的测试结果间预期的典型变化量。当比较这些条件下的两个测试结果时, 测量差值小于洛氏刻度的 R_{FB} 值则显示结果是

有意义的。

10.7 所有基于 10.5 和 10.6 的判断的正确概率大约为 95%。

10.8 精度和偏差研究选择最常用的洛氏刻度进行。对于未列举的洛氏刻度， r_{PB} 和 R_{PB} 值可使用 E140 转换表格进行评估以确定相应的硬度增加。使用者应注意用这种方法评估 r_{PB} 和 R_{PB} 值，将减少正确值的概率。

10.9 尽管表 4 给出的精度数据解释了洛氏硬度测量结果的差异，对于特殊测试条件，对测量不确定性的完全评估将提供一个更权威的结果解释。

10.10 除了 45.9 HR30N 刻度外，数据通常显示合理的精度。45.9 HR30N 刻度的 r_{PB} 和 R_{PB} 值相比所有其他刻度高点。原始数据的检查显示一个实验室结果比其他更高，该刻度能显著影响全部结果。而所有其他刻度获得的结果似乎是合理的。

10.11 偏差——目前无公认的标准来完全评估测试方法的偏差。

11. 关键词

11.1 硬度；机械测试；金属；洛氏。

附录

(强制性信息)

A1 洛氏硬度测试设备的检定

A1.1 范围

A1.1.1 附录 A1 列举了检定洛氏硬度测试设备的三种类型步骤：直接检验，间接检验和日常检验。

A1.1.2 直接检验指检验硬度测试设备的关键部件，即通过直接测量测试力，深度测量系统，机械滞后和测试周期允许的公差的过程。

A1.1.3 间接检验指通过标定试样和压头来定期检验测试设备性能的过程。

A1.1.4 日常检验指通过标定试样监控间接检验测试设备的性能。

A1.1.5 忠实于本标准，附录可追溯国家标准，除非另有说明。

A1.2 一般要求

A1.2.1 当环境变化可能影响测试设备性能时，测试设备按表 A1.1 所述的指定场合和周期进行检验。

A1.2.2 检验现场的温度应用工具测量，工具精度最小为 $\pm 2.0^{\circ}\text{C}$ 或 $\pm 3.6^{\circ}\text{C}$ 。建议整个检验周期监控温度，重要的温度变化应记录和报告。日常检验或者当附加使用的压头符合 A1.4.10 资格时，则检验现场的温度不需测量。

A1.2.3 除非另有说明，当存在追溯性体系时，该附录用于测量的所有设备应按照可追溯的国家标准进行校准。

A1.2.4 最新的人造或者重新改造的测试设备的直接检验应在制造，改造或修理的地方执行。直接检验也可在使用场所进行。

A1.2.5 测试设备的间接检验应在使用的地点执行。

注 A1.1：建议执行洛氏硬度试验机检定的校准机构按照 ISO 17025（或等效标准）要求进行认证，认证组织获得国际实验室授权协会（ILAC）认可，按照 ISO/IEC 17011 要求进行操作。

A1.3 直接检验

A1.3.1 测试设备的直接检验应按照表 A1.1 在指定的场合执行。测试力，深度测量系统，机械滞后，测试周期应按如下检验。

注 A1.2：直接检验可用来确定洛氏硬度测试设备误差来源。建议测试设备周期性进行直接检验以确保设备某个部分的误差不会抵消另一部分的误差。

A1.3.2 测试力检验——每个使用的洛氏刻度，应该测量相应的测试力（最初加载测试力，总测试力，

弹性回复时最初测试力)。测试力应使用等级 A 的弹力测量仪器, 测量仪器的精度至少为 0.25%, 见 ASTM E74 所述。

A1.3.2.1 每个力测量三次。力应该在测试使用时测量。

A1.3.2.2 每个初始测试力 F_0 和每个总测试力 F 的公差应与表 A1.2 一致。三个力测量范围 (最高减去最低) 应在表 A1.2 公差的 75% 之内。

表 A1.1 洛氏硬度试验机的检验计划表

检验方法	时间表
直接检验	当试验机是新机时, 或有进行可能会影响试验力、深度测量系统或使用, 或设备滞后的调整、修改或维修时; 当试验机未通过间接检验时 (见 A1.4.9.4)。
间接检验	周期不应超过 18 个月。 推荐的周期为每 12 月或更频繁频率检验一次。 当试验机安装或移动时, [只需按 A1.4.7 给出程序执行局部间接检验以验证已知状态]。这不适用于设备为需要移动或每次测试前需要移动的设备, 当通过先期验证表明这种移动将不会影响硬度结果时。 在直接检验之后进行。 为检验在最近一次间接检验未鉴定过的压头 (只需执行局部间接检验, 见 A1.4.10)。
日常检验	正在使用的试验机要求每天检验一次。 当更换压头或试验力时建议进行检验。

表 A1.2 洛氏测试设备作用力公差

作用力		公差	
kgf	N	kgf	N
10	98.07	0.20	1.96
60	588.4	0.45	4.41
100	980.7	0.65	4.57
150	1471	0.90	8.83
3	29.42	0.060	0.589
15	147.1	0.100	0.981
30	294.2	0.200	1.961
45	441.3	0.300	2.963

A1.3.3 深度测量系统检验——深度测量系统应使用一种工具, 设备或标准试块来检验, 设备的精度至少为 0.0002mm。

A1.3.3.1 检验测试设备的深度测量系统应不少于最大和常规工作深度测量值的四个间隔的增量重叠。常规工作深度范围应与测量的洛氏刻度的最低和最高硬度值相符。

A1.3.3.2 压痕深度测量设备应精确到 ± 0.001 mm (对于常规洛氏硬度刻度) 和 ± 0.0005 mm (对于洛氏表面硬度刻度)。精确度应与 0.5 个硬度单位相符。

A1.3.3.3 有些测试设备有很长的深度测量系统，其深度测量系统的工作范围区域可随测试材料厚度而变化。这种类型的测试设备有电子系统来检验深度测量设备在全程是否连续的，并且是否有污垢或其他影响精度的不连续。这些类型的测试应按如下步骤来检验。

(1)在测量设备大约顶端，中点，底部检验设备的精度应不少于四个均匀的空间增量，每一个位置近似为 0.05mm。精度应在以上定义的公差范围内。

(2)在全量程操作制动器，监控电子连续探测系统。系统将显示全程的连续性。

A1.3.4 机械滞后检验——每次进行洛氏硬度测试时，测试设备的某些机械零件和机械结构将经历弯曲。如果附加力 F1 施加和移开期间，弯曲不能完全弹性恢复，则测试设备在压头深度测量系统中可能显示滞后现象，从而导致测试结果的偏移或偏差。滞后检验的目的是使测试为完全的弹性测试（不导致永久的压痕）。用这种方法，可以确定测试设备弯曲的滞后水平。

A 1.3.4.1 使用一个钝的压头（或压头支持面）直接作用于砧座或非常硬的试样重复执行洛氏测试。常规试验期间，应使用最高测试力进行试验。

A1.3.4.2 重复滞后检验步骤（最多十次测量），最后三次测试取平均值。当使用洛氏球刻度 B,E,F,G,H 和 K，平均测量值显示的硬度值在 130 ± 1.0 洛氏单位，或当使用任何其他洛氏刻度时，则为 100 ± 1.0 洛氏单位。

A1.3.5 测试周期检验——章节 7 指定了洛氏测试周期的要求和对五个周期的参数进行了推荐。测试设备检验后应能满足表 3 所述的四个测试周期参数的公差要求，四个测试周期参数为：最初测试力保压时间，附加力应用时间，总测试力保压时间和弹性恢复保压时间。压头接触速率的公差按推荐值。当生产厂商在生产设备时，当测试设备返回到厂商维修时，当怀疑测试周期有问题时，测试周期应进行直接检验。测试周期的检验不要求作为其他时期的直接检验的一部分。

A1.3.5.1 在执行 E18-07 之前，生产的洛氏硬度测试设备不需要进行设备测试周期的直接检验。因为检验通常在生产地点进行，因此在执行 E18-07 之前，对测试设备的测试周期检验无要求，除非测试设备返回到厂商维修。

A1.3.6 直接检验不合格——如果任何直接检验在指定的要求失败，测试设备不能使用直到被调整或修理。如果测试力，深度测量系统，机械滞后或测试周期可能已经受到调整或修理的影响，可通过直接检验来再次检验受影响的部分。

A1.3.7 直接检验成功后方可进行间接检验。

A1.4 间接检验

A1.4.1 测试设备的间接检验至少应依据表 A1.1 时间表进行。间接检验的频率应取决于测试设备的使用。

A1.4.2 每一种洛氏刻度在用于下一次间接检验前，都应进行测试设备进行检验。未按照表 A11 所给时间表进行的洛氏刻度硬度测试，不需要满足本标准。

A1.4.3 满足附录 A4（见注 4）要求的标准试样应在每一刻度检定的合适硬度范围中使用。这些范围已在表 A1.3 给出。硬度测量应只在试块校准表面上执行。

A1.4.4 用于间接检验的压头应满足附录 A3（见注 3）要求。

A1.4.5 用于间接检验的测试周期应与传统使用周期相同。

A1.4.6 在进行间接测试前，应确保测试设备能正常工作，且压头和砧座适当固定。将合适的试样放于压头和砧座间，至少进行两次硬度测量。测量结果不需要记录。

A1.4.7 基本条件

A1.4.7.1 建议测试设备的基本条件评定为间接检验一部分。这对于证明设备自从最近一次间接检验的原有性能很重要。在设备清理、维修、调整或修理前，该步骤应进行。

A1.4.7.2 当测试设备的基本条件被评定时，使用者通常用于测试设备的压头来确定。至少两个标准试样，每一个都来自表 A1.3 定义的不同硬度范围，且在每一洛氏刻度（将进行间接检验）下测试。

A1.4.7.3 对每一个标准试样，在测试块上的每个分带位置至少进行两次硬度测量。

A1.4.7.4 测试每个标准试样，以确定测试设备性能的可重复性 R 和误差 E（等式 2 和等式 3）。

A1.4.7.5 误差 E 和重复性 R 应在表 A1.3 公差范围内。如果误差 E 或重复性 R 的计算值落在所述公差范围外，这将表明从最近的间接检验后的硬度测试是不可信的。

A1.4.8 清洁和维护——必要时，应按照厂商规范和指导手册对测试设备进行清洁和日常维护。

A1.4.9 间接检验步骤——间接检验步骤需要使用一个或多个压头来检验测试设备。

A1.4.9.1 每个标准试样应依据每一种洛氏刻度的硬度范围（通常为三个范围）来进行测试，见表 A1.3。使用者可能发现某些刻度难以获得合适的高、中和低范围的试样。在那些场合中，应遵循以下两种步骤的一种。

（1）可选择步骤 1—测试设备应使用试样在 1 或 2 个有效范围内检验。同时，测试设备应在另一种洛氏刻度上使用相同测试力和三个有效的试样来检验。这样的话，测试设备认为已在整个洛氏刻度中检验。

（2）可选择步骤 2—标准试样在 2 个有效范围内检验该步骤可以使用。测试设备使用标准试样在两次有效范围内检验。这样的话，认为测试设备已在只与试样水平相等的刻度中检验。

表 A1.3 测试设备(标准试样范围)最大允许可重复性和误差

标准试样范围 ^A	最大可重复性, R (HR 单位)	最大误差, E (HR 单位)
HRA	20 ~ 65	±1.0
	70 ~ 78	±1.0
	80 ~ 84	±0.5
HRBW	40 ~ 59	±1.5
	60 ~ 79	±1.0
	80 ~ 100	±1.0
HRC	20 ~ 30	±1.0
	35 ~ 55	±1.0
	60 ~ 65	±0.5
HRD	40 ~ 48	±1.0
	51 ~ 67	±1.0
	71 ~ 75	±0.5
HREW	70 ~ 79	±1.5
	84 ~ 90	±1.5
	93 ~ 100	±1.0
HRFW	60 ~ 75	±1.5
	80 ~ 90	±1.5
	94 ~ 100	±1.0
HRGW	30 ~ 50	±2.0
	55 ~ 75	±2.0
	80 ~ 94	±2.0
HRHW	80 ~ 94	±2.0
	96 ~ 100	±2.0
		±1.0
HRKW	40 ~ 60	±1.5
	65 ~ 80	±1.0
	85 ~ 100	±1.0
HRLW ^B	±2.0	±1.0
HRMW ^B	±2.0	±1.0
HRPW ^B	±2.0	±1.0
HRRW ^B	±2.0	±1.0
HRSW ^B	±2.0	±1.0
HRVW ^B	±2.0	±1.0
HR15N	70 ~ 77	±2.0
	78 ~ 88	±1.5
	90 ~ 92	±1.0
HR30N	42 ~ 50	±2.0
	55 ~ 73	±1.5
	77 ~ 82	±1.0
HR45N	20 ~ 31	±2.0
	37 ~ 61	±1.5
	66 ~ 72	±1.0
HR15TW	74 ~ 80	±2.0
	81 ~ 86	±1.5
	87 ~ 93	±1.5
HR30TW	43 ~ 56	±2.0
	57 ~ 69	±1.5
	70 ~ 83	±1.5
HR45TW	13 ~ 32	±2.0
	33 ~ 52	±1.5
	53 ~ 73	±1.5
HR15WW ^B	±2.0	±1.0
HR30WW ^B	±2.0	±1.0
HR45WW ^B	±2.0	±1.0
HR15XW ^B	±2.0	±1.0
HR30XW ^B	±2.0	±1.0
HR45XW ^B	±2.0	±1.0
HR15YW ^B	±2.0	±1.0
HR30YW ^B	±2.0	±1.0
HR45YW ^B	±2.0	±1.0

^A 用户可能发现,对一些刻度,高、中和低范围的试块在商业上是得不到的。在这种情况下,可以得到的一或二个标准化试块可能被使用。建议,用于钢球压痕计的所有洛氏刻度高范围的试块的硬度应该小于 100HR。

^B 如有可能,对 L、M、P、R、S、V、W、X 和 Y 刻度的标准化试块的合适范围,应把常用刻度的范围分为两个刻度范围来确定。

A1.4.9.2 对每个标准试样，在测试表面均匀分布位置进行五次测量。对于待鉴定的每一洛氏刻度对应的每一硬度水平，测试设备性能的误差 E 和重复性 R 使用等式 2 和等式 3 来确定。

A1.4.9.3 误差 E 和重复性 R 应在表 A1.3 公差范围内。只有当使用至少一个压头测量设备的重复性和误差满足指定公差要求时，才能批准进行间接检验。

A1.4.9.4 为了以防测试设备不能通过压头的可重复性和误差检验，需采取一系列纠正措施来使测试设备达到公差要求。这些措施包括清洗和维护，更换砧座或使用另一个压头。在采取了允许的纠正措施后，应重新进行间接检验步骤。

注 A1.3：当测试设备检验不合适时，建议使用等级 A（或更好）压头对所有不合格的刻度和硬度水平重新检验。如果测试设备使用等级 A 压头通过了重复性和误差测试，表明使用的压头在公差之外。使用者应采取即更换新的压头（见 A1.4.9.4）来重复间接检验步骤（不需要进行直接检验）。如果测试设备使用等级 A 压头的间接检验的重复性和误差继续为不合格，表明设备有问题，而不是使用的压头有问题。

A1.4.9.5 如果测试设备在采取纠正措施后，其可重复性或误差继续为不合格，测试设备应在直接检验后再来调节和 / 或维修。

A1.4.10 附加使用压头鉴定——万一当测试设备使用唯一压头通过间接检验时，应使用另一压头间接用来检定是否一个压头能用米检验指定测试设备洛氏刻度的检验，有必要使用特殊测试设备来检验。任何其它压头可用于测定相同洛氏刻度之前，压头必须在特定鉴定过的试验设备上使用进行检定。本要求不适用于更改压头球的场合。在间接检验后，压头检验可在任何时间进行，使用者可按以下步骤执行。

A1.4.10.1 测试设备和压头使用间接检验步骤(A1.4.9)结合使用米检验，以下除外。每个使用的洛氏刻度压头应至少用两个标准试样（高和低范围）来执行检验。

A1.4.10.2 只有当重复性和误差的检验值满足指定公差要求时，压头才与规定测试设备结合使用。

A1.4.11 使用者应识别和明白测试设备的检验压头的使用。

A1.5 日常检验

A1.5.1 日常检验是用来监控测试设备在间接检验间的性能。应至少按照表 A1.1 时间表来对每一个使用的洛氏刻度来执行日常检验。

A1.5.2 当压头，砧座或测试力变化时，建议进行日常检验。

A1.5.3 日常检验步骤——日常检验步骤如下。

A1.5.3.1 日常检验应使用满足附录 A4（见注 4）要求的标准试样。当天使用的每个洛氏刻度都应进行日常检验。当用于商业用途时，至少应使用一个试样，试样的硬度范围应选择为 15 洛氏点（硬度值）内，以便测试设备能够测量。可供选择的，也可使用两个试样（当商业允许时），一个比测试设备的

硬度范围较高的，一个较低的试样将用来测试。万一当使用的砧座外形不适于测试试样，应临时使用一个砧座或测试适配器来测试试样。

A1.5.3.2 用于日常检验的压头为常规测试使用的压头。

A1.5.3.3 在执行日常检验测试前，应确保测试设备正常工作，同时压头和砧座充分固定。每个合适的试样至少进行两次硬度测量。测量值结果不需要记录。

A1.5.3.4 每个日常检验试样至少测量两次硬度。试样应在试样表面均匀分布位置进行测试。

A1.5.3.5 对于每个试块，计算测量硬度值的误差 E （见等式 2）和重复性 R （见等式 3）。如果所有试样的 E 和 R 在表 A1.3 给出的最大公差之内，带压头的试验设备视为满足要求。如果某个试样单个硬度值和鉴定值的差值在最大可允许的误差 E 公差之内（误差 E 公差标记在试块上，见表 A1.3 所示），则该试块满足以上指标，同时也没有必要计算 E 和 R 。

A1.5.3.6 如果任何试块的日常检验测量不满足 A1.5.3.5 的指标要求，可用一个不同的压头和 / 或在清洗试验机之后（见制造商说明书），重复日常检验。如果任何试块测量继续不满足 A1.5.3.5 的指标要求，应进行间接检验。任何时候试验机日常检验不合格时，则最近的正常日常检验的硬度测试是不可信的。

A1.5.3.7 如果用于测试的砧座与用于日常检验的砧座不同，建议在已知硬度的合适区域重复日常检验。

注 A1.4：强烈推荐日常检验测试结果使用公认的统计学过程控制技术，例如，但不局限于， \bar{X} -长方块（测量平均值）和 R -图表（测量范围）和柱状图。

A1.6 检验报告

A1.6.1 检验报告应包括以下信息。

A1.6.2 直接检验

A1.6.2.1 参考本 ASTM 测试方法。

A1.6.2.2 硬度测试设备标识，包括序列号，生产厂商和型号。

A1.6.2.3 用于检验的所有装置（弹性校对装置等等）标识，包括序列号和可追溯的鉴定标准。

A1.6.2.4 检验时的测试温度（见 A1.2.2）。

A1.6.2.5 用于确定测试设备是否满足检验要求的个别测量值和计算结果。建议用来判断测试设备是否满足检验要求的计算结果的偏差也需要报告。

A1.6.2.6 测试设备调节或者维护的说明。

A1.6.2.7 检验日期和相关的检验机构或部门。

A1.6.2.8 检验操作人员签署。

A1.6.3 间接检验

A1.6.3.1 参考本 ASTM 测试方法。

A1.6.3.2 硬度测试设备标识, 包括序列号, 生产厂商和型号。

A1.6.3.3 用于检验的所有装置(试块, 压头等等)标识, 包括序列号和可追溯的鉴定标准。

A1.6.3.4 检验时的测试温度(见 A1.2.2)。

A1.6.3.5 检验的洛氏硬度刻度。

A1.6.3.6 用于确定测试设备是否满足检验要求的个别测量值和计算结果。无论任何时候, 应该包括用于确定测试设备基本条件的测量值。建议用来判断测试设备是否满足检验要求的计算结果的偏差也需要报告。

A1.6.3.7 测试设备调节或者维护的说明。

A1.6.3.8 检验日期和相关的检验机构或部门。

A1.6.3.9 检验操作人员签署。

A1.6.4 日常检验

A1.6.4.1 不需要检验报告; 然而, 建议保留日常检验结果, 包括检验日期, 测量结果, 试样鉴定值, 试块标识和检验操作人员姓名等等(见注 A1.4)。这些记录可用来评估硬度设备性能。

A2 洛氏硬度标定设备

A2.1 范围

A2.1.1 附录 A2 详述了洛氏硬度标定设备的性能, 用途, 周期检验和监测的要求。洛氏硬度标定设备与洛氏硬度测试设备不同, 因为其在某些性能特征上有更窄的公差, 例如作用力和机械滞后。洛氏标定设备是用来对附录 A3 的洛氏硬度压头进行标定, 同时对附录 A4 的洛氏试块进行标定。

A2.1.2 除非另有说明, 应忠诚于本标准, 附录能追溯到国家标准。

A2.2 资质鉴定

A2.2.1 执行洛氏硬度标定设备直接和/或间接检定的机构需得到国际实验室授权组织(ILAC)的验证, 按照 ISO/IEC 17011 要求进行操作, 证明其满足 ISO17025(或等效标准)的鉴定资质要求。执行洛氏硬度标定设备检验的授权机构应自我检验标定设备。标定实验室应说明其授权鉴定范围, 包括授权范围内的鉴定类型(直接或间接)和洛氏刻度。

注 A2.1: 资质授权是本标准版本的新要求。

A2.3 设备

A2.3.1 标定设备除了满足洛氏硬度测试设备章节 5 的要求外, 还有如下附加要求。

A2.3.1.1 标定设备应设计成: (1)操作员能选择每个测试力。(2)操作员不能调节测试力。

A2.3.1.2 硬度测量值显示系统数字分辨率能达到 0.1 洛氏单位或更高。

A2.3.1.3 压头装配表面和砧座装备表面的平行度偏差不能大于 0.002mm/mm(0.002in/in)。 标定设备特征不随着时间改变。尺度的精度只由设备生产商做鉴定。除非零件发生变化，否则不需通过直接检验来周期性检验。

A2.3.1.4 压头——应使用附录 A3 所述等级 A 球形压头和等级 A 或参考金刚石压头（见注 3）。

A2.3.1.5 测试周期——标定设备应能满足每个测试周期的公差要求（表 2.1）。当设备制造时或者当测试设备返回到厂商进行修补时，标定设备厂商应进行五个测试周期的鉴定。

A2.3.1.6 能调节最后部分的附加作用力是非常重要的。 正确施加附加作用力的两个推荐步骤如下：

- (1) 在最后 40%的附加力施加时，压头平均速率 v_F （见图 2）应在 0.020mm/s-0.040mm/s 间，或者
- (2) 在最后 10%的附加力施加时，力的速率应少于 5%的附加力。

A2.3.1.7 在检验期间，力施加系统、力测量系统、压头深度测量系统或者每个使用的洛氏刻度的测试周期不需要调节。

表 2.1: 测试周期要求

测试周期参数	公差
压头接触速率, v_A	$\leq 1.0\text{mm/s}$
初始力保压时间, t_{PF} (总附加力作用时间 $> 1\text{S}$ 时, 该参数以 $0.2+t_{PF}$ 来计算)	$3.01\pm 1.0\text{s}$
附加作用力, t_{TA} (见 A2.3.1.6)	$1.0\text{-}8.0\text{s}$
总力保压时间, t_{PF}	$5.01\pm 1.0\text{s}$
弹性恢复保压时间	$4.0\pm 1.0\text{s}$

A2.4 实验室环境

A2.4.1 标定设备应放在温度和相对湿度的公差跟表 2.2 一致的房间里。 温度和相对湿度测量设备的精度见表 A2.2 所示。温度测量设备的显示分辨率至少为 1°C。

A2.4.2 在标定前和标定过程中，标定实验室的温度和相对湿度至少应监控 1 小时。

A2.4.3 在标定前，将要标定的标定设备，压头和试样应在满足表 A2.2 公差要求的环境中放置至少 1 小时。

A2.4.4 标定过程中，标定设备应隔离任何影响测量的振动。

A2.4.5 用于标定设备的电源应与任何影响其性能的电源隔离。

表 2.2 标定实验室环境要求

环境参数	公差	测量设备精度
温度	$23.0\pm 3.0^\circ\text{C}$ ($73.4\pm 5.4^\circ\text{F}$)	$\pm 1.0^\circ\text{C}$ (1.8°F)
相对湿度	$\leq 70\%$	$\pm 10\%$

A2.5 检验

A2.5.1 在定期时间间隔里和环境可能影响标定设备性能时，标定设备应按照表 A2.3 时间表进行直接和间接检验。

注 A2.2：周期性直接检验（每 12 个月）是本标准版本新要求。在本标准上一版中，只有标定设备新购买，移动或当调节时，当修正或修理可能影响测试力，深度测量系统或者机械滞后作用时，才需要直接检验。

A2.5.2 用于试块标定的标定设备应按照表 A2.3 所给的时间表每天监控检验。

A2.5.3 除非另有说明，本附录的所有测量设备应按照国家标准校准。

A2.5.4 标定设备应在使用场所进行直接和间接检验。

A2.6 周期检验步骤

A2.6.1 清理和维护——如果需要，在依据厂商规范和指导手册执行直接或间接检验前，应对标定设备清理和定期维护。

A2.6.2 直接检验——按照表 A2.3 的时间表对标定设备执行直接检验。测试力，深度测量系统，和机构滞后都应检验。

A2.6.2.1 测试力检验——对于使用的每个洛氏刻度，应测量相关力（初始测试力，总测试力，弹性恢复测试力）。测试力使用等级 AA 弹力测量仪测量，仪器精度至少为 0.05% 见 ASTM E74 所述。

A2.6.2.2 每个力测量三次。试验期间施加力时，应测量作用力。

A2.6.2.3 每个初始测试力 F_0 和总测试力 F 应按表 A2.4 精确到 0.25% 之内。

表 A2.3 洛氏硬度标定设备检验时间表

检验步骤	时间表
直接检验	每 12 个月 当标定设备新购买，移动或调节时，当修正或修理可能影响测试力，深度测量系统或者机械滞后作用时
间接检验	12 个月内（标定测试前） 直接检验之后（少数几个刻度）
监测检验	每一批次标定前和标定后，每天结束和第二天开始（当单一批次需在若干天标定时）

表 2.4 标定设备作用力公差

力, kgf(N)		公差, kgf(N)	
10	(98.07)	0.025	(0.245)
60	(588.4)	0.150	(1.471)
100	(980.7)	0.250	(2.452)
150	(1471)	0.375	(3.678)
3	(29.42)	0.008	(0.074)
15	(147.1)	0.038	(0.368)
30	(294.2)	0.075	(0.736)
45	(441.3)	0.113	(1.103)

A2.6.2.4 深度测量系统检验——深度测量系统应使用精度至少为 0.0001 mm 的设备来检验。

A2.6.2.5 标定设备深度检验时，使用至少 4 个均布的间隔距离大约为 0.05mm 来测试标定设备常规工作深度范围。正常的工作深度范围应与用于标定或压头校准的洛氏刻度的最低和最高硬度值一致。

A2.6.2.6 对于有长行程调节器和固定砧座的测试设备，应在与标定或者用来压头校准的试样厚度相适应的位置反复进行深度测量检验。

A2.6.2.7 压痕深度测量设的正常工作深度范围精度至少为 0.0002mm，其应与 0.1 常用洛氏硬度单位和 0.2 洛氏表面硬度单位相适应。

A2.6.2.8 机械滞后检验——大多数洛氏硬度设备的机械机构和每次测试的某些机械零件将经历弯曲。如果在施加和除去附加力 F_1 后，弯曲不能完全弹性恢复，测试设备在压头深度测量系统中可能显示滞后，从而导致测试结果的偏移或偏差。滞后检验的目的是进行完全弹性测试后不导致永久的变形。用这种方法可以确定测试设备弯曲滞后水平。

A2.6.2.9 使用一个钝的压头（或压头支持面）直接作用于砧座或非常硬的试样来执行重复洛氏测试。测试应使用最高测试力（用于常规标定）来进行洛氏刻度测试。

A2.6.2.10 重复滞后检验步骤（最多十次测量），最后三次测试取平均值。当使用洛氏球刻度 B.E.F.G.H 和 K，平均测量值显示的硬度值在 130 ± 0.3 洛氏单位之内，或当使用任何其他洛氏刻度时，则在 100 ± 0.3 洛氏单位之内。

A2.6.2.11 直接检验不合格——如果任何直接检验不满足指定的要求，标定设备应不能使用直到被调整或修理。如果因为调整或修理使得任何参数受到影响，应再次进行直接检验。

A2.6.3 间接检验——间接检验包括通过标定试块和压头来检验标定设备。在执行任何洛氏刻度的标定前，标定设备刻度的间接检验应按表 A2.3 的时间周期来进行。可选择数量的洛氏刻度的间接检验应在直接检验之后。所有其他洛氏刻度的间接检验在任何时候都可进行，只要其在标定前在表 A2.3 所给的时间周期内。

A2.6.3.1 直接检验后立即进行间接检验，间接检验中的可供选择的刻度应用来确定标定设备在每个测试力下的性能。标定设备应用于每个力值水平的间接检验例子见表 A2.5 所示。建议选择的洛氏刻度也能检验每个使用的压头。当使用国家基本标准试块（见注 A2.3）时，试块应进行定期间接检验。

注 A2.3：基本标定试块在国家标定实验室水平下进行鉴定。在美国，国家洛氏硬度标定实验室是国家标准和技术协会(NIST)，Gaithersburg, MD 20899。

A2.6.3.2 对于每个待检验的刻度，应使用合适硬度范围的标定试块。硬度范围见表 A2.6。在间接检验步骤中，应不需要对标定测试设备进行调节。

A2.6.3.3 用于间接检验的压头应与用来进一步标定的压头相同。如果不只一个压头用于相同的硬度

刻度，应对每个压头进行附加检验。

A2.6.3.4 当校准标定试块时，用于间接检验的测试周期应与用于标定实验室的测试周期相同。

A2.6.3.5 在测试标定试样前，应确保测试设备工作正常，压头和砧座应充分固定。对于每个待检验的刻度，在均匀试样应至少测量两次硬度。测量结果不需记录。

A2.6.3.6 每个标定试样，应在均匀分布的试块表面至少进行五次硬度测量。

A2.6.3.7 误差——对于每个测量的标定试块，使用等式 2 确定标定设备性能误差 E。误差 E 应在表 A2.6 公差之内。

**表 A2.5 设备间接检验推荐用洛氏刻度（能执行常规和表面刻度试验，
将只使用金刚石和 1/16in (1.588mm)直径硬质合金球形压头）**

初始力, kgf(N)	总力, kgf(N)	压头类型	洛氏刻度
10 (98.07)	60 (588.4)	金刚石	HRA
10 (98.07)	100 (980.7)	1/16in 球	HRB
10 (98.07)	150 (1471)	金刚石	HRC
3 (29.42)	15 (147.1)	金刚石	HR15N
3 (29.42)	30 (294.2)	1/16in 球	HR30T
3 (29.42)	45 (441.3)	金刚石	HR45N

A2.6.3.8 重复性——对于每个测量的标定试块，使用等式 3 确定标定设备性能的重复性 R。重复性 R 应在表 A2.6 公差之内。如果计算的重复性在表 A2.6 公差之外，可能是由于试样不均匀。应在每个标定试块靠近其他压痕间隔限制（见图 3）的地方再进行额外的五次测量来重新确定重复性 R。建议仿造图 A2.1 插图。测量值尽可能接近将减少非均匀试块的影响。

A2.6.3.9 如果任何测量的误差 E 或重复性 R 落在指定公差之外，标定设备被认为是未能通过间接检验。应尝试一系列纠正措施使得标定设备在公差之内。这些措施包括清洗和维护，更换砧座。而不需调节力施加系统，力测量系统或者深度测量系统。在采取了允许的纠正措施后，应重新进行间接检验步骤。如果采取纠正措施后，标定设备的重复性或误差测试继续为不合格，标定设备通过直接检验来调节和/或维修。

A2.6.3.10 建议间接检验顺利完成之后，使用试块作为 A2.7 的监控试块用于校准。

A2.7 监控检验

A2.7.1 该章节描述了用于试块标定和监控试块的校准和使用的标定硬度设备的监控步骤。

A2.7.2 标定实验室将能在周期性的直接和间接检验能监控标定设备（用于试样标定）的性能，标定时应按表 A2.3 所给的时间表每天都要进行监控检验。监控检验是间接检验，在不考虑标定硬度水平的前提下，通过监控试块来进行监控检验。

表 A2.6 标定设备的最大允许可重复性和误差

标定试样范围	最大可重复性, R (HR 单位)	最大误差, E (HR 单位)
HRA	20 ~ 65	±0.5
	70 ~ 78	±0.5
	80 ~ 84	±0.3
HRBW	40 ~ 59	±0.7
	60 ~ 79	±0.5
	80 ~ 100	±0.5
HRC	20 ~ 30	±0.5
	35 ~ 55	±0.5
	60 ~ 65	±0.3
HRD	40 ~ 48	±0.5
	51 ~ 67	±0.5
	71 ~ 75	±0.3
HREW	70 ~ 79	±0.5
	84 ~ 90	±0.5
	93 ~ 100	±0.5
HRFW	60 ~ 75	±0.5
	80 ~ 90	±0.5
	94 ~ 100	±0.5
HRGW	30 ~ 50	±0.5
	55 ~ 75	±0.5
	80 ~ 94	±0.5
HRHW	80 ~ 94	±0.5
	96 ~ 100	±0.5
	40 ~ 60	±0.5
HRKW	65 ~ 80	±0.5
	85 ~ 100	±0.5
		±0.5
HRLW ^A	1.0	±0.5
HRMW ^A	1.0	±0.5
HRPW ^A	1.0	±0.5
HRRW ^A	1.0	±0.5
HRSW ^A	1.0	±0.5
HRVW ^A	1.0	±0.5
HR15N	70 ~ 77	±0.5
	78 ~ 88	±0.5
	90 ~ 92	±0.4
HR30N	42 ~ 50	±0.5
	55 ~ 73	±0.5
	77 ~ 82	±0.4
HR45N	20 ~ 31	±0.5
	37 ~ 61	±0.5
	66 ~ 72	±0.4
HR15TW	74 ~ 80	±0.7
	81 ~ 86	±0.5
	87 ~ 93	±0.5
HR30TW	43 ~ 56	±0.7
	57 ~ 69	±0.5
	70 ~ 83	±0.5
HR45TW	13 ~ 32	±0.7
	33 ~ 52	±0.5
	53 ~ 73	±0.5
HR15WW ^A	1.0	±0.5
HR30WW ^A	1.0	±0.5
HR45WW ^A	1.0	±0.5
HR15XW ^A	1.0	±0.5
HR30XW ^A	1.0	±0.5
HR45XW ^A	1.0	±0.5
HR15YW ^A	1.0	±0.5
HR30YW ^A	1.0	±0.5
HR45YW ^A	1.0	±0.5

^A“对于 L, M, P, R, S, V, W, X 和 Y 刻度, 标定试块的合适范围应通过将刻度的使用范围分成两个高和低风险范围进行确定。R 和 S 刻度的标定试块可能只适用于一个硬度水平。”

A2.7.3 标定实验室应使用检查图技术或其他比较方法来跟踪标定设备性能。检查图用来显示是否存在标定设备的性能测量的损失。

A2.7.4 监控试块——使用的试块满足表 A4.1 的物理性能要求和表 A4.2 的均一性要求（见附录 A4）。监控试样在每一个使用的硬度等级中应该有合适的硬度范围，范围见表 A2.6 所示。使用在测试表面硬度高度均一的试样对实验室是有利的。因此，实验室在任何情况下都应使用基本标定试块执行监控测试。

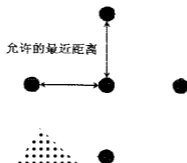


图 A2.7.1: 重复性测量建议图

A2.7.5 校准监控试块步骤——特殊洛氏刻度的监控试块应在标定实验室校准，按照间接检验校准监控试样的相同方法。应有足够多的监控试块来校准每一个硬度刻度和硬度水平。试块需要的数量取决于每个实验室的需要和经验。

A2.7.5.1 在校准监控试块前，应确认测试设备工作正常。压头和砧座应充分固定。每次硬度刻度变化时，对于待检验的硬度，在均匀的试样上应至少测量两次硬度。测量结果不需报告。

A2.7.5.2 在均匀表面监控试块，至少测量五次，如果大量的试块需要每一个洛氏刻度的合适范围，则可按要求重复本步骤。

A2.7.5.3 对于每一个监控试块，校准值的平均值 H_M 可以通过标定设备测量。平均值 H_M 可用误差 E 来修正，误差 E 通过对洛氏刻度和洛氏硬度进行间接检验而得到。

A2.7.6 对于每个监控试样，应记录以下信息，在监控试块校准有效期内应保留。

A2.7.6.1 序列号

A2.7.6.2 校准硬度值 H_M

A2.7.6.3 校准日期

A2.7.7 监控方法——建议使用检查图或其他比较方法来监控检验过程中标定设备的性能。检查图提供了一种没有统计学控制的检测方法。有许多有用的出版物来讨论检查图的设计和使用，例如质量和统计委员会 E11 发布的 ASTM“数据显示和检查图分析手册：第 6 版”。标定实验室应改进和使用检查图来更好用于特殊要求。

A2.7.8 监控步骤——在每一批次试样标定前后，应遵循以下的监控步骤。如果单一批次的试样标定跨越好多天，监控步骤应在工作日最后一天和批次标定开始第一天进行。另外，无论任何时候压头，

砧座或测试力变化时，应执行监控步骤。

A2.7.8.1 在不考虑待标定的硬度水平的前提下，至少应使用两个合适硬度范围的监控试块。硬度范围见表 A2.6 所示。对于某些洛氏刻度（例如 HRR 和 HRS），可能只使用一个监控试块。

A2.7.8.2 在测试监控试块前，应确保测试设备正常工作，且压头和砧座适当固定。检验的均匀试样至少进行两次硬度测量。测量结果不需要报告。当硬度刻度每一次变化时，重复上述步骤。

A2.7.8.3 对于每个监控试块，应在均匀分布的试样表面至少进行四次测量。

A2.7.8.4 误差——对于每个待测量的监控试块，确定标定设备性能的误差 E（等式 2）。误差 E 应在表 A2.6 公差之内。

A2.7.8.5 重复性——确定标定设备性能的重复性 R（等式 3）。重复性 R 应在表 A2.6 公差之内。

A2.7.8.6 如果误差 E 或重复性 R 测量值落在指定的公差之外，标定设备认为是没有通过监控检验，从而不能用来标定。应尝试一系列的纠正措施使得标定设备在公差之内。这些措施包括清洗，维护和更换砧座。而不需调节力施加系统，力测量系统或者深度测量系统。在采取了允许的纠正措施后，可重复监控检验步骤。如果标定设备的重复性或误差修正测试继续为不合格，标定设备必须通过直接检验来调节和 / 或维修。

A2.7.8.7 任何时候标定设备监控检验不合格，则标定设备最近的监控检验都是值得怀疑的。

A2.7.8.8 使用控制图或其它监控系统（见注 A2.4）来检查测量数据。如果监控检验数据显示标定设备在控制参数之内，则认为标定是有效的。

注 A2.4: 检查网数据应通过以往的实验室经验来说明。是否需要纠正措施不仅仅因为数据落在控制范围之外，同时也因为认为按先前数据需要采取纠正措施。然而，作为一种通用规则，一旦认定标定设备可控，单个数据落在控制范围之外，则警示实验室可能存在潜在问题。要求的行为水平取决于设备性能历史。采取预防措施，例如增加监控频率，或采取纠正措施，例如执行新的直接和间接检验。

A2.8 检验报告

A2.8.1 直接检验

A2.8.1.1 ASTM 测试方法的参考书目。

A2.8.1.2 硬度测试设备标识，包括序列号，生产厂商和型号。

A2.8.1.3 用于检验的所有装置（弹性校对装置等等）标识，包括序列号和可追溯的鉴定标准。

A2.8.1.4 检验时的测试温度，报告值精确到至少 1℃。

A2.8.1.5 用于确定测试设备是否满足检验要求的个别测量值和计算结果。建议用来判断标定设备是否满足检验要求的计算结果的不确定度也需要报告出。

A2.8.1.6 标定设备调节或者维护的声明。

A2.8.1.7 检验日期和相关的检验机构或部门。

A2.8.1.8 检验操作人员署名。

A2.8.1.9 授权证明编号。

A2.8.2 间接检验

A2.8.2.1 ASTM 测试方法的参考书目。

A2.8.2.2 标定设备标识，包括序列号，生产厂商和型号。

A2.8.2.3 用于检验的所有装置（试块，压头等等）标识，包括序列号和可追溯的鉴定标准。

A2.8.2.4 检验时的测试温度，精确到至少 1°C。

A2.8.2.5 检验的洛氏硬度等级。

A2.8.2.6 用于确定测试设备是否满足检验要求的个别测量值和计算结果。无论任何时候，应该包括用于确定测试设备已知条件的测量值。建议用来判断测试设备是否满足检验要求的计算结果的不确定度也需要报告。

A2.8.2.7 测试设备调节或者维护的声明。

A2.8.2.8 检验日期和相关的检验机构或部门。

A2.8.2.9 检验操作人员署名

A2.8.2.10 授权证明编号

A2.8.3 监控检验

A2.8.3.1 不需要检验报告；但是要求记录监控检验结果，见 A2.7.8.8。

A3 洛氏压头标定

A3.1 范围

A3.1.1 附录 A3 详述了洛氏金刚石球形压头和洛氏钢球压头制造和标定的要求和步骤。

注 A3.1：以前版本所述的用于校准的金刚石压头满足以下几何图形要求：

（焊接）坡口角度： $120 \pm 0.1^\circ$ ；

平均半径为 $0.200 \pm 0.005 \text{mm}$ ；

每个测量截面的半径为 $0.200 \pm 0.007 \text{mm}$ 。

当前认为，在国际市场上的金刚石压头都满足这些公差要求的是不可能的。因此，对于本版本，等级 A 和参考金刚石压头的几何图形公差被临时加宽至等级 B 压头水平，直到压头拥有较紧的公差，其结果被认为是可信的。

A3.1.2 附录包含两种水平的球形压头，即等级 B 和等级 A。等级 B 压头用于每天的洛氏硬度测试设备和间接检验的洛氏硬度测试设备（依照附录 A1）。等级 A 压头用于间接检验洛氏标定设备（依照附录 A2），和试块标定（依照附录 A4）。

A3.1.3 本附录包含三种水平的金刚石压头，即等级 B，等级 A 和参考压头。等级 B 压头用于每天的洛氏硬度测试设备。等级 A 压头用于等级 B 压头标定（依照该附录），和试块标定（依照附录 A4）。参考压头用于等级 A 压头标定。

A3.1.4 附录同时提供了检验压头时间表。

A3.1.5 除非另有说明，应忠诚于本标准，附录能追溯到国家标准。

A3.2 授权

A3.2.1 压头标定操作机构应获得 ISO 17025 的认证，由 ILAC 赋予验证的权利。标定实验室应有授权对压头等级和类型检验权利的证明。只有压头的等级和类型在授权实验室范围内时，才认为满足本标准，除非以下另有说明。

注 A3.2：授权是本标准版本的新要求。

A3.3 普通要求

A3.3.1 标准洛氏硬度压头都是金刚石球形压头和硬质合金(WC)球形压头（直径为 1/16in (1.588mm), 1/8in (3.175mm), 1/4in (6.350mm) 和 1/2in (12.70mm)），见表 A3.1）。钢球压头可用于特殊场合，见 5.1.2.1。

A3.3.2 标定实验室环境，标定设备和标定测试周期应满足附录 A2 的要求。

A3.3.3 除非另有说明，本附录所有要求测量的设备应该按可追溯的国家标准来校准。

A3.3.4 所有等级的金刚石压头和球形压头应依据表 A3.2 所述的时间表来检定几何图形和性能。

A3.4 球形压头

A3.4.1 球形压头常常包含一个固定器，一个压头，一个钢球。该部分定义的标定过程包含装备单元。假如钢球符合本章节的所有要求，在不影响装备检验前提下，钢球可以更换。

A3.4.2 只要压头满足相同的要求，一个固定的球形压头允许作为可移动球形压头来使用。生产厂商确保钢球安装到固定器的使用方法不影响钢球的尺寸或性质。

A3.4.3 压头——压头应满足以下的要求：

A3.4.3.1 压头表面粗糙度值不应超过 0.00005mm(2 μ m)。

A3.4.3.2 等级 B 压头的测量直径（不少于三个位置）应不大于实际直径 0.0025mm (0.0001 in)。

A3.4.3.3 等级 A 压头的测量直径（不少于三个位置）应不大于实际直径 0.0010mm (0.00004in)。

注 A3.3：ABMA 等级 24 的压头满足 ABMA 标准 10-1989 规定的等级 A 和等级 B 对应尺寸和表面精度的要求。

A3.4.3.4 硬质合金压头硬度应不少于 1500HV1(按照测试方法 E92 或 E384)。

表 A3.1 特殊洛氏刻度的压头类型

等级符号	压头类型
HRA	金刚石球形
HRBW	WC 球形-1.588mm (1/16in)
HRC	金刚石球形
HRD	金刚石球形
HREW	WC 球形-3.175mm (1/8in)
HRFW	WC 球形-1.588mm (1/16in)
HRGW	WC 球形-1.588mm (1/16in)
HRHW	WC 球形-3.175mm (1/8in)
HRKW	WC 球形-3.175mm (1/8in)
HRLW	WC 球形-6.350mm (1/4in)
HRMW	WC 球形-6.350mm (1/4in)
HRPW	WC 球形-6.350mm (1/4in)
HRRW	WC 球形-12.70mm (1/2in)
HRSW	WC 球形-12.70mm (1/2in)
HRVW	WC 球形-12.70mm (1/2in)
HR15N	金刚石球形
HR30N	金刚石球形
HR45N	金刚石球形
HR15TW	WC 球形-1.588mm (1/16in)
HR30TW	WC 球形-1.588mm (1/16in)
HR45TW	WC 球形-1.588mm (1/16in)
HR15WW	WC 球形-3.175mm (1/8in)
HR30WW	WC 球形-3.175mm (1/8in)
HR45WW	WC 球形-3.175mm (1/8in)
HR15XW	WC 球形-6.350mm (1/4in)
HR30XW	WC 球形-6.350mm (1/4in)
HR45XW	WC 球形-6.350mm (1/4in)
HR15YW	WC 球形-12.70mm (1/2in)
HR30YW	WC 球形-12.70mm (1/2in)
HR45YW	WC 球形-12.70mm (1/2in)

表 A3.2 压头检验时间表

压头类型	几何特征	性能
等级 B 金刚石	压头新购买时需校验	压头新购买时和怀疑有损坏时需校验
等级 A 金刚石	压头新购买时需校验	在标定测试前 12 个月之内和当怀疑有损坏时
仲裁金刚石	压头新购买时需校验	压头新购买时和怀疑有损坏时需校验
等级 A 和等级 B 钢球	当新购买时应校验钢球尺寸和固定器。	新购买时和当怀疑有损坏时, 应校验固定器 (简单的更换钢球不作要求)

A3.4.3.5 硬质合金压头材料密度应为 $14.8 \pm 0.2 \text{ g/cm}^3$ ，化学组成如下：

其他碳化物总量	最大 2.0%
钴 (Co)	5.0-7.0%
硬质合金	剩余

A3.4.3.6 钢球压头的表面硬度应不少于 746HV1(按照测试方法 E92 或 E384)。

A3.4.3.7 为了检定 A3.4.3 给出的压球要求,应按照表 A3.2 所述的时间表随机从一批次选择一组压球样本。硬度检验的压球应丢弃。

A3.4.3.8 为了满足压头压球的以上要求,压头标定实验室要么检定压球满足要求,要么获得压球生产厂商的检验证明。

A3.4.4 压球固定器—压球固定器应满足以下要求：

A3.4.4.1 用于制造压球固定器部分的材料能承受测试力,材料最小硬度为 25HRC。

A3.4.4.2 压球应突出固定器最少 0.5mm。本要求应通过直接测量或者在标定试块上执行合适的洛氏刻度测试(标定试块的等效硬度为 10HRBW 或更低)来检验。如果硬度结果在试块硬度鉴定值 $\pm 1.5 \text{ HRBW}$ 之内,则压头突出是足够的。

A3.4.5 球形压头固定器性能检验——球形压头对硬度值的影响不仅归于先前所述压球的特征,但是也与压球固定器特征有关。为了检查这些影响,每个新购买的等级 B 和等级 A 压球固定器应依据表 A3.2 的时间表来检验其性能。

A3.4.5.1 性能检验可在试块上进行硬度测量,试块应满足 A4.2 的制造要求,同时依据 A2.6.2 成功通过直接检验的标定设备对样本标定。至少将每件一件试块来测试洛氏硬度刻度和硬度范围(见表 A3.3),应与检验的压球尺寸相符。

A3.4.5.2 在性能检验前,应确保测试设备能正常工作,且要检验的压头和砧座充分固定。在均匀样品上至少进行两次硬度测量。测量结果不需要记录。

A3.4.5.3 在标定试块上,测试表面均匀分布位置至少做三次测量。确定三个或更多测量值的平均值与试块的校准值之间的差值。

A3.4.5.4 对于待检定压头等级,普遍接受的是差值应在表 A3.3 规定的相应公差之内。

A3.4.6 钢球压头常常包含一个固定器,一个可移动的帽子(允许定期更换压球)。压头帽在使用时可能损坏,因此可能需要更换。当用新帽子替换,在用于日常检验前(依据 A1.5.3.1),应对装备的钢球压头进行性能测试。使用试块的硬度应等于或小于测试压头最软材料的硬度。该检验可由压头使用者或校准机构执行。该检验使用满足附录 A1 要求的测试设备。

表 A3.3 等级 A 和等级 B 钢球压头性能检验试块和标准参考试块性能最大公差

钢球尺寸 in.(mm)	试样要求的范围	等级 A 公差	等级 B 公差
1/16 (1.588)	20-100HRBW	±0.4 HRBW	±0.8 HRBW
1/8 (3.175)	68-92HREW	±0.4 HREW	±0.8 HREW
1/4 (6.350)	HRLW,HRMW 或 HRRW(任何等级)	±0.4HR	±0.8HR
1/2 (2.70)	HRRW,HRSW 或 HRVW(任何等级)	±0.4HR	±0.8HR

A3.5 等级 B 金刚石压头

A3.5.1 等级 B 金刚石压头用于日常洛氏硬度测量。应按照表 A3.2 的时间表检验几何图形和性能。

A3.5.2 等级 B 金刚石压头几何要求

A3.5.2.1 当在 20 倍放大镜观察时，金刚石压头磨光部分应无表面缺陷（裂缝，碎裂，凹陷等等）。

压头应磨光，当压头压入 0.3mm 深度时，其表面应没有未磨光区域接触试样。

A3.5.2.2 应在不少于四个近似等距离的全剖横截面中检验以下的几何特征。例如，四个剖面大约 45 度间隔排列。

A3.5.2.3 金刚石坡口角度为 $120 \pm 0.35^\circ$ （见图 A3.1）。

A3.5.2.4 金刚石顶端为平均半径为 $0.2000 \pm 0.010\text{mm}$ 的球（见图 A3.1）。在每个测量部分，半径应在 $0.2000 \pm 0.015\text{mm}$ 之内，与真实半径的局部偏离应不超过 0.002mm。

A3.5.2.5 圆锥面和球形顶端应能相切接触。

A3.5.2.6 用于检验几何特征的设备应能测量表 A3.4 的精度。

表 A3.4 测量设备最小精度（等级 B，等级 A 和参考金刚石压头的几何特征检验）

几何特征	最小精度
角度	0.1°
半径	0.001mm
圆锥体同类线笔直度（限于等级 A 和参考压头）	0.001mm

A3.5.2.7 可通过直接测量或屏幕投影测量（应满足精度要求）来检验金刚石几何特征。

A3.5.2.8 当使用屏幕投影测量时，金刚石投影轮廓与屏幕的线相比较可以显示尺寸公差范围。在这种情况下，几何特征测量值不作要求，因为足够说明特征在公差之内。

A3.5.3 等级 B 金刚石压头性能检验

A3.5.3.1 金刚石压头硬度值的影响因素不只是由于先前所述的压头特征，也与其他特征（特征因制造步骤而变化）有关。为了检查这些影响，每个等级 B 的压头的性能通过与合格的等级 A 或参考压头性能相比较来检验。

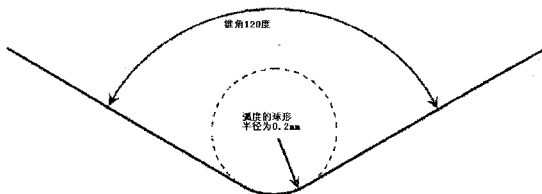


图 A3.1 球形金刚石压头顶部横截面示意图

A3.5.3.2 金刚石压头限于检验以下几种有限的洛氏刻度检验：常规洛氏刻度；表面洛氏刻度；或常规和表面洛氏刻度两种。

A3.5.3.3 在试块（满足 A4.3 制造要求）进行硬度测量来检验性能。

A3.5.3.4 在性能检验前，应确保测试设备正常工作，同时压头和底座充分固定。每个均匀的试片至少进行两次硬度测量（使用 150kgf 的总测试力或者压头能提供的最大测试力）。测量值结果不需要记录。每次压头更换时，都需重复该步骤。

A3.5.3.5 使用合格的压头，对用于压头性能检验的刻度和硬度水平执行日常检验（步骤见 A1.5.3）。如果任何的误差 E 或者可重复性 R 测量值落在指定公差之外，则标定设备未通过检验，并且不能用米标定直到问题被确定和纠正。一旦采取了纠正措施，应重复检验步骤。只在压头性能检验开始时才需要该检验程序。

A3.5.3.6 性能检验有如下步骤，包括：使用等级 A 或参考压头对试块进行硬度验证测试，然后在相同试样上用待检验的等级 B 压头来执行验证测试。

A3.5.3.7 使用合格压头，对来自每一范围（见表 A3.5 定义）的每一个试样进行一组（至少三次）验证测试。记录每次测试结果和压痕位置。定义凡为验证 \bar{H}_Q 量值的平均值。

A3.5.3.8 使用待检验的等级 B 压头进行检验测试，使用的试样与等级 A 或参考压头先前测试使用的试样相同。应在验证压痕 6mm 范围内执行每次验证测试。定义 \bar{H}_Q 为验证测量值的平均值。

A3.5.3.9 验证测试要求在邻近验证测试旁进行，限制在验证压痕的 6mm 之内，邻近凹痕间距要求见 7.9。当进行另外的验证测试时，使用等级 A 或参考压头执行另外的资格测试，然后重复检验步骤。该步骤可以重复直到试块间无间距。

A3.5.3.10 资格测量的平均值和检验测量的平均值的差值 $\bar{H}_Q - \bar{H}_V$ 应在表 A3.5 等级 B 压头所述公差之内。

表 A3.5 试块（用于等级 B 金刚石压头性能检验）和等级 A 或参考压头相关性能的最大公差

压头类型	试样要求的范围	等级 B 公差（与等级 A 或仲裁压头比较）
		$H_Q - H_V$
常规等级金刚石	22-28HRC	$\pm 0.8\text{HRC}$
	60-65 HRC	$\pm 0.4\text{HRC}$
表面等级金刚石	88-94 HR15N	$\pm 0.5 \text{HR15N}$
	60-69 HR30N	$\pm 0.5 \text{HR30N}$
	22-29 HR45N	$\pm 0.8 \text{HR45N}$
常规和表面等级金刚石组合	22-28 HRC	$\pm 0.8 \text{HRC}$
	60-65 HRC	$\pm 0.5 \text{HRC}$
	88-94 HR15N	$\pm 0.5 \text{HR15N}$
	60-69 HR30N	$\pm 0.5 \text{HR30N}$

A3.6 等级 A 金刚石压头

A3.6.1 等级 A 压头用于等级 B 压头的标定（按照本附录）；洛氏硬度试样标定（见附录 A4 所述），还可作为洛氏硬度测试设备间接检验故障修理工具（依据附录 A1）。按照表 A3.2 的时间表来检定正确的几何图形和性能。

A3.6.1.1 用于检验几何特征的设备应具有表 A3.4 的精度。

A3.6.2 等级 A 金刚石压头应能满足等级 B 金刚石压头（见 A3.5.2）所给的所有制造和几何要求和以下另外的要求。要求也可见注 A3.1。

A3.6.2.1 金刚钻圆锥邻近过渡部分的笔直线偏差不应超过 0.002mm（最小长度为 0.40mm）。

A3.6.2.2 压头轴与压头放置面的轴之间的角度应不超过 0.50。

A3.6.3 等级 A 金刚石压头的性能公差比等级 B 金刚石压头更紧。每个等级 A 压头的性能应通过与参考压头性能相比较来检验。

A3.6.4 除了验证测量应使用参考金刚石压头应对每一个试样在每一个范围（表 A3.6 定义）使用待检验类型的压头来检验外，其余用 A3.5.3 等级 B 金刚石压头进行验证和检验测量。

A3.6.4.1 三个验证测量的平均值和三个检验测量的平均值的差值 $\bar{H}_Q - \bar{H}_V$ 应在表 A3.6 等级 A 金刚石压头所述的公差之内。

A3.7 参考金刚石压头

A3.7.1 参考金刚石压头用于等级 A 金刚石压头的标定。参考压头的性能公差比等级 A 和等级 B 压头更紧，应通过与公认的国家参考压头（国家洛氏硬度标定实验室）比较来检验性能（见注 A3.4）。

注 A3.4：国家洛氏硬度标定实验室为国家标准与技术协会（NIST）。

表 A3.6 试样（用于等级 A 金刚石压头性能检验）和参考压头相关性能的最大公差

压头类型	试样要求的范围	等级 A 公差（与仲裁压头比较）
		$H_Q - H_V$
常规等级金刚石	80-83 HRC	$\pm 0.3\text{HRC}$
	22-28 HRC	$\pm 0.4\text{HRC}$
	42-50HRC	$\pm 0.4\text{HRC}$
	60-65 HRC	$\pm 0.3\text{HRC}$
表面等级金刚石	88-94 HR15N	$\pm 0.3\text{HR15N}$
	60-69 HR30N	$\pm 0.3\text{HR30N}$
	42-50HR30N	$\pm 0.4 \text{HR45N}$
	22-29 HR45N	$\pm 0.4 \text{HR45N}$
常规和表面等级金刚石组合	22-28 HRC	$\pm 0.4 \text{HRC}$
	60-65 HRC	$\pm 0.3 \text{HRC}$
	88-94 HR15N	$\pm 0.3 \text{HR15N}$
	60-69 HR30N	$\pm 0.3 \text{HR30N}$

A3.7.2 参考金刚石压头几何要求

A3.7.2.1 参考金刚石压头应检验以下的几何特征，检验应不少于 8 个近似相等距离的全剖横截面。

例如，8 个剖面应大约间隔 22.5 度排列。

A3.7.3 参考金刚石压头应满足等级 A 金刚石压头（见 A3.6.2 的所有制造和几何要求。见注 A3.1。

A3.7.4 参考金刚石压头性能检验

A3.7.4.1 应由国家洛氏硬度标定实验室执行性能比较，同时应满足表 A3.7 的性能公差。

A3.7.4.2 按照 A3.5.3 使用等级 B 压头执行验证和检验测量，除了应使用国家参考压头对来自表 3.7（待鉴定的压头类型）定义的每个范围中的每一个试样进行至少四次验证测量外（见 A3.7.1）。

A3.7.4.3 五次验证测量平均值与五个检验测量值的差值（ $\bar{H}_Q - \bar{H}_V$ ）应在表 3.7 参考压头（用于对每个试块进行检验）指定的公差之内。

表 A3.7 试样（用于参考压头性能检验）和性能最大公差（相对于国家参考压头）

压头类型	试块要求的范围	参考压头公差（相对于国家参考压头）
		$\bar{H}_Q - \bar{H}_V$
常规刻度金刚石	22-28HRC	$\pm 0.3\text{HRC}$
	62-65HRC	$\pm 0.3\text{HRC}$
表面刻度金刚石	88-94HR15N	$\pm 0.3\text{HR15N}$
	40-48HR45N	$\pm 0.3\text{HR45N}$
常规和表面刻度金刚石组合	20-28HRC	$\pm 0.3\text{HRC}$
	62-65HRC	$\pm 0.3\text{HRC}$
	88-94HR15N	$\pm 0.3\text{HR15R}$
	40-48HR45n	$\pm 0.3\text{HR45N}$

A3.8 标记

A3.8.1 所有压头应是连续的。在压头上标记序列号是不实用的，因为尺寸限制。序列号应标记在集装箱中。

A3.9 证明

A3.9.1 钢球压头——每个等级 B 和等级 A 钢球压头固定器用以下信息校准证明。

A3.9.1.1 ASTM 测试方法参考书目

A3.9.1.2 压头序列号

A3.9.1.3 标定日期

A3.9.1.4 特殊等级洛氏球形压头满足所有材料硬度，钢球伸出和性能要求的书面说明。

A3.9.1.5 授权机构证明号

A3.9.2 等级 B 和等级 A 压头的钢球应有以下信息：

A3.9.2.1 ASTM 测试方法参考书目

A3.9.2.2 批次或炉次标识

A3.9.2.3 特殊等级洛氏钢球压头满足所有几何、密度、化学成分和硬度要求的书面声明。

A3.9.3 等级 B 金刚石压头——每个等级 B 金刚石压头应有以下信息的校准证明。

A3.9.3.1 ASTM 测试方法参考书目

A3.9.3.2 压头序列号

A3.9.3.3 标定日期

A3.9.3.4 等级 B 压头满足所有几何和性能要求的书面声明

A3.9.3.5 授权机构证明号

A3.9.4 等级 A 金刚石压头——每个等级 A 金刚石压头应有以下信息的校准证明。

A3.9.4.1 ASTM 测试方法参考书目

A3.9.4.2 压头序列号

A3.9.4.3 标定日期

A3.9.4.4 所有几何检验结果

A3.9.4.5 试块硬度水平所有的验证和性能测量。

A3.9.4.6 每个试块的参考标定压头和合格等级 A 压头之间的性能差值 $\bar{H}_e - \bar{H}_v$ 。

A3.9.4.7 等级 A 压头满足所有几何和性能要求的书面声明。

A3.9.4.8 授权机构证书编号。

A3.9.5 参考金刚石压头——每个参考金刚石压头应有以下信息的校准证明或报告。

A3.9.5.1 压头序列号**A3.9.5.2 标定日期****A3.9.5.3 几何检验结果****A3.9.5.4 参考压头序列号****A3.9.5.5 试块使用的硬度水平的验证和检验性能测量值****A3.9.5.6 每个试块的参考压头和合格参考压头之间的性能差值 $\bar{H}_Q - \bar{H}_V$ 。****A4 洛氏硬度试块标定****A4.1 范围**

A4.1.1 附录 A4 描述了洛氏硬度试块标定的要求和步骤，应按照可追溯的特定洛氏硬度标准。这些标定试块用来检验洛氏和洛氏表面硬度测试设备的性能（通过附录 A1 描述的日常检验和间接检验方法）。标定试样也用于监控洛氏标定设备的检验（见附录 A2 所述）。

A4.1.2 除非另有说明，应忠诚于本标准和附录，并可追溯到国家标准。

A4.2 授权

A4.2.1 试块标定操作机构应获得 ISO 17025（或等效标准）的认证，由国际实验室授权组织（ILAC）赋予按 ISO/IEC 17011 要求操作的权利。标定机构应提供授权证明 / 范围，表明洛氏硬度刻度在授权范围内，试块标定的标准可以追溯。

注 A4.1：授权是本标准版本的新要求。

A4.3 制造

A4.3.1 试样生产商应关心使用材料和制造工艺（它们能通过必要同质性，组成稳定性和表面硬度均匀性）的需求，为了质量管理，试样应依据统计学可接受的取样程序来检查表面硬度的同质性和均匀性。

A4.3.2 如果试样材料为钢，在制造加工后应进行消磁处理。

A4.3.3 为了确保标定后材料不从测试表面脱离，应在测试表面做可识别的标记。标记不能被任何方法除去，除非是将试样材料除去。

A4.3.4 标定试样应满足表 A4.1 的物理要求。

A4.4 普通要求

A4.4.1 标定实验室环境，标定设备，标定测试周期应满足附录 A2 要求。

A4.4.2 该附录所有用来测量的设备应用可以追溯的国家标准来校准，除非另有说明。

表 A4.1 标定试样物理要求

试样参数	公差
厚度	$\geq 6.0\text{mm}(0.236\text{in})$, $\leq 16.0\text{mm}(0.630\text{in})$
测试面面积	$\leq 2600\text{mm}^2(4\text{in}^2)$
垂直表面偏差 (测试面&底面)	$\leq 0.005\text{mm}(0.0002\text{in})$
平行表面偏差 (测试面&底面)	$\leq 0.0002\text{mm/mm}(0.0002\text{in/in})$
平均表面粗糙度 (测试面&底面)	$Ra \leq 0.003\text{mm}(12\mu\text{in})$ 中心线平均

A4.5 标定步骤

A4.5.1 试样通过校准测试表面平均硬度至特殊洛氏硬度标准来标定。如果可能，试样校准时应可追溯到国家洛氏标准（见注 A4.2），试块可追溯的洛氏标准应在校准证明中说明。

注 A4.2：在美国，国家洛氏硬度标定实验室即为国家技术和标准协会（NIST），地址：Gaithersburg, MD20899。

注 A4.3：主要标定试块使用来自 NIST 的标准参考材料。地址：Gaithersburg, MD 20899。

A4.5.2 等级 A 钢球压头和等级 A 或参考金刚石压头在附录 A3（见注 3）所述，它们可用于试块标定。

A4.5.3 标定步骤包括使用合适硬度刻度的不同力和类型的压头对试块进行硬度测量。

A4.5.3.1 在测试表面均匀分布位置至少测量五次。

A4.5.4 确定测量值的不均匀范围 H_R 如下：

$$H_R = H_{\max} - H_{\min} \quad (\text{A4.1})$$

其中：

H_{\max} = 最高硬度值；

H_{\min} = 最低硬度值。

A4.5.4.1 标定测量得到的不均匀范围 H_R 表明试块硬度不均匀，可接受的不均匀范围 H_R 应在表 A4.2 公差之内。

A4.5.5 试块的标定值定义为标定测量值的平均值 \bar{H} 。

A4.5.6 在某些情况下，可使用标定设备的性能偏移数据来修正测量的平均硬度值，这样可使试块的标定值更精确。偏移值取决于标定设备最近的何接检验测量的误差 E 例如，每个标定设备的合适偏移修正曲线可通过指定洛氏刻度作间接检验误差测量值直线计算得出。实验室应注意计算用的修正曲线的正确性取决于穿越整个刻度的偏移数据所作直线的线性度。

A4.6 标记

A4.6.1 当标志被放置在试块的侧面上时，若校准测试面是上表面，则标志应为垂直的标志。

A4.6.2 每个标定试样应标记以下信息。

表 A4.2 标定试样块最大不均匀性

标定试块名义硬度		不均匀范围 H_R 最大值, (HR 单位)
HRA	$\geq 20, < 80$	1.0
	$\geq 80, < 92$	0.5
HRBW	$\geq 0, < 45$	1.5
	$\geq 45, < 100$	1.0
HRC	$\geq 20, < 60$	1.0
	$\geq 60, < 70$	0.5
HRD	$\geq 40, < 60$	1.0
	$\geq 60, < 87$	0.5
HREW, IIRFW, HRGW, HRHW, HRKW, HRLW, HRMW, IIRPW, HRRW, HRSW, HRVW,		1.0
HR15N	$\geq 69, < 90$	1.0
	$\geq 90, < 97$	0.7
HR30N	$\geq 41, < 77$	1.0
	$\geq 77, < 92$	0.7
HR45N	$\geq 19, < 66$	1.0
	$\geq 66, < 87$	0.7
HR15TW, HR30TW, HR45TW		1.0
HR15WW, HR30WW, HR45WW, HR15XW, HR30XW, HR45XW, HR15YW, HR30YW, HR45YW		1.0

A4.6.2.1 试块标定硬度值, \bar{H} , 四舍五入不少于一位小数 (按照规程 E29), 例如 61.4HRC。

A4.6.2.2 表 A1.3 给出的误差 E 的合适公差值。

A4.6.2.3 标定机构名称或识别标记。

A4.6.2.4 测试面标识记号 (当表面重新磨光时, 不能除去标记)。

A4.6.2.5 唯一序列号。

A4.6.2.6 标定年度。标定年度应组合在试块序列号中。

A4.7 证明

A4.7.1 每个标定试块应提供以下由标定实验室校准的标定信息。

A4.7.1.1 试块序列号。

A4.7.1.2 指定刻度试样标定硬度值, \bar{H} , 四舍五入不少于一位小数(按照规程 E29), 例如 61.4HRC。

A4.7.1.3 标定值的不确定度值, 并详细说明不确定度计算方法。

A4.7.1.4 单独的标定硬度测量值。

A4.7.1.5 使用的测试周期描述, 包括初始力, 总作用力, 弹性回复的保压时间。

A4.7.1.6 提出试块洛氏刻度的团体, 例如, 国家洛氏 C 等级由 NIST 提出。

A4.7.1.7 标定日期。

A4.7.1.8 授权结构证明编号。

A5 试片最小厚度指导方针

表 A5.1 可选刻度金刚石压头的最小厚度指南 (见图 A5.1)

注: 对于任意给定厚度, 显示的洛氏硬度值是测试可接受的最小值。对于给定的硬度, 任何更厚材料的硬度不应大于在硬度计测试所能显示的刻度。

最小厚度		洛氏刻度		
		A		C
in	mm	硬度读数	近似硬度 C 刻度 ^A	硬度读数
0.014	0.36	...	...	...
0.016	0.41	86	69	...
0.018	0.46	84	65	...
0.020	0.51	82	61.5	...
0.022	0.56	79	56	69
0.024	0.61	76	50	67
0.026	0.66	71	41	65
0.028	0.71	67	32	62
0.030	0.76	60	19	57
0.032	0.81	...	...	52
0.034	0.86	...	...	45
0.036	0.91	...	...	37
0.038	0.96	...	...	28
0.040	1.02	...	...	20

^A 这些挑选的合适刻度的近似硬度值应不能用于硬度转化。如果有必要将测试读数转化为另一刻度, 应参考 E140 硬度转化表(布氏硬度、维氏硬度、洛氏硬度、洛氏表面硬度和努氏硬度转化关系表)。

表 A5.2 1/16in.(1.588mm)直径钢球压头的最小厚度指南 (见图 A5.2)

注—对于任意给定厚度, 显示的硬度值是测试可接受的最小值。对于给定的硬度, 任何更厚材料的硬度不应大于在硬度计测试所能显示的刻度。

最小厚度		洛氏刻度		
		F		B
in	mm	硬度读取值	近似硬度 B 刻度 A	硬度读取值
0.022	0.56	...	...	...
0.024	0.61	98	72	94
0.026	0.66	91	60	87
0.028	0.71	85	49	80
0.030	0.76	77	35	71
0.032	0.81	69	21	62
0.034	0.86	...	...	52
0.036	0.91	...	...	40
0.038	0.96	...	...	28
0.040	1.02	...	...	...

^A 这些挑选的合适刻度的近似硬度值不能用于硬度转化。如果有必要将测试读取值转化为另一刻度, 应参考 E140 硬度转化表。(布氏硬度、维氏硬度、洛氏硬度、洛氏表面硬度和努氏硬度转化关系表)。

表 A5.3 可选刻度金刚石压头的最小厚度指南 (见图 A5.1)

注—对于任意给定厚度, 显示的硬度值是测试可接受的最小值。对于给定的硬度, 任何更厚材料的硬度不应大于在硬度计测试所能显示的刻度。

最小厚度		洛氏表面刻度					
		15N		30N		45N	
in	mm	硬度读取值	近似硬度 C 刻度 ^A	硬度读取值	近似硬度 C 刻度 ^A	硬度读取值	近似硬度 C 刻度 ^A
0.006	0.15	82	65	...	...	...	...
0.008	0.20	81	60	...	...	...	...
0.010	0.25	80	55	...	...	...	...
0.012	0.30	83	45	82	65	77	69.5
0.014	0.36	76	32	78.5	61	74	67
0.016	0.41	68	18	74	56	72	65
0.018	0.46	...	...	66	47	68	61
0.020	0.51	...	...	57	37	63	57
0.022	0.56	...	...	47	26	58	52.5
0.024	0.61	...	...	...	...	51	47
0.026	0.66	...	...	...	...	37	35
0.028	0.71	...	...	...	...	20	20.5
0.030	0.76	...	...	...	...	...	...

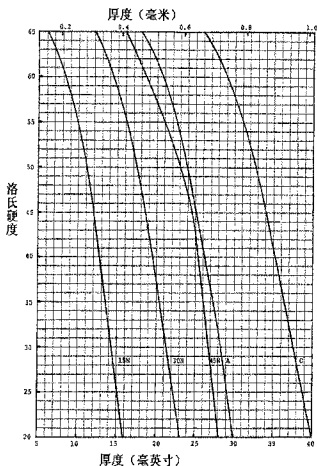
^A 这些挑选的合适刻度的近似硬度值不能用于硬度转化。如果有必要将测试读取值转化为另一刻度, 应参考 E140 硬度转化表。(布氏硬度、维氏硬度、洛氏硬度、洛氏表面硬度和努氏硬度转化关系表)。

表 A5.4 1/16in.(1.588mm)直径钢球压头的最小厚度指南 (见图 A5.2)

注—对于任意给定厚度, 显示的硬度值是测试可接受的最小值。对于给定的硬度, 任何更厚材料的硬度不应大于在硬度计测试所能显示的刻度。

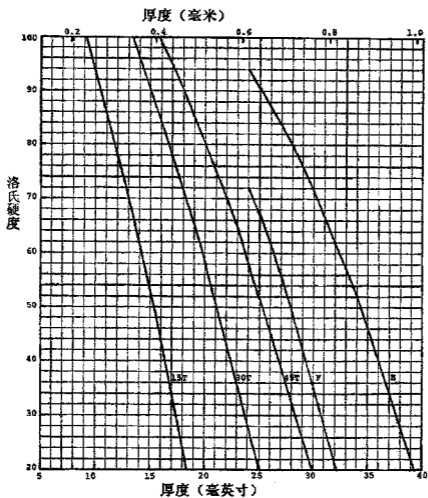
最小厚度		洛氏表面刻度					
		15T		30T		45T	
in	mm	硬度读取值	近似硬度 B 刻度 ^A	硬度读取值	近似硬度 B 刻度 ^A	硬度读取值	近似硬度 B 刻度 ^A
0.010	0.25	91	93	...	...	...	...
0.012	0.30	86	78	...	...	...	...
0.014	0.36	81	62	80	96	...	...
0.016	0.41	75	44	72	84	71	99
0.018	0.46	68	24	64	71	62	90
0.020	0.51	...	...	55	58	53	80
0.022	0.56	...	...	45	43	43	70
0.024	0.61	...	...	34	28	31	58
0.026	0.66	...	...	...	...	18	45
0.028	0.71	...	...	...	...	4	32
0.030	0.76	...	...	...	...	...	...

^A 这些挑选的合适刻度的近似硬度值不能用于硬度转化。如果有必要将测试读取值转化为另一刻度, 应参考 E140 硬度转化表。(布氏硬度、维氏硬度、洛氏硬度、洛氏表面硬度和努氏硬度转化关系表)。



注: 找出相应于做试验的厚度-硬度组合的点, 只有落在该点左面的刻度, 方可用于试验这一种组合。

图 A5.1 洛氏硬度测试厚度范围 (金刚石压头)



注：找出相应于做试验的厚度-硬度组合的点，只有落在该点左面的刻度，方可用于试验这一种组合。

图 A.5.2 洛氏硬度测试厚度范围 (1/16in(1.588mm)直径钢球压头)

A6 凸起圆柱表面硬度值修正

表 A6.1 要加到不同直径凸起的圆柱表面^A所获得的洛氏 C, A 和 D 硬度值上的修正

刻度盘 读数	凸起圆柱表面的直径								
	1/4in. (6.4 mm)	3/8in. (10 mm)	1/2in. (13mm)	5/8in. (16mm)	3/4in. (19mm)	7/8in. (22mm)	1in. (25 mm)	1¼in. (32 mm)	1½in. (38 mm)
	要加到洛氏 C, A 和 D 硬度值上的修正 ^B								
20	6.0	4.5	3.5	2.5	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0
25	5.5	4.0	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0
30	5.0	3.5	2.5	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0	0.5
35	4.0	3.0	2.0	1.5	1.5	1.0	1.0	0.5	0.5
40	3.5	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

^A 当测试圆柱形试样时, 测试精度严重受到凸起的螺纹, V 形测量底座, 压头, 表面平整和圆柱体平直度的影响。

^B 这些修正只是近似的, 且表示对大量实际观察结果的、与最接近的 0.5 洛氏硬度值的平均值。

表 A6.2 要加到不同直径凸起的圆柱表面上^A所获得的洛氏 B, F 和 G 硬度值上的修正

刻度盘 读数	凸起圆柱表面的直径						
	1/4in. (6.4 mm)	3/8in. (10 mm)	1/2in. (13mm)	5/8in. (16mm)	3/4in. (19mm)	7/8in. (22mm)	1in. (25 mm)
	要加到洛氏 B, F 和 G 硬度值上的修正 ^B						
0	12.5	8.5	6.5	5.5	4.5	3.5	3.0
10	12.0	8.0	6.0	5.0	4.0	3.5	3.0
20	11.0	7.5	5.5	4.5	4.0	3.5	3.0
30	10.0	6.5	5.0	4.5	3.5	3.0	2.5
40	9.0	6.0	4.5	4.0	3.0	2.5	2.5
50	8.0	5.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0
60	7.0	5.0	3.5	3.0	2.5	2.0	2.0
70	6.0	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

^A 当测试圆柱形试样时, 测试精度严重受到凸起的螺纹, V 形测量底座, 压头, 表面平整和圆柱体平直度的影响。

^B 这些修正只是近似的, 且表示对大量实际观察结果的、与最接近的 0.5 洛氏硬度值的平均值。

表 A6.3 要加到不同直径凸起的圆柱表面上^A所获得的洛氏表面 15N, 30N 和 45N 值上的修正

刻度盘 读数	凸起圆柱表面的直径					
	1/8in. (3.2mm)	1/4in. (6.4mm)	3/8in. (10mm)	1/2in. (13mm)	3/4in. (19mm)	1in. (25mm)
	要加到洛氏表面 15N, 30N 和 45N 硬度值上的修正 ^B					
20	6.0	3.0	2.0	1.5	1.5	1.5
25	5.5	3.0	2.0	1.5	1.5	1.0
30	5.5	3.0	2.0	1.5	1.0	1.0
35	5.0	2.5	2.0	1.5	1.0	1.0
40	4.5	2.5	1.5	1.5	1.0	1.0
45	4.0	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0
50	3.5	2.0	1.5	1.0	1.0	0.5
55	3.5	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 当测试圆柱形试样时, 测试精度严重受到凸起的螺纹, V 形测量砧座, 压头, 表面平整和圆柱体平直度的影响。

^B 这些修正只是近似的, 且表示对大量实际观察结果的、与最接近的 0.5 洛氏硬度值的平均值。

表 A6.4 要加到不同直径凸起的圆柱表面上^A所获得的洛氏表面 15T, 30T 和 45T 值上的修正

刻度盘 读数	凸起圆柱表面的直径						
	1/8in. (3.2mm)	1/4in. (6.4mm)	3/8in. (10mm)	1/2in. (13mm)	3/4in. (19mm)	1in. (25mm)	1/8in. (3.2mm)
	要加到洛氏表面 15T, 30T 和 45T 硬度值上的修正 ^B						
20	13.0	9.0	6.0	4.5	4.5	3.0	2.0
30	11.5	7.5	5.0	3.5	3.5	2.5	2.0
40	10.0	6.5	4.5	3.5	3.0	2.5	2.0
50	8.5	5.5	4.0	3.0	2.5	2.0	1.5
60	6.5	4.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.5
70	5.0	3.5	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 当测试圆柱形试样时, 测试精度严重受到凸起的螺纹, V 形测量砧座, 压头, 表面平整和圆柱体平直度的影响。

^B 这些修正只是近似的, 且表示对大量实际观察结果的、与最接近的 0.5 洛氏硬度值的平均值。

附录

(非强制性信息)

X1 ASTM 规范清单 (给出了硬度值与抗拉强度的相互关系)

X1.1 以下 ASTM 标准给出了相应于下列材料规定抗拉强度的洛氏硬度, 或洛氏表面硬度的近似值, 这些材料是包括在: 测试方法和定义 A370 和规范 B19, B36/B36M, B96/B96M, B103/B103M, B121/B121M, B122/B122M, B130, B134/B134M, B152B/152M 和 B370 标准中的材料。

X2 测定洛氏硬度不确定度的程序举例**X2.1 范围**

X2.1.1 本附录旨在提供评估洛氏硬度测量不确定度用的基本途径, 以便于洛氏硬度的使用者们在解读其不确定性时, 得以简化和统一。

X2.1.2 本附录提供了以下硬度值的 **不确定度确定的基本程序**。

X2.1.2.1 作为间接检验的一部分测定的硬度试验机误差 (见 X2.6)——作为间接检验一部分, 大量的洛氏硬度测量是在参考试块上做出的。将测量值的平均值与参考试块的校验值进行比较, 而测定出硬度试验机的误差 (见 3.2.3)。在 X2.6 节所述的测定程序, 提供了测定硬度试验机这一测量“误差”中的不确定度的测定方法。校验合格证书和报告可报告不确定度值。

X2.1.2.2 由一个使用者测量的洛氏硬度值 (见 X2.7)——该测定程序提供了对每一个使用者在正常使用洛氏硬度试验机的过程中所测得的洛氏硬度值不确定度的测定方法。使用者可将测量值一起报告不确定度的数值。

X2.1.2.3 洛氏标准试样鉴定值 (见 X2.8)——该步骤提供了确定标定试样鉴定值误差的方法。标定机构可在试样证明书中报告误差值。

注 X2.1: 由校正机构 (见 X2.6 节) 报告计算出的不确定性值并非就是硬度试验机在运行中的测量不确定性时, 那么, 只有在校验试验机所做的测量时, 才可测定其“误差”。

注 X2.2: 本附录中概述的测定不确定性用的测定程序, 主要依据的是: 作为本试验方法的校验和标准化程序的一部分所做出的测量。这样做, 是为了提供出一种方法, 使得洛氏硬度的使用者和标准化机构可以依据类似的程序和操作。解读者应意识到, 为了测定相同的不确定性, 可以采用那些可能对不确定性提供更加精确估计的其他方法。

注 X2.3: 本标准规定了可接受的洛氏硬度试验机的重复性和误差 (表 A1.3), 以及, 标准化试块的不均匀性 (表 A4.2) 的公差或限制值。这些限制值, 原先是根据过去很多洛氏硬度试验使用者所做的试验经验, 因而, 也就反映

了合适功能的洛氏硬度试验机的正常性能，其中，包括伴随测量程序以及试验机性能的正常误差。因为这些限制值依据的是试验经验，故规定的限制值考虑了不确定性的等级，它对各种洛氏硬度测量而言，是典型的。其次，当确定与表 A1.3 和表 A4.2 的一致性时，使用者所测量的不确定性，应该不是如同对于其他型式的度量衡测量上通常的做法那样，从这些表格里给出的公差限制值中抽取。对于重复性、误差或试块的不均匀性的计算值，应直接与这些表格里给出的公差限制值进行比较。

注 X2.4：大多数产品标准对于洛氏硬度的公差是根据试验和性能经验建立的。这些限制值反映了合适功能的洛氏硬度试验机的正常性能，其中，包括伴随测量程序以及试验机性能的正常可以接受的误差。对于这些产品，规定的限制值考虑了不确定性等级，对各种洛氏硬度测量而言是典型的。其次，当对大多数产品做洛氏硬度合格验收试验时，使用者所测量的不确定性，不应该是从这些标准中给出的公差限制值中抽取。测量得出的硬度值，应直接与公差限制值进行比较。当产品的硬度值必须是落在确定的范围内以及达到高的置信度时，可以有例外情况。在这些很少有的情况下，在从公差限制值中抽取硬度测量的不确定性之前，应获得参加试验的各方商定的专门协议；在做出这样的协议之前，建议产品的设计要考虑：材料和在生产变化上的冶金因素、还有典型的工业硬度不确定性值的可以预料到的影响。

X2.1.3 该附录没有提出在初始参考标准标准化等级上的不确定度。

X2.2 等式

X2.2.1 一组 n 个硬度值 H_1, H_2, \dots, H_n 的平均值 (AVG), \bar{H} 计算如下：

$$AVG(H_1, H_2, \dots, H_n) = \bar{H} = \frac{H_1 + H_2 + \dots + H_n}{n} \quad (X2.1)$$

X2.2.2 一组 n 个硬度值 H_1, H_2, \dots, H_n 的标准偏差(STDEV) 计算如下：

$$STDEV(H_1, H_2, \dots, H_n) = \sqrt{\frac{(H_1 - \bar{H})^2 + \dots + (H_n - \bar{H})^2}{n - 1}} \quad (X2.2)$$

其中 \bar{H} 为一组 n 个硬度测量 H_1, H_2, \dots, H_n 的平均值，按等式 X2.1 的定义。

X2.2.3 一个数值的绝对值 (ABS) 的大小与符号无关，例如：

$$ABS(0.12) = 0.12 \text{ 和 } ABS(-0.12) = 0.12$$

X2.3 总要求

X2.3.1 列在本附录中的测定不确定度用的求解方法，是在谈及参考标准时，仅与洛氏硬度试验机的总体测量性能有关的不确定度。这些性能不确定度反映着：与试验机的众多单一部件，例如，和作用力加载系统和压痕深度测量系统有关的，被分离出的不确定度组合在一起的效应。因此，与试验机的单个部件有关的不确定度，不包括在计算之中。因为是这样的一种求解方法，所以，使得单一

部件的运行保持在公差范围以内，尤其重要。强烈建议，这一测定程序，仅适用于在试验机已成功通过了直接检验之后。

X2.3.2 在这一章附录中给出的测定程序，仅适用于：当洛氏硬度试验机已经按照本试验方法标准的程序和步骤，通过了间接校验。

X2.3.3 计算洛氏硬度测量值的不确定度用的计算程序，与做标准化的设备以及试验机相似。两者的原则性区别在于：通过用于间接校验用的参考标准试块的层级高低。一般，做标准化用的设备是使用初始参考标准校验的，而试验机是使用第二级的参考标准做的标准化。

X2.3.4 为了估计洛氏硬度测量值的总的不确定度，必须测定造成不确定度的分量。因为有很多不确定度，会随特殊的硬度刻度和硬度级别而变化，所以，应对感兴趣的每一个硬度刻度和硬度级别，测定出单一测量不确定度。在多数情况下，单一不确定度的数值，依据实验室的经验，以及有关硬度试验的操作知识。

X2.3.5 谈及国家一级最高级别的参考标准或其他国家的国家参考标准时，应确定不确定度。在某些情况下，最高一级的参考标准可以是商业级的参考标准。

X2.4 总程序

X2.4.1 这一程序，通过把导致产生不确定度的分量 u_1, u_2, \dots, u_n 组合在一起，计算组合的标准不确定度 u_c ，即：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + \dots + u_n^2} \quad (\text{X2.3})$$

X2.4.2 测量不确定度，通常被表示为一个扩展的不确定度 U ，它是把组合在一起的标准不确定度与一个数字包覆因数两个数相乘，计算出的乘积，即：

$$U = k \times u_c \quad (\text{X2.4})$$

X2.4.3 这里，一个包覆因数是依据被估计的标准不确定度的良好性而选取的一个数，并且，是所希望的不确定度的级别。对于这一分析，应使用包覆因数为 $k=2$ 。这一个包覆因素的置信度约为 95%。

X2.4.4 硬度试验机的测量的恒定偏差 B 是指硬度设备显示的期望硬度测量值与材料的“真实”硬度间的差值。理想上，测量的恒定误差应加以修正。当测量系统，如在洛氏硬度试验时通常发生的那样，未对测量恒定误差进行修正时，恒定误差便会成为测量中的总的不确定性的增加因素。存在有很多把恒定误差合并到不确定性计算中去的可能应用的方法，然而，每一种都有它的优点和缺点。一个简单和方便的方法是把恒定误差与扩展不确定度组合在一起，即：

$$U = k u_c + \text{ABS}(B) \quad (\text{X2.5})$$

其中 $\text{ABS}(B)$ 为偏差的绝对值。

X2.4.5 因为有几种求解方法，可以用于评估和表示测量的不确定度，所以，就所报告不确定度值含义的简单说明，应包括在报告不确定度值之中。

X2.5 不确定度的来源

X2.5.1 本节叙述在洛氏硬度测量上不确定度的主要来源，并提供在计算硬度测量值上、总得不确定度用的程序和计算公式。在后面的几节中，还将揭示这些不确定度来源，是如何对在 X2.1.2 所述的 3 种测量情况下的总体测量不确定度起加强作用的。

X2.5.2 所要讨论的不确定度的来源是：(1)硬度试验机的重复性不足；(2)试验中，材料硬度的不均匀性；(3)硬度试验机的再现性不足；(4)硬度试验机测量显示的分辨力；以其(5)参考试块校准校验值中的不确定度。还将讨论测量恒定误差的估计，以及，它们将混入到扩展不确定度中。

X2.5.3 由于重复性(u_{Repeat})不足和当它与不均匀性($U_{Rep\&Nu}$)组合在一起时的不确定度一所谓硬度试、验机的重复性是：它能够在所做的每一次测量时，连续产生相同硬度良好程度的指示。假想材料在它的整个表面上，硬度都是非常均匀的；同时，假想在这一均匀材料上，重复进行的硬度测量是在一个短时间内完成，而且，没有试验条件上的（包括操作者）改变。甚至，在每一个试验位置上的实际硬度是精确相同的话，则将发现由于随机误差，每一次的测量值，将随所有的其它测量值而不同（假定具有足够高的分辨力）。因此，再现性不足，将有碍于硬度试验机总能够测量出材料的真实硬度，并且，因此会加大测量上的不确定度。

X2.5.3.1 硬度试验机的重复性不足导致产生的总体测量不确定度的增量，依据着所报告的是单次测量值，或者是多次测量值而不同。附带的，当所报告的平均测量值是打算用于估计被试验材料的平均硬度情况时，由于硬度试验机的重复性不足而加大的不确定度（增量）和试验材料硬度上的不均匀性都难于被分离出，而且，必须是在一起测定。对于这些情况的每一个不确定度的被加大，可以按以下方法做估计。

X2.5.3.2 单一硬度测量一对于一个将要做的单次硬度测量，由于重复性不足导致产生的标准不确定度的增量 u_{Repeat} 可以通过在统一试样上测量得出的多次硬度测量值的标准偏差，来作出估计，即：

$$u_{Repeat} = STDEV(H_1, H_2, \dots, H_n) \quad (X2.6)$$

式中：

H_1, H_2, \dots, H_n 为 n 个硬度测量值，一般，对于重复性的估计，随硬度测量次数的增加而将得到改善。通常，在间接校验的过程中测量得出的硬度值，将可提供对 u_{Repeat} 的充分估计。然而，应考虑在注 X2.6 中所给出的注意事项。通过在统一的材料，例如，在试块上做紧靠在一起的（在间距限制值的范围内）硬度测量，对于使用者测定 u_{Repeat} 的值而言，会更加合适。

注 X2.5: 如上面所讨论的, 由于硬度试验机的重复性不足, 而导致产生的 u_{Repeat} , 不应该与历史上“重复性”的定义混淆, 后者是作为间接校验的一部分, 需要符合的一个要求 (见 3.2.3)。不确定性 u_{Repeat} 的计算和历史上所定义的重复性不产生出相同的值。不确定性 u_{Repeat} , 是由于试验机的重复性不足而导致产生的硬度测量值的总体不确定性的增量; 而历史上定义的重复性, 是在间接校验过程中测量出的硬度值的范围。

注 X2.6: 所有的材料在整个试验表面上都呈现出某些程度上硬度的不均匀性。因此, 由于重复性不足导致产生的不确定性增量的上述评价, 还将包括由于被测量材料的硬度不均匀性导致的增量。当评估如上所讨论的重复性时, 由于硬度的不均匀性所导致产生的任何不确定性的增量, 应尽可能地做到最小化。试验室应加注意, 如果重复性的测量是基于在材料的整个表面上所做试验的话, 那么重复性的值将类似地包括由于材料的不均匀性导致产生的主要不确定性的增量。试验机的重复性测定, 最好是通过常常在一起的 (在间距限制值的范围内) 位置上做硬度测量的方法, 来进行评估。

X2.5.3.3 多个测量的平均——当要报告的是多个硬度试验值的平均值时, 则由于硬度试验机的重复性不足而导致产生的标准不确定度的增量, u_{Repeat} , 可以通过把标准不确定度增量, u_{Repeat} (在此之前, 从在均匀的试件上做的一定次数的硬度测量计算得出的, 见 X2.5.3。), 再除以要作平均的硬度试验值的个数的平方根来评估, 即:

$$u_{Repeat} = \frac{u_{Repeat}}{\sqrt{n_T}} \quad (X2.7)$$

其中 u_{Repeat} 由等式 X2.6 来计算, n_T 代表需要加以平均的单个硬度试验值的个数。

X2.5.3.4 材料硬度的估计——硬度测量通常是在几个位置上做出, 并且, 为了估计整个材料的平均硬度, 对测量值进行平均。例如, 这可以是制造许多类型产品的过程中, 当做质量控制测量时来做出; 或者是作为间接校验的一部分测定试验机的“误差”时; 以及, 当校正试块时来做出。由于所有的材料都呈现出某些程度上的横截试验表面的硬度不均匀性, 材料的不均匀性还加大了对材料的平均硬度做这一估计时的不确定度。当多次硬度测量值的平均值是作为对平均材料或产品硬度的一个估计时, 它可以被期望用于说明谈及材料的真实硬度时的在这一数值中的不确定度。在这种情况下, 由于硬度试验机的重复性不足和试验材料的不均匀性组合而成的不确定度的增量, 可以从硬度测量值的“平均数的标准偏差”来估计。即, 按硬度值的标准偏差除以测量次数的平方根, 按下式计算得出:

$$u_{Rep\&NU} = \frac{STDEV(H_{T1}, H_{T2}, \dots, H_{Tn})}{\sqrt{n_T}} \quad (X2.8)$$

式中: $H_{T1}, H_{T2}, \dots, H_{Tn}$, 为 n_T 次的测量值。

X2.5.4 由于再现性不足导致产生的不确定度——硬度试验机性能中，每一天发生的变化被称之为它的“再现性”级别。这样的由于不同的机器操作者和在试验环境上的变化一类的测量，常常影响着硬度试验机的性能。再现性的级别，通过对硬度试验机在它受到在试验可变量之中变量极限值影响的过程中，整个延长期间的性能监视，可以良好地加以测定。在评价再现性的过程中，对试验机的控制是尤其重要的一件事。如果试验机需要维修，或者运行不良，则将对再现性的不足做出过分的估计。

X2.5.5 硬度试验机再现性的不足的估计，应根据对硬度试验机的定期监视测量，例如，在整个时间内在相同的试块上进行每一天的校验测量。所导致的不确定度的增量，可以通过对每一组监视值平均数的标准偏差来做出估计，即：

$$u_{\text{Reprod}} = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (X2.9)$$

式中：

M_1, M_2, \dots, M_n 为 n 组的多次监控测量值的每一组的单独平均。

注 X2.7：按公式 X2.9 计算出的，由于再现性不足导致的不确定度的增量，还包括了由于试验机重复性的不足以及监视用的试块的不均匀性量所导致的增量。然而，这些增量根据的多次测量的平均，并且，不应明显得过分估计再现性不确定度。

X2.5.6 由于硬度测量显示分辨率不足导致产生的不确定度——在硬度值显示上的有限分辨率，会有碍于硬度试验机提供精确的硬度值。然而，在测量不确定度中，显示分辨率的影响只有在当在硬度显示分辨率低于 0.5 洛氏硬度单位时才明显。例如，在某些指示表盘显示上的情况。由于显示分辨率的影响所导致产生的不确定度的增量， u_{Resol} ，可以用矩形分布来加以描述，并且，按下式来估计：

$$u_{\text{Resol}} = \frac{r/2}{\sqrt{3}} = \frac{r}{\sqrt{12}} \quad (X2.10)$$

式中：

r 为：可以从洛氏硬度单位的测量显示来估计出的一个硬度值分辨率的极限值。

X2.5.7 在参考标准试块的校验平均硬度值的标准不确定度 (u_{RefBlk})——参考标准试块提供了与需要可追溯的洛氏(硬度)标准的联系。与参考标准试块一起的合格证书，应提供出在所述校验值中的不确定度，并且，应说明哪一个参考标准试块值是可以追溯的洛氏硬度标准。这一个不确定度，导致产生采用参考标准试块做校正或校验的硬度试验机中，在测量不确定度上的增量。需要注意的是，在参考标准试块合格证书上报告的不确定度，是作为扩展不确定度的典型叙述。如公式 X2.4 所示，扩展不确定度是通过把标准不确定度与包覆因数相乘，而计算得出的。这一分析使用了标准不确定

度，而且，不再是扩展不确定度的值。因此，由于参考标准试块的校验值中的不确定度所导致的不确定度值，可以按下式计算得出：

$$U_{RefBlk} = \frac{U_{RefBlk}}{k_{RefBlk}} \quad (X2.11)$$

式中：

U_{RefBlk} 是要报告的参考标准试块校验值的扩展不确定度，以及， k_{RefBlk} 是计算在参考标准的校验值中的不确定度中所使用的包覆因素（通常取为 2）。

X2.5.8 测量偏差(B)——测量偏差是由硬度试验机显示出的硬度测量值，与材料的“真实”硬度之间的差值。测量误差，可以采用作为间接校验的一部分测定出的“误差”来加以估计，即：

$$B = \bar{H} - \bar{H}_{RefBlk} \quad (X2.12)$$

式中

\bar{H} 是在间接校验过程中由硬度试验机测量出的平均硬度值，以及， H_{RefBlk} 是用于间接校验的参考试块的校验平均硬度值。

X2.6 计算不确定度用的程序：间接检验

X2.6.1 作为间接检验一部分，硬度试验机的“误差”是从在参考标准试块（见 3.2.2）所做测量的平均值测定得出的。这一个值，提供了对于硬度试验机能以多大的良好性来测定材料的“真实”硬度的一个指示。由于在硬度测量上，总会存在不确定度，随之而来，在测定多次测量的平均值中，它必须有不确定度；并且，因此需要测定试验机的“误差”。本节提供了可以使用的程序，例如，供工地校正机构所使用的，对硬度试验机的测量“误差”中的不确定度 U_{Mach} 的估计，它是以测量值的平均数，与校验用的参考标准试块的校验值之间的差值测定得出的。

X2.6.2 因测量“误差” U_{Mach} 导致产生的标准不确定度的增量，是：(1) $U_{Rep\&N}$ （参考标准试块），由于硬度试验机的重复性不足导致产生的不确定度，与由于参考标准试块（等式 X2.8）的不均匀性导致产生的不确定度的组合，它是从在参考标准试块上所做的多次硬度测量而测定得出，用以测定出硬度试验机的“误差”；(2) U_{Resol} 由于硬度试验机测量显示分辨率导致产生的不确定度（等式 X2.10）；(3) U_{RefBlk} ，在参考标准试块的校验值中的标准不确定度（等式 X2.11）。符号（参考标准试块），是加到 $U_{Rep\&N}$ 上的术语，以表明该不确定度是从为间接校验用的参考标准试块上所做的多次测量，而测定出的不确定度。

X2.6.3 组合的标准不确定度， U_{Mach} 和扩展不确定度 U_{Mach} 是通过把上述对于每一洛氏硬度刻度的每一个硬度级别的、适用的不确定度分量进行组合而计算得出的，即：

$$u_{Mach} = \sqrt{u_{Rep\&NU}^2(\text{参考标准试块}) + u_{Revol}^2 + u_{Re/Blk}^2} \quad (\text{X2.13})$$

$$\text{同时} \quad U_{Mach} = k u_{Mach} \quad (\text{X2.14})$$

X2.6.4 对于该分析，应使用包覆因数 $K=2$ 。该包覆因数提供了大约 95%的置信度。

注 X2.8: 按公式 X2.13 计算出的不确定度增量，不包括由于试验机的再现性不足而导致产生的增量。这是因为假定了当硬度试验机在运行时所做的间接校验，它是在它的最佳运行性能水平下，并且，具有最佳可能的环境条件下运行的。

注 X2.9: 扩展不确定度 U_{Mach} 通常将大于硬度试验机的“误差”值。

X2.6.5 测量不确定度的报告——扩展不确定度 U_{Mach} ，可以由校验机构报告给它的用户，它是作为洛氏硬度试验机间接校验的一部分报告的，在硬度试验机的“误差”中不确定度的一个指示。 U_{Mach} 的值，应附上关于洛氏刻度以及不确定度所适用的硬度级别如何定义的说明，以及带有例如如下的解释性的说明：“作为对于所述的洛氏刻度和硬度级别间接校验的一部分，所报告的硬度试验机“误差”的扩展不确定度，所谈及的洛氏硬度参考是保管在____处（例如，在 NIST 处）的试块，并且，是根据了 ASTM E18 标准的附录 X2 计算得出的，其包覆因数为 2，代表了约为 95%的置信度”。

X2.6.6 标准不确定度值 U_{Mach} ，能够被用作为当使用该硬度试验机做今后的测量时，测定其测量不确定度用的一个不确定度增量（见 X2.7 和 X2.8）。

X2.6.7 例子 X2.1——作为对洛氏硬度试验机间接检验一部分，校验机构需要报告硬度试验机“误差”不确定性的估计值。对此，例如，将只针对在 HRC 刻度的低值区域内所做的测量进行评估。硬度试验机具有 0.1 HRC 的分辨力的数字显示。校验机构在低值区域 HRC 的硬度试块上，进行 5 次校验测量。所报告的参考标准试块的校验值是：25.7HRC，带有 $U_{Rebit}=0.45\text{HRC}$ 的扩展不确定度。5 次的校验测量值为：25.4，25.3，25.5，25.3 和 25.7HRC，所得出的平均值为 25.44HRC，重复性（范围）值为 0.4HRC，误差为 -0.26HRC，因此：

$$\begin{aligned} & u_{Rep\&NU}(\text{参考标准试块}) \\ &= \frac{STDEV(25.4, 25.3, 25.5, 25.3, 25.7)}{\sqrt{5}} \end{aligned}$$

$$\text{或 } u_{Rep\&NU}(\text{参考标准试块}) = 0.075\text{HRC}$$

$$u_{Revol} = \frac{0.1}{\sqrt{12}} = 0.029\text{HRC, 和}$$

$$u_{Re/Blk} = \frac{0.45}{2} = 0.225\text{HRC}$$

因而，

$$u_{Mach} = \sqrt{0.075^2 + 0.029^2 + 0.225^2} = 0.239 \text{HRC, 和}$$

$$U_{Mach} = (2 \times 0.239) = 0.48 \text{HRC}$$

因此，该硬度试验机中，在-0.26HRC的“误差”中，其不确定度为0.48HRC。尽管，这一估计是在具有硬度约为25HRC的材料做出的，其不确定度可以考虑作为适用于HRC刻度的整个低值区域。对于HRC刻度的中间和高值区域，还有对于被校验的其它洛氏刻度区域，必须做这一计算。

注 X2.10: 读者应意识到，在计算本附录的所有举例中的最终不确定度时，并没有在每一步之间，对计算结果做调整。其次，如果使用在本举例的每一步处给出的值，作调整了的值来求解单个公式，某些计算得出的结果会与所述结果的最后一位十进制中的数值不同。

X2.7 计算不确定度用的程序：洛氏硬度测量值

X2.7.1 由用户测定出的硬度值中的不确定度 U_{Meas} 可以认作为测量值，与材料的“真实”硬度值是否良好一致的一个指示。

X2.7.2 单一测量值——当对一次单独硬度测量值，需要测得出它的测量不确定度时，其标准不确定度 U_{Meas} 的增量为：(1)由于试验机的重复性不足导致产生的不确定度， U_{Repeat} ，(等式 X2.6)；(2)由于再现性不足导致产生的不确定度增量， U_{Moprod} ，(等式 X2.9)；(3)由于硬度试验机测量显示的分辨力导致产生的不确定度， u_{Resol} (等式 X2.10)；以及，(4)硬度试验机的“误差”测定中的不确定度， u_{Mach} (等式 X2.13)。组合的标准不确定度 U_{Meas} ，是通过把对适用的硬度级别和洛氏刻度，如上述合适的的不确定度分量组合在一起的方法计算得出，如下：

$$U_{Meas} = \sqrt{u_{Repeat}^2 + u_{Moprod}^2 + u_{Resol}^2 + u_{Mach}^2} \quad (X2.15)$$

X2.7.3 平均测量值——在测量不确定度是为了测量多次硬度测量的一个平均值，在相同的试件上，或多个试件上之一的情况下做出时，其对标准不确定度的增量 U_{Meas} ，为：(1)由于试验机的重复性不足导致产生的不确定度， u_{Repeat} ，根据对多次测量的平均值 (等式 X2.7)；(2)由于再现性不足导致产生的不确定度增量， U_{Moprod} (等式 X2.9)。(3)由于硬度试验机测量显示的分辨力导致的不确定度， u_{Resol} (等式 X2.10)。(4)在测定硬度试验机“误差”中的不确定度， u_{Mach} (等式 X2.13)。组合的标准不确定度 U_{Meas} 是通过把对适用的硬度级别和洛氏刻度，如上述合适的的不确定度分量组合在一起的方法计算得出，如下：

$$U_{Meas} = \sqrt{u_{Repeat}^2 + u_{Moprod}^2 + u_{Resol}^2 + u_{Mach}^2} \quad (X2.16)$$

X2.7.4 上面讨论的，对于单个和平均硬度值的测量不确定度，仅代表测量过程的不确定度，并且，

不依赖于任何试验材料的不均匀性。

X2.7.5 作为对平均材料硬度的一个估计的平均测量值——为了评估试验材料平均硬度，测量实验室和制造设备常常测量试件或产品的洛氏硬度。通常，多次硬度测量是在横截试件的表面上做出的，并且，随后所报告的硬度值的平均数用作为材料的平均硬度的一个估计值。如果，期望报告把不确定度用作为平均测量值的一个指示时，则对标准不确定度的增量 U_{Meas} 为：(1)由于试验机的重复性不足导致产生的不确定度和由于材料的不均匀性导致的不确定度的组合， $u_{\text{Rep\&NU}}(\text{材料})$ (等式 X2.8) 它是从在该试验材料上做的硬度测量测定出的。(2)由于再现性不足导致产生的不确定度增量， U_{Moprod} (等式 X2.9)。(3)由于硬度试验机测量显示的分辨力导致的不确定度， u_{Resol} (等式 X2.10)。(4)在测定硬度试验机“误差”中的不确定度， u_{Mach} (等式 X2.13)。符号 (材料) 是加到 $u_{\text{Rep\&NU}}$ 上的术语，以表明该不确定度是从在该试验材料上做的测量测定出的。组合的标准不确定度 U_{Meas} 是通过把对适用的硬度级别和洛氏刻度，如上述合适的不确定度分量组合在一起的方法计算得出，如下：

$$u_{\text{Meas}} = \sqrt{u_{\text{Re\&NU}}^2(\text{材料}) + u_{\text{Re\&NU}}^2 + u_{\text{Resol}}^2 + u_{\text{Mach}}^2} \quad (\text{X2.17})$$

X2.7.6 当报告的是平均测量值代表材料真实平均硬度良好程度的一个指示时，保证在合适的试验位置上做足够多次的测量十分重要，以提供在材料硬度上任何变化的合适取样。

X2.7.7 扩展不确定度 U_{Meas} 是针对上面讨论的 3 种情况计算得出的，即：

$$U_{\text{Meas}} = k u_{\text{meas}} + \text{ABS}(B) \quad (\text{X2.18})$$

对于这一分析，应使用覆盖因数为 $k=2$ 。这一个覆盖因数，提供约为 95% 的置信度。

X2.7.8 测量不确定度的报告

X2.7.8.1 单个和平均测量值——当所报告的测量值是单个硬度试验用的，或多次硬度试验的平均用的，则 U_{Mach} 的值应附带如下的解释性说明：“所报告的硬度值（或平均硬度值）的扩展测量不确定度，所谈及的洛氏硬度参考标准是保管在_____处的（例如，在 NIST 处）的试块，并且，是根据了 ASTM E18 标准的附录 X2 计算得出的，其覆盖因数为 2，代表了约为 95% 的置信度。”

X2.7.8.2 作为平均材料硬度估计出的平均测量值——当期望报告把不确定度用作为平均测量值是否良好地代表了材料的真实平均硬度值的一个指示时，则 U_{Meas} 的值，应附带如下的解释性的说明：“所报告的材料在试验中的平均硬度的扩展不确定度，是根据从测量过程和从材料的硬度不均匀性的不确定度增量得出的。该扩展不确定度，所谈及的洛氏硬度参考标准是保管在_____处的（例如，在 NIST 处）的试块，并且，是根据了 ASTM E18 标准的附录 X2 计算得出的，其覆盖因数为 2，代表了约为 95% 的置信度。”如果试验报告并未叙述所做平均的测量次数，及其所做测量的位置，则这一方面的资料，也应包括在是如何计算出不确定度的简单说明的一部分之中。

X2.7.8.3 例子 X2.2——对于本举例，一套试验，它的产品通过横截它的表面做 6 次洛氏硬度测量，用作为产品硬度的一个估计。硬度试验机具有被评定为具有 0.5HRC 的读数分辨力的表盘显示。产品的硬度测量值为：33, 31.5, 31.5, 32, 31, 32.5HRC，结果平均值为 31.92HRC。试验设备能确定平均硬度值的测量误差。31.92HRC 的硬度最接近该 HRC 刻度的低值区域（见表 A1.3）。所报告的 HRC 刻度低值区域的最后一次间接检验， $U_{Mach}=0.8\text{HRC}$ 和误差为 -0.3HRC ，因此：

$$u_{R_{\text{Rep}} \& N_U}(\text{材料}) = \frac{SDEV(33, 31.5, 31.5, 32, 31, 32.5)}{\sqrt{6}}$$

$$\text{或 } u_{R_{\text{Rep}} \& N_U}(\text{材料}) = 0.300\text{HRC}$$

对于本例，假如试验机业已对长期作了监视，并且，按公式 X2.9 测定为对于 HRC 刻度的低值区域的再现性 $U_{\text{Reprod}}=0.21\text{HRC}$ ，对于低值区域 HRC 等级。其它的不确定度增量，按如下计算：

$$u_{\text{Resol}} = \frac{0.5}{\sqrt{2}} = 0.144\text{HRC and}$$

$$u_{Mach} = \frac{0.8}{2} = 0.4\text{HRC, therefore}$$

因此
$$u_{\text{Meas}} = \sqrt{0.300^2 + 0.21^2 + 0.144^2 + 0.4^2} = 0.561\text{HRC}$$

因为 $B=-0.3\text{HRC}$ ， $U_{\text{Meas}}(0.561) \pm B(-0.3)$ ，或者对于单一产品件上做的硬度测量的平均值而言， $U_{\text{Meas}}=1.42\text{HRC}$ 。

X2.8 计算不确定度的程序：标准化试块的校验值

X2.8.1 参与校正参考标准试块工作的，做标准化的实验室必须测定所报告的校验值。这一不确定度 U_{Cert} ，提供了校验值与该试块的“真实”平均硬度是否良好符合的一个指示。

X2.8.2 试块应是按具有在横截该试块的表面做的校正测量得出的平均硬度值，而做过校验了的。这一分析，基本上与在 5.3.1 条中给出的测定产品的平均硬度用的分析一致。在这种情况下，该产品是校正了的参考标准试块。对于该试块的校验平均值的“标准不确定度” U_{Cert} 为：(1)由于该做标准化的试验机的重复性不足导致产生的不确定度 $U_{\text{Rep}\&N_U}$ （校正试块）和由于材料的不均匀性导致产生的不确定度（等式 X2.8）的组合，它是从在该试验材料上做的硬度测量测定出的；(2)由于再现性不足导致产生的不确定度增量， U_{Reprod} （等式 X2.9）；(3)由于做标准化的硬度试验机测量显示的分辨力导致的不确定度 U_{Resol} （等式 X2.10）；以及，(4)在测定做标准化的硬度试验机“误差”过程中的不确定度 U_{Mach} （等式 X2.13）。符号（校正试块），是加到 $U_{\text{Rep}\&N_U}$ 上的术语，以表明该不确定度是从在该校正试块上做的

X2.8.3 组合的标准不确定度 U_{Cert} 是通过把对每一个洛氏刻度的每一个硬度级别，如上述合适的的不确定度分量组合在一起的方法计算得出，如下：

$$u_{Cert} = \sqrt{u_{Rep\&NU}^2(\text{校准试块}) + u_{Reprod}^2 + u_{Resol}^2 + u_{Mach}^2} \quad (X2.19)$$

$$U_{Cert} = k u_{Cert} + ABS(B) \quad (X2.20)$$

X2.8.4 对于这一分析，应使用覆盖因数为 $k=2$ 。这一覆盖因数，提供约为 95% 的置信度。

X2.8.5 报告测量不确定度—— U_{Cert} 的值是在所报告的参考标准试块的校验平均硬度值中的、不确定度的一个估计值。该报告值，应附上关于洛氏刻度以及不确定度所适用的硬度级别如何定义的说明，以及带有如下的解释性说明：“所报告的在试块的校验值中的扩展不确定度，所谈及的洛氏硬度参考标准是保管在_____处的（例如，在 NIST 处）的试块，并且，是根据了 ASTM E18 标准的附录 X2 计算得出的，其覆盖因数为 3，代表了约为 95% 的置信度。”

X2.8.6 举例，X2.3——一个 2 级的，做试块标准化的实验室已经完成了对一个硬度范围为 40HRC 试块的校正。试块的校正测量值为：40.61, 40.72, 40.65, 40.61 和 40.55HRC，结果平均值为 40.63HRC，以及 E18 的重复性范围为 0.17HRC。该实验室必须测定在试块的校验平均硬度值中的不确定度。40HRC 的硬度，被认为是在该 HRC 刻度的中间范围以内（见表 A1.3）。所报告的 HRC 刻度中间值范围的最后一次间接校验 $u_{mach}=0.16\text{HRC}$ 和“误差”为 $+0.11\text{HRC}$ 。做标准化的机器，应具有 0.01HRC 分辨力的数字显示。因此：

$$u_{Rep\&NU}(\text{校准试块}) = \frac{STDEV(40.61, 40.72, 40.65, 40.61, 40.55)}{\sqrt{5}} \text{ 或者}$$

$$u_{Rep\&NU}(\text{Calib. Block}) = 0.028\text{HRC}$$

对于本例，假定该做标准化的试验业已对长期间作了监视，并且，按公式 X2.9 测定为对于 HRC 刻度的中间值范围的再现性， $u_{Resol}=0.125\text{HRC}$ 。其它的不确定度增量，按如下计算：

$$u_{Resol} = \frac{0.01}{\sqrt{12}} = 0.003\text{HRC}, \quad \text{和} \quad u_{Mach} = \frac{0.16}{2} = 0.08\text{HRC}$$

$$\text{因此 } u_{Cert} = \sqrt{0.028^2 + 0.125^2 + 0.003^2 + 0.08^2} = 0.151\text{HRC}$$

因为 $B=+0.11\text{HRC}$ ， $U_{Cert}=(2 \times 0.151) + ABS(+0.11)$ ，或者，对于在单一校正试块上做的校验硬度值而言， $U_{Cert}=0.41\text{HRC}$ 。

变更一览表

委员会 E28 已标记了本文件相对于前一版本(E18-08b) 所做的修改位置, 这些修改可能影响本标准的使用。(2011 年 11 月 1 日批准)。

- (1) 修订了 A1.5.3.4。
- (2) 修订了 A1.5.3.5。
- (3) 修订了 A1.5.3.6。

委员会 E28 已标记了本文件相对于前一版本 (E18-08a) 所做的修改位置, 这些修改可能影响本标准的使用。(2008 年 12 月 1 日批准)。

- (1) 修订了 7.1。
- (2) 修订了 A 1.4.3。
- (3) 修订了 A4.5.1。
- (4) 修订了 A4.6.1。
- (5) 修订了 A3.4.5.3。
- (6) 修订了 A3.4.5.4。
- (7) 5.1.2.1 和 7.1 和表 2 进行了编辑性修改。

委员会 E28 已标记了本文件相对于前一版本 (E18-08) 所做的修改位置, 这些修改可能影响本标准的使用。(2008 年 5 月 15 日批准)。

- (1) 修订了 A 1.6.2.4 和 A 1.6.3.4。
- (2) 删除了 A4.7.1.8 中的标定截止期。

委员会 E28 已标记了本文件相对于前一版本(E18-07)所做的修改位置, 这些修改可能影响本标准的使用。

- (1) 修订了 A3.4.4.2。
- (2) 修订了 A3.4.6。
- (3) 修订了 A5.5.1。
- (4) 修订了 A9.1.3。
- (5) 修订了 A1.3.3。
- (6) A1.3.4.3 进行了重新编号, 即为现在的 A 1.3.5.增加了 A1.3.5.1。
- (7) 修订了 A3.7.4.2。
- (8) 修订了 A3.9.5。

ASTM 国际组织采取的立场是，尊重任何与在本标准中提到的项目有关的专利权利的主张。这一标准的用户必须明确，任何该专利的有效性，侵犯这种专利的风险，完全由他们自己负责任。

本标准任何时候都由责任技术委员会进行修订，并且必须每五年审核一次，若未修订，则应重新审判或撤销。征求您关于修订本标准或增补标准的意见，并请致函 ASTM 国际总部。您的意见将会在负责的技术委员会会议上加以慎重考虑，您可出席这类会议。若您认为您的意见未被公平地倾听，您可按下述地址将您的修订意见通知 ASTM 标准化委员会。

本标准由 ASTM 国际版权所有。100Bar Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States。按以上地址与 ASTM 联系，或致电 610-832-9585（电话）610-832-9555（传真），或 service@astm.org（e-mail）；或通过 ASTM 网站（www.astm.org），可获得本标准的单独再版本（单一或多份拷贝）。