



中华人民共和国国家标准

GB/T 4340.3—2025

代替 GB/T 4340.3—2012

金属材料 维氏硬度试验 第3部分：标准硬度块的标定

Metallic materials—Vickers hardness test—
Part 3: Calibration of reference blocks

(ISO 6507-3:2018, MOD)

2025-03-28 发布

2025-10-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

引言 V

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 标准块的制造 1

 4.1 通则 1

 4.2 厚度 1

 4.3 试验面面积 1

 4.4 磁性 1

 4.5 平面度和平行度 2

 4.6 表面粗糙度 2

 4.7 防止试验面再次研磨 2

5 标准维氏硬度机 2

 5.1 通则 2

 5.2 直接检验 2

 5.3 检验装置的溯源 2

 5.4 试验力 2

 5.5 压头 2

 5.6 对角线测量系统 3

6 标定程序 4

7 压痕数目 4

8 硬度均匀度 5

 8.1 相对均匀度 5

 8.2 测量不确定度 6

9 标志 6

10 标定证书..... 7

11 有效性..... 7

附录 A（资料性） 柯勒照明系统的调整 8

 A.1 总则 8

 A.2 柯勒照明系统 8

附录 B（资料性） 标准块平均硬度值的测量不确定度 9

 B.1 概述 9

 B.2 标准机直接检验 9

 B.3 标准机间接检验 9

 B.4 标准块的测量不确定度 11

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是 GB/T 4340《金属材料 维氏硬度试验》的第3部分。GB/T 4340 已经发布了以下部分：

- 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；
- 第4部分：硬度值表。

本文件代替 GB/T 4340.3—2012《金属材料 维氏硬度试验 第3部分：标准硬度块的标定》，与 GB/T 4340.3—2012 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 增加了对标准块试验面面积的要求（见 4.3）；
- 更改了标准维氏硬度机试验力的检测要求，更改了标准机在不同试验情况下试验力的准确度要求（见 5.4，2012 年版的 4.4）；
- 更改了标准维氏硬度机试验力范围的下限值，由“0.098 07 N”更改为“0.009 807 N”（见表 1，2012 年版的表 1）；
- 校准证书中增加了压头几何偏差的要求（见 5.5）；
- 增加了标准线纹尺最大扩展不确定度的要求（见 5.6）；
- 更改了对角线测量范围的上限值，由“0.040 mm”更改为“0.060 mm”（见表 2，2012 年版的表 2）；
- 更改了试验力持续时间和压头接近速度的要求（见表 3，2012 年版的表 3）；
- 更改了均匀度最大允许值（见表 4～表 8，2012 年版的表 4）。

本文件修改采用 ISO 6507-3:2018《金属材料 维氏硬度试验 第3部分：标准硬度块的标定》。

本文件与 ISO 6507-3:2018 相比，做了下述结构调整：

- 附录 A 对应 ISO 6507-3:2018 的附录 B；
- 附录 B 对应 ISO 6507-3:2018 的附录 A。

本文件与 ISO 6507-3:2018 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。技术差异及其原因如下：

- 用修改采用国际标准的 GB/T 4340.1 代替了 ISO 6507-1[见第 6 章的第一段、10 d)]，以适应我国的技术条件；
- 用修改采用国际标准的 GB/T 4340.2 代替了 ISO 6507-2（见 5.1、5.5），以适应我国的技术条件；
- 用等同采用国际标准的 GB/T 13634 代替了 ISO 376（见 5.4），以适应我国的技术条件。

本文件做了下列编辑性改动：

- 表 3 中“ $F < 1.961$ ”时的“压头的接近速度”更正为 0.015～0.07，“ $F \geq 49.03$ ”时的“压头的接近速度”更正为“0.05～0.2”；
- 增加了各表的表题；
- 删除了参考文献。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国试验机标准化技术委员会(SAC/TC 122)归口。

本文件起草单位:泉州市丰泽东海仪器硬度块厂、福建省计量科学研究院、中机试验装备股份有限公司、北京市计量检测科学研究院、河南省计量测试科学研究院、中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所、江苏省计量科学研究院(江苏省能源计量数据中心)、广电计量检测集团股份有限公司、南昌况氏硬度块制造有限公司、莱州华银试验仪器有限公司、上海研润光机科技有限公司、浙江土工仪器制造有限公司、沈阳工业大学、辽沈工业集团有限公司、中国航发成都发动机有限公司、北京北方信恒计量检测技术有限公司、河南交院工程技术集团有限公司、爱德森(厦门)电子有限公司、河南交通职业技术学院、南方电网互联网服务有限公司、武汉泛洲中越合金有限公司、丽水市阀检技术研究院、浙江华电器材检测研究院有限公司。

本文件主要起草人:汪宁溪、林硕、任霞、骆昕、任翔、陈诗琳、李冰莹、杨子漳、况伟、王敬涛、尉贺文、陈赢、杨赫然、周长永、刘博、武盼、潘维霖、王亚婷、孟杰、林俊、徐世雄、方忠恕、李瑞、王嘉晶。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为:

- 1987年首次发布 GB/T 7663—1987《标准维氏硬度块》;
- 1997年首次发布 GB/T 17199—1997《标准维氏硬度块(小于 HV0.2)的标定》;
- 1999年第一次修订,将 GB/T 7663—1987 和 GB/T 17199—1997 整合修订为 GB/T 4340.3—1999《金属维氏硬度试验 第3部分:标准硬度块的标定》;
- 2012年第二次修订为 GB/T 4340.3—2012《金属材料 维氏硬度试验 第3部分:标准硬度块的标定》;
- 本次为第三次修订。

引 言

GB/T 4340《金属材料 维氏硬度试验》旨在规范金属材料维氏硬度的试验方法、试验仪器的检验方法、试验仪器间接检验用标准物质的标定方法和维氏硬度值计算表,拟由下列四个部分构成。

- 第1部分:试验方法。目的在于确立维氏硬度试验需遵循的程序和方法。
- 第2部分:硬度计的检验与校准。目的在于规定维氏硬度计需满足的技术要求和检验、校准方法。
- 第3部分:标准硬度块的标定。目的在于规定标准维氏硬度块需满足的技术要求和标定方法。
- 第4部分:硬度值表。目的在于给出金属材料维氏硬度的计算值。

金属材料 维氏硬度试验

第3部分：标准硬度块的标定

1 范围

本文件规定了 GB/T 4340.2 描述的对维氏硬度计间接检验所用标准硬度块(以下简称标准块)的制造要求和标定方法。

本文件仅适用于对角线长度不小于 0.020 mm 的标准块的标定。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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 4340.1 金属材料 维氏硬度试验 第1部分:试验方法(GB/T 4340.1—2024,ISO 6507-1:2023,MOD)

GB/T 4340.2 金属材料 维氏硬度试验 第2部分:硬度计的检验与校准(GB/T 4340.2—2025,ISO 6507-2:2018,MOD)

GB/T 13634 金属材料 单轴试验机检验用标准测力仪的校准(GB/T 13634—2019,ISO 376:2011,IDT)

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 标准块的制造

4.1 通则

标准块应专门制造,其制造工艺应使标准块获得必要的均质性、组织稳定性和表面硬度的均匀性及长期稳定性。

4.2 厚度

标准块的厚度不应小于 5 mm。

4.3 试验面面积

标准块试验面面积不应大于 40 cm²。

4.4 磁性

标准块应无磁性。对于钢制的标准块,制造者应确保在其制造过程结束后(标定前)要经过退磁处理。

4.5 平面度和平行度

标准块的试验面与支承面的平面度不应大于 0.005 mm;平行度不应大于 0.010 mm/50 mm。

4.6 表面粗糙度

标准块的试验面不应有影响压痕测量的刮伤、划痕等缺陷。试验面表面粗糙度参数 Ra 不应大于 0.05 μm 。底部支承面应进行精磨或更好的研磨。

4.7 防止试验面再次研磨

为保证不从标准块上去除任何材料,标定时应在标准块上标注其厚度,准确到 0.01 mm,或在其试验面上做出鉴别标记[见第 9 章 e)]。

5 标准维氏硬度机

5.1 通则

标准维氏硬度机(以下简称标准机)除应满足 GB/T 4340.2 规定的一般要求外,还应满足 5.2~5.6 的要求。

注:本文件针对标准机性能提出的准则已经过相当长一段时间的发展和完善。当测定标准机需要满足某一项规定的误差时,该误差已包含了与所使用的测量器具和(或)参考标准相关的不确定度。因此,对该不确定度做任何进一步的修正(例如:通过测量不确定度来减小误差)都是不适当的。这适用于对标准机进行直接检验时做的所有测量。

5.2 直接检验

标准机应进行直接检验,检验周期不应超过一年。

直接检验项目包括以下内容。

- a) 试验力。
- b) 压头。
- c) 对角线测量系统。
- d) 试验循环时间。如果无法做到,至少检测试验力与时间的关系曲线。

5.3 检验装置的溯源

检验和校准用的器具应溯源到国家基准。

5.4 试验力

每一个试验力均应被检测。检测时,在主轴的整个移动范围内,应选取三个间隔近似相等的位置进行检测。在每个位置上,应使用符合 GB/T 13634 规定的 0.5 级或优于 0.5 级的标准测力仪;或者具有相同或更高准确度的其他方法对每个力各检测三次。对于进行维氏硬度试验的标准机,每次测量的力值应准确到其标称值的 $\pm 0.2\%$ 范围以内;对于进行小负荷维氏硬度试验的标准机,应准确到 $\pm 0.3\%$ 范围以内;对于进行显微维氏硬度试验的标准机,应准确到 $\pm 0.5\%$ 以内。

5.5 压头

压头除应符合 GB/T 4340.2 的规定外,还应满足下列要求。

- a) 金刚石正四棱锥体的四个面高度抛光且无表面缺陷,平面度在 $\pm 0.000\ 3\ \text{mm}$ 以内。

- b) 金刚石正四棱锥体锥顶的两相对面的夹角为 $136^{\circ}\pm0.1^{\circ}$ 。
- c) 金刚石正四棱锥体轴线与压头柄轴线(垂直于安装面)之间的夹角小于 0.3° 。
- d) 使用高倍测量显微镜或干涉显微镜检查金刚石压头的锥顶。若四个面不相交于一点,两相对面的交线(见 GB/T 4340.2)的最大允许长度应符合表 1 的规定。

表 1 两相对面交线的最大允许长度

试验力 F 范围 N	交线的最大允许长度 a mm
$F\geqslant49.03$	0.001
$1.961\leqslant F<49.03$	0.000 5
$0.009\ 807\leqslant F<1.961$	0.000 25

- e) 对用垂直于金刚石正四棱锥体轴线的平面横截金刚石正四棱锥体所形成的具有 $90^{\circ}\pm0.2^{\circ}$ 角 的四边形(见图 1)进行检测。
校准证书中应包含压头的几何偏差。

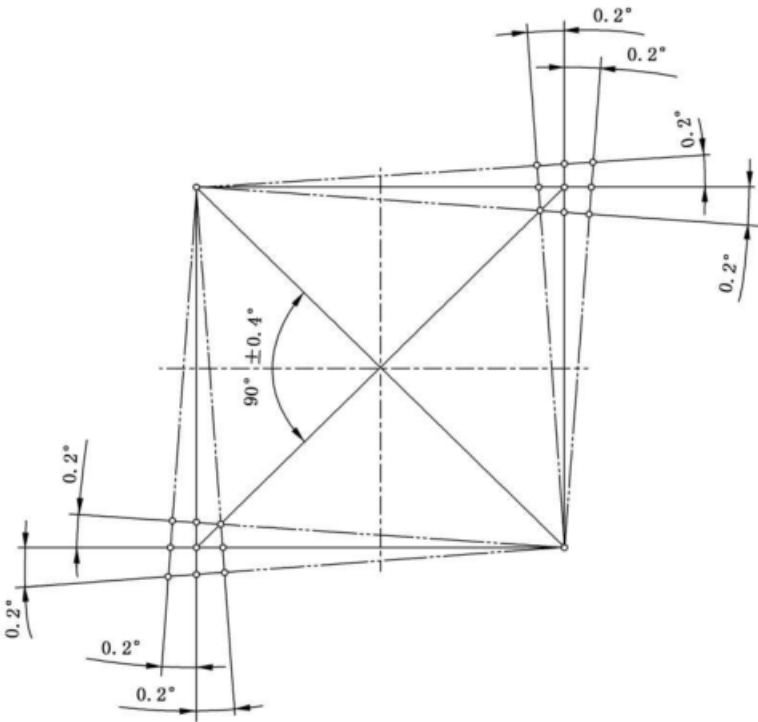


图 1 正方形截面的允许偏差

5.6 对角线测量系统

对角线测量系统的分辨力和最大允许误差应符合表 2 的规定。

表 2 对角线测量系统的分辨力和最大允许误差

对角线长度 d 范围 mm	分辨力	最大允许误差
$d \leq 0,060$	0,000 15 mm	$\pm 0,000\ 3\ \text{mm}$
$0,060 < d \leq 0,200$	$0,25\% d$	$\pm 0,5\% d$
$d > 0,200$	0,000 5 mm	$\pm 0,001\ \text{mm}$

对于对角线测量系统的每个放大倍数以及两个相互垂直测量轴线上的刻线标尺(若应用),均应使用高准确度的标准线纹尺进行检测。应将每一工作范围至少分五个测量段,均等分布在视野中央进行检测。

标准线纹尺刻线间距的最大扩展不确定度应为 0,000 2 mm 或者 0,04%,取其较大者。

每个测量段应测量三次,每次测量的最大允许误差应符合表 2 的规定。

注:柯勒照明技术对调整光学系统有帮助,见附录 A。

6 标定程序

应使用符合第 5 章规定的标准机,在 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 温度范围内,按 GB/T 4340.1 规定的通用试验方法对标准块进行标定。

标定期间,温度变化不宜超过 1°C 。

从开始施加力至达到满试验力的时间和压头的接近速度应符合表 3 的规定。

施加试验力的保持时间应为 $(14 \pm 1)\text{s}$ 。

进行显微维氏硬度试验 $(0,009\ 807\ \text{N} \leq F \leq 1,961\ \text{N})$ 时,标准机受到的最大允许振动加速度应为 $0,005\ g_n$ 。(g_n 为标准重力加速度: $g_n = 9,806\ 65\ \text{m/s}^2$)。

表 3 施加试验力的时间和压头的接近速度

试验力 F 范围 N	施加试验力的时间 s	压头的接近速度 mm/s
$F < 1,961$	7 ± 1	0,015~0,07
$1,961 \leq F < 49,03$	7 ± 1	0,05~0,2
$F \geq 49,03$	7 ± 1	0,05~0,2

7 压痕数目

在每一个标准块的整个试验面上应均匀分布地压出至少五个压痕。应至少有一个压痕被确认为标准压痕。

对用于显微维氏硬度试验的标准块,为减小测量结果的不确定度,压出的压痕数目宜多于五个。宜在标准块的五个区域共压出 10 个、15 个、20 个或 25 个压痕。

8 硬度均匀度

8.1 相对均匀度

将每个标准块上所测得的 n 个压痕的对角线长度按从大到小递减次序排列为 $d_1、d_2、\cdots、d_n$ ，其所一一对应的维氏硬度值为 $H_1、H_2、\cdots、H_n$ ，从小到大递呈增次序排列。硬度平均值 $\overline{H}$ 按照公式(1)计算：

$$\overline{H} = \frac{H_1 + H_2 + \cdots + H_n}{n}$$

.....(1)

相对均匀度 r_{rel} 以 $\overline{H}$ 的百分比表示，按照公式(2)计算：

$$r_{\text{rel}} = \frac{H_n - H_1}{\overline{H}} \times 100\%$$

.....(2)

标准块相对均匀度 r_{rel} 的最大允许值见表 4～表 8。

表 4 $n=5$ 时均匀度最大允许值

标准块硬度范围	均匀度最大允许值 r_{rel} %		
	<HV0.2	HV0.2~< HV5	HV5~HV100
≤250 HV ^a	8.0 或 $d_1-d_n=0.001\text{ mm}^b$	6.0	4.0
>250 HV		4.0	2.0
^a 若硬度小于 150 HV,硬度均匀度的最大允许值应为 16%或 $d_1-d_n=0.001\text{ mm}$,以较大者为准。其中 d_1 和 d_n 为硬度值 H_1 和 H_n 对应的对角线长度的算术平均值。			
^b 以较大者为准。			

表 5 $n=10$ 时均匀度最大允许值

标准块硬度范围	均匀度最大允许值 r_{rel} %		
	<HV0.2	HV0.2~< HV5	HV5~HV100
≤250 HV ^a	10.6 或 $d_1-d_n=0.001\text{ mm}^b$	8.0	5.2
>250 HV		5.2	2.6
^a 若硬度小于 150 HV,硬度均匀度的最大允许值应为 21.2%或 $d_1-d_n=0.001\text{ mm}$,以较大者为准。其中 d_1 和 d_n 为硬度值 H_1 和 H_n 对应的对角线长度的算术平均值。			
^b 以较大者为准。			

表 6 $n = 15$ 时均匀度最大允许值

标准块硬度范围	均匀度最大允许值 r_{rel} %		
	$<HV0.2$	$HV0.2 \sim < HV5$	$HV5 \sim HV100$
$\leq 250\text{ HV}^a$	12.0 或 $d_1 - d_n = 0.001\text{ mm}^b$	9.0	6.0
$> 250\text{ HV}$		6.0	3.0
^a 若硬度小于 150 HV, 硬度均匀度的最大允许值应为 23.8% 或 $d_1 - d_n = 0.001\text{ mm}$, 以较大者为准。其中 d_1 和 d_n 为硬度值 H_1 和 H_n 对应的对角线长度的算术平均值。			
^b 以较大者为准。			

表 7 $n = 20$ 时均匀度最大允许值

标准块硬度范围	均匀度最大允许值 r_{rel} %		
	<HV0.2	HV0.2~< HV5	HV5~HV100
≤250 HV ^a	12.8 或 $d_1-d_n=0.002\text{ mm}^b$	9.6	6.4
>250 HV		6.4	3.2
^a 若硬度小于 150 HV,硬度均匀度的最大允许值应为 25.6%或 $d_1-d_n=0.002\text{ mm}$,以较大者为准。其中 d_1 和 d_n 为硬度值 H_1 和 H_n 对应的对角线长度的算数平均值。			
^b 以较大者为准。			

表 8 $n = 25$ 时均匀度最大允许值

标准块硬度范围	均匀度最大允许值 r_{rel} %		
	<HV0.2	HV0.2~< HV5	HV5~HV100
≤250 HV ^a	13.6 或 $d_1-d_n=0.002\text{ mm}^b$	10.2	6.8
>250 HV		6.8	3.4
^a 若硬度小于 150 HV,硬度均匀度的最大允许值应为 27.0%或 $d_1-d_n=0.002\text{ mm}$,以较大者为准。其中 d_1 和 d_n 为硬度值 H_1 和 H_n 对应的对角线长度的算数平均值。			
^b 以较大者为准。			

8.2 测量不确定度

标准块硬度值的测量不确定度的评定方法见附录 B。

9 标志

每一标准块上应标记下列内容：

- a) 在标定中测定的硬度值的算术平均值, 如 249 HV30;
- b) 供应商或制造者的名称或标志;

- c) 编号;
- d) 校准机构的名称或标志;
- e) 标准块的厚度或试验面上的鉴别标记(见 4.7);
- f) 标定年份(若在编号中未标出时)。

所有标志应位于标准块试验面或其侧面。当试验面朝上时,标在标准块侧面上的任何标记应是正立的。

10 标定证书

随标准块提供的证书应至少标明下列内容:

- a) 注明执行本文件,即 GB/T 4340.3;
- b) 标准块的编号;
- c) 标定日期;
- d) 硬度值的算术平均值和标准块的均匀度,按照 GB/T 4340.1 表示;
- e) 有关每个标准压痕的位置及所测定的对角线长度平均值等信息。

11 有效性

标准块仅对其标定的标尺有效。

标定的有效期不宜超过五年,对于铝合金和铜合金制的标准块,其标定的有效期宜减少至 2 年~3 年。

附 录 A
(资料性)
柯勒照明系统的调整

A.1 总则

虽然有些光学系统是永久对准的,但有些光学系统有微调的方法。为了获得最大的分辨率,以下调整可能会有所帮助。

A.2 柯勒照明系统

将试样抛光的表面聚焦至临界锐度。

将光源置于中心。

将场光阑和孔径光阑居中对齐。

打开场光阑,使其刚好从视场中消失。

取下目镜,检查物镜的后焦平面。如果所有组件都在正确的位置,照明源和光圈将出现在清晰的焦点。

为了获得最大分辨率,最好使用全孔径光圈。如果眩光过大,则减小光圈,但千万不要使用少于 $3/4$ 的光圈,因为分辨率会降低,衍射现象可能会导致错误的测量。

如果光线太强,使眼睛不舒服,使用合适的中性密度滤光片或变阻器来降低强度。

附录 B

(资料性)

标准块平均硬度值的测量不确定度

B.1 概述

测量不确定度分析是确定误差来源和理解测试结果差异的一种有力工具。本附录给出了不确定度的评价指南,如客户无特殊要求,本方法可供参考。本文件中针对标准机提出的准则已经经过相当长一段时间的发展和完善。在确定标准机需要满足的误差时,该误差已包含了与所用测量器具和(或)参考标准相关的不确定度,因此,对该不确定度做任何进一步的修正都是不适当的,比如通过测量不确定度来减少误差。这适用于对标准机进行直接检验或间接检验时做的所有测量。在每种情况下,只使用规定计量器具和(或)参考标准所测得的测量值评估标准机是否符合本文件的规定要求。但是,在特殊场合下,当相关方协商一致时,可通过测量不确定度来降低允差。

硬度标尺的定义和量值传递所需的计量链见 GB/T 4340.1。

B.2 标准机直接检验

B.2.1 试验力的检测

试验力的检测见 GB/T 4340.2。

B.2.2 对角线测量系统的校准

对角线测量系统的校准见 GB/T 4340.2。

B.2.3 压头的检测

压头的检测见 GB/T 4340.2。

B.2.4 试验循环时间的检测

试验循环时间的检测见 GB/T 4340.2。

B.3 标准机间接检验

注:本附录中,根据硬度试验方法标准的定义,下标“CRM(有证标准物质)”的含义是“标准硬度块”。

使用国家级检验机构标定合格的基准硬度块对标准机进行间接检验(见 GB/T 4340.1),检测标准机的综合性能,同时确定标准机的重复性和硬度误差。

使用基准硬度块进行标准机间接检验的合成标准不确定度 u_{CM} 按照公式(B.1)计算:

$$u_{CM} = \sqrt{u_{CRM-P}^2 + u_{xCRM-P}^2 + u_{CRM-D}^2 + 2 \times u_{ms}^2} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

u_{CRM-P} ——基准硬度块校准证书给出的不确定度($k=1$);

u_{xCRM-P} ——标准机在测量标准块时的标准不确定度;

u_{CRM-D} ——自最近一次标定后,基准硬度块硬度值随时间漂移而变化引入的标准不确定度;

u_{ms} ——标准机对角线测量系统分辨力引入的不确定度。

对于 u_{ms} ,不仅要考虑对角线测量系统显示装置的分辨力,还要考虑测量显微镜的光学分辨力,因为对角线的两个端点是独立的,所以大多数情况下在计算 u_{CM} 时,总分辨力引入的不确定度平方值宜乘

以 2。

示例：

使用表 B.1 中的数据和下列信息。

——基准硬度块的硬度值： $H_{\text{CRM}} = 401.1 \text{ HV } 30$ 。

——基准硬度块的测量不确定度($k=1$)： $u_{\text{CRM}} = 2.5 \text{ HV } 30$ 。

——基准硬度块硬度值由于时间漂移而变化引入的测量不确定度： $u_{\text{CRM-D}} = 0$ 。

——对角线测量系统的分辨力按照公式(B.2)计算， $\delta_{\text{ms}} = 0.000\ 322 \text{ mm}$ ；

$$\delta_{\text{ms}} = \sqrt{\delta_{\text{OR}}^2 + \delta_{\text{IR}}^2} \quad \dots\dots\dots (\text{B.2})$$

式中：

δ_{OR} ——显微物镜的光学分辨力($0.000\ 31 \text{ mm}$)；

$$\delta_{\text{OR}} = \lambda / (2 \times \text{NA})$$

式中：

λ ——光的波长，单位为微米(μm) (绿光波长近似为 $0.55 \mu\text{m}$)；

NA——物镜的数值孔径。

例如，物镜 $100\times$ ，数值孔径 NA 为 0.9，使用绿光，那么： $\delta_{\text{OR}} = \frac{0.55 \mu\text{m}}{2 \times 0.9} = 0.306 \mu\text{m}$ 。

对于入射角大的光线，上面的公式仍然有效。

δ_{IR} ——对角线测量系统显示装置的分辨力($0.000\ 1 \text{ mm}$)。

——对角线测量系统的分辨力引入的不确定度，按照公式(B.3)计算：

$$u_{\text{ms}} = \frac{\delta_{\text{ms}}}{2 \times \sqrt{3}} = 0.000\ 093 \text{ mm} \quad \dots\dots\dots (\text{B.3})$$

——标准机测量标准块的标准不确定度，按照公式(B.4)计算：

$$u_{\text{CRM-P}} = \frac{t \cdot S_{\text{CRM-P}}}{\sqrt{n}} = 0.36 \text{ HV}30 \quad \dots\dots\dots (\text{B.4})$$

式中： $n=5$ ，取 $t=1.14$ 。

使用基准硬度块进行标准硬度机间接检验时，测量误差的不确定度 u_{CM} 按照公式(B.1)计算，结果见表 B.2。

偏差按照公式(B.5)计算：

$$b = \overline{H} - H_{\text{CRM}} \quad \dots\dots\dots (\text{B.5})$$

代入数据： $b = (400 - 401.1) \text{ HV}30 = -1.1 \text{ HV}30$ 。

表 B.1 间接检验的结果

序号	压痕对角线长度测量值 d mm	硬度计算值 H HV30 ^a
1	0.373 4 (最大值)	399.0 (最小值)
2	0.373 0	399.9
3	0.372 5 (最小值)	400.9 (最大值)
4	0.372 8	400.3
5	0.372 9	400.1
平均值	0.372 9	400.0
标准偏差 $S_{\text{CRM-P}}$	0.000 33	0.70
标准测量不确定度 $u_{\text{CRM-P}}$	0.000 17	0.36
^a HV 为维氏硬度。		

表 B.2 测量不确定度的评定

分量 X_i	估计值 x_i	标准测量不确定度 $u(x_i)$	分布类型	灵敏系数 c_i	不确定度的贡献 $u_i(H)$ HV 30
u_{CRM}	400.1 HV30	2.5 HV30	正态	1.0	2.5
$u_{x\text{CRM-P}}$	0 HV30	0.36 HV30	正态	1.0	0.36
u_{ms}	0 mm	0.000 093 mm	矩形	$-2\ 145.0^*$	-0.20
$u_{\text{CRM-D}}$	0 HV30	0 HV30	三角	1.0	0
合成测量不确定度 u_{CM}					2.54
扩展测量不确定度 $U_{\text{CM}}(k=2)$					5.08
* 灵敏系数按照公式 $c = \partial H / \partial d = -2(H/d)$ 计算, 其中 $H=400.0$ HV30, $d=0.372\ 9$ mm。					

B.4 标准块的测量不确定度

标准块的测量不确定度 u_{CRM} 按公式(B.6)计算:

$$u_{\text{CRM}} = \sqrt{u_{\text{CM}}^2 + u_{x\text{CRM}}^2 + 2 \times u_{\text{ms}}^2} \dots\dots\dots (\text{B.6})$$

式中:

u_{CM} ——标准机间接检验时(使用基准硬度块)的合成测量不确定度[见公式(B.1)];

$u_{x\text{CRM}}$ ——标准硬度块标定时(使用标准机测量)的标准不确定度;

u_{ms} ——标准机分辨力引入的不确定度。

对于 u_{ms} , 不仅要考虑对角线测量系统显示装置的分辨力, 还要考虑测量显微镜的光学分辨力, 因为对角线的两个端点是独立的, 所以, 大多数情况下在计算 u_{CM} 时, 总分辨力引入的不确定度平方值宜乘以 2。

对于硬度值未修正的标准块, 按照公式(B.7)计算其测量不确定度:

$$U_{\text{CRM}} = 2 \times u_{\text{CRM}} + |b| \dots\dots\dots (\text{B.7})$$

对于硬度值已经修正过的标准块, 其硬度值按照公式(B.8)计算, 测量不确定度按照公式(B.9)计算:

$$H_{\text{CRM}} = \overline{H} - b \dots\dots\dots (\text{B.8})$$

$$U_{\text{CRM}} = 2 \times u_{\text{CRM}} \dots\dots\dots (\text{B.9})$$

示例:

使用表 B.3 中的测试结果和下列信息:

——标准块的标准不确定度按照公式(B.10)计算:

$$u_{x\text{CRM}} = \frac{t \cdot S_{x\text{CRM}}}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots (\text{B.10})$$

当 $n=5$, 取 $t=1.14$, $u_{x\text{CRM}}=0.39$ HV30。
——合成测量不确定度(依据表 B.2): $u_{\text{CM}}=2.54$ HV30;
——对角线测量系统分辨力引入的测量不确定度 u_{ms} (mm)由公式(B.3)计算得, 为: $u_{\text{ms}}=-0.20$ HV30。
标准块的测量不确定度 u_{CRM} 按照公式(B.6)计算, 结果见表 B.4。

表 B.3 标准块均匀度的测定数据

序号	对角线长度测量值 d mm	硬度计算值 H_{CRM} HV 30 ^a
1	0,363 4(最大值)	421,3(最小值)
2	0,363 0	422,2
3	0,362 5(最小值)	423,4(最大值)
4	0,362 8	422,7
5	0,362 9	422,4
平均值	0,362 9	422,4
标准偏差 $S_{x\text{CRM}}$	0,000 33	0,76
^a HV 为维氏硬度。		

表 B.4 标准块的测量不确定度

分量 X_i	估计值 x_i	标准测量不确定度 $u(x_i)$	分布类型	灵敏系数 c_i	不确定度的贡献 $u_i(H)$ HV 30
u_{CM}	0 HV30	2,54 HV 30	正态	1,0	2,54
$u_{x\text{CRM}}$	—	0,39 HV 30	正态	1,0	0,39
u_{ms}	0 mm	0,000 093 mm	矩形	2 327,7 ^a	—0,22
合成测量不确定度 u_{CRM}					2,59
考虑测量不确定度的标准块硬度值为 $\overline{H} \pm (2 \times u_{\text{CRM}} + b)$					(422,4 ± 6,2)
考虑测量不确定度的标准块硬度修正值为 $(\overline{H} - b) \pm (2 \times u_{\text{CRM}})$					(423,4 ± 5,2)
^a 灵敏系数按照公式 $c = \partial H / \partial d = -2(H/d)$ 计算,其中 $H = 422,4 \text{ HV30}$, $d = 0,362 9 \text{ mm}$ 。					