
JJF

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1595—2016

便携式布氏硬度计校准规范

Calibration Specification for
Portable Brinell Hardness Testers

2016-11-30 发布

2017-02-28 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

便携式布氏硬度计 校准规范

Calibration Specification of

JJF XXXX-20XX

Portable Brinell Hardness Testers

归口单位：全国力值硬度计量技术委员会

主要起草单位：中航工业北京长城计量测试技术研究所

上海市计量测试技术研究院

沈阳天星试验仪器有限公司

参加起草单位：泉州市丰泽东海仪器硬度块厂

莱州华银试验仪器有限公司

辽宁省计量科学研究院

本规范委托全国力值硬度计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

石 伟（中航工业北京长城计量测试技术研究所）

徐 明（中航工业北京长城计量测试技术研究所）

虞伟良（上海市计量测试技术研究院）

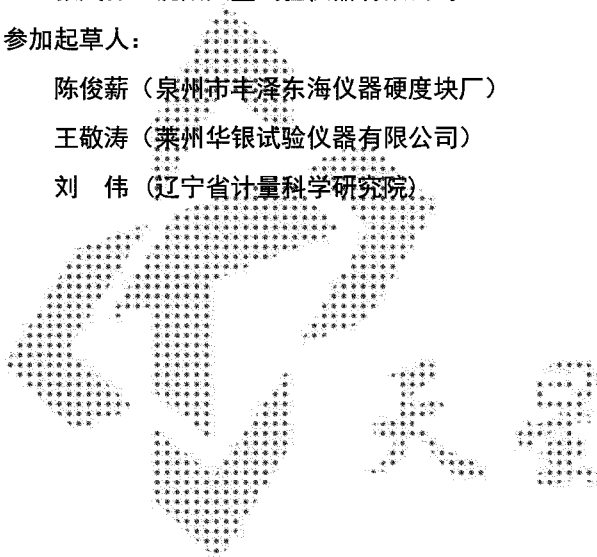
张凤林（沈阳天星试验仪器有限公司）

参加起草人：

陈俊薪（泉州市丰泽东海仪器硬度块厂）

王敬涛（莱州华银试验仪器有限公司）

刘 伟（辽宁省计量科学研究院）



目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语	(1)
4 概述	(2)
5 计量特性	(3)
5.1 外观及通用要求	(4)
5.2 试验力	(4)
5.3 硬度计示值误差及示值重复性	(4)
6 校准条件	(4)
7 校准项目和校准方法	(5)
7.1 校准前检查	(5)
7.2 试验力的校准	(5)
7.3 硬度计示值及重复性的校准	(6)
8 校准结果表达	(6)
9 复校时间间隔	(6)
附录 A 冲击式硬度计压痕直径与布氏硬度值对照表	(8)
附录 B 锤击式标准布氏硬度块	(9)
附录 C 锤击式硬度计压痕直径与布氏硬度值对照表	(10)
附录 D 剪销式硬度计压痕直径与布氏硬度值对照表	(11)
附录 E 校准记录式样	(12)
附录 F 校准证书内页式样	(13)
附录 G 携带式布氏硬度计示值误差校准结果不确定度评定方法及实例	(14)

引 言

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

本规范在制定过程中充分考虑了 JJG 150-2005《金属布氏硬度计检定规程》、GB/T 231.1-2009《金属材料 布氏硬度试验 第1部分：试验方法》、GB/T 231.2-2012《金属材料 布氏硬度试验 第2部分：硬度计的检验与校准》、GB/T 231.3-2012《金属材料 布氏硬度试验 第3部分：标准硬度块的标定》、ISO 6506-1: 2014 Metallic materials - Brinell hardness test - Part 1: Test method、ISO 6506-2: 2014 Metallic materials - Brinell hardness test - Part 2: Verification and calibration of testing machines、ISO 6506-3: 2014 Metallic materials - Brinell hardness test - Part 3: Calibration of reference blocks、ASTM E110-14 Standard Test Method for Rockwell and Brinell Hardness of Metallic Materials by Portable Hardness Testers 与 ASTM A833-08a(2014) Standard Practice for Indentation Hardness of Metallic Materials by Comparison Hardness Testers 等有关标准的术语、符号与定义，以及相关的技术要求、技术指标和试验方法。本规范给出了便携式布氏硬度计计量特性的具体校准条件、校准项目和校准方法。

本规范代替 JJG 411-1997 和 JJG 870-1994。与 JJG 411-1997 和 JJG 870-1994 相比，除编辑性修改外，本规范主要技术变化如下：

- 增加了静态施力方式的便携式布氏硬度计的相关内容；
- 增加了试验力的校准项目；
- 增加了布氏硬度标尺 HBW；
- 删除了便携式标准布氏硬度块的要求（原 JJG 870-1994 附录 2）；
- 增加了锤击式硬度计压痕直径与布氏硬度值计算公式；
- 增加了便携式硬度计压痕直径与布氏硬度值对照表；
- 增加了不确定度评定方法及实例；
- 增加了记录格式和证书内页格式。

便携式布氏硬度计校准规范

1 范围

本规范适用于（75~650）HB 的便携式布氏硬度计的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG150 金属布氏硬度计检定规程

JJG147 标准金属布氏硬度块检定规程

JJG144 标准测力仪检定规程

GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第 1 部分：试验方法

GB/T 231.2 金属材料 布氏硬度试验 第 2 部分：硬度计的检验与校准

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

3 术语

下列术语和定义适用于本规范。

3.1 冲击式布氏硬度计 Impacting Type Brinell Hardness Tester

利用冲击力产生压痕来测定金属布氏硬度值的便携式测量仪器。

3.2 锤击式布氏硬度计 Hammering Type Brinell Hardness Tester

通过施加动套试验力产生压痕，采用压痕对比法测定布氏硬度值的便携式测量仪器。

3.3 剪销式布氏硬度计 Pin Type Brinell Hardness Tester

通过剪销剪切应力控制特定的试验力而产生压痕，测定布氏硬度值的便携式测量仪器。

3.4 C 型布氏硬度计 C Type Brinell Hardness Tester

利用夹持方式固定，并通过手轮及螺杆施加试验力产生压痕，测定布氏硬度值的便携式测量仪器。

3.5 磁吸式布氏硬度计 Magnetic Type Brinell Hardness Tester

利用磁吸方式固定，并通过手轮及螺杆施加试验力产生压痕，测定布氏硬度值的便携式测量仪器。

3.6 液压式布氏硬度计 Hydraulic Type Brinell Hardness Tester

利用液压原理施加试验力产生压痕，测定布氏硬度值的便携式测量仪器。

4 概述

4.1 原理

携带式布氏硬度计按施力方式可分为动态和静态两种类型。

携带式布氏硬度计的基本原理是采用规定的球压头将施力机构产生的试验力作用于试件表面获得压痕，动态式硬度计通过测量压痕直径，并根据专用布氏硬度对照表，查表确定被测试件的布氏硬度值。静态式硬度计则通过布氏硬度计算公式，计算确定被测试件的布氏硬度值。

布氏硬度计算公式见式（1）。

$$HBW = k \cdot \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (1)$$

式中： k —— 单位系数， $k=0.102$ ；

D —— 压头直径，mm；

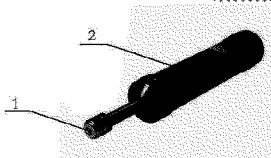
F —— 试验力，N；

d —— 压痕直径，mm。

携带式布氏硬度计(以下简称硬度计)主要用于大型、异型及复杂零部件的布氏硬度现场测试，可以满足工业生产等领域特殊零部件的布氏硬度测试要求。

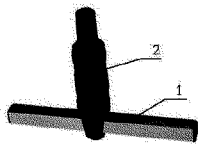
4.2 硬度计结构

动态式硬度计主要包括冲击、锤击、剪销等类型、静态式硬度计主要包括 C 型、磁吸、液压等类型；硬度计主要由施力机构、夹持或固定机构及压头部分组成，其常用结构示意图如图 1 至图 6 所示。



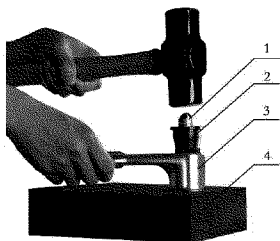
1. 球压头 2. 冲击装置

图 1 冲击式硬度计



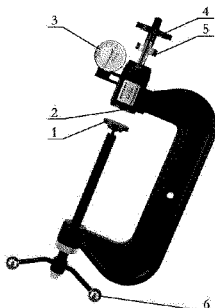
1. 硬度块 2. 锤击装置

图 2 锤击式硬度计



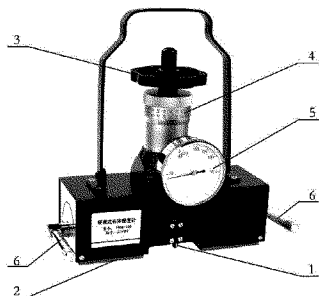
1. 剪销架 2. 套筒 3. 扶持手柄 4. 试件

图3 剪销式硬度计



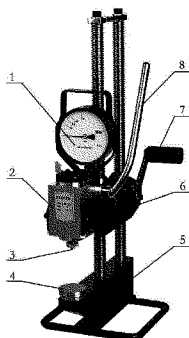
1. 砧座 2. 压头 3. 力值表 4. 手轮
5. 读数鼓轮 6. 手柄

图4 C型硬度计



1. 压头 2. 适配器 3. 手轮 4. 读数鼓轮
5. 力值表 6. 磁力开关手柄

图5 磁吸式硬度计



1. 力值表 2. 液压集成块 3. 压头 4. 砧座 5. 支架
6. 升降装置 7. 升降手柄 8. 加力手柄

图6 液压式硬度计

5 计量特性

5.1 外观及通用要求

5.1.1 硬度计应有铭牌，铭牌上应标明硬度计名称、型号、编号、制造厂名称等信息。

5.1.2 硬度计各活动部分应正常、灵活地工作，不应有卡阻现象。

5.2 试验力

静态施力类型的硬度计，其试验力允许偏差为 $\pm 2\%$ 。动态施力类型的硬度计，不校准此项目。

5.3 硬度计示值

硬度计示值的最大允许误差及示值重复性见表 1。

表 1 硬度计示值最大允许误差及示值重复性

硬度计类型	硬度范围/HR	示值最大允许误差	示值重复性
冲击式	(100~400) HBS10/3000	$\pm 8\%$	$\leq 8\%$
剪销式			
锤击式	(175~225) HBS5/750		
C 型	≤ 125 HBW	$\pm 5\%$	$\leq 5\%$
磁吸式	$125 < \text{HBW} \leq 225$	$\pm 4\%$	$\leq 4\%$
液压式	> 225 HBW	$\pm 3\%$	$\leq 3\%$

6 校准条件

6.1 环境条件

硬度计应在 $(10\sim 35)^\circ\text{C}$ 和相对湿度不超过 80%的环境条件下进行校准，并应在校准记录和校准证书中说明。

6.2 校准装置

校准用设备与计量器具如表 2 所示。

① 计量特性条文中给出的技术指标不用于合格性判定，仅供参考。

表 2 校准用设备与计量器具

序号	校准项目		校准器具		
			名称	技术要求	
1	试验力 ^a		标准测力仪	0.3 级及以上	
2	硬度计示值	冲击式	标准布氏硬度块	≤125HBS	均匀度要求见 JYG147 表 1
		剪销式		125<HBS≤225	
		锤击式		>225HBS	
			标准布氏硬度块	(175~225) HBS	
			标准锤击布氏硬度块	(175~225) HBS	
		C 型	标准布氏硬度块	硬度范围及均匀度要求见 JYG147 表 1	
磁吸式					
液压式					

注：* 仅对静态施力类型的硬度计校准此项目。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准前检查

按 5.1 的要求，通过实际操作和目测进行外观及通用要求的检查。

7.2 试验力的校准

仅对静态施力类型的硬度计进行试验力的校准。

7.2.1 校准时，取下压头，将硬度计固定在支架或底座上，使主轴垂直于水平面，将符合 JJG144 要求的标准测力仪的力传感器放置在砧座或底座上，对准主轴轴线，转动加力手轮或扳动加力手柄，在硬度计最大额定试验力下预压三次后，将测力仪显示值置零。

7.2.2 转动加力手轮或扳动加力手柄至被校试验力位置，读取标准测力仪的读数，每级试验力测量 3 次。试验力偏差按公式 (2) 计算：

$$W = \frac{K - K_0}{K_0} \times 100\% \quad (2)$$

式中：W——试验力偏差；

K_0 ——试验力对应的标准测力仪示值；

K——测力仪 3 次读数与 K_0 相差的最大读数。

7.3 硬度计示值的校准

7.3.1 硬度计应使用符合 JJG 150 要求的球压头和压痕测量装置。

7.3.2 硬度计应使用表 3 所列的标准布氏硬度块（以下简称标准块）对常用标尺进行校准，对于单一标尺，应至少选用一块硬度值接近试件硬度范围的标准块进行校准。

7.3.3 校准时，在标准块的工作面上均匀分布测定 5 点，锤击式布氏硬度计测定 3 点，两相邻压痕中心之间的距离及压痕中心至硬度块边缘的距离不应小于压痕直径的 3 倍。校准动态硬度计的示值时，标准块应固定在稳固的平台上，并保持施力方向和标准块表面相对垂直，试验过程中标准块不得产生移动。

7.3.4 每个压痕直径的测量应在两相互垂直的方向上进行（两垂直方向直径之差与其较短直径之比应不大于 2.0%），计算其直径平均值。

7.3.5 根据直径计算或查表得到硬度值。

7.3.5.1 冲击式布氏硬度计按照附录 A 查表得到布氏硬度值。

7.3.5.2 锤击式布氏硬度计按照附录 C 查表得到布氏硬度值。

7.3.5.3 剪销式布氏硬度计按照附录 D 查表得到布氏硬度值。

7.3.5.4 其它类型的硬度计按式（1）计算得到布氏硬度值。

7.3.6 所测 5 点或 3 点硬度值的平均值即为硬度计示值。硬度计示值误差 δ ，重复性 b 按式（3）和式（4）进行计算。

$$\delta = \frac{\bar{H} - H}{H} \times 100\% \quad (3)$$

$$b = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{H} \times 100\% \quad (4)$$

式中： \bar{H} ——硬度计 5 点或 3 点测量值的算术平均值；

H ——标准硬度块的硬度值；

H_{\max} ——硬度计 5 点或 3 点测量值的最大值；

H_{\min} ——硬度计 5 点或 3 点测量值的最小值；

8 校准结果

经过校准的硬度计发给校准证书，校准结果应至少给出硬度计示值测量结果的不确定度，校准证书的内容及内页格式见附录 F。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔为 1 年。

由于复校时间间隔由硬度计的使用情况等因素决定，送校单位可根据实际使用情况自主确定复校时间间隔。

附录 A

冲击式硬度计压痕直径与布氏硬度值对照表

压痕直径 mm	硬度值 HBS10/3000	压痕直径 mm	硬度值 HBS10/3000	压痕直径 mm	硬度值 HBS10/3000
2.72	404	3.10	242	3.48	153
2.73	398	3.11	239	3.49	151
2.74	393	3.12	236	3.50	149
2.75	388	3.13	233	3.51	147
2.76	382	3.14	230	3.52	145
2.77	376	3.15	228	3.53	143
2.78	371	3.16	225	3.54	141
2.79	366	3.17	222	3.55	139
2.80	361	3.18	220	3.56	137
2.81	356	3.19	218	3.57	135
2.82	351	3.20	215	3.58	133
2.83	346	3.21	212	3.59	132
2.84	341	3.22	210	3.60	130
2.85	336	3.23	208	3.61	128
2.86	331	3.24	205	3.62	127
2.87	326	3.25	202	3.63	126
2.88	322	3.26	200	3.64	124
2.89	318	3.27	198	3.65	122
2.90	313	3.28	196	3.66	121
2.91	309	3.29	194	3.67	120
2.92	305	3.30	191	3.68	118
2.93	301	3.31	189	3.69	117
2.94	297	3.32	187	3.70	116
2.95	293	3.33	184	3.71	114
2.96	289	3.34	182	3.72	113
2.97	286	3.35	180	3.73	112
2.98	282	3.36	178	3.74	110
2.99	278	3.37	176	3.75	109
3.00	275	3.38	173	3.76	108
3.01	272	3.39	171	3.77	107
3.02	268	3.40	169	3.78	106
3.03	264	3.41	167	3.79	105
3.04	261	3.42	165	3.80	104
3.05	258	3.43	163	3.81	103
3.06	254	3.44	161	3.82	102
3.07	251	3.45	159	3.83	101
3.08	248	3.46	157	3.84	100
3.09	245	3.47	155		

注:该表用于打击能量为4.90J的冲击式布氏硬度计测定弹性模数约等于200GPa的金属材料的布氏硬度值。

附录 B

标准锤击布氏硬度块

B.1 技术要求

B.1.1 标准锤击布氏硬度块（以下简称锤击块）的4个工作面不得有锈蚀、裂纹及其它影响压痕测量的缺陷。锤击块的两端面应进行防锈处理，锤击块应有编号。锤击块的材质应与标准布氏硬度块的材质相同。

B.1.2 锤击块的形状和尺寸见表1。

表1

形状	长/mm	宽、高/mm	倒角
长方体	150	12±0.1	2×45°

B.1.3 锤击块两相对工作面间平行度不大于0.01mm/50mm。

B.1.4 锤击块工作面的平面度不大于0.02mm。

B.1.5 锤击块工作面的表面粗糙度 R_a 不大于0.8 μm 。

B.1.6 锤击块的硬度范围为HBS5/750，硬度值均匀度不大于4.0%。

B.1.7 为确保硬度值的长期稳定，锤击块应进行稳定性处理，自定度之日起1年内锤击块的硬度变化不大于±1.5%。

B.2 校准条件、校准方法、校准结果表达和复校时间间隔

锤击块的校准条件、校准方法、校准结果表达和复校时间间隔按照JJG147《标准布氏硬度块检定规程》的规定执行。

附录 C

锤击式硬度计压痕直径与布氏硬度值对照表

锤击块上的 压痕直径/mm	标准块上压痕直径/mm																				
	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0
2.0	197	167																			
2.1	221	197	169																		
2.2	245	220	197	170																	
2.3	272	243	219	197	172																
2.4	299	268	241	218	197	173															
2.5	328	294	264	239	217	197	174														
2.6	358	321	289	261	237	216	197	175													
2.7	390	349	314	285	259	236	215	197	176												
2.8	422	379	341	309	291	256	234	215	197	177											
2.9	457	410	369	335	304	277	254	233	214	197	177										
3.0	492	441	398	361	328	299	274	252	232	214	197	178									
3.1	529	475	428	388	353	322	295	271	250	231	213	197	178								
3.2		509	460	416	379	346	317	292	268	248	229	212	197	179							
3.3		545	492	446	405	370	339	312	287	266	246	228	212	197	180						
3.4			525	476	433	396	363	334	308	285	263	244	227	212	197	180					
3.5			560	508	462	422	387	356	328	303	281	261	243	226	211	197	181				
3.6				540	492	450	412	379	350	323	299	278	259	241	225	211	197	181			
3.7					523	478	438	402	371	343	318	296	275	257	240	225	210	197	182		
3.8					554	506	465	427	394	365	338	314	292	273	255	239	224	210	197	182	
3.9						536	492	452	418	386	358	333	310	289	270	253	238	223	210	197	182
4.0							520	479	441	409	379	352	328	306	286	268	252	236	223	209	197

注：1 该表适用于硬度值为197HBS5/750锤击块进行的校准；

2 插值布氏硬度计算公式： $H = 2220.64 - 8981.61C + 18625.56C^2 - 21294.80C^3 + 12771.18C^4 - 3144.43C^5$ ， $C = (10 - \sqrt{100 - d_b^2}) / (10 - \sqrt{100 - d_0^2})$

式中： C ——尺寸系数； d_b ——标准块上的压痕直径； d_0 ——锤击块上的压痕直径

3 锤击块的硬度值与表要求的值不符时，标准块的硬度值为： $H = K \times H_p$

式中： K ——修正系数， $K = H_0 / 197$ ； H_0 ——锤击块的硬度值； H_p ——按两压痕直径在表中查得的硬度值。

附录 D

剪销式硬度计压痕直径与布氏硬度值对照表

压痕直径 mm	硬度值 HBS10/3000	压痕直径 mm	硬度值 HBS10/3000	压痕直径 mm	硬度值 HBS10/3000
2.25	400	2.55	297	2.85	232
2.26	396	2.56	294	2.86	230
2.27	393	2.57	291	2.87	228
2.28	389	2.58	289	2.88	227
2.29	386	2.59	286	2.89	225
2.30	382	2.60	283	2.90	223
2.31	378	2.61	281	2.91	221
2.32	375	2.62	279	2.92	219
2.33	371	2.63	276	2.93	218
2.34	368	2.64	274	2.94	216
2.35	364	2.65	272	2.95	214
2.36	360	2.66	270	2.96	212
2.37	357	2.67	268	2.97	211
2.38	353	2.68	266	2.98	209
2.39	350	2.69	264	2.99	208
2.40	346	2.70	262	3.00	206
2.41	343	2.71	260	3.01	204
2.42	339	2.72	258	3.02	203
2.43	336	2.73	256	3.03	201
2.44	332	2.74	254	3.04	200
2.45	329	2.75	252	3.05	198
2.46	326	2.76	250	3.06	197
2.47	322	2.77	248	3.07	195
2.48	319	2.78	246	3.08	194
2.49	315	2.79	244	3.09	192
2.50	312	2.80	242	3.10	191
2.51	309	2.81	240	3.11	190
2.52	306	2.82	238	3.12	188
2.53	303	2.83	236	3.13	187
2.54	300	2.84	234	3.14	185

附录 E

校准记录格式

客户名称						单位地址			
硬度计	型号规格				出厂编号				
	制造厂商								
标准器	名称				证书编号			有效期至	
	测量范围				不确定度/准确度等级 /最大允许误差				
校准环境	温度: ℃; 相对湿度: %				校准地点				
外观及通用要求的检查:									
校准结果									
试验力/N	标准测力仪 示值/ K_0	试验力值校准结果						试验力偏差 /%	
						与 K_0 相差最大读数			
硬度计 示值	标准硬度块		硬度示值校准结果/ HB						
	编号	标准值 /HB	1	3	4	5	平均值	示值误差 /%	重复性 /%
校准结果的不确定度:									
校准结果的相对合成标准不确定度 u_{crel} 描述:									
$u_{\text{crel}} = \sqrt{c_1^2 u_H^2 + c_2^2 u_{H_i}^2}$									
式中: u_H 和 u_{H_i} 分别为标准硬度块和硬度计引入的相对标准不确定度分量。									
校准员				核验员			校准日期		
证书编号				说 明					

附录 F

校准证书内页格式

证书编号: ××××××-××					
校准使用的计量标准装置					
名 称		证书编号		有效期至	
测量范围			不确定度/准确度等级 /最大允许误差		
校准环境	温度: °C; 相对湿度: %	地 点			
外观及通用要求的检查:					
校 准 结 果					
试验力值	试验力 /N	标准测力仪 示值	硬度计试验力 最大值		试验力偏差 %
硬度计示值	硬度块编号	标准值 HB	硬度计示值 HB	示值误差 %	重复性 % $U_{rel}(k=2)$ %
说明: 1、只准在工作面上使用; 2、校准点应均匀分布; 3、用后妥为保藏, 防止锈蚀、碰撞					
限制使用范围及条件:					
1 本证书的校准结果仅对本次校准的测量仪器有效; 2 未经实验室书面批准, 不得部分复制本证书; 3 建议复校时间间隔;					

附录 G

便携式布氏硬度计示值误差校准结果不确定度评定方法及实例

G.1 概述

G.1.1 被校对象：便携式布氏硬度计；

G.1.2 校准用标准：标准布氏硬度块；

G.1.3 校准依据：JJF XXXX-20XX《便携式布氏硬度计校准规范》；

G.1.4 环境条件：室温（23±5）℃；

G.1.5 校准方法：用符合规定的标准布氏硬度块对硬度计示值进行校准。5次或3次校准结果的算术平均值与硬度块标准值之差即为硬度计的示值误差。

G.2 测量模型：

$$\delta = \overline{H}_j - H_b$$

式中：

 δ ——被校硬度计的示值误差，H； \overline{H}_j ——硬度计示值的算术平均值，H； H_b ——标准布氏硬度块的标准值，H。

G.3 不确定度传播率：

$$u_c^2(y) = c_1^2 u_j^2(H_j) + c_2^2 u_b^2(H_b)$$

式中：

 u_b ——标准硬度块引入的标准不确定度； u_j ——硬度计自身引入的标准不确定度； u_c ——测量结果的合成标准不确定度灵敏系数 $c_1=1$ 、 $c_2=-1$ 。

G.2 标准不确定度评定

G.2.1 标准硬度块引入的标准不确定度 u_b

标准硬度块引入的标准不确定度主要来源于标准硬度块证书给出的标准不确定度。

根据标准块证书给出的扩展不确定度 W ，包含因子 $k=2$ ，按式（G.1）计算其

标准不确定度 u_b 为:

$$u_b = \frac{W}{2} \quad (\text{G.1})$$

G.2.2 硬度计引入的标准不确定度 u_j

硬度计引入的标准不确定度主要包括硬度计示值重复性引入的标准不确定度和压痕测量装置测量分辨力引入的标准不确定度。

G.2.2.1 硬度计示值重复性引入的标准不确定度 u_{j1}

硬度计示值重复性引入的标准不确定度主要来源于硬度计机构和标准块均匀性引入的标准不确定度, 由于硬度计示值是在标准块的不同区域测得的结果, 因此硬度计示值重复性包含了硬度块均匀度对其示值的影响。采用 A 类方法进行评定。

根据试验数据及经验, 硬度计示值重复性最大为 W , 测量 5 点, 按式 (G.2) 计算其重复性引入的标准不确定度 u_{j1} 为:

$$u_{j1} = \frac{W}{d_n \sqrt{n}} = \frac{W}{d_s \sqrt{5}} = \frac{W}{2.236 d_s} \quad (\text{G.2})$$

G.2.2.2 压痕测量装置估读误差引入的标准不确定度 u_{j2}

布氏硬度计压痕测量装置读数显微镜的分度值为 W , 估读误差为 $\pm \frac{1}{5}W$, 其对硬度值的影响为 2 倍压痕直径关系, 将其看作均匀分布; 按式 (G.3) 计算压痕测量装置估读误差引入的标准不确定度 u_{j2} 为:

$$u_{j2} = \frac{2W / d}{5k} \times 100\% = \frac{2W}{5\sqrt{3}d} \times 100\% \quad (\text{G.3})$$

G.2.2.3 硬度计自身引入的标准不确定度 u_j

硬度计自身引入的标准不确定度按式 (G.4) 计算:

$$u_j = \sqrt{u_{j1}^2 + u_{j2}^2} \quad (\text{G.4})$$

G.3 合成标准不确定度

G.3.1 主要标准不确定度汇总表见表 2

表 2 主要标准不确定度分量汇总表

不确定度来源		评定方法	包含因子 k
标准硬度块	标准块证书, u_b	B 类	2
硬度计	硬度计示值重复性, u_{j1}	A 类	1
	压痕测量装置估读误差, u_{j2}	B 类	$\sqrt{3}$

G.3.2 合成标准不确定度计算

因为各分量独立不相关, 所以硬度计示值的合成标准不确定度 u_c 按式 (G.5)

计算:

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_b^2 + c_2^2 u_j^2} \quad (\text{G.5})$$

G.4 扩展不确定度计算

取 $k=2$, 则扩展不确定度 U 按式 (G.6) 计算:

$$U = k u_c \quad (\text{G.6})$$

G.5 实例

某次液式布氏硬度计实测所用标准块信息及实测结果见表 G.1, 所用压痕测量装置分度值为 $10 \mu\text{m}$ 。

表 G.1 标准块信息及实测结果

标准块编号					标准值				$U_{\text{rel}} (k=2)$
B0001					207HBW10/3000				1.0%
实测值 HBW10/3000					平均值	平均直径	示值	示值重	$U_{\text{rel}} (k=2)$
1	2	3	4	5	HBW	mm	误差	复性	
208	210	212	210	210	210	4.196	+1.4%	2.0%	1.2%