

JJF(闽)1133-2023

JJF

福建省地方计量技术规范

JJF(闽)1133-2023

钢砧校准规范

Calibration Specification for Steel Anvils

2023-07-26 发布

2023-10-26 实施

福建省市场监督管理局 发布

钢砧校准规范

Calibration Specification for Steel Anvils

JJF (闽) 1133-2023

归口单位：福建省市场监督管理局
主要起草单位：泉州市计量所
参加起草单位：福建省计量科学研究院

本规范委托福建省计量规范技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

吴家平（泉州市计量所）

参加起草人：

薛 金（福建省计量科学研究院）

黄辉东（泉州市计量所）

郑永杰（泉州市计量所）

福建省计量规范技术委员会

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语和定义	(1)
3.1 钢砧	(1)
3.2 砧芯表面硬度	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(1)
5.1 砧芯表面硬度	(1)
5.2 钢砧的质量	(2)
5.3 钢砧直径与砧芯直径	(2)
6 校准条件	(2)
6.1 环境条件	(2)
6.2 计量标准器具	(2)
7 校准项目和校准方法	(3)
7.1 校准项目	(3)
7.2 校准方法	(3)
8 校准结果表达	(4)
9 复校时间间隔	(4)
附录A 钢砧校准记录内页(格式)	(5)
附录B 钢砧校准证书内页(格式)	(6)
附录C 测量结果的不确定度评定(示例)	(7)

引 言

本规范按照 JJF 1001-2011 《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1-2012 《测量不确定度评定与表示》、JJF 1071-2010 《国家计量校准规范编写规则》 为基础性系列规范进行制定。

本规范参考 JJG 817-2011 《回弹仪检定规程》 和 GB/T 9138-2015 《回弹仪》 编制而成。

本规范为首次制定。

福建省计量规范技术委员会

钢砧校准规范

1 范围

本规范适用于用以测定回弹仪率定值的钢砧校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJG 817 回弹仪检定规程

GB/T 9138—2015 回弹仪

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 术语和定义

3.1 钢砧 steel anvil

用以测定回弹仪率定值的专用设备。

3.2 砧芯表面硬度 surface hardness of anvil core

钢砧的芯部为磨光的平面，其表面硬度是指砧芯表面抵抗变形或损伤的能力，洛氏硬度值应在规定的范围内。

4 概述

钢砧一般放置在水平面上检定回弹仪，回弹仪垂直向下作弹击试验，用以测定回弹仪率定值。钢砧主要由导向套筒、砧芯及砧体等部件组成，砧体材料为钢质件，砧芯材料为工具钢，砧芯与回弹仪弹击杆的接触面应为磨光的平面，砧芯镶嵌于砧体的配合面莫氏锥度为4号，是一种测定钢砧率定值的专用设备。钢砧广泛用于建筑、交通、水利等行业的工程质量检测领域，按用途可分为混凝土型、砂浆专用型等类型（图1为钢砧结构示意图）。

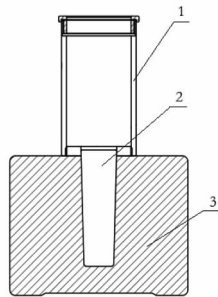


图1 钢砧

1—导向套筒；2—砧芯；3—砧体

5 计量特性

5.1 砧芯表面硬度

根据被校回弹仪的不同型号规格，钢砧的砧芯表面硬度值均应在 (60 ± 2) HRC 范围内。砧芯被弹击试验 5000 至 8000 次后，应重新核对砧芯表面硬度。

5.2 钢砧的质量

根据被校回弹仪的不同型号，钢砧的质量及其最大允许误差见表 1。

表 1 钢砧的质量及其最大允许误差

被校回弹仪型号	钢砧质量(kg)	质量最大允许误差(kg)
H980	45.0	$(-0.2\sim+0.6)$
H550	20.0	$(-0.1\sim+0.3)$
H450		
M225	16.0	
L75		
L20		

注：表 1 中的最大允许误差仅供校准参考，不作为合格判定依据。

5.3 钢砧直径与砧芯直径

根据被校回弹仪的不同型号，钢砧直径与砧芯直径指标见表 2。

表 2 钢砧直径与砧芯直径指标

被校回弹仪型号	钢砧直径(mm)	砧芯直径(mm)
H980	200	≥ 45
H550	150	≥ 31
H450		
M225	145	
L75		
L20		

6 校准条件

6.1 环境条件

环境温度： (20 ± 5) °C；

相对湿度： $\leq 80\%$ ；

其它要求：室内应清洁、干燥，以防锈蚀。

6.2 计量标准器具

校准使用标准器具要求见表 3。

表 3 校准用标准器具

序号	标准器具	技术指标	校准项目
1	洛氏硬度计	HRC 标尺、MPE: ± 1.5 HRC	砧芯表面硬度
2	电子台秤	(0~60) kg、中准确度	钢砧质量
3	游标卡尺	(0~200) mm、MPE: ± 0.03 mm	钢砧直径与砧芯直径

注：以上标准器具可用其他相当准确度等级的标准器代替。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

钢砧的校准项目见表 4。

表 4 钢砧的校准项目

序号	校准项目
1	砧芯表面硬度
2	钢砧质量
3	钢砧直径
4	砧芯直径

7.2 校准方法

7.2.1 校准前检查

校准前检查钢砧砧芯表面无生锈、凹痕、划伤、裂缝、变形等缺陷，砧芯配合面与砧体之间不应有缝隙。钢砧在明显位置应标明名称、型号规格、出厂编号、制造厂名称和出厂日期等信息。

7.2.2 砧芯表面硬度

先将钢砧的导向套筒卸除，调整洛氏硬度计的升降台至合适的高度，将钢砧置于洛氏硬度计平台上，把洛氏硬度计加载力调节至 150 kg 档位，安装好金刚石压头，升起平台使钢砧受到预加载的作用力，再加载主试验力稳定一定时间后卸除主试验力，读取洛氏硬度计上的示值，降低平台并平移钢砧一定距离再次测量砧芯表面硬度。重复测量 4 次，各次测量点应均匀测量，按式 (1) 计算后 3 次硬度计示值的平均值作为砧芯表面硬度的测量值。

$$\bar{H} = \frac{1}{3} \sum_{i=2}^4 H_i \quad (1)$$

式中：

\bar{H} —— 后 3 次硬度计示值的平均值，HRC；

H_i —— 硬度计第 i 次示值，HRC。

7.2.3 钢砧质量

校准前将电子台秤开机并预热 10 min，待示值稳定后清除零点，此时将钢砧平放

在电子台秤中间位置，待示值稳定后读取钢砧的重量值，重复此步骤 3 次并记录好数据，检查电子台秤的回零情况，根据需要进行重新调整零点，按式 (2) 计算 3 次示值的平均值作为钢砧质量的测量值。

$$\bar{M} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 M_i \quad (2)$$

式中：

\bar{M} —— 3 次电子台秤示值的平均值，kg；

M_i —— 电子台秤第 i 次示值，kg。

7.2.4 钢砧直径

用游标卡尺测量砧体的直径，读取游标卡尺上的示值后旋转 120° 再次测量砧体的直径，重复测量 3 次，按式 (3) 计算 3 次示值的平均值作为钢砧直径的测量值。

$$\bar{D}_a = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 D_{ai} \quad (3)$$

式中：

\bar{D}_a —— 3 次测量钢砧直径示值的平均值，mm；

D_{ai} —— 测量钢砧直径第 i 次示值，mm。

7.2.5 砧芯直径

将钢砧的导向套筒卸除后，用游标卡尺测量砧芯的直径，读取游标卡尺上的示值后旋转 120° 再次测量砧芯的直径，重复测量 3 次，按式 (4) 计算 3 次示值的平均值作为砧芯直径的测量值。

$$\bar{D}_c = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 D_{ci} \quad (4)$$

式中：

\bar{D}_c —— 3 次测量砧芯直径示值的平均值，mm；

D_{ci} —— 测量砧芯直径第 i 次示值，mm。

8 校准结果表达

校准证书或校准报告应至少包含以下信息：

- 1) 标题，如“校准证书”“或校准报告”；
- 2) 实验室名称和地址；
- 3) 进行校准的地点；
- 4) 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- 5) 送校单位的名称和地址；
- 6) 被校对象的描述和明确标识；

- 7) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- 8) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- 9) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- 10) 校准环境的描述；
- 11) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- 12) 校准证书或校准报告签发人的签名等效标识，以及签发日期；
- 13) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- 14) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书或报告的声明。

9 复校时间间隔

钢砧的复校时间间隔一般由用户根据使用状况自行确定，建议最长复校时间间隔不超过一年。

福建省计量规范技术委员会

附录A

表A.1 钢砧校准记录(格式)

受校单位		记录编号				
样品名称	型号规格	生产厂	出厂编号	溯源机构/证书编号		
标准器	名称	型号规格	仪器编号	不确定度/或准确度等级/或最大允许误差	有效期至	
	<input type="checkbox"/> 电子台秤					
	<input type="checkbox"/> 游标卡尺					
	<input type="checkbox"/> 洛氏硬度计					
标准设备/样品检查		校准后: <input type="checkbox"/> 正常, <input type="checkbox"/> 不正常				
技术依据		校准前: <input type="checkbox"/> 正常, <input type="checkbox"/> 不正常	环境条件	温度: _____ °C	相对湿度: _____ %	
一、外观检查: 表面状况: <input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格						
二、校准结果:						
1、砧芯表面硬度校准	校准点	实 测 值 (HRC)			实测值标准不确定度 $u_c(\text{HRC})$	实测值扩展不确定度 $U(\text{HRC})(k=2)$
		1	2	3		
2、钢砧质量校准	校准点	实 测 值 (kg)			实测值标准不确定度 $u_c(\text{kg})$	实测值扩展不确定度 $U(\text{kg})(k=2)$
		1	2	3		
3、直径校准	校准点	实 测 值 (mm)			实测值标准不确定度 $u_c(\text{mm})$	实测值扩展不确定度 $U(\text{mm})(k=2)$
		1	2	3		
钢砧直径	mm					
砧芯直径	mm					
说 明		证书/报告编号				
校准员		校准日期	核验员		核验时间	

附录 B

钢砧校准证书内页 (格式)

校准项目	校准点	测量结果	测量扩展不确定度 $U(k=2)$
砧芯表面硬度(HRC)			
钢砧质量(kg)			
钢砧直径(mm)			
砧芯直径(mm)			

福建省计量规范技术委员会

附录 C

测量结果的不确定度评定 (示例)

C.1 砧芯表面硬度测量结果的不确定度评定

C.1.1 测量方法

先将钢砧的导向套筒卸除，调整洛氏硬度计的升降台至合适的高度，将钢砧置于洛氏硬度计平台上，把洛氏硬度计加载力调节至 150 kg 档位，安装好金刚石压头，升起平台使钢砧受到预加载的作用力，再加载主试验力稳定一定时间后卸除主试验力，读取洛氏硬度计上的示值，依据上级给出的证书进行示值修正并记录修正后数值，降低平台并平移钢砧一定距离再次测量砧芯表面硬度，以此方法重复测量 4 次，各次测量点应均匀分布，取后 3 次修正后示值的平均值作为砧芯表面硬度的测量结果。（以下示值均指修正后的数值）

C.1.2 砧芯表面硬度的不确定度评定

C.1.2.1 测量模型： $h = \bar{h}$

式中：

h —— 砧芯表面硬度

\bar{h} —— 砧芯表面硬度后 3 次测量修正值的平均值

C.1.2.2 标准不确定度分量的评定

C.1.2.2.1 输入量 \bar{h} 的标准不确定度 $u(\bar{h})$ 的不确定度来源主要有：测量重复性引入的不确定度 $u_1(\bar{h})$ ，可以用 A 类方法评定 $u_1(\bar{h})$ ；洛氏硬度计本身引入的不确定度 $u_2(\bar{h})$ ，可以用 B 类方法评定 $u_2(\bar{h})$ 。

C.1.2.2.2 测量重复性引入的不确定度 $u_1(\bar{h})$

用洛氏硬度计对砧芯表面硬度连续进行 11 次测量（去掉第 1 次、取后 10 次值）并对示值修正后，得到测量列为下表所示：

序号(i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值(HRC)	60.5	60.6	60.4	60.6	60.5	60.4	60.3	60.8	60.6	60.8

其所求的平均值： $\bar{h} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} h_i = 60.6 \text{ HRC}$

单次实验标准偏差用贝塞尔法计算： $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (h_i - \bar{h})^2}{n-1}} = 0.16 \text{ HRC}$

实际测量中是在重复性条件下测量 4 次，取后三次算术平均值为测量结果。

$$\text{则 } u_1(\bar{h}) = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.10 \text{ HRC}$$

C.1.2.2.3 洛氏硬度计本身引入的不确定度 $u_2(\bar{h})$

根据上级证书给出的结果可对洛氏硬度计 HRC 标尺进行修正后使用，则该不确定度分量体现为证书给出的扩展不确定度：0.6 HR， $k=2$ ，估计为均匀分布，则可以用 B 类方法评定：

$$u_2(\bar{h}) = \frac{\alpha}{k} = \frac{0.6}{2} = 0.30 \text{ HRC}$$

C.1.2.2.4 把 $u_1(\bar{h})$ 与 $u_2(\bar{h})$ 两项合成，则 $u_c(\bar{h}) = \sqrt{u_1^2(\bar{h}) + u_2^2(\bar{h})} = 0.32 \text{ HRC}$

C.1.2.3 合成标准不确定度的评定

C.1.2.3.1 灵敏系数：由 $h=\bar{h}$ 得

$$c = \frac{\partial h}{\partial \bar{h}} = 1$$

C.1.2.3.2 标准不确定度汇总表，见下表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度 (HRC)	合成标准不确定度 (HRC)	扩展不确定度 (HRC) ($k=2$)
$u_1(\bar{h})$	测量重复性	0.10	0.32	0.7
$u_2(\bar{h})$	洛氏硬度计准确度	0.30		

C.1.2.3.3 合成标准不确定度的计算：

$$u_c(h) = u_c(\bar{h}) = 0.32 \text{ HRC}$$

C.1.2.4 扩展不确定度的评定：取包含因子 $k=2$ ，则 $U=k \cdot u_c(h)=0.7 \text{ HRC}$ ；

C.1.2.5 扩展不确定度的报告与表示

钢砧的砧芯表面硬度测量结果扩展不确定度为 $U=0.7 \text{ HRC}$ ， $k=2$ 。

C.2 钢砧质量测量结果的不确定度评定

C.2.1 测量方法

校准前将电子台秤开机并预热 10 min，待示值稳定后置零。此时将钢砧平放在电子台秤中间位置，待示值稳定后读取钢砧的质量值，取下钢砧并确保电子台秤重新归零。重复此步骤 3 次并记录好数据，取 3 次示值的平均值作为钢砧质量的测量值。

C.2.2 钢砧质量的不确定度评定

C.2.2.1 测量模型： $m = \bar{m}$

式中：

m —— 钢砧质量；

\bar{m} —— 钢砧质量三次测量值的平均值。

C.2.2.2 标准不确定度分量的评定

C.2.2.2.1 输入量 \bar{m} 的标准不确定度 $u(\bar{m})$ 的不确定度来源主要有：测量重复性引入的不确定度 $u_1(\bar{m})$ ，可以 A 类方法评定；电子台秤分度值引入的不确定度 $u_2(\bar{m})$ 及电子台秤准确度引入的不确定度 $u_3(\bar{m})$ ，可以 B 类方法评定。

C.2.2.2.2 测量重复性引入的不确定度 $u_1(\bar{m})$

选取一钢砧，用 60 kg 电子台秤对其连续进行 10 次测量，得到测量列为下表所示：

序号(i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值(kg)	16.38	16.40	16.38	16.38	16.38	16.38	16.40	16.38	16.38	16.38

其所求的平均值：
$$\bar{m} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} m_i = 16.38 \text{ kg}$$

单次实验标准偏差用贝塞尔法计算：
$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (m_i - \bar{m})^2}{n-1}} = 0.008 \text{ kg}$$

实际测量是在重复性条件下测量 3 次，取其算术平均值为测量结果。

则 $u_1(\bar{m}) = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.005 \text{ kg}$

C.2.2.2.3 电子台秤分度值引入的不确定度 $u_2(\bar{m})$

60 kg 电子台秤 $e=0.02 \text{ kg}$ ，估计为均匀分布，则可以用 B 类方法评定 $u_2(\bar{m})$ 。

本例中 $u_2(\bar{m}) = \frac{e}{k} = \frac{0.02}{\sqrt{3}} = 0.012 \text{ kg}$ 。将测量重复性与分度值两者的不确定度分量比较、取其中大者，则取 $u_2(\bar{m}) = 0.012 \text{ kg}$ 。

C.2.2.2.4 电子台秤准确度引入的不确定度 $u_3(\bar{m})$

该 60 kg 电子台秤在 10 kg~40 kg 范围内最大允许误差为 MPE: $\pm 0.02 \text{ kg}$ ，40 kg~60 kg 范围内最大允许误差为 MPE: $\pm 0.03 \text{ kg}$ ，估计为均匀分布，则可以用 B 类方法评定 $u_3(\bar{m})$ ：

本例中 $u_3(\bar{m}) = \frac{\alpha}{k} = \frac{0.02}{\sqrt{3}} = 0.012 \text{ kg}$

C.2.2.2.5 把 $u_2(\bar{m})$ 与 $u_3(\bar{m})$ 两项合成，则 $u(\bar{m}) = \sqrt{u_2^2(\bar{m}) + u_3^2(\bar{m})} = 0.017 \text{ kg}$ 。

C.2.2.3 合成标准不确定度的评定

C.2.2.3.1 灵敏系数：由 $m = \bar{m}$ 得

$$c = \frac{\partial m}{\partial \bar{m}} = 1$$

C.2.2.3.2 标准不确定度汇总表，见下表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度 (kg)	合成标准不确定度 (kg)	扩展不确定度 (kg)(k=2)
$u_2(\bar{m})$	电子台秤分度值	0.012	0.017	0.04
$u_3(\bar{m})$	电子台秤准确度	0.012		

C.2.2.3.3 合成标准不确定度的计算：

$$u(m) = u(\bar{m}) = 0.017 \text{ kg}$$

C.2.2.4 扩展不确定度的评定：取包含因子 $k=2$ ，则 $U = k \cdot u_c = 0.04 \text{ kg}$ ；

C.2.2.5 扩展不确定度的报告与表示

钢砧质量测量结果扩展不确定度为 $U = 0.04 \text{ kg}$ ， $k=2$ 。

C.2.2.6 钢砧质量测量结果不确定度评估

根据规程规定，钢砧的质量共有 16.0 kg、20.0 kg、45.0 kg 三种，其余不确定度评定可参照以上方法。

C.3 钢砧直径与砧芯直径测量结果的不确定度评定示例

C.3.1 测量方法

用游标卡尺测量砧体的直径，读取游标卡尺上的示值后旋转 120° 再次测量砧体的直径，重复测量 3 次，取 3 次示值的平均值作为钢砧直径的测量结果；将钢砧的导向套筒卸除后，用游标卡尺测量砧芯的直径，读取游标卡尺上的示值后旋转 120° 再次测量砧芯的直径，重复测量 3 次，取 3 次示值的平均值作为砧芯直径的测量结果。

C.3.2 钢砧直径测量结果不确定度评定

C.3.2.1 测量模型： $D_a = \bar{D}_a$

式中：

\bar{D}_a —— 钢砧直径；

\bar{D}_a —— 钢砧直径 3 次测量值的平均值。

C.3.2.2 标准不确定度分量的评定

C.3.2.2.1 输入量 \bar{D}_a 的标准不确定度 $u(\bar{D}_a)$ 的不确定度来源主要有：测量重复性引入的不确定度 $u_1(\bar{D}_a)$ ，可以用 A 类方法评定 $u_1(\bar{D}_a)$ ；游标卡尺引入的不确定度 $u_2(\bar{D}_a)$ ，可用 B 类方法评定 $u_2(\bar{D}_a)$ 。

C.3.2.2.2 测量重复性引入的不确定度 $u_1(\bar{D}_a)$

用游标卡尺对钢砧直径连续进行 10 次测量，得到测量列为下表所示：

序号(i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值 (mm)	157.92	157.90	157.96	157.82	157.84	157.86	157.82	157.82	157.80	157.82

其所求的平均值： $\bar{D}_a = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} D_{ai} = 157.86 \text{ mm}$

单次实验标准偏差：贝塞尔法计算： $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (D_{ai} - \bar{D}_a)^2}{n-1}} = 0.05 \text{ mm}$

实际测量中是在相同条件下测量 3 次，取其三次算术平均值为测量结果。

则 $u_1(\bar{D}_a) = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.03 \text{ mm}$

C.3.2.2.3 游标卡尺引入的不确定度 $u_2(\bar{D}_a)$

游标卡尺的最大允许误差为 MPE： $\pm 0.03 \text{ mm}$ ，估计为均匀分布，采用 B 类方法评定，其引入的标准不确定度为：

$$u_2(\bar{D}_a) = \frac{0.03}{\sqrt{3}} = 0.02 \text{ mm}$$

C.3.2.3 合成标准不确定度的评定

C.3.2.3.1 灵敏系数：由 $D_a = \bar{D}_a$ 得

$$c = \frac{\partial D_a}{\partial \bar{D}_a} = 1$$

C.3.2.3.2 把 $u_1(\bar{D}_a)$ 与 $u_2(\bar{D}_a)$ 两项合成，则

$$u_a(\bar{D}_a) = \sqrt{U_1^2(\bar{D}_a) + U_2^2(\bar{D}_a)} = 0.04 \text{ mm}$$

$$u_c(D_a) = u_c(\bar{D}_a) = 0.04 \text{ mm}$$

C.3.2.3.3 标准不确定度汇总表，见下表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度 (mm)	合成标准不确定度 (mm)	扩展不确定度 (mm) ($k=2$)
$u_1(\bar{D}_a)$	测量重复性	0.03	0.04	0.08
$u_2(\bar{D}_a)$	游标卡尺准确度	0.02		

C.3.2.4 扩展不确定度的评定：取包含因子 $k=2$ ，则 $U=k \cdot u_c(D_a)=0.08 \text{ mm}$

C.3.2.5 扩展不确定度的报告与表示

钢砧直径测量结果扩展不确定度为 $U=0.08 \text{ mm}$ ， $k=2$ 。

C.3.2.6 钢砧直径测量结果不确定评估

根据规程规定，钢砧直径共有 145 mm、150 mm、200 mm 三种，其不确定度评估可参照上述方法。

C.3.3 砧芯直径测量结果不确定度评定

C.3.3.1 测量模型： $D_{ac} = \bar{D}_{ac}$

式中：

D_{ac} —— 砧芯直径；

\bar{D}_{ac} —— 砧芯直径三次测量值的平均值。

C.3.3.2 标准不确定度分量的评定

C.3.3.2.1 输入量 \bar{D}_{ac} 的标准不确定度 $u(\bar{D}_{ac})$ 的不确定度来源主要有：测量重复性引入的不确定度 $u_1(\bar{D}_{ac})$ ，可以用 A 类方法评定 $u_1(\bar{D}_{ac})$ ；游标卡尺引入的不确定度 $u_2(\bar{D}_{ac})$ ，可用 B 类方法评定 $u_2(\bar{D}_{ac})$ 。

C.3.3.2.2 测量重复性引入的不确定度 $u_1(\bar{D}_{ac})$

用游标卡尺对砧芯直径连续进行 10 次测量，得到测量列如下表所示：

序号(i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值 (mm)	31.20	31.24	31.20	31.25	31.30	31.20	31.20	31.20	31.20	31.20

其所求的平均值： $D_{ac} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} D_{aci} = 31.22\text{mm}$

单次实验标准偏差按贝塞尔法计算： $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (D_{aci} - \bar{D}_{ac})^2}{n-1}} = 0.03 \text{ mm}$

实际测量中是在相同条件下测量 3 次，取其三次算术平均值为测量结果。

则 $u_1(\bar{D}_{ac}) = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.02 \text{ mm}$

C.3.3.2.3 游标卡尺引入的不确定度 $u_2(\bar{D}_{ac})$

游标卡尺的最大允许误差为 MPE： $\pm 0.03 \text{ mm}$ ，估计为均匀分布，其引入的标准不确定度为：

$$u_2(\bar{D}_{ac}) = \frac{0.03}{\sqrt{3}} = 0.02 \text{ mm}$$

C.3.3.3 合成标准不确定度的评定

C.3.3.3.1 灵敏系数：由 $D_{ac} = \bar{D}_{ac}$ 得

$$c = \frac{\partial D_{ac}}{\partial \bar{D}_{ac}} = 1$$

C.3.3.3.2 把 $u_1(\bar{D}_{ac})$ 与 $u_2(\bar{D}_{ac})$ 两项合成，则

$$u_a(\bar{D}_{ac}) = \sqrt{U_1^2(\bar{D}_{ac}) + U_2^2(\bar{D}_{ac})} = 0.03 \text{ mm}$$

$$u_c(D_{ac}) = u_c(\bar{D}_{ac}) = 0.03 \text{ mm}$$

C.3.3.3.3 标准不确定度汇总表，见下表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度 (mm)	合成标准不确定度 u_c (mm)	扩展不确定度 U (mm)($k=2$)
$u_1(\overline{D}_{ac})$	测量重复性	0.02	0.03	0.06
$u_2(\overline{D}_{ac})$	游标卡尺准确度	0.02		

C.3.3.4 扩展不确定度的评定：取包含因子 $k=2$ ，则 $U = k \cdot u_c(D_{ac}) = 0.06$ mm

C.3.3.5 扩展不确定度的报告与表示

钢砧砧芯直径测量结果扩展不确定度为 $U=0.06$ mm， $k=2$ 。