



中华人民共和国工业和信息化部 建材计量技术规范

JJF (建材) XXX—2024

建设用砂、卵石碎石压碎值测试装置校准规范
Calibration Specification for Construction Sand, Pebble and Crushed
Stone Crushing Value Testing Equipments

(报批稿)

××××-××-×× 发布

××××-××-×× 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

建设用砂、卵石碎石压碎值 测试装置校准规范

Calibration Specification for Construction
Sand, Pebble and Crushed Stone Crushing
Value Testing Equipments

JJF(建材)XXX—202X

归口单位：中国建筑材料联合会

主要起草单位：北京建筑材料检验研究院股份有限公司

参加起草单位：北方测盟（北京）科技有限公司

筑信（河北雄安）检验检测有限公司

本规范委托全国建材工业计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

徐洪民（北京建筑材料检验研究院股份有限公司）

郭凌宇（北京建筑材料检验研究院股份有限公司）

陈红岩（北京建筑材料检验研究院股份有限公司）

参加起草人：

邢 丹（北方测盟（北京）科技有限公司）

李文超（筑信（河北雄安）检验检测有限公司）

黄 卫（筑信（河北雄安）检验检测有限公司）

杨 鑫（筑信（河北雄安）检验检测有限公司）

目录

引 言.....	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 概述.....	(1)
4 计量特性及技术要求.....	(2)
5 校准条件.....	(2)
5.1 环境条件.....	(2)
5.2 校准用计量器具.....	(3)
6 校准项目和校准方法.....	(3)
6.1 初步检查.....	(3)
6.2 压力试验机力值示值误差.....	(3)
6.3 压力试验机加荷速率最大偏差.....	(3)
6.4 压力试验机最大荷载保持时间偏差.....	(4)
6.5 压碎值试验仪压头直径最大偏差.....	(4)
6.6 压碎值试验仪承压试筒内径偏差.....	(4)
7 校准结果表达.....	(5)
8 复校时间间隔.....	(6)
附录 A 校准证书内页格式.....	(7)
附录 B 校准原始记录格式.....	(8)
附录 C 压力试验机力值校准结果的测量不确定度评定示例.....	(10)
附录 D 压力试验机加荷速率校准结果的测量不确定度评定示例.....	(12)
附录 E 压力试验机最大荷载保持时间校准不确定度评定示例.....	(14)
附录 F 压碎值试验仪压头直径测量结果的不确定度评定示例.....	(17)
附录 G 压碎值试验仪承压试筒内径测量结果的不确定度评定示例.....	(19)

引 言

本规范的编写以 JJF1071—2010《国家计量标准规范编写规则》、JJF1001—2011《通用计量术语及定义》和 JJF1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》为基础和依据。

本规范参考了 GB/T 14684-2022 《建设用砂》，GB/T 14685-2022 《建设用卵石、碎石》。

本规范为首次发布。

建设用砂、卵石碎石压碎值测试装置校准规范

1 范围

本规范适用于建设用砂、卵石及碎石压碎值测试装置的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF1175 试验筛校准规范

JJF1847 电子天平校准规范

JJG139 拉力、压力和万能试验机检定规程

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

3 概述

建设用砂、卵石碎石压碎值测试装置的工作原理为：将一定量的集料倒入压碎值试验仪承压试筒，集料经过颠实或夯实后，用压力试验机在规定的时间内通过压头对集料施加规定的力，再经过标准试验筛筛分后，由电子天平称量出通过标准试验筛的集料质量，计算得到集料的压碎值。

建设用砂、卵石碎石压碎值测试装置是测定石料和砂料抵抗压碎能力的专用仪器，由压力试验机、标准试验筛、电子天平及压碎值试验仪（见图 1）组成。

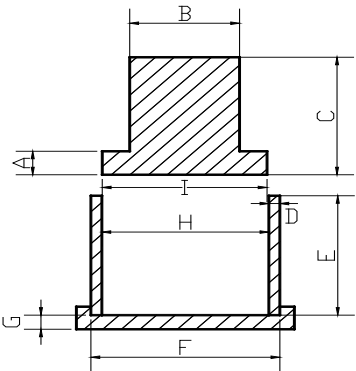


图 1 压碎值试验仪示意图

A 压头厚度；B 压柱直径；C 压柱高度；D 承压筒壁厚；E 承压筒高度；
F 底板内径；G 底板厚度；H 承压筒内径；I 压头直径

4 计量特性及技术要求

4.1 压力试验机技术要求见表 1。

表 1 压力试验机技术要求

项目名称	测量范围	技术要求
25kN 压力试验机	力值 (0~25)kN	最大允许误差: $\pm 0.25\text{kN}$
	加荷速率 500N/s	最大允许偏差: $\pm 50\text{N/s}$
	最大荷载保持时间 5s	最大允许偏差: $\pm 1\text{s}$
200kN 压力试验机	力值 (0~200)kN	最大允许误差: $\pm 2\text{kN}$
	加荷速率 1000N/s	最大允许偏差: $\pm 100\text{N/s}$
	最大荷载保持时间 5s	最大允许偏差: $\pm 1\text{s}$

注: 以上指标不用于合格性判定, 仅供参考。

4.2 电子天平技术要求见表 2。

表 2 电子天平技术要求

最大称量	准确度等级
$\geq 5\text{kg}$	Ⅲ级及以上
$\geq 1\text{kg}$	Ⅲ级及以上

注: 以上指标不用于合格性判定, 仅供参考。

4.3 压碎值试验仪几何尺寸应符合表 3 要求

表 3 压碎值试验仪几何尺寸

单位: mm

校准项目	建设用砂压碎值试验仪	建筑用卵石、碎石压碎值试验仪
压头直径	75.00 \pm 0.35	150.00 \pm 0.75
承压试筒内径	77.00 \pm 0.35	152.00 \pm 0.75

注: 以上指标不用于合格性判定, 仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 温度: (10~35) $^{\circ}\text{C}$;

5.1.2 湿度: $\leq 85\%$;

5.2 校准用计量器具

序号	计量器具名称	技术指标	用途
1	标准测力仪	(5~50) kN , 0.3 级 (30~300) kN , 0.3 级	校准测力系统、加荷速率
2	秒表	(0~10) h, 0.01 秒	校准加荷速率、保持时间
3	数显卡尺	(0~200) mm, 分度值: 0.01mm	校准压碎值试验仪尺寸

6 校准项目和校准方法

6.1 初步检查

6.1.1 检查压碎值试验仪金属构件有无凸起、凹陷、变形和锈蚀。

6.1.2 检查压头和承压试筒之间滑动是否平顺。

6.1.3 标准试验筛校准符合 JJF1175 《试验筛校准规范》要求。

6.1.4 电子天平校准符合 JJF1847 《电子天平校准规范》要求。

6.2 压力试验机力值示值误差

压力试验机力值选择校准点 25kN 或 200kN, 参照 JJG139 《拉力、压力和万能试验机检定规程》相关操作步骤进行校准, 记录校准点的示值误差。

6.3 压力试验机加荷速率最大偏差

设定加荷速率值 500N/s 或 1000N/s, 启动试验机后, 使用秒表进行计时, 在最大荷载力值 (25kN 或 200kN) 的 0、20%、40%、60%、80%、100% 六个点计时并记录, 按公式 (1) 计算加荷速率偏差, 取绝对值最大值的结果作为校准结果。

$$\Delta x = \frac{\Delta F}{\Delta t} - x_s \quad (1)$$

式中:

Δx ——加荷速率偏差, N/s;

ΔF ——区段力值, kN;

Δt ——区段力值对应的时间, s;

x_s ——加荷速率设定值, N/s。

6.4 压力试验机最大荷载保持时间偏差

设定压力试验机最大荷载保持时间为 5s，在力值加载到最大荷载时和试验机停止加载时用秒表分别计时，分别记为 t_0 、 t_i ，按公式 (2) 计算保持时间偏差。

$$\Delta t = t_i - t_0 - t_s \quad (2)$$

式中：

Δt ——压力试验机最大荷载保持时间偏差，s；

t_i ——停止加载时计时，s；

t_0 ——加载到最大荷载力值时计时，s；

t_s ——压力试验机最大荷载保持时间设定值，s。

6.5 压碎值试验仪压头直径最大偏差

沿压头底面圆周边缘均匀选取 6 个位置用数显卡尺测量压头直径，每次测量结果减去标称值，按公式 (3) 计算偏差，取绝对值最大值的的结果作为校准结果。

$$\Delta D = D_i - D_b \quad (3)$$

式中：

ΔD ——压头直径偏差，mm；

D_i ——压头直径测量值，mm；

D_b ——压头直径标称值，mm。

6.6 压碎值试验仪承压试筒内径偏差

用数显卡尺于上下口径处，各均匀选取 6 个位置测量承压试筒内径。每次测量结果减去标称值，按公式 (4) 分别计算上下口径偏差，取绝对值最大值的的结果作为校准结果。

$$\Delta d = d_i - d_b \quad (4)$$

式中：

Δd ——承压试筒上口内径或下口径内径偏差，mm；

d_i ——内径测量值，mm；

d_b ——内径标称值，mm。

7 校准结果表达

校准结果应在校准证书（报告）上反映，校准证书（报告）应至少包含以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校准对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校准对象的接收日期；
- h) 如果与校准结果的有效性应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- o) 校准结果仅对被校对象的有效声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书或报告的声明。

8 复校时间间隔

建议复校时间间隔为一年，由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用方、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此，可根据仪器实际使用情况自行确定复校时间间隔。

附录 A

校准证书内页格式

被校设备名称			设备编号	
使用地点			校准日期	
校准依据	建设用砂、卵石碎石压碎值测试装置校准规范			
环境条件	温度 (°C)		湿度 (%RH)	
校准地点				
校准所用计量器具				
名称/测量范围	准确度等级/ 最大允许误差	证书编号	有效期至	
外观功能检查结果				
校准项目	校准点	校准结果	校准结果 测量不确定度 $U, k=2$	
压力试验机力值示值误差 (kN)				
压力试验机加荷速率最大偏差 (N/s)				
压力试验机最大荷载保持时间 偏差 (s)				
压碎值试验仪压头直径最大 偏差 (mm)				
压碎值试验仪承压试筒内径 最大偏差 (mm)				

附录 B

校准原始记录格式

记录编号：

第 1 页

设备名称				设备编号			
生产厂家				规格型号			
使用地点							
校准依据							
温度	℃			相对湿度	%		
标 准 器 参 数							
计量器具名称	规格型号	测量范围	准确度等级/ 分度值	溯源单位及 证书编号	有效期至		
外观、功能检查结果：							
压力试验机力值							
试验力 (kN)	进程读数 (kN)				示值误差 (kN)	重复性误差 (kN)	
	1	2	3	平均			
示值误差校准结果的测量不确定度					$U=$ kN, $k=2$		
压力试验机加荷速率偏差							
最大 荷载 (kN)	试验 力	试验力 (kN)	时间 (s)	时间间 隔 (s)	加荷速率 (kN/s)	加荷速率 偏差 (kN/s)	加荷速率最 大偏差 (kN/s)
	0			/	/	/	
	20%						
	40%						
	60%						
	80%						
	100%						
加荷速率最大偏差校准结果的测量不确定度					$U=$ kN/s, $k=2$		

记录编号:

第 2 页

压力试验机最大荷载保持时间偏差				
最大载荷力 (kN)	保持时间设定值 (s)	初始时间 (s)	结束时间 (s)	保持时间偏差 (s)
保持时间偏差校准结果的测量不确定度				$U=$ s, $k=2$
压碎值试验仪压头直径偏差				
序号	标称值 (mm)	测量值 (mm)	偏差 (mm)	最大偏差 (mm)
位置 1				
位置 2				
位置 3				
位置 4				
位置 5				
位置 6				
最大偏差校准结果的测量不确定度			$U=$ mm, $k=2$	
压碎值试验仪承压试筒内径最大偏差 (mm)				
位置	标称值 (mm)	测量值 (mm)	偏差 (mm)	最大偏差 (mm)
上口内径位置 1				
上口内径位置 2				
上口内径位置 3				
上口内径位置 4				
上口内径位置 5				
上口内径位置 6				
下口内径位置 1				
下口内径位置 2				
下口内径位置 3				
下口内径位置 4				
下口内径位置 5				
下口内径位置 6				
最大偏差校准结果的测量不确定度			$U=$ mm, $k=2$	
校准人		审核人		
校准日期				

附录 C

压力试验机力值校准结果的测量不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 测量方法

参照 JJG139-2014《拉力、压力和万能试验机检定规程》的方法，用测量范围为（30~300）kN、编号为 070101、准确度等级为 0.3 级标准测力仪，对的压力试验机的 200 kN 测量点进行校准，以 3 次测量的平均值作为校准结果。

C.1.2 测量环境条件

温度：（20.2~20.4）℃；湿度：（42.3~43.5）%RH

C.2 测量模型

以标准测力仪上读数方式建立测量模型：

$$\delta = F_1 - F_2 \quad (\text{C.1})$$

式中：

δ ——试验机的示值误差，kN；

F_1 ——进程中压力试验机示值，kN；

F_2 ——标准测力仪的示值，为三次独立测量的算术平均值，kN。

C.3 标准不确定度评定

C.3.1 由测量重复性引入的标准不确定度分量 u_1

用测量范围为 30kN~300kN、准确度等级为 0.3 级标准测力仪，对 200kN 校准点进行连续 3 次测量，测量值分别为 199.98kN、201.02kN、201.31kN，用极差法计算其单次测量结果的实验标准差如下：

$$s = \frac{R}{C}$$

式中 $R=201.31-199.98=1.33\text{kN}$ ，极差系数 C 查表得出：1.69

在校准时使用 3 次的平均值作为校准结果，由此引入的标准不确定度 u_1 为：

$$u_1 = s / \sqrt{3} = \frac{R}{C\sqrt{3}}$$

计算得 $u_1=0.454\text{kN}$

C.3.2 由标准测力仪最大允许误差引入的标准不确定度 u_2

标准测力仪准确度等级为 0.3 级，按均匀分布。由此引入的标准不确定度分量 u_2 为：

$$u_2 = \frac{0.3\% \times 200}{\sqrt{3}} = 0.346\text{kN}$$

C.3.3 标准测力仪的长期稳定度引入的标准不确定度 u_3

标准测力仪的长期稳定度 $S_b=0.3\%$ ，按均匀分布。由此引入的标准不确定度分量 u_3 为：

$$u_3 = \frac{0.3\% \times 200}{\sqrt{3}} = 0.346\text{kN}$$

C.4 主要标准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度的值(kN)
u_1	重复性	0.454
u_2	标准测力仪最大允许误差	0.346
u_3	标准测力仪的长期稳定度	0.346

C.5 合成标准不确定度 u_c

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 0.667\text{kN}$$

C.6 扩展不确定度 U

取 $k=2$ ，扩展不确定度为：

$$U=k \times u_c=1.4\text{kN}$$

附录 D

压力试验机加荷速率校准结果的测量不确定度评定示例

D.1 概述

D.1.1 被校对象：压力试验机量程 300kN，设定加荷速率值 1000N/s。

测量标准：电子秒表，分辨力为 0.01s；标准测力仪，编号 070101，量程为 300kN，准确度等级为 0.3 级。

按照 6.3 步骤进行测量。

D.2 数学模型

$$\Delta x = \frac{\Delta F}{\Delta t} - x_s \quad (\text{D.1})$$

式中：

Δx ——加荷速率偏差，N/s；

ΔF ——区段力值，kN；

Δt ——区段力值对应的时间，s；

x_s ——加荷速率设定值，N/s。

D.3 标准不确定度评定：

D.3.1 由测量重复性引入的标准不确定度分量 u_1

在（160~200）kN 间隔内 200kN 校准点进行计时，进行连续 3 次测量，计时为 40.02s、40.12s、40.04s，速率分别为 999.5N/s、997.0N/s、999.0N/s,用极差法计算其单次测量结果的实验标准差如下：

$$s = \frac{R}{C}$$

式中 $R=999.5-997.0=2.5\text{N/s}$ ，极差系数 C 查表得出：1.69

由测量重复性导致的测量结果的标准不确定度为：

$$u_1 = 1.479\text{N/s} / 1000\text{N/s} = 0.148\%$$

D.3.2 由标准测力仪最大允许误差引入的标准不确定度 u_2

标准测力仪的准确度等级为 0.3 级，其最大允许误差为 $\pm 0.3\%$ ，按均匀分布，由此引入的标准不确定度 u_2 为

$$u_2 = 0.3\% / \sqrt{3} = 0.173\%$$

D.3.3 标准测力仪的长期稳定度引入的标准不确定度 u_3

标准测力仪的长期稳定度 $S_b=0.3\%$ ，按均匀分布，由此引入的标准不确定度 u_3 为

$$u_3 = 0.3\% / \sqrt{3} = 0.173\%$$

D.3.4 秒表人员读数引入的标准不确定度 u_4

在 40 秒的时间间隔内，秒表人员读数的最大偏差估计 $\pm 0.2s$ ，相对偏差为 $\pm 0.5\%$ ，按均匀分布，由此引入的标准不确定度 u_4 为

$$u_4 = 0.5\% / \sqrt{3} = 0.289\%$$

D.3.5 电子秒表的最大偏差为 $\pm 10s/d$ ，在 40 秒的时间间隔内，电子秒表误差引入的不确定度可以忽略不计。

D.4 主要标准不确定度分量汇总表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度的值 (%)
u_1	重复性	0.148
u_2	标准测力仪最大允许误差	0.173
u_3	标准测力仪的长期稳定度	0.173
u_4	秒表人员读数	0.289

D.5 合成标准不确定度 u_c

根据上表中的数据，计算相对合成标准不确定度 u_{cr}

$$u_{cr} = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 0.406\% = 4.06N/s$$

D.6 扩展不确定度的评定 U

取 $k=2$ ，扩展不确定度为： $U=k \times u_{cr}=8.1N/s$

附录 E

压力试验机最大荷载保持时间校准不确定度评定示例

E.1 概述

被校对象：压力试验机，最大荷载保持时间设定值 5s。

测量标准：电子秒表，分辨力为 0.01s。

按照 6.4 步骤进行测量。

E.2 数学模型

$$\Delta t = t_i - t_0 - t_s \quad (\text{E.1})$$

式中：

Δt ——压力试验机最大荷载保持时间偏差，s；

t_i ——停止加载时计时，s；

t_0 ——加载到最大载荷力值时计时，s；

t_s ——压力试验机最大荷载保持时间设定值，s。

E.3 标准不确定度分量评定

影响压力试验机最大荷载保持时间测量结果的因素有：测量重复性、电子秒表分辨力，电子秒表的示值误差；试验机最大荷载保持时间设定值即试验机控制系统所在的计算机的时钟精度。

E.3.1 测量重复性引入的标准不确定度 u_1

压力试验机最大荷载保持时间按 6.4 进行 10 次重复性测量，得到一组测量结果如下：

保持时间 Δt /s: 5.02、5.04、5.08、5.04、5.04、5.09、5.07、5.05、5.02、5.06。

根据贝塞尔公式计算重复性引入的标准不确定度分量。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.024\text{s}$$

则 $u_1 = 0.024\text{s}$

E.3.2 秒表人员读数引入的标准不确定度 u_2

在 40 秒的时间间隔内，秒表人员读数的最大偏差估计 $\pm 0.2\text{s}$ 。电子秒表分辨力引入的标准不确定度分量 u_2

$$u_2 = 0.2\text{s}$$

E.3.3 电子秒表分辨力引入的标准不确定度分量 u_3

电子秒表分辨力为 0.01 s，区间半宽为 0.005 s，按均匀分布处理，则分辨力引入的标准不确定度：

$$u_3 = 0.005\text{s} / \sqrt{3} = 0.003\text{s}$$

E. 4 标准不确定度分量汇总表

序号	不确定度来源	符号	u_i / s
1	测量重复性	u_1	0.024
2	秒表人员读数	u_2	0.2
3	电子秒表分辨力	u_3	0.003

E. 5 合成标准不确定度计算

合成标准不确定度 u_c 按下式计算

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 0.201\text{s}$$

E. 6 扩展不确定度的确定

取包含因子 $k=2$ ，温度波动度的校准结果扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.201 = 0.41\text{s}$$

附录 F

压碎值试验仪压头直径测量结果的不确定度评定示例

F.1 概述

F.1.1 测量方法

依据本规范的校准方法，用编号为 0117 量程为 200mm 分度值为 0.01mm 的数显卡尺对压碎值试验仪压头同一位置直径进行测量。

F.1.2 测量环境条件

温度：（20.2~20.4）℃；湿度：（42.3~43.5）%RH

F.2 测量模型

$$D = D' - D_s \quad (\text{F.1})$$

式中：

D ——压头直径值，mm；

D' ——压头直径测得值，mm；

D_s ——压头直径标称值，mm。

F.3 测量不确定度来源和标准不确定度评定

F.3.1 测量重复性引入的标准不确定度分量 $u_1(D)$

在重复性条件下，使用数显卡尺对压头直径同一位置重复测量 10 次，得到测量列：150.04 mm, 150.02 mm, 150.03 mm, 150.05 mm, 150.04 mm, 150.04 mm, 150.06 mm, 150.05 mm, 150.06 mm, 150.04 mm。

用贝塞尔公式计算得：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.013 \text{ mm}$$

测量重复性引入的标准不确定分量为：

$$u_1(D) = s(D) = 0.013 \text{ mm}$$

F.3.2 数显卡尺的最大允许误差引入的标准不确定度分量 $u_2(D)$

数显卡尺在 150mm 测量点最大允许误差为 $\pm 0.03\text{ mm}$ ，按均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则

$$u_2(D) = \frac{0.03}{\sqrt{3}} = 0.017\text{mm}$$

F.4 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量 u_i	不确定度来源	标准不确定度值(mm)
$u_1(D)$	测量重复性	0.013
$u_2(D)$	数显卡尺示值误差	0.017

F.5 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1(D)^2 + u_2(D)^2} = 0.022\text{mm}$$

F.6 扩展不确定度 U

取包含因子 $k=2$ ，则： $U=ku_c=0.05\text{mm}$

附录 G

压碎值试验仪承压试筒内径测量结果的不确定度评定示例

G.1 概述

G.1.1 测量方法

依据本规范的校准方法,用编号为 0117 量程为 200mm 分度值为 0.01mm 的数显卡尺对压碎值试验仪承压试筒同一位置的内径进行测量。

G.1.2 测量环境条件

温度: (20.3~20.5) °C; 湿度: (42.5~43.8) %RH

G.2 测量模型

$$\Delta d = d_i - d_b \quad (\text{G.1})$$

式中:

Δd ——承压试筒上口径内径, mm;

d_i ——内径测量值, mm;

d_b ——内径标称值, mm。

G.3 测量不确定度来源和标准不确定度评定

G.3.1 测量重复性引入的标准不确定度分量 $u_1(d)$

在重复性条件下,使用数显卡尺对压头直径同一位置重复测量 10 次,得到测量列: 152.07 mm, 152.04 mm, 152.04 mm, 152.05 mm, 152.07 mm, 152.02 mm, 152.04 mm, 152.05 mm, 152.04 mm, 152.05 mm。

用贝塞尔公式计算得:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.015 \text{ mm}$$

测量重复性引入的标准不确定分量为:

$$u_1(d) = s(d) = 0.015 \text{ mm}$$

G.3.2 数显卡尺的最大允许误差引入的标准不确定度分量 $u_2(d)$

数显卡尺在 152mm 测量点最大允许误差为 $\pm 0.03\text{ mm}$ ，按均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则

$$u_2(d) = \frac{0.03}{\sqrt{3}} = 0.017\text{mm}$$

G5 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量 u_i	不确定度来源	标准不确定度值(mm)
$u_1(d)$	测量重复性	0.015
$u_2(d)$	数显卡尺示值误差	0.017

G.6 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1(d)^2 + u_2(d)^2} = 0.023\text{mm}$$

G.7 扩展不确定度 U

取包含因子 $k=2$ ，则： $U=ku_c=0.05\text{mm}$
