

广西壮族自治区地方计量技术规范

JJF(桂) 157—2025

水泥雷氏夹膨胀测定仪校准规范

Calibration Specification for Tester for
Determining Expansion of Cement Le Chatelier Needles

2025-03-14 发布

2025-05-15 实施

广西壮族自治区市场监督管理局发布

水泥雷氏夹膨胀测定仪 校准规范

JJF(桂)157—2025

Calibration Specification for Tester for
Determining Expansion of Cement Le
Chatelier Needles

归口单位：广西壮族自治区市场监督管理局
起草单位：广西壮族自治区计量检测研究院

本规范委托广西壮族自治区计量检测研究院负责解释

本规范主要起草人：

冯少波（广西壮族自治区计量检测研究院）

覃雨婷（广西壮族自治区计量检测研究院）

梁 正（广西壮族自治区计量检测研究院）

曾庆祥（广西壮族自治区计量检测研究院）

参加起草人：

陈 洁（广西壮族自治区计量检测研究院）

梁艳雯（广西壮族自治区计量检测研究院）

广西市场监管

目 录

引言(II)

1 范围(1)

2 引用文献(1)

3 概述(1)

4 计量特性(2)

4.1 标尺测量范围和分度值(2)

4.2 砝码质量(2)

4.3 膨胀值标尺(2)

4.4 弹性标尺(2)

4.5 模座圆弧半径(2)

4.6 悬丝直径(2)

5 校准条件(2)

5.1 环境条件(2)

5.2 测量标准器及其他设备(2)

6 校准项目和校准方法(3)

6.1 校准项目(3)

6.2 校准方法(3)

7 校准结果表达(4)

8 复校时间间隔(5)

附录 A 水泥雷氏夹膨胀测定仪校准结果不确定度评定方法示例(6)

附录 B 砝码质量测量的不确定度评定方法示例(8)

附录 C 弹性标尺校准结果不确定度评定方法示例(10)

附录 D 水泥雷氏夹膨胀测定仪校准记录（推荐）格式(12)

附录 E 水泥雷氏夹膨胀测定仪校准证书内页格式(13)

引 言

本规范依据 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、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》要求编写。

本规范为首次制定。

广西市场监管局

水泥雷氏夹膨胀测定仪校准规范

1 范围

本规范适用于水泥安定性试验用雷氏夹膨胀测定仪（以下简称雷氏夹测定仪）的校准。

2 引用文献

GB/T 1346 水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法

JC/T 962 雷氏夹膨胀测定仪

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

3 概述

雷氏夹测定仪是对水泥安定性试验用雷氏夹进行校准的专用仪器，通过雷氏夹测定仪测量雷氏夹指针膨胀值，正确反映水泥、混凝土等材料的物理性能。雷氏夹测定仪主要由测弹性和测膨胀值的两个标尺和机架组成，配有一个 300g 的专用砝码，结构示意图见图 1。

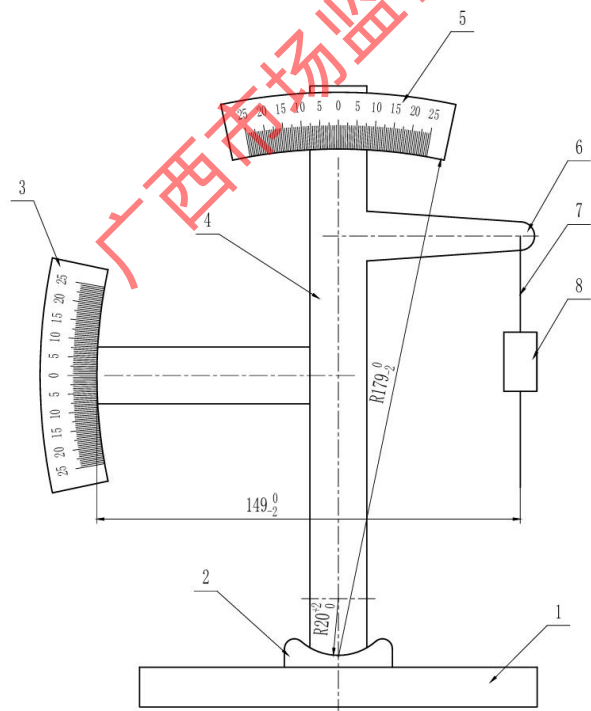


图 1 雷氏夹测定仪结构示意图

1—底座；2—模座；3—弹性标尺；4—立柱；5—膨胀值标尺；6—悬臂；

7—悬丝；8—砝码。

4 计量特性

4.1 标尺测量范围和分度值

弹性标尺和膨胀值标尺的测量范围不小于±25mm，分度值为0.5mm，标尺刻度相对误差不超过±2%。

4.2 砝码质量

砝码质量(300±0.1)g。

4.3 膨胀值标尺

膨胀值标尺基线圆弧半径为179⁰₋₂mm。

4.4 弹性标尺

弹性标尺刻度基线圆弧半径为149⁰₋₂mm。

4.5 模座圆弧半径

模座圆弧半径为20⁺²₀mm。

4.6 悬丝直径

悬丝的直径小于0.4mm。

注：雷氏夹测定仪各项计量特性指标不适用于合格性判定，仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

环境温度：(23±5)℃，湿度：≤85%RH。

5.2 测量标准器及其他设备

雷氏夹测定仪校准用标准器见表1。

表1 雷氏夹测定仪校准用标准器

序号	校准用标准器	
	仪器名称	计量性能要求
1	读数显微镜	测量范围：0mm～6mm，分度值：0.01mm
2	电子天平	测量范围不小于400g，分度值：1mg
3	游标卡尺	MPE:±0.03mm
4	线纹钢直角尺	MPE:±0.3mm
5	半径规	半径分别为20mm和22mm，MPE:±42μm
注：允许使用相同或者更优计量性能的标准器替代。		

6 校准项目和校准方法

校准前首先检查雷氏夹测定仪外观清洁，仪器各部件应完好无破损。

6.1 校准项目

雷氏夹测定仪校准项目见表 2。

表 2 校准项目

序号	校准项目
1	标尺刻度相对误差
2	砝码质量
3	标尺基线圆弧半径
4	模座圆弧半径
5	悬丝直径

6.2 校准方法

6.2.1 标尺刻度相对误差

用读数显微镜测量，将雷氏夹测定仪平放在桌面或平台上，在标尺上依次选取左、中、右三个读数范围不小于 5 mm 的区域，首先将读数显微镜放置在膨胀值标尺或弹性标尺上，沿标尺内缘选定一个读数范围（ L_i ），再读出该数值范围在读数显微镜上的读数（ L'_i ），然后根据公式（1）计算出该位置的标尺刻度相对误差：

$$B_i = \frac{L_i - L'_i}{L'_i} \times 100\% \tag{1}$$

式中： B_i ——读数范围的刻度相对误差，%；

L_i ——雷氏夹测定仪标尺读数绝对值，mm；

L'_i ——读数显微镜的读数，mm。

取三个测量值的相对误差最大值作为校准结果。

每个区域的 B_i 都应满足 4.1 的要求。同样可检测弹性标尺的刻度相对误差。

6.2.2 砝码质量

采用直接测量法，在每次测量之前，应将天平示值置零，在天平称量盘中间加载砝码，稳定后记录天平的示值，重复测量 3 次，取平均值为校准结果。

6.2.3 膨胀值标尺

膨胀值标尺基线圆弧半径用线纹钢直角尺测量，测量模座圆弧最底端到标尺基线两端和

中间共三点的基线圆弧半径，取平均值。

6.2.4 弹性标尺

弹性标尺基线圆弧半径用线纹钢直角尺测量，将线纹钢直角尺平面紧贴立柱正面,其中一条直角边竖直对准悬丝孔的内侧，另一条量程大于 150 mm 的直角边呈水平状态，并对准弹性标尺的零刻度，然后读出悬丝孔内侧至弹性标尺零刻度基线的水平距离 S_1 ，再用游标卡尺测出悬丝孔直径 d ，悬丝孔中心线至弹性标尺零刻度基线的距离 S 按公式（2）计算：

$$S = S_1 + \frac{d}{2} \quad (2)$$

式中： S ——悬丝孔中心线至弹性标尺零刻度基线的距离，mm；

S_1 ——悬丝孔内侧至弹性标尺零刻度基线的水平距离，mm；

d ——悬丝孔直径，mm。

6.2.5 模座圆弧半径

用半径规直接测量，测量 3 次，取平均值为校准结果。

6.2.6 悬丝直径

用游标卡尺测量前端、中段、末端三点，取平均值为校准结果。

7 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映。校准证书至少应包含以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 实施校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 送校单位的名称和地址；
- f) 被校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，应说明被校对象的接收日期；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对抽样程序进行说明；
- i) 对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) 校准证书报告签发人的签名、职务或等效标识以及签发日期;
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- p) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书的声明。

8 复校时间间隔

复校时间间隔的长短由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等因素决定。送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔, 建议不超过 1 年。更换重要部件、维修、重新安装或对仪器性能有怀疑时, 应随时校准。

广西市场监管局

附录 A

水泥雷氏夹膨胀测定仪校准结果不确定度评定方法示例

A.1 标尺刻度相对误差的测量不确定度评定

A.1.1 测量模型

标尺刻度相对误差的计算公式：

$$B_i = \frac{L_i - L'_i}{L'_i} \times 100\% \quad (\text{A.1})$$

式中：\$B_i\$——读数范围的刻度相对误差，%；

\$L_i\$——雷氏夹测定仪标尺读数绝对值，mm；

\$L'_i\$——读数显微镜的读数，mm。

A.1.2 灵敏系数

$$c_1 = \frac{\partial B_i}{\partial L_i} = \frac{1}{L'_i}; c_2 = \frac{\partial B_i}{\partial L'_i} = -\frac{L_i}{L'^2_i} \quad (\text{A.2})$$

A.1.3 标准不确定度评定

A.1.3.1 由示值重复性引入的标准不确定度 \$u_1\$

采用 A 类方法评定。用读数显微镜对雷氏夹测定仪标尺读数范围 5 mm 的区域进行重复测量，共测量 10 次，结果如表 A.1 所示：

表 A.1 读数显微镜重复性测量数据

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
读数/mm	4.94	4.95	4.94	4.93	4.95	4.94	4.95	4.96	4.95	4.94	4.945

$$\text{由贝塞尔公式得实验标准偏差为：} s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.008 \text{ mm} \quad (\text{A.3})$$

按照本规范要求，在实际校准过程中以单次测得值的作为校准结果，则

$$u_1 = s(x) = 0.008 \text{ mm} \quad (\text{A.4})$$

A.1.3.2 读数显微镜示值误差引入的标准不确定度 \$u_2\$

采用 B 类方法评定。本规范规定校准用的读数显微镜分度值 0.01mm，最大允许误差为 ±0.01mm，按均匀分布，\$k = \sqrt{3}\$，则：

$$u_2 = \frac{0.01}{\sqrt{3}} = 0.006 \text{ mm} \quad (\text{A. 5})$$

A. 1. 4 标准不确定度分量一览表

雷氏夹测定仪校准各不确定度分量如表 A. 2:

表 A. 2 标准不确定度分量一览

标准不确定度 u_i	来源	不确定度数值 (mm)	灵敏系数 c_i	灵敏系数值 (1/mm)	$ c_i \cdot u_i $ (%)
u_1	测量重复性	0.008	$c_1(\frac{1}{L_i})$	0.2022	0.17
u_2	标准器示值 误差	0.006	$c_2(-\frac{L_i}{L_i^2})$	0.2045	0.12

A. 1. 5 合成标准不确定度计算

由于各分量彼此独立不相关，则雷氏夹测定仪标尺刻度误差的合成标准不确定度为：

$$u_c(\delta) = \sqrt{(c_1 u_1)^2 + (c_2 u_2)^2} = 0.21\% \quad (\text{A. 6})$$

A. 1. 6 扩展不确定度计算

取包含因子 $k=2$ ，则标尺刻度的扩展不确定度：

$$U = k \cdot u_c = 2 \times 0.21\% = 0.42\% \quad (\text{A. 7})$$

附录 B

砝码质量测量的不确定度评定方法示例

B.1 砝码质量测量的不确定度评定

B.1.1 测量模型

$$m_A = \overline{\Delta m} \quad (\text{B.1})$$

式中： m_A — 砝码的质量测量值，g；

$\overline{\Delta m}$ — 被测砝码平均质量测量值，g；

B.1.2 方差和传播系数

根据：
$$u_c^2 = \sum \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i) \quad (\text{B.2})$$

得：
$$u^2(m_A) = c^2(\overline{\Delta m}) u^2(\overline{\Delta m}) \quad (\text{B.3})$$

式中：
$$c(\overline{\Delta m}) = \frac{\partial f}{\partial \Delta m} = 1 \quad (\text{B.4})$$

B.1.3 砝码质量测量的各标准不确定度评定

包括电子天平的测量重复性引入的标准不确定度 $u_w(\overline{\Delta m})$ ，空载化整误差引入的标准不确定度 u_{d0} 、加载化整误差引入的标准不确定度 u_{dL} 以及偏载引入的标准不确定度 $u(I_{ecc})$ 。

B.1.3.1 测量重复性引入的标准不确定度 $u_w(\overline{\Delta m})$

测量过程的标准不确定度 $u_w(\overline{\Delta m_c})$ 是质量差值的标准偏差。由于是测量结果为 3 次测量平均值，因此 $u_w(\overline{\Delta m_c}) = s(\Delta m) / \sqrt{3}$ 。

对砝码分别连续测量 10 次得到一组数据，结果如表 B.1：

表 B.1 300g 砝码重复测量数据

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
质量差值 (g)	0.002	0.005	0.006	0.003	0.007	0.006	0.007	0.002	0.005	0.002

$$u_w(\overline{\Delta m}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta m_i - \overline{\Delta m})^2}{3(10-1)}} = 1.19 \text{ (mg)} \quad (\text{B.5})$$

B.1.3.2 空载化整误差引入的标准不确定度 u_{d0}

对于实际分度值 $d=1\text{mg}$ 的数字式衡量仪器，由空载化整误差引入的标准为：

$$u_{d0} = \left(\frac{d}{2\sqrt{3}} \right) = 0.29 \text{ mg} \quad (\text{B. 6})$$

B.1.3.3 加载化整误差引入的标准不确定度 u_{dL}

对于实际分度值 $d=1\text{mg}$ 的数字式衡量仪器，由加载化整误差引入的标准为：

$$u_{dL} = \left(\frac{d}{2\sqrt{3}} \right) = 0.29 \text{ mg} \quad (\text{B. 7})$$

B.1.3.4 偏载引入的标准不确定度 $u(I_{\text{ecc}})$

偏载试验砝码在不同载荷位置的最大示值误差 $|\Delta I_{\text{ecc}}|_{\text{max}}$ 为 0.006g ，由偏载引入的标准不确定度为：

$$u(I_{\text{ecc}}) = \left(\frac{|\Delta I_{\text{ecc}}|_{\text{max}}}{2\sqrt{3}} \right) = 1.73 \text{ mg} \quad (\text{B. 8})$$

B.1.4 各标准不确定度汇总

各标准不确定度汇总如表 B.2

表 B.2 各标准不确定度分量汇总

序号	各测量不确定度分量	u_i / mg	$ c_i $
1	测量重复性引入的标准不确定度 $u_w(\overline{\Delta m})$	1.19	1
2	空载化整误差引入的标准不确定度 u_{d0}	0.29	1
3	加载化整误差引入的标准不确定度 u_{dL}	0.29	1
4	偏载引入的标准不确定度 $u(I_{\text{ecc}})$	1.73	1

B.1.5 合成标准不确定度

合成以上的 4 个标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_w^2(\overline{\Delta m}) + u_{d0}^2 + u_{dL}^2 + u^2(I_{\text{ecc}})} = 2.1 \text{ mg} \quad (\text{B. 9})$$

B.1.6 扩展不确定度

$$U = k \cdot u_c = 2 \times 2.1 = 4 \text{ mg} \quad (\text{B. 10})$$

附录 C

弹性标尺校准结果不确定度评定方法示例

C.1 弹性标尺基线圆弧半径相对误差的测量不确定度评定

C.1.1 测量模型

弹性标尺基线圆弧半径相对误差的计算公式：

$$S = S_1 + \frac{d}{2} \quad (\text{C.1})$$

式中：\$S\$——悬丝孔中心线至弹性标尺零刻度基线的距离，mm；

\$S_1\$——悬丝孔内侧至弹性标尺零刻度基线的水平距离，mm；

\$d\$——悬丝孔直径，mm。

C.1.2 灵敏系数

$$c_1 = \frac{\partial S}{\partial S_1} = 1; c_2 = \frac{\partial S}{\partial d} = \frac{1}{2} \quad (\text{C.2})$$

C.1.3 标准不确定度评定

C.1.3.1 悬丝孔内侧至弹性标尺零刻度基线的水平距离测量的标准不确定度

C.1.3.1.1 由示值重复性引入的标准不确定度 \$u_1(S_1)\$

采用 A 类方法评定。用 \$d=0.1\text{mm}\$ 线纹钢直角尺对雷氏夹测定仪悬丝孔内侧至弹性标尺零刻度基线的水平距离进行重复测量，共测量 10 次，结果表 C.1 所示：

表 C.1 水平距离的重复性测量数据

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
读数/mm	147.8	147.9	148.0	147.8	147.9	147.8	147.8	148.0	147.9	147.8	147.87

$$\text{由贝塞尔公式得实验标准偏差为：} s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.08 \text{ mm} \quad (\text{C.3})$$

按照本规范要求，在实际校准过程中以 3 次平均值作为校准结果，则

$$u_1(S_1) = \frac{s(x)}{\sqrt{3}} = 0.05 \text{ mm} \quad (\text{C.4})$$

C.1.3.1.2 线纹钢直角尺示值误差引入的标准不确定度 \$u_2\$

采用 B 类方法评定。本规范规定校准用的线纹钢直角尺，最大允许误差为 \$\pm 0.3\text{mm}\$，按

均匀分布， $k=\sqrt{3}$ ，则：

$$u_2(d)=\frac{0.3}{\sqrt{3}}=0.173\text{ mm}\tag{C.5}$$

C.1.3.2 悬丝孔直径测量的标准不确定度

由于悬丝孔直径测量引入的不确定度远远小于 C.1.3.1 的不确定度，故此不确定度忽略不计。

C.1.4 标准不确定度分量一览表

雷氏夹测定仪校准各不确定度分量如表 C.2：

表 C.2 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量 u_i	来源	不确定度数值 (mm)	灵敏系数 c_i	灵敏系数值	$ c_i \cdot u_i $ (mm)
$u_1(S_1)$	测量重复性	0.05	$c_1\left(\frac{\partial S}{\partial S_1}\right)$	1	0.05
$u_2(d)$	标准器示值误差	0.17	$c_2\left(\frac{\partial S}{\partial d}\right)$	0.5	0.09

C.1.5 合成标准不确定度计算

由于各分量彼此独立不相关，则雷氏夹测定仪标尺刻度误差的合成标准不确定度为：

$$u_c(S)=\sqrt{(c_1u_1)^2+(c_2u_2)^2}=0.10\text{ mm}\tag{C.6}$$

C.1.6 扩展不确定度计算

取包含因子 $k=2$ ，则标尺刻度的扩展不确定度：

$$U=k \cdot u_c(S)=2 \times 0.10=0.2\text{ mm}\tag{C.7}$$

附录 D

水泥雷氏夹膨胀测定仪校准记录（推荐）格式

委托单位			证书编号			
器具名称			温 度	℃	湿 度	%RH
型号规格			校准地点			
出厂编号			校准依据			
生产厂家			标准器			
外观检查			标准器型号编号			
校准日期	年	月	日	标准器证书号		

序号	校准项目		校准结果				相对 误差 (%)	扩展不确定度 ($k=2$)
			1	2	3	平均值		
1	标尺测量范围 和分度值 (mm)	膨胀值标尺						
		弹性标尺						
2	标尺刻度 相对误差 (mm)	膨胀值标尺						
		弹性标尺						
3	砝码质量 (g)							
4	膨胀值标尺 基线圆弧半径 (mm)	S_1						
		d						
		$S = S_1 + d$						
5	弹性标尺 基线圆弧半径 (mm)	S_2						
		d'						
		$S' = S_2 + d'$						
6	模座圆弧半径 (mm)	R						
7	悬丝直径 (mm)	D						

校准员：	核验员：
------	------

附录 E

水泥雷氏夹膨胀测定仪校准证书内页格式

序号	校准项目		校准结果	扩展不确定度 ($k=2$)
1	标尺测量范围和分度值	膨胀值标尺		
		弹性标尺		
2	标尺刻度相对误差	膨胀值标尺		
		弹性标尺		
3	砝码质量			
4	膨胀值标尺基线圆弧半径			
5	弹性标尺基线圆弧半径			
6	模座圆弧半径			
7	悬丝直径			

JJF (桂) 157-2025

广西市场监管局

广西壮族自治区

地方计量技术规范

水泥雷氏夹膨胀测定仪校准规范

JJF (桂) 157-2025

广西壮族自治区市场监督管理局颁布