



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) 249—xxxx

玻璃弯曲度测试仪校准规范

Calibration Specification for Glass Bending Degree Testers

(报批稿)

×××××-××-××发布

×××××-××-××实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

玻璃弯曲度测试仪校准规范

Calibration Specification for Glass Bending

Degree Testers

JJF(建材)249—xxxx

归口单位：中国建筑材料联合会

主要起草单位：中国电子工程设计院有限公司

参加起草单位：中电投工程研究检测评定中心有限公司

北方测盟（北京）科技有限公司

中测筑安（陕西）工程科技有限公司

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：

徐海涛（中国电子工程设计院股份有限公司）

李盼伟（中电投工程研究检测评定中心有限公司）

覃晓敏（中电投工程研究检测评定中心有限公司）

李晓齐（中国电子工程设计院股份有限公司）

参加起草人：

易宝彤[北方测盟（北京）科技有限公司]

王智宇（中电投工程研究检测评定中心有限公司）

刘伯栋[中测筑安（陕西）工程科技有限公司]

杨兵辉[北方测盟（北京）科技有限公司]

目录

引 言.....	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 概述.....	(1)
4 计量特性.....	(1)
5 校准条件.....	(2)
5.1 环境条件.....	(2)
5.2 测量标准.....	(2)
6 校准项目和校准方法.....	(2)
6.1 外观检查.....	(2)
6.2 位移示值误差.....	(2)
6.3 测量重复性.....	(3)
6.3 弯曲度示值误差.....	(3)
7 校准结果表达.....	(5)
8 复校时间间隔.....	(6)
附录 A 校准记录参考格式.....	(7)
附录 B 位移示值误差校准结果不确定度评定示例.....	(8)
附录 C 弯曲度示值误差校准结果不确定度评定示例.....	(11)

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》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范主要参考了 GB 11614-2022《平板玻璃》、GB/T 15763.2-2025《建筑用安全玻璃 第2部分：钢化玻璃》、GB/T 15763.4-2025《建筑用安全玻璃 第4部分：均质钢化玻璃》的术语、试验方法等内容制定。

本规范为首次发布。

玻璃弯曲度测试仪校准规范

1 范围

本规范适用于测量平板玻璃、钢化玻璃、均质钢化玻璃等建筑平板玻璃弓形弯曲度、波形弯曲度玻璃弯曲度测试仪（以下简称“测试仪”）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB 11614-2022 平板玻璃

GB/T 15763.2-2025 建筑用安全玻璃 第 2 部分：钢化玻璃

GB/T 15763.4-2025 建筑用安全玻璃 第 4 部分：均质钢化玻璃

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

测试仪是一种通过接触方式，测量玻璃表面相对于理想平面的局部或整体偏离量，并计算弓形弯曲度、波形弯曲度的专用测量仪器。用于 GB 11614-2022、GB/T 15763.2-2025、GB/T 15763.4-2025 弯曲度的测试。示意图见图 1。

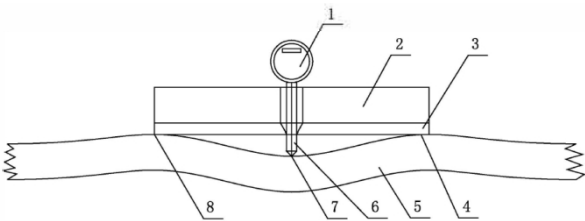


图 1 玻璃弯曲度测试仪示意图

1—位移显示仪表；2—测量装置主体；3—基准梁；4、8—玻璃波峰；5—样品；
6—位移传感器；7—玻璃波谷

4 计量特性

4.1 位移计量特性见表 1

表 1 位移计量特性

参数名称	技术指标
示值误差	(0~10) mm: MPE: ±0.02mm (分辨力: 0.01mm) (0~10) mm: MPE: ±0.007mm (分辨力: 0.001mm)

重复性	$\leq 0.01\text{mm}$ (分辨力: 0.01mm) $\leq 0.001\text{mm}$ (分辨力: 0.001mm)
注: 以上指标不作为合格判定依据, 仅供参考。	

4.2 弯曲度计量特性见表 2

表 2 弯曲度的计量特性

参数名称	技术指标	
示值误差	弓形弯曲度	$\pm 0.02\%$ (实测值误差)
	波形弯曲度	$\pm 0.02\%$ (实测值误差)
注: 以上指标不作为合格判定依据, 仅供参考。		

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 环境温度: $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。

5.1.2 相对湿度: $\leq 80\%$ 。

5.1.3 其他条件: 校准应在无强震动, 无强气流, 无强电磁干扰环境中进行。

5.2 测量标准

测量标准器及其他设备技术要求见表 2。

表 2 测量标准器及其他设备技术要求

序号	名称	测量范围	技术要求	用途
1	量块	$(0.5 \sim 100)\text{mm}$	3 级或 5 等	计位移示值误差、计位移示值误差重复性、弯曲度示值误差
2	钢卷尺	$(0 \sim 5)\text{m}$	II 级	弯曲度示值误差
3	平板	平板尺寸长边长不小于 1m	2 级	计位移示值误差、计位移示值误差重复性、弯曲度示值误差

6 校准项目和校准方法

6.1 外观检查

目视检查仪器外观, 不应有影响计量特性的机械损伤。各按键、开关功能正常, 显示清晰。通电后能正常启动和工作。

6.2 位移示值误差

在仪器量程内选定 0.5mm、2mm、4mm、6mm、8mm、10mm 共 6 个检测点。将两块 10mm

量块置于 2 级平板，使测试仪基准梁架设于量块顶面；调整位移传感器测头，使其垂直接触量块上表面中心，依次采集各测点位移示值。每点重复测量 3 次，以算术平均值作为最终检测结果。校准方法示意图见图 2。

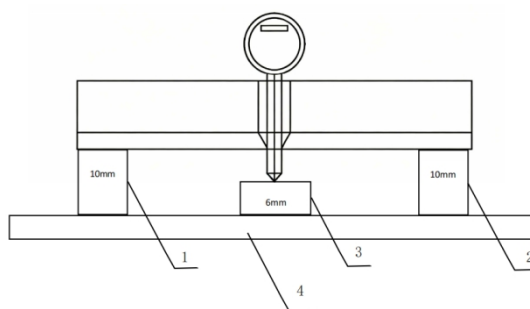
$$\Delta = L_i - L_s \quad (1)$$

式中：

Δ ——示值误差，mm；

L_i ——仪器位移示值的平均值，mm；

L_s ——量块的标称值，mm。



1、2——10mm 量块；

3——5mm 量块；

4——平板。

图 2 校准方法示意图

6.3 重复性

选择一块尺寸为 5mm 的量块操作步骤按照 7.2 位移示值误差校准方式操作，重复测量 10 次，记录位移示值。按(2)式计算 10 次结果的实验标准偏差 s ，作为单次重复性结果。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (L_i - \bar{L})^2}{n-1}} \quad (2)$$

6.4 弯曲度示值误差

6.4.1 弓形弯曲度测量

将两块相同尺寸的量块为 H_1 ，平行放置于平板两端，两块量块之间的距离 L 为弦

长，在弦长中心点放置第三块量块为 H_2 ， h 为模拟的弓高。将测试仪架于两端量块上测量弯曲度。

弓高 h 按 (3) 式计算，弯曲度的标准值按 (4) 式计算，示值误差按 (5) 式计算。应至少模拟两个不同弯曲度值（如 0.1%、0.3%）进行校准。

$$h_g = H_2 - H_1 \quad (3)$$

式中：

h_g ——模拟的弓高，mm；

$$C_{sg} = (h_g / L) \times 100\% \quad (4)$$

式中：

C_{sg} ——弯曲度的标准值，%；

L ——模拟的弦长，mm。

$$\Delta C_g = C_{ig} - C_{sg} \quad (5)$$

式中：

ΔC_g ——弯曲度的示值误差，%；

C_{sg} ——弯曲度的标准值，%；

C_{ig} ——记录仪显示的弓形弯曲度，%。

6.4.2 波形弯曲度测量

将两块相同尺寸的量块为 H_1 ，平行放置于平板两端，两块量块之间的距离 L 为弦长，在弦长中心点放置第三块量块为 H_2 ， h 为模拟的波谷。将测试仪架于两端量块上测量弯曲度。波谷 h 按 (6) 式计算，弯曲度的标准值按 (7) 式计算，示值误差按 (8) 式计算。应至少模拟两个不同弯曲度值（如 0.1%、0.3%）进行校准。

$$h_b = H_1 - H_2 \quad (6)$$

式中：

h_b ——模拟的波谷，mm；

$$C_{sb} = (h_b / L) \times 100\% \quad (7)$$

式中：

C_{sb} ——弯曲度的标准值，%；

L ——模拟的弦长，mm。

$$\Delta C_b = C_{ib} - C_{sb} \quad (8)$$

式中：

ΔC_b ——弯曲度的示值误差，%；

C_{sb} ——弯曲度的标准值，%；

C_{ib} ——记录仪显示的弓形弯曲度，%。

7 校准结果表达

经校准的玻璃弯曲度测试仪应出具校准证书，校准证书应至少包括以下信息：

- 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

建议复校间隔时间为 12 个月, 由于复校时间的长短玻璃弯曲度测试仪的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素决定, 因此用户可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

校准记录参考格式

仪器信息									
名称				型号					
编号				厂家					
校准信息									
证书 编号				温度			湿度		
校准 日期				校准 依据					
标准器信息									
名称	型号		计量性能			溯源单位			
校准信息									
1. 外观与功能检查：									
2. 位移示值误差校准（单位：mm）：									
标准值 L _s	示值 1	示值 2	示值 3	平均值	示值误差				
0.5									
2									
4									
6									
8									
10									
3. 弯曲度示值误差校准（单位：%）：									
弯曲类型		标准值 C _s		仪器示值 C _i			示值误差 ΔC		
弓形弯曲度									
波形弯曲度									
4. 测量重复性（mm）：									
测量值									
重复性									

附录 B

位移示值误差校准结果不确定度评定示例

B.1 概述

被校对象：名称：玻璃弯曲度测试仪，规格：YC-C01-1000

测量标准：4 等量块，2 级平板。

环境条件：温度：（20±5）℃、相对湿度：≤80 %。

校准方法：按照 6.2 位移示值误差校准方法。

校准点：5mm

B.2 数学模型

$$\Delta = L_i - L_s \quad (\text{B.1})$$

式中：

Δ ——示值误差，mm；

L_i ——仪器位移示值的平均值，mm；

L_s ——量块的标称值，mm。

对公式（B.1） L_i 、 L_s 分量求偏导，得各分量的灵敏系数：

$$c_i = \frac{\partial \Delta}{\partial L_i} = 1$$

$$c_s = \frac{\partial \Delta}{\partial L_s} = -1$$

B.3 标准不确定度分量评定

影响测量不确定度的主要来源有：被校准仪器的测量重复性引入的标准不确定度、被校准仪器的分辨力引入的标准不确定度、标准量块标称值引入的标准不确定度。

B.3.1 被校准仪器测量重复性引入的标准不确定度 $u(L_i)$

在重复性条件下用测试仪对 5.000 mm 量块重复测量 10 次，得到数据列（单位：mm）：5.003, 5.004, 5.002, 5.004, 5.003, 5.002, 5.005, 5.003, 5.004, 5.003。

算术平均值： $\bar{L}_i = 5.0033\text{mm}$ 。

$$\text{单次实验标准差: } s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (L_i - \bar{L})^2}{n-1}} \approx 0.00092\text{mm}$$

实际校准过程中以 3 次测量的平均值作为结果，故：

$$u(L_i) = \frac{s}{\sqrt{3}} = \frac{0.00092}{\sqrt{3}} \approx 0.00053\text{mm}$$

B.3.2 被校准仪器分辨力引入的标准不确定度分量 $u(L_{i,res})$

测试仪位移显示分辨力为 0.001mm ，不确定度区间半宽为 0.0005mm ，按均匀分布处理，则分辨力引入的标准不确定度：

$$u_2 = 0.0005 / \sqrt{3} = 0.0003$$

由于 $u(L_i) > u(L_{i,res})$ ，且重复性已包含分辨力的影响，因此只取较大的分量 $u(L_i)$ 。

B.3.3 标准量块引入的标准不确定度 $u(L_s)$

B.3.3.1 量块校准值的不确定度 u_1

量块校准证书给出： $L_s = 5.0000\text{mm}$ ，扩展不确定度 $U = 0.20\mu\text{m}$ ，包含因子 $k=2$ 。

$$u_1 = \frac{U}{k} = \frac{0.0002}{2} = 0.0001\text{mm}$$

B.3.3.2 量块中心长度变动量引入的不确定度 u_2

对于 4 等量块（ 5mm ），其中长度变动量的允许误差值约为 $0.30\mu\text{m}$ ，变动量可能使测量点偏离中心，该影响以半宽区间 $0.15\mu\text{m}$ 的均匀分布估计。

$$u_2 = \frac{0.00015}{\sqrt{3}} \approx 0.000087\text{mm}$$

B.3.3.3 温度偏差引入的不确定度 u_3

实验室温度控制在 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，量块线膨胀系数 $\alpha = 11.5 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ ， $L_s = 5\text{mm}$ 。假设温度与 20°C 最大偏差为 $\pm 5^\circ\text{C}$ ，且服从均匀分布，则

$$u_3 = \frac{L_s \cdot \alpha \cdot \Delta T}{\sqrt{3}} = \frac{5 \times 11.5 \times 10^{-6} \times 5}{\sqrt{3}} \approx 0.000166 \text{mm}$$

合成 $u(L_s) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} \approx 0.0002 \text{mm}$ 。

B.4 合成标准不确定度

由于 L_i 、 L_s 不相关，根据模型可知，其灵敏系数均为 1。

$$u_c = \sqrt{u^2(L_i) + u^2(L_s)} = \sqrt{0.00053^2 + 0.0002^2} \approx 0.00057 \text{mm}$$

B.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则位移示值误差在 5.000mm 点校准结果扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.00057 \approx 0.0012 \text{mm}$$

附录 C

弯曲度示值误差校准结果不确定度评定示例

C.1 概述

被校对象：名称：玻璃弯曲度测试仪，规格：YC-C01-1000。

测量标准：4 等量块，2 级平板，II 级钢卷尺。

环境条件：温度：(20±5)℃、相对湿度：≤80 %。

校准方法：按照 6.4.弯曲度示值误差校准方法。

校准点：模拟 $C_s = 0.1\%$ ， $L=1000.0\text{mm}$ ， $H_1=5.000\text{mm}$ ，则 $h=1.000\text{mm}$ ， $H_2=6.000\text{mm}$ 。

C.2 数学模型

$$\Delta C = C_i - C_s \quad (\text{C.1})$$

式中：

ΔC ——弯曲度示值误差，%；

C_i ——仪器显示的弓形弯曲度，%；

C_s ——弯曲度的标准值，%；

其中 $C_s = (h/L) \times 100\%$ ，测量时 $h=H_2-H_1$ ， H_1 和 H_2 为量块尺寸， L 为弦长，所以模型可转化为：

$$\Delta C = C_i - \frac{H_2 - H_1}{L} \times 100\%$$

C.3 标准不确定度分量评定

影响测量不确定度的主要来源有：被校准仪器被校仪器弯曲度示值重复性引入的标准不确定度，两端量块和中心量块标称值引入的不确定度（同 B.1 中量块引入的不确定度），弦长测量引入的不确定度。

C.3.1 被校准仪器被校仪器弯曲度示值重复性引入的 $u(C_i)$

在重复性条件下模拟弓形弯曲度重复测量 10 次，得到数据列（单位：%）：0.101，0.099，0.102，0.100，0.098，0.101，0.100，0.102，0.099，0.100。

算术平均值： $\bar{C}_i = 0.1002\%$ 。

$$\text{单次实验标准差: } s_C = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (C_i - \bar{C}_i)^2}{n-1}} \approx 0.0012\%$$

实际校准过程中以单次测量的平均值作为结果，故：

$$u(C_i) = s_C = 0.0012\%$$

$$u(C_i)_{\text{rel}} = \frac{s_C}{0.1\%} = 1.2\%$$

C.3.2 量块尺寸引入的不确定度分量 $u(H_1)$ 和 $u(H_2)$

参考 B.3.3.1，对于 5mm 和 6mm 的 2 级量块，考虑校准不确定度，中心长度偏差和温度影响，其标准不确定度近似相等，估计 $u(H) \approx 0.0002 \text{ mm}$ 。

由于 $h = H_2 - H_1$ ， H_1 和 H_2 不相关，则 h 的标准不确定度为：

$$u(h) = \sqrt{u^2(H_1) + u^2(H_2)} = \sqrt{2 \times 0.0002^2} \approx 0.00028 \text{ mm}$$

该分量对 C_s 的相对标准不确定度为：

$$u_{\text{rel}}(h) = \frac{u(h)}{h} = \frac{0.00028 \text{ mm}}{1.000 \text{ mm}} \times 100\% = 0.028\%$$

C.3.3 弦长引入的不确定度 $u(L)$

弦长 $L = 1000.0 \text{ mm}$ ，用钢卷尺测量，最大允许误差为 $\pm 0.5 \text{ mm}$ ，按均匀分布。

$$u(L) = \frac{0.5 \text{ mm}}{\sqrt{3}} \approx 0.289 \text{ mm}$$

该分量对 C_s 的相对标准不确定度为：

$$u_{\text{rel}}(L) = \frac{u(L)}{L} = \frac{0.289 \text{ mm}}{1000.0 \text{ mm}} \times 100\% = 0.029\%$$

C.4 合成标准不确定度 $u_c(\Delta C)$

由于 C_i 、 h 、 L 互不相关。

相对合成标准不确定度：

$$\begin{aligned}u_{\text{crel}}(\Delta C) &= \sqrt{u_{\text{rel}}(C_i)^2 + u_{\text{rel}}^2(h) + u_{\text{rel}}^2(L)} \\&= \sqrt{(1.2\%)^2 + (0.028\%)^2 + (0.029\%)^2} \approx 1.2\%\end{aligned}$$

所以对于弓形弯曲度 $C=0.1\%$ 的合成标准不确定度为：

$$u(\Delta C) = u(\Delta C)_{\text{rel}} \times 0.1\% = 0.0012\%$$

C.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则弓形弯曲度的校准结果扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c(\Delta C) = 2 \times 0.0012\% = 0.0024\%$$