



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）254—XXXX

有釉砖表面耐磨试验机校准规范

Calibration Specification for surface abrasion testers for glazed tiles

（报批稿）

XXXX-XX-XX发布

XXXX-XX-XX实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

有釉砖表面耐磨试验机 校准规范

Calibration Specification for
surface abrasion testers for glazed
tiles

JJF（建材）254—XXXX

归口单位：中国建筑材料联合会

主要起草单位：国检测试控股集团计量检测有限公司

东莞市帝恩检测有限公司

信阳息县产品质量检验检测中心

信阳息县产品质量检验检测中心

参加起草单位：

招商局检测认证（重庆）有限公司

安徽省产品质量监督检验研究院

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：

曾 彪（国检测试控股集团计量检测有限公司）

邰 俊（东莞市帝恩检测有限公司）

王贺华（信阳息县产品质量检验检测中心）

张莹莹（信阳市产品质量检验检测中心）

李 浩（国检测试控股集团计量检测有限公司）

参加起草人：

徐鼎皓〔招商局检测认证（重庆）有限公司〕

郭志强（安徽省产品质量监督检验研究院）

程晓苏（国检测试控股集团计量检测有限公司）

汪 超（国检测试控股集团计量检测有限公司）

丁裕启（国检测试控股集团计量检测有限公司）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(2)
4.1 支承盘转速	(2)
4.2 支承盘转动偏心距	(2)
4.3 标准玻璃磨耗示值误差	(2)
4.4 标准玻璃光泽损耗示值误差	(2)
5 校准条件	(2)
5.1 环境条件	(2)
5.2 测量标准及其他设备	(2)
6 校准项目和校准方法	(3)
6.1 校准前检查	(3)
6.2 支承盘转速	(4)
6.3 支承盘转动偏心距	(4)
6.4 示值误差	(5)
7 校准结果表达	(6)
7.1 校准记录	(6)
7.2 校准证书	(6)
8 复校时间间隔	(7)
附录 A 有釉砖表面耐磨试验机校准记录参考格式	(8)
附录 B 有釉砖表面耐磨试验机校准证书内页参考格式	(10)
附录 C 支承盘转速校准结果测量不确定度评定示例	(11)
附录 D 支承盘转动偏心距校准结果测量不确定度评定示例	(14)
附录 E 标准玻璃磨耗示值误差校准结果测量不确定度评定示例	(18)
附录 F 标准玻璃光泽损耗示值误差校准结果测量不确定度评定示例	(22)

引 言

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》和 JJF 1094—2002《测量仪器特性评定》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 GB/T 1804—2000《一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差》、GB/T 3810.7—2016《陶瓷砖试验方法 第7部分:有釉砖表面耐磨性的测定》和 GB 11614—2022《平板玻璃》编制而成。

本规范为首次发布。

有釉砖表面耐磨试验机校准规范

1 范围

本规范适用于有釉砖表面耐磨试验机的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 3810.7—2016 陶瓷砖试验方法 第7部分：有釉砖表面耐磨性的测定

GB 11614—2022 平板玻璃

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 概述

有釉砖表面耐磨试验机（以下简称“耐磨试验机”）是用于 GB/T 3810.7-2016 测量施釉陶瓷砖表面耐磨性的仪器。其主要由电机、支承盘、试样夹具等组成，基本结构如图 1 所示。通过釉面上放置研磨介质并旋转，对已磨损试样与未磨损试样观察对比，评价陶瓷砖釉面耐磨性能。

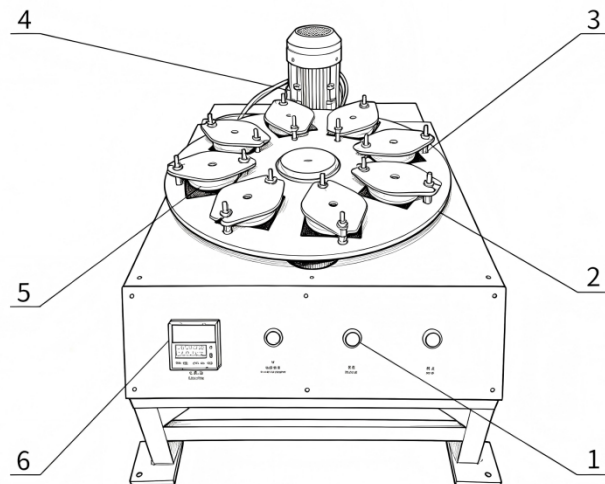


图 1 有釉砖表面耐磨试验机结构示意图

1—启动按钮；2—支承盘；3—试样夹具；4—电机；5—橡胶垫；6—计数器

4 计量特性

- 4.1 支承盘转速：(300±15) r/min。
- 4.2 支承盘转动偏心距：(22.5±1.0) mm。
- 4.3 标准玻璃磨耗示值误差：±0.002 mg/mm²。
- 4.4 标准玻璃光泽损耗示值误差：±5%。

注：以上所有指标不适用于合格性判别，仅提供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

- 5.1.1 环境温度：(5~35) °C。
- 5.1.2 相对湿度：不大于 85%。
- 5.1.3 其他条件：周围无腐蚀性气体，仪器底部应平稳，无影响正常工作的晃动。

5.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备见表 1。

表 1 测量标准及其他设备

序号	测量标准及其他设备	技术指标	用途
1	转速表	测量范围：(0~500) r/min 准确度等级：0.1 级	支承盘转速
2	指示表	测量范围：(0~50) mm 最大允许误差绝对值：0.08 mm	支承盘转动偏心距
3	电子天平	测量范围：(0~200) g 准确度等级：①级	标准玻璃磨耗示值误差
4	游标卡尺	测量范围：(0~150) mm 最大允许误差：±0.03 mm	
5	标准光泽度计	测量范围：(0~120) GU 测试角度：60° 最大允许误差：±1.0 GU	标准玻璃光泽损耗示值误差

表 1 测量标准及其他设备 (续)

序号	测量标准及其他设备	技术指标	用途
6	标准玻璃试样	符合 GB/T 3810.7-2016 和 GB 11614-2022 要求的无色透明普通级钠钙浮法玻璃; 长度: (100 ± 2) mm; 宽度: (100 ± 2) mm; 厚度: (6 ± 0.2) mm	标准玻璃磨耗示值误差、标准玻璃光泽损耗示值误差
7	其他设备	研磨介质: G200 级钢球, 直径 5 mm 钢球 70 g, 直径 3 mm 钢球 52.5 g, 直径 2 mm 钢球 43.75 g, 直径 1 mm 钢球 1.75 g; 粒度 F80 的刚玉磨料 3g; 三级水(蒸馏水或去离子水)20mL	
8	钢直尺	测量范围: $(0 \sim 200)$ mm 最大允许误差: ± 0.1 mm	支承盘中心与试样中心距离
9	游标卡尺	测量范围: $(0 \sim 150)$ mm 最大允许误差: ± 0.03 mm	试样夹具橡胶层厚度
			试样夹具内部空间高度
			试样夹具内径

6 校准项目和校准方法

6.1 校准前检查

6.1.1 外观检查

耐磨试验机应有铭牌, 标明产品名称、规格型号、出厂编号、制造厂、出厂日期等; 仪器与基座连接应牢固可靠, 运行时无异常碰撞、摩擦现象; 仪器外观加工平整, 部件齐全, 无明显缺损, 开关、按键功能正常, 操作灵活可靠, 电气性能安全可靠。

6.1.2 功能检查性检查

6.1.2.1 计数功能检查

计数器应有复位机构，显示清晰，达到预置次数后能自动停止。

6.1.2.2 支撑盘中心与试样中心距离检查

将试样夹具安置在耐磨试验机上，用钢直尺检查支承盘中心与试样夹具中心孔距离，支承盘中心与试样夹具中心孔距离应满足 (195.0 ± 2.5) mm。

6.1.2.3 试样夹具尺寸检查

用游标卡尺分别对试样夹具橡胶层厚度、试样夹具内部空间高度、试样夹具内径进行检查，试样夹具橡胶层厚度应满足 (9.0 ± 1.0) mm、试样夹具内部空间高度应满足 (25.5 ± 1.0) mm、试样夹具内径应满足 (83.0 ± 1.5) mm。

6.2 支承盘转速

将反光贴贴在耐磨试验机支承盘边缘处，用转速表对准反光贴，开启耐磨试验机，待转速表示值稳定后读取并记录，重复测量三次，根据公式 (1) 计算支承盘转速，结果保留至 0.1 r/min。

$$n = \bar{n} \quad (1)$$

式中：

n ——支承盘转速，r/min；

$\bar{n}$ ——支撑盘转速三次测量平均值，r/min。

6.3 支承盘转动偏心距

拆卸电机扇叶尾盖，手动旋转电机扇叶，将支承盘移动至最右侧附近。用磁性表座固定指示表，指示表测量杆轴线应与支承盘平面平行，将指示表测头自支承盘左侧与支承盘接触并压缩 1mm 至 3mm 位置。继续旋转电机扇叶，读取指示表示值最小值 r_1 和示值最大值 r_2 ，重复测量三次，按公式 (2) 计算支承盘偏心距，结果保留至 0.01 mm。

$$r = \frac{\bar{r}_2 - \bar{r}_1}{2} \quad (2)$$

式中：

r ——支承盘偏心距，mm；

$\bar{r}_1$ ——指示表三次示值最小值的平均值，mm；

$\overline{r_2}$ ——指示表三次示值最大值的平均值，mm。

6.4 示值误差

校准时可选择 6.4.1 或 6.4.2 中任一方法进行。

6.4.1 标准玻璃磨耗示值误差

选择标准玻璃试样，烘干后称取试样质量 m 。将标准玻璃试样保持浮法面朝上安置在试样夹具内，加入研磨介质，耐磨试验机预调转数为 6000 转，对试样进行研磨，达到预调转数后，取下试样，在流动水下冲洗并烘干后分别称取每块试样质量 M 。用卡尺从磨损面互相垂直的方向分别测量每块试样磨损面直径 d ，根据公式 (3) 计算磨损面积 S ，根据公式 (4) 计算磨耗示值误差，选择八块标准玻璃试样，八次测量结果最大值与最小值之差不应超过磨耗最大允许误差，取平均值作为校准结果。

$$S = \frac{\pi \times d^2}{4} \quad (3)$$

$$\Delta_m = H - \frac{(m - M) \times 1000}{S} \quad (4)$$

式中：

Δ_m ——标准玻璃磨耗示值误差，mg/mm²；

d ——试样磨损面直径，mm；

H ——标准玻璃磨耗，根据 GB/T 3810.7 磨耗值 0.032 mg/mm²；

m ——研磨前每块试样的质量，g；

M ——研磨后每块试样的质量，g；

S ——每块试样的磨损面积，mm²。

6.4.2 标准玻璃光泽损耗示值误差

选择标准玻璃试样，在样品浮法面中心位置，测量 60° 镜面光泽 g 。将标准玻璃试样保持浮法面朝上安置在试样夹具内，加入研磨介质，耐磨试验机预调转数为 1000 转，对试样进行研磨，达到预调转数后，取下试样，在流动水下冲洗后擦净并干燥试样，将试样放置在背面衬以黑背衬（如黑丝绒）上，测量浮法面中心位置 60° 镜面光泽 G ，根据公式 (5) 计算光泽损耗，选择八块标准玻璃试样，八次测量结果最大值与最小值之差不应超过光泽损耗最大允许误差，取平均值作为校准结果。

$$\Delta_h = I - \frac{g - G}{g} \quad (5)$$

式中：

Δ_h ——标准玻璃光泽损耗示值误差，%；

I ——标准玻璃光泽损耗，根据 GB/T 3810.7 光泽损耗值 50%；

g ——研磨前每块试样浮法面中心位置 60° 镜面光泽，GU；

G ——研磨后每块试样浮法面中心位置 60° 镜面光泽，GU。

7 校准结果表达

7.1 校准记录

推荐的校准原始记录格式见附录 A

7.2 校准证书

校准证书应包括以下信息：

- (1) 标题：“校准证书”；
- (2) 实验室名称和地址；
- (3) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- (4) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- (5) 客户的名称和地址；
- (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) 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；
- (9) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- (10) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- (11) 校准环境的描述；
- (12) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- (13) 对校准规范的偏离的说明；
- (14) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- (15) 校准结果仅对被校对象有效的声明；

（16）未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

推荐的校准证书内页格式见附录 B。

8 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素所决定的，送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔，建议复校时间间隔为 12 个月。

附录 A

有釉砖表面耐磨试验机校准记录参考格式

记录编号: _____

共 2 页 第 1 页

委托单位: _____ 委托单位地址: _____ 仪器名称: _____

生产厂家: _____ 型号规格: _____ 出厂编号: _____

被校仪器状态(完好“√”): 校准前: _____ 校准后: _____

校准依据: _____ 外观检查: _____

校准条件: 温度: _____℃ 相对湿度: _____% 校准地点: _____

标准器名称	型号规格	出厂编号	测量范围	准确度等级 或最大允许 误差	有效期至	证书编号

1. 功能性检查

1.1 计数功能检查:

1.2 支承盘中心与试样中心距离: 技术要求: $(195 \pm 2.5) \text{ mm}$ 1.3 试样夹具橡胶层厚度: 技术要求: $(9.0 \pm 1.0) \text{ mm}$ 1.4 试样夹具内部空间高度: 技术要求: $(25.5 \pm 1.0) \text{ mm}$ 1.5 试样夹具内径: 技术要求: $(83.0 \pm 1.5) \text{ mm}$

2. 校准项目:

校准项目	技术要求	校准结果				测量不确定 度 ($k=2$)
		I	II	III	平均值	
支承盘转速	$(300 \pm 15) \text{ r/min}$					
支承盘转动偏心距	$(22.5 \pm 1.0) \text{ mm}$					

(续)

共 2 页 第 2 页

3. 标准玻璃磨耗示值误差:								技术要求: $\pm 0.002 \text{ mg/mm}^2$	
试样序号	1	2	3	4	5	6	7	8	
研磨前质量/g									
研磨后质量/g									
磨损面直径/mm	1								
	2								
磨损面直径平均值/mm									
磨损面积/mm ²									
标准玻璃磨耗示值误差 / (mg/mm ²)					测量不确定度 ($k=2$)		U =		
4. 标准玻璃光泽损耗示值误差								技术要求: $\pm 5\%$	
试样序号	1	2	3	4	5	6	7	8	
研磨前 60° 镜面光泽/GU									
研磨后 60° 镜面光泽/GU									
标准玻璃光泽损耗示值误差/(%)					测量不确定度 ($k=2$)		U =		

校准员: _____ 核验员: _____ 校准日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

附录 B

有釉砖表面耐磨试验机校准证书内页参考格式

序号	校准项目	技术要求	校准结果	测量不确定度 ($k=2$)
1	计数功能检查	—		—
2	支承盘中心与试样中心距离/mm	195 ± 2.5		—
3	试样夹具橡胶层厚度/mm	9.0 ± 1.0		—
4	试样夹具内部空间高度/mm	25.5 ± 1.0		—
5	试样夹具内径/mm	83.0 ± 1.5		—
6	支承盘转速/ (r/min)	300 ± 15		
7	支承盘转动偏心距/mm	22.5 ± 1		
8	标准玻璃磨耗示值误差/(mg/mm ²)	± 0.002		
9	标准玻璃光泽损耗示值误差	$\pm 5\%$		

以下空白

附录 C

支承盘转速校准结果测量不确定度评定示例

C.1 概述

参照本规范对有釉砖表面耐磨试验机支承盘转速计量特性和校准方法,在温度 20.3℃,相对湿度 51%的环境条件下,选择测量范围:(0~500) r/min,准确度等级:0.1 级的转速表作为测量标准。对型号为 YDJ-7 的有釉砖表面耐磨试验机的支承盘转速,评定其不确定度。

C.2 测量模型

支承盘转速的测量模型:

$$n = \overline{n_s} \quad (\text{C.1})$$

式中:

n ——支承盘转速测得值, r/min;

$\overline{n_s}$ ——转速表三次测量支承盘转速的算术平均值, r/min。

C.3 方差和灵敏系数

方差:

$$u_c^2(n) = c^2 u^2(\overline{n_s}) \quad (\text{C.2})$$

灵敏系数:

$$c = \frac{\partial n}{\partial \overline{n_s}} = 1$$

C.4 标准不确定度评定

C.4.1 测得值重复性引入的标准不确定度 $u_1(\overline{n_s})$

由输入量 $\overline{n_s}$ 引入的标准不确定度分量主要由测量重复性引入,该示值重复性通过转速表体现,使用 A 类评定方法,被校有釉转表面耐磨试验机支承盘转速进行 10 次重复测量,重复性试验数据见表 C.1:

表 C.1 重复性试验数据

r/min

校准次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
实测值	312.3	312.8	313.2	311.5	314.6	312.7	313.8	312.4	312.6	312.7

根据实验数据得算术平均值

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 312.86 \text{ r/min}$$

单次试验的标准偏差为

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.85 \text{ r/min}$$

校准时取三次测量值的平均值作为校准结果，则测量重复性引入的标准不确定度

$$u_1(\bar{n}_s) = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.491 \text{ r/min}$$

C.4.2 测量标准最大允许误差引入的标准不确定度 $u_2(\bar{n}_s)$

使用 B 类方法评定，测量标准为 0.1 级转速表，测量支承盘转速为 312.86 r/min，其最大允许误差为 ± 0.313 r/min，即区间半宽 $a = 0.313$ r/min，假设服从均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，其标准不确定度 $u_2(\bar{n}_s)$ 为：

$$u_2(\bar{n}_s) = \frac{a}{\sqrt{3}} = 0.181 \text{ r/min}$$

注：由转速表分辨力所引入的不确定度与其他因素引入的不确定度相比贡献量小，故对其引入的不确定度分量忽略不计。

C.4.3 标准不确定度分量及灵敏系数汇总

将上述标准不确定度分量及灵敏系数列入表 C.2。

表 C.2 各项标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度分量 大小 $u_i(\bar{n}_s)$	灵敏系数 $ c_i $	$ c_i \cdot u_i(\bar{n}_s)$
$u_1(\bar{n}_s)$	重复性引入的不 确定度分量	0.491 r/min	1	0.491 r/min

表 C.2 各项标准不确定度分量一览表 (续)

$u_2(\overline{n_s})$	测量标准最大允许误差引入的不确定度分量	0.181 r/min	1	0.181 r/min
-----------------------	---------------------	-------------	---	-------------

C.5 合成标准不确定度 $u_c(n)$

合成标准不确定度为:

$$u_c(n) = \sqrt{c_1^2 u_1^2(\overline{n_s}) + c_2^2 u_2^2(\overline{n_s})} = \sqrt{0.491^2 + 0.181^2} = 0.53 \text{ r/min}$$

C.6 扩展不确定度 U

取包含因子 $k = 2$, 则: $U = k u_c(n) = 2 \times 0.53 = 1.1 \text{ r/min}$

附录 D

支承盘转动偏心距校准结果测量不确定度评定示例

D.1 概述

参照本规范对有釉砖表面耐磨试验机支承盘转动偏心距计量特性和校准方法，在温度 20.3℃，相对湿度 51% 的环境条件下，选择测量范围：(0~50) mm，最大允许误差绝对值：0.08 mm 的指针式指示表作为测量标准，对型号为 YDJ-7 的有釉砖表面耐磨试验机支承盘转动偏心距，评定其不确定度。

D.2 测量模型

支承盘转动偏心距的测量模型：

$$r = \frac{\overline{r_2} - \overline{r_1}}{2} \quad (\text{D.1})$$

式中：

r ——支承盘偏心距，mm；

$\overline{r_1}$ ——指示表三次示值最小值的平均值，mm；

$\overline{r_2}$ ——指示表三次示值最大值的平均值，mm。

D.3 方差和灵敏系数

方差：

$$u_c^2(r) = c_{r_2}^2 u^2(\overline{r_2}) + c_{r_1}^2 u^2(\overline{r_1}) \quad (\text{D.2})$$

灵敏系数：

$$c_{r_2} = \frac{\partial r}{\partial \overline{r_2}} = \frac{1}{2} ; \quad c_{r_1} = \frac{\partial r}{\partial \overline{r_1}} = -\frac{1}{2}$$

D.4 标准不确定度评定

D.4.1 输入量 $\overline{r_2}$ 引入的不确定度分量D.4.1.1 测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(\overline{r_2})$

由输入量 $\overline{r_2}$ 引入的标准不确定度分量主要由测量重复性引入，该示值重复性通过指示表体现，使用 A 类评定方法，对被校有釉砖表面耐磨试验机偏心距进行 10 次重复测量，读取其 10 次示值最大值。其重复性试验数据见表 D.1：

表 D.1 重复性试验数据

mm

校准次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
实测值	48.16	48.14	48.11	48.16	48.17	48.15	48.18	48.16	48.15	48.11

根据实验数据得算术平均值

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 48.149 \text{ mm}$$

单次试验的标准偏差为

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.0233 \text{ mm}$$

校准时取三次测量值的平均值作为校准结果, 则测量重复性引入的标准不确定度

$$u_1(\bar{r}_2) = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.0135 \text{ mm}$$

D.4.1.2 测量标准最大允许误差引入的标准不确定度 $u_2(\bar{r}_2)$

使用 B 类方法评定, 测量标准为最大允许误差绝对值为 0.08 mm 的指示表, 即区间半宽 $a = 0.08 \text{ mm}$, 按均匀分布, $k = \sqrt{3}$, 其标准不确定度 $u_2(\bar{r}_2)$ 为:

$$u_2(\bar{r}_2) = \frac{a}{\sqrt{3}} = 0.0462 \text{ mm}$$

注: 由指示表分辨力所引入的不确定度与其他因素引入的不确定度相比贡献量小, 故对其引入的不确定度分量忽略不计。

由输入量 $\bar{r}_2$ 引入的标准不确定度 $u(\bar{r}_2) = 0.0482 \text{ mm}$ 。

D.4.2 输入量 $\bar{r}_1$ 引入的标准不确定度 $u(\bar{r}_1)$

D.4.2.1 测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(\bar{r}_1)$

由输入量 $\bar{r}_1$ 引入的标准不确定度分量主要由测量重复性引入, 该示值重复性通过指示表体现, 使用 A 类评定方法, 对被校有釉砖表面耐磨试验机偏心距进行 10 次重复测量, 读取其 10 次示值最小值。其重复性试验数据见表 D.2:

表 D.2 重复性试验数据

mm

校准次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
实测值	2.95	2.92	2.95	2.91	2.92	2.91	2.94	2.94	2.96	2.96

根据实验数据得算术平均值

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 2.936 \text{ mm}$$

单次试验的标准偏差为

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.0196 \text{ mm}$$

校准时取三次测量值的平均值作为校准结果, 则测量重复性引入的标准不确定度

$$u_1(\bar{r}_1) = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.0113 \text{ mm}$$

D.4.2.2 测量标准最大允许误差引入的标准不确定度 $u_2(\bar{r}_1)$

使用 B 类方法评定, 测量标准为最大允许误差绝对值为 0.08mm 的指示表, 即区间半宽

$a = 0.08 \text{ mm}$, 按均匀分布, $k = \sqrt{3}$, 其标准不确定度 $u_2(\bar{r}_1)$ 为:

$$u_2(\bar{r}_1) = \frac{a}{\sqrt{3}} = 0.0462 \text{ mm}$$

注: 由指示表分辨力所引入的不确定度与其他因素引入的不确定度相比贡献量小, 故对其引入的不确定度分量忽略不计。

由输入量 $\bar{r}_1$ 引入的标准不确定度 $u(\bar{r}_1) = 0.0476 \text{ mm}$ 。

D.5 标准不确定度分量及灵敏系数汇总

将上述标准不确定度分量及灵敏系数列入表 D.3。

表 D.3 各项标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度分量 大小 $u(\bar{r}_i)$	灵敏系数 $ c_{ri} $	$ c_{ri} \cdot u(\bar{r}_i)$
$u(\bar{r}_2)$	输入量 $\bar{r}_2$ 引入的 不确定度分量	0.0482 mm	0.5	0.0241 mm
$u(\bar{r}_1)$	输入量 $\bar{r}_1$ 引入的 不确定度分量	0.0476 mm	0.5	0.0238 mm

D.6 合成标准不确定度 u_c

偏心距合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{c_{r_2}^2 u^2(\bar{r}_2) + c_{r_1}^2 u^2(\bar{r}_1)} = \sqrt{0.0241^2 + 0.0238^2} = 0.0339 \text{ mm}$$

D.7 扩展不确定度 U

取包含因子 $k = 2$, 则 $U = ku_c = 2 \times 0.0339 = 0.0678 \approx 0.07 \text{ mm}$

附录 E

标准玻璃磨耗示值误差校准结果测量不确定度评定示例

E.1 概述

参照本规范对有釉砖表面耐磨试验机标准玻璃磨耗示值误差计量特性和校准方法，在温度 20.3℃，相对湿度 51% 的环境条件下，选择测量范围：(0~200) g，准确度等级：① 级的电子天平和测量范围：(0~150) mm，最大允许误差：±0.03 mm 的游标卡尺作为测量标准。对型号为 YDJ-7 的有釉砖表面耐磨试验机标准玻璃磨耗示值误差，评定其不确定度。

E.2 测量模型

标准玻璃磨耗示值误差测量模型：

$$S = \frac{\pi \times d^2}{4} \quad (\text{E.1})$$

$$\Delta_m = H - \frac{(m - M) \times 1000}{S} \quad (\text{E.2})$$

式中：

Δ_m ——标准玻璃磨耗示值误差，mg/mm²；

d ——试样磨损面直径，mm；

H ——标准玻璃磨耗，根据 GB/T 3810.7 磨耗值 0.032 mg/mm²；

m ——研磨前每块试样的质量，g；

M ——研磨后每块试样的质量，g；

S ——每块试样的磨损面积，mm²。

E.3 方差和灵敏系数

方差：

$$u_c^2(\Delta_m) = c(m)^2 u(m)^2 + c(M)^2 u(M)^2 + c(S)^2 u(S)^2 \quad (\text{E.3})$$

灵敏系数：

$$c(m) = \frac{\partial \Delta_m}{\partial m} = -\frac{1000}{S} ; \quad c(M) = \frac{\partial \Delta_m}{\partial M} = \frac{1000}{S} ; \quad c(S) = \frac{\partial \Delta_m}{\partial S} = \frac{(m - M) \times 1000}{S^2}$$

E.4 试样磨损面积不确定度分量

方差：

$$u^2(S) = c(d)^2 u(d)^2 \quad (\text{E.4})$$

灵敏系数:

$$c(d) = \frac{\partial s}{\partial d} = \frac{\pi}{2} d$$

E.5 标准不确定度评定

E.5.1 测量重复性引入的不确定度分量 $u_1(\Delta_m)$

对有釉砖表面耐磨试验机标准玻璃磨耗示值误差在重复性条件下进行 10 次测量, 得表

E.1 测量列:

表 E.1 标准玻璃磨耗示值误差重复性试验数据

测量次数	1	2	3	4	5	6
研磨前试样质量 g	145.6613	145.2938	145.6545	145.4139	145.4872	145.5122
研磨后试样质量 g	145.4978	145.1341	145.4934	145.2553	145.3288	145.3467
磨损面直径 mm	80.88	80.95	80.57	81.08	80.88	80.64
磨损面积 mm ²	5137.74	5146.64	5098.43	5163.18	5137.74	5107.29
磨耗测量值 mg/mm ²	0.0318	0.0310	0.0316	0.0307	0.0308	0.0324
标准玻璃磨耗示值 误差 mg/mm ²	0.0002	0.0010	0.0004	0.0013	0.0012	-0.0004
测量次数	7	8	9	10	平均值	标准偏差
研磨前试样质量 g	145.5731	145.5448	145.4728	145.3651	145.49787	—
研磨后试样质量 g	145.4177	145.3873	145.3169	145.2069	145.33849	—
磨损面直径 mm	80.59	80.95	81.25	81.04	80.883	—
磨损面积 mm ²	5100.96	5146.64	5184.85	5158.09	5138.156	—
磨耗测量值 mg/mm ²	0.0305	0.0306	0.0301	0.0307	0.0310	—
标准玻璃磨耗示值 误差 mg/mm ²	0.0015	0.0014	0.0019	0.0013	0.0010	0.00070

根据贝塞尔公式可得有釉砖表面耐磨试验机标准玻璃磨耗示值误差试验标准偏差

$s = 0.0007 \text{ mg/mm}^2$, 实际测量八次取平均值作为校准结果, 则重复性引入的不确定度分量:

$$u_1(\Delta_m) = \frac{s}{\sqrt{8}} = 0.00025 \text{ mg/mm}^2$$

E. 5.2 标准器引入的不确定度分量 $u_1(m)$ 和 $u_1(M)$

电子天平最大允许误差为 $\pm 0.001 \text{ g}$, 则 $u_1(m) = 0.00058 \text{ g}$, $u_2(M) = 0.00058 \text{ g}$ 。

E. 5.3 输入量 S 引入的标准不确定度 $u_1(S)$

试样磨损面积 S 引入的标准不确定度主要由游标卡尺测量误差引入, 游标卡尺最大允许误差为 $\pm 0.03 \text{ mm}$, 则 $u_1(d) = 0.0174 \text{ mm}$ 。 $u_1(S) = \sqrt{c(d)^2 u(d)^2} = 2.211 \text{ mm}^2$

E. 5.4 标准不确定度分量及灵敏系数汇总

将上述标准不确定度分量及灵敏系数列入表 E. 2。

表 E. 2 各项标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度 分量大小 u	灵敏系数 $ c $	$ c \cdot u$
$u_1(\Delta_m)$	标准玻璃磨损示值误差 测量重复性引入标准不 确定度	0.00025 mg/mm^2	1	0.00025 mg/mm^2
$u_1(m)$	输入量 m 引入的不确 定度分量	0.00058 g	$-0.1946 \text{ mg/g} \cdot \text{mm}^2$	0.000113 mg/mm^2
$u_1(M)$	输入量 M 引入的不确 定度分量	0.00058 g	$0.1946 \text{ mg/g} \cdot \text{mm}^2$	0.000113 mg/mm^2
$u_1(S)$	输入量 S 引入的不确定 度分量	2.211 mm^2	-0.000006037 mg/mm^4	0.00001335 mg/mm^2

E. 6 合成标准不确定度 u_c

合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{c(\Delta_m)^2 u_1(\Delta_m)^2 + c(m)^2 u_1(m)^2 + c(M)^2 u_1(M)^2 + c(S)^2 u_1(S)^2}$$

$$u_c = \sqrt{0.00025^2 + 0.000113^2 + 0.000113^2 + 0.00001335^2} = 0.000297 \text{ mg/mm}^2$$

E. 7 扩展不确定度 U

取包含因子 $k = 2$, 则: $U = ku_c = 2 \times 0.000297 \approx 0.0006 \text{ mg/mm}^2$

附录 F

标准玻璃光泽损耗示值误差校准结果测量不确定度评定示例

F.1 概述

参照本规范对有釉砖表面耐磨试验机标准玻璃光泽损耗示值误差计量特性和校准方法，在温度 20.3℃，相对湿度 51% 的环境条件下，选择测量范围：（0~120）GU，最大允许误差：±1.0 GU 的标准光泽度计作为测量标准。对型号为 YDJ-7 的有釉砖表面耐磨试验机的标准玻璃光泽损耗示值误差，评定其不确定度。

F.2 测量模型

标准玻璃光泽损耗示值误差测量模型：

$$\Delta_h = I - \frac{g - G}{g} \quad (\text{F.1})$$

式中：

Δ_h ——标准玻璃光泽损耗示值误差，%；

I ——标准玻璃光泽损耗，根据 GB/T 3810.7 光泽损耗值 50%；

g ——研磨前每块试样浮法面中心位置 60° 镜面光泽，GU；

G ——研磨后每块试样浮法面中心位置 60° 镜面光泽，GU。

F.3 方差和灵敏系数

方差：

$$u_c^2(\Delta_h) = c(G)^2 u(G)^2 + c(g)^2 u(g)^2 \quad (\text{F.2})$$

灵敏系数：

$$c(g) = \frac{\partial \Delta_h}{\partial g} = -\frac{G}{g^2}; \quad c(G) = \frac{\partial \Delta_h}{\partial G} = \frac{1}{g}$$

F.4 标准不确定度评定

F.4.1 测量重复性引入的不确定度分量 $u_1(\Delta_h)$

对有釉砖表面耐磨试验机标准玻璃光泽损耗示值误差参数在重复性测量条件下进行 10 次测量，得表 F.1 测量列：

表 F.1 标准玻璃光泽损耗示值误差重复性试验数据

样片序号	1	2	3	4	5	6
研磨前试样镜面 光泽/GU	112.4	112.6	112.7	113.2	112.5	112.9
研磨后试样镜面 光泽/GU	58.2	56.7	57.4	57.5	58.2	56.1
光泽变化/GU	54.2	55.9	55.3	55.7	54.3	56.8
光泽损耗测量值 /%	48.2	49.6	49.1	49.2	48.3	50.3
标准玻璃光泽损 耗示值误差/%	1.8	0.4	0.9	0.8	1.7	-0.3
样片序号	7	8	9	10	平均值	标准偏差
研磨前试样镜面 光泽/GU	113.4	113.3	113.4	113.7	113.01	—
研磨后试样镜面 光泽/GU	58.4	57.8	55.7	56.2	57.22	—
光泽变化/GU	55.0	55.5	57.7	57.5	55.79	—
光泽损耗测量值 /%	48.5	49.0	50.9	50.6	49.4	—
标准玻璃光泽损 耗示值误差/%	1.5	1.0	-0.9	-0.6	0.6	0.96

根据贝塞尔公式可得试验标准偏差 $s = 0.96\%$ ，实际测量八次取平均值作为校准结果，则重复性引入的不确定度分量：则重复性引入的不确定度分量：

$$u(\Delta_h) = \frac{s}{\sqrt{8}} = 0.34\%$$

F.4.2 标准器引入的不确定度分量 $u_1(g)$ 和 $u_1(G)$

标准级光泽度仪最大允许误差为 ± 1.0 GU，按均匀分布，则 $u_1(g) = u_1(G) = 0.58$ GU。

注：由光泽度仪分辨力所引入的不确定度与其他因素引入的不确定度相比贡献量小，故对其引入的不确定度分量忽略不计

F.4.3 标准不确定度分量及灵敏系数汇总

将上述标准不确定度分量及灵敏系数列入表 F.2。

表 F.2 各项标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度分量大小 u	灵敏系数 $ c $	$ c \cdot u$
$u_1(\Delta_h)$	标准玻璃光泽损耗示值误差测量重复性引入标准不确定度分量	0.34%	1	0.34%
$u_1(g)$	输入量 g 引入的不确定度分量	0.58 GU	0.0045 GU^{-1}	0.261%
$u_1(G)$	输入量 G 引入的不确定度分量	0.58 GU	0.0089 GU^{-1}	0.516%

F.5 合成相对标准不确定度 $u_{\text{crel}}(\Delta_h)$

合成标准不确定度为：

$$u_{\text{crel}}(\Delta_h) = \sqrt{c(\Delta_h)^2 u_1(\Delta_h)^2 + c(g)^2 u_1(g)^2 + c(G)^2 u_1(G)^2} = 0.67\%$$

F.6 相对扩展不确定度 U_{rel}

取包含因子 $k = 2$ ，则： $U_{\text{rel}} = k u_{\text{crel}} = 2 \times 0.67\% \approx 1.4\%$