



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) 257—202X

反射式钢化玻璃光弹扫描仪校准规范

Calibration Specification for Reflective Tempered Glass Photoelastic Scanners

(报批稿)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

反射式钢化玻璃光弹扫描 仪校准规范

Calibration Specification for Reflective
Tempered Glass Photoelastic Scanners

JJF(建材)257—202X

归口单位：中国建筑材料联合会

主要起草单位：中国国检测试控股集团山东有限公司

参加起草单位：中国国检测试控股集团股份有限公司

国检测试控股集团淄博有限公司

中国建材检验认证集团(山东)计量检测有限公司

本规范主要起草人：

王利行（中国国检测试控股集团山东有限公司）

张佳男（中国国检测试控股集团山东有限公司）

吴 萍（国检测试控股集团淄博有限公司）

孙与康（中国国检测试控股集团股份有限公司）

参加起草人：

刘小根（中国国检测试控股集团股份有限公司）

王铭宇〔中国建材检验认证集团(山东)计量检测有限公司〕

章 镇（中国国检测试控股集团山东有限公司）

韩志强（中国国检测试控股集团山东有限公司）

戴晓雨（中国国检测试控股集团山东有限公司）

李成浩（中国国检测试控股集团山东有限公司）

目 录

引 言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 符号	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(2)
5.1 光源稳定性	(2)
5.2 起偏器和检偏器夹角示值误差	(2)
5.3 平面光源照度不均匀性	(2)
6 校准条件	(2)
6.1 环境要求	(2)
6.2 校准用标准器具及配套设备	(2)
7 校准项目和校准方法	(2)
7.1 校准前检查	(2)
7.2 光源稳定性	(3)
7.3 起偏器和检偏器夹角示值误差	(3)
7.4 平面光源照度不均匀性	(3)
8 校准结果表达	(4)
9 复校时间间隔	(5)
附录 A 光弹仪校准原始记录参考格式	(6)
附录 B 光弹仪校准证书内页参考格式	(7)
附录 C 光弹仪光源稳定性校准结果的不确定度评定示例	(8)
附录 D 光弹仪起偏器和检偏器夹角校准结果的不确定度评定示例	(10)
附录 E 光弹仪平面光源照度不均匀性校准结果的不确定度评定示例	(12)

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》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/T 30020-2023《玻璃缺陷检测方法 光弹扫描法》文件中的技术指标、检测方法等内容。

本规范为首次发布。

反射式钢化玻璃光弹扫描仪校准规范

1 范围

本规范适用于反射式钢化玻璃光弹扫描仪（以下简称光弹仪）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 30020-2023 玻璃缺陷检测方法 光弹扫描法

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用本规范；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 符号

本规范使用的符号、单位与定义见表 1

表 1 符号、单位与定义

符号	单位	定义
E	lx	光弹仪平面光源的实际光照度值
ΔE	%	光弹仪平面光源的光源稳定性
$\Delta \beta$	'	光弹仪起偏器和检偏器夹角示值误差
L	%	光弹仪平面光源照度不均匀性

4 概述

光弹仪是用于 GB/T 30020-2023 中进行钢化玻璃内部缺陷检测的专用设备。

光弹仪由平面光源、有机玻璃、起偏片、检偏片及框架组成，如图 1 所示。

光弹仪的基本原理为采用光弹扫描法对被测玻璃进行扫描寻找光斑突变点，以此间接检测玻璃内部缺陷。平面光源和起偏片都在玻璃的同一侧，偏振光沿 45° 入射角照射在玻璃表面，玻璃的背面应没有光线，并沿-45° 反射角反射至检偏片，可检测到玻璃表面和内部的缺陷和应力光斑。

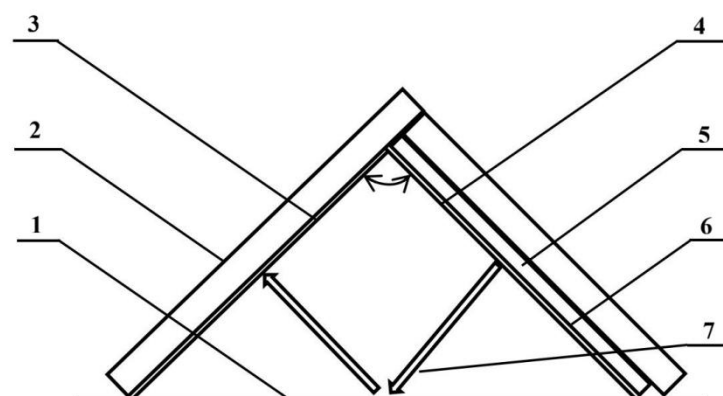


图1 光弹仪结构示意图

- 1——待检钢化玻璃表面； 2——框架； 3——检偏片； 4——起偏片；
5——平面光源； 6——有机玻璃； 7——照明方向

5 计量特性

5.1 光源稳定性：15 %。

5.2 起偏器和检偏器夹角示值误差： $\pm 30'$ 。

5.3 平面光源照度不均匀性：不大于 30 %。

注：以上计量特性要求仅供参考，不作为判定依据。

6 校准条件

6.1 环境要求

校准温度范围应为 $(25 \pm 10) ^\circ\text{C}$ ；

相对湿度不大于 85%；

其他条件：周围无强烈振动，无强光、磁场干扰。

6.2 校准用标准器具及配套设备

6.2.1 光照度计，准确度级别：一级及以上。

6.2.2 万能角度尺，扩展不确定度不大于 $5'$ ， $(k=2)$ 。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准前检查

校准前应对光弹仪的外观结构及运行状态进行检查，应满足以下要求：

光弹仪应外观完好，显示清晰完整，各紧固件应紧固良好，功能键正常，起偏片和检偏片均应洁净，无划痕、气泡、斑点、油污。仪器应符合 GB/T 30020-2023 的要求。

在夜间无光源环境或白天遮光环境下，取下光照度计传感器保护罩，进行背景照度测

量；打开平面光源开关，将光照度计传感器与光源垂直放置，按公式（1）计算光源的实际光照度，光弹仪光照度应符合 100 lx~500 lx 的要求。

$$E = E_i - E_0 \quad (1)$$

式中：

E ——光源的实际光照度，lx；

E_i ——光源光照度值，lx；

E_0 ——背景光照度值，lx；

7.2 光源稳定性

在夜间无光源环境或白天遮光环境下，打开平面光源开关，取下光照度计传感器保护罩，将光照度计传感器与光源垂直放置，光源稳定后记录照度值，连续测量 20 min，每隔 1 min 记录一次，按公式（2）计算光源稳定性：

$$\Delta E = \frac{E_{max} - E_{min}}{(\sum_{n=1}^{20} E_n)/20} \times 100 \quad (2)$$

式中：

ΔE ——光源稳定性，%；

E_{max} ——光照度计测量最大值，lx；

E_{min} ——光照度计测量最小值，lx；

E_n ——第 n 次光照度计测量值，lx；

n ——光照度计测量次值；

7.3 起偏器和检偏器夹角示值误差

使用万能角度尺直接测量起偏器和检偏器夹角，把万能角度尺的直尺连同直尺的卡块同时卸下，并紧固住卡块，将仪器放置在角尺长工作面与基尺之间测量，重复测量 3 次，以起偏器和检偏器夹角的标称值 5400' 作为夹角示值，以 3 次测量值的平均值作为校准结果，按公式（3）计算起偏器和检偏器夹角示值误差：

$$\Delta\beta = \beta_s - \bar{\beta}_i \quad (3)$$

式中：

$\Delta\beta$ ——起偏器和检偏器夹角示值误差，'；

β_s ——起偏器和检偏器夹角的标称值，5400'；

$\bar{\beta}_i$ ——起偏器和检偏器夹角 3 次测量平均值，'；

7.4 平面光源照度不均匀性

在夜间无光源环境或白天遮光环境下，打开平面光源开关，取下光照度计传感器保护罩，将光照度计传感器放置在平面光源，并于面垂直，测量各位置点的照度值 E_{li} 。测试点

分布见图 2 所示：

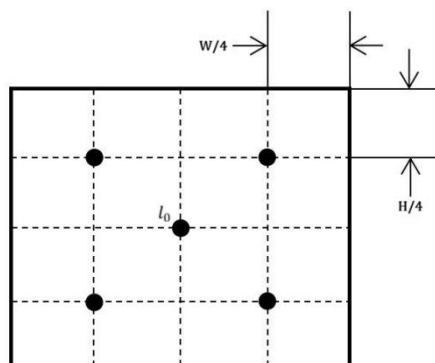


图 2 平面光源照度不均匀性测试点分布图

W——平面光源宽度；

H——平面光源高度；

按公式（4）计算平面光源照度不均匀性：

$$L = \frac{\sum_{i=1}^4 |E_{li} - E_{l0}|}{4 \times E_{l0}} \times 100 \quad (4)$$

式中：

L ——平面光源照度不均匀性，%；

E_{li} ——第 i 个位置点的光照度值，lx；

E_{l0} ——中心 l_0 点位置的光照度值，lx；

8 校准结果表达

经校准的光弹仪发给校准证书。证书中至少应包括以下信息：

- 标题：“校准证书”；
- 实验室名称和地址；
- 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- 证书的唯一性标识（如编号）、每页及总页数的标识；
- 委托单位名称和地址；
- 设备的名称、制造商、型号规格、编号；
- 进行校准的日期；
- 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- 本次校准所用测量标准的溯源性及有效期说明；
- 校准环境的描述；

- k) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- l) 校准证书或校准报告签发人签名或等效标识;
- m) 校准人和核验人签名;
- n) 校准结果仅对该被校对象有效的声明;
- o) 未经校准实验室书面批准, 不得部分复制校准证书。

9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的, 因此送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。建议复校时间间隔不超过 1 年。

附录 A

光弹仪校准原始记录参考格式

第 页 共 页

记录编号			委托者地址									
委托者			接收日期									
仪器名称			规格型号									
仪器编号			制造单位									
校准日期			校准地点									
校准依据												
校准环境条件	温度:		相对湿度:									
本次校准使用的设备:												
仪器名称	测量范围	测量不确定度/准确度等级/最大允许误差	证书号	有效期至	溯源机构名称							
校准记录												
一、校准前检查:												
二、光源稳定性:												
持续观测时间/min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$E_{\max}$	
光照度计示值/lx												
持续观测时间/min	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	$E_{\min}$	
光照度计示值/lx												
光照度计示值/lx	平均值											
光源稳定性/%												
三、起偏器和检偏器夹角示值误差: °												
标准值	测量值					平均值	示值误差	扩展不确定度 U				
四、平面光源照度不均匀性:												
测量点	0		1		2		3		4			
光照度计示值/lx												
平面光源照度不均匀性/%												

校准员:

核验员:

附录B

光弹仪校准证书内页参考格式

校准结果

项目	技术要求	校准值
光源稳定性（%）		
		扩展不确定度 U ：
起偏器和检偏器夹角示值误差（'）		
		扩展不确定度 U ：
平面光源照度不均匀性（%）		
		扩展不确定度 U ：

以下空白

附录C

光弹仪光源稳定性校准结果的不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 校准依据：JJF(建材) XXX—202X 《反射式钢化玻璃光弹扫描仪校准规范》

C.1.2 环境条件：温度 22.2℃，相对湿度 56%。

C.1.3 被测对象：光弹仪

C.1.4 测量标准：光照度计

C.1.5 测量方法：在夜间无光源环境或白天遮光环境下，打开平面光源开关，取下光照度计传感器保护罩，将光照度计传感器与光源垂直放置，光源稳定后记录光照度值，连续测量20 min，每隔1 min记录一次。

C.2 数学模型

C.2.1 建立测量模型

$$\Delta E = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{(\sum_{n=1}^{20} E_n)/20} \times 100 \quad (\text{C.1})$$

式中：

ΔE ——光源稳定性，%；

$E_{\max}$ ——光照度计测量最大值，lx；

$E_{\min}$ ——光照度计测量最小值，lx；

E_n ——第 n 次照度计测量值，lx；

n ——光照度计测量次值；

C.3 合成标准不确定度计算公式

由公式(C.1)可见，光源稳定性 ΔE 校准结果不确定度主要来源于测量重复性引入的标准不确定度 u_1 、光照度计引入的标准不确定度 u_2 ；

合成标准不确定度的计算公式为：

$$u_c(\Delta E) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} \quad (\text{C.2})$$

C.4 不确定度评定

C.4.1 测量重复性引入的不确定度 u_1

在每隔1 min记录一次的情况下，用光照度计测量20次得到测量数据如表C.1所示

C.1 测量值 (单位: lx)

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
结果	100.8	100.9	100.8	100.6	100.5	100.3	100.1	100.1	100.0	100.0
次数	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
结果	99.7	99.6	99.4	99.3	99.0	99.0	98.9	98.9	98.5	98.3
平均值	99.7									
光源稳定性 /%	2.6									

C.2 测量值 (单位: lx)

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
结果	100.6	100.4	100.9	100.6	100.5	100.6	100.1	100.4	100.0	100.0
次数	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
结果	99.9	99.6	99.4	99.2	99.0	99.0	98.5	98.9	98.2	98.2
平均值	99.7									
光源稳定性 /%	2.7									

C.3 测量值 (单位: lx)

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
结果	101.0	100.2	100.4	100.6	100.7	100.6	99.6	100.4	100.0	99.0
次数	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
结果	99.9	99.6	99.4	99.2	98.0	99.0	98.8	98.9	98.0	98.0
平均值	99.6									
光源稳定性 /%	3.0									

按极差法计算单次测量值的实验标准偏差

$$s = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{c_n} = \frac{0.4}{1.69} = 0.24\%$$

则测量重复性引入的不确定度 u_1

$$u_1 = s = 0.24\%$$

C.4.2 标准器光照度计引入的标准不确定度 u_2

光照度计的扩展不确定度 $U_{rel}=2.1\%$, $k=2$, 则引入的标准不确定度:

$$u_2 = \frac{2.1\%}{2} = 1.05\%$$

C.4.3 合成标准不确定度 $u_c(\Delta\beta)$

根据公式(C.2),合成标准不确定度

$$u_c(\Delta E) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 1.08\%$$

C.4.4 扩展不确定度

取 $k=2$, 则扩展不确定度 $U=ku_c(\Delta E) = 2.2\%$

附录D

光弹仪起偏器和检偏器夹角校准结果的不确定度评定示例

D.1 概述

D.1.1 校准依据：JJF(建材) XXX—202X 《反射式钢化玻璃光弹扫描仪校准规范》

D.1.2 环境条件：温度 22.2℃，相对湿度 56%。

D.1.3 被测对象：光弹仪

D.1.4 测量标准：万能角度尺

D.1.5 测量方法：在规定的条件下，使用万能角度尺直接测量偏振轴角度，把万能角度尺的直尺连同直尺的卡块同时卸下，并紧固住卡块，将仪器放置在角尺长工作面与基尺之间测量，重复测量 3 次，以 3 次测量值的平均值作为校准结果。

D.2 数学模型

$$\Delta\beta = \beta_s - \bar{\beta}_i \quad (\text{D.1})$$

式中：

$\Delta\beta$ ——起偏器和检偏器夹角示值误差，'；

β_s ——起偏器和检偏器夹角的标称值，5400'；

$\bar{\beta}_i$ ——起偏器和检偏器夹角 3 次测量平均值，'；

D.3 合成标准不确定度计算公式

由公式(D.1)可见， β_s 为一固定值，对不确定度无影响；故起偏器和检偏器夹角示值误差 $\Delta\beta$ 测量结果不确定度主要来源于测量重复性引入的标准不确定度 $u_1(\bar{\beta}_i)$ 、万能角度尺引入标准不确定度 $u_2(\bar{\beta}_i)$ ；

因输入量 β_s 与 $\bar{\beta}_i$ 之间互不相关，所以合成标准不确定度的计算公式为：

$$u_c(\Delta\beta) = \sqrt{c_1^2 u_1^2(\bar{\beta}_i) + c_2^2 u_2^2(\bar{\beta}_i)} \quad (\text{D.2})$$

式中：

$$c_1 = \frac{\partial(\Delta\beta)}{\partial\bar{\beta}_i} = -1$$

$$c_2 = \frac{\partial(\Delta\beta)}{\partial\bar{\beta}_i} = -1$$

D.4 不确定度评定

D.4.1 测量重复性引入的不确定度 $u_1(\bar{\beta}_i)$

在重复条件下用万能角度尺对起偏器和检偏器夹角测量10次得到测量数据如表D.1所示

D.1 单次测量值

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
结果	90° 2'	90° 6'	90° 2'	90° 2'	90° 3'	89° 57'	90° 6'	90° 5'	90° 4'	90° 5'

按贝塞尔公式计算单次测量值的实验标准偏差

$$s = \sqrt{\frac{\sum (\beta_i - \bar{\beta})^2}{n-1}} = 2.70'$$

实际测量时测量3次，故

$$u_1(\bar{\beta}_i) = \frac{s}{\sqrt{3}} = 1.56'$$

D.4.2 万能角度尺的最大允许误差引入的不确定度 $u_2(\bar{\beta}_i)$

万能角度尺在90°时的最大允许误差 $\pm 2'$ ，服从均匀分布：则

$$u_2(\bar{\beta}_i) = \frac{2'}{\sqrt{3}} = 1.15'$$

D.4.3 合成标准不确定度 $u_c(\Delta\beta)$

根据公式(D.2),合成标准不确定度

$$u_c(\Delta\beta) = \sqrt{c_1^2 u_1^2(\bar{\beta}_i) + c_2^2 u_2^2(\bar{\beta}_i)} = 1.94'$$

D.4.4 扩展不确定度

取 $k=2$ ，则扩展不确定度 $U=ku_c(\Delta\beta) = 4'$

附录E

光弹仪平面光源照度不均匀性校准结果的不确定度评定示例

E.1 概述

E.1.1 校准依据：JJF(建材) XXX—202X 《反射式钢化玻璃光弹扫描仪校准规范》

E.1.2 环境条件：温度 22.2℃，相对湿度 56%。

E.1.3 被测对象：光弹仪

E.1.4 测量标准：光照度计

E.1.5 测量方法：在夜间无光源环境或白天遮光环境下，打开平面光源开关，取下光照度计传感器保护罩，将光照度计传感器放置在平面光源，并于面垂直，测量各位置点的照度值 E_{li} 。

E.2 数学模型

E.2.1 建立测量模型

$$\Delta L = \frac{|E_{li} - E_{l0}|}{E_{l0}} \times 100 \quad (\text{E.1})$$

式中：

ΔL ——平面光源照度单次测量不均匀性，%；

E_{li} ——第*i*个位置点的光照度值，lx；

E_{l0} ——中心 l_0 点位置的光照度值，lx；

E.3 合成标准不确定度计算公式

由公式(E.1)可见，平面光源照度单次测量不均匀性 L 校准结果的不确定度主要来源于测量重复性引入的标准不确定度 u_1 、光照度计引入的标准不确定度 u_2 ；

合成标准不确定度的计算公式为：

$$u_c(\Delta L) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} \quad (\text{E.2})$$

E.4 不确定度评定

E.4.1 测量重复性引入的不确定度 u_1

在重复条件下，用光照度计分别在除中心 l_0 点外的4个点位，计算 $|E_{li} - E_{l0}|$ ，各重复测量10次，得到测量数据如表E.1所示

E.1 测量值 (单位: lx)

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	E_{l0}
L 结果 (1)	20.1	20.2	20.2	20.1	20.3	20.1	20.4	20.4	20.3	20.1	100.9
L 结果 (2)	20.3	20.5	20.3	20.6	20.3	20.3	20.5	20.3	20.1	20.3	100.6
L 结果 (3)	20.1	20.0	20.1	20.1	20.2	20.4	20.1	20.3	20.2	20.2	100.8
L 结果 (4)	20.4	20.4	20.3	20.4	20.5	20.3	20.3	20.5	20.2	20.3	100.4

按贝塞尔公式分别计算除中心 l_0 点外的4个点位单次测量值的实验标准偏差:

$$s_1 = \frac{0.123}{100.9} \times 100 = 0.12\%$$

$$s_2 = \frac{0.143}{100.6} \times 100 = 0.14\%$$

$$s_3 = \frac{0.116}{100.8} \times 100 = 0.12\%$$

$$s_4 = \frac{0.097}{100.4} \times 100 = 0.10\%$$

则合并样本标准偏差:

$$s_p = \sqrt{\frac{s_1^2 + s_2^2 + s_3^2 + s_4^2}{4}} = 0.35\%$$

实际测量时测量4次, 故

$$u_1 = \frac{s_p}{\sqrt{4}} = 0.18\%$$

E.4.2 标准器光照度计引入的不确定度 u_2

光照度计的扩展不确定度 $U_{rel}=2.1\%$, $k=2$, 则:

$$u_2(E_{l0}) = \frac{2.1\%}{2} = 1.05\%$$

E.4.3 合成标准不确定度 $u_c(\Delta L)$

根据公式(E.2),合成标准不确定度

$$u_c(\Delta L) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 1.07\%$$

E.4.4 扩展不确定度

取 $k=2$, 则扩展不确定度 $U=ku_c(\Delta L) = 2.2\%$