



中华人民共和国国家标准

GB/T 39798—2021

动车组玻璃光学性能试验方法

Test methods for optical properties of glass used on multiple units

2021-03-09 发布

2021-10-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
动车组玻璃光学性能试验方法
GB/T 39798—2021

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: www.spc.org.cn

服务热线: 400-168-0010

2021年3月第一版

*

书号: 155066 • 1-66928

版权专有 侵权必究

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 副像偏离 1

 4.1 样品 1

 4.2 试验方法 1

 4.3 试验环境 2

 4.4 靶试验 2

 4.5 准直望远镜试验 4

5 光学畸变 6

 5.1 样品 6

 5.2 试验方法 6

 5.3 斜线法 6

 5.4 网格法 9

 5.5 圆斑法 11

6 雾度 12

 6.1 样品 12

 6.2 试验设备 12

 6.3 试验步骤 13

 6.4 试验数据处理 13

7 透光率 13

 7.1 样品 13

 7.2 试验设备 13

 7.3 试验步骤 13

 7.4 试验数据处理 14

8 光学变形角 14

 8.1 样品 14

 8.2 试验设备 14

 8.3 试验步骤 14

 8.4 试验数据处理 15

9 颜色偏差 15

 9.1 样品 15

9.2 试验设备 15

9.3 试验方法及步骤 15

9.4 试验结果 16

附录 A (资料性附录) 样品倾斜安装时透光率计算 17

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国建筑材料联合会提出。

本标准由全国工业玻璃和特种玻璃标准化技术委员会(SAC/TC 447)归口。

本标准起草单位:中国建材检验认证集团股份有限公司、安平县金龙车辆装备有限公司、江苏铁锚玻璃股份有限公司、佛山市质量计量监督检测中心、福建省万达汽车玻璃工业有限公司、中车青岛四方机车车辆股份有限公司、中车唐山机车车辆有限公司、河南联合精密材料股份有限公司、中车长春轨道客车股份有限公司。

本标准主要起草人:石琳、韩磊、宋培元、刘海涛、马涛、王银茂、苏萍、殷立阳、张长坡、王松娟、刘佳平、苗维、刘胜、陈曦、张高旗、杜大艳、李娜。

动车组玻璃光学性能试验方法

1 范围

本标准规定了动车组玻璃的副像偏离、光学畸变、雾度、透光率、光学变形角、颜色偏差的试验方法。本标准适用于动车组前窗玻璃和侧窗玻璃的光学性能试验。其他轨道车辆玻璃可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 2410 透明塑料透光率和雾度的测定
- GB/T 3977—2008 颜色的表示方法
- GB/T 8417—2003 灯光信号颜色
- GB/T 37831 航空玻璃光学性能试验方法

3 术语和定义

GB/T 37831 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

副像 secondary image

观察者从驾驶位置透过样品看到的光源或物体原像以外的图像。

3.2

副像偏离 secondary image seperation

观察者从驾驶位置透过样品观察时，远处光源或物体的原像和最亮的副像之间的角偏差。

3.3

光学变形角 angle of visual deformation

在一定角度下透过样品观察物体时，观察到的物体将产生变形，该角度称为光学变形角。

注：通常用入射角(俗称斑马角)来表示。

4 副像偏离

4.1 样品

样品为前窗玻璃制品。

4.2 试验方法

应采用以下两种试验方法：

- 靶试验；
- 准直望远镜试验。

注：准直望远镜试验可以获得精确的副像偏离值。

4.3 试验环境

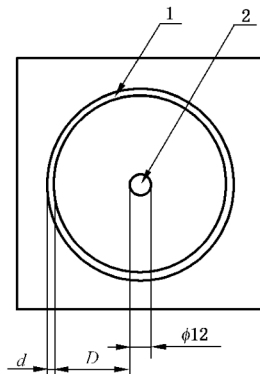
试验应在周边无干扰光线的暗室或暗处进行。

4.4 靶试验

4.4.1 试验设备

试验设备由以下部分构成：

- a) 靶式光源仪：由光盒制成，光盒尺寸约 300 mm×300 mm×150 mm，光盒内使用合适的光源照明，内表面涂有无光泽白漆，其前面板可用玻璃制成，尺寸约 300 mm×300 mm，中心留有直径 12 mm 的圆孔用于模拟光源，用同心圆环分别代表副像偏离(5'、10'、15'、20'和 25')的值，前面板其他位置涂有无光泽黑漆或用不透明黑纸覆盖。示意图见图 1。
- b) 样品支架：可将样品按照实车安装角安放，并能使样品水平及垂直方向转动和移动。



说明：

1 —— 靶上的圆环；

2 —— 靶的中心点；

d —— 环的外径与内径之差，15' 和 25' 的圆环的内外径之差为 2 mm，其他圆环的内外径之差为 1 mm；

D —— 圆孔外缘到环内侧最近的一点之间的距离。 D 由公式(1)给出：

$$D = 1\,000l \operatorname{tg} \eta \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

l —— 样品与靶之间距离(不小于 7 m)，单位为米(m)；

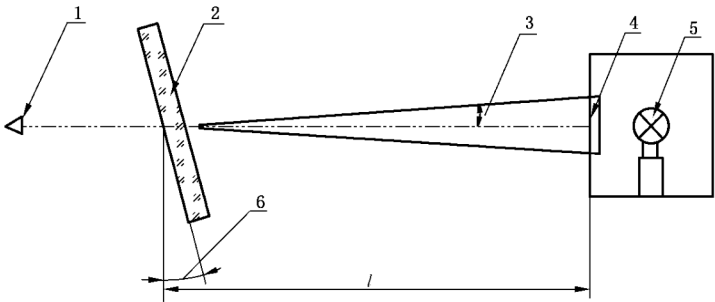
η —— 副像偏离的极限值，单位为分(')。

图 1 靶式光源仪示意图

4.4.2 试验步骤

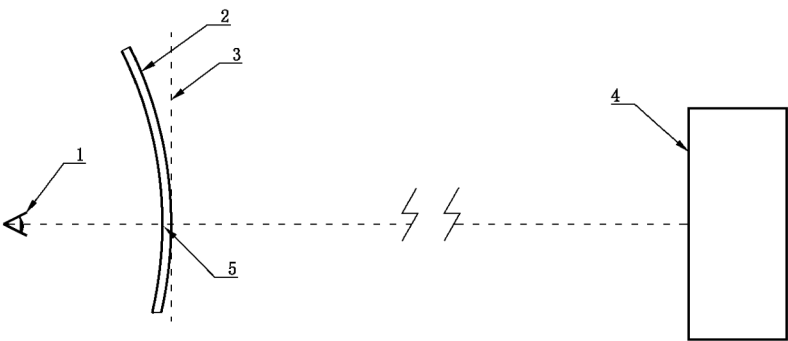
试验按以下步骤进行：

- a) 按图 2 所示放置样品，样品与靶间距离应不小于 7 m。
- b) 将样品在水平方向转动，使被测点的水平切线与观察方向基本垂直，观察者应在水平和垂直方向移动，以便观察样品的整个试验区域，见图 3。观察者与样品的距离应尽量接近司机实际乘坐位置与玻璃之间的距离。
- c) 透过样品观察并记录靶式光源仪中心模拟光源的副像最外缘在靶上位置，见图 4。为了观察清晰，可以通过单筒望远镜进行观察。



说明：
1——观察位置；
2——样品；
3——副像偏离的极限值 η ；
4——靶；
5——光源；
6——安装角；
 l ——样品与靶距离。

图 2 样品及靶式光源仪放置位置



说明：
1——观察位置；
2——样品；
3——水平方向的切线；
4——靶；
5——被测量点。

图 3 靶式光源仪观察示例(俯视图)

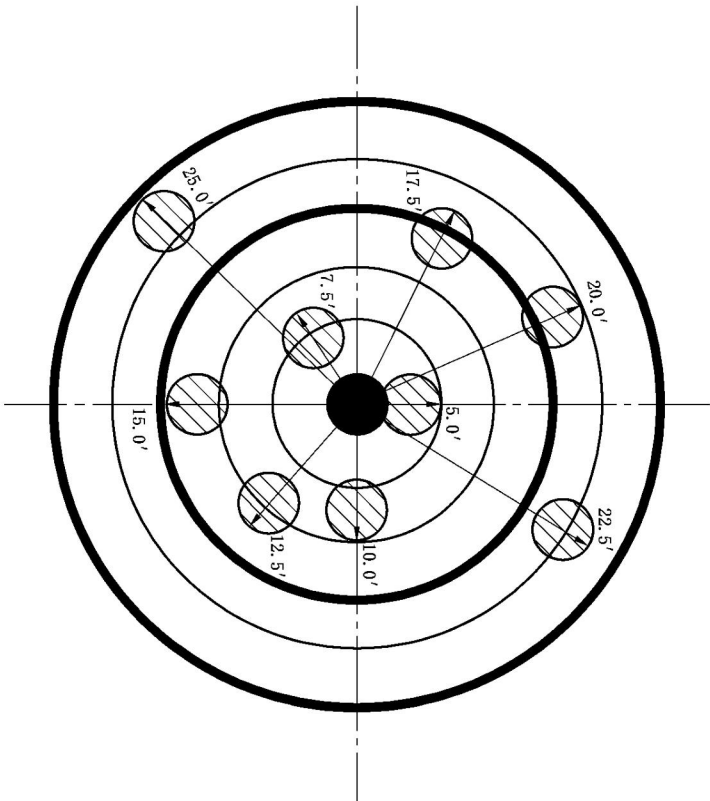


图 4 靶式光源仪试验观察示例

4.4.3 试验数据处理

中心模拟光源最亮的副像最外缘在靶上的位置即为样品的副像偏离值。

4.5 准直望远镜试验

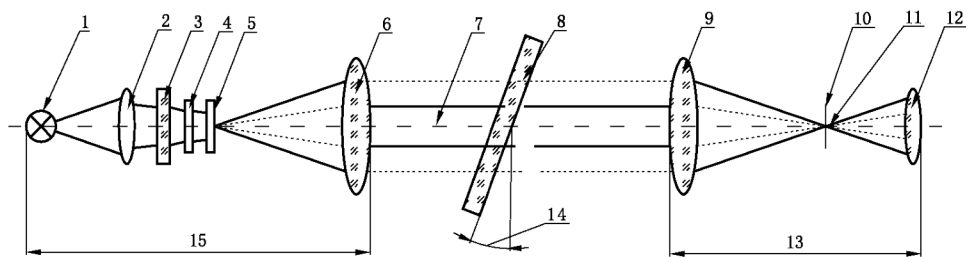
4.5.1 试验设备

试验设备由以下部分构成：

- a) 准直望远镜仪：由准直镜和望远镜组成，可按图 5 建立，应满足表 1 中的条件，也可以使用任何等效的光学系统。
- b) 样品支架：可将样品按照实车安装角安放，并能使样品在水平及垂直方向转动和移动。

表 1 准直望远镜仪元件要求

| 元件 | 要求 |
|--------------------|---------------------------------|
| 聚光镜 | 口径>8.6 mm |
| 毛玻璃 | 口径>聚光镜口径 |
| 滤光片 | 中心孔径约为 0.3 mm，滤光片直径>8.6 mm |
| 极坐标分划板 | 直径>8.6 mm |
| 物镜(图 5 中物镜 6,物镜 9) | 焦距(f) \geq 86 mm,口径 10 mm |
| 黑斑 | 直径约 0.3 mm |
| 物镜(图 5 中物镜 12) | $f=20$ mm,口径 \leq 10 mm |



说明：

- | | |
|--------------|------------|
| 1 —— 灯泡； | 9 —— 物镜； |
| 2 —— 聚光镜； | 10 —— 焦平面； |
| 3 —— 毛玻璃； | 11 —— 黑斑； |
| 4 —— 滤光片； | 12 —— 物镜； |
| 5 —— 极坐标分划板； | 13 —— 望远镜； |
| 6 —— 物镜； | 14 —— 安装角； |
| 7 —— 光轴； | 15 —— 准直镜。 |
| 8 —— 样品； | |

图 5 准直望远镜试验装置

4.5.2 试验步骤

试验按如下步骤进行：

- a) 根据样品尺寸及安装角调整准直镜与望远镜之间距离；
- b) 调整准直镜,使其能将中心有一亮斑的极坐标系成像于无限远处(见图 6)；
- c) 调整望远镜,使其焦平面内黑斑能够遮住准直镜亮斑,且能清晰看清准直镜中极坐标刻度线；
- d) 将样品按照实车安装角放置在样品支架上,将样品移动到准直镜和望远镜之间(见图 5)；
- e) 从望远镜中观察并读取主像以外最亮的副像光斑中心的极坐标值,该值即为样品的副像偏离值,单位为分(')。

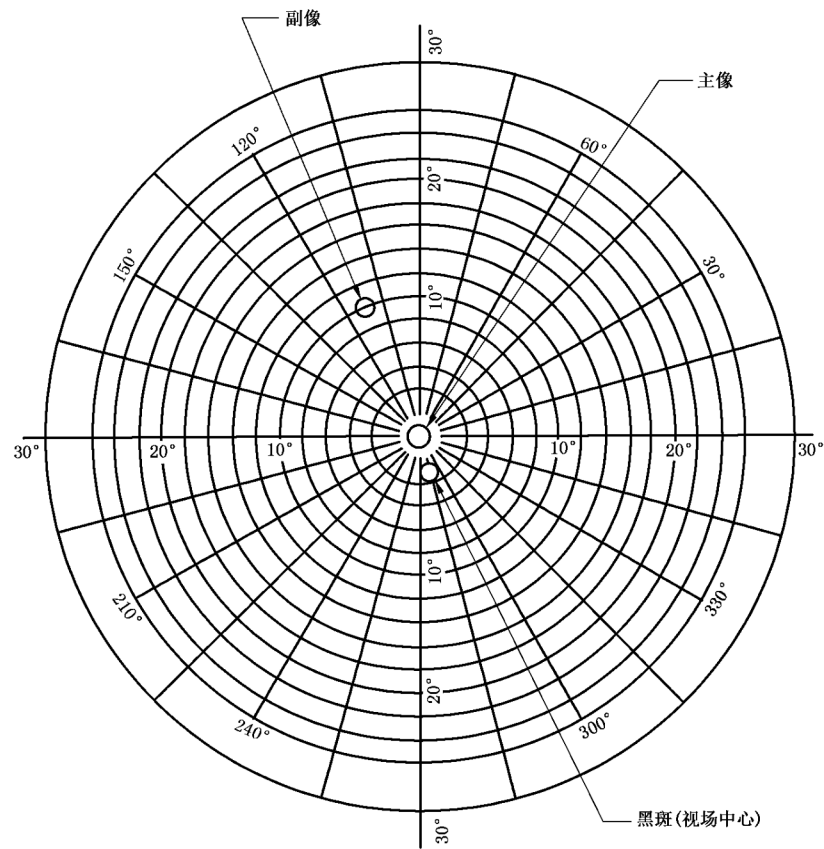


图 6 准直望远镜试验观察示例

4.5.3 试验数据处理

望远镜中主像以外最亮的副像光斑中心的极坐标值即为副像偏离值。

5 光学畸变

5.1 样品

样品为玻璃制品。

5.2 试验方法

平面单片玻璃、夹层玻璃制品应采用斜线法、网格法或圆斑法；曲面单片玻璃、夹层玻璃应采用斜线法或网格法；中空玻璃应采用斜线法。

5.3 斜线法

5.3.1 试验设备

试验设备应由以下几部分构成：

- a) 投影仪：选用合适光源，焦距不应小于 90 mm，相对孔径约为 1/2.5，其光路如图 7 所示，在透镜前约 10 mm 处放置一直径 8 mm 的光阑；

- b) 幻灯片:投影影像为一组平行直线阵列,线宽为 $2.5\text{ mm}\pm0.5\text{ mm}$,线间距为 $22.0\text{ mm}\pm2.0\text{ mm}$,直线与水平方向成 30° ,幻灯片的质量和对比度应符合试验要求,在光路中未放入样品时,幻灯片应在屏幕上得到如图 8 所示的影像;
- c) 屏幕:白色,无反光,应平整、稳定。
- d) 样品支架:应能使样品以实车安装角安放,并可在水平及垂直方向转动或移动;
- e) 量具:精度至少为 0.02 mm 的游标卡尺。

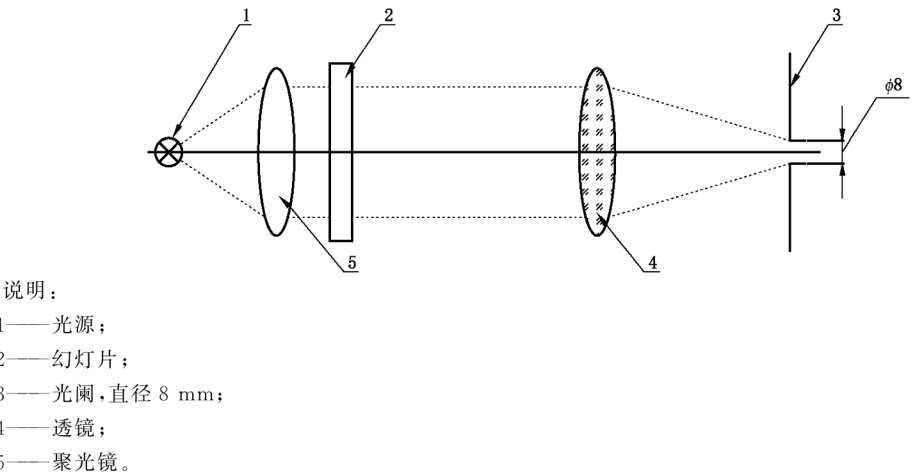


图 7 投影仪光路图

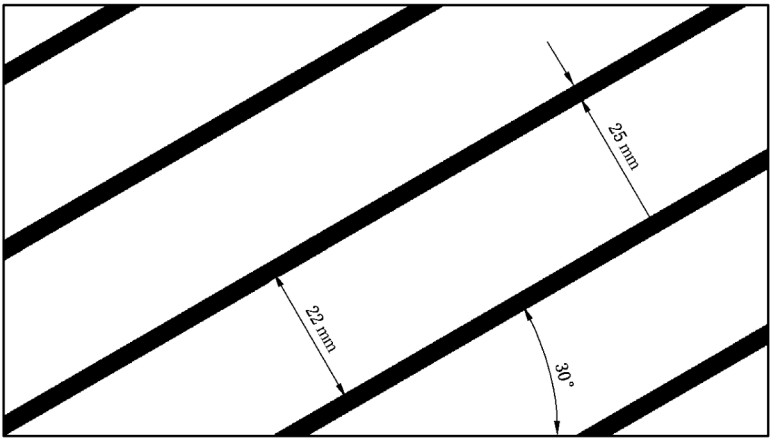


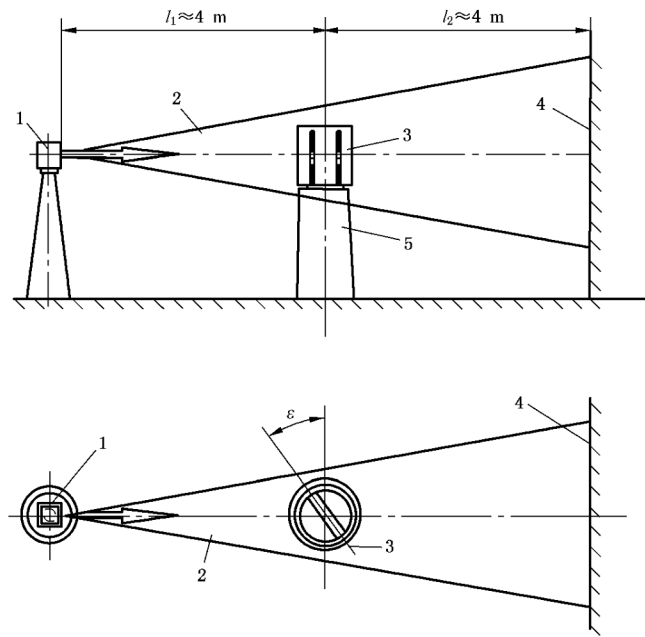
图 8 投影斜线示意图

5.3.2 试验步骤

试验按如下步骤进行:

- a) 打开投影仪,调整投影仪位置,使投影仪在屏幕的投影成像满足图 8 的要求。通常投影仪与屏幕距离约为 8 m。
- b) 用干净绸布蘸取对样品无腐蚀作用的清洁剂,擦拭样品表面至无肉眼可见的污迹。
- c) 将样品以实际安装角固定于样品支架上,推入样品至规定测试位置,使样品与屏幕距离约为 4 m。
- d) 旋转样品支架,使样品表面与入射光线间的夹角 ϵ 为 55° ,如图 9 所示。对于曲面玻璃,则样品

- 几何中心点的切平面与入射光线间的夹角 ϵ 为 55° 。
- e) 目测找出投影线中变形最大的一根线。用一根 1 m 长的直尺去贴近所选投影线的下边缘,如图 10 所示。
- f) 在垂直于直尺方向上,用量具测量变形投影线的下边缘与直尺上边缘间的最大距离 δ ,即为样品的光学畸变值,单位为毫米(mm)。



说明:

1——投影仪;

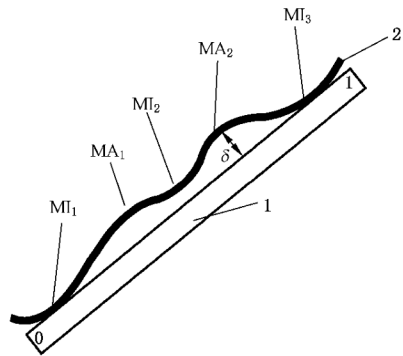
2——入射光线;

3——样品;

4——屏幕;

5——样品架。

图 9 入射角示意图



说明:

1——直尺,长度 1 m;

2——变形的投影线。

图 10 最大变形量的测量方法示意图

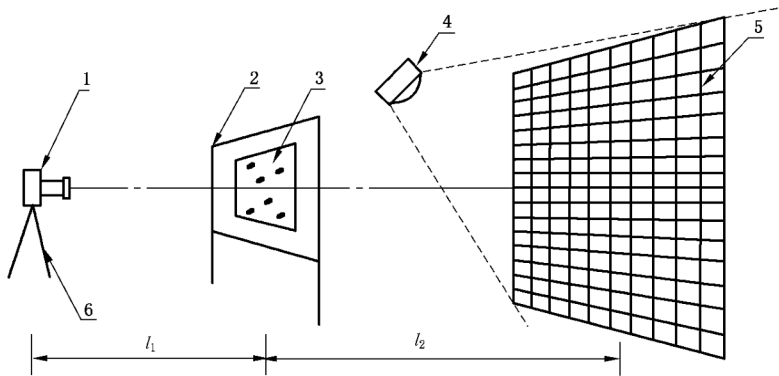
5.3.3 试验数据处理

样品的光学畸变值为变形投影线的下边缘与直尺上边缘间的最大距离 δ 。

5.4 网格法

5.4.1 试验设备

试验设备至少应由照相机、照相机支架、样品支架、照明灯及网格靶板组成。试验原理如图 11 所示。



- 说明：
- 1 —— 照相机；
 - 2 —— 样品支架；
 - 3 —— 样品；
 - 4 —— 照明灯；
 - 5 —— 网格靶板；
 - 6 —— 照相机支架；
 - l_1 —— 照相机与样品距离；
 - l_2 —— 样品支架与网格靶板距离。

图 11 网格法试验原理图

试验设备要求如下：

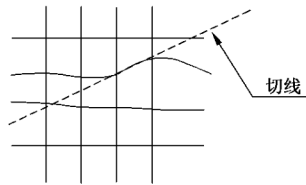
- a) 照相机：应能拍摄出清晰照片。数码相机像素一般不低于 2 000 万。测试时与样品距离 l_1 为 1.5 m。
- b) 照相机支架：应具有水平仪或同等作用的指示仪，且能够实现照相机在三维空间内转动。
- c) 样品支架：可使用能依据规定的测试角度进行调节的可调支架或满足实际安装角度的固定支架。测试时与网格靶板距离 l_2 为 3.0 m。
- d) 照明灯：应具有足够的亮度使拍摄清晰，光通量一般不小于 4 500 lm。
- e) 网格靶板：尺寸不小于 2.5 m×3.5 m。表面纵横排列的直线形成边长为 25.4 mm±0.1 mm 的正方形网格图案。直线的直径应为 0.5 mm~1.0 mm。网格靶板的底板颜色和线条颜色应具有足够的色差以便区分，通常底板采用黑色，线条采用白色。

5.4.2 试验步骤

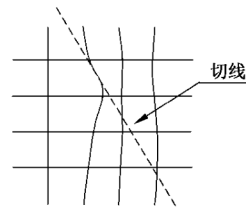
试验按如下步骤进行：

- a) 用干净绸布蘸取对样品无腐蚀作用的清洁剂，擦拭样品表面至无肉眼可见的污迹。
- b) 将样品固定于试验支架上，调整试验支架至样品达到规定测试角度。

- c) 打开照明灯,光源朝向网格靶板,调整照明灯的位置和亮度至整个网格靶板被均匀照亮。
- d) 将照相机固定在照相机支架上,调整照相机支架使得照相机处于水平状态且照相机镜头垂直于网格靶板。
- e) 推入样品至规定位置,调整照相机焦距和光圈,使网格清晰,然后拍摄透过样品的网格靶板图案,应包含部分样品外的网格靶板图案。若一次拍摄无法覆盖样品所需测试的全部区域,则在保持照相机拍摄角度不变的情况下,可上、下、左、右移动照相机进行多次拍摄以覆盖样品所需测试的全部区域。
- f) 找出透过样品的网格靶板图案中出现弯曲变形的网格线,在弯曲变形处画出切线。若弯曲变形的网格线处于水平方向,则切线如图 12a) 所示;若弯曲变形的网格线处于竖直方向,则切线如图 12b) 所示。
- g) 光学畸变值由切线的最大斜率表示。延长切线至样品外未变形的网格区域进行计算。若切线来源于水平方向上弯曲变形的网格线,则该切线的斜率由该切线越过 1 个完整的竖直网格所需要的水平网格数 n 来表示,如图 13a) 所示。若切线来源于竖直方向上弯曲变形的网格线,则该切线的斜率由该切线越过 1 个完整的水平网格所需要的竖直网格数 n 来表示,如图 13b) 所示。比较上述斜率值,取其最大值为样品的光学畸变值,用 $1:n$ 表示, n 为正整数。

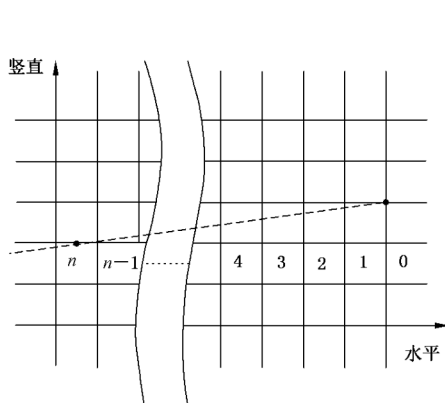


a) 水平网格线弯曲时切线画法

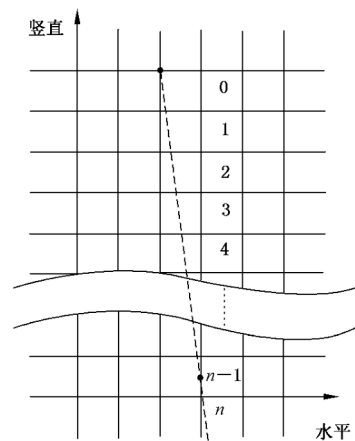


b) 竖直网格线弯曲时切线画法

图 12 切线画法



a) 水平网格线弯曲时切线的斜率算法



b) 竖直网格线弯曲时切线的斜率算法

图 13 斜率算法

5.4.3 试验数据处理

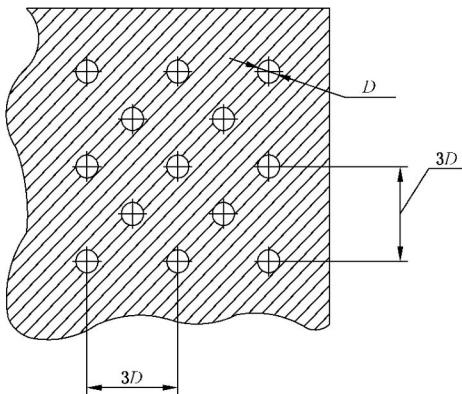
光学畸变值由切线的最大斜率表示,用 $1:n$ 表示, n 为正整数。

5.5 圆斑法

5.5.1 试验设备

试验设备应由以下几部分构成：

- a) 除幻灯片外,其他与 5.3.1 相同。
- b) 幻灯片:投影影像为暗背景上的圆斑阵列,幻灯片的质量和对比度应符合试验要求,以便把测量误差控制在 5% 以内。在光路中未放入样品时,幻灯片应在屏幕上得到如图 14 所示的影像。



说明：
D——投影到屏幕上的圆斑的直径,单位为毫米(mm)。

图 14 投影圆斑示意图

图 14 中,D 由公式(2)得出：

$$D = \frac{l_1 + l_2}{l_1} \times 4 \dots\dots\dots (2)$$

式中：
D ——投影到屏幕的圆斑直径,单位为毫米(mm)；
l₁ ——投影仪的光阑到样品的距离,单位为毫米(mm)；
l₂ ——样品到屏幕的距离,单位为毫米(mm)。

5.5.2 试验环境

试验应在周边无干扰光线的暗室或暗处进行。

5.5.3 试验步骤

试验按如下步骤进行：

- a) 将投影仪、样品、屏幕按图 9 所示放置,l₁=l₂=4 000 mm±100 mm。
- b) 确定在无样品的状态,屏幕上圆斑的直径为 D(mm)。当 l₁=l₂=4 000 mm 时,按公式(2),D 为 8 mm。
- c) 将样品以实车安装角安放在样品支架上。
- d) 将样品在水平方向转动,保证被测点的水平切线与观察方向基本垂直,并在水平和垂直方向移动,以观察整个试验区域,测定投影到屏幕上的圆斑的最大的变形量,最大变形量示意图如图 15 所示,记为 Δd,Δd 按公式(3)计算。

$$\Delta d = \max(| D_1 - 8 |, | D_2 - 8 |) \dots\dots\dots (3)$$

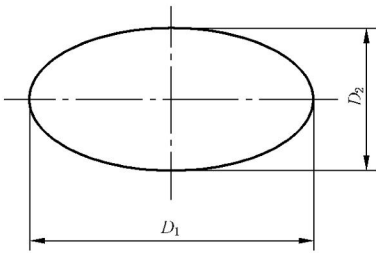


图 15 圆斑最大变形量示意图

e) 由测定的最大变形量 Δd ,按公式(4)计算光学畸变的最大值,结果保留 1 位小数。

$$\Delta\alpha = \frac{\Delta d}{0.29l_2}$$

.....(4)

式中:
 $\Delta\alpha$ ——光学畸变,单位为分(′);
 Δd ——最大变形量,单位为毫米(mm);
 l_2 ——样品到屏幕的距离,单位为毫米(mm)。

5.5.4 试验数据处理

光学畸变为公式(4)计算的值。

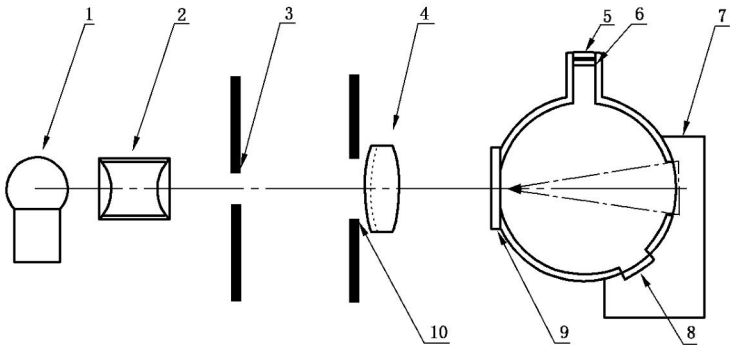
6 雾度

6.1 样品

样品为玻璃制品或试验片。若使用试验片,则其尺寸应不小于 100 mm×100 mm,且应与制品具有相同的材料、结构和制作工艺。试验片也可以直接从制品上相应试验区域切取。

6.2 试验设备

雾度计应符合 GB/T 2410 要求,光源和光检测器输出的混合光经过滤后为 C 光源。也可以使用与之等效的任何光学系统。雾度计原理如图 16 所示。



说明:

1 ——光源;

2 ——滤光器;

3 ——入射窗;

4 ——透镜;

5 ——光检测器;

6 ——滤光器;

7 ——光陷阱;

8 ——标准反射板;

9 ——样品;

10——孔隙。

图 16 雾度仪原理图

6.3 试验步骤

- 试验按如下步骤进行：
- a) 用干净绸布蘸取对样品无腐蚀作用的清洁剂，擦拭样品表面至无肉眼可见的污迹；
 - b) 开启仪器电源，根据仪器要求的预热时间进行预热，直至仪器稳定；
 - c) 仪器稳定时透光率示值应为 100，雾度示值应为 0；
 - d) 将样品放入仪器，调整样品角度使其表面紧贴积分球入口窗；
 - e) 按下仪器测试按钮，仪器将按照表 2 进行动作，并读取和记录四个示值；
 - f) 对于无内置雾度计算程序的设备，雾度按公式(5)计算，结果精确到 0.1%；对于有内置雾度计算程序的设备，直接读取雾度。

表 2 仪器动作顺序

| 顺序 | 样品是否在位置上 | 光陷阱是否在位置上 | 标准反射板是否在位置上 | 示值 |
|----|----------|-----------|-------------|----------------------|
| 1 | 不在 | 不在 | 在 | 入射光通量 τ_1 |
| 2 | 不在 | 在 | 不在 | 设备的散射光通量 τ_2 |
| 3 | 在 | 不在 | 在 | 通过样品的总透射光通量 τ_3 |
| 4 | 在 | 在 | 不在 | 设备和样品的散射光通量 τ_4 |

6.4 试验数据处理

雾度按公式(5)计算：

$$H = \left(\frac{\tau_4}{\tau_3} - \frac{\tau_2}{\tau_1} \right) \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

式中：

H ——雾度，%；

τ_4 ——设备和样品的散射光通量；

τ_3 ——通过样品的总透射光通量；

τ_2 ——设备的散射光通量；

τ_1 ——入射光通量。

7 透光率

7.1 样品

样品为玻璃制品或试验片。若使用试验片，则其尺寸应不小于 100 mm×100 mm，且应与制品具有相同的材料、结构和制作工艺。试验片也可以直接从制品上相应试验区域切取。

7.2 试验设备

试验设备同 6.2。

7.3 试验步骤

试验按如下步骤进行：

- a) 按照 6.3a)~e) 的步骤,读取并记录 τ_1 、 τ_3 两个示值;
- b) 对于无内置透光率计算程序的设备,透光率按公式(6)计算,结果精确到 0.1%;对于有内置透光率计算程序的设备,直接读取透光率。

7.4 试验数据处理

透光率按公式(6)计算:

$$\tau = \frac{\tau_3}{\tau_1} \times 100 \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

- τ ——透光率,%;
- τ_3 ——通过样品的总透射光通量;
- τ_1 ——入射光通量。

注:样品倾斜安装时的透光率计算,参见附录 A。

8 光学变形角

8.1 样品

试验样品为玻璃制品。

8.2 试验设备

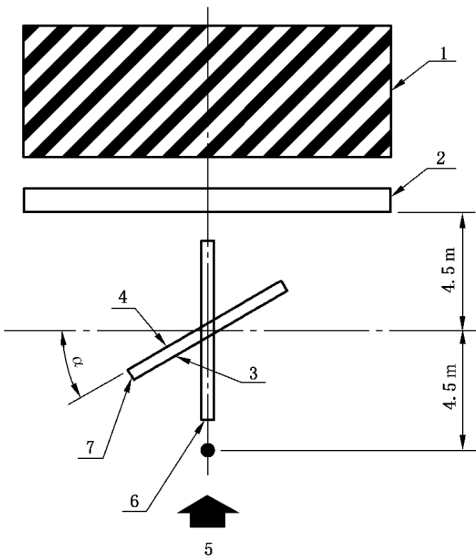
试验设备包含部分:

- a) 带有黑白条纹的屏幕,且亮度均匀,黑白条纹宽度分别为 25 mm,倾斜角 45°;
- b) 样品支架:可将样品垂直安放,并能绕中心转动。

8.3 试验步骤

试验按如下步骤进行:

- a) 样品垂直放置于距屏幕 4.5 m 处(见图 17)。
- b) 如图 17 中 6 的位置放置样品;
- c) 观察者距样品 4.5 m;
- d) 顺时针缓慢转动样品,同时观察屏幕条纹的变形;
- e) 连续转动样品直至屏幕条纹变形消失,停止转动样品,记录此时入射角度 α 。



- 说明：
- | | |
|--------------------------------|------------|
| 1——屏幕正面看，黑白条纹宽度 25 mm，倾斜角 45°； | 5——观察者； |
| 2——屏幕俯视； | 6——样品位置 1； |
| 3——样品内表面； | 7——样品位置 2。 |
| 4——样品外表面； | |

图 17 光学变形角测量示意图

8.4 试验数据处理

光学变形角即样品的入射角度 α 。

9 颜色偏差

9.1 样品

样品为试验片，尺寸应不小于 100 mm×100 mm，且应与制品具有相同的材料、结构和制作工艺。试验片也可以直接从制品上相应试验区域切取。

9.2 试验设备

分光光度计。

9.3 试验方法及步骤

9.3.1 方法一

使用校正后的颜色(如红色、黄色或其他颜色)光源进行测量：

- a) 用分光光度计测量标准颜色片光谱；
- b) 按 GB/T 3977—2008 规定的方法(选用 CIE 1931 标准色度系统)计算标准颜色片的色品坐标；
- c) 判断标准颜色片的色品坐标是否满足 GB/T 8417—2003 表 1 要求；
- d) 用分光光度计测量标准颜色片与样品组合后的光谱；

- e) 按 GB/T 3977—2008 规定的方法(选用 CIE 1931 标准色度系统)计算此时样品的色品坐标;
- f) 确认样品的色品坐标是否满足 GB/T 8417—2003 表 1 相应信号颜色 A 类的要求。

9.3.2 方法二

使用白光进行光谱分析测量光颜色偏差:

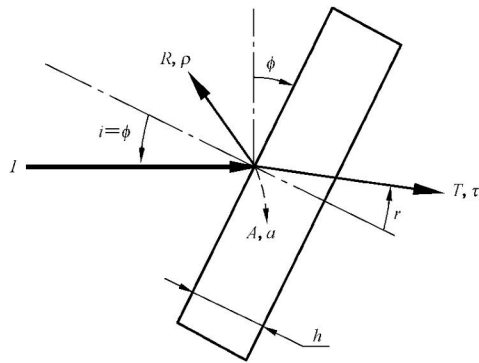
- a) 用分光光度计测量样品在 380 nm~780 nm 的光谱透射比;
- b) 按 GB/T 3977—2008 规定的方法(选用 CIE 1931 标准色度系统)计算样品的色品坐标;
- c) 确认样品的色品坐标是否满足 GB/T 8417—2003 中表 1 中白色光颜色信号 A 类的要求。

9.4 试验结果

记录试验样品的色品坐标。

附录 A
(资料性附录)
样品倾斜安装时透光率计算

倾斜安装样品透光率可以利用样品竖直放置时透光率的测试值,采用下面的方法进行计算。
一束水平入射的平行光,入射角为 i 与样品的安装角 ϕ 的关系如图 A.1 所示。



说明:
 ϕ ——安装角;
 i ——入射角(=安装角 ϕ);
 r ——折射角;
 I ——入射光;
 R ——反射光;
 ρ ——反射率;
 A ——吸收光;
 a ——吸收率;
 τ ——透光率;
 T ——透射光;
 h ——样品厚度。

图 A.1 倾斜样品光路

入射角 i , 折射角 r 的关系为:

$$n_1 \cdot \sin i = n_2 \cdot \sin r$$
$$r = \arcsin \left[\frac{1}{n_2} \cdot \sin i \right]$$

式中:

n_1 ——空气介质折射率, 等于 1;
 n_2 ——玻璃折射率, 等于 1.52。

对于夹层玻璃, 中间层胶片的折射率与玻璃相比相差约 5%。对计算结果的影响很小。
角反射取决于偏振。反射率用下式计算:

$$\rho_{Pi} = \left(\frac{\cos r - n_2 \cdot \cos i}{\cos r + n_2 \cdot \cos i} \right)^2$$
$$\rho_{Si} = \left(\frac{\cos i - n_2 \cdot \cos r}{\cos i + n_2 \cdot \cos r} \right)^2$$
$$\rho_i = \frac{(\rho_{Pi} + \rho_{Si})}{2}$$

垂直方向, 入射角 i 为 0° , 折射角 r 也是 0° , 因此反射率为:

$$\rho_0 = \left(\frac{1 - n_2}{1 + n_2} \right)^2$$

玻璃吸收常数 k 由下式计算:

$$k = -\frac{1}{h} \ln \frac{\sqrt{(1-\rho_0)^4 + 4\tau_0^2 \rho_0^2} - (1-\rho_0)^2}{2\tau_0 \rho_0^2}$$

式中:

h ——玻璃厚度,单位为毫米(mm);

τ_0 ——垂直位置测量的透光率,用小数表示;

ρ_0 ——垂直位置计算的反射率,用小数表示。

在安装角状态下,样品的透光率用下列公式计算:

吸收系数, $a_i = 1 - e^{(-kh_i)}$;

在入射角为 i 时, $h_i = \frac{h}{\cos(r)}$;

入射角 i 时,透光率为:

$$\tau_\varphi = \frac{(1-\rho_i)^2 - (1-a_i)}{1-\rho_i^2 \cdot (1-a_i)^2}$$

简化为:

$$\tau_\varphi = \frac{(1-\rho_i)^2 \cdot e^{-kh_i}}{1-\rho_i^2 \cdot e^{-2kh_i}}$$

式中:

τ_φ ——入射角为 i 时样品透光率,用小数表示。

示例:

15 mm 厚前窗玻璃,垂直位置测量透光率为 0.85(或 85%),假设折射率为 1.52,则:

$\rho_0 = [(1-1.52)/(1+1.52)]^2 = 0.042\ 58$;

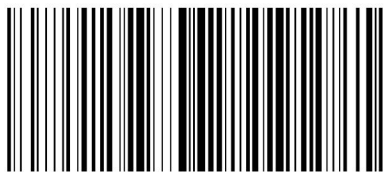
$k = 0.005\ 136\ 5$;

入射角 i 为 30° 时,折射角 r 为 $0.335\ 2\ \text{rad}(19.2^\circ)$;

$\rho = 0.044\ 144$;

$h_i = 15.884\ 0\ \text{mm}$;

因此, $\tau_\varphi = 0.843\ 4$ (或 84.3%)。



GB/T 39798-2021



码上扫一扫 正版服务到

版权专有 侵权必究

*

书号:155066 · 1-66928