



团 体 标 准

T/C00A XXXX—XXXX

# 眼镜镜片和配装眼镜 应力试验方法

Uncut finished spectacle lenses and assembled spectacles — Stress test method

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2026.5.5）

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国眼镜协会 发布

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国眼镜协会提出。

本文件由中国眼镜协会标准质量专业委员会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

# 眼镜镜片和配装眼镜 应力试验方法

## 1 范围

本文件描述了眼镜镜片和配装眼镜应力的试验方法、试验步骤和数据处理等内容。

本文件适用于单焦镜片、渐变焦镜片、微结构眼镜镜片及其组成的成品眼镜的生产、加工和配装过程。

本文件不适用于由偏振镜片和透射比不为0类的眼镜镜片以及其组成的各类成品眼镜的生产、加工和配装过程。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 7962.5—2010 无色光学玻璃测试方法 第5部分：应力双折射

GB/T 15726—2021 玻璃仪器 内应力检验方法

GB/T 26397—2011 眼科光学 术语

GB/T 32561.5-2022 红外光学硫系玻璃测试方法 第5部分：应力双折射

ASTM D4093—95 Standard Test Method for Photoelastic Measurements of Birefringence and Residual Strains in Transparent or Translucent Plastic Materials

## 3 术语和定义

GB/T 7962.5—2010、GB/T 15726—2021、GB/T 26397—2011、GB/T 32561.5-2022和ASTM D4093—95界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**眼镜应力** spectacles stress

眼镜镜片在生产、加工、装配或使用过程中，因受外力挤压、温度变化、材质内部结构不均匀等因素，在内部产生且无法自行消除的力。

### 3.2

**应力双折射** stress birefringence

由于材料中存在应力，当一束偏振光垂直于透明材料表面入射后，沿着材料中两个主应力方向分解的振动方向互相垂直的两束偏振光将具有不同的传播速度，即具有不同的折射率。

### 3.3

**眼镜光程差** optical path difference

$\delta$

偏振光通过有应力的透明材料时产生双折射，沿着材料内两个主应力方向分解的偏振光在材料中的传播速度不同，导致两束偏振光通过材料后的光程不相等，两束偏振光之间的光程之差。

### 3.4

#### 应力-光学常数

光弹性系数 stress-optical coefficient

C

材料的应力与折射率变化的关系，单位为布鲁斯特或平方米每牛顿（Brewsters( $10^{-12} \text{Pa}^{-1}$ )或 $\text{m}^2/\text{N}$ )。

## 4 试验原理

### 4.1 应力定性试验原理

将样品放入偏光应力仪视场，观察干涉色。若样品的某部位为黑灰色、褐色或紫色到蓝色的过渡区域，说明该部位的光程差较小，应力相对较低；若样品的某部位干涉色呈黄绿色到橙色，甚至出现红色条纹或条纹密度较大的现象，说明该部位双折射光程差值较大，残余应力较高，可能存在安全隐患。

### 4.2 应力定量试验原理

#### 4.2.1 试验原理

4.2.1.1 由光源发出的自然光经起偏器后转变为线偏振光；

4.2.1.2 线偏振光通过四分之一波片，会被分解为沿快轴和慢轴（两轴传播速度不同）的两个正交偏振分量，这两个分量之间产生四分之一波长的相位差，从而将线偏振光转变为椭圆偏振光或圆偏振光；

4.2.1.3 圆偏振光通过带有应力的样品后，发生双折射，即光被分解为具有光程差且偏振方向互相垂直的两束偏振光；

4.2.1.4 光继续经过滤光片后，过滤出单色性较好的三个单色光；

4.2.1.5 通过旋转检偏器，获得四个偏振方向（ $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $135^\circ$ ）的偏振图像，经由摄像元件采集此时的图像信息，最后将采集的图像信息传送给图像处理元件，根据偏振光受应力影响产生的相位变化及轴角度变化进行数据处理，得到试验结果。

#### 4.2.2 数据处理

##### 4.2.2.1 双折射光程差

双折射光程差按公式(1)进行计算。

$$\delta = \frac{f \cdot \theta}{d} \dots\dots\dots(1)$$

式中：

$\delta$ ——单位厚度的双折射光程差，单位为纳米每毫米(nm/mm)；

$f$ ——转换系数，其值为 $\lambda/180^\circ$ ( $\lambda$ 为波长)，当采用白光光源有效波长为565 nm时， $f=3.14 \text{ nm}/(^\circ)$ ；

$\theta$ ——检偏镜旋转角度，单位为度( $^\circ$ )；

$d$ ——光通过样品被测部位的厚度，单位为毫米(mm)。

#### 4.2.2.2 应力

若已知镜片材料的光弹性系数，可按公式(2)计算应力。

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \frac{\delta}{C \cdot d \cdot 2\pi} \cdot \lambda \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中：

$\sigma_1 - \sigma_2$ ——主应力差，单位为兆帕(MPa)；

$\delta$ ——单位厚度的双折射光程差，单位为纳米每毫米(nm/mm)；

$C$ ——应力-光学常数或光弹性系数，单位为 Brewsters ( $10^{-12}\text{Pa}^{-1}$ )；

$d$ ——光通过样品被测部位的厚度，单位为毫米(mm)；

$\lambda$ ——入射光波长，单位为纳米(nm)。

在实际试验中，通常忽略入射光波长的影响，为了便于计算，对公式(2)进行优化，得到相对应力值：

$$\sigma = \frac{\delta}{C \cdot d} \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中：

$\sigma$ ——相对应力值，单位为兆帕(MPa)；

$\delta$ ——双折射光程差，单位为纳米(nm)；

$C$ ——应力-光学常数或光弹性系数，单位为 Brewsters ( $10^{-12}\text{Pa}^{-1}$ )；

$d$ ——光通过样品被测部位的厚度，单位为毫米(mm)。

注：光通过样品被测部位的厚度应为镜片几何中心或设计基准点测得的镜片厚度。对于渐变焦镜片，指在其棱镜基准点处测得的镜片厚度。

## 5 试验方法

### 5.1 设备

#### 5.1.1 定性设备

偏光应力仪的光学元件应满足如下技术要求：

- a) 在使用偏光元件和保护件进行观察时，光场边沿的亮度不小于  $120 \text{ cd/m}^2$ ；
- b) 所采用的偏振元件应保证亮场时任何一点偏振度都不小于 99%；
- c) 偏振场不小于 85 mm；
- d) 在起偏镜和检偏镜之间能分别置入 565 nm 的全波片(灵敏色片)及四分之一波片，波片的慢轴与起偏镜的偏振平面成  $90^\circ$ ；
- e) 检偏镜相对于起偏镜和全波片或四分之一波片旋转，并且有旋转角度的测量装置(度盘格值为  $1^\circ$ )；
- f) 偏光应力仪精度  $\geq 3 \text{ nm}$ 。

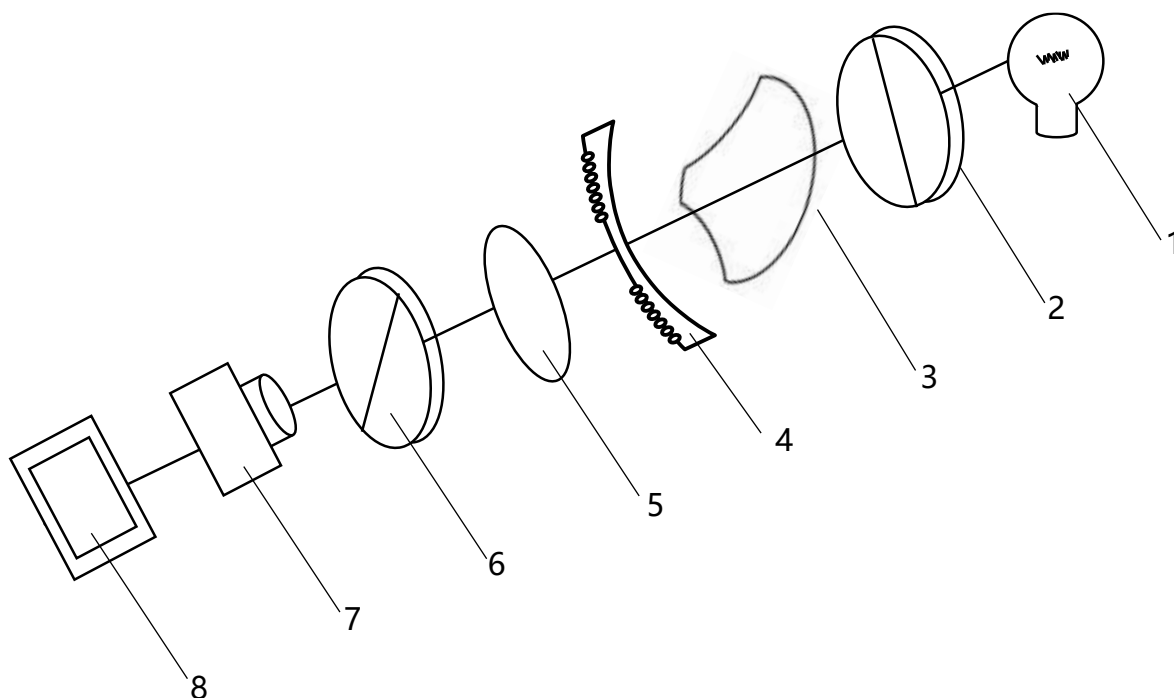
#### 5.1.2 定量设备

全自动偏光应力仪，如图1所示。

### 5.1.2.1 主要光学元件

光学元件应满足如下技术要求：

- 光源应为白光光源，最低照度为  $0.0465 \text{ W/cm}^2$ ，色温不低于  $3500 \text{ K}$ ；
- 滤光片的峰值透过率为  $570 \text{ nm} \pm 66 \text{ nm}$ ，半峰宽度为  $10 \text{ nm}$ ，在可见光区域不允许有次峰；
- 每个四分之一波片的光程差为  $142 \text{ nm} \pm 15 \text{ nm}$ ，两个四分之一波片间的光程差差值不应超过  $\pm 5 \text{ nm}$ ；
- 轴平行的偏振片透光率与轴垂直（或交叉）的偏振片透光率之比不小于  $500$ ，所采用的偏振元件应保证亮场时任何一点偏振度都不小于  $99\%$ 。



标引序号如下：

- 1——光源；
- 2——起偏器；
- 3——四分之一波片；
- 4——样品；
- 5——滤光片；
- 6——检偏器；
- 7——摄像元件；
- 8——图像处理元件。

图1 全自动偏光应力仪示意图

## 5.2 样品

### 5.2.1 眼镜镜片

待测眼镜镜片应保证测量面平整光滑，无污染附着物，无严重影响光线透过的标记或标识。

### 5.2.2 配装眼镜

待测配装眼镜应保证镜片装配完整，在试验过程中不脱落。若镜腿影响光线透过镜片区域则需调整角度，保证试验区域开阔无重叠遮挡。

### 5.3 试验条件

环境温度：23 °C±5 °C；相对湿度：30 %~80 %；试验环境应为较暗环境。

## 6 试验步骤

### 6.1 眼镜镜片和配装眼镜应力定性试验步骤

6.1.1 擦拭样品前后表面，确保其满足 5.2 要求。

6.1.2 调整偏光应力仪零点，使之呈暗视场。

6.1.3 将样品放入视场，从口部观察底部，调整检偏镜至出现暗十字。缓慢旋转检偏镜，使黑十字分离成两个沿相反方向移动的圆弧，随着暗区的外移，在圆弧的凹侧显出蓝灰色，凸侧显出褐色。如测定某选定点的应力值，则旋转检偏镜直至该点蓝灰色刚好被褐色取代，记录此时的检偏镜旋转角度。

6.1.4 绕轴线旋转样品，找出最大应力点，旋转检偏镜，直至蓝灰色被褐色取代，记录此时的检偏镜旋转角度。

### 6.2 眼镜镜片和配装眼镜应力定量试验步骤

#### 6.2.1 眼镜镜片

##### 6.2.1.1 试验前准备

6.2.1.1.1 擦拭样品前后表面，确保其满足 5.2.1 要求。

6.2.1.1.2 测量镜片样品几何中心处或设计基准点处的厚度，并记录。

6.2.1.1.3 清洁全自动偏光应力仪样品台，确保样品台表面洁净后，进行设备背景校准程序。

6.2.1.1.4 将样品凸面向下放入样品台，移动样品使镜片几何中心与设备显示十字线中心重合。

6.2.1.1.5 准备完成后，开始试验。

##### 6.2.1.2 试验步骤

6.2.1.2.1 将测试区域选取为眼镜镜片几何中心区域直径 30 mm 的圆形区域，取测量区域内光程差均值。也可根据实际情况调整或与生产者协商测量区域。

6.2.1.2.2 记录并保存数据，取出样品。

#### 6.2.2 配装眼镜

##### 6.2.2.1 试验前准备

6.2.2.1.1 擦拭样品前后表面，确保其满足 5.2.1 要求。

6.2.2.1.2 分别测量配装眼镜左右镜片的几何中心处的厚度，并记录。

6.2.2.1.3 清洁全自动偏光应力仪样品台，确保样品台表面洁净后，进行仪器背景校准程序。

6.2.2.1.4 将样品镜腿朝上放入样品台，同时检查样品并调整镜腿确保其满足 4.2.2 要求；移动样品使眼镜左右鼻托连接线中点处与设备显示十字线中心重合。

6.2.2.1.5 准备完成后，开始试验。

#### 6.2.2.2 试验步骤

6.2.2.2.1 中心应力测量：分别选取左右眼镜镜片几何中心区域直径 30 mm 的圆形区域，也可根据实际情况调整或与生产者协商测量区域。若样品镜框高度小于 30 mm，可调整区域至镜圈边缘与圆形选区恰好相切，取测量区域内光程差均值。

6.2.2.2.2 边缘应力测量：若需测量配装眼镜的边缘应力，则需按实际光程差图像选取测量点，测量点应为镜片与镜圈连接处但不包含任何镜框结构，且测量点应选取在镜片与镜圈连接处的图像表现为红色或深红色的应力集中点或区域，取每个测量区域内最大的测量点光程差数值，若有多处则测量多处。

6.2.2.2.3 记录并保存数据，取出样品。

### 7 试验报告

试验报告应包含以下内容：

- a) 样品名称、编号、规格、厚度、顶焦度、应力-光学常数；
- b) 试验测量区域；
- c) 测量区域内最大、最小及平均光程差数值；
- d) 计算所得相对应力值；
- e) 应力分布图像；
- f) 试验条件；
- g) 试验日期及试验人员签字。

附录 A  
(资料性)  
关于应力-光学常数的说明

### A.1 应力-光学常数

应力光学效应是指透明塑料材料在受到外力或存在残留应力时，其折射率发生改变，表现出光学各向异性的现象，可通过应力光学定律来量化。其核心参数应力-光学常数 ( $C$ ) 表征了材料产生双折射现象的敏感程度。在工程应用中， $C$  值越低，材料对内应力引起的画面畸变越不敏感，越适合制造精密光学仪器。 $C$  值可正可负，反映快轴与应力方向的关系，绝对值越接近 0，材料对内应力的光学敏感性越差，即越稳定。

### A.2 常见眼镜镜片材料的应力-光学常数

表 A.1 常见眼镜镜片材料光弹性系数表

材料	$C/10^{-12}\text{Pa}^{-1}$	用途
聚碳酸酯(PC)	65.4~72.0 <sup>[1,2,3]</sup>	适用于高强度、高抗冲击性的运动眼镜、儿童眼镜、护目镜等
聚硫氨酯(PU)	-2.0~-0.5 <sup>a</sup>	MR系列镜片，良好加工性能，可实现多样化镜片设计
聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)	-6.0~-1.5 <sup>[1,2,3,4]</sup>	轻质、高透明，可用于高端智能眼镜制造
聚酰胺(PA)	≈14.1	尼龙镜片，可用于运动品牌太阳镜和优质太阳镜

<sup>a</sup> 目前尚无公开文献资料准确表明聚氨酯材料的光弹性系数值，故该值为参考范围内的参考值。

## 附录 B

(资料性)

### 关于应力在眼镜领域的应用说明

#### B.1 适用范围

适用于眼镜镜片生产厂家、眼镜零售门店、眼镜加工和配装中心、检测机构、视觉健康评估机构等。

#### B.2 眼镜应力试验的意义

眼镜镜片和配装眼镜的应力属于客观存在的物理现象，不能简单地将镜片应力的存在直接等同于视力下降或视觉质量受损。眼镜应力是指镜片在加工、装配或使用过程中，因受外部挤压、温度变化、材料内部结构不均等因素影响，而在其内部产生且无法自行消除的内应力。从镜片生产阶段的注塑成型与固化工艺，至配装环节中对镜片的装配施力，均会不可避免地引入应力。此外，为确保镜片稳固置于镜圈内，镜圈须对镜片施加必要的作用力，该过程亦会导致应力的产生。

##### B.2.1 眼镜镜片

通过对不同材料的眼镜镜片进行应力试验及图像对比可以发现，PC镜片较PMMA镜片和MR镜片显示出的光程差较大，且实际试验发现PC镜片出现影响镜片几何中心区域较大光程差的异常镜片概率较高。而根据应力计算结果表明，由于PC材料具有较大的光弹性系数，使得即使存在很小的内应力，也会产生较大的光程差，因此在偏振光下干涉条纹极其明显，但代入光弹性系数根据公式计算后，其相对应力值与PMMA镜片和MR镜片整体处于同一数量级。

这一结论证明虽然PC镜片的应力干涉条纹较为明显，但其实际相对应力值不高，只有表现出异常图像的PC镜片才具有较大应力。因此不能单纯通过定性试验判断镜片应力大小。

##### B.2.2 配装眼镜

眼镜镜片在加工装配后，内部应存在微量、均匀且稳定的内力，此为理想状态，这种应力不仅不会影响光学成像质量，也不会破坏眼镜结构强度。同时，当装配应力过小时，可能导致镜片松动，产生脱落的风险。但是，当装配应力过大或镜框与镜片形状不贴合等原因导致镜圈与镜片连接处周围出现应力集中现象时，边缘应力较大，可能会降低眼镜架强度甚至导致崩边。

#### B.3 眼镜应力产生的原因

##### B.3.1 镜片应力

对于PC镜片，一方面由于PC材料自身较大的光弹性系数，使其对应力的光学响应极其敏感；另一方面，PC材料的高粘度、高成型温度以及高玻璃化转变温度的特性，导致其在注射成型过程中不可避免地产生严重的分子取向，且这些取向被冻结在成品中，难以通过退火完全消除。

##### B.3.2 镜框与镜片不匹配

镜框尺寸过小或弧度与镜片不符时，强行安装会导致镜片边缘受压变形，在挤压部位形成局部应力集中。

##### B.3.3 装配工艺不当

镜片切割精度不足、镜框螺丝过紧，或镜片材质（如高折射率镜片）本身脆性较高，均可能加剧应力。

##### B.3.4 外力撞击或使用不当

眼镜受外力磕碰，或长时间受其他物品挤压，以及长期自行拆卸组装眼镜镜片、单手脱摘眼镜等使用习惯也可能导致镜片内部结构微变形。

#### B.4 眼镜应力定量试验的必要性

表 B.1 眼镜应力定性和定量试验的数据对比

	+2.00 m <sup>-1</sup>	-0.00 m <sup>-1</sup>	-2.00 m <sup>-1</sup>	-4.00 m <sup>-1</sup>	-8.00 m <sup>-1</sup>
定性试验得到的 光程差 (nm)	13.46	13.98	16.74	19.70	22.08
定量试验得到的 光程差 (nm)	6.07	3.54	5.58	14.22	22.48

通过对不同顶焦度和不同材料的眼镜镜片分别进行应力定性和定量试验，对比应力干涉条纹可以发现：

- h) PC 镜片在试验中表现出较大的光程差，已超出普通偏光应力仪的量程，因此普通偏光应力仪和肉眼判定的方法仅可用于光程差的定性分析；只有具有大量程的全自动偏光应力仪可以准确获得 PC 镜片的光程差，继而得到相对应力值。
- i) 对于 MR 镜片和 PMMA 镜片，在顶焦度较小的情况下，由于光程差较小，通过普通偏光应力仪观察到的黑十字消光现象不明显，导致旋转检偏镜读出的光程差数值误差较大；只有当顶焦度大于-4.00 m<sup>-1</sup>时，镜片产生较为明显的黑十字图案时，读出的光程差数值才与实际相近。

因此可判断，通过旋转检偏镜获得光程差数值的方法存在较大的人为判断因素，由此获得的数值误差较大，难以用于精准分析。因此，对眼镜进行应力定量试验是必要的。

参 考 文 献

- [1]. Luo, Y., et al. Fabrication of Polymer Optical Fibre (POF) Gratings[J]. Sensors, 2017, 17: 511
  - [2]. Koji Minami. Optical plastics// Stefan Baumer. Handbook of plastic optics[M]. Weinheim: WILEY-VCH, 2005: 116.
  - [3]. ZhiFeng Zhang. Bragg grating formation in PMMA fibers doped with trans-4-stilbenemethanol[D]. Hong Kong: The Hong Kong Polytechnic University, 2013: 11-12.
  - [4]. M. Szczurowski, et al. Measurements of stress-optic coefficient in polymer optical fibers[J]. Optics Letters, 2010, 35(12): 2013-2015.
-