



中华人民共和国国家标准

GB/T 26597—XXXX
修订 GB/T 26597-2011

光学纤维传像元件试验方法

Testing method of fiber optic elements for image transmission

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前 言 II

1 范围 3

2 规范性引用文件 3

3 术语和定义 3

4 试验方法 5

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。

本文件代替GB/T 26597—2011《光学纤维传像元件试验方法》。与GB/T 26597—2011相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 更改了标准的英文名称（见封面，见2011年版的封面）；
- 更改了范围（见第1章，见2011年版的第1章）；
- 删除了规范性引用文件GB/T 16920（见2011年版的第2章和第3章）；
- 增加了规范性引用文件GB/T 903—2019、GB/T 7962.14—2010、GB/T 20244（见第2章、第3章和第4章）；
- 增加了术语和定义（见3.3、3.4.3、3.4.4、3.7、3.8、3.11、3.12、3.13、3.13.8）；
- 更改了术语和定义（见3.1、3.2、3.2.1、3.2.2、3.4、3.4.1、3.4.2、3.5、3.6、3.9、3.10、3.13.4、3.13.5、3.13.6、3.13.7，见2011年版的3.2、3.3、3.3.1、3.3.2、3.17、3.17.1、3.17.2、3.18、3.19、3.20、3.21、3.26、3.24、3.30、3.23）；
- 更改了定义（见3.13.9，见2011年版的3.27）；
- 更改了定义（见3.13.1、3.13.2、3.13.3，见2011年版的3.28、3.29、3.25）；
- 删除了术语（见2011年版的3.1、3.1.1、3.1.2、3.1.3、3.4、3.4.1、3.4.2、3.5～3.16、3.17.3、3.22）；
- 对“试验方法”一章进行了重新编写（见第4章，见2011年版的第4章）。

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。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国光学和光子学标准化技术委员会（SAC/TC103）归口。

本文件起草单位：中国建筑材料科学研究总院有限公司、中国计量大学、中建材光子科技有限公司、中建材光芯科技有限公司、北方夜视科技（南京）研究院有限公司、上海理工大学、深圳市荣者光电科技发展有限公司。

本文件主要起草人：黄永刚、张淑琴等。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 2011年首次发布为GB/T 26597—2011；
- 本次为第一次修订。

光学纤维传像元件试验方法

1 范围

本文件规定了光学纤维传像元件的术语和定义，并描述了相应的试验方法。

本文件适用于像增强器、变像管、增强型电荷耦合器件（ICCD）或互补金属氧化物半导体（CMOS）等光电器件中使用的光学纤维传像元件。

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 903—2019 无色光学玻璃

GB/T 7962.14—2010 无色光学玻璃测试方法 第14部分：耐酸稳定性

GB/T 20244 光学纤维传像元件

3 术语和定义

GB/T 20244界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

光学玻璃纤维 optical glass fiber

由折射率不同的纤芯和纤皮组成的基于光的全反射原理使光在纤芯内传播的传光传像单元，以下简称光纤。

3.2

复合光学玻璃纤维 multi-fiber

按一定规则排列的光学玻璃纤维阵列，简称复丝。

3.2.1

一次复合光学玻璃纤维 primary multi-fiber

将光学玻璃纤维按一定规则排列后经拉制而成的光学玻璃纤维阵列，简称一次复丝。

3.2.2

二次复合光学玻璃纤维 secondary multi-fiber

将一次复合光学玻璃纤维按一定规则排列后再经拉制而成的光学玻璃纤维阵列，简称二次复丝。

3.3

白边 white edge

光学纤维传像元件输出端面存在柱面光纤断裂导致的透光不传像区域。

3.4

透射比 transmittance

光学纤维传像元件有效直径内透射光通量与入射光通量的比值。

3.4.1

准直光透射比 collimated light transmittance

准直光垂直入射到光学纤维传像元件输入端的有效直径内时的透射比。

3.4.2

朗伯光透射比 Lambertian diffuse transmittance

朗伯光入射到光学纤维传像元件输入端的有效直径内时的透射比。

3.4.3

光谱透射比差 difference in spectral transmittance

在 430nm~900nm 波长范围内, 任意两波长的光入射到光学纤维传像元件输入端的有效直径内时, 其透射比的差值。

3.4.4

透射比均匀性 transmittance uniformity

在光学纤维传像元件的有效直径内, 任意位置与中心位置在入射截面直径为 2mm 时, 其透射比的比值。

3.5

分辨率 resolution

1mm 间距内能分辨出的黑白相间线条的对数极限值, 衡量光学纤维传像元件分辨图像细节的能力。

3.6

真空气密性 vacuum tightness

当光学纤维传像元件一端面处于一定真空状态, 另一端面处于大气压状态时, 在其端面的等效空气泄露率, 衡量元件维持真空状态的能力。

3.7

平均线膨胀系数 average linear thermal expansion coefficient

光学纤维传像元件圆棒在一定的温度范围内, 温度每升高 1°C, 单位长度的伸长量。

3.8

化学稳定性 chemical stability

在化学因素作用下保持原有物理化学性质的能力。

3.9

耐热性 heat resistance

经特定温度处理后, 外形及尺寸、内部结构等主要性能与指标保持不变的能力。

3.10

热稳定性 thermal stability

在特定环境下, 经剧烈的温度变化后, 保持原有状态、性能的能力。

3.11

耐高压性 high voltage resistance

给光学纤维传像元件施加一个高于其正常工作的特定电压时, 元件保持其绝缘性的能力。

3.12

复丝阴影 multi-fiber shading

在二次复合光学玻璃纤维内部存在的发暗的斑块。

3.13

外观质量 appearance quality

通过外观检查所反映的光学纤维传像元件外观的完好及光洁性, 包括裂纹、破边、残留物、脏污、划伤、发雾、橘皮状褶皱、鱼骨纹和条纹等。

3.13.1

裂纹 crack

在材料内部或表面产生的应力断面，但未出现材料崩裂脱落。

3.13.2**破边 chip**

由于材料崩裂脱落而在边缘形成的缺口。

3.13.3**残留物 residue**

附着在表面的外来杂质。

3.13.4**脏污 stains**

外观类似于残留物一样出现在表面，但无可见深度的物质，即附着于表面但不形成凹陷或凸起。

3.13.5**划伤 grazing**

仅出现在表面的，具有一定深度和长度的线性或不规则状损伤。

3.13.6**发雾 haze**

表面反射的影像清晰度下降，即表面呈雾状。

3.13.7**橘皮状褶皱 orange peel**

表面粗糙，外观类似橘子皮的纹理缺陷。

3.13.8**鱼骨纹 herringbone**

在复合光学玻璃纤维边界处，呈线性分布的超过内部亮度或低于内部亮度的鱼骨状图案。

3.13.9**条纹 banding**

显现于光学纤维传像元件端面的明显带状亮影或暗影。

4 试验方法**4.1 光纤中心距****4.1.1 试验工具**

金相显微镜或测量显微镜，读数分辨率为 $1\mu\text{m}$ ，物镜放大倍数不小于 $40\times$ ，具有精确测试分划线的目镜，目镜放大倍数不小于 $10\times$ 。

4.1.2 试验程序

- a) 用透射光垂直照射光学纤维传像元件的底端，用金相显微镜或测量显微镜观测光学纤维传像元件上端面有效直径内的表面图像。
- b) 用带有分划线的目镜（如另有规定或条件允许，可用其他测量仪器、软件，如图像分析软件），测量有效直径内沿某一方向连续排列的至少10根光纤的长度。
- c) 用该长度值除以所测量的光纤根数，即为在该位置和方向上的光纤平均中心距。

4.2 数值孔径

4.2.1 试验工具

- 白色朗伯光源（漫射白光源）。
- 亮度探测器。
- 黑色金属挡板，具有一个与单根光纤一样大小的狭缝。

4.2.2 试验程序

- 将带狭缝的黑色金属挡板置于光学纤维传像元件的输入端面，使漫射白光从黑色金属挡板一侧照射至元件的输入端，保证光只在黑色金属挡板上的狭缝所对准的该单根光纤中传输。
- 用亮度探测器测量输出面的亮度或出射强度：首先亮度探测器对准黑色金属挡板上狭缝，即输出法线方向，测量该处的亮度或出射强度 B_0 ；然后保持亮度探测器与狭缝对准的单根光纤输出端点的距离不变，变换角度，测量不同角度处的亮度或出射强度 $B(\theta)$ ， θ 如图1中所示，为输出法线与测量方向间的夹角。
- 移去光学纤维传像元件，重复上述操作。将有光学纤维传像元件时的测量值除以无光学纤维传像元件时的测量值，得出作为角度函数的光学纤维传像元件的透过率 $T(\theta)$ 。
- 确定一个透过率与输出法线方向上测得的透过率之比下降到50%时的角度，该角度的正弦值即为测量的数值孔径。

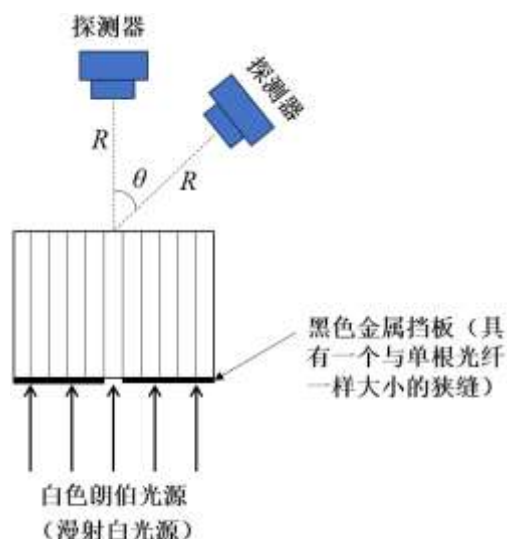


图1 测试数值孔径示意图

4.3 光串扰率

4.3.1 试验工具

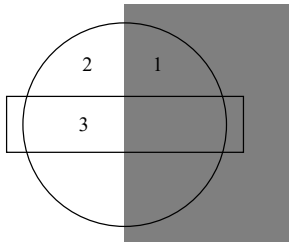
光串扰率测试仪。

4.3.2 试验程序

- 在光串扰率测试仪中，将光学纤维传像元件的小端朝下放置于标准分辨率靶（USAF 1951）上，并确保标准分辨率靶上黑块任意一边界的中点与光学纤维传像元件的几何中心重合。朗伯光源入射到元件的小端，分辨率靶上黑块及界线通过产品传像会在其大端呈现黑块的图像。
- 在显微镜5×物镜下，通过摄像头获取元件端面上黑块与界线图像，并获得整个图像内各点的灰度值，选取以中心位置对称的矩形（长×宽=1.2mm×0.06mm）区域3作为分析区，如图2所

示，通过程序自动计算获得矩形区域内平均灰度值的变化趋势，并将平均灰度值进行归一化处理获得沿矩形长度方向各点相对透过率，如图3所示。

c) 透光区2向不透过区1转变时其界线上的相对透光率为50%时的位置为零点位置，偏离零点位置0.1mm处（该点处于不透过光区）的相对透过率（ $T\%$ ）即光纤间光串扰率。



标引符号说明：

1——不透光区；

2——透光区；

3——矩形区域。

图2 矩形区域示意图

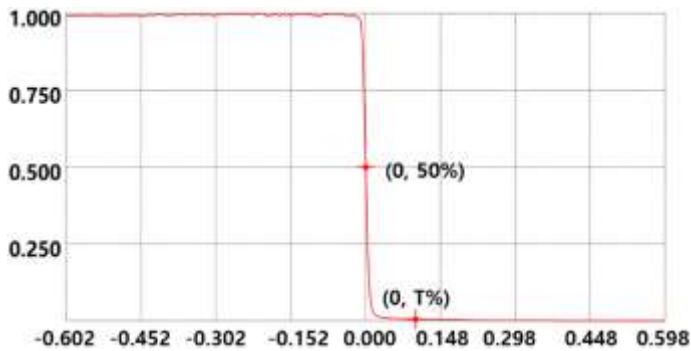


图3 矩形区域内相对透过率曲线

4.4 斑点

4.4.1 试验工具

4.4.2 试验程序

光学纤维传像元件疵点检测装置。

- a) 将光学纤维传像元件输入端朝下置于疵点检测装置的测试台上，启动光学纤维传像元件疵点检测装置，装置自动向待检测元件喷吹离化空气。
- b) 设定物镜倍数为300×，打开漫射光源，并从元件的输入端照射，装置自动根据输出光斑边缘的三点拟合输出光斑，从而确定输出面中心。
- c) 设定检测半径后，装置自动进行拍照扫描并将图像从中心向边缘按照环形方式进行分区。并自动逐帧识别分区图像中斑点的位置及形状，建立斑点位置与斑点尺寸间的关系。并根据斑点形状及尺寸自动折合成等效直径 D ，当斑点是类圆形时， D 为其等效圆面积的直径；当斑点是线形时， D 为其长边长 L_{\max} 与短边长 L_{\min} 之和的二分之一，即 $D=(L_{\max}+L_{\min})/2$ 。

d) 根据检测需求，可设置不同检测区域（如图4中的A、B区）的斑点要求，装置自动统计某检测区域中的某等效直径范围内的斑点个数。

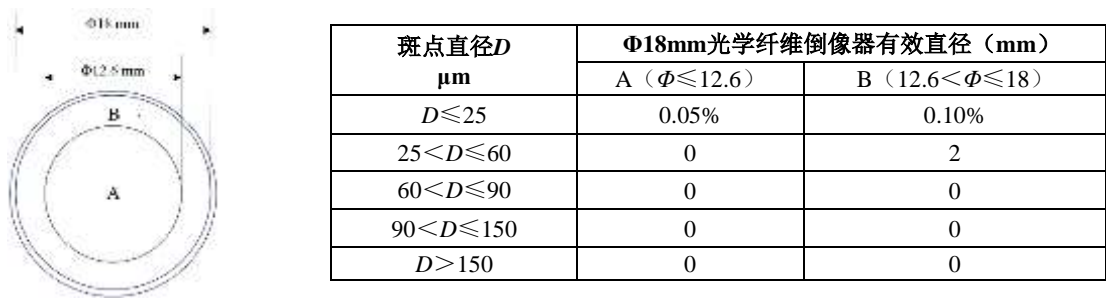


图4 光学纤维传像元件斑点测试结果示意图

4.5 鸡丝

4.5.1 试验工具

投影仪或体视显微镜，放大倍数不小于10×。

4.5.2 试验程序

用漫射光照射光学纤维传像元件的一个端面，用投影仪或显微镜，沿光学纤维传像元件的输出端面的垂直方向进行观察，在规定的区域内测量鸡丝的大小和数量。

4.6 剪切畸变

4.6.1 试验工具

- a) 投影仪或测量显微镜，放大倍数不小于10×。
- b) 同一间距和线宽的栅状测试分划板。

4.6.2 试验程序

- a) 将光学纤维传像元件输入端面朝下放在测试分划板上，用透射光垂直照射测试分划板。
- b) 通过投影仪投影或显微镜观察光学纤维传像元件输出端面输出的分划板图形，旋转光学纤维传像元件，观察其有效区内所有线条错开的现象，并基于分划板的线宽判断错开最大的位置区域。如果错开距离超过线宽W（当线宽为剪切畸变不合格的上限值），可初步判定该元件的剪切畸变不合格。如果需要测量出具体剪切畸变值时，则利用线宽两边基准线测量线条错开的最大距离D，即为剪切畸变的值（见图5）。

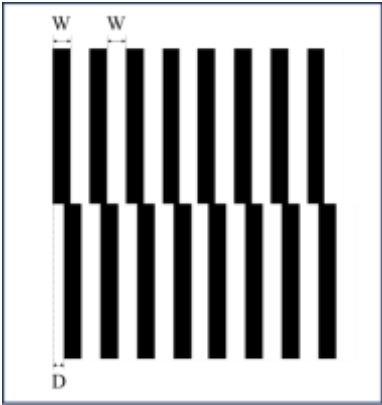


图5 剪切畸变示意图

4.7 蛇形畸变

4.7.1 试验工具

- 投影仪或测量显微镜，放大倍数不小于10×
- 十字基准分划板及夹具。

4.7.2 试验程序

- 将光学纤维传像元件的小端面朝下置于十字基准分划板的夹具中，用透射光垂直照射测试分划板，通过投影仪投影或显微镜观察透过产品的十字线。
- 旋转光学纤维传像元件，依据投影屏上的十字基准线与输出端面的有效区边缘的两端交点，找到并测量垂直正向位移 X_2 的绝对值 $|X_2|$ 与垂直负向位移 X_1 的绝对值 $|X_1|$ 之和的最大值，计算得到 $\max(|X_1|+|X_2|)/2$ 即为蛇形畸变（见图6）。

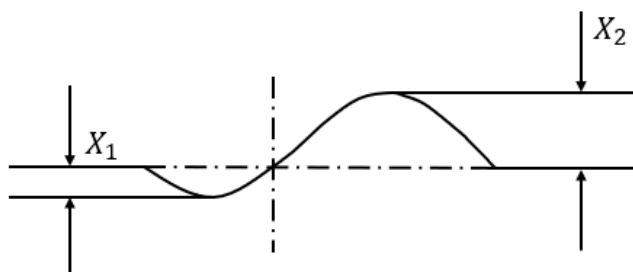


图6 蛇形畸变示意图

4.8 枕形/桶形畸变

4.8.1 试验工具

- 投影仪或测量显微镜，读数分辨率为1 μ m，放大倍数不小于10×
- 正方形网格十字基准分划板及夹具。

4.8.2 试验程序

- 将光锥的小端面置于正方形网格分划板的夹具中，用透射光垂直照射分划板，通过投影仪投影或显微镜观察光锥大端面输出的十字线。
- 在投影屏上选取正方形网格分划板中与光锥有效区内接的正方形图样，读取图样经产品输出后正方形边长的最大变形量 H_1 或 H_2 ，见图7a)、图7b)。
- 枕形畸变 D_p 与桶形畸变 D_b ，分别按公式（1）和公式（2）计算：

$$D_p = \frac{H_1}{L_1} \dots\dots\dots (1)$$

$$D_b = \frac{H_2}{L_2} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

D_p ——枕形畸变；

D_b ——桶形畸变；

H_1 、 H_2 ——分别为枕形畸变、桶形畸变对应的输出正方形边长的最大变形量；

L_1 、 L_2 ——分别为枕形畸变、桶形畸变对应的光锥有效区内接正方形边长。

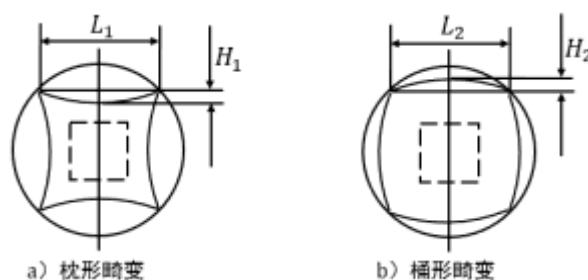


图7 枕形/桶形畸变示意图

4.9 扭转角

4.9.1 试验工具

- 投影仪，角度分辨率为1'，放大倍数不小于10×
- 十字基准分划板。

4.9.2 试验程序

- 首先，将投影仪进行归零，即调整焦距使分划板上的十字线清晰，并与屏幕上的十字线完全重合，将坐标屏上的角度按键清零。
- 将倒像器/光锥端面擦拭干净，置于十字分划板上。调整焦距使十字线经过毛坯的投影清晰。
- 调整坐标摇杆和屏幕上的角度旋钮，使透过产品的十字线与投影屏上的标线重合，此时坐标屏上显示的角度值即为该元件的扭转角。

4.10 白边

4.10.1 试验工具

- 体视显微镜，放大倍数不小于10×
- 环形白光灯。
- 黑色套圈（两个，分别套到倒像器的小端和大端）。

4.10.2 试验程序

- 将倒像器小端朝下倒置于黑色套圈内，该套圈深度为1/3倒像器高度；将另外一个黑色套圈套到倒像器的大端；将环形白光灯打开置于倒像器垂直方向的中间位置。
- 在10×显微镜下转动倒像器，观测大端面的黑色套圈内的边缘是否存在白边。

4.11 像位移

4.11.1 试验工具

- 投影仪或测量显微镜，读数分辨率为1μm，放大倍数不小于10×
- 十字基准分划板及夹具。

4.11.2 试验程序

- 调整焦距使分划板上的十字线清晰，并与屏幕上的十字线完全重合。

- b) 将光学纤维传像元件大端面朝下置于十字基准分划板的夹具中，保证产品几何中心与分划板十字中心对齐，用透射光垂直照射分划板，通过投影仪投影或显微镜观察透过产品的十字线。
- c) 旋转光学纤维传像元件，使输出的十字线 $X(Y)$ 轴与屏幕上的十字基准 $X(Y)$ 轴完全重合；找到输出十字线 $Y(X)$ 轴与屏幕上十字基准 $Y(X)$ 轴的最大偏移位置，移动载物台使该最大偏移线与屏幕上 $Y(X)$ 基准轴重合，将坐标屏上的 X 轴和 Y 轴按键清零以标记零位。
- d) 再次旋转光学纤维传像元件，找到 $Y(X)$ 最大偏移；移动载物台使所成最大偏移线与屏幕上 $Y(X)$ 基准轴重合，并记录这段偏移值 D ， $D/2$ 即为所测像位移（见图8）。

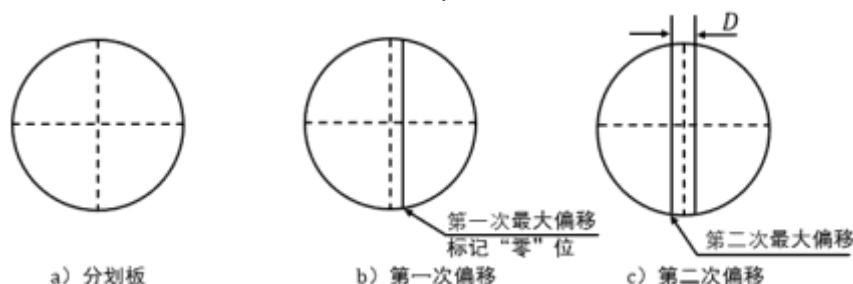


图8 分划板与光学纤维传像元件位移示意图

4.12 放大率

4.12.1 试验工具

- a) 投影仪，读数分辨率为 $1\mu\text{m}$ ，放大倍率不小于 $10\times$ 。
- b) 带刻度的十字基准分划板及夹具。

4.12.2 试验程序

- a) 在投影仪 $10\times$ 物镜下，将光学纤维传像元件的输入端面朝下置于十字基准分划板上，使元件几何中心与分划板零点对齐，选择分划板上零点左右各特定长度线段作为输入线段，其长度为 L_1 。
- b) 输入线段经过产品传递在另一端面形成输出线段，通过投影仪观察输出线段的长度。将元件旋转 360° ，测量输出线段最长及最短时其长度，选取两个数值中偏离输入线段长度 L_1 较大的值为 L_2 ，放大率 M 按公式（3）计算：

$$M = \frac{L_2}{L_1} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

L_1 ——输入线段的长度，单位为毫米（mm）；

L_2 ——输出线段的长度，单位为毫米（mm）；

M ——放大率。

4.13 放大率偏差

4.13.1 试验工具

- a) 投影仪，读数分辨率为 $1\mu\text{m}$ ，放大倍率不小于 $10\times$ 。
- b) 带刻度的十字基准分划板及夹具。

4.13.2 试验程序

- a) 在投影仪10×物镜下，将光锥的小端面朝下置于十字基准分划板上，使光锥几何中心与分划板零点对齐，选择分划板上零点左右各1mm长度线段作为输入线段，输入线段经过产品传递在另一端面形成输出线段，通过投影仪测量输出线段的长度，获得长度 X 值。中心放大率 M_c 按公式（4）计算：

$$M_c = \frac{X}{2} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

X ——输出线段的长度，单位为毫米（mm）；

M_c ——中心放大率。

- b) 同理，选择光锥任意非中心位置与分划板零点对齐，选择分划板上零点左右各1mm长度线段作为输入线段，输入线段经过产品传递在另一端面形成输出线段，通过投影仪测量输出线段的长度，获得长度 X_1 值。任意位置放大率 M_1 按公式（4）计算。放大率偏差 ΔM 按公式（5）计算：

$$\Delta M = \frac{M_1 - M_c}{M_c} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中：

ΔM ——放大率偏差；

M_1 ——任意位置放大率。

4.14 准直光透射比

4.14.1 试验工具

透射比测试仪。

4.14.2 试验程序

- a) 使用透射比测试仪，用具有规定光谱特性和截面直径为2mm的准直光束垂直入射到具有规定相对光谱灵敏度的探测器上，测量其输出信号 S_{in} 。
- b) 将光学纤维传像元件输入端面的中心位置垂直置于上述准直光束的出口处，用上述探测器测量通过该光学纤维传像元件输出端面的输出信号 S_{out} 。
- c) S_{out} 和 S_{in} 之比为光学纤维传像元件的准直光透射比 T_C ，按公式（6）计算：

$$T_C = \frac{S_{out}}{S_{in}} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

S_{in} ——输入端面的输出信号；

S_{out} ——输出端面的输出信号。

4.15 朗伯光透射比

4.15.1 试验工具

透射比测试仪。

4.15.2 试验程序

- a) 使用透射比测试仪，用具有一定光谱分布范围和截面直径为2mm的朗伯光束垂直入射到具有规定相对光谱灵敏度的朗伯式探测器上，测量其输出信号 S_{in} 。

- b) 将光学纤维传像元件输入端面的中心位置垂直置于上述朗伯光束的出口处，用上述探测器测量通过该光学纤维传像元件输出端面的输出信号 S_{out} 。
- c) S_{out} 和 S_{in} 之比为光学纤维传像元件的朗伯光透射比 T_C ，按公式（7）计算：

$$T_L = \frac{S_{out}}{S_{in}} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

S_{in} ——输入端面的输出信号；

S_{out} ——输出端面的输出信号。

4.16 光谱透射比差

4.16.1 试验工具

透射比测试仪。

4.16.2 试验程序

- a) 使用透射比测试仪，采用一定波长间隔，将具有不同波长且截面直径为2mm的光源垂直入射到具有规定相对光谱灵敏度的探测器上，测量其输出信号 $S_{in}(\lambda)$ 。
- b) 将光学纤维传像元件输入端面的中心位置垂直置于上述光束的出口处，用上述探测器测量通过该光学纤维传像元件输出端面的相应波长的输出信号 $S_{out}(\lambda)$ 。
- c) $S_{out}(\lambda)$ 和 $S_{in}(\lambda)$ 之比为光学纤维传像元件随波长变化的光谱透射比 $T(\lambda)$ ，按公式（8）计算：

$$T(\lambda) = \frac{S_{out}(\lambda)}{S_{in}(\lambda)} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

$S_{in}(\lambda)$ ——输入端面的输出信号；

$S_{out}(\lambda)$ ——输出端面的输出信号。

- d) 在规定波长范围内，任意两波长 λ_1 与 λ_2 间的光谱透射比差 $\Delta(\lambda)$ 按公式（9）计算：

$$\Delta(\lambda) = |T(\lambda_1) - T(\lambda_2)| \dots\dots\dots (9)$$

式中：

$T(\lambda_1)$ ——波长 λ_1 的光谱透射比；

$T(\lambda_2)$ ——波长 λ_2 的光谱透射比。

4.17 透射比均匀性

4.17.1 试验工具

透射比测试仪。

4.17.2 试验程序

- a) 使用透射比测试仪，用具有规定光谱特性和截面直径为2mm的光源垂直入射到光纤传像元件的输入端面的中心位置，用规定相对光谱灵敏度的探测器测量出输出端面的输出信号 S_1 。
- b) 用具有规定光谱特性和截面直径为2mm的光源垂直入射到光纤传像元件的输入端面的任意位置，用规定相对光谱灵敏度的探测器测量出输出端面的输出信号 S_2 。
- c) S_2 和 S_1 之比 S_2/S_1 ，即为光纤传像元件的透射比均匀性。

4.18 分辨率

4.18.1 试验工具

- 投影仪或体视显微镜，放大倍数不小于50×
- 经标定的基准分辨力测试靶（USAF 1951分辨率测试靶）。

4.18.2 试验程序

- 用脱脂棉蘸酒精将光学纤维传像元件上下端面擦拭干净，将其一端面朝下与分辨力测试靶间无缝隙接触。
- 用透射光垂直照射USAF 1951分辨率测试靶，靶上的图案如图9所示，通过投影仪投影或显微镜观察传输到元件另一端面的图像。
- 读出两组相互垂直的线条均可清晰分辨的最高线对所对应的组号和序号，分辨率 R 按公式（10）计算：

$$R = 2^{GN + \frac{EN-1}{6}} \dots\dots\dots (10)$$

式中：

GN ——可清晰分辨的最高线对所对应的组号；

EN ——可清晰分辨的最高线对所对应的序号。

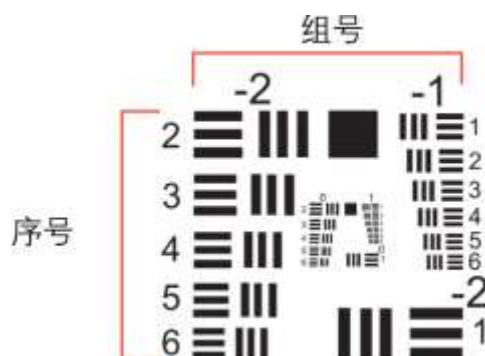


图9 USAF 1951 分辨率测试靶的分辨率测试图案示意图

4.19 真空气密性

4.19.1 试验工具

- 氦质谱检漏仪，检漏灵敏度不低于 $5.0 \times 10^{-13} \text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 。
- 超声波清洗机，功率为0.4kW~1.0kW，频率为20kHz~60kHz。
- 烘烤炉，马弗炉、箱式电阻炉或烘箱，控温精度为 $\pm 5^\circ\text{C}$ 。

4.19.2 试验程序

- 用清洗液清洁光学纤维传像元件后，放入无水乙醇中浸泡并用超声波清洗，然后用干净的纱布将其擦拭并晾干后放入烘烤炉中，按规定的温度时间曲线烘烤。
- 使用灵敏度不低于 $5.0 \times 10^{-13} \text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 的检漏仪，在相对湿度低于60%的环境条件下，将光学纤维传像元件的一端面用真空封脂密封在测试模具上，按下抽真空按钮，待真空度小于 $1.0 \times 10^{-10} \text{Pa}$ 后，朝另一端面连续喷高纯氦气3s进行检漏，按检漏仪技术提供的公式计算光学纤维传像元件的空气漏率。

4.20 平均线膨胀系数

4.20.1 试验工具

- a) 膨胀仪，控温不确定度为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，膨胀量的测量不确定度为 $\pm 0.001\text{mm}$ 。
- b) 千分尺，测量精度为 $\pm 0.01\text{mm}$ 。

4.20.2 试验程序

- a) 准备一个规格为 $(\Phi 5\text{mm} \sim \Phi 6\text{mm}) \times 50\text{mm}$ 的光学纤维传像元件圆棒，棒长方向与光学纤维传像元件内光纤方向平行；圆棒玻璃内应无肉眼可见条纹、气泡、结石等夹杂物，且应力双折射光程差应符合GB/T 903—2019中3类的规定；圆棒两端面精磨或抛光，平行度应不大于 $2'$ ；测试前应确认被测圆棒不会在所选温度范围内熔化或发生化学反应。
- b) 调试和校正仪器，使仪器进入正常工作状态。
- c) 在室温时，将清洁后的圆棒测量长度后装入膨胀仪内，使石英推杆与圆棒紧密接触，并调节零位；在程序中设置测量温度范围的起始和终止温度以及 40K/min 的升温速率，并开始测试；测试结束，得到圆棒的膨胀曲线如图10所示。
- d) 在测得的圆棒膨胀曲线上，求取所需温度范围所对应的圆棒伸长量，其平均线膨胀系数按公式(11)计算：

$$a_L = \frac{L_2 - L_1}{L_0(T_2 - T_1)} + a'_L \quad \text{..... (11)}$$

式中：

a_L ——为被测圆棒在温度 $T_1 \sim T_2$ 范围的平均线膨胀系数；

T_1 、 T_2 ——分别为被测圆棒加热前后的温度，单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$)；

L_1 、 L_2 ——分别为温度为 T_1 、 T_2 时被测圆棒的长度，单位为毫米(mm)；

L_0 ——为被测圆棒在室温时的长度，单位为毫米(mm)；

a'_L ——为石英玻璃推杆在 $T_1 \sim T_2$ 温度范围的平均线膨胀系数：在 $-30^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ 范围内， a'_L 取 $5.0 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ ；在 $20^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$ 范围内， a'_L 取 $5.5 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ ；在 $20^{\circ}\text{C} \sim 450^{\circ}\text{C}$ 范围内， a'_L 取 $5.7 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 。

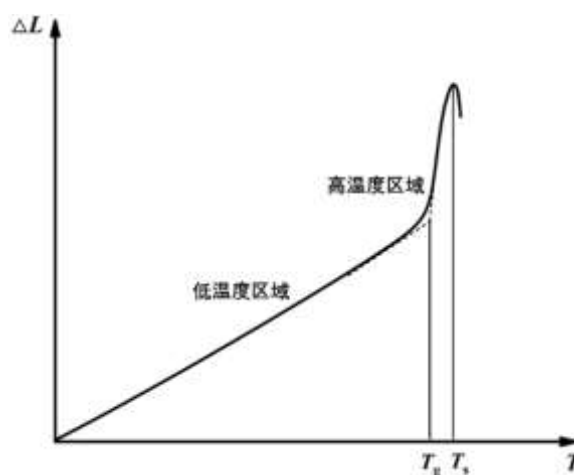


图10 膨胀曲线

4.21 化学稳定性

按GB/T 7962.14—2010规定进行试验。

4.22 耐热性

4.22.1 试验工具

马弗炉。

4.22.2 试验程序

在大气环境下，用规定温度持续烘烤规定时长，烘烤后观察光学纤维传像元件外形及尺寸、内部结构是否发生变化。

4.23 热稳定性

4.23.1 试验工具

马弗炉。

4.23.2 试验程序

将同批次的两件光学纤维传像元件烘烤到规定的温度后，分别将其迅速置于规定温度的空气或水中冷却，观察其表面变化情况。

4.24 耐高压性

4.24.1 试验工具

耐高压测试仪。

4.24.2 试验程序

将导电橡胶板电极分别连接到光学纤维传像元件的输入端和输出端，施加规定的电压，观察是否出现亮点或闪烁，并测量其漏电流大小。

4.25 白复丝网格

4.25.1 试验工具

- a) 体视显微镜，放大倍率不小于10×。
- b) 白光光源。

4.25.2 试验程序

用脱脂棉蘸酒精将光学纤维传像元件上下端面擦拭干净，在放大率为10×条件下，通过透射光观测光学纤维传像元件输出端面有效直径内的表面图像，若看到复丝边缘较复丝内部更明亮，转换任意角度后复丝边缘仍然明亮，即为白复丝网格。

4.26 黑复丝网格

4.26.1 试验工具

- a) 体视显微镜，放大倍率不小于10×。
- b) 白光光源。

4.26.2 试验程序

用脱脂棉蘸酒精将光学纤维传像元件上下端面擦拭干净，在放大率为 $10\times$ 条件下，通过透射光观测产品输出端面有效直径内的表面图像，若看到复丝边缘较复丝内部更暗黑，转换任意角度后复丝边缘仍然暗黑，即为黑复丝网格。

4.27 复丝阴影

4.27.1 试验工具

- a) 体视显微镜，放大倍率不小于 $10\times$ 。
- b) 白光光源。

4.27.2 试验程序

用脱脂棉蘸酒精将光学纤维传像元件上下端面擦拭干净，在放大率为 $10\times$ 条件下，通过透射光观测产品输出端面有效直径内的表面图像，若看到二次复丝内部有相较于其周围发暗的斑块，转换任意角度后该位置相较于其周围仍然发暗，即为复丝阴影。

4.28 外观质量

4.28.1 试验工具

- a) 体视显微镜，放大倍率不小于 $10\times$ 。
- b) 白光光源。

4.28.2 试验程序

在 $10\times$ 显微镜下，观测光学纤维传像元件外观的裂纹、破边、残留物、脏污、划伤、发雾、橘皮状褶皱、鱼骨纹、条纹等缺陷。
