

耶纳为现代高性能光学元件制造的光学玻璃

具有不同性质的大批高质量光学玻璃是有效制造科学和工程各方面需要的光学精密仪器最重要的先决条件之一，耶纳生产了下列各种不同类型的玻璃：

175种透明光学玻璃，(有些适用于眼镜片和变焦距透镜)

88种光学滤光片玻璃

11种太阳玻璃。(包括光色玻璃)

15种抗辐射玻璃

4种辐射屏蔽玻璃

5种光学硅石玻璃

1种硫化砷玻璃

1种纤维光学用的玻璃

4种乳白色的玻璃

这些玻璃同许多特殊用途的玻璃一样好。

在光学工业中，这组无色玻璃是非常重要的。从118页图3所示的图表 $n-v$ 里可以获得大量的各种耶纳制造的玻璃。

这些玻璃的主要特点是几乎没有气泡和条纹，以及它们的强的光透能力和化学抵抗力，玻璃最重要的参数是以国家标准规定的。

现代高性能光学元件的发展，不可避免地要花很多时间用在提高光学玻璃的质量上。这些要求，特别是关于光学的均匀性是根据光波判据提出来的。

光学均匀性的概括叙述

光学均匀性被理解为玻璃折射率的空间稳定性，这种稳定性就是光学的均匀性，精

确地说，是在折射率 δn 最大差上有明显的区别，空间率的变化取决于下面限制的量：〔1,2〕：

a) 数量级是 $10^{-7}-10^{-1} \text{cm}$ 的结构相关的微非均匀性。

b) 大梯度折射率的非均匀性如：条纹法照相 $10^{-2}-10^{-1} \text{cm}$ 的宽度。

c) $10^{-1}-10^{-2} \text{cm}$ 的扩张非均匀性。

这样 b) 条件下的条纹法照相，受成像质低的影响，特别是在使用小透镜直径的显微镜光学系统时，具有 c 条件下指定的小梯度的大面积非均匀性的影响在大直径受衍射限制的高性能透镜系统中占优势。下面，在正当地考虑其原因中详细地谈一下为何处理它们的问题：这些原因是：

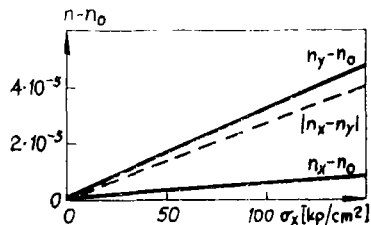


图1

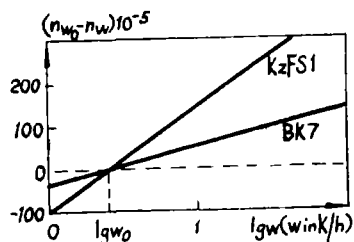


图2

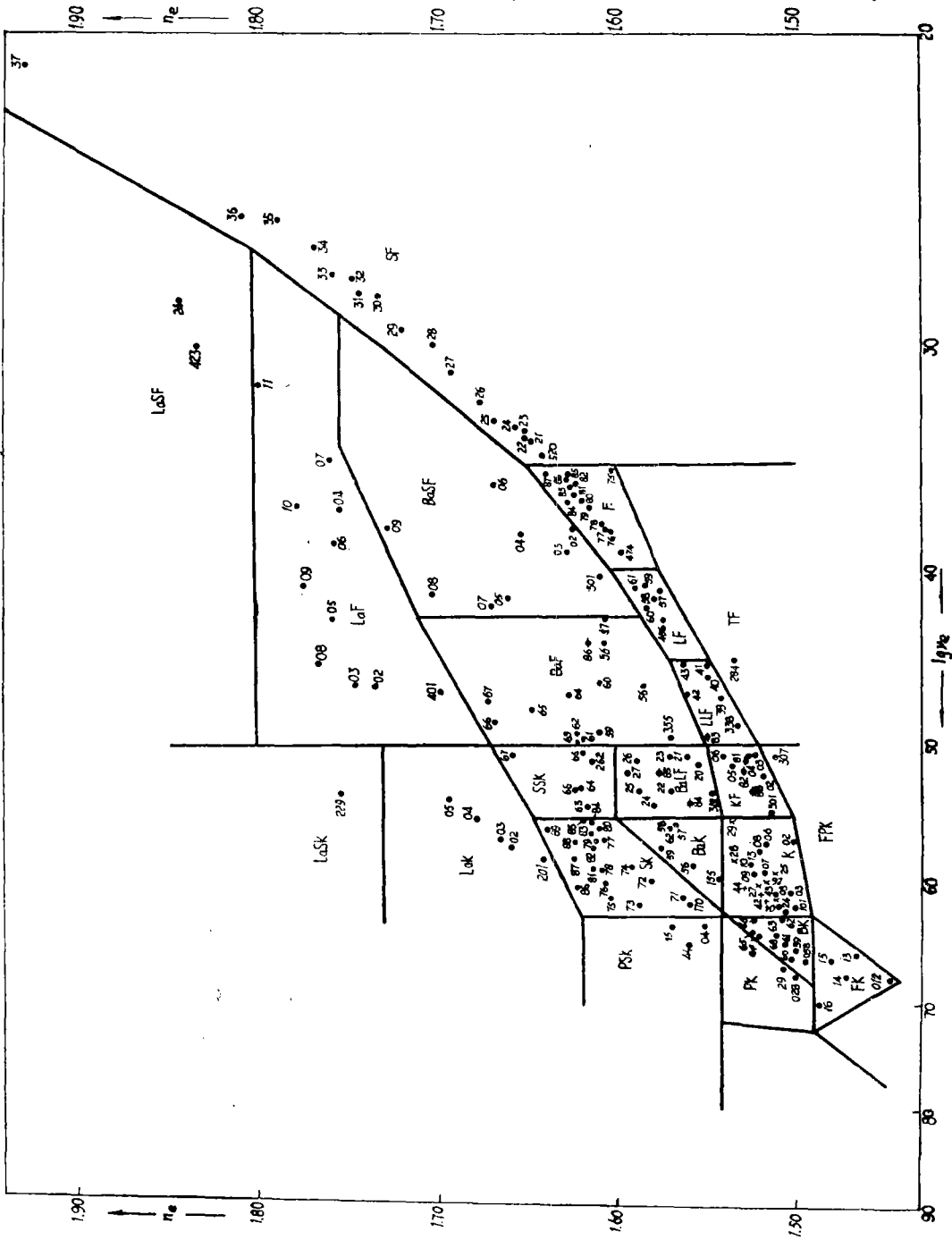


图 3

- a) 应力
- b) 与结构有关的密度差。
- c) 化学上的不均匀性。

应力造成的系数变化

118 页图 1 示出提供的外部一维负载与玻璃的折射率取决于施加的负载量以及偏振方向。

下列关系式的应用:

$$n_x - n_0 = c_1 \delta x$$

$$n_y - n_0 = c_2 \delta x$$

$$\Delta n = n_x - n_y = (c_1 - c_2) \delta x = B \delta x$$

式中: n_x = 在 x 方向即应力的方向, 偏振光的折射率。

n_0 = 自由应力取样的折射率。

$\Delta n = n_x - n_y$ = 以毫微米/厘米为单位的
双折射。

c_1, c_2 = 以 10^{-7} 厘米²/公斤为单位的
光学应力常数。

$$B = c_1 - c_2 = \text{以 } \frac{\text{nm}}{\text{cm}} / \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

(= 10^{-7} cm²/kg) 为单位的
光学应力常数。

外部或内部的应力在玻璃像形成的质量中造成了二种不同影响, 即: 折射率和双折射的变化。

因为实际上, 在玻璃中占优势的是三维状态的应力, 所以引起折射率和双折射的空间变化。

这种差别是在持久应力(退火应力、机械应力、熔化应力、胶接应力)和暂时应力温度差, 安装, 外部负荷和重货之间形成的。

最重要的一种应力是退火应力, 冷却过程在玻璃中引起的三维状态, 用三种主要的应力 z_1 、 z_2 和 z_3 表示其特征, 它取决于下列有关参数。

- 试验样品的维数。
- 冷却参数(速度、最初温度、时间)
- 玻璃性能。

——应力的张弛。

——冷却箱中温度的分布。

——传递给要冷却的材料的热。

——要冷却的材料压缩密度。

注意到: 在各种光学玻璃中光弹性常数在 0 和 9 之间, 应力光学常数在 1.5 和 5 之间, 相应的好的退火过程确保双折射值小于 15 毫微米/厘米 对于非均匀性的与应力有关部分折射率差最大为 10^{-6} 至 10^{-7} 。然而, 随着冷却的增强双折射值可降到 2 毫微米/厘米以下。

结构相关的密度差造成的 折射率的差

玻璃的结构密度和折射率都受到冷却炉 (3) 中热处理的影响。如果冷却过程是以足够高的温度和不变的冷却率 W 开始的, 那么, 折射率线性地取决于这个冷却率的对数。

折射率 δ_{10} 的变化是一个非常合适的测量量, 若冷却率相对于参考速度 ω_0 , 改变一个因数 10 (每天几乎 60k) 就可获得这个量。在光学玻璃中, δ_{10} 在 30 和 $250 \cdot 10^{-6}$ 之间的变化。对于折射率变化任何冷却率都按如下计算:

$$\delta_n = \delta_{10n}, \lg(\omega/\omega_0) \text{ 根据此式得出:}$$

只有在冷却率能满足于试验样品所有点的条件下, 才得出好的光学均匀性。例如: 为了保证 BK7 玻璃的 δ_n 为 $5 \cdot 10^{-6}$ 对于试验样品的各点每天 20K 的冷却率 (每天实际使用的) 不允许每天差 0.25K。要达到这个结果, 根据粘滞性曲线测定的足够高的最初冷却温度是非常重要的。在一些玻璃中一定要考虑产生变形和混浊问题。独立的和尽可能小的冷却炉温度的梯度过程是冷却过程的另一个最重要的要求。

化学不均匀性引起的 不同折射率

在广泛地消除了微冷却时的应力和结构的影响以后, 许多化学不均匀性仍然存在。它

们仅在浇铸和溶化过程中受影响，在连续熔化过程中，由于炉内化合物的起伏和除料(侧面图中)折射率梯度的形成，炉内各种成分蒸发的不适当混合导致这种结果。在工艺上减少不均匀性是非常困难的，最有效的办法是使炉内产生良好的均匀性并且适当搅拌直到浇铸过程开始。

折射率取决于外部因素

在正常操作温度时，折射率的稳定性是可以保证的，因为在适当冷却的玻璃中，长期折射率的变化由于结构紧密使得折射率增大，在检测极限下。然而光学仪器往往以压力和温度造成的最外部的应力为条件。在这种情况下，除了考虑前面谈到的折射率与压力的关系外，还得考虑折射率与温度的关系。在所谓的非热光学元件中，要保证光路的长度(折射率和几何光路的乘积)与温度毫不相干。有些玻璃由于热膨胀引起的光路的增长，由相应的温度升高造成折射率的减少来补偿，用他们就可以达到以上目的。用那种方法可以保证，在暂时的温度变化和不变的梯度时光学透镜系统的焦距不变。对于玻璃的光学应力和光测弹性常数的要求是同样的。就退火应力而言，减少应力的本身和

对双折射和折射率的影响是合宜的。另一方面，在暂时应力情况下，即，由于不同温度或机械安装引起的应力，去掉这种结果常常是不可能改变的原因。但是，有必要使用合适的玻璃来减少他们的影响，(压力与折射率有关)。

附加要求

高性能透镜系统的质量还在某种程度上取决于玻璃透明度，当用紫外区形成光学图象时，它代表较厚物镜的确定因数。总之，要求玻璃显示尽可能少的彩色。

要达到这种状态，用特殊玻璃使折射率和阿贝数以及异常的色散性能达到极度状态。这就需要系统的研制工作，利用周期表上大量的元素和它们的化合物。

大量的研制计划和稳定的技术基础的提高是必要的，以满足高性能光学的要求和对光学玻璃的要求来适应现代化地生产光学仪器的总趋势。耶纳在玻璃制作这方面有着多年的经验。

充分证明，耶纳制作的高质量玻璃用在光学透镜系统获得优秀性能，特别是用于光刻和MKF—6多光谱相机。

译自：耶纳评论 78年3期 117页

冯立杰 译 于和平 校