

芯飞睿技术参数十问 系列

透过率

透过率

一、什么是透过率

透过率是指光线透过介质的能力，是透过透明或半透明体的光通量与其入射光通量的百分率，通常用 τ 表示，数值为百分数，取值范围为0-100%。假束平行单色光通过均匀、无散射的介质时，光的一部分被吸收，一部分透过介质，还有一部分被介质表面反射。

二、分类

有两种基本的透射类型：外部和内部，两者都与透光率不同：外部透射是根据入射光进入玻璃时的强度与离开玻璃后的光强度计算得出的。内部透射由光线进入玻璃后的强度与离开玻璃后的强度决定，内部透射主要测量玻璃本身的光过滤能力。

三、表示方法

当入射光强度 I_0 一定时，介质吸收光的强度 I_a 越大，则透过光的强度 I_t 越小。

用 I_t/I_0 表示光线透过介质的能力，称为透光率，以 τ 表示，即 $\tau=I_t/I_0$ 。

如果光被介质全部吸收， $I_t=0$ ， $\tau=0$ 。而若光全透，则 $I_t=I_0$ ， $\tau=100\%$ 。透光率的倒数反映了介质对光的吸收程度。为了便于计算，取透光率倒数的对数作为吸光度，用 A 来表示，即 $A=\lg(1/\tau)=\lg(I_0/I_t)$ ， A 值越大，表示物质对光的吸收越大。

比尔-朗伯定律

根据定义，内部透过率与光学深度和吸光度有关：

$$T=e^{-\tau}=10^{-A}$$

τ 是光学深度

A 是吸光度

对于材料样品中的 N 衰减

$$T=e^{-\sum_{i=1}^N \sigma_i \int_0^l n_i(z) ds}=10^{-\sum_{i=1}^N \epsilon_i \int_0^l c_i(z) ds}$$

σ_i 是材料样品中衰减物质 i 的衰减横截面

n_i 是材料样品中衰减物质 i 的数密度

ϵ_i 为材料样品中衰减物质 i 的摩尔衰减系数

c_i 是材料样品中衰减物质 i 的浓度

l 是光束穿过材料样品的路径长度

衰减截面与摩尔衰减系数的关系如下：

$$\epsilon_i=\frac{N_A}{\ln 10} \sigma_i$$

衰减截面与数字密度和数量浓度的关系：

$$C_i=\frac{n_i}{N_A}$$

N_A 是阿伏伽德罗常数

在均匀衰减的情况下，这些关系变为：

$$T=e^{-\sum_{i=1}^N \sigma_i n_i l}=10^{-\sum_{i=1}^N \epsilon_i c_i l}$$

或者

$$\tau=\sum_{i=1}^N \sigma_i n_i l \quad A=\sum_{i=1}^N \epsilon_i c_i l$$

四、影响因素

透过率越大，透光性越好，但任何透明材料透过率都不可能达到 100%，最高的也只在 95%左右，其主要原因如下：

1、光反射

由于物质的组成结构不同，使入射光线从物体表面反射出来导致透过光量损失，透过率下降。反射程度用反射率 R 表示，计算公式为：

$R=(n-1)^2/(n+1)^2 \times 100\%$ 式中， n 是测试介质材料的折射率。反射率越大，反射损失越大，透过率越小。

2、光吸收

当入射光进入介质材料内部时，由于分子结构及组成的原因，光在通道中传递受阻，而滞留在材料内被吸收，从而降低透光率。

3、光散射

当入射光接触粗糙不平的制品表面，或分子结构分布不均匀或无序与结晶相共存的材料时，入射光线既无透过也无反射及吸收，而呈散射形式消散，光的方向改变，导致透过率下降。这部分损失比例较小，该现象在结晶型聚合物中较严重，非结晶料较好。

4、物质结构

物质中气泡或晶粒间界数量越多，就产生从晶体到空气，再从空气到晶体的反复折射，造成反射损失，气泡越多，反射损失越大，透光率越小，厚度越大，气泡就会越多，损失就越大。

五、测试方法

举例，用分光光度计测定玻璃透过率：

1、分光光度计接通电源时，预热 20 分钟。



2、手持平板玻璃试样边缘，并放入比色器座内靠单色器一侧的第二格内。有色玻璃放入比色器座内靠单色器一侧的第三格内用定位夹固定弹性夹，使其紧靠比色器座壁。

3、用调节旋红选择测量波长。

4、打开比色器暗盒盖，调节透光率“0”。

5、使比色器座处于空气空白校正位置，轻轻地将比色器暗箱盖合上，这时暗箱盖将光门挡板打开，光电管受光，调节透过率“100%”。

6、按 4、5 步骤连续几次调“0”和“100”后无变动，即可以进行测定。

7、将待测试样推入光路，显示器示值即为某波长光下的透过率 τ ，或吸光度，其中 $A = -\lg\tau$ 。

8、对平板玻璃测定其在波长为 560nm 处的透过率 τ 。

9、在单色光的波长为 360~1000nm 范围内，每隔 20nm 测定颜色玻璃试样光密度 A。

1、分光光度计测试

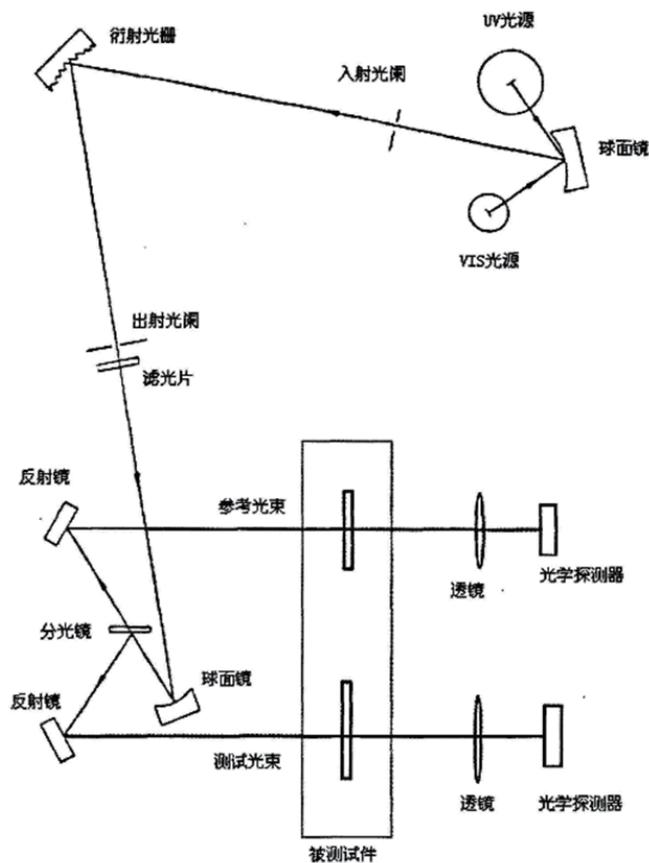


图1 分光光度法原理简图

2、单通道法

(1) 光电透过率检查仪

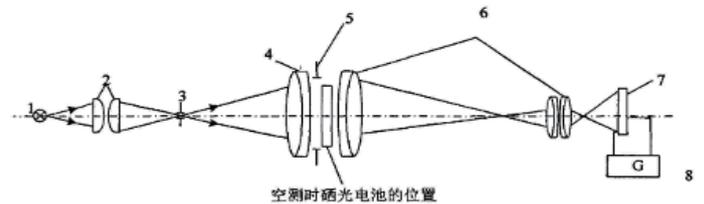


图2 光电透过率检测原理图

点光源 1 经过聚光镜 2 后进入小孔光阑 3，再到平行光管物镜 4，通过光阑 5 可以对光束进行调节，光束通过检测物 6，被硒光电池 7 接收，检流计 8 显示相应的读数。空测时，光电池尽可能离光阑近距离才可完全接收光通量。放入检测物测的检流计与入射光光通量对应的光电流 I_0 ，移走被测物，得到空测值 I ，因此透过率为： $\tau = I_0 / I$ 。

(2) TGY-2型透过率测定仪

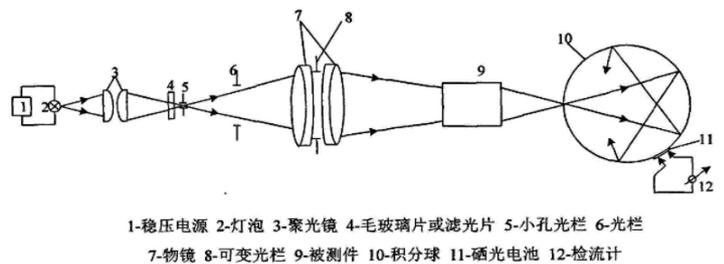
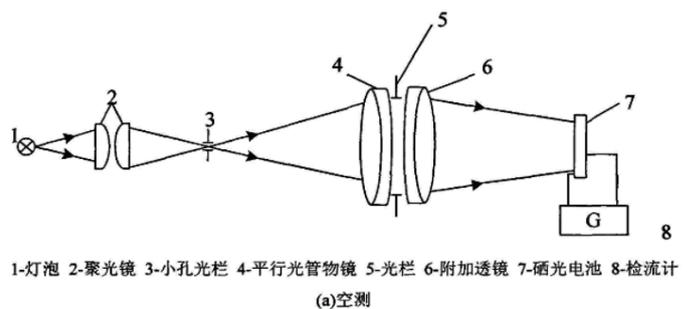
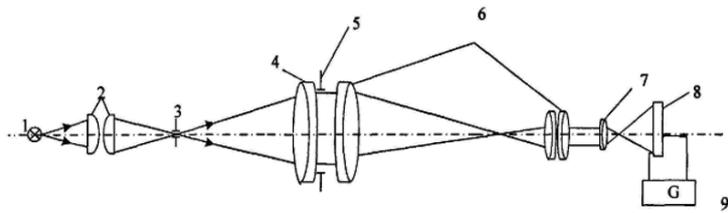


图3 TGY-2型透过率测定仪检测原理图

稳定电源 1 提供电源给灯泡 2，发出的光经过聚光镜 3，再由毛玻璃片或滤光片 4 进行滤光，滤光片不同，检测出不同光谱波段范围的透过率，进入小孔光阑 5，光阑 6 对光束进行调整，物镜 7 在轴向上进行调整，可变光阑 8 限制测试光束，光束进入被测物 9，由积分球 10 进行接收，积分球内安装硒光电池，并与检流计连接。此方法也需要早黑暗条件下测试，也需要进行空测和实测。

(3) BJ型透过率检测仪





1-灯泡 2-聚光镜 3-小孔光阑 4-平行光管物镜 5-光阑
6-被测系统 7-附加物镜 8-硒光电池 9-检流计

(b)实测

图4BJ型透过率检测仪测量原理图

该种仪器采用了附加透镜，电源1发出光经过聚光镜2进入小孔光阑3形成点光源，再进去平行光物镜4得到平行光，光阑5调节光束大小，空测时，附加透镜6调节电池上光斑大小，让光能够完全照射到硒光表面。实测时，附加透镜也对光斑进行调节，使其完全照射在硒光电池上。

以上三种方法都需在黑暗条件下进行，噪音、人工操作等都会造成误差。光电透射率检查仪操作方便，应用广泛，但是误差较大，精度在±3%；TGY-2透射率测定仪精度较高，但是对积分球要求较高，在±0.5%左右；BJ型透射率检查仪由于增加附加透镜，测量比较麻烦。

六、透过率测量仪原理

透过率测量仪原理采用紫外光源，红外光源和可见光源照射被测透明物质，感应器分别探测三种光源的入射光强和透过被测透明物质后的光强，透过光强与入射光强的比值即为透过率，用百分数表示。

可见光的波长范围是380nm-760nm，原理上就是要测量整个波长范围的透过率曲线，再通过积分获得全波段的透光率。但要用积分实现就必须要用到光谱仪，这个精密昂贵的部件，所以实际上的大多数低成本的透光率测量仪都没有用到光谱仪，而是用宽谱线的光源及宽波长响应的接收器来实现，这是一个可行的，低成本，同时不失科学性的做法，美国的EDTM公司，以及国内的林上科技就采用了这个做法。

另一种实现透光率的方法是利用波长在550nm附近的LED作为可见光源，用接收器接收这个波段的光强。这个方案就要求待测玻璃等样品不能是彩色的，就是只能是黑白灰色，因为只有是这个颜色的样品，其光谱曲线才近似一条平线，用550nm光源才有一定的代表性。

七、测试标准

GB/T 16864-1997 低温下晶体透射率的试验方法

GB/T 36403-2018 红外光学玻璃红外透过率测试方法

傅里叶变换法

八、透过率曲线

把不同波长的光与其所对应的透过率绘成曲线，把这种曲线称为材料的透射光谱曲线，一般以横坐标代表光的波长，纵坐标代表该波长下所对应的透过率。材料不同，波长的光的波长不同，其透过率曲线不同。

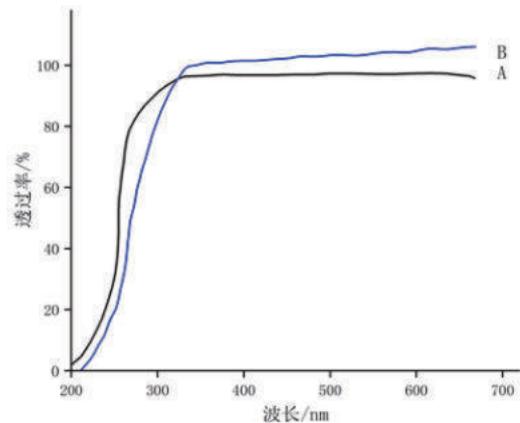


图4样品透射光谱曲线

九、透过率、反射率、吸收率对比

反射率：入射到物体表面上被反射回来的能量与总的入射的能量之比，定义为该物体的反射率。这个反射率是不针对某一特定波长而言的，称之为物体的全反射率，用ρ表示：

$$\rho = \frac{I_{\rho}}{I_0}$$

吸收率：入射到物体上被物体所吸收的那一部分能量与总的入射能量之比，定义为该物体的吸收率，这同样也是针对整个波段而言的，称之为全吸收率，通常就简称为吸收率，用α表示：

$$\alpha = \frac{I_{\alpha}}{I_0}$$

透过率：入射到物体上的能量，其中经过物体的反射和吸收之后，仍然有一部分能量能够穿透物体透射出来，这部分透射的能量与总的入射能量的比值被定义为透过率。透光性是表征材料被光穿透能力的高低，透光性的好坏可用透过率指标来衡量。透过率用τ表示：

$$\tau = \frac{I_{\tau}}{I_0}$$



反射率、吸收率和透射率与介质的性质如材料的种类、表面状态和均匀性等和温度有关。如果投射到介质上的光是波长为的单色光，则反射、吸收和透射的光也是单色的。由此可得：

光谱反射率为：

$$\rho(\lambda) = \frac{I_{\rho\lambda}}{I_{0\lambda}}$$

光谱吸收率为：

$$\alpha(\lambda) = \frac{I_{\alpha\lambda}}{I_{0\lambda}}$$

光谱透过率为：

$$\tau(\lambda) = \frac{I_{\tau\lambda}}{I_{0\lambda}}$$

十、透过率与雾度

雾度：透过试样而偏离入射光方向的散射光通量与透射光通量之比，用百分数表示（对于本方法来说，仅把偏离入射光方向 2.5°以上的散射光通量用于计算雾度）。

雾度越大，材料对光的散射能力越强，人眼就越看不清
透过率：透过试样的光通量与射到试样上的光通量之比，用百分数表示。其中国家规定透光率绝对值：0-100%，雾度绝对值：0-30%，30%雾度以上由各个仪器生产厂家根据0-30%的线性进行延伸，称之为相对值。

参考文献

- [1] 百度百科
- [2] 维基百科
- [3] 林志聪. 光学系统透过率测试[D]. 长春理工大学, 2010.
- [4] <https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/transmittance>
- [5] 蔡小龙, 郑峰, 宦克为, 等. 热致变色材料的光谱透射率测试[J]. 长春理工大学学报: 自然科学版, 2012, 35(1):3.
- [6] <https://publiclab.org/wiki/how-to-obtain-transmittance-absorbance-spectra>



有什么问题请联系我们的技术工程师，在线为您解答



了解更多资讯，请关注我们的公众号--上海芯飞睿科技有限公司

