

接触镜透光性能测试

孙明 陈辰

1、序言

接触镜，或称隐形眼镜，是一种直接佩戴在眼睛中，与人眼生理相容并附着于角膜表面泪液层上用以矫正视力、美容、治疗的镜片。相比框架眼镜，隐形眼镜轻便，不影响外表，视野广，双眼成像相差小，因此被广泛使用。

接触镜需要满足光学性、附着性、适应性、透氧性等一系列的要求。对于常规用途的接触镜，其光学性能是一个非常重要的指标。而光学性能中的透光性能包括可见光区透过率、色觉要求和紫外光区透过率是对接触镜很重要的参数。这些参数的测试通常使用能够准确测量接触镜光谱透射率数据的分光光度计来进行。在获得准确的光谱透射率数据后，再根据指定的照明体光谱分布和光谱光视效率函数参照下式来积分计算相应的光透过率。以可见光透过率为例：

$$\tau_V = \frac{\phi_{Vt}(\lambda)}{\phi_{Vi}(\lambda)} \times 100\% = \frac{\int_{380}^{780} \phi_{e\lambda}(\lambda) \cdot \tau(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_{380}^{780} \phi_{e\lambda}(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda} \times 100\%$$

式中： τ_V 为试样的指定照明体的可见光透射比

$\tau(\lambda)$ 为试样的光谱透射比

$\phi_{e\lambda}(\lambda)$ 为标准照明体（如 D65）的相对光谱功率分布

$V(\lambda)$ 为明视觉光谱光视效率函数

在整个连续波长范围内光谱带宽不超过 10nm 的情况下，上式可简化为：

$$\tau_V = \frac{\sum_{380}^{780} \phi_{e\lambda}(\lambda) \cdot \tau(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot \Delta\lambda}{\sum_{380}^{780} \phi_{e\lambda}(\lambda) V(\lambda) \cdot \Delta\lambda} \times 100\%$$

其中： $\Delta\lambda$ 为光谱波长间隔，不大于 10nm。标准推荐的标准照明体分别为 CIE 规定的 A 光源、C 光源和 D65 光源。

而在紫外光区，简单采用了 UVA（380~316nm）和 UVB（315~280nm）波段的光谱平均值，光谱带宽要求不大于 5nm：

$$\tau_{UVR} = \frac{\sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} \tau(\lambda) \cdot \Delta\lambda}{\lambda_2 - \lambda_1} \times 100\%$$

为了表征接触镜片实际使用中的透过特性，要对透过光路分界面的的反射光损耗进行修正。标准要求测试时要模拟接触镜实际使用时空气-眼镜镜片-泪液分界面的透过光路，因此要对实际测试时的盐溶液-眼镜镜片-盐溶液分界面依照菲涅耳反射率公式进行修正。

按照强制性标准《GB 11417.3_2012 眼科光学 接触镜 第3部分：软性接触镜》的规定：“模拟使用状态下，光透过率 τ_v 在标准照明体 D65 和 A 下分别测定，其结果应都不小于 89%”。另外，标准认为由于测定体系与目标体系中测试液厚度变化会影响实际使用中接触镜片的透过特性，必要时还需对测试液厚度变化进行修正。

针对上述要求，PerkinElmer 公司为 Lambda 系列高性能紫外/可见分光光度计专门开发了 Ophthalmometer 附件（图 1），该附件为 Lambda 系列高性能紫外/可见分光光度计独有的 Q-COM 快速可拔插切换光学台模块式附件（图 1），附件包含了定制的可装满盐溶液和接触镜片的湿式多样品架和积分球，可以自动、快速地进行大批量合规样品测试。

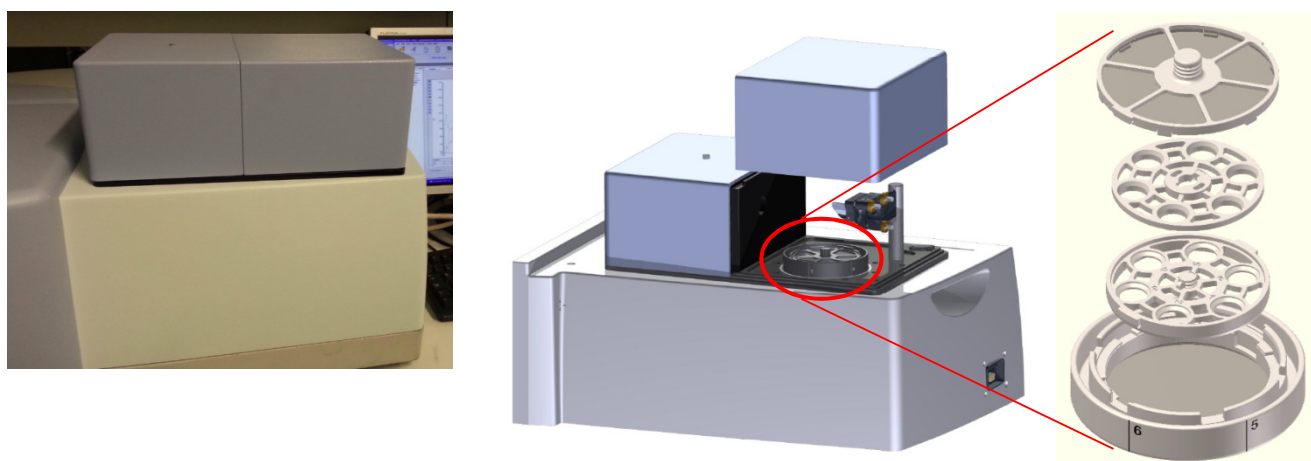


图 1. Ophthalmometer 附件及湿式多样品架

本文作者针对国内用户样品量不大，经费相对紧张的状况，参照 Ophthalmometer 附件的设计和国标的要求，自行开发了在 150mm 积分球上加装接触镜测试套件的测试方案（图 2），该方案使用垂直放置的单湿式样品池，对于样品量不大，或者有通用性测试需求的客户，可以灵活地测试单个样品。

我们使用 Lambda 650 紫外/可见分光光度计配置 150mm 积分球及接触镜测试套件，对接触镜片的光透过率进行了实际测试，在用仪器获得光谱数据后，利用标配的 UVWinLab 软件的 Equation 功能，直接在扫描完成后按照标准的要求自动进行加权加和计算、并进行反射率损耗的修正计算，从而得到最终结果。

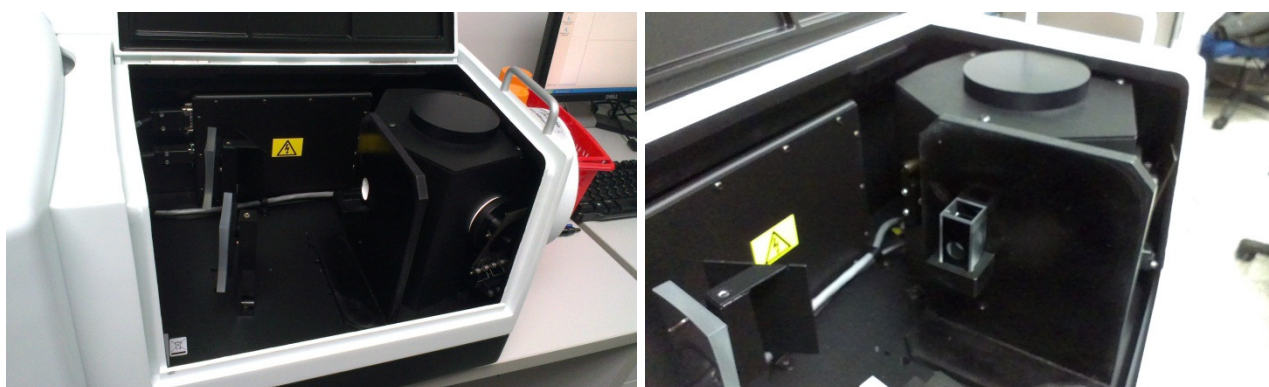


图 2. 150mm 积分球及接触镜测试套件

2、测试条件

仪器型号： Lambda 650S（150mm 积分球），接触镜测试套件
扫描范围： 780~380nm
狭缝： 2nm

3、测定结果

多个不同牌号的接触镜片测得的谱图如下图 3 所示。

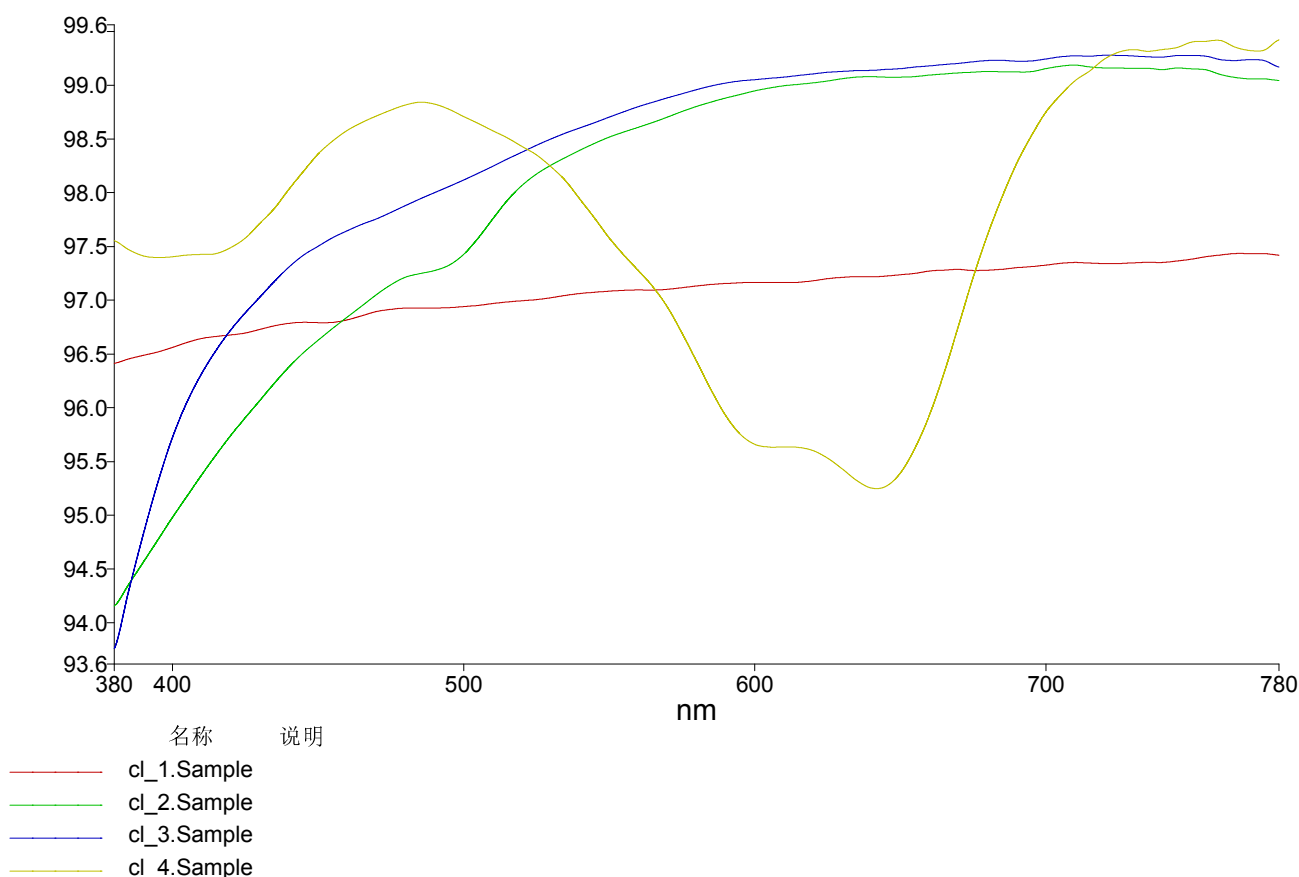


图 3. 样品谱图

由于隐形眼镜的厚度很薄，而模拟盐溶液的吸光度又非常低，因此测试液厚度变化对透过率的影响可以忽略不计，只需对反射光损耗进行修正。通过 UV WinLab 软件工作流程中 Sample Info 项目的样品表中输入接触镜的折射率，即可在 Results 中查看到符合标准的光透过率、平均透过率以及校正后的透过率，如图 4 所示。

| Sample ID | D65 %T | D65_c %T | A %T | A_c %T | light %T_c | mean %T | mean %T_c |
|-----------------|--------|----------|-------|--------|------------|---------|-----------|
| ✓ 1 cl_1.Sample | 97.05 | 92.85 | 97.23 | 93.02 | 92.85 | 97.07 | 92.87 |
| ✓ 2 cl_2.Sample | 97.97 | 93.77 | 98.79 | 94.58 | 93.77 | 98.03 | 93.82 |
| ✓ 3 cl_3.Sample | 98.34 | 94.13 | 98.97 | 94.77 | 94.13 | 98.35 | 94.15 |
| ✓ 4 cl_4.Sample | 97.7 | 93.5 | 97.83 | 93.62 | 93.5 | 97.73 | 93.52 |

图 4. 测定结果

5、讨论

PerkinElmer 接触镜测试方案可以方便准确地按照国标的要求测试接触镜样品的光学性能，包括可见光区透过率、色觉要求和紫外光区透过率三个部分，本文仅给出了其中可见光区透过率的结果。两个方案中，使用 Ophthalmometer 附件的自动化程度更高，适合大量样品的分析测试。而 150mm 积分球及接触镜套件方案使用方便，成本较低。由于软件可以对扫描获得的光谱数据进行自动计算、校正并得到符合标准要求的数据，并且包含且不限于使用标准指定的 CIE 标准照明体。这避免了繁琐的数据导出和运算过程，大大降低了对操作人员的要求和可能引入的误差，是一个非常实用的解决方案。