



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXX.5—XXXX/ISO 14490-5:2021

光学和光子学 望远镜系统试验方法 第 5 部分：透射率

Optics and photonics—Test methods for telescopic systems—
Part 5: Transmittance

(ISO 14490-5: 2021 Optics and photonics—Test methods for telescopic systems—
Part 5: Test methods for transmittance, MOD)

(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 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 通则 | 1 |
| 5 试验装置 | 2 |
| 6 试验程序 | 4 |
| 7 测量精度 | 4 |
| 8 测量结果的表示 | 4 |
| 9 分析 | 4 |
| 10 试验报告 | 5 |
| 附录 A（资料性） 辐射探测器和测量仪器的校准程序 | 6 |
| 附录 B（资料性） 色品坐标和颜色贡献指数 | 8 |

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。

本文件为GB/T XXXX《光学和光子学 望远镜系统试验方法》的第5部分，GB/T XXXX分为以下部分：

- 第 1 部分：基本特性；（进行中）
- 第 2 部分：双筒望远镜；（进行中）
- 第 3 部分：瞄准望远镜；（进行中）
- 第 5 部分：透射率；
- 第 7 部分：极限角分辨力。

本文件等同采用ISO 14490-5:2021《光学和光子学 望远镜系统试验方法 第 5 部分：透射率试验方法》。

本文件做了下列最小限度的编辑性改动：

- 第2章中增加了“注”。

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：

本文件主要起草人：

光学和光子学 望远镜系统试验方法

第 5 部分：透射率

1 范围

本文件规定了望远镜系统和观测望远镜仪器透射率的试验方法。

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。

ISO/CIE 11664-1:2019 色度学 第1部分：CIE标准比色法观察仪

ISO 11664-2 色度学 第2部分：CIE标准照明灯

ISO 14132-1 光学和光子学 望远镜系统术语 第1部分：通用术语和ISO 14132术语的字母索引
(Optics and photonics — Vocabulary for telescopic systems — Part 1: General terms and alphabetical indexes of terms in ISO 14132)

注：GB/T 44403-2024光学和光子学 望远镜系统 通用术语和双筒望远镜、单筒望远镜、观测镜及瞄准望远镜术语
(ISO 14132-1: 2015、ISO 14132-2: 2015、ISO 14132-3: 2021, MOD)

ISO 14490-1:2005 光学和光学仪器 望远镜系统的试验方法 第 1 部分：基本特性的试验方法
(Optics and optical instruments — Test methods for telescopic systems — Part 1: Test methods for basic characteristics)

注：GB/T ××××.1-2025 光学和光子学 望远镜系统试验方法 第 1 部分：基本特性 (ISO 14490-1:2005, MOD)
CIE 18.2:1983 物理光度测定的基础

3 术语和定义

GB/T 44403界定的术语和定义适用于本文件。

ISO和IEC在以下地址维护术语数据库以用于标准化：

——ISO在线浏览平台：可在<https://www.org/obp>获得

——IEC电子百科：可在<http://www.electropedia.org/>上获得

4 通则

为了确定光谱透射率 $\tau(\lambda)$ ，将测量有限束光线在射入光学系统之前和通过光学系统之后的辐射通量 $\Phi_0(\lambda)$ 和 $\Phi_p(\lambda)$ ，按公式 (1) 计算光谱透射率。

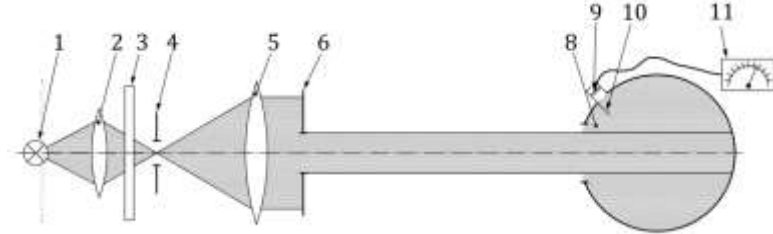
$$\tau(\lambda) = \frac{\Phi_p(\lambda)}{\Phi_0(\lambda)} \dots\dots\dots (1)$$

在光谱测量过程中，通过单色仪或滤光片组将辐射源的出射光束限制在一个狭窄的波长范围内。

5 试验装置

5.1 总则

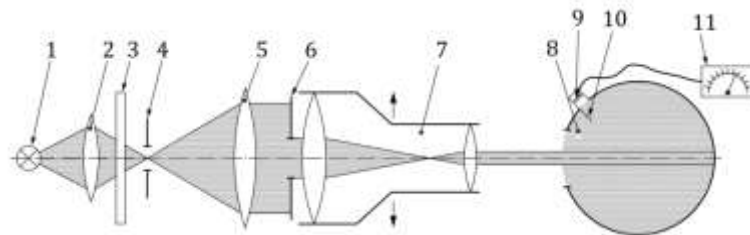
图1和图2所示的试验装置包括辐射源(可选带有聚光镜、单色仪或滤光片组、可变视场光阑、准直透镜、孔径光阑、试样支架、积分球、辐射探测器和包括辐射探测器以及测量和评价的信号处理单元。)



标引序号说明:

- | | |
|--------------|-------------------|
| 1——辐射源; | 6——孔径光阑; |
| 2——聚光镜; | 8——积分球; |
| 3——单色仪或滤光片组; | 9——辐射探测器; |
| 4——可变视场光阑; | 10——挡板; |
| 5——准直透镜; | 11——测量和评价的信号处理单元。 |

图1 无试样的试验装置 (示意图)



标引序号说明:

- | | |
|--------------|-------------------|
| 1——辐射源; | 7——试样; |
| 2——聚光镜; | 8——积分球; |
| 3——单色仪或滤光片组; | 9——辐射探测器; |
| 4——视场光阑; | 10——挡板; |
| 5——准直透镜; | 11——测量和评价的信号处理单元。 |
| 6——孔径光阑; | |

图2 带试样的试验装置 (示意图)

5.2 辐射源和聚光镜

辐射源应在规定的波长范围内发射连续的辐射通量, 测量一对数值时, 通量的变化应小于1%。聚光镜使辐射源适应于测量光路。例如, 它应该是消色差双偶态或离轴抛物面镜, 以避免在光线路径中产生太多横向色差。

5.3 单色仪或滤光片组

如果信号处理单元包括光谱检测器, 则可以省略单色仪或滤光片组。

光栅或棱镜单色仪可以用来选择波长。最小的可调波长间隔应小于各自测量值的主波长(通常为 $0.55\mu\text{m}$)的2%。

光谱带宽取决于试样。应能正确地检测到透射曲线的急剧变化。因此,带宽的选择应使整个波段的透射率变化小于4%。由于测量技术和能力方面的原因或由于时间/成本方面的不足,最大带宽可以是波长的4%。如果计算颜色贡献指数,则带宽小于波长的2%。

可以使用一组窄带滤光片(半宽最大值 $<20\text{ nm}$)代替单色仪。它们对于平坦的透射曲线特别有用。测量点的数量应进行明确的曲线拟合。如果仅需要一次测量,也可以用光谱滤光片代替单色仪进行测量。

5.4 准直仪

准直仪为折射式或反射式。将准直仪调整至准直状态,应充分和均匀的照明孔径光阑。准直仪的焦距应足够长,相对于准直仪的可调视场光阑,光斑直径应能足够小,小到足以完整地通过试样的像面,且不被目标标记和内部结构遮挡,光斑直径不应超过像面直径的三分之一。

通过调整准直仪位置,在测量距离内使光束呈准直状态。折射透镜的轴向色差应小于或等于其焦距的1%。离轴抛物面镜或等效系统也适合作为准直仪。

5.5 孔径光阑

孔径光阑应为圆形,并贴近试样的物镜。直径应小于或等于试样入瞳的50%,且小于积分球的开口。它作为辅助系统,可用于光束形成,从而实现上述要求。在有无试样的测量过程中,这些系统都应保留在光路中。

一般来说,应使用与探测器的信噪比要求兼容的最小孔径光阑。

在测量变倍望远镜系统时应特别注意,在某些放大倍率设置下,入瞳可能比自由物镜直径要小得多。

5.6 试样安装

试样的安装设计应确保试样能够定位、对齐并保持稳定。

试样沿光束方向应确保测量光束中没有障碍物(例如网格板)。

5.7 积分球

孔径光阑与积分球之间的距离应按试样的要求进行放置。在带试样和不带试样的测量过程中,不应改变距离,使光线束始终被积分球完全收集。为了避免多次反射的影响,建议在目镜和积分球之间保持较大的距离,例如 100 mm 。选择积分球的位置,应使进入积分球的光束的直径与没有样品的直径几乎相同。

积分球有两个开口,一个用于输入待测量的光束,另一个用于探测器。开口不应相对放置,挡板防止探测器直接入射,两个开口表面的面积之和不得超过球面内表面的5%。积分球开口的直径应超过孔径光阑(图1和图2中的序号6)最大直径的5%~7%。

积分球内涂层的反射率应做到最高,并在整个光谱范围内漫反射。在 380 nm ~ 780 nm 的整个光谱范围内的反射率不应小于85%。

5.8 辐射探测器

信号处理单元(辐射探测器以及测量和评价单元)的线性度不应大于0.5%。

5.9 可变视场光阑

可变视场光阑的直径选择应确保试样目镜侧的光束角度发散不超过 5° ,避免发生瞳孔和十字线渐晕。

6 试验程序

6.1 试验的准备

将试样放入其支架中，使物镜面向辐射源（见图1）。试样外露透镜的表面应清洁，无灰尘。

注意避免孔径光阑、试样和其他部件之间的多次反射和使用额外的防护屏而影响测量结果。

对于中间像面上带有十字线的系统，请注意试样十字线的部分不会遮挡任何通过它的光线。确保背景光线不会影响测量结果。

6.2 测量值的确定

如果不计算颜色贡献指数，则在380nm~780nm的光谱范围内进行测量。

首先，使用不带试样的试验装置，确定测量值 $S_0(\lambda)$ ，该测量值与穿过孔径光阑的辐射通量 $\Phi_0(\lambda)$ 成正比。然后，将试样放入光路中，并确定测量值 $S_p(\lambda)$ ，该值与辐射通量 $\Phi_p(\lambda)$ 成正比。带试样和不带试样的两个值的比率，按公式（2）计算光谱透射率：

$$\tau(\lambda) = \frac{\Phi_p(\lambda)}{\Phi_0(\lambda)} = \frac{S_p(\lambda)}{S_0(\lambda)} \dots\dots\dots (2)$$

在规定的波长下操作此程序，确定光谱斜率。波长的选择应确保能清楚地识别透射曲线的形状，以正确地再现曲线的临界范围。

6.3 其它的试验方法

成本低得多的积分测试方法足以用于许多目的，例如比较测量或验证标准光源所需的透射率。使用试验装置（见图1），可以通过积分测试方法和其他合适的补偿滤光片直接测量透射率。例如，测量可以使用转换滤光片来改变积分球的光谱灵敏度，使探测器与眼睛的灵敏度相同。应使用校准的样品来验证这种简化测试方法的准确性。如有必要，积分测量的测量值应通过光谱测量来确定，并根据本文件进行计算。如果使用没有积分球的测试装置，应检查辐射探测器，以确保读数不受辐射探测器的照明面积影响，例如，如附录A所述程序。

7 测量精度

透射率值的重复性误差不应大于2%。试验装置的设计和选择的部件应满足该要求。

8 测量结果的表示

测量结果应以表格和图形形式表示如下：

- a) 以表格形式表示，结果的数据应保留三位小数点；
- b) 对于图形显示，应在波长范围内数据绘成图形。

9 分析

9.1 明场的有效透射率

在整个可见光波长范围内的明场有效透射率 τ_D 由辐射光谱 $S_{D65}(\lambda)$ 、望远镜系统的光谱透射率和明场光谱发光效率函数 $V_{10}(\lambda)$ 确定。作为辐射光谱，应使用ISO 11664-2中规定的D65标准光源。明场视觉的有效透射率按公式(3)给出：

$$\tau_D = \frac{\int_{380\text{nm}}^{780\text{nm}} S_{D65}(\lambda) \times \tau(\lambda) \times V_{10}(\lambda) \times d\lambda}{\int_{380\text{nm}}^{780\text{nm}} S_{D65}(\lambda) \times V_{10}(\lambda) \times d\lambda} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

τ_D ——望远镜系统的光谱透射率；

$S_{D65}(\lambda)$ ——ISO 11664-2中规定的标准光源D65的辐射光谱（相对光谱功率分布）；

$V_{10}(\lambda)$ ——在ISO/CIE 11664-1: 2019, 表2, $\bar{y}_{10}(\lambda)$ 中规定的明场视觉（10°标准观察者）的光谱发光效率函数。

对于大多数测量，波长间隔为5nm是足够的。

注： $V(\lambda)$ 和 $V'(\lambda)$ 值是基于人类学测量的，不能代表所有种族。

9.2 暗场的有效透射率

如果放入暗场的光谱发光效率函数 $V'_{10}(\lambda)$ ，则暗场的有效透射率 τ_N 按公式(4)给出：

$$\tau_N = \frac{\int_{380\text{nm}}^{780\text{nm}} S_{D65}(\lambda) \times \tau(\lambda) \times V'_{10}(\lambda) \times d\lambda}{\int_{380\text{nm}}^{780\text{nm}} S_{D65}(\lambda) \times V'_{10}(\lambda) \times d\lambda} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$\tau(\lambda)$ ——望远镜的光谱透射率；

$S_{D65}(\lambda)$ ——ISO 11664-2中规定的标准光源D65的辐射光谱（相对光谱功率分布）；

$V'_{10}(\lambda)$ ——是CIE18.2: 1983, 表3中规定的暗场（10°标准观测者）的光谱发光效率函数。

对于大多数测量，波长间隔为5nm是足够的。

10 试验报告

试验报告应包括GB/T xxx.x.1-2025第13章中规定的一般信息，以及8a)、8b)和9.1、9.2中规定的试验结果。

试验报告还应包括试验装置的基本信息：

- 光源的类型和主要特性；
- 准直仪光阑的直径；
- 准直仪的焦距；
- 孔径光阑的直径；
- 准直仪与试样之间的距离；
- 试样与积分球之间的距离；
- 积分球和开口直径；
- 具有测量范围和光谱分辨率的探测器类型；
- 在测量过程中观察到的任何异常特征。

B.1和B.2中规定的结果描述是可选的。

附录 A

(资料性)

辐射探测器/测量仪器的校准程序

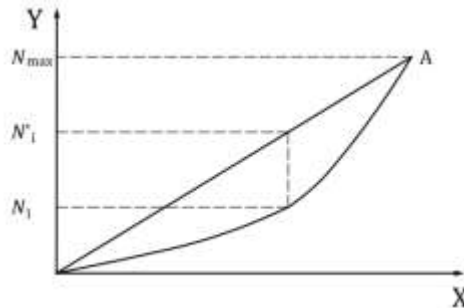
A.1 控制仪器测量的光电流与辐射探测器感光面照度的比例

A.1.1 校准应采用下列方法之一进行。

a) 方法 1

在光源和辐射探测器之间依次放置不同透光率为 τ_i 的标准中性滤光片。每次，根据逐渐减少的照度从指示装置上读取读数 M 。重复测量至少五次。

根据测量结果，将每一中性滤光片的透射率值和指示装置的读数分别绘制在 X 轴和 Y 轴上并连接成曲线，如图 A.1 所示。



标引序号说明：

X——透射率（或 $1/l^2$ ）；

Y——仪表读数。

图A.1 仪器读数与透射率之间的关系（或与距离 l 的平方倒数）

b) 方法 2

通过改变光源与辐射探测器之间的距离，来降低辐射探测器感光表面的照度。

在光度测试工作台上进行测试。

将光源发出的光引导至辐射探测器的感光表面，该表面通常位于入射光束的轴线上。

测量光源与辐射探测器之间的距离 l ，并取指示装置的读数 M 。

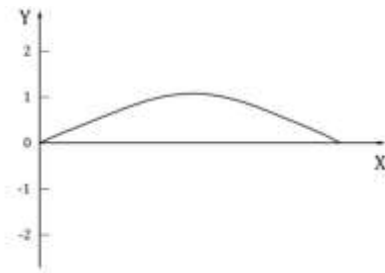
重复测量至少五次。

根据测量结果，用 X 轴上光源与辐射探测器之间距离的平方的倒数和 Y 轴上指示装置的读数绘制另一张图（如图 A.1 所示）。

A.1.2 将坐标原点与最大测量读数对应点 A 连接起来的直线应绘制在图形上（见图 A.1）。

应计算修正值 $\Delta' = N'_1 - N_1$ ，描述了指示装置读数与辐射探测器的感光表面上照度的线性偏差。

A.1.3 如果校正值 $(\Delta'/N) \times 100\%$ 超过 1%，则绘制成图表（见图 A.2），其中指示装置的读数 N 绘制在 X 轴上，校正值 Δ' 绘制在 Y 轴上。该图表应附在试验装置的校准报告上。



标引序号说明:

X——指示装置的读数 N ;

Y——修正值 Δ' 。

图A.2 修正值与指示装置读数示意图

A.2 在光通量不变的情况下，检查指示装置的读数与辐射探测器的照明表面大小之间的相对独立性

在光度测试工作台上进行测试。

直接将发散光束垂直地照射到辐射探测器表面，使得在光束横截面上的每个圆形光斑上获得均匀的照度。

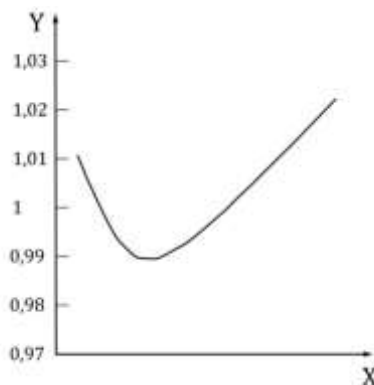
当辐射探测器沿光轴移动时，在保持入射光通量恒定的情况下，辐射探测器的光敏面上会形成不同直径的光斑。

通过从指示装置上读取读数 $N_1, N_2, \dots, N_k, \dots$ ，记录每种情况下产生的光电流。

计算校正系数 $P_1 = N_k/N_1, P_2 = N_k/N_2, \dots$ 的值，其中 N_k 为辐射探测器上任意选定的照明光斑直径 D 时的指示装置的读数。

如果计算出的系数 P_1, P_2, \dots 与1相差超过1%，则应绘制成图表（见图A.3）。

在图表上，绘制X轴上的照明光斑直径 D_i 值和Y轴上的校正系数 P_i 值。该图表应附在试验装置校准证书上。



标引序号说明:

X——照明光斑直径, D ;

Y——校正系数, P 。

图A.3 校正系数与照明光斑直径的关系

附录 B

(资料性)

色品坐标和颜色贡献指数

B.1 色品坐标

色品坐标 x 和 y 由 10° 标准观测者的颜色匹配函数值、试样的光谱透射率和光源的辐射光谱确定，见公式 (B.1) 和 (B.2)，颜色匹配函数值在 ISO/CIE 11664-1 中定义。作为辐射光谱，使用 ISO 11664-2 中规定的标准光源 D_{65} ，由公式 (B.1) 和 (B.2) 给出。

$$x = \frac{\int_{380\text{nm}}^{780\text{nm}} S_{D65}(\lambda) \times \tau(\lambda) \times \bar{x}_{10}(\lambda) \times d\lambda}{\int_{380\text{nm}}^{780\text{nm}} S_{D65}(\lambda) \times \tau(\lambda) \times [\bar{x}_{10}(\lambda) + \bar{y}_{10}(\lambda) + \bar{z}_{10}(\lambda)] \times d\lambda} \dots\dots\dots (B.1)$$

$$y = \frac{\int_{380\text{nm}}^{780\text{nm}} S_{D65}(\lambda) \times \tau(\lambda) \times \bar{y}_{10}(\lambda) \times d\lambda}{\int_{380\text{nm}}^{780\text{nm}} S_{D65}(\lambda) \times \tau(\lambda) \times [\bar{x}_{10}(\lambda) + \bar{y}_{10}(\lambda) + \bar{z}_{10}(\lambda)] \times d\lambda} \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

$\tau(\lambda)$ ——望远镜的光谱透射率；

$\bar{x}_{10}(\lambda), \bar{y}_{10}(\lambda), \bar{z}_{10}(\lambda)$ ——符合 ISO/CIE 11664-1:2019 表 2 所规定的 10° 标准观察者的颜色匹配函数值；

$S_{D65}(\lambda)$ ——ISO 11664-2 中规定的标准光源 D_{65} 的辐射光谱（相对光谱功率分布）。

对于大多数测量，波长间隔为 5nm 是足够的。

注：色品坐标的计算方法详见 ISO/CIE 11664-1:2019 第 7 章。

B.2 颜色贡献指数的值

注1：该计算方法来源于 ISO 6728:1983 中 4.5，适用于望远镜系统。

望远镜系统的颜色贡献指数 (CCI) 是通过变换（通过 \log_{10} ）、标准化和简化的方法，在蓝色、绿色和红色范围内获得的有效透射率值来计算的。

望远镜的相对光谱透射率 $\tau(\lambda)$ 乘以蓝色 $W_B(\lambda)$ 、绿色 $W_G(\lambda)$ 和红色 $W_R(\lambda)$ 范围的加权光谱灵敏度值，如公式所示 (B.3) 至 (B.5)：

$$\tau_B = \frac{\sum W_B(\lambda) \times \tau(\lambda)}{\sum W_B(\lambda)} \dots\dots\dots (B.3)$$

$$\tau_G = \frac{\sum W_G(\lambda) \times \tau(\lambda)}{\sum W_G(\lambda)} \dots\dots\dots (B.4)$$

$$\tau_R = \frac{\sum W_R(\lambda) \times \tau(\lambda)}{\sum W_R(\lambda)} \dots\dots\dots (B.5)$$

式中：

τ_B, τ_G, τ_R ——在蓝色、绿色、红色范围内的有效透射率；

$W_B(\lambda), W_G(\lambda), W_R(\lambda)$ ——为 ISO 6728:1983, 表 3 中规定的加权光谱灵敏度值（参见表 B.2）；

$\tau(\lambda)$ ——望远镜系统的光谱透射率。

\log_{10} 有效透射率值被确定为小数点后两位。为了简化，将这三个数字的最小值从所有三个对数中减去，使最小值等于零。余下二个数字通过乘以 100 来消除小数，则会进一步简化。对于所评估的特定望远镜，最终减少的这三个数字组成，被称为“颜色贡献指数” (CCI)。

计算结果如表 B.1 和 B.2 所示。

注2：ISO 6728:1983 附录 A 中给出了适用于相机镜头的计算示例。

表B.1 获得颜色贡献指数 (CCI) 的计算示例

| | | | |
|-----------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 颜色 | 蓝 | 绿 | 红 |
| 有效透射率/ τ | $\tau_B = 0.89$ | $\tau_G = 0.99$ | $\tau_R = 0.97$ |
| $\log_{10}\tau$ | $\log_{10}\tau_B = -0.05$ | $\log_{10}\tau_G = 0.00$ | $\log_{10}\tau_R = -0.01$ |
| 简化 | 从所有三个对数值中减去最小的值 (-0.05) | | |
| | 0.00 | 0.05 | 0.04 |
| | 乘以100 | | |
| CCI | 0 | 5 | 4 |
| | CCI=0/5/4 | | |

表B.2 加权光谱灵敏度值

| 波长 (λ)/nm | 蓝 $W_B(\lambda)$ | 绿 $W_G(\lambda)$ | 红 $W_R(\lambda)$ |
|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 380 | 1 | | |
| 390 | 3 | | |
| 400 | 7 | | |
| 410 | 10 | | |
| 420 | 12 | | |
| 430 | 12 | | |
| 440 | 13 | | |
| 450 | 13 | | |
| 460 | 12 | | |
| 470 | 8 | 1 | |
| 480 | 4 | 1 | |
| 490 | 2 | 1 | |
| 500 | 1 | 2 | |
| 510 | 1 | 4 | |
| 520 | | 5 | |
| 530 | | 8 | |
| 540 | | 15 | |
| 550 | | 25 | 1 |
| 560 | | 13 | 1 |
| 570 | | 13 | 1 |
| 580 | | 9 | 2 |
| 590 | | 2 | 3 |
| 600 | | 1 | 4 |
| 610 | | | 6 |
| 620 | | | 8 |
| 630 | | | 12 |
| 640 | | | 19 |

| | | | |
|--|--|--|----|
| 650 | | | 22 |
| 660 | | | 16 |
| 670 | | | 4 |
| 680 | | | 1 |
| <p>注1: 根据ISO 6728:1983表3的数值。这些值仅涵盖380nm~680nm的光谱范围, 因为它们最初与照相乳剂有关。在这个范围之外, 零值也是适用的。</p> <p>注2: 此表中的值与透射率值一起使用。</p> | | | |

B.3 CIELAB 值

描述了可见图像的颜色、色调的替代方法。

为了合理地了解试样图像的颜色色调, 也可以使用CIELAB颜色空间来确定值 L^* 、 a^* 和 b^* 。此方法不需要使用 L^* 值。

CIELAB是一个具有感知均匀间隔的颜色分布的颜色空间。

D65的白点和10°标准观察者的标准的颜色匹配函数值 X_n 、 Y_n 和 Z_n 见表B.3。

表B.3 标准的颜色匹配函数值 $X_{10w} = X_n$; $Y_{10w} = Y_n$; $Z_{10w} = Z_n$

| 标准光源 | x_{10} | y_{10} | z_{10} | X_{10w} | Y_{10w} | Z_{10w} |
|------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| D65 | 0.3138 | 0.3310 | 0.3552 | 94.81 | 100.00 | 107.34 |

按照ISO/CIE 11664-1的规定, 根据光谱透射率计算10°观察者的 X 、 Y 和 Z 值。利用这些和颜色匹配函数值, 计算 X^* 、 Y^* 和 Z^* 的值。

$$\begin{aligned}
 X^* &= \sqrt[3]{X/X_n} && \text{对于 } X/X_n > (6/29)^3 \\
 X^* &= (841/108)(X/X_n) + 4/29 && \text{对于 } X/X_n \leq (6/29)^3 \\
 Y^* &= \sqrt[3]{Y/Y_n} && \text{对于 } Y/Y_n > (6/29)^3 \\
 Y^* &= (841/108)(Y/Y_n) + 4/29 && \text{对于 } Y/Y_n \leq (6/29)^3 \\
 Z^* &= \sqrt[3]{Z/Z_n} && \text{对于 } Z/Z_n > (6/29)^3 \\
 Z^* &= (841/108)(Z/Z_n) + 4/29 && \text{对于 } Z/Z_n \leq (6/29)^3
 \end{aligned}$$

使用 X^* 、 Y^* 和 Z^* 的计算值, 计算以下 a^* 和 b^* 的值。

$$\begin{aligned}
 \text{坐标 } a^* & && a^* = 500(X^* - Y^*) \\
 \text{坐标 } b^* & && b^* = 200(Y^* - Z^*)
 \end{aligned}$$

根据公式 (B.6) (与白点的距离) 计算色度 (色调值) C_{ab}^* :

$$C_{ab}^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \dots\dots\dots (B.6)$$

为了确定颜色, 使用了 a^* 、 b^* 和数量 $|b^*/a^*|$ 的符号。颜色的名称见表B.4。

表B.4 颜色命名约定——色调名称

| | | a^* | | $ b^*/a^* $ |
|-------|---|----------|--------|-------------|
| | | - | + | |
| b^* | + | 黄色 (Y) | | >2.5 |
| | | 黄绿色 (YG) | 橙色 (O) | 0.4 ~ 2.5 |
| | | 绿色 (G) | 红色 (R) | <0.4 |
| | - | 绿色 (G) | 红色 (R) | <0.4 |
| | | 青绿色 (BG) | 紫色 (P) | 0.4 ~ 2.5 |
| | | 蓝色 (B) | | >2.5 |

B.4 CIELUV 值

描述了可见图像的颜色、色调的另一种替代方法。

为了合理了解试样图像的色调，也可以使用CIELUV颜色空间来确定值 L^* 、 u^* 和 v^* 。此方法不需要使用 L^* 值。

CIELUV是一个具有感知均匀间隔的颜色分布的颜色空间。它主要用于测量来自显示器和投影仪等自发光光源的光的颜色。

D65的白点和10°标准观察者的标准的颜色匹配函数值 X_n 、 Y_n 和 Z_n 见表B.3。

按照ISO/CIE11664-1的规定，根据光谱透射率计算出了10°观测者的 X 、 Y 和 Z 值。利用这些和颜色匹配函数值，可以计算出以下 L^* 、 u' 、 v' 、 u'_n 、 v'_n 、 Y^* 、 u^* 、和 v^* 的值。

| | | |
|-----------|---|--------------------------|
| 坐标 L^* | $L^* = 116 (Y / Y_n)^{1/3} - 16$ | 对于 $Y/Y_n > (6/29)^3$ |
| 坐标 L^* | $L^* = (24389 / 27) (Y / Y_n)$ | 对于 $Y/Y_n \leq (6/29)^3$ |
| 坐标 u' | $u' = 4 X / (X + 15 Y + 3 Z)$ | |
| 坐标 v' | $v' = 9 Y / (X + 15 Y + 3 Z)$ | |
| 坐标 u'_n | $u'_n = 4 X_n / (X_n + 15 Y_n + 3 Z_n)$ | |
| 坐标 v'_n | $v'_n = 9 Y_n / (X_n + 15 Y_n + 3 Z_n)$ | |
| 坐标 Y^* | $Y^* = \sqrt[3]{Y/Y_n}$ | 对于 $Y/Y_n > (6/29)^3$ |
| 坐标 Y^* | $Y^* = (841/108)(Y/Y_n) + 4/29$ | 对于 $Y/Y_n \leq (6/29)^3$ |
| 坐标 u^* | $u^* = 13 L^* (u' - u'_n)$ | |
| 坐标 v^* | $v^* = 13 L^* (v' - v'_n)$ | |

根据公式 (B.7) (与白点的距离) 计算色度 (色调值) C_{uv}^* ：

$$C_{uv}^* = \sqrt{u^{*2} + v^{*2}} \dots\dots\dots (B.7)$$

为了确定色调，使用 u^* 、 v^* 和数量 $|v^*/u^*|$ 的符号。颜色的名称见表B.5。

表B.5 颜色命名约定——色调名称

| | | u^* | | $ v^*/u^* $ |
|-------|---|----------|--------|-------------|
| | | - | + | |
| v^* | + | 黄色 (Y) | | >2.5 |
| | | 黄绿色 (YG) | 橙色 (O) | 0.4 ~ 2.5 |
| | | 绿色 (G) | 红色 (R) | <0.4 |
| | - | 绿色 (G) | 红色 (R) | <0.4 |
| | | 青绿色 (BG) | 紫色 (P) | 0.4 ~ 2.5 |
| | | 蓝色 (B) | | >2.5 |

参 考 文 献

- [1] ISO 6728: 1983, 摄影相机镜头ISO颜色贡献指数 (ISO/CCI) (Photography — Camera lenses — Determination of ISO colour contribution index (ISO/CCI))
- [2] ISO/CIE 11664-4, 色度学 第4部分: CIE1976 L*a*b*色彩空间 (Colorimetry — Part 4: CIE 1976 L*a*b* colour space)
- [3] ISO/CIE 11664-5, 色度学 第5部分: CIE1976 L*u*v*颜色空间和u', v'均匀色度标度图 (Colorimetry — Part 5: CIE 1976 L*u*v* colour space and u', v' uniform chromaticity scale diagram)
-