



中华人民共和国国家标准

GB/T 39585—2020

光电测量 配光测试系统的性能要求和检测方法

Opto-electronic measurement—Performance requirements
and test methods of light distribution measurement system

2020-12-14 发布

2021-07-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 性能要求 4

 4.1 光强测量重复性 4

 4.2 照度示值误差 4

 4.3 光强示值误差 4

 4.4 光强测量稳定性 4

 4.5 转台分度误差 4

 4.6 线性误差 4

 4.7 波长示值误差 5

 4.8 波长测量重复性 5

 4.9 总光通量示值误差 5

 4.10 相关色温、色品坐标示值误差 5

 4.11 $V(\lambda)$ 失配误差 5

 4.12 红外响应误差 5

 4.13 紫外响应误差 5

 4.14 余弦特性(方向性响应)误差 5

5 检测要求 5

 5.1 检测条件 5

 5.2 检测用标准器及相关设备 5

6 检测方法 6

 6.1 光强测量重复性 6

 6.2 照度示值误差 7

 6.3 光强示值误差 8

 6.4 光强测量稳定性 8

 6.5 转台分度误差 8

 6.6 线性误差 9

 6.7 波长示值误差 9

 6.8 波长测量重复性 10

 6.9 总光通量示值误差 10

 6.10 相关色温、色品坐标示值误差 11

 6.11 $V(\lambda)$ 失配误差 11

 6.12 红外响应误差 12

 6.13 紫外响应误差 12

 6.14 余弦特性(方向性响应)误差 12

附录 A (资料性附录) 灯具的光度学坐标系统 13

附录 B (资料性附录) 确定红外响应误差和紫外响应误差使用的光源和滤光片 17

参考文献 19



前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本标准由中国科学院提出。

本标准由全国光电测量标准化技术委员会(SAC/TC 487)归口。

本标准起草单位:广州计量检测技术研究院、中国计量科学研究院、杭州远方光电信息股份有限公司、西安应用光学研究所、浙江三色光电技术有限公司、中国科学院微电子研究所、广东省中量检测有限公司、中国科学院空天信息创新研究院、杭州通尚光电有限公司、南京航空航天大学、广州市意顿光学设计有限公司、广州质量监督检测研究院、广东省标准化研究院、广东产品质量监督检验研究院、深圳市计量质量检测研究院、深圳市标准技术研究院、佛山市南海区半导体照明标准联盟促进会。

本标准主要起草人:汪立文、刘慧、潘建根、黄锋、李倩、虞建栋、陈聪、杨朋利、刘子龙、蔡喆、刘涛、袁良、周维虎、袁林光、胡苏军、占春连、卢永红、王海涛、罗滔、李自力、杨昭信、代鲲鹏、钟国华、陈海波、邵广嘉、黄继雄、杨舸、李向召、谢攀。



光电测量

配光测试系统的性能要求和检测方法

1 范围

本标准规定了配光测试系统的性能要求、检测要求及检测方法。

本标准适用于交通、信号指示、照明等领域使用的配光测试系统,其他用途的配光测试系统可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 2900.65—2004 电工术语 照明

GB/T 26184—2010 绝对发光强度分布的测量方法

JJF 1032—2005 光学辐射计量名词术语及定义

ISO/CIE 19476:2014 照度计和亮度计的性能表征方法(Characterization of the performance of illuminance meters and luminance meters)

CIE S 017/E: 2011 国际照明词汇(ILV;International lighting vocabulary)

3 术语和定义

GB/T 2900.65—2004、GB/T 26184—2010、JJF 1032—2005、ISO/CIE 19476:2014、CIE S 017/E: 2011 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

配光测试系统 light distribution measurement system

测量光度量或色度量随空间角度变化的系统。

注 1: 配光测试系统通常包括转台系统、光度探头、传感器和测量信号处理系统等。其中,转台系统是用于支承和定位被测发光体及探测器的机械结构;光度探头通常包括探测器、国际照明委员会(CIE)明视觉光谱光视效率 $V(\lambda)$ 校正滤波器及相关附加组件(光阑、漫射器、放大器等)。

注 2: 被测发光体(例如:灯具)的光度学坐标系统参见附录 A。

3.2

相关色温 correlated colour temperature; CCT

在 $u', \frac{2}{3}v'$ 坐标系(基于 CIE 1931 标准色度观察者)描绘普朗克辐射体与被测光源的色品坐标,当

普朗克辐射体与被测光源的色品坐标最为接近时,普朗克辐射体的温度。

注 1: 单位为开尔文(K)。

注 2: 如果被测光源与普朗克辐射体的色度差异超过 $\Delta C = [(u'_t - u'_p)^2 + 4(v'_t - v'_p)^2/9]^{1/2} = 5 \times 10^{-2}$ 则不使用相关色温的概念, u'_t, v'_t 是被测光源的色品坐标, u'_p, v'_p 是普朗克辐射体的色品坐标。

注 3: 相关色温的计算可通过简单的查找最小值的计算机程序,搜索普朗克辐射体轨迹与被测光源间的最小色度差异,获得普朗克辐射体的温度。或通过参考文献[4]推荐的方法实现“相关色温和分布温度的计算”。

注 4: 改写 CIE S 017/E: 2011, 定义 17-258。

3.3

光度探头 photometer head

将入射光量转化为电量的部件。

注：配光测试系统的一部分，通常是一个带有 CIE 明视觉光谱光视效率 $V(\lambda)$ 修正器的硅光电二极管，也包含对光定向评价的元器件，例如漫射窗口、透镜和光阑。

3.4

(光度探头或光源的)参考平面 reference plane (of photometer head or light source)

与光度探头或光源相关联且用来测量二者间距离的平面。

注 1：对于光度探头，该平面为在校准光度探头时垂直于该光度探头光轴的平面。理想情况下，光度探头的参考平面与有效参考平面一致。

注 2：改写 ISO/CIE 19476:2014, 定义 3.1.7。

3.5

(光度探头的)有效参考平面 effective reference plane (of photometer head)

垂直于光度探头光轴的平面。

注 1：当测量点光源的照度时，在满足距离平方反比定律条件下，用来测量光源测量距离的平面。

注 2：有效参考平面可能随光源发光波长的不同而改变。因此，有效参考平面宜标明所使用的光源类型，如 CIE A 光源。

注 3：改写 ISO/CIE 19476:2014, 定义 3.1.8。

3.6

(光源或者灯具的)光度中心 photometric centre (of a lamp or luminaire)

满足距离平方反比定律的参考点。

注 1：测量或计算时作为原点用的参考点，对于光源而言，光度中心对应为发光区域的中心。对于带有反射器的光源，光度中心取在出光口的中心。

注 2：发光强度（以下简称为“光强”）分布测试时，光源的光度中心置于配光测试系统的轴线交点上（几何中心）。

注 3：改写 GB/T 26184—2010, 定义 1.7。

3.7

接收面 acceptance area

光度探头或光谱辐射探头定向接收入射光并对其进行评价的区域。

注：改写 ISO/CIE 19476:2014, 定义 3.1.10。

3.8

 $V(\lambda)$ 失配误差 $V(\lambda)$ mismatch error

光度探头的相对光谱响应度与 CIE 明视觉光谱光视效率的相对偏差，见式(1)：

$$f_1 = \frac{\int_{380}^{780} |S_{\text{rel}}^*(\lambda) - V(\lambda)| d\lambda}{\int_{380}^{780} V(\lambda) d\lambda} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

f_1 —— $V(\lambda)$ 失配误差；

$S_{\text{rel}}^*(\lambda)$ —— 标准(归一)化了的相对光谱响应度；

$V(\lambda)$ —— CIE 明视觉光谱光视效率。

标准(归一)化了的相对光谱响应度，见式(2)：

$$S_{\text{rel}}^*(\lambda) = \frac{\int_{380}^{780} P_A(\lambda) V(\lambda) d\lambda}{\int_{380}^{780} P_A(\lambda) S_{\text{rel}}(\lambda) d\lambda} \times S_{\text{rel}}(\lambda) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$P_A(\lambda)$ ——2 856 K 光源的相对光谱功率分布；

$S_{\text{rel}}(\lambda)$ ——以任意参考点作标准时的相对光谱响应度。

注：改写 ISO/CIE 19476:2014, 定义 3.2.2。

3.9

红外响应误差 IR response error

光度探头红外辐射响应值的误差, 见式(3)：

$$f_{\text{IR}} = \left| \frac{Y_{(\text{IR})}}{Y_{\text{S}}} - r_0 \right| \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

f_{IR} ——红外响应误差；

$Y_{(\text{IR})}$ ——用 2 856 K 标准灯(加红外滤光片)照射光度探头的显示值；

Y_{S} ——用 2 856 K 标准灯(无红外滤光片)照射光度探头的显示值；

r_0 ——2 856 K 标准灯施照下的红外滤光片的积分透射比, 见式(4)：

$$r_0 = \frac{\int_{380}^{780} P_A(\lambda) \tau_{\text{IR}}(\lambda) V(\lambda) d\lambda}{\int_{380}^{780} P_A(\lambda) V(\lambda) d\lambda} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$\tau_{\text{IR}}(\lambda)$ ——红外滤光片的光谱透射比。

注：改写 ISO/CIE 19476:2014, 定义 3.2.4。

3.10

紫外响应误差 UV response error

光度探头紫外辐射响应值的误差, 见式(5)：

$$f_{\text{UV}} = \left| \frac{Y_{(\text{UV})}}{Y_{\text{B}}} - u_0 \right| \times 100\% \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

f_{UV} ——紫外响应误差；

$Y_{(\text{UV})}$ ——用黑光灯(加紫外滤光片)照射光度探头的显示值；

Y_{B} ——用黑光灯(无紫外滤光片)照射光度探头的显示值；

u_0 ——黑光灯施照下的紫外滤光片的积分透射比, 见式(6)：

$$u_0 = \frac{\int_{380}^{780} S_{\text{u}}(\lambda) \tau_{\text{UV}}(\lambda) V(\lambda) d\lambda}{\int_{380}^{780} S_{\text{u}}(\lambda) V(\lambda) d\lambda} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$S_{\text{u}}(\lambda)$ ——黑光灯的相对光谱功率分布；

$\tau_{\text{UV}}(\lambda)$ ——紫外滤光片的光谱透射比。

注：改写 ISO/CIE 19476:2014, 定义 3.2.3。

3.11

照度的余弦特性(方向性响应)误差 directional response error for illuminance

光度探头(配光系统)对与法线成一定夹角入射光的响应度的误差(通用照度计的余弦响应定律)。

投射(入射)光方向引起的误差 $f_2(\epsilon, \phi)$, 见式(7)：

$$f_2(\epsilon, \phi) = \left[\frac{Y(\epsilon, \phi)}{Y(0, \phi) \cos \epsilon} - 1 \right] \times 100\% \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中：

ϵ ——入射光与光度探头测试面法线所成的入射角；

ϕ ——入射光与光度探头测试面水平线所成的方位角；

$Y(\epsilon, \phi)$ ——光入射角为 ϵ ，方位角为 ϕ 时照度计的显示值；

$Y(0, \phi)$ ——光垂直照射在测试面上，方位角为 ϕ 时照度计的显示值。

$f_2(\epsilon, \phi)$ 规定的坐标示意图见图 1。

光度探头的方向性总误差 f_2 ，见式(8)：

$$f_2 = \int_{\epsilon=0}^{1.484} |f_2(\epsilon)| \sin 2\epsilon d\epsilon \quad \dots\dots\dots (8)$$

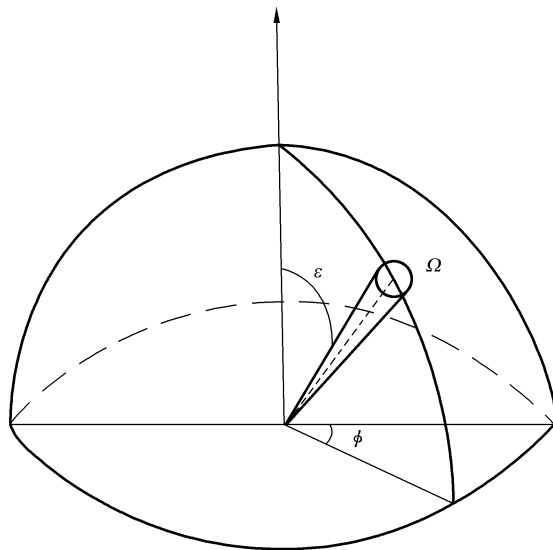


图 1 $f_2(\epsilon, \phi)$ 规定的坐标示意图

注：改写 ISO/CIE 19476:2014, 定义 3.2.5。

4 性能要求

4.1 光强测量重复性

光强测量相对标准偏差应不大于 0.5%。

4.2 照度示值误差

照度示值误差的绝对值应不大于 1.0%。

4.3 光强示值误差

光强示值误差的绝对值应不大于 1.3%。

4.4 光强测量稳定性

光强在 15 min 内的变化率应不超过 0.3%。

4.5 转台分度误差

转台分度误差的绝对值应不大于 0.2°。

4.6 线性误差

线性误差的绝对值应不大于 0.3%。

4.7 波长示值误差

波长示值误差的绝对值应不大于 0.3 nm。

4.8 波长测量重复性

波长测量重复性应不大于 0.1 nm。

4.9 总光通量示值误差

总光通量示值误差的绝对值应不大于 2%。

4.10 相关色温、色品坐标示值误差

相关色温示值误差应不大于 20 K(CIE A 光源)。

仅采用 CIE A 光源时,色品坐标示值误差应不大于 0.001 5;采用 CIE A 光源与透射标准色板时,色品坐标示值误差应不大于 0.005。

4.11 $V(\lambda)$ 失配误差

$V(\lambda)$ 失配误差应小于 3.0%。

4.12 红外响应误差

光度探头的红外响应误差应小于 1.0%。

4.13 紫外响应误差

光度探头的紫外响应误差应小于 0.5%。

4.14 余弦特性(方向性响应)误差

光度探头的余弦特性(方向性响应)误差应不大于 2%。

5 检测要求

5.1 检测条件

检测应在温度为 $(25\pm2)^{\circ}\text{C}$,相对湿度不大于 85%的环境中进行。

实验室应为光学暗室,并采取遮光措施,屏蔽杂散光干扰,室内不应有腐蚀性气体、影响测量的振动,无强电磁场干扰。

5.2 检测用标准器及相关设备

检测用标准器及相关设备见表 1。

表 1 检测用标准器及相关设备

序号	主要检测器具	要求
1	照度计	照度的示值误差的绝对值应不大于 1.0%
2	长度测量装置	误差应不大于 $5.0\text{ mm}+5\times 10^{-5}D$, D 为被测距离,单位为米(m)

表 1 (续)

序号	主要检测器具	要求
3	发光强度标准灯	发光强度的年变化率应小于 0.7% (需用一级发光强度标准灯时), 发光强度的年变化率应小于 1.2% (需用二级发光强度标准灯时)
4	光度测量装置	由光轨及滑车、灯架、灯丝平面调整仪、光阑等组成。光轨长度应在 6 m 以上, 平直性良好。光轨平直性误差应不超过 ± 1 mm, 测距米尺 1 m 内的总误差应不大于 0.2 mm
5	多面棱体 (不少于 12 面)	工作面及基准面的表面粗糙度: 工作面的粗糙度 $Ra \leq 0.025 \mu\text{m}$, 基准面的表面粗糙度 $Ra \leq 0.05 \mu\text{m}$; 工作面的平面度 $\leq 0.1 \mu\text{m}$, 基准面的平面度 $\leq 1.5 \mu\text{m}$; 工作面对基准面的垂直度 $\leq 20''$; 工作角偏差 $\leq \pm 5''$
	自准直仪	分度值 $0.5''$ 、 $1''$: 测量范围任意 $1'$, 示值误差 $\leq 1''$; 测量范围 $\leq 10'$, 示值误差 $\leq 3''$ 。 分度值 0.0025 mm/m : 测量范围任意 100 分度以内, 示值误差 ≤ 1.5 (格); 测量范围 600 分度以内, 示值误差 ≤ 4 (格)。 分度值 0.005 mm/m : 测量范围任意 100 分度以内, 示值误差 ≤ 1.5 (格); 测量范围 1 000 分度以内, 示值误差 ≤ 5 (格)
6	低压汞灯或汞氙灯	380 nm~780 nm 波长范围内应至少有三个谱峰
7	总光通量标准白炽灯	光通量年变化率应不大于 0.8%
8	透射标准色板一套	一级标准色板色品坐标的年变化量 Δx 、 Δy 应不大于 0.005
9	总光通量标准白炽灯的供电和电测系统	直流或交流稳压 (稳流) 电源, 10 min 内电压变化应不大于 0.1%, 电测仪表应不低于 0.1 级
10	发光强度标准灯的供电和电测系统	120 V、10 A 直流稳压电源, 输出电压 0 V~120 V 连续可调对电流电压有不同要求的标准灯, 采用相应直流稳压电源供电, 10 min 内输出电压变化应不大于 0.02%。一级发光强度标准灯用 0.02 级以上电测仪表, 二级发光强度标准灯用 0.05 级以上电测仪表
11	分布 (颜色) 温度标准灯及其供电和电测系统	分布温度的年变化量应不超过 10 K (在 2 856 K 点), 直流稳流 (稳压) 电源或电子交流稳压电源, 直流数字电压表或交直流电流 (压) 表应不低于 0.2 级
12	光谱辐射照度标准灯及其供电和电测系统	预热后, 标准灯在点燃 2 h 内光谱辐射照度值的变化 $\leq 1\%$, 实验标准差 $\leq 1\%$, 年变化率 $\leq 1\%$, 标准灯用直流稳压电源供电, 标准电阻为 0.01 级, 0.01Ω , 额定电流为 10 A。数字电压表为 6 位半显示。直流稳压电源的规格为 $110 \text{ V} \times 10 \text{ A}$, 电压应连续可调。电源的调节细度 $\leq 0.001 \text{ A}$ 。电压随时间的漂移 $\leq 5 \times 10^{-5} \text{ h}^{-1}$

6 检测方法

6.1 光强测量重复性

光强测量重复性测试步骤如下:

a) 依次用发光强度标准灯或总光通量标准白炽灯对配光测试系统进行定标, 测量步骤如下:

- 1) 将发光强度标准灯安装在配光测试系统测试架上, 调整标准灯的位置, 使灯丝平面垂直于水平测量轴线, 其中心与配光测试系统的光度探头中心位置处于同一水平测量轴线上 (宜在标准灯和光度探头间放置多个光阑, 以便减少杂散光影响);
- 2) 标准灯点亮时应逐渐升高电压, 在工作电流 (指规定分布温度下该灯的电流) 下进行预热,

一般预热不少于 15 min,待发光稳定后开始测量。

- b) 启动配光测试系统待预热稳定后,进入正常工作状态,配光测试系统驱动装置应停止工作,标准灯与光度探头空间位置保持不变,记录仪器的发光强度测量数据。
- c) 根据平均发光强度示值误差测量结果,计算实验标准差,光强测量重复性计算见式(9)。

$$S_r = \frac{1}{I_u} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (I_k - \overline{I_u})^2} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:
 S_r —— 单次测量的相对标准偏差;
 n —— 测量次数, $n \geq 6$;
 I_k —— 第 k 次测量得到的被测仪器发光强度示值, k 取 $1, \dots, n$, 单位为坎德拉(cd);
 $\overline{I_u}$ —— n 次测量得到的被测仪器发光强度的算术平均值, 单位为坎德拉(cd)。

6.2 照度示值误差

6.2.1 方法一

照度示值误差一般测试步骤如下:

- a) 配光测试系统的光度探头使用光强标准灯在光轨上检测照度:
 - 1) 把光度探头和发光强度标准灯安装在配光测试系统光度测量装置上。调整发光强度标准灯的灯丝平面和光度探头的测试面,使它们垂直于光轨的水平测量轴线,且中心点位于该轴线上。
 - 2) 在光度探头与发光强度标准灯之间放置一些光阑(其通光孔径大小要适当),以防止杂散光进入光度探头,但不允许挡住由灯丝和玻壳所发出的光射到光度探头上。
 - 3) 通过距离平方反比定律计算出对应的标准照度。距离平方反比定律见式(10):

$$E = I \cdot (\cos\theta \cdot \Omega_0) / r^2 \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:
 E —— 接收区域上的照度,单位为勒克斯(lx);
 I —— 到接收区域方向上的光强,单位为坎德拉(cd);
 θ —— 入射角,相对接收面法线方向而言,单位为度($^\circ$);
 Ω_0 —— 1 球面度(单位立体角),单位为球面度(sr);
 r —— 从光源的参考平面到光度计的有效参考平面的距离,单位为米(m)。

- b) 每个测试距离下重复测试三次,照度示值误差计算见式(11):

$$\Delta E = \frac{\overline{E_i} - E_0}{E_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中:
 ΔE —— 照度示值误差;
 $\overline{E_i}$ —— 照度测量平均值, i 取 $1 \sim 3$, 单位为勒克斯(lx);
 E_0 —— 照度标准值,单位为勒克斯(lx)。

- c) 按照 a) 和 b) 的步骤,测试三个不同测试距离下的照度示值误差,配光测试系统的照度示值误差取其最大值。

6.2.2 方法二

照度示值误差也可在一定的测试距离下,采用 3 只不同标准值的发光强度标准灯进行测量,计算出配光测试系统的照度示值误差。测试距离应遵循平方反比定律。通常测试距离不应少于灯具出光口面

最大尺寸的 15 倍。但是,对于灯具长轴的平面上有近似余弦分布的灯具,最小测试距离可以是垂直于光源轴的发光面尺寸的 15 倍或者平行于光源轴的发光面尺寸的 5 倍。使用的最小测试距离应采取两个距离的较大者。

注 1: 测试距离(对基于光度距离法则的测量)是指从光源参考平面到接收区域(光度计的)有效参考平面的距离。

注 2: 配光测试系统照度示值误差的测量可不限于以上方法。

6.3 光强示值误差

6.3.1 方法一

采用 3 只不同标准值的发光强度标准灯,在一定的测试距离下,每只标准灯重复测量三次,光强示值误差计算见式(12),配光测试系统的光强示值误差取其最大。

$$\Delta I = \frac{\overline{I_i} - I_0}{I_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中:

ΔI ——光强示值误差;

$\overline{I_i}$ ——光强测量平均值, i 取 1~3,单位为坎德拉(cd);

I_0 ——光强标准值,单位为坎德拉(cd)。

6.3.2 方法二

采用 3 个发光稳定的光源,通过标准级照度计和距离测量装置,测量照度值,从光源的参考平面到光度探头的有效参考平面的距离,根据距离平方反比定律计算光强标准值,计算出配光测试系统的光强示值误差。

注: 配光测试系统光强示值误差的测量不限于以上方法。

6.4 光强测量稳定性

光强测量稳定性测试步骤如下:

- a) 待发光稳定后,按 6.3 测试光强;
- b) 光度探头受光照 3 min 开始测量,以后每隔 3 min 测量 1 次,共测量 5 次,记为 I_1 、 I_2 、 I_3 、 I_4 、 I_5 ;
- c) 光度探头光强测量稳定性计算见式(13):

$$\sigma = \left(\frac{I_{\max}}{I_{\min}} - 1 \right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中:

σ ——光强测量稳定性;

I_{\max} —— I_1 、 I_2 、 I_3 、 I_4 、 I_5 光强示值的最大值;

I_{\min} —— I_1 、 I_2 、 I_3 、 I_4 、 I_5 光强示值的最小值。

6.5 转台分度误差

采用多面棱体(不少于 12 面)与自准直仪进行测试。步骤如下:

- a) 测试时配光测试系统转台置于零位,多面棱体固定在竖直或水平转轴的回转轴心处,并调整棱体回转轴线与分度转台回转轴同心;
- b) 自准直仪放在基座上,调整自准直仪,对准棱体 0° 工作面,当自准直仪读数为 0 时分度台读数归 0,然后转动分度台一圈,不少于 12 个测量点,每个测量点自准直仪对零,然后读取转台示值 α_1 、 α_2 、 \dots 、 α_i ;

c) 检测应在分度台正反转方向各进行一次,各测量点示值误差计算见式(14):

$$\Delta_i = \alpha_i - \beta_i \dots\dots\dots (14)$$

式中:

Δ_i ——分度台受校点示值误差,单位为秒(");

α_i ——分度台测量点读数值,单位为秒(");

β_i ——棱体当前工作面实际角度值,单位为秒(")。

d) Δ_i 的最大值与最小值之差作为配光测试系统的转台分度误差。

6.6 线性误差

使用一只发光强度标准灯,对仪器线性误差进行测试。步骤如下:

- a) 在光度测量装置上,如图 2 所示,将标准灯和光度探头按 6.2.1a)的要求安装好。
- b) 固定光度探头的位置不变,移动发光强度标准灯,使光度探头的显示值 Y 达到 1/10 满量程,它相应的理论照度值为 X ;然后移动发光强度标准灯使照度计的显示值达到 Y_{\max} (接近满量程),求出相应的理论照度值 X_{\max} 。
- c) 线性误差计算见式(15):

$$f = \left(\frac{Y}{Y_{\max}} \times \frac{X_{\max}}{X} - 1 \right) \times 100\% \dots\dots\dots (15)$$

式中:

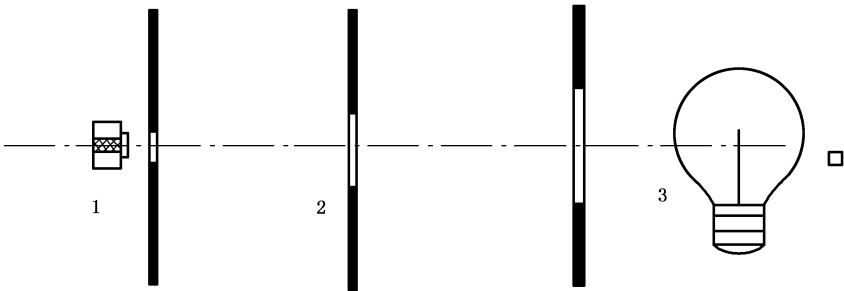
f ——线性误差;

X ——1/10 满量程时光照度的理论值,单位为勒克斯(lx);

Y ——1/10 满量程时光照度的显示值,单位为勒克斯(lx);

X_{\max} ——满量程时光照度的理论值,单位为勒克斯(lx);

Y_{\max} ——满量程时光照度的显示值,单位为勒克斯(lx)。



说明:

- 1——被测配光测试系统的照度探头;
- 2——光阑;
- 3——发光强度标准灯。

注: 此方法适用于档内线性误差,不适用于自动量程。

图 2 配光测试系统线性误差测量原理图

6.7 波长示值误差

波长示值误差测试步骤如下:

- a) 根据光谱辐射计检测波长范围选择适宜的波长检测光源。选择检测波长范围的已知发射谱线 $\lambda_1、\lambda_2、\dots、\lambda_n$,一般选用低压汞灯或汞氙灯为标准光源。

- b) 波长检测光源中心、光谱辐射计入射光学系统中心应保证同轴。
- c) 点亮波长检测光源,预热光谱辐射计,测量已知特征发射波长,重复测量 5 次取平均值,记为 $\overline{\lambda'_i}$ 。
- d) 波长示值误差计算见式(16):

$$\Delta\lambda_i = \overline{\lambda'_i} - \lambda_i \quad \dots\dots\dots (16)$$

式中:

$\Delta\lambda_i$ ——波长示值误差, i 取 $1 \sim n$;

$\overline{\lambda'_i}$ ——光谱辐射计测量某一已知特征发射波长的测量值,单位为纳米(nm);

λ_i ——检测光源的某一已知特征发射波长值,单位为纳米(nm)。

- e) $\Delta\lambda_i$ 最大值作为配光测试系统的波长示值误差。

注:此方法仅适用于配置光谱辐射计的配光测试系统。

6.8 波长测量重复性

波长测量重复性测试步骤如下:

- a) 按 6.7 测量某一已知特征发射波长值 λ'_i ,共测量 5 次;
- b) 计算波长测量重复性,见式(17):

$$\delta\lambda_j = \max \left| \lambda'_i - \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \lambda'_i \right| \quad \dots\dots\dots (17)$$

式中:

$\delta\lambda_j$ ——某一特征发射波长的波长测量重复性, j 取 $1 \sim n$;

λ'_i ——光谱辐射计对应谱线的第 i 次测量值, i 取 $1 \sim 5$ 。

- c) $\delta\lambda_j$ 的最大值作为配光测试系统的波长测量重复性。

注:此方法仅适用于配置光谱辐射计的配光测试系统。

6.9 总光通量示值误差

总光通量示值误差测试步骤如下:

- a) 开启配光测试系统,待稳定到正常工作状态;
- b) 将总光通量标准白炽灯安装到配光测试系统中心位置,并使总光通量标准白炽灯处于规定的燃点状态,光度中心处于配光测试系统的旋转中心,设置平面间角度间隔一般为 5° ,平面内的角度间隔一般为 1° ;
- c) 进行总光通量测量,连续测量 3 次,记为 Φ_i , i 取 $1 \sim 3$,总光通量 $\overline{\Phi}$ 计算见式(18):

$$\overline{\Phi} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \Phi_i \quad \dots\dots\dots (18)$$

式中:

$\overline{\Phi}$ ——总光通量值,单位为流明(lm);

Φ_i ——每次测得的标准灯的总光通量值,单位为流明(lm)。

- d) 总光通量误差计算见式(19):

$$\Delta\Phi = \frac{\overline{\Phi} - \Phi_0}{\Phi_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (19)$$

式中:

$\Delta\Phi$ ——总光通量示值误差;

Φ_0 ——光通量标准值,单位为流明(lm)。

- e) 按照 b)~d)的步骤,分别测量 3 只总光通量标准白炽灯的总光通量示值误差,取其最大值作

为配光测试系统的总光通量示值误差。

6.10 相关色温、色品坐标示值误差

6.10.1 方法一

用分布(颜色)温度标准灯或光谱辐照度标准灯对光谱辐射计进行光谱定标,相关色温、色品坐标示值误差测试步骤如下:

- 将 CIE A 光源安装到测试中心位置,其处于规定的燃点方向,转台处于静止状态,光谱辐射计的光度探头和 CIE A 光源应保持稳定;
- 将标准 A 光源预热,待其发光稳定后,测量标准光源相关色温值,重复测量 3 次;
- 计算相关色温示值误差,见式(20):

$$\Delta T = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 |T_i - T_0| \quad \dots\dots\dots (20)$$

式中:

ΔT ——相关色温示值误差,单位为开尔文(K);

T_i ——相关色温第 i 次测量值, i 取 1~3,单位为开尔文(K);

T_0 ——CIE A 光源相关色温标准值,单位为开尔文(K)。

- 测量标准光源的色品坐标(x_i 、 y_i),重复测量 3 次;
- 色品坐标示值误差计算见式(21)、式(22):

$$\Delta x = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 |x_i - x_0| \quad \dots\dots\dots (21)$$

$$\Delta y = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 |y_i - y_0| \quad \dots\dots\dots (22)$$

式中:

Δx 、 Δy ——色品坐标示值误差;

x_i 、 y_i ——色品坐标第 i 次测量值, i 取 1~3;

x_0 、 y_0 ——色品坐标标准值。

- 分别取 c)、e)得到的最大值作为配光测试系统的相关色温、色品坐标示值误差。

6.10.2 方法二

用透射标准色板,测试相关色温、色品坐标示值误差,步骤如下:

- 在入射光路中分别插入透射标准色板;
- 按 6.10.1 中的 c)~e)步骤,测试每个透射标准色板对应的相关色温、色品坐标示值误差,此时,配光测试系统的相关色温、色品坐标示值误差取其最大值。

6.11 $V(\lambda)$ 失配误差

$V(\lambda)$ 失配误差测试步骤如下:

- 将被测光度探头安装到配光测试系统光谱响应测试装置光纤被测探头端;
- 点亮光源并将电流调至额定工作电流;
- 将单色仪波长旋至 380 nm 处,分别读取被测光度探头和标准光度探头的电流表读数;
- 调节单色仪波长,波长至少每隔 10 nm 测一次,直至将单色仪波长旋至 780 nm 处分别读取被测光度探头和标准光度探头的电流表读数;

注:当单色仪波长旋至 500 nm 处,更换单色仪入射狭缝处的带通滤光片。

- 被测光度探头的相对光谱响应计算,见式(23):

$$S(\lambda) = [i(\lambda) / i_0(\lambda)] \times S_0(\lambda) \quad \dots\dots\dots (23)$$

式中：

$S(\lambda)$ ——被测光度探头的相对光谱响应；

$i(\lambda)$ ——被测光度探头的电流读数；

$i_0(\lambda)$ ——标准光度探头的电流读数；

$S_0(\lambda)$ ——标准光度探头的相对光谱响应。

- f) 用相对光谱响应度测量装置测量光度探头 CIE 明视觉光谱光视效率 $V(\lambda)$ 滤光器, 读数 3 次, 取平均值。 $V(\lambda)$ 失配误差计算见式(1)、式(2)。

6.12 红外响应误差

红外响应误差测试步骤如下：

- 将 2 856 K 标准灯与光度探头安装在光度测量装置的光轨上；
- 标准灯与光度探头之间放置红外滤光片, 固定标准灯与光度探头的位置；
- 测定有、无滤光片两种情况下光度探头的响应之比；
- 计算红外响应误差, 见式(3)、式(4)。

注：红外滤光片的推荐数据参见附录 B 中的表 B.1, 红外滤光片的标称光谱透过率参见表 B.2。

6.13 紫外响应误差



紫外响应误差测试步骤如下：

- 将黑光灯与光度探头安装在光度测量装置的光轨上；
- 采用与 6.3 中相对应的方法, 黑光灯与光度探头之间放置紫外滤光片, 固定标准灯与光度探头的位置；
- 测定有、无滤光片两种情况下光度探头的响应比；
- 计算紫外响应误差, 见式(5)、式(6)。

注：UV-A 灯的标称相对光谱功率分布参见表 B.3, 紫外滤光片的推荐数据参见表 B.4, 紫外带通滤光片的标称光谱透过率参见表 B.5。

6.14 余弦特性(方向性响应)误差

余弦特性(方向性响应)误差测试步骤如下：

- 将光度探头安装在光度测量装置的带有刻度盘的转动平台上。
- 使平台的转动轴线通过测试面的中心线, 调整标准灯的灯丝平面和光度探头的测试面, 使其垂直于光轨的水平测量轴线, 且中心点位于该轴线上。
- 在标准灯与光度探头之间布置若干光阑, 标准灯到光度探头的距离, 至少是标准灯发光面或光度探头测试面最大限度的 15 倍。
- 通过改变距离, 使光度探头的显示值达到满量程的 2/3 以上。
- 将平台向左转, 使光度探头显示值为某一值, 记下此时转盘角度; 再将平台向右转, 使光度探头的显示值达到上述显示值, 也记下此时转盘的角度。这两个角度的平均值为法线照度入射角度, 记下此角度下光度探头的显示值。
- 转动平台, 读出角度分别为 $\pm 10^\circ$ 、 $\pm 20^\circ$ 、 $\pm 30^\circ$ 、 $\pm 40^\circ$ 、 $\pm 50^\circ$ 、 $\pm 60^\circ$ 、 $\pm 70^\circ$ 、 $\pm 80^\circ$ 、 $\pm 85^\circ$ 时光度探头各角度下的显示值。
- 光度探头应使投射到其上的光所产生的响应符合余弦法则。投射光方向引起的误差 $f_2(\epsilon, \phi)$ 与光度探头的方向性总误差 f_2 计算分别见式(7)、式(8)。

附 录 A
(资料性附录)
灯具的光度学坐标系统

A.1 概述

灯具的基本光度数据包括一组不同方向上的光强值,它们由直接光度测量得到。

光强分布的测量包括灯具在受控工作条件下(电气和温度)的光度和角度测量。

对于这样涉及方向的光度测量,应围绕灯具定义一个空间构架(坐标系统)。

A.2 配光测试系统结构

为了测量不同方向的光强,将灯具安装在配光测试系统上,以便在规定的角度定位。按灯具的运动方式,配光测试系统通常分为三种:

——灯具绕两根相互垂直的轴旋转,且两根轴的交点是配光测试系统的光度中心。这类配光测试系统通常使用一个安装在离光度中心距离足够远的独立的光度探头。

——灯具仅绕一根轴旋转,第二种旋转是灯具与光度探头间的相对运动。光度探头绕第二根轴旋转,此轴和第一根轴成直角,且相交于光度中心。

——灯具完全不动,光度探头绕两根穿过配光测试系统光度中心且相互垂直的旋转轴。

注:由于光源的燃点位置在测试过程中持续的变化,所以限制了第一种配光测试系统的使用。在第二种配光测试系统里,即使测试时灯具在空间内移动或旋转,光源的燃点位置就是灯具正常使用时的燃点位置。因为现实的考虑限制了后两种配光测试系统的整体尺寸,因此这两类配光测试系统通常会在光探头和灯具之间。使用镜子以增加光程,或者把适当尺寸的亮度仪用作为探头。同样镜子也用于将光度计保持在一个固定的位置。

以上列出的配光测试系统的三种基本类型可用于多种结构,每种适用于一个特定的用途。不同的是配光测试系统相对于地面的安装位置、基准轴相对于配光测试系统的方向以及灯具在配光测试系统上的安装方式。

配光测试系统的结构原理和选择方法参见 CIE 70。

A.3 坐标系统

确定灯具的空间光强分布应使用坐标系统来定义光强测量的方向。使用的坐标系统是球形坐标系,坐标系中心就是灯具的光度测试中心。

一般认为,坐标系统包括一组通过交集轴的平面。空间方向由两个角度来表示:

——起始半平面与含测量方向的半平面之间的夹角;

——交集轴与测量方向的夹角或者该角的余角。

为了得到更准确的测量或简化随后的照明计算,在选择与灯具的第一根(或基准)轴和第二根(或辅助)轴有关的系统方位时,应特别考虑灯具的类型、光源类型、灯具的安装姿态和灯具的应用。

选择与灯具的第一根(或基准)轴有关的系统方位时,此方法已限制了方位的数量,交集轴应是垂直的或水平的,选择与第二根(或辅助)轴有关的系统方位时,轴线可以与灯具的第二根轴垂直或者重合。

A.4 测量平面系统

A.4.1 概述

灯具的光强通常在许多平面中测得。在各式各样可能的测量平面中,有三种平面系统已被证明特别有用,分别是 A-平面、B-平面和 C-平面。

A.4.2 A-平面

A-平面系统是交集线(极轴)通过光度中心的一组平面,且该交集线垂直于含灯具第一根轴和第二根轴的平面。

A-平面系统应与灯具紧密联系,并且随灯具一起倾斜。第一根轴通过光度中心且垂直于灯具的出光口面。它位于 $A = 0^\circ$ 的半平面内,通常在 $\alpha = 0^\circ$ 方向。第二根轴也通过灯具光度中心,且垂直于 $A = 0^\circ$ 的平面。

某些类型的配光测试系统用这种系统提供数据,并且被用于室内照明灯具的光度测试。如果灯具的第三根轴(与极轴重合)是灯具的长轴,应用 A.4.5 给出的转换公式。 A, α 配光测试系统的灯具方位如图 A.1 所示。

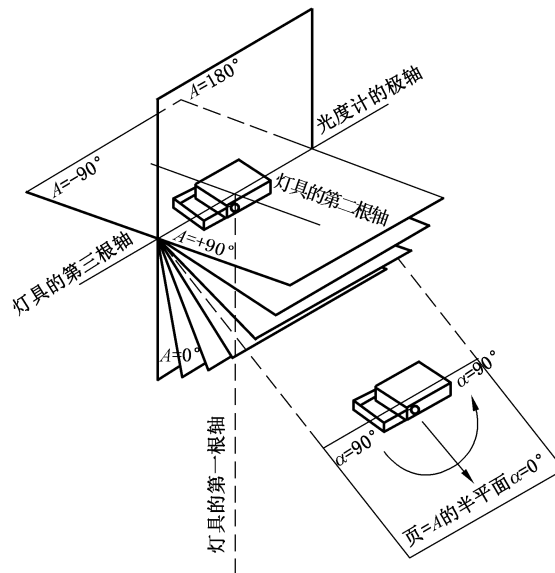


图 A.1 A, α 配光测试系统的灯具方位

A.4.3 B-平面

B-平面系统是交集线(极轴)通过光度中心的一组平面,且该交集线平行于灯具的第二根轴。

B-平面系统应与灯具紧密联系,并且随灯具一起倾斜。第一根轴通过光度中心且垂直于灯具的出光口面。它位于 $B = 0^\circ$ 的半平面内,通常在 $\beta = 0^\circ$ 方向。第二根轴与 B-平面的交集线重合。

这种坐标系统通常用于泛光灯具的光度测试。然而,垂直于灯具发光口面的基准轴经常被水平放置,这时就变成了该系统的另一种形式(V, H 系统),参见 CIE 43。 B, β 配光测试系统的灯具方位如图 A.2 所示。

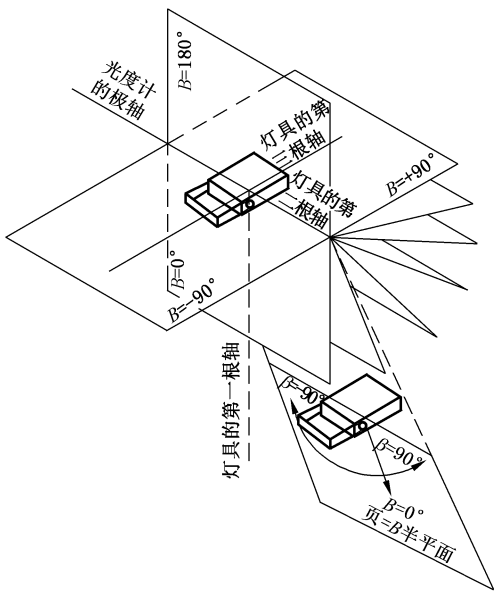


图 A.2 B, β 配光测试系统的灯具方位

A.4.4 C-平面

C-平面系统是一组平面,其交集线(极轴)是通过光度中心的铅垂线。
C-平面系统在空间内严格地定位,并且不随灯具倾斜。仅在灯具 0° 倾斜时,C-平面的交集线才垂直于 A-平面和 B-平面的交集线。除了灯具是 0° 倾斜以外,它不必与灯具的第一根轴重合。第一根轴通常通过光度中心,并且垂直于出光口面。第二根轴位于 $C=0^\circ$ 平面内。
该系统通常用于室内照明和道路照明的光度测试中。在室内灯测试中,灯具的第三根轴是长轴,而在公共场所照明中,灯具的第二根轴通常平行于道路轴线。 C, γ 配光测试系统的灯具方位如图 A.3 所示。

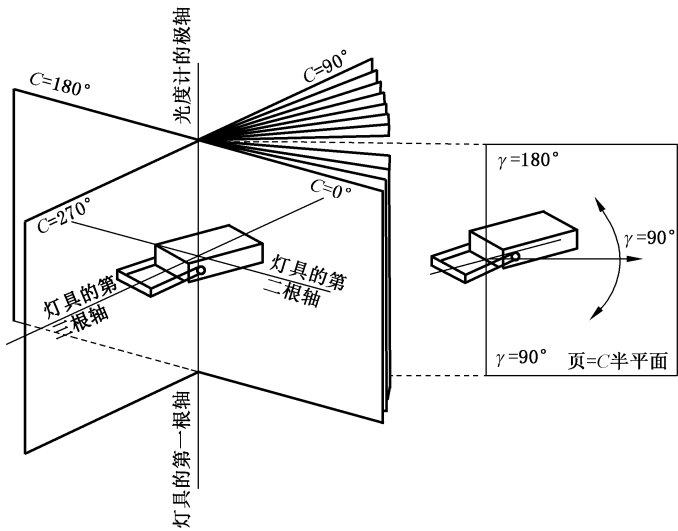


图 A.3 C, γ 配光测试系统的灯具方位

A.4.5 相互关系

每个平面系统内的某个方向分别用两个角度来表示：

- a) A-平面、B-平面或 C-平面的倾斜角度 A 、 B 或 C ；
- b) 在相关的 A 、 B 或 C 半平面内的角度 α 、 β 、 γ 。

A-平面(或 B-平面)内的 α 角(或 β 角)从垂直于 A-平面(或 B-平面)交集轴的方向起测量至 $\pm 90^\circ$ 。作为 0° 的 A(或 B)半平面,包含了第一根轴,且正交于灯具的第二根轴(A-平面)或包含了第二根轴(B-平面)。A-平面和 B-平面取 0° 至 $\pm 180^\circ$ 。

C-平面内的 γ 角从 C-平面交集轴下方起测量至 180° ,由于灯具可能倾斜,这根轴不必与灯具的第一根轴重合。包含灯具第二根轴的 C 半平面作为 0° 。从 0° 半平面起逆时针方向(灯具上方俯视)测量至 360° 半平面。如果灯具有一个对称平面,这个平面包含灯具的第二根轴,并且与 $C=90^\circ/270^\circ$ 平面重合。如果灯具具有两个对称平面,那么横截面包含灯具的第二根轴,并且通常做法是使其与 $C=0^\circ/180^\circ$ 平面重合。

表 A.1 列出的转换方程能用于不同系统间的坐标转换,并且在按上述约定(坐标系统中灯具轴线的方位)表示时是有效的。

表 A.1 平面系统的转换方程

方向		转换公式	
已知的	要求的	平面的经度角	平面内的角度
A, α	B, β	$\tan B = \tan \alpha / \cos A$	$\sin \beta = \sin A \cdot \cos \alpha$
A, α	C, γ	$\tan C = \tan \alpha / \sin A$	$\cos \gamma = \cos A \cdot \cos \alpha$
B, β	A, α	$\tan A = \tan \beta / \cos B$	$\sin \alpha = \sin B \cdot \cos \beta$
B, β	C, γ	$\tan C = \sin B / \tan \beta$	$\cos \gamma = \cos B \cdot \cos \beta$
C, γ	A, α	$\tan A = \cos C \cdot \tan \gamma$	$\sin \alpha = \sin C \cdot \sin \gamma$
C, γ	B, β	$\tan B = \sin C \cdot \tan \gamma$	$\sin \beta = \cos C \cdot \sin \gamma$

附 录 B
(资料性附录)

确定红外响应误差和紫外响应误差使用的光源和滤光片

表 B.1 列出了红外滤光片的推荐数据。

表 B.1 红外滤光片的推荐数据

厚度	最小尺寸	界限波长	斜率	峰值波长	其光谱透射比
3 mm	$\phi 40$ mm	$\lambda_{ij} = (800 \pm 10)$ nm	$k \geq 0.5$	$\lambda_0 = 720$ nm	$\tau(\lambda_0) \geq 83.6\%$

表 B.2 列出了红外滤光片的标称光谱透射率 $\tau_{IR}(\lambda)$ 数据。

表 B.2 红外滤光片的标称光谱透射率

波长 λ /nm	$\tau_{IR}(\lambda)$	波长 λ /nm	$\tau_{IR}(\lambda)$
< 760	0	810	0.676 0
760	0.001 2	815	0.729 0
765	0.005 7	820	0.769 0
770	0.019 8	825	0.796 0
775	0.053 4	830	0.814 0
780	0.114 0	835	0.826 0
785	0.203 0	840	0.842 0
790	0.310 0	845	0.847 0
795	0.421 0	850	0.852 0
800	0.524 0	855	0.857 0
805	0.609 0	860~1 100	0.860 0

注：标称的相对光谱分布值是基于一个 3 mm 厚的滤光片。如果使用了与上表不同的光谱透射率的滤光片，则评估其影响，给出报告里的结果是校正后的标称值。

表 B.3 列出了 UV-A 灯的标称相对光谱功率分布 $S_{UV}(\lambda)$ 数据。

表 B.3 UV-A 灯的标称相对光谱功率分布

波长 λ /nm	$S_{UV}(\lambda)$	波长 λ /nm	$S_{UV}(\lambda)$
< 335	0	375	0.840 0
335	0.000 2	380	0.499 0
340	0.001 6	385	0.210 0
345	0.013 0	390	0.062 1
350	0.062 1	395	0.013 0
355	0.209 0	400	0.001 9
360	0.499 0	405	0.000 2
365	0.840 0	大于 405 nm 时,除 545 nm 外 $S_{UV}(\lambda)=0$ 。可见部分(545 nm)与扩展的紫外部分(≤ 405 nm)的比例应为 $35 \text{ lx} \cdot (\text{W} \cdot \text{m}^{-2})^{-1}$	
370	1		

注：标称的相对光谱分布值是基于 UV-A 荧光灯。如果使用了不同的光谱分布，则评估其影响，给出报告里的结果是校正后的标称值。

表 B.4 列出了紫外滤光片的推荐数据。

表 B.4 紫外滤光片的推荐数据

直径/mm	厚度/mm	波长/nm	光谱透射比 $\tau(\lambda)$
≥ 40	1	280	$\geq 50.0\%$
		313	$\geq 81.3\%$
		405	$\geq 1.0\%$
		700	$\geq 30.0\%$

表 B.5 列出了紫外带通滤光片的标称光谱透过率 $\tau_{UV}(\lambda)$ 数据。

表 B.5 紫外带通滤光片的标称光谱透过率

波长 λ /nm	$\tau_{UV}(\lambda)$	波长 λ /nm	$\tau_{UV}(\lambda)$
< 250	0	390	0.004 40
250	0.000 67	395	0.000 14
255	0.008 11	400~675	0
260	0.036 00	680	0.000 50
265	0.092 80	685	0.002 13
270	0.176 00	690	0.006 37
275	0.285 00	695	0.013 40
280	0.385 00	700	0.020 90
285	0.476 00	705	0.028 70
290	0.556 00	710	0.036 70
295	0.612 00	715	0.040 40
300	0.654 00	720	0.038 30
305	0.684 00	725	0.032 50
310	0.705 00	730	0.025 40
315	0.723 00	735	0.018 80
320	0.731 00	740	0.013 20
325	0.739 00	745	0.009 07
330	0.743 00	750	0.006 14
335	0.741 00	755	0.004 04
340	0.733 00	760	0.002 64
345	0.721 00	765	0.001 68
350	0.703 00	770	0.001 05
355	0.674 00	775	0.000 67
360	0.628 00	780	0.000 43
365	0.556 00	785	0.000 27
370	0.447 00	790	0.000 18
375	0.303 00	795	0.000 12
380	0.145 00	> 795	0
385	0.039 70	—	—

注：标称的光谱透过率值是基于 2.5 mm 厚的滤光片。如果使用与上表不同的光谱透过率的滤光片，则评估其影响，给出报告里的结果是校正后的标称值。

参 考 文 献

- [1] CIE 43 Photometry of floodlights
 - [2] CIE 70 The measurement of absolute luminous intensity distributions
 - [3] CIE 1931 Color space
 - [4] A. R. Robertson, Computation of correlated color temperature and distribution temperature, Journal of the Optical Society of America, 1968, Vol. 58, Issue 11, 1528-1535
-

