

中华人民共和国国家标准

GB/T 26178—2010/CIE 84—1989

光通量的测量方法

The measurement of luminous flux

(CIE 84—1989, IDT)

2011-01-14 发布

2011-06-15 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 术语	1
2.1 光度量	1
2.2 测量仪器术语	2
3 测量方法	2
4 通过光强分布计算光通量	3
4.1 测试原理	3
4.2 光强分布的测量	3
4.3 计算方法	3
4.4 误差来源	4
5 根据照度分布计算光通量	4
5.1 测试原理	4
5.2 分布光度计的种类	4
5.3 照度分布的测量	6
5.4 角度编码	7
5.5 照度计	7
5.6 数据获取和光通量计算	7
5.7 杂散光	8
5.8 被遮挡的光通量	8
5.9 误差来源概要	8
5.10 性能列表	9
5.11 校准与测试	9
6 使用积分球测量	10
6.1 测量原理	10
6.2 球理论	10
6.3 光谱法	11
6.4 箱式光度计	11
6.5 积分球	11
6.6 照度计	13
6.7 数据获取	14
6.8 光通量标准灯	14
6.9 测量的实施	14
6.10 测试和修正	14
6.11 误差来源	16
6.12 球形光度计的描述	16
7 通过光强、亮度和照度确定光通量	16

7.1	测量原理	16
7.2	测试和校准	16
7.3	特征	17
8	一般的测量环境	17
8.1	工作环境	17
8.2	老炼	17
8.3	燃点位置	17
8.4	环境温度	17
8.5	震动和冲击	17
8.6	稳定阶段	17
8.7	电气测量	18
8.8	镇流器	18
8.9	供电电源	18
附录 A (资料性附录) 测量平面		19
参考文献		22

前 言

本标准等同采用 CIE 84—1989《光通量的测量方法》(英文版)。

本标准等同翻译 CIE 84—1989。

为便于使用,本标准做了下列编辑性修改:

- a) “本技术报告”一词改为“本标准”;
- b) 用小数点“.”代替作为小数点的“,”。

本标准附录 A 为资料性附录。

本标准由中国轻工业联合会提出。

本标准由全国照明电器标准化技术委员会(SAC/TC 224)归口。

本标准起草单位:国家电光源质量监督检验中心(北京)、杭州远方光电信息有限公司、中国合格评定国家认可中心、国家发展和改革委员会、广东明家科技股份有限公司、广东金莱特电器股份有限公司、中山市澳克士照明电器有限公司。

本标准主要起草人:华树明、潘建根、陈延青、吕方、周建林、黄格雅、田畴、袁建红、区沃钜、付名越。

本标准首次发布。

引 言

本标准的目的是对目前所使用的光通量测量的几种主要方法进行论述。其中一种方法(根据照度和亮度分布进行计算)主要被国家标准实验室所使用,另一种方法(使用积分球测量)则广泛应用于工业。然而,也有个别工业企业的实验室能够采用第三种测量方法:使用分布光度计测量光强分布。每一种方法的使用者都是最关注自己领域内目前使用的方法,因此,有必要在光通量测量方面进行一些基础工作,使它能涵盖这些主要测试方法,并使之互相联系起来。

光通量的测量方法

1 范围

本标准定义了光通量测量的术语。涉及了光通量测量的原理,描述了照度分布的计算方法,使用积分球光度计测量光通量的方法和通过亮度、光强和照度测量来定义光通量的方法。

2 术语

2.1 光度量

2.1.1

光通量(Φ_v ; Φ) **luminous flux(Φ_v ; Φ)**

根据辐射对 CIE 标准光度观察者的作用,从辐射通量 Φ_e 导出的光度量。对于明视觉,有

$$\Phi_v = K_m \int_0^\infty \frac{d\Phi_e(\lambda)}{d\lambda} \cdot V(\lambda) d(\lambda) \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$d\Phi_e(\lambda)/d\lambda$ ——辐射通量的光谱分布;

$V(\lambda)$ ——光谱光视效率。

单位:lm。

2.1.2

(光源在指定方向上的)发光强度(I_v ; I) **luminous intensity(of a source, in a given direction)(I_v ; I)**

离开光源的在包含指定方向的立体角元 $d\Omega$ 内传输的光通量 $d\Phi_v$ 除以该立体角元之商,即

$$I = \frac{d\Phi_v}{d\Omega} \quad \dots\dots\dots (2)$$

单位:cd=1 m/sr。

2.1.3

(表面上某一点处的)照度(E_v ; E) **illuminance(at a point of a surface)(E_v ; E)**

投射到包含该点的面元上的光通量 $d\Phi_v$ 除以该面元面积 dA 之商,即

$$E_v = \frac{d\Phi_v}{dA} \quad \dots\dots\dots (3)$$

单位:lx=lm $\cdot$ m⁻²。

2.1.4

(在指定方向上的实际或假想的表面上的给定点处的)亮度(L_v ; L) **luminance(in a given direction, at a given point of a real or imaginary surface)(L_v ; L)**

由公式定义的量。

$$L_v = \frac{d\Phi_v}{dA \cdot \cos\theta \cdot d\Omega} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$d\Phi_v$ ——是经过给定点的光束元在包含指定方向的立体角元 $d\Omega$ 内传播的光通量;

dA ——包含给定点的该光束的截面积;

θ ——该截面法线与光束方向之间的夹角。

单位: $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2} = \text{lm} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$ 。

2.2 测量仪器术语

2.2.1

光度计 photometer

测量光度量的仪器。

2.2.2

积分光度计 integrating photometer

通常与积分球结合用于测量光通量的光度计。

2.2.3

积分球 integrating sphere

乌布里希球形光度计 Ulbricht sphere

表面尽可能为一非选择性漫反射层的空心球。

2.2.4

箱式光度计 box photometer

箱式光度计是一个积分光度计,它代替了积分球,具有任意形状并且是中空的。

2.2.5

光度计探头 photometer head

光度计探头包括一个光敏探测器和用于光谱测量(如滤光片)或分光设备(如光栅)的设备。它也可包含定向对光进行评价的设备,如漫射窗口、透镜和狭缝。

2.2.6

接收面 acceptance area

接收面是光度探头接收和定向对入射光进行评价的区域。

2.2.7

分布光度计 goniophotometer

测试光源、灯具、介质或表面的方位光分布特性的光度计。

3 测量方法

可以采用不同的方法来测量或计算光源的光通量:

- 计算光强分布(第4章);
- 计算照度分布(第5章);
- 使用球形光度计进行光度或光谱测量(第6章);
- 使用箱式光度计测量(6.4);
- 通过测量照度、光强或亮度的相对测试法(第7章)。

当测量光强分布后,可以通过计算得到光通量(例如灯具)。

通过测量光源照度分布来计算光通量是许多国家标准实验室用来建立光通量基准的测试方法。光通量的单位流明是由光强的SI基础单位坎德拉导出的。使用这种方法同样可以对光源颜色特性及其光谱功率分布的空间变化进行精确测量。

使用球形光度计测量光通量适用于以下情况:

- 用于产品控制测量的工业实验室;
- 实验室和用户进行的测量;
- 使用更高级别的标准灯来计量其他标准灯(例如工作标准灯),由于比较用光源的几何尺寸、光

谱和光分布的差异来对误差进行额外修正；

——测量光通量随时间变化的光源(如可调光光源、闪光灯)；

——光通量的测量与时间(推移)成函数关系的。

如果光源和灯具的光强分布有很大差异,则不建议使用积分球方法来测量灯具的光输出比,即光源的光通量与灯具的光通量之比。

如果标准灯和被测光源的空间光强分布、光谱分布和尺寸相同,那么使用箱式光度计进行的光通量测量则仅能代表光源的光通量与光度计内表面任意一点的间接照度的直接关系。

对于各方向上的光谱能量分布不同的光源(例如金属卤化物灯),可使用积分球光度计来测量其光谱辐射通量。这个方法可提供计算下列参数所需的所有信息:

——光谱能量分布；

——光通量；

——辐射通量；

——颜色；

——显色指数。

通过测量照度、光强度或亮度来确定光源的光通量的方法,在实际应用中常被用来确定某些具体参数对测量的影响(例如寿命,温度,位置)。通常被视为一种相对测量。测量安装在灯具上的荧光灯的光通量时也可使用此方法。

用于测试光通量的方法取决于适用的设备。设备和方法的使用受以下因素影响:

——光度实验室的目标；

——经济条件；

——时间消耗；

——可接受的测量不确定度。

4 通过光强分布计算光通量

4.1 测试原理

根据定义,光通量 Φ 可以通过光强的空间分布得到,公式:

$$\Phi = \int_{(\Omega)} I d\Omega \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中: $\Omega = 4\pi sr$ 是总立体角。

光强分布可以用分布光度计测量。

4.2 光强分布的测量

在 CIE 70 中描述了光强分布测量方法,其中包括测量光强分布和所用分布光度计的信息和测量操作的数据。

4.3 计算方法

为了计算光通量,光强值应该是由全部立体角积分得到,如式(5)所示。

立体角的角元 $d\Omega$ 的三角函数表示方法是:

$$d\Omega = \sin\epsilon d\epsilon d\eta \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

$d\Omega$ 为立体角角元；

ϵ, η 取决于所选择的坐标系；

ϵ 仰角是在顶点时 $\epsilon = 0$, η 作为方位角。

在光强分布的测试过程中,为了与测试光强分布使用的坐标系一致, ϵ 角和 η 角应该被代替。

实际计算数值时用求和代替积分。这种情况下,光通量可以通过下面公式计算出:

在下列各平面测试时:

A 平面:

$$\Phi = \Delta A \sum_{m=1}^M \sum_{n=-N+1}^N I(\alpha, A) \{ \sin(n\Delta\alpha) - \sin[(n-1)\Delta\alpha] \} \dots\dots\dots (7a)$$

B 平面:

$$\Phi = \Delta B \sum_{m=1}^M \sum_{n=-N+1}^N I(\beta, B) \{ \sin(n\Delta\beta) - \sin[(n-1)\Delta\beta] \} \dots\dots\dots (7b)$$

C 平面:

$$\Phi = \Delta C \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N I(\gamma, C) \{ \cos[(n-1)\Delta\gamma] - \cos(n\Delta\gamma) \} \dots\dots\dots (7c)$$

$\Delta\alpha$ 和 $\Delta\beta$ 表示角度步长为 $\pi/2N$, $\Delta\gamma$ 相当于 π/N , 另外, 设 $\Delta\alpha, \Delta\beta, \Delta\gamma$ 为 $2\pi/M$ (见附录 A 和参考文献[11])。

所选的角度步长越小, 光通量的测量值越精确。光强分布急剧变化时要求角度步长尽可能小。

4.4 误差来源

在通过计算光强分布来确定光通量时, 下列因素可能会产生相应的误差:

- 光强测量的误差[11];
- 角度步长过大;
- 光源被分布光度计机械部分和灯座遮挡;
- 测试过程中光源不稳定;
- 光度计的机械安装不稳固。

5 根据照度分布计算光通量

5.1 测试原理

根据定义, 已知光源周围空间一个闭合表面 A 的照度分布 E, 可以通过下式得出光通量 Φ :

$$\Phi = \int_{(A)} E dA \dots\dots\dots (8)$$

照度分布能通过分布光度计在光源的球面测量出来。光源不必精确地放置在虚拟球的中心位置, 但是建议将它放在尽可能接近球中心的位置。

由于机械原因, 球中心到光度计探头的最小距离取决于被测灯的最大尺寸。只要照度计能根据方向等条件正确地计算照度值(余弦响应), 这个距离就可以小于极限测光距离。

5.2 分布光度计的种类

用于测试照度分布的不同类型的分布光度计是能够区分开的。在所有类型的分布光度计中, 被测光源都要按规定燃点位置进行操作。

5.2.1 光源在固定位置的分布光度计

该分布光度计中, 光源应该保持在规定的燃点位置而不得移动。用于测量的照度计的光度探头围绕着光源在两个成直角相交的轴上旋转。

如图 1a~图 1c 中描述的例子, 这两个轴可以依靠外部结构在空间内任意的定向, 而外部结构在测量中保持稳定。

在附录的术语中, 测量是在 C 平面进行的。最内部平面框架用 γ 角表示其位置特性; 中间平面框架用角度 C 表示其位置特性。

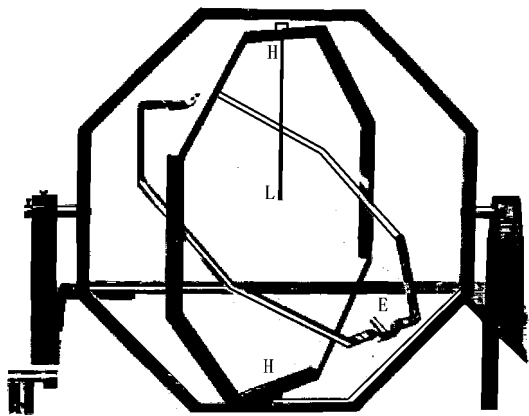


图 1a: 采用光通量积分法, 则将紧凑光源 L (如白炽灯) 固定在框架结构顶部或底部的固定架 H 上。
固定架牢固地固定于外部框架上, 框架能够转到任意位置, 但测试时其位置保持不变。
两个内部框架同时旋转, 使光度计 E 在一个球面上移动。

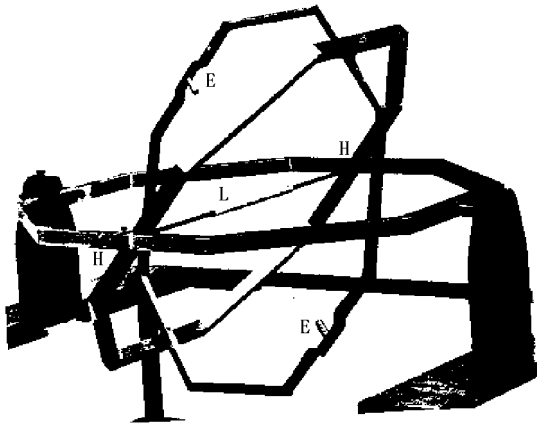


图 1b: 被测直管行光源和外部框架都处于水平位置。
两个灯座 H 提供机械支撑和电气动力。两个光度计 E 绕球面运动。

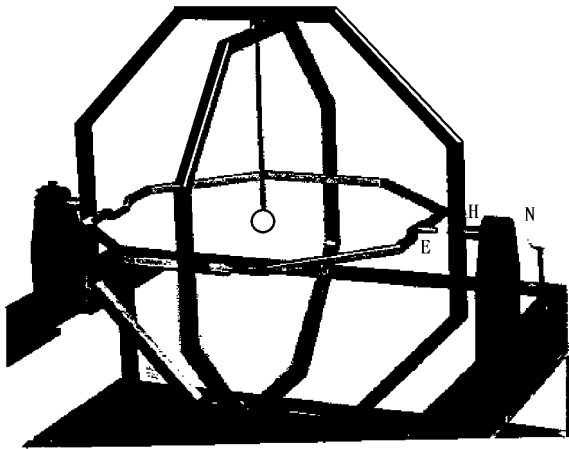


图 1c: 校准光度计时, 载着光度计 E 的外部框架向外转 180°。外部框架的其中一个支撑架是空的。
置于旋转框架系统外的光强标准灯 N 以一个给定照度照射探测器。

图 1 一个带有光源的分布光度计的图样, 光源在固定位置上

5.2.2 光源围绕空间固定的光中心旋转的分布光度计

在这些分布光度计中,光源被固定于空间中指定的一点,且沿垂直轴旋转。光度计探头围绕光源在一个垂直面内旋转(图 2)。两个轴成直角相交。

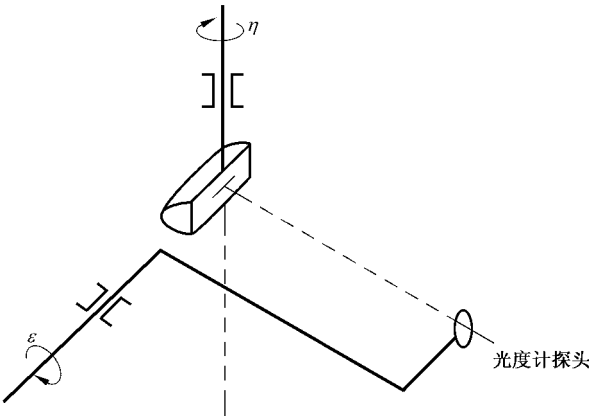


图 2 光源绕垂直轴旋转且有一个固定光中心的分布光度计

5.2.3 光源围绕一个移动的光中心做垂直轴旋转的分布光度计

该分布光度计中,光源和光度计探头分别置于水平旋转光束的两端,旋转光束围绕着从光束中部穿过的水平轴旋转(图 3)。光源在其燃点位置上围绕一条垂直轴旋转。光度中心围绕一条水平轴在一个平面内旋转。与 5.2.2 中的光度计相比,这种光度计对机械结构的要求更严格。但是,在光源和光度计探头间距离相等的情况下,后者对房间高度要求仅为前者的一半左右。两种方法也可以在同一个实验中结合使用。

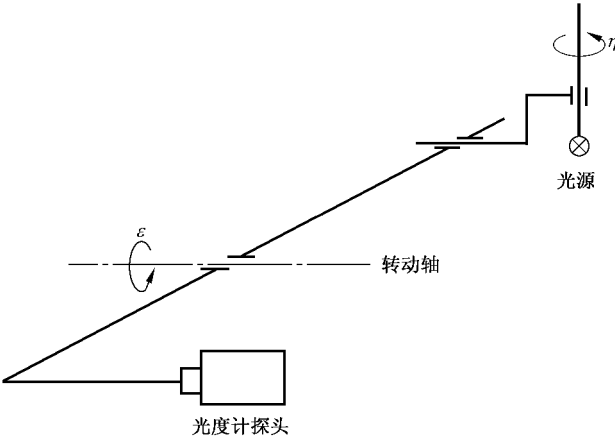


图 3 光源围绕垂直轴旋转且光中移动的分布光度计

5.3 照度分布的测量

5.3.1 光度计探头的移动

以下几种方法可测量照度分布:

- 沿球表面围绕着光源(螺旋形围绕)的一条球带连续测量照度分布。见图 4。对于这种光度计探头的移动,指定角度步长的测量时间是最短的。
- 沿圆锥表面(固定角度 ϵ)连续测量照度分布。光度计探头移动的角度步长是 $\Delta\epsilon$ 。
- 沿垂直面(固定角度 η)连续测量照度分布。光度计探头移动的角度步长是 $\Delta\eta$ 。
- 在光度计探头或光源的角度步长为 $\Delta\epsilon$ 和 $\Delta\eta$ 时测量照度分布。

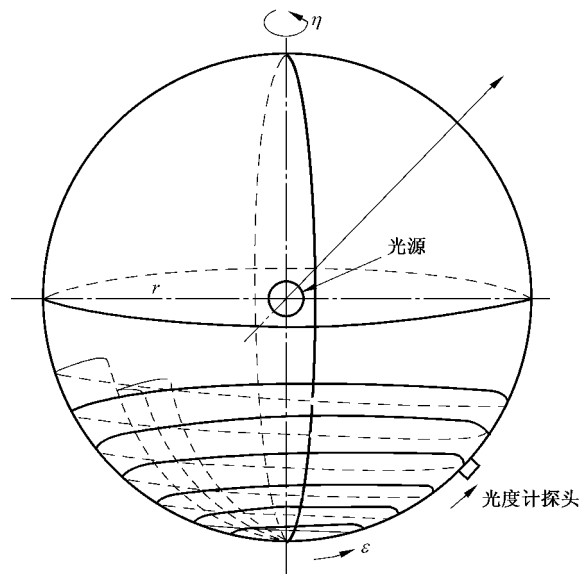


图4 球面照度分布的连续测量原理

5.3.2 角度步长

旋转中,极角 $\Delta\epsilon$ 和方位角 $\Delta\eta$ 的步长越小,光通量的测量越精确。为了取得精确的测量结果,特别是在光源光强分布变化较大时,可要求角度步长 $\Delta\epsilon = \Delta\eta = 0.1$ 度。在光源光强分布较均匀时,可选择较大的角度步长。

5.3.3 旋转速度

对于光通量取决于环境温度和气流速度的光源,只能围绕垂直轴在一个限定的速度下旋转。某些光源会受到其内部移动物质的影响。如果有移动微粒特别是 Na、Hg 的存在,则其加速度应小于标准重力加速度的 1/10。

注:允许的旋转速度可能取决于以下因素:

- 测量光源的光通量,是旋转速度的函数;
- 测量沿光源旋转轴没有被灯座部件遮住的位置的照度,是旋转速度的函数。

测试中光通量开始变化(通常减少)时的旋转速度应为最大值。要求光度计探头的移动是均匀而平稳的。这就需要机械系统达到非常平衡。

5.4 角度编码

为了测量光度计探头在指定位置上的照度,需要设定和测量两个角。当不需要调整初始位置时,推荐使用绝对角度编码器。

即使关闭电源后仍需保持设定位置。也可使用其他的角度编码方式,如步进电机。角度应该精确到 0.1 度以内。

5.5 照度计

通过计算照度分布来测量光通量的精确性,关键取决于所用照度计的质量。

5.6 数据获取和光通量计算

对于所有通过测量照度分布来计算光通量的分布光度计,照度分布是在围绕光源的一个球面上测得的。那么光通量由以下公式得出:

$$\Phi = \int_{(A)} E dA = r^2 \int_{\epsilon=0}^{\pi} \int_{\eta=0}^{2\pi} E(\epsilon, \eta) \sin\epsilon d\epsilon d\eta \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

A——球表面;

E——球面面元 dA 处的照度;

r ——球半径；

ϵ ——极角；

η ——方位角。

测量中当光源或探头连续移动时,由于空间变化或交流供电时光源输出的瞬时变化,光度探头处的照度会随之变化。因此,只有当光源和探头在测试过程中保持稳定时,才能达到局部照度的精确测量。这种方法需要很长的测试时间,因此通常是不可行的。

测量指定面元或指定方向上(由角度 ϵ 和 η 确定)“正确”照度的方法不同且不能粗略描述。总的来说,测量精度明显受以下因素影响:角度步长 $\Delta\epsilon$ 和 $\Delta\eta$,角速度 $d\epsilon/dt$ 和 $d\eta/dt$,照度计的积分时间(50 Hz,交流供电的情况下 >20 ms)。

式(9)中给出的照度积分可通过以下方式获得:

——在计算出整个球面的照度分布后,以光通量形式给出直接的采集电信号;

——测量光度探头在各个位置上的照度值,可用计算机存储和计算这些数据。

在直接信号采集中, ϵ 的正弦照度的权重消息是用正弦电量计读取,见式(9)。即使这些电位计使用了精密组件,当 ϵ 值较小时,仍可能出现较大误差,因此而降低了测量光强分布变化较大的光源的精确度。所以,角度步长相等的情况下,计算值通常比直接信号采集要更精确。

在数值计算中,也可以得出立体角某一截面的局部光通量,如顶部或底部半球。

5.7 杂散光

应避免杂散光(由光源间接到达光度计探头的光)。将分布光度计置于暗室中可避免杂散光。也可以在光源后面放置一个光陷阱(可以被光度计探头看到),使它与光度计探头一起移动。光度探头应评价未被光源遮住的立体角发出的光,为了使探头灵敏度降至最低,可以在光度计探头前放置一个尺寸适当、内部涂黑的遮挡支架。在光源和光度探头之间放置一个黑挡屏,完全遮住光源且随探头一起移动,用这个黑挡屏来对光通量进行附加测量,可以使大部分的杂散光被测到。这种方式测得的光通量是只有杂散光的光通量,因此应该从不带罩的光通量测量值中减去。

更多有关使用分布光度计测量光通量时消除杂散光的信息,参见参考文献[20]。

5.8 被遮挡的光通量

在一个很小的立体角内,一部分光源发出的光可能会被分布光度计的机械部件遮挡住,使得这些光不能被光度探头接收到。

如果由于从光源发出的光通量受到机械部件的遮挡不足时,可以使用高反射率的覆盖层将遮挡部件盖住。

如果由于分布光度计的结构原因,而使得光度探头无法被放置在立体角一个有限的小区域内,从而无法测量此区域的照度分布,那么这个区域的辐射光通量就会被遮挡。这种情况下,通过推算出立体角包含的这一区域内的照度分布就可对测量结果进行修正。对遮挡物影响的计算方法详见参考文献[12]。

5.9 误差来源概要

评价来自照度分布的光通量时的不确定性源于:

——分布光度计机械部件的变形(框架结构,旋转臂);

——光度计探头可接收面和旋转中心之间的距离的不确定度;

——光度探头位置的不确定度;

——不规则旋转;

——角度步长过大;

——照度计测量的不确定度;

——角速度过大:影响光源的光输出。对于交流供电光源:阻止正常的光通量瞬时积分;

——光通量的被遗漏和被遮挡;

- 杂散光；
- 光度校准的不确定度；
- 测试中光源或系统其他部件的不稳定性(例如光电倍增管)。

5.10 性能列表

为了描述用于计算照度分布的光通量的分布光度计的性能,需要给出以下数据:

机械结构方面:

- 分布光度计类型；
- 分布光度计尺寸；
- 可测光源的最大尺寸；
- 可测光源的最大重量。

几何方面:

- 光度探头和旋转中心的距离；
- 无法测量的立体角；
- 能被光度计探头测到的杂散光的立体角区域。

布置方面:

- 角度编码方法；
- 解析/决定；
- 初始位置的标记方法；
- 角度步长；
- 旋转速度；
- 标记角度与实际角度的偏离。

照度计和数据处理方面:

- 所用照度计的误差；
- 数据获取和处理的方法；
- 计算机的数据。

5.11 校准与测试

5.11.1 校准

分布光度计作为照度分布光通量的测量设备,通常采用光强标准灯进行校准。此校准方法适用于分布光度计配用的照度计,使用光度计距离定律,根据标准灯的光强计算出照度。

5.11.2 测试

可使用三种不同方法检定分布光度计。

5.11.2.1 光通量标准灯

可以用光通量标准灯对分布光度计进行检定和校准。如果要检查分布光度计的精确性,标准灯测得的光通量与它的标称值应一致,符合声称的不确定度范围。如果用标准灯校准分布光度计,应在使用此设备测量光通量的其他不确定度中加入标准灯校准声称的不确定度。

建议使用以上方法时至少使用三种不同的光通量标准灯。

5.11.2.2 光强标准灯

如果照度计的光度探头被移动到某一位置,在这个位置上位于分布光度计中心的标准灯的光强是已知的,那么也可使用光强标准灯对分布光度计进行检定和校准。测试中,照度计的光度探头和光强标准灯应保持稳定,分布光度计的驱动装置应停止工作。分布光度计的移动(光源,探头)可以通过恰当的计算机程序来模拟。光通量的结果等于 $4\pi sr$ 乘以标准灯的光强。

5.11.2.3 已校准的照度计

还可通过测量分布光度计中照度计的响应来检查分布光度计。其中:

$$s = I_{\text{ph}} / E \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

I_{ph} ——照度计产生的光电流;

E ——光度探头接收面的照度,根据标准灯的光强和它到光度探头的距离计算出来。

响应测量中测定光电流 I_{ph} 时分布光度计里照度计的光度探头应被断开,并使用恒流源来提供相同的电流。

然后按照测试顺序进行测试。光通量计算公式:

$$\Phi = 4\pi r^2 \cdot I_{\text{ph}} / s \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中:

r ——旋转中心和光度探头接收面间的距离;

s ——根据式(10)得出的响应值;

I_{ph} ——所提供的恒定光电流。

此测试包含分布光度计移动周期带来的影响。

5.11.3 相互比对

评价某个分布光度计的光通量测试不确定度的一个好的方法是在几个具备良好资质的实验室测试同一批灯,对测试结果进行比较。使用不同光度计(例如,一个分布光度计和一个积分球光度计)测试同一批灯并对结果进行比对,也可以得出有用信息。

6 使用积分球测量

6.1 测量原理

光源的光通量可以在积分球中通过与标准灯的比较测量中得到。在测试的过程中,将光源和标准灯先后放置在积分球中相同的位置。将测量球体表面的间接照度作为光通量的测量方法。

球形光度计包括积分球、带有数据输出的光度探头以及供电电源。

6.2 球理论

在球形光度计中通过与标准灯光通量的比较能够测量出被测光源光通量。根据乌布里希的理论,光源光通量与积分球内表面间接照度 E_{ind} 相关,并可以表示为:

$$\Phi = E_{\text{ind}} \cdot \frac{1 - \rho}{\rho} A \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中:

E_{ind} ——积分球内表面的间接照度(例如,被放在球内表面的光电探头的接受面);

ρ ——球内表面的反射系数;

A ——球的表面积。

因数 k :

$$k = \frac{1 - \rho}{\rho} A \quad \dots\dots\dots (13)$$

被称为“积分球系数”。在实践应用中, k 与上式所给的理论值并不相同,主要是因为球在测量中不是空的。因此, k 不能根据上式进行计算,而是需要通过一个基准光源(光通量标准灯)来确定。

$$k = \frac{\Phi_{\text{N}}}{E_{\text{ind},\text{N}}} \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中:

Φ_{N} ——标准灯光通量;

$E_{\text{ind},\text{N}}$ ——光通量 Φ_{N} 的间接照度。

然后,根据式(12)和式(14),光源光通量计算方法为:

$$\Phi = \Phi_N \cdot \frac{E_{\text{ind}}}{E_{\text{ind},N}} \dots\dots\dots (15)$$

6.3 光谱法[22,23]

光源的一个重要的参数是光谱辐射通量 $\Phi_{e\lambda}$,通过它可以计算出下列量值:

- 光通量;
- 辐射通量;
- 产生光生物效应的辐射通量;
- 颜色(三刺激值,相关色温);
- 显色性(特殊(Ri)和一般(Ra)显色指数)。

光源的光谱辐射通量可使用积分球光度计测量,此时需要用一个与匹配的探测器相结合的单色仪代替 $V(\lambda)$ 光探头。用这种方法,测量的是以波长为函数的光谱辐照度 $E_{e\lambda, \text{ind}}$,而非间接照度 E_{ind} 。

当使用这种方法进行光谱测量时,球壁的光谱反射率和辐射计探头的相对光谱响应率之间不应影响结果。标准灯与被测灯之间由于光的空间分布不同产生的影响,与用积分球光度计测量光通量是相同的。

应当使用一个已知光谱辐射通量 $\Phi_{e\lambda, N}$ 的标准灯。

被测光源的光谱辐射通量能从下式中被计算得到:

$$\Phi_{e\lambda, X} = \Phi_{e\lambda, N} \frac{Y_{\lambda, X}}{Y_{\lambda, N}} = \frac{1}{s(\lambda)} \cdot Y_{\lambda, X} \dots\dots\dots (16)$$

式中:

$s(\lambda) = Y_{\lambda, N} / \Phi_{e\lambda, N}$ ——积分球辐射计的光谱响应率;

$Y_{\lambda, X}$ ——被测灯 X 在波长 λ 处的输出信号;

$Y_{\lambda, N}$ ——标准灯 N 在波长 λ 处的输出信号;

$\Phi_{e\lambda, N}$ ——标准灯 N 的光谱辐射通量。

通过已知的标准灯的光通量 Φ_N 和标准灯光谱能量分布 $S_{\lambda, N}$,可以计算被测光源的光通量,

$$\begin{aligned} \Phi_X &= \Phi_N \frac{\int_0^\infty S_{\lambda, N} \cdot (Y_{\lambda, X} / Y_{\lambda, N}) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_0^\infty S_{\lambda, N} \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda} \\ &= K_m \int_0^\infty (Y_{\lambda, X} / s(\lambda)) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda \dots\dots\dots (17) \end{aligned}$$

式中:

$K_m = 683 \text{ lm/W}$ ——最大光谱光视效率。

为计算其他(不发光的)量,在式(17)中应使用相对光谱响应率代替 $V(\lambda)$ 。

除了光谱参数,在第5章提到的球形光度计的许多其他参数,也需要考虑。

6.4 箱式光度计

相同类型的光源的光通量比较可以用一种箱式光度计来完成,这种光度计用一种任意形状盒子或矩形容器代替积分球。

6.5 积分球

6.5.1 球的直径

积分球应有容纳测量的最大光源的足够的直径,光源和球壁之间应有足够的距离来满足多次的漫反射光,并且不受来自光源本身的干扰。推荐的积分球直径,对于紧凑型灯,应至少为光源最大尺寸的

10 倍;对于管形灯,则应至少为两倍,因此对于测量 1.5 m 长的荧光灯应使用 3 m 直径的积分球(对于不太苛刻的测量 2 m 直径的积分球足以得到相同的结果)。积分球的直径的选择也取决于被测灯的能量消耗。

积分球的光度计的响应率随积分球直径的平方反比变化。

积分球不应使球外的杂散光进入。

6.5.2 球的涂料

球内侧的涂料应无选择性地漫反射,且不应发光。由于在高反射率的情况下,光谱反射率 $\rho(\lambda)$ 的微小相关变化会对积分球系数 k (见式(13))有较大的影响,所以推荐选择反射率为 0.8 的涂料。必须指出,球的积分特性会随反射率的减小而减弱。

球的涂料已投放市场,它的光谱函数 $\rho(\lambda)/[1-\rho(\lambda)]$ 作为波长的函数被列出。图 5 表示一种改良的反射率为 0.8 的积分球涂料,与作为在可见光谱区的漫反射标准的纯硫酸钡涂层的比较结果。

根据使用和环境的情况,球应每年重新喷涂一次,以使老化和污染的影响降到最低。

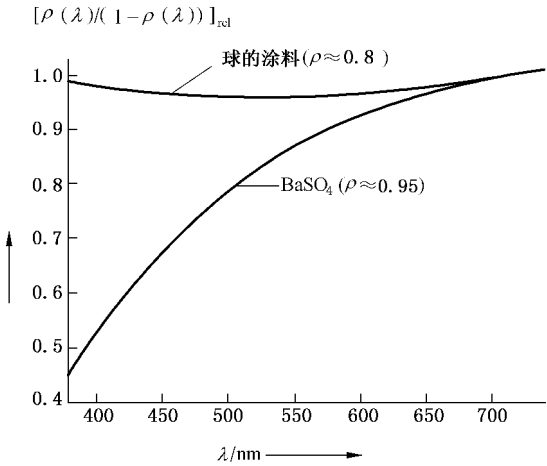


图 5 改良的球涂料的函数 $\{\rho(\lambda)/[1-\rho(\lambda)]\}$, 与硫酸钡(ρ 约为 0.95)的比较

6.5.3 光源和挡屏的布局

挡屏应放在积分球内,防止光源的光直射到光度计的光探头。

光源的两种可能的位置

- a) 通常光源放置在球的正中心,确定好方向,保证最少的直射光落在挡屏上。像管形荧光灯一样的线状光源的放置位置应使它的轴通过球心并且与探头一致。挡屏通常放在距离光探头等于六分之一球直径的地方(如果光源相对于球直径比较小,则应放置在四分之一的地方)(图 6)。它应该足够大,防止光探头接受区域被光源直射到,在满足这一前提下,挡屏应该尽可能小。
- b) 对于有强烈直射光的光源如 LED 和反射型灯来说,光源可以被放置在接近光探头的—个发射区的球壁上。—个小的挡屏挡住光源射向探头的直射光(图 7)。

挡屏应有尽可能高的反射率,并具有非选择性和漫反射的特性。

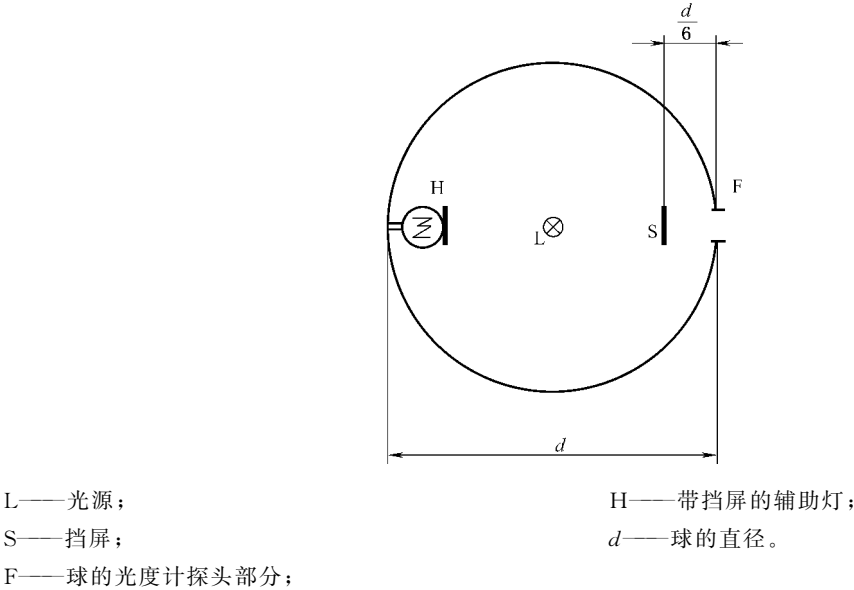


图6 在积分球中测量光通量的布置图

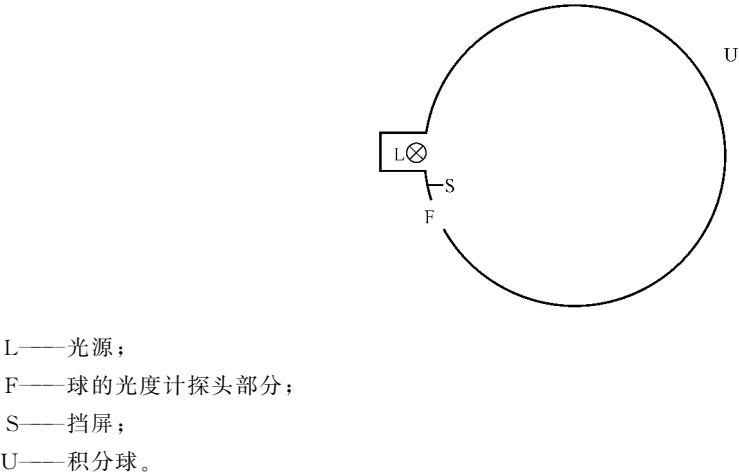


图7 具有较强方向性的发光强度分布的光源在积分球中的测量

光源的支架应具有尽可能小的尺寸和尽可能高的反射率。

6.5.4 辅助光源和球内物体的影响

球内的所有物件，如挡屏、灯座，都会影响测试结果，因此它们应该越小越好。光源自身也会吸收辐射。

球内物体的影响能通过对辅助灯的附加测量来确定和进行修正(见 6.9)。

辅助灯的位置应在光探测器的对面，并且应该均匀的照射到球的内表面。出于这个目的，一个小的白色挡屏应放在辅助灯的前面，阻挡住被测光源的直射光。如果使用一个端部有白色反射膜的白炽灯，也可以不加挡屏。

辅助灯的光通量不应随时间而变化。

6.6 照度计

在球形光度计中对光通量的测量包括测量球壁处的间接照度，该照度与光源的光通量成比例。为此，需要一个照度计。

光探头的接受面应该是由一种良好的漫反射(透射)材料制成，比如，合适的乳白玻璃，并且直接与球的内壁曲面相切。为了使挡屏小(见 6.5.3)，接受面也应该尽可能小，推荐使用带有自动控制温度的

光探头。在球壁上开的放置探头的口应与光源高度相同。

由于测量的精确度依赖于照度计探头,所以选用高质量的光探头是十分必要的。更重要的是,当被测灯与标准灯的光谱能量分布不同时,使用的照度计的光谱灵敏度应接近 CIE $V(\lambda)$ 函数。

使用带内置信号减弱器的照度计是很方便的。这使得在测标准灯的光通量时,显示值设置成已知的标准灯的光通量值,因此,可以直接读出被测灯的光通量值。

对于球形光度计测量光通量,使用光谱法时,应使用光谱仪代替照度计。推荐使用带有数据读取的装置。辐射计探头接受面的位置规则与照度计探头规定相同。

6.7 数据获取

如果系统经过增益控制的校准,光源的光通量就能直接从显示系统上得出。对于日常测量,建议使用打印机记录光源的测量值。为此,光电仪器应该有数字式的显示输出。对于日常检测量,同时记录灯电压、灯电流和消耗功率以及光通量,对光效的计算和输出也是必要的。如果使用计算器,则可以输出或存储一组灯的相关量值(平均值、标准偏离、未能达到的最小光通量)。

6.8 光通量标准灯

如果被测灯和标准灯有以下几点相同,则通过替代原理在球形光度计中测量的光通量的结果是正确的:

- 相同的尺寸和外形。
- 相同的光谱分布。
- 相同的空间分布。

如果被测灯和标准灯有上述一项或几项不同特性,就会出现测量误差。

当测量系统的光谱响应率、被测灯和标准灯的光谱能量分布等信息全部给出时,不同光谱分布的影响是可以消除的。不同尺寸和外形的修正可以用辅助灯(见 6.5.4 和 6.9)。

大多光通量标准灯都为白炽灯,但也有其他种类的标准灯。

建议对日常使用的标准灯的校准至少要用三只标准灯,核查用标准灯应在适当的时间间隔内对三只标准灯重复进行,用这种方法,很容易发现单只标准灯的变化。

6.9 测量的实施

将环境温度设定在规定值(通常 25 °C),标准灯放入积分球,测量标准灯的数值是 Y_N 。

关闭标准灯,打开辅助灯,测量值为 Y_{HN} 。

被测灯放入标准灯位置进行测量,记录辅助灯数值 Y_H 。

之后关闭辅助灯,得到被测灯数值 Y 。

每次测量都应考虑到灯的稳定时间。

被测灯的光通量可以通过标准灯的光通量和测量值用下面公式计算。

$$\Phi = \Phi_N \cdot \frac{Y}{Y_N} \cdot \frac{Y_{HN}}{Y_H} \dots\dots\dots (18)$$

注:在异常情况下定期测量程序可以简化:

如果标准灯与被测灯是同样的种类和尺寸,辅助灯可以省去($Y_{HN} = Y_H$)。

如果被测光源的光谱分布为相同的类型,那么积分球涂料的选择和光度计探头对 $V(\lambda)$ 函数的匹配误差都不会影响测量的精确性。

如果被测光源的光分布很大程度上是相同的,那么使用其他种类的腔体(例如盒子)代替球是可行的。

如果被测灯是大功率发散的光源,推荐球外的环境温度控制在大约 24 °C,同时灯稳定的过程中球门应打开。

当灯达到稳定状态,应关闭球门,在温度计显示的温度到达 25 °C 时进行测量。

6.10 测试和修正

6.10.1 积分球涂料影响的修正

可以通过修正因数 k 消除涂层引起的误差。

$$\Phi = \Phi_{\text{meas}} \cdot k \dots\dots\dots (19)$$

式中:

Φ_{meas} ——发光种类为 Z 的光源的实测光通量;

k ——发光种类为 Z 的光源的修正因数。

$$k = \frac{\int_0^{\infty} S_{\lambda}(N) \cdot \frac{\rho(\lambda)}{1-\rho(\lambda)} \cdot s(\lambda)_{\text{rel}} \cdot d\lambda}{\int_0^{\infty} S_{\lambda}(N) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda} \cdot \frac{\int_0^{\infty} S_{\lambda} \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_0^{\infty} S_{\lambda}(N) \cdot \frac{\rho(\lambda)}{1-\rho(\lambda)} \cdot s(\lambda)_{\text{rel}} \cdot d\lambda} \quad \dots\dots (20)$$

式中:

S_{λ} ——被测灯的光谱分布;

$S_{\lambda}(N)$ ——标准灯的光谱分布;

$\rho(\lambda)$ ——积分球涂料的光谱反射率;

$V(\lambda)$ ——光谱光视效率;

$s(\lambda)_{\text{rel}}$ ——光度探头的相对光谱响应度。

6.10.2 白炽灯测量的修正

积分球涂层光谱反射影响的修正可以在测量白炽灯光通量和某方向光强时进行。应当使用一个有非常精确的 $V(\lambda)$ 修正的光度计,测试灯工作电压的函数。如果因数 $k(U)$,见式(21)。

$$k(U) = \Phi_{\text{meas}}(U) / I(U) \quad \dots\dots\dots (21)$$

式中:

$\Phi_{\text{meas}}(U)$ ——在 U 电压下的光通量测量值;

$I(U)$ ——在 U 电压下的发光强度。

与工作电压 U 无关,积分球涂层的光谱反射的影响可以被忽略。但是,如果 $k(U)$ 随灯的工作电压改变,白炽灯光通量的测量值 Φ 也可以根据下式修正。

$$\Phi = \Phi_{\text{meas}} \cdot k \quad \dots\dots\dots (22)$$

式中:

Φ ——白炽灯的光通量值;

Φ_{meas} ——电压 U 下光通量的测量值;

k ——修正因数。

其中

$$k = \frac{\Phi_{\text{meas}}(U_0)}{\Phi_{\text{meas}}} \cdot \frac{I(U)}{I(U_0)} \quad \dots\dots\dots (23)$$

式中:

U ——测量光通量所要求的白炽灯工作电压;

U_0 ——与标准灯光通量有相同温度分布的白炽灯工作电压。

可以通过测量两种灯的比率温度 T_r (“蓝与红比率”)来确定与作为标准光通量的白炽灯有相同分布温度的被测白炽灯的电压 U_0 ,且有足够的精确度。

当用卤钨灯与普通白炽灯比较时,这种修正是必要的。

6.10.3 荧光灯测量的修正

测量荧光灯时,也可以在一定条件下对球涂层的光谱反射的影响进行修正。

如果使用发光类型为 N 的标准荧光灯来测量荧光灯的光通量,则发光类型为 Z 的荧光灯的光通量可以通过一个由标准灯和被测灯的发光强度(照度)测量(“相对光通量”)确定的修正因数来修正。

这种修正方法考虑了球涂层对光谱反射的影响,但不包含不同尺寸和形状的影响。这种方法限制了精确度,因为荧光灯的发光强度在灯轴向的垂直平面上并不是常数。

6.10.4 测试随时间(变化)的稳定性

球形光度计随时间的稳定性受以下因素影响:

- 球涂层的光谱反射随时间改变,例如,干燥的天气,连续使用或受紫外照射造成改变,以及灰尘的影响。
- 温度决定了球涂层的光谱反射率 $\rho(\lambda)$ 。
- 光度计探头的疲劳。
- 光度计探头受温度的影响。
- 电源和测量设备受时间的影响。

在一天中或每隔一段时间,球形光度计的稳定性可以通过测量有稳定光通量的辅助灯来进行检查。

6.11 误差来源

用球形光度计测量光通量的结果,受以下因素影响:

- 标准灯和被测灯不同的光谱分布。
- 标准灯和被测灯不同的空间分布。
- 标准灯和被测灯不同的尺寸和吸收特性。
- 积分球壁内表面反射率的变化,在连续测量时,球壁反射率随全天温度不同而改变。
建议在非工作状态时在球内点一只灯,以保证探头的温度。
- 反射率会随污染改变,由于尘埃的影响,积分球下部的灰尘通常比上部多。
- 亮度测试的不确定度。
- 在测量时光源的不稳定性(未考虑稳定阶段)。

6.12 球形光度计的描述

以下是球形光度计描述要给出的参数:

- 球的直径。
- 挡屏和辅助灯的布置。
- 辅助灯的参数(种类,标称电压等)。
- 积分球涂料的光谱函数 $\rho(\lambda)/[1-\rho(\lambda)]$ 。
- 使用的照度计参数。
- 显示和获得数据方式的详细信息。
- 可测量的最小光通量值。

7 通过光强、亮度和照度确定光通量

7.1 测量原理

通常,对于任一给定的光源,只要其位置保持不变,就能够推算出它的光通量、在一定区域定义了位置关系的光源的照度 E 、在给定方向的光强 I 和光源给定方向的发光部分区域的亮度 L 之间的比例。

$$\Phi = c_E \cdot E = c_I \cdot I = c_L \cdot L \quad \dots\dots\dots (24)$$

在这种情况下光源的光通量通过测量 E, I, L 被确定下来,只要可以确定比例因数(c_E, c_I, c_L)。

对于一些灯的光通量和 E, I, L 之间的比例关系也适用于灯的种类,不仅是对于单个的灯(例如荧光灯)。

7.2 测试和校准

当通过照度、光强或度的几何学方法测量光通量时,适用的比例因数应固定。目前没有公认的测量方法,但在一些特殊应用时,通常使用这些方法。

凡是涉及到用于照明装置的灯的光通量的确定,至今获得的很多经验是关于荧光灯的。测量表明在距离灯端约 20 cm 处的荧光灯的亮度和光通量之间有紧密关系。

当测量单只光源时,杂散光不是很重要(例如测量周围温度对于光通量的影响时)。然而当通过亮度测量照明装置中的荧光灯的光通量时,应消除来自灯具部件或临近光源的杂散光。最好的做法是在合适的位置使用黑色挡屏为被测灯和灯具阻挡来自于周围或邻近光源所发出的光。

7.3 特征

通过测量照度、光强或亮度对光源的光通量进行测量的设备用以下量表示:

- 使用该设备的光源的种类。
- 测试的量。
- 测量几何学和测量方法。
- 比例因数及其标准偏离。
- 使用的照度或亮度计的参数。

8 一般的测量环境

8.1 工作环境

除非有特殊的规定,所有的灯应在相关 IEC 标准和国家标准的规定条件下燃点和测试。特别是要说明测试电压、电流和功率是否为额定值。这样在确保测量结果在不可避免的测量不确定度之内,与其他地方进行的测量结果进行比对。

测量和运行设备对量值的影响应尽可能小。在测量不确定度的评价中应该考虑不可避免的影响。

灯和测量设备应进行校准,可直接或间接对照国际标准。

8.2 老炼

灯的工作参数会随寿命时间变化而变化。这种变化在寿命的第一阶段尤为明显。为了使测量重复性足够高,需要对灯进行老炼。

不同类型的灯的老炼时间在相应的 IEC 标准和国家标准中都有规定。

8.3 燃点位置

灯的燃点位置应符合 IEC 标准或国家标准的规定或生产商和使用条件的技术规定,燃点位置应在测试报告中说明。

8.4 环境温度

放电灯应该在没有对流空气的房间中测量,即灯周围应没有对流空气的影响。光度测试时通常周围环境温度为 25 °C,对于温度对光通量有很大影响的光源,温度波动范围应为 ± 1 °C,其他的光源应为 ± 3 °C,如果测量是在不同温度下进行的,应给出温度。

应使用精度至少为 0.1 °C 的温度计测量温度,测量点与光源应大致处于同一高度并具有代表性。

如果是分布光度计,温度计与光源光度中心的水平距离应超过光源最大水平尺寸的 50%+0.5 m。

对于球形光度计,温度计应该放置在距离球壁 20 cm 或 1/3 球径处。温度计应该有隔离装置防止被测灯的光直射。

8.5 震动和冲击

当开关开启时,灯不应受到超过 10 m/s^2 (4 Hz~3 000 Hz) 的加速度或超过 30 mm (最大为 4 Hz) 的位置改变,该限值对于大多数灯是足够的。

8.6 稳定阶段

稳定性试验的目的是为了保证所有的重要参数在测量开始时都处于稳定的状态。在稳定和测试期间,灯的工作环境应当相同。特别应注意避免改变灯的燃点位置和额定的工作参数(如额定电压、功率或电流),稳定时间取决于光源的种类和工作环境。应从点灯开始连续测量这些参数,当读数在特定方向不再出现趋势性的变化,则认为光源达到稳定状态。

注:一些光源在开始的一小段工作时间之后,呈现出稳定状态;之后又回变化并到达一个新的稳定阶段。这些光源应上升到最终的稳定阶段后,才可以进行测量。

8.7 电气测量

8.7.1 测量的不确定性

光参数测量结果的不同常常是由于测量中的误差或电参数的变化造成的。对于工作在交流或直流状态下的白炽灯,电参数测试设备的不确定度应不大于 0.1%,在交流状态下工作的气体放电灯,应不大于 0.2%。

注:白炽灯 1% 的电压变化会引起 4% 的光输出变化,同样程度的电流变化会引起 8% 的光通量变化。

应说明哪些参数(电压、电流、功率)应保持不变,以及其他应满足的条件。

8.7.2 电源和工作模式

使用直流测量比使用交流更准确,因为对于交流,光源和电参数测量仪器受很多变量影响,例如频率、波形和相位变化。因为光度的量很大程度上取决于电气参数,因此供电电源应尽可能稳定。

交流供电电源的波形应尽可能接近正弦波线,在其他频率的谐波应最小。

8.7.3 接线

线路、镇流器和电测量设备应放置在能防止外部影响的位置,如需要可加挡屏。建议使用特制的灯座测量灯电压或功率。

特制的灯座应该有四个接触点,两个用来提供电流(I_L),分出的另外两个直接连接在灯端测量灯电压(U_L)。当使用一个高阻抗的电压表时,流过接触点的电流几乎为零,所以四端法线路可以把电压测量的误差减少到零。

8.7.4 电气测量的操作

当测量功率,或同时测量电流和电压时,仅有两种电路。一种是电流表测量的电流包含流过电压表的电流,另一种是电压表测量的电压包含电流表上的电压降。由于现在使用的电压表阻抗较高,前一种形式的电路较为普遍,如果流过电压表的电流较大,则需要修正(参见相关 IEC 文件中的建议)。

电路的负载能力会影响测试结果,尤其是当电路处于高频状态,例如测试低压钠灯时。接地错误对测试影响很大。

对于精确的交流电路测量放电灯,设备应是真有效值类型可满足谐波含量的要求。当测试高频放电灯时,需要使用特殊的方法和设备。

8.7.5 测试电路

对于放电灯,IEC 标准或相应的国家标准规定了被测灯的电路。

8.8 镇流器

气体放电灯的测量应使用基准镇流器,除非该灯是控制电流或功率而不是控制电压。如果使用其他镇流器(如灯具的测试),使用的镇流器应在测试报告中说明。

8.9 供电电源

当测量白炽灯时推荐选用直流电源,以得到较高的电测量精度。气体放电灯通常使用交流供电。

测量寿命时,供电电压应保持稳定在 0.5% 以内,实际测量时应保持在 0.1% 以内,对于校准标准白炽灯,应保持在 0.02% 以内。

交流电源的总谐波含量应不大于 3%,对于高电抗型的高压放电灯,电源的选择应满足无功功率的要求。

总谐波含量的定义是以基波为 100% 的各次谐波的均方根(r. m. s.)总和。

注:这就意味着供电电源与镇流器相比应该有足够低的阻抗,应注意这适用于所有测量条件。

附 录 A
(资料性附录)
测量平面

通常,光源(灯或灯具)的光强度分布的测量都是在几个平面上进行的。光强度分布的曲线的数量和测量平面的选择是根据光源的种类和使用的分布光度计而确定的。在各种测量平面中,经验证有三个平面系统更有助于测量。

A-平面(见图 A. 1)

所有的 A-平面是指穿过光度计中心、平行于光源的入射面积且垂直于光源中心轴的光线交集所组成的一组平面。

注:如果光源是倾斜的,那么 A-平面系统就是严格与光源相联接的,并随着光源倾斜。

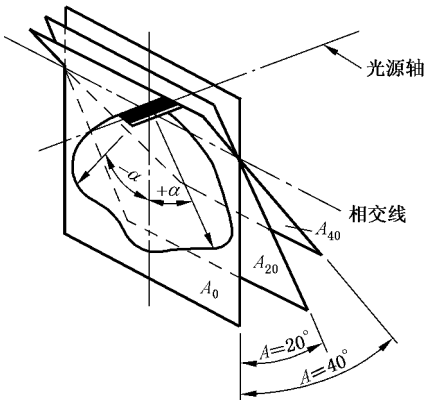


图 A. 1 A-平面

B-平面(见图 A. 2)

所有的 B-平面是穿过光度计中心、平行于光源中心轴且垂直于 A-平面的光线的交集的所组成的平面。

注:如果光源是倾斜的,那么 B-平面系统就是严格与光源相联接的,并随着光源倾斜。

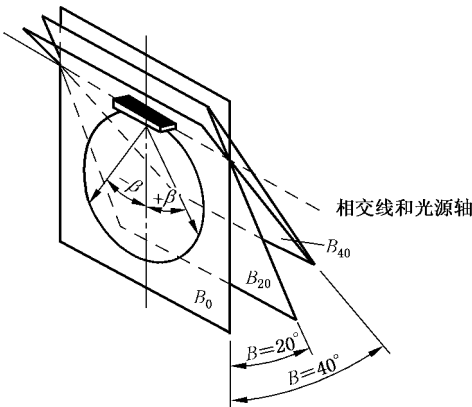


图 A. 2 B-平面

C-平面(见图 A. 3)

所有的 C-平面是垂直穿过光度计中心光线的交集组成的平面。

注: C-平面系统一般在空间上严格定向而不会随光源发光倾斜。C-平面的光线的交集只垂直于光源的 A-平面和 B-平面的零点交集($\delta=0$)。

在某些情况下,所有的C-平面系统的平面的线的交集与 A_0 -平面和 B_0 -平面的线的交集的是有关的(见图 A. 4)。在这种情况下,C-平面交集就是严格连接到光源的(A-平面和B-平面的情况也如此)。

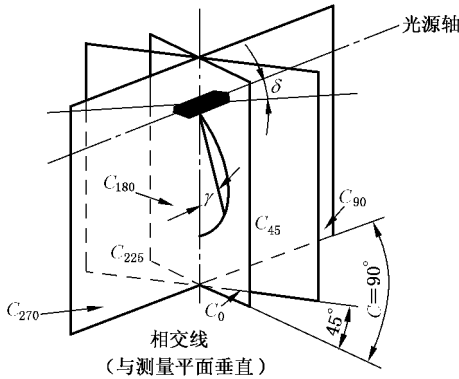


图 A. 3 C-平面(灯具的 δ 倾斜角)

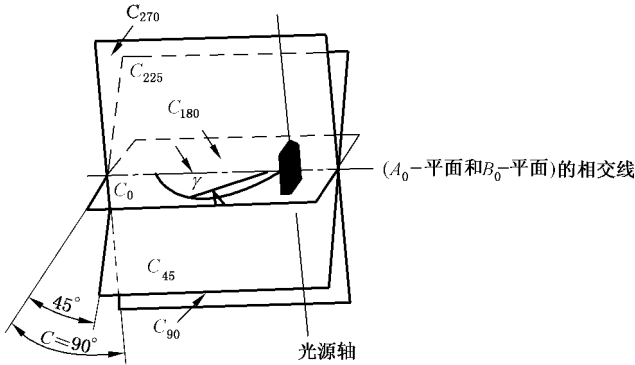


图 A. 4 严格连接到光源的 C-平面

圆锥表面(图 A. 5)。

对于某些分布光度计来说,合适的方法是在一个固定的两极角度测量光强度分布曲线,然后用圆锥表面的曲线描述结果。这个圆锥体的轴对应于C-平面的线的交集。

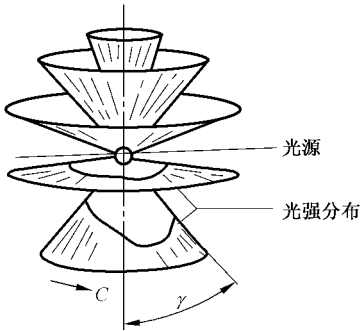


图 A. 5 圆锥表面

平面角度的符号

平面的倾斜角是通过一个指数来指定的。A-平面和B-平面的倾斜角是从 -180° 经过 0° 到 180° 的,而C-平面的是从 0° 到 360° 的(半平面)。圆锥平面的孔径角的测量是与C-平面的线的交集有关系的。

使用下列符号表示(角度符号见图 A. 1~图 A. 5):

- A-平面的角用符号 α 表示,通过垂直于A-平面的线的交集的线来测量。
- B-平面的角用符号 β 表示,通过垂直于B-平面的线的交集的线来测量。

——C-平面的角用符号 γ 表示,通过在向下的方向来测量 C-平面的线的交集来测量。

——圆锥平面的角用符号 C 表示,通过 C_0 -平面来测量。

平面的倾斜角作为相关平面的指数被添加。

关系

各个平面系统的某个方向是通过两个角来表征的:

——一个平面或圆锥表面的角;

——一个平面或圆锥表面的倾斜角。

表 A.1 表示各种平面系统常用的角度符号。

表 A.1 角度符号

系 统	平 面 的 角	平面的倾斜角
A-平面	α	A
B-平面	β	B
C-平面	γ	C
圆锥平面	C	γ

表 A.2 列出了表 A.1 中角度的变换方程式。

表 A.2 平面系统的转换方程式

方 向		平面的倾斜角	平 面 的 角
给定的	要测定的		
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	$\tan B = \sin C \cdot \tan \gamma$	$\sin \beta = \cos C \cdot \sin \gamma$

参考文献

- [1] Procedure for the Measurement of Luminous Flux of Discharge Lamp and for their Calibration as Working Standard
Publ. CIE No. 25, 1973.
- [2] Procedure Symposium in Light and Radiation Measurement '81.
- [3] International Lighting Vocabulary
Publ. CIE No. 17. 4, 1987.
- [4] Methods of Characterizing the Performance of Radiometers and Photometers
Publ. CIE No. 53, 1982.
- [5] J. S. Franklin Automated Universal Distribution Photometer
Illum. Eng. , Vol. 53, No. 3(1958), pp. 667-678.
- [6] O. C. Jones, R. G. Berry A New Determination of the Lumen, Metrologia, Vol. 6, No. 3(1970), pp. 81-89.
- [7] Schaefer, Mohan A New Goniometer for Total Flux Measurements
Journal of the IES, July, 1974, pp. 349-353.
- [8] J. Makai, G. Czibula, J. Schanda Spatial distribution of colorimetric characteristics of metal halide lamps Proceedings Symp. Light and Radiation Meas. '80 pp. 47-50, Hungarian Nat. Committee of CIE, Budapest, 1981.
- [9] D. Förste, E. Krochmann, G. Sauter Abhängigkeit des Farbortes von der Richtung und der Brennstellung bestimmter Lampentypen
Tagungsbericht Lichtt. Gemeinschaftstagung 1984.
- [10] J. Krochmann Über die Bestimmung des Lichtstroms von Leuchtstofflampen in Beleuchtungsanlagen
Licht 2(1986). Pp. 136-141.
- [11] The measurement of absolute luminous intensity distributions
Publ. CIE No. 70, 1987.
- [12] D. Frste Ein Goniophotometer zur genauen Bestimmung des Lichtstromes
Licht-Forschung 1(1979), pp. 30-36.
- [13] M. E. Thain, F. Hengstberger A new goniophotometer for the calibration of small luminous flux standard lamps
J. Phys. Sci. Instr. 15(1982), p. 675-678.
- [14] L. A. G. Monard, F. Hengstberger, T. Appenroth, M. E. Thain, C. J. Kok, R. Turner Luminous flux measurements at the NPRL by means of a new goniophotometer
Proc. 10th IMEKO Symp. Photon-Detectors, Berlin 1982, p. 205-214.
- [15] J. Krochmann, P. Marx Ein digitales He ß gerät zur Ermittlung des Lichtstromes aus der Lichtstärkeverteilung
Lichttechnik 21(1969)p. 97A-98A.
- [16] P. Marx Das Spiralphotometer
Dissertation TU Berlin, 1973.
- [17] Methods of characterizing illuminance meters and luminance meters; Performance, characteristics and specifications

- Publ. CIE No. 69, 1987.
- [18] R. Rattunde Methods and errors of measurement of luminous flux with goniophotometers
Proceedings Symposium on Light and Radiation
Measurement '81, Hung. Nat. Comm. CIE, Budapest, p. 120-132.
 - [19] T. E. Wightman, F. Grum Low-reflectance backing materials for use in optical radiation
Color Res. and Appl. 6(1981)p. 139-142.
 - [20] D. Förste, G. Sauter, H. Martin Elimination des Fremdlichts bei der Lichtstrombestimmung mit
dem Goniophotometer
Licht-Forschung 2(1980)No. 1, p. 27-29.
 - [21] F. Hahne Vergleichsmessungen mit einem neuartigen Licht-stromintegrator und einer Ul-
brichtschen Kugel
Lichttechnik 27(1975)p. 151-152.
 - [22] O. C. Jones, J. R. Moore The spectroradiometric measurement of light sources
NPL Report DES 70, April 1981.
 - [23] Spectroradiometry
Publication CIE No. 63, 1984.
 - [24] G. Krenzke Die Optimierung der Me ß anordnung in runden und eckigen Hohlräumen zur
Lichtstrombestimmung ausgedehnter Lichtquellen
Lichttechnik 21(1969)p. 105A-106A.
 - [25] K. Mahr Photometrie und Farbmessung in U-Kugeln mit unterschiedlichem Innenaufbau
und Empfängern
CIE Publ. No. 36(1976)p. 83-91.
 - [26] G. Geutler, J. Krochmann K. D. Reißmann, K. Steglich Über eine Anordnung zur genauen
Messung von Reflexionsgrad und Transmissionsgrad
Optik 54(1980)p. 394-408.
 - [27] F. Rotter View into the integrating sphere through the observation window
Appl. Opt. 10(1971)p. 2629-2638.
 - [28] Kopfleuchten, Richtlinien für Ausführung und Prüfung
DIN 22 437(Dez. 1962).
 - [29] L. Morren Mésures électriques sur les lampes à décharge (puissance-tension-courant)
Revue E(Belgium)4(1964)No. '8, P. 311-327.
 - [30] U. Mathis Anwendung von elektronischen Vorschaltgeräten für Leuchtstofflampen, Ta-
gungsbericht
Fachtagung Graz, 1983, LTAG.
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准

光通量的测量方法

GB/T 26178—2010/CIE 84—1989

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号

邮政编码:100045

网址:www.gb168.cn

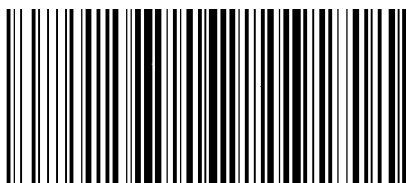
服务热线:010-68522006

2011年6月第一版

*

书号:155066·1-42624

版权专有 侵权必究



GB/T 26178-2010