

照度计特性及表示方法

张新坤

(河北轻工业学校 河北唐山 063000)

摘要:本文对照度计特性及表示方法作了综合性论述。

关键词:照度计;响应;非线性误差

中图分类号:O432.2 文献标识码:A 文章编号:1008-519X(2000)05-0038-(04)

1 概述

照度计按光电转换器件来区分,主要有硅(硒)光电池照度计和光电管照度计。其照度值可由数字显示或指针指示。无论何种照度计,均由光度探头、测量或转换线路以及示数仪表等组成。

2 照度计的基本特性及误差的定量表述

2.1 光谱响应度

探测器在波长为 λ 的单色辐射照射下产生的光电流或电压的输出值与该单色辐射通量之比,称为探测器的绝对光谱响应度。用 $S(\lambda)$ 表示。其表达式为:

$$S(\lambda) = Y(\lambda) / \Phi_e(\lambda) \quad (1)$$

波长为 λ 的光谱响应度与参考波长 λ_0 的光谱响应度之比,称相对光谱响应度。用 $S(\lambda)_{rel}$ 表示:

$$S(\lambda)_{rel} = S(\lambda) / S(\lambda_0) \quad (2)$$

响应度随波长的变化所画成的曲线,称相对光谱响应度分布。在光度测量中,探测器的光谱响应度分布必须与国际照明委员会(CIE)明视觉光谱光效率 $V(\lambda)$ 相一致,而各种探测器的光谱响应度与 $V(\lambda)$ 并不相同。解决的办法是在探测器前面加 $V(\lambda)$ 修正滤光器。尽管如此,匹配的结果仍与 $V(\lambda)$ 不能完全一致,由此而引起的测量误差称为匹配误差。一般由下式来描述探测器偏离 $V(\lambda)$ 的程度:

$$f_1 = \left[\frac{\int_{380}^{780} |S^*(\lambda)_{rel} - V(\lambda)| d\lambda}{\int_{380}^{780} V(\lambda) d\lambda} \right] \times 100\% \quad (3)$$

式中 $S^*(\lambda)_{rel}$ 为标准(归一)化了的相对光谱响应度,它与所选标准光源的相对光谱功率分布有关。其表达式为:

收稿日期:1999-10-18

作者简介:张新坤(1974-),男,河北轻工业学校教师。

$$S^*(\lambda)_{rel} = \left[\frac{\int_{380}^{780} P_A(\lambda) \cdot V(\lambda) d\lambda}{\int_{380}^{780} P_A(\lambda) \cdot S(\lambda)_{rel} \cdot d\lambda} \right] \times S(\lambda)_{rel} \quad (4)$$

$P_A(\lambda)$ 为 CIE 推荐的标准照明体 A 的相对光谱功率分布,色温为 2856K。 $S(\lambda)_{rel}$ 的获得必须用单色仪进行分光测量而得到,波长间隔一般取 10nm 即可,如要求精度较高,可取 5nm 或 2nm。

2.2 对红外辐射的响应

任何光度计都不应对红外辐射产生响应,照度计也不例外。然而照度计所用的一些光探测器件,如广泛使用的硅光电池、硅光电二极管,在红外辐射区有很高的响应度。如果所加的 $V(\lambda)$ 修正滤光器对红外辐射截得不“干净”,即在红外区的透射比不等于 0,则对测量结果可能带来明显的误差。这是在研制、选购和使用照度计时所必须充分注意的。

测定照度计对红外辐射响应的方法是,用色温为 2856K 的标准灯照射照度计,得到读数为 Y ,然后在标准灯前加一片厚度为 1mm 的 HB₈₀₀ 牌号的红外滤光片,测得读数为 $Y(IR)$ 。设 r_0 为该滤光片对 2856K 光的积分透射比,则表征照度计对红外响应的大小为:

$$r = |Y(IR)/Y - r_0| \times 100\% \quad (5)$$

$$\text{式中 } r_0 = \int P_A(\lambda) \cdot \tau(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda / \int P_A(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda$$

$\tau(\lambda)$ 为红外滤光片的光谱透射比。

$P_A(\lambda)$ 为 2856K 光源的光谱功率分布。

2.3 对紫外辐射的响应

同样,照度计也不应对紫外辐射产生响应。其检查和表征方法与前相似。不同的是用黑光灯代替 2856K 的标准灯,用透紫外滤光片 ZWB₁(厚 2mm) 代替透红外滤光片。则

$$u = |Y(uV)/Y - u_0| \times 100\% \quad (6)$$

$$\text{式中 } u_0 = \int P_{uv}(\lambda) \cdot \tau(\lambda) \cdot V(\lambda) d\lambda / \int P_{uv}(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda$$

$\tau(\lambda)$ 为透紫外滤光片的光谱透射比。

$P_{uv}(\lambda)$ 为黑光灯的光谱功率分布。

2.4 非线性误差

照度计的响应度是探测器光电流或电压的输出值与入射光通量之比。在理想情况下,此比值与光通量输入水平的高低无关,即输出与输入线性相关。而实际上硅(硒)光电池照度计其线性响应的好坏,除了光电池本身的品质外,还由示数仪表的内阻决定。内阻越小,线性响应越好(见图 1)。

图中 R 为测试仪表的内阻, i 为光电流。照度计非线性响应误差由下式表征:

$$f_3 = \left(\frac{Y}{Y_{max}} \cdot \frac{E_{max}}{E} - 1 \right) \times 100\% \quad (7)$$

式中 Y 和 Y_{max} 分别为照度计在标准灯照射下,达到满量程十分之一和满量程时的响应值,它们所对应的光照度分别为 E 和 E_{max} 。

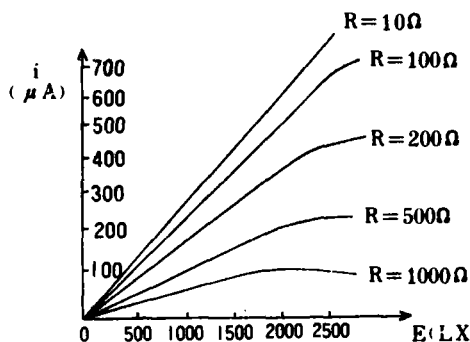


图 1 照度计内阻与线性的关系

这里需要指出的是任何一种光电探测系统,它的线性响应均有一定的范围,在某一读数范围内可以看作是线性的,可不考虑非线性误差。而在其它示数范围内,则必须进行非线性修正,使其达到测量精度的要求。

2.5 疲劳特性

疲劳特性是指接收面上的光照度和其它工作条件恒定时,照度计的响应值由大变小的现象。而这种变化是可逆的。见图 2 所示。

为了确保测量精度,必须测定疲劳误差的大小。其方法是用发光稳定的灯照射光度探头,使照度水平接近 1000LX,保持照度不变,分别读出照射 10s 和 30min 时的响应值 $Y(10s)$ 和 $Y(30min)$,由下式计算疲劳误差:

$$f_5 = [Y(30min)/Y(10s) - 1] \times 100\% \quad (8)$$

测量前必须将光度探头遮光 24 小时。

2.6 温度特性

在检定照度计时,环境温度应控制在一定温度(比如 20℃)。但在测量光照度时,不可能永远保证环境温度在 20℃。温度变化越大,照度计的读数受温度的影响也越大,从而导致响应度发生变化。由此引起的误差表示为:

$$f_6(T) = [Y(T)/Y(T_0) - 1] \times 100\% \quad (9)$$

通常 $f_6(T)$ 与 T 几乎成线性关系。温度的影响可由温度系数来决定:

$$\alpha = \frac{Y(T) - Y(T_0)}{Y(T_0)} \cdot \frac{1}{T - T_0} \quad (10)$$

式中 $T_0 = 20^\circ\text{C}$,为参考温度。 T 为测量时的温度。

引入温度系数以后,相对误差可用下式表示:

$$f_6(T) = \alpha(T - T_0) \quad (11)$$

在测量 α 值时,用 CIE 标准 A 光源或 D_{65} 标准照明体照射,保持照度水平在 1000Lx 时测量。

2.7 照度计的响应值对余弦定则的偏离

在实际测量中,入射光线来自各个方向,为得到精确的测量结果,应使投射在光度头上的光的响应符合照度的余弦定则。

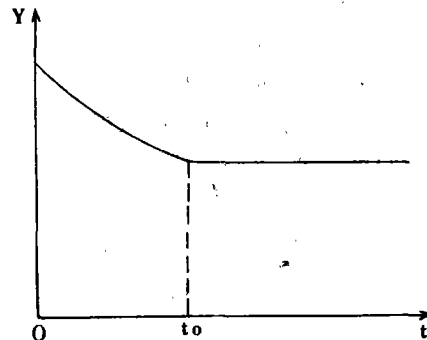
$$\text{即:} \quad Y(\theta, \varphi) = Y(0, \varphi) \cdot \cos\theta \quad (12)$$

由投射方向不同而引起的误差由 $f_7(\theta, \varphi)$ 表示:

$$f_7(\theta, \varphi) = \left(\frac{Y(\theta, \varphi)}{Y(0, \varphi) \cdot \cos\theta} - 1 \right) \times 100\% \quad (13)$$

式中 θ 为光度探头接收面的法线与入射光线所成的夹角; φ 为光线绕测试面法线旋转的方位角; $Y(\theta, \varphi)$ 则表示入射角为 θ ,方位角为 φ 时照度计的响应值; $Y(0, \varphi)$ 为垂直入射时,方位角为 φ 时的响应值。如图 3 所示。

估算照度计的响应值偏离余弦定则所引起的方向性总误差的表达式为:



t 为照射时间, Y 为响应值

图 2 疲劳曲线

从而导致响应度发生变化。

$$f_{\tau} = \int_{0^{\circ}}^{85^{\circ}} |f_{\tau}(\theta)| \sin 2\theta \cdot d\theta \quad (14)$$

2.8 偏振的影响

实际光束或多或少都有一定偏振度。当入射角不等于零度时,光束的偏振和入射角度对照度计的响应度都有影响。一般照度计都采取了消偏振措施,但效果有好有坏。因此,对这一特性也应予以注意。

偏振对测量结果的影响可以用探测器的偏振响应度来表示,其定义式为:

$$\Delta(\epsilon) = \frac{Y_{\max} - Y_{\min}}{Y_{\max} + Y_{\min}} \times 100\% \quad (15)$$

式中 ϵ 为入射角,一般取 30° 。用一完全偏振光束以 30° 入射角照射照度计时,旋转偏振角、照度计的示数将发生变化。 Y_{\max} 和 Y_{\min} 分别为示数的最大值和最小值。

由偏振所引起的最大误差可估计为:

$$f_{\delta} = \pm \Delta(\epsilon) \quad (16)$$

3 结束语

光照度计在使用过程中,各种特性随时都有可能发生变化,应严格按照说明书中的要求去测量。照度计的特性除以上所描述之外,还有诸如绝对光谱响应度的不稳定性、零点漂移、磁场的影响、电源电压的变化等,均影响照度计的基本特性,应尽量控制和避免。为获得精确的测量结果,光照度计应定期去计量部门进行检定。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国国家计量检定规程[S],JJG245-91.
[2] 表征辐射计和光度计性能的方法[S],CIE 出版物 53 号(1982).

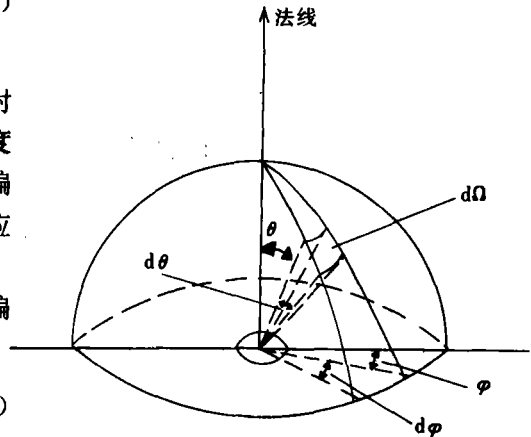


图3 导出 f_{τ} 的坐标系

The Characteristics of Luminometer and Its Standout Mode

ZHANG Xin-kun

(Hebei Light Industry School Hebei Tangshan 063000)

Abstract: In this paper the specific characteristics of luminometer and its standout mode are discussed.

Key Words: luminometer; response; nonlinear error

责任编辑、校对:孙海洋