

ICS 31.260

L 53

备案号: 24642—2008



中华人民共和国机械行业标准

JB/T 10875—2008

发光二极管光学性能测试方法

Measuring methods for optical properties of LEDs

2008-06-04 发布

2008-11-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 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 试验方法	2
4.1 试验环境条件	2
4.2 LED 器件平均发光强度	2
4.3 半强度角	3
4.4 光通量	4
4.5 光谱分布及其特性参数	5
4.6 色度学参数	6
附录 A (规范性附录) 匹配误差和修正系数的确定	10
A.1 匹配误差 f' 的确定	10
A.2 修正系数 k 的确定	10
图 1 LED 器件发光有关特性	2
图 2 LED 器件平均发光强度测试框图	3
图 3 LED 器件半强度角测试框图	4
图 4 光通量测量原理框图	4
图 5 光谱分布测试原理框图	6
图 6 光谱半宽度	6
图 7 CIE1931 色度图	7
图 8 相关色温 (CCT) 计算图	8
表 1 CIE127 推荐的标准条件 A 和标准条件 B	3

前 言

本标准的附录 A 为规范性附录。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国光学和光子学标准化技术委员会（SAC/TC103）归口。

本标准起草单位：上海理工大学、上海半导体照明工程技术研究中心、浙江大学、国家光学仪器质量监督检验中心、华东师范大学、杭州新叶光电工程技术有限公司。

本标准主要起草人：庄松林、杨卫桥、叶关荣、鲍超、章慧贤、冯琼辉、王蔚生、毛滋春。

本标准为首次发布。

发光二极管光学性能测试方法

1 范围

本标准规定了在额定电流工作条件下的半导体发光二极管（以下简称 LED 器件）光学性能测试方法。

本标准适用于单色可见光、白光 LED 器件光学性能测试，组件和功率器件的光学性能测试参照执行。

本标准是一种推荐性的测试方法，只要达到同样的测量目的，也可采用其他的测试方法。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 5698—1985 颜色术语

GB/T 13962—1992 光学仪器术语

GB/T 15651—1995 半导体器件 分立器件和集成电路 第 5 部分：光电子器件（idt IEC 60747-5:1992）

CIE 127: 1997 LED 测量

3 术语和定义

GB/T 5698、GB/T 13962、GB/T 15651 所确立的及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

LED 器件 LED device

用于发射单色可见光、白光的 LED 器件。

3.2

LED 器件平均发光强度 averaged LED intensity

照射在离 LED 器件一定距离（ d ）处的光度探测器上的光通量 Φ_v 与由光度探测器构成的立体角 Ω 的比值。按公式（1）计算 LED 器件平均发光强度 I_v ：

$$I_v = \frac{\Phi_v}{\Omega} = \frac{\Phi_v}{S/d^2} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

S ——光度探测器的面积，单位为 m^2 ；

I_v ——平均发光强度，单位为 cd 。

CIE127 推荐在标准条件 A 和标准条件 B 这两种条件下，测量远场和近场条件下的 LED 器件平均发光强度，分别用符号 I_{LEDA} 和 I_{LEDB} 来表示。

3.3

半强度角 $\theta_{1/2}$ half-intensity angle

在发光强度分布图形中，发光强度等于最大强度一半所对应的角度，如图 1 所示。

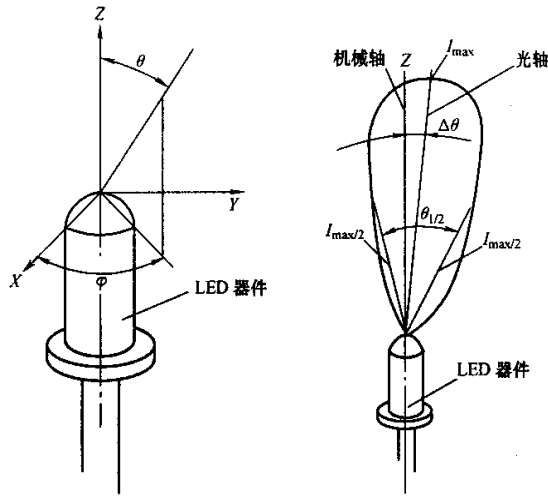


图 1 LED 器件发光有关特性

注 1: 应规定包括机械轴 (Z) 在内的平面内测量发光强度分布;

注 2: 如果发光强度对机械轴 (Z) 不是旋转对称分布, 则应在包括机械轴 Z 在内的 XZ, YZ 平面内测量。

3.4

光通量 Φ_v luminous flux

通过 LED 器件的正向电流为规定值时, LED 器件光学窗口单位时间发射的光量。单位为 lm (流明)。

3.5

峰值波长 λ_p peak wavelength

光谱分布曲线最大值对应的波长 (见图 6)。

3.6

光谱半宽度 $\Delta\lambda$ spectral bandwidth at half intensity levels

在峰值波长两侧光强度为最大值的一半时所对应的波长之差值 (见图 6)。

3.7

光谱分布 $P(\lambda)$ spectral distribution

在可见光波长范围内, 各个波长的光辐射分布情况。

4 试验方法

4.1 试验环境条件

- a) 温度: $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$;
- b) 相对湿度: 20%~80%;
- c) 气压: 86kPa~106kPa;
- d) 无影响测试准确度的机械振动和电磁干扰;
- e) 除非另有规定, 全部光电参数均应在 LED 器件热平衡时进行;
- f) 测试系统应接地良好;
- g) LED 器件应预热至少 15min。

4.2 LED 器件平均发光强度

4.2.1 试验工具

- a) 恒流源: 准确度优于 $\pm 0.5\%$ 。

b) LED 器件平均发光强度测量仪器:

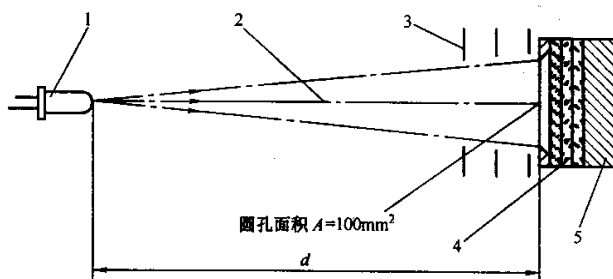
- 1) 测量仪器由光度探测器和读数系统组成;
- 2) 测量仪器系统应能防杂散光;
- 3) 光度探测器光谱响应 $V(\lambda)$ 匹配误差 f_1' 值应小于 3%¹⁾, 其确定方法见 A.1;
- 4) 测量仪器应满足 CIE127 推荐的标准条件 A 和标准条件 B 的测量要求, 如表 1 所示。

表 1 CIE127 推荐的标准条件 A 和标准条件 B

CIE127 推荐	LED 器件顶端到探测器的距离 d	立体角	平面角 (全角)
标准条件 A	316mm	0.001sr	2°
标准条件 B	100mm	0.01sr	6.5°

注: 在标准条件 A 和标准条件 B 这两种条件下, 所用的光度探测器要求有一个面积为 100mm² (相应直径为 11.3mm) 圆入射孔径。

4.2.2 试验程序



1—LED 器件; 2—机械轴; 3—防杂散光光栏; 4—滤光片; 5—光度探测器。

图 2 LED 器件平均发光强度测试框图

将被测 LED 器件装在专用连接座上, 并且面对着光度探测器, LED 器件的机械轴应在光度探测器孔径的同一轴线上。在标准条件 A 和标准条件 B 这两种条件下, 距离 d 的测量是从 LED 器件的前端到光度探测器的人射孔径所在平面, 如图 2 所示。

用光度探测器测出平均光照度, 则 LED 器件平均发光强度 I_{LED} 按公式 (2) 计算:

$$I_{LED} = E \cdot d^2 \dots \dots \dots (2)$$

式中:

E ——平均光照度, 单位为 lx;

d ——距离, 单位为 m。

4.3 半强度角

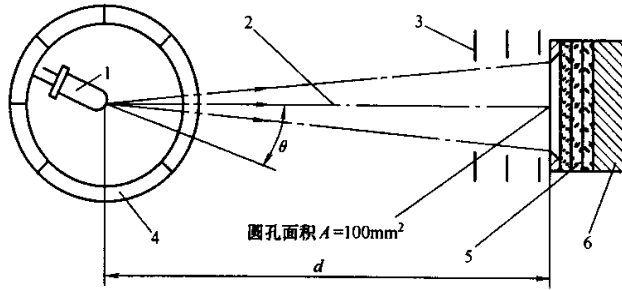
4.3.1 试验工具

a) 同 4.2.1 a)。

b) LED 器件半强度角测量仪器:

- 1) 测量仪器由光度探测器、度盘和读数系统组成;
- 2) 同 4.2.1b) 2);
- 3) 同 4.2.1b) 3);
- 4) 同 4.2.1b) 4);
- 5) 度盘: 度盘分辨率不大于 6', 准确度不小于 20'。

1) 如果光度探测器光谱响应 $V(\lambda)$ 匹配误差 f_1' 在 3%~5% 之间, 应提供光度探测器光谱数据, 便于测量结果修正, 修正方法见 A.2。



1—LED 器件；2—机械轴；3—防杂散光光栏；4—度盘；5—滤光片；6—光度探测器。

图 3 LED 器件半强度角测试框图

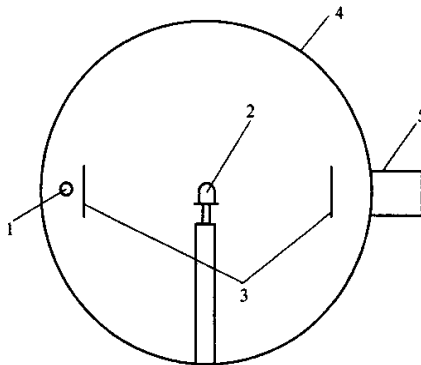
4.3.2 试验程序

- a) 将被测 LED 器件装在专用连接座上，固定被测 LED 器件，使 LED 器件的顶点与度盘旋转中心重合，并且 LED 器件的机械轴与光度探测器孔径的机械轴应在同一轴线上， d 是从 LED 器件的顶点至光度探测器的人射孔径平面的距离，如图 3 所示。
- b) 分别在标准条件 A 和标准条件 B 这两种条件下，转动度盘，用 LED 器件半强度角测量仪器测量出不同角度 θ 时的平均发光强度，并记录平均发光强度为最大值 (I_{max}) 一半 ($\frac{I_{max}}{2}$) 时两边所形成的角度，该角度即为半强度角 $\theta_{1/2}$ ，如图 1 所示。

4.4 光通量

4.4.1 试验工具

- a) 同 4.2.1 a)。
- b) 光通量测量仪器：
 - 1) 测量仪器由光度探测器、积分球和读数系统组成；
 - 2) 同 4.2.1b) 2)；
 - 3) 同 4.2.1b) 3)；
 - 4) 积分球：直径不小于 0.3m，球内壁、挡屏、支架等涂漫反射层，涂层反射率不低于 80%，并在积分球上开有三窗口，分别放置被测 LED 器件，辅助光源和光度探测器，如图 4 所示；
 - 5) 辅助光源。
- c) CIE 标准光源 A。



1—辅助光源；2—LED 器件；3—挡屏；4—积分球；5—光度探测器。

图 4 光通量测量原理框图

4.4.2 试验程序

- a) 在辅助灯不工作的状态下, 分别逐次将被测 LED 器件和带有标准光通量数据的 CIE 标准光源 A 放在积分球中央, 如图 4 所示, 避免将光线直接照射到光度探测器, 施加规定的正向电流 I_F , 分别记录测量仪器的读数 D_1 、 D_2 。
- b) 在被测 LED 器件和 CIE 标准光源 A 不工作的状态下, 分别逐次将被测 LED 器件和带有标准光通量数据的 CIE 标准光源 A 放在积分球中央, 然后按规定电流分别点亮辅助光源, 得到测量仪器读数 A_3 、 A_4 。
- c) 按公式 (3) 计算被测 LED 器件的总光通量 Φ_1 :

$$\Phi_1 = \frac{D_1}{D_2} \cdot \frac{A_3}{A_4} \cdot \Phi_2 \dots \dots \dots (3)$$

式中:

D_1 ——被测 LED 器件点亮时测量仪器的读数 (辅助灯不工作);

D_2 ——CIE 标准光源 A 点亮时测量仪器的读数 (辅助灯不工作);

A_3 ——被测 LED 器件在球内 (不工作), 点亮辅助光源时测量仪器的读数;

A_4 ——CIE 标准光源 A 在球内 (不工作), 点亮辅助光源时测量仪器的读数;

Φ_2 ——CIE 标准光源 A 的光通量。

4.5 光谱分布及其特性参数

4.5.1 试验工具

- a) 同 4.2.1a)。
- b) 同 4.4.1b) 4)。
- c) 光谱测量系统:
 - 1) 波长范围为 380nm~780nm;
 - 2) 波长准确度为 ± 0.3 nm;
 - 3) 波长重复性为 ± 0.2 nm;
 - 4) 光度线性为 $\pm 0.5\%$;
 - 5) 色品坐标重复性 (对于 CIE 标准光源 A) 为 ± 0.0005 ;
 - 6) 色品坐标精度 (对于 CIE 标准光源 A) 为 ± 0.001 ;
 - 7) 扫描间隔不大于 5nm。
- d) CIE 标准光源 A。

4.5.2 试验程序

- a) 如图 5 所示, 将 CIE 标准光源 A 置于积分球中央, 按规定电流点亮光谱分布为 $P_A(\lambda)$ 的 CIE 标准光源 A, 在 CIE 标准光源 A 光谱范围内, 光谱测量系统按不大于 5nm 带宽间隔扫描, 记录光度探测器输出相应波长时的光电流 $i_A(\lambda)$ 。
- b) 如图 5 所示, 将被测 LED 器件置于积分球中央, 按规定电流点亮光谱分布为 $P(\lambda)$ 的被测 LED 器件, 在被测 LED 器件光谱范围内, 光谱测量系统按 5nm 带宽间隔扫描, 记录光度探测器输出相应波长时的光电流 $i_{LED}(\lambda)$ 。
- c) 被测 LED 器件和 CIE 标准光源 A 的光谱分布按公式 (4) 计算:

$$P(\lambda) = \frac{i_{LED}(\lambda)}{i_A(\lambda)} \cdot P_A(\lambda) \dots \dots \dots (4)$$

式中:

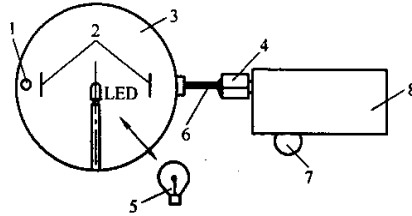
$P(\lambda)$ ——被测 LED 器件的光谱分布;

$P_A(\lambda)$ ——CIE 标准光源 A 的光谱分布;

$i_{LED}(\lambda)$ ——被测 LED 器件点亮时光谱测量系统中光度探测器输出光电流;

$i_A(\lambda)$ ——CIE 标准光源 A 点亮时光谱测量系统中光度探测器输出光电流。

d) 在测量得到的被测 LED 器件光谱分布数据中, 数值最大时的波长为峰值波长 λ_p , 以峰值波长的读数为 100%, 就得到被测 LED 器件的相对光谱分布。在 λ_p 两边分别取峰值波长读数的一半, 获得相应的波长 λ_1, λ_2 , 两者之差即为光谱半宽度 $\Delta\lambda$, 如图 6 所示。



1——辅助灯或辅助 LED 器件; 2——挡屏; 3——积分球; 4——光学孔径匹配系统;
5——标准 A 光源; 6——导光纤维; 7——光度探测器; 8——光谱测量系统。

图 5 光谱分布测试原理框图

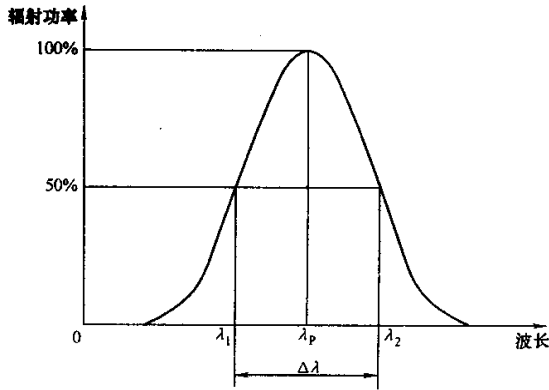


图 6 光谱半宽度

4.6 色度学参数

4.6.1 试验工具

同 4.5.1。

4.6.2 试验程序

同 4.5.2, 测得被测 LED 器件的光谱分布 $P(\lambda)$, 按公式 (5) ~ 公式 (16) 分别计算各种色度学参数。

a) 色度坐标:

被测器件的光谱三刺激值 X, Y, Z 分别按公式 (5) ~ 公式 (7) 计算:

$$Y = K \int_{380}^{780} P(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda = K \sum_{\lambda=380}^{780} P(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda \dots\dots\dots (5)$$

$$X = K \int_{380}^{780} P(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda = K \sum_{\lambda=380}^{780} P(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda \dots\dots\dots (6)$$

$$Z = K \int_{380}^{780} P(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda = K \sum_{\lambda=380}^{780} P(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda \dots\dots\dots (7)$$

式中:

$P(\lambda)$ ——被测 LED 器件的光谱分布;

$\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ ——CIE1931 光谱三刺激值。

按公式 (8) ~ 公式 (10), 分别计算得到色度坐标 x 、 y 、 z :

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \dots\dots\dots (8)$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z} \dots\dots\dots (9)$$

$$z = \frac{Z}{X+Y+Z} \dots\dots\dots (10)$$

$$x+y+z=1 \dots\dots\dots (11)$$

b) 主波长与颜色刺激纯度:

1) 如图 7 所示, CIE 1931 色度图上作等能白光 W_E 色度坐标 x_E 、 y_E ($x_E=0.3333$, $y_E=0.3333$) 与被测 LED 器件色度坐标 $S_1(x, y)$ 点的连线, 并延长交光谱轨迹线于坐标点 (x_d, y_d) , 由 CIE 1931 标准色度观察者光谱三刺激值和相应的色度坐标数据表求出坐标点 (x_d, y_d) 对应的波长为 λ_d , 即为被测 LED 器件主波长。

2) 按公式 (12) 计算颜色刺激纯度。

$$P_e = \frac{y-y_E}{y_d-y_E} = \frac{x-x_E}{x_d-x_E} \dots\dots\dots (12)$$

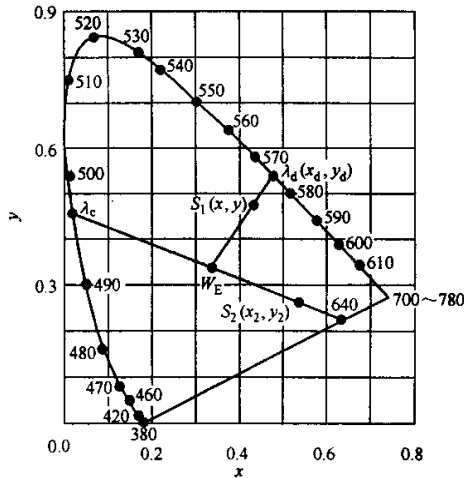


图 7 CIE1931 色度图

c) 色温和相关色温:

- 1) 按上述方法测得的被测 LED 器件的色度坐标 $S_1(x, y)$, 按相应公式, 转换成在 CIE1960UCS 均匀色度图色度坐标 (u, v) 。
- 2) 查色温表得到坐标 (u, v) 两边等色温线有关数据。若被测 LED 器件的色度坐标 (u, v) 位于黑体轨迹上或位于相关色温线上, 则相应的黑体的温度或相关色温即为被测器件的色温或相关色温。
- 3) 若被测 LED 器件的色度坐标 (u, v) 位于两相关色温线之间, 如图 8 所示, 用内插法, 分别求出 θ_1 , θ_2 。
- 4) 按公式 (13) 计算相关色温 CCT。

$$CCT = \left[\frac{1}{T_i} + \frac{\theta_1}{\theta_2} \left(\frac{1}{T_{i+1}} - \frac{1}{T_i} \right) \right]^{-1} \dots\dots\dots (13)$$

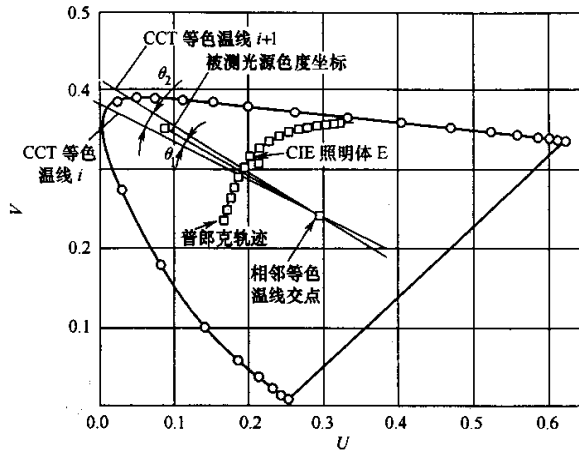


图 8 相关色温 (CCT) 计算图

d) 色差:

将测得的被测 LED 器件在 CIE1931 色度系统的色度坐标 (x_i, y_i) 和亮度 Y_i , 以及该颜色的色度坐标和亮度按公式 (14)、公式 (15) 转换成 CIE1964 均匀颜色空间:

$$\begin{aligned} W^* &= 25Y^{1/3} - 17 \quad 1 \leq Y \leq 100 \\ U^* &= 13W^*(u - u_0) \\ V^* &= 13W^*(v - v_0) \dots\dots\dots (14) \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} u &= \frac{4X}{X + 15Y + 3Z} = \frac{4x}{-2x + 12y + 3z} \\ v &= \frac{6Y}{X + 15Y + 3Z} = \frac{6y}{-2x + 12y + 3z} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (15)$$

按公式 (16) 得到两种颜色的色差值:

$$\Delta E_{CIE} = \left[(U_1^* - U_2^*)^2 + (V_1^* - V_2^*)^2 + (W_1^* - W_2^*)^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots (16)$$

e) 显色指数:

- 1) 测得被测 LED 器件的光谱分布 $P(\lambda)$, 色度坐标 x_k, y_k 。
- 2) 计算得到被测 LED 器件的均匀色空间的色度坐标 u_k, v_k 。
- 3) 测量被测 LED 器件的相关色温 T_c 。
- 4) 根据相关色温 T_c , 选择最接近 LED 器件相关色温的参比照明体。被测 LED 色温低于 5000K 时, 以普朗克辐射体作为参照光源。被测 LED 色温高于 5000K 时, 以重组昼光 (标准照明体 D) 作为参照光源。
- 5) 计算所选定的参比照明体的光谱分布。
- 6) 计算由 LED 器件为被测光源 K 所照明的试验色样 i 的 CIE1931 三刺激值 $X_{k,i}, Y_{k,i}, Z_{k,i}$ 和均匀色度空间的色度坐标 $u_{k,i}, v_{k,i}$ 。
- 7) 将被测光源的色品坐标 u_k, v_k 调整为参比照明体的色品坐标 u_r, v_r , 即 $u'_k = u_r, v'_k = v_r$, 则各标准颜色样品的色品坐标 $u_{k,i}, v_{k,i}$ 也要作相应的调整, 成为 $u'_{k,i}, v'_{k,i}$ 。

8) 计算色适应调整后被测光源 K 的 $U_{k,i}^*$, $V_{k,i}^*$, $W_{k,i}^*$ 。

9) 按上述 5)、8) 所得的数据, 按公式 (17) 计算在被测光源和标准照明体照明下标准试验色样 i 的色差。

$$\Delta E_i = \sqrt{(U_{ni}^* - U_{ki}^*)^2 + (V_{ni}^* - V_{ki}^*)^2 + (W_{ni}^* - W_{ki}^*)^2} = \sqrt{(\Delta U_i^*)^2 + (\Delta V_i^*)^2 + (\Delta W_i^*)^2} \dots\dots\dots (17)$$

10) 基于单个试验色样的色差, 按公式 (18) 计算特殊显色指数 R_i 。

$$R_i = 100 - 4.6\Delta E_i \dots\dots\dots (18)$$

11) 按公式 (19) 计算一般显色指数。

$$R_a = \frac{1}{14} \sum_{i=1}^8 R_i \dots\dots\dots (19)$$

附录 A
(规范性附录)
匹配误差和修正系数的确定

A.1 匹配误差 f_1' 的确定

由于光度探测器的光谱灵敏度 $s(\lambda)_{rel}$ 不可能匹配成与人眼的光谱光视效率 $V(\lambda)$ 完全一致, 存在一定的匹配误差, 以相对误差 f_1' 作为匹配误差, f_1' 越小, 光度探测器的 $s(\lambda)_{rel}$ 与人眼的光谱光视效率 $V(\lambda)$ 越接近, 测量误差越小。

f_1' 按公式 (A.1) 计算:

$$f_1' = \frac{\int |s^*(\lambda)_{rel} - V(\lambda)| d\lambda}{\int V(\lambda) d\lambda} \dots\dots\dots (A.1)$$

$s^*(\lambda)_{rel}$ 是光度探测器归一化的相对光谱灵敏度, 按公式 (A.2) 计算:

$$s^*(\lambda)_{rel} = s(\lambda)_{rel} \cdot \frac{\int P_A(\lambda) \cdot V(\lambda) d\lambda}{\int P_A(\lambda) \cdot s(\lambda)_{rel} d\lambda} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

$s(\lambda)_{rel}$ ——光度探测器的相对光谱灵敏度, 由仪器供应商提供;

$P_A(\lambda)$ ——CIE标准光源A的相对光谱分布。

A.2 修正系数 k 的确定

由于匹配误差 f_1' 的存在, 导致测量结果 $\left(\frac{i_c}{i_s} E_s\right)$ 产生误差, 因此将测量结果乘以修正系数即为被测LED的照度值 E_c , 其值按公式 (A.3) 计算:

$$E_c = k \frac{i_c}{i_s} E_s \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

$\frac{i_c}{i_s} E_s$ ——在被测LED的照射下照度计的读数。

修正系数 k 按公式 (A.4) 计算:

$$k = \frac{\int_{380}^{780} P_c(\lambda) V(\lambda) d\lambda \int_{380}^{780} P_A(\lambda) s(\lambda)_{rel} d\lambda}{\int_{380}^{780} P_A(\lambda) V(\lambda) d\lambda \int_{380}^{780} P_c(\lambda) s(\lambda)_{rel} d\lambda} \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

$P_c(\lambda)$ ——被测LED的相对光谱分布。