



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 14634. 1~14634. 6—2002

---

## 灯用稀土三基色荧光粉试验方法

Test methods of rare earth three-band phosphors  
for fluorescent lamps

2002-11-19 发布

2003-06-01 实施

中华人民共和国  
国家质量监督检验检疫总局 发布

## 目 录

GB/T 14634. 1—2002	灯用稀土三基色荧光粉试验方法	相对亮度测定 .....	1
GB/T 14634. 2—2002	灯用稀土三基色荧光粉试验方法	发射光谱和色度性能测定 .....	5
GB/T 14634. 3—2002	灯用稀土三基色荧光粉试验方法	热稳定性测定 .....	17
GB/T 14634. 4—2002	灯用稀土三基色荧光粉试验方法	电传感法粒度分布测定 .....	21
GB/T 14634. 5—2002	灯用稀土三基色荧光粉试验方法	密度测定 .....	25
GB/T 14634. 6—2002	灯用稀土三基色荧光粉试验方法	比表面积测定 .....	31



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 14634.2—2002  
代替 GB/T 14634.2—1993

---

## 灯用稀土三基色荧光粉试验方法 发射光谱和色度性能测定

Test methods of rare earth three-band phosphors for fluorescent lamps  
—Determination of emission spectrum and chromaticity

2002-11-19 发布

2003-06-01 实施

中 华 人 民 共 和 国 发 布  
国家质量监督检验检疫总局

## 前 言

本标准是对 GB/T 14634.2—1993《灯用稀土红色、绿色、蓝色荧光粉试验方法 色品坐标测试方法》的修订。

本标准与 GB/T 14634.2—1993 相比,主要有如下变动:

1. 新增针对灯用稀土三基色混合荧光粉的内容;
2. 对测试仪提出更严格的要求;
3. 增加了色品坐标  $u$ 、 $v$  算法;
4. 增加了色品坐标距离  $\Delta C$  算法;
5. 增加了色温与显色指数,并按该算法直接算出结果,不再查表。

本标准的附录 A 是资料性附录。

本标准由国家发展计划委员会稀土办公室提出。

本标准由全国稀土标准化技术委员会归口。

本标准由上海跃龙新材料股份有限公司负责起草。

本标准由杭州远方仪器有限公司参加起草。

本标准主要起草人:刘义成、吴克平、冯明星。

本标准自实施之日起代替 GB/T 14634.2—1993。

## 灯用稀土三基色荧光粉试验方法 发射光谱和色度性能测定

### 1 范围

本标准规定了灯用稀土三基色荧光粉发射光谱和色度性能测定。

本标准适用于灯用稀土三基色荧光粉发射光谱测定,也适用于发射主峰、色品坐标、显色指数等色品参数测定及计算。

### 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 5702—1985 光源显色性评价方法

### 3 方法原理

试样在 253.7 nm 紫外线激发下发射出的可见光,经分光与光电转换,把单色光信号转成电信号,再经标准灯校正,获得与光强对应的电信号值;按一定的波长间隔测得整个可见光波段,获得该试样相对发射光谱功率分布。然后按 CIE 推荐的公式求出各种色品参数。

### 4 仪器

#### 4.1 校正部件

4.1.1 波长校正灯:波长为 404.66 nm、435.88 nm、546.07 nm 的低气压汞特征谱线,另外还应有大干 600 nm 的谱线。如波长为 656.10 nm 的氦谱线,或波长为 632.80 nm 的 He-Ne 激光等。

4.1.2 光谱响应校正灯:经过计量部门检定的 2 856 K 色温标准灯或已知光谱功率分布的标准光源。校正灯每隔两年或两年内累计使用 100 h,均须送计量部门重新检定。

#### 4.2 激发部件

253.7 nm 紫外线低气压汞灯加配滤色片,其峰值透射比应大于 10%,300 nm~800 nm 的透射比不大于 0.01%,253.7 nm 辐射强度稳定度优于 0.5%,否则应加补偿。

#### 4.3 系统装置

4.3.1 光谱辐射测试仪,测试仪必须满足下列指标要求。

4.3.1.1 波长不确定度:标准偏差不大于 1 nm;

4.3.1.2 波长重现性:标准偏差均不大于 0.5 nm;

4.3.1.3 测量标准灯:色品坐标  $u$ 、 $v$  标准重现性优于 0.000 2,标准 A 光源自身稳定性  $u$ 、 $v$  优于 0.000 1;

4.3.1.4 测量荧光粉样品:色品坐标  $u$ 、 $v$  标准偏差不大于 0.000 5(连续 3 次以上)。

4.3.2 激发/测试条件:激发(照射)光线与试样(漫反射白板)表面法线方向成 45°,接受方向垂直试样表面(45/0);或激发光线与试样表面垂直,接受方向与试样表面法线成 45°(0/45)。

4.3.3 漫反射白板要求:计量部门标定过的分析纯 BaSO<sub>4</sub> 或海伦板。

5 测试步骤

5.1 测试仪波长校正

分光仪波长读数和波长对应关系的校正:用满足 4.1.1 条件的已知波长的光源,校正分光仪出射波长与仪器波长读数。校正后测试此波长的光源多次,测得波长与已知波长关系应满足 4.3.1.1 与 4.3.1.2 要求。

5.2 测试仪光谱响应的校正

- 5.2.1 将漫反射白板放置于试样位置,用光谱响应校正灯按 4.3.2 要求照射漫反射白板。
- 5.2.2 调正仪器灵敏度,使光谱辐射仪处于线性工作区。
- 5.2.3 调节入射狭缝和出射狭缝,使之符合测量带宽  $\Delta\lambda$  要求(入、出射狭缝相同,  $\Delta\lambda$  1 nm 或 5 nm)。
- 5.2.4 从 380 nm~780 nm 按确定的  $\Delta\lambda$  顺序记录光电信号。
- 5.2.5 用(1)式计算出系统光谱响应函数  $\alpha(\lambda)$ :

$$\alpha(\lambda) = \frac{S_0(\lambda)}{I_0(\lambda)} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- $\alpha(\lambda)$ ——系统光谱响应函数;
- $S_0(\lambda)$ ——校正光源的相对光谱功率分布;
- $I_0(\lambda)$ ——测得的光电信号。

校正后测试此光谱响应校正灯及较高色温的试样,应满足 4.3.1.3 与 4.3.1.4 的要求。

5.3 测试

- 5.3.1 激发灯满足 4.2 要求,激发灯与试样位置满足 4.3.2,激发试样。
- 5.3.2 从 380 nm~780 nm 按确定的  $\Delta\lambda$  测得试样光电信号  $I(\lambda)$ 。
- 5.3.3 按(2)式计算试样相对光谱功率分布:

$$S(\lambda) = I(\lambda) \times \alpha(\lambda) \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- $S(\lambda)$ ——试样的相对光谱功率分布;
- $I(\lambda)$ ——测得的光电信号;
- $\alpha(\lambda)$ ——系统光谱响应函数。

6 测试结果表述

采用 CIE 推荐的计算公式与参数。

6.1 色品坐标

按(3)、(4)、(5)、(6)式计算三刺激值:

$$X = K \sum \phi(\lambda) \times \bar{x}(\lambda) \times \Delta\lambda \dots\dots\dots (3)$$

$$Y = K \sum \phi(\lambda) \times \bar{y}(\lambda) \times \Delta\lambda \dots\dots\dots (4)$$

$$Z = K \sum \phi(\lambda) \times \bar{z}(\lambda) \times \Delta\lambda \dots\dots\dots (5)$$

$$K = \frac{100}{\sum S_s(\lambda) \times \bar{y}(\lambda) \times \Delta\lambda} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

- $X, Y, Z$ ——三刺激值;
- $K$ ——亮度归化系数;
- $S_s$ ——参照光源(自发光体)或照明光源(非自发光体)的相对光谱功率分布;
- $\phi(\lambda)$ ——自发光物体发射的相对光谱功率分布  $S(\lambda)$ 、或非自发光物体发射的相对光谱功率

分布  $S(\lambda)\beta(\lambda)$ 、透射的相对光谱功率分布  $S(\lambda)\tau(\lambda)$ ;  
 $\bar{x}(\lambda)$ 、 $\bar{y}(\lambda)$ 、 $\bar{z}(\lambda)$ ——光谱三刺激值函数(见附录 A 表 A.1);  
 $\Delta(\lambda)$ ——波长间隔。

#### 6.1.1 按(7)、(8)式计算 1931 CIE-XYZ 系统色品坐标:

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad \dots\dots\dots(7)$$

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

#### 6.1.2 按(9)、(10)式计算 1960 CIE-UCS 色品坐标:

$$u = \frac{4X}{X+15Y+3Z} \quad \dots\dots\dots(9)$$

$$v = \frac{6Y}{X+15Y+3Z} \quad \dots\dots\dots(10)$$

### 6.2 色品坐标距离

按(11)式计算色品坐标距离:

$$\Delta C = [(m_1 - m_2)^2 + (n_1 - n_2)^2]^{1/2} \quad \dots\dots\dots(11)$$

式中  $m_1, m_2; n_1, n_2$  可以是  $x, y$ , 也可以是  $u, v$ 。

### 6.3 发射主峰波长

由 5.2.4 条求得的相对光谱功率分布中,能量最大的发射峰所对应的波长,所得值的准确性为  $\lambda \pm (\Delta\lambda/2)$ ,其中  $\Delta\lambda$  是测量带宽。

### 6.4 参照光源光谱功率分布

#### 6.4.1 按(12)式计算普朗克黑体光源光谱功率分布:

$$M(\lambda, T) = C_1 \lambda^{-5} (\text{EXP}(C_2/\lambda T) - 1)^{-1} \quad \dots\dots\dots(12)$$

式中:

$\lambda$ ——波长,通常从 380 nm~780 nm;

$T$ ——黑体绝对温度(又称色温);

$C_1 = 2 \pi h c^2 = 374.150 (\text{W} \cdot \text{nm}^2)$

$C_2 = hc/k = 1.438 8 \times 10^7 (\text{K} \cdot \text{nm})$

$h$  为普朗克常数,  $c$  为真空中光速度,  $k$  为波尔兹曼常数。

#### 6.4.2 按(13)式计算典型日光相对光谱功率分布:

$$M(\lambda, T) = S_0(\lambda) + M_1 S_1(\lambda) + M_2 S_2(\lambda) \quad \dots\dots\dots(13)$$

式中:

$\lambda$ ——波长,通常从 380 nm~780 nm;

$T$ ——相关色温,一般从 4 000 K~25 000 K;

$S_0(\lambda)$ 、 $S_1(\lambda)$ 、 $S_2(\lambda)$ ——与波长有关的函数,分别称为典型日光平均光谱及第 1、2 特征矢量(见附录 A 表 A.3);

$M_1$ 、 $M_2$ ——分别是第 1、2 特征矢量乘数,按(14)、(15)式计算:

$$M_1 = \frac{5.911 4 Y_D - 1.770 3 X_D - 1.351 5}{0.256 2 X_D - 0.734 1 Y_D + 0.024 1} \quad \dots\dots\dots(14)$$

$$M_2 = \frac{30.071 7 Y_D - 31.442 4 X_D + 0.030 0}{0.256 2 X_D - 0.734 1 Y_D + 0.024 1} \quad \dots\dots\dots(15)$$

式中:

$X_D$ ——典型日光  $x$  坐标,当  $T \leq 7 000 \text{ K}$  时按(16)式计算;当  $T > 7 000 \text{ K}$  按(17)式计算;

$Y_D$ ——典型日光  $y$  坐标,按(18)式计算。

$$X_{1D} = \frac{-4.607\,0 \times 10^9}{T^3} + \frac{2.967\,8 \times 10^6}{T^2} + \frac{0.099\,11 \times 10^3}{T} + 0.244\,063 \quad \dots\dots (16)$$

$$X_{2D} = \frac{-2.606\,4 \times 10^9}{T^3} + \frac{1.901\,8 \times 10^6}{T^2} + \frac{0.247\,84 \times 10^3}{T} + 0.237\,040 \quad \dots\dots (17)$$

$$Y_D = -3.000\,X_D^2 + 2.870\,X_D - 0.275 \quad \dots\dots\dots (18)$$

6.5 相关色温

得到试样发射光谱的色品坐标  $u_k, v_k$  后,按下述步骤计算其相关色温:

6.5.1 在 2 500 K~20 000 K 之间,取一色温  $T$  代入(12)式,得该色温黑体光谱功率分布,再用(3)~(10)式计算出其色品坐标  $u_r, v_r$ 。

6.5.2 按(19)式计算出 UCS 图上相关色温等温线  $L_i$  的方程:

$$L_i = (U - u_r) \times (v_r - 0.220\,1) - (V - v_r) \times (u_r - 0.309\,7) \quad \dots\dots\dots (19)$$

式中:

$U, V$ ——直线方程变量;

$u_r, v_r$ ——黑体光谱功率分布的色品坐标。

6.5.3 用点到直线距离公式计算出  $u_k, v_k$  到  $L_i$  的距离  $D_i$ 。

如  $D_i > 0.000\,01$ ,则用“优选”或“对折”等方法再取另一  $T$  值,重复 6.5.1 到 6.5.3;

如  $D_i \leq 0.000\,01$ ,则待测光源的相关色温为  $T$ 。

6.5.4 该方法计算得出的相关色温偏差不大于  $1.5\,\mu\text{rd}$ 。

6.6 显色指数

得到试样发射光谱的相对光谱功率分布  $S(\lambda)$ ,色品坐标  $u_k, v_k$ ,刺激值  $Y_k$ (其中(6)式中照射光谱即该荧光粉发射光谱),相关色温  $T$  后,按下述步骤计算其显色指数。

6.6.1 当  $T \leq 5\,000\,\text{K}$  时按(12)式计算参照光源相对光谱功率分布  $M(\lambda, T)$ ,当  $T > 5\,000\,\text{K}$  时按(13)式算出参照光源光谱  $M(\lambda, T)$ ,再用(3)到(10)式计算出色品坐标  $u_r, v_r$ ,刺激值  $Y_r$ ,其中(6)式中照明光源即该参照光源本身。

6.6.2 用(20)式计算出 15 种颜色样品在试样发射光照明下所反射的相对光谱功率分布  $\phi_i(\lambda)$ ;并按(3)~(10)式计算出  $\phi_i(\lambda)$  色品坐标  $u_k, v_k$ ,刺激值  $Y_k$ ,其中(6)式中照明光源即该荧光粉发射的相对光谱功率分布。

$$\phi_i(\lambda) = S(\lambda) \times \beta_i(\lambda) \quad \dots\dots\dots (20)$$

式中:

$i$ (下标)——1 号到 15 号 15 种颜色样品序号;

$S(\lambda)$ ——试样的相对光谱功率分布;

$\beta_i(\lambda)$ —— $i$  号颜色样品光谱辐亮度因数(见附录 A 表 A.2);

$\phi_i(\lambda)$ ——试样照射下的  $i$  号颜色样品反射的相对光谱功率分布。

6.6.3 用(21)式算出 15 种颜色样品在参照光源照明下所反射的相对光谱功率分布  $\rho_i(\lambda)$ ;并按(3)~(10)式计算出  $\rho_i(\lambda)$  色品坐标  $u_n, v_n$ ,刺激值  $Y_n$ ,其中(6)式中照明光源即该参照光源发射的相对光谱功率分布或参照光源发射的光谱功率分布(黑体)。

$$\rho_i(\lambda) = M(\lambda, T) \times \beta_i(\lambda) \quad \dots\dots\dots (21)$$

式中:

$i$ (下标)——1 号到 15 号 15 种颜色样品序号;

$M(\lambda, T)$ ——参照光源的光谱功率分布,其中  $\lambda$  为波长,  $T$  为色温;

$\beta_i(\lambda)$ ——颜色样品光谱辐亮度因数(见附录 A 表 A.2);

$\rho_i(\lambda)$ ——参照光源照射下的  $i$  号颜色样品反射的相对光谱功率分布。



6.6.4 将试样发射光的色品坐标调整为参照照明体色品坐标:  $u'_k = u_r, v'_k = v_r$ 。

6.6.5 用(22)式、(23)式计算出 15 种颜色样品在试样发射光与参照照明体照射下的适应性色位移后的色品坐标  $u'_{ki}, v'_{ki}$ 。

令所有  $c = (4 - u - 10 \times v) / v$        $d = (1.708 \times v + 0.404 - 1.481 \times u) / v$

并设  $FC = c_r \times c_{ki} / c_k$        $FD = d_r \times d_{ki} / d_k$

$$u'_{ki} = \frac{10.872 + 0.404 \times FC - 4FD}{16.518 + 1.481 \times FC - FD} \quad \dots\dots\dots (22)$$

$$v'_{ki} = \frac{5.520}{16.518 + 1.481 \times FC - FD} \quad \dots\dots\dots (23)$$

6.6.6 用(24)、(25)、(26)式计算出 15 种颜色样品在试样发射光照射下的 CIE 1964 颜色空间指数  $W^*_k, U^*_k, V^*_k$ 。

$$W^*_k = 25Y_k^{1/3} - 17 \quad (1 \leq Y_k \leq 100) \quad \dots\dots\dots (24)$$

$$U^*_k = 13 W^*_k (u'_k - u'_k) \quad \dots\dots\dots (25)$$

$$V^*_k = 13 W^*_k (v'_k - v'_k) \quad \dots\dots\dots (26)$$

式中:

$i$ (下标)——1 号到 15 号 15 种颜色样品序号;

$Y_k$ ——试样发射光照明下颜色样品所反射的相对光谱功率分布的刺激值;

$u'_k, v'_k$ ——试样发射光的色品坐标调整为参照照明体色品坐标;

$u'_{ki}, v'_{ki}$ ——颜色样品在试样发射光与参照照明体照明下的适应性色位移后的色品坐标。

6.6.7 用(27)、(28)、(29)式计算出 15 种颜色样品在参照光源照射下的 CIE 1964 颜色空间指数  $W^*_n, U^*_n, V^*_n$ 。

$$W^*_n = 25 Y_n^{1/3} - 17 \quad (1 \leq Y_n \leq 100) \quad \dots\dots\dots (27)$$

$$U^*_n = 13 W^*_n (u_n - u_r) \quad \dots\dots\dots (28)$$

$$V^*_n = 13 W^*_n (v_n - v_r) \quad \dots\dots\dots (29)$$

式中:

$i$ (下标)——1 号到 15 号 15 种颜色样品序号;

$Y_n$ ——参照光源照明下颜色样品所反射的相对光谱功率分布的刺激值;

$u_r, v_r$ ——参照光源的色品坐标;

$u_n, v_n$ ——参照光源照明下颜色样品所反射的相对光谱功率分布的色品坐标。

6.6.8 用(30)式计算出 15 种颜色样品在试样发射光与参照照明体照射下的色差  $\Delta E_i$ 。

$$\Delta E_i = [(W^*_k - W^*_n)^2 + (U^*_k - U^*_n)^2 + (V^*_k - V^*_n)^2]^{1/2} \quad \dots\dots\dots (30)$$

式中:

$i$ (下标)——1 号到 15 号 15 种颜色样品序号;

$W^*_k, U^*_k, V^*_k$ ——颜色样品在试样发射光照射下的 CIE 1964 颜色空间指数;

$W^*_n, U^*_n, V^*_n$ ——颜色样品在参照光源照射下的 CIE 1964 颜色空间指数。

6.6.9 用(31)式计算出在试样发射光照明下 15 种颜色样品的特殊显色指数。

$$R_i = 100 - 4.6 \Delta E_i \quad \dots\dots\dots (31)$$

式中:

$i$ (下标)——1 号到 15 号 15 种颜色样品序号;

$\Delta E_i$ ——颜色样品在试样发射光与参照照明体照射下的色差。

6.6.10 1 号到 8 号颜色样品特殊显色指数的平均值称为一般显色指数,简称显色指数,计为  $R_a$ ,用(32)式计算。

$$R_a = \frac{\sum_{i=1}^8 R_i}{8} \dots\dots\dots (32)$$

式中：

$i$ (下标)——1号到8号8种颜色样品序号；

$R_i$ ——颜色样品的特殊显色指数。

附 录 A  
(资料性附录)

CIE 1931 光谱三刺激值函数表、CIE 计算光源显色指数用的 15 种颜色样品光谱辐亮度因数、典型日光光谱平均值及第 1、2 特征矢量分别见表 A. 1、A. 2、A. 3。

表 A. 1 CIE 1931 光谱三刺激值函数表

$\lambda/\text{nm}$	$\bar{x}(\lambda)$	$y(\lambda)$	$\bar{z}(\lambda)$	$\lambda/\text{nm}$	$\bar{x}(\lambda)$	$y(\lambda)$	$\bar{z}(\lambda)$
380	0.001 4	0.000 0	0.006 5	580	0.916 3	0.870 0	0.001 7
385	0.002 2	0.000 1	0.010 5	585	0.978 6	0.816 3	0.001 4
390	0.004 2	0.000 1	0.020 1	590	1.026 3	0.757 0	0.001 1
395	0.007 6	0.000 2	0.036 2	595	1.056 7	0.694 9	0.001 0
400	0.014 3	0.000 4	0.067 9	600	1.062 2	0.631 0	0.000 8
405	0.023 2	0.000 6	0.110 2	605	1.045 6	0.566 8	0.000 6
410	0.043 5	0.001 2	0.207 4	610	1.002 6	0.503 0	0.000 3
415	0.077 6	0.002 2	0.371 3	615	0.934 8	0.441 2	0.000 2
420	0.134 4	0.004 0	0.645 6	620	0.854 4	0.381 0	0.000 2
425	0.214 8	0.007 3	1.039 1	625	0.751 4	0.321 0	0.000 1
430	0.283 9	0.011 6	1.385 6	630	0.642 4	0.265 0	0.000 0
435	0.328 5	0.016 8	1.623 0	635	0.541 9	0.217 0	0.000 0
440	0.348 3	0.023 0	1.747 1	640	0.447 9	0.175 0	0.000 0
445	0.348 1	0.029 8	1.782 6	645	0.360 8	0.138 2	0.000 0
450	0.336 2	0.038 0	1.772 1	650	0.283 5	0.107 0	0.000 0
455	0.318 7	0.048 0	1.744 1	655	0.218 7	0.081 6	0.000 0
460	0.290 8	0.060 0	1.669 2	660	0.164 9	0.061 0	0.000 0
465	0.251 1	0.073 9	1.528 1	665	0.121 2	0.044 6	0.000 0
470	0.195 4	0.091 0	1.287 6	670	0.087 4	0.032 0	0.000 0
475	0.142 1	0.112 6	1.041 9	675	0.063 6	0.023 2	0.000 0
480	0.095 6	0.139 0	0.813 0	680	0.046 8	0.017 0	0.000 0
485	0.058 0	0.169 3	0.616 2	685	0.032 9	0.011 9	0.000 0
490	0.032 0	0.208 0	0.465 2	690	0.022 7	0.008 2	0.000 0
495	0.014 7	0.258 6	0.353 3	695	0.015 8	0.005 7	0.000 0
500	0.004 9	0.323 0	0.272 0	700	0.011 4	0.004 1	0.000 0
505	0.002 4	0.407 3	0.212 3	705	0.008 1	0.002 9	0.000 0
510	0.009 3	0.503 0	0.158 2	710	0.005 8	0.002 1	0.000 0
515	0.029 1	0.608 2	0.111 7	715	0.004 1	0.001 5	0.000 0
520	0.063 3	0.710 0	0.078 2	720	0.002 9	0.001 0	0.000 0
525	0.109 6	0.793 2	0.057 3	725	0.002 0	0.000 7	0.000 0
530	0.165 5	0.862 0	0.042 2	730	0.001 4	0.000 5	0.000 0
535	0.225 7	0.914 9	0.029 8	735	0.001 0	0.000 4	0.000 0
540	0.290 4	0.954 0	0.020 3	740	0.000 7	0.000 2	0.000 0
545	0.359 7	0.980 3	0.013 4	745	0.000 5	0.000 2	0.000 0
550	0.433 4	0.995 0	0.008 7	750	0.000 3	0.000 1	0.000 0
555	0.512 1	1.000 0	0.005 7	755	0.000 2	0.000 1	0.000 0
560	0.594 5	0.995 0	0.003 9	760	0.000 2	0.000 1	0.000 0
565	0.678 4	0.978 6	0.002 7	765	0.000 1	0.000 0	0.000 0
570	0.762 1	0.952 0	0.002 1	770	0.000 1	0.000 0	0.000 0
575	0.842 5	0.915 4	0.001 8	775	0.000 1	0.000 0	0.000 0
—	—	—	—	780	0.000 0	0.000 0	0.000 0

表 A.2 CIE 计算光源显色指数用的 15 种颜色样品光谱辐亮度因数

$\lambda/\text{nm}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
380	0.219	0.070	0.065	0.074	0.295	0.151	0.378	0.104	0.066	0.050	0.111	0.120	0.104	0.036	0.138
385	0.239	0.079	0.068	0.083	0.306	0.203	0.459	0.129	0.062	0.054	0.121	0.103	0.127	0.036	0.140
390	0.252	0.089	0.070	0.093	0.310	0.265	0.524	0.170	0.058	0.059	0.127	0.090	0.161	0.037	0.142
395	0.256	0.101	0.072	0.105	0.312	0.339	0.546	0.240	0.055	0.063	0.129	0.082	0.211	0.038	0.144
400	0.256	0.111	0.073	0.116	0.313	0.410	0.551	0.319	0.052	0.066	0.127	0.076	0.264	0.039	0.147
405	0.254	0.116	0.073	0.121	0.315	0.464	0.555	0.416	0.052	0.067	0.121	0.068	0.313	0.039	0.150
410	0.252	0.118	0.074	0.124	0.319	0.492	0.559	0.462	0.051	0.068	0.116	0.064	0.341	0.040	0.152
415	0.248	0.120	0.074	0.126	0.322	0.508	0.560	0.482	0.050	0.069	0.112	0.065	0.352	0.041	0.155
420	0.244	0.121	0.074	0.128	0.326	0.517	0.561	0.490	0.050	0.069	0.108	0.075	0.359	0.042	0.158
425	0.240	0.122	0.073	0.131	0.330	0.524	0.558	0.488	0.049	0.070	0.105	0.093	0.361	0.042	0.161
430	0.237	0.122	0.073	0.135	0.334	0.531	0.556	0.482	0.048	0.072	0.104	0.123	0.364	0.043	0.167
435	0.232	0.122	0.073	0.139	0.339	0.538	0.551	0.473	0.047	0.073	0.104	0.160	0.365	0.044	0.175
440	0.230	0.123	0.073	0.144	0.346	0.544	0.544	0.462	0.046	0.076	0.105	0.207	0.367	0.044	0.184
445	0.226	0.124	0.073	0.151	0.352	0.551	0.535	0.450	0.044	0.078	0.106	0.256	0.369	0.045	0.193
450	0.225	0.127	0.074	0.161	0.360	0.556	0.522	0.439	0.042	0.083	0.110	0.300	0.372	0.045	0.200
455	0.222	0.128	0.075	0.172	0.369	0.556	0.506	0.426	0.041	0.088	0.115	0.331	0.374	0.046	0.207
460	0.220	0.131	0.077	0.186	0.381	0.554	0.488	0.413	0.038	0.095	0.123	0.346	0.376	0.047	0.213
465	0.218	0.134	0.080	0.205	0.394	0.549	0.469	0.397	0.035	0.103	0.134	0.347	0.379	0.048	0.219
470	0.216	0.138	0.085	0.229	0.403	0.541	0.448	0.382	0.033	0.113	0.148	0.341	0.384	0.050	0.225
475	0.214	0.143	0.094	0.254	0.410	0.531	0.429	0.366	0.031	0.125	0.167	0.328	0.389	0.052	0.229
480	0.214	0.150	0.109	0.281	0.415	0.519	0.408	0.352	0.030	0.142	0.192	0.307	0.397	0.055	0.233
485	0.214	0.159	0.126	0.308	0.418	0.504	0.385	0.337	0.029	0.162	0.219	0.282	0.405	0.057	0.238
490	0.216	0.174	0.148	0.332	0.419	0.488	0.363	0.325	0.028	0.189	0.252	0.257	0.416	0.062	0.244
495	0.218	0.190	0.172	0.352	0.417	0.469	0.341	0.310	0.028	0.219	0.291	0.230	0.429	0.067	0.249
500	0.223	0.207	0.198	0.370	0.413	0.450	0.324	0.299	0.028	0.262	0.325	0.204	0.443	0.075	0.253
505	0.225	0.225	0.221	0.383	0.409	0.431	0.311	0.289	0.029	0.305	0.347	0.178	0.454	0.083	0.257
510	0.226	0.242	0.241	0.390	0.403	0.414	0.301	0.283	0.030	0.365	0.356	0.154	0.464	0.092	0.262
515	0.226	0.253	0.260	0.394	0.396	0.395	0.291	0.276	0.030	0.416	0.353	0.129	0.466	0.100	0.261
520	0.225	0.260	0.278	0.395	0.389	0.377	0.283	0.270	0.031	0.465	0.346	0.109	0.469	0.108	0.259
525	0.225	0.264	0.302	0.392	0.381	0.358	0.273	0.262	0.031	0.509	0.333	0.090	0.471	0.121	0.254
530	0.227	0.267	0.339	0.385	0.372	0.341	0.265	0.256	0.032	0.546	0.314	0.075	0.474	0.133	0.248
535	0.230	0.269	0.370	0.377	0.363	0.325	0.260	0.251	0.032	0.581	0.294	0.062	0.476	0.142	0.245
540	0.236	0.272	0.392	0.367	0.353	0.309	0.257	0.250	0.033	0.610	0.271	0.051	0.483	0.150	0.241
545	0.245	0.276	0.399	0.354	0.342	0.293	0.257	0.251	0.034	0.634	0.248	0.041	0.490	0.154	0.243
550	0.253	0.282	0.400	0.341	0.331	0.279	0.259	0.254	0.035	0.653	0.227	0.035	0.506	0.155	0.246
555	0.262	0.289	0.393	0.327	0.320	0.265	0.260	0.258	0.037	0.666	0.206	0.029	0.526	0.152	0.252
560	0.272	0.299	0.380	0.312	0.308	0.253	0.260	0.264	0.041	0.678	0.188	0.025	0.553	0.147	0.258
565	0.283	0.309	0.365	0.296	0.296	0.241	0.258	0.269	0.044	0.687	0.170	0.022	0.582	0.140	0.258
570	0.298	0.322	0.349	0.280	0.284	0.234	0.256	0.272	0.048	0.693	0.153	0.019	0.618	0.133	0.257
575	0.318	0.329	0.332	0.263	0.271	0.227	0.254	0.274	0.052	0.698	0.138	0.017	0.651	0.125	0.257

表 A.2(续)

$\lambda/\text{nm}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
580	0.341	0.335	0.315	0.247	0.260	0.225	0.254	0.278	0.060	0.701	0.125	0.017	0.680	0.118	0.256
585	0.367	0.339	0.299	0.229	0.247	0.222	0.259	0.284	0.076	0.704	0.114	0.017	0.701	0.112	0.284
590	0.390	0.341	0.285	0.214	0.232	0.221	0.270	0.295	0.102	0.705	0.106	0.016	0.717	0.106	0.312
595	0.409	0.341	0.272	0.198	0.220	0.220	0.284	0.316	0.136	0.705	0.100	0.016	0.729	0.101	0.351
600	0.424	0.342	0.264	0.185	0.210	0.220	0.302	0.348	0.190	0.706	0.096	0.016	0.736	0.098	0.390
605	0.435	0.342	0.257	0.175	0.200	0.220	0.324	0.384	0.256	0.707	0.092	0.016	0.742	0.095	0.415
610	0.442	0.342	0.252	0.169	0.194	0.220	0.344	0.434	0.336	0.707	0.090	0.016	0.745	0.093	0.439
615	0.448	0.341	0.247	0.164	0.189	0.220	0.362	0.482	0.418	0.707	0.087	0.016	0.747	0.090	0.454
620	0.450	0.341	0.241	0.160	0.185	0.223	0.377	0.528	0.505	0.708	0.085	0.016	0.748	0.089	0.469
625	0.451	0.339	0.235	0.156	0.183	0.227	0.389	0.568	0.581	0.708	0.082	0.016	0.748	0.087	0.479
630	0.451	0.339	0.229	0.154	0.180	0.233	0.400	0.604	0.641	0.710	0.080	0.018	0.748	0.086	0.489
635	0.451	0.338	0.224	0.152	0.177	0.239	0.410	0.629	0.682	0.711	0.079	0.018	0.748	0.085	0.497
640	0.451	0.338	0.220	0.151	0.176	0.244	0.420	0.648	0.717	0.712	0.078	0.018	0.748	0.084	0.505
645	0.451	0.337	0.217	0.149	0.175	0.251	0.429	0.663	0.740	0.714	0.078	0.018	0.748	0.084	0.510
650	0.450	0.336	0.216	0.148	0.175	0.258	0.438	0.676	0.758	0.716	0.078	0.019	0.748	0.084	0.516
655	0.450	0.335	0.216	0.148	0.175	0.263	0.445	0.685	0.770	0.718	0.078	0.020	0.748	0.084	0.521
660	0.451	0.334	0.219	0.148	0.175	0.268	0.452	0.693	0.781	0.720	0.081	0.023	0.747	0.085	0.526
665	0.451	0.332	0.224	0.149	0.177	0.273	0.457	0.700	0.790	0.722	0.083	0.024	0.747	0.087	0.531
670	0.453	0.332	0.230	0.151	0.180	0.278	0.462	0.705	0.797	0.725	0.088	0.026	0.747	0.092	0.536
675	0.454	0.331	0.238	0.154	0.183	0.281	0.466	0.709	0.803	0.729	0.093	0.030	0.747	0.096	0.541
680	0.455	0.331	0.251	0.158	0.186	0.283	0.468	0.712	0.809	0.731	0.102	0.035	0.747	0.102	0.545
685	0.457	0.330	0.269	0.162	0.189	0.286	0.470	0.715	0.814	0.735	0.112	0.043	0.747	0.110	0.549
690	0.458	0.329	0.288	0.165	0.192	0.291	0.473	0.717	0.819	0.739	0.125	0.056	0.747	0.123	0.553
695	0.460	0.328	0.312	0.168	0.195	0.296	0.477	0.719	0.824	0.742	0.141	0.074	0.746	0.137	0.555
700	0.462	0.328	0.340	0.170	0.199	0.302	0.483	0.721	0.828	0.746	0.161	0.097	0.746	0.152	0.558
705	0.463	0.327	0.366	0.171	0.200	0.313	0.489	0.720	0.830	0.748	0.182	0.128	0.746	0.169	0.561
710	0.464	0.326	0.390	0.170	0.199	0.325	0.496	0.719	0.831	0.749	0.203	0.166	0.745	0.188	0.562
715	0.465	0.325	0.412	0.168	0.198	0.338	0.503	0.722	0.833	0.751	0.223	0.210	0.744	0.207	0.563
720	0.466	0.324	0.431	0.166	0.196	0.351	0.511	0.725	0.835	0.753	0.242	0.257	0.743	0.226	0.564
725	0.466	0.324	0.447	0.164	0.195	0.364	0.518	0.727	0.836	0.755	0.257	0.305	0.744	0.243	0.565
730	0.466	0.324	0.460	0.164	0.195	0.376	0.525	0.729	0.836	0.755	0.270	0.354	0.745	0.260	0.566
735	0.466	0.323	0.472	0.165	0.196	0.389	0.532	0.730	0.837	0.755	0.282	0.401	0.748	0.277	0.568
740	0.467	0.322	0.481	0.168	0.197	0.401	0.539	0.730	0.838	0.755	0.292	0.446	0.750	0.294	0.568
745	0.467	0.321	0.488	0.172	0.200	0.413	0.546	0.730	0.839	0.755	0.302	0.485	0.750	0.310	0.569
750	0.467	0.320	0.493	0.177	0.203	0.425	0.553	0.730	0.839	0.756	0.310	0.520	0.749	0.325	0.570
755	0.467	0.318	0.497	0.181	0.205	0.436	0.559	0.730	0.839	0.757	0.314	0.551	0.748	0.339	0.571
760	0.467	0.316	0.500	0.185	0.208	0.447	0.565	0.730	0.839	0.758	0.317	0.577	0.748	0.353	0.571
765	0.467	0.315	0.502	0.189	0.212	0.458	0.570	0.730	0.839	0.759	0.323	0.599	0.747	0.366	0.572
770	0.467	0.315	0.505	0.192	0.215	0.469	0.575	0.730	0.839	0.759	0.330	0.618	0.747	0.379	0.573
775	0.467	0.314	0.510	0.194	0.217	0.477	0.578	0.730	0.839	0.759	0.334	0.633	0.747	0.390	0.573
780	0.467	0.314	0.516	0.197	0.219	0.485	0.581	0.730	0.839	0.759	0.338	0.645	0.747	0.399	0.573

表 A.3 典型日光光谱平均值及第 1、2 特征矢量

$\lambda/\text{nm}$	$S_0(\lambda)$	$S_1(\lambda)$	$S_2(\lambda)$	$\lambda/\text{nm}$	$S_0(\lambda)$	$S_1(\lambda)$	$S_2(\lambda)$
380	63.4	38.5	3.0	580	95.1	-3.5	0.5
385	64.6	36.8	2.1	585	92.1	-3.5	1.3
390	65.8	35.0	1.2	590	89.1	-3.5	2.1
395	80.3	39.2	5.0	595	89.8	-4.7	2.7
400	94.8	43.4	-1.1	600	90.5	-5.8	3.2
405	99.8	44.9	-0.8	605	90.4	-6.5	3.7
410	104.8	46.3	-0.5	610	90.3	-7.2	4.1
415	105.4	45.1	-0.6	615	89.4	-7.9	4.4
420	105.9	43.9	-0.7	620	88.4	-8.6	4.7
425	101.4	40.5	-1.0	625	86.2	-9.1	4.9
430	96.8	37.1	-1.2	630	84.0	-9.5	5.1
435	105.4	36.9	-1.9	635	84.6	-10.2	5.9
440	113.9	36.7	-2.6	640	85.1	-10.9	6.7
445	119.8	36.3	-2.8	645	83.5	-10.8	7.0
450	125.6	35.9	-2.9	650	81.9	-10.7	7.3
455	125.6	34.2	-2.9	655	82.3	-11.4	8.0
460	125.5	32.5	-2.8	660	82.6	-12.0	8.6
465	123.4	30.2	-2.7	665	83.8	-13.0	9.2
470	121.3	27.9	-2.6	670	84.9	-14.0	9.8
475	121.3	26.1	-2.6	675	83.1	-13.8	10.0
480	121.3	24.3	-2.6	680	81.3	-13.6	10.2
485	117.4	22.2	-2.2	685	76.6	-12.8	9.3
490	113.5	20.1	-1.8	690	71.9	-12.0	8.3
495	113.3	18.2	-1.7	695	73.1	-12.7	9.0
500	113.1	16.2	-1.5	700	74.3	-13.3	9.6
505	112.0	14.7	-1.4	705	75.4	-13.1	9.1
510	110.8	13.2	-1.3	710	76.4	-12.9	8.5
515	108.7	10.9	-1.3	715	69.9	-11.8	7.8
520	106.5	8.6	-1.2	720	63.3	-10.6	7.0
525	107.7	7.4	-1.1	725	67.5	-11.1	7.3
530	108.8	6.1	-1.0	730	71.7	-11.6	7.6
535	107.1	5.2	-0.8	735	74.4	-11.9	7.8
540	105.3	4.2	-0.5	740	77.0	-12.2	8.0
545	104.9	3.1	-0.4	745	71.1	-11.2	7.4
550	104.4	1.9	-0.3	750	65.2	-10.2	6.7
555	102.2	1.0	-0.2	755	56.5	-9.0	6.0
560	100.0	0.0	0.0	760	47.7	-7.8	5.2
565	98.0	-0.8	0.1	765	58.2	-9.5	6.3
570	96.0	-1.6	0.2	770	68.6	-11.2	7.4
575	95.6	-2.6	0.4	775	66.8	-10.8	7.1
—	—	—	—	780	65.0	-10.4	6.8