



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 20146—2006/CIE S 005:1999

## 色度学用 CIE 标准照明体

CIE standard illuminants for colorimetry

(CIE S 005:1999, IDT)



2006-03-06 发布

2006-11-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会

发布

中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准

色度学用 CIE 标准照明体

GB/T 20146—2006/CIE S 005:1999

\*

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.bzcbbs.com](http://www.bzcbbs.com)

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

\*

开本 880×1230 1/16 印张 1.25 字数 23 千字  
2006 年 11 月第一版 2006 年 11 月第一次印刷

\*

书号: 155066 · 1-28114 定价 13.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533



GB/T 20146-2006

## 前 言

本标准等同采用 CIE S 005:1999《色度学用 CIE 标准照明体》(英文版)。

此外,本标准做了下列编辑性修改:

- a) “本国际标准”一词改为“本标准”;
- b) 用小数点“.”代替作为小数点的“,”;
- c) 删除 CIE S 005:1999 的前言和引言。

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/TC224)归口。

本标准起草单位:国家电光源质量监督检验中心(北京)。

本标准主要起草人:齐睿、华树明、李艳杰、马荷芳。

本标准首次制定。

目次

前言 ..... Ⅲ

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 2

4 CIE 标准照明体 A ..... 3

5 CIE 标准照明体 D65 ..... 4

6 用于产生 CIE 标准照明体的 CIE 光源 ..... 5

参考文献 ..... 12

表 1 CIE 标准照明体 A 和 D65 的相对光谱能量分布 ..... 6

# 色度学用 CIE 标准照明体

## 1 范围

本标准规定了在色度学中使用的两种照明体。第 4 章和第 5 章中所定义的照明体如下所述：

a) CIE 标准照明体 A

此照明体是用来代表普通家庭用钨丝灯照明，其相对光谱能量分布就是普朗克辐射体在温度大约为 2 856 K 时的相对光谱能量分布。CIE 标准照明体 A 应用于涉及使用白炽灯照明的色度学的各个方面，但在有特殊原因需使用不同的照明体时除外。

b) CIE 标准照明体 D65

此照明体是用来代表平均日光，并具有大约 6 500 K 的相关色温。CIE 标准照明体 D65 应用于需要典型日光的所有色度计算中，除非有特殊原因需使用不同的照明体。现已知道，日光的相对光谱能量分布随季节、一天当中所处的时刻及地理位置不同而变化，尤其是在紫外光谱区域之内。尽管如此，在这些变量的补充信息具有有效性之前，应当使用 CIE 标准照明体 D65。

CIE 标准照明体 A 和 D65 的相对光谱能量分布的值在本标准的表 1 中给出。这些值在 300 nm～830 nm 之间以 1 nm 的间隔给出。

术语“照明体”是指一种经过定义的光谱能量分布，不一定是可实现的或可由光源提供。在色度学中，照明体用于计算反射物体色或透射物体色在规定的照明条件下的三刺激值。CIE 还定义了照明体 C 和其他照明体 D。这些照明体均在 CIE 15. 2:1986<sup>[1]</sup> 中有所论述。但是它们不具备与本标准所述 CIE 标准照明体 A 和 D65 同样的主要 CIE 标准的地位，建议尽可能使用本标准规定的这两种 CIE 标准照明体之一，这将极大地促进已公布的结果的可比性。

CIE 照明体 D50 在绘图艺术和摄影领域中也有广泛应用，例如 ISO 3644<sup>[2]</sup> 和 ISO 13655<sup>[3]</sup> 所述。

在绝大多数色度学实际应用中，采用大于本标准所规定的波长间隔或比本标准所规定的光谱范围更狭窄的光谱区域内的 CIE 标准照明体 A 和 D65 的数值便足够了。CIE 15. 2<sup>[1]</sup> 提供了有助于这种实践的数据和指导方法以及其他实际色度测量的推荐程序。

术语“光源”是指一种光的物理发射体，例如灯或天空。在某些情况下，CIE 推荐使用近似于 CIE 照明体的光谱能量分布的实验室光源。但是在所有情况下，定义一种 CIE 所推荐的光源相对于定义该光源所对应的 CIE 照明体来说是次要的，因为新的研究成果常常会促进光源的进步，这些光源能更精确地代表一种特定的照明体或更适合在实验室中使用。

本标准的 6.1 描述了被推荐用于在实验室实现 CIE 标准照明体 A 的 CIE 光源 A。目前，CIE 尚未推荐光源来代表 CIE 标准照明体 D65。

## 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 20147—2006 CIE 标准色度观测者（CIE 10527:1991, IDT）

CIE 15. 2:1986 色度学

CIE 17. 4:1987 国际照明词汇（ILV）（IEC/CIE 联合出版）

CIE 51:1981 色度学用日光模拟器质量的评定方法

3 术语和定义

本标准采用下述术语和定义。这些术语和定义及其他相关术语均出自 CIE 17.4:1987<sup>[4]</sup>。

3.1

**色品坐标 chromaticity co-ordinates**

一组三刺激值中的每一个值与其总和的比值。

注 1：由于三个色品坐标之和等于 1，所以它们中的两个便足以确定一种色品。

注 2：在 CIE 标准色度系统中，色品坐标用符号  $x, y, z$  和  $x_{10}, y_{10}, z_{10}$  表示。

3.2

**色品图 chromaticity diagram**

以其中由色品坐标确定的点表示色刺激色品的平面图形。

3.3

**CIE 标准照明体 CIE standard illuminants**

CIE 依据相对光谱能量分布定义的照明体 A 和 D65。

3.4

**CIE 标准光源 CIE standard sources**

由 CIE 规定的，其相对光谱能量分布大致与 CIE 标准照明体的相对光谱能量分布相同的人造光源<sup>1)</sup>。

3.5

**CIE 1976 均匀色品标度图 CIE 1976 uniform-chromaticity-scale diagram; CIE 1976 UCS diagram**

由下述公式确定的直角坐标系  $v'$  和  $u'$  作图而产生的均匀色品标度图：

$$u' = 4X/(X + 15Y + 3Z) = 4x/(-2x + 12y + 3)$$

$$v' = 9Y/(X + 15Y + 3Z) = 9y/(-2x + 12y + 3)$$

$X, Y, Z$  是 CIE 1931 或 1964 标准色度系统的三刺激值； $x, y$  是所考虑的色刺激的相应的色品坐标。

3.6

**色温 colour temperature**

$T_c$

其辐射的色品与给定色刺激的色品相同时的普朗克辐射体的温度。

3.7

**相关色温 correlated colour temperature**

$T_{cp}$

在相同的视亮度和规定的观测条件下，普朗克辐射体的知觉色与给定的色刺激的知觉色最接近相似时，普朗克辐射体的温度，即为该色刺激的相关色温。

注：计算某一色刺激的相关色温的推荐方法就是在一色品图上，确定出普朗克轨迹与含有表示该种色刺激的那一点的约定的等温线的交点对应的温度（见 CIE 15.2<sup>[1]</sup>）。

3.8

**昼光照明体 daylight illuminant**

具有与一种时相的昼光相同或近似的相对光谱能量分布的照明体。

3.9

**照明体 illuminant**

在影响物体色知觉的波长范围内具有确定的相对光谱能量分布的辐射。

1) 该定义为 CIE 17.4:1987 定义的修订。

3.10

普朗克辐射体 Planckian radiator

黑体 black-body

对任何波长、入射方向或偏振状态下的入射辐射均能完全吸收的理想热辐射体,与一在给定温度下处于热平衡状态的热辐射体相比,普朗克辐射体在任何波长和任意方向上均具有最大的光谱辐亮度密度。

3.11

普朗克轨迹 Planckian locus

在色品图中,代表不同的温度普朗克辐射体辐射的色品的点形成的轨迹。

3.12

初级光源 primary light source

通过能量的转换而产生发光的那种表面或物体。

3.13

次级光源 secondary light source

其自身不能发光,但能通过反射或透射(至少在局部)来接收光线并使其改变方向的那种表面或物体。

3.14

(某一色刺激的)三刺激值 tristimulus values(of a colour stimulus)

在给定的三色系统中,与所考虑的刺激达到色匹配所需要的三参比色刺激量。

注:在 CIE 标准色度系统中,三刺激值用符号  $X, Y, Z$  和  $X_{10}, Y_{10}, Z_{10}$  表示。

4 CIE 标准照明体 A

4.1 定义

CIE 标准照明体 A 的相对光谱能量分布  $S^A(\lambda)$  由下述公式确定:

$$S^A(\lambda) = 100 \left( \frac{0.56}{\lambda} \right)^5 \times \frac{\exp(1\,435\,000/159\,488) - 1}{\exp(14\,350/2\,848\lambda) - 1} \dots\dots\dots(1)$$

式中: $\lambda$  是单位为  $\mu\text{m}$  的真空波长,两个指数项中的数字常数均取整数。

在真空波长为  $0.56\,\mu\text{m}$  时,此光谱能量分布的数值被精确地标准化为  $100^{(2)}$ 。

CIE 标准照明体 A 被定义在  $300\,\text{nm} \sim 830\,\text{nm}$  的光谱区域内。

注:表 1 给出了 CIE 标准照明体 A 在  $300\,\text{nm} \sim 830\,\text{nm}$  之间每间隔  $1\,\text{nm}$  的相对光谱能量分布。出于实用的目的,采用该表所列出的数值便足够了,从而代替用公式(1)计算得出的数值。

4.2 理论基础

公式(1)可依据下述公式推导得出,并与其等效:

$$S(\lambda) = 100 M_{e,\lambda}(\lambda, T) / M_{e,\lambda}(0.56 T) \dots\dots\dots(2)$$

式中:

$$M_{e,\lambda}(\lambda, T) = c_1 \lambda^{-5} [\exp(c_2/\lambda T) - 1]^{-1} \quad (\text{单位: } \text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1}) \dots\dots\dots(3)$$

$M_{e,\lambda}$  是温度为  $T$  的普朗克辐射体的光谱辐射出射度,  $c_1$  和  $c_2$  是第一和第二辐射常数,比值  $c_2/T$  由公式(4)给出:

$$c_2/T = 14\,350/2\,848\,\mu\text{m} \dots\dots\dots(4)$$

由于在计算某一照明体的相对光谱能量分布时,  $c_1$  的数值没有意义,所以除了公式(4)所确定的比值外, CIE 标准照明体 A 的定义中没有涉及对  $c_1$ 、 $c_2$  和  $T$  的数值作出假设的内容。

2)  $2\,848 \times 0.56$  的值为  $1\,594.88$ , 为了避免小数的出现,将公式(1)中在分子位置的指数项中的分子和分母都乘以  $100$ 。

4.3 补充说明

CIE 标准照明体 A 最初在 1931 年<sup>[5]</sup>被规定为具有下述温度  $T$  的普朗克辐射体的相对光谱能量分布:

$$T_{\text{CIE 1931}} = 2\,848\text{ K} \dots\dots\dots(5)$$

这样,第二辐射常数  $c_2$  的值就取为:

$$c_{2,\text{CIE 1931}} = 14\,350\text{ }\mu\text{m}\cdot\text{K} \dots\dots\dots(6)$$

公式(1)给出的这种形式的定义是经过慎重选择的,从而保证将 CIE 标准照明体 A 定义为一相对光谱能量分布,而不是被定义为温度的函数。正如 4.2 中所述,相对光谱能量分布的定义自 1931 年以来从未发生变化,而且公式(1)只是以一般的表现形式对它进行简单表达。

有所改变的是赋予此相对光谱能量分布温度值。CIE 在 1931 年所采用的,即公式(6)给出的  $c_2$  值与下述各值不同:

$$\begin{aligned} c_{2,\text{ITS-27}} &= 14\,320\text{ }\mu\text{m}\cdot\text{K} \\ c_{2,\text{ITS-48}} &= 14\,380\text{ }\mu\text{m}\cdot\text{K} \\ c_{2,\text{ITS-68}} &= c_{2,\text{ITS-90}} = 14\,388\text{ }\mu\text{m}\cdot\text{K} \end{aligned}$$

这些值被规定为 1927 年、1948 年、1968 年和 1990 年国际温标中的常数。虽然这个改变对 CIE 标准照明体 A 的相对光谱能量分布没有影响,但是这些年来,被推荐用于在实验室实现该照明体的光源的相关色温因所采用的  $c_2$  的值而有所不同。

根据公式(4)可以得出,CIE 标准照明体 A 在以上所涉及的各种国际温标下的色温分别为  $T_{27} = 2\,842\text{ K}$ ,  $T_{48} = 2\,854\text{ K}$ ,  $T_{68} = T_{90} = 2\,856\text{ K}$ (见 6.1)。

1931 年 CIE 标准照明体 A 的定义中指出公式(1)的  $\lambda$  指的是真空波长。在空气中(而不是真空中),波长将会使 CIE 标准照明体 A 的相对光谱能量分布出现下述微小的误差:在波长为 300 nm 时,误差为  $-0.2\%$ ;波长为 400 nm 时,误差为  $-0.1\%$ ;波长为 500 nm 时,误差为  $-0.03\%$ ;波长为 600 nm 时,误差为  $+0.02\%$ ;波长为 700 nm 时,误差为  $+0.05\%$ ,波长为 800 nm 时,误差为  $+0.08\%$ 。

5 CIE 标准照明体 D65

5.1 定义

CIE 标准照明体 D65 的相对光谱能量分布  $S^{\text{D65}}(\lambda)$  由表 1 给出的数值定义,这些值在 300 nm~830 nm 波长范围内以 1 nm 的间隔给出。如果需要,其他中间值可由已公布的数值采用线性内插法推导出<sup>3)</sup>。

5.2 试验基础

CIE 标准照明体 D65 的相对光谱能量分布是以对波长在 330 nm~700 nm 内的昼光进行试验的测量结果为基础,并外推至 300 nm 和 830 nm 得出(见 Judd, MacAdam 和 Wyszecki 报道<sup>[6]</sup>)。外推值对于常规的色度学用途是足够精确的,但不建议使用于非色度学。

5.3 相关色温

CIE 标准照明体 D65 的标称相关色温为 6 500 K。此时该色刺激的色品没有精确地落在普朗克轨迹上,其准确的数值就取决于确定此色刺激相关色温的常规方法。

注:采用 1990 年国际温标所规定的值  $c_2 = 14\,388\text{ }\mu\text{m}\cdot\text{K}$  以及所推荐的常规方法,使色品图中的等色温线垂直于普朗克轨迹,在此色品图中画有  $2v'/3$  相对于  $u'$  关系的曲线,其中  $u', v'$  是 CIE1976 均匀色品标度图所使用的坐标。由此得到的 CIE 标准照明体 D65 的相关色温与 6 500 K 相差不足 4 K。与 CIE 标准照明体的标称相关色温的这个差异可忽略不计。

3) 有关推导 D65 的数值的过程在 CIE 15.2<sup>[1]</sup>中给出。



6 用于产生 CIE 标准照明体的 CIE 光源

6.1 CIE 光源 A

CIE 标准照明体 A 可以由 CIE 光源 A 来实现,该光源被规定为工作于以下相关色温的充气钨丝灯

$$T = \frac{2\,848c_2}{14\,350}(\text{K}) \dots\dots\dots(7)$$

辐射温度范围由给出的第二辐射常数  $c_2$  数值所确定。如果要更精确地实现 CIE 标准照明体 A 的紫外辐射的光谱能量分布,建议使用具有熔融石英玻壳或石英窗口的灯。

1990 年国际温标(ITS-90)所规定的  $c_2$  数值为  $c_{2,\text{ITS-90}}=14\,388\,\mu\text{m}\cdot\text{K}$ ,那么,CIE 光源 A 在此温标下的相关色温为:

$$T_{90} = \frac{14\,388}{14\,350} \times 2\,848\,\text{K} = 2\,856\,\text{K}(\text{近似值}) \dots\dots\dots(8)$$

为了与 ITS-90 一致,必须对按照早期温标校准过的光源进行重新校准。

对 CIE 光源 A 的上述说明只是对 CIE 标准照明体定义的补充,而不是 CIE 标准照明体 A 定义的组成部分。

6.2 用于 CIE 标准照明体 D65 的光源

目前,CIE 尚未推荐一种用于实现 CIE 标准照明体 D65 的光源。对于在实验室实现 CIE 标准照明体 D65 的光源,其品质可采用 CIE 51<sup>[7]4)</sup> 所规定的方法进行评定。

4) 目前,CIE 正在研究开发昼光模拟器,以便在不远的将来引入作为 CIE 标准照明体 D65 的实用的人造光源。

表 1 CIE 标准照明体 A 和 D65 的相对光谱能量分布

| $\lambda/\text{nm}$ | $S^A(\lambda)$ | $S^{D65}(\lambda)$ | $\lambda/\text{nm}$ | $S^A(\lambda)$ | $S^{D65}(\lambda)$ |
|---------------------|----------------|--------------------|---------------------|----------------|--------------------|
| 300                 | 0.930 483      | 0.034 100 0        | 350                 | 4.742 38       | 44.911 7           |
| 301                 | 0.967 643      | 0.360 140          | 351                 | 4.870 95       | 45.084 4           |
| 302                 | 1.005 97       | 0.686 180          | 352                 | 5.002 04       | 45.257 0           |
| 303                 | 1.045 49       | 1.012 22           | 353                 | 5.135 68       | 45.429 7           |
| 304                 | 1.086 23       | 1.338 26           | 354                 | 5.271 89       | 45.602 3           |
| 305                 | 1.128 21       | 1.664 30           | 355                 | 5.410 70       | 45.775 0           |
| 306                 | 1.171 47       | 1.990 34           | 356                 | 5.552 13       | 45.947 7           |
| 307                 | 1.216 02       | 2.316 38           | 357                 | 5.696 22       | 46.120 3           |
| 308                 | 1.261 88       | 2.642 42           | 358                 | 5.842 98       | 46.293 0           |
| 309                 | 1.309 10       | 2.968 46           | 359                 | 5.992 44       | 46.465 6           |
| 310                 | 1.357 69       | 3.294 50           | 360                 | 6.144 62       | 46.638 3           |
| 311                 | 1.407 68       | 4.988 65           | 361                 | 6.299 55       | 47.183 4           |
| 312                 | 1.459 10       | 6.682 80           | 362                 | 6.457 24       | 47.728 5           |
| 313                 | 1.511 98       | 8.376 95           | 363                 | 6.617 74       | 48.273 5           |
| 314                 | 1.566 33       | 10.071 1           | 364                 | 6.781 05       | 48.818 6           |
| 315                 | 1.622 19       | 11.765 2           | 365                 | 6.947 20       | 49.363 7           |
| 316                 | 1.679 59       | 13.459 4           | 366                 | 7.116 21       | 49.908 8           |
| 317                 | 1.738 55       | 15.153 5           | 367                 | 7.288 11       | 50.453 9           |
| 318                 | 1.799 10       | 16.847 7           | 368                 | 7.462 92       | 50.998 9           |
| 319                 | 1.861 27       | 18.541 8           | 369                 | 7.640 66       | 51.544 0           |
| 320                 | 1.925 08       | 20.236 0           | 370                 | 7.821 35       | 52.089 1           |
| 321                 | 1.990 57       | 21.917 7           | 371                 | 8.005 01       | 51.877 7           |
| 322                 | 2.057 76       | 23.599 5           | 372                 | 8.191 67       | 51.666 4           |
| 323                 | 2.126 67       | 25.281 2           | 373                 | 8.381 34       | 51.455 0           |
| 324                 | 2.197 34       | 26.963 0           | 374                 | 8.574 04       | 51.243 7           |
| 325                 | 2.269 80       | 28.644 7           | 375                 | 8.769 80       | 51.032 3           |
| 326                 | 2.344 06       | 30.326 5           | 376                 | 8.968 64       | 50.820 9           |
| 327                 | 2.420 17       | 32.008 2           | 377                 | 9.170 56       | 50.609 6           |
| 328                 | 2.498 14       | 33.690 0           | 378                 | 9.375 61       | 50.398 2           |
| 329                 | 2.578 01       | 35.371 7           | 379                 | 9.583 78       | 50.186 9           |
| 330                 | 2.659 81       | 37.053 5           | 380                 | 9.795 10       | 49.975 5           |
| 331                 | 2.743 55       | 37.343 0           | 381                 | 10.009 6       | 50.442 8           |
| 332                 | 2.829 28       | 37.632 6           | 382                 | 10.227 3       | 50.910 0           |
| 333                 | 2.917 01       | 37.922 1           | 383                 | 10.448 1       | 51.377 3           |
| 334                 | 3.006 78       | 38.211 6           | 384                 | 10.672 2       | 51.844 6           |
| 335                 | 3.098 61       | 38.501 1           | 385                 | 10.899 6       | 52.311 8           |
| 336                 | 3.192 53       | 38.790 7           | 386                 | 11.130 2       | 52.779 1           |
| 337                 | 3.288 57       | 39.080 2           | 387                 | 11.364 0       | 53.246 4           |
| 338                 | 3.386 76       | 39.369 7           | 388                 | 11.601 2       | 53.713 7           |
| 339                 | 3.487 12       | 39.659 3           | 389                 | 11.841 6       | 54.180 9           |
| 340                 | 3.589 68       | 39.948 8           | 390                 | 12.085 3       | 54.648 2           |
| 341                 | 3.694 47       | 40.445 1           | 391                 | 12.332 4       | 57.458 9           |
| 342                 | 3.801 52       | 40.941 4           | 392                 | 12.582 8       | 60.269 5           |
| 343                 | 3.910 85       | 41.437 7           | 393                 | 12.836 6       | 63.080 2           |
| 344                 | 4.022 50       | 41.934 0           | 394                 | 13.093 8       | 65.890 9           |
| 345                 | 4.136 48       | 42.430 2           | 395                 | 13.354 3       | 68.701 5           |
| 346                 | 4.252 82       | 42.926 5           | 396                 | 13.618 2       | 71.512 2           |
| 347                 | 4.371 56       | 43.422 8           | 397                 | 13.885 5       | 74.322 9           |
| 348                 | 4.492 72       | 43.919 1           | 398                 | 14.156 3       | 77.133 6           |
| 349                 | 4.616 31       | 44.415 4           | 399                 | 14.430 4       | 79.944 2           |

表 1(续)

| $\lambda/\text{nm}$ | $S^A(\lambda)$ | $S^{D65}(\lambda)$ | $\lambda/\text{nm}$ | $S^A(\lambda)$ | $S^{D65}(\lambda)$ |
|---------------------|----------------|--------------------|---------------------|----------------|--------------------|
| 400                 | 14.708 0       | 82.754 9           | 450                 | 33.085 9       | 117.008            |
| 401                 | 14.989 1       | 83.628 0           | 451                 | 33.543 2       | 117.088            |
| 402                 | 15.273 6       | 84.501 1           | 452                 | 34.004 0       | 117.169            |
| 403                 | 15.561 6       | 85.374 2           | 453                 | 34.468 2       | 117.249            |
| 404                 | 15.853 0       | 86.247 3           | 454                 | 34.935 8       | 117.330            |
| 405                 | 16.148 0       | 87.120 4           | 455                 | 35.406 8       | 117.410            |
| 406                 | 16.446 4       | 87.993 6           | 456                 | 35.881 1       | 117.490            |
| 407                 | 16.748 4       | 88.866 7           | 457                 | 36.358 8       | 117.571            |
| 408                 | 17.053 8       | 89.739 8           | 458                 | 36.839 9       | 117.651            |
| 409                 | 17.362 8       | 90.612 9           | 459                 | 37.324 3       | 117.732            |
| 410                 | 17.675 3       | 91.486 0           | 460                 | 37.812 1       | 117.812            |
| 411                 | 17.991 3       | 91.680 6           | 461                 | 38.303 1       | 117.517            |
| 412                 | 18.310 8       | 91.875 2           | 462                 | 38.797 5       | 117.222            |
| 413                 | 18.633 9       | 92.069 7           | 463                 | 39.295 1       | 116.927            |
| 414                 | 18.960 5       | 92.264 3           | 464                 | 39.796 0       | 116.632            |
| 415                 | 19.290 7       | 92.458 9           | 465                 | 40.300 2       | 116.336            |
| 416                 | 19.624 4       | 92.653 5           | 466                 | 40.807 6       | 116.041            |
| 417                 | 19.961 7       | 92.848 1           | 467                 | 41.318 2       | 115.746            |
| 418                 | 20.302 6       | 93.042 6           | 468                 | 41.832 0       | 115.451            |
| 419                 | 20.647 0       | 93.237 2           | 469                 | 42.349 1       | 115.156            |
| 420                 | 20.995 0       | 93.431 8           | 470                 | 42.869 3       | 114.861            |
| 421                 | 21.346 5       | 92.756 8           | 471                 | 43.392 6       | 114.967            |
| 422                 | 21.701 6       | 92.081 9           | 472                 | 43.919 2       | 115.073            |
| 423                 | 22.060 3       | 91.406 9           | 473                 | 44.448 8       | 115.180            |
| 424                 | 22.422 5       | 90.732 0           | 474                 | 44.981 6       | 115.286            |
| 425                 | 22.788 3       | 90.057 0           | 475                 | 45.517 4       | 115.392            |
| 426                 | 23.157 7       | 89.382 1           | 476                 | 46.056 3       | 115.498            |
| 427                 | 23.530 7       | 88.707 1           | 477                 | 46.598 3       | 115.604            |
| 428                 | 23.907 2       | 88.032 2           | 478                 | 47.143 3       | 115.711            |
| 429                 | 24.287 3       | 87.357 2           | 479                 | 47.691 3       | 115.817            |
| 430                 | 24.670 9       | 86.682 3           | 480                 | 48.242 3       | 115.923            |
| 431                 | 25.058 1       | 88.500 6           | 481                 | 48.796 3       | 115.212            |
| 432                 | 25.448 9       | 90.318 8           | 482                 | 49.353 3       | 114.501            |
| 433                 | 25.843 2       | 92.137 1           | 483                 | 49.913 2       | 113.789            |
| 434                 | 26.241 1       | 93.955 4           | 484                 | 50.476 0       | 113.078            |
| 435                 | 26.642 5       | 95.773 6           | 485                 | 51.041 8       | 112.367            |
| 436                 | 27.047 5       | 97.591 9           | 486                 | 51.610 4       | 111.656            |
| 437                 | 27.456 0       | 99.410 2           | 487                 | 52.181 8       | 110.945            |
| 438                 | 27.868 1       | 101.228            | 488                 | 52.756 1       | 110.233            |
| 439                 | 28.283 6       | 103.047            | 489                 | 53.333 2       | 109.522            |
| 440                 | 28.702 7       | 104.865            | 490                 | 53.913 2       | 108.811            |
| 441                 | 29.125 3       | 106.079            | 491                 | 54.495 8       | 108.865            |
| 442                 | 29.551 5       | 107.294            | 492                 | 55.081 3       | 108.920            |
| 443                 | 29.981 1       | 108.508            | 493                 | 55.669 4       | 108.974            |
| 444                 | 30.414 2       | 109.722            | 494                 | 56.260 3       | 109.028            |
| 445                 | 30.850 8       | 110.936            | 495                 | 56.853 9       | 109.082            |
| 446                 | 31.290 9       | 112.151            | 496                 | 57.450 1       | 109.137            |
| 447                 | 31.734 5       | 113.365            | 497                 | 58.048 9       | 109.191            |
| 448                 | 32.181 5       | 114.579            | 498                 | 58.650 4       | 109.245            |
| 449                 | 32.632 0       | 115.794            | 499                 | 59.254 5       | 109.300            |

表 1(续)

| $\lambda/\text{nm}$ | $S^A(\lambda)$ | $S^{D65}(\lambda)$ | $\lambda/\text{nm}$ | $S^A(\lambda)$ | $S^{D65}(\lambda)$ |
|---------------------|----------------|--------------------|---------------------|----------------|--------------------|
| 500                 | 59.861 1       | 109.354            | 550                 | 92.912 0       | 104.046            |
| 501                 | 60.470 3       | 109.199            | 551                 | 93.615 7       | 103.641            |
| 502                 | 61.082 0       | 109.044            | 552                 | 94.320 6       | 103.237            |
| 503                 | 61.696 2       | 108.888            | 553                 | 95.026 7       | 102.832            |
| 504                 | 62.312 8       | 108.733            | 554                 | 95.733 9       | 102.428            |
| 505                 | 62.932 0       | 108.578            | 555                 | 96.442 3       | 102.023            |
| 506                 | 63.553 5       | 108.423            | 556                 | 97.151 8       | 101.618            |
| 507                 | 64.177 5       | 108.268            | 557                 | 97.862 3       | 101.214            |
| 508                 | 64.803 8       | 108.112            | 558                 | 98.573 9       | 100.809            |
| 509                 | 65.432 5       | 107.957            | 559                 | 99.286 4       | 100.405            |
| 510                 | 66.063 5       | 107.802            | 560                 | 100.000        | 100.000            |
| 511                 | 66.696 8       | 107.501            | 561                 | 100.715        | 99.633 4           |
| 512                 | 67.332 4       | 107.200            | 562                 | 101.430        | 99.266 8           |
| 513                 | 67.970 2       | 106.898            | 563                 | 102.146        | 98.900 3           |
| 514                 | 68.610 2       | 106.597            | 564                 | 102.864        | 98.533 7           |
| 515                 | 69.252 5       | 106.296            | 565                 | 103.582        | 98.167 1           |
| 516                 | 69.896 9       | 105.995            | 566                 | 104.301        | 97.800 5           |
| 517                 | 70.543 5       | 105.694            | 567                 | 105.020        | 97.433 9           |
| 518                 | 71.192 2       | 105.392            | 568                 | 105.741        | 97.067 4           |
| 519                 | 71.843 0       | 105.091            | 569                 | 106.462        | 96.700 8           |
| 520                 | 72.495 9       | 104.790            | 570                 | 107.184        | 96.334 2           |
| 521                 | 73.150 8       | 105.080            | 571                 | 107.906        | 96.279 6           |
| 522                 | 73.807 7       | 105.370            | 572                 | 108.630        | 96.225 0           |
| 523                 | 74.466 6       | 105.660            | 573                 | 109.354        | 96.170 3           |
| 524                 | 75.127 5       | 105.950            | 574                 | 110.078        | 96.115 7           |
| 525                 | 75.790 3       | 106.239            | 575                 | 110.803        | 96.061 1           |
| 526                 | 76.455 1       | 106.529            | 576                 | 111.529        | 96.006 5           |
| 527                 | 77.121 7       | 106.819            | 577                 | 112.255        | 95.951 9           |
| 528                 | 77.790 2       | 107.109            | 578                 | 112.982        | 95.897 2           |
| 529                 | 78.460 5       | 107.399            | 579                 | 113.709        | 95.842 6           |
| 530                 | 79.132 6       | 107.689            | 580                 | 114.436        | 95.788 0           |
| 531                 | 79.806 5       | 107.361            | 581                 | 115.164        | 95.077 8           |
| 532                 | 80.482 1       | 107.032            | 582                 | 115.893        | 94.367 5           |
| 533                 | 81.159 5       | 106.704            | 583                 | 116.622        | 93.657 3           |
| 534                 | 81.838 6       | 106.375            | 584                 | 117.351        | 92.947 0           |
| 535                 | 82.519 3       | 106.047            | 585                 | 118.080        | 92.236 8           |
| 536                 | 83.201 7       | 105.719            | 586                 | 118.810        | 91.526 6           |
| 537                 | 83.885 6       | 105.390            | 587                 | 119.540        | 90.816 3           |
| 538                 | 84.571 2       | 105.062            | 588                 | 120.270        | 90.106 1           |
| 539                 | 85.258 4       | 104.733            | 589                 | 121.001        | 89.395 8           |
| 540                 | 85.947 0       | 104.405            | 590                 | 121.731        | 88.685 6           |
| 541                 | 86.637 2       | 104.369            | 591                 | 122.462        | 88.817 7           |
| 542                 | 87.328 8       | 104.333            | 592                 | 123.193        | 88.949 7           |
| 543                 | 88.021 9       | 104.297            | 593                 | 123.924        | 89.081 8           |
| 544                 | 88.716 5       | 104.261            | 594                 | 124.655        | 89.213 8           |
| 545                 | 89.412 4       | 104.225            | 595                 | 125.386        | 89.345 9           |
| 546                 | 90.109 7       | 104.190            | 596                 | 126.118        | 89.478 0           |
| 547                 | 90.808 3       | 104.154            | 597                 | 126.849        | 89.610 0           |
| 548                 | 91.508 2       | 104.118            | 598                 | 127.58         | 89.742 1           |
| 549                 | 92.209 5       | 104.082            | 599                 | 128.312        | 89.874 1           |

表 1(续)

| $\lambda/\text{nm}$ | $S^A(\lambda)$ | $S^{D65}(\lambda)$ | $\lambda/\text{nm}$ | $S^A(\lambda)$ | $S^{D65}(\lambda)$ |
|---------------------|----------------|--------------------|---------------------|----------------|--------------------|
| 600                 | 129.043        | 90.006 2           | 650                 | 165.028        | 80.026 8           |
| 601                 | 129.774        | 89.965 5           | 651                 | 165.726        | 80.045 6           |
| 602                 | 130.505        | 89.924 8           | 652                 | 166.424        | 80.064 4           |
| 603                 | 131.236        | 89.884 1           | 653                 | 167.121        | 80.083 1           |
| 604                 | 131.966        | 89.843 4           | 654                 | 167.816        | 80.101 9           |
| 605                 | 132.697        | 89.802 6           | 655                 | 168.510        | 80.120 7           |
| 606                 | 133.427        | 89.761 9           | 656                 | 169.203        | 80.139 5           |
| 607                 | 134.157        | 89.721 2           | 657                 | 169.895        | 80.158 3           |
| 608                 | 134.887        | 89.680 5           | 658                 | 170.586        | 80.177 0           |
| 609                 | 135.617        | 89.639 8           | 659                 | 171.275        | 80.195 8           |
| 610                 | 136.346        | 89.599 1           | 660                 | 171.963        | 80.214 6           |
| 611                 | 137.075        | 89.409 1           | 661                 | 172.650        | 80.420 9           |
| 612                 | 137.804        | 89.219 0           | 662                 | 173.335        | 80.627 2           |
| 613                 | 138.532        | 89.029 0           | 663                 | 174.019        | 80.833 6           |
| 614                 | 139.260        | 88.838 9           | 664                 | 174.702        | 81.039 9           |
| 615                 | 139.988        | 88.648 9           | 665                 | 175.383        | 81.246 2           |
| 616                 | 140.715        | 88.458 9           | 666                 | 176.063        | 81.452 5           |
| 617                 | 141.441        | 88.268 8           | 667                 | 176.741        | 81.658 8           |
| 618                 | 142.167        | 88.078 8           | 668                 | 177.419        | 81.865 2           |
| 619                 | 142.893        | 87.888 7           | 669                 | 178.094        | 82.071 5           |
| 620                 | 143.618        | 87.698 7           | 670                 | 178.769        | 82.277 8           |
| 621                 | 144.343        | 87.257 7           | 671                 | 179.441        | 81.878 4           |
| 622                 | 145.067        | 86.816 7           | 672                 | 180.113        | 81.479 1           |
| 623                 | 145.790        | 86.375 7           | 673                 | 180.783        | 81.079 7           |
| 624                 | 146.513        | 85.934 7           | 674                 | 181.451        | 80.680 4           |
| 625                 | 147.235        | 85.493 6           | 675                 | 182.118        | 80.281 0           |
| 626                 | 147.957        | 85.052 6           | 676                 | 182.783        | 79.881 6           |
| 627                 | 148.678        | 84.611 6           | 677                 | 183.447        | 79.482 3           |
| 628                 | 149.398        | 84.170 6           | 678                 | 184.109        | 79.082 9           |
| 629                 | 150.117        | 83.729 6           | 679                 | 184.770        | 78.683 6           |
| 630                 | 150.836        | 83.288 6           | 680                 | 185.429        | 78.284 2           |
| 631                 | 151.554        | 83.329 7           | 681                 | 186.087        | 77.427 9           |
| 632                 | 152.271        | 83.370 7           | 682                 | 186.743        | 76.571 6           |
| 633                 | 152.988        | 83.411 8           | 683                 | 187.397        | 75.715 3           |
| 634                 | 153.704        | 83.452 8           | 684                 | 188.050        | 74.859 0           |
| 635                 | 154.418        | 83.493 9           | 685                 | 188.701        | 74.002 7           |
| 636                 | 155.132        | 83.535 0           | 686                 | 189.350        | 73.146 5           |
| 637                 | 155.845        | 83.576 0           | 687                 | 189.998        | 72.290 2           |
| 638                 | 156.558        | 83.617 1           | 688                 | 190.644        | 71.433 9           |
| 639                 | 157.269        | 83.658 1           | 689                 | 191.288        | 70.577 6           |
| 640                 | 157.979        | 83.699 2           | 690                 | 191.931        | 69.721 3           |
| 641                 | 158.689        | 83.332 0           | 691                 | 192.572        | 69.910 1           |
| 642                 | 159.397        | 82.964 7           | 692                 | 193.211        | 70.098 9           |
| 643                 | 160.104        | 82.597 5           | 693                 | 193.849        | 70.287 6           |
| 644                 | 160.811        | 82.230 2           | 694                 | 194.484        | 70.476 4           |
| 645                 | 161.516        | 81.863 0           | 695                 | 195.118        | 70.665 2           |
| 646                 | 162.221        | 81.495 8           | 696                 | 195.750        | 70.854 0           |
| 647                 | 162.924        | 81.128 5           | 697                 | 196.381        | 71.042 8           |
| 648                 | 163.626        | 80.761 3           | 698                 | 197.009        | 71.231 5           |
| 649                 | 164.327        | 80.394 0           | 699                 | 197.636        | 71.420 3           |

表 1(续)

| $\lambda/\text{nm}$ | $S^A(\lambda)$ | $S^{D65}(\lambda)$ | $\lambda/\text{nm}$ | $S^A(\lambda)$ | $S^{D65}(\lambda)$ |
|---------------------|----------------|--------------------|---------------------|----------------|--------------------|
| 700                 | 198.261        | 71.609 1           | 750                 | 227.000        | 63.592 7           |
| 701                 | 198.884        | 71.883 1           | 751                 | 227.522        | 61.875 2           |
| 702                 | 199.506        | 72.157 1           | 752                 | 228.041        | 60.157 8           |
| 703                 | 200.125        | 72.431 1           | 753                 | 228.558        | 58.440 3           |
| 704                 | 200.743        | 72.705 1           | 754                 | 229.073        | 56.722 9           |
| 705                 | 201.359        | 72.979 0           | 755                 | 229.585        | 55.005 4           |
| 706                 | 201.972        | 73.253 0           | 756                 | 230.096        | 53.288 0           |
| 707                 | 202.584        | 73.527 0           | 757                 | 230.604        | 51.570 5           |
| 708                 | 203.195        | 73.801 0           | 758                 | 231.110        | 49.853 1           |
| 709                 | 203.803        | 74.075 0           | 759                 | 231.614        | 48.135 6           |
| 710                 | 204.409        | 74.349 0           | 760                 | 232.115        | 46.418 2           |
| 711                 | 205.013        | 73.074 5           | 761                 | 232.615        | 48.456 9           |
| 712                 | 205.616        | 71.800 0           | 762                 | 233.112        | 50.495 6           |
| 713                 | 206.216        | 70.525 5           | 763                 | 233.606        | 52.534 4           |
| 714                 | 206.815        | 69.251 0           | 764                 | 234.099        | 54.573 1           |
| 715                 | 207.411        | 67.976 5           | 765                 | 234.589        | 56.611 8           |
| 716                 | 208.006        | 66.702 0           | 766                 | 235.078        | 58.650 5           |
| 717                 | 208.599        | 65.427 5           | 767                 | 235.564        | 60.689 2           |
| 718                 | 209.189        | 64.153 0           | 768                 | 236.047        | 62.728 0           |
| 719                 | 209.778        | 62.878 5           | 769                 | 236.529        | 64.766 7           |
| 720                 | 210.365        | 61.604 0           | 770                 | 237.008        | 66.805 4           |
| 721                 | 210.949        | 62.432 2           | 771                 | 237.485        | 66.463 1           |
| 722                 | 211.532        | 63.260 3           | 772                 | 237.959        | 66.120 9           |
| 723                 | 212.112        | 64.088 5           | 773                 | 238.432        | 65.778 6           |
| 724                 | 212.691        | 64.916 6           | 774                 | 238.902        | 65.436 4           |
| 725                 | 213.268        | 65.744 8           | 775                 | 239.370        | 65.094 1           |
| 726                 | 213.842        | 66.573 0           | 776                 | 239.836        | 64.751 8           |
| 727                 | 214.415        | 67.401 1           | 777                 | 240.299        | 64.409 6           |
| 728                 | 214.985        | 68.229 3           | 778                 | 240.760        | 64.067 3           |
| 729                 | 215.553        | 69.057 4           | 779                 | 241.219        | 63.725 1           |
| 730                 | 216.120        | 69.885 6           | 780                 | 241.675        | 63.382 8           |
| 731                 | 216.684        | 70.405 7           | 781                 | 242.130        | 63.047 9           |
| 732                 | 217.246        | 70.925 9           | 782                 | 242.582        | 63.567 0           |
| 733                 | 217.806        | 71.446 0           | 783                 | 243.031        | 63.659 2           |
| 734                 | 218.364        | 71.966 2           | 784                 | 243.479        | 63.751 3           |
| 735                 | 218.920        | 72.486 3           | 785                 | 243.924        | 63.843 4           |
| 736                 | 219.473        | 73.006 4           | 786                 | 244.367        | 63.935 5           |
| 737                 | 220.025        | 73.526 6           | 787                 | 244.808        | 64.027 6           |
| 738                 | 220.574        | 74.046 7           | 788                 | 245.246        | 64.119 8           |
| 739                 | 221.122        | 74.566 9           | 789                 | 245.682        | 64.211 9           |
| 740                 | 221.667        | 75.087 0           | 790                 | 246.116        | 64.304 0           |
| 741                 | 222.210        | 73.937 6           | 791                 | 246.548        | 63.818 8           |
| 742                 | 222.751        | 72.788 1           | 792                 | 246.977        | 63.333 6           |
| 743                 | 223.290        | 71.638 7           | 793                 | 247.404        | 62.848 4           |
| 744                 | 223.826        | 70.489 3           | 794                 | 247.829        | 62.363 2           |
| 745                 | 224.361        | 69.339 8           | 795                 | 248.251        | 61.877 9           |
| 746                 | 224.893        | 68.190 4           | 796                 | 248.671        | 61.392 7           |
| 747                 | 225.423        | 67.041 0           | 797                 | 249.089        | 60.907 5           |
| 748                 | 225.951        | 65.891 6           | 798                 | 249.505        | 60.422 3           |
| 749                 | 226.477        | 64.742 1           | 799                 | 249.918        | 59.937 1           |

表 1(续)

| $\lambda/\text{nm}$ | $S^A(\lambda)$ | $S^{D65}(\lambda)$ | $\lambda/\text{nm}$ | $S^A(\lambda)$ | $S^{D65}(\lambda)$ |
|---------------------|----------------|--------------------|---------------------|----------------|--------------------|
| 800                 | 250.329        | 59.451 9           | 816                 | 256.595        | 55.248 0           |
| 801                 | 250.738        | 58.702 6           | 817                 | 256.968        | 55.796 1           |
| 802                 | 251.144        | 57.953 3           | 818                 | 257.338        | 56.344 3           |
| 803                 | 251.548        | 57.204 0           | 819                 | 257.706        | 56.892 4           |
| 804                 | 251.950        | 56.454 7           | 820                 | 258.071        | 57.440 6           |
| 805                 | 252.350        | 55.705 4           | 821                 | 258.434        | 57.727 8           |
| 806                 | 252.747        | 54.956 2           | 822                 | 258.795        | 58.015 0           |
| 807                 | 253.142        | 54.206 9           | 823                 | 259.154        | 58.302 2           |
| 808                 | 253.535        | 53.457 6           | 824                 | 259.511        | 58.589 4           |
| 809                 | 253.925        | 52.708 3           | 825                 | 259.865        | 58.876 5           |
| 810                 | 254.314        | 51.959 0           | 826                 | 260.217        | 59.163 7           |
| 811                 | 254.700        | 52.507 2           | 827                 | 260.567        | 59.450 9           |
| 812                 | 255.083        | 53.055 3           | 828                 | 260.914        | 59.738 1           |
| 813                 | 255.465        | 53.603 5           | 829                 | 261.259        | 60.025 3           |
| 814                 | 255.844        | 54.151 6           | 830                 | 261.602        | 60.312 5           |
| 815                 | 256.221        | 54.699 8           |                     |                |                    |

参 考 文 献

[1] 国际照明委员会 CIE 15. 2:1986《色度学》。

[2] ISO 3644:1976《电影术 R 型 8mm 动画摄影机和投影机的主轴——尺寸》。

[3] ISO 13655:1996《绘画技术——绘图艺术图像的光谱测量与色度计算》。

[4] 国际照明委员会/国际电工委员会 CIE 17. 4:1987《国际照明词汇》。

[5] 国际照明委员会《1931 年剑桥 CIE 第 8 届会议论文集》。

[6] Judd DB, MacAdam DL 和 Wyszecki G(与 Budde HW, Condit HR, Henderson ST 和 Simonds JL 合作)作为相关色温函数的典型日光的光谱分布. 美国光学协会杂志(1964)第 54 期第 1031~1040 页。

[7] 国际照明委员会 CIE 51:1981《色度学用日光模拟器质量的评定方法》。

---