



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 11186—XXXX

代替 GB/T 11186.1—1989, GB/T 11186.2—1989, GB/T 11186.3—1989

## 涂膜颜色测量方法

Methods for measuring the colour of coatings

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(工作组讨论稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替GB/T 11186.1—1989《涂膜颜色的测量方法 第一部分：原理》、GB/T 11186.2—1989《涂膜颜色的测量方法 第二部分：颜色测量》和GB/T 11186.3—1989《涂膜颜色的测量方法 第三部分：色差计算》。本文件以GB/T 11186.1—1989为主，整合了GB/T 11186.2—1989和GB/T 11186.3—1989的内容，与GB/T 11186.1—1989相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 修改了标准的范围（见第1章，1989年版的第1章）；
- b) 增加了颜色的测量试验方法（见第8章）；
- c) 增加了色差的计算方法（见第9章）；
- d) 增加了试验报告需包括的内容（见第10章）；
- e) 增加了参考文献（见参考文献）。

本文件由中国石油和化学工业联合会提出。

本文件由全国涂料和颜料标准化技术委员会（SAC/TC5）归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件所代替文件的历次版本发布情况为：

- GB/T 11186.1，1989年首次发布；
- GB/T 11186.2，1989年首次发布；
- GB/T 11186.3，1989年首次发布。

# 涂膜颜色测量方法

## 1 范围

本文件描述了测量涂膜颜色坐标必须具备的基本条件、测量方法，以及涂膜之间微小色差的定量色度评价方法。

本文件适用于测定反射光的颜色，即用正常视觉检查，能显示一种均匀颜色（即单色）的涂膜。也适用于测量不能完全遮盖不透明底材的涂膜（属于不透明系统涂膜）。

本文件不适用于测定发光涂膜、透明和半透明涂膜（例如：用于显示器或灯玻璃上的涂膜）、反光涂膜（例如：用于交通标记的涂膜）和金属光泽涂膜（含效应颜料涂膜）的颜色。

注：根据两试样的色坐标，计算其色差有很多公式，但按这些公式计算的结果不能在所有情况下与视觉取得完全的一致。并且他们之间也可能不一致。1976年国际照明委员会（CIE）推荐了两种常用公式。其中之一是本文件规定的CIE 1976 ( $L^* a^* b^*$ ) 色差公式，现已证明其对于涂膜的色度评价是有实用意义的。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 1727 漆膜一般制备法
- GB/T 3186 色漆、清漆和色漆与清漆用原材料 取样
- GB/T 3977 颜色的表示方法
- GB/T 3978 标准照明体和几何条件
- GB/T 3979 物体色的测量方法
- GB/T 9271 色漆和清漆 标准试板
- GB/T 9278 涂料试样状态调节和试验的温湿度
- GB/T 9754 色漆和清漆 不含金属颜料的色漆漆膜的20°、60°和85° 镜面光泽的测定
- GB/T 9761 色漆和清漆 色漆的目视比色
- GB/T 13452.2 色漆和清漆 漆膜厚度的测定

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**光谱反射因数 spectral reflectance factor**

在规定的照明条件下，在规定的立体角内，从物体反射的波长  $\lambda$  的辐通量或光通量  $\Phi_{a,\lambda}$  与从完全漫反射面反射的波长  $\lambda$  的辐通量或光通量  $\Phi_{n,\lambda}$  之比，光谱反射因数以  $R(\lambda)$  表示。

$$R(\lambda) = \frac{\Phi_{a,\lambda}}{\Phi_{n,\lambda}}$$

式中：

$\Phi_{e,\lambda}$ ——从物体反射的波长  $\lambda$  的辐通量或光通量，单位为瓦特（W）或流明（lm）；

$\Phi_{n,\lambda}$ ——从完全漫反射面反射的波长  $\lambda$  的辐通量或光通量，单位为瓦特（W）或流明（lm）。

注：本文件规定以光谱反射因数代替CIE的光谱辐亮度因数。商用仪器不适宜测量光谱辐亮度因数，因为反射光线的离散会引起系统误差。

[来源：GB/T 5698-2001，3.17，有修改]

### 3.2

#### 光谱反射比 spectral reflectance

从物体表面反射的波长  $\lambda$  的辐通量或光通量  $\Phi_{p,\lambda}$  中与入射到物体表面的波长的辐通量或光通量  $\Phi_{i,\lambda}$  之比，光谱反射比以  $\rho(\lambda)$  表示。

$$\rho(\lambda) = \frac{\Phi_{p,\lambda}}{\Phi_{i,\lambda}}$$

式中：

$\Phi_{p,\lambda}$ ——从物体反射的波长  $\lambda$  的辐通量或光通量，单位为瓦特（W）或流明（lm）；

$\Phi_{i,\lambda}$ ——入射到物体表面的波长的辐通量或光通量，单位为瓦特（W）或流明（lm）。[来源：GB/T 5698-2001，3.15，有修改]

### 3.3

#### 光谱漫反射比 $\rho_w(\lambda)$

除去镜面反射光的光谱反射比。

### 3.4

#### 白色

物体明度大于8.5的中性色。

[来源：GB/T 15608-2006，3.1]

## 4 颜色坐标

### 4.1 概述

颜色坐标由三个互相垂直的矢量组成。每个颜色均可由色坐标中的某一点坐标（三个矢量值）明确表示出来。

本文件规定了表示涂膜颜色的两种标准色度系统。

### 4.2 CIE 1964 补充标准色度系统（也称为 10° 视场 $X_{10}Y_{10}Z_{10}$ 色度系统）

在该系统中，颜色坐标由三刺激值中的  $Y_{10}$  和色度坐标  $x_{10}$ 、 $y_{10}$  表示，见式（1）~式（5）：

$$Y_{10} = k_{10} \sum_{\lambda=i}^{\lambda=\mu} \varphi(\lambda) \bar{y}_{10}(\lambda) \Delta\lambda \quad (1)$$

$$x_{10} = \frac{X_{10}}{X_{10} + Y_{10} + Z_{10}} \quad (2)$$

$$y_{10} = \frac{Y_{10}}{X_{10} + Y_{10} + Z_{10}} \quad (3)$$

$$X_{10} = k_{10} \sum_{\lambda=i}^{\lambda=\mu} \varphi(\lambda) \bar{x}_{10}(\lambda) \Delta\lambda \quad (4)$$

$$Z_{10} = k_{10} \sum_{\lambda=i}^{\lambda=\mu} \varphi(\lambda) \bar{z}_{10}(\lambda) \Delta\lambda \quad (5)$$

式中：

$X_{10}$ 、 $Y_{10}$ 、 $Z_{10}$ ——采用 CIE 1964 标准色度观察者计算的三刺激值；

$\varphi(\lambda)$ ——相对色刺激函数，为标准照明体（见第 5 章）的相对光谱功率分布  $s(\lambda)$  与涂膜表面反射率的光谱函数  $[R(\lambda)$ 、 $\rho(\lambda)$  或  $\rho(d)(\lambda)$ ]（见第 6 章）的乘积；

$\bar{x}_{10}(\lambda)$ 、 $\bar{y}_{10}(\lambda)$ 、 $\bar{z}_{10}(\lambda)$ ——CIE 1964 标准色度观察者的色匹配函数（见附录 A）；

$l$ 、 $\mu$ ——分别为可见光谱短波及长波界限的求和界限；

$\Delta\lambda$ ——波长间隔，以 nm 表示；

$k_{10}$ ——归一化常数，以式（6）计算：

$$k_{10} = 100 / \sum_{\lambda=l}^{\lambda=\mu} s(\lambda) \bar{y}_{10}(\lambda) \Delta\lambda \quad (6)$$

式中，设完全漫反射体的三刺激值  $Y_{10}$  为 100。

### 4.3 CIE 1976 ( $L^*a^*b^*$ ) 色空间的色坐标

CIE 1976 ( $L^*a^*b^*$ ) 色空间与 CIE 1964 色度系统（见 4.2）相比在视觉上更均匀。

本文件用 CIE 1976 ( $L^*a^*b^*$ ) 色空间的色坐标  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  进行色差的评估。

当  $Y_{10}/Y_n$  大于  $(24/116)^3$  时，以式（7）计算  $L^*$ ：

$$L^* = 116(Y_{10}/Y_n)^{\frac{1}{3}} - 16 \quad (1)$$

当  $Y_{10}/Y_n$  小于等于  $(24/116)^3$  时，以式（8）、（9）、（10）计算分别  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ ：

$$L^* = 116(841/108)(Y_{10}/Y_n) \quad (2)$$

$$a^* = 500[f(X_{10}/X_n) - f(Y_{10}/Y_n)] \quad (3)$$

$$b^* = 200[f(Y_{10}/Y_n) - f(Z_{10}/Z_n)] \quad (4)$$

式（9）、式（10）中，当  $X_{10}/X_n$  大于  $(24/116)^3$  时，

$$f(X_{10}/X_n) = (X_{10}/X_n)^{\frac{1}{3}} \quad (5)$$

当  $Y_{10}/Y_n$  大于  $(24/116)^3$  时，

$$f(Y_{10}/Y_n) = (Y_{10}/Y_n)^{\frac{1}{3}} \quad (6)$$

当  $Z_{10}/Z_n$  大于  $(24/116)^3$  时，

$$f(Z_{10}/Z_n) = (Z_{10}/Z_n)^{\frac{1}{3}} \quad (7)$$

当  $X_{10}/X_n$  小于等于  $(24/116)^3$  时，

$$f(X_{10}/X_n) = (841/108)(X_{10}/X_n) + 16/116 \quad (8)$$

当  $Y_{10}/Y_n$  小于等于  $(24/116)^3$  时，

$$f(Y_{10}/Y_n) = (841/108)(Y_{10}/Y_n) + 16/116 \quad (9)$$

当  $Z_{10}/Z_n$  小于等于  $(24/116)^3$  时，

$$f(Z_{10}/Z_n) = (841/108)(Z_{10}/Z_n) + 16/116 \cdots \cdots (10)$$

式中：  
 $X_{10}$ 、 $Y_{10}$ 、 $Z_{10}$ ——采用CIE 1964标准色度观察者计算的三刺激值；  
 $X_n$ 、 $Y_n$ 、 $Z_n$ ——标准照明体D<sub>65</sub>或A在10° 视场下，完全漫反射体的三刺激值（见表1）。

表 1 标准照明体 D<sub>65</sub>和 A 在 10° 视场下完全漫反射体的三刺激值

三刺激值	标准照明体	
	D <sub>65</sub>	A
$X_n$	94.81	111.14
$Y_n$	100.00	100.00
$Z_n$	107.32	35.20

在此色空间中，有时用明度 $L^*$ （以直线表示），彩度 $C_{ab}^*$ 和色调角 $h_{ab}$ （以极坐标表示）来表示颜色的色坐标。

CIE 1976 明度  $L^*$   
CIE 1976  $ab$ 彩度  $C_{ab}^* = (a^{*2} + b^{*2})^{\frac{1}{2}}$   
CIE 1976  $ab$ 色调角  $h_{ab} = \arctan(b^*/a^*)$   
(0° ~360° )

5 标准照明体

用标准照明体D<sub>65</sub>（对应于色温为6500K的昼光）进行颜色测量。  
用标准照明体A（其代表钨丝灯的光，光谱分布相当于2856K温度下的全辐射体）进行特殊同色异谱指数的色度测定（见8.3）。  
标准照明体D<sub>65</sub>和A的相对光谱功率分布 $s(\lambda)$ 的数值见附录B。

6 光谱辐射度特性

物质具有多种光谱辐射度特性，这些特性体现了材料的反射性。使用光谱反射因数 $R(\lambda)$ 、光谱反射比 $\rho(\lambda)$ 和光谱漫反射比 $\rho_{(d)}(\lambda)$ 等三种光谱辐射度特性进行涂膜颜色的测量。

7 照明和观测条件

用于涂膜颜色测量的多种测量反射辐射通量的照明和观测条件见表2。

表 2 涂膜颜色测量的光谱辐射度特性及观测条件

光谱辐射度特性		观测条件		
名称	符号	照明	观测	表示（缩写）
光谱反射因数	$R_{45:0}(\lambda)$	定向	定向	45° :垂直（45:0）

光谱辐射度特性		观测条件		
		$45^\circ \pm 5^\circ$	$0^\circ \pm 10^\circ$	
	$R_{0:45}(\lambda)$	定向 <sup>a</sup> $0^\circ \pm 10^\circ$	定向 $45^\circ \pm 5^\circ$	垂直: $45^\circ$ (0:45)
	$R_{di:8}(\lambda)$	漫射积分球	定向 <sup>b</sup> $8^\circ \pm 2^\circ$	漫射: $8^\circ$ (di:8)
	$R_{(d)8:de}(\lambda)$	漫射有光阱的积分球	定向 <sup>b</sup> $8^\circ \pm 2^\circ$	漫射, 除去镜面反射: $8^\circ$ (de:8)
光谱反射比	$\rho_{8:di}(\lambda)$	定向 <sup>b</sup> $8^\circ \pm 2^\circ$	漫射积分球	$8^\circ$ :漫射 (8:di)
光谱漫反射比	$\rho_{(d)8:de}(\lambda)$	定向 <sup>b</sup> $8^\circ \pm 2^\circ$	漫射有光阱的积分球	$8^\circ$ :漫射, 除去镜面反射 (8:de)
<sup>a</sup> 应考虑到有光样品与照明镜片间相互反射的可能。 <sup>b</sup> 与 CIE 允许的照明或观测方向可垂直于样品的观测条件 (0:d 和 d:0) 不同, 本标准规定照明或观测角可偏离垂直于样品一规定的小角度, 以防测量高光泽试样时, 试样与照明或观测镜片间相互反射。				

在定向照明和定向观测光束时, 光束轴与任何光线的夹角不应超过  $5^\circ$ 。

漫射照明和观测均应在同一积分球内。积分球上放置试样的开口面积不应超过整个球内反射面积的 10%。

在 8/de 和 de/8 的照明与观测条件时, 应使用光阱除去部分镜面反射光。而其测量结果则取决于光泽吸收器的大小、位置和形状。

实践证明, 使用光阱, 至少能除去高光泽黑玻璃板上 95% 的反射光。可使用 GB/T 9761 中折射率为 1.50~1.55 间的基本标准试板试验光阱。当使用及不使用光阱时, 所测高光泽黑玻璃板的光谱反射之比必须符合以下条件。

在任何波长时,

$$\frac{\rho_{(d)8/de}(\lambda)}{\rho_{8/di}(\lambda)} \leq 0.05 \quad (1)$$

## 8 颜色测量

### 8.1 原理

#### 8.1.1 三刺激值 $X_{10}$ 、 $Y_{10}$ 、 $Z_{10}$ 的测定

8.1.1.1 使用光谱光度计 (8.4.1) 或分光测色仪 (8.4.2) 测定涂膜的光谱辐射度特性 (光谱反射比或光谱反射因数), 并按 4.2 中公式, 计算三刺激值  $X_{10}$ 、 $Y_{10}$ 、 $Z_{10}$ 。

8.1.1.2 使用三刺激值色度计 (8.4.3) 测定三刺激值  $X_{10}$ 、 $Y_{10}$ 、 $Z_{10}$ 。

8.1.2 按 4.2~4.3 中公式计算色度坐标  $x_{10}$ 、 $y_{10}$  及  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 。

### 8.2 照明及观测条件的选择

#### 8.2.1 通则

根据待测涂膜的表面质地、反射特性及测量要求, 从第 7 章中选择一种测量条件。

#### 8.2.2 光滑非纹理型涂膜

第 7 章中所有测量条件都适宜于光滑非纹理型涂膜色坐标的测定。

具有高光泽的试样，使用无光阱的积分球测得的三刺激值，经对表面反射的校正，其采用的所有测量条件测定结果是可比的。

注：表面反射是指照于试样表面，被该表面反射（漫射和镜面反射）的这部分光。而其余部分则由颜料反向散射（体反射）。当照明体的入射角处于 $0^{\circ} \sim 8^{\circ}$ 时，涂膜表面反射率（菲涅尔反射比）近似为0.04。

其他光泽的试样，测量条件的选择则取决于镜面光泽是否包括在测量中（见第9章）。

### 8.2.2.1 包含镜面反射的测量

使用测量条件8：di或di：8（均无光阱）。

注：如光泽改变而涂膜颜色在视觉上无可觉察的改变，例如老化后，测得包含镜面反射在内的三刺激值一般不受影响。

### 8.2.2.2 扣除镜面反射的测量

使用测量条件8：de或de：8（均用光阱）或45：0或0：45。

注：如光泽改变，表面反射中的漫射部分也会改变，所以扣除镜面反射测得的三刺激值也会改变。

## 8.2.3 表面有纹理型涂膜

### 8.2.3.1 包含镜面反射的测量

对于表面有纹理涂膜（例如：斑纹漆），使用8：di或di：8（均无光阱）。

### 8.2.3.2 扣除镜面反射的测量

对于无光或低光泽试样，使用8：de或de：8（均有光阱）测量条件。假如测量时，要转动试样，可使用45：0或0：45测量条件。当试样由环形光线或两束互成 $90^{\circ}$ 光线照射时，测量条件为45：0。

注：表面有高光泽且有纹理的涂膜，由于无规则的镜面反射光会进入探测器中，故不应使用8：de或de：8（均有光阱）和45：0或0：45测量条件。

## 8.3 标准色度观察者和标准照明体的选择

最好使用CIE 1964标准色度观察者和标准照明体 $D_{65}$ 。

对特殊同色异谱指数的颜色测定（即以试验照明体代替参考照明体照射试样后，引起两种照明体测量时试样间色差的改变。根据CIE推荐参考照明体最好为 $D_{65}$ ），应采用标准照明体A作为试验照明体。

早期设计的带有滤光器的三刺激值色度计，仅适用于使用CIE 1931标准色度系统和标准照明体为C的三刺激值的测定。如果采用三刺激值法得到颜色坐标，则允许使用这种标准色度观察者和标准光源的组合，但应在试验报告中说明。

## 8.4 仪器

### 8.4.1 光谱光度计

对于高精度的颜色测量，应使用装有三棱镜或光栅单色仪的单光束或最好为双光束反射式光谱光度计，其测量口应能符合8.2中所述的照明及观测条件。

该类仪器应配备以下部件：稳定的光源系统；单色器；能够产生波长和强度相同平行光的系统；拥有光电探测器和入射口的积分球，积分球开口的面积之和宜小于积分球内表面积4%。

仪器波长范围应至少覆盖380 nm—780 nm，测量间隔5 nm或者10 nm。仪器的波长准确度在1 nm以内。

在使用单光束仪器测量并要达到较高精度时,宜使用双光束仪器校准过的标准板对其测量数据进行校正。

该类仪器,能测量有一定重复性的光谱反射比或光谱反射比因数。重复性应优于下两值中的较大者:读数的0.2%或0.001(绝对值)。

注1:在同样条件下(相同操作者、同一光谱光度计,在较短时间间隔内)对同一涂膜所得的两单独试验结果之绝对差低于某规定值时其置信水平为95%。该值称为测量方法的重复性。其是由适当的系数乘以测量方法的标准偏差而得。

准确度应优于下两值中较大者:读数的0.5%或0.002(绝对值)。

注2:本文件中,准确度是指测量结果和真值间的接近程度。

假如是为了客观地管理颜色参考标准而进行的颜色测量,则应优先选择光谱光度计,而不是分光测色仪(8.4.2)或三刺激值色度计(8.4.4)。

#### 8.4.2 分光测色仪

可以测量光谱数据并输出光谱反射因数或光谱反射比和颜色坐标量值。

注:分光测色仪与光谱光度计不同,一般用于波长准确度容差较大、辐射度量值稳定性有要求的测量需求。

对于客观描述试样与参考样之间的色差,测定涂漆物品在生产过程中颜色的偏离(以便控制和调整生产工艺),客观描述由老化及其他化学、物理作用引起的颜色变化等应用,除测定色彩强烈而具有陡窄光谱反射曲线的涂膜外,一般使用分光测色仪测量涂膜颜色。

仪器的波长范围应为宜覆盖380 nm~780 nm,至少覆盖400 nm~700 nm,测量间隔5 nm或者10 nm。仪器的波长误差应小于0.5 nm。仪器光谱带宽应在20 nm或更小。

仪器测量口应能符合8.2中所述的照明及观测条件。

第8.4.2中对光谱光度计规定的重复性要求对滤光光谱光度计也适用。

准确度应优于下两值中较大者:读数的1%或0.004(绝对值)。

#### 8.4.3 三刺激值色度计

此类仪器利用三个或多个滤光器进行积分,以使测量值与三刺激值间呈现简单的线性关系。其测量口应符合8.2中照明和观测条件。

三个滤光器的光谱透射比 $\tau_x(\lambda)$ 、 $\tau_y(\lambda)$ 、 $\tau_z(\lambda)$ 必须与颜色匹配函数、标准照明体、光源的相对光谱功率分布、光电探测器的灵敏度相适应。 $\tau_x$ 滤光器能完全吸收波长范围为500nm以下的光。用 $\tau_x$ 和 $\tau_z$ 滤光器测得的反射因数加权,修正后相加,即得到三刺激值 $X_{10}$ 。

由于要使滤光器完全拟合要求的参数比较困难,因此该类仪器一般不适用于测量颜色本身,而只限于测量色差。而且当标准与试样是同色异谱时,确定试样与参考标准的颜色是否一致也是困难的。为此该类仪器最好限于测定涂漆物品生产中的颜色偏离,以便控制或调整工艺过程;以及客观描述老化及其他化学、物理作用引起的颜色变化。

用该类仪器测得的三刺激值,其重复性应优于下两值中较大者:读数的0.2%或0.001绝对值。

准确度可能低于1%。

#### 8.5 取样和试样的制备

按GB/T 3186规定取受试色漆的代表性样品,并检查和制备试样。

按GB/T 9271、GB/T 1727和GB/T 9278的规定,制备试板、干燥和进行状态调节。

色温变性涂膜,应使试样温度维持在 $23^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。不是色温变性涂膜应按产品标准规定的条件进行状态调节,直到颜色不再变化。属于不能完全遮盖底材的涂膜,其颜色取决于底材的颜色及涂膜厚度。膜厚应按GB/T 13452.2规定测量。

从涂漆物品中取有代表性的试样，试样数应按工艺或有关规定确定。

涂膜试样应是平整、洁净的，其大小应适宜仪器测量口的尺寸（工作时，仪器测量口的直径应不小于10 mm）。

## 8.6 反射比标准

### 8.6.1 基本标准

由CIE推荐的基本标准，其定义为对所有波长光谱反射比均等于1的理想的均匀全反射漫射体。

### 8.6.2 二级标准

由于在实际使用中，不易得到基本标准，就需要一个尽可能接近于基本标准光谱反射比，并已知其光谱反射比的二级标准。二级标准可通过购买获得，也可自制。购买的二级标准的量值应可溯源至国家计量机构。自制二级标准的材料、制备步骤和校验相关要求见8.6.2.1和8.6.2.2。

#### 8.6.2.1 材料

通常将硫酸钡粉末压成片状作为二级标准使用。

用于压片的硫酸钡粉末应标明在各种波长下的光谱反射比 $\rho_{8/45}(\lambda)$ 或光谱反射比因数 $R_{45/0}(\lambda)$ 。所选波长应使其反射比或反射比因数的内插值在 $\pm 0.001$ 精度之内。规定值将与制备硫酸钡片的方法及测量硫酸钡片绝对值的技术有关，即与基本标准有间接关系（参见参考文献1）。

粉末应是无污染、易压制的。

制片的硫酸钡粉末，其光谱反射比 $\rho_{8/45}(\lambda)$ 与光谱反射比因数 $R_{45/0}(\lambda)$ 几乎相同。但还需测定硫酸钡粉末片 $R_{45/0}(\lambda)$ 与 $R_{0/45}(\lambda)$ 光谱反射比因数不一致的程度。

#### 8.6.2.2 制备和校验

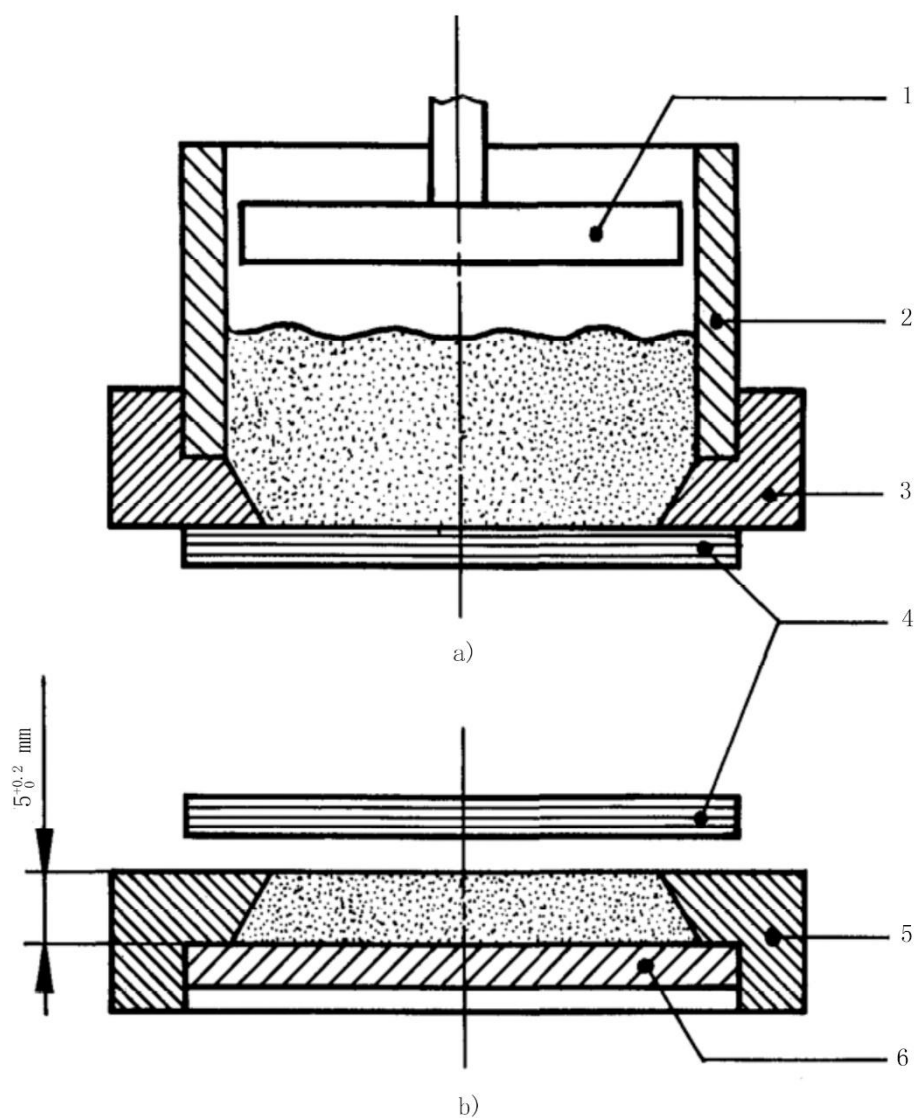
用一洁净的专用机械或压粉机，在模具内压制恒量的硫酸钡粉末，使之压出的片厚至少为5mm、密度为 $1.6 \text{ g/cm}^3 \sim 1.7 \text{ g/cm}^3$ 。片表面应是非纹理，平整且无光泽的。

以相同的操作步骤制取不同粉末的样片。

对给定的某批硫酸钡粉末，制得的二级标准的反射比，其重复性均应优于0.2%。

如小心操作，并贮存于干燥器内，标准可在用7 d内使用。应注意确保不让制得的反射比标准暴露在紫外辐射（ $\lambda < 270 \text{ nm}$ ）下，因该类照射能引起标准在450 nm以下波长范围光谱反射比的变化（参见参考文献1）。

图1是一种压粉机的示例。



标引序号说明:

- 1——柱塞
- 2——圆桶
- 3——环
- 4——无光毛玻璃板
- 5——环
- 6——盖

图1 压制硫酸钡 ( $\text{BaSO}_4$ ) 粉末反射比标准示意图

将作为硫酸钡片框子的金属环下部紧贴在一块洁净无光毛玻璃上(见注、图1a)。用一夹子将环和玻璃板固定在一起,将已称重的粉末(片体积乘以 $1.65\text{g}/\text{cm}^3$ )倒入环内圆筒中,合拢压粉机,使柱塞进入圆筒拧紧螺丝,用橡皮锤轻打上盖几下,再拧紧,重复轻打与拧紧二、三次,直到粉末压实到仅充

满环的锥体内。移去上盖、柱塞和圆筒，盖上盖板，翻转压粉机（见图1b），打开夹子，移开玻璃板。此时压片的表面与环边相平，并能与色度计测样口贴紧，而且粉末已压实到即使将压片表面垂直放置和使用时，也无粉末细粒失落。

试验后玻璃板应用铬酸洗液清洗，然后用蒸馏水、乙醇先后冲洗，再干燥。试验中，可用一小块浸透乙醇的药棉清洗玻璃板。

无光毛玻璃板是用研磨料（颗粒大小约 $0.3\ \mu\text{m}$ ）将与粉末接触的玻璃板面磨平，然后用稀氢氟酸腐蚀制得。

### 8.6.3 工作标准

对于日常测量用的仪器，可采用光谱比在较长时间内保持不变的工作标准。其可以不是均匀全反射漫射体，但应由二级标准对之进行校正。工作标准应由稳定、耐用的材料制成，例如乳白玻璃、瓷板或瓷砖。为易于擦去其表面污物和便于清洗，表面应是抛光面。

应使用中性灰色标准校核光度计光度标尺的线性程度，并扩大光度计的测量范围。以便更可靠地进行深色试样的测定。

使用若干个不同光谱范围的工作标准以校验试验方法的重复性和准确度。

## 8.7 操作步骤

### 8.7.1 光谱光度计

应按仪器使用说明书操作仪器。

一般规定为首先调节光度标尺或强度测量单元。在测量口放一高效光吸收器，校正零点。不能用阻挡光线的方法校正零点。在整个可见光波长范围内，用一适宜的反射比标准进行满度校正。用已知光谱反射比的灰工作标准核对光度标尺的线性程度。

用有强发射线的镉或汞放电灯校准波长标尺。

清除杂散光（例如使用适宜的杂散光滤光器）并擦净光学镜面，避免其他仪器误差。

用合适的对光谱有选择性的工作标准，校对仪器的重复性是否符合其规定的指标。

根据仪器使用的时间及频繁程度，定期地重新校核光度标尺的线性程度，波长标尺和重复性。

根据所选波长间隔及所要测量涂膜的明度，调节狭缝宽度或狭缝宽度的程序，使光谱分辨率与灵敏度之间达到合理地平衡。选择适当的记录速度。

用半宽度小于 $10\ \text{nm}$ 的单色光，以波长间隔 $\Delta\lambda=10\ \text{nm}$ ，在光谱 $380\ \text{nm}$ – $770\ \text{nm}$ 全范围进行测量。但如遇具有陡窄光谱反射曲线的高饱和度颜色涂膜，可使用半宽度小于 $5\ \text{nm}$ 的单色光，以波长间隔 $\Delta\lambda=5\ \text{nm}$ 进行测量。

根据所选定测量条件测定与反射比标准有关的试样的光谱反射比或光谱反射比因数。或者测定三刺激值和色度坐标。

为发现测量误差，需重复每个测量。当偏差大于仪器规定的重复性时，应发现并消除引起偏差的因素。

注：偏差可由仪器引起，也可由试样引起。

如测量的是光谱辐射度特性，按4中规定计算三刺激值和色度坐标。

计算三刺激值 $Y_{10}$ ，色度坐标 $x_{10}$ 、 $y_{10}$ 或者色坐标 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 的平均值。

### 8.7.2 分光测色仪和三刺激值色度计

应按仪器使用说明书操作仪器。

使用滤光光谱光度计时，应调节强度测量单元。在测样口放一个高效光吸收器，校正零点。不能用阻挡光线的方法校正零点。用反射比标准依次对每个滤光器进行满度校正。

使用已知光谱反射比的中性灰工作标准校核光度测量装置的线性程度。

用合适的光谱工作标准校核每个滤光器的老化和重复性。如使用三刺激值色度计，应校核由光源滤光器和探测器组成的测量装置。

使用三刺激值色度计时，应定期校核线性程度、重复性和滤光器的老化。根据仪器使用时间和频繁程度再次校核测量装置的状况。

根据要求，测定与反射比标准有关的三刺激值 $Y_{10}$ 、色度坐标 $x_{10}$ 、 $y_{10}$ 或色坐标 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 。重复测量并计算平均值。

## 9 色差计算

### 9.1 概述

根据试样与参考样在CIE 1976 ( $L^*$   $a^*$   $b^*$ ) 色空间(见4.3)中的色坐标，可计算可得到两者在颜色、明度、彩度及色调上的差异。

注1：CIE 1976 ( $L^*$   $a^*$   $b^*$ ) 缩写为CIELAB。

根据第8章的规定，使用所要获得的信息的相应测量条件，测定试样色坐标 $L_T^*$ 、 $a_T^*$ 、 $b_T^*$ 和参考样色坐标 $L_R^*$ 、 $a_R^*$ 、 $b_R^*$ 。

- a) 如果要测定仅由彩色材料引起的试样与参考样间的色差(例如要客观描述由老化引起的颜料色变)，必须按第8章中8.2.2.1、8.2.3.1，从测得的包含镜面反射的三刺激值计算 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 色坐标。

由于这种测定包含了全部表面反射，因此所测得三刺激值 $X_m$ 、 $Y_m$ 、 $Z_m$ 有必要做数学修正，以免过小的色差赋值[由于计算 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 的是立方根函数 $f(X/X_n)$ 、 $f(Y/Y_n)$ 、 $f(Z/Z_n)$ 曲线]。

修正方程式见式(18)~(20)：

$$X = X_m - \rho_0 X_n \quad (1)$$

$$Y = Y_m - \rho_0 Y_n \quad (2)$$

$$Z = Z_m - \rho_0 Z_n \quad (3)$$

式中：

$X_m$ 、 $Y_m$ 、 $Z_m$ ——测得的三刺激值；

$X_n$ 、 $Y_n$ 、 $Z_n$ ——完全漫反射体的三刺激值(见表2)；

$\rho_0$ ——菲涅尔反射比，基于折射率 $n=1.5$ (见注3)。设 $\rho_0=0.04$ 。

- b) 如要测定由彩色材料色差和表面反射差异引起的试样和参考样间的色差(如按GB/T 9761以目视比色法大致看出两者的色差)，必须按第8章中8.2.2.2或8.2.3.2，按除去镜面反射的测量条件测定 $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 。

如使用a)和b)两种方法测量高光泽涂膜的色差，其结果将是可比的。在其他情况下，该两种方法测得色差的可比程度将取决于试样与参考样间的光泽差和光度计测头的结构。

注2：新式仪器会按贮存在仪器中的参考值自动地计算出色差。

注3：对颜色很深或高彩色涂膜做修正时，应使用更精确的 $\rho_0$ 值。这些应在试验报告中注明。

用数学方法消除表面反射测得的色差与某观察者用除去光泽情况下检查高反射试样看到的色差会不一致。

## 9.2 采用 CIELAB 色差公式计算总色差

两颜色间的总色差 $\Delta E_{ab}^*$ 是他们在CIE 1976 ( $L^*$   $a^*$   $b^*$ ) 色空间（见4.3）中两位置的几何距离。并按以下公式计算：

$$\Delta E_{ab}^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

式中：

$\Delta L^* = L_T^* - L_R^*$ ， $\Delta L^*$ 为试样和参考样的色坐标 $L^*$ 差；

$\Delta a^* = a_T^* - a_R^*$ ， $\Delta a^*$ 为试样和参考样的色坐标 $a^*$ 差；

$\Delta b^* = b_T^* - b_R^*$ ， $\Delta b^*$ 为试样和参考样的色坐标 $b^*$ 差。

## 9.3 明度差

CIE 1976明度差定义了试样与参考样之间的明度差 $\Delta L^*$ 。

$$\Delta L^* = L_T^* - L_R^* \quad (1)$$

## 9.4 彩度差

CIE 1976 $ab$ 彩度差定义了试样与参考样之间的彩度差 $\Delta C_{ab}^*$ 。

$$\Delta C_{ab}^* = C_{ab,T}^* - C_{ab,R}^* \quad (1)$$

式中：

$C_{ab,T}^*$ ——试样的CIE 1976 $ab$ 彩度，由式（24）定义。

$$C_{ab,T}^* = (a_T^{*2} + b_T^{*2})^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$C_{ab,R}^*$ ——参考样的CIE 1976 $ab$ 彩度，由式（25）定义。

$$C_{ab,R}^* = (a_R^{*2} + b_R^{*2})^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

## 9.5 色调差

CIE 1976 $ab$ 色调差定义了试样与参考样之间的色调差 $\Delta H_{ab}^*$ ，见式（26）。

$$\Delta H_{ab}^* = K_H [(\Delta E_{ab}^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C_{ab}^*)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

式中：

当  $a_R^*b_T^* - a_T^*b_R^* \geq 0$  时,  $K_H=+1$

当  $a_R^*b_T^* - a_T^*b_R^* < 0$  时,  $K_H=-1$

明度差、彩度差和色调差被定义为它们的平方和等于总色差的平方。

## 9.6 近白色试样的色差

白色试样的色差应用  $\Delta E_{ab}^*$ 、 $\Delta L^*$ 、 $\Delta a^*$ 、 $\Delta b^*$ ，而不用  $\Delta C_{ab}^*$  和  $\Delta H_{ab}^*$  来表示。

## 10 试验报告

试验报告应至少包括以下内容：

- a) 受试试样的类型和名称，包括制备方法的说明；
- b) 注明参照本文件编号；
- c) 仪器的类型（光谱光度计等）及牌号（制造厂名及型号）；
- d) 所使用的波长间隔；
- e) 任何特殊情况（例如：不遮盖涂膜、膜厚）；
- f) 测量结果（ $Y_{10}$ 、 $x_{10}$ 、 $y_{10}$  或  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ ）、采用照明和观测条件的符号和使用光阱的情况；
- g) 使用 8.1 中方法 a) 还是 b)；
- h) 用以下形式表示的试验结果：
  - 色差  $\Delta E_{ab}^*$ ；
  - 必要时也表示明度差  $\Delta L^*$ ，彩度差  $\Delta C_{ab}^*$  和色调差  $\Delta H_{ab}^*$ ；
  - 或对白色试样表示  $\Delta a^*$  和  $\Delta b^*$ 。
- i) 任何其他与本文件的不同之处；
- j) 试验日期。

## 附 录 A

(规范性)

## 波长间隔 5 nm 的 10° 观察者色匹配函数

波长间隔 5 nm 的 10° 观察者色匹配函数见表 A. 1。

表 A. 1 波长间隔 1nm 的 10° 观察者色匹配函数

$\lambda/\text{nm}$	$\bar{x}_{10}(\lambda)$	$\bar{y}_{10}(\lambda)$	$\bar{z}_{10}(\lambda)$
380	0.000 160	0.000 017	0.000 705
385	0.000 662	0.000 072	0.002 928
390	0.002 362	0.000 253	0.010 482
395	0.007 242	0.000 769	0.032 344
400	0.019 110	0.002 004	0.086 011
405	0.043 400	0.004 509	0.197 120
410	0.084 736	0.008 756	0.389 366
415	0.140 638	0.014 456	0.656 760
420	0.204 492	0.021 391	0.972 542
425	0.264 737	0.029 497	1.282 50
430	0.314 679	0.038 676	1.553 48
435	0.357 719	0.049 602	1.798 50
440	0.383 734	0.062 077	1.967 28
445	0.386 726	0.074 704	2.027 30
450	0.370 702	0.089 456	1.994 80
455	0.342 957	0.106 256	1.900 70
460	0.302 273	0.128 201	1.745 37
465	0.254 085	0.152 761	1.554 90
470	0.195 618	0.185 190	1.317 56
475	0.132 349	0.219 940	1.030 20
480	0.080 507	0.253 589	0.772 125
485	0.041 072	0.297 665	0.570 060
490	0.016 172	0.339 133	0.415 254
495	0.005 132	0.395 379	0.302 356
500	0.003 816	0.460 777	0.218 502
505	0.015 444	0.531 360	0.159 249
510	0.037 465	0.606 741	0.112 044
515	0.071 358	0.685 660	0.082 248
520	0.117 749	0.761 757	0.060 709
525	0.172 953	0.823 330	0.043 050
530	0.236 491	0.875 211	0.030 451
535	0.304 213	0.923 810	0.020 584

$\lambda/\text{nm}$	$\bar{x}_{10}(\lambda)$	$\bar{y}_{10}(\lambda)$	$\bar{z}_{10}(\lambda)$
540	0.376 772	0.961 988	0.013 676
545	0.451 584	0.982 200	0.007 918
550	0.529 826	0.991 761	0.003 988
555	0.616 053	0.999 110	0.001 091
560	0.705 224	0.997 340	—
565	0.793 832	0.982 380	—
570	0.878 655	0.955 552	—
575	0.951 162	0.915 175	—
580	1.014 16	0.868 934	—
585	1.074 30	0.825 623	—
590	1.118 52	0.777 405	—
595	1.134 30	0.720 353	—
600	1.123 99	0.658 341	—
605	1.089 10	0.593 878	—
610	1.030 48	0.527 963	—
615	0.950 740	0.461 834	—
620	0.856 297	0.398 057	—
625	0.754 930	0.339 554	—
630	0.647 467	0.283 493	—
635	0.535 110	0.228 254	—
640	0.431 567	0.179 828	—
645	0.343 690	0.140 211	—
650	0.268 329	0.107 633	—
655	0.204 300	0.081 187	—
660	0.152 568	0.060 281	—
665	0.112 210	0.044 096	—
670	0.081 261	0.031 800	—
675	0.057 930	0.022 602	—
680	0.040 851	0.015 905	—
685	0.028 623	0.011 130	—
690	0.019 941	0.007 749	—
695	0.013 842	0.005 375	—
700	0.009 577	0.003 718	—
705	0.006 605	0.002 565	—
710	0.004 553	0.001 768	—
715	0.003 145	0.001 222	—
720	0.002 175	0.000 846	—
725	0.001 506	0.000 586	—
730	0.001 045	0.000 407	—
735	0.000 727	0.000 284	—

$\lambda/\text{nm}$	$\bar{x}_{10}(\lambda)$	$\bar{y}_{10}(\lambda)$	$\bar{z}_{10}(\lambda)$
740	0.000 508	0.000 199	—
745	0.000 356	0.000 140	—
750	0.000 251	0.000 098	—
755	0.000 178	0.000 070	—
760	0.000 126	0.000 050	—
765	0.000 090	0.000 036	—
770	0.000 065	0.000 025	—
775	0.000 046	0.000 018	—
780	0.000 033	0.000 013	—

## 附录 B

(规范性)

标准照明体 D65 和 A 在 5 nm 波长间隔下的相对光谱功率分布  $s(\lambda)$ 标准照明体 D65 和 A 在 5 nm 波长间隔下的相对光谱功率分布  $s(\lambda)$  见表 B.2。表 3 标准照明体 D<sub>65</sub> 和 A 在 1 nm 波长间隔下的相对光谱功率分布  $s(\lambda)$ 

$\lambda/\text{nm}$	$s_{\text{D65}}(\lambda)$	$s_{\text{A}}(\lambda)$
300	0.034 100 0	0.930 483
305	1.664 30	1.128 21
310	3.294 50	1.357 69
315	11.765 2	1.622 19
320	20.236 0	1.925 08
325	28.644 7	2.269 80
330	37.053 5	2.659 81
335	38.501 1	3.098 61
340	39.948 8	3.589 68
345	42.430 2	4.136 48
350	44.911 7	4.742 38
355	45.775 0	5.410 70
360	46.638 3	6.144 62
365	49.363 7	6.947 20
370	52.089 1	7.821 35
375	51.032 3	8.769 80
380	49.975 5	9.795 10
385	52.311 8	10.899 6
390	54.648 2	12.085 3
395	68.701 5	13.354 3
400	82.754 9	14.708 0
405	87.120 4	16.148 0
410	91.486 0	17.675 3
415	92.458 9	19.290 7
420	93.431 8	20.995 0
425	90.057 0	22.788 3
430	86.682 3	24.670 9
435	95.773 6	26.642 5
440	104.865	28.702 7
445	110.936	30.850 8
450	117.008	33.085 9
455	117.410	35.406 8

$\lambda/\text{nm}$	$s_{\text{D65}}(\lambda)$	$s_{\lambda}(\lambda)$
460	117.812	37.812 1
465	116.336	40.300 2
470	114.861	42.869 3
475	115.392	45.517 4
480	115.923	48.242 3
485	112.367	51.041 8
490	108.811	53.913 2
495	109.082	56.853 9
500	109.354	59.861 1
505	108.578	62.932 0
510	107.802	66.063 5
515	106.296	69.252 5
520	104.790	72.495 9
525	106.239	75.790 3
530	107.689	79.132 6
535	106.047	82.519 3
540	104.405	85.947 0
545	104.225	89.412 4
550	104.046	92.912 0
555	102.023	96.442 3
560	100.000	100.000
565	98.167 1	103.582
570	96.334 2	107.184
575	96.061 1	110.803
580	95.788 0	114.436
585	92.236 8	118.080
590	88.685 6	121.731
595	89.345 9	125.386
600	90.006 2	129.043
605	89.802 6	132.697
610	89.599 1	136.346
615	88.648 9	139.988
620	87.698 7	143.618
625	85.493 6	147.235
630	83.288 6	150.836
635	83.493 9	154.418
640	83.699 2	157.979
645	81.863 0	161.516
650	80.026 8	165.028
655	80.120 7	168.510

$\lambda/\text{nm}$	$s_{\text{D65}}(\lambda)$	$s_{\lambda}(\lambda)$
660	80.214 6	171.963
665	81.246 2	175.383
670	82.277 8	178.769
675	80.281 0	182.118
680	78.284 2	185.429
685	74.002 7	188.701
690	69.721 3	191.931
695	70.665 2	195.118
700	71.609 1	198.261
705	72.979 0	201.359
710	74.349 0	204.409
715	67.976 5	207.411
720	61.604 0	210.365
725	65.744 8	213.268
730	69.885 6	216.120
735	72.486 3	218.920
740	75.087 0	221.667
745	69.339 8	224.361
750	63.592 7	227.000
755	55.005 4	229.585
760	46.418 2	232.115
765	56.611 8	234.589
770	66.805 4	237.008
775	65.094 1	239.370
780	63.382 8	241.675

### 参 考 文 献

- [1] Erb W. Requirements for reflection standards and the measurement of their reflection values[J]. Applied Optics. 1975. 14(2): 493-499.
-