

# 中华人民共和国国家标准

## 涂膜颜色的测量方法 第一部分 原理

GB 11186.1—89

Methods for measuring the colour of paint films—

Part 1: Principles

本标准等效采用国际标准 ISO 7724/1—1984《色漆和清漆 颜色测量 第一部分:原理》

### 1 主题内容与适用范围

本标准规定了测量涂膜颜色的术语和测量涂膜色坐标必须具备的基本条件。

### 2 引用标准

GB 3977 颜色的表示方法

GB 3978 标准照明体及照明观测条件

GB 3979 物体色的测量方法

GB 9754 涂料涂层20°、60°、85°镜面光泽的测定

GB 9761 色漆和清漆 色漆的目视比色

GB 11186.2 涂膜颜色的测量方法 第二部分 颜色测量

GB 11186.3 涂膜颜色的测量方法 第三部分 色差计算

### 3 颜色坐标

颜色坐标由三个相互垂直的矢量组成。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。

本标准规定了表示涂膜颜色的两种标准色度系统。

#### 3.1 CIE 1964补充标准色度系统(也称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  $Y_{10}$  和色品坐标  $x_{10}$ 、 $y_{10}$  表示:

$$Y_{10} = K_{10} \sum_{\lambda=l}^{\lambda=\mu} \varphi(\lambda) \bar{y}_{10}(\lambda) \Delta\lambda$$
$$x_{10} = \frac{X_{10}}{X_{10} + Y_{10} + Z_{10}}$$
$$y_{10} = \frac{Y_{10}}{X_{10} + Y_{10} + Z_{10}}$$

而

$$X_{10} = K_{10} \sum_{\lambda=l}^{\lambda=\mu} \varphi(\lambda) \bar{x}_{10}(\lambda) \Delta\lambda$$
$$Z_{10} = K_{10} \sum_{\lambda=l}^{\lambda=\mu} \varphi(\lambda) \bar{z}_{10}(\lambda) \Delta\lambda$$

式中:  $X_{10}$ 、 $Y_{10}$ 、 $Z_{10}$ ——三刺激值;

$\varphi(\lambda)$ ——色刺激函数。它是标准照明体(见第4章)的相对光谱功率分布  $s(\lambda)$  与表现涂膜反射率的光谱函数  $[R(\lambda)\rho(\lambda)$  或  $\rho_{(d)}(\lambda)]$  (见第5章)的乘积;

$\bar{x}_{10}(\lambda)$ 、 $\bar{y}_{10}(\lambda)$ 、 $\bar{z}_{10}(\lambda)$ ——CIE1964补充标准色度系统中的色匹配函数(见表1);

$l$ 、 $\mu$ ——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。一般采用5 nm 或10 nm;

$K_{10}$ ——归一化系数,以下式计算:

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

式中,设完全反射漫射体的三刺激值  $Y_{10}$  为100。

注:① 以前称色匹配函数  $\bar{x}_{10}(\lambda)$ 、 $\bar{y}_{10}(\lambda)$ 、 $\bar{z}_{10}(\lambda)$  为 CIE 光谱三刺激值或 CIE 三色加权系数。

② 在 CIE 1931标准色度系统中,观察者视域角为2°视场。也有其色匹配函数  $\bar{x}(\lambda)$ 、 $\bar{y}(\lambda)$ 、 $\bar{z}(\lambda)$  及相应的计算方程式。

而10°视场比2°视场观察的结果更接近于实际,并能与 GB 9761中推荐的观察条件相一致。

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

CIE 1976( $L^*a^*b^*$ )色空间的色坐标由  $L^*a^*b^*$  表示。与 CIE 1964色度系统(见3.1)相比在视觉上有更均匀的规定,有利于色差的比较和评定。

当  $Y_{10}/Y_n > 0.008 856$  时,

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

当  $Y_{10}/Y_n \leq 0.008 856$  时,

$$L^* = 903.3(Y_{10}/Y_n)$$

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

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

式中:当  $X_{10}/X_n$ 、 $Y_{10}/Y_n$ 、 $Z_{10}/Z_n$  均大于0.008 856时,

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

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

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

当  $X_{10}/X_n$ 、 $Y_{10}/Y_n$ 、 $Z_{10}/Z_n$  均小于等于0.008 856时,

$$f(X_{10}/X_n) = 7.787(X_{10}/X_n) + 16/116$$

$$f(Y_{10}/Y_n) = 7.787(Y_{10}/Y_n) + 16/116$$

$$f(Z_{10}/Z_n) = 7.787(Z_{10}/Z_n) + 16/116$$

$X_n$ 、 $Y_n$ 、 $Z_n$ ——在标准照明体  $D_{65}$ 、C 或 A10°视场下,完全反射漫射体的三刺激值(见表2)。

注:如使用2°三刺激值,将得到2°观察者的  $L^*a^*b^*$  色坐标。而对应于标准照明体  $D_{65}$  或 A 的  $X_n$  和  $Z_n$ ,则可按  $Y_n = 100$  时,从2°色度坐标求得。

在该系统中,有时用明度  $L^*$  (以直线表示),彩度  $C_{ab}^*$  和色调角  $h_{ab}^*$  (以及坐标表示)来表示颜色的色坐标。

CIE 1976 心理测验明度

$L^*$

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°)

表 1 波长间隔5 nm 的10°观察者颜色匹配函数

$\lambda, \text{nm}$	$\bar{x}_{10}(\lambda)$	$\bar{y}_{10}(\lambda)$	$\bar{z}_{10}(\lambda)$
380	0.000 2	0.000 0	0.000 7
385	0.000 7	0.000 1	0.002 9
390	0.002 4	0.000 3	0.010 5
395	0.007 2	0.000 8	0.032 3
400	0.019 1	0.002 0	0.086 0
405	0.043 4	0.004 5	0.197 1
410	0.084 7	0.008 8	0.389 4
415	0.140 6	0.014 5	0.656 8
420	0.204 5	0.021 4	0.972 5
425	0.264 7	0.029 5	1.282 5
430	0.314 7	0.038 7	1.553 5
435	0.357 7	0.049 6	1.798 5
440	0.383 7	0.062 1	1.967 3
445	0.386 7	0.074 7	2.027 3
450	0.370 7	0.089 5	1.994 8
455	0.343 0	0.106 3	1.900 7
460	0.302 3	0.128 2	1.745 4
465	0.254 1	0.152 8	1.554 9
470	0.195 6	0.185 2	1.317 6
475	0.132 3	0.219 9	1.030 2
480	0.080 5	0.253 6	0.772 1
485	0.041 1	0.297 7	0.570 1
490	0.016 2	0.339 1	0.415 3
495	0.005 1	0.395 4	0.302 4
500	0.003 8	0.460 8	0.218 5
505	0.015 4	0.531 4	0.159 2
510	0.037 5	0.606 7	0.112 0
515	0.071 4	0.685 7	0.082 2
520	0.117 7	0.761 8	0.060 7
525	0.173 0	0.823 3	0.043 1
530	0.236 5	0.875 2	0.030 5

续表 1

$\lambda, \text{nm}$	$\bar{z}_{10}(\lambda)$	$\bar{y}_{10}(\lambda)$	$\bar{z}_{10}(\lambda)$
535	0.304 2	0.923 8	0.020 6
540	0.376 8	0.962 0	0.013 7
545	0.451 6	0.982 2	0.007 9
550	0.529 8	0.991 8	0.004 0
555	0.616 1	0.999 1	0.001 1
560	0.705 2	0.997 3	0.000 0
565	0.793 8	0.982 4	0.000 0
570	0.878 7	0.955 6	0.000 0
575	0.951 2	0.915 2	0.000 0
580	1.014 2	0.868 9	0.000 0
585	1.074 3	0.825 6	0.000 0
590	1.118 5	0.777 4	0.000 0
595	1.134 3	0.720 4	0.000 0
600	1.124 0	0.658 3	0.000 0
605	1.089 1	0.593 9	0.000 0
610	1.030 5	0.528 0	0.000 0
615	0.950 7	0.461 8	0.000 0
620	0.856 3	0.398 1	0.000 0
625	0.754 9	0.339 6	0.000 0
630	0.647 5	0.283 5	0.000 0
635	0.535 1	0.228 3	0.000 0
640	0.431 6	0.179 8	0.000 0
645	0.343 7	0.140 2	0.000 0
650	0.268 3	0.107 6	0.000 0
655	0.204 3	0.081 2	0.000 0
660	0.152 6	0.060 3	0.000 0
665	0.112 2	0.044 1	0.000 0
670	0.081 3	0.031 8	0.000 0
675	0.057 9	0.022 6	0.000 0
680	0.040 9	0.015 9	0.000 0
685	0.028 6	0.011 1	0.000 0
690	0.019 9	0.007 7	0.000 0
695	0.013 8	0.005 4	0.000 0
700	0.009 6	0.003 7	0.000 0

续表 1

$\lambda, \text{nm}$	$\bar{x}_{10}(\lambda)$	$\bar{y}_{10}(\lambda)$	$\bar{z}_{10}(\lambda)$
705	0.006 6	0.002 6	0.000 0
710	0.004 6	0.001 8	0.000 0
715	0.003 1	0.001 2	0.000 0
720	0.002 2	0.000 8	0.000 0
725	0.001 5	0.000 6	0.000 0
730	0.001 0	0.000 4	0.000 0
735	0.000 7	0.000 3	0.000 0
740	0.000 5	0.000 2	0.000 0
745	0.000 4	0.000 1	0.000 0
750	0.000 3	0.000 1	0.000 0
755	0.000 2	0.000 1	0.000 0
760	0.000 1	0.000 0	0.000 0
765	0.000 1	0.000 0	0.000 0
770	0.000 1	0.000 0	0.000 0
775	0.000 0	0.000 0	0.000 0
780	0.000 0	0.000 0	0.000 0

表 2 对标准照明体 D<sub>65</sub>和 A10°视场下完全反射漫射体的三刺激值

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
$Z_n$	107.34	35.20

#### 4 标准照明体

本标准规定用于颜色测量的标准照明体应是标准照明体 D<sub>65</sub>其相关色温是6504 K 时相状态的昼光。

注：标准照明体 C 相当于相关色温为6774 K 的平均昼光。其光谱分布不及标准照明体 D<sub>65</sub>那样接近于自然昼光。尤其在紫外区域。

标准照明体 A 被规定用于特殊同色异谱指数的色度测定(见 GB 11186.2 中第5章)。其代表钨丝灯的光,光谱分布相当于2856 K 温度下的全辐射体。

标准照明体 D<sub>65</sub>和 A 的相对光谱功率分布  $s(\lambda)$  的数值见表3。

表 3 标准照明体 D<sub>65</sub>和 A,按5 nm 波长间隔的相对光谱功率分布  $s(\lambda)$ 

$\lambda, \text{nm}$	$s(\lambda)$ D <sub>65</sub>	$s(\lambda)$ A	$\lambda, \text{nm}$	$s(\lambda)$ D <sub>65</sub>	$s(\lambda)$ A
380	50.0	9.80	555	102.0	96.44
385	52.3	10.90	560	100.0	100.00
390	54.6	12.09	565	98.2	103.58
395	68.7	13.35	570	96.3	107.18
400	82.8	14.71	575	96.1	110.80
405	87.1	16.15	580	95.8	114.44
410	91.5	17.68	585	92.2	118.08
415	92.5	19.29	590	88.7	121.73
420	93.4	21.00	595	89.3	125.39
425	90.1	22.79	600	90.0	129.04
430	86.7	24.67	605	89.8	132.70
435	95.8	26.64	610	89.6	136.35
440	104.9	28.70	615	88.6	139.99
445	110.9	30.85	620	87.7	143.62
450	117.0	33.09	625	85.5	147.23
455	117.4	35.41	630	83.3	150.84
460	117.8	37.81	635	83.5	154.42
465	116.3	40.30	640	83.7	157.98
470	114.9	42.87	645	81.9	161.52
475	115.4	45.52	650	80.0	165.03
480	115.9	48.24	655	80.1	168.51
485	112.4	51.04	660	80.2	171.96
490	108.8	53.91	665	81.2	175.38
495	109.1	56.85	670	82.3	178.77
500	109.4	59.86	675	80.3	182.12
505	108.6	62.93	680	78.3	185.43
510	107.8	66.06	685	74.0	188.70
515	106.3	69.25	690	69.7	191.93
520	104.8	70.50	695	70.7	195.12
525	106.2	75.79	700	71.6	198.26
530	107.7	79.13	705	73.0	201.36
535	106.0	82.52	710	74.3	204.41
540	104.4	85.95	715	68.0	207.41
545	104.2	89.41	720	61.6	210.36
550	104.0	92.91	725	65.7	213.27

续表 3

$\lambda, \text{nm}$	$s(\lambda) \text{ D}_{65}$	$s(\lambda) \text{ A}$	$\lambda, \text{nm}$	$s(\lambda) \text{ D}_{65}$	$s(\lambda) \text{ A}$
730	69.9	216.12	765	56.6	234.59
735	72.5	218.92	770	66.8	237.01
740	75.1	221.67	775	65.1	239.37
745	69.3	224.36	780	63.4	241.68
750	63.6	227.00	—	—	—
755	55.0	229.59	—	—	—
760	46.4	232.12	—	—	—

## 5 光谱辐射度特性

### 5.1 概述

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。本标准对涂膜颜色测量,使用了以下三种光谱辐射度特性。

#### 5.1.1 光谱反射比因数 $R(\lambda)$

在特定的,波长为  $\lambda_{\text{nm}}$  的光照射下,在规定的立体角和限定的方向上,从样品反射的辐射通量与相同照明、相同方向上完全反射漫射体反射的辐射通量之比。

注:本标准规定以光谱反射比因数代替 CIE 的光谱辐亮度因数。商用仪器不适宜准确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。

#### 5.1.2 光谱反射比 $\rho(\lambda)$

在波长为  $\lambda_{\text{nm}}$  的光照射下,试样在  $2\pi$  范围内反射的辐射通量与入射的辐射通量之比。

#### 5.1.3 光谱漫反射比 $\rho_{(d)}(\lambda)$

除去镜面反射光的光谱反射比。

### 5.2 照明和观测条件

本标准规定了用于涂膜颜色测量的多种测量反射辐射量的照明和观测条件(见表4)。

表 4 涂膜颜色测量的光谱辐射特性及观测条件

光谱辐射特性		观 测 条 件		
名 称	符 号	照 明	观 测	表示(缩写)'
光谱反射比因数	$R_{45/0}(\lambda)$	定向 $45^\circ \pm 5^\circ$	定向 $0^\circ \pm 10^\circ$	45°/垂直(45/0)
	$R_{0/45}(\lambda)$	定向 $10^\circ \pm 10^\circ$	定向 $45^\circ \pm 5^\circ$	垂直/45°(0/45)
	$R_t/8(\lambda)$	漫射积分球	定向 $2^\circ 8' \pm 2^\circ$	漫射/8°(t/8)
	$R_{(d)8/d}(\lambda)$	漫射有光泽吸收器的积分球	定向 $2^\circ 8' \pm 2^\circ$	漫射/8°(d/8)除去镜面反射
光谱反射比	$\rho_{8/t}(\lambda)$	定向 $2^\circ 8' \pm 2^\circ$	漫射 积分球	8°/漫射(8/t)
光谱漫反射比	$\rho_{(d)8/d}(\lambda)$	定向 $2^\circ 8' \pm 2^\circ$	漫射有光泽吸收器的积分球	8°/漫射(8/d)除去镜面反射

注:1) 应考虑到有光样品与照明镜片间相互反射的可能。

2) 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中,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  $8/d$  和  $d/8$  的照明与观测条件时,应使用光泽吸收器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,使用光泽吸收器,至少能除去高光泽黑玻璃板上 95% 的反射光。可使用 GB 9761 中折射率为  $1.50 \sim 1.55$  间的基本标准板试验光泽吸收器。当使用及不使用光泽吸收器时,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,

$$\frac{\rho_{(d)8/d}(\lambda)}{\rho_{8/d}(\lambda)} \leq 0.05$$

---

#### 附加说明:

本标准由全国涂料和颜料标准化技术委员会归口。

本标准由化学工业部涂料工业研究所负责起草。

本标准主要起草人杨文纬。