

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

Methods for measuring the colour of paint films—
Part 1: Principles

GB 11186.1—89

中华人民共和国化学工业部批准并发布
1989-03-01 批准 1990-01-01 实施

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;

$\bar{x}_{10}(\lambda)$ 、 $\bar{y}_{10}(\lambda)$ 、 $\bar{z}_{10}(\lambda)$ ——CIE 1964 补充标准色度系统中的色匹配函数(见表1);

l 、 μ ——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 5nm 或 10nm;

K_{10} ——归一化系数,以下式计算:

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

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, 观察者视阈角为 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。

表 1 波长间隔 5nm 的 10° 观察者颜色匹配函数

λ, nm	$\bar{x}_{10}(\lambda)$	$\bar{y}_{10}(\lambda)$	$\bar{z}_{10}(\lambda)$
380	0.0002	0.0000	0.0007
385	0.0007	0.0001	0.0029
390	0.0024	0.0003	0.0105
395	0.0072	0.0008	0.0323
400	0.0191	0.0020	0.0860
405	0.0434	0.0045	0.1971
410	0.0847	0.0088	0.3894
415	0.1406	0.0145	0.6568
420	0.2045	0.0214	0.9725
425	0.2647	0.0295	1.2825
430	0.3147	0.0387	1.5535
435	0.3577	0.0496	1.7985
440	0.3837	0.0621	1.9673
445	0.3867	0.0747	2.0273
450	0.3707	0.0895	1.9948
455	0.3430	0.1063	1.9007
460	0.3023	0.1282	1.7454
465	0.2541	0.1528	1.5549
470	0.1956	0.1852	1.3176
475	0.1323	0.2199	1.0302
480	0.0805	0.2536	0.7721
485	0.0411	0.2977	0.5701
490	0.0162	0.3391	0.4153
495	0.0051	0.3954	0.3024
500	0.0038	0.4608	0.2185
505	0.0154	0.5314	0.1592
510	0.0375	0.6067	0.1120
515	0.0714	0.6857	0.0822
520	0.1177	0.7618	0.0607
525	0.1730	0.8233	0.0431

续表

λ, nm	$\bar{x}_{10}(\lambda)$	$\bar{y}_{10}(\lambda)$	$\bar{z}_{10}(\lambda)$
530	0.2365	0.8752	0.0305
535	0.3042	0.9238	0.0206
540	0.3768	0.9620	0.0137
545	0.4516	0.9822	0.0079
550	0.5298	0.9918	0.0040
555	0.6161	0.9991	0.0011
560	0.7052	0.9973	0.0000
565	0.7938	0.9824	0.0000
570	0.8787	0.9556	0.0000
575	0.9512	0.9152	0.0000
580	1.0142	0.8689	0.0000
585	1.0743	0.8256	0.0000
590	1.1185	0.7774	0.0000
595	1.1343	0.7204	0.0000
600	1.1240	0.6583	0.0000
605	1.0891	0.5939	0.0000
610	1.0305	0.5280	0.0000
615	0.9507	0.4618	0.0000
620	0.8563	0.3981	0.0000
625	0.7549	0.3396	0.0000
630	0.6475	0.2835	0.0000
635	0.5351	0.2283	0.0000
640	0.4316	0.1798	0.0000
645	0.3437	0.1402	0.0000
650	0.2683	0.1076	0.0000
655	0.2043	0.0812	0.0000
660	0.1526	0.0603	0.0000
665	0.1122	0.0441	0.0000
670	0.0813	0.0318	0.0000
675	0.0579	0.0226	0.0000
680	0.0409	0.0159	0.0000
685	0.0286	0.0111	0.0000
690	0.0199	0.0077	0.0000
695	0.0138	0.0054	0.0000
700	0.0096	0.0037	0.0000
705	0.0066	0.0026	0.0000

续表

λ, nm	$\bar{x}_{10}(\lambda)$	$\bar{y}_{10}(\lambda)$	$\bar{z}_{10}(\lambda)$
710	0.0046	0.0018	0.0000
715	0.0031	0.0012	0.0000
720	0.0022	0.0008	0.0000
725	0.0015	0.0006	0.0000
730	0.0010	0.0004	0.0000
735	0.0007	0.0003	0.0000
740	0.0005	0.0002	0.0000
745	0.0004	0.0001	0.0000
750	0.0003	0.0001	0.0000
755	0.0002	0.0001	0.0000
760	0.0001	0.0000	0.0000
765	0.0001	0.0000	0.0000
770	0.0001	0.0000	0.0000
775	0.0000	0.0000	0.0000
780	0.0000	0.0000	0.0000

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 $Y_{10}/Y_n > 0.008856$ 时,

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

当 $Y_{10}/Y_n \leq 0.008856$ 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 0.008856 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 0.008856 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 A 10°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。

表 2 对标准照明体 D_{65} 和 A 10°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_{65}	A
X_n	94.81	111.14
Y_n	100.00	100.00
Z_n	107.34	35.20

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 $h_{ab} = \arctan(b^*/a^*)$
($0^\circ \sim 360^\circ$)

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_{65} 其相关色温是 6504K 时相状态的昼光。

注:标准照明体 C 相当于相关色温为 6774K 的平均昼光。其光谱分布不及标准照明体 D_{65} 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 2856K 温度下的全辐射体。

标准照明体 D_{65} 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_{65} 和 A ,按 5nm 波长间隔的相对光谱功率分布 $s(\lambda)$

λ, nm	$s(\lambda) D_{65}$	$s(\lambda) A$	λ, nm	$s(\lambda) D_{65}$	$s(\lambda) A$
380	50.0	9.80	430	86.7	24.67
385	52.3	10.90	435	95.8	26.64
390	54.6	12.09	440	104.9	28.70
395	68.7	13.35	445	110.9	30.85
400	82.8	14.71	450	117.0	33.09
405	87.1	16.15	455	117.4	35.41
410	91.5	17.68	460	117.8	37.81
415	92.5	19.29	465	116.3	40.30
420	93.4	21.00	470	114.9	42.87
425	90.1	22.79	475	115.4	45.52

续表

λ, nm	$s(\lambda)_{D_{65}}$	$s(\lambda)_A$	λ, nm	$s(\lambda)_{D_{65}}$	$s(\lambda)_A$
480	115.9	48.24	640	83.7	157.98
485	112.4	51.04	645	81.9	161.52
490	108.8	53.91	650	80.0	165.03
495	109.1	56.85	655	80.1	168.51
500	109.4	59.86	660	80.2	171.96
505	108.6	62.93	665	81.2	175.38
510	107.8	66.06	670	82.3	178.77
515	106.3	69.25	675	80.3	182.12
520	104.8	70.50	680	78.3	185.43
525	106.2	75.79	685	74.0	188.70
530	107.7	79.13	690	69.7	191.93
535	106.0	82.52	695	70.7	195.12
540	104.4	85.95	700	71.6	198.26
545	104.2	89.41	705	73.0	201.36
550	104.0	92.91	710	74.3	204.41
555	102.0	96.44	715	68.0	207.41
560	100.0	100.00	720	61.6	210.36
565	98.2	103.58	725	65.7	213.27
570	96.3	107.18	730	69.9	216.12
575	96.1	110.80	735	72.5	218.92
580	95.8	114.44	740	75.1	221.67
585	92.2	118.08	745	69.3	224.36
590	88.7	121.73	750	63.6	227.00
595	89.3	125.39	755	55.0	229.59
600	90.0	129.04	760	46.4	232.12
605	89.8	132.70	765	56.6	234.59
610	89.6	136.35	770	66.8	237.01
615	88.6	139.99	775	65.1	239.37
620	87.7	143.62	780	63.4	241.68
625	85.5	147.23	—	—	—
630	83.3	150.84	—	—	—
635	83.5	154.42	—	—	—

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 λ_{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 λ_{nm} 的光照射下,试样在 2π 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 ¹⁾ $0^\circ \pm 10^\circ$	定向 $45^\circ \pm 5^\circ$	垂直/45°(0/45)
	$R_{t/8}(\lambda)$	漫射积分球	定向 ²⁾ $8^\circ \pm 2^\circ$	漫射/8°(t/8)
	$R_{(d)d/8}(\lambda)$	漫射有光泽吸收器的积分球	定向 ²⁾ $8^\circ \pm 2^\circ$	漫射/8°(d/8)除去镜面反射
光谱反射比	$\rho_{8/t}(\lambda)$	定向 ²⁾ $8^\circ \pm 2^\circ$	漫射 积分球	8°/漫射(8/t)
光谱漫反射比	$\rho_{(d)8/d}(\lambda)$	定向 ²⁾ $8^\circ \pm 2^\circ$	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° 。

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 1.50~1.55 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,

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

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。