

# 镀膜玻璃色差研究

16-21

张玉奇

(重庆建筑大学测试中心 400045)

TU171.724

TU113.21

陈仲林

郑怀礼

(重庆建筑大学建筑城规学院 400045) (重庆建筑大学基础科学系 400045)

**摘要** 分析了镀膜玻璃产生色差的原因,利用分光光度计对镀膜玻璃进行了光谱反射比的测量,讨论了视场、色空间和标准照明体对色差计算值的影响,提供了一种镀膜玻璃色差测定值的确定方法。

**关键词** 镀膜玻璃,颜色测量,均匀色空间。 色差,玻璃幕墙。

中图法分类号 TU113.53

从70年代开始,现代建筑愈来愈多地使用大面积玻璃,甚至是整个墙体均采用玻璃装饰——玻璃幕墙。一般采用镀膜玻璃作为幕墙玻璃,镀膜玻璃主要是由玻璃原片在真空镀膜设备中镀制一层或多层金属或氧化物、氮化物等方法生产,具有良好的理化性能与光学性能,装饰性好、色彩柔和美观,可控制可见光及热辐射大小,起到保温、隔热、降能耗、隔声、消除眩光和单向透视等作用。

镀膜玻璃的色调和色差大小是其外观的关键质量指标,只有当镀膜玻璃的色调适宜和色差不超过一定值时,才能使玻璃幕墙起到色泽均匀、豪华美观的效果。在生产设备、镀层材料及玻璃原片确定时,镀膜玻璃的色调主要是由生产工艺决定的,而生产设备和镀膜工艺则决定了镀膜玻璃的色差指标,直接决定了玻璃幕墙的外观质量。

## 1 色差控制

### 1.1 基材选择与前处理

镀膜玻璃必须选用优质浮法玻璃生产,前处理清洗、烘干、存放、运送等过程严格按工艺要求进行,清洗水质,生产厂房空气质量是影响产品质量的两个重要因素。

### 1.2 镀膜设备

镀膜设备是生产镀膜玻璃的主体,其性能指标决定了镀膜玻璃质量的优劣。目前国内主要采用真空磁控阴极溅射镀膜生产镀膜玻璃。其原理是在真空条件下,利用气体辉光放电,激发荷能粒子轰击靶材,产生溅射,溅射的物质沉积在玻璃表面而形成镀膜玻璃。镀膜设备主要由真空泵组、真空箱体、电源电控系统等部份组成。

收稿日期:1997-06-16

张玉奇,男,1962年生,工程师

### 1.3 镀膜工艺

镀膜工艺是指镀膜时的设备生产控制参数,它包括溅射源功率、真空度、沉积速率、气体气氛、传动速度和衬底电位等。其中沉积速率和气体气氛对色调变化影响较大。在镀膜室中,不同溅射气体和活性反应气体,不但可以改变膜层的成份,而且在一定条件下可以较大地改变膜层的厚度,从而改变镀膜玻璃的质量。

## 2 色差测试

### 2.1 玻璃取样

对同一片镀膜玻璃,在其4个角和正中间分别切取50 mm × 50 mm的样品5小块,试样外边缘距玻璃边缘为50 mm,如附图所示。

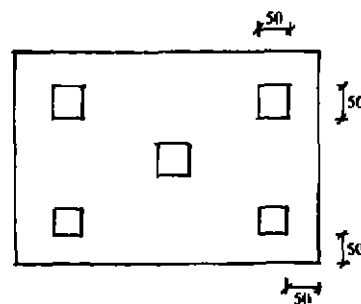
### 2.2 仪器和性能

仪器: Shimadzu UV-260型22光束紫外可见分光光度计,附积分球(日本岛津公司产); 主要性能:(1)波长可测范围190~900 nm;(2)光源:50 W螺旋碘钨灯;(3)分辨率0.1 nm;(4)波长准确性:±0.3 nm;

标准白板: BaSO<sub>4</sub>粉末(日本一级试剂)压制, TOPCON WS-2标准白板校正; 标准白板亮度因数99.8%(日本东京光学公司制)。

### 2.3 色差测试

色差测试主要采用两种方法,一种是光电积分法,另一种是分光光度法<sup>[1]</sup>,前者采用色差计,后者用光谱分光光度计。色差计需要有3个色探测器分别模拟光谱三刺激值,这就不可避免引入色匹配误差,而分光光度法准确可靠。实际测试过程是测量样品的可见光光谱反射比 $\rho(\lambda)$ ,然后根据色度学理论<sup>[2]</sup>,分别在国际照明委员会(CIE)1931和1964标准色度观察者色匹配函数条件下,计算出物体色的三刺激值和样品之间的色差大小。



附图 镀膜玻璃取样示意图

## 3 色差计算

### 3.1 视场

CIE在1931年和1964年规定的色匹配函数 $\bar{x}(\lambda)$ 、 $\bar{y}(\lambda)$ 、 $\bar{z}(\lambda)$ 和 $\bar{x}_{10}(\lambda)$ 、 $\bar{y}_{10}(\lambda)$ 、 $\bar{z}_{10}(\lambda)$ 表示的色度系统分别称为2°视场XYZ色度系统和10°视场 $X_{10}$   $Y_{10}$   $Z_{10}$ 色度系统<sup>[3]</sup>。在不同标准照明体和不同色空间时,附图中所取5块镀膜玻璃样品每两块之间的色差计算值,均是10°视场色差值大于2°视场的值,下面是在CIE1976  $L^*u^*v^*$ 近似均匀色空间和标准照明体D<sub>65</sub>条件下的样品色差计算值:

2°视场:

$$\begin{bmatrix} 0 & 8.49 & 1.15 & 1.32 & 3.85 \\ & 0 & 9.64 & 9.78 & 4.64 \\ & & 0 & 0.21 & 5.00 \\ & & & 0 & 5.15 \\ & & & & 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

10°视 场:

$$\begin{bmatrix} 0 & 8.73 & 1.22 & 1.41 & 3.94 \\ & 0 & 9.95 & 10.12 & 4.79 \\ & & 0 & 0.23 & 5.15 \\ & & & 0 & 5.33 \\ & & & & 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

当把  $D_{95}$  改为 CIE 标准照明体 A 时,该 5 块样品的色差计算值为:

2°视 场:

$$\begin{bmatrix} 0 & 8.90 & 1.14 & 1.22 & 4.03 \\ & 0 & 10.02 & 10.06 & 4.87 \\ & & 0 & 0.16 & 5.15 \\ & & & 0 & 5.20 \\ & & & & 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

10°视 场:

$$\begin{bmatrix} 0 & 9.02 & 1.16 & 1.27 & 4.08 \\ & 0 & 10.16 & 10.23 & 4.94 \\ & & 0 & 0.18 & 5.22 \\ & & & 0 & 5.30 \\ & & & & 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

这是因为孟塞尔新标色度系统中的明度值与 CIE 1964、CIE 1976  $L^*u^*v^*$  和  $L^*a^*b^*$  这三个近似均匀色空间中的明度指数或米制明度是相关的<sup>[4]</sup>,即与  $y$  刺激值是相关的。朴大植等采用视亮度匹配法,用实验证实了 7 种色卡 10°视场的明度值均大于 2°视场的明度值<sup>[5]</sup>。

本文计算了在不同 CIE 标准照明体观测条件下样品的  $y$  刺激值,结果见表 1(以 1 号为例)。

由表 1 知,样品的 10° 视场  $y$  刺激值均大于 2°视场  $y$  刺激值。人们通常在观察较大视物如玻璃幕墙时的视角总是要大于 2°,所以计算其色差时应采用 10°视场  $X_{10} Y_{10} Z_{10}$  色度系统。

### 3.2 色空间

由于在 CIE 1931 色品图上不同位置处,颜色的宽容量是不一样的,该图不是均色图,在国家标准 GB 7921《均匀色空间和色差公式》中推荐了两个在视觉上近似均匀的色空间 1976 $L^*u^*v^*$ 和  $L^*a^*b^*$ 及相应的色差计算公式。

表 1 1 号样品的  $y$  刺激值

视 场	标准照明体					
	A	$D_{95}$	C	$D_{50}$	$D_{55}$	$D_{51}$
2°	8.393	8.961	8.965	8.823	8.878	9.022
10°	8.507	9.225	9.245	9.041	9.113	9.309

下面是在  $10^\circ$  视场和标准照明体  $D_{65}$  观测条件下, 不同色空间的色差计算值:

CIE 1964 色空间:

$$\begin{bmatrix} 0 & 5.95 & 0.84 & 0.99 & 2.68 \\ & 0 & 6.79 & 6.92 & 3.27 \\ & & 0 & 0.19 & 3.52 \\ & & & 0 & 3.65 \\ & & & & 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

CIE 1976  $L^*a^*b^*$  色空间:

$$\begin{bmatrix} 0 & 1.66 & 0.40 & 0.44 & 0.72 \\ & 0 & 2.02 & 2.06 & 0.95 \\ & & 0 & 0.15 & 1.07 \\ & & & 0 & 1.11 \\ & & & & 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

由此看出, 不同色空间中的色差计算值差别是很大的, 结合(2)式可知, 在 CIE1976  $L^*u^*v^*$  色空间中色差计算值最大, 而在 1976  $L^*a^*b^*$  色空间中色差计算值最小。

### 3.3 标准照明体

从(1)、(3)和(2)、(4)式已知, 采用不同标准照明体计算的色差值是不同的, 表 2 列出了各标准照明体条件下两样品之间的色差计算值。

表 2 1号样品和 2号样品间的色差值  
( $10^\circ$ 视场, CIE 1976  $L^*u^*v^*$  色空间)

标准照明体	A	$D_{65}$	C	$D_{50}$	$D_{55}$	$D_{75}$
色差值	9.016	8.732	8.615	8.926	8.859	8.626

标准照明体颜色的宽容量范围在色空间中是否分布均匀, 即是否趋近于圆形, 是判断采用的色空间和标准照明体是否合适

的标准。荆其诚等在 1982 年用 4 种标准照明体 A、 $D_{65}$ 、 $D_{55}$  和  $D_{75}$  考查了 CIE 1976 色空间的均匀性, 结果表明<sup>[6]</sup>, 标准照明体 A 和  $D_{65}$  在 CIE 1976  $L^*u^*v^*$  色空间上颜色的宽容量范围接近圆形, 因此该色品图上两个颜色点的位置和距离能较为正确地表示出它们的色知觉的差异。

在 CIE 规定的标准照明体<sup>[7]</sup>中,  $D_{65}$  代表相关色温约为 6504 K 的平均昼光, 它与大部分实际观察玻璃幕墙的光照条件接近, 因此把  $D_{65}$  作为计算镀膜玻璃色差的标准照明体是适宜的。

## 4 色差标准值

在 CIE 1964 近似均匀色空间里, 当色差  $\Delta E$  等于 1 个 NBS 单位时, 表示在最优观测条件下人眼所能知觉的恰可察觉差异的 5 倍。涂料和纺织品的允许色差应控制在几个 NBS 色差单位内; 彩色电视机是典型的颜色复显, 其色差宜控制在 10 个 NBS 内, 才能达到满意的视看效果。由于人们对玻璃幕墙的要求是达到色泽均匀、豪华美观的大尺寸远看效果, 所以幕墙玻璃的色差控制值可比彩色电视要求低一些, 即色差值可稍大于 10 个 NBS 单位。

在 CIE 1976  $L^*a^*b^*$  色空间中, 镀膜玻璃的色差平均值小于或等于 4<sup>[8]</sup>。

表 3 列出了图 1 中所取 5 块样品, 在不同色空间和标准照明体、视场条件下, 每两块样品之间的色差计算值的平均值。

表 3 样品色差平均值

标准照明体	A			$D_{65}$			C		
	1964	$L^*u^*v^*$	$L^*a^*b^*$	1964	$L^*u^*v^*$	$L^*a^*b^*$	1964	$L^*u^*v^*$	$L^*a^*b^*$
2°视场	3.49	5.08	1.13	3.37	4.92	1.06	3.31	4.83	1.06
10°视场	3.55	5.16	1.14	3.48	5.09	1.07	3.43	5.01	1.07
	$D_{50}$			$D_{55}$			$D_{95}$		
	1964	$L^*u^*v^*$	$L^*a^*b^*$	1964	$L^*u^*v^*$	$L^*a^*b^*$	1964	$L^*u^*v^*$	$L^*a^*b^*$
	3.45	5.04	1.08	3.42	5.00	1.07	3.32	4.86	1.05
	3.55	5.18	1.09	3.52	5.15	1.08	3.45	5.04	1.07

从表 3 知, 对同一组样品, CIE 1964 色空间的色差计算值约是 CIE 1976  $L^*a^*b^*$  色空间的 3.2 倍, 若以 CIE 1976  $L^*a^*b^*$  色差控制标准值为 4 计, 则在 CIE 1964 色空间中为 12.8 个 NBS 单位, 这与前述要求是吻合的。而 CIE 1976  $L^*u^*v^*$  色空间中色差值是 CIE 1964 色空间中的 1.5 倍, 因此, 在 CIE 1976  $L^*u^*v^*$  近似均匀色空间中, 将镀膜玻璃的色差值定为小于或等于 20 是适宜的, 这是本文建议的色差控制标准值。

色差在色空间中表示两个颜色点的距离, 是一个标量, 不考虑颜色点的偏离方向。在计算镀膜玻璃色差时, 一般将处在中央部位的试样作为基准, 其余边缘 4 块样品与之比较, 求得的 4 个色差值求平均值。但是, 当边缘 4 块样品的色品坐标点对于中心样品色品坐标点偏向移动时, 色差值就会发生变化, 而该计算方法不能全面表征出来, 换言之, 若不以中央试样作基准, 而以 4 角各样品分别作基准, 则其余样品与之比较得出的色差值显然是各不相同的 (参见式 (1) ~ (6)), 而该差别也同样反映出实际镀膜玻璃颜色差异质量指标的好坏, 且其中最大色差值更能够表征整张镀膜玻璃的色差大小。所以本文提出应对这 5 块样品每两块之间都计算其色差值, 再取其中的最大值作为该被检镀膜玻璃的色差测定值, 作为其是否超过标准控制值的判断依据。

## 5 小 结

本文利用分光光度计测定了重庆市一企业所产镀膜玻璃的光谱反射比, 计算了所取样品的色刺激值和色差。结果分析表明, 应在 10°视场、CIE 1976  $L^*u^*v^*$  近似均匀色空间中, 采用标准照明体  $D_{65}$  计算镀膜玻璃的色差, 并得出相应的色差标准控制值应小于或等于 20, 同时提出应对所取样品每两块之间均计算色差, 再取其中的最大值作为被检镀膜玻璃的色差测定值。

## 参 考 文 献

- 1 朱小清. 照明技术手册. 北京:机械工业出版社, 1995
- 2 荆其诚. 色度学. 北京:科学出版社, 1979
- 3 GB3977-83. 颜色的表示方法, 1984
- 4 GB7921-87. 均匀色空间和色差公式, 1988
- 5 朴大植等. 中国人眼对物体色的视觉特性研究. 照明工程学报, 1993, (1)
- 6 荆其诚等. 人类的视觉. 北京:科学出版社, 1987
- 7 GB3978-83. 标准照明体及照明观测条件, 1984
- 8 石丽平等. 热反射真空镀膜玻璃的色差分析与检测. 真空, 1994, (5)

## Study on Colour Difference of Coated Glass

*Zhang Yuqi*

(Analytical & Testing Center, Chongqing Jianzhu University, 400045)

*Chen Zhonglin*

(Faculty of Architecture and Urban Planning, Chongqing Jianzhu University, 400045)

*Zheng Huaili*

(Department of Fundamental Sciences, Chongqing Jianzhu University, 400045)

**Abstract** This paper discusses the reasons of existing colour difference of coated glass. Its spectral reflectance was measured by using spectrophotometer. The effects of visual field, colour space and standard illuminant on the calculated value of colour difference of the glass are also analyzed. Furthermore, this paper provides a suitable method to determine the characteristic value of colour difference for coated glass sample.

**Key Words** coated glass, colour measurement, uniform colour space, colour difference

(编辑:陈蓉)