

# 可钢化低辐射镀膜玻璃的色差

## Color Difference of Temperable Low-E Glass

王政阅 杨 成

天津耀皮工程玻璃有限公司 天津 300402

**摘 要** 本文简单论述了可钢化低辐射镀膜玻璃产生色差的原因,通过试验证实了同一牌号可钢化镀膜玻璃在不同钢化炉中进行热处理时可能存在的色差隐患,并简单分析产生这个问题的原因。

**Abstract** Reasons of color difference of temperable Low-E glass were discussed in the article. The same kind temperable Low-E glass heat treated in different tempering furnace may create color difference. The problem was proved by doing relative tests. And reasons for creating the problem were also analyzed simply.

**关键词** 可钢化低辐射镀膜玻璃 色差 热处理

**Key Words** temperable Low-E glass color difference heat treated

### 1 概述

目前,可钢化低辐射镀膜玻璃因其兼备钢化玻璃的安全性能和 Low-E 玻璃的保温隔热性能,因此成为国内外建筑幕墙市场的主流产品。但随着产品的广泛应用,随之也出现了一些问题,例如钢化后低辐射镀膜玻璃的脱膜、氧化、色差、色带、划伤、印迹等缺陷,其中色差是一种主要的质量问题。用人眼目测观察某些镀膜玻璃的反射颜色同标准样片或整批其它玻璃比较,有较明显的颜色或亮度方面的差异即为色差。严格的说,玻璃片与片之间或同一片的不同部位都是存在色差的,也就是说它的反射颜色和透射颜色是肯定存在差异的,但关键是这种差异的大小。为了能定量的说明这种差异的大小,在国际上一般是用采用 CIE1976L\*a\*b\*色度空间值的 $\Delta E$  值来判断,国家标准是允许 $\Delta E < 3$ 为合格<sup>[1]</sup>。

通常镀膜玻璃产生色差的原因有以下几种:

1. 同一厂家的浮法玻璃原片批次之间存在反射颜色和透过颜色上的偏差,或者混用了不同厂家的玻璃原片。
2. 浮法玻璃空气面和锡液面的颜色存在偏差,镀膜上片时如果将面放反进行镀膜,就会出现色差。
3. 由于溅射腔室真空度波动、工艺状态波动、电源、设备等故障也会造成镀膜玻璃产生色差。

对于可钢化低辐射镀膜玻璃,除上述原因会产生色差外,钢化和镀膜加工顺序颠倒(即有的玻璃先镀膜后钢化,有的玻璃先钢化后镀膜)、热处理时使用不用型号钢化炉也可能产生色差。现在,有些玻璃深加工企业在生产可钢化镀膜玻璃时,有时为满足交货期或者提高生产效率,生产商会将同一牌号玻璃在不同型号钢化炉上混合热处理(有的生产商为满足交货要求,同一工程的玻璃异地加工),这样将有可能产生色差。

### 2 试验部分

本文对公司目前生产的两种可钢化低辐射镀膜玻璃在不同钢化炉中进行热处理,考察玻璃钢化后的颜色变化。试验的准备情况如下:

(1) 试验取厚度为6mm 的两种可钢化镀膜玻璃 Low-E 1和 Low-E 2各若干块,规格为600mm×1000mm,其中 Low-E 1是一种中等透过率的产品,辐射率为0.10, Low-E 2是一种高等透过率的产品,

辐射率为0.12。

(2) 试验使用的钢化炉编号为1#和2#, 均为 TAMGLASS 公司生产的强制对流炉, 1#为 ProE™CCS-2460-DS-20, 特点是两段式强制对流炉, 增加的预热段部分, 可以大幅提高生产效率; 加热炉的强制对流系统, 不但提高了玻璃的加热效率而且也提高了玻璃吸热的均匀性; 具有红外线扫描仪, 能扫描出玻璃出炉时的温度, 更直观看到玻璃在炉内的加热程度, 更方便生产操作。2#为 GHF Convection™, 特点是主要用于生产可钢化 Low-E 镀膜玻璃, 因具备强制对流装置, 生产普通玻璃时的效率相对提高。

(3) 测试仪器包括: MINOLTA CM2500-d (测试玻璃面反射色); Hunter Lab (测试透射颜色), 应力仪, 冲击器, 墨斗, 塞尺。

在钢化工艺的控制上, 我们首先保证 Low-E 1和 Low-E 2镀膜玻璃钢化后的膜面质量(无脱膜氧化等缺陷)及钢化后镀膜玻璃的平整度(即弓形和波形)、应力值、碎片数量满足国家标准要求, 然后再研究工艺稳定的情况下, 两台钢化炉在热处理不同低辐射镀膜玻璃时产生的颜色偏差。

### 2.1 Low-E 镀膜玻璃的钢化对比试验

表1 1#和2#钢化炉钢化 Low-E 1玻璃工艺参数对照表

编号	加热时间 S	预热段℃		吹气比例℃		加热段℃		钢化风压 Pa	冷却风压 Pa	风嘴高度 mm	
		Top	Bott.	Top	Bott.	Top	Bott.			Top	Bott.
1#	360	460	460	100%	90%	680	720	2200	2200	36	
2#	280	N/A	N/A	N/A	N/A	680	720	2000	2000	36	

取工艺状态稳定后热处理的两块玻璃的相同位置各5点进行钢化前后的颜色测试, 表1为两台钢化炉的工艺参数对比, 从图1的结果看, Low-E 1镀膜玻璃钢化后 a\*变正, 变化范围为(0, 1)(图中-1.8为钢化前反射色 a\*的标准值), 但对比两块用不同炉子钢化的玻璃的反射色, 我们可以看到, a\*的最小偏差为0.3, 最大偏差接近1, 这就会形成肉眼无法接受的色差。Low-E 1镀膜玻璃钢化后 b\*变负, 变化范围为(-1.8, -1.4), 对比两台炉子的数据 b\*的偏差小于0.4。通过图2 的照片我们可以看到两块玻璃的玻璃面反射色的差别。

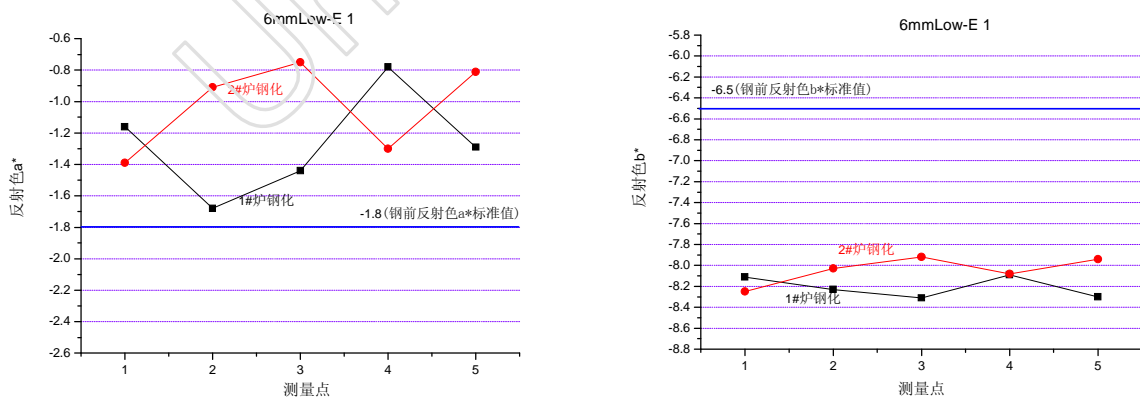


图1 Low-E 1钢化后玻璃面反射色 a\*和 b\*变化



图2 室外观察反射色和透射色的对比照片

Low-E 1镀膜玻璃钢化后透过颜色  $a^*$ 和  $b^*$ 的变化和反射颜色  $a^*$ 和  $b^*$ 的变化相反，但玻璃在两台炉子钢化后的颜色偏差较小， $a^*$ 和  $b^*$ 的偏差均在0.3以内，因此透过颜色能够满足标准要求，不会产生色差。

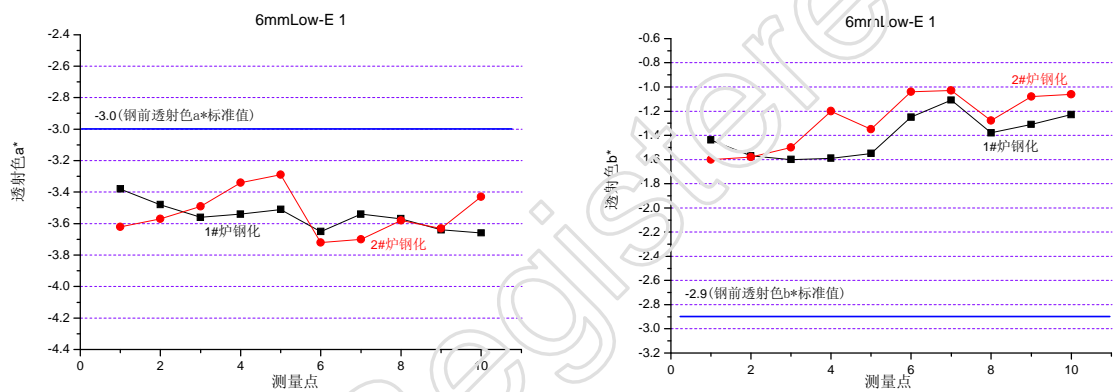


图3 Low-E 1钢化后透射色  $a^*$ 和  $b^*$ 变化

## 2.2 Low-E 2镀膜玻璃的钢化对比试验

表2 1#和2#钢化炉钢化 Low-E 2玻璃工艺参数对照表

编号	加热时间 S	预热段 $^{\circ}\text{C}$		吹气比例 $^{\circ}\text{C}$		加热段 $^{\circ}\text{C}$		钢化风压 Pa	冷却风压 Pa	风嘴高度 mm	
		Top	Bott.	Top	Bott.	Top	Bott.			Top	Bott.
1#	350	460	460	100%	90%	680	720	2200	2200	36	
2#	270	N/A	N/A	N/A	N/A	680	720	2000	2000	36	

采用同样的方法，我们对 Low-E 2镀膜玻璃进行钢化后的颜色对比试验。从图4可以看到，钢化后玻璃面反射色  $a^*$ 变正约1.8， $b^*$ 变负约0.9，但与 Low-E 1相比，两块在不同炉子钢化的玻璃的颜色偏差较小，其中  $a^*$ 偏差小于0.3， $b^*$ 偏差小于0.2，所以，采用单室和双室对流炉钢化 Low-E 2玻璃基本不会产生人眼能够观察到的明显的反射颜色偏差。

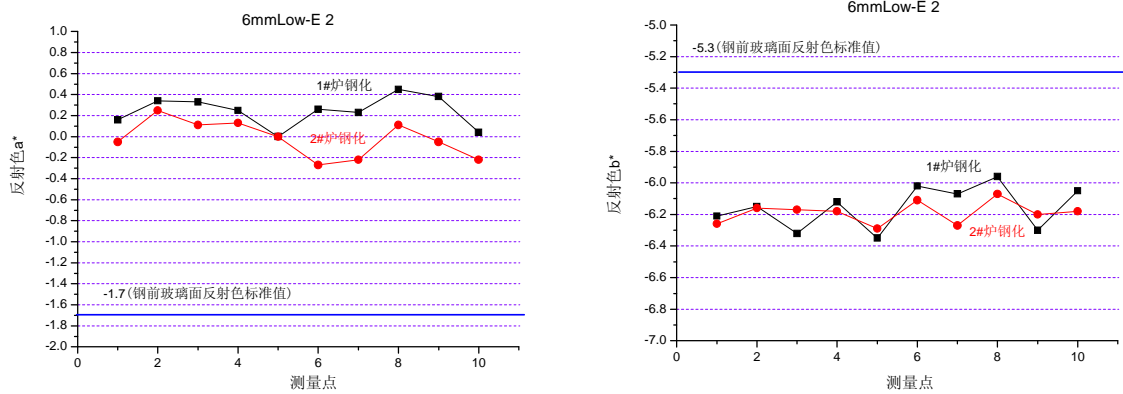


图4 Low-E 2钢化后玻璃面反射色 a\*和 b\*变化

Low-E 2玻璃钢化后透射色 a\*和 b\*都变负, a\*变负约1.8, b\*变负约1.1, 从两块玻璃的透射色比较看, a\*和 b\*的偏差均小于0.2, 所以 Low-E 2在单室和双室对流炉钢化后不会产生透射色的偏差。

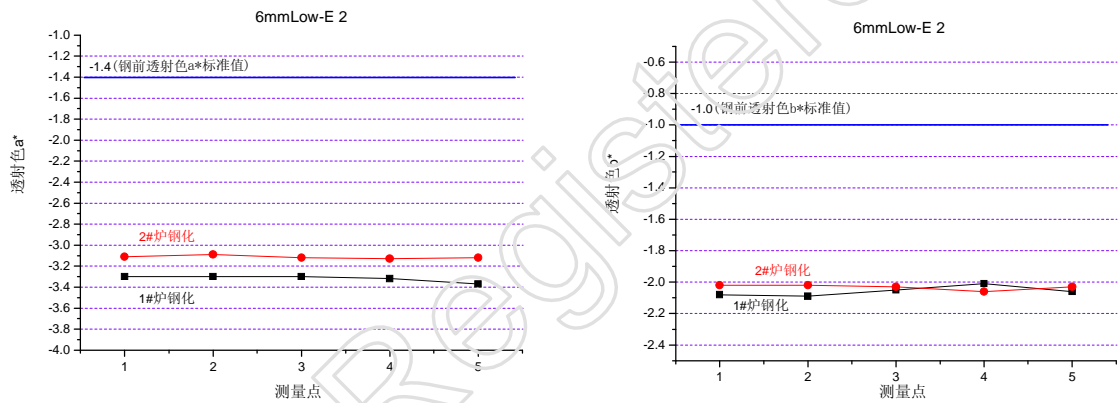


图5 Low-E 2钢化后透射色 a\*和 b\*变化

### 3 结论

我们知道, 作为可钢化低辐射镀膜玻璃, 顶层和底层的保护层在热处理过程中起着至关重要的作用, 它们要具有良好的耐高温性能, 保护金属银层在高温下不被氧化。但从上面的试验看到, 热处理前后镀膜玻璃的颜色发生了变化(包括玻璃面反射色和透射色), 其原因主要是由于热处理过程是顶层和底层氮化硅薄膜致密化的过程, 这会使薄膜的厚度变薄, 薄膜的折射率也有所增加; 另外, 热处理过程中空气中的氧原子也会在各个介质层存在一定的扩散作用, 甚至有可能扩散到金属银层; 层与层之间, 玻璃与基层之间也会形成一定厚度的扩散层, 这些过渡层对薄膜系统的光学性能也产生了影响。

Low-E 1和 Low-E 2 两种可钢化低辐射镀膜玻璃基本结构是一致的, 但顶层和底层的氮化硅薄膜厚度上, Low-E 2比 Low-E 1要厚一点, 这样会对中间各层的保护作用更好一些, 同时, 高温对氮化硅薄膜本身的影响也会小一些。因此我们看到在不同的热处理条件下, Low-E 2镀膜玻璃颜色变化的一致性较好, 即膜层结构对高温的敏感性较低。而 Low-E 1则反之。

另外, 两台钢化炉对同一牌号镀膜玻璃热处理后产生的颜色偏差, 主要是由于1#炉的预加热作用, 镀膜玻璃在经过460℃预热后进入700℃的加热段和直接进入加热段对膜层产生的热冲击是不一

样的，在2#钢化炉热处理的镀膜玻璃的膜层要面对从常温到700℃高温的热冲击考验，所以膜层结构上变化与在1#炉热处理的玻璃相比肯定有细微的差别，而 Low-E 1和 Low-E 2两种镀膜玻璃这种膜层厚度上的细微差别，也就决定了抗热冲击能力上的差别，进而产生了色差的问题。对于热处理过程对可钢化低辐射镀膜玻璃结构上的影响还需进一步研究。

#### 参考文献

[1] 镀膜玻璃生产使用过程中常见缺陷的说明，中国建材网，2007，4.

#### 作者简介

王政阅 (wangzhengyue)，生于 1981 年 8 月，男，工程师，硕士学历，毕业于天津大学材料学院，现工作在天津耀皮工程玻璃有限公司。

UnRegistered