

# 油墨氙灯加速耐光性试验与自然曝晒试验相关性的研究

文 | 杭州秉信纸业有限公司 张顺淇 钱佳  
美国Q-Lab公司 张恒 孙杏蕾

作为运输包装的一种，彩色瓦楞纸箱必然会面临长期自然曝晒的情况，如果其表面印刷的油墨耐光性较差，将直接影响其外观效果。为保证彩色瓦楞纸箱能长时间呈现较好的色彩效果，油墨的耐光性试验十分重要。本文将采用氙灯加速耐光性试验来测试油墨的耐光性，并对油墨氙灯加速耐光性试验与自然曝晒试验之间的相关性进行探讨。

## 户外老化因素

户外老化主要与3个因素有关：光照、温度和湿度。其中任何一个因素都会导致油墨老化，且三者共同作用所造成的老化程度最大。

### 1. 光照

高分子材料的化学键对日光中不同波段光线的敏感程度不同，短波段的紫外线是引起大部分聚合物物理性

能老化的主要原因。然而，对于某些印刷品和油墨，除了日光中短波段的紫外线之外，长波段的紫外线甚至可见光也会对其产生影响，从而引起变色或退色现象的发生。

### 2. 温度

老化反应是一种光致化学反应，温度虽然不影响光致反应速度，但会影响后继的化学反应速度。因此，温度对油墨老化的影响是非线性的。

### 3. 湿度

水会直接参与油墨的老化反应。研究表明，户外材料每天都长时间（平均每天长达8~12小时）处于潮湿状态，而露水是引起户外材料潮湿的主要原因。

## 氙灯加速耐光性试验原理

### 1. 日光模拟

作为氙灯试验箱的光源，氙灯可

产生紫外线、可见光和红外线，能够很好地模拟全光谱日光。

在进行加速耐光性试验之前，氙灯产生的光谱必须经滤光器过滤，以减少不需要的紫外线。使用不同类型的滤光器过滤能得到不同的光谱，尤其是紫外线短波段的截止点不同，将在很大程度上影响油墨老化的速度。滤光器的选择取决于试验材料和产品的最终使用条件，通常使用的滤光器有3种：日光过滤器、窗玻璃过滤器和紫外延展过滤器。在氙灯加速耐光性试验中，一般选择的是窗玻璃过滤器。

### 2. 辐照度控制

最新的氙灯试验箱均配备了辐照度控制系统，如Q-Lab公司的Q-Sun Xe-3氙灯试验箱配备了太阳眼闭环控制系统，以提供更加稳定的光照强度。

在氙灯试验系统中，对辐照度

的控制非常重要。氙灯的光谱范围一般为295~3000nm,最新标准要求光强的控制应基于点控制(如ISO 11341-2004、ASTM G155-05a、ISO 4892-2:2003等),控制点的选择则基于模拟环境和试验材料和产品的物理性能。对于户外环境,一般采用340nm。

### 3. 温度控制

温度是影响油墨老化速度的直接因素,因此需要严格控制氙灯试验箱的温度。氙灯试验箱一般是通过黑板温度计或黑标温度计来精确控制试验样品的表面温度的。其中,ISO国际标准大多使用黑板温度计,而美国的一些标准则使用黑板温度计。有些氙灯试验箱还能同时控制箱体空气温度,实现了对曝晒环境温度的全面控制。

### 4. 湿度模拟

一般,氙灯试验箱通过水喷淋或湿度控制系统来模拟湿度对油墨的影响。其中,水喷淋用于模拟雨水对户外彩色瓦楞纸箱的热冲击和应力腐蚀;湿度控制系统则用于控制试验过程中的相对湿度。

## 氙灯加速耐光性试验

### 1. 试验条件

按照GB/T 22771-2008标准中的试验条件,对11种不同的油墨样品进行氙灯加速耐光性试验。具体试验条件见表1。

### 2. 试验结果

使用仪器测量法测得油墨样品试验前后的色差 $\Delta E^*$ (采用D65光源、10°观察角),试验结果见表2。

### 3. 结果分析

在进行氙灯加速耐光性试验之

前,我们已经知道,这11种油墨样品中,有的耐光性较好,有的耐光性一般,有的耐光性较差,差异性较大。而试验结果也正好验证了这一点,并充分证明了使用氙灯试验箱可以区分油墨样品不同的耐光等级。如表2中样品9的耐光性较好,样品3耐光性一般,而样品1的耐光性较差。这3种油墨样品在不同试验阶段的 $\Delta E^*$ 变化示意图见图1。

## 自然曝晒试验

### 1. 试验过程及结果

在进行氙灯加速耐光性试验的同时,我们还对这些油墨样品进行了自然曝晒试验。将11种油墨样品放置在靠近工厂仓库的窗玻璃旁,用以模拟油墨样品在实际应用中遇到的较为严酷的环境。将这些油墨样品曝晒61天后,使用仪器

表1 氙灯加速耐光性试验条件

试验设备	Q-Lab公司的Q-Sun Xe-3氙灯试验箱
试验样品	11种不同的油墨样品,分别命名为样品1、样品2……样品11
试验标准	GB/T 22771-2008
辐照度	1.10W/m <sup>2</sup> @420nm
滤光器	Window IR过滤器
黑板温度	50°C
箱体空气温度	44°C
相对湿度	50%
试验时间	5小时(第1阶段)、10小时(第2阶段)、15小时(第3阶段)、20小时(第4阶段)、30小时(第5阶段)、40小时(第6阶段)

表2 氙灯加速耐光性试验结果

样品编号	$\Delta E^*$					
	5小时	10小时	15小时	20小时	30小时	40小时
1	35.77	36.82	37.64	41.88	42.33	43.26
2	15.52	19.31	21.15	23.03	27.14	32.23
3	1.94	3.52	5.45	6.91	7.13	8.29
4	2.67	3.00	4.07	4.39	4.68	4.78
5	1.52	1.79	2.28	2.59	2.79	2.97
6	1.01	1.20	1.83	2.00	2.70	4.92
7	2.00	2.23	3.17	3.77	5.62	9.64
8	3.57	5.71	7.29	7.82	9.93	11.98
9	0.77	0.93	1.30	1.42	1.70	2.66
10	2.35	3.28	3.37	3.59	4.03	4.36
11	1.75	2.45	2.79	3.16	3.74	4.15

测量法测得油墨样品试验前后的色差 $\Delta E^*$ ，试验结果见表3。

## 2. 结果分析

同氙灯加速耐光性试验的结果类似，不同油墨样品的自然曝晒试验结果也不同，有的较好，有的一般，有的较差。

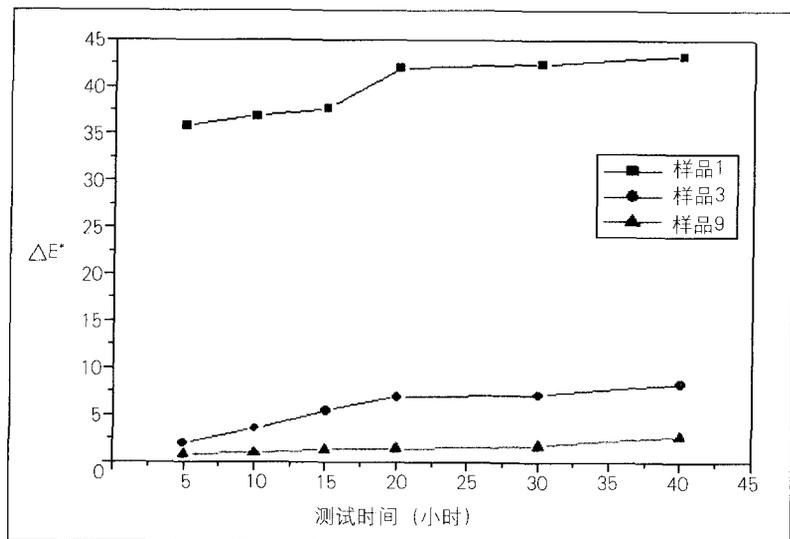


图1 样品1、样品3、样品9在不同试验阶段的 $\Delta E^*$ 变化示意图

表3 自然曝晒试验结果

样品编号	$\Delta E^*$						
	3天	8天	13天	18天	24天	30天	61天
1	19.08	31.24	32.78	34.52	34.67	35.03	35.96
2	4.87	9.94	10.76	12.35	14.29	15.53	20.40
3	4.16	5.25	6.20	6.86	7.66	8.52	8.89
4	1.54	2.03	2.17	2.26	2.28	2.47	3.42
5	0.52	0.97	1.07	1.40	2.00	2.60	2.85
6	0.58	1.20	2.00	2.34	2.52	2.87	8.59
7	0.9	1.24	1.88	2.24	2.46	2.46	7.10
8	2.39	3.32	4.72	5.74	5.92	6.92	9.57
9	0.41	0.87	0.94	1.19	1.39	1.42	1.59
10	1.58	2.21	2.63	3.34	3.59	3.60	3.77
11	1.55	2.25	2.78	3.67	4.13	4.13	4.15

表4 氙灯加速耐光性试验与和自然曝晒试验的相关系数

$r_s$	3天	8天	13天	18天	24天	30天	61天
5小时	0.89	0.84	0.8	0.79	0.74	0.67	0.69
10小时	0.98	0.96	0.94	0.93	0.89	0.86	0.78
15小时	0.96	0.92	0.89	0.88	0.84	0.78	0.78
20小时	0.94	0.89	0.86	0.86	0.83	0.75	0.8
30小时	0.93	0.89	0.86	0.88	0.86	0.76	0.85
40小时	0.78	0.77	0.75	0.79	0.8	0.7	0.94

## 氙灯加速耐光性试验与自然曝晒试验的相关性

表2和表3分别列出了氙灯加速耐光性试验和自然曝晒试验中11种油墨样品在试验前后的色差 $\Delta E^*$ 。根据试验结果，分别计算了不同试验阶段氙灯加速耐光性试验和自然曝晒试验之间的相关系数( $r_s$ ) (见表4)。该相关系数是指利用两种不同的试验方法对同一组油墨样品进行试验，所得试验结果的相关性。相关系数 $r_s$ 的计算公式为 $r_s = 1 - 6 \sum d_i^2 / [n(n^2 - 1)]$ ，其中， $n$ 表示油墨样品的个数， $d_i$ 表示两列数据中每一行数据之间的差值。 $r_s$ 越接近1，氙灯加速耐光性试验与自然曝晒试验的相关性就越好。

从表4可以看出，氙灯加速耐光性试验与自然曝晒试验所有试验阶段的相关系数多大于0.70，相关性非常好。其中，氙灯加速耐光性试验10小时与自然曝晒试验3天之间的相关系数高达0.98。

从表2和表3的试验结果可以看出，油墨样品自然曝晒试验61天的色差值并没有氙灯加速耐光性试验40小时的色差值大。我们以自然曝晒试验61天时油墨样品的色差值为基准，分别换算氙灯加速耐光性试验中每种油墨样品达到同样色差值时的时间，再取其算术平均值，最后得出：氙灯加速耐光性试验29小时相当于自然曝晒试验61天的效果，也就是说氙灯加速耐光性试验的速率是自然曝晒试验速率的50倍。当然，这个倍数只是针对本文研究的11种油墨样品而言，对于其他油墨样品或者其他包装材料未必适用。■