

印刷品及印刷油墨耐光老化试验及评价

陈爱军 张恒 孙杏蕾 樊汉卿 / 文

【摘要】 本文通过氙灯加速老化试验方法来研究印刷品及印刷油墨的耐光性并对 GB/T 22771-2008 进行解读。首先介绍了印刷品和印刷油墨耐光老化试验的原理, 然后使用 Q-Sun B02 型氙灯试验箱对 13 种胶印油墨进行耐光曝晒, 最后在解读 GB/T 22771-2008 标准的基础上分析试验结果, 并指出 GB/T 22771-2008 标准在对一系列样品进行曝晒时可能存在评定不准确的问题及解决方法。

【关键词】 印刷品; 印刷油墨; 耐光老化; 氙灯测试; GB/T 22771-2008

1 GB/T 22771-2008 标准的背景

越来越多的油墨需要耐光测试, 例如: 喷印油墨和包装材料用油墨。GB/T 22771-2008 标准《印刷技术 印刷品与印刷油墨用滤光氙弧灯评定耐光性》修改采用国际标准 ISO 12040:1997^[1] 耐光老化测试方法, 该标准也是印刷油墨耐光老化测试的第一个国家标准。应用该标准可以评定不同印刷、油墨样品的耐光等级。

本文以下部分将通过具体耐光老化试验来演示如何执行该标准, 来评价印刷品及印刷油墨的耐光等级。同时指出标准存在的不足及需要继续改进的地方。

2 印刷品及印刷油墨耐光老化试验的原理

2.1 户外老化因素

老化损害主要由三个因素引起: 光照、温度和湿度。这三个因素中的任一个都会引起材料老化, 它们的共同作用大于其中任一因素造成的危害。

2.1.1 光照

高分子材料的化学键对太阳光中不同波段的光线的敏感性不同, 一般对应一个阈值, 太阳光的短波段紫外线是引起大部分聚合物物理性能老化的主要原因。如 C-N (碳-氮) 键的作用阈值是 393nm。然而, 对于某些印刷品和油墨系统来说, 长波段紫外线甚至可见光也会对其产生破坏, 造成变色或褪色。

2.1.2 温度

温度越高, 化学反应速度越快。老化反应是一种光致化学反应, 温度不影响光致化学反应中的光致反应速度, 却影响后续的化学反应速度。而且温度对材料老化的影响往往是非线性的。

2.1.3 湿度

水会直接参与材料老化反应。相对湿度、露水和雨水等是自然界中水的几个主要表现形式。研究表明, 户外材料每天都将长时间处于潮湿状态 (平均每天长达 8~12 个小时)^[2]。而露水是户外潮湿的主要原因。露水造成的危害比雨水更大, 因为它附着在材料上的时间更长, 形成更为严重

的潮湿侵蚀。对于户内用材料，一般只考虑相对湿度的影响。

2.2 氙灯加速耐光测试

2.2.1 日光模拟

作为氙灯试验箱^[3]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太阳光。

氙灯产生的光谱用于测试前必须经过过滤，减少不需要部分的紫外光谱。使用不同类型的玻璃滤光器可以得到不同的光谱。滤光器的使用取决于被测材料和产品最终使用条件。不同的过滤器过滤的紫外线的短波段的截止点不同，这将在很大程度上影响老化的速度和类型。有三类经常使用的滤光器：日光过滤器、窗玻璃过滤器和紫外延长过滤器。在印刷品和印刷油墨测试中一般选择窗玻璃过滤器，如图(1)所示是 Q-Lab 公司配备有过滤器的 Q-Sun 氙灯试验箱的光谱与透过玻璃的太阳光谱之间的比较。

2.2.2 辐照度控制

最新的氙灯试验箱需装备有辐照度控制系统，如 Q-Lab 公司的 Q-Sun 氙灯试验箱使用的是太阳眼闭环控制系统，来提供稳定的光照强度。

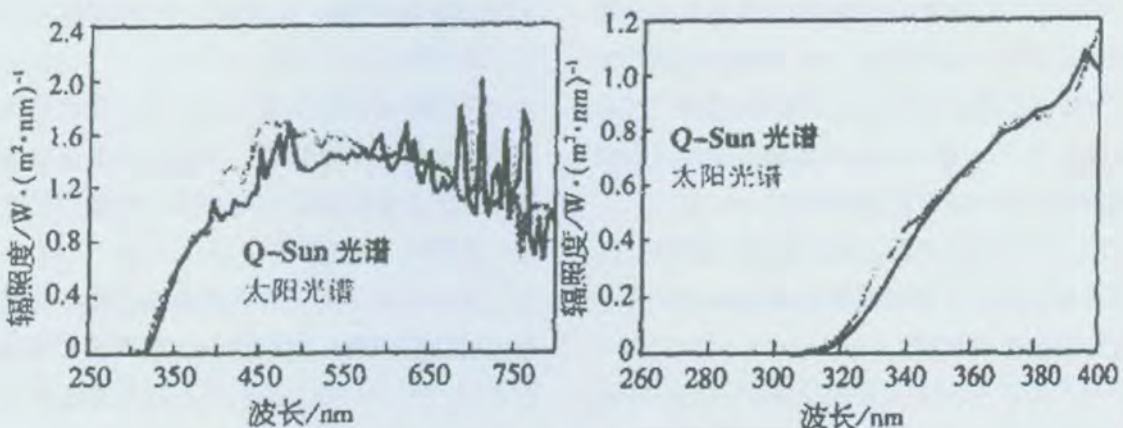
在氙灯测试系统内，辐照度控制非常重要。氙灯光谱范围从 295nm 延伸到 3000nm，最新的标准中要求，光强的控制基于点控制（如 ISO 11341-2004^[4]、ASTM G 155-05a^[5]、ISO 4892-2:2003^[6]等），控制点的选择则基于模拟环境和检测材料性能的不同，对于户外环境，检测材料的物理性能，一般采用 340nm 控制点；而对于室内环境，检测材料的变色和褪色，一般采用 420nm 控制点。在有些标准中也采用 300~400nm 的 TUV 控制。

2.2.3 温度控制

氙灯测试设备中，温度的控制也很重要，因为温度影响材料老化的速率。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样品表面温度。一般欧洲的 ISO 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。有些型号的氙灯试验箱还能同时控制箱体空气温度，以达到全面控制曝晒环境温度的要求。

2.2.4 潮湿模拟

氙灯试验箱可以通过水喷淋或湿度控制系统来模拟潮湿对耐光性的影响。水喷淋可以模拟雨水对户外产品的热冲击和应力腐蚀。湿度会影响



图(1) 配备有窗玻璃过滤器的 Q-Sun 光谱和透过玻璃的太阳光谱之间的比较

某些物品（比如某些纺织品或油墨等）发生老化的类型和速度，在此类材料的测试标准中都建议控制相对湿度。

3 印刷品及印刷油墨氙灯老化试验及评价

3.1 试验条件及过程

我们认为，GB/T 22771-2008 的“4.4.1 曝晒”一节中包含着两个曝晒方法。

一个是针对只有一个样品的曝晒试验，这个测试比较简单，只要按规定方法（也就是标准中要求的测试条件）将测试样品在灯光下曝晒，直至发生明显变化。标准中同时指出“所谓的明显变化就是等于或小于符合 GB/T 250 规定的的评定变色用灰色样卡 3 级。观察者应确保在试验中不出现视觉疲劳现象，并且视觉观测时应具备标准印刷品的观察条件”。

另一个是针对同一系列印刷品进行同步和系统性试验。这个测试采用连续遮盖的曝晒方法，可以在一次试验中测试耐光程度不同的印刷品的耐光性。具体步骤如下：

第一步：曝晒样品直至 3 级蓝色羊毛标准出现相应于评定变色用灰色样卡 3 级的明显变化；

第二步：将印刷品和蓝色羊毛标准的曝晒部分遮盖四分之一，继续曝晒直至 5 级蓝色羊毛标准出现相应于评定变色用灰色样卡 3 级的明显变化；

第三步：将持续曝晒的部分遮盖住四分之一，继续曝晒，直至 6 级蓝色羊毛标准出现相应于评定变色用灰色样卡 3 级的明显变化；

第四步：再遮盖更多，继续曝晒，直至 7 级蓝色羊毛标准发生视觉刚刚能观察到的变化（评定变色用灰色样卡 4 级）。

因为在通常情况下，油墨厂或印刷厂的测试样品都较多，如果采用第一种曝晒方法，每次只对一个样品进行测试，是不太现实的。所以本次

试验我们选用第二种曝晒方法，同时对 13 种不同的胶印油墨样品进行氙灯加速耐光老化测试，同时进行曝晒还有 SDC 1 到 7 级蓝色羊毛标准，具体试验条件见表(1)。

表(1) 氙灯加速耐光老化测试的试验条件

试验设备	Q-Sun B02 氙灯试验箱（美国 Q-Lab 公司产品）
试验样品	13 种不同的胶印油墨样品，分别命名样品 1、样品 2 …… 样品 13
参照样品	SDC 1 到 7 级蓝色羊毛标准
试验标准	GB/T 22771-2008
辐照度	1.10W/m ² @420nm
过滤器	Window IR 过滤器
黑标温度	50℃
箱体空气温度	44℃
相对湿度	50%
测试时间	21h (第一阶段); 68h (第二阶段); 156h (第三阶段); 203h (第四阶段)

3.2 试验结果及分析

3.2.1 试验结果

GB/T 22771-2008 的“4.4.2 评定”一节中也给出了评定样品耐光等级的方法，具体是：确定在相同时间内和测试样品发生相同的明显变化的蓝色羊毛标准样品，用蓝色羊毛标准样品的等级编号表示测试样品的耐光等级。

为了验证目测结果是否正确，我们还使用仪器测量法得到了曝晒样品及蓝色羊毛标准的颜色变化 ΔE^* 。我们采用的是 CIE L*a*b*颜色单位，D65 光源和 10°观察角。

表(2)给出了几个具有代表性的样品的试验结果，包括它们的 ΔE^* 数值。一般来说，曝晒样品的 ΔE^* 数值与 SDC 蓝色羊毛标准的 ΔE^* 数值进行比较可以客观给出样品的耐光等级。

表(2) 代表性样品的试验结果

样品	曝晒时间	ΔE^*	各阶段耐光等级	综合耐光等级
样品 1	21 小时	0.42	7 级	大于 7 级
	68 小时	0.71	大于 7 级	
	156 小时	1.36	大于 7 级	
	203 小时	1.34	大于 7 级	
样品 2	21 小时	1.22	5 级	1 级
	68 小时	2.12	6 级	
	156 小时	64.14	1 级	
	203 小时	75.58	小于 1 级	
样品 7	21 小时	1.83	4 级	2 级
	68 小时	28.17	2 级	
	156 小时	73.06	小于 1 级	
	203 小时	73.27	小于 1 级	
样品 10	21 小时	1.69	4 级	5 级
	68 小时	2.79	6 级	
	156 小时	8.97	5 级	
	203 小时	13.59	5 级	

3.2.2 试验结果分析

在进行加速耐光试验之前, 我们已经大概知道, 这 13 个样品中有的耐光性很好, 有的很差, 有的一般, 各样品之间的差异性很大。试验结果显示, 确实如预测的一样, 这就说明, 使用 Q-Sun B02 氙灯试验箱可以区分样品的不同耐光性。如表 2 中的样品 1 就是耐光性很好的样品, 而样品 2 和样品 7 是耐光性很差的样品, 样品 10 是耐光性一般的样品。

对于表(2)中的评级, 其实 GB/T 22771-2008 标准中没有具体的说明。我们是按照自己对标准的理解进行评级。先是在不同曝晒阶段分别对样品进行评级, 最后再给出一个综合耐光等级。这个所谓的“综合耐光等级”是在样品出现明显变化的那个阶段评定的耐光等级。如样品 2, 它在第一阶段(曝晒 21 小时)和第二阶段(曝晒 68 小时)未出现明显变化, 而在第三阶段(曝晒 156 小时)出现了明显变化, 所以我们把在第三阶段

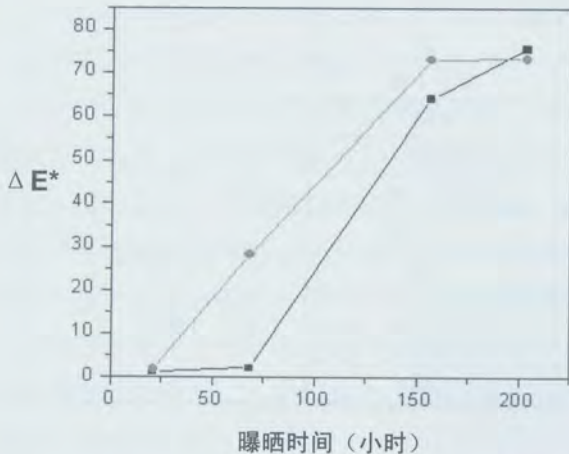
评定的耐光等级作为综合耐光等级。

3.2.3 GB/T 22771-2008 评定方法存在的问题

从表(2)的试验数据, 我们可以看出, 应用 GB/T 22771-2008 中的第二种曝晒方法对样品进行耐光等级评定时, 有时会不准确。例如: 表(2)中的样品 2 和样品 7, 在每个曝晒阶段进行评级时, 样品 2 在前三个阶段好于样品 7, 在最后阶段与样品 7 相当, 但是最终的综合评级却是样品 2 为 1 级, 样品 7 为 2 级。为了形象地解释这种奇怪的情况, 我们作出了两个样品的 ΔE^* 与曝晒时间之间的关系图, 如图(2)所示。

从图(2)中我们发现, 样品的 ΔE^* 随时间的变化并不是线性的。有的样品, 如样品 2, 一开始颜色变化比较缓慢, 而曝晒到了一定时间, 颜色则开始发生快速变化。而有的样品, 如样品 7, 则在曝晒开始阶段就显示快速的颜色变化, 相反, 等曝晒了一段时间之后, 颜色变化趋于平缓。样品 2 的耐光等级比样品 7 差的原因在于: 样品 2 在前

两个曝晒阶段（分别曝晒 21 小时和 68 小时）未出现明显变化，所以只能将发生明显变化的第三个曝晒阶段的耐光等级作为最终的综合耐光等级；而对于样品 7，它在第二个曝晒阶段就出现了明显变化，所以在这个时候就可以评定样品的综合耐光等级。



图(2) 样品 2 (方形) 和样品 7 (圆点) 的 ΔE^* 与曝晒时间之间的关系

所以确定合适的曝晒终点尤为重要。GB/T 22771-2008 标准中确定的这四个曝晒阶段能大体评定样品的耐光等级，但是有时也是存在上述问题。

4 结论及建议

我们通过具体试验分析了 13 种不同胶印油墨样品的耐光老化性能，同时也分析解读了 GB/T 22771-2008 的部分内容，尤其是曝晒、耐光等级评定等章节。试验结果显示，按照 GB/T

22771-2008 标准，可以区分曝晒样品耐光性的好、中、差。

虽然 GB/T 22771-2008 标准是评定印刷品及印刷油墨耐光老化性能的一个普遍应用的标准，整体上的评定结果是真实客观的，但是有时也会给出存在争议的试验结果。当试验结果存在争议时，我们建议应用标准中第一种曝晒方法，即对每个样品和一套蓝色羊毛标准进行单独曝晒，当样品发生明显变化时，与蓝色羊毛标准进行比较，用与样品发生相同的明显变化的蓝色羊毛的等级编号来表示测试样品的耐光等级。✱

【参考文献】

- [1] ISO 12040:1997《印刷技术 印刷品与印刷油墨 用滤光氙弧灯评定耐光性》。
- [2] Douglas M. Grossman, The right choice-UV fluorescent testing or xenon arc testing. PCI, March 10, 2006.
- [3] 张恒. QUV 和 Q-Sun 两种有效测试耐候性和光稳定性方法的比较. 汽车工艺与材料, 2006, 8.
- [4] ISO 11341:2004《色漆和清漆—人工老化和暴露—滤过的氙弧辐射》。
- [5] ASTM G 155-05a《用于非金属材料暴露的氙灯测试设备》。
- [6] ISO 4892-2:2003《塑料—实验室光源下的暴露方法 第 2 部分:氙弧灯光源》。

(陈爱军 / 上海牡丹油墨有限公司)

(张恒 孙杏蕾 / 美国 Q-Lab 公司中国代表处)

(樊汉卿 / 全国油墨行业信息中心主任)