

几种涂层氙弧灯光老化试验加速性研究

刘雅智, 闫 杰

(工业和信息化部电子第五研究所, 广州 510610)

摘要: 太阳辐射是引起有机材料老化的最主要原因, 实验室氙弧灯光老化试验具有较高的加速性。本文通过对有机涂层在广州试验站自然暴露试验结果以及实验室氙弧灯光老化试验结果进行对比研究, 得到 3 种常用有机防护涂层的加速倍数, 对于 1#、2# 样品的加速倍数为 9, 3# 样品的加速倍数为 6。

关键词: 有机涂层; 太阳辐射; 氙弧灯光老化试验; 加速倍数

中图分类号: TN23

文献标识码: B

文章编号: 1004-7204 (2012) 02-0005-04

The Research on the Acceleration of the Xenon Arc Lamp aging Test for Several Coating

LIU Ya-zhi, YAN Jie

(China Electronic Product Reliability and Environmental Testing Research Institute, Guangzhou 510610)

Abstract: Solar radiation is the main factor for the aging of organic materials. Laboratory's xenon arc lamp aging test has a high acceleration. In this paper, we got the Accelerated multiples of three kinds of three commonly used organic protective coatings through the comparative study of the Natural exposure test results in Guangzhou Experiment Station and the xenon arc lamp test results in the laboratory. For the samples 1 #, 2 #, the Accelerated multiples is 9, and for the samples 3 #, the Accelerated multiples is 6.

Key words: organic protective coating; solar radiation; xenon arc lamp aging test; accelerated multiples

引言

有机涂层的主要作用是保护基材不受腐蚀。太阳光、热和温度、水和湿气等是引起各种高分子涂层老化的重要环境因素^[1]。自然暴露试验的结果真实可靠, 但其试验时间较长, 至少需要三年到五年之间; 实验室人工加速试验, 因其试验周期短, 可以弥补自然暴露试验方法获得结果较慢的缺点, 得到广泛应用。目前, 人工加速试验已广泛应用到材料的耐候性评价中。在不改变材料老化机理的基础上, 建立人工加速试验与自然暴露试验之间的加速倍数关系成为目前亟待研究的问题。

本文选取几种常用涂层进行实验室氙弧灯老化试验, 与广州试验站户外大气暴露试验结果进行对比分析, 研究其加速性。

1 试验样品和试验方法

1.1 试验样品

本研究选取了三种不同底漆和面漆的常用防护涂层

样品, 进行广州试验站自然暴露和实验室氙弧灯光老化对比试验。涂层种类如表 1 所示。

1.2 试验方法

a. 广州站自然暴露试验方法

本研究自然暴露试验采用 GB/T 9276—1996《涂层自然气候暴露试验方法》, 朝南 45° 角户外自然暴露, 试验周期分 6 个月、12 个月、18 个月、24 个月、30 个月和 36 个月, 按周期进行外观、光泽、色差检测及评级。

b. 实验室氙弧灯光老化试验方法

实验室氙弧灯光老化试验参照 GB/T 16422.2-1999《塑料实验室光源暴露试验方法 第 2 部分: 氙弧灯》, 试验周期 60 天。每 5 天进行试验后外观、光泽、色差检测及评级。

表 1 涂层的种类

试样品种	基材	镀层	底漆	面漆
1#	玻璃钢板	/	雷达罩底漆	浅灰 TS96-71
2#	LY12-CZ	H-DY	锌黄底漆	TB04-62
3#	Q195	D-Zn25·DC	铁红环氧底漆	烤漆 A04-61

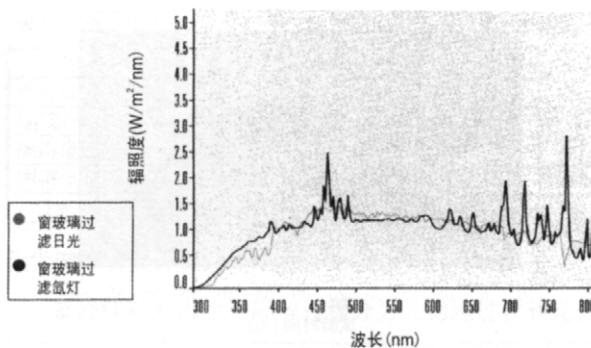


图1 氙弧灯与自然太阳光紫外、可见、红外光谱比较

人工光源有很多种,由于氙弧灯与自然太阳光的光谱最为接近(见图1),为了更好地找出其与自然暴露试验的加速效果,故本文选择了实验室氙弧灯光老化试验与户外自然暴露试验方法进行对比。其试验条件如下:

参考标准: GB/T 16422.2;

辐照度: $1120 \pm 112 \text{ W/m}^2$ [$(0.55 \pm 0.05) \text{ W/m}^2 @ 340 \text{ nm}$];

温度: 49 °C;

相对湿度: 50%;

每个周期: 24h;

光照时间: 20h;

非光照时间: 4h;

非光照时间: 不喷水;

持续试验时间: 60d;

测试周期: 5d。

2 试验结果

2.1 外观检查

采用 GB/T 1766—2008《色漆和清漆 涂层老化的评级方法》中,保护性漆膜综合老化性能等级的评定如表2和表3所示。

由表2可知,在3年的试验过程中,1#、2#样品在变色和粉化性能方面都比3#样品等级低,表现出较好的耐候性。

由表3可知,2#样品在变色等级与3#样品相当,但其粉化等级低于3#样品,综合等级仍与1#样品相同,均低于3#样品,在实验室氙弧灯光老化试验过程中表现出较好的耐候性。

2.2 色差变化

使用 ADCI-60-C 型全自动测色色差计对广州户外自然暴露和实验室氙弧灯试验样品分别进行了色差检测,其变化如图2、图3所示。

2.3 加速倍数的计算

John A Simms 提出了 AF 的概念,即“采用某试验方法试验 h_1 小时与采用另一试验方法试验 h_2 小时的效果相同”,则加速因子即加速系数 $AF = h_1 / h_2$;或者在相同的试验时间下,将两种试验方法分别获得的性能参数结果 p_1 和 p_2 相除得到加速因子,即 $AF = p_1 / p_2$ 。加速因子越大,加速性越高。

本试验中,同种试验样品经过广州户外自然暴露试

表2 样品在广州户外暴露后的老化评级表

种类	变色等级					粉化等级					综合等级				
	6月	12月	18月	24月	30月	6月	12月	18月	24月	30月	6月	12月	18月	24月	30月
1#	1	1	1	1	2	0	0	1	2	3	0	0	1	2	3
2#	1	1	1	1	1	0	0	1	2	3	0	0	1	2	3
3#	5	5	5	5	5	0	2	4	4	5	0	3	4	4	5

注:其他没有列出的老化评级项目表示无变化。

表3 样品在实验室氙弧灯光老化试验后的老化评级表

种类	变色等级						粉化等级						综合等级					
	10天	20天	30天	40天	50天	60天	10天	20天	30天	40天	50天	60天	10天	20天	30天	40天	50天	60天
1#	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
2#	0	1	2	3	3	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
3#	1	1	3	3	4	4	0	0	0	1	2	3	0	0	0	1	2	3

注:其他没有列出的老化评级项目表示无变化。

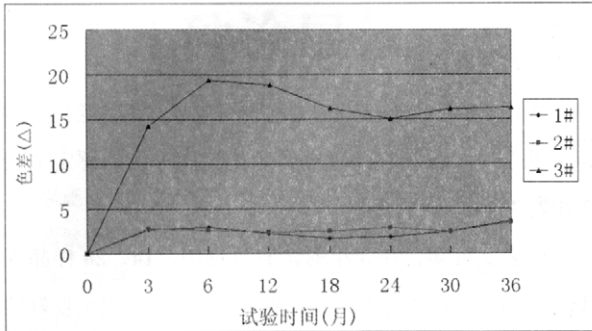


图2 广州户外自然暴露试验样品色差变化

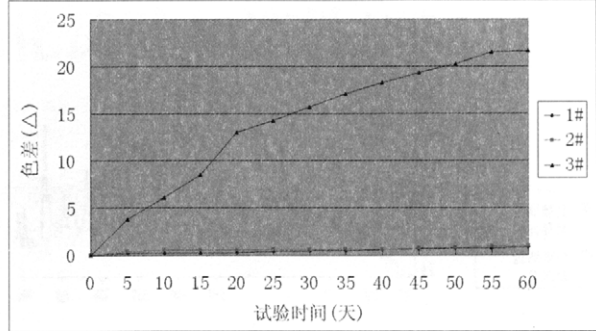


图3 实验室氙弧灯试验样品的色差变化

验和实验室氙弧灯光老化试验后，得到不同试验周期的老化性能等级评定（见表2和表3）。由此可计算出实验室氙弧灯光老化试验加速倍数：

$$AF = \frac{T_1}{T_2}$$

式中：

AF ——加速倍数；

T_1 ——达到相同老化性能等级评定时的自然暴露老化天数；

T_2 ——达到相同老化性能等级评定时的实验室氙弧灯光试验老化天数。

在该项目中，通过表2和表3中的综合等级可知，1#和2#样品通过实验室氙弧灯光老化试验60天（综合等级1级）相当于自然暴露18个月（综合等级1级）；而3#样品通过实验室氙弧灯光老化试验60天（综合等级3级）相当于自然暴露12个月（综合等级3级），可得加速倍数AF如表4。

表4可知，实验室氙弧灯光老化试验对于本文中的三种常用防护涂层具有较高的加速性，1#、2#样品的加速倍数高于3#样品的加速倍数。

3 讨论

老化降解主要是光引发的氧化和水解，其影响因素

表4 3种试验样品的加速倍数

样品种类	老化性能综合等级	实验室氙弧灯光老化(d)	广州户外自然暴露(mo.)	AF
1#	1	60	18	9
2#	1	60	18	9
3#	3	60	12	6

主要是阳光（特别是紫外线）、温度、氧气、水和污染物等^[2]。

在研究对有机涂层的户外老化影响因素中，太阳中紫外线被认为是引发降解最主要因素。一般认为有机涂层的光降解机理是自由基反应机理，自由基反应过程如下所示：

自由基产生： $R-R + \text{光} \rightarrow 2R\cdot$

增长： $R\cdot + O_2 \rightarrow ROO\cdot$

$ROO\cdot + RH \rightarrow ROOH + R\cdot$

$ROOH \rightarrow RO\cdot + HO\cdot$

$2ROOH \rightarrow ROO\cdot + RO\cdot + HO_2\cdot$

$RO\cdot + RH \rightarrow ROH + R\cdot$

$HO\cdot + RH \rightarrow HO_2\cdot + R\cdot$

终止：自由基 $\rightarrow$ 产物

产物光分解和光氧化作用导致有机涂层分子链降解。有机涂层结构发生变化后引起有机涂层性能发生变化，即有机涂层在紫外线作用下发生了老化。

太阳光中主要由可见光、红外光和紫外线组成，其中可见光约占53%，红外光约占44%，少量的紫外线约占3%。虽然紫外线占很小的比例，然而它对聚合物有巨大的破坏作用。紫外线具有能量为314 ~ 419KJ/mol，而大部分聚合物自动氧化活化能约为42 ~ 167KJ/mol，各种化学键离解能为167 ~ 418KJ/mol。例如在紫外光区中300nm的光能量相当于399KJ/mol，而键的离解能只有349KJ/mol，所以300nm紫外线完全可以使链分解。因此到达地面的太阳光所含紫外线的能量足以破坏聚合物的

表5 2001年~2010年广州气象数据的累年各月统计值^[4]

项目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
平均最高温(°C)	18.3	18.5	21.6	25.7	29.3	31.5	32.8	32.7	31.5	28.8	24.5	20.6
平均气温(°C)	13.6	14.6	17.9	22.1	25.5	27.6	28.6	28.4	27.2	24.2	19.6	15.3
平均最低温(°C)	10.3	11.7	15.2	19.5	22.7	24.8	25.5	25.4	24.0	20.8	15.9	11.5
降雨量(mm)	40.9	69.4	84.7	201.2	283.7	276.2	232.5	227.0	166.2	87.3	35.4	31.6
日照时数(h)	118.5	71.6	62.4	65.1	104.0	140.2	202.0	173.5	170.2	181.8	172.7	166.0

化学键,引发自动氧化反应造成老化分解。

紫外线对有机涂层降解过程分为光物理过程和光化学过程。(1)光物理过程。聚合物分子吸收紫外光子,成为激发态分子,这为聚合物分子发生光化学反应提供了可能性,但不是每个激发态分子都能促成双分子之间的化学反应(即导致聚合物降解)。这些分子可以通过发光(荧光、磷光)、发热,以及能量传递等过程转化大部分激发能。这就是一个光物理过程。

(2)光化学过程。聚合物分子处于激发态时,部分激发态分子发生光化学反应。光化学反应仍然以自由基反应形式引起分子链通过均裂或者重组形式降解。光分解和光氧化作用最后导致有机涂层主链断裂、过氧化物出现和亲水性的小分子产生。有机涂层结构发生变化后引起有机涂层性能发生变化,即有机涂层在紫外线作用下发生了老化。

为了研究有机涂层老化,科学家们一直希望采用不同的实验方法研究户外大气涂层老化行为或者通过模拟户外大气中紫外线、温度、湿度、污染气体等老化因素间接研究有机涂层老化行为,通过研究有机涂层的老化行为从而研究涂层的老化机理。户外曝晒试验方法突出缺点是实验周期长,因此出现模拟户外自然环境(紫外光、温度、湿度等)人工加速老化实验。例如模拟单一老化因素(如紫外线、湿度、温度等)实验方法。

模拟紫外线试验方法将被测试样在一定的条件下曝露于光谱功率分布已知的光源及相应的湿度、温度环境下,经过一段时间后达到涂层老化。常用光源有碳弧灯、紫外灯、氙灯和高压水银灯。在光源中氙灯被认为是与太阳光最匹配的光源^[3]。

广州试验站位于23N,113E,我们通过对广州试验站户外主要环境因素的监控,其气候特点为表5所示。

由表5可知:广州年平均气温为21.9℃,年平均降水量1696.5mm,全年平均相对湿度77%,年平均日照时数有1800小时以上,属于典型的亚热带季风气候。广州太阳辐射强,温度较高,降水量大,这种持续的强辐射、高温、高湿因素对有机涂层的老化都起加速老化作用。

所以本文所用的氙弧灯光老化比较符合涂层的老化机理,与广州户外大气暴露试验有较好的加速性。

4 结论

(1)样品在广州户外自然暴露36个月和实验室氙弧灯光老化试验60天后颜色都出现了不同程度的变化,且都出现了明显的粉化现象;

(2)1#和2#样品的老化速度相对于3#样品较缓慢,表现出较稳定的性能;

(3)实验室氙弧灯光老化试验具有较高的加速性,对于1#、2#样品的加速倍数为9,3#样品的加速倍数为6。

参考文献

- [1] JACQUET L F E. Accelerated and outdoor/natural exposure testing of coatings [J]. Progress of Polymeric Science, 2000, 25(9): 1337-1362
- [2] Armstrong R D, Jenkins A T, Johnson B W. An investigation into the UV breakdown of thermoset polyester coatings using impedance spectroscopy [J]. Corros. Sci., 1995, 37(10): 1615-1625
- [3] 2. Atlas of handbook of weathering Service Group www. Atlaswg.com
- [4] 中国气象科学数据共享服务网 <http://cdc.cma.gov.cn/>

作者简介

刘雅智(1984-),女,湖南湘乡人,主要从事装备环境与可靠性工作。

论文降重、修改、代写请加微信（还有海量Kindle电子书哦）



免费论文查重，传递门 >> <http://free.paperyy.com>

阅读此文的还阅读了：

1. [涂层织物加速老化试验方法\(一\)](#)
2. [车身涂层的自然曝晒和人工加速老化试验](#)
3. [涂层织物湿热空气加速老化试验方法](#)
4. [埋地长输管道石油沥青涂层的人工加速老化试验](#)
5. [几种涂层氙弧灯光老化试验加速性研究](#)
6. [航空铝合金涂层体系加速老化试验前后电化学阻抗变化](#)
7. [不同材料在海洋大气环境下的加速环境谱研究](#)
8. [航空用氟聚氨酯涂层加速老化试验研究](#)
9. [涂层织物加速老化试验方法\(二\)](#)
10. [耐候性有机涂层加速老化试验研究进展](#)