

太阳跟踪反射聚光户外加速试验研究

闫杰¹, 刘丽红¹, 肖杰²

(1. 工业和信息化部电子第五研究所, 广州 510610; 2. 中国人民解放军77546部队, 拉萨 850000)

摘要: 太阳辐射是引起有机材料老化的最主要原因。由于拉萨高原地区的太阳辐射年总量比内地同纬度高出约1倍,在拉萨进行有机涂层样品的户外暴露试验,其老化速度可大大提高。通过在拉萨试验站对4种常用的有机防护涂层开展太阳跟踪反射聚光户外加速试验和自然暴露试验对比研究,优选出了环境适应性好的材料,并验证了其加速性。

关键词: 有机涂层; 太阳辐射; 老化

中图分类号: TQ630.7 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2011)06-0096-04

Study on Outdoor Accelerated Weathering Test Using Sun Tracking Reflector Concentrated Device

YAN Jie¹, LIU Li-hong¹, XIAO Jie²

(1. The Fifth Electronics Research Institute of the Ministry of Industry and Information Technology, Guangzhou 510610, China; 2. Unit 77546 of PLA, Lhasa 850000, China)

Abstract: The solar radiation was the most important factor of organic material weathering. Because the level of the solar radiation in Lhasa of tableland was twice higher than in backland of the same latitude, the weathering rate of organic coating was consumedly elevated for the samples tested in Lhasa. The accelerated outdoor weathering test and natural exposure test of four types of common protective coating was carried out in Lhasa. The relative durability of the materials was determined and the acceleration rate of the method was validated.

Key words: organic coating; solar radiation; weathering

老化降解主要是光引发的氧化和水解,其影响因素主要有阳光(紫外线为主)、温度、氧气、水和污染物等^[1],太阳辐射是造成户外使用的有机材料失效的重要原因之一。我国高原、山地多,海拔1 000 m以上的地区约占全国总面积的65%,青藏高原纬度

低、海拔高、大气清洁,是全国太阳总辐射量最多的地区,年总辐射量在 6.7×10^3 MJ/m²以上,比沿海平原高20%^[2]。紫外线使有机材料变色、粉化、起泡、开裂、剥落,有机制品等逐渐老化、变色、发粘和龟裂,材料性能受到不同程度影响;高原较大的日温差和

收稿日期: 2011-07-12

作者简介: 闫杰(1979—),女,山东人,硕士,工程师,主要从事电子产品环境适应性研究。

强烈的太阳辐射,也使得涂层老化加快,易产生基材结构腐蚀或变形。

CEEC-TGJ-001A型太阳跟踪反射聚光户外加速试验装置,配有10面平面镜组成的反射系统,具有自动跟踪太阳反射聚光、自动喷水、自动温度测控等功能,以太阳光为光源,其结果真实可靠,可更好地起到加速的效果。

1 试验站的气象特点

文中选取拉萨试验站进行太阳跟踪反射聚光户外加速试验和自然暴露试验研究。拉萨市位于雅鲁藏布江支流拉萨河中游河谷平原,东经 $91^{\circ} 07'$ 、北纬 $29^{\circ} 39'$,海拔3 658 m。拉萨近5 a(2006—2010年)的户外实测气候参数见表1。

由表1可知,拉萨站在5—9月份期间,其温度、

湿度、太阳辐射量都达到了一年内的较高值;相比之下,其他月份的对应气候参数较低。因此,要想得到较高的加速效果,应选择拉萨站的5—9月份进行加速试验。

2 试验

2.1 试验样品

本研究选取了2种同基材同镀层但不同底漆和面漆的4类常用防护涂层材料,共40件试验样品,进行拉萨试验站户外暴露试验和太阳跟踪反射聚光户外加速试验。涂层种类见表2。

2.2 试验方法

自然暴露试验采用GB/T 9276—1996《涂层自然

表1 拉萨户外气候参数

Table 1 Outdoor climate parameters of Lhasa

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
平均温度/ $^{\circ}\text{C}$	1.9	2.8	6.2	9.9	14.0	17.1	17.9	16.2	14.6	10.2	4.3	0.9
平均相对湿度/%	17.3	21.5	26.0	30.3	36.0	41.8	49.5	54.8	49.8	35.8	28.5	22.0
平均总辐射/ $(\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2})$	473.8	521.5	661.1	689.5	808.6	770.5	748.7	691.0	627.1	614.9	494.8	466.2
平均紫外线辐射/ $(\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2})$	89.2	90.0	102.4	98.7	112.9	98.4	106.9	93.6	94.8	87.0	95.0	93.0
平均日照时数/h	244.1	240.1	270.6	263.6	289.5	273.1	249.8	238.5	246.2	289.8	262.2	255.2
平均气压/kPa	64.99	64.95	65.06	65.21	65.22	65.19	65.25	65.41	65.51	65.50	65.45	65.26
平均降雨量/mm	0.1	2.2	3.1	12.1	36.4	57.4	120.0	141.9	42.6	5.4	2.5	0.0

表2 涂层的种类

Table 2 Kinds of coating

编号	基材	底漆	面漆	厚度/ μm
1#	LY12-CZ	锌黄底漆	TB04-62	100
2#	LY12-CZ	锌黄环氧底漆	海灰A04-61	120
3#	LF6M	锌黄底漆	TB04-62	100
4#	LF6M	锌黄环氧底漆	海灰A04-61	120

气候暴露试验方法》,试验周期分3,6,12,18,24个月;太阳跟踪反射聚光户外加速试验采用GB/T 20236—2006《非金属材料的聚光加速户外暴露试验方法》,试验周期为25 d。每个周期都进行外观检查和色差检测。

3 结果和讨论

3.1 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,见表3和表4。

由表3和表4可知:

1) 对于未达到失效的防护性涂层,虽然基材不同,但对于面漆和底漆相同的1#和3#样品、2#和4#样品,其变色等级、粉化等级和综合等级几乎一致;

2) 1#和3#样品在拉萨户外自然暴露24个月后,表面分别很轻微变色(1级)、轻微粉化(2级);2#和

表3 样品在拉萨户外暴露后的老化评级
Table 3 Rating of samples after exposure in Lhasa

编号	变色等级					粉化等级					综合等级				
	3个月	6个月	12个月	18个月	24个月	3个月	6个月	12个月	18个月	24个月	3个月	6个月	12个月	18个月	24个月
1#	0	1	1	1	1	0	0	0	1	2	0	0	0	1	2
2#	0	0	1	2	2	0	0	1	2	3	0	0	1	2	3
3#	0	1	1	1	1	0	0	0	1	2	0	0	0	1	2
4#	0	0	1	2	2	0	0	1	2	3	0	0	1	2	3

注:其他没有列出的老化评级项目表示无变化。

表4 样品在拉萨太阳跟踪反射聚光户外加速试验后的老化评级

Table 4 Rating of samples after outdoor accelerated weathering with Sun tracking reflector concentrated device in Lhasa

编号	变色等级					粉化等级					综合等级				
	25 d	50 d	75 d	100 d	125 d	25 d	50 d	75 d	100 d	125 d	25 d	50 d	75 d	100 d	125 d
1#	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
2#	0	1	1	1	1	0	0	0	1	3	0	0	0	1	3
3#	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
4#	1	1	1	1	2	0	0	0	1	3	0	0	0	1	3

注:其他没有列出的老化评级项目表示无变化。

4#样品自然暴露24个月后,表面分别轻微变色(2级)、明显粉化(3级);

3) 1#,2#和3#样品在太阳跟踪反射聚光户外加速试验125 d后,表面分别轻微粉化(2级)、很轻微变色(1级)、轻微粉化(2级);4#样品表面轻微变色(2级),2#,4#明显粉化(3级);

4) 从综合等级看出,在高原气候环境下,1#,2#样品比3#,4#样品表现出更好的环境适应性。

3.2 色差变化

使用 ADCI-60-C 型全自动测色色差计对拉萨户外自然暴露和太阳跟踪反射聚光户外加速试验样品分别进行了色差检测,结果如图1和图2所示。

从图1和图2可知,试验样品的周期检测值与外观检查的评级结果基本一致。

4 加速性评定

John A Simms 提出了加速因子(α)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 $\alpha=h_1/h_2$;或者

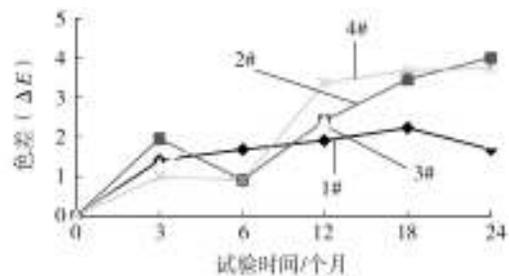


图1 拉萨户外自然暴露试验样品色差变化

Fig. 1 Color difference of samples after outdoor natural exposure in Lhasa

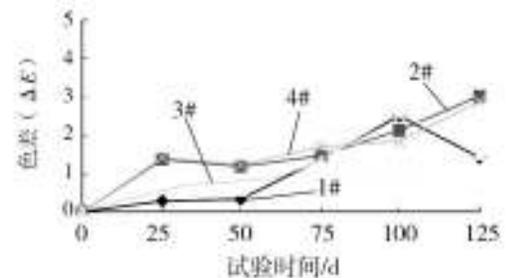


图2 拉萨太阳跟踪反射聚光加速试验样品的色差变化

Fig. 2 Color difference of samples after outdoor accelerated weathering using Sun tracking reflector concentrated device in Lhasa

在相同的试验时间下,将2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 $\alpha = p_1/p_2$ 。加速因子越大,加速性越高。

本试验中,同种试验样品经过拉萨户外自然暴露试验和太阳跟踪反射聚光户外加速暴露试验后,得到不同试验周期的老化性能等级评定(见表3和表4)。由此可计算本项目中的新加速试验方法相对于朝南45°暴露试验的加速倍数。

$$\alpha = t_1/t_2$$

式中: t_1 为达到相同老化性能等级评定时时的自然暴露老化天数; t_2 为达到相同老化性能等级评定时时的太阳跟踪反射聚光户外加速暴露老化天数。

在该项目中,通过表3和表4中的综合等级可知,1#和3#样品通过太阳跟踪反射聚光户外加速试验125 d(综合等级1级)相当于自然暴露18个月(综合等级1级);2#和4#样品通过太阳跟踪反射聚光户外加速试验100 d(综合等级1级)相当于自然暴露12个月(综合等级1级),可得加速倍数见表5。

表5 4种试验样品的加速倍数

Table 5 Accelerating multiple of 4 kinds of samples

编号	老化性能等级	太阳跟踪反射聚光加速时间/d	拉萨户外自然暴露时间	α
1#	1	125	18个月	4.3
2#	1	100	12个月	3.6
3#	1	125	18个月	4.3
4#	1	100	12个月	3.6

研究表明,光氧化降解随湿度增大而加剧,水解

降解也因光照而加剧^[3]。本项目中拉萨站的太阳跟踪反射聚光户外加速试验时间主要在12月份和1月份,如果加速试验集中在太阳辐射强的5—9月份进行,同时进行样品喷淋循环,加速倍数将进一步提高。

5 结论

1) 样品在拉萨户外自然暴露2 a和太阳跟踪反射聚光户外加速试验125 d后色差都出现了不同程度的上升,且都出现了明显的粉化现象;

2) 1#和3#样品的老化速度相对于2#和4#样品较缓慢,表现出较好的环境适应性;

3) 太阳跟踪反射聚光户外加速试验装置具有较好的加速性,在拉萨试验站的冬季试验时间内,未使用喷淋循环的情况下,对于1#,3#样品的加速倍数为4.3,2#,4#样品的加速倍数为3.6。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 李潮流, 康世昌. 青藏高原不同时段气候变化的研究综述[J]. *地理学报*, 2006, 61(3): 327—335.
- [3] BAUER D R. Melamine/Formaldehyde Crosslinkers: Characterization, Network Formation and Crosslink Degradation [J]. *Prog Org Coat*, 1986(14): 193—218.
- [4] 法[J]. *电波科学学报*, 1999, 14(1): 41—46.
- [7] COLLIN R E. *Field Theory of Guided Waves*[M]. New York: McGraw, 1991.
- [8] GRAGLIA R D, VSLENGHI P E. Electromagnetic Scattering from Anisotropic Materials——Part II: Computer Code and Numerical Results in Two-dimensions [J]. *IEEE Trans on Antennas Propaga*, 1987, 35(2): 232—252.
- [9] REN Wei. Contributions to the Electromagnetic Wave Theory of Bounded Homogeneous Anisotropic Media [J]. *Physical Review E*, 1993, 47(1): 664—673.
- [10] 郑宏兴, 葛德彪, 魏兵. 用FDTD方法计算二维各向异性涂层目标的RCS[J]. *系统工程与电子技术*, 2003, 25(1): 4—8.
- [11] LI Ying-le, HUANG Ji-ying. The Scale-transformation of Electromagnetic Theory and its Applications[J]. *Chinese Physics*, 2005, 14(4): 646—650.
- [12] 李应乐, 黄际英. 电磁场的多尺度变换理论及其应用[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2006: 102—116.
- [13] 鲁述, 徐鹏根. 电磁场边值问题的解析方法[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2005.
- [14] 王一平. 电磁场与电磁波理论基础[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2006.