

彩涂板户外曝晒与实验室加速耐候试验的研究

范纯 张家琪(宝钢,201900)

张恒,孙杏蕾(美国 Q-Lab 公司中国代表处,200436)

摘要:分析了目前国内外普遍使用的不同树脂体系彩涂板,在几个不同地区的 3 年户外曝晒结果和 Q-Sun 氙灯试验箱的加速试验结果。研究了不同试验条件下样品的颜色变化、失光等性能的相关性。研究表明,对于样品的某些性能,实验室加速试验在一定程度上可以再现户外真实曝晒情况,为彩涂板质量研究提供加速试验依据。但因为酸雨、盐雾、霉菌、工业沉降物等户外因素的影响,实验室加速试验无法完全模拟户外试验中所出现的所有老化现象。

关键词:彩涂板;耐候;氙灯;户外;相关性

Abstract: This article studied the weathering results in 3-year outdoor exposure, Q-Sun xenon tester of different resin system pre-painted steel sheet. We studied the color change, gloss loss of the samples exposed in different test conditions. The test results showed that as to some performance of the samples, the accelerated weathering test can simulate the outdoor exposure. But current lab testing method has not simulated all the outdoor factors, such as acid rain, fog, mildew, industrial deposit and so on, the accelerated test can not simulate all of the failures in the field.

Keywords: Pre-painted Steel Sheet; Weathering; Xenon; Outdoor; Correlation

中图分类号: TU56+1.6 TU111.2+5 文献标识码: B 文章编号: 1003-8965(2010)08-0039-05

1 彩涂板老化测试的现状

彩涂板因其具有优良的成型性能,耐久性能和装饰性能,广泛应用于建筑、家电和家具等行业。国外生产和研究彩涂板已超过 50 年的历史,而国内生产彩涂板的历史不到 20 年^[1],对彩涂板的性能研究更是十分有限。本文主要研究彩涂板的户外曝晒和实验室加速耐候试验及它们之间的相关性。

2 户外曝晒和实验室加速耐候试验方法

为了研究不同地区的户外曝晒情况,我们分别在宝钢厂内、北京、广州、海南、重庆 5 个地区对 12 种目前国内外普遍使用的不同树脂体系彩涂板进行户外曝晒试验。户外曝晒时间一共是 3 年,每隔 1 年测试样品的颜色变化、失光、粉化等性能。

在进行户外曝晒的同时,我们也进行了实验室加速耐候试验。在 Q-Sun 氙灯试验箱中曝晒 1000

小^[2],实验室加速耐候试验根据国家标准 GB/T 13448-2006[3]中的方法设定测试条件,具体参数如表 1 所示。

3. 户外曝晒和实验室加速耐候试验的结果分析

3.1 试验结果的初步分析

户外曝晒和实验室加速耐候试验结束后,我们选取测量了 6 个样品的颜色变化、失光、粉化等数值。在测量这些参数的过程中,我们发现了以下一些问题。

户外曝晒受环境的影响很大,除了光照、温度、湿度的主要作用,酸雨、盐雾、霉菌、工业沉降物等户外因素也同时对材料造成破坏。由于海南、广州是沿海气候条件,所以样品的户外曝晒会受到盐雾、霉菌等条件的影响;重庆地区受酸雨的影响较大;而宝钢试验点位于工业环境中,各种工业污染物的沉降量很大,对样品的影响也很大。所以只有

表 1 Q-Sun 测试程序

过滤器	光强	测试循环
日光过滤器	0.55W/m ² /nm @340nm	(1) 70℃黑板温度,35%相对湿度下光照 40 分钟;(2) 光照和正面水喷淋 20 分钟;(3) 70℃黑板温度,50%相对湿度下光照 60 分钟;(4) 38℃黑板温度,95%相对湿度下黑暗和正面水喷淋 60 分钟

北京地区的样品受污染的程度较小,实验室加速耐候试验结果与北京户外曝晒结果之间的相关性较好。

由于在测试样品的颜色变化、失光、粉化等性能之前,我们对样品进行了清洗,所以有些测试结果并不能反映样品的真实老化结果。如,在北京地区第三年的颜色变化还不如第二年的颜色变化厉害,主要是因为当我们将样品进行清洗后,样品露出了没有发生老化的新的表层,所以才出现以上描述的测试结果。因此,我们只考虑户外曝晒第一年和第二年的测试结果。

由于酸雨、盐雾、霉菌、工业沉降物等户外因素

的影响,即使户外曝晒之间的相关性也不是很好。相比之下,实验室加速测试与户外曝晒之间的相关性反而更好一些。我们将在下面的章节中重点研究 Q-Sun 氙灯试验箱与户外曝晒之间的关系。

3.2 户外曝晒之间及与 Q-Sun 氙灯试验箱试验中样品颜色变化之间的相关性

3.2.1 各地区户外曝晒试验中样品颜色变化之间的相关性

对于样品的颜色变化,我们首先研究户外曝晒试验结果各地区之间的相关性如何。下面的表 2 是几个不同地区户外曝晒试验中样品颜色变化之间的相关系数,rs^[4] (spearman 相关系数)。该相关系数指的是利用两种不同的测试方法对一组样品进行测试,所得实验结果之间的相关性。相关系数 rs 的计算公式为: $rs = 1 - 6 \sum di^2 / [n(n^2 - 1)]$, 其中 n 指的是样品的个数,di 指的是两列排序中每一组排位之间的差值。rs 越接近于 1,相关性越好。

通过观察表 2 中的数据,我们发现,户外曝晒之间的 Spearman 相关系数不是很好。即使是同一

表 2 几个不同地区户外曝晒试验中样品颜色变化之间的 Spearman 相关系数

rs	北京	北京	宝钢	宝钢	广州	广州	海南	海南	重庆	重庆
	1 年	2 年	1 年	2 年	1 年	2 年	1 年	2 年	1 年	2 年
北京 1 年		0.94	0.54	0.54	0.77	0.66	0.77	0.26	0.89	0.71
北京 2 年			0.60	0.60	0.66	0.60	0.89	0.54	0.77	0.60
宝钢 1 年				1.00	0.77	0.89	0.77	0.26	0.66	0.83
宝钢 2 年					0.77	0.89	0.77	0.26	0.66	0.83
广州 1 年						0.94	0.54	-0.14	0.94	0.94
广州 2 年							0.60	-0.09	0.89	0.89
海南 1 年								0.66	0.60	0.60
海南 2 年									-0.09	-0.09
重庆 1 年										0.83
重庆 2 年										

表 3 Q-Sun 氙灯试验箱与户外曝晒试验中样品颜色变化之间的相关系数

曝晒地区及时间	与 Q-Sun 1000 小时之间的相关系数
北京 1 年	0.83
北京 2 年	0.94
宝钢 1 年	0.71
宝钢 2 年	0.71
广州 1 年	0.60
广州 2 年	0.66
海南 1 年	0.94
海南 2 年	0.60
重庆 1 年	0.71
重庆 2 年	0.54

地区,曝晒 1 年和曝晒 2 年的试验结果之间的相关性也不全是好的,其中只有宝钢 1 年与宝钢 2 年之间的相关系数为 1,其它的相关系数都小于 1,如海南 1 年与海南 2 年之间的相关系数只有 0.66。不同地区之间的相关系数更是不理想,有的甚至是负数,如广州 1 年、广州 2 年、重庆 1 年、重庆 2 年与海南 2 年之间的相关系数都是负数。

以上已经提到,户外曝晒之间的相关系数不是很好,主要是因为户外曝晒受到酸雨、盐雾、霉菌、工业沉降物等户外因素的影响较大,我们甚至发现在宝钢试验点的样品表面出现黄斑或黑斑。

3.2.2 Q-Sun 氙灯试验箱与户外曝晒试验中

表 4 样品在 Q-Sun 氙灯试验箱及北京曝晒后的颜色变化

样品编号	ΔE (Q-Sun 1000h)	ΔE (北京 1 年)	ΔE (北京 2 年)
1	1.31	1.86	4.61
2	6.87	1.82	5.00
3	1.50	2.21	5.11
4	0.33	1.15	3.39
5	0.21	0.86	3.37
6	1.28	1.20	4.56

样品颜色变化之间的相关性

在研究户外曝晒不同地区之间的相关性的同时,我们也研究了 Q-Sun 氙灯试验箱与户外曝晒试验中样品颜色变化之间的相关性,具体相关系数如表 3 所示。

与表 2 相比较,表 3 中 Q-Sun 氙灯试验箱与户外曝晒试验中样品颜色变化之间的相关系数反而不是很差,一般都大于 0.60。Q-Sun 氙灯试验箱与北京试验点的相关系数都大于 0.80,与北京 2 年的相关系数高达 0.94。

在户外复杂曝晒因素的影响下,我们能得到表 3 所示的 Q-Sun 氙灯试验箱与户外曝晒试验中样品颜色变化之间的相关系数,已经说明它们之间的相关性较好了。下面我们接着分析在 Q-Sun 氙灯试验箱中测试多长时间相当于户外曝晒多久效果。

3.2.3 Q-Sun 氙灯试验箱与户外曝晒试验时间之间的对比

为了得到实验室加速耐候测试与户外曝晒试验结果之间的关系,也就是通常大家比较关心的一个问题——对于材料的某种变化,如果加速测试与户外结果的相关性足够好,那么在 Q-Sun 氙灯试验箱中测试多长时间相当于户外曝晒多久效果。本文研究了在 Q-Sun 氙灯试验箱中测试 1000 小时分别相当于在北京、宝钢、广州、海南、重庆曝晒多少时间。

下面举例说明我们的分析方法,如当我们研究在 Q-Sun 氙灯试验箱中测试 1000 小时相当于在北京曝晒多少时间时,我们首先分别测量了样品在 Q-Sun 氙灯试验箱中测试 1000 小时、在北京曝晒 1 年和在北京曝晒 2 年后样品的颜色变化,用 ΔE 来表示,如表 4 所示。

表 5 几个不同地区户外曝晒试验中样品失光率之间的相关系数

rs	北京 1 年	北京 2 年	宝钢 1 年	宝钢 2 年	广州 1 年	广州 2 年	海南 1 年	海南 2 年	重庆 1 年	重庆 2 年
北京 1 年		0.69	0.84	0.50	0.99	0.16	0.17	0.26	0.79	0.73
北京 2 年			0.84	0.84	0.73	0.36	0.41	0.50	0.73	0.36
宝钢 1 年				0.83	0.86	0.49	0.53	0.59	0.71	0.71
宝钢 2 年					0.51	0.77	0.81	0.84	0.54	0.37
广州 1 年						0.17	0.19	0.29	0.86	0.77
广州 2 年							0.99	0.99	0.37	0.37
海南 1 年								0.97	0.39	0.39
海南 2 年									0.47	0.41
重庆 1 年										0.77
重庆 2 年										

本次试验由于我们的测量数值较少,只能大体知道在 Q-Sun 氙灯试验箱中测试 1000 小时,样品的颜色变化没有在北京曝晒 1 年的厉害,不过无法准确计算出到底相当于在北京曝晒几个月的结果。

所以我们建议,以后进行耐候试验时,应该多取几个时间段对样品进行测量。在一个试验中,包括初始值在内至少要测量 5 次。例如以上这个试

表 6 Q-Sun 氙灯试验箱与户外曝晒试验中样品失光率之间的 Spearman 相关系数

曝晒地区及时间	与 Q-Sun 1000 小时之间的相关系数
北京 1 年	0.84
北京 2 年	0.76
宝钢 1 年	0.94
宝钢 2 年	0.77
广州 1 年	0.86
广州 2 年	0.54
海南 1 年	0.53
海南 2 年	0.64
重庆 1 年	0.71
重庆 2 年	0.71

验,对于 Q-Sun 氙灯试验箱测试,我们至少要测量初始值即 0 小时、200 小时、400 小时、600 小时、800 小时及 1000 小时的结果,而在北京曝晒 2 年的试验,至少要测量初始值即 0 个月、6 个月、1 年、18 个月及 2 年的结果。

通过观察表 4,我们同时发现,Q-Sun 氙灯试验箱测试时间不够长,应该再多测试一些时间,如 2000h 或 3000h。

3.3 户外曝晒之间及与 Q-Sun 氙灯试验箱试验中样品失光率之间的相关性

3.3.1 各地区户外曝晒试验中样品失光率之间的相关性

对于样品的失光率,我们同样首先研究户外曝晒试验结果各地区之间的相关性如何。下面的表 5 是几个不同地区户外曝晒试验中样品失光率之间的相关系数。

通过观察表 5 中的数据,我们发现,户外曝晒之间的相关系数不是很好。即使是同一地区,曝晒 1 年和曝晒 2 年的试验结果之间的相关性也不全是好的,其中广州 1 年与广州 2 年之间的相关系数只有 0.17。不同地区之间的相关系数更是不理想,

尤其是海南 1 年、海南 2 年与其它地区之间的相关系数。

3.3.2 Q-Sun 氙灯试验箱与户外曝晒试验中样品失光率之间的相关性

在研究户外曝晒不同地区之间的相关性的同时,我们也研究了 Q-Sun 氙灯试验箱与户外曝晒试验中样品失光率之间的相关性,具体相关系数如表 6 所示。

与表 5 相比较,表 6 中 Q-Sun 氙灯试验箱与户外曝晒试验中样品失光率之间的相关系数反而不是很差,一般都大于 0.60。Q-Sun 氙灯试验箱与宝钢 1 年的相关系数高达 0.94。

在户外复杂曝晒因素的影响下,我们能得到表 6 所示的 Q-Sun 氙灯试验箱与户外曝晒试验中样品失光率之间的相关系数,已经说明它们之间的相关性较好了。不过同样因为本次试验我们的测量数值较少,只能大体知道在 Q-Sun 氙灯试验箱中测试 1000 小时,样品的失光率相当于宝钢 2 年的结果,而无法计算出一个准确的数值。

4. 结论和建议

本文研究了几种不同树脂体系彩涂板的户外曝晒和实验室加速耐候试验。通过本次试验,我们认识到户外曝晒是实验室加速耐候试验的基础,积极开展户外老化测试是非常重要的,要利用户外曝晒试验指导实验室加速测试。由于户外曝晒因素的复杂性,如曝晒样品受到酸雨、盐雾、霉菌、工业沉降物的影响,实验室加速试验无法完全模拟户外试验中出现的所有老化现象。

通过合理评估和统计分析,对于样品的颜色变化和失光率,我们得到了较好的 Q-Sun 氙灯试验

箱与户外曝晒之间的相关系数。

通过本次试验,我们还注意到试验过程中一些需要改进的地方:

对户外曝晒样品进行评估前,应清洗一半样品而不是全部清洗,以免以后再次评估时无据可查。

在试验过程中,包括初始值在内至少对样品评估 5 次,以免数据过少不便于统计分析试验结果。

试验终点的确定也很重要,比如本次试验中,样品的某些性能在实验室加速试验中没有达到户外曝晒的老化程度。

还有很重要的一点,就是现有实验室加速试验方法的局限性。如,我们可以加入酸雨模拟试验(可在 Q-Sun Xe-3HD 型号中实现)来模拟重庆地区的曝晒环境,加入紫外盐雾复合试验^[5](可在 QUV+Q-Fog 中实现)来模拟海南、广州沿海地区的曝晒环境。

参考文献:

- [1] 陈科伦,郭太雄《浅谈彩色涂层板的市场和品种》轧钢,2005(6):50
- [2] 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 年第 8 期
- [3] GB/T 13448-2006《彩色涂层钢板及钢带试验方法》
- [4] ASTM G169 Standard Guide for Application of Basic Statistical Methods to Weathering Tests
- [5] ASTM 5894 Standard Practice for Cyclic Salt Fog/UV Exposure of Painted Metal