

# 粉末喷涂铝型材耐候性测试方法研究

罗川<sup>1</sup>, 孙杏蕾<sup>2</sup>, 张恒<sup>2</sup>

(1.阿克苏·诺贝尔粉末涂料(宁波)有限公司, 浙江 宁波 315000; 2.美国 Q-Lab 公司中国代表处, 上海 200436)

**摘要:** 介绍了粉末喷涂铝型材老化测试的国内外发展现状及测试方法。针对粉末喷涂铝板, 重点研究了三种实验室加速耐候老化测试 QUV (UVA 灯管)、QUV (UVB 灯管) 和 Q-Sun 与佛罗里达户外测试之间的比较。分析了三种加速老化试验方法与佛罗里达户外曝晒光泽变化结果的相关性, 并以此为例, 分析多少小时加速试验结果和 1 年佛罗里达曝晒结果相当。

**关键词:** 耐候性; 紫外测试; 氙灯测试; 佛罗里达曝晒; 铝型材

中图分类号: TG379, TG115.3+3

文献标识码: A

文章编号: 1005-4898 (2009) 05-0027-05

近年来, 随着我国建设步伐的加快, 铝合金建筑型材市场有了长足的发展。目前, 我国已成为世界上铝合金建筑型材第一生产大国。与其他材料一样, 当铝合金建筑型材受到大气条件下光照、温度、潮湿等因素的影响, 会产生褪色、粉化、开裂、起泡、表面剥落等老化现象, 从而影响到产品的性能和美观。因此铝合金建筑型材的耐候性是产品开发和质量控制的一个重要指标。

粉末喷涂铝型材的老化测试包括户外大气测试和实验室加速测试两种方法。国内有专门的铝型材行业的大气老化标准 GB5237.4-2004<sup>[1]</sup>, 国际上常用的户外曝晒标准有欧洲 Qualicoat 第 10 版<sup>[2]</sup>、美国建筑制造业协会 AAMA2603-02<sup>[3]</sup>、AAMA2604-02<sup>[4]</sup>、AAMA2605-02<sup>[5]</sup>、英国 BS6496<sup>[6]</sup> 等。

国内外都长期开展了户外大气老化测试。国内在海南、广州、敦煌等地都有规模不等的户外曝晒场, 国际上通常作为基准曝晒地点的有美国的佛罗里达和亚利桑那, Q-Lab 公司在上述地方都建有标准曝晒场。户外曝晒测试有很多优点: 真实, 便宜, 易于操作等。

户外曝晒的测试时间相对较长, 大部分制造商不愿意等上几年的时间来观察一种新的改良的产品设计是否确实得到改进, 所以有必要进行实验室加速老化测试。在加速老化测试方面, 除少

数的日本企业仍沿用碳弧灯外, 主流的测试方法有紫外 (QUV) 和氙灯 (Q-Sun) 两种, 其中紫外测试主要使用 UVA 灯管和 UVB 灯管。

## 1 实验目的

本文实验目的是比较 QUV (UVA 灯管)、QUV (UVB 灯管)、Q-Sun 三种实验室加速老化测试方法与佛罗里达户外曝晒之间的关系, 分析哪种加速试验方法更适合用于材料何种性能的测试, 并通过实验数据及数学计算, 找出三种加速老化试验时间与佛罗里达户外曝晒时间的对比关系, 帮助业内人士了解如何通过试验找出自己产品的加速因子。

## 2 实验室加速老化原理

实验室加速老化测试主要使用氙灯和紫外两种测试设备, 但它们的测试原理完全不同。下面通过介绍 Q-Lab 公司的 Q-Sun 氙灯试验箱和 QUV 紫外试验箱的特点来分析氙灯和紫外设备的测试原理。

### 2.1 氙灯试验箱的老化原理

氙灯试验箱可以模拟全光谱太阳光, 包括紫外线, 可见光和红外线。氙灯光谱有两个影响因素: 滤光系统和光源稳定性。

氙灯产生的光谱必须经过过滤来减少不需要的光谱成分。使用不同类型的玻璃过滤器可得到

作者简介: 罗川(1974-), 男, 四川武胜人, 从事铝型材涂料技术。  
收稿日期: 2009-06-20

不同的光谱。过滤器的使用取决于被测材料和材料的最终使用条件。经不同过滤器过滤后得到的光谱中紫外线的短波段的量不同, 这将在很大程度上影响老化的速度和类型。有三种类型的经常

使用的过滤器: 日光、窗玻璃和紫外延伸过滤器。本次实验中, 我们采用日光过滤器, 图 1 显示了这种过滤器产生的光谱, 同时也显示了从 295~400 nm 之间的紫外线短波段的光谱图。

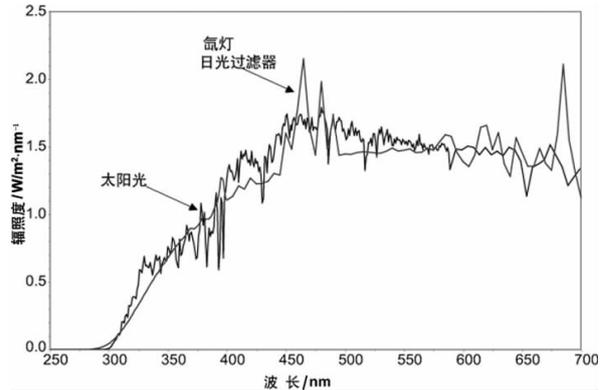
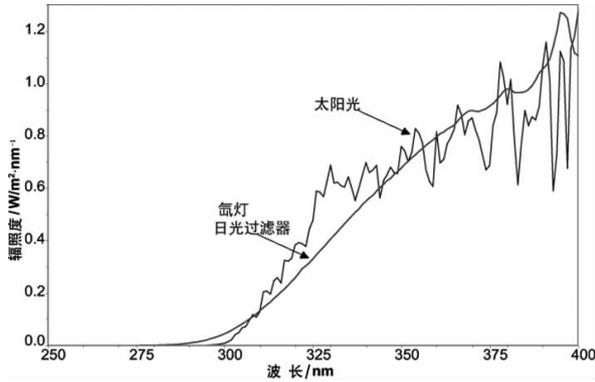


图 1 配备有日光过滤器的 Q-Sun 光谱和太阳光谱之间的比较

大多数氙灯检测设备通过水喷淋或湿度控制系统来模拟潮湿的影响。水喷淋可很好地模拟热冲击和机械侵蚀。在测试系统中, 为了防止水对样品的污染使用高纯度的去离子水是非常必要的。

2.2 紫外试验机的老化原理

QUV 利用荧光紫外线灯来模拟太阳光对耐久性材料造成的损害。紫外灯在电学原理上与普通照明用的灯管很相似, 但它主要发射紫外光而非可见光。

对于不同的应用条件, 需要不同类型的灯管产生不同的光谱。UVA-340 灯管对太阳光的紫外短波段光线模拟效果好。UVA-340 的光谱能量分布 (SPD) 在太阳光的截止点到大约 360 nm 范围内与太阳光谱能够很好地吻合 (如图 2 所示)。

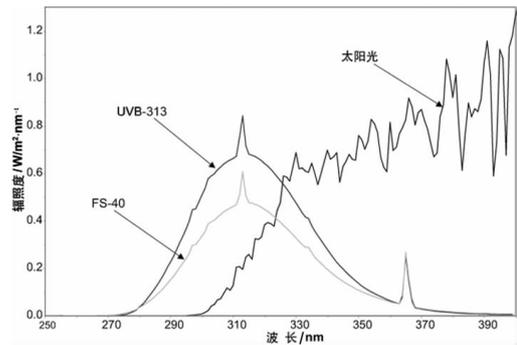


图 3 UVB-313 及 FS-40 光谱与太阳光谱比较

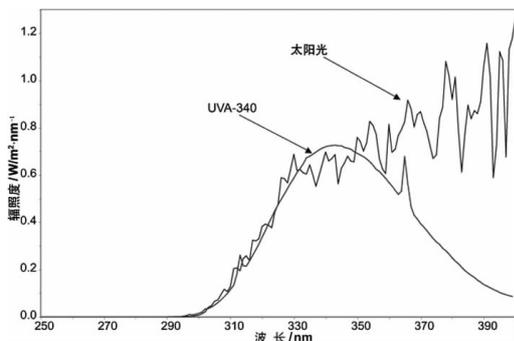


图 2 UVA-340 光谱与夏天正午太阳光谱比较

UVB-313 灯管 (如图 3 所示) 在 QUV 中也被广泛应用。它们对材料产生的老化影响比 UVA-340 灯管更快, 但它比太阳光截止点更短的波长可能会对许多材料产生不切实际的结果。

UVA-340 灯管对太阳光紫外短波段的模拟效果是最佳的。UVB-313 灯管利用紫外线的短波段达到最快加速老化的目的, 对特别经久耐用的材料的检定或质量控制非常有用。

加热 QUV 测试室底部的水盘来产生蒸汽。在较高的温度下, 热蒸汽在测试室内保持 100% 的相对湿度。QUV 中, 测试样品实际上形成测试室的侧壁。样品的另一面暴露在室内周围的空气中。室内相对较冷的空气就使得测试样品的表面比测试室内的热蒸汽的温度低好几度。这一温度差产生

冷凝, 在样品表面液态形式的水慢慢地凝结。除了标准的冷凝功能, QUV 还可用水喷淋来模拟雨水影响, 产生热冲击或机械侵蚀。

### 3 三种加速测试试验条件

利用 QUV 紫外和 Q-Sun 氙灯两种测试设备对一系列粉末喷涂铝板进行了测试。具体地, 我们进行了三种实验室加速老化测试, 分别是 QUV (UVA 灯管)、QUV (UVB 灯管) 和 Q-Sun, 三种测试的具体标准和程序如表 1、2、3 所示。

表 1 QUV (UVA 灯管) 测试程序

标准	循环周期	灯管型号	光强	黑板温度
ASTM G154 - 2006 <sup>[7]</sup> 测试程序 6	8 小时紫外光照 4 小时冷凝	UVA 340	1.55W/m <sup>2</sup> / nm @340nm	60℃ 50℃

表 2 QUV (UVB 灯管) 测试程序

标准	循环周期	灯管型号	光强	黑板温度
ASTM G154 - 2006 测试程序 2	4 小时紫外光照 4 小时冷凝	UVB 313	0.71W/m <sup>2</sup> / nm @340nm	60℃ 50℃

表 3 Q-Sun 测试程序

标准	循环周期	过滤器	光强	黑板温度
ISO11341 <sup>[8]</sup> 测试程序 A, 方法 1	102 分钟光照 18 分钟光照加水喷淋	日光过滤器	0.51W/m <sup>2</sup> / nm @340nm	63℃

按照以上的试验条件, 分别对样板进行曝晒, 并在不同时间段将样品取出, 测试他们的光泽变化。并与在佛罗里达户外自然曝晒的结果进行比较。

### 4 三种加速测试方法与佛罗里达测试结果之间的比较

利用 QUV (UVA 灯管)、QUV (UVB 灯管)、

Q-Sun 并在佛罗里达测试了一系列粉末喷涂铝板样品的光泽、颜色变化及起泡、粉化、开裂、裂纹等指标, 本文主要讨论样品的光泽变化。根据所得测试结果的数据, 我们分别计算了加速测试方法与佛罗里达测试方法之间的相关系数  $r_s$ <sup>[9]</sup> (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  $r_s$  的计算公式为:  $r_s = 1 - 6 \sum d_i^2 / [n(n^2 - 1)]$ , 其中  $n$  指的是样品的个数,  $d_i$  指的是两列排序中每一组排位之间的差值。

为了得到加速老化测试与佛罗里达户外曝晒实验结果之间的关系, 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 QUV 或 Q-Sun 中测试多长时间相当于在佛罗里达户外曝晒 1 年的效果, 我们还做了相关数学计算。我们假设在三种加速测试方法中测试  $t$  小时最接近在佛罗里达户外曝晒 1 年的效果, 通过求二次函数最小值的方法得到  $t$  值, 也就是我们所要求的对应加速测试时间。

需要特别指出的是, 文中利用求二次函数的最小值来求最佳时间的方法只是寻求在加速试验中测试多长时间最接近在佛罗里达户外曝晒的效果, 而并不能保证所有样品都达到在佛罗里达曝晒的程度。为了确保所有样品都达到或超过在佛罗里达测试的结果, 建议对最佳时间作一修正, 即在所得时间的基础上再乘以一个系数, 这个系数可以是 1.1, 可以是 1.5, 也可以是其它的数值, 视具体情况具体分析。

#### 4.1 QUV (UVA 灯管) 与佛罗里达测试结果之间的比较

对每个样品, QUV (UVA 灯管) 按表 1 实验条件运行 1000 小时, 在不同时间段对光泽进行一次测量, 而在佛罗里达是对样品曝晒了 1 年, 也是在不同时间段对光泽进行一次测量。无论是在佛罗里达户外曝晒, 还是利用 QUV (UVA 灯管) 进行实验室加速老化测试, 样品的光泽均发生退化。

通过数据分析及数学计算, 得出 QUV (UVA 灯管) 与佛罗里达测试结果之间的相关系数。同时, 求出二次函数取得最小值时所对应的  $t$  值。当  $t$  为 400 小时时二次函数取得最小值, 而且此时的相关

系数为 0.9。这就说明在 QUV (UVA 灯管) 中测试 400 小时样品的光泽变化最接近在佛罗里达户外曝晒 1 年的效果(为了直观比较样品在两种测试条件下性能的变化, 图 4 中显示的是其中 3 个样品在 QUV (UVA 灯管)和佛罗里达试验中的光泽变化)。

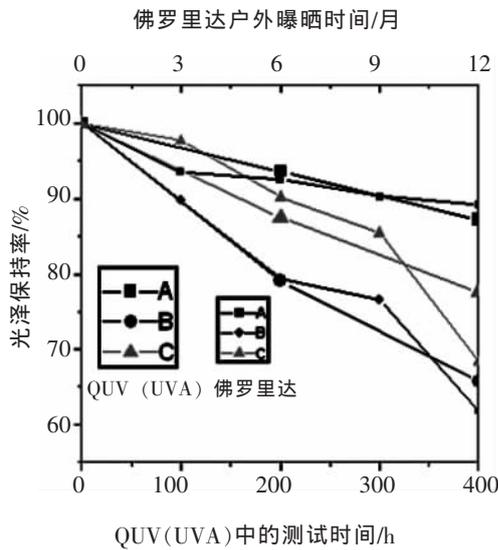


图 4 QUV (UVA 灯管) 400 小时与佛罗里达 1 年样品保光率之间的比较

从图 4 可以看出, 无论是使用 QUV (UVA 灯管) 对样板进行测试还是佛罗里达户外曝晒, 样板的光泽均发生退化。其中 A 样板光泽保持的较好, B 样板的光泽下降最低。而且还可以看出, QUV (UVA 灯管)测试与佛罗里达户外曝晒之间的相关性较好。

4.2 QUV (UVB 灯管)与佛罗里达测试结果之间的比较

对每个样品 QUV (UVB 灯管) 按表 2 实验条件运行 400 小时, 在不同时间段对光泽进行一次测量。

通过数据分析及数学计算, 得出 QUV (UVB 灯管) 与佛罗里达测试结果之间的相关系数。同时, 求出二次函数取得最小值时所对应的 t 值。当 t 为 350 小时时二次函数取得最小值, 而且此时的相关系数为 0.9。这就说明在 QUV (UVB 灯管) 中测试 350 小时样品的光泽变化最接近在佛罗里达户外曝晒 1 年的效果 (如图 5 所示)。

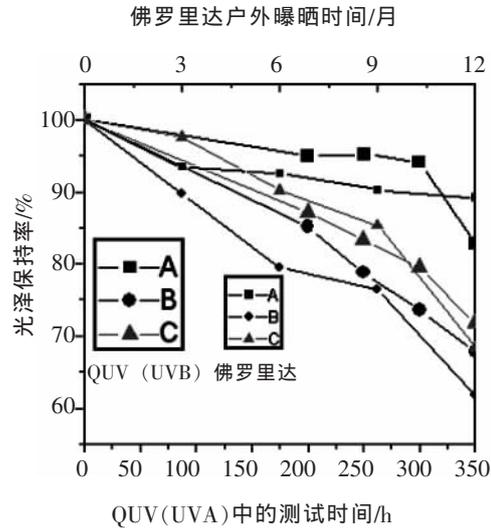


图 5 QUV (UVB 灯管)350 小时与佛罗里达 1 年样品保光率之间的比较

与图 4 类似, 从图 5 也可以看出, 无论是使用 QUV (UVB 灯管) 对样板进行测试还是佛罗里达户外曝晒, 样板的光泽均发生退化。与图 4 中得出的结论相同, A 样板光泽保持的较好, B 样板的光泽下降最低。而且 QUV (UVB 灯管) 测试与佛罗里达户外曝晒之间的相关性也很好。

4.3 Q-Sun 与佛罗里达测试结果之间的比较

对每个样品 Q-Sun 按表 3 实验条件运行 800 小时, 在不同时间段对光泽进行一次测量。

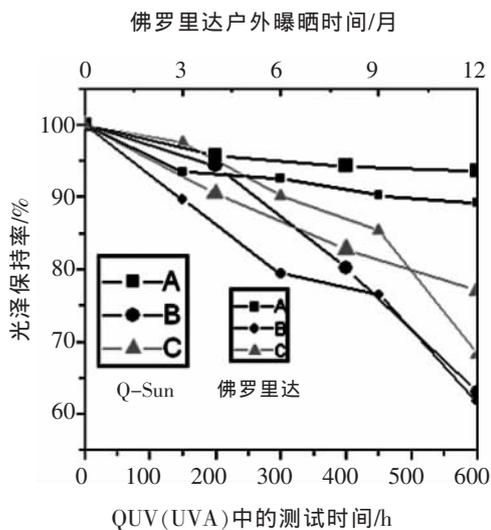


图 6 Q-Sun 600 小时与佛罗里达 1 年样品保光率之间的比较

通过数据分析及数学计算,得出 Q-Sun 与佛罗里达之间的相关系数。同时,求出二次函数取得最小值时所对应的 t 值。当 t 为 600 小时时二次函数取得最小值,而且此时的相关系数为 0.9。这就说明在 Q-Sun 中测试 600 小时样品的光泽变化最接近在佛罗里达户外曝晒 1 年的效果(如图 6 所示)。

与图 4,图 5 类似,从图 6 也可以看出,无论是使用 Q-Sun 对样板进行测试还是佛罗里达户外曝晒,样板的光泽均发生退化。与图 4,图 5 中的相同,A 样板光泽保持的较好,B 样板的光泽下降最低。而且 Q-Sun 测试与佛罗里达户外曝晒之间的相关性也很好。

## 5 总结与建议

本文研究了粉末喷涂铝型材的耐候老化测试方法,试验证明无论是 QUV 紫外光老化试验机还是 Q-Sun 氙灯试验箱对材料造成的光泽下降与户外曝晒之间的相关性都很好,而且 QUV 紫外光老化试验机(无论是 UVA 灯管还是 UVB 灯管)比

Q-Sun 氙灯试验箱能更快地模拟佛罗里达户外曝晒 1 年的效果。

户外测试是实验室加速老化测试的基础。通过本文研究,我们进一步认识到积极开展户外老化测试的重要性,并用以指导实验室加速测试。虽然某些例子已经证明了实验室加速测试能够很好地预测某些材料的户外耐久性,但有些情况下,实验室加速测试却无法准确地预测出材料的户外耐久性。而且,在实验室加速测试中表现最好的产品,在实际的户外测试中可能表现最差。在各种实验室加速试验面前,人们有很多种选择,但其中有些可能很好,有些可能很差。但户外测试不同,您不必担心作出错误的选择,因为在户外测试跟实际情况从来不会有出入。

本文所得的户外与实验室加速测试之间的对比关系,仅就文中所曝晒的粉末喷涂铝板而言,不见得对所有产品都适用,在此只是作为一种分析方法的参考。要想找出其它产品或材料的户外与实验室加速测试之间的相关性,那么还要进行相关的户外测试。

# Study on Weathering Test Method for Powder Coated Aluminum Profiles

LUO Chuan<sup>1</sup>,SUN Xing-lei<sup>2</sup>,ZHANG Heng<sup>2</sup>

(1.Akzo Nobel Powder Coatings (Ningbo) Ltd Ningbo, 315000; 2.Q-Lab Corporation China Office, Shanghai 200436,China)

**Abstract:** Domestic and international status and testing methods of the powder coated aluminum profile were introduced in the article. Comparison between UVA,UVB,Q-Sun and Florida of powder coated aluminum plates were emphasized.

**Keywords:** weathering;UVB test;xenon test;Florida exposure;aluminum profile

## 台湾 C.S.Aluminium 拟提高铝平轧制品产能

台湾最大的铝平轧制品生产.S.Aluminium 计划于 2010 年提高产能。公司希望 2010 年公司产量达到 120,000 吨以上。目前几乎以全能投产,C.S. Aluminium 每年可生产 180,000 吨平轧铝制品如铝板、铝卷及铝箔等,该产品广泛应用于视频包装、运输及设备行业。据悉,该公司约 40%的产品出口至世界各地。同时 C.S. Aluminium 预计,如果中国冶炼商重启全部闲置产能且启动新建产能的话,2010 年全球铝市供需将处于平衡或小幅过剩状态。如果国内铝价维持在 14,000~15,000 元/吨的水平,中国冶炼商或继续提高产能。石油价格是影响铝价的主要因素之一。