

# 实验室加速老化试验与户外曝晒试验的对比研究

## ——外饰油漆氙灯试验与户外曝晒试验的相关性研究

孙杏蕾

(美国Q-Lab公司中国代表处,上海 200436)

**摘要:**简单回顾了汽车行业老化试验国家标准的制定情况,重点分析、比较了汽车外饰油漆的户外曝晒试验及实验室氙灯加速老化试验的结果。结果表明,实验室氙灯加速老化试验与户外曝晒试验在样品光泽变化和颜色变化等方面的相关性都比较好。

**关键词:**汽车 户外曝晒 加速老化 氙灯试验 外饰 油漆

**中图分类号:**TP2 V51 **文献标识码:**B

为了制定汽车行业老化试验国家标准GB/T 32088-2015《汽车非金属部件及材料氙灯加速老化试验方法》和GB/T 31881-2015《汽车非金属部件及材料紫外加速老化试验方法》,美国Q-Lab公司与20几家汽车主机厂、材料厂商和测试机构组织进行了实验室加速老化试验与户外曝晒试验的对比研究。本文是此次对比研究系列文章的第2部分。主要介绍针对汽车外饰油漆的氙灯耐候老化试验方

法及试验结果。汽车行业老化试验国家标准制定工作背景请参照本系列文章的第1部分<sup>[1]</sup>。

### 1 汽车外饰油漆耐候老化测试方法

制定《汽车非金属部件及材料氙灯加速老化试验方法》和《汽车非金属部件及材料紫外加速老化试验方法》标准需要相关对比试验的支持,不仅要开展实验室加速老化试验,也应进行户外老化

#### 参考文献:

- [1]王彦峰,冯霄.综合考虑资源利用与环境影响的焓分析法应用[J].中国科学,2001,31(1):89-96.
- [2]Szargut J, Morris D R. Cumulative exergy consumption and cumulative degree of perfection of chemical process[J]. Int J Energ Res., 1987, 11(2):245-261.
- [3]Szargut J. Sequence method of determination of partial exergy losses in thermal systems[J]. Exergy, 2001, 1(2):85-90.

- [4]朱平,冯霄.积累焓优化理论及换热过程的积累焓优化[J].西安交通大学学报,2003,37(5):504-507.
- [5]Towler G P, Mann R, Serriere A J L, et al. Refinery hydrogen management: Cost analysis of chemically-integrated facilities[J]. Ind. Eng. Chem. Res., 1996, 35:2378-2388.
- [6]王锡春,李文刚,宫金宝.增强创建绿色涂装车间的责任感——再谈提高涂装工艺设计水平[J].现代涂料与涂装, 2014, 17(1):1-5.

曝晒,因为户外自然曝晒是实验室加速老化试验的基础,可用于指导实验室加速老化试验。

### 1.1 户外曝晒试验

选择了两个典型曝晒场。一个是中国兵器工业第五九研究所的敦煌曝晒场,属典型的沙漠气候条件。该曝晒场位于东经 $94^{\circ}41'$ 、北纬 $40^{\circ}09'$ ,海拔高度 $1\,139.0\text{ m}$ ;年辐射总量为 $6\,425\text{ MJ/m}^2$ 、年均降雨量为 $39\text{ mm}$ ,年均相对湿度 $38\%$ 、年平均气温为 $10.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,月平均最高气温为 $24.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (7月)。

另一个是海南热带汽车试验有限公司的琼海曝晒场,属典型的亚热带气候条件。该曝晒场位于东经 $110^{\circ}28'$ 、北纬 $19^{\circ}15'$ ,海拔高度 $20.0\text{ m}$ ;年辐射总量为 $5\,400\text{ MJ/m}^2$ 、年均降雨量为 $2\,000\text{ mm}$ ,年均相对湿度 $85\%$ 、年平均气温 $24.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,月平均最高气温为 $28.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (7月)。

不管是敦煌曝晒场还是琼海曝晒场,试验样品都是放在汽车外饰件户外曝晒箱(Black Box)中进行曝晒。敦煌曝晒场的Black Box曝晒角度为

$45^{\circ}$ 朝南,琼海曝晒场的Black Box曝晒角度为 $20^{\circ}$ 朝南。

### 1.2 实验室加速老化试验

针对汽车外饰油漆制定了多种氙灯老化试验方法,如表1所示。其中试验方法1和试验方法3是参考SAE J2527标准《使用可控辐照度的氙灯设备对汽车外饰件进行加速暴露测试的以性能为基础的标准》中的方法,试验方法2、试验方法4和试验方法5是参考一些主要汽车主机厂的试验方法。

### 1.3 试验样品

参与本次标准制定的单位一共提供了40种油漆样板,样品颜色有黑、白、红3种。其中黑色样板14种,白色和红色样板各13种。

## 2 汽车外饰油漆耐候老化测试结果及分析

### 2.1 户外曝晒结果

对测试样品进行评估时,会测量样品的光泽

表1 氙灯老化试验方法

| 试验方法  | 滤光器     | 辐照度/ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ | 波长/nm | 试验循环                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------|---------|-----------------------------------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 试验方法1 | 日光滤光器   | $0.55\pm 0.02$                    | 340   | 在黑板温度 $38\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、箱体空气温度 $38\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $95\%\pm 5\%$ 的试验条件下,运行60 min黑暗循环,同时正面+背面水喷淋;<br>在黑板温度 $70\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、箱体空气温度 $47\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $50\%\pm 5\%$ 的试验条件下,运行40 min光照循环;<br>在黑板温度 $70\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、箱体空气温度 $47\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $50\%\pm 5\%$ 的试验条件下,运行20 min光照循环,同时正面水喷淋;<br>在黑板温度 $70\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、箱体空气温度 $47\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $50\%\pm 5\%$ 的试验条件下,运行60 min光照循环 |
| 试验方法2 | 日光滤光器   | $0.65\pm 0.02$                    | 340   | 在黑板温度 $90\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、箱体空气温度 $50\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $20\%\pm 10\%$ 的试验条件下,运行光照循环                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 试验方法3 | 紫外延展滤光器 | $0.55\pm 0.02$                    | 340   | 在黑板温度 $38\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、箱体空气温度 $38\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $95\%\pm 5\%$ 的试验条件下,运行60 min黑暗循环,同时正面+背面水喷淋;<br>在黑板温度 $70\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、箱体空气温度 $47\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $50\%\pm 5\%$ 的试验条件下,运行40 min光照循环;<br>在黑板温度 $70\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、箱体空气温度 $47\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $50\%\pm 5\%$ 的试验条件下,运行20 min光照循环,同时正面水喷淋;<br>在黑板温度 $70\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、箱体空气温度 $47\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $50\%\pm 5\%$ 的试验条件下,运行60 min光照循环 |
| 试验方法4 | 日光滤光器   | $0.52\pm 0.02$                    | 340   | 在黑板温度 $65\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、箱体空气温度 $35\sim 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $60\%\sim 80\%$ 的试验条件下,运行102 min光照循环;<br>在黑板温度 $65\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、箱体空气温度 $35\sim 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $60\%\sim 80\%$ 的试验条件下,运行18 min光照+喷淋循环                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 试验方法5 | 日光滤光器   | $0.55\pm 0.02$                    | 340   | 在黑板温度 $70\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、箱体空气温度 $50\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $50\%\pm 5\%$ 的试验条件下,运行102 min光照循环;<br>运行18 min光照和正面水喷淋                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

变化、颜色变化,观察样品是否粉化、起泡、开裂、氧化、脆化等。本文主要分析样品的光泽和颜色变化。

a.样品光泽变化的评定参照 ASTM D523《镜面光泽试验方法》,用反射计以85°几何条件进行测定。

b.样品颜色变化的评定参照 ASTM D2244《用仪器测定颜色坐标法计算颜色容差和色差的标准规范》,选用CIE L\*a\*b\*色空间、D65光源、10°观察者、镜面反射包含条件进行测定。

在敦煌曝晒场和琼海曝晒场分别曝晒18个月,样板的失光率分布和颜色变化分布情况见图1和图2。

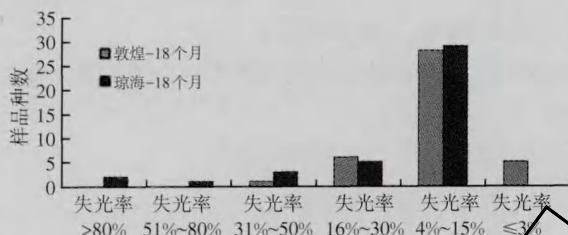


图1 样板户外曝晒18个月的失光率分布

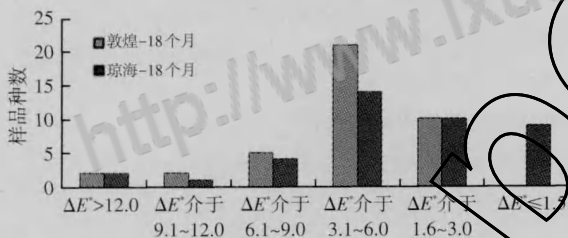


图2 样板户外曝晒18个月的颜色变化分布

由图1可见,参照GB/T 1766《色漆和清漆 涂层老化的评级方法》,无论在哪个曝晒场,大部分样板属于轻微失光、很轻微失光,只有小部分样板属于明显失光和严重失光。

由图2发现,参照GB/T 1766《色漆和清漆 涂层老化的评级方法》,无论在哪个曝晒场,大部分样板属于轻微变色、很轻微变色,只有小部分样板属于明显变色和较大变色。

## 2.2 实验室加速老化测试结果

按表1的试验方法使用氙灯加速老化试验箱<sup>[2]</sup>对样板进行加速测试,测试时间为1200 h,样板的失光率分布和颜色变化分布见图3和图4。

由图3和图4发现,样板经不同试验方法的失

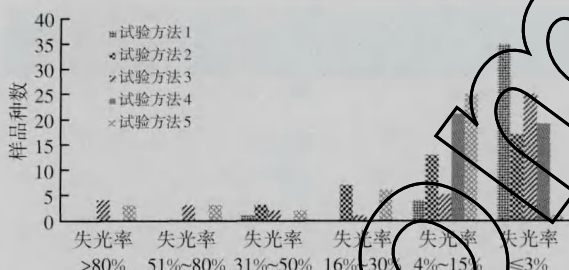


图3 样板经1200 h氙灯试验的失光率分布

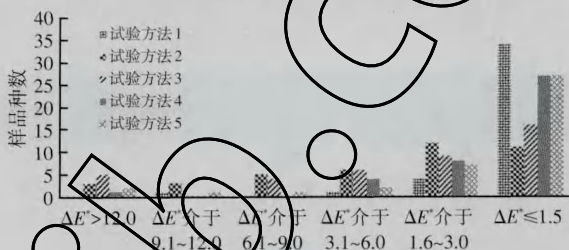


图4 样板经1200 h氙灯试验的颜色变化分布

光快慢和颜色变化快慢不同。如试验方法1比试验方法3变化慢,因为试验方法1使用日光滤光器,试验方法3使用紫外延展滤光器。

## 2.3 实验室加速老化试验与户外曝晒试验之间的相关性

实验室加速老化试验与户外曝晒试验之间的相关性以及两个户外曝晒场之间的相关性研究参考了ASTM G169《环境试验基本统计方法应用指南》中的spearman排序方法。相关系数 $r_s$ 指的是利用两种不同的测试方法对一组样品进行测试,所得试验结果之间的相关性。 $r_s$ 的计算公式如下。

$$r_s = 1 - 6 \sum d_i^2 / [n(n^2 - 1)]$$

式中, $d_i$ 为两列成对变量的等级差数, $n$ 为样品的个数。

将18个月户外曝晒试验数据按照样板的失光率和颜色变化 $\Delta E^*$ 大小分别进行排序;将氙灯试验数据按照样板失光率达到50%和颜色变化 $\Delta E^*$ 达到3.0的时间分别进行排序。表2是样板的光泽变化的相关系数,表3是样板的颜色变化的相关系数。

从表2看出,对于样板的光泽变化而言,氙灯试验与琼海之间的相关性好于氙灯试验与敦煌之间的相关性。试验方法1与户外曝晒之间的相关性较好,与敦煌之间的相关系数为0.76,与琼海之间的相关系数为0.88。

表2 氙灯试验与户外曝晒试验之间  
样板光泽变化的相关系数

| 试验方法  | 敦煌   | 琼海   |
|-------|------|------|
| 试验方法1 | 0.76 | 0.88 |
| 试验方法2 | 0.77 | 0.81 |
| 试验方法3 | 0.48 | 0.59 |
| 试验方法4 | 0.49 | 0.43 |
| 试验方法5 | 0.59 | 0.91 |
| 琼海    | 0.71 |      |

表3 氙灯试验与户外曝晒试验之间  
样品颜色变化的相关系数

| 试验方法  | 敦煌   | 琼海   |
|-------|------|------|
| 试验方法1 | 0.66 | 0.95 |
| 试验方法2 | 0.52 | 0.88 |
| 试验方法3 | 0.48 | 0.88 |
| 试验方法4 | 0.50 | 0.67 |
| 试验方法5 | 0.67 | 0.86 |
| 琼海    | 0.62 |      |

从表3看出,对于样品的颜色变化,氙灯试验与两个户外曝晒场之间的相关系数都比较好。试验方法1与敦煌之间的相关系数为0.66,与琼海之间的相关系数为0.95。

### 3 结论

a.对于样品的光泽变化,氙灯试验与琼海之间的相关性好于氙灯试验与敦煌之间的相关性。

b.对于样品的颜色变化,氙灯试验与敦煌和琼海之间的相关性都比较好。

c.对于氙灯老化加速试验,综合考虑样品的失光、颜色变化,及与户外曝晒之间的相关性,将试验方法1、试验方法2和试验方法3(首推试验方法1)推荐并写入GB/T 32088-2015《汽车非金属部件及材料氙灯加速老化试验方法》中。

#### 参考文献:

- [1]实验室加速老化试验与户外曝晒试验的对比研究——内饰塑料氙灯试验与户外曝晒试验的相关性研究[J].汽车工艺与材料,2016,(7):49-52.
- [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[J].汽车工艺与材料,2006,(8):36-39,41.

#### 致谢:

本文作者感谢以下单位对户外曝晒和实验室加速试验提供的测试及技术支持:

全国汽车标准化技术委员会非金属制品标准分技术委员会

中国汽车工业协会汽车相关工业分会

国家汽车质量监督检验中心(襄阳)

东风汽车公司技术中心

中国第一汽车股份有限公司技术中心

一汽-大众汽车有限公司

中国兵器工业第五九研究所

海南热带汽车试验有限公司

泛亚汽车技术中心有限公司

杜邦高性能涂料(上海)有限公司

国家高分子材料与制品质量监督检验中心(北京化工研究院)

通标标准技术服务(上海)有限公司

金发科技股份有限公司

浙江俊尔新材料有限公司

神龙汽车有限公司

奇瑞汽车股份有限公司

比亚迪汽车有限公司

安徽江淮汽车股份有限公司

长安汽车股份有限公司汽车工程研究院

南京汽车集团有限公司

上海汽车集团股份有限公司乘用车分公司

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. [货车溶剂型厚浆醇酸漆的研制](#)
2. [油墨氙灯加速耐光性试验与自然曝晒试验相关性的研究](#)
3. [车身涂层的自然曝晒和人工加速老化试验](#)
4. [国家体育场“鸟巢”用氟碳涂料天然曝晒和人工加速老化试验](#)
5. [户外大气曝晒和室内加速试验相关性的研究](#)
6. [汽车仪表板材料氙灯老化试验与自然曝晒试验相关性研究](#)
7. [大气加速机与人工气候箱、大气曝晒的关系及其老化试验的应用](#)
8. [二十年油漆曝晒试验指出新的研究方向](#)
9. [彩涂板户外曝晒与实验室加速耐候试验的研究](#)
10. [有机涂层户外曝晒与加速试验对比研究](#)