

门窗用聚氯乙烯型材耐候老化测试研究

丛敬梅¹ 张恒² 孙杏蕾²

摘 要：本文主要研究门窗用聚氯乙烯型材（PVC）的耐候老化性能，分析PVC样品在户外曝晒、实验室加速老化试验中的颜色变化，并计算它们之间的相关性。通过分析户外曝晒与实验室加速老化试验中样品颜色变化之间的相关性，确定能否采用紫外加速老化试验方法用于门窗用PVC型材的耐候老化测试研究。

关键词：PVC型材；耐候老化；紫外试验机；氙灯试验箱；户外曝晒；相关性

[中图分类号] TU228 [文献标识码] B [文章编号] 1671-3362 (2012) 07-0031-04

一、对比试验背景

目前门窗用PVC型材的耐候老化测试研究，一般按照GB/T 8814《门、窗用未增塑聚氯乙烯（PVC-U）型材》的要求进行测试。不过GB/T 8814中的氙灯试验方法测试时间较长，很多PVC厂家都已采用紫外试验方法进行测试，而且美国VSI（Vinyl Siding Institute）采用的实验室加速老化试验方法也是紫外试验方法。因此本文通过开展氙灯、紫外实验室加速老化测试与户外自然曝晒对比试验，以确定能否采用紫外加速老化试验方法用于门窗用PVC型材的耐候老化测试研究。

二、实验室加速测试与户外曝晒对比试验

1. 试验样品

本次试验的样品由国内主要PVC厂家提供。一共27种样品，其中3号、10号、11号、12号、20号、22号、23号、24号、27号9种样品为彩色，其余样品为白色。

2. 试验方法

(1) 户外自然曝晒

户外曝晒选择干旱气候条件的乌鲁木齐，亚热带气候条件的福州和高原气候条件的格尔木三个地方，户外曝晒的角度都是45°朝南。每隔3个月评估一次样品。

(2) 实验室加速试验方法

实验室加速老化测试既选择了GB/T 8814中规定的氙灯试验方法，也参照VSI测试条件及ASTM G154标准进行了紫外老化试验。具体的试验条件如表1、表2所示。

表 1 氙灯加速老化试验条件

测试设备	氙灯加速老化试验箱
滤光器	日光滤光器
辐照度	0.51 W/m ² @340nm
黑标温度	65℃
箱体空气温度	38℃
相对湿度	50%
喷淋	102min光照；18min光照+喷淋

表 2 紫外加速老化试验条件

试验设备	QUV紫外加速老化试验机
试验灯管	UVA-340灯管
辐照度	1.00W/m ² @340nm
黑板温度	60℃（光照循环）；50℃（冷凝循环）
测试循环	8h（光照循环）；4h（冷凝循环）

按照表1中的试验条件，氙灯试验分别在192h、288h、384h、576h和768h测试样品的颜色变化。按照表2中的试验条件，紫外试验分别在96h、192h、288h和384h测试样品的颜色变化。

3. 试验结果

(1) 户外曝晒结果

在乌鲁木齐、福州和格尔木曝晒24个月后，样品发生的颜色变化如图1、图2和图3所示。图4是16号样品在乌鲁木齐、福州和格尔木的不同曝晒时间发生的颜色变化。

通过观察样品的颜色变化，及图4中16号样品在不同曝晒时间发生的颜色变化，发现在户外曝晒24个月样品的颜色变化没有曝晒18个月的颜色变化厉害。在测试样品颜色变化的同时，我们也观察了样品的粉化情况，

所有样品都未出现粉化状况。样品的颜色变化出现这种情况，可能与户外污染物有关，曝晒的时间越长，样品表面的灰尘等污染物对试验结果的影响越大。

除此之外，我们还发现彩色样品（样品编号为：3号，10号，11号，12号，20号，22号，23号，24号，27号）相比白色样品颜色变化很小，老化性能较好。

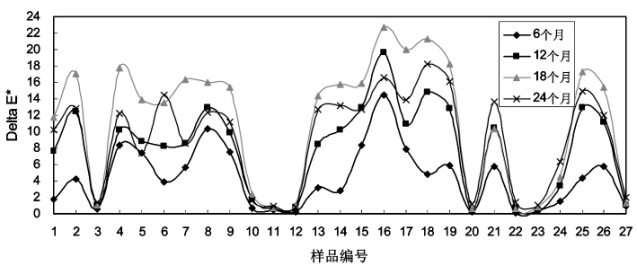


图1 样品在乌鲁木齐曝晒后的颜色变化

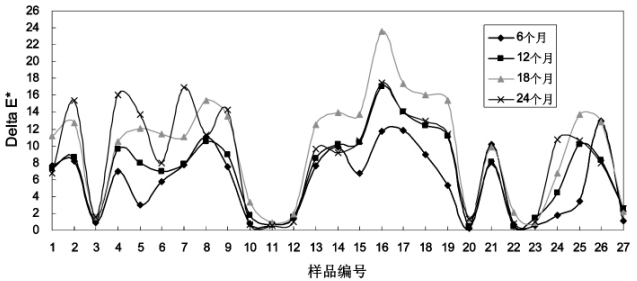


图2 样品在福州曝晒后的颜色变化

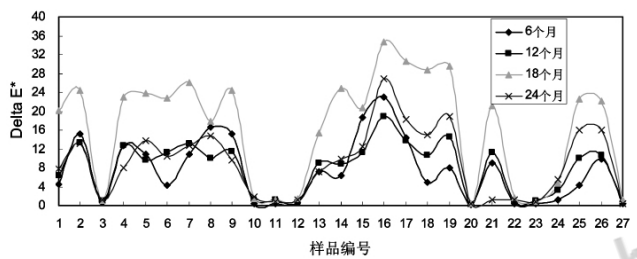


图3 样品在格尔木曝晒后的颜色变化

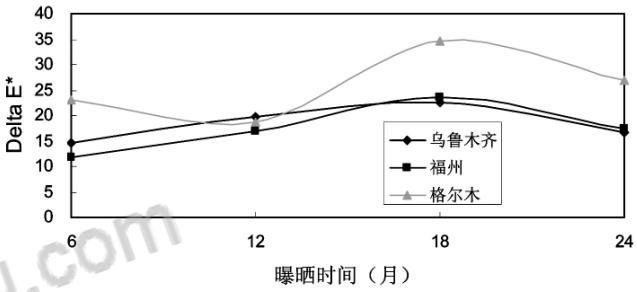


图4 第16号样品在户外不同曝晒时间发生的颜色变化

根据所得测试结果的数据，我们还计算了乌鲁木齐、福州和格尔木户外曝晒之间的相关系数 r_s (spearman 相关系数)，如表3、表4和表5所示。该相关系数指的是利用两种不同的测试方法或在两个不同的曝晒地点对一组样品进行测试，所得试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。

从表3、表4和表5发现，户外曝晒结果之间的相关

性较好。3个不同曝晒地点、不同曝晒时间之间的相关系数绝大多数都大于0.70，在福州曝晒12个月和曝晒18个月之间的相关系数甚至高达0.95。

表3中相关系数的平均值是0.81，说明乌鲁木齐与福州曝晒结果之间的相关性较好。

表4中相关系数的平均值是0.81，说明乌鲁木齐与格尔木曝晒结果之间的相关性较好。

表5中相关系数的平均值是0.79，说明乌鲁木齐与格尔木曝晒结果之间的相关性较好。

表 3 乌鲁木齐与福州曝晒结果之间的相关性

相关系数 r_s	乌-6月	福-6月	乌-12月	福-12月	乌-18月	福-18月	乌-24月	福-24月
乌-6月	1	—	—	—	—	—	—	—
福-6月	0.74	1	—	—	—	—	—	—
乌-12月	0.85	0.78	1	—	—	—	—	—
福-12月	0.86	0.78	0.94	1	—	—	—	—
乌-18月	0.83	0.75	0.91	0.94	1	—	—	—
福-18月	0.79	0.78	0.91	0.95	0.89	1	—	—
乌-24月	0.70	0.72	0.87	0.87	0.84	0.87	1	—
福-24月	0.82	0.65	0.73	0.77	0.86	0.72	0.63	1

表 4 乌鲁木齐与格尔木曝晒结果之间的相关性

相关系数 r_s	乌-6月	格-6月	乌-12月	格-12月	乌-18月	格-18月	乌-24月	格-24月
乌-6月	1	-	-	-	-	-	-	-
格-6月	0.93	1	-	-	-	-	-	-
乌-12月	0.85	0.8	1	-	-	-	-	-
格-12月	0.85	0.84	0.79	1	-	-	-	-
乌-18月	0.83	0.79	0.91	0.86	1	-	-	-
格-18月	0.73	0.73	0.78	0.88	0.88	1	-	-
乌-24月	0.70	0.61	0.87	0.77	0.84	0.79	1	-
格-24月	0.76	0.72	0.86	0.78	0.89	0.85	0.76	1

表 5 福州与格尔木曝晒结果之间的相关性

相关系数 r_s	福-6月	格-6月	福-12月	格-12月	福-18月	格-18月	福-24月	格-24月
福-6月	1	-	-	-	-	-	-	-
格-6月	0.79	1	-	-	-	-	-	-
福-12月	0.78	0.81	1	-	-	-	-	-
格-12月	0.72	0.84	0.80	1	-	-	-	-
福-18月	0.78	0.75	0.95	0.74	1	-	-	-
格-18月	0.73	0.73	0.82	0.88	0.84	1	-	-
福-24月	0.65	0.84	0.77	0.83	0.72	0.83	1	-
格-24月	0.70	0.72	0.85	0.78	0.90	0.85	0.74	1

(2) 氙灯加速老化试验结果

使用氙灯试验箱对以上27个样品进行实验室加速老化试验。样品的颜色变化如图5所示。

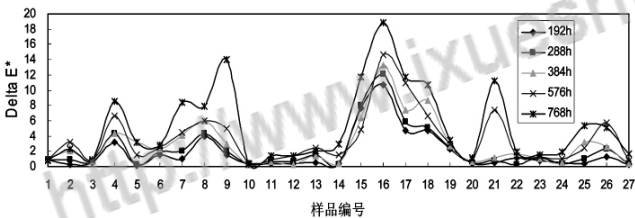


图5 氙灯试验箱中样品的颜色变化

从图5发现，氙灯试验箱中样品的颜色变化一般是随着试验时间的增加而变大。而且同户外曝晒一样，也是彩色样品（样品编号为：3号，10号，11号，12号，20号，22号，23号，24号，27号）颜色变化较小，老化性能较好。

按照上面提到的相关性计算公式，我们计算了氙灯试验与户外曝晒之间的相关性，如表6所示。

从表6发现，氙灯试验与乌鲁木齐、福州和格尔木之间的相关性差不多。而且随着试验时间的增长，氙灯试验与户外曝晒之间的相关系数在变大。除了曝晒192小时，氙灯试验与户外曝晒之间的相关性较好，大部分相关系数都大于0.70。在氙灯试验箱中曝晒较短时间，如192小时，与户外曝晒之间的相关性之所以不是很好，是因为此时大部分样品的颜色变化都比较小，还没有最

表 6 氙灯试验与户外曝晒之间的相关性

相关系数 r_s	氙灯-192h	氙灯-288h	氙灯-384h	氙灯-576h	氙灯-768h
乌-6月	0.61	0.73	0.83	0.84	0.87
福-6月	0.48	0.61	0.58	0.81	0.70
格-6月	0.53	0.69	0.75	0.82	0.82
乌-12月	0.54	0.68	0.76	0.80	0.80
福-12月	0.58	0.73	0.75	0.80	0.81
格-12月	0.60	0.73	0.76	0.83	0.81
乌-18月	0.56	0.74	0.79	0.78	0.77
福-18月	0.55	0.65	0.72	0.73	0.74
格-18月	0.48	0.55	0.70	0.75	0.76
乌-24月	0.53	0.62	0.65	0.73	0.71
福-24月	0.45	0.59	0.76	0.74	0.77
格-24月	0.52	0.63	0.76	0.69	0.66

终区分出哪些样品容易发生颜色变化，哪些样品不容易发生颜色变化。

根据图1、图2、图3和图5的颜色变化数据可知，在氙灯试验箱中测试768小时，其样品的颜色变化没有户外曝晒24个月的颜色变化大。所以我们以在氙灯试验箱中测试768小时样品发生的颜色变化为基准，分别计算每种样品在氙灯试验箱中的颜色变化相当于乌鲁木齐、福州和格尔木户外曝晒多少个月，然后取其算术平均值。计算结果表明，在氙灯试验箱中测试768小时相当于乌鲁木齐、福州和格尔木大概6个月。此时氙灯试验与乌鲁木齐、福州和格尔木户外曝晒之间的相关系数分别为0.87、0.70和0.82，平均值为0.80。

(3) 紫外加速老化试验结果

使用QUV紫外试验机对27种样品进行实验室加速老化试验。样品的颜色变化，如图6所示。

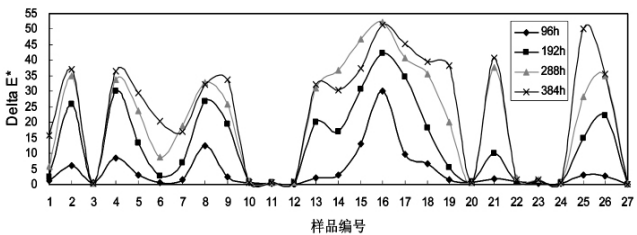


图6 QUV紫外试验机中样品的颜色变化

从图6发现，在QUV紫外试验机中，样品的颜色变化一般是随着试验时间的增加而变大，而且同户外曝晒和氙灯试验一样，也是彩色样品（样品编号为：3号，10号，11号，12号，20号，22号，23号，24号，27号）颜色变化较小，老化性能较好。

同样地，我们也计算了QUV紫外试验机与户外曝晒之间的相关性，如表7所示。

表 7 QUV 紫外试验机与户外曝晒之间的相关性

相关系数 r_t	QUV-96h	QUV-192h	QUV-288h	QUV-384h
乌-6月	0.83	0.84	0.77	0.78
福-6月	0.72	0.79	0.83	0.73
格-6月	0.82	0.87	0.79	0.74
乌-12月	0.87	0.82	0.84	0.89
福-12月	0.86	0.85	0.85	0.88
格-12月	0.72	0.77	0.75	0.83
乌-18月	0.82	0.81	0.77	0.84
福-18月	0.83	0.80	0.81	0.82
格-18月	0.71	0.70	0.74	0.79
乌-24月	0.71	0.69	0.79	0.86
福-24月	0.71	0.72	0.63	0.68
格-24月	0.75	0.73	0.68	0.78

从表7发现，QUV紫外试验机与乌鲁木齐、福州和格尔木之间的相关性差不多。而且大部分相关系数都大于0.70，在QUV中曝晒384小时与在乌鲁木齐曝晒12个月之间的相关系数甚至高达0.89。

根据图1、图2、图3和图6的颜色变化数据可知，在QUV紫外试验机中测试384小时，其样品的颜色变化比户外曝晒24个月的颜色变化大。而且前面我们提到在户外曝晒24个月样品的颜色变化没有曝晒18个月的颜色变化厉害。所以我们在户外曝晒18个月时样品发生的颜色变化为基准，分别计算每种样品在QUV紫外试验机中测试多少小时的颜色变化相当于乌鲁木齐、福州和格尔

木户外曝晒18个月，然后取其算术平均值。计算结果表明，在QUV紫外试验机中测试192小时左右相当于乌鲁木齐，福州和格尔木户外曝晒18个月。此时紫外试验与乌鲁木齐，福州和格尔木户外曝晒之间的相关系数分别为0.81，0.80和0.70，平均值为0.77。

三、结论

通过实验室加速老化与户外自然曝晒对比试验，我们得出如下结论：

户外曝晒会受到很多环境因素的影响，如样品表面的灰尘等污染物对样品颜色变化数据会产生比较大的影响。样品在户外曝晒24个月的颜色变化没有曝晒18个月的颜色变化厉害，可能就与样品表面的灰尘有关。

户外曝晒结果之间的相关性较好。3个不同曝晒地点、不同曝晒时间之间的相关系数绝大多数都大于0.70，在福州曝晒12个月和曝晒18个月之间的相关系数甚至高达0.95。

氙灯试验与乌鲁木齐、福州和格尔木之间的相关性差不多。而且随着试验时间的增长，氙灯试验与户外曝晒之间的相关系数在变大。而且经计算所得，在氙灯试验箱中测试768小时相当于乌鲁木齐、福州和格尔木大概6个月。此时氙灯试验与3个户外曝晒之间的相关系数的平均值为0.80。

QUV紫外试验机与乌鲁木齐、福州和格尔木之间的相关性差不多。而且经计算所得，在QUV紫外试验机中测试192小时左右相当于乌鲁木齐，福州和格尔木户外曝晒18个月。此时紫外试验与3个户外曝晒之间的相关系数的平均值为0.77。这就说明，使用QUV紫外试验机进行加速试验不但与户外曝晒之间的相关性好，而且可以更快地得到测试结果，大概是氙灯试验加速倍率的12倍。所以可以采用紫外加速老化试验方法用于门窗用PVC型材的耐候老化测试研究。

参考文献

[1] GB/T 8814 门、窗用未增塑聚氯乙烯 (PVC-U) 型材

[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

(作者单位： 1 中国建筑金属结构协会塑料门窗委员会
2 美国 Q-Lab 公司中国代表处)

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. [水性聚氨酯耐候老化性能测试](#)
2. [门窗五金件中的人体工程学](#)
3. [新型环保电动汽车充电电缆的研制](#)
4. [门窗用PVC型材抗冲击改性剂研究](#)
5. [门窗用聚氯乙烯型材耐候老化测试研究](#)
6. [钙锌稳定剂在PVC卷帘门窗型材中的应用](#)
7. [欧洲塑窗及型材发展趋势](#)
8. [门窗用未增塑聚氯乙烯型材人工耐候试验相关性研究](#)
9. [聚氯乙烯彩色型材耐候性能测试与评价](#)
10. [陕西抽查门窗用未增塑聚氯乙烯型材](#)