

## BN-07

## 聚碳酸酯用于干热自然环境老化与加速老化的相关性评价

郭燕芬, 陶友季<sup>8</sup>, 揭敢新, 胡利芬, 刘鑫, 王俊

(中国电器科学研究院有限公司, 工业产品环境适应性国家重点实验室, 广州, 510663)

参考物质或标准物质的概念, 作为不同体系的衡量标准或评价尺度, 被广泛应用与各个领域。如 PE 作为 X 射线荧光光谱仪的校准材料<sup>[1]</sup>; 聚乳酸粉末被推为生物降解评估法的标准物质<sup>[2]</sup>; PS 被用作不同实验室间试验条件一致性的衡量标准<sup>[3]</sup>; 材料生产商希望通过有资质的标准物质(CRMs)来确保材料的质检与质控, 基于此, 欧洲委员会提出了玻璃、PE、聚酯涂料等三种“标尺材料”。

因此, 在不同条件下开展试验时, 引进“标尺材料”的概念将为试验结果的比对分析带来很大便利。

ASTM G156-02 也提供了一些选择与确定老化试验用标尺材料的方法。一般而言, 一种适用于老化试验的高分子标尺材料应满足以下条件:

- (1) 具有稳定且显著的环境响应性能, 且该性能易于表征;
- (2) 性能变化与老化辐照量或老化时长之间具有直接、简单的关系;
- (3) 材料简单易得。

本文基于试验结果, 选出适用于我国干热环境的高分子标尺材料, 并对不同的干热老化试验条件进行比对分析, 探讨模拟我国干热环境的氙灯加速老化试验与我国自然干热(吐鲁番)老化试验的相关性及加速倍率。

## 1. 实验部分

### 1.1 氙灯加速老化试验

采用 Atlas Ci4000 型氙灯试验箱对上述高分子材料进行氙灯加速老化试验, 具体试验参数见表 1。

表 1 氙灯加速老化试验参数

方法	辐照强度/(W/m <sup>2</sup> @340nm)	黑板温度/°C	湿度/%
1	0.60	70	20
2	0.60	80	20
3	0.60	90	20
4	0.60	70	50

### 1.2 自然老化试验

按照 GB/T 3681:2000《塑料大气暴露试验方法》, 在我国吐鲁番典型干热试验场对 PC 试样进行户外自然老化试验。试样无背板, 曝晒面朝南, 与地面呈 45°。试验为期两年, 每三个月取样一次, 进行色差、黄色指数及光泽测试。

### 1.3 测试与表征

用美国爱色丽公司的 X-Rite 948 型便携式分光色差计, 对清洗后的试样曝晒面按照

<sup>8</sup>国家 973 计划课题 (No.2012CB724605) 资助。

通讯联系人: 陶友季, 电话: 020-32293877, E-mail:taoyj@cei1958.com.

ISO 7724-2:1984 测量色差, 按 GB/T2409-1980 测量黄色指数, 结果各取三次测量的算术平均值。

用 BYK 4430 微型多角度光泽仪, 对清洗后的试样曝晒面按照 GB/T 8807-1988 标准以黑色底板作为背衬, 在  $60^\circ$  入射角下测量光泽, 结果取三次测量的算术平均值。

## 2. 结果与讨论

### 2.1 不同材料光学性能对老化的响应

为寻找适合在干热环境条件下充当标尺材料的高分子, 对 PS、PC、PE、PP1 和 PP2 这 5 种常见高分子材料, 按表 1 中的氙灯加速老化试验方法 2 进行氙灯老化试验。图 1 是不同高分子材料的色差随累计 UV 辐照量的变化曲线图。

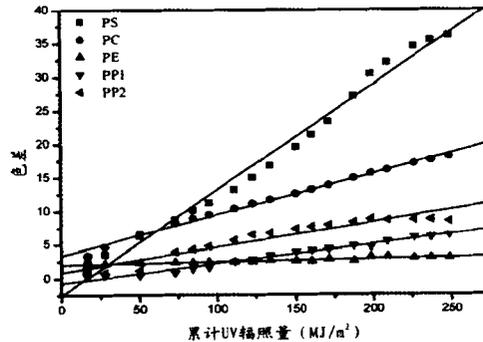


图 1 不同材料色差随累计 UV 辐照量的变化图

拟合曲线的斜率越大, 表示该材料的老化行为对干热环境条件的响应越大, 由此推测上述高分子材料的色差对干热环境条件的敏感性由大到小排序为: PS>PC>PP1>PP2>PE。可见, PS 和 PC 这两种材料均能在较短的试验时间内、接受较少的辐照量时给出较显著的性能变化信息, 并且 PC 色差与 UV 辐照量的线性关系较 PS 的好。综合性能响应度及线性相关度两方面因素, PC 在上述试验的高分子材料中最适宜作为干热环境条件下的标尺材料。

### 2.2 温度对 PC 光学性能的影响

为研究温度的变化对 PC 光学性能的影响, 对 PC 进行不同温度的氙灯加速老化试验。试验的详细参数如表 1 方法 1、2、3 所列, 试验温度分别为  $70^\circ\text{C}$ 、 $80^\circ\text{C}$ 、 $90^\circ\text{C}$ , 其他参数如光源、试验箱相对湿度等均保持一致。

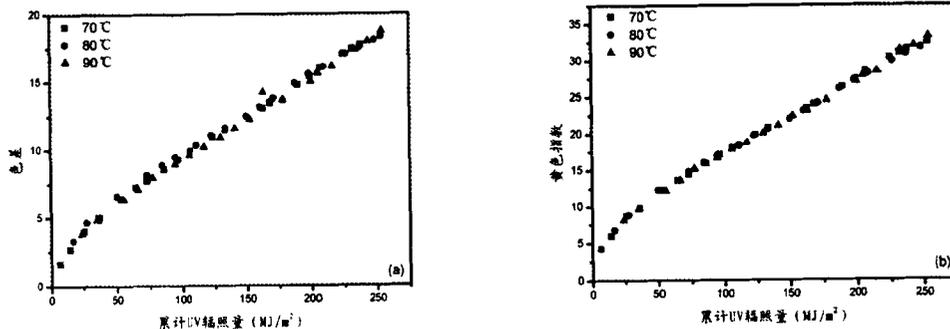


图 2 不同温度下 PC 的光学性能随累计 UV 辐照量的变化曲线图  
(a 为色差, b 为黄色指数)

经不同温度条件的氙灯加速老化, PC 的光学性能随受到的累计 UV 辐照量的变化情况如图 2 所示。从图 2 (a)、(b) 首先可以看出, PC 的色差及黄色指数在不同条件的氙灯加速老化试验中均呈线性变化趋势, 再次验证 PC 具有适合作为干热环境条件下的高分子标尺材料的特性; 其次从图 2 (a)、(b) 还可以明显看出, PC 不同温度的色差及黄色指数曲线均几乎重叠, 说明温度的变化对 PC 的色差及黄色指数影响不大。

### 2.3 干热条件下自然老化与氙灯加速老化的相关性分析

由于 PC 试样在干热环境条件下老化, 色差与黄色指数与累计 UV 辐照量呈现良好的线性关系, 故选取 PC 作为干热环境的高分子标尺材料, 将其色差性能作为评价氙灯加速干热环境与自然干热环境之间相关性的指标。

PC 在氙灯加速老化试验方法 2 (见表 1) 和吐鲁番自然老化试验中, 当色差变化范围为 8~25 时, 达到相同色差的加速老化时间  $t_a$  与自然老化时间  $t_n$  的对应关系见图 3。由图 3 可见,  $t_n$  与  $t_a$  呈线性关系, 经线性拟合, 直线斜率为 12.75, 表明氙灯加速老化试验方法 2 与吐鲁番自然干热环境相比的加速因子为 12.75。

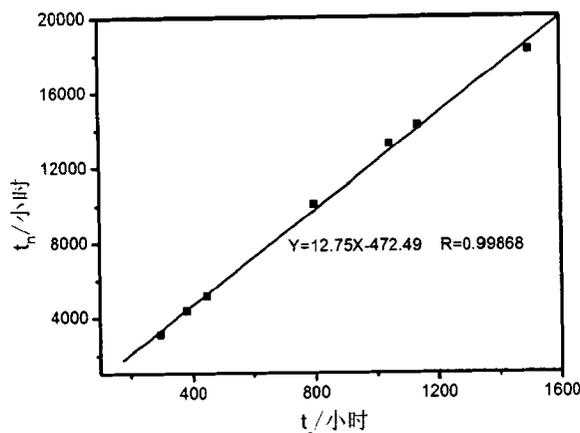


图 3 两种干热环境 (氙灯加速与吐鲁番) 的相关性

### 3. 结论

通过对 PS、PC、PE、PP1 和 PP2 这 5 种常见高分子材料开展模拟干热环境条件的氙灯加速老化试验, 试验结果显示 PC 较适合充当老化试验标尺材料。基于 PC 标尺材料, 对干热条件下自然老化与氙灯加速老化的相关性进行了探讨, 发现模拟干热环境的氙灯加速老化试验方法 2 与吐鲁番自然干热环境具有良好的相关性, 加速因子约为 12.75。

## **Evaluation of the correlation between hot-dry natural weathering and accelerated aging using polycarbonate**

JIE Ganxin, GUO Yanfen, TAO Youji, ZhANG Xiaodong, HU Lifen, LIU Xin, MA Jian,  
WANG Jun

(State Key Laboratory of Environmental Adaptability for Industrial Products, China National  
Electric Apparatus Research Institute Co. Ltd., Guangzhou 510663, China)

**Abstract:** Five common polymer materials including polystyrene(PS), polycarbonate(PC), polyethylene(PE), copolymerization polypropylene(PP1) and homopolymerization polypropylene(PP2) were subjected to artificial accelerated aging simulating dry-hot environment. PC was proposed to evaluate the correlation between hot-dry natural weathering and accelerated aging because its' color shift showed a significant linear relationship with the cumulated UV doses. Base on the color shift of PC, the correlation between hot-dry natural weathering (Turpan) and accelerated aging was discussed. Results indicated that they showed a good correlation, and the accelerated factor was about 13.

**Keywords:** polycarbonate dry-hot weathering test correlation

### **主要参考文献**

- [1] Josefien Swagten, Daniel Bossus, Hanny Vanwersch. The calibration of XRF polyethylene reference materials with k $\alpha$ -NAA and ICP-AES[J]. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 2006,564 :761-765.
- [2] Masao Kunioka, Fumi Ninomiya, Masahiro Funabashi. Biodegradation of poly(lactic acid) powders proposed as the reference test materials for the international standard of biodegradation evaluation methods[J]. Polymer Degradation and Stability, 2006, 91:1919-1928.
- [3] ASTM G156-2002: Standard Practice for Selecting and Characterizing Weathering Reference Materials Used to Monitor Consistency of Conditions in an Exposure Test.