

两种光老化设备 QUV 紫外荧光老化试验箱和 Q-Sun 氙灯老化试验箱比较

刘奕忍¹, 李琴梅¹, 高 峡^{1,2}, 刘伟丽^{1,2*}

(1. 北京市理化分析测试中心, 有机材料检测技术与质量评价北京市重点实验室, 北京 100089;
2. 北京市科学技术研究院分析测试技术重点实验室, 北京 100089)

摘 要: 紫外荧光老化试验箱 QUV 采用荧光紫外灯为光源, 通过模拟自然阳光中的紫外辐射和冷凝, 对材料进行加速耐候性试验, 以获得材料耐候性的结果。氙灯老化试验箱 Q-Sun 采用能模拟全阳光光谱的氙弧灯来再现不同环境下存在的破坏性光波, 用来进行老化的环境模拟和加速试验。QUV 和 Q-Sun 同属加速老化和测试材料光稳定性的设备, 能提供快速且可重复的测试结果。本文论述了这两种仪器的特点和相关主要标准, 并比较了两两者之间差别。

关键词: 光老化; QUV 紫外荧光老化试验箱; Q-Sun 氙灯老化试验箱

Comparison of two kinds of light aging equipments of ultraviolet aging test chamber QUV and xenon lamp aging test box Q-Sun

LIU Yi-Ren¹, LI Qin-Mei¹, GAO Xia^{1,2}, LIU Wei-Li^{1,2*}

(1. Beijing Centre for Physical and Chemical Analysis, Beijing Key Laboratory of Organic Materials Testing Technology & Quality Evaluation, Beijing 100089, China; 2. Beijing Academy of Science and Technology Key Laboratory of Analysis and Testing Technology, Beijing 100089, China)

ABSTRACT: Ultraviolet aging test chamber QUV uses fluorescent UV lamp as the light source, and the accelerated weathering test is carried out in order to obtain the results of the material weather resistance, by simulating the ultraviolet radiation and condensation in sunlight. Xenon lamp aging test box Q-Sun with a xenon arc lamp can simulate the whole spectrum of sunlight reproduction to represent the destructive wave under different environments, which can be used for aging environment simulation and accelerated test. Both of the two kinds of light aging test equipments can provide rapid and repeatable test results. This paper discussed the characteristics and main standards of QUV and Q-sun, and compared their applicable scope.

KEY WORDS: light aging; ultraviolet aging test chamber QUV; xenon lamp aging test box Q-Sun

1 引 言

高分子材料在日常生活中应用广泛, 在其长期使用

过程中, 经常出现变色、粉化、起泡、裂纹、脱落等老化现象, 严重影响产品的机械性能、外观表现等特性。因此, 如何高效、准确地评价高分子材料及其制品的耐老化性能,

*通讯作者: 刘伟丽, 副研究员, 主要研究方向为材料化学分析。E-mail: liuweili@iccas.ac.cn

*Corresponding author: LIU Wei-Li, Associate Researcher, Beijing Centre for Physical and Chemical Analysis, No.7, Fengxian Central Road, Haidian District, Beijing 100094, China. E-mail: liuweili@iccas.ac.cn

对高分子材料的应用和发展极其重要^[1]。

老化试验的研究方法主要有两种, 自然环境老化和人工加速老化。自然环境老化是评定材料实际寿命的最好方法, 但试验周期长, 环境条件不可控, 因此其实际应用受到限制^[2,3]。为了缩短试验时间, 通常采用人工加速老化试验方法, 在室内或设备内模拟大气环境条件或某种特定的环境条件, 其中光老化是较常采用的老化方法^[4]。

加速检测老化和光稳定性的设备较常见的有紫外荧光老化试验箱(QUV)和氙灯老化试验箱(Q-Sun), 这些检测设备被广泛用于研究开发、质量控制和材料检定, 能提供快速且可重复的老化测试结果^[5], 适用于食品接触材料、医用材料等的老化研究。

QUV 紫外荧光老化试验箱是模拟老化的具有破坏效果的实验室仪器, 它可用于预测材料暴露在室外环境下的耐久性。QUV 自带的冷凝系统可模拟雨雾, 荧光紫外灯模拟阳光的损害现象, 暴露温度可自动控制。几天或几周后, QUV 会造成几个月或几年在室外才可能发生的破坏效果。观察到的材料的变质情况包括褪色、风化、开裂、模糊、起泡、光泽消失、强度减小以及脆化等^[6]。

Q-Sun 氙灯老化试验箱是模拟气候腐蚀效果的实验室设备, 用来测试材料的耐候性能。它能在几天或数周内产生户外几个月甚至几年的老化效果。能观察到的效果包括褪色、白化、龟裂、破裂、雾化、水泡、光泽降低、强度降低和脆化等^[7]。

2 仪器介绍

本文介绍的 QUV 紫外荧光老化试验箱由美国 Q-LAB 公司生产, 型号为 Q-Lab QUV/spray(喷淋)。该老化试验箱具备喷淋、辐照强度闭环自动控制功能、黑板温度的直接设定和闭环自动控制功能以及水温加热自动控制功能, 可进行循环温度控制和冷凝温度控制, 具有精密的太阳眼光照控制系统, 能选择合适的辐照度(辐照在单位面积上的光的比率)。太阳眼自动保持正确的照度, 控制器通过 4 个传感器监控 UV 强度, 相比替补/轮换系统可弥补灯的差别, 从而更好地控制辐照度。可供选择不同的光照情况, 例如, UVA-340 可以设定以下几种光照情况:

(1) 太阳最大值(相当于夏季正午日光), 得到快速效果;

(2) UV 最大值(高于无太阳眼控制的照度的 75%), 得到快速效果;

(3) 平均最优值(相当于三月/九月的日光), 平均或低于 UV 照射。

使用 UVB-313 灯, 能以最大的 UV 值进行快速试验, 进行质量控制或非常耐久的材料的试验。

本文介绍的 Q-Sun 氙灯试验箱由美国 Q-LAB 公司生产, 型号为 Q-Sun Xe-3HBS。Q-Sun 配备了辐照控制、相

对湿度和黑板温度(X-10235-X)及箱体温度的控制与监控, 并带有水喷淋系统。该仪器用氙灯模拟阳光的破坏效果, 用喷淋功能(可选项)模拟雨和露, 其曝晒、黑暗、喷淋的次序是被自动控制的。可设置循环程序控制温度和相对湿度, 并具有精密的太阳眼光照控制系统, 可选择光强(照射在平面上光能的比率)的强弱, 太阳眼自动保持正确的光强。

3 主要标准

目前符合 QUV 和 Q-Sun 的相关主要标准如表 1 所示。

4 QUV 和 Q-Sun 的比较

Q-Sun 模拟太阳光的所有光谱, 包括紫外线 UV、可见光和红外线, 氙灯光谱在 295~800 nm 范围内基本上与太阳光的光谱相吻合。Q-Sun 常被用来测试对紫外线的长波段、可见光及红外线较敏感的样品。

QUV 则无法模拟全光谱太阳光。在紫外线的短波区域, 即从 365 nm 到太阳光的最低波段, QUV 能很好地模拟太阳光, 却无法模拟长一点的波长。对于暴露在室外的经久耐用的材料, 紫外线的短波段 300~400 nm 是引起老化损害的最主要原因, 因此 QUV 常用来测试暴露在室外的样品。

通常, 在涂层、粘合剂、屋面材料和纺织品等材料的老化试验中较多选用 QUV, 在印刷油墨类、塑料制品中较多选用 Q-Sun。在进行人工加速老化试验时, 应当根据光源特点、试验目的、受试材料的种类和应用领域来选取不同的人工加速光老化试验方法和适当的试验条件、评判参数^[8]。测试的最佳方法依赖于测试需要, 选对方法和仪器能使实验结果更为有效。

5 试验结果比较

国内对 QUV 和 Q-Sun 两种老化试验方法的对比研究较少。孙思儒等^[9]利用 QUV 和 Q-Sun 对 7 种不同基料不同颜色的漆进行老化试验, 发现在失光试验方面, 200 h 内两种方法有较好的可比性, 而 200 h 后缺乏规律性。在变色试验方面, QUV 没有 Q-Sun 的对比系数高。在粉化模拟性方面, QUV 相对 Q-Sun 更具优异性。

薛一心等^[10]利用 QUV 和 Q-Sun 对 PVC-U 异型材进行老化变色分析, 结果发现, QUV 在 1000 h 内展现了 PVC-U 异型材老化的 3 个阶段。按国标利用 Q-Sun 进行老化用时 6000 h 与 QUV 老化 800 h 变色量相当。在对一定的配方体系及老化条件建立一定的对比模型后, 利用 QUV 可在一定程度上预测 Q-Sun 的老化结果。

综上所述, QUV 与 Q-Sun 有很好的互补性, 二者各有所长, 在具体应用中, 可以根据对材料性能要求的侧重不同, 选择合适的老化试验方法。

表1 QUV和Q-Sun的主要相关标准
Table 1 Main standards of QUV and Q-Sun

仪器名称	符合标准
QUV 紫外荧光老化试验箱	ASTM G-154 非金属材料的光/水暴露标准
	ASTM D-4587 涂料的水/光暴露标准
	ASTM D-4329 塑料的光/水暴露标准
	ASTM D-4799 沥青屋顶材料的老化标准
	BS2782, 第5部分, 540B法(例: 对于实验室光源)标准
	ISO4892 塑料暴露于实验室光源的标准
	SAE J2020 汽车外部材料的加速暴露标准
	一般摩托 TM-58-10 标准
	ASTM C1442 在人工老化设备中对密封剂进行试验的标准
	ASTM D1248 电线和电缆的聚乙烯塑料挤出材料的标准规范
	ASTM D2565 户外使用塑料的氙弧曝晒试验标准
	ASTM D3424 印刷材料的耐光性能
	ASTM D3451 涂层粉末试验
	ASTM D3794 卷材涂层试验
ASTM D4101 聚丙烯注射和挤出材料试验	
ASTM D4303 颜料耐光性试验标准	
Q-Sun 氙灯试验箱	ASTM D4459 户内使用塑料的氙弧曝晒试验标准
	ASTM D4798 沥青材料的氙弧曝晒试验标准
	ASTM D5010 印刷油墨和相关材料的试验标准
	ASTM D5071 光降解塑料的氙弧曝晒试验标准
	ASTM G151 非金属材料曝晒通用指标
	ASTM G155 非金属材料氙弧曝晒试验标准
	ISO 11341 颜料的氙灯试验标准
	ISO 4892-2 实验室光源进行的老化试验方法-第二部分: 氙弧灯 DIN 53 387-塑料和人造橡胶人工气候老化(已过滤的氙弧辐射, 周期 A 和 E)

6 结束语

尽管目前人工加速光老化试验与自然环境老化之间的相关性不能用简单的相关系数、变换关系来表述,但是人工加速光老化试验仍是有意义的^[11]。由于自然气候条件变化千差万别,所以实验室设备主要用于可控的、可重现的和技术允许的条件。虽然对许多材料来说,很多测试方法的结果与自然户外老化结果非常相近,但是仍然无法等同。它们的主要作用是材料性能比较提供一种一致的基础,现在人们采用这些试验方法所得到的结果在特定的试验条件下可以用来评价材料的老化性能^[12,13]。

参考文献

- [1] 王登霞, 李晖, 孙岩, 等. 聚氨酯有机涂层体系的加速光老化降解机理研究[J]. 合成材料老化与应用, 2016, 45(5): 22-27.
Wang DX, Li H, Sun Y, *et al.* Study on artificial accelerated light aging of PU organic coatings [J]. Synth Mater Aging Appl, 2016, 45(5): 22-27.
- [2] 赵建明, 全红, 贾红兵, 等. 人造革、合成革耐候老化测试研究[J]. 塑料科技, 2015, (43): 85-92.
Zhao JM, Quan H, Jia HB, *et al.* Study on the weathering test of artificial leather and synthetic leather [J]. Plast Sci Technol, 2015, (43): 85-92.
- [3] 康文列, 黎东辉, 程红旗, 等. 人工加速老化仪在评价有机颜料耐老化性能中的应用[J]. 中国建筑材料, 2010, S1: 35-38.
Kang WL, Li DH, Cheng HQ, *et al.* Application of artificial accelerated

- weathering instrument on the evaluation of aging performance of organic pigment [J]. China Build Mater Sci Technol, 2010, S1: 35-38.
- [4] 王俊, 揭敢新. 高聚物的老化试验[J]. 装备环境工程, 2005, 2(3): 47-53.
Wang J, Jie GX. The aging test of polymer [J]. Equip Environ Eng, 2005, 2(3): 47-53.
- [5] 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): 36-41.
Zhang H. Comparison the effective testing of QUV and Q-Sun for weather resistance and light stability [J]. Automob Technol Mater, 2006, (8): 36-41.
- [6] QUV 加速耐候试验箱中文操作说明书[Z]. 2007.
The instructions of QUV accelerated weathering tester [Z]. 2007.
- [7] Q-Sun 氙灯老化试验箱中文操作手册[Z]. 2007.
The instructions of Xenon Test Chambers [Z]. 2007.
- [8] 王春川, 人工加速光老化试验方法综述[J]. 电子产品可靠性与环境试验, 2009, (27): 65-69.
Wang CC. Overview of artificial accelerated light aging test methods [J]. Elec Prod Reliab Environ, 2009, (27): 65-69.
- [9] 孙思儒, 李雁鸣. 浅析 QUV 老化机与氙灯老化试验结果比较[J]. 现代涂料与涂装, 2001, (6): 35-38.
Sun SR, Li YM. Comparison between QUV aging and xenon lamp aging [J]. Mod Paint Finish, 2001, (6): 35-38.
- [10] 薛一心, 周洪荣, 吴晓杰. 利用 QUV 和 Q-Sun 对 PVC-U 异型材进行老化变色分析[J]. 聚氯乙烯, 2009, (1): 36-42.
Xue YX, Zhou HR, Wu XJ. Analysis on the aging colour deterioration of PVC-U profile materials by xenon arc lamp and QUV [J]. Poly Chlor, 2009, (1): 36-42.
- [11] 孙杏蕾. 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[J]. 汽车工艺与材料, 2016, (8): 11-14.
Sun XL. Comparison of outdoor exposure test and laboratory accelerated aging test—Study on the correlation between exterior paint test and outdoor exposure test of xenon lamp[J]. Automob Technol Mater, 2016, (8): 11-14.
- [12] 颜景莲. 高分子材料实验室老化试验技术详解[J]. 电子世界, 2013, (2): 107-108.
Yan JL. Aging test technology of polymer materials [J]. Elec World, 2013, (2): 107-108.
- [13] 庄海仁, 何文生, 林玛丽. 国内外实验室光源加速老化试验设备[J]. 合成材料老化与应用, 2007, (36): 47-59.
Zhuang HR, He WS, Lin ML. Domestic and foreign laboratories light source accelerated aging test equipment [J]. Synth Mater Aging Appl, 2007, (36): 47-59.

(责任编辑: 杨翠娜)

作者简介



刘奕忍, 助理研究员, 主要从事色质谱分析。
E-mail: liuyiren2013@126.com



刘伟丽, 副研究员, 主要从事材料化学分析。
E-mail: liuweili@iccas.ac.cn