

Analysis of internal and external factors affecting the aging of polymer materials

Cai Jin Xian

Hangzhou Aoge Metal Technology Co., Ltd., Hangzhou

Abstract: the aging mechanism of organic polymer materials is described, the internal and external factors affecting the aging of organic polymer materials are analyzed, and various aging experimental methods are described in combination with the actual situation.

Key words: Xenon arc radiation test, ultraviolet radiation test, damp heat aging test

Received: 2019-08-22; Accepted: 2019-09-18; Published: 2019-09-26

影响聚合物材料老化的内外部因素分析

蔡靳先

杭州澳格金属科技有限公司，杭州

邮箱: jinxiancai66@163.com

摘 要: 阐述有机高分子材料老化的机理, 分析影响有机高分子材料老化的内外部因素, 结合实际阐述各种老化实验方法。

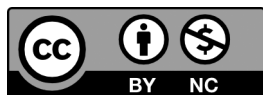
关键词: 有机高分子材料; 氙弧辐射试验; 紫外光照射试验; 湿热老化试验

收稿日期: 2019-08-22; 录用日期: 2019-09-18; 发表日期: 2019-09-26

Copyright © 2019 by author(s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



杭州澳格金属科技有限公司为了进一步提升产品质量, 加快产品研发进度, 准确检测有机高分子材料的韧性和强度等性能, 特购买了氙弧辐射试验箱、紫外光照射试验箱、高低温交变湿热试验箱等检测设备。我公司在实际使用中根据产品的特点和实际情况选择合适的试验方法, 为有机高分子材料的研发、生产控制和产品性能持续改进提供了有力的保证, 笔者在此结合公司的实验情况进行阐述, 旨在抛砖引玉, 不足之处, 敬请批评指正。

1 老化的机理

目前, 联合金属的产品包括涂料、铝塑、PET 等有机高分子材料, 这些产品暴露在潮湿、高温、寒冷和光照辐射时, 会发生一系列反应, 主要是光化学反应。根据光化学反应第一、第二定律, 发生光化学反应的物质首先要吸收太阳光, 即物质的分子或原子能够吸收光能, 使分子或原子处于高能状态; 其次一个分子或原子吸收的能量必须大于其键能, 这样才能使物质发生降解, 即老化。

2 影响老化的因素

（一）、内部自生结构因素

有机高分子材料往往在聚合过程中有微量杂质（催化剂或氧化产物）残留和聚合物本身含有的一些不规整的结构等自身化学结构的老化弱点。当这些有机高分子材料受太阳光照射后，材料的老化弱点首先被攻破，出现原子或分子键的切断、交联、链的移动断裂及侧链的变化等现象；老化就是完全的解聚反应，使高分子的末端从原子间键弱的部分断裂。

（二）、外部环境因素

有机高分子材料长期在户外曝露于太阳光和含氧大气中，分子链发生种种物理和化学变化，导致链断裂或交联，且伴随着生成含氧基团如酮、羧酸、过氧化物和醇，导致材料韧性和强度急剧下降。太阳光中有大量的可见光、红外光，和少量的紫外光。紫外光波长 300 nm ~ 400 nm，能被含有羰基及双键的聚合物吸收，而使大分子链断裂，化学结构改变，导致材料性能劣化。当遇到高温、高湿的环境时，分子结构中的酮、羧酸、过氧化物和酯等含氧基团会加速水解，加速有机高分子材料老化。

通过对有机高分子材料的老化机理的了解和对影响有机高分子材料的老化机理的相关因素的分析。为我们研究有机高分子材料的老化试验提供了可靠的依据。

3 老化试验

（一）、自然气候老化试验

自然气候老化试验方法是国内外广泛采用的方法。其主要原因是自然气候老化实验结果更符合实际，所需的费用较低而且操作简单方便。虽然我们可以在任何地方进行自然气候老化试验，但国际上比较认可的试验场地是美国的佛罗里达，因为其阳光充足。

但自然气候老化试验的不足之处是试验需要的时间长，试验人员可能没有这么多年的时间等待一个产品的测试结果。另外，即使是佛罗里达，气候不可能年复一年的完全相同，故试验结果的再现性也不理想。

(二)、人工加速气候老化

目前，我公司主要进行的老化项目有氙弧辐射试验、紫外光照射试验、湿热老化试验。

1、氙弧辐射试验

氙弧辐射试验被认为是最能模拟全太阳光谱的试验，因为它能产生紫外光、可见光和红外光，此方法在国内外被广泛采用的方法。

但这种方法也有它的局限性，即氙弧灯光源稳定性及由此带来的试验系统的复杂性。氙弧灯光源必须经过过滤从而减少不期望的辐射。为达到不同的辐照度分布可有多种过滤玻璃类型供选择。选用何种玻璃取决于被测试材料类型及其最终用途。改变过滤玻璃可以改变透过的短波长紫外光类型，从而改变材料遭受破坏的速度和类型。

试验实例：聚酯型涂层铝氙弧辐射试验见表 1。

表 1 聚酯型涂层铝氙弧辐射试验

试验条件	老化时间	600h	辐照强度	340nm0.64W/m ²
	黑板温度	55℃ ± 3℃	相对湿度	65% ± 5%
	循环	循环周期为 4h, 195min 光照, 15min 光照 + 喷淋, 30min 黑暗		
试验时间 / 项目		外观缺陷	失光率 /%	色差
200h		无	7.0	0.37
300		无	9.1	0.46
400h		无	9.6	0.65
500h		无	10.7	0.67
600h		无	10.9	0.72

2、紫外光照射试验

紫外光灯照射老化试验利用荧光紫外光灯模拟太阳光对耐久性材料的破坏性作用。这与前面提到的氙弧灯有区别，荧光紫外灯在电学原理上与普通的照明用冷光日光灯相似，但能生成更多的紫外光而非可见光或红外光线。

对于不同的曝晒应用，有不同类型的具有不同光谱的灯供选择。UVA-340 型的灯在主要的短波长紫外光光谱范围能很好地模拟太阳光。UVA-340 灯的光谱能量分布（SPD）与从太阳光谱中 360 nm 处分出的光谱图很近似。UV-B 型灯也是通常使用的加速人工气候老化试验用灯。它比 UV -A 型灯对材料的破坏速度更快，但其比 360 nm 更短的波长能量输出对很多材料会造成偏离实际的试

验结果。但荧光灯与其他类型的灯不同，它的光谱能量分布不会随时间变化。这一特点提高了试验结果的重现性。

试验实例：天花用涂层铝和涂层 PET 紫外灯照射试验见表 2；

表 2 天花用涂层铝和涂层 PET 紫外灯照射试验

试验条件	老化时间	600h	辐照强度	340nm0.64W/m ²
	黑板温度	55℃ ± 3℃	相对湿度	65% ± 5%
	循环	循环周期为 4h, 195min 光照, 15min 光照 + 喷淋, 30min 黑暗		
试验时间 / 项目		外观缺陷	失光率 /%	色差
200h		无	7	0.37
300		无	9.1	0.46
400h		无	9.6	0.65
500h		无	10.7	0.67
600h		无	10.9	0.72

(1) 天花用涂层铝，见表 3；

表 3 天花用涂层铝

老化时间	8h	辐照强度	310nm0.63W/m ²
黑板温度	55℃ ± 3℃ /		
60℃ ± 3℃	相对湿度	65% ± 5%	
循环	循环周期为 8h, 4h 光照, 黑板温度为(60℃ ± 3℃), 4h 冷凝, 黑板温度为(50℃ ± 3℃)。		
老化时间	外观缺陷	失光率 /%	色差
8h	无	6.8	0.46

(2) 涂层 PET (层压处理后)，见表 4。

表 4 涂层 PET (层压处理后)

Q-UVB	外观	无黄变、脆裂、脱层等
加速老化	涂层附着力 (划格法 / 级)	1
1000h	与 EVA 粘结强度衰减率 %	≤ 30
紫外灯照射试验正在进行中。		

3、湿热老化试验

湿热老化试验是系统采用加热与制冷平稳、加热与除湿平衡的方法进行控温控湿调节，加热、加湿功率受控制器控制，工作原理是控制器通过传感器检测的温湿值与控制器设定值比较，经过一系列运算后，调节加热、加湿固态继电器的通断时间，从而达到调节加热、加湿功率的目的。老化时间为 1000 h，恒温恒湿试验箱温度为 85℃，相对湿度为 85%（简称“双 85”）。试验后对外

观、涂层附着力、与 EVA 粘结强度衰减率进行判定。

实验实例：涂层 PET（层压处理后）“双 85”试验，见表 5。

表 5 涂层 PET（层压处理后）“双 85”试验

检验项目		标准
湿热老化试验	外观	不脱层、不起泡、不变色
1000h	涂层附着力（划格法 / 级）	1
湿热老化试验正在进行中。	与 EVA 粘结强度衰减率 %	≤ 0

4 结语

现在国内外自然气候老化、氙弧辐射老化、紫外光老化、湿热老化试验都是应用广泛的试验方法。这四种方法是基于完全不同的原理。自然气候老化直接暴露在大自然环境中进行。氙灯照射试验箱仿制全部的太阳光谱，包括紫外光、可见光和红外光，其目的是模拟太阳光。而紫外光老化试验并不企图仿制太阳光线，而只是模仿太阳光的破坏效果。它是基于这样的原理，长期在室外暴露的耐久性材料受短波紫外光照射引起的老化损害最大。湿热老化试验是在高温、高湿的环境条件下，使分子结构中的酮、羧酸、过氧化物和酯等含氧基团加速水解，加速有机高分子材料老化。综合上述分析，目前没有任何一种老化试验方法能够完全有效地检测产品的老化性能，而应当运用各种试验方法，从多个层面上模仿自然气候、提高重现性、加快老化速率和减少试验费用是老化试验的研究必然趋势。

参考文献

[1] 孙艳. 有机高分子材料的老化行为及其调控的研究 [J]. 山东工业技术, 2015 (18) : 224-224.

[2] 孙彦红, 易传斌, 皮红, etal. 有机高分子材料使用寿命预测方法 [J]. 高分子通报 (12) : 130-134.

[3] DANYi, 淡宜, JIANG Long, 等. 有机高分子材料的老化行为及其调控的研究 [C] // 全国高分子材料科学与工程研讨会学术. 2012.