

加速老化实验的相关性研究进展

Research Advance of the Study on the Correlation and Acceleration

王解新 黄琳

Wang jiexin Huang lin

(上海家化联合股份有限公司科研部设计中心 200082)

(Industrial Design Center in Shanghai Jahwa United Co., Ltd. 200082)

摘要: 本文简要的对光老化仪的加速老化及其与自然老化的相关性进行了定义。细分了导致相关性研究准确性差的影响因素。最后着重阐释了相关性的计算方法。

Abstract: The brief definition of correlation and acceleration of weather-ometer was given. The factors that affect the accuracy of correlation were compared and listed. Finally, the calculation of correlation and acceleration was explained in detail.

关键词: 加速老化 相关性

Key word: Correlation, Acceleration

一、相关性和加速老化的定义

根据材料的耐久性,相关性可被定义为人工老化实验与实际户外实验或使用环境曝晒趋同的能力。加速老化是采用自然加速或人工实验方法以尽快加速进行老化实验的方法。与传统的自然室外老化相比,人工加速老化实验与自然老化是否相关决定于材料在曝晒中发生的变化。这些变化可能是力学性能或是表现性能的变化,如失去光泽,颜色变化,拉伸强度等;另外,这些变化还可能是化学变化,需要用红外光谱,电子共振,化学荧光法或是热性能分析。

二、影响相关性研究准确性的因素

也许能够形象的描述在进行过度加速气候老化试验时会发生什么的最好方法是讲那个鸡和蛋的故事。但不是传统的“先有鸡还是先有蛋?”的问题。比如鸡蛋在摄氏 35 度的环境中约 21 天就会孵化出小鸡。这与在自然环境中测试材料的耐久性很相似。多数材料工程师都会强调“我不能那么长时间出结果!”但如果试图加速小鸡的孵化而把鸡蛋放置在摄氏 180 度的环境中 5 分钟,只会得到一个煎蛋而不是小鸡!在做加速气候老化试验时,也会发生鸡与蛋的故事中加速孵化的同样的事。

几个影响加速老化的因素,见表 1 所示:

三、相关性的计算方法

老化仪中材料曝晒多长时间相当于一年的自然老化?举例如下:

- 位于纬度 26° 的美国佛罗里达州一年紫外线 (295-385nm) 辐照量的平均值为 280MJ/m²。
- 一般光老化仪中的辐照光的波长可控制在很窄的范围,设定其波长为 340nm 辐照功率为 0.35W/m²。
- 如何将 340nm 处的辐照与 295-385nm 的辐照关联,以下公式说明:

$$\text{辐照功率 (W/m}^2\text{)} \times \text{时间 (s)} = \text{辐照量 (J/m}^2\text{)} \quad <1>$$

老化仪辐照量以 kJ/m² 表示,时间单位是小时,所以存在如下的转换公式:

$$\text{kJ/m}^2 = \text{W/m}^2 \times 3.6 \times \text{hours} \quad <2>$$

如果光老化仪控制的波长为 340nm,此波长的辐照量必须转化为室外曝晒的紫外波长的能量。一般,340 nm 光的辐照能量近似于紫外线 (295-385nm) 光能的 1%。因此,可得如下公式:

$$10 \text{ kJ/m}^2 (340\text{nm}) \equiv 1\text{MJ/m}^2 (295-385\text{nm}) \quad <3>$$

表 1. 影响相关性研究准确性的因素

相关性差的原因	误解	实际现象
短波光源（在太阳光谱以外） 连续曝晒	短波光源具有更高的能量，能使材料更快的老化，节约时间。 曝晒时间越长，试验时间越短	短波光辐射具有的高能量使材料产生非自然发生的光化学变化 某些材料的化学反应过程需要“间歇期”。因为自然的室外暴露总会有“暗周期”，所以人工气候老化仪器也应模拟这一现象。
光强度高（特别是人造光源） 试样的异常高温	以高强度的光照射试样是加速老化的唯一途径。 高温可以使老化速度更快。	在高强度辐射环境中会发生某些低强度辐射不会发生的光化学反应。 曝晒时不真实的温度会导致不同类型的材料老化，与实际的室外曝晒没有可比性。
深、浅颜色试样的不真实温差。	由于紫外辐射是老化过程中最重要的因素，所以气候老化测试有这个重要因素即可。	人工辐射光源与自然日光产生的光谱能不同，以致在不同颜色和结构的材料之间产生不真实的温差。
没有温度循环	如果使试样始终保持高温，老化过程会更快。	自然界的温度循环通常会使材料伸张和收缩，从而产生物理变化。
非自然状况的潮湿程度	使试样处于高湿环境中会增加老化程度。	对水的吸收/释放循环过程会使试样受力，实际上与在饱和环境中相比会更加（真实地）促进老化。
缺少污染物或其它生物因素	因为这些是次要因素，不考虑。	实验室的气候老化仪器很少用于再现污染物和其它生物因素的作用，但是它的确是自然环境过程中的一部分，而且我们必须记住它们可能就是降低相关性的一个原因。

因此，结合公式〈1〉~〈3〉，可进行如下计算：

$$2800 \text{ kJ/m}^2 (340\text{nm}) \cong 0.35 \text{ W/m}^2 (340\text{nm}) \times 3.6 \times T (\text{hours}) <4>$$

式中 T 为老化仪辐照与自然光辐照的等效时间，经过简单计算，可得出下式：

公式<5>中小时的单位是以光照小时表示。因为许多老化仪工作循环中都设定有“暗周期”，

$$T = \frac{2800 \text{ KJ/m}^2}{0.35 \text{ W/m}^2 (340\text{nm}) \times 3.6} = 2222 \text{ 光照小时} <5>$$

这些时间不能计入公式<5>。

尽管通过以上计算可得到众人关注的答案，但需要对几点影响计算结果准确性的因素予以说明：

- 氙灯与自然光比较，尽管适当过滤的氙光能量接近自然光，但并不绝对符合并有可能引入误差。
- 过滤器会微小地改动光谱能量分布（尤其是短波长的紫外线）的影响。
- 自然光的辐射水平很难保持一致，易于波动，从而影响计算的准确性。
- 自然光光能在每天，季节，长时间变化的影响。
- 自然光随地理，纬度及其它天气改变而变化的影响。
- 光过滤器和氙灯本身的老化也会导致老化实验中光能分布的偏差。

考虑到上述因素的影响，所以公式〈5〉的计算误差应在±10%左右。

导致材料降解变质的光能波长数值因材料的结构而异。老化的其它因素（温度和湿度）也会在一定程度上影响材料的降解。置于老化仪中的样品在 $0.35 \text{ W/m}^2 (340\text{nm})$ 的辐照功率下，经历 2222

小时光照所产生的降解程度不可能与在南佛罗里达一年的自然老化相同。然而，能够利用这些公式作为出发点去得到老化仪对应于各种材料的加速实验速率。

参考文献

1. ATLAS Weathering Testing Guidebook. 2001, 61~64