

化学建材的自然老化与人工气候老化及其相关性

朱坚莺

(浙江省质量技术监督检测研究院, 浙江 杭州 310013)

摘要: 分析了导致化学建材老化的主要因素,介绍了化学建材的自然老化与人工气候老化试验及其场地和设备,列举了国内外老化的试验结果,概述了二种老化试验的相关性,强调了自然气候老化的重要性。

关键词: 自然老化; 人工气候老化; 相关性

气候的影响使化学建材在其各个阶段都可能发生变质,即性能变坏,主要包括变色、光泽丧失、性能下降、开裂、剥落、粉化及氧化等。这种现象称为建材的化学老化。造成上述损害的主要原因则是阳光(特别是紫外 UV)、高温以及雨水、露水和高湿度形式出现的湿气。除此之外,阳光和湿气之间还经常存在协同作用。当建材处于光与湿气的共同作用时,其本身的单一耐光能力或单一的抗湿能力就会失效。为了考证化学建材耐老化的能力,尤其是了解建材的户外寿命,就必须对建材进行老化试验。常见的老化试验方法有自然气候曝露试验(自然老化)和实验室光曝露试验(人工气候老化试验)。

1 自然气候曝露试验

化学建材在自然气候环境中受到各种大气因素的综合作用而发生老化破坏,最终失去使用价值。然而,自然气候环境千变万化,同时还受地理位置的限制,因此,选择自然气候曝露试验场就显得十分重要。国际上通常采用“佛罗里达耐候性”和“亚利桑那耐候性”作为耐候性试验的基准。这是因为产品曝露在这些地方比在较温和气候条件的地区,会出现更快速的降解过程。佛罗里达有高强度的阳光,全年的高温,丰富的降水和高湿度。苛刻的气候对于户外曝露试验是理想的条件,尤其对湿度敏感的化学建材,例如涂料和许多塑料,是格外有用。而亚利桑那则为耐候性试验提供了另一个基准,产品被曝露在严酷但符合实际的环境下:高 UV 及高的温度,大幅度的日温差波动和低湿度水平。在亚利桑那,阳光比佛罗里达多 20%,最高气温通常高出 15℃,对于大多数化学建材来说,在这种苛刻的环境下降解速度比在佛罗里达要快得多,对于涂料的色

度和亮度、塑料的热老化和物理性质、塑料涂层的耐光等,有显著的影响。我国共有 7 个曝露试验场,分别位于万宁、广州、吐鲁番、江津、北京、哈尔滨和武汉。其中广州田心港曝露场是中国最大的曝露试验场,居世界第四位。该试验场有直接曝露试验装置、玻璃板下曝露试验装置和跟踪太阳试验装置。其中直接曝露装置,曝露架分为固定式和可移动式两类,角度为 0°、15°、23°(广州纬度角)固定角度和 0°~90°可调式 4 种。

从 1983 年至 1989 年,我国在 6 个地区对塑料进行了历经 6 年的大气老化试验,取得了具有十分重要价值的试验成果。从试验结果可以看出,老化速率与气候环境有紧密关系。UV 辐射是老化过程中最重要的参数,但足够的 UV 能量并不是唯一的引起老化的因素,自然曝露的其他参数同样是重要的。比如雨水的 pH 值、大气中 SO₂ 的含量等,材料降解是这些因素共同作用的结果。这就是为什么聚丙烯试样户外曝露后 6 个地区的老化速率为:万宁 > 广州 > 吐鲁番 > 北京 > 江津 > 哈尔滨,而硬聚氯乙烯在江津的老化速率要大于万宁和广州的原因。

关于建材的户外使用寿命,虽然目前还没有公认的方法和标准,但采用加倍速率方法及测试结果还是可以推测建材的使用寿命。加倍速率是指材料在选定曝露场地的老化速度比在其他地区快多少,知道了加倍速率,就可以根据在选定场地的试验结果估算出在其他地区的使用寿命。不过,如果老化是由于其他一些因素造成的,而这些因素各地又都不相同,那么就不能这样估算。

通过对塑料在 6 个地区历经 6 年的试验取得的力学性能数据进行分析和统计,提出了塑料老化动力学规律的数学模式。

(1) 适用于老化机理以降解或交联为主的聚烯烃塑料:

$$Y = e^{-bt}$$

其中 Y :性能保持率(%)

t :各地区大气老化的时间

b :实验常数

(2) 适用于老化机理较复杂的其他塑料:

$$Y = e^{-(a+bt)}$$

其中 Y :性能保持率(%)

t :各地区大气老化的时间

a, b :实验常数

上述关系式中, a, b 实验常数随试验地区、建材种类及力学指标而异。从关系式可以推测, 如果聚丙烯在广州使用寿命为 1 年, 那么在海南使用寿命只有 9 个月, 而在哈尔滨使用寿命可达 2.31 年。

通过短期户外曝露试验, 根据数学模式还可以推测出某力学性能下降到某保持率时的长期使用寿命。通过 6 年的曝露试验, 已推测出塑料在典型气候区域力学性能下降至 50 % 的时间。例如聚丙烯在广州户外曝露试验 72 个月, 拉伸强度保持率为 89 %, 而拉伸强度保持率下降至 50 % 时的使用寿命可达 343.27 个月。

上述结果是建立在 6 年的塑料试验基础上的。但是各类建材老化历程不同, 环境因素也错综复杂, 因此, 在推测材料的使用寿命时必须综合考虑各类因素, 不能简单套用。

2 人工气候老化试验

人工气候老化试验就是用人工的方法模拟和强化在自然气候中受到的光、热、氧、湿气、降雨为主要老化破坏的环境因素, 通过较短的时间在实验室的条件下, 评价建材的耐老化性能。实验室光源曝露试验包括氙弧灯、荧光紫外灯、开放式碳弧灯三种光源曝露试验方法。由于氙弧灯辐射经过滤后其光谱能量分布比较接近太阳光谱能量分布(见图 1), 因而在老化试验中得到了广泛的应用。

现以 ATLAS C4000(6500W 水冷式)型人工气候试验箱为例作一介绍: 它装有一个氙弧灯, 设备对光辐射、气温、雨淋和露水进行全控, 并且这些仪器具有诊断功能, 能使设备回复到正常的工作模式。氙灯发出的光谱波长范围从 270nm 以下的短波紫外区, 经可见区直到红外区, 经过滤后, 照射到试样表面上光的波长为 300~890nm。辐照度可根据标准或协议的规定设置。低于 300nm 光的辐照度应不大于 1 W/m^2 , 在整个试样面积内, 辐照度的偏差不能

大于 $\pm 10\%$ 。试验箱内湿度可在 $10\% \sim 75\%$ 之间设定(亮周期), 黑标准温度(BST)可在 $40^\circ\text{C} \sim 120^\circ\text{C}$ 之间设定, 黑板温度(BPT)可在 $40^\circ\text{C} \sim 110^\circ\text{C}$ 之间设定, 喷水周期(喷水/不喷水时间)及曝露周期数均可按规定在试验箱上设定。

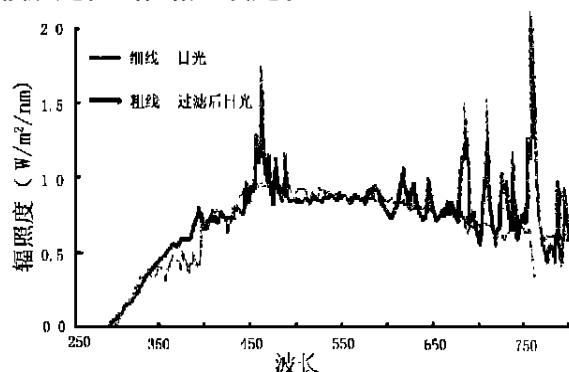


图1 日光与经硅酸硼滤片过滤后日光比较

通过人工气候老化试验来评价化学建材的老化性能, 有各种各样的指标可供选择, 但在实际应用中, 一般选择老化敏感的指标和应用所需的重要指标。比如, 对涂料往往选择粉化、色差、起泡、开裂等指标, 对塑料则选择变色、龟裂、斑点、尺寸稳定性、拉伸强度、伸长率等指标。对于评价结果还可以采用初始性能的保持率、性能的变化率等形式表示。当然, 这些指标只能说明建材是否满足使用要求, 并不能说明建材的使用寿命究竟有多长。多年来, 国内外老化专家多次对建材在实验室、佛罗里达、亚利桑那以及 6 个国内曝露场进行试验, 氙灯光源人工加速老化试验结果与大气老化试验结果趋势基本相同。

3 人工气候老化和自然老化的相关性

关于自然老化和人工老化试验的相关性, 目前还没有公认的方法和标准。因为自然气候环境条件错综复杂, 而人工模拟气候的试验条件是可控的, 不受环境因素的影响, 其模拟的可靠性和随机性也还存在一些问题。但是, 国内外老化专家经过多年大量的试验表明, 这二种试验结果之间存在着一定的相关性, 但不同种类和配方的材料其相关性是不同的。下表是几种材料在不同地区的试验数据:

表1 密封胶在老化试验仪中接收 14.11 MJ/m^2 辐射能的小时数与在户外接收相同辐射能的相当小时数

老化试验仪中 曝露的时间	在佛罗里达曝露 三个月的时间	在亚利桑那曝露 三个月的时间
(h)	(h)	(h)
100	576	573

表2 涂料光泽下降到原始值 50 %和塑料延伸率下降到原始值 50 %时的时间(h)

试验条件	材料名称			
	丙烯酸漆	过氯乙烯漆	增强聚丙烯	耐候聚丙烯
广州户外	13498	1056	8760	6480
氙灯试验	825	275	800	600

我国专家经过 6 年的户外试验,对聚丙烯的试验结果进行了分析和比较,得出了对断裂伸长率保持率比较通用的直线方程:

$$1 - \varepsilon / \varepsilon_0 = Q_0 + KQ$$

其中 ε :经某一老化周期后的断裂伸长率

ε_0 :原始断裂伸长率

Q_0 :实验常数

K :化学反应速率常数

Q :伸长率下降到 ε 时所接受到的辐射能量

如果断裂伸长率保持率相同,则可得出 Q_n 与 Q_a 的关系式:

$$Q_n = (Q_{0a} - Q_{0n}) / K_n + Q_a / K_n$$

其中 Q_{0a} :人工气候条件下的实验常数

Q_{0n} :自然气候条件下的实验常数

K_n :自然气候条件下的反应速率常数

K_a :人工气候条件下的反应速率常数

Q_n :达到某一老化程度时在自然气候条件下接受到的辐射能

Q_a :达到同一老化程度时在人工气候条件下接受到的辐射能

由此可得加倍速率 N :

$$N = Q_n / Q_a = (Q_{0a} - Q_{0n}) / Q_a K_n + K_a / K_n$$

通过 N 就可由人工试验的 Q_a 预报自然气候试验的 Q_n ,并可换算出自然气候试验所需时间。

综上所述,对于化学建材的耐候性试验我们首推自然气候曝露试验。但是,为了在较短的时间内得到结果,以提高效率,我们推荐在模拟性比较好的实验室环境中进行人工加速老化试验。自然气候老化试验是非常必要的,因为有些效应在人工老化试验中不会出现,而在大气老化试验中会非常明显。自然气候老化试验是制订人工试验方法和推断使用寿命的依据。二种试验方法之间有一定的相关性,但是不同的建材没有简单合一的关系式。人工气候老化试验应进一步探求对自然气候的模拟程度、可靠性及随机性,为化学建材的评定提供更有价值的实验室数据。

文章编号:1004-1672(2001)05-0023-03

中图分类号:TU53 文献标识码:B

收稿日期:2001-06-30

作者简介:朱坚莺,单位地址:(310013)杭州市天目山路222号,联系电话:(0571)85022045。

《石材》(月刊)

石材杂志创刊于1983年,是全国石材行业国内外公开发行的全国性建材科技期刊。开设的栏目有:行业政策、石材资源、名优新品介绍、石材开采与加工、设备开发、新技术、新工艺、新产品、石材化工、磨料磨具等。为了适应市场经济和行业管理的需要,近几年加大了行业动态、展会信息、行业聚焦、经贸统计、招商引资等栏目的信息量,使读者能够及时了解整个行业最新、最全、最快的发展动态,对石材界的热点问题,如石材放射性、中国石材界反倾销等问题进行跟踪报道。

刊号:ISSN1005-3352, CN11-3373/TU。国内订价8元/月,全年96元,可向当地邮局订阅,邮发代号82-704,或直接与本社联系订阅,本社随时办理来电来函订阅业务。港、澳、台地区全年订价港币160元(含邮资),国外订价美元60元(含邮资)。地址:北京市百万庄国家建材局内,邮编:100831,电话:(010)88364694(传真)68311144-3349,社长:谭

金华; E-mail: shicai@xinhuanet.com http://www.stonet.com.cn

《中国化工市场》(网刊)

《中国化工市场》是以化工生产企业为主体的化工市场网刊。为了形成专业市场,2001年3月份又创《中国化工市场》副刊——《中国建化物资市场》。

《中国化工市场》、《中国建化物资市场》都是以化工原料、涂料、油漆、粘胶剂、橡胶、塑料等化工原料及化工原料建化生产企业为主体的化工市场,发行全国。《中国化工市场》交易市场中又划分河南、上海、山东、京津冀、江苏等十二个市场。加入《中国化工市场》(包括《中国建化物资市场》)网络,免费在网刊和“中国化工市场商务网”上发布供求信息。需订阅或加入网刊的企业或个人,请索取订单和样本(免费赠阅)。地址:郑州市西关虎屯中街7号;邮编:450002,电话:(0371)5721092(兼传真)5710272

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. [聚丙烯自然和人工气候老化的相互关系](#)
2. [环境因素与橡皮性能的相关性研究 \(I \) : 理论方法和丁基橡皮的结果](#)
3. [聚乙烯自然和人工气候老化相互关系的探索](#)
4. [自然气候老化测试及应用](#)
5. [化学建材的自然老化与人工气候老化及其相关性](#)
6. [环境和气候变化对大坝安全的影响](#)
7. [《自然-化学生物学》: 去乙酰化酶副产物对老化有重要影响](#)
8. [塑料自然老化与人工老化之间的相关性\(二\)](#)
9. [增强低压聚乙烯的自然老化、人工加速老化及其相互关系](#)
10. [塑料自然老化与人工老化之间的相关性\(文献综述\)](#)