

户外测试检验加速测试

张恒¹, Michael Crewdson², Ronald L. Roberts², 孙杏蕾¹

(1. 美国 Q-Lab 公司中国代表处, 上海 200436; 2. 美国 Q-Lab 公司, 美国 俄亥俄州 44145)

摘要: 探讨了加速老化测试存在的问题, 阐述了户外暴露测试的重要性, 指出应该利用户外暴露测试来检验加速老化。使用正确的测试程序, 户外暴露测试可以在较短的时间内获得较好的测试结果。采用正确的测试设计、恰当的评估方法、可靠的统计分析及应用参照样品等, 可使测试者确定加速程度及加速测试与户外暴露测试的相关系数, 以确保加速测试结果的正确性。

关键词: 户外老化; 加速老化; 相关性; 评估; 测试设计

中图分类号: TB114.3; TQ317.6 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2010)02-0099-03

Outdoor Weathering Must Verify Accelerated Testing

ZHANG Heng¹, Michael Grewdson², Ronald L. Roberts², SUN Xing-lei¹

(1. Q-Lab Corporation China Office, Shanghai 200436, China; 2. Q-Lab Corporation, Ohio 44145, America)

Abstract: In this paper, we will discuss the inherent problems that accelerated testing can have, and show techniques that can be used to ensure that the results from the accelerated testing are correct. Outdoor weathering must be used to verify accelerated testing, and it is possible with the correct testing procedure to get meaningful data from an outdoor test in a short time frame. Those techniques include correct experimental design, proper evaluations, control materials, and the use of reliable statistical analysis. These processes will allow the user to determine acceleration and correlation factors and will ensure that the accelerated testing is giving right results.

Key words: outdoor weathering; accelerated weathering; correlation; evaluation; test design

当前的老化测试有2种,即户外曝晒和实验室加速。实验室加速测试是在实验箱内,通过可控的人工光源,模拟老化条件实现的,测试条件需进行人工控制;而自然曝晒则在户外进行,采用自然光源,但所有的曝晒参数都不可控。人们面临的选择是:到底是选择快速、可控的模拟条件下的实验室加速测试,还是选择缓慢、不可控的真实的曝晒测试?大多数人选择了加速而非真实性。

当决定采用哪种类型的测试方法时,可能会有

很多“心理”因素在潜意识里影响人们的判断。为了选择一种更加有效、可靠的测试方法,需先了解一些老化谬论。

1 2种测试方法的对比

1.1 老化谬论

谬论1:加速测试可100%重复。事实是,加速

收稿日期: 2009-10-08

作者简介: 张恒(1972—),男,安徽巢湖人,硕士,主要从事材料的老化测试工作。

测试也像其它测试一样,会发生变化。在真实的加速老化测试中,甚至是测试条件控制得最好的测试中,测试结果也会发生很大的变化,同一台设备的重复测试和不同实验室之间的再现性测试都会存在很大不同。ASTM G03分委会在20世纪90年代做过一个重要的对比试验,发现几台设备的测试结果之间存在高达30%的差异。正确的操作会使差异变小,但不能完全消除。

谬论2:任何形式的老化都是好的。事实上,错误的老化模式会导致错误的老化结果。如果加速测试不能再现真实使用环境或户外测试的老化模式,那么它就不可取。例如,如果一种涂料在户外通常显示中等粉化,而在加速测试中显示严重开裂,这说明发生了不同的老化机制,那么测试结果也就毫无意义。加速测试必须产生与户外测试相同的老化类型。

谬论3:户外老化需要5 a才能得到有用的数据。事实上,户外测试可在12个月内得到有用数据。也许需要等5 a来得到5 a的老化效果,但是很多有用的数据可在曝晒的前12个月得到,如区分质量好和质量差的材料。根据正确的试验设计和大量的评估,曝晒12个月就可以得到有意义的数据,这些数据可以极大地增加加速测试数据的可信度。

谬论4:老化测试数据是绝对的。事实是,单一的测试不会给出理想的相关性。有很多材料测试方法要求曝晒单一的测试样品,并设定一个合格或不合格的界线。例如:样品的颜色发生变化,若把 ΔE^* 达到3.0作为评估标准,那么如果值是2.9,样品就合格;如果是3.1,样品就不合格。然而测色仪之间也存在差异,这些差异使得当 $\Delta E^* < 1$ 时,比较颜色变化是毫无意义的;而且一般目视的分辨力也不会好于 $\Delta E^* = 1.0$ 。

谬论5:等级数据是无效的。事实是,如果正确应用,等级数据是非常有用的。有一种说法:非量化的统计(如排序)是无用的,因为它们没有使用有说服力的技术;但当正确应用,等级数据可用于证明老化测试中的许多猜想。在目测评估中得出的数字评级非常有用^[1]。

1.2 加速测试的弊端及户外测试的重要性

测试中遇到的问题是,许多公司只选择加速老化测试,户外测试要么排在第2位,要么根本不考

虑。新材料进入市场的时间压力迫使缩减研发周期,这也是影响材料进行户外暴露测试的一个方面。现在很多产品的研发只是根据加速测试的结果,许多标准也认可只有加速测试结果的材料。

只进行加速测试会带来无法预料的问题。材料根据人造气候条件进行研发,按照一个测试循环,重复研发、测试,最终的结果是材料能够经受住一个模拟且可控制的环境;这可能会导致材料在实验室加速测试中合格,而在最终使用环境中失效。

加速测试用于预测户外测试时不是100%可靠。在老化测试领域,具有完美相关性的测试方法是可望而不可及的。相关系数不能从一种材料应用到另一种材料,或者从一种户外气候应用到另一种户外气候。如果确信加速测试与户外测试的相关性,那么当与一种新的气候条件进行比较时,还需要重新进行户外测试。而且,即使是任何条件都未改变的重复测试,也会得出不同的结果。因此,欲确定材料的真正耐候性时,只进行加速测试是远远不够的。

老化测试的目的在ASTM G113中的描述如下^[2]:户外测试和加速测试结果的一致性。因此,加速测试的结果应该与户外测试的结果相匹配。针对这个难题,人们大部分的研究精力放在了加速测试上,但是很显然,获得相关性的关键因素是户外测试。没有户外测试作基准,就无法与加速测试进行比较。

1.3 经济分析

许多公司不愿意做户外测试的一个主要原因是测试费用,认为老化测试费用太高;但更应该考虑不做户外测试的损失有多大。

表1是典型的户外测试费用(提供测试服务的商业机构不同,测试费用可能不同)与不做户外测试而造成的损失之间的比较。不做户外测试,虽然每年可节省1 000美元的测试费,但是可能会危及公司的声誉及造成数百万美元的质保赔偿,甚至使公司

表1 测试费用比较

Table 1 Cost comparison of testing

项目	开展户外测试	不做户外测试
测试费用	每次试验费用500~1 000美元	无测试费用
不利因素	无	赔偿可能高达数百万
客户服务	客户满意	客户不满意
形象	良好的声誉	声誉损失

被起诉。与不做测试带来的损失相比,户外老化测试的小投资显然是相当划算的。

1.4 测试条件对比

很多报告显示,相关性差的一个原因是加速老化测试的试验参数与户外环境有所不同。表2列出了大部分加速老化测试设备中都包含的3个老化试验的基本要素,试验箱中可以对这3个基本要素进行循环设置,但还有很多测试条件无法实现。表2还列出很多影响户外老化测试结果的其它因素,每种因素都可能影响加速测试和户外测试之间的相关性。

表2 老化测试比较因素
Table 2 Factors of weathering comparison

加速测试	户外测试
人工光源	太阳光
温度	温度
水喷淋	雨水
	冷凝
	湿度
	生物影响
	酸蚀
	灰尘和污染物

此外,户外测试是每天进行1个复杂的循环,而加速老化测试是每天进行多重、复杂的重复循环;因此,户外测试和加速测试共同的影响因素的循环时间也不同,见表3。

表3 循环因素之间的比较
Table 3 Comparison of cyclic effects

项目	加速测试	户外测试
平均循环时间	2~4 h	24 h
每天循环次数	6~10个循环	1个循环
黑暗周期	可能有	一直有
循环的相同性	每次都一样	每次都不一样

1.5 测试循环速度对比

与户外测试每天只有1个循环相比,加速测试每天可能有多达12个的完整循环。循环测试环境比单一不变的测试条件更为严酷,测试条件从一种状态转变到另一种状态会使材料更易发生老化;因此,更快地经历循环测试,材料会加速老化,这是由于材料经受了更多这种测试条件状态的转变。然而,这一规律可能与事实相符,也可能与事实相悖。

当测试条件变化时,材料会试图与周围环境达到平衡。例如,如果材料是湿的,而环境是干的,材料就会变干;另一个例子是,如果将温度低的材料放在温度高的环境中,它的温度也会慢慢升高。但环境的变化总是比材料快,如果材料在测试环境变化之前没有与测试环境达到平衡,那么材料就不会达到一个稳定的状态(如图1所示)。所有材料都有一个与周围变化的测试环境相适应的变化速度,所以很可能在相同测试中,有的材料能与周围环境达到平衡,而有的则不能。有的材料不能完全达到稳定状态。

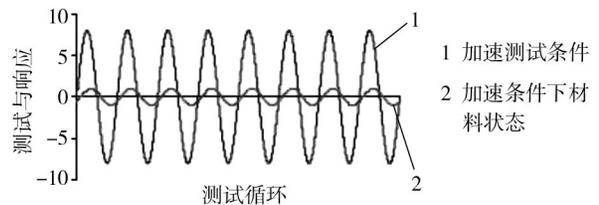


图1 材料与环境的平衡

Fig. 1 Environment and material equilibration

如果测试材料不能达到稳定状态,与周围环境达到平衡,那么环境的作用很难深入材料内部,因此,短时间的测试只会影响材料的表面。为了测试环境能够影响样品的内部,有必要延长测试时间,以使整个材料都受到环境条件的影响(如图2所示)。

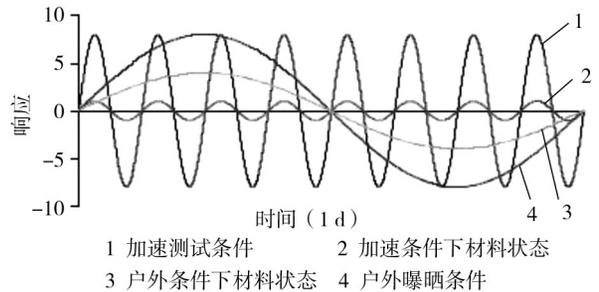


图2 测试循环对材料影响的比较

Fig. 2 Comparison of cyclic effects on material

这种差别可以用术语“试验箱因素”来概括。这意味着老化试验箱内测试条件的变化不能与户外的相匹配,除非测试循环的时间和转变速度与户外的一样。如果变化条件与户外的不一样,那么对材料的影响也不一样。

根据以上分析可以得出以下推论:首先,因为户外变化因素很多,而且测试循环时间相差太大,老化试验箱不能完全模拟户外条件的复杂性;其次,加速老化试验与户外暴露试验可能会得出不同的结果。

(待续)