

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。

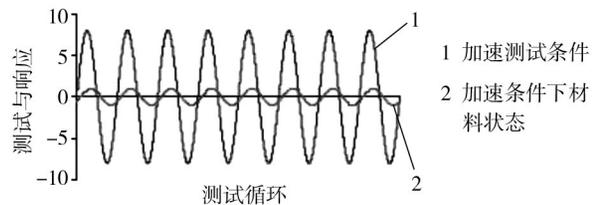


图1 材料与环境的平衡

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)。

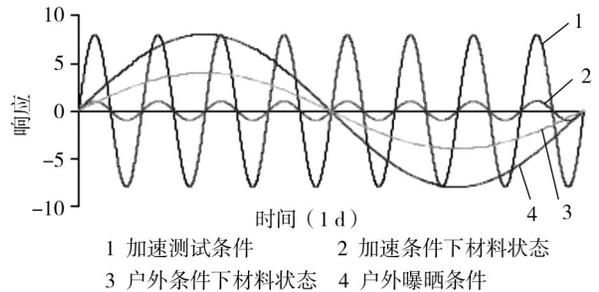


图2 测试循环对材料影响的比较

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)

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)03-0105-05

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

(续前)

2 加速测试与户外测试的关系

2.1 加速测试设计

知道加速测试的缺点后, 可以通过设计加速老化测试程序, 而不是把样品放入任意一台有空的加速老化试验箱进行曝晒。测试设计的基本要点如下:

1) 加速测试条件和循环应该遵循模拟第一、加速第二的准则。

2) 确定加速测试条件的极值。例如, 最高和最低温度、最大辐照度、相对湿度的范围等。

3) 确定材料的响应速度: 当相对湿度从 50% 上升到 100% 时, 材料潮湿的变化速率; 以及向相反方向变化时, 材料潮湿的变化速率。

4) 根据材料达到稳定状态的测试条件来确定最短循环时间。

5) 考虑一个不均衡的循环(如SAE J2527)替代重复测试条件(如102/18循环)。

6) 如果一种测试方法可以验证某种结论,测试应该是可重复的。

7) 严酷测试,增加一种测试参数,用于确定加速的限制。

2.2 加速度

当模拟试验没有加速时,可以期望获得100%的一致性。当加速作用增加时,很显然一致性也会相应降低。在理想的测试中,希望一致性和加速性之间有直接关系,但典型的情况是有极限的。当加速在一定极限之内时,一致性保持得非常好;但在极限之外时,一致性就会下降得很快(如图3所示)。这是因为其中一个影响因素超出了临界点。

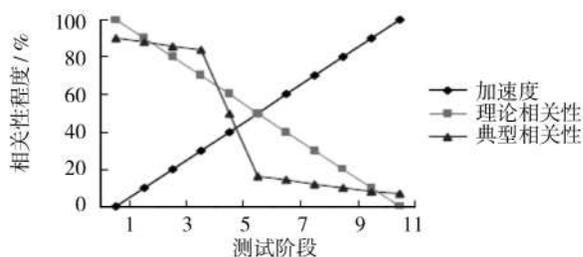


图3 模拟、加速和相关性

Fig.3 The relation of simulation, acceleration, and correlation

2.3 户外老化

为确定一个有意义的时间范围内得到好的数据,在测试开始之前必须正确设计户外测试。户外老化程序也需要一些预先的计划。在开始曝晒之前,试验的目的必须明确。通过给出的以下建议,可以最大程度确保相关性。

- 1) 尽快开始测试。
- 2) 使用很多重复样。
- 3) 经常进行评估。
- 4) 1次试验中至少评估5次。
- 5) 使用控制样或参照样。
- 6) 确定材料老化的基准。
- 7) 通常需要12到24个月。

2.4 样品的排列组合

典型试验材料的变量排列是不均衡的,因此大量原始数据需要删减后分组,得出老化模式。户外

曝晒测试正确的做法是曝晒尽可能多的样品,而且测试越快越好。如果没有进行正确的试验设计,试验结束后收集的多余的试验数据会使测试结果看起来很凌乱。例如对某新测试方法的预期评估,是针对汽车面漆的测试。

颜色:红、蓝、绿、黄、黑、白、灰(7)。

底材:钢、铝、塑料(3)。

粘合剂:粘合剂A、粘合剂B(2)。

颜色涂层:反光的、不光滑的、有光泽的(3)。

外涂层:聚酯、硅树脂(2)。

样品的数量是所有参量的乘积,在本例中 $7 \times 3 \times 2 \times 3 \times 2 = 252$ 。252个样品进行户外曝晒测试被认为是中等规模的测试,但是对于很多研究来说,如果进行实验室加速测试,这组样品的数量就太大了。所以需要考虑减少测试样品量。从以上样品中选取部分样品,计划可能如下:3种颜色、2种底材、1种粘合剂、1种颜色涂层、2种外涂层,总的样品数是 $3 \times 2 \times 1 \times 1 \times 2 = 12$ 。可以先对这个组合进行测试,而且如果测试结果好的话,可以进一步对其它样品进行评估。

2.5 均衡设计

样品的排列组合必须均衡,这样有利于进行有意义的比较。为了得到有意义的结果,应该把单独的结果分组;为了正确地操作,在任何试验中都要标出所有样品的类型。要求如下:

- 1) 每个试验中的每个变量;
- 2) 在每个试验中测试相同数量的样品;
- 3) 在每个试验中曝晒相同的试验周期;
- 4) 自始至终使用相同的评估方法。

评估时间不必一定均匀分布。可以在试验的前期阶段多做几次评估。因为在这一阶段,样品性能可能会发生明显变化。重复样的使用非常重要,很多试验只用单一的样品来表示每个试验变量。避免在试验结束分析数据时,发现没有足够多的样品进行曝晒。

2.6 参照材料

参照材料又称控制材料,是比较加速和户外测试的有效工具。参照材料或控制材料的性能已知,可用于检验加速测试是否产生与户外测试一样的老化

类型。使用参照材料来比较不同的测试或曝晒。只有当加速测试产生与户外测试相同类型的老化时,加速测试的结果才是有效的。以参照材料发生的老化程度为试验的终点,可以判断其它材料的优劣。

参照材料的测试结果可作为标准结果。如果知道户外测试中参照材料达到一定程度的老化需要的时间,那么可以确定达到相同程度的老化实验室设备需要的时间。当达到某种变化所需时间随着不同试验或曝晒而发生变化时,还可以用参照材料的响应来重新设定测试时间长短。

另外一种最实用的方法是同时曝晒1种好的和1种差的参照材料。当试验中只使用1种参照材料时,测试终点时它的老化性能应该位于1组材料的中间位置。即参照材料的性能不应该是最好的或最差的,有时候很难预测,所以更可靠的方法是选用2种参照材料。如果选用1种相对较好的和1种相对较差的参照材料,就会较容易地确定它们的测试结果介于什么位置,而且还可以了解2种参照材料在不同情况下的差别。

讨论用于加速或户外老化测试中的控制或参照材料时,这种材料不是指标准参照材料,如蓝羊毛或聚苯乙烯薄片。参照或控制材料是产品,这种材料经常被测试,或在最终使用环境中这种已知性能的材料已积累大量的试验数据。

2.7 重复试验

通过确保试验的可重复性以证明试验方法的正确性,需要重复试验的数据来显示试验本身内在的可变性。在确信2种材料的性能存在差异之前,首先确认它们之间的性能差异比试验本身内在的差异大。其次,证明试验可以重复。最后,验证另外一个实验室或技术人员是否可以重复操作这个试验是很重要的。

2.8 未知因素

确定和测量在试验中会出现的未知因素。老化测试的一个现实情况是,试验中未知因素可能发生。因此当意外事件发生时,需要作记录并储存数据。有的时候奇怪的数据会显示一种模式。如果在一个试验和另一个试验,或户外与加速试验之间有不同的情况发生,可能意味着发生了不同的老化

模式。

2.9 收集实验数据

正确进行试验,在试验过程中最少保证评估5次。如果最初条件算作1次评估,那么还需要另外4次试验结果,是正确追踪老化进程所需进行的最少次数的评估,遵守以下3个准则。

1) 产品的老化模式。这会保证测试结果的可预测性,只有正确的老化模式才是被接受的。

2) 老化结果必须相同。如果不同的试验中得到不同的老化结果,试验是无效的。如果在户外测试中发现开裂现象,而在加速试验中发现起泡现象,那么就表明发生了错误的老化模式。

3) 必须评估所有已知的老化模式。只评估1种老化模式是不够的。在大多数情况下,多种老化模式并存。保存所有初始数据,特别是当您使用仪器测试颜色变化时。

选择1种最符合需要的评估类型。表5是不同评估类型优点之间的比较。表6中的测量方法是类型分析的一个例子,是针对老化样品的。非破坏性测试适合用于评价表面性能,优点是需要的样品数量少。破坏性测试评估材料的内部性能,但是在评估过程中样品受到破坏,所以在试验开始时需要多准备一些重复样品。

表5 评估方法的比较

Table 5 Comparison of evaluation groups

破坏性的	非破坏性的
增加样品数量	减少样品数量
观察内部性能	只给出表面的数据
客观的	主观的
可变的	不变的

表6 老化评估方法

Table 6 Weathering evaluation methods

破坏性的(内部性能)	非破坏性的(表面性能)
拉伸力	光泽
碰撞性能	颜色
弯曲性能	表观
硬度	
磨损	

2.10 加速因子

在一个确定的试验中针对确定的样品来了解它们之间的关系,首先确定加速因子。确定加速因子的步骤如下:

- 1) 使用时间-老化的曲线图;
- 2) 比较加速和户外测试;
- 3) 检查达到相同老化程度所需时间;
- 4) 用排序法验证或比较平均值;
- 5) 如果结果一样,计算加速因子(AF);
- 6) 加速因子=户外老化时间/加速老化时间。

2.11 数据分析

在老化领域,有2种好的方法来分析数据。

2.11.1 时间-老化曲线图

这种方法只要求绘制出老化结果相对时间变化的曲线图。根据图中绘制的点,可以看出曲线的形状。不是所有的老化都是线性的,事实上大多数老化曲线显示有一个稳定阶段,然后老化明显加速。通过比较相同材料的加速和户外测试的老化曲线,可以确定以下几点:1)曲线形状是否相似;2)可以知道老化机制是否相同;3)试验过程中样品的相关性能是否改变;4)测试过程是否正确。在确定性性能差异的试验中最理想的情况是:样品之间的差别较大。样品之间的差别越大,就越容易对它们的相关性能进行排序。

图4和图5中的时间-老化曲线可用于图6中的加速因子的计算。图4、图5和图6中的例子只是说明如何计算加速因子。另外,如果所有样品的加速因子大致相同,那么说明这个比较测试是可取的。如果加速因子是不同的,就说明加速测试不能很好地模拟户外曝晒。

2.11.2 统计分析

所有测试结果都应进行某种形式的统计分析。使用正确的统计分析可以获得如下重要信息:1)测试方法是否正确;2)测试结果是否可靠;3)加速因子的大小。

尽管有很多种统计方法,基于多年老化数据的应用^[3],推荐2种简单但很有效的方法:平均值比较方法(Student *t*),见公式(1);相关系数方法(Spearman's rho),见公式(2)。二者都是ASTM的

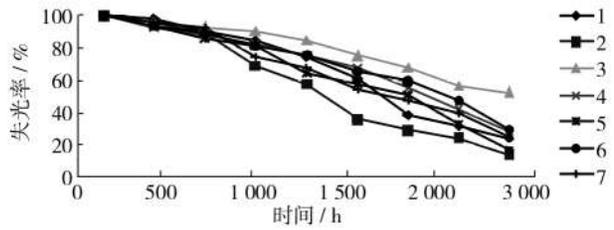


图4 加速试验的时间-老化曲线

Fig. 4 Time degradation curve accelerated test

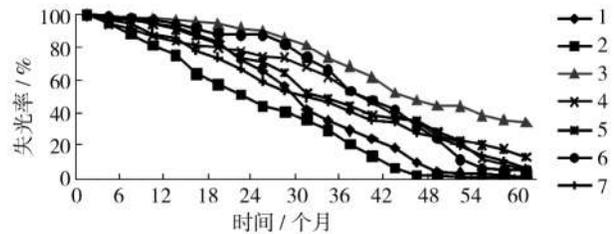


图5 户外试验的时间-老化曲线

Fig. 5 Time degradation curve of outdoor test

氙灯曝晒	佛罗里达户外曝晒
50% 失光率	50% 失光率
1: 1 800 h, 排序 2	1: 30 个月, 排序 2, AF 12:1
2: 1 250 h, 排序 1	2: 24 个月, 排序 1, AF 14:1
3: 3 000 h, 排序 7	3: 45 个月, 排序 7, AF 11:1
4: 2 250 h, 排序 5	4: 40 个月, 排序 5, AF 13:1
5: 2 100 h, 排序 4	5: 36 个月, 排序 4, AF 13:1
6: 2 500 h, 排序 6	6: 42 个月, 排序 6, AF 12:1
7: 1 900 h, 排序 3	7: 33 个月, 排序 3, AF 13:1

图6 加速因子的产生

Fig. 6 Acceleration factor creation

G03 标委会推荐的,可在 ASTM G169 标准中查到^[4]。

1) 平均值比较

直接比较2组数据:

一个试验与另一个试验之间的不同之处?

两个样品性能有何不同?

产品比较试验:

新的产品比旧的产品好?

是否有重大改进?

Student *t* 试验:

确定2个平均值 x_1, x_2

确定2个标准偏差 S_1, S_2

样品个数 N_1, N_2

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\left(\frac{(N_1 - 1)S_1^2 + (N_2 - 1)S_2^2}{N_1 + N_2 - 2}\right)\left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}\right)}} \quad (1)$$

这种统计方法的主要优点是,它的应用不受样品数量的限制,所以没必要要求2次试验的样品数量必须相同^[5]。在每个试验中,当用于比较1种材料、1种颜色,或1种类型时,这种统计方法是最佳的。

2) 排序数据

按照性能等级排列样品。

选择可测量目标数据:失光率达到50%的时间、按最大差别排列、按试验结束的时间排列、用于确定加速测试是否可以很好预测真实时间。

Spearman 相关系数:

2组排序数据相减;

将差值平方,然后再求所有平方的和 $\sum D^2$;

计算样品的个数 N_1, N_2 。

$$R_s = 1 - \frac{6(\sum D^2)}{N(N^2 - 1)} \quad (2)$$

在这种统计方法中,允许评为相同等级,但是必须使用半级数值进行计算。这种统计方法只有在2个试验中的曝晒样品个数相等的情况下才适用。当评估2个试验中的多种颜色或多种材料时,这种统计方法是最佳的。

2.12 最佳测试

老化最佳的测试方法是进行几个户外试验和几个加速试验,利用上面提到的统计方法确定结果最真实的测试方法。表7是户外和加速测试现行技术可能性的列表。

不同的户外曝晒场用以保证测试出所有可能发

表7 测试选择

Table 7 Testing opportunities

户外曝晒场	加速测试
热,湿,紫外线	氙灯
很热,干,紫外线	荧光紫外
高温	太阳光跟踪聚能装置
污染	紫外线和盐雾的循环测试
海边	
寒冷	

注:如果材料的配方发生变化,应该重新验证测试的曝晒条件。当材料发生了变化了,它对曝晒条件的反应也随之发生变化。在曝晒新材料时要使用控制样品,并重复曝晒。

生的老化模式。

表8显示1种可能会一致的户外和加速测试程序。在本例中,材料是一种汽车外部面漆,显示光泽和颜色变化。制造商希望材料性能的保质期是5 a。材料最初的检测显示老化模式可由改进的SAE J2527测试来模拟。新的设想是降低涂层生产的费用,确定用实验室测试来检验新的便宜的配方是否与现有产品具有相同的耐候性。

表8 测试程序举例

Table 8 Testing program example

	户外	加速
曝晒场	佛罗里达	氙灯
光源	5°,朝南	日光过滤器
测试时间	60个月	3 000 h
评估间隔	每3个月测1次	每250 h测1次
评估性能	颜色、光泽、外观	颜色、光泽、外观
样品大小	300 mm × 150 mm 的测试板	75 mm × 50 mm 的测试板

3 结论

户外测试是检验加速测试的基础。户外测试和加速测试可以同时进行,再加上合理的评估及统计分析,可以增加加速测试结果的可靠性。实验室加速测试在开发新产品领域,对于研究者来说是最有效的方法之一。但是为了降低出现错误结论的风险,还需要真实的户外基准数据。必须用户外测试来检验加速测试。

参考文献:

[1] ASHER Louis B. 老化样品或材料评估中排序的使用和评估数据之间的比较[G]//ROBERT J Herling. 非金属材料的老化测试. 1996.

[2] ASTM G113, 非金属材料老化测试中术语的定义[S].

[3] FISCHER Richard M. 光照和水喷淋试验一系列研究的结果[G]// KETOLA GROSSMAN. 有机材料的加速和户外老化测试. 1994.

[4] ASTM G169, 老化测试基本统计方法应用的指导[S].

[5] FREUND John E. 现代基本统计方法[M]. 美国: Prentice Hall, 1974. (续完)