

QUV 和 Q-Sun 两种有效测试耐候性和光稳定性方法的比较

张 恒

(美国 Q-Lab 公司)

气候和阳光辐照是损害涂料、塑料、油墨及其他高分子材料的主要原因,这种损害包括失光、褪色、黄变、开裂、脱皮、脆化、强度降低及分层。即使是室内的光及通过玻璃窗透射的太阳光也都会使一些材料老化,比如引起颜料、染料等褪色或变色。

对许多制造商而言,产品的耐老化和耐光性是极其重要的。加速检测老化和光稳定性的设备被广泛用于研究开发、质量控制和材料检定,这些检测设备提供快速并且可重复的测试结果。近年来,低价位且使用方便的实验室检测设备已经开发出来,包括 QUV 紫外加速老化设备(符合 ASTM G154)和 Q-Sun 氙灯试验箱(符合 ASTM G155)。

测试抗老化和光稳定性的最佳方法经常引起争论。几年来,各种各样的方法都被应用过,现在大部分研究者使用自然曝露方法、Q-Sun 氙弧灯或 QUV 加速老化试验设备。自然曝露测试方法有很多优点,实际、便宜、易于操作,然而大部分制造商不愿意等上几年的时间来观察一种新的改良的产品设计是否真的得到改进。

Q-Sun 氙弧灯试验箱和 QUV 紫外加速老化试验箱是应用最广泛的加速老化检测设备,这两种检测设备的测试原理完全不同。Q-Sun 氙灯试验箱模拟太阳光的所有光谱,包括紫外线(UV)、可见光和红外线(IR),氙灯光谱在 295 nm 到 800 nm 范围内基本上与太阳光的光谱相吻合(如图 1 所示)。Q-Sun 被用来测试许多产品,这些产品对紫外线的长波段、可见光及红外线较敏感。

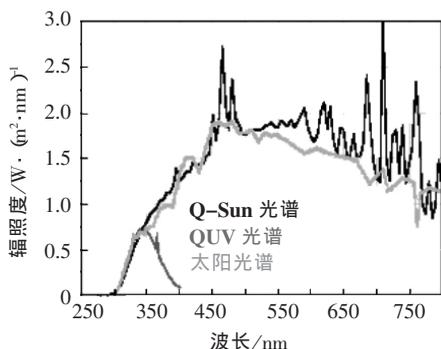


图 1 太阳光谱与 QUV 和 Q-Sun 光谱之间的比较

QUV 不能模拟全光谱太阳光。它的原理是,对于曝露在室外的经久耐用的材料,紫外线的短波段

300~400 nm 是引起老化损害的最主要原因(如图 1 所示)。从中可以看出,在紫外线的短波区域,即从 365 nm 到太阳光的最低波段,QUV 能很好地模拟太阳光,然而,对于长一点的波长它将无能为力。

测试的最佳方法依赖于测试需要,每种方法都可能非常有效。应该根据被测产品或材料、最终的应用条件、所考虑的降解模式和预算来选择合适的检测设备。

1 老化的 3 要素

光照、高温和潮湿,这 3 个因素中的任何一个都会引起材料的老化损害,但它们往往同时发生作用,所造成的危害将大于其中任一因素的单独作用。

1.1 光照

不同材料对光的敏感性不同。对于经久耐用的材料,如大多数涂料、塑料,紫外线的短波段是引起大部分聚合物老化的原因。然而,对于不是那么经久耐用的材料,比如一些颜料和染料,紫外线的长波段甚至可见光也会使其产生严重的老化。

1.2 高温

当温度升高时,光的破坏作用也将随之增大。尽管温度不影响主要的光致反应,但却影响次要的化学反应。实验室老化测试必须提供精确的温度控制,通常还通过升温的方法来加速老化过程。

1.3 潮湿

露水、雨水及高湿度是引起潮湿危害的主要原因。研究表明,放在室外的物品每天都将长时间(平均每天 8~12 h)处于潮湿状态。研究发现,由潮气形成的露水是室外潮湿的主要因素,露水造成的危害比雨水更大,因为它附着在材料上的时间更长,引起更为严重的潮湿吸收。当然,雨水对材料的危害也很大,雨水将引起热冲击。比如一辆在炎热夏日里温度升高的汽车突然因阵雨而急剧降温,就会产生冲击现象。雨水冲刷引起的机械侵蚀也会加速材料发生老化,如木材涂层因雨水冲洗去除了表面老化层,将未老化的里层暴露于太阳光下,从而产生进一步老化。

对于室内材料,湿气的主要作用往往是机械应力,它因材料试图与周围保持潮湿平衡而引起,材料所经受的湿气越大,需要克服的应力也越大。湿气环境还是室外材料发生老化的一个重要因素,在室外,周围相对

湿度 (RH) 将影响一种潮湿材料的干燥速度。

QUV 和 Q-Sun 以各自不同的方式来模拟光照、高温和潮湿。

2 QUV 老化试验设备

2.1 阳光模拟

QUV 利用荧光紫外线灯模拟太阳光来对耐久性材料造成损害。紫外灯在电学原理上与普通照明用的灯很相似,但它主要发射紫外光而非可见光或红外线。

不同的应用条件需要的不同光谱,进而需要不同类型的灯管。UVA-340 灯管对太阳光的紫外短波段模拟效果好,其光谱能量分布 (SPD) 在太阳光的截止点到大约 360 nm 范围内与太阳光谱吻合得非常好 (如图 2 所示)。

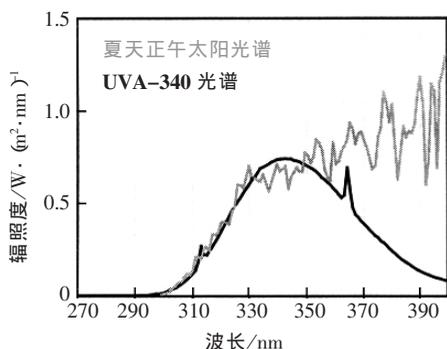


图 2 UVA-340 光谱与夏天正午太阳光谱比较

UV-B 型灯管 (如图 3 所示) 在 QUV 中也被广泛应用。它们比 UV-A 型灯管引起更快的材料老化,但它比太阳光截止点更短的波长量可能会对许多材料产生不切实际的结果。

图 2 所示的 UVA-340 灯管在已有灯管中对太阳光紫外短波段的模拟效果是最佳的。图 3 UV-B 类型的灯管利用紫外线的短波段达到最快加速老化的目的,对特别经久耐用材料的检定或质量控制非常有用。

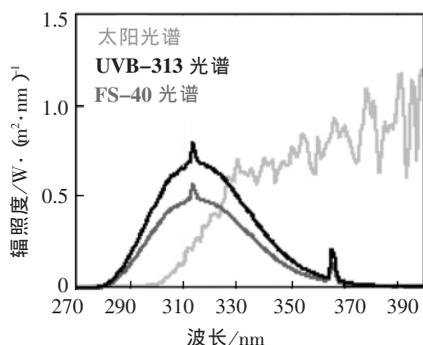


图 3 UVB-313 及 FS-40 光谱与太阳光谱比较

2.2 辐照度控制

为了获得精确且可重复的测试结果,控制辐照

度 (光强) 很有必要。大多数型号的 QUV 都装备有日光眼光强控制器,这种精确的光控系统为使用者选择辐照度提供了方便。利用日光眼的反馈循环系统,可以连续、自动地控制且精确地保持辐照度,日光眼靠调整灯的功率来自动补偿因灯管老化和其他因素造成的光强变化。在仅仅几天或几周内,QUV 能模拟在室外几个月甚至几年所造成的损害。

在 QUV 内部,因荧光紫外线灯固有的光谱稳定性,发光控制系统相对简单。随着灯管的老化,所有光源的输出都会发生衰减,然而,不像大多数其它类型的灯管,紫外灯的光谱不会随时间变化,这也提高了测试结果的重复性,也是使用 QUV 进行测试的一个主要的优点。

图 4 所示为在 QUV 中使用过 2 h 的灯管和使用过 5 600 h 的灯管辐照度控制之间的比较,可以看出,新灯管和长时间使用过的灯管光谱之间的差别几乎难以辨别。这是因为,一方面日光眼照度控制器用来维持光强,另外,因为紫外灯固有的光谱稳定性,光谱能量分布几乎保持不变。已取得专利的太阳眼控制系统易于校准,符合 ISO 标准可追溯的要求。

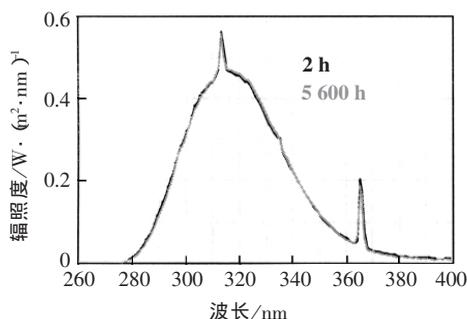


图 4 QUV 的日光眼控制系统利用改变灯的输出功率保持光谱稳定

2.3 潮湿模拟

测试室底部的水槽被用来加热产生蒸汽,在较高的温度下,热蒸汽使测试室内保持 100% 的相对湿度。在 QUV 中,测试样品实际上形成测试室的侧壁,样品的另一面暴露在室内周围的空气中。室内相对较冷的空气使得测试样品的表面比测试室内热蒸汽的温度低好几度,这一温度差产生冷凝循环现象,在样品表面液态形式的水慢慢地凝结 (如图 5 所示)。所形成的冷凝物是非常稳定、纯度很高的蒸馏水,这种高纯的蒸馏水增加了测试结果的可重复性,也简化了 QUV 的安装和操作。

因为材料在室外经受潮湿侵蚀的时间很长,所以 QUV 要达到相同的效果,它的冷凝循环过程至少

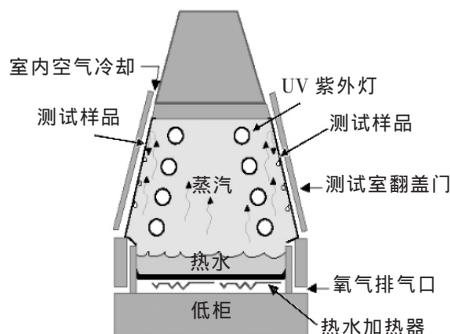


图 5 QUV 通过一个逼真的冷凝系统来模拟室外的潮湿侵蚀需要 4 h。另外,冷凝过程是在一较高温度(一般为 50℃)下进行的,这大大加速了潮湿侵蚀。用 QUV 的长时间的热凝结循环过程来模拟户外的潮湿侵蚀比其他一些方法,如溅水、浸水或高湿度都更有效。除了标准的冷凝功能,QUV 还可用水喷淋来模拟雨水影响,比如热冲击或机械侵蚀。使用者可操作 QUV 来产生潮湿循环并伴随紫外线,这一模拟与自然老化非常相似。

3 Q-Sun 氙灯试验箱

3.1 太阳光模拟

氙弧灯试验箱可最好地模拟太阳光的所有光谱,可产生紫外线、可见光和红外线。氙弧灯光谱有两个影响因素:滤光系统和光源稳定性。

氙弧光灯产生的光谱必须经过过滤来减少不需要的光谱成分,使用不同类型的玻璃滤光器可得到不同的光谱。滤光器的使用取决于被测材料和材料的最终使用条件,不同过滤器过滤的光谱中紫外线短波段的量不同,这将在很大程度上影响老化的速度和类型。经常使用的滤光器有 3 种类型:日光、窗玻璃、紫外延伸过滤器。图 6~图 8 展示了这些滤光器产生的光谱,同时也展示了 295~400 nm 之间紫外线短波段的一些光谱的放大图。

日光过滤器通常被用来模拟户外暴露。被设计用来测试室内光稳定性,这种过滤器

产生的一种光谱与透过玻璃的太阳光光谱非常相似。

某些测试标准要求一种光谱包含短波紫外线,比太阳短波截止点(295 nm)还短的波长,Q/B 过滤器提供这种光谱。尽管这种过滤器提供不切实际的紫外线短波段,但它们往往提供更快的测试结果。

3.2 辐照度控制

氙弧灯试验箱一般装备有辐照度控制系统,Q-Sun 使用的日光眼系统如图 9 所示。

在氙弧灯测试系统内,辐照度控制非常重要,因为氙弧灯本身的光谱稳定性不如荧光紫外灯的好。图 10 展示了一只新灯和一只已使用过 1 000 h 的灯光谱之间的差异。很显然,除控制点光强不变,在长波段,光谱随时间发生严重的变化。

因灯管老化而产生光谱漂移是氙弧灯固有的特性,然而,有些方法可用来补偿这一变化。例如,为了减小灯老化的影响,可以定期更换灯管。同时,控制

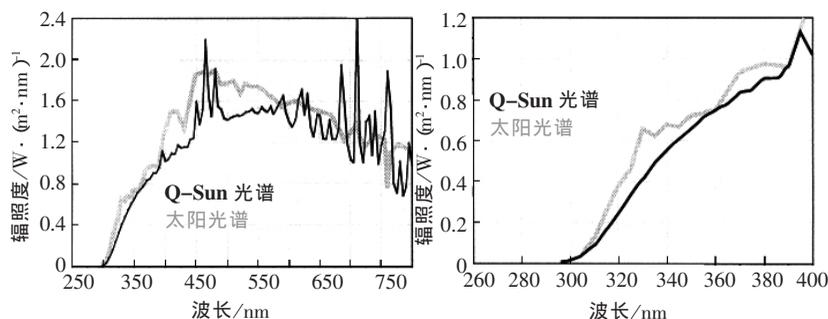


图 6 配备了日光过滤器的 Q-Sun 光谱和太阳光谱之间的比较

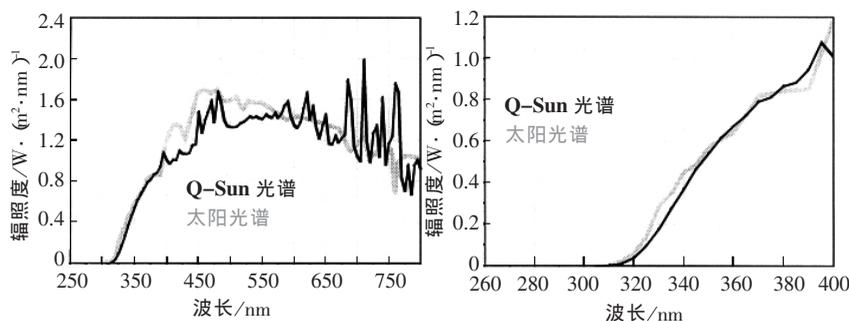


图 7 配备了窗玻璃过滤器的 Q-Sun 光谱和透过玻璃的太阳光谱之间的比较

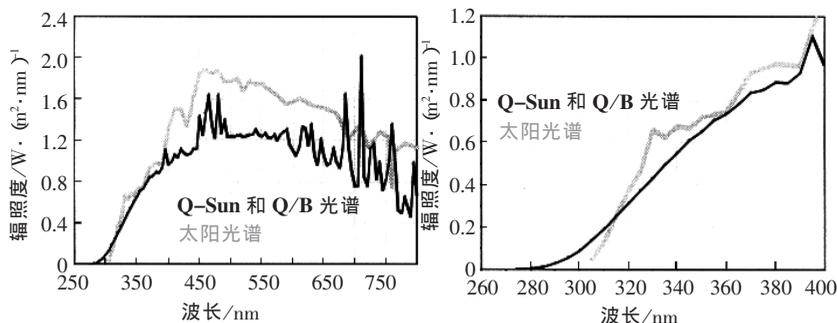


图 8 配备了 Q/B 扩展紫外线过滤器的 Q-Sun 光谱和太阳光谱之间的比较

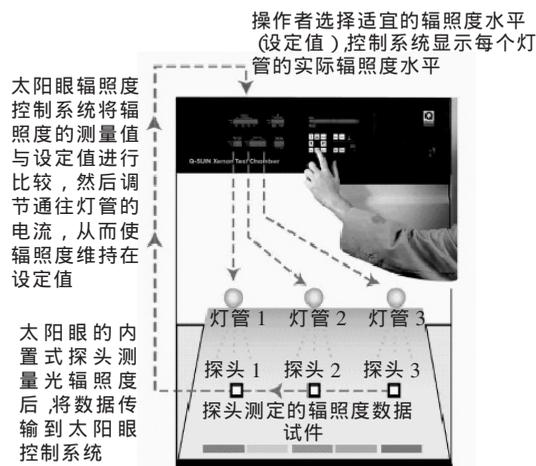


图9 Q-Sun 的日光眼照度控制器
自动地控制和维持被选择的光强

340 nm 或 420 nm 处的照度,那么在一个特定区域,光谱的变化量将减到最小。尽管因灯管老化会引起光谱漂移,氙弧灯在抗老化和光稳定性测试中已被证明是一种切合实际的光源。

3.3 潮湿模拟

大多数氙弧光灯检测设备通过水喷淋或湿度控制系统来模拟潮湿的影响。水喷淋的局限性是,当温度较低的水喷淋到温度较高的被测样品上,样品的温度也将随之降低,这就可能减慢了老化的速度,然而,水喷淋可以很好地模拟热冲击和机械侵蚀。在测试系统中,为了防止水对样品的污染,使用高纯度的水是非常必要的。

因为湿度会影响某些室内使用物品(比如纺织品或油墨)发生老化的类型和速度,在许多测试标准中都建议控制相对湿度。Q-Sun 氙灯试验箱可选配相对湿度控制。

4 实际需要考虑的事项

当然,一种测试装置不管如何有效,如果购买价格和运行成本太高的话,那它也没有实际应用价值。这就是为什么购买价格、运行成本、维护费用是一些不容忽视的重要因素的原因,在考虑一种检测设备的优点时也应考虑到这些因素的影响。

4.1 购买价格

一般地,QUV 比 Q-Sun 便宜,具体情况取决于您所购买的产品类型和型号。

由图 10 可见,使用 1 000 h 后,氙弧光灯的光谱输出发生变化,但是控制器在控制点维持光谱稳定

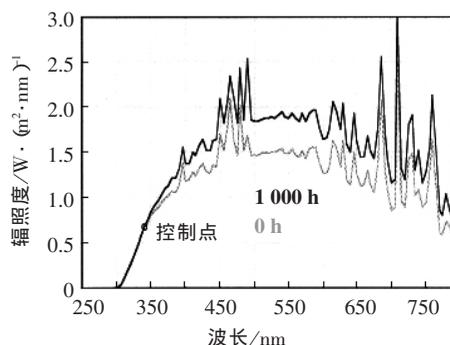


图 10 使用 1 000 h 后氙弧光灯的光谱输出

性方面做得非常好。

4.2 测试室大小

当评估一个试验箱的价格时,应该考虑到它的容积。一个 QUV/se 和一个 Q-Sun Xe-1 在购买时价格相当,但它们的容积相差很大,QUV 大约是 Q-Sun Xe-1 容积的 5 倍。QUV 的容积比 Q-Sun Xe-3 的也大,Q-Sun Xe-3 仅提供 QUV 容积的 72%。

4.3 三维测试样品

Q-Sun 可测试样品的类型比较灵活,除了可测试平面试样外,还可测试三维部件、试管及玻璃皿。QUV 可安装相对较薄的平板或样品。

4.4 易于使用和维护

QUV 和 Q-Sun 的使用和维护都很方便,这两种试验设备可以全自动一天 24 h 连续工作,一周 7 d 连续工作,定时器可使测试在任何特定的时间停止。利用已获得专利的自动校正系统和辐照度校正仪来进行校准也很简单,当仪器光强稳定时按下按钮,校准即完成,在此过程中,测试样品和光源均处于待工作状态。

Q-Sun 氙灯试验箱和 QUV 加速老化试验箱设计得非常人性化,Q-Sun 的前门、QUV 两边的翻盖门,使得灯管和样品安装都很容易。

4.5 维护费用

QUV 和 Q-Sun 的维护费用都较低。Q-Sun 每年更换灯管的费用比 QUV/se 和 QUV/spray 高得多,Q-Sun 的电能消耗也较多。另外,QUV/se 和 QUV/basic 可用一般的自来水,而 Q-Sun 要求去离子水。总之,QUV 每年的使用费用比 Q-Sun 少得多。

5 技术总结

到底选择哪种测试老化及光稳定性的设备(尤其是初次选择时),下面给出一些选择建议,见表 1。

(下转第 41 页)

三是整车市场的激烈竞争迫使整车生产企业调整与零部件厂的战略合作伙伴关系,在降低采购成本的同时,通过提高国产化率、加大国内采购比例等渠道降低生产成本。从如何更好地融入零部件本土化体系中获得生存和发展,这给汽车零部件企业研发能力的提升带来了契机。

本刊在企业自主研发方面,富奥公司具体有哪些举措?

王绍春部长:富奥公司按照系统开发、模块化配套发展的趋势,积极适应系统化、模块化供货的要求。要与整车企业建立长期的战略伙伴关系,形成自主开发能力、掌握核心技术,介入主机厂的前期开发过程,具备同步开发的能力,为主机配套。目标要具备为多品种汽车系统供货和模块供货的能力。

尽管与整车相比,零部件技术研发尚显薄弱,尽管外资已对中资汽车零部件企业形成技术市场的围堵之势,但自主研发是我

们企业的终极目标。

谈到自主研发,自然要谈到研发投入。跨国公司企业研发投入平均在销售收入的5%左右,而我们企业研发投入相对而言要低很多。研发经费的不足,直接导致研发设施落后,造成研究开发能力弱。我们也正逐步有计划、有步骤地增加研发投入。

在加大研发投入力度的同时,我们更主要的是抓住国家支持自主创新的战略机遇期和国际汽车产业转移的契机,利用已有基础进行必要的战略调整,加快企业零部件产品研发阵地的建设,进行产品结构优化升级和提高开发能力,满足整车发展、国际OEM和市场的需要。

富奥公司在企业自主研发方面的具体举措有:

走产学研相结合之路,与科研院所、高校紧密联合。

采取公司总部与各分公司二级研发布局。公司总部研发将形成系统和模块开发的高新技术创

新团队,各分公司形成零部件产业化研发阵地。

在消化吸收国产化零部件产品技术、采集研习汽车零部件专利信息技术(包括域外非中国注册汽车零部件专利信息技术)的基础上,寻求技术创新。

对本企业产品研发按APQP产品研发流程,以商用车、经济型乘用车为突破口,积极参与整车企业的产品开发,不断提高富奥汽车零部件公司的产品研发水平,在企业逐步建立、完善零部件生产体系,同时逐步建立、完善产品标准体系,形成零部件系统化、模块化配套能力,并不断进行研发数据积累。

汽车零部件工业要全面提升产业竞争力,不能再走单纯靠投资拉动增量、靠大集团建立封闭零部件制造体系、靠过度依赖国外技术和整车企业的发展道路。奋起突围、自主创新,是我们中资零部件企业的明智选择与举措。

(上接第39页)

表1 部分标准

	QUV 加速老化监测设备	Q-Sun 氙灯试验箱	QUV 加速老化监测设备	Q-Sun 氙灯试验箱
常规产品	ASTM G151	ASTM G151	ANSI/RMA IPR-1-1990	ASTM D4798
	ASTM G154	ASTM G155	ASTM D4799	
	JIS D 0205		ASTM D4811	
	SAE J2020		ASTM D3105	
涂层	ASTM D3794		ASTM D4434	
	ASTM D4587		ASTM D5019	
	Israeli Standard No. 330,385,935,1086		BS 903 Part A54	
	Korean Standards M598-1990		CGSB-37.54-M	
	NACE Standard TM-01-84		DIN EN 534	
	NISSAN M0007		ASTM D3424	ASTM D3424
粘合剂	US Government FED-STD-141B		印刷油墨/艺术家所用材料	ASTM D5010
	ASTM C24.35.31	ASTM C1442		ASTM D4303
塑料制品	ASTM C1442			ISO 12040
	ASTM D904		纺织品	AATCC Test Method 186
	ASTM D5215			ACFFA
	Spanish Standard UNE 104-281-88			
	ANSI C57.12.28	ASTM D2565		
	ANSI A14.5	ASTM D4459		
	ASTM D4329	ASTM D4101		
	ASTM D4674	ASTM D5071		
	ASTM D5208	ASTM D1248		
	DIN 53 384	ISO 4892-2		
ISO 4892				
Spanish Standard UNE 53.104				

(责任编辑 付 蓉)