

QUV 和 Q-Sun 两种有效耐候性和光稳定性测试方法的比较

QUV and Q-Sun: the right choice

Ron Robert, 张恒 (Q-panel Lab Products)

摘要: 研究以上两种检测设备工作原理上的不同, 包括辐照度和潮湿模拟的方法。

还将讨论每种检测设备的优缺点, 包括购买价格和运行成本。对某一特殊材料或特殊应用, 推荐选择相应的实验设备。

关键词: QUV; Q-Sun; 耐候性; 光稳定性; 测试

0 引言

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。即使室内的光及玻璃窗透射的太阳光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, 生产的产品能够耐老化和耐光性是极其重要的。加速老化和光稳定性的检测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 加速老化设备 (符合 ASTM G154) 和 Q-Sun 氙灯试验箱 (符合 ASTM G155)。(QUV 是世界上应用最广的老化检测设备。它基于的原理是: 对于经久耐用的材料, 紫外线的短波长引起最主要的老化损伤。Q-Sun 氙灯试验箱模拟太阳光的所有光谱, 包括紫外线, 可见光和红外线。)

很显然, 对许多产品来说, 抗老化和光稳定性是很重要的。测试的最佳方法经常引起争论。几年

来, 各种各样的方法都被用过。现在大部分研究者使用自然暴露方法测试, 氙使弧灯或 QUV 老化加速老化试验设备。自然暴露方法测试有很多优点: 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。

氙弧光灯试验箱和 QUV 紫外加速老化试验箱是应用最广泛的加速老化的检测设备。这两种检测设备的测试原理完全不同。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光谱相吻合 (如图 1 所示)。

另一方面, QUV 不能模拟全光谱太阳光。它基于的原理是, 对暴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的原因 (如图 1 所示)。从图 1 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。Q-Sun 模拟太阳光的所有光谱, 它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。

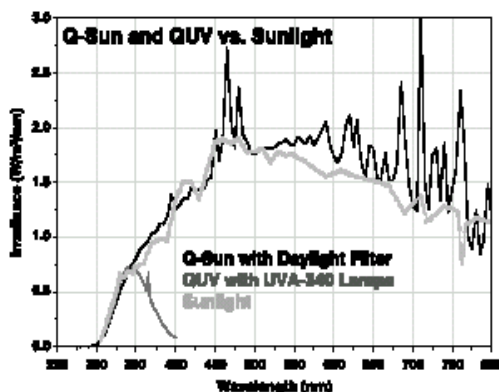


图 1 太阳光光谱与 QUV 和 Q-Sun 光谱之间的比较

测试的最佳方法是什么？这个问题并不好回答。这要依赖于你的测试需要，每种方法都可能非常有效。你应该根据被测产品或材料，最终使用的应用条件，你所考虑的降解模式和预算限制来选择合适的检测设备。

为了弄清 Q-Sun 和 QUV 之间的差别，有必要先来进一步了解材料为什么会发生老化？

1 老化的三要素：光照、高温和潮湿

最大的老化损害由三个因素都会引起：光照，高温和潮湿。这三个因素中的任一个都会引起材料老化。它们往往同时发生作用，造成的危害将大于其中任一因素单独作用所造成的。

1.1 光照

不同的材料对光的敏感性也不同。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对其造成严重的老化。

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，它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，雨水及高的湿度是引起潮湿危害的主要原因。我们的研究表明，放在室外的物品每天都将长时间处于潮湿状态（平均每天 8~12 h）。研究也

已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，比如当一辆汽车在一个炎热夏日温度升高突然因阵雨而急剧降温，从而产生冲击现象。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，雨水冲洗去除表面老化层，将未老化的里层暴露于太阳光下产生进一步老化。

对于室内的材料，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。尽管室内物品，比如纺织品，油墨只暴露于湿气环境中，但它仍是室外材料发生老化的一个重要的因素。在室外，周围相对湿度 (RH) 将影响一种潮湿材料干燥速度。

QUV 和 Q-Sun 是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 利用荧光紫外线灯来模拟太阳光对耐久性材料造成损害。紫外灯在电学原理上与普通照明的灯很相似，但它主要发射紫外光而非可见光或红外线。

对于不同的应用条件，需要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。UVA-340 的光谱能量分布 (SPD) 在太阳光的截止点到大约 360 nm 范围内与太阳光谱吻合的非常好（如图 2 所示）。

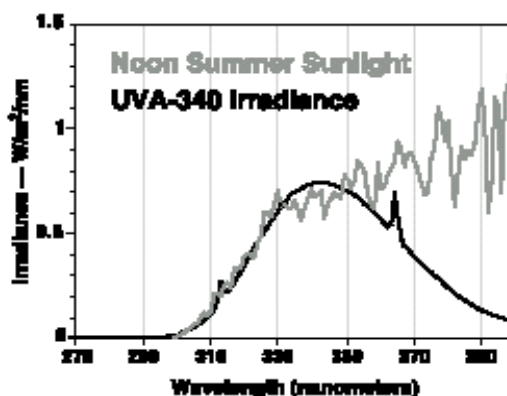


图 2

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

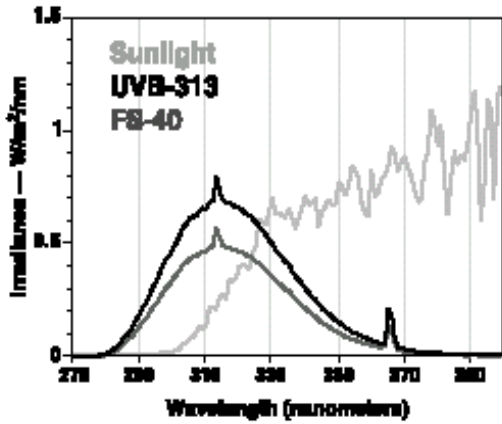


图 3

图2 UVA-340灯管是一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, 对特别经久耐用的材料的检定或质量控制, 它们非常有用。

2.2 辐照度控制

为了达到精确且可重复的测试结果, 有必要控制辐照度 (光强) 很有必要。大多数型号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提供了选择辐照度度的方便。利用日光眼的反馈循环系统, 可以连续地、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地补偿灯管老化和其他因素造成的光强变化。图 4 展示了辐照度控制系统工作原理。在仅仅几天或几周, QUV能模拟在室外经几个月甚至几年所造成的损害。

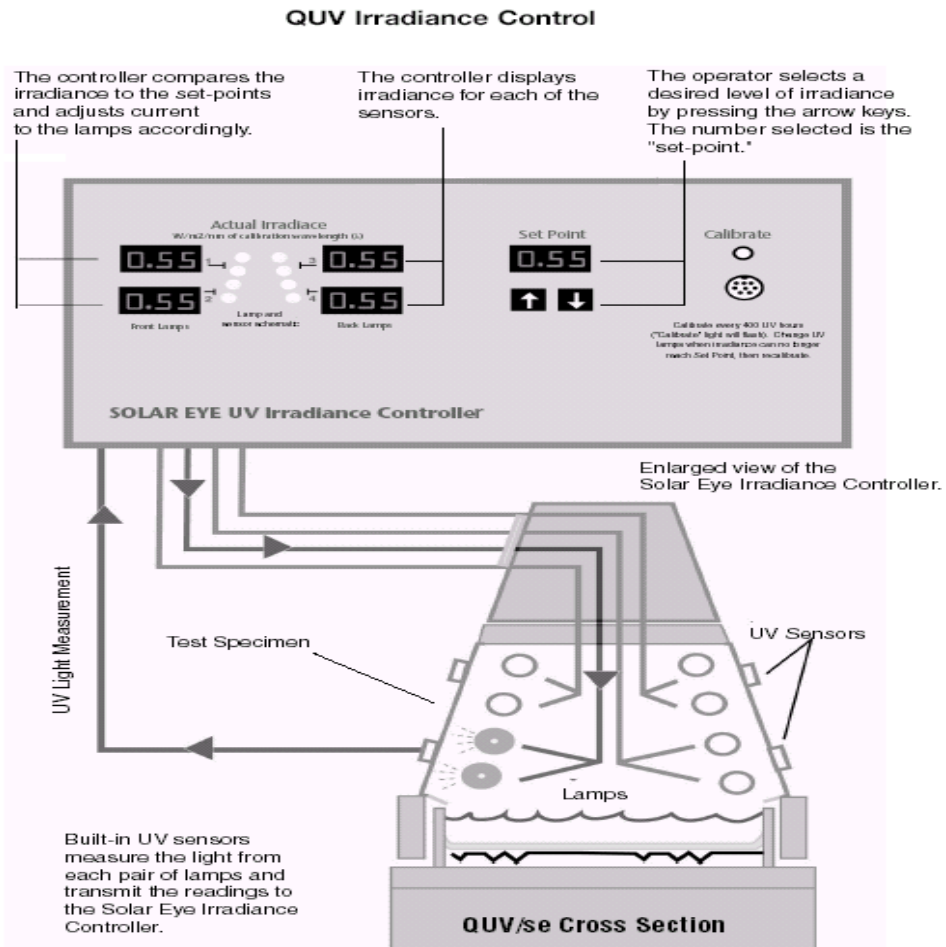


图 4 辐照度控制系统工作原理

图 4 QUV 照度控制装备有日光眼的 QUV 照度控制器比手动照度控制的检测设备测试重复性更好的测试, 因为这些灯不必旋转, 维护措施也简化了。

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。

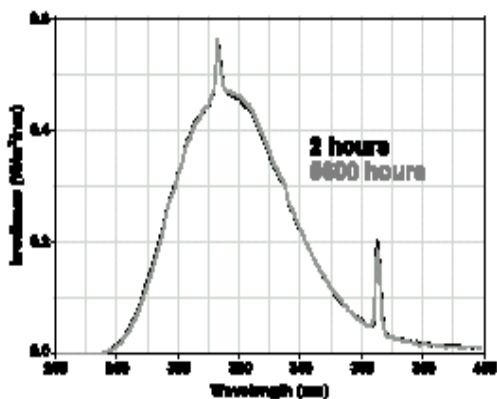


图 5 随着灯管老化, 所有光源的输出都将衰减, 然而, QUV 的日光眼控制系统却能利用改变灯的输出功率来保持光谱稳定

图 5 所示为 QUV 中使用过 2 h 的灯和使用过 5 600 h 灯管辐照度控制之间的比较。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。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。

2.3 潮湿模拟

测试室底部的水槽被加热用来产生蒸汽。在较高的温度下, 热蒸汽使测试室内保持 100% 的相对湿度。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就使得测试样品的表面比测试室内的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 6 所示)。

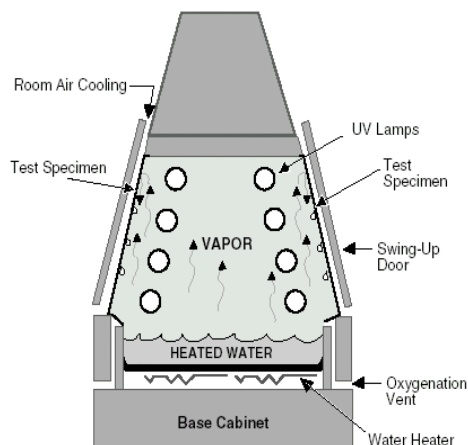


图 6 QUV 通过一个逼真的冷凝系统来模拟室外潮湿侵蚀

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需要 4 h。另外, 冷凝过程是在一较高温度 (一般为 50 °C) 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, 比如溅水, 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, 它可产生紫外线, 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滤来减少不必要的光谱成分。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。不同的过滤器过滤的光谱是紫外线的短波段的量不同, 这将在很大程度上影响老化的速度和类型。有三种类型的经常使用的滤光器:

日光，窗玻璃，紫外延伸过滤器。从图 7 到图 9 展示了这些滤光器产生的光谱，同时也展示了从 295~400 nm 之间的紫外线短波段的一些光谱的放大图。

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 氙使用的日光眼系统如图 10 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 11 展示了一只新灯和一只已使用过 1 000 h 的灯的光谱之间的差异。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。

因灯管老化而产生的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 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。

因为温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。

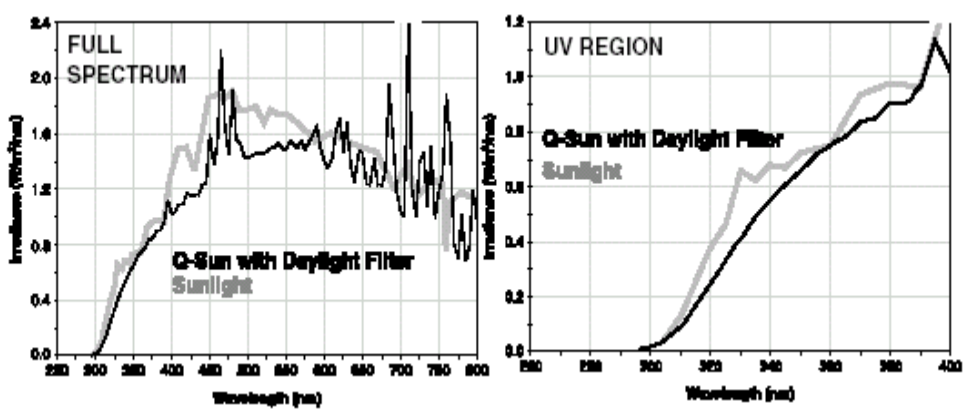


图 7 日光过滤器和太阳光

图 7 日光过滤器和太阳光谱配备有日光过滤器的 Q-Sun 和太阳光之间的比较。日光过滤器通

常被用来模拟户外暴露。

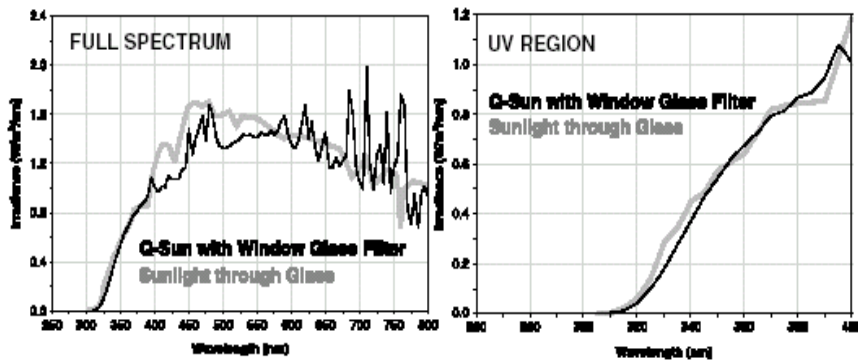


图 8 窗玻璃过滤器和透过玻璃的太阳光谱

图 8 窗玻璃过滤器和透过玻璃的太阳光谱配备有窗玻璃过滤器的 Q-Sun 和透过玻璃的太阳光之间的比较。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。

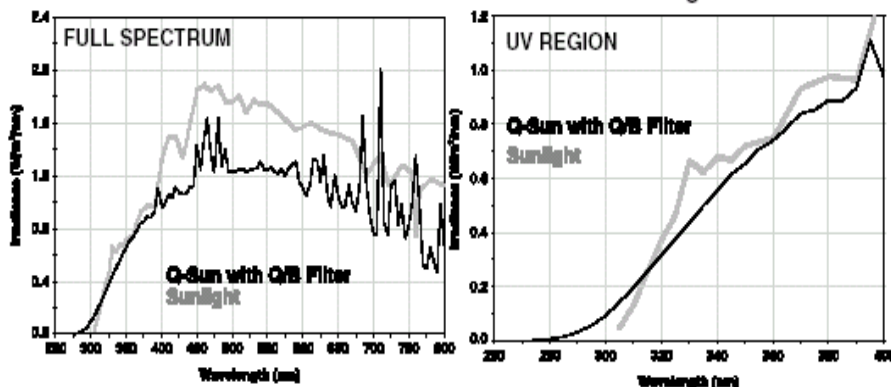
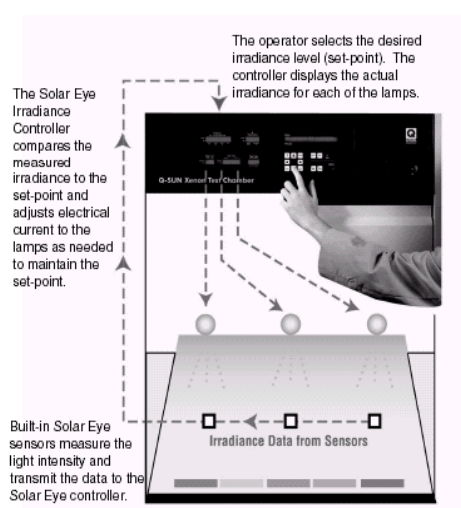


图 9 Q/B 扩展紫外线过滤器和太阳光

图 9 Q/B 扩展紫外线过滤器和太阳光谱配备有扩展紫外线过滤器的 Q-Sun 和太阳光谱之间的比较。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。



4 实际需要考虑的事项

当然, 不管一种测试装置如何有效, 如果它的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。

图 10 Q-Sun 日光眼照度控 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

图 10 Q-Sun 太阳眼辐照度控制 Q-Sun 的太阳眼辐照度控制系统能自动地控制和维持一定的光强。

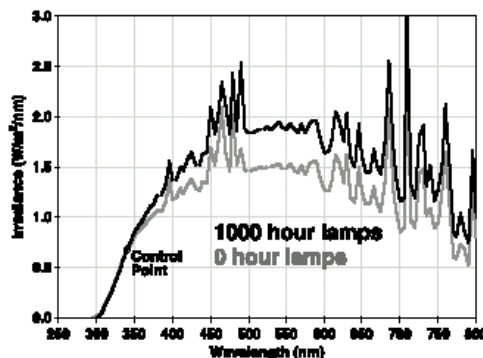


图 11 在使用 1000 个小时以后, 氙弧光灯的光谱

图 11 在使用 1 000 h 以后, 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性方面做的非常好。

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

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 对所测样品的类型比较灵活。它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 使用维护都很方便。这两种试验设备可以全自动一天 24 h 连续工作,一周 7 天连续工作。定时器可使测试在任何特定的时间停止。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 加速老化试验箱均被设计的非常人性化。Q-Sun 的前门, QUV 的两边的翻盖门,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 每年更换灯管费用比 QUV/se 和 QUV/spray 的高的多。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 少的多。

5 技术总结: 根据需要选择试验设备

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

表 1 部分标准列表

	QUV 加速老化监测设备	Q-Sun 氙灯试验箱
常规产品	ASTM G151	ASTM G151
	ASTM G154	ASTM G155
	JIS D 0205	
	SAE J2020	
涂层	ASTM D3794	ASTM D3451
	ASTM D4587	ASTM D3794
	Israeli Standard No. 330, 385, 935, 1086	ASTM D6695
	Korean Standards M598-1990	ISO 11341
	NACE Standard TM-01-84	
	NISSAN M0007	
	US Government, FED-STD-141B	
粘合剂	ASTM C24.35.31	ASTM C1442
	ASTM C1442	
	ASTM D904	
	ASTM D5215	
	Spanish Standard UNE 104-281-88	
塑料制品	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	
屋面材料	ANSI/RMA IPR-1-1990	ASTM D4798
	ASTM D4799	
	ASTM D4811	
	ASTM D3105	
	ASTM D4434	
	ASTM D5019	
	BS 903: Part A54	
	CGSB-37.54-M	
	DIN EN 534	
印刷油墨/艺术家所用材料	ASTM D3424	ASTM D3424
		ASTM D5010
		ASTM D4303
		ISO 12040
纺织品	AATCC Test Method 186	
	ACFFA	

地址: 上海浦东商城路 618 号良友大厦 1809 室

电话: 021-58797970 传真: 021-58797960

E-mail: info@q-panel.com.cn