浅析利用氙灯老化箱的氙灯光谱模拟全球标准太阳光光谱的优势

产品和材料的抗光老化以及整体耐候性能一直备受关注。从民企到军工单位、从沿海地区到高原、从热带到高寒地域……所有这一切都离不开光老化。人们很早就关注如何提高产品和材料这些方面的性能。一个例证是早在 1918 年，人类就发明了第一台实验室光老化耐候试验箱：内置式碳弧灯试验箱。然而人们知道这种光源制造出来的光老化箱与实际地表的太阳光光谱差异巨大，于是大家继续寻找更合适的光源，终于在 1954 年，人们制造出使用氙灯光源的氙灯老化箱，并不断改进设备的设计，硬件构造原理也从旋转式到最新的平板式设计。氙灯老化箱的购置成本也从过去近乎天价的旋转机型（如美国 Atlas 的 Ci 系列氙灯老化箱）到性价比极高的平板式机型（如美国 Q-Lab 的 Q-SUN 氙灯老化箱）。自此，氙灯老化箱的普及率也越来越高！人们真正用得起，科研水平也大幅提高。然而，笔者因从事氙灯老化箱业务多年，和许多已购买氙灯老化箱或准备购买的客户技术人员交流时，发现大家对人工氙灯光谱和标准太阳光光谱之间的概念还是不够清晰。以下，我们将结合国外的技术信息，浅析利用氙灯老化箱的氙灯光谱模拟地表标准太阳光光谱的优势。

首先，大家必须要知道什么是标准太阳光光谱。依据国际照明协会 CIE 刊物 No.85：1989 表 4 对标准太阳光光谱的规范和描述（表 4 的 B1 海平面处的太阳光谱辐照度）。人工加速老化试验所用到的氙灯光源老化箱，其光谱应遵照表 4 执行。

参数：

相对空气质量=1；

水蒸气含量=1.42cm 沉积水（PW）；

臭氧含量=0 .34cmSTP(标准温度与压力)；

空气溶胶消光的光谱学深度（在λ =500nm 处）=0.1 ；

地表反射率=0.2；

λ =以纳米计的波长；

$E_{G(0\sim\lambda)}$ ——从 0～λ 积分得到的辐照度，以每平方米的瓦数计；

$E_{G(0\sim\infty)}$ ——从 0～∞积分得到的辐照度，以每平方米的瓦数计。

光谱区域	紫外光 B	紫外光 A	可见光			红外光
光波长宽 [µm]	0,28 – 0,32	0,32 – 0,40	0,40 – 0,52	0,52 – 0,64	0,64 – 0,78	0,78 – 3,00
辐照度	5 W / m²	63 W / m²	200 W / m²	186 W / m²	174 W / m²	492 W / m²

表 1：280(290/295)-3000nm 的总辐照量约为 1120w/m2

其中 UV 段总辐照虽然约占 6%的份额，但对聚合物、涂层等破坏力极强。

以上 280nm（或 290、295nm）到 3000 nm 就是我们常说的实际可到达地球表面的光谱范围。实际上，大气层外的光谱比以上的范围更广一些，这是大气层未对紫外光等吸收过滤前的结果，如下：

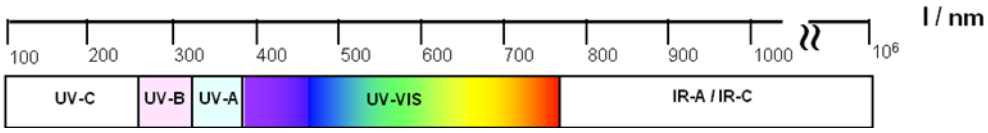


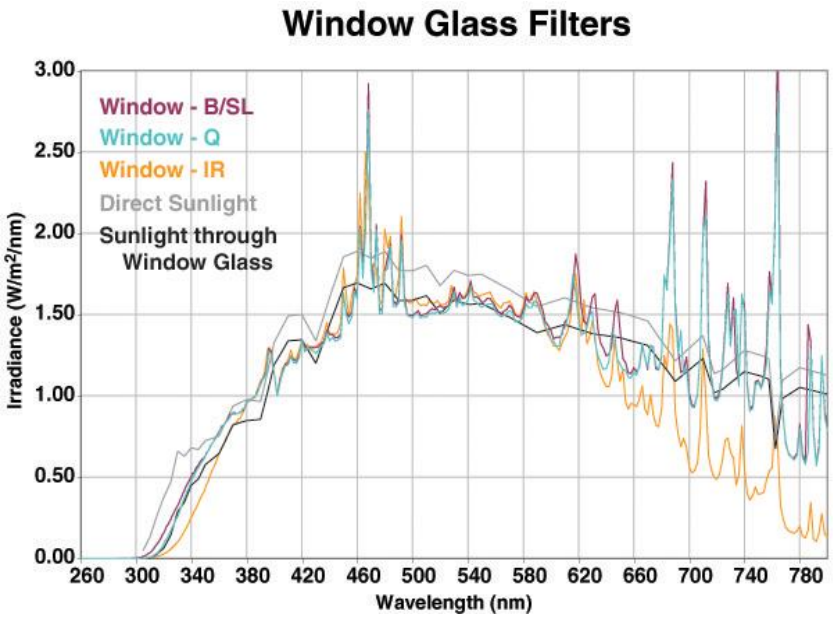
表 2：UV/VIS 光的分类（DIN 5031）*

* 这里面，包括：

IR-A/IR-C	= 800 – 4000 nm	……	热辐射
UV-VIS	= 780 – 380 nm	……	“可见”光，光合作用
UV-A	= 315 – 380 nm	……	对聚合物、涂料等的有害光波范围
UV-B	= 280- 315 nm		
UV-C	= 100 – 280 nm		

实际上，小于 290nm 的太阳光经过大气层时已经被吸收掉了（主要是臭氧吸收）。仅仅约有 6%的 UV 辐照可以到达地球表面。 这也就说明为何我们的人工氙灯老化箱在模拟日光直射耐候测试时，通常以 290nm 为截至点（cut-on point）。

那么经过过滤器过滤的氙灯的光谱情况又是如何啦？以 Q-Lab 公司的 Q-Sun 氙灯老化箱设备为例，他们获取的光谱与标准太阳光谱非常接近（如下），这是其他光源所做不到的。



说到这里，大家就明白氙灯光谱在模拟自然界太阳光老化的优势。不过，细心的人仍然会发现，800nm 以外的人工氙灯光谱即红外光波段对太阳光相应波段良好模拟的缺失，继而人们会怀疑以上以上论断的可靠性。事实上，从以上表 2 对太阳光的分类可以知道，红外光（IR： Infra-Red）主要就是产生热辐射，也就是产生热量（温度），作为氙灯老化箱，完全可以通过空气加热等手段达到模拟的效果，问题也就完美解决了。

现在，大家就应该明白利用氙灯老化箱的氙灯光谱模拟全球标准太阳光光谱的优势了。

实际上，要做出好的氙灯老化箱，光有氙灯那是远远不够的，因为一个真正满足实验室人工加速老化测试标准要求的氙灯老化箱，还需要其他很多核心的技术，比如合适的光过滤器、光辐照强度的连续和精确控制、光与其它控制参数（黑板/黑标温度、空气温度、湿度）的配合控制等等。