

IEC 68-2-5:1975 标准的解读

孙杏蕾, 张 恒

(美国 Q-Lab 公司上海代表处 上海 200436)

摘要:本文详细解读了 IEC 68-2-5:1975 标准。介绍了材料耐候性老化测试原理,包括户外老化及氙灯加速老化测试原理,从光谱的定义、光强的设定、温度及湿度控制等几个方面对 IEC 68-2-5:1975 标准进行分析。最后指出该标准的技术局限性及建议如何执行该标准。

关键词:IEC 68-2-5; 户外老化; Q-Sun 氙灯试验箱; 老化测试; GB/T 2423.24; GB/T 2424.14; GB/T 5170.9

Study of IEC 68-2-5:1975 standard

Sun Xinglei, Zhang Heng

(Q-Lab Corporation China Office, Shanghai 200436, China)

Abstract: This paper studied IEC 68-2-5:1975 standard in detail. We explained the test principle of material weathering, in outdoor condition, also how to simulate the outdoor condition with xenon accelerated test chamber. The key test parameters, including SPD, irradiance, temperature and moisture are discussed. We also analyzed the limitation of IEC 68-2-5:1975 and gave some recommendation on standard performing.

Keywords:IEC 68-2-5; outdoor weathering; Q-Sun xenon tester; weathering test; GB/T 2423.24; GB/T 2424.14; GB/T 5170.9

0 IEC 68-2-5:1975 标准背景及其广泛性

IEC 68-2-5:1975《实验方法 Sa:地面太阳辐射模拟》是国际电工委员会的一个环境测试实验方法。目前有很多电子行业在引用这个标准,对材料或产品进行耐候老化测试,其中包括空调、洗衣机、电脑、电视、手机、耳机、厨卫电器、太阳能等电工电子产品。

很多广泛使用的国标也引用了该标准,如 GB/

T 2423.24-1995《电工电子产品环境实验 第2部分:实验方法 实验 Sa:模拟地面上的太阳辐射》,GB/T 2424.14-1995《电工电子产品环境实验 第2部分:实验方法 太阳辐射实验导则》,GB/T 5170.9-1996《电工电子产品环境实验设备 基本参数检定方法 太阳辐射实验设备》等。

该标准广泛用于电子电工产品的耐候性测试,主要利用氙灯光源,来加速模拟材料和产品在大气环境下,因光照等因素的作用而产生的破坏。在解读该标准之前,有必要了解大气环境如何对材料和

电子电工产品产生破坏的。

1 材料耐候性老化测试原理

1.1 户外老化因素

老化损害主要由 3 个因素引起:光照,高温和潮湿。这 3 个因素中的任一个都会引起材料老化,它们的共同作用,大于其中任一因素造成的危害。

1.1.1 光照

高分子材料的化学键对太阳光中不同波段的光线的敏感性不同,一般对应一个阈值,太阳光的短波段紫外线是引起大部分聚合物物理性能老化的主要原因。然而,对于某些颜料和染料,长波段紫外线甚至可见光也会对其产生破坏,造成变色或褪色。

1.1.2 高温

温度越高,化学反应速度越快。老化反应是一种光致化学反应,温度不影响光致化学反应中的光致反应速度,却影响后继的化学反应速度。因此温度对材料老化的影响往往是非线性的。

1.1.3 潮湿

水会直接参与材料老化反应。露水,雨水及湿度是自然条件中水的几个主要表现形式。研究表明,户外材料每天都将长时间处于潮湿状态(平均每天长达 8~12 个小时)^[2]。而露水是户外潮湿的主要原因。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,形成更为严酷的潮湿侵蚀。对于户内用材料,一般只考虑相对湿度的影响。

1.2 氙灯加速老化测试

1.2.1 阳光模拟

氙灯试验箱^[3]可产生紫外线,可见光和红外线,能够很好地模拟全光谱太阳光。

氙灯产生的光谱用于测试前必须经过过滤,减少不需要的部分紫外光谱。使用不同类型的玻璃滤光器可以得到不同的光谱。滤光器的使用取决于被测材料和产品最终使用条件。不同的过滤器过滤的紫外线的短波段的截止点不同,这将在很大

程度上影响老化的速度和类型。有三类经常使用的滤光器:日光过滤器,窗玻璃过滤器,紫外延展过滤器,其中日光过滤器可用来模拟户外直射太阳光。

1.2.2 辐照度控制

最新的氙灯试验箱需装备有辐照度控制系统,Q-Lab 公司的 Q-Sun 氙灯试验箱使用的是太阳眼闭环控制系统,来提供稳定的光照强度。

在氙灯测试系统内,辐照度控制非常重要。氙灯光谱范围从 295 nm 延伸到 3 000 nm,最新的标准中要求,光强的控制基于点控制(如 ISO 11341-2004^[4], ASTM G 155-05a^[5], ISO 4892-2:2003^[6]等),控制点的选择则基于模拟环境和检测材料性能的不同,对于户外环境,检测材料的物理性能,一般采用 340 nm 控制点;而对于室内环境,检测材料的变色和褪色,一般采用 420 nm 控制点。

1.2.3 温度控制

氙灯测试设备中,温度的控制很也重要,因为温度影响材料老化的速率。氙灯试验箱一般是通过黑板温度计或黑标温度计来精确控制样品表面温度。有些型号的氙灯试验箱还能同时控制箱体空气温度,以达到全面的曝晒环境温度控制。

1.2.4 潮湿模拟

氙灯试验箱可以通过水喷淋或湿度控制系统来模拟潮湿的影响。水喷淋可以模拟雨水对户外产品的热冲击和应力腐蚀。湿度会影响某些户内物品(比如某些纺织品或油墨等)发生老化的类型和速度,在此类材料的测试标准中都建议控制相对湿度。

2 IEC 68-2-5:1975 标准的解读

结合第 1 部分几个方面的描述,我们从光谱、辐照度、温度和湿度等方面来分析 IEC 68-2-5:1975 标准对测试条件的要求。

2.1 光谱的定义

该标准的 3.1 节对试验箱中光谱的阐述:从 280 nm 到 3 000 nm 波长范围内,辐照度为

1.120 kW/m²±10%。同时指出,对光谱的要求见 IEC 68-2-9^[7]标准,而 IEC 68-2-9 标准的 2.1 节中指出光谱的描述援引 CIE No. 20 对标准太阳光谱的定义。CIE No. 20 已于 1989 年被 CIE No. 85^[8]所替代。基于当时的技术条件,没有对太阳光谱作更细致的描述。CIE No. 85 中,以 5 nm 或 10 nm 为间隔,更精确地描述了太阳光的光谱,特别是 UV 波段光谱。如本文中 1.1.1 和 1.2.1 节所示,紫外部分光谱的微小差异会给材料的老化性能测试结果带来很大的差别。而该标准中的光谱分布定义过于粗略(见下表 1),例如在 UVB 波段 0.28~0.32 μm,辐照度的强度为 5 W/m²,容差高达±35%,而且没有明确光谱中紫外截止点。而 CIE No. 85 中,明确描述太阳光的截止点为 0.295 μm(295 nm),以 5 nm 为间隔分别给出了各点的光强。

考虑到 CIE No. 20 已被 CIE No. 85 光谱所替代,所以我们在执行标准时,应采用 CIE No. 85 的光谱,并使用日光过滤器来过滤氙灯光源,实现对该标准对光源的要求。日光过滤器是用来模拟户外直射太阳光最常用的氙灯过滤系统,经日光过滤器过滤的氙灯光源,最接近实际的户外光照环境,其光谱与太阳光光谱之间的比较如图 1 所示。因为 780 nm 或 800 nm 以上的红外光谱对于高分子材料的作用仅为热效应,在有黑板温度控制的条件下,红外光谱往往不被考虑。因此,新的光谱曲线一般仅描述紫外和可见光部分。

表 1 标准中的光谱分布表

| 光谱范围 | 波长范围/μm | 辐照度/(W·m ⁻²) | 容差(%) |
|-------|-----------|--------------------------|-------|
| 紫外线 B | 0.28~0.32 | 5 | ±35 |
| 紫外线 A | 0.32~0.40 | 63 | ±25 |
| | 0.40~0.52 | 200 | ±10 |
| 可见光 | 0.52~0.64 | 186 | ±10 |
| | 0.64~0.78 | 174 | ±10 |
| 红外线 | 0.78~3.00 | 492 | ±20 |

2.2 光强设定

IEC 68-2-5:1975 中,对光强的设定采用的是总光强的设定,在 280 nm 到 3 000 nm 波长范围内,辐照度是 1.120 kW/m²±10%。然而这种光强

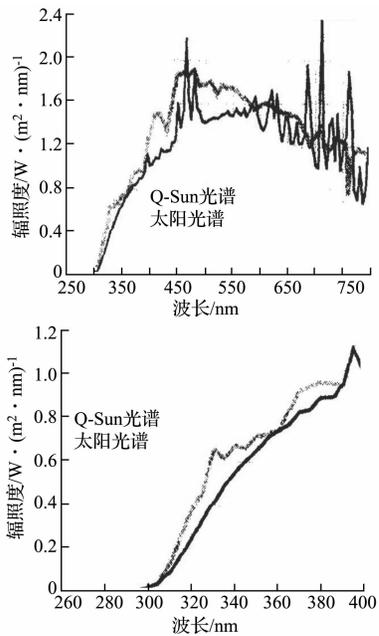


图 1 带有日光过滤器的 Q-Sun 氙灯光谱和 CIE No. 85 标准太阳光光谱比较

的定义没有考虑到不同波段光线对材料老化的差异性,即波长越短对材料的破坏力越强。±112 W/m²的容差要求如果集中在短波长部分将带来几倍至几十倍的老化结果差异,而对于红外波段,其老化结果的差异可以忽略不计。

新的标准中大多采用了定点控制的方法,即采用 340 nm 或 420 nm 定点控制,考虑到 IEC 68-2-5:1975 模拟的是户外直射阳光,我们建议使用 340 nm 点控制,而光强则采用 CIE No. 85 中 340 nm 点的光强,即 0.68 W/m²@340 nm。值得注意的是,CIE No. 85 中的光谱是夏天中午的太阳光谱,所以该光强设定较通常条件光强度高很多。为提高实验结果与实际条件的相关性,很多标准^[4-6]通常采用较小的辐照度,如 0.55 W/m²@340 nm 或更小。

2.3 温度控制

IEC 68-2-5:1975 标准的 4.4 节中指出,在光照循环期间,箱体温度(the temperature within the enclosure)为 40 °C 或 55 °C。在黑暗循环期间,箱体温度为 25 °C,但标准中没有明确箱体温度,指的是箱体温度还是箱体温度

或黑标温度。从历史技术背景和温度的设定值来看,此处的温度应该指的是箱体空气温度,我们可以考虑选用相同的箱体空气温度来执行此标准。

然而相比箱体空气温度,黑板或黑标温度更能代表样品表面实际温度。如有可能建议将标准中的箱体空气温度设定改为黑板或黑标温度设定。光强为 $0.68 \text{ W/m}^2@340 \text{ nm}$, 设定 $40 \text{ }^\circ\text{C}$ 箱体空气温度时,显示的黑板温度比设定的箱体空气温度高约 $30 \text{ }^\circ\text{C}$,黑标温度高约 $40 \text{ }^\circ\text{C}$ 。设定 $55 \text{ }^\circ\text{C}$ 箱体空气温度时,情况也是类似。可见样品的温度要比标准中规定的“箱体温度”高很多。

2.4 湿度

IEC 68-2-5:1975 标准中既没有提及对相对湿度的控制也没有涉及到运行喷淋循环。执行该标准时,可以不控制相对湿度。通常条件下,没有加湿装置的氙灯设备中,其相对湿度较低,一般情况下小于 30% 。

对于暴露于雨、露等户外条件或户内高湿条件下的产品,测试时则需要考虑湿度和喷淋条件。

3 结论及建议

IEC 68-2-5:1975 标准在电子行业应用很广泛,执行该标准时,可采用:Daylight-Q 日光过滤器, $0.68 \text{ W/m}^2@340 \text{ nm}$ 的辐照度,光照循环时箱

体空气温度设定为 $40 \text{ }^\circ\text{C}$ 或 $55 \text{ }^\circ\text{C}$, 黑暗循环时箱体空气温度设定为 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

但因为该标准发布于 1975 年,且至今未作更新,在技术方面存在一定的局限性。如有可能建议作以下修改,选择 CIE No. 85 光谱,Daylight-Q 日光过滤器, $0.55 \text{ W/m}^2@340 \text{ nm}$ 的辐照度,选择合适的黑板温度并加入水喷淋循环或/和相对湿度控制。

参考文献

- [1] IEC 68-2-5:1975, 实验方法 Sa: 地面太阳辐射模拟[S].
- [2] GROSSMAN D M. The right choice-UV fluorescent testing or xenon arc testing. PCI, March 10, 2006 [S].
- [3] 张恒. QUV 和 Q-Sun 两种有效测试耐候性和光稳定性方法的比较[J]. 汽车工艺与材料, 2006, 181: 22-26.
- [4] ISO 11341:2004, 色漆和清漆—人工老化和暴露—滤过的氙弧辐射[S].
- [5] ASTM G 155-05a, 用于非金属材料暴露的氙灯测试设备[S].
- [6] ISO 4892-2:2003, 塑料—实验室光源下的暴露方法第 2 部分: 氙弧灯光源[S].
- [7] IEC 68-2-9:1975, 太阳辐射实验指引[S].
- [8] CIE 85-1989, 太阳光谱辐照度[S].

(上接第 27 页)

- [5] 陈杰华, 何永义. 一种新型温控仪的硬件设计[J]. 仪表技术与传感器, 2004, 2: 14-15.
- [6] 孙士明, 董占勇. 一种适用于嵌入式人机界面的实时数据库内存数据组织方法[J]. 计算机系统应用, 2008, 2: 123-126.
- [7] 任亚飞, 唐涛. 基于嵌入式 Linux 的列控系统车载人机界面的实现[J]. 铁路计算机应用, 2005, 14(12): 23-26.
- [8] 田伟娜. 基于嵌入式系统的 LEODO 人机界面[J]. 可编程控制器与工厂自动化, 2008, 1: 75-76.

作者简介



李海霞, (1983-), 女, 现于华侨大学检测技术及自动化装置专业攻读硕士学位, 主要从事嵌入式系统开发和控制理论的研究。
E-mail: lihaixia@hqu.edu.cn

李钟慎, (1971-), 男, 现任华侨大学科研处副处长, 副教授, 博士。主要研究方向为测试技术, 预测控制, 最优控制。