

LABORATORY WEATHERING DEVICES

实验室老化设备

摘要：介绍人工老化试验设备中最常用的几种光源的产生、发展、结构和特点，并从与自然光源相似程度的角度，分析了几种光源的优缺点。

关键词：老化；设备；光源

由于需要比室外自然老化测试较为快速地评估材料的抗老化性能，以及需要可控的测试环境，通常采用带人工光源的测试设备来加速老化过程。这些设备包括碳弧灯、过滤的氙弧灯、金属卤化物灯和荧光紫外线灯。这些“实验室加速老化”测试设备在某些情况下可能最适合于“人工老化”试验工作。

“实时”老化加速方法的采用有几个原因。首先，这种测试可以在自然的或比日光更强的辉光下工作，不受日常循环、季节变化和气候条件的影响。材料暴露的温度、热循环、湿度和水份也可以控制到最大值，但是不会影响应力问题。样品可以暴露在超过自然水平的光谱能量下，虽然在此过程中必须仔细操作，以防止产生非自然的老化机制。

除了可以根据要求加速和控制老化条件的能力，实验室测试的另一个主要优点是其精确性和可重复性，而在自然测试中，实际气候是无法控制的和多变的。另外，每个老化因素都可以独立控制，这样，研究工作可以简化为研究各种老化条件对材料性能的特定影响，而这是在户外的自然条件下很难或无法进行的。

人工老化设备通常按照使用的光源类型分类。最常见的光源类型有碳弧灯、荧光紫外线灯以及金属卤化物光源。每种光源都有自己的优点及缺点，每个老化实验人员都必须懂得这一点。由于曝露材料所吸收的辐射能是至关重要的，

我们将着重讨论光源的质量,即每种光源与自然日光的相似程度。

碳弧灯

碳弧仪器最初被德国合成染料化学家用来评估被染纺织品的耐光度。第一台阿特拉斯Color Fade - OmeterRO 于1919 开始投入使用,作为一种封闭式碳弧(ECA)光源,它是在以前的一种阿特拉斯产品上重新设计开发的。前一种产品本身是在更早的阿特拉斯日光碳弧舞台灯基础上开发的。当时芝加哥是世界电影之都,而舞台灯光正是阿特拉斯的主要业务。对于这种舞台灯光的使用者来说,演员所穿的某些纺织布料和衣饰会逐渐掉色。今天,封闭式碳弧灯有单弧和双弧两种;电弧封闭在一个PyrexTM球中,这个球可以具有某些过滤功能,并可提供一个无氧环境。

1930 年发明了一种开放式碳弧灯,即带CorexRO 过滤的阿特拉斯日光碳弧Weather- OmeterRO ,它可以比自然日光提供更多的波长小于300 nm 的紫外线,但是在300 nm- 340 nm 波段上更接近自然光,并且比封闭式碳弧灯在更长的波段上的偏离性更小。如果不使用过滤装置来进行更快速测试,那么与户外自然测试相比,某些材料的稳定性可能发生变化。日光碳弧灯使用三对碳棒,不受空气流动的影响,电弧在碳棒之间旋转,以模拟每天的日光变化,弧光由周围的平面Corex 滤镜组过滤。

这种灯的紫外线光谱与日光相差较大。它的两个强力发射波段峰值分别在358 nm 和386 nm ,是日光强度的4 倍和20倍。对于只吸收短波紫外线辐射的材料来说,这种光源比日光的老化效果要弱,但是对于既吸收长波紫外线又吸收可见光的材料来说,这种光源的效果要比日光强。所以,对于评估材料的相对光稳定性来说(既包括吸收短波紫外线的材料,也包括吸收长波紫外线的材料) ,

与暴露在日光下的老化结果相比,封闭式碳弧灯的结果可能会不准确。

这两种碳弧技术都需要每日更换碳棒和清洁球罩的滤镜。滤镜和球罩老化很快,必须定期更换。同时,必须清除累积的碳灰。使用碳弧灯的历史时间很长,至今在某些测试中仍旧使用这种光源。而且对于某些材料来说,这种灯的效果与日光的效果很近似。现在,这种技术已经被氙弧所代替。描述使用碳弧光源的设备性能的

主要文献是:

ISO 4892 - 塑料- 实验室光源的方法- 第四部分: 开放式碳弧灯, ASTM G152 , 使用开放式碳弧光源照射非金属材料的操作方法以及G153 , 使用封闭式碳弧光源照射非金属材料的操作方法。

荧光紫外线光源

四脚长荧光紫外线灯与家用和商用照明一样,也具有特定光谱段。这些光源使用了荧光紫外线聚光技术。可用于亮/ 暗循环变化、温度、湿度和喷水的变化环境中。这种设备的功能设计和使用方法主要由ISO 4892 规定- 塑料- 实验室光源的方法- 第三部分: 荧光紫外线灯以及ASTM G154 , 用于非金属材料的荧光紫外线设备的操作方法。

荧光UVB 灯(F40 和UVB - 313) 的峰值波长在313 nm 左右, 其能量几乎全部集中在280 nm 到360 nm 之间。其能量分布的波长范围比日光的要短, 在360 nm以上几乎没有什么能量。在使用这种UV- B 灯进行加速老化实验时, 所得到的被测材料稳定性经常与户外自然测试中的数据差异较大。这是因为这种光源的短波紫外线能量比例很大, 并且缺少长波紫外线和可见光部分的能量。在这种光源下, 材料老化的机理可能与“自然”测试中相差很大。

荧光黑灯即UVA 灯,其射线波长主要集中在340 nm 到370 nm 之间(例如UVA - 340 和UVA - 351) 。UVA - 340 灯发明于1987 年,其短波辐射与325 nm 以下的日光直射很相似。UVA - 351 的短波光谱分布与透过窗玻璃的日光相似。

由于UVA 灯不发射陆地日光波长以下的高能辐射,所以在使用这种光源的测试效果更接近自然老化,但是测试的时间比UVB 灯要长。为了缩短测试时间,可以结合使用UVB 和UVA - 351 灯。但是,由于UVB 灯具有过多短波射线(在陆地日光波长范围以下) ,而UVA 灯缺少长波辐射,所以其模拟效果不佳。但是,需要指出的是,利用这种灯的测试还是很多的。如果想相对地比较不同材料在特定条件下的抗老化性能,那么这种灯还是很有用的。但是无法预测材料的使用寿命和与自然条件的对应关系。这种灯最适合用作通用放映工具,例如,使用人工粗侧检查总体公式错误等。

总之,这些设备为潮气模拟提供了凝结变化过程(在无光情况下) 。测试表面暴露到一种空气和水蒸汽的加热饱和混合环境中(在黑暗情况下,相对湿度几乎达到100 %) ,而测试板的背面暴露到正常空气中,这样,板的温度会降到露点以下,导致在此面上形成水珠(露水) 。紫外线变化过程和凝结过程都的顺序和时间都可人工调整并实现自动控制。同样地,在紫外线和凝结变化过程中,温度也可控制(在一定范围内) 。

氙弧光源

第一台使用氙弧灯的老化设备发明于1954 年(XenotestRO150) 。自从1960 年在北美应用以来,氙气长弧灯得到了广泛使用,这种灯光经过过滤后,与日光光谱最接近。与电燃烧开放式碳弧不同的是,氙弧是一种精确的气体放电灯,它使

用石英球罩密封。使用过滤技术可以精确调节其光谱能量分布, 这样, 可以模拟各种条件下的自然光, 从大气层外的日光到透过玻璃窗的日光等等。所以, 对于需要使用自然阳光条件的材料测试, 使用这种光源模拟是比较理想的。水冷却氙弧技术在汽车和纺织工业中使用很广泛, 它替代了碳弧技术, 虽然碳弧设备1950年以后很难再见到, 但是以前是一种经常应用的技术。

与碳弧设备无法控制光强度的情况不同的是, 现代的氙弧设备不仅可以 通过光学过滤控制能量的光谱分布, 还能通过调节电功率控制辉光。在氙弧技术发展过程中, 出现了两种仪器系统: 风冷和水冷氙弧设备。冷却类型对设备的总体设计和光学过滤系统都有影响。阿特拉斯Fade - OmetersRO和Weather - OmetersRO只使用水冷氙弧, 而小型的阿特拉斯SuntestROCPs 和XLS 台式系统使用风冷氙弧灯。ISO 105 - B02 , 纺织品- 褪色测试- 人造光下的褪色: 氙弧褪色灯测试, ISO 4892 - 塑料- 实验室光源方法- 第二部分: 氙弧光源, 以及ASTM G155 , 用于非金属材料的光照设备操作指南是这些仪器性能要求的基本标准。

根据仪器的设计, 样品可以放置在垂直或水平位置上。对于大型的设备, 主要使用垂直方式。两级或三级倾斜样品架可以保证辐射的一致性。如果想达到更好的一致性, 或者需要其它功能(例如喷雾) , 整个样品架可由一台马达推动, 以每分钟1 圈的速度旋转。对于高辐射测试, Ci5000 Weather - OmeterRO可以每分钟旋转10 圈。

水冷氙灯是由两块同轴圆柱形光学滤镜围住的一个密封石英管。冷却水在灯表面、内滤镜和外滤镜之间流动。除了冷却功能, 水还对红外线光谱范围产生所需的效应。水吸收了1200 nm 波长以上的光线, 减少了氙灯中过多的红

外线能量。这种减少足以保持样品温度稳定；使用红外线吸收滤镜还可以进一步减少红外能量。

未过滤的氙弧在短波紫外线区的辐射能力很强。因此,滤镜的主要目的是获得所需的能量光谱分布。通过综合水冷系统的两个圆柱形滤镜的不同玻璃特性,可以产生不同的光谱能量分布。可用的圆柱形滤镜类型有石英、硼硅酸盐玻璃、高硼酸盐硼硅酸盐类玻璃、碱石灰玻璃和涂层红外线吸收(CIRA) 石英。加入辅助玻璃滤镜支架放置不同种类的平面玻璃后,可以实现辅助过滤。

射线量可由微处理器控制。水冷仪器可把射线强度范围控制在340 nm或420nm。射线直接穿过石英管,并使用窄波段滤镜过滤。然后,光电探测器会向功率调器发送信号,降低或提高灯本身的功率。大型的水冷和风冷氙弧灯还有能力严格控制老化过程的其它参数,例如湿度、环境温度、和黑板(或样品) 温度,同时亮/ 暗变化的测试和雨露喷洒模拟系统在这些装置中也经常使用。

金属金属卤化物光源

汽车制造商和其供应商不断采用新技术和测试方法进行试验。例如实验大型汽车部件的抗老化性能,像仪表板、车门装置和保险杠系统,以测量这些多组件复合系统的老化影响。MHG (金属卤化物全球R○) 电弧灯良友特殊的电源,可以提供与直射和散射非常相似的光谱能量分布。由于它们的高效性,这些光源非常使用于大型多源阵列应用,对热负载研究也是很有有效的。它们主要应用于某些欧洲测试方法中(例如DIN 75 220 , 汽车部件在日光模拟光照系统中的老化) ,并符合相应的军用测试要求(MIL - STD 810) 。

需要指出的是,人工测试永远也无法与自然暴露条件完全一致。由于自然暴露条件变化千差万别,所以实验室设备(例如Weather - OmeterR○) 主要

用于可控的、重复性的、可重现的和技术允许的条件。实时老化的加速是一种副产品,但是不太重要。虽然对于许多材料来说,很多测试方法的结果与自然户外老化(例如南佛罗里达和亚利桑那中部) 结果非常相近,但是仍然无法等同。它们的主要作用是为材料比较提供一种一致的基础。在实时老化测试得到验证以前,这些测试方法中得到的结果可用于评价材料性能。

参考文献:

- [1] ASTM G152 , 用于照射非金属材料的开放式碳弧灯设备操作指南[S] .
- [2] ASTM G153 , 用于照射非金属材料的封闭式碳弧灯设备操作指南[S] .
- [3] ASTM G154 , 用于照射非金属材料的紫外线荧光灯设备操作指南[S] .
- [4] ASTM G155 , 用于非金属照射方法的氙气灯设备[S] .
- [5] DIN 75 220 , 汽车部件在日光模拟器中的老化[S] .
- [6] 阿特拉斯电子设备有限公司. 老化研讨会的基本原则[R]. 芝加哥IL , 2000.
- [7] 105 - B02 , 材质- 褪色测试- 人工灯光中的衣物褪色:Xenon 弧褪色灯测试[S] .
- [8] ISO 4892 - 1 , 2 , 3 , 4 塑料- 暴露到实验室光源中的方法[S] .
第一部分:通用指南
第二部分: 氙弧光源
第三部分:荧光紫外线灯
第四部分:开放式碳弧灯
- [9] 老化技术手册[Z] . DSET 实验室, 亚利桑那凤凰城
- [10] Wypych , 乔治博士. 材料老化手册