



中华人民共和国国家标准

GB/T 16422.4—2022/ISO 4892-4:2013

代替 GB/T 16422.4—2014

塑料 实验室光源暴露试验方法 第4部分：开放式碳弧灯

Plastics—Methods of exposure to laboratory light sources—
Part 4: Open-flame carbon-arc lamps

(ISO 4892-4:2013, IDT)

2022-04-15 发布

2022-11-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 I

引言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 原理 1

5 设备 2

 5.1 实验室光源 2

 5.2 试验箱 6

 5.3 辐照仪 6

 5.4 温度计 7

 5.5 润湿 7

 5.6 试样架 7

 5.7 性能变化评价设备 7

6 试样 7

7 试验条件 7

 7.1 温度 7

 7.2 试验箱内空气相对湿度 8

 7.3 喷淋周期 8

 7.4 暗周期循环 8

8 步骤 8

 8.1 试样的安装 8

 8.2 暴露 8

 8.3 辐照量的测定 8

 8.4 暴露后性能变化的测定 9

9 试验报告 9

参考文献 10

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是 GB/T 16422《塑料 实验室光源暴露试验方法》的第4部分。GB/T 16422 已经发布了以下部分：

- 第1部分：总则；
- 第2部分：氙弧灯；
- 第3部分：荧光紫外灯；
- 第4部分：开放式碳弧灯。

本文件代替 GB/T 16422.4—2014《塑料 实验室光源暴露试验方法 第4部分：开放式碳弧灯》，与 GB/T 16422.4—2014 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 删除了“规范性引用文件”一章的 ASTM G 152(见 2014 年版的第2章)；
- b) 增加了“术语和定义”一章(见第3章)；
- c) 更改了“设备”一章的内容，完善了有关要求和说明，更改了表2中波长范围(见第5章，2014年版的第4章)；
- d) 更改了“试验条件”一章中对“空气相对湿度”的要求，由 $(50 \pm 5)\%$ 改为 $(50 \pm 10)\%$ (见 7.2，2014 年版的 6.2)。

本文件等同采用 ISO 4892-4:2013《塑料 实验室光源暴露试验方法 第4部分：开放式碳弧灯》。

本文件增加了“术语和定义”一章。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国石油和化学工业联合会提出。

本文件由全国塑料标准化技术委员会(SAC/TC 15)归口。

本文件起草单位：广州合成材料研究院有限公司、万华化学集团股份有限公司、山东道恩高分子材料股份有限公司、陕西延长泾渭新材料科技产业园有限公司、深圳市北测检测技术有限公司、北京天罡助剂有限责任公司、ATLAS 亚太拉斯材料测试技术有限公司、青岛恒佳精密科技有限公司、上汽通用五菱汽车股份有限公司、苏州旭光聚合物有限公司。

本文件主要起草人：颜上凯、杨莉、赵磊、易军、铁文安、周业华、谢琪、曹玲玲、吕明超、蓝先、王海利、曹建芳、陈国阳。

本文件于 1996 年首次发布，2014 年第一次修订，本次为第二次修订。

引 言

为更快速地测定辐射、热、湿度对塑料物理、化学及光学性能的影响,常采用特定实验室光源人工加速气候老化或人工加速辐射暴露试验。塑料在实验室设备中暴露比在自然环境中有更多的可控条件,用来加速可能的高聚物降解和产品失效。

GB/T 16422《塑料 实验室光源暴露试验方法》提供了塑料在特定环境、设定暴露周期的试验方法,由四个部分构成:

- 第1部分:总则;
- 第2部分:氙弧灯;
- 第3部分:荧光紫外灯;
- 第4部分:开放式碳弧灯。

本文件的实验室光源选用开放式碳弧灯,为模拟太阳辐射或经窗玻璃过滤后的太阳辐射,通常使用三对或四对含有稀有金属盐混合物且表面镀金属(如铜)层的碳棒。碳棒之间通入电流,碳棒燃烧,释放出紫外辐射、可见辐射和红外辐射。虽然开放式碳弧灯光源暴露试验的条件可控,但是仍不能模拟实际使用的暴露条件,由此获得的是塑料的相对耐久性。

塑料 实验室光源暴露试验方法

第4部分：开放式碳弧灯

1 范围

本文件规定了试样暴露在润湿条件下的开放式碳弧灯试验方法，该方法用于再现模拟材料在实际使用环境中暴露于太阳辐射或经窗玻璃过滤后的太阳辐射下发生的自然老化效果。

本文件适用于在碳弧灯光源暴露条件下塑料的耐候性评定以及塑料间的耐候性对比试验。

试样在可控的环境条件(温度、润湿)下暴露于过滤后的开放式碳弧灯。有多种滤光器可供选择。

特定材料的试样制备和结果评估参考其他的国家标准。

ISO 4892-1 给出了总则。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

ISO 4582 塑料 在玻璃过滤后太阳辐射、自然气候或实验室辐射源暴露后颜色和性能变化的测定(Plastics—Determination of changes in colour and variations in properties after exposure to glass-filtered solar radiation, natural weathering or laboratory radiation sources)

注：GB/T 15596—2021 塑料 在玻璃过滤后太阳辐射、自然气候或实验室辐射源暴露后颜色和性能变化的测定(ISO 4582:2017, IDT)

ISO 4892-1 塑料 实验室光源暴露试验方法 第1部分：总则(Plastics—Methods of exposure to laboratory light sources—Part 1: General guidance)

注：GB/T 16422.1—2019 塑料 实验室光源暴露试验方法 第1部分：总则(ISO 4892-1:2016, IDT)

3 术语和定义

ISO 4892-1 界定的术语和定义适用于本文件。

4 原理

4.1 试样暴露于经过玻璃过滤后的开放式碳弧灯下，同时伴有持续的温度加热及润湿控制或周期性循环条件。

4.2 供选可变的暴露条件：

- a) 滤光器；
- b) 暴露类型(润湿/湿度)；
- c) 光照及润湿/湿度暴露时间；
- d) 暴露温度；
- e) 光照与暗周期相对时长。

润湿通常通过控制空气湿度或向试样喷淋软化水/去离子水或在试样表面形成凝露实现。

4.3 试验过程可包括试样表面辐照度及辐照量的测量。

4.4 建议将一种已知性能的相似材料(对照物)与试验样品同时暴露来提供比对试验。

4.5 在不同设备中暴露后的试验结果不宜进行比较,除非针对特定的试验材料,设备间已建立了合适的统计学关系。

5 设备

5.1 实验室光源

5.1.1 通用要求

开放式碳弧灯光源通常使用三对或四对含有稀有金属盐混合物且表面镀金属(如铜)层的碳棒。碳棒之间通入电流,碳棒燃烧,释放出紫外辐射、可见辐射和红外辐射。几对碳棒依序燃烧,任一时刻都有一对碳棒在燃烧。应使用设备生产商推荐的碳棒。辐照光透过滤光器后到达试样表面。目前有三种滤光器可供使用。表1和表2分别给出了开放式碳弧灯经过日光滤光器(1型)和窗玻璃滤光器(2型)后的相对光谱辐照度。表3给出了开放式碳弧灯通过延展紫外光滤光器(3型)后的相对光谱辐照度。

5.1.2 使用日光滤光器(1型)的开放式碳弧灯相对光谱辐照度

为模拟太阳辐射,表1给出了使用日光滤光器的开放式碳弧灯在紫外波长范围内的相对光谱辐照度(见CIE 85:1989的表4)。

表1 使用日光滤光器(1型)的开放式碳弧灯相对光谱辐照度^{a,b}

光谱通带波长(λ) nm	使用日光滤光器的开放式碳弧灯 相对光谱辐照度 ^c %	CIE 85:1989 的表 4 ^{d,e} %
$\lambda < 290$	0.05	
$290 \leq \lambda \leq 320$	2.9	5.4
$320 < \lambda \leq 360$	20.5	38.2
$360 < \lambda \leq 400$	76.6	56.4

^a 表中列出了在特定通带内的辐照度占 290 nm~400 nm 总辐照度的百分比。要检测使用一种特定日光滤光器或一组滤光器的开放式碳弧灯的相对光谱辐照度,应测量 250 nm~400 nm 的相对光谱辐照度。通常以 2 nm 递增测量。然后将每一通带内的总辐照度加和除以 290 nm~400 nm 的总辐照度。

^b 表中给出了使用硼硅酸盐玻璃日光滤光器的开放式碳弧灯的典型数据。在本文件发布时,还没有足够的数据制定出使用日光滤光器的开放式碳弧灯相对光谱辐照度的规范。

^c 对于任一单独的相对光谱辐照度,表中各通带计算得到的百分比加和为 100%。

^d CIE 85:1989 中表 4 给出了太阳总辐照度的数据,该数据是在相对空气质量为 1.0、臭氧含量为标准温度和压力下 0.34 cm、水蒸气含量为 1.42 cm 可降水量、500 nm 波长的空气溶胶消光的光谱光学深度为 0.1 时的水平面上测得的。这些数据仅用于比较。

^e 对于 CIE 85:1989 中表 4 描述的太阳光谱数据,紫外光辐照度(290 nm~400 nm)占总辐照度(290 nm~800 nm)的 11%,可见光辐照度(400 nm~800 nm)占总辐照度(290 nm~800 nm)的 89%。

5.1.3 使用窗玻璃滤光器(2型)的开放式碳弧灯相对光谱辐照度

表 2 给出了使用窗玻璃滤光器的开放式碳弧灯在紫外波长范围内的相对光谱辐照度。

表 2 使用窗玻璃滤光器(2型)的开放式碳弧灯相对光谱辐照度^{a,b}

光谱通带波长(λ) nm	使用窗玻璃滤光器的开放式碳弧灯 相对光谱辐照度 ^c %	CIE 85:1989 的表 4, 窗玻璃作用后 ^{d,e} %
$\lambda < 300$	0.0	
$300 \leq \lambda \leq 320$	0.3	≤ 1
$320 < \lambda \leq 360$	18.7	33.1
$360 < \lambda \leq 400$	81.0	66.0

^a 表中列出了在特定通带内的辐照度占 290 nm~400 nm 总辐照度的百分比。要检测使用一组特定的窗玻璃滤光器的开放式碳弧灯的相对光谱辐照度,应测量 250 nm~400 nm 的相对光谱辐照度。通常以 2 nm 递增测量。然后将每一通带内的总辐照度加和除以 290 nm~400 nm 的总辐照度。

^b 表中给出了使用窗玻璃滤光器的开放式碳弧灯的典型数据。在本文件发布时,还没有足够的数据制定出使用窗玻璃滤光器的开放式碳弧灯相对光谱辐照度的规范。

^c 对于任一单独的相对光谱辐照度,表中各通带计算得到的百分比加和为 100%。所用碳弧灯和滤光器的相对光谱辐照度数据可联系碳弧灯设备生产商来获取。

^d CIE 85:1989 中表 4 给出了经窗玻璃作用后的相对光谱辐照度数据,该数据通过 CIE 85:1989 中表 4 的数据乘以欧美国家普遍使用较高和较低的窗玻璃的透过率范围来获得的。这些数据仅用于比较。

^e 对于 CIE 85:1989 中表 4 的经窗玻璃作用后的相对光谱辐照度数据,紫外光谱辐照度(300 nm~400 nm)占总辐照度(300 nm~800 nm)的 7.7%~10.6%,可见光谱辐照度占总辐照度(300 nm~800 nm)的 89.4%~92.3%。

5.1.4 使用延展紫外光滤光器(3型)的开放式碳弧灯相对光谱辐照度

表 3 给出了使用延展紫外光滤光器的开放式碳弧灯在紫外波长范围内的相对光谱辐照度。市场上可以买到合适的 3 型滤光器。

表 3 使用延展紫外光滤光器(3型)的开放式碳弧灯相对光谱辐照度^{a,b}

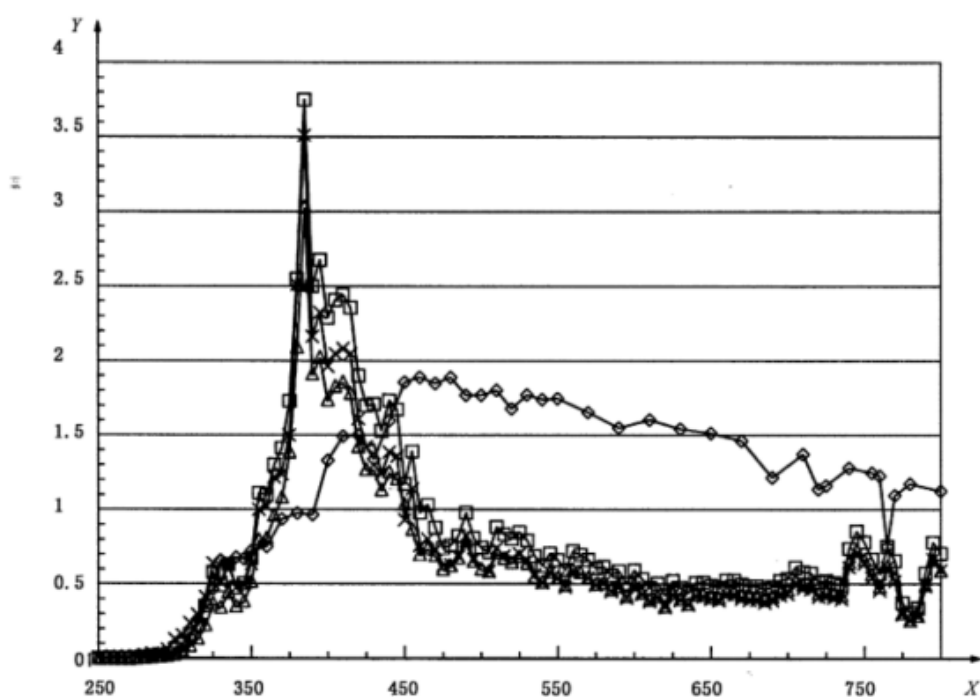
光谱通带波长(λ) nm	最小限值 ^c %	最大限值 ^c %	CIE 85:1989 的表 4 ^{d,e} %
$\lambda < 290$		4.9	
$290 \leq \lambda \leq 320$	2.3	6.7	5.4
$320 < \lambda \leq 360$	16.4	24.3	38.2
$360 < \lambda \leq 400$	68.1	80.1	56.4

表 3 使用延展紫外光滤光器(3 型)的开放式碳弧灯相对光谱辐照度^{a,b}(续)

光谱通带波长(λ) nm	最小限值 ^c %	最大限值 ^c %	CIE 85:1989 的表 4 ^{d,e} %
^a 表中列出了在特定通带内的辐照度占 250 nm~400 nm 总辐照度的百分比。要检测使用一种特定滤光器或一组滤光器的开放式碳弧灯是否符合表中要求,应测量 250 nm~400 nm 的相对光谱辐照度。通常以 2 nm 递增测量。然后将每一通带内的总辐照度加和除以 250 nm~400 nm 的总辐照度。 ^b 表中的最小限值和最大限值是以生产商的建议使用不同产品批次和不同时间的开放式碳弧灯 24 次的相对光谱辐照度测量值为依据。最小限值和最大限值相对于所有测量平均值的分布至少是三西格玛水平。开放式碳弧灯发出大量 250 nm~280 nm 范围内的短波紫外辐射。这些短波紫外辐射的强度随延展紫外光滤光器的使用时间、初始透射特性以及碳棒成分的不同而变化。不同生产商和不同生产批次的碳棒成分会有差异。 ^c 最小限值列加和与最大限值列加和不一定为 100%,因为它们只是代表被使用的测量数据的最小值和最大值。对于任一单独的相对光谱辐照度,表中各通带计算得到的百分比加和为 100%。对于任一使用延展紫外光滤光器的碳弧灯,每一通带内计算得到的百分比应在给定的最小限值和最大限值之间。使用的相对光谱辐照度差别在公差允许范围内的不同碳弧设备测得的暴露试验结果会有所差别。联系碳弧灯设备生产商来获取所用碳弧灯和滤光器的相对光谱辐照度数据。 ^d CIE 85:1989 中表 4 给出了太阳总辐照度的数据,该数据是在相对空气质量为 1.0、臭氧含量为标准温度和压力下 0.34 cm、水蒸气含量为 1.42 cm 可降水量、500 nm 波长的空气溶胶消光的光谱光学深度为 0.1 时的水平面上测得的。这些数据仅用于比较。 ^e 对于 CIE 85:1989 中表 4 描述的太阳光谱数据,紫外光辐照度(290 nm~400 nm)占总辐照度(290 nm~800 nm)的 11%,可见光辐照度(400 nm~800 nm)占总辐照度(290 nm~800 nm)的 89%。			

5.1.5 典型光谱辐照度

图 1 是使用 1 型、2 型、3 型滤光器的开放式碳弧灯与 CIE 85:1989 表 4 中的太阳辐射从 250 nm~800 nm 的典型光谱辐照度的比较。图 2 是使用 1 型、2 型、3 型滤光器的开放式碳弧灯与 CIE 85:1989 表 4 中的太阳辐射从 250 nm~320 nm 的典型光谱辐照度的比较。图 2 更好地展示了 3 种滤光器在短波起始波长上的差别。

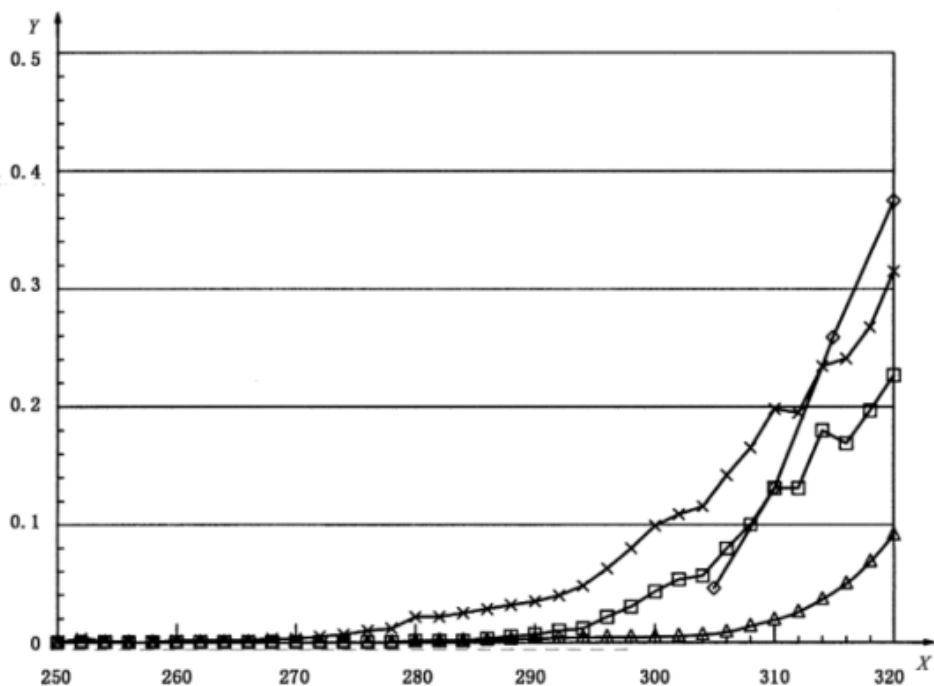


标引符号说明:

X —— 波长,单位为纳米(nm);

Y —— 辐照度,单位为瓦每平方米纳米 $[W/(m^2 \cdot nm)]$ 。

图 1 使用 1 型(□)、2 型(△)、3 型(×)滤光器的开放式碳弧灯与
CIE 85:1989 的表 4 中太阳辐射(◇)的典型光谱辐照度比较



标引符号说明：
X —— 波长，单位为纳米(nm)；
Y —— 辐照度，单位为瓦每平方米纳米[W/(m² · nm)]。

图 2 使用 1 型(□)、2 型(△)、3 型(×)滤光器的开放式碳弧灯与 CIE 85:1989 的表 4 中的太阳辐射(◇)从 250 nm~320 nm 的典型光谱辐照度比较

5.1.6 影响开放式碳弧灯光谱辐照度的因素

- 以下因素会影响开放式碳弧灯光谱辐照度：
- a) 滤光器的成分和厚度的不同会极大地影响短波紫外辐射的透过量。
 - b) 暴露于碳弧光辐射下的滤光器的老化会显著减少短波紫外光在滤光器上的透过量，导致过滤后短波紫外光辐照度的降低。滤光器的老化受玻璃成分的影响。
 - c) 污垢和其他残留物的聚积会影响滤光器的透射特性。
 - d) 碳棒中所含的金属盐成分不同会影响光谱辐照度。

5.2 试验箱

试验箱包含一个试样框架，通过试样表面的空气流通来控制温度。

试样框架围绕碳棒支架的中心轴旋转，典型的框架直径为 96 cm。若经相关方商定，也可使用其他直径的框架。框架上可直接固定试样或放置用试验架固定的试样。框架可为垂直形式或倾斜形式。

上下碳棒和滤光器应按照设备生产商的说明安装。

设备应有能在操作范围内编制循环暴露条件程序的控制装置。

5.3 辐照仪

使用辐照仪时，辐照仪应符合 ISO 4892-1:2016 中 5.1.7 的要求。

5.4 温度计

使用的黑标温度计或黑板温度计应符合 ISO 4892-1 中的要求。

5.5 润湿

5.5.1 通用要求

试样应在喷淋、凝露或高湿度的润湿状态下暴露。

5.5.2 相对湿度控制装置

试验箱应安装控制相对湿度的装置。必要时,应控制试样表面流动空气的相对湿度,并由安装在箱体中且不受碳弧灯辐射影响的适当装置进行测量。

5.5.3 喷淋系统

试验箱应按规定条件安装可在试样正面或背面间歇喷淋的装置。喷淋水应在试样表面均匀分布。喷淋系统应由不会污染喷淋水的耐腐蚀材料制备。

使用蒸馏水或去离子水(电导率在 $5\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下),水中应无可见杂质或沉积物,固体物质含量最好小于 $1\ \text{mg}/\text{L}$ 。除了蒸馏法,去离子法与反渗透法的结合使用也能制取符合要求的水。

必要时,在暴露程序设定的凝露期内,喷淋系统可向试样的背面或背板喷淋来降低试样的温度。

5.6 试样架

试样架可为开放式框架,可为试样提供固体背板或无背板以保证试样背面外露。它们应由不影响试验结果的情性材料制备,例如耐氧化的铝合金或不锈钢。在试样附近不应使用黄铜、铁或紫铜。所用的背板及试样与背板间的空隙可能会对结果产生影响,特别是对透明试样,故背板的使用应由相关方商定。

5.7 性能变化评价设备

用于评价性能变化的设备应符合 ISO 4582 的要求。

6 试样

见 ISO 4892-1。

建议每次试验每种材料至少测试 3 个平行试样,以便对结果进行统计评估。

7 试验条件

7.1 温度

7.1.1 黑标温度/黑板温度

仲裁试验时,推荐使用黑标温度。然而在开放式碳弧灯设备中广泛使用黑板温度。使用黑板温度时,一般条件为 $63\ ^\circ\text{C} \pm 3\ ^\circ\text{C}$ 。如果使用黑板温度计,则温度计的型号,其在试样架上的固定方式以及选用的试验温度应在试验报告中说明。如果使用喷淋,对温度的要求仅适用于干周期末期。

注:黑板温度计在通常的暴露条件下其温度显示通常比黑标温度计低 $3\ ^\circ\text{C} \sim 12\ ^\circ\text{C}$ 。

7.1.2 试验箱内空气温度

必要时,试验箱空气温度应是可控的,除非另有规定,试验箱空气温度为 $40\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

7.2 试验箱内空气相对湿度

除非另有规定,相对湿度应为 $50\%\pm 10\%$ 。

注:因试样的颜色和厚度不同,其表面的温度也不同,试验箱内测定的相对湿度不必与靠近试样表面的空气相对湿度一致。

7.3 喷淋周期

喷淋周期应由相关方商定,宜选择下列喷淋周期。

喷淋周期 1 喷淋时间: $18\text{ min}\pm 0.5\text{ min}$

两次喷淋之间的干燥期: $102\text{ min}\pm 0.5\text{ min}$

喷淋周期 2 喷淋时间: $12\text{ min}\pm 0.5\text{ min}$

两次喷淋之间的干燥期: $48\text{ min}\pm 0.5\text{ min}$

7.4 暗周期循环

7.1~7.3 所规定的条件适用于连续辐照的试验。可选用更复杂的循环,这些循环包括高相对湿度和高温凝露的暗周期。

应在试验报告中注明暗周期循环的全部详细条件。

8 步骤

8.1 试样的安装

以不受任何应力的方式将试样固定在设备试样架上。每个试样应在不影响后续试验的位置做不易消除的标记。为了方便检查,可以设计试样放置的布置图。

对用于测定颜色和外观变化的试样,需要对相邻的暴露面和非暴露面进行比较时,可在整个试验过程中用不透明的遮盖物遮住试验样品的一部分。这样有利于检查试验进程,但试验数据应以试样暴露面与存放在暗处的对比试样的比较为准。

8.2 暴露

8.2.1 在试样放入试验箱前,确保设备在要求的条件(见第 7 章)下运行。在整个暴露过程中维持试验条件不变。

8.2.2 将试样固定在光源辐射水平中心线上下的试样架上。为了使每个试样表面所受的辐照量均匀,应以一定次序变换试样在垂直方向的位置,使每个试样在各个位置有相同的暴露时间。如果暴露时间不超过 24 h,则将试样固定在试样框架的上半部分。如果暴露时间不超过 100 h,建议每天变换试样位置一次。经相关方商定,也可使用其他能保证试样表面受到均匀辐照的方法。

8.2.3 滤光器使用 2 000 h 后,或者出现明显的颜色变白现象时应予以更换。滤光器应在生产商推荐的时间间隔内,用洁净、干燥且不粗糙的布或毛巾清洁,或用清洗剂溶液清洗后用洁净水漂净。当进行长时间暴露试验时,为了确保试样暴露的均匀性,需定时替换滤光器。按顺序每 500 h 成对替换。记录滤光器的使用时间和位置,以便每次更换掉最旧的一对。

8.3 辐照量的测定

如果需要,安装辐照仪测量试样暴露面的辐照度。

暴露间隔应以暴露面单位面积在所选定的通带内所受辐照能量来表示,单位为焦耳每平方米(J/m^2)。

如果不使用辐照仪,则推荐测量暴露持续时间,以小时计。

8.4 暴露后性能变化的测定 ———

应按 ISO 4582 的规定进行性能变化的测定。

9 试验报告

试验报告应符合 ISO 4892-1 相关要求。

参 考 文 献

- [1] CIE Publication No.85:1989 Solar spectral irradiance
 - [2] ASTM G152 Standard Practice for Operating Open Flame Carbon Arc Light Apparatus for Exposure of Nonmetallic Materials
-