



中华人民共和国国家标准

GB/T 16422.1—2019/ISO 4892-1:2016
代替 GB/T 16422.1—2006

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

(ISO 4892-1:2016, IDT)

2019-12-10 发布

2020-11-01 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	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 原理	2
4.1 概要	2
4.2 意义	2
4.3 实验室光源加速老化试验的应用	3
5 实验室暴露设备要求	4
5.1 辐照度	4
5.2 温度	5
5.3 湿度和润湿	6
5.4 暴露设备的其他要求	7
6 试样	7
6.1 形状和制备	7
6.2 试样数量	8
6.3 贮存与状态调节	8
7 试验条件和步骤	8
7.1 暴露条件设定值	8
7.2 试验样品的性能测试	9
8 暴露周期和试验结果评估	9
8.1 概要	9
8.2 对照材料的使用	9
8.3 规范中结果的使用	10
9 试验报告	10
附录 A (资料性附录) 减少人工加速气候老化或人工加速辐射暴露与实际使用暴露之间相关性 的因素	12
附录 B (资料性附录) 太阳光谱辐照度标准	14
附录 C (规范性附录) 试样暴露区域内辐照度均匀性的测试规程	16
参考文献	19

前 言

GB/T 16422《塑料 实验室光源暴露试验方法》分为4个部分：

- 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。

本部分为GB/T 16422的第1部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分代替GB/T 16422.1—2006《塑料实验室光源暴露试验方法 第1部分：总则》，与GB/T 16422.1—2006相比，主要技术变化如下：

- 修改了“范围”一章的内容(见第1章,2006年版的第1章)；
- 修改了“规范性引用文件”一章的内容,并将引用文件修订为不注日期的引用文件(见第2章,2006年版的第2章)；
- 增加了有关术语(见第3章中的3.3和3.4)；
- 修改了“原理”一章的内容(见第4章,2006年版的第4章)；
- 修改了“实验室暴露设备要求”一章的内容(见第5章,2006年版的第5章)；
- 修改了“试样”一章的内容(见第6章,2006年版的第6章)；
- 修改了“试验条件和步骤”一章的内容(见第7章,2006年版的第7章)；
- 修改了“精度和偏差”一章的内容(见第8章,2006年版的第8章)；
- 将2006年版的附录B调整为附录C,并修改了有关内容(见附录C,2006年版的附录B)。

本部分使用翻译法等同采用ISO 4892-1:2016《塑料 实验室光源暴露试验方法 第1部分：总则》。

与本部分中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

- GB/T 2918—2018 塑料 试样状态调节和试验的标准环境(ISO 291:2008,MOD)
- GB/T 9352—2008 塑料 热塑性塑料材料试样的压塑(ISO 293:2004,IDT)
- GB/T 17037.1—2019 塑料 热塑性塑料材料注塑试样的制备 第1部分：一般原理及多用途试样和长条形试样的制备(ISO 294-1:2017,MOD)
- GB/T 17037.3—2003 塑料 热塑性塑料材料注塑试样的制备 第3部分：小方试片(ISO 294-3:2002,IDT)
- GB/T 5471—2008 塑料 热固性塑料试样的压塑(ISO 295:2004,IDT)
- GB/T 11997—2008 塑料 多用途试样(ISO 3167:2002,IDT)
- GB/T 15596—2009 塑料在玻璃下日光、自然气候或实验室光源暴露后颜色和性能变化的测定(ISO 4582:2007,IDT)
- GB/T 16422.2—2014 塑料 实验室光源暴露试验方法 第2部分：氙弧灯(ISO 4892-2:2006,IDT)
- GB/T 16422.3—2014 塑料 实验室光源暴露试验方法 第3部分：荧光紫外灯(ISO 4892-3:2006,IDT)
- 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(ISO 4892-4:2004,IDT)

GB/T 16422.1—2019/ISO 4892-1:2016

本部分由中国石油和化学工业联合会提出。

本部分由全国塑料标准化技术委员会(SAC/TC 15)归口。

本部分起草单位:广州合成材料研究院有限公司、天津金发新材料有限公司、北京天罡助剂有限责任公司、山东天壮环保科技有限公司、ATLAS 亚太拉斯材料测试技术有限公司、新疆吐鲁番自然环境试验研究中心。

本部分主要起草人:刘煜、陶四平、刘罡、王丽红、程舸、郭春云、王浩江、李晟、李维义、王飞、刘飞。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB/T 16422.1—1996、GB/T 16422.1—2006。

引 言

塑料在室内外使用时,经常长期暴露在太阳辐射或玻璃后太阳辐射下,因此,测定太阳辐射、热、湿度及其他气候因素对塑料颜色和其他性能的影响非常重要。ISO 877(所有部分)^[1]描述了太阳辐射和玻璃过滤太阳辐射下的户外暴露试验。然而,为更加快速地测定辐射、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。在实验室设备中的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。

因为加速气候老化或人工加速辐射暴露与实际使用条件的差异,且实验室试验不能确切再现实际使用条件下塑料所受的全部暴露因素,所以很难使两种暴露试验结果相关联。没有任何单一的实验室暴露试验可以完全模拟实际使用的暴露条件。

由于紫外线辐射、潮湿时间、温度、污染及其他因素的差异,实际使用条件下材料的相对耐久性会随不同的地区而大不相同。因此,即使发现一个特定的加速气候老化或人工加速辐射暴露试验结果被用来比较在某一室外或实际使用条件下暴露的材料的相对耐久性,也不能认为此结果适用于判定在另一不同的室外或不同实际使用条件下暴露的材料的相对耐久性。

塑料 实验室光源暴露试验方法

第 1 部分:总则

1 范围

GB/T 16422 的本部分提供了有关在后面各部分详细描述暴露方法中选择和实施的资料和总则,也描述了塑料实验室光源暴露设备的一般性能要求,以供人工加速气候老化或人工加速辐射设备生产商参考。

注:本部分中的术语“光源”是指发射紫外、可见光、红外或这三种类型辐射任意组合的辐射源。

本部分还提供了人工加速气候老化或人工加速辐射暴露试验数据说明的资料。更多有关测定暴露后塑料性能变化和结果表示方法的资料见 ISO 4582。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 291 塑料 试样状态调节和试验的标准环境(Plastics—Standard atmospheres for conditioning and testing)

ISO 293 塑料 热塑性塑料材料试样的压塑(Plastics—Compression moulding of test specimens of thermoplastic materials)

ISO 294-1 塑料 热塑性塑料材料注塑试样的制备 第 1 部分:一般原理及多用途试样和长条试样的制备(Plastics—Injection moulding of test specimens of thermoplastic materials—Part 1: General principles, and moulding of multipurpose and bar test specimens)

ISO 294-2 塑料 热塑性塑料材料注塑试样的制备 第 2 部分:拉伸小样条(Plastics—Injection moulding of test specimens of thermoplastic materials—Part 2: Small tensile bars)

ISO 294-3 塑料 热塑性塑料材料注塑试样的制备 第 3 部分:小方试片(Plastics—Injection moulding of test specimens of thermoplastic materials—Part 3: Small plates)

ISO 295 塑料 热固性塑料试样的压塑(Plastics—Compression moulding of test specimens of thermosetting materials)

ISO 2818 塑料 试样的机加工制备(Plastics—Preparation of test specimens by machining)

ISO 3167 塑料 多用途试样(Plastics—Multipurpose test specimens)

ISO 4582 塑料 暴露于玻璃下日光或自然气候或人工光后颜色和性能变化的测定(Plastics—Determination of changes in colour and variations in properties after exposure to daylight under glass, natural weathering or laboratory light sources)

ISO 4892-2 塑料 实验室光源暴露试验方法 第 2 部分:氙弧灯(Plastics—Methods of exposure to laboratory light sources—Part 2: Xenon-arc lamps)

ISO 4892-3 塑料 实验室光源暴露试验方法 第 3 部分:荧光紫外灯(Plastics—Methods of exposure to laboratory light sources—Part 3: Fluorescent UV lamps)

ISO 4892-4 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 9370 塑料 气候试验辐照量的仪器测定 总则和基本试验方法(Plastics—Instrumental determination of radiant exposure in weathering tests—General guidance and basic test method)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

注：其他有关气候老化测试术语的定义在参考文献[2]中找到。

3.1

对照物 control

〈气候老化测试〉一种与试验材料有相似成分和结构,并同时暴露后与其进行比较的材料。

注：例如当需评价的配方与当前使用配方不同时则需用对照物,这种情况下对照物由原始配方的塑料制备。

3.2

存放样品 file specimen

存放在稳定的条件下用来比较暴露前后性能变化的部分试验材料。

3.3

人工加速气候老化 artificial accelerated weathering

材料在实验室气候老化设备中的暴露。与在户外或使用环境暴露条件相比,该暴露条件可以是循环的和加强的。

注 1：该暴露条件包括实验室辐射源、热和水分(形式可以是相对湿度和/或水喷雾、凝露或浸润),以更快产生在户外暴露条件下的相同变化。

注 2：该设备可包括控制和/或监测光源和其他老化参数的手段,同时也可包括比如用于模拟工业气体的酸喷雾等特殊条件的暴露。

3.4

人工加速辐射 artificial accelerated irradiation

材料在模拟窗玻璃过滤后太阳辐射或室内照明辐射的实验室辐射源下的暴露。在该条件下试验在温度和相对湿度上受到相对小的变化,以更快产生在室内环境条件下材料发生的相同变化。

注：这类暴露通常可被用于褪色或耐光测试。

3.5

参照材料 reference material

一种已知性能的材料。

3.6

参照样品 reference specimen

用来暴露的参照材料的一部分。

4 原理

4.1 概要

样品在受控的环境条件下进行实验室光源暴露试验。描述的方法包括可满足测量样品表面辐照度和辐照量、指定白板和黑板温度、室内空气温度和相对湿度的要求。

4.2 意义

4.2.1 当利用实验室光源进行暴露时,考虑加速试验条件模拟被测塑料实际使用环境的程度十分重要。此外,在安排暴露试验和解读人工加速气候老化或人工加速辐射暴露试验结果时,考虑加速试验与

实际暴露间差异的影响非常必要。

4.2.2 没有一种实验室暴露试验能完全模拟实际使用条件。只有当特定被测材料的等级相关性已建立并且降解类型和机理相同时,才能认为这些人工加速气候老化或人工加速辐射暴露试验的结果能反映实际使用暴露的特征。由于不同地区紫外线辐射、潮湿时间、相对湿度、温度、污染物及其他因素的差异,材料在实际使用条件下的相对耐久性会随不同的地点而明显不同。因此,即使根据本标准进行的某个特定暴露试验结果能够用于某一环境下暴露的材料相对耐久性的比较,也不能认为该结果能够用来判定相同材料在另一不同环境下的相对耐久性。

4.2.3 虽然人工加速老化或人工加速辐射暴露试验中“ x ”小时或兆焦辐照量与实际暴露“ y ”月或年相关的“通用加速因子”看似诱人,但并不适用于所有材料。此类加速因子不适用有如下几个原因。

- a) 加速因子对材料有依赖性,会随材料的不同及相同材料而配方不同产生显著差别。
- b) 实际使用和人工加速气候老化或人工加速辐射暴露试验中降解速率的差异会对加速因子的计算产生很大的影响。
- c) 以实验室光源与太阳辐射(甚至在使用相同的带通的情况下)间的辐照度比率为基础算出的加速因子,没有考虑温度、湿度的影响和实验室光源与太阳辐射之间相对光谱辐照度的差异。

注:加速因子对于配方明确的材料确定是有效的,但其仅仅是基于足够数量的独立户外或室内环境试验与人工加速气候老化或人工加速辐射暴露试验数据以确保能够用统计方法分析每个暴露中与破坏和时间有关的结果。参考文献[3]描述了一个利用多次实验室和实际暴露试验数据对加速因子进行统计分析的例子。

4.2.4 许多因素都可能降低实验室光源加速试验与户外暴露间的相关性(有关每种因素如何改变材料稳定等级的具体资料参见附录 A):

- a) 实验室光源与太阳辐射相对光谱辐照度的差别;
- b) 高于实际使用条件的辐照度;
- c) 实验室光源连续暴露周期试验没有任何暗周期;
- d) 高于实际温度的样品温度;
- e) 导致与事实不符的深浅色样板之间温度差异的暴露条件;
- f) 导致样品温度频繁高低循环或造成不切实际的热冲击的暴露条件;
- g) 与实际不符的加速试验湿度;
- h) 生物因素、污染物或酸性降雨或凝露的缺乏。

4.3 实验室光源加速老化试验的应用

4.3.1 按本标准实施的人工加速气候老化或人工加速辐射暴露试验结果可以用于比较不同材料间的有关性能。但材料间的比较只有当其在同一暴露设备中同时试验时才有效。结果可以通过比较材料的特定性能下降到某一特定水平所需的暴露时间或辐照量来表示。一种常见的应用是确定不同批次材料的质量水平与已知性能的对照物是否相同。

4.3.1.1 为了比较试验材料与对照物的性能,着重推荐每个试验至少有一个对照物。所选对照物应具有相似的组成和结构以使其失效模式与被测材料相同。最好采用两个对照物:一个耐久性较好,另一个较差。

4.3.1.2 为获得统计估算结果,每一对照物和被评价的试验材料的平行试验数量要足够多。除非另有规定,否则全部试验材料和对照物至少要进行三次平行试验。进行破坏性试验测试材料性能时,每个暴露期都需要一组独立的样品。

4.3.2 在某些规范试验中,试验材料与气候老化参照材料(如蓝色羊毛织物)同时暴露。试验材料的某一性能或多项性能测试是在参照材料的规定性能达到某一水平后进行的。如果参照材料的成分有别于试验材料,它可能会对导致试验材料失效的暴露作用因素不敏感,或者会对影响试验材料作用很小的暴露作用因素很敏感。参照材料的结果变化可能会远远不同于试验材料。当参照材料作为对照物或用于

决定暴露时间长短时,参照材料与试验材料的所有这些差别会导致错误的结果。

注 1: 适用于气候老化试验的对照物与参照材料的定义见第 3 章。

注 2: 气候老化参照材料也可用于监测某一暴露试验操作条件的一致性。有关用于该目的的参照材料的选择和表征可参考文献[4]。参考文献[5]描述了运用一种特定聚乙烯气候老化参照材料的羰基指数变化来监测自然气候和人工加速气候老化暴露条件的方法。

4.3.3 在某些规范试验中,试验样品性能的评价是在一组规定条件的试验周期下,经过特定暴露时间或辐照量后进行的。除非一个特定暴露周期和性能测试方法造成的影响的再现性已被确定,否则按照本标准进行的任何加速暴露试验结果均不能根据指定暴露时间或辐照量达到后的特定性能水平来确定材料的“合格或不合格”。

5 实验室暴露设备要求

5.1 辐照度

5.1.1 实验室光源用于提供试验样品的辐照度。在 ISO 4892-2、ISO 4892-3 和 ISO 4892-4 中分别用氩弧灯、荧光紫外灯和开放式碳弧灯提供样品的辐照度。

5.1.2 暴露设备应提供样品及特定感测元件的安放位置,以确保从辐射源处获得相同的辐照度。

注: 人工加速气候老化设备产生的光谱辐照度是非常重要的。理想情况下,该设备产生的相对光谱辐照度将与太阳光辐射非常接近,尤其是在短波紫外线区域。附录 B 提供了重要的基准太阳光谱信息,可以用来比较人工加速暴露产生的光谱辐照度与太阳光辐射的区别。本标准后续部分包含了所描述的设备产生的相对光谱辐照度的具体要求。

5.1.3 暴露设备的设计应确保在样品暴露区域任何位置的辐照度至少为此区域最大辐照度的 70%。设备制造商提供的辐照度均匀性的测试方法见附录 C。

注: 暴露设备内的辐照度均匀性依赖于几个因素,如在光学系统及箱体内壁上形成的沉淀物。此外暴露试验样品的种类和数量也能够影响辐照度均匀性。制造商承诺的辐照度均匀性适用于新设备及明确规定的测试条件。

5.1.4 如果样品暴露区域内任何位置的最小辐照度在最大辐照度的 70% 到 90% 之间,则应对试样进行周期性的位置变换以减少辐射量的差异。位置变换方法和时间表应由所有相关方协商一致。

注: 参考文献[6]描述了用于减少试样在暴露过程中应力变化的差异的几种可能的方法,包括重复样品的随机放置。

5.1.5 如果样品暴露区域内任何位置的辐照度均至少为最大辐照度的 90%,则暴露过程不必进行样品位置的周期性变换以确保均匀的辐射量。尽管试样的周期性位置变换可能不是必要的,但这仍然是一种良好的做法,可以确保试样在暴露期间应力的变化保持在最低限度。

注 1: 根据材料的特殊敏感性,试样的周期性位置变换可将暴露过程中的应力变化程度降至最低。

注 2: 重复样品的随机放置也是一个降低暴露区域中暴露条件变化影响的有效途径。

5.1.6 按照设备制造商的说明书进行灯和滤光器的更换以及灯和/或滤光器的预老化。

5.1.7 符合 ISO 9370 要求的辐照仪可以用来测试样品表面辐照度 E 或光谱辐照度 E_{λ} 及辐照量 H 或光谱辐照量 H_{λ} 。

5.1.7.1 如果使用辐照仪,则应将其安装在能够获得与样品表面相同辐照度的位置。如果没有安装在样品平面内,则应有一个足够大的观察区间,并校准至与样品相同距离的辐照度。辐照仪应采用一个与测试所用的同一类型的光源滤波器组合进行校准,或已考虑适当的光谱失配因子。辐照仪应在所用光源的发射区域内校准,应根据辐射测试设备制造商的说明书进行校准检查。应该由一个可追溯的公认辐射标准机构对辐照仪至少每年进行一次全面校准。建议进行更频繁的校准。

对于荧光紫外 B 灯,场辐照仪应采用与测试所用灯具有相同光谱能量分布的紫外 B 灯进行校准。

注 1: 参考文献[7]对利用光谱辐照仪校准辐照仪提供了具体指导。该方法也可用于仪器辐照仪的校准。

注 2: 场辐照仪和参照辐照仪的定义参照 ISO 9370。

5.1.7.2 进行辐照度测试时,应将相关方商定后的所用波长范围写入报告中。有些类型的设备提供了测试特定波长范围(如 300 nm~400 nm 或 300 nm~800 nm)或以一个单波长(如 340 nm)为中心的窄波带的辐照度。

5.2 温度

5.2.1 被暴露材料的表面温度主要依赖于辐射吸收量、样品的辐射率、样品内部的导热率以及样品与空气或样品与样品架之间的热传导。因为监测单个样品表面温度不切实际,所以使用特定的黑板传感器来测量和控制暴露箱内温度。黑色表面温度传感器的黑板应安装在试样暴露区域内,以使其在相同的平面和方向接受的辐照及冷却条件与试验平板表面相同。对于三维试样,黑板应安装在最能代表试样核心表面的大部分的平面和方向内或在试样核心原表面的平面内。

5.2.2 可以使用的两类黑色表面温度传感器:黑标温度计(BST)和黑板温度计(BPT)。

5.2.2.1 黑标温度计由一块厚度为 0.5 mm~1.2 mm 的不锈钢平板组成。典型的长度和宽度约为 70 mm×40 mm。平板对着辐射源的一面应涂覆有良好耐老化黑色涂层。对于不大于 2 500 nm 的波长,涂覆后的黑板应反射不超过总入射光通量的 10%。热敏元件例如铂电阻传感器应连接在平板背着辐射源一面的中心位置,同时热敏元件与平板之间应保持良好的热传导。钢板的金属面应安装在一块 5 mm 厚的未填充聚偏氟乙烯(PVDF)底座上,底座上应加工成有足以容纳铂电阻传感器的空间。传感器与 PVDF 板凹槽间的距离约为 1 mm。PVDF 板的长度和宽度应足够大以确保涂黑金属板与底座支架间不存在金属之间的热传导。绝缘黑板的金属支架与金属板的边缘至少相距 4 mm。只要暴露设备达到设定的稳定温度和辐照度时,所选用的另一结构的温度计指示的温度为上述指定结构温度计所示温度±1.0℃以内,不同结构的黑标温度计也可使用。其他结构黑标温度计达到稳定状态所需的时间与指定黑标温度计达到稳定状态所需时间的差异应在±10%以内。

注:黑标温度计有时被称为隔热黑板温度计。

5.2.2.2 黑板温度计由耐腐蚀金属平板组成。典型尺寸分别为长 150 mm、宽 70 mm、厚 1 mm。平板对着辐射源的一面应涂覆具有良好防老化性的黑色涂层。对于不大于 2 500 nm 的波长,涂覆后的黑板应反射不超过总入射光通量的 10%。热敏元件应紧固在暴露表面中心位置。它可以是一个涂黑杆状双金属盘式传感器、电阻传感器、电热调节器或热电偶。金属板背面应露置在空气中。

注 1:当对流冷却同时从两边起作用时,安装的空间位置会影响黑板温度计的稳定性。

注 2:黑板温度计有时被称为非隔热黑板温度计。

5.2.2.3 除非另有规定,温度应采用上述两种温度计测量。如果用其他方法测量黑板或白板温度,黑板或白板的确切结构应包括在测试报告中。

5.2.3 黑板或黑标温度计的指示温度依赖于实验室光源产生的辐照度和暴露箱内的温度及空气流动速度。黑板温度通常与背面没有隔热的金属板黑色涂层的温度相当。黑标温度通常与导热性差的黑色样品暴露表面温度相当。在典型暴露试验条件下,黑标温度计的指示温度将比黑板温度计的指示温度高 3℃~12℃。黑板温度与黑标温度之间的实际差异应针对每种暴露条件来确定。因为黑标温度计有隔热设计,所以对温度变化的响应时间略慢于黑板温度计。

5.2.4 在辐射量较少时,黑板或黑标温度计的指示温度与样品真实温度的差别可能较小。当使用红外线发射量很少的辐射源进行试验时,两种温度计的指示温度或深浅色样品间的温度差别将会很小。

5.2.5 为评估被暴露样品表面温度范围,更好地控制暴露箱内的辐照度或试验条件,除使用黑板或黑标温度计外,推荐使用白板或白标温度计。白板或白标温度计的制备应与相应的黑板或黑标温度计相同,不同之处是使用白色耐老化涂层。白色涂层对 450 nm~800 nm 波的反射率应至少为 60%,对 800 nm~1 500 nm 波的反射率应至少为 30%。

5.2.6 暴露设备制造商应确保其设计的暴露设备满足本部分的要求,黑色或白色温度传感器在其工作位置运行时,对温度的控制需满足表 1 的要求。这些要求适用于稳定状态。

表 1 黑色或白色温度传感器在其工作位置运行时的温度设定值要求

温度设定值	传感器在工作位置运行时的温度允许偏差
$\leq 70\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$
$> 70\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 4\text{ }^{\circ}\text{C}$

5.2.7 暴露设备制造商应确保其设计的暴露设备满足本部分的要求,黑色或白色温度传感器在其允许暴露区域内任何位置运行时,对温度的控制需满足表 2 的要求。这些要求适用于稳定状态。

表 2 黑色或白色温度传感器在其允许暴露区域内任何位置运行时的温度设定值要求

温度设定值	传感器在允许暴露区域内任何位置运行时的温度允许偏差
$\leq 70\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$
$> 70\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 7\text{ }^{\circ}\text{C}$

注:对于某些材料,在允许温度范围内运作的设备间可能产生降解速率的差异。在暴露过程中试样的周期性位置变换或重复样品的任意放置可减少暴露区域内的温度差异造成的变化。

5.2.8 试验报告中应写明所使用的是黑标温度计还是黑板温度计,是白标温度计还是白板温度计。

注:不同的温度可能由单一类型的黑标温度计或黑板温度计显示,这取决于不同制造商提供的设备的具体设计。

5.2.9 如果测量暴露箱内的空气温度,温度传感元件应屏蔽辐射源和水喷雾。在这个位置测试的箱体空气温度可能与暴露试样表面附近的箱体空气温度不同。控制箱体空气温度设备的制造商应确保它们的设备在设置点温度不大于 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,平衡状态下测量箱体内的空气温度变化在 $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以内,设置点温度大于 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,温度变化在 $\pm 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以内。

5.2.10 用于测量暴露箱内空气温度的温度传感器,需依照传感器制造商的操作说明至少每年进行一次校准。

5.3 湿度和润湿

5.3.1 样品被暴露面上湿气的存在,尤其是长湿周期和干湿周期期间的循环变化,可能对实验室加速暴露试验产生严重影响。根据本标准安装的用来模仿湿气影响的任何设备应有以下一种或多种向样品提供湿气的方法:

- a) 使箱内空气润湿;
- b) 形成凝露;
- c) 喷淋水;
- d) 浸润。

5.3.2 水纯度

5.3.2.1 对于氙弧灯和碳弧灯仪器,样品喷淋用水的纯度非常重要。如果未经适当处理除去水中的阳离子、阴离子和有机物,尤其是硅,则被暴露样品将产生在户外暴露时所不出现的污点。除非另有说明,否则样品的喷淋用水中最大固含量为 $1\text{ }\mu\text{g/g}$,最大硅含量为 $0.2\text{ }\mu\text{g/g}$ 。蒸馏或去离子与反渗透的结合使用是获得理想纯度水的有效方法。如果样品喷淋用水的固含量大于 $1\text{ }\mu\text{g/g}$,则应记录其固含量及硅含量。除非循环水的纯度能够达到以上纯度要求,否则不推荐对样品喷淋用水进行循环使用。

5.3.2.2 与氙弧灯和碳弧灯仪器相比,荧光紫外灯仪器喷淋用水的纯度没那么苛刻。因此,试验板应采用溶解性固含量在 $2.0\text{ }\mu\text{g/g}$ 以内,悬浮硅含量小于 $0.5\text{ }\mu\text{g/g}$ 的已纯化喷淋用水进行喷淋。

5.3.3 如果发现暴露后的样品有沉淀物或污点,则应检测水的纯度是否满足 5.3.2 要求。在有些情况

下,被暴露样品可能被在喷淋用纯化水中所生长的细菌产生的沉淀物污染。如果检查出是细菌产生的污染,应使用有氯化作用的溶液如次氯酸钠对整个样品喷淋水系统进行冲洗,并在重新暴露前用清水进行彻底清洗。

5.3.4 尽管喷淋用水的电导率并不总与硅含量相关,但推荐对其进行连续监测,并且无论何时只要电导率超过 $5 \mu\text{S}/\text{cm}$,就应停止暴露。

5.3.5 样品喷淋设备的所有部件应由不锈钢或对水不造成污染的其他材料制成,因为有些材料能够吸收紫外线或在试样上形成与实际不符的沉淀物。

5.3.6 如需湿度控制,测湿传感器应安装在空气流动且避免直接的辐照和水喷淋的位置。在控制湿度时,测定的相对湿度应维持在设定湿度的 $\pm 10\%$ 以内。

如需湿度控制,湿度传感器应依照暴露设备制造商的使用说明至少每年进行一次校准。

5.3.7 以任何方法提供暴露试样周期性润湿功能的设备,均应有办法预设润湿和非润湿时间。

5.4 暴露设备的其他要求

5.4.1 尽管实际应用中会使用到多种设计的暴露设备,但每种设备均应满足以下要求。

5.4.1.1 模拟光照和暗周期影响的任何设备应有能设定辐射或非辐射时间程序的电子控制装置或机械装置。

5.4.1.2 制造商应确保其暴露设备能控制不同暴露条件下各周期的时间。每个暴露周期长度应控制在所采用的最短暴露时间的 $\pm 10\%$ 以内。最好使用精确度和重复性尽可能高的计时器。也可以提供记录每个测试周期长度的方法。

5.4.2 为满足特定的试验过程要求,设备需有指示或记录以下操作参数的功能:

- a) 电源电压;
- b) 灯功率;
- c) 灯电流;
- d) 在通带内使用的光谱辐照度(综合光谱辐照度)和辐照量。

6 试样

6.1 形状和制备

6.1.1 试样的制备方法能够对其表观耐久性产生显著影响,因此试样制备方法应经过相关方协商,最好紧密结合材料在典型应用中的常用加工方法。试验报告中应包括试样制备方法的完整描述。

6.1.2 试样尺寸通常在暴露后相应的性能测试方法中有规定。当要测定特定类型的制品性能时,在可能情况下应暴露制品本身。

6.1.3 如果被测材料是粒状、碎片状、粉末状或其他原料状态挤出或模塑成型后的聚合物,那么被暴露样品应从以适当方法制备的片材上裁取。样品的确切形状及尺寸按照相关性能的特定测试方法确定。从片材上或制品上加工或裁取单个样品的方法可能影响性能测试结果,并且因此影响样品的表观耐久性。试样的制备方法见 ISO 293、ISO 294-1、ISO 294-2、ISO 294-3、ISO 295 和 ISO 3167。

6.1.4 在某些情况下,需要从暴露后的大样中裁取单个样品进行性能测试。例如,对边缘易分层的材料,需要以大片材形式暴露后进行取样。从暴露后的片材中裁取和制备样品的方法对单个样品性能的影响会更大,此裁样方法对于暴露后易脆化材料的影响尤其明显。ISO 2818 描述了样品的机械加工制备方法。当这一制备方法被特别指明时,只能从已暴露大样上裁取单个试样进行性能测试。

当从已暴露片材或大制品上裁取试样时,最好在离固定材料的夹具或暴露样品边缘至少为 20 mm

的区域内选取。在样品制备过程中决不能去除样品暴露面的任何部分。

6.1.5 当在暴露试验中进行试样比较时,应使用尺寸及暴露面积相似的试验样品。

6.1.6 标签测试和对照样品使用的标记在暴露试验中不会变得模糊且不会影响所需性能的测试。

注:关于这部分的指导见参考文献[11]。

不要将裸露的皮肤与试样的暴露面或设备的光学部件接触,因为这有可能将油脂转移到它们上面,而这些油脂可能起到紫外线吸收剂的作用或含有影响降解的污染物。

6.2 试样数量

6.2.1 每一组试验条件或每一个暴露周期的试样数量应在暴露后性能测试方法中规定。

就力学性能的测试而言,推荐暴露试样的数量为相关国家标准要求的2倍(这是因为在测试气候老化后材料的力学性能时会产生较大的标准偏差)。

6.2.2 如果性能测试方法没有规定暴露试样的数量,推荐每种材料每个暴露阶段所需的重复样品最少为3个。

6.2.3 当通过破坏性试验进行试样性能测试时,所需试样总数应由暴露阶段数以及非暴露存放样品是否与暴露试样同时试验来确定。

6.2.4 每个暴露试验最好包括已知耐久性的对照物材料。推荐同时使用耐久性较差和较好的对照物材料。在进行实验室间比对前,所有相关方需就所用对照物材料进行协商,对照物材料样品数最好与所用试验材料样品数相同。

6.3 贮存与状态调节

6.3.1 除非合同或相关材料标准另有说明,否则从大样材上裁取或切割的试验样品应按照ISO 291进行状态调节。在某些情况下,为方便试样制备,可能需在裁取或切割前对片材进行预处理。

6.3.2 当利用试验来表征被暴露材料力学性能时,应在所有的性能测试前对样品进行适当的状态调节。所用条件见ISO 291。一些塑料的性能对水分含量非常敏感,并且状态调节的持续时间可能要比ISO 291规定的时间长,尤其是暴露在恶劣气候条件下的样品。

6.3.3 存放样品应避光保存在标准实验室环境中,最好是ISO 291规定的某一标准大气环境中。

6.3.4 某些材料,尤其是老化后的材料,在避光保存时会发生变色,因此其暴露表面一旦变干就必须尽快进行颜色测定或目测对比。

注:在某些情况下,在进行如24 h的状态调节后的颜色变化的附加评估,对判定样品从暴露箱中取出后的颜色是否稳定非常有用。

7 试验条件和步骤

7.1 暴露条件设定值

人工加速气候老化或人工加速辐射暴露试验的条件和步骤依赖于所选的特定试验方法。直接参照ISO 4892的合适部分(ISO 4892-2、ISO 4892-3、ISO 4892-4)或任何其他相关的国际标准。对于每一次暴露试验,诸如辐照度、温度和湿度等重要参数应采用具体的设定值。通常这些参数的测试和控制是在试验箱内的一个被称为控制点的单一位置处进行的。表3列出了暴露设备在稳定状态下运行时与设定值的最大允许偏差。

表 3 与暴露条件设定值的最大允许偏差

设定值参数	稳定状态下测试值与设定值的最大允许偏差
在单波长下测试的辐照度	$\pm 0.02 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{nm})$
在宽的通带(如 300 nm~400 nm)范围内测试的辐照度	$\pm 5 \text{ W}/\text{m}^2$
在很宽的通带(300 nm~800 nm)范围内测试的辐照度	$\pm 75 \text{ W}/\text{m}^2$
黑标温度计温度	设定温度 $\leq 70 \text{ }^\circ\text{C}$ 时, $\pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ 设定温度 $> 70 \text{ }^\circ\text{C}$ 时, $\pm 4 \text{ }^\circ\text{C}$
黑板温度计温度	设定温度 $\leq 70 \text{ }^\circ\text{C}$ 时, $\pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ 设定温度 $> 70 \text{ }^\circ\text{C}$ 时, $\pm 4 \text{ }^\circ\text{C}$
受控的暴露箱内空气温度	设定温度 $\leq 70 \text{ }^\circ\text{C}$ 时, $\pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ 设定温度 $> 70 \text{ }^\circ\text{C}$ 时, $\pm 4 \text{ }^\circ\text{C}$
受控的相对湿度	$\pm 10\%$
注: 通带的定义见 ISO 9370。	

注: 单点测试并不意味着整个暴露箱内的条件是相同的。也并不意味着在两个相似暴露设备中进行的两个试验会产生同样的结果。只通过黑标温度计或黑板温度计进行温度控制的暴露设备与同时或以其中一种方法控制空气温度的暴露设备不会产生相同的结果。

7.2 试验样品的性能测试

7.2.1 根据 ISO 4582 描述的步骤测试暴露前后试样的性能并表示暴露后性能的变化。测量试样性能的具体步骤需参照相关国家标准。

7.2.2 如果采用非破坏性试验测试材料性能,则应在开始暴露前进行。在每个暴露周期结束后测试同一性能。应注意每个暴露周期后在试样的相同位置测试同一性能。

注: 在每次使用测试仪器时能对参照或校准样品进行测试以监测所需性能测试仪器的灵敏度。

7.2.3 如果采用破坏性试验测试材料的性能,则每个暴露周期均需独立的一组试验样品。对每组被暴露样品进行性能测试。建议将暴露后的样品和由相同材料制成的一组存放样品同时进行测试并比较两者的性能值。或者,将被暴露样品在暴露前后的性能值进行比较。

8 暴露周期和试验结果评估

8.1 概要

根据本标准进行的暴露结果的重复性和再现性会随被测材料、被测性能、特定的试验条件和所用周期的不同而不同。

注: 在 ASTM 委员会 G3.03 进行的比对试验研究^[12]中,将相同的 PVC 样条在不同的实验室中进行暴露试验,采用相同试验设备和暴露周期,其 60°光泽度呈现出显著差异。这种在比对试验研究中表现出的变化限制了“绝对规范”的应用,例如要求在一个特定暴露周期后有特定的性能水平。

8.2 对照材料的使用

8.2.1 在大多数情况下,试验样品和对照样品的周期性评估有必要对性能变化方向与暴露间的关系进行评估。可对材料性能造成明确变化的时间或辐照量可用于对材料的耐久性进行评估或评级。该方法比评估任意时间或辐照量暴露后的材料更具优越性。

8.2.2 如果所有相关方协商一致或要求符合规范,那么任意时间或辐照量的暴露可用于特定测试的目

的。当选择使用单一时间或辐照量时,两个标准是至关重要的。

- a) 当使用最低可接受性能的对照材料时,暴露后结果的统计学分析应能说明试验材料优于或相当于对照材料。
- b) 相关性能的大幅度变化应产生于最不稳定的被评估材料中。

注:在一种材料中引起显著变化的暴露时间不能被认为适用于其他材料。

8.2.3 在对比试验材料和对照材料的暴露结果时可采用适当的统计学分析。当统计分析结果至少达到 90% 的置信水平时,试验材料和对照材料可被认为是不同的。

注:参考文献[13]提供了运用统计学方法分析人工加速气候老化或人工加速辐射暴露试验结果的内容。

8.3 规范中结果的使用

8.3.1 如果一般使用的国际标准或规范要求根据本标准的任何部分进行特定时间或辐照量的暴露后达到一个确定的性能水平,那么这个特定的性能水平应基于在循环式研究中得出的结论,这个循环研究需考虑暴露和相关性能测试方法引起的变化。循环研究应按照相关的循环暴露国际标准进行,并且应包括一个能够进行常规的暴露或性能测试的所有实验室或组织的统计代表样本。

8.3.2 如果在双方或三方之间使用的国际标准或规范要求根据本标准的任何部分进行特定时间和辐照量的暴露后有一个确定的性能水平,那么这个特定的性能水平应基于对每个实验室中至少两个独立的暴露试验结论的统计分析。用于确定规范的试验设计应考虑因暴露和相关性能测试方法而引起的变化。

8.3.3 在 8.1 中所述的相同的循环式研究说明实验室间一系列材料光泽度的重复性很高。如果根据本标准的任何部分进行暴露试验的结果的重复性并非通过循环式试验确定,材料的性能要求应根据与对照材料的比较(如等级)而规定。所用的对照材料的样品应与试样同时暴露于同一设备中。所用的特定对照材料应经相关方协商。

9 试验报告

试验报告应包括以下内容:

9.1 样品描述。

- a) 样品及其来源的完整描述;
- b) 复合环境细节、处理的时间和温度(适当情况下);
- c) 试样制备方法的完整描述。

注:如果暴露试验通过分包进行,则通常将样品编号。在这种情况下,委托方实验室有责任在试验报告中对样品进行完整描述。

9.2 根据 ISO 4892-2、ISO 4892-3 和 ISO 4892-4,暴露试验描述应包括:

- a) 暴露设备和辐照(光)源的描述,包括:
 - 1) 设备和辐照(光)源类型;
 - 2) 所用滤光器的描述;
 - 3) 如果需要,还应包括样品表面的辐照度(包括辐照度测试的带通);
 - 4) 暴露开始前滤光器和辐照(光)源的已被使用的小时数。
- b) 所用的黑色和(或)白色温度传感器类型及其未被安装在样品暴露区域时的确切位置。
- c) 如果需要,应包括测湿装置的类型。
- d) 所用暴露周期的完整描述,包括下述每个光照及暗周期内容:
 - 1) 所用黑色和/或白色温度传感器的设定值和与设定值的最大允许偏差(如与表 1 不同);
 - 2) 相对湿度的设定值和与设定值的最大允许偏差(如与表 3 不同);

- 3) 对于包含水喷淋周期的试验,应记录水喷淋的持续时间及水是被喷在样品的暴露面、背光面还是两面均喷淋(如果喷淋用水的总固含量超过 $1 \mu\text{g/g}$,应记录总固含量及硅含量);
 - 4) 对于样品上的凝露试验,应报告冷凝周期的设置长度;
 - 5) 光照及暗周期的时间。
- e) 暴露架上样品安放方法的描述,包括对用作试样衬垫的任何材料的描述。
 - f) 如果进行了样品位置的变换,应写明变换方法。
 - g) 如果使用辐照仪测试辐照量,则应包括对辐照仪的描述。

9.3 试验结果。

- a) 所有性能测试方法的完整描述。
- b) 根据 ISO 4582 所提出的,结论应包括:
 - 1) 试验样品的性能测试结果;
 - 2) 对照样品的性能测试结果;
 - 3) 如果测定了未被暴露的存放样品,则应包括其性能测试结果;
 - 4) 暴露周期(按小时计的时间或辐照能 J/m^2 以及测试所用带通)。

9.4 暴露试验日期。

附 录 A (资料性附录)

减少人工加速气候老化或人工加速辐射暴露与实际使用暴露之间相关性的因素

A.1 实验室光源与太阳辐射光谱分布的差异

在人工加速气候老化或人工加速辐射暴露试验中,有时采用比正常波长短的波长以获得较快的破损率。就室外暴露而言,通常认为短波紫外线的界限约为 300 nm。材料暴露在波长小于 300 nm 的紫外线下可能会发生其在户外使用时所不会发生的降解反应。如果人工加速气候老化或人工加速辐射暴露试验所用的实验室光源产生的紫外线波长比实际使用条件下的波长短,那么加速试验中试验材料的降解机理和稳定等级将会明显不同。

如果已知使被测材料产生相应降解的特定光线波段,则可能不需要模拟整个太阳辐射光谱。但是,在紫外或可见光谱区以外的狭窄波段内,实验室光源产生非常强烈的辐射,这可能产生一个较其他反应更为重要的特殊反应。此类光源也可能不产生在太阳辐射下暴露引起的变化。在仅产生紫外线的光源下暴露时可能不会出现太阳辐射下发生的褪色现象,但可能发生较太阳辐射下暴露更为显著的聚合物黄变现象。

A.2 高于实际使用条件的辐照度水平

实验室光源暴露试验一般采用高于平均实际使用条件的辐照度水平来加速降解。相对于实际使用环境条件,采用异常高的辐照度会改变材料的降解机理有两个主要原因(聚合物对辐照度响应的范围广泛^[14],且在对人工加速暴露和使用条件暴露下的结果进行比较时,这些差异能够改变材料的稳定等级)。

- a) 在室外暴露中,因吸收了高能量光子而处于激发态的聚合物一般会在吸收另一个高能量光子前衰变为基态。然而,在实验室光源暴露中能产生异常高的光通量,光子吸收速率非常高,只要聚合物处于激发态就会经常吸收高能量光子。^[15]
- b) 在紫外辐射下暴露的材料往往产生自由基。当自由基与材料相互作用时发生降解反应。在非降解反应中,自由基也能够与其他自由基相互结合。在高辐照度条件下产生的高浓度自由基由于相互距离很近其再结合率较高。在这种情况下,降解不是辐照度的线性函数。^[16]

此外,在异常高的辐照度(或异常高的样品温度)下进行加速试验时,氧气的扩散有时可能限制聚合物氧化的速度。^[17]这能够使降解反应机理产生不同,也可能导致表面向内部氧化率的异常,结果可能造成异常变色或物理性能的改变。

A.3 没有暗周期的光源持续暴露

常采用实验室光源持续暴露来实现相对于实际应用时的加速降解,然而,持续暴露可能会消除在室外暴露或室内使用中周期性无辐射时发生的临界暗反应。

A.4 异常高于实际使用条件的样品温度

在人工加速气候老化或人工加速辐射暴露试验中常采用高于实际使用条件的温度来获得较快的降

解。热效应的存在使得某些塑料远比其他塑料更易降解。对于具有相同光降解速率和类型的材料来说,暴露在异常高温条件下时,温度敏感性高的材料比温度敏感性低的材料耐久性差。此外,与暴露在低于玻璃化转变温度时相比,在高于玻璃化转变温度条件下暴露将显著地改变聚合物的降解机理及稳定等级。人工加速气候老化或人工加速辐射暴露试验中所用的黑板温度应维持在一个适当范围,通常不高于实际使用条件下的黑色样品表面温度的最大值。

A.5 使深浅色样品间产生与实际不符的温度差异的暴露条件

有些实验室光源产生大量红外线。为防止样品过热,经常通过使用红外吸收或反射滤光器来减少红外线,或向试验箱通入大量空气使试样降温。如果所用的方法不足以控制到达被暴露样品的红外线量,那么相同材料的深浅色样品间的温度差异将比自然暴露时更大。

有些实验室光源产生的红外线和可见光辐射很少。当使用这些光源时,深浅色试样间温度差异可能比室外暴露时小。

A.6 与实际使用条件不同的温度循环条件

通常高频率温度循环能够产生应力引发的裂纹或其他在使用条件下暴露时所看不到的降解类型。暴露设备对辐照中的样品进行水喷淋时,样品能够产生异常快速的温度变化从而也可能产生在实际使用环境中不产生的裂纹。

A.7 加速试验中与实际使用条件不符的湿气水平

湿气对很多聚合物降解的产生非常重要。如果湿气量或样品在受湿气影响的人工加速气候老化或人工加速辐射暴露试验中的暴露方式与实际使用条件下不同,那么降解机理和速率可能会有很大差别。这对材料耐候等级的影响非常大。

A.8 生物因素及污染物的缺乏

暴露在湿、热场所下的塑料经常会受到生物因素如真菌、细菌和藻类的迅速生长的作用。在某些户外环境中存在的污染物和酸性降雨会对某些塑料的降解机理和速率产生严重影响。如果在人工加速气候老化或人工加速辐射暴露试验中不包括这些影响,那么材料的机理和稳定等级可能明显不同于户外暴露时。

附录 B
(资料性附录)
太阳光谱辐照度标准

B.1 CIE 85:1989 表 4^[18] 定义的太阳光谱常作为基准用于比较太阳辐射和产生于人工加速气候老化或人工加速辐射暴露试验中的辐射,也被认为是 ISO 4892 标准的基准。在 CIE 85:1989 表 4 中,对于 1 个相对大气质量,1.42 cm 可降水及 0.34 cm 臭氧(1 大气压,0 °C 下测试)在 300 nm~2 450 nm 波段地面阳光辐照度为 1 090 W/m²。表 B.1 列出了在这些大气条件下在紫外光、可见光和红外光谱区地面阳光辐射的宽波段聚光光谱辐照度。它代表了被暴露材料在春分或秋分的一个晴天近午时的赤道水平面上所经受的最大地面阳光辐照度。

表 B.1 地面光谱辐照度(摘自 CIE 出版物 No.85:1989 表 4)

波长 nm	辐照度 W/m ²	300 nm~2 450 nm 总百分比	300 nm~800 nm 紫外和可见光百分比
300~320	4.1	0.4	0.6
320~360	28.5	2.6	4.2
360~400	42.0	3.9	6.2
300~400	74.6	6.8	11.0
400~800	604.2	55.4	89.0
300~800	678.8	62.2	100.0
800~2 450	411.6	37.8	
300~2 450	1 090.4	100.0	

B.2 用于人工加速气候老化或人工加速辐射暴露的直接来自氙灯、开放式碳弧灯、某些荧光灯和其他诸如汞灯或金属卤化物灯的辐射中含有大量太阳辐射中所不存在的短波紫外线。用滤光器对这些辐射源进行适当过滤能够去除大部分的短波辐射。但是,有些滤光器允许少量但重要的短波(小于 300 nm)射线通过。荧光灯因具有与太阳辐射的某一特定紫外区域相对应的光谱输出而被选用。氙弧被适当过滤后产生的辐照光谱能量分布能够很好地模拟通常太阳辐射的整个紫外及可见光区域。

B.3 CIE 85:1989 提供了典型气候条件下的太阳辐射光谱数据,可以作为比较实验室光源与日光的根据。用于滤波后的氙弧辐照数据见 CIE 85:1989 表 4。但是,1989 年出版的 CIE 85 有几个不足之处:地面太阳光谱能量分布从 305 nm 开始计算、波长增量相当粗略且计算标准不再有效。因此,已进行了几年的努力以修订 CIE 85。CIE 85:1989 表 4 中定义的参照光谱也能采用 SMARTS2 模型重新计算。^[19] 修订的基础是更新的测量和改进的计算模型(SMARTS2 模型^[20])。

最近,一个基于 2 000 m 高度处大气条件的替代标准太阳光谱已经开发。该太阳光谱的定义见参考文献[21]。参考文献[21]中定义的太阳光谱是采用 SMARTS2 太阳辐射模型^{[22][23][24]} 计算而得。参考文献[25]提供了计算太阳光谱辐照度的方法和文件资料。

SMARTS 光谱模型可以用来可靠的复制 CIE 85 中的数据表并与其保持一致。表 B.2 对 ASTM G177 和 CIE 85:1989 的表 4 中定义的标准太阳光谱的大气条件因素进行了比较。

表 B.2 用于 ASTM G177 和 CIE 85:1989 的表 4 中定义的太阳光谱的基本大气条件对比

大气和其他条件	ASTM G177 太阳光谱	CIE 85:1989,表 4 太阳光谱
臭氧层/(atm-cm)	0.30	0.34
可降水量/cm	0.57	1.42
海拔高度/m	2 000	0
倾角	面向赤道 37°	0°(水平)
相对空气质量	1.05	1.00
反照率(地面反射)	与辐照、土壤和波长相关	恒定在 0.2
气溶胶衰减	Shettle 和 Fenn 的乡村条件(与湿度相关)	相当于约 2.8 的林克浊度因子
500 nm 的气溶胶光学厚度	0.05	0.10

B.4 表 B.3 比较了 ASTM G177 和 CIE 85:1989 中表 4 定义的太阳光谱的辐照度(采用矩形积分计算)。

注: ASTM G177 列出了波长至 400 nm 的太阳辐射。但是用于形成 ASTM G177 紫外光谱的大气、位置地理纬度和其他条件被输入 SMARTS2 太阳辐射模型以生成全太阳光谱。生成的全谱数据用于比较 ASTM G177 和 CIE 85:1989 表 4 中的 400 nm 以上波长的太阳光谱辐照度。

表 B.3 ASTM G177 和 CIE 85:1989 中表 4 的太阳光谱辐照度对比

通带	ASTM G177 太阳光谱	CIE 85:1989,表 4 太阳光谱
规定通带内的辐照度/(W/m ²)		
$300 \leq \lambda \leq 320$	3.9	4.1
$320 < \lambda \leq 360$	26.1	28.5
$360 < \lambda \leq 400$	35.6	42.0
$300 \leq \lambda \leq 400$	65.6	74.6
$400 < \lambda \leq 800$	588.7	604.2
$300 \leq \lambda \leq 800$	654.3	678.8
$800 < \lambda \leq 2\ 450$	446.2	411.6
$300 \leq \lambda \leq 2\ 450$	1 100.5	1 090.4

附录 C
(规范性附录)

试样暴露区域内辐照度均匀性的测试规程

C.1 本附录是为实验室光源暴露材料的设备制造商提供的规范性附录。

C.2 将试样放在暴露设备内的排列架上,并使其围绕辐射源旋转[如图 C.1 中的 a)和 b)的中心所示],测试试样排列架上离辐射源最近的一个位置(图 C.1 中位置 A)及离辐射源最远的两个位置(图 C.1 中位置 B)处的辐照度。用放置于围绕辐射源旋转的排列架上的辐照仪测试的测量结果会给出最真实的辐照度均匀性指示。B 位置与 A 位置辐照度之间的关系如下:

$$E_B \geq 0.7E_A \quad \dots\dots\dots(C.1)$$

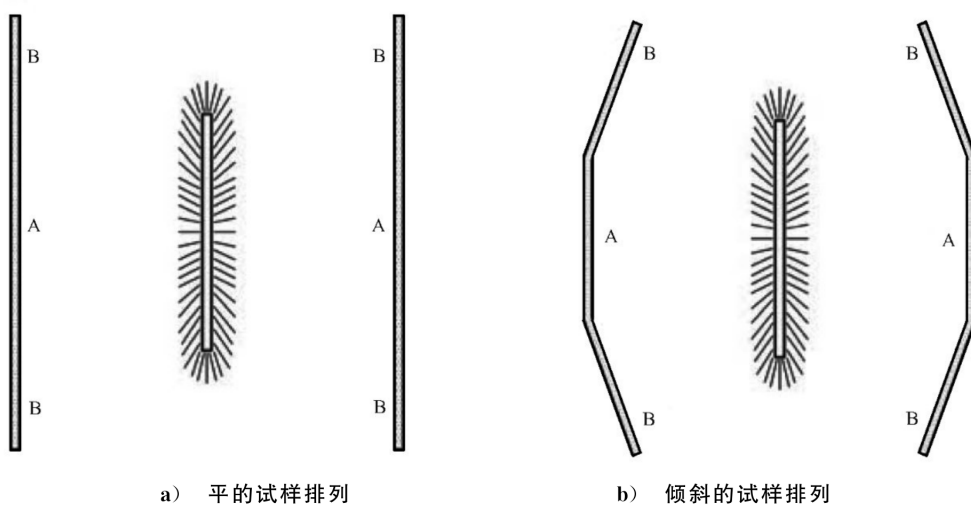


图 C.1 使用旋转样品架的设备中辐照度均匀性的测定

C.3 将试样放置在暴露设备辐射源前的平板上,测试试样平面内离辐射源最近处(见图 C.2 中位置 X)及两个对角点(见图 C.2 中位置 Y)处的辐照度。位置 Y 与 X 处的辐照度关系如下:

$$E_Y \geq 0.7E_X \quad \dots\dots\dots(C.2)$$

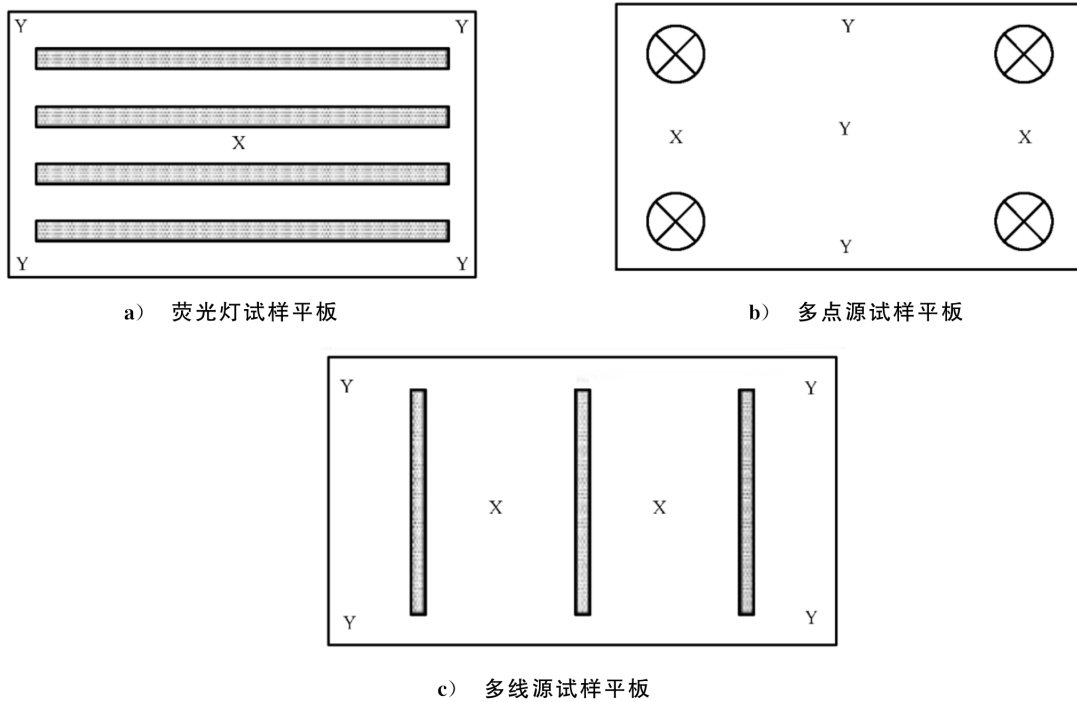
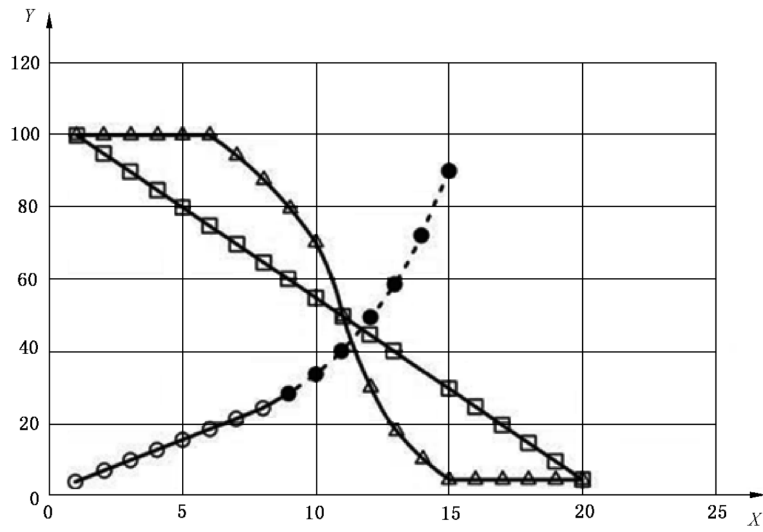


图 C.2 使用试样平板的设备中辐照度均匀性的测定

C.4 如果设备设计的最大辐照度不在暴露区域中心处,或最小辐照度不在离中心最远位置处,那么式(C.1)及式(C.2)中的 E_A 或 E_X 应为实际最大辐照度,而 E_B 或 E_Y 为最小辐照度。暴露区域其他位置辐照度的补充测试也需进行。然而,无论在任何情况下,这些位置所测得的辐照度应至少为最大辐照度的 70%。除非另有规定,否则应在暴露区域的外围(例如以荧光灯或线性光源为辐射源的试样平板的附近角落)至少进行四次测试。为更准确地定义 $E_X \geq E_Y$ 或 $E_B \geq E_A$ 的允许暴露区域,有必要进行远多于四次的测试。

C.5 作为辐照度测试的一个选择方案,如果热或水汽的影响与参照材料的老化无关或已知晓,可以通过选用参照材料来测试辐照度均匀性。参照材料的特性变化应是一个有关辐照量的已知函数(最好为线性),并且作为一个辐照量函数最好不应在性能变化很小时显示诱导期。图 C.3 是参照材料特征性能关于辐照量或辐照时间函数的典型曲线。首选在整个暴露周期内显示完全线性响应的参照材料。那些显示诱导期而随后显示一段时间快速变化的材料不推荐用作参照材料。开始为线性响应而随后显示为非线性响应的材料应仅用于其呈现线性响应的暴露时间段。参照材料样品应暴露在暴露区域中心处以及离中心最远处。所有样品应同时暴露。参照样品应暴露至监测特性发生可测量变化时为止。离暴露中心最远处参照材料的被测性能变化应至少为中心位置处的 70%。

注:辐照度的实际测试优于使用参照材料,因为参照材料暴露在暴露区域边缘及中心处的性能变化的不同可能会受到不同温度和(或)湿气条件的严重影响,因而所测得的辐照度一样受到影响。



说明：

X ——辐照量或辐照时间(任意单位)；

Y ——特征性能(任意单位)。

图 C.3 特征性能关于暴露条件函数的典型行为曲线：显示线性变化(方形符号)的参照材料、在性能开始变化前显示有诱导期(三角符号)的参照材料、开始显示为线性变化(空心圆圈)而随后出现非线性变化区域(黑色填充圆圈)的参照材料

参 考 文 献

- [1] ISO 877 (all parts) Plastics—Methods of exposure to solar radiation
- [2] ASTM G113 Standard terminology relating to natural and artificial weathering tests of nonmetallic materials
- [3] Simms J.A. Acceleration shift factor and its use in evaluating weathering data. *J. Coatings Technology*, 1987, 59 (748) pp. 45-53
- [4] ASTM G156 Standard practice for selecting and characterizing weathering reference materials
- [5] ISO/TR 19032 Plastics—Use of polyethylene reference specimens (PERS) for monitoring laboratory and outdoor weathering conditions
- [6] ASTM G151 Standard practice for exposing nonmetallic materials in accelerated test devices that use laboratory light sources
- [7] ASTM G130 Standard test method for calibration of narrow-and broad-band ultraviolet radiometers using a spectroradiometer
- [8] IEC 60751 Industrial platinum resistance thermometers and platinum temperature sensors
- [9] IEC 60584-1:1995¹⁾ Thermocouples—Part 1:Reference tables
- [10] ASTM E839 Standard test methods for sheathed thermocouples and sheathed thermocouple cable
- [11] ASTM G147 Standard practice for conditioning and handling of nonmetallic materials for natural and artificial weathering tests
- [12] Fischer R.M. Results of round-robin studies of light-and water-exposure standard practices. In: ASTM STP 1202, Accelerated and Outdoor Durability Testing of Organic Materials, (Ketola W.D., & Grossman D. eds.). ASTM International, West Conshohocken, 1993
- [13] ASTM G169 Standard guide for application of basic statistical methods to weathering tests
- [14] Fischer R., & Ketola W. Error analyses and associated risk for accelerated weathering results. In: Service Life Prediction: Challenging the Status Quo, (Martin J.W., Ryntz R.A., Dickie R. A. eds.). Federation of Societies for Coatings Technology, 2005
- [15] Schnabel W. Polymer Degradation: Principles and Practical Applications. Macmillan Publishing Co., Inc, New York, 1981, pp. 95-100
- [16] Grassie N., & Scott G. Polymer Degradation and Stabilization. Cambridge University Press, New York, 1985, pp. 75-76
- [17] Clough R.I., & Gillen K.T. Physical techniques for profiling heterogeneous polymer degradation. In: ACS Symposium Series 280, Polymer Stabilization and Degradation, (Klemchuk P., ed.), American Chemical Society, Washington, D.C., 1985
- [18] CIE Publication No. 85:1989 Solar spectral irradiance
- [19] Gueymard C. SMARTS2. A simple Model of the Atmospheric Radiation Transfer of Sunshine: Algorithms and Performance Assessment, Professional Paper FSEC-PF-270-95, Florida Solar Energy Center, 1679 Clearlake Road, Cocoa, FL, 1995, pp. 32922.

1) 已废止并被 IEC 60584-1:2013 替代。

[20] Schönlein A. Accelerated Weathering Test of Plastics and Coatings—New Technologies and Standardization, European Coatings Congress, Nuremberg, Germany, 2009

[21] ASTM G177 Standard tables for reference solar ultraviolet spectral distributions; Hemispherical on 37° tilted surface

[22] Gueymard C. Parameterized transmittance model for direct beam and circumsolar spectral irradiance. *Sol. Energy*. 2001, 71 (5) pp. 325-346

[23] Gueymard C .A., Myers D., Emery K . Proposed reference irradiance spectra for solar energy systems testing. *Sol. Energy*. 2002, 73 (6) pp. 443-467

[24] Myers D.R., Emery K., Gueymard C. Revising and validating spectral irradiance reference standards for photovoltaic performance evaluation. *Transactions of the American Society of Mechanical Engineers—J. Sol. Energy Eng.* 2004 Feb., 126 pp. 567-574

[25] ASTM Adjunct ADJG0173, SMARTS2 Solar Radiation Model for Spectral Radiation
