



中华人民共和国国家标准

GB/T 46539—2025

土工合成材料 抗紫外老化 性能试验 荧光紫外灯法

Geosynthetics—Test for UV aging resistance—Fluorescent UV lamp method

2025-10-31 发布

2026-05-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

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。

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。

本文件由中国纺织工业联合会提出。

本文件由全国产业用纺织品标准化技术委员会(SAC/TC 606)归口。

本文件主要起草单位：上海勘测设计研究院有限公司、三峡(上海)工程检测有限公司、中纺标检验认证股份有限公司、交通运输部公路科学研究所、中石化(北京)化工研究院有限公司、河海大学、东华大学、中交天津港湾工程研究院有限公司、三峡大学、山西省交通建设工程质量检测中心(有限公司)、上海市交通建设工程管理中心、新疆农业大学、阿美特克商贸(上海)有限公司、美国科潘诺实验设备公司上海代表处、天津市美特斯试验机厂、温州际高检测仪器有限公司、山东晶创新材料科技有限公司、上海同济检测技术有限公司、新疆交通规划勘察设计研究院有限公司、云南展鹏土工材料制造有限公司、欧特矿业(吉林)有限公司、山东东锆工程材料有限公司、泸州胜扬新材料有限公司、青岛旭域土工材料股份有限公司、浙江维美环保工程科技有限公司、江苏金霸环境技术股份有限公司、茂康材料科技(常熟)有限公司、昊博(山东)新材料科技有限公司。

本文件主要起草人：张鹏程、方远远、郑依铭、刘英、丁金海、吴海民、黄晨、郑爱荣、顾瑾、丁金华、谈云志、张军、邓华锋、孙志杰、张天祥、曹玲玲、孙杏蕾、臧祥力、仵建国、冯忠超、连萍、刘杰、吕建松、付泉阳、牛立锴、何万龙、郑鸿、胡益诚、陈锡明、唐胜、李伟、王肖浩博。



土工合成材料 抗紫外老化 性能试验 荧光紫外灯法

1 范围

本文件描述了土工合成材料在荧光紫外老化试验机中进行抗紫外老化的试验方法及老化前后性能的测定。

本文件适用于各类土工合成材料。

注：本方法的应用及局限性见附录 A。

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。

GB/T 3923.1 纺织品 织物拉伸性能 第 1 部分：断裂强力和断裂伸长率的测定（条样法）

GB/T 13760 土工合成材料 取样和试样准备

GB/T 15788 土工合成材料 宽条拉伸试验方法

GB/T 17689 土工合成材料 塑料土工格栅

GB/T 19466.6 塑料 差示扫描量热法（DSC） 第 6 部分：氧化诱导时间（等温 OIT）和氧化诱导温度（动态 OIT）的测定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

辐照度 irradiance

规定波长范围的单位面积的辐照通量。

注：单位为瓦特每平方米（W/m²）。

3.2

人工加速老化 artificial accelerated weathering

材料在实验室老化设备中暴露，结构发生变化、性能逐渐劣化的现象。

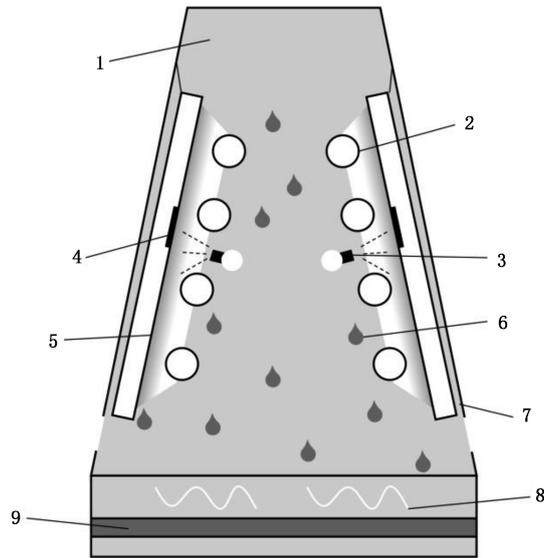
4 原理

在可控制环境的人工加速老化设备中进行试样的暴露试验，模拟自然条件下紫外辐射、热、湿度和/或水对材料的老化作用。通过测定试样人工加速老化前后相关性能（如拉伸强度、伸长率等）并计算其性能保持率，以表征材料的抗紫外老化性能。

5 试验设备

5.1 荧光紫外老化试验机构造

荧光紫外老化试验机应由惰性材料制成,安装有光源、辐照度传感器、温度计、润湿系统和试样架,具备控制辐照度、温度以及形成冷凝、喷淋(可选)的功能。示意图见图 1。



标引序号说明:

- 1——箱体;
- 2——光源;
- 3——喷淋装置(可选);
- 4——温度计;
- 5——试样架;
- 6——水蒸气;
- 7——冷却空气;
- 8——水源;
- 9——水加热装置。

图 1 典型荧光紫外老化试验机构造示意图

5.2 光源



5.2.1 荧光紫外灯发射光谱中紫外区域(即 400 nm 以下)的辐射至少占总辐射输出 80% 的荧光灯。本文件中所用的荧光紫外灯有以下两种类型。

- UVA-340 荧光紫外灯:在 300 nm 以下的辐射低于总辐射输出的 1%,并在 343 nm 处有发射峰峰值,用来模拟 300 nm~340 nm 的太阳辐射。UVA-340 荧光紫外灯的相对光谱分布应符合附录 B 中表 B.1 的要求,典型的 UVA-340 荧光紫外灯与基准光谱在 250 nm~400 nm 范围内的光谱辐照度对比见图 B.1。
- UVB-313 荧光紫外灯:在 300 nm 以下的辐射大于总辐射输出的 10%,并在 313 nm 处有发射峰峰值。UVB-313 荧光紫外灯的相对光谱分布应符合表 B.2 的要求,典型的 UVB-313 荧光紫外灯与基准光谱在 250 nm~400 nm 范围内的光谱辐照度对比见图 B.2。

注：UVB-313 荧光紫外灯能大量发射低于 295 nm 的辐射，有利于加快试样的老化速度，但可能导致自然环境中不会发生的老化过程。

5.2.2 光源应为一个或多个相同类型的荧光紫外灯。

5.2.3 光源的位置应正对试样，确保试样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%。

5.2.4 如果试样暴露区域内任何位置的辐照度小于最大辐照度的 90%，则应对试样进行周期性的位置变换，以减少辐射量的差异。先将最右侧的两个试样夹移到暴露区域的最左侧，再将其他试样依次移到右侧，如图 2 所示。

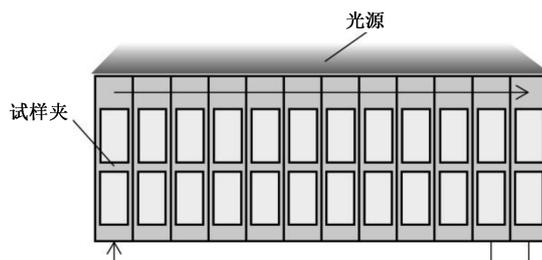


图 2 试样位置变换示意图

5.2.5 如果试样暴露区域内任何位置的辐照度至少为最大辐照度的 90%，无需对试样进行周期性的位置变换。

5.3 辐照度传感器

辐照度传感器应安装在能够获得与试样表面相同辐照度的位置，可监测和控制试样接收的辐射能量。

5.4 温度计

本文件中所用的温度计有以下两种类型。

——黑板温度计(BPT):由一块耐腐蚀金属平板组成。平板正对辐射源的一面应涂覆有良好耐老化黑色涂层。热敏元件固定在平板正对辐射源一面的中心位置。平板背对辐射源一面暴露在空气中。

——黑标温度计(BST):由一块厚度为 0.5 mm~1.2 mm 的不锈钢平板构成。平板正对辐射源的一面应涂覆有良好耐老化黑色涂层。热敏元件固定在平板背对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。平板背对辐射源一面安装在一块衬板上，衬板材质为厚度 5 mm 的未填充聚偏氟乙烯(PVDF)。

5.5 润湿系统

5.5.1 应提供使试样表面均匀润湿的方法，可通过冷凝装置、喷淋装置(可选)实现。

——冷凝装置:使试样的暴露表面(正面)形成明显凝露。冷凝装置通过加热水使热空气和蒸汽混合物充满腔室，试样背面受空气对流冷却，蒸汽在试样正面凝结。

——喷淋装置:使水雾均匀喷洒在试样暴露表面。

5.5.2 用水纯度要求:

——冷凝装置用水:自来水或去离子水;

——喷淋装置用水:电导率低于 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，不溶物含量小于 1 mg/L，二氧化硅含量低于 0.2 mg/L，不应在试样表面留下可见的污渍或沉积物。

5.6 试样架

试样架应由不会对暴露结果产生影响的惰性材料制成,放置有合适的试样夹固定土工合成材料试样。

6 试样

6.1 按 GB/T 13760 中规定准备试样,试样暴露面积应满足相关性能试验要求。

6.2 试样应制备两组。一组作为老化组试样,进行荧光紫外暴露;一组作为对照组试样,不进行荧光紫外暴露。两组试样应在材料纵、横向的同一轴线上邻近位置制备,示意图见图 3。试样数量、尺寸及制样方法根据荧光紫外老化前后需进行的性能试验参数和执行标准确定。表 1 给出了常见土工合成材料的性能试验参数和执行标准。

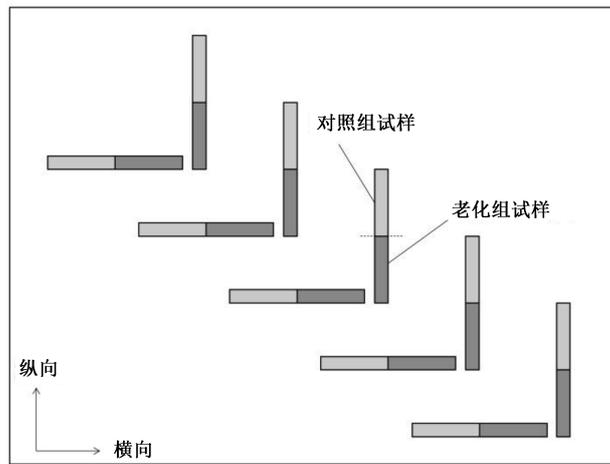


图 3 试样制备示意图

表 1 性能试验参数和执行标准

产品类别	性能试验参数 ^a	执行标准 ^a
土工织物	拉伸性能	GB/T 3923.1
复合土工膜	拉伸性能	GB/T 3923.1
土工膜	氧化诱导时间	GB/T 19466.6
土工格栅 ^b	拉伸性能(单肋法)	GB/T 17689
^a 土工合成材料的性能参数、试样规格和执行标准可根据相关方协商确定。 ^b 三向和四向土工格栅执行 GB/T 15788。		

7 试验步骤

7.1 将老化组试样夹持或嵌入紫外老化试验机试样夹,放置于试验机的试样架上,试样应不受任何外加应力。试样架未放满区域应放置空白试样夹。土工复合材料试样暴露面应与实际应用场景中材料暴

露面一致,使暴露面正对光源。对照组试样应避光存放备用。

7.2 根据表 2 或相关方协商的试验条件设置荧光紫外老化试验机,满足条件后开始抗紫外老化性能试验。

表 2 紫外老化试验条件

产品类别 ^a	暴露周期 ^b	灯管类型	辐照度	黑板温度 ^c	老化时间 ^d
土工织物	8 h 光照	UVA-340 荧光紫外灯	340 nm 处 0.76 W/(m ² ·nm)± 0.02 W/(m ² ·nm)	60 °C ± 3 °C	根据实际需要确定。推荐的试验时间为 120 h、144 h、168 h、240 h、456 h 或更长
	4 h 冷凝		关闭光源	50 °C ± 3 °C	
	4 h 光照	UVB-313 荧光紫外灯	310 nm 处 0.71 W/(m ² ·nm)± 0.02 W/(m ² ·nm)	60 °C ± 3 °C	
	4 h 冷凝		关闭光源	50 °C ± 3 °C	
土工膜	20 h 光照	UVA-340 荧光紫外灯	340 nm 处 0.78 W/(m ² ·nm)± 0.02 W/(m ² ·nm)	75 °C ± 3 °C	根据实际需要确定。推荐的试验时间为 480 h、960 h、1 440 h、1 920 h、2 400 h 或更长
	4 h 冷凝		关闭光源	60 °C ± 3 °C	
^a 暴露面为织物的土工合成材料可参照土工织物的老化试验条件执行,暴露面为其他材料的土工合成材料可参照土工膜的老化试验条件执行。 ^b 经相关方商定,可在暴露周期中增加喷淋要求。 ^c 经相关方商定,可用黑标温度计代替黑板温度计。 ^d 老化时间应为暴露周期的整数倍。					

7.3 将荧光紫外暴露完成的老化组试样与对照组试样置于相同环境中进行状态调节。

7.4 对老化组试样与对照组试样的性能进行试验,试验方法与数据处理按相关标准规定执行。

8 试验结果

按式(1)计算荧光紫外老化性能保持率,精确至一位小数。

$$R_T = \frac{T_e}{T_c} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

R_T —— 荧光紫外老化性能保持率;

T_e —— 老化组试样的性能试验结果;

T_c —— 对照组试样的性能试验结果。

注: 短时间的荧光紫外暴露可能改变土工合成材料微观结构,导致荧光紫外老化性能保持率大于 100%。

9 试验报告

试验报告应至少包括以下内容:

- a) 本文件编号;
- b) 紫外老化试验条件;

GB/T 46539—2025

- c) 试样描述；
- d) 性能试验方法及试验结果；
- e) 任何偏离本文件的细节；
- f) 试验起止时间。



附 录 A

(资料性)

应用及局限

- A.1 与日光下自然暴露相比,荧光紫外老化试验采用较短时间评估土工合成材料的抗紫外老化性能。
- A.2 土工合成材料的老化受使用环境中光降解、化学腐蚀、氧化、应力等多种因素影响,本文件仅模拟日光的紫外波段辐射、温度和湿润条件导致的老化,不能全面反映其工程应用中的真实表现。
- A.3 荧光紫外老化试验与自然暴露的相关性受诸多因素影响,包括:实验室光源与太阳光光谱分布存在差异;实验室使用高于实际应用环境的辐照度;实验室光源的暴露周期试验可能没有暗周期;与实际不符的试验温度和试验湿度;不同地区以及同一地区不同时间自然暴露试验(气候、云层遮盖、空气污染、纬度、入射角度)存在显著差异;其他实际使用条件(生物因素、污染物或酸性降雨等)的缺乏等。上述因素不利于将两种暴露试验结果相关联,因此本文件试验结果与自然暴露试验结果的比对建议谨慎解释。

附 录 B

(规范性)

荧光紫外灯光谱分布

B.1 表 B.1 给出了 UVA-340 荧光紫外灯相对光谱分布,表 B.2 给出了 UVB-313 荧光紫外灯相对光谱分布。

表 B.1 UVA-340 荧光紫外灯的相对光谱分布^{a,b}

光谱通带波长(λ) nm	最小限值 ^c %	与基准太阳辐射百分比 ^{d,e} %	最大限值 ^c %
$\lambda < 290$	—	0	0.1
 $290 \leq \lambda \leq 320$	5.9	5.9	9.3
$320 < \lambda \leq 360$	60.9	40.4	65.5
$360 < \lambda \leq 400$	26.5	53.8	32.8

^a 表中给出了在给定光谱通带内的辐照度占 290 nm~400 nm 间总辐照度的百分比。为检测一个典型的 UVA-340 荧光紫外灯是否符合表中要求,应测量 250 nm~400 nm 间的光谱辐照度,然后将每一通带内的总辐照度加和再除以 290 nm~400 nm 间的总辐照度。

^b 表中 UVA-340 荧光紫外灯的最小限值和最大限值是基于一组不同生产批次和不同使用期限的灯进行 60 多次光谱辐照度测量后得到的,这些灯的光谱辐照度数据在制造商允许的老化状况范围内。如果能够获得更多的光谱辐照度数据,极限值有可能微小变化。最小限值和最大限值相对于所有测量值的平均值的离差不低于 3 倍标准偏差。

^c 最小限值列的加和与最大限值列的加和不一定为 100%,因为其仅表示测量数据的最小值和最大值。对任一个光谱辐照度分布,表中各通带内计算得到的百分比加和为 100%。对于任一种类型的 UVA-340 荧光紫外灯,每个通带内百分比的计算值应落在表中给定的最小限值和最大限值之间。由于使用的 UVA-340 荧光紫外灯的光谱辐照度分布在允许范围内波动,能预料暴露试验结果会有差异。联系荧光紫外灯的制造商,获取所用 UVA-340 荧光紫外灯具体的光谱辐照度数据。

^d 基准太阳辐射数据来源于 CIE No.241。该数据是在相对空气质量为 1.0、臭氧含量在标准温度和压力下为 0.34 cm、水蒸气含量为 1.42 cm 可降水量、500 nm 波长处气溶胶消光光谱的光学深度为 0.1 时的水平面上测得。这些数据用作目标值仅供参考。

^e CIE No.241 中 CIE-H1 描述的基准太阳辐射,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)占总辐照度的 89%。荧光紫外灯的主要发射集中在 290 nm~400 nm 的通带范围内,因此其发射的可见光是有限的。

表 B.2 UVB-313 荧光紫外灯的相对光谱分布^{a,b}

光谱通带波长(λ) nm	最小限值 ^c %	与基准太阳辐射百分比 ^{d,e} %	最大限值 ^c %
$\lambda < 270$	—	0	0
$270 \leq \lambda < 290$	1.3	0	5.4
$290 \leq \lambda \leq 320$	47.8	5.9	65.9

表 B.2 UVB-313 荧光紫外灯的相对光谱分布^{a,b}(续)

光谱通带波长(λ) nm	最小限值 ^c %	与基准太阳辐射百分比 ^{d,e} %	最大限值 ^c %
$320 < \lambda \leq 360$	26.9	40.4	43.9
$360 < \lambda \leq 400$	1.7	53.8	7.2

^a 表中给出了在给定光谱通带内的辐照度占 250 nm~400 nm 间总辐照度的百分比。为检测一个典型的 UVB-313 荧光紫外灯是否符合表中要求,应测量 250 nm~400 nm 间的光谱辐照度,然后将每一通带内的总辐照度加和再除以 250 nm~400 nm 间的总辐照度。

^b 表中 UVB-313 荧光紫外灯的最小限值和最大限值是基于一组不同生产批次和不同使用期限的灯进行 44 次光谱辐照度测量后得到的,这些灯的光谱辐照度数据在制造商允许的老化状况范围内。如果能够获得更多的光谱辐照度数据,极限值有可能微小变化。最小限值和最大限值相对于所有测量值的平均值的离差不低于 3 倍标准偏差。

^c 最小限值列的加和与最大限值列的加和不一定为 100%,因为其仅表示测量数据的最小值和最大值。对任一个光谱辐照度分布,表中各通带内计算得到的百分比加和为 100%。对于任一种类型的 UVB-313 荧光紫外灯,每个通带内百分比的计算值应落在表中给定的最小限值和最大限值之间。由于使用的 UVB-313 荧光紫外灯的光谱辐照度分布在允许范围内波动,能预料暴露试验结果会有差异。联系荧光紫外灯的制造商,获取所用 UVB-313 荧光紫外灯具体的光谱辐照度数据。

^d 基准太阳辐射数据来源于 CIE No.241。该数据是在相对空气质量为 1.0、臭氧含量在标准温度和压力下为 0.34 cm、水蒸气含量为 1.42 cm 可降水量、500 nm 波长处气溶胶消光光谱的光学深度为 0.1 时的水平面上测得。这些数据用作目标值仅供参考。

^e CIE No.241 中 CIE-H1 描述的基准太阳辐射,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)占总辐照度的 89%。荧光紫外灯的主要发射集中在 290 nm~400 nm 的通带范围内,因此其发射的可见光是有限的。

B.2 图 B.1 给出了典型 UVA-340 荧光紫外灯与基准太阳辐射对比的光谱辐照度图,图 B.2 给出了典型 UVB-313 荧光紫外灯与基准太阳辐射对比的光谱辐照度图。

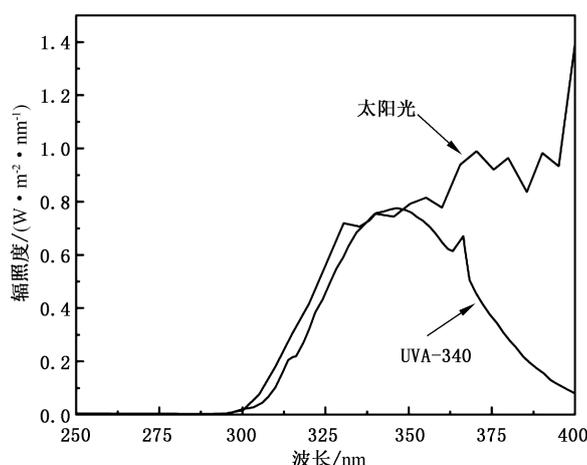


图 B.1 典型 UVA-340 荧光紫外灯与基准太阳辐射对比的辐照度

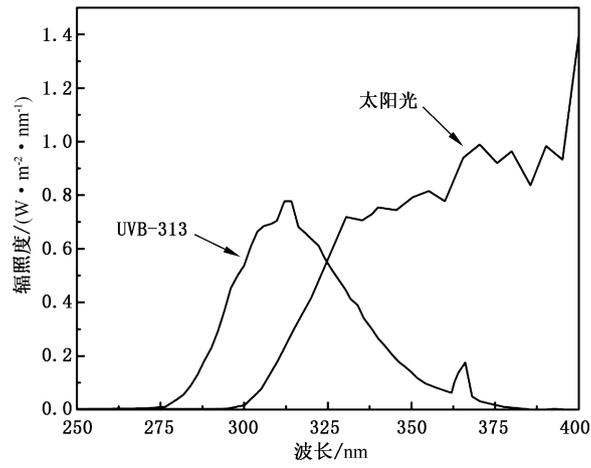


图 B.2 典型 UVB-313 荧光紫外灯与基准太阳辐射对比的辐照度

参 考 文 献

- [1] GB/T 16422.1—2019 塑料 实验室光源暴露试验方法 第1部分:总则
 - [2] GB/T 16422.3—2022 塑料 实验室光源暴露试验方法 第3部分:荧光紫外灯
 - [3] GB/T 31899—2015 纺织品 耐候性试验 紫外光曝晒
 - [4] CIE No.241 Recommended Reference Solar Spectra for Industrial Applications
 - [5] ASTM G154-23 Standard Practice for Operating Fluorescent Ultraviolet (UV) Lamp Apparatus for Exposure of Materials
 - [6] ASTM D 7238-20 Standard Test Method for Effect of Exposure of Unreinforced Polyolefin Geomembrane Using Fluorescent UV Condensation Apparatus
 - [7] ASTM D5885/D5885 M-20 Standard Test Method for Oxidative Induction Time of Polyolefin Geosynthetics by High-Pressure Differential Scanning Calorimetry
 - [8] ASTM G133-22 Standard Test Method for Linearly Reciprocating Ball-on-Flat Sliding Wear
-