

1 主题内容与适用范围

本标准规定了 AM0 和 AM1.5 太阳光谱辐照度分布的太阳模拟器的通用技术要求及其级别和类别的划分。

本标准适用于太阳光伏能源系统用稳态太阳模拟器。

2 引用标准

GB 191 包装储运图示标志

GB 2297 太阳光伏能源系统术语

3 产品分类

3.1 太阳模拟器级别

太阳模拟器的级别由它的各个单项技术指标的最低级别确定,划分为 A、B、C 三个级别,见表 1。

表 1 太阳模拟器的级别 %

技术指标 技术要求	级别	A	B	C
	有效辐照面特征尺寸的百分比		≥90	≥80
辐照不均匀度		≤±2	≤±5	≤±10
辐照不稳定性		≤±1	≤±2	≤±5
光谱失配误差 (对于表 2 中规定的百分比的偏离范围)		≤±20	≤±35	≤±50

表 2 标准光谱辐照度相对分布

波长间隔 μm	占有有效波段内总辐照度的百分比	
	AM0 条件 (有效波段 0.3~1.1) μm	AM1.5 条件 (有效波段 0.4~1.1) μm
	0.3~0.4	9.4
0.4~0.5	18.5	18.5

续表 2

波 长 间 隔 μm	占有有效波段内总辐照度的百分比	
	AM0 条件 (有效波段 0.3~1.1) μm	AM1.5 条件 (有效波段 0.4~1.1) μm
0.5~0.6	18.6	20.1
0.6~0.7	15.8	18.3
0.7~0.8	12.8	14.8
0.8~0.9	10.2	12.2
0.9~1.1	14.7	16.1

3.2 太阳模拟器类别

按有效辐照面特征尺寸大小,太阳模拟器分为五个类别,见表 3。

表 3 太阳模拟器的类别

mm

类 别	1	2	3	4	5
有效辐照面特征尺寸	$L < 50$	$50 \leq L < 100$	$100 \leq L < 300$	$300 \leq L < 500$	$L \geq 500$

3.3 型号与标记

太阳模拟器标记由产品名称、技术特性两部分组成。

产品名称部分由两个字符表示: TM 表示太阳模拟器。

技术特性部分由以下三部分组成:

第一部分为 1、2、3、4、5 中的某一个数字,表示类别;

第二部分为 A、B、C 中的某一个字母,表示级别;

第三部分为 0 或 1.5,表示太阳模拟器可提供 AM0 或 AM1.5 太阳光谱辐照度分布;当可提供 AM0 和 AM1.5 两种太阳光谱辐照度分布时,这部分字符为 0(1.5)。

示例 1: 2 类 A 级具有 AM1.5 太阳光谱辐照度分布的太阳模拟器:

TM2A1.5

示例 2: 3 类 B 级具有 AM0 和 AM1.5 两种太阳光谱辐照度分布的太阳模拟器:

TM3B0(1.5)

4 技术要求

在温度 5~35℃,相对湿度小于 75%,无腐蚀性气体的环境中,在电源电压波动不超过±10%的条件下,太阳模拟器的电器性能应满足有关标准的规定,技术要求应符合以下规定。

4.1 总辐照度

在 AM0 条件下,太阳模拟器的总辐照度应在 0.8~1.2 个太阳常数的范围内可调。

在 AM1.5 条件下,太阳模拟器的总辐照度应在 800~1 200 W/m² 的范围内可调。

4.2 光谱辐照度分布

测试航天用太阳电池的太阳模拟器,输出的光谱辐照度分布应与 AM0 太阳光谱辐照度分布相匹配。

测试地面用太阳电池的太阳模拟器,输出的光谱辐照度分布应与 AM1.5 太阳光谱辐照度分布相匹配。

这两种匹配的失配误差应符合表 1 和表 2 中的规定。

4.3 有效辐照面

在整个辐照面内,辐照度均匀分布的辐照范围只是其中的一部分,这部分均匀辐照范围用有效辐照面的特征尺寸表示。

4.3.1 有效辐照面的特征尺寸

有效辐照面的特征尺寸:圆形有效辐照面用它的直径表示;正六边形有效辐照面用它的内切圆直径表示;矩形有效辐照面用它的对角线表示。

有效辐照面的特征尺寸应符合表3的规定。

4.3.2 有效辐照面特征尺寸的百分比

有效辐照面特征尺寸的百分比用有效辐照面的特征尺寸占整个辐照面对应尺寸的百分比表示。

4.3.3 有效辐照面位置

有效辐照面位置由太阳模拟器的制造厂家设计时给定,也可按照用户需要,事先协商后确定。

4.4 辐照不均匀度

在有效辐照面的整个范围内,辐照度随位置变化的最大相对偏差,用辐照不均匀度表示。

辐照不均匀度用式(1)计算:

$$\pm \frac{E_{\max} - E_{\min}}{E_{\max} + E_{\min}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: E_{\max} ——有效辐照面全部范围内测得的最大辐照度, W/m^2 ;

E_{\min} ——有效辐照面全部范围内测得的最小辐照度, W/m^2 。

在光束输出方向上,到有效辐照面 ± 10 mm的距离范围内,垂直于光束输出方向的每个辐照面上的辐照不均匀度,都应符合表1的规定。

4.5 辐照不稳定性

在有效辐照面内任意给定位置上,在规定的时间内,辐照度随时间变化的最大相对偏差,用辐照不稳定性表示,并应符合表1的规定。

辐照不稳定性用式(2)计算:

$$\pm \frac{E'_{\max} - E'_{\min}}{E'_{\max} + E'_{\min}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中: E'_{\max} ——在有效辐照面的给定位置上,在规定的时间内测得的最大辐照度, W/m^2 ;

E'_{\min} ——在有效辐照面的给定位置上,在规定的时间内测得的最小辐照度, W/m^2 。

5 试验方法

5.1 总辐照度

总辐照度用不确定度为2%的绝对辐射计测量。根据需要也可以用二级太阳电池测试。

5.2 光谱辐照度分布

5.2.1 仪器与设备

单色仪;

光谱辐照度工作标准灯。

5.2.2 方法提要

测试太阳模拟器输出光的光谱辐照度分布,计算有效波段内的总辐照度并归化为100。计算归化条件下各波长间隔内的光谱辐照度相对分布及其与标准光谱辐照度相对分布(表2)的失配误差。

5.3 有效辐照面

有效辐照面的位置和特征尺寸大小的测量精确度不大于 2 mm。

5.4 辐照不均匀度

5.4.1 仪器与设备

检测器,一般为硅太阳能电池,并应工作在它的线性范围之内。X-Y 记录仪,0.5 级。

5.4.2 方法提要

检测器沿着有效辐照面内选定的特征方向连续扫描,将在各点接收到的光辐射转换为电信号输出给 X-Y 记录仪。被记录下来的电信号大小表征该测试(扫描)方向上相应各点的辐照度大小。

依次扫描各个特征方向,并找出最大、最小辐照度,由式(1)计算有效辐照面内的辐照不均匀度。

5.4.3 检测器口径

检测器口径不大于 5 mm。

检测器在有效辐照面内的任何位置上,都应无遮拦地接受到入射在该位置上的全部光辐射。

5.5 辐照不稳定性

5.5.1 仪器与设备

同 5.4.1。

5.5.2 方法提要

将检测器置于有效辐照面内选定位置,它将接受的光辐射转换为电信号输给 X-Y 记录仪,记录仪给出测试时间内该位置的辐照度随时间变化的最大与最小值,由式(2)计算辐照不稳定性。

5.5.3 测试位置

在有效辐照面范围内选定三个特征位置作为测试辐照不稳定度的位置:有效辐照面中心,有效辐照面边缘上任意一点,有效辐照面中心和边缘之间任意一点。

在三个特征位置上测得的三个结果中,以最差的一个作为辐照不稳定度的测试值。

5.5.4 时间间隔

在太阳模拟器每次可连续工作的较长时间(一般为 4 h)内任意规定的 1 h 作为测试辐照不稳定度的时间间隔。

根据需要也可规定比 1 h 短的时间作为测试时间间隔。

5.5.5 检测器口径

同 5.4.3。

6 检验规则

6.1 检验分类

太阳模拟器的检验分交收检验和例行检验。

太阳模拟器的检验由制造厂家的质量检验部门负责检验。

6.2 交收检验

交收检验应符合表 4 的规定。

表 4

试 验 项 目	技术要求条款	试验方法条款
有效辐照面特征尺寸	4.3.1, 4.3.2	5.3
总辐照度	4.1	5.1
辐照不均匀度	4.4	5.4
辐照不稳定性	4.5	5.5
光谱辐照度分布	4.2	5.2

6.3 例行检验

例行检验应符合表 5 的规定。

表 5

试验项目	技术要求条款	试验方法条款	检验周期
光谱辐照度分布	4.2	5.2	0.5 a
辐照不稳定性	4.5	5.5	0.5 a

6.4 抽样规则

产品应 100% 地进行交收检验。例行检验中抽样数为 1/10, 每次不应少于一台。

6.5 判定规则

交收检验中各试验项目均合格的产品为合格品。试验项目不合格的产品, 降为相应级别, C 级以下产品为不合格品。

例行检验中不合格时, 由制造厂家找出解决措施后方可生产, 已出厂的产品双方协商解决。

7 标志、包装、运输、贮存

7.1 标志

7.1.1 标志内容

- a. 制造厂家或商标;
- b. 太阳模拟器的类别、级别、型号;
- c. 产品编号;
- d. 出厂时间。

7.1.2 外包装标志

外包装标志应符合 GB 191 的有关规定。

7.2 包装

太阳模拟器应分件包装。

7.2.1 玻璃光学件包装

玻璃光学件用镜头纸内层包装, 泡沫塑料外层包装, 然后装箱(木箱或皮箱)。

7.2.2 金属光学件包装

金属光学件单独包装, 光学面用镜头纸覆盖, 用泡沫塑料外包装, 然后装入木箱。

7.2.3 其他部件包装

其他部件木箱包装, 确保无机械磨损, 箱内装泡沫塑料或纸屑填充物。

7.2.4 包装随带文件

- a. 产品合格证;
- b. 产品说明书。

7.3 运输

按 7.2 条包装的太阳模拟器可以用一般运输方式运输。

运输中应遮篷防雨, 防止内装物机械磨损和受潮。玻璃光学件包装箱由厂方装调人员随身携带。

7.4 贮存

太阳模拟器应贮存在干燥、清洁、无腐蚀性气体的室内。

附加说明:

本标准由中华人民共和国机械电子工业部提出。

本标准由中国科学院长春光学精密机械研究所、机械电子工业部第十八研究所负责起草。

本标准主要起草人仲跻功、周耀宗、于培诺。