



中华人民共和国国家标准

GB/T 35139—2017

光合有效辐射表

Photosynthetic active radiometer

2017-12-29 发布

2018-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 分类与组成 2

5 技术要求 2

6 试验方法 3

7 检验规则 9

8 校准/测试周期 12

9 标识、包装、运输和贮存 12

10 随行文件 13

附录 A（规范性附录） 光合有效辐射表环境条件分类 14

附录 B（规范性附录） 光合有效辐射表电磁兼容性要求和试验方法 15

附录 C（规范性附录） 光合有效辐射表试验设备技术指标要求 16

附录 D（资料性附录） 光合有效辐射表的光谱选择性 18

附录 E（资料性附录） 辐照度与光量子通量密度的单位换算 20

附录 F（规范性附录） 光合有效辐射表环境试验方法 22

参考文献 25

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国气象局提出。

本标准由全国气象仪器与观测方法标准化技术委员会(SAC/TC 507)归口。

本标准起草单位:江苏省无线电科学研究所有限公司、中国气象局气象探测中心。

本标准主要起草人:孙立新、徐毅刚、顾平月、崇伟、杨科三、庞黎、王子君、王祥猛、李彬、邓天旗、徐亚楠。



光合有效辐射表

1 范围

本标准规定了光合有效辐射表的分类与组成、技术要求、试验方法、检验规则、校准周期、标识、包装、运输、贮存和随行文件等要求。

本标准适用于半球向光合有效辐射表的设计、生产和验收。

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。

GB/T 191—2008 包装储运图示标志

GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验A:低温

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验B:高温

GB/T 2423.4 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验Db:交变湿热(12h+12h 循环)

GB/T 2423.10 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验Fc和导则:振动(正弦)

GB/T 2423.21 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验M:低气压

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分:按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划

GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP 代码)

GB/T 6495.9—2006 光伏器件 第9部分:太阳模拟器性能要求

GB/T 11463—1989 电子测量仪器可靠性试验

GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验

GB/T 18268.1—2010 测量、控制和实验室用的电设备 电磁兼容性要求 第1部分:通用要求

GB/T 31163—2014 太阳能资源术语

GB/T 33865—2017 光合有效辐射表校准方法

3 术语和定义

GB/T 31163—2014 界定的术语和定义适用于本文件。为了便于使用,以下重复列出了GB/T 31163—2014中的一些术语和定义。

3.1

总辐射 global radiation

总日射 global solar radiation

水平面从上方 2π 立体角范围内接收到的直接辐射和散射辐射之和。

[GB/T 31163 — 2014, 定义 5.15]

3.2

光合有效辐射 **photosynthetic active radiation; PAR**

太阳辐射光谱中可被绿色植物的质体色素吸收、转化并用于合成有机物质的一定波段的辐射能。

注：400 nm～700 nm 的太阳辐射称为光合有效辐射。

[GB/T 31163 — 2014, 定义 5.8]

4 分类与组成

4.1 分类

按照采用的灵敏度单位体系不同,本标准将光合有效辐射表分为两类,见表 1。

表 1 光合有效辐射表分类

类型名	灵敏度单位
能量型	$\mu\text{V} \cdot \text{W}^{-1} \cdot \text{m}^2$
量子型	$\mu\text{V} \cdot \mu\text{mol}^{-1} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^2$

4.2 组成

由感应器件、滤光片、余弦矫正器、信号输出端和结构部件组成。其中:

- 感应器件通常采用光电感应元件;
- 滤光片镀有 400 nm～700 nm 带通膜系及光谱透过率修正膜系;
- 余弦矫正器为能校正光合有效辐射表余弦特性的漫透射窗口;
- 信号输出端输出表征入射辐照度的电压信号;
- 结构部件包括表体结构、密封件和水平调节装置等。

5 技术要求

5.1 外观和结构

5.1.1 表体外观应清洁,无划痕、涂层脱落和异物附着等缺陷。余弦矫正器周边表面应进行黑色无光处理,黑色表面无露白。

5.1.2 余弦矫正器在视野范围内应洁白均匀,无可见杂质、划痕等缺陷。

5.1.3 表体密封胶接面应无溢胶、缺胶和气泡。

5.1.4 产品铭牌和标识、标志应字迹清晰、完整、醒目。

5.1.5 余弦矫正器应安装牢固,位置平齐周正,无倾斜和压痕。

5.1.6 水平调节装置应转动灵活、调节舒适、操作方便。

5.2 测量性能

测量性能应符合表 2 要求。

表 2 光合有效辐射表性能指标要求

序号	测量性能	要求
1	响应时间(95%)	$\leq 5\text{ ms}$
2	灵敏度,其中: a) 能量型; b) 量子型	$\geq 1\mu\text{V}\cdot\text{W}^{-1}\cdot\text{m}^2$; $\geq 4\mu\text{V}\cdot\mu\text{mol}^{-1}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^2$
3	非线性(入射光源总辐射辐照度 $250\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\sim 1\,050\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$)	$\pm 4\%$
4	方向性响应(对光束状辐射,天顶角 80° 以内,方位角 360°)	$\pm 10\%$
5	温度响应($-20\text{ }^\circ\text{C}\sim 60\text{ }^\circ\text{C}$)	$\pm 5\%$
6	年稳定性	$\pm 3\%$
7	光谱响应特性,其中: a) 光谱响应带宽; b) 光谱选择性误差; c) 规定带宽外响应	$(400\pm 10)\text{ nm}\sim (700\pm 10)\text{ nm}$; $\pm 5\%$; $\leq 10\%$

5.3 绝缘电阻

外壳与信号输出端的绝缘电阻应大于或等于 $10\text{ M}\Omega$ 。

5.4 外壳防护等级

不应低于 GB/T 4208—2017 规定的 IP67。

5.5 环境适应性

环境适应性应符合附录 A 的环境条件要求。

5.6 电磁兼容性

电磁兼容性应符合附录 B 的电磁兼容性要求。

5.7 可靠性

以平均无故障时间(MTBF)来规定可靠性指标,其最低可接收值(θ_1)应不低于 $10\,000\text{ h}$ 。

6 试验方法

6.1 试验环境条件

室内测试应具备下列环境条件:

- a) 测试设备应安装在暗室中,并用黑色幕布遮挡,测试人员应穿深色工作服;
- b) 室温 $15\text{ }^\circ\text{C}\sim 25\text{ }^\circ\text{C}$,相对湿度小于或等于 80% 。

6.2 试验仪器与设备

包括:

- a) 标准总辐射表,溯源到世界辐射基准(WRR),技术指标见 C.1;

- b) 光合有效辐射表工作标准组(至少包含 3 只光合有效辐射标准表),按 GB/T 33865—2017 规定的方法溯源到世界辐射基准(WRR);
- c) 光谱分辨率 1 nm,光谱范围 200 nm~1100 nm 的光谱辐射计;
- d) 0.05 级、分辨力为 1 μV 的数字多用表;
- e) 最高频率不小于 120 Hz 的光学斩波器;
- f) 数字示波器;
- g) 辐射传感器性能测试装置,技术指标见 C.2;
- h) 辐射传感器温度试验箱,技术指标见 C.3;
- i) 探测器光谱响应测量系统,技术指标见 C.4。

6.3 一般检查

目测检查外观、余弦矫正器及标志,并手动检查水平调节螺钉。

6.4 测量性能测试

6.4.1 响应时间测试方法

按下列步骤进行:

- a) 将光合有效辐射表置于光学斩波器后,暴露在稳定的光源辐照下,输出端接入精密数字示波器,静置不小于 1 min;
- b) 斩波器以 5 Hz 的低速缓慢旋转,读取光合有效辐射表输出波形的峰峰值 H_1 ;
- c) 逐渐增加斩波器速率,至斩波频率达到 100 Hz 稳定 1 min,读取光合有效辐射表输出波形的峰峰值 H_{100} ;
- d) 按式(1)计算衰减比 P , P 组应大于或等于 0.9;

$$P = \frac{H_{100}}{H_1} \quad \dots\dots\dots (1)$$

- e) 按照上述方法重复测量三次,取其平均值作为光合有效辐射表响应时间的判断依据。

6.4.2 非线性

6.4.2.1 测试方法

将光合有效辐射表置于辐射传感器性能测试装置光源下,使光源垂直于光合有效辐射表接收面方向入射,预热稳定 30 min。以光合有效辐射标准表为测量基准调整光源,在 100 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 、200 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 、300 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 、400 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 、500 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 五个测试点下分别以 2 s 的间隔连续读取并记录被测表的测量值,试验持续时间为 5 min,计算平均值作为光合有效辐射表的测量值。

6.4.2.2 数据处理

按式(2)计算各测试点的非线性误差 δ_i 。

$$\delta_i = \left(\frac{E_i/E_{S,i}}{E_{300}/E_{S,300}} - 1 \right) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- E_i ——各测试点下光合有效辐射表的测量值,单位为微伏(μV);
- $E_{S,i}$ ——各测试点标准表测得的辐照度标准值,单位为瓦每平方米($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$);
- E_{300} ——在 300 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 测试点时,光合有效辐射表的测量值,单位为微伏(μV);
- $E_{S,300}$ ——300 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 测试点标准表测得的辐照度标准值,单位为瓦每平方米($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)。

$|\delta_i|$ 最大的 δ_i 为光合有效辐射表的非线性误差。

6.4.3 方向性响应

6.4.3.1 测试方法

按下列步骤进行：

- 将被测光合有效辐射表安装在工作台光斑中心，并与数字多用表连接，接线柱初始方向规定为方位角 $\phi = 0^\circ$ ，调整感应面中心与多维工作台的旋转支架回转中心重合；
- 初始光源垂直感应面入射，以光合有效辐射标准表调整光源辐照度为 $(500 \pm 2) \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ，预热 30 min；
- 以 1 s 的采样周期连续采样 5 min，并计算光线垂直入射时被测表的平均输出值 $U(0)$ ，用遮光罩将被测表遮光，待输出稳定后，记录垂直入射时的零位输出值 $zero(0)$ ；
- 打开遮光罩，保持被测表水平，旋转多维工作台转臂，使光线分别以入射角 θ 等于 40° 、 60° 、 70° 、 80° 入射，按照步骤 c) 记录每个入射角度下的输出值 $U(z)$ 以及遮光后零位输出值 $zero(z)$ ；
- 使光线以 θ 等于 -0° 、 -40° 、 -60° 、 -70° 、 -80° 入射，记录每个入射角度下的输出值 $U(-z)$ 以及遮光后零位输出值 $zero(-z)$ ；
- 将被测表恢复到初始位置，按顺时针方向将方位角依次转到 ϕ 等于 90° 、 180° 、 270° ，按照上述方法测定。

6.4.3.2 数据处理

按式(3)计算入射角 z 的相对余弦误差 $\delta_{\cos}(z)$ ：

$$\delta_{\cos}(z) = \left[\frac{\frac{U(z) + U(-z)}{2} - \frac{zero(z) + zero(-z)}{2}}{\left[\frac{U(0) + U(-0)}{2} - zero(0) \right] \cdot \cos(z)} - 1 \right] \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$U(0)$ ——垂直入射时被测表的输出平均值，单位为微伏(μV)；

$U(z)$ ——入射角为 z 时被测表的输出平均值，单位为微伏(μV)；

$zero(0)$ ——入射角为 0° 的遮光零位输出值，单位为微伏(μV)；

$zero(z)$ ——入射角为 z 的遮光零位输出值，单位为微伏(μV)。

$|\delta_{\cos}(z)|$ 中最大的记为光合有效辐射表的方向响应误差。

6.4.4 温度响应

6.4.4.1 测试方法

按下列步骤进行：

- 将被测光合有效辐射表水平置于辐射传感器温度试验箱内，光合有效辐射标准表作为监测表放置于温度箱外入射光斑边缘处，保证监测表的感应面完全被光源照射到，被测表与监测表分别与数字多用表连接；
- 入射光通过温度箱测试窗口垂直照射于被测表感应面，在辐照度 $(400 \pm 20) \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 的稳定辐照下测试，温度测试范围为 $-20^\circ\text{C} \sim 60^\circ\text{C}$ ，每隔 10°C 取一个测试点；
- 调整温度箱温度到测试点，温度稳定 1 h 后，被测表和监测表分别以 1 s 的采样周期连续采样 15 min 数据后求平均值；

- d) 用不透光的盖子遮盖温度箱测试窗口和监测表,待零位稳定后分别记录被测表和监测表的零位输出值;
- e) 将温度箱温度调整到下一测试点,重复测试步骤 c)~d)。

6.4.4.2 数据处理

按照下列步骤完成数据处理:

- a) 按式(4)计算 20℃时经零位修正后的监测表输出平均值 n_{20} 与其他各测试点经零位修正后的监测表输出平均值 n_i 的比值作为辐照稳定性修正系数 K_i :

$$K_i = \frac{n_{20}}{n_i} \quad \dots\dots\dots(4)$$

- b) 按式(5)计算各测试点的温度特性测量值 F_i :

$$F_i = \frac{N_i}{N_{20}} \cdot K_i \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中:

N_i ——被测表在第 i 个温度测试点经零位修正后的输出平均值,单位为微伏(μV);

N_{20} ——被测表在 20℃时经零位修正后的输出平均值,单位为微伏(μV);

- c) 按式(6)计算各测试点相对于 20℃时的温度响应误差 δ_i :

$$\delta_i = (F_i - 1) \times 100\% \quad \dots\dots\dots(6)$$

$|\delta_i|$ 最大的 δ_i 记为光合有效辐射表的温度响应误差。

6.4.5 年稳定性

6.4.5.1 测试方法

被测光合有效辐射表先在室内环境下进行测试,在附录 A 限定的使用环境条件内安装工作一年后,采用相同的条件和方法再次进行测试,两次测量值之间的变化量即为年稳定性误差。测试样品数按照第 7 章规定的相关抽样规则执行。

测试准备如下:

- a) 将光合有效辐射表工作标准组(至少两只标准表)和被测光合有效辐射表放置在工作台上的相应位置,与数字多用表连接,并调整各表高度至接收面处于同一水平位置;
- b) 打开辐射传感器性能测试装置,以光合有效辐射标准表调节光源辐照至 $500 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$,误差不超过 5%,稳定 30 min;
- c) 信号稳定后,进行光合有效辐射表与标准表之间的互校,确认标准表工作状态符合光合有效辐射表标准组使用维护规程的相关要求。

测试步骤如下:

- a) 保留一只工作标准表在工作台上,与被测表一同进行测试;
- b) 通过数字多用表,以 2 s 的间隔连续读取并记录标准表与被测表的测量值,试验持续时间为 5 min,分别计算两表各自的平均值,记为第一次测试数据;
- c) 将标准表和被测表位置互换,静置不小于 1 min;
- d) 重复列项 b) 操作,记为第二次测试数据。

6.4.5.2 数据处理

按式(7)对第 i 次测试数据计算光合有效辐射表灵敏度 K_i :

$$K_i = \frac{U_i}{E_{0,i}} \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中:

U_i ——被测光合有效辐射表第 i 次测试输出信号平均值,单位为微伏(μV);

$E_{0,i}$ ——标准光合有效辐射表第 i 次测试辐照度平均值,单位为瓦每平方米($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)。

将按两次测试数据求得的灵敏度求平均,即为被测光合有效辐射表的灵敏度 K 。

一年内获得两次被测表辐照灵敏度值后,年稳定性 δ 按式(8)计算:

$$\delta = \left(\frac{K_2}{K_1} - 1 \right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

K_2 ——一年内第 2 次灵敏度测量值,单位为微伏每瓦平方米($\mu\text{V} \cdot \text{W}^{-1} \cdot \text{m}^2$);

K_1 ——一年内第 1 次灵敏度测量值,单位为微伏每瓦平方米($\mu\text{V} \cdot \text{W}^{-1} \cdot \text{m}^2$)。

6.4.6 光谱响应特性

将待测光合有效辐射表放入探测器光谱响应测试系统中,按测试系统操作规程进行 280 nm~1 100 nm 波段的光谱响应测量,光谱测量步长 1 nm,得到被测光合有效辐射表的光谱响应函数 $E_0(\lambda)$ 。

对于能量型光合有效辐射表,计算 $E_0(\lambda)$ 在 450 nm~650 nm 范围内的平均值,并依此值将 $E_0(\lambda)$ 归一化得到相对光谱响应函数 $E(\lambda)$ 。其中:

- 读取 $E(\lambda)$ 两截止端 90% 响应点波长数据,即为被测光合有效辐射表的光谱响应带宽。
- 在 400 nm~700 nm 波长范围内,按光谱测量步长逐波段计算 $E(\lambda)$ 与光合有效辐射表理想相对光谱响应函数(参见附录 D)的误差值,分别将正误差值和负误差值累加。正误差累加值和负误差累加值与理想相对光谱响应函数积分值的比值即为光谱选择性误差。
- 选取 $E(\lambda)$ 中 315 nm~1 000 nm 范围内数据,分别对 400 nm~700 nm 以外和 400 nm~700 nm 以内波段的数据求和,计算波段外累计值与波段内累计值的比例,即为被测光合有效辐射表的规定带宽外响应。

对于量子型光合有效辐射表,参见附录 E 提及的方法将 $E_0(\lambda)$ 转换为光量子通量密度函数 $Q_0(\lambda)$ 。计算 $Q_0(\lambda)$ 在 450 nm~650 nm 范围内的平均值,并依此值将 $Q_0(\lambda)$ 归一化得到相对光谱响应函数 $Q(\lambda)$ 。

按照 a) ~c) 规定的的方法,以 $Q(\lambda)$ 等同于 $E(\lambda)$,分别计算量子型光合有效辐射表的光谱响应带宽、光谱选择性误差和规定带宽外响应。

6.4.7 灵敏度校准

6.4.7.1 灵敏度校准的分类

光合有效辐射表的灵敏度校准根据不同目的宜采用不同的测试方法,光合有效辐射表工作标准组溯源时的灵敏度校准应按照 GB/T 33865—2017 的要求进行。

生产和使用、维护过程中的光合有效辐射表灵敏度校准测试宜在室内辐射传感器性能测试装置的人工光源下进行,必要时也可在室外测试。溯源标准器应为与被测表相同型号的在有效期内的光合有效辐射表工作标准组。

6.4.7.2 室内测试

6.4.7.2.1 测试方法

测试准备如下:

- 将光合有效辐射表工作标准组(至少两只标准表)和被测光合有效辐射表放置在工作台上的相应位置,与数字多用表连接,并调整各表高度至接收面处于同一水平位置;

- b) 打开辐射传感器性能测试装置,以光合有效辐射标准表为基准调节光源强度至 $500 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$,误差不超过 5%,稳定 30 min;
- c) 信号稳定后,进行光合有效辐射表标准表之间的互校,确认标准表工作状态符合光合有效辐射表标准组使用维护规程的相关要求。

测试步骤如下:

- a) 保留一只工作标准表在工作台上,与被测表一同进行测试;
- b) 通过数字多用表,以 2 s 的间隔连续读取并记录标准表与被测表的测量值,试验持续时间为 5 min,分别计算两表各自的平均值,记为第一次测试数据;
- c) 将标准表和被测表位置互换,静置不小于 1 min;
- d) 重复列项 b) 操作,记为第二次测试数据。

6.4.7.2.2 数据处理

按式(9)对第 i 次测试数据计算光合有效辐射表灵敏度 K_i :

$$K_i = \frac{U_i}{E_{0,i}} \quad \text{.....(9)}$$

式中:

U_i ——被测光合有效辐射表第 i 次测试输出信号平均值,单位为微伏(μV);

$E_{0,i}$ ——标准光合有效辐射表第 i 次测试辐照度平均值,能量型:单位为瓦每平方米($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$),量子型:单位为微摩尔每秒平方米($\mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)。

按式(10)计算被测光合有效辐射表的灵敏度 K :

$$K = \frac{K_1 + K_2}{2} \quad \text{.....(10)}$$

6.4.7.3 室外测试

应按照 GB/T 33865—2017 规定的要求进行。

6.5 绝缘电阻测试

被测光合有效辐射表外壳接地,用绝缘电阻测试仪测量被测表一个信号输出端与地之间的绝缘电阻。

6.6 外壳防护等级试验

应按 GB/T 4208—2017 规定的方法进行。

6.7 环境条件试验

应按附录 F 的试验方法对产品的环境适应性指标进行试验。

6.8 电磁兼容性试验

应按附录 B 的试验方法对产品的电磁兼容性指标进行试验。

6.9 可靠性试验

按 GB/T 11463—1989 定时定数截尾试验方案 1—2 进行。

7 检验规则

7.1 一般规定

7.1.1 检验分类

检验分为：

- a) 鉴定检验；
- b) 质量一致性检验。

注 1：鉴定检验的目的是确定承制方是否有能力生产符合本标准要求的产品。

注 2：质量一致性检验是对成批生产的产品进行的一系列试验，以判定所提交的检验批是否符合产品标准的要求。

7.1.2 检验设备

所使用的试验与检验设备，应符合检验要求。

承制方可使用适用于本标准规定的检验要求的不同检验设备，但这些设备须在检定有效期内。

7.2 检验项目

检验项目见表 3。

表 3 检验项目

项目 序号	检验项目	鉴定检验	质量一致性检验				技术要求 章条号	试验方法 章条号
			A 组	B 组	C 组	D 组		
1	一般要求	●	●	—	—	—	5.1	6.3
2	测量性能：							
3	响应时间	●	—	—	●	—	5.2	6.4.1
4	非线性	●	—	—	●	—	5.2	6.4.2
5	方向响应	●	●	—	—	—	5.2	6.4.3
6	温度响应	●	—	—	●	—	5.2	6.4.4
7	年稳定性	●	—	—	○	—	5.2	6.4.5
8	光谱响应特性	●	—	—	○	—	5.2	6.4.6
9	灵敏度要求	●	●	—	—	—	5.2	6.4.7
10	绝缘电阻要求	●	●	—	—	—	5.3	6.5
11	外壳防护等级	●	—	○	—	—	5.4	6.6
12	环境适应性	●	—	○	—	—	5.5	6.7
13	电磁兼容性	●	—	—	○	—	5.6	6.8
14	可靠性	●	—	—	—	○	5.7	6.9
注：●——表示应进行检验的项目。 ○——表示需要时，进行检验的项目。 ———表示不进行检验的项目。								

7.3 缺陷的判定

7.3.1 致命缺陷

对人身安全构成危险或严重损坏产品基本功能的缺陷应判为致命缺陷。

7.3.2 重缺陷

下列性质的缺陷应判为重缺陷：

- a) 检测的测试性能的误差超过规定的范围；
- b) 突然的电气失效或结构失效导致产品不能正常工作。

7.3.3 轻缺陷

发生故障时，无须更换元器件、零部件，仅作简单处理即能恢复产品正常工作，这类故障判为轻缺陷。

7.4 鉴定检验

7.4.1 检验条件

鉴定检验在下列情况下进行：

- a) 新产品定型时；
- b) 主要设计、工艺、材料及元器件有重大变更时；
- c) 停产两年以上再生产时。

7.4.2 检验项目

7.2 中全部项目。

7.4.3 抽样方案

在表 3 鉴定检验项目栏中，应按下列台数抽取试验样本：

- a) 项目 1，随机抽取 5 台样本进行；样本的抽取：小于 10 台的产品全部完成后抽取，大于 10 台的产品完成 10 台后抽取；
- b) 项目 2～项目 9，由 a) 中检验合格的样本中随机抽取 2 台进行；
- c) 项目 10、项目 11，由 a) 中检验合格的样本中随机抽取 1 台进行；
- d) 项目 12，由 a) 中检验合格的样本中随机抽取 1 台进行；
- e) 项目 13，按 GB/T 11463—1989 进行抽样。

7.4.4 鉴定检验合格判据

表 3 中项目 1～项目 11 的检验过程中，允许出现 1～2 次缺陷（但不允许出现致命缺陷），超过则判为不合格。

项目 12、项目 13 也应符合要求，才能判定鉴定检验合格。

7.5 质量一致性检验

7.5.1 A 组检验

7.5.1.1 A 组检验应按表 3 中规定的检验项目逐台进行。

7.5.1.2 A组检验中不允许出现致命缺陷,若出现则判A组检验不合格。

7.5.1.3 对照检验项目规定的要求,分别累计缺陷数 and 不合格品数,并计算每百单位产品缺陷数 and 不合格品数,缺陷数应不大于20,并且,不合格品数应不大于5,判断该批为合格,否则为不合格。

7.5.1.4 判为合格批,剔除批中出现的不合格,修复成合格品,整批接收;判为不合格批,整批拒收,须经修复合格后重新交验。

7.5.2 B组检验

7.5.2.1 B组检验是抽样检验。

7.5.2.2 在A组检验合格的产品中,按GB/T 2828.1—2012检验水平S-3确定B组检验的样本数。当C组、D组检验同时进行, B组样本大小应增加,以提供C组、D组检验所需的样本。

7.5.2.3 对照检验项目规定的要求检验样本,按重缺陷数的AQL不大于6.5的要求判定合格 or 不合格。

7.5.2.4 判为合格的批,剔除批中发现的不合格品,修复成为合格品,整批接收;判为不合格的批,则逐台检验,查明原因,将不合格品修复成合格品,按GB/T 2828.1—2012的加严检验一次抽样方案再交验。若仍不合格,则查明原因,全部返工,重新从A组开始检验。

7.5.3 C组检验

7.5.3.1 改变主要设计、工艺、元器件及材料时应进行C组检验。

7.5.3.2 在A组和B组检验合格的产品中,按GB/T 2828.1—2012检验水平S-3确定C组检验的样本数。

7.5.3.3 试验过程中出现故障允许修复,在不超过规定缺陷数的情况下,若修复故障时进行了重新调整,则应重新进行该项试验。

7.5.3.4 对照检验项目规定的要求检验样本,按重缺陷数的AQL不大于6.5的要求判定合格 or 不合格。若不合格应分析原因采取改进措施后重新进行C组检验。

7.5.3.5 C组检验的结果所作的判定对该周期内所生产的产品有效。

7.5.4 D组检验

7.5.4.1 连续生产的产品每两年进行一次D组检验;生产间断时间大于六个月时,每批都应进行D组检验;改变主要设计、工艺、元器件及材料时应进行D组检验。

7.5.4.2 样本抽取应在完成生产计划(大于50台)的25%后进行。在A组和B组检验合格的产品中,按GB/T 2828.1—2012的检验水平S-1确定样本数。

7.5.4.3 试验过程中出现故障允许修复,在不超过规定缺陷数的情况下,按下述要求继续进行试验:气候类环境试验,由发生故障的前一个测试阶梯继续进行试验;若修复故障时进行了重新调整,则应重新进行该项试验;机械类环境试验重做该项试验。

7.5.4.4 对照检验要求检验样本,按缺陷数的AQL不大于25的要求判定合格 or 不合格。若不合格应分析原因采取改进措施后重新进行D组检验。

7.5.4.5 D组检验的结果所作的判定对该周期内所生产的产品有效。

7.5.5 合格判定

各组检验全部合格的产品批才能判定为质量一致性检验合格。

质量一致性检验中任一组检验不合格时,应中止检验,查明原因,整批采取改正措施。

再次抽样进行该组试验时仍不合格的仪器,则应停止检验。

7.5.6 受试样本的处置

7.5.6.1 经 A 组、B 组非破坏试验检验判为合格的检验批中发现的有缺陷的单位产品经返修和校正,并经再次检验合格后可以交付。

7.5.6.2 经 C 组环境试验的样本不应作为合格品交付。

7.5.6.3 经 D 组可靠性试验的样本对其寿命终了和接近终了的元器件给予更换,并经 A 组、B 组、C 组检验合格后可以交付。

8 校准/测试周期

校准/测试周期为 2 年。

9 标识、包装、运输和贮存

9.1 标识

9.1.1 产品标识

产品应包含下列标识:

- a) 制造厂名;
- b) 产品名称和型号;
- c) 出厂编号;
- d) 出厂日期;
- e) 出厂灵敏度。

9.1.2 包装标识

产品包装应包含下列标识:

- a) 产品名称型号和数量;
- b) 制造厂名;
- c) 包装箱编号;
- d) 外形尺寸;
- e) 毛重;
- f) “小心轻放”“向上”“怕湿”“堆码”等符合 GB/T 191—2008 规定的标志。

9.2 包装

9.2.1 包装箱应牢固,内有防潮湿、震动、碰撞等措施。

9.2.2 每个包装箱内都有装箱单。

9.3 运输

9.3.1 运输过程中应防止剧烈振动、挤压、雨淋及化学物品侵蚀。

9.3.2 搬运应轻拿轻放,码放整齐,严禁滚动和抛掷。

9.4 贮存

包装好的产品应贮存在环境温度 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度小于 80% 的室内,且周围无腐蚀性挥

发物。

10 随行文件

产品的随行文件应包含以下内容：

- a) 使用说明书；
- b) 校准/测试证书；
- c) 合格证；
- d) 保修单；
- e) 装箱清单。



附 录 A
(规范性附录)
光合有效辐射表环境条件分类

A.1 气候条件

气候条件分类及其试验参数见表 A.1。

表 A.1 气候条件分类及试验参数

序号	环境参数	单位	试验参数
1	最低温度	℃	—40
2	最高温度		60
3	最低相对湿度	%	5
4	最高相对湿度		100
5	大气压力	hPa	700~1 060 (拔海高度小于 3 050 m) 450~700 (拔海高度大于或等于 3 050 m)

A.2 机械条件

应符合以下正弦稳态振动的要求：

- a) 位移:1.5 mm;
- b) 加速度:5 m/s;
- c) 频率范围:2 Hz~9 Hz,9 Hz~200 Hz。

附录 B

(规范性附录)

光合有效辐射表电磁兼容性要求和试验方法

B.1 电磁兼容性要求

B.1.1 静电放电抗扰度

信号端口、外壳端口的静电放电抗扰度至少应达到下列要求：

- 接触放电：GB/T 17626.2 1 级，2 kV；
- 空气放电：GB/T 17626.2 2 级，4 kV；
- 性能判据：GB/T 18268.1—2010，B。

B.1.2 电快速瞬变脉冲群抗扰度

电快速瞬变脉冲群抗扰度至少应达到下列要求：

- 信号端口：GB/T 17626.4 I/O 端口 2 级，0.5 kV(5/50 ns, 5 kHz)；
- 性能判据：GB/T 18268.1—2010，性能判据 B。

B.1.3 浪涌(冲击)抗扰度

浪涌(冲击)抗扰度应达到下列要求：

- GB/T 17626.5 1 级，0.5 kV(线对地，1.2/50 μ s、8/20 μ s 组合波)；
- 性能判据：GB/T 18268.1—2010，性能判据 B。

B.2 电磁兼容性试验

B.2.1 静电放电抗扰度试验

按 GB/T 17626.2 的试验方法，对信号端口实施接触放电 2 kV、空气放电 4 kV 的静电放电。

B.2.2 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

按 GB/T 17626.4 的试验方法，对信号端口实施 0.5 kV(5/50 ns, 5 kHz)电快速瞬变脉冲群。

B.2.3 浪涌(冲击)抗扰度试验

按 GB/T 17626.5 的试验方法，对信号端口施加 0.5 kV 浪涌冲击，试验位置为线对地，试验波形为 1.2/50 μ s、8/20 μ s 组合波。

附录 C
(规范性附录)

光合有效辐射表试验设备技术指标要求

C.1 标准总辐射表技术指标要求

应符合下列要求:

- a) 响应时间(95%): $<15\text{ s}$;
- b) 零点偏移: $\pm 2\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- c) 年稳定性: $\pm 0.8\%$;
- d) 非线性: $\pm 0.5\%$;
- e) 方向性响应: $\pm 10\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- f) 温度响应(50 K): $\pm 2\%$;
- g) 倾斜响应: $\pm 0.5\%$ 。

C.2 辐射传感器性能测试装置技术指标要求

应符合下列要求:

- a) 辐照度范围: $100\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\sim 1\,250\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$;
- b) 辐照面直径: $\geq 100\text{ mm}$,有效辐照面直径: $\geq 60\text{ mm}$;
- c) 辐照不均匀度:
 - $\pm 1\%(\phi\leq 60\text{ mm})$;
 - $\pm 2\%(\phi>60\text{ mm})$;
- d) 辐照不稳定度(8 h): $\pm 0.3\%$;
- e) 光束准直角: $\pm 2^\circ$;
- f) 光谱辐照度分布按 GB/T 6495.9—2006 3A 级标准光谱辐照度分布匹配。

C.3 辐射传感器温度试验箱技术指标要求

辐射传感器温度试验箱应配备可供入射辐射透过的红外石英玻璃入射窗,并为入射窗配备防凝露装置,其技术指标应符合下列要求:

- a) 有效工作空间: $\geq 40\text{ cm}$ (长) $\times 30\text{ cm}$ (宽) $\times 50\text{ cm}$ (高);
- b) 温度范围: $-40\text{ }^\circ\text{C}\sim 60\text{ }^\circ\text{C}$;
- c) 温度波动度: $\pm 0.5\text{ }^\circ\text{C}$;
- d) 温度场均匀度: $\pm 0.5\text{ }^\circ\text{C}$ 。

C.4 探测器光谱响应测量系统技术指标要求

应符合下列要求:

- a) 波长范围:优于 $280\text{ nm}\sim 1\,100\text{ nm}$;

- b) 波长分辨率: $<1\text{ nm}$;
- c) 光源光强稳定性: $\leq 1\%$;
- d) 光谱响应度测量重复性: $\pm 2\%$ 。

附 录 D
(资料性附录)

光合有效辐射表的光谱选择性

光合有效辐射表检测入射辐射 400 nm~700 nm 光谱范围的辐射分量,理想的光谱响应型式是宽度为 400 nm~700 nm 的矩形带通。但是由于滤色片设计和工艺上的困难,光合有效辐射表的光谱响应总是背离理想光谱响应型式,从而在入射辐射光谱特性与光合有效辐射表灵敏度标定时光源光谱特性出现差异时,带来一定的测量误差。

对于能量型光合有效辐射表,光谱响应曲线可通过探测器光谱响应检测系统直接测量获得。

量子型光合有效辐射表是以光子单位进行计量的,也就是说其理想光谱响应曲线的纵坐标单位应该是 $\text{mV}/(\mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2})$,且在整个带通内每产生 1 mV 输出所需的单位时间单位面积光子数输入 Q 应该是相同的,即 $Q_{400}=Q_{700}$ 。由于探测器光谱响应检测系统通常都是采用辐射能量单位的,对同一个量子型理想光合有效幅射表,若采用能量单位进行计量,纵坐标单位改为 $\text{mV}/\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。参见附录 E,已知 1 个 $(\mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2})$ 光子通量密度 Q_λ 应该与 $119.7/\lambda(\text{W} \cdot \text{m}^{-2})$ 辐照度 E_λ 相当,通过计算可得: $E_{400}=0.299Q_{400}$; $E_{700}=0.171Q_{700}$ 。其光谱响应曲线应该是从 400 nm 起到 700 nm 止纵坐标从 $3.342/Q_{400}$ 到 $5.848/Q_{700}$ 的梯形带通。

对上述曲线进行归一化,即可得量子型理想光合有效幅射表的相对光谱响应曲线。在采用光子单位和采用能量单位情况下,分别是 1 到 1 的带通如图 D.1 中实线所示,和 0.571 到 1 的带通如图 D.1 中虚线所示。而能量型理想光合有效幅射表的相对光谱响应曲线则与图中实线相同,但采用的是能量单位。

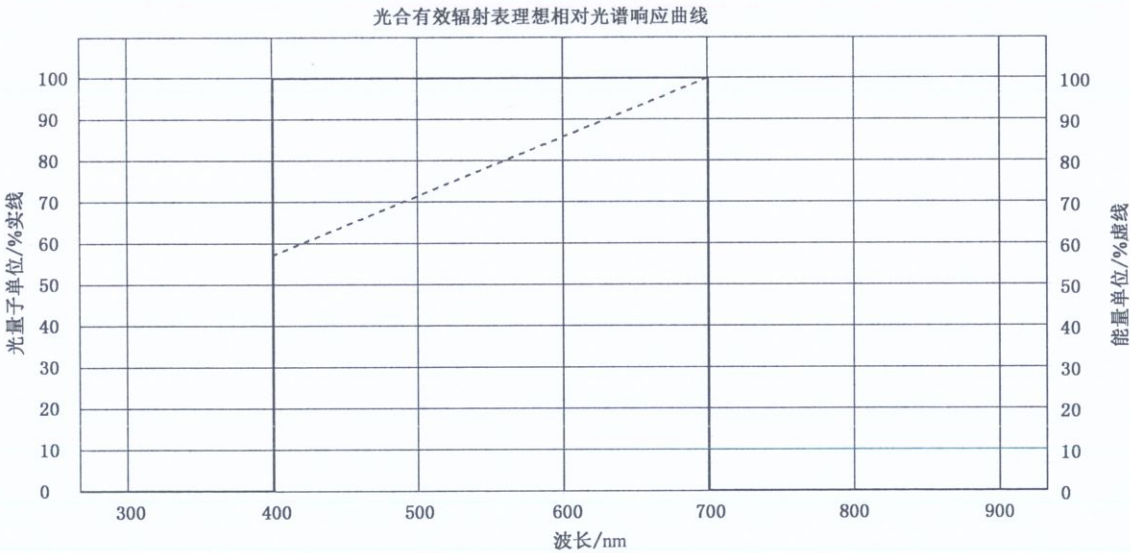


图 D.1 量子型光合有效辐射表理想相对光谱响应曲线

此外,光合有效辐射表用来测量 400 nm~700 nm 范围的辐射,当在 400 nm 以下、700 nm 以上光谱范围光合有效辐射表也有响应时,就会产生规定带宽外响应误差。

通过对 AM1.5 标准太阳总辐射数据的分段统计,400 nm 以下和 700 nm 以上光谱范围的辐照度,分别是光合有效分量的 21%和 111%。即使以硅光电器件为感应器件,将感应器件的光谱响应上限限制在 1 100 nm 以内,700 nm~1 100 nm 范围的太阳辐照度仍然占光合有效分量的 76%。鉴于硅光电器件的光谱响应峰值在 900 nm 左右,实际的光谱响应中这个比例还会增大。同时,为了修正带通内的

光谱选择性,带通内的光谱响应被压低,带外响应所占的比重将进一步增加,因此长波端带外辐射的截止特性有必要予以关注。

因此,对光合有效辐射表光谱选择性的评价,不仅要关注带通段与理想光谱响应型式的差异性,还要关注截止段与理想光谱响应型式的契合度。



附 录 E (资料性附录)

辐照度与光子通量密度的单位换算

由于量子型光合有效辐射表采用光子通量密度单位($\mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$),而辐射溯源的标准器采用的都是辐照度单位($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$),因此在溯源过程中需要进行单位的换算。

然而,光量子的能量与光的波长有关,也就是说随着波长的不同,相同能量的辐射有着不同的光子数。如果用辐照度单位的标准表直接按一定的比例系数标定量子型光合有效辐射表,那么当入射辐射光谱分布相对于标定时状态产生变化时,不可避免的会产生相当大的测量误差。因此只有光谱特性完全相同的同类型表,在不同入射光谱情况下才会具有相同的表现,这就是光合有效辐射表最好采用相同型号的光合有效辐射表工作标准组进行量值传递的原因。

但是,对量子型光合有效辐射表工作标准组的溯源,由于最高标准器采用的单位和光谱特性与光合有效辐射表均不相同,因此无法回避单位换算中波长因素的问题。

从光量子的能量动量公式可知,波长为 λ 的单个光量子的能量 E (单位:J)可由式(E.1)计算:

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad \dots\dots\dots (\text{E.1})$$

式中:

h ——普朗克常数($6.626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$);

c ——真空中的光速($3.00 \times 10^{17} \text{ nm} \cdot \text{s}^{-1}$);

λ ——光的波长,单位为纳米(nm)。

通过阿伏伽德罗常数(NA)可由式(E.2)求得波长为 λ 的1微摩尔光量子的能量 $E_{\mu\text{mol}}$ (单位为焦耳):

$$E_{\mu\text{mol}} = \text{NA} \times 10^{-6} \frac{hc}{\lambda} \quad \dots\dots\dots (\text{E.2})$$

式中:

NA——阿伏伽德罗常数($6.022 \times 10^{23} \text{ J} \cdot \text{s}$)。

将各常数代入式(E.2)中计算可得到波长为 λ 的一个微摩尔光量子的能量 $E_{\mu\text{mol}} = 119.7/\lambda$, (单位为焦耳)。

根据光合辐射的计量单位光子通量密度($\mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)和太阳辐射的计量单位辐照度($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)两个物理量的定义可以得出如下结论:

单位时间、单位面积入射一个微摩尔光子,即为1光子通量密度,单位为($\mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$);

单位时间、单位面积入射波长为 λ 的一个微摩尔光子所具有的能量 $E_{\mu\text{mol}} = 119.7/\lambda$,意味着入射辐射具有 $119.7/\lambda$ 辐照度,单位为($\text{J} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ 也就是 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)。

因此,对于特定的波长,光子通量密度($\mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)和辐照度($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)两个单位之间的换算关系可以确定为: $1(\mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}) = 119.7/\lambda(\text{W} \cdot \text{m}^{-2})$ 。

在足够窄的波段里,可以用上述换算关系以中心波长作为等效波长进行单位的换算,然后通过逐波段的积分就可以完成整个波段的单位换算。因此,量子型光合有效辐射标准器的溯源,需要逐波段的测试、换算和积分,有必要使用光谱辐射计。

鉴于光谱辐射计需要利用标准灯进行定标,而标准灯的溯源质量无法与太阳总辐射标准器相比,导致总体溯源不确定度难以达到较高的水平,可以考虑通过采用太阳总辐射标准表对光谱辐射计数据进行修正的方式改善溯源质量。修正时光谱辐射计有必要采用尽可能宽的光谱范围进行观测,以减小光谱范围不匹配带来的误差。

根据对 AM1.5 标准太阳总辐射数据的统计,280 nm~2 200 nm 波段太阳总辐射的辐照度占整个太阳辐射谱段总辐照度的 99.6%。若采用的光谱辐射计光谱范围为 280 nm~2 200 nm,则光谱辐照度观测谱段外的辐射只占总辐射的 0.4%,因此由于不同观测试验中太阳光谱分布发生变化引起的测量误差基本上可以忽略。故而可以将太阳总辐射标准表的观测值乘以 0.996,与光谱辐射计 280 nm~2 200 nm 波段积分值进行比较,予以修正。若光谱辐射计光谱范围分别采用 280 nm~1 500 nm 或 280 nm~1 000 nm,则光谱测量波段分别占太阳总辐射量的 94.1%和 78.4%,可用标准总辐射表观测数据分别乘以 0.941 和 0.784 来修正光谱辐射计观测结果,光谱测量波段外剩余辐射量在被测太阳光谱分布发生变化时引起的误差会略大一些。



附录 F
(规范性附录)
光合有效辐射表环境试验方法

F.1 温度试验

F.1.1 试验条件

根据产品详细标准规定的使用温度范围进行试验,试验时产品应处于非包装状态。

F.1.2 试验方法

F.1.2.1 总则

试验按 GB/T 2423.1 和 GB/T 2423.2 的有关规定进行。

本标准原则规定温度循环试验按图 F.1 时序进行,即先常温、后低温、再高温,特殊情况下也可直接从低温曲线时段做起。

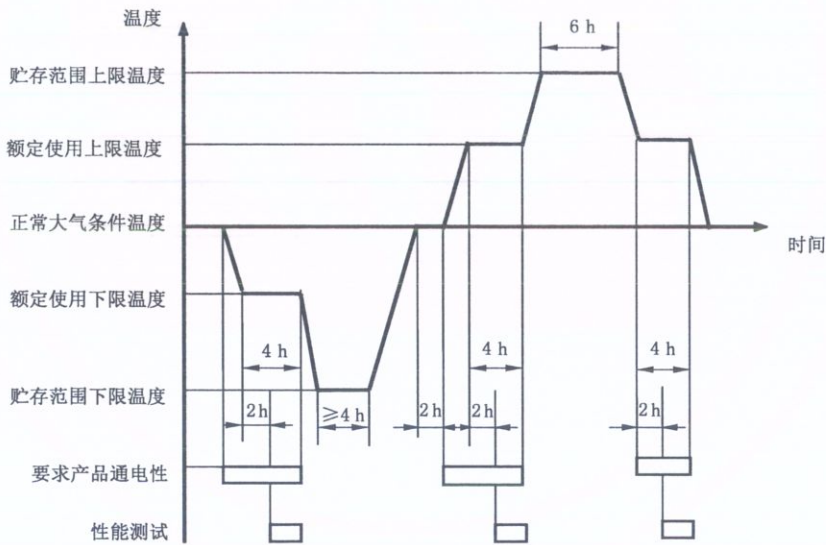


图 F.1 温度试验时序图

F.1.2.2 常温试验

在常温条件下进行功能性测试。

F.1.2.3 低温/高温试验

降升温速率:应为 $0.7\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}\sim 1.0\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$,最大不超过 $1.0\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

恒温区允许温差: $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

F.2 交变湿热试验

F.2.1 试验条件

根据产品详细标准规定的使用温湿度范围进行试验,试验时产品应处于非包装状态。

试验时,高温温度取环境温度上限加 10℃,试验周期为 2 d。降温阶段,相对湿度的下限为 85%。

F.2.2 试验方法

试验按 GB/T 2423.4 的有关规定进行。

F.2.3 试验过程中的控制

F.2.3.1 初始检测

试验前按产品详细标准的规定进行外观、性能和电气安全性检查。

F.2.3.2 中间测量

按产品详细标准规定进行电气性能检测,检测次数和检测的阶段由产品详细标准规定,但不应少于 3 次。

F.2.3.3 恢复

试验结束后,先停止加湿,然后取出受试样品在正常大气条件下恢复 24 h。

F.2.3.4 最后检测

试验结束并恢复后应对受试样品进行最后检测:

- a) 目测检查外观应无锈蚀、裂纹、涂覆层剥落等损伤,文字标志应清晰;电气接点无锈蚀;
- b) 性能测试结果应符合产品详细标准之规定;
- c) 绝缘电阻、绝缘强度等电气安全性能应符合产品详细标准之规定。

F.3 低气压试验

F.3.1 试验条件

低气压试验条件应符合 GB/T 2423.21 的有关规定。

F.3.2 试验方法

按 GB/T 2423.21 进行,试验等级为 450 hPa,试验持续时间 4 h。

F.3.3 试验过程中的控制

F.3.3.1 初始测量

在正常大气条件下,按产品详细标准的规定进行外观检查及电气性能、机械性能的检测,受试样品处于正常工作状态。

F.3.3.2 最后检测

受试样品在试验过程中和结束后应一直保持正常工作状态,各种性能参数应在正常范围内。

F.4 正弦稳态振动试验

F.4.1 试验条件

根据产品详细标准规定的振动试验参数进行试验,试验在包装状态下进行。

F.4.2 试验方法

试验按 GB/T 2423.10 的有关条件进行。

受试样品应经受三个轴向上的振动试验。若因振动设备限制,不能实现三个轴向的振动试验时,对于允许改变正常放置位置的产品,可借助于改变放置位置予以实现;对于不允许改变正常放置位置的产品,则延长一倍振动时间。

检查固定支架自身应无共振,然后固定受试样品,应模拟产品正常工作时的位置并紧固在振动台上,受试样品的重心应位于振动台面的中心区域。

应避免紧固受试样品的装置(螺栓、压板、压条等)在振动试验中产生自身共振。

参 考 文 献

- [1] World Meteorological Organization(WMO)-No.8 Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation,2008 edition(Updated in 2010)
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
光合有效辐射表
GB/T 35139—2017

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 2 字数 52 千字
2017年12月第一版 2017年12月第一次印刷

*

书号: 155066 • 1-55906 定价 30.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 35139-2017