

# 地面用薄膜光伏组件——设计鉴定和定型

Thin-film terrestrial photovoltaic(PV) modules – Design qualification and type approval

翻译稿

# 地面用薄膜光伏组件——设计鉴定和定型

## ( IEC 61646-2008 翻译稿)

### 1 范围

本标准规定了地面用薄膜光伏组件设计鉴定和定型的要求,该组件是在 IEC 60721-2-1 中所定义的一般室外气候条件下长期使用。本标准适用于没有包括在 IEC 61215 标准范围内的所有地面型平板组件材料。

本试验程序主要依据 IEC 61215 《地面用晶体硅光伏组件 设计鉴定和定型》而制定,但不以是否满足每一测试前后的正/负标准为判据,而是以组件完成所有测试及光老炼之后是否满足额定最小功率的特定百分比为判据。这样可以避免精确测定试验引起的变化所必须的技术特定化的预处理。

本标准不适用于带聚光器的组件。

本试验程序的目的是在尽可能合理的经费和时间内确定组件的电性能和热性能,表明组件能够在规定的气候条件下长期使用。通过此试验的组件的实际使用寿命期望值将取决于组件的设计以及它们使用的环境和条件。

### 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,仅所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。

IEC 60068-1 电工电子产品基本环境试验规程 总则 (GB/T 2421-1999 idt IEC 60068-1: 1988)

IEC 6008-2-21 电工电子产品基本环境试验规程 试验U: 引出端及整体安装件强度 (GB/T 2423.29-1999 idt IEC 60068-2-21)

IEC 60068-2-78: 2001 电工电子产品基本环境试验规程 试验Cab: 恒定、湿热试验方法

IEC 60410 计数检查抽样方案和程序

IEC 60721 - 2 - 1 电工电子产品自然环境条件 温度与湿度

IEC 60891 晶体硅光伏器件I-V 实测特性的温度和辐照度修正方法 (GB/T 6495.4-1996 idt IEC 60891: 1987)第1号修正(1992)

IEC 60904-1:1987 光伏器件. 第1部分:光电池电流. 电压性能的测定

IEC 60904-2 光伏器件 第2部分 标准太阳电池的要求 (GB/T6495.2-1996 idt IEC 60904-2: 1989)

IEC 60904-3 光伏器件 第3部分: 地面用太阳光伏器件的测试原理及标准光谱辐照度数据 (GB/T 6495.3-1996 idt IEC 60904-3:1989)

IEC 60904-7 光伏器件 第7部分: 光伏器件测试中引入的光谱失配计算

IEC 60904-9 光伏器件 第9部分: 太阳模拟器性能要求

IEC 60904-10 光伏器件 第10部分: 线性测量方法

IEC 61215 地面用晶体硅光伏组件——设计鉴定和定型

ISO/IEC 17025: 1999 检测和校准实验室能力的一般要求

### 3 抽样

从同一批或几批产品中,按IEC 60410规定的方法随机地抽八个(如需要可增加备份)组件用于鉴定试验。这些组件应由符合相应图纸和工艺要求规定的材料和元器件所制造,并经过制造厂常规检测、质量控制与产品验收程序。组件应该是完整的,附带制造厂的贮运、安装和电路连接指示,包括系统最大许可电压。

如果不能接触到标准组件中的旁路二极管,应准备一个特殊的样品来做旁路二极管的热性能试验(10.18),旁路二极管的安装应与标准组件相同,并将10.18.2要求的温度传感器安装在二极管上。该样品不需要进行图1所示程序的其他试验。

如果被试验的组件是一种新设计的样品而不是来自于生产线上,应在试验报告中加以说明(见第8章)。

## 4 标志

每个组件都应有下列清晰而且擦不掉的标志:

——制造厂的名称、标志或符号;

——产品型号;

——产品序号;

——引出端或引线的极性(可用颜色代码标识);

——组件允许的最大系统电压;

——在标准测试条件下,该型号产品最大输出功率的标称值和最小值。

最大输出功率的最小值指的是制造厂标明的该型号产品最低稳定功率(例如在光致衰减或恢复后)。

注:若待测组件是新设计产品的原型,则该测试顺序的结果可用于建立组件最小功率标定。

制造的日期和地点应注明在组件上,或可由产品序号查到。

## 5 试验

把组件分组,并按图1所示的程序进行鉴定试验。图中每个方框对应本标准的一条。具体试验的方法和要求,包括所需要进行的初始和最终的测试,都在第10章中详细规定。但是10.2,10.4,10.6及10.7的试验,应注意到IEC 60891所描述I-V特性测量的温度和辐照度修正方法仅适用于线性组件。若组件为非线性的,这些试验应在规定辐照度的 $\pm 5\%$ 和规定温度的 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内进行。

注1:若将一个试验的最终测试作为下一个试验的初始测试时,不需要重复测试,这种情况下,该试验的初始测试可省略。为了判定,可在单个试验前后测定最大功率(10.2)。

注2:对比组件宜按制造厂推荐的方法存放。

任何独立进行的单一试验,均应进行10.1,10.2和10.3初始试验。

在试验中,操作者应严格遵照制造厂关于组件的贮运、安装和连接的要求。如该类组件的已经经过或计划进行未来IEC 61853标准检测,则本标准的10.4、10.5、10.6或10.7的测试可省略。

薄膜技术具有不同的稳定性。不能将单一的稳定程序应用于所有的薄膜技术。本程序“按原样”对组建进行测试,并尽量在最终测试之前达到稳定状态。

试验的条件汇总见表1。

注3:表1的试验要求是作为鉴定的最低要求。如果实验室和组件制造商同意,可以按更高的要求进行试验。

## 6 合格判据

如果每一个试验样品达到下列各项判据,则认为该组件设计通过了鉴定试验,也通过了定型。

a) 在最后光老炼之后，标准测试条件下的最大输出功率不小于第 4 章制造厂给定最小值；

注：通过/不通过标准必须考虑实验室测定的不确定性。例如，如果实验室在标准测试条件下的不确定度增大到 2 sigma，也即 5%，则将超过最低规定值 85.5% 时的最大功率测量值作为合格标准。

b) 在试验过程中，无组件呈现断路现象；

c) 无第 7 章中定义的任何严重外观缺陷；

d) 试验完成后满足绝缘试验要求；

e) 每组试验开始时和结束时，湿热试验后满足漏电流试验的要求；

f) 满足单个试验的特殊要求。

如果两个或两个以上组件达不到上述判据，该设计将视为达不到鉴定要求。如果一个组件未通过任一项试验，取另外两个满足第 3 章要求的组件从头进行全部相关试验程序的试验。假如其中的一个、或两个组件都未通过试验，该设计被判定达不到鉴定要求。如果两个组件都通过了试验，则该设计被认为达到鉴定要求。

## 7 严重外观缺陷

对设计鉴定和定型，下列缺陷是严重的外观缺陷：

a) 破碎、开裂、或外表面脱附，包括上层、下层、边框和接线盒；

b) 弯曲、不规整的外表面，包括上层、下层、边框和接线盒的不规整以至于影响到组件的安装和/或运行；

c) 组件有效工作区域的任何薄膜层有超过一个电池面积 10% 以上的空隙、看得见的腐蚀；

d) 在组件的边缘和任何一部分电路之间形成连续的气泡或脱层通道；

e) 丧失机械完整性，导致组件的安装和/或工作都受到影响；

f) 组件商标（标签）脱落或字迹无法辨认。

## 8 报告

通过定型后，试验机构应给出符合 ISO/IEC 17025 要求的正式鉴定试验报告，应包括测定的性能参数，以及任何第一次试验未通过测试和重新试验的详细情况。报告应包含组件的详细规格，每一份证书或报告还应包括下列信息：

a) 标题；

b) 实验室的名称、地址和完成试验测试的地点；

c) 报告的每一页均有独特的标识；

d) 需要时有客户的名称和地址；

e) 试验完样品的描述和鉴定；

f) 试验样品的特点和条件；

g) 需要时标注收到试验样品的日期和试验日期；

h) 所用试验方法的鉴定；

i) 相关的取样；

j) 对试验方法的任何偏离、附加或排除，相关特殊试验的任何其他信息，如环境条件；

k) 有适当图表和照片支持的测量、检查和推论，包括短路电流、开路电压和最大功率的温度系数，额定工作温度，额定工作温度、标准测试条件及低辐照度下的功率，预紫外辐照试验所用灯的光谱，所有试验后最大功率的衰减，任何观察到的失效；

l) 试验结果估计不确定度的申明（必要时）；

m) 签名和标识，或等效识别试验员，其对报告的内容及颁发日期负责；

- n) 对试验仪与相关试验项目结果的申明（必要时）；
- o) 实验室出具的证书或报告应完整采用，只有经实验室书面许可才可部分使用的申明。制造厂应保存一份证书留作参考。

## 9 重新鉴定

在组件的设计、材料、元器件或工艺作任何改变时，可能需要重新进行部分或全部鉴定试验来确保产品定型的有效性。

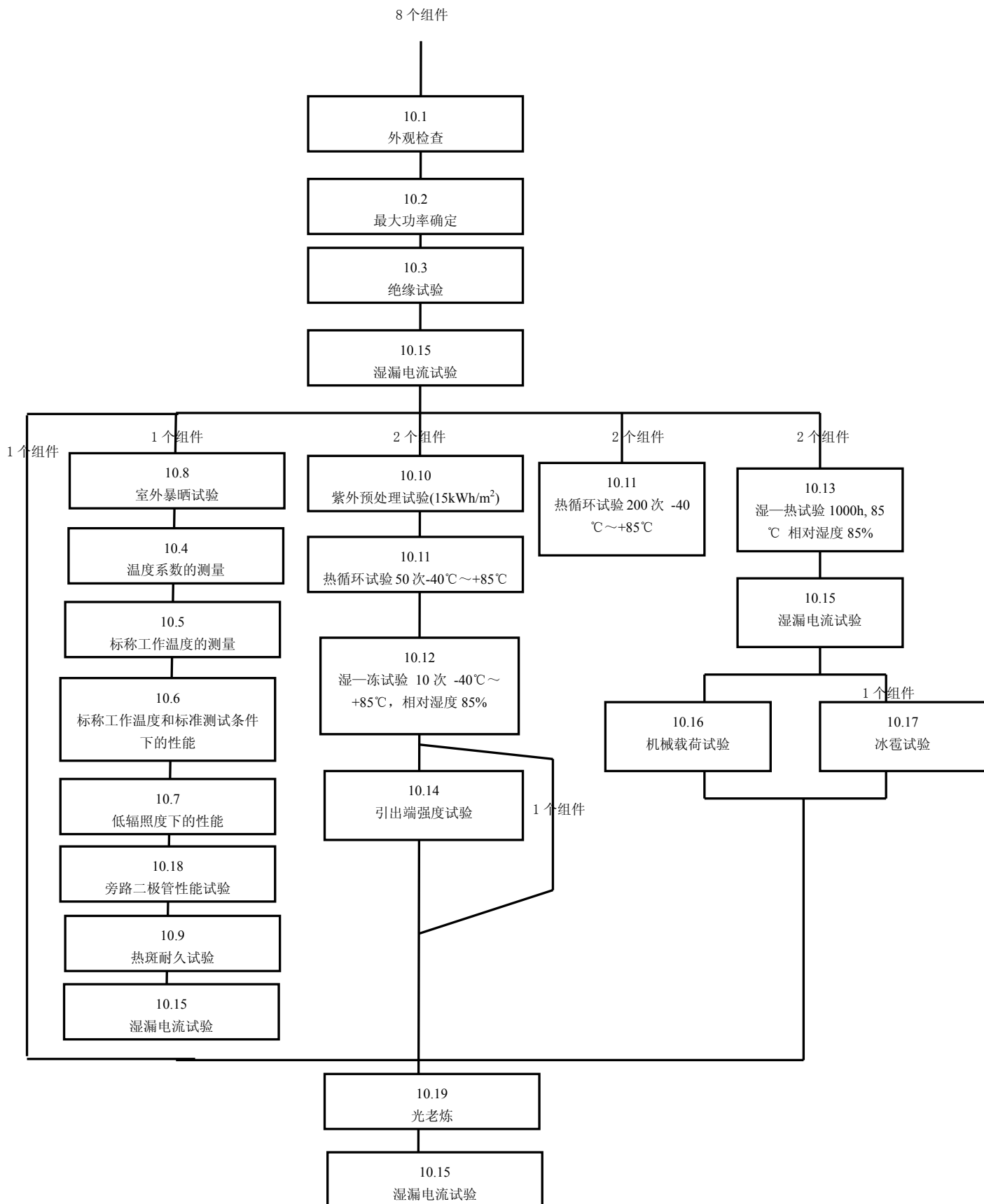


图1 鉴定试验程序

注1: 如果 IEC 61853 已经测试, 可省略。

注2: 如组件不是设计为敞开式支架安装, 在标准中可用太阳能电池的平均平衡结温代替标称工作温度。

**注3:** 如果组件中旁路二极管不可直接接触到，可以为旁路二极管的热试验（10.18）准备一个专门样品。由于旁路二极管要置于标准组件中，因此应按照 10.18.2 的要求，将其物理性地安装，并将热传感器置于二极管中。该样品无需进行流程中的其他测试。

**注4:** 为了判定，可在单个试验前后测定最大功率（10.2）。若对比组件用于测试，需确保其按照制造厂推荐的方法进行预处理。

表1 试验条件一览表

试验	项目	试验条件
10.1	外观检查	详见列于10.1.2的检查
10.2	最大功率确定	见IEC 60904-1
10.3	绝缘试验	绝缘体经受直流1000V 加上两倍系统最大电压1min。 对于面积小于0.1m <sup>2</sup> 的组件绝缘电阻不小于400MΩ,对于面积大于0.1 m <sup>2</sup> 的组件, 测试绝缘电阻乘以组件面积应不小于40MΩ·m <sup>2</sup> , 测试时使用500V 或最大系统电压的值。
10.4	温度系数的测量	详见10.4 见IEC 60904-10 的指导
10.5	标称工作温度的测量	总太阳辐照度: 800 W·m <sup>-2</sup> 环境温度: 20℃ 风速: 1m/s
10.6	标称工作温度和标准测试条件下的性能	电池温度: 25℃和标称工作温度 辐照度: 1000 和800 W·m <sup>-2</sup> , 标准太阳光谱辐照度分布符合IEC 60904-3的规定
10.7	低辐照度下的性能	电池温度: 25℃ 辐照度: 200W·m <sup>-2</sup> , 标准太阳光谱辐照度分布符合IEC 60904-3 的规定
10.8	室外曝晒试验	电阻负载下的太阳总辐射量: 60kWh·m <sup>-2</sup>
10.9	热斑耐久试验	在最坏热斑条件下, 1000W·m <sup>-2</sup> 辐照度照射1h。
10.10	紫外预处理试验	电阻负载下, 波长在280nm 到385nm 范围的紫外辐射为15kWh/m <sup>2</sup> , 其中波长为280nm 到320nm 的紫外辐射为5kWh·m <sup>-2</sup> 。
10.11	热循环试验	从-40℃到+85℃ 50 和200 次循环。
10.12	湿-冻试验	从+85℃, 85%相对湿度到-40℃ 10 次
10.13	湿-热试验	在+85℃, 85%相对湿度下1000h
10.14	引出端强度试验	见IEC 60068-2-21
10.15	湿漏电流试验	详见10.15 测试时使用500V 或最大系统电压的最高值, 维持1min。对于面积小于0.1 m <sup>2</sup> 的组件绝缘电阻不小于400MΩ, 对于面积大于0.1 m <sup>2</sup> 的组件, 测试绝缘电阻乘以组件面积应不小于40MΩ·m <sup>2</sup> 。
10.16	机械载荷试验	2400Pa 的均匀载荷依次加到前和后表面1h, 循环三次
10.17	冰雹试验	25mm直径的冰球以23.0m·s <sup>-1</sup> 的速度撞击11 个位置
10.18	旁路二极管热性能试验	75℃, Isc 加上1h 75℃, 1.25 倍Isc 加上1h
10.19	光老炼试验	曝露于800W·m <sup>-2</sup> 到1000 W·m <sup>-2</sup> 的光强下, 直至P <sub>max</sub> 稳定在2%以内。



## 10 试验程序

### 10.1 外观检查

#### 10.1.1 目的

检查组件中的任何外观缺陷。

#### 10.1.2 程序

在不低于 1000 lx 的照度下，对每一个组件仔细检查下列情况：

- a) 开裂、弯曲、不规整或损伤的外表面；
- b) 互联线或接头的缺陷；
- c) 组件有效工作区域的任何薄膜层有空隙和可见的腐蚀；
- d) 输出连接、互联线及主汇流线有可见的腐蚀；
- e) 粘合连接失效；
- f) 在组件的边框和电池之间形成连续通道的气泡或剥层；
- g) 在塑料材料表面有粘污物；
- h) 引出端失效，带电部件外露；
- i) 可能影响组件性能的其他任何情况。

对任何裂纹、气泡或脱层等的状态和位置应作记录和 / 或照相记录。这些缺陷在后续的试验中可能会加剧并对组件的性能产生不良影响。

#### 10.1.3 要求

对定型来说，除第7章中规定的严重外观缺陷外，其它的外观情况是允许的。

### 10.2 最大功率确定

#### 10.2.1 目的

确定组件在各种环境试验前后的最大功率。试验的重复性是最重要的因数。

#### 10.2.2 装置

- a) 一个光源（自然光或符合 IEC 60904-9 的 BBA 级或更优模拟器）；
- b) 一个符合 IEC 60904-2 的标准光伏器件。如果使用 BBA 级模拟器，标准光伏器件应为标准光伏组件，该组件应采用与测试样品相同技术制造（有相同光谱相应）并且相同尺寸大小；
- c) 一个合适的支架使测试样品与标准器件在与入射光线垂直的相同平面；
- d) 符合 IEC 60904-1 的测量 I-V 曲线装置。

#### 10.2.3 程序

按照 IEC 60904-1 的方法，使用自然光或符合 IEC 60904-9 的 BBA 级或更优的模拟器，测试组件在特定辐照度和温度条件（推荐范围：电池温度：25℃到 50℃；辐照度：700W·m<sup>-2</sup>到 1100 W·m<sup>-2</sup>）下的电流—电压特性。如组件是为特定条件下工作而设计，可以采用与预期工作条件相近的温度及辐照度水平进行测量。对于线性组件，可根据 IEC 60891 规定作温度和辐照度的修正。对于非线性组件，试验可以在指定辐照度±5%范围内，指定温度 ±2%范围内进行。所有的努力都是为了保证峰值功率测量

是在相似的操作条件下测量。也就是说，通过使得在近似相同的温度和辐照度下测量特定组件的峰值功率来减少校正次数。

注：控制组件可以在其它组件测试时用作校验。

### 10.3 绝缘试验

#### 10.3.1 目的

测定组件中的载流部分与组件边框或外部之间的绝缘是否良好。

#### 10.3.2 装置

- a) 有限流的直流电压源，能提供 500V 或 1000V 加上 10.3.4 c)规定两倍组件的最大系统电压的电压（如组件上所标记的 – 见第 4 章）；
- b) 测量绝缘电阻的仪器。

#### 10.3.3 试验条件

对组件试验的条件：温度为环境温度(见IEC 60068-1)，相对湿度不超过75%。

#### 10.3.4 程序

- a) 将组件引出线短路后接到有限流装置的直流绝缘测试仪的正极。
- b) 将组件暴露的金属部分接到绝缘测试仪的负极。如果组件无边框，或边框是不良导体，将组件的周边和背面用导电箔包裹；如果组件不含有玻璃外层，将组件前面用导电箔包裹。再将导电箔连接到绝缘测试仪的负极。
- c) 以不大于 500V/s 的速率增加绝缘测试仪的电压，直到等于 1000V 加上两倍的系统最大电压(即由制造商标注在组件上的最大系统电压，见第 4 章)。如果系统的最大电压不超过 50V，所施加的电压应为 500V。维持此电压 1min。
- d) 降低电压到零，将绝缘测试仪的正负极短路使组件放电。
- e) 拆去绝缘测试仪正负极的短路。
- f) 以不大于 500V/s 的速率增加绝缘测试仪的电压，直到等于 500V 或组件最大系统电压的高值。维持此电压 2min。然后测量绝缘电阻。
- g) 降低电压到零，将绝缘测试仪的正负极短路使组件放电。
- h) 拆去绝缘测试仪与组件的连线及正负极的短路线。

#### 10.3.5 试验要求

- 在步骤 c)中，无绝缘击穿或表面无破裂现象。
- 对于面积小于  $0.1\text{m}^2$  的组件绝缘电阻不小于  $400\text{M}\Omega$ 。
- 对于面积大于  $0.1\text{m}^2$  的组件，测试绝缘电阻乘以组件面积应不小于  $40\text{M}\Omega\cdot\text{m}^2$ 。

### 10.4 温度系数的测量

#### 10.4.1 目的

从组件试验中测量其电流温度系数( $\alpha$ )、电压温度系数( $\beta$ ) 和峰值功率温度系数 ( $\delta$ )。如此测定的温度系数，仅在测试中所用的辐照度下有效。对于线性组件，在超过该辐照度30%的范围内也有效。IEC 60891规定了从一组有代表性的单体电池中测量这些系数，本方法是对这一标准的补充。对于薄膜组件，温度系数可能与组件辐照经历和热经历有关。当提及温度系数时，应指出辐照度和热试验的相关历史条件和结果。

## 10.4.2 装置

需要下列装置来控制 and 测量试验条件:

- a) 后续试验继续使用的光源 (自然光或符合 IEC 60904-9 的 BBB 类或更好太阳模拟器);
- b) 一个符合 IEC 60904-2 的标准光伏器件, 已知其经过与绝对辐射计校准过的短路电流与辐照度特性。
- c) 能在需要的温度范围内改变测试样品温度的设备。
- d) 一个合适的支架使测试样品与标准器件在与入射光线垂直的相同平面;
- e) 符合 IEC 60904-1 的测量 I-V 曲线装置。

## 10.4.3 程序

有两种可接受的测量温度系数的程序。

### 10.4.3.1 自然光下的程序

- a) 仅在满足下列条件时才能在自然光下进行测试:
  - 总辐照度至少达到需要进行测试的上限;
  - 瞬时振荡 (云、薄雾或烟) 引起的辐照度变化应小于标准器件测出总辐照度的 2%;
  - 风速小于 2m/s。
- b) 安装标准器件与测试组件共平面, 使太阳光线垂直( $\pm 5^\circ$ 内)照射二者, 并连接到需要的设备上。  
注: 以下条款描述的测试应尽可能快地在同一天的一、二小时内完成, 以减少光谱变化带来的影响。如不能做到则可能需要进行光谱修正。
- c) 如果测试组件及标准器件装有温度控制装置, 将温度设定在需要的值。
- d) 如果没有温度控制装置, 要将测试样品和标准器件遮挡阳光和避风, 直到其温度均匀, 与周围环境温度相差在 $\pm 1^\circ\text{C}$ 以内, 或允许测试样品达到一个稳定平衡温度, 或冷却测试样品到低于需要测试温度的一个值, 然后让组件自然升温。在进行测量前, 标准器件温度应稳定在其平衡温度的 $\pm 1^\circ\text{C}$ 以内。
- e) 记录样品的电流—电压曲线和温度, 同时记录在测试温度下标准器件的短路电流和温度。如需要可在移开遮挡后立即进行测试。
- f) 辐照度  $G_0$  可根据 IEC 60891 从标准光伏器件的短路电流( $I_{sc}$ )测试值进行计算, 并修正到标准测试条件下的值( $I_{rc}$ )。使用标准器件特定的温度系数( $\alpha_{rc}$ )进行标准器件温度  $T_m$  的修正。

$$G_0 = \frac{1000 \times I_{rc}}{I_{sc}} \times [1 - \alpha_{rc} (T_m - 25)] \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$\alpha_{rc}$ 是 $25^\circ\text{C}$ 和 $1000\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 下的相关温度系数 ( $1/^\circ\text{C}$ )。

- g) 通过控制器或将测试组件交替曝晒和遮挡来调整组件的温度, 使其达到和保持所需的温度。也可让测试组件自然加热, 如 d)条款所描述的数据记录程序在加热过程中周期性的应用。
- h) 在每组数据记录期间, 确保测试组件和标准器件的温度稳定, 其变化在 $\pm 1^\circ\text{C}$ 以内; 由标准器件测量的辐照度变化在 $\pm 1\%$ 以内。所有数据记录应在  $1000\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$  或通过 IEC 60891 转换到该辐照度的值。只有在 IEC 60904-10 定义的组件线性辐照范围内时才能进行转换。
- i) 重复步骤 d)到 h), 组件温度在至少  $30^\circ\text{C}$  所关心的温度范围内, 至少有四个相等温度间隔。每个试验条件至少进行三次测试。

### 10.4.3.2 太阳模拟器下的程序

- a) 根据 IEC 60904-1 确定组件在室温及要求的辐照度下的短路电流；
- b) 将测试组件安装在改变温度的设备中，连接到使用仪器上；
- c) 将辐照度设定在如 a) 条款确定测试组件的产生短路电流上；
- d) 加热或冷却组件到适当的一个温度，一旦组件达到需要的温度就进行  $I_{SC}$ ， $V_{OC}$  和峰值功率的测量。在至少 30℃ 感兴趣温度范围上，以大约 5℃ 的温度步长改变组件的温度，重复测试  $I_{SC}$ ， $V_{OC}$  和峰值功率的测量。

注1：在每个温度可测量完整的电流—电压特性，以确定随温度变化的最大工作点电压和最大工作点电流。

注2：需确保在每次测试之前，测试组件都进行了正确的预处理。

### 10.4.3.3 计算温度系数

- a) 绘制  $I_{SC}$ ， $V_{OC}$  和  $P_{MAX}$  与温度的函数图，利用最小二乘法拟合曲线，使曲线穿过每一组数据。
- b) 从最小二乘法拟合的电流、电压和峰值功率的直线斜率计算短路电流温度系数  $\alpha$ ，开路电压温度系数  $\beta$  和最大功率温度系数  $\delta$ 。

注1：根据 IEC 60904-10 确定试验组件是否可以认为是线性组件。

注2：使用该程序测量的温度系数仅在测试的辐照度水平上有效。相对温度系数可用百分数表示，等于计算的  $\alpha$ ， $\beta$  和  $\delta$  除以 25℃ 时的电流、电压和最大功率值。

注3：因为组件的填充因子是温度的函数，使用  $\alpha$  和  $\beta$  的乘积不足以表示最大功率的温度系数。

## 10.5 电池标称工作温度的测量

### 10.5.1 目的

测定组件的标称工作温度(NOCT)。

### 10.5.2 导言

标称工作温度定义为在下列标准参考环境(SRE)，敞开式支架安装情况下，太阳能电池的平均平衡结温：

- a) 与水平面夹角 45°；
- b) 总辐照度： $800\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ；
- c) 环境温度：20℃；
- d) 风速：1m/s；
- e) 电负荷：零(开路)。

系统设计者可用标称工作温度作为组件在现场工作的参考温度，因此在比较不同组件设计的性能时该参数是一个很有价值的参数。然而组件在任何特定时间的真实工作温度取决于安装的方式、辐照度、风速、环境温度、天空温度、地面和周围物体的反射辐射与发射辐射。为准确预测组件的性能，上述因素的影响应该考虑进去。

在组件不是设计为敞开式支架安装时，用制造厂所推荐的方法安装，其方法仍可测定其在标准参考环境中平衡平均太阳电池结温。

### 10.5.3 原理

该方法是基于在某一范围的环境条件（包括 SRE）下集合实际测出的电池温度数据，所提供的这些数据在某种意义上来说可给出精确的可重复的 NOCT 内插值。

太阳能电池节温( $T_j$ )基本上是环境温度( $T_{amb}$ )、平均风速( $V$ )和入射到组件光照表面上的太阳总辐照度( $G$ )的函数。温度差( $T_j - T_{amb}$ )在很大程度上不依赖于环境温度，在辐照度  $400\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$  以上，它基本上正比于辐照度。在风速适宜时，本方法要求作( $T_j - T_{amb}$ )对于 ( $G$ ) 的曲线。在曲线  $800\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$  的辐照

度上得到的( $T_J - T_{amb}$ )值, 再加上  $20\text{ }^\circ\text{C}$  环境温度 (SRE), 即可得到初步的 NOCT 值, 最后把依赖于平均温度和风速的一个校正因子加到初步的 NOCT 中, 将其修正到  $20\text{ }^\circ\text{C}$  和  $1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  时的值。

#### 10.5.4 装置

需要下列装置:

- a) 敞开式支架, 它以特定方式(见 10.5.2)支撑被试验组件和辐照度计。该支架应该设计为对组件的热传导最小, 并且尽可能小地干扰组件前后表面的热辐射。

注: 如组件不是设计为敞开式支架安装, 应按制造厂推荐的方式安装。

- b) 辐照度计, 安装在距试验方阵  $0.3\text{ m}$  内组件的平面上。
- c) 能测量至  $0.25\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  风速和风向的设备, 风速测量具有  $10\%$ 或  $0.2\text{ m/s}$ (取大者)精度, 风向测量应具有  $10^\circ$  的精度, 安装在组件上方  $0.7\text{ m}$ , 距组件靠东或西  $1.2\text{ m}$  处。
- d) 一个温度传感器, 具有与组件相近或更短的时间常数, 安装在遮光通风良好且靠近风速传感器之处。
- e) 电池温度传感器, 或国家标准认可的测量电池温度的其它设备, 焊在或用有良好导热性能的胶粘在每一个试验组件中部两片电池的背面。
- f) 具有测量温度准确度 $\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ 的数据采集系统, 在不大于  $5\text{ s}$  的间隔内, 记录下列参数:

辐照度;

环境温度;

电池温度;

风速;

风向。

#### 10.5.5 试验组件的安装

倾角: 使试验组件前表面面向赤道, 与水平面的倾角为  $45^\circ \pm 5^\circ$ 。

高度: 试验组件的底边应高于当地水平面或地平面  $0.6\text{ m}$  以上。

排列: 为了模拟组件安装在一个方阵中的热边界条件, 试验组件应安装在一个平面阵列内, 该平面阵列在试验组件平面的各个方向上延伸至少  $0.6\text{ m}$ 。对于随意固定, 敞开式安装的组件, 应该用黑色铝板或其它同样设计的组件来填充平面阵列的剩余表面。

周围区域: 在当地太阳正午前后  $4\text{ h}$  内, 组件周围没有遮挡物, 可以得到充分的太阳辐照。安装组件的周围地面应是平坦的, 或是试验架位于坡顶部, 并且对阳光无特殊的高反射率。在试验现场周围有草、其他植物、黑色的沥青或脏迹等是允许的。

#### 10.5.6 程序

- a) 按 10.5.4 的要求, 安装组件等装置, 确保试验组件开路。
- b) 选一无云、少风晴朗的天, 记录下列参数为时间的函数: 电池的温度、环境温度、辐照度、风速和风向。
- c) 剔出在下列情况下记录的数据:
  - 辐照度低于  $400\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ;
  - 在  $10\text{ min}$  期间记录辐照度变化从最大值到最小值超过  $10\%$ 以上之后  $10\text{ min}$  间隔;
  - 风速在  $1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \pm 0.75\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  范围以外;
  - 环境温度在  $20\text{ }^\circ\text{C} \pm 15\text{ }^\circ\text{C}$  范围以外, 或变化超过  $5\text{ }^\circ\text{C}$ ;
  - 在风速超过  $4\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  的疾风之后  $10\text{ min}$  内;
  - 风向在东或西 $\pm 20^\circ$ 范围内。

- d) 至少选 10 个可采用的数据点，覆盖  $300\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$  以上的辐照度范围，确保包含当地正午前后的数据，作  $(T_j - T_{\text{amb}})$  随辐照度变化的曲线，通过这些数据点用回归分析做拟合。
- e) 确定在  $800\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$  时的  $(T_j - T_{\text{amb}})$  值，加上  $20^\circ\text{C}$  即给出标称工作温度的初步值。
- f) 使用可采用的数据点，计算平均环境温度  $T_{\text{amb}}$ ，平均风速  $V$ ，并从图 2 中定出适当的修正因子。
- g) 修正因子与初步的标称工作温度之和即为组件的标称工作温度值，它是校正到  $20^\circ\text{C}$  和  $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  时的值
- h) 在另一天重复上述程序，若测得的两个 NOCT 值相差不超过  $0.5^\circ\text{C}$ ，则将二者取平均值。若相差超过  $0.5^\circ\text{C}$ ，则在第三天重复上述程序，将三个 NOCT 值求平均。

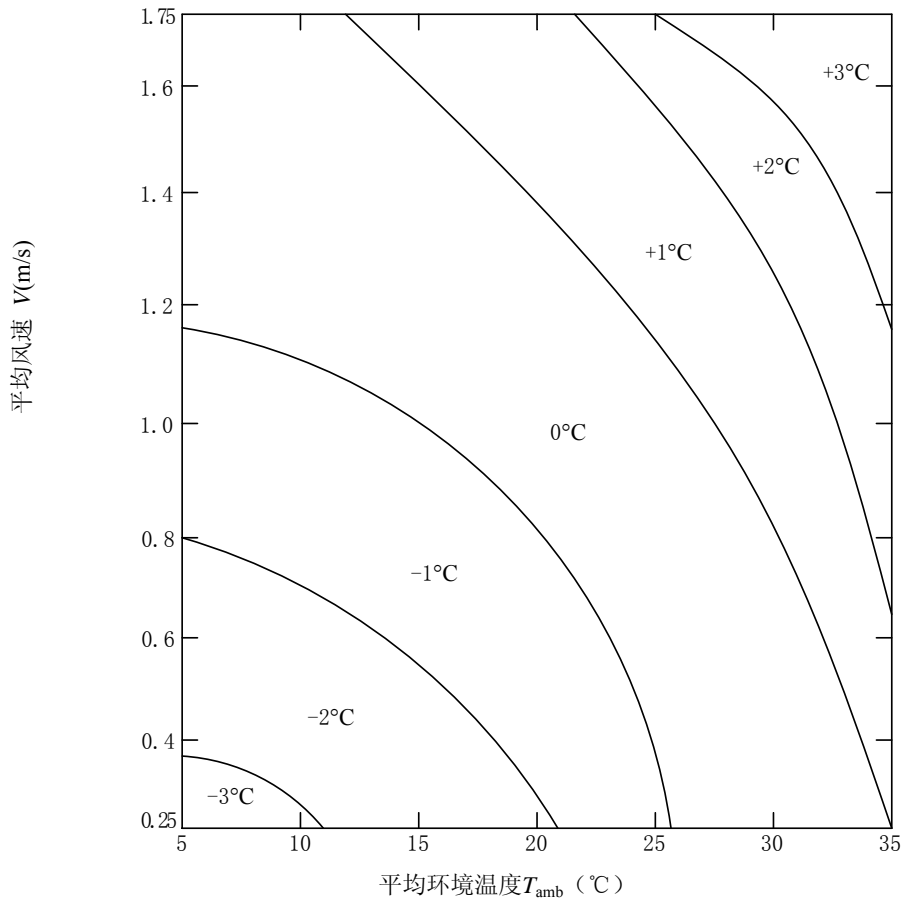


图2 NOCT 校正因子

## 10.6 标准测试条件和标称工作温度下的性能

### 10.6.1 目的

在标准测试条件（ $1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ， $25^\circ\text{C}$  电池温度，符合 IEC 60904-3 的标准太阳光谱辐照度分布）和标称工作温度和辐照度为  $800 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ，且满足 IEC 60904-3 的标准太阳光谱辐照度分布条件下，确定组件随负荷变化的电性能。

### 10.6.2 装置

- 光源（自然光或符合 IEC 60904-9 的 BBB 级或更优太阳模拟器）；
- 一个符合 IEC 60904-2 或 IEC 60904-6 的标准光伏器件。如果使用 BBB 级模拟器，标准光伏器件应为标准光伏组件，该组件应采用与测试样品同样技术制造（有相同光谱相应）并且同样尺寸大小；
- 一个合适的支架使测试样品与标准器件在与入射光线垂直的相同平面；
- 符合 IEC 60904-1:2006 第 4 章的测定 I-V 曲线装置；
- 能将测试样品温度设定到 10.5 所测试的标称工作温度的设备。

### 10.6.3 程序

#### 10.6.3.1 标准测试条件

保持组件温度在  $25^\circ\text{C}$ ，用自然光或符合 IEC 60904-9 要求的 BBB 级或更优模拟器，按照 IEC 60904-1

的规定, 在 $1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  辐照度(用适当的标准电池测定)下, 测量其电流-电压特性。

### 10.6.3.2 标称工作温度

用自然光或符合IEC 60904-9 要求的B级或更优模拟器, 按照IEC 60904-1的规定, 在 $800 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  辐照度(用适当的标准电池测定)下, 将组件均匀加热至标称工作温度, 测量其电流-电压特性。

如果标准电池的光谱响应与测试组件不相同, 用 IEC 60904-7 的方法计算光谱失配修正。

## 10.7 低辐照度下的性能

### 10.7.1 目的

依据IEC 60904-1的规定, 在 $25^\circ\text{C}$ 和辐照度为 $200 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  (用适当的标准电池测定)的自然光或符合IEC60904-9 要求的BBB级或更优模拟器下, 确定组件随负荷变化的电性能。

### 10.7.2 装置

- a) 光源 (自然光或符合 IEC60904-9 的 BBB 级或更优太阳模拟器);
- b) 符合 IEC60904-10、改变辐照到  $200 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  且不影响相对光谱辐照分布和空间一致性所必需的设备;
- c) 一个符合 IEC 60904-2 或 IEC 60904-6 的标准光伏器件;
- d) 一个符合 IEC 60904-2 的标准光伏器件。
- e) 符合 IEC 60904 – 1:2006 第 4 章的测定 I-V 曲线装置。

### 10.7.3 程序

依据IEC 60904-1, 在 $25^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 和辐照度为 $200 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  (用适当的标准电池测定)的自然光或符合IEC 60904-9要求的BBB级或更优模拟器下, 测量组件的电流-电压特性。用中性滤光器或其它不影响光谱辐照度分布的技术将辐照度降低至特定值 (降低辐照度而不影响光谱辐照度分布的技术指导见IEC 60904-10)。

## 10.8 室外曝露试验

### 10.8.1 目的

初步评价组件经受室外条件曝晒的能力, 并可使在实验室试验中可能测不出来的综合衰减效应揭示出来。

注: 由于试验的短时性和试验条件随环境而变化, 对通过本试验组件的寿命做出绝对判断时应特别小心, 这个试验仅只能作为可能存在问题的指示。

### 10.8.2 装置

- a) 太阳辐照度仪, 准确优于 $\pm 50 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ;
- b) 制造厂推荐的安装组件的设备, 使组件与辐照度仪共平面;
- c) 一个组件在标准测试条件工作于最大功率点附近的合适负载。

### 10.8.3 程序

- d) 将电阻性负载与组件相连, 用制造厂所推荐的方式安装在室外, 与辐照度监测仪共平面。在试验前应安装制造厂所推荐的热斑保护设备。
- e) 在 IEC 60721-2-1 所规定的一般室外气候条件下, 用监测仪测量, 使组件受到的总辐射量为  $60 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$ 。



#### 10.8.4 最后试验

重复10.1、10.2 和10.3 的试验。

#### 10.8.5 要求

- 无第7 章规定的严重外观缺陷；
- 标准测试条件下的最大输出功率应大于制造厂标定的最小功率；
- 绝缘电阻应满足初始试验的同样要求。

#### 10.9 热斑耐久试验

##### 10.9.1 目的

确定组件承受热斑加热效应的能力，如这种效应可能导致焊接熔化或封装退化。电池缺陷、被遮光或弄脏均会引起这种缺陷。

##### 10.9.2 热斑效应

当组件中的一个电池或一组电池被遮光或损坏时，工作电流超过了该电池或电池组降低了的短路电流，在组件中会发生热斑加热。此时受影响的电池或电池组被置于反向偏置状态，消耗功率，从而引起过热。

注1：通常在串联薄膜电池的互连电路中没有引入旁路二极管。所以没有限制遮光电池的反向电压，并且组件电压会迫使一组电池进入反向偏置状态。

注2：由于短期阴影可能已经对薄膜组件的电性能造成负面影响。必须注意将设置最坏条件造成的影响和热斑耐久试验造成的影响明确区分开来。收集  $P_{max1}$ 、 $P_{max2}$  和  $P_{max3}$  的目的就在于此。

注3：本试验中绝对温度和相对功率损失并不是标准的测试重点，严酷的热斑条件是用来确保产品设计的安全性。

图3 描述了由一组串联电池构成的薄膜组件在不同数量的电池被完全遮光时的热斑效应。被遮光电池消耗的功率等于组件电流与被遮光电池组两端产生的反向电压的乘积。对任意辐照水平，当被遮光电池两端的反向电压等于图示组件中其余电池产生的电压时（最坏的遮蔽情况），消耗的功率最大。此时被遮光组件的短路电流等于未被遮光组件的最大功率电流。

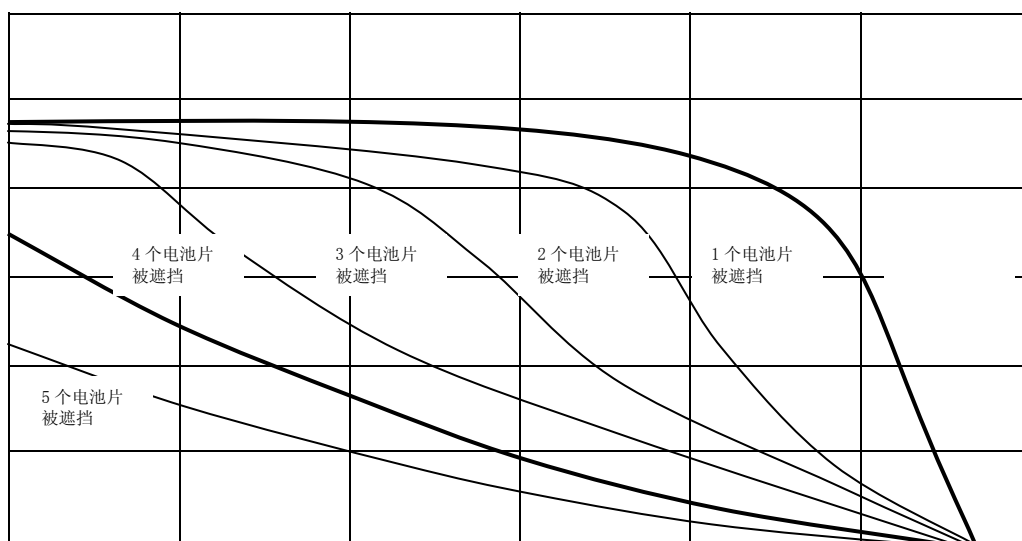


图3 串联电池薄膜组件的热斑效应。最坏遮光情况是同时遮蔽4块电池

### 10.9.3 电池内部连接的分类

薄膜型组件的太阳电池用下列方式之一进行连接：

串联方式：所有电池呈单串串联连接（最常见的情况）。旁路二极管只能用于不同组件的末端之间。

并联—串联方式：即多块并联，每块由一定数量的电池串联组成。每块都可使用旁路二极管。

串联—并联方式：即多块串联，每块由一定数量的电池并联组成。每块都可使用旁路二极管。

每种结构都需要进行特定的热斑测试程序。

### 10.9.4 装置

- a) 辐射源：自然光或者符合 IEC 60904-9 的 CCB 类（或更好）的稳定太阳模拟器，其辐照度为  $1000\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ；
- b) 组件 I-V 曲线测试仪；
- c) 电流测试设备；
- d) 尺寸大小足以保证完全遮盖一组临近试验电池的不透明盖板；
- e) 如有需要，加一个适当的温度探测器。

### 10.9.5 程序

热斑测试是组件暴露在  $800 - 1000\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$  的辐照下进行的。在组件测试之前安装制造厂推荐的热斑保护装置。

#### 10.9.5.1 串联连接方式

- a) 将未遮挡的组件在  $800 - 1000\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$  的辐照源下照射，达到热稳定后，测试组件电流—电压特性，并且在  $P > 0.99 P_{\text{max1}}$  时，测定组件的最大功率电流范围；
  - b) 将组件短路并监测短路电流；
  - c) 从组件的一端开始，使用不透明盖板完全遮盖一块电池。平行移动盖板，增加组件遮光面积（被遮光电池数），直到短路电流降至未遮光组件的最大功率电流范围内。在这种情况下，所选电池组消耗的功率最大；
  - d) 移动不透明盖板（如 c 中描述的尺寸）缓慢遮盖组件，并监测组件的短路电流。若在某个位置上，短路电流降至未遮光组件的最大功率电流范围以外，则逐渐减小盖板的尺寸，直到再次达到最大功率电流状态。在这个过程中，辐照度的变化不超过  $\pm 2\%$ ；
  - e) 盖板的最终宽度决定了最坏遮蔽情况下的最小遮蔽面积。这是用于热斑测试的遮蔽面积；
  - f) 移去盖板，并对组件进行外观检验；
- 注：步骤d)中的电池反向偏置操作可能会造成电池连接破裂，并导致明显的斑点不规则地分布在组件上。这些缺陷会造成最大输出功率的降低。
- g) 再次测定组件的电流—电压特性，确定最大功率  $P_{\text{max2}}$ ；
  - h) 将盖板放在待测组件上，并将组件短路；
  - i) 再次将组件曝露于  $800 - 1000\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$  辐照下，测试时，组件温度应保持在  $50^\circ\text{C}\pm 10^\circ\text{C}$ 。记录  $I_{\text{sc}}$  值，保持组件在消耗功率为最大的状态，如有必要，再次调整遮光，使  $I_{\text{sc}}$  维持在步骤 a) 中确定的特定值；
  - j) 保持此状态经过 1 小时的曝晒；
  - k) 在耐久试验的最后，通过适当的温度探测器测定被遮光电池上的最热区域。

#### 10.9.5.2 并联—串联连接方式

- a) 将不遮光的组件在  $800 - 1000\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$  的辐射源下照射。达到热稳定后，测试组件的电流—电压

特性，并测定最大功率  $P_{\max 1}$ ；

- b) 将组件短路，随机取出 10% 的并联电池组块，逐渐增加电池组块遮光面积直到通过热成像设备或其他适当的方法检测到最大温度；
- c) 再次测试组件电流—电压特性，并测定最大功率  $P_{\max 2}$ ；
- d) 使用步骤 b) 中测定的遮挡面积，保持此状态经过 1 小时的曝晒；
- e) 在耐久试验的最后，通过适当的温度探测器测定被遮光电池上的最热区域。

### 10.9.5.3 串联—并联连接方式

- a) 将不遮光的组件放在  $800 - 1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  的辐射源下照射。达到热稳定后，测试组件的电流—电压特性，并当  $P > 0.99P_{\max 1}$  时，测定最大功率电流范围 ( $I_{\min} < I < I_{\max}$ )；
- b) 然后通过下列公式计算应使用的最大功率电流 ( $I^*$ ) 范围：  
$$I_{\min}/P + I_{sc} \times (P-1)/P < I^* < I_{\max}/P + I_{sc} \times (P-1)/P$$

$P$ ：组件中的并联组数
- c) 将组件短路，并监测短路电流；
- d) 从组件的一端开始，用不透明盖板遮挡住一块完整的电池。按平行电池方向移动盖板并增加组件遮光面积（被遮光电池数），直到短路电流降至未遮光组件的最大功率电流范围内 ( $I^*$ )。在这种情况下，所选电池组消耗的功率最大；
- e) 将不透明盖板切割至试验测得的尺寸；
- f) 缓慢将盖板移过组件，并监测组件短路电流。若在某一位置，短路电流降至未遮光组件最大功率电流范围以外 ( $I^*$ )，则按单个电池面积为单位逐渐切割盖板直到再次达到最大功率电流状态。在这个过程中，辐照度的变化不超过  $\pm 2\%$ ；
- g) 再次测定组件的电流—电压特性，确定最大功率  $P_{\max 2}$ ；
- h) 将盖板放在待测组件上，并将组件短路；
- i) 再次将组件曝露于  $800 - 1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  辐照下，测试时，组件温度应保持在  $50^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ 。记录  $I_{sc}$  值，保持组件在消耗功率为最大的状态。如有必要，再次调整遮光，使  $I_{sc}$  维持在步骤 a) 中确定的特定值；
- j) 保持此状态经过 1 小时的曝晒；
- k) 在耐久试验的最后，通过适当的温度探测器测定被遮光电池上的最热区域。

### 10.9.6 最后测试

重复 10.1 和 10.3 的试验。

注：为了判定，可测定热斑试验之后的功率。

### 10.9.7 要求

——无第 7 章中规定的严重外观缺陷；

——绝缘电阻应满足初始试验同样的要求。

注1：热斑试验中没有对功率损失的通过/不通过要求；

注2：热斑试验中反向偏置造成的电池损坏不被当作薄膜层的失效或腐蚀。

## 10.10 紫外预处理试验

### 10.10.1 目的

在组件进行热循环/湿冻试验前进行紫外(UV)辐照预处理以确定相关材料及粘连连接的紫外衰减。

### 10.10.2 装置

- a) 在经受紫外辐照时能控制组件温度的设备，组件的温度范围必须在  $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。
- b) 测量记录组件温度的装置，准确度为  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。温度传感器应安装在靠近组件中部的或前或背表面，如果同时试验的组件多于一个，只需监测一个代表组件的温度。
- c) 能测试照射到组件试验平面上紫外辐照度的仪器，波长范围为 280nm 到 320nm 和 320nm 到 400nm，准确度为  $\pm 15\%$ 。
- d) 紫外辐射光源，在组件试验平面上其辐照度均匀性为  $\pm 15\%$ ，无可探测的小于 280nm 波长的辐射，能产生根据 10.10.3 规定的关注光谱范围内需要的辐照度。
- e) 一个能够使组件在标准测试条件下工作在最大功率点附近的负载。

### 10.10.3 程序

- a) 使用校准的辐射仪测量组件试验平面上的辐照度，确保波长在 280nm 到 400nm 的辐照度不超过  $250\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ （约等于 5 倍自然光水平），且在整个测量平面上的辐照度均匀性到达  $\pm 15\%$ 。
- b) 给组件加电阻负载并安装开路的组件到在步骤 a) 选择位置的测量平面上，与紫外光线相垂直。保证组件的温度范围为  $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。
- c) 使组件经受波长在 280nm 到 400nm 范围的紫外辐射为  $15\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}$ ，其中波长为 280nm 到 320nm 占总能量的 3%到 10%，在试验过程中维持组件的温度在前面规定的范围。

### 10.10.4 最后测试

重复10.1和10.3 的试验。

### 10.10.5 要求

- 无第 7 章中规定的严重外观缺陷；
- 绝缘电阻应满足初始试验同样的要求。

## 10.11 热循环试验

### 10.11.1 目的

确定组件承受由于温度重复变化而引起的热失配、疲劳和其它应力的能力。

### 10.11.2 装置

- d) 一个气候室，有自动温度控制，使内部空气循环和避免在试验过程中水分凝结在组件表面的装置，而且能容纳一个或多个组件进行如图 4 所示的热循环试验。
- e) 在气候室中有安装或支承组件的装置，并保证周围的空气能自由循环。安装或支承装置的热传导应小，因此实际上，应使组件处于绝热状态。
- f) 测量和记录组件温度的仪器，准确度为  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。
- g) 在整个试验过程中监测每个组件内部电流连续性的仪器。

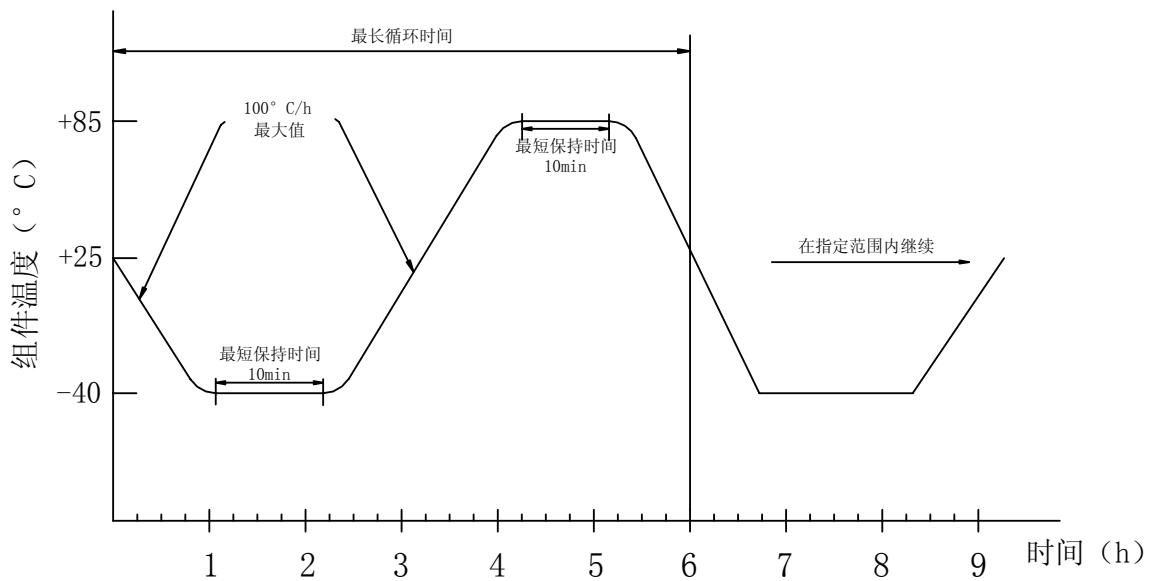


图4 热循环试验

### 10.11.3 程序

- 在室温下将组件装入气候室。如组件的边框导电不好，将其安装在一金属框架上来模拟敞开式支撑架。
- 将温度传感器接到温度监测仪。温度传感器应安装在组件的前表面或后表面靠近中间的位置。若同时测定两个以上的组件，监测其中一个代表性样品的温度就足够了。
- 关闭气候室，按图4的分布，使组件的温度在 $-40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 和 $+85^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 之间循环。最高和最低温度之间温度变化的速率不超过  $100^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ，在每个极端温度下，应保持稳定至少  $10\text{min}$ 。除组件的热容量很大需要更长的循环时间外，一次循环时间不超过  $6\text{h}$ ，循环的次数见图1相应的方框。
- 在整个试验过程中，记录组件的温度，并监测通过组件的电流。

### 10.11.4 最后试验

在至少1h的恢复时间后，重复10.1和10.3的试验。

### 10.11.5 要求

- 无第7章中规定的严重外观缺陷；
- 绝缘电阻应满足初始试验同样的要求。
- 在试验过程中无电流中断现象；

## 10.12 湿-冻试验

### 10.12.1 目的

确定组件承受高温、高湿之后以及随后的零下温度影响的能力。本试验不是热冲击试验。

### 10.12.2 装置

- 一个气候室，有自动温度和湿度控制，能容纳一个或多个组件进行如图5所规定的湿-冻循环试验。

- b) 在气候室中有安装或支承组件的装置，并保证周围的空气能自由循环。安装或支承装置的热传导应小，因此实际上，应使组件处于绝热状态。
- c) 测量和记录组件温度的仪器，准确度为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。如多个组件同时试验，只需监测一个代表组件的温度。
- d) 在整个试验过程中，监测每一个组件内部电路连续性的仪器。

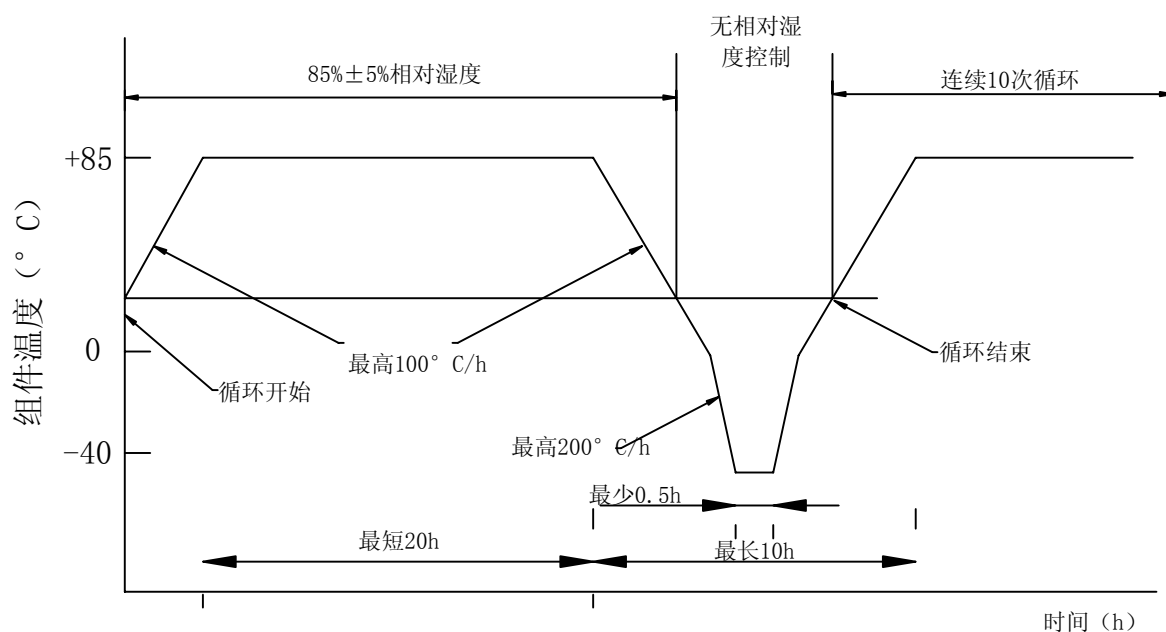


图5 湿-冻循环

### 10.12.3 程序

- a) 将温度传感器置于组件中部的或前或后表面；
- b) 在室温下将组件装入气候室；
- c) 将温度传感器接到温度监测仪；
- d) 关闭气候室，使组件完成如图5的所示的10次循环。最高和最低温度应在所设定值的 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 以内，在最高温度（ $85^{\circ}\text{C}$ ）下，相对湿度应保持在所设定值的 $\pm 5\%$ 以内；
- e) 在整个试验过程中，记录组件的温度并监测组件的连续性。

### 10.12.4 最后试验

完成测试后，在2到4小时内重复10.1和10.3的试验。

### 10.12.5 要求

- 无第7章中规定的严重外观缺陷；
- 绝缘电阻应满足初始试验同样的要求；
- 在试验过程中无电流中断现象。

## 10.13 湿-热试验

### 10.13.1 目的

确定组件承受长期湿气渗透的能力。

### 10.13.2 程序

试验应根据IEC 60068-2-78 并满足以下规定:

a) 预处理

将处于室温下没有经过预处理的组件放入气候室中;

b) 严酷条件

在下列严酷条件进行试验:

——试验温度:  $85^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ;

——相对湿度:  $85\% \pm 5\%$ ;

——试验时间: 1000h。

### 10.13.3 最后试验

组件经受时间为2h 至4h 恢复期后, 重复10.3 和10.15 的试验, 再重复10.1的试验。

### 10.13.4 要求

应满足下列要求:

——无第7 章中规定的严重外观缺陷;

——绝缘电阻应满足初始试验同样的要求;

——湿漏电流测试应满足初始试验同样的要求。

## 10.14 引出端强度试验

### 10.14.1 目的

确定引出端及其与组件体的附着是否能承受正常安装和操作过程中所受的力。

### 10.14.2 引出端类型

考虑三种类型的组件引出端:

——A 型: 直接自电池板引出的导线;

——B 型: 接线片、接线螺栓、螺钉等;

——C 型: 接插件。

### 10.14.3 程序

预处理: 在标准大气条件下进行1h 的测量和试验。

#### 10.14.3.1 A 型引出端

拉力试验: 按照IEC 60068-2-21中Ua 的试验所述, 满足下列条件:

——所有引出端均应试验;

——拉力不能超过组件重量。

弯曲试验: 按照IEC 60068-2-21中 Ub 的试验所述, 满足下列条件:

——所有引出端均应试验;

——用方法1 实施10 次循环(每次循环为各相反方向均弯曲一次)。

#### 10.14.3.2 B 型引出端

拉力和弯曲试验:

a) 对于引出端暴露在外的组件应与A 型引出端的试验一样, 试验所有引出端;

b) 如果引出端封闭于保护盒内，则应采取如下程序：

——将组件制造厂所推荐型号和尺寸的电缆切为合适的长度，依其推荐方法与盒内引出端相接，利用所提供的电缆夹小心将电缆自密封套的小孔中穿出。盒盖应牢固放置原处，再按A型引出端的试验方法进行试验。

转矩试验：按照IEC 60068-2-21中Ud的试验所述，满足下列条件：

——所有引出端均应试验；

——严酷度1。

除永久固定的指定设计外，螺帽、螺丝均应能松启。

### 10.14.3.3 C型引出端

将组件制造厂推荐型号和尺寸的电缆切为合适的长度与接插件线盒输出端相接，然后按与A型引出端相同的试验方法进行试验。

### 10.14.4 最后试验

重复试验10.1和10.3。

### 10.14.5 要求

——无第7章中规定的严重外观缺陷

——绝缘电阻应满足初始试验同样的要求。

## 10.15 湿漏电流试验

### 10.15.1 目的

评价组件在潮湿工作条件下的绝缘性能，验证雨、雾、露水或溶雪的湿气不能进入组件内部电路的工作部分，如果湿气进入可能会引起腐蚀、漏电或安全事故。

### 10.15.2 装置

a) 一个浅槽或容器，其尺寸应足够大到能将组件及边框水平放入其中的溶液，有符合以下要求的水或溶液：

——电阻率不大于  $3500 \Omega \cdot \text{cm}$ ；

——表面张力不大于  $3 \text{N} \cdot \text{m}^2$

——温度  $22^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$

注：溶液深度应有效覆盖所有表面，不要泡到没有为浸泡而设计的引线盒入口。

b) 有相同溶液的喷淋装置。

c) 可提供500V或组件系统电压的较大值、有电流限制的直流电源。

d) 测量绝缘电阻的设备。

### 10.15.3 程序

注1：所有连接应代表推荐现场安装接线情况，并小心确保漏电流不起源于连接组件的仪器设备。

a) 在盛有要求溶液的容器内淹没组件，其深度应有效覆盖所有表面，不要泡到没有为浸泡而设计的引线盒入口。引线入口应用溶液彻底喷淋。如果组件是用接插件连接器，则试验过程中接插件应浸泡在溶液中。

b) 将组件输出端短路，连接到测试设备的正极，使用适当的金属导体将测试液体连接到测试设备的负极。



- c) 以不超过  $500\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$  的速度增加测试设备所施加的电压直到  $500\text{V}$ ，保持该电压  $2\text{min}$ ，测试绝缘电阻。
- d) 减低电压到零，将测试设备的引出端短路，以释放组件内部的电压。

注2: 在进行后续测试之前，必须确保组件上所有的润湿剂都被清洗干净。

#### 10.15.4 要求

应满足下列要求：

- 对于面积小于  $0.1\text{m}^2$  的组件绝缘电阻不小于  $400\text{M}\Omega$ 。
- 对于面积大于  $0.1\text{m}^2$  的组件，测试绝缘电阻乘以组件面积应不小于  $40\text{M}\Omega\cdot\text{m}^2$ 。

### 10.16 机械载荷试验

#### 10.16.1 目的

确定组件经受风、雪或覆冰等静态载荷的能力。

#### 10.16.2 装置

- a) 一个能使组件正面朝上或朝下安装的刚性试验平台，并能使组件在加上负荷时能自由偏转。
- b) 试验过程中监测组件内部电路的连续性的仪器。
- c) 合适的重量或压力，能逐渐均匀增加负荷。

#### 10.16.3 程序

- a) 装备好组件以便于试验过程中连续监测其内部电路的连续性。
- b) 用制造厂所述的方法将组件安装于一坚固支架上。(如果有几种方法，采用最差的一种，其固定点间距离为最大。)
- c) 在前表面上，逐步将负荷加到  $2400\text{Pa}$ ，使其均匀分布。(负荷可采用气动加压，或覆盖在整个表面上重量，对于后一种情况，组件应水平放置。)保持此负荷  $1\text{h}$ 。
- d) 将组件保持在坚固支架上，在组件的背表面加同样的负荷。
- e) 重复步骤 c)和步骤 d)三次。

注1: 对于阵风安全系数  $3$ ， $2400\text{Pa}$  对应于  $130\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  风速的压力(约  $\pm 800\text{Pa}$ )。若要试验组件承受冰和雪重压的能力，则本试验最后一次循环，加于组件前表面的负荷应从  $2400\text{Pa}$  增至  $5400\text{Pa}$ 。

注2: 若组件用于雪压和风压超过  $2400\text{Pa}$  的地区，有必要将测试条件提高到  $2400\text{Pa}$  以上。例如，雪压要求可以从相关的国家标准或雪压分布图获得。

注3: 若允许不同的组件安装方法，测试需要根据不同的结构进行，以代表可能的安装方法。

#### 10.16.4 最后试验

重复10.1和10.3 的试验。

#### 10.16.5 要求

- 无第 7 章中规定的严重外观缺陷；
- 绝缘电阻应满足初始试验的同样要求。

### 10.17 冰雹试验

#### 10.17.1 目的

验证组件能经受住冰雹的撞击。

### 10.17.2 装置

- 用于浇铸所需尺寸冰球的合适材料的模具。标准直径为 25mm，对特殊环境可用表 2 所列其它尺寸。
- 一台冷冻箱，控制在 $-10^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 范围内。
- 一台温度在 $-4^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 范围内的储存冰球的存储容器。
- 一台发射器，驱动冰球以所限定速度(可在 $\pm 5\%$ 范围内)撞击在组件指定的位置范围内。只要满足试验要求，冰球从发射器到组件的路径可以是水平、竖直或其他角度。
- 一坚固支架以支撑试验组件，按制造厂所描述的方法安装，使碰撞表面与所发射冰球的路径相垂直。
- 一台天平来测定冰球质量，准确度为 $\pm 2\%$ 。
- 一台测量冰球速度的设备，准确度为 $\pm 2\%$ ，速度传感器距试验组件表面 1m 以内。

作为一个例子，图6 示出一组适合的装置，包括：水平气动发射器、垂直支承组件的安装和测速器(用电子技术测量冰球穿过两光束间距离所用时间来测量其速度)。其他设备如弹射器、弹簧驱动装置等能像该例子成功的使用。

表2 冰球质量与试验速度

直径 mm	质量 g	试验速度 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	直径 mm	质量 g	试验速度 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
12.5	0.94	16.0	45	43.9	30.7
15	1.63	17.8	55	80.2	33.9
25	7.53	23.0	65	132.0	36.7
35	20.7	27.2	75	203.0	39.5

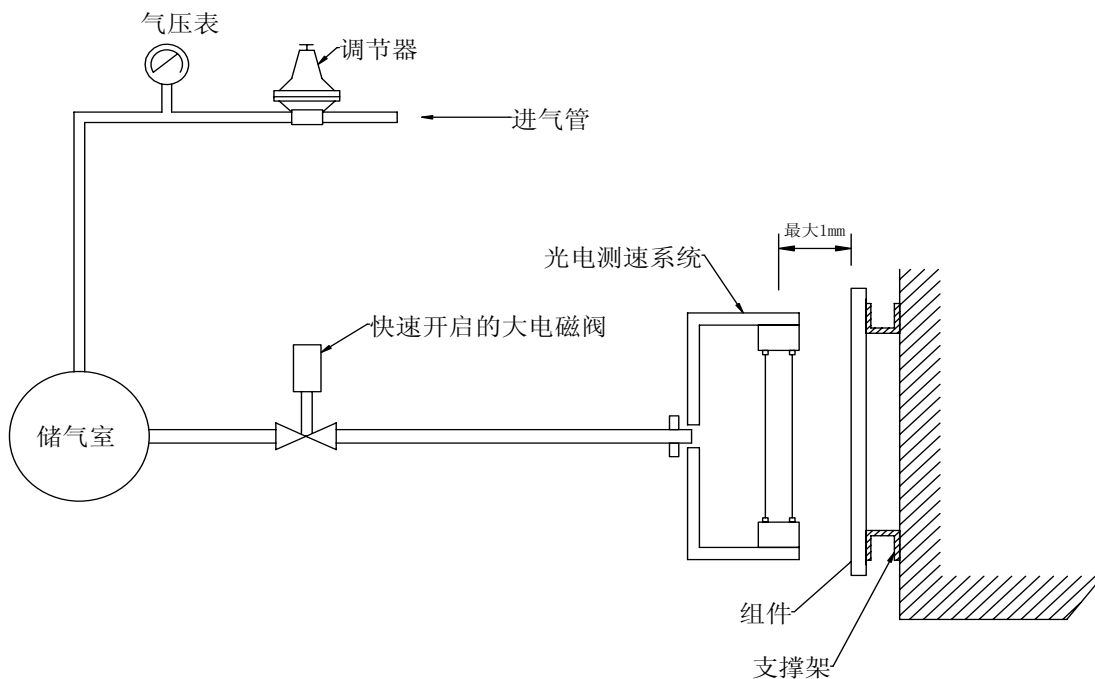


图6 冰雹试验设备

### 10.17.3 程序

- a) 利用模具和冷冻箱制备足够试验所需尺寸的冰球，包括初调发射器所需数量；
- b) 检查每个冰球的尺寸、质量及是否碎裂，可用冰球应满足如下要求：
  - 肉眼看不到裂纹；
  - 直径在要求值 $\pm 5\%$ 范围内；
  - 质量在表 2 中相应标称值 $\pm 5\%$ 范围内。
- c) 使用前，置冰球于储存容器中至少 1h；
- d) 确保所有与冰球接触的发射器表面温度均接近室温；
- e) 用下述步骤 g)的方法对模拟靶试验发射几次，调节发射器，使前述位置上的速度传感器所测定的冰球速度在表 2 中冰雹相应试验速度的 $\pm 5\%$ 范围内；
- f) 室温下安装组件于前述的支架上，使其碰撞面与冰球的路径相垂直；
- g) 将冰球从储存容器内取出放入发射器中，瞄准表 3 指定的第一个撞击位置并发射。冰球从容器内移出到撞击在组件上的时间间隔不应超过 60s；
- h) 检查组件的碰撞区域，标出损坏情况，记录下所有看得见的撞击影响。与指定位置偏差不大于 10mm 是可接受的；
- i) 如果组件未受损坏，则对表 3 中其他撞击位置重复步骤 g)和 h)，如图 7 所示。

表3 撞击位置

撞击编号	位置
1	太阳能光伏夹层玻璃组件窗口一角，距边50mm以内。
2	太阳光光伏夹层玻璃组件一边，距边12mm以内。
3、4	单体电池边沿上。
5、6	电池电路连接处。
7、8	安装点附近。
9、10	在组件中心处，距安装点最远的点。
11	对冰雹撞击最易损坏的任意点。

### 10.17.4 最后试验

重复10.1, 10.3 的试验。

### 10.17.5 要求

- 无第 7 章中规定的严重外观缺陷；
- 绝缘电阻应满足初始试验的同样要求。

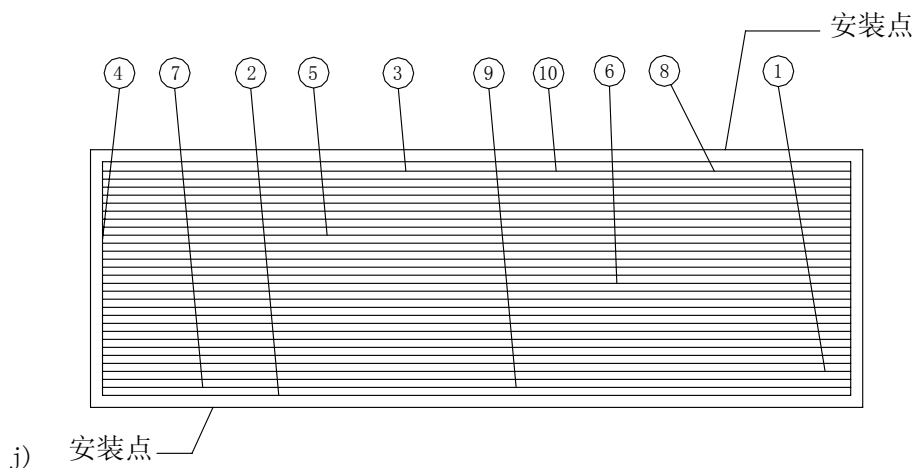


图7 撞击位置示意图

## 10.18 旁路二极管热性能试验

### 10.18.1 目的

评价旁路二极管的热设计及防止对组件有害的热斑效应性能相对长期的可靠性。

注：如果不能接触到试验组件类型的旁路二极管，应准备一个特殊的样品来做本试验，旁路二极管的安装应与试验的标准组件相同，但可以在试验过程中对该二极管进行温度测量。试验将照常进行。该样品不需要进行程序的其他试验。

### 10.18.2 装置

- 能加热组件  $75^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  的装置。
- 测量和记录组件温度的仪器，准确度为  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。
- 测量组件提供的任何旁路二极管温度的装置。二极管的温度可以通过温度传感器直接测量或者通过测量二极管两端电压降的温度系数来测量。应注意尽量减少对二极管特性或热传导途径的改变。
- 测定旁路二极管结电压的仪器，精确度应达到 0.2%。
- 在整个试验过程中，对组件通以等于标准测试条件下短路电流 1.25 倍电流，并监测通过组件电流的仪器。

### 10.18.3 程序 1

- 将组件中隔离二极管短路。
- 从商标或说明书中确定组件在标准测试条件下的额定短路电流。
- 做好试验过程中测量旁路二极管温度的准备。
- 采用制造商推荐的最小规格的导线连接组件的输出端，按制造商推荐的方法与接线盒相连，盖上接线盒盖。

注：有的组件安装有重叠的旁路二极管，此时需要一连线以确保电流只流过一个二极管。

- 加热组件到  $75^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，对组件施加等于标准测试条件下短路电流  $\pm 2\%$  的电流，1h 后测量每个旁路二极管的温度。
- 利用二极管制造商提供的信息从测量的壳温及二极管消耗的功率，利用下列方程计算结温：

$$T_j = T_{case} + R_{THjc} \cdot U_D \cdot I_D \dots \dots \dots (2)$$

式中：

$T_j$ ——结温；  
 $T_{case}$ ——壳温；  
 $R_{THjc}$ ——热阻；  
 $U_D$ ——压降；  
 $I_D$ ——电流。

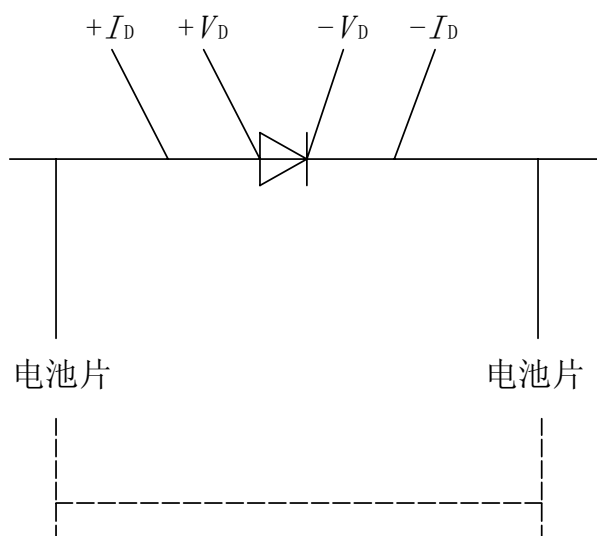
注：如果组件包含特殊的二极管散热设计来降低二极管的工作温度，本试验可在散热片在 $1000W/m^2$ 辐照度下达到温度进行，无风的环境温度为 $43^\circ C \pm 3^\circ C$ ，而非 $75^\circ C$ 。

- g) 增加通以组件电流到标准测试条件下短路电流 1.25 倍，同时保持组件的温度在  $75^\circ C \pm 5^\circ C$ ，保持通过组件电流 1h。
- h) 验证二极管仍能工作。

注：二极管的工作状态可以用后续的热斑耐久试验验证（10.9）。

#### 10.18.4 程序 2

- a) 将组件中隔离二极管短路。
- b) 从商标或说明书中确定组件在标准测试条件下的额定短路电流。
- c) 按图 8 所示，将导线连接到二极管的两端。



注：导线不应造成热量从接线盒损耗。

图8 旁路二极管热性能试验

- d) 按照制造商的推荐方式连接。
- e) 将组件放在温箱中，设置温度为  $30 \pm 2^\circ C$ ，直到组件的温度达到饱和。
- f) 施加等于标准测试条件下短路电流的电流脉冲（脉冲宽度 1ms），测定二极管前向电压  $V_{D1}$ 。
- g) 用相同的步骤，在  $50^\circ C \pm 2^\circ C$  下测量  $V_{D2}$ 。
- h) 用相同的步骤，在  $70^\circ C \pm 2^\circ C$  下测量  $V_{D3}$ 。
- i) 用相同的步骤，在  $90^\circ C \pm 2^\circ C$  下测量  $V_{D4}$ 。
- j) 然后根据  $V_{D1}$ 、 $V_{D2}$ 、 $V_{D3}$  和  $V_{D4}$  数据，通过曲线拟合法得到  $V_D$  对  $T_j$  的特性曲线图。

注：二极管制造厂在生产证明中可能提供了  $V_D$  对  $T_j$  的特性曲线图。

- k) 将组件加热到  $75^\circ C \pm 5^\circ C$ 。施加标准测试条件下测得的短路电流 $\pm 2\%$ 的电流。1 个小时后，测定每个二极管的前向电压。
- l) 通过步骤 j) 中得到的  $V_D$  对  $T_j$  特性曲线图，得到步骤 k) 测试中的二极管  $T_j$ 。

- m) 保持组件温度为  $75\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，将电流增大到标准测试条件下测得的短路电流的 1.25 倍。
- n) 保持电流 1 小时。
- o) 测试结束后，检测二极管是否仍正常工作。

#### 10.18.5 最后试验

重复10.1、10.3 的试验。

#### 10.18.6 要求

应满足如下要求：

- 在 10.18.3e)或 10.18.4 确定的二极管结温不超过二极管制造商最高额定结温；
- 无第 7 章中规定的严重外观缺陷；
- 最大输出功率的衰减不超过试验前测试值的 5%；
- 绝缘电阻应满足初始试验的同样要求。
- 在结束试验后二极管仍能工作。

#### 10.19 光老炼试验

##### 10.19.1 目的

通过模拟太阳辐射的方法，稳定薄膜组件的电性能。

##### 10.19.2 装置

- a) 符合 IEC 60904-9 的 CCC 级太阳模拟器或自然光。
- b) 带积分器的标准装置，以监测辐射量。
- c) 用制造厂推荐的安装方法安装组件，与标准组件共平面安装。
- d) 测定组件温度的仪器，精确度为 $\pm 1\%$ 。
- e) 一个能够使组件在标准测试条件下工作在最大功率点附近的负载。

##### 10.19.3 程序

- a) 给组件加电阻负载并用制造厂推荐的安装方法安装组件，标准装置放置于模拟器的测试平台上。
- b) 使用太阳模拟器时，用标准装置将辐照度设置在  $600\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  到  $1000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  范围内，记录辐照度。
- c) 在辐照下，组件温度应维持在  $50\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  范围内。
- d) 让每个组件都接受辐照，直到最大功率值稳定。稳定是指在 2 个连续周期，每个周期至少  $43\text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$  辐照，且温度在  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  到  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  范围内，满足  $(P_{\max} - P_{\min}) / P_{\text{average}} < 2\%$ 。进行最大功率值的测量时，组件的温度可根据试验方便选取，但各次间的变化应在 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- e) 记录达到稳定时的辐射量。

##### 10.19.4 最后试验

重复 10.1、10.3 和 10.6 的试验（标准测试条件下）。

##### 10.19.5 要求

- a) 无第 7 章中规定的严重外观缺陷；

- b) 绝缘电阻应满足初始试验的同样要求；
- c) 最终的光老炼之后，标准测试条件下的最大输出功率应不低于第 4 章所述制造厂规定的最小值的 90%（见第 6 章）。

## 参 考 文 献

### 参考文献

IEC 60904-5 光伏器件 第 5 部分：用开路电压法测定光伏器件的等效电池温度

IEC 60904-8 光伏器件 第 8 部分：光伏器件光谱响应的测量

IEC 61853 地面用光伏（PV）组件性能测试和能量评定

---