



中华人民共和国国家标准

GB/T 18911—2002/IEC 61646:1996

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

(IEC 61646:1996, IDT)

2002-12-04 发布

2003-05-01 实施



中华人民共和国
国家质量监督检验检疫总局 发布

前 言

本标准等同采用 IEC 61646:1996《地面用薄膜光伏组件 设计鉴定和定型》(英文版)。

本标准与国际标准 IEC 61646:1996 主要技术差异有:

- a) IEC 61646:1996 标准出版时,其中紫外试验引用的 IEC 61345 标准还未完成,以资料性附录给出。现该标准已正式出版为 IEC 61345:1998《光伏组件的紫外试验》,将这一标准加入本标准的引用标准中,不再列为附录;
- b) IEC 61646:1996 的“10.20 湿漏电流试验”中合格试验条件规定不明确,而目前处于 CD 阶段的 IEC 61215 第 2 版,对该条件的规定明确合理,同时在试验方法上也作了些修改,故本标准将目前 IEC 61215 第 2 版(CD)中相关部分以附录 A 的形式给出。

为了便于使用,本标准做了下列编辑性修改:

- a) “本国际标准”一词改为“本标准”;
- b) 删除国际标准的前言。

本标准的附录 A 为资料性附录。

本标准由中华人民共和国信息产业部提出。

本标准由全国太阳能光伏能源系统标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:云南师范大学太阳能研究所、云南半导体器件厂。

本标准主要起草人:刘祖明、涂洁磊、李杰慧、廖华、汪义川、杨华兮、杨燮生。

地面用薄膜光伏组件 设计鉴定和定型

1 范围和目的

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 GB/T 4797.1—1984 和 IEC 60721-2-1 第 1 修正案:1987 中所定义的一般室外气候条件下长期使用。本标准制定时是以非晶硅薄膜组件技术为主,但同样适用于其他薄膜光伏组件。鉴于其他新技术的特殊性能,有可能需要对该试验程序做修订。

本试验程序主要依据 GB/T 9535—1998《地面用晶体硅光伏组件 设计鉴定和定型》而制定,针对非晶硅薄膜组件的特殊性能作了一些必要的修改。光老炼用于区别光致衰减与其他衰减机制,并将试验程序后期的最大功率作为薄膜组件长期工作性能估计。为区别热循环和湿—热试验中可能产生的退火效应,组件在这些试验之前需进行退火。对于不采用非晶硅的其他薄膜形成技术,诸如光老炼和退火的预处理可能不同或可能证明是不需要。因为所有类型的薄膜组件易受潮引起侵蚀,故须增加一个湿漏电流试验。

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。

本标准不适用于带聚光器的组件。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注明日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 2421—1999 电工电子产品环境试验 第 1 部分:总则(idt IEC 60068-1:1988,第 1 修正案:1992)

GB/T 2423.3—1993 电工电子产品基本环境试验规程 试验 Ca:恒定湿热试验方法(eqv IEC 60068-2-3:1984)

GB/T 2423.29—1999 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 U:引出端及整体安装件强度(idt IEC 60068-2-21:1992)

GB/T 2829—2002 周期检验计数抽样程序及表(适用于对过程稳定性的检验)

GB/T 4797.1—1984 电工电子产品自然环境条件 温度与湿度(neq IEC 60721-2-1:1982)

GB/T 6495.1—1996 光伏器件 第 1 部分:光伏电流—电压特性的测量(idt IEC 60904-1:1987)

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

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

GB/T 9535—1998 地面用晶体硅光伏组件 设计鉴定和定型(eqv IEC 61215:1993)

GB/T 2423.2—2001 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 B:高温

(idt IEC 60068-2-2:1974,第1修正案:1993,第2修正案:1994)

IEC 60721-2-1 第1修正案:1987 环境条件类别 第2部分:自然环境条件—温度与湿度

IEC 60904-9:1995 光伏器件 第9部分:太阳模拟器性能要求

IEC 61345:1998 光伏组件的紫外试验

IECQC 001002:1986 IEC电子元器件质量评定体系(IECQ)程序规则

第2修正案:1994

3 抽样

从同一批或几批产品中,按 GB/T 2829—2002 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,并附有制造厂的搬运、安装和连接说明书,包括系统最大许可电压。

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:

- a) 制造厂的名称、标志或代号;
- b) 产品型号;
- c) 产品序号;
- d) 引出端或引线的极性(可用色码标识);
- e) 组件允许的最大系统电压;
- f) 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。

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 GB/T 6495.4—1996 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 $\pm 2^\circ\text{C}$ 范围内进行。

注: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。

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搬运、安装和连接的要求。如组件的温度系数 α 和 β 已知,10.4的测试可省略。对于不采用非晶硅技术的其他薄膜形成技术,若已证明退火及光老炼对性能无影响(最大功率变化小于0.5%),则可以省去该两项试验。试验报告应说明省去任何步骤的理由。

试验条件汇总表1。

表 1 试验条件一览表

试 验	项 目	试 验 条 件
10.1	外观检查	按 10.1.2
10.2	标准测试条件下的性能	电池温度:25℃,辐照度:1 000 W·m ⁻² ,标准太阳光谱辐照度分布符合 GB/T 6495.3—1996规定
10.3	绝缘试验	直流 1 000 V 加上两倍系统在标准测试条件下开路电压,持续 1 min;直流 500 V 时的绝缘电阻不小于 50 MΩ
10.4	温度系数的测量	按 10.4
10.5	标称工作温度的测量	总太阳辐照度:800 W·m ⁻² 环境温度,20℃ 风速:1 m·s ⁻¹
10.6	标称工作温度下的性能	电池温度:标称工作温度 辐照度:800 W·m ⁻² ,标准太阳光谱辐照度分布符合 GB/T 6495.3—1996规定
10.7	低辐照度下的性能	电池温度:25℃ 辐照度:200 W·m ⁻² ,标准太阳光谱辐照度分布符合 GB/T 6495.3—1996规定
10.8	室外曝露试验	太阳总辐射量,60 kWh·m ⁻²
10.9	热斑耐久试验	在最坏热斑条件下,1 000 W·m ⁻² 辐照度照射 1 h,共五次
10.10	紫外试验	见 IEC 61345:1998
10.11	热循环试验	从-40℃到+85℃ 50 和 200 次
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 1 000 h
10.14	引出端强度试验	同 GB 2423.29—1999
10.15	扭曲试验	扭曲角度:1.2°
10.16	机械载荷试验	2 400 Pa 的均匀载荷依次加到前和后表面 1 h,循环两次
10.17	冰雹试验	25 mm 直径的冰球以 23.0 m·s ⁻¹ 的速度撞击 11 个位置
10.18	光老炼试验	曝露于 800 W·m ⁻² 到 1 000 W·m ⁻² 的光强下,直至 P _{max} 稳定在 2% 内
10.19	退火试验	置于 85℃ 下热老炼,直至 P _{max} 稳定在 2% 内
10.20	湿漏电流试验	加直流 500 V 时,水喷淋引出端和边缘浸入水中,确定漏电流

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。

- 在标准测试条件下,组件的最大输出功率衰减在每个单项试验后不超过规定的极限;
- 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的 90%;
- 在试验过程中,无组件呈现断路或漏电现象;
- 无第 7 章中定义的任何严重外观缺陷;
- 满足 10.3、10.20 的试验要求。

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

对设计鉴定和定型来说,下列缺陷是严重的外观缺陷:

- a) 破碎、开裂、弯曲、不平整或损伤的外表面;
- b) 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;
- c) 在组件的边缘和任何一部分电路之间形成连续的气泡或剥层;
- d) 丧失机械完整性,导致组件的安装和/或工作都受到影响。

8 报告

定型批准后,试验机构应根据国际电工委员会电子元器件质量评定体系程序规则 IECQC 001002:1986 给出鉴定试验验证报告,该证书应包括测定的性能参数,以及失效、重新试验或省略试验的详细信息。制造厂应保存一份报告供参考。

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。

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1 000 lx的照度下,对每一个组件仔细检查下列情况:

- a) 开裂、弯曲、不平整或损伤的外表面;
- 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) 在塑料材料表面有粘污物;
- g) 引出端失效,带电部件外露;
- h) 可能影响组件性能的其他任何情况;
- i) 在组件的边框和电池之间形成连续通道的气泡或剥层。

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,其他的外观情况是允许的。

10.2 标准测试条件下的性能

10.2.1 目的

用自然光或符合 IEC 60904-9:1995 的 A 级模拟器,在标准测试条件下(电池温度:25℃±2℃,辐照度:1 000 W·m⁻²,标准太阳光谱辐照度分布符合 GB/T 6495.1—1996 规定),测试组件随负荷变化的电性能。

10.2.2 程序

按照 GB/T 6495.1—1996 的方法,测试组件在标准测试条件下的电流—电压特性,必要时可根据

GB/T 6495.4—1996 规定作温度和辐照度的修正。

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之间的绝缘是否良好。

10.3.2 试验条件

对组件试验的条件:温度为周围环境温度(见 GB/T 2421—1999),相对湿度不超过 75%。

10.3.3 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。电流极限设为 $50 \mu\text{A}$ 。
- 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,可为组件安装金属试验支架,再将其连接到绝缘测试仪的负极。
- c) 以不大于 $500 \text{ V} \cdot \text{s}^{-1}$ 的速率增加绝缘测试仪的电压,直到等于 1000 V 加上两倍的系统最大电压(即标准测试条件下系统的开路电压)。维持此电压 1 min 。如果系统的最大电压不超过 50 V ,所施加的电压应为 50 V 。
- d) 在不拆卸组件连接线的情况下,降低电压到零,将绝缘测试仪的正负极短路 5 min 。
- e) 拆去绝缘测试仪正负极的短路。
- f) 按照步骤 a) 和 b) 的方式连线,对组件加不小于 500 V 的直流电压,测量绝缘电阻。

10.3.4 试验要求

- a) 在 10.3.3 步骤 c) 中,无绝缘击穿(小于 $50 \mu\text{A}$),或表面无破裂现象。
- b) 绝缘电阻不小于 $50 \text{ M}\Omega$ 。

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(α)和电压温度系数(β)。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,在此辐照度 $\pm 30\%$ 内是有效的。GB/T 6495.4—1996 规定了从具有代表性一批中的单体电池测量这些系数,本方法是对这一标准的补充。薄膜电池组件的温度系数依赖于辐照及组件所经历的热处理过程。当涉及温度系数时,热试验时的条件及辐照结果等过程情况均应标明。

10.4.2 装置

- a) 符合 IEC 60904-9:1995 的太阳模拟器(B类或更好)。满足 GB/T 6495.1—1996 第 2 章测量辐照度、短路电流和开路电压的设备。

注:优先选用脉冲太阳模拟器,因为它在测量过程中产生的对组件有影响的额外热量很少。如用稳态太阳模拟器,应安装一挡板或类似的装置,使辐照时间小于或等于 5 s 。

- b) 测量组件表面或电池温度的设备,准确度为 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。
- c) 一个能容纳组件的试验室,安装有透明窗和温度调节装置,能在需要的温度范围内进行均匀加热和冷却。

10.4.3 程序

- a) 在室温和需要的辐照度下,用 GB/T 6495.1—1996 的方法测量组件的短路电流。
- b) 将组件安装在试验室中,在试验室外但仍在模拟器光照中安装一适当的辐照度监测仪。连接好仪器。
- c) 关闭试验室,设定好辐照度,使试验组件的短路电流达步骤 a) 的值,并用辐照度监测仪使其在整个试验过程维持同一水平。
- d) 将组件加热至所考核的最高温度,关掉加热器,让其平稳地冷却。
- e) 在组件冷却过程中,在至少 30°C 所考核的温度范围内,每隔 5°C 测量一次短路电流和开路电压。

注:用 GB/T 6495.4—1996 第 5 章的方法测定曲线校正因子 K ,对每一个温度均应测量完整的电流—电压特性。

- f) 画出 I_{sc} 和 V_{oc} 随温度变化的曲线,对每一组数据用最小二乘法拟合出一条曲线。
- g) 在所关心的最高和最低温度中间的一点上,取电流和电压曲线的斜率,计算出组件的温度系数 α 和 β 。

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:

- 倾角:在当地太阳正午时,使阳光垂直照射组件;
- 总辐照度: $800 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
- 环境温度: 20°C ;
- 风速: $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;
- 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。

测定标称工作温度两种方法的说明:

第一种称为“基本方法”,能普遍用于所有光伏组件。在组件未设计为敞开式支架安装时,基本方法可测定在标准参考环境中,用制造厂所推荐的方法安装时的平衡平均太阳能电池结温。

第二种称为“间接方法(参考平板法)”,比第一种方法更快,但仅能应用于与试验时所用的参考平板有同样环境(在一定的风速和辐照度范围内)温度响应的光伏组件。带有前玻璃和后塑料的组件属于此类。参考平板的校准采用与基本方法相同的程序。

10.5.3 基本方法

10.5.3.1 原理

在标准参考环境所表明环境条件范围内,该方法收集电池试验的真实温度数据。数据表达方式应精确和重复地表明标称工作温度。

太阳能电池结温(T_j)基本上是环境温度(T_{amb})、平均风速(V)和入射到组件有效表面的太阳总辐照度(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 $400 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 的辐照度以上,基本上成正比于辐照度。在风速适宜期间,试验要求作($T_j - T_{amb}$)相对于 G 的曲线,取辐照度为标准参考环境辐照度 $800 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 值时的($T_j - T_{amb}$)值,再加上 20°C ,即可得到初步的标称工作温度值。最后把依赖于测试期间的平均温度和风速的一个校正因子加到初始标称工作温度中,将其修正到 20°C 和 $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 时的值。

10.5.3.2 装置

需要下列装置:

- 敞开式支架,它以特定方式(见 10.5.3.3)支撑被试验组件和辐射强度计。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。

- 辐射强度计,安装在距试验方阵 0.3 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,安装在组件上方约 0.7 m ,靠东或西 1.2 m 处。
- d) 一个环境温度传感器,具有与组件相近的时间常数,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他设备,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) 数据采集系统,以不大于 60 s 的间隔,记录下列参数:
 - 1) 辐照度;
 - 2) 环境温度;
 - 3) 电池温度;
 - 4) 风速;
 - 5) 风向;
 - 6) 准确度;标称工作温度的总准确度为 $\pm 1 \text{ K}$ 。

10.5.3.3 试验组件的安装

倾角:使组件在当地太阳正午时,太阳光线垂直($\pm 5^\circ$ 内)照射组件。

高度:试验组件的底边应高于当地水平面或地平面 0.6 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 m 。对于随意固定散开放式安装的组件,应该用黑色铝板或其他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 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,或是背向试验架而倾斜的,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。

10.5.3.4 程序

- a) 按 10.5.3.3 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,定时记录下列参数: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:
 - 1) 辐照度低于 $400 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
 - 2) 风速在 $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \pm 0.75 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 范围以外;
 - 3) 环境温度在 $20^\circ\text{C} \pm 15^\circ\text{C}$ 范围以外,或变化超过 5°C ;
 - 4) 在风速超过 $4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的疾风之后 10 min 内;
 - 5) 风向在东或西 $\pm 20^\circ$ 范围内。
- d) 至少选 10 个数据点,覆盖 $300 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 以上的辐照度范围,作 $(T_j - T_{amb})$ 随辐照度变化的曲线,通过这些数据点画一直线。
- e) 从这条直线,求出在 $800 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 时的 $(T_j - T_{amb})$ 值,加上 20°C 即给出标称工作温度的初步值。
- f) 结合选择的数据点,计算平均环境温度 T_{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°C 和 $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 时的值。
- h) 在另一天重复上述程序,测得另一标称工作温度,如两个标称工作温度相差在 0.5°C 以内,计算其平均值。如相差大于 0.5°C ,在第三天再测量一次,取三个标称工作温度的平均值。

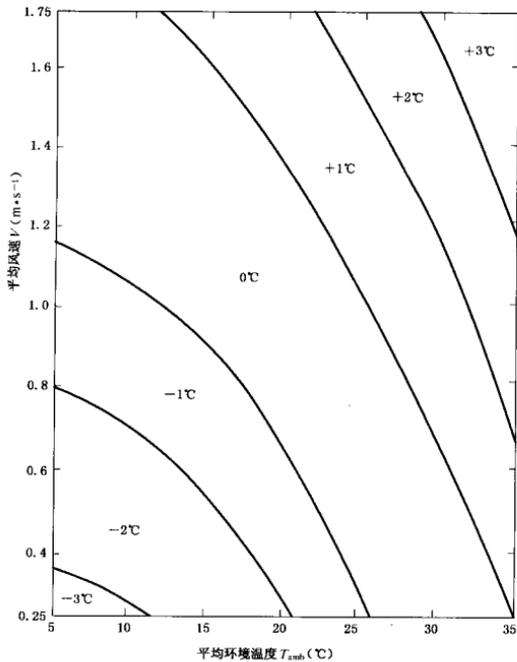


图2 标称工作温度校正因子

10.5.4 间接方法(参考平板法)

10.5.4.1 原理

本方法的原理是在相同的辐照度、环境温度和风速条件下比较标准参考平板和试验组件的温度。在标准参考环境下参考平板的稳态温度由 10.5.3 所描述的基本方法测定。

先把试验组件和参考平板的温度差修正到标准参考环境,再将此值加上标准参考环境下参考平板的平均稳态温度,即得到试验组件的标称工作温度。实验已证明,温度差对辐照度的涨落、环境温度和风速的小的变化不敏感。

10.5.4.2 参考平板

参考平板由硬质铝合金制成,尺寸见图 3,前表面应涂刷亚光黑漆,背面应涂刷亮光白漆。应有达到准确度要求的仪器测量参考平板的温度。采用两组热电偶进行测量的方法见图 3,将距热电偶结点 25 mm 内的绝缘材料去除后,用导热性能好的电绝缘胶粘剂将热电偶分别粘入刻出的槽内,最后将两个热电偶剩余的线用铝粉腻子粘入一个槽内。

至少应制备三块参考平板,并用 10.5.3 所描述基本方法进行校准。所测定的稳态温度应在 46°C ~ 50°C 范围内,三个平板温度相差不大于 1°C。一个参考平板应该不用而作为控制参考。在进行标称工作温度测量之前,应将参考平板在 10.5.3.4c) 所规定的条件下的稳态温度和控制平板进行对比,以检测两者之间热性能是否有变化。如果测得参考平板的温度相差超过 1°C,在试验标称工作温度之前,应查明原因,并作相应的修正。

10.5.4.3 试验地点

选择一周围建筑、树木和地形地貌对风几乎不干扰的平整的地点,应避免试验平板背后地面或物体的不均匀反射。

10.5.4.4 装置

需要下列装置(见图4):

- a) 参考平板的数量按 10.5.4.2 规定(比同时试验的组件数目多一个)。
- b) 一个辐射强度计或标准太阳能电池。
- c) 一个敞开放式支架,支承试验组件、参考平板和辐射强度计,并使它们在当地正午时太阳光垂直照射(±5°内)。每个组件的两侧紧挨着参考平板,组件的底边距地面约为 1 m。该支架应该设计为对组件和参考平板的热传导最小,并且尽可能少地影响组件前后表面的热辐射。
- d) 能测量至 $0.25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 风速和风向的设备,安装在组件上方约 0.7 m,靠东或西 1.2 m 处,如图 4 所示。
- e) 一个环境温度传感器,具有与组件相近的时间常数,安装在遮光、通风良好的盒内,靠近风速传感器之处。
- f) 电池温度传感器,或国家标准规定的测量电池温度的其他设备,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。
- g) 数据采集系统,以不大于 60 s 的间隔,记录下列参数:
 - 1) 辐照度;
 - 2) 环境温度;
 - 3) 电池温度;
 - 4) 风速;
 - 5) 风向;
 - 6) 参考平板温度;
 - 7) 准确度:标称工作温度的总准确度为 ±1 K。

10.5.4.5 程序

- a) 如图 4 所示,安装好装置、组件和参考平板,确保试验组件开路。
- b) 选一无云、少风、晴朗的天,定时记录下列参数:试验组件的电池的温度、参考平板的温度、辐照度、环境温度、风速和风向。
- c) 剔出在下列条件中,或该情况发生后 15 min 之内记录的数据:
 - 1) 辐照度低于 $750 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$,或高于 $850 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;
 - 2) $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上的风速持续 30 s 以上;
 - 3) 风速低于 $0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 时;
 - 4) 风向在东或西 ±20° 范围内;
 - 5) 参考平板之间温度差超过 1℃ 时。
- d) 对选定期间的数据点,计算所有参考平板的平均温度 T_p 。
- e) 对每一个组件,对选择期间内的每个数据点:
 - 1) 取电池的平均温度为 T_j ,并计算

$$\Delta T_{jP} = T_j - T_p \dots\dots\dots(1)$$

如果 ΔT_{jP} 的变化超过 4℃,则不能采用参考平板法,应采用 10.5.3 所描述的基本方法。

- 2) 取所有 ΔT_{jP} 的平均值,即给出 ΔT_{jPm} 。
- 3) 按下式计算,将 ΔT_{jPm} 修正到标准参考环境:

$$\Delta T_{jPm}(\text{已修正的}) = (f/BR) \cdot \Delta T_{jPm}(\text{未修正的}) \dots\dots\dots(2)$$

式中:
f——辐照度校正因子,等于 800 除以所选定时间内的平均辐照度;

B ——环境温度校正因子,在所选定的时间内,根据平均环境温度,利用下表(允许采用线性外推法求 B 值)来得到。

$T_{amb}/^{\circ}\text{C}$	B
0	1.09
10	1.05
20	1.00
30	0.96
40	0.92
50	0.87

R ——风速校正因子,从所选定的时间内的平均风速,利用图 5 来得到。

4) 用下式计算试验组件的标称工作温度

$$\text{标称工作温度} = T_{PR} + \Delta T_{J(m)}(\text{已修正的}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中: T_{PR} 是参考平板在标准参考环境下平均稳态温度。

- f) 在另一天重复上述全部程序,如两个标称工作温度相差在 0.5°C 以内,计算每一试验组件的两个标称工作温度平均值。如相差大于 0.5°C ,在第三天再测量一次,取三个标称工作温度的平均值。

单位为毫米

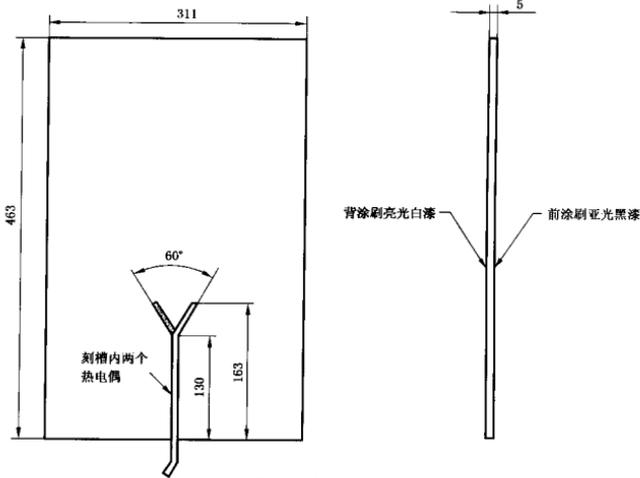


图 3 参考平板

10.6 电池标称工作温度下的性能

10.6.1 目的

当标称工作温度和辐照度为 $800 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 时,在 GB/T 6495.3—1996 规定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 程序

用自然光或符合 IEC 60904-9:1995 要求的 A 类模拟器,按照 GB/T 6495.1—1996 的规定,在 $800 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 辐照度(用适当的标准装置测定)下,将组件均匀加热至标称工作温度,测量其电流—电压特性。

此外,用 GB/T 6495.4—1996 的方法把室温和 $800 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 辐照度下测量的 $I-V$ 特性转换到标称工作温度时的特性。

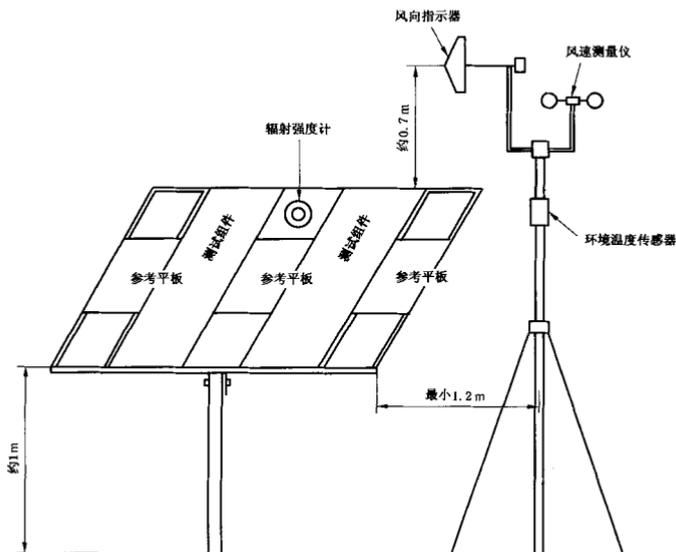


图4 用参考平板法测量标称工作温度

10.7 低辐照度下的性能

10.7.1 目的

依据 GB/T 6495.1—1996 的规定,在 25°C 和辐照度为 $200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ (用适当的标准装置测定)的自然光或符合 IEC 60904-9:1995 要求的 A 类模拟器下,确定组件随负荷变化的电性能。

10.7.2 程序

依据 GB/T 6495.1—1996,在 25°C 和辐照度为 $200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ (用适当的标准装置测定)的自然光或符合 IEC 60904-9:1995 要求的 A 类模拟器下,测量组件的电流—电压特性。用中性滤光器或其他不影响光谱辐照度分布的方法将辐照度降低至特定值。

必要时,作温度和辐照度的修正。

10.8 室外曝露试验

10.8.1 目的

初步评价组件经室外条件曝露的能力,以揭示在实验室试验中可能测不出来的综合衰减效应。

注:由于试验的短时性和试验条件随环境而变化,在以通过本试验为基础对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揭示可能存在问题的导则或指示。

10.8.2 装置

- 太阳辐照度监测仪,准确度为 $\pm 10\%$;
- 用制造厂推荐的组件安装的方法,使组件与辐照度监测仪共平面安装。

10.8.3 程序

- 将组件开路,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。

- b) 在 GB/T 4797.1—1984 和 IEC 60721-2-1 第 1 修正案;1987 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规定的最小额定值;
- 绝缘电阻应满足初始试验的同样要求。

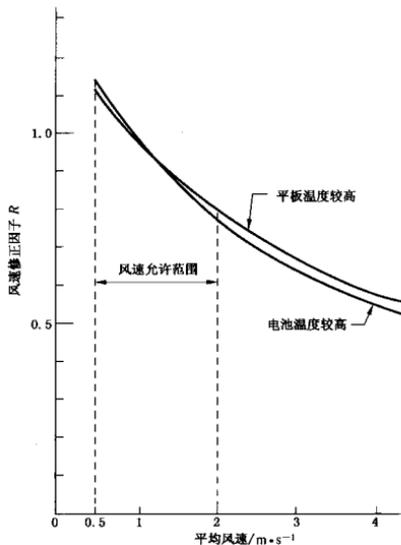


图 5 风速校正因子

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封装退化。电池不匹配或裂纹、内部连接失效、局部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。

图 6 描述了由一组串联电池所构成组件的热斑效应,该组件中电池 Y 被部分遮光。Y 消耗的功率等于组件电流与 Y 两端形成的反向电压的乘积。对任意辐照度水平,在短路时消耗的功率最大,此时加于 Y 的反向电压等于组件中其余 $(s-1)$ 个电池产生的电压,在图 6 中用 Y 的反向 $I-V$ 曲线和 $(s-1)$ 个电池的正向 $I-V$ 曲线的镜像的交点构成的阴影矩形来表示最大消耗功率。

由于不同电池的反向特性差别很大,有必要根据其反向特性曲线与图 7 所示的“试验界限区”的交点,把电池分成电压限制型(A类)或电流限制型(B类)两类。

图 6 所示的损坏或遮光电池的最大功率消耗的情况属 A 类,这种情况发生在反向曲线和 $(s-1)$ 个

电池的正向 $I-V$ 曲线的镜像在最大功率点相交。

作为对比,图 8 表示 B 类电池在完全遮光时的最大功率消耗。应该注意,此时消耗的功率可能仅是组件总有效功率的一部分。

10.9.3 电池内部连接的分类

光伏组件中的太阳能电池用下列方式之一进行连接:

串联方式: s 个电池呈单串串联连接(图 6);

串联—并联连接方式:即将 p 个组并联,每组 s 个电池串联(图 9);

串联—并联—串联连接方式:即 b 个块串联,每个块有 p 个组并联,每组 s 个电池串联(图 10)。

如果有旁路二极管,由于限制了其所连接电池的反向电压,因此也算做被试验电路的一部分。每一种结构需要一种特殊的热斑试验程序。组件短路时其内部功率消耗最大。

10.9.4 装置

- 辐射源 1,符合 IEC 60904-9:1995 的 C 类(或更好)稳态太阳模拟器或自然光,辐照度不低于 $700 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$,不均匀度不超过 $\pm 2\%$,瞬时不稳定性在 $\pm 5\%$ 以内。
- 辐射源 2,符合 IEC 60904-9:1995 的 C 类(或更好)的稳态太阳模拟器或自然光,其辐照度为 $1\,000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$,偏差 $\pm 10\%$ 。
- 组件 $I-V$ 曲线测试仪。
- 一组对试验太阳能电池遮光增量为 5% 的不透明盖板。
- 如需要,加一个适当的温度探测器。

10.9.5 程序

所有试验应在环境温度在 $25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$,风速小于 $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 时进行。在组件试验前应安装制造厂推荐的热斑保护装置。

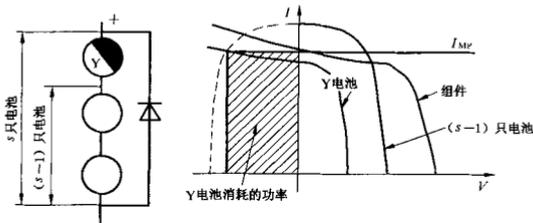


图 6 A 类电池的热斑效应

10.9.5.1 串联连接方式

- 将不遮光的组件在不低于 $700 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 的辐射源 1 下照射,测试其 $I-V$ 特性和最大功率点的电流 I_{MP} 。
- 使组件短路,用下列方法之一选择一片电池:
 - 用辐照度不低于 $700 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 的稳定的辐射源 1 照射组件,用适当的温度探测器测定最热的电池。
 - 在步骤 a)所规定的辐照度下,依次完全挡住每一个电池,选择被挡住时短路电流减小最多的一个电池或某电池组中的一个电池。在这一过程中,辐照度的变化不超过 $\pm 5\%$ 。
- 同样在步骤 a)所规定的辐照度(不超过 $\pm 3\%$)下,完全挡住选定的电池,检查组件的 I_{SC} 是否比步骤 a)所测定的 I_{MP} 小。如果这种情况不发生,这个电池就不是处于单个电池最大消耗功率的条件。此时,继续完全挡住所选择的电池,省略步骤 d)。
- 逐渐减少对所选择电池的遮光面积,直到组件的 I_{SC} 最接近 I_{MP} ,此时在该电池内消耗的功率

- 为最大。
- e) 用辐射源 2 照射组件,记录 I_{SC} 值,保持组件在消耗功率为最大的状态,必要时,重新调整遮光,使 I_{SC} 维持在特定值。
 - f) 1 h 后,挡住组件不受照射,并验证 I_{SC} 不超过 I_{MP} 的 10%。
 - g) 30 min 后,恢复辐照度到 $1\ 000\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。
 - h) 重复步骤 e)、f) 和 g) 五次。

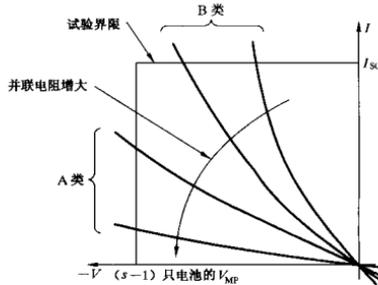


图 7 反向特性

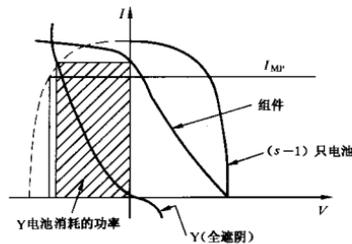


图 8 B 类电池的热斑效应

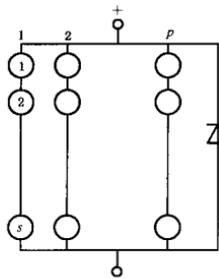


图 9 串联—并联连接方式

10.9.5.2 串联—并联连接方式

- a) 将不遮光的组件在不低于 $700\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 的辐射源 1 下照射,测试其 $I-V$ 特性,假定所有串联组产生的电流相同,用下列方程计算热斑最大功率消耗时对应的短路电流 $I_{SC}(\cdot)$:

$$I_{SC}(\cdot) = I_{SC} \cdot \frac{p-1}{p} + \frac{I_{MP}}{p} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

I_{sc} ——不遮光组件的短路电流；

I_{MP} ——不遮光组件最大功率点的电流；

p ——组件的并联组数。

b) 使组件短路,用下列方法之一选择一片电池：

1) 用辐照度不低于 $700 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 的稳定的辐射源 1 照射组件,用适当的温度探测器测定最热的电池。

2) 在步骤 a) 所规定的辐照度下,依次完全挡住每一个电池,选择被挡住时短路电流减小最多的一个电池或某电池组中的一个电池。在这一过程中,辐照度的变化不超过 $\pm 5\%$ 。

c) 同样在步骤 a) 所规定的辐照度(不超过 $\pm 3\%$)下,完全挡住选定的电池,检查组件的 I_{sc} 是否比步骤 a) 所测定的 I_{MP} 小。如果这种情况不发生,这个电池就不是处于单个电池最大消耗功率的条件。此时,继续完全挡住所选择的电池,省略步骤 d)。

d) 逐渐减少对所选择电池的遮光面积,直到组件的 I_{sc} 最接近 I_{MP} ,此时在该电池内消耗的功率为最大。

e) 用辐射源 2 照射组件,记录 I_{sc} 值,保持组件在消耗功率为最大的状态,必要时,重新调整遮光,使 I_{sc} 维持在特定值。

f) 1 h 后,挡住组件不受照射,并验证 I_{sc} 不超过 I_{MP} 的 10% 。

g) 30 min 后,恢复辐照度到 $1000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

h) 重复步骤 e)、f) 和 g) 五次。

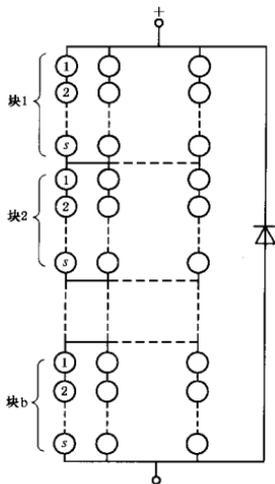


图 10 串联—并联—串联连接方式

10.9.5.3 串联—并联—串联连接方式

a) 将不遮光的组件短路,并在不低于 $700 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 的稳定辐射源 1 下照射。随机取组件中至少 30% 的单个电池,依次完全挡住每一个电池,用热成像仪或其他适当的仪器测量该电池的稳定温度。

b) 将按步骤 a) 所发现的温度为最高的电池完全遮光。

- c) 在连续监测电池温度时,逐渐减少对该电池的遮光面积,并确定该电池达到最高温度的条件。
- d) 保持步骤 c) 时的遮光状态,用辐射源 2 照射组件。
- e) 1 h 后,将组件遮光。
- f) 30 min 后,恢复辐照度到 $1\ 000\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。
- g) 重复步骤 d)、e) 和 f) 五次。

10.9.6 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同样的要求;
- c) 标准测试条件下最大输出功率的衰减不超过试验前测试值的 5%。

10.10 紫外试验

10.10.1 目的

确定组件承受紫外(UV)辐照的能力。

紫外试验在 IEC 61345:1998 中规定。

如有必要,在进行该试验之前,组件应进行光老炼。

10.10.2 要求

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

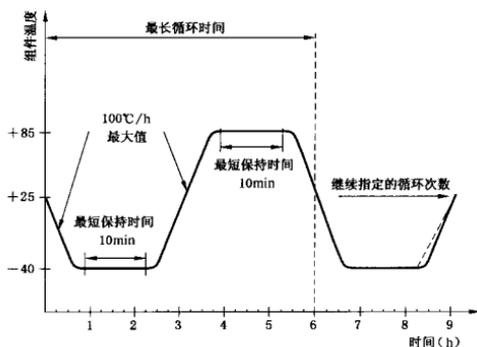


图 11 热循环试验

10.11 热循环试验

10.11.1 目的

确定组件承受由于温度反复变化而引起的热失配、疲劳和其他应力的能力。

在接受该试验之前,组件应按图 1 所示退火。“I-V 测试前”是指退火后的测试,注意在进行最后 I-V 测试前,不要将组件暴露于光照下。

10.11.2 装置

- a) 自动温度控制试验箱,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 11 所示的热循环试验。
- b) 在试验箱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 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。温度传感器应置于组件中部的或前后表面。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连续性的仪器。
- e) 监测每一个组件的一个引出端和边框或支架架之间绝缘完整性的仪器。

10.11.3 程序

- a) 在室温下将组件装入试验箱。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放式支架架。
- b) 将温度传感器接到温度监测仪,将组件的两个引出端接到电连续性测试仪,将组件的一个引出端和框架或支架架连接到绝缘监测仪。
- c) 关闭试验箱,使组件周围空气的循环速度不低于 $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,按图 1 所示将使组件的温度在 $-40^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 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 min。一次循环时间不超过 6h,循环的次数见图 1 相应的方框。
- d) 在整个试验过程中,记录组件的温度,并监测可能产生的任何断路或漏电现象。

10.11.4 最后试验

在至少 1 h 的恢复时间后,重复 10.1,10.2 和 10.3 的试验。

10.11.5 要求

- a) 在试验过程中无间歇断路或漏电现象;
- b) 无第 7 章中规定的严重外观缺陷;
- c) 绝缘电阻应满足初始试验的同样要求;
- d) 标准测试条件下最大输出功率的衰减不超过试验前测试值的 5%。

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低温影响的能力。本试验不是热冲击试验。

在接受该试验之前,组件应退火,并经受如图 1 的热循环实验。“I-V 测试前”指的是热循环后的测试,注意在最后 I-V 测试前,不要将组件暴露于光照下。

有两种方法可供选择:单箱法和双箱法。

10.12.2 单箱法

10.12.2.1 装置

- a) 一个试验箱,有自动温度和湿度控制,能容纳一个或多个组件进行如图 12 所规定的湿—冻循环试验。在零下的温度,试验箱内空气的露点为该室的温度。
- b) 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。
- c) 在整个试验过程中,监测每一个组件内部电连续性的仪器。
- d) 监测每一个组件的一个引出端和边框或支架架之间绝缘性完好的仪器。

10.12.2.2 程序

- a) 将温度传感器置于组件中部的前或后表面。
- b) 在室温下将组件装入试验箱,使其与水平面的倾角不小于 5° 。如组件的边框导电不好,将其安装在一模拟敞开放式支架架的金属框架上。
- c) 将温度传感器接到温度监测仪,将组件的两个引出端接到电连续性测试仪,将组件的一个引出端和框架或支架架连接到绝缘监测仪。
- d) 关闭试验箱,使组件完成如图 12 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,室温以上各温度下,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,并监测在试验中可能产生的任何断路或漏电现象。

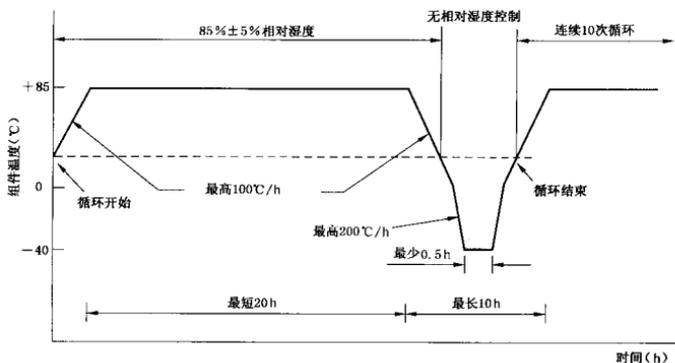


图 12 湿—冻循环

10.12.3 双箱法

10.12.3.1 装置

- 第一个试验箱(试验箱 A),有自动温度和湿度控制,在相对湿度达到 85%时,能将一个或多个组件从室温加热到 85°C 的能力。
- 第二个试验箱(试验箱 B),有自动温度控制,能将组件从室温冷却到 -40°C 的能力。该室露点的确定与单箱法相同。
- 检测组件温度、内部电连续性和绝缘完好性的仪器要求同单箱法。

10.12.3.2 程序

- 将温度传感器置于组件中部的的前或后表面。
- 确保试验箱 A 和 B 内空气的温度为室温,相对湿度为 85%±5%。
- 在室温下将组件装入试验箱 A,使其与水平面的倾角不小于 5°。如组件的边框导电不好,将其安装在一模拟敞开支承架的金属框架上。
- 将温度传感器接到温度监测仪,将组件的两个引出端接到电连续性测试仪,将组件的一个引出端和框架或支承架连接到绝缘监测仪。
- 关闭试验箱,使组件经受如图 12 的所示的一个循环的第一部分,从室温起升温,又降至室温。最高温度应在所设定值的±2°C 以内,此循环期间,相对湿度应保持在 85%±5%。
- 把处于室温的组件尽可能快的移到试验箱 B,用如前所述的方法安装,使其与水平面的倾角不小于 5°,重新连接温度监测仪、连续性测试仪和绝缘监测仪。
- 关闭试验箱,使组件经受如图 12 的所示的一个循环的第二部分,从室温起降温,又升至室温。最低温度应在所设定值的±2°C 以内。
- 重复步骤 b)到 g),完成 10 次循环。在整个试验过程中,记录组件的温度,并监测在试验中可能产生的任何断路或漏电现象。

10.12.4 最后试验

在 2 h 到 4 h 的恢复时间后,重复 10.1,10.2 和 10.3 的试验。

10.12.5 要求

- 在试验过程中无间歇断路或漏电现象;
- 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;
- 标准测试条件下最大输出功率的衰减不超过试验前测试值的 5%。

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 GB/T 2423.3—1993 并满足以下规定：

a) 预处理

组件在本试验前应退火。“*I-V* 测试前”是指该测试应在退火后进行。注意在最后 *I-V* 测试前不要暴露组件于光照下。

将处于室温下的组件放入试验箱中。

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：1 000 h。

c) 恢复

组件经受时间为 2 h 至 4 h 恢复期。

10.13.3 最后试验

恢复期结束后，重复 10.1、10.2 和 10.3 的试验。

10.13.4 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) 标准测试条件下最大输出功率的衰减不超过试验前的 5%。

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) A 型：直接自电池板引出的导线；

b) B 型：接线片、接线螺栓、螺钉等；

c) C 型：连接器。

10.14.3 程序

预处理：在标准大气条件下进行 1 h 的测量和试验。

10.14.3.1 A 型引出端

拉力试验：按 GB/T 2423.29—1999 中方法 *U_a* 规定，满足下列条件：

a) 所有引出端均应试验；

b) 拉力不应超过组件重量。

弯曲试验：按 GB/T 2423.29—1999 中方法 *U_b* 规定，满足下列条件：

a) 所有引出端均应试验；

b) 用方法 1 实施 10 次循环（每次循环为相反方向各弯曲一次）。

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：

- 1) 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 GB/T 2423.29—1999 中方法 Ud 规定,满足下列条件:

- 2) 所有引出端均应试验;
- 3) 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 10.2。

10.14.5 要求

- 无机械损坏迹象;
- 在标准测试条件下,最大输出功率的衰减不超过试验前测试值的 5%。

10.15 扭曲试验

10.15.1 目的

检查组件安装于非理想结构上可能造成的隐患。

10.15.2 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电连续性 & 绝缘电阻。绝缘电阻试验法如 10.3 所述,此时只要组件某一引出端与绝缘测试仪相连。
- b) 保持组件的三个角在同一平面上。
- c) 自上述平面,移动第四个角如下距离:

$$h = 0.021 \times \sqrt{L^2 + W^2} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

h——与组件对角线相垂直的实测位移(对应于 1.2° 的变形角);

L——组件长度;

W——组件宽度。

试验过程中组件不应工作。

10.15.3 最后试验

重复试验 10.1 和 10.2。

10.15.4 要求

- a) 在试验过程中无间歇断路或漏电现象;
- b) 无第 7 章中规定的严重外观缺陷;
- c) 标准测试条件下最大输出功率的衰减不超过初始测试值的 5%。

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 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电连续性。
- 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,采用固定性最差的一种方式,即其固定点间距离是最大的)。
- c) 在前表面上,逐步均匀地将负荷加到 2 400 Pa(负荷可采用气动加压,或充水的袋子覆盖在整

个表面上,对于后一种情况,组件应水平放置),保持此负荷 1 h。

- d) 将组件仍置于同一支架上,在背面重复上述步骤。
- e) 重复步骤 c) 和步骤 d)。

阵风安全系数为 3 时,2 400 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,则试验过程中,加于组件前表面的负荷应从 2 400 Pa 增至 5 400 Pa。

10.16.3 最后试验

重复 10.1、10.2 和 10.3 的试验。

10.16.4 要求

- a) 在试验过程中无间断或漏电现象;
- b) 无第 7 章中规定的严重外观缺陷;
- c) 绝缘电阻应满足初始试验的同样要求;
- d) 标准测试条件下最大输出功率的衰减不超过初始测试值的 5%。

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

- a) 用于浇铸所需尺寸冰球的合适材料的模具。标准直径为 25 mm,对特殊环境可用表 2 所列其他尺寸。
- b) 一台低温箱,控制在 $-10^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 范围内。
- c) 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。
- d) 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。
- e) 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。

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

- f) 一台天平来测定冰球质量,准确度为 $\pm 2\%$ 。
- g) 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 1 m 以内。

作为一个例子,图 13 示出一组适合的装置,包括:水平气动发射器、垂直支撑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)。

10.17.3 程序

- a) 利用模具和低温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:
 - 1) 肉眼看不到裂纹;
 - 2) 直径在要求值 $\pm 5\%$ 范围内;
 - 3) 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 1 h。
- 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。冰球从容器内移到撞击在组件上的时间间隔不应超过 60 s。
 - 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。与指定位置偏差应不大于 10 mm。
 - i) 如果组件未损坏,则对表 3 中其他撞击位置重复步骤 g)和 h),如图 14 所示。

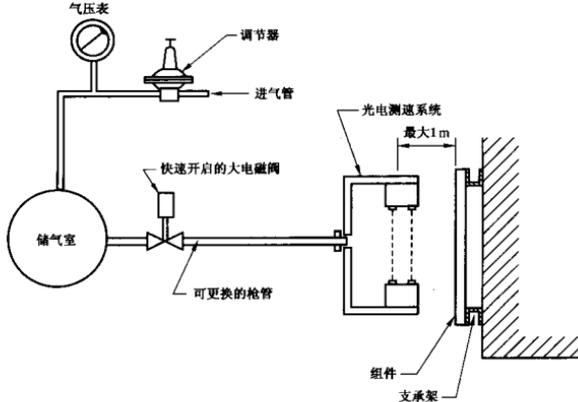


图 13 冰雹试验设备

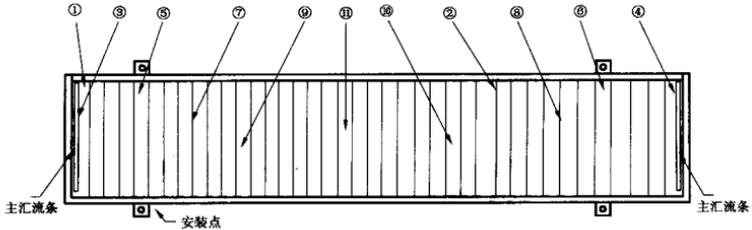


图 14 撞击位置示意图

表 3 撞击位置

撞击编号	位 置
1	组件窗口一角,距边框 50 mm 以内
2	组件一边,距边框 12 mm 以内
3,4	单体电池边缘上,靠近电极焊点
5,6	在组件窗口上,距组件在支架上的安装点 12 mm 以内
7,8	电池间最小空间上的点
9,10	在组件窗口上,距第 7 次和第 8 次撞击位置最远的点
11	对冰雹撞击最易损坏的任意点

10.17.4 最后试验

重复 10.1.10.2 和 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；
- 标准测试条件下最大输出功率的衰减不超过初始测试值的 5%。

10.18 光老炼试验

10.18.1 目的

通过模拟太阳辐射的方法,稳定薄膜组件的电性能。

10.18.2 装置

- 符合 IEC 60904-9:1995 的 C 类太阳模拟器。
- 带积分器的标准装置,以监测辐射量。
- 用制造厂推荐的安装方法安装组件,与标准装置共平面安装。
- 两只准确度为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 的热电偶连接到每个组件背面,一只接于中部,另一只接于边缘,应确保连接具有良好的导热性能。
- 保持组件温度在确定温度 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 以内的装置,该温度由两只热电偶的平均温度确定。

10.18.3 程序

- 使组件开路,用制造厂推荐的方法将其与标准器件安装在模拟器测试平面上。
- 将辐照度设置在 $800\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 和 $1000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 间,用标准装置记录辐照度。
- 确认组件温度在 $40^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 范围内,其温度变化小于 $\pm 2^{\circ}\text{C}$,记录温度。
- 辐照各组件,直到最大功率值在连续三个以上时段(每个时段至少 48 h)的变化在 2% 以内。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 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。
- 记录达到稳定时的辐射量。

10.18.4 最后试验

重复 10.1.10.2 及 10.3 的试验。

10.18.5 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。
- 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%。

10.18.6 试验报告

下列试验条件及结果应报告：

- 试验期间的平均辐照度；
- 试验结束时的辐射量；
- 试验期间组件的温度；
- 试验前后组件的最大功率。

10.19 退火试验

10.19.1 目的

在鉴定试验前,将薄膜组件退火。如不退火,在后续程序试验过程中的加热可能掩盖其他原因引起的衰减。

10.19.2 装置

可保持 $85^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 试验温度的高温室。

10.19.3 程序

试验应遵循 IEC 60068-2-2:1988 规定的试验 Ba 或 Bb、干热试验,并满足以下条件:

a) 预处理

室温下的组件未经预处理放入高温室内。

b) 严酷条件

1) 试验温度: $85^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$

2) 试验周期: 退火处理各组件,直到最大功率值在连续三个以上时段(每个时段至少 20 h)的变化在 2% 以内。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 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

c) 恢复

组件应经过足够恢复时间,使其温度稳定至室温。

10.19.4 最后试验

重复 10.1, 10.2 及 10.3 的试验。

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) 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。

10.19.6 试验报告

下列试验条件及结果应报告:

a) 退火时间;

b) 试验前后组件的最大输出功率。

10.20 湿漏电流试验

10.20.1 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,如果湿气进入到该处可能会引起腐蚀、漏电或安全事故。

该试验可采用两种方法:

a) 边缘浸泡法;

b) 淹没法。

10.20.2 装置

a) 盛有符合以下要求的水或溶液的槽或容器:

电阻率:不大于 $3\,500\ \Omega \cdot \text{cm}$;

表面张力:不大于 $3\ \text{N} \cdot \text{m}^{-2}$;

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

1) 边缘浸泡法:容器应足够大,溶液应足够深,以依次浸泡组件的每个边缘,溶液面应高于组件芯板与边框的结合处。容器应有安全支撑组件的装置。

2) 淹没法:容器尺寸应可以将组件水平放置于溶液内,溶液深度应完全覆盖所有表面(除不适宜浸泡的接线盒入口之外)。

b) 盛有相同溶液的喷淋装置。

c) 能限流的 500 V 直流电源。

d) 测量漏电流的装置。

e) 如果组件没有导电边框,则需一个导电网、金属薄片或支架。

10.20.3 程序—边缘浸泡法

所有连接必须代表推荐的各种现场安装接线方式,并小心确保连接于组件的仪器设备不产生漏电流。

- a) 如需要,使组件的外表面均连接电网、金属薄片或支架。
- b) 在容器内浸泡组件某一边缘 30 s,不要泡到引出端或引线盒。用喷淋装置,彻底浇湿引线盒及引线引出点。在整个 30 s 的浸泡时间内,连续喷淋以保持该湿润状态。
- c) 将组件输出端短路,连接到测试设备的正极,将组件的任何暴露的金属部分、导电边框、导电网、金属薄片或支架接地,并连接到测试设备的负极。
- d) 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 V,保持该电压 2 min,测试漏电流。
- e) 减低电压到零,将测试设备的引出端短路 2 min,同时保持与组件的所有连接。
- f) 对该组件的其他边缘重复步骤 b)到 e)。

10.20.4 程序—淹没法

所有连接应代表推荐现场安装接线情况,并小心确保连接于组件的仪器设备不产生漏电流。

- 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。
- 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 V,保持该电压 2 min,测试漏电流。
- d) 减低电压到零,将测试设备的引出端短路 2 min,同时保持与组件的所有连接。

10.20.5 要求

- a) 在执行步骤 10.20.3 d)和 10.20.4 c)过程中,没有介质击穿或表面开裂。
- b) 漏电流小于 $10 \mu\text{A}$,每增加 1 m^2 组件面积可增加 $5 \mu\text{A}$ 。对于边缘浸泡法,所有边缘测得的漏电流的总和不应超出该要求。

附录 A
(资料性附录)

IEC 61215 第 2 版(CD)中湿漏电流试验部分的内容

A.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,如果湿气进入该处可能会引起腐蚀、漏电或安全事故。

A.2 装置

- a) 盛有符合以下要求的水或溶液的槽或容器,其尺寸应可以将带边框的组件水平或垂直地放置于溶液内,所用水或溶液应满足如下要求:
 - 电阻率:不大于 $3\,500\ \Omega \cdot \text{cm}$;
 - 表面张力:不大于 $3\ \text{N} \cdot \text{m}^{-2}$;
 - 温度: $22^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ 。
 溶液深度应完全覆盖所有表面(除不适宜浸泡的接线盒入口之外)。
- b) 盛有相同溶液的喷淋装置。
- c) 可提供 500 V 或组件安装系统所需要的更高的最大标称电压、有电流限制的直流电源。
- d) 测量绝缘电阻的装置。

A.3 程序

- a) 在盛有所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。如组件有配线盒,在试验期间溶液应浸泡该配线盒。
- b) 将组件输出短路,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 V,或组件安装系统的最大电压(该电压大于 500 V),保持该电压 2 min,测试绝缘电阻。
- d) 降低电压至零,将测试设备的引出端短路 2 min,同时保持与组件的所有连接。

注:所有连接必须代表推荐的各种现场安装接线方式,并小心确保连接于组件的仪器设备不产生漏电流。

A.4 要求

- a) 在执行步骤 A.3 c) 过程中,没有介质击穿或表面开裂。
- b) 对面积小于 $0.1\ \text{m}^2$ 的组件,其绝缘电阻应不小于 $400\ \text{M}\Omega$ 。
- c) 对面积大于 $0.1\ \text{m}^2$ 的组件,其绝缘电阻乘以组件面积应不小于 $40\ \text{M}\Omega \cdot \text{m}^2$ 。