



中华人民共和国国家标准

GB/T 9535—1998
eqv IEC 1215:1993

地面用晶体硅光伏组件 设计鉴定和定型

Crystalline silicon terrestrial photovoltaic(PV)
modules-design qualification and type approval

1998-11-17 发布

1999-06-01 实施

国家质量技术监督局 发布

目 次

前言	I
IEC 前言	II
1 范围和目的	1
2 引用标准	1
3 抽样	1
4 标志	2
5 试验	2
6 合格判据	2
7 严重外观缺陷	2
8 报告	4
9 重新鉴定	4
10 试验程序	4
10.1 外观检查	4
10.2 标准试验条件下的性能	5
10.3 绝缘试验	5
10.4 温度系数的测量	5
10.5 电池额定工作温度的测量	6
10.6 电池额定工作温度下的性能	9
10.7 低辐照度下的性能	10
10.8 室外曝露试验	12
10.9 热斑耐久试验	12
10.10 紫外试验	16
10.11 热循环试验	17
10.12 湿-冷试验	17
10.13 湿-热试验	19
10.14 引线端强度试验	19
10.15 扭曲试验	20
10.16 机械载荷试验	21
10.17 冰雹试验	21

前 言

本标准等效采用 IEC 1215:1993《地面用晶体硅光伏组件—设计鉴定和定型》。

《地面用晶体硅光伏组件—设计鉴定和定型》是光伏发电系统中的一项基础标准。

本标准中的专业术语与有关标准协调一致。

为适应我国光伏能源系统发展与国际经济和技术交流的需要,等同采用 IEC 1215 标准,转化为我国标准是十分有益和必要的。原标准中的一些错误和修改如下:

(1) 原文 10.13 中对试验时间的规定前后矛盾,经与 IEC/TC 82 技术委员会联系,认为该时间应为 1 000 h。

(2) 原文 10.9 和图 1 中无最后试验和要求,这从逻辑上讲不通,应加上。经与 IEC 联系他们赞同我们的意见。

(3) 原文 10.2.1 标准试验条件只标注了电池温度和辐照度,应加上标准太阳光谱辐照度分布的规定。

(4) 原文 10.4.2a) 中所述“未来 IEC 标准(正在考虑中)的太阳模拟器”,现该标准已正式出版为 IEC 60904-9,故在本标准中明确引用,并将其加在引用标准中。

(5) 原文 10.5.4.5 中环境温度校正因子用 β 表示,但前面的电压温度系数已用 β 表示了,改用另一个字母 b 来表示。

本标准由中华人民共和国电子工业部提出。

本标准由全国太阳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、汪义川。

IEC 前言

1) IEC(国际电工委员会)是由各国家电工委员会(IEC 国家委员会)组成的世界性标准化组织。IEC 的目的是促进电工电子领域标准化问题的国际合作。为此目的,除其他活动外,IEC 发布国际标准。国际标准的制定由技术委员会承担,对所涉及内容关切的任何 IEC 国家委员会均可参加国际标准的制定工作。与 IEC 有联系的任何国际、政府和非官方组织也可以参加国际标准的制定。IEC 与国际标准化组织(ISO)根据两组织间协商确定的条件保持密切的合作关系。

2) IEC 在技术问题上的正式决议或协议,是由对这些问题特别关切的国家委员会参加的技术委员会制定的,对所涉及的问题尽可能地代表了国际上的一致意见。

3) 这些决议或协议以标准、技术报告或导则的形式发布,以推荐的形式供国际上使用,并在此意义上,为各国家委员会认可。

4) 为了促进国际上的统一,各 IEC 国家委员会有责任使其国家和地区标准尽可能采用 IEC 标准。IEC 标准与相应国家或地区标准之间的任何差异应在国家或地区标准中指明。

5) IEC 未制定使用认可标志的任何程序。当宣称某一产品符合相应的 IEC 标准时,IEC 概不负责。

本标准由 IEC 第 82 技术委员会“太阳光伏能源系统”制定。

本标准的文本以下列文件为依据:

六个月法则	表决报告	DIS	表决报告
82(CO)16	82(CO)28	82(CO)31	82(CO)50
82(CO)23	82(CO)40	82(CO)32	82(CO)51
82(CO)24	82(CO)41	82(CO)35	82(CO)60
82(CO)26	82(CO)43	82(CO)36	82(CO)61
82(CO)27	82(CO)44	82(CO)37	82(CO)62
		82(CO)45	82(CO)63
		82(CO)46	82(CO)64
		82(CO)47	82(CO)65
		82(CO)48	82(CO)66
		82(CO)53	82(CO)69
		82(CO)56	82(CO)71

表决批准本标准的详细资料可在上表列出的表决报告中查阅。

中华人民共和国国家标准

地面用晶体硅光伏组件 设计鉴定和定型

GB/T 9535—1998
eqv IEC 1215:1993

代替 GB/T 9535—1988
GB/T 14007—1992
GB/T 14009—1992

Crystalline silicon terrestrial photovoltaic(PV)
modules-design qualification and type approval

1 范围和目的

本标准规定了地面用晶体硅光伏组件设计鉴定和定型的要求,该组件是在 GB/T 4797.1 中所定义的一般室外气候条件下长期使用。本标准仅适用于晶体硅组件,有关薄膜组件和其他环境条件如海洋或赤道环境条件的标准正在考虑之中。

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 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

- GB/T 2421—1989 电工电子产品基本环境试验规程 总则(eqv IEC 68-1:1988)
- 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 68-2-3:1984)
- GB/T 2423.29—1982 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(eqv IEC 68-2-21:1980)
- GB/T 2828—1987 逐批检查计数抽样程序及抽样表(适用于连续批的检查)
- GB/T 4797.1—1984 电工电子产品自然环境条件 温度与湿度
- 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 904-1:1987)
- GB/T 6495.3—1996 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(idt IEC 904-3:1989)
- 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 891:1987)第1号修正(1992)
- IEC 904-9:1996 光伏器件 第9部分:太阳模拟器性能要求
- QC001 002:1986 IEC 电子元器件质量评定体系(IECQ)程序规则
第1号修正(1992)

3 抽样

从同一批或几批产品中,按 GB/T 2828 规定的方法随机地抽 8 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。

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。

注:在试验过程中,一个试验的最终测试作为下一个试验的初始测试,不需要重复,该试验的初始测试可省略。

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。如组件的温度系数 α 和 β 已知,10.4的测试可省略。

试验的条件汇总见表1。

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。

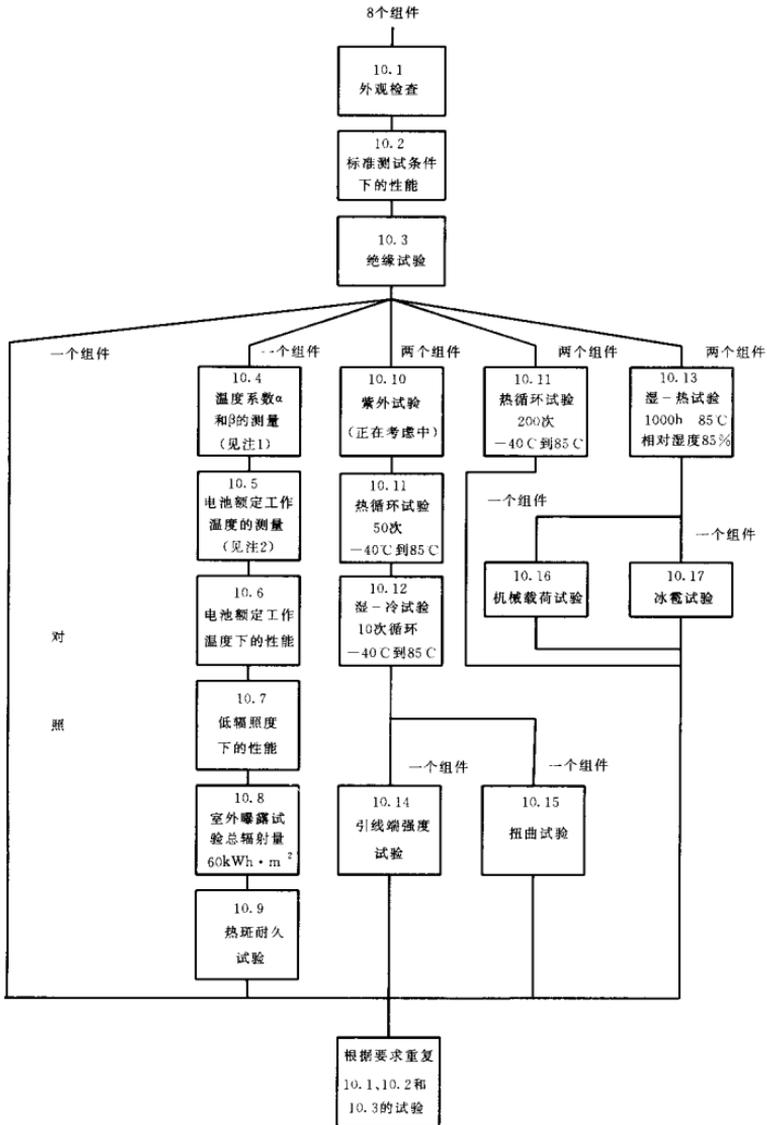
- a) 在标准测试条件下,组件的最大输出功率衰减在每个单项试验后不超过规定的极限,每一组试验程序后不超过规定值的8%;
- b) 在试验过程中,无组件呈现开路或接地故障现象;
- c) 无第7章中定义的任何严重外观缺陷;
- d) 全部试验完成后,仍满足绝缘测试要求。

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、不规整或损伤的外表面;
- b) 某个电池的一条裂纹,其延伸可能导致组件减少该电池面积10%以上;
- 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脱层通道;
- d) 丧失机械完整性,导致组件的安装和/或工作都受到影响。



注

- 1 如 α 和 β 已知可省略。
- 2 如组件不是设计为敞开式支架安装,用制造厂推荐的方法安装,在标准参考环境条件下,可用太阳能电池的平均平衡结温代替额定工作温度。

图 1 鉴定试验程序

表1 试验条件一览表

试验	项目	试验条件
10.1	外观检查	详细检查目录见 10.1.2
10.2	标准测试条件下的性能	电池温度: $25\text{C} \pm 2\text{C}$, 辐照度: $1\,000\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$, 标准太阳光谱辐照度分布符合 GB/T 6495.3 规定
10.3	绝缘试验	直流 $1\,000\text{V}$ 加上两倍系统在标准测试条件下开路电压, 持续 1min , 直流 500V 时的绝缘电阻不小于 $50\text{M}\Omega$
10.4	温度系数的测量	详见 10.4
10.5	额定工作温度的测量	太阳总辐照度: $800\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 环境温度: 20C 风速: $1\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
10.6	额定工作温度下的性能	电池温度: 额定工作温度 辐照度: $800\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$, 标准太阳光谱辐照度分布符合 GB/T 6495.3 规定
10.7	低辐照度下的性能	电池温度: 25C 辐照度: $200\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$, 标准太阳光谱辐照度分布符合 GB/T 6495.3 规定
10.8	室外曝露试验	太阳总辐射量: $60\text{kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}$
10.9	热斑耐久试验	在最坏热斑条件下, $1\,000\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 辐照度照射 1h , 共 5 次
10.10	紫外试验	正在考虑中
10.11	热循环试验	从 -40C 到 85C 50 次和 200 次
10.12	湿-冷试验	从 85C , 85% 相对湿度到 -40C 10 次
10.13	湿-热试验	在 85C , 85% 相对湿度下 $1\,000\text{h}$
10.14	引线端强度试验	同 GB 2423.29
10.15	扭曲试验	扭曲角度: 1.2°
10.16	机械载荷试验	$2\,400\text{Pa}$ 的均匀载荷依次加到前和后表面 1h , 循环两次
10.17	冰雹试验	25mm 直径的冰球以 $23.0\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的速度撞击 11 个位置

8 报告

通过定型后, 试验机构根据国际电工委员会电子元器件质量评定体系程序规则 QC001 002 给出鉴定试验报告证书, 该证书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。制造厂应保存一份证书副本留作参考。

9 重新鉴定

在组件的设计、材料、元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

检查出组件中的任何外观缺陷。

10.1.2 程序

在不低于 $1\,000\text{lx}$ 的照度下, 对每一个组件仔细检查下列情况:

- 开裂、弯曲、不规整或损伤的外表面;
- 破碎的单体电池;
- 有裂纹的单体电池;
- 互联线或接头有毛病;

- 电池互相接触或与边框相接触；
- 密封材料失效；
- 在组件的边框和电池之间形成连续通道的气泡或脱层；
- 在塑料材料表面有粘污物；
- 引线端失效，带电部件外露；
- 可能影响组件性能的其他任何情况。

对任何裂纹、气泡或脱层等的程度和位置应作记录和/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 标准试验条件下的性能

10.2.1 目的

用自然阳光或符合 GB/T 6495.1 标准的 A 级模拟器，在标准试验条件下（电池温度： $25\text{ C} \pm 2\text{ C}$ ，辐照度： $1\ 000\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ，标准太阳光谱辐照度分布符合 GB/T 6495.3 规定），确定组件随负荷变化的电性能。

10.2.2 程序

按照 GB/T 6495.1 标准的方法，试验组件在标准试验条件下的电流-电压特性，必要时可根据 GB/T 6495.4 标准规定作温度和辐照度的修正。

10.3 绝缘试验

10.3.1 目的

测定组件中的载流元件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），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。
- 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，可为组件安装一试验的金属支架，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 $1\ 000\ \text{V}$ 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 $50\ \text{V}$ ，所施加的电压应为 $500\ \text{V}$ 。
- 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，对组件加一不小于 $500\ \text{V}$ 的直流电压，测量绝缘电阻。

10.3.4 试验要求

- 在步骤 c) 中，无绝缘击穿（小于 $50\ \mu\text{A}$ ），或表面无破裂现象。
- 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 标准规定了从某个代表性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。

10.4.2 装置

- a) 符合 IEC 904-9 标准的太阳模拟器 (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太阳模拟器。

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，使辐照时间减少至 0.5 秒或更短。

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 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) 将组件加热至需要的最高温度，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 的感兴趣温度范围内，每隔 5°C 测量一次短路电流和开路电压。

注：用 GB/T 6495.4 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) 在需要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 电池额定工作温度的测量

10.5.1 目的

测定组件的额定工作温度 (NOCT)。

10.5.2 引言

额定工作温度定义为在下列标准参考环境 (SRE)，敞开放式支架安装情况下，太阳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：无 (开路)

系统设计者可用额定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。为精确推算组件的电性能，上述因数应该考虑进去。

测定额定工作温度两种方法的描述：

第一种称为“基本方法”，能普遍用于所有光伏组件。在组件不是设计为敞开放式支架安装时，用制造厂所推荐的方法安装，基本方法仍可测定标准参考环境中平衡状态平均太阳电池结温。

第二种称为“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晶体硅组件属于此类。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

在标准参考环境所描述的环境条件范围内，该方法收集电池试验的真实温度数据。数据给出的方式，允许重复和精确地计算额定工作温度。

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,外推到标准参考环境辐照度 $800 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 得到($T_J - T_{amb}$)值,再加上 $20 \text{ }^\circ\text{C}$,即可得到初步的额定工作温度值。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步的额定工作温度中,将其修正到 $20 \text{ }^\circ\text{C}$ 和 $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 时的值。

10.5.3.2 装置

需要下列装置:

a) 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,应按制造商推荐的方式安装。

b) 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 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 IEC 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,在不大于 60 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。

准确度:额定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,敞开式安装的组件,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,安装试验组件装置,确保组件开路。

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 $400 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$;

——风速在 $(1 \pm 0.75) \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 范围以外;

——环境温度在 $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$,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 min 内;

——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 $(T_f - T_{\text{amb}})$ 值,加上 20°C 即给出额定工作温度的初步值。

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) 修正因子与初步的额定工作温度之和即为组件的额定工作温度值,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,测得另一额定工作温度,如两个额定工作温度相差在 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,取三个额定工作温度的平均值。

10.5.4 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,即得到试验组件的额定工作温度。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,背表面应涂刷亮光白漆。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。在距热电偶结 25 mm 处,去掉绝缘材料后,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 所描述的基本方法进行校准。所测定的稳态温度应在 $46^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$ 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。在进行额定工作温度测量之前,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,以探究它们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 ,在试验额定工作温度之前,应调查其原因,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($\pm 5^\circ$ 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 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、靠近风速传感器的处。

f) 电池温度传感器,或 IEC 标准批准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,在不大于 60 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；
参考平板温度。

准确度：额定工作温度的总准确度为 $\pm 1\text{ K}$ 。

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：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：

——辐照度低于 $750\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ，或高于 $850\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ；

—— $2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上的风速持续 30 s 以上；

——风速低于 $0.5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 时；

——风向在东或西 $\pm 20^\circ$ 范围内；

——参考平板之间温度差超过 1 C 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

$$\Delta T_{JP} = T_J - T_P \quad \dots\dots\dots (1)$$

如果 ΔT_{JP} 的变化超过 4 C ，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) 作如下的计算，将 ΔT_{JPm} 修正到标准参考环境：

$$\Delta T_{JPm}(\text{已修正的}) = (f/bR) \cdot \Delta T_{JPm}(\text{未修正的}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

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，从所选定的时间内的平均环境温度，利用下表而得到（利用平均环境温度和校正因子的线性关系，来推算 b 是允许的）。

T_{amb}, 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额定工作温度

$$\text{额定工作温度} = T_{PR} + \Delta T_{JPm}(\text{已修正的}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中： T_{PR} ——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，如两个额定工作温度相差在 0.5 C 以内，计算每一试验组件的两个额定工作温度平均值。如相差大于 0.5 C ，在第三天再测量一次，取三个额定工作温度的平均值。

10.6 电池额定工作温度下的性能

10.6.1 目的

在额定工作温度和辐照度为 $800\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ，且满足 GB/T 6495.3 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 程序

用自然光或符合有关国家标准要求的 A 类模拟器,按照 GB/T 6495.1 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,将组件均匀加热至额定工作温度,测量其电流-电压特性。

另一种方法,用 GB/T 6495.4 的方法把室温和 $800 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 辐照度下测量的 $I-V$ 特性转换到额定工作温度时的特性。

10.7 低辐照度下的性能

10.7.1 目的

依据 GB/T 6495.1 的规定,在 25°C 和辐照度为 $200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ (用适当的标准电池测定)的自然光或符合有关国家标准要求的 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 6495.1,在 25°C 和辐照度为 $200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ (用适当的标准电池测定)的自然光或符合有关国家标准要求的 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技术将辐照度降低至特定值。

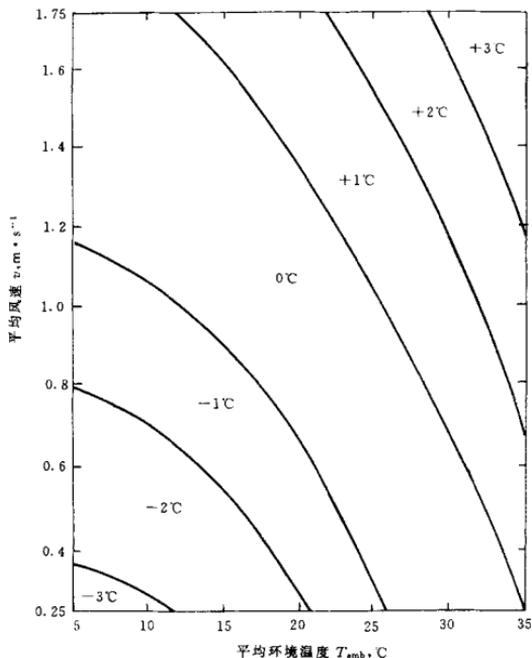


图 2 额定工作温度校正因子

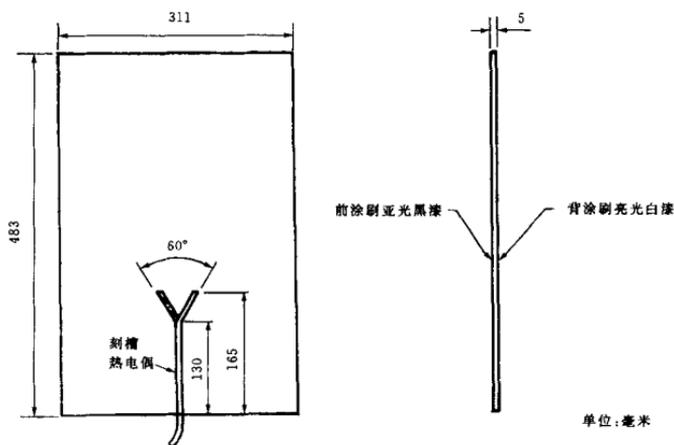


图3 参考平板

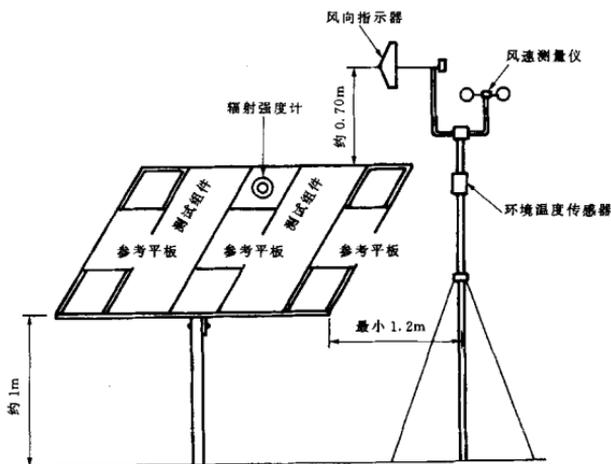


图4 用参考平板法测量额定工作温度

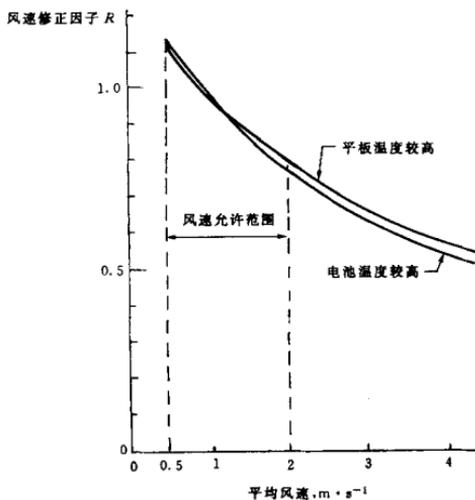


图5 风速校正因子

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

初步评价组件经受室外条件曝露的能力,并可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

- 太阳辐照度监测仪,准确到 $\pm 10\%$ 。
- 制造厂推荐的安装组件的设备,使组件与辐照度监测仪共平面。

10.8.3 程序

a) 将组件短路,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 $60 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

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衰减不超过试验前的5%;
- 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

确定组件经受热斑加热效应的能力,如焊点熔化或封装材料老化。电池裂纹或不匹配、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处于反向偏置状态,必定消耗功率,从而引起过热。

图6描述了由一组串联电池构成的组件的热斑效应,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曲线的映象的交点处的阴影矩形来表示最大功率消耗。

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”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所示的一个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曲线的映象在最大功率点相交。

作为对比,图8表示一个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

光伏组件中的太阳电池可以以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

a) 辐射源1,稳态太阳模拟器或自然阳光,辐照度不低于 $700 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$,不均匀度不超过 $\pm 2\%$,瞬时稳定度在 $\pm 5\%$ 以内。

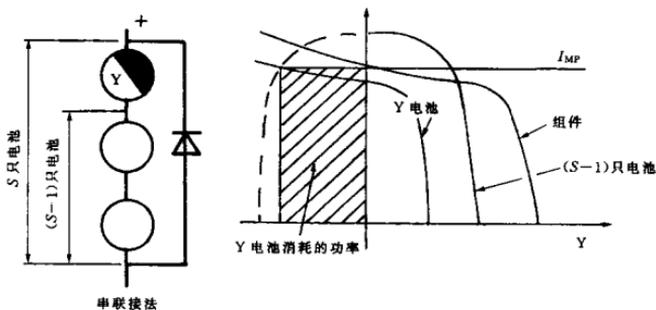


图6 A类电池的热斑效应

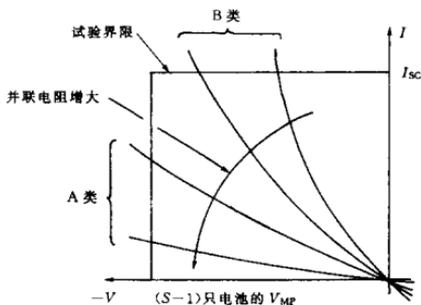


图7 反向特性

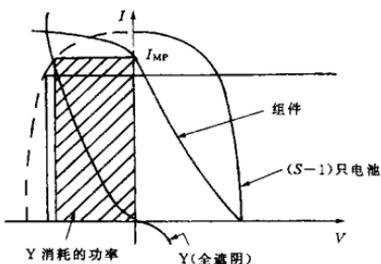


图8 B类电池的热斑效应

- b) 辐射源 2, C类或更好的稳态太阳模拟器或自然阳光, 其辐照度为 $1\,000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\pm 10\%$ 。
- c) 组件 I - V 曲线测试仪。
- d) 对试验单片太阳能电池被遮光的情况, 遮光增量为 5% 的一组不透明盖板。
- e) 如需要, 加一个适用的温度探测器。

10.9.5 程序

所有试验应在环境温度为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 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。

10.9.5.1 串联连接方式

- 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 特性和最大功率时的电流 I_{MP} 。
- b) 使组件短路, 用下列方法之一选择一片电池:

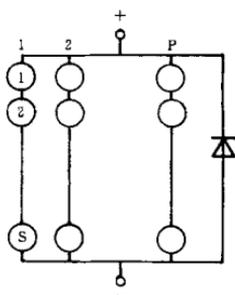


图9 串联-并联连接方式

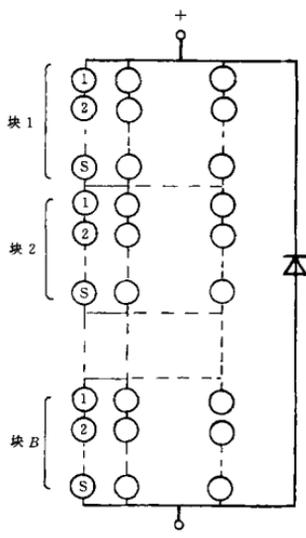


图10 串联-并联-串联连接方式

- 1) 组件在稳定的、辐照度不低于 $700 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 的辐射源 1 照射下,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,选择其中一个,当它被挡住时,短路电流减小最大。在这一过程中,辐照度的变化不超过 5%。
- c) 同样在步骤 a) 所规定的辐照度 ($\pm 3\%$ 内) 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,人们不能确定是否会在一个电池内产生最大消耗功率。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 $1\ 000\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

h) 重复步骤 e)、f)和 g)5 次。

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 $I_{sc}(\ast)$;

$$I_{sc}(\ast) = I_{sc} \frac{P - 1}{P} + \frac{I_{MP}}{P} \dots\dots\dots(4)$$

式中: I_{sc} ——不遮光组件的短路电流, A;

I_{MP} ——不遮光组件最大功率时的电流, A;

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) 组件在稳定的、辐照度不低于 $700\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 的辐射源 1 照射下,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,选择其中一个,当它被挡住时,短路电流减小得最多。在这一过程中,辐照度的变化不超过 5%。

c) 同样在步骤 a)所规定的辐照度($\pm 3\%$ 内)下,完全挡住选择的电池,检查组件的 I_{sc} 是否比步骤 a)所测定的 $I_{sc}(\ast)$ 小。如果这种情况不发生,人们不能确定是否会在一个电池内发生最大消耗功率。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 $I_{sc}(\ast)$,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)5 次。

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%的单体电池,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) 完全挡住步骤 a)所发现的温度为最高的一个电池。

c) 在连续监测电池温度时,逐渐减少对该电池的遮光面积,来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,将组件全部遮光。

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)5 次。

10.9.6 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。

10.9.7 要求

- 无第 7 章中规定的严重外观缺陷;
- 标准测试条件下最大输出功率的衰减不超过试验前的 5%;
- 绝缘电阻应满足初始试验同样的要求。

10.10 紫外试验

10.10.1 目的

确定组件经受紫外(UV)辐照的能力。

紫外试验正在考虑之中。

10.11 热循环试验

10.11.1 目的

确定组件经受由于温度重复变化而引起的热失配、疲劳和不同的应力的能力。

10.11.2 装置

a) 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 11 所示的热循环试验。

b) 在气候室中有安装或支撑组件的装置,并保证周围的空气能自由循环。安装或支撑装置的热传导应小,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的前或后表面。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路连续性的仪器。

e) 监测每一个组件的一个引线端和边框或支架架之间绝缘的完整性的仪器。

10.11.3 程序

a) 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架架。

b) 将温度传感器接到温度监测仪,将组件的两个引线端接到连续性测试仪,将组件的一个引线端和框架或支架架连接到绝缘监测仪。

c) 关闭气候室,使组件周围空气的循环速度不低于 $2\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,按图 11 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 min 。一次循环时间不超过 6 h ,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,并监测在试验可能产生的任何断路或漏电现象。

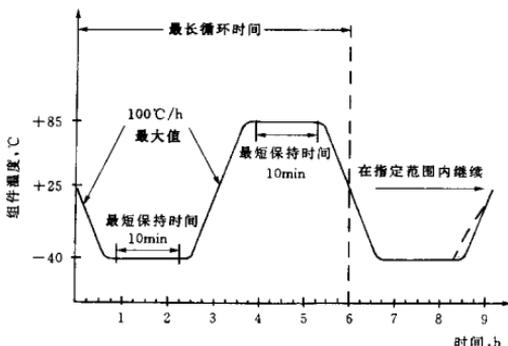


图 11 热循环试验

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

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

10.12 湿-冷试验

10.12.1 目的

确定组件经受高温、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。有两种方法可供选择：单室法和双室法。

10.12.2 单室法

10.12.2.1 装置

a) 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 12 所规定的湿-冷循环试验。在零下的温度，气候室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 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。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路连续性的仪器。

d) 监测每一个组件的一个引线端和边框或支架之间绝缘完整性的仪器。

10.12.2.2 程序

a) 将温度传感器置于组件中部的后或前表面。

b) 在室温下将组件装入气候室，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。

c) 将温度传感器接到温度监测仪，将组件的两个引线端接到连续性测试仪，将组件的一个引线端和框架或支架连接到绝缘监测仪。

d) 关闭气候室，使组件完成如图 12 的所示的 10 次循环。最高和最低温度应在所设定值的 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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。

10.12.3 双室法

10.12.3.1 装置

a) 第一个气候室(气候室 A)，有自动温度和湿度控制，在相对湿度高达 85% 时，能把一个或多个组件从室温加热到 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

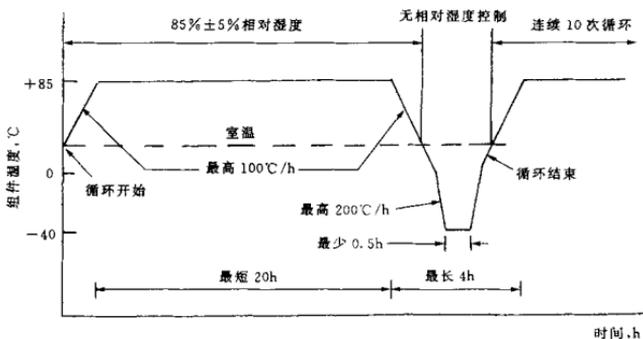


图 12 湿-冷循环

b) 第二个气候室(气候室 B)，有自动温度控制，能把组件从室温冷却到 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。该室的露点的确定与单室法相同。

c) 检测组件温度、内部电路连续性和绝缘的完好性的仪器要求同单室法。

10.12.3.2 程序

a) 将温度传感器置于组件中部的后或前表面。

b) 确保气候室 A 和 B 内空气的温度为室内温度，相对湿度为 $85\% \pm 5\%$ 。

c) 在室温下将组件装入气候室 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放式支架的金属框架上。

d) 将温度传感器接到温度监测仪,将组件的两个引线端接到连续性测试仪,将组件的一个引线端和框架或支架连接到绝缘监测仪。

e) 关闭气候室,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 $\pm 2^\circ\text{C}$ 以内,在循环的这一部分,相对湿度应保持在 $85\% \pm 5\%$ 。

f) 把处于室温的组件尽可能快的移到气候室 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。

g) 关闭气候室,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 $\pm 2^\circ\text{C}$ 以内。

h) 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

- 在试验过程中无间断断路或漏电现象;
- 无第 7 章中规定的严重外观缺陷;
- 标准测试条件下最大输出功率的衰减不超过试验前的 5%;
- 绝缘电阻应满足初始试验同样的要求。

10.13 湿-热试验

10.13.1 目的

确定组件经受长期湿气渗透的能力。

10.13.2 程序

试验应根据 GB/T 2423.3 并满足以下规定:

a) 预处理

将未经预处理的处于室温下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: 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

恢复时间结束后,重复 10.1、10.2 和 10.3 的试验。

10.13.4 要求

- 无第 7 章中规定的严重外观缺陷;
- 标准测试条件下最大输出功率的衰减不超过试验前的 5%;
- 绝缘电阻应满足初始试验的同样要求。

10.14 引线端强度试验

10.14.1 目的

确定引线端及与组件支架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 引线端类型

考虑三种类型的组件引线端：

- 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 1 h 的测量和试验。

10.14.3.1 A 型引线端

拉力试验：如 GB/T 2423.29 Ua 的试验所述，满足下列条件：

- 所有引线端均应试验；
- 拉力不应超过组件重量。

弯曲试验：如 GB/T 2423.29 Ub 的试验所述，满足下列条件：

- 所有引线端均应试验；
- 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 型引线端

拉力和弯曲试验：

- a) 对于引线端暴露在外的组件应与 A 型引线端的试验一样，试验所有引线端；
- b) 如果引线端封闭于保护盒内，则应采取如下程序：

— 将组件制造商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线端相接，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 型引线端的试验法进行试验。

转矩试验：如 GB/T 2423.29 Ud 的试验所述，满足下列条件：

- 所有引线端均应试验；
- 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 型引线端

将组件制造商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 型引线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) 准备好组件以便于试验过程中连续监测其内部电路的电学连续性及其绝缘电阻。绝缘电阻试验法如 10.3 所述，此时只要组件某一引线端与绝缘测试仪相连。

b) 保持组件的三个角在一个平面上。

c) 自上述平面，移动第四个角如下距离：

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

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），mm；

L——组件长度，mm；

W——组件宽度,mm。

注: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

- 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;
- 标准测试条件下最大输出功率的衰减不超过试验前的 5%。

10.16 机械载荷试验

10.16.1 目的

确定组件经受风、雪或冰块等静态载荷的能力。

10.16.2 程序

- a) 准备好组件以便于试验过程中连续监测其内部电路的电学连续性。
- 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 2 400 Pa,使其均匀分布。(负荷可采用压缩空气加压,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,在背表面上重复上述步骤。
- e) 重复步骤 c) 和步骤 d)。

注:2 400 Pa 对应于 $130 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 风速的压力(约 $\pm 800 \text{ Pa}$),对于阵风含安全系数 3。若要试验组件承受冰雪重压的能力,则试验过程中,加于组件前表面的负载应从 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

- 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;
- 标准测试条件下最大输出功率的衰减不超过试验前的 5%;
- 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

- 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) 一台冷冻箱,控制在 $-10 \text{ C} \pm 5 \text{ C}$ 范围内。
- c) 一台温度在 $-4 \text{ C} \pm 2 \text{ C}$ 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,按制造商所描述的方法安装,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 $m \cdot s^{-1}$	直径 mm	质量 g	试验速度 $m \cdot s^{-1}$
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:水平气压发射器、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)。

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) 检查每个球的尺寸、质量及是否碎裂,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。

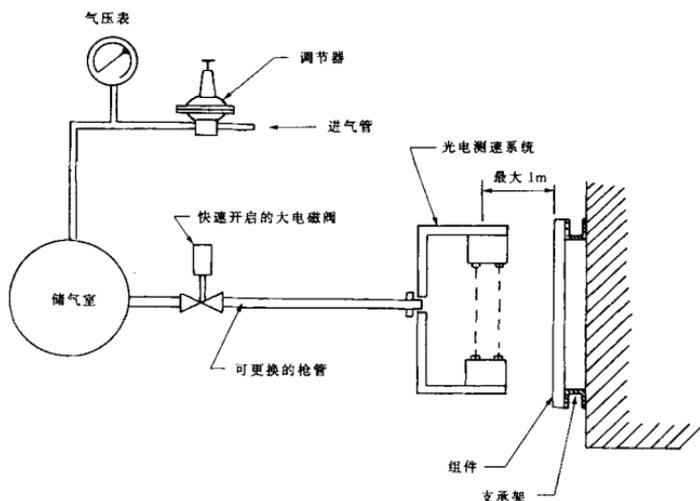


图 13 冰雹试验设备

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。冰球从容器内移出到撞击在组件上的时间间隔不应超过 60 s。

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	单体电池边沿上,靠近电极焊点。
5,6	电池间最小空间上的点。
7,8	在组件窗口上,距将组件固定在支撑架上的点 12 mm 以内。
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。

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。与指定位置偏差达 10 mm 是可以接受的。

j) 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 14 所示。

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;
- 标准测试条件下最大输出功率的衰减不超过试验前的 5%;
- 绝缘电阻应满足初始试验的同样要求。

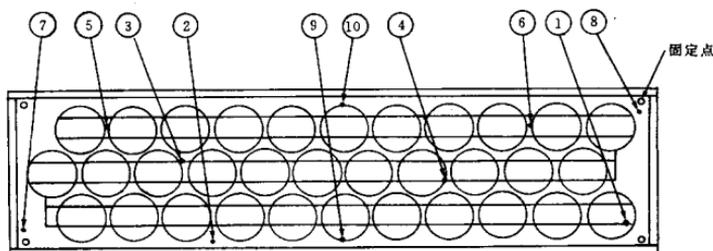


图 14 撞击位置示意图