

国际标准

IEC
61215
第二版
2005-04

地面用晶体硅光伏组件 设计鉴定和定型

Copyright - all rights reserved

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

版权所有—保留所有权利

未经出版方书面同意，不得以任何形式或通过任何方式包括电子、机械、影印和缩微拍照等形式对本出版物的任何章节进行复制、引用、摘录。

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembe, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland

电话: +41 22 919 02 11 传真: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch 网址: www.iec.ch

国际电工委员会版权所有

经 IEC 授权，由 ISH 发行

未经 ISH 许可，不得复制或网络传播



Commission Electrotechnique Internationale

International Electrotechnical Commission

Международная Электротехническая Комиссия

国际电工委员会

标准号
IEC 61215:2005

目录

前言	3
1 范围和目的	4
2 引用标准	4
3 抽样	5
4 标志	5
5 试验	5
6 合格判据	5
7 严重外观缺陷	6
8 报告	6
9 重新鉴定	8
10 试验程序	9
10.1 外观检查	9
10.2 最大功率确定	9
10.3 绝缘试验	9
10.4 温度系数的测量	10
10.5 电池额定工作温度的测量 (NOCT.)	11
10.6 标准测试条件和电池额定工作温度下的性能	15
10.7 低辐照度下的性能	15
10.8 室外曝露试验	18
10.9 热斑耐久试验	19
10.10 紫外预处理试验	23
10.11 热循环试验	23
10.12 湿-冷试验	25
10.13 湿-热试验	25
10.14 引线端强度试验	26
10.15 湿漏电流试验	27
10.16 机械载荷试验	27
10.17 冰雹试验	28
10.18 旁路二极管热试验	30
附录 A IEC 61215 第二版相对于第一版的改动	32
图 1—鉴定试验程序	7
图 2—电池额定工作温度校正因子	16
图 3—参考平板	17
图 4—参考平板法测量电池额定工作温度	17
图 5—风速校正因子	18
图 6—A 类电池的热斑效应	19
图 7—反向特性	20
图 8—B 类电池的热斑效应	20
图 9—串联—并联连接方式	21
图 10—串联—并联—串联连接方式	21

图 11—热循环试验.....	24
图 12—湿-冷循环.....	25
图 13—冰雹试验设备.....	29
图 14—撞击位置示意图.....	30
表 1—试验条件一览表.....	8
表 2—冰球质量与试验速度.....	28
表 3—撞击位置.....	29

国际电工委员会

地面用晶体硅光伏组件

设计鉴定和定型

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，其目的是促进电工电子领域标准化问题的国际合作。为此，除其他活动外，IEC 发布国际标准，技术规范，技术报告，公用规范（PAS）及指南（以下统称“IEC 出版物”）。以上文件的制定由技术委员会承担，对所涉内容感兴趣的任何 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、政府及非政府组织也可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，为各个国家委员会认可。IEC 已尽最大努力确保其出版物的技术信息描述准确。对该出版物的任何曲解及使用不当，IEC 概不负责。
- 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。
- 6) 所有使用者应确保拥有本标准的最新版本。
- 7) IEC 及其主管、雇员、服务人员、代理商包括个人专家、技术委员会成员及 IEC 国家委员会无义务承担由于直接或间接的自然原因导致的人员伤害及财产损失，也无义务承担该 IEC 出版物及所有其他 IEC 发行物在出版、使用中的支出。
- 8) 注意本标准中引用的标准文件，使用这些引用标准对正确使用本标准必不可少。
- 9) 注意本标准中的某些部分可能受到专利权保护，IEC 没有标示出这些专利权的义务。

国际标准 IEC 61215 由 IEC 第 82 技术委员会“太阳光伏能源系统”制定

第二版经由 1993 年发行的第一版修订而得。

与前一版相比主要的改动之处详见附录 A。

本标准的依据文件如下：

FDIS	表决报告
82/376/FDIS	82/382/RVD

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。

本标准依据 ISO/IEC 指令的第二部分起草。

在维护结果日期之前，本标准内容保持不变。维护结果日期在 IEC 网站 <http://webstore.iec.ch> 上予以公布。在该日期，本标准将：

- 重确认
- 撤消
- 被新版本替代
- 修正

地面用晶体硅光伏组件

设计鉴定和定型

1 范围和目的

本标准规定了地面用晶体硅光伏组件设计鉴定和定型的要求，该组件在 IEC 60721-2-1 中所定义的一般室外气候条件下长期使用。本标准仅适用于晶体硅组件，有关薄膜组件的标准已以 IEC 61646 标准发布。

本标准不适用于带聚光器的组件。

本实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。通过此实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其使用的环境和条件。

2 引用标准

下列标准所包含的条款，通过在本标准中引用而构成为本标准的条款。对标注日期的标准，仅引用的版本有效；对未标注日期的标准，最新的版本（含改善本）有效。

IEC 60068-1: 1988, 环境实验-第 1 部分: 总则

IEC 60068-2-21: 1999, 环境实验-第 2-21 部分: 实验—实验 U: 引出端及整体安装件强度

IEC 60068-2-78: 2001, 环境实验-第 2-78 部分: 实验—实验 Cab: 恒定湿热试验方法

IEC 60410: 1973, 逐批检查抽样程序及抽样表

IEC 60721-2-1: 1982, 环境条件分类—第 2 部分: 自然环境条件—温度与湿度

IEC 60891: 1987, 晶体硅光伏器件 I-V 实测特性的温度和辐照度修正方法第 1 号修正 (1992)

IEC 60904-1: 1987, 光伏器件—第 1 部分: 光伏电流—电压特性的测量

IEC 60904-2: 1989, 光伏器件—第 2 部分: 标准太阳电池的要求

IEC 60904-3: 1989, 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

IEC 60904-6: 1994, 光伏器件—第 6 部分: 标准太阳电池组件的要求

IEC 60904-7: 1998, 光伏器件—第 7 部分: 光伏器件试验中光谱失配错误的计算

IEC 60904-9: 1995, 光伏器件—第 9 部分: 太阳模拟器性能要求

IEC 60904-10: 1998, 光伏器件—第 10 部分: 线性测量法

IEC 61853: 地面用光伏组件性能试验及能量等级鉴定¹

ISO/IEC 17025:1999, 光伏器件—第 7 部分: 试验和校准实验室总的能力要求

¹ 考虑中

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 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、质量控制和产品验收程序。组件应是细节完整的,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。

如果旁路二极管在标准组件中不易靠近,可准备一个专门的样品用于旁路二极管热试验(10.18)。旁路二极管应按照标准组件的物理环境安装。按照 10.18.2 的要求将温度传感器安装在二极管上。该组件样品不必进行图 1 所示的其它试验程序。

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,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且不易除去之标志:

- 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

生产日期和地址应在组件上予以注明,或可从产品序号追溯。

5 试验

试验前,包括控制组件在内的所有组件应在开路状态下进行 $5\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2}$ 到 $5.5\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2}$ 的辐照量的照射(自然光或模拟光均可)。

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,操作者应严格按照制造厂关于组件的贮运、安装和连接的要求。若将来的 IEC 61853 标准施用于该类组件,则 10.4、10.5、10.6 及 10.7 的试验可省略。

试验条件汇总见表 1。

注:表 1 中的测试条件为鉴定的最低限度要求,若实验室和组件厂家许可,试验要求可适当提高。

6 合格判据

如果每一个试验样品均达到下列各项判据,则认为该组设计通过了鉴定试验,也通过了 IEC 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,在每一组试验程序后不超过规定值的 8%;
- b) 在试验过程中,无组件出现开路现象;
- c) 无第 7 章中规定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;
- e) 在每一组试验程序的开始、结束以及在湿热试验完成后,仍满足湿漏电流试验的要求。
- f) 单项试验的特殊要求应满足。

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,另取 2 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。如果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，下列缺陷属于严重的外观缺陷：

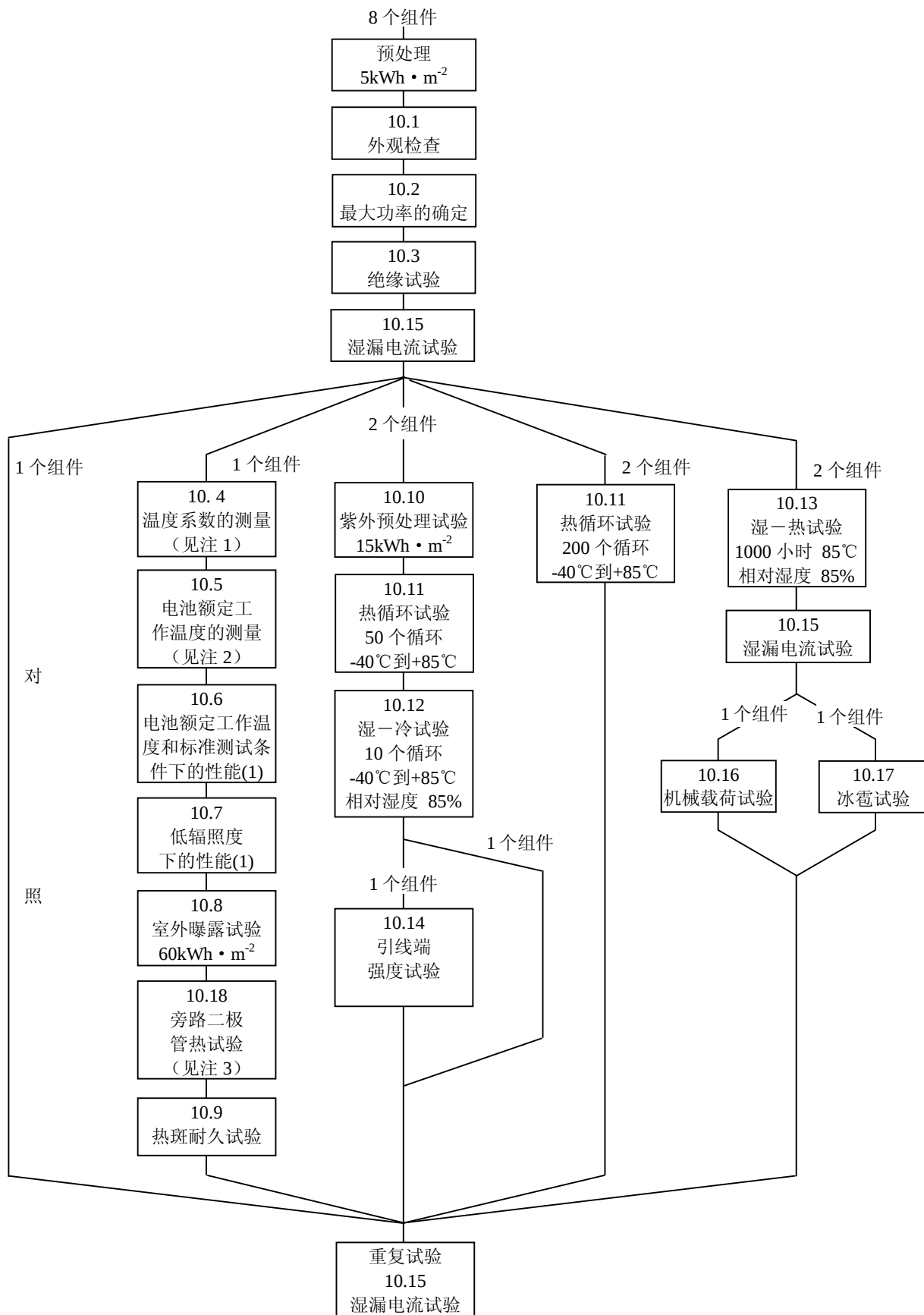
- a) 破损、开裂或损伤的外表，包括上表面、下表面、边框以及接线盒。
- b) 弯曲或不规整的外表，包括上表面、下表面、边框以及接线盒，导致组件的安装和/或工作都受到影响。
- c) 某个电池的一条裂纹，其延伸导致组件减少该电池面积 10% 以上。
- d) 在组件的边缘和任何一部分电路之间形成连续的气泡或脱层通道。
- e) 丧失机械完整性，导致组件的安装和/或工作都受到影响。

8 报告

通过定型后，试验机构根据 ISO/IEC 17025 标准，出具鉴定试验报告证书，该证书应包括测定的性能参数，以及任何未通过测试和重新测试的细节信息。该证书还应包含组件的详细规格，每份鉴定证书或试验报告至少应包含以下内容：

- a) 一个标题；
- b) 实验室的名称和地址，以及试验进行地；
- c) 鉴定证书或试验报告以及每一页的唯一标识；
- d) 客户的名称和地址（适当位置）；
- e) 试验项目的说明和标识；
- f) 试验项目的特征和条件；
- g) 试验项目接受日期和试验日期（适当位置）；
- h) 采用的试验方法的标识；
- i) 抽样程序参照的标准（相关位置）；
- j) 所有对试验方法的改动，增添及与试验方法相斥信息，及任何特定试验的相关信息，如环境条件；
- k) 以表格、图表、简图及照片等适当的形式给出的测量、检查及导出的结果，包括短路电流、开路电压及峰值功率的温度系数，电池额定工作温度，额定工作温度和标准测试条件下的功率，低辐照度下的功率，紫外预处理试验用辉光灯光谱，所有试验后的最大功率损失及任何失败之处。
- l) 对试验结果误差评估的说明（适当位置）；
- m) 鉴定报告或证书的责任人的签名及职务或等同标识，证书或报告的发布日期；
- n) 试验结果仅适用于测试样品的声明（适当位置）；
- o) 未经实验室书面同意，鉴定报告不得摘录部分章节复制传播之声明（全文形式除外）。

出于参考目的，制造商应保存有该鉴定报告的副本。



注：1、若 IEC 61853 已发布实施可省略。

2、若组件不是设计为敞开式支撑架安装，用制造厂推荐的方法安装，在标准参考环境下，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	最大功率确定	见 IEC 60904-1
10.3	绝缘试验	直流 1000V 加上 2 倍最大系统电压，持续 1 分钟。 对于面积小于 0.1m^2 的组件，其绝缘电阻应不低于 $400\text{M}\Omega$ ，对于面积大于 0.1m^2 的组件，在 500V 或最大系统电压下其绝缘电阻与组件面积的倍数关系应不低于 $40\text{M}\Omega \cdot \text{m}^2$ 。
10.4	温度系数的测量（见注 1）	详见 10.4，试验指导参见 IEC 60904-10
10.5	额定电池工作温度的测量（见注 1）	总辐照度： $800\text{W}/\text{m}^2$ ，环境温度： 20°C ， 风速： 1m/s
10.6	标准测试条件和电池额定工作温度下的性能（见注 1）	电池温度：额定工作温度/ 25°C ， 辐照度： $1000\text{W}/\text{m}^2$ 和 $800\text{W}/\text{m}^2$ ，标准太阳光谱辐照度分布符合 IEC 60904-3 规定
10.7	低辐照度下的性能	电池温度： 25°C ，辐照度： $200\text{W}/\text{m}^2$ ， 标准太阳光谱辐照度分布符合 IEC 60904-3 规定
10.8	室外曝露试验	太阳总辐照量： $60\text{kWh}/\text{m}^2$
10.9	热斑耐久试验	在最坏热斑条件下， $1000\text{W}/\text{m}^2$ 的辐照度照射 5 小时
10.10	紫外预处理试验	波长在 280nm - 385nm 间的紫外辐照量为 $15\text{kWh}/\text{m}^2$ 且在 280nm - 320nm 间的紫外辐照量为 $5\text{kWh}/\text{m}^2$
10.11	热循环试验	从 -40°C 到 $+85^\circ\text{C}$ 50 个和 200 个循环，200 个循环时 组件电流为标准测试条件下的峰值电流
10.12	湿-冷实验	从 85°C ，85% 相对湿度到 -40°C ，10 个循环
10.13	湿-热实验	$+85^\circ\text{C}$ ，相对湿度 85%，1000 小时
10.14	引线端强度实验	同 IEC 60068-2-21
10.15	湿漏电流试验	细节参看 10.15， 对于面积小于 0.1m^2 的组件，其绝缘电阻应不低于 $400\text{M}\Omega$ ，对于面积大于 0.1m^2 的组件，在 500V 或最大系统电压下其绝缘电阻与组件面积的倍数关系应不低于 $40\text{M}\Omega \cdot \text{m}^2$ 。
10.16	机械载荷实验	2400Pa 均匀载荷依次加到组件前后表面 1 小时，3 个循环。 最后一个前表面循环用 5400Pa 的可选雪负荷。
10.17	冰雹实验	直径 25mm 的冰球以 23.0m/s 的速度撞击组件的 11 个部位。
10.18	旁路二极管热试验	在 I_{sc} 、 75°C 条件下 1 小时， 在 1.25 倍 I_{sc} 、 75°C 条件下 1 小时。

注 1：若 IEC 61853 标准对该类组件的规定已经实施，这些试验可省略。

9 重新鉴定

在组件的设计、材料、元件或工艺做任何改变时，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 1000 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 最大功率确定

10.2.1 目的

在各种环境试验之前或之后确定组件的最大功率, 试验的再现性是最重要的因素。

10.2.2 装置

- a) 符合 IEC 60904-9 标准的发光源 (自然光或 B 类或更好的太阳模拟器)。
- b) 符合 IEC 60904-2 或 IEC 60904-6 标准的光伏标准装置, 若使用了 B 级模拟器, 标准装置应是
与试验样品同样尺寸且采用同样电池工艺 (以匹配光谱响应) 的标准组件。
- c) 一个可使试验样品及标准设备共平面且垂直于光源光线方向安装的支撑装置。
- d) 一个监控试验样品及标准设备温度的装置, 准确度为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$, 重复精度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。
- e) 一个测量试验样品及标准设备电流的装置, 准确度为读数的 $\pm 0.2\%$ 。
- f) 一个测量试验样品及标准设备电压的装置, 准确度为读数的 $\pm 0.2\%$ 。

10.2.3 程序

按照 IEC 60904-1 标准, 在特定的辐照度和温度环境下利用自然光或符合 IEC 60904-9 标准的 B 类或更好的太阳模拟器来确定组件的电流—电压特性 (推荐范围: 温度 25°C – 50°C , 辐照度 $700\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ – $1100\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)。特殊情况, 如果组件设计的工作环境各不相同, 可在与期望的工作环境相接近的温度与辐照度水平下测量电流—电压特性。温度与辐照度修正依据 IEC 60891 标准进行, 以便于比较环境试验前后同一块组件的测量设置。峰值功率的测量应尽可能在相似的工作环境下进行, 即在近似相同的温度和辐照度条件下用一个专用的组件测量所有峰值功率以减少修正的规模。峰值功率测量的再现性应优于 $\pm 1\%$ 。

注: 每次对试验组件进行测量时应使用一个控制组件进行对照。

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或外部环境之间的绝缘是否良好。

10.3.2 装置

- a) 带限流装置的直流电压源,可输出 500V 电压或 1000V 加上两倍最大系统电压值电压(参见 10.3.4 c)。
- b) 测量绝缘电阻的装置。

10.3.3 试验条件

对组件试验的条件: 温度为周围环境温度(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,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 1000V 加上两倍的系统最大电压(即制造厂标注在组件上的最大系统电压)。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 1 分钟。
- d) 降低电压到零,将绝缘测试仪的正负极短路放掉组件的内建电压。
- e) 拆去绝缘测试仪正负极的短路。
- f) 以不大于 $500\text{V} \cdot \text{s}^{-1}$ 的速率增加绝缘测试仪电压,直到等于 500V 或最大系统电压,维持此电压 2 分钟,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放掉组件的内建电压。
- h) 拆去绝缘测试仪正负极短路,断开测试仪与组件的连接。

注:若组件没有金属框架和顶层玻璃,绝缘试验时应将一金属板置于组件上部重复进行(同 10.3.4 b)。

10.3.5 试验要求

- 在步骤 c 中,无绝缘击穿或表面破裂现象。
- 对于面积小于 0.1m^2 的组件,其绝缘电阻应不低于 $400\text{M}\Omega$ 。
- 对于面积大于 0.1m^2 的组件,其绝缘电阻与组件面积的倍数关系应不低于 $40\text{M}\Omega \cdot \text{m}^2$ 。

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(α)、电压温度系数(β)和峰值功率温度系数(δ)。如此测定的温度系数,仅在测试中所用的辐照度下有效;在不同的辐照度下评估组件温度系数的方法见 IEC 60904-10。

10.4.2 装置

用以下装置进行试验条件的控制与测量:

- a) 用于后续试验的发光源(自然光或符合 IEC 60904-9 标准的太阳模拟器(B类或更好))。
- b) 一个短路电流辐照度特性已知的光伏标准装置,短路电流辐照度特性按照 IEC 60904-2 或 IEC 60904-6 标准用绝对辐射计确定。
- c) 任何可在感兴趣的温度范围内调节试验样品的温度的仪器。
- d) 一个可使试验样品及标准设备共平面且垂直于光源光线方向安装的支撑装置。
- e) 一个监控试验样品及标准设备温度的装置,准确度为 $\pm 1^\circ\text{C}$,重复精度 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。
- f) 一个测量试验样品及标准设备电流的装置,准确度为读数的 $\pm 0.2\%$ 。
- g) 一个测量试验样品及标准设备电压的装置,准确度为读数的 $\pm 0.2\%$ 。

10.4.3 程序

测量温度系数的两套程序:

10.4.3.1 自然光下测量的程序:

- a) 只有如下情况时,才进行自然光照下的测量。
 - 总辐照度至少可达到感兴趣的范围的上限。
 - 由标准装置测得的因短期波动(云、雾、烟)导致的辐照度的变化幅度不超过总辐照度的 $\pm 2\%$ 。
 - 风速不超过 $2\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

b) 安装标准装置和试验组件,使二者共平面且垂直于光源光线方向,偏差在 $\pm 5^\circ$ 以内,连接好仪器。

注:以下步骤的测量应在同一天的数小时内尽快地完成,以减少光谱状态的改变带来的影响。否则,需进行必要的光谱校正。

c) 若试验组件和标准装置配备有温控装置,将温控装置设置为所需温度。

d) 若未使用温控装置,将样品和标准装置遮光避风处理,直到其温度与周围环境温度差在 $\pm 1^\circ$ 以内,或平衡试验样品至其稳定温度,或冷却试验样品到所需试验温度以下,然后让组件自然升温。试验进行前标准装置的温度应稳定在其平衡温度的 $\pm 1^\circ$ 以内。

e) 在所需的温度范围内记录样品的伏安特性和温度并同时记录标准装置的短路电流和温度。如有必要,测量在撤去遮挡后立即进行。

f) 依据 IEC 60891 标准,由光伏标准装置的被测电流值(I_{SC})及其标准测试条件下的校正值 I_{rc} 计算辐照度 G_o 。使用标准装置的特定温度系数 α_{rc} 对标准装置的温度 T_m 进行校正。

$$G_o = \frac{1000 \text{ Wm}^{-2} \times I_{sc}}{I_{rc}} \times [1 - \alpha_{rc} (T_m - 25^\circ\text{C})]$$

式中 α_{rc} 为 25°C 和 1000W/m^2 时的相对温度系数 ($1/^\circ\text{C}$)。

g) 利用控制器或交替地照射和遮挡试验组件以达到和保持需要的温度。试验组件可被自然升温,升温期间按照步骤 d) 周期地进行数据记录。

h) 在每一组数据的记录期间,确保试验组件和标准装置的温度稳定在恒定值的 $\pm 1^\circ$ 以内,且由标准装置测得的辐照度稳定在其恒定值的 $\pm 1\%$ 以内。所有的数据必须在 $1000\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 下取得或换算到该辐照度下。

i) 重复步骤 d)到 h), 组件温度的感兴趣范围应至少为 30°C 且被划分为至少 4 个近似相等的增量,在每一温度条件下至少测量 3 次。

10.4.3.2 太阳模拟器下测量的程序:

a) 按照 IEC 60904-1 标准要求,在室温和所需辐照度条件下确定组件的短路电流值。

b) 将试验组件安装在可改变温度的仪器上,光伏标准装置置于模拟器光线下,连接好仪器。

c) 调整辐照度值,使试验组件的短路电流达到步骤 a)的值。使用光伏标准装置确保在整个试验中该辐照度值不变。

d) 将组件加热或冷却至感兴趣的温度,组件一达到所需温度,测量一次其 I_{sc} 、 V_{oc} 及峰值功率值。改变组件温度,在至少 30°C 的感兴趣温度范围内,每隔 5°C 重复测量一次 I_{sc} 、 V_{oc} 及峰值功率值。

注:对每一个温度值测量完整的电流电压特性,以确定峰值电压及峰值电流随温度变化的规律。

10.4.3.3 温度系数的计算

a) 画出 I_{sc} 、 V_{oc} 和 P_{max} 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。

b) 取电流、电压和 P_{max} 的切线,由切线的斜率计算组件的短路电流的温度系数 α , 开路电压的温度系数 β , P_{max} 的温度系数 δ 。

注 1: 判定试验组件是否可看作线性设备的方法参看 IEC 60904-10 标准。

注 2: 该步骤中测得的温度系数仅在其被测量时的辐照度条件下有效,用百分数表示的相对温度系数可由算得的 α 、 β 、 δ 值除以 25°C 时的电流、电压和峰值功率值得到。

注 3: 因为组件的填充因子是一个温度的函数,因此不能简单地将 α 和 β 的乘积作为峰值功率的温度系数。

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 导言

额定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,太阳电池的平均平衡结温:

- 倾角: 与水平面成 45° 角
- 总辐照度: 800W/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,上述因素应该考虑进去。

测定额定工作温度的两种方法的描述:

第1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式支架安装时,用制造厂推荐的方法安装,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2种称为“参考平板法”,比第1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($T_J - T_{\text{amb}}$)在很大程度上不依赖于环境温度,在 400W/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($T_J - T_{\text{amb}}$)相对于 G 的曲线,外推到标准参考环境辐照度 800W/m^2 得到($T_J - T_{\text{amb}}$)值,再加上 20°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°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照强度计。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,应按照国家制造厂推荐的方式安装。
- b) 辐射强度计,安装在距试验方阵 0.3m 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 0.7m ,靠东或西 1.2m 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) 温度测量准确度为 $\pm 1^\circ\text{C}$ 的数据采集系统,在不大于 5s 的间隔内记录以下参数:
辐照度;
环境温度;
电池温度;
风速;
风向。

10.5.3.3 试验组件的安装

倾角: 组件安装倾角为与水平面成 $45^\circ \pm 5^\circ$ 角,上表面朝向赤道。

高度: 试验组件的底边应高于当地水平面或地平面 0.6m 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 0.6m。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 4h 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，并且对太阳无特殊的高反射率。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、少风晴朗的天气，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) 剔除在下列情况下记录的数据：
 - 辐照度低于 $400 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ；
 - 10 分钟内辐照度的变化幅度达到 10% 之后 10 分钟内；
 - 风速在 $(1 \pm 0.75) \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 范围以外；
 - 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 ；
 - 在风速超过 $4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的疾风之后 10 分钟内；
 - 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，并确保数据点来自太阳正午前后两个时段，作 $(T_j - T_{\text{amb}})$ 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 $(T_j - T_{\text{amb}})$ ，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) 在另外两天重复上述程序，对每个试验组件计算 3 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。试验已证明，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 25mm 处，去掉绝缘材料后，用导热性能良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 3 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，3 个参考平板温度相差不大于 1°C 。一个参考平板应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 10.5.3.4 c) 所规定的条件下的稳态温度和控制平板进行比较，以探索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底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) 一个支撑试验组件、参考平板和辐射强度计的敞开式支架，与水平面倾角 $45^\circ \pm 5^\circ$ ，上表面朝向赤道。每个组件的两侧紧挨着参考平板，组件的底边距地面约为 1m。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 0.7m，靠东或西 1.2m 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（相等或小于），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 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) 温度测量准确度为 $\pm 1^\circ\text{C}$ 的数据采集系统，在不大于 5s 的间隔内记录以下参数：
辐照度；
环境温度；
电池温度；
风速；
风向；
参考平板温度。

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、晴朗的天气，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) 剔除在下列条件中，或该情况发生后 15 分钟之内记录的数据：
 - 辐照度低于 $750\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ，或高于 $850\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ；
 - 在一次数据记录期间辐照度的变化超过 $\pm 40\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ；
 - $2\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上的风速持续 30 秒以上；
 - 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

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

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 $\Delta T_{jp\text{m}}$ 。

- 3) 作如下的计算，将 $\Delta T_{jp\text{m}}$ 修正到标准参考环境：

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

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）。

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

$$\text{额定工作温度} = T_{pr} + \Delta T_{jp\text{m}}(\text{已修正}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中： T_{pr} —— 参考平板在标准参考环境下的平均稳态温度。

- f) 在另两天重复上述程序，对每个试验组件计算 3 个额定工作温度的平均值。

T_{amb} , °C	b
0	1.09
10	1.05
20	1.00
30	0.96
40	0.92
50	0.87

10.6 标准测试条件和电池额定工作温度下的性能

10.6.1 目的

在标准测试条件下 ($1000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, 电池温度 25°C , 标准太阳光谱辐照度分布符合 IEC 60904-3) 确定组件的电性能随负载变化的情况, 及在电池额定工作温度、 $800 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 的辐照度和标准太阳光谱辐照度分布符合 IEC 60904-3 条件下确定组件的电性能随负载变化的情况。

10.6.2 装置

- 一个符合 IEC 60904-9 标准的发光源 (自然光或 B 类或更好的太阳模拟器)。
- 符合 IEC 60904-2 或 IEC 60904-6 的光伏标准装置, 若使用了 B 级模拟器, 标准装置应是试验样品同样尺寸且采用同样电池工艺的标准组件以匹配光谱响应。
- 一个可使试验样品及标准设备共平面且垂直于光源光线方向安装的支撑装置。
- 一个监控试验样品及标准设备温度的装置, 准确度为 $\pm 1^\circ\text{C}$, 重复精读 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。
- 一个测量试验样品及标准设备电流的装置, 准确度为读数的 $\pm 0.2\%$ 。
- 一个测量试验样品及标准设备电压的装置, 准确度为读数的 $\pm 0.2\%$ 。
- 可调整试验样品的温度到 10.5 所测定的电池额定工作温度的合适装置。

10.6.3 程序

10.6.3.1 标准测试条件 (STC)

保持组件温度为 25°C , 依据 IEC 60904-1 标准, 在辐照度为 $1000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ (用适当的标准电池测定) 的自然光或符合 IEC 60904-9 标准的太阳模拟器 (B 类或更好) 下描绘出组件的电流电压特性曲线。

10.6.3.2 电池额定工作温度 (NOCT)

将组件均匀加热至额定工作温度, 在辐照度为 $800 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ (用适当的标准电池测定) 的自然光或符合 IEC 60904-9 标准的太阳模拟器 (B 类或更好) 下描绘出组件的电流电压特性曲线。

如果标准装置与试验组件光谱不匹配, 按照 IEC 60904-7 标准计算光谱失配校正系数。

10.7 低辐照度下的性能

10.7.1 目的

依据 IEC 60904-1 标准, 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 IEC 60904-9 标准的太阳模拟器 (B 类或更好) 下, 确定组件的电性能随负载变化的情况。

10.7.2 装置

- 一个符合 IEC 60904-9 标准的发光源 (自然光或 B 类或更好的太阳模拟器)。
- 可在不影响相对光谱辐照度分布及空间一致性的前提下改变辐照度到 $200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 的合适装置。
相对光谱辐照度分布及空间一致性符合 IEC 60904-10 标准。
- 符合 IEC 60904-2 或 IEC 60904-6 标准的光伏标准装置。
- 一个可使试验样品及标准设备共平面且垂直于光源光线方向安装的支撑装置。
- 一个监控试验样品及标准设备温度的装置, 准确度为 $\pm 1^\circ\text{C}$, 重复精读 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。
- 一个测量试验样品及标准设备电流的装置, 准确度为读数的 $\pm 0.2\%$ 。
- 一个测量试验样品及标准设备电压的装置, 准确度为读数的 $\pm 0.2\%$ 。

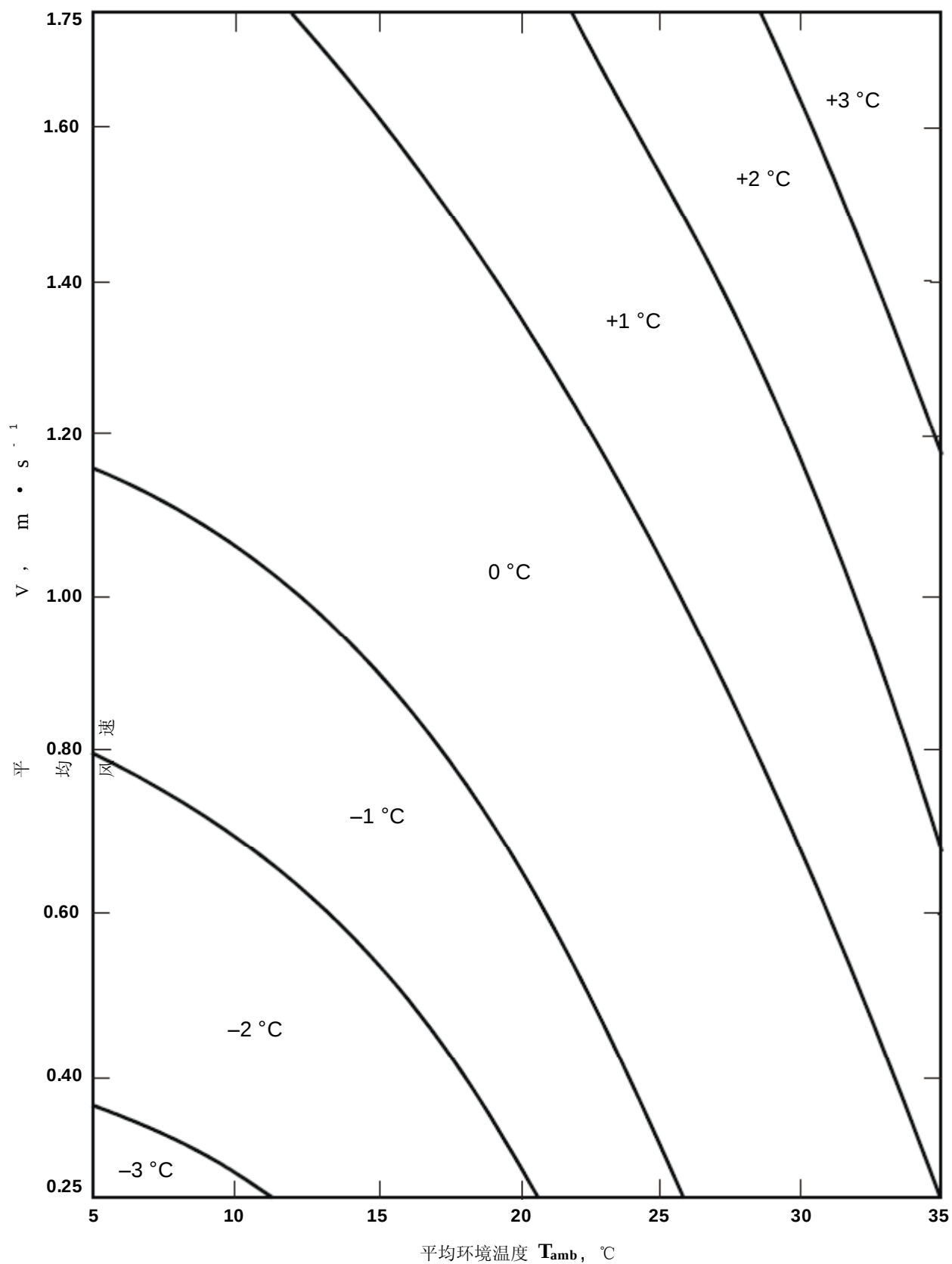
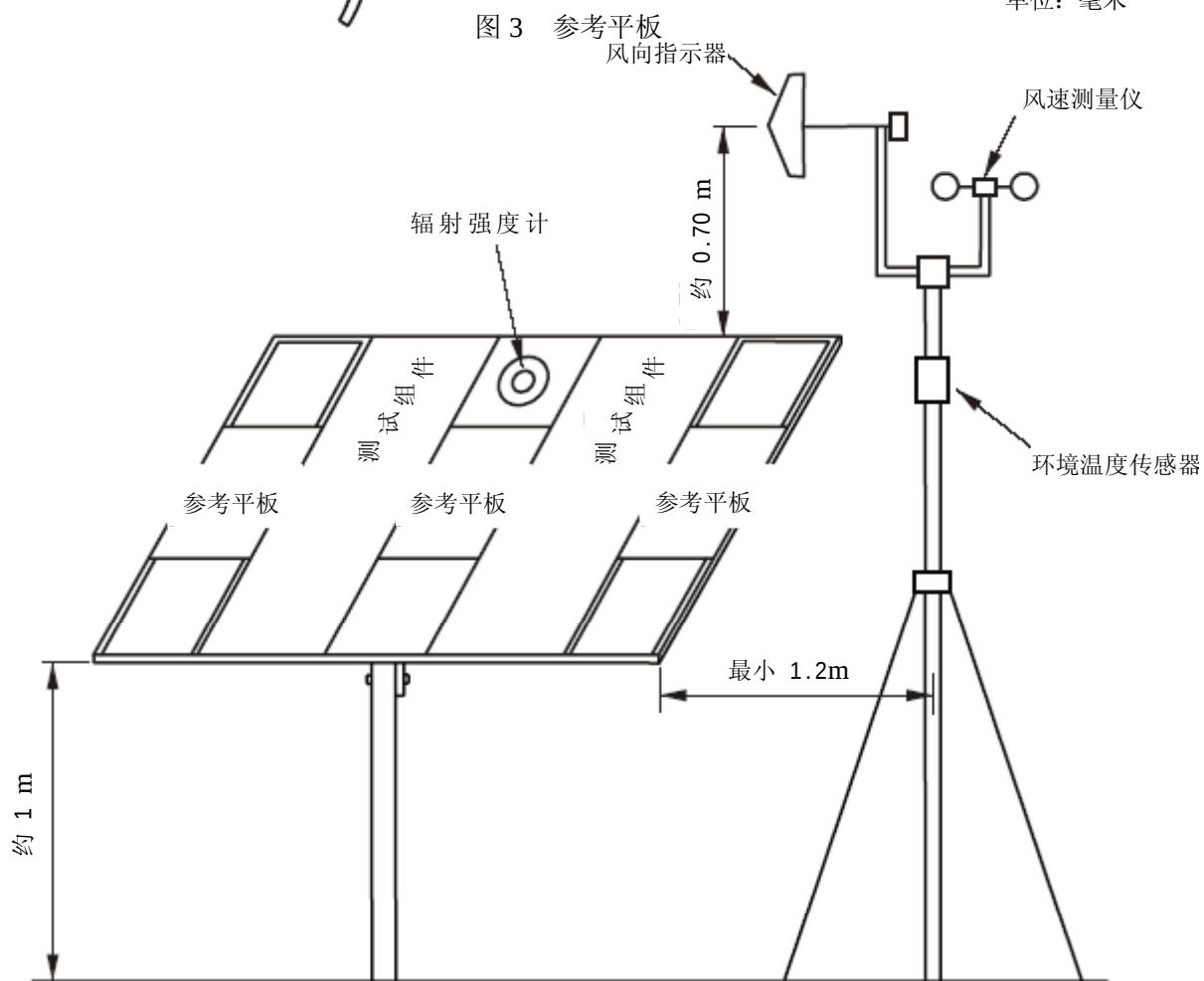
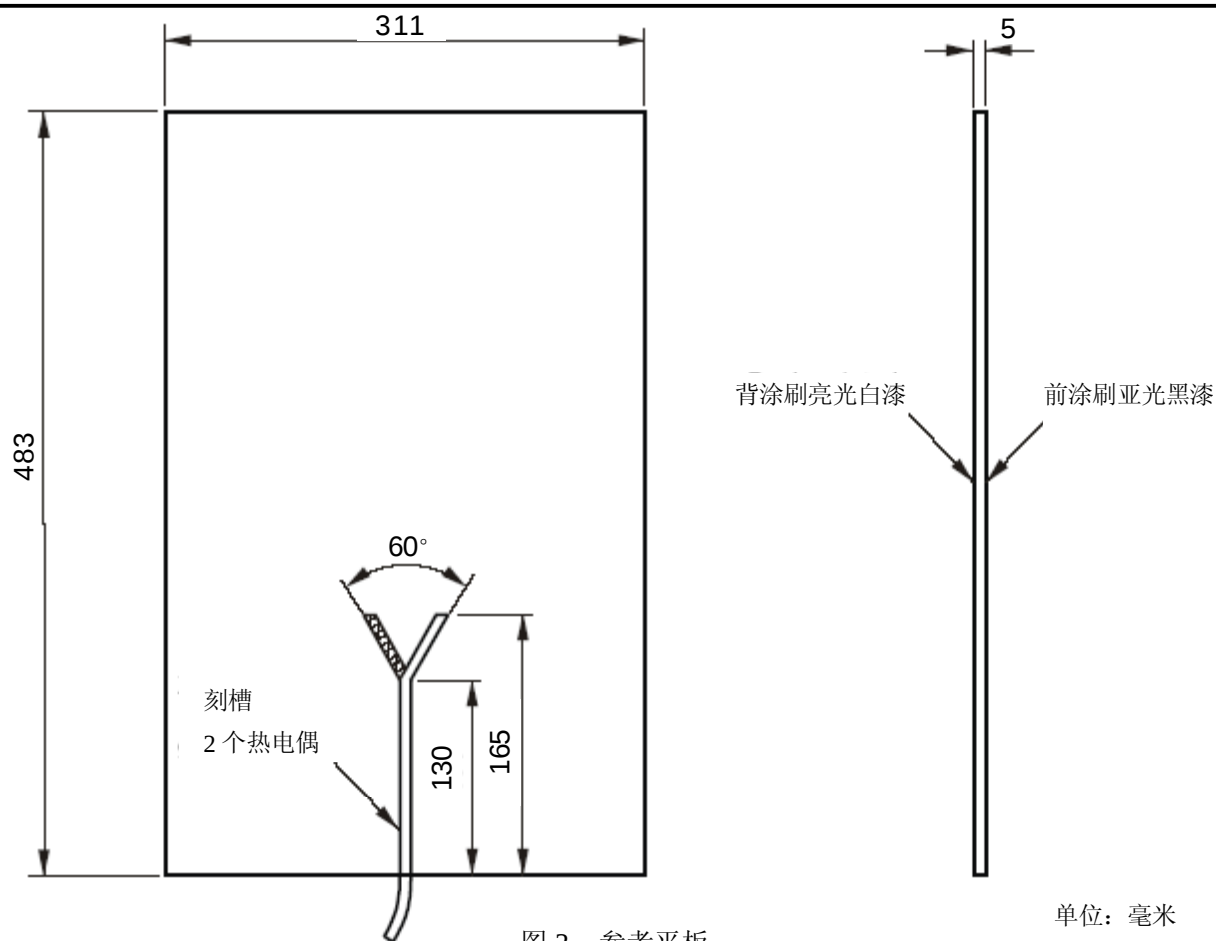


图2 额定工作温度校正因子



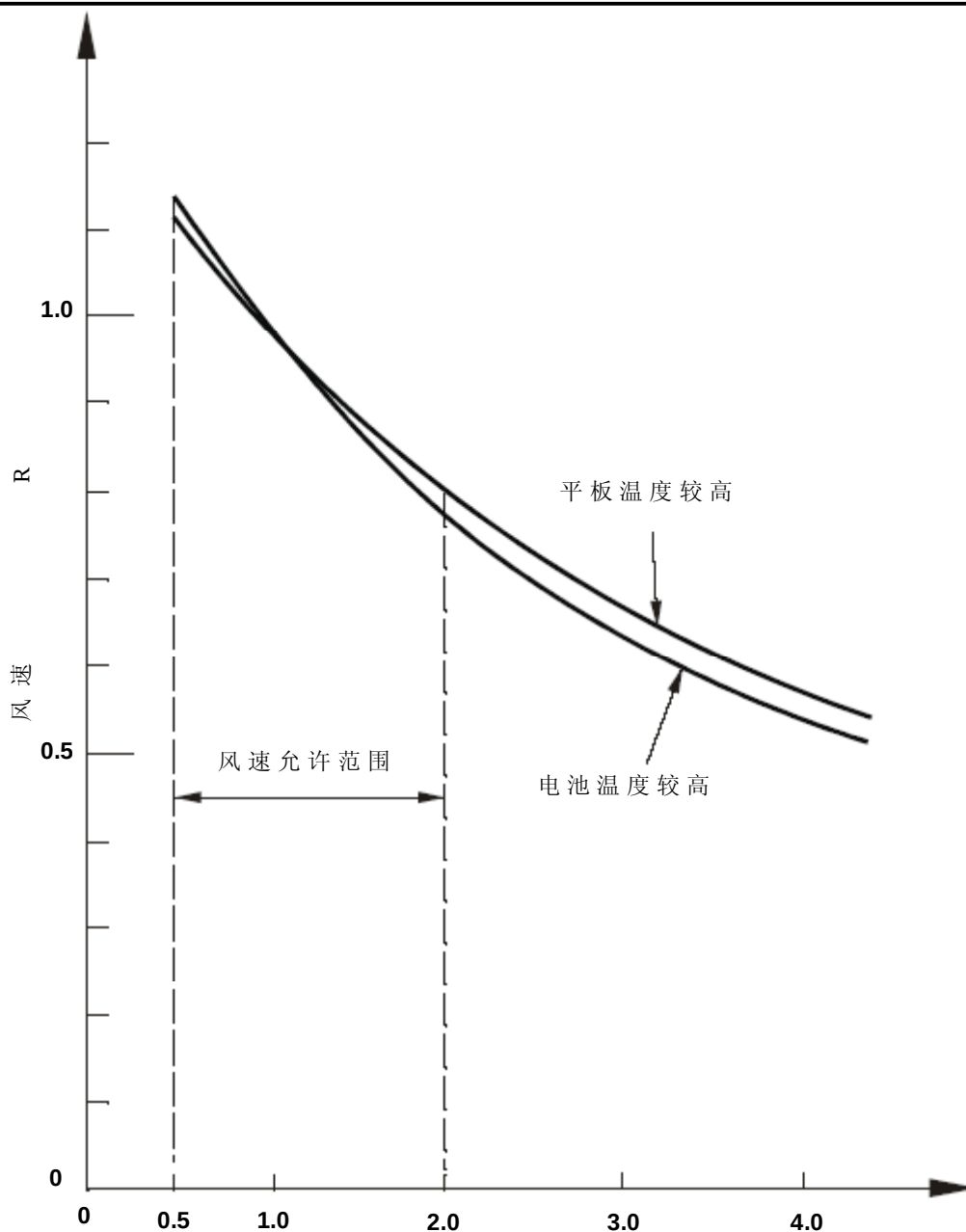


图5 风速校正因子

10.7.3 程序

依据 IEC 60904-1 标准，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 标准的太阳模拟器（B 类或更好）下，确定组件的电流电压特性。使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到所需等级（在不改变光谱辐照度分布的前提下降低辐照度的方法参看 IEC 60904-10 标准）。

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，对通过本试验的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) 太阳辐照度监测仪，准确到 $\pm 5\%$ 。

- b) 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。
- c) 一个可使组件在标准测试条件下工作在最大功率点附近的负载。

10.8.3 程序

- a) 将组件与负载连接，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装置。
- b) 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

- 无第七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。

10.9 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，如焊点融化或封装材料老化。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。

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于 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。

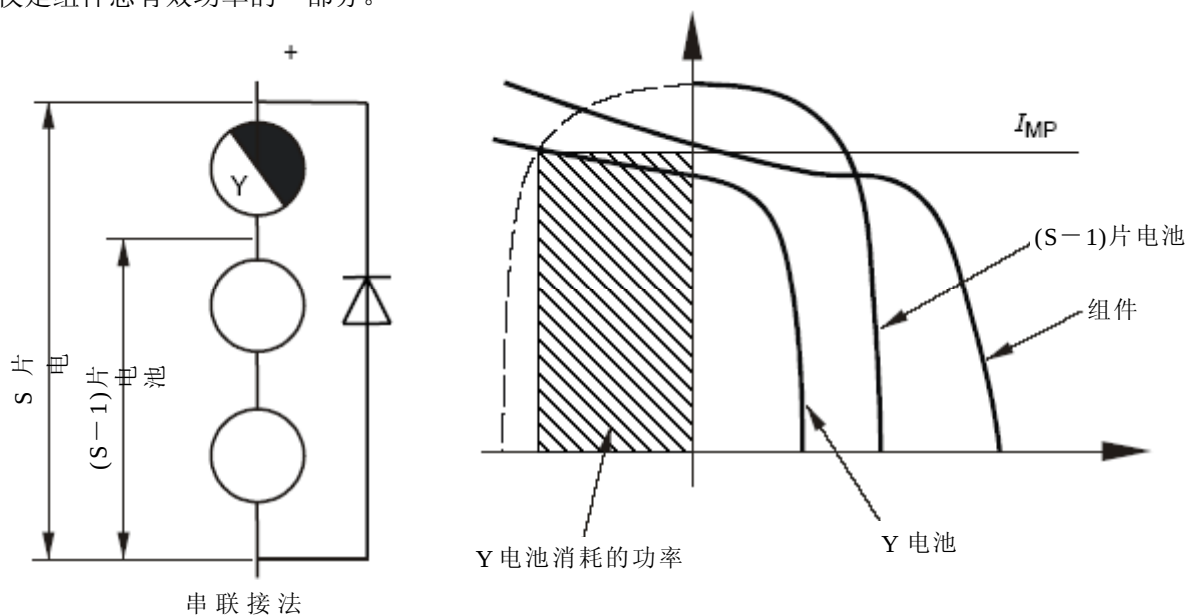


图 6 A 类电池的热斑效应

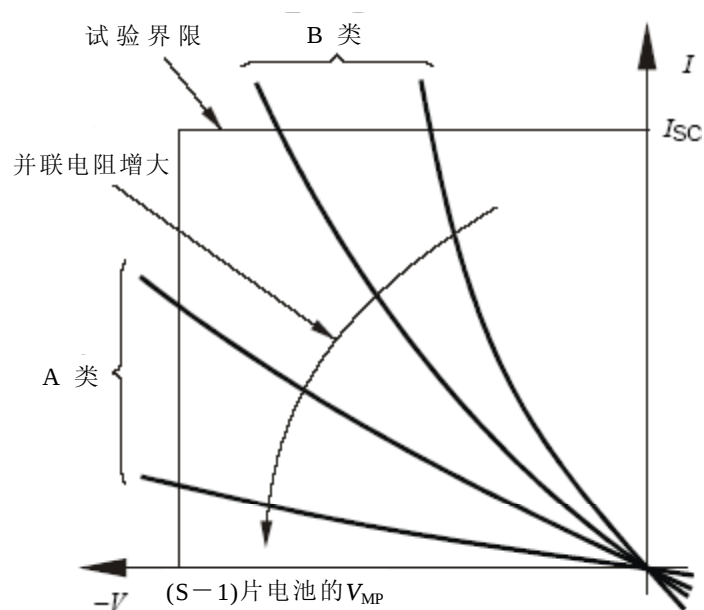


图7 反向特性

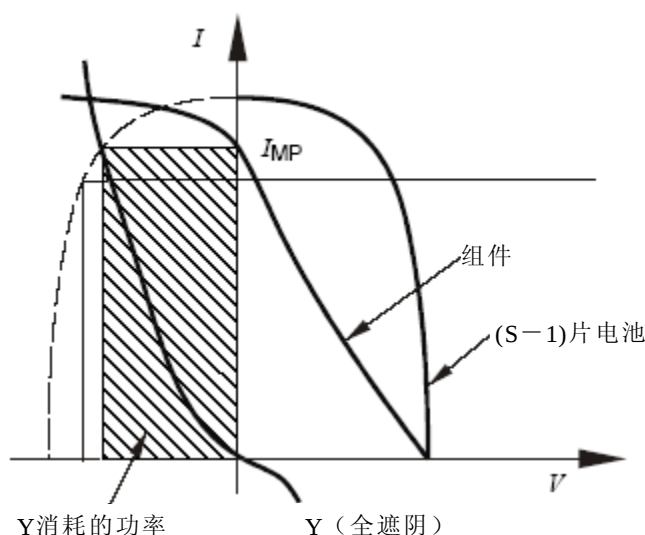


图8 B类电池的热斑效应

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 片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 片电池串联（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 片电池串联（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。组件短路时其内部功率消耗最大。

注：当被旁路二极管保护的电路元件被短路时，二极管达到最大内部功率消耗，这通常由短路整个组件来实现。如果组件未设置旁路二极管，在安装旁路二极管前查看厂商说明确认是否有组件最大串联数目的推荐值，若最大推荐值大于 1 个，本部分随后的试验应以该数目个组件串联的形式进行。若该数目很大，除了试验组件外所有的元件可被一个恒流电源代替，在这种情况下，在 5 个小时的照射过程中，该电源的电流值应被设置为 I_{MP} 。

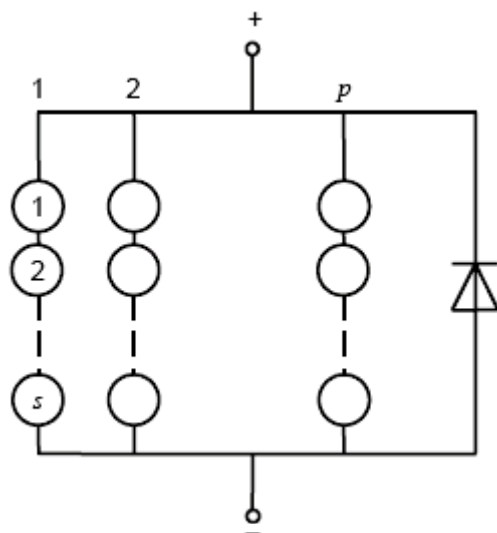


图9 串联—并联连接方式

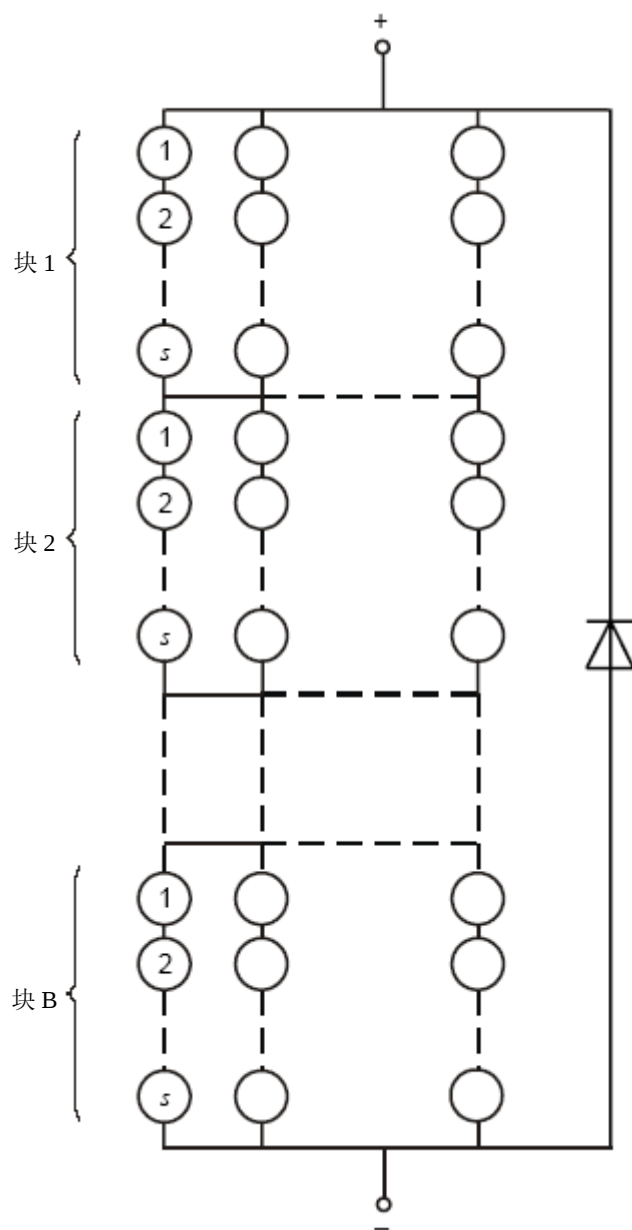


图10 串联—并联—串联连接方式

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。
- b) 辐射源 2, C 类或更好的稳态太阳模拟器或自然阳光, 辐照度为 $1000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \pm 10\%$ 。
- c) 组件 I—V 曲线测试仪。
- d) 对实验单片太阳能电池被遮光的情况, 光增强量为 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

在组件实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值 I_{MP} 。
- 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 (推荐用红外摄像机);
 - 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 $\pm 5\%$ 。
- 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发生最大消耗功率。此时, 继续完全挡住所选电池, 省略步骤 d)。
- d) 逐渐减少对所选电池的遮光面积, 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。在该条件下组件的温度应为 $50^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ 。
- f) 在该条件下照射 5 小时。

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 $I_{\text{SC}} (*)$:

$$I_{\text{SC}} (*) = I_{\text{SC}} \cdot (p - 1) / p + (I_{\text{MP}} / p) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

I_{SC} -----不遮光组件的短路电流, A;
 I_{MP} -----不遮光组件的峰值电流, A;
 p -----组件并联组数。

- 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, 短路电流减小最大。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 ($\pm 3\%$ 以内) 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 $I_{\text{SC}} (*)$ 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, 继续完全挡住所选电池。省略步骤 d)。
- d) 逐渐减少对所选电池的遮光面积, 直到组件的 I_{SC} 最接近 $I_{\text{SC}} (*)$, 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。在该条件下组件的温度应为 $50^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ 。
- f) 在该条件下照射 5 小时。

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态温度。
- b) 完全挡住步骤 a) 所发现的温度为最高的一个电池。
- c) 在连续检测电池温度时，逐渐减少对该电池遮光面积，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。在该条件下组件的温度应为 $50^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ 。
- e) 在该条件下照射 5 小时。

10.9.6 最后试验

重复 10.1, 10.2 和 10.3 的试验。

10.9.7 要求

- 无第七章中规定的严重外观缺陷。若有未达到严重外观缺陷的严重损伤，另选 2 块电池重复试验，若该 2 块电池均无外观损伤，则认为该组件类型通过热斑试验。
- 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 紫外预处理试验**10.10.1 目的**

在热循环试验/湿冷试验前用紫外照射对组件进行预处理，以鉴定容易紫外老化的材料及粘合剂的性能。

10.10.2 装置

- a) 组件接受紫外光照射时控制其温度的仪器，该仪器必须能将组件温度限定在 $60^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 。
- b) 一个测量和记录组件温度的装置，准确度为 $\pm 2^\circ\text{C}$ ，温度传感器应放置在组件中部的的前或后表面。若多个组件同时试验，只需监测一个代表组件的温度。
- c) 可测量紫外光源照射在组件试验平面上的波长在 280nm-320nm 及 320nm-385nm 之间的紫外光的辐照度的装置，允许偏差量 $\pm 15\%$ 。
- d) 一个辐照度均匀（覆盖试验平面的光其辐照均匀度在 $\pm 15\%$ 以内）的紫外光源，波长在 280nm 以下的光辐照度不可感知，且可提供 10.10.3 中规定的在感兴趣的不同的光谱区间内所需的辐照度。

10.10.3 程序

- a) 用校准用辐射计测量组件试验平面的辐照度，并确认波长在 280nm-385nm 内的光其辐照度不超过 $250 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ （约为自然光的 5 倍），且覆盖试验平面的光其辐照均匀度在 $\pm 15\%$ 以内。
- b) 在试验平面上步骤 a) 中选定的位置处安装一开路状态的组件，组件应垂直于紫外光入射方向。确认组件温度为 $60^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 。
- c) 保持组件温度在规定范围以内，用波长在 280nm-385nm 间，总辐照量为 $15 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2}$ ，且在 280nm-320nm 内辐照量至少为 $5 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2}$ 的紫外光照射组件。

10.10.4 最后试验

重复 10.1, 10.2 和 10.3 的试验。

10.10.5 要求

- 无第七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。

10.11 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、疲劳和其它应力的能力。

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前或后表面。若多个组件同时试验, 只需监测一个代表组件的温度。
- d) 一个电流输出装置, 输出电流大小等于组件在标准测试条件下的峰值电流。
- e) 在试验过程中监测流过每个组件的电流值的装置。

10.11.3 程序

- a) 在室温下将组件装入气候室。
- b) 将温度传感器接到温度监测仪。将组件的正负极分别与电流源的正负极连接。在 200 个热循环试验期间, 将电流源的输出值设置为组件在标准测试条件下的峰值电流值 ($\pm 2\%$ 内), 且仅当组件温度大于 25°C 时才对其通电流。在 50 个热循环试验期间不需对组件通电流。
- c) 关闭气候室, 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 10min。一个循环时间不超过 6 h, 除非组件的热容量很高需要一个较长时间的循环。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, 并监测流过组件的电流。

注: 带有并联电路的组件, 其中一个支路开路将导致电压不连续, 但不会使电压变为零。

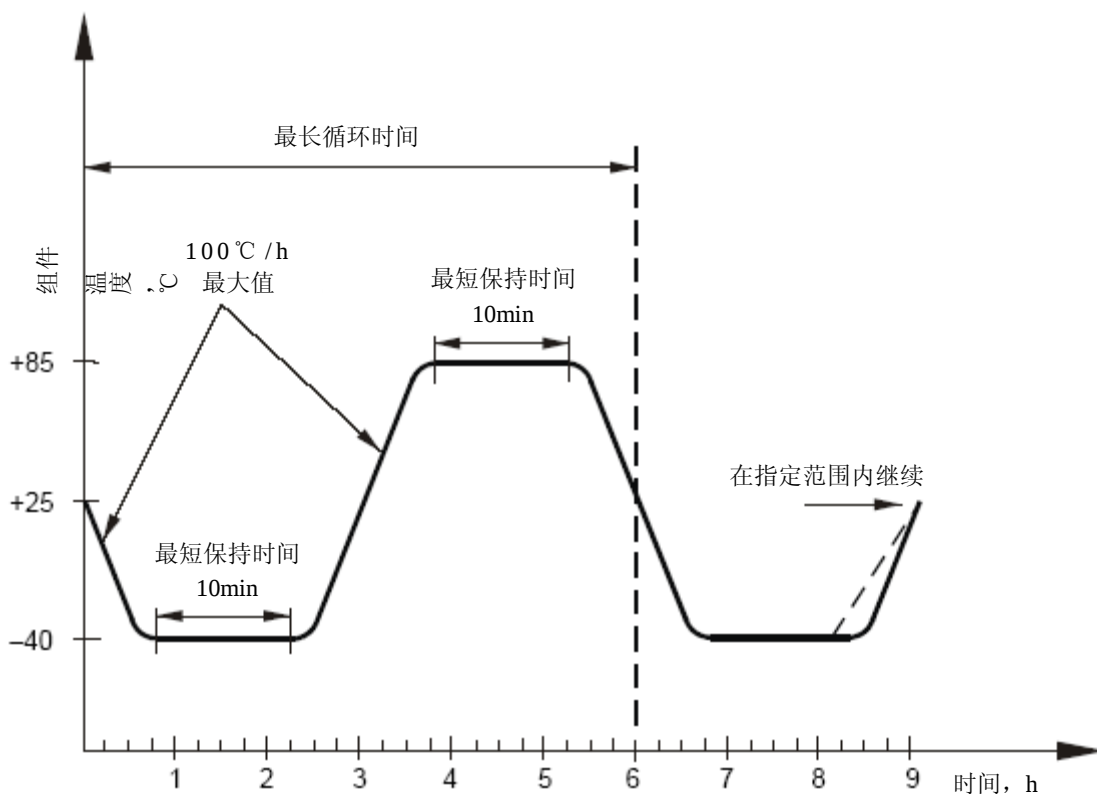


图 11 热循环试验

10.11.4 最后试验

在至少 1h 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。

10.12 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。

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 12 所规定的湿-冷循环试验。
- 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。
- 测量和记录组件温度的仪器，准确度为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，若同时试验多个组件，只需检测一个代表组件的温度。
- 在整个实验过程中，监测每一个组件内部电路连续性的仪器。

10.12.3 程序

- 将温度传感器置于组件中部的前或后表面。
- 在室温下将组件装入气候室。
- 将温度传感器接到温度监测仪上。
- 关闭气候室，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。
- 整个试验过程中，记录组件的温度。

10.12.4 最后试验

在 2 小时到 4 小时的恢复时间后，重复 10.3 的试验。重复 10.1 和 10.2 的试验。

10.12.5 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同样的要求。

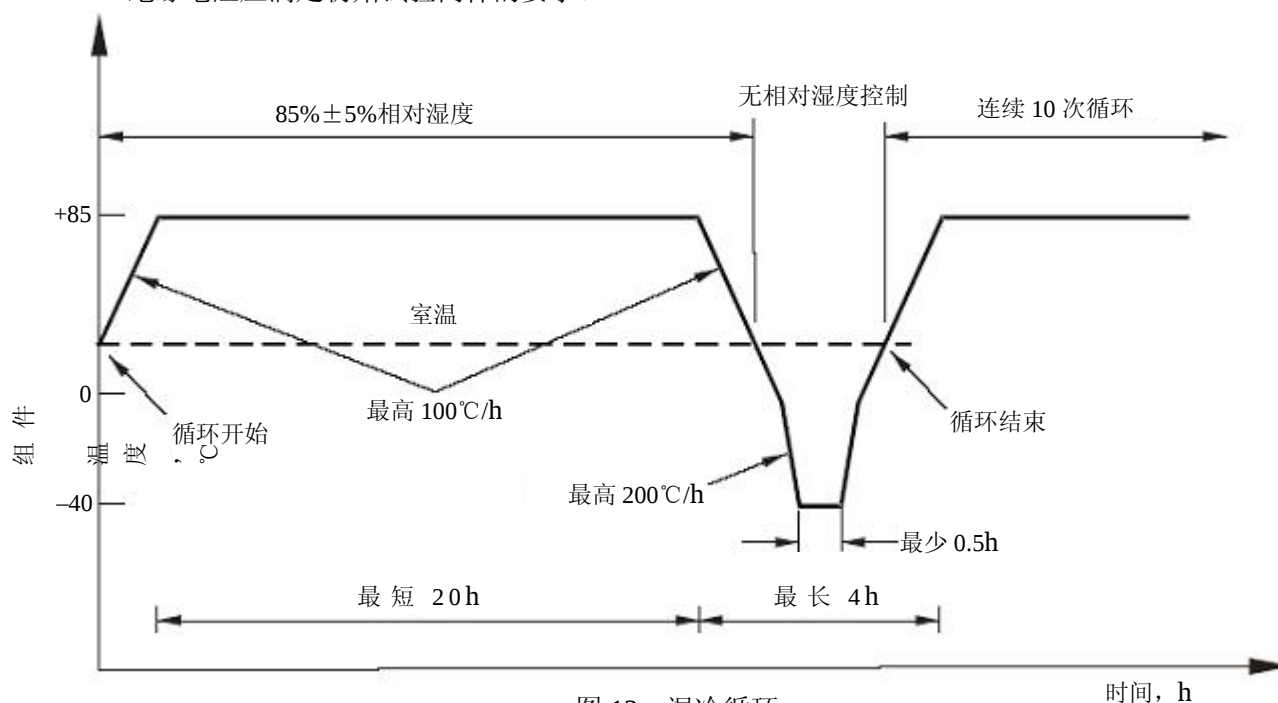


图 12 湿冷循环

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 IEC 60068-2-78 标准并满足以下规定:

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

在下列严酷条件下进行试验:

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

在 2 小时到 4 小时的恢复时间后, 重复 10.3 和 10.15 的试验。重复 10.1 和 10.2 的试验。

10.13.4 要求

- 无第七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%;
- 绝缘电阻与湿漏电流试验应满足初始试验同样的要求。

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 3 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 小时的测量和试验。

10.14.3.1 A 型引线端

拉力试验: 如 IEC 60068-2-21 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 IEC 60068-2-21 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线切为合适的长度, 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的将电缆自密封套的小孔中穿出。盒盖应牢固放置原处, 然后按 A 型引线端的试验方法进行试验。

转矩试验: 如 IEC 60068-2-21 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 10.1, 10.2 和 10.3 的试验。

10.14.5 要求

- 无机械损坏迹象;
- 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同样的要求。

10.15 湿漏电流试验

10.15.1 目的

评估组件在潮湿工作条件下的绝缘性能, 证实来自雨水, 雾, 霜或融雪的湿气不会进入组件的活动部件, 从而引起腐蚀和安全问题。

10.15.2 装置

- a) 一个可使带边框组件水平放置在溶液中的浅的水槽或容器, 水 / 润湿剂溶液要求如下:
 - 电阻系数: $3500\Omega \cdot \text{cm}$ 或更小
 - 表面张力: $0.03\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$ 或更小
 - 温度: $22^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$
 - 溶液深度应浸过整个组件表面, 但不超过非浸泡设计的接线盒的入口。
- b) 包含同样溶液的喷射装置。
- c) 带限流装置的直流电压源, 可输出 500V 电压或组件额定最大系统电压值电压。
- d) 测量绝缘电阻的装置。

10.15.3 程序

所有的连线应能代表推荐的现场布线安装情况, 采取防范措施以确保漏电流不是从与组件相连的仪器配线流出。

- a) 将组件完全浸没在溶液中, 对非浸泡设计的接线盒保留其入口在溶液外, 电缆入口用溶液完全喷淋。若组件配有接合型接插件, 试验期间接插件也应浸入溶液中。
- b) 将组件引出线短路后接到绝缘测试仪的正极, 用合适的金属导线将测试溶液与绝缘测试仪的负极连接。
- c) 以不超过 $500\text{V} \cdot \text{s}^{-1}$ 的速率增大绝缘测试仪的电压, 直到等于 500V 或组件的最大系统电压, 保持此电压 2 分钟, 然后测定绝缘电阻值。
- d) 降低电压到零, 将绝缘测试仪的正负极短路放掉组件的内建电压。

10.15.4 要求

- 对面积小于 0.1m^2 的组件, 其绝缘电阻应不小于 $400\text{M}\Omega$ 。
- 对面积大于 0.1m^2 的组件, 其绝缘电阻与组件面积的倍数关系应不低于 $40\text{M}\Omega \cdot \text{m}^2$ 。

10.16 机械载荷试验

10.16.1 目的

确定组件经受风、雪或冰块等静态载荷的能力。

10.16.2 装置

- a) 一个可使组件前表朝上或朝下安装于其上的刚性试验基座, 该基座使组件在加上负荷后仍可自由偏转。
- b) 在试验过程中检测组件电路连续性的仪器。
- c) 可使负荷以一种渐进均衡的方式加于组件上的适当的重力或压力装置。

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 2400Pa , 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组件表面上, 对于后一种情况, 组件应水平放置)。保持此负荷 1 小时。

- 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 d)，共 3 个循环。

注：2400 Pa 对应于 $130 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 风速的压力（约 $\pm 800 \text{ Pa}$ ），对于阵风安全系数 3。若要试验组件承受冰雪重压的能力，则在本试验的最后一个循环中，加于组件前表面的负载应从 2400 Pa 增至 5400 Pa。

10.16.4 最后试验

重复 10.1、10.2 和 10.3 的试验。

10.16.5 要求

- 在试验过程中无间断断路现象；
- 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 25mm，对特殊环境可用表 2 所列其他尺寸。
- b) 一台冷冻箱，控制在 $-10^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 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 $\pm 5\%$ ）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、竖直和其他角度。
- 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。
- f) 一台天平来测量冰球质量，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 1m 以内。

作为一个例子，图 13 展示了一组合适的装置，包括：水平气压发射器、垂直支撑组件的支撑架和测速器（用电子技术测量冰球穿过两光束间距离所用时间来测量器速度）。这里只是其中一种试验方法，其它方法如弹弓和弹簧驱动测试器法也已得到了成功运用。

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

10.17.3 程序

- a) 利用模具和冰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。
- c) 使用前，置冰球于储存容器中至少 1 小时。
- 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) 将冰球从储存器内取出放入发射器中，瞄准表 3 所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 秒。
- 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 10mm 是可以接受的。
- 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 14 所示。

表 3 撞击位置

撞击编号	位置
1	组件窗口一角，距边框 50mm 以内。
2	组件一边，距边框 12mm 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 12mm 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。

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。

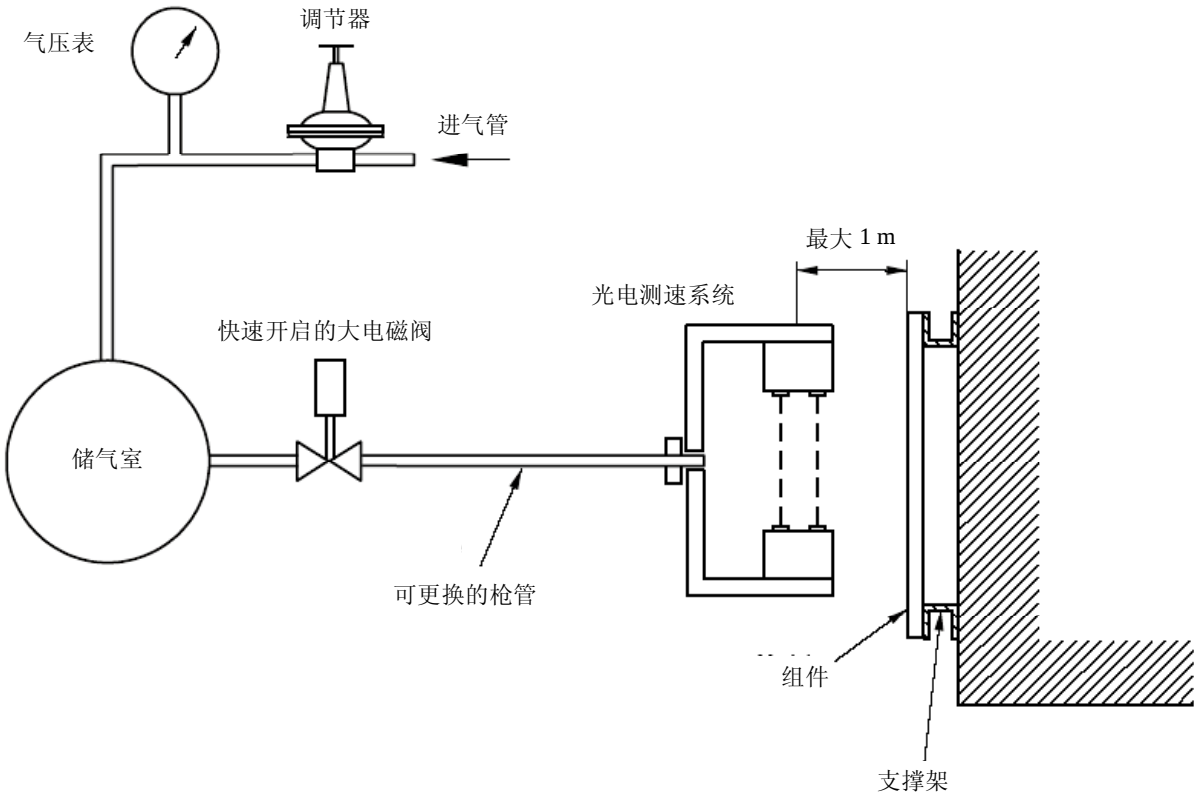


图 13 冰雹试验设备

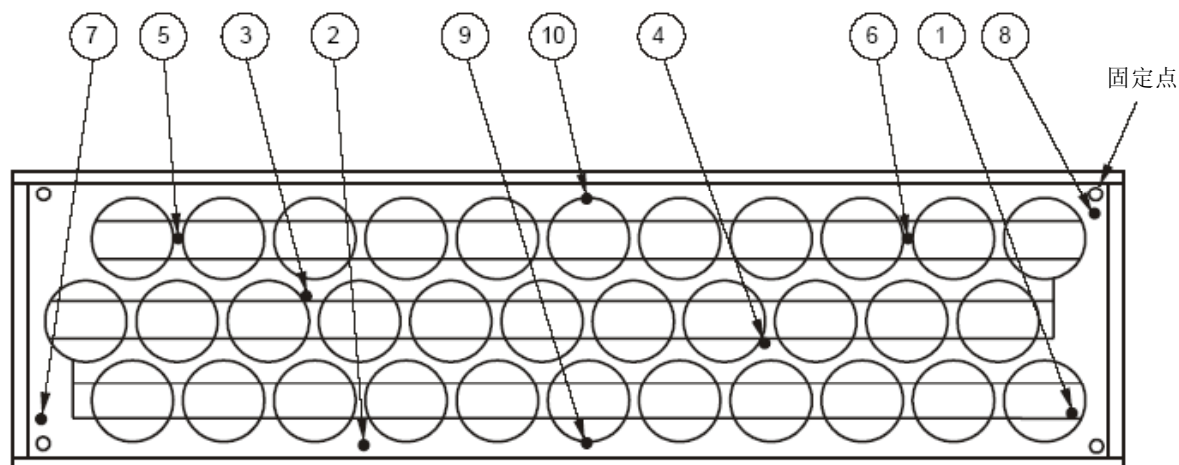


图 14 撞击位置示意图

10.18 旁路二极管热试验

10.18.1 目的

评估旁路二极管热设计的充分性和相对的长期可靠性。旁路二极管的作用是降低热斑效应对组件的负面影响。

注：如果旁路二极管在标准组件中不易接近，可准备一个专门的样品用于旁路二极管热试验（10.18）。该样品的制作应尽可能的与标准组件相同，且又易于测量旁路二极管的温度。该特制样品仅用于旁路二极管的热试验，而不参与其它试验程序。

10.18.2 装置

- 一个加热设备，可将组件加热至 $75^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。
- 一个测量和记录组件温度的装置，准确度为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。
- 测量组件所有旁路二极管温度的设备，试验过程中应尽量减少设备对二极管特性的影响或对二极管传热通道的改变。
- 一个可提供 1.25 倍 I_{SC} 的电流输出装置（ I_{SC} ：组件在标准测试条件的短路电流值），以及一个可在整个试验过程中监测流过组件的电流大小的装置。

10.18.3 程序

- 将与组件相连的所有阻塞二极管短接。
- 由组件的标签或指示铭牌确定其在标准测试条件下的额定短路电流。
- 为在试验过程中测量旁路二极管的温度做准备工作。
- 将厂商推荐的最小规格的导线与组件的输出端连接，按照厂商推荐方法将导线插入导线间隔间，并将导线间隔间封盖放置原处。

注：有些组件有复接的旁路二极管电路，在这种情况下必须装接跳线，以确保所有电流均流过同一个旁路二极管。

- 加热组件到 $75^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，给组件施加其在标准测试条件下的短路电流值大小的电流（ $\pm 2\%$ ），1 小时后测量每一个旁路二极管温度，利用二极管厂商提供的信息，将测得的二极管的表面温度和内部功率消耗代入以下方程，计算二极管结温：

$$T_j = T_{\text{case}} + R_{\text{THjc}} \cdot U_D \cdot I_D$$

式中： T_j ——二极管结温

T_{case} ——测得的二极管的表面温度

R_{THjc} ——结温对应于表面温度的关联厂商值

U_D ——二极管电压

I_D ——二极管电流

注：若组件含有专用于降低二极管工作温度的装置，则该试验应在 $1000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 、环境温度 $43^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ 、无风条件下降温装置所能达到的温度下进行，而不再是原先的 75°C 。

- f) 保持组件温度为 $75^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ ，将加在组件上的电流提高到 1.25 倍。保持该电流值 1 小时。
- g) 确认二极管仍可正常工作。

注：二极管的工作情况可用热斑试验（10.9）进行验证。

10.18.4 最后试验

重复 10.1, 10.2 和 10.3 的试验。

10.18.5 要求

- 10.18.3. e)中定义的二极管结温不超过二极管厂商规定的最大结温值；
- 无第七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；
- 试验结束后二极管仍可正常工作。

附件 A

IEC 61215 第二版相对于第一版的改动

- a) 删除了 10.15 章节（扭曲试验）。
该试验的设计初衷为确保符合一个 JPL 设计的安装系统。试验报告表明所有组件类型均可通过测试。
- b) 增加了新的 10.15 章节（湿漏电流试验）。
该试验作为最初和最后试验进行，且有 2—4 小时在湿热室内进行。
这是对 IEC 61646 标准的一个非常重要的改进，该试验可检测出肉眼不易发现的针孔和小的定界。
- c) 增加了新的 10.18 章节（旁路二极管热试验）。
旁路二极管的场损伤往往由于过热所致，该试验用以确定在表面情况最坏时二极管可达到多高的温度，并将该温度与二极管的额定温度进行比较。
- d) 第八节（报告）按照 ISO/IEC 17025 标准增加了报告要求。
- e) 10.2 章节现今用于最大功率的确定。
该试验允许实验室在测量前和测量后选择一个有别于标准测试条件的环境设置。该步骤增加了试验的可重复性并大大减少了参数换算，在室外测量时尤为如此。
- f) 对 10.3 章节（绝缘试验）作了修改，使得试验通过/失败的标准取决于组件的面积。
- g) 10.4 章节增加了室外法，并指定 IEC 60904-10 作为参考标准。
- h) 在 10.5 章节对电池额定工作温度的测量方法作了修改，明确规定使用 45° 角，而不是纬度角。
- i) 既然 10.2 章节不再受限于标准试验条件的要求，10.6 章节现今包含了标准试验条件和电池额定工作温度下的性能。
- j) 10.10 章节现今用于紫外预处理试验。
- k) 仍沿用了原先的照射等级，而不是 IEC 61345 标准中规定的等级。
- l) 为降低在试验中对接地故障监测器的要求，对 10.11 章节（热循环试验）和 10.12 章节（湿—冷试验）作了修改，该修改建议有几个实验室提出，他们报告说这是一个非常难以实现的要求，并且他们也从未检测到错误。有人认为任何对地的短接都可以在随后的干绝缘试验或湿漏电流试验中被检测到。
- m) 对 10.11 章节（热循环试验）作了修改，在组件温度高于室温时对流过组件的峰值电流进行了限定。该步骤用于模拟一个实际的场损伤，该场损伤在热循环中无电流通过时检测不到，有电流通过时就会发生。这是一个实用的试验，因为组件在大部分的晴朗高温天气都会携带电流。
- n) 对 10.12 章节（湿—冷试验）作了修改，删除了双气候室方法。现在较大的实验室都已不再使用双气候室法，并且即使使用该方法，试验的严格性仍有争议。
- o) 对 10.16 章节（机械载荷试验）作了修改，增加一个第三次循环，并对更高的雪负荷可选试验进行了阐明。由于有报告表明组件在第 3 次循环中有损伤发生，额外增加了一次循环，该循环在 ASTM 的机械载荷试验中是必需的。