

IEC 标准 ———— 61646

薄膜地面光伏组件——设计资格的赋予和产
品类型的认可

(委员会草案-Seville 最后更新)

(2007 年 4 月 12 日版)

请各国委员会注意这个版本的维护结束日期是 ~~2008-12-30~~—————

对第一版的修订

1. 主要的修订是“合格/不合格”标准。不再取决于每次试验前和后是否满足“正的/负的”标准，而是取决于所有的试验进行后以及光吸收之后，是否满足额定功率。这样做就消除了很多为了准确测量试验造成的变动（某些组件在光照下失去功率，同时另一些在暗红热条件下失去功率）而必须做的特定技术预处理。既然所有的组件都需要暴露在光照下才工作，那么这样做看起来是个好的方法，并且将简化测试程序，希望也能够减少测试成本。
2. 改“范围和目标”为“范围和目的”。
3. 更新了引用标准。
4. 增加了定义“最大输出功率的最小值”。
5. 修改了主要外观缺陷的词语描述，使得某些弯曲和位移不再是不合格。
6. 增加了符合 ISO 17025 的报告。
7. 去除了“弯曲试验”（从 61215 开始规定的测试项）因为没有一个组件在这项试验失败。
8. 绝缘电阻和湿漏电电流试验的“合格/不合格”标准中增加了组件面积因素。
9. 为相关测量增加了功率温度系数（ δ ）
10. 修改了温度系数部分，允许测量可以在自然日光或太阳模拟器的条件下进行。
11. 在 NOCT（额定工作温度）试验中去除了参考板方法。
12. 给部分原来没有“装置”项的试验步骤增加了“装置”项
13. 重写了热斑试验部分
14. 湿漏电电流试验中，去除了“边缘浸泡”法。
15. 修改机械负荷试验为 3 个循环，并且与其它标准相符。
16. 增加了旁路二极管热性能试验。

目录

	页数
1. 范围和目的	4
1.1. 范围	4
1.2. 目的	4
2. 引用标准	4
3. 取样	5
4. 标识	5
5. 试验	5
6. 通过标准	6
7. 主要外观缺陷	6
8. 报告	6
9. 改型	7
10. 试验程序	10
10.1 外观检查	10
10.2 最大功率测定	10
10.3 绝缘试验	11
10.4 温度系数的测量	11
10.5 电池额定工作温度 (NOCT) 的测量	12
10.6 电池在标准测试条件 (STC) 和额定工作温度 (NOCT) 下的性能	15
10.7 在低辐照度下的性能	16
10.8 室外曝晒试验	16
10.9 耐热斑试验	17
10.10 紫外线 (UV) 测试	19
10.11 热循环试验	20
10.12 湿度-冷冻试验	21
10.13 湿-热试验	22
10.14 接线牢固度试验	22
10.15 湿漏电电流试验	23
10.16 机械负荷试验	24
10.17 冰雹试验	24
10.18 旁路二极管热性能试验	27
10.19 光吸收	28
表格：	
表 1 试验标准概要	9
表 2 冰球质量和测试速度	25
表 3 撞击位置	26
图示：	
图 1 资格认证试验程序	8
图 2 NOCT 校正因子	15
图 3 薄膜电池组件热斑效应	18
图 4 热循环试验	20
图 5 湿度-冷冻循环	21
图 6 冰雹试验设备	25
图 7 撞击位置示图	26

薄膜地面光伏组件设计资格的赋予和产品型号的认可

1. 范围和目的

1.1. 范围

本国际标准规定了薄膜地面光伏组件的设计资格赋予和产品类型的认可的要求，这些组件能够在 IEC 60721-2-1 规定的一般室外气候条件下长期工作。本标准也适用于没有包括在 IEC 61215 标准内的所有地面型平板组件。

试验程序源于 IEC61215——晶体硅地面光伏组件设计资格的赋予和产品类型的认可的规定。但是本标准的测试程序不再依赖于每次实验前后是否满足一个“正的/负的”标准，而是组件在所有的试验和光吸收进行之后，判断组件是否达到额定最小功率的特定的百分比。这样就避免了为了准确地测量试验原因造成的一些变动而必须要做的技术预处理。

本标准不适用于带集热器的组件。

1.2. 目的

该试验程序的目的是确定组件的电性能和热性能，并在尽可能合理的经费和时间内，表明组件能够在规定的气候下长期使用。通过此测试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

下列标准文件包含的条款，通过在本标准中引用，构成了本国际标准的条款。在本标准出版时，所示文本均为有效。所有引用标准都可能被修订，鼓励同意本标准的用户去研究采用最新版本引用标准的可能性。IEC 和 ISO 的成员备有当前有效的国际标准目录。

IEC 60068-1: 环境测试 — 第一部分：总规则和导则

IEC 60068-2-78 版本 1.0: 环境测试 — 第 2-78 部分：测试 — 测试间：湿热，稳定态

IEC 60068-2-21: 环境测试 — 第二部分：测试 — 测试 U: 接线和总体安装器件的牢固度

IEC 60410: 以物性检查的取样计划和程序

IEC 60721-2-1: 环境条件分类 — 第二部分：自然中出现的环境条件 — 温度和湿度

IEC 60891: 晶体硅光伏器件的电流-电压实测特性的温度和辐照修正程序。

IEC 60904-1: 光伏器件 — 第一部分：电压特性的测量

IEC 60904-2: 光伏器件 — 第二部分：用于参照的光伏器件的要求

IEC 60904-3: 光伏器件 — 第三部分：地面用光伏器件测量原理及标准光谱辐照度数据

IEC 60904-5: 光伏器件 — 第五部分：通过开路电压法确定光伏器件的等效电池温度

IEC 60904-7: 光伏器件 — 第七部分：光伏器件测量过程中介入的光谱非匹配错误计

算 IEC 60904-8: 光伏器件 — 第八部分：光伏器件光谱响应测量指南

IEC 60904-9:光伏器件 — 第九部分：太阳模拟器性能的要求
IEC 60904-10:光伏器件 — 第十部分：线性测量方法
IEC 61215:晶体硅地面光伏组件 — 设计资格的赋予和产品类型的认可
IEC 61853:在考虑中，地面光伏组件性能测试和能量分级
ISO/IEC 17025:测试能力和试验室校准的一般要求

3. 取样

从同一批或几批产品中，用 IEC 60410 规定的方法随机地抽取八个（还考虑一定的备件）组件用于作鉴定试验。这些组件应由符合相应的图纸和工艺要求所规定的材料和元件制造，经过制造厂的常规检验、质量控制和合格方法生产。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，包括最大系统许可电压。如果组件中旁路二极管不是直接测试，可以专门为旁路二极管热性能测试（10.18）制作一个特殊组件样品。旁路二极管应当按照它在标准组件中的实际连接方式被安装，按照 10.18.2 部分的要求，一个热传感器应当被安装在二极管上。这个组件样品无需参加其它的测试程序。如果被检验的组件是一种新设计的样品和不是来源于生产，应在测试报告中加以说明（见第八条款）

4. 标识

每个组件都应有下列擦不掉的清晰标志：

- 制造厂的名称、标志或符号；
- 产品型号；
- 产品序列号；
- 电极或引线的极性（可用颜色线标识）
- 组件允许的最大系统电压；
- 制造厂按产品类型规定的在 STC 下的最大输出功率的额定值和最小值。由制造厂针对不同产品类型给出。

最大输出功率的最小值指的是制造厂为产品类型指定的产品最小稳定功率（例如经过一些光致衰减或恢复）

注 如果被检验的组件是一种新设计的样品而不是来源于生产，测试程序的结果可以被用来确定组件的最低功率级别。

制造的日期和地点应注明在组件上，或可以从生产序列号追述。

5. 试验

把组件分组，并按图一所示的顺序项目进行合格试验。图中每个方框对应本标准相应的一个子条款。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，见第 10 章。关于 10.2，10.4，10.6 和 10.7 的试验，必须是线性的组件才能按 IEC60891 的程序进行温度和辐照度的修正。使用 IEC

60904-10 来估算线性。如果组件是非线性的，这些试验要在规定辐照度的 $\pm 5\%$ 内和规定温度的 $\pm 2\%$ 内进行。

注： 1. 在某个测试序列中，一个检验的最终测试是下一个检验的初始测试，不需要重复，该检验的初始测试可以忽略。诊断目的而插入的最高功率的测试（10.2）在每个测试的之前和之后进行。

2. 控制组件要按照生长厂家的推荐方式存放。

初始试验 10.1, 10.2 和 10.3 要在任一单个的与试验序列无关的试验前完成。在试验中, 操作者应严格遵照制造厂家关于组件的贮运、安装和连接的指示。如果 IEC 61853 已经或者计划将要在该组件上运用, 那么测试 10.4, 10.5, 10.6 和 10.7 就可以省略。不同的薄膜技术有不同的稳定特性。不可能为所有的薄膜技术只定义一种稳定程序。这个程序按照公认的方法测试, 并且在最终测试前尝试达到稳定状态。

测试的条件汇总见表 1。

注: 表 1 定义的是认证要求的最低需求。如果制造厂家的实验室允许, 试验可以在更严格的条件下测试。

6. 通过标准

如果每个试验样品达到下列全部标准, 则认为该组件设计通过了合格试验, 并得到了 IEC 的产品类型的认可。

a) 在最后的光吸收后, 在 STC (标准测试条件) 下的最大输出功率不少于制造厂在条款 4 中规定的最小值的 90%;

注: “合格/不合格”标准必须考虑实验室测量的不确定性, 例如实验室扩大了不确定性, 2 西格玛 STC 测试是 $\pm 5\%$, 那么当最大功率的测量值超过最低规定值 85.7% 时, 也被认为合格标准。

b) 试验的过程中没有出现任何的开路现象。

c) 无第 7 条款中定义的严重外观缺陷。

d) 实验后, 绝缘电阻试验满足要求。

e) 在每个测试程序之前和之后, 都满足漏电电流测试的要求, 并且在湿热试验之后也能满足。

f) 满足每次独立测试的规定要求。如果两个或两个以上组件达不到上述标准, 该设计将被视为达不到鉴定要求。如果一个组件没有通过试验, 取另外两个满足第 3 条款要求的组件从头开始进行相关试验。假如两个中的一个或两个组件都通不过测试, 该设计被判定达不到合格要求。如果两个组件都通过了试验, 则该设计被认为达到合格要求。

7. 主要外观缺陷

对于设计和定型来说, 下列缺陷是主要的外观缺陷:

a) 破碎、破裂、或外表面磨损, 包括表层、基层、框架和接线盒;

b) 外表面弯曲或位移, 包括表层、基层、框架和接线盒, 导致组件的安装和工作时不匹配;

c) 组件中一个电池的裂纹, 该裂纹会导致组件减少该电池面积 10% 以上有效电路;

d) 气泡或脱层, 在组件的边框和任何一部分电路形成连续的通道;

e) 无机械的一致性, 导致组件的安装和工作时不匹配;

f) 组件标识 (标签) 不再附在组件上, 或者信息不可辨识。

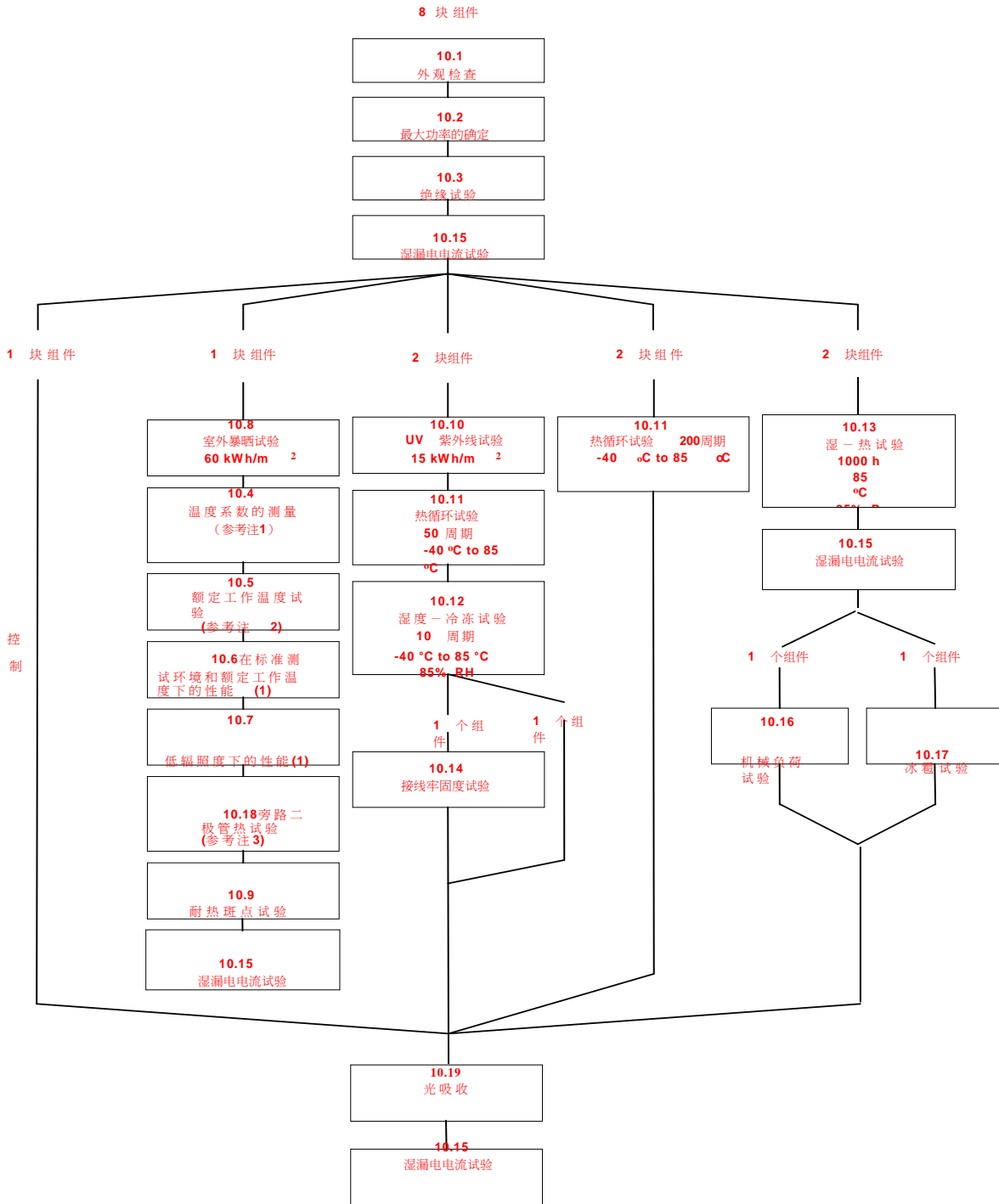
8. 报告

为了通过定型, 试验单位必须根据 ISO 17025 标准准备一份鉴定的认证测试报告, 记录有性能测试记录和每次失误和重复试验的细节信息。每个证书或测试报告应当最少包括以下信息。

- a) 标题；
 - b) 进行试验的测试实验室的名称和地址；
 - c) 证书和报告的每一页都需要有唯一的鉴定标识；
 - d) 在适当的时候，标识客户的名称和地址；
 - e) 测试项目的描述和识别；
 - f) 测试项目的描述和条件；
 - g) 在适当的时候，收到测试项目的日期和具体测试的日期；
 - h) 识别使用的测试方法；
 - i) 相应的给出抽样程序的参考；
 - j) 任何相对测试方法的背离、增加和排除，
 - k) 下列所列的测量、检查和推导的结果（由合适的表格、图示、草图和照片证明）。短路电流温度系数，开路电压和峰值功率，**NOCT**，**NOCT**时的功率，**STC**和低辐照，热斑试验中观察到的最大遮挡的电池温度，**UV**试验中用到的灯光谱分布，所有试验结束后的最大功率损失，光吸收后的观察到的最小功率，以及其它观察到的失误。
 - l) 相对的，对实验结果的不确定估计的描述；
 - m) 能够保证证书或报告确认责任的人员给出签名和头衔，或等效的标识，并且给出签发日期；
 - n) 相对的，描述这些测试项目的影响；
 - o) 声明表示在没有实验室的书面许可的情况下，不会不完整的复制证书或报告。
- 实验室和制造厂家都应保存该报告的复印件以作参考。

9. 改型

在设计、材料、组件的元件或工艺作任何改变，均要求重新进行部分或全部鉴定试验来保持产品类型的认可。



注：

1. 如果IEC 61853已经被执行，则可以忽略
2. 如果组件不是设计成开放支架安装方式 额定工作温度可以用标准参考环境下光伏电池连接处平均温度代替，这时组件的安装按照制造厂家的规定方式。
3. 如果组件中旁路二极管不可直接接触到，可以为旁路二极管的热试验（10.18）准备一个专门样品。按照它应该在一个标准组件中的实际连接，二极管被安装在组件上。这个专门样品无需参加试验程序中的其它试验。
4. 为诊断目的而介入的最大功率测试（10.2）可以在每个试验前和后进行。

图 1 - 资格认证试验程序

表 1 – 试验水平概要

试验	标题	试验条件
10.1	外观检查	参看检查列表 10.1.2
10.2	最大功率确定	参考 IEC 60904-1
10.3	绝缘试验	绝缘体经受1000Vdc+两倍的系统电压一分钟。对于面积小于m ² 的组件，绝缘电阻不能小于400M Ω 。对于面积大于0.1 m ² 的组件，测量绝缘电阻和面积的乘积应当不小于40 M Ω ×m ² 。在
10.4	温度系数的测量	详细参考10.4 参考 IEC 60904-10
10.5	额定工作温度 (NOCT) 的测量	总光辐照: 800 W/m ² 环境温度: 20 °C 风速: 1 m/s
10.6	在标准测试条件 (STC) 和额定工作温度 (NOCT) 下的性能	电池温度: 25 °C and NOCT 辐照: 1000 and 800 W/m ² 按照 IEC 60904-3 规定的光谱分布
10.7	低辐照度性能	电池温度: 25 °C 辐照度: 200 W/m ² 按照 IEC 60904-3 规定的光谱分布
10.8	室外暴晒试验	60 kWh/m ² 总辐照度要低于可抵抗负荷
10.9	耐热斑试验	在最差热斑情况下，每小时辐照1 000 W/m ²
10.10	紫外线 (UV) 测试	在辐照抵抗限下，总共15 kWh/m ² 紫外线辐照（波长从280 到 385 nm）和总共5 kWh/m ² 紫外线辐照（波长从280 到 320 nm）。
10.11	热循环试验	50 和 200 周期从 -40 °C 到 +85 °C
10.12	湿度—冷冻试验	10 周期从 +85 °C, 85 % RH 到 -40 °C
10.13	湿—热试验	1,000 h 在 +85 °C, 85 % RH条件下
10.14	接线牢固度试验	参照 IEC 60068 -2-21
10.15	湿漏电流试验	参考 10.15 在500V电压或最大系统电压（取值大者）条件下，测试一分钟。对于面积小于m ² 的组件，绝缘电阻不能小于400M Ω 。对于面积大于0.1 m ² 的组件，测量绝缘电阻和面积的乘积应当不小于40M Ω ×m ²
10.16	机械负荷试验	三个周期的2.400帕持续负荷，轮流施加组件的正反面，持续1小时。最后一次正面循环时可以选择雪负荷5.400帕。
10.17	冰雹试验	直径25 mm的冰球以23,0 m/s-1的速度垂直的打在11个位置。
10.18	旁路二极管热试验	75 °C条件下，经受一小时短路电流。 75 °C条件下，经受一小时1.25倍短路电流。
10.19	光吸收	暴晒量从800 W/m ² 到 1 000 W/m ² (低于辐射抵抗限)直到Pmax稳定在2%的范围内。

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 步骤

在不低于 1000 勒克司的照明下，对每一个组件仔细检查下列项目：

- 外表面破损、弯曲、位移或磨损；
- 有问题的互联或不合格的接点；
- 任何有效电路上的薄膜层出现裂纹或显著的侵蚀；
- 输出连接部分、互连部分以及汇流部分有显著的腐蚀。
- 粘着剂失效
- 气泡或脱层，在组件的边框和任何一部分电路形成连续的通道；
- 塑料材料有发粘的表面；
- 接线端故障，把导电部分暴露在外面；
- 可能影响组件性能的任何其它任何缺陷。对任何裂纹、气泡或脱层等的现象和位置应作记录和/或拍照记录。这些缺陷在后续的试验中可能会加剧和对组件的性能产生不利的影响。

10.1.3 要求

对于产品类型认可来说，除第 7 条款中规定的主要外观缺陷外，其它的外观缺陷是可以允许的。

10.2 最大功率测定

10.2.1 目的 在各种环境试验前和后，测定组件的最大功率。重复试验是最终要的因素。

10.2.2 装置

- a) 一个辐射源（自然光或者太阳模拟器，CBA 级别或更优，参考 IEC 60904-9）
- b) 符合 IEC 60904-2 或者 IEC 60904-6 的一个光伏参考装置。当采用 CBA 或 BBA 模拟器时，参考装置应当是采用与试验样品一样尺寸、电池技术的光伏组件（为了匹配光谱响应）
- c) 一个合适的安装件，用来保证试验样品与发光束在同一个水平面上。
- d) 符合 IEC 60904-1 的可以测量电流-电压曲线的装置。

10.2.3 步骤

在特定辐照和温度环境下（推荐电池温度范围从 25 到 50°C，辐照度从 700 到 1100 $W \cdot m^{-2}$ ），按照 IEC 60904-1 测定组件的电流-电压特性使用自然日光或者 BBB 类或优于的模拟器，以满足 IEC 60904-9 的要求。当组件是被设计在其它条件范围下工作时，电流-电压特性可以采用相似于设计条件的温度和辐照环境。对于线性组件，温度和辐照的修正可以参照

IEC 60891。对于非线性的组件，试验可以在指定辐照度 $\pm 5\%$ 范围内，指定温度 $\pm 2\%$ 范围内进行。所有的努力都是为了保证峰值功率测量是在相似的操作条件下测量。也就是说，通过使得在近似相同的温度和辐照度下测量特定组件的峰值功率来减少校正次数。注：控制组件可以在其它组件测试时用作校验。

10·3 绝缘试验

10·3·1 目的 确定组件的导电部分和边框之间是否很好的绝缘。

10·3·2 试验仪器

- a) 根据10.3.4 c条款，一个有限流功能的直流电压源，能够提供500 V或1000 V加两倍组件最大系统电压。
- b) 一个测量绝缘电阻的仪器。

10.3.3 试验条件

组件应当在符合IEC60068-1的周围环境温度和相对湿度不超过75%的条件下进行试验。

16.3.4 步骤

- 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再加上两倍的系统最大电压（最大系统电压即制造厂家标识在组件上的），维持此电压一分钟。如果系统的最大电压不超过50V，所施加的电压应为500V。
- d) 降低电压到零，将绝缘测试仪的正负极短路，释放积聚在组件中的电压。
- e) 拆去短路。
- f) 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500V或者组件的最大系统电压（选择值大者）。维持此电压2分钟，测试绝缘电阻。
- g) 降低电压到零，将绝缘测试仪的正负极短路，释放积聚在组件中的电压。
- h) 拆去短路，从组件上拆下测试仪器。
- i) 如果组件没有金属边框和玻璃表层，绝缘测试应当通过加载组件正面的导电薄片进行，如同b)部分。

16.3.5 测试要求

- 在步骤c)中，无绝缘击穿，无表面漏电痕迹。
- 组件面积小于 0.1m^2 的，绝缘电阻不低于 $400\text{M}\Omega$ 。
- 组件面积大于 0.1m^2 的，测量的绝缘电阻乘以组件面积不低于 $40\text{M}\Omega\cdot\text{m}^2$ 。

10.4 温度系数的测量

10.4.1 目的 从组件测试中确定电流温度系数 (α) 和电压温度系数 (β) 和峰值功率温度系数 (γ)。如此测定

的温度系数 仅在相应的辐照度下有效 对于线性组件 在此辐照度 $\pm 30\%$ 内是有效的 IEC 60891 规定了从一组有代表性的单体电池中测量这些系数，本方法是对这一标准的补充。对于薄膜组件，温度系数可能与组件历史辐照和热历史有关。当指温度系数是，辐照度和热试验的相关历史条件和结果也要被指出。

10.4.2 试验仪器 需要下列仪器来控制 and 测量

试验试验条件：

- a) 辐照源（自然光或者太阳模拟器，根据IEC 60904-9，BBB级或更好）；
- b) 一个光伏参考装置，装置通过辐射计（符合IEC 60904-2或者60904-6）校准已知短路电流—辐照度特性。
- c) 能在需要温度范围内调节试验样品的设备。
- d) 一套合适的安装件用于支撑试验样品和参考装置，可以保持与辐照光束在一个水平面上。
- e) 符合IEC 60904-1能够测量电流—电压曲线的装置。

10.4.3 步骤 这里有两种可接受的温度系数测量步骤。

10.4.3.1 用自然日光测试步骤

a) 测量自然光仅仅当：

- 总辐照最少要达到需要范围的上限；
- 通过参考装置测量到，由短期干扰（云、雾或烟）造成的辐照变化小于 $\pm 2\%$ 。
- 风速小于 2 m s^{-1} 。

b) 将参考装置和试验组件安装在同一个平面上，使得两者都垂直于辐照光束（误差小于 $\pm 5^\circ$ ）。连接必须的仪器。

注：下面子条款中描述的测量应当在同一天的几个小时内就迅速的完成，这是为了尽量减少光谱条件变化的影响。如果不能做到，就需要进行光谱校正。

c) 如果试验组件和参考装置装有温度控制，将控制器设置到需要的等级。

d) 如果没有使用温度控制器，可以将试验样品和参考装置避开阳光和风，直到温度稳定在周围温度的 $\pm 1^\circ\text{C}$ 范围内，或者让试验样品达到它的稳定温度，或者先将试验样品降温到试验需要温度稍低一些，然后让组件自然升温。同样参考装置也要稳定在稳态温度的 $\pm 1^\circ\text{C}$ 范围内。

e) 同时记录电流-电压特性和样品温度，也记录下设定温度下的参考装置短路电路和温度。如果必须，可以迅速的撤去遮挡并快速的完成测量。

f) 按照IEC 60891，通过测量参考装置的电流（ I_{sc} ）和STC状态下的校准值 I_{rc} ，来计算出辐照度 G_o 。考虑到参考装置的温度 T_m ，需要进行校正，使用参考装置的特定温度系数 $\langle\alpha_{rc}$ 。

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

这里 $\langle\alpha_{rc}$ 是在 25°C 和 1000 W/m^2 条件下的相对温度系数 $[1^\circ\text{C}]$

f) 通过调节控制器或者交替的暴露和遮蔽测试组件来达到和维持需要的温度 测试组件允许按照 调款d)描述的方法周期使用来自自然升温，过程的同时需要做好数据记录。

g) 要确保在每一组数据记录过程中，测试组件和参考装置的温度保持在 $\pm 1^\circ\text{C}$ 范围内。并且参考装置上测得的辐照度也保持在 $\pm 1^\circ\text{C}$ 范围内。所有的数据都是在 1000 W/m^2 条件下测量的，或者转换到这个辐照水平上。

i) 重复步骤d) 到步骤h)。试验组件感兴趣温度范围最少要有 30°C ，并且被分成最少4段基本相同的增量。每个试验条件下最少进行3次测量。

10.4.3.2 用太阳模拟器测量的步骤

a) 在室温和需要的辐照度下，用IEC 60904-1的方法测量组件的短路电流。

b) 将组件安装在温度调节设备上，将光伏参考装置安装在模拟器光束范围内。将测量仪器连接好。

c) 设置辐照度，测试组件按照a)描述的过程测量短路电流。在试验的过程中，通过光伏参考装置维护这个辐照度。

d) 在感兴趣的温度方位内加热或者冷却组件。一旦温度达到需求值的时候，测量 I_{sc} 、 V_{oc} 和峰值功率。（每次调节近似温度 5°C ，感兴趣的温度范围最少要求 30°C ）

注：完成的电流-电压特性也需要测定每个温度下的峰值功率电压和峰值功率电流。

10.4.3.3 计算温度系数

a) 标示出 I_{sc} 、 V_{oc} 和 P_{max} 的值，作为温度的函数，每组数据用最小二乘法拟合出一条曲线。

b) 取电流、电压和峰值功率曲线的斜率，计算出组件短路电流温度系数 \langle ，开路电压温度系数 $\textcircled{\alpha}$ ，峰值功率温度系数 TM 。

注：

如果试验组件可以被看成是线性装置，按照IEC 60904-10规定测定。 在上面的步骤中测量到的温度系数仅仅在测量的辐照度时是有效的 用百分数表示的相对温度系数 可以用 \langle 、 $\textcircled{\alpha}$ 和 TM 分别除以 25°C 条件下的电流、电压和峰值功率。 因为组件的充分因素是温度的函数，所有用 \langle 、 $\textcircled{\alpha}$ 不足以得到峰值功率的温度系数。

10.5 电池额定工作温度（NOCT）的测量

10.5.1 目的 测定组件的NOCT。

10.5.2 导言

NOCT定义为在下列标准参考环境下（SRE）下，用敞开式支架安装组件时，太阳能电池的平均平衡节温；

- 倾角：与水平面成 45°
 - 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NOCT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，它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率与发射率。为精确地预知组件的工作温度，上述因素应该考虑进去。当组件设计成非敞开式支架安装时，这个测试方法被用来测定SRE条件下的平均平衡太阳能电池节温，组件要按照制造厂家的要求安装。

10.5.3 原理 该方法是基于在某一范围的环境条件（包括SRE）下集合实际测出的电池温度数据，所提供的这些数据在某种意义上来说可给出精确的可重复的NOCT内插值。太阳能电池节温(T_J)基本上是环境温度(T_{amb})、平均风速(V)和入射到组件光照表面上的太阳总辐照度

(G)的函数。温度差($T_J - T_{\text{amb}}$)在很大程度上不依赖于环境温度，在辐照度 $400 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 以上，它基本上正比于辐照度。在风速适宜时，本方法要求作($T_J - T_{\text{amb}}$)对于(G)的曲线。在曲线 $800 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 的辐照度上得到的($T_J - T_{\text{amb}}$)值，再加上 20°C 环境温度（SRE），即可得到初步的NOCT值，最后把依赖于平均温度和风速的一个校正因子加到初步的NOCT中，将其修正到 20°C 和 $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 时的值。

10.5.4 装置

需要下列装置：

- a) 一个以规定方式（见10.5.2）支撑测试组件的太阳总辐射计的敞开式支架。该支架应该设计成对组件的热传导最小，并且尽可能地阻碍组件前后表面的热辐射。注：如组件不是设计为敞开式支架安装，应按制造厂推荐的方式安装。
- b) 太阳总辐射计，安装在距测试方阵 0.3m 内组件的平面上。
- c) 能测量 $0,25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ （精度 $\pm 10\%$ ）或者 $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 风速（取大者）和风向的设备，安装在组件上方 0.7m ，靠东或西 1.2m 处。
- d) 环境温度传感器，具有与被测组件温度传感器相近的时间常数，安装在遮蔽的通风良好的靠近风速传感器之处。
- e) 电池温度传感器，或IEC认可的测量电池温度的其它装置，焊在或用良好热传导性的胶粘在组件中部两片电池的背后。
- f) 温度测量精度 $\pm 1^\circ\text{C}$ 内的数据采集系统，在不大于 5s 的时间间隔内，记录下列参数：
参数：
辐照度
环境温度
电池温度
风速
风向

10.5.5 试验组件安装

倾角：试验组件以与水平面成 $45 \pm 5^\circ$ 的角度放置，并且正面正对着赤道。高度：试验组件的底边应高于当地的低平面 $0,6\text{m}$ 以上。结构：为了模拟安装在一个方阵中的组件热边界条件在试验组件平面的各个方向应延伸至少 $0,6\text{m}$ 。对于设计为不需支撑的组件，安装时应使组件背面处于敞开状态，应该用黑色铝板或其它相同设计的组件来填充剩余的表面。周围场地：在当地正午前后4小时内，没有遮挡物挡住组件上的太阳辐照。组件放置的地方应该平整或其它周围地方均矮于要放组件的地方，并且对阳光无特殊的高反射率。在测试现场周围有草、植物、黑色的沥青或泥土是允许的。

10.5.6 步骤

- a) 按照10.5.4的要求，上述装置随同组件进行安装，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：电池温度、周围温度、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 $400 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$
 - 在10分钟间隔内，辐照度的最大和最小值之差超过10%
 - 风速在 $1,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \pm 0,75 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 范围之外
 - 环境温度在 $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$ 之外或变化超过 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) 选10个数据点，最少覆盖 $300 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 的辐照度范围，从最小的数据点起作出 $(T_j - T_{\text{amb}})$ 随辐照度变化的关系，用回归分析法拟合这些数据点。
- e) 从线上定出 $800 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 时 $(T_j - T_{\text{amb}})$ 的值，加上 20°C 即给出NOCT的初步值
- f) 计算平均环境温度 T_{amb} ，平均风速 V 。结合选择的数据点，从图2中定出适当的修正因子。
- g) 把修正因子加到初步NOCT，校正到 $20 \text{ }^\circ\text{C}$ 和 $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 时的值。此和即为组件的NOCT值。
- h) 在另一天重复上述程序，测得另一NOCT，入两个NOCT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NOCT的平均值。

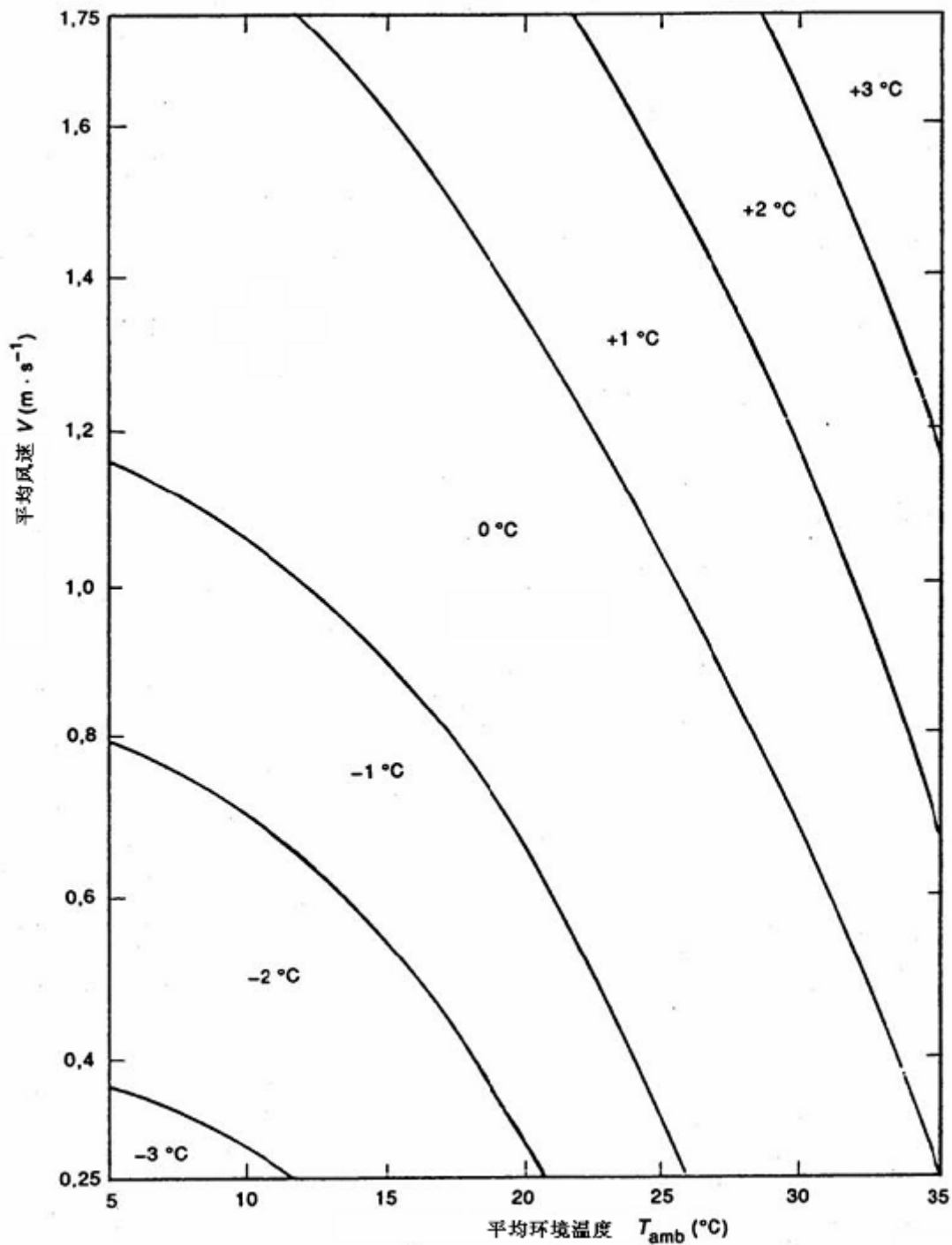


图 2 - NOCT 校正因子

10.6 电池在标准测试条件和额定工作温度（NOCT）下的性能

10.6.1 目的

在标准测试条件STC($1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 电池温度, 满足IEC 60904-3标准的太阳光频谱辐照度分布条件), NOCT和辐照度为 $800 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, 满足IEC 60904-3标准的太阳光频谱辐照度分布条件下, 确定组件带负荷的电性能。

10.6.2 设备

- 一个辐照源（自然日光或太阳模拟器，BBB级或更优，满足IEC 60904-9标准。
- 符合IEC 60904-2或者IEC 60904-6的一个光伏参考装置。当采用BBB级模拟器时，参考装置应当是

采用一样的电池技术的光伏组件（为了匹配光谱响应）

c) 一个合适的安装架，为了支持试验样品和参考装置与辐照光束在同一个水平面内。

d) 符合标准IEC 60904-1的一个测量的电流—电压仪器

e) 能将试验样品的温度调节到10.5测得的NOCT的设备

10.6.3 步骤

10.6.3.1 STC

在辐照度为 $1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ （通过合适的参考装置测得）条件下，维持组件在 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ，跟踪电流—电压特性，根据IEC 60904-1，使用自然日光，或者BBB级或更优的模拟器满足IEC 60904-9的要求。

10.6.3.2 NOCT

在辐照度为 $800 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ （通过合适的参考装置测得）条件下，加热组件均匀加热到NOCT，跟

踪电流—电压特性，根据IEC 60904-1，使用自然日光，或者BBB级或更优的模拟器满足IEC 60904-9的要求。

如果参考装置光谱不吻合试验组件，使用IEC 60904-7计算光谱不匹配校正。

10.7 在低辐照度下的性能

10.7.1 目的

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)的自然日光（IEC 60904—1）或B级模拟器（IEC60904—9）条件下，确定组件带负载时的电性能。

10.7.2 装置

a) 一个辐照源（自然日光或符合IEC60904—9的B级太阳模拟器）

b) 能调节辐照度到 $200 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ，并且不会影响辐射源频谱分布和空间一致性（满足IEC 60904-10）的装置

c) 满足IEC 60904-2或IEC 60904-6的光伏标准电池。

d) 一个合适的安装架，为了支持试验样品和参考装置与辐照光束在同一个水平面内。

e) 满足IEC 60904-1的测量电流—电压曲线的仪器

10.7.3 步骤

用自然光（IEC 60904-1）或者BBB级模拟器（IEC 60904-9）在温度为 $25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ 范围内，辐照度在 $200 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ (通过标准电池测得)条件下，测得组件的电流—电压特性。辐照度应当降低到指定的程度，可以通过中性滤波器或者其它技术，前提是不会改变辐照光谱分布。（可以参考IEC 60904-10，不改变辐照光谱分布条件下，减少辐照度的指引）

10.8 室外曝晒试验

10.8.1 目的 初步评价组件在室外条件下经受曝晒的能力，测出可能在实验室测试中测不出来的综合衰减效应。注：由于测试的短时性和测试条件的环境变化，对通过该试验对组件的寿命作出绝对判断，应特别小心。这项测试仅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，误差小于 $\pm 50 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$

b) 按制造厂推荐的安装组件的方法，使组件与辐照度监视仪共平面。

c) 使在STC条件下，组件能在最大功率点处工作的负载。

10.8.3 步骤

a) 将阻性负载安装在组件上，用制造厂所推荐的方法把组件安装在室外，与辐照度监测仪共平面。在测试之前应安装制造厂所推荐的热斑保护器件。

b) 在如IEC60721-2-1所规定的一般室外气候条件下，用监测仪测试，使组件受的总辐照量达到 $60 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$

10.8.4 最后测试

重复10.1, 10.2, and 10.3的测试。

10.8.5 要求

- 无第7条款规定的主要外观缺陷；
- 在**STC**条件下的最大输出功率应该超过制造厂家的最低功率值；
- 绝缘电阻同样达到最初测试时的要求。

10.9 耐热斑试验

10.9.1 目的确定组件承受热斑加热效应的能力，如焊点熔化或封装失效，裂纹、错误匹配的电池、内连接失效、局部遮挡或弄脏均会引起这种效应。

10.9.2 热斑效应当组件中的一个电池或一组电池被遮挡或存在问题组件工作电流超过了该电池降低了的短路电流，在组件中会出现热斑加热。此时，受影响的电池或电池组处于反向偏置状态，消耗功率，引起过热。

注：1. 通常在连续薄膜电池列连接电路中没有接旁路二极管。所以没有限制阴影电池的反向电压，并且组件电压会强迫一组电池进入反向偏置状态。

2. 由于短期阴影可能已经对薄膜组件的电性能造成负面影响。必须注意耐热斑试验和设置最坏条件的影响要清楚的区分开来。收集 P_{max_1} 、 P_{max_2} 和 P_{max_3} 的目的就是在此。

3. 在这个试验中绝对温度和相对功率损失并不是标准的，非常严厉的热斑条件在设计确保安全性的时候用到。

图3 描述了由一组串联电池构成的薄膜组件的不同数目的电池被遮挡后的热斑效应，消散的功率等于组件电流和被遮挡电池组的上方向电压的乘积。任意辐照度时，当被遮挡电池的反向电压等于其它剩下电池的电压时，出现最大功率消散（这是最坏的遮挡情况）。这时被遮挡电池的短路电路等于非遮挡组件的最大功率电流。

10.9.3 电池内连接的分类薄膜光伏电池可以采

用下列方式之一进行连接：

S模式：所有电池通过一根连线串联在一起（绝大多数场合）。一个旁路二极管仅能被连接在组件的接线端之间。

PS模式：并串联方式，多个电池组块被并联在一起，每个电池组块由一定数量的电池串联而成。旁路二极管能够被使用于每个电池组块。

SP模式：串并联方式，多个电池组块被串联在一起，每个电池组块由一定数量的电池并联而成。旁路二极管能够被使用于每个电池组块。

每种构造都需要独特的热斑试验程序。

10.9.4 装置

a) 辐照源：自然日光，或者**CCB**级（或更优）稳定状态的太阳模拟器（**IEC 60904-9**），辐照度为**1000 W/m²**。

b) 组件电流-电压曲线绘图仪

c) 电流测试仪

d) 不透明的遮挡五，尺寸大小保证可以完全覆盖一组临近试验电池。

e) 如需要，准备一个适当的温度探测器

10.9.5 步骤

所有测试应在环境温度为**50°C ± 10°C**范围内（当组件被暴露在**1000 W/m²**的辐照下）。在测试之前应安装制造厂推荐的热斑保护器件。

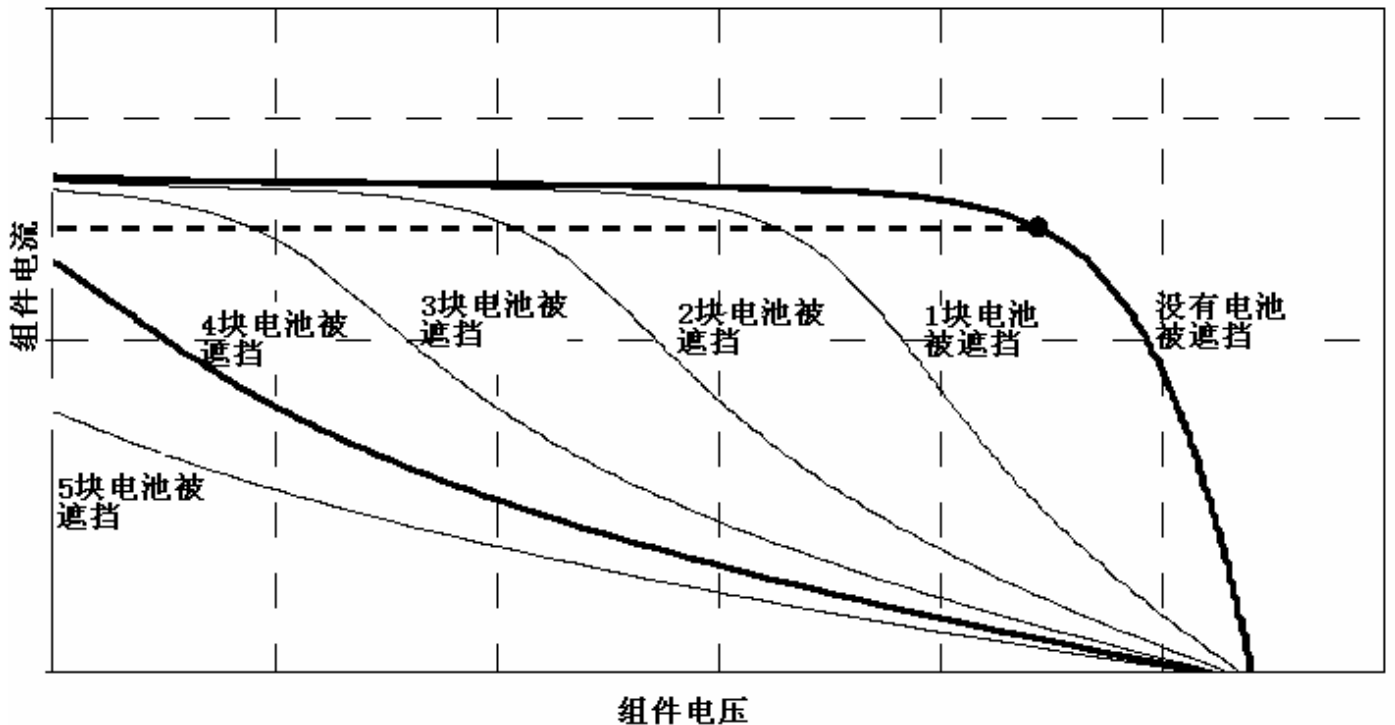


图 3 -串联电池串薄膜电池热斑效应。最坏的情况是4块电池被同时遮挡。

10.9.5.1 S方式

a) 将未遮挡的组件暴露在 $1000 \text{ W/m}^2 \pm 10\%$ 的辐照源下，当达到热稳定之后，测试组件电流-电压特性，并且在 $P > 0.99 P_{\text{max}1}$ 时，测定组件的最大功率电流范围。

b) 将组件短路并且监视短路电流。

c) 从组件的一边开始，使用不透明的遮挡物完全覆盖一块电池。平行的移动遮挡物，遮挡更多的电池直到短路电路降到无遮挡组件的最大功率电流范围内在这种条件下，最大功率的消失就是体现在选中的电池组中。

d) 移动不透明覆盖物（如 c 中描述的尺寸）缓慢的移动过组件，并且监控组件的短路电流。如果在某个位置上，短路电流降低到非遮蔽组件最大功率电流范围外，就逐渐减小遮蔽物的尺寸，直到再次达到最大功率电流状态。在这个过程中，辐照度的变化不超过 $\pm 2\%$ 。

e) 覆盖物的最终宽度决定了最坏电池内消耗功率结果时的阴影最小面积。这是热斑试验时用的遮蔽面积。

f) 移去覆盖物，并进行外观检查

注：步骤 d) 中的电池反向偏置操作可能会造成电池连接破裂，并导致明显的斑点不规则的分布在组件上。这个问题会造成最大输出功率的降低。

g) 重新测量组件的电流-电压特性，确定最大功率 $P_{\text{max}2}$

h) 将覆盖物放在选定组件上，并且短路组件。

i) 再次使用 1000 W/m^2 进行照射，保持组件在最大功率消散状态，记录下 I_{sc} 值。如果必须，再次调节阴影维持 I_{sc} 在步骤 a) 中测得的指定水平上。

j) 保持这种条件照射持续一个小时

k) 耐热试验后，通过温度探测器测定被遮挡电池上的最热区域。

10.9.5.2 并串联方式

a) 将不遮挡的组件放在不低于 $1000 \text{ W/m}^2 \pm 10\%$ 的辐射源下照射。达到热稳定状态时，测量组件的电流-电压特性，并且测定最大功率 $P_{\text{max}1}$

b) 短路组件，随意的取出 10% 的并联电池组块，逐渐的增加电池组块遮挡的面积直到但测到最大温度，使用热成像或者其它合适的技术。

c) 再次测量组件电流-电压特性，并且测定最大功率 $P_{\text{max}2}$

d) 再次遮挡步骤 b) 中测定的遮挡，并且维持这种状态照射 1 个小时。

e) 耐热试验后，通过温度探测器测定被遮挡电池上的最热区域。

10.9.5.3 串并联方式

a) 将不遮挡的组件放在不低于 $1000 \text{ W/m}^2 \pm 5\%$ 的辐射源下照射。达到热稳定状态时，测量组件的电流-电压特性，并且当 $P > 0.99P_{\text{max}1}$ 时，测定最大功率电流方位 ($I_{\text{min}} < I < I_{\text{max}}$)。

b) 然后通过下列公式计算应当施加的最大功率电流 (I^*) 范围。

$$I_{\text{min}}/P + I_{\text{sc}} \times (P-1)/P < I^* < I_{\text{max}}/P + I_{\text{sc}} \times (P-1)/P$$

P：组件中并联串的数目

c) 短路组件并且测量短路电流。

d) 从组件的一边开始，使用不透明覆盖物遮挡住一块完整的电池。按平行电池方向移动覆盖物并且增加覆盖电池的数目。直到短路电流跌落到无遮挡组件最大功率电流 (I^*) 的范围内。在这种情况下，在算定电池组中达到最大功率消失。

e) 根据试验得到的尺寸减少不透明覆盖。

f) 缓慢的移动遮挡物穿过组件，并且记录组件短路电流。如果在某一位置，短路电流掉在无遮挡组件最大功率电流范围外 (I^*)，逐个电池的减少覆盖直到最大功率电流条件再次满足。在这个过程中，辐照度的改变不能超过 $\pm 2\%$ 。

g) 再次测量组件的电流-电压特性，并且测定组件的最大功率 $P_{\text{max}2}$

h) 将覆盖物放在选定组件上，并且短路组件。

i) 再次使用 1000 W/m^2 进行照射，保持组件在最大功率消散状态，记录下 I_{sc} 值。如果必须，再次调节阴影维持 I_{sc} 在步骤 a) 中测得的指定水平上

j) 保持这种条件照射持续一个小时

k) 耐热试验后，通过温度探测器测定被遮挡电池上的最热区域。

10.9.6 最终测试

重复试验 10.1、10.2 和 10.3。热斑测试后的功率称为 $P_{\text{max}3}$

10.9.7 要求没有条款 7 中定义的外观损坏。绝缘电阻满足试验初始阶段的要求。

注：1— 在热斑试验过程中没有功率丢失的通过/失败要求。

2— 热斑试验中反向偏置造成的电池损坏不被当作薄膜层的失效或腐蚀。

10.10 紫外线 (UV) 测试

10.10.1 目的在热循环/湿冻测试之前用紫外线预处理组件，用来鉴定材料和粘合剂对紫外线衰减是否敏感。

10.10.2 装置

a) 紫外线照射时能够控制组件温度的装置。装置必须能够维持组件的温度在 $60 \pm 5^\circ\text{C}$ 。

b) 测量和记录组件的温度的方法，保持精确度在 $\pm 2^\circ\text{C}$ 。在组件前后表面的中间部位装上温度传感器。如果同时有多个组件被测试，只要测量其中一个代表组件就可以了。

c) 能够测量紫外线源照射的测量仪器（紫外线源于组件在同一个平面上，波长范围从

280到320nm，和320到385nm，不确定性限制在 $\pm 15\%$ 范围内）。

d) 能够产生紫外辐射的的辐射源（辐射一致性范围 $\pm 15\%$ ）。置于测试组件平面之上，

在280nm波长之下没有可被感知的辐射，并且能够提供其它频谱范围的紫外辐射（如

10.10.3部分定义）

e) 一个能够使组件在STC状态下工作在最大功率点附近的负载。

10.10.3 步骤

a) 使用校准过得辐射计在组件位置上测量辐射量，保证波长在280到385nm的辐射不超过 $250 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ （超过5倍的自然光水平），并且在测试平面上辐射一致性保持在 $\pm 15\%$ 内。

b) 给组件装上阻性负载，并且摆放在a)中选定的测试平面上，通常对着紫外辐射光束。保证组件温度是 $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

c) 使组件受到波长范围从280到385nm方位内的辐射总量 $15 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2}$ 。在280到320nm范围内，最少 $5 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2}$ 辐射。过程中维持组件温度在指定范围内。

10.10.4 最终测试

重复试验10.1和10.3

10.10.5 要求

- 没有条款7中描述的主要外观破损
- 绝缘电阻满足初始试验时的要求

10.11 热循环试验

10.11.1 目的确定组件承受由于温度的重复变化而引起的热失配，疲劳和应力等的的能力。

10.11.2 装置

- 一个气候室，有自动温度控制，使内部空气循环和避免在测试过程中凝结在组件表面的装置，而且能容纳一个或多个组件进行如图4所示的热循环试验。
- 在气候室中安装或支撑组件的装置，应能保证周围的空气可自由循环，为接近实际，安装或支撑物的热传导应小，使组件处于绝热状态。
- 测量和记录组件温度的方法（精度方位 $\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ ）

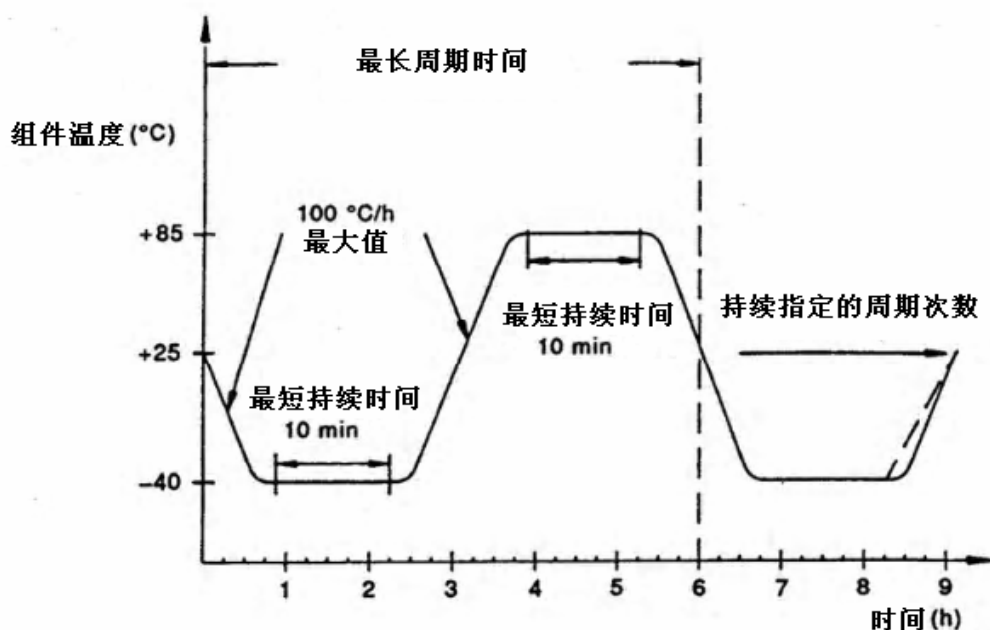


图4 热循环试验

10.11.3 步骤

- 在室温下将组件安装入气候室。
- 将温度传感器连接到温度测试仪，温度传感器应当被装在组件前后面的中间部位。如果超过一个组件被同时测试，只要测试一个代表组件的温度就足够了。
- 关闭气候室，按图4，使组件的温度在 $-40 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ 和 $+85 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ 之间循环。最高和最低温度之间温度变化的速率不能超过 $100 \text{ }^\circ\text{C/h}$ ，在两个极端状态，组件的温度应保持稳定至少10分钟。循环时间不超过6小时，循环的次数见图1相应的方框。
- 在整个试验过程中，记录组件的温度并且监视组件的连续性。

10.11.4 最后的测试

在至少1小时的恢复时间后，重复10.1和10.3的测试。

10.11.5 要求

- 没有条款7中描述的主要外观破损
- 绝缘电阻满足初始试验时的要求

10.12 湿度—冷冻试验

10.12.1 目的确定组件承受高温、高湿和零下温度的能力。这个检测不是热冲击试验。

10.12.2 装置

- 一个气候室，有自动温度和湿度控制，能够容纳一个或多个组件进行如图5所示的湿度—冷冻循环试验。
- 在气候室中安装或支撑组件的装置，应能保证周围的空气可自由循环，为接近实际，安装或支撑物的热传导应小，使组件处于绝热状态。
- 测试和记录组件温度的仪器，精度为 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，如多个组件同时测试，只需检测一个代表组件的温度。
- 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。

10.12.3 步骤

- 将温度传感器安装在组件的中部的前或后表面。
- 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。

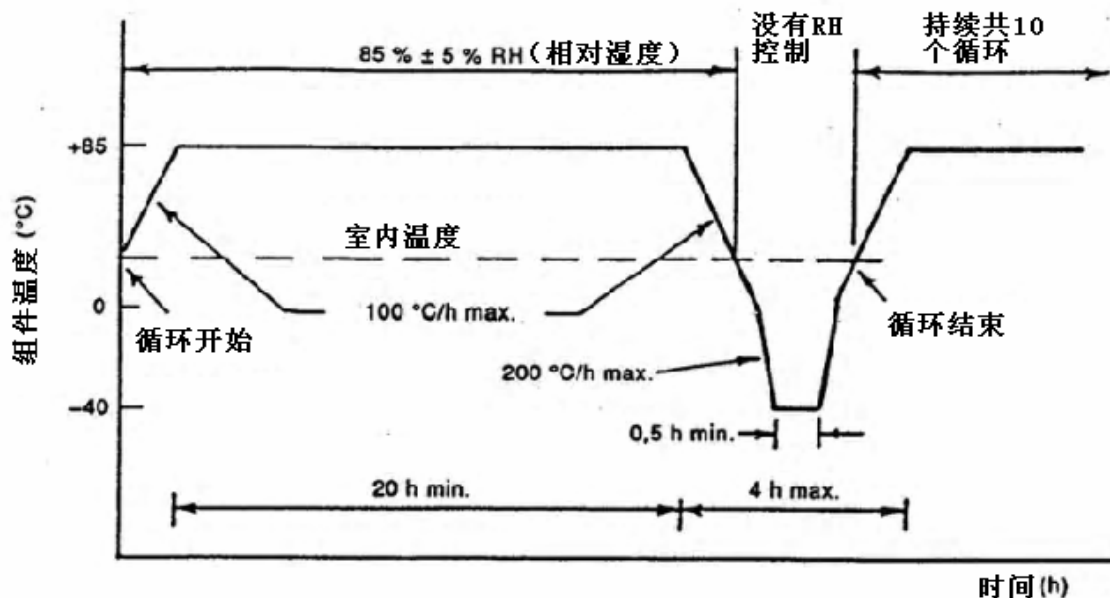


图5 湿度—冷冻循环

- 关闭气候室，使组件完成如图5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。
- 在整个测试过程中，记录组件的温度，并监视电连续性。

10.12.4 最后的测试

在2小时到4小时的恢复时间后，重复10.1和10.3的试验。

10.12.5 要求

- 无第7条款规定的主要外观缺陷。
- 绝缘电阻同样满足初始测试的要求。

10.13 湿—热试验

10.13.1 目的测定组件承受长期湿气渗透的能力。

10.13.2 步骤

该试验应根据IEC60068-2-3要求来进行：

a) 预先准备将处于室温下的组件放入无预处理的气候室中。

b) 条件

将下列条件施加于组

件：试验温度： $85^{\circ}\text{C} \pm 2$

$^{\circ}\text{C}$ 相对湿度： $85\% \pm 5\%$

试验持续时间：**1,000h**

10.13.3 最后的测试

恢复2到4个小时之后，重复10.1和10.3的试验。在完成测试之后，操作10.15(湿漏电电流试验)。

10.13.4 要求

- 无第7条款规定的主要外观缺陷。
- 绝缘电阻同样满足初始测试的要求。
- **湿漏电电流试验应该满足初始测试的要求。**

10.14 接线牢固度试验

10.14.1 目的确定接线及组件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 接线类型考虑有

三种组件接线类型：

- A型：导线或悬空的接线端
- B型：接线由线箍、螺纹销、螺丝等固定；
- C型：采用接线盒

10.14.3 步骤

预处理：在标准大气条件下放置1h以备试验。

10.14.3.1 A型接线：

抗拉试验：如IEC60068-2-21Ua的测试所述，按下列要求：

- 所有接线均应试验；
- 拉伸力不应超过组件重量。

弯曲试验：如IEC60068-2-21Ub的测试所述，按下列要求：

- 所有接线均应试验；
- 循环1—10次（每次循环为正反方向各弯曲一次）

10.14.3.2 B型接线：

抗拉和弯曲试验：

- a) 对于接线暴露在外的组件应与A型接线的试验一样，试验所有接线；
- b) 如果接线封闭与保护盒内，则应采取如下程序：将组件制造厂推荐型号盒尺寸的电缆切为合适的长度，依其推荐方法与盒内接线相

接，利用所提供的电缆夹小心将电缆自封闭套的小孔中穿出。盒盖应安全放置，在按A型接线的试验法进行试验。

扭距试验：如IEC60068-2-21Ud的测试所述，按下列条件：

— 所有接线均应试验；

— 条件1

除永久固定的指定设计外，钉子、螺丝均应能松启。

10.14.3.3 C型接线：将组件制造长推荐型号盒尺寸的电缆切为合适的长度与接线盒输出端相接，然后按与A型接线相同的试验方法进行试验。

10.14.4 最后的试验

重复试验10.1和10.3。

10.14.5 要求

- 无第7条款规定的主要外观缺陷。
- 绝缘电阻同样满足初始测试的要求。

10.15 湿漏电电流试验

10.15.1 目的 评估组件在潮湿的工作条件下的绝缘状况，以证实来自雨、雾、露或融化的雪的湿气没有进入组件整体线路的导电部分：在那里，它能引起腐蚀、地线故障或安全事故。

10.15.2 设备

a) 含水/润湿剂溶液的水槽或箱，尺寸要使得带框的组件可以被水平平直的放入，并有足够的液体以在试验的过程中浸湿组件的表面和满足以下要求：

电阻率： $3500 \Omega \cdot \text{cm}$ 或更小。

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

溶液的深度要足够以覆盖除接线盒引入线外的全部组件表面(当接线盒不是设计成防水的)。

b) 含有相同溶液的喷雾设备。

c) 有电流限制的可以使用到500V或者组件最大系统电压水平（取值大者）。

d) **电阻测试仪**

10.15.3 步骤注：所有的连线都应和建议的现场安装接线一样，但是要注意应当确保测出的漏电电流不是组件和测试设备连线中的电流。

a) 把组件浸泡在深度足够浸湿除接线盒以外部分（当接线盒设计成非防水的）的水箱中。电缆应当被充分喷雾。如果组件使用的是接插接线端，那么试验中接线端必须充分浸湿。

b) 将组件的输出端短路后和试验设备的阳极相连。**用合适的金属导体将溶液和测试设备的负极相连。**

c) 以不超作 $500\text{V} \cdot \text{s}^{-1}$ 的速率把电压增加到500V或者组件的最大系统电压(选值大者)。维持电压等级1分钟，然后测定绝缘电阻。

d) 降低外加电压至零，然后短路试验设备的输出端，来消除组件上积累的电压。
注：保证组件上所有的润湿载体在进行下面的附加试验之前被全部冲洗掉。

10.15.4 要求

- 组件面积小于 0.1m^2 的，绝缘电阻不低于 $400\text{M}\Omega$ 。
- 组件面积大于 0.1m^2 的，测量的绝缘电阻乘以组件面积不低于 $40\text{M}\Omega \cdot \text{m}^2$ 。

10.16 机械负荷试验

10.16.1 目的确定组件经受风、雪或冰块等静态负荷的能力。

10.16.2 装置

- a) 一个坚固的支架，在试验过程中测试台即能够使组件正面朝上安装，也能够使组件正面朝下安装，并且使得试验过程中组件可以自由的倾斜。
- b) 在试验过程中可以测量组件的电学连续性的仪器。
- c) 合适的重量或压力装置，使得负载能够逐渐的均衡的加在组件上。

10.16.3 步骤

- a) 装备好组件以便于试验过程中连续检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，固定点间距离为最大）。
- c) 在前表面上，逐步将负载加到2400Pa，使其均匀分布。（负载可采用压缩空气加压，或流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。）保持此负载1个小时。
- 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次循环。

注：2400Pa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。若组件需要承受冰雪的重压，则试验过程中，加于组件前表面的负载应从2400Pa增至5400Pa。

10.17 冰雹试验

10.17.1 目的验证组件能承受住冰雹的撞击。

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，对于特殊环境可用表2所列其它尺寸。
- b) 一台冷冻箱，控制在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内。
- c) 一台温度在 $-4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内的储存冰球的存储容器。
- d) 一台发射器，驱动冰球以给定速度（可在 $\pm 5\%$ 范围内）撞击在组件指定的位置范围内。只要满足检验要求，冰球从发射器到组件的路径可以是水平、竖直或其它角度。
- 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。
- f) 一台天平来测定冰球质量，精度为 $\pm 2\%$ 。
- g) 一台测量冰球速度的设备，精度为 $\pm 2\%$ 。速度传感器距试验组件表面1m以内。作为一个例子，图6示出一组适合的装置，包括：水平气压放射器、垂直支撑组件和测速器（用电子技术测量冰球穿过两光束间距离所用时间测量其速度）。

表2——冰球质量和测试速度

直径 mm	质量 G	测试速度 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	直径 mm	质量 g	测试速度 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
12,5	0,94	16,0	45	43,9	30,7
15	1,63	17,8	55	80,2	33,9
25	7,53	23,0	65	132,0	36,7
35	20,7	27,2	75	203,0	39,5

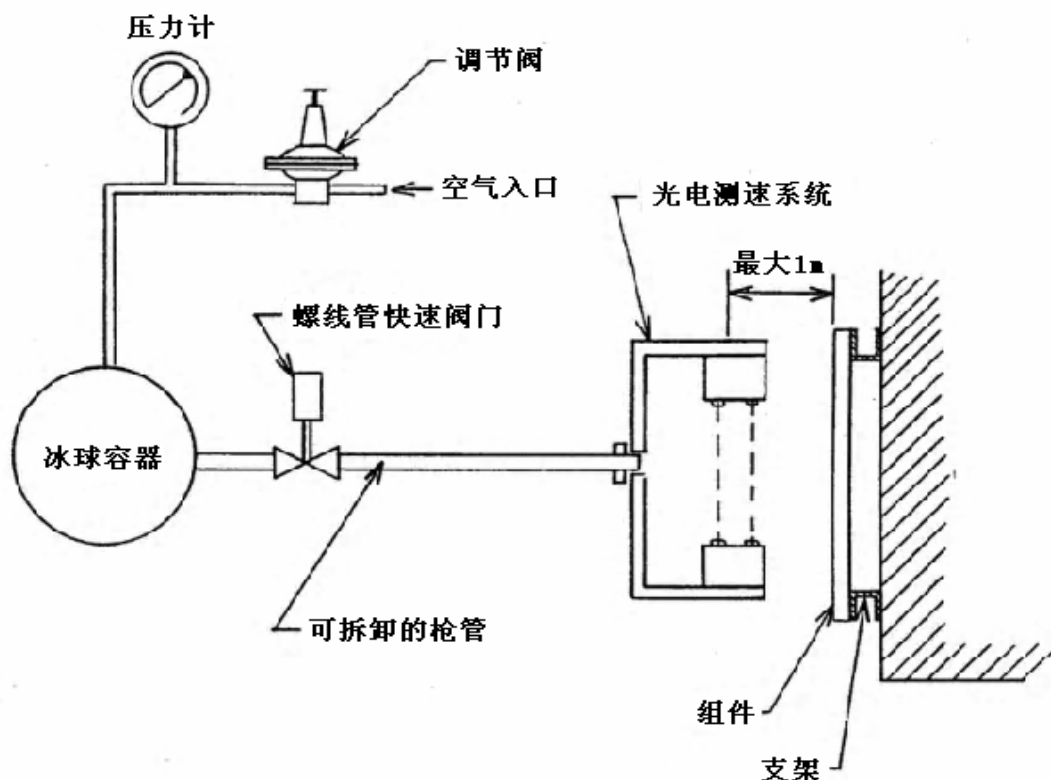


图6——冰雹测试仪器

10.17.3 步骤

- 利用模具和冷冻箱制备足够试验所需尺寸的冰球，包括初始调发射器所需数量。
- 检查每个球的尺寸、质量及是否碎裂，满足以下要求：
 - 肉眼看不到裂纹；
 - 直径在要求值 $\pm 5\%$ 范围内；
 - 质量在表二中适当标称值 $\pm 5\%$ 范围内。
- 使用前，置冰球与储存容器中至少1h。
- 确保所有与冰球接触的发射器表面温度均接近室温。
- 用下列步骤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中冰雹适当试验速度的 $\pm 5\%$ 范围内。
- 室温下安装组件与前述的支架上，使其碰撞面与冰球的路径相垂直。
- 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发射，冰球从容器内移出到撞击的组件上的时间间隔不应超过60s。
- 检查碰撞区域的组件，标出损坏情况，记录下所有看得见的撞击影响，撞击在指定位置外10mm以内是可以接受的。
- 如果组件未受损坏，则对表3其它撞击位置重复步骤g)和h)，如图7所示。

表 3 —— 撞击位置

发射次数	位置
1	组件的一角，距边框不大于50mm
2	组件的一边，距边框不大于12mm
3,4	电池的边缘上
5,6	电池间的电气连接处
7,8	电池上靠近支点处
9,10	在组件框内，远离支点处
11	可能由于冰球撞击造成组件损坏的任何一处

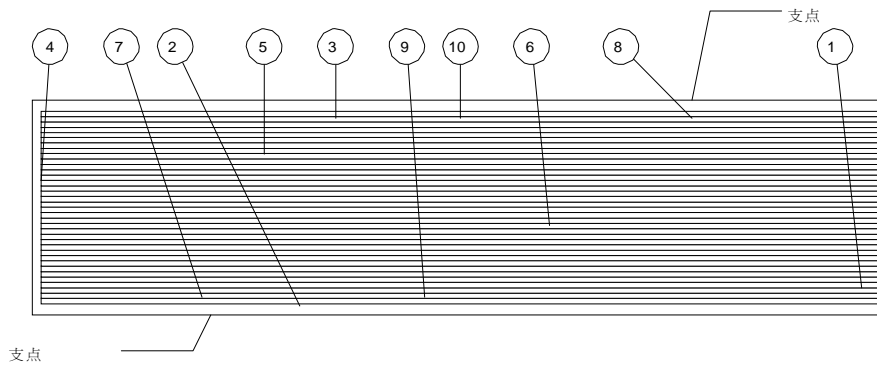


图 7 - 撞击位置示意图

10.17.4 最后的测

试重复10.1和10.3

10.17.5 要求

- 无第7条款中规定的主要外观缺陷；
- 绝缘电阻同样满足初始测试的要求。

10.18 旁路二极管热性能试验

10.18.1 目的通过试验，评估为了抑制组件热斑效应的旁路二极管的热性能设计适用性和相应的长期工作

稳定性。

注：如果测试过程中旁路二极管不可接触，那么可以为了试验制作一个特殊样品。这个样品应当尽可能的相标

准组件，但是却能够在试验中测量二极管的温度。这样就可以正常测试了。这个样品只用于旁路二极管的热性

能试验，不用于试验序列中的其它试验。

10.18.3 装置

- 加热组件到 $75\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的装置。
- 测量和记录组件温度的装置，精度 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- 测量组件旁路二极管温度的装置。二极管温度的测量可以直接通过温度传感器或者通过测量二极管电压降的温度系数。必须注意要让二极管的属性或热传导路径的变化降到最小。
- 测量二极管节电压的装置，精度0.2%。
- 能够施加1.25倍STC状态下短路电路的装置。以及在试验全程中能够监测通过组件的电路流动的装置。

10.18.3 步骤1

- 短路并屏蔽组件中的二极管。
- 从组件标签或使用说明书中找到组件STC状态下的短路电流。
- 在测试中，测量二极管的温度和电压。
- 用制造厂家推荐的最小线径导线连接组件的输出端。按照制造厂家推荐的方法连接到接线盒，并取出接线盒盖。

注：如果相同的多个组件重叠使用旁路二极管电路，在这种情况下，可能必须安装跳线，以保证所有的电流都

通过一个旁路二极管。

- 加热组件到 $75\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。施加STC状态下测得的短路电流（ $\pm 2\%$ 范围）。1个小时之后，测量每个二极管的温度和电压。
- 通过二极管制造厂家提供的信息，按照下列公式，用测量到的二极管外套温度和二极管电压降计算出结温度。

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

这里： T_j = 二极管结温
 T_{case} = 测量到的二极管管套温度
 R_{THjc} = 制造厂家给的结温和管套温度的比
 V_D = 二极管电压
 I_D = 二极管电流

注：如果组件含有一个设计用来降低二极管操作温度的吸热器，那么测试的环境应当改为：在 $1000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 辐

照，周围无风条件下，吸热器温度达到 $43\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

- 增加电流到1.25倍的STC条件下，组件温度为 $75\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时测得的短路电流，并保持电

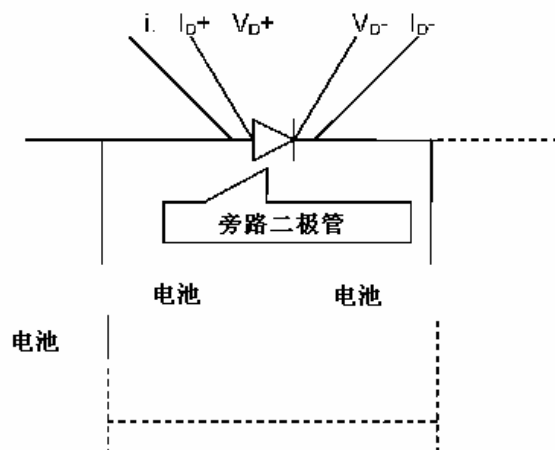
流1小时。

h) 检验看二极管是否还在工作。

注：检验二极管是否还在工作可以通过子条款（10.9）的热斑试验。

10.18.4 步骤2

- 短路并屏蔽组件中的二极管。
- 从组件标签或使用说明书中找到组件STC状态下的短路电流。
- 按下图示，连接导线到二极管的两端。
- 按照制造厂的推荐连接。



注—导线的连接要保证不会造成热量从接线端盒消失掉

- 将组件放在温箱中，设置温度为 $30 \pm 2^\circ\text{C}$ ，直到组件的温度达到饱和。
- 施加等于STC状态下短路电流的电流脉冲（脉冲宽度1ms）测量二极管前相电压 V_{D1}
- 用相同的步骤，测量 V_{D2} 在 $50 \pm 2^\circ\text{C}$ 。
- 用相同的步骤，测量 V_{D3} 在 $70 \pm 2^\circ\text{C}$ 。
- 用相同的步骤，测量 V_{D4} 在 $90 \pm 2^\circ\text{C}$ 。
- 然后通过曲线拟合法得到 V_D 对 T_j 的特性曲线图（通过 V_{D1} , V_{D2} , V_{D3} and V_{D4} ）。

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

k) 将组件加热到 $75^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 。施加STC状态下测得的短路电流（ $\pm 2\%$ 范围）。1个小时之后，测量每个二极管的温度和电压。

l) 通过步骤j)中得到的 V_D 对 T_j 的特性曲线图，得到二极管 T_j 。

m) 增加电流到1.25倍的STC条件下，组件温度为 $75^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 时测得的短路电流。

n) 保持电流1小时。

o) 检测二极管是否仍在工作。

10.18.5 最后的测试

重复测试10.1和10.3.

10.18.6 要求

- 在10.18.3e)中测定的二极管结温不能超出二极管制造厂家规定的最大结温。
- 没有条款7中描述的主要外观缺陷。
- 绝缘电阻同样满足初始测试的要求。
- 所有测试完成之后，二极管依然具有正常二极管功效。

10.19 光吸收

10.19.1 目的用自然日光或太阳模拟辐照稳定薄膜组件的电性能。

10.19.2 设备

- IEC 60904-9的CCC级太阳模拟器，或自然日光。
- 为检测光的照射，选用一个合适的参考器件。
- 按照制造厂建议安装组件，使其和参考器件共平面。
- 温度测试仪，精度 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。

e) 阻性负载，使得在STC条件下，组件工作在最大功率点附近。

10.19.3 步骤

a) 连接阻性负载和组件，按照制造厂推荐的方法安装它们在模拟器的测试平面上。

b) 用参考器件把辐照度校准到 $800\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ and $1000\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 间，记录辐照度。

c) 试验过程中，组件温度必须保持在 50°C to 60°C 间。

d) 让每个组件都接受辐照，直到最大功率值稳定。稳定是指在3个连续周期，每个周期至少48小时，或每次 $43\text{ kWh}/\text{m}^2$ 辐照，满足 $(P_{\max} - P_{\min})/P_{\text{average}} < 2\%$ 。所有中间过程的最大功率的测量都要在任一合适的组件可重复温度 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 内完成。

e) 记下达到稳定时的辐照度。

10.19.4 最后测试 重复测试10.1，10.2和10.6 (在STC条件下)

10.19.5 要求

— 没有条款7中描述的主要外观缺陷。

— 绝缘电阻满足初始测试的要求

— 在光吸收试验后，STC状态下的最大功率输出不能小于条款4中制造厂指定最低值的90%。