

# 中华人民共和国能源行业标准

NB / T 42104.2 — 2016

---

## 地面用晶体硅光伏组件环境适应性 测试要求 第2部分: 干热气候条件

Terrestrial crystalline silicon photovoltaic (PV) modules performance  
requirements in multiple climates  
Part 2: Hot-dry climate condition

2016-12-05 发布

2017-05-01 实施

---

国家能源局 发布

目 次

前言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 2

4 应用等级..... 2

5 抽样..... 2

6 标识..... 3

7 试验..... 3

8 合格判断..... 4

9 严重外观缺陷..... 5

10 报告..... 5

11 重新测试..... 6

12 试验项目..... 6

# 前 言

NB/T 42104 《地面用晶体硅光伏组件环境适应性测试要求》分为 4 个部分：

- 第 1 部分：一般气候条件；
- 第 2 部分：干热气候条件；
- 第 3 部分：湿热气候条件；
- 第 4 部分：高原气候条件。

本部分为 NB/T 42104 的第 2 部分：干热气候条件。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本部分由中国电器工业协会提出并归口。

本部分起草单位：中国质量认证中心、机械工业北京电工技术经济研究所、中检集团南方电子产品测试（深圳）股份有限公司、南京中认南信检测技术有限公司、上海市质量监督检验技术研究院、特变电工新疆新能源股份有限公司、西安普瑞新特能源有限公司、常熟阿特斯阳光电力科技有限公司、中国科学院电工研究所、东方日升新能源股份有限公司、中利腾晖光伏科技有限公司。

本部分主要起草人：邢合萍、康巍、果岩、王健全、梁韬、刘媛媛、李松丽、刘海涛、王宾、郭庆、李长龙、陈光远、许涛、郭素琴、杨淑波、陈杰。

# 地面用晶体硅光伏组件环境适应性测试要求

## 第 2 部分：干热气候条件

### 1 范围

本部分规定了在干热气候条件下安装、使用的光伏组件的测试要求。

本部分适用于安装和使用在干热气候条件下的地面用晶体硅光伏组件。

### 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 2423.37—2006 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法试验 L：沙尘试验

GB/T 4797.1—2005 电工电子产品自然环境条件温度和湿度

GB/T 6495.3 光伏器件 第 3 部分：地面用光伏器件的测量原理及标准光谱辐照度数据

GB/T 17045 电击防护装置和设备的通用部分

GB/T 27025 检测和校准实验室能力的通用要求

IEC 60410—1973 周期检查计数抽样程序及抽样表 (Sampling Plans and Procedures for Inspection by Attributes)

IEC 60904-1 光伏器件 第 1 部分：光伏电流—电压特性的测量 (Photovoltaic Devices-Part 1: Measurements of Photovoltaic Current-voltage Characteristics)

IEC 60904-2 光伏器件 第 2 部分：标准太阳电池的要求 (Photovoltaic Devices-Part 2: Requirements for Reference Solar Cells)

IEC 60904-6 光伏器件 第 6 部分：标准太阳电池组件的技术要求 (Photovoltaic Devices-Part 6: Requirements for Reference Solar Modules)

IEC 60904-9 光伏器件 第 9 部分：太阳模拟器性能要求 (Photovoltaic devices-Part 9: Solar simulator performance requirements)

IEC 60904-10 光伏器件 第 10 部分：线性测量方法 (Photovoltaic Devices-Part 10: Methods of Linearity Measurements)

IEC 61215: 2005 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]

IEC 61701: 2011 光伏组件盐雾腐蚀试验 [Salt mist corrosion testing of photovoltaic (PV) modules]

IEC 61730-1: 2013 光伏 (PV) 组件安全鉴定 第 1 部分：结构要求 [Photovoltaic (PV) module safety qualification Part 1-Requirements for construction]

IEC 61730-2: 2012 光伏 (PV) 组件安全鉴定 第 2 部分：试验要求 [Photovoltaic (PV) module safety qualification Part 2-Requirements for testing]

IEC 61853-1 光伏组件的性能试验和能量标定 第 1 部分：辐照度、温度性能测量和额定功率 [Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating-Part 1: Irradiance and temperature performance measurements and power rating]

IEC 61853-2 光伏组件的性能试验和能量标定 第 2 部分：光谱响应度、入射角和组件工作温度



的测量 [Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating-Part 2: Spectral responsivity, incidence angle and module operating temperature measurements]

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**气候条件 climatic condition**

自然界中与气候相关的环境条件，由温度、湿度、气压、太阳辐射和降水（雨、雪、雹等）等条件构成。

#### 3.2

**干热气候 hot-dry climate**

温度和湿度的日平均值的年极值的平均值（见 GB/T 4797.1—2005）为低温 $-15^{\circ}\text{C}$ 、高温 $35^{\circ}\text{C}$ ，最大绝对湿度 $13\text{g}/\text{m}^3$ 的气候。干热气候的特点是一般水面年蒸发量超过降水量（ $V>N$ ），晴天多，阳光强，干燥，夏季热，昼夜温差大，风沙多等。

注：中国的西北、华北的部分地区（新疆、内蒙古、甘肃等地）属于典型的干热气候。

#### 3.3

**标准试验条件 standard test condition; STC**

辐照度 $1000\text{ W}/\text{m}^2$ ， $25^{\circ}\text{C}$ 电池温度，符合 GB/T 6495.3 的标准太阳光谱辐照度分布。

#### 3.4

**电致发光 electroluminescent**

简称 EL，是通过加在两电极的电压产生电场，被电场激发的电子碰击发光中心，使电子在能级间跃进、变化、复合，从而导致发光的一种物理现象。

### 4 应用等级

#### 4.1 概述

光伏组件可以有多种不同的应用方式，因此对光伏组件的构造以及在这些应用条件下的潜在危险进行评估是很重要的。满足相关的安全要求和必要的试验，以验证组件是否符合不同应用等级的要求。本章定义了这些应用等级以及用于每个应用等级的结构特性。

#### 4.2 A 级：公众可接近的、危险电压、危险功率条件下的应用等级

通过本应用等级鉴定的组件可使用在公众可接触到的、大于直流 $50\text{V}$ 或 $240\text{W}$ 以上的系统中。通过 IEC 61730-1: 2013 和本应用等级鉴定的组件满足安全等级 II 的要求。

#### 4.3 B 级：限制公众接近的、危险电压、危险功率条件下的应用等级

通过本应用等级鉴定的组件可使用在通过围栏、特定区域或其他措施来限制公众接近的系统中。通过本应用等级鉴定的组件只提供了基本的绝缘保护，满足安全等级 0 的要求。

#### 4.4 C 级：使用在限定电压、限定功率条件下的应用等级

通过本等级鉴定的组件只使用在公众可接触的、低于直流 $50\text{V}$ 和 $240\text{W}$ 的系统中。通过 IEC 61730-1: 2013 和本部分应用等级鉴定的组件满足安全等级 III 的要求。

注：在 GB/T 17045 中定义了安全等级。

### 5 抽样

从同一批或几批产品中，按 IEC 60410: 1973 规定的方法随机地抽取 8 个样品（如需要可增加备份）组件及测试所必须的配件若干。这些组件应由符合相应图纸和工艺要求规定的材料和元器件制成，并经过制造商常规检测、质量控制与产品验收程序。组件应该是完整的，附带制造商的贮运、安

装和电路连接指示，包括系统最大允许电压。

如果试验序列中包含旁路二极管热性能试验，且不能接触到标准组件中的旁路二极管，应准备一个特殊的样品进行试验。旁路二极管的安装应与在标准组件中的安装方式相同，并按照旁路二极管热性能试验对应条款的要求将温度传感器安装在二极管上。该样品不需要进行图 1 所示程序的其他试验。

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

## 6 标识

### 6.1 铭牌

每个组件都应有下列清晰而且擦不掉的标志：

- 制造商的名称、标志或符号，产品名称；
- 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，或可由产品序号溯源。

注：应使用规范简体中文及国际通用符号。

6.2 以下附加标识应包含在组件上或使用说明书和安装资料中。所有的电性能数据应为标准试验条件（STC，详见 3.3）下的数据。

- 组件开路电压（ $V_{oc}$ ）；
- 组件短路电流（ $I_{sc}$ ）；
- 组件最大功率（ $P_{max}$ ）；
- 最大过载保护电流值；
- 推荐的最大串联组件数量和并联组件数量；
- 产品应用等级。

6.3 仅适合于组件现场安装的电连接器应标明“有负载时不能断开”。

6.4 对于开路电压超过 50V 的组件，和/或系统最大额定电压超过 50V 的组件，在组件连接装置附近应有醒目的“触电危险”的警告标志。

## 7 试验

在开始试验之前，要将所有组件，包括控制件，放置在自然光或模拟太阳光下经受  $20 \text{ kWh/m}^2$  辐照量的照射。如果辐照量超出  $20 \text{ kWh/m}^2$ ，在报告中应注明实际的辐照量。

预处理试验期间，组件应连接负载，使组件状态保持在 STC 下最大功率点附近工作。

如果预处理试验在自然光下进行，仅辐照度大于  $500 \text{ W/m}^2$  时才记入累积辐照量。

如果预处理试验在太阳光模拟器下进行，辐照度应保持在  $800 \text{ W/m}^2 \sim 1000 \text{ W/m}^2$  状态，组件温度范围控制在  $50^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ 。

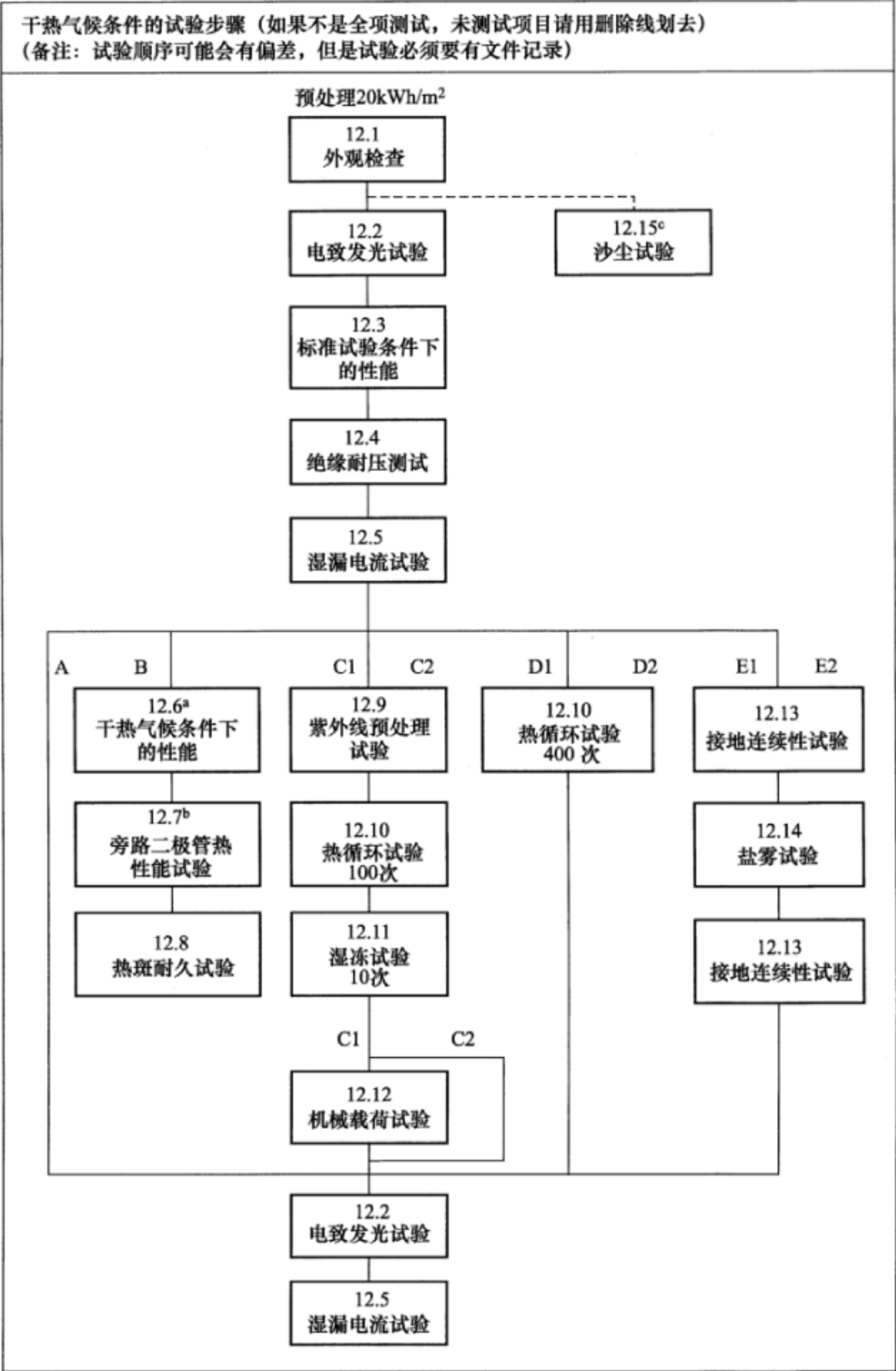
把组件分组，并按图 1 所示的顺序依次进行试验。图 1 中每个方框对应本标准的一条。具体的试验方法和要求，包括所需要进行的初始和最终的测试，详见第 11 章。

其他气候条件下的试验分组和顺序见对应规范要求。

在试验中，操作者应严格遵照制造商关于组件的贮运、安装和连接的要求。

注 1：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时，下一个试验的初始测试可省略。

注 2：本规范的试验要求是作为干热气候条件下鉴定的最低要求。如果实验室和组件制造商同意，可以按其他气候条件或更高的要求进行试验。



说明：

<sup>a</sup> 如果组件已按照 IEC 61853-1 或 IEC 61853-2 完成相关试验，可在报告中引用其试验结果，不需重复测试。

<sup>b</sup> 如果在标准组件中旁路二极管无法触及，可定制一块组件专用于旁路二极管试验（见 12.7），使旁路二极管可在试验中被测量。本组件仅完成旁路二极管试验和前后基础试验。

<sup>c</sup> 可根据干热气候的当地环境特征，增加沙尘试验。

图 1 干热气候条件下晶体硅光伏组件环境适应性的试验程序

8 合格判断

如果每个试验样品达到下列各项判据，则认为该组件设计通过了该气候条件下的环境适应性测试。

- a) 在标准试验条件下，组件的最大输出功率在每个单项试验后和每组序列试验后变化均不能超过 5%；



- b) 在试验过程中, 无组件呈现断路现象;
- c) 无第 9 章中定义的任何严重外观缺陷;
- d) 试验完成后满足绝缘试验要求;
- e) 每组试验开始时和结束时, 满足湿漏电流试验的要求;
- f) 满足单个试验的特殊要求。

如果两个或两个以上组件达不到上述判据, 则该组件达不到该气候条件下的环境适应性测试要求。如果一个组件未通过任一项试验, 取另外两个满足第 5 章抽样要求的组件从初始进行相关试验程序的全部试验。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, 则该组件达到该气候条件下的环境适应性测试要求。

## 9 严重外观缺陷

对设计鉴定和定型, 下列缺陷是严重的外观缺陷:

- a) 破碎、开裂或外表面脱附, 包括上层、下层、边框和接线盒;
- b) 弯曲、不规整的外表面, 包括上层、下层、边框和接线盒的不规整以至于影响到组件的安装和/或运行;
- c) 单体电池破损或开裂, 造成该电池超过 10% 的区域失效;
- d) 在组件的边缘和任何一部分电路之间形成连续的气泡或脱层通道;
- e) 丧失机械完整性, 导致组件的安装和/或工作都受到影响;
- f) 在任何一层中, 组件电路或单个电池超过 10% 的电路, 发生失效或可见的腐蚀;
- g) 任何部分短路;
- h) 树脂材料表面变黏;
- i) 带电部分裸露;
- j) 密封材料、背板、表面、二极管或任何组件部分出现任何熔化或烧坏的痕迹;
- k) 组件未按照第 6 章要求完成标识, 或标识在任意试验后脱落或信息不可读。

## 10 报告

通过试验后, 检测机构应按照 GB/T 27025 给出正式的鉴定试验报告, 该报告应包含被测的性能参数、试验失败以及再次试验的详细情况。所有的证书或测试报告应至少包含下列信息:

- a) 标题;
- b) 试验室名称、地址以及试验进行地点;
- c) 每份证书、报告及报告中的每一页都应有唯一的标示;
- d) 客户的名称和地址 (如适用);
- e) 试验项目的说明和代号;
- f) 试验项目的特征和条件;
- g) 试验样品的收到日期及试验日期 (如适用);
- h) 所用试验方法的代号;
- i) 抽样程序参照的标准 (如相关);
- j) 对试验方法的任何改动、添加或删除, 以及其他的与特定试验相关的任何信息 (例如环境条件);
- k) 用表格、曲线、图或照片等适当方式表述的测量、检查和导出的结果, 包括干热气候条件下的功率, 热斑耐久试验中观测到的被遮挡电池的最大温度, 用于紫外线预处理试验的灯的光谱, 机械载荷试验的安装方式、表面和背面的压强, 初始和最终电致发光试验图片, 所有试验后的功率变化, 任何失败的发生均应在报告中记录;



- l) 试验结果误差估计的表述（如相关）；
- m) 对证书或报告内容负责的责任人的签名、头衔或等同的标识、签署日期；
- n) 表述的试验结果仅适用于所测样品（如相关）；
- o) 声明未经试验室的书面许可，证书或报告不允许被部分复制；
- p) 试验室制造商应保存本报告的副本以备参考。

11 重新测试

在组件的设计、材料、元器件或工艺作任何改变时，可能需要重新进行部分或全部试验来确保测试结论的有效性。

12 试验项目

12.1 外观检查

本试验同 IEC 61215：2005 的 10.1，无内容变更。

12.2 电致发光试验

12.2.1 目的

核查组件隐裂状况，比对试验前后隐裂变化，结合试验结果进行分析。

12.2.2 试验步骤

将被测组件放置在暗室中，用直流电源的正极与光伏组件的正极连接，负极与负极连接，向光伏组件分别通入不超过组件 1 倍和 0.1 倍  $I_{sc}$ （短路电流）大小的反向电流，利用红外相机拍摄组件的照片。

12.3 标准试验条件下的性能

本试验同 IEC 61215：2005 的 10.6，无内容变更。

12.4 电气间隙、爬电距离测量和绝缘耐压试验

12.4.1 电气间隙、爬电距离测量

无绝缘的不同电位带电体之间以及带电体和与可接触的金属部件之间的爬电距离和电气间隙不允许小于表 1 和表 2 的规定。

表 1 现场接线端子之间可接受的最小爬电距离

电压 V	最小爬电距离 mm
0~50	6.5
51~300	9.5
301~600	12.5
601~1000	16
1001~1500	25

表 2 内部带电体与可接触点之间可接受的最小电气间隙

最大系统电压 V	最小电气间隙 mm		
	应用等级 C 级	应用等级 B 级	应用等级 A 级
0~50	2	2	2
51~300	—	3.2	6.4
301~600	—	3.2	6.4
601~1000	—	4.2	8.4
1001~1500	—	8	11

这些要求不适用于组件内部带电部件之间的距离，组件内部带电部件之间的距离应满足部件相关要求。这些要求也不适用于固体绝缘材料，材料的绝缘特性可以利用局部放电试验进行验证。

现场组件接线端子的爬电距离和电气间隙用组件的开路电压（ $V_{oc}$ ）来判定。如果在端子排上有未标识的接线端子，或有专门标识的接地端子，爬电距离和电气间隙将根据最大系统电压来判定。

注 1：光伏组件中的封装材料也会吸湿，封装过程也不保证会形成完全密封。因此，规定的爬电距离和电气间隙是基于条件：污染度 2 级、材料等级 IIIa 和 IIIb、应用等级 A、脉冲电压 8kV。小数尾数采用进位法以得到偏于安全的数值。

注 2：如果产品爬电距离和电气间隙不符合表 1 和表 2 中要求，须根据对应使用环境、系统电压和海拔补充绝缘耐压试验和脉冲电压试验。

现场接线端子的爬电距离和电气间隙应在有导线连接和没有导线连接两种情况下测量。导线应按实际应用时的方式进行连接。如果端子能适配，产品也没有标注使用限制，所用导线的线规应比要求的大一号，否则，导线用要求的线规。

在决定爬电距离时，不大于 0.4mm 的间隙的表面之间被认为是相互接触的。

12.4.2 绝缘耐压试验

本试验同 IEC 61730-2—2012 的 10.3，无内容变更。

12.5 湿漏电流试验

本试验同 IEC 61215：2005 的 10.15，无内容变更。

12.6 干热气候条件下的性能

12.6.1 目的

在干热气候条件（1100W/m<sup>2</sup>，75℃电池温度，GB/T 6495.3 的标准太阳光谱辐照分布）下确定组件随负荷变化的电性能。

12.6.2 试验仪器

- a) 能够满足辐照度 1100W/m<sup>2</sup> 的光源（符合 IEC 60904-9 要求的 B 级或更优的太阳模拟器或自然光）；依据 IEC 60904-10 的要求，应不影响相对光谱辐照度的分布及空间均匀性。
- b) 符合 IEC 60904-2 或 IEC 60904-6 要求的标准光伏器件。如果使用 B 级模拟器，标准光伏器件应为标准光伏组件，该组件应采用与测试样品同样的制造技术（使光谱响应匹配）并且尺寸相同。
- c) 合适的支架，用于使测试样品和标准器件在与入射光线垂直的同一平面内。
- d) 监测测试样品和标准器件温度的装置，要求温度准确度为±1℃，重复性为±0.5℃。
- e) 测量测试样品和标准器件电流的仪器，准确度为读数±0.2%。

- f) 测量测试样品和标准器件电压的仪器，准确度为读数±0.2%。
- g) 能将测试样品温度设定到 75℃±2℃温度的设备。

12.6.3 试验步骤

依据 IEC 60904-1 的规定，在 75℃±1℃电池温度和 1100W/m<sup>2</sup> 辐照度（用适当的标准器件测定）的自然光或符合 IEC 60904-9 要求的 B 级或更优模拟器下，测量组件的电流—电压特性。

12.7 旁路二极管热性能试验

同 IEC 61215: 2005 的 10.18。其中，10.18.3 试验步骤 e) 和 f) 中“标准试验条件下的短路电流”变更为“标准试验条件下的短路电流的 1.1 倍”。

12.8 热斑耐久试验

12.8.1 目的

确定组件承受热斑加热效应的能力，如这种效应可能导致焊接熔化或封装退化。电池不匹配或裂纹、内部连接失效、局部被遮光或弄脏均会引起这种缺陷。虽然本试验中绝对温度和相对功率损耗是不标准的，但是可利用最严峻的热斑发生情况来确保产品设计的安全性。

12.8.2 热斑效应

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

如果功率消耗达到一定程度或者集中在某一位置，理论上电池或组串过热能够导致焊接材料融化、封装材料失效、表面和/或背面的玻璃材料破裂等缺陷情况。正确的使用旁路二极管能够在一定程度上预防热斑效应导致的失效情况发生。

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 3 所示的“试验界限区”的交点，把电池分成电压限制型（A 类）或电流限制型（B 类）两类。两种类别的电池均可以承受热斑效应的发生。

图 2 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的相交处。图 2 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 2 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消耗功率。

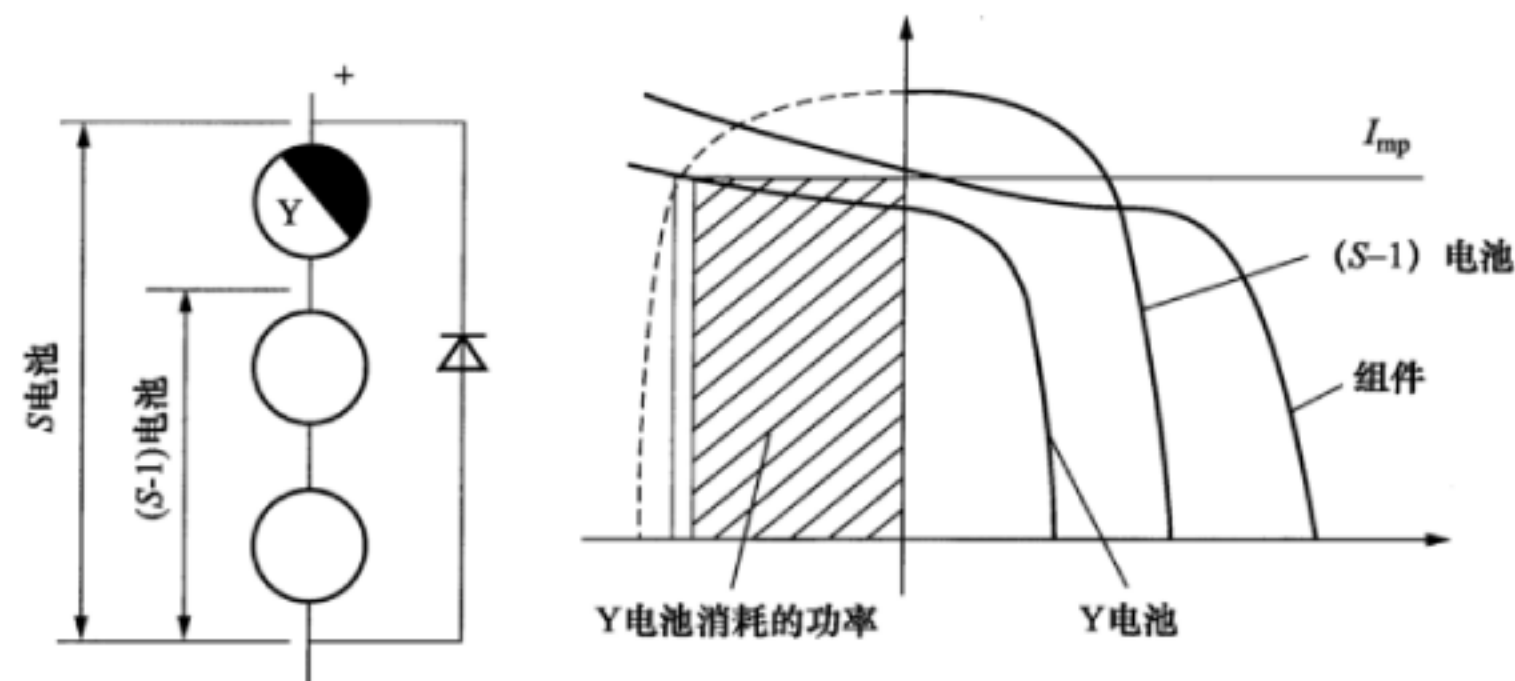


图 2 A 类电池的热斑效应



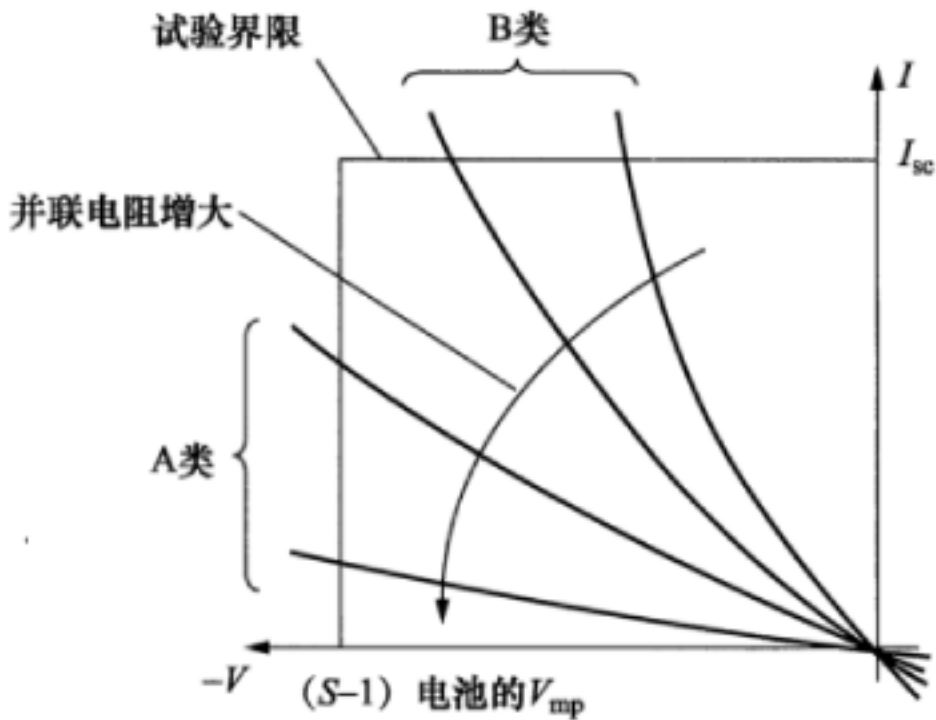


图3 反向特性

作为对比，图 4 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，此时消耗功率可能仅是组件总有效功率的一部分。

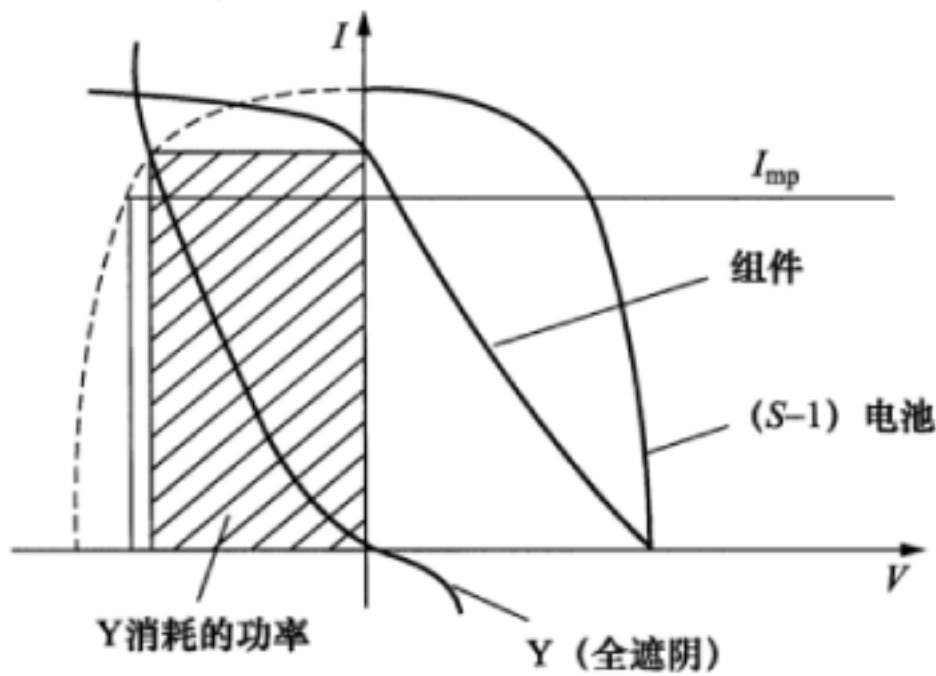


图4 B 类电池的热斑效应

12.8.3 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（Case S）：S 个电池呈单串串联连接（图 2）；

并联—串联连接方式（Case PS）：一个串联电路有 S 个串联区域，每一个区域包含 P 片电池并联（图 5）；

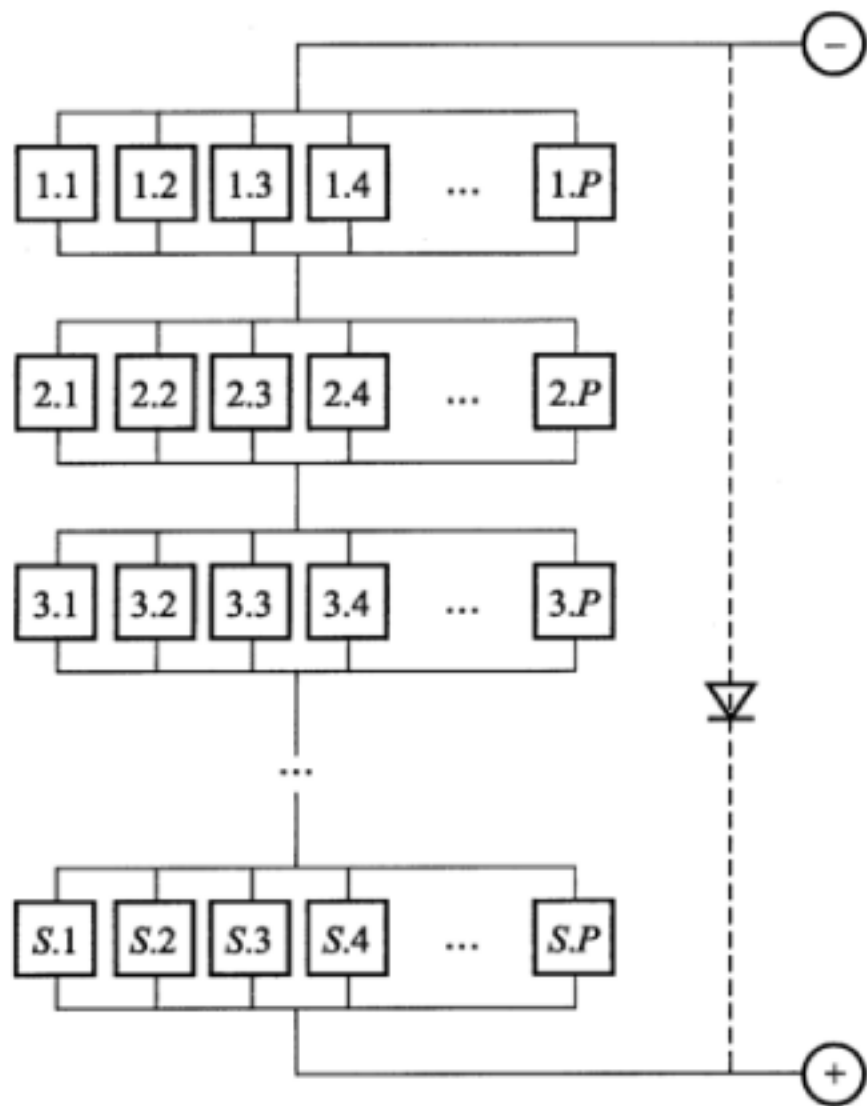


图5 并联—串联连接方式

串联—并联连接方式 (Case SP): 一个并联电路有  $P$  个并联区域, 每一个区域包含  $S$  片电池串联 (图 6)。

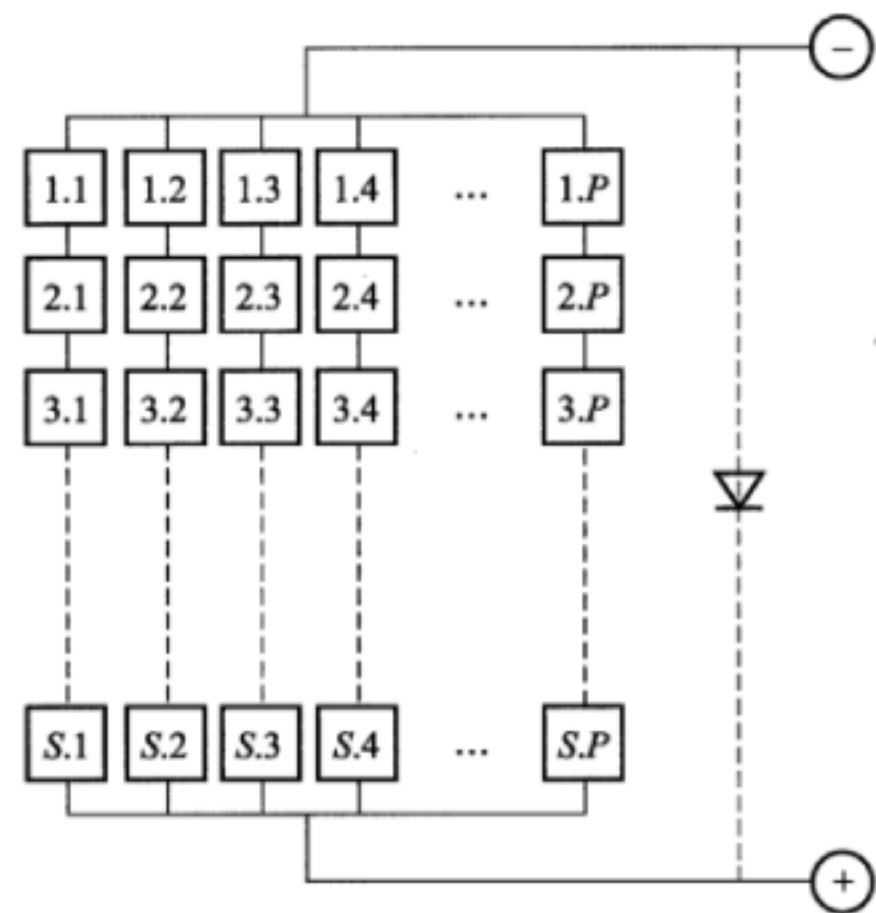


图 6 串联—并联连接方式

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。

注: 当保护电路元件二极管被短路时, 其内部消耗的功率最大, 此时通常伴随整个组件被短路。如果组件无旁路二极管, 则应检查制造商的指南, 在安装旁路二极管前是否推荐有可串联使用的最大组件数量。如果推荐的可串联使用的最大组件数量大于 1, 则本部分后续试验应该采用推荐的串联组件来进行, 在这种情况下, 在曝晒过程中, 应将提供功率电流设定在  $I_{mp}$ 。

12.8.4 试验仪器

- a) 辐射源: 自然阳光, 或依据 IEC 60904-9 标准不低于 BBC 等级的辐照度能达到  $1100\text{W/m}^2 \pm 10\%$  的稳态太阳光模拟器;
- b) 组件  $I$ - $V$  曲线测试仪;
- c) 电流测试设备;
- d) 在试验太阳电池被遮光的情况下, 被遮光增量为 5% 一组的不透明盖板;
- e) 一个适当的温度检测器用于测量和记录组件温度 (可以是红外热成像仪);
- f) 用于记录辐照等级、辐照度和环境温度的设备;
- g) 依据 IEC 60904-9 标准, 不低于 BBB 等级的, 辐照度范围  $800\text{W/m}^2 \sim 1100\text{W/m}^2$  的脉冲式太阳光模拟器。

12.8.5 试验步骤

在试验前应安装制造商推荐的热斑保护装置。

- a) 采用下述方式之一, 将组件置于辐照度  $800\text{W/m}^2 \sim 1100\text{W/m}^2$  的光源下照射。
  - 脉冲式太阳光模拟器: 在该模拟器下被测组件温度能够接近室温  $25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 。
  - 稳态太阳光模拟器: 在该模拟器下测试, 开始测试之前, 组件温度必须稳定在  $\pm 5^\circ\text{C}$  以内。
  - 自然阳光: 在该条件下测试, 开始测试之前, 组件温度必须稳定在  $\pm 5^\circ\text{C}$  以内。
- b) 依次完全遮挡每一块电池片, 测试组件的  $I$ - $V$  曲线并且拟合在一张曲线图内, 如图 7 所示。
- c) 选取一块靠近边缘的, 有着最低并联电阻和最大漏电流的电池片。
- d) 除 c) 中挑选的电池片以外, 再选取两片有着最小并联电阻和最大漏电流的电池片。
- e) 选出具有最高并联电阻的电池片。

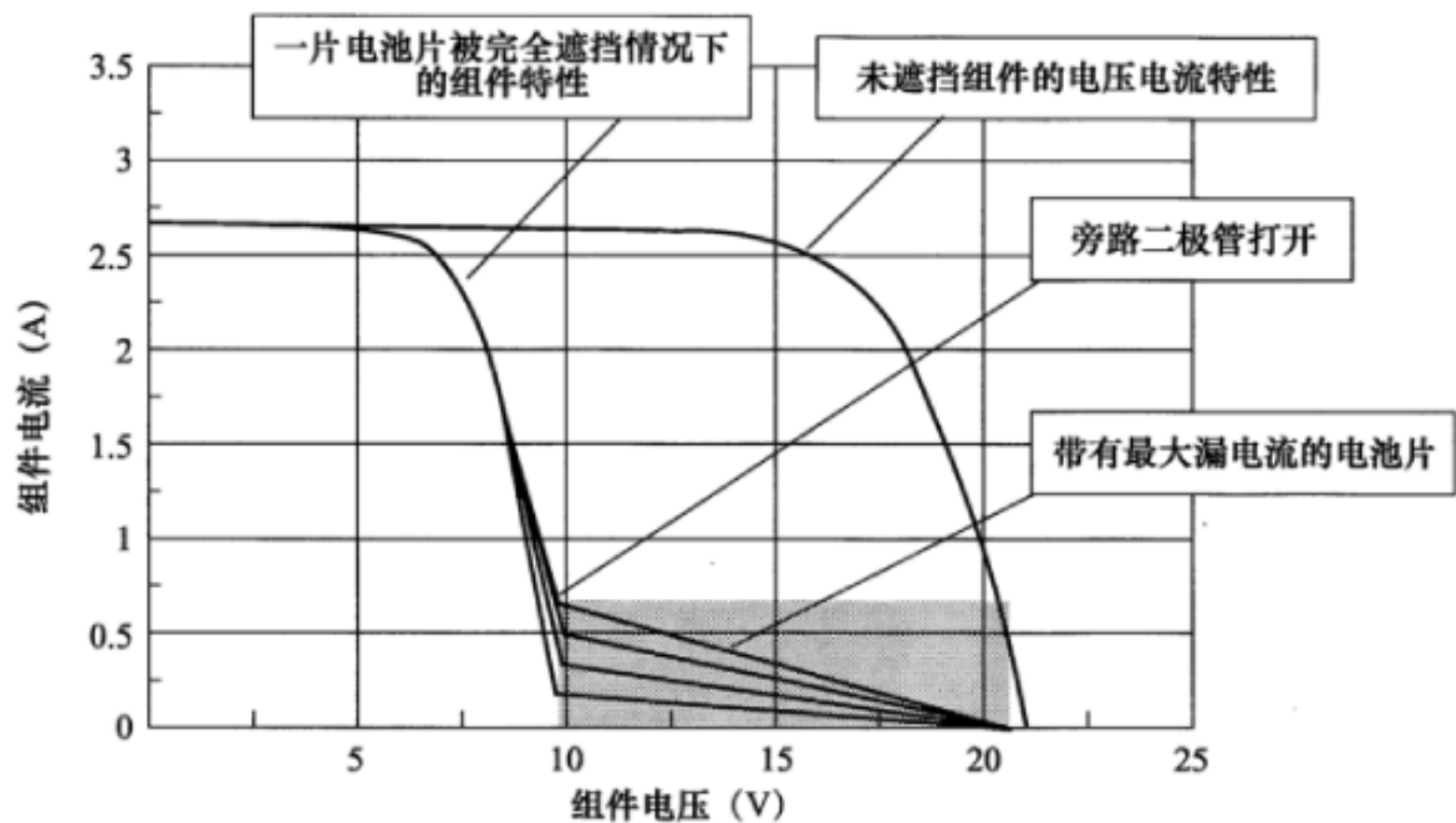


图 7 不同电池片被完全遮挡情况下的组件  $I$ - $V$  特性

- f) 对选取的每一个电池片，采用下述方法之一，确定最坏的遮挡情况。
- 1) 如果组件中电池的电路连接为可接入式：则将组件短路，将电流测量设备接入组件内部电路，测量所选取的电池片所在电池串的电值。按步骤 a) 的方法将组件放置于稳定的辐照条件下。依次遮挡选取的每一个电池片，遮挡每个电池片时，应通过逐步改变电池片遮挡面积来确定被遮光电池的电流等于步骤 a) 中未遮光条件下的  $I_{mp1}$  时的遮挡情况。此时，该电池片处于最坏的遮挡条件。
  - 2) 如果组件中电池的电路连接为不可接入式：可对选取的每一片电池遮挡不同的面积，测量该电池在不同的遮光面积下的一组  $I$ - $V$  曲线（如图 8 所示）。当电池被遮挡时组件  $I$ - $V$  曲线的最大功率点电流（在此处旁路二极管导通）与步骤 a) 中最初未遮挡条件下组件的  $I_{mp1}$  相等时（图 8 中的曲线 c），该电池达到最坏的遮挡条件。
  - 3) 依次完全遮挡选取的每一片电池，采用红外热像仪测量该电池温度。以电池面积的 10% 逐步减小遮挡面积。如果电池温度降低，则电池片全部遮挡是最坏的遮挡条件；如果电池片温度升高或保持不变，则继续减少遮挡面积直到电池片温度出现降低，此时返回前一次的遮挡条件，以该条件作为该电池片的最坏遮挡条件。

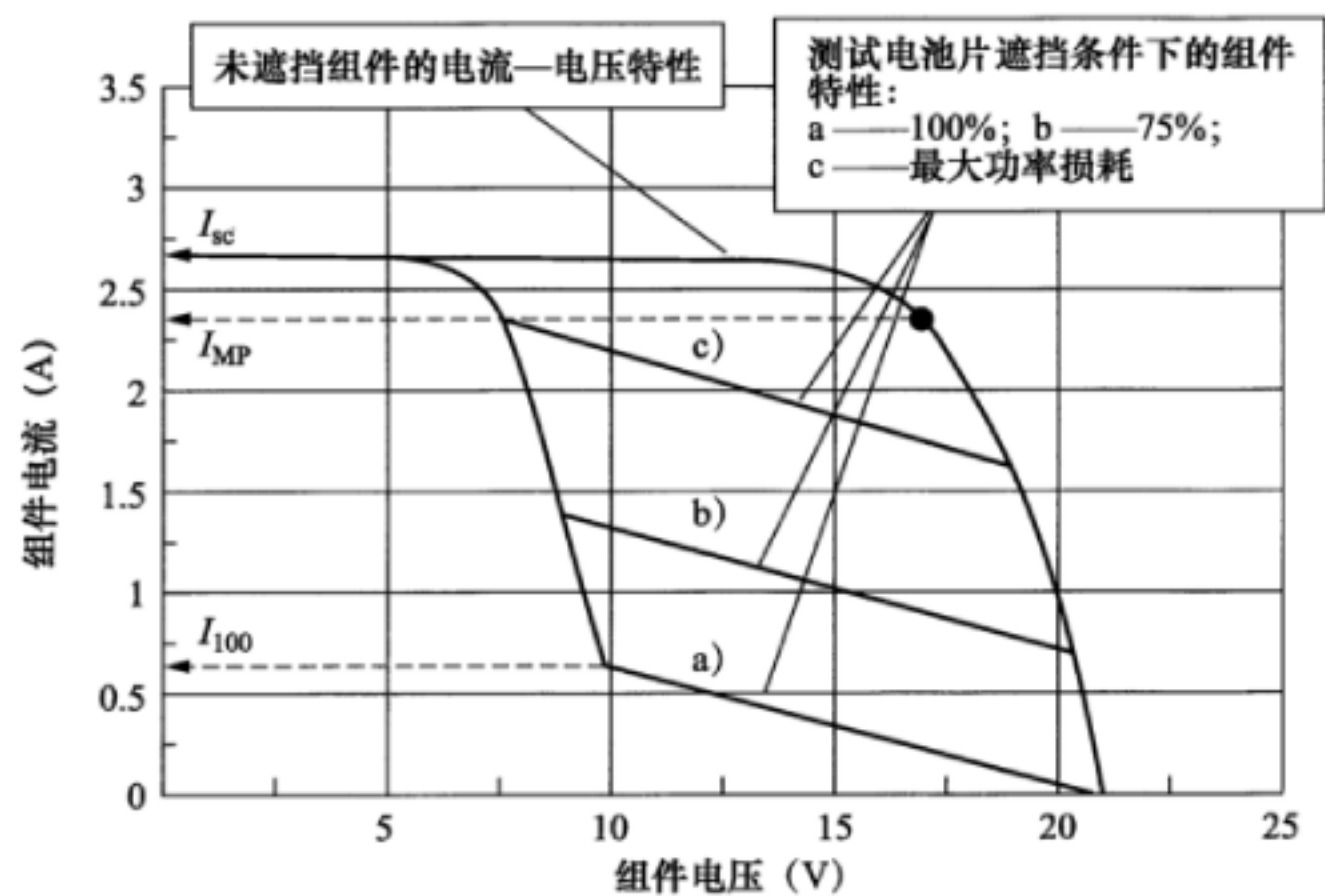


图 8 测试电池片在不同遮挡程度下组件的  $I$ - $V$  特性

- 注：对于组件中电池片为串联—并联情况，如果当选取电池片被完全遮挡情况下，旁路二极管没有导通，则最坏的热斑条件就是完全遮挡该电池片。如果当选取电池片被完全遮挡情况下，旁路二极管导通，使用上述第二种或第三种方法确定最坏遮挡条件。
- g) 选取步骤 c) 中的电池片。当全部遮挡该电池片时，使用红外热像仪确定电池片中最热的位



置。按照步骤 f) 的方法确定该电池片的最坏遮挡条件。将组件短路, 确保电池片最热的位置处于辐照区域内。

h) 在  $1100\text{W}/\text{m}^2 \pm 10\%$  辐照度下曝晒组件, 使组件温度保持在  $50^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$  范围内。

i) 保持完全曝晒状态持续 1h。

j) 针对在 d) 中选取的另外两片电池, 重复步骤 f) 至步骤 i)。

k) 对于步骤 e) 中选取的电池片, 重复步骤 f) 至步骤 i)。

注: 在该实验条件下保持辐照曝晒 1h, 如果在 1h 之后被遮挡电池的温度继续升高, 则继续在该辐照度下曝晒组件直到总曝晒时间达到 5h。

## 12.8.6 最后测试

重复试验 12.1~12.3 和 12.15。

## 12.8.7 试验要求

应满足下列要求:

- 无第 9 章中规定的严重外观缺陷; 特别应注意检查有无焊料融化, 外壳开裂, 分层, 灼烧等现象。如果电池片外观出现缺陷, 但未达到严重外观缺陷的程度, 则应在另外两个电池片上重复试验。如果这两个电池片在试验后没有出现外观缺陷, 则认定该组件通过热斑试验。
- 最大输出功率的变化应不超过试验前测试值的 5%。
- 绝缘电阻应满足初始试验的相同要求。
- 湿漏电流试验应满足初始试验的相同要求。

## 12.9 紫外线预处理试验

### 12.9.1 试验目的

同 IEC 61215: 2005 的 10.10.1, 无内容变更。

### 12.9.2 试验仪器

同 IEC 61215: 2005 的 10.10.2, 无内容变更。

### 12.9.3 试验步骤

- a) 使用已校准的辐射仪, 测量组件的试验平面上的辐照度, 确保波长在  $280\text{nm} \sim 400\text{nm}$  的辐照度不超过  $250\text{W}/\text{m}^2$  (约等于 5 倍的自然光水平), 且在整个测量平面上的辐照度均匀性不超过  $\pm 15\%$ 。
- b) 将组件与负载连接, 使组件能够保持在最大功率点附近工作。将组件安装至在步骤 a) 中测量平面上所选择的符合要求的区域, 与紫外光线相垂直。保证组件温度在试验期间为  $80^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 。
- c) 使组件累积经受波长范围在  $280\text{nm} \sim 400\text{nm}$  的紫外线辐射总量为  $15\text{kWh}/\text{m}^2$ , 其中波长为  $280\text{nm} \sim 320\text{nm}$  的紫外线辐射量为总辐射量的  $3\% \sim 10\%$ , 在试验过程中将组件温度维持在前面规定的范围内。

### 12.9.4 最后测试

重复试验 12.1~12.3 和 12.15。

### 12.9.5 试验要求

应满足下列要求:

- 无第 9 章中规定的严重外观缺陷；
- 最大输出功率的变化应不超过试验前测试值的 5%；
- 绝缘电阻应满足初始试验的相同要求；
- 湿漏电流试验应满足初始试验的相同要求。

12.10 热循环试验

12.10.1 试验目的

同 IEC 61215: 2005 的 10.11.1, 无内容变更。

12.10.2 试验仪器

同 IEC 61215: 2005 的 10.11.2, 无内容变更。

12.10.3 试验步骤

- a) 在室温下将组件装入气候室。如组件的边框导电不好, 则将其安装在一金属框架上来模拟敞开支承架。
- b) 将温度传感器接到温度监测仪上, 将组件的正极引出端接到提供电流的仪器的正极, 负极连接到其负极。在 400 次热循环试验中, 在组件温度超过 25℃时, 保持对组件施加等于 STC 最大功率点电流±2%大小的电流, 其他时候电流应降至不超过  $1\% \cdot I_{mp}$ 。对于 100 次的热循环试验, 仅施加电流不超过  $1\% \cdot I_{mp}$ 。
- c) 关闭气候室, 一般气候条件下的热循环试验按图 9 的轮廓, 使组件的温度为  $-40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  和  $+90^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  之间循环。最高和最低温度之间温度变化的速率不超过  $100^{\circ}\text{C}/\text{h}$ , 并且组件温度在每个极端温度下应保持稳定至少 30min。除非组件的热容量很大需要更长的循环时间外, 一次循环时间不超过 6h, 循环的次数见图 1 相应的方框。

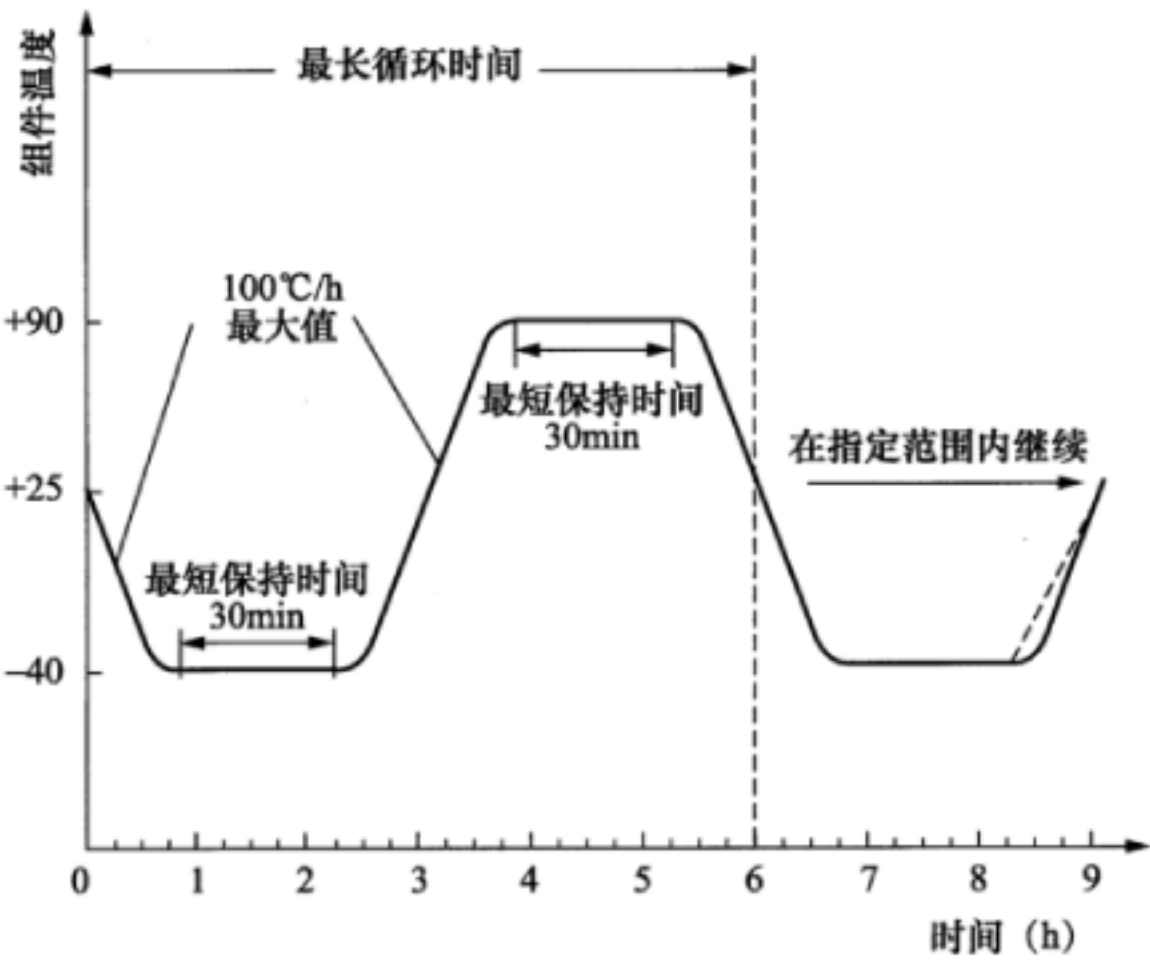


图 9 干热气候条件热循环试验

- d) 在整个试验过程中, 记录组件的温度, 并监测通过组件的电流。
- 注: 有并联电路的组件, 如果其中一路断开, 会引起电压或电流的不连续, 但不会导致其为零。

12.10.4 最后测试

在恢复至少 1h 之后, 重复试验 12.1~12.3 和 12.15。

12.10.5 试验要求

- 应满足下列要求：
- 在试验过程中无电流中断现象；
  - 无第 9 章中规定的严重外观缺陷；
  - 最大输出功率的变化应不超过试验前测试值的 5%；
  - 绝缘电阻应满足初始试验的相同要求；
  - 湿漏电流试验应满足初始试验的相同要求。

12.11 湿冻试验

12.11.1 试验目的

同 IEC 61215: 2005 的 10.12.1，无内容变更。

12.11.2 试验仪器

同 IEC 61215: 2005 的 10.12.2，无内容变更。

12.11.3 试验步骤

- a) 将温度传感器置于组件中部的上表面或下表面。
- b) 在室温下将组件装入气候室。
- c) 将温度传感器接到温度监测仪上，将组件的正极引出端接到提供电流的仪器的正极，负极连接到其负极。在湿冻试验期间，对组件施加连续电流，且不大于  $0.5\%I_{mp}$ 。
- d) 关闭气候室，使组件完成如图 10 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。温度高于室温时，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，并监测通过组件的电流。

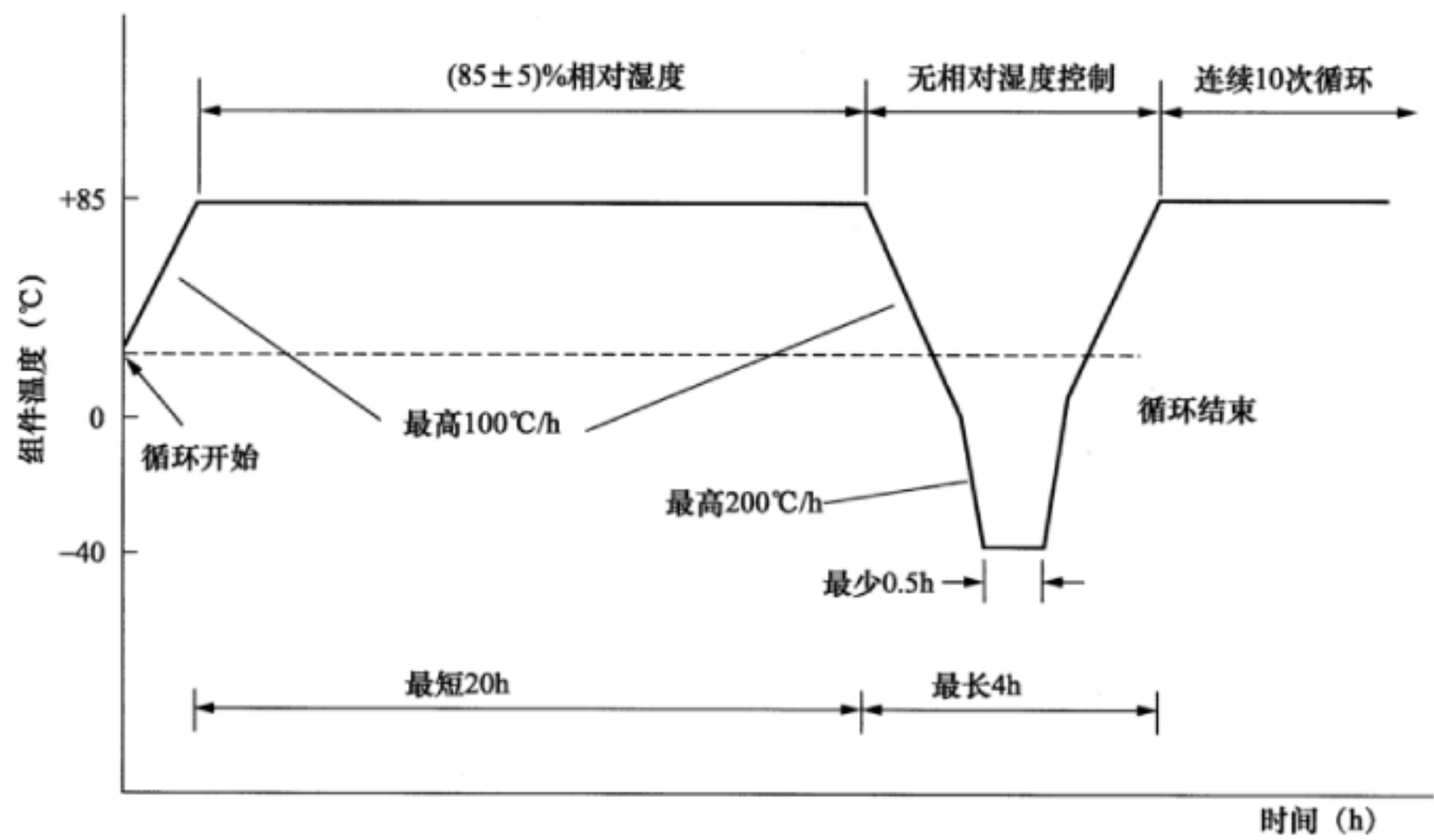


图 10 干热气候条件湿冻循环

12.11.4 最后测试

在 2h~4h 的恢复时间后，重复试验 12.1~12.3 和 12.15。



### 12.11.5 试验要求

应满足下列要求：

- 在试验过程中无电流中断现象；
- 无第 9 章中规定的严重外观缺陷；
- 最大输出功率的变化不应超过试验前测试值的 5%；
- 绝缘电阻应满足初始试验的相同要求；
- 湿漏电流试验应满足初始试验的相同要求。

### 12.12 机械载荷试验

同 IEC 61215: 2005 的 10.16。其中，10.16.3 试验步骤 e) 中循环次数由 3 次变更为 4 次。

注：若试验组件需具有承受冰和雪重压的能力，则在本试验中，每次循环加于组件前表面的负荷增至 5400Pa。

### 12.13 接地连续性试验

本试验同 IEC 61730-2: 2012 的 10.4，无内容变更。

### 12.14 盐雾试验

#### 12.14.1 试验步骤

同 IEC 61701: 2011 的第 4 章。

#### 12.14.2 试验要求

同 IEC 61701: 2011 的第 10 章。

### 12.15 沙尘试验

本试验同 GB/T 2423.37—2006 的 6.2，无内容变更。

---