

国际标准

IEC61730—2

光伏（PV）组件安全鉴定

第 2 部分：试验要求

光伏(PV)组件安全鉴定: 第2部分: 试验要求

前言

IEC 61730 由以下部分组成, 总标题为光伏(PV)组件安全鉴定:

第1部分: 结构要求

第2部分: 试验要求

1 范围

IEC 61730 的本部分规定了光伏组件的试验要求, 以使其在预期的使用期内提供安全的电气和机械运行。对由机械或外界环境影响造成的电击、火灾和人身伤害的保护措施进行评估。IEC 61730—1 给出了结构要求, 本部分给出了试验要求。

本部分尽可能详细说明光伏组件不同应用等级的基本要求, 但是不可能满足所有国家和地区的要求。本部分未涉及海上及交通工具应用时的特殊要求。本部分也不适用于集成了逆变器的组件(交流组件)。

本部分设计的试验顺序与 IEC 61215 或 IEC 61646 相一致, 所以一套样品可同时用于光伏组件设计的安全和性能评估。

本部分所设计的试验顺序使得 IEC 61215 或 IEC 61646 可作为基本的预处理试验。

注1: 本部分要求的试验顺序可能不适用于所有可能情况的光伏组件应用情况的相关安全。本部分标准采用了编辑本标准试验的最佳顺序。有一些出版物, 比如在高电压系统中由于组件破损而引起电击的潜在危险, 应标注有系统设计, 应用场所, 限制接近等级以及维护等。

本部分的目的是为已通过 IEC 61730—1 的光伏组件提供安全鉴定的试验要求。这些要求是为了减少由于组件应用等级误用、错误使用或内部元件碎裂而引起的火灾、电击和人身伤害。本部分规定了为提供组件基本安全试验要求和附加的试验。

测试范围包括外观检查、电击、火灾、机械应力和环境应力。

注2: 除本部分的要求外, 应考虑 ISO 相关的标准、国家和地区法规中另外的试验要求。这些法规对组件在当地的安装和使用具有管辖权。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款在本部分规定中引用。凡是注日期的引用文件, 只有相应的版本适合本部分。凡是不注日期的引用文件, 其最新的版本均适用于本部分。

IEC 60060—1、IEC 60068—1、IEC 60410、IEC 60664—1: 1992、IEC 60904—2、IEC 60904—6、IEC 61032: 1997、IEC 61140、IEC 61215: 2004、IEC 61646: 1996、IEC 61730—1: 2004、ISO/IEC 17025、ANSI/UL 514C、ANSI/UL 790、ANSI/UL 1703、ANSI Z97.1

3 应用等级

3.1 概述

光伏组件可以有許多不同的应用方式, 因此把评估在相应应用条件下的潜在危险与组件结构联系起来考虑是很重要的,

不同的应用等级应该满足与其相应的安全要求和进行必要的试验。本章定义了应用等级和对每个等级要求的结构特性。

光伏组件的应用等级定义如下:

3. 2 A 级：公众可接近的、危险电压、危险功率条件下应用

通过本等级鉴定的组件可用于公众可能接触的、大于直流 50V 或 240W 以上的系统。通过 IEC 61730—1 和本部分的本应用等级鉴定的组件满足安全等级 II 的要求。

3. 3 B 级：限制接近的、危险电压、危险功率条件下应用

通过本等级鉴定的组件可用于以围栏、特定区划或其他措施限制公众接近的系统。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。

3. 4 C 级：限定电压、限定功率条件下应用

通过本等级鉴定的组件只能用于公众有可能接触的、低于直流 50V 和 240W 的系统。通过 IEC 61730—1 和本部分等级鉴定的组件满足安全等级 III 的要求。

注：安全等级在 IEC 61140 中规定。

4 试验范围

4. 1 概述

以下危险可能影响组件的寿命和安全性能。依照这些危险，制定了相关的试验程序和标准。

注：组件安全试验标有 MST。

表 1 到表 6 给出了必需试验的汇总。对于一些试验，第三栏给出了试验的起始信息，但是具体的试验信息将在第 10 和 11 章提出。其他的试验基于或同于 IEC 61215/IEC 61646，涉及的相关条款在最后两栏中给出。IEC 61215/IEC 61646 中的一些基本试验在 IEC 61730 中细化，并包含在第 10 和 11 章。

4. 2 预处理试验

表 1 预处理试验

试验	标题	涉及标准	参考	
			IEC 61215	IEC 61646
MST 51	热循环（50 或 200 次循环）		10.11	10.11
MST 52	湿冻试验（10 次循环）		10.12	10.12
MST 53	湿热试验（1000 小时）		10.13	10.13
MST 54	紫外试验		10.10	10.10

4. 3 基本检查

表 2 基本检查试验

试验	标题	涉及标准	参考	
			IEC 61215	IEC 61646
MST 01	外观检查		10.1	10.1

4. 4 电击危害试验

这个试验的目的是使操作人员免于由于接触组件由于设计、结构或环境操作引起的错误而带电的部分引起的电击和人身伤害。

表 3 电击危害试验

试验	标题	涉及标准	参考	
			IEC 61215	IEC 61646
MST 11	无障碍试验	ANSI/UL 1703		
MST 12	剪切试验（对玻璃表面没有要求）	ANSI/UL 1703		
MST 13	接地连续性试验（金属边框要求）	ANSI/UL 1703		
MST 14	脉冲电压试验	IEC 60664—1		
MST 16	绝缘耐压试验		10. 3*	10. 3*
MST17	湿漏电流试验		10. 15	10. 20
MST 42	引出端强度试验		10. 14	10. 14

*通过/失败标准不同于 IEC 61215 和 IEC 61646

4. 5 火灾试验

这个试验用于评估组件由于操作或结构引起的潜在的火灾危险。

表 4 火灾试验

试验	标题	涉及标准	参考	
			IEC 61215	IEC 61646
MST 21	温度试验	ANSI/UL 1703		
MST 22	热斑试验		10. 9	10. 9
MST 23	防火试验	ANSI/UL 790		
MST25	旁路二极管热试验		10. 18	
MST 26	反向过电流试验	ANSI/UL 1703		

4. 6 机械压力试验

这个试验目的是使机械故障引起组件伤害降到最低。

表 5 机械应力试验

试验	标题	涉及标准	参考	
			IEC 61215	IEC 61646
MAT 32	组件破损量试验	ANSI Z97.1		
MAT 34	机械载荷试验		10. 16	10. 16

4. 7 结构试验

表 6 结构试验

试验	标题	涉及标准	参考	
			IEC 61215	IEC 61646
MST 15	局部放电试验	IEC 60664—1		
MST 33	导线管弯曲试验	ANSI/UL 514C		
MST 44	可敲落的孔口盖试验	ANSI/UL 514C		

5 应用等级及其必需的试验程序

组件所必需的试验程序（依赖于 IEC 61730—1 中描述的应用等级）在表 7 中描述。试验顺序依照图 1。

一些试验要进行预处理。

注：试验顺序已经设计好，因此，可以结合 IEC61215（IEC 61646）进 IEC 61730-2 试验。这样，在 IEC 61215（IEC 61646）中的环境试验可以作为 IEC 61730 的预处理。

应用等级			试验
A	B	C	
×	×	×	预处理试验： MST 51 热循环（50/200 次） MST 52 湿—冷试验（10 次） MST 53 湿—热试验（1000 次） MST 54 紫外试验
×	×	×	基本检查： MST 01 外观检查
×	×	—	电击危害试验： MST 11 无障碍试验
×	×	—	MST 12 剪切试验
×	×	×	MST 13 接地连续性试验
×	×*	—	MST 14 脉冲电压试验
×	×*	—	MST 16 绝缘耐压试验
×	×	—	MST 17 湿漏电流试验
×	×	×	MST 42 引线端子强度试验
×	×	×	火灾试验： MST 21 温度试验
×	×	×	MST 22 热斑试验
×**	—	—	MST 23 防火试验
×	×	—	MST 26 反向过电流试验
×	—	×	机械应力试验： MST 32 组件破损量试验
×	×	×	MST 34 机械载荷试验
×	—	—	结构试验： MST 15 局部放电试验
×	×	—	MST 33 导线管弯曲试验
×	×	×	MST 44 可敲落的孔口盖试验
× 需要的试验。 — 不需要的试验。 * 对于等级 A、B 不同的试验。 ** 建筑顶层用组件最低耐火等级 C 级。			

6 取样

在同一批或几批产品中，按照 IEC 60410 规定的方法随机抽取六个组件（如果需要可增加备份）用于安全鉴定试验，要求另选样品进行防火试验。这些组件应由符合相应图纸和工艺要求规定的材料和元器件所制造，并经过制造厂家常规检测、质量控制与产品验收程序。组件应该是完整的，并附有制造厂家的搬运、安装和连接说明书，包括系统最大许可电压。

如果被试验的组件是一种新设计的样品而不是来自于生产线上，应在试验报告中加以说明（见第 7 章）。

7 报告

通过验证后，试验机构应根据 ISO/IEC 17025 给出试验验证报告，该证书应包括测定的性能参数，以及失效、重新试验或省略试验的详细情况：

- a) 标题
- b) 试验实验室名称和地址以及试验地点
- c) 唯一的鉴定证书和页数
- d) 在适当的地方给出客户名称和地址
- e) 进行试验项目的描述和鉴定
- f) 进行试验项目的描述和达到的项目
- g) 在适当的地方给出试验的日期
- h) 鉴定的方法
- i) 相应的取样程序
- j) 任何背离不同于测试方法，其他任何和测试相关的详细信息，比如周围环境
- k) 通过图表照片等表达试验结果，包括系统最大电压，安全等级和失败记录
- l) 包括是否进行脉冲电压试验的声明
- m) 在相应的地方标明疑问
- n) 法人信息，以及证明发行时间
- o) 在相应的地方标明删除试验结果的条款
- p) 声明证书不会出现附件或进行拷贝

制造厂应保存一份报告供参考。

8 试验

把组件分组，并按图 1 所示的程序进行安全试验。

9 合格判据

如果每一个样品达到所有试验标准，则认为该组件设计通过了安全试验。

如果有任何一个样品没通过试验，则认为进行认证的产品不满足安全试验的要求。

注：不满足试验要求的程度将决定重新鉴定的要求范围。

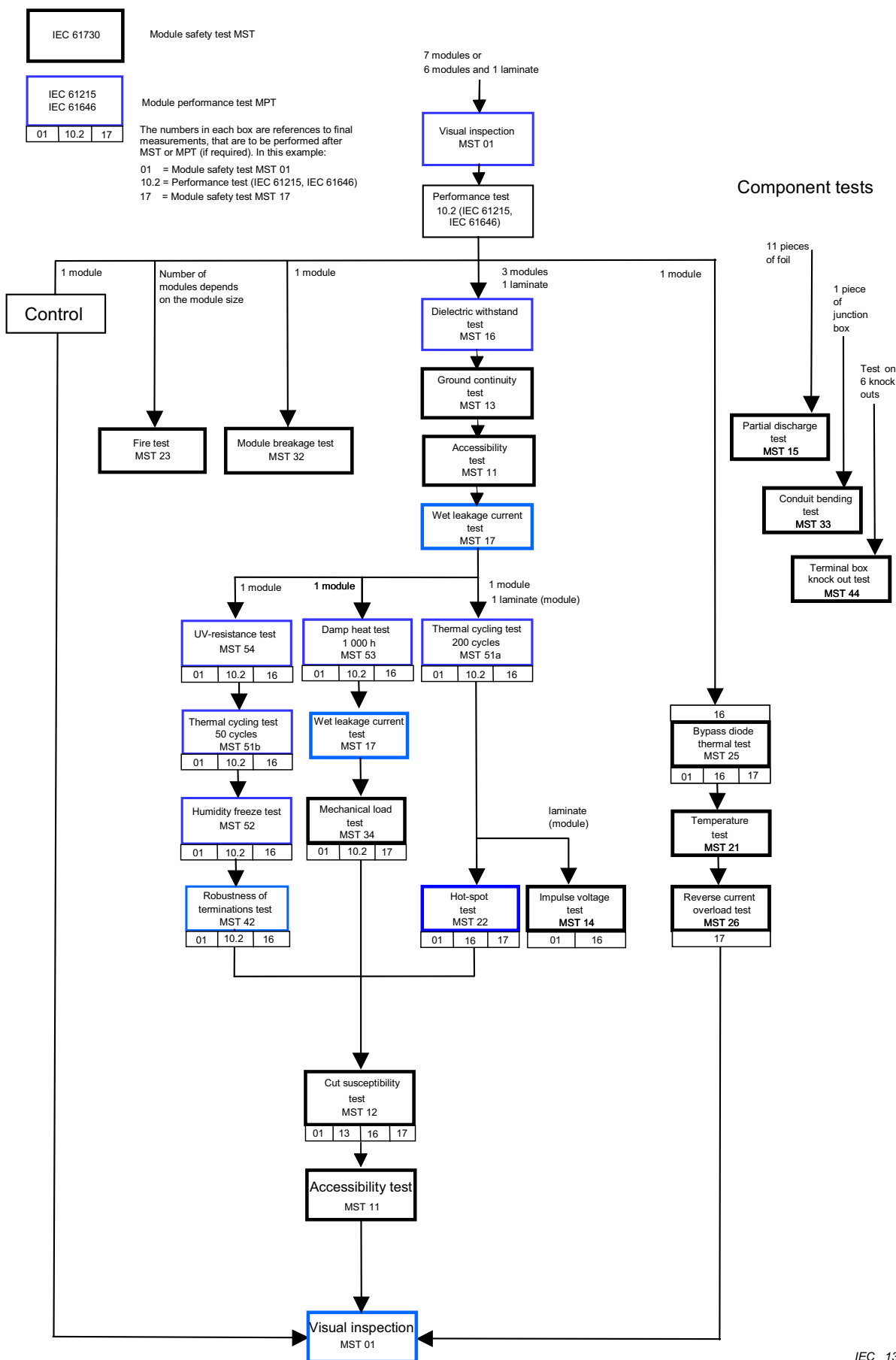


Figure 1 – Test sequences

10. 试验程序

10. 1 外观检查 MST 01

10. 1. 1 目的

检查组件有何外观缺陷

10. 1. 2 步骤

这个测试是在 IEC61215/IEC61646 的基础上增加了以下几点：

1. 可能影响安全的情形；
2. 标记同 IEC61730-1 的条款 11 不一样。

对在后续测试中会使组件的安全变化和产生负面影响的任何裂痕、气泡或脱层等进行记录说明和（或）照相记录。除了以下列出的重大缺点外的外观条件都是可以接受的。

10. 1. 3 通过标准

以下几点为重大外观缺陷：

- a) 破碎、断裂或损伤的外表面
- b) 弯曲或不规则的外表面，包括上下基层，边框和接线盒的大小造成组件安全性能的削弱
- c) 在组件的边框和电池之间形成连续通道的气泡或脱层，或者，如果继续进行测试，在测试过程中，会达到这种情形的缺陷；
- d) 有明显的熔化、烧焦的密封塑料、背面薄层、二极管或其他相关光伏结构；
- e) 丧失机械完整性，导致组件的安装和（或）工作受到影响；
- f) 没能依据 IEC61730-1 第 12 章完成标记。

10. 2 无障碍试验 MST 11

10. 2. 1 目的

确定非绝缘电路是否会对操作人员会产生电击危险。

10. 2. 2 仪器

有以下仪器：

- a) 如 IEC 61032 图 7 所示的型号 11 的圆柱型测试夹具；
- b) 一个欧姆表或连续测试仪。

10. 2. 3 步骤

依如下步骤：

- a) 按照厂商的要求安装连接组件；
- b) 将欧姆表或连续性测试仪连接到组件电路和测试夹具；
- c) 不用工具从组件上除去所有的封装、插头和连接；
- d) 用测试夹具探头测试所有的电气连接器、插头、接线盒和组件任何可以

测试到的地方；

- e) 在测试期间注意测试夹具探头是否和组件的电路连接一起。

10. 2. 4 最后测量

无

10. 2. 5 要求

测试期间测试夹具和组件电路间的电阻不小于 $1M\Omega$

10. 2. 6 通过标准

在测试期间探头决不能和任何电气部分连接。依照测试程序图 1 可知此测试是在测试程序开始和最后进行的，但是在其他测试步骤中如果发现有线路裸露的情况，也要进行此测试。

10. 3 剪切试验 MST 12

10. 3. 1 目的

测定由聚合物材料制作的组件的前后表面是否能经受安装和运行期间的例行操作，并且操作人员没有触电的危险。这个测试基于 ANSI/UL1703。

10. 3. 2 仪器

如图 2 所示的测试夹具，做一个具体形状体， $0.64\pm 0.05\text{mm}$ 厚碳钢刀片（例如钢锯片的背面）放在组件表面并施加 $8.9\pm 0.5\text{N}$ 的力。

10. 3. 3 步骤

步骤如下：

- a) 将组件前表面向上水平放置；
- b) 将测试夹具置于组件表面 1 分钟，然后以 $150\pm 30\text{mm/s}$ 的速度划过组件表面；将此步骤在不同点重复 5 次。
- c) 在组件的被表面重复步骤 a) 和步骤 b)。

10. 3. 4 最后测量

重复 MST 01, MST 13, MST 16 和 MST 17。

10. 3. 5 通过标准

通过标准如下：

- a) 组件的上下表面没有显著的划痕，没有线路暴露；
- b) MST 13, MST 16, MST 17 在初始测量中应满足同样的要求。

10. 4 接地连续性试验 MST 13

10. 4. 1 目的

证明在组件的暴露传导表面之间有传导通道，这样在一个光伏组件系统中，暴露的传导表面可以完全的接地。只有组件有暴露的传导部分（如金属边框或金属性质的接线盒）时才要求这个测试。

10. 4. 2 仪器

仪器需求如下：

- a) 一个稳恒电流源，测试中提供 2.5 倍于组件保护级别下最大过电流的稳恒电流。参照 MST 26；
- b) 合适量程的伏特计。

注：依照 IEC61730-1 最大过电流必须由厂家提供。

10. 4. 3 步骤

步骤如下：

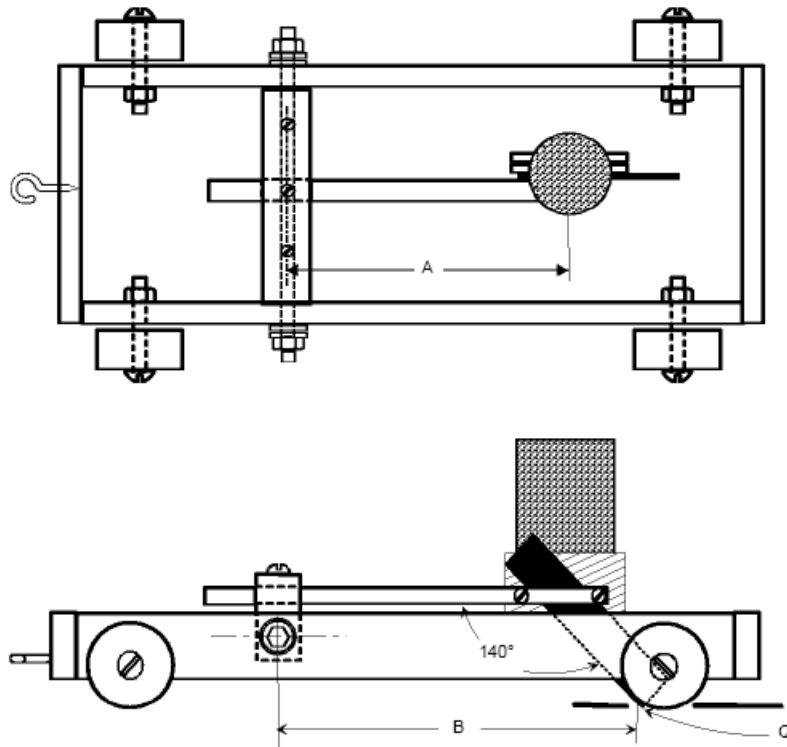
- a) 选定厂家指定的接地点和推荐的接地线。接上一个稳恒电源终端；
- b) 选定到接地点最大物理唯一的相邻（连接）外露导电部分，并接上另一个电源终端；
- c) 将伏特计接在已提供电流的两导电部分；
- d) 接 $2.5 \pm 10\%$ 倍于组件过电流保护级别的电流，并维持至少 2 分钟；
- e) 测量电流和最后的电压差值；
- f) 将电流调到 0；
- g) 在附加的边框上重复这个测试。

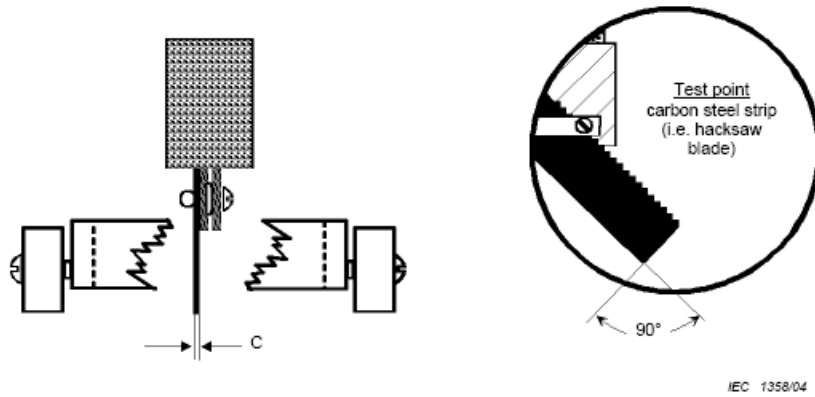
10. 4. 4 最后测量

无

10. 4. 5 通过标准

选定的外露导电部分和组件其他导电部分之间的电阻小于 0.1Ω





摘要:

- A: 从轴到重心 150mm;
- B: 从轴到测试点 170mm;
- C: 测试点-0.64mm 厚钢条;
- Q: 施加于测试点压力 Q: 8.9N。

图二 切割灵敏测试

10.5 脉冲电压试验 MST 14

10.5.1 目的

检验组件固体绝缘抵抗大气源过电压的能力。它还涉及到高低压转变。

注：如果光伏组件带框出售，脉冲电压测试中用使用带框组件。

10.5.2 仪器

仪器如下：

- a) 脉冲电压发生器；
- b) 示波器。

10.5.3 步骤

为了测试重复性的目的，这个测试在室温和湿度小于 75%的条件下进行。步骤如下：

- a) 用铜箔将整个组件包起来。将铜箔连接到脉冲电压发生器的负极；
- b) 将组件引出的短接头接到脉冲电压发生器的正极；

铜箔要求：

- 1) 铜厚 0.03mm—0.05mm；
 - 2) 传导粘合（传导率 $<1\ \Omega$ ，测量范围： 625mm^2 ）
 - 3) 总厚 0.05mm—0.07mm.
- c) 无辐照，加由脉冲电压发生器生成的如表 8 和图 3 的波形。脉冲波形由示波器显示，在每次测量时要记录上升时间和脉冲宽度。

注 1: 依照 IEC60664-1 的 2.2.2.1.1，组件属于过电压种类 III。测试步骤已经减少了一个，因为系统通常装有过电压保护装置。在另一方面，为验证增加

的电阻(依照应用类别 A 和安全级别 II 的要求), 应用类别 A 的水平已经增加了一个。

表 8 脉冲电压和系统最大电压

系统最大电压 (V)	脉冲电压	
	应用类别 A (V)	应用类别 B (V)
100	1500	800
150	2500	1500
300	4000	2500
600	6000	4000
1000	8000	6000

注 2: 线性插值允许为系统最大电压的中间值。

- d) 适用三个连续的脉冲
- e) 改变脉冲发生器的极性并适用三次连续脉冲

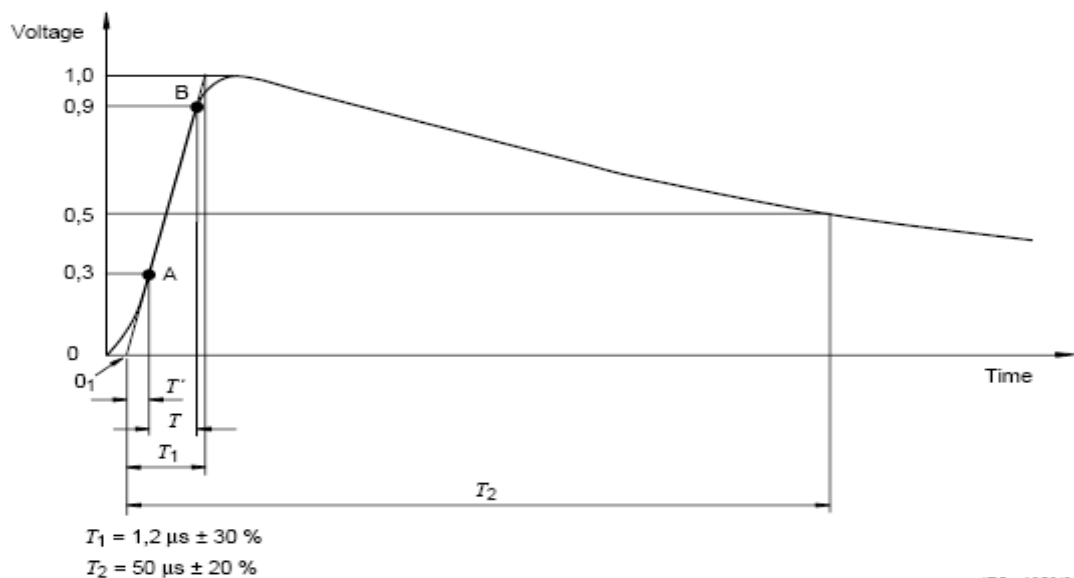
10. 5. 4 最后测量

重复 MST01 外观检查

10. 5. 5 通过标准

通过标准如下:

- a) 测试过程中没有明显的绝缘击穿, 或组件表面没有破裂现象;
- b) 没有 10. 1 中所提到的明显的外观缺陷。



注: 参数 0_1 是脉冲电压的起始点。有线性时间刻度的图表, 这是由点 A 和点 B 确定的时间轴和曲线的交点。

图 3 脉冲电压曲线 (参照于 IEC60060-1)

10. 6 绝缘耐压试验 MST 16

10. 6. 1 目的

测定组件电流体和边框（外界）的绝缘性能是否足够的好。

测试应在周围环境温度（参照 IEC60068-1）和湿度不超过 75%的环境下进行。

10. 6. 2 步骤

这个测试同 IEC61215/61646 一样依据于应用类别和系统的最大电压。

测试最大电压对于应用类别 A：2000V 加 4 倍系统最大电压

对于应用类别 B：1000V 加 2 倍系统最大电压。

10. 6. 3 通过标准

参照 IEC61215/IEC61646。

10. 7 温度试验 MST 21

10. 7. 1 目的

温度测试的目的是确定组成组件的各个结构部分和材料的最高耐温参考，从而更好的使用它们。

10. 7. 2 测试条件

测试过程中周围温度应在 20℃到 55℃之间。

测试过程中由一误差为±5%的校准装置测定组件共面辐照度不小于 700W/m²（依照IEC60904-2 和IEC60904-6）。所有的数据应该在风速小于 1m/s的环境下取得。

10. 7. 3 步骤

被测组件放在厚度约为 19mm 的木制平台上（冲压木，胶合板）。平台对着测试样品的一面平滑的漆上黑色。平板每边应在组件基础上至少延伸 60cm。

被测组件依据厂家的说明书安装在平台上。如果说明书中有多个选项，则依照可能造成最坏影响的选项。如果没有说明，则直接将组件安装在平台上。

组件成分的温度由校准装置或系统测试，最大误差为±2℃。

组件应在开路 and 短路两种情形下操作，并且每种测试温度数据在各自对应的情形下收集。当连续 3 次读数，断开 5 分钟，温度变化小于±1℃，则认为达到热稳定。

被测组件的温度（T_{obs}）由 40℃时的环境和测试时环境温度（T_{amb}）的差异进行修正，公式为 T_{con}=T_{obs}+(40-T_{amb})。T_{con} 是修正温度。

如果在温度试验过程中出现了一个无法接受的性能问题，并且这个性能归因于试验条件，虽然在最低规范之内，仍认为比必要的条件下的性能问题更为严重；例如，环境温度接近最低要求标准，试验可能在人为控制的条件下接近标准要求。

如果辐照度不是 1000 W/m²，则有多于两个差值大于 80 W/m²的的辐照度下的温度，根据二次推导人为的确定在 1000 W/m²辐照度下的温度。

典型测试点包括：

- 在中心电池上的组件上表层
- 在中心电池下的组件下表层
- 接线盒内壁
- 接线盒内部空间
- 现场接线端子
- 现场接线绝缘层
- 外部连接体（如果有）
- 二极管（如果有）

注：由于存在多种可能变化，在每个测试范围不止采用一个数据采集点，根据实验室的判断。

10. 7. 4 要求

要求如下：

- a) 测量温度不超过表 9 所示的组件表面、材料或结构的限制温度；或者
- b) 组件的任何部分没有开裂、弯曲、烧焦或类似的损伤，如 10.1 所要求。

表 9 成分温度限制

零件 材料 结构	温度限制 (°C)
绝缘材料： ^{c)}	
聚合物材料	a)
光纤	90
酚醛化合物薄层	125
酚醛化合物模具	150
现场接线端子，金属部分	比周围高 30
导线可能连接的现场接线盒	^{a)} 和 ^{d)} 中更好的，或 ^{b)}
绝缘导线	^{d)}
表面（边框）和相邻组件	90
a) 材料的相对热指数 (RTI) 小于 20°C； b) 如果有标记说明使用导线的最小温度级别，在接线盒的一个终端点的温度可能大于列表中的值，但最好不要超过 90°C； c) 如果可以确定高温不会引起火灾危险或触电，那么比列表所列温度高的值也是可以接受的； d) 绝缘导线的温度最好不要超过导线的温度级别要求。	

10. 8 防火试验 MST 23

10. 8. 1 目的

这个要求建立了作为屋顶材料或者安装在已有屋顶上面的光伏组件的耐火

基本原则。这些组件可能暴露于大火的环境下，因此需要指出当火源来在它们所安装建筑物的外部时组件的耐火特性。组件在测试后不要求进行操作。

注：这个测试详细的说明了必要条件的基本原则，这个条件可能不满足当地或国际对专用于建筑的组件的建筑标准。附加测试，可能需要超越或除这些实验之外的测试。

耐火等级范围从 C 级（最低耐火等级）到 B 级到 A 级（最高耐火等级）。最低耐火等级 C 级是建筑用组件所必须的。为满足特殊要求可能要求高等级的证明。

10. 8. 2 步骤

用于屋顶材料或者安装在已由屋顶上的光伏组件需要一个独特的飞火试验和表面延烧试验，参照基于 ANSI/UL790 的附件 A。提供足够多的样品用于建立表面延烧试验单一测试和飞火试验。

符合这些测试的产品是不易燃的。提供火焰防护的测试度，不从位置上偏移，不产生飞火。

10. 8. 3 通过标准

光伏组件系统的应达到附件 A 所规定的火焰抵抗等级。用于建筑表面的组件需要通过飞火试验和表面延烧试验。组件用于屋顶材料的要求附加测试（如 ANSI/UL790 大纲）。

10. 9 反向过电流试验 MST 26

10. 9. 1 目的

组件包含电气传导材料，包裹于绝缘系统。在反向电流的条件下，在起用过电流保护装置中断电路之前，组件的接头和电池以热发散的方式释放能量。这个测试是为了确定组件在此条件下点火或燃烧的危险指数。

10. 9. 2 步骤

将测试组件的上表面面向一 9mm 厚的软的松木板（用一层白色的纱布包起来）。

组件背面用一层粗棉布覆盖。粗棉布是没有经过处理的棉线布（ $26\text{m}^2/\text{kg}$ 到 $28\text{m}^2/\text{kg}$ ，线程数 32，28）。

所有阻断二极管应被拆除（短路）。

测试在有大量精棉的区域进行。

照在组件电池区域的辐照度小于 $50\text{W}/\text{m}^2$ 。

将一个实验室用直流电源正极连接到组件的正极。反向测试电流 (I_{test}) 为组件过电流保护等级电流的 135%（根据厂商提供）。测试电流由 I_{test} 的值限制，测试电压增加以观察组件的反向电流。

测试持续 2 小时或者出现最终结果，选先出现的情形。

注：关于最大过电流保护级别参考 IEC61730-1-12.2

10. 9. 3 通过标准

通过标准如下：

- a) 组件不燃烧，与组件接触的粗棉布和薄纱布没有燃烧和烧焦。
- b) MST17 同样满足要求。

10. 10 组件破损量试验 MST 32

10. 10. 1 目的

这个测试的目的是切割或打孔的伤害减小到最少。

10. 10. 2 背景

这里描述的测试基于 ANSI Z97.1，撞击试验。

10. 10. 3 仪器

仪器要求如下：

- a) 撞击物为皮质撞击袋或类似形状和尺寸。袋子装有要求重量的铅弹或小球（直径 2.5mm 到 3.0mm）。图 4 是撞击袋的设计图。测试过程中，撞击物完全被一 1.3cm 宽的玻璃丝盖住增加压力敏感度。（参照图 4）。
- b) 测试框架类似于图 5 和图 6 所示，将测试过程中的移动和倾斜减小到最少。结构的框架和支柱为钢质（大约 C100mm*200mm）或者更大，并且最小瞬间惯量为 187m⁴。框架拐角处焊接或用螺栓固定，以减小撞击过程中的弯曲。也要用螺栓固定在地上防止撞击过程中移动。
- c) 当撞击袋装好铅弹时，大约 45.5kg，从 1.2m 的垂直高度下落后动能约为 542J。

10. 10. 4 步骤

将组件样品按照厂商的描述安装在框架的中间。步骤如下：

- a) 休息时，离组件样品表面不超过 13mm，离组件中心不超过 50mm；
- b) 将撞击物提升到离组件样品表面 300mm 的降落点，稳定，然后释放撞击；
- c) 如果没有破裂出现，重复步骤 b) 将降落高度上升到 450mm。如果仍然没有破裂出现，重复步骤并将距离上升到 1220mm。

10. 10. 5 通过标准

如果组件符合以下任何的标准，则认为通过组件破裂测试：

- a) 当出现裂纹时，不会延伸到大的足够自由通过一个直径为 76mm(3-inch) 的球；
- b) 当碎裂出现时，测试 5 分钟后选定的 10 个最大块的完全裂块以克为单位的重量不超过样品一厘米为单位的厚度的 16 倍；
- c) 出现裂纹时，大于 6.5cm²的微粒出现；
- d) 样品不破裂。

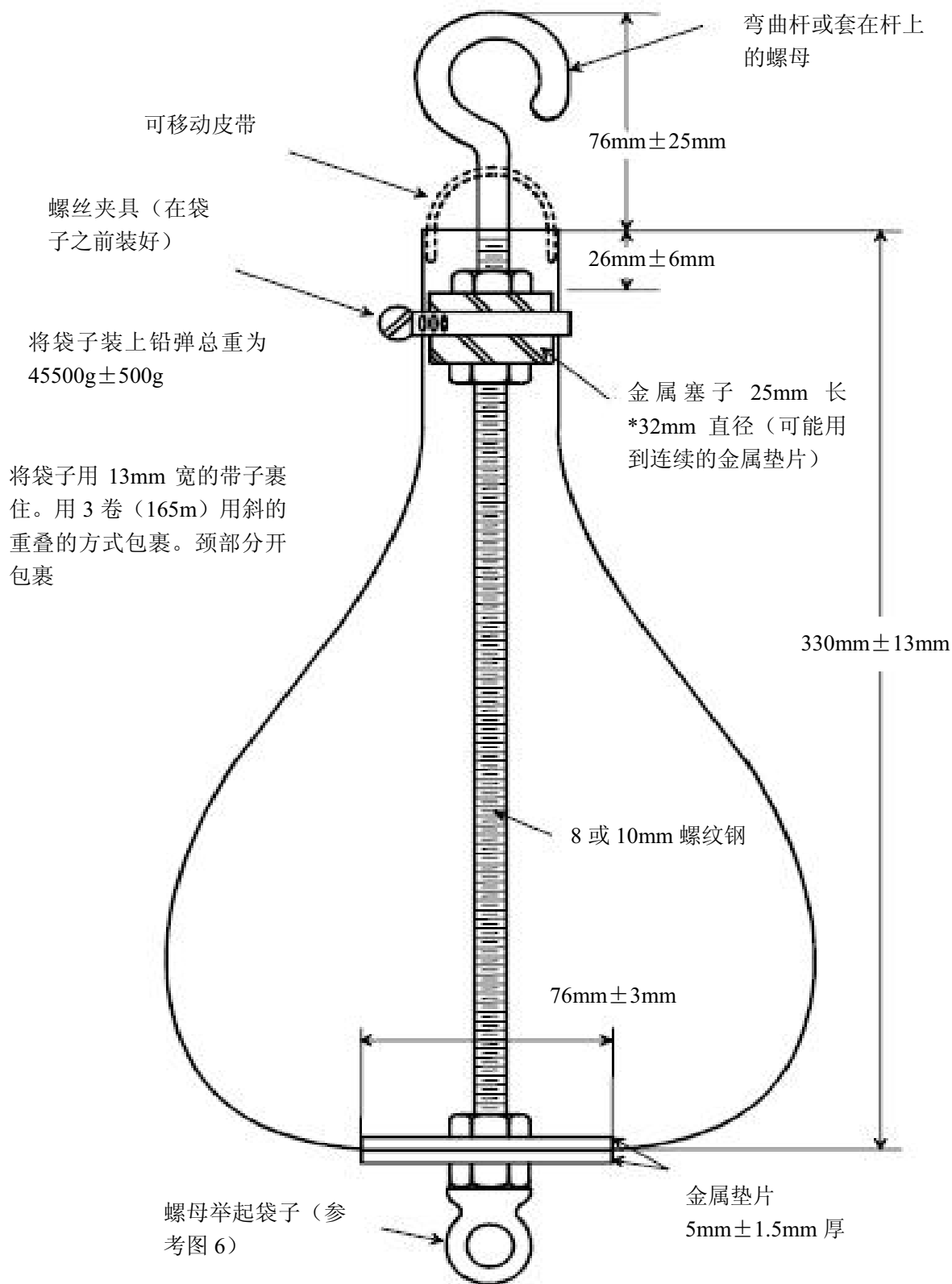


图 4 撞击袋

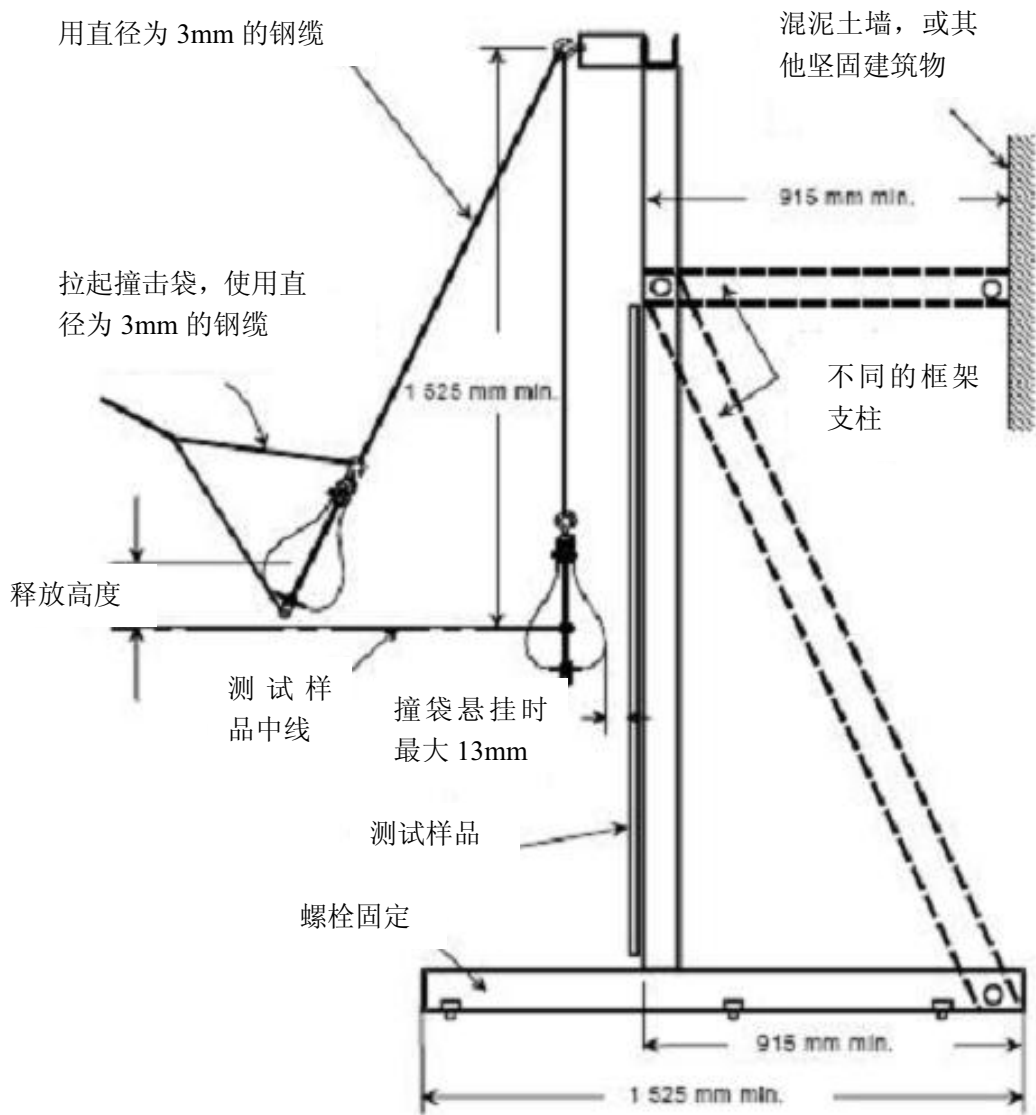


图 5 撞击测试框架 1

样品中垂线上的旋转装置，在水平的中心线上最少 1525mm

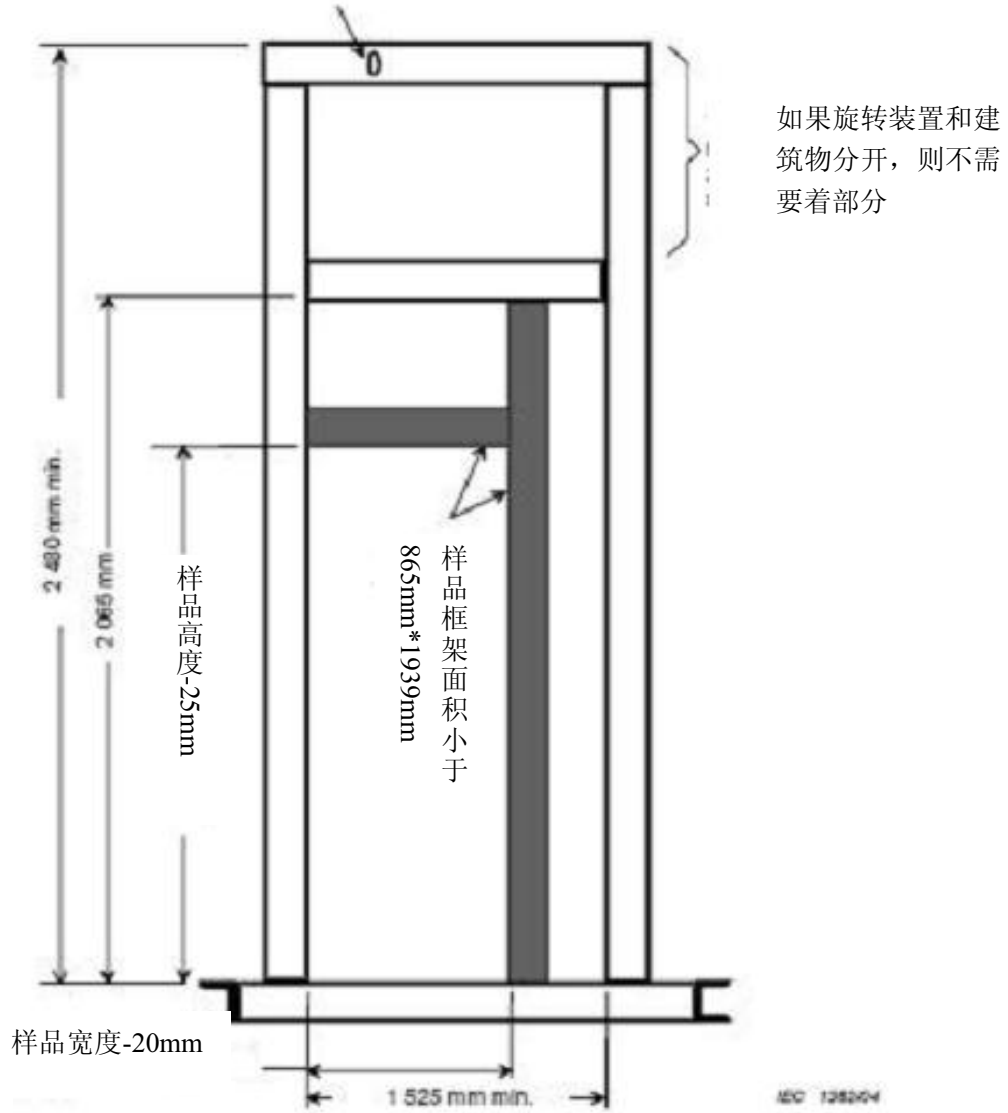


图 6 撞击测试框架 2

注：没有标出测试样品夹具

11. 结构试验

11. 1 局部放电试验 MST 15

这个测试属于 IEC60664-1 的 4.1.2.4。

11. 1. 1 目的

用在组件上层或基层的聚合物材料，如果不满足 IEC 的绝缘要求，那么必须满足局部放电测试。任何用在组件上层或基层的聚合物材料都要满足局部放电测试。（参考 IEC61730-1）

11. 1. 2 预处理

在组件插入背面箔层之前执行局部放电测试。

11. 1. 3 装置

校准测量装置或无线电干扰装置，参考 IEC60664-1。

11. 1. 4 程序

步骤如下：

- a) 依照 IEC60664-1 的 C.2.1 和 D.1，以低于系统最大电压的值开始，到达局部放电点（初始电压），测试电压以 10% 的速度增加；
- b) 然后电压降到局部放电电压熄灭点；
- c) 当电荷密度降到 1pC 时认为已经到达了熄灭电压。这个电压要用好于 5% 灵敏度测量。
- d) 周围的环境可能影响到局部放电熄灭电压，这个影响由 1.2 中的安全因数 F1 表示。
- e) 滞后因数依照 IEC60664-1 中 4.1.2.4 减小到 1。加强绝缘性能的附加安全因数 F3=1.25 是安全等级 A 所必需的。初始测量电压定在 1.5 倍的 U_{oc} （由厂家提供的系统电压）
- f) 对 10 个组件进行重复测试。

11. 1. 5 通过标准

如果平均值减去局部放电熄灭电压的标准差大于 1.5 倍的厂家所提供的系统电压，则认为固体绝缘性能通过测试。

注：局部放电熄灭电压：试验电压从不发生局部放电的的较低电压增加时，在试验回路中局部放电量超过规定值的最低电压。

11. 2 导线管弯曲试验 MST 33

11. 2. 1 目的

用于组件的接线盒配线系统的导线管应确保能承受住在组件安装期间和安装后对导线管所施加的压力。

11. 2. 2 程序

两 460mm 长的合适尺寸的带有合适装在盒子上装置的导线管组合安装在盒子的相反表面。如果盒子使用非金属导线管,导线管测试长度可焊接到适合长度,并进行干燥不少于 24 小时的预处理。

试验装配,盒子放在中央,放置在如图 7 所示的支点上。支点间的距离应为 760mm 加上盒子中导线管终端间的距离,以给被测样品一个必需的弯曲度。

表 10 列除了导线管的规格和载荷,需持续 60 秒。在此期间,盒子和导线管应绕装置的主轴绕完整的一圈。

10. 2. 3 通过标准

组件接线盒的外壁没有裂痕或与导线管脱离。

注:如果导线管的破裂导致盒子的破坏或者是因为焊接点的断开,盒子的破损是可以接受的。

表 10 弯曲载荷

导线规格 (mm)	压力 (N)
13—25	220
26—50	330
51—100	490

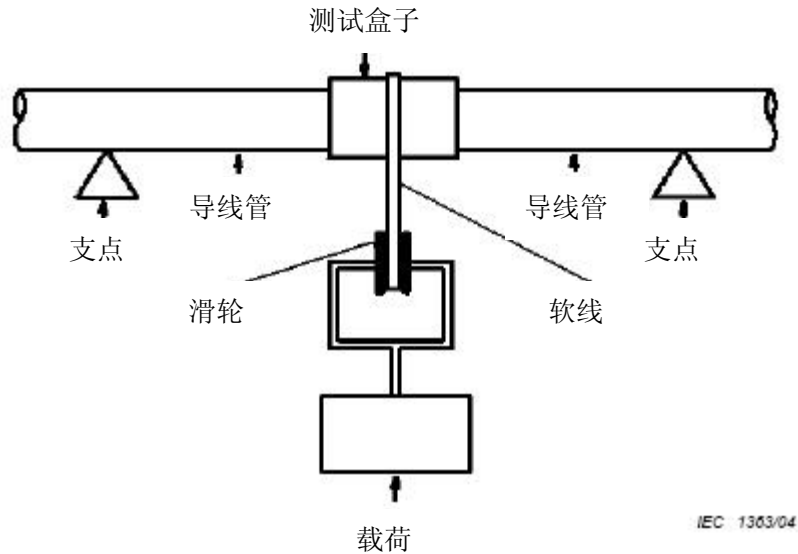


图7 测试夹具装置

11.3 可敲落的孔口盖试验 MST 44

11.3.1 目的

可移动的孔填充在组件终端外壁应保持在应力条件下，并能与现场应用永久布线系统轻易分开。

11.3.2 条件

聚合材料的接线盒样品在标准条件下，25℃环境温度进行试验。

另一个聚合材料的接线盒在空气中维持-20℃±1℃5小时。试验应紧跟着这个条件重复试验。

11.3.3 程序

孔口盖应能轻易分离并不留下任何锋利边缘或者对盒子造成损坏。程序如下：

第一步：使用长最小为38mm，直径为6.4mm尾部平坦的轴对孔口盖施加一44.5N的力一分钟，力的方向应与孔口盖垂直并在此点最可能引起移动。等1小时，测量孔口盖和盒子间的距离。

第二步：然后用起子作为凿子移除孔口盖。起子刃边缘沿开口的内边缘，移除仍在边上的易碎小块。

第三步：在另外两块孔口盖上重复步骤1和步骤2。

如果接线盒有多层孔口盖，当移除内层孔口盖时外层孔口盖不应有位移。

11.3.4 通过标准

在受稳定应力后孔口盖应仍保持原位，在孔口盖和开口之间的距离不超过0.75mm。

孔口盖应在不留下任何锋利边缘或造成接线盒损坏的条件下轻易移除。