



# 中华人民共和国气象行业标准

QX/T 10.1—2018

代替 QX 10.1—2002

---

## 电涌保护器 第 1 部分：性能要求和试验方法

Surge protective devices—  
Part 1: Performance requirements and testing methods

2018-11-30 发布

2019-03-01 实施

---

中 国 气 象 局 发 布



## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语、定义、符号和缩略语 .....	1
4 要求 .....	11
4.1 总则 .....	11
4.2 使用条件 .....	11
4.3 产品要求 .....	12
4.4 标准额定值 .....	22
5 分类和命名 .....	24
5.1 SPD 的分类 .....	24
5.2 SPD 的命名 .....	26
6 试验方法 .....	27
6.1 试验规则 .....	27
6.2 试验程序 .....	28
6.3 型式试验 .....	28
6.4 例行试验和验收试验 .....	92
7 标志、铭牌、使用说明书 .....	92
7.1 信息内容 .....	92
7.2 铭牌 .....	94
8 包装、运输、贮存 .....	94
8.1 包装 .....	94
8.2 随产品提供的技术文件 .....	94
8.3 运输和贮存 .....	94
附录 A(资料性附录) SPD 的电流支路和保护模式示意图 .....	95
附录 B(资料性附录) 低压电气系统 SPD 的参考试验电压 $U_{REF}$ .....	96
附录 C(规范性附录) 符号和缩略语 .....	98
附录 D(规范性附录) 污染等级的划分 .....	100
附录 E(规范性附录) 电气间隙和爬电距离测量方法 .....	101
附录 F(规范性附录) 外壳防护等级(IP 代码) .....	105
附录 G(资料性附录) 连接至低压电气系统和光伏系统直流侧的 SPD 设计拓扑 .....	107
附录 H(资料性附录) 连接端子的结构 .....	109
附录 I(规范性附录) 连接至光伏系统直流侧的 SPD 的试验电源特性 .....	113
附录 J(资料性附录) 图 I.1 a)中 PV 试验电源的瞬态特性 .....	115
附录 K(规范性附录) 金属屏栅的试验布置 .....	118
附录 L(规范性附录) 确定是否存在开关型元件和续流大小的试验 .....	119
附录 M(规范性附录) 户外型 SPD 的环境试验 .....	120
附录 N(资料性附录) 测量准确度 .....	122

**QX/T 10. 1—2018**

附录 O(资料性附录)	连接至光伏系统直流侧的 SPD 的连接结构和过载特性试验的试品准备	…	123
附录 P(规范性附录)	TOV 值	·····	127
附录 Q(资料性附录)	高(中)压系统故障引起 TOV 下低压配电系统 SPD 试验的可选电路	·····	128
附录 R(规范性附录)	连接至低压电气系统和光伏系统直流侧的 SPD 的温升限值	·····	129
参考文献	·····		130

## 前 言

QX/T 10《电涌保护器》分为四个部分：

- 第 1 部分：性能要求和试验方法；
- 第 2 部分：在低压电气系统中的选择和使用原则；
- 第 3 部分：在电子系统信号网络中的选择和使用原则；
- 第 4 部分：在光伏系统直流侧的选择和使用原则。

本部分为 QX/T 10 的第 1 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 QX 10.1—2002《电涌保护器 第 1 部分：性能要求和试验方法》。与 QX 10.1—2002 相比，除编辑性修改外，主要技术变化如下：

- 删除了引言内容；
- 修改了适用范围(见 1,2002 年版的 1)；
- 修改了规范性引用文件(见 2,2002 年版的 2)；
- 修改了以下的术语及其定义：电涌保护器(见 3.1.1,2002 年版的 3.1)、无串联阻抗的 SPD(见 3.1.3,2002 年版的 3.4)、有串联阻抗的 SPD(见 3.1.4,2002 年版的 3.5)、无限流元件的 SPD(见 3.1.5,2002 年版的 3.6)、有限流元件的 SPD(见 3.1.6,2002 年版的 3.7)、电压开关型 SPD(见 3.1.7,2002 年版的 3.8)、电压限制性 SPD(见 3.1.8,2002 年版的 3.9)、组合型 SPD(见 3.1.9,2002 年版的 3.10)、后备过电流保护(见 3.1.10,2002 年版的 3.11)、SPD 的脱离器(见 3.1.13,2002 年版的 3.17)、剩余电流保护器(见 3.1.14,2002 年版的 3.18)、状态指示器(见 3.1.15,2002 年版的 3.19)、保护模式(见 3.1.16,2002 年版的 3.21)、最大持续工作电压(见 3.1.17,2002 年版的 3.22)、系统的标称交流电压(见 3.1.20,2002 年版的 3.24)、电压开关型 SPD 的放电电压(见 3.1.21,2002 年版的 3.26)、电压保护水平(见 3.1.23,2002 年版的 3.27)、残压(见 3.1.24,2002 年版的 3.29)、最大中断电压(见 3.1.25,2002 年版的 3.34)、续流(见 3.1.26,2002 年版的 3.35)、供电电源的预期短路电流(见 3.1.27,2002 年版的 3.36)、额定断开续流值(见 3.1.28,2002 年版的 3.37)、残流(见 3.1.29,2002 年版的 3.38)、额定负载电流(见 3.1.30,2002 年版的 3.39)、热稳定(见 3.1.31,2002 年版的 3.44)、劣化(见 3.1.32,2002 年版的 3.45)、响应时间(见 3.1.33,2002 年版的 3.46)、盲点(见 3.1.34,2002 年版的 3.47)、绝缘电阻(见 3.1.35,2002 年版的 3.48)、外壳防护等级(IP 代码)(见 3.1.36,2002 年版的 3.49)、插入损耗(见 3.1.37,2002 年版的 3.51)、推荐选用值(见 3.1.38,2002 年版的 3.52)、冲击电流(见 3.1.42,2002 年版的 3.58)、标称放电电流(见 3.1.43,2002 年版的 3.59)、冲击试验分类(见 3.1.44,2002 年版的 3.61)、I 类试验的比能量(见 3.1.45,2002 年版的 3.62)、复合波(见 3.1.46,2002 年版的 3.63)、退耦器(见 3.1.47,2002 年版的 3.64)、误码率(见 3.1.48,2002 年版的 3.65)、频率范围(见 3.1.49,2002 年版的 3.66)、数据传输速率(见 3.1.50,2002 年版的 3.67)、纵向平衡(见 3.1.52,2002 年版的 3.69)、近端交扰(见 3.1.53,2002 年版的 3.70)；
- 增加了以下术语及其定义：多脉冲 SPD(见 3.1.2)、SPD 的电流支路(见 3.1.18)、光伏系统的持续工作电流(见 3.1.19)、1.2/50  $\mu$ s 冲击电压(见 3.1.40)、8/20  $\mu$ s 冲击电流(见 3.1.41)、暂时过电压试验值(见 3.1.55)、额定短路电流(见 3.1.56)、多极 SPD(见 3.1.57)、总放电电流(见 3.1.58)、参考试验电压(见 3.1.59)、电气间隙确定电压(见 3.1.60)、交流耐受能力(见

- 3.1.61)、冲击耐受能力(见 3.1.62)、电流恢复时间(见 3.1.63)、额定电流(见 3.1.64)、最大放电电流(见 3.1.65)、开路模式(见 3.1.66)、短路模式(见 3.1.67)、短路型 SPD 的额定转换电涌电流(见 3.1.68);
- 删除了以下术语及其定义:限压(见 2002 年版的 3.2)、限流(见 2002 年版的 3.3)、非恢复限流(见 2002 年版的 3.12)、多级 SPD(见 2002 年版的 3.15)、退耦元件(见 2002 年版的 3.16)、输出触头(见 2002 年版的 3.20)、额定电压(见 2002 年版的 3.23)、箝位电压(见 2002 年版的 3.25)、残压比(见 2002 年版的 3.30)、电压降(用百分比表征)(见 2002 年版的 3.31)、暂时过电压(TOV)性能(见 2002 年版的 3.32)、方均根值(见 2002 年版的 3.33)、泄露电流(见 2002 年版的 3.40)、短路电流承受能力(见 2002 年版的 3.41)、待机功耗(见 2002 年版的 3.42)、热崩溃(见 2002 年版的 3.43)、双口 SPD 负载端耐电涌能力(见 2002 年版的 3.50)、冲击波实验(见 2002 年版的 3.54)、冲击电压波(见 2002 年版的 3.55)、冲击波发生器(见 2002 年版的 3.56)、冲击波性表示(见 2002 年版的 3.57)、I 级分类试验中最大放电电流(见 2002 年版的 3.60);
  - 将冲击试验分类的 I 级、II 级、III 级相应修改为 I 类、II 类、III 类(见 3.1.44,2002 年版的 3.61);
  - 将电信和信号网络的系统修改为电子系统信号网络;
  - 将生产厂修改为制造商,室内型修改为户内型,室外型修改为户外型,双口修改为二端口,单口修改为一端口,负载端修改为负载侧;
  - 将直流或交流供电频率修改为 48 Hz~62 Hz(见 4.2.1.1,2002 年版的 4.2.1.1),增加光伏系统的最大持续工作电压  $U_{CPV}$ (见 4.2.1.2),海拔高度修改为 -500 m~+2000 m(见 4.2.1.4,2002 年版的 4.2.1.4);
  - 增加电气间隙确定电压  $U_{max}$  相关内容(见 4.3.2.1.2.1),爬电距离增加两个材料组划分的相关内容,并修改电气间隙和爬电距离各部分值的相关要求(见 4.3.2.1.2,2002 年版的 4.3.2.1.2);
  - 将耐漏电起痕修改为耐电痕化,删除了试验电压 175 V 的要求,增加试验电压的决定因素为爬电距离和材料类别,并在性能要求部分增加了本试验的豁免条件(见 4.3.2.1.3,2002 年版的 4.3.2.1.3);
  - 删除了 I 级分类冲击电流试验要求(见 2002 年版的 4.3.2.2.1)、II 级分类标称放电电流试验要求(见 2002 年版的 4.3.2.2.2)、III 级分类混合波试验要求(见 2002 年版的 4.3.2.2.3),并将后续性能要求项目编号递进;
  - SPD 的脱离器性能要求增加 SPD 有内部脱离器时,应在型式试验中进行的试验增加 TOV 试验、短路电流性能试验(见 4.3.2.2.3,2002 年版的 4.3.2.2.6);
  - 短路电流承受能力性能要求把内部或外部脱离器、后备过电流保护动作前修改为内部或外部过电流保护脱离器动作前(见 4.3.2.2.4,2002 年版的 4.3.2.2.7);
  - 机械性能要求接线端子电气连接方式增加了太阳能光伏发电系统连接器及相应的试验方法(见 4.3.3.1);
  - 删除了待机功耗  $P_c$  的相关内容(见 2002 年版的 4.3.5.4);
  - 将残流缩写  $I_{res}$  修改为  $I_{PE}$ ,并增加了连接至光伏系统直流侧的 SPD 的性能要求和试验方法(见 4.3.5.7,2002 年版的 4.3.5.5);
  - 状态指示器的性能要求部分增加了条文注(见 4.3.5.8,2002 年版的 4.3.5.5);
  - 增加了光伏系统直流侧 SPD 过载特性的性能要求(见 4.3.5.9)和试验方法(见 6.3.3.2.4.4);
  - 增加了负载侧短路电流耐受能力的性能要求(见 4.3.6.1.3)和试验方法(见 6.3.7.1.3);
  - 增加了总放电电流  $I_{Total}$ (对多极 SPD)的性能要求(见 4.3.6.1.5)和试验方法(见 6.3.7.1.5);
  - I 类分类试验中冲击电流  $I_{imp}$  推荐选用值增加 12.5 kA 和 25 kA 两组值,并增加了比能量 W/R 一组推荐选用值(见 4.4.1.1);

- 在标准额定值中的连接至低压电气系统的 SPD 后增加了连接至光伏系统直流侧的 SPD 的各主要参数的推荐选用值,并将连接至电子系统信号网络的 SPD 的项目编号延后(见 4.4.2);
- 删除了连接至电子系统信号网络的 SPD 中 SPD 的额定电压  $U_c$  推荐选用值(V)(见 2002 年版的 4.4.2.1)、A 类和 C 类产品进行 I 类分类试验中冲击电流  $I_{imp}$  推荐选用值(kA)(见 2002 年版的 4.4.2.2)、B 类产品进行 II 类分类试验中标称放电电流  $I_n$  推荐选用值(kA)(见 2002 年版的 4.4.2.3),增加了 SPD 的最大持续运行电压  $U_c$ (d.c 或 a.c 有效值)推荐选用值(V)(见 4.4.3.1);
- 将连接至低压配电系统的 SPD 分类修改为连接至低压电气系统和光伏直流侧的 SPD 分类(见 5.1.1,2002 年版的 5.1.1),并在表 3 前增加相关文字描述,增加按冲击脉冲个数、按安装环境和按有无智能监测的分类方式(见表 3),删除按后备过电流保护的分类方式(见 2002 年版的 5.1.1);
- 连接至电子系统信号网络的 SPD 分类中在表 4 前增加相关文字描述,并增加按冲击脉冲个数和按有无智能监测的分类方式(见 5.1.2),将表 4 的注改为脚注(见 5.1.2,2002 年版的 5.1.2),并增加了两个脚注(见 5.1.2);
- 试验规则将连接至低压配电系统的 SPD 扩展为连接至低压配电系统的 SPD 和连接至光伏系统直流侧的 SPD(见 6.1),并删除测试时关于 SPD 整体所包含的相关部件(见 2002 年版的 6.1)。增加了对于电子系统信号网络的电涌保护器的试验室环境条件要求以及试验时对于电压的允差要求(见 6.1);
- 型式试验增加了试验用薄纸和金属屏栅的要求(见 6.3.1),修改了表 5 低压配电系统的 SPD 的型式试验内容(见表 5,2002 年版的表 5),增加了表 6 连接至光伏系统直流侧的 SPD 的型式试验内容(见表 6),增加了表 5 中对二端口及输入/输出分开的一端口 SPD 的附加试验和户外型 SPD 的环境试验(见表 5),删除了原表 5 的第 3 和第 4 条表注(2002 年版的表 5),修改了表 7 的注(见表 7,2002 年版的表 7);
- 铭牌耐久性试验增加了己烷溶剂的替代方案(见 6.3.2.2);
- 电气间隙和爬电距离的检验依据表 1 和表 2 做相应的修改,在其试验的测量方法中增加有关污染等级和可不应被考虑的空气间隙电极间的距离相关内容(见 6.3.3.1.2);
- 电气强度试验修改了户内型试验依据(见 6.3.3.1.4,2002 年版的 6.3.2.1.4),并增加了连接至光伏系统直流侧的 SPD 的试验方法(见 6.3.3.1.4);
- 把电涌保护器电气性能试验中的 I、II、III 类分类试验修改为试验用波形和试验设置,修改了 6.3.3.2.1.1~6.3.3.2.1.4 的标题(见 6.3.3.2.1,2002 年版的 6.3.2.2.1),并修改了用于 I 类附加动作负载试验的冲击放电电流的规定(见 6.3.3.2.1.1,2002 年版的 6.3.2.2.1 a)),在表 14 中增加了 W/R 参数(见表 14),并增加了 12.5 kA 和 25 kA 两组 I 类试验参数(见表 14),修改了表注(见表 14,2002 年版的表 13),修改了定义中 Q 的允差(见表 14,2002 年版的表 13),增加了 W/R 的允差(见 6.3.3.2.1.1),删除了最后一段测量精度的要求(见 2002 年版的 6.3.2.2.1 b)),修改了复合波的要求(见 6.3.3.2.1.4,2002 年版的 6.3.2.2.1 d)),并增加了条文注(见 6.3.3.2.1.4),修改了开路电压和短路电流允差后相应的测量要求(见 6.3.3.2.1.4,2002 年版的 6.3.2.2.1 d)),增加了对于电子系统信号网络的电涌保护器的试验波形(见 6.3.3.2.1.5),删除了原表 14 III 类试验波形参数的容差(见 2002 年版的表 14),增加了复合波试验中去耦网络相关的相关要求(见 6.3.3.2.1.5);
- 修改了确定电压保护水平  $U_p$  的试验流程图,将用 8/20  $\mu$ s 冲击电流测量残压的试验和用 1.2/50  $\mu$ s 冲击电压测量放电电压的试验顺序互换(见图 3,2002 年版的图 3);
- 增加了确定测量限制电压需进行的试验表(见表 15);
- 修改了连接至低压电气系统 SPD 实测限制电压的试验条件(见 6.3.3.2.2.1,2002 年版的

- 6.3.2.2.2.1);
- 修改了用  $8/20 \mu\text{s}$  冲击电流测量残压的试验步骤,其中用  $I_{\text{imp}}$  代替  $I_{\text{peak}}$  (见 6.3.3.2.2.1 b), 2002 年版的 6.3.2.2.2.1 c)),增加了条文注和  $U_{\text{max}}$  的确定方法(见 6.3.3.2.2.1 b));
- 将确定是否存在开关型元件(见 2002 年版的 6.3.2.2.2.1 b))和续流大小(见 2002 年版的 6.3.2.2.3.1 c))的试验放置在附录中,并增加了连接至光伏系统直流侧的 SPD 的相关部分(见附录 L);
- 修改了测量波前放电电压的试验步骤,明确了试验电压(见 6.3.3.2.2.1 c),2002 年版的 6.3.2.2.2.1 d));
- 用复合波测量限制电压的试验程序增加了  $U_{\text{max}}$  的确定方法和条文注(见 6.3.3.2.2.1 d));
- 修改了连接至电子系统信号网络的 SPD 实测限制电压试验步骤(见 6.3.3.2.2.2,2002 年版的 6.3.2.2.2.2);
- 增加了连接至光伏系统直流侧的 SPD 的实测限制电压试验(见 6.3.3.2.2.3)、动作负载试验(见 6.3.3.2.3.3)、过载特性试验(见 6.3.3.2.4.4)、湿热条件下的寿命试验(见 6.3.5.3);
- 修改了表 16 的内容(见表 16,2002 年版的表 15),增加了表注(见表 16);
- 修改了用于低压交流配电系统的 SPD 的动作负载试验的流程图、一般要求、两组冲击间隔时间、II 类的动作负载试验和合格判别标准(见图 6,2002 年版的图 6);
- 增加了用于低压交流配电系统的 SPD 的动作负载试验的条文注、I 类试验的附加动作负载试验和合格判别标准的条款(见 6.3.3.2.3.1);
- 把连接至电子系统信号网络的 SPD 动作负载试验的交流负载试验修改为交流耐受试验(见 6.3.3.2.3.2 a),2002 年版的 6.3.2.2.3.2 a))、冲击负载试验修改为冲击耐受试验(见 6.3.3.2.3.2 b),2002 年版的 6.3.2.2.3.2 b)),并对交流耐受试验方法的第一段作了修改(见 6.3.3.2.3.2 a),2002 年版的 6.3.2.2.3.2 a)),增加了冲击耐受试验和过载故障模式的测试电路(多端子试验电路)(见图 12);
- SPD 的脱离器和过载安全性能删除了一般要求和 SPD 脱离器的动作负载耐受试验(见 2002 年版的 6.3.2.2.4.1),把 SPD 热稳定试验分列为两个并列的条款,耐热试验(见 6.3.3.2.4.1, 2002 年版的 6.3.2.2.4.2)和热稳定试验(见 6.3.3.2.4.2,2002 年版的 6.3.2.2.4.2),并修改了试验方法和合格判别标准(见 6.3.3.2.4,2002 年版的 6.3.2.2.4);
- SPD 的脱离器和过载安全性能删除了对带有后备保护 SPD 短路电流承受能力的试验(见 2002 年版的 6.3.2.2.4.3),增加了短路电流性能试验(见 6.3.3.2.4.3),其中包含声明的额定短路电流试验和低短路电流试验(见 6.3.3.2.4.3 a)、b)), $I_{\text{fi}}$  低于声明的额定短路电流( $I_{\text{SCCR}}$ )的 SPD 的补充试验(见 6.3.3.2.4.3 c))和模拟 SPD 失效模式的附加试验(见 6.3.3.2.4.3 d));
- SPD 的脱离器和过载安全性能删除了暂时过电压(TOV)故障试验和暂时过电压(TOV)耐受特性试验(见 2002 年版的 6.3.2.2.4),增加了在高(中)压系统的故障引起的暂时过电压(TOV)下试验(见 6.3.3.2.4.5)和在低压系统故障引起的 TOV 下试验(见 6.3.3.2.4.7);
- SPD 的脱离器和过载安全性能删除了待机功耗和残流试验(见 2002 年版的 6.3.2.2.6),增加了残流试验(见 6.3.3.2.4.6);
- 修改了误码率(BER)中表 22 中后两种伪随机位模式(见表 22,2002 年版的表 21);
- 删除了机械性能试验中带有软电缆(或电线)的可移式 SPD 及其连接(见 2002 年版的 6.3.3.1)和可移式 SPD 在如图 19 所示滚动桶中进行试验(见 2002 年版的 6.3.3.3),并将后续试验项目号提前;
- 删除了金属的耐腐蚀相关试验方法(见 2002 年版的 6.3.3.4);
- 工作环境要求试验增加了户外型 SPD 的环境试验(见 6.3.5.2)和光伏系统直流侧 SPD 的湿热条件下的寿命试验(见 6.3.5.3);



- 把安全要求试验中的绝缘性能修改为绝缘电阻(见 6.3.6.4,2002 年版的 6.3.5.4),并修改了温湿度箱和环境温度的范围,增加了条文注,把连接至低压配电系统 SPD 的测量修改为连接至低压电气系统 SPD 的测量(见 6.3.6.4.2,2002 年版的 6.3.5.4.2),修改了连接至电子系统信号网络的 SPD 测量的试验方法(见 6.3.6.4.3,2002 年版的 6.3.5.4.3);
- 删除了连接 SPD 脱离器(生产厂要求的,如果有时)的负载端短路耐受能力试验(见 2002 年版的 6.3.6.1.3),增加了负载侧短路特性试验(见 6.3.7.1.3);
- 修改了负载侧电涌耐受能力的试验方法和合格判别标准(见 6.3.7.1.4,2002 年版的 6.3.6.1.4);
- 在特殊 SPD 的附加试验中增加总放电电流的试验方法(见 6.3.7.1.5);
- 将冲击复原时间修改为冲击复位时间,修改了试验方法(见 6.3.7.2.1,2002 年版的 6.3.6.2.1),增加了条文注,并增加了表 24 的一条脚注(见 6.3.7.2.1);
- 修改了第 7 章标志、铭牌、使用说明书(见 7,2002 年版的 7);
- 删除了附录 A(I 级分类试验 SPD 的  $I_{peak}$  的选择)(见 2002 年版的附录 A),后续附录的项目号依次提前;
- 删除了附录 H(本规范用词说明)(见 2002 年版的附录 H);
- 修改了附录 P(TOV 值)(见附录 P,2002 年版的附录 G);
- 增加了“SPD 的电流支路和保护模式示意图”(见附录 A)、“连接至低压电气系统 SPD 的参考试验电压  $U_{REF}$ ”(见附录 B)、“符号和缩略语”(见附录 C)、“连接至光伏系统直流侧的 SPD 的试验电源特性”(见附录 D)、“图 I.1a)中 PV 试验电源的瞬态特性”(见附录 J)、“金属屏栅的试验布置”(见附录 K)、“确定是否存在开关型元件和续流大小的试验”(见附录 L)、“户外型 SPD 的环境试验”(见附录 M)、“连接至光伏系统直流侧的 SPD 的连接结构和过载特性试验的试品准备”(见附录 O)、“高(中)压系统故障引起 TOV 下低压配电系统 SPD 试验的可选电路”(见附录 Q)、“连接至低压电气系统和光伏直流侧的 SPD 的温升限值”(见附录 R)。

本部分由全国雷电灾害防御行业标准化技术委员会提出并归口。

本部分起草单位:上海市防雷中心、北京雷电防护装置测试中心、深圳市气象公共安全技术支持中心。

本部分主要起草人:赵洋、张利华、周歧斌、王媛媛、蒋励、张峻、刘敦训、杨悦新。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

- QX 10.1—2002。



# 电涌保护器 第 1 部分：性能要求和试验方法

## 1 范围

QX/T 10 的本部分规定了电涌保护器的性能要求和试验方法。

本部分适用于连接至低压电气系统、光伏系统直流侧和电子系统信号网络的电涌保护器。

## 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 2099.1—2008 家用和类似用途插头插座 第 1 部分：通用要求(IEC 60884-1:2006, E3. 1, MOD)

GB/T 2423.3—2016 环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Cab：恒定湿热试验(IEC 60068-2-78:2012, IDT)

GB/T 2423.4—2008 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Db：交变湿热(12h+12h 循环)(IEC 60068-2-30:2005, IDT)

GB/T 2423.17—2008 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Ka：盐雾(IEC 60068-2-11:1981, IDT)

GB/T 2423.22—2012 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 N：温度变化(IEC 60068-2-14:2009, IDT)

GB/T 4207—2012 固体绝缘材料耐电痕化指数和相比电痕化指数的测定方法(IEC 60112:2009, IDT)

GB 4208—2017 外壳防护等级(IP 代码)(IEC 60529:2013, IDT)

GB/T 5169.11—2017 电工电子产品着火危险试验 第 11 部分：灼热丝/热丝基本试验方法 成品的灼热丝可燃性试验方法(GWEPT)(IEC 60695-2-11:2006, IDT)

GB/T 16896.1—2005 高电压冲击测量仪器和软件 第 1 部分：对仪器的要求(IEC 61083-1, MOD)

GB/T 16927.1—2011 高电压试验技术 第 1 部分：一般定义及试验要求(IEC 60060-1:2010, MOD)

GB/T 16935.1—2008 低压系统内设备的绝缘配合 第 1 部分：原则、要求和试验(IEC 60664-1:2007, IDT)

## 3 术语、定义、符号和缩略语

### 3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1.1

**电涌保护器 surge protective device; SPD**

用于限制瞬态过电压和泄放电涌电流的电器，它至少包含一个非线性的元件。

注 1：SPD 具有适当的连接装置，是一个装配完整的部件。

注 2：改写 GB/T 18802.1—2011，定义 3.1。

3.1.2

**多脉冲 SPD multi pulse surge protective device**

能够承受同一时序多个脉冲组合波冲击的电涌保护器。

3.1.3

**无串联阻抗的 SPD SPD without impedance in series**

**一端口 SPD**

与被保护低压电气系统电路并联连接,在输入端和输出端之间没有附加的串联阻抗的 SPD。

3.1.4

**有串联阻抗的 SPD SPD with impedance in series**

**二端口 SPD**

有两组输入和输出接线端子,并联接入低压电气系统电路中,在输入端和输出端之间有附加的串联阻抗的 SPD。

3.1.5

**无限流元件的 SPD SPD without current limiting component**

〈连接至电子系统信号网络〉有用于限制过电压的元件,而没有电流限制元件的 SPD。

3.1.6

**有限流元件的 SPD SPD with current limiting component**

〈连接至电子系统信号网络〉既有限制过电压的元件,又有电流限制元件的 SPD。

3.1.7

**电压开关型 SPD voltage switching type SPD**

**开关型 SPD**

无电涌出现时在线 SPD 呈高阻状态;当线路上出现电涌电压且达到一定的值时,SPD 的阻抗突然下降变为低值的 SPD。

注 1:电压开关型 SPD 常用的元件有:放电间隙、气体放电管、闸流管和三端双向可控硅元件等。有时也称这类 SPD 为“克罗巴型”SPD。

注 2:改写 GB/T 18802.1—2011,定义 3.4。

3.1.8

**电压限制型 SPD voltage limiting type SPD**

**限压型 SPD**

无电涌出现时在线 SPD 呈高阻状态;随着线路上的电涌电流及电压的增加,到一定值时 SPD 的阻抗跟着连续变小的 SPD。

注 1:电压限制型 SPD 常用的元件有压敏电阻、抑制二极管等。有时也称这类 SPD 为“箝压型”SPD。

注 2:改写 GB/T 18802.1—2011,定义 3.5。

3.1.9

**组合型 SPD combination type SPD**

由开关型元件和限压型元件组合而成的 SPD。随着施加的电压特性不同,SPD 时而呈现电压开关型 SPD 特性,时而呈现电压限制型 SPD 特性,时而同时呈现开关型和电压限制型特性,这取决于所施加电压的综合特性。

3.1.10

**后备过电流保护 backup overcurrent protection**

安装在 SPD 外部前端的一种用于防止 SPD 不能阻断工频短路电流而引起发热和损坏的过电流保护(如熔断器、断路器)。

为保护设备免受长时间的持续过电流的损害,有时也单独串联在被保护线路中。

## 3.1.11

**可恢复限流 resettable current limiting**

有限流功能的 SPD,它具有在骚扰电流消失后手动恢复原状的功能。

## 3.1.12

**自恢复限流 self-resetting current limiting**

有限流功能的 SPD,它具有在骚扰电流消失后能自动恢复的功能。限流元件多为正温度系数(PTC)热敏电阻、PTC 陶瓷热敏电阻或 PTC 高分子热敏电阻。

## 3.1.13

**SPD 的脱离器 SPD disconnecter****脱离器**

把 SPD 全部或部分从电源系统脱离的装置(内部的和/或外部的)。

**注 1:**这种脱离装置不要求具有隔离能力,它防止系统持续故障并可用来给出 SPD 故障的指示。脱离器可以是内部的(内置的)或者外部的(制造商要求的)。它可具有不止一种脱离功能,例如过电流保护功能和热保护功能。这些功能可以分开在不同装置中。

**注 2:**改写 GB/T 18802.21—2016,定义 3.29。

## 3.1.14

**剩余电流保护器 residual current device;RCD**

在规定的条件下,当剩余电流达到给定值时便断开电路的一种机械式开关电器或电器的组合。

**注:**改写 GB/T 18802.1—2011,定义 3.37。

## 3.1.15

**状态指示器 status indicator**

指示 SPD 脱离器工作状态的器件。

**注 1:**这些指示器与 SPD 一体,并具有声或光报警,或具有遥控信号装置等功能。

**注 2:**改写 GB/T 18802.1—2011,定义 3.43。

## 3.1.16

**保护模式 modes of protection**

在端子间保护被保护元器件的电流路径。

**注:**改写 GB/T 18802.1—2011,定义 3.7。

## 3.1.17

**最大持续工作电压 maximum continuous operating voltage**

## 3.1.17.1

**最大持续工作电压 maximum continuous operating voltage**

$U_c$

〈低压电气系统〉可连续地施加在各种保护模式 SPD 上的最大交流电压有效值或直流电压。

## 3.1.17.2

**最大持续工作电压 maximum continuous operating voltage**

$U_c$

〈电子系统信号网络〉可连续施加在 SPD 端子上,且不致引起 SPD 传输特性降低的最大交流电压有效值或直流电压。

**注:**本部分覆盖的  $U_c$  可超过 1000 V。

## 3.1.17.3

**最大持续工作电压 maximum continuous operating voltage**

$U_{cpv}$

〈光伏系统直流侧〉可连续施加在各种保护模式 SPD 上的最大直流电压。

注:改写 GB/T 18802. 31—2016,定义 3. 1. 11。

3. 1. 18

**SPD 的电流支路 current branch of a SPD**

**电流支路**

一条在两个节点之间既定的电流通路,包含一个或多个保护元器件。

注 1:SPD 的一条电流支路可能等同于 SPD 的一种保护模式。

注 2:该既定电流通路不包括额外的端子。

注 3:SPD 的电流支路和保护模式示意图参见附录 A。

注 4:改写 GB/T 18802. 31—2016,定义 3. 1. 7。

3. 1. 19

**光伏系统的持续工作电流 continuous operating current for PV application**

$I_{CPV}$

当 SPD 依据制造商的说明连接,在光伏系统直流侧,施加最大持续工作电压  $U_{CPV}$  时,流过其带电导线间的电流。

[GB/T 18802. 31—2016,定义 3. 1. 12]

3. 1. 20

**系统的标称交流电压 nominal a. c voltage of the system**

$U_0$

低压配电系统相线对中性线的交流电压有效值。

3. 1. 21

**电压开关型 SPD 的放电电压 sparkover voltage of a voltage switching SPD**

**放电电压**

电压开关型 SPD 的启动电压

电压开关型 SPD 击穿放电前瞬间的最大电压值。

注:改写 GB/T 18802. 1—2011,定义 3. 38。

3. 1. 22

**实测限制电压 measured limiting voltage**

在规定幅值和波形的冲击试验中,在 SPD 接线端子两端测得的最大电压幅值。

注:改写 GB/T 18802. 1—2011,定义 3. 16。

3. 1. 23

**电压保护水平 voltage protection level**

$U_P$

由于施加规定陡度的冲击电压和规定幅值及波形的冲击电流而在 SPD 两端之间预期出现的最大电压。

注 1:电压保护水平由制造商提供,并不可被按照如下方法确定的测量限制电压超过:

——对于 II 类和/或 I 类试验,由波前放电电压(如适用)和对应于 II 类与 I 类试验中直到  $I_n$  和/或  $I_{imp}$  峰值处的残压确定;

——对于 III 类试验,取决于复合波直到  $U_{oc}$  的测量限制电压。

注 2:电压保护水平需低于相应位置被保护设备的耐冲击过电压多脉冲额定值,还需考虑 SPD 连接导线和外部脱离器上的感应电压降。

注 3:改写 GB/T 18802. 1—2011,定义 3. 15。

## 3. 1. 24

**残压 residual voltage** $U_{\text{res}}$ 

当冲击电流通过 SPD 时,在 SPD 端子间呈现的电压峰值。

注 1: $U_{\text{res}}$ 与冲击电流通过 SPD 时的波形和峰值有关。

注 2:改写 GB/T 18802. 1—2011,定义 3. 17。

## 3. 1. 25

**最大中断电压 maximum interrupting voltage**

可以施加于 SPD 的限流元件上而不致引起 SPD 劣化的最大交流电压有效值或直流电压。

注 1:该电压可等于也可高于  $U_C$ ,取决于 SPD 内部限流元件的配置。

注 2:改写 GB/T 18802. 21—2016,定义 3. 7。

## 3. 1. 26

**续流 follow current** $I_f$ 

SPD 被施加冲击电流以后,由电源系统流入 SPD 的电流峰值。

注 1: $I_f$ 与电流  $I_C$ 及  $I_{\text{CPV}}$ 有明显区别。

注 2:改写 GB/T 18802. 1—2011,定义 3. 13。

## 3. 1. 27

**供电电源的预期短路电流 prospective short-circuit current of a power supply** $I_p$ 

在电路中 SPD 安装点,如果用一个抗阻可忽略的导体短路时可能流过的电流。

注:改写 GB/T 18802. 1—2011,定义 3. 28。

## 3. 1. 28

**额定断开续流值 follow current interrupting rating** $I_{\text{fi}}$ 

SPD 本身能切断的预期续流值。

注:改写 GB/T 18802. 1—2011,定义 3. 41。

## 3. 1. 29

**残流 residual current**

## 3. 1. 29. 1

**残流 residual current** $I_{\text{PE}}$ 

〈低压电气系统〉当 SPD 按制造商的说明连接,施加参考试验电压  $U_{\text{REF}}$ 时,流过 PE 接线端子的电流。

## 3. 1. 29. 2

**残流 residual current** $I_{\text{PE}}$ 

〈光伏系统直流侧〉当 SPD 按制造商的说明连接,施加最大持续工作电压  $U_{\text{CPV}}$ 时,流过其 PE 接线端子的电流。

## 3. 1. 30

**额定负载电流 rated load current** $I_L$ 

由电源提供给负载,流经连接至低压电气系统的 SPD 和光伏系统直流侧的 SPD 的最大持续交流电流有效值或直流电流。

注:改写 GB/T 18802. 1—2011,定义 3. 14。

3. 1. 31

**热稳定 thermal stability**

当进行动作负载试验时会引起 SPD 温升,在动作负载实验完成后,在规定的条件下对 SPD 两端施加最大持续工作电压,在一定时间内,流过 SPD 的电流  $I_C$  的阻性分量峰值或功耗出现下降的趋势或没有升高。

注:改写 GB/T 18802. 1—2011,定义 3. 26。

3. 1. 32

**劣化 degradation**

**老化**

任何设备的工作性能偏离其预定性能的非期望偏差。在 SPD 长时间工作或处于恶劣工作环境时,或直接受雷击电涌而引起其性能下降、原始性能参数的改变。

注:改写 GB/T 18802. 1—2011,定义 3. 27。

3. 1. 33

**响应时间 response time**

$t_a$

SPD 限制过电压和过电流的动作时间。

注:SPD 的  $t_a$  除与元件特性有关外,尚与输入 SPD 输入端的电压(或电流)变化率  $dU/dt$ (或  $di/dt$ ) 相关。

3. 1. 34

**盲点 blind spot**

当 SPD 由多级组合而成时,如果能量配合不当,在大于  $U_C$  的电涌电压时引起 SPD 不完全动作的区段。

注:改写 GB/T 18802. 21—2016,定义 3. 18。

3. 1. 35

**绝缘电阻 insulation resistance**

3. 1. 35. 1

**绝缘电阻 insulation resistance**

$R_{iso}$

〈低压电气系统和光伏系统直流侧〉以规定的直流电压施加于 SPD 的用绝缘材料隔开的载流部件与壳体之间或主电路载流部件与辅助电路载流部件之间的电阻值。

3. 1. 35. 2

**绝缘电阻 insulation resistance**

$R_{iso}$

〈电子系统信号网络〉SPD 指定的端子之间施加最大持续工作电压  $U_C$  时呈现的电阻。

3. 1. 36

**外壳防护等级(IP 代码) degrees of protection provided by enclosure(IP code)**

分类前的 IP 符号表征外壳接近危险部件提供防护的程度,防止固体异物和水的有害进入。

注:改写 GB/T 18802. 1—2011,定义 3. 30。

3. 1. 37

**插入损耗 insertion loss**

3. 1. 37. 1

**插入损耗 insertion loss**

〈低压电气系统和光伏系统直流侧〉在给定频率和负载阻抗下,试验时插入 SPD 前后,出现在横跨干线紧靠插入点之后的电压比。



注:单位用 dB(分贝)表示。

### 3.1.37.2

#### 插入损耗 insertion loss

〈电子系统信号网络〉在系统中接入 SPD 前后系统的功率之比。

注:单位用 dB(分贝)表示。

### 3.1.38

#### 推荐选用值 preferred values

在各种试验中所列的参数优选值,用于标准额定值的推荐。

注1:使用该值有利于提供一种对各种同类型 SPD 之间相比较的统一标准。它为 SPD 制造商和用户提供了一种共用的工程语言。

注2:推荐选用值不能囊括所有情况,在用户有特殊要求时,可能需选用不同于该值的其他参数值。

### 3.1.39

#### 电涌 surge

#### 冲击

沿线路传送的电流或电压的瞬态波。其波形特性是先快速上升后缓慢下降。

### 3.1.40

#### 1.2/50 $\mu$ s 冲击电压 1.2/50 $\mu$ s voltage impulse

视在波前时间为 1.2  $\mu$ s,半峰值时间为 50  $\mu$ s 的冲击电压。

注1:GB/T 16927.1—2011 第7章定义了冲击电压的波前时间,半峰值时间和波形允差。

注2:改写 GB/T 18802.1—2011,定义 3.22。

### 3.1.41

#### 8/20 $\mu$ s 冲击电流 8/20 $\mu$ s current impulse

视在波前时间为 8  $\mu$ s,半峰值时间为 20  $\mu$ s 的冲击电流。

注1:IEC 60060-1:1989 第8章定义了冲击电流的波前时间,半峰值时间和波形允差。

注2:改写 GB/T 18802.1—2011,定义 3.23。

### 3.1.42

#### 冲击电流 impulse current

$I_{imp}$

流过 SPD 具有指定转移电荷量  $Q$  和在指定时间内具有指定比能量  $W/R$  的放电电流峰值。

注:改写 GB/T 18802.1—2011,定义 3.9。

### 3.1.43

#### 标称放电电流 nominal discharge current

$I_n$

流过 SPD 具有 8/20  $\mu$ s 冲击电流的峰值。

注:改写 GB/T 18802.1—2011,定义 3.8。

### 3.1.44

#### 冲击试验的分类 impulse test classification

#### 3.1.44.1

##### I 类试验 class I test

使用冲击电流  $I_{imp}$ ,峰值等于冲击电流  $I_{imp}$  的 8/20  $\mu$ s 冲击电流和 1.2/50  $\mu$ s 冲击电压进行的试验。

注:改写 GB/T 18802.1—2011,定义 3.35.1。

#### 3.1.44.2

##### II 类试验 class II test

使用标称放电电流  $I_n$  和 1.2/50  $\mu$ s 冲击电压进行的试验。

注:改写 GB/T 18802. 1—2011,定义 3. 35. 2。

3. 1. 44. 3

**Ⅲ类试验 class Ⅲ test**

使用开路电压为  $1.2/50 \mu\text{s}$ ,短路电流为  $8/20 \mu\text{s}$  的复合波发生器(CWG)进行的试验。

注:改写 GB/T 18802. 1—2011,定义 3. 35. 3。

3. 1. 45

**I类试验的比能量 specific energy W/R for class I test**

比能量

$W/R$

冲击电流  $I_{\text{imp}}$  在流过  $1 \Omega$  单位电阻时消耗的能量。此能量在数值上等于电流平方对时间的积分,  
 $W/R = \int I^2 dt$ 。

3. 1. 46

**复合波 combination wave**

由复合波发生器产生的开路电压波形为  $1.2/50 \mu\text{s}$ ,短路电流波形为  $8/20 \mu\text{s}$  的冲击波。复合波的开路电压峰值与短路电流峰值之比为  $2 \Omega$ (虚拟阻抗  $Z_f$ )。

注 1:当发生器与 SPD 相连,SPD 上承受的实际电压、电流大小及波形由复合波发生器(CWG)内阻和 SPD 阻抗决定。

注 2:开路电压  $U_{\text{oc}}$  是指在复合波发生器连接试品端口处的开路电压。

注 3:短路电流  $I_{\text{sc}}$  是指在复合波发生器连接试品端口处的预期短路电流,当 SPD 连接到复合波发生器,流过试品的电流通常小于复合波发生器的短路电流  $I_{\text{cw}}$ 。

注 4:改写 GB/T 18802. 1—2011,定义 3. 24。

3. 1. 47

**去耦网络 decoupling network**

退耦滤波器

反向滤波器

当对 SPD 施加工频电压并进行冲击试验时,用来防止电涌能量反馈到供电网的装置。

注:改写 GB/T 18802. 1—2011,定义 3. 34。

3. 1. 48

**误码率 bit error ratio;BER**

在单位时间内,信息传输系统中错误的传输比特数与总比特数之比。

注:改写 GB/T 18802. 21—2016,定义 3. 25。

3. 1. 49

**频率范围 frequency range of SPD**

$f_G$

连接至电子系统信号网络的 SPD 在接入线路后,在 3 dB 的插入损耗下,起始频率至截止频率之间的范围。

3. 1. 50

**数据传输速率 transmission rate SPD bps**

连接至电子系统信号网络的 SPD 在接入网络系统后不降低系统误码时的上限数据传输速率,用 1 s 内传输比特值表示,即 bit/s。

3. 1. 51

**回波损耗 return loss**

AR

在高频工作条件下,前向波在 SPD 插入点产生反射的能量与输出能量之比,它是衡量 SPD 与被保

护系统波阻抗匹配程度的一个参数。

$AR$  是反射系数倒数的模量,单位为分贝(dB)。当阻抗能确定时, $AR$  可用下列公式确定:

$$AR=20\lg\text{MOD}[(Z_1+Z_2)/(Z_1-Z_2)]$$

式中:

$Z_1$  ——阻抗不连续点之前传输线的特性阻抗,即源阻抗;

$Z_2$  ——不连续点之后的特性阻抗或从源和负载间的结合点所测到的负载阻抗;

MOD——是阻抗模的计算,即绝对值。

注:改写 GB/T 18802.21—2016,定义 3.24。

### 3.1.52

#### 纵向平衡 longitudinal balance

骚扰的对地共模电压与受试 SPD 的合成差模电压之比。用来表示对共模干扰的敏感度。

### 3.1.53

#### 近端串扰 near-end crosstalk; NEXT

在受干扰信道中的交扰,其传播方向与在干扰信道中的电流传播方向相反。在受干扰信道中产生的交扰,其端口通常与干扰信道的供能端接近或重合。

注:改写 GB/T 18802.21—2016,定义 3.27。

### 3.1.54

#### 过载故障模式 overstressed fault mode

模式 1:SPD 中限压元件由于过载而与主电路脱离,此时线路仍能正常工作,但 SPD 已不起作用。

模式 2:SPD 中限压元件已短路,因短路启动过电流保护而致使线路不能正常工作,但信息设备因 SPD 短路而不会受损。

模式 3:SPD 的限压部分的网络侧出现内部开路,此时线路不能正常工作,信息设备因线路开路而不会受损。

注:改写 GB/T 18802.1—2011,定义 3.3。

### 3.1.55

#### 暂时过电压试验值 temporary overvoltage test value

$U_T$

施加在 SPD 上并持续一个规定时间( $t_T$ )的试验电压,以模拟在暂时过电压(TOV)条件下的应力。

[GB/T 18802.1—2011,定义 3.18]

### 3.1.56

#### 额定短路电流 short-circuit current rating

#### 3.1.56.1

#### 额定短路电流 short-circuit current rating

$I_{SCCR}$

〈低压电气系统和电子系统信号网络〉电源系统的最大预期短路电流参数,用于评定连接指定脱离器的 SPD。

#### 3.1.56.2

#### 额定短路电流 short-circuit current rating

$I_{SCPV}$

〈光伏系统直流侧〉SPD 与指定脱离器连接后可以承受的光伏系统直流侧的最大预期短路电流额定值。

注:改写 GB/T 18802.31—2016,定义 3.1.23。

3. 1. 57

**多极 SPD multipole SPD**

多于一种保护模式的 SPD,或者电气上相互连接的作为一个单元供货的 SPD 组件。

[GB/T 18802. 1—2011,定义 3. 46]

3. 1. 58

**总放电电流 total discharge current**

3. 1. 58. 1

**总放电电流 total discharge current**

$I_{Total}$

〈低压电气系统和光伏系统直流侧〉在总放电电流试验中,流过多极 SPD 的 PE 或 PEN 导线的电流。

注 1:这个试验的目的是用来检查多极 SPD 的多种保护模式同时作用时发生的累积效应。

注 2: $I_{Total}$ 与根据 GB/T 21714 系列标准用作雷电保护等电位连接的 I 类试验 SPD 特别有关。

3. 1. 58. 2

**总放电电流 total discharge current**

$I_{Total}$

〈电子系统信号网络〉在总放电电流试验中,流过多端子 SPD 接地端(公共端)的电流。

注 1:这个试验的目的是用来检查多极 SPD 的多种保护模式同时作用时发生的累积效应。

注 2: $I_{Total}$ 与根据 GB/T 21714 系列标准用作雷电保护等电位连接的 I 类试验 SPD 特别有关。

3. 1. 59

**参考试验电压 reference test voltage**

$U_{REF}$

用于 SPD 试验的电压有效值。它取决于 SPD 的保护模式,系统标称电压,系统结构和系统内的电压调整。

注:参考试验电压可基于制造商根据 7. 1b)需随 SPD 提供的信息 10)中提供的信息从附录 B 中选取。

3. 1. 60

**电气间隙确定电压 voltage for clearance determination**

$U_{max}$

根据 6. 3. 3. 2. 2. 1 或 6. 3. 3. 2. 2. 3 得到的施加冲击时的最大测量电压,用于确定电气间隙。

3. 1. 61

**交流耐受能力 a. c durability**

〈电子系统信号网络〉表征 SPD 容许通过规定幅值的交流电流,并耐受规定次数的特性。

注:改写 GB/T 18802. 21—2016,定义 3. 19。

3. 1. 62

**冲击耐受能力 impulse durability**

〈电子系统信号网络〉表征 SPD 容许通过规定波形和峰值的冲击电流,并耐受规定次数的特性。

注:改写 GB/T 18802. 21—2016,定义 3. 20。

3. 1. 63

**电流恢复时间 current reset time**

〈电子系统信号网络〉一个自恢复电流限制器恢复到正常或静止状态所需要的时间。

注:改写 GB/T 18802. 21—2016,定义 3. 21。

3. 1. 64

**额定电流 rated current**

〈电子系统信号网络〉一个电流限制型 SPD 不引起电流限制元件的阻抗产生变化的能持续流过的

最大电流。

注 1:这也适用于线性串联元件。

注 2:改写 GB/T 18802. 21—2016,定义 3. 22。

### 3. 1. 65

**最大放电电流 maximum discharge current**

$I_{\max}$

流过 SPD 具有制造商声称幅值和 8/20  $\mu\text{s}$  波形的电流峰值。 $I_{\max}$  大于或等于  $I_n$ 。

注:改写 GB/T 18802. 1—2011,定义 3. 10。

### 3. 1. 66

**开路模式 open circuit mode;OCM**

在光伏系统过载条件下,装置发生脱离的特性。

[GB/T 18802. 31—2016,定义 3. 1. 38]

### 3. 1. 67

**短路模式 short-circuit mode;SCM**

在光伏系统过载条件下,装置转变成类似短路状态的特性。

[GB/T 18802. 31—2016,定义 3. 1. 39]

### 3. 1. 68

**短路型 SPD 的额定转换电涌电流 transition surge current rating for short-circuiting type SPD**

$I_{\text{trans}}$

导致短路型 SPD 进入短路状态的 8/20  $\mu\text{s}$  冲击电流,该电流值大于标称放电电流。

## 3. 2 符号和缩略语

本文件中的缩略语见附录 C。

## 4 要求

### 4. 1 总则

本部分对 SPD 提出的要求有:使用条件(分正常使用条件、非正常使用条件)、产品要求(包括标志、铭牌、使用说明书要求,电气性能要求,机械性能要求,工作环境要求,安全要求,特殊 SPD 的性能附加要求)、标准额定值(连接至低压配电系统 SPD、连接至光伏系统直流侧的 SPD、连接至电子系统网络的 SPD)等,其中大量的要求为低压电气设备的通用要求。

### 4. 2 使用条件

#### 4. 2. 1 正常使用条件

##### 4. 2. 1. 1 供电频率范围

直流或交流供电频率为 48 Hz~62 Hz。

##### 4. 2. 1. 2 供电电压

SPD 端子之间的持续供电电压应低于  $U_C$  或  $U_{CPV}$ 。适用于连接至系统额定电压交流值(r. m. s)不超过 1000 V 或直流值不超过 1500 V 的范围内。

#### 4.2.1.3 周围空气温度

周围空气温度在 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间。

#### 4.2.1.4 海拔高度

安装地点的海拔高度为 $-500\text{ m}\sim+2000\text{ m}$ 。

注:对用于海拔高度高于 $2000\text{ m}$ 的SPD,制造商和用户协议时需要考虑空气冷却作用和电气强度的下降。

#### 4.2.1.5 空气相对湿度

周围空气温度为 $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,空气的相对湿度不超过 $50\%$ 。在较低的温度下可以允许有较高的相对湿度,例如 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时达 $90\%$ 。对由于温度变化产生的凝露应采取特殊的措施。

#### 4.2.1.6 污染等级

制造商应说明其产品适应的污染等级,并根据不同的污染等级设计SPD的电气间隙和爬电距离。污染等级的划分应符合附录D的规定。

#### 4.2.2 非正常使用条件

非正常使用条件下的SPD可按制造商和用户的协议确定,如周围空气温度扩展至 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,应进行附录M中规定的试验。

### 4.3 产品要求

#### 4.3.1 标志、铭牌、使用说明书要求

标志、铭牌、使用说明书的要求见第7章,试验方法见6.3.2。

#### 4.3.2 电气性能要求

##### 4.3.2.1 一般电气性能要求

##### 4.3.2.1.1 电气连接

SPD应具有接线端子,可采用螺钉、螺母、插头、插座及其他有效的连接方法。

SPD的接线端子应能连接制造商标称的额定连接容量规定的最大截面积和最小截面积的线缆。

连接可靠性试验,应在最大截面积和最小截面积情况下均能连接可靠。

测试方法见6.3.3.1.1。

除非有关产品标准另有规定,否则,每个夹紧件除了应具备其额定连接容量之外,还应至少能连接两种相邻的更小横截面积的导线。例如:额定连接容量为 $1\text{ mm}^2$ 的夹紧件应能牢牢地夹紧同一类型的 $0.5\text{ mm}^2$ , $0.75\text{ mm}^2$ 或 $1\text{ mm}^2$ 的一根导线。

##### 4.3.2.1.2 电气间隙和爬电距离

##### 4.3.2.1.2.1 电气间隙

电气间隙是指SPD中两个载流部件之间在空气中的最短直线距离。SPD的绝缘配合是建立在瞬态过电压被限制在SPD电压保护水平 $U_p$ 之内并以电气间隙确定电压 $U_{\max}$ 为基础规定的。电气间隙要求见表1。测试方法见6.3.3.1.2。

电气间隙测量方法见附录E。

表 1 SPD 的电气间隙

电气间隙的位置	电气间隙 mm			
	$U_{\max} \geq 2000 \text{ V}^a$	$U_{\max} \leq 4000 \text{ V}$	$4000 \text{ V} < U_{\max} \leq 6000 \text{ V}$	$6000 \text{ V} < U_{\max} \leq 8000 \text{ V}$
不同极的带电部件之间	1.5	3	5.5	8
带电部件与安装 SPD 时应拆卸的固定盖的螺钉或其他工件之间	1.5	3	5.5	8
带电部件与安装表面之间(注 2)	3	6	11	16
安装 SPD 的螺钉或其他工件之间(注 2)	3	6	11	16
壳体之间(注 1 和注 2)	1.5	3	5.5	8
脱离器机构的金属部件与壳体之间(注 1)	1.5	3	5.5	8
脱离器机构的金属部件与安装 SPD 的螺钉或其他工具之间	1.5	3	5.5	8
<p>注 1: 壳体之间的定义见 6.3.6.4.2 a) 注 1。</p> <p>注 2: 如果 SPD 的带电部件与金属隔板或 SPD 安装平面之间的电气间隙仅与 SPD 的设计有关, 使得 SPD 在最不利的位置下(甚至在金属外壳内)安装, 其电气间隙也不会减少时, 则采用第一行的值就足够了。</p>				
<p><sup>a</sup> 该栏仅适用于 <math>U_c</math> 小于或等于 180 V 的 SPD。</p>				

#### 4.3.2.1.2.2 爬电距离

爬电距离是指两个载流部件之间, 沿绝缘材料表面的最短距离。SPD 的爬电距离最小值与 SPD 的最大持续工作电压  $U_c$  值、各种不同部件、绝缘材料组别等有关。就本部分而言, 绝缘材料应依据 GB/T 4207—2012 中方案 A 的要求, 以相比电痕化指数(材料表面能经受住 50 滴电解液而没有形成起痕的最高电压值, 单位为伏(V),  $CTI$ )为标准, 划分为以下四个组别:

- 绝缘材料组别 I:  $CTI \geq 600$ ;
- 绝缘材料组别 II:  $600 > CTI \geq 400$ ;
- 绝缘材料组别 III a:  $400 > CTI \geq 175$ ;
- 绝缘材料组别 III b:  $175 > CTI \geq 100$ 。

SPD 的爬电距离应符合表 2 中的规定值要求, 测试方法见 6.3.3.1.2。

爬电距离测量方法见附录 E。

表 2 SPD 的爬电距离

电压 <sup>a,b</sup> V	最小爬电距离 mm								
	印刷电路材料			非印刷电路材料					
	1 <sup>c</sup>	2 <sup>c</sup>	1 <sup>c</sup>	2 <sup>c</sup>			3 <sup>c</sup>		
	材料组 <sup>d</sup>	除 III b 以外的材料组 <sup>d</sup>	材料组 <sup>d</sup>	I	II	III	I	II	III <sup>e</sup>
10	0.025	0.04	0.08	0.4	0.4	0.4	1	1	1
12.5	0.025	0.04	0.09	0.42	0.42	0.42	1.0	1.05	1.05
16	0.025	0.04	0.1	0.45	0.45	0.45	1.1	1.1	1.1
20	0.025	0.04	0.11	0.48	0.48	0.48	1.2	1.2	1.2
25	0.025	0.04	0.125	0.5	0.5	0.5	1.2	1.25	1.25
32	0.025	0.04	0.14	0.53	0.53	0.53	1.3	1.3	1.3
40	0.025	0.04	0.16	0.56	0.8	1.1	1.4	1.6	1.8
50	0.025	0.04	0.18	0.6	0.85	1.2	1.5	1.7	1.9
63	0.04	0.063	0.2	0.63	0.9	1.25	1.6	1.8	2
80	0.063	0.1	0.22	0.67	0.95	1.3	1.7	1.9	2.1
100	0.1	0.16	0.25	0.71	1	1.4	1.8	2	2.2
125	0.16	0.25	0.28	0.75	1.05	1.5	1.9	2.1	2.4
160	0.25	0.4	0.32	0.8	1.1	1.6	2	2.2	2.5
200	0.4	0.63	0.42	1	1.4	2	2.5	2.8	3.2
250	0.56	1	0.56	1.25	1.8	2.5	3.2	3.6	4
320	0.75	1.6	0.75	1.6	2.2	3.2	4	4.5	5
400	1	2	1	2	2.8	4	5	5.6	6.3
500	1.3	2.5	1.3	2.5	3.6	5	6.3	7.1	8
630	1.8	3.2	1.8	3.2	4.5	6.3	8	9	10
800	2.4	4	2.4	4	5.6	8	10	11	12.5
1000	3.2	5	3.2	5	7.1	10	12.5	14	16

如果实际电压不同于表格中的值,允许使用内插法得到中间电压。当使用内插法时,应采用线性内插法。数值应修约到和表格中的值一样的位数。

<sup>a</sup> 这个值是用于绝缘功能的工作电压(r. m. s)。对于主电源供电的电路的基本绝缘和附加绝缘,是在设备的额定电压或额定绝缘电压的基础上,通过 GB/T 16935.1—2008 的表 F. 3a 或表 F. 3b 进行电压合理化。对于系统、设备和不直接从主电源供电的内部电路的基本绝缘和附加绝缘,是在额定电压和在设备等级内操作条件最繁重的组合下,系统、设备和内部电路上发生的最大电压有效值。

<sup>b</sup> 针对主保护电路,该栏参考  $U_c$ 。

<sup>c</sup> “1、2、3”指污染等级,具体分类见 4.2.1.6。

<sup>d</sup> 材料组包括 I、II、III 类,具体分类见 4.3.2.1.2.2。

<sup>e</sup> 材料 III b 不可用于 630 V 以上的污染等级 3 中。

4.3.2.1.2.3 分开电路间的电气间隙

SPD 如有一个与主电路电气上隔离开的电路时,制造商应提供分隔开的电路间有关电气间隙、爬电距离、电气强度等技术参数,并通过试验验证。



#### 4.3.2.1.3 耐电痕化

电痕化是指固体绝缘材料表面在电场和电解液的共同作用下逐渐形成导电通路的过程。通过 6.3.3.1.3 的试验可检验在不同电极之间产生导电路径的绝缘材料的电痕化指数,电解液配方和浓度见 GB/T 4207—2012。

如果爬电距离大于或等于 4.3.2.1.2.2 规定值的 2 倍,或者绝缘材料是由陶瓷、云母或类似材料制成,则不需进行试验。

#### 4.3.2.1.4 电气强度

SPD 在正常的工作电压下,应不失去其良好的绝缘性能,在 SPD 介电性能试验时,不允许有飞弧或击穿现象。如果出现局部放电,电压变化应低于 5%。SPD 的外壳也应有足够的电气强度。

测试方法见 6.3.3.1.4。

#### 4.3.2.1.5 外壳防护等级(IP 代码)

SPD 应具备符合制造商声明的 IP 代码的外壳,用以防止固体和水的进入。IP 代码等级见附录 F。测试方法见 6.3.3.1.5。

### 4.3.2.2 电涌保护电气性能要求

#### 4.3.2.2.1 实测限制电压

SPD 的实测限制电压不应超过制造商标称的电压保护水平  $U_p$  值。

测试方法见 6.3.3.2.2。

#### 4.3.2.2.2 动作负载试验

对 SPD 施加一系列规定次数和规定波形及幅值的放电电压或冲击电流的试验,来模拟 SPD 在  $U_c$  运行条件下,能否承受制造商标称的放电电压或冲击电流而不使其性能劣化。

测试方法见 6.3.3.2.3。

#### 4.3.2.2.3 SPD 的脱离器

SPD 可在内部或外部,或内部和外部均连接脱离器。脱离器动作时应有明显的指示。如果 SPD 内部有脱离器(参见附录 G 中 G.4),应在型式试验中对其进行动作负载试验、TOV 试验、短路电流性能试验、耐热试验和热稳定试验,并验证其是否符合技术要求。

对剩余电流保护器(RCD),则在动作负载试验时无需对其测试;如 RCD 是 SPD 的组成件时,则应符合 RCD 有关标准的要求。

在型式试验中 SPD 的脱离器应与 SPD 一起试验,测试方法见 6.3.3.2.4。

#### 4.3.2.2.4 短路电流承受能力

在 SPD 内部或外部过电流保护脱离器动作前,SPD 应具有荷载短路电流的能力。制造商应给出最大荷载短路电流值,通过试验验证其是否符合制造商的标称值。

测试方法见 6.3.3.2.4.3。

#### 4.3.2.2.5 暂时过电压(TOV)特性

SPD 应具有安全的过载故障模式,或能耐受规定的暂时过电压。

测试方法见 6.3.3.2.4.5 和 6.3.3.2.4.7。

注:SPD 电涌保护性能是本部分区别于一般低压电器的性能要求。

#### 4.3.2.3 适应传输特性要求

##### 4.3.2.3.1 电容

制造商应提供指定 SPD 端子间的电容值,并通过 6.3.3.3.2 的试验验证。

##### 4.3.2.3.2 插入损耗(AE)

根据传输信号的不同特性,对插入损耗(AE)提出如下要求:

- 参考值为 1 dB;
- 常规值为 0.5 dB;
- 推荐选用值为 0.3 dB。

测试方法见 6.3.3.3.3。

##### 4.3.2.3.3 回波损耗(AR)

根据传输信号的不同特性,如阻抗、频率、传输线类型等,一般情况回波损耗  $AR \geq 23$  dB(驻波比  $SWR \leq 1.15$ ),测试方法见 6.3.3.3.4。

##### 4.3.2.3.4 纵向平衡

制造商应提供决定纵向平衡的 SPD 的串联电阻的匹配值,一般情况下纵向平衡值可规定为串联电阻值的最大值,或串联电阻之间差值的最大百分数,并通过 6.3.3.3.5 的试验验证。

##### 4.3.2.3.5 误码率(BER)

制造商应提供接入数字传输系统的 SPD 的误码率值,并通过 6.3.3.3.6 的试验验证。

##### 4.3.2.3.6 近端串扰(NEXT)

制造商应提供 SPD 接入线路后近端串扰的信号量参数值,并通过 6.3.3.3.7 的试验验证。

##### 4.3.2.3.7 频率范围( $f_c$ )

制造商应提供接入不同信息网络的 SPD 在插入损耗为 3 dB 时的频率范围,并通过 6.3.3.3.8 的试验验证。

##### 4.3.2.3.8 数据传输速率

制造商应提供接入数据通信网络的 SPD 的最大数据传输速率,并通过 6.3.3.3.9 的试验验证。

用于保护信息线路及设备的 SPD 尚应与电子系统信号网络的传输特性相匹配,以满足信息系统的传输要求。具体见表 19。

#### 4.3.3 机械性能要求

##### 4.3.3.1 一般要求

SPD 应装有接线端子。可用下列方式进行电气连接:

- 螺钉接线端子;
- 螺母;

- 插头；
- 插座；
- 非螺钉型接线端子；
- 绝缘穿刺连接或等效方法；
- 太阳能光伏发电系统连接器。

注：连接端子的结构参见附录 H。

#### 4.3.3.2 机械连接

##### 4.3.3.2.1 螺钉、螺母

在机械连接中的螺钉、螺母被紧固时，SPD 接线端子应固定在 SPD 上，在螺钉或螺母拧紧或松开时应不会松掉。应使用工具才能松开夹紧螺钉或锁紧螺母。

##### 4.3.3.2.2 插头插座

装有 SPD 的插头和插座应符合相关国家标准要求，见 GB 2099.1—2008 的有关条款。

##### 4.3.3.2.3 螺钉、载流部件和连接

无论是电气连接或机械连接均应能承受正常使用时发生以及大电流通过时产生的机械应力。安装 SPD 时使用的螺钉不能用切削式自攻螺钉。

电气连接的设计应使接触压力不是通过绝缘材料（陶瓷或纯净云母除外）传递，除非金属部件具有足够的弹性以补偿绝缘材料的收缩或变形。通过直观检查其是否符合要求。还应从几何尺寸的稳定性，来考虑材料的适用性。

载流部件和连接件，包括用于接地保护的导体（如有的话），应采用：

- 铜；
- 铜的质量分数至少为 58% 的铜合金（冷加工零件），或铜的质量分数至少为 50% 的铜合金（非冷加工零件）；
- 耐腐蚀性能不低于铜，且具有合适的机械性能的其他金属或适当涂（镀）层的金属。

用于连接接地保护导体的连接端子应不存在可能导致腐蚀的电池效应。测定抗腐蚀性的新要求和适当的试验项目待定。这些要求应允许使用其他涂层或镀层的材料，如：

- 铬的质量分数大于 13%；
- 碳的质量分数低于 0.09% 的不锈钢；
- 锌镀层大于 5  $\mu\text{m}$  的钢；
- 镍铬镀层大于 20  $\mu\text{m}$  的钢；
- 锡镀层大于 12  $\mu\text{m}$  的钢等。

本条款不适用于触头、磁路、加热元件、双金属片、限流材料、分流器、电子装置元件以及螺钉、螺母、垫圈、紧夹板等部件。

##### 4.3.3.2.4 连接外部导体的螺钉接线端子

连接外部导体的螺钉接线端子应保证其连接的导体永久保持必需的接触压力，这些部件可以是插入式或用螺栓连接。在正常使用的条件下，接线端子应易于拆装。测试见 6.3.3.1.1.2。

接线端子中用于紧固导体的螺钉或螺母不应用作固定其他零部件，但可以用来固定接线端子或者防止其转动。测试见 6.3.3.1.1.2。

接线端子应有足够的机械强度。用于紧固导体的螺钉和螺母应具有 ISO 规定公制的螺纹或节距

和机械强度相类似的螺纹,如 SI、BA 或 UN 螺钉。测试见 6.3.3.1.1.2。

接线端子应设计和制造成使得其能紧固连接导体时不会过度损伤导体。测试见 6.3.3.1.1.2。

接线端子应设计和制造成能将导体牢固夹紧在金属表面之间。测试见 6.3.3.1.1.2。

接线端子应设计成在螺钉或螺母拧紧时使放置其中的硬单芯导体或绞合导体的线丝不能滑出(本条款不适用于接线片式连接端子)。测试见 6.3.3.1.1.2。

接线端子应这样固定或定位,当紧固螺钉或螺母在拧紧或松动时,接线端子不应从 SPD 的固定位置上松脱。

接线端子的转动或移位应严格限制在 GB 2099.1—2008 标准要求范围之内。

密封化合物或树脂的使用,只要满足下列条件便可认为能防止接线端子从工作位置上松脱:密封化合物或树脂在正常使用时不遭受应力,且密封化合物或树脂的功能不因接线端子的温升而失效。通过检查和 6.3.3.1.1.2 规定的方法测试。

用于连接保护导线的连接端子的紧固螺钉或螺母应充分锁定,以防止意外的松动,而且,应是不借助工具就不能将它们拧松。通过手动来检查其是否符合要求。

#### 4.3.3.2.5 连接外部导体的非螺钉型接线端子

连接端子应设计成如下结构:

——能分别地紧固每根导线。在连接或脱开导线时,能同时或分别地连接或脱开。

——能可靠地紧固所有规定的最大数量的导线。接线端子设计和制作成能紧固连接导体(线)而不致过度损伤连接导体。

通过直观检查和 6.3.3.1.1.3 试验验证是否符合上述要求。

#### 4.3.3.2.6 绝缘刺穿连接外部导体

绝缘刺穿连接应具有可靠机械连接性能。

产生接触压力的螺钉不应用来固定其他器件,即使它们是用来固定 SPD 或者防止其转动。

螺钉不应用软金属或易于变形的金属制成。

通过直观检查和 6.3.3.1.1.4 试验验证是否符合上述要求。

#### 4.3.3.2.7 太阳能光伏发电系统连接器

太阳能光伏发电系统连接器的试验参考 EN 50521。

#### 4.3.3.3 金属的耐腐蚀

夹紧件应使用含有耐抗蚀金属,如铜、黄铜等,夹紧螺钉、锁紧螺母以及止推的垫圈、导线和类似的零件等除外。

#### 4.3.4 工作环境要求

户外型 SPD 应装备有防恶劣气候、强辐射、腐蚀、耐电痕化等由玻璃、上釉陶瓷等材料组成的防护罩。

在两个具有不同电位的部件之间应有足够的表面爬电距离。

按 GB 4208—2017 进行试验和校核 IP 代码。

### 4.3.5 安全要求

#### 4.3.5.1 防直接接触

在最大持续工作电压  $U_c$  高于交流有效值 50 V 和直流 71 V 时,对易触及的 SPD,都应符合以下要求:

- 为了防止直接接触,当 SPD 安装使用时,所有这些载流部分应是不易触摸到的。按 GB 4208—2017 标准试验方法试验验证。
- 当 SPD(除不易触及型 SPD 外)正常接线安装使用时,载流部分是不易触及的,即使是在那些不用工具便可拆下的部件被拆除之后也应如此。
- 接线端子所有与其连接的易触及的部件之间应是低阻抗连接。

测试方法见 6.3.6.1。

#### 4.3.5.2 机械强度

SPD 组件中防止直接接触的部件应具有足够的机械强度。

测试方法见 6.3.6.2。

#### 4.3.5.3 耐热性

SPD 组件中所有防止直接接触的部件应具有足够的耐热性。

测试方法见 6.3.6.3。

#### 4.3.5.4 绝缘性能

SPD 绝缘部分应具有足够的绝缘电阻,用于低压电气系统的 SPD 按不同部件要求其值应不小于 2 M $\Omega$  或不小于 5 M $\Omega$ ;用于电子系统信号网络的 SPD 其值应大于或等于制造商的标称值。

测试方法见 6.3.6.4。

#### 4.3.5.5 阻燃性

SPD 的壳体上的绝缘材料应具有阻燃性或自熄性。

测试方法见 6.3.6.5。

#### 4.3.5.6 色标

当 SPD 是由多级组合,各级之间使用线缆连接时,线缆色标应符合色标的规定要求。如相线可用黄、绿、红色,中性线用淡蓝色,保护线用绿/黄双色线。

直观检查。

#### 4.3.5.7 残流 $I_{PE}$

将 SPD 按制造商提供的方法连接,测量在  $U_{REF}$  或  $U_{CPV}$  电压下和不带负载条件下经 SPD 流过保护导线端子的电流值。

通过 6.3.3.2.4.6 试验验证。

#### 4.3.5.8 状态指示器

在型式试验全过程中,指示器所显示的状态应明确地指示出与其相连部件的状态。对带有中间状态指示器的 SPD,不可将中间状态指示认定是指示器的故障。在状态指示器具有多种显示型式时,如本

身具有声、光报警或遥信功能时,应对每种型式进行试验。制造商应提供状态指示器的功能性说明。

状态指示器可由一耦合器连接的两部分组成,耦合器可为机械的、光的、声响的或电磁的。在更换 SPD 时一并更换的那一部分,应进行上面所述的试验;而不被更换的那一部分应至少具有继续工作 50 次的功能,且应符合各相关标准的要求。

注:在本部分规定的正常工作环境下,SPD 的操作是安全的。

#### 4.3.5.9 光伏系统直流侧 SPD 过载特性

SPD 失效应不会造成危险的后果,或 SPD 应能承受在 SPD 失效过程中可能出现的声称的预期短路电流  $I_{SCPV}$ 。

通过 6.3.3.2.4.4 的试验检验其是否符合要求。

本试验不适用于只包含电压开关型 SPD。

本试验也不适用于保护模式中一条电流支路仅含电压开关元件的 SPD。如果 SPD 的一条电流支路只包含电压开关元件,并且这条支路接地,那么这种 SPD 不能使用在接地的 PV 系统中。如果制造商声明这种 SPD 不能使用在接地的 PV 系统中,在这种情况下,即使该 SPD 没有进行 6.3.3.2.4.4 的试验,也可以声称具有相应的保护模式。

如果如 6.3.3.2.4.4 中描述的内部和外部脱离器先后动作,则需要做一个附加试验。该试验的电流设定为外部脱离器的额定电流的 5 倍(如果没有超过  $I_{SCPV}$ ),且对时间不作要求。

由于在更换时产生的直流电弧可能危及人身和财产的安全,具有短路过载特性的插座式 SPD(更换时不需要借助工具)需要制造商声称合适的断开方式。可通过检查安装说明来验证其是否符合要求。

注:检查制造商声称措施效能的特别试验正在考虑中。

#### 4.3.6 特殊 SPD 的附加要求

##### 4.3.6.1 对二端口 SPD 和输入/输出端分开的一端口 SPD 的附加要求

###### 4.3.6.1.1 电压降

制造商的标称电压降百分比应通过 6.3.7.1.1 试验验证。

###### 4.3.6.1.2 额定负载电流 $I_L$

制造商应标注 SPD 可通过的额定负载电流  $I_L$  值,并通过 6.3.7.1.2 试验验证。

###### 4.3.6.1.3 负载侧短路电流耐受能力

SPD 应能承受由在负载侧短路产生的电流,指导它被 SPD 自身内部或外部的脱离器切断,应通过 6.3.7.1.3 试验验证。

###### 4.3.6.1.4 负载侧电涌耐受能力

当制造商提供 SPD 负载侧耐电涌能力时,应通过 6.3.7.1.4 试验验证。

###### 4.3.6.1.5 总放电电流 $I_{Total}$ (对多极 SPD)

当制造商声明总放电电流时才进行该试验,通过 6.3.7.1.5 试验验证。

#### 4.3.6.2 连接至电子系统信号网络的 SPD 的附加要求

##### 4.3.6.2.1 冲击复位时间

如 SPD 内部仅有开关型限压元件,在型式试验中,在施加了规定的冲击电压和冲击电流后,开关型限压元件应在冲击电流通过后的 30 ms 内复原到初始的高阻值状态。

测试方法见 6.3.7.2.1。

##### 4.3.6.2.2 过载故障模式

在制造商提供其产品过载故障的冲击电流或交流电流值时,应对其值进行验证。试验过程中 SPD 不应有着火、爆炸、发生电击的危险和施放出有毒气体。试验后再次验证试品的绝缘电阻,实测限制电压及串联电阻(如果有)值。

测试方法见 6.3.7.2.2。

##### 4.3.6.2.3 盲点

在制造商提供的产品是由多级 SPD 组成时,应进行盲点测试以确定其多级 SPD 元件间的能量配合状况。要求在测试中 SPD 不应出现不完全动作的情况。

测试方法见 6.3.7.2.3。

##### 4.3.6.2.4 对含有限流元件的 SPD 的附加要求

###### 4.3.6.2.4.1 额定负载电流 $I_L$

用制造商标称的额定负载电流对 SPD 进行 1 h 的试验后,SPD 的外壳达到热稳定,且正常使用时可接触部件的温度不超过环境温度,限流元件应不动作。

测试方法见 6.3.7.2.4.1。

注:此要求同 4.3.6.1.2,区别是本条要求适用于电子系统信号网络用的 SPD。

###### 4.3.6.2.4.2 串联电阻

通过试验,计算出 SPD 的串联电阻值是否与制造商标称值一致。

测试方法见 6.3.7.2.4.2。

###### 4.3.6.2.4.3 电流响应时间

限流元件应在制造商标称的响应时间内动作,对 PTC 热敏电阻的要求可参考 ITU-T. K30。

测试方法见 6.3.7.2.4.3。

###### 4.3.6.2.4.4 电流恢复时间

对于 SPD 内含一个或一个以上自恢复限流元件的,应进行电流恢复时间测试,要求恢复时间小于 120 s。

测试方法见 6.3.7.2.4.4。

###### 4.3.6.2.4.5 最大中断电压

对 SPD 内含有可恢复限流或自恢复限流元件的,应用制造商所标称的最大中断电压值进行 1 h 测试,试验后 SPD 限流元件的工作性能应不下降。

测试方法见 6.3.7.2.4.5。

#### 4.3.6.2.4.6 工作状态

当 SPD 内含有可恢复限流或自恢复限流元件的,应用制造商最大中断电压标称值进行循环试验,在试验完成后,试品的串联电阻、电流响应时间和电流恢复时间等性能应无变化。

测试方法见 6.3.7.2.4.6。

#### 4.3.6.2.4.7 交流耐受能力

在 SPD 指定的端子间施加工频短路电流的试验,在重复试验完成后,SPD 的额定电流、串联电阻和电流响应时间等性能应无变化。

测试方法见 6.3.7.2.4.7。

#### 4.3.6.2.4.8 冲击耐受能力

在 SPD 指定的端子间施加冲击电流,经过规定的电流、波形和次数的试验后,SPD 的额定电流、串联电阻和电流响应时间的性能应无变化。

测试方法见 6.3.7.2.4.8。

#### 4.3.6.2.4.9 高温高湿耐受能力

对制造商标称的在高温高湿环境中能正常运行的 SPD 应进行高温高湿耐受能力试验。在进行了长时间(10 d 至 56 d)循环试验后,SPD 的绝缘电阻和限制电压性能应无变化。

测试方法见 6.3.7.2.5。

### 4.4 标准额定值

#### 4.4.1 连接至低压配电系统的 SPD

##### 4.4.1.1 I 类分类试验中冲击电流 $I_{imp}$ 推荐选用值

I 类分类试验中冲击电流  $I_{imp}$  推荐选用值如下:

- 电流峰值(kA):1、2、5、10、12.5、20 和 25;
- 电荷量(A·s):0.5、1、2.5、5、6.25、10 和 12.5;
- 比能量  $W/R$ (kJ/Ω):0.25、1.0、6.25、25、39、100 和 156。

##### 4.4.1.2 II 类分类试验中标称放电电流 $I_n$ 推荐选用值

II 类分类试验中标称放电电流  $I_n$  推荐选用值(kA)如下:

0.05、0.1、0.25、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、5、10、15 和 20。

##### 4.4.1.3 III 类分类试验中开路电压 $U_{oc}$ 的推荐选用值

III 类分类试验中开路电压  $U_{oc}$  的推荐选用值(kV)如下:

0.1、0.2、0.5、1、2、3、4、5、6、10 和 20。

##### 4.4.1.4 电压保护水平 $U_p$ 推荐选用值

电压保护水平  $U_p$  推荐选用值(kV)如下:

0.08、0.09、0.10、0.12、0.15、0.22、0.33、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、0.9、1.0、1.2、1.5、1.8、2.0、2.5、3.0、4.0、5.0、6.0、8.0 和 10。



#### 4.4.1.5 最大持续工作电压 $U_c$ (d. c 或 a. c 有效值) 推荐选用值

最大持续工作电压  $U_c$  (d. c 或 a. c 有效值) 推荐选用值 (V) 如下:

52、63、75、95、110、130、150、175、220、230、240、250、260、275、280、320、420、440、460、510、530、600、630、690、800、900、1000 和 1500。

#### 4.4.2 连接至光伏系统直流侧的 SPD

##### 4.4.2.1 I 类分类试验中冲击电流 $I_{imp}$ 推荐选用值

I 类分类试验中冲击电流  $I_{imp}$  推荐选用值如下:

- 电流峰值 (kA): 5、10、12.5、15、20 和 25;
- 电荷量 (A·s): 2.5、5、6.25、7.5、10 和 12.5;
- 比能量  $W/R$  (kJ/Ω): 6.25、25、39、56、100 和 156。

##### 4.4.2.2 II 类分类试验中标称放电电流 $I_n$ 推荐选用值

II 类分类试验中标称放电电流  $I_n$  推荐选用值 (kA) 如下:

5、10、15、20 和 40。

##### 4.4.2.3 电压保护水平 $U_p$ 推荐选用值

电压保护水平  $U_p$  推荐选用值 (kV) 如下:

3.0、4.0、5.0、6.0 和 8.0。

##### 4.4.2.4 光伏系统的最大持续工作电压 $U_{CPV}$ 推荐选用值

光伏系统的最大持续工作电压  $U_{CPV}$  推荐选用值 (V) 如下:

600、800、1000、1200、1400 和 1800。

#### 4.4.3 连接至电子系统信号网络的 SPD

##### 4.4.3.1 SPD 的最大持续工作电压 $U_c$ (d. c 或 a. c 有效值) 推荐选用值

SPD 的最大持续工作电压  $U_c$  (d. c 或 a. c 有效值) 推荐选用值 (V) 如下:

5、6、8、15、24、30、48、60、130、170 和 280。

##### 4.4.3.2 电压保护水平 $U_p$ 推荐选用值

电压保护水平  $U_p$  推荐选用值 (kV) 如下:

0.015、0.02、0.025、0.03、0.035、0.04、0.045、0.05、0.055、0.06、0.065、0.07、0.075、0.08、0.085、0.09、0.095、0.1、0.12、0.15、0.18、0.2、0.25、0.3、0.35、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、0.9、1、1.2、1.5、1.8、2 和 2.5。

##### 4.4.3.3 功率 (用于天馈系统的 SPD) 推荐选用值

功率 (用于天馈系统的 SPD) 推荐选用值 (kW) 如下:

0.1、0.12、0.15、0.2、0.25、0.4、0.5、0.8、1、1.5 和 2。

## 5 分类和命名

### 5.1 SPD 的分类

#### 5.1.1 连接至低压电气系统和光伏系统直流侧的 SPD 分类

连接至低压电气系统和光伏系统直流侧的 SPD 分类见表 3,适用于连接至低压配电系统和/或连接至光伏系统直流侧的 SPD。

表 3 连接至低压电气系统和光伏系统直流侧的 SPD 分类

大类序号	分类方式	小类序号	具体分类
1	按有无串联	1	无串联阻抗(一端口)
	按附加阻抗	2	有串联阻抗(二端口)
2	按电路设计拓扑	3	电压开关型
		4	电压限制型
		5	组合型
3	按冲击脉冲个数	6	单脉冲
		7	多脉冲
4	按冲击试验类型	8	I 类分类试验
		9	II 类分类试验
		10	III 类分类试验
5	按使用地点	11	户外型
		12	户内型
6	按安装环境	13	普通型
		14	防爆型
7	按可触及性	15	易触及型
		16	不易触及型
8	按安装方式	17	固定式
		18	移动式
9	按有无智能监测	19	智能型(故障、雷击、过电压等实时监测)
		20	非智能型(普通型)
10	按脱离器安装位置	21	安在 SPD 内部
		22	安在 SPD 外部
		23	内外部均有
11	按脱离器保护功能	24	有防过热功能
		25	有防泄漏电流功能
		26	有防过电流功能

表3 连接至低压电气系统和光伏系统直流侧的 SPD 分类(续)

大类序号	分类方式	小类序号	具体分类
12	按温度范围	27	工作在正常温度范围
		28	工作在异常温度范围
13	按外壳防护等级	29 29+1 29+2 ..... 29+n	按 IP 代码规定划分

## 5.1.2 连接至电子系统信号网络的 SPD 分类

连接至电子系统信号网络的 SPD 分类见表 4。

表4 连接至电子系统信号网络的 SPD 分类

大类序号	分类方式	小类序号	具体分类
1	按有无限流元件	1	无限流元件
		2	有限流元件
2	按不同防雷区(LPZ)的使用	3	A类 <sup>a</sup> :LPZ0和LPZ1区交界处
		4	B类 <sup>a</sup> :LPZ1区以内
		5	C类 <sup>a</sup> :LPZ0~LPZ2区均可使用
3	按过载故障模式	6	模式1
		7	模式2
		8	模式3
4	按使用地点	9	户外型
		10	户内型
5	按线路对数	11	一对线的
		12	一对线以上的
6	按限流器件的可复位性能	13	非复位的
		14	可复位的
		15	自动复位的
7	按温度范围	16	工作在正常温度范围
		17	工作在异常温度范围
8	外壳防护等级	18 18+1 ..... 18+n	按 IP 代码规定划分

表 4 连接至电子系统信号网络的 SPD 分类(续)

大类序号	分类方式	小类序号	具体分类
9	按冲击脉冲个数	19	单脉冲
		20	多脉冲 <sup>b</sup>
10	按有无智能监测	21	智能型 <sup>c</sup>
		22	非智能型(普通型)

<sup>a</sup> A类、C类试验用 10/350 μs 或 10/250 μs 波形,B类只用 1.2/50 μs(8/20 μs)复合波或 1000 V/μs 波形。  
<sup>b</sup> 多脉冲试验方法由用户和制造商之间进行协商。  
<sup>c</sup> 智能型 SPD 是指配套采用的监测系统具有无线或有线信号传输方式,可对 SPD 故障报警、雷击及过电压工作计数、波形等参数进行记录并实时在线监测。

## 5.2 SPD 的命名

### 5.2.1 SPD 命名原则

SPD 命名宜采用六段命名原则(制造商选用)。

### 5.2.2 SPD 命名代码

第一段代表制造商代号,由三个字母组成。

第二段表示 SPD 分类,可选用 A、D、X、T、S、MS 中的一个,其中:

- A 表示用于交流配电线路上的 SPD;
- D 表示用于直流线路上的 SPD;
- X 表示用于数据传输线或信号控制线上的 SPD;
- T 表示用于同轴电缆上的 SPD;
- S 表示用于视频传输线路上的 SPD;
- MS: 对于多脉冲 SPD,除选用上述字母外,另需加入 MS 标明。

第三段表示 SPD 的额定电压值,由三个数字组成。可分别表示交流电压值、直流电压值或数据传输和视频传输中允许的最大工作电压值  $U_{max}$ ,当电压值低于 100 V 时,第一位应补 0。

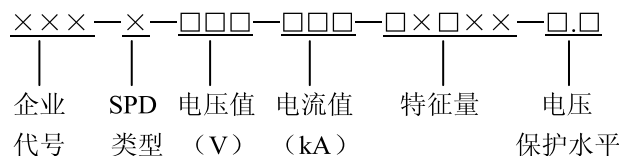
第四段表示 SPD 的冲击电流  $I_{imp}$  (10/350 μs)或标称放电电流  $I_n$  (8/20 μs)值,由三个数字组成。当电流值低于 100 kA 时,第一位应补 0。

第五段表示 SPD 的其他特征量,制造商可按表 3、表 4 的内容选用,也可用说明产品的其他特征量,如接口型式、插入损耗、频率范围、功率、特征阻抗等。第五段可由字母和数字混合组成,字数无限制。

第六段表示 SPD 的电压保护水平  $U_p$ 。

### 5.2.3 SPD 命名示意

六段组成示意如下(其中,×表示字母;□表示数字,具体规定见 5.2.2):



## 6 试验方法

### 6.1 试验规则

6.1.1 型式试验又称设计试验,当一个新产品设计定型投产前或产品转厂生产前而样品试制完成之后,应对其进行一系列的全面试验,以验证是否符合标准。当产品设计改变、材料和工艺有重大改变、在正常生产条件下在规定的生产周期(批量)后以及产品停产一年以后重新生产时均应作型式试验。

注1:型式试验的内容和方法包含了例行试验、验收试验和定期试验等试验的全部内容。

注2:连接至低压电气系统的 SPD 和连接至电子系统信号网络的 SPD 在试验上有共性也有各自的要求。其中连接至低压电气系统的 SPD 又分为连接至低压配电系统的 SPD 和连接至光伏系统直流侧的 SPD,本章内容将在描述共性要求的同时对有各自要求的特性分别说明。

6.1.2 所有试品,无论是由某一单元件构成或是复杂构成,都应把试品作为一个整体测试,不得随意拆卸和进行额外的维护或修理。

6.1.3 SPD 的试品应按制造商提供的连接方法连接后进行试验,除非这种连接方法是明显与有关技术标准相悖的。如果 SPD 有多组连接端子,如用于三相配电系统的 SPD、用于多条线路的信息 SPD,应对每一组线路单独测试,也可能需要对所有线路同时进行试验。

6.1.4 对具有一种以上保护模式的低压电气系统用的 SPD,应对每一保护模式进行试验,每一种保护模式用一个新试品(一次试验用三个新试品,三个试品可对应三种保护模式)。

6.1.5 试验室环境条件应符合下列要求:

- a) 气压范围:80 kPa~106 kPa。
- b) 试品在试验之前,应在试验室内或与试验室条件一致的环境中置放一段时间,一般不应少于 15 min。
- c) 对于连接至低压电气系统和光伏系统直流侧的电涌保护器,当没有其他规定时,试验应在大气中进行,周围温度应是  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- d) 对于电子系统信号网络的 SPD,测试时的温度为  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度为 25%~75%。
- e) 如果制造商和客户有要求,SPD 应在其所选用温度范围的极限温度处测试,所选的温度范围可比 4.2.1.3 的整个温度范围窄。
- f) 对于特定的 SPD 工艺,所选择温度范围中只有一个代表最不利测试条件的极限温度可能是预先知道的,在这种情况下应在最不利测试条件的极限温度下试验。
- g) 对同样的 SPD 工艺,在进行第 6 章中所述的各种测试时,这个极限温度可能不同。
- h) 当要求在极限温度下测试时,SPD 应有足够的时间逐渐地加热或冷却到极限温度,以免其受到热冲击。除非另有规定,最少宜用 1 h 的时间。
- i) 在试验前,应使 SPD 在规定的温度下保持足够的时间,以达到热平衡。除非另有规定,最少宜用 15 min 的时间。

6.1.6 所有试验的波形和数据均应用仪器正确记录结果。所有试验仪器均应达到有关仪器设备的技术标准,并符合国家对仪器设备的计量规定,如示波器应符合 GB/T 16896.1—2005 的要求,冲击波发生器的容差不应大于本部分中的有关规定。

6.1.7 试验中需使用的试验连接导线应尽可能的短,多股铜线最小截面宜符合 I 类分类试验中大于  $16\text{ mm}^2$  和 II、III 类分类试验中大于  $6\text{ mm}^2$  的要求。

6.1.8 型式试验的试品应从交收检验的合格批中随意抽取,其中三只试品是按 6.2.3 做重复试验的备用品。

6.1.9 若没有其他规定,当试验中的电源电压等于  $U_{\text{REF}}$  或  $U_{\text{C}}$  时,其允差为  $U_{-5}\%$ 。当试验中要求的线性直流电源电压等于  $U_{\text{CPV}}$ ,在流过 1 A 的负载电流时(包括纹波在内的试验电压瞬时值)应保持在

$U_{CPV-5}^0\%$ 。试验电源试验电压的瞬时值应保持在  $U_{test-5}^0\%$ 。

连接至光伏系统直流侧 SPD 的试验电源特性见附录 I, PV 试验电源的瞬态特性见附录 F。

## 6.2 试验程序

6.2.1 试品 SPD 应抽样逐级进行试验。对于制造商标称具有某种特殊功能的 SPD 或用于特殊环境、特殊用途的 SPD 尚应进行对应的试验。对制造商标称除具有电涌保护功能外,还有其他功能的产品,也应对其按有关标准进行不影响电涌保护性能的试验。

6.2.2 如果制造商对 SPD 外部的脱离器按供电电源的预期短路电流规定了不同的要求,则应对每个要求的断路器和相应预期短路电流组合进行相关试验。

6.2.3 型式试验按表 5 或表 6 规定的项目进行。每项试验均用三个试品,当三个试品均通过了某项试验,则认定该型号 SPD 符合此项试验要求,可转入下一项试验。如果有一个试品没有通过这项试验,应重新抽取三个新试品重复这项试验。重复试验的三个新试品中如有一个试品没能通过试验,试验至此结束,不再继续下一项的试验,即可判定该产品未通过型式试验。

注:高电压试验程序可参见 GB/T 17627.1—1998。

## 6.3 型式试验

### 6.3.1 基本要求

6.3.1.1 本部分对使用薄纸的要求如下:

- a) 对于固定式 SPD:薄纸需固定在除安装面之外,距离试品各个方向  $100\text{ mm}\pm 20\text{ mm}$ ;
- b) 对于移动式 SPD:薄纸需松散地包裹在 SPD 的所有面(包括底面)。

注:薄纸指薄、软和有一定强度的纸,一般用于包裹易碎的物品,其质量密度在  $12\text{ g/mm}^2\sim 25\text{ g/mm}^2$  之间。

6.3.1.2 本部分对使用金属屏栅的要求:

- a) 一个金属屏栅需固定靠近在 SPD 所有表面,最小距离根据 7.1b)16) 条的规定。具体细节,包括金属屏栅和 SPD 的距离需记录在测试报告中。金属屏栅需具备以下特性:
  - 1) 结构:编织金属丝网,穿孔金属或金属板网;
  - 2) 孔面积/总面积的比例: $0.45\sim 0.65$ ;
  - 3) 孔尺寸不超过  $30\text{ mm}^2$ ;
  - 4) 面处理:裸露或导电电镀;
  - 5) 电阻:金属屏栅最远处点到金属屏栅连接点的电阻应足够小,不会限制屏栅电路的短路电流。
- b) 金属屏栅需通过一个  $6\text{ A(gL/gG)}$  熔断器连接到 SPD 待测试的一个端子上。每次施加短路后,屏栅的连接应更换到 SPD 的另一个端子。
- c) 金属屏栅的试验布置见附录 K。

6.3.1.3 本部分对型式试验中 SPD 的试验内容要求:

表 5、表 6 和表 7 分别规定了连接到低压配电系统、光伏系统直流侧和电子系统信号网络的 SPD 型式试验的试验内容要求。

表 5 连接至低压配电系统的 SPD 的型式试验内容

试验项目	对应条款	易触及						不易触及		
		固定式			移动式			固定式		
		试验类别								
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
标志、铭牌、说明书	6.3.2	●	●	●	●	●	●	●	●	●
接线端子和连接	6.3.3.1.1	●	●	●	●	●	●	●	●	●
电气间隙和爬电距离	6.3.3.1.2	●	●	●	●	●	●	●	●	●
耐电痕化	6.3.3.1.3 <sup>a</sup>	●	●	●	●	●	●	●	●	●
电气强度试验	6.3.3.1.4	●	●	●	●	●	●	●	●	●
IP 代码试验	6.3.3.1.5 <sup>b</sup>	●	●	●	●	●	●	●	●	●
I、II、III 类分类试验	6.3.3.2.1 <sup>c</sup>	●	●	●	●	●	●	●	●	●
测量限制电压	6.3.3.2.2.1 b)	●	●	—	●	●	—	●	●	—
	6.3.3.2.2.1 c)	●	●	—	●	●	—	●	●	—
	6.3.3.2.2.1 d) 或 e)	—	—	●	—	—	●	—	—	●
动作负载试验	确定续流大小的试验	附录 L		●	●	●	●	●	●	●
	I、II 类动作负载试验	6.3.3.2.3.1 c)	●	●	—	●	●	—	●	●
	I 类试验的附加动作负载试验	6.3.3.2.3.1 d)	●	—	—	●	—	—	●	—
	III 类动作负载试验	6.3.3.2.3.1 e)	—	—	●	—	—	●	—	●
总放电电流试验	6.3.7.1.5	●	●	—	●	●	—	●	●	—
脱离子器试验	耐热试验	6.3.3.2.4.1	●	●	●	●	●	●	●	●
	热稳定试验	6.3.3.2.4.2	●	●	●	●	●	●	●	●
	短路电流性能试验	6.3.3.2.4.3	●	●	●	●	●	●	●	●
	高中压侧故障引起的 TOV	6.3.3.2.4.5	●	●	●	●	●	●	●	●
	低压侧故障引起的 TOV	6.3.3.2.4.7	●	●	●	●	●	●	●	●
残流	6.3.3.2.4.6	●	●	●	●	●	●	●	●	●
撞击试验	6.3.6.2 <sup>d</sup>	●	●	●	●	●	●	●	●	●
防直接接触试验	6.3.6.1	●	●	●	●	●	●	—	—	—
耐热性试验	6.3.6.3	●	●	●	●	●	●	●	●	●
绝缘电阻	6.3.6.4	●	●	●	●	●	●	●	●	●
阻燃性试验	6.3.6.5 <sup>e</sup>	●	●	●	●	●	●	●	●	●

表 5 连接至低压配电系统的 SPD 的型式试验内容(续)

试验项目		对应条款	易触及						不易触及			
			固定式			移动式			固定式			
			试验类别									
			I	II	III	I	II	III	I	II	III	
对二端口及输入/输出端分开的一端口 SPD 的附加试验	电压降试验	6.3.7.1.1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	额定负载电流 $I_L$ 的附加试验	6.3.7.1.2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	负载侧短路特性试验	6.3.7.1.3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	负载侧电涌耐受能力	6.3.7.1.4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	总放电电流	6.3.7.1.5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
户外型 SPD 的环境试验		6.3.5.2	—	—	—	—	—	—	—	●	●	●
<p>●:表示应当作该试验;—:表示可以不做该试验。</p> <p>注 1:对二端口 SPD 和输入/输出端口分开的一端口 SPD 因进行 6.3.6.1 项试验,未列入表 5 中。</p> <p>注 2:对移动性 SPD,因进行 8.3.4 试验,未列入表 5 中。</p> <p>注 3:脱离器试验只有在有脱离器时才进行。</p> <p>a 此项试验对陶瓷绝缘物质和爬电距离大于表 1 或表 2 所列值 2 倍时可不进行。</p> <p>b IP 代码试验在制造商有标称值时才进行。</p> <p>c 此项试验分别对应进行,如 II 类分类试验产品无须做 I 类分类试验。</p> <p>d 撞击试验仅对与防直接接触的有关部件进行。</p> <p>e 阻燃性试验只对用绝缘材料制成的外部零件的 SPD 进行。</p>												

表 6 连接至光伏系统直流侧的 SPD 的型式试验内容

试验项目		分条款	连接外部脱离器 <sup>a</sup>	使用薄纸	I 类试验	II 类试验
标识与标志		7	—	—	●	●
安装		4.3.3.1	—	—	●	●
接线端子和连接		4.3.3.2	—	—	●	●
防直接接触		4.3.5.1/6.3.6.1	—	—	●	●
环境,IP 代码等级		4.3.2.1.5	—	—	●	●
残流		4.3.5.7/6.3.3.2.4.6	—	—	●	●
动作负载试验 <sup>d</sup>	I 类或 II 类动作负载试验	6.3.3.2.3.3 c) <sup>b</sup>	●	—	●	●
	I 类试验的附加负载试验	6.3.3.2.3.3 d) <sup>b</sup>	●	—	●	



表 6 连接至光伏系统直流侧的 SPD 的型式试验内容(续)

试验项目		分条款	连接外部 脱离器 <sup>a</sup>	使用 薄纸	I 类 试验	II 类 试验
电气间隙和爬电距离		4.3.2.1.2/6.3.3.1.2	—	—	●	●
球压试验		6.3.6.3.2	—	—	●	●
耐非正常热和火		4.3.5.5/6.3.6.5	—	—	●	●
耐电痕化		4.3.2.1.3/6.3.3.1.3	—	—	●	●
电压保 护水平	残压	6.3.3.2.2.1 b)	—	—	●	●
	波前放电电压试验	6.3.3.2.2.1 c)	—	—	●	●
绝缘电阻		4.3.5.4/6.3.6.4	—	—	●	●
电气强度		4.3.2.1.4/6.3.3.1.4	—	—	●	●
机械强度		6.3.6.2	—	—	●	●
耐温		6.3.3.2.4.1 <sup>b</sup>	—	—	●	●
输入/输出端子分开的一端口 SPD 的附加试验 <sup>c</sup>	额定负 载电流	4.3.6.1.2/6.3.7.1.2	●	—	●	●
分离电路的隔离性		4.3.2.1.2.3/6.3. 6.4.2/6.3.3.1.4	—	—	●	●
耐热 <sup>c</sup>		6.3.6.3.1	—	—	●	●
SPD 过载特性试验 <sup>c</sup>		4.3.5.9/6.3.3.2.4.4	●	●	●	●
湿热条件下的寿命试验 <sup>b</sup>		6.3.5.3	—	—	●	●
总放电电流试验		4.3.6.1.5/6.3.7.1.5 <sup>b</sup>	—	—	●	●
户外型 SPD 的环境试验		6.3.5.2/ 附录 M	—	—	●	●
● 表示应当作该试验;— 表示可以不做该试验。						
<sup>a</sup> 制造商指定的外部脱离器应和 SPD 一起测试。 <sup>b</sup> 对于这些要求初始泄漏电流测量的试验,可能需用到合格判别依据 E。 <sup>c</sup> 对于这个试验序列,可能会用到多于一组的样品。 <sup>d</sup> 对于整个动作负载试验(包括附加负载试验,如适用),可能需要多于一组独立的样品。						

表 7 连接至电子系统信号网络的 SPD 的型式试验内容

试验项目	对应条款	只有限压功能的 SPD	具有限压和限流功能的 SPD	具有限压功能以及在接线端子之间有限性元件的 SPD	具有限压和限流功能以及增强传输能力的 SPD	只有限压功能并打算在不受控制的环境中使用的 SPD	具有限压和限流功能并打算在不受控制的环境中使用的 SPD
标志、铭牌	6.3.2	●	●	●	●	●	●
接线端子和连接	6.3.3.1.1	●	●	●	●	●	●

表 7 连接至电子系统信号网络的 SPD 的型式试验内容(续)

试验项目		对应条款	只有限压功能的 SPD	具有限压和限流功能的 SPD	具有限压功能以及在接线端子之间有限性元件的 SPD	具有限压和限流功能以及增强传输能力的 SPD	只有限压功能并打算在不受控制的环境中使用的 SPD	具有限压和限流功能并打算在不受控制的环境中使用的 SPD
电气间隙和爬电距离		6.3.3.1.2	●	●	●	●	●	●
耐电痕化		6.3.3.1.3	●	●	●	●	●	●
电气强度试验		6.3.3.1.4	—	—	—	—	●	●
IP 代码试验		6.3.3.1.5	●	●	●	●	●	●
测量限制电压		6.3.3.2.2.2	●	●	●	●	●	●
适应传输特性电气性能试验		6.3.3.3	●	●	●	●	●	●
动作 负载 试验	交流耐受试验	6.3.3.2.3.2 a)	●	●	●	●	●	●
	冲击耐受试验	6.3.3.2.3.2 b)	●	●	●	●	●	●
撞击试验		6.3.4	●	●	●	●	●	●
防直接接触试验		6.3.6.1	●	●	●	●	●	●
耐热性试验		6.3.6.3	●	●	●	●	●	●
绝缘性能试验		6.3.6.4.3	●	●	●	●	●	●
阻燃性试验		6.3.6.5	●	●	●	●	●	●
冲击复位时间试验		6.3.7.2.1 <sup>a</sup>	●	●	●	●	●	●
过载故障模式试验		6.3.7.2.2	●	●	●	●	●	●
限流 元件 试验	额定电流	6.3.7.2.4.1	● <sup>b</sup>	●	●	●	● <sup>b</sup>	●
	串联电阻	6.3.7.2.4.2	—	●	●	●	—	●
	电流响应时间	6.3.7.2.4.3	—	●	—	● <sup>c</sup>	—	●
	电流复位时间	6.3.7.2.4.4	—	●	—	● <sup>c</sup>	—	● <sup>c</sup>
	最大中断电压	6.3.7.2.4.5	—	●	—	● <sup>c</sup>	—	● <sup>c</sup>
	工作状态	6.3.7.2.4.6	—	●	—	● <sup>c</sup>	—	● <sup>c</sup>
	交流耐受能力	6.3.7.2.4.7	—	●	—	● <sup>c</sup>	—	● <sup>c</sup>
	冲击耐受能力	6.3.7.2.4.8	—	●	—	● <sup>c</sup>	—	● <sup>c</sup>
高温高湿耐受能力试验		6.3.7.2.5	—	—	—	—	●	●
适应传输性能试验选择内容见表 19,测试方法见 6.3.3.3.1~6.3.3.3.9。6.3.7.2.3 项试验仅对多级 SPD 进行。 表 5 中的注、脚注(去除脚注 a、e)适用于本表。								
<sup>a</sup> 6.3.7.2.1 项试验仅对有开关元件的 SPD 进行。 <sup>b</sup> 仅适用于 4 个或 5 个端子 SPD(见图 5d 和图 5e)。 <sup>c</sup> 当接线端子之间有限性元件时不适用。								

### 6.3.2 标志、铭牌、使用说明书

#### 6.3.2.1 标志与使用说明书

逐项检查标志和使用说明书的内容是否符合本部分第7章的内容。

#### 6.3.2.2 铭牌耐久性试验

除了用压印、模印、冲压和雕刻方法制成的以外,其他所有铭牌均应进行以下试验。

用一块浸湿水的棉布在铭牌上来回擦15次,约每秒钟一次,之后再用一块浸湿聚脂族己烷溶液(溶液内含芳香体分数最大为0.1%,贝壳松脂丁醇值为29,初沸点约65℃,干点约为69℃,密度为0.68 g/cm<sup>3</sup>)的棉花擦15 s。

作为替代方案,也可以使用浓度最低为85%正己烷(直链烷烃(CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>),该溶剂被ACS(美国化学学会)确定为试剂级正己烷(CAS#110-54-3))。

试验后,铭牌上标志应是牢固清晰可见的,不应发生铭牌卷曲或脱落。

### 6.3.3 电气性能试验

#### 6.3.3.1 一般电气性能试验

##### 6.3.3.1.1 连接端子及其连接

##### 6.3.3.1.1.1 一般试验步骤

SPD的连接端子(每种结构使用三个试品)应按下列要求连接导体(除非另有规定):

——对于二端口SPD及输入/输出端口分开的一端口SPD,连接导体的截面积应符合表8要求。

I类试验的SPD和一端口、 $I_n$ 值大于(或等于)5 kA的II类试验的SPD,其连接端子的额定连接容量不应小于4 mm<sup>2</sup>。

——对于其他一端口SPD,根据制造商的安装指南连接。

然后将SPD按制造商推荐的固定方法固定在一块20 mm厚涂有无光泽黑漆的木板上。

试验中,不得拆卸SPD部件或施加额外维护。

表8 螺钉型或非螺钉型接线端子能连接的铜导体的截面积

最大连续负载电流值 A	能夹紧的标称截面范围(单根导体)	
	国际单位制(IS) mm <sup>2</sup>	北美线规号(AWG)
$I \leq 13$	1~2.5	18~14
$13 < I \leq 16$	1~4	18~12
$16 < I \leq 25$	1.5~6	16~10
$25 < I \leq 32$	2.5~10	14~8
$32 < I \leq 50$	4~16	12~6
$50 < I \leq 80$	10~25	8~3
$80 < I \leq 100$	16~35	6~2
$100 < I \leq 125$	25~50	4~1

表 8 螺钉型或非螺钉型接线端子能连接的铜导体的截面积(续)

对于电流值小于或等于 50 A,要求接线端子的结构能紧固实心导体以及硬性多股绞线,允许使用软导体。但对于标称截面积为 1 mm <sup>2</sup> ~6 mm <sup>2</sup> 的接线端子,允许其结构只能紧固实心导体。											
注 1:AWG 为北美线规号,对应国际单位制如下:											
AWG	18	16	14	12	10	8	6	4	3	2	1
mm <sup>2</sup>	0.82	1.3	2.1	3.3	5.3	8.4	13.3	21.1	26.7	33.6	42.4
注 2:连接端子额定连接容量(是指制造商规定的可连接的最粗硬导线的横截面积(单位为平方毫米(mm <sup>2</sup> )))的推荐选用值由如下系列:											
	0.5	0.75	1	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35

6.3.3.1.1.2 螺钉型接线端子

包括螺钉、导电部分和连接件可靠性试验。

拧紧及拧松螺钉或螺母次数要求:

——10 次(对于与绝缘材料螺纹啮合的螺钉);

——5 次(其他情况)。

与绝缘材料螺纹啮合的螺钉或螺母,每次应完全旋出后再旋入,除非螺钉有防松结构。

试验过程中,可借助合适的螺丝刀或扳手施加表 9 所列的扭矩拧紧。不得用力猛拧螺钉或螺母。每次拧松螺钉或螺母时,要更换新导线或移开导体。

表 9 螺钉的螺纹直径和应施加的扭矩

标称螺纹直径( <i>d</i> ) mm	扭矩 N·m		
	I <sup>a</sup>	II <sup>b</sup>	III <sup>c</sup>
$d \leq 2.8$	0.2	0.4	0.4
$2.8 < d \leq 3.0$	0.25	0.5	0.5
$3.0 < d \leq 3.2$	0.3	0.6	0.6
$3.2 < d \leq 3.6$	0.4	0.8	0.8
$3.6 < d \leq 4.1$	0.7	1.2	1.2
$4.1 < d \leq 4.7$	0.8	1.8	1.8
$4.7 < d \leq 5.3$	0.8	2.0	2.0
$5.3 < d \leq 6.0$	1.2	2.5	3.0
$6.0 < d \leq 8.0$	2.5	3.5	6.0
$8.0 < d \leq 10.0$	—	4.0	10.0

<sup>a</sup> 第 I 栏扭矩适用于螺钉拧紧后不露出孔外的无头螺钉以及不能用刀口宽于螺钉直径的螺丝刀拧紧的螺钉。  
<sup>b</sup> 第 II 栏扭矩适用于利用螺丝刀拧紧的螺钉。  
<sup>c</sup> 第 III 栏扭矩适用于除用螺丝刀之外的工具来拧紧的螺钉和螺母。

如果螺钉带有可用螺丝刀紧固的带槽六角头,以及表 9 第 II 和第 III 栏的数值不同时,则应进行二次试验,第一次对六角头施加表 9 第 III 栏扭矩(不用螺丝刀),第二次在更换试品后(共有三个试品)用螺丝刀施加表 9 第 II 栏扭矩;如果两列扭矩数值相等,则仅用螺丝刀进行此试验。

在试验过程中,已被螺钉紧固的连接件不应松动,并且不应有妨碍 SPD 继续使用的损坏,例如螺钉断裂或螺钉头上的槽、螺纹、垫圈、螺纹钉夹头损坏等。

此外,通过直观检查,外壳和盖子也不应损坏。

连接外部导体的接线端子的可靠性试验,可通过直观检查和试验来检查(这些试验应用合适的螺丝刀或其他工具施加表 9 所列的扭矩):

- a) 与连接端子相连的铜质导体截面积应选表 8 所规定的最大截面积或最小截面积、实心或多股绞合铜导体中最不利的一种导体。要求:第一步把导体插入连接端子深度为规定的最小深度,如果制造商没有规定插入深度,则可将外部导体插入连接端子至刚好露出另一端止,并且是处于最易使线松脱的位置。第二步用螺丝刀施加表 9 所列对应扭矩的 2/3,把外部导体与连接端子用螺钉紧固。第三步用表 10 所规定的拉力沿外部导体方向拉每根导体 1 min,注意不能猛拉。在试验过程中,插入的导体不应有可察觉的位移。

表 10 拉力(螺钉型接线端子)

接线端子能连接导体的截面积 mm <sup>2</sup>	≤4	≤6	≤10	≤16	≤50
拉力 N	50	60	80	90	100

- b) 与连接端子相连的铜质导体截面积应选表 8 所规定的最大截面积或最小截面积,实心或多股绞合铜导体中最不利的一种导体。符合如下规定:把导体插入连接端子深度为规定的最小深度,如果制造商没有规定插入深度,则可将外部导体插入连接端子至刚好露出另一端止,并且处于最易松脱的位置。之后用表 9 所示对应的扭矩的 2/3 拧紧螺钉,再松开,检查外部导体及端子,外部导体不能有压痕等过度疲劳及伤痕等。在试验过程中,连接端子的螺钉不能变松,也不能出现影响连接端子继续使用的损伤,如螺钉断裂、螺钉头和螺纹、垫圈等出现伤痕。
- c) 连接端子与符合表 11 的硬的绞合导线的连接。要求:在插入端子前,导线束的接头应进行适当的整形。硬绞合导线插入连接端子深度为规定的最小深度,如果制造商没有规定插入深度,则可将绞线插入连接端子至刚好露出另一端口,并且是处于最易使绞线脱出的位置;之后用螺丝刀施加表 9 所列对应扭矩的 2/3,把硬绞合导线与连接端子用螺钉紧固。试验后,绞线束中应没有一根丝线脱离 SPD 端子。

表 11 硬的绞合导线尺寸

能被夹紧的标称截面范围 mm <sup>2</sup>	硬的绞合导线	
	绞线股数	每股绞线直径 mm
1~2.5 <sup>a</sup>	7	0.67
1~4 <sup>a</sup>	7	0.85
1.5~6 <sup>a</sup>	7	1.04
2.5~10	7	1.35

表 11 硬的绞合导线尺寸(续)

能被夹紧的标称截面范围 mm <sup>2</sup>	硬的绞合导线	
	绞线股数	每股绞线直径 mm
4~16	7	1.70
10~25	7	2.14
16~35	19	1.53
25~50	正在考虑中	正在考虑中

<sup>a</sup> 如果接线端子仅用来夹紧实心导体时不进行此试验。

6.3.3.1.1.3 非螺钉型连接端子与导体的连接的拉力试验

对于二端口 SPD,外部导体与端子连接截面积按表 8 规定的最大截面积与最小截面积各取一根试验,对于一端口 SPD 则根据制造商提供的标准额定连接截面积连接好端子与外部导体。然后对每一根外接导体施加表 10 所列拉力,方向为导线的轴向,均匀施力时间为 1 min,不能猛拉。

在试验过程中,导体相对于端子不能有明显位移,且无伤痕。

6.3.3.1.1.4 绝缘刺穿连接

单芯线缆与 SPD 端子的拉力试验:

- a) 把具有表 8 规定的最大截面积与最小截面积的铜质实心或绞合导线中最不利的一种导体与接线端子卡接。
- b) 如果有螺钉,则按表 9 规定的扭矩紧固螺钉。
- c) 连接和脱离导体 5 次,每次使用新的导体。每次连接紧固后,沿导线轴向方向施加表 12 所列拉力 1 min。施加拉力时应无冲击。
- d) 试验后,导体与接线端子不能有明显位移,也不能有伤痕。

表 12 拉力(非螺钉型接线端子)

截面积 mm <sup>2</sup>	0.5	0.75	1.0	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35
拉力 N	30	30	35	40	50	60	80	90	100	135	190

多芯线缆与 SPD 端子的拉力试验:

- a) 多芯线缆与 SPD 端子连接的拉力试验步骤与单芯线缆与 SPD 端子连接的拉力试验步骤一样,只是拉力要均匀施加在多芯线上而不是单芯线上。
- b) 总拉力按下面公式计算:

$$F = F(x) \sqrt{n}$$

式中:

$F$  ——施加的总拉力,单位为牛顿(N);

$n$  ——多芯线缆芯数;

$F(x)$ ——按单根导线的截面积施加在单芯线上的拉力(见表 12)。

c) 在试验过程中,线缆不应滑动或脱出端子。

注:非螺钉型插入式接线端子只需将导线简单地插入来实现连接,脱开导线要使用工具或合适的器件来打开,然后再拔出导体。不能只靠拉拔导线来脱开。

#### 6.3.3.1.1.5 插头和插座

通过直观检查和安装来检验其是否符合要求。插头和插座试验见 GB 2099.1—2008。

#### 6.3.3.1.1.6 太阳能光伏发电系统连接器

太阳能光伏发电系统连接器的试验参考 EN 50521:2008+A1:2012。

#### 6.3.3.1.2 电气间隙及爬电距离的检验

##### 6.3.3.1.2.1 SPD 的电气间隙

SPD 的电气间隙应符合表 1 的要求。

##### 6.3.3.1.2.2 SPD 的爬电距离

SPD 的爬电距离应符合表 2 的要求。

##### 6.3.3.1.2.3 测试方法

方法、要求如下:

- a) 用于室内和类似环境中的 SPD 应按污染等级 2 来设计。
- b) 在更加严酷环境中使用的 SPD 可要求特别的预防措施,例如加一个合适的 SPD 罩子或附加外壳,确保 SPD 满足污染等级 2。

注:没有通风口的 SPD 防护罩可认为对限制污染提供了充分的保护,可对爬电距离采用污染等级 2 的要求设计。

- c) 对于户外和无法触及的 SPD 应按污染等级 4 设计。
- d) 如果 SPD 覆盖了足够的外壳确保满足污染等级 3,爬电距离可按污染等级 3 的要求设计。
- e) 在确定电气间隙和爬电距离时,电极间空气间隙的距离不应被考虑。
- f) 应在不接导线和连接制造商指定的最大截面的导线时,分别测量电气间隙和爬电距离。
- g) 在用圆头螺钉和螺母的情况下,假定它们处于最不利的紧固位置(能起紧固作用,但使空气间隙最小)。如果内部有隔板,测量时要越过隔板;如果隔板由不连在一起的两部分组成(中间有空气间隙),则直接通过分开间隙进行测量。如果绝缘物质外表部分具有缝或洞孔,则测量时用一片金属薄膜贴在可触及的表面对着它测量距离(注意不要将金属薄膜压进孔内)。
- h) 在测量爬电距离时,如果有一宽度不小于 1 mm 的凹痕或槽,把槽侧面计入爬电距离;对于小于 1 mm 的槽,只考虑其宽度。
- i) 当出现由不粘连在一起的两部分组成的隔板时,直接通过分开间隙测量爬电距离。
- j) 如果载流部件与隔板之间的间距小于 1 mm,则只考虑通过分开表面的距离,将这一距离看作是爬电距离;如果间距不小于 1 mm,则要考虑全部距离,即空气间隙和通过分开表面的距离之和,将它作为电气间隙。
- k) 如果金属部分覆盖着厚度不小于 2 mm 的凝固树脂(或绝缘物)且能承受表 13 中所规定的试验电压,则不必测量电气间隙和爬电距离。
- l) 中间填料不应满过槽孔的边缘,而应牢固地附着在槽孔壁及其中的金属物上,并符合目检和不使用工具即可取出填料的要求。

### 6.3.3.1.3 耐电痕化

进行试验时应采用 GB/T 4207—2012 的溶液 A, 试验电压取决于根据 6.3.3.1.2.3 测量到的爬电距离和要求的材料类别。

注: 对于陶瓷、云母或类似材料及爬电距离大于或等于 4.3.2.1.2.2 中所列值的 2 倍的 SPD, 可不进行此项试验。

### 6.3.3.1.4 电气强度试验

本试验只在户外型 SPD 外壳的接线端子之间进行, 试验按 GB/T 16927.1—2011 的规定对试品喷洒一些其他物质(如水)。

对于户内型 SPD, 按 6.3.6.4.2 的 a)、b) 所述要求进行试验。

应用表 13 所规定交流电压值进行试验, 起始电压不超过规定值的一半, 并且在 30 s 之内把电压升高到规定值, 保持 1 min。对于连接至光伏系统直流侧的 SPD, 应使用直流电压对 SPD 进行试验, 表 13 中的  $U_c$  改为  $U_{CPV}$ 。

表 13 电气强度试验电压值

最大持续工作电压( $U_c$ ) V	试验电压 <sup>a</sup> kV
$U_c \leq 100$	1.1
$100 < U_c \leq 200$	1.7
$200 < U_c \leq 450$	2.2
$450 < U_c \leq 600$	3.3
$600 < U_c \leq 1200$	4.2
$1200 < U_c \leq 1500$	5.8

<sup>a</sup> 该试验电压对于交流 SPD 时为交流电压有效值, 对于直流 SPD 时为直流电压。

在试验过程中不允许有飞弧或击穿现象(如果出现局部放电而电压的变化小于 5% 是允许的)。

用于试验的电源变压器应设计成在开路的接线端子间将电压调到试验电压后, 如将接线端子短路, 应产生不小于 200 mA 短路电流。如有过电流继电器, 仅当试验电路电流超过 100 mA 时才应动作。测试试验电压的仪表误差要求为  $\pm 3\%$ 。

注: 分开电路间电气强度的试验可参见 GB 14048.5—2008。

### 6.3.3.1.5 防止固体物和水的进入

按 GB 4208—2017 规定进行试验(核对 IP 代码)。

### 6.3.3.2 电涌保护电气性能试验

#### 6.3.3.2.1 试验用波形和试验设置

##### 6.3.3.2.1.1 用于 I 类附加动作负载试验的冲击电流

具体要求如下:

- 流过试品(SPD)的冲击电流由其峰值  $I_{imp}$ , 电荷量  $Q$  和比能量  $W/R$  参数来确定。冲击电流不应表现出极性反向并应在  $50 \mu s$  内达到峰值  $I_{imp}$ , 电荷量  $Q$  转移应在 5 ms 内发生, 比能量  $W/R$  应在 5 ms 内释放。



- b) 冲击持续时间不应超过 5 ms。  
 c) 表 14 给出了与  $I_{imp}$  (kA) 的值相对应的  $Q$  (A·s) 值和  $W/R$  (J/Ω) 值。 $I_{imp}$  (A)、 $Q$  (A·s) 和  $W/R$  (kJ/Ω) 的关系如下：

$$Q = I_{imp} \times a, \quad \text{其中 } a = 5 \times 10^{-4} \text{ s};$$

$$W/R = I_{imp}^2 \times b, \quad \text{其中 } b = 2.5 \times 10^{-4} \text{ s}.$$

表 14 I 类试验参数

$I_{imp}$ (在 50 μs 内) kA	Q (在 5 ms 内) A·s	W/R (在 5 ms 内) J/Ω
25	12.5	156
20	10	100
12.5	6.25	39
10	5	25
5	2.5	6.25
2	1	1
1	0.5	0.25

注:符合上述参数的冲击电流波形可能是 GB/T 21714.1 中推荐的 10/350 μs 波形之一。

- d) 电流峰值  $I_{imp}$ 、电荷量  $Q$  和比能量  $W/R$  的允差：

- 1)  $I_{imp}$ :  $\pm 10\%$ ;
- 2)  $Q$ :  $\pm 20\%$ ;
- 3)  $W/R$ :  $\pm 45\%$ 。

### 6.3.3.2.1.2 用于 I 类、II 类残压与动作负载试验的冲击电流

具体要求：

- a) 电流波形是 8/20 μs。
- b) 流过试品的电流波形的允差：
  - 1) 峰值： $\pm 10\%$ ；
  - 2) 波前时间： $\pm 10\%$ ；
  - 3) 半峰值时间： $\pm 10\%$ 。
- c) 允许冲击波上有小过冲或振荡，但其幅值应不大于峰值的 5%。在电流下降到 0 后的任何极性反向的电流值应不大于峰值的 20%。
- d) 对于二端口 SPD，反向电流的幅值应小于 5%，不影响限制电压。

### 6.3.3.2.1.3 用于 I 类和 II 类放电试验的冲击电压

具体要求：

- a) 标准电压波形是 1.2/50 μs。在试品 (DUT) 连接处的开路电压波形的允差：
  - 1) 峰值： $\pm 3\%$ ；
  - 2) 波前时间： $\pm 30\%$ ；
  - 3) 半峰值时间： $\pm 20\%$ 。
- b) 在冲击电压的峰值处可以发生振荡或过冲。如果振荡的频率大于 500 kHz 或过冲的持续时

间小于  $1\ \mu\text{s}$ , 应画出平均曲线, 并用平均曲线的最大幅值确定试验电压的峰值;

- c) 在冲击电压峰值的 0% 到 80% 的上升部分上的振幅不允许超过峰值的 3%;
- d) 测量设备整个带宽至少应为 25 MHz, 并且过冲应小于 3%;
- e) 试验发生器的短路电流应小于 20% 的标称放电电流  $I_n$ 。

#### 6.3.3.2.1.4 用于Ⅲ类试验的复合波

复合波发生器的标准冲击波的特征用开路条件下的开路电压  $U_{OC}$  和短路条件下的短路电流  $I_{SC}$  来表示。开路电压的波前时间为  $1.2\ \mu\text{s}$ , 至半峰值时间为  $50\ \mu\text{s}$ 。短路电流的波前时间为  $8\ \mu\text{s}$ , 至半峰值时间为  $20\ \mu\text{s}$ 。

注: 为进一步了解本条款, 可见 IEEE C62.45:2002。

在发生器没有反向滤波器时进行测量。

在试品 (DUT) 连接处的开路电压  $U_{OC}$  的允差如下:

- a) 峰值:  $\pm 3\%$ ;
- b) 波前时间:  $\pm 30\%$ ;
- c) 半峰值时间:  $\pm 20\%$ 。

这些允差只针对发生器本身, 不连接任何 SPD 或者电源线路。

在冲击电压的峰值处可以发生振荡或过冲。如果振荡的频率大于 500 kHz 或过冲的持续时间小于  $1\ \mu\text{s}$ , 应画出平均曲线, 并用平均曲线的最大幅值确定试验电压的峰值。

在冲击电压峰值的 0% 到 80% 的上升部分上的振幅不应超过峰值的 3%。

测量设备整个带宽至少应为 25 MHz, 并且过冲应小于 3%。

在试品 (DUT) 连接处的短路电流的允差如下:

- a) 峰值:  $\pm 10\%$ ;
- b) 波前时间:  $\pm 10\%$ ;
- c) 半峰值时间:  $\pm 10\%$ 。

无论连接或者不连接电源线路, 这些发生器的允差都需要满足。是否连接电源线路取决于试验是否需要加电。

允许冲击波上有小过冲或振荡, 但其幅值应不大于峰值的 5%。在电流下降到 0 后的任何极性反向的电流应小于峰值的 30%。

#### 6.3.3.2.1.5 对于电子系统信号网络的电涌保护器的试验波形

$1.2/50\ \mu\text{s}$  或  $10/700\ \mu\text{s}$  的允差如下:

- a) 峰值:  $\pm 10\%$ ;
- b) 波前时间:  $\pm 30\%$ ;
- c) 半峰值时间:  $\pm 20\%$ 。

$8/20\ \mu\text{s}$  或  $5/300\ \mu\text{s}$  的允差如下:

- a) 峰值:  $\pm 10\%$ ;
- b) 波前时间:  $\pm 20\%$ ;
- c) 半峰值时间:  $\pm 20\%$ 。

其他波形的允差如下:

- a) 峰值:  $\pm 10\%$ ;
- b) 波前时间:  $\pm 30\%$ ;
- c) 半峰值时间:  $\pm 20\%$ 。

试验设置的发生器的虚拟阻抗标称值为  $2\ \Omega$ 。

注：虚拟阻抗定义为开路电压  $U_{oc}$  的峰值和短路电流  $I_{sc}$  的峰值之比。

发生器耦合元件倾向于使用压敏电阻元件，其额定值应尽可能接近被测元件的最大持续工作电压  $U_C$ ，从而确保不同测试实验室间结果的可比性。

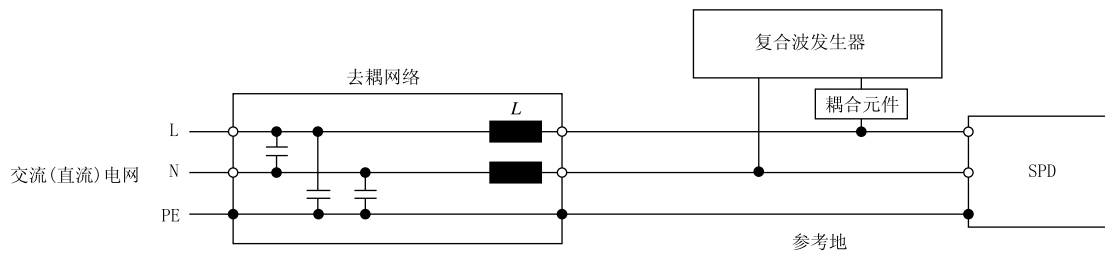
开路电压的峰值和短路电流的峰值的最大值分别为 20 kV 和 10 kA。如果在这些值(20 kV/10 kA)以上，应进行 II 类试验。

加电试验中是否使用去耦网络取决于 SPD 的内部设计：

- a) 如果 SPD 不包含电抗元件，不需要去耦网络；
- b) 如果 SPD 包括电抗元件，但不包含任何电压开关元件，首选不使用去耦网络，或根据 6.3.3.2.2.1 e) 使用备选试验流程来进行 6.3.3.2.2.1 d) 中的限制电压试验；
- c) 如果 SPD 包括电抗元件和电压开关元件，不应使用去耦网络。

耦合元件和去耦网络只在加电试验中需要用到。

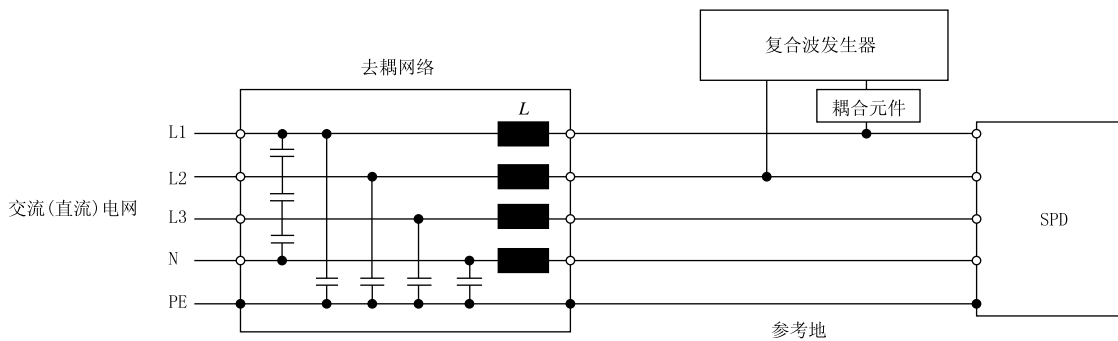
去耦网络的例子见图 1 或图 2。



说明：

- L —— 相线；
- N —— 中性线；
- PE —— 地线；
- L —— 电感。

图 1 用于单相电源去耦网络的示例



说明：

- L1, L2, L3 —— 相线；
- N —— 中性线；
- PE —— 地线；
- L —— 电感。

图 2 用于三相电源去耦网络的示例

6.3.3.2.2 测量限制电压

6.3.3.2.2.1 连接至低压配电系统 SPD 实测限制电压

连接至低压配电系统 SPD 实测限制电压试验方法如下：

- a) 限制电压的确定：
  - 1) 按表 15 和图 3, 对不同类型的 SPD 进行试验。
  - 2) 所有一端口 SPD 应不通电试验。
  - 3) 所有二端口 SPD 应根据 6.3.3.2.2.1 b) 和 6.3.3.2.2.1 d) 进行通电试验, 其电源电压在  $U_c$  时的标称电流至少 5 A。在电压正弦波的  $(90 \pm 5)^\circ$  施加正极性脉冲, 在  $(270 \pm 5)^\circ$  施加负极性脉冲。
  - 4) 对于具有端子的一端口 SPD, 进行试验时不带外接脱离器, 在端子上测量限制电压。对于具有连接导线的一端口 SPD, 用 150 mm 长度的外接导线测量限制电压。对于二端口 SPD 和具有负载接线端子分开的一端口 SPD, 在 SPD 的输出/负载侧口或端子测量限制电压, 在输入端口或端子测量  $U_{max}$ 。
  - 5) 限制电压和  $U_{max}$  应根据表 15、图 3 以及相应 SPD 试验级别的获得。

表 15 测量限制电压需进行的试验

	I 类	II 类	III 类
6.3.3.2.2.1 b) 试验	√	√	—
6.3.3.2.2.1 c) 试验	√*	√*	—
6.3.3.2.2.1 d) 试验	—	—	√
“—”表示无需做该试验。			
* 仅对电压开关型和复合型 SPD 进行试验。			

- b) 用  $8/20 \mu s$  冲击电流测量残压的试验：
  - 1) 当测试 I 类 SPD 时, 应依次施加峰值约为  $0.1 I_{imp}$ 、 $0.2 I_{imp}$ 、 $0.5 I_{imp}$ 、 $1.0 I_{imp}$  的  $8/20 \mu s$  冲击电流。
  - 2) 当测试 II 类 SPD 时, 应依次施加峰值约为  $0.1 I_n$ 、 $0.2 I_n$ 、 $0.5 I_n$ 、 $1.0 I_n$  的  $8/20 \mu s$  冲击电流。
  - 3) 如果 SPD 仅包含电压限制元件, 对 I 类 SPD 仅在  $I_{imp}$  峰值进行本试验, 对 II 类 SPD 仅在  $I_n$  峰值进行本试验。
  - 4) 对 SPD 施加一个正极性和一个负极性序列。
  - 5) 如果制造商声明  $I_{max}$ , 应施加一次额外的峰值为  $I_{max}$  的  $8/20 \mu s$  冲击电流, 电流极性为 a) 试验中残压较大的极性。
  - 6) 每次冲击的间隔时间应足以使试品冷却到环境温度。
  - 7) 每次冲击应记录电流和电压波形图。把冲击电流和电压的峰值(绝对值)绘成放电电流与残压的关系曲线图。画出最吻合数据点的曲线, 曲线上应有足够的点, 以确保直至  $I_n$  或  $I_{imp}$  的曲线没有明显的偏差。限制电压的残压由相应变化曲线的最高电压值来确定, I 类: 直到  $I_{imp}$ ; II 类: 直到  $I_n$ 。

注: 电流峰值的 3% 之前的电压值不予考虑。任何由于发生器的特殊设计, 例如 crowbar 发生器, 在电流产生之前或期间产生的高频干扰或毛刺都不予考虑。

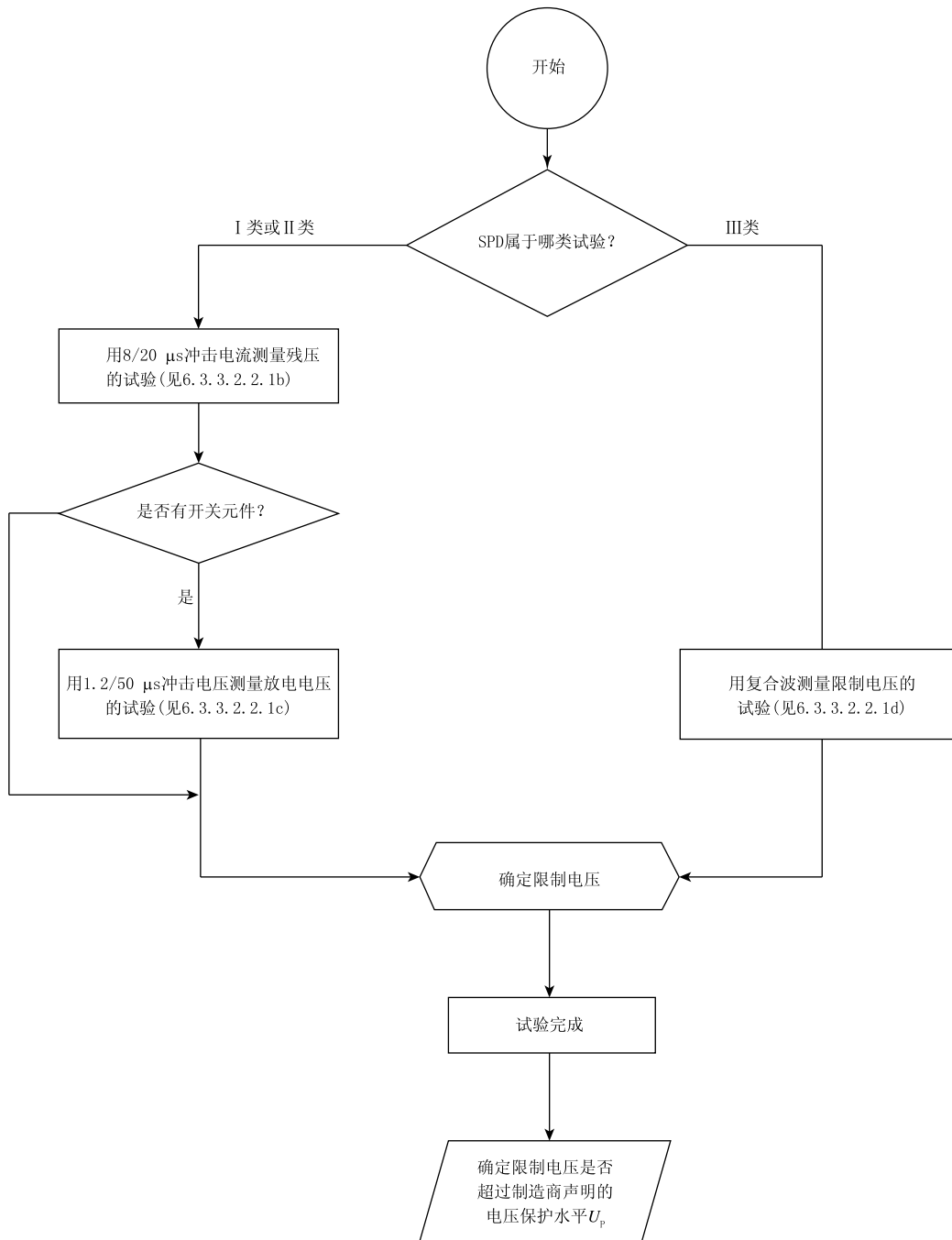


图3 确定电压保护水平  $U_p$  的试验流程图

- 8) 直到电涌电流  $I_n$ ,  $I_{max}$  或  $I_{imp}$  (取决于 SPD 的试验类别) 下的最高残压用于确定  $U_{max}$ 。
- c) 测量最大放电电压的试验步骤及要求:
- 1) 使用 1.2/50  $\mu s$  冲击电压, 发生器开路输出电压设定为 6 kV;
  - 2) 对 SPD 施加 10 次冲击, 正负极性各 5 次;
  - 3) 每次冲击的间隔时间应足以使试品冷却到环境温度;
  - 4) 如果对波前施加的 10 次冲击中的任一次没有观察到放电, 则把发生器的开路输出电压设定为 10 kV, 重复上述 1) 和 2) 试验;

- 5) 用示波器记录 SPD 上的电压;
  - 6) 整个试验中记录的最大放电电压用于确定限制电压和  $U_{max}$ 。
- d) 用复合波测量限制电压的试验程序及要求:
- 1) 每次冲击的间隔时间应足以使试品冷却到环境温度。
  - 2) 设定复合波发生器的电压,使输出的开路电压为制造商对 SPD 规定  $U_{oc}$  的 0.1、0.2、0.5 和 1.0 倍。如果 SPD 仅包括电压限制元件,仅需要在  $U_{oc}$  下进行本试验。
  - 3) 用 2) 规定的每种开路电压对 SPD 施加 4 次冲击,正负极性各 2 次。
  - 4) 每次冲击时,应用示波器记录从发生器流入 SPD 的电流和在 SPD 输出端口的电压。
  - 5) 整个试验中记录的最大电压用于确定限制电压和  $U_{max}$ 。
- 注:最大电压可能是放电电压或残压,取决于 SPD 的设计。
- e) 在不用退耦滤波器时,复合波试验 d) 的替代试验:
- 对于内部串接有感抗元件的二端口 SPD,应用图 4 所示的替代试验方法,按照以下步骤和要求进行:
- 1) 试验发生器按图 4 连接。
  - 2) 对用于交流配电系统的 SPD 通过二极管施加  $\sqrt{2} U_c$  直流电压;对用于直流供电系统的 SPD,通过二极管施加  $U_c$  直流电压。按图 4 冲击通过二极管、气体放电管或压敏电阻施加在试品上。
  - 3) 在开关  $S_1$  合上至少 100 ms 后施加冲击。直流电压应在冲击施加后 10 ms 内断开。
  - 4) 反向连接发生器,对 SPD 进行负极性冲击。
  - 5) 两次冲击时间间隔应足以使试品冷却至环境温度。
  - 6) 复合波发生器依次提供以下的开路电压:  $0.1U_{oc}$ 、 $0.2U_{oc}$ 、 $0.5U_{oc}$ 、 $1.0U_{oc}$ 。 $U_{oc}$  值应由制造商提供。
  - 7) 在发生器设定的上述每个冲击波振幅上对 SPD 施加四次冲击,其中二次正极性和二次负极性。
  - 8) 对每次冲击用示波器观测和记录发生器输给 SPD 的电流波形及 SPD 输出端口的电压波形。
  - 9) 实测限制电压是整个试验系列中在 SPD 输出端测得的最大电压值。

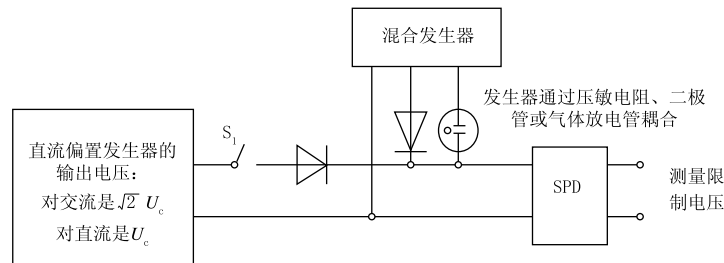
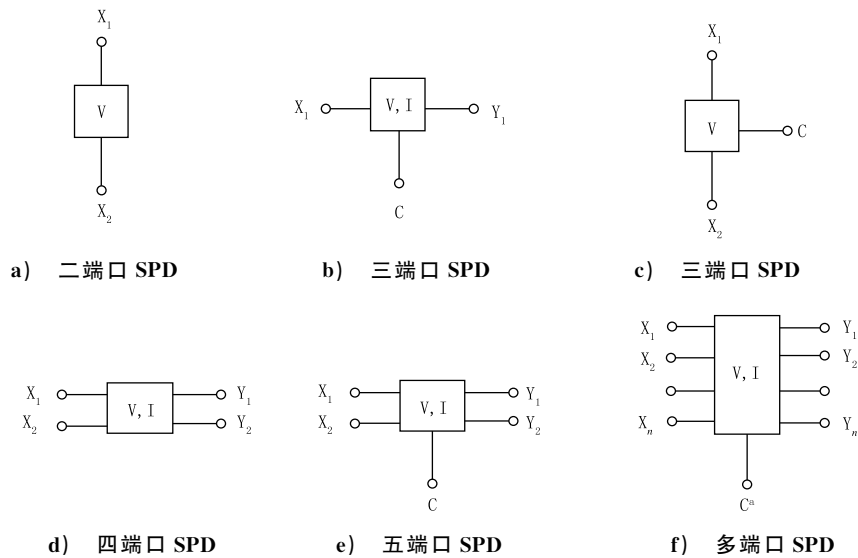


图 4 测量限制电压的替代试验

#### 6.3.3.2.2.2 连接至电子系统信号网络的 SPD 实测限制电压

连接至电子系统信号网络 SPD 有开关型、电压限制型、组合型,在 SPD 内部可能串有限流元件或无限流元件。电子系统信号网络用 SPD 的端口数量一般较多,有时含公共端口(见图 5)。



说明：

V ——电压限制元件；

V, I ——电压限制元件或电压限制元件与电流限制元件的组合；

$X_1, X_2, \dots, X_n$  ——线路端子；

$Y_1, Y_2, \dots, Y_n$  ——被保护线路端子；

C ——公共端子。

<sup>a</sup> 可能不提供公共端子。

图 5 连接至电子系统信号网络的 SPD 各种结构

试验 SPD 时, 应把从表 16 中 C 类选取的冲击电压施加到适当的端子上。应根据冲击耐受试验(见 6.3.3.2.3.2 b)) 确定的 SPD 电流容量选择电流水平。应使用相同的冲击进行冲击限制电压和冲击耐受试验。表 15 所列的值都是最低要求, 其他电涌电流额定值可以在相关 ITU-T 标准中查找。

注: 对于试验类别 A, B 和 D, 不必要测试冲击限制电压。

施加负极性冲击五次和正极性冲击五次。所使用的冲击发生器应具有从表 16 中选取的开路电压和短路电流。

在不带负载的情况下, 测量每次冲击的限制电压。在适当的端子上测得的最大电压不应超过规定的电压保护水平  $U_P$ 。在两次冲击试验之间应允许有充分的时间, 以防止热量积累。不同的 SPD 存在不同的热特性, 因此在两次冲击之间需要有不同的时间。

注: 详细的冲击记录仪器的设置可参阅附录 N。

如有需要, 可在图 5c) 和图 5e) 所示的  $X_1-X_2$  端子上施加冲击。

对图 5c) 和图 5e) 所示的 SPD 应分别或同时以相同的极性对每对端子( $X_1-C$  和  $X_2-C$ ) 进行试验。

带有公共电流电路的 SPD(参见 4.3), 试验时应测量没有施加冲击的线路端子上的电压。这个电压不应超过电压保护水平  $U_P$ 。

表 16 冲击限制电压试验用的电压波形和电流波形

类别	试验类型	开路电压 <sup>a</sup>	短路电流	最小试验	类别
A1	很慢的上升率	≥1 kV, 上升率:0.1 kV/μs~100 kV/s	10 A, ≥1000 μs(持续时间)	不适用	X <sub>1</sub> —C X <sub>2</sub> —C X <sub>1</sub> —X <sub>2</sub> <sup>b</sup>
A2	AC	从表 17 中选择试验项目		单次循环	
B1	慢的上升率	1 kV, 10/1000 μs	100 A, 10/1000 μs	300	
B2		1 kV~4 kV, 10/700 μs	25 A~100 A, 5/320 μs	300	
B3		≥1 kV, 100 V/μs	10 A~100 A, 10/1000 μs	300	
C1	快的上升率	0.5 kV~2 kV, 1.2/50 μs	0.25 kA~<1 kA, 8/20 μs	300	
C2		2 kV~10 kV, 1.2/50 μs	1 kA~<5 kA, 8/20 μs	10	
C3		≥1 kV 1 kV/μs	10 A~100 A, 10/1000 μs	300	
D1	高能量	≥1 kV	0.5 kA~2.5 kA 10/350 μs	2	
D2			0.6 kA~2.0 kA 10/250 μs	5	
<p>为验证 <math>U_p</math>, 应施加一种上述 C 类的冲击。施加 5 次正极性和 5 次负极性冲击。</p> <p>对于冲击耐受测试, 应施加一次上述 C 类的冲击, A1、B 和 D 类是可选的。</p> <p>B1、B2、C1、C2 和 D2 类是电压驱动试验, 因此“短路电流”这一栏显示的是在 DUT 连接点处的预期短路电流。B3、C3 和 D1 类是电流驱动试验, 因此要求的电流是通过 DUT 来调节。不应超过 6.3.3.2.1.5 中给出的最大波形允差。对于电压驱动试验, 所使用的发生器的有效输出阻抗, 对于 B1 类应为 10 Ω, 对于 B2 类为 40 Ω, 对于 C1、C2 和 D2 类为 2 Ω。</p> <p>注: 表 16 所列的值是最低要求。</p>					
<p><sup>a</sup> 使用的开路电压可与 1 kV 不同。但应足以使被试的 SPD 动作。</p> <p><sup>b</sup> 如有需要时, 才进行端子 X<sub>1</sub>—X<sub>2</sub> 的试验。</p>					

6.3.3.2.2.3 连接至光伏系统直流侧的 SPD 的实测限制电压

对于本试验, 方法同 6.3.3.2.2.1 的 a)、b)、c), 试验流程参考图 3。

6.3.3.2.3 动作负载试验

6.3.3.2.3.1 用于低压交流配电系统的 SPD 动作负载试验

动作负载试验的流程见图 6。



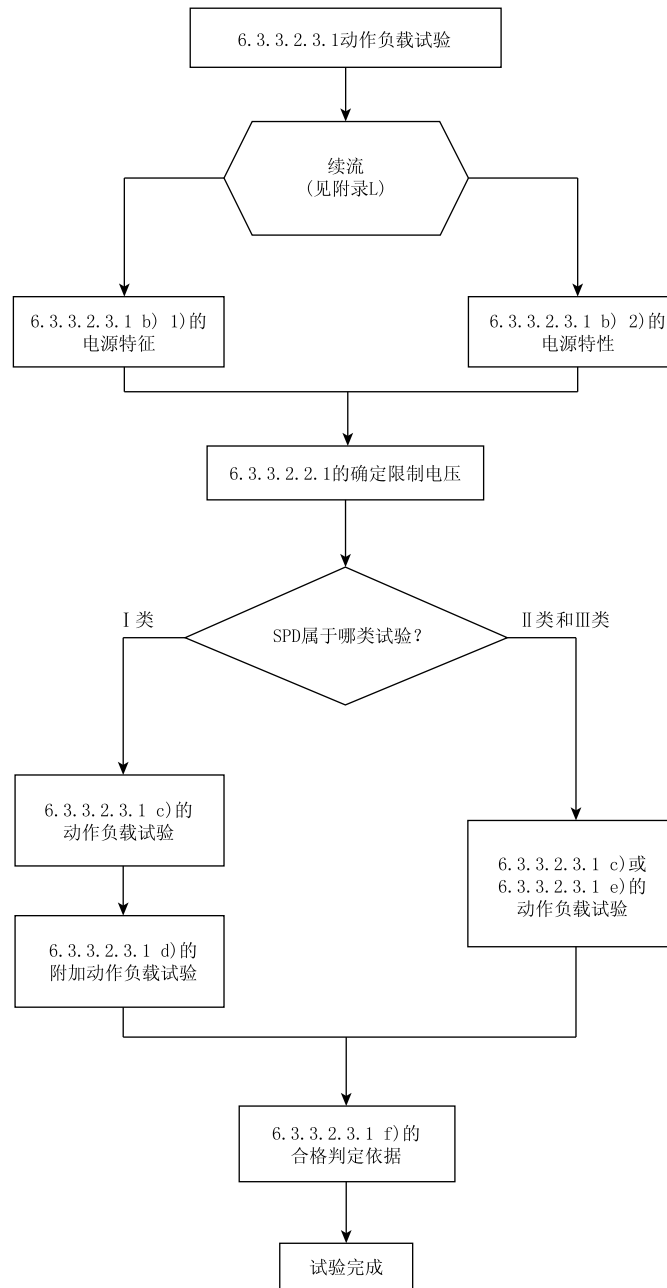


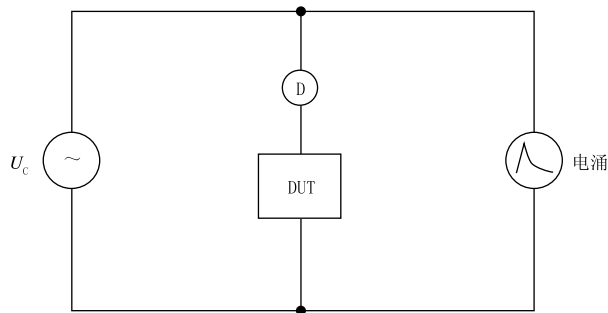
图 6 动作负载试验的流程图

以下分别介绍此试验的一般要求及具体规定：

a) 一般要求：

- 1) 本试验是通过对 SPD 施加规定次数和规定波形的冲击来模拟其工作条件，试验时用符合 6.3.3.2.3.1 b) 要求的交流电源对 SPD 施加最大持续工作电压  $U_C$ 。
- 2) 应根据图 7 设置试验电路图。
- 3) 应用 6.3.3.2.2.1 的试验确定限制电压。
- 4) 为避免试品的过载，根据 6.3.3.2.2.1 b)，对于 I 类试验仅在  $I_{imp}$  对应的峰值处进行；根据 6.3.3.2.2.1 b)，对于 II 类试验仅在  $I_n$  下进行；根据 6.3.3.2.2.1 d) 或 e)，对于 III 类试验仅在  $U_{OC}$  下进行。

5) 正负极性冲击各一次。



说明：

$U_c$  ——6.3.3.2.3.1b)的工频电源；

D ——制造商指定的 SPD 外部脱离器；

DUT——待测设备 (SPD)；

电涌——根据 6.3.3.2.3.1c)进行 I 类和 II 类动作负载试验的  $8/20 \mu\text{s}$  电流；根据 6.3.3.2.3.1 d)进行附加动作负载试验的冲击电流；根据 6.3.3.2.3.1 e)进行 III 类动作负载试验的复合波。

图 7 动作负载试验的试验设置

表 17 交流负载试验的推荐短路电流值

48 Hz~62 Hz 每个被测端子上的 短路电流 (r. m. s) A	持续时间 s	施加次数
0.1	1	5
0.25	1	5
0.5	1	5
0.5	30	1
1	1	5
1	1	60
2	1	5
2.5	1	5
5	1	5
10	1	5
20	1	5

b) 动作负载试验的工频电源特性：

- 1) 续流小于 500 A 的 SPD: 试品应连接到工频电源。在续流流过时, 在 SPD 的接线端子处测量的工频电压峰值的下降不能超过  $U_c$  峰值的 10%。
- 2) 续流大于 500 A 的 SPD: 试品应与工频电压为  $U_c$  的电路连接。试验电路的预期短路电流应等于制造商按表 18 规定的额定断开续流值  $I_{fi}$  或 500 A, 二者取较大值。对于仅连接在 TT 和/或 TN 系统的中线和保护接地间的 SPD, 预期短路电流至少为 100 A。

注:SPD的额定断开续流值和安装处的电源系统可提供的预期短路电流值参考 GB/T 18802.12—2014 和 GB 16895.22—2004 的 534.2.3.5。

c) I类和II类的动作负载试验:

- 1) 施加 15 次  $8/20 \mu\text{s}$  正极性的冲击电流,分成 3 组,每组 5 次冲击。试品与 6.3.3.2.3.1b) 的电源连接。每次冲击应与电源频率同步。从  $0^\circ$  角开始,同步角应以  $30^\circ \pm 5^\circ$  的间隔逐级增加。试验如图 8 所示。
- 2) SPD 施加电压  $U_c$ ,在施加每组冲击时,电源的预期短路电流应符合 6.3.3.2.3.1 b) 的要求。在施加每组冲击之后和最后的续流(如有)遮断之后,应继续加电至少 1 min 来检查复燃。在最后一组冲击后继续加电 1 min 后,SPD 保持加电;或在少于 30 s 内加电到  $U_c$ ,保持 15 min 来检查稳定性。为了该目的,电源(在  $U_c$  下)的短路电流容量可减少到 5 A。
- 3) 当 SPD 按 I 类试验时,施加峰值为  $I_{imp}$  的  $8/20 \mu\text{s}$  冲击电流。
- 4) 当 SPD 按 II 类试验时,施加峰值为  $I_n$  的  $8/20 \mu\text{s}$  冲击电流。

注:如果 SPD 被分类为 I 类试验和 II 类试验,本试验可只进行一次,但应使用两种试验等级下最严酷的一组参数,可与制造商协商。

- 5) 两次冲击之间的间隔时间为 50 s~60 s,两组之间的间隔时间为 30 min~35 min。
- 6) 两组冲击之间,试品无需施加电压。
- 7) 每次冲击应记录电流波形,电流波形不应显示试品有击穿或闪络的迹象。

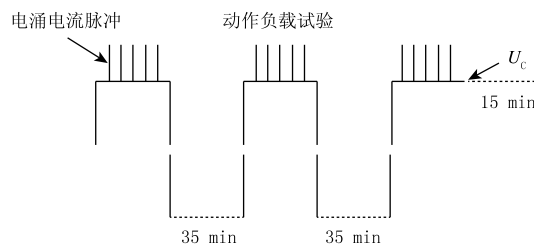


图 8 I类、II类试验的动作负载时序图

d) I类试验的附加动作负载试验:

- 1) 通过 SPD 的冲击电流逐步增加至  $I_{imp}$ 。
- 2) SPD 施加电压  $U_c$ ,在施加每组冲击时,电源的预期短路电流为 5 A。在施加每组冲击之后和最后的续流(如有)遮断之后,需继续加电至少 1 min 来检查复燃。在最后一组冲击和继续加电 1 min 后,SPD 保持加电,或在少于 30 s 内加电到  $U_c$ ,保持 15 min 来检查稳定性。电源(在  $U_c$ )的短路电流容量 5 A。
- 3) 对通电的试品,应按下列方式在相应的工频电压的正峰值时,施加正极性的冲击电流:用  $0.1I_{imp}$  电流冲击一次,检查热稳定性,冷却至环境温度;用  $0.25I_{imp}$  电流冲击一次,检查热稳定性,冷却至环境温度;用  $0.5I_{imp}$  电流冲击一次,检查热稳定性,冷却至环境温度;用  $0.75I_{imp}$  电流冲击一次,检查热稳定性,冷却至环境温度;用  $1.0I_{imp}$  电流冲击一次,检查热稳定性,冷却至环境温度。时序如图 9 所示。

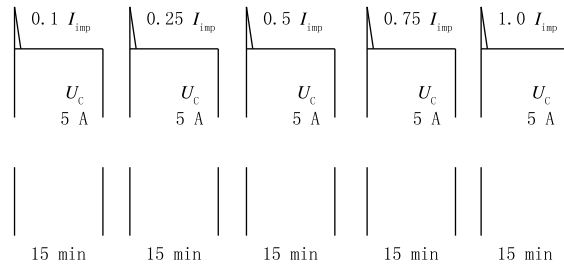


图 9 I 类试验的附加动作负载试验时序图

e) III类动作负载试验：

SPD 使用下列三组对应  $U_C$  的冲击进行试验：

- 1) 在正半波峰值处触发 5 次正极性冲击；
- 2) 在负半波峰值处触发 5 次负极性冲击；
- 3) 在正半波峰值处触发 5 次正极性冲击。

时序如图 10 所示。

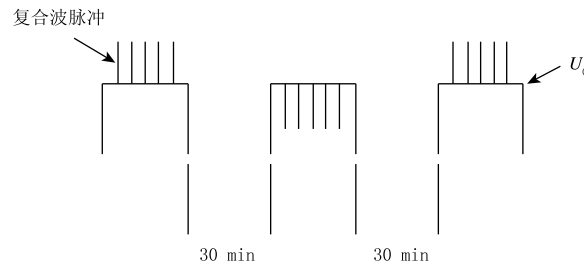


图 10 III 类试验的动作负载试验时序图

f) 所有动作负载试验和 I 类试验的附加动作负载试验的合格判别标准：

- 1) 应达到热稳定。在施加  $U_C$  电压的最后 15 min, 如果电流  $I_C$  的阻性分量峰值或功耗呈现出下降的趋势或没有升高, 则认为 SPD 是热稳定的。如果试验本身是加电  $U_C$  进行的, 则不间断地继续保持加电 15 min, 或在 30 s 内重新加电。
- 2) 电压和电流波形图及目测检查, 试品应没有击穿或闪络的迹象。
- 3) 试验过程中不应发生可见的损害。试验后, 检查发现的细小的凹痕或裂缝如不影响防直接接触, 则可以忽略, 除非 SPD 的防护等级 (IP 代码) 被破坏。试品上不应有燃烧的痕迹。
- 4) 试验后, 不应有过量的泄漏电流。判断方法见 6.3.7.1.3 中的合格判别标准的 b)。
- 5) 试验时, 制造商规定的外部脱离器不应动作; 试验后, 脱离器应处在正常工作状态。

注: 本条款中正常工作状态是指脱离器未发生损坏, 可继续操作。操作性可通过手动进行检查 (在可能的地方), 或在制造商和实验室协议下通过简单的电气试验来检查。

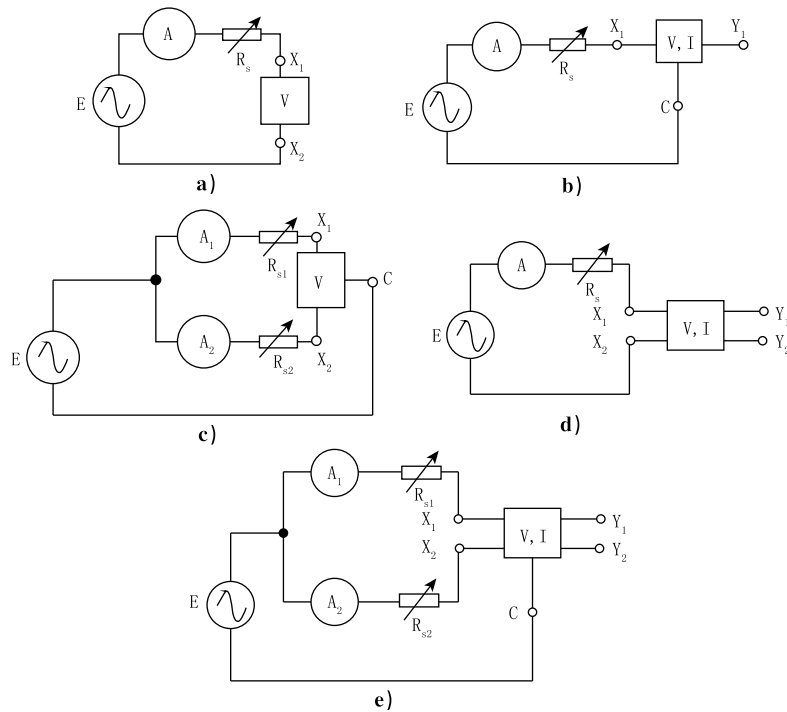
### 6.3.3.2.3.2 连接至电子系统信号网络的 SPD 动作负载试验

连接至电子系统信号网络的 SPD 动作负载试验如下：

a) 交流耐受试验：

- 1) 按图 11 所示连接 SPD。从表 16 选取交流短路电流值。施加规定幅值和次数的电流于受试 SPD 上, 施加电流的时间间隔应足以防止试品过热。开路电压应足够高以使 SPD 完全导通。在测试之前以及施加规定次数交流电流之后, SPD 应符合绝缘电阻、限制电压、冲击复位时间 (如适用时) 和串联电阻值的要求。

- 2) 应在  $X_1-C$ 、 $X_2-C$  间测试,见图 11 所示。在特殊需要时,对图 11 的 c)、e),也可在  $X_1-X_2$  间测试。
- 3) 对有公共分流元件的 SPD 测试时,制造商应说明公共分流元件的最大冲击电流值。
- 4) 最大冲击电流值可小于每一线路端子最大电流容量的  $n$  倍( $n$  为线路端子数)。应对公共端和所有线路端子同时进行测量。带有各自分流元件的 SPD,应分别在每个线路端子与共用端子间进行测试。



说明:

- A, A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> —— 电流表;
- E —— 交流电压源;
- R<sub>s</sub>, R<sub>s1</sub>, R<sub>s2</sub> —— 电压源无感电阻;
- V —— 限压元件;
- V, I —— 限压元件和限流元件的组合;
- X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub> —— 线路端子;
- Y<sub>1</sub>, Y<sub>2</sub> —— 被保护线路端子;
- C —— 公共端子。

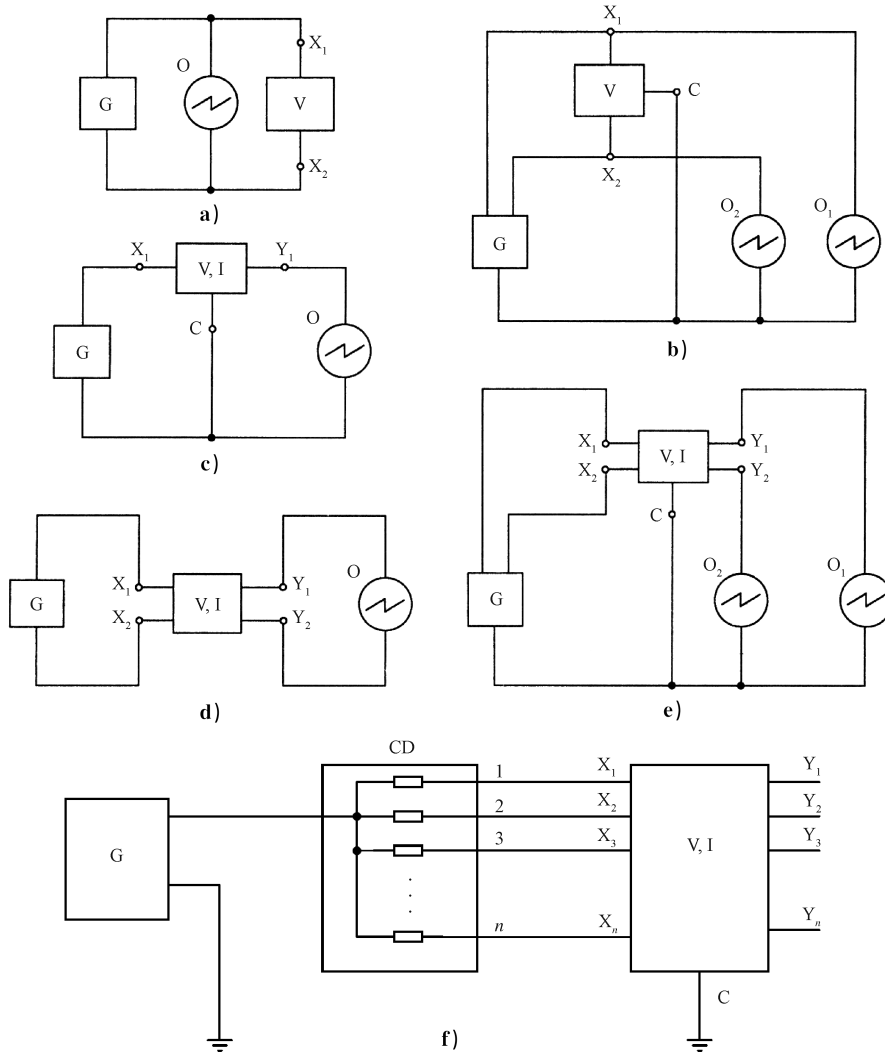
图 11 交流耐受试验和过载故障模式的测试电路

b) 冲击耐受试验:

- 1) 从表 16 的 C 类中选取一种冲击施加于 SPD 的适当端子上。
- 2) 本试验的冲击波形应与 6.3.3.2.2.2 的冲击限制电压试验相同的冲击,可采用从 A1、B、C 和 D 类中选取的冲击波形进行附加的试验。但这些试验是可选的,仅对适用的 SPD 进行。
- 3) 如图 12 连接 SPD。
- 4) 以表 16 中规定的最小施加次数施加冲击电流,冲击电流的施加间隔时间应足以防止试品上热量的积累。规定次数的一半施加一种极性的冲击电流,剩下的一半以另一极性。另一方面,一半的试品以一种极性测试,另一半试品则以另一极性测试。在测试之前及施加

规定次数的电流之后,SPD 应符合对绝缘电阻、限制电压、冲击复位时间和串联电阻的要求。

- 5) 测试端子如图 12 所示,应在  $X_1-C$ 、 $X_2-C$  间进行测试,如需要,冲击可施加到图 12c)、e) 的 SPD 的  $X_1-X_2$  端子上。
- 6) 对有公共分流元件的 SPD 的测试,要求与 6.3.3.2.3.2 a) 相同。



说明:

- $O, O_1, O_2$  —— 示波器,用于冲击耐受试验期间监视  $U_P$ ;
- G —— 冲击发生器;
- CD —— 分流元件;
- V —— 限压元件;
- V,I —— 限压元件和限流元件的组合;
- $X_1, X_2$  —— 线路端子;
- $Y_1, Y_2$  —— 被保护的线路端子;
- C —— 公共端子。

图 12 冲击耐受试验和过载故障模式的测试电路

### 6.3.3.2.3.3 连接至光伏系统直流侧的 SPD 的动作负载试验

包括:

- a) 流程:动作负载试验的流程参考图 6(仅适用 I 类和 II 类试验)。
- b) 一般要求:
  - 1) 本试验是通过在 SPD 施加规定次数和规定波形的冲击来模拟其工作条件,试验时应用符合附录 I 要求的电源对 SPD 施加  $U_{CPV}$ ;
  - 2) 主要的试验装置应符合图 7,但图 7 中的  $U_C$  用  $U_{CPV}$  替代;
  - 3) 根据 6.3.3.2.2.1 的试验确定限制电压,但是对应 6.3.3.2.2.1 b) 的试验只采用  $8/20 \mu s$  的电流波形;
  - 4) 检查测得的限制电压应小于或等于  $U_P$ ;
  - 5) 对于 I 类试验,电流峰值为  $I_{imp}$ ;对于 II 类试验,电流峰值为  $I_n$ 。
- c) I 类和 II 类动作负载试验:试验方法同 6.3.3.2.3.1 c),施加的电压改为  $U_{CPV}$ ,电源预期短路电流应符合附录 I 的 I.2 的要求。
- d) I 类试验的附加负载试验:
  - 1) 试验方法同 6.3.3.2.3.1 d),施加的电压改为  $U_{CPV}$ ,电源预期短路电流应符合附录 I 的 I.2 的要求;
  - 2) 合格判别标准:与 6.3.3.2.3.1 相同,仅将其中的  $U_C$  改为  $U_{CPV}$ 。

### 6.3.3.2.4 SPD 的脱离器和过载安全性能

#### 6.3.3.2.4.1 耐热试验

SPD 在环境温度为  $80 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  的加热箱中保持 24 h。

其合格判别标准如下:

- a) 试验过程中不应发生可见的损害。试验后,检查发现的细小的凹痕或裂缝如不影响防直接接触,则可以忽略,除非 SPD 的防护等级(IP 代码)被破坏。试品上不应有燃烧的痕迹。
- b) 试验时,制造商规定的内部脱离器不应动作;试验后,脱离器应处在正常工作状态。

注:本条款中,正常工作状态是指脱离器未发生损坏,可继续操作。操作性可通过手动进行检查(在可能的地方),或在制造商和实验室协议下通过简单的电气试验来检查。

#### 6.3.3.2.4.2 热稳定试验

包括实验设计、试品准备、试验步骤和合格判别标准:

- a) 本试验程序有两种不同的设计:
  - 1) 仅包括电压限制元件的 SPD,采用本条款的 c)1) 的试验程序;
  - 2) 包括电压限制元件和电压开关元件的 SPD,采用本条款的 c)2) 的试验程序。
- b) 试品准备:
  - 1) 具有并联连接的非线性保护元件的 SPD,应对分开的独立脱离器单元的每一个电流路径分别进行试验,试验时可以通过断开其他的电流路径来实现;
  - 2) 如果相同类型和参数的元件并联连接成部件,相同的部件被用于每个脱离器单元,任何三个这种相同的电流路径的试验应满足三个样品的要求;
  - 3) 任何与电压限制元件串联的电压开关元件应用一根铜线短路,铜线的直径应使其在试验时不熔化;
  - 4) 制造商应提供符合上述要求的试品。
- c) 试验步骤:

- 1) 没有开关元件与其他元件串联的 SPD 的试验要求: 试品应连接到工频电源。电源电压应足够高使 SPD 有电流流过。电流调整到一个恒定值, 试验电流的误差为 ±10%。对于第一个试品, 试验从 2 mA(有效值)开始(如果试品在  $U_c$  下的泄漏电流超过 2 mA, 从  $U_c$  开始)。然后, 试验电流以 2 mA 或先前调节的试验电流 5% 的步幅(两者取较大)增加。对于另外两个试品, 起始点应从 2 mA 变到第一个样品脱扣时的电流值的前 5 步的电流值, 每一步保持达到热平衡状态(即 10 min 内温度变化小于 2 °C)。连续监测 SPD 最热点的表面温度(仅对易触及的 SPD)和流过 SPD 的电流。如果所有的非线性元件断开, 则试验终止。试验电压不应再增加, 以避免脱离器故障。试验时, 如果 SPD 端子间的电压跌到低于  $U_{REF}$ , 则停止调节电流, 电压调回  $U_{REF}$  并保持 15 min, 不需要再进行连续的电流监测。电源应具有短路电流能力, 在任何脱离器动作前它不会限制电流。最大可达到的电流值不应超过制造商声明的短路耐受能力。

注 1: 最热点可以通过初始试验确定, 或进行多点监测确定。

注 2: 可通过目测检查非线性元件是否脱扣。

注 3: 只是元器件的分裂不认为是脱扣。

- 2) 有开关元件与其他元件串联的 SPD 的试验要求: SPD 采用电压为  $U_{REF}$  的工频电源供电, 电源应具有短路电流能力, 在任何脱离器动作前它不会限制电流。最大可达到的电流值不应超过制造商声明的短路耐受能力。如果没有明显的电流流过, 应接着进行 a) 的设计。

注: “没有明显的电流”是指 SPD 没有进入导通转换的突变状态, 即 SPD 保持热稳定。

d) 合格判别标准:

- 1) 试验过程中不应发生可见的损害。试验后, 试品上不应有燃烧的痕迹。
- 2) 脱离应通过一个或多个内部和/或外部脱离器来实现, 应检查它们是否给出正确的状态指示。
- 3) 对防护等级大于或等于 IP20 的 SPD, 使用标准试指施加一个 5 N 的力(见 GB 4208—2017)不应触及带电部件, 除了 SPD 按正常使用安装在试验前已可触及的带电部分外。
- 4) 如果试验过程中发生脱离(内部或外部), 对应保护元件的有效脱离应该有清晰的指示。如果发生内部脱离, 试品按正常使用连接到额定频率的最大持续工作电压  $U_c$  保持 1 min。试验电源应有大于或等于 200 mA 的短路电流容量, 流过相关保护元件的电流不应超过 1 mA。流过与相关保护元件并联的元件或其他电路(如指示器电路)的电流可忽略, 只要它们不会造成电流流过相关保护元件。此外, 如果有的话, 流过 PE 端子的电流, 包括并联电路和其他电路(如指示器电路), 不应超过 1 mA。正常使用中如果有超过一个的接线方式, 应检查每一个可能的接线方式。
- 5) 不应有对人员或设备产生的爆炸或其他危险。
- 6) 试验结束后, 试品应冷却到室温后, 并连接到电压为  $U_c$  的电源 2 h。加电过程中应监测残流, 残流增量不应超过试验开始时测量值的 10%。
- 7) 对于户内型 SPD, 在试验期间和之后表面温升应小于 120 °C。在脱离器动作 5 min 后, 表面温度不应超过周围环境温度 80 °C。

### 6.3.3.2.4.3 短路电流性能试验

本试验不适用于户外使用并且安装在伸臂距离以外的 SPD; 也不适用于在 TN 系统和/或 TT 系统中仅用于连接 N-PE 的 SPD。

试品应按制造商提供的说明书安装, 并且连接表 8 中的最大截面积的导线, 连接试品的电缆最大长度为每根 0.5 m, 并使用金属屏栅。如果制造商推荐使用外部脱离器, 应使用外部脱离器。

具有并联连接的一个或多个电压开关元件的 SPD, 对每个电流路径应分别准备三个一组的试品。



试品在正常运行条件下具有大于或等于 6 kV 的冲击耐压水平和大于或等于 2500 V 的 1 min 工频耐压水平。具有集成脱离器功能并包含电压开关元件的电流回路,测试时应采用适当的铜块(模拟替代物)来代替,以确保内部连接,连接的截面和周围的材料(例如,树脂)以及包装不变。

应由制造商提供符合上述要求的试品。

仅含电压限制元件的 SPD 或组合式 SPD 的电压限制元件部分不适用于本部分试验,但仍应进行 6.3.3.2.4.3c) 和模拟 SPD 失效模式的附加试验。

表 18 预期短路电流和功率因数

$I_{p0}^{+5} \%$ kA	$\cos \varphi_{-0.05}^0$
$I_p \leq 1.5$	0.95
$1.5 < I_p \leq 3.0$	0.9
$3.0 < I_p \leq 4.5$	0.8
$4.5 < I_p \leq 6.0$	0.7
$6.0 < I_p \leq 10.0$	0.5
$10.0 < I_p \leq 20.0$	0.3
$20.0 < I_p \leq 50.0$	0.25
$I_p > 50.0$	0.2

本试验应对两个不同的试验配置进行试验,对每个配置采用一组单独准备的试品。试验包括:

a) 声明的额定短路电流试验:

- 1) 试品连接至电压为  $U_{REF}$  的工频电源。SPD 端口处调整至制造商声明的预期短路电流及符合表 18 的功率因数;在电压  $U_{REF}$  过 0 后的  $(45 \pm 5)^\circ$  电角度和  $(90 \pm 5)^\circ$  电角度处接通短路进行二次试验;如果可更换的或可重新设定的内部或外部的脱离器动作,每次应更换或重新设定相应的脱离器。如果脱离器不能更换或重新设定,则试验停止。
- 2) 合格判别标准:试验过程中不应发生可见的损害试验后。试验后,检查发现的细小的凹痕或裂缝如不影响防直接接触,则可以忽略,除非 SPD 的防护等级(IP 代码)被破坏。试品上不应有燃烧的痕迹。脱离应通过一个或多个内部和/或外部脱离器来实现,应检查它们是否能给出正确的状态指示。对防护等级大于或等于 IP20 的 SPD,使用标准试指施加一个 5 N 的力(见 GB 4208—2017)不应触及带电部件(SPD 按正常安装后在试验前已可触及的带电部件除外)。如果试验过程中发生脱离(内部或外部),对应保护元件的有效脱离应该有清晰的指示。如果发生内部脱离,试品按正常使用连接到额定频率的  $U_C$  保持 1 min。试验电源应有大于或等于 200 mA 的短路电流容量,流过相关保护元件的电流不应超过 1 mA(流过与相关保护元件并联的元件或其他电路(如指示器电路)的电流可忽略,只要它们不会造成电流流过相关保护元件)。此外,如果有的话,流过 PE 端子的电流,包括并联电路和其他电路(如指示器电路),不应超过 1 mA。正常使用中如果有超过一个的接线方式,应检查每一个可能的接线方式。电源流出的短路电流,如果有的话,应该在 5 s 内通过一个或多个内部和/或外部脱离器切断。不应有对人员或设备产生的爆炸或其他危险。不应有对屏栅的闪络。试验过程中连接屏栅的 6 A 熔断器不应动作。

b) 低短路电流试验:

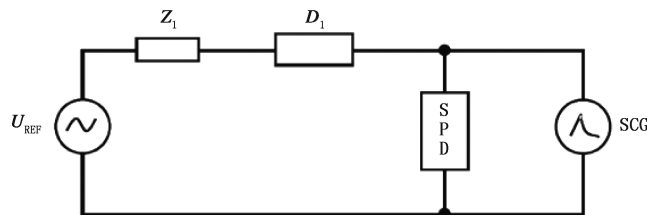
- 1) 将试品接到电压为  $U_{REF}$  的工频电源上,电源的预期短路电流应为产品的最大后备过电流

保护电流值(如果制造商声明)的5倍,其功率因数按表18规定,通电时间为 $5\text{ s} \pm 0.5\text{ s}$ 。如果制造商没有要求有外部的后备过电流保护,采用300 A的预期短路电流。

- 2) 在电压 $U_{\text{REF}}$ 过0后的 $(45 \pm 5)^\circ$ 电角度处接通短路电流进行一次试验。
- 3) 合格判别标准:试验过程中不应发生可见的损害。试验后,检查发现的细小的凹痕或裂缝如不影响防直接接触,则可以忽略,除非SPD的防护等级(IP代码)被破坏。试品上不应有燃烧的痕迹。对防护等级大于或等于IP20的SPD,使用标准试指施加一个5 N的力(见GB 4208—2017)不应触及带电部件(SP按正常安装后在试验前已可触及的带电部件除外)。不应有对人员或设备产生的爆炸或其他危险。不应有对屏栅的闪络。试验过程中连接屏栅的6 A熔断器不应动作。如果试验中脱离器动作,脱离应通过一个或多个内部和/或外部脱离器来实现,应检查它们是否给出正确的状态指示。如果试验过程中发生脱离(内部或外部),对应保护元件的有效脱离应有清晰的指示。如果发生内部脱离,试品按正常使用连接到额定频率的 $U_c$ 保持1 min。试验电源应有大于或等于200 mA的短路电流容量,流过相关保护元件的电流不应超过1 mA。流过与相关保护元件并联的元件或其他电路(如指示器电路)的电流可忽略,只要它们不会造成电流流过相关保护元件。此外,如果有的话,流过PE端子的电流,包括并联电路和其他电路(如指示器电路),不应超过1 mA。电源流出的短路电流,如果有的话,应该在5 s内通过一个或多个内部和/或外部脱离器切断。正常使用中如果有超过一个的接线方式,应检查每一个可能的接线方式。

c)  $I_{\text{fi}}$  低于声明的额定短路电流( $I_{\text{SCCR}}$ )的SPD的补充试验:

- 1) 试验要求:重复6.3.3.2.4.3 a)4)的试验,但不根据6.3.3.2.4.3 a)进行样品准备;用一个正极性的电涌电流( $8/20\ \mu\text{s}$ 或其他合适的波形)在正半波的电压过0后的 $(35 \pm 5)^\circ$ 电角度处触发SPD的电压开关元件,接通短路。电涌电流应足够高以产生续流,但任何情况下均不应超过 $I_n$ 。为确保在触发电涌下外部脱离器不动作,所有的外部脱离器应如图13所示与工频电源串联放置。



说明:

$Z_1$  ——调节预期电流的阻抗(按表18);

$D_1$  ——外部脱离器;

SCG——带耦合装置的电涌电流发生器。

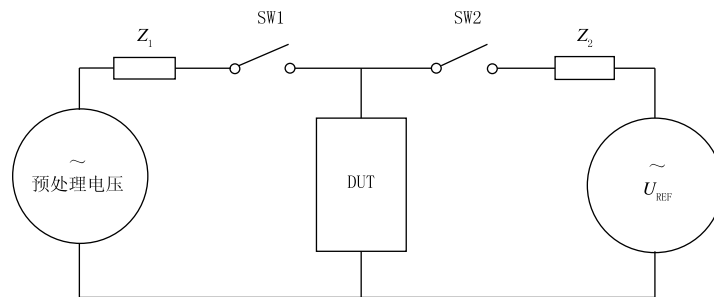
图13  $I_{\text{n}}$  低于声明的短路耐受能力的SPD的试验电路

- 2) 合格判别标准:试验过程中不应发生可见的损害。试验后,检查发现的细小的凹痕或裂缝如不影响防直接接触,则可以忽略,除非SPD的防护等级(IP代码)被破坏。试验后,试品上不应有燃烧的痕迹。脱离应通过一个或多个内部和/或外部脱离器来实现,应检查它们是否能给出正确的状态指示。对防护等级大于或等于IP20的SPD,使用标准试指施加一个5 N的力(见GB 4208—2017)不应触及带电部件(SP按正常安装后在试验前已可触及的带电部件外)。如果试验过程中发生脱离(内部或外部),对应保护元件的有效脱离应该有清晰的指示。如果发生内部脱离,试品按正常使用连接到额定频率的 $U_c$ 保持1 min。试验电源应有大于或等于200 mA的短路电流容量,流过相关保护元件的电流不应超过

1 mA。流过与相关保护元件并联的元件或其他电路(如指示器电路)的电流可忽略,只要它们不会造成电流流过相关保护元件。此外,流过 PE 端子的电流(如果有的话),包括并联电路和其他电路(如指示器电路),不应超过 1 mA。正常使用中如果有超过一个的接线方式,应检查每一个可能的接线方式。电源流出的短路电流(如果有的话)应在 5 s 内通过一个或多个内部和/或外部脱离器切断。不应有对人员或设备产生的爆炸或其他危险。不应有对屏栅的闪络,试验过程中连接屏栅的 6 A 熔断器不应动作。

d) 模拟 SPD 失效模式的附加试验:

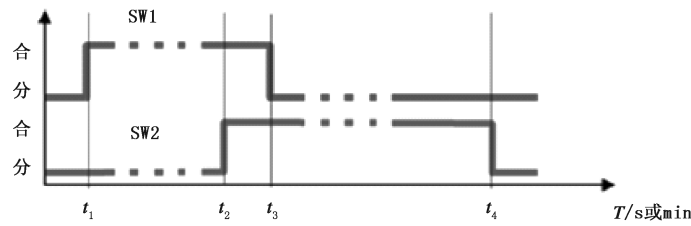
- 1) 任何电子指示器电路可以脱开。
- 2) 试品应按制造商提供的说明书安装,并且用表 8 中的最大截面积的导线连接。连接试品的电缆最大长度为每根 0.5 m。如果制造商推荐了外部脱离器,应使用其推荐的外部脱离器。
- 3) 样品与工频电源应满足: $U_C$  不超过 440 V 的 SPD,施加  $1200\text{ V }^{+5\%}$  电压; $U_C$  超过 440 V 的 SPD,施加等于 3 倍  $U_{C0}^{+5\%}$  的电压。
- 4) 预备电压施加的时间为  $5\text{ s }^{+5\%}$ ,电源的预期短路电流(r. m. s)应调整到  $1\text{ A} \sim 20\text{ A }^{+5\%}$  之间,符合 7.1 d)5)。
- 5) 施加预备电压之后,应在试品上施加一个大小等于  $U_{REF}$  的电压,时间为 5 min 或在电流被内部或外部脱离器切断之后至少 0.5 s。
- 6) 从施加预备电压到  $U_{REF}$  的转换应没有间断,流过 SPD 的电流应被监测。图 14 和图 15 为符合要求的试验电路和时序图。
- 7) 试品安装在  $U_{REF}$  电压下,电源的预期短路电流应该有  $+5\%$  的允差,电源的功率因数应满足表 18。
- 8) 每个试验都应在一组新的三个样品上进行,三个样品在  $U_{REF}$  下,分别经过短路电流 100 A、500 A 和 1000 A 下的预处理,除非这些值超过了制造商的声明值。
- 9) 进一步试验应在三个经过预处理的样品上进行,在  $U_{REF}$  下的预期短路电流等于制造商声明的额定短路电流。
- 10) 在处理试验结束和施加  $U_{REF}$  之间的时间间隔应尽可能短,不应超过 100 ms。
- 11) 如果第一组样品(100 A 试验设置下)的所有试验波形显示在施加预处理电压的 5 s 内脱扣,则不需要进一步试验。



说明:

- $Z_1$  —— 调节预处理发生器的预期电流的阻抗;  
 $Z_2$  —— 调节  $U_{REF}$  的预期电流的阻抗;  
 SW1 —— 机械开关或静态开关,用以在 SPD 上施加处理电压;  
 SW2 —— 机械开关或静态开关,用以在处理过的 SPD 上施加参考试验电压;  
 DUT —— 待测试品。

图 14 模拟 SPD 失效模式的试验电路



说明:

$$t_1 = 0;$$

$$t_3 \geq t_2 \geq 5 \text{ s};$$

$$t_2 \leq t_3 < 5 \text{ s}^{+5\%};$$

$$t_4 = 5 \text{ min}^{+5\%} \text{ 或在电流切断后 } \geq 0.5 \text{ s}.$$

图 15 模拟 SPD 失效模式的时序图

12) 合格判别标准: 试验过程中, 试品不应发生可见的损害。试验后, 检查发现的细小的凹痕或裂缝如不影响防直接接触, 则可以忽略, 除非 SPD 的防护等级(IP 代码)被破坏。试品上不应有燃烧的痕迹。对防护等级大于或等于 IP20 的 SPD, 使用标准试指施加一个 5 N 的力(见 GB 4208—2017)不应触及带电部件(SPD 按正常安装后在试验前已可触及的带电部件除外)。不应有对人员或设备产生的爆炸或其他危险。不应有对屏栅的闪络。试验过程中连接屏栅的 6 A 熔断器不应动作。脱离应通过一个或多个内部和/或外部脱离器来实现, 应检查它们是否给出正确的状态指示。如果试验过程中发生脱离(内部或外部), 对应保护元件的有效脱离应该有清晰的指示。如果发生内部脱离, 试品按正常使用连接到额定频率的  $U_c$  保持 1 min。试验电源应有大于或等于 200 mA 的短路电流容量, 流过相关保护元件的电流不应超过 1 mA。流过与相关保护元件并联的元件或其他电路(如指示器电路)的电流, 只要它们不会造成电流流过相关保护元件, 可忽略。此外, 如果有的话, 流过 PE 端子的电流, 包括并联电路和其他电路(如指示器电路), 不应超过 1 mA。正常使用中如果有超过一个的接线方式, 应检查每一个可能的接线方式。

#### 6.3.3.2.4.4 光伏系统直流侧的 SPD 过载特性试验

要求如下:

a) 试验设置:

- 1) SPD 本身及其脱离器应当按照制造商的要求安装, 并且用最大截面积的导线连接。
- 2) SPD 应当与一个满足附录 I 要求的电源连接。为适用于不同的工作环境, 附录 I 中不同种类的试验电源的预期短路电流, 对于试验电源 PV4, 可取值  $I_{SCPv}^{+5\%}$  或  $10 \text{ A}^{+5\%}$  (仅当  $I_{SCPv}$  大于 10 A 时); 对于试验电源 DC<sub>3</sub>, 可取值  $2.7 I_{SCPv}$  或  $I_{SCPv}$  或 10 A (仅当  $I_{SCPv}$  大于 10 A 时)。

b) 试品准备:

- 1) 制造商提供的试品中, 所有串联的电压开关元件应采用适当的铜块(模拟替代物)来代替, 确保内部连接, 连接的截面和周围的材料(如树脂)以及包装均不被改变。
- 2) 附录 O 中 O.2、O.5 和 O.6 中的 SPD: 连接在 + 和一、或一和 PE、或 + 和 PE 之间的两条电流支路中的一条上的所有电压限制元件, 每次测试应预备三个一组的试品。如果当前电流支路不相同, 每条电流支路应再准备三个一组试品, 如图 O.4 和图 O.10 所示。电压限制元件应采用适当的铜块(模拟替代物)来代替, 确保内部连接, 连接的截面和周围的材料(如树脂)以及包装均不被改变; 或者, 连接在 + 和一之间的电流支路中的所有电压限制

元件应采用相同特性的新元件来替代,新元件的压敏电压  $U_{1mA}$  应为原限压元件压敏电压  $U_{1mA}$  的 50%~60%。用来替代的元件除与  $U_{1mA}$  相关的参数外,其他参数(如标称放电电流、尺寸等)应与原元件相同。SPD 的其他部件(如脱离器、端子、连接器等)不应做改变。

- 3) O.1、O.3 和 O.4 中的 SPD:针对由不同的结构、元件或回路构成的每种保护模式,每次试验需准备三个一组的试品。电压限制元件应采用相同特性的新元件来替代,新元件的压敏电压  $U_{1mA}$  应为原限压元件压敏电压  $U_{1mA}$  的 50%~60%。用来替代的元件除与  $U_{1mA}$  相关的参数外,其他参数(如标称放电电流、尺寸等)应与原元件相同。SPD 的其他部件(如脱离器、端子、连接器等)不应做改变,如图 O.2、O.6 和 O.8 所示。

c) 试验程序:

- 1) 每个试验电压和预期短路电流的组合(无论电源是根据附录 I 要求的 PV<sub>4</sub> 或 DC<sub>3</sub>),应施加在已准备的新试品与附录 O 的表 O.1 中的端子之间。
- 2) 如果电压限制元件不能用合适的元件替代,则应将开路测试电压增大一倍并施加到一个未改动过的 SPD。
- 3) 当使用电源 DC<sub>3</sub> 时,针对预期短路电流为  $I_{SCPv}$  的 2.7 倍的试验,应采用一个额定电流为 80%至 120%的  $I_{SCPv}$ ,特性为 gPV 的熔断器(用于探测)与试品串联。
- 4) 针对不满足合格判别标准中对于分段时间的要求的 SPD,可重复测试,但剩余的电压限制元件可被相同性质且比原元件的压敏电压低的元件替代,也允许增大测试电压而不必更换限压元件。如果再次不满足时间要求,可重复此程序。
- 5) 如果内部和外部脱离器在上述试验中分别都动作,则需要进行一个附加试验。试验电流设定为外部脱离器额定电流的 5 倍(如果没有超过  $I_{SCPv}$ ),但对脱离器动作时间无要求。
- 6) 如果使用线性直流电源,在试验过程中未达到预期的开路失效模式,则应使用模拟 PV 电源重复试验。

d) 合格判别标准:

- 1) 开路模式:对于制造商声明过载特性模式为开路模式的 SPD,应满足以下要求:电源电流应被一个内部或外部的脱离器分断;当使用预期短路电流为  $I_{SCPv}$  的电源 PV<sub>4</sub> 或预期短路电流为 2.7 倍  $I_{SCPv}$  的电源 DC<sub>3</sub> 时,分断时间应少于 20 s;当采用电流为 2.7 倍  $I_{SCPv}$  的电源 DC<sub>3</sub> 进行试验时,用于探测的熔断器不应动作;当使用预期短路电流为  $I_{SCPv}$  的电源 DC<sub>3</sub> 时,分断时间应少于 1 min;当使用预期短路电流为 10 A 的电源 PV<sub>4</sub> 和 DC<sub>3</sub> 时,分断时间应少于 20 min。应通过一个或多个内部和/或外部脱离器来实现脱离,应检查是否给出正确的状态指示。对防护等级大于或等于 IP20 的 SPD,使用标准试指施加一个 5 N 的力(见 EN 60529)不应触及带电部件(SPD 按正常安装后在试验前已可触及的带电部件除外)。如果试验过程中发生脱离(内部或外部),对应保护元件的有效脱离应该有清晰的指示。如果发生内部脱离,试品按正常使用连接到  $U_{CPV}$  保持 1 min。试验电源应有大于或等于 200 mA 的短路电流能力,流过相关保护元件的电流不应超过 1 mA。流过与相关保护元件并联的元件或其他电路(如指示器电路)的电流,只要其不会造成电流流过相关保护元件,可忽略。此外,如果有的话,流过 PE 端子的电流,包括并联电路和其他电路(如指示器电路),不应超过 1 mA。正常使用中如果有超过一个的连接方式,应检查每一个可能的连接方式。薄纸不应燃烧。
- 2) 短路模式:对于制造商声明的过载特性模式为短路模式的 SPD,应满足:当使用预期短路电流为  $I_{SCPv}$  的电源 PV<sub>4</sub>,试验过程中 SPD 应在少于 20 s 的时间内进入短路模式;当达到短路模式后(由电流表监测),使用另一个直流电源继续提供与  $I_{SCPv}$  大小相同的短路电流;当使用预期短路电流为 10 A 的电源 PV<sub>4</sub>,SPD 应在少于 20 min 内进入短路模式。不同电源的切换应当在 10 s 内完成,短路电流应当从试验开始后保持 2 h 或保持至达到稳

定状态。在试验过程中,在最热点的表面温升不应超过 120 °C。应通过状态指示器检测和确认短路模式的指示是否正确;薄纸不应燃烧。

注:如果温度变化在 10 min 内小于 2 °C,则视为达到稳定状态。

6.3.3.2.4.5 在高(中)压系统的故障引起的暂时过电压(TOV)下试验

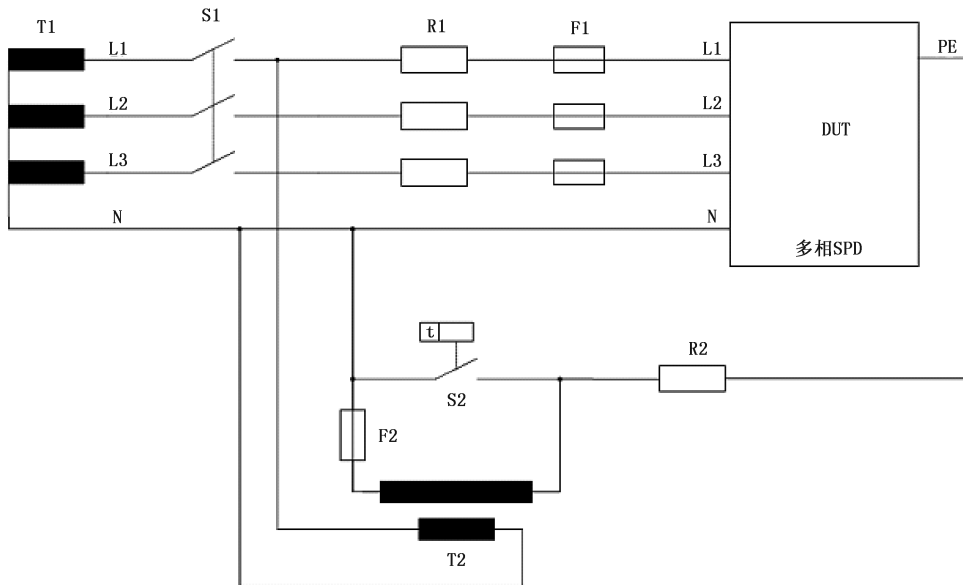
有如下要求:

a) 一般要求:

- 1) 应该选取附录 P 的相关表格中的 TOV 电压  $U_T$ ,或者制造商在 7.1c)1)中声明的 TOV 电压,两者中取大者;

注:表 P.1 适用于所有的 SPD。

- 2) 应采用新的试品并按制造商要求的正常使用条件安装,试品连接至图 16 所示的试验电路或等效的电路。



说明:

- S1 ——主开关;
- S2 ——定时开关,在主开关闭合 200 ms 后闭合;
- F1 ——按制造商的说明推荐的最大后备过电流保护;
- F2 ——TOV 变压器保护熔断器(需要耐受 300 A 持续 200 ms);
- T1 ——二次绕组电压为  $U_{REF}$  的电源变压器;
- T2 ——TOV 变压器,一次绕组电压为  $U_{REF}$ ,二次绕组电压为 1200 V;
- R1 ——调节  $U_{REF}$  电源的预期短路电流的限流电阻;
- R2 ——调节 TOV 电路的预期短路电流至 300 A 的限流电阻(约 4 Ω);
- DUT ——被试装置。

图 16 在高(中)压系统故障引起的 TOV 下试验 SPD 时采用的电路示例

b) 试验程序:

- 1) 通过闭合 S1 在 L1 相的 90°电角度处对试验试品施加  $U_{T-5}^{0-5}\%$ 。
- 2) 在 TOV 施加时间  $t_{T-5}^{0-5}\%$ 后, S2 自动闭合。
- 3) 通过短路 TOV—变压器(T2)的二次绕组把 SPD 的 PE—端子连接至中性线(经过限流电阻 R2),这将使保护 TOV 变压器的熔断器 F2 动作。
- 4) 图 16 和图 17 是试验电路的实例和该试验相应的时序图。允许采用其他的试验电路,只要它们确保对 SPD 有相同的应力。其他试验电路的示例见附录 Q。
- 5) 电源  $U_{REF}$ 的预期短路电流应等于制造商声明的最大后备过电流保护的额定电流的 5 倍,如果没有声明最大后备过电流保护,则为 300 A。电流允差为  $^{+10}\%$ 。
- 6) TOV 变压器输出的预期短路电流应通过 R2 调节至  $300 A^{+10}\%$ 。
- 7)  $U_{REF}$ 施加到试品上保持 15 min 不断开,直至开关 S1 重新断开(中性线接地的 SPD 例外)。

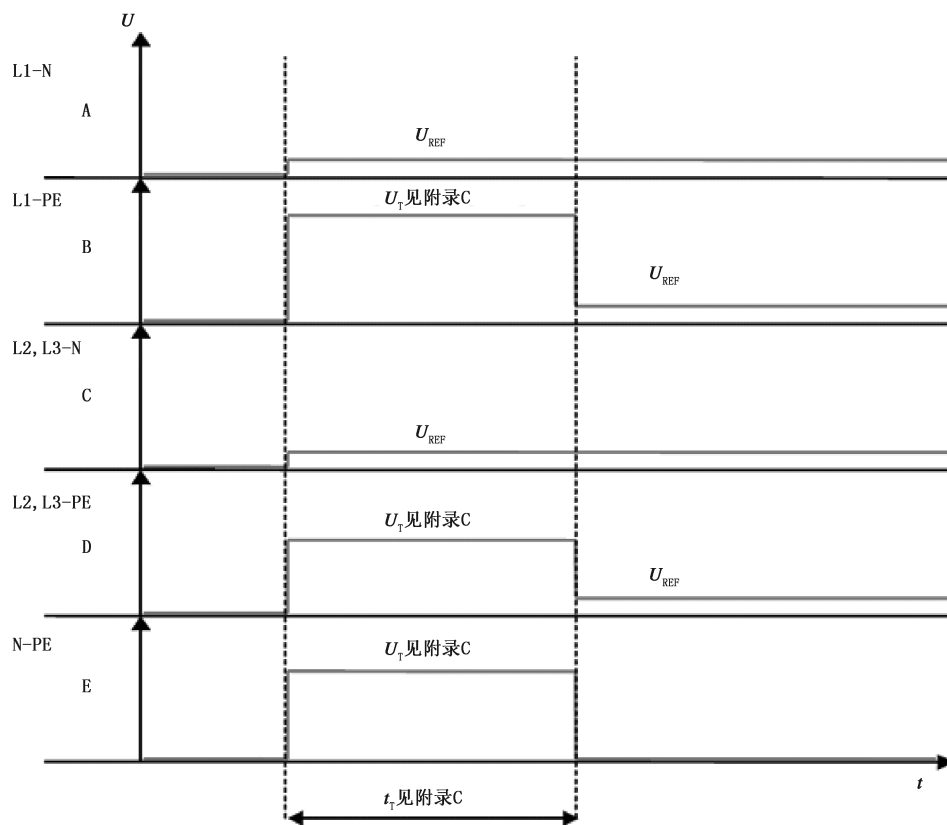


图 17 在高(中)压系统故障引起的 TOV 下 SPD 端子上预期电压的相应时序图

c) 合格判别标准:

- 1) TOV 故障模式:试验过程中,试品不应发生可见的损害。试验后,检查发现的细小的凹痕或裂缝如不影响防直接接触,则可以忽略,除非 SPD 的防护等级(IP 代码)被破坏。试品上不应有燃烧的痕迹。脱离应通过一个或多个内部和/或外部脱离器来实现,应检查它们是否给出正确的状态指示。对防护等级大于或等于 IP20 的 SPD,使用标准试指施加一个 5 N 的力(见 GB 4208—2017)不应触及带电部件(SPD 按正常安装后在试验前已可触及的带电部件除外)。如果试验过程中发生脱离(内部或外部),对应保护元件的有效脱离应该有清晰的指示。如果发生内部脱离,试品按正常使用连接到额定频率的  $U_C$  保持 1 min。试验电源应有大于或等于 200 mA 的短路电流容量,流过相关保护元件的电流不应超过

1 mA。流过与相关保护元件并联的元件或其他电路(如指示器电路)的电流,只要它们不会造成电流流过相关保护元件,可忽略。此外,如果有的话,流过 PE 端子的电流,包括并联电路和其他电路(如指示器电路),不应超过 1 mA。电源流出的短路电流,如果有的话,应该在 5 s 内通过一个或多个内部和/或外部脱离器切断。薄纸不应燃烧。不应有对人员或设备产生的爆炸或其他危险。正常使用中如果有超过一个的接线方式,应检查每一个可能的接线方式。

- 2) TOV 耐受模式:试验过程中不应发生可见的损害。试验后,试品上不应有燃烧的痕迹。试验后的限制电压值应小于或等于  $U_P$ 。应按照 6.3.3.2.2.1 的试验来确定限制电压。但 6.3.3.2.2.1 b) 的试验,对 I 类试验采用峰值为  $I_{imp}$  的 8/20  $\mu s$  冲击电流;对 II 类试验采用峰值为  $I_n$  的 8/20  $\mu s$  冲击电流;III 类试验则仅用  $U_{OC}$  按照 6.3.3.2.2.1 d) 进行试验。试验后,不应有过量的泄漏电流。试品根据制造商要求按正常使用连接到参考试验电压  $U_{REF}$  的电源,测量流过每个端子的电流。电流的阻性分量(在正弦波峰值处测量)不应超过 1 mA,或者电流增量不超过相关试验序列开始时初值的 20%。任何可重置或装配的脱离器应手动分断(如适用)。应施加 2 倍  $U_C$  或 1000 V 交流电压(二者间高的)来检查绝缘强度。试验过程中,绝缘体不得出现闪络或穿破,包括内部的(穿孔)或外部的(起痕)以及其他击穿放电的现象。此外,对于仅连接 N-PE 的 SPD 模式,应测量流过 PE 端子的电流,此时将 SPD 的端子连接到  $U_C$  的电源,电流的阻性分量(在正弦波峰值处测量)不应超过 1 mA,或者电流不应超过在相关试验初始时测量结果的 20%。试验时,制造商规定的内部脱离器不应动作;试验后,脱离器应处在正常工作状态。对防护等级大于或等于 IP20 的 SPD,使用标准试指施加一个 5 N 的力(见 GB 4208—2017)不应触及带电部件(SPD 按正常安装后在试验前已可触及的带电部件除外);电源流出的短路电流,如果有的话,应该在 5 s 内通过一个或多个内部和/或外部脱离器切断。薄纸不应燃烧。不应有对人员或设备产生的爆炸或其他危险。正常使用中如果有超过一个的接线方式,应检查每一个可能的接线方式。试验后,试品应达到热稳定。检查发现的细小的凹痕或裂缝如不影响防直接接触,则可以忽略,除非 SPD 的外壳防护等级(IP 代码)被破坏。试品应没有击穿或闪络的迹象。

注:正常工作状态是指脱离器未发生损坏,可继续操作。操作性可通过手动进行检查(在可能的地方),或在制造商和实验室协议下通过简单的电气试验来检查)。

#### 6.3.3.2.4.6 残流试验

残留试验的要求与合格判别标准如下:

a) 试验要求:

- 1) SPD 按制造商的要求正常连接,电压调整到参考试验电压( $U_{REF}$ )。
- 2) 对于连接至光伏系统直流侧的 SPD,连续在 + 对 PE 和 - 对 PE 端子间施加的电源应满足:直流电源,电压为  $U_{CPV}$ ;交流电源,应能提供峰值相当于最大持续工作电压  $U_{CPV}$  的 50 Hz 正弦电压。
- 3) 测量流过 PE 端子的残流。对于连接至光伏系统直流侧的 SPD,流过 PE 端的(直流或交流)的残流都要求被记录。

注 1:如果制造商允许 SPD 安装有几种配置,本试验应对每种配置进行。

注 2:测量是真有效值的电流。

注 3:如果 SPD 包括一个专门的只连接到 PEN 导线上的端子,该端子不认为是 PE 端子。

b) 合格判别标准:测量得到的残留不应超过制造商根据 7.1b)13) 提供的值。



## 6.3.3.2.4.7 在低压电气系统故障引起的 TOV 下试验

包括电压要求、试验程序、合格判别标准：

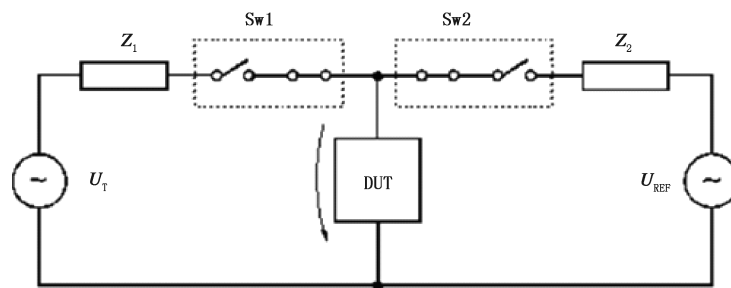
## a) 电压要求：

SPD 应该使用附录 P 的相关表格中 TOV 电压  $U_T$ ，或者制造商在 7.1c) 1) 中声明 TOV 电压，两者中取大者。

注：表 P.1 适用于所有的 SPD。

## b) 程序要求：

- 1) 应采用新的试品并按制造商要求的正常使用条件安装。
- 2) 试品应连接到  $U_T \pm 5\%$  的工频电压，持续时间为  $t_{T0} \pm 5\%$ 。
- 3) 除了失零试验， $U_T$  电源应能输出足够大的电流，以确保在试验过程中 SPD 端子上的电压不会跌落到超过  $U_T$  的 5%。对于失零试验，电源应能输出 10 A 的预期短路电流。
- 4) 紧接着在施加  $U_T$  后，应在试品上施加等于  $U_{REF} \pm 5\%$  并具有同样电流能力的电压 15 min。
- 5) 对于失零试验， $U_{REF}$  的电源应能输出等于 SPD 声明的额定短路电流的预期短路电流。
- 6) 试验周期之间的时间间隔应尽可能短，并且在任何情况下不应超过 100 ms。试品连接至图 18 的试验电路。图 18 和图 19 是试验电路的实例和试验相应的时序图。



说明：

$U_T$  ——根据附录 P 的 TOV；

$U_{REF}$  ——根据附录 B 的参考试验电压；

$Z_1$  ——调节  $U_T$  电源的预期短路电流的阻抗；

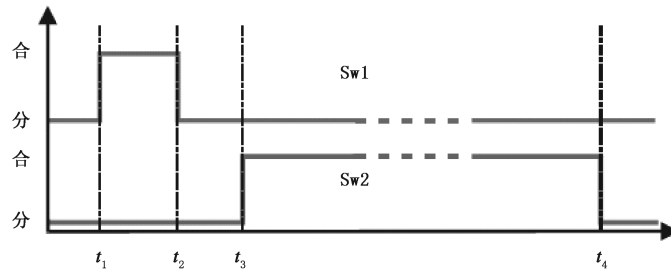
$Z_2$  ——调节  $U_{REF}$  电源的预期短路电流的阻抗；

Sw1 ——施加 TOV 的开关；

Sw2 ——施加参考试验电压的开关；

DUT ——被试装置 (SPD+脱离器, 如适用)。

图 18 在低压电气系统故障引起的 TOV 下进行试验的电路示例



说明：

$t_1 = 0$ ；

$t_2 = t_{T0}^{+5\%}$ ；

$t_2 \leq t_3 < (t_2 + 100 \text{ ms})^{+5\%}$ ；

$t_4 = t_T + 15 \text{ min}^{+5\%}$ 。

图 19 在低压电气系统故障引起的 TOV 下进行试验的时序图

c) 合格判别标准：

- 1) TOV 故障模式：试验过程中，不应发生可见的损害。试验后，检查发现的细小的凹痕或裂缝如不影响防直接接触，则可以忽略，除非 SPD 的防护等级(IP 代码)被破坏。脱离应通过一个或多个内部和/或外部脱离器来实现，应检查它们是否给出正确的状态指示。对防护等级大于或等于 IP20 的 SPD，使用标准试指施加一个 5 N 的力(见 GB 4208—2017)不应触及带电部件(SPD 按正常安装后在试验前已可触及的带电部件除外)。如果试验过程中发生脱离(内部或外部)，对应保护元件的有效脱离应该有清晰的指示。如果发生内部脱离，试品按正常使用连接到额定频率的  $U_C$  保持 1 min。试验电源应有大于或等于 200 mA 的短路电流容量，流过相关保护元件的电流不应超过 1 mA。流过与相关保护元件并联的元件或流过其他电路(如指示器电路)的电流，只要它们不会造成电流流过相关保护元件，可忽略。此外，如果有的话，流过 PE 端子的电流，包括并联电路和其他电路(如指示器电路)，不应超过 1 mA。电源流出的短路电流，如果有的话，应该在 5 s 内通过一个或多个内部和/或外部脱离器切断。薄纸不应燃烧。不应有对人员或设备产生的爆炸或其他危险。试验后，试品上不应有燃烧的痕迹。正常使用中如果有超过一个的接线方式，应检查每一个可能的接线方式。
- 2) TOV 耐受模式：试品按照制造商要求连接到参考试验电压  $U_{REF}$  的电源，测量流过每个端子的电流。电流的阻性分量(在正弦波峰值处测量)不应超过 1 mA，或者电流增量不超过相关试验序列开始时初值的 20%。任何可重置或装配的脱离器应手动分断(如适用)。应施加 2 倍  $U_C$  或 1000 V 交流电压(二者间高的)来检查绝缘强度。试验过程中，绝缘体不允许出现闪络或穿破，包括内部的(穿孔)或外部的(起痕)以及其他击穿放电的现象。对于仅连接 N-PE 的 SPD 模式，应测量流过 PE 端子的电流，此时将 SPD 的端子连接到  $U_C$  的电源。电流的阻性分量(在正弦波峰值处测量)不应超过 1 mA，或者电流不应超过在相关试验初始时测量结果的 20%。试验时，制造商规定的内部脱离器不应动作；试验后，脱离器应处在正常工作状态。对防护等级大于或等于 IP20 的 SPD，使用标准试指施加一个 5 N 的力(见 GB 4208—2017)不应触及带电部件(SPD 按正常安装后在试验前已可触及的带电部件除外)。电源流出的短路电流，如果有的话，应该在 5 s 内通过一个或多个内部和/或外部脱离器切断。薄纸不应燃烧。不应有对人员或设备产生的爆炸或其他危险。试验过程中，试品不应发生可见的损害。试验后，试品应达到热稳定，试品上不应有燃烧的痕迹，应没有击穿或闪络的迹象，不应有过量的泄漏电流。试验后的限制电压值

应小于或等于  $U_p$ 。限制电压应按照 6.3.3.2.2.1 的试验确定,6.3.3.2.2.1 b)的试验,对 I 类试验采用峰值为  $I_{imp}$  的 8/20  $\mu$ s 冲击电流;对 II 类试验采用峰值为  $I_n$  的 8/20  $\mu$ s 冲击电流;III 类试验则仅用  $U_{oc}$  按照 6.3.3.2.2.1 d)进行试验。

注:本条款中,正常工作状态是指脱离器未发生损坏,可继续操作。操作性可通过手动进行检查(在可能的地方),或在制造商和实验室协议下通过简单的电气试验来检查。

### 6.3.3.3 适应传输特性电气性能试验

#### 6.3.3.3.1 一般要求

连接至电子系统信号网络的 SPD,其传输特性应符合电子系统信号网络的要求。表 19 提供了适用的传输特性试验选择内容,但是这些选择并非是固定或强制的。一般情况下,试验选择内容依据制造商给出的标称值或由用户提出的要求确定。

表 19 适用的传输特性试验选择内容

传输特性测试项目	应用于模拟信号系统(<20 kHz)	应用于数字信号系统	应用于视频系统
分布电容 (见 6.3.3.3.2)	●	●	●
插入损耗 (见 6.3.3.3.3)	●	●	●
回波损耗 (见 6.3.3.3.4)	—	●	●
纵向平衡 (见 6.3.3.3.5)	●	●	●
误码率 (见 6.3.3.3.6)	—	●	—
近端串扰 (见 6.3.3.3.7)	●	●	●
频率范围 (见 6.3.3.3.8)	—	—	—
传输速率 (见 6.3.3.3.9)	—	—	—

● 表示适用;—表示不适用。

#### 6.3.3.3.2 分布电容测试

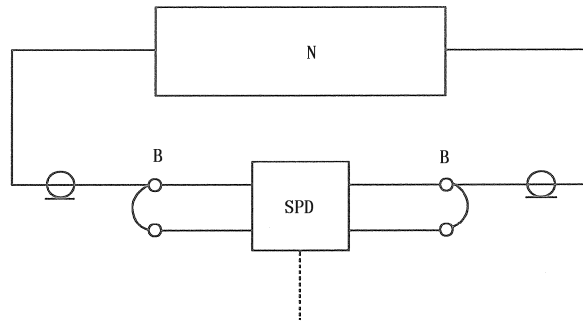
SPD 的电容用信号发生器测量,测量频率为 1 MHz,电压为 1 V(有效值),每次测量一对端子,所有未参与测量的端子连接在一起,并在信号发生器处接地。不应施加直流偏置。

注:某些 SPD 的电容是与偏置电压有关的。在某些应用中,这种偏置电压可只出现于一对通信线的一条线上,从而导致电容明显不平衡。

6.3.3.3.3 插入损耗测试

试验电路见图 20,用不长于 1 m 且有合适特性阻抗的导线代替图中的 SPD 进行测量,然后用试品 SPD 替换这根导线测量分贝值。插入损耗是二次测量的矢量差。表 20 列出各种特性阻抗、频率范围以及电缆类型。测试电平宜采用-10 dBm。

在传输频率范围内,图 20 中组合的平衡—不平衡变换器及测试导线上所测损耗应不超过 3 dB。应在拟用 SPD 的传输系统的传输频段范围内测量插入损耗并作出记录。



说明:

N——网络分析仪;

B——平衡—不平衡转换器。

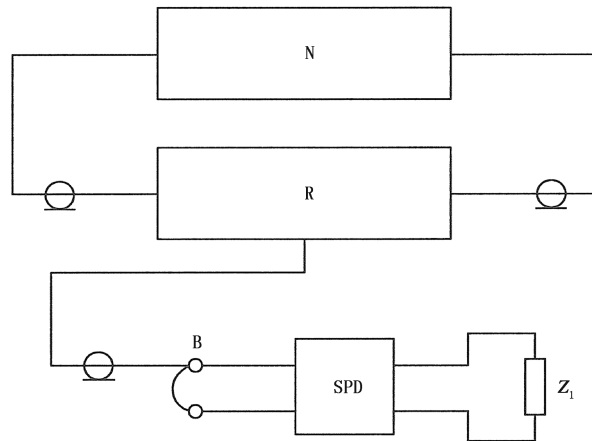
图 20 插入损耗测试电路

表 20 图 20 的标准参数

频率范围	特性阻抗 $Z_0$ $\Omega$	电缆类型
300 Hz~4 kHz	600	双绞线
4 kHz~300 MHz	100、120 或 150	双绞线
$\leq 1$ GHz	50 或 75	同轴电缆
$> 1$ GHz	50	同轴电缆

6.3.3.3.4 回波损耗测试

电路图见图 21,用不长于 1 m 且具有合适特性阻抗的导线代替 SPD 测量回波损耗。然后,插入 SPD 再作测量。各种特性阻抗、频率范围及电缆类型见表 20。测试电平宜采用-10 dBm。



说明：

N —— 网络分析仪；

R —— 反射电桥；

B —— 平衡—不平衡转换器；

Z<sub>1</sub> —— 终端阻抗 100 Ω 或 120 Ω 或 150 Ω。

图 21 回波损耗测试电路

信号施加到 SPD 上,在施加信号的端子上测量反射回来的信号。应在拟用 SPD 的传输系统的传输频段范围内测量回波损耗并作出记录。

### 6.3.3.3.5 纵向平衡测试

图 22 为三端、四端及五端 SPD 平衡测试的连接方式。对于四端及五端 SPD,应在开关 S1 打开和闭合两种情况下测试。纵向平衡的计算公式为：

$$K_{LCL} = 20\lg(V_s/V_m)$$

式中：

$K_{LCL}$  —— 纵向平衡,单位为分贝 (dB)；

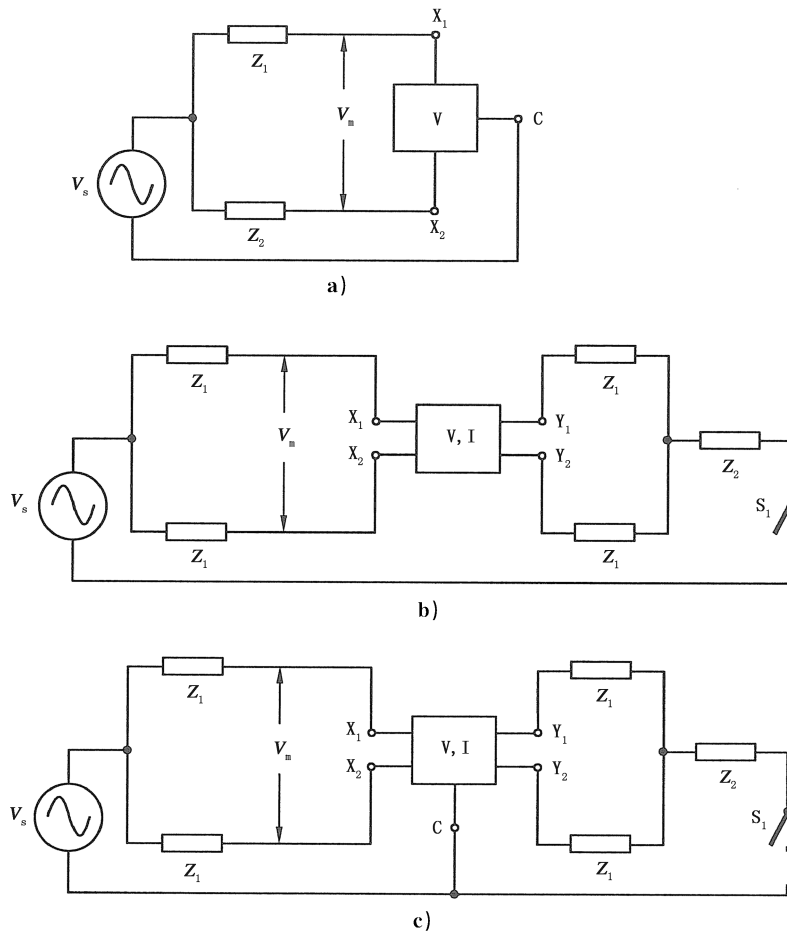
$V_s$  —— 纵向电压；

$V_m$  —— 受试 SPD 产生的电压, $V_s, V_m$  两种信号具有相同的频率。

除非另有规定,对模拟音频系统,应在 200 Hz、500 Hz、1000 Hz 及 4000 Hz 频率下测试;而对数据传输系统,应在 5 kHz、60 kHz、160 kHz 及 190 kHz 频率下测试。图 22 中的阻抗值见表 21。如果 SPD 的纵向平衡受直流偏置电压影响,则应在每个 SPD 端子上施加合适直流偏置电压的情况下测试。

表 21 纵向平衡测试的阻抗值

$f/\text{kHz}$	$Z_1/\Omega$	$Z_2/\Omega$
<4	300	350
<190	55 或 67.5 <sup>a</sup>	<sup>a</sup>
<sup>a</sup> 由制造商规定。		



说明:

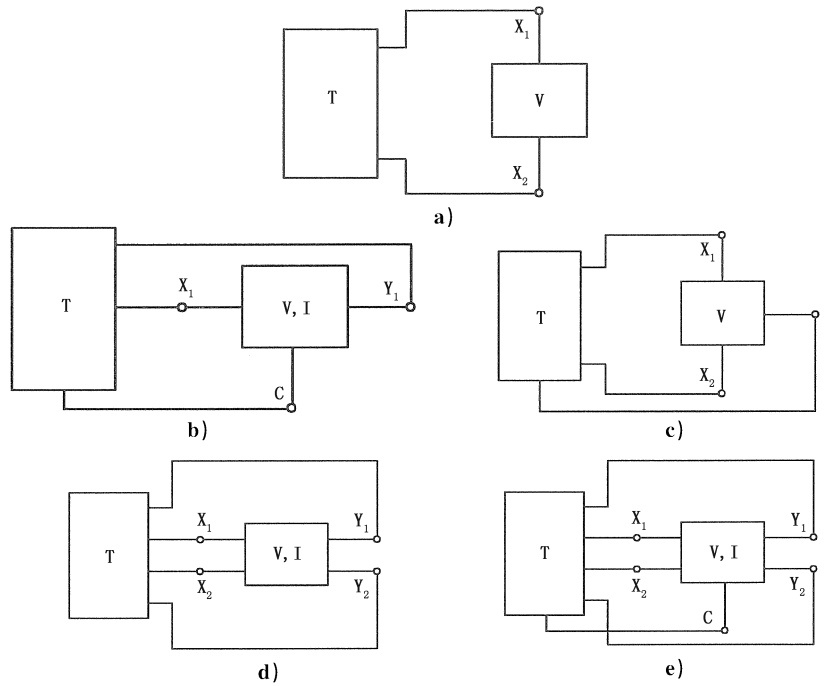
- $V_s$  —— 干扰共模电压(纵向的);
- $V_m$  —— 差模电压(导线间);
- $Z_1, Z_2$  —— 终端阻抗;
- $V$  —— 电压限制元件;
- $V, I$  —— 电压限制元件或电压限制元件与电流限制元件的组合;
- $X_1, X_2$  —— 线路端子;
- $Y_1, Y_2$  —— 被保护的线路端子;
- $C$  —— 公共端子。

图 22 纵向平衡测试电路

当纵向平衡取决于 SPD 的串联电阻的匹配情况时,纵向平衡值可规定为串联电阻最大偏差的欧姆值或串联电阻之间差值的百分数。

### 6.3.3.3.6 误码率(BER)测试

误码率可用来判定通信或数据存储产品的性能,比如,在传输 100000 个码中有 2.5 个不正确,其误码率即为 2.5 除以  $10^5$ ,即  $2.5 \times 10^{-5}$ 。图 23 为误码率(BER)测试电路(分有 SPD 及无 SPD 两种情况下测量误码率)。不同传输速率的测试时间见表 22。误码率测试仪的发送阻抗及接收阻抗应等于传输应用系统的特性阻抗。



说明：  
 T ——BER 检测器；  
 V ——电压限制元件；  
 V,I ——电压限制元件或电压限制元件与电流限制元件的组合；  
 $X_1, X_2$  ——线路端子；  
 $Y_1, Y_2$  ——被保护的线路端子；  
 C ——公共端子。

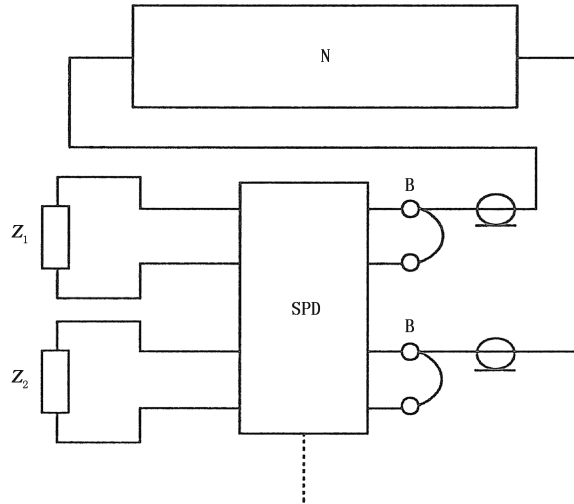
图 23 误码率测试电路

表 22 误码率测试的测试时间

伪随机位模式(R)	测试时间
$R < 64 \text{ kbit/s}$	1 h
$64 \text{ kbit/s} \leq R < 1554 \text{ kbit/s}$	30 min
$R \geq 1554 \text{ kbit/s}$	10 min

### 6.3.3.3.7 近端串扰(NEXT)测试

近端串扰是将一根短的平衡测试导线按图 24 接于 SPD 的情况下测量的。一个平衡的输入信号施加到被 SPD 串扰线路上,在测试导线的近端测量被串扰线路的感应信号。测试信号电平宜采用-10 dBm。



说明：

- N —— 网络分析仪；
- B —— 平衡—不平衡转换器；
- $Z_1, Z_2$  —— 终端阻抗。

图 24 近端串扰测试电路

在传输频段范围内组合的平衡—不平衡变换器及测试导线上测量到的损耗不应超过 3 dB。应在拟用 SPD 的传输系统的传输频段范围内测量近端串扰并作出记录。

#### 6.3.3.3.8 SPD 频率范围( $f_G$ )测试

如图 20 所示, 首先将网络分析仪校零, 然后放置 3 dB 插入损耗导线。接入 SPD 后读出小于 3 dB 插入损耗的频率范围。打印出测试结果。

#### 6.3.3.3.9 SPD 数据传输速率测试

直接测量 SPD 数据传输速率有困难, 但可由频率范围( $f_G$ )进行推导。SPD 的数据传输速率( $V_s$ )与频率范围( $f_G$ )有如下近似公式。

$$V_s = 2 f_G$$

式中：

$V_s$  —— SPD 的数据传输速率, 单位为比特每秒(bit/s)；

$f_G$  —— 频率范围, 单位为赫兹(Hz)。

注: 实际应用中  $V_s = 1.25 f_G$

#### 6.3.4 机械性能试验

SPD 组件应有足够机械强度以便承受安装和使用过程中遭受的机械应力。

摆锤撞击试验装置见图 25。





撞击件的头部为半球形面,其半径为 10 mm,由聚酰胺材料制成,硬度为洛氏硬度 HR100。撞击件的质量为 150 g±1 g,牢固地固定在一个外径为 9 mm,厚为 0.5 mm 的钢管下端,钢管上端装于枢轴上,使撞击件只能在垂直面内摆动,枢轴位于撞击件轴上面 1000 mm±1 mm 处。

注:洛氏硬度测定可参考 ISO 2039-2:1987。

试验装置应这样设计:应在撞击元件表面上施加 1.9 N~2.0 N 的力,才能将钢管保持在水平位置。试品安放在一块层压板上,层压板为正方形,每边长 175 mm,厚度为 8 mm。层压板的上端和底部固定在隆起的安装支持件上,安装支持件由钢或铸铁制成,重 10 kg±1 kg,安装支持件用轴销装在坚固的支架上,支架固定在砖、水泥或类似物品的墙上。

对于嵌入式 SPD,试品安装在由硬质木材或类似材料做成的枕块的凹洞内,凹洞固定在支持件固定的层压板上。

如果枕块是由木板制成的,木材木纹的走向应与撞击方向垂直。

撞击试验设备应这样设计:

- 试品安放的位置,能使撞击点正好位于通过撞锤的枢轴的垂直平面内;
- 试品可水平移动并且可围绕垂直于层压板面的轴旋转;
- 层压板可围绕垂直轴转动。

在施加撞击之前,底部、盖子及类似件的固定螺钉都要用规定的扭矩规定值的 2/3 拧紧。

可移式 SPD 试验与固定式的 SPD 试验一样,在试验前应使用辅助方法将其固定在层压板上。SPD 应用螺钉固定安装在轨道上,或用螺钉固定在层压板上试验。

撞击元件应由表 23 规定的高度坠落。

表 23 用于撞击试验的下落高度

下落高度 cm	受撞击的外壳部件	
	普通 SPD <sup>a</sup>	其他 SPD <sup>b</sup>
10	A 和 B	—
15	C	A 和 B
20	D	C
25	—	D

A:前面部件,包括凹进部件。  
 B:正常使用安装后,从安装表面突出小于 15 mm 的部件(距墙壁),A 件除外。  
 C:正常使用安装后,从安装表面突出大于 15 mm 且小于 25 mm 的部件(距墙壁),A 件除外。  
 D:正常使用安装后,从安装表面突出 25 mm 以上的部件(距墙壁),A 件除外。

<sup>a</sup> 普通 SPD 指正常使用安装时,IP 代码为 IPX0 或 IPX1。  
<sup>b</sup> 其他 SPD 指 IP 代码高于 IPX1 的 SPD。

下落高度由试品表面最突出部件计算,且应将机械应力施加在除 A 部件以外的所有部位。

下落高度应为摆锤释放时检查点位置和撞击时该点位置之间的垂直距离,检查点标在撞击件的表面上,通过摆的钢管和撞击件的轴线与穿过两条轴线的平面垂直的交点与试品表面相撞。试品应受到均匀分布在试品上的撞击力,撞击力不应施加于敲落孔上。

应对 A 部件进行五次撞击,一次击在中心。当试品水平移动后,在中心与各边缘间薄弱的点各撞击一次,然后把试品绕它的垂直于层压板的轴线转动 90°之后对各类似点各做一次撞击。

对于 B(适用时)、C 和 D 部件进行四次撞击:在层压板转动 60°后对试品的一个侧面进行一次撞击试验;之后,在保持层压板位置不变下,将试品绕其垂直于层压板的轴线旋转 90°后撞击另一侧面一次。

把层压板向另一方向旋转  $60^\circ$  后,在试品的另两侧面各撞击一次。

试验后,试品应无损伤。特别是带电部件用标准试指不应触及。

注:对外表损伤以及不导致爬电距离或电气间隙减小的小凹痕以及不会对防直接接触保护或防止有害水进入产生不利影响的小碎片等均可忽略不计。

### 6.3.5 工作环境要求试验

#### 6.3.5.1 户外型 SPD 的爬电距离和 IP 代码

户外型 SPD 的爬电距离试验见表 2 和本部分 6.3.3.1.2 的试验。户外型 SPD 的 IP 代码试验见 GB 4208—2017。

#### 6.3.5.2 户外型 SPD 的环境试验

户外型 SPD 的环境试验见附录 M。

#### 6.3.5.3 光伏系统直流侧 SPD 的湿热条件下的寿命测试

包括试验程序要求及合格判别标准:

##### a) 试验程序要求:

- 1) 试验按照 GB/T 2423.3—2016 进行(适用于每种保护模式的样品);
- 2) 在试验开始前先测量  $I_{CPV}$  以备参考。试品随后放入温度为  $40\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ 、相对湿度为  $93\% \pm 3\%$  的环境箱 500 h;
- 3) 在试验过程中,每种保护模式被连接在一个预期短路电流至少为 100 mA 的试验电源上,将直流电压调节至  $U_{CPV}$ ;
- 4) 试验后,将样品从环境箱中取出  $1\text{ h} \pm 10\text{ min}$  后测量  $I_{CPV}$ ;
- 5) 正常使用中如果有超过一个的连接方式,应检查每一个可能的连接方式。

##### b) 合格判别标准:

- 1) 试验后,将样品从环境箱中取出  $1\text{ h} \pm 10\text{ min}$  后测量  $I_{CPV}$ 。
- 2) 将样品从环境箱中取出  $1\text{ h} \pm 10\text{ min}$  后,试品不应发生可见的损坏,检查发现的细小的凹痕或裂缝如不影响防直接接触,则可以忽略,除非无法保持 SPD 的防护等级(IP 代码)。试品上不应有燃烧的痕迹。
- 3) 试验后,不应有过大的泄漏电流。判断方法见 6.3.7.1.3 中的合格判别标准的 b)。
- 4) 试验时,制造商规定的内部脱离器不应动作;试验后,脱离器应处在正常工作状态。

注:正常工作状态是指脱离器未发生损坏,可继续操作。操作性可通过手动进行检查(在可能的地方),或在制造商和实验室协议下通过简单的电气试验来检查。

### 6.3.6 安全要求试验

#### 6.3.6.1 防直接接触试验

##### 6.3.6.1.1 绝缘部件

按 SPD 正常使用安装方法安装好试品,先用表 8 中的最小截面积的连接导体连接试品进行试验,然后用表 8 中的最大截面积导体连接试品进行试验。

根据 GB 4208—2017,用标准试指试着触摸每个可能的位置。

对于插拔式 SPD,当可插拔模块部分地或完全插入卡座后,用标准试指试着触摸每个可能的地方。用一个额定电压值大于 40 V 且小于 50 V 的电气指示器(灯)来显示接触状态。

### 6.3.6.1.2 金属部件

按正常使用条件安装及连接 SPD。除了与载流部件隔离的用于紧固基座、盖板、插座盖的小螺钉和类似零件外,把其他可触及的金属部件用低阻抗导线与接地端子相连。

在每一个连接的可触及的金属部件与接地端子之间依次通上电流(交流电源无负载电压不超过 12 V),电流为 25 A 或 1.5 倍额定负载电流(两者中选较大值)。

测量金属部件与接地端子之间的电压降,并以电压降与电流之比计算电阻值,其值不应大于 0.05  $\Omega$ 。

测量仪表电极端与被测物之间的接触电阻不应过大以至影响试验结果。

### 6.3.6.2 机械强度试验

机械强度试验见本部分 6.3.3 的要求。

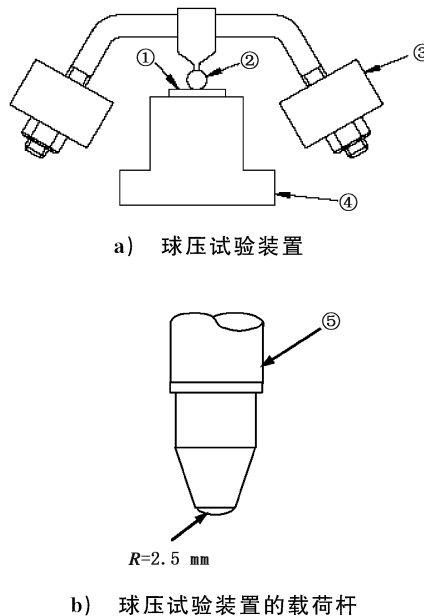
### 6.3.6.3 耐热性

#### 6.3.6.3.1 耐热试验

把 SPD 放置在烘箱内保持 1 h,温度设置为 100  $^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。试验中 SPD 内部装配所用的密封混合物不应有明显的外流。从烘箱取出试品自然冷却至环境温度后,试品按正常使用安装时用标准试指施加不超过 5 N 的力不能触及载流部件。即使 SPD 的脱离器断开也认为该 SPD 通过了试验。

#### 6.3.6.3.2 球压试验

用绝缘材料制成的 SPD 的外部零件应用图 26 所示的装置进行球压试验。



说明:

- ①——试品;
- ②——压力球;
- ③——重物;
- ④——试品支架;
- ⑤——载荷杆。

图 26 球压试验装置

用于把载流部件同接地电路隔开并固定在一定位置上的绝缘材料制成的外部零件（用于把载流部件同接地电路隔开并固定在一定位置上），在  $125\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  环境下进行试验。

其他绝缘材料制成的外部零件，在  $70\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  环境下进行试验。

试品固定在钢架上并使其表面处于水平位置，然后把一直径为 5 mm 的钢球用 20 N 的力压在其表面。

1 h 后，移开钢球。把试品浸入冷水中，使其温度在 10 s 内下降至室温。试品表面的钢球凹痕直径应不大于 2 mm。

注：如果绝缘材料为陶瓷材料，则不进行本试验。

### 6.3.6.4 绝缘电阻

#### 6.3.6.4.1 预处理

试品应按以下规定进行预处理：如果预留有供电电缆进出的孔，应让其敞开着；如果有敲落孔，则敲落其中的一个孔。把不借助工具就能卸下的盖子或其他部件取下与主要部件一起进行潮湿试验。把试品放置入温湿度箱前，应预热至环境温度  $T\text{ }^{\circ}\text{C}$  至  $(T+4)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

把试品置于温湿度箱中保持 48 h。

注 1：潮湿试验环境为一个相对湿度为  $93\% \pm 3\%$ 、各点温度相同的温湿度箱（温度范围为  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）。

注 2：大多数情况下，试品在进入温湿度箱前应在所要求的温度下至少保持 4 h，即能达到环境温度  $T\text{ }^{\circ}\text{C}$  至  $(T+4)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

注 3：温湿度箱中放置硫酸钠 ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) 或硝酸钾 ( $\text{KNO}_3$ ) 的饱和水溶液，并使其与箱内空气有一个足够大的接触面，就可获得所需湿度。

#### 6.3.6.4.2 连接至低压电气系统 SPD 的测量

在温湿度箱中取出试品放置 30 min~60 min，然后用直流 500 V 电压测量其绝缘电阻，直流电压持续时间为 60 s。

测试在温湿度箱内或在使试品达到规定温度的房间内进行。依次测试如下部位：

a) 所有互相连接的带电部件和 SPD 易偶尔接触的壳体之间；

注 1：本试验术语“壳体”包括：

- 所有容易触及的金属部件和按正常使用安装后可触及的绝缘材料表面覆盖的金属箔；
- 安装 SPD 的平面，表面可能覆盖的金属箔；
- 把 SPD 固定在支架上的螺钉和其他工件。

注 2：连接至 PE 的保护元件在本试验时可断开。

b) SPD 主电路的带电部件和辅助电路的带电部件（如果有的话）之间。

对于这些测量，覆盖的金属箔应使可能存在的模铸件受到有效的试验。

所测量的绝缘电阻应满足（试验的合格判别标准）：

- a) 中测量值应不低于  $5\text{ M}\Omega$ ；
- b) 中测量值应不低于  $2\text{ M}\Omega$ 。

#### 6.3.6.4.3 连接至电子系统信号网络的 SPD 的测量

应按两种极性分别各测一次一对端子的绝缘电阻。试验电压应等于  $U_C$ 。如果 SPD 的  $U_C$  有直流值和交流值，SPD 应用直流测量；如果 SPD 的  $U_C$  只有交流值，也采用直流测量（其直流电压为交流值的  $\sqrt{2}$  倍）。对于有极化结构（依赖于极性）的直流 SPD，试验应仅在单极下进行。应测量流过被测端子间的电流。

绝缘电阻应等于或高于制造商给定的值。

### 6.3.6.5 阻燃性能试验(灼热丝试验)

试验可在一台试品上进行。

根据 GB/T 5169.11—2017 中第 4 章至第 10 章要求进行下列试验：

- a) 对于 SPD 中用绝缘材料制成的把载流部件和保护电路的部件保持在位置上的外部零件,试验应在  $850\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$  温度下进行；
- b) 对于所有由绝缘材料制成的其他零件,试验应在  $650\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  温度下进行。

注 1:就本试验而言,平面安装式 SPD 的基座可看作是外部零件。

注 2:对于陶瓷绝缘材料可不进行本试验。

如果绝缘件是由同一种材料制成,则仅对其中一个零件按相应的灼热丝试验温度进行试验。

在有疑问的情况下,可再用两台试品重复此项试验。

试验期间,试品应处于其规定使用的最不利的位置(被试部件的表面处于垂直位置)。

考虑加热元件或灼热元件可能与试品接触的使用条件,灼热丝的顶端应施加在试品规定的表面上。

不应点燃薄纸火烧焦松木板。

如果符合下列条件,试品可看作通过了灼热丝试验：

- a) 没有可见的火焰或持续火光；
- b) 灼热丝移开后试品上的火焰和火光在 30 s 内自行熄灭。

注:灼热丝试验是用来保证电加热的试验丝在规定的实验条件下不会引燃绝缘部件,或保证在规定的条件下可能被加热的试验丝点燃的绝缘材料部件在一个有限的时间内燃烧,却不会由于火焰或燃烧的部件或从被试部件上落下的微粒而蔓延火焰。

### 6.3.7 特殊 SPD 的附加试验

#### 6.3.7.1 对二端口及输入/输出端分开的一端口 SPD 的附加试验

##### 6.3.7.1.1 电压降试验

二端口 SPD 的输出端可能因安装了 SPD 而引起输出端电压波动,而造成系统功能改变,因此需进行此项试验,验证制造商的标称值。

在试品的输入端口施加  $U_c$ ,并保持电压容差在  $-5\%$  以内。试验时,应使额定负载电流流过阻性负载。在连接负载的同时测量输入端及输出端电压,通过下式计算电压降：

$$\Delta U\% = [(U_{in} - U_{out}) / U_{in}] \times 100\%$$

式中：

$\Delta U$  ——电压降；

$U_{in}$  ——输入端电压,单位为伏特(V)；

$U_{out}$  ——输出端电压,单位为伏特(V)。

应记录下测量值并与制造商标称值相比较,制造商标称值应与实测值一致。

##### 6.3.7.1.2 额定负载电流 $I_L$ 的附加试验

二端口 SPD 接入被保护线路后,由于被保护设备(如计算机负载)可能存在达到 3 的峰值系数(最大值与有效值之比),电流峰值将是有效值的三倍,因此会在二端口 SPD 的串联阻抗上累积热量,导致温度升高,所以需进行本试验。

按 6.3.7.1.1 的规定对 SPD 试品施加工频电流,电缆应用表 8 中的最小截面,电流为制造商规定的额定电流,温度为环境温度,不允许对试品强行冷却。

如果 SPD 外壳能达到热稳定,且正常使用时可触及的金属部件的温度不超过房间环境温度  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,

则认为 SPD 通过试验。

低压电气系统 SPD 的温升限值参考附录 R。

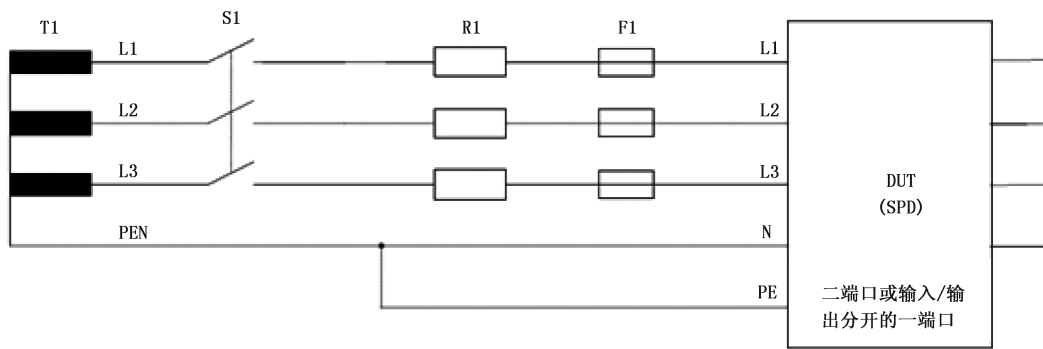
### 6.3.7.1.3 负载侧短路特性试验

除了那些声明用于户外和安装在不可触及,以及只连接在 TT 和/或 TN 系统中的 N-PE 的 SPD 外,该试验适用于所有 SPD。

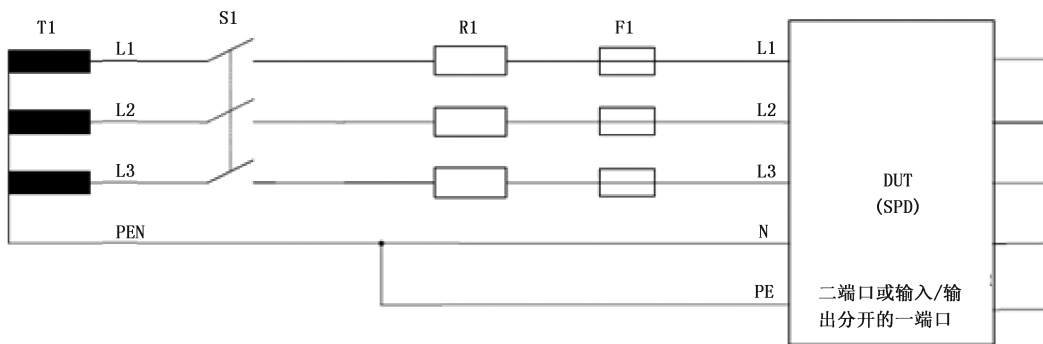
不短路任何元件,用 6.3.3.1.1.1 中的最大截面积及 500 mm 长的短路导体连接到下列 SPD 的输出端子,重复 6.3.3.2.4.3 的试验设置和试验程序:

- 短路导体穿过负载侧所有的相端子和中性线端子(如适用);
- 短路导体穿过负载侧的所有端子。

图 27 给出了相应的试验电路。



a) 负载侧所有相端子和中性线端子短路的测试



b) 负载侧所有端子短路的测试

说明:

S1 —— 制造商要求的所有脱离器,包括根据制造商推荐的最大后备过电流保护;

T1 —— 二次绕组电压为  $U_{REF}$  的电源变压器;

R1 —— 用来调整电源预期短路电流的限流电阻;

DUT —— 待测试品。

图 27 负载侧短路电流试验的试验电路范例

试验的合格判别标准:

- a) 试验过程中不应发生可见的损害。试验后,检查发现的细小的凹痕或裂缝如不影响防直接接触,则可以忽略,除非 SPD 的防护等级(IP 代码)被破坏。试品上不应有燃烧的痕迹。

- b) 试验后,不应有过量的泄漏电流。判断方法:
- 1) 试品根据制造商要求按正常使用连接到参考试验电压  $U_{REF}$  的电源,测量流过每个端子的电流。电流的阻性分量(在正弦波峰值处测量)不应超过 1 mA,或者电流增量不超过相关试验序列开始时初值的 20%。
  - 2) 任何可重置或装配的脱离器应手动分断(如适用),施加 2 倍  $U_C$  或 1000 V 交流电压(二者间高的)来检查绝缘强度。试验过程中,绝缘体不允许出现闪络或穿破,包括内部的(穿孔)或外部的(起痕)以及其他击穿放电的现象。
  - 3) 对于仅连接 N-PE 的 SPD 模式,应测量流过 PE 端子的电流,此时将 SPD 的端子连接到最大持续工作电压  $U_C$  的电源。电流的阻性分量(在正弦波峰值处测量)不应超过 1 mA,或者电流不应超过在相关试验初始时测量结果的 20%。
  - 4) 正常使用中如果有超过一个的接线方式,应检查每一个可能的接线方式。
- c) 脱离应通过一个或多个内部和/或外部脱离器来实现,应检查它们是否给出正确的状态指示。
- d) 对防护等级大于或等于 IP20 的 SPD,使用标准试指施加一个 5 N 的力(见 GB 4208—2017)不应触及带电部件(SPD 按正常使用安装后在试验前已可触及的带电部件除外)。
- e) 如果试验过程中发生脱离(内部或外部),对应保护元件的有效脱离应该有清晰的指示。如果发生内部脱离,试品按正常使用连接到额定频率的最大持续工作电压  $U_C$  保持 1 min。试验电源应有大于或等于 200 mA 的短路电流容量,流过相关保护元件的电流不应超过 1 mA。流过与相关保护元件并联的元件或其他电路(如指示器电路)的电流可忽略,只要它们不会造成电流流过相关保护元件。此外,如果有的话,流过 PE 端子的电流,包括并联电路和其他电路(如指示器电路),不应超过 1 mA。正常使用中如果有超过一个的连接方式,应检查每一个可能的连接方式。
- f) 电源流出的短路电流(如果有),应该在 5 s 内通过一个或多个内部和/或外部脱离器切断。
- g) 不应有对人员或设备产生的爆炸或其他危险。
- h) 不应有对屏栅的闪络,试验过程中连接屏栅的 6 A 熔断器不应动作。

#### 6.3.7.1.4 负载侧电涌耐受能力

进行如下两类试验:

——当测试 I 类、II 类 SPD 时,施加 15 次 8/20  $\mu$ s 电流冲击;

——当测试 III 类 SPD 时,施加 15 次复合波冲击,开路电压为  $U_{oc}$ 。

对试品的输出端口施加制造商标称的负载侧电涌耐受能力值的冲击,冲击分成三组,每组五次,用标称电流至少为 5 A 的电源对 SPD 施加  $U_C$  值电压。每次冲击应与电源频率同步,相位角应从  $0^\circ$  开始,以  $30^\circ \pm 5^\circ$  的间隔逐级增加。

两次冲击之间的间隔时间为 50 s~60 s,两组之间的间隔时间为 25 min~30 min。

整个试验过程中,试品应施加工作电压。

应记录输出端子上的电压。

试验的合格判别标准:

- a) 应达到热稳定。试验后立即施加电压  $U_C$  的 15 min 内,如果电流  $I_C$  的阻性分量峰值或功耗呈现出下降的趋势或没有升高,则认为 SPD 是热稳定的。如果试验本身是施加  $U_C$  进行的,则不间断或在 30 s 内重新加电继续保持加电 15 min。
- b) 电压和电流波形图及目测检查试品应没有击穿或闪络的迹象。
- c) 试验过程中不应发生可见的损害。试验后,检查发现的细小的凹痕或裂缝如不影响防直接接接触,则可以忽略,除非 SPD 的防护等级(IP 代码)被破坏。试品上不应有燃烧的痕迹。
- d) 试验后,不应有过量的泄漏电流。判断方法:



- 1) 试品根据制造商要求按正常使用连接到参考试验电压  $U_{REF}$  的电源,测量流过每个端子的电流。电流的阻性分量(在正弦波峰值处测量)不应超过 1 mA,或者电流增量不超过相关试验序列开始时初值的 20%。
  - 2) 任何可重置或装配的脱离器应手动分断(如适用),施加 2 倍  $U_C$  或 1000 V 交流电压(二者间高的)来检查绝缘强度。试验过程中,绝缘体不允许出现闪络或穿破,包括内部的(穿孔)或外部的(起痕)以及其他击穿放电的现象。
  - 3) 对于仅连接 N-PE 的 SPD 模式,应测量流过 PE 端子的电流,此时将 SPD 的端子连接到最大持续工作电压  $U_C$  的电源。电流的阻性分量(在正弦波峰值处测量)不应超过 1 mA,或者电流不应超过在相关试验初始时测量结果的 20%。
  - 4) 正常使用中如果有超过一个的接线方式,应检查每一个可能的接线方式。
- e) 试验时,制造商规定的外部脱离器不应动作;试验后,脱离器应处在正常工作状态。
- 注:本条款中,正常工作状态是指脱离器未发生损坏,可继续操作。操作性可通过手动进行检查(在可能的地方),或在制造商和实验室协议下通过简单的电气试验来检查。

### 6.3.7.1.5 总放电电流

包括试验要求、合格判别标准及对于连接至电子系统信号网络的多端子 SPD 要求:

a) 试验要求:

- 1) 试验发生器的一端连接至多极 SPD 的 PE 或 PEN 端子。其余的每个端子通过一个典型的阻抗(由一个 30 mΩ 的电阻和一个 25 μH 的电感组成)串联连接至发生器的另外一端。

注 1:这些阻抗模拟和电源系统的连接,并且不宜因测量系统而增加,例如分流器。

注 2:本试验的配置不代表所有系统的配置。特殊的配置或应用可能需要其他的试验程序。

- 2) 如果满足表 24 均衡电涌电流的误差,可使用较小的阻抗。

注:均衡电涌电流是总的放电电流除以  $N$ ,  $N$  表示带电端子(相线和中性线)的数量。

- 3) 多极 SPD 应采用制造商声明的总放电电流  $I_{total}$  进行一次试验。

表 24 均衡电涌电流的误差

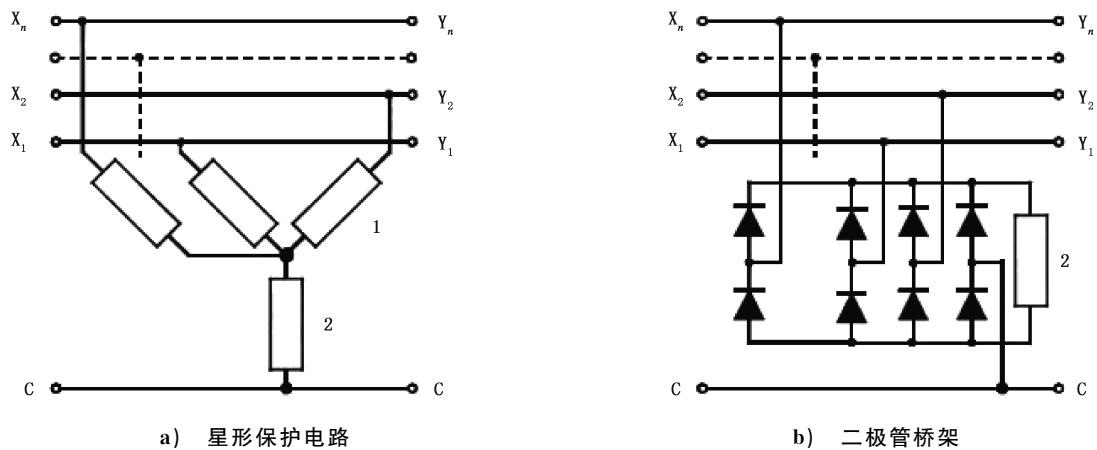
试验类别	均衡电流和误差	
I 类试验	$I_{imp(1)} = I_{imp(2)} = I_{imp(N)} = I_{imp} / N$	$\pm 10\%$
	$Q_{(1)} = Q_{(2)} = Q_{(N)} = Q_{(I_{total})} / N$	$\pm 20\%$
	$W/R_{(1)} = W/R_{(2)} = W/R_{(N)} = W/R_{(I_{total})} / N^2$	$\pm 45\%$
II 类试验	$I_{8/20\mu s(1)} = I_{8/20\mu s(2)} = I_{8/20\mu s(N)} = I_{total} / N$	$\pm 10\%$
1:线路端子 1;2:线路端子 2;N:SPD 极数。		

b) 合格判别标准:

- 1) 电压和电流波形图及目测检查试品应没有击穿或闪络的迹象。
- 2) 试验过程中不应发生可见的损害。试验后,检查发现的细小的凹痕或裂缝如不影响防直接接触,则可以忽略,除非 SPD 的防护等级(IP 代码)被破坏。试品上不应有燃烧的痕迹。
- 3) 试验后的限制电压值应小于或等于  $U_P$ 。应按照 6.3.3.2.2.1 的试验来确定限制电压。6.3.3.2.2.1 b) 的试验,对 I 类试验采用峰值为  $I_{imp}$  的 8/20 μs 冲击电流,对 II 类试验采用峰值为  $I_n$  的 8/20 μs 冲击电流;III 类试验则仅用  $U_{OC}$  按照 6.3.3.2.2.1 d) 进行试验。
- 4) 试验后,不应有过量的泄漏电流,判断方法见 6.3.7.1.4 中的合格判别标准的 d)。
- 5) 试验时,制造商规定的内部脱离器不应动作;试验后,脱离器应处在正常工作状态。

注：本条款中，正常工作状态是指脱离器未发生损坏，可继续操作。操作性可通过手动进行检查（在可能的地方），或在制造商和实验室协议下通过简单的电气试验来检查。

- 6) 对防护等级大于或等于 IP20 的 SPD, 使用标准试指施加一个 5 N 的力(见 GB 4208—2017)不应触及带电部件, 除了 SPD 按正常安装后在试验前已可触及的带电部分外。
  - 7) 不应有对人员或设备产生的爆炸或其他危险。
  - 8) 正常使用中如果有超过一个的接线方式, 应检查每一个可能的接线方式。
- c) 对于连接至电子系统信号网络的多端子 SPD:
- 1) 如果 SPD 的总放电电流能力等于单根线路冲击电流能力(如总放电电流=10 kA, 单根线路放电电流=10 kA), 则不需要进行该试验。
  - 2) 多端子 SPD(图 12c), 图 12f), 图 12e)) 的总放电电流可能流过公共元件并连接到接地端。图 28 显示了两个例子。所有被保护线路的放电电流等于总放电电流除以线数。同时施加冲击是为证明共同的保护元件有足够的通流能力。试验后 SPD 不应损坏。该试验也证明 SPD 的内部连接有足够的通流能力。
  - 3) 耦合网络不应显著影响到试验冲击。C1 类和 C2 类试验冲击的 8/20  $\mu$ s 波形的波前和半峰值时间的允差为  $\pm 30\%$ 。
  - 4) 如果无法达到上述的波形参数, 可使用制造厂提供的改动过的 SPD 进行试验, 其中图 28 所示的星形保护电路的每个“独立保护单元”被短路。试验期间, 所有的输入端  $X_1$  到  $X_n$  都连接在一起。



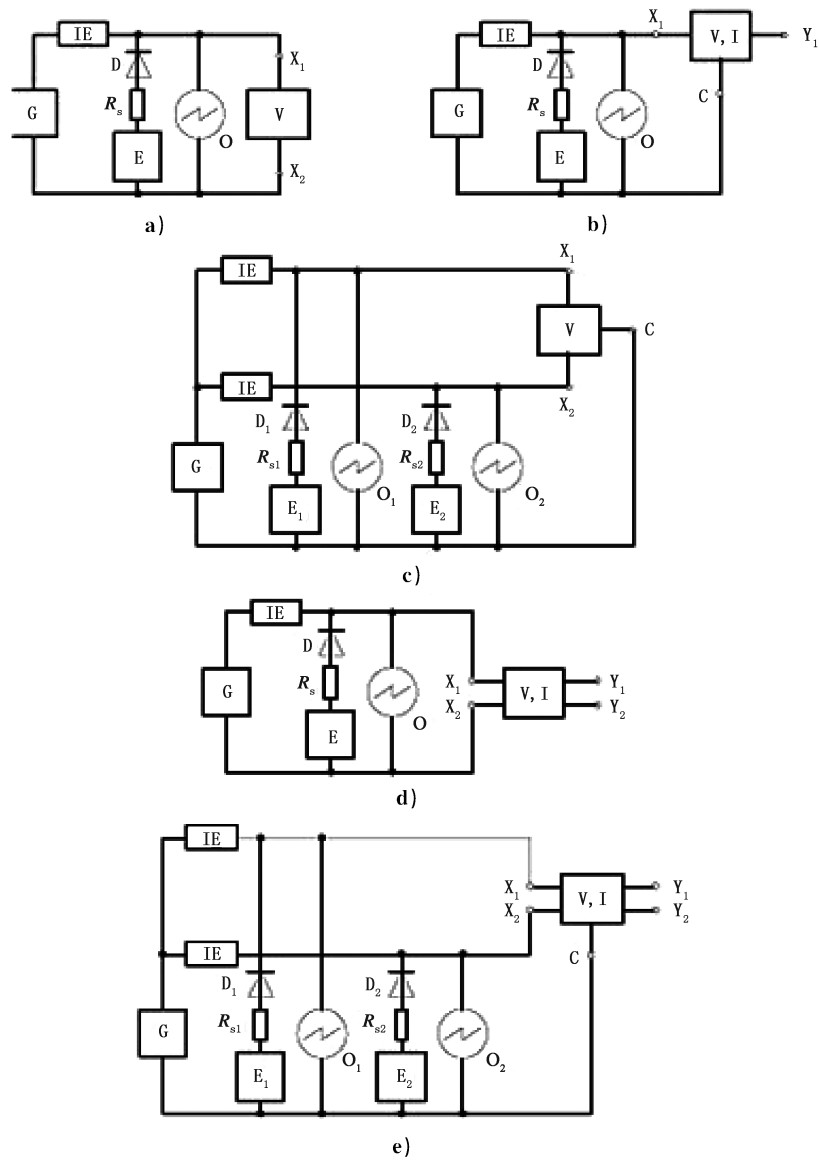
其中：  
 $X_1, X_2 \dots X_n$  —— 接线端子；  
 $Y_1, Y_2 \dots Y_n$  —— 被保护线路端子；  
 C —— 公共端。  
 1 —— 独立保护元件；  
 2 —— 公共保护元件；

图 28 有公共电流通路的多端子 SPD 的示例

### 6.3.7.2 连接至电子系统信号网络的 SPD 附加试验

#### 6.3.7.2.1 冲击复位时间测试

SPD 应按图 29 所示进行接线。冲击复位电压和电流值应从制造商的参数表中选取, 或根据制造商的说明从表 25 中的电压/电流组合中选取。交流 SPD 应用交流进行测试, 直流 SPD 应用直流进行测试, 交/直流两用的 SPD 应用直流。



说明:

- O、O<sub>1</sub>、O<sub>2</sub> ——示波器；
- E、E<sub>1</sub>、E<sub>2</sub> ——直流或交流电压源；
- G ——冲击发生器；
- IE ——隔离单元；
- R<sub>s</sub>、R<sub>s1</sub>、R<sub>s2</sub> ——无感电源电阻；
- D、D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub> ——用于直流电源的二极管，用于交流电源的去耦元件；
- V ——电压限制元件；
- V、I ——电压限制元件或电压限制元件与电流限制元件的组合；
- X<sub>1</sub>、X<sub>2</sub> ——线路端子；
- Y<sub>1</sub>、Y<sub>2</sub> ——被保护的线路端子；
- C ——公共端子。

图 29 冲击复位时间的测试电路

根据直流 SPD 的结构,测试可仅在单极性上进行。如果进行交流试验,冲击发生器应和交流电源同步(通常在 30°和 60°相位角)。

应从表 16 的 B1 或 C1 中选取冲击电压和冲击电流的波形,开路电压的峰值应足够大,以保证 SPD 的电压限制元件能动作。冲击电压的极性与电压源的极性相同。

施加正极性和负极性冲击各一次,两次冲击的间隔时间不大于 1 min,并测量每次冲击的恢复时间。

注 1:冲击复位时间定义为从施加冲击时开始至 SPD 返回到它的高阻抗状态的一段时间。

注 2:当直流电源和冲击发生器的极性反转时,去耦装置(图 29)中二极管的极性应反转。

表 25 冲击复位时间测试的源电压及源电流

开路电压 <sup>a</sup> V	短路电流 mA
12	500
24	500
48	260
97	80
135	200 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> 允差(包括纹波)±1%。  
<sup>b</sup> SPD 可以并联一条由 135 Ω~150 Ω 电阻与 0.08 μF~0.1 μF 电容器组成的串联支路。

### 6.3.7.2.2 过载故障模式测试

SPD 应以安全的方式进入其过载故障模式而无引起着火、爆炸、触电的危险或者放出有毒烟气。应进行绝缘电阻、限制电压及串联电阻的测试。

注:以上试验是为了确定 SPD 是否进入可接受的过载故障模式的试验。

应在冲击电流及交流电流的作用下对 SPD 作过载故障模式的测试。对图 5c)及图 5e)所示的 SPD,可分别测试每一对端子(X<sub>1</sub>-C 及 X<sub>2</sub>-C)。

应采用不同试品按下列方法作冲击电流或交流电流的过载故障模式测试:

- a) 冲击电流过载故障模式测试:如图 12 所示连接 SPD。按下式将 8/20 μs 冲击电流  $i_n$  施加到 SPD 上,测试过程以  $N=0(i_{test}=i_n)$  开始,接着的每次测试, $N$  递增 1。测试以  $N=6$  为限。施加这些冲击电流后,如果 SPD 不进入过载故障模式,则应以交流电流作过载故障模式测试。

$$i_{test} = i_n(1 + 0.5N)$$

式中:

- $i_{test}$  ——测试冲击电流,单位为安培(A);
- $i_n$  ——标称过载故障冲击电流,单位为安培(A);
- $N$  ——冲击电流系数。

- b) 交流电流过载故障模式测试:按制造商提供信息决定是否作交流电流过载故障模式测试。如图 11 所示连接 SPD。应施加 15 min 的交流电流(50 Hz 或 60 Hz)。电源的开路电压应足够高以使 SPD 完全导通。测试结束,安装支架应无损伤,绝缘电阻、限制电压和串联电阻应符合要求。

### 6.3.7.2.3 盲点测试

为了确定在多级 SPD 中是否存在盲点,应以一个新试品进行以下的测试:

- a) 选取在确定  $U_p$  时采用的相同的冲击波形。施加冲击期间,用示波器测量冲击限制电压及电压-时间波形;
  - b) 将开路电压减至 a)中所用的电压值的 10%,施加一个正极性冲击于 SPD 上,同时用示波器监视限制电压。限制电压波形应不同于 a)中所得波形。如波形相同,则选择一较低开路电压值。但是此电压应大于  $U_c$ ;
  - c) 施加幅值等于 a)中所用电压的 20%、30%、45%、60%、75%及 90%的正极性冲击于 SPD 上,同时监视限制电压的波形。在限制电压波形回到 a)中所得波形时,停止改变电压;
  - d) 将该开路电压百分数减 5%重新开始测试,开路电压每次降 5%,直至得到 b)中所记录的波形;
  - e) 用 d)中取得 b)波形时的开路电压,施加两个正极性及两个负极性的冲击。
- 做完 a)至 e)的测试后,SPD 应符合绝缘电阻的要求。

#### 6.3.7.2.4 对有限流元件的 SPD 的附加测试

##### 6.3.7.2.4.1 额定电流测试

如图 30 所示连接 SPD。测试电压源应足以供给制造商标称的额定电流值,电流频率应为 0(d. c)或 48 Hz~62 Hz。

在额定电流试验期间,限流功能(若有的话)应不起作用。对各种结构的 SPD,应通过调节电阻  $R_s$  或  $R_{s1}$  及  $R_{s2}$  来施加试验电流。被试验的限流功能通过额定电流的时间最少应达 1 h。在试验期间内,可接触的部件不应过热(见 GB 4943.1—2011 中的 4.5.4)。

##### 6.3.7.2.4.2 串联电阻测试

如图 30 所示连接 SPD。电源电压应小于制造商标称的最大中断电压。电流频率应为 0(d. c)或 48Hz~62Hz。

应通过调节电阻  $R_s$  或  $R_{s1}$  和  $R_{s2}$ ,使测试电流等于额定电流。串联电阻由下式求出:

$$R = (e - IR_s) / I$$

式中:

$R$  ——串联电阻,单位为欧姆( $\Omega$ );

$e$  ——电源电压,单位为伏特(V);

$R_s$  ——可变电阻,单位为欧姆( $\Omega$ );

$I$  ——为图 29 中电流表测出的额定电流。

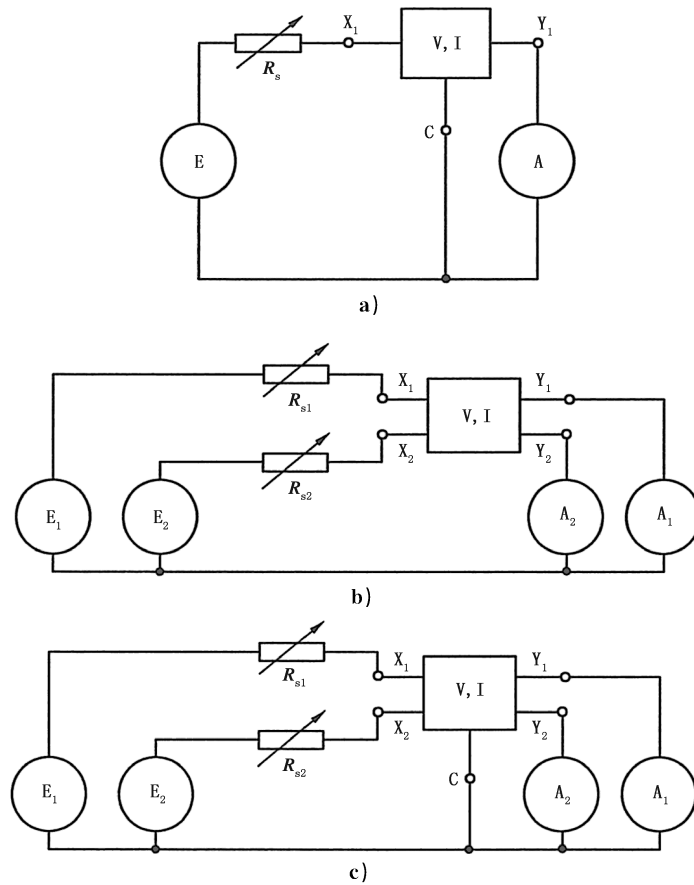
##### 6.3.7.2.4.3 电流响应时间测试

如图 30 所示连接 SPD。电源电压应小于制造商标称的最大中断电压,频率应为 0 Hz 或 48 Hz~62 Hz。

对每一种 SPD 结构,通过调节电阻  $R_s$  或  $R_{s1}$  及  $R_{s2}$ ,使起始负荷电流等于额定电流,待电流稳定后,调  $R_s$ 、 $R_{s1}$  或  $R_{s2}$  使测试电流分别为额定电流的 1.5 倍、2.1 倍、2.75 倍、4 倍及 10 倍。响应时间为加电开始至电流降为额定电流的 10%为止的时间。如果测试电流超过限流元件的最大电流容量,则测试电流应为限流元件能够承受的最大电流。对每个测试电流,记录限流功能的响应时间。并与制造商标称值比较。

##### 6.3.7.2.4.4 电流恢复时间测试

如图 30 所示连接 SPD。电压源应小于制造商标称的最大中断电压。频率应为 0(d. c)或 48 Hz~62 Hz。



说明:

- A,  $A_1$ ,  $A_2$  —— 电流表;
- E,  $E_1$ ,  $E_2$  —— 直流或交流电压源;
- $R_s, R_{s1}, R_{s2}$  —— 无感电源电阻;
- V —— 电压限制元件;
- V, I —— 电压限制元件或电压限制元件与电流限制元件的组合;
- $X_1, X_2$  —— 线路端子;
- $Y_1, Y_2$  —— 被保护的线路端子;
- C —— 公共端子。

图 30 额定电流、串联电阻、电流响应时间、电流复位时间、最大中断电压和工作状态测试的测试电路

对每一种 SPD 结构,通过调节电阻  $R_s$  或  $R_{s1}$  及  $R_{s2}$ ,使起始负荷电流等于额定电流。电流稳定后,调小  $R_s$  或  $R_{s1}$  及  $R_{s2}$ ,增加测试电流使 SPD 的限流元件动作。在测试电流减至额定电流的 10%后,维持此测试条件 15 min。

然后,调节  $R_s$  或  $R_{s1}$  及  $R_{s2}$  值,使电流升至起始数值。记录负荷电流恢复到 90%以上额定电流所用时间,该时间应小于 120 s。依照应用情况,对自恢复限流功能可在小于额定电流的情况下进行测试。对可恢复限流元件,电源电流被遮断的时间应小于 120 s。此后可恢复限流功能应传导额定电流 5 min,以确保限流功能已返回其静止状态。

#### 6.3.7.2.4.5 最大中断电压测试

如图 30 所示连接 SPD。测试电压应为制造商规定的最大中断电压。频率应为 0(d.c)或 48 Hz~

62 Hz。

调节电阻  $R_s$  或  $R_{s1}$  及  $R_{s2}$ ，使 SPD 的限流元件动作。维持此测试条件 1 h。1 h 后，SPD 的限流功能应满足串联电阻、电流响应时间和电流复位时间的要求。

#### 6.3.7.2.4.6 工作状态测试

如图 30 所示连接 SPD。测试电压应为制造商声称的最大中断电压。频率应为 0(d. c)或 48 Hz~62 Hz。

对每一种 SPD 结构，用短路导线替代 SPD，通过调节  $R_s$  或  $R_{s1}$  及  $R_{s2}$ ，使负荷电流为表 26 所选的电流值。所选电流值应足以使限流元件动作。将短接线去掉，接入 SPD，施加测试电流直至测试电流降至低于额定电流的 10% 以下为止。

在每个 SPD 动作后，至少断开电源 2 min 使限流元件返回其静止状态。施加测试电流之后紧接着是个不加电期，如此循环往复至达到表 26 所示的次数。

最后一个循环之后，SPD 应符合串联电阻、电流响应时间和电流复位时间的要求。

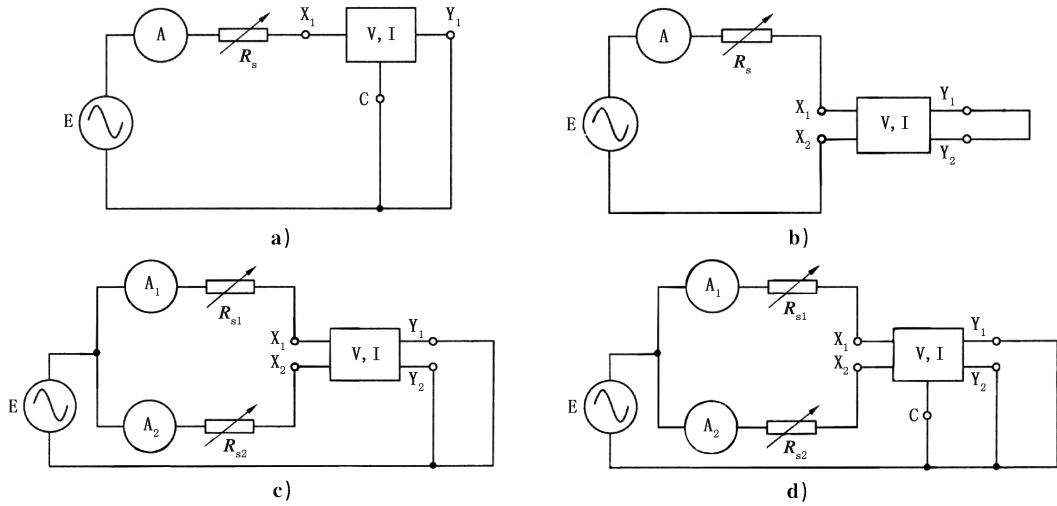
表 26 工作状态测试的推荐电流值

电流(d. c 或 a. c(r. m. s)) A	施加次数
0.5	30
1	10
3	5
5	5
10	3

#### 6.3.7.2.4.7 交流耐受能力测试

如图 31 所示连接 SPD。从表 27 选取交流短路电流值，施加规定次数的交流电流到试品上，施加电流的间隔时间应足够长，以防止试品中热量的积累。交流源电压的峰值不应超过制造商标称的最大中断电压。在测试之前和完成施加规定次数的电流之后，SPD 应符合额定电流、串联电阻和电流响应时间的要求。

电流应施加到表 27 所选定的合适的端子上。对于三端及五端 SPD，如需要，电流可施加到  $X_1$ - $X_2$  端子上。对三端及五端 SPD，可同时或分别以同一极性对未受保护侧的每一对端子( $X_1$ -C 及  $X_2$ -C)进行测试。



说明：

- A, A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> —— 电流表；
- E —— 交流电压源；
- R<sub>s</sub>, R<sub>s1</sub>, R<sub>s2</sub> —— 无感电源电阻；
- V —— 电压限制元件；
- V, I —— 电压限制元件或电压限制元件与电流限制元件的组合；
- X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub> —— 线路端子；
- Y<sub>1</sub>, Y<sub>2</sub> —— 被保护的线路端子；
- C —— 公共端子。

图 31 交流耐受能力的测试电路

表 27 交流耐受能力(限流)测试的推荐电流值

短路电流(r. m. s) (48 Hz~62 Hz) A	持续时间 s	施加次数	测试端子
0.25	1	5	X <sub>1</sub> -C X <sub>2</sub> -C X <sub>1</sub> -X <sub>2</sub>
0.5	1	5	
0.5	30	1	
1	1	5	
1	1	60	
2	1	5	
2.5	1	5	
5	1	5	

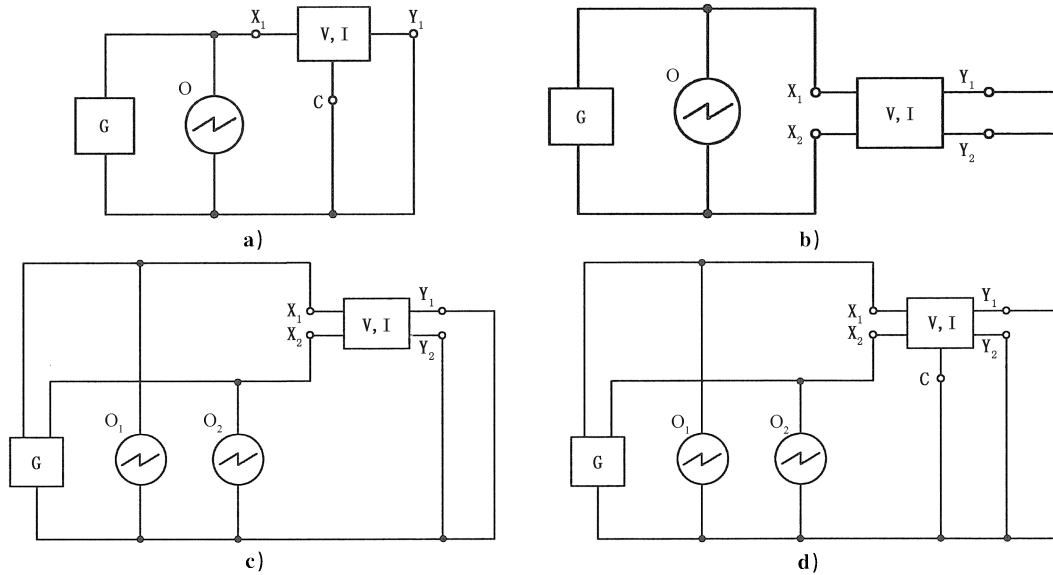
6.3.7.2.4.8 冲击耐受能力测试

如图 32 所示连接 SPD。从表 28 选取冲击电压和冲击电流。施加规定次数的冲击电流于试品上，施加冲击的间隔时间应足够长，以防止热量的积累。规定次数的一半以一种极性进行，另一半则以相反极性进行。另一方法是，一半的试品以一种极性测试，而另一半试品以相反极性进行。测试之前和完成



施加规定次数的冲击电流之后,SPD 应符合额定电流、串联电阻和电流响应时间的要求。

应从表 27 选取冲击电流值并施加到合适的端子上。在需要时可对三端子及五端子 SPD 的  $X_1$ - $X_2$  端子施加冲击。对三端及五端 SPD,可同时地或分别地以同一极性对未受保护侧的每一对端子( $X_1$ -C 及  $X_2$ -C)进行测试。



- 说明:
- O, O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub> —— 示波器;
  - G —— 冲击发生器;
  - V —— 电压限制元件;
  - V, I —— 电压限制元件或电压限制元件与电流限制元件的组合;
  - X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub> —— 线路端子;
  - Y<sub>1</sub>, Y<sub>2</sub> —— 被保护的线路端子;
  - C —— 公共端子。

图 32 冲击耐受能力测试电路

在试验时,可要求把小电流熔断器的  $I^2 \cdot t$  水平减小到 SPD 的额定值以内。电子限流器(如以电弧方式工作的气体放电管)可以设计成随最小保护的负载阻抗或动作电压。如有需要,这种电子限流器应增加到测试电路中。

表 28 冲击耐受能力(限流)测试的电流推荐值

开路电压	短路电流	施加次数	测试端子
1 kV	100 A, 10/1000 $\mu$ s	30	X <sub>1</sub> -C X <sub>2</sub> -C X <sub>1</sub> -X <sub>2</sub>
1.5 kV, 10/700 $\mu$ s	37.5 A, 5/300 $\mu$ s	10	
最大中断电压	25 A, 10/1000 $\mu$ s	30	
最大中断电压	ITU-T K. 44 中的图 A. 3-1( $R=25 \Omega$ )	10	
4 kV, 1.2/50 $\mu$ s	2 kA, 8/20 $\mu$ s	10	

### 6.3.7.2.5 高温高湿耐受能力试验

SPD 应按表 29 选取的时间持续暴露在高温度和高湿度的环境中,其温度为  $80 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ,相对湿度

为 90%~96%。

表 29 高温高湿耐受能力试验时间优选值

测试持续时间 d
10
21
30
56

可用图 33 提供的相应试验电路对 SPD 进行测试,试验期间以直流或交流电源给 SPD 加电,试验电压应为制造商标称的 SPD 的  $U_c$  值。电源应有足够的电流量给试品 SPD 供电。试验结束后,应将 SPD 冷却至  $23\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$  的环境温度。

循环试验方法包括两种:

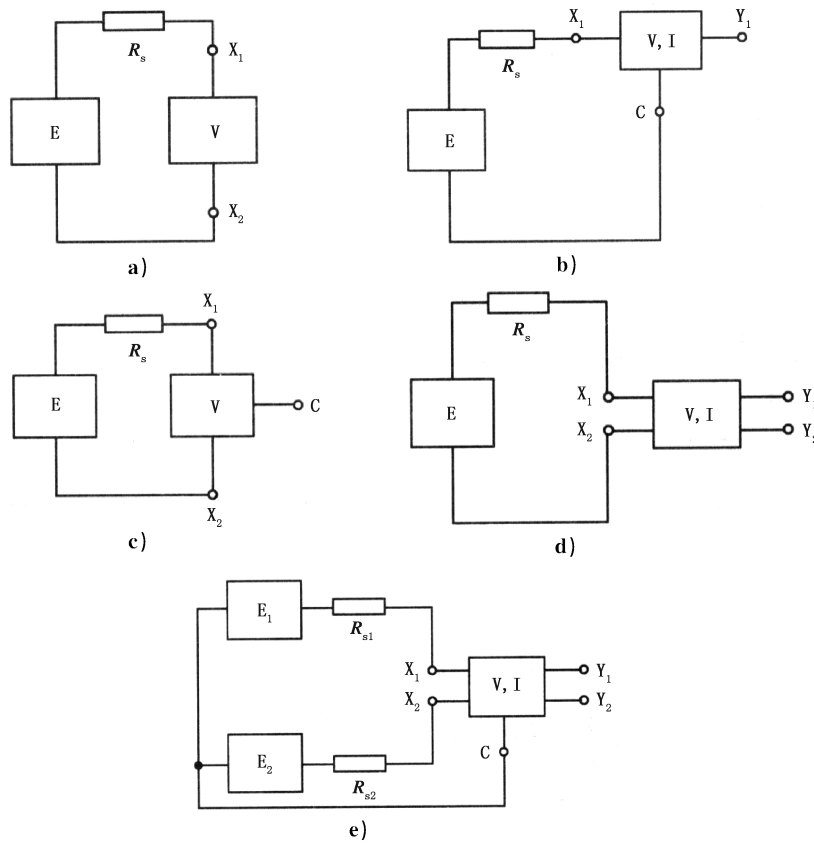
a) 通过冲击电流的环境循环试验方法如下:

- 1) 以表 31 选定的循环对应时间,将试品置于非冷凝循环条件下,在试验期间,采用表 30 规定特性的冲击发生器,以提供足够高的开路电压。

表 30 限制电压测试类型与复合波,施加次数选择

类别	测试类型	开路电压 <sup>a</sup>	短路电流	最小施加次数	被测端子
C1	快上升速率 (di/dt)	0.5 kV 或 1 kV 1.2/50 $\mu\text{s}$	0.25 kA 或 0.5 kA 8/20 $\mu\text{s}$	300	X <sub>1</sub> -C X <sub>2</sub> -C X <sub>1</sub> -X <sub>2</sub> <sup>b</sup>
C2		2 kV, 4 kV 或 10 kV 1.2/50 $\mu\text{s}$	1 kA, 2 kA 或 5 kA 8/20 $\mu\text{s}$	10	
C3		$\geq 1$ kV 1 kV/ $\mu\text{s}$	10 A, 25 A 或 100 A 10/1000 $\mu\text{s}$	300	
<sup>a</sup> 开路电压采用 1 kV 以下时,应能使 SPD 动作。 <sup>b</sup> 一般情况下不需要对 X <sub>1</sub> -X <sub>2</sub> 的端子进行测试。					

- 2) 当选用 A 类循环时,在连续的五天中每天施加两次冲击电流,接着后两天不施加冲击电流。
- 3) 当选用 B 类循环时,在第一天及最后一天,每天施加两个冲击。施加冲击时,在表 31 所给出的上限温度  $T_1$  时施加一次,在表 31 所给出下限温度  $T_2$  时施加另一次冲击。应在上下限温度恒定段的中心前后 1 h 范围内施加。同一天中所施加的冲击电流应具有相同的极性,下一天则应为另一极性。此过程周而复始直至完成环境循环试验。
- 4) 采用图 33 的适合测试电路对 SPD 进行试验,在整个环境试验过程中,用直流电源给 SPD 加电。直流电源的正、负电压值均不应超过  $U_c$  值。施加冲击电流期间,不应由直流电源对 SPD 供电。



说明：

- E, E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub> —— 直流或交流电压源；
- R<sub>s</sub>, R<sub>s1</sub>, R<sub>s2</sub> —— 无感电源电阻；
- V —— 电压限制元件；
- V, I —— 电压限制元件或电压限制元件与电流限制元件的组合；
- X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub> —— 线路端子；
- Y<sub>1</sub>, Y<sub>2</sub> —— 被保护的线路端子；
- C —— 公共端子。

图 33 高温/高湿耐受能力和环境循环的测试电路

表 31 环境循环试验的推荐温度及时间

循环类型	上限温度(T <sub>1</sub> ) ℃	下限温度(T <sub>2</sub> ) ℃	循环天数 d
A 类循环——图 34	32±2	4±2	30
B 类循环——图 35 (依据 GB/T 2423.4—2008 中 7.3.3 方法 2)	40 或 55±2	25±3	5

- 5) 施加每一电流冲击时应测量限制电压。施加每次冲击后, 1 h 内应测量绝缘电阻。如果已知直流电源极性对 SPD 影响显著, 则应在正负两种极性下作绝缘电阻测量。
  - 6) 环境循环试验完成后 1 h 内, SPD 应满足绝缘电阻的要求和限制电压低于 U<sub>P</sub> 的要求。
- b) 通过交流电涌的循环试验方法如下：

- 1) SPD 应置于非冷凝循环条件下,由表 31 中选取相应的循环天数。试验的交流开路电压应足够大,以使试品 SPD 完全导通,试验电流可从表 16 中选取。
- 2) 当选择 A 类循环时,在连续五天中每天施加两次交流电涌,接着后两天不施加交流电涌。当选择 B 类循环时,第一天及最后一天每天施加两次交流电涌。施加交流电涌时,在表 31 所给出的上限温度  $T_1$  时施加一次,在下限温度  $T_2$  时施加另一次。交流电流施加的时间应在温度上限与下限恒定段的中心前后 1 h 范围内。此过程周而复始,直到完成环境循环试验。
- 3) 应采用图 33 的适合测试电路对 SPD 进行试验,在整个环境试验过程中由直流电源供电。该直流电源的正、负电压值不应超过  $U_c$  值。在施加交流电涌期间,不应由直流电源对 SPD 供电。
- 4) 施加每一交流电涌时应测量交流限制电压。施加每次交流电涌后的 1 h 内应做绝缘电阻测量。如果已知直流电源极性对 SPD 影响显著,则应正负两种极性下作绝缘电阻测量。
- 5) 环境循环试验完成 1 h 内,SPD 应满足绝缘电阻的要求和限制电压低于  $U_p$  的要求。

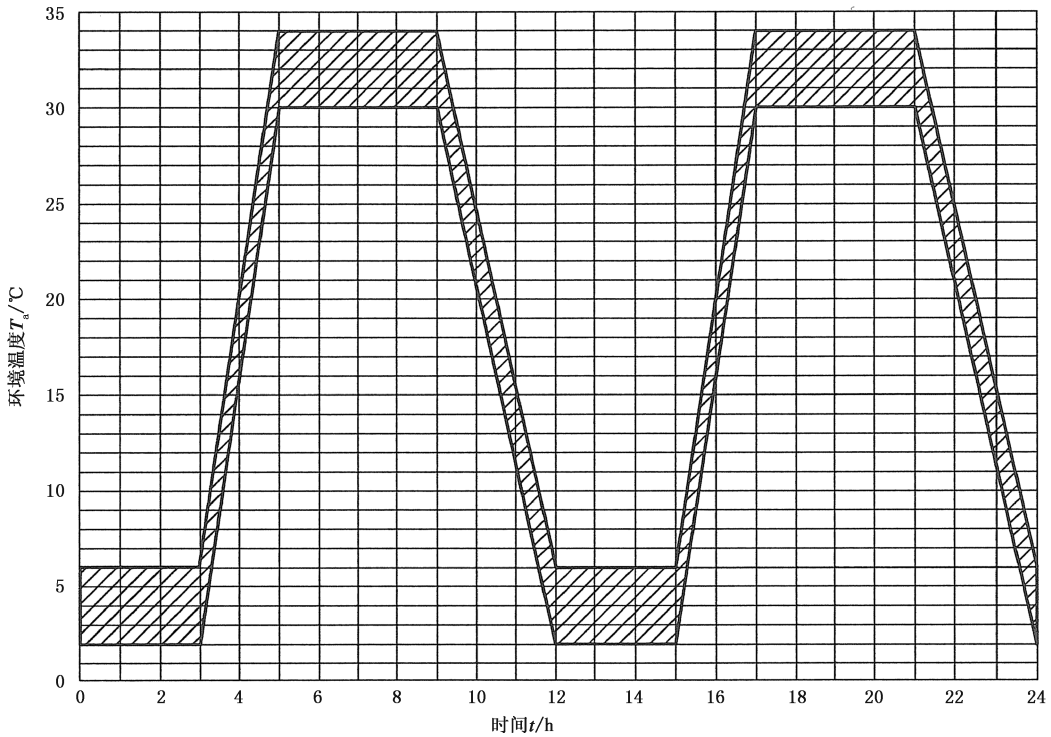
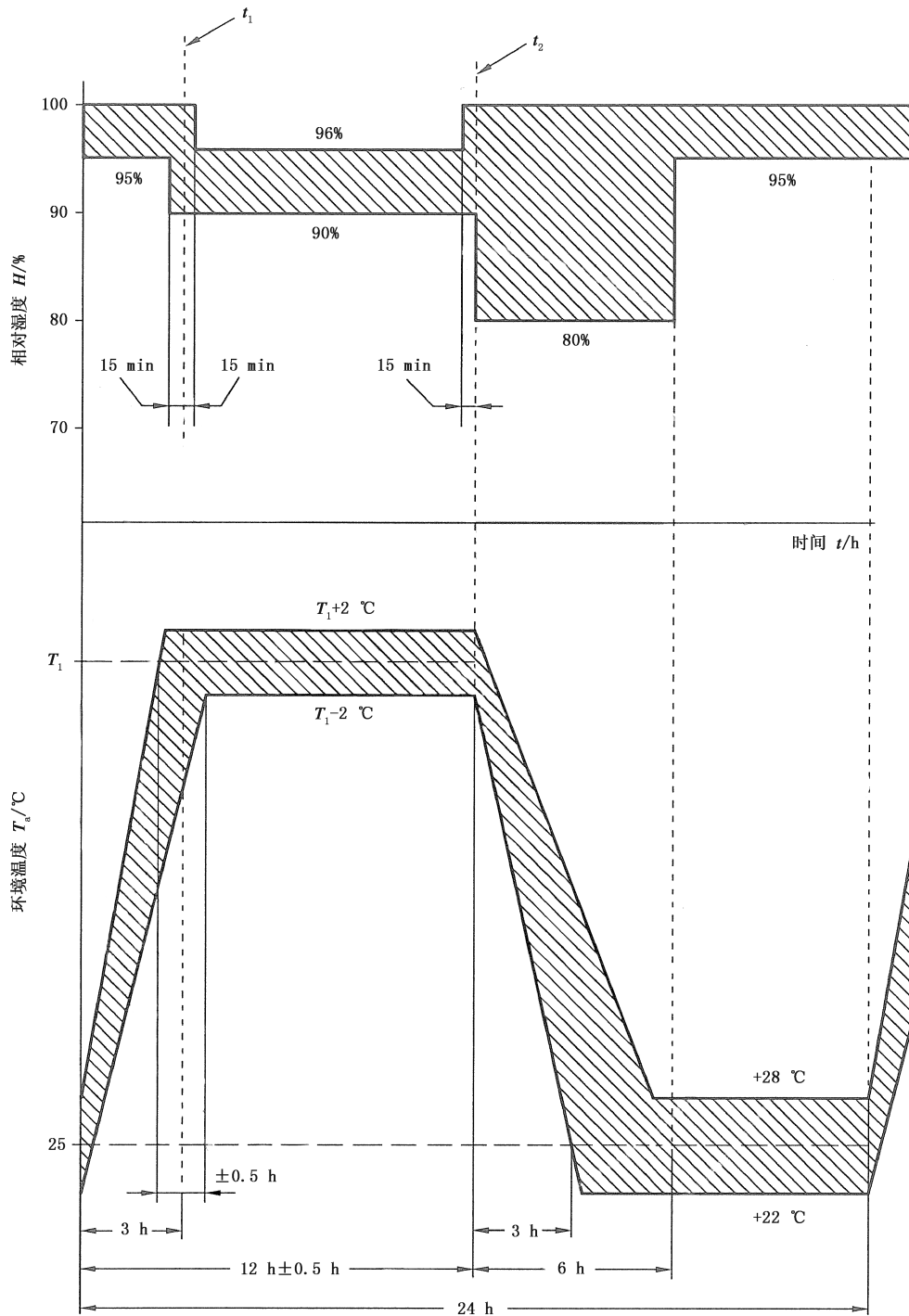


图 34 相对湿度大于 90% 的 A 类环境循环



说明：

$T_1$  —— 上限温度，+40 °C 或 +55 °C；

$t_1$  —— 温度上升结束的时间；

$t_2$  —— 温度下降开始的时间。

图 35 B 类环境循环

## 6.4 例行试验和验收试验

### 6.4.1 例行试验

SPD 出厂前制造商应按规定进行例行试验,以验证 SPD 是否满足相关的技术要求。在各项技术要求中主要是 SPD 的电涌保护性能要求,重点是  $U_p$  值、动作负载试验和  $I_{res}$  值的试验。例行试验方法与型式试验采用的方法相同。

### 6.4.2 验收试验

验收试验是在订货方与制造商(或代理商)之间按合同进行的。抽取试品数量为订货数目立方根的整数。任何数目和试验类型的变更均需购销双方协商达成一致。

如果没有特别的申明。验收试验主要应包括:

- a) 标识和铭牌的试验;
- b) 标志和铭牌的试验;
- c) 有关电气性能的试验。

## 7 标志、铭牌、使用说明书

### 7.1 信息内容

SPD 包含的信息内容:

- a) 制造商应提供下列信息:

要求于 SPD 的本体上,或持久地附着在 SPD 本体上的标识:

- 1) 制造商名或商标和型号。
- 2) 最大持续工作电压  $U_c$  和/或光伏系统的最大持续工作电压  $U_{CPV}$ (每种保护模式有一个电压值,若每种保护模式的电压值都相同,则只需一个值)。
- 3) 电流类型:a, c 或“~”,或标明频率,仅连接至光伏系统直流侧的 SPD 可不标明电流类型。
- 4) 制造商声明的每种保护模式的试验类别和放电参数,并相互靠近打印这些参数。包括:
  - I 类试验(仅适用于连接至低压配电系统的 SPD 和/或连接至光伏系统直流侧的 SPD): “I 类试验”和“ $I_{imp}$ ”及以 kA 为单位数值,或者“ $\boxed{T1}$ ”(T1 在方框内)和“ $I_{imp}$ ”及以 kA 为单位数值若是连接至光伏系统的 SPD,还应在  $\boxed{T1}$  前加注“PV”的英文字母。II 类试验(仅适用于连接至低压配电系统的 SPD 和/或连接至光伏系统直流侧的 SPD): “II 类试验”和“ $I_n$ ”及以 kA 为单位的数值,或者“ $\boxed{T2}$ ”(T2 在方框内)和“ $I_n$ ”及以 kA 为单位的数值;若是连接至光伏系统的 SPD,还应在  $\boxed{T2}$  前加注“PV”的英文字母。III 类试验(仅适用于连接至低压配电系统的 SPD): “III 类试验”和“ $U_{oc}$ ”及以 kV 为单位的数值,或者“ $\boxed{T3}$ ”(T3 在方框内)和“ $U_{oc}$ ”及以 kV 为单位数值。
- 5) 电压保护水平  $U_p$ (每种保护模式有一个电压值,若每种保护模式的电压值都相同,则只需一个值)。

注:一个 SPD 可被分类成多于一个试验类别(例如 I 类试验和 II 类试验)。在这种情况下,对所有试验类别的试验要求应实施。如果此时制造商只声明一个电压保护水平,标识中应出现最高的电压保护水平。

- 6) 外壳防护等级(当  $IP > 20$ )。
- 7) 接线端的标志(如果需要)。

8) 二端口或输入输出分开的一端口 SPD 的额定负载电流  $I_L$ 。

如果受空间限制不能标注以上所有标识,产品型号以及制造商名称或商标应标在电器上,其他标志应标在安装指导书上。

b) 需随 SPD 提供的信息:

- 1) 安装位置(见 5.1.1 和 5.1.2 的第 4 类);
- 2) 若连接至光伏系统直流侧的 SPD 声明了附录 O 中 O.6 的结构,需提供光伏系统的最大持续工作电压  $U_{CPV}$ (每种保护模式有一个  $U_{CPV}$  值,若每种保护模式的  $U_{CPV}$  都相同,则只需一个值);
- 3) 若连接至光伏系统直流侧的 SPD 声明了附录 O 中 O.6 的结构,需提供有电压保护水平值  $U_P$   $\rightarrow$ PE,  $\rightarrow$ PE 和  $\leftarrow$ —,如适用(每种保护模式有一个电压值,若每种保护模式的电压值都相同,则只需一个值);
- 4) 端口数量;
- 5) 安装方法;
- 6) 光伏系统的低压电气系统和电子系统信号网络额定短路电流  $I_{SCPV}$  和/或额定短路电流  $I_{SCCR}$ (如豁免,见 6.3.3.2.4.3);
- 7) 外部脱离器的等级和特性(如有要求);
- 8) 脱离器动作指示(如果有的话);
- 9) 正常的使用位置(如果重要时);
- 10) 安装说明:低压系统的类型(TN 系统、TT 系统和 IT 系统),光伏系统的类型(接地、不接地),预期的连接方式(L-N、L-PE、N-PE、L-L、 $\rightarrow$ PE,  $\rightarrow$ PE 和  $\leftarrow$ —),SPD 设计用于系统的标称交流电压和最大允许的电压波动、机械尺寸和导线长度等;
- 11) 温度和湿度范围(见 4.2.1.3 和 4.2.1.5);
- 12) 额定断开续流值  $I_{fi}$ (除电压限制 SPD 外);
- 13) 残流  $I_{PE}$ ,特别的,连接至光伏系统直流侧的 SPD 应提供交流和直流两个值;
- 14) SPD 过载特性模式,OCM 或 SCM,如果是短路模式(SCM)SPD,那么 SPD 的制造商应给出特定信息;
- 15) 短路型 SPD 的额定转换电涌电流  $I_{trans}$ ;
- 16) 至任何可安装 SPD 的接地导电表面的最小距离;
- 17)  $I_{max}$ (可选);
- 18) 关于接地 PV 系统使用的信息(见 4.3.5.6)。

c) 制造商在产品数据表中特别声明的信息:

- 1) 暂时过电压试验值  $U_T$  和/或根据附录 P 和相应连接细节中的 SPD 设计用于的配电系统类型;
- 2) 多极 SPD 的总放电电流  $I_{total}$ (如果制造商声明)和相应的试验类别;
- 3) 二端口 SPD 的电压降;
- 4) 二端口 SPD 的负载侧电涌耐受能力(如果制造商声明);
- 5) 可更换部件的信息(指示器,熔断器等,如适用);
- 6) 电压上升率  $du/dt$ (如制造商声明);
- 7) 电流系数  $k$ ;
- 8) 保护模式(对于多于一个保护模式的 SPD);
- 9) 额定电流;
- 10) 冲击复位时间(如果需要);
- 11) 交流耐受能力(如果需要);

- 12) 过载故障模式(如果需要);
  - 13) 传输特性(传输速率、插入损耗、驻波比、带宽等)(如果需要);
  - 14) 工作频段(如果需要);
  - 15) 接口型式(如果需要);
  - 16) 串联电阻(如果需要);
  - 17) 连接至电子系统信号网络的 SPD 的类别和额定值(当类别印刷在 SPD 上,建议在类别上加方框,如[C2]);
  - 18) 附加信息;可替换元件,使用放射性同位素,电涌电流,如  $i_n$ 、 $I_{Total}$  等。
- d) 型式试验时制造商应提供的信息:
- 1) 是否有开关元器件(见附录 L);
  - 2) 预处理试验中预期的续流( $I_f \leq 500$  A 或  $I_f > 500$  A,对于连接至光伏系统的 SPD 为  $I_f \leq 5$  A 或  $I_f > 5$  A,见附录 I);
  - 3) 如果状态指示器使用未认证过的器件,或使用的器件不在额定范围内工作,制造商需提供合适的试验标准进行试验;
  - 4) 分开电路之间的隔离和电气强度;
  - 5) 根据 6.3.3.2.4.3 d)进行预备试验的预期短路电流。

## 7.2 铭牌

7.1a)的 1)~8)需以铭牌形式固定在 SPD 上。所有标志应是牢固及清晰明了,不应标在螺钉和可拆卸的物体上(如垫圈等)。如受条件限制,除 a)项外,其他信息可标在小包装上。一端口 SPD,无须提供额定负载电流。

## 8 包装、运输、贮存

### 8.1 包装

SPD 的包装应保证在运输中,不因包装不良而使产品损坏。在包装箱上应标明如下信息:

- a) 制造商名、产品名称及型号;
- b) 发货单位、收货单位及详细地址;
- c) 产品净重、毛重、体积等;
- d) “小心轻放”“向上”“防潮”等字样和标记,字样和标记应符合有关标准的要求。

### 8.2 随产品提供的技术文件

随产品提供的技术文件如下:

- a) 包装清单;
- b) 产品出厂合格证明书;
- c) 安装、使用说明书。

### 8.3 运输和贮存

整只产品或分别运输的部件和包装,都要适用运输、装卸的要求。如果产品对运输、装卸和贮存有其他特殊要求时,制造商在包装箱上明确标志。



附录 A  
(资料性附录)

SPD 的电流支路和保护模式示意图

SPD 的电流支路和保护模式示意图见图 A.1。

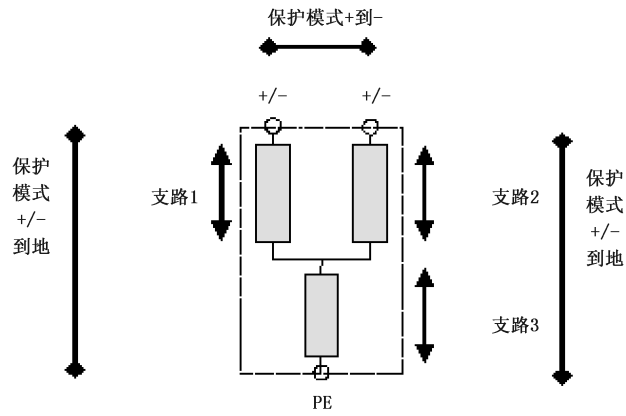


图 A.1 SPD 的电流支路和保护模式示意图

附录 B  
(资料性附录)

低压电气系统 SPD 的参考试验电压  $U_{REF}$

参考试验电压取决于 SPD 根据制造商提供的安装指南在低压配电系统中预期的应用,见表 B.1:  
 ——低压系统的类型(TN 系统,TT 系统和 IT 系统);  
 ——预期的连接(相线对中性线,相线对地,中性线对地);  
 ——系统的标称交流电压和最大允许工作波动。

表 B.1 参考试验电压  $U_{REF}$

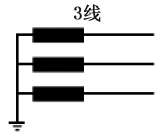
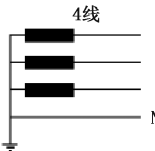
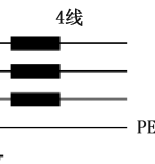
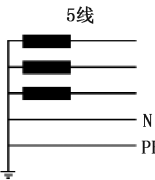
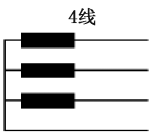

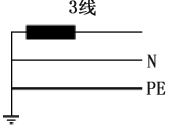
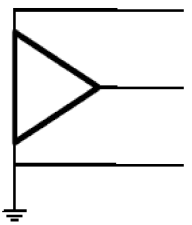
配电系统		系统的标称交流电压 L-PE/L-L	配电系统的最大预期电压波动(+%)	参考试验电压 $U_{REF}$ (取决于保护模式) V			
				L-N (PEN)	L-PE	L-L	N-PE
无地线和中性线的三相 TT 系统		220/380	10	—	242	418	—
无地线的三相 TT 系统		220/380	10	242	242	418	242
有 PEN 线的三相 TN-C 系统		220/380	10	242	242	418	242
有地线和中性线的三相 TN-S 系统		220/380	10	242	242	420	242
有中性线的三相 IT 系统		220/380	10	242	418	418	242
无中性线的三相 IT 系统		220	10	—	242	242	—

表 B.1 参考试验电压  $U_{REF}$  (续)

配电系统		系统的标称交流电压 L-PE/L-L	配电系统的最大预期电压波动(+%)	参考试验电压 $U_{REF}$ (取决于保护模式) V			
				L-N (PEN)	L-PE	L-L	N-PE
单相 TN-S 系统		220	10	242	242	—	242
一角接地的三相 (Delta) 的 TN, TT 和 IT 系统		220	10	—	254	254	—
注: 如果对于某些应用需要更高的电压波动(如 15%), 依据制造商和用户的特别协议。							

附录 C  
(规范性附录)  
符号和缩略语

表 C.1 是本部分使用的符号和缩略语列表。

表 C.1 符号和缩略语列表

符号或缩略语	含义	英文全称	定义/条款
一般缩略语和符号			
CWG	复合波发生器	Combination wave generator	3.1.44.3
RCD	剩余电流保护器	Residual current device	3.1.46
DUT	待测试品	Device under test	通用
IP code	外壳防护等级	Degree of protection provided by enclosure	3.1.36
TOV	暂时过电压	Temporary overvoltage	通用
SPD	电涌保护器	Surge protective device	3.1.1
$Z_f$	(复合波发生器的) 虚拟阻抗	Fictive impedance(of combination wave generator)	3.1.46
W/R	I类试验的单位能量	Specific energy for class I test	3.1.45
$T_1$ , $T_2$ 和/或 $T_3$	I, II 和/或 III类试验 产品记号	Product marking for test classes I, II and/or III	7.1
OCM	开路模式	Open circuit mode	3.1.66
SCM	短路模式	Short-circuit mode	3.1.67
$t_T$	试验时 TOV 施加的时间	TOV application time for testing	3.1.55
与电压相关的符号			
$U_C$	最大持续工作电压	Maximum continuous operating voltage	3.1.17.1, 3.1.17.2
$U_{CPV}$	光伏系统的最大持续 工作电压	Maximum continuous operating voltage for PV application	3.1.17.3
$U_{REF}$	参考试验电压	Reference test voltage	3.1.59
$U_{OC}$	复合波发生器的 开路电压	Open circuit voltage of the combination wave generator	3.1.46
$U_P$	电压保护水平	Voltage protection level	3.1.23
$U_{res}$	残压	Residual voltage	3.1.24
$U_{max}$	电气间隙确定电压	Voltage for clearance determination	3.1.60
$U_T$	暂时过电压试验值	Temporary overvoltage test value	3.1.55
与电流相关的符号			
$I_{imp}$	冲击电流	Impulse current	3.1.42

表 C.1 符号和缩略语列表(续)

符号或缩略语	含义	英文全称	定义/条款
$I_{\max}$	最大放电电流	Maximum discharge current	3.1.65
$I_f$	续流	Follow current	3.1.26
$I_{fi}$	额定断开续流值	Follow current interrupt rating	3.1.28
$I_L$	额定负载电流	Rated load current	3.1.30
$I_{CW}$	复合波发生器的短路电流	Short-circuit current of the combination wave generator	3.1.46
$I_{SCCR}$	低压电气系统和电子系统信号网络的额定短路电流	Short-circuit current rating	3.1.56.1
$I_{SCPV}$	光伏系统的额定短路电流	Short-circuit current rating for PV application	3.1.56.2
$I_p$	供电电源的预期短路电流	Prospective short-circuit current of a power supply	3.1.27
$I_{PE}$	残流	Residual current	3.1.29
$I_{Total}$	总放电电流	Total discharge current	3.1.58
$I_{trans}$	短路型 SPD 的额定转换电涌电流	Transition surge current rating for short-circuiting type SPD	3.1.68

**附 录 D**  
**(规范性附录)**  
**污染等级的划分**

**D.1 污染等级定义**

根据导电的或吸湿的尘埃、游离气体或盐类和相对湿度的大小以及由于吸潮或凝露导致表面电气强度和(或)电阻率下降事件发生的频率而对环境条件作出的分级。

**D.2 污染等级分级**

污染等级分级如下：

- a) 污染等级 1: 无污染或仅有干燥的非导电性污染；
- b) 污染等级 2: 一般仅有非导电性污染, 然而应预期到凝露会偶然发生短暂的导电性污染；
- c) 污染等级 3: 有导电性污染或由于预期的凝露使干燥的非导电性污染变为导电性污染；
- d) 污染等级 4: 有持久性的导电性污染, 如由于导电尘埃或雨雪等造成的污染。

**附录 E**  
(规范性附录)  
**电气间隙和爬电距离测量方法**

**E.1 基本要求**

图 E.1 至图 E.10 给出规定的槽的宽度  $X$  基本上适用于与污染等级相关的所有示例。污染等级和槽宽度的最小值见表 E.1。

**表 E.1 污染等级和槽的宽度最小值**

污染等级	槽宽的最小值 mm
1	0.25
2	1.0
3	1.5
4	2.5

注：污染等级见 4.2.1.6 的说明。

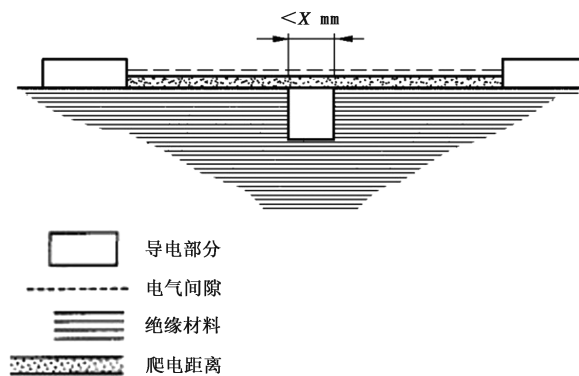
如果有关的电气间隙小于 3 mm，槽最小宽度可减小至该电气间隙的 1/3。

**E.2 测量方法**

在图 E.1 至图 E.10 的示例中，气隙与槽之间或绝缘形式之间没有区别。

而且：

- 假定任意角被宽度为  $X$  mm 的绝缘联接在最不利的位置下桥接(见图 E.3)；
- 当横跨槽顶部的距离为  $X$  mm 或更大时，沿着槽的轮廓测量爬电距离(见图 E.2)。



**图 E.1 宽度小于  $X$  mm 而深度为任意额平行边或收敛形边的槽的电气间隙和爬电距离路径**

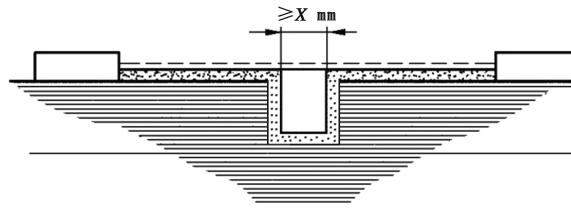


图 E.2 宽度大于或等于  $X$  mm 的平行边的槽电气间隙和爬电距离路径

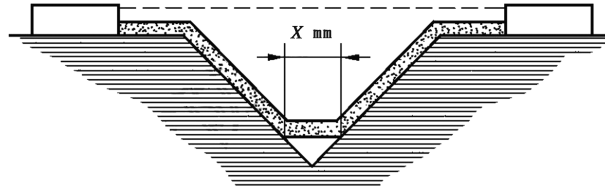
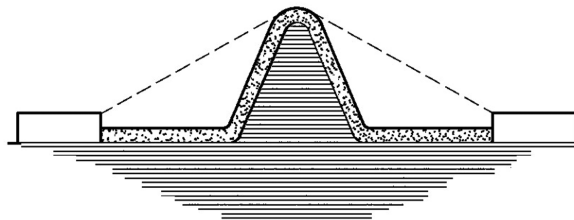
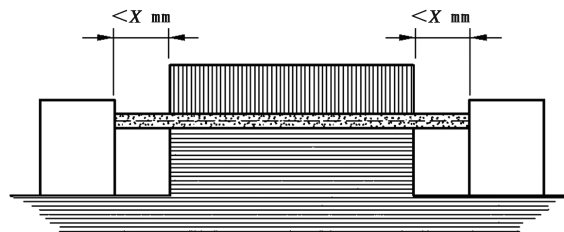


图 E.3 宽度大于  $X$  mm 的 V 形槽的电气间隙和爬电距离路径



注：由于筋受污染物的影响小和干透效果好，当筋高于 2 mm 时，爬电距离可减至规定值的 0.8。

图 E.4 通过筋的电气间隙和爬电距离路径



注：电气间隙和爬电距离值相等。

图 E.5 一未粘合的接缝以及每边的宽度小于  $X$  mm 槽的电气间隙和爬电距离路径

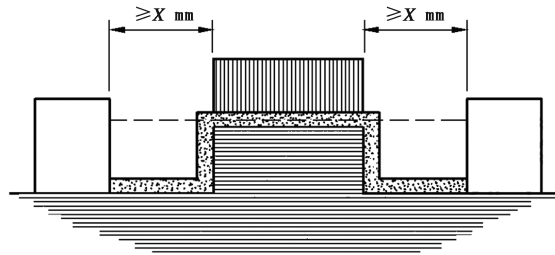


图 E.6 一未粘合的接缝以及每边的宽度等于或大于  $X$  mm 槽的电气间隙和爬电距离路径



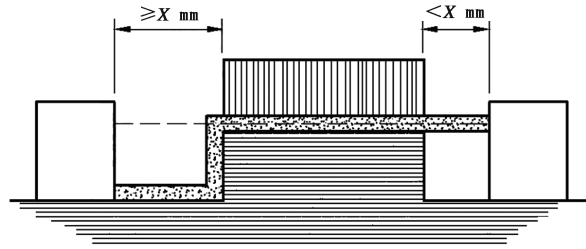


图 E.7 一未粘合的接缝以及一边槽宽大于(或等于) $X$  mm,另一边的槽宽小于  $X$  mm 的电气间隙和爬电距离路径

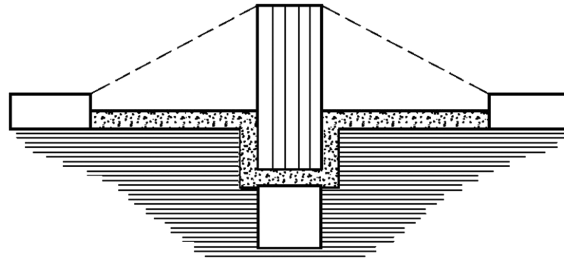


图 E.8 有绝缘隔板时电气间隙和爬电距离的路径

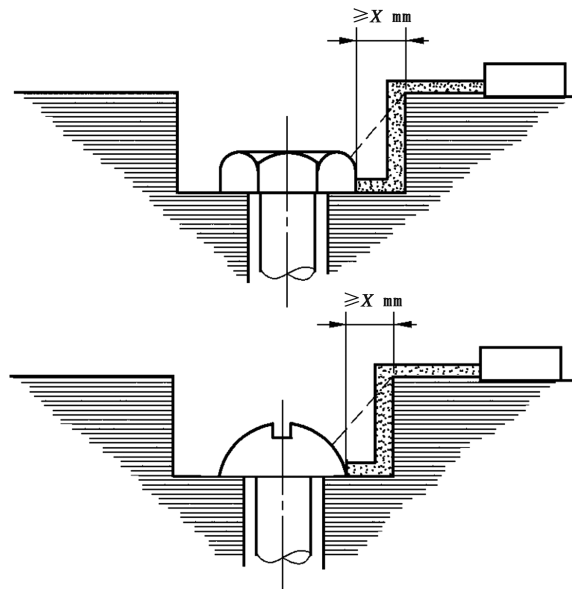


图 E.9 螺钉头与凹壁之间的间隙足够宽时电气间隙和爬电距离路径

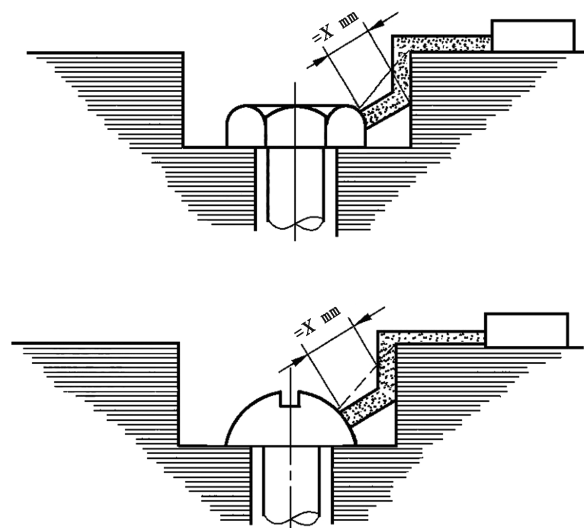


图 E.10 螺钉头与凹壁之间的间隙过分窄时电气间隙和爬电距离路径

**附录 F**  
**(规范性附录)**  
**外壳防护等级(IP 代码)**

**F.1 IP 代码的组成和含义**

**F.1.1 IP 代码组成**

IP 代码由以下五部分组成：

- 代码字母 IP；
- 第一位特征数字；
- 第二位特征数字；
- 附加字母；
- 补充字母。

在不要求规定特征数字时,可用“X”代替。不要求规定附加字母或补充字母时可以省略,不需代替。

**F.1.2 IP 代码的组成和含义**

IP 代码的组成和含义见表 F.1。

**表 F.1 IP 代码的组成和含义**

组成	数字或字母	对设备防护的含义	对人员防护的含义	参照章条 (GB 4208—2017)
代码字母	IP	—	—	—
第一位 特征数字		防止固体异物进入	防止接触危险部件	第 5 章
	0	无防护	无防护	
	1	$\geq \varnothing 50 \text{ mm}$	手	
	2	$\geq \varnothing 12.5 \text{ mm}$	手指	
	3	$\geq \varnothing 2.5 \text{ mm}$	工具	
	4	$\geq \varnothing 1.0 \text{ mm}$	金属线	
	5	防尘	少量尘埃	
	6	尘密	全无尘埃	
第二位 特征数字	防止进水造成有害影响			第 6 章
	0	无防护		
	1	垂直滴水		
	2	15°滴水		
	3	淋水		
	4	溅水		

表 F.1 IP 代码的组成和含义(续)

组成	数字或字母	对设备防护的含义	对人员防护的含义	参照章条 (GB 4208—2017)
第二位 特征数字	5	喷水		第 6 章
	6	猛烈喷水		
	7	短时间浸水		
	8	连续浸水		
附加字母 (可选择)			防止接近危险部件	第 7 章
	A		手	
	B		手指	
	C		工具	
	D		金属线	
补充字母 (可选择)		专门补充的信息		第 8 章
	H	高压设备		
	M	做防水试验时试品运行		
	S	做防水试验时试品静止		
	W	气候条件		

F.2 常用的外壳防护等级

常用的外壳防护等级见表 F.2。

表 F.2 常用外壳防护等级

等级	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	IP00	—	—	—	—	—	—	—	—
1	IP10	IP11	IP12	—	—	—	—	—	—
2	IP20	IP21	IP22	IP23	—	—	—	—	—
3	IP30	IP31	IP32	IP33	IP34	—	—	—	—
4	IP40	IP41	IP42	IP43	IP44	—	—	—	—
5	IP50	—	—	—	IP54	IP55	—	—	—
6	IP60	—	—	—	—	IP65	IP66	IP67	IP68

附录 G  
(资料性附录)

连接至低压电气系统和光伏系统直流侧的 SPD 设计拓扑

G.1 限压元件

SPD 限压元件可分为电压开关型和电压限制型,定义见本部分第 3 章的内容,其名称和图形符号如图 G.1 所示。

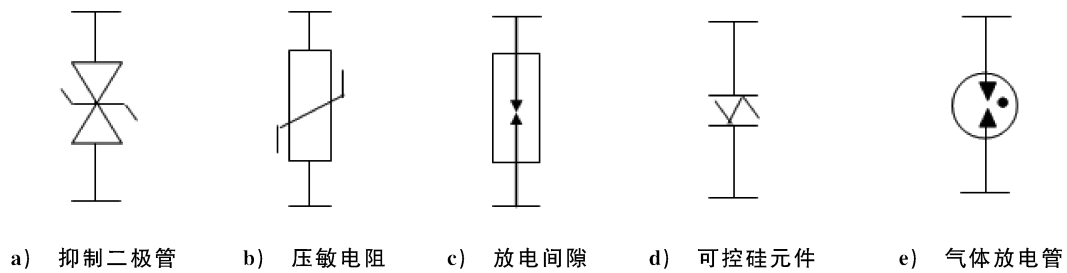


图 G.1 限压元件的名称和图形

G.2 一端口 SPD(无串联阻抗 SPD)

一端口 SPD 是指 SPD 与被保护的低压电气线路并联连接,它们可能没有专门的输入/输出端(如图 G.2 中的 a)、b)、c)、d)、e)),也可能设有专门的输入/输出端(如图 G.2 中的 f)、g)、h)、i)、j))。在有专门的输入/输出端且并联使用两个元件的 SPD 的元件之间没有附加的串联阻抗。

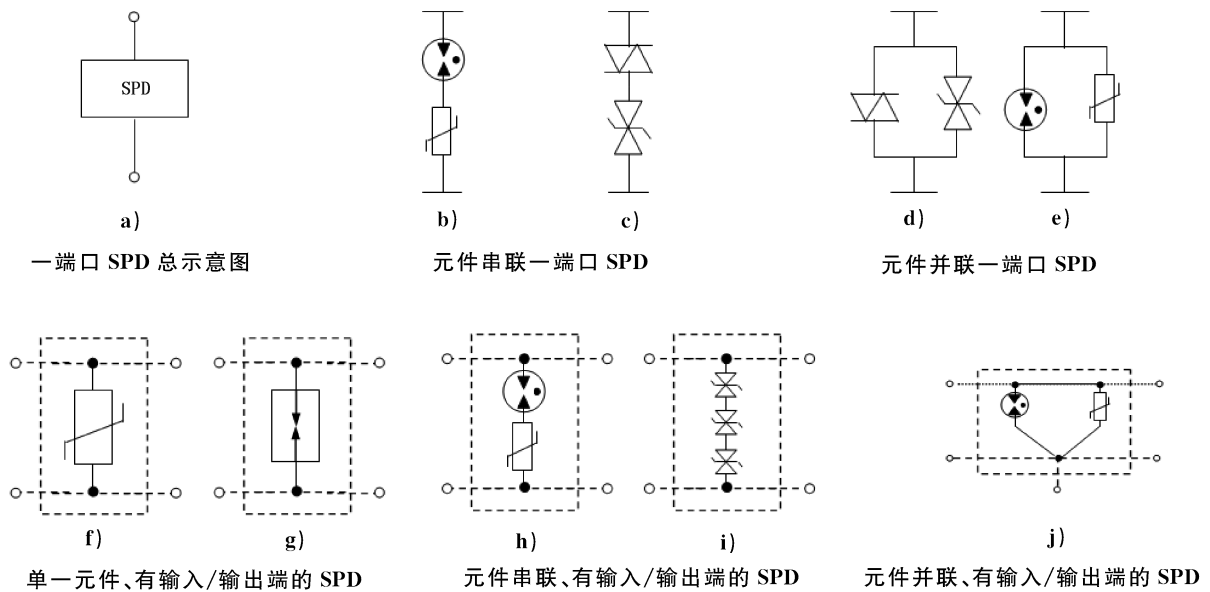


图 G.2 一端口 SPD

G.3 两个端口 SPD(有串联阻抗 SPD,又称二端口 SPD)

二端口 SPD 是指具有两组输入和输出端子的 SPD,并联接入低压电气系统电路中,在输入端和输出端之间设有串联阻抗。其设计拓朴如图 G.3 所示。

注:用于光伏系统直流侧的 SPD 没有二端口的设计。

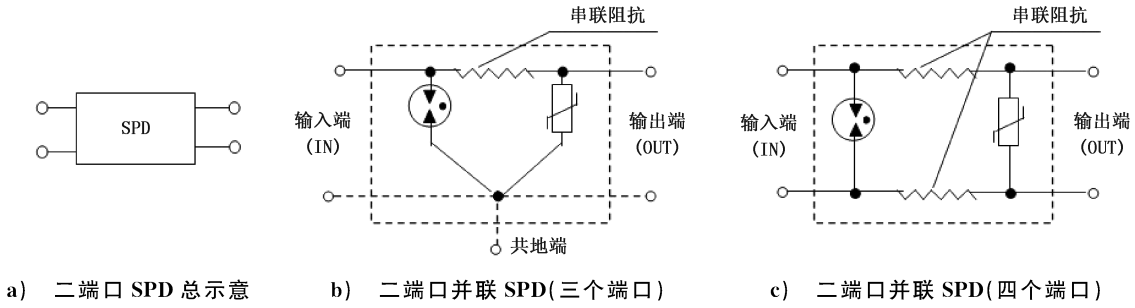
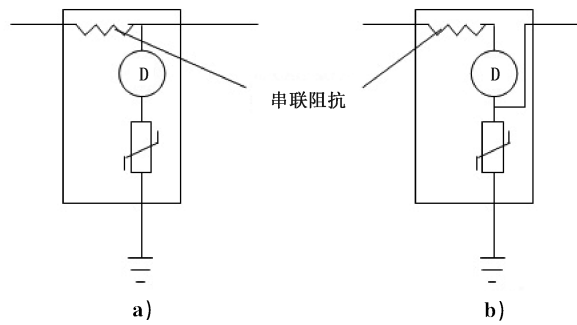


图 G.3 二端口 SPD

G.4 SPD 内置脱离器

SPD 内置脱离器的设计拓朴如图 G.4 所示。



说明:

D——断路器。

图 G.4 SPD 内置脱离器

**附录 H**  
(资料性附录)  
**连接端子的结构**

## H.1 定义

### H.1.1 接线端子 (terminal)

SPD 与外部电路进行电气连接的导电部分。可采用螺钉、螺母、插头、插座等方法。

### H.1.2 螺钉型接线端子 (Screw-type terminal)

用于连接一个或两个以上导体,随后可拆卸这些导体的接线端子,其连接可直接或间接地用各种螺钉或螺母来完成。

### H.1.3 螺钉接线端子 (Screw terminal)

靠螺钉端部来压紧导体的螺钉型接线端子。紧固压力可直接由螺钉端部或通过一个过渡零件,如垫圈、夹紧板或防松装置来施加。

### H.1.4 螺栓接线端子 (Stud terminal)

靠螺母来紧固导体的螺钉型接线端子。紧固压力可直接由适当形状的螺母或通过过渡元件,如垫圈、夹紧板或防松装置来施加。

### H.1.5 柱式接线端子 (Pillar terminal)

导线插入一个孔内或型腔内,靠螺钉下端来压紧导体的螺钉型接线端子。紧固压力可直接由螺钉端部或通过一个由螺钉下端的过渡元件来施加。

### H.1.6 鞍型接线端子 (Saddle terminal)

靠两个或几个螺钉或螺母紧固导体的鞍型板下的螺钉型接线端子。

### H.1.7 接线片式接线端子 (Lug terminal)

通过螺钉或螺母来紧固电缆或母线接线片的螺钉接线端子或螺栓接线端子。

### H.1.8 非螺钉型接线端子 (Screwless terminal)

用于连接一个或两个以上随后可拆卸这些导体的接线端子。该连接是直接或间接地靠弹簧、楔形块、偏心轮或锥形轮等来实现,除了剥去绝缘外,无需另对其进行加工。

### H.1.9 插入式接线端子 (Plug-in terminal)

无须移动相应电路中的导体来达到电气连接和分开的接线端子。该连接无需使用工具,而是由固定的弹性和/或运动的部件和/或弹簧来提供。

### H.1.10 刺穿绝缘式连接器件 (insulation Piercing connecting device)

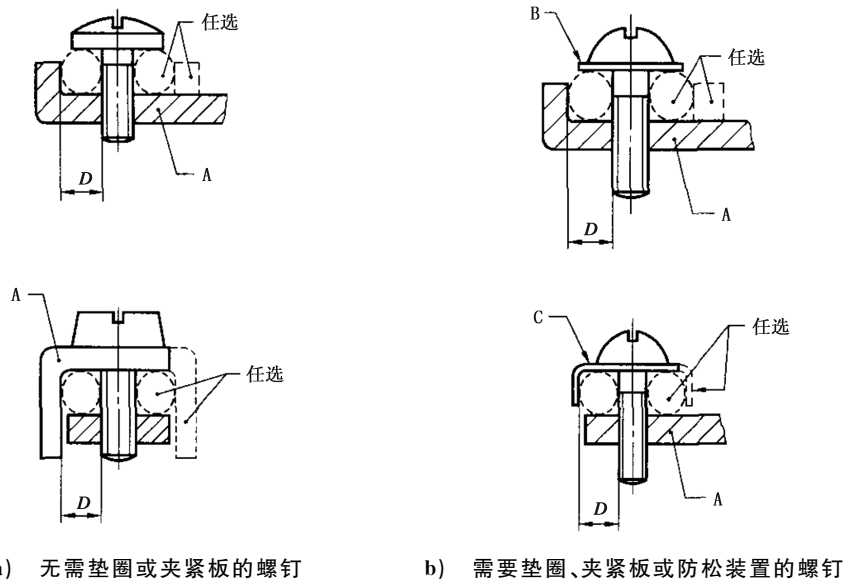
能接、拆一根导线或者互连两根或多根导线;对未经事先剥除的导线绝缘通过穿孔、打眼、切穿、剥

离、移位或其他使绝缘失效的方法来进行连接的一种连接器件,在本部分中称绝缘刺穿连接(IPCD)。

注:必要时,可剥去电缆护套,这种做法不视作“事先剥除”。

## H.2 接线端子示例图

接线端子示例图见图 H.1 至图 H.6。



a) 无需垫圈或夹紧板的螺钉

b) 需要垫圈、夹紧板或防松装置的螺钉

A——固定部件;

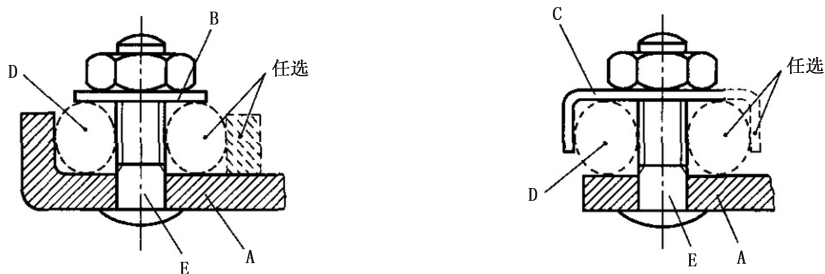
B——垫圈或夹紧板;

C——防松脱板;

D——导体空间;

E——螺栓。

图 H.1 螺钉接线端子示例



A——固定部件;

B——垫圈或夹紧板;

C——防松脱板;

D——导体空间;

E——螺栓。

图 H.2 螺栓接线端子示例



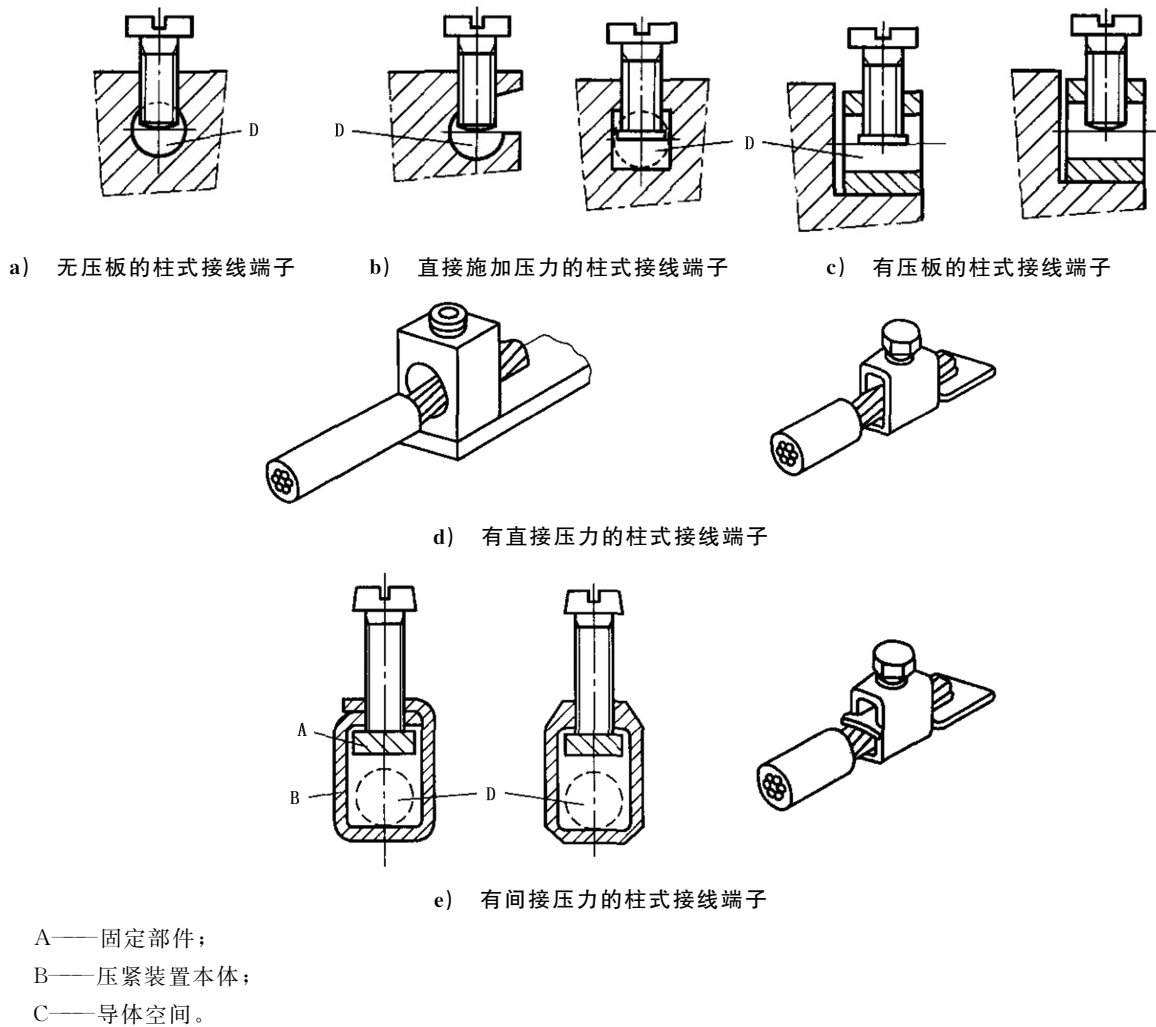


图 H.3 柱式接线端子示例

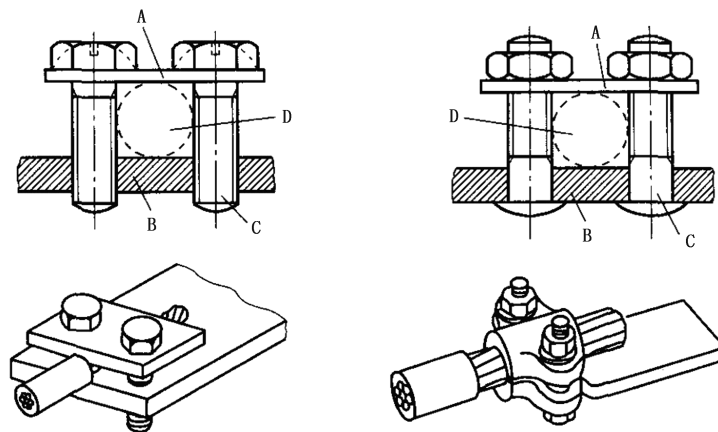
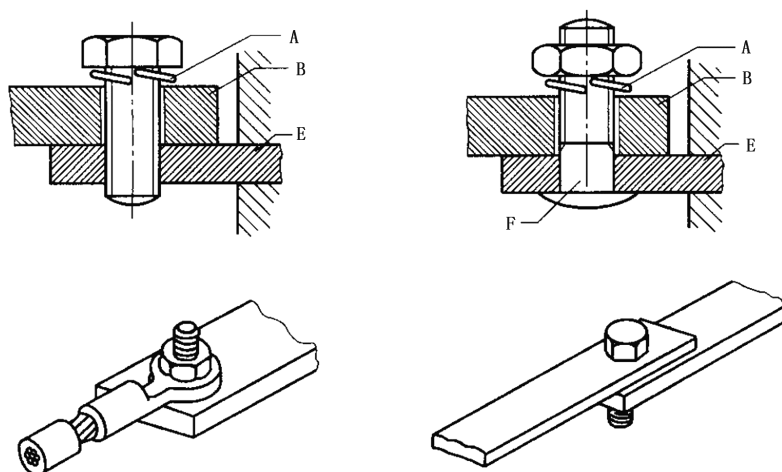


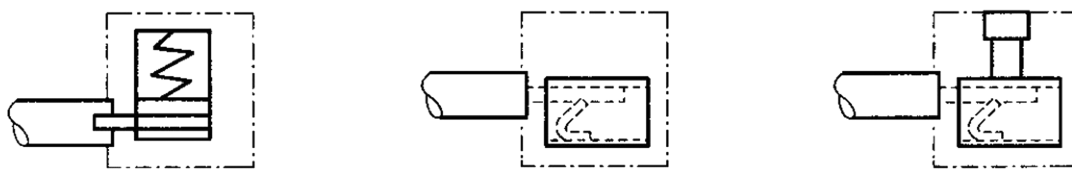
图 H.4 鞍形接线端子示例



接线片式接线端子:是一种利用螺钉或螺母压紧电缆接线片或接线杆的螺钉接线端子或螺栓接线端子。

- A——弹簧垫圈;
- B——电缆接块或接杆;
- E——固定部件;
- F——螺栓。

图 H.5 接线片式接线端子示例



- a) 间接施加压力的非螺钉型接线端子
- b) 直接施加压力的非螺钉型接线端子
- c) 带调节机构的非螺钉型接线端子

图 H.6 非螺钉型接线端子示例

附录 I  
(规范性附录)

连接至光伏系统直流侧的 SPD 的试验电源特性

I.1 通用电源特性

试验电路的电感量应为  $100 \mu\text{H} \pm 10\%$ 。通用电源的 I/U 特性曲线见图 I.1。

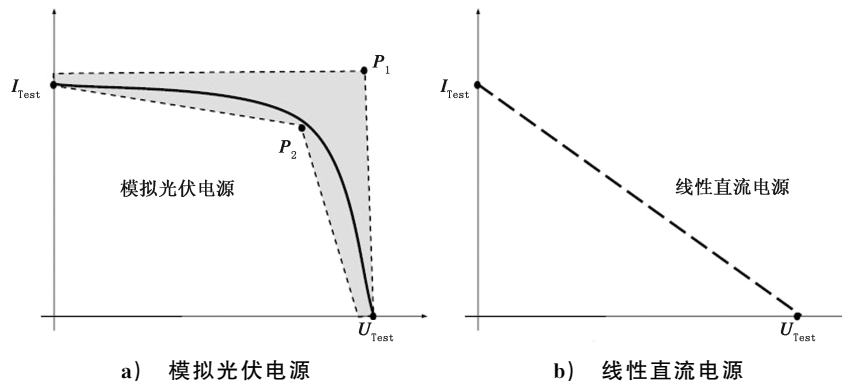


图 I.1 I/U 特性

模拟光伏电源的允差由  $P_1$  和  $P_2$  之间的阴影区域定义,  $P_1$ 、 $P_2$  的坐标特性为:

——  $P_1$ :  $[U_{\text{Test}}, 1.05 \times I_{\text{Test}}]$ ;

——  $P_2$ :  $[0.7 \times U_{\text{Test}}, 0.7 \times I_{\text{Test}}]$ 。

该区域可根据 SPD 制造商的协定趋向更高的电压或者电流值。

应在  $100 \mu\text{s}$  内的静态和动态条件下确认以上要求。附录 J 给出了相应的试验程序,用以确认是否符合这一要求。

I.2 动作负载试验的电源特性

根据不同的 SPD 续流,以下电压为  $U_{\text{CPV}}$  的电源应被应用于试验,见表 I.1。

表 I.1 动作负载试验的特殊电源特性

通过附录 K 确定的续流值	$\leq 5 \text{ A}$	$> 5 \text{ A}$
6.3.2.2.3.3 c) 动作负载试验	DC <sub>1</sub> 或 PV <sub>1</sub>	PV <sub>2</sub>
6.3.2.2.3.3 d) I 类试验的动作负载附加试验	DC <sub>2</sub> 或 PV <sub>3</sub>	DC <sub>2</sub> 或 PV <sub>3</sub>

DC<sub>1</sub>: 线性直流电源,其阻抗应满足:在续流流过时,从 SPD 的接线端子处测量的电压降不能超过  $U_{\text{CPV}}$  的 5%。

DC<sub>2</sub>: 线性直流电源,其预期短路电流值至少为 5 A,对应于图 I.1b) 中的  $I_{\text{Test}}$ 。

PV<sub>1</sub>: 模拟光伏电源,其预期短路电流值至少为 20 A,对应于图 I.1a) 中的  $I_{\text{Test}}$ 。

PV<sub>2</sub>: 模拟光伏电源,其预期短路电流值等于  $I_{\text{SCPV}}$ ,对应于图 I.1a) 中的  $I_{\text{Test}}$ 。

PV<sub>3</sub>: 模拟光伏电源,其预期短路电流值至少为 5 A,对应于图 I.1a) 中的  $I_{\text{Test}}$ 。

### I.3 过载特性试验的特殊电源特性

根据不同的 SPD 设计,试验应采用电压为  $U_{CPV}/1.2$  的电源,见表 I.2。

表 I.2 过载特性试验的特殊电源特性

7.1b)14)预期过载特性	开路模式 (OCM)	短路模式 (SCM)
6.3.3.2.4.4 SPD 失效特性试验	DC <sub>3</sub> 或 PV <sub>4</sub>	PV <sub>4</sub>
DC <sub>3</sub> :线性直流电源,其预期短路电流值满足 6.3.3.2.4.4a)1),对应于图 I.1b)中的 $I_{Test}$ 。		
PV <sub>4</sub> :模拟光伏电源,其预期短路电流值满足 6.3.3.2.4.4a)1),对应于图 I.1a)中的 $I_{Test}$ 。		
注:仅基于制造商协定。		

附录 J  
(资料性附录)

图 I.1 a) 中 PV 试验电源的瞬态特性

J.1 概述

为了确保在动作负载试验和过载特性试验中使用的 PV 电源给出可比较的结果,有必要找到一个对试验电源的特性精确定义的过程。

PV 电源的暂态  $i/u$  特性取决于关断时间  $t_{OFF}$ , 并和具有相同  $U_{OC}$  和  $I_{SC}$  的线性电源的关断时间不同。

注: 此处  $U_{OC}$  特指线性电源的开路电压,  $I_{SC}$  特指线性电源的短路电流。

J.2 利用半导体开关确定 PV 试验电源瞬态特性的试验设置

图 J.1 展示了用于确定 PV 试验电源瞬态特性的试验装置。

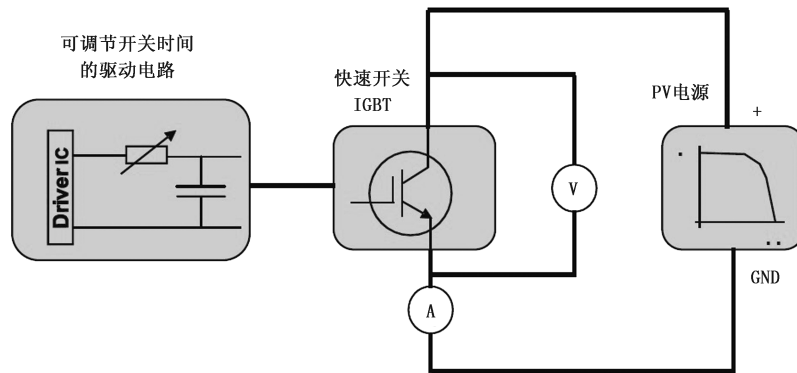


图 J.1 使用可调半导体开关的用于确定 PV 试验电源瞬态特性的试验装置

半导体开关应调整到可在  $50 \mu s$  到  $100 \mu s$  的时间内关断 PV 试验电源(图 J.2)。

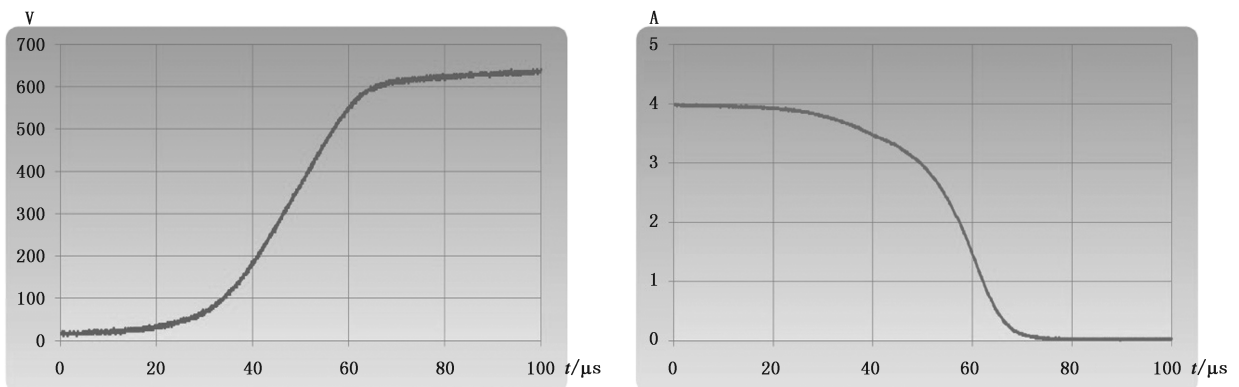


图 J.2 在  $I_{SC} = 4 A, U_{OC} = 640 V$  的 PV 电源下半导体开关关断过程的电压和电流特性曲线

将测量得到的  $i(t)$  和  $u(t)$  曲线按比例放大到 100%，可得到归一化的、和  $U_{oc}$  与  $I_{sc}$  无关的关断曲线（图 J.3）。

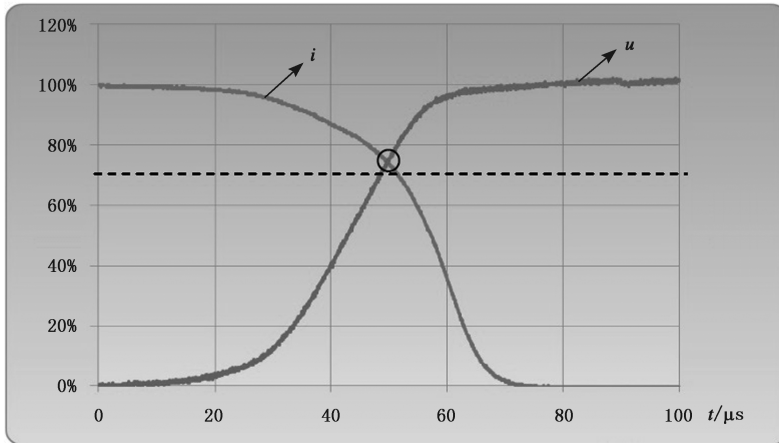


图 J.3 含交汇点  $i(t)/u(t)$  的半导体开关分断特性曲线(归一化)

在按比例放大的  $i(t)$  和  $u(t)$  线之间的交汇点应等于或大于 70%。

对于关断时间  $t_{OFF}$  大于 50  $\mu s$ ，计算的 PV 试验电源的  $i/u$  特性应对应于 PV 试验电源的静态特性  $i=f(u)$  (图 J.4)。

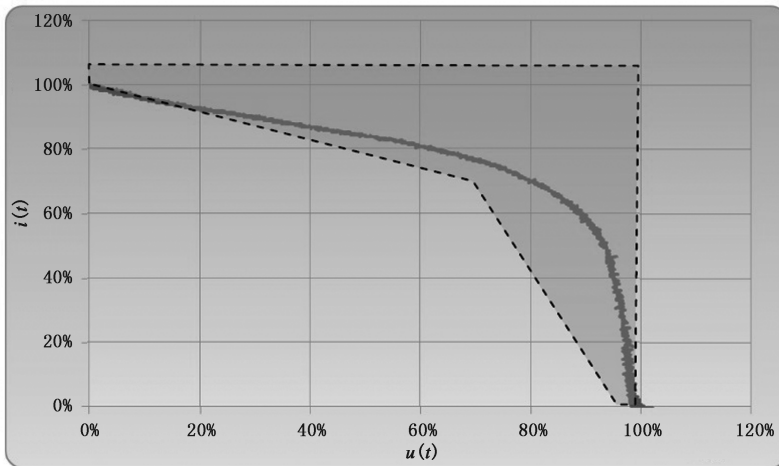


图 J.4 从归一化电流和电压记录中计算得到的 PV 试验电源的  $i/u$  特性

### J.3 使用熔断器的替代试验设置

作为图 J.1 试验设置的代替，图 J.5 中的试验电路使用额定电流为  $0.1 \times I_{SCPv}$  的熔断器 (PV 类型) 来确定 PV 试验电源的特性，图 J.6 是含交汇点  $i(t)/u(t)$  的 PV 电源的额定电流为  $0.1 \times I_{SCPv}$  的熔断器动作时的归一化分断特性。

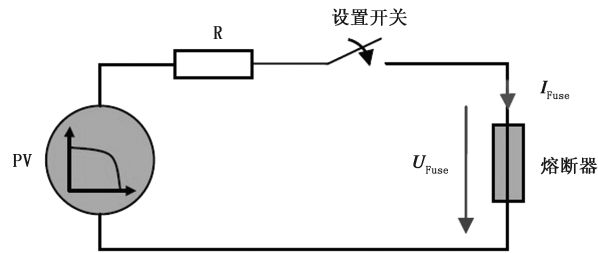


图 J.5 使用熔断器 (PV 类型) 来确定 PV 试验电源特性的试验设置

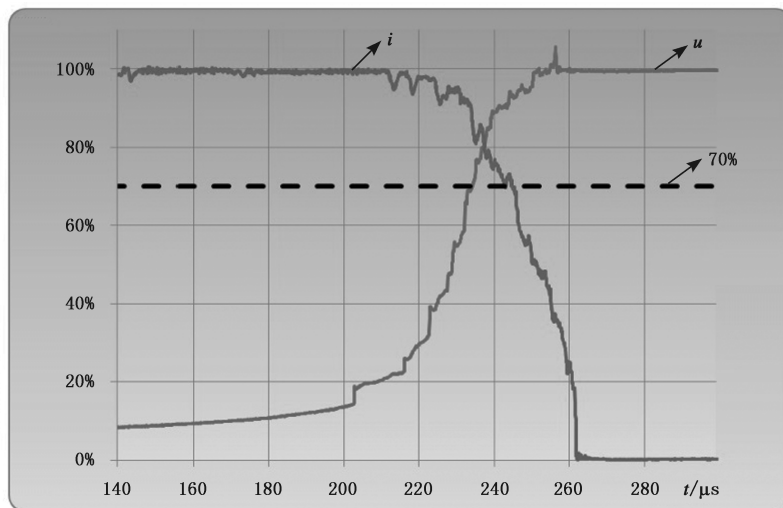


图 J.6 含交汇点  $i(t)/u(t)$  的 PV 电源的额定电流为  $0.1 \times I_{SCPV}$  的熔断器动作时的归一化分断特性

在按比例放大的  $i(t)$  和  $u(t)$  曲线之间的交汇点应等于或大于 70%。对于关断时间  $t_{OFF}$  大于  $50 \mu s$ ，计算的 PV 试验电源的  $i/u$  特性应对应于 PV 试验电源的静态特性  $i=f(u)$  (图 J.7)。

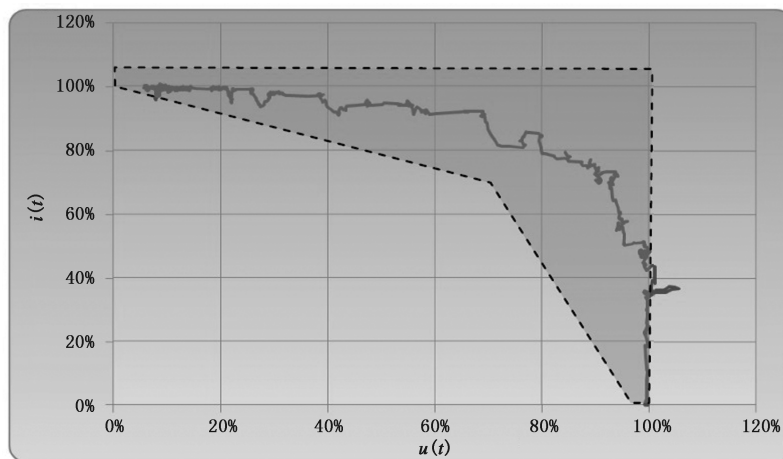
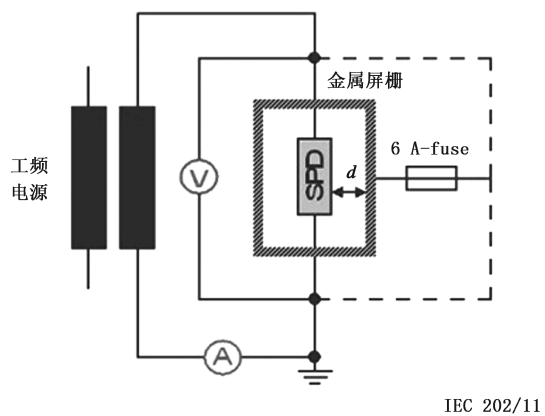


图 J.7 从归一化电流和电压记录中计算得到的 PV 试验电源的  $i/u$  特性

附录 K  
(规范性附录)  
金属屏栅的试验布置

金属屏栅的试验布置见图 K.1。



说明：

$d$ ——金属屏栅和 SPD 的距离。

图 K.1 金属屏栅的试验布置图



## 附录 L

## (规范性附录)

## 确定是否存在开关型元件和续流大小的试验

## L.1 一般要求

该试验应由制造商进行,用以提供 7.1 d) 1)和/或 7.1 d) 2)要求的信息。

## L.2 确定是否存在开关型(Crowbar 型)元件的试验

只有当不知道 SPD 的内部设计时,才应进行这项试验。仅对这项试验,应使用一个新的试品。

SPD 的 I 类试验和 II 类试验,采用 8/20  $\mu\text{s}$  标准冲击电流,幅值为制造厂规定的  $I_n$  或  $I_{\text{imp}}$ 。SPD 的 III 类试验,采用复合波发生器,开路电压等于制造厂规定的  $U_{\text{OC}}$ 。

对 SPD 施加一次冲击(如果是二端口 SPD,应对它的输入和输出接线端子施加冲击)。

应记录 SPD 上的电压波形图(如果是二端口 SPD,应测量 SPD 输入接线端子间的电压)。

如果记录的电压波形显示出突然下降,则认为 SPD 包含开关(crowbar)元件。

## L.3 确定续流大小的试验

预备性试验是用来确定续流的峰值是大于还是小于 500 A。

对于连接至光伏系统直流侧的 SPD 该预备性试验是用来确定续流的峰值是大于还是小于 5 A。

如果知道 SPD 的内部设计和续流的峰值,不需要进行预备性试验。

试验按下列程序进行:

- a) 试验应用另外一个试品进行。
- b) 预期短路电流  $I_p$  应大于或等于 1.5 kA,功率因数  $\cos\varphi=0.95_{-0.05}^0$ 。对于连接至光伏系统直流侧的 SPD,该试验为线性直流电源,预期短路电流应为  $100\text{ A}_{+5\%}^0$ 。该测试回路中应有一个  $100\ \mu\text{H}_{+10\%}^0$  的电感。
- c) 试品被连接到一个具有正弦交流电压的工频电源。在接线端子间测量工频电压的最大值,应等于最大持续工作电压  $U_C_{-5\%}^0$ 。交流电源的频率应符合 SPD 的额定频率。对于连接至光伏系统直流侧的 SPD,电压应在试品端子处测量,应等于最大持续工作电压  $U_{\text{CPV}}_{-5\%}^0$ 。
- d) 应用 8/20  $\mu\text{s}$  冲击电流或复合波触发续流。
- e) 峰值应相当于  $I_n$  或  $I_{\text{imp}}$  或  $U_{\text{OC}}$ 。
- f) 冲击电流的起始位置是在工频电压峰值前  $60^\circ$ 。它的极性应与冲击电流产生时工频电压半波的极性相同。对于连接至光伏系统直流侧的 SPD,冲击极性与电压极性相符。
- g) 如果在此同步点没有续流,为了确定续流是否产生,则应每滞后  $10^\circ$  施加 8/20  $\mu\text{s}$  冲击电流,以确定是否产生续流。

**附 录 M**  
(规范性附录)  
**户外型 SPD 的环境试验**

**M.1 UV 辐射的加速老化试验**

如在户外使用的方式安装试品,将三个完整试品按照户外使用方式安装,在 UV 辐射(UV-B)和水雾中暴露 1000 h;循环做 500 次每次 120 min 的试验;每次在 60 °C 下的 UV 光线中 102 min 和在 65 °C、65% RH 下的 UV 光线和水雾中 18 min。UV 辐射应根据 ISO 4892-2 的方法 A。ISO 4892-1 和 ASTM151 应用作本试验的通用指南。

在试验过程中,试品应连接到电压为  $U_C$  的工频电源或  $U_{CPV}$  的直流电源( $U_{CPV}$  仅适用于连接至光伏系统直流侧的 SPD),并间隔 120 min 监测残流。试验结束后,根据 H.2 测试试品。

合格判别标准:在试验过程中和试验结束后,通过直观检查看看试品有无空隙、裂痕、起痕和表面腐蚀。残流增加不应超过 10%。应评估起痕、表面腐蚀和裂痕的程度,以确定这些情况是否会危害产品的外壳,从而满足本部分中其他电气和机械性能的要求。

**M.2 水浸试验**

本试验根据标准 GB 11032—2010 中的图 11 进行。试品应保持浸泡在容器中 42 h,容器盛有含有浓度为 1 kg/m<sup>3</sup>NaCl 的沸腾的去离子水。

注 1:上述水的特性应在试验开始时测量。

注 2:当制造商声明密封系统的材料不能耐受沸水温度长达 42 h,试验温度(沸水)可降低至 80 °C(最少持续时间 168 h,如 1 周)。

在沸腾结束时,试品应保持在容器中直到水温冷却到大约 20 °C(±15 °C),并应保持在水中直到进行完验证试验。水浸试验结束后,试品应接受绝缘试验(M.3)。

**M.3 绝缘试验**

试品应接受 1 min 的 1000 V 工频交流电压加两倍参考试验电压  $U_{REF}$  或最大持续工作电压  $U_{CPV}$  ( $U_{CPV}$  仅适用于连接至光伏系统直流侧的 SPD)的绝缘试验,并测量泄漏电流。试验电压根据以下方法施加:

- a) 具有金属外壳的 SPD,含有或不含有安装支架:电压应施加在连接在一起的所有端子或外部引线和金属外壳之间。外部导线不经过内部连接(既不直接也不经过电涌保护元件)连接到外壳。如果所有的端子和外部引线直接或通过元件连接到导电外壳,则不需进行本试验。
- b) 具有非导电外壳的 SPD,含有非导电支架或不含有支架:非导电外壳应紧紧包裹在导电金属箔内,距离任何非绝缘的引线或端子的 15 mm 内。电压应施加在导电金属箔和连接在一起的所有端子或外部引线之间。
- c) 具有非导电外壳和导电支架的 SPD:非导电外壳应紧紧包裹在导电金属箔内,距离任何非绝缘的引线,端子和金属安装支架的 15 mm 内。电压应施加在导电金属箔和连接在一起的所有端子,外部引线和安装支架之间。

注:绝缘试验的目的是确定在喷水和水浸试验中是否产生了可导致试品吸取导电性的液体的空隙。

合格判别标准:试验过程中测量得到的泄漏电流不应超过 25 mA。

#### M.4 温度循环试验

试验应根据标准 GB/T 2423.22—2012 进行下限温度为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,上限为 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的五个循环试验。半个循环的持续时间为 3 h,温度变化时间应控制在 30 s 内。

合格判别标准:在试验过程中和试验结束后,通过直观检查看看试品有无空隙、裂痕、起痕和表面腐蚀。残流不应超过 10%。应评估起痕、表面腐蚀和裂痕的程度,以确定这些情况是否会危害产品的外壳,从而满足本部分中其他电气和机械性能的要求。

#### M.5 抗腐蚀的验证

具有外露金属部件的 SPD 应进行本试验,并根据制造商的指引如正常使用状况进行安装。

试品的外壳应是新的并处于干净状态。试品应经过以下试验:

- 根据 GB/T 2423.4—2008 的试验 Db 进行湿热循环试验,在 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 95%的相对湿度下进行 24 h 的 12 次循环;
- 根据 GB/T 2423.17—2008 的试验 Ka 进行盐雾试验,在 $(35\pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度下进行 24 h 的 14 次循环。

试验后,试品应用自来水冲洗 5 min,在蒸馏水或去矿物质水中清洗,然后摇动或用风筒去除水滴。然后将待测试样本在正常工作条件下保存 2 h。

可通过直观检查判断是否发生以下情况进行合格判别:

- 没有生锈、裂化或其他变质的迹象。但是,任何保护层的表面劣化是允许的。如果有疑义,可参考标准 ISO 4628-3 来验证这些试品与样本一致。
- 密封没有被破坏。
- 任何可移动的部件(脱离器)的动作无需非正常的力。

附 录 N  
(资料性附录)  
测量准确度

IEC 61083-1 规定了模拟式和数字式的脉冲记录仪器,如带探针的数字示波器。模拟式记录器的上升时间应比信号上升时间快 5 倍,以确保在所显示的上升时间中,偏差小于 2%。数字式记录器的采样时间至少为  $30/TX$ ,其中  $TX$  是所需测量的时间间隔。在只要求冲击参数被分析的试验中,推荐使用额定分辨率为全偏差的 0.4%(即  $2^{-8}$  的全偏差)或准确度更高的仪器。在相关需要比对记录结果的测试中,应使用额定分辨率为全偏差的 0.2%(即  $2^{-9}$  的全偏差)或准确度更高的仪器。IEC 61083-1 也提出了某些特定波形的额外准确度参数。

附录 O  
(资料性附录)

连接至光伏系统直流侧的 SPD 的连接结构和过载特性试验的试品准备

O.1 I 型结构

I 型结构见图 O.1。

注：每个灰色阴影矩形代表一个或多个元件的串联或并联，下同。



图 O.1 I 型结构

I 型结构 SPD 过载特性试验的试品准备见图 O.2。

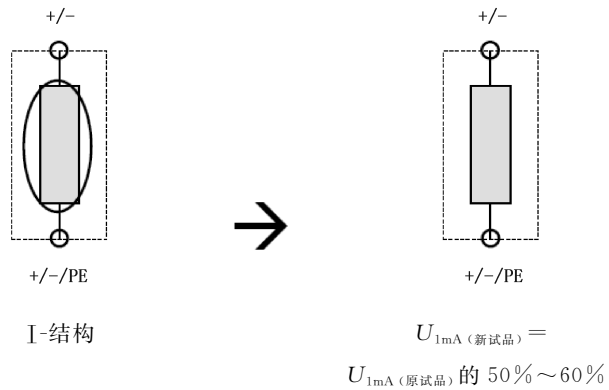


图 O.2 I 型结构 SPD 过载特性试验的试品准备

O.2 U 型结构

U 型结构见图 O.3。

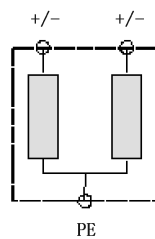


图 O.3 U 型结构

U 型结构 SPD 过载特性试验的试品准备见图 O.4。

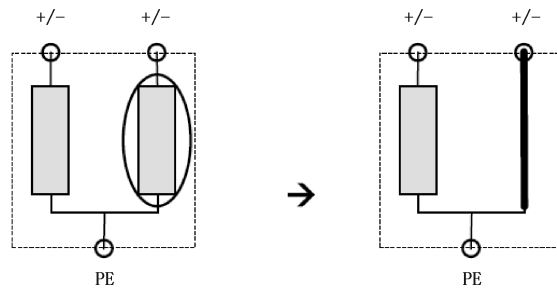


图 O.4 U 型结构 SPD 过载特性试验的试品准备

### O.3 L 型结构

L 型结构见图 O.5。

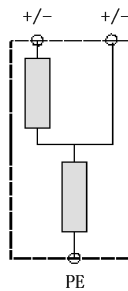


图 O.5 L 型结构

L 型结构 SPD 过载特性试验的试品准备见图 O.6。

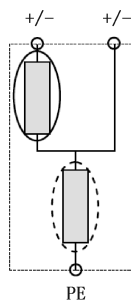


图 O.6 L 型结构 SPD 过载特性试验的试品准备

### O.4 Δ 型结构

Δ 型结构见图 O.7。

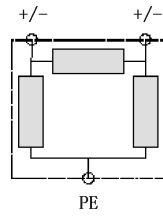


图 O.7 Δ 型结构

Δ 型结构 SPD 过载特性试验的试品准备见图 O.8。

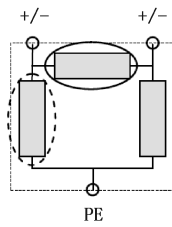


图 O.8 Δ 型结构 SPD 过载特性试验的试品准备

**O.5 Y 型结构**

Y 型结构见图 O.9。

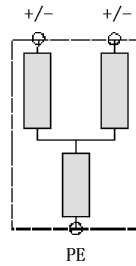


图 O.9 Y 型结构

Y 型结构 SPD 过载特性试验的试品准备见图 O.10。

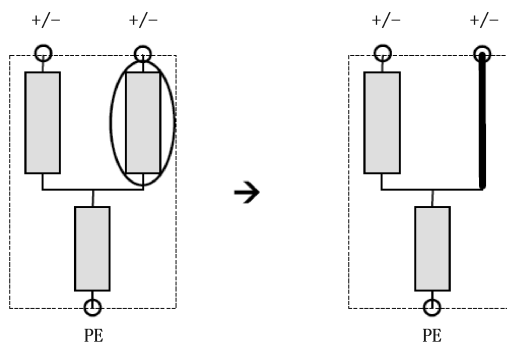
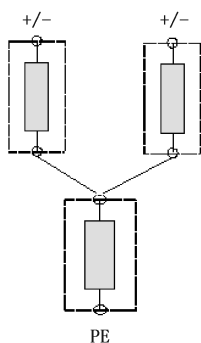


图 O.10 Y 型结构 SPD 过载特性试验的试品准备

**O.6 单一模块 SPD 连接成的 Y 型结构**

单一模块 SPD 连接成的 Y 型结构见图 O.11。



**图 O.11 单一模块 SPD 连接成的 Y 型结构**

单一模块 SPD 连接成的 Y 型结构 SPD 过载特性试验的试品准备与 Y 型结构相同。

**O.7 基于连接结构的试验应用**

基于连接结构的试验应用见表 O.1。

**表 O.1 基于连接结构的试验应用**

连接结构	I 型结构 (5.9.1)	U 型结构 (5.9.2)	L 型结构 (5.9.3)	Δ 型和 Y 型结构 (5.9.4 和 5.9.5)
在右侧所示的端子间进行测试	+/-/PE → +/-/PE	+ → -, + → PE, - → PE (只有当不同于 + → PE)	+ → - + → PE, - → PE	+ → -, + → PE (只有当不同于 + → -) - → PE (只有当不同于 + → PE)



**附录 P**  
**(规范性附录)**  
**TOV 值**

试验程序与制造商在 SPD 安装说明中用于低压配电系统型式及保护模式有关,见表 P.1。

**表 P.1 TOV 值**

应用模式	TOV 试验参数		
SPD 连接到	$t=5\text{ s}$ (用户装置内的低压系统故障) (4.3.2.2.5 的要求和 6.3.3.2.4.7 的试验)	$t=120\text{ min}$ (配电系统的低压系统故障和缺零) (4.3.2.2.5 的要求和 6.3.3.2.4.7 的试验)	$t=200\text{ ms}$ (高压系统的故障) (4.3.2.2.5 的要求和 6.3.3.2.4.5 的试验)
	耐受模式	耐受或可接受的安全失效模式	耐受或可接受的安全失效模式
	TOV 试验值 $U_T/V$		
TN 系统			
连接至 L-(PE)N 或 L-N	$1.32 \times U_{REF}$	$\sqrt{3} \times U_{REF}$	
连接至 N-PE			
连接至 L-L			
TT 系统			
连接至 L-PE	$\sqrt{3} \times U_{REF}$	$1.32 \times U_{REF}$	$1200\text{ V} + U_{REF}$
连接至 L-N	$1.32 \times U_{REF}$	$\sqrt{3} \times U_{REF}$	
连接至 N-PE			$1200\text{ V}$
连接至 L-L			
IT 系统			
连接至 L-PE			$1200\text{ V} + U_{REF}$
连接至 L-N	$1.32 \times U_{REF}$	$\sqrt{3} \times U_{REF}$	
连接至 N-PE			$1200\text{ V} + U_{REF}$
连接至 L-L			
<p><math>U_{REF}</math>:用于试验的参考试验电压,考虑到配电系统的最大电压波动(见附录 B)。</p> <p><math>U_0</math>:在 TN 或 TT 系统中,标称交流线对地电压的有效值;在 IT 系统中,相线和中性线或中线之间的标称交流电压,视情况而定(参见 GB 16895.10—2010 中 442.1.2)。</p> <p><math>1.32 \times</math>:当电压波动不超过 10%时,<math>U_{REF}=1.1 \times U_0</math>(参见 GB 16895.10—2010 中 442.5)。</p> <p><b>注:</b>由于在某些国家的电压波动超过 10%,本部分中的 <math>U_{REF}</math> 适用于普通情况。电压波动的进一步信息可见 GB/T 156—2007。</p>			

附录 Q  
(资料性附录)

高(中)压系统故障引起 TOV 下低压配电系统 SPD 试验的可选电路

中高压系统故障引起 TOV 下低压配电系统 SPD 试验的可选电路见图 Q.1 和图 Q.2。

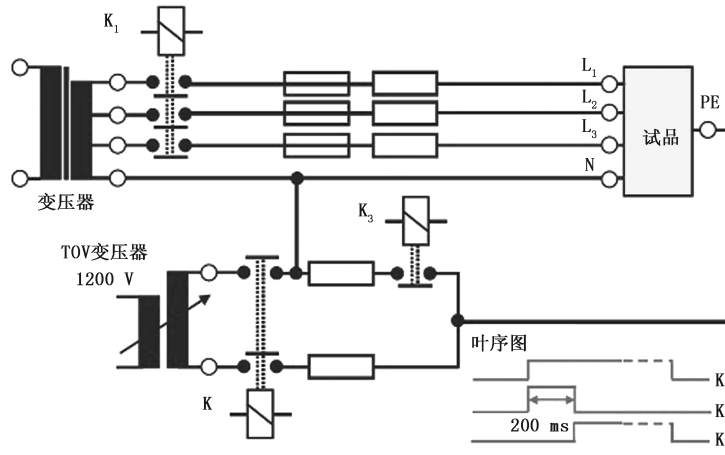


图 Q.1 用于中高压系统故障引起 TOV 下 SPD 试验的三相电路的范例

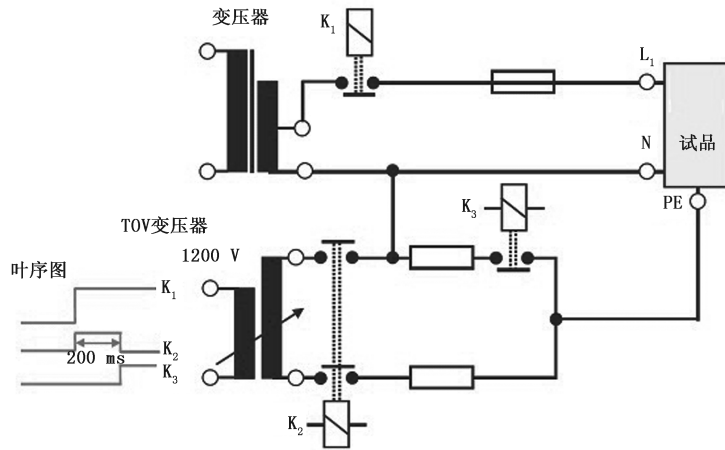


图 Q.2 用于中高压系统故障引起 TOV 下 SPD 试验的单相电路的范例

**附录 R**  
(规范性附录)

**连接至低压电气系统和光伏系统直流侧的 SPD 的温升限值**

低压电气系统 SPD 的温升限值见表 R.1。

**表 R.1 低压电气系统 SPD 的温升限值**

SPD 部件	温升限值 °C
内部元器件 <sup>a</sup>	满足单个元器件的相关产品标准的要求,或满足元器件制造商的声明 <sup>f</sup> ,考虑到 SPD 内的温度。
外部绝缘处理过的导体的端子	70 <sup>b</sup>
汇流排和导体,连接汇流排的可移除或可更换部件的插入式接触体	受限于: ——导体材料的机械强度 <sup>g</sup> ; ——对附近设备可能发生的影响; ——接触导体的绝缘材料的允许温度限值; ——导体温度对与其连接的设备的影响; ——对于插入式接触,接触材料的自然处理和表面处理。
手动操作手段: ——金属的;	15 <sup>c</sup>
——绝缘材料的	25 <sup>c</sup>
可触及的外壳和盖子: ——金属表面;	30 <sup>d</sup>
——绝缘表面	40 <sup>d</sup>
插头和插座连接的离散分布	取决于它们构成某部分的相关设备的那些元器件的限制 <sup>e</sup> 。
<p><sup>a</sup> 术语“内部元器件”指: ——常规的开关设备和控制设备; ——电子部件(如镇流器电桥,印刷电路板); ——设备的一部分(如调压器,电源稳压单元,运算放大器)。</p> <p><sup>b</sup> 在安装条件下使用或测试的 SPD 可能有连接、类型、性质和配置将与测试所采用的不同,并可能导致终端的温升不同。当内部元器件的端子也是外部经过绝缘处理的导体的端子,因采用对应的温升限值的较低值。</p> <p><sup>c</sup> 手动部件指只有被打开之后才可以触及的 SPD 的内部,例如不经常操作的拉出式手柄,在这些温升限值上可以允许有 25 °C 的提高。</p> <p><sup>d</sup> 除非有其他的指定,对于可以被接触到但是在正常使用下无需被触摸的盖子和外壳,在温升限值上允许有 10 °C 的提高。</p> <p><sup>e</sup> 在设备方面(如电子装置)允许有灵活度,它们的温升限值不同于开关设备和控制设备。</p> <p><sup>f</sup> 对于根据 6.3.6.1.2 进行的温升试验,温升限值应该由制造商指定。</p> <p><sup>g</sup> 如果其他的判据都满足,裸露的铜汇流排和导体不能超过 105 K 的最大温升,因为温升超过 105 °C 的温度有可能令铜出现退火。</p>	

参 考 文 献

- [1] GB/T 156—2007 标准电压
- [2] GB/T 2421.1—2008 电工电子产品环境试验 概述和指南(IEC 60068-1:1988,IDT)
- [3] GB/T 2423.34—2012 环境试验 第2部分:试验方法 试验Z/AD:温度/湿度组合循环试验(IEC 60068-2-38:2009,IDT)
- [4] GB/T 3398.2—2008 塑料 硬度测定 第2部分:洛氏硬度(ISO 2039-2:1987,IDT)
- [5] GB/T 4798.3—2007 电工电子产品应用环境条件 第3部分:有气候防护场所固定使用(IEC 60721-3-3:2002,MOD)
- [6] GB 4943.1—2011 信息技术设备 安全 第1部分:通用要求(IEC 60950-1:2005,MOD)
- [7] GB 11032—2010 交流无间隙金属氧化物避雷器(IEC 60099-4:2006,MOD)
- [8] GB 14048.1—2012 低压开关设备和控制设备 第1部分:总则(IEC 60947-1:2011,MOD)
- [9] GB 14048.5—2008 低压开关设备和控制设备 第5-1部分:控制电路电器和开关元件 机电式控制电路电器(IEC 60947-5-1:2003,MOD)
- [10] GB/T 14733.2—2008 电信术语 传输线与波导(IEC 60050-726:1982, IDT)
- [11] GB/T 14733.7—2008 电信术语振荡、信号和相关器件(IEC 60050(702):1992,IDT)
- [12] GB/T 16422.1—2006 塑料 实验室光源暴露试验方法 第1部分:总则(ISO 4892-1:1999,IDT)
- [13] GB/T 16422.2—2014 塑料 实验室光源暴露试验方法 第2部分:氙弧灯(ISO 4892:2006,IDT)
- [14] GB/T 16422.3—2014 塑料 实验室光源暴露试验方法 第3部分:荧光紫外灯(ISO 4892-3:2006,IDT)
- [15] GB/T 16895.10—2010 低压电气装置 第4-44部分:安全防护 电压骚扰和电磁骚扰防护(IEC 60364-4-44:2007, IDT)
- [16] GB/T 16895.18—2010 建筑物电气装置 第5-51部分:电气设备的选择和安装 通用规则(IEC 60364-5-51:2005, IDT)
- [17] GB 16895.22—2004 建筑物电气装置 第5-53部分:电气设备的选择和安装-隔离、开关和控制设备 第534节:过电压保护电器(IEC 60364-5-53:2001, IDT)
- [18] GB 16916.1—2003 家用和类似用途的不带过电流保护的剩余电流动作断路器(RCCB) 第1部分:一般规则(IEC 61008-1:1996,MOD)
- [19] GB/T 16927.2—2013 高电压试验技术 第2部分:测量系统(eqv IEC 60060-2:2010,MOD)
- [20] GB/Z 16935.2—2013 低压系统内设备的绝缘配合 第2-1部分:应用指南 GB/T 16935系列应用解释,定尺寸示例及介电试验(IEC/TR 60664-2-1,IDT)
- [21] GB 17465(所有部分) 家用和类似用途器具耦合器(IEC 60320)
- [22] GB/T 17626(所有部分) 电磁兼容(IEC 61000,EMC)
- [23] GB/T 17627.1—1998 低压电气设备的高电压试验技术 第一部分:定义和试验要求(IEC 61180-1:1992,IDT)
- [24] GB/T 18233—2008 信息技术 用户建筑群的通用布缆(ISO/IEC 11801:2002,IDT)
- [25] GB/T 18802.1—2011 低压电涌保护器(SPD) 第1部分 低压配电系统的电涌保护器:性能要求与试验方法(IEC 61643-1:2005,MOD)
- [26] GB/T 18802.12—2014 低压电涌保护器(SPD) 第12部分:低压配电系统的电涌保护器

选择和使用导则(IEC 61643-12:2002,IDT)

[27] GB/T 18802.21—2004 低压电涌保护器 第21部分:电信和信号网络的电涌保护器(SPD) 性能要求和试验方法(IEC 61643-21:2000,IDT)

[28] GB/T 18802.22—2008 低压电涌保护器 第22部分 电信和信号网络的电涌保护器(SPD)选择和使用导则(IEC 61643-22:2004,IDT)

[29] GB/T 18802.31—2016 低压电涌保护器 特殊应用(含直流)的电涌保护器 第31部分:用于光伏系统的电涌保护器(SPD) 性能要求和试验方法

[30] GB/T 21714.1—2015 雷电防护 第1部分:总则(IEC 62305-1:2010,IDT)

[31] GB/T 21714.4—2008 雷电防护 第4部分:建筑物内电气和电子系统(IEC 62305-4-2006,IDT)

[32] IEC 60050-151:2001 国际电工词汇 第151部分:电和磁的器件

[33] IEC 60999-1 连接器件 铜导线 螺纹型和无螺纹型夹紧件的安全要求 第1部分:0.2 mm<sup>2</sup>到(包括)35 mm<sup>2</sup>导线用夹紧件的一般要求和特殊要求

[34] IEC 61643-11:2011 低压电涌保护器(SPD) 第11部分:低压电力系统的电涌保护器:性能要求和试验方法

[35] IEC 61643-21:2012 低压电涌保护器(SPD) 第21部分:电信和信号网络的电涌保护器性能要求和试验方法

[36] IEC 62305(所有部分) 雷电防护

[37] EN 50521:2008+A1:2012 光伏系统连接器 安全要求和试验

[38] IEEE C 62.36:1994 IEEE 标准——低压数据、通信和信号电路中使用的冲击保护器的试验方法(ANSI)

[39] IEEE C62.45:2002 连接到低压交流电源中的设备的电涌试验指南

[40] IEEE C62.64:2009 IEEE 标准——低压数据、通信和信号电路中使用的冲击保护器的技术规范

[41] ISO 4628-3 Paints and varnishes-Evaluation of degradation of coatings Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance Part 3: Assessment of degree of rusting

[42] ITU-T K.12:2010 用于保护电信设施的气体放电管的特性

[43] ITU-T K.20:2011 电信交换设备耐过电压和过电流的能力

[44] ITU-T K.21:2011 用户终端耐过电压和过电流的能力

[45] ITU-T K.28:2012 电信设备保护用半导体避雷器组件的特性

[46] ITU-T K.30:2004 自恢复过电流保护器

[47] ITU-T K.44:2013 对于暴露在过压和过流状态中的通信设备的抵抗力测试 基本建议

[48] ITU-T K.45:2011 安装在接入和主干网络中用于耐过电压和过电流的通信设备的抵抗力

[49] ITU-T K.55:2002 绝缘置换连接器(IDC)中止的过电压和过电流要求 K系列:干涉保护

[50] ITU-T K.65:2011 具有测试端口或保安单元插口的配线模块的过电压和过电流要求

[51] ITU-T K.82:2010 用于保护通信装置的固态自恢复过流保护器的特性和额定值

[52] ITU-T O.9:1999 评价对地不平衡度的测量装置

[53] ASTM G151 Standard Practice for Exposing Non-metallic Materials in Accelerated Test Devices that Use Laboratory Light Sources

中华人民共和国  
气象行业标准  
电涌保护器 第1部分:性能要求和试验方法  
QX/T 10.1—2018

\*

气象出版社出版发行  
北京市海淀区中关村南大街46号  
邮政编码:100081  
网址:<http://www.qxcbs.com>  
发行部:010-68408042  
北京中科印刷有限公司印刷  
各地新华书店经销

\*

开本:880×1230 1/16 印张:8.75 字数:270千字  
2019年10月第一版 2019年10月第一次印刷

\*

书号:135029-6042 定价:135.00元

如有印装差错 由本社发行部调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68406301