



中华人民共和国气象行业标准

QX/T 781—2025

电涌保护器 第 4 部分： 在光伏系统中的选择和使用原则

Surge protective devices—
Part 4: Connected to the photovoltaic installations selection and application
principles

2025-08-06 发布

2025-12-01 实施

中 国 气 象 局 发 布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 SPD 的选择	3
4.1 交流侧 SPD 选择	3
4.2 直流侧 SPD 选择	3
4.3 自动控制单元 SPD 选择	5
5 SPD 的使用	6
5.1 在不同外部 LPS 情况下使用 SPD	6
5.2 交流侧 SPD 的使用	9
5.3 直流侧 SPD 的使用	10
5.4 自动控制单元 SPD 的使用	11
5.5 SPD 的(接地线)等电位连接	11
5.6 SPD 的协调配合	12
附录 A(资料性) 光伏电源的特性	13
附录 B(规范性) 根据简化方法确定 SPD 的 I_{imp} 或 I_n 的值	14
B.1 建筑物	14
B.2 光伏发电厂	16
附录 C(资料性) SPD 设置和等电位连接导体尺寸示例	18
参考文献	22

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是 QX/T 10《电涌保护器》的第4部分。QX/T 10 已经发布了以下部分：

- 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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国雷电灾害防御行业标准化技术委员会提出并归口。

本文件起草单位：上海市气象灾害防御技术中心、上海市避雷装置检测站有限公司、江西省气象灾害防御技术中心、日喀则市气象局、上海市气象信息与技术支持中心。

本文件主要起草人：赵洋、林毅、杨震、严岩、丁海芳、李玉塔、大格桑卓玛、彭慧。

引 言

QX/T 10《电涌保护器》旨在确立普遍适用于电涌保护器的性能要求、试验方法以及在不同电源系统中选择和使用电涌保护器的原则,拟由四个部分构成。

——第1部分:性能要求和试验方法。目的在于确立电涌保护器在低压电气系统、电子系统信号网络以及光伏系统中的性能要求和通过试验来检验电涌保护器性能的方法。

——第2部分:在低压电气系统中的选择和使用原则。目的在于确立在交流低压电气系统和直流低压电气系统中选择和使用电涌保护器的原则。

——第3部分:在电子系统信号网络中的选择和使用原则。目的在于确立在不同防雷区的电子系统信号网络中选择和使用电涌保护器的原则。

——第4部分:在光伏系统中的选择和使用原则。目的在于确立在不同位置和不同类型的光伏系统中选择和使用电涌保护器的原则。

电涌保护器

第 4 部分：在光伏系统中的选择和使用原则

1 范围

本文件规定了光伏系统交流侧电涌保护器 (SPD) 选择、直流侧 SPD 选择、用于自动控制单元 SPD 选择、在不同外部防雷装置 (LPS) 情况下使用 SPD、交流侧 SPD 的使用、直流侧 SPD 的使用、自动控制单元 SPD 的使用、SPD 的等电位连接以及 SPD 的协调配合的要求。

本文件适用于连接至交流侧电压有效值不超过 1000 V (50 Hz 或 60 Hz) 和直流侧电压不超过 1500 V 的光伏系统 SPD 的选择和使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 16895.22—2022 低压电气装置 第 5-53 部分：电气设备的选择和安装 用于安全防护、隔离、通断、控制和监测的电器

GB/T 16895.32—2021 低压电气装置 第 7-712 部分：特殊装置或场所的要求 太阳能光伏 (PV) 电源系统

GB/T 36963—2018 光伏建筑一体化系统防雷技术规范

QX/T 10.1—2018 电涌保护器 第 1 部分：性能要求和试验方法

QX/T 10.2—2018 电涌保护器 第 2 部分：在低压电气系统中的选择和使用原则

QX/T 10.3—2019 电涌保护器 第 3 部分：在电子系统信号网络中的选择和使用原则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

光伏组件 photovoltaic module

具有完整保护的互连光伏电池的最小组合。

[来源：GB/T 16895.32—2021, 712.3.2, 有修改]

3.2

光伏方阵 photovoltaic array

相互电气连接的光伏组件 (3.1)、光伏组串或光伏子方阵的集合。

注 1：光伏方阵包括直至逆变器或直流负载输入端的所有部件。光伏方阵不包括光伏方阵的设备基础、跟踪装置、热控和其他类似部件。

注 2：光伏方阵的结构包括由单个光伏组件、单个光伏组串、多个并联光伏组串或多个并联光伏子方阵及其相关电气部件组成。光伏方阵的边界指光伏方阵隔离电器的输出端一侧。

[来源：GB/T 16895.32—2021, 712.3.4, 有修改]

3.3

光伏系统 photovoltaic installation

光伏电源系统的组成设备。

[来源:GB/T 16895.32—2021,712.3.11,有修改]

3.4

雷电防护装置 lightning protection system;LPS

用以减小雷击建筑物造成物理损坏的整个系统。

注:由外部雷电防护装置和内部雷电防护装置组成。

[来源:GB/T 21714.3—2015,3.1]

3.5

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:SPD具有适当的连接装置,是一个装配完整的部件。

[来源:QX/T 10.1—2018,3.1.1,有修改]

3.6

间隔距离 separation distance;S

使两个导体之间不会出现危险火花的距离。

[来源:GB/T 19663—2022,5.3.7]

3.7

防雷等电位连接 lightning equipotential bonding;LEB

将分开的诸金属物体直接用连接导体或经电涌保护器连接到雷电防护装置(3.4)上以减少雷电流引发的电位差。

[来源:GB/T 19663—2022,5.3.4,有修改]

3.8

等电位连接导体 bonding conductor

将分开的诸导电性物体连接到雷电防护装置(3.4)的导体。

[来源:GB/T 19663—2022,5.3.6,有修改]

3.9

开路模式 Open-Circuit Mode;OFM

在光伏系统(3.3)过载条件下,装置发生脱离的特性。

[来源:QX/T 10.1—2018,3.1.70,有修改]

3.10

短路模式 Short-Circuit Mode;SCM

在光伏系统(3.3)过载条件下,装置转变成类似短路状态的特性。

[来源:QX/T 10.1—2018,3.1.71,有修改]

3.11

额定冲击耐受电压 rated impulse withstand voltage

U_{imp}

制造商对设备或其部件规定的冲击耐受电压值,以表征其绝缘规定的耐受瞬态过电压的能力。

[来源:GB/T 16935.1—2023,3.1.19]

4 SPD 的选择

4.1 交流侧 SPD 选择

4.1.1 根据最大持续工作电压(U_c)选择交流侧 SPD

SPD 的 U_c 值应符合 GB/T 36963—2018 中 5.3.6 和 QX/T 10.2—2018 中 6.3.1.5 的规定。

4.1.2 根据标称放电电流(I_n)和冲击放电电流(I_{imp})选择交流侧 SPD

4.1.2.1 I 类试验 SPD 的 I_{imp} 应符合 GB/T 16895.22—2022 中 534 和 QX/T 10.2—2018 中 6.3.1.1 的规定。

4.1.2.2 II 类试验 SPD 的 I_n 不应小于 5 kA(8/20 μ s)。

4.1.2.3 QX/T 10.2—2018 附录 D 给出了根据雷电防护等级(LPL)来确定 I_{imp} 的简化方法。

4.1.3 根据电压保护水平(U_p)选择交流侧 SPD

4.1.3.1 200V/380V 交流系统,被保护对象的 U_{imp} 为 2.5 kV。

4.1.3.2 SPD 的 U_p 应低于被保护对象的 U_{imp} 。

4.1.3.3 被保护对象 U_{imp} 与 SPD 的 U_p 之间应保持至少 20% 的安全裕度(见 QX/T 10.2—2018 和 GB/T 21714.4—2015)。

4.2 直流侧 SPD 选择

4.2.1 根据光伏系统的最大持续工作电压(U_{CPV})选择直流侧 SPD

4.2.1.1 光伏方阵是非线性直流电源,其结构和 U - I 特性见附录 A。确定 U_{CPV} 时应考虑直流纹波。

4.2.1.2 光伏方阵的最大开路电压($U_{OC\ MAX}$)按 GB/T 16895.32—2021 附录 B 的方法计算。

4.2.1.3 SPD 的 U_{CPV} 应不小于光伏方阵的 $U_{OC\ MAX}$ 。

4.2.1.4 当逆变器无隔离功能且光伏系统采用反 PID 措施时, U_{CPV} 应符合 GB/T 36963—2018 中 5.3.6 c)的要求。

4.2.2 根据标称放电电流(I_n)和冲击放电电流(I_{imp})选择直流侧 SPD

4.2.2.1 I 类试验 SPD 的 I_{imp} 应按附录 B 的方法选择。当附录 B 没有相应数据时,在 III 类或 IV 类雷电防护水平下,SPD 每种保护模式的 I_{imp} 为 12.5 kA。

4.2.2.2 II 类试验 SPD 每种保护模式的 I_n 应不小于 5 kA。

4.2.3 根据电压保护水平(U_p)选择直流侧 SPD

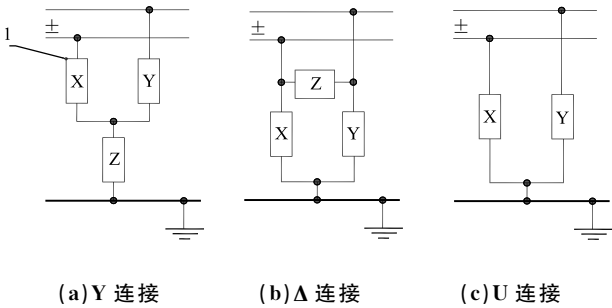
4.2.3.1 被保护对象的 U_{imp} 应从表 1 中选取。

表 1 光伏方阵和逆变器之间的设备额定冲击耐受电压 U_{imp}

$U_{OC\ MAC}$ V	U_{imp} V			
	B 类组件基本绝缘	逆变器	其他设备	A 类组件和其他具有双重/加强绝缘的设备
100	800	2500 (最低要求)	800	1500
150	1500		1500	2500
300	2500		2500	4000
424	4000		4000	4000
600	4000	4000	4000	6000
800	5000		5000	6000
849	6000		6000	8000
1000	6000	6000	6000	8000
1500	8000	8000	8000	12000

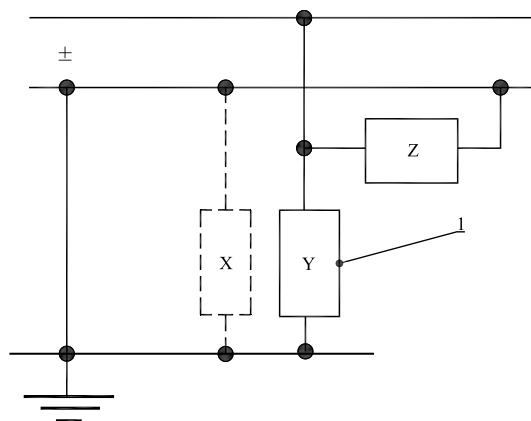
4.2.3.2 SPD 的 U_p 应低于被保护对象的 U_{imp} 。被保护对象 U_{imp} 与 SPD 的 U_p 之间应保持至少 20% 的安全裕度(见 QX/T 10.2—2018 和 GB/T 21714.4—2015)。

4.2.3.3 由单极 SPD 组成的 SPD 电路(见图 1 和图 2 的 X,Y,Z),或者多极 SPD,如果有的保护模式未获得制造商宣称,应通过叠加单极 SPD 的电压保护水平获得总的电压保护水平。



标引序号说明:
1——具有单一保护模式的 SPD 或多极 SPD 的 SPD 模块。

图 1 直流侧不接地的单极 SPD 组合方式和多极 SPD 结构



标引序号说明：

1——具有单一保护模式的 SPD 或多极 SPD 模块。

图 2 直流侧可靠接地的单极 SPD 组合方式和多极 SPD 结构

4.2.4 根据短路电流额定值 I_{SCPV} 选择直流侧 SPD

4.2.4.1 光伏方阵的最大短路电流 $I_{SC\ MAX}$ 应按 GB/T 16895.32—2021 附录 B 的方法计算。

4.2.4.2 SPD 短路电流额定值 I_{SCPV} 不应小于 SPD 设置处光伏方阵的 $I_{SC\ MAX}$ 。

4.2.4.3 SPD 应配备适用于在任何阳光辐照条件(高或低)和任何光伏方阵提供的电流水平下工作的专用保护装置。

4.2.4.4 下列设备应能确保 SPD 安全断开或安全短路：

- a) 内置脱离器,能将 SPD 脱离直流电源,达到开路模式(OCM)；
- b) 与 SPD 串联的外部脱离器能与 SPD 的过载作用相协调,达到开路模式(OCM)(例如:熔断器或类似的其他过流保护元件)；
- c) 用于将 SPD 短路的内部装置(SC 装置),能在任何时间耐受 I_{SCPV} ,达到安全短路模式(SCM)。

4.2.4.5 SPD 制造商应提供脱离装置或短路装置的特性。

4.2.4.6 SPD 的失效模式包括:开路模式(OCM)和短路模式(SCM)。

4.2.4.7 按 SPD 制造商提供的信息考虑保护器件特征(例如脱离装置,SC 装置等)对直流系统的影响。

4.2.4.8 具有短路模式(SCM)的插拔式 SPD 的后备保护装置应具有不低于 $I_{SC\ MAX}$ 的隔离能力和分断能力。

4.2.5 根据 SPD 结构选择直流侧 SPD

4.2.5.1 SPD 使用电压限制型、电压开关型或两者的组合作为保护元件。图 1 和图 2 给出了直流侧单极 SPD 组合方式和多极 SPD 结构。

4.2.5.2 SPD 模块(图 1 和图 2 的 X、Y 和 Z)是不同于多极 SPD 的单一保护模式。

4.2.5.3 制造商未宣称每种保护模式的电压保护水平时,应叠加单个模块 SPD 的电压保护水平以获得总电压保护水平。

4.2.5.4 图 2 中 X 与光伏系统直流侧可靠接地之间的距离小于 1 m 时,可不需要 X。

4.3 自动控制单元 SPD 选择

应符合 GB/T 36963—2018 和 QX/T 10.3—2019 的规定。

5 SPD 的使用

5.1 在不同外部 LPS 情况下使用 SPD

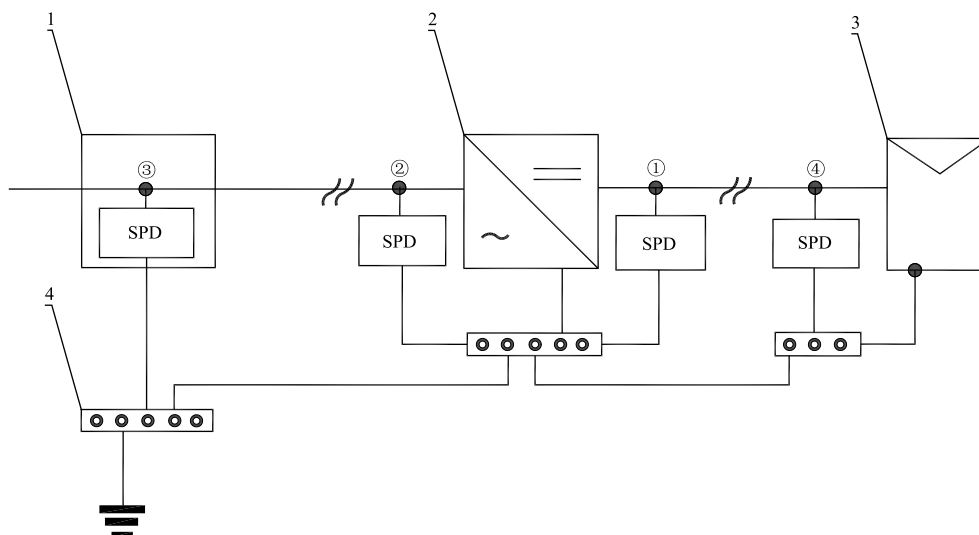
5.1.1 无外部 LPS 的光伏系统

5.1.1.1 SPD 试验等级和接地导体最小横截面积应符合表 2 的规定。

表 2 SPD 试验等级和接地导体横截面积

光伏系统外部 LPS 情况	SPD 试验等级和相应的接地导体横截面积		
	SPD 位于图 3、图 4 和 图 5 的位置③ ^b	SPD 位于图 3、图 4 和 图 5 的位置② ^c	SPD 位于图 3、图 4 和 图 5 的位置① ^d 和④ ^e
光伏系统无外部 LPS ^a	SPD 根据 QX/T 10.1—2018 连接至低压电气系统的 SPD 的 I 类试验要求:16 mm ²	SPD 根据 QX/T 10.1—2018 连接至低压电气系统的 SPD 的 II 类试验要求 ^f :6 mm ²	SPD 根据 QX/T 10.1—2018 连接至光伏系统直流侧的 SPD 的 II 类试验要求 ^f :6 mm ²
	SPD 根据 QX/T 10.1—2018 连接至低压电气系统的 SPD 的 II 类试验要求 ^f :6 mm ²		
建筑物外部 LPS 满足安全间隔距离	SPD 根据 QX/T 10.1—2018 连接至低压电气系统的 SPD 的 I 类试验要求:16 mm ²	SPD 根据 QX/T 10.1—2018 连接至低压电气系统的 SPD 的 II 类试验要求 ^f :6 mm ²	SPD 根据 QX/T 10.1—2018 连接至光伏系统直流侧的 SPD 的 II 类试验要求:6 mm ²
建筑物外部 LPS 不满足安全间隔距离	SPD 根据 QX/T 10.1—2018 连接至低压电气系统的 SPD 的 I 类试验要求:16 mm ²	SPD 根据 QX/T 10.1—2018 连接至低压电气系统的 SPD 的 I 类试验要求 ^f :16 mm ²	SPD 根据 QX/T 10.1—2018 连接至光伏系统直流侧的 SPD 的 I 类试验要求:16 mm ²
^a 根据风险评估结果,光伏系统无需外部 LPS 的情况。 ^b 主配电柜内。 ^c 靠近逆变器交流侧。 ^d 靠近逆变器直流侧。 ^e 靠近光伏方阵处。 ^f 必要时。			

5.1.1.2 SPD 应设置在图 3 所示位置。



标引序号说明:

- 1——主配电柜;
- 2——光伏逆变器;
- 3——光伏方阵;
- 4——主接地极。

图 3 无外部 LPS 情况的 SPD 设置图

5.1.1.3 下列情况不必在图 3 位置②设置 SPD:

- a) 主配电柜的 SPD 与逆变器之间的距离小于 10 m, 并且 PE 导线靠近交流导线;
- b) 逆变器和主配电柜连接到同一个接地极, 并且 SPD 连接导线长度均小于等于 0.5 m (例如逆变器位于主配电柜内)。

5.1.1.4 下列情况不必在图 3 位置④设置 SPD:

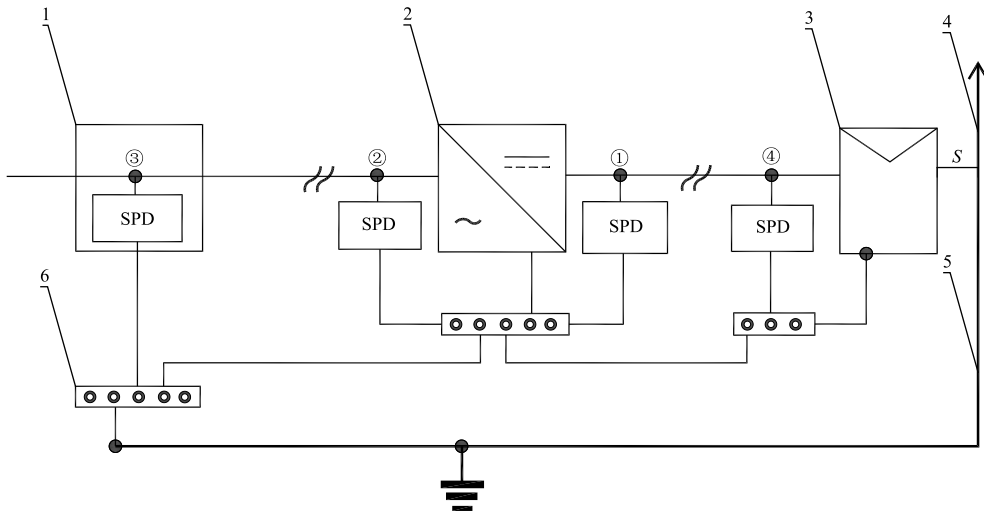
- a) 逆变器和光伏方阵之间的距离小于 10 m, 并且图 3 位置①的 SPD 的电压保护水平(U_p)小于等于光伏方阵 0.8 倍额定冲击耐受电压 U_{imp} ;
- b) 图 3 位置①的 SPD 电压保护水平(U_p)小于等于光伏方阵 0.5 倍额定冲击耐受电压 U_{imp} , 并且 PE 导线靠近直流导线。

5.1.2 外部 LPS 满足安全间隔距离(S)要求的光伏系统

5.1.2.1 SPD 试验等级和接地导体最小横截面积应符合表 2 的规定。

5.1.2.2 外部 LPS 与被保护装置隔离的方法仅可用于光伏系统附近(部分隔离的 LPS)。

5.1.2.3 SPD 应设置在图 4 所示位置。



标引序号说明：

- 1——主配电柜；
- 2——光伏逆变器；
- 3——光伏方阵；
- 4——LPS 的接闪系统；
- 5——LPS 的引下线；
- 6——主接地极。

图 4 外部 LPS 满足安全间隔距离情况的 SPD 设置图

5.1.2.4 下列情况不必在图 4 位置②设置 SPD：

- a) 主配电柜和逆变器中的 SPD 之间的距离小于 10 m；
- b) 逆变器与主配电柜连接到同一个接地极，并且电缆长度均小于等于 0.5 m（例如逆变器位于主配电柜内）。

5.1.2.5 下列情况不必在图 4 位置④设置 SPD：

- a) 逆变器和光伏方阵之间的距离小于 10 m，并且图 4 位置①的 SPD 电压保护水平(U_p)小于等于光伏方阵 0.8 倍额定冲击耐受电压 U_{imp} ；
- b) 图 4 位置①的 SPD 电压保护水平(U_p)小于等于光伏方阵 0.5 倍额定冲击耐受电压 U_{imp} ，并且 PE 导线靠近直流导线。

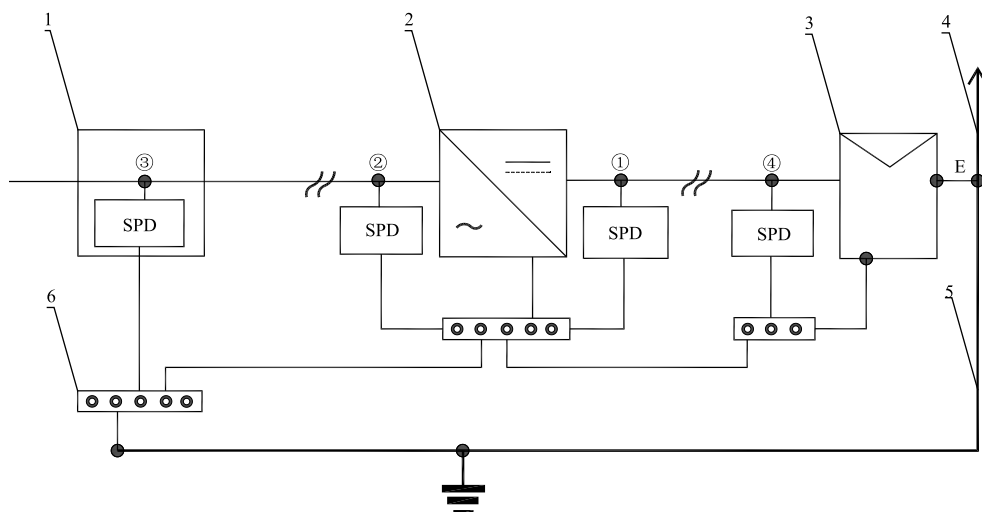
5.1.3 外部 LPS 不满足安全间隔距离(S)要求的光伏系统

5.1.3.1 SPD 试验等级和接地导体最小横截面积应符合表 2 的规定。

5.1.3.2 光伏系统与 SPD 连接到相同的防雷等电位连接带时，SPD 应符合 I 类试验要求。

5.1.3.3 交直流导体可视为防雷等电位连接带的并联导体。图 B.1、表 B.1 和表 B.2 提供了有关 SPD 设置的更多信息。

5.1.3.4 SPD 应设置在图 5 所示位置。



标引序号说明：

- 1——主配电柜；
- 2——光伏逆变器；
- 3——光伏方阵；
- 4——LPS 的接闪系统；
- 5——LPS 的引下线；
- 6——主接地极。

图 5 外部 LPS 不满足安全间隔距离情况的 SPD 设置图

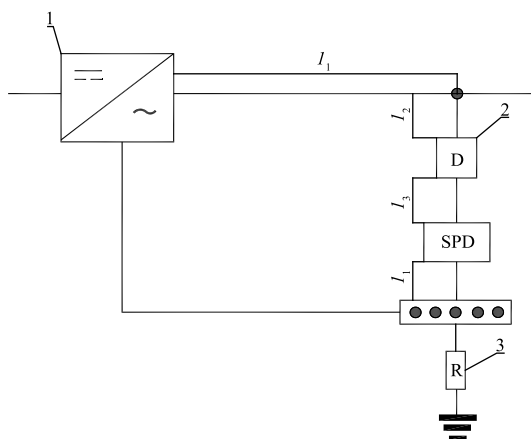
5.1.3.5 图 5 位置①和②的 SPD 应靠近逆变器。图 5 位置④的 SPD 应靠近光伏方阵。

5.1.3.6 逆变器和主配电柜连接到同一个接地极，并且连接电缆长度小于等于 0.5 m 时（例如逆变器位于主配电柜内），不必在图 5 位置②设置 SPD。

5.2 交流侧 SPD 的使用

5.2.1 交流侧 SPD 的位置

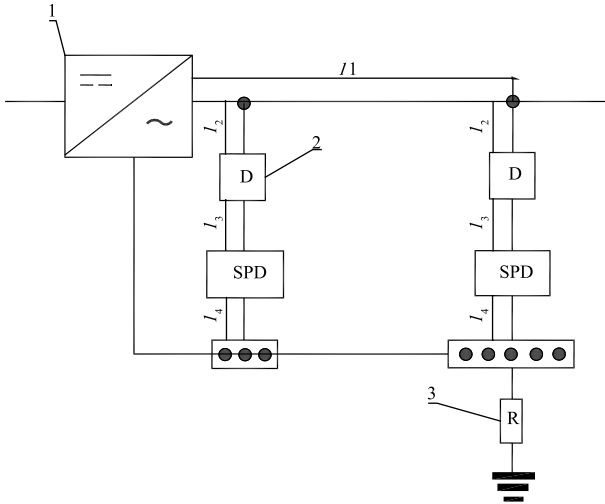
交流侧 SPD 应设置在图 6 和图 7 所示位置。



标引序号说明：

- 1——光伏逆变器；
- 2——SPD 外部脱离器；
- 3——接地电阻。

图 6 靠近逆变器交流侧的 SPD 设置图



标引序号说明：

- 1——光伏逆变器；
- 2——SPD 外部脱离器；
- 3——接地电阻。

图 7 远离逆变器交流侧的 SPD 设置图

5.2.2 交流侧 SPD 的设置

SPD 应靠近电气装置起点位置。SPD 与逆变器之间的距离(图 6 和图 7 的 l_1)应：

- a) 小于 10 m 时,至少设置一组 SPD;
- b) 不小于 10 m 时,设置两组 SPD,并且 PE 线路靠近交流线路。

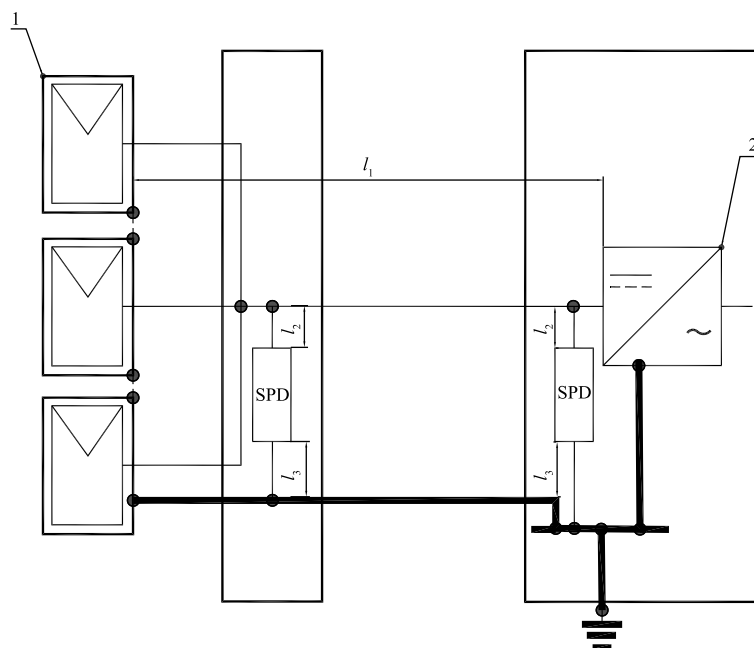
5.2.3 交流侧 SPD 的接线

SPD 接线总长度(图 6 和图 7 的 $l_2 + l_3 + l_4$)不宜大于 0.5 m。当 SPD 接线总长度超过 0.5 m 时,接线应符合 GB/T 16895.22—2022 中 534.4.8 的要求。

5.3 直流侧 SPD 的使用

5.3.1 直流侧 SPD 的位置

直流侧 SPD 应设置在图 8 所示位置。



标引序号说明：

- 1——光伏方阵；
2——光伏逆变器。

图 8 直流侧 SPD 设置图

5.3.2 直流侧 SPD 的设置

SPD 应靠近逆变器。SPD 在无外部 LPS 或外部 LPS 满足安全间隔距离要求的光伏系统直流侧使用,并且光伏组件与逆变器之间的距离(图 8 的 l_1)应:

- 小于 10 m 时,至少设置一组 SPD;
- 不小于 10 m 时,设置两组 SPD。

5.3.3 直流侧 SPD 的接线

SPD 接线总长度(图 8 的 $l_2 + l_3$)宜不大于 0.5 m。SPD 接线总长度超过 0.5 m 时,接线应符合 GB/T 16895.22—2022 中 534.4.8 的要求。

5.4 自动控制单元 SPD 的使用

用于自动控制单元的 SPD 应按 QX/T 10.3 第 7 章规定使用,见图 C.1、图 C.2、图 C.3 所示。

5.5 SPD 的(接地线)等电位连接

5.5.1 SPD 等电位连接导线

SPD 的(接地线)等电位连接应符合下列要求:

- 预期传导部分雷电流时,使用横截面积不小于 16 mm^2 的铜线,或等效载流能力导体;
- 预期仅传导感应雷电流或连接到导电部件时,使用横截面积不小于 6 mm^2 的铜线,或等效载流能力导体;
- 光伏方阵没有受到 LPS 保护时,所有等电位连接导线的横截面积不应小于 6 mm^2 ;

- d) 光伏方阵受满足安全间隔距离的 LPS 保护时,所有等电位连接导线的横截面积不应小于 6 mm^2 ,但用于主配电柜中 I 类试验 SPD 的接地导线除外,见图 C.4;
- e) 当光伏方阵受不满足安全间隔距离的 LPS 保护时,外部 LPS 与光伏方阵的金属结构之间应增加直接连接,此连接应具有承受部分雷电流的能力,所有等电位连接导线的横截面积不应小于 16 mm^2 ,但用于逆变器接地的等电位连接带除外,见图 C.5。

5.5.2 用于保护逆变器的 SPD 的等电位连接

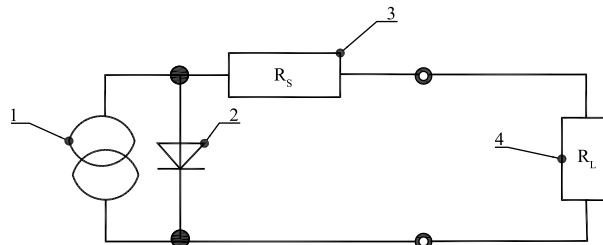
用于保护逆变器的 SPD 的接地应与逆变器的接地直接连接。

5.6 SPD 的协调配合

多级 SPD 间的协调配合应符合 QX/T 10.2—2018 和 QX/T 10.3—2019 的规定以及制造商的说明。

附录 A (资料性) 光伏电源的特性

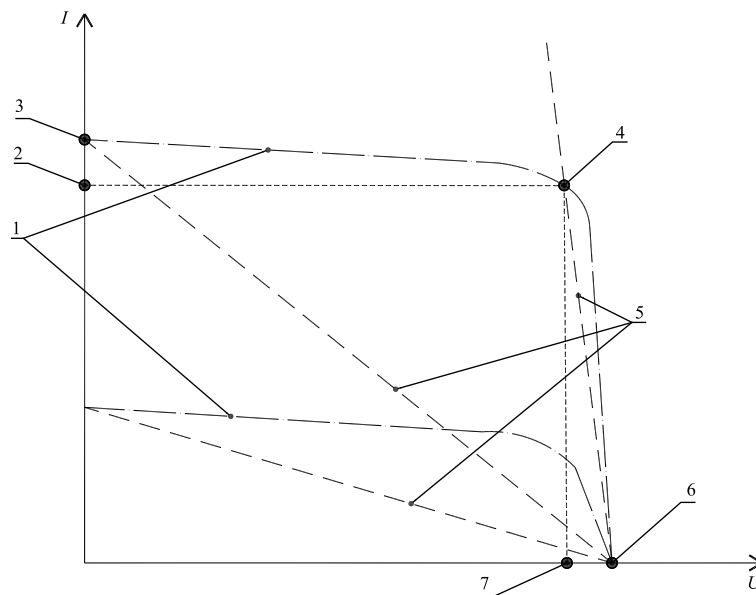
图 A.1 和图 A.2 分别给出了光伏电源示意图和非线性光伏电源 U - I 特性,其中图 A.2 使用 3 种不同线性电源模拟光伏特性,替代光伏电源或光伏电源模拟器。



标引序号说明:

- 1——理想电流源;
- 2——理想二极管;
- 3——串联阻抗;
- 4——负载阻抗。

图 A.1 光伏电源示意图



标引序号说明:

- 1——不同辐照水平下的非线性光伏特性;
- 2——最大功率时的电流;
- 3—— $I_{sc\ STC}$;
- 4——最大功率点;
- 5——3 种不同线性电源特性;
- 6—— $U_{oc\ STC}$;
- 7——最大功率时的电压。

图 A.2 非线性光伏电源 U - I 特性

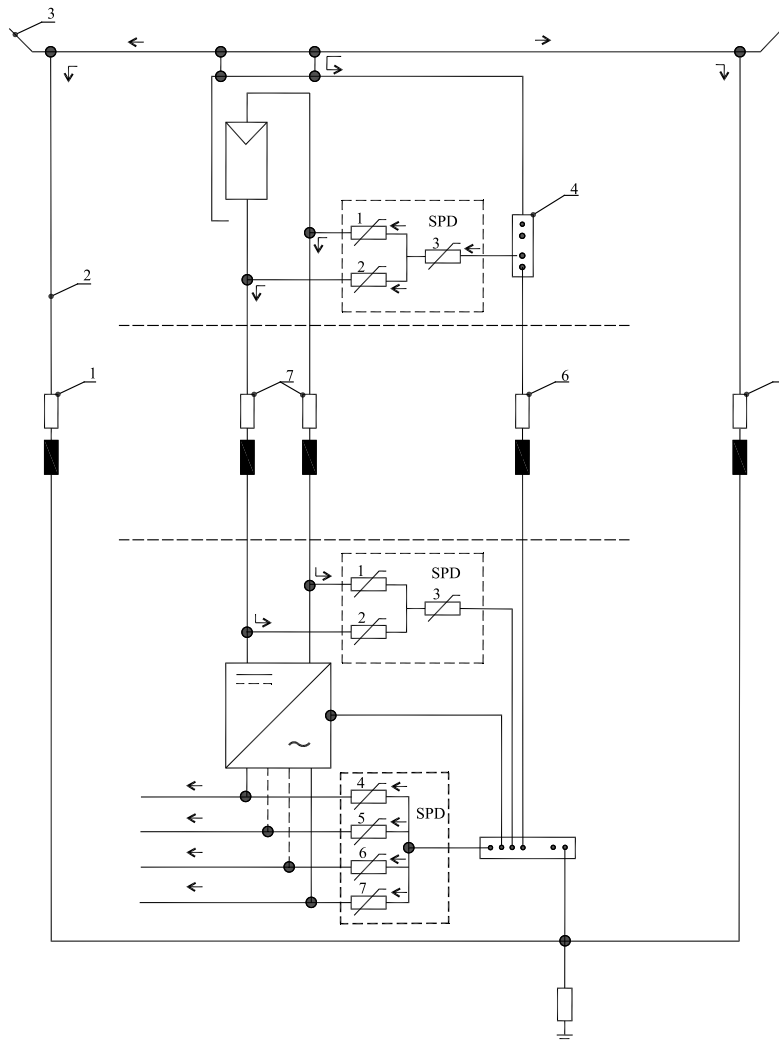
附录 B

(规范性)

根据简化方法确定 SPD 的 I_{imp} 或 I_n 的值

B.1 建筑物

B.1.1 外部 LPS 不满足安全间隔距离要求,并且光伏组件金属结构连接到接闪器系统时,具有两个外部引下线和直流侧电压限制型 SPD 的建筑物结构示意图见图 B.1。



标引序号说明:

- 1——外部引下线的阻抗;
- 2——外部引下线;
- 3——接闪器;
- 4——等电位连接条;
- 5——外部引下线的阻抗;
- 6——等电位连接导体的阻抗;
- 7——直流电源导线的阻抗。

图 B.1 建筑结构示意图

B.1.2 外部 LPS 不满足安全间隔距离要求时,应从表 B.1 选取光伏系统直流侧电压限制型 SPD 的 $I_{\text{imp}}(I_{10/350})$ 和 $I_n(I_{8/20})$ 。

表 B.1 直流侧电压限制型 SPD 的 $I_{\text{imp}}(I_{10/350})$ 和 $I_n(I_{8/20})$

雷电防护等级	最大电流 ($I_{\text{LPL } 10/350}$)	外部引下线数量			
		<4		≥ 4	
		电压限制型 SPD ^a 的 I_{imp} ($I_{10/350}$) 和 I_{n} ($I_{8/20}$)			
		kA			
		$I_{\text{SPD1}} = I_{\text{SPD2}}$ $I_{8/20} / I_{10/350}$	$I_{\text{SPD3}} = I_{\text{SPD2}} + I_{\text{SPD1}} = I_{\text{Total}}$ $I_{8/20} / I_{10/350}$	$I_{\text{SPD1}} = I_{\text{SPD2}}$ $I_{8/20} / I_{10/350}$	$I_{\text{SPD3}} = I_{\text{SPD2}} + I_{\text{SPD1}} = I_{\text{Total}}$ $I_{8/20} / I_{10/350}$
I 或未知	200 kA	17/10	34/20	10/5	20/10
II	150 kA	12.5/7.5	25/15	7.5/3.75	15/7.5
III 或 IV	100 kA	8.5/5	17/10	5/2.5	10/5
^a 电压限制型元件与电压开关型元件串联连接构成的组合型 SPD 参照电压限制型 SPD。					

B.1.3 使用 I 类试验和 II 类试验的电压限制型 SPD, I_{imp} 和 I_n 应等于表 B.1 中针对电压限制型 SPD 的 $I_{10/350}$ 和 $I_{8/20}$ 。

B.1.4 仅使用 I 类试验的电压限制型 SPD, I_{imp} 应等于表 B.3 中针对电压限制型 SPD 的 $I_{8/20}$ 。

示例:

雷电防护等级为 III 级且外部引下线少于 4 根,直流侧电压限制型 SPD 有下列两种选择:

- I 类试验 SPD 和 II 类试验 SPD, I 类试验 SPD 每种保护模式的 I_{imp} 至少为 5 kA, II 类试验 SPD 每种保护模式的 I_n 至少为 8.5 kA;
- 仅 I 类试验 SPD, 每种保护模式的 I_{imp} 至少为 8.5 kA。

B.1.5 外部 LPS 不满足安全间隔距离要求时,应从表 B.2 选取光伏系统直流侧电压开关型 SPD 的 $I_{\text{imp}}(I_{10/350})$ 。

表 B.2 直流侧电压开关型 SPD 的 $I_{\text{imp}}(I_{10/350})$

雷电防护等级	最大电流 ($I_{\text{LPL } 10/350}$)	外部引下线数量			
		<4		≥ 4	
		电压开关型 SPD ^a 的 $I_{\text{imp}}(I_{10/350})$			
		kA			
		$I_{\text{SPD1}} = I_{\text{SPD2}}$ $I_{10/350}$	$I_{\text{SPD3}} = I_{\text{SPD2}} + I_{\text{SPD1}} = I_{\text{Total}}$ $I_{10/350}$	$I_{\text{SPD1}} = I_{\text{SPD2}}$ $I_{10/350}$	$I_{\text{SPD3}} = I_{\text{SPD2}} + I_{\text{SPD1}} = I_{\text{Total}}$ $I_{10/350}$
I 或未知	200 kA	25	50	12.5	25
II	150 kA	18.5	37.5	9	18
III 或 IV	100 kA	12.5	25	6.25	12.5
^a 电压开关型元件与电压限制型元件并联连接构成的组合型 SPD 参照电压开关型 SPD。					

B.1.6 LPS 与光伏组件框架或结构框架不满足间隔距离要求时,宜使用屏蔽电缆作为直流电缆在二者之间进行金属连接。屏蔽层应能承载等于 I_{Total} 的部分雷电流。屏蔽层两端应接地。

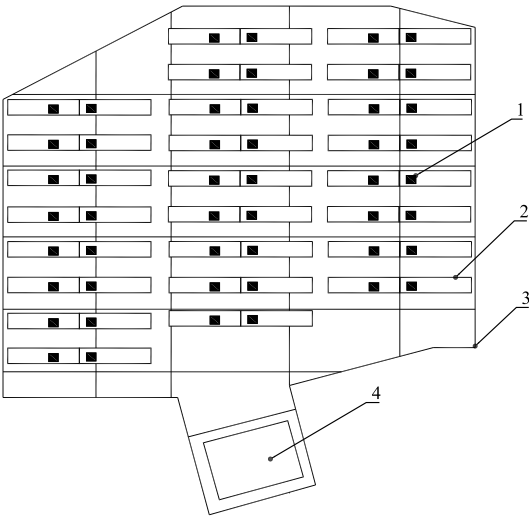
B.1.7 每个太阳能电池板(光伏方阵)都设置 SPD 时,可减小表 B.1 和表 B.2 中规定的 $I_{8/20}/I_{10/350}$ 值。

B.2 光伏发电厂

B.2.1 下列是针对包括有大型光伏系统结构的一种简化方法:

- a) 光伏发电厂具有多个接地和网状接地系统的特点,网格尺寸为 20 m×20 m;
- b) 光伏系统通过高压三相架空的非屏蔽电力线连接到电网,其长度等于 5 km;
- c) 低压电力线路通过主配电柜连接到内部线路,内部线路的终点是逆变器,PE 导体与带电导体在同一电缆中;
- d) 连接到控制和监视设备的信号线可进入光伏系统。

B.2.2 具有多个接地和网状接地系统的光伏发电厂的光伏系统结构示意图见图 B.2。



标引序号说明:

- 1——操作间;
- 2——发电机接线盒;
- 3——PV 阵列;
- 4——接地系统。

图 B.2 光伏系统结构示意图

B.2.3 具有中央逆变器,并且具有多个接地和网状接地系统的光伏发电厂直流侧 SPD 应从表 B.3 选取 $I_{imp}(I_{10/350})$ 。

表 B.3 光伏发电厂直流侧 SPD 的 $I_{imp}(I_{10/350})$ 和 $I_n(I_{8/20})$

雷电防护等级	最大电流 ($I_{LPL 10/350}$)	直流侧 SPD 的 $I_{imp}(I_{10/350})$ 和 $I_n(I_{8/20})$ kA					
		电压限制型 SPD ^a				电压开关型 SPD ^b	
		$I_{10/350}$		$I_{8/20}$		$I_{10/350}$	
		每种模式	I_{Total}	每种模式	I_{Total}	每种模式	I_{Total}
Ⅲ 或 Ⅳ	100 kA	5	10	15	30	10	20
^a 电压限制型元件与电压开关型元件串联连接构成的组合型 SPD 参照电压限制型 SPD。 ^b 电压开关型元件与电压限制型元件并联连接构成的组合型 SPD 参照电压开关型 SPD。							

B.2.4 使用Ⅰ类试验和Ⅱ类试验的电压限制型 SPD, I_{imp} 和 I_n 应等于表 B.3 中针对电压限制型 SPD 的 $I_{10/350}$ 和 $I_{8/20}$ 。

B.2.5 仅使用Ⅰ类试验的电压限制型 SPD, I_{imp} 应等于表 B.3 中针对电压限制型 SPD 的 $I_{8/20}$ 。

B.2.6 使用Ⅰ类试验的电压开关型 SPD, I_{imp} 应等于表 B.3 中针对电压开关型 SPD 的 $I_{10/350}$ 。

示例 1:

雷电防护等级为Ⅲ级, 直流侧电压限制型 SPD 有以下两种选择:

- a) Ⅰ类试验 SPD 和Ⅱ类试验 SPD, Ⅰ类试验 SPD 每种保护模式的 I_{imp} 至少为 5 kA, Ⅱ类试验 SPD 每种保护模式的 I_n 至少为 15 kA;
- b) 仅Ⅰ类试验 SPD, 每种保护模式的 I_{imp} 至少为 5 kA。

示例 2:

雷电防护等级为Ⅲ级, 直流侧电压开关型 SPD 选择Ⅰ类试验 SPD, 每种保护模式的 I_{imp} 至少为 10 kA。

B.2.7 光伏方阵和中央逆变站之间的直流电缆宜使用屏蔽。电缆屏蔽层应能承载 I_{Total} 的部分雷电流。电缆屏蔽层应两端接地。

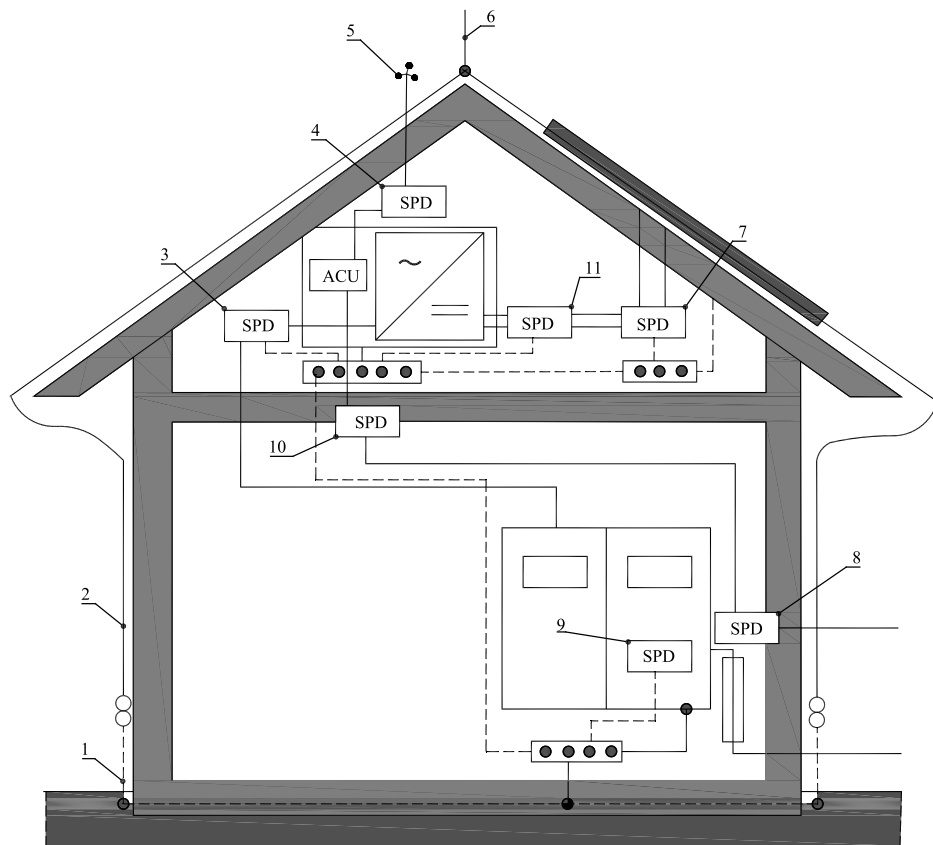
B.2.8 在使用多个串式逆变器的大型光伏发电厂中, 串式逆变器交流侧和中央变压器低压侧的Ⅰ类试验 SPD 的参数应符合表 B.3 给出的值。在串式逆变器的直流侧, 当直流侧只设置一组 SPD 时, 可只设置Ⅱ类试验 SPD。

附录 C

(资料性)

SPD 设置和等电位连接导体尺寸示例

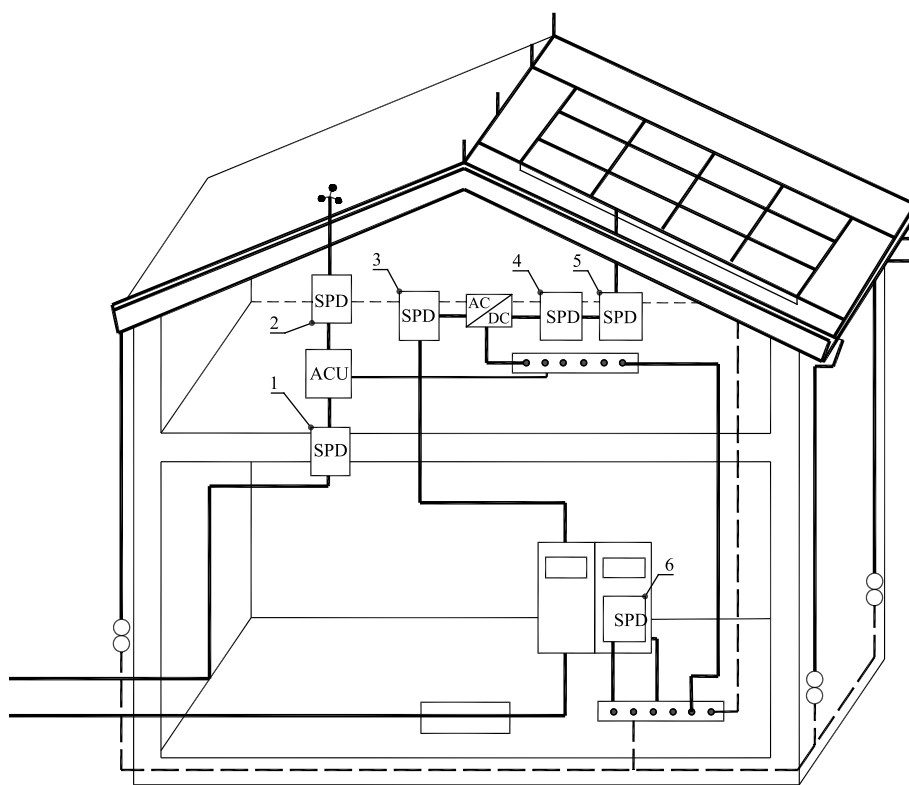
图 C.1 给出了外部 LPS 满足安全间隔距离时的光伏系统 SPD 设置示例,图 C.2 给出了在光伏电站供电的气象台站中设置 SPD 的示例,图 C.3 给出了在光伏系统供电的自动气象站中设置 SPD 的示例,图 C.4 给出了外部 LPS 满足安全间隔距离的光伏系统等电位连接导体尺寸示例,图 C.5 给出了外部 LPS 不满足安全间隔距离的光伏系统等电位连接导体尺寸示例。



标引序号说明:

- 1——接地系统；
- 2——LPS 的引下线系统；
- 3——低压电气系统的Ⅱ类试验 SPD；
- 4——电子系统信号网络的 D1 类 SPD；
- 5——风传感器；
- 6——LPS 的接闪系统；
- 7——光伏系统直流侧的Ⅱ类试验 SPD；
- 8——电子系统信号网络的 D1 类 SPD；
- 9——低压电气系统的Ⅰ类试验 SPD；
- 10——电子系统信号网络的 C 类 SPD；
- 11——光伏系统直流侧的Ⅱ类试验 SPD。

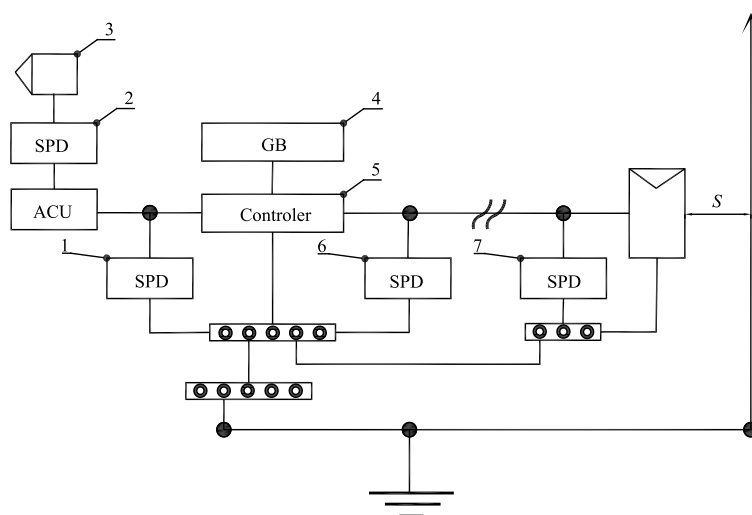
图 C.1 外部 LPS 满足安全间隔距离时的 SPD 设置示例



标引序号说明:

- 1——电子系统信号网络的 C 类 SPD;
2——电子系统信号网络的 D1 类 SPD;
3——低压电气系统的 II 类试验 SPD;
4——光伏系统直流侧的 II 类试验 SPD;
5——光伏系统直流侧的 II 类试验 SPD;
6——低压电气系统的 I 类试验 SPD。

图 C.2 气象台站 SPD 设置示例



标引序号说明：

- 1——光伏系统直流侧的 I 类试验 SPD；
- 2——电子系统信号网络的 D1 类 SPD；
- 3——传感器；
- 4——蓄电池；
- 5——控制器；
- 6——光伏系统直流侧的 I 类试验 SPD；
- 7——连接至光伏系统直流侧的 I 类试验 SPD。

图 C.3 自动气象站 SPD 设置示例

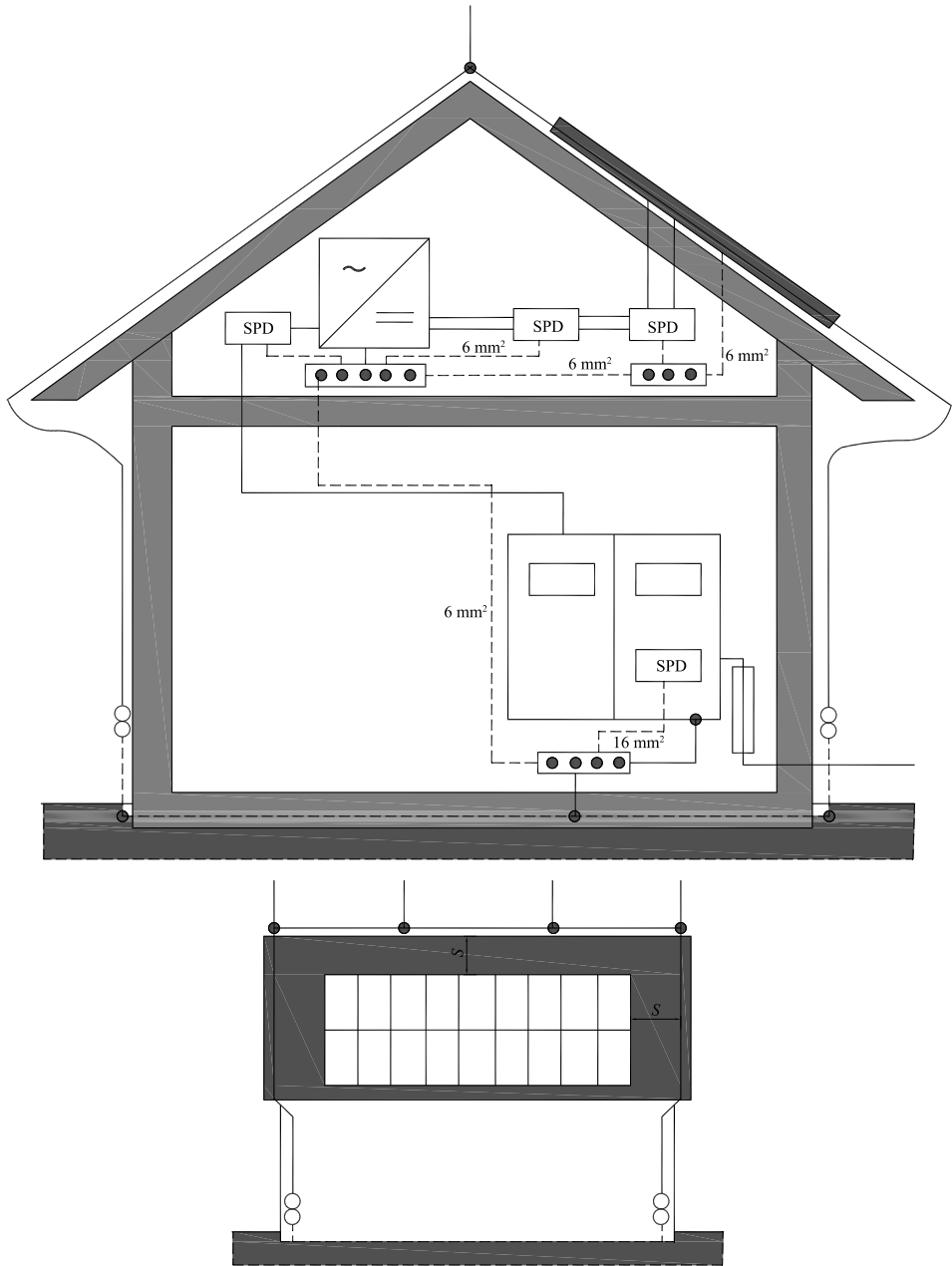


图 C.4 外部 LPS 满足安全间隔距离的等电位连接导体尺寸示例

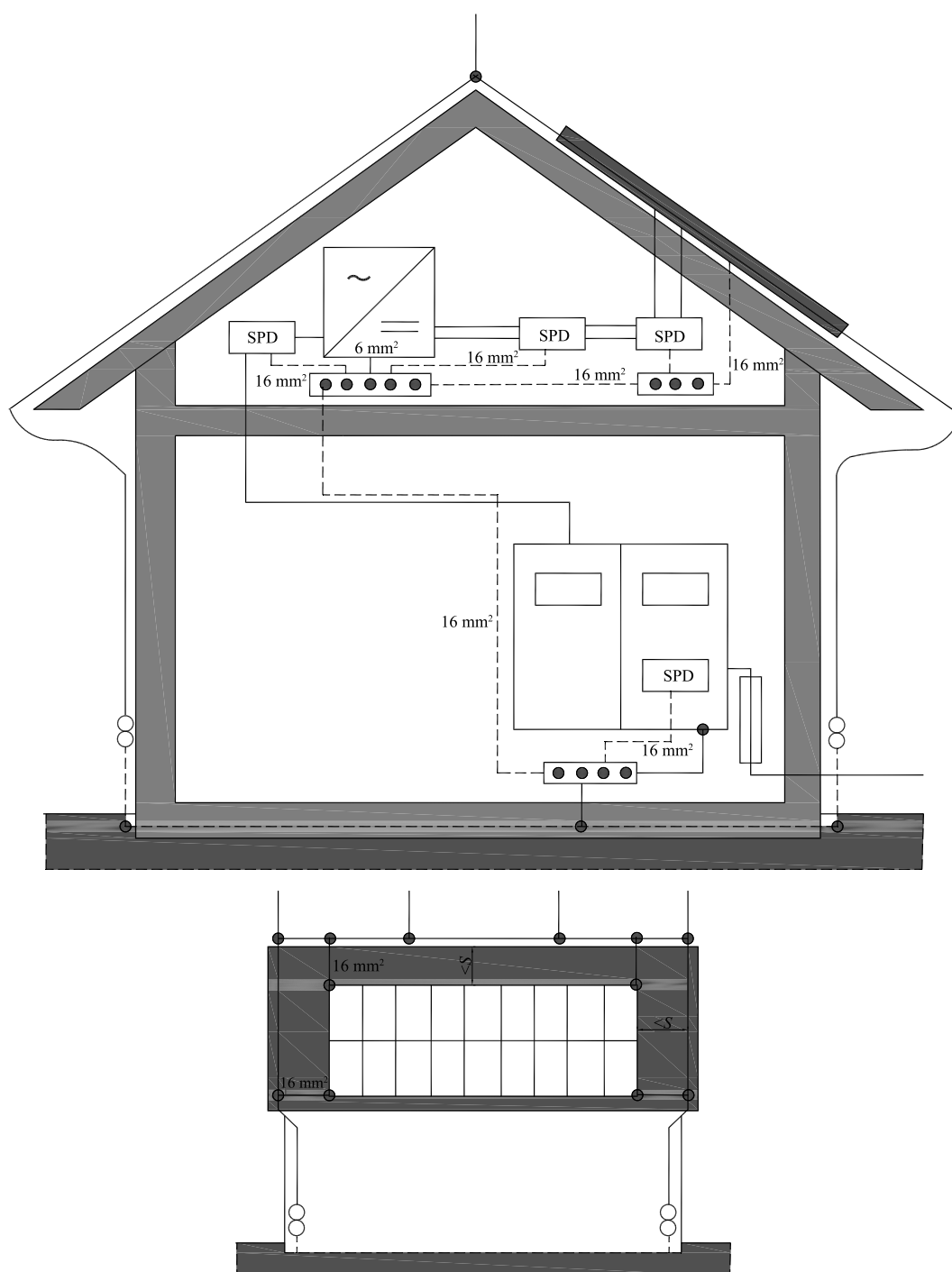


图 C.5 外部 LPS 不满足安全间隔距离的等电位连接导体的尺寸示例

参 考 文 献

- [1] GB/T 16935.1—2023 低压供电系统内设备的绝缘配合 第1部分:原理、要求和试验
 - [2] GB/T 19663—2022 信息系统雷电防护术语
 - [3] GB/T 21714.3—2015 雷电防护 第3部分:建筑物的物理损坏和生命危险
 - [4] GB/T 21714.4—2015 雷电保护 第4部分:建筑物内电气和电子系统
-

中 华 人 民 共 和 国
气 象 行 业 标 准
电涌保护器 第4部分:在光伏系统中的选择和使用原则
QX/T 781—2025

*

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
北京建宏印刷有限公司印刷

*

开本:880 mm×1230 mm 1/16 印张:1.75 字数:52.5千字
2025年9月第1版 2025年9月第1次印刷

*

书号:135029-6468 定价:35.00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