

中华人民共和国国家标准

GB/T 16895.32—2021/IEC 60364-7-712:2017
代替 GB/T 16895.32—2008

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

Low voltage electrical installations—Part 7-712: Requirements for special
installations or locations—Solar photovoltaic (PV) power supply systems

(IEC 60364-7-712:2017, IDT)

2021-04-30 发布

2021-11-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	V
引言	Ⅶ
712 太阳能光伏(PV)电源装置	1
712.1 范围	1
712.2 规范性引用文件	1
712.3 术语和定义	3
712.31 目的、电源和结构	7
712.4 安全防护	14
712.41 针对电击的防护	14
712.410 简介	14
712.412 防护措施:双重或加强绝缘	14
712.414 防护措施:采用 SELV 和 PELV 特低电压	14
712.42 针对热效应的防护	15
712.421 针对电气设备引发火灾的防护	15
712.43 针对过电流的防护	16
712.432 保护电器的特性	16
712.433 针对过载的防护	16
712.434 针对短路电流的防护	20
712.44 针对电压干扰和电磁干扰的防护	20
712.443 针对大气或操作瞬态过电压的防护	20
712.444 预防电磁影响的措施	21
712.5 电气设备的选择和安装	21
712.51 一般规则	21
712.511 遵守标准	21
712.512 工作条件和外界影响	21
712.513 易维护性	22
712.514 鉴别	22
712.515 相互不利影响的预防	24
712.52 布线系统	25
712.521 布线系统类型	25
712.522 涉及外部影响的布线系统选择和安装	27
712.523 载流量	27
712.524 导体的截面积	28
712.525 用户装置中的电压降	29
712.526 电气连接	29
712.527 为减少火灾蔓延的布线系统选择和安装	30
712.528 布线系统与其他服务设施的距离	30
712.529 涉及可维护性(包括清洁)的布线系统选择和安装	30

712.530	隔离、开关和控制	30
712.531	自动切断电源的预防间接接触(故障保护)电器	30
712.532	防止热效应的电器	33
712.533	防止过电流的保护电器	33
712.534	防止瞬态过电压的保护电器	34
712.536	隔离与开关	36
712.54	接地配置和保护导体	37
712.542	接地配置	37
712.55	其他设备	37
712.6	检查与测试	38
附录 A (资料性附录)	PV 装置信息	39
附录 B (规范性附录)	$U_{OC\ MAX}$ 和 $I_{SC\ MAX}$ 的计算	42
附录 C (资料性附录)	标识举例	43
附录 D (资料性附录)	隔离二极管	44
附录 E (资料性附录)	PV 方阵中的电弧故障探测和中断	47
参考文献	48
图 712.1	PV 装置的一般功能配置	7
图 712.2	PV 方阵图——单组串示例	8
图 712.3	PV 方阵图——多组串并联示例	9
图 712.4	PV 方阵图——组成方阵的若干子方阵为多组串并联情况	10
图 712.5	使用具有多路 MPPT 直流输入 PCE 的 PV 方阵	11
图 712.6	使用具有多路直流输入 PCE 的 PV 方阵(各路输入在 PCE 内部共用直流母线上并联)	12
图 712.7	将组串分组、每组由一个过载保护电器保护的 PV 方阵示例	18
图 712.8	指示建筑物上存在 PV 装置的标识示例	23
图 712.9	具有加强防护的电缆示例	25
图 712.10	最小环路面积的 PV 组串布线	27
图 A.712.1	单组串 PV 方阵	39
图 A.712.2	多组串并联的 PV 方阵	40
图 A.712.3	未接地的 PV 方阵通过内含变压器的 PCE 连接至交流侧	41
图 A.712.4	未接地的 PV 方阵通过不含变压器的 PCE 连接至交流侧	41
图 A.712.5	接地的 PV 方阵通过内含变压器的 PCE 连接至交流侧	41
图 A.712.6	接地的 PV 方阵通过不含变压器的 PCE 和一个单独变压器连接至交流侧	41
图 C.712.1	PV 方阵汇流箱上所需符号示例(712.514.102)	43
图 C.712.2	在建筑物上标识 PV 配电板符号的示例	43
图 D.712.1	PV 组串中短路时隔离二极管的作用	44
图 D.712.2	直流负极侧接地的 PV 装置中发生绝缘故障时隔离二极管的作用	45
图 D.712.3	直流正极侧接地的 PV 装置中发生故障时隔离二极管的作用	45
图 E.712.1	PV 方阵中的电弧类型示例	47
表 712.1	临界长度 L_{crit} 的计算	20

表 712.2	电路的最小电流额定值	28
表 712.3	基于 PCE 隔离和 PV 方阵功能性接地对不同系统类型的要求	30
表 712.4	对地绝缘故障检测的最小绝缘电阻阈值	31
表 712.5	剩余电流突变的响应时间限制	32
表 712.6	功能性接地导体中的自动分断电器的额定电流	33
表 712.7	无相关信息时的耐冲击电压 U_w	34
表 712.8	PV 方阵装置中需要的分断电器	36
表 A.712.1	PV 直流配置	40

中国标准出版社

前 言

GB/T 16895《低压电气装置》分为5个部分,每个部分又分为多个子部分:

- 第1部分:基本原则、一般特性评估和定义;
- 第4部分:安全防护;
- 第5部分:电气设备的选择和安装;
- 第6部分:检验;
- 第7部分:特殊装置或场所的要求;

本部分为GB/T 16895的第7-712部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分代替GB/T 16895.32—2008《建筑物电气装置 第7-712部分:特殊装置或场所的要求 太阳能光伏(PV)电源供电系统》,与GB/T 16895.32—2008相比,主要技术变化如下:

- 增加了部分术语(见712.3);
- 增加了PV电源系统的三种应用电路型式说明(见712.31.101.1);
- 增加了为防止组串过电流而设置保护电器的原则条件(见712.430.3.103);
- 增加了防止组串、子方阵和方阵过载选择保护电器的计算公式(见712.433.1.101.2~712.433.1.101.4);
- 增加了对PV组串电缆、PV子方阵电缆和PV方阵电缆的设计选用原则和具体估算方法(见712.433.101和712.524);
- 增加了在PV电源系统直流侧是否加装防浪涌保护电器(SPD)的判定条件并提出对SPD及附件的选择要求(见712.443.5和712.534)。

本部分使用翻译法等同采用IEC 60364-7-712:2017《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》。

与本部分中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下:

- GB/T 3956—2008 电缆的导体(IEC 60228:2004, IDT);
- GB/T 7251(所有部分) 低压成套开关设备和控制设备[IEC 61439(所有部分)];
- GB/T 7251.12—2013 低压成套开关设备和控制设备 第2部分:成套电力开关设备和控制设备(IEC 61439-2:2011, IDT);
- GB/T 10963(所有部分) 家用及类似场所用过电流保护断路器[IEC 60898(所有部分)];
- GB/T 10963.2—2008 家用及类似场所用过电流保护断路器 第2部分:用于交流和直流的断路器(IEC 60898-2:2003, IDT);
- GB/T 13539.6—2013 低压熔断器 第6部分:太阳能光伏系统保护用熔断体的补充要求(IEC 60269-6:2010, IDT);
- GB/T 14048(所有部分) 低压开关设备和控制设备[IEC 60947(所有部分)];
- GB/T 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);
- GB/T 14048.2—2020 低压开关设备和控制设备 第2部分:断路器(IEC 60947-2:2019, MOD);
- GB/T 14048.3—2017 低压开关设备和控制设备 第3部分:开关、隔离器、隔离开关及熔断器组合电器(IEC 60947-3:2015, IDT);

- GB/T 16895(所有部分) 低压电气装置[IEC 60364(所有部分)];
- GB/T 16895.5—2012 低压电气装置 第4-43部分:安全防护 过电流防护(IEC 60364-4-43:2008,IDT);
- 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);
- GB/T 17045—2020 电击防护 装置和设备的通用部分(IEC 61140:2016,IDT);
- GB/T 17466(所有部分) 家用和类似用途固定式电气装置的电器附件安装盒和外壳[IEC 60670(所有部分)];
- GB/T 18911—2002 地面用薄膜光伏组件 设计鉴定和定型(IEC 61646:1996,IDT);
- GB/T 18216.8—2015 交流1 000 V和直流1 500 V以下低压配电系统电气安全 防护设施的试验、测量或监控设备 第8部分:IT系统中的绝缘监控装置(IEC 61557-8:2007,IDT);
- GB/T 18380.12—2008 电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第12部分:单根绝缘电线电缆火焰垂直蔓延试验 1 kW预混合型火焰试验方法(IEC 60332-1-2:2004,IDT);
- GB/T 20138—2006 电器设备外壳对外界机械撞击的防护等级(IK代码)(IEC 62262:2002,IDT);
- GB/T 21714(所有部分) 雷电防护[IEC 62305(所有部分)];
- GB/T 22794—2017 家用和类似用途的不带和带过电流保护的F型和B型剩余电流动作断路器(IEC 62423:2009,IDT)。

本部分做了下列编辑性修改:

- 在“规范性引用文件”中补充了国际原文遗漏的“IEC 61646”及“IEC 62305(所有部分)”两个文件;
- 删除了附录F《各国的注解清单》。

本部分由全国建筑物电气装置标准化技术委员会(SAC/TC 205)提出并归口。

本部分起草单位:北京兴电国际工程管理有限公司、阳光电源股份有限公司、中机中电设计研究院有限公司、上海建筑设计研究院有限公司、中国市政工程西北设计研究院有限公司、汉能移动能源控股集团有限公司、施耐德电气(中国)有限公司、西门子(中国)有限公司。

本部分主要起草人:胡建平、张铁明、黄晓阁、陈彤、陈众励、焦建雷、黄宝生、方振雷、李英姿、任长宁、韩占强、韩帅、李兴龙、王殿光、朱光辉、陈谦、姜锦华、甄灼、唐颖、胡宏宇。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 16895.32—2008。

引 言

GB/T 16895 系列标准第 1~6 部分同样也适用于本部分。

GB/T 16895 系列标准中的第 7 部分在 GB/T 16895 通用部分要求的基础上,增加了对特殊装置或场所的特别要求。GB/T 16895 系列标准中的第 7 部分均全面考虑了通用部分的要求。

GB/T 16895 的本部分的特殊要求补充、修改或代替了本部分出版时 GB/T 16895 通用部分中仍然有效的一些要求,未提及排除的通用部分内容或条款,表明那些条款是适用的(未注明日期的引用文件)。

第 7 部分其他的相关要求对于本部分所涉及的装置也适用。但是,本部分中仍可能补充、修改或替换了本部分出版时第 7 部分中一些有效要求的内容。

本部分的条款编号遵循 GB/T 16895 的模式和相应的引用文件。本部分特定编号后面的数字是在本部分出版时有效的 GB/T 16895 系列标准的其他部分中相应部分或条款的编号。

如果需要补充 GB/T 16895 系列标准的其他部分的要求或解释,则编号为 712.101、712.102、712.103 等。

正文中图和表的编号采用本部分的编号及紧接其后的序号。附录中图和表的编号采用附录的字母及其编号和序号。

如果在本部分发布后发布了新的或修改了编号的通用部分修订版,本部分中所涉及的通用部分的条款编号将可能不再与那些通用部分的最新版本保持一致。需要留意注明了日期的引用文件。

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

712 太阳能光伏(PV)电源装置

注：“PV”是英文单词“Photovoltaic”的缩写，意为“光伏”。本部分中“光伏装置”简称为“PV 装置”。

712.1 范围

GB/T 16895 的本部分适用于向用电装置整体或部分供电的 PV 系统电气装置。

像任何其他设备一样，对于 PV 装置中的设备，只涉及其在装置中的选择和应用。

PV 装置是从制造商提供的单个 PV 组件或用电缆串联的一组 PV 组件开始，直至用户装置或市政供电点(公共连接点)的部分。

本部分的要求适用于：

- 未与公共配电系统连接的 PV 装置；
- 与公共配电系统并网连接的 PV 装置；
- 作为公共配电系统之外另一种选择的 PV 装置；
- 以上各项的适当组合。

本部分不包括蓄电池组或其他储能式设备的具体安装要求。

注 1：对直流侧装有蓄电池储能的 PV 装置的附加要求在考虑中。

注 2：本部分包括因在 PV 装置中使用蓄电池组而对 PV 方阵的保护要求。

适用于使用 DC-DC 转换器系统的相关电压和电流额定值、开关和保护电器的附加要求在考虑中。

除了传统交流电力装置产生的危害之外，直流系统、尤其是 PV 方阵也会带来一些危害。包括在小于正常工作电流情况下产生并维持电弧的情况。本部分的目的是解决因 PV 装置特性而提出的设计安全要求。

然而，本部分对于并网 PV 装置的安全性要求，则主要依靠与 PV 方阵相关且符合 IEC 62109-1 和 IEC 62109-2 要求的电力转换设备(PCE)。

712.2 规范性引用文件

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

GB/T 16895.21—2011 低压电气装置 第 4-41 部分：安全防护 电击防护(IEC 60364-4-41:2005, IDT)

IEC 60228 绝缘电缆的导体(Conductors of insulated cables)

IEC 60269-6 低压熔断器 第 6 部分：对太阳能光伏系统保护用熔断体的补充要求(Low-voltage fuses—Part 6: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of solar photovoltaic energy systems)

IEC 60332-1-2 电缆和光缆在燃烧条件下的试验 第 1-2 部分：单根绝缘电线电缆垂直燃烧试验 1 kW 预混火焰法试验流程(Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions—Part 1-2: Test for vertical flame propagation for a single insulated wire or cable—Procedure for 1 kW pre-

mixed flame)

IEC 60364(所有部分) 低压电气装置(Low-voltage electrical installations)

IEC 60364-4-43 低压电气装置 第 4-43 部分:安全防护 过电流防护(Low-voltage electrical installations—Part 4-43:Protection for safety—Protection against overcurrent)

IEC 60364-4-44 低压电气装置 第 4-44 部分:安全防护 电压干扰和电磁干扰防护(Low-voltage electrical installations—Part 4-44: Protection for safety—Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances)

IEC 60364-4-44:2007/AMD1:2015 第 1 次修正件:低压电气装置 第 4-44 部分:安全防护 电压干扰和电磁干扰防护(Amendment 1—Low-voltage electrical installations—Part 4-44:Protection for safety—Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances)

IEC 60670(所有部分) 家用和类似场所固定式电气装置用电器附件的盒子和外护物(Boxes and enclosures for electrical accessories for household and similar fixed electrical installations)

IEC 60898(所有部分) 电气附件 家庭及类似场所装置的过电流保护断路器(Electrical accessories—Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations)

IEC 60898-2 家庭及类似场所装置的过电流保护断路器 第 2 部分:交流及直流工作的断路器(Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations—Part 2: Circuit-breakers for a.c. and d.c. operation)

IEC 60947(所有部分) 低压开关设备和控制设备(Low-voltage switchgear and controlgear)

IEC 60947-1 低压开关设备和控制设备 第 1 部分:总则(Low-voltage switchgear and controlgear—Part 1:General rules)

IEC 60947-2 低压开关设备和控制设备 第 2 部分:断路器(Low-voltage switchgear and controlgear—Part 2:Circuit breakers)

IEC 60947-3 低压开关设备和控制设备 第 3 部分:开关、隔离器、隔离开关以及熔断器组合单元(Low-voltage switchgear and controlgear—Part 3:Switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units)

IEC 61140 针对电击的防护 装置和设备的通用部分(Protection against electric shock—Common aspects for installation and equipment)

IEC 61215(所有部分) 地面光伏(PV)组件设计鉴定和定型[Terrestrial photovoltaic (PV) modules—Design qualification and type approval]

IEC 61439(所有部分) 低压成套开关设备和控制设备(Low-voltage switchgear and controlgear assemblies)

IEC 61439-2 低压成套开关设备和控制设备 第 2 部分:成套电力开关设备和控制设备(Low-voltage switchgear and controlgear assemblies—Part 2:Power switchgear and controlgear assemblies)

IEC 61557-8:2014 交流 1 000 V 及以下和直流 1 500 V 及以下低压配电系统的电气安全 设备试验、测量或监控防护设施 第 8 部分:IT 系统用绝缘监控装置(Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V a.c. and 1 500 V d.c.—Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures—Part 8:Insulation monitoring devices for IT systems)

IEC 61646 地面用薄膜光伏组件设计鉴定和定型[Thin-film terrestrial photovoltaic(PV) modules—Design qualification and type approval]

IEC 62109(所有部分) 光伏电源系统用电力转换器的安全(Safety of power converters for use in photovoltaic power systems)

IEC 62109-1:2010 光伏电源系统用电力转换器的安全 第 1 部分:一般要求(Safety of power converters for use in photovoltaic power systems—Part 1:General requirements)

IEC 62109-2 光伏电源系统用电力转换器的安全 第2部分:逆变器的特殊要求(Safety of power converters for use in photovoltaic power systems—Part 2:Particular requirements for inverters)

IEC 62262 电器设备外壳对外界机械撞击的防护等级(IK代码)[Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code)]

IEC 62305(所有部分) 防雷保护(Protection against lightning)

IEC 62423 家用和类似用途的带和不带过电流保护的F型和B型剩余电流动作断路器(Type F and type B residual current operated circuit-breakers with and without integral overcurrent protection for household and similar uses)

IEC 62446-1 光伏(PV)系统 测试、文档和维护要求 第1部分:并网系统 文件、调试和检验 [Photovoltaic (PV) systems—Requirements for testing,documentation and maintenance—Part 1:Grid connected systems—Documentation,commissioning tests and inspection]

IEC 62852:2014 适用于光伏系统的直流连接器 安全要求和测试(Connectors for DC-application in photovoltaic systems—Safety requirements and tests)

712.3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

ISO和IEC在下列网址维护标准中所用术语的数据库:

——IEC 电工词汇在线:<http://www.electropedia.org/>;

——ISO 在线浏览平台:<http://www.iso.org/obp>。

712.3.1

PV 电池 PV cell

光伏电池 **photovoltaic cell**

太阳能电池 **solar cell**

太阳能光伏电池 **solar photovoltaic cell**

由非热辐射能直接转变为电能、呈现光伏效应的最基本器件。

注1: 首选术语是“太阳能光伏电池”或“光伏电池”,俗称为“太阳能电池”。

注2: 改写 IEC TS 61836:2007,定义 3.1.43a),并增加“呈现光伏效应”。

712.3.2

PV 组件 PV module

具有完整保护的互连光伏电池的最小组合。

注: 参见 IEC 60904-3。

712.3.3

PV 组串 PV string

单个组件或串联多个组件的电路。

注: 参见 IEC TS 61836:2007。

712.3.4

PV 方阵 PV array

相互电气连接的 PV 组件、PV 组串或 PV 子方阵的集合。

注1: 本部分中,PV 方阵为直至逆变器或直流负载输入端的所有部件,但不包括 PV 方阵的设备基础、跟踪装置、热控和其他类似部件。

注2: PV 方阵可能由单个 PV 组件、单一 PV 组串、几个并联组串或几个并联 PV 子方阵及其相关电气部件组成(见图 712.2~图 712.4)。本部分中,PV 方阵的边界在 PV 方阵隔离电器的输出端一侧。

712.3.5

PV 子方阵 PV sub-array

由并联的 PV 组件或 PV 组串组成的 PV 方阵的一部分。

712.3.6

PV 组串电缆 PV string cable

连接 PV 组串中的组件或将组串连接到汇流箱、PCE 或其他直流负载的电缆。

注：PV 组串电缆如图 712.3 和图 712.4 所示。

712.3.7

PV 方阵电缆 PV array cable

承载 PV 方阵总输出电流的电缆。

712.3.8

PV 交流供电电缆 PV AC supply cable

连接光伏 PCE 交流端子至电气装置配电盘的电缆。

712.3.9

PV 交流供电电路 PV AC supply circuit

连接光伏 PCE 交流端子至电气装置配电盘的电路。

712.3.10

PV 交流组件 PV AC module

只有交流电气接口而没有直流电气接口的集成组件和 PCE。

712.3.11

PV 装置 PV installation

PV 电源系统的组成设备。

712.3.12

标准测试条件 standard test conditions;STC

由 IEC 61215(所有部分)等相关产品标准给出的用于测试及评价光伏电池和组件的一组标准参考条件。

注：在 IEC 61215(所有部分)中给出的 PV 组件标准测试条件是：

- a) PV 电池温度为 25 °C；
- b) 光伏电池或组件平面上的辐照度为 1 000 W/m²；
- c) 相对于 1.5 大气质量的光谱。

712.3.13

标准测试条件下的开路电压 open-circuit voltage under standard test conditions

$U_{OC\ STC}$

标准测试条件下空载(开路)的 PV 组件、PV 组串、PV 方阵或光伏 PCE 直流侧的电压。

712.3.14

最大开路电压 open-circuit maximum voltage

$U_{OC\ MAX}$

空载(开路)的 PV 组件、PV 组串、PV 方阵或光伏 PCE 直流侧的最大电压。

注：附录 B 中给出了测定 $U_{OC\ MAX}$ 的方法。

712.3.15

标准测试条件下的短路电流 short-circuit current under standard test conditions

$I_{SC\ STC}$

标准测试条件(STC)下 PV 组件、PV 组串或 PV 方阵的短路电流。

712.3.16

最大短路电流 short-circuit maximum current

$I_{SC\ MAX}$

PV 组件、PV 组串或 PV 方阵短路电流的极限值。

注：在附录 B 中给出了测定 $I_{SC\ MAX}$ 的方法。

712.3.17

反馈电流 backfeed current

在正常或单一故障条件下从 PCE 到 PV 方阵及其线路可能通过的最大电流。

712.3.18

反向电流 reverse current

因发生故障(如受影响电路短路),从并联的组串或子方阵反馈到 PV 电路的电流。

712.3.19

短路电流额定值 short-circuit current rating

I_{SCPV}

对 PV 方阵中防浪涌保护器(SPD)连同指定的脱离器所估算的最大预期短路电流。

712.3.20

直流侧 DC side

PV 装置中从 PV 组件到光伏 PCE 直流端子之间的部分。

712.3.21

交流侧 AC side

PV 装置中从光伏 PCE 的交流端子到 PV 供电电缆的电气装置连接点之间的部分。

712.3.22

最大功率点跟踪 maximum power point tracking; MPPT

在规定运行条件下,使 PV 方阵运行总是处于或接近 PV 器件电流——电压特性曲线上、电流和电压乘积为最大(电功率)的控制策略。

712.3.23

$I_{MOD_MAX_OCPR}$

PV 组件的最大过电流保护额定值。

注：参见 IEC 61730-2。

712.3.24

隔离二极管 blocking diode

与组件、组串和子方阵串联,阻止反向电流的二极管。

注：常称为防反二极管。

712.3.25

旁路二极管 bypass diode

按照正向电流方向跨接在一个或多个光伏电池两端的二极管。

注：目的是允许组件电流绕过被遮蔽或损坏的光伏电池,以防止其他电池的反向偏置电压导致组件中出现过热点或使电池过热损坏。

712.3.26

功能性接地 functional earthing; FE

为电气安全以外目的,在系统、装置或设备中一点或多点接地。

注 1：不能认为实施功能性接地的方阵就是接地的方阵。

注 2：PV 方阵功能性接地的例子包括由一根导体通过阻抗接地或出于功能或性能原因仅将方阵临时接地。

注 3：在 PCE 中未实施方阵功能性接地而仅使用阻性测量网络测量方阵对地阻抗,不能认为该测量网络是功能性接地形式。

注 4: 改写 IEC 60050-826:2004 的定义 826-13-10。

712.3.27

辐照度 irradiance

G

单位面积电磁辐射的太阳能。

注 1: 辐照度用 W/m^2 表达。

注 2: 改写 IEC 61836:2007 的定义 3.6.25。

712.3.28

$I_{\text{SC ARRAY}}$

标准测试条件(STC)下 PV 方阵的短路电流。

712.3.29

$I_{\text{SC MOD}}$

标准测试条件(STC)下 PV 组件或 PV 组串的短路电流。

注 1: 因为 PV 组串由 PV 组件串联而成,所以,组串与组件短路电流一致,均为 $I_{\text{SC MOD}}$ 。

注 2: 该参数由制造商在产品铭牌中标明。

712.3.30

$I_{\text{SC S-ARRAY}}$

标准测试条件(STC)下 PV 子方阵的短路电流。

712.3.31

电力转换设备 power conversion equipment; PCE

将 PV 方阵传递的电力转换为适当频率和/或电压值,传递到负载、储存到蓄电池或注入到电网的系统。

注: 见图 712.2~图 712.4。

712.3.32

逆变器 inverter

将 PV 方阵的直流电压和直流电流转变为交流电压和交流电流的 PCE。

712.3.33

隔离型 PCE isolated PCE

在主电力输出回路和 PV 回路之间具有最基本简单分隔的 PCE。

注 1: 简单分隔可以是 PCE 的一部分,也可以由外部提供,例如带有外部隔离变压器的 PCE。

注 2: 对于有两个以上外部回路的 PCE,某对回路之间可能有隔离,而其他对电路之间则没有。例如含有 PV、蓄电池和主输出回路的逆变器可能在主输出回路和 PV 回路之间设置了隔离,但在 PV 回路和蓄电池回路之间则未设置隔离。

712.3.34

非隔离型 PCE non-isolated PCE

在主电力输出回路和 PV 回路之间没有最基本分隔的 PCE 或泄漏电流大于隔离型 PCE 要求的 PCE。

712.3.35

PV 方阵汇流箱 PV array combiner box

PV 子方阵在其中进行连接且可能含有防过电流保护电器和/或分断电器的箱子。

注: 小型方阵通常不包含子方阵而由组串简单组成,而大型方阵通常由多个子方阵组成。

712.3.36

PV 组串汇流箱 PV string combiner box

PV 组串在其中进行连接且可能含有防过电流保护电器和/或隔离开关的箱子。

712.3.37

PV 子方阵电缆 PV sub-array cable

承载其相关子方阵输出电流的 PV 子方阵的输出电缆。

712.3.38

 $U_{OC ARRAY}$

PV 方阵在标准测试条件(STC)下的开路电压。

712.3.39

 $V_{OC MOD}$

PV 组件在标准测试条件(STC)下的开路电压。

注：该参数由制造商在产品说明书中标明。

712.31 目的、电源和结构

712.31.101 PV 方阵的配置

712.31.101.1 概述

使用 PV 方阵向应用电路供电。

图 712.1 为 PV 装置的一般功能配置示意。

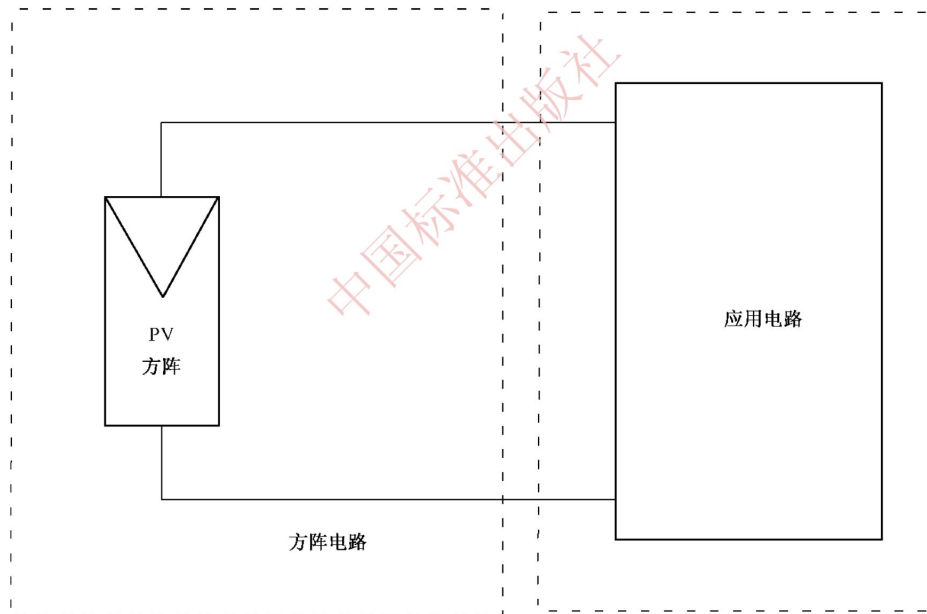


图 712.1 PV 装置的一般功能配置

考虑三种应用电路型式：

- 将 PV 方阵连接至直流负载；
- 经含有最基本简单分隔的 PCE 将 PV 方阵连接至交流装置；
- 经不含简单分隔的 PCE 将 PV 方阵连接至交流装置。

712.31.101.1.1 PV 装置的架构

PV 方阵与地的关系取决于方阵是否使用功能性接地、接地连接阻抗以及与之所连接应用电路(如 PCE 或其他设备)的接地情况。这些因素和接地连接位置都将影响 PV 方阵的安全(参见附录 A)。

确定最合适的系统接地配置应考虑 PV 组件制造商及 PV 方阵所连接 PCE 的制造商的要求。

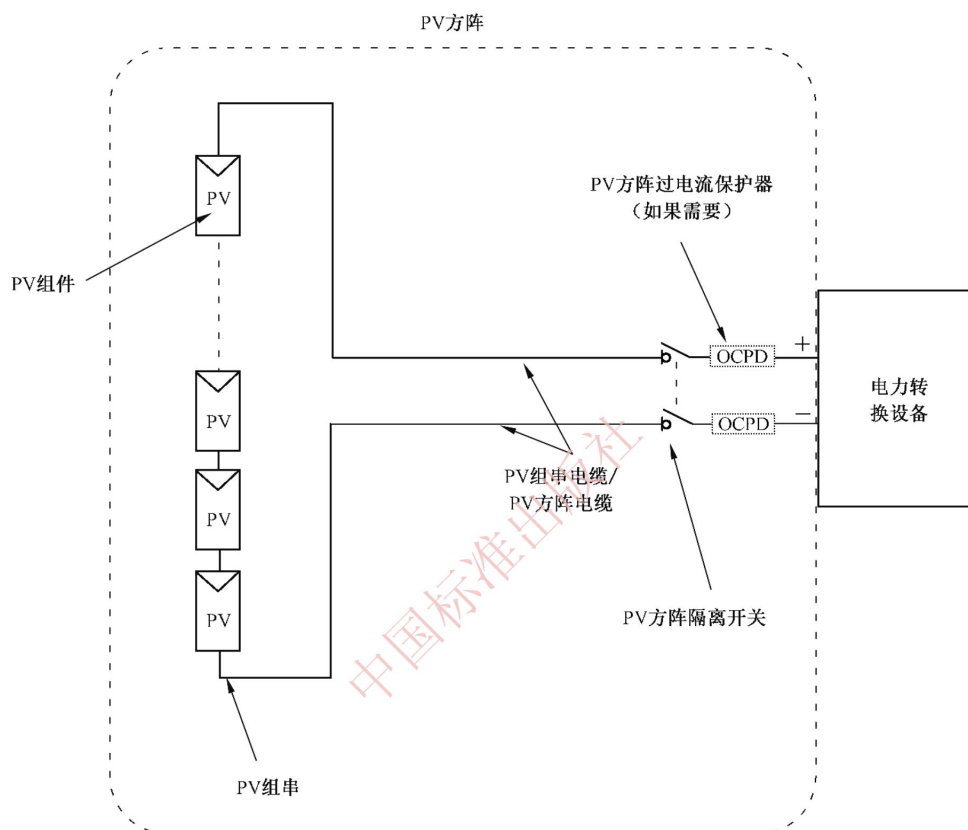
不可在 PV 方阵的任何导体上实施保护性接地。如果在 PCE 内部或外部通过独立变压器提供了 PV 方阵与接地的电力输出系统的最基本简单分隔,则允许其导体之一实施功能性接地。

如果在 PCE 外部设置了简单分隔,则其他设备不应与 PCE 连接。

注: 通常认为接地的直流载流导体是带电导体。

712.31.101.1.2 方阵电气图

图 712.2~图 712.4 分别显示了单组串、多组串并联及多个 PV 子方阵的基本电气配置。

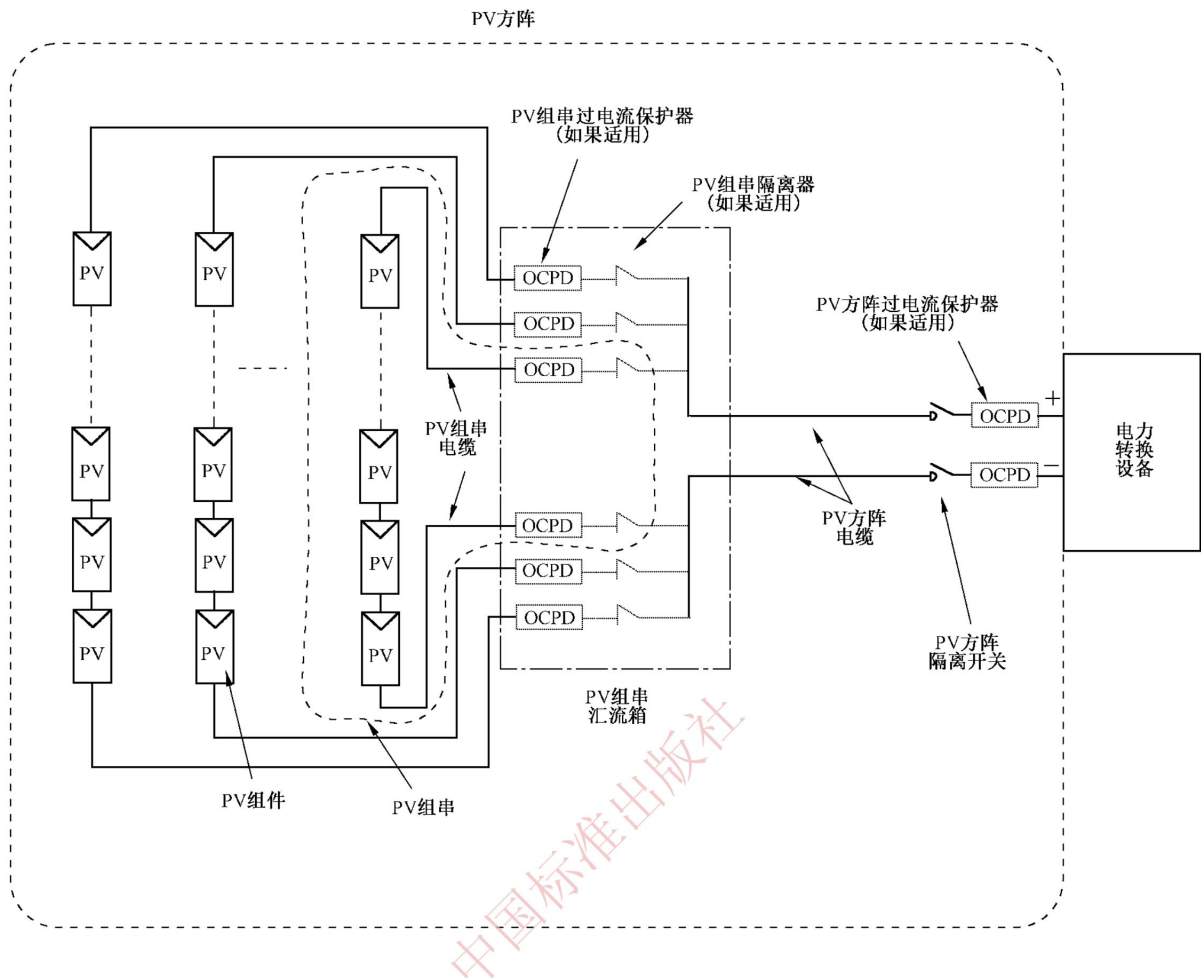


说明:

——并非任何情况都需要的元件;

- - - 系统或子系统的边界。

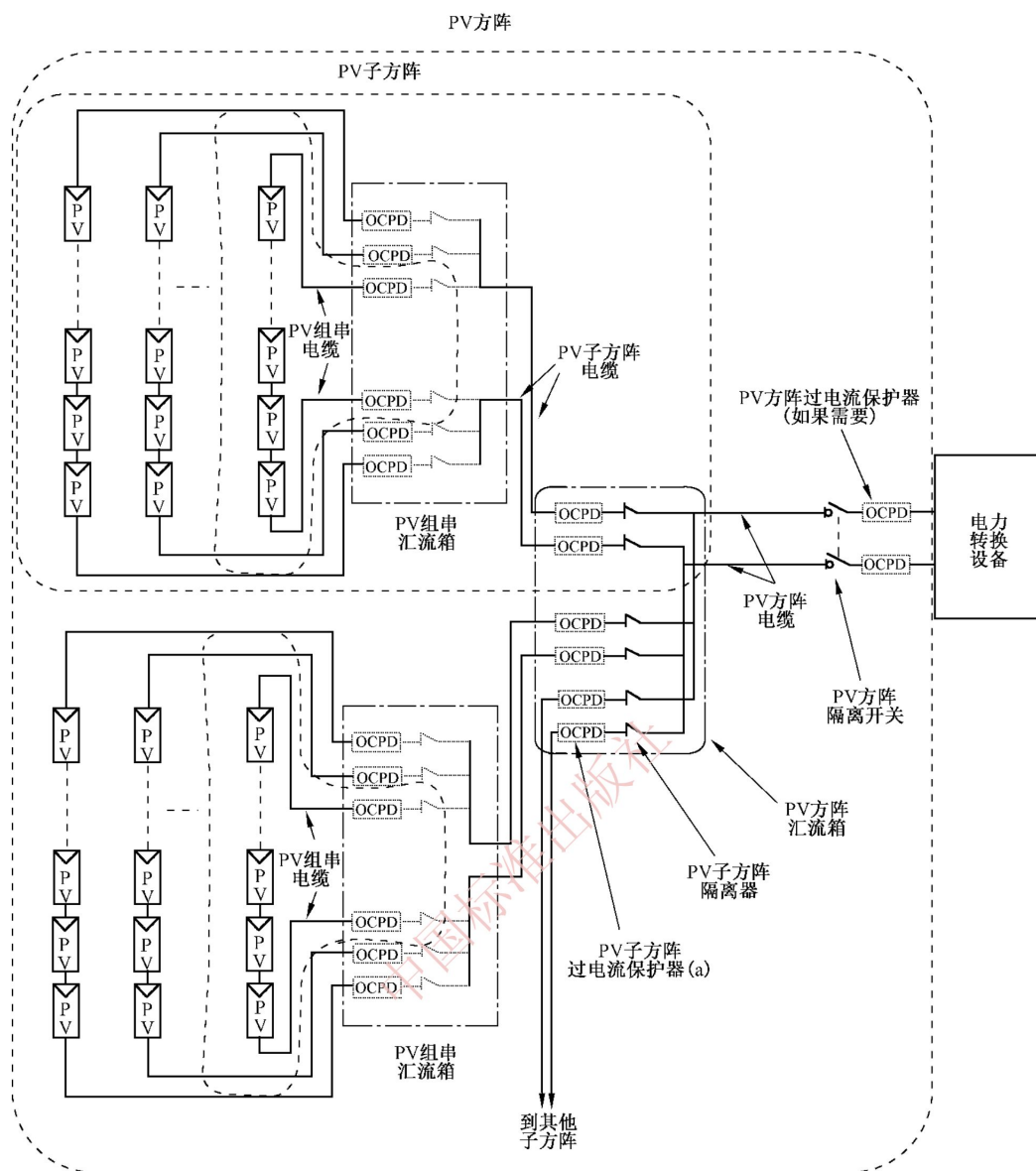
图 712.2 PV 方阵图——单组串示例



说明：

- 并非所有情况都需要的元件；
- 外壳；
- 系统或子系统的边界。

图 712.3 PV 方阵图——多组串并联示例

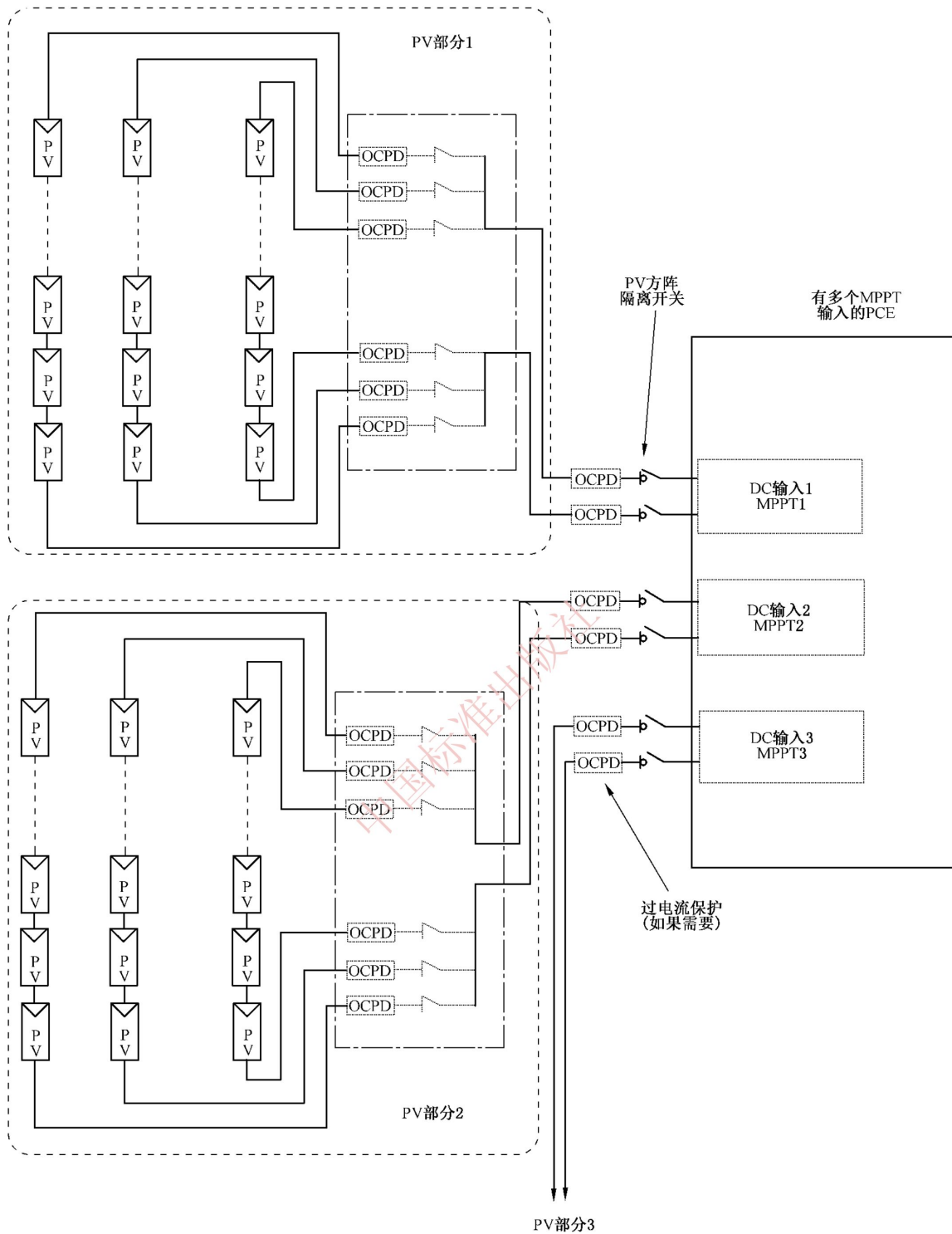


说明：

- 并非所有情况都需要的元件；
- 外壳；
- 系统或子系统边界。

图 712.4 PV 方阵图——组成方阵的若干子方阵为多组串并联情况

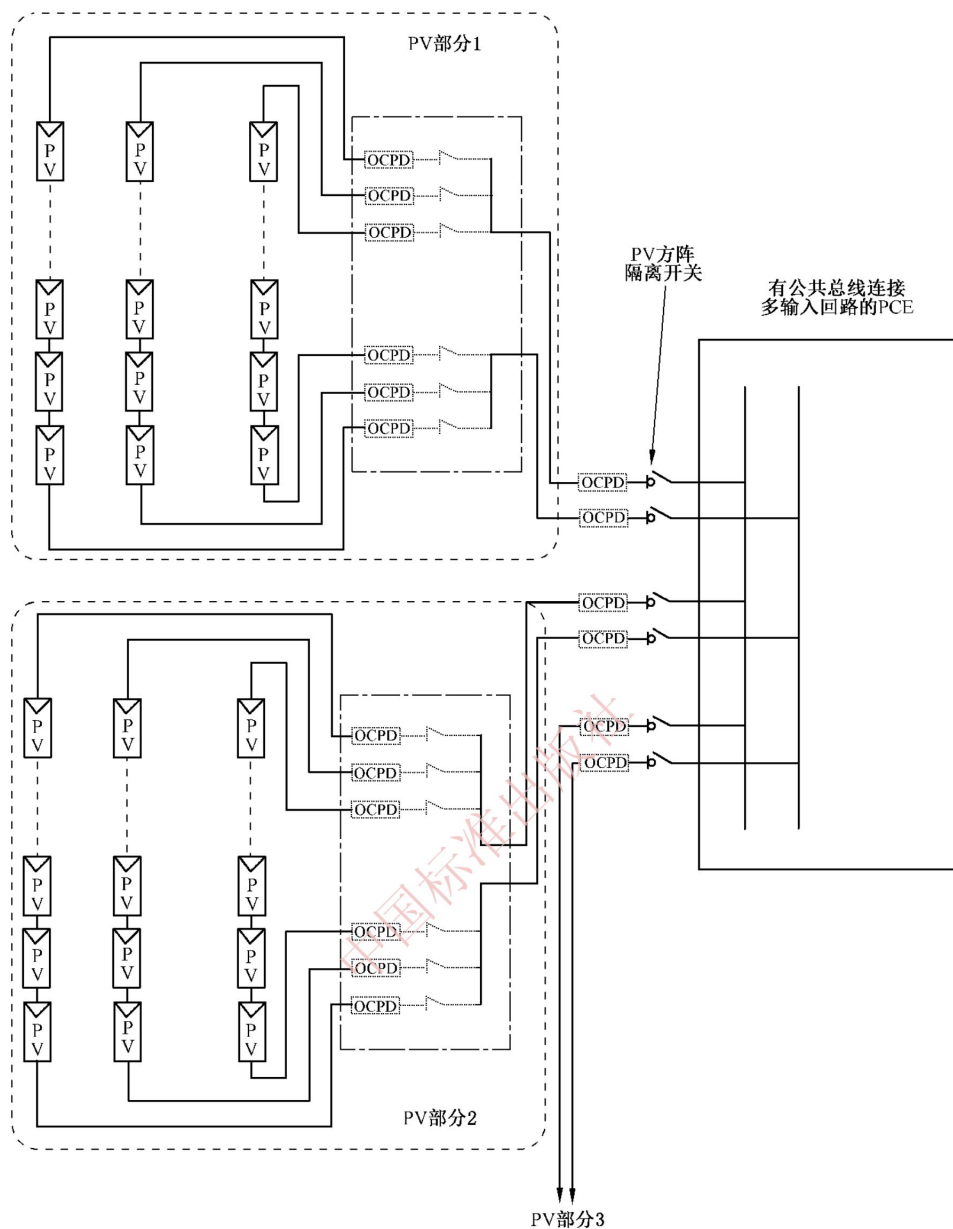
在图 712.2~图 712.4 中用点线绘制的部件并非在任何情况都需要。图例表示一旦需要时它们在电路中的位置。



说明：

- 并非所有情况都需要的元件；
- 外壳；
- 系统或子系统的边界。

图 712.5 使用具有多路 MPPT 直流输入 PCE 的 PV 方阵



说明：

——并非所有情况都需要的元件；

---外壳；

---系统或子系统的边界。

图 712.6 使用具有多路直流输入 PCE 的 PV 方阵(各路输入在 PCE 内部共用直流母线上并联)

712.31.101.1.3 具有多路直流输入的 PCE 的使用

712.31.101.1.3.1 概述

PV 方阵通常连接至具有多路输入的 PCE，见图 712.5 和图 712.6。如果使用多路直流输入，PV 方阵各部分的防过电流保护及电缆规格则主要取决于反馈电流的限制。

712.31.101.1.3.2 各路输入均单独具有最大功率点跟踪(MPPT)的 PCE

如果 PCE 的各输入回路均单独提供 MPPT 控制,接至这些输入回路的方阵中各部分的防过电流保护应考虑反馈电流。

连接到输入回路的每个 PV 部分(见图 712.5)可按照单独的 PV 方阵对待。应在每个 PV 方阵设置隔离开关以提供与 PCE 的隔离。可将 PV 方阵的隔离开关集成在一个电器中进行通常的机械性操作。

712.31.101.1.3.3 具有多路输入的 PCE(各输入回路在 PCE 内部并联)

如果 PCE 的输入回路在 PCE 内并联于共用直流母线,则应将连接至每个输入回路的 PV 部分(见图 712.6)视为一个子方阵,所有的这些 PV 部分归于一个完整的 PV 方阵。应为每个 PV 子方阵设置隔离开关以提供与 PCE 的隔离。此隔离功能也可由共用的 PV 方阵隔离开关提供。

712.31.101.1.3.4 串并联配置

方阵内并联的所有 PV 组串应具有相同的技术特性,各组串应串联相同数量的 PV 组件(见图 712.2~图 712.4),除非这些组件单独设置了 MPPT 跟踪。此外,PV 方阵内并联的所有 PV 组件应具有相似的额定电气性能,包括短路电流、开路电压、最大功率电流、最大功率电压和额定功率(标准测试条件下),除非这些组件单独设置了 MPPT 跟踪。

这是项目实施者考虑的设计问题,特别是在更换组件或改造已建成 PV 装置时。

712.31.101.1.3.5 对 PV 方阵内预期故障情况的考虑

需要确认任何装置的故障电流来源。

因蓄电池所具有的特性,含有蓄电池组的 PV 装置可能具有较高的预期故障电流。

在未设置蓄电池组的 PV 装置中,光伏电池(以及由此组成的 PV 方阵)在低阻故障时的表现像电流源。因此,即使在短路情况下,故障电流也不可能比正常满载电流大很多。

故障电流取决于组串的数量、故障位置和辐照度水平。因此,在 PV 方阵中进行短路电流检测非常困难。在 PV 装置中,低于保护电器动作电流的故障电流仍可能形成电弧。

712.31.101.1.3.6 性能问题

PV 方阵的性能可能受到很多因素的影响,包括但不限于:

- 整体或局部遮挡;
- 温度上升;
- 电缆电压降;
- 因灰尘、泥土、鸟粪、雪、工业污染等导致在方阵表面产生污物;
- PV 组件方向;
- PV 组件衰减。

为 PV 方阵选址宜谨慎,附近树木和建筑物形成的阴影可能会在一天当中某个时段落在 PV 方阵上。

重要的是要尽可能减少任何阴影。切记,即使很小的阴影落在方阵上也会显著限制其性能。

在 712.515.101 中陈述了由于温度上升导致性能退化以及需要良好通风的问题,宜注意尽可能使组件保持凉爽。

在设计过程中,对方阵内电缆以及方阵到应用电路所连接电缆的选型,都影响这些电缆在载流情况下的电压降。这在低输出电压和高输出电流的 PV 装置中尤为重要。在最大负载条件下,从方阵中最

远的组件到应用电路输入端子的电压降不宜超过 PV 方阵最大功率点电压的 3%。

PV 组件表面的灰尘、泥土、鸟粪、雪等污染可以显著降低方阵的输出。宜做出安排,在可能造成严重污染情况下定期清洗这些组件。

712.4 安全防护

712.4.101 概述

$U_{OC\ MAX}$ 和 $I_{SC\ MAX}$ 的计算方法见附录 B。

712.4.102 直流侧带电部分的功能性接地(FE)

由于功能方面原因,对一些 PV 组件技术需要将带电部分接地。

如果借助一、二次绕组间有电气隔离的变压器,在交流侧及直流侧之间形成最基本简单分隔,则允许 PCE 直流侧带电部分的功能性接地。变压器可以设在 PCE 的内部或外部。但不应将连接 PCE 的变压器绕组接地,PCE 应满足此项要求。

带电部分的功能性接地应在直流侧单点实施,靠近 PCE 的直流输入端或在 PCE 自身。

该接地最好位于分断电器与光伏 PCE 的直流端子之间。

同时应符合 712.421.101.2.3 的要求。

功能性接地所用电缆不应采用绿黄组合颜色做标识。宜使用粉红色。

712.41 针对电击的防护

712.410 简介

712.410.101

即使在交流侧断开电网或在直流侧断开 PCE,也应认为直流侧 PV 设备是带电的。

712.410.3.5

不应使用 GB/T 16895.21—2011 中附录 B 所述阻挡物和置于伸臂范围之外的防护措施。

712.410.3.6

不应使用 GB/T 16895.21—2011 中附录 C 所述下列防护措施:

- 非导电场所;
- 不接地的局部等电位联结;
- 对一台以上用电设备供电的电气分隔。

712.410.102 应在直流侧使用下列防护措施之一:

- 双重或加强绝缘;
- 安全特低电压(SELV)或保护特低电压(PELV)。

712.412 防护措施:双重或加强绝缘

712.412.101 PV 组件、配电箱或配电柜这些在直流侧使用的设备应为 IEC 61140 中说明的 II 类绝缘或与之等效绝缘。

712.414 防护措施:采用 SELV 和 PELV 特低电压

712.414.101 若在直流侧采用 SELV 和 PELV 防护措施, $U_{OC\ MAX}$ 不应超过直流 60 V。

712.414.102 应考虑 PV 方阵的最大电压 $U_{OC\ MAX}$ 为平滑直流电压。

712.42 针对热效应的防护

712.42.101 PV 装置的防火安全

应遵守国家或地方的防火要求。

712.421 针对电气设备引发火灾的防护

注：对 PV 方阵中的电弧故障探测和中断参见附录 E。

712.421.101 针对绝缘故障影响的防护

712.421.101.1 在 PCE 内或在交流侧无简单分隔时针对绝缘故障影响的防护

712.421.101.1.1 不允许直流侧带电部分的功能性接地。

712.421.101.1.2 在直流侧发生绝缘故障，应：

- PCE 的交流侧自动断开，或；
- 在 PCE 自动断开 PV 方阵的故障部分。

注 1：可由 PCE 实施自动断开，参见 IEC 62109(所有部分)。

注 2：也可由 RCD 实施自动断开。

712.421.101.1.3 当直流侧发生绝缘故障时应自动报警(见 712.531.3.101.3)。

注：如果 PCE 检测到绝缘故障，根据 IEC 62109(所有部分)的规定，警报由 PCE 发出。

712.421.101.2 在 PCE 内或交流侧有简单分隔时针对绝缘故障影响的防护

712.421.101.2.1 允许直流侧带电部分的功能性接地。

712.421.101.2.2 如果直流侧带电部分未实施功能性接地，则应安装绝缘监测电器(IMD)或可提供同样监测效能的其他电器。

注：可使用符合 IEC 62109(所有部分)要求的逆变器提供此功能。

712.421.101.2.3 除下一段的应用情况外，应为用一根导体实施功能性接地的 PV 方阵提供符合 712.532.102 要求的电器或电器组合，当直流侧发生绝缘故障时，中断功能性接地导体中电流。此外，根据 712.421.101.2.4 的要求，该电器(或电器组合)还应报警。

经满足公式(1)的电阻器 R 实施功能性接地时，不适用上一段的规定：

$$R \geq \frac{U_{OC\ MAX}}{I_n} \dots\dots\dots(1)$$

式中：

I_n ——表 712.6 中给出的电流值。

注 1：因功能原因，在发生绝缘故障时可能需要立即关掉 PCE。

如果直流侧带电部分通过电阻器实施功能性接地，应安装绝缘监测电器(IMD)或另一种能够提供同样有效监控的电器(见 712.531.3)。

注 2：可以使用符合 IEC 62109(所有部分)的 PCE 提供此功能。

712.421.101.2.4 直流侧发生绝缘故障应自动发出报警(见 712.531.3.101.3)。

注：如果由 PCE 检测到绝缘故障，根据 IEC 62109(所有部分)的要求，由 PCE 报警。

根据 GB/T 16895.21—2011 中 411.6.3.1 的规定，宜在尽可能短的时间内消除故障。

712.43 针对过电流的防护

712.430.3 一般要求

712.430.3.101 概述

PV 方阵内的过电流可能由方阵线路中故障造成,也可能由组件、汇流箱或组件线路中短路的故障电流造成。

PV 组件是电流受限制的电源,但因为他们可以并联,也可以连接外部电源,因此有可能承受过电流。这些过电流可能为下列各项电流之和:

- 多个并联组串;
- PV 组件所连接的某种类型的 PCE,和/或;
- 外部电源。

712.430.3.102 对过流保护的要求

应按照 712.430.3.102~712.433.1.101 及 PV 组件制造商的要求设置过电流保护。

为 PV 组件和/或其线路选择的过电流保护电器,应在 PV 组件过电流达到其额定电流的 135%时,在 2 h 内保持可靠运行。

712.430.3.103 对组串过流保护的要求

若公式(2)成立,应设置组串过电流保护:

$$[(N_s - 1) \times I_{SC\ MAX}] > I_{MOD_MAX_OCPR} \dots\dots\dots(2)$$

式中:

N_s ——由最近的过电流保护电器保护的并联总组串数。

当使用带有过电流保护元件的断路器时,这种断路器也可以提供 712.536.2.101~712.536.2.103 中要求的分断方式。

712.430.3.104 对子方阵过流保护的要求

如果两个以上子方阵并联,应设置子方阵过电流保护。

712.432 保护电器的特性

712.432.101 不应依赖与 PV 组串并联使用的隔离二极管作为过电流保护器件。

712.432.102 直流侧的过电流保护电器应为符合 IEC 60269-6 要求的 gPV 型熔断器,也可为符合 IEC 60947(所有部分)或 IEC 60898(所有部分)要求的另一种电器。

符合 IEC 60947(所有部分)和 IEC 60898(所有部分)要求的电器应为适用于预期条件的类型,尤其应适于在直流电流、反向电流以及临界电流工作。

712.433 针对过载的防护

712.433.1 导体和过载保护电器之间的配合

712.433.1.101 过载保护电器的选型

712.433.1.101.1 概述

考虑到 PV 系统的 I_{sc} 经常在超过 STC 值预期气候条件下运行的情况,在 712.433.1.101.2~

712.433.1.101.4 中选择的系数应做相应调整。

注：大部分气候和环境条件可能导致 PV 组件和方阵产生超过 STC 值的较大短路电流。例如，处于太阳能资源异常高的地理位置、雪的反射或其他情况。另外，在下雪情况下，短路电流会受到环境温度、PV 组件倾斜角和方位角、雪的反射、地理特征等因素影响。

712.433.1.101.2 PV 组串过载保护

如果需要预防组串过载，则：

1) 每个 PV 组串均设置过载保护电器，保护电器的过载电流额定值 I_n 见公式(3)~公式(5)：

$$I_n > 1.5 \times I_{SC\ MOD} \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{且 } I_n < 2.4 \times I_{SC\ MOD} \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{且 } I_n \leq I_{MOD_MAX_OCPR} \quad \dots\dots\dots(5)$$

或

2) 在一个过载保护电器所提供保护下，可将组串按并联分组，见公式(6)和公式(7)：

$$I_{ng} > 1.5 \times N_{TS} \times I_{SC\ MOD} \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$\text{且 } I_{ng} < I_{MOD_MAX_OCPR} - [(N_{TS} - 1) \times I_{SC\ MOD}] \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中：

I_n ——组串过载保护电器的额定电流或电流整定值；

I_{ng} ——组串组过载保护电器的额定电流或电流整定值；

N_{TS} ——一个过载保护电器保护的组串组中并联的组串总数。

如果使用断路器作为过载保护电器，IEC 60364(所有部分)也允许这些断路器起到 712.536.2.101~712.536.2.103 所要求分断电器的作用。

对于某些 PV 组件技术，在最初几周或几个月运行期间，组件的 $I_{SC\ MOD}$ 高于标称额定值。在确定过载保护及电缆额定值时应考虑到这一点。

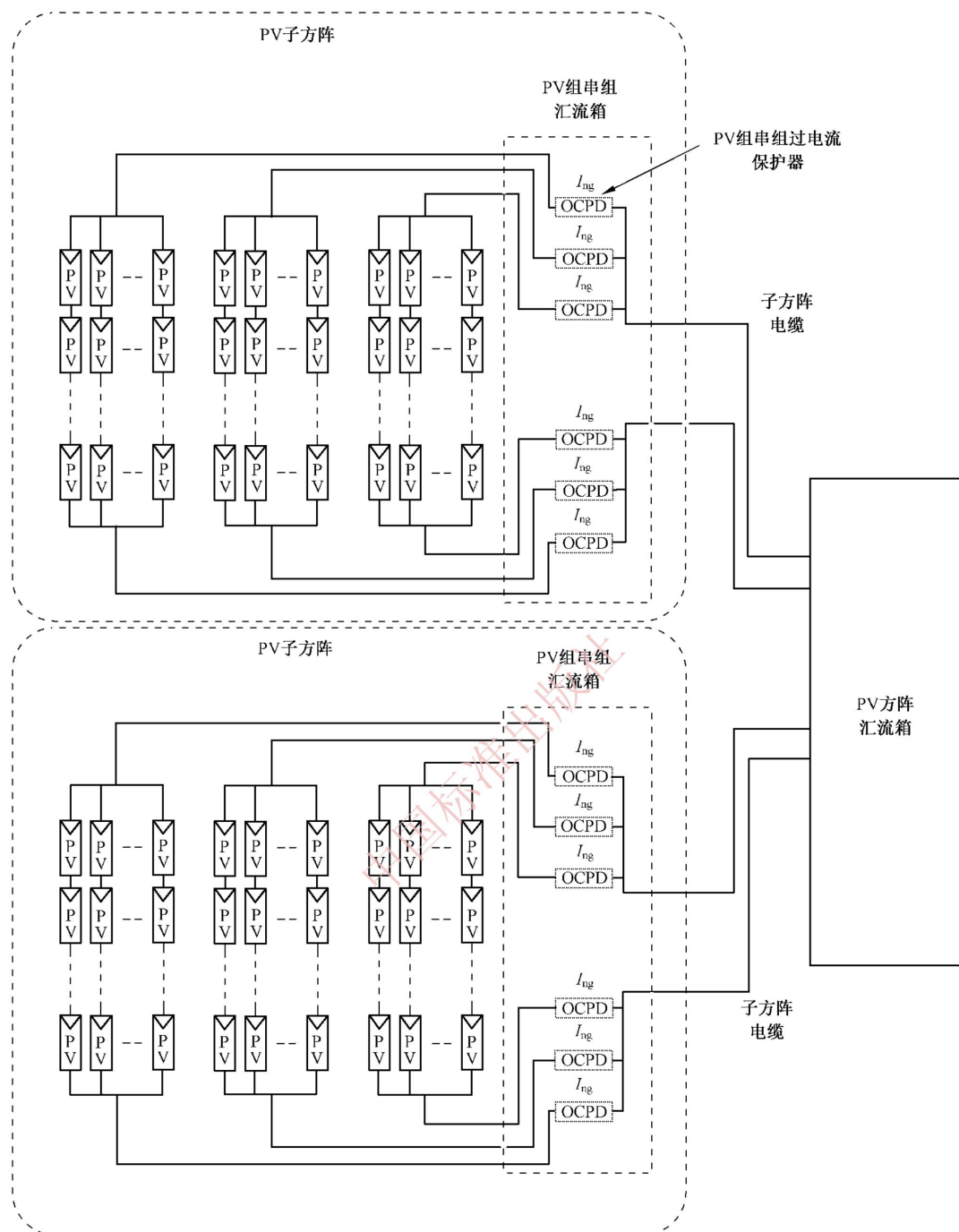


图 712.7 将组串分组、每组由一个过载保护电器保护的 PV 方阵示例

这仅是一个例子，在个别情况下可能还需要其他开关、隔离和/或过载保护等电器，但为简单起见，他们均未在图 712.7 中出现。

注 1：这是一种特殊情况，只有当 PV 组件的过载动作电流额定值远大于其正常工作电流时，才有可能进行这种设计。

注 2：在特定约束条件下，如在标称电流和/或较高环境温度下同时使用的设备并排安装，保护电器额定电流的选择可能会受到影响。

712.433.1.101.3 PV 子方阵过载保护

PV 子方阵过载保护电器的额定电流或电流整定值 I_n 应按公式(8)和公式(9)确定:

$$I_n > 1.25 \times I_{SC\ S-ARRAY} \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$\text{且 } I_n \leq 2.4 \times I_{SC\ S-ARRAY} \quad \dots\dots\dots(9)$$

此处选用的系数为 1.25 而不是组串中选用的 1.5,需要设计人员灵活掌握。对于日照强度频繁增高的地区不应使用 1.25 系数,因为由此可能会引起过载保护电器的误动。

注:在特定约束条件下,如在标称电流和/或较高环境温度下同时使用的设备并排安装,保护电器额定电流的选择可能会受到影响。

712.433.1.101.4 PV 方阵过载保护

PV 方阵电缆的过载保护仅适用于连接蓄电池组的 PV 装置或在故障条件下其他电流源可能流入 PV 方阵的情况。PV 方阵过载保护电器的额定电流 I_n 按公式(10)和公式(11)计算:

$$I_n > 1.25 \times I_{SC\ ARRAY} \quad \dots\dots\dots(10)$$

$$\text{且 } I_n \leq 2.4 \times I_{SC\ ARRAY} \quad \dots\dots\dots(11)$$

通常将 PV 方阵过载保护电器安装在蓄电池或蓄电池组与充电控制器之间,且尽可能靠近蓄电池或蓄电池组。如果恰当地确定这些电器,它们将为充电控制器和 PV 方阵电缆提供保护,因此,在 PV 方阵和充电控制器之间就没有必要再设置 PV 方阵电缆过载保护。这里选用的系数为 1.25 而不是组串中选用的 1.5,需要设计人员灵活掌握。对于日照强度频繁增高的地区不宜使用 1.25 系数,因为这样可能会引起过载保护电器的误动。

注:在特定约束条件下,如在标称电流和/或较高环境温度下同时使用的设备并排安装,保护电器额定电流的选择可能会受到影响。

712.433.2 过载保护电器的位置

712.433.2.101 过载保护定位

在 712.430.3.101~712.430.3.104 及 712.433.1.101 中 PV 方阵、PV 子方阵和 PV 组串需要的过载保护电器应按照以下要求放置:

- 组串过载保护电器应置于组串汇流箱中组串电缆与子方阵电缆或方阵电缆连接处(见图 712.3 和图 712.4);
- 子方阵过载保护电器应置于方阵汇流箱(柜)中子方阵电缆与方阵电缆连接处(见图 712.4);
- 方阵过载保护电器应置于方阵电缆与应用电路或 PCE 连接处(见图 712.2~图 712.4)。

注:在距离 PV 子方阵或组串的最远电缆末端设置过载保护电器,是为防止 PV 方阵的其他部分或其他电源(如蓄电池组)流入的故障电流。由于其固有的限流特性,PV 组件电路自身故障电流不足以导致过载保护电器动作。

应将组串电缆或子方阵电缆需要的过载保护电器连接于各自带电导体(即各自未连接功能性接地的带电导体)中。

有一个例外情况适用于与子方阵电缆不在同一布线系统的组串电缆,也适用于与组串电缆不在同一布线系统的子方阵电缆。在这种情况下,只需要将过载保护电器置于组串电缆或各子方阵电缆的一根不接地的带电导体中。所有电缆连接此保护电器的导体应一致。

712.433.101 对 PV 方阵电缆的保护

PV 方阵电缆的持续载流量 I_z 应大于或等于 PV 方阵的最大短路电流,见公式(12):

$$I_z \geq I_{SC\ MAX}(\text{PV 方阵的}) \quad \dots\dots\dots(12)$$

712.433.102 对 PV 装置交流供电电缆的保护

交流供电电缆过载保护电器的额定电流应按照 PCE 的设计电流考虑。PCE 的设计电流为 PCE 制造商给出的最大交流电流,否则,为 PCE 交流额定电流的 1.1 倍。

712.434 针对短路电流的防护

712.434.101 应通过安装在电气装置的指定配电盘连接处的过电流保护电器来防止短路电流对 PV 交流供电电缆的影响。

712.44 针对电压干扰和电磁干扰的防护

712.443 针对大气或操作瞬态过电压的防护

712.443.101 考虑到 PV 组件设置的灵敏性,应特别注意保护结构本身(建筑物)不受直击雷影响;IEC 62305(所有部分)涵盖了这一内容。

712.443.4 过电压抑制

712.443.4.101 针对瞬态过电压的防护

IEC 60364-4-44:2007 的第 443 章中所述瞬态过电压保护也适用于 PV 装置直流侧。

应根据 PCE 与用电装置电源接入点之间距离确定交流侧是否需要增加瞬态过电压保护。

对 IEC 60364-4-44:2007 的第 443 章未要求瞬态过电压保护的情况,应按照 712.443.5.101 进行风险评估。

712.443.5 风险评估方法

712.443.5.101 对 PV 装置的风险评估

在有相关数据的情况下,可进行风险评估,以评估是否需要瞬态过电压保护。

风险评估方法取决于对临界长度的评估:

L_{crit} 及 L_{crit} 与 L 的比较。

应在 PV 装置直流侧安装 SPD 的条件见公式(13):

$$L \geq L_{crit} \dots\dots\dots (13)$$

式中:

L ——PCE 与不同组串 PV 组件的连接点之间最大线路长度,单位为米(m);

L_{crit} ——临界长度,单位为米(m),取决于 PV 装置类型,按照表 712.1 计算。

表 712.1 临界长度 L_{crit} 的计算

装置类型	PV 装置安装在建筑物上	PV 装置未安装在建筑物上
L_{crit} (m)	$115/N_g$	$200/N_g$
$L \geq L_{crit}$ (m)	在直流侧需要 SPD	

N_g 是与电力线路及所连接结构地点有关的雷击大地年平均密度。这个值可以通过世界上许多地区的地面闪击定位网络来确定(见 IEC 62305-2:2010 的 A.1 或 IEC 60364-4-44:2007/AMD1:2015 中的 443.5)。

712.444 预防电磁影响的措施

712.444.5 接地和等电位联结

712.444.5.5 功能性接地导体

712.444.5.5.101 PV 方阵的功能性接地端子

当按照 712.4.102 所述方式将 PV 方阵接地时,应实施单点接地,这个点应连接到电气装置的主接地端子上。

注 1: 一些电气装置可能有分接地端子。若已经考虑到此用途,PV 与分接地端子的功能性接地是可以接受的。

注 2: 可以在 PCE 内实施功能性接地连接。

在没有蓄电池组的 PV 装置中,该连接点应在 PV 方阵与 PCE 之间并足够靠近 PCE。

在含有蓄电池组的 PV 装置中,该连接点应在充电控制器与蓄电池保护电器之间。

注 3: 如果需要/允许分断电器断开功能性接地导体,对于中断来说,接地位置是很重要的。

712.5 电气设备的选择和安装

712.51 一般规则

712.51.101 附录 B 给出了 $U_{OC\ MAX}$ 和 $I_{SC\ MAX}$ 的计算方法。

712.510.3 概述

增加以下内容:

根据 IEC 62262 的要求,对室外设备的最低防护等级为 IP44,预防外部机械撞击的防护等级不低于 IK07。

PV 方阵的线路和相关元件经常暴露在紫外线、风、水、雪、太阳直接辐射加热和其他环境条件下。应特别注意采取措施将防水外壳中可能积聚的水排出,采取措施应对太阳直接辐射加热。

712.511 遵守标准

712.511.1

增加以下内容:

组件的支撑结构和装配布置应遵守相关建筑规章、标准和组件制造商的装配要求。

712.511.101 PV 组件应符合其相关设备标准 IEC 61215(所有部分)或 IEC 61646 的要求。

712.511.102 所有 PCE 均应符合 IEC 62109(所有部分)的要求。

应根据预期环境条件并按照 IEC 62109-1:2010 中第 6 章的规定选择 PCE。

712.511.103 汇流箱应符合 IEC 61439-2 的要求。对于家用及类似场所,可选择符合 IEC 61439-2 或符合 IEC 60670 中相关部分要求的汇流箱。成套开关设备应符合 IEC 61439 中相关部分的要求。

712.512 工作条件和外界影响

712.512.1 工作条件

712.512.1.1 电压

712.512.1.1.101 最大开路电压 $U_{OC\ MAX}$

按照附录 B 的 B.1 确定最大开路电压 $U_{OC\ MAX}$ 。

712.512.1.1.102 元件要求

712.512.1.1.102.1 概述

所有元件应符合下列要求：

- 适用于直流使用；
- 电压额定值等于或大于 712.512.1.1.101 确定的最大开路电压；
- 电流额定值等于或大于表 712.2 中确定的数值。

对于某些 PV 技术，PV 组件在最初几周工作期间输出的电流 I_{sc} 比正常额定值大得多。而对某些技术 I_{sc} 会随着时间的推移增大。应确认设备的最高预期电流值。

如果用到直流电压调节（例如使用 DC/DC 转换器），应确定设备最高预期电流和电压值。

712.512.1.1.102.2 PV 组件类别

如果根据 712.412 在直流侧采用双重或加强绝缘的防护措施，应按照 IEC 61140 中的 II 类或相等绝缘等级选择 PV 组件。

如果根据 712.414 在直流侧采用 SELV 或 PELV 特低电压防护措施，应按照 IEC 61140 中的 III 类、II 类或相等绝缘等级选择 PV 组件。

712.512.1.1.102.3 汇流箱类别

如果根据 712.412 在直流侧采用双重或加强绝缘防护措施，应按照 IEC 61140 中的 II 类或同等绝缘等级选择汇流箱。

如果根据 712.414 在直流侧采用 SELV 或 PELV 特低电压防护措施，应按照 IEC 61140 中的 III 类、II 类或同等绝缘等级选择汇流箱。

712.513 易维护性

712.513.101 选择和安装 PV 装置应易于安全维护，不影响电气设备制造商为确保服务工作安全进行所做出的规定。含有过电流电器和/或开关电器的汇流箱应能在不拆卸结构部件、箱体、工作台或类似部件的情况下进行检查、维护和修理。

712.514 鉴别

712.514.101 安全标记

为保证各类作业人员（维修、检查、公共配电网操作、紧急救援服务等人员）安全，标明建筑物上存在的 PV 装置是必要的。

应将图 712.8 所示标识牌固定于：

- 电气装置的电源引入点，及；
- 如果距电源引入点较远，则选在计量位置，及；
- 由 PCE 供电的用户单元或配电盘上。

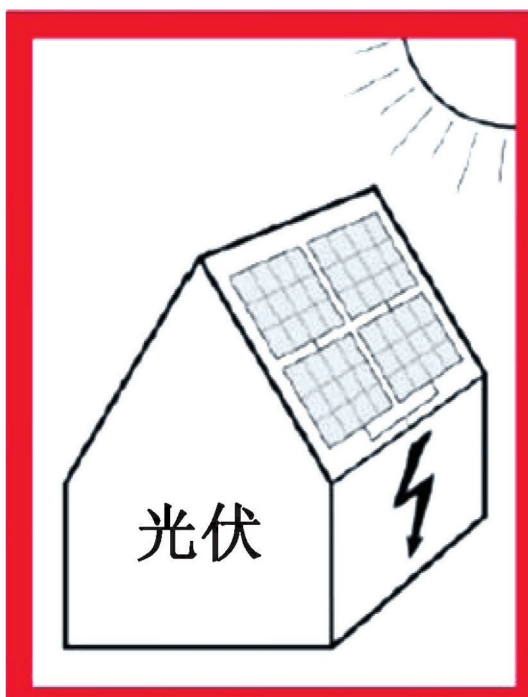


图 712.8 指示建筑物上存在 PV 装置的标识示例

712.514.102 带电部件标记

直流侧靠近带电部分的每个点,如配电盘和配电柜,都应设置永久性的、上面写着如“太阳能直流电——隔离后的带电部件仍然有电!”字样的标识。

712.514.103 隔离标记

所有 PCE 应具有标记,标明在进行任何维修操作之前应将 PCE 与全部电源隔离。

712.514.104 设备标记

所有电气设备应按照本部分要求或适用于当地的标准和规定进行标记。标记应使用当地语言或适于当地的警示符号。标志文字示例参见附录 C。

712.514.105 标志要求

标志示例参见附录 C。

712.514.106 分断电器的标记

712.514.106.1 概述

应根据 PV 方阵接线图为分断电器标注名称或编号。
应清晰地标明所有开关的“ON”和“OFF”位置。

712.514.106.2 PV 方阵的分断电器

PV 方阵的直流隔离开关应由贴在隔离开关附近显著位置的标志牌进行标识。
如果使用非联动的多个分断电器(见 712.536.2.103),应提供多个直流电源的警告标识,警示需要

打开全部隔离开关以安全隔离设备。

712.514.107 文件资料

应按照 IEC 62446-1 的要求提供文件资料。

应向 PV 装置的业主提供一套 712.531.3.101.3 提到的绝缘故障报警的操作说明书,对发生故障后立即行动,调查和排除故障的必要流程进行说明。

712.514.2 布线系统标识

增加以下内容:

应清楚区分交流回路标识和直流回路标识(例如采用不同标签或不同颜色电缆)。

712.515 相互不利影响的预防

712.515.101 与外界影响有关的 PV 组件的选择和安装

712.515.101.1 热效应方面

应根据制造商的建议对 PV 组件的装配布置做出规定,以限制这些组件在预期工作温度下的最大膨胀/收缩。对采用的其他金属部件,包括支架结构、导管和电缆桥架也应做出类似规定。

712.515.101.2 PV 结构上的机械荷载

PV 方阵支撑结构应符合国家有关负荷特性的标准和法规,宜特别注意 PV 方阵上的风、雪荷载。

712.515.101.3 风的影响

应根据地方规章要求,按照所在地最大预期风速对 PV 组件和组件的安装框架以及将框架安装到建筑物或地面的方法进行评估。

评估这一组成部分时,应考虑到各种类型风(旋风、龙卷风、飓风等)的影响并采用现场观测(或已知的)的风速。应确保 PV 方阵支撑结构恰当或符合当地建筑标准。

施加到 PV 方阵的风力将使建筑结构承受重大荷载,在评估建筑物承载能力时应考虑到此荷载。

712.515.101.4 PV 方阵上的堆积物

雪、冰或其他物质可能在 PV 方阵上堆积,在选择额定组件、计算组件支撑结构及计算建筑物支撑方阵的能力时应加以考虑。

注:刚下完雪这些荷载通常是均匀分布的。一段时间后雪开始滑落时,它们会变得很不均衡。这可能导致组件和支撑结构严重受损。

712.515.101.5 防腐

组件安装架及用于将组件装于框架、框架安装到建筑物或安装到地面所使用的构件,应由适合于设备寿命和使命的耐腐蚀材料制成,例如铝、镀锌钢材以及经过处理的木材。

如果将铝材料安装在海上或其他腐蚀性很强的环境中,应按照适合于设备安装场所和使命的厚度以及规格对其进行阳极氧化处理。对腐蚀性气体、如农业环境中的氨气,也应考虑在内。

应采取预防不同类金属之间电化学腐蚀的措施。这种腐蚀可能发生在结构和建筑物之间,也可能发生在结构、紧固件和 PV 组件之间。

应使用降低不同金属表面之间电化学腐蚀的绝缘支垫,例如尼龙垫圈、橡胶绝缘垫等。

进行有关支架系统和其他物体的任何连接设计,如一些接地连接的设计工作,宜查询制造商的说明

书和地方规章。

712.52 布线系统

712.521 布线系统类型

712.521.101 类型

712.521.101.1 PV 方阵内所用电缆应满足以下要求：

- 适合于直流应用。
- 额定电压等于或大于 712.512.1.1.101 中定义的最大开路电压。
- 具有符合应用的温度等级。考虑到 PV 组件经常在高于环境温度 40 K 的温度下运行,因此,对于接触或靠近 PV 组件安装的线路,其电缆应具有相应温度等级的绝缘。
- 如果在暴露环境中,应为防紫外线型或采用适当的防护措施防止紫外线照射。例如,安装在防紫外线导管或槽盒里。
- 适合暴露于水的预期条件。
- 如果使用铜导体,为减少电缆随时间劣化,应采用多股导体并镀锡。
- 在工作电压超过特低电压运行的所有装置中,应按照绝缘故障风险最小去选择电缆(通常选择具有非金属护套的绝缘电缆,特别是暴露或铺设在金属托盘或导管中的电缆,应按照 GB 16895.21—2011 中 412.2.4.1 的要求进行选择和安装。也可以通过加强线路防护来实现,如图 712.9 所示)。
- 为 IEC 60332-1-2 中定义的阻燃型。
- 受移动影响的电缆至少应符合 IEC 60228 中第 5 类导体要求(例如,跟踪装置或暴露于风的组串电缆),不受移动影响的电缆至少应符合 IEC 60228 中第 2 类导体要求。

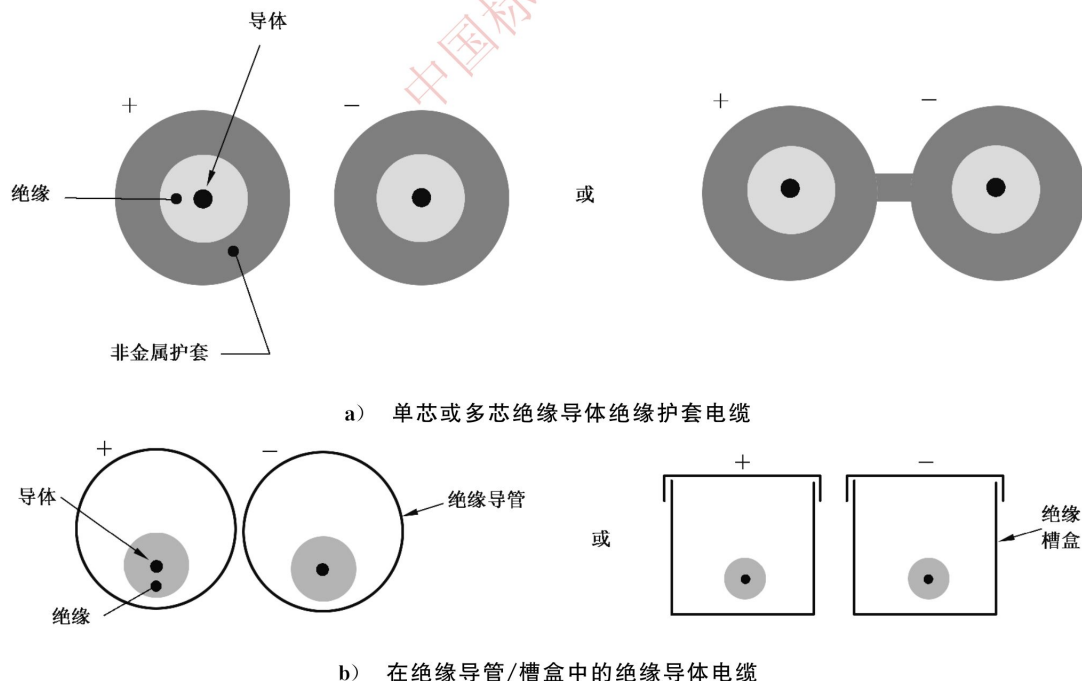
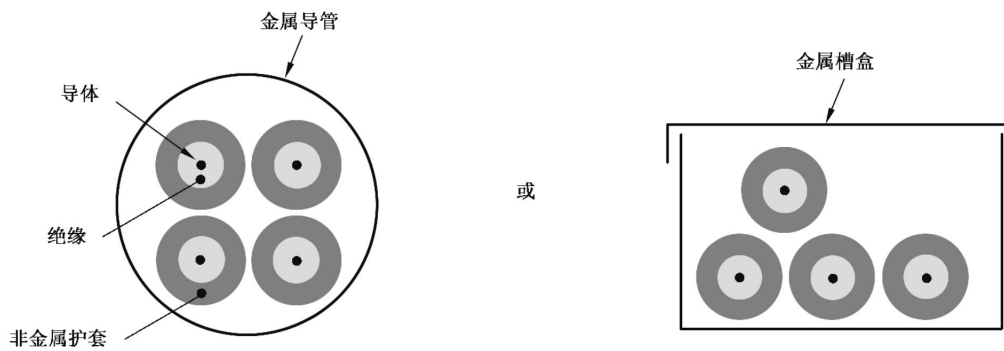
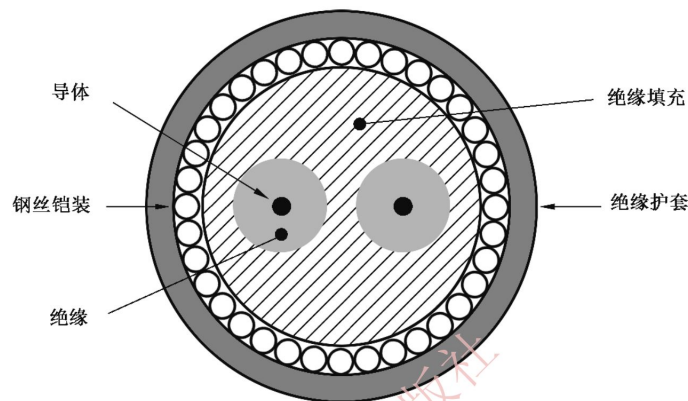


图 712.9 具有加强防护的电缆示例



c) 单芯导体电缆——敷设在金属导管/槽盒中



d) 钢丝铠装电缆(通常只适用于主干直流电缆)

图 712.9 (续)

712.521.101.2 应以接地故障和短路风险最小要求选择和安装直流侧电缆。

712.521.102 概述

在安装期间应查验所有连接的紧固性和极性,以减少调试、运行和将来维护期间的故障和可能发生的电弧风险。

712.521.103 布线环路

为降低瞬态过电压,PV 方阵的线路应以导电环路面积最小的方法敷设(例如,按照图 712.10 所示方法并行敷设电缆)。

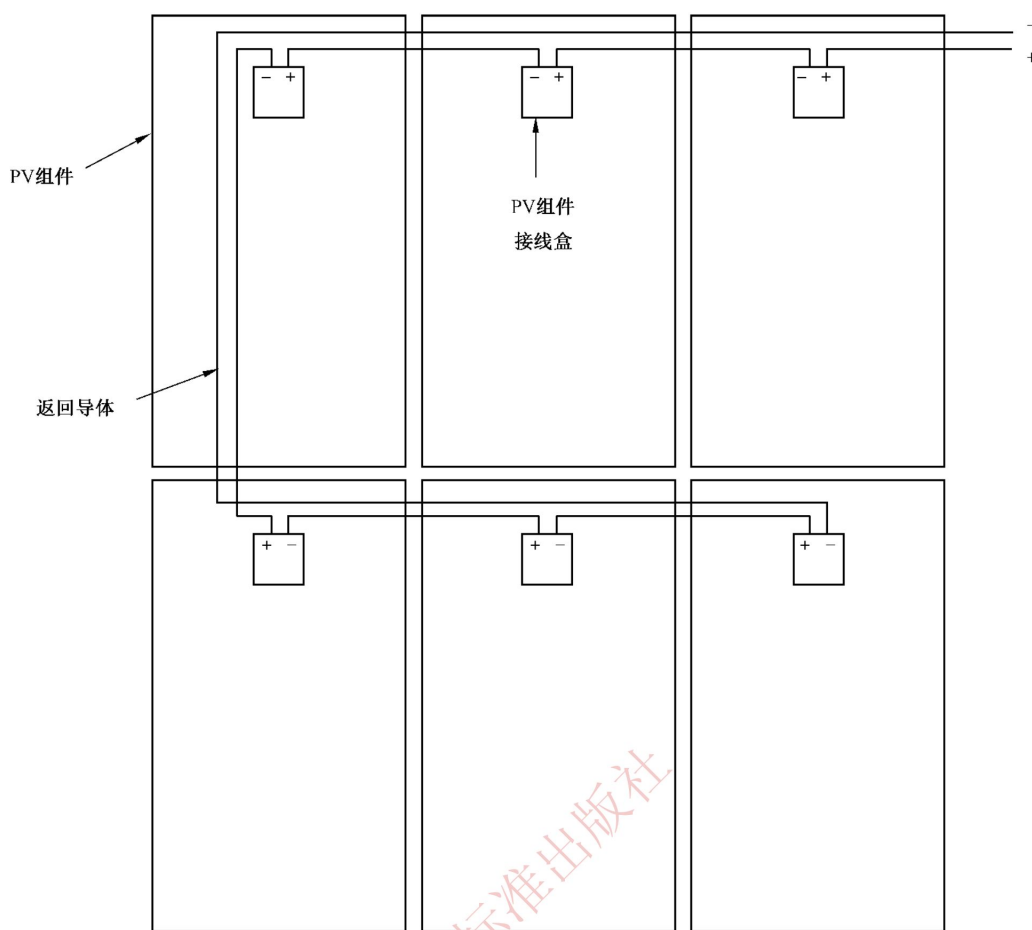


图 712.10 最小环路面积的 PV 组串布线

712.521.104 组串布线

PV 组串的组件之间线路在没有导管或其他外壳保护的情况下,除了满足方阵布线的的所有要求外,还应适合以下要求:

- 不使电缆遭受机械损伤,且;
- 解除电缆张力后再进行安装,以防止导体从连接点脱出。

712.522 涉及外部影响的布线系统选择和安装

712.522.101 安装方法

应对电缆施加支撑,以免电缆因风/雪影响而产生疲劳。还应注意保护电缆不遭受尖锐边缘的伤害。对电缆施加良好支撑可使电缆的性能和安装要求在 PV 电站的规定寿命期内得以满足。全部暴露于日光下的非金属电缆管理系统应为防紫外线型产品。

注:在方阵下侧安装的导管、管道和电缆扎带仍可能受到紫外线反射辐射。另外,金属电缆扎带可能有尖锐边缘随时间推移以及风的影响而导致电缆损坏。

712.523 载流量

712.523.101 PV 组件下面的电缆遭受直接加热的环境温度至少应按照 70 °C 考虑。

712.524 导体的截面积

712.524.1

增加以下内容：

应根据电缆使用时的过电流保护额定值、最小电流额定值(见表 712.2)、电压降和预期故障电流来确定 PV 组串电缆、PV 子方阵电缆和 PV 方阵电缆的规格。应采用在这些条件中获得的最大电缆规格。

没有连接蓄电池组的 PV 方阵是电流受限的电源,但因一些组串并联、一些子方阵并联,在故障情况下,异常大的电流仍可能流入方阵线路。需要时设置过电流保护,通过最近的过电流保护电器,这些电缆应能够应对来自方阵任意远端部分和来自一些相邻并联组串的最坏情况电流。

712.524.1.101.1

PV 方阵线路的最小电缆规格以载流量 I_z 为基础并根据表 712.2 估算的电流额定值选择。

对于一些 PV 组件技术, $I_{SC\ MOD}$ 在最初几周或几个月运行期间高于标称额定值,而对于其他技术, $I_{SC\ MOD}$ 却会随着时间推移而增大。在确定电缆额定值时应考虑到这一点。

表 712.2 电路的最小电流额定值

相关电路	防护情况	选择电缆截面积和(或)其他对电路估算的最小电流
PV 组串	未提供 PV 组串过电流保护	为下游最近的过电流保护电器的电流额定值(I_n) + $1.25 \times I_{SC\ MOD} \times (N_s - 1)$ 其中: N_s ——最近的过电流保护电器保护的并联组串的总数。 注 1: 下游最近的过电流保护可能是 PV 子方阵的, 如果不存在, 则可能是 PV 方阵的。 注 2: 当整个方阵未使用过电流保护时, N_s 是整个 PV 方阵中并联的组串总数, 最近过电流保护电器的额定电流(I_n)为“0”。
	提供了 PV 组串过电流保护	PV 组串过电流保护电器的电流额定值(I_n) (见 712.430.3.101 ~ 712.430.3.104、712.433.1.101 及 712.433.2.101)
PV 子方阵	未提供 PV 子方阵过电流保护	以下中较大的: a) PV 方阵过电流保护电器的电流额定值(I_n) + $1.25 \times$ 其他所有子方阵短路电流之和; b) $1.25 \times I_{SC\ S-ARRAY}$ (方阵所属的)。 注: 当未使用 PV 方阵过电流保护时, a) 中的(I_n)为“0”。
	提供了 PV 子方阵过电流保护	PV 子方阵过电流保护电器的电流额定值(I_n) (见 712.430.3.101 ~ 712.430.3.104、712.433.1.101 及 712.433.2.101)
PV 方阵	未提供 PV 方阵过电流保护	$1.25 \times I_{SC\ ARRAY}$
	提供了 PV 方阵过电流保护	PV 方阵过电流保护电器的电流额定值(I_n) (见 712.430.3.101 ~ 712.430.3.104、712.433.1.101 及 712.433.2.101)

如果在故障条件下 PCE 或其他电力转换设备可能向方阵提供反馈电流, 则在所有电路的电流额定值估算中均应考虑该反馈电流值。某些情况下, 应将反馈电流值添加到表 712.2 估算的电路额定值中。

注：电力转换设备(PCE)供给的反馈电流值可以从 PCE 制造商提供的信息中获得。

712.525 用户装置中的电压降

712.525.101 PV 装置中的电压降

为提高效率,除考虑电气安全及设备的正确功能外,还应考虑 PV 装置的电压降,见 712.31.101.1.6。

当 PV 装置发电时,PCE 端口的电压高于并网点电压。为防止 PCE 过电压跳闸,这个电压差宜保持在最小值。

IEC 60364-5-52:2009 的附录 G 适用于本部分。

712.526 电气连接

712.526.1

增加以下内容:

配对连接的凸、凹连接器应为同一制造商生产的同一类型产品。即:不应将一个制造商的凸连接器和另一个制造商的凹连接器连接使用,两者互换同样不可以。

连接器应符合下列要求:

- 规定为直流使用(IEC 62852);
- 电压额定值等于或大于在 712.512.1.1.101 中确定的最大开路电压;
- 在连接和分离状态均能够防止接触到带电部分(如:加以遮盖);
- 电流额定值等于或大于所安装电路的载流量(见表 712.2);
- 能够接受所安装电路中使用的电缆;
- 断开需要故意用力;
- 如果未经训练的人可触及,则应为需要两个独立动作才能断开的锁定类型;
- 具有适合其安装位置的温度等级;
- 如为多极,能区分各个极;
- 在超过 35V 的 PV 装置中使用应符合 II 类要求;
- 如果用于暴露环境则为户外型,也应为防紫外线型并满足所处位置的 IP 等级;
- 安装方式应尽量减少连接器上的张力(如:对连接器两侧电缆加以支撑);
- 家用电器连接低压交流电源常用的插头和插座不应在 PV 方阵中使用;

注:此要求的目的是防止装置内交流回路和直流回路之间发生混淆。

712.526.101 直流侧的连接器

如果在 PV 装置直流侧未采用 SELV 或 PELV 防护措施,仅允许使用特别适合 PV 装置直流侧的连接器。

除技术人员和已受训人员外,其他人员容易触及的连接器应为只能使用钥匙或工具打开的类型,也可以将连接器安装在只能使用钥匙或工具打开的壳体内。

712.526.102 汇流箱中布线安装

以下规定适用于布线系统汇流箱的安装。

如果导体进入没有导管的汇流箱,应使用张力消除装置,以避免电缆在箱内断开(例如,使用格兰连接器)。

安装时对所有电缆入口应保持外壳的 IP 等级。

注:在某些场所,汇流箱内可能存在冷凝水问题,可制定排除积水的措施。

712.527 为减少火灾蔓延的布线系统选择和安装

在考虑中。

712.528 布线系统与其他服务设施的距离

在考虑中。

712.529 涉及可维护性(包括清洁)的布线系统选择和安装

在考虑中。

712.530 隔离、开关和控制

712.530.3 概述及一般要求

712.530.3.101 剩余电流动作保护电器(RCD)

如果将 RCD 用于 PV 装置交流供电回路保护,应选用符合 IEC 62423 的 B 型 RCD,除非:

- 制造商的说明书表明,在逆变器中提供了交流侧与直流侧之间最基本的简单分隔,或;
- 该装置借助变压器的隔离绕组,在逆变器和 RCD 之间提供了最基本的简单分隔,或;
- 逆变器符合 IEC 62109-1 而制造商的说明中不要求使用 B 型 RCD。在此情况下应按照制造商的使用说明选择 RCD 的类型。

712.531 自动切断电源的预防间接接触(故障保护)电器

712.531.101 检测、断开及报警要求

对绝缘故障的检测、所需动作及报警要求,取决于系统的接地类型以及 PCE 是否提供了 PV 方阵与输出回路(例如电网)的电气分隔。表 712.3 显示了 PV 方阵对地绝缘电阻测量、PV 方阵剩余电流监测(RCM)以及检测到故障时所需动作及报警要求。

表 712.3 基于 PCE 隔离和 PV 方阵功能性接地对不同系统类型的要求

		系统类型		
		非隔离型 PCE+ PV 方阵未实施功能性接地	隔离型 PCE+ PV 方阵未实施功能性接地	隔离型 PCE+ PV 方阵实施了功能性接地
PV 方阵 对地绝缘电阻	测量	按照 712.531.3.101.1		
	故障时动作	如下: a) 如果交流侧不是 IT 系统的一部分: 关闭 PCE 并从 PCE 断开交流电路所有带电导体或 PV 方阵故障部分的所有电极。 b) 如果交流侧是 IT 系统的一部分: 无动作(允许 PCE 运行)	允许连接交流电路(允许 PCE 运行)	
	故障时报警	按照 712.531.3.101.3 指出故障		

表 712.3 (续)

		系统类型		
		非隔离型 PCE+ PV 方阵未实施功能性接地	隔离型 PCE+ PV 方阵未实施功能性接地	隔离型 PCE+ PV 方阵实施了功能性接地
PV 方阵 剩余电流监测	测量	按照 712.531.3.101.2	无要求	按照 712.531.3.101.2
	故障时动作	关闭 PCE 并从 PCE 断开交流回路所有带电导体或 PV 方阵故障部分的所有电极		断开功能性接地(见 712.531.3.101.2);允许连接交流回路(允许 PCE 运行)
	故障时报警	按照 712.531.3.101.3 指出故障		按照 712.531.3.101.3 指出故障
<p>允许以隔离 PV 方阵的故障部分来代替关闭 PCE 和断开交流回路。 功能性接地按照 712.4.102 实施。 对于使用非隔离型 PCE 的系统,如果其引用的交流电路接地,则不允许在 PCE 的 PV 侧实施功能性接地。见 712.4.102。</p>				

712.531.3 绝缘监测设备

712.531.3.101 对工作电压在 60 V 以上的 PV 方阵的要求

712.531.3.101.1 方阵绝缘电阻检测

在 712.531.3.101.1 中有关异常方阵对地绝缘电阻检测和响应的要求,是为了减小绝缘劣化造成的危害。

在开始运行之前,应提供一种方法,至少每 24 h 一次测量 PV 方阵对地绝缘电阻。此项工作可采用符合 IEC 61557-2 的绝缘测量设备或符合 IEC 61557-8:2014 中附录 C 的绝缘监测设备(IMD)去实施,以防止大的、可能的火灾风险。

这种绝缘电阻监测或测量功能也可以在 PCE 内实施。

检测的最小阈值应符合表 712.4。

表 712.4 对地绝缘故障检测的最小绝缘电阻阈值

PV 方阵额定功率 kW	R 限定值 kΩ
≤20	30
>20~≤30	20
>30~≤50	15
>50~≤100	10
>100~≤200	7
>200~≤400	4
>400~≤500	2
>500	1

可能情况下,绝缘电阻检测阈值的设置宜大于这些计算说明的最小值,此值越高越能及早发现潜在故障,从而提高 PV 装置的安全性。

测量期间应断开 PV 方阵功能性接地线。

发生故障时需要的动作取决于所用 PCE 的类型,具体要求如下:

- 如果使用隔离型 PCE,应按照 712.531.3.101.3 要求显示故障(允许运行);维持故障警报,直到方阵绝缘电阻恢复至高于上述限定值为止;
- 如果使用非隔离型 PCE,应按照 712.531.3.101.3 要求显示故障,且不得连接任何接地的输出电路(例如输电干线);如果方阵绝缘电阻恢复至高于上述限定值,该设备可以继续测量、停止显示故障并允许连接输出电路。

712.531.3.101.2 剩余电流监测系统

根据表 712.3 中要求,每当自动分断电器闭合、PCE 连接到接地的输出电路时,应提供剩余电流监测功能。剩余电流监测设备应测量真实的(交流和直流成分)剩余电流有效值(RMS)。

如果 PCE 的交流输出连接了与地隔离的电路而 PV 方阵又未实施功能性接地,则不需要监测剩余电流。

应按照以下限制要求进行检测,以发现过量连续的剩余电流和剩余电流的过量突变:

- a) 连续的剩余电流:当 RCM 指示剩余电流超过限制时,如果连续剩余电流超出为下列情况,开关设备应在 0.3 s 内动作断开并应按照 712.531.3.101.3 要求显示故障:

- 对连续输出功率额定值 ≤ 30 kVA 的 PCE,最大为 300 mA;
- 对连续输出功率额定值 > 30 kVA 的 PCE,最大为 10 mA/kVA(额定连续输出功率)。

注:可以实施分布式剩余电流监测,例如在子方阵级别或在更小的方阵子部分。这样对大型方阵尤其有益,因为它可以实施更小的阈值检测。由此可以导致更多潜在故障的快速识别并有助于识别可能受到影响的方阵部分。

如果泄漏电流阈值低于本款规定,且方阵绝缘电阻值符合 712.531.3.101.1 的限制,RCM 可能尝试重新连接。

- b) 剩余电流的突然变化:如果检测到剩余电流有效值突然增大且超过了表 712.5 中的值,PCE 应在表 712.5 规定的时间内断开与所有接地的输出电路(如输电干线)的连接,并应按照 712.531.3.101.3 要求指明故障。

表 712.5 剩余电流突变的响应时间限制

剩余电流突变	切断接地输出电路的最长时间
30 mA	0.3 s
60 mA	0.15 s
150 mA	0.04 s

注:这些剩余电流和时间的值最初取自 RCD 标准 IEC 61008-1,但在本文中的意义却不再与防电击保护有关。

如果泄漏电流阈值低于本条规定,且方阵绝缘电阻符合 712.531.3.101.1 的限制,RCM 可能尝试重新连接。

712.531.3.101.3 绝缘故障报警

为提供 712.531.3.101.1 要求的指示功能,应安装绝缘故障报警设备。一旦被启动,警报将持续,直到关闭 PV 装置和/或绝缘故障被排除。

警报应为确保 PV 装置的操作人员或业主容易察觉到故障的形式。例如,警报可以是操作人员或

业主所处区域可看见和可听到、能意识到故障发生的形式或其他如电子邮件、短信或类似的故障通信形式。

许多 PCE 都具有绝缘故障检测和指示灯形式的指示。然而,典型的 PCE 安装位置意味着这种指示可能不会被注意到。IEC 62109-2 要求的 PCE 不仅具有本地报警、还应具有向外部传递绝缘故障信号的能力。

712.532 防止热效应的电器

712.532.101 防止绝缘故障影响(包括使用 IMD)

如果 IMD 用于防止绝缘故障的影响,应符合 IEC 61557-8。

如果 IMD 是 PCE 的组成部分,绝缘监测功能应符合 IEC 62109-2:2014 的附录 D。

注 1:如果在交流侧和直流侧具有电气分隔而在直流侧的带电部分未实施功能性接地(见 712.532.102),可选择 IMD 来防止绝缘故障影响。

注 2:除防火外,使用 IMD 还有其他原因,例如、要求发生第一次故障时系统连续运行而不中断。

如果 PV 方阵大于 100 kW_p,宜使用符合 IEC 61557-9 的自动绝缘故障定位系统。

712.532.102 通过断开功能性接地导体防止绝缘故障的影响

在 712.421.101.2.3 中要求的电器或电器组合应:

- 满足 IEC 60364-4-43 相关要求;
- 确认其适用于 PV 方阵最大电压 $U_{OC\ MAX}$;
- 额定分断容量不低于 PV 方阵最大短路电流 $I_{SC\ MAX}$,且;
- 不超过表 712.6 中给出的额定电流(I_n)。

表 712.6 功能性接地导体中的自动分断电器的额定电流

PV 方阵总安装容量 kW _p	额定电流 I_n A
0~25	1
>25~50	2
>50~100	3
>100~250	4
>250	5

某些组件技术需要在正极或负极主导体上实施功能性接地,以便 PV 电池释放电荷,这是功能/运行的需要,也是防止光伏电池退化的需要。宜遵循制造商的要求。在可能的情况下,宜在实施 PV 电池释放电荷的功能性接地时,采用导体串联电阻接地而不是直接接地。该电阻宜根据制造商的说明选择,应选择其许可的最大电阻值。

712.533 防止过电流的保护电器

712.533.1 一般要求

712.533.101 直流侧的过电流保护电器

直流侧的过电流保护电器应为:

- 符合 IEC 60269-6 的 gPV 型熔断器,或;
- 制造商声明适合在 PV 装置中使用且符合 IEC 60947-2 或 IEC 60898-2 要求的断路器。

这些电器应符合以下具体要求：

- 额定工作电压(U_e)应大于或等于 PV 方阵的电压 $U_{OC\ MAX}$ ；
 - 额定电流(I_n)按照 712.433.1.101 确定；
 - 额定分断容量至少应等于 PV 方阵的 $I_{SC\ MAX}$ 及所连接的任何其他电源(例如蓄电池组或发电机组)的故障电流；
 - 专为直流使用而设计；
 - 能够按照 IEC 60947-1 的规定分断临界电流；
- 注：在某些电器上使用符号 \equiv (IEC 60417-5031:2003-2)以表明适合于直流应用。
- 过电流保护电器的运行应与电流方向无关。

712.534 防止瞬态过电压的保护电器

712.534.4 SPD 的选择和安装

712.534.4.4 SPD 的选择

712.534.4.4.101 直流侧 SPD 的选择

712.534.4.4.101.1 概述

由于 PV 装置直流侧的电气设置非常特殊,因此,应仅使用专用于 PV 装置的特殊 SPD 来保护装置的直流侧。SPD 的制造商应提供相关资料。

当 PCE 在直流侧组合了 SPD 时,如果 PCE 的制造商说明它们在 PV 装置直流侧使用便捷且其技术参数适合安装地点(I_n 、 I_{max} 、 I_{imp} 、 I_{SCPV} 符合 712.534.4.4.101),可认为它们可实现防浪涌功能。否则,应由外部 SPD 提供防浪涌保护。

注：PCE 中含有的压敏电阻不可看作 SPD。

外部 SPD 的电压保护水平 U_p 应根据 PCE 中所含器件的特性来确定。因此,需要由 PCE 制造商提供选择外部 SPD 所要求的电压保护水平 U_p 。

在直流侧所安装 SPD 的特性由 712.534.4.4.101.2~712.534.4.4.101.7 确定。

712.534.4.4.101.2 SPD 测试类型的选择

一般 SPD 为 II 类测试的,如果指定其作为防直击雷保护而间隔距离(S)不符合 IEC 62305(所有部分),则应使用 I 类测试的 SPD(一般与 II 类测试的 SPD 一起使用)。

712.534.4.4.101.3 SPD 电压保护水平 U_p 的选择

如果没有制造商提供的信息,可认为组件和转换设备的耐冲击电压 U_w 与表 712.7 相同。

表 712.7 无相关信息时的耐冲击电压 U_w

$U_{OC\ MAX}$ V	U_w kV	
	PV 组件	逆变器
100	0.8	—
150	1.5	—
300	2.5	—

表 712.7 (续)

$U_{OC\ MAX}$ V	U_w kV	
	PV 组件	逆变器
400	—	3.1
600	4	4.2
800	—	5.1
1 000	6	5.6
1 500	8	8.5

712.534.4.4.101.4 SPD 最大连续工作电压 U_{cpv} 的选择

防浪涌保护器 (SPD) 可承受的最大电压值 U_{cpv} 应按照 PV 方阵的最大空载电压 $U_{OC\ MAX}$ 选择, 该 U_{cpv} 应大于或等于 PV 方阵的 $U_{OC\ MAX}$ 。

应根据以下指定点之间最大电压 $U_{OC\ MAX}$ 选择和配置 SPD:

- PV 方阵的带电端子 (+ 端子和 - 端子), 及;
- PV 方阵的带电端子 (+ 端子和 - 端子) 与接地端子。

712.534.4.4.101.5 SPD 标称放电电流 I_n 的选择

II 类测试 SPD 的标称放电电流 I_n 的最小值应为 5 kA。

注: 如果 SPD 的标称放电电流超过此最小值, 使用寿命会更长。

712.534.4.4.101.6 SPD 短路电流额定值 I_{SCPv} 及与之配套保护电器的选择

如制造商要求, 防浪涌保护器 (SPD) 应配置一个符合制造商要求规格的外部自动分断电器。无论 PV 组件产生多大电流, 都应选择该分断电器并投入运行。

由于 SPD 可能出现短路故障, 因此需要一个外部分断电器。

应根据 PV 方阵可能输出的最大电流 I_{SCMAX} 选择 SPD 的短路电流额定值 I_{SCPv} , I_{SCPv} 应大于或等于 PV 方阵的 I_{SCMAX} 。不应使用未给出 I_{SCPv} 参数的 SPD。

712.534.4.4.101.7 I 类测试 SPD 冲击电流 I_{imp} 的选择

如果无法计算冲击电流 I_{imp} , I_{imp} 则不应小于 12.5 kA, 此值对应防雷电保护等级 LPL III。

712.534.4.4.102 直流侧 SPD 的安装

直流侧的 SPD 应足够靠近 PCE。

为满足防护要求, 如果距离 PCE 较远可能需要额外的 SPD。

注 1: 例如直流电缆进入建筑物的入口与 PCE 之间距离大于 10 m 的情况。

注 2: 设备上浪涌电压的大小取决于设备与 SPD 的距离, 如果距离超过 10 m, 由于共振效应 (雷击的高频放大现象) 这个电压值可能翻倍。

712.534.4.10 SPD 的连接导体

增加以下内容：

- 当 SPD 分别安装在逆变器的交流侧及直流侧的独立配电盘上时，宜尽量缩短这些配电盘之间的距离；
- 直流 SPD 连接至总接地端子的导体，对于 II 类测试的 SPD，最小应为 6 mm² 截面积的铜导体或与此等效导体；对于 I 类测试的 SPD，则最小应为 16 mm² 截面积的铜导体或与此等效导体。

712.536 隔离与开关

712.536.2 隔离

712.536.2.101 分断电器

应在逆变器的直流侧和交流侧同时设置具有隔离功能的分断电器。
应在 PV 方阵中设置具有隔离功能的分断电器，以隔离电路和设备。

712.536.2.102 PCE 隔离开关的位置

隔离开关的位置应满足对 PCE 进行维护（如更换 PCE 组件、更换风扇、清洗过滤器）时没有电气危险。该隔离开关可以和 PCE 在同一个外壳内。

在有多路直流输入的情况下，上述要求适用于每路输入。

712.536.2.103 PV 方阵内的隔离电器

应按照表 712.8 设置这些电器。

表 712.8 PV 方阵装置中需要的分断电器

电路或部分电路	隔离电器	要求
组串	分断电器 ^a	建议
子方阵	分断电器 ^a	要求
	具有负载分断能力的隔离电器 ^b	建议
方阵	具有负载分断能力的隔离电器	要求

^a 带护套（触摸安全）的连接器、熔断器组合单元或隔离器均为合适的分断电器的例子。
^b 如果使用隔离开关，也具有隔离功能。

没有负载分断能力的隔离电器应标记为空载分断电器，且只能通过使用工具或钥匙触及。

如果多个子方阵分断电器安装在 PCE 附近（即在 2 m 内、在视线范围内）时，则不需要安装 PV 方阵电缆，因此也不需要 PV 方阵的有载分断开关。在此情况下，子方阵使用的这些开关应全部为有载分断开关。

如果需要多个分断电器隔离 PCE，则应提供一个警告标识，标明需要隔离多个电源。

712.536.5 功能开关（控制）

712.536.5.101 隔离器和隔离开关

所有隔离开关的选择及安装应符合下列要求：

- 在连接或分离状态时,带电的金属部分均不得暴露;
 - 电流额定值等于或大于对电路导体所要求的值;
 - 没有极性要求(PV 方阵中的故障电流可能与正常工作电流相反)。
- 隔离开关应符合 IEC 60947-3 并具有独立的手动操纵机构。

712.54 接地配置和保护导体

712.542 接地配置

712.542.101 功能性接地

从机械防护角度考虑,功能性接地导体最小应选择 4 mm^2 截面积的铜导体或与之等效的导体。

712.542.102 单独的接地极

如果为 PV 方阵设置单独的接地极,应通过总等电位连接导体将此接地极连接至电气装置的总接地端子。

712.542.103 PV 方阵金属结构的联结

如果需要进行这种联结(例如,为便于正确实施 712.531.3.101.1 中提到的方阵绝缘电阻检测),应将支撑 PV 组件的这些金属结构(包括金属的电缆托盘)进行联结。

另外,对于无变压器的 PCE 产生静电电荷的情况,这种联结可能也是必要的。

应将这些联结导体连接到任意适当的 PE 端子上。

如果这些金属结构是铝制品,应使用适当的连接配件。

联结导体(带绝缘或裸露的)最小应为 4 mm^2 横截面积的铜导体或与之等效的导体。

PV 方阵的联结导体应足够靠近 PV 方阵和/或子方阵正、负导线敷设,以减少雷电引起的感应电压。详见 712.521.103。

注: 712.542.103 中所述联结也保证了对静电荷释放效应的预防。

712.55 其他设备

712.55.101 防止直流有载中断的措施

为防止形成电弧,对于每个可用来打开直流电路而没有分断能力的电器,都应加锁,以防无意间或未经授权的操作。

注 1: 适用此要求的电器的例子是 SPD 底座和熔断器底座。

注 2: 可以将该电器置于封闭的空间、壳体内,也可以加锁来满足此要求。

712.55.102 隔离二极管

隔离二极管不应作为防止过电流保护电器的替代品使用。

隔离二极管可用于防止 PV 方阵各部分中的反向电流。

如果使用隔离二极管,应符合下列要求:

——电压额定值至少为 2 倍的 $U_{OC \text{ MAX}}$;

——电流额定值(I_{MAX})至少为其所保护电路在标准测试条件下短路电流的 1.4 倍,即:

- $1.4 \times I_{\text{SC MOD}}$ 适用于 PV 组串;
- $1.4 \times I_{\text{SC S-ARRAY}}$ 适用于 PV 子方阵;
- $1.4 \times I_{\text{SC ARRAY}}$ 适用于 PV 方阵;

——安装时避免带电部分外露;

——防止因环境因素造成退化。

隔离二极管的使用说明参见附录 D。

注：针对在某些气候条件下调整 I_{sc} 系数的要求见 712.433.1.101。

712.6 检查与测试

IEC 62446-1 提供了用于系统文件编制、交接试验和检查,对本文件的补充要求。

中国标准出版社

附录 A
(资料性附录)
PV 装置信息

图 A.712.1~图 A.712.6 提供了有关 PV 装置的信息,如 712.31.101.1.1 所述。

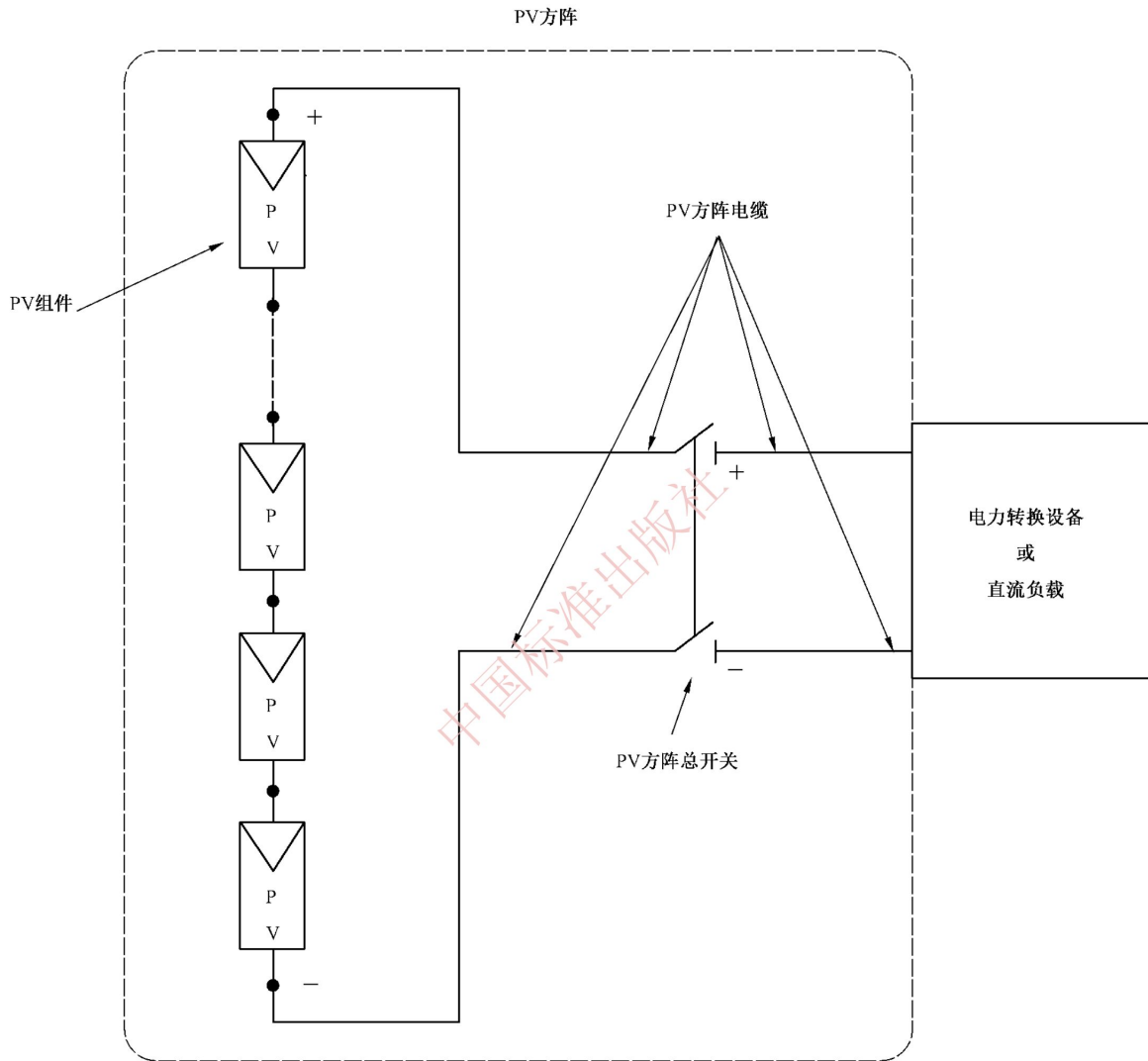


图 A.712.1 单组串 PV 方阵

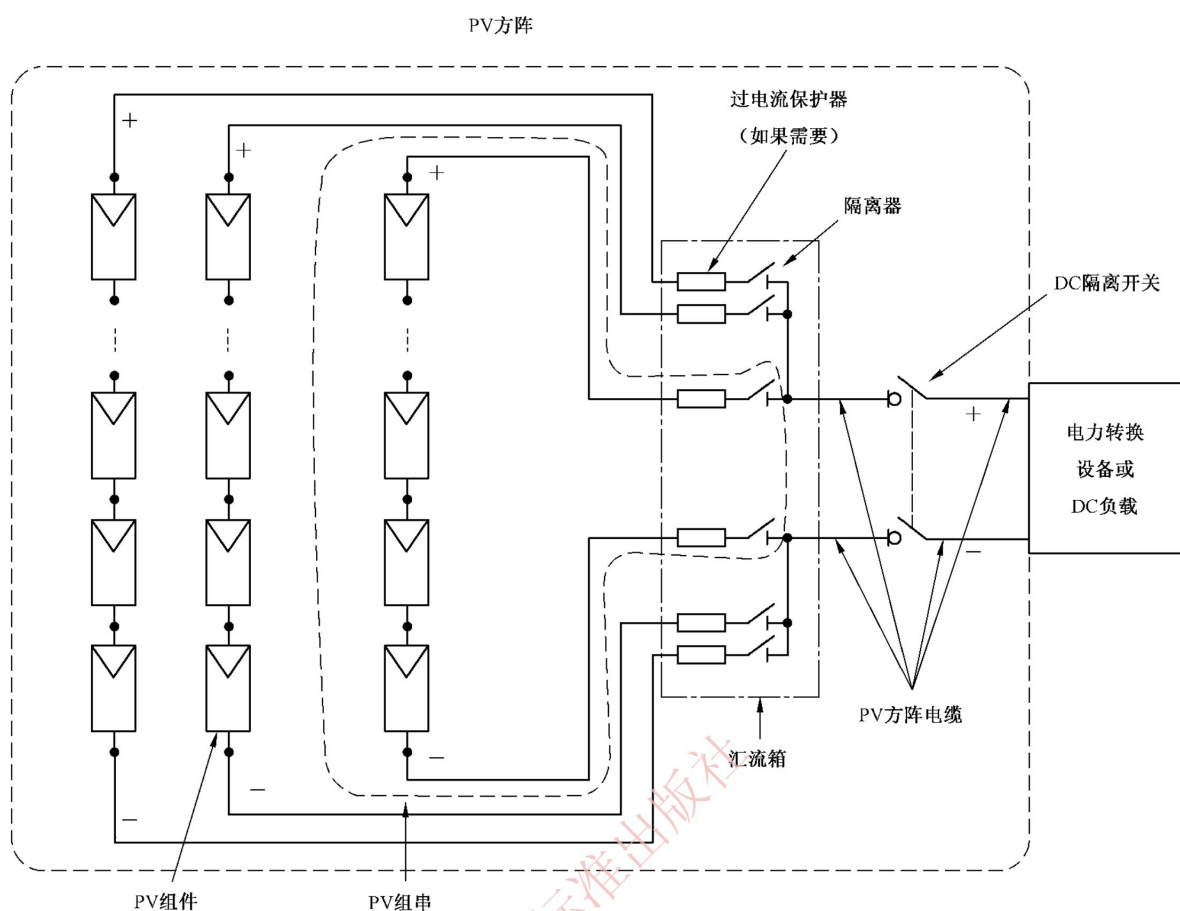


图 A.712.2 多组串并联的 PV 方阵

考虑到以下应用电路类型：

- 通过内含变压器的 PCE 将 PV 方阵连接至交流负载；
- 通过有外部变压器的 PCE 将 PV 方阵连接至交流负载；
- 通过无变压器的 PCE 将 PV 方阵连接至交流负载；

表 A.712.1 中考虑了几种配置,但未考虑外露可导电部分的接地。

表 A.712.1 PV 直流配置

直流侧	图	应用电路	PV 方阵状态情况
未接地	图 A.712.3	通过内含变压器的 PCE 连接至交流侧	浮动状态
	图 A.712.4	通过无变压器的 PCE 连接至交流侧	由供电回路的中性导体或线导体状态确定
接地	图 A.712.5	通过内含变压器的 PCE 连接至交流侧	接地
	图 A.712.6	通过 PCE 和其外部变压器连接至交流侧	接地

下列图 A.712.3~图 A.712.6 进一步说明表 A.712.1 中所列配置：

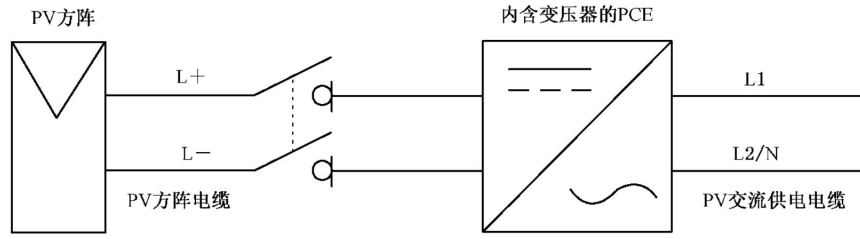


图 A.712.3 未接地的 PV 方阵通过内含变压器的 PCE 连接至交流侧

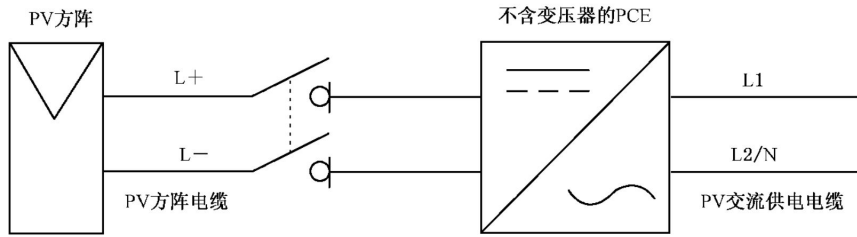


图 A.712.4 未接地的 PV 方阵通过不含变压器的 PCE 连接至交流侧

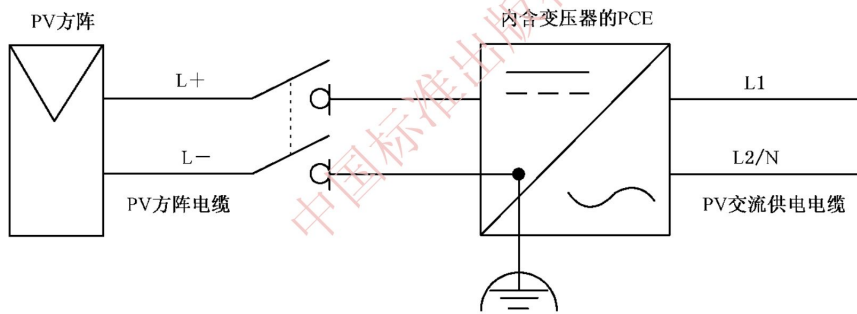


图 A.712.5 接地的 PV 方阵通过内含变压器的 PCE 连接至交流侧

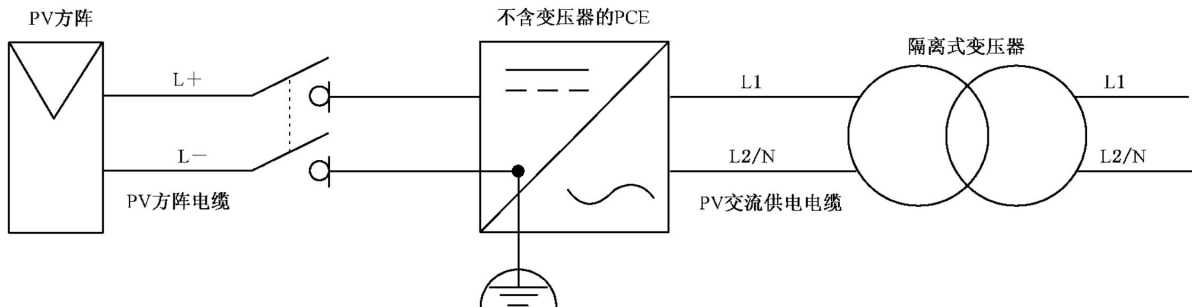


图 A.712.6 接地的 PV 方阵通过不含变压器的 PCE 和一个单独变压器连接至交流侧

附录 B
(规范性附录)

$U_{OC\ MAX}$ 和 $I_{SC\ MAX}$ 的计算

B.1 $U_{OC\ MAX}$ 的计算

$U_{OC\ MAX}$ 为 PV 组件、PV 组串或 PV 方阵两端空载(开路)时的最大电压,计算见公式(B.1):

$$U_{OC\ MAX} = K_U \times U_{OC\ STC} \dots\dots\dots (B.1)$$

校正系数 K_U 考虑了组件开路电压的增加,也考虑了 PV 装置现场的最低环境温度 T_{min} 和 PV 组件制造商所提供电压 U_{OC} 的温度变化系数 αU_{OC} ,计算见公式(B.2):

$$K_U = 1 + (\alpha U_{OC}/100) \times (T_{min} - 25) \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

αU_{OC} ——组件电压 U_{OC} 的温度变化系数,单位为百分之每摄氏度($\%/^{\circ}C$);

T_{min} ——PV 装置现场的最低温度,单位为摄氏度($^{\circ}C$)。

αU_{OC} 是负系数,由组件制造商提供,有(mV/ $^{\circ}C$)或($\%/^{\circ}C$)两个不同单位。已知以单位(mV/ $^{\circ}C$)表达的 αU_{OC} 值,可通过公式(B.3)将其转换为以单位($\%/^{\circ}C$)表达的值,即:

$$\alpha U_{OC} (\%/^{\circ}C) = 0.1 \times \alpha U_{OC} (mV/^{\circ}C) / U_{OC\ STC_组件} (V) \dots\dots\dots (B.3)$$

注:组件及以单位毫伏每摄氏度(mV/ $^{\circ}C$)表达的 αU_{OC} 转换计算示例如下:

——已知多晶硅组件:组件电压 $U_{OC\ STC_组件} = 38.3(V)$,温度变化系数 $\alpha U_{OC} = -133(mV/^{\circ}C)$;

将已知参数代入公式(B.3)计算得: $\alpha U_{OC} = -0.35(\%/^{\circ}C)$;

假定现场最低温度(T_{min})为 $-15^{\circ}C$,则进一步计算如下:

—— $T_{min} = -15^{\circ}C \rightarrow (T - 25) = -40^{\circ}C \rightarrow K_U = 1.14 \rightarrow U_{OC\ MAX} = 1.14 \times U_{OC\ STC}$

$\rightarrow U_{OC\ MAX} = 1.14 \times 38.3 = 43.7\ V$

根据不同 PV 组件技术 αU_{OC} 的值可能相差很大。

对于非晶硅组件,在运行最初几周内的电气特性高于标明的特性。该情况由组件制造商告知,在计算 $U_{OC\ MAX}$ 时应予以考虑。

如果没有现场最低温度预期信息或没有 PV 组件温度变化系数的信息,应选择 $U_{OC\ MAX}$ 为 1.2 倍的 $U_{OC\ STC}$ 。

B.2 $I_{SC\ MAX}$ 的计算

PV 组件、PV 组串或 PV 方阵的最大短路电流 $I_{SC\ MAX}$ 按公式(B.4)计算:

$$I_{SC\ MAX} = K_I \times I_{SC\ STC} \dots\dots\dots (B.4)$$

式中 K_I 的最小值为 1.25。

在某些情况下应考虑环境状况,如反射或太阳强度增强则应增大 K_I 值。

附录 C
(资料性附录)
标识举例

本附录提供了 712.514.102~712.514.106 所述适当标识的例子(参见图 C.712.1 和图 C.712.2)。



图 C.712.1 PV 方阵汇流箱上所需符号示例 (712.514.102)

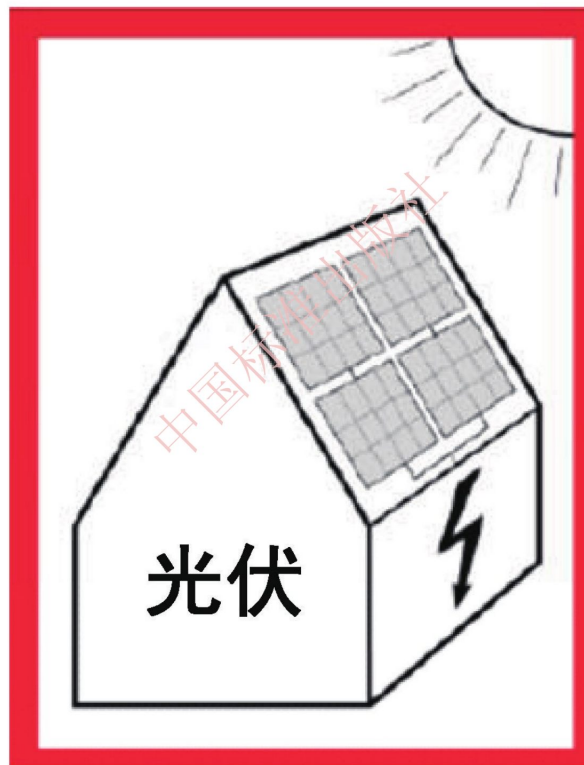


图 C.712.2 在建筑物上标识 PV 配电板符号的示例

附录 D
(资料性附录)
隔离二极管

D.1 概述

本附录介绍 PV 方阵中用于阻止反向电流的隔离二极管。

D.2 隔离二极管用于阻止方阵中的过电流/故障电流

使用隔离二极管是阻止 PV 方阵中反向电流的有效方法。方阵中的过电流/故障电流通常是从方阵中正常工作部分流向故障部分的电流,故障电流是反方向的。如果在 PV 方阵中使用额定参数和功能正确的隔离二极管,即可阻止反向电流并消除或显著减少故障电流(参见图 D.712.3 示例)。

D.3 有关短路的一些注意事项

D.3.1 PV 组串中的短路

假设在没有隔离二极管的组串中发生短路并持续,如图 D.712.1a)所示,故障电流将会围绕故障组件流动,额外的反向故障电流将和源自其他组串的电流入一些组件。如果这个电流大于过电流保护电器的保护动作电流,过电流保护电器将切断该反向电流。但在低光照条件下,情况可能会有不同。

图 D.712.1b)显示,相同故障下在方阵的每个组串中加装隔离二极管后的情况。围绕故障组件的故障电流不能被隔离二极管拦截,但是,隔离二极管却可以阻止来自其他组件输送的反向电流,使故障电流显著减小[如图 D.712.1b)所示]。不论 PV 方阵是否接地,也不论 PCE 是否为隔离型,对于这种类型的故障,隔离二极管发挥的这种功能对于所有的 PV 装置都是很有用的。

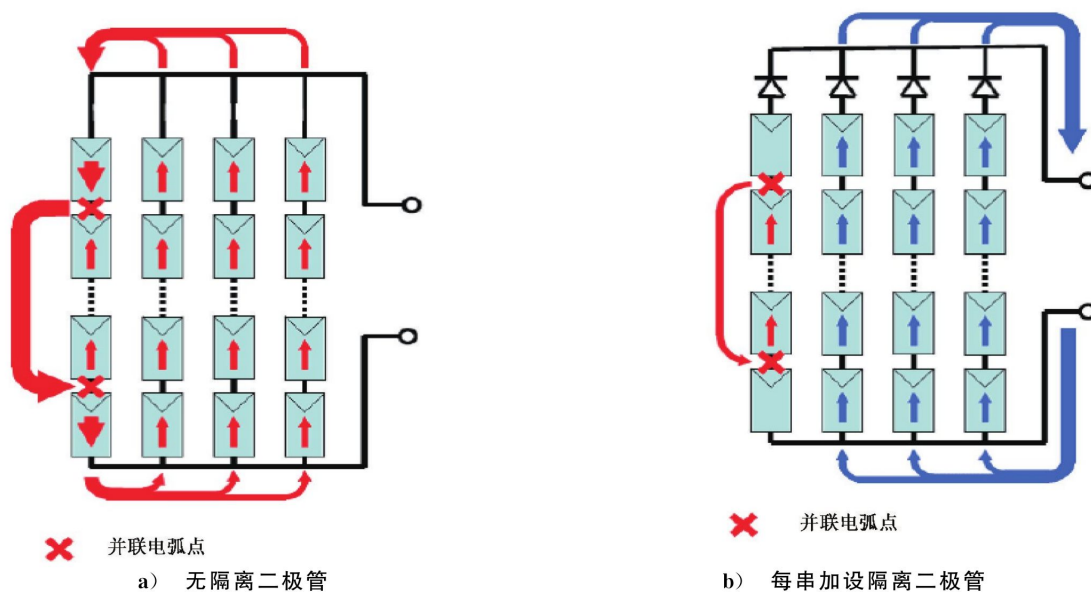


图 D.712.1 PV 组串中短路时隔离二极管的作用

D.3.2 功能性接地的方阵中 PV 组串的绝缘故障

图 D.712.2 显示的是负极侧实施功能性接地的 PV 方阵当组串内发生绝缘故障时故障电流的路径。靠近组串最顶端(即离地最远的一侧)发生故障是最坏的情况。在此情况下,需要将隔离二极管安装在组串的正极一侧。

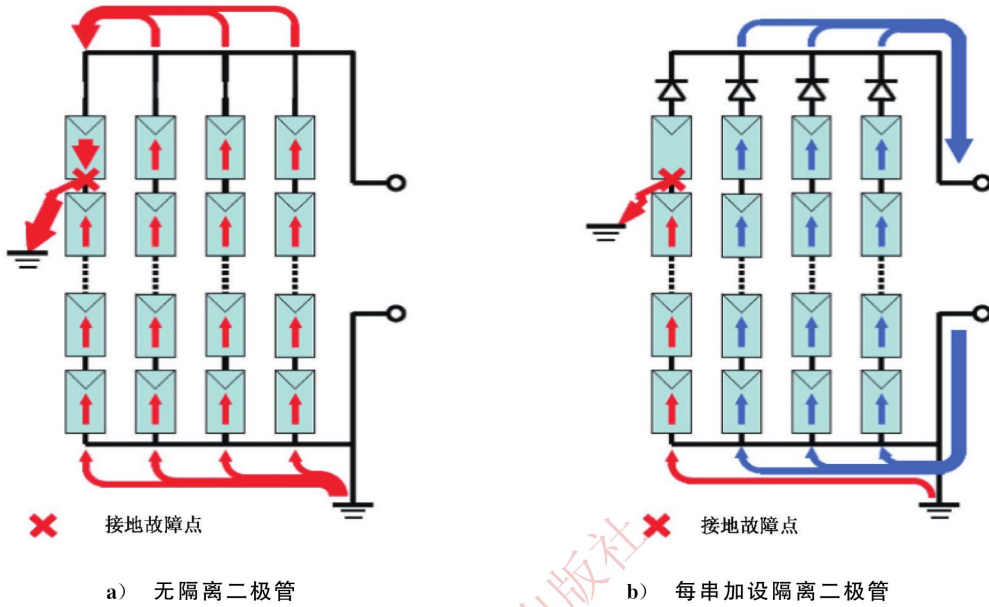


图 D.712.2 直流负极侧接地的 PV 装置中发生绝缘故障时隔离二极管的作用

图 D.712.3 显示的是正极侧实施功能性接地的 PV 方阵当组串中发生绝缘故障时故障电流的路径。靠近组串最底部(即离地最远的一侧)发生故障是最坏情况。在此情况下,需要将隔离二极管安装在组串的负极一侧。

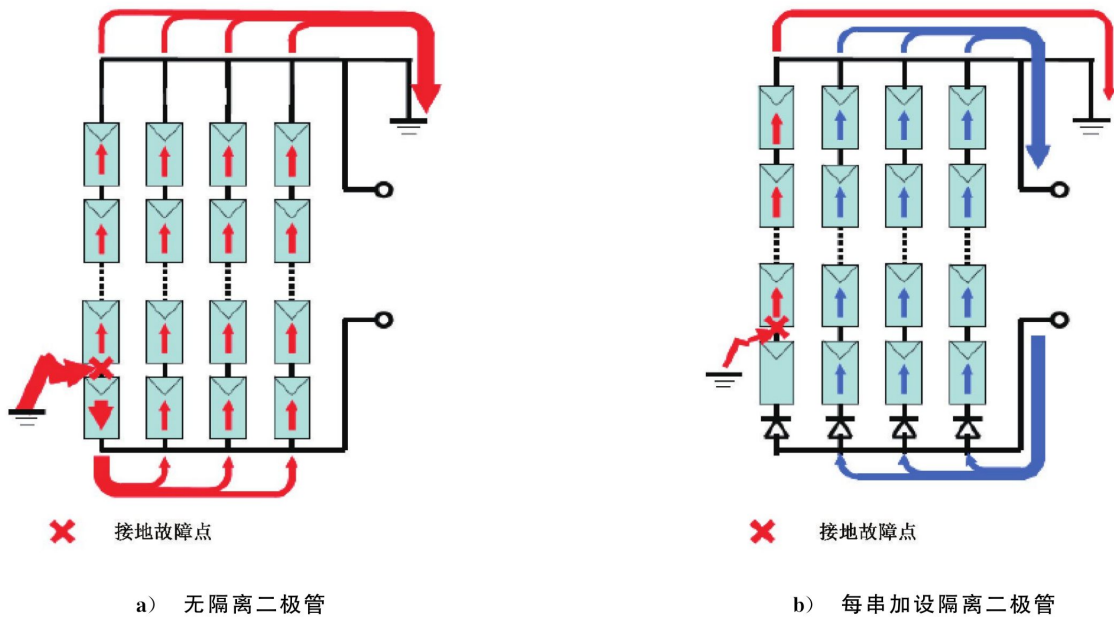


图 D.712.3 直流正极侧接地的 PV 装置中发生故障时隔离二极管的作用

图 D.712.2 和图 D.712.3 清晰地显示了故障发生时隔离二极管在消除方阵中邻近组串流入故障电

路电流所发挥的作用,这些图显示了方阵中没有接地电阻而直接接地的情况。建议在实施功能性接地的接地导体中加入限制电阻。如果采用这种方法,由于电阻对最大电流的限流作用,在这些情况下的潜在故障电流将显著减小。

D.4 隔离二极管的技术参数

见 712.55.102。

D.5 对隔离二极管的散热设计

因为隔离二极管在正向电流作用下电压降可能超过 1 V,因此需要考虑二极管的散热设计,以保证其可靠性。可能需要一个散热器,使二极管的结温保持在安全范围。散热设计方法如下:

——由标准测试条件下的 PV 组件电流 $I_{SC\ MOD}$ 计算出最大电流 I_{MAX} ,见公式(D.1);

$$I_{MAX} = 1.4 \times I_{SC\ MOD} \dots\dots\dots (D.1) \text{ (根据工作条件选用较高系数)}$$

——根据二极管工作特性获得隔离二极管在 I_{MAX} 时的正向工作电压 $V_{D,OP}$;

——计算二极管的功率损耗 P_{CAL} ,见公式(D.2);

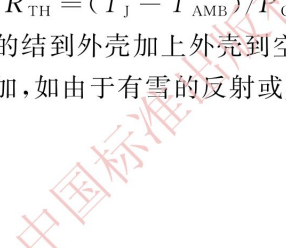
$$P_{CAL} = V_{D,OP} \times I_{MAX} \dots\dots\dots (D.2)$$

——计算热阻 R_{TH} ,使隔离二极管的结温 T_J 在环境温度为 T_{AMB} 时不超过限定值,见公式(D.3);

$$R_{TH} = (T_J - T_{AMB}) / P_{CAL} \dots\dots\dots (D.3)$$

——如果所需的热阻小于二极管的结到外壳加上外壳到空气的热阻,则需要加装散热器。

当 PV 组件的短路电流有可能增加,如由于有雪的反射或其他条件时, I_{MAX} 的计算系数宜大于 1.4。



附录 E

(资料性附录)

PV 方阵中的电弧故障探测和中断

和传统的电气产品不同,对于 PV 组件和其线路,没有一个整体外壳来容纳由元件和线路故障引起的电弧和火花,而许多 PV 装置却能够在维持直流电弧的典型直流电压下运行。

PV 装置中的电弧主要有三个类别(参考图 E.712.1)

- 可能因错误接线或串联接线断裂造成的串联电弧;
- 可能因不同电位的相邻线路之间部分短路而造成的并联电弧;
- 因绝缘故障造成的接地电弧。

如果因为 PV 方阵中的故障而形成电弧,则可能导致方阵严重损坏,也可能导致邻近线路和建筑结构损坏。最严重的电弧有可能是并联电弧,因为这类型电弧能够得到足够能量,尤其是当 PV 方阵主导体之间发生电弧时。本部分提出的 PV 方阵布线电缆适合与 II 类设备一起使用,按照这一要求,并联电弧就不太可能发生,除非因火灾或机械原因造成电缆绝缘严重损坏。

因为 PV 装置常含有大量串联线路,所以,在 PV 装置中最可能出现的是串联型电弧。串联电弧一般可以通过切除 PV 方阵中电力负载而快速中止。在 PV 装置并网的情况下,通过关闭 PCE,这件事情很容易完成。并联电弧更加难以熄灭,但也不太可能发生。

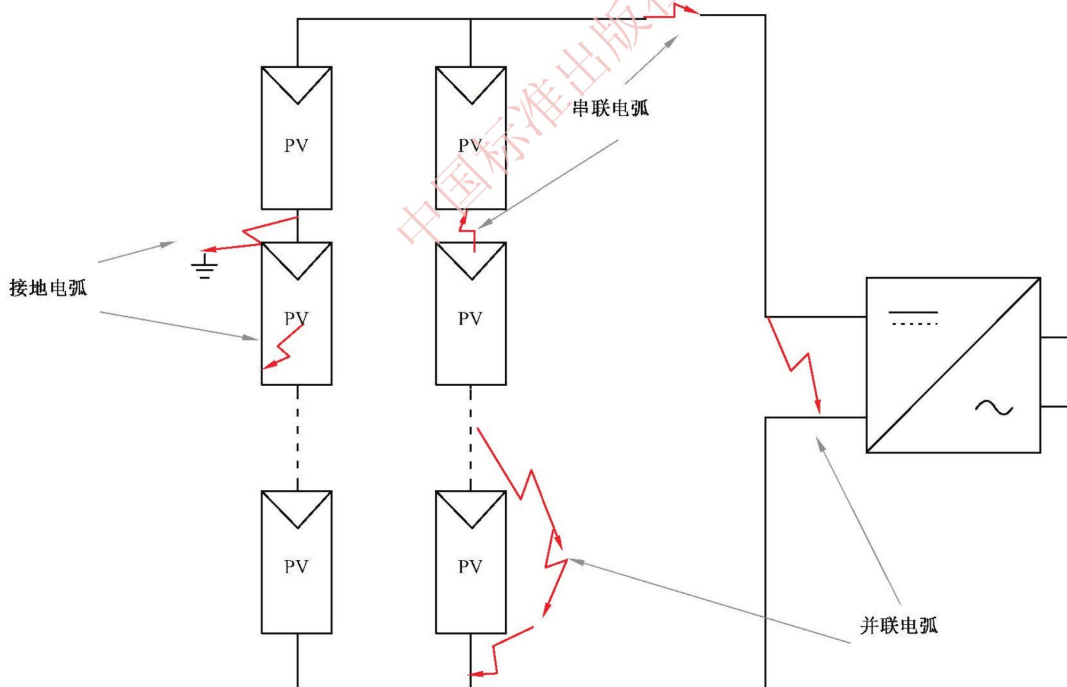


图 E.712.1 PV 方阵中的电弧类型示例

如果串联电弧未能快速熄灭,则可能传播蔓延到其他导体而产生并联电弧。因此,我们希望有一种快速检测并中断 PV 装置中电弧的方法。美国保险商实验室已经制定了一项新标准 UL 1699B《光伏(PV)直流电弧故障电路保护》,一些制造商也正在开发满足该标准的设备。电弧故障电路保护设备的主要用途是准确地检测和识别 PV 方阵中的电弧并启动保护切断电弧。

参 考 文 献

- [1] IEC 60050-151:2001 International Electrotechnical Vocabulary—Part 151: Electrical and magnetic devices (available at <http://www.electropedia.org>)
- [2] IEC 60050-195:1998 International Electrotechnical Vocabulary—Part 195: Earthing and protection against electric shock (available at <http://www.electropedia.org>)
- [3] IEC 60050-442:1998 International Electrotechnical Vocabulary—Part 442: Electrical accessories (available at <http://www.electropedia.org>)
- [4] IEC 60050-461:1984 International Electro-technical Vocabulary—Part 461: Electric cables (available at <http://www.electropedia.org>)
- [5] IEC 60050-826:2004 International Electrotechnical Vocabulary—Part 826: Electrical installations (available at <http://www.electropedia.org>)
- [6] IEC 60364-5-52:2009 Low-voltage electrical installations—Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment—Wiring systems
- [7] IEC 60364-5-53 Electrical installations of buildings—Part 5.53: Selection and erection of electrical equipment—Isolation, switching and control
- [8] IEC 60364-7-712:2002 Electrical installations of buildings—Part 7-712: Requirements for special installations or locations—Solar photovoltaic (PV) power supply systems
- [9] IEC 60417 Graphical symbols for use on equipment (available at <http://www.graphical-symbols.info/equipment>)
- [10] IEC 60529 Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)
- [11] IEC 60904-2 Photovoltaic devices—Part 2: Requirements for reference devices
- [12] IEC 60904-3 Photovoltaic devices—Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data
- [13] IEC 61008-1 Residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection for household and similar uses (RCCBs)—Part 1: General rules
- [14] IEC 61277 Terrestrial photovoltaic (PV) power generating systems—General and guide
- [15] IEC 61557-2 Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V a.c. and 1 500 V d.c.—Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures—Part 2: Insulation resistance
- [16] IEC 61557-9 Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V a.c. and 1 500 V d.c.—Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures—Part 9: Equipment for insulation fault location in IT systems
- [17] IEC 61730-2 Photovoltaic (PV) module safety qualification—Part 2: Requirements for testing
- [18] IEC 61829 Photovoltaic (PV) array—On-site measurement of current-voltage characteristics
- [19] IEC TS 61836 Solar photovoltaic energy systems—Terms, definitions and symbols
- [20] IEC 62246-1 Reed switches—Part 1: Generic specification
- [21] IEC 62305 (all parts) Protection against lightning
- [22] IEC 62305-2:2010 Protection against lightning—Part 2: Risk management

- [23] IEC 62305-4 Protection against lightning—Part 4:Electrical and electronic systems within structures
- [24] IEC 62930 Electric cables for photovoltaic systems²
- [25] UL1699B Photovoltaic (PV) DC Arc-Fault Circuit Protection
-

中国标准出版社