

T/GSEA

广东省太阳能协会团体标准

T/GSEA 003—2020

屋面并网光伏发电系统 施工规范

Rooftop grid-connected photovoltaic (PV) power system - Construction specification

2020 - 12 - 01 发布

2021 - 01 - 01 实施

广东省太阳能协会

发布

目 次

前言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
3.1.....	2
3.2.....	2
4 基本规定.....	2
4.1 开工前具备的条件.....	2
4.2 设备和材料要求.....	3
4.3 施工标识要求.....	3
4.4 卸料平台.....	3
4.5 施工样板.....	4
5 光伏方阵施工与安装.....	4
5.1 测量定位与复核.....	4
5.2 基座安装.....	4
5.3 支架安装.....	6
5.4 光伏组件安装.....	7
6 电气施工与安装.....	7
6.1 电气设备基础（或支架）施工.....	7
6.2 并网逆变器安装.....	8
6.3 直流汇流箱安装.....	9
6.4 成套配电装置安装.....	9
6.5 变压器安装.....	10
6.6 监控系统安装.....	11
6.7 其他电气设备安装.....	11
6.8 电缆敷设.....	11
6.8.1 敷设前检查.....	11
6.8.2 电缆敷设方式分类.....	11
6.8.3 梯架、托盘和槽盒内敷设.....	11
6.8.4 直埋敷设.....	12
6.8.5 电缆保护管内敷设.....	13
6.8.6 电缆构筑物中敷设.....	14
6.8.7 电缆的支持与固定.....	14
6.8.8 通信线缆敷设.....	15
6.8.9 防火封堵.....	15

6.9 光伏电缆接线.....	17
6.10 电力电缆接线.....	18
7 消防设施及通道安装.....	20
7.1 测量定位.....	20
7.2 消防设施及通道固定.....	20
8 防雷与接地.....	20
9 防护栏杆安装.....	21
10 清洗系统安装.....	22
11 维护通道安装.....	22
12 环保与水土保持.....	22
12.1 一般规定.....	22
12.2 施工环境保护.....	23
12.3 施工水土保持.....	23
13 安全和职业健康.....	23
13.1 一般规定.....	23
13.2 安全文明施工总体规划.....	23
13.3 安全施工管理.....	23
13.4 职业健康管理.....	24
13.5 应急处理.....	24
参考文献.....	25

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。

本文件与T/GSEA 001-2020《屋面并网光伏发电系统 技术要求》、T/GSEA 002-2020《屋面并网光伏发电系统 设计规范》、T/GSEA 004-2020《屋面并网光伏发电系统 调试规范》、T/GSEA 005-2020《屋面并网光伏发电系统 验收规范》共同构成屋面并网光伏发电系统系列团体标准。

本文件由水发兴业能源（珠海）有限公司和珠海中建兴业绿色建筑设计研究院有限公司提出，由广东省太阳能协会标准化技术委员会和广东省太阳光伏能源系统标准化技术委员会（GD/TC 30）共同归口。

本文件起草单位：水发兴业能源（珠海）有限公司、珠海中建兴业绿色建筑设计研究院有限公司、水发能源集团有限公司、西安隆基新能源有限公司、湖南安华源电力科技有限公司、广东产品质量监督检验研究院、广州开发区粤电新能源有限公司、深圳市创益科技发展有限公司、顺德中山大学太阳能研究院、深圳众利光伏电站运维服务有限公司、珠海天盛启羿合伙人有限公司、广东永光新能源设计咨询有限公司。

本文件主要起草人：毛惠洁、马武兴、刘伶林、李宇青、张玲、李颖雯、李玉婷、陈庆伟、李扬、郑清涛、周青、谭观明、谢文、梁建盈、张永强、孙金礼、黄浩锋、荣中秋、周兵、熊湜、李志坚、刘仁生、姜锦华、孙韵琳、罗栓、郭增平、陈文东、李广立、曾翻有、周杰。

屋面并网光伏发电系统 施工规范

1 范围

本文件规定了屋面并网光伏发电系统施工的基本规定、光伏方阵、电气、消防设施及通道、防雷与接地、防护栏杆、清洗系统和维护通道的施工内容、方法和要求，还规定了施工过程环保与水土保持、安全和职业健康的要求。

本文件适用于屋面并网光伏发电系统项目的施工，屋面并网光伏发电系统项目的经营/投资、采购、运维可参照使用。

本文件不适用于带储能、聚光、跟踪、双面发电功能及BIPV形式的屋面并网光伏发电系统。

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 2894 安全标志及其使用导则
- GB 12523 建筑施工场界环境噪声排放标准
- GB 23864 防火封堵材料
- GB 28374 电缆防火涂料
- GB 29415 耐火电缆槽盒
- GB/T 50065-2011交流电气装置的接地设计规范
- GB 50149 电气装置安装工程 母线装置施工及验收规范
- GB 50207 屋面工程质量验收规范
- GB 50217-2018 电力工程电缆设计标准
- GB 50348 安全防范工程技术标准
- GB/T 50795光伏发电工程施工组织设计规范
- DL 5009.2 电力建设安全工作规程 第2部分：电力线路
- DL 5009.3 电力建设安全工作规程 第3部分：变电站
- JGJ/T 104 建筑工程冬期施工规程
- NB/T 31088 风电场安全标识设置设计规范
- XF 306.1 阻燃及耐火电缆塑料绝缘阻燃及耐火电缆分级及要求 第1部分：阻燃电缆
- XF 306.2 阻燃及耐火电缆塑料绝缘阻燃及耐火电缆分级及要求 第2部分：耐火电缆
- T/GSEA 001-2020 屋面并网光伏发电系统 技术要求
- T/GSEA 002-2020 屋面并网光伏发电系统 设计规范

3 术语和定义

T/GSEA 001-2020和T/GSEA 002-2020界定的术语和定义适用于本文件。

3.1

施工样板 demonstration

在进行大面积相同工序施工前，根据事先编制的施工方案，在同条件施工现场制作并安装的具有代表性和可指导施工的示例样板。

3.2

成套配电装置 switchgear and controlgear assembly

由一个或多个开关器件和与之相关的控制、测量、信号、保护、调节等设备，以及所有内部的电气和机械的连接及结构部件构成的组合体。

注：改写GB 7251.1-2013，定义3.1.1。

4 基本规定

4.1 开工前应具备的条件

4.1.1 在工程开始施工之前，应取得相关的施工文件，至少包含以下资料：

- a) 施工许可文件；
- b) 已审批的施工组织设计；
- c) 已审批的施工图；
- d) 已审批的重大施工方案；
- e) 所在建筑的验收合格资料及结构验算报告。

4.1.2 施工组织设计应满足 GB/T 50795 的要求，包括以下内容：

- a) 组织架构；
- b) 施工总平面布置图；
- c) 总进度计划：设备和材料、人工、施工机具、资金等；
- d) 质量控制；
- e) 安全措施；
- f) 环境管理。

4.1.3 施工现场应具备水通、电通、路通、电信通及场地平整的条件。

4.1.4 施工单位的资质、特殊作业人员资格、施工机具、设备和材料、计量器具等应报监理单位或建设单位审查完毕。根据项目需要配备：

- a) 施工单位的资质满足项目建设要求，施工单位应在专业技术、人员组织、业绩经验等方面具有同类工程的相应资格和能力；
- b) 特殊作业人员资格：电工职业资格证、高压电工特种作业操作证、进网许可证、焊工证、脚手架岗位资格证书、高空作业证等；
- c) 施工机具：起重机、叉车、切割机、台钻、挖掘机、电焊机等；
- d) 设备和材料：电气设备和材料、结构材料、辅助材料等；
- e) 计量器具：米尺、水平仪、经纬仪、万用表、接地电阻测试仪、绝缘电阻测试仪、混凝土强度回弹仪、扭矩扳手等。

4.1.5 项目开工前，应排查项目现场是否具备施工条件。

4.1.6 开工前建设单位应组织设计单位、施工单位、监理单位对进场必备的施工图会审并提出修改意见，由设计单位完成修改，各单位会签，建设单位批准后执行。

4.1.7 开工前建设单位（或监理单位）应组织设计单位工程师对施工单位进行设计交底，施工单位签字确认。

4.1.8 施工单位应根据已通过会审的施工总平面布置图的要求布置施工临建设施、施工场地、供电、道路等。

4.1.9 预制支架基座、预留孔洞、预埋件、预埋管应验收合格。

4.1.10 工程定位测量基准应确立。

4.2 设备和材料要求

4.2.1 设备和材料的规格应满足设计要求，不得在工程中使用未经认证或不合格的设备、材料。

4.2.2 进场设备和材料应进行验收，包括以下内容：

a) 设备的验收内容：

- 1) 外观检查，包装及密封满足相应要求；
- 2) 检查型号、规格满足设计图纸和技术协议的要求；
- 3) 合格证、说明书、出厂检测报告、附件、备件应齐全；
- 4) 按相关抽样标准进行质量抽样检查，经工程监理或业主确认后方可使用；

b) 材料的验收内容：

- 1) 外观检查，外观及保护层应满足相关要求；
- 2) 检查型号、规格尺寸、材质满足设计要求；
- 3) 合格证、出厂检测报告应齐全；
- 4) 按相关抽样标准进行质量抽样检查，经工程监理或业主确认后方可使用。

4.2.3 设备和材料的内部运输和储存过程不应造成二次损坏，应：

- a) 在吊、运过程中应做好光伏组件、逆变器、配电柜等关键设备的防倾覆、防震和防护面受损等安全措施；
- b) 逆变器、配电柜等关键设备应满足相应的储存要求；
- c) 设备与材料储存期间应定期检查储存环境变化及设备、材料是否丢失、损坏。

4.2.4 安装前，设备、材料调运至屋面时，不得超过存放点的承载能力，不得大量集中堆放，应分散到各安装区域附近的临时存放点。

4.3 施工标识要求

4.3.1 屋面并网光伏发电系统施工过程中，应设置相关安全标识，标识应满足 13.2.2 的要求。

4.3.2 屋面并网光伏发电系统安装完成后，应进行标识，标识应满足以下要求：

- a) 光伏方阵、汇流箱、逆变器、成套配电装置、变压器、二次设备等电气设备应根据设计要求，贴明显的设备编号标识及安全警示标识；
- b) 光伏电缆、电力电缆、通信电缆及光纤应按设计要求做好编号标识；
- c) 电缆沟、线槽、埋地电缆应按设计要求做好安全警示标识；
- d) 并网配电装置所在配电房应在明显位置悬挂光伏系统图及光伏系统安全操作规程。

4.4 卸料平台

4.4.1 应在所在建筑屋面上设置卸料平台。

4.4.2 金属屋面的卸料平台应搭建在承重梁上，平台的承重能力应满足卸货要求。

4.4.3 卸料平台加载后总荷载应低于所在建筑屋面的结构承载能力，平台应悬挂限载标识牌，严禁超载使用。

4.5 施工样板

- 4.5.1 在大范围施工前，应在同条件施工现场制定可指导施工的样板。
- 4.5.2 支架样板应按 1:1 比例进行制作及施工。
- 4.5.3 混凝土试块根据检测需求尺寸制作。

5 光伏方阵施工与安装

5.1 测量定位与复核

- 5.1.1 根据施工图纸对现场进行尺寸复核。
- 5.1.2 根据施工图纸进行现场勘察，确认现场是否与施工图纸有偏差。
- 5.1.3 若出现图纸与现场不符的情况，应进行设计变更，在变更完成前不得施工。
- 5.1.4 在金属屋面上不得采用弹墨线的方式进行定位放线。
- 5.1.5 放线定位，应满足以下要求：
 - a) 核对现场与图纸上的轴线位置，确定现场至少有 2 个基准点与图纸相符合，且各基准点应分布在合理位置；
 - b) 以现场确定的基准点为起始，对施工区域进行准确定位，定位精度应满足施工图要求。

5.2 基座安装

- 5.2.1 基座设置在所在建筑屋面防水层上时，应在所在建筑屋面防水工程结束且验收合格后施工，基座应安装平稳、整齐，固定牢固，且不得破坏所在建筑屋面的防水层。
- 5.2.2 基座设置在所在建筑屋面结构层上时，完工后应做防水处理，应符合 GB 50207 的相关规定。
- 5.2.3 金属屋面基座安装
 - 5.2.3.1 应进行基座拉拔试验，现场试验数据不满足力学性能要求的不得施工。
 - 5.2.3.2 基座施工不应损坏金属屋面系统和所在建筑主体结构。
 - 5.2.3.3 金属屋面基座的安装精度应满足表 1 的要求：

表 1 金属屋面基座安装精度要求

项目	允许偏差 mm
相邻高差	±2
水平位置偏差	±3

5.2.4 混凝土屋面基座安装

- 5.2.4.1 模板应安装牢固、严密，应在模板周边设置足够的固定支撑，以防模板浇筑过程模板变形或倾覆，防止胀模、漏浆，保证断面尺寸。
- 5.2.4.2 需预置的各类管线宜在模板安装前就位，减少对基座的二次开孔。
- 5.2.4.3 现场靠近模板进行施焊时，应采用有效隔挡，防止焊火损坏模板。
- 5.2.4.4 在混凝土浇筑前，应清理干净模板内的杂物，木模板应浇水湿润且不应有积水。
- 5.2.4.5 现浇基座模板应保持清洁，浇筑前应在内表面涂刷隔离剂，应选用无害于人体、不粘结、易脱模、易操作、易清理、不污染混凝土、不腐蚀模板的隔离剂。
- 5.2.4.6 浇捣、振捣混凝土时应避免震动器直接碰撞模板。
- 5.2.4.7 钢筋笼的绑扎应严格按图纸进行，保证其定位的准确度。

- 5.2.4.8 钢筋代换应征得设计单位同意，不得私自更换。
- 5.2.4.9 条形基座的箍筋应做成封闭式，箍筋末端弯折角度应为 135° ，弯钩末端平直段长度不应小于箍筋直径的 10 倍。
- 5.2.4.10 钢筋的保护层应满足设计要求。
- 5.2.4.11 钢筋绑扎完毕后，应做以下自检：
- 根据设计图纸检查钢筋的钢号、直径、根数、间距；
 - 钢筋绑扎牢固，无明显变形现象；
 - 钢筋表面不允许有油污和颗粒状（片状）铁锈。
- 5.2.4.12 需要甩筋时，在混凝土施工前应对甩筋加以保护，防止污染。
- 5.2.4.13 基座预制埋件、地脚螺栓应与钢筋笼绑扎牢固，在混凝土施工前应对外露部分加以保护，在混凝土初凝前，对预制埋件、地脚螺栓进行位置校对，对有偏差的埋件进行校正。埋件的安装精度应满足表 2 的要求：

表 2 埋件的安装精度要求

项目		允许偏差 mm
轴线偏差	预置埋件	± 5
	地脚螺栓	2
顶面标高偏差	预置埋件	-5
	地脚螺栓	+20
垂直偏差		± 1
水平偏差		± 3
注：表中轴线偏差和顶面表偏差数据来源于 GB 50794-2012。		

- 5.2.4.14 混凝土浇筑前应保证钢筋笼稳固及位置准确。
- 5.2.4.15 混凝土应振捣密实，浇筑完成后适时收平压实。
- 5.2.4.16 对阳角等易碰坏处，应有保护措施。
- 5.2.4.17 当施工所在地日平均气温连续 5 天稳定低于 5°C 或最低气温低于 -3°C 时，混凝土施工应按冬期施工处理，混凝土的冬期施工应符合 JGJ/T 104 和施工技术方案的规定。当室外日平均气温连续 5 天高于 5°C 即解除冬期施工。
- 5.2.4.18 混凝土基座养护符合以下规定：
- 在浇筑完成后的 12 小时内及时实施养护；
 - 在常温下（日平均气温不低于 5°C ）用适当的材料（如草帘）覆盖混凝土，并适当浇水，使混凝土在规定的时间内保持足够的湿润状态；
 - 混凝土的浇水养护日期：硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥和矿渣硅酸盐水泥拌制的混凝土，不得少于 7 天；掺用缓凝型外加剂或有抗渗性要求的混凝土，不得少于 14 天；浇水次数应能保持混凝土具有足够的湿润状态为准。
- 5.2.4.19 在保证表面及棱角不因拆模而受到损伤时，可拆除模板。
- 5.2.4.20 应按预设拆模顺序拆除模板，拆除时应先拆固定物再拆模板，不得用暴力锤砸、撬开，不应破坏模板和混凝土边角。
- 5.2.4.21 现浇混凝土基座成品表面应坚实，平整，不应有露筋、积水现象，不应有明显的裂缝、起砂、起壳，蜂窝、麻面、油污等现象。

5.2.4.22 如采用自拌混凝土，在大面积施工前，应取得同条件养护试块强度的测试报告，确定混凝土配比和强度满足设计要求。

5.2.4.23 施工过程中应做同条件养护的混凝土试块。

5.2.4.24 现浇、预置混凝土基座的精度应满足表 3 的要求：

表 3 现浇、预制混凝土基座的精度要求

项目	允许偏差 mm
轴线	±10
顶标高	-5
垂直度（全高）	±2
截面尺寸	±10

注：表中轴线允许偏差数据来源于GB 50794-2012。

5.3 支架安装

5.3.1 混凝土强度达到 1.2 N/mm^2 前，不得在其上踩踏、堆放荷载、安装模板及支架。

5.3.2 支架安装前应对基座、预埋件、地脚螺栓的标高和轴线间距进行校核，校核不通过的应进行整改，合格后方可安装支架；不合格且无法整改的基座、预埋件、地脚螺栓应重制。

5.3.3 不应使用有明显弯曲变形且影响安装效果的支架材料。

5.3.4 支架安装过程中不应破坏支架防腐层。

5.3.5 支架紧固施工过程中不应强行敲打，不得烧焊扩孔。

5.3.6 按图施工，严禁减少螺栓、平垫、弹垫的安装数量。

5.3.7 支架螺栓的连接必须紧固牢靠，严禁出现松动现象，螺栓的紧固扭矩应符合产品 and 设计文件的相关规定。

5.3.8 支架对接杆件连接应牢靠，不应出现下陷、断裂现象。

5.3.9 对于需焊接的支架，焊接应保证焊缝连续饱满、平整无间隙，不得有裂纹、夹渣、较大焊瘤、虚焊、漏焊、气孔、未焊透、咬边等情况。

5.3.10 角焊缝焊脚尺寸应满足表 4 要求：

表 4 角焊缝最小焊脚尺寸要求

母材厚度t	焊缝尺寸 mm	最小焊脚尺寸 h_f mm
$t \leq 6$	6	3（承受动荷载时不小于5）
$6 < t \leq 12$	$t - (1 \sim 2)$	5
$12 < t \leq 20$	$t - (1 \sim 2)$	6
$t > 20$	$t - (1 \sim 2)$	8

注：表中数据来源于GB 50661-2011。

5.3.11 薄、厚板焊接时，宜按较薄板计算焊脚尺寸，焊脚尺寸 h_f 不宜大于较薄板件厚度的 1.2 倍且应满足表 4 的要求。

5.3.12 采用角焊缝焊接接头，不宜将厚板焊接到薄板上。

5.3.13 外露焊缝表面应涂刷两道防锈漆和一道面漆作防腐防锈处理；应按需涂刷，不应污染周边及其他结构。

5.3.14 支架的安装精度应满足表 5 的要求：

表 5 支架的安装精度要求

项目	允许偏差 mm
中心线偏差	±2
梁顶标高偏差（同组）	±3
梁端相对位置偏差	±10
立柱顶标高偏差（同组）	±3

注：表中中心线偏差、梁顶标高偏差（同组）和立柱顶标高偏差（同组）数据来源于GB 50794-2012。

5.4 光伏组件安装

- 5.4.1 光伏组件安装应在支架验收合格后进行。
- 5.4.2 在卸车和搬运过程中防止重击、撞击光伏组件。
- 5.4.3 搬运单块光伏组件时，应严格按照光伏组件厂家提供的搬运规程进行。
- 5.4.4 在混凝土屋面上放置光伏组件，应摆放整齐，并及时搬至安装位置附近，不得集中堆放，两箱之间间隔不得低于 5 m，每平方米不得堆放超过 40 kg 光伏组件，并及时安装。
- 5.4.5 在金属屋面上放置光伏组件，应及时搬至安装位置附近逐块铺开摆放并及时安装。
- 5.4.6 应设置施工通道，必要时在施工通道上铺设木板或其他防护材料，保护所在建筑屋面不被损坏。
- 5.4.7 同一组串内不宜使用不同品牌、型号的光伏组件。
- 5.4.8 在安装光伏组件过程中，应轻拿轻放以免破坏光伏组件玻璃表面，禁止踩踏、重压光伏组件，禁止拉扯导线。
- 5.4.9 螺栓的紧固扭矩应符合产品和设计文件的相关规定。
- 5.4.10 光伏组件安装应按照设计图纸进行，接线盒朝向应与施工图一致。
- 5.4.11 安装在金属屋面上的光伏组件的光伏连接器应固定在避雨位置，禁止光伏连接器与金属屋面接触。
- 5.4.12 光伏组件的安装精度应满足表 6 的要求：

表 6 光伏组件的安装精度要求

项目	允许偏差	
倾斜角度偏差	±1°	
光伏组件边缘高差	相邻光伏组件间	±2 mm
	同组光伏组件间	±5 mm

注：表中数据来源于GB 50794-2012。

- 5.4.13 严禁触摸光伏组串的金属带电部位。
- 5.4.14 同一光伏组件或光伏组串的正负极不应短接。

6 电气施工与安装

6.1 电气设备基础（或支架）施工

- 6.1.1 电气设备基础施工符合以下规定：

- a) 根据设计图纸进行设备基础施工；
 - b) 室外安装的电气设备的基础应高于地坪，周围排水应通畅，其底座周围应采取封闭措施；
 - c) 用地脚螺栓固定的螺帽应齐全，拧紧牢固，自由安放的应垫平放正；
 - d) 混凝土基础施工符合 5.2.4 的规定。
- 6.1.2 电气设备支架（基础型钢）制作符合以下规定：
- a) 根据设计图纸及电气设备安装说明书进行电气设备支架制作；
 - b) 电气设备支架钢材的焊接处、切割面和开孔处应涂刷两道防锈漆和一道面漆作防腐防锈处理，要求全部均匀覆盖；
 - c) 基础型钢安装的允许偏差应符合表 7 的规定；
 - d) 基础型钢安装后，其顶部宜高出抹平地面 10 mm；基础型钢应有明显的可靠接地，接地电阻值满足设计要求。

表 7 基础型钢安装的允许偏差

项目	允许偏差	
	mm/m	mm/全长
垂直度	<1	<5
水平度	<1	<5
位置误差及不平行度	-	<5

注：表中数据来源于GB 50794-2012。

6.2 并网逆变器安装

6.2.1 安装前应作以下检查：

- a) 逆变器就位时应检查道路畅通，且留有足够的安装场地，满足逆变器安装环境要求；
- b) 开箱检查：检查外包装应无可见的损坏，如孔、裂纹或其他内部可能损坏的迹象，并且核对逆变器型号；检查交付件应完整齐全，无任何明显的外部损坏；
- c) 逆变器基础（或支架）安装完毕并应验收合格；
- d) 逆变器基础（或支架）的接地电阻应满足设计要求。

6.2.2 逆变器的安装与调整应满足下列要求：

- a) 根据设计图纸和产品要求安装逆变器，逆变器和基础（或支架）连接应牢固可靠，安装高度和水平度应满足设计要求；
- b) 满足防晒和散热的要求；
- c) 逆变器在 9:00~15:00（当地真太阳时）时段内对光伏组件无遮挡；
- d) 逆变器外壳应可靠接地；
- e) 逆变器的布置及安全间距应满足设计要求；
- f) 安装误差满足表 8 要求。

表 8 电气设备安装的允许偏差

项目		允许偏差 mm
垂直度（每米）		1.5
水平偏差	相邻两装置顶部	2
	成列装置顶部	5

表 8 电气设备安装的允许偏差（续）

项目		允许偏差 mm
盘面偏差	相邻两装置边缘	1
	成列装置操作面	5
装置间接缝		2
注：表中数据来源于GB 50171-2012。		

6.3 直流汇流箱安装

6.3.1 安装前应做以下检查：

- 开箱检查：检查外包装应无可见的损坏，如孔、裂纹或其他内部可能损坏的迹象，并且核对设备型号；检查交付件应完整齐全，无任何明显的外部损坏；检查箱内元器件完好，连接线无松动；
- 安装前直流汇流箱的熔断器及断路器应断开；
- 安装布局图与规格型号应满足设计要求；
- 直流汇流箱的支架（或基础）安装完毕并应验收合格；
- 直流汇流箱基础（或支架）的接地电阻应满足设计要求。

6.3.2 直流汇流箱的安装与调整应满足下列要求：

- 根据设计图纸和产品要求安装汇流箱，汇流箱和基础（或支架）连接应牢固可靠，支架和固定螺栓应为防锈件；
- 汇流箱的安装位置、高度和水平度应满足设计要求；
- 满足防晒和散热的要求；
- 汇流箱在 9:00~15:00（当地真太阳时）时段内对光伏组件无遮挡；
- 汇流箱外壳应可靠接地；
- 汇流箱的布置及安全间距应满足设计要求；
- 安装垂直度允许偏差不应大于 1.5 mm/m。

6.4 成套配电装置安装

6.4.1 成套配电装置包括：交流汇流装置、并网配电装置和二次设备柜等。

6.4.2 安装前应做以下检查：

- 开箱检查：检查外包装应无可见的损坏，如孔、裂纹或其他内部可能损坏的迹象，并且核对设备型号；检查交付件应完整齐全，无任何明显的外部损坏；检查箱内元器件完好，连接线无松动；
- 安装前成套配电装置的所有电气元件应断开；
- 安装布局图与规格型号应满足设计要求；
- 成套配电装置基础（或支架）应验收合格；
- 成套配电装置基础（或支架）的接地电阻应满足设计要求。

6.4.3 成套配电装置安装与调整应满足下列要求。

- 6.4.3.1 成套配电装置的金属框架及基础型钢应与保护导体可靠连接；对于装有电器的可开启门，门和金属框架的接地端子间应选用截面积不小于 4 mm² 的黄绿色绝缘铜芯软导线连接，并应有标识。

- 6.4.3.2 成套配电装置应有可靠的防电击保护；装置内保护接地导体(PE)排应有裸露的连接外部保护接地导体的端子，并应可靠连接。
- 6.4.3.3 成套配电装置安装在振动场所，应按设计要求采取减振措施。
- 6.4.3.4 手车、抽屉式成套配电柜推拉应灵活，无卡阻碰撞现象。动触头与静触头的中心线应一致，且触头接触应紧密，投入时，接地触头应先于主触头接触；退出时，接地触头应后于主触头脱开。
- 6.4.3.5 成套配电装置的布置及安全间距应满足设计要求。
- 6.4.3.6 成套配电装置相互间或与基础型钢间应用镀锌螺栓连接，且防松零件应齐全；当设计有防火要求时，成套配电装置的进出口应做防火封堵，并应封堵严密。
- 6.4.3.7 成套配电装置应安装牢固，安装误差满足表8要求。
- 6.4.3.8 成套配电装置间配线应符合以下规定：
- a) 二次回路接线应满足设计要求，除电子元件回路或类似回路外，回路的绝缘导线额定电压不应低于450 V / 750 V；对于铜芯绝缘导线或电缆的导体截面积，电流回路不应小于 2.5 mm^2 ，其他回路不应小于 1.5 mm^2 ；
 - b) 二次回路连线应成束绑扎，不同电压等级、交流、直流线路及计算机控制线路应分别绑扎，且应有标识；固定后不应妨碍手车开关或抽出式部件的拉出或推入；
 - c) 线缆的弯曲半径不应小于线缆允许弯曲半径；
 - d) 导线连接不应损伤线芯。
- 6.4.3.9 成套配电装置面板上的电器连接导线应符合以下规定：
- a) 连接导线应采用多芯铜芯绝缘软导线，敷设长度应留有适当裕量；
 - b) 线束宜有外套塑料管等加强绝缘保护层；
 - c) 与电器连接时，端部应绞紧、不松散、不断股，其端部可采用不开口的终端端子或搪锡；
 - d) 可转动部位的两端应采用卡子固定。

6.5 变压器安装

6.5.1 安装前应做以下检查：

- a) 开箱检查：检查外包装是否有可见的损坏，如孔、裂纹或其他内部可能损坏的迹象，并且核对变压器型号；检查交付件是否完整齐全，有无任何明显的外部损坏，检查变压器内元器件完好，连接线无松动；油浸变压器油位正常，无渗油现象；绝缘件应无裂纹、缺损和瓷件瓷釉损坏等缺陷，外表应清洁，测温仪表指示应准确；箱式变电器的高压和低压配电柜内部接线应完整、低压输出回路标记应清晰，回路名称应准确；
- b) 变压器应按产品技术文件要求进行器身检查，当满足下列条件之一时，可不检查器身：
 - 1) 制造厂规定不检查器身；
 - 2) 就地生产仅作短途运输的变压器，且在运输过程中有效监督，无紧急制动、剧烈振动、碰撞或严重颠簸等异常情况；
- c) 安装前变压器高低压侧开关应断开；
- d) 安装布局图与规格型号应满足设计要求；
- e) 变压器基础（或支架）应验收合格；
- f) 变压器基础（或支架）的接地电阻应满足设计要求。

6.5.2 变压器安装与调整应满足下列要求：

- a) 根据设计图纸和产品要求安装变压器，变压器和基础连接应牢固可靠，安装高度和水平度应满足设计要求；
- b) 变压器箱体、支架、基础型钢及外壳应分别单独与保护导体可靠连接且有标识，紧固件及防松零件齐全；

- c) 变压器的布置及安全间距应满足设计要求;
- d) 安装误差满足表 8 要求。

6.6 监控系统安装

- 6.6.1 监控系统包括微机监控系统、电气二次设备、环境检测仪、视频监控系统等设备。
- 6.6.2 二次设备柜安装满足设计要求,符合 6.4 的规定。
- 6.6.3 通信、远动、综合自动化、计量等装置的安装应满足产品的技术要求。
- 6.6.4 安防监控设备的安装应符合 GB 50348 的相关规定。
- 6.6.5 直流系统的安装应符合以下规定:
 - a) 蓄电池室的建筑工程及其辅助设施应满足设计要求,照明灯具和开关的形式及装设位置应满足设计要求;
 - b) 蓄电池组应排列整齐,间距应均匀,应平稳牢固;
 - c) 蓄电池间连接条应排列整齐,螺栓应紧固、齐全,极性标识应正确、清晰;
 - d) 蓄电池组每个蓄电池的顺序编号应正确,外壳应清洁,液面应正常;
 - e) 蓄电池组的绝缘应良好,绝缘电阻不应小于 0.5 M Ω 。
- 6.6.6 微机监控系统、视频监控系统、环境检测仪等设备的安装应满足设计文件及产品的技术要求。

6.7 其他电气设备安装

- 6.7.1 母线装置的施工应符合 GB 50149 的相关规定。
- 6.7.2 有功、无功控制装置等其他电气设备的安装应满足设计文件及产品的技术要求。

6.8 电缆敷设

6.8.1 敷设前检查

电缆敷设前核对电缆型号、电缆敷设方式及路径与设计要求一致。

6.8.2 电缆敷设方式分类

屋面并网光伏发电系统电缆敷设方式应根据设计要求确定,电缆敷设方式主要有:

- a) 梯架、托盘和槽盒内敷设;
- b) 直埋敷设;
- c) 电缆保护管内敷设;
- d) 电缆构筑物中敷设。

6.8.3 梯架、托盘和槽盒内敷设

6.8.3.1 梯架、托盘和槽盒内敷设电缆按以下流程安装:

- a) 支吊架安装;
- b) 梯架、托盘和槽盒安装;
- c) 电缆敷设;
- d) 电缆支持与固定;
- e) 桥架盖板安装;
- f) 防火封堵。

6.8.3.2 支吊架安装应满足以下要求:

- a) 金属支吊架材料应进行防腐,位于室外及潮湿场所的应按设计要求做处理;

- b) 水平安装的支架间距宜为 1.5 m~3.0 m，垂直安装的支架间距不应大于 2 m；
- c) 支吊架设置应满足设计或产品技术文件要求，支吊架安装应牢固、无明显扭曲；与预埋件焊接固定时，焊缝应饱满；膨胀螺栓固定时，应选用适配、防松零件齐全、连接紧固的膨胀螺栓。

6.8.3.3 梯架、托盘和槽盒安装应满足以下要求：

- a) 桥架全长不大于 30 m 时，与保护导体的可靠连接不应少于 2 处；全长大于 30 m 时，每隔 20 m~30 m 应增加一个连接点；起始端和终点端均应可靠接地；
- b) 桥架本体之间连接板的两端应跨接保护联结导体，保护联结导体的截面积应满足设计要求；
- c) 桥架本体之间不跨接保护联结导体时，连接板每端不应少于 2 个有防松螺帽或防松垫圈的连接固定螺栓；
- d) 电缆梯架、托盘和槽盒转弯、分支处宜采用专用连接配件，其弯曲半径满足设计要求；
- e) 直线段钢制或塑料梯架、托盘和槽盒伸缩节及补偿装置应满足设计要求；
- f) 梯架、托盘和槽盒与支架间及与连接板的固定螺栓应紧固无遗漏，螺母应位于梯架、托盘和槽盒外侧；当铝合金梯架、托盘和槽盒与钢支架固定时，应有相互间绝缘的防电化学腐蚀措施。

6.8.3.4 电缆敷设应满足以下要求：

- a) 同一梯架、托盘和槽盒内不宜同时敷设绝缘导线和电缆；
- b) 同一路径无防干扰要求的线路，可敷设于同一槽盒内；槽盒内的绝缘导线总截面面积(包括外护套)不应超过梯架、托盘和槽盒内截面面积的 40 %，且载流导体不宜超过 30 根；
- c) 当控制和信号等非电力线路敷设于同一梯架、托盘和槽盒内时，绝缘导线的总截面面积不应超过槽盒内截面面积的 50 %；
- d) 分支接头处绝缘导线的总截面面积(包括外护层)不应大于该点盒(箱)内截面面积的 75 %；
- e) 绝缘导线在梯架、托盘和槽盒内应留有一定余量，并按回路分段绑扎，绑扎点间距不应大于 1.5 m；当垂直或大于 45° 倾斜敷设时，应将绝缘导线分段固定在槽盒内的专用部件上，每段至少应有一个固定点；当直线段长度大于 3.2 m 时，其固定点间距不应大于 1.6 m；梯架、托盘和槽盒内导线排列应整齐、有序。

6.8.3.5 电缆支持与固定应满足 6.8.7 的要求。

6.8.3.6 梯架、托盘和槽盒盖板安装应满足以下要求：

- a) 盖板可采用紧固件或者抱箍固定；
- b) 每节盖板首尾需固定，且每隔 1 m 至少一个固定点；
- c) 安装盖板前需检查槽内电缆分布情况，防止紧固件损伤电缆。

6.8.3.7 防火封堵应满足 6.8.9 的要求。

6.8.4 直埋敷设

6.8.4.1 电缆沟开挖宽度及深度按设计要求，根据不同地质和施工条件，采取不同的开挖方式，如机械作业或人工作业。

6.8.4.2 电缆线路路径上有可能使电缆受到机械性损伤、化学作用、地下电流、振动、热影响、腐蚀物质、虫鼠等危害的地段，应采取保护措施。

6.8.4.3 电缆埋置深度应符合以下规定：

- a) 电缆表面距地面的距离不应小于 0.7 m，穿越农田或在车行道下敷设时不应小于 1 m，在引入建筑物、与地下建筑物交叉及绕过地下建筑物处可浅埋，但应采取保护措施；
- b) 电缆应埋设于冻土层以下，当受条件限制时，应采取防止电缆受到损伤的措施。

6.8.4.4 电缆直埋敷设于非冻土地区时，埋置深度应符合以下规定：

- a) 电缆外皮至地下构筑物基础，不得小于 0.3 m；
- b) 电缆外皮至地面深度，不得小于 0.7 m；当敷设于耕地下时，应适当加深，且不宜小于 1 m。

6.8.4.5 直埋敷设的电缆，不得平行敷设于管道的正上方或正下方；高电压等级的电缆宜敷设在低电压等级电缆的下面。

6.8.4.6 电缆之间，电缆与其他管道、道路、建筑物等之间平行和交叉时的最小净距，应满足设计要求。

6.8.4.7 直埋敷设的电缆与铁路、道路交叉时，应穿保护管，保护范围应符合以下规定：

- a) 与道路交叉时，保护管应超出道路边各 1 m，或者排水沟外 0.5 m。埋设深度不应低于路面下 1 m；
- b) 保护管应有不低于 1 % 的排水坡度。

6.8.4.8 直埋敷设的电缆引入构筑物，在贯穿墙孔处应设置保护管，管口应实施阻水堵塞。

6.8.4.9 直埋敷设的电缆接头配置应符合以下规定：

- a) 接头与邻近电缆的净距不得小于 0.25 m；
- b) 并列电缆的接头位置宜相互错开，且净距不宜小于 0.5 m；
- c) 斜坡地形处的接头安置应呈水平状；
- d) 重要回路的电缆接头附近宜采用留有备用量方式敷设电缆。

6.8.4.10 电缆沟回填应满足以下要求：

- a) 电缆敷设完毕后，按设计要求回填电缆沟，电缆沟回填土土质应对电缆外护层无腐蚀性；
- b) 直埋电缆回填前，应经隐蔽工程验收合格，回填料应分层夯实。

6.8.4.11 电缆标识桩设置应满足以下要求：

- a) 应在直埋线路直线段每隔 15 m~50 m 处、转弯处、T 形口、十字口、接头部位和进入建(构)筑物等处设置明显的标志或标桩；
- b) 位于城郊或空旷地带，沿电缆路径的直线间隔 100 m，应设置明显的方位标志或标桩。

6.8.5 电缆保护管内敷设

6.8.5.1 电缆保护管内敷设电缆按以下流程安装：

- a) 保护管布设；
- b) 电缆敷设；
- c) 防火封堵。

6.8.5.2 保护管布设应满足以下要求：

- a) 电缆保护管选材应满足设计要求，内壁应光滑无毛刺，应满足机械强度和耐久性要求，且应符合以下规定：
 - 1) 采用穿管方式抑制对控制电缆的电气干扰时，应采用钢管；
 - 2) 交流单芯电缆以单根穿管时，不得采用未分隔磁路的钢管；
- b) 保护管管径与穿过电缆数量选择应符合以下规定：
 - 1) 每管宜只穿 1 根电缆；
 - 2) 管的内径不宜小于电缆外径或多根电缆包络外径的 1.5 倍，排管的管孔内径不宜小于 75 mm；
- c) 使用排管时，应符合以下规定：
 - 1) 管孔数量宜按发展预留适当备用；
 - 2) 导体工作温度相差大的电缆宜分别配置于适当间距的不同排管组；
 - 3) 管路顶部土壤覆盖厚度不宜小于 0.5 m；
 - 4) 管路应置于经整平夯实土层且有足以保持连续平直的垫块上，纵向排水坡度不宜小于 0.2 %；
 - 5) 管路纵向连接处的弯曲度应满足牵引电缆时不致损伤的要求；

- 6) 管孔端口应采取防止损伤电缆的处理措施;
- d) 较长电缆管路中的下列部位应设置工作井:
 - 1) 电缆牵引张力限制的间距处。电缆穿管敷设时, 允许最大管长的计算方法宜符合 GB 50217-2018 附录 H 的规定;
 - 2) 电缆分支、接头处;
 - 3) 管路方向较大改变或电缆从排管转入直埋处;
 - 4) 管路坡度较大且需防止电缆滑落的必要加强固定处。

6.8.5.3 电缆敷设应满足以下要求:

- a) 电缆保护管在敷设电缆前, 应进行疏通, 清除杂物。电缆敷设到位后应做好电缆固定和管口封堵, 并应做好管口与电缆接触部分的保护措施。
- b) 电缆穿管的位置及穿入管中电缆的数量应满足设计要求, 交流单芯电缆不得单独穿入钢管内。
- c) 在 10 % 以上的斜坡排管中, 应在标高较高一端的工作井内设置防止电缆因热伸缩和重力作用而滑落的构件。
- d) 工作井中电缆管口应按设计要求做好防水措施。

6.8.5.4 防火封堵应满足 6.8.9 的要求。

6.8.6 电缆构筑物中敷设

6.8.6.1 电缆构筑物中敷设电缆按以下流程安装:

- a) 电缆敷设;
- b) 电缆支持与固定;
- c) 防火封堵。

6.8.6.2 电缆构筑物中电缆敷设应满足以下要求:

- a) 电缆排列应符合以下规定:
 - 1) 电力电缆和控制电缆不宜配置在同一层支架上;
 - 2) 高低压电力电缆, 强电、弱电控制电缆应按顺序分层配置, 宜由上而下配置; 但在含有 35 kV 以上高压电缆引入盘柜时, 可由下而上配置;
 - 3) 同一重要回路的工作与备用电缆实行耐火分隔时, 应配置在不同侧或不同层的支架上;
- b) 并列敷设的电缆净距应满足设计要求;
- c) 电缆在支架上的敷设应符合以下规定:
 - 1) 控制电缆在普通支架上, 不宜超过两层; 桥架上不宜超过三层;
 - 2) 交流三芯电力电缆, 在普通支吊架上不宜超过一层; 桥架上不宜超过两层;
 - 3) 交流单芯电力电缆, 应布置在同侧支架上, 并应限位、固定。当按紧贴品字形(三叶形)排列时, 除固定位置外, 其余应每隔一定的距离用电缆夹具、绑带扎牢, 以免松散;
- d) 电缆与热力管道、热力设备之间的净距, 平行时不应小于 1 m, 交叉时不应小于 0.5 m, 当受条件限制时, 应采取隔热保护措施。电缆通道应避开锅炉的观察孔和制粉系统的防爆门; 当受条件限制时, 应采取穿管或封闭槽盒等隔热防火措施。电缆不得平行敷设于热力设备和热力管道的上部;
- e) 电缆敷设完毕后, 应及时清除杂物、盖好盖板。当盖板上方需回填土时, 宜将盖板缝隙密封。

6.8.6.3 电缆支持与固定应满足 6.8.7 的要求。

6.8.6.4 防火封堵应满足 6.8.9 的要求。

6.8.7 电缆的支持与固定

6.8.7.1 电缆明敷时，应沿全长采用电缆支架、桥架、挂钩或吊绳等支持与固定。最大跨距应符合以下规定：

- a) 应满足支架件的承载能力和无损电缆的外护层及其导体的要求；
- b) 应保持电缆配置整齐；
- c) 应适应工程条件下的布置要求。

6.8.7.2 直接支持电缆的普通支架(臂式支架)、吊架的允许跨距应满足设计要求。

6.8.7.3 固定电缆用的夹具、扎带、捆绳或支托件等部件，应表面平滑、便于安装、具有足够的机械强度和适合使用环境的耐久性。

6.8.7.4 电缆固定用部件选择应符合以下规定：

- a) 除交流单芯电力电缆外，可采用经防腐处理的扁钢制夹具、尼龙扎带或镀塑金属扎带；强腐蚀环境应采用尼龙扎带或镀塑金属扎带；
- b) 交流单芯电力电缆的刚性固定宜采用铝合金等不构成磁性闭合回路的夹具，其他固定方式可采用尼龙扎带或绳索；
- c) 不得采用铁丝直接捆扎电缆。

6.8.8 通信线缆敷设

通信线缆敷设应符合以下规定：

- a) 通信线缆敷设前应就线缆进行导通测试；
- b) 通信线缆敷设应自然平直布放，不应交叉缠绕、打圈，牵引力均衡；
- c) 通信线缆接续点和终端应设置对应编号和永久标识，线缆两端、检修孔等位置应设置标签；
- d) 同轴电缆应一线到位，中间无接头；
- e) 多芯电缆的弯曲半径应大于其外径的 6 倍，同轴电缆的弯曲半径应大于其外径的 15 倍，4 对型网络数据电缆的弯曲半径应大于其外径的 4 倍，光缆的弯曲半径应大于光缆外径的 10 倍；
- f) 光缆敷设应符合以下规定：
 - 1) 敷设光缆前应对光纤进行检查，光纤应无断点，其衰耗值应满足设计要求；核对光缆长度，并应根据施工图的敷设长度来选配光缆；配盘时应使接头避开河沟、交通要道和其他障碍物；架空光缆的接头应设在杆旁 1 m 以内；
 - 2) 敷设时应对光缆的牵引端头做好技术处理，应合理控制牵引力和牵引速度；牵引力加在加强芯上，其牵引力不应大于 150 kg，牵引速度应为 10 m/min；一次牵引的直线长度不应大于 1 km，光纤接头的预留长度不应小于 8 m。

6.8.9 防火封堵

6.8.9.1 对电缆可能着火蔓延导致严重事故的回路、易受外部影响波及火灾的电缆密集场所，应设置适当的防火分隔，并按工程重要性、火灾概率及其特点和经济合理等因素，采取下列安全措施：

- a) 实施防火分隔；
- b) 采用阻燃电缆；
- c) 采用耐火电缆；
- d) 增设自动报警和(或)专用消防装置。

6.8.9.2 防火分隔方式选择应符合以下规定：

- a) 电缆构筑物中电缆引至电气柜、盘或控制屏、台的开孔部位，电缆贯穿隔墙、楼板的孔洞处，工作井中电缆管孔等均应实施防火封堵；
- b) 在电缆沟、隧道及架空桥架中的下列部位，宜设置防火墙或阻火段：
 - 1) 公用电缆沟、隧道及架空桥架主通道的分支处；

- 2) 多段配电装置对应的电缆沟、隧道分段处;
 - 3) 长距离电缆沟、隧道及架空桥架相隔约 100 m 处, 或隧道通风区段处, 厂、站外相隔约 200 m 处;
 - 4) 电缆沟、隧道及架空桥架至控制室或配电装置的入口、厂区围墙处;
 - c) 与电力电缆同通道敷设的控制电缆、非阻燃通信光缆, 应采取穿入阻燃管或耐火电缆槽盒, 或采取在电力电缆和控制电缆之间设置防火封堵板材;
 - d) 在同一电缆通道中敷设多回路 110 kV 及以上电压等级电缆时, 宜分别布置在通道的两侧;
 - e) 在电缆竖井中, 宜按每隔 7 m 或建(构)筑物楼层设置防火封堵。
- 6.8.9.3 实施防火分隔的技术特性应符合以下规定:
- a) 防火封堵的构成, 应按电缆贯穿孔洞状况和条件, 采用相适合的防火封堵材料或防火封堵组件; 用于电力电缆时, 宜对载流量影响较小; 用在楼板孔、电缆竖井时, 其结构支撑应能承受检修、巡视人员的荷载;
 - b) 防火墙、阻火段的构成, 应采用适合电缆敷设环境条件的防火封堵材料, 且应在可能经受积水浸泡或鼠害作用下具有稳固性;
 - c) 除通向主控室、厂区围墙或长距离隧道中按通风区段分隔的防火墙部位应设置防火门外, 其他情况下, 有防止窜燃措施时可不设防火门; 防窜燃方式, 可在防火墙紧靠两侧不少于 1 m 区段的所有电缆上施加防火涂料、阻火包带或设置挡火板等;
 - d) 防火封堵、防火墙和阻火段等防火封堵组件的耐火极限不应低于贯穿部位构件(如建筑物墙、楼板等)的耐火极限, 且不应低于 1 h, 其燃烧性能、理化性能和耐火性能应符合 GB 23864 的规定, 测试工况应与实际使用工况一致。
- 6.8.9.4 非阻燃电缆用于明敷时, 应符合以下规定:
- a) 在易受外因波及而着火的场所, 宜对该范围内的电缆实施防火分隔; 对重要电缆回路, 可在适当部位设置阻火段实施阻止延燃; 防火分隔或阻火段可采取在电缆上施加防火涂料、阻火包带; 当电缆数量较多时, 也可采用耐火电缆槽盒或阻火包等;
 - b) 在接头两侧电缆各约 3 m 区段和该范围内邻近并行敷设的其他电缆上, 宜采用防火涂料或阻火包带实施阻止延燃。
- 6.8.9.5 在火灾概率较高、灾害影响较大的场所, 明敷方式下电缆的选择应符合以下规定:
- a) 火力发电厂主厂房、输煤系统、燃油系统及其他易燃易爆场所, 宜选用阻燃电缆;
 - b) 地下变电站、地下客运或商业设施等人流密集环境中的回路, 应选用低烟、无卤阻燃电缆;
 - c) 其他重要的工业与公共设施供配电回路, 宜选用阻燃电缆或低烟、无卤阻燃电缆。
- 6.8.9.6 阻燃电缆的选用应符合以下规定:
- a) 电缆多根密集配置时的阻燃电缆, 应采用符合 XF 306.1 规定的阻燃电缆, 并应根据电缆配置情况、所需防止灾难性事故和经济合理的原则, 选择适合的阻燃等级和类别;
 - b) 当确定该等级和类别阻燃电缆能满足工作条件下有效阻止延燃性时, 可满足 6.8.8.4 的要求;
 - c) 在同一通道中, 不宜将非阻燃电缆与阻燃电缆并列配置。
- 6.8.9.7 在外部火势作用一定时间内需维持通电的下列场所或回路, 明敷的电缆应实施防火分隔或采用耐火电缆:
- a) 消防、报警、应急照明、断路器操作直流电源和发电机组紧急停机的保安电源等重要回路;
 - b) 计算机监控、双重化继电保护、保安电源或应急电源等双回路合用同一电缆通道又未相互隔离时的其中一个回路;
 - c) 火力发电厂水泵房、化学水处理、输煤系统、油泵房等重要电源的双回供电回路合用同一电缆通道又未相互隔离时的其中一个回路;
 - d) 油罐区、钢铁厂中可能有熔化金属溅落等易燃场所;

e) 其他重要公共建筑设施等需有耐火要求的回路。

6.8.9.8 对同一通道中数量较多的明敷电缆实施防火分隔方式，宜敷设于耐火电缆槽盒内，也可敷设于同一侧支架的不同层或同一通道的两侧，但层间和两侧间应设置防火封堵板材，其耐火极限不应低于1h。

6.8.9.9 耐火电缆用于发电厂等明敷有多根电缆配置中，或位于油管、有熔化金属溅落等可能波及场所时，应采用符合XF 306.2规定的A类耐火电缆（IA级～IVA级）。除上述情况外且为少量电缆配置时，可采用符合XF 306.2规定的耐火电缆（I级～IV级）。

6.8.9.10 在油罐区、重要木结构公共建筑、高温场所等其他耐火要求高且敷设安装和经济合理时，可采用矿物绝缘电缆。

6.8.9.11 自容式充油电缆明敷在要求实施防火处理的公用廊道、客运隧洞、桥梁等处时，可采取埋砂敷设。

6.8.9.12 在安全性要求较高的电缆密集场所或封闭通道中，应配备适用于环境的可靠动作的火灾自动探测报警装置。明敷充油电缆的供油系统宜设置反映喷油状态的火灾自动报警和闭锁装置。

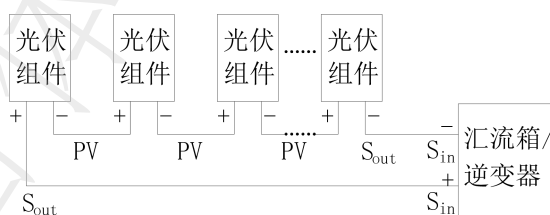
6.8.9.13 在地下公共设施的电缆密集部位，多回充油电缆的终端设置处等安全性要求较高的场所，可装设水喷雾灭火等专用消防设施。

6.8.9.14 用于防火分隔的材料产品应符合以下规定：

- a) 防火封堵材料不得对电缆有腐蚀和损害，且应符合GB 23864的规定；
- b) 防火涂料应符合GB 28374的规定；
- c) 用于电力电缆的耐火电缆槽盒宜采用透气型，且应符合GB 29415的规定；
- d) 采用的材料产品应适用于工程环境，并应具有耐久可靠性。

6.9 光伏电缆接线

6.9.1 光伏电缆接线按以下顺序进行：光伏组件输出端串接——光伏组串输入端接线——光伏组串输出端连接，连接示意图如图1所示：



说明：

- PV——光伏组件输出端；
 S_{out}——光伏组串输出端；
 S_{in}——汇流箱/逆变器输入端。

图1 光伏电缆连接示意图

6.9.2 光伏组件输出端串接应满足下列要求：

- a) 施工时，光伏组件的正负极严禁短接；
- b) 接线时，不应造成玻璃和背板的划伤或破损；
- c) 光伏组件之间连接线应避免承受外力，并进行绑扎固定，整齐、美观；
- d) 进行光伏组件连线施工时，施工人员应配备安全防护用品；
- e) 光伏组串数和串接路径满足设计要求；

- f) 严禁触摸光伏组串的金属带电部位；
- g) 严禁在雨天进行光伏组件的连线工作；
- h) 对串接完成但不具备接引条件的部位，应用绝缘胶布包扎好并做好警示。

6.9.3 汇流箱/逆变器输入端接线应满足下列要求：

- a) 每根光伏电缆需根据图纸标识编号和正负极；
- b) 剥线长度约 15 mm，并采用专用接线端子压接紧实；
- c) **接线前，确保光伏组串输出端未连接，汇流箱/逆变器内熔断器全部断开；**
- d) 每根光伏电缆接线端子需全部插入熔断器进线口；
- e) 光伏电缆接入汇流箱时，按从左到右或从右到左依次压接紧实；
- f) 进出线防护：根据设计要求，采取套管或封闭防护措施；
- g) 防火封堵应满足 6.8.9 的要求。

6.9.4 光伏组串输出端连接应满足下列要求：

- a) 光伏组件间和组串连接均采用光伏连接器连接，光伏连接器连接应满足下列要求：
 - 1) 检查并清洁光伏连接器各配件，确保无杂物；
 - 2) 光伏连接器的防水等级应不低于 IP67；
 - 3) 根据公芯（或母芯）的压线端长度用剥线钳剥去光伏电缆的绝缘层（长度约 15 mm），剥线时，不得伤到线芯；
 - 4) 将电缆线芯插入公芯（母芯）压线端，用压线钳压紧实；
 - 5) 将母头（公头）紧固端先套入电缆，然后再将公芯（母芯）卡入母头（公头），卡入时听到“咔”的一声后，用适当力度试拔，不分离为宜；
 - 6) 用手将紧固端紧固后，再用专用扳手适当再次紧固，不宜用力过猛；
- b) 对组串完成但不具备接引条件的部位，应用绝缘胶布包扎好并做好警示；
- c) 组串连接后应检测组串的开路电压，电压值应满足设计要求，并标识正负极；
- d) 组串出线两端应根据图纸标识编号；
- e) 方阵间的跨接线缆应穿管进行保护，穿管应满足以下要求：
 - 1) 保护管材质应采用 PVC 电工管；
 - 2) 拐弯处应采用弯管器制作弯通或者采用专用弯头连接；
 - 3) 保护管横跨方阵，管的两头应固定在支架结构上；
- f) 严禁在雨天进行组串的连线工作。

6.10 电力电缆接线

6.10.1 电力电缆接线按以下流程安装：

- a) 安装前检查；
- b) 电缆头及附件制作；
- c) 电缆压接；
- d) 防火封堵。

6.10.2 安装前检查：

- a) 检查待接线电缆型号和编号是否与设计要求一致；
- b) 检查待接线电气设备是否与设计要求一致；
- c) 检查电缆绝缘：低压电力电缆绝缘阻值不应低于 0.5 MΩ，10 kV 电力电缆绝缘阻值不应低于 400 MΩ；
- d) 电源侧应确保断电，并派专人作业期间内持续监视。

6.10.3 电缆头等附件制作满足以下要求。

- 6.10.3.1 电缆终端与接头制作前，应核对电缆相序或极性。
- 6.10.3.2 制作电缆终端和接头前，应按设计文件和产品技术文件要求做好检查，并符合以下规定：
- 电缆绝缘状况应良好，无受潮；电缆内不得进水；充油电缆施工前应对电缆本体、压力箱、电缆油桶及纸卷桶逐个取油样，做电气性能试验，并应符合标准的相关规定；
 - 附件规格应与电缆一致，型号满足设计要求。零部件应齐全无损伤，绝缘材料不得受潮；附件材料应在有效贮存期内。壳体结构附件应预先组装、清洁内壁、密封检查，结构尺寸应满足产品技术文件要求；
 - 施工用机具齐全、清洁，便于操作；消耗材料齐备，塑料绝缘表面的清洁材料应满足产品技术文件的要求。
- 6.10.3.3 在室内、隧道内或林区等有防火要求的场所以及充油电缆施工现场进行电缆终端与接头制作，应具备有足够消防器材。
- 6.10.3.4 电缆终端与接头制作时，施工现场温度、湿度与清洁度，应满足产品技术文件要求。在室外制作 6 kV 及以上电缆终端与接头时，其空气相对湿度宜为 70 % 及以下；当湿度大时，应进行空气湿度调节，降低环境湿度。制作电力电缆终端与接头，不得直接在雾、雨或五级及以上大风环境中施工。
- 6.10.3.5 电缆终端及接头制作时，应遵守制作工艺规程及产品技术文件要求。
- 6.10.3.6 附加绝缘材料除电气性能应满足要求外，尚应与电缆本体绝缘具有相容性。两种材料的硬度、膨胀系数、抗张强度和断裂伸长率等物理性能指标应接近。橡塑绝缘电缆附加绝缘应采用弹性大、粘接性能好的材料。
- 6.10.3.7 电缆线芯连接金具，应采用符合标准的连接管和接线端子，其内径应与电缆线芯匹配，间隙不应过大；截面宜为线芯截面的 1.2 倍~1.5 倍。采取压接时，压接钳和模具应符合规格要求。
- 6.10.3.8 三芯电力电缆在电缆中间接头处，其电缆铠装、金属屏蔽层应各自有良好的电气连接并相互绝缘；在电缆终端头处，电缆铠装、金属屏蔽层应用接地线分别引出，并应接地良好。交流系统单芯电力电缆金属层接地方式和回流线的选择应满足设计要求。
- 6.10.3.9 35kV 及以下电力电缆接地线应采用铜绞线或镀锡铜编织线，其截面积不应小于表 9 的规定。66kV 及以上电力电缆的接地线材质、截面面积应满足设计要求。

表 9 电缆终端接地线截面

电缆截面 mm ²	接地线截面 mm ²
16 及以下	接地线截面可与芯线截面相同
16~120	16
150 及以上	25

- 6.10.3.10 制作电缆终端与接头，从剥切电缆开始应连续操作直至完成，应缩短绝缘暴露时间。剥切电缆时不应损伤线芯和保留的绝缘层、半导电屏蔽层，外护套层、金属屏蔽层、铠装层、半导电屏蔽层和绝缘层的剥切尺寸应满足产品技术文件要求。附加绝缘的包绕、装配、热缩等应保持清洁。
- 6.10.3.11 电缆终端的制作安装应按产品技术文件要求做好导体连接、应力处理部件的安装，并应做好密封防潮、机械保护等措施。电缆终端安装应确保外绝缘相间和对地距离符合 GB 50149 的有关规定。
- 6.10.3.12 交联电缆终端和接头制作时，电缆绝缘处理后的绝缘厚度及偏心度应满足产品技术文件要求，绝缘表面应光滑、清洁，防止灰尘和其他污染物黏附。绝缘处理后的工艺过盈配合应设，满足产品技术文件要求，绝缘屏蔽断口应平滑过渡。

- 6.10.3.13 交联电缆终端和接头制作时，预制件安装定位尺寸应满足产品技术文件要求，在安装过程中内表面应无异物、损伤、受潮；橡胶预制件采用机械现场扩张时，扩张持续时间和温度应满足产品技术文件要求。
- 6.10.3.14 电缆导体连接时，应除去导体和连接管内壁油污及氧化层。压接模具与金具应配合恰当，压缩比应满足产品技术文件要求。压接后应将端子或连接管上的凸痕修理光滑，不得残留毛刺。
- 6.10.3.15 三芯电缆接头及单芯电缆直通接头两侧电缆的金属屏蔽层、金属护套、铠装层应分别连接良好，不得中断，跨接线的截面应满足产品技术文件要求，且不应小于表 5 接地线截面的规定。直埋电缆接头的金属外壳及电缆的金属护层应做防腐、防水处理。
- 6.10.3.16 电力电缆金属护层接地线未随电缆芯线穿过互感器时，接地线应直接接地；随电缆芯线穿过互感器时，接地线应穿回互感器后接地。
- 6.10.3.17 单芯电力电缆的交叉互联箱、接地箱、护层保护器等安装应满足设计要求；箱体应安装牢固、密封良好，标识应正确、清晰。
- 6.10.3.18 单芯电力电缆金属护层采取交叉互联方式时，应逐相进行导通测试，确保连接方式正确；护层保护器在安装前应检测合格。
- 6.10.4 电缆压接应满足以下要求：
- 根据接线端子的型号，选用螺栓将电缆接线端子压接在对应电气设备上，相位确保无误；
 - 固定螺栓应从上向下或从内到外穿，螺栓应采用双平垫和双弹垫安装。
- 6.10.5 防火封堵应满足 6.8.9 的要求。

7 消防设施及通道安装

7.1 测量定位

根据施工图纸，核实确定消防设施及通道安装的具体位置，并与其他设施不发生干涉。

7.2 消防设施及通道固定

按照施工图的固定方式固定好各消防设施及其通道，保证连接安全可靠。

8 防雷与接地

8.1 防雷设施不应遮挡光伏组件。

8.2 防雷与接地施工包括以下安装工作：

- 光伏组件等电位连接；
- 接地网布置及安装；
- 引下线连接；
- 接地装置施工；
- 接地电阻测试检查。

8.3 光伏组件等电位连接应满足以下要求：

- 带金属边框的光伏组件之间均应进行等电位连接，且连接牢固可靠、导通良好；
- 每个光伏方阵的光伏组件应与方阵金属支架进行等电位连接，连接点不少于 2 处；
- 光伏方阵应按设计要求与接地网连接，或按所在建筑的雷电防护等级要求进行连接。

8.4 接地网布置及安装应满足以下要求：

- 根据设计图纸要求进行接地网布局，符合 GB / T 50065-2011 的相关规定；

- b) 每个光伏方阵的光伏支架应按设计要求与接地网连接;
 - c) 接地线应水平或垂直敷设,亦可与建筑物倾斜结构平行敷设,在走线段上,不应有高低起伏及弯曲等现象;
 - d) 沿建筑物墙壁水平敷设时,离地面距离宜为 250 mm~300 mm;接地线与建筑物墙壁的间隙宜为 10 mm~15 mm;
 - e) 接地线跨越建筑物伸缩缝、沉降缝处时,应设置补偿器。补偿器可用接地线本身弯成弧状代替;
 - f) 明敷接地线,在导体的全长度或区间段及每个连接部位附近表面,应涂以 15 mm~100 mm 宽度相等的绿色和黄色相间的条纹标识。当使用胶带时,应使用双色胶带;
 - g) 接地线搭接应采用焊接,搭接长度满足设计文件的要求,设计文件无明确要求时应符合以下规定:
 - 1) 扁钢与扁钢连接时,其长度为其宽度的 2 倍(且至少 3 个棱边焊接),且不小于 100 mm;
 - 2) 圆钢与圆钢连接时,其长度为其直径的 6 倍,且不小于 100 mm;
 - 3) 圆钢与扁钢连接时,其长度为圆钢直径的 6 倍,且不小于 100 mm;
 - h) 在接地线引向建筑物的入口处和检修用临时接地点处,均应刷白色底漆并标以黑色标识,其代号为“ \equiv ”。同一接地体不应出现两种不同的标识;
 - i) 接地线的安装固定应牢固可靠。
- 8.5 引下线连接应满足以下要求:
- a) 根据设计图纸要求进行引下线连接;
 - b) 所在建筑有避雷带的,引下线可直接搭接至避雷带;
 - c) 所在建筑无避雷带的,引下线应引至接地极,未经许可不得直接搭接至钢结构、管道等设施;
 - d) 引下线与接地网及接地极之间的连接应满足 8.4 的要求。
- 8.6 所在建筑有避雷带的,无需进行接地极安装,所在建筑无避雷带的,按照设计文件进行接地极安装,接地极安装深度及数量应满足设计要求。
- 8.7 防雷与接地安装完成后,应进行接地电阻测试,接地电阻应满足设计要求。
- 8.8 工作接地与保护接地应分别接入地网。

9 防护栏杆安装

- 9.1 防护栏杆施工应按照设计文件要求进行,严禁擅自加宽杆件间距及降低护栏高度。
- 9.2 防护栏杆连接必须紧固牢靠,严禁出现松动现象,螺栓的紧固扭矩应符合产品 and 设计文件的相关规定。
- 9.3 严禁减少螺栓、平垫、弹垫的安装数量。
- 9.4 需焊接时,焊接应保证焊缝连续饱满、平整无间隙,不得有裂纹、夹渣、较大焊瘤、虚焊、漏焊、气孔、未焊透、咬边等情况。
- 9.5 采用钢材时,外露焊缝表面应涂刷两道防锈漆和一道面漆作防腐防锈处理。
- 9.6 防护标杆应有效接地,接地电阻应满足设计要求。
- 9.7 防护栏杆安装精度满足表 10 的要求。

表 10 防护栏杆安装精度要求

项目	允许偏差 mm
轴线	±20
顶标高	±10
垂直度（每米偏差）	±5
垂直度（全高）	±10

10 清洗系统安装

- 10.1 按照施工图对管道坐标、标高及预留管口尺寸进行核实。
- 10.2 清洗管道不应应对光伏组件产生遮挡。
- 10.3 需穿屋面楼板的管道应埋设套管并设止水圈，节头不得埋在墙内、楼板内。
- 10.4 管道接口(丝接)管螺纹加工精度达到设计要求，无断丝、咬丝乱扣现象，连接牢固。
- 10.5 施工前应检查原有的管道是否畅通，再进行施工，施工后应再检查管道是否畅通。
- 10.6 隐蔽的给水管道应经通水检查，给水管道应按有关规定进行加压试验，应无渗漏，检查合格后方可进入下道工序施工。
- 10.7 对未能及时连接的管道应临时封口，避免杂物进入管道。
- 10.8 管外径在 25 mm 以下给水管的安装，管道在转角、水表、水龙头或角阀及管道终端的 100 mm 处应设管卡，管卡安装必须牢固。
- 10.9 管道采用螺纹连接在其连接处应有外露螺纹，安装完毕应及时用管卡固定，管材与管件或阀门之间不得有松动。
- 10.10 安装的各种阀门位置应满足设计要求，便于使用及维修。
- 10.11 所有接头、阀门与管道连接处应严密，不得有渗漏现象，管道坡度应满足设计要求。
- 10.12 管道应使用专用工具安装，防止损坏铜接头内部双层护圈，不得出现渗漏。

11 维护通道安装

- 11.1 混凝土屋面应按设计要求预留维护通道。
- 11.2 金属屋面的维护通道应严格按图施工，且满足以下要求：
 - a) 维护通道不应应对光伏组件产生遮挡；
 - b) 不得将维护通道作为堆料平台；
 - c) 维护通道应连接牢靠，不应采用有腐蚀或明显变形的材料；
 - d) 平台搭接处应平齐，空隙不应大于 15 mm；
 - e) 金属材质维护通道应有效接地，接地电阻应满足设计要求。

12 环保与水土保持

12.1 一般规定

- 12.1.1 应根据工程实际情况和环境特点，制订环境保护及水土保持的措施和对策。
- 12.1.2 屋面并网光伏发电系统的施工宜采取永临结合、因地制宜的方式，减少施工对环境的影响。

12.2 施工环境保护

- 12.2.1 施工噪声控制应按照 GB 12523 的相关规定，对各施工阶段的噪声进行监测和控制。
- 12.2.2 施工废液控制应满足下列要求：
- 生活污水及施工中产生的其他废水应经过处理达标排放，不得直接排放；
 - 施工产生的废油应排入专门盛放废油的容器内进行回收处理。
- 12.2.3 施工粉尘控制应满足下列要求：
- 施工现场应采取洒水、清扫等措施；施工道路宜硬化；
 - 水泥等易飞扬的细颗粒及建筑材料应采取覆盖或密闭存放；
 - 混凝土搅拌站应采取围挡、降尘措施。
- 12.2.4 施工固体废弃物控制应符合以下规定：
- 应对施工中产生的固体废弃物进行分类存放并按照相关规定进行处理，不应现场直接焚烧各类废弃物；
 - 建筑垃圾、生活垃圾应及时清运，并按指定地点堆放。

12.3 施工水土保持

- 12.3.1 施工中的水土保持应满足下列要求：
- 临建设施的搭设应科学布局、减少用地，优选已有建筑相关设施；
 - 屋面并网光伏发电系统的施工应减少破坏植被。工程完工后应按设计要求恢复地貌、植被。
- 12.3.2 屋面并网光伏发电系统的施工不宜破坏排水沟渠，场地排水及道路排水宜采用自然排水。

13 安全和职业健康

13.1 一般规定

- 13.1.1 开工前应结合工程自身特点，建立工程施工安全和职业健康管理组织机构，健全各项管理制度，并应同其他管理体系协调一致。
- 13.1.2 应对施工人员和管理人员进行各级安全和职业健康教育和培训。
- 13.1.3 危险区域应设置明显的安全、警示标志或隔离带。

13.2 安全文明施工总体规划

- 13.2.1 施工现场应挂设工程概况牌、管理人员名单及监督电话牌、消防保卫（防火责任）牌、安全生产牌、文明施工牌和施工现场平面图。
- 13.2.2 施工现场安全标志的使用应符合 GB 2894 和 NB/T 31088 的有关规定。
- 13.2.3 施工现场应实行区域模块式管理，对施工作业区、辅助作业区、材料堆放区、办公区和生活区等应进行明显的划分，办公区、生活区与作业区应保持足够的安全距离。
- 13.2.4 站区施工道路应畅通，不宜在路边堆放设备和材料等物品。
- 13.2.5 临时设施应布局合理、紧凑，充分利用地形，节约用地。
- 13.2.6 施工机械应进行定期检查和保养。
- 13.2.7 设备、材料、土方等物资应堆放合理，并应标识清楚，排放有序。

13.3 安全施工管理

- 13.3.1 进入施工现场人员应自觉遵守现场安全文明施工纪律规定，应穿着防滑鞋，各施工项目作业时应严格按照 DL 5009.2、DL 5009.3 的相关规定执行。

13.3.2 所有电气设备都应有可靠接地或接零措施，对配电盘、漏电保护器应定期检验并标识其状态，并在使用前进行确认。施工用电线路布线应合理、安全、可靠。

13.3.3 施工过程中，应减少交叉作业。

13.3.4 临边作业和高空作业时，施工现场人员应使用安全绳、安全带等安全措施。

13.4 职业健康管理

13.4.1 进入施工现场的各级人员可在指定的医疗机构进行体检。对于不宜从事有关现场作业疾病的人员，不应进入现场从事相关工作。

13.4.2 对噪声控制、粉尘污染防治、固体废弃物管理、水污染防治管理等，应制订有效的措施，并组织实施。

13.4.3 施工区、办公区和生活区等场所应有良好的工作、生活条件。

13.4.4 施工单位应加强食品卫生的管理，并应制定食堂管理制度。

13.5 应急处理

13.5.1 在光伏电站开工前，应根据项目特点编制防触电、防火等应急预案。

13.5.2 应急预案的编制应包括应急组织体系及职责、危险源分析、预防措施和应急响应等内容。

13.5.3 施工人员应进行应急救援培训，并进行演练。

参 考 文 献

- [1] GB 7251.1-2013 低压成套开关设备和控制设备 第1部分：总则
 - [2] GB 50171-2012 电气装置安装工程 盘、柜及二次回路接线施工及验收规范
 - [3] GB 50661-2011 钢结构焊接规范
 - [4] GB 50794-2012 光伏发电站施工规范
-