

无锡威孚高科技集团股份有限公司
5.4MWp 分布式光伏发电项目
电气设备安装

专
项
施
工
方
案

编制单位：南通四建集团有限公司

编 制 人：_____

审 核 人：_____

批 准 人：_____

编制日期：2017 年 月 日

目 录

一、 编制依据.....	1
二、 工程概况及特点.....	1
2.1 工程概况.....	1
2.2 工程特点.....	1
三、 主要设备及工程量.....	1
四、 施工组织安排.....	1
4.1 施工组织管理机构.....	1
4.2 施工机具及仪表配置.....	2
五、 施工准备.....	2
六、 施工过程及注意事项.....	2
6.1 光伏支架的安装.....	2
6.1.1 支架底梁安装.....	3
6.1.2 电池板杆件安装.....	3
6.1.3 电池板安装面的粗调.....	3
6.2 太阳能电池组件的安装.....	3
6.2.1 电池板的进场检验.....	3
6.2.2 太阳能电池板安装.....	3
6.2.3 电池板调平.....	4
6.2.4 电池板接线.....	4
6.3 电气线管安装和导线敷设.....	4
6.4 电缆桥架/线槽安装和电缆敷设.....	5
6.5 汇流箱安装.....	7
6.5.1 准备工作.....	7
6.5.2 安装要求.....	7
6.5.3 汇流箱接线.....	7
6.5.4 汇流箱的安装工艺.....	8
6.6 逆变器的安装.....	9
6.6.1 逆变器安装准备工作.....	9
6.6.2 逆变器安装要求.....	10
6.6.3 安装流程.....	10
6.7 防雷接地系统.....	11
6.7.1 工艺流程.....	11
6.7.2 防雷接地.....	12
6.8 试验调试.....	12
6.8.1 启动调试.....	12

6.8.2 试验.....	13
七、 质量控制管理.....	14
7.1 质量管理目标.....	14
7.2 质量保证措施.....	14
八、 安全文明施工.....	14
8.1 危险源分析及针对措施.....	14
8.2 安全文明施工.....	17

一、 编制依据

- 1、威孚高科 5.4MW 光伏发电项目工程合同文件和会议纪要。
- 2、本工程设计图纸。
- 3、引用我公司质量保证手册、有关程序文件以及相关的作业指导书。
- 4、施工现场实际勘察情况。
- 5、现行国家有关规范、规程和标准。
- 6、《电力建设施工质量验收及评价规程》DL/T5210。
- 7、《光伏电站施工规范》GB50794-2012。

二、 工程概况及特点

2.1 工程概况

威孚高科 5.4MWp 屋顶光伏电站建设项目光伏支架、组件安装；电缆敷设；线
缆管/架敷设安装。

2.2 工程特点

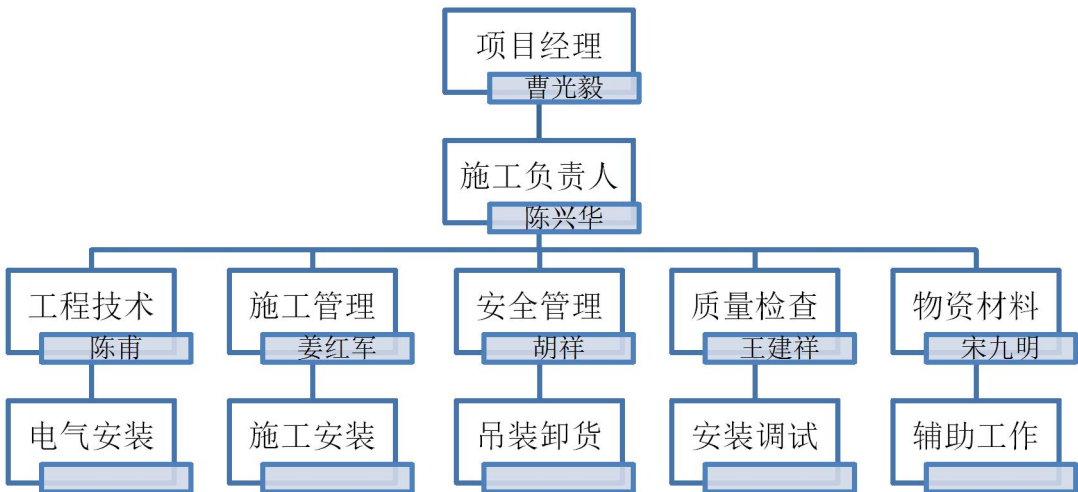
- （1）光伏组件及支架安装工程量大、工期短，现场作业人员较多，现场设备
及人员的管理难度大。
- （2）电气线路较多，二次控制原理复杂，调试难度大。
- （3）现场施工点分布较广，施工质量控制难度大。

三、 主要设备及工程量

威孚高科 5.4MW 光伏发电项目主要由共 1 号楼 1.753MW、2 号楼 1.676MW、3
号楼 1.977MW。

四、 施工组织安排

4.1 施工组织管理机构



4.2 施工机具及仪表配置

序号	名称	规格	单位	数量	备注
1	小型叉车		台	2	
2	手枪钻		把	2	
3	数字万用表		块	6	
4	水准仪	DS-24	套	4	
5	电脑线号（字头）打字机		台	1	
6	接地电阻测试仪		台	1	
7	机械电缆压接钳		把	2	
8	变压比测试仪	ZBC-1	台	1	
9	游标卡尺		把	2	
10	钢直尺		把	4	
11	活动扳手		把	10	
12	平口小一字螺丝刀		把	8	
13	梅花螺丝刀		把	6	
14	平口螺丝刀		把	5	
15	斜口钳		把	6	

五、 施工准备

本工程的安装工程工期短，施工人员开展施工前，应先熟悉工程的设计方案，针对各分项分部工程结合设计方案、准备好质量技术交底。图纸一到现场，应立即熟悉图纸、了解现场。对图纸理解模糊的地方，立即归纳并同设计人员沟通。然后计算图纸的工程量，出分期材料计划表。准备材料，根据工程量安排施工劳动力、安装施工进度计划。大范围展开施工前，应先作样板并通知业主、监理检查认可。

六、 施工过程及注意事项

6.1 光伏支架的安装

6.1.1 支架底梁安装

钢支柱的安装，钢支柱应竖直安装，与基础良好的结合。连接槽钢底框时，槽钢底框的对角线误差不大于 $\pm 10\text{mm}$ ，检验底梁（分前后横梁）和固定块。如发现前后横梁因运输造成变形，应先将前后横梁校直；主斜梁与水平线的夹角应保持 20° ，误差控制在 1° 之内；控制好支架底部标高及支架平面整体平整度，保证外观质量美观。

具体方法如下：

a. 先根据图纸把钢支柱分清前后，把钢支柱底脚上螺孔对准预埋件，并拧上螺母，但先不要拧紧。（拧螺母前应对预埋件螺丝涂上黄油）。再根据图纸安装支柱间的连接杆，安装连接杆时应注意连接杆应将表面放在光伏站的外侧，并把螺丝拧至六分紧。

b. 根据图纸区分前后横梁，以免将其混装。

c. 将前、后固定块分别安装在前后横梁上，注意勿将螺栓紧固。

d. 支架前后底梁安装。将前、后横梁放置于钢支柱上，连接底横梁，并用水平仪将底横梁调平调直，并将底梁与钢支柱固定。

e. 调平好前后梁后，再把所有螺丝紧固，紧固螺丝时应先把所有螺丝拧至八分紧后，再次对前后梁进行校正。合格后再逐个紧固。

f. 整个钢支柱安装后，应对钢支柱底与砼结触面进行水泥浆填灌，使其紧密结合。

6.1.2 电池板杆件安装

1、检查电池板杆件的完好性。

2、根据图纸安装电池板杆件。为了保证支架的可调余量，不得将连接螺栓紧固。

6.1.3 电池板安装面的粗调

1、调整首末两根电池板固定杆的位置的并将其紧固。

2、将放线绳系于首末两根电池板固定杆的上下两端，并将其绷紧。

3、以放线绳为基准分别调整其余电池板固定杆，使其在一个平面内。

4、预紧固所有螺栓。

6.2 太阳能电池组件的安装

6.2.1 电池板的进场检验

1、太阳能电池板应无变形、玻璃无损坏、划伤及裂纹。

2、测量太阳能电池板在阳光下的开路电压，电池板输出端与标识正负应吻合。电池板正面玻璃无裂纹和损伤，背面无划伤毛刺等；安装之前在阳光下测量单块电池板的开路电压应符合国家检验标准。

6.2.2 太阳能电池板安装

1、电池板在运输和保管过程中，应轻搬轻放，不得有强烈的冲击和振动，不得横置重压。

2、电池板的安装应自下而上，逐块安装，螺杆的安装方向为自内向外，并紧固电池板螺栓。安装过程中必须轻拿轻放以免破坏表面的保护玻璃；电池板的联接螺栓应有弹簧垫圈和平垫圈，做防松处理。电池板安装必须作到横平竖直，同方阵内的电池板间距保持一致；注意电池板的接线盒的方向。

3、光伏组件或方阵应按设计要求可靠固定在支架和连接件上；组件串、阵列电性能参数应符合设计要求、组件倾角误差为 $\pm 1^\circ$ ；连接在同一逆变器的组件串其电流、电压应一致符合设计要求；组件串的排列应符合设计要求；组件串的最高电压不得超过光伏组件的最高允许电压。

4、组件相邻组件间边缘高度允许误差 $\leq 2\text{mm}$ ，同组组件间高度允许误差 $\leq 5\text{mm}$ ；同一组方阵中的组件安装纵横向偏差 $\geq 2\text{mm}$ ，光伏组件或方阵与建筑面之间应留有散热间距，误差不超过设计值的5%。

6.2.3 电池板调平

- 1、将两根放线绳分别系于电池板方阵的上下两端，并将其绷紧。
- 2、以放线绳为基准分别调整其余电池板，使其在一个平面内。
- 3、紧固所有螺栓。

6.2.4 电池板接线

- 1、根据电站设计图纸确定电池板的接线方式。
- 2、电池板连线均应符合设计图纸的要求。
- 3、接线采用多股铜芯线，接线前应先将线头搪锡处理。
- 4、接线时应注意勿将正负极接反，保证接线正确。每串电池板连接完毕后，应检查电池板串开路电压是否正确，连接无误后断开一块电池板的接线，保证后续工序的安全操作。

- 5、将电池板串与控制器的连接电缆连接，电缆的金属铠装应接地处理。

6.3 电气线管安装和导线敷设

1、电气线管安装和导线的敷设应按设计图纸及规范要求进行，当需修改设计时，应经业主和设计人员同意，有文字记录才能施工。

2、各系统施工前，应具备业主和监理公司认可的设备布置平面图、接线图、安装图、系统图以及其他必要的文件。并将施工的材料实体和合格证送交甲方审核，审核通过后，方可使用该类材料进行施工。

3、金属管路较多或有弯时，宜适当加装接线盒，两具接线盒之间的距离应符合规范要求：

- 4、各系统的布线符合国家现行最新的有关施工和验收规范的规定。
- 5、各系统布线时，根据国家现行标准的规定，对导线的种类、电压等级等进行检验。

6、管内或线槽穿线应在建筑抹灰及地面工程结束后进行。在穿线前管内或线槽内的积水及杂物清除干净。

7、系统、不同电压等级、不同电流类别的线路不应穿在同一管或线槽内；导线在管内或线槽内不应有接头和扭结，导线的连接应在线盒内。导线连接应符合下列要求：

a.导线在箱，盒内的连接宜采用压按法，可使用接线端子及铜（铝）套管，线夹等连接，铜芯导线也可采用缠绕后搪锡的方法连接；

b.导线与电气器具端子间的连接，截面 2.5mm^2 及以下可直接连接，但多股铜芯导线的线芯应先拧紧搪锡后再连接；

c.使用压接法连接导线时，接线端子铜套管压模的规格应与线芯截面相符合。

8、动力、照明各回路的导线要严格按照规范的规定做颜色标记，各相线的颜色一定要统一：A/R 相—红色，B/Y 相—黄色，C/G 相—绿色，零线—黑色或其他颜色，地线(PE 线)—“黄、绿”双色。其余导线应该根据不同用途采用其他颜色区分，整个系统中相同用途的导线颜色应一致。

9、各系统导线敷设后，应对 1kV 以下每一回路的导线用 500V 兆欧表测量其绝缘电阻， 35kV 以上每一导线用 2500V 或 5000V 兆欧表测量其绝缘电阻，对应电缆的对地绝缘电阻值须符合相应国标要求。电路颜色标志可用规定的颜色或用绝缘导体的绝缘颜色标记在导体的全部长度上，也可标记在所选择的易识别的位置上(如端部或可接触到的部位)。

10、线管敷设要连接紧密，管口光滑；护口齐全；明配管及其支架平直牢靠，排列整齐，管子弯曲处无明显折皱，油漆防腐完整；暗配管保护层大于 30mm ，线管敷设通过伸缩缝处应采用金属软管加线盒过渡。

11、盒（箱）设置正确，固定可靠，管子进入盒（箱）处顺直，用铜梳固定的管口，线路进入电气设备和器具的管口位置正确。

12、按照规范要求，明敷设的线管不准焊接接地跨接线，必须采用专用的接地管卡和 2.5mm^2 的多股铜芯软线（线头用开口镀锌铜线耳压接）进行跨接。金属软管必须用多股铜芯软线同接线盒跨接进行保护接地。

13、在盒（箱）内的导线长度有适当的余量（ $15 \sim 30\text{mm}$ ）；导线连接牢固，包扎严密，绝缘良好，不伤线芯；盒（箱）内清洁无杂物，导线整齐，护线套、标志齐全，不脱落。

14、线管敷设前应清洁线管，完工后验收前应再清洁线管。

6.4 电缆桥架/线槽安装和电缆敷设

1、首先根据现场具体条件画好平面布置及走向图，测量好标高尺寸，计算好弯头及配件，再会同厂家商量订货。

2、桥架/线槽支架先在现场拉线量好尺寸再下料加工和安装。支吊架的型

式和材质要根据其承重情况来选取，支吊架的间距根据线槽/桥架所承负重和厂家提供的负重与挠度曲线图进行选取。

3、当直线段超过 30m 时，应有伸缩缝，其连接宜采用伸缩连接板；跨越建筑物伸缩缝处应设置伸缩缝。

4、金属电缆管管口应无毛刺和尖锐棱角，管口宜做成喇叭形；电缆管进入室内，应用易弯件使管口向上伸出地面 150mm，并有混凝土裙脚保护台。电缆敷设前，必须按照电缆的走向把所有电缆在桥架上的敷设顺序排列好，以免放电缆时造成电缆在桥架上交叉或重叠。

5、电缆内的各相线路的绝缘颜色应符合“电线管安装和导线敷设”第（11）点的要求。电缆敷设前应进行下列检查：支架应齐全、油漆完整；电缆型号、电压、规格应符合设计要求；电缆绝缘良好。并送交业主、监理检查质量。

6、电缆敷设时，电缆应从盘的上端引出，应避免电缆在支架及地面摩擦拖拉。电缆上不得有未消除的机械损伤。电缆敷设时应排列整齐，不宜交叉，并加以固定。

7、敷设好的电缆应按规范要求在规定、终点、转弯处装置好注明线路编号、起点、终点的塑料标志牌。

8、电缆进入电缆沟、竖井、箱以及穿入管子时，出入口应封闭，管口应密封。

9、电力电缆在终端头与接头附近宜留有备用长度。电缆终端头或接头的制作，安排熟悉工艺的老师傅进行；在制作电缆终端头或电缆接头时应作好以下的检查工作：相位正确，所用绝缘材料应符合要求，电缆终端头与电缆接头的配件应齐全。电缆头的包扎塑料扁带应采用黑色扁带。各相的压接线耳的包扎扁带的颜色应符合“电线管安装和导线敷设”第（11）点的要求。

10、电缆头的铜接线端子压接好后必须进行涂锡处理。

11、控制电缆终端头可采用一般包扎，电缆接头应有防潮措施。

12、电缆固定应采用电缆扎带和电缆卡码。电缆头应安装在箱（柜）内采用电缆卡码固定。铠装电缆和交联电缆的金属保护层应可靠接地。

13、电缆敷设的最小弯曲半径应符合下列要求：

电 缆 类 型		多 芯	单 芯
控 制 电 缆		10D	
橡皮绝缘电力电缆	无铅包、钢铠护套	10D	
	裸铅包护套	15D	
	钢铠护套	20D	
聚氯乙烯绝缘电力电缆		10D	
交联聚氯乙烯绝缘电力电缆		15D	20D

14、室外直埋电缆敷设时，要及时做好电缆路径走向标记，一方面在现场做标记，另一方面要在布置图（竣工图）上标清楚电缆路径及其相对位置。

15、进出建筑物的电缆，均在建筑物外适当位置设置电缆井，方便维护和将来扩展。电缆井可以是与地面齐平，为了美观亦可以埋于草皮下但需在平面图上标示清楚其具体位置。

6.5 汇流箱安装

6.5.1 准备工作

- 1、汇流箱的防护等级等技术标准应符合设计文件和合同文件的要求。
- 2、汇流箱内元器件完好，连接线无松动。
- 3、安装前汇流箱的所有开关和熔断器宜断开。

6.5.2 安装要求

- 1、安装位置应符合设计要求。支架和固定螺栓应为镀锌件。
- 2、地面悬挂式汇流箱安装的垂直度允许偏差应小于 1.5mm。
- 3、汇流箱的接地应牢固、可靠。接地线的截面应符合设计要求。
- 4、汇流箱进线端及出线端与汇流箱接地端绝缘电阻不小于 20MΩ。
- 5、汇流箱组串电缆接引前必须确认组串处于断路状态。

6.5.3 汇流箱接线

- 1、汇线完毕应按施工图检查核对汇线是否正确。在汇流箱接线端子处检测电压、电流、正负极是否正确。
- 2、组件接线盒出口处的连接线应向下弯曲防雨水流入接线盒。
- 3、方阵汇线及检测完毕 应盖上并锁紧所有汇流箱门。
- 4、方阵的输出端应有明显的极性标志和子方阵的编号标志。
- 5、将电池板串联的连线接入汇流箱内再用铠装电缆接入逆变柜，电缆的金属铠装应做接地处理。

6.5.4 汇流箱的安装工艺

(1) 材料要求

a.箱体、材料要求：箱体周边平整无损伤，箱内各种器具应安装牢固，导线排列整齐、压接牢固；有产品合格证明书（证）。

b.绝缘导线：导线的型号规格必须符合设计要求，并有产品合格证明书（证）。

c.其它材料：电器仪表、熔丝、端子板、绝缘子、铝套管、卡片框，软塑料管、塑料带、黑胶布、防锈漆、灰漆、焊锡、焊剂。应符合设计要求。

(2) 主要机具 石笔、钢卷尺、水平尺；手锤、扁锉、圆锉、活动板手；一字改锥和十字改锥等。

(3) 施工作业条件 方阵支架已安装完成,方阵组件已安装完成。

(4) 汇流箱施工安装要求及流程

a.箱体定位螺栓固定盘面组装符合图纸。

b.汇流箱应安装在安全、干燥、易操作的位置。

c.汇流箱作好明显可靠的接地；导线引出面板时，面板线孔应光滑无毛刺；金属面板应装设绝缘保护套。

d.汇流箱外壳应有明显可靠的 PE 保护地线（PE 为黄绿相间的双色线）；但 PE 保护地线不允许利用箱体或盒体串连。

e.并绑扎成束:在活动部位应固定；盘面引出及引进的导线应留有适当余度，以便于检修。

f.PE 保护地线若不是供电电缆或电缆外护层的组成部分时，按机械强度要求，截面不应小于下列数值：有机械保护时为 2.5mm^2 ；无机机械保护时为 4mm^2 ；

g.绝缘摇测:汇流箱全部安装完毕后，用 500V 兆欧表对线路进行绝缘摇测。两人进行摇测，同时做好记录，作为技术资料存档。

(5) 质量标准

a.接地保护措施和其他安全要求必须符合施工验收规范规定。

b.位置正确、部件齐全、箱体开孔合适、切口整齐、箱体紧贴墙面；无绞线现象，油漆完整、盘内外清洁、箱盖开关灵活、回路编号齐全、接线整齐、PE 保护地线安装明显、牢固；导线截面、相色符合规范规定。

c.连接牢固紧密；不伤线芯；压板连接时压紧无松动；螺栓连接时在同一端子上导线不超过两根，防松垫圈等配件齐全。

d.电气设备、器具和非带电金属部件的保护接地支线敷设应符合规定;连接紧密、牢固；保护地线截面选用正确，需防腐的部分涂漆均匀无遗漏；线路走向合理、色标准确、涂刷后不污染设备和墙面。

e.允许偏差：体高 50mm 以下允许偏差 1.5mm；体高 50mm 以上允许偏差 3mm。

(6) 成品保护 汇流箱安装后,应采取成品保护措施,避免碰坏、弄脏电气仪表。

安装汇流箱配电盘面板时,应注意保持墙面整洁。

(7) 安装应注意的问题

1) 汇流箱的标高或垂直度是否超出允许偏差,应及时进行修正。

2) 盘面电器、仪表不牢固;平正或间距不均;压头不牢压头伤线芯;多股导线压头未装压线端子,螺栓不紧的应拧紧,间距应按要求调整均匀找平整。伤线芯的部分应剪掉重接,多股线应装上压线端子。

3) 接地导线截面不够或保护地线截面不够,保护地线串接,对这些不符合要求的应按有关规定进行纠正。

4) 汇流箱盘后配线排列不整齐;应按支路绑扎成束,并固定在盘内。

5) 缺零部件;如颌、锁、螺栓等应配齐各种安装所需零部件。

6) 不得用电焊进行开孔,应采用开孔器进行开孔。

7) 汇流箱内二层板与进、出线配管位置处理不当,造成配线排列不整齐,在安装配电盘时应考虑进出线配管管口位置应设置在二层板后面。

6.6 逆变器的安装

6.6.1 逆变器安装准备工作

1、屋顶、楼板应施工完毕,不得渗漏。

2、室内地面基层应施工完毕,并应在墙上标出抹面标高;室内沟道无积水、杂物;门、窗安装完毕。

3、进行装饰时有可能损坏已安装的设备或设备安装后不能再进行装饰的工作应全部结束。对安装有妨碍的模板、脚手架等应拆除,场地应清扫干净。混凝土基础及构件到达允许安装的强度,焊接构件的质量符合要求。预埋件及预留孔的位置和尺寸,应符合设计要求,预埋件应牢固。

4、检查安装逆变器的型号、规格应正确无误;逆变器外观检查完好无损。

5、运输及就位的机具应准备就绪,且满足荷载要求。大型逆变器就位时应检查道路畅通,且有足够的场地。

6.6.2 逆变器安装要求

1、采用基础型钢固定的逆变器，逆变器基础型钢安装的允许偏差应符合规定。

逆变器基础型钢安装的允许偏差

项目	允许偏差	
	mm/m	mm/全长
不直度	<1	<3
水平度	<1	<3
位置误差及不平行度	—	<3

2、基础型钢安装后，其顶部宜高出抹平地面 10mm。基础型钢应有明显的可靠接地。

3、逆变器的安装方向应符合设计规定。

4、逆变器安装在震动场所，应按设计要求采取防震措施。

5、逆变器与基础型钢之间固定应牢固可靠。

6、逆变器内专用接地排必须可靠接地，100kW 及以上的逆变器应保证两点接地；金属盘门应用裸铜软导线与金属构架或接地排可靠接地。

7、逆变器直流侧电缆接线前必须确认汇流箱侧有明显断开点，电缆极性正确、绝缘良好。逆变器交流侧电缆接线前应检查电缆绝缘，校对电缆相序。

8、电缆接引完毕后，逆变器本体的预留孔洞及电缆管口应做好封堵。

6.6.3 安装流程

确定基础位置→固定基础槽钢并找平→固定并网逆变器→调整控制水平度与垂直度→检查逆变器内部控制接线→检验 连接太阳能方阵端线→检验调试系统→检验连接负载端线→检验→试运行。

1) 设备就位 就位及安装按事先确定的顺序领运分站房附近，由液压小车或滚筒滚动到位。将柜体校正、固定，柜间的固定采用螺栓、柜底脚固定采用电焊焊接，固定 完毕验收合格。为了不损坏室内地坪，应在拖动或滚动路线上铺一层橡皮，再适当铺层板。开关柜的安装须严格按制造厂及规范的要求，其垂直度和水平度符合 规范要求，并做好自检记录。安装就位后定期测量记录绝缘情况并采取针对性的措施。

2) 安装根据并网逆变器安装图纸要求确定并网逆变器基础位置并安装基础槽钢，水平误差度应小于 2mm/m 并紧固基础槽钢，将并网逆变器安装在基础槽钢上，调整并网逆变器垂直误差应小于 2mm/m，水平度误差应小于 2mm/m 并紧固并网逆变器连接螺栓。

a.基本安装要求

由于并网逆变器的防护等级为 IP65，其为一电子设备故不要放置在潮湿的地方。安装位置保证观测 LED 灯或 LCD 液晶较方便,环境温度保证在一定范围 ($-25^{\circ}\text{C}\sim 55^{\circ}\text{C}$),保证上下左右与墙有足够地距离保证通风散热(>40cm),要求通风较好,安装环境要求清洁。

b.安装位置

需要安装在平整的地面上,前方应当保证 40cm 的空间,背部应当保证 10cm 的空间,顶部应当保证 60cm 的空间以方便安装,散热与维护。

c 电气连接

1) 直流侧接线:断开直流侧配电断路器,保证直流侧接线不带电,用万用表确认正负极,光伏阵列的正极连到直流输入的“DC+”,光伏阵列的负极连到直流输入的“DC-”。

2) 交流侧接线:交流侧配电断路器断开,保证接到端子的交流线不带电,用万用表测量确认。交流输出的“L1”连到电网的“L1”,交流输出的“L2”连到电网的“L2”,交流输出的“L3”连到电网的“L3”,确认接线牢固。

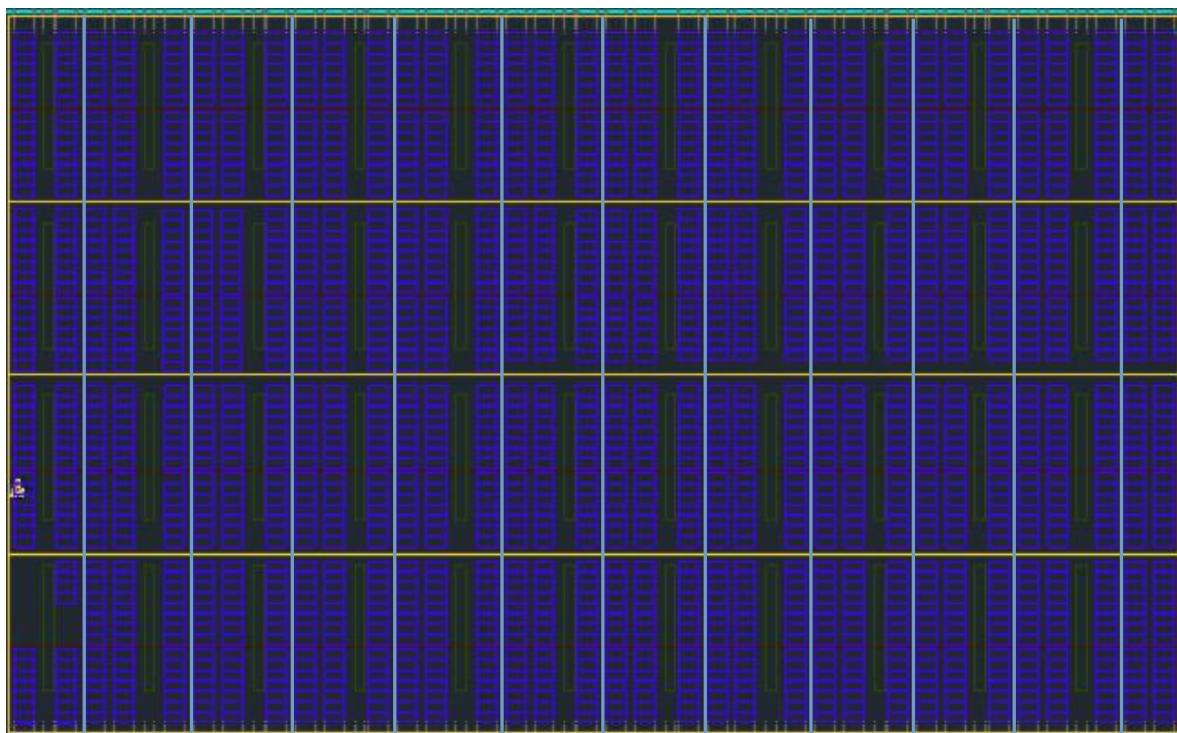
3) 接地连线:将逆变器内的接地铜条与地使用线缆可靠连接。

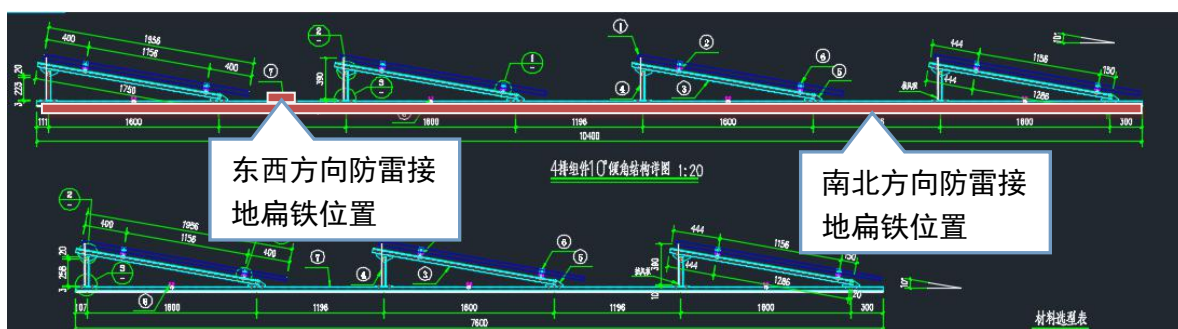
6.7 防雷接地系统

6.7.1 工艺流程

施工准备→扁铁与 C 钢可靠连接固定→局域避雷网形成→等电位焊接、接地干线安装→区域间避雷网联接

防雷网示意图





6.7.2 防雷接地

本工程的防雷接电气接地装置共用。低压配电系统采用 TN-C-S 系统：设置专用保护线（PE）。全场总的接地电阻不大于 4 欧姆。

（1）电气箱柜、太阳能组件应进行总等电位连接，可靠接地。

（2）根据施工图纸，电气设备、太阳能组件可靠接地。接地体、防雷引下线及避雷带为一个整体网，相互连接必须可靠。各系统与设备接地必须直接与接地体连接，严禁串联后再与接地体连接。

（3）所有带电设备的金属外壳可靠接地。避雷网及其支持件安装应牢固可靠，防腐良好；避雷网规格尺寸和弯曲半径应正确。

（4）接地体（线）的焊接应采用搭接焊，焊接必须牢固可靠无虚焊，其搭接长度必须符合下列规定：扁钢为其宽度的 2 倍（且至少 3 个棱边焊接）；圆钢 为其直径的 6 倍；圆钢与扁钢连接时，其长度为圆直径的 6 倍。扁钢与钢管、扁钢与角钢焊接时，为了连接可靠，除应在其接触部位两侧进行焊接外，并应焊以由钢筋弯成的弧形（或直角形）卡子或直接由钢筋本身弯成的弧形。接地线与管道等伸长接地体连接，应采用焊接，如焊接有困难时，可采用卡箍，但应保证电气接触良好。焊接连接的焊缝平整、饱满，无明显气孔、咬肉等缺陷；螺栓连接 紧密牢固，有防松措施。

（5）明敷接地线的安装应符合下列要求：敷设位置不应妨碍设备的拆卸与检修；支持件间的距离，在水平直线部分宜为 1.0 米；垂直部分宜为 2 米；转角部分宜为 0.3 米；接地线应水平或垂直敷设；在直线段上，不应有高低起伏及弯曲等情况；接地线沿建筑物墙壁水平敷设时，离地面距离宜为 300mm，与墙壁间隙宜为 10mm。明敷接地线的表面涂以用 50 毫米刻度相等的绿色和黄色相同的条纹，中性线宜涂淡蓝色标志。当使用胶带时，应使用双色胶带。

（6）所有电机、电力设备、配电装置、电缆金属外皮、金属接线盒、照明电器金属外壳、电缆桥架、封闭母线外壳及其他裸露的金属部分等都必须与 PE 线作可靠连接；金属线管接头及接线盒连接处加焊接接地跨接线。

6.8 试验调试

6.8.1 启动调试

(1) 启动应具备条件 电池组件、汇流箱、逆变器、直流柜、配电柜、升压变压器、高压配电柜、计算机监控系统、电能计费系统及电能监测装置、火灾报警系统等设备安装调试 完毕，电缆孔洞的防火封堵已全部完成，并已进行全面检查验收，确定各设备处 于正常工作状态后，进行启动调试。(二)启动调试前的检查 完成汇流箱、逆变 器室内系统、10kV 配电部分、太阳能光伏电池组件、计算机监控系统、电量计 费系统、电能质量监测装置、火灾报警系统等电气设备的检查和清理，包括电气 设备和计算机监控系统、电气控制、保护系统设备之间的通信。 投运设备与未 投运部分设备连接部位必须进行可靠隔离，并做好相应的防护措施。

6.8.2 试验

(1) 计算机监控试验 光伏电站所有设备安装、调试结束后，检查与电量计费系统、电能质量监测装置、逆变器、直流防雷汇流箱、直流柜、0.4kV 低压配电柜、高压开关柜、箱 式变电站、直流电源控制系统之间的通信畅通。计算机监控系统远方对逆变器限负荷、启停试验，断路器、隔离开关远方操作试验，断路器、隔离开关位置接点反馈信号、保护动作信号及故障信号试验，以上试验均符合相关设计要求。

(2) 光伏电站反送电试验 光伏电站所有设备安装、调试结束后，进行光伏电站反送电试验。线路带电，合上出线开关、出线隔离开关、相应进线开关、升压变压器高压侧隔离开关，反 送电至逆变器交流侧。全面检查升压变压器、逆变器、交流配电柜、PT 柜工作 正常，断路器及隔离刀闸动作正常、位置接点反馈正确，计算机监控能够正确采 集各设备的数据量。

(3) 光伏电站正充电试验 光伏电站所有设备安装、调试结束后，进行光伏电站正充电试验。合上汇流箱出口开关、直流柜开关，正充电至逆变器直流侧。全面检查汇流箱、直流防雷 配电柜、逆变器工作正常，计算机监控能够正确采集各设备的数据量。

(4) 光伏电站正核相试验 完成光伏电站反送电试验、正充电试验后，进行电站核相试验，光伏电站离网运行，检查电站侧电压互感器与线路测电压互感器相序正确无误。

(5) 逆变器试验 光伏电站核相试验结束后，进行现地逆变器限负荷、启停试验及保护试验，各试验符合设计要求。

(6) 光伏发电单元带负荷 24h 试运行 在所有上述试验完成之后，每个光伏发电单元应进行试运行。试运行应在自动控制方式下进行，试运行应为 24h。如果由于故障引起试运行中断，试验将 按规程要求重新进行。试运行结束后，应对设备进行全面检查，消除并处理 24h 试运行中所发现的所有缺陷。

(7) 30 天试运行考核试运行在通过 24h 试运行并经检查处理所有缺陷后，立即进行 30 天考核试运行。光伏电站 30 天考核试运行期间，由于光伏发电单元及其附属设备故障或因设备安装质量原因引起中断，应及时加以处理，合格后继续进行 30 天运行。

七、 质量控制管理

7.1 质量管理目标

严格控制现场施工质量，努力成为全优工程。

7.2 质量保证措施

1、交底：针对每道工序，结合工程实际情况，有目的、有针对性地做好技术交底，技术交底要真正贯彻到操作人员。对作业班组，可以以召开交底会的形式进行，切忌在交底的内容与执行方式上走形式主义。

2、样板制度：做样板的目的，一是为了检验设计是否合理，其次是为了发现安装中易出现的质量问题，其三，对于设计图中做法不明确的部分，通过做样板来选择最优施工方案，并做到统一做法。要求项目部必须有样板交底及样板验收记录。

3、对每道工序施工队进行自检记录，施工队必须 100%检查，并填自检表（参照结构检查表形式），自检必须填写检查数据，报验时上报项目部，项目部负责抽查，并核实自检数据是否真实。

4、项目部日常质量巡查，检查合格后报监理验收，一次报验不过对项目部进行罚款处理。

5、对出现质量需进行返工的，查明原因及责任人，如因施工队原因造成的返工所造成的材料浪费，成本损耗应由施工队承担。重大质量事故上报公司监理部。

八、 安全文明施工

8.1 危险源分析及针对措施

序号	危险源类别	危险源名称	来源于何专业场所/活动	危险等级	主要针对措施
----	-------	-------	-------------	------	--------

1	触电	使用电源线破的便携式卷线盘、机械及电动工具	安装施工	IV	1、检查保护地线或保护零线连接是否正确、牢固； 2、检查电缆或软线是否完好； 3、应由专人负责保管，定期进行维护保养和签定。
2	触电	狭小、潮湿场所焊接作业未采取防触电措施	焊 接 作 业 场所	V	1、电焊工作台必须可靠接地； 2、在狭小、潮湿场所施焊时，应垫干燥木板或其他措施； 3、设作业监护人。
3	触电	低压带电作业未正确使用防触电保护用品、无人监护	电气作业	IV	1、办理安全施工作业票； 2、设专人监护； 3、有可靠的绝缘措施。
4	触电	电动工具未经过漏电保护装置或漏电保护装置不合格	安装施工	IV	1、电气回路应单独设开关或插座，并装设漏电保护器； 2、金属外壳应接地； 3、电动工具必须做到“一机、一闸、一保护”； 4、电流型漏电保护器的额定漏电动作电流 $\leq 30\text{mA}$ ，动作时间 $\leq 0.1\text{s}$ ，电压型额定漏电动作电压 $\leq 36\text{V}$ 。
5	触电	非电工从事电工作业	用电场所	V	电工一律持证上岗，严禁非电工拆、装施工用电设施。
6	触电	触摸逆变器室内电气设备内部与电路相连的端子	安装施工	V	1、不要触摸与电网回路相连的导体或者端子。 2、注意任何关于和电网连接的安全指示或者安全说明文件。

7	触电	高压线横跨厂区道路，未设置警示标志和防护设施	起重与运输	V	1、建立 35t 及以上机械调度管理制度； 2、高压线路采取绝缘保护； 3、双向设立警告标志； 4、机械移动过程中加强监护； 5、作业过程中保证足够的安全距离，在安全距离不够时采取保护。
8	触电	直流电压超过 900VDC	安装施工	V	1. 任何直流输入电压不能超过 900VDC
9	火灾	电火焊作业场所易燃物品未清理干净或未可靠隔离	电火焊作业	IV	1、在焊接、切割地点周围 5m 的范围内，应清除易燃、易爆物品； 2、无法清除时，采取可靠的隔离或防护措施； 3、作业结束后，清理场地、清除焊件余热、切断电源，仔细检查确认无起火危险方可离开。
10	火灾	消防器材未定期进行安全测试	防火场所	V	按月进行检测、保养。
11	触电	逆变器室内设备内部有高压电击	安装施工	V	1、任何针对室内设备的操作必须由专业人员来操作。 2、注意所有安全提示和安装文件中列出的安全注意事项。
12	起重伤害	起吊物未绑牢，偏拉斜吊，吊物未固定时松钩	安装施工及吊装	IV	1、起吊物绑挂牢固； 2、吊钩悬挂点应在吊物重心的垂直线上，吊钩钢丝绳应保持垂直； 3、落钩时应防止由于吊物局部着地而引起吊绳偏斜； 4、吊物未固定时严禁松钩。

13	机械伤害	特种机械操作人员无证上岗	安装作业	IV	严禁无证操作特种机械。
14	物体打击	交叉施工时，工具、材料等上下投掷	安装施工	IV	严禁交叉施工时，工具、材料等上下投掷抛掷。

8.2 安全文明施工

1、进入施工现场的人员必须正确佩带安全帽，严禁穿拖鞋、凉鞋、高跟鞋及带钉的鞋，严禁酒后进入施工现场。

2、检查清理脏物油垢时，应戴帆布手套。

3、施工场所应保持整洁，垃圾废料应及时清除，做到“工完、料完、场地清”，坚持文明施工，在高空清扫的垃圾和废料不得向下抛掷。

4、各种手提电动工具、带电机械设备，要有可靠有效的安全接地和防雷装置。

5、施工现场不得随意倾倒汽油等易燃易爆物品。

6、下班后应切断施工用机械电源。

7、重要工序，特殊危险作业，必须编制安全施工措施，填写安全施工作业票，经审查批准，进行安全技术交底后方可施工。

8、必须认真贯彻执行“安全第一，预防为主”的安全生产方针。