

# 绍兴雅格伞业有限公司 1189.32KWp 分布式 光伏发电项目

## 质量通病防治措施

批准 李维军 2017 年 4 月 7 日

审核 焦奎杭 2017 年 4 月 7 日

编制 殷光林 2017 年 4 月 5 日

常州正衡电力工程监理有限公司

平湖昇茂新能源科技有限公司分布式光伏发电工程

监理项目部

# 目 录

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| 一材料、设备控制.....                   | 1 |
| 1-2 施工机具、检测、计量器具的控制.....        | 1 |
| 1-3 作业过程控制.....                 | 1 |
| 1-4 作业环境控制.....                 | 1 |
| 1-5 电气一次设备安装质量通病防治措施.....       | 2 |
| 1-6 母线施工质量通病防治措施.....           | 2 |
| 1-7 电缆敷设、防雷接地与防火封堵质量通病防治措施..... | 3 |
| 1-8 太阳能电池组串及支架安装质量通病防治措施.....   | 4 |
| 二、质量控制标准及验评.....                | 7 |
| 2-1 质量控制标准.....                 | 7 |
| 2-2 分部验收测试.....                 | 7 |
| 2-3 系统调试.....                   | 9 |

为保证绍兴雅格伞业有限公司 1189.32KWp 分布式光伏发电项目变电站的电气一次设备、电气二次、通信、调试质量，电气设备试验，保护装置调试等电气设备的正常安装、调试。保证建筑工程的良性施工秩序和优良的工程质量，减少和杜绝施工过程中的质量通病，特制定本预防措施。

### 一、材料、设备控制

**1-1** 监理项目部除了对施工单位报审的进场材料、设备的数量清单、质量证明文件、自检结果及复试报告进行审查外，依照设计施工图及订货设备技术协议，对进场电气设备参数、现场实际情况污秽等级等进行核实，出现与施工图不符及时以书面形式通知，及时解决设备参数问题，防止因问题延长工程进度。对于有复检要求的材料或设备，组织复检、见证取样等检验；落实材料、设备到位情况；落实保管情况及设备材料缺陷处理等。

### **1-2** 施工机具、检测、计量器具的控制

审查施工单位报审的施工机具、检测、计量器具的清单及检验、试验报告、安全准用证等，并现场落实施工机具、检测、计量器具的数量、规格、型号是否满足项目管理实施规划（施工组织设计）及本阶段工程施工需要。

因本工程作业面广且分散、工作量大，工期紧的特点，所以土建安装施工必须统一协调，合理安排施工顺序，确保土建和安装施工协调进行，实现总体工期目标。

在施工程序上，前期以土建为主，安装配合预留、预埋，在施工中后期，以安装为主，土建积极配合并为安装创造条件。具体来说：土建前期应该优先进行支架和电气设备基础施工，为太阳能面板的支架安装和电气设备安装创造条件，其次着力安排综合楼的施工，为主控室和高低压配电室的电气设备安装和调试创造条件，确保按时并网发电。

### **1-3**作业过程控制

（1）.监理项目部针对单位工程施工作业项目，加强生产区的作业过程控制。

1）施工现场电焊机的使用。

2）配电房内的总配电箱及电缆。

（2）对一次设备安装、保护装置调试、电气设备试验等关键点、关键部位进行平行检验、巡检、停工检验、旁站等方法和措施，按照设计施工图及验收规范要求，填写现场施工作业监理检验记录，见附表 6 监理检验记录表。

### **1-4** 作业环境控制

施工现场或生活区、仓库发生消防事故，督促施工单位项目部启动消防应急措施，项目经理负责现场的全面领导，负责施工现场内、外部各项工作的协调。由专人负责施工现场人员的管理和保护设施及时到位，为了使施工现场消防得到更有效的管理，确保施工现场消防安全，项目部人员要认真执行及履行自己的主要职责把施工现场的消防管理做好。

（1）生活区

1）食堂的炉灶使用。

- 2) 宿舍区，办公区设置灭火器。
- 3) 所有的灭火器必须用保险栓拴牢。
- (2) 仓库区
  - 1) 易燃物品各种润滑油，油漆等单独放开。
  - 2) 易爆物品氧气和乙炔分开放好。
  - 3) 各电线、电缆工具及材料分开堆放。
  - 4) 仓库根据要求在室内各配备了 2 个灭火器高度挂放在 1.2m, 仓库存门口张贴 “严禁烟火” 等警示牌。
  - 5) 电焊、气割等工作均不得在仓库里进行。
- (3) 生产区：
  - 1) 外架灭火器配备。

### 1-5 电气一次设备安装质量通病防治措施

- (1) 充油（气）设备渗漏主要发生在法兰连接处。安装前应详细检查密封圈材质及法兰面平整度是否满足标准要求；螺栓紧固力矩应满足厂家说明书要求。
- (2) 在设备支柱上配置隔离开关机构箱支架时，电（气）焊不得造成设备支柱及机构箱污染。为防止垂直拉杆脱扣，隔离开关垂直及水平拉杆连接处夹紧部位应可靠紧固。
- (3) 在槽钢或角钢上采用螺栓固定设备时，槽钢及角钢内侧应穿入与螺栓规格相同的楔形方平垫，不得使用圆平垫。
- (4) 结合滤波器到电压互感器（CVT）的连线应采用绝缘导线连接。
- (5) 充油设备套管使用硬导线连接时，套管端子不得受力。
- (6) 加强母线桥支架、槽钢、角钢、钢管等焊接项目验收，以保证几何尺寸的正确、焊缝工艺美观。
- (7) 对设备安装中的穿芯螺栓（如避雷器、主变散热器等），要保证两侧螺栓露出长度一致。
- (8) 电气设备联接部件间销针的开口角度不得小于  $60^{\circ}$

### 1-6、母线施工质量通病防治措施

- (1) 硬母线制作要求横平竖直，母线接头弯曲应满足规范要求，并尽量减少接头。
- (2) 支持瓷瓶不得固定在弯曲处，固定点应在弯曲处两侧直线段 250mm 处。
- (3) 相邻母线接头不应固定在同一瓷瓶间隔内，应错开间隔安装。
- (4) 母线平置安装时，贯穿螺栓应由下往上穿；母线立置安装时，贯穿螺栓应由左向右、由里向外穿，连接螺栓长度宜露出螺母 2—3 扣。
- (5) 直流均衡汇流母线及交流中性汇流母线刷漆应规范，规定相色为“不接地者用紫色，接地者为紫色带黑色条纹”。
- (6) 硬母线接头加装绝缘套后，应在绝缘套下凹处打排水孔，防止绝缘套下凹处积水、冬季结冰冻裂。

(7) 户外软导线压接线夹口向上安装时, 应在线夹底部打直径不超过  $\phi 8\text{mm}$  的泄水孔, 以防冬季寒冷地区积水结冰冻裂线夹。

(8) 母线和导线安装时, 应精确测量档距, 并考虑挂线金具的长度和允许偏差, 以确保其各相导线的弧度一致。

(9) 短导线压接时, 将导线插入线夹内距底部  $10\text{mm}$ , 用夹具在线夹入口处将导线夹紧, 从管口处向线夹底部顺序压接, 以避免出现导线隆起现象。

(10) 软母线线夹压接后, 应检查线夹的弯曲程度, 有明显弯曲时应校直, 校直后不得有裂纹。

## 1-7、电缆敷设、防雷接地与防火封堵质量通病防治措施

### (1) 整体汇线

1) 整体汇线前事先考虑好走线方向, 然后向配电柜放线. 太阳能电池板连线应采用双护套多股铜软线, 放线完毕后可穿  $\phi 32\text{PVC}$  管。线管要做到横平竖直, 柜体内部的电线应用色带包裹为一个整体, 以免影响美观性。

2) 连接太阳能电池板连线。同样要先断开开关。

3) 连接控制器到逆变器的电源连接线。负载线应根据太阳能电站和移动直放站的位置, 去确定架空或地理的方式。

### (2) 电缆线敷设

施工准备→放线→打开桥架盖→电缆敷设→盖好桥架盖→接线

1) 施工准备: 电缆穿越墙体、基础和道路时均应采用镀锌保护管, 保护管在敷设前进行外观检查, 内外表面是否光滑, 电缆管切割后, 管口必须进行钝化处理, 以防损伤电缆, 也可在管口上加装软塑料套。电缆管的焊接要保证焊缝观感工艺。二次电缆穿管敷设时电缆不应外露

2) 预埋配管: 暗配的线管宜沿最短的线路敷设并减少弯曲, 埋入墙或地基内的管子, 离表面的净距离不应小于  $15\text{mm}$ , 管口及时加管堵封闭严密。

3) 管内穿线: 管路必须做好可靠的跨接, 跨接线端面应按相应的管线直径选择。

4) 电缆敷设: 电缆敷设前电缆沟应通过验收合格; 铠装电缆直接埋地敷设, 电缆埋设段内严禁接头。

5) 整体防腐: 施工完工后应对整个钢结构进行整体防锈处理, 可用防锈漆进行涂装, 但涂装次数不得少于二遍, 中间间距时间不得少于 8 小时。

(3) 敷设进入端子箱、汇控柜及机构箱电缆管时, 应根据保护管实际尺寸进行开孔, 不应开孔过大或拆除箱底板进入机构箱的电缆管, 其埋入地下水平段下方的回填土必须夯实, 避免因地面下沉造成电缆管受力, 带动机构箱下沉。

(4) 固定电缆桥架连接板的螺栓应由里向外穿, 以免划伤电缆。

(5) 电缆沟十交叉字口及拐弯处电缆支架间距大于  $800\text{mm}$  时应增加电缆支架, 防止电缆下坠。转角处应增加绑扎点, 确保电缆平顺一致、美观、无交叉。电缆下部距离地面高度应在  $100\text{mm}$  以上。电缆绑扎带间距和带头长度要规范、统一。

(6) 不同截面线芯不得插接在同一端子内, 相同截面线芯压接在同一端子内的数量不应超过两芯。插入式接线线芯割剥不应过长或过短, 防止紧固后铜导线外裸或紧固在绝缘层上造成接触不良。线芯握圈连接时, 线圈内径应与固定螺栓外径匹配, 握圈方向与螺栓拧紧方向一致; 两芯接在同一端子上时, 两芯中间必须加装平垫片。

(7) 端子箱内二次接线电缆头应高出屏(箱)底部 100~150mm。

(8) 电缆割剥时不得损伤电缆线芯绝缘层; 屏蔽层与 4mm<sup>2</sup> 多股软铜线连接引出接地要牢固可靠, 采用焊接时不得烫伤电缆线芯绝缘层。

(9) 电流互感器的 N 接地点应单独、直接接地, 防止不接地或在端子箱和保护屏处两点接地; 防止差动保护多组 CT 的 N 串接后于一点接地。电流互感器二次绕组接地线应套端子头, 标明绕组名称, 不同绕组的接地线不得接在同一接地点。

(10) 监控、通讯自动化及计量屏柜内的电缆、光缆安装, 应与保护控制屏柜接线工艺一致, 排列整齐有序, 电缆编号挂牌整齐美观。

(11) 控制台内部的电源线、网络连线、视频线、数据线等应使用电缆槽盒统一布放并规范整理, 以保证工艺美观。

(12) 防雷接地安装

1) 施工顺序: 原有接地网 → 接地网连接 → 接地网由接地体和接地扁钢组成。地网分布在立柱支架周围, 接地体采用热镀锌角钢。接地极一端加工成尖头形状, 方便打入地下。

2) 接地线应采用绝缘电线, 且必须用整线, 中间不许有接头。接地线应能保证短路时热稳定的要求, 其截面积不得小于 6mm<sup>2</sup>, 避雷器的接地线应选择在距离接地体最近的位置。接地体与接地线的连接处要焊接; 接地线及设备可用螺栓连接。

3) 接地扁铁采用热镀锌扁钢, 接地扁钢应垂直与接地体焊接在一起; 以增大与土壤的接触面积。最后扁钢和立柱的底板焊接在一起, 焊后应作防腐处理, 应采用防腐导电涂料。回填土尽量选择碎土, 土壤中不应含有石块和垃圾。

## **1-8、太阳能电池组串及支架安装质量通病防治措施**

(1) 安装前的准备工作

1) 安装组件前, 应根据组件参数对每个太阳能电池组件进行检查测试其参数值应符合产品出厂指标。

2) 一般测试项目有开路电压、短路电流。

3) 应挑选工作参数接近的组件装在同一子方阵内。

4) 应挑选额定工作电流相等或相接近的组件进行串联。

5) 组件接线盒上穿线孔应加工完毕。

6) 熟悉设备安装技术说明。

7) 检查施工单位人员、材料、机具、方案落实情况。

8) 检查设备基础尺寸、标高是否和设计要求相一致。

## （2）太阳能电池系统安装

### 1）支架安装

钢支柱应竖直安装，与桩帽良好的结合。连接槽钢底脚时，槽钢底脚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。

具体方法如下：

① 先根据图纸把钢支柱分清前后，把钢支柱底脚与基础预埋铁板焊接，然后防腐处理。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。

② 根据图纸区分前后横梁，以免将其混装。

③ 将前、后固定块分别安装在前后横梁上，注意勿将螺栓紧固。

④ 支架前后横梁安装。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。

⑤ 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。

### 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。

### 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紧。

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。

### 4）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。

### 5）太阳能电池板安装

机械准备：用叉车把太阳能电池板运到方阵的行或列之间的通道上，目的是加快施工人员的安装速度。在运输过程中要注意不能碰撞到支架，不能堆积过高（可参照厂家说明书）。

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，紧固后应将螺栓露出部分及螺母涂刷油漆，做防松处理。并且在各项安装结束后进行补漆；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。

#### 6) 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。

#### 7) 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。

#### 8) 方阵布线

- ① 组件方阵的布线应有支撑、固紧、防护等措施，导线应留有适当余量 布线方式应符合设计图纸的规定。

- ② 应选用不同颜色导线作为正极（红）负极（蓝）和串联连接线，导线规格应符合设计规定。

- ③ 连接导线的接头应镀锡，截面大于 6 mm 的多股导线应加装铜接头(鼻子)，截面小于 6 mm 的单芯导线在组件接盒线打接头圈连接时 线头弯曲方向应与紧固螺丝方向一致 每处接线端最多允许两根芯线，且两根芯线间应加垫片，所有接线螺丝均应拧紧。

- ④ 方阵组件布线完毕 应按施工图检查核对布线是否正确。

- ⑤ 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。

- ⑥ 组件连线和方阵引出电缆应用固定卡固定或绑扎在机架上。

- ⑦ 方阵布线及检测完毕 应盖上并锁紧所有接线盒盒盖。

- ⑧ 方阵的输出端应有明显的极性标志和子方阵的编号标志。

#### 9) 方阵测试

- ① 测试条件：天气晴朗，太阳周围无云，太阳总辐照度不低于 700W/m<sup>2</sup>。在测试周期内的辐照不稳定性不应大于±1%，辐照不稳定性度的计算按《地面用太阳电池电性能测试方法》中相关规定。

- ② 被测方阵表面应清洁。

#### 10) 技术参数测试及要求：

- ① 方阵的电性能参数测试按《地面用太阳电池电性能测试方法》和《太阳电池组件参数测量方法（地面用）》的有关规定进行。

- ② 方阵的开路电压应符合设计规定。

- ③ 方阵实测的最大输出功率不应低于各组件最大输出功率总和的 60%。

- ④ 方阵输出端与支撑结构间的绝缘电阻不应低于 50M $\Omega$ 。



## 二. 质量控制标准及验评

### 2-1. 质量控制标准

《国家电网公司工程建设质量管理规定（试行）》国家电网基建〔2006〕699号

《输变电工程建设标准强制性条文实施管理规程》Q/GDW 248—2008

《建设工程质量管理条例》中华人民共和国国务院令第 279 号

《35kV 及以上送变电工程启动及竣工验收规程》DL/T 782—2001

《电力建设施工质及验收标准（汇编）》下册

《电气装置安装工程质量检验及评定规程》DL/T 5161.1~17—2002

《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》GB 50150—2006

《国家电网公司十八项电网重大反事故措施（试行）》国家电网生技〔2005〕400号

《输变电工程建设标准强制性条文实施管理规程》国家电网科〔2009〕642号

国网公司《输变电工程质量通病防治工作规定》

《电气装置安装工程盘、柜及二次回路接线施工及验收规范》GB 50171—1992

《电气装置安装工程低压电器施工及验收规范》GB 50254—1996

《电气装置安装工程高压电器施工及验收规范》GBJ 147—1990

《电气装置安装工程蓄电池施工及验收规范》GB 50172—1992

国家及行业颁发的现行施工验收规范、技术规程和质量验评标准

### 2-2. 分部验收测试

#### (1). 系统设置与接线

并网光伏发电系统的系统接线和设备配置应符合低压电力系统设计规范和太阳能光伏发电系统的设计规范。

并网光伏发电系统与电网间在联接处应有明显的带有标志的分界点，应通过变压器等进行电气隔离。

检测方法：对系统设计图和配置设备清单进行检查。

#### (2). 安装、布线、防水工程检查

太阳能电池方阵、逆变器、并网保护装置等设备安装应符合设计施工图的要求，布线、防水等建筑工程应符合相关要求。

检测方法：对太阳能电池方阵、逆变器、并网保护装置等设备的安装对照设计施工图进行检查，验证是否一致；检查安装、布线、防水等工程的施工记录。

#### (3). 防雷接地

太阳能电池方阵必须有可靠的接地网防雷措施。

检测方法：检查太阳能电池方阵的接地线与防雷接地线是否牢固连接。

#### (4) . 绝缘性能

太阳电池方阵、接线箱、逆变器、保护装置的主回路与地（外壳）之间的用 DC1000V 欧姆表测量绝缘电阻应不小于  $1\text{M}\Omega$ 。

试验方法：将太阳电池方阵、接线箱、逆变器、并网保护装置等设备的连接回路断开，分别用 DC1000V 欧姆表测量主回路各极性与地（外壳）的绝缘电阻，绝缘电阻应不小于  $1\text{M}\Omega$ 。

#### (5) . 绝缘耐压

太阳电池方阵、接线箱、逆变器、保护装置的主回路与地（外壳）之间的应能承受 AC2000V，1 分钟工频交流耐压，无闪络、无击穿现象。

试验方法：将太阳电池方阵、接线箱、逆变器、并网保护装置等设备的连接回路断开，分别用 AC2000V 工频交流耐压仪测量主回路各极性与地（外壳）的绝缘耐压。

#### (6) . 工作特性试验

并网光伏发电系统应在现场对其主要设计工作特性进行验证检测，以证明其符合性。

并网光伏发电系统的起动和停止，应符合设计的功率（电压）值并经一定延时确认后动作，防止出现频繁起动和停止现象。

试验方法：调整（模拟）太阳电池方阵的发电功率（电压）达到设定值并经一定延时后，并网光伏发电系统起动并入电网运行；调整（模拟）太阳电池方阵的发电功率（电压）低于设定值并经一定延时后，并网光伏发电系统停止与电网解列运行；起动/停止动作值应符合设计文件的要求。

#### (7) . 交流电源跟踪

当电网电压和频率在设定范围内变化时，并网光伏发电系统的输出应可跟踪电网电压和频率的变化，稳定运行。交流输出功率，交流输出电流（高次谐波），功率因数应符合设计值。

试验方法：调整（模拟）电网的电压和频率在规定范围内变化，观察并网光伏发电系统的输出可以跟踪这种变化，且稳定运行。

#### (8) . 效率

并网光伏发电系统在额定输出的 25%、50%、100% 时，转换效率应符合设计要求。

试验方法：在并网光伏发电系统输出在额定值的 25%、50%、100%，偏差  $\pm 10\%$  以内时，测量太阳电池方阵输出的直流功率和系统输出的交流功率，计算转换效率，应符合设计要求。

#### (9) . 电压与频率

为了使交流负载正常工作，并网光伏发电系统的电压和频率应与电网相匹配。电网额定电压为 20 kV，额定频率为 50Hz。

正常运行时，电网公共连接点（PCC）处的电压允许偏差应符合 GB12325-90。三相电压的允许偏差为额定电压的  $\pm 7\%$ ，单相电压的允许偏差为额定电压的  $+7\%$ 、

-10%。

并网光伏发电系统应与电网同步运行。电网额定频率为 50Hz，光伏系统的频率允许偏差应符合 GB/T 15945-1995，即偏差值允许 $\pm 0.5\text{Hz}$ 。频率工作范围应在 49.5Hz~50.5Hz 之间。

试验方法：在并网光伏发电系统正常运行时，测量解并列点处的电压和频率应符合上述要求。

#### (10) . 功率因数

光伏系统的平均功率因数在 50%额定输出时应不小于 0.85，在 100%额定输出时应不小于 0.90。

试验方法：用功率因数表在并网光伏发电系统输出 50%和 100%时，测量解并列点处的功率因数应符合上述要求。

#### (11) . 安全与保护试验

并网光伏发电系统和电网异常或故障时，为保证设备和人身安全，防止事故范围扩大，应设置相应的并网保护装置。

### 2-3 系统调试

#### (1) . 系统调试前准备工作

调试前，项目经理部负责组织成立试运指挥小组，协调参试单位工作，做好试运期间各施工单位的组织分工。

系统调试前进行系统检查，其中包括：接地电阻值的检测、线路绝缘电阻的检测、控制柜的性能测试、充电蓄电池组的检测、光伏阵列输出电压的检测、控制器调试。

太阳能组件方阵的仰角方向宜保持一致，满足最大采光要求。

太阳能组件安装纵向中心线和支架纵向中心线应一致，横向水平线应与地面形成设计度角，倾斜方向应该是符合设计要求。紧固后目测应无歪斜。

支架固定牢靠，可抵抗 7-8 级风。避雷设备符合所有安装要求。

汇流盒及护线 PVC 管必须做到 100%防水保护、安装牢固。

系统安装使用的支架、抱箍、螺栓、压板等金属构件应进行热镀锌处理，防腐质量应符合现行国家标准《金属覆盖及其他有关覆盖层维氏和努氏显微硬度试验》(GB/T9700)、《热喷涂金属件表面预处理通则》(GB/T11373)、现行行业标准《钢铁热浸铝工艺及质量检验》(ZBJ36011)的有关规定。

各种螺母紧固，宜加垫片和弹簧垫。紧固后螺出螺母不得少于两个螺距。

安装完成后进行检查，确认无误，方可进行分项调试。

各分项调试完成后，可进行系统调试，联动调试，试运行。

#### (2) . 调试流程

##### 1) 调试之前做好下列工作准备：

① 应有运行调试方案，内容包括调试目的要求，时间进度计划，调试项目，程序和采取的方法等；

② 按运行调试方案，备好仪表和工具及调试记录表格；

③ 熟悉系统的全部设计资料，计算的状态参数，领会设计意图，掌握太阳能电池组件，逆变器，光伏系统工作原理；

④ 光伏调试之前，先应对逆变器，并网柜试运行，设备完好符合设计要求后，方可进行调试工作；

⑤ 检查太阳能光伏接线是否正确，逆变器、并网柜的接线是否正确；

⑥ 检查太阳能光伏组件的二极管连接是否正确；

⑦ 检查保护装置、电气设备接线是否符合图纸要求。

## 2) 通信网络检测

① 检测逆变器到计算机间的通信线是否通信正常；

② 检查光伏系统监测软件是否已经安装，是否可在计算机上正常启动使用；

③ 检查计算机间的通信联接是否正常。

## 3) 系统性能的检测与调试

电站运行前，运行维护人员必须做好一切准备工作：检查送电线路有无可能导致供电系统短路或断路的情况；确认输配电线路无人作业，确认系统中所有隔离开关、空气开关处于断开位置；确认所有设备的熔断器处于断开位置；确认太阳能电池方阵表面无遮挡物；记录系统的初始状态及参数，这是实现电站安全启动的重要环节。

逆变器并网前首先进行以下测试：

① 对太阳能发电系统进行绝缘测试，测试合格方可并网；

② 测试直流防雷箱输出（或逆变器进线端）电压，判断太阳能电池输出是否正常；

③ 测量并网点的电压，频率是否在逆变器的并网范围；

④ 待以上测试完成并达到并网条件时，方可以进行并网调试；

⑤ 将测试逆变器的输入输出隔离开关闭合，并将并网柜相应的断路器合上，观察并网电压及电流是否正常，查看逆变器各项参数是否正常，如此操作直到各个逆变器工作正常。

⑥ 将所有逆变器连接上通讯线，同时连接上数据采集器及传感器，通过通讯线将数据采集器和 PC 机相连，运行通讯软件，监测光伏发电系统各项参数及指标是否正常，调整逆变器，数据采集器，监控软件的相关设置，使监控系统正常。

⑦ 启动系统设备，观察逆变器，并网柜是否正常工作；

⑧ 检查监控软件是否正常显示光伏系统发电量，电压，频率等系统参数。

根据现场的具体情况, 要求项目经理部配备以下的测量仪器：

兆欧表，精度等级不低于 1.5 级，2500V；

温度传感器或具有测温功能的万用电表，精度 1℃；

电流表，精度不低于 0.5 级；

电压表，精度不低于 0.5 级；

温度计，分度值不大于 1℃；频率计；谐波仪；水平仪等。（完）