

衢州杭泰柯城 160MW 光伏发电项目

电气专业监理细则

批准 李维军

审核 申景鹏

编制 李尚明

常州正衡电力工程监理有限公司
衢州杭泰柯城 160MW 光伏发电项目
监理项目部
2016 年 11 月

目 录

项目介绍	
一、 监理依据	1
二、 监理方法和措施	
2.1 质量控制	2
2.2 进度控制	4
三 、 安装工作监理控制目标值	
3.1 太阳能电池板安装检查	5
3.2 电池板调平检验	5
3.3 电池板接线检验	6
3.4 方阵布线检查	6
3.5 方阵测试	7
3.6 变配电系统逆变器、配电柜安装控制目标值	7
3.7 逆变器、配电柜安装	7
3.8.1 电源馈线敷设的检查	8
3.8.2 通电检查	8
3.9 防雷接地安装	9
3.10 整体汇线	9
3.11 整体防腐	10
3.12 分部验收测试	10
3.12.1 系统设置与接线	10
3.12.2 安装、布线、防水工程检查	10
3.12.3 防雷接地	11
3.12.4 绝缘性能	11
3.12.5 绝缘耐压	11
3.12.6 工作特性试验	11
3.12.7 交流电源跟踪	12

3.12.8	效率	12
3.12.9	电压与频率	12
3.12.10	电压电流畸变率	13
3.12.11	功率因数	13
3.12.12	电压不平衡度(仅对三相输出)	13
3.12.13	安全与保护试验	14
3.13	系统调试	15
3.13.1	系统调试前准备工作	15
3.13.2	调试流程	16
3.13.2.1	调试之前做好下列工作准备	16
3.13.2.2	通信网络检测	17
3.13.2.3	系统性能的检测与调试	17

四、施工质量控制的重点

4.1	质量控制重点	19
4.1.1	光伏板构件及光伏板的安装质量控制	19
4.1.2	电气一次设备安装质量控制	19
4.1.2.1	汇流箱的安装调试	19
4.1.2.2	逆变器的安装调试	19
4.1.2.3	柜体安装调试	21
4.1.2.4	电力电缆的安装调试	21
4.1.3	电气二次设备安装质量控制	24
4.1.3.1	设备开箱验收	24
4.1.3.2	监控系统设备安装	24
4.1.3.3	电缆、光缆敷设	26
4.1.3.4	电缆配线	27
4.1.3.5	配合调试	28
4.1.3.6	试验调整	28
4.1.3.7	被控对象的调整	28
4.1.3.8	控制级的调试	29

4.1.4 继电保护系统安装质量控制·····	29
4.1.4.1 设备安装质量控制要点·····	29
4.1.4.2 配线·····	30
4.1.5 交直流系统质量控制·····	31
4.1.6 二次电缆敷设·····	32
4.1.6.1 电缆管的选择与加工·····	32
4.1.6.2 电缆管埋设·····	32
4.1.6.3 电缆敷设及接线前的准备工作·····	32
4.1.6.4 电缆敷设·····	33
4.1.6.5 电缆头制作及接线·····	34
4.1.7 电缆防火封堵·····	35
4.1.7.1 施工准备·····	35
4.1.7.2 电缆防火施工及工艺·····	35
4.1.7.3 电缆沟道防火封堵的施工方法·····	36
4.1.7.4 控制屏柜底部孔洞较小时防火封堵的施工方法·····	37
4.1.7.5 控制柜底部孔洞较大时防火封堵的施工方法·····	37
4.1.7.6 电缆桥架层间分隔防火封堵施工方法·····	37
4.1.7.7 电缆廊道阻火墙(有防火门)的防火封堵施工方法·····	38
4.1.8 接地系统质量控制·····	38
4.1.8.2 焊接工艺·····	38
五、监理工作控制要点·····	39
六、安全管理·····	41
七、资料管理	
7.1 施工准备阶段·····	43
7.2 施工阶段·····	43
7.3 竣工阶段·····	44
7.4 信息处理·····	44

项目介绍

本项目整个光伏电站装设 516780 块 310Wp 多晶硅光伏组件，实际功率约为 160MWp。综合考虑，本发电系统采用分块发电、集中并网方案，将系统分成 145 个约 1.1MWp 的光伏并网发电单元。本期工程共装 160MWp 光伏电池板组件，每个太阳能子系统经汇流后接入逆变器。项目共 290 个 500kWp 光伏逆变器，每 2 台 500kW 逆变器输出的交流电由 1 台 1000kVA 升压变压器将电压从 31 升至 35kV，再通过 8 回 35kV 光伏集电线路将光伏电能送到升压站升至 220kV，最终通过 1 回 220kV 线路接入太真 220kV 侧。本项目 25 年运营期内预计平均年上网电量为 14934 万 kWh，平均年等效满负荷利用小时数为 932h。

一、监理依据

- 1.1 国家现行的法律、法规、条例和建设监理的有关规定；
- 1.2 《电力建设工程监理规范》DL/T5434-2009；
- 1.3 国家和行业制定的施工及验收技术规程、规范和质量验评规程的有效版
- 1.4 《电气装置安装工程质量检验及评定规程》DL/T5161-2002
- 1.5 《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》(GB50169-2006)；
- 1.6 《电气装置安装工程盘、柜及二次回路接线施工及验收规范》GB50171-92
- 1.7 《电气装置安装工程蓄电池施工及验收规范》GB50172-92
- 1.8 《电气装置安装工程高压电器施工及验收规范》GB50147-2010
- 1.9 《电气装置安装工程低压电器施工及验收规范》GB50254-96
- 1.10 《电气装置安装工程电力变流设备施工及验收规范》GB50255-96
- 1.11 《电气装置安装工程电力变压器，油浸电抗器，互感器施工及验收规范》GBJ 148-90
- 1.12 《电气装置安装工程母线装置施工及验收规范》GB50149-2010
- 1.13 《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》GB 50168-2006
- 1.14 《建筑电气工程施工质量验收规范》GB50303-2012
- 1.15 《火力发电建设工程启动试运及验收规程》DL/T5437-2009；
- 1.16 《电力建设安全工作规程》(火力发电厂部分)；
- 1.17 《电力建设安全施工管理规定》；

- 1.18 《电业安全工作规程》;
- 1.19 《火电施工质量检验及评定标准》(调整试运篇);
- 1.20 《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》。
- 1.21 批准的施工组织设计和施工作业指导书;
- 1.22 施工技术文件(包括但不限于施工图纸、设计变更、设备图纸、技术手册、往来文件等);
- 1.23 监理合同, 监理大纲和监理规划;
- 1.24 甲方依法对外签订的与监理有关的合同;
- 1.25 设备制造厂商提供的设备图纸和技术文件;
- 1.26 甲方按国家及行业规定制定的本工程建设管理制度。
- 1.27 有关各方商议确定的其它文件等。

二、监理方法和措施

2.1 质量控制

- 1. 制定监理实施细则;
- 2. 参加施工图纸的设计交底及专业会审;
- 3. 检查设计变更. 设备缺陷处理的执行情况;
- 4. 审查原材料. 半成品. 外购件的出厂合格证明, 按有关规定需进行复验的项目, 审查施工单位的复验报告;
- 5. 审查本工程采用的新技术. 新材料. 新工艺的技术鉴定文件和试验报告;
- 6. 配合质监站组织好阶段性质质监检查, 配合质监站对重大项目做好质监中心站的迎检工作;
- 7. 对施工队伍所完成的工作量进行审核;
- 8. 对单位工程或单项工程的施工过程监理:
 - 8.1. 审查开工报告. 施工作业指导书等技术文件及施工准备情况;
 - 8.2. 对开工项目施工现场进行巡检, 对重要工序实施旁站见证;
 - 8.3. 对隐蔽工序进行检查签证(并及时记录在案), 发现问题, 及时提出整改意见;
 - 8.4. 项目完工, 按有关技术文件. 规范和标准要求四级质量检查验收并办理签证. (注意要求施工单位提供相邻两个接地引下线之间回路电阻测试记录)

9. 检查安全文明施工情况，特别需注意不同施工单位、同一施工单位不同施工部门间施工成品及半成品保护；加强现场巡视。

10. 工程协调

监理工程师通过专业工程协调会、往来文件、现场协商等方法来处理施工中发生的各种问题；专业协调无法解决，及时向总监汇报，提请上一级处理。

11. 质量问题处理

对现场发生的一般性质量问题（包括质量通病），监理工程师除口头提请施工单位注意，并通过监理备忘录、监理工程师通知等书面文件，要求施工单位进行整改。

对现场发生的一般质量事故，除向总监和甲方汇报外，组织或参加事故原因分析会，并监督施工单位按一般质量事故处理程序对事故做出处理。

现场发生重大质量事故，除积极协助施工单位保护事故现场和采取措施避免事故进一步扩大外，立即向总监报告。

12. 往来文件处理

监理工程师收到有关单位发送来的工程文件，凡属监理工作范围，均由监理工程师负责协调处理，并在第二个工作日内做出反应，特殊情况可酌情延迟。

2.2 进度控制

监理人员应依据施工合同的有关条款、施工组织设计，制定进度控制方案，对进度目标进行风险分析，及时发现实际进度与计划进度的差异，提请承包单位采取补救措施，以便进行纠偏。

- 1、审查施工单位编制的施工组织设计，要求编制网络计划，并切实要求施工单位按计划组织施工。
- 2、结合工程具体情况，在编制的综合网络计划的基础上，审理主要工作项目的阶段性计划控制目标，确保本细则覆盖范围内工程节点不转化成关键节点，不影响关键途径的按期实现，从而确保工程综合进度的实施，确保进度总目标的实现。
- 3、审查施工单位编制的月度进度计划，对照二级进度检查图纸，施工材料的供应计划和施工质量等可能对工程进度产生影响的各种因素，提出预控措施。

- 4、对施工进度定期进行盘点，及时发现实际进度与计划产生的差异，分析差异产生的原因及各种不利因素，提请有关单位采取补救措施或研究对策以便进行纠偏。当实际进度严重滞后于计划进度时，及时向总监报告，以便总监与建设单位商定采取进一步措施。
- 5、检查施工单位落实劳动力，机具设备，周转材料，原材料和设备的供应情况。
- 6、组织或参加施工专业协调会议，检查工程计划的执行情况，协调解决现场各单位之间需要协调配合的问题，督促施工单位按进度计划进行施工，力保每个环节都能如期进行。

三 、安装工作监理控制目标值

3. 1 太阳能电池板安装检查

机械准备检查：检查叉车把太阳能电池板运到方阵的行或列之间的通道上的情况，目的是检查施工人员的安装速度。和在运输过程中要不至于碰撞到支架，不能堆积过高（可参照厂家说明书）。

- a. 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。
- b. 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。

3. 2 电池板调平检验

- a. 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。
- b. 以放线绳为基准分别调整其余电池板，使其在一个平面内。
- c. 紧固所有螺栓。

3. 3 电池板接线检验

- 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 检查接线时是否将正负极接反，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。

3.4 方阵布线检查

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。

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。

连接导线的接头应镀锡 截面大于 4 mm的多股导线应加装铜接头（鼻子），截面小于 4 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。

方阵组件布线完毕 应按施工图检查核对布线是否正确。

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。

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。

方阵布线及检测完毕 应盖上并锁紧所有接线盒盒盖。

方阵的输出端应有明显的极性标志和子方阵的编号标志。

3.5 方阵测试

测试条件：天气晴朗，太阳周围无云，太阳总辐照度不低于 700W/m²。在测试周期内的辐照不稳定性不应大于±1%，辐照不稳定度的计算按《地面用太阳能电池电性能测试方法》中相关规定。

被测方阵表面应清洁。

技术参数测试及要求：

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

方阵的开路电压应符合设计规定。

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%。

方阵输出端与支撑结构间的绝缘电阻不应低于 50MΩ。

3.6 变配电系统逆变器、配电柜安装控制目标值

3.7 逆变器、配电柜安装

开箱检查，分别检查逆变器及配电柜的完好情况；

检查配电柜、逆变器各开关初始位置是否正确，断开所有输出、输入开关；

主接线盒的方阵输入电缆应分别接至控制器各端子；

逆变器交流输出电缆应接至交流配电箱的输入端；

逆变器直流输入电缆应接至控制器负载输出端；

将外电网电缆接至交流配电箱的输出端子。

3.8.1 电源馈线敷设的检查

方阵电缆的规格和敷设路由应符合设计规定。

馈电线穿过穿线管后应按设计要求对管口进行防水处理。

电缆及馈线应采用整段线料 不得在中间接头。

电源馈线正负极两端应有统一红（正极）蓝（负极）标志，安装后的电缆剖头处必须用胶带和护套封扎。

3.8.2 通电检查

通电试验

电压表、电流表表针指在零位、无卡阻现象。

开关、闸刀应转换灵活，接触紧密。

熔丝容量规格应符合规定、标志准确。

接线正确、无碰地、短路、虚焊等情况，设备及机内布线对地绝缘电阻应符合厂家说明书规定。

通电试验步骤

方阵输入回路应设有防反充二极管。

应能测试方阵的开路电压、短路电流。

输出电压的稳定精度应符合设计要求。

能提供直流回路的电流监视信号。

电源馈线的线间及线对地间的绝缘电阻应在相对湿度不大于 80% 时用 500V 兆欧表测量绝缘电阻应大于 1 MΩ。

各电源馈线的电压降应符合设计规定。

方阵输出端与支撑结构间的绝缘电阻、耐压强度应符合设计规定。

3.9 防雷接地安装

施工顺序：接地极安装→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。

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^2 ,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;接地线与设备可用螺栓连接。

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。

3.10 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 $\phi 32$ 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 关掉电池的空气开关。连接好蓄电池连线。线的颜色要分开。红色为正。黑色为负。

③ 连接太阳能电池板连线。同样要先断开开关。

④ 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。

⑤ 电缆线敷设

施工准备→放线→电缆沟开挖→预埋配管和埋件→电缆敷设→电缆沟回填→接线

a、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,线管切割用钢锯,端口应将毛刺处理。

b、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 15mm ,管口及时加管堵封闭严密。

c、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。

d、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。

3.11 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。

3.12 分部验收测试（调试工程师）

3.12.1 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。

3.12.2 安装、布线、防水工程检查

太阳电池方阵、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。

3.12.3 防雷接地

太阳电池方阵必须有可靠的接地网防雷措施。

检测方法：检查太阳电池方阵的接地线与防雷接地线是否牢固连接。

3.12.4 绝缘性能

绝缘电阻

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 $1\text{M}\Omega$ 。

3.12.5 绝缘耐压

太阳能电池方阵、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：将太阳能电池方阵、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。

3.12.6 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）太阳能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）太阳能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。

3.12.7 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。

3.12.8 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±10%以内时，测量太阳能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。

3.12.9 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 35 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。

3.12.10 电压电流畸变率

并网光伏发电系统在运行时不应造成电网电压波形过度的畸变，和/或导致注入电网过度的谐波电流。在额定输出时电压总谐波畸变率限值 5%，各次谐波电压含有率限值 3%，在 50%和 100%额定输出时电流总谐波畸变率限值为 5%，各次谐波电流含有率限值为 3%。

试验方法：用谐波测量仪在并网光伏发电系统输出 50%和 100%时，测量解并列点处的电压和电流总谐波畸变率和各次谐波含有率。

3.12.11 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。

3.12.12 电压不平衡度(仅对三相输出)

光伏系统（仅对三相输出）的运行，三相电压不平衡度指标满足 GB/T 15543—1995 规定。即电网公共连接点（PCC）处的三相电压允许不平衡度允许值为 2%，短时不得超过 4%。

试验方法：用电压表在并网光伏发电系统输出 50%和 100%时，测量解并列点处的三相输出电压应符合上述要求。

3.12.13 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。

过/欠压

当并网光伏发电系统电网接口处电压超出规定电压范围时，过 / 欠电压保护应在 0.2~2 秒内动作将光伏系统与电网断开。

试验方法：将并网光伏发电系统停止解列，在过/欠电压检测回路中施加规定的交流电压值，测量保护装置的動作值和動作时间，应符合设定值。

过/欠频

当并网光伏发电系统电网接口处频率超出规定的频率范围时，过 / 欠频率保护应在 0.2~2 秒内动作将光伏系统与电网断开。

试验方法：将并网光伏发电系统停止解列，在过/欠频率检测回路中施加规定的交流频率信号，测量保护装置的動作值和動作时间，应符合设定值。

防孤岛效应

当并网光伏发电系统的电网失压时，必须在规定的时限内将该光伏系统与电网断开，防止出现孤岛效应，应设置至少各一种主动和被动防孤岛效应保护。防孤岛效应保护应在 2 秒内动作将光伏系统与电网断开。

试验方法：并网光伏发电系统运行中，调整阻性负荷，使电网向负荷的供电功率接近于零（小于额定功率的 5%），模拟电网失电，检测防孤岛效应保护装置的動作值和動作时间，应符合设定值。

电网恢复

由于超限导致光伏系统离网后，光伏系统应保持离网，直到电网恢复到允许的电压和频率范围后 150 秒以上才可再并网。

试验方法：在过/欠压、过/欠频、防孤岛效应保护检测时，恢复保护装置工作范围，并网光伏系统应在规定时间后再并网。

短路保护

光伏系统对电网应设置短路保护，电网短路时，逆变器的过电流应不大于额定电流的 150%，并在 0.1 秒以内将光伏系统与电网断开。

试验方法：在解并列点处模拟电网短路，测量逆变器的输出电流及解列时间。

方向功率保护

对无逆潮流光伏并网发电系统，当电网接口处逆潮流为逆变器额定输出的

5%时，方向功率保护应在 0.2~2 秒内动作将光伏系统与电网断开。

试验方法：将并网光伏发电系统停止解列，在方向功率保护检测回路中施加规定的交流信号，测量保护装置的动作值和动作时间，应符合设定值。

3.13 系统调试

3.13.1 系统调试前准备工作

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。

3.13.2 调试流程

3.13.2.1 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。

3.13.2.2 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。

3.13.2.3 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。

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。

启动系统设备，观察逆变器，并网柜是否正常工作；

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。

电能质量测试：上图所示电路是对光伏并网发电量系统测量的一个测试框

图。如果电网的电压和频率的偏差可以保持在最高允许偏差的 50% 及以内，则“电压和频率可调的净化交流电源（模拟电网）”可以省略，直接将系统接入电网进行测试。

（1）正常运行时，本光伏系统和电网接口处的电压允许偏差符合 GB/T 12325-1990 的规定，三相电压的允许偏差为额定电压 $\pm 7\%$ ，单相电压的允许偏差为额定电压的 $+7\%$ 、 -10% 。

（2）光伏系统与电网同步运行，电网额定频率为 50Hz，光伏系统并网后的频率允许偏差符合 GB/T 15945-1995 的规定，即输出频率允许偏差为额定频率 $\pm 0.5\text{Hz}$ 。

（3）光伏系统工作时不应造成电网电压波形过度的畸变和导致注入电网过度的谐波电流。并网逆变器额定输出时，电流总谐波畸变限值小于逆变器额定输出的 5%。

（4）光伏系统的输出大于其额定输出的 50% 时，平均功率因数不小于 0.9。

（5）光伏系统并网运行时，电网接口处的三相电压不平衡度不超过 GB/T 15543 规定的数值，允许值为 2%，短时不超过 4%。

（6）光伏系统并网运行时，逆变器向电网馈送的直流电流分量不超过其交流额定值的 1%。

根据现场的具体情况，本司还将配备以下的测量仪器：

兆欧表，精度等级不低于 1.5 级，500V；

温度传感器或具有测温功能的万用电表，精度 1°C ；

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°C ；频率计；谐波仪；水平仪等。

四、施工质量控制的重点

4.1 质量控制重点

4.1.1 光伏板构件及光伏板的安装质量控制：

a 光伏板构件的基础应水平，且固定牢固；光伏板构件基础型钢应有可靠的接地，并做防腐处理；光伏板安装应符合现场安装图纸要求。

b 检查预埋的部件应牢固可靠，符合设计要求；安装光伏板构件的基础应与

预埋件可靠固定；将光伏板构件的安装基础与主接地网进行可靠的焊接；光伏板的布置应整齐美观，不得有损坏现象。

4.1.2 电气一次设备安装质量控制

4.1.2.1 汇流箱的安装调试

安装汇流箱支架，螺栓连接牢固，与组件支架焊接牢固；将汇流箱安装就位，且调整整齐，安装牢固；汇流箱其它附件的安装按照要求按图施工。汇流箱及辅助设备投运前的试验项目应符合标准。验收合格后进行设备通电。核对极性，依次对汇流箱进行冲流，观察应无异常现象；对汇流箱进行加负荷，观察应无异常现象。对汇流箱进行加负荷 72 小时试运行。

4.1.2.2 逆变器的安装调试

逆变器的安装调试严格按图纸及厂家技术要求执行，厂家技术代表现场提供指导。

基础型钢的安装应符合下列要求：

项目	允 许 偏 差	
	Mm/m	Mm/全长
不 直 度	≤1	≤5
水 平 度	≤1	≤5
位置误差及不平行度		≤5

基础型钢材料型号、规格符合设计，应采用镀锌槽钢，接地应两点接地，固定牢固。

4.1.2.3 柜体安装调试

柜体成列安装时，其垂直度、水平偏差以及盘、柜面偏差和盘、柜间接缝的允许偏差应符合以下表格内容的规定：

项 目	允许偏差
垂直度（每米）	小于 1.5mm

水平偏差	相邻两盘顶部	小于 2 mm
	成列盘顶部	小于 5 mm
盘面误差	相邻两盘面	小于 1 mm
	成列盘面	小于 5 mm
盘间接缝		小于 2 mm

柜体的接地应牢固良好。装有电器的可开启门，应以裸铜导线软线与接地的金属构架可靠地连接；

成套柜的安装应符合下列要求：机械闭锁、电气闭锁应动作可靠、准确；动触头与静触头的中心线应一致，触头接触紧密；二次回路辅助开关的切换接点应动作准确，接触可靠；柜内照明齐全。

手车式柜的安装应符合下列要求：检查防止电气误操作的“五防”装置齐全，并动作灵活可靠；手车推拉应灵活轻便，无卡阻、碰撞现象，相同型号的手车应能互换；手车推入工作位置后，动触头顶部与静触头底部的间隙应符合产品要求；手车和柜体间的二次回路插件应接触良好；安全隔离板应开启灵活，随手车的进出而相应动作；柜体控制电缆的位置不应妨碍手车的进出，并应牢固；

手车与柜体间接地触头应接触紧密，当手车推入柜体时，其接地触头应比主触头先接触，拉出时接地触头比主触头后断开。

开关柜安装时，要防止发生冲击或严重振动，更不能严重倾斜，一般斜角不超过 15 度。进行吊卸时，在起吊时吊绳与垂直线夹角不大于 30 度；开关柜进行平面和垂直度应符合安装要求；连接开关柜内部连接母线，并应相序正确、连接牢固可靠，接触良好；且满足以下要求：铜与铜必须搪锡；铜与铝，应采用铜铝过渡板，铜端应搪锡；铜与铜或铝，搭接面必须搪锡；母线涂漆的颜色应符合下列规定：开关柜内其他附件的安装，且牢固可靠；

验收合格后进行设备通电：对开关柜母线、断路器、PT 等设备进行冲压，观察应无异常现象；对开关柜进行加负荷，观察应无异常现象。对开关柜进行加负荷 72 小时试运行。

4.1.2.4 电力电缆的安装调试

电缆敷设前，应根据电缆长度对电缆廊道长度的实地测量校对。电缆敷设速

度根据制造厂家要求进行，电缆允许最大牵引力的大小要符合制造厂技术要求。牵引电缆时，钢丝绳绑扎在电缆牵引头上向前拖拽，电缆头要有专人看护，严防损伤电缆头。电缆在敷设过程中其弯曲半径不小于 2m，电缆摆放后，各电缆夹固定距离按厂家和设计图纸要求进行放置，加固牢靠。敷设电缆时留有足够的备用长度，作为温度变化而引起变形的补偿和事故检修时使用。

电缆敷设过程中，注意对电缆外护层的保护，防止刮伤、碰伤。电缆敷设完成后进行电缆摆放固定，各相间排列整齐、美观，没有交叉。电缆与电缆卡子接触处垫有橡胶垫。现场电缆终端头制作按合同文件执行，严格遵照厂家制定的工艺规程进行电缆终端头制作、导体连接、电缆终端吊装、附件安装等。准备临时保护棚，以满足防尘、防潮、场地清洁无污染的要求；

安装完毕后的现场试验应按照设备供应商的技术文件要求和国家有关标准 GB50168、GB50169 的有关规定进行。现场检查及试验应至少包括且不限于如下内容：

电力电缆的试验项目，应包括下列内容：

- a 测量绝缘电阻；
- b 直流耐压试验及泄漏电流测量；
- c 检查电缆线路的相位；
- d 测量各电缆线芯对地或对金属屏蔽层间和各线芯间的绝缘电阻。

直流耐压试验及泄漏电流测量，应符合规定的标准。电缆的泄漏电流具有下列情况之一者，电缆绝缘可能有缺陷，应找出缺陷部位，并予以处理：

- 1) 泄漏电流很不稳定；
- 2) 泄漏电流随试验电压升高急剧上升；
- 3) 泄漏电流随试验时间延长有上升现象。
- 4) 检查电缆线路的两端相位应一致并与电网相位相符合。

电缆保护管安装：横平竖直、间距均匀一致、排管排列整齐、弯管弯度一致，固定牢固、附件齐全，接地可靠，与金属软管过渡要圆滑美观，户外电缆管要安装防水弯头；

电缆敷设：型号、规格符合设计，按层施放，排列整齐，弯曲弧度一致，松紧适度，电缆进入设备前应用过渡支架，电缆层清洁、无杂物；

电缆固定：电缆绑扎用扎带，电缆在拐弯处两侧、在中间头两侧、进入设备前等处均要固定，固定间距：水平段 $\leq 3\text{m}$ ，垂直段(倾斜 45°) $\leq 1.5\text{m}$ ，且均匀绑扎，方向一致，固定牢固。

电缆标示牌：字迹清晰、工整，不褪色，绑扎牢固，标示牌齐全，规格统一，两端及转弯处设有标示牌。

电缆头制作：端头面要平齐且垂直电缆轴线，成型后为圆筒型，长度为 $26\text{mm}\sim 28\text{mm}$ ，直径大于电缆外径 2mm ，电缆头高度应一致，且距最下面的一个端排一般不大于 20cm 。

电缆芯线绑扎：电缆芯线应顺直绑扎，间距应均匀，一般 $10\sim 15\text{cm}$ 。成型流畅。

屏、柜、箱内电缆排列及布线弧度应一致、排列整齐、不交叉、线鼻子压接紧固，接线紧固可靠。不得有中间接头。电缆屏蔽层的接地应符合有关规定。直埋电缆埋设深度为 0.8m ，上下保护层应大于 100mm ，无可能损坏电缆的杂物，回填后表面应平整充实。

电缆接引：所有电缆均使用接线鼻子，且使用镀锡材料，接引时在接触面涂抹导电膏，且接线牢固可靠，相序正确。

所有电缆穿越隔墙的孔洞和进出开关柜、配电盘、控制盘、自动装置盘和继电保护盘的孔洞，以及电气设备的电缆沟道盖板缝隙处，应采用防火材料进行封堵，无遗漏。封漏要密实，表面工艺美观。保证电缆之间位置符合防火要求，按设计刷防火涂料。

4.1.3 电气二次设备安装质量控制

4.1.3.1 设备开箱验收

设备开箱验收由施工单位提出申请，监理人组织建设单位、安装单位技术人员、施工人员、制造厂家代表参加，检查设备外观有无明显破损。按装箱单清点资料、合格证、附件、备品备件等是否齐全。开箱后检查设备固定螺丝、元器件、端子、线头、标签等有无脱落，结构有无裂纹。如开箱检查中发现问题应要求制造厂处理。验收合格后，进行签字认可。为确保安装到施工现场的设备的完好性，安装承包人应按合同的要求在设备安装前，必须进行设备的常规检查。

4.1.3.2 监控系统设备安装

1) 监控设备的吊装运输工作由熟练的起重工和汽车驾驶人员来完成，过程

必须有专职安全员进行监护。吊装运输过程中应采取防振、防冲击措施，以保证设备的安全。

2) 监控系统上位机设备及各 LCU 设备盘柜在监理的监督下开箱检查，重点检查盘柜框架有无变形，盘内元器件是否损坏，漆面是否受损、盘面标识是否完整齐全、正确清晰，柜门开关是否灵活、门锁是否齐全，所有螺栓是否紧固、电器元件是否固定牢固，实物与装箱清单是否相符。附件、备件、装箱文件是否齐全。做好开箱记录会签后备查。

3) 严格按设计图纸，在设备厂家代表的指导和监督下完成监控系统设备固定安装等工作。

4) 盘柜按设计图纸或设备厂家要求固定，均无要求时采用螺栓固定，根据盘柜底座安装孔的尺寸，在盘柜基础槽钢上钻孔，焊接螺栓盘柜与基础连接固定。盘柜安装的垂直偏差每米小于 1mm、相邻两盘(柜)顶部高差小于 1mm、成列盘盘顶最大高差小于 3mm、相邻盘(柜)盘面偏差小于 1mm、盘间接缝小于 1.5mm，其余指标均符合《电气装置安装工程盘、柜及二次回路结线施工及验收规范》(GB50171—92) 要求。

5) 盘柜除有特殊接地要求外，在基础槽钢上稍偏位置焊接接地螺栓，焊接要牢固可靠，并采用不小于 25mm² 的接地电线或铜编织线与接地螺栓可靠连接，确保盘柜的可靠接地。

6) 微机监控设备的安装，如各类工作站及附属设备、网络设备、GPS、UPS 等设备，严格按照设备厂家代表的要求进行，并符合设计图纸及有关规程规范的技术标准。

7) 变送器、仪器、仪表等设备必须经过有资格的计量部门的校验。通信适配器安装时，必须固定牢固，且不能影响盘内其他设备。并按设备说明书要求进行接地。

8) 远程 I/O 模件安装在所对应的被控设备近处，远程 I/O 模件的接线端子需同所在设备的端子明显隔离开，并有明显的标志，远程 I/O 模件设备固定牢固，并贴有标签注明。所有设备按设计及规范要求接地。

微机设备安装时要保持机房清洁，要防潮、防尘、无腐蚀气体。设备上的各种仪器仪表、按钮、开关等安装完整，标志正确、清晰、齐全。

4.1.3.3 电缆、光缆敷设：

1) 敷设前根据设计图纸核对电缆型号、敷设路径、长度是否与设计规定相符。

2) 检查存放的电缆应平直，不得产生扭绞、打圈等现象，不应受到外力挤压和损伤。

3) 用统一规格的电缆牌，上面标明电缆型号、总芯数及起止地点，字迹要清楚、耐久。

4) 电缆敷设前，将电缆盘在平稳坚实的盘架上，电缆要从盘的上端引出且不能与支架及地面有摩擦，不能有铠装压扁、电缆、光缆绞拧、护层折裂等机械损伤。

5) 电缆的敷设要专人负责，并在统一指挥下有序的进行。

6) 电缆按设计要求分层整齐布置，型号规格符合设计，按层布设，电缆的弯曲半径应符合要求或大于其外径的 20 倍。

7) 敷设电缆的牵引力，应小于电缆允许张力的 80%。

8) 在竖井进出口，地板下等处电缆不应有交叉、堆积。

9) 对大容量交流单芯电缆固定时，不使之构成闭合磁路。

10) 电缆穿管敷设时，注意不得损伤绝缘。穿管敷设完后，管口要封堵严实。大容量单芯交流电缆不得单独穿入钢管内。

11) 电缆水平敷设时，在其首末两端、转弯处两侧及接头处用电缆卡子或卡带固定，垂直敷设时每隔 1.5 米用电缆卡子固定。

12) 电缆敷设完并整理好后，按规程规范的要求进行固定，电缆的固定件不能构成闭合磁路。并在电缆拐弯两侧、中间、每间隔 50m 进入设备前等处要挂标志牌。

4.1.3.4 电缆配线：

1) 电缆敷设完后，进一步整理电缆，捆扎成把，固定在盘柜框架上，电缆把固定良好可靠，避免电缆芯处于受力状态。

2) 电缆剖头深浅长短要把握好，避免伤及芯线绝缘。

3) 电缆进出盘柜要排列整齐、编号清晰固定牢靠，铠装电缆要在进盘后切断钢带、要在断口处扎紧且钢带要引出接地线可靠接地。电缆的屏蔽层按设计要

求可靠接地，无明确要求时，计算机系统电缆统一单端在计算机控制柜内接地。

4) 电缆插接,位置正确,接触紧密、牢靠,插接端子完好无损。

5) 电缆芯线要标明电缆编号、回路号、端子号,字迹清晰,不褪色。芯线标识管与电缆芯线大小相对应,长度一致,标识内容同设计图纸一致。电缆备用芯也应有标识,方便查找。电缆芯线用接线鼻子压接时,导线与鼻子必需压接牢固紧密。

6) 盘内导线不得有接头。盘柜内设备间连线不允许“T”接。电缆接线时,其芯线应留有适当裕度。

7) 电流回路应采用电压不低于 500V 的铜芯绝缘导线,其截面大于或等于 2.5mm^2 ; 其它回路截面大于或等于 1.5mm^2 ; 弱电回路导线截面大于或等于 0.75mm^2 。靠近高温元件的导线要采用阻燃热绝缘导线。

8) 强弱电端子要分开布置;正负电源之间以及经常带电的正电源与合闸或跳闸回路之间要用空端子隔开。每个端子原则上每侧只接一根导线,端子接线应压接牢固紧密,若接线鼻子带有护套,严禁端子压接在护套上。

9) 依据设计图纸查核配线的准确性,检查各设备间的连接是否正确,测试二次回路绝缘电阻不低于 $1\text{M}\Omega$ 。交流回路外部端子对地 $10\text{M}\Omega$ 以上,不接地直流回路对地电阻 $>1\text{M}\Omega$ 。

4.1.3.5 配合调试

1) 安装承包人在计算机监控系统设备供应商的监督、指导下进行系统的硬件安装,配合设备供应商进行系统的调试。

2) 承包人在完成安装工作后,应根据合同规定、设计单位提供的图纸和设备供应商提供的技术资料等进行检查和试验。现场接收试验应有监理人目击。任何部件不能满足技术规范要求以及设备供应商的保证性能时,安装承包人作好记录并报请监理进行处置。计算机监控系统设备的现场试验应满足《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》(GB50150)、《水电厂计算机监控系统设备基本技术规范》DL/T578 以及设备供货合同要求。

4.1.3.6 试验调整:

1) 计算机监控系统的调试按照被控对象调整、现地单元控制级调试、电站控制级调试、远程控制级调试的顺序进行。被控对象、现地单元控制级、电站控

制级、远程控制级通电前应检查接线的正确性,根据原理图逐级送电。对现地单元控制级送电检查前,要重新检查回路的绝缘等,确保送电安全。

2) 进行不间断电源(UPS)通电试验,检查其输出电压值、电压波形、波形失真、电压误差等符合设计要求。电源的过压/过流保护及电源故障报警信号正确,电源配置满足接地隔离要求。对 UPS 系统首次通电时进行切换试验,在投入运行后必须进行再试验检查,确保冗余功能符合设计要求,所有通电均应有设备承包商代表在场下进行。

4.1.3.7 被控对象的调整:

1) 被控对象仅反映工作状态或模拟量变化时,通电调整,要求变换正确。此时现地单元控制级采集的状态应与实际状态相符。

2) 被控对象应首先在手动状态通电调整操作正确,与现地单元控制级采集的状态对应后开始自动动作试验。

4.1.3.8 控制级的调试:

1) 微机数据库的校核,完成与所有现地控制单元 LCU 数据交换,对电站设备的模拟量、数字量的采集;对采集的数据进行分析计算处理;对历史数据记录整理归档。数据采集周期符合设计要求。

2) 上位机监控功能的验证,按规定的控制方式和约束条件,完成电站设备的控制,包括机组开/停机的顺序控制,断路器及隔离刀闸的分/合控制,机组工况转换等。

3) 试验过程中检查完成远程中央控制室与地下厂房值班室各控制设备模拟量、状态量、输出量等数据交换情况,模拟远程操作,使之符合设计设计要求。

4) 根据计算机监控系统的配置功能,完成工程师/培训站、应用程序工作站、数据处理工作站等各工作站相关试验。

5) 检查电站计算机监控系统与上级调度端控制系统的数据交换情况,模拟远程操作,使之符合设计要求。

6) 对冗余 UPS 及与 LCU 级间冗余网络功能进行试验,确保符合设计要求。

4.1.4 继电保护系统安装质量控制

4.1.4.1 设备安装质量控制要点:

1) 盘柜安装的垂直偏差每米小于 1mm、相邻两盘(柜)顶部高差小于 1mm、成

列盘盘顶最大高差小于 3mm、相邻盘(柜)盘面偏差小于 1mm、盘间接缝小于 1.5mm, 盘、台、箱、柜的门开关灵活、关闭紧密, 其余指标均符合《电气装置安装工程盘、柜及二次回路结线施工及验收规范》(GB50171—92) 要求。成列盘组屏安装时, 盘柜顺序需同图纸一致, 盘间用螺栓连接。

2) 盘柜水平度、垂直度调整合格后, 按照图纸要求, 将盘柜进行螺接或焊接固定, 盘柜固定牢固可靠。

3) 盘柜与基础的接地连接, 采用不小于 25mm² 的接地线或铜编织线与基础槽钢可靠连接。盘内接地铜排同接地网可靠连接。

4.1.4.2 配线:

1) 继电保护系统应按设计图纸规定的程序和工艺进行安装, 其质量要求应符合设计图纸、文件、系统合同文件和系统制造承包方所采用标准的规定, 同时还应符合 GB、SDJ、DL 标准和国内其他有关标准的规定。

2) 电缆头制作工艺美观, 400V 电力电缆头制作完成后进行绝缘检查及相位核对。电力电缆相色标识齐全正确。

3) 电缆插接位置正确, 接触紧密、牢靠, 插接端子完好无损。电缆芯线在盘内走线美观接线正确。

4) 电缆芯线要标明电缆编号、回路号、端子号, 字迹清晰, 不褪色, 禁止用手写体进行标识。芯线标识管大小适中, 长度一致, 标识内容同设计图纸一致。电缆备用芯有标识, 方便查找。电缆芯线用接线鼻子压接时(用专用压线钳压接), 导线与鼻子必需压接牢固紧密。

5) 盘内导线不得有接头。盘柜内设备间连线不允许“T”接。电缆接线时, 其芯线留有适当裕度, 以便修改。

6) 强弱电端子要分开布置; 正负电源之间以及经常带电的正电源与合闸或跳闸回路之间要用空端子隔开。端子接线, 每个端子原则上每侧只接一根导线, 端子接线压接牢固紧密, 若接线鼻子带有护套, 严禁端子压接在护套上。

7) 盘柜及现地元件配线时均应留有适当裕度, 便于修改及改造, 现地元件接线压接紧密, 不得有松动现象或虚接情况发生, 除特殊要求外不允许焊接接线。

8) 盘内配线注意芯线截面要与流过的电流相适应, 电流回路应采用电压不低于 500V 的铜芯绝缘导线, 其截面大于或等于 2.5mm²; 其它回路截面大于或等于

1.5mm²；微电子回路导线截面大于或等于 0.75mm²。靠近高温元件的导线要采用阻燃绝缘导线。全场继电保护现场试验：按照国家规范及设计要求严格执行。

4.1.5 交直流系统质量控制

盘柜的安装质量控制

1) 盘、柜单独或成列安装时，其垂直度、水平偏差以及盘、柜面偏差和盘、柜间接缝的允许偏差应符合下表的规定

盘柜安装的允许偏差

项目		允许偏差 (mm)	项目		允许偏差 (mm)
垂直度（每米）		<1.5	盘面偏差	相邻盘面	<1
水平偏差	相邻两盘顶部	<2		成列盘面	<5
	成列盘顶部	<5	盘间接缝		<2

2) 盘柜采用螺栓固定，根据盘柜底座安装孔的尺寸，在盘柜基础槽钢上钻孔，以便于将盘柜与基础连接固定。或在基础槽钢上稍偏位置焊螺栓，用压板将盘柜与基础连接。3、盘柜与基础要良好连接，采用不小于 25mm² 的接地线或铜编织线与基础槽钢可靠连接。

4.1.6 二次电缆敷设

4.1.6.1 电缆管的选择与加工

1) 电缆管不应有穿孔、裂缝和明显的凹凸不平，内壁应光滑，金属管不应有严重锈蚀，硬质塑料管不得用在温度过高或过低的场所。

2) 管口应无毛刺和尖锐棱角，管口应做成喇叭形。

3) 电缆管弯扁程度不宜大于管子外径的 10%，电缆管的弯曲半径不应小于所穿入电缆的最小弯曲半径。

4) 户外金属电缆管应在外表涂防锈漆或涂沥青漆。

5) 每根电缆管的弯头不应超过 3 个，直角弯不应超过 2 个。

4.1.6.2 电缆管埋设

1) 金属电缆管连接应牢固,密封应良好,两管口应对准对接焊。套接的短管的长度不小于管外径的 2.2 倍。套管两端焊缝应严密,不得有地下水和泥浆渗入。

2) 露出地面的电缆管横平竖直,间距均匀一致,排管排列整齐,弯管弯度一致,按设计要求预留高度,设计无要求时,露出地面一般为 300mm,离墙面适当距离。管口要用钢板加临时封堵。

3) 电缆保护管安装。横平竖直、间距均匀一致、排管排列整齐、弯管弯度一致,固定牢固、附件齐全,接地可靠,与金属软管过渡要圆滑美观,户外电缆管要安装防水弯头

4.1.6.3 电缆敷设及接线前的准备工作

1) 电缆到货后,会同发包人和安装承包人,对照到货清单开箱检查其规格型号、数量、质量完好情况,作好记录,并办理交接手续;

2) 吊运: 电缆盘的装卸采用吊车或叉车进行,用汽车运到相应部位卸车,吊运过程中应不使电缆受到损伤;

3) 电缆线路施工前应具备的条件:

a) 预埋件符合设计要求,安装牢靠;

b) 电缆沟、孔等处的土建工作全部完成;

c) 电缆沟中的土建施工临时设备、建筑废料全部清除,道路畅通;

d) 电缆沟道中的排水畅通;

e) 清理全部预埋的电缆管道;

f) 电缆敷设之前所有有关电缆桥架已安装完毕。

g) 所有电缆通道已具备电缆敷设条件;

4.1.6.4 电缆敷设:

1) 敷设前,根据设计图纸核对电缆型号、敷设路径、长度是否与设计规定相符;

2) 敷设完成的电缆应平直,不得产生扭绞、打圈等现象,不应受到外力挤压和损伤;

3) 准备好统一规格的电缆牌,上面标明电缆型号、总芯数及起止地点,字迹要清楚、耐久;

4) 电缆敷设时, 将盘架在平稳坚实的地方, 电缆要从盘的上端引出且不能与支架及地面有摩擦拖动, 不能有铠装压扁、电缆绞拧、护层折裂等机械损伤。

5) 电缆按设计要求分层布置, 型号规格符合设计, 按层施放, 电缆的弯曲半径应符合要求或大于其外径的 20 倍;

6) 敷设电缆的牵引力, 应小于电缆允许张力的 80%;

7) 在竖井进出口, 地板下等处电缆不交叉、堆积;

8) 对大容量交流单芯电缆固定时, 不使之构成闭合磁路;

9) 电缆穿管敷设时, 不得损伤绝缘。穿管敷设完后, 管口要封堵严。大容量单芯交流电缆不得单独穿入钢管内;

10) 电缆水平敷设时, 在其首末两端、转弯处两侧及接头处用电缆卡子或卡带固定, 垂直敷设时每隔 1.5 米用电缆卡子固定。电缆芯线绑扎。电缆芯线应顺直绑扎, 间距应均匀, 一般 10~15cm。成型流畅。

11) 电缆敷设完并整理好后, 按规程规范的要求进行固定, 电缆的固定件不能构成闭合磁路。并在电缆拐弯两侧、中间、每间隔 50m、进入设备前等处要挂标志牌。电缆标示牌字迹清晰、工整, 不褪色, 绑扎牢固, 标示牌齐全, 规格统一。

12) 电缆固定、绑扎用扎带, 电缆在拐弯处两侧、在中间头两侧、进入设备前等处均要固定, 固定间距: 水平段 $\leq 3\text{m}$, 垂直段(倾斜 45°) $\leq 1.5\text{m}$, 且均匀绑扎, 方向一致, 固定牢固。电缆进入设备前应用过渡支架。

4.1.6.5 电缆头制作及接线:

1) 高压电力电缆端头制作: 按电缆端头生产设备供应商说明书要求进行;

2) 低压电力电缆端头制作: 端头面要平齐且垂直电缆轴线, 铠装要接地, 成型后为圆锥型, 长度为 26~28mm, 直径大于电缆外径 2mm, 且距最下面的一个端排一般不大于 20cm。电缆头高度一致, 制作工艺美观, 电缆头制作完成后进行绝缘检查及相位核对, 电力电缆相色标识齐全正确。

3) 电缆两端要挂电缆牌, 标明电缆编号、型号规格、端子号, 字迹清晰, 不褪色, 禁止用手写体进行标识。标识内容应同设计图纸一致。

4) 盘内导线不得有接头。盘柜内设备间连线不允许“T”接。电缆接线时, 其芯线应留有适当裕度, 以便修改。

5) 盘柜及现地设备配线时均应留有适当裕度, 便于修改及改造, 现地设备接线压接紧密, 不能有松动现象及虚接情况发生, 除特殊要求外不允许焊接接线。

6) 电缆绑扎顺直, 间距均匀, 成型流畅。

7) 接线完后, 盘柜恢复底板、侧板和顶盖。

4.1.7 电缆防火封堵

4.1.7.1 施工准备

1) 防火封堵材料应严格按照 IS09001—2000 质量管理体系运行, WXY-I 阻火包、WXY-II 无机防火堵料、WXY-III 有机防火料、WBJ 无机防火隔板、981 系列电缆防火涂料均通过国家防火建筑材料质量监督检验中心检测, 获得中国消防产品认证委员会的消防产品型式认可证书。

2) 施工技术、施工质量及工程验收全面执行电力行业部颁的《电力建设施工及验收技术规定》和《电缆防火措施设计和施工验收标准》。

3) 电缆防火封堵材料进场施工前, 应检查厂家是否提供了防火封堵材料的基本数据和文件——消防产品型式认可证书、检验报告、工程材料说明书、产品合格证书、产品出厂检验报告及材料报验表等。

4.1.7.2 电缆防火施工及工艺

1) 电缆桥架竖井防火封堵的施工方法:

把无机防火隔板切割成需要的尺寸, 用膨胀螺栓固定在孔洞的楼板底部。把孔洞内的电缆整理平整, 用有机防火堵料将电缆四周进行包裹, 无机防火隔板和竖井壁、电缆桥架的交接处用有机防火堵料填充密实。

2) 把阻火包整理平整, 似砌砖似地交叉堆砌在孔洞内, 要求封堵密实平整。再把无机防火堵料覆盖封堵在阻火包上, 要求与楼板平齐并做成规则状。封堵好后, 竖井孔洞的下侧电缆上涂刷电缆防火涂料, 涂刷的长度不小于 1.5m, 涂刷次数 4~5 遍, 厚度不小于 1mm。

3) 电缆桥架穿墙孔洞防火封堵的施工方法:

清理干净需防火封堵穿墙孔洞内的垃圾杂物, 先用有机防火堵料将孔洞内的电缆四周进行包裹。把阻火包整理平整, 然后似砌砖似地交叉堆砌在孔洞内。要求封堵密实, 以对侧不见光为宜。阻火包封堵完后, 两侧用无机防火隔板进行夹封, 用膨胀螺栓固定在墙体上, 电缆桥架穿墙处和无机防火隔板间的缝隙, 用有机防

火堵料进行填充封堵，并做成规则状线脚。

封堵好后，穿墙孔洞两侧电缆上涂刷电缆防火涂料，涂刷的长度不小于 1.5m，涂刷次数 4~5 遍，厚度不小于 1mm。

4.1.7.3 电缆沟道防火封堵的施工方法：

- 1) 清理干净需封堵部位的垃圾及其杂物。
- 2) 把阻火包整理平整，然后似砌砖似的由下至上堆砌成防火墙在需封堵的部位。要求封堵密实，并以对侧不见光为宜。堆砌高度和电缆沟道平齐。
- 3) 在防火墙两侧用无机防火隔板进行夹封，并用经过防锈防火处理的角钢和膨胀螺栓固定在电缆沟道壁上。
- 4) 电缆通过处和防火墙间的缝隙，用有机防火堵料进行填充封堵，并做成规则状。

防火墙的厚度最少不可小于 250mm，两侧的电缆上，涂刷电缆防火涂料，涂刷长度不得少于 1.5m，涂刷次数 4~5 遍，涂刷厚度不小于 1mm。

4.1.7.4 控制屏柜底部孔洞较小时防火封堵的施工方法：

- 1) 当电缆进入控制屏柜底部的孔洞较小时，先用无机防火堵料铺垫封堵，再用有机防火堵料对进入的电缆进行包裹封堵，并做成规则状。
- 2) 控制屏柜底部的电缆上涂刷电缆防火涂料，涂刷的长度不小于 1.5m，涂刷次数 4~5 遍，厚度不小于 1mm。

4.1.7.5 控制柜底部孔洞较大时防火封堵的施工方法：

- 1) 当电缆进入控制屏柜底部孔洞较大时，先用膨胀螺栓将无机防火隔板固定在控制柜底部的楼板下侧。
- 2) 把阻火包整理平服，然后似砌砖似地交叉堆砌在孔洞内直到和控制柜底部平齐。要求封堵密实，以上下不见光为宜。
- 3) 阻火包封堵好后表面用有机防火堵料进行覆盖封堵，并做成规则状。楼板下侧的电缆涂刷电缆防火涂料，涂刷的长度不小于 1.5 mm，涂刷次数 4~5 遍，厚度不小于 1mm。

4.1.7.6 电缆桥架层间分隔防火封堵施工方法：

- 1) 施工前将需封堵的电缆桥架、电缆清洁干净。
- 2) 先将无机防火隔板切割成需要的尺寸，平铺在电缆桥架的底部，再将电

缆四周密实均匀地用有机防火堵料包裹上一层,然后将阻火包平整地堆叠在电缆桥架的层间。缝隙用有机防火堵料封堵严实,以对侧不透光为宜。

3) 电缆桥架内阻火隔断的厚度最少不可小于 250mm, 两侧电缆上涂刷防火涂料, 涂刷长度不得少于 1.5m, 涂刷次数 4~5 遍, 涂刷厚度不小于 1mm。

4.1.7.7 电缆廊道阻火墙(有防火门)的防火封堵施工方法:

1) 施工前将需封堵的电缆清洗干净。

2) 用有机防火堵料均匀的将电缆四周包裹一层, 将阻火包似砌砖似的由下至上堆砌在防火门四周和电缆之间的间隙部位, 要求对侧不见光为宜。

3) 阻火包封堵好两侧用无机防火隔板进行夹封, 用膨胀螺栓和角钢将无机防火隔板固定在防火门的混凝土立柱上和廊道墙壁上, 固定要牢固。

4) 电缆通过处和无机防火隔板的间隙用有机防火堵料进行封堵, 并做规则状。

阻火墙两侧的电缆上, 涂刷电缆防火涂料。涂刷长度不得少于 1.5m, 涂刷次数 4~5 遍, 涂刷厚度不小于 1mm。

4.1.8 接地系统质量控制

所有接地线、接地体的固定及连接型式, 将按照设备供应商和设计图纸的要求进行施工。

接地体(线)的焊接采用搭接焊时, 搭接长度将按如下规定:

1) 扁钢为其宽度的 2 倍(至少 3 个棱角边焊接)。

2) 圆钢为其直径的 6 倍。

3) 圆钢与扁钢连接时, 其长度为圆钢直径的 6 倍。

4) 扁钢与钢管、扁钢与角钢焊接时, 为了连接可靠, 除在接触部位两侧进行焊接外, 应以钢带弯成的弧形(或直角形)卡子与钢管(或角钢)补强焊接。扁钢与扁钢之间连接采用电焊焊接, 扁钢与扁钢或扁钢之间连接采用火泥熔接的方法进行熔接。

4.1.8.2 焊接工艺

1) 焊接工艺主要用于扁钢、圆钢与接地体或设备、设备构架的连接, 其焊接工艺如下:

a 连接时应先清除连接件表面的氧化层和脏污。并确定好搭接长度。先点焊

固定。经检查后再施焊。焊接完毕后清除氧化层。按要求刷漆和标识。

按要求刷漆和标识。接地的涂色规定,明敷的接地线表面应涂以 15~100mm 宽度相等的绿色和 b 黄色相间的条纹。中性点的明设接地导线及扁钢应涂以淡蓝色标志。

五、监理工作控制要点

序号	控制要点及要求	序号	控制要点及要求
1	光伏电池设备安装完毕、验收记录齐全	21	关口计量装置安装验收
2	光伏场内电缆敷设、接线完毕、验收记录齐全	22	直流电源完好
3	箱式变及逆变器安装、试验记录齐全	23	所用变备用电源完好
4	光伏场接地试验记录齐全	24	主变压器油油质检验报告齐全、合格
5	逆变器静态试验完成, 各项功能、参数符合厂家规定, 记录齐全	25	全所照明能正常投用
6	光伏场内消防设施齐全完好	26	事故照明能正常切换
7	高低压开关等安装已完成, 安装记录和验收签证齐全、规范	27	全所防雷及过电压保护设施齐全、完好
8	电气送出系统断路器、隔离开关等一次设备安装、调整符合厂家规定, 送出系统一次设备交接试验项目符合标准要求	28	灯光、音响、信号试验合格
9	设备引线等电气安全距离符合规范要求	29	联锁装置试验合格
10	盘、屏正面及背面均有名称、编号;	30	电缆沟盖板齐全

	盘、屏内部元件和装置的规格、型号符合设计，二次配线正确，标识清晰		
11	电测仪表校验合格，并贴有检验合格证；指针式仪表额定值处画红线，相关回路完整并有正式报告	31	各类电气盘柜和其他各部电缆孔(口)的防火封堵完好、有效和电缆防火漆涂刷及电线桥架上的阻燃材料袋设置正确，符合设计和消防规定
12	各类继电保护装置及自动装置经调试，动作正确，并按定值通知单整定完毕(定值通知单为经审批、签字并加盖公章的正式定值通知单)	32	沟内清洁无杂物、排水良好
13	二次交流、直流回路绝缘良好，接线正确；二次交流回路负载测量已进行，并有报告	33	UPS装置投用正常
14	电气整套系统传动试验已完成	34	运行与非运行区域用遮栏隔离；电气安全警告标识牌内容和悬挂位置正确
15	开关设备(送出和场用电源)合、分闸 操作试验、联锁试验、保护回路整组传动试验均能正确动作和指示	35	设计变更、设备缺陷处理已闭环
16	故障录波器能正常投入	36	施工图审查意见已闭环
17	“五防”功能经试验正确	37	施工质量验收签证(按监理单位验评项目统计)已统计汇总
19	调度、通讯通道开通等工作已完成，通讯装置能正常投用	38	并网调度协议及购售电合同涉网问题的落实
20	远方操作装置试验合格，远动装置	39	一、二次接入系统审查意见的

	能正常投用		落实
--	-------	--	----

六、安全管理

- 1、监理人员必须树立“安全第一、预防为主”的思想，督促施工单位做好预防频发性事故措施，杜绝恶性事故的发生。
- 2、监理安全工作可以结合质量控制同步进行，并做好监理人员自身的安全保护工作。
- 3、专业监理工程师安全控制预控重点为审核承建单位报审施工组织设计和施工。
- 4、作业指导书中有关安全技术措施是否正确、完整和全面。施工过程中监督安全技术措施的实施。
- 5、监督检查施工单位在施工前的安全技术交底和交底记录。
- 6、施工过程中的现场巡视、现场旁站、见证检验均应以贯彻落实安全措施为首要目标。
- 7、现场检查发现安全问题及安全隐患，责令其立即整改并消除隐患。发现违章作业，专业监理工程师和安全监理员均应及时纠正；发生严重违章，并可能导致重大安全事故时，有权发布停工指令。
- 8、督促施工中安全防火措施的落实、执行。
- 9、督促检查施工中防止高空坠落安全措施并督促执行。
- 10、安全控制的日常工作（控制施工人员不安全行为）由监理安全员为主。
- 11、起重设备未经负荷试验验收合格，不得使用，操作人员必须要有上岗合格证件，其它人员不得擅自使用。负荷试验必须按照规范及施工作业指导书的要求进行。
- 12、严格执行安全文明施工规定，每天必须把施工区域内清扫干净，做到工完、料尽、场地清。
- 13、监督安装人员采取以下防触电措施：
 - 1、穿绝缘鞋、带低压绝缘手套，使用绝缘工具；
 - 2、在建筑场地安装光伏系统时，应保护和隔离安装位置上空的架空电线；
 - 3、不应在雨、雪和大风天气作业。

七、资料管理

7.1 施工准备阶段

单位工程开工前，承包单位须递交以下技术文件、资料报审：

7.1.1 重要工程开工报审表；

7.1.2 专业施工组织设计或作业指导书及报审表；

7.1.3 主要材料报验表（包括材料质量证明书及试验报告，并注明各种规格及进货数量）；

7.1.4 如果发生分包行为，分包单位资质报审表；

7.1.5 主要施工计量器具、检测仪表检验统计表；

7.1.6 特殊工种人员统计表；

7.1.7 主要施工机械设备进场使用报验表；

7.1.8 施工质量检验项目划分表；

7.2 施工阶段

7.2.1 按电建验标要求及时填写工程施工记录、试验报告、分项及隐蔽工程的验收表；

7.2.2 发现设计疑问，尽快办理工程联系单；需要设计修改的，递交设计修改建议单，按设计修改审批程序进行；

7.2.3 在施工中，如重要的施工方案、工艺变更，要以书面形式通知监理部，并要得到认可；

7.2.4 后续进场的材料、构配件及时办理报验；

7.2.5 原材料以及按规定需做的各种试验应及时通知监理工程师见证取样；

7.2.6 土建安装交接时填写交接表；

7.3 竣工阶段

7.3.1 递交竣工报告；

7.3.2 办理分部、单位工程的验收签证；

7.3.3 办理项目签证交接手续；

7.3.4 承包单位在甲、乙双方合同要求的时间内完成竣工资料整理、签证、装订和移交工作。

7.4 信息处理：

7.4.1 及时做好文件包的登录工作，当日数据当日清；

7.4.2 设计变更和变更设计应按常州正衡电力工程监理有限公司《监理服务过程

控制程序》的有关要求处理，及时在技术文件上做好标识；设计变更在工程实物上完成后要及时进行封闭；针对工程项目实施过程中发生的问题，根据其对工程影响的不利程度或潜在危害，运用各种监理指令，指令施工单位各项工程目标回归受控状态。监理指令的内容、条件和发放权限，应严格按照《监理服务过程控制程序》的规定进行。监理工作联系单涉及需要跟踪的内容，在有关单位执行完毕后，应自我闭环；

7.4.3 记好监理日记，日记内容要完整反映当天的监理活动实况，发现的问题要进行闭环。