

An aerial photograph of a vast solar farm. In the foreground on the left, a prominent white control tower with a glass-enclosed observation deck and a tall antenna stands on a concrete base. The middle ground is filled with thousands of rows of blue solar panels stretching towards the horizon. A paved road with a few vehicles and some small white buildings is visible in the lower right. The background shows a range of low mountains under a cloudy sky.

大型光伏电站运行维护 经验分享与探讨

青海黄河水电公司海南新能源发电部 刘启



知识产权声明

本文件的知识产权属国家电力投资集团公司及其相关产权人所有，并含有其保密信息。对本文件的使用及处置应严格遵循获取本文件的合同及约定的条件和要求。未经国家电力投资集团公司事先书面同意，不得对外披露、复制。

Intellectual Property Rights Statement

This document is the property of and contains proprietary information owned by SPIC and/or its related proprietor. You agree to treat this document in strict accordance with the terms and conditions of the agreement under which it was provided to you. No disclosure or copy of this document is permitted without the prior written permission of SPIC.



一、简介

二、大型光伏电站缺陷分布情况

三、大型光伏电站班组划分及职责

四、管理经验分享

一、简介（海南新能源发电部）

海南新能源发电部隶属青海黄河上游水电开发有限责任公司（以下简称：黄河水电公司）二级单位，成立于2016年1月14日。在黄河水电公司授权范围内，按照“集中控制、远程诊断、实时维护”的管控模式要求，履行安全生产、经营管理主体责任；落实黄河水电公司对海南新能源发电部年度综合业绩各项责任目标；负责青海省海南州、黄南州区域内新能源项目前期、资产管理及所属新能源电站现场设备集中维护管理工作。

海南新能源发电部管理机构设置：HSE室、生产技术室、综合管理室、计划经营室、项目发展中心和维护中心。现承担着：龙羊峡水光互补光伏850兆瓦、共和产业园光伏550兆瓦、试验实证基地光伏100兆瓦、产业园中型光伏50兆瓦、共和晨阳、通力、中发共计115兆瓦、共和特许权光伏30兆瓦、河南托叶玛特许权光伏20兆瓦、羊曲光伏16兆瓦，共计1731兆瓦光伏电站，茶卡风电场99兆瓦、切吉西风电场99兆瓦，共计198兆瓦风电场的新能源电站现场设备集中维护管理工作，总容量1929兆瓦。

一、简介（龙羊峡水光互补光伏电站）

龙羊峡水光互补（一、二期）850MWp并网光伏电站位于青海省海南州共和县恰卜恰镇西南的塔拉滩上，距县城约18km，距西宁市距离约130km。平均海拔2920m，占地面积约为25km²。光伏电站场址日照充足，太阳辐射强烈，平均日照达8小时，多年平均日照时数为2965.1小时，电站年太阳总辐照量为6598.8MJ/m²，电站运行期25年，一期年平均上网电量4.98亿千瓦时，二期年平均上网电量8.24亿千瓦时。

水光互补项目依托龙羊峡水光互补光伏电站和龙羊峡水电站，将光伏电站视为龙羊峡水电站扩建的第5、6、7台机组，以一回长度约53km的330kV线路接入龙羊峡水电站330kV GIS室3309DL空闲备用间隔，并通过龙羊峡水电调节后，以两个电源组合的电力电量，利用龙羊峡水电站的送出通道送入电网。

一、简介（龙羊峡水光互补光伏电站）

850兆瓦光伏电站



电站位于青海省海南州共和县塔拉滩上，占地面积24平方公里，距离龙羊峡水电站50公里。设计年均发电量14.34亿千瓦时，利用小时数1687小时。

水光互补



水光互补项目以53km 330kV架空线路接入龙羊峡水电站备用进线间隔，通过水轮发电机组调节，将调节后的电力利用龙羊峡水电站的送出通道送入电网。

龙羊峡

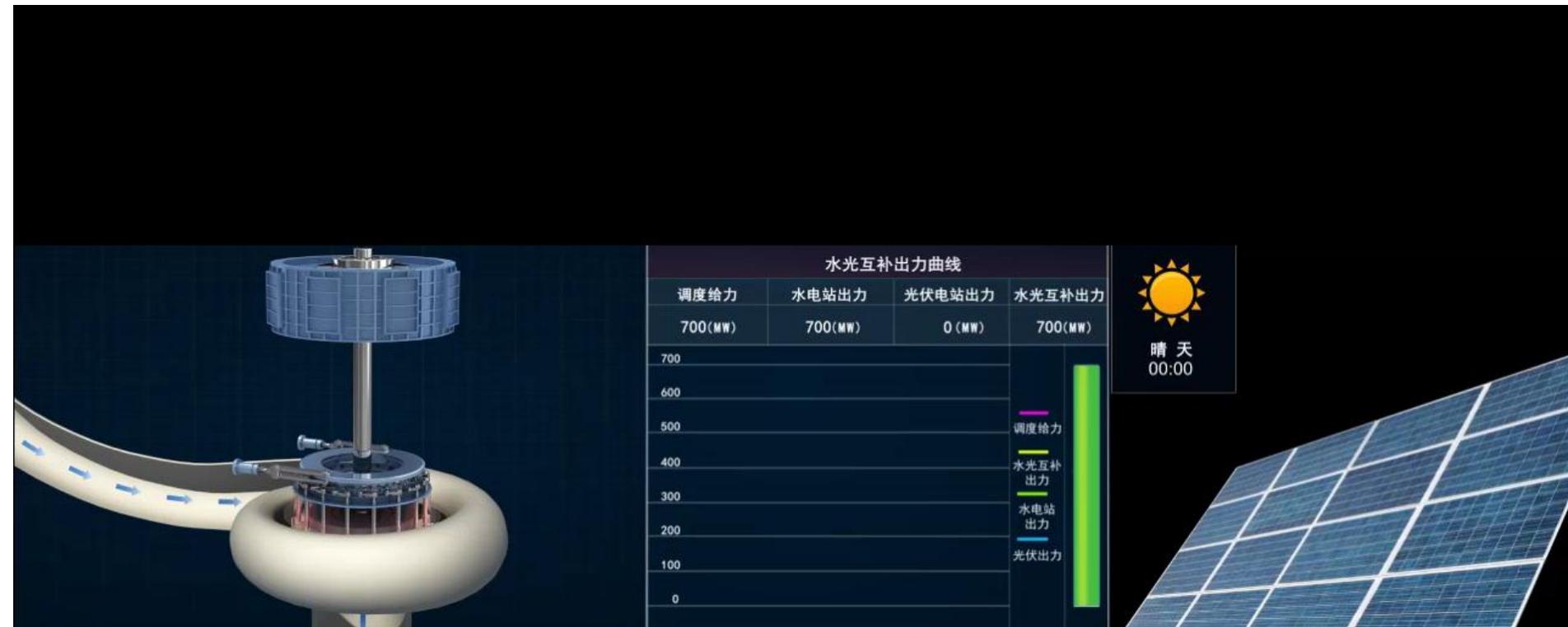
电站位于青海省共和县的黄河干流龙羊峡水电站，共12台单机容量32万千瓦的水轮发电机组，总装机容量120万千瓦。电站设计5回进线间隔（预留1回进线间隔）。

一、简介（龙羊峡水光互补光伏电站）

龙羊峡水光互补并网光伏电站可以看做是龙羊峡水电站的新机组，利用龙羊峡水电站监控系统，调节龙羊峡水电站的有功出力，同时不改变龙羊峡水电站的调峰性能，而且龙羊峡水电站的调峰能力进一步增强。

光伏发电只在白天发电，晚上出力为零；当光伏电站发电时，电网中其他电源需调整出力，让出负荷由光伏发电供电；当云层飘过时，光伏电站出力迅速下降，其他电源的出力必须迅速增加，补充光伏发电减少造成的电力缺额。为解决好光伏发电间歇性、波动性和随机性较大的问题，国家电投黄河公司主导相关科研院所，共同研发了水光互补协调运行控制系统，将人们认为不太友好的光伏发电，转换为安全稳定的优质电源，提高了光伏发电电能质量，较好地实现了水力发电和光伏发电快速补偿的功能，解决了光伏发电的安全并网问题，填补了国际大规模水光互补关键技术的空白，为我国清洁能源提供了互补的新型发展模式。黄河水电公司“水光互补关键技术”荣获青海省科技进步一等奖、集团公司科技进步一等奖，正在申报国家级科技奖项。下一步在“水光互补”的基础上进行多能互补的研究。

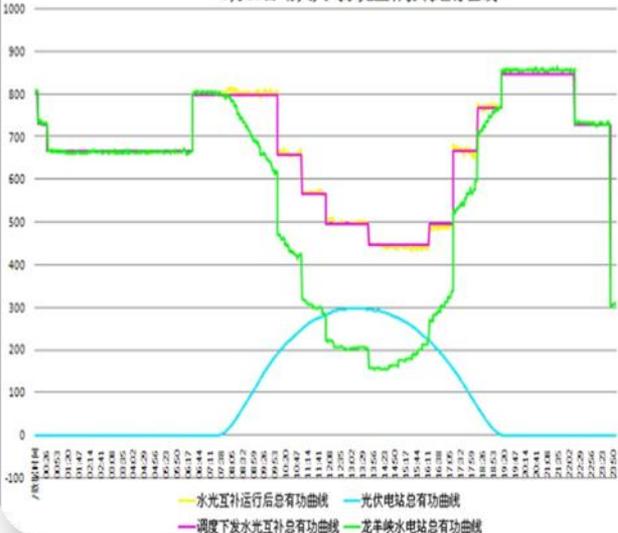
一、简介（龙羊峡水光互补光伏电站）



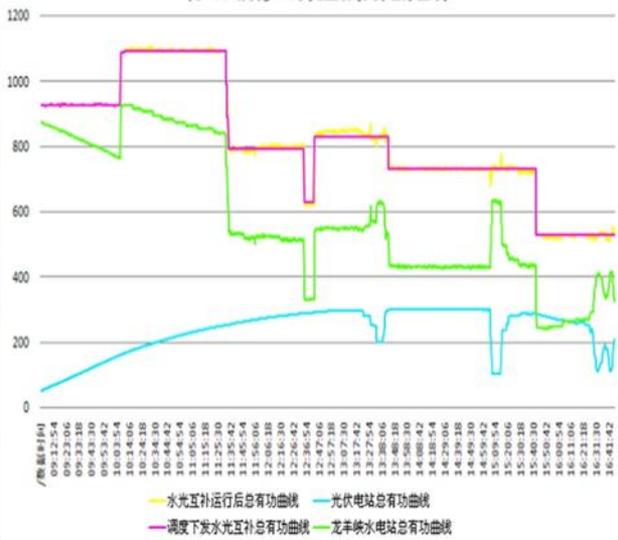
一、简介（龙羊峡水光互补光伏电站）

光伏发电受间歇性、波动性、随机性影响，必须由其他常规电源为其有功出力提供补偿调节。利用水能、光能的互补性，依托水轮发电机组的快速调节能力和水电站水库的调节能力，调整光伏电站的有功出力，进行水光互补发电，达到平滑、稳定的光伏发电曲线，有效弥补独立光伏电站的不足，提高了电力系统的安全性和稳定性，使光伏发电成为与水电相媲美的优质电能。

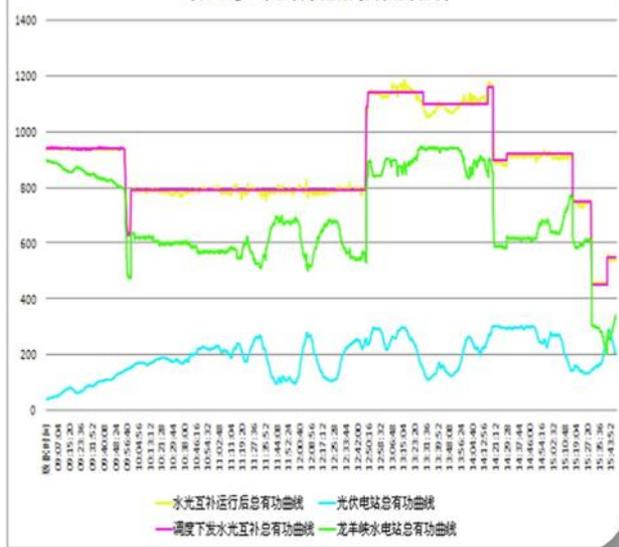
3月15日晴天天气水光互补协调运行曲线



3月8日晴转多云水光互补协调运行曲线



3月9日多云天气水光互补协调运行曲线



一、简介（国家级百兆瓦实验实证基地）

黄河共和国家级100MW_p实验实证基地位于青海省海南州共和县光伏发电园区内，试验基地装机容量共计 100MW_p，共分为5个试验区，其中综合试验区、运行方式对比区、设计对比区、组件试验区、逆变器试验区、设计对比试验区



一、简介（国家级百兆瓦实证试验基地）

1. 实证基地内安装组件（53种）、支架（24种）、逆变器（29种）、综合（17种）、设计（30种）对比实验区，实时采集运行数据，对不同类型的电池组件、逆变器及相关设备、多种设计方案对比研究。
2. 建立组件、逆变器性能测试平台，进行组件和逆变器室内标准环境下的性能测试，户外实际环境气象条件下和并网环境下各种性能测试，特殊需求测试。
3. 并网发电特性研究测试平台（青海电力公司）。
4. 2018年将进行储能光伏研究。

一、简介（国家级百兆瓦实证试验基地）

斜单轴自动跟踪式



斜单轴支架：根据天文算法结合当地的经纬度得出太阳的方位角，然后反馈到跟踪平面上，结合GPS时间，计算出太阳和组件的最佳角度，通过集成控制器控制传动电机进行角度调整，从而达到光伏组件与太阳辐射的最佳角度，斜单轴采用中信博AT.C.H.24.NL型号控制箱以及传动机构采用型号为HB-DJ818进行驱动支架调整，从而达到光伏组件与太阳辐射的最佳角度，支架跟踪范围为 $\pm 45^\circ$ ，跟踪精度为 2° 。

一、简介（国家级百兆瓦实证试验基地）

平单轴自动跟踪式



平单轴支架：斜单轴跟踪系统根据天文算法结合当地的经纬度得出太阳的方位角，然后反馈到跟踪平面上，结合**GPS**时间，计算出太阳和组件的最佳角度，通过集成控制器控制传动电机进行角度调整，从而达到光伏组件与太阳辐射的最佳角度。

一、简介（国家级百兆瓦实证试验基地）

双轴自动跟踪式



双轴支架：双轴跟踪系统根据天文算法结合当地经纬度得出太阳的方位角，然后反馈的跟踪平面，结合GPS时间计算出组件的最佳倾角；通过PLC控制传动电机进行角度调整，从而达到光伏组件与太阳照射的最佳角度。双轴采用睿基solartrackerRev1.2追日控制系统，具备夜间自返、抵御自然灾害、故障自检等功能；驱动系统采用型号为SE-9减速机系统，具备自锁功能；在俯仰转动方向上采用“四连杆”结构，整个网架五点支撑，网架抖动幅度小，俯仰转动 $15^{\circ} \sim +90^{\circ}$ ，水平转动范围 ± 120 度。

一、简介（国家级百兆瓦实证试验基地）

双轴自动跟踪式



鳞片式双轴：鳞片式双轴跟踪系统基于天文计算法原理工作，通过六轴陀螺系统测量电池板实际姿态构成闭环控制系统，具有反阴影跟踪和集中管理的控制功能。跟踪系统在东西联动平单轴系统的基础上对电池板的南北倾角进行自动调整，构成了平面型的双轴跟踪系统。该系统具有双轴系统的发电量提升率，但与传统双轴系统相比具有抗风能力强和易于清洁维护的。

一、简介（国家级百兆瓦实证试验基地）



四季可调支架：固定可调支架随着季节的变化太阳高度角发生变化，调整支架俯仰角，使太阳光线尽量垂直照射太阳能阵列，调节度数为 6° 、 30° 、 41° 、 58° ；

一、简介（国家级百兆瓦实证试验基地）

倾角季度调节式



根据季节性制定可调支架调节时间及角度：

两季可调支架：2月1日至7月调整为 25° ；8月至次年1月调整为 53°

每年2月10日前、8月10日前进行调整。

四季可调支架：2月至4月调整为 41° ；5月至7月调整为 6° ；8月至10月调整为 32° ；

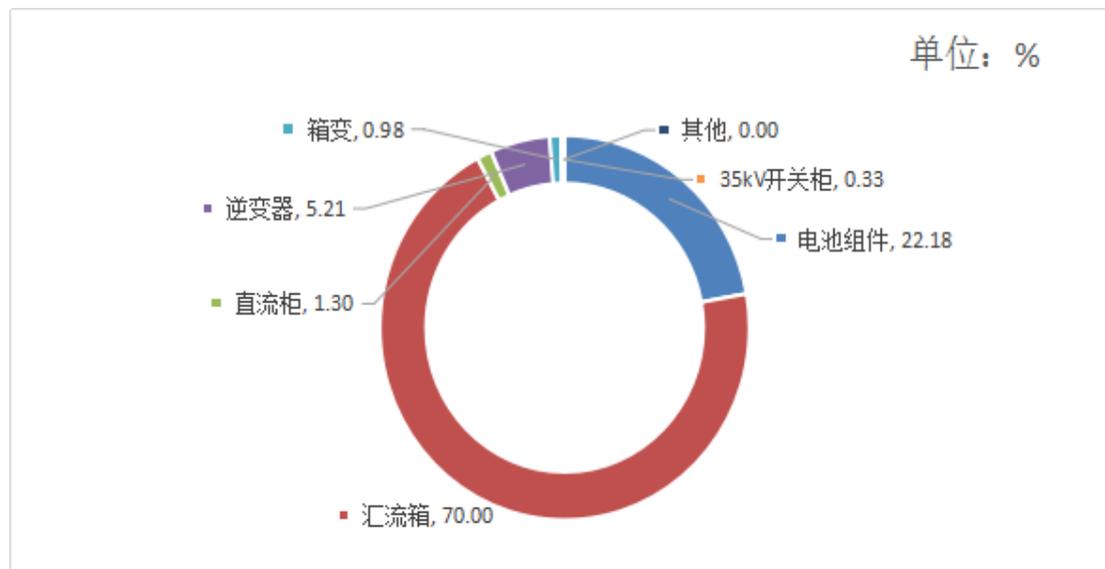
11月至次年1月调整为 58°

每年2月10日前、5月10日前、8月10日前、11月10日前进行调整。

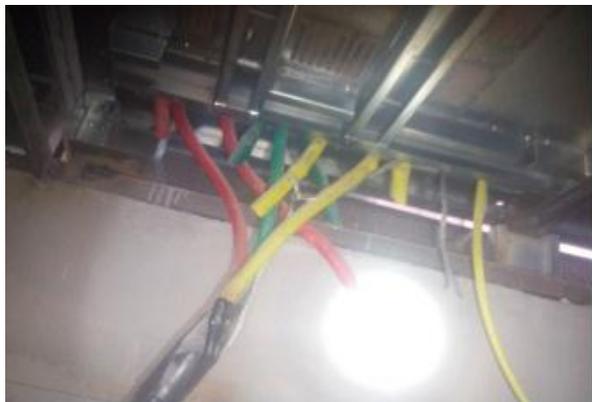
二、大型光伏电站缺陷分布情况

通过光伏电站缺陷分布情况

光伏电站子阵内汇流箱、电池组件、逆变器是光伏电站的核心设备。汇流箱、电池组件的投入率直接影响到电站的各项生产指标。电站每日发现的缺陷主要在消除汇流箱、电池组件上，以龙羊峡水光互补850MW光伏电站为例2016年缺陷统计，全年汇流箱、电池组件缺陷占全站设备缺陷的90以上%。主要为汇流箱内保险、保险盒损坏、接线端子松动、组件MC4插头烧损、电池组件掉落等等。



二、大型光伏电站缺陷分布情况



电缆偷盗



直流极性接反短路

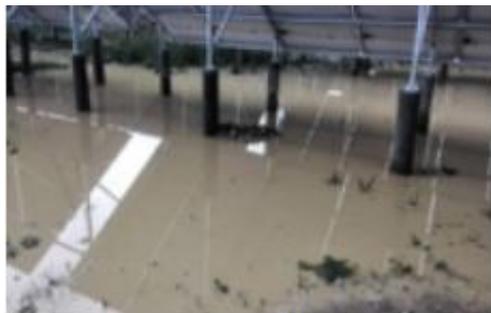


汇流箱作业触电、电弧



二、大型光伏电站缺陷分布情况

光伏电站现场自然因素风险主要包括大风、雷击、结冰、大雪和冰雹、沙尘、洪水和动物啃咬破坏等众多方面。因光伏电站选址一般为荒山荒地、荒漠等偏僻无人的区域，故受以上自然因素影响造成的安全事故不易避免。



洪水



大风吹落组件



大风跟踪系统损坏



沙丘掩埋组件



电站杂草引发火灾



动物啃咬电缆

二、大型光伏电站缺陷分布情况

应对现场自然安全因素采取的措施：

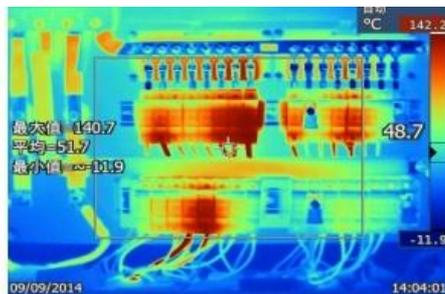
- 1、加强应对极端天气工作，及时了解电站的气象数据，重点关注大风天气对光伏电站发电设备的损坏。各站做好防局地暴雨的应对措施，完善应急处置方案，做好突发事件应急管理。
- 2、做好光伏电站草原火灾预防工作。一是每年秋冬季节对子阵杂草进行收割清理；二是子阵内增加防火隔离带；三是及时检查补充逆变器、箱变、汇集站等重点防火设备消防设施；四是对全站区域内施工作业人员加强管理，禁止带入火种、流动吸烟，禁止生明火。
- 3、加强发电设备管理，预防电气设备着火，引发的火灾。实时和定期维护设备管理工作，进一步细化完善维护项目、内容、周期，有针对性、预防性开展设备维护工作。
- 4、优化光伏电站设计方案，设备选型，合理选择组件固定方式。
- 5、沙丘治理，因地制宜、采取措施防风固沙。
- 6、直流电缆选择铠装电缆，防止动物啃噬。

二、大型光伏电站缺陷分布情况

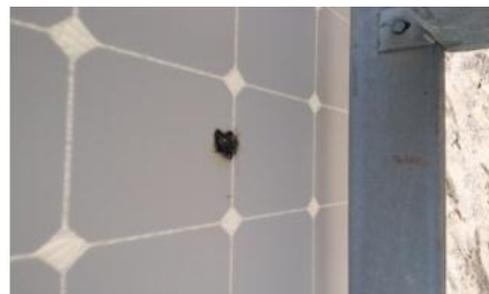
技术风险造成光伏电站安全隐患主要包括：电站设计缺陷，设备故障，电站系统衰减、设备老化、维护及修理技术失误等方面。技术方案和设备故障是造成电站安全风险极其重要的原因。



阴影遮挡



汇流箱发热



电池组件热斑



组件汇流带开焊



汇流箱通讯烧损



逆变器滤波电容故障

二、大型光伏电站缺陷分布情况

技术安全应对措施

- 1、合理有效的利用技术手段和方法，提高查找设备缺陷的能力和实效，及时消除设备的缺陷。充分运用设备监控系统和生产运行管理系统功能，从发电单元基础源头做起，做到及时发现并处理缺陷。
- 2、认真分析、研究、查找并解决影响设备安全运行的因素，积极主动采取措施，努力提高发电设备可靠性。加强设备故障统计分析，从个性和共性问题入手，找出设备存在问题的规律，针对汇流箱保险熔断、汇流箱通讯中断、斜单轴支架不跟踪、集中式逆变器防尘、通风等问题，查找根本原因，吸取各厂家的合格元件、布置方式等方面好的设计思路，提出改造方案。为今后的备品采购、新投电站建设提供设计依据。

二、大型光伏电站缺陷分布情况

安装风险由安装造成的光伏电站风险主要是指在光伏电站建设施工阶段，非规范化的施工造成各种电站安全隐患。如电池组件安装过程中不按照规范进行装卸、搬运、安装，敷设接线等造成电池组件隐裂、碎片及电缆接头接地、发热、MC4插头虚接等。



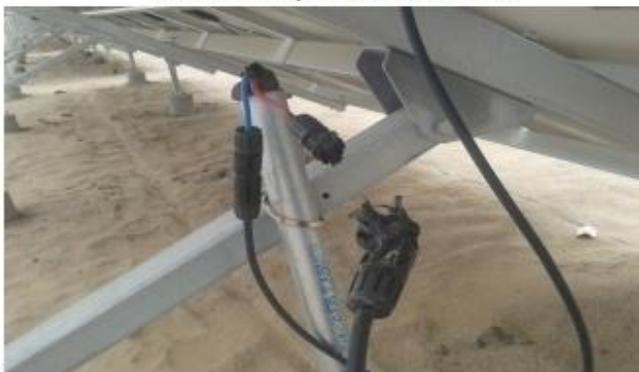
..... 直流进线接线不规范



..... 电池组件螺栓缺失



..... 直流电缆接地

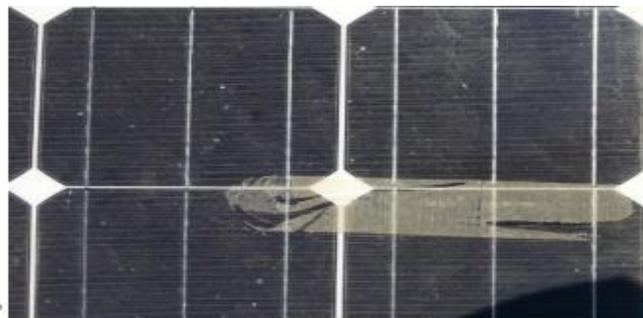


..... MC4 插头烧损

二、大型光伏电站缺陷分布情况



..... 高压电缆头击穿



..... 电池组件表面异物



..... 安装组件随地堆放



..... 用装载机搬运组件



..... 踩踏组件



..... 单人搬运组件

二、大型光伏电站缺陷分布情况

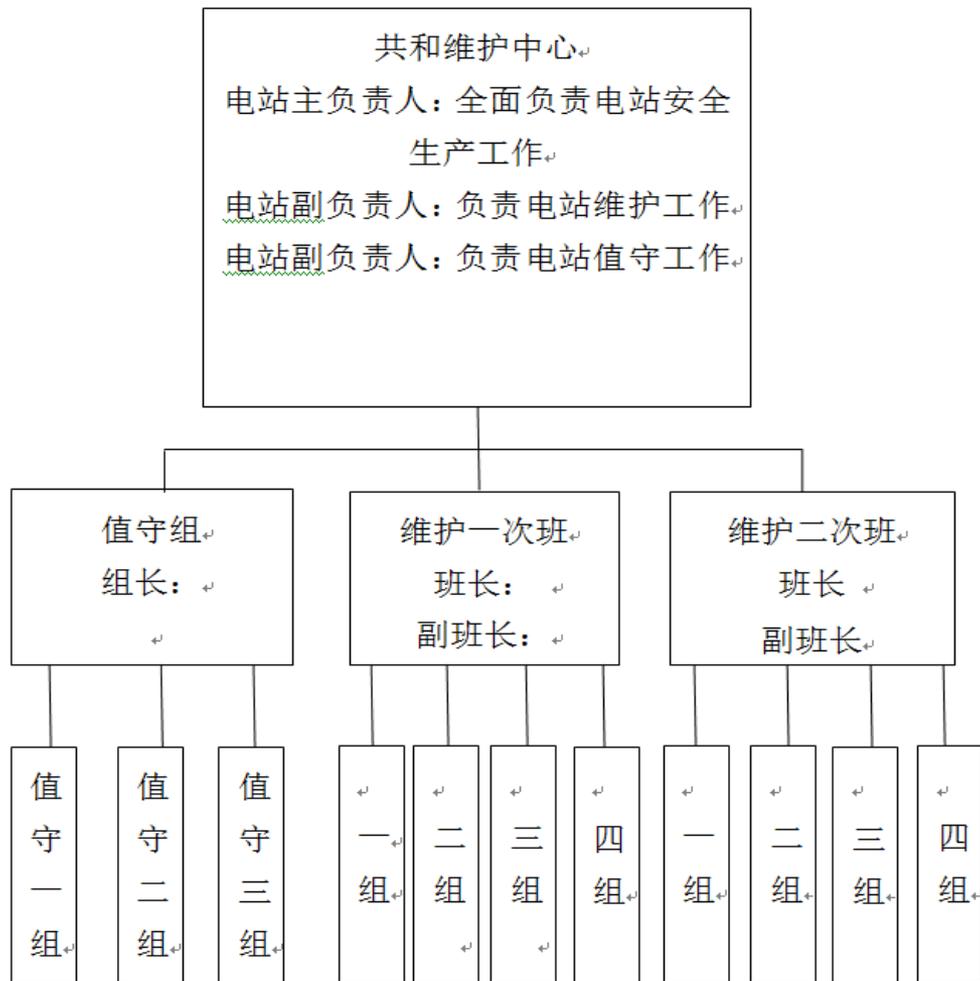
安装风险应对措施

- 1、光伏电站施工建设阶段，涉及的作业面较广，施工人员较多，故在施工建设阶段必须严格控制施工质量，规范化施工，并建立完善的工程监管制度和管理体系，以便减少及规避由于人为因素造成的光伏电站的安全隐患。
- 2、严格控制建设施工质量，规范化及精细化施工。保证光伏电站各环节的严格正确且规范化施工是光伏电站安全运行的关键保障。

三、大型光伏电站班组划分及职责

为了适应大型光伏电站运行维护工作需要，发电部通过几年的运维经验，设置值守组、维护一次班、维护二次班。

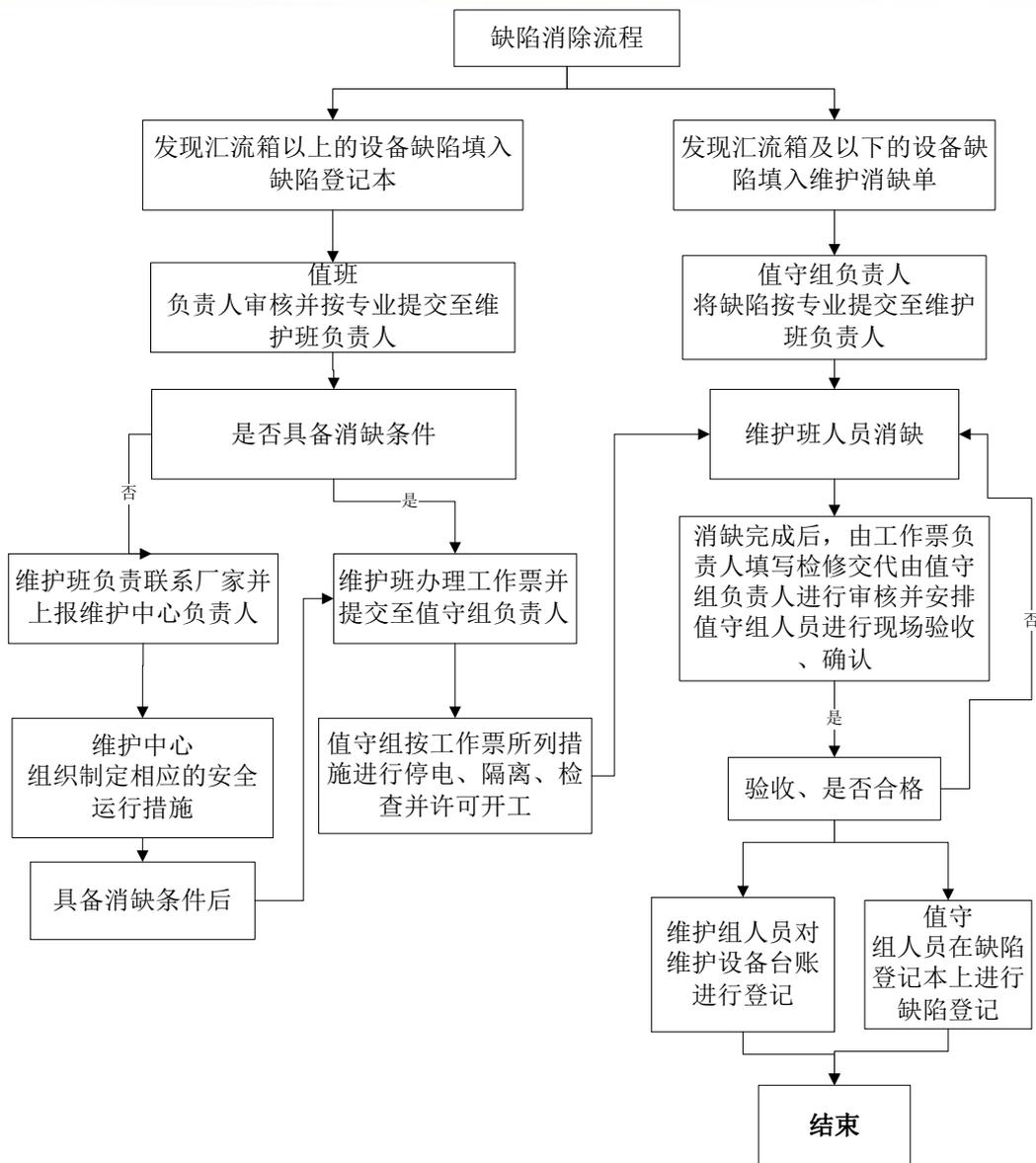
“少人值班、无人值守”的理念，正在建设远程集中控制中心，后期将以“集中维护、远程诊断、实时维护”为主要运维方式。



三、大型光伏电站班组划分及职责

缺陷消除流程

是为了划分、明确值守和维护在缺陷处理工作中的分工职责。



四、管理部分经验分享

巡回检查

统一巡回检查记录，把安健环理念融入巡回检查当中。

➤巡回检查表中将巡回人员巡回时存在的安全风险，进行分析并列举具体位置、地点以及防范措施等，避免人员意外伤害。

➤巡回检查的要求规定。

➤设备的巡回检查内容和巡回检查重要点等。

➤设备的巡回检查周期。

➤巡回检查时所需准备的工器具。

➤巡回检查的路线。

➤带有压力指示的表计的正常范围值对照表。

➤压板连片对照表。

1、龙羊峡水光互补光伏电站巡回检查记录表\4、35kV高压开关室、保护室、接地变各设备巡回检查记录簿

四、管理部分经验分享

巡回检查

大型光伏电站子阵设备基数庞大，巡回分巡查、巡视，巡视主要以设备直观表现状况等为主，时间周期较短；巡查主要以设备运行工况、性能为主，周期较长。

例：

- 1、龙羊峡水光互补光伏电站巡回检查记录表\11、子阵电池组件、支架、跟踪系统、汇流箱、组串式逆变器、辐照仪设备巡查记录簿
- 2、龙羊峡水光互补光伏电站巡回检查记录表\12、子阵电池组件、支架、跟踪系统、汇流箱、组串式逆变器、辐照仪设备巡视记录簿

四、管理部分经验分享

巡回检查表目录

水光互补光伏电站巡回记录簿	
序号	目录
1	330kV GIS室及线路出线间隔设备巡回检查记录簿
2	330kV继电保护室、蓄电池室设备巡回检查记录簿
3	330kV主变压器巡回检查记录簿
4	35kV高压开关室、保护室、接地变各设备巡回检查记录簿
5	35kV SVG本体及保护室设备巡回检查记录簿
6	35kV集电线路、10kV厂用电架空线路巡回检查记录簿
7	35kV汇集站及集电线路下户杆塔设备巡回检查记录簿
8	厂用电35kV、10kV、400V设备巡回检查记录簿
9	中控室、计算机室、通讯室设备巡回检查记录簿
10	子阵逆变器室、箱变设备巡回检查记录簿
11	子阵电池组件、支架、跟踪系统、汇流箱、组串式逆变器、数据采集柜设备巡查记录簿
12	子阵电池组件、支架、跟踪系统、汇流箱、组串式逆变器、辐照仪设备巡视记录簿
13	水泵房巡回检查记录簿
14	展厅巡回检查记录簿

四、管理部分经验分享

巡回检查表目录

试验基地光伏电站巡回记录簿	
序号	目录
1	35kV集电线路、10kV厂用电架空线路巡回检查记录簿
2	35kV汇集站及集电线路下户杆塔设备巡回检查记录簿
3	子阵逆变器室、箱变设备巡回检查记录簿
4	子阵电池组件、支架、跟踪系统、汇流箱、组串式逆变器、数据采集柜设备巡查记录簿
5	子阵电池组件、支架、、跟踪系统、汇流箱、组串式逆变器、辐照仪设备巡视记录簿

四、管理部分经验分享

巡回检查

为了提高巡回检查指标和效果，制定了设备状态提示卡。

2、设备状态灯指示.xlsx



四、管理部分经验分享

设备典型工作处理

光伏电站典型维护工作例如有：逆变器模块更换、汇流箱直流断路器更换、汇流箱正负极保险更换、电池组件更换、高压电缆头制作、二次测控、保护装置插件更换等等诸多工作。为了防止发生人身、设备事故，以及规范、指导员工作业，养成良好习惯，不违章作业、不违章指挥等等，避免安全措施做不齐全，工器具、材料准备不充分，作业步骤错误等。编写了典型工作作业指导书：

[3、典型工作指导手册（交流会专用）\直流汇流箱典型工作指导手册.pdf](#)

维护人员现场工作时通过指导卡步骤，逐项对照完成。

四、管理部分经验分享

设备典型工作指导卡

直流汇流箱——更换汇流箱内直流断路器（一）

一、工作准备阶段			
办理工作表	工作所需工具准备	工作所需材料准备	工作所需安全用具
班组长指派的工作负责人按照下达的工作任务，工作负责人办理电气一种工作票	(1)数字万用表 (2)钳形电流表 (3)内六角扳手 (4)开口活动扳手 (5)十字螺丝刀 (6)保险钳 (7)电动压线钳（视故障情况选备） (8)电工刀 (9)一字螺丝刀 (10)老虎钳 (11)尖嘴钳 (12)斜口钳 (13)皮老虎 (14)毛刷 (15)测漏枪	必备材料 (1)直流断路器 (2)砂纸 (3)红色、黑色绝缘PVC胶带 选备材料 (1)铜线鼻子 (2)15A保险 (3)保险盒	(1)安全帽 (2)1000V绝缘手套 (3)护目镜

二、工作要求			
开展本工作设备所需状态	更换断路器工艺标准	工作中的安全风险及注意事项	
直流汇流箱内断路器处于冷备用状态。即该汇流箱对应的直流配电箱内的断路器处于断开状态，本汇流箱内各支路正负极保险取下。	(1)安装的断路器在汇流箱内必须横平竖直； (2)安装的断路器必须各部位螺栓紧固不得松动摇晃； (3)正负极导线必须横平且平行且之间距离不得小于3cm； (4)正负极导线除螺栓连接处外其余部分必须绝缘处理。	风 险 触 电 电 器 灼 伤 碰 撞 伤 害 紫 外 线 灼 伤 植 物 刺 伤 蚊 虫 咬 伤	序号 防 范 措 施 (1) 戴1000V绝缘手套 (2) 工作时戴防护工作手套 (3) 正确佩戴安全帽 (4) 穿长袖工作服，涂抹防晒霜 (5) 穿长袖工作服、工作鞋，并不将衣袖、裤腿卷起 (6)

三、安全措施布置或核对			
布置安全措施步骤	序号	各步骤注意事项	
断开直流汇流箱内断路器。 断开该直流汇流箱对应的逆变器至直流配电箱内断路器。 测量该直流汇流箱对应的逆变器至直流配电箱内断路器下侧（电源进线）无电压。 取下该直流汇流箱内各支路正负极保险（或打开正负极保险盒）。 取下该直流汇流箱内各支路负保险（或打开负极保险盒）。 断开该直流汇流箱各支路对应电池组串正负极MC4插头。 测量该直流汇流箱内断路器上侧（出线侧）确无电压。 测量该直流汇流箱内断路器下侧（电源进线侧）确无电压。 测量该直流汇流箱内各支路保险下侧（电源进线侧）确无电压。	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)	戴1000V绝缘手套 戴1000V绝缘手套 使用万用表直流1000V档 戴护目镜，使用保险钳 戴护目镜，使用保险钳 戴1000V绝缘手套、戴护目镜 使用万用表直流1000V档 使用万用表直流1000V档 使用万用表直流1000V档	

四、工作流程			
更换直流汇流箱内断路器步骤	序号	更换断路器各步骤注意事项及要求	
使用工具将该断路器上下两侧电缆、母排断开接引。 使用工具将该断路器固定在汇流箱体上的螺栓拧下。 使用砂纸将汇流箱正负母排与断路器连接处的接触面位置进行氧化层打磨。 检查电源出线侧正负极电缆线鼻子是否完好。 若发现线鼻子有损伤，使用工具将该线鼻子剪除。 使用工具剥除电缆绝缘层。 将线缆除线鼻子连接处外周围绝缘胶带进行绝缘处理。 将断路器固定在汇流箱原断路器位置。 将汇流箱母排正负极母排连接到断路器进线侧。 将汇流箱电源出线侧线连接至断路器电源出线侧。 断路器更换完毕。	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10) (11)	将拧下的螺栓、垫片、弹垫归集在一起避免丢失。 将拧下的螺栓、弹垫归集在一起避免丢失。 将接触面均匀打磨。 检查是否有裂纹、烧损、松动、断裂等现象。 剪口要平整，线芯无损伤。 绝缘层剥除长度不得超过线鼻子内径0.5cm，且不得损伤芯芯。 选用合适的压接模具根据线鼻子长度压2或3道。 正放使用红色胶带，负放使用黑色胶带，缠绕2至3层。 注意断路器位置方向与原断路器一致，固定牢固，不得松动摇晃。 注意正负极位置并连接牢固。 注意连接时正负极位置与母排正负极位置对应，不得交叉连接。 进行全面检查。	

承接背面内容

直流汇流箱——更换汇流箱内直流断路器（二）

五、全面检查			
全面检查内容	序号	各步骤注意事项	
合上新更换的断路器，使用万用表测量断路器上、下侧正负极之间是否有短路。 测量断路器上、下侧正极对正极、负极对负极之间是否短路。 检查各电池组串支路进线正负极之间是否短路。 检查各电池组串支路进线正负极是否短路。 按下断路器脱扣按钮，检查断路器脱扣是否正常。 脱扣后检查断路器能否顺利复归至断开状态。 检查汇流箱内各部件螺栓、插件是否紧固。 检查各正负极保险是否完好。 检查各正负极保险盒是否完好。 将汇流箱内容进行清洁除尘。	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)	分合断路器时无阻塞，分合正常。 使用万用表测通断档，正常为不导通。（有短路使用汇流箱故障排查指导卡排除故障） 使用万用表测通断档，正常为导通。 使用万用表测通断档在正负极之间测量，正常为不导通。 使用万用表测通断档对正负极分别对地测量，正常为不导通。 按钮无阻塞，脱扣灵敏。 复归时无阻塞，按钮复归原状态。 使用工具将各部件螺栓进行紧固，重点紧固支路进线。 使用万用表通断档检查所有保险，对损坏的进行更换。 对有发黄和明显烧灼痕迹的保险盒进行更换。 使用皮老虎、毛刷对各部件进行清洁除尘。	

六、恢复安全措施及送电检查			
恢复安全措施步骤	序号	注意事项及要求	
插上汇流箱内各支路对应电池组串总MC4插头。 支路保险室内插入保险或合上保险盒。 测量汇流箱内正负极电压是否正常。 合上汇流箱内总出线断路器。 合上该汇流箱对应逆变器至直流配电箱内断路器。 使用钳形电流表测量汇流箱内各支路电流是否正常。 使用钳形电流表测量汇流箱总出线电流是否正常。 使用测温枪测量汇流箱内各连接点温度是否正常。 监控系统查看该汇流箱各电气量数据均正常。 检查恢复完毕。	(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9)	戴1000V绝缘手套、护目镜，注意将MC4插头插到位置，两侧卡扣扣入卡。 使用保险钳、戴1000V绝缘手套和护目镜。 使用万用表直流1000V档位测量为开路电压，约700V左右。 戴1000V绝缘手套、护目镜。 戴1000V绝缘手套、护目镜。 使用钳形电流表直流20A档位测量。各支路电流偏差应小于2%。 使用钳形电流表测量汇流箱总出线电流是否正常。 使用钳形电流表测量汇流箱总出线电流是否正常。 等汇流箱运行5分钟后，测量各连接点温度是否有异常升高。 在监控系统看总电压、功率、电流及各支路电流、功率均正常且平衡。 工作结束，对新更换设备在大负荷下进行巡回观察。	

七、工作结束				
完结工作票	更新设备台账	清点、归还工具	材料归集	清点、归还安全用具
工作负责人完毕工作票终结，并填写检修交代。告知值守人员设备目前状况，注意事项、本次工作发现的问题及实验项目、实验数据等。	由工作负责人更新、完善该设备台账，填写台账内要求的内容。	清点个人工具。 清点、清洗并归还借用的公用工具。	归还入库未使用完毕的材料。 归还入库被更换的设备、部件。	清点、清洗并归还借用的公用安全用具。

海南新能源发电部

任何风险都可以控制
任何违章都可以预防
任何事故都可以避免

其他

本指导卡未经安全生产室同意不得外传及转载！
本指导卡编写人：马成邦
本指导卡审核人：杨磊
如有错误或与现场不相符时，依现场实际为准。
联系电话：13709744772

四、管理部分经验分享

设备典型工作指导手册目录

序号	类别	名称
1		逆变器低功率排查指导手册
2		电池组件清洗指导手册
3		光伏电站杂草处理指导手册
4	电池组件典型工作指导手册	更换电池组件MC4插头工作指导手册
5		更换电池组件工作指导手册
6		更换电池组件接线盒工作指导手册
7	跟踪系统典型工作指导手册	跟踪系统更换电机、减速装置工作指导手册
8		跟踪系统更换回转轴承工作指导手册
9	交流汇流箱典型工作指导手册	交流汇流箱更换断路器工作指导手册
10		交流汇流箱更换工作指导手册
11	直流汇流箱典型工作指导手册	直流汇流箱更换采集板、电源板工作指导手册
12		直流汇流箱更换断路器工作指导手册
13		更换直流汇流箱工作指导手册
14		直流汇流箱更换支路保险工作指导手册
15	直流配电柜典型工作指导手册	直流配电柜更换母排工作指导手册
16		直流配电柜更换直流断路器工作指导手册
17	数据采集柜典型工作指导手册	集中式子阵数据采集柜更换交换机
18		更换组串式逆变器数据采集柜交换机工作指导手册
19		更换组串式逆变器数据采集柜通讯管理机工作指导手册
20	组串式逆变器典型工作指导手册	更换组串式逆变器工作指导手册
21		更换组串式逆变器进线MC4插头工作指导手册
22		使用蓝牙模块查看调取组串式逆变器数据、信息等工作指导手册



四、管理部分经验分享

设备典型工作指导手册目录

4、目录\海南新能源发电部光伏电站典型作业指导手册（汇编）.docx

4、目录\海南新能源发电部通用管理指导手册（汇编）.docx

四、管理部分经验分享

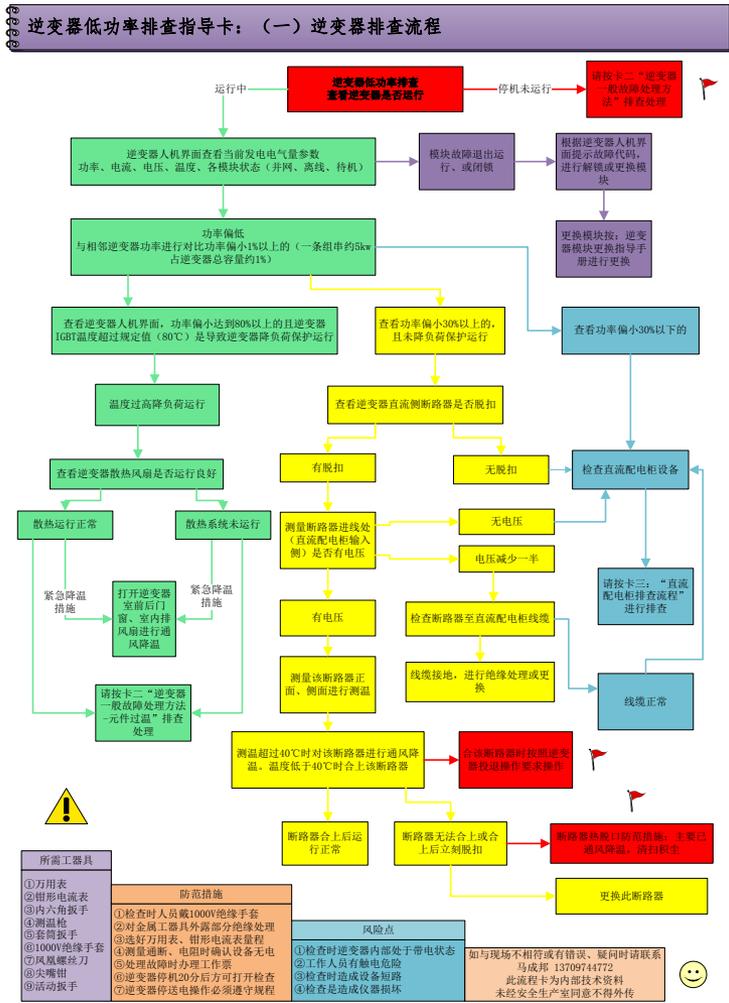
光伏电站子阵设备故障排查

为了指导维护人员对光伏发电设备故障排查，减少功率损失，及时排除故障，制定了逆变器低功率排查指导手册。其中包括逆变器本体排查、直流配电柜故障排查、汇流箱故障排查、电池组串及跟踪系统故障排查。

[5、逆变器低功率排查工作指导手册.pdf](#)

三、管理部分经验分享

光伏电站子阵设备故障排查举例：只列举逆变器排查指导卡



逆变器低功率排查指导卡：（二）逆变器一般故障排查表

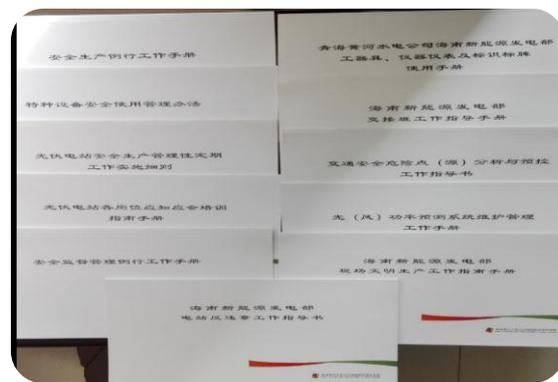
故障类型	故障分类	故障原因分析	故障排除方式
电气量故障	直流侧过、欠电压	①大气过电压。 ②内部电容、电抗元件故障。 ③直流输入功率低。 ④直流侧断路器脱扣。	①检查各元器件是否击穿损坏。 ②检查更换损坏的电容、电抗元件。 ③检查直流输入侧发电单元设备。 ④检查脱扣原因，维修、恢复、更换直流侧断路器。
	交流侧过、欠电压	①电网电压异常。 ②大气过电压。	①检查电网电压。 ②检查各元器件是否击穿损坏。
	直流侧过电流	①直流侧短路。 ②直流输入过负荷。	①隔离故障点设备、查明故障原因，恢复故障设备。 ②降负荷运行。
	交流侧过电流	交流侧短路。	隔离故障点设备、查明故障原因，恢复故障设备。
	过、欠频率	电网频率异常。	监视电网频率。
	交流侧电流不平衡	交流侧缺相	检查交流侧电缆、开关。
	保护误动	①保护传感元件损坏。 ②保护控制元件损坏。 ③二次接线松动。	①更换损坏的元件。 ②紧固各二次接线。
内部元件故障	元件过温	①冷却系统故障。 ②风道堵塞。 ③环境温度过高。 ④元件接触不良。 ⑤元器件积灰严重散热不良。	①检查冷却系统及电源。 ②疏通风道。 ③通风降温。 ④对部件测温及紧固连接件。 ⑤对设备进行清扫除尘，对逆变器室进行防风沙措施。
	元件本体故障	元件损坏	更换元件
接地故障	内部故障	元件绝缘降低、受损。	①检查更换受损元件。 ②检查更换避雷器。 ③对设备干燥。
	外部故障	绝缘降低、受损。	隔离故障点设备，查明故障原因，恢复故障设备。

四、管理部分经验分享

编制各类工作指导手册

序号	工作手册目录
1	海南新能源发电部2017年度防汛工作手册
2	海南新能源发电部工器具使用手册
3	交接班工作指导手册
4	现场文明生产工作指南手册
5	新能源发电电站反馈性违章工作指导手册
6	消防工作手册
7	涉网设备（系统）生产技术管理工作手册
8	微型消防站日常检查巡查记录表
9	微型消防站消防宣传培训（灭火逃生演练）记录表
10	微型消防站接处警记录表
11	安全教育培训手册
12	风力发电站各岗位应知应会培训指南手册
13	光伏电站各岗位应知应会培训指南手册
14	海南新能源发电部安全监督管理例行工作手册
15	海南新能源发电部安全生产例行工作手册
16	海南新能源发电部标识标号设置标准工作指南
17	海南新能源发电部春季、秋（冬）季安全大检查工作手册
18	海南新能源发电部风电场安全生产管理性定期工作手册
19	海南新能源发电部风电场安全生产指标体系指导手册

20	海南新能源发电部光伏电站安全生产管理性定期工作手册
21	海南新能源发电部光伏电站安全生产指标体系指导手册
22	交通安全危险点（源）分析与预控工作指导手册
23	特种设备安全使用管理办法
24	新能源电站光（风）功率预测系统维护管理工作手册
25	新投(扩建)电站生产准备工作标准手册
26	新投电站设备（设施）验收(接收)工作标准手册
27	HSE管理工具使用指导手册
28	标准运行方式工作指导手册
29	电站检修作业现场危险点（源）分析与预控工作指导手册
30	电站试验作业现场危险点（源）分析与预控工作指导手册
31	电站维护作业现场危险点（源）分析与预控工作指导手册
32	电站运行操作作业现场危险点（源）分析与预控工作指导手册
33	应急处置方案工作手册
34	电站技术监督工作手册
35	电站运行事故预想（案）处置工作指导手册
36	电站运行设备定期轮换工作指导手册
37	设备（设施）定期隐患排查工作指导手册
38	电站设备操作提示卡工作手册
39	例行工作手册



四、管理部分经验分享

举例编制各类工作指导手册

例如定期维护与技术监督工作

[6、龙羊峡水光互补光伏电站定期维护和试验工作手册.pdf](#)

将光伏电站所有定期维护的工作列入其中，明确维护内容、项目、周期、以及执行最佳时间等，并将光伏电站技术监督工作内容等进行明确，知道电站开展定期维护工作。

例如运行事故预想（案）处置

[7、龙羊峡水光互补电站运行事故预想（案）处置工作指导手册.pdf](#)

主要为指导、学习工作人员应对突发事件的能力，以及对事故的判断方法和处理办法，提高员工应急处理能力。

例如岗位应知应会

[8、光伏电站各岗位应知应会培训指南手册.pdf](#)

主要指导电站员工各层级人员应知应会内容，按照编制的手册制定培训计划，进行针对性的培训。

四、管理部分经验分享

举例编制各类工作指导手册

例如发电指标分析

[9、光伏发电指标分析导则.pdf](#)

主要指导员工对电站各类指标的分析方法、方式、技巧以及数据收集的要求，提高数据分析能力，找出设备差异和最佳运行方式，提高电站效率。

例如海南新能源发电部预防人身伤害控制手册

[10、海南新能源发电部预防人身伤害控制手册.pdf](#)

主要引导员工如何做好防人身伤害，掌握全厂所有工作对员工有何伤害以及如何防范，确保安全稳定运行。

四、管理部分经验分享

举例编制各类工作指导手册

例如电池组件清洗工作

11、[电池组件清洗工作指导手册.pdf](#)

指导电站就如何开展电池组件清洗工作及清洗工作所需的一整套工程资料都详细列举。规范工程项目工作。



四、管理部分经验分享

规范各类安全记录台账

结合现场实际合理编制，具有实用性和可操作性的记录台账。

[12、班前、班后会记录本.pdf](#)

序号	目录
1	安全活动记录本
2	技术问答本
3	培训记录本
4	收发文登记本
5	重大事项领导到场记录本
6	考问讲解记录本
7	工器具检查记录本
8	工器具借用登记本
9	钥匙借用登记本
10	地线使用管理登记本
11	接地线去向卡
12	调度命令记录本
13	继电保护装置投退记录本
14	继电保护定值修改记录本
15	交接班记录本
16	值守日志
17	五防紧急解锁钥匙使用记录本
18	应急预案（处置方案）演练记录本
19	事故预想记录本
20	设备缺陷登记本
21	维护日志本
22	避雷器动作次数记录本
23	绝缘测试记录本
24	检修交待记录本
25	电气一种工作票登记本
26	电气二种工作票登记本
27	动火工作票登记本
28	运行操作票登记本
29	设备运行分析记录本
30	继电保护及自动装置动作情况登记本
31	变压器分接头调整记录本
32	设备定期切换记录本
33	班前、班后会记录本

四、管理部分经验分享

规范班组理性工作

13、共和项目部班值工作表（2015年2.00版）完整版.xls

15、矩阵式巡回检查表.docx

四、管理部分经验分享

规程编写按照一设备一规程的原则进行编写，便于设备的运行维护检修，将本站所有设备均包含在内。

14、规程修编目录及模板\运行规程\1.海南新能源发电部技术标准修订目录（运行规程）.docx

14、规程修编目录及模板

四、管理部分经验分享

无人机应用

通常来讲，光伏发电项目规模越大，电站巡检工作的复杂性越强，在对此种类型电站项目进行巡检工作时，常规的人工巡检方式不仅需要耗费大量的人工及时间成本，同时巡检人员工作也存在一定的危险性。导致电站设备巡检不及时。

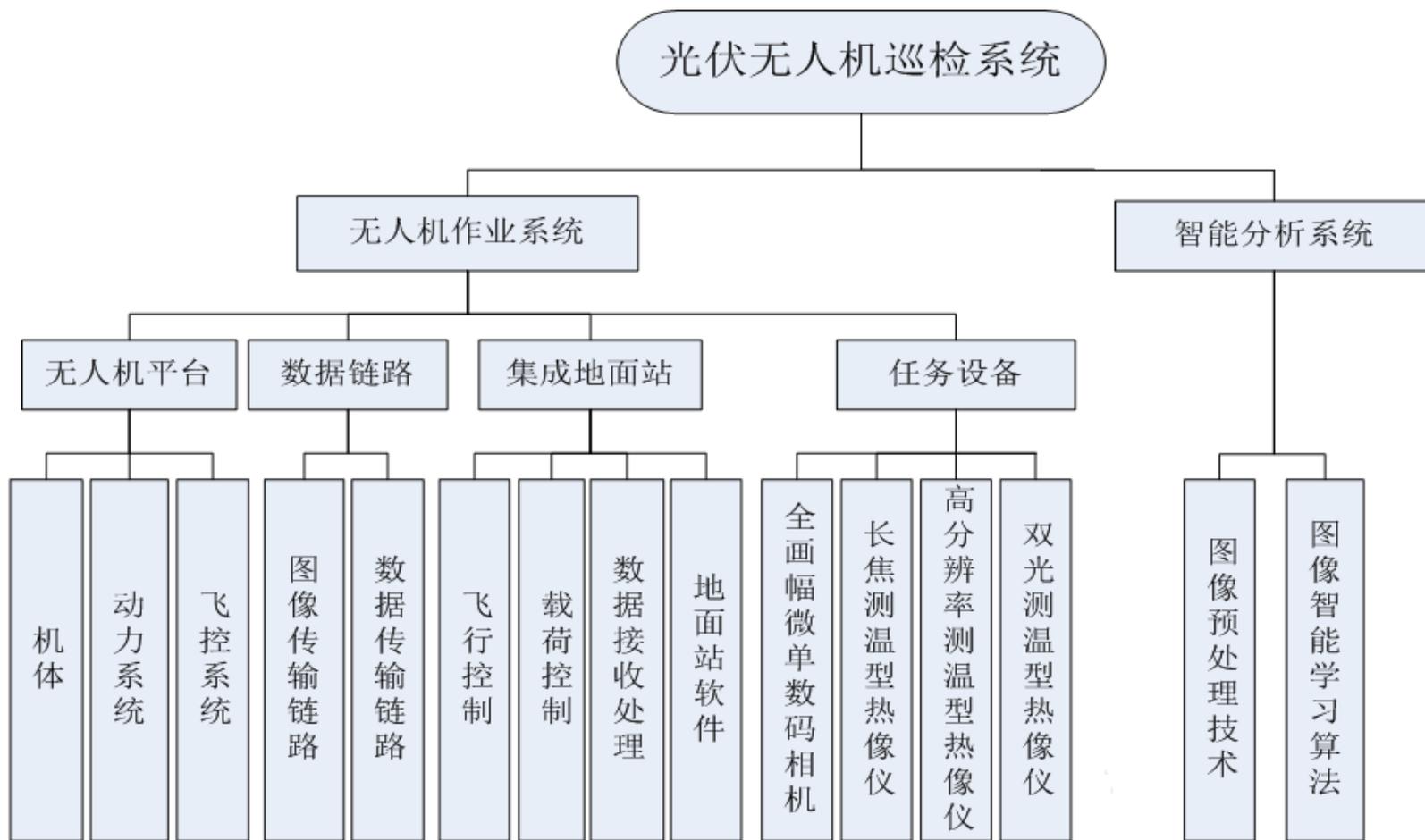


四、管理部分经验分享

- 使用无人机搭载航测高清快速相机，航拍光伏电站，并生成电子地图；
- 对电子地图上的光伏组件进行映射和逻辑标定；
- 每次巡检，使用无人机搭载双光设备进行航线规划飞行，拍摄双光的照片资料；
- 将巡检的照片资料进行处理，采用软件智能识别和筛选红外照片中的热斑等故障点；
- 将识别出的热斑等故障点在电子地图中检索出对应单元光伏组件；



四、管理部分经验分享



四、管理部分经验分享

文件 运行 配置 因诺航空

新建工程 打开工程 设置 导出 单帧处理 批处理 跟踪浏览 选择 上一张 下一张

图像列表

- DSC_0237.JPG
- DSC_0238.JPG
- DSC_0239.JPG
- DSC_0240.JPG
- DSC_0241.JPG
- DSC_0242.JPG
- DSC_0243.JPG
- DSC_0244.JPG
- DSC_0245.JPG
- DSC_0246.JPG
- DSC_0247.JPG
- DSC_0248.JPG
- DSC_0249.JPG
- DSC_0250.JPG
- DSC_0251.JPG
- DSC_0252.JPG
- DSC_0253.JPG
- DSC_0254.JPG
- DSC_0255.JPG
- DSC_0256.JPG
- DSC_0257.JPG

地球
图像



LOG信息	经度	纬度	距离	目标类型	选中
1	110.271	37.6204	15.888	第三方施工	<input checked="" type="checkbox"/>
2	110.271	37.6204	11.4981	第三方施工	<input checked="" type="checkbox"/>
3	110.271	37.6204	9.15404	占压	<input checked="" type="checkbox"/>
4	110.271	37.62	27.9738	第三方施工	<input checked="" type="checkbox"/>
5	110.272	37.6198	28.7212	第三方施工	<input checked="" type="checkbox"/>
6	110.272	37.6199	25.5724	第三方施工	<input checked="" type="checkbox"/>
7	110.272	37.6204	15.5444	第三方施工	<input checked="" type="checkbox"/>
8	110.271	37.6204	18.5	第三方施工	<input checked="" type="checkbox"/>
9	110.271	37.6204	15.888	第三方施工	<input checked="" type="checkbox"/>
10	110.271	37.6204	11.4981	第三方施工	<input checked="" type="checkbox"/>
11	110.271	37.6204	9.15404	占压	<input checked="" type="checkbox"/>
12	110.271	37.62	27.9738	第三方施工	<input checked="" type="checkbox"/>

四、管理部分经验分享

这张图片可以明显的看到热斑在组件。
后期将通过无人机进行实时EL检测工作。

LOG信息	经度	纬度	距离	目标类型	选中
1	110.271	37.6204	15.888	第三方施工	<input checked="" type="checkbox"/>
2	110.271	37.6204	11.4981	第三方施工	<input checked="" type="checkbox"/>
3	110.271	37.6204	9.15404	占压	<input checked="" type="checkbox"/>
4	110.271	37.62	27.9738	第三方施工	<input checked="" type="checkbox"/>
5	110.272	37.6198	28.7212	第三方施工	<input checked="" type="checkbox"/>
6	110.272	37.6199	25.5724	第三方施工	<input checked="" type="checkbox"/>
7	110.272	37.6204	15.5444	第三方施工	<input checked="" type="checkbox"/>
8	110.271	37.6204	18.5	第三方施工	<input checked="" type="checkbox"/>
9	110.271	37.6204	15.888	第三方施工	<input checked="" type="checkbox"/>
10	110.271	37.6204	11.4981	第三方施工	<input checked="" type="checkbox"/>
11	110.271	37.6204	9.15404	占压	<input checked="" type="checkbox"/>
12	110.271	37.62	27.9738	第三方施工	<input checked="" type="checkbox"/>

四、管理部分经验分享

无人机应用

使用无人机的的好处，在光伏组件设置量多的百万光伏电站效果明显。智能无人机普遍搭载红外成像相机和可见光成像相机，两者结合，能精确全面的采集太阳能电池组件的丰富信息。除此之外，智能无人机还搭载计算机智能终端，可通过热信号的生成来确定太阳能电池板受损情况，在高空实现对光伏组件热斑效应等问题的查看。在光伏电站的日常巡检中，无人机可以提供包括组件红外检测、组件表面灰尘检测、组件裂纹破损检测、组件遮挡检测等在内的组件检测，还能实现实时监测、分析、智能诊断等功能，以达到对光伏组件灰尘覆盖，表面破损，发热等故障的诊断和隐患的精确定位。

组件巡检效率对比：海南新能源发电部光伏电站装机1731兆瓦，一架无人机2名工作人员单日可巡检25MW，全部完成需70天（理论情况）。人工巡检2名巡检人员每日可巡检1MW，全部完成需1731天（理论情况）。无人机巡检效率是人工巡检效率的25倍。

遮挡、污染、破损、零支路缺陷发现率达到100%。

四、管理部分经验分享

数字化光伏电站主要内容

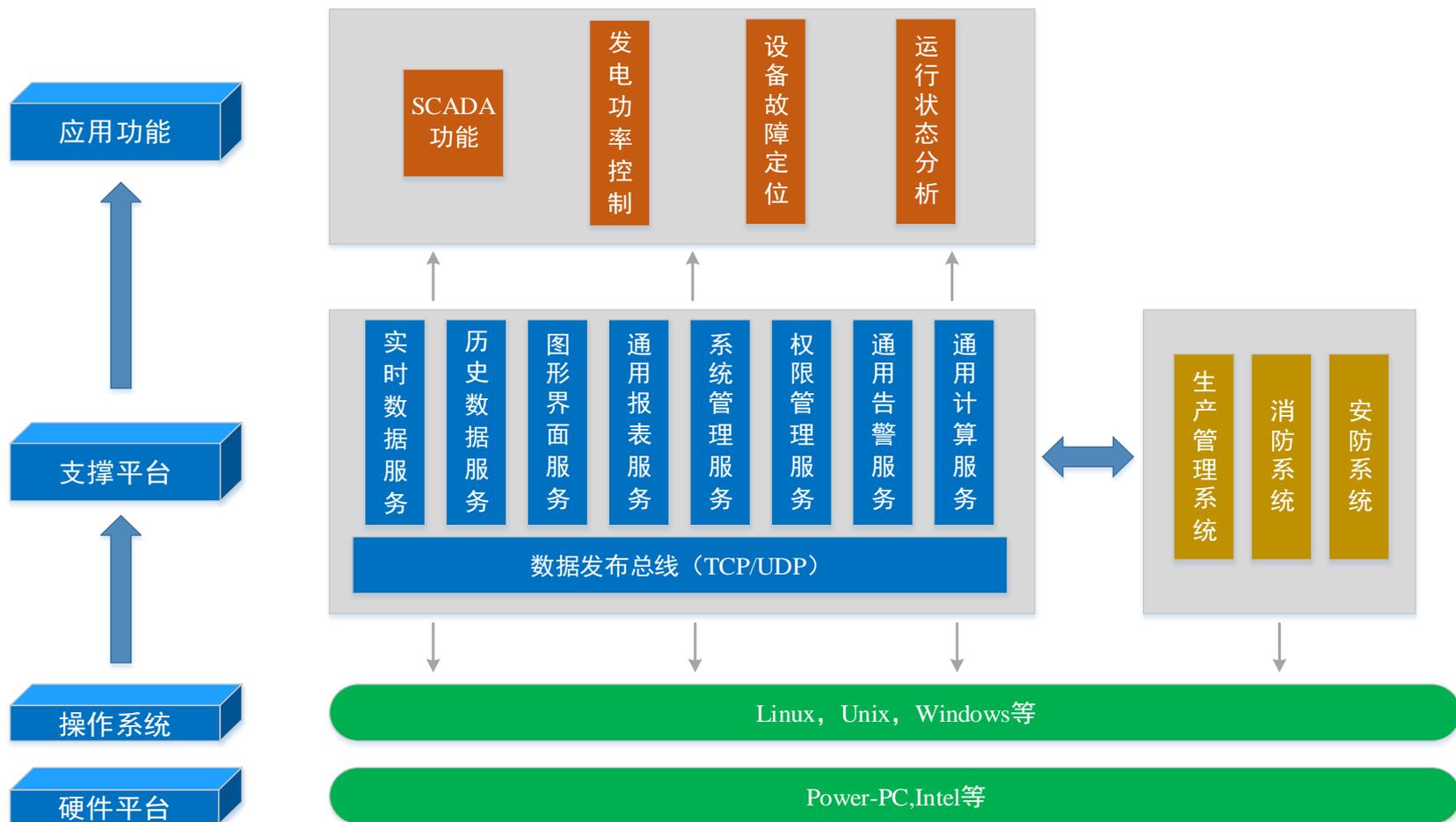
数字化光伏电站采用“纵向分层、横向分区”的体系结构，其中数字化光伏电站监控系统主要完成现地级设备运行控制，采用IEC系列国际电力标准协议实现基于统一总线的数字化信息采集，基于统一的实时库和历史库平台实现全局共享。

现地级设备通过标准的接口接入光伏电站网络，通过防火墙与网络安全隔离装置实现工作区的资源隔离，保证各区的应用安全。系统网络分为控制网与管理网，控制网与管理网之间由网络安全隔离装置隔离。控制网主要承载计算机监控系统的信息，管理网主要承载工程管理类信息。通过网络环境的建设，保证现地、集控中心间的无缝安全连接。

数字化光伏电站基于全站设备的数字化，采用标准的信息建模与网络通讯方式，连接光伏电站生产管理信息系统、功率预测系统、环境监测系统等，实现光伏电站有功无功控制、收益分析，状态评估等功能。

四、管理部分经验分享

数字化光伏电站应用功能示意图



四、管理部分经验分享

数字化光伏电站

随着时代的发展，现有光伏电站逐渐显露出一体化及智能化程度低、设备通信标准差异性大、与调度协调互动能力差、电力安全防护较弱、系统可扩展性差、智能决策困难、难以实现效率和效益的最大化等问题。主要体现在以下方面：

- (1) 光伏电站自动化水平参差不齐，部分电站还需要人工抄表，致使生产效率低下，浪费人力财力；
- (2) 缺少光伏组件监测数据，难以发现劣质组件、组件遮挡、组件积灰；光伏电站发电效率低下时无法迅速且准确地定位问题组件的具体位置并作出针对性的解决方案；
- (3) 巡检人员不足，或巡检效率低下，难以有效巡检；
- (4) 光伏电站监控系统采集大量的组件、汇流箱和逆变器的数据并进行历史存储，造成监控数据碎片化，海量历史数据无法有效利用，应充分发挥采集数据的作用，指导光伏电站运行；
- (5) 光伏电站监控系统、生产系统、预测系统缺少互联环节，容易形成信息孤岛；
- (6) 光伏电站设备种类繁多，各电气设备信息模型及其与后台系统的通信规约繁琐且不统一，增加光伏电站系统复杂度及运维难度；

四、管理部分经验分享

数字化光伏电站

(7) 电气设备智能化程度低，故障定位困难；

(8) 光伏电站有功无功控制效率低下，由于光伏发电单元大都采用RS485主从方式轮询应答通讯，导致控制指令到达各台逆变器或其他设备的周期过长，而且通讯容易造成堵塞，影响有功和无功控制的速度和效果；当前我国大型并网光伏电站拥有一系列来自不同厂商、不同技术发展水平的光伏产品和升压站输变电保护装置。这些产品采用各自的通讯接口和通讯协议，导致设备间彼此无法兼容，也阻碍了光伏电站一体化管理水平的提高。

数字化光伏电站是以先进、可靠、环保的数字化设备为基础，以“无人值守”（少人值守）模式为基本要求，以主要设备数字化、通信网络化、信息建模标准化、运行管理一体化、资源利用最大化、为特征，并采用自动化方式实现系统监视、运行维护、调度互动、信息管理的光伏电站。通过研究和发发展数字化光伏电站，可以不断增强光伏电站的运营管理水平，实现光伏产业的更好更快发展。

四、管理部分经验分享

数字化光伏电站创新点：

- 1、一次设备数字化。将一次设备和智能组件进行有机结合，使测量数字化、控制网络化、状态可视化、功能一体化和信息互动化，实现实时自动控制、智能调节、在线分析决策、协同互动等高级功能。
- 2、通讯网络高速化。针对光伏电站的特点，优化监控系统分层、分布式结构布置，引用高速以太网交换技术或电力载波技术、覆盖全站的高速无线网络、云技术等先进科技手段，保障设备数据传输，实现站内数据存储、处理、控制的快速、可靠、稳定。
- 3、运行管理自动化。数字化光伏电站将生产管理系统、门禁系统、环境监测系统、光功率预测系统等管理系统、信息系统进行统一研究，利用云技术、或建立覆盖全站的高速无线网络等手段，将各电站的有效资源整合并且集中化管理，解决光伏企业管理难的问题。
- 4、接口规约标准化。发展光伏电站设备的统一通信规约标准及接口，实现设备与设备之间的智能通信，使数字化光伏电站具有易扩展、易维护、可靠性高的特点。建立数字光伏电站，达到提高电站可靠性、优化资产利用率、减少人工干预的数字光伏电站。

四、管理部分经验分享

关于功率预测：

- 1、黄河水电公司在青海省打造“两个千万千万级新能源基地”：海南州千万千瓦风水光多能互补基地和海西州千万千瓦风光储互补基地。
- 2、青海省功率预测准确率现状及对气象预报的要求。
- 3、新能源电站参加“一次调频”的趋势。
- 4、储能技术的“削峰填谷”作用。



THANK YOU !