

柯拉光伏电站智能化研究与实践

邵 欣¹, 汪 彭 生², 杨 志 伟², 范 智 强², 吴 智 宇²

(1. 成都理工大学工程技术学院, 四川 乐山 614007; 2. 雅砻江流域水电开发有限公司, 四川 成都 610051)

摘 要:为实现“3060”双碳目标,国家相关部门出台政策,推动智能化技术在新能源行业的应用,鼓励培育智能光伏示范企业,因此,针对光伏电站的智能规划及实践进行研究,以增强项目建设和运行管理质量与效率是十分必要的。通过研究光伏产业的现状与发展趋势、国内先进智慧光伏实例以及柯拉光伏电站智能化实践等方面,对于促进光伏电站实现智能运维和管理有一定的参考价值。

关键词:水光互补;智能光伏;数字化平台;可再生能源

中图分类号:TK01+9;TK01+8 **文献标志码:** B **文章编号:**1001-2184(2023)增 2-0126-04

Research and Practice of Intelligentization of Kola Photovoltaic Power Station

SHAO Xin¹, WANG Pengsheng², YANG Zhiwei², FAN Zhiqiang², WU Zhiyu²

(1. College of Engineering and Technology, Chengdu University of Technology, Leshan Sihuan 614007;

2. Yalong River Hydropower Development Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610051)

Abstract: In order to achieve the "3060" dual-carbon goal, relevant national departments have introduced policies to promote the application of intelligent technology in the new energy industry, encourage the cultivation of intelligent photovoltaic demonstration enterprises. Therefore, it is necessary to conduct research on the intelligent planning and practice of photovoltaic power stations to enhance the quality and efficiency of project construction and operation management. By studying the current situation and development trends of the photovoltaic industry, advanced domestic intelligent photovoltaic cases, and the intelligent practice of Kola photovoltaic power stations, it has a certain reference value for promoting the intelligent operation, maintenance and management of photovoltaic power stations.

Key words: Hydro-solar complementation; Intelligent photovoltaic; Digital platform; Renewable energy

0 引 言

为实现“3060”双碳目标,中国制定了清洁低碳、安全高效的能源体系目标,提出可再生能源替代行动,并推动智能化技术在新能源行业的应用。为了促进智能光伏技术的发展,中国工信部、中国住建部等颁布了相关政策文件,推动发展智能光伏示范公司,同时明确智能光伏系统的自我感知、自我诊断、自我维护和自我调节等技术及管理目标。作为“十四五”期间国家重点建设的九大清洁能源基地之一,雅砻江流域的水风光互补清洁能源基地中的光伏项目具备高海拔、恶劣环境等特点。为此针对雅砻江流域智能光伏电站规划及实践,提升新能源建设和运行管理的质量和效率很有必要^[1-2]。

1 光伏行业发展现状与趋势

在全球范围内,许多国家都制定了以“碳中和”为目标的气候政策;因此,发展诸如太阳能光伏等可再生能源已经成为国际共识,这促使光伏市场快速增长。尽管 2021 年受到新型冠状病毒肺炎的影响,全球光伏新建装机容量仍然达到创造纪录的 170 GW。各国的新增装机数据呈现出迅速增长的趋势,欧盟新增装机量达到 25.9 GW,同比增长近 34%,美国的新增装机量约为 23.6 GW,同比增长约 22.9%,印度新增装机 10.3 GW,同比增长 151.2%。未来全球各国光伏装机将继续保持高速增长。2007—2021 全球新增光伏装机容量见图 1。

光伏行业设备及智能技术的发展将面临提高系统电压、模块化设计、主动支撑电网、水光互补、

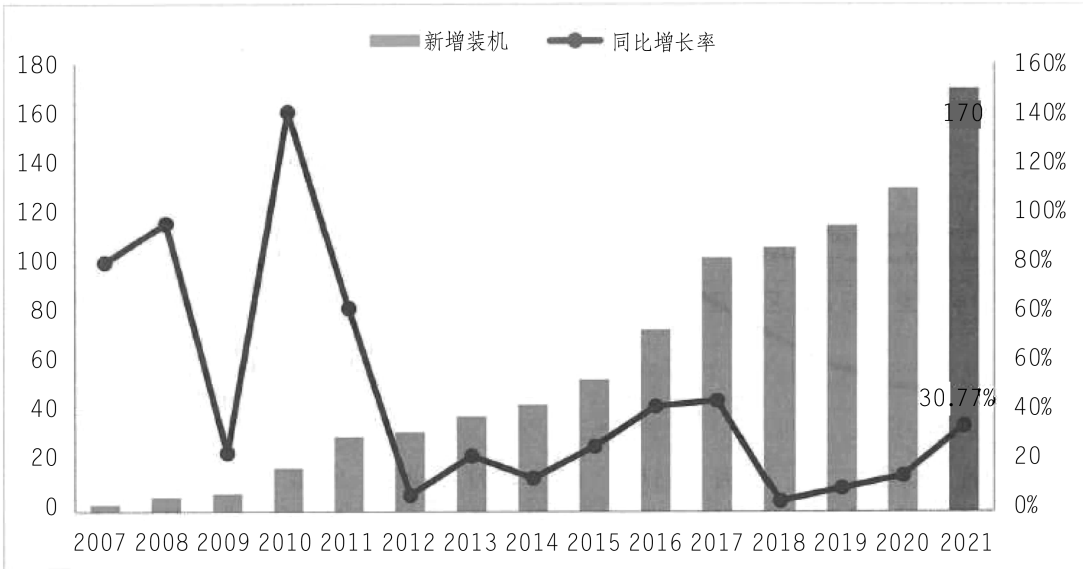


图 1 2007—2021 全球新增光伏装机容量(单位:GW)

全面数字化、AI 增效和安全可信等趋势。其中数字技术与光伏技术的融合和人工智能将推动光伏电站实现智能化运维与管理,加强预测性维护可以提高光伏电站的安全可靠性^[3-5]。

2 柯拉光伏电站概况及智能化总体要求

2.1 柯拉光伏电站工程概况

两河口水电站水光互补柯拉光伏电站一期规模 1 000 MW(总规模 3 200 MW),规划用地面积 23 820 亩,海拔 4 100—4 500 m。柯拉光伏电站项目接入方案是通过 550 kV 千伏线路送至两河口水电站后送出,主要在四川省内消纳,天然具备优质的水光互补的条件。

柯拉光伏电站项目是目前全球海拔最高、规模最大的水光互补项目,具有如下特征:首先,占地面积大,交通条件差,安全管控和巡检作业困难;其次,气候环境恶劣,生产、运维和检修难度大;第三,地形崎岖、建设难度大、方阵跨度大和设备数量巨大;第四,防火压力大,需要进行火警监控预防;最后,柯拉光伏电站可通过与两河口水电站联合实现水光互补。

2.2 智能化总体要求

雅砻江公司为将柯拉光伏电站打造成智能光伏电站,针对柯拉光伏电站智能化建设提出了“三高一创”的总体要求。首先,高起点是指要找准发展定位,研究光伏行业发展趋势和光伏智能化技术发展趋势,结合自身的优势和特点,适度超前规划,为打造柯拉智能化样板工程打下坚实基础。

其次,高标准是指要制定可实现的上限标准,通过对国内光伏先进案例的实地调研,总结归纳行业标杆水平,作为柯拉智能化光伏电站建设标准的参考依据,确保在同行业光伏电站中处于领先示范地位。第三,高质量是指要精益求精,紧抓光伏电站智能化的关键指标。最后,创一流是指要在创新驱动、高质量发展和践行发展理念方面将打造柯拉光伏电站成为业内标杆和国际一流。

3 国内光伏先进案例分析

全球清洁能源进程正朝着智能化发展方向演变,国内诸多高效光伏项目的成果证实,运用智能技术和管理系统,光伏电站能够提高资源利用效率,降低成本支出,减轻人力强度,提升电场综合效益。通过对龙羊峡水光互补发电站、滁州渔光互补光伏电站、黄上智能生产运营调度中心及山西新能源智能管控中心进行分析,智能光伏有效提升电站的管理和维护效率,并可为类似项目提供经验借鉴。

3.1 国电投龙羊峡水光互补发电站

龙羊峡水光互补 850 MW 光伏电站占地面积 25 平方公里。通过将光伏电站与水电站共同视为“虚拟水电”并实施综合运行控制,龙羊峡水电站的水轮机组可迅速调节,使原本不稳定的光伏电力变得更加平稳、高品质、安全且环保。水光互补技术使龙羊峡水电站的输电线路年使用时间增加了 398 h,从而提高了水电站的经济效益,同时也推动了国际大规模水光互补和清洁能源互补

技术的进步。虽然“水光互补”协同运行控制系统解决了光伏发电的弃光问题和安全并网难题,但是电网调度指令依然分别针对光伏电站和水电机组,尚未实现真正的调控一体化。

3.2 中电建滁州渔光互补光伏电站

中电建华东院天长 140 MW 渔光互补光伏发电项目充分利用水面资源,光伏与渔业进行有机结合,实现了光伏发电与水产养殖的互利共赢。项目通过云计算、数据中台、微服务架构、流程引擎等技术构建新能源数字底座,实现了跨系统的流程贯穿和数据共享;通过轻量级图像识别算法实现对光伏热斑故障的精确诊断,大幅降低了场站运维人员投入成本,实现了无人化管理;通过大数据、AI 技术,实现了智能分析、智能诊断等综合评估模型;通过“无人机+自动机库”技术,实现了无人机的全自动巡检和自动诊断,大大提高了电站的故障感知和处理效率。

3.3 黄河上游水电公司智能生产运营调度中心

国家电投黄河上游水电公司智能生产运营调度中心管理范围覆盖 18 个光伏电站、11 个风电场和 6 个水电站,其中光伏电站装机规模达到 9 700 MW。该中心采用设备管理、运行管理、检修管理、技术监督管理、安全管理五大业务中心,实现运营中心、值守点、场站三级管控,解决了值班人员不足和协调问题。该中心采用“集控+边缘计算能力”的方式,弱化了管理区的建设。该中心通过数字化、智能化手段,推进技术创新,配套修订制度,构建完善的安全生产运维管理体系。

3.4 中国电力山西新能源智能管控中心

中国电力山西新能源智能管控中心共管控 9 座电站,装机容量约 950 MW,实现全数据采集、隔离和转发并通过数据专网接入。该中心建立了全新数字孪生平台,通过智能传感器、5G 技术、AI 大数据等手段,对运行过程中的设备、人员和作业等全方位“孪生双子”管理,实现人员定位和轨迹作业联动,提高故障处理效率。该中心以省为单位的区域内统筹备品备件存储,缩短故障处理时间。同时,该中心将智能安防系统接入一体化平台,有效降低了安全隐患,实现场站侧少人值守、提高发电效益和降低运维成本。

4 柯拉光伏电站智能化实践

4.1 柯拉光伏电站智能化规划

光伏电站的智能化应用首先应该实现“无人值班、少人值守”的目标,并根据不同场站特点进行建设和部署智能化应用。其次,应该建立一体化平台来支撑远程集控,同时考虑采用无人机巡检和热斑检测等智能化应用。第三,数字孪生应用可以用于远程监视场站,要加强网络通信基础设施的投入。最后,可以使用人工智能手段来提高新能源功率预测精度。

笔者认为柯拉光伏电站智能化规划,一是要将国内光伏先进案例的经验与实际需求相结合,进行适当取舍。二是在已有智能化技术的基础上,更前瞻性的引入前沿技术。三是发挥后发优势,将智能化从传统的运维期向建设期延伸,实现 BIM 模型、设备资产等数据的前后端共享,为后续运维期的智能化做好准备。四是吸取以往经验,打好数据基础、网络基础和安全基础,为后续智能化应用夯实基础。

4.2 柯拉光伏电站智能化实践

柯拉光伏电站建设的核心场景包括工程管理、运营管理、多能协同和基础保障,共有 14 项重点任务。为了构建智能光伏电站建设体系,目前计划建设“1+4+N”的体系,其中“1”代表数字化平台,而“4”代表四个业务应用体系,分别是工程管理、运营管理、多能协同和基础保障。在这些应用体系中,包含若干个应用。数字化平台的建设包括大数据平台、物联网管理平台、AI 边缘计算、视频云平台、GIS+BIM 平台、应用支撑平台、资源扩容、通信网络、安全防护和模块化机房等内容。为了确保建设任务的有序实施和体现智能化建设的实效,规划了相应的实施项目,包括业务应用系统和数字化平台及基础设施,柯拉光伏电站智能化建设方案表见表 1。

5 结 语

总的来说,光伏作为绿色能源领域的关键部分,光伏发电站的智能化建设已逐渐成为未来发展的主导方向。通过运用智能技术,光伏发电站能实现高效运行与管理,提升发电效果,降低成本,从而为可持续发展作出贡献。随着技术不断突破和应用,光伏行业有望达到更高的效率、可靠性和智能化水平,为全球能源转型和缓解气候变化贡献力量。柯拉光伏电站通过智能化运维、水光互补等手段提升了整体效益,其智能化实践也

表 1 柯拉光伏智能化建设方案表

柯拉智能应用	子任务	涉及软件系统	涉及硬件	建设时间
工程综合管理 智能运营中心	无人机精度及质量监测	数字化勘测设计、无人机数据采集等	无人机采集和处理设备	建设期
	运营可视	总体态势、运营视图、运营报表、数字孪生系统	运营中心展示大屏	运维期
	综合分析	智能分析、运营分析、经营分析、售电辅助交易	—	运维期
	智能诊断	组件清洗诊断、IV 诊断、箱变温控诊断、组串阴影诊断	—	运维期
运维管理中心	运维管理	工单管理、资产管理、运维分析等	—	运维期
	作业管控	作业流程安全环节记录、环境安全状态监测等	智能安全帽、智能手持终端等	运维期
	无人机巡检	无人机远程管理系统、光伏缺陷诊断算法等	无人机及图像采集设备、无人机库	运维期
运行控制中心	机器人巡检	机器人管理系统	巡检机器人	运维期
	运行监视	状态监测、监测视图	—	建设期
	调度控制	功率预测、并网相关系统	—	建设期
水风光互补调度	水风光互补调度	柯拉与两河口水光一体化控制系统	—	运维期
智能安防	智能监控管理	重点区域监控、AR 全景监控、周界监控系统	智能摄像头、高点摄像头	建设期
	综合安防管理	综合安防管理系统	—	运维期
智能消防	智能火情识别	设备监控、高点监控、森林草原火情监测	可见光+红外热成像摄像头等	运维期
	消防应急处置	消防应急处置系统	—	运维期

为构建新型电力系统探索形成了可借鉴、可复制和可参考的模式。

参考文献：

[1] 中国科学院. 光伏行业研究报告[R]. 北京:中国科学院, 2020.

[2] 周晨,魏杰. 光伏智能化管理技术发展现状及趋势分析[J]. 中国科技资讯, 2019, 33(11):16-18.

[3] 范琳琳. 光伏智能化建设的优势与发展趋势[J]. 科技创新与应用, 2021, 26(2):58-60.

[4] 王敏. 光伏智能化技术在新能源领域中的应用[J]. 电力电子技术, 2020, 54(7):171-173.

[5] 周祥鸿,陈昌. 光伏智能化运维技术的应用现状[J]. 电力系统保护与控制, 2019, 47(15):57-63.

作者简介：

邵欣(1988-),女,辽宁海城人,讲师,工学硕士,从事水利工程等教学;

汪彭生(1989-),男,安徽安庆人,高级工程师,工学硕士,从事水利水电项目管理相关工作;

杨志伟(1982-),男,四川绵阳人,柯拉光伏电站项目经理,硕士学位,从事新能源管理相关工作;

范智强(1992-),男,福建福州人,雅砻江流域水电开发有限公司工程师,工学士,从事水利水电项目管理相关工作;

吴智宇(1989-),男,朝鲜族,吉林桦甸人,雅砻江流域水电开发有限公司市场营销部主任师,工学士,从事发电企业市场营销工作.

(责任编辑:廖益斌)

(上接第 119 页)

尾水隧洞项目受地质环境等影响造成施工中有很多不可预见性,施工作业使用的高压 10 kV 配电系统多次在洞内移设,由于选用了较好的箱式变压器,封闭的电缆分支箱和敷设方便的铝芯轻型铠装电缆,表现出移设方便快捷,运行安全可靠的良好性能,在每一个细节上做到了规范要求,为顺利履约提供了优质电源的保障。

参考文献：

[1] 交流电气装置的接地设计规范,GB/T 50065-2011[S].

[2] 建设工程施工现场供用电安全规范,GB/T 50194-2014

[S].

[3] 曹华. 微机综合保护监控系统在 10 kV 供电系统中的应用[J]. 科技前沿, 2008, 2(9):106-108.

[4] 供配电系统设计规范,GB/T 50052-2021[S].

[5] 陈曼虹. 电力电缆金属屏蔽的截面积及其短路热稳定要求[J]. 电气技术, 2013, 14(12):56-58.

作者简介：

刘阳(1991-),男,江苏徐州人,工程师,学士,从事水利水电工程设计工作;

马连生(1964-),男,河北新城人,高级技师,从事水电施工电气设计和施工管理工作.

(责任编辑:吴永红)