

集控模式下智能巡检在新能源场站无人值守过程中的应用

杨伟

龙源（北京）新能源工程技术有限公司 100034

【摘要】为了改善新能源场站地理位置分散、环境复杂以及传统人工巡检效率比较低、成本较高、安全性比较差等现状，无人值守现如今已经成为行业发展的一项必然趋势。在集控模式下，智能巡检技术将会成为达成这一目标的核心支撑。基于此，本文主要聚焦集控模式与智能巡检的深度融合应用进行分析，阐述智能巡检系统在新能源场站无人值守架构当中的定位与具体作用。通过分析新能源产业发展现状及规模化趋势，以及目前新能源场站传统运维模式痛点，提出针对性地改善策略，希望本文的分析可以起到参考的作用。

【关键词】集控模式；智能巡检；新能源；无人值守

Application of Intelligent Inspection in Unmanned New Energy Power Stations under Centralized Control Mode

Yang Wei

Long, Longyuan (Beijing) New Energy Engineering Technology Co., Ltd. 100034

【Abstract】To address the challenges of geographically dispersed locations, complex environments, and the inefficiency, high costs, and safety limitations of traditional manual inspections in new energy power stations, unmanned operation has become an inevitable industry trend. Under centralized control systems, intelligent inspection technology will serve as the core support for achieving this goal. This paper focuses on the deep integration of centralized control and intelligent inspection, analyzing the positioning and specific roles of intelligent inspection systems in unmanned power station architectures. By examining the current status and scaling trends of the new energy industry, as well as the pain points of traditional operation and maintenance models, targeted improvement strategies are proposed. It is hoped that this analysis will provide valuable references for the field.

【Key words】centralized control mode; intelligent inspection; new energy; unmanned operation

在“双碳”目标引领下，我国新能源产业实现跨越式发展，场站数量激增并且呈现出大规模、广分布、偏远化显著特征。传统依靠人工现场值守与巡检的运维模式，已经难以适配新能源产业高效、安全、经济的发展需求。一些偏远地区的场站人工派驻不仅仅导致运维成本较高，极端天气也会给巡检人员带来严重的安全隐患，同时人工巡检的主观性比较强、漏检误检率比较高，很容易导致设备故障扩大，进一步影响场站的发电效率。在这一背景下，针对集控模式下智能巡检在新能源场站无人值守过程中的应用进行分析，将会具有重要价值。

一、新能源产业发展现状及规模化趋势

在“双碳”目标驱动下，我国新能源产业已经开始进入到规模化发展的快车道。截至 2024 年底，全国可再生能源装机达到 18.89 亿千瓦，同比增长 25%，约占我国总装机的 56%，其中，水电装机 4.36 亿千瓦，风电装机 5.21 亿千瓦，太阳能发电装机 8.87 亿千瓦，生物质发电装机 0.46 亿千瓦。规模化趋势越发清晰，首先是基地化与分布式并举，西北风

光大基地集中投产，户用光伏累计装机超过 1 亿千瓦^[1]。其次则是多能互补融合，风光储氢一体化项目落地，绿氢产能 2025 年将达到 20 万吨/年。最后则是市场机制完善，2024 年绿电交易电量同比增加 120%，与碳市场联动强化。

二、新能源场站传统运维模式痛点

（一）人力成本高

新能源场站普遍具备点多、面广、偏远化的特征，传统运维模式需要依托大量的人力支撑，直接推高了运维成本。一方面，场站地理位置较为分散，同时大多数位于山区、荒漠、沿海等偏远地区，为了保障设备的 24 小时监控与应急处理，需要按照班组配置值守人员，单一场站仅仅值守人员每年的薪酬支出将会达到数十万元。如果管辖多座场站、人力薪酬成本呈现出叠加式的增长。另一方面，偏远场站的生活配套需要额外投入，例如建设员工宿舍、食堂、通勤车辆等，并且人员轮岗通勤产生的交通费用、补贴等间接成本占比较为明显。除此之外，新能源设备技术迭代速度比较快，传统运维人员必须参与技能培训从而适配新设备操作，培训

费用以及误工成本将会进一步提高人力成本,一些场站人力成本占运维总成本比例超过 60%^[2]。

(二) 巡检效率低

传统的人工巡检措施受到人员体力、技能、环境的限制,整体效率往往处于相对较低的水平。从巡检范围来说,风电场站单台风电机组的高度往往超过百米,光伏场站组件甚至动辄数十万片,人工需要徒步或者驾车从而逐点排查,单一场站完整巡检周期往往长达 3~7 天,很难达成高频次的全覆盖巡检。从作业流程的角度上来看,巡检数据依靠人工手写记录或者便携式的设备录入,后续需要人工整理汇总到后台的系统当中,数据传递存在延迟差,并且统一出现漏记、错记等问题,二次核验需要额外耗时。从环境制约来看,暴雨、暴风、高温、台风等极端天气下,人工巡检无法顺利开展,导致巡检发生中断,设备异常状态难以及时发现。例如光伏组件热斑检测,人工肉眼排查需要逐个核对,效率不足 0.5 万平方米每天,很难无法满足大规模场站的巡检需求^[3]。

(三) 风险管控难

传统运维模式下,新能源场站的安全风险与设备风险管控存在多重薄弱环节。安全风险方面,人工巡检往往需要直接面对高空作业、高压设备操作等场景,即便是配备了防护措施,也依旧存在坠落、触电等安全隐患。近年来,行业内由于人工巡检操作不当而引发的安全事故经常发生。同时,偏远场站应急响应能力较为薄弱,如果突发设备故障或者安全事件的发生,人员与救援设备抵达现场的耗时比较长,很容易导致风险进一步扩大。设备风险方面,人工巡检依靠经验判断,对于设备早期隐性故障的识别能力不到位,例如风电机组齿轮箱磨损、光伏组件隐裂等,这些故障往往显化之后才会被发现,因此错过了最佳的维修时机,导致设备的停机时间较长,发电损失随之增加。此外,运维人员操作的规范性很难全程监督管控,存在巡检流于形式、维护流程简化等问题,导致风险管控难度进一步放大^[4]。

(四) 数据分散

在传统运维模式下,新能源场站的各类数据呈现出碎片化分布的情况,很难形成有效的价值转化与提升。从数据存储的角度上来说,巡检记录大多数将纸质台账或者独立 Excel 表格形式留存,设备运行的数据分散在不同厂家的设备监控系统当中,例如风电机组 SCADA 系统、光伏逆变器监控系统,缺乏统一完善的数据存储平台,从而形成数据孤岛问题。从数据格式来看,不同设备厂家的数据采集标准各不相同,数据格式、编码规则存在一定的差异,从而导致跨系统数据无法直接对接。例如需要进行综合分析,往往需要人工手动整理进行转换,耗时费力并且容易出错。从数据应用来说,分散的数据无法达成实时共享与联动分析优化,集控中心难以全面掌握各个场站设备运行状态情况,很难通过数据挖掘设备故障趋势,也只能使用事后维修的模式^[5]。

三、集控模式下智能巡检的核心应用场景

(一) 光伏场站典型应用场景

光伏场站将大规模组件阵列作为核心,智能巡检主要聚焦组件状态监测+效率保障,在集控模式下开展精准化运维与处理。通过搭建出高清摄像头、红外热像仪的无人机与地面轨道机器人,从而形成空对地的立体巡检网络模式。无人机在这一过程中按照预设的航线对光伏组件进行大范围的航拍与处理,使用机器视觉技术从而识别隐裂、热斑、积灰、遮挡等缺陷障碍。地面机器人针对逆变器、汇流箱等设备,开展端口温度检测、电压电流数据采集,将其实时上传到集控中心。集控平台整合多源数据,通过人工智能算法分析组件发电效率与缺陷关联度。例如,识别热斑之后自动定位对应组件编号并且生成维修工单。同时,结合气象数据联动巡检工作策略,在高温天气下增加红外巡检的频次,在沙尘天气之后触发组件清洁机器人调度工作模式,达成缺陷早发现、运维早介入的要求,单场站的组件发电效率提升 3%~5%。

(二) 风电场站典型应用场景

风电场站核心设备风电机组具备高空、高速、高负荷的特性,智能巡检主要围绕关键部件预警+安全运维构建集控应用体系模式。针对风电机组的机体,部署无人巡检设备与叶片检测无人机。通过搭载传感器,实时监测齿轮箱、发电机等转型部件的振动频率、异常响动等参数。无人机搭载高清变焦相机与激光雷达,对于叶片开展三维建模,识别表面裂纹、涂层脱落等缺陷问题。所有的数据实时传输到集控中心,通过大数据模型比对设备的运行阈值,从而预判齿轮箱的磨损情况、轴承老化等隐性故障,提前生成维护的工作计划。对于风电场升压站,使用智能巡检机器人来替代人工,达成 GIS 设备气体泄漏检测、开关柜温度监测等,集控中心远程操控机器人开展设备分合闸的操作,极端天气下无需人员进行现场值守,将风电机组故障停机时间缩短到 40%以上。

(三) 跨场站协同运维场景

集控模式下的智能巡检突破单场站局限性,构建出统一管控+资源协同的跨场站应用场景。依据集控中心搭建的全域巡检数据平台,积极整合区域内的所有光伏、风电场站的巡检数据,达成设备状态、缺陷类型、运维进度等信息的统一可视化展示。在巡检调度方面,集控中心可以根据各个场站设备的健康度与巡检任务量,动态调整智能巡检资源。在故障协同处理方面,某场站出现复杂故障之后,集控中心调取同类场站历史巡检数据与维修案例,为现场人员提供支持帮助。同时,统筹区域备件工作库,结合巡检定位的缺陷类型,准确调配备件,缩短维修的工作周期。除此之外,集控中心通过分析全域巡检数据,提炼出不同场站的设备故障

规律,积极优化巡检周期与策略,达成区域运维效率的整体提升与提高。

四、应用实施策略与保障措施

(一) 分阶段实施流程

集控模式状态下,智能巡检落地需要打造出调研规划、试点验证、全面推广的分阶段工作方案,维持实施节奏与场站保持适配。第一阶段属于调研规划期,核心在于保障底数清晰与方案明确,构建出运维、技术、管理专家共同构成的专项工作小组,对辖区内内部新能源开展全面调研分析,详细梳理设备型号、数量、运行年限等重要信息,详细分析传统运维模式的痛点与巡检需求。通过结合调研结果情况,打造出实施规划,明确各个场站智能巡检的设备型号。例如,光伏场站较为关注无人机与轨道机器人,风电场站较为关注无人巡检设备与叶片检测设备。第二阶段,为试点验证周期,选择1~2座代表性场站开展试点工作,开展智能巡检设备部署、集控平台调试、人员培训工作。每个月开展试点复盘工作会议,详细收集运维人员的意见,进一步优化巡检工作方式。第三阶段为全面推广期,积极总结试点经验形成的标准化开展手册,按照先易后难的推广顺序进行全域覆盖构建,推广到设备标准化程度较高的场站,针对偏远、复杂的环境制定出个性化工作方案,实现全域共享与协同调度。

(二) 技术保障措施

构建技术保障方案,也是智能巡检稳定的关键,需要从设备、数据、迭代几方面入手,打造出支撑工作体系。首先,构建出多元化的适配工作体系,对于不同的新能源场站构建出设备模式,光伏场站可以使用无人机、地面机器人、固定监测点结合在一起的工作方案,搭配高分辨率的红外相机与人工智能是被模式,可以提升组件的缺陷检出率。风电场优化传感器配置措施,进一步增加对振动、声音的采集单元,通过结合叶片激光雷达监测技术,实现关键部件的全维度监测管控模式。同时,提升设备的适应能力,例如高温防护、

防沙尘设计,保障复杂场景下的运行稳定性。其次,积极强化数据安全与融合措施,构建出加密数据传输的通道,使用数据加密技术,避免巡检数据在传输期间发现数据泄露或者数据丢失的情况。在集控中心,打造出统一的数据中台模式,打造出标准化数据接口规范,实现不同厂家的设备数据、巡检数据、气象数据融合,避免出现数据孤岛。

(三) 管理保障措施

管理保障需要从组织、制度、人员三方面进行加强和改进,从而保障职能巡检实施落地与长效化运行。第一,完善组织架构与职责分工,成立将企业分管领导作为组长的智能巡检实施专项小组,从而明确技术部、运维部、财务部等部门的职责。技术部主要负责方案设计与技术支撑,运维部负责现场实施与日常操作,财务部门负责资金保障与成本管控。建立起跨部门月度协调会议工作机制,解决实施过程中的协同问题。第二,构建出健全的制度标准工作体系,打造出一系列的制度模式,从而保障设备操作流程的准确性。对于集控模式特征,打造出跨场站巡检资源调度规则与数据共享管理规范,维系全域运维协同稳定。第三,强化人员培养与激励引导,构建出分层分类的培训工作体系,针对运维人员做好智能设备操作、数据解读等实操培训模式,对管理人员开展集中培训,开展设备维护专项培训。

结束语:

展望未来,随着人工智能、大数据、5G等技术的迭代更新,集控模式下智能巡检将会向预测性运维、全域协同化发展方向不断地推进演变。人工智能算法的优化可以保障缺陷预判精度的进一步提升,长时储能与多能互补场景的适配能够拓展巡检应用边界,跨区域集控中心的互联将会构建出全国性的新能源运维网络。这一应用,不仅仅可以推动新能源场站无人值守模式的规模化推进改善,进而助力我国新能源产业走向安全、高效、低碳的运营目标,为全球能源转型提供专属于中国特色的方案。

参考文献

- [1]李阳,宋坤.新能源智能巡检系统数据安全传输方法[J].信息技术与信息化,2025,(06):153-156.
- [2]樊玉平,梁锦文,赵海月,李雅芹.一种新能源场站智能巡检系统设计[J].科技创新与应用,2025,15(12):107-110+114.
- [3]李阳,丘建培,宋坤.基于音视频多模态数据感知的智能巡检系统设计与应用[J].现代信息科技,2025,9(03):189-193.
- [4]范文华,刘英健,鲍海铭,侯杰栋,王超.基于智能感知技术的新能源电站无人机全自主巡检技术[J].自动化技术与应用,2025,44(07):61-65.
- [5]朱锡姣.基于图像识别技术的新能源场站巡检系统设计[J].电气技术与经济,2024,(12):93-95.

作者简介:杨伟(1994.3-)男,陕西神木人,硕士研究生,助理工程师,研究方向:新能源企业智能化应用研究。