

Safety monitoring and management innovation of mountain photovoltaic intelligent construction site based on intelligent technology

Yunhua Gong

Huaneng Lancangjiang New Energy Co., Ltd., Dali, Yunnan, 671000, China

Abstract

The purpose of this study is to explore the innovative path of safety monitoring and management of mountain photovoltaic smart site based on intelligent technology, so as to improve the efficiency and cost-effectiveness of safety management. By analyzing the application advantages of intelligent technology, it is pointed out that it can enhance real-time perception and dynamic early warning ability, upgrade the intelligent level of risk identification and decision support, and optimize the whole life cycle management. Then put forward the management strategy: build a multi-dimensional perception network to realize real-time risk capture, integrate AI algorithm and big data analysis to improve the accuracy of early warning, build a digital management platform to achieve closed-loop control of security process, strengthen the integration of production and education and standard construction to promote the in-depth application of technology. The introduction of intelligent technology can promote the transformation of mountain photovoltaic site safety management to active prevention, data-driven and system coordination, and provide effective support for the safe development of the industry.

Keywords

intelligent technology; mountain photovoltaic; smart construction site; security Monitoring

基于智能技术的山地光伏智慧工地安全监控管理创新

龚云华

华能澜沧江新能源有限公司, 中国·云南 大理 671000

摘要

研究旨在探索基于智能技术的山地光伏智慧工地安全监控管理创新路径, 以提升安全管理效能与成本效益。通过分析智能技术应用优势, 指出其可增强实时感知与动态预警能力、升级风险识别与决策支持智能化水平、优化全生命周期管理。进而提出管理策略: 构建多维度感知网络实现风险实时捕捉, 融合AI算法与大数据分析提升预警精准度, 打造数字化管理平台达成安全流程闭环管控, 强化产教融合与标准建设推动技术深度应用。智能技术的引入可推动山地光伏工地安全管理向主动预防、数据驱动、系统协同转型, 为行业安全发展提供有效支撑。

关键词

智能技术; 山地光伏; 智慧工地; 安全监控

1 引言

山地光伏项目作为清洁能源发展关键方向, 其建设环境繁杂、施工风险众多, 传统安全监控方式难以契合动态化、精准化管理要求, 智能技术的高速进步为解决这一难题运用了新途径, 借助物联网、人工智能、大数据等技术的深度整合, 可达到对山地光伏工地安全风险的实时察觉、智能剖析以及闭环管理。本文着重于智能技术在山地光伏安全监控里的应用优势与管理创新策略, 以实现探索凭借技术赋予能量提升安全管理效率, 给行业高质量发展提供理论支撑以及实

践参照。

2 将智能技术应用于山地光伏智慧工地安全监控的优势

2.1 实时感知与动态预警能力显著增强

山地光伏工地的地形多数情况下较为复杂、环境变更更多端, 传统安全监控依靠人工巡检与固定摄像头方式, 其监测盲区很大、响应也较为滞后, 智能技术的运用借助部署物联网传感器、无人机巡检系统以及边缘计算设备等, 打造出多维度、全覆盖的实时感知网络, 传感器可全天候收集环境数据, 像地质位移、气象变化等, 以及设备状态, 如支架倾斜、组件温度异常之类, 借助 AI 算法对数据给予动态剖析, 可精确识别潜在风险。举例来说, 传感器若检测到山体的微

【作者简介】龚云华 (1975-), 男, 中国云南石林人, 硕士, 副高, 从事新能源工程建设安全管理研究。

小位移或者支架应力异常情况时，系统马上可触发预警，并且经由多级联动机制传达给现场负责人，把事故预防从“事后处置”转变为“事前干预”，智能监控系统支持按照实际情况调整监测频率，遇到恶劣天气或者高风险时段可自动加大数据采集密度，提高了安全管理的时效性以及精准度^[1]。

2.2 风险识别与决策支持智能化升级

山地光伏工地的安全风险隐蔽性极为强，关联性也十分复杂，传统的监控方式需依赖人工经验展开判断，特别容易出现漏判或者误判的状况，智能技术运用计算机视觉、深度学习等算法，实现了对安全隐患展开自动化识别以及分级的管理工作，举个例子来说，AI视觉系统可实时分析施工人员的操作行为，自动将未佩戴安全帽、违规攀爬等危险动作识别出来，并且借助语音提示或者设备联动即时给予纠正，该系统有挖掘历史风险数据的功能，建立起风险预测模型，提前把高发区域与时间段识别出来，为管理人员给予科学决策的依据。智能监控平台选用多源数据进行集成，借助可视化技术将动态风险地图生成，使得管理者可直观地把工地安全态势掌握住，快速调配资源对突发情况进行应对，大幅提高了应急响应效率以及资源利用率^[2]。

2.3 全生命周期管理与成本效益优化

山地光伏项目建设周期偏长、施工条件极差，以往安全监控要用大量人力开展设备维护和数据记录工作，使得管理成本过高而且效率非常低，运用智能技术凭借自动化和数字化办法，达成了安全监控的全生命周期管理，智能设备有自诊断以及远程维护功能，可实时监察设备运行状况，自动对故障发出预警并且指导远程修复，减少了人工巡检次数和停机时间，系统自动生成标准化安全报告以及审计日志，契合合规性要求的给项目复盘以及优化提供了数据支撑。运用智能监控的精准预警以及快速响应机制切实降低了事故发生率，避免了因为安全事故致使的工期延误和经济损失，从长远来讲，智能技术的规模化运用推动了安全管理从“被动应付”朝着“主动防控”转变，给山地光伏项目的可持续建设提供了技术保障和成本优势。

3 基于智能技术的山地光伏智慧工地安全监控管理策略

3.1 构建多维度感知网络，实现安全风险实时捕捉

山地光伏工地地形复杂、气候多变，传统人工巡检难以完全覆盖安全隐患，借助引入智能技术，运用物联网传感器、高清摄像头以及无人机巡检系统进行部署，构建覆盖设备状态、环境参数以及人员行为的立体化感知网络，在设备方面，光伏组件可安装电流电压传感器以及热斑检测仪，实时对组件健康状态给予监测，防止因组件故障导致火灾或者发电效率降低，逆变器与汇流箱依靠功率传感器以及故障诊断模块，动态反馈设备运行参数，提前对过载、短路等风险给予预警^[3]。就环境监测而言，微气象站可整合风速风向、

温度湿度、降雨量以及辐照度传感器，并结合地质位移监测装置，对暴雨、大风、山体滑坡等自然灾害构建预警机制，人员行为监控借助AI视频分析技术，借助固定摄像头与移动布控球捕捉未佩戴安全帽、违规攀爬、未实施安全交底等行为，系统自动识别后触发本地警报并且推送至管理终端。多维度感知网络的构建，让安全监控从“被动响应”转变为“主动预防”，极大提高风险发现效率。

3.2 融合AI算法与大数据分析，提升风险预警精准度

在山地光伏工程施工中，安全风险具有隐蔽性强、突发性高、影响范围广等特点。传统依赖人工巡检与经验判断的监控模式，不仅效率低下，更易因视觉疲劳、认知盲区或主观疏忽导致风险漏判，难以满足复杂环境下的精细化安全管理需求。而人工智能(AI)与大数据技术的深度融合，为构建“早识别、早预警、早干预”的智能风控体系提供了全新路径。

深度学习驱动的AI视频分析技术，可做到对施工现场全天无间断的高精度行为识别，依靠在典型山地光伏场景中收集众多标注数据，对专用卷积神经网络或者时空行为识别模型展开训练，系统就可以实时捕捉并且解析人员动作轨迹、设备运行状况以及环境动态，举例来说，一旦工人没系安全带进行攀爬、或是在非指定区域操作重型机械，AI模型就可马上识别成违规行为，同时自动触发告警。并且借助气象传感器数据，系统可对强风、雷暴等恶劣天气下的高风险作业时段预测，提前给现场负责人推送“暂停高空作业”等智能预警建议，将被动响应转变成主动防范。

平台把设备故障日志、环境监测记录、人员考勤以及违章历史等多源异构数据进行汇聚，借助关联规则挖掘、聚类分析及时序预测模型，将风险发生的内在规律给揭示出来，就好比，系统可发现“某施工班组午后高温时段违章率上升明显”亦或是“雨季前逆变器周边区域故障频频发生”这类隐性关联，同时依据此来生成动态的“安全风险热图”，直观呈现工地各个区域的风险等级分布状况。管理者可以根据热图以此来对资源配置给予优化——给高频违规区域增派安全员、调整作业班次，或者有针对性地开展警示教育，实现精准防控，AI以及大数据的协同构成了“感知—分析—决策—优化”的智能闭环，每一次的预警响应与处置结果作为新数据又回流到模型当中，不断提高算法准确率和预测能力，促进安全管理体系自我进化。

3.3 打造数字化管理平台，实现安全流程闭环管控

山地光伏工地地形复杂、作业分散、风险点多，传统依赖人工记录与纸质台账的安全管理模式，普遍存在信息孤岛、响应滞后、责任模糊等弊端，难以满足现代工程对精细化、实时化安全管理的需求。依托智能技术构建统一的数字化管理平台，可有效整合“人、机、环、管”全要素数据，打造“监测—预警—处置—反馈”一体化的闭环管控体系，从根本上提升安全治理效能。

运用为每位工人绑定二维码“数字身份证”或是选用人脸识别闸机的方式，系统可自动开展实名制准入验证工作，并且可以实时对其在工地内的动态轨迹给予追踪，该平台有集成人员资质证书、安全培训记录以及历史违规行为等功能，能生成个性化的安全履历情况，保证高空作业、电气操作这类特种岗位全部做到持证上岗，从源头上杜绝无证作业的风险。依靠接入光伏支架、逆变器、施工机械等设备的物联网传感器，实时对振动、温度、电流等运行参数进行采集，并且和历史维护数据一并结合起来，借助 AI 算法对故障趋势与剩余寿命进行预测，一旦触发风险阈值，系统便会自动生成工单，同时把工单推送给对应的运维人员，以实现“早发现、早干预”，避免由于设备失效而引发安全事故。

在应急响应这方面，平台大大提高协同效率，当火灾、边坡滑移或者触电之类的险情被感知层识别之后，系统马上定位事故坐标，自动开启应急预案：联动切断相关区域电源，调取最近的监控画面，规划最为优化的疏散路径，同时借助移动端 APP 向现场人员精准推送避险指令，将应急响应时间缩短 50% 以上。每日巡检记录、隐患整改状态以及事故统计等数据自动进行归集，形成多维度可视化报表，管理者可依据这些生成的报表来开展绩效评估——比方说某班组月度违章次数超出标准，系统会自动扣减其安全积分，并且强制安排再培训，这样就形成了一个“检查—整改—考核—提升”的良性循环。

3.4 强化产教融合与标准建设，推动智能技术深度应用

山地光伏电站因地形复杂、气候多变、运维困难，对安全监控提出更高要求。智能技术虽为提升监测精度与响应效率提供了可能，但其落地常受限于高成本、高功耗、算力依赖强及系统兼容性差等问题。要实现智能监控在山地光伏场景中的规模化、可持续应用，必须以产教融合夯实技术根基，以标准建设打通推广路径。

光伏企业应当与高校、科研机构联合起来，共同构建“山地光伏智能安全监控联合实验室”，围绕实际痛点展开协同创新工作，比如说，针对偏远山地供电不方便这一问题，展开合作来研发功耗低、能实现自供能的环境传感器，鉴于边

缘计算资源有限这种实际状况，去开发轻量化的 AI 模型，要使其可在成本低的嵌入式设备上实现高效运转。企业可以开放真实场站，将其作为实习实训基地，让学生在部署调试、排查故障的过程中积累经验，培育出对光伏系统原理有所掌握，又精通智能感知以及数据分析的复合型人才，给技术迭代以及运维保障提供人力方面的支撑。

加快标准体系建设乃是保障系统互操作性以及可靠性的基础所在，建议可由行业协会带头，联合上龙头企业以及科研单位来制定《山地光伏智能安全监控技术规范》，从硬件、通信直至平台功能设定出统一的门槛，比方说，明确红外热成像传感器测温的误差需小于等于正负 2℃，视频监控应当支持 4K 分辨率以及低照度提高，要强制规定数据传输采用“光纤主干加上 4G/5G 备份”这样的双链路机制，以此来杜绝信号出现中断的风险，规定监控平台要集成“设备状态自检 - AI 异常初筛 - 人工复核确认”的三级数据清洗流程，保证预警的准确率不低于 98%。统一标准可避免“信息孤岛”以及重复建设的问题，还可以极大地降低中小企业在进行设备选型、开展系统集成以及后期进行维护过程中的试错成本。

4 结语

智能技术的深度应用为山地光伏智慧工地安全监控带来了管理范式的革新。通过构建多维度感知网络、融合 AI 与大数据分析、打造数字化管理平台及强化产教融合与标准建设，安全管理实现了从“被动应对”到“主动预防”、从“经验驱动”到“数据驱动”的跨越。未来，随着技术的持续迭代与行业协同的深化，智能安全监控将成为山地光伏项目建设的标配，助力清洁能源产业在安全、高效、可持续的轨道上稳步前行。

参考文献

- [1] 饶艳伟,胡熠甜. 智慧工地管理系统在海上风电项目中的应用[J]. 科技视界, 2025, 15 (32): 48-52.
- [2] 李继伟,方占正,陈涛,等. 基于AI智能分析技术的智慧光伏工地安全管控[J]. 科技与创新, 2025, (12): 91-93+100.
- [3] 李宝峰,田宏亮,杨孟宇,等. 智慧工地安全管理平台在分布式光伏项目中的应用研究[J]. 现代工程科技, 2025, 4 (04): 157-160.