

电力施工智能化装备的应用现状与发展趋势

郭 路

浙江浙天通信工程有限公司 浙江 宁波 315000

摘要: 电力施工智能化装备在提升施工效能、保障安全方面作用显著。本文先介绍电力施工智能化装备的分类与核心功能,涵盖施工、监测、管理三类装备。接着阐述应用现状,包括自动化与智能化设备渗透、物联网体系构建等。随后分析发展趋势,如技术高端化融合、绿色化等。最后探讨面临的挑战与机遇,如技术迭代压力、政策红利释放等。对电力施工智能化装备的发展具有重要指导意义。

关键词: 电力施工;智能化装备;物联网技术;人工智能;发展趋势

引言:在电力行业快速发展的当下,电力施工面临着效率提升、安全保障、质量优化等多重挑战。传统施工方式在应对复杂地形、高危作业、大规模施工任务时,逐渐暴露出局限性。随着科技的不断进步,智能化装备应运而生,为电力施工带来了新的变革。从无人机、智能机器人到智能监测设备、管理系统等,智能化装备正逐步渗透到电力施工的各个环节。深入研究电力施工智能化装备的应用现状与发展趋势,有助于推动电力施工行业的现代化转型,提升行业整体竞争力。

1 电力施工智能化装备的分类与核心功能

1.1 智能化施工设备

无人机技术可搭载红外相机、热能相机或激光雷达,实现电网异常感知、故障定位及运输。无人机突破传统人工作业空间限制,在复杂地形和高空灵活作业,精准捕捉电网异常信号,快速锁定故障位置,完成施工物料短途运输,减少人工搬运不便,提升作业效率。测绘仪器用于精确测量地形、地貌、地质、水文等数据,为电力施工提供基础支持^[1]。电力施工前期选址、规划及设计均需依托精准测绘数据,通过采集地理环境数据,为科学制定施工方案提供可靠依据,保障施工符合现场条件,避免数据偏差影响进度。智能机器人具备自主导航、作业、保养功能,可承担清扫杆塔、修剪树木、搬运材料等任务。能根据预设程序自主定位导航,无需人工干预开展作业,完成后自主保养,有效替代高危繁琐人工任务,降低劳动强度,保障作业规范稳定。智能工具集成传感器、切削工具与智能算法,可快速准确完成钻孔、切割、打磨等工作。通过传感器实时采集作业参数,结合算法动态调整,确保精度符合标准,提升作业速度,避免传统工具误差,保障施工质量。

1.2 智能化监测设备

智能安全监测设备可实时监测杆塔、线路、电缆等

关键部位的温度、振动、电压等各类数据,实现异常状态报警功能。智能安全监测设备能够全天候不间断运行,持续捕捉关键施工部位的运行及环境参数,当监测到参数超出安全阈值时,可自动发出报警信号,及时提醒工作人员关注相关部位状态,提前排查安全隐患,保障电力施工及电网运行的安全性。智能运维平台集成设备状态监测、故障诊断等多项功能,能够有效提高运维效率。智能运维平台整合各类监测数据,对施工过程中所用设备的运行状态进行全面把控,及时发现设备运行过程中出现的异常情况,并通过内置诊断功能分析异常原因,为工作人员开展运维工作提供明确方向,简化运维流程,提升运维工作的针对性和高效性。

1.3 智能化管理系统

AI进度预测系统可分析历史施工数据、当前施工条件、天气状况等各类因素,预测施工进度。AI进度预测系统依托大数据分析能力,整合各类与施工进度相关的因素,通过科学分析梳理各类因素对施工进度的影响,精准预测施工推进情况,为施工进度的合理管控提供支持,帮助工作人员提前预判可能出现的进度偏差,做好应对准备。集成化施工管理平台可实现施工全过程的数字化管理,涵盖进度、成本、质量等多个方面的精细化管理。集成化施工管理平台将施工过程中的各类信息进行整合,实现进度管控、成本核算、质量监督等各项工作的数字化推进,打破传统管理模式中的信息壁垒,实现施工全过程的精细化管控,提升施工管理的规范化水平和整体效率。

2 电力施工智能化装备的应用现状

2.1 自动化与智能化设备的全面渗透

工业发展范式的迭代升级推动智能制造理念在电力施工领域持续深化,自动化与智能化技术已成为提升施工效能的核心驱动力。施工装备制造厂商通过集成多模态

感知模块与自适应控制算法,使设备具备环境感知与动态决策能力^[2]。智能控制系统可实时解析设备运行参数,通过闭环反馈机制实现工作模式的自主优化,在提升作业精度的同时显著降低能源消耗。例如,智能钻机可根据地层硬度自动调节钻进速度与扭矩输出,既保障施工安全又提升作业效率。这种技术融合还延伸至设备维护环节,预测性维护系统通过分析振动、温度等异常信号,提前识别潜在故障点,将非计划停机时间压缩至最低限度。

2.2 物联网技术的体系化构建

物联网技术通过设备层、网络层与应用层的分层架构,实现了施工要素的全连接。在设备层,智能电表内置的窄带物联网模块可穿透地下管廊等复杂环境,将用电数据传输至管控平台,支持对临时用电系统的远程启停控制。智能开关设备采用的载波通信技术,使线路状态监测信号与电力载波同频传输,避免了额外布线带来的成本增加。网络层通过部署5G微基站与LoRa网关,构建起施工区域全覆盖的混合通信网络,确保移动机械与固定终端的数据交互时延控制在毫秒级。应用层开发的设备健康管理系统,可对采集到的振动、温度等参数进行趋势分析,提前识别电缆接头松动等潜在隐患。

2.3 大数据与云计算的协同赋能

大数据技术通过构建施工知识图谱,实现了经验数据的结构化存储与智能化调用。在输电线路架设场景中,系统可自动关联地质勘查报告、气象历史数据与施工工艺标准,为路径规划提供多维决策依据,使得路径规划更加科学合理,提高了施工效率和安全性。大数据技术还能对施工过程中的各种数据进行深度挖掘和分析,为施工管理提供更加全面和准确的信息支持。云计算平台提供的弹性计算资源,使大型水电工程的施工任务从传统模式下的长时间周期缩短至较短时间内完成,支持对众多构件的碰撞检测与应力分析,大大提高了施工设计的准确性和可行性,减少了施工过程中的变更和调整。分布式存储架构的应用,则解决了施工影像资料长期保存的容量瓶颈,通过自动分级存储策略将热数据保留在高速存储区,冷数据迁移至低成本存储介质,降低了存储成本,提高了数据访问效率。

2.4 人工智能技术的场景化突破

深度学习算法在设备故障诊断领域展现出显著优势。智能保护装置通过分析局部放电信号的时频特征,可区分电晕放电、沿面放电等不同故障类型,诊断准确率较传统阈值比较法提升显著,为设备的及时维修和更换提供了准确依据,保障了设备的正常运行。在能效优化场景,强化学习算法根据实时负荷需求动态调整发电机组

输出功率分配,使多机并联系统的燃油消耗率降低,提高了能源利用效率,降低了施工成本。智能调度系统融合图神经网络技术,在土方工程中可自动规划挖掘机与运输车的协同路径,通过减少空驶时间将整体作业效率提升,优化了施工资源的配置,提高了施工效率和质量。这种技术突破标志着电力施工管理从经验驱动向智能决策的范式转变,为电力施工行业的智能化发展奠定了坚实基础。

3 电力施工智能化装备的发展趋势

3.1 技术高端化与智能化深度融合

电力施工装备正朝着性能极限突破与智能系统深度融合的方向演进。在高端化层面,输变电设备持续向超高压、特高压等级迈进,通过新型绝缘材料与导电合金的研发应用,实现容量提升与损耗降低的双重突破^[3]。智能变压器等核心装备集成多维度传感器,可实时感知温度、振动、局部放电等关键参数,结合边缘计算技术实现状态自诊断与运行参数动态优化。智能化融合更体现在全生命周期管理层面,借助数字孪生技术构建虚拟装备模型,通过实时数据映射实现健康状态评估与剩余寿命预测,为预防性维护提供精准决策依据。这种深度融合还推动施工工艺革新,智能张紧设备可根据导线张力自动调节液压系统,确保架空线路施工精度达到毫米级。

3.2 绿色化发展趋势

环保理念正重塑电力施工装备的技术路线与发展标准。设备制造商通过采用可降解生物基材料替代传统金属构件,在保证结构强度的同时降低资源消耗。新能源供电系统的集成应用成为重要方向,太阳能辅助供电装置可为野外作业设备提供持续能源,氢燃料电池驱动的移动式变电站则实现零排放施工。绿色设计原则贯穿产品开发全流程,从轻量化结构优化减少材料用量,到智能休眠模式降低待机能耗,每个环节都致力于最小化环境足迹。在回收阶段,模块化设计理念使装备解体更为便捷,贵金属部件可高效回收再利用,形成闭环式绿色产业链。

3.3 集成化发展趋势

多学科技术交叉融合推动施工装备向系统化解方案演进。机械结构、电子控制、信息处理等领域的创新成果通过集成化设计实现功能倍增,例如将视觉识别系统与机械臂结合,使电缆敷设设备具备自主避障与路径规划能力。模块化架构成为主流设计范式,标准功能单元通过快速接口实现自由组合,既满足多样化施工需求,又显著缩短装备升级周期。这种设计思维还延伸至施工流程优化,通过将钻孔、布线、检测等功能集成于移动

式作业平台,实现地下电缆施工的全工序连贯作业,大幅提升现场施工效率。

3.4 远程操作与无人化施工

通信技术与智能控制算法的突破为施工装备赋予远程操控与自主作业能力。5G网络的高可靠低时延特性支持施工机械的实时远程控制,操作人员可在安全区域通过增强现实界面完成高空作业指导。自主导航技术使装备具备环境感知与路径规划能力,激光雷达与视觉传感器融合的定位系统可实现厘米级定位精度,确保无人驾驶运输车辆在复杂工地环境中的精准行驶。高级机器人技术的引入则推动危险作业场景的自动化替代,防爆型巡检机器人可自主完成变电站设备检测,爬壁机器人则能替代人工进行高空钢结构防腐作业,从根本上提升施工安全性与作业质量。这些技术进展共同勾勒出电力施工向全流程智能化转型的清晰路径。

4 电力施工智能化装备面临的挑战与机遇

4.1 面临的挑战

技术迭代压力持续加剧。智能化技术演进呈现指数级趋势,装备制造商需在传感器精度、算法效率、通信稳定性等维度持续突破,才能维持产品竞争力^[4]。技术标准体系尚未完善,不同厂商设备间的数据接口与协议存在差异,导致系统集成难度增大,制约了规模化应用进程。复合型人才缺口日益凸显。智能化装备运维需要兼具电力工程知识与信息技术能力的跨学科人才,而当前人才培养模式仍以单一专业为主,导致现场调试、故障诊断等环节依赖外部技术支持。高校专业设置与产业需求存在脱节,既懂机械设计又掌握人工智能算法的复合型人才供给不足,成为制约行业发展的关键因素。数据安全防护体系亟待健全。装备运行产生的海量数据包含电网拓扑、设备状态等敏感信息,传输与存储过程中的泄露风险不容忽视。黑客攻击可能导致施工指令被篡改,引发重大安全事故。现有加密技术与访问控制机制难以应对量子计算等新兴威胁,需构建动态防御体系以保障数据全生命周期安全。

4.2 面临的机遇

政策红利持续释放,为电力施工智能化装备行业带

来有力支撑。智能电网建设被纳入战略规划,专项补贴与税收优惠措施有效降低企业研发成本,示范项目推广机制加速技术成果转化。新型电力系统建设目标明确要求提升施工装备智能化水平,为行业开拓出广阔市场空间。与此同时,市场需求正经历结构性升级。随着新能源并网规模持续扩大,城市电网改造工程日益增多,对施工精度与效率提出了更高要求。电力企业为降低运维成本,更倾向于采购具备自诊断功能的智能化装备,这有力推动了行业向高端化转型。此外,分布式能源接入需求不断增长,促使微型化、模块化施工装备成为新的市场热点。技术融合也为行业发展催生创新动能。边缘计算与数字孪生技术使装备具备本地化决策能力,减少了对云端计算的依赖;5G网络商用普及提升了数据传输实时性,为远程操控与协同作业提供了可靠保障;人工智能算法优化使装备能自适应复杂施工环境,故障预测准确率显著提升。这些技术突破共同拓展了智能化装备的应用边界。

结束语

电力施工智能化装备在提升施工效率、保障施工安全、优化施工管理等方面展现出巨大优势。当前,自动化与智能化设备全面渗透,物联网、大数据、云计算、人工智能等技术不断突破应用边界。技术高端化融合、绿色化、集成化、远程操作与无人化施工成为发展趋势。尽管面临技术迭代、人才短缺、数据安全等挑战,但政策支持、市场需求升级、技术融合创新也带来诸多机遇。电力施工行业应抓住机遇,积极应对挑战,推动智能化装备广泛应用与持续发展。

参考文献

- [1] 刘海涛,赵静.智能化装备在电力系统中的应用与发展趋势[J].中国电力,2024,57(1):112-120.
- [2] 张明远,李伟峰.智能电网中的电力设备状态检修技术研究[J].电力系统自动化,2022,46(15):78-85.
- [3] 彭扬凡,潘成龙.智能化技术在电力电缆施工中的应用[J].电子技术,2024,53(09):210-211.
- [4] 王永爽,李超.电力施工中的智能化技术应用与发展研究[J].电气技术与经济,2024,(08):107-109.