

智能机器人在电力建设施工现场管理中的运用

陈 祥

(信阳华祥电力建设集团有限公司, 河南 信阳 464000)

摘 要 为解决电力建设施工现场传统管理存在的不足, 满足行业高质量发展所需, 本文立足智能机器人技术优势, 结合电力施工管理实际情况, 探索其在安全监管、质量控制、进度管理、物资管控方面的运用路径, 以期为电力建设行业智能化转型提供参考, 进而为能源基础设施高质量发展筑牢技术根基。研究表明, 智能机器人可通过自主感知、数据集成等功能, 助力管理转向“主动预判”, 有效提升管理效能、预防安全风险。

关键词 智能机器人; 电力建设施工现场管理; 安全监管; 进度管理; 物资管控

中图分类号: TP24; TM73

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.02.009

0 引言

电力建设工程作为国家能源基础设施的核心组成, 具有作业范围广、安全风险高、技术要求严格等显著特征。传统施工现场管理依赖人工巡检、纸质记录、经验判断等模式, 存在效率低、隐患排查不全面等难点, 已难以满足现代化电力建设高质量发展的需求。随着人工智能、物联网、大数据、自动驾驶等技术的快速迭代, 智能机器人凭借其自主移动、精准感知、持续作业、数据集成等优势, 推动管理模式从“被动应对”迈向“主动预判”。基于此, 有必要依据电力建设施工现场的管理难点, 深入探索智能机器人在电力建设施工现场管理中的运用路径, 一方面提升工程管理效能、降低安全风险, 另一方面保障建设质量、推动电力行业高质量发展。

1 电力建设施工现场管理核心难点

电力建设施工中对智能机器人的高效应用, 恰恰反衬出传统管理模式的局限。面对复杂的施工环境、高强度的管理需求, 长时间采用人工管理方式, 逐渐暴露出不足之处, 这些问题在一定程度上影响着施工效率、工程质量, 更给安全管理带来新挑战, 具体体现在以下几个方面:

第一, 安全管理难度大。电力建设涵盖诸多高风险场景, 如高空作业、带电作业等, 人工巡查模式易受环境、生理极限等影响, 无法全天进行全方位监控与管理, 尤其对一些工作人员是否正确佩戴安全装备、是否存在违规行为等存在识别滞后情况, 进而埋下安全隐患^[1]。

第二, 质量管控精度不足。无论是电力设备安装、

混凝土浇筑, 抑或是线路架设等, 这些工序质量检测长时间采用人工测量方式、经验判断方式, 易存在数据偏差、检测标准不统一, 甚至难以精准追溯隐蔽工程的质量问题, 容易造成设备运行故障、工程返工等情况。

第三, 进度管理协同低效。施工现场汇聚施工队伍、设备、物资等诸多要素, 以往进度跟踪长期以来人工完成数据上报, 导致信息更新滞后、数据呈现碎片化。长期如此, 管理人员无法及时掌控施工进度、施工真实情况, 更无法在第一时间协调资源矛盾。

第四, 物资管理混乱。电力建设物资种类繁多, 所需数量较大, 若长时间采用人工盘点、人工记录出入库的方式, 不仅会出现物资丢失、领用混乱, 甚至会造成账实不符现象, 这些因素都会严重影响施工效率。

2 智能机器人技术的适配性

智能机器人已经全面融入移动机器人、机器视觉、激光雷达、边缘计算等诸多先进技术, 能为电力建设施工现场的管理需求提供全面支持。

第一, 自主移动能力。通过激光雷达、视觉导航等技术, 智能机器人技术面对非常复杂的施工环境, 也能自主规划出最佳路径, 有效规避现场障碍物, 一方面能实现全方位覆盖巡查, 另一方面无需人工参与^[2]。

第二, 多维度感知能力。智能机器人可搭载专门的设备, 如高清摄像头、红外热像仪、气体传感器等, 动态采集图像、温度等各项数据信息, 进而识别施工现场的潜在安全隐患, 还能第一时间发现质量缺陷。

第三, 数据实时传输与分析。智能机器人可结合 5G 通信技术, 将已经获取的数据信息, 精准上传到管理系统; 再利用边缘计算、AI 算法等, 对数据进行深

作者简介: 陈祥 (1990-), 男, 本科, 助理政工师、助理工程师, 研究方向: 电力工程安全管理。

层分析,及时发现异常,预警、预测现场管理趋势。

第四,持续作业能力。智能机器人采用电池供电,抑或是自动充电形式,可全天处于工作状态,突破人工巡检的工作时间局限,在保证工作质量的基础上提升管理效率。

第五,标准化作业能力。智能机器人可依据提前设置的程序、标准,严格有序开展作业,可防止人工操作产生的主观性、差异性影响,保障执行的现场管理工作规范、一致^[3]。

3 智能机器人在电力建设施工现场管理中的运用

在数字经济、新型电力系统建设融合背景下,电力建设工程具有更强的规模化、复杂化特点,传统施工现场管理模式已无法满足安全管控、质量把控、进度推进与物资调配的精细化需求。智能机器人从高空作业的安全巡查、隐蔽工程的质量追溯,从施工进度动态跟踪、海量物资的智能管控,正逐步渗透到电力建设施工现场管理的全流程。下文将围绕安全监管、质量控制、进度管理、物资管控四大核心场景,深入剖析智能机器人的具体运用路径与实践价值。

3.1 安全监管

电力建设施工现场,安全监管是一项重要任务,可应用智能机器人完成以下工作:

在人员安全管理方面,凭借机器视觉技术,智能机器人能动态化识别施工人员是否正确、规范佩戴防护装,如安全帽、安全带等;精准识别施工人员是否存在违规行为,如高空抛物、违规动火等。若发现违规行为,系统会第一时间发出声光警报,及时上传涵盖图像、位置、时间的违规内容,管理人员可进入管理平台进行干预^[4]。例如:变电站建设施工现场,智能巡检机器人可全面检查工作人员安全防护佩戴状况,精准识别率超过95%,将其与人工巡检比较,巡检效率高出3~5倍。

在设备安全监测方面,通过搭载一些专业设备,如红外热像仪、超声波传感器等,智能机器人可对变压器、开关柜等电力设备实施精准的绝缘检测、温度监测,能够及时发现设备存在的绝缘老化、温度过热等故障。同时,也可利用气体传感器,有效检测施工现场有无易燃易爆气体泄露,一旦超出标准会即刻发出预警,有效规避爆炸事故。以某一输电线路建设项目为例,智能巡检机器人就是利用红外线检测功能,发现电缆接头温度异常,有效预防设备烧毁事故,为整个项目挽回数百万的经济损失。

在环境安全预警方面,智能机器人能动态化监测施工现场的各项环境参数,如风速、湿度、能见度等,

再依据气象数据信息,提前设置台风、暴雨、高温等预警信息,方便施工现场安排工作进行参考。同时,智能机器人凭借环保监测设备,如噪声传感器、扬尘浓度检测仪等,动态监测施工现场的噪声分贝、PM2.5浓度等指标,若发现噪声超标、扬尘扩散等情况,系统会第一时间发出预警信息、记录数据,助力管理人员采取有效的管控策略,以此确保施工现场契合环保标准。

3.2 质量控制

在电力建设工程中,质量控制是重点,直接关乎电力设施运行安全。智能机器人可发挥自身集成化感知设备、高精度数据处理优势,高效完成施工工序检测、工程实体质量验收等工作,从本质上解决传统人工精度差、质控效率偏低等问题。

在施工工序质量检测方面,智能机器人能对一些关键工序,如混凝土浇筑、钢结构安装等构建自动检测体系^[5]。在智能机器人上搭载激光测距仪、高清视觉传感器,能有效获取施工关键参数,如混凝土浇筑期间,机器人能随时更新浇筑厚度、平整度、振捣实度等,严格管控数据误差,预防因人工测量产生的环境干扰、操作偏差;钢结构安装期间,可凭借视觉测量技术,详细核对安装坐标、设计参数,自动化检测关键指标,如垂直度、焊缝尺寸等,在0.5小时内就能完成全面检测,大幅提升工作效率,还能自动生成一份详细报告,防止纸质记录被篡改。

加强隐蔽工程质量追溯。针对地下电缆敷设、基础回填这些工序,在施工完毕后难以对其进行直观检查,人工检测易存在覆盖不全、追溯困难等问题,引入智能机器人后,可使用“智能机器人+360°全景摄像头、高清工业相机”进入作业制定区域,精准采集数据、录像,形成可视化参考内容。同时,利用集成RFID技术,精准读取材料电子标签记录型号、供应商数据,将可视化数据、RFID信息关联都上传至云端,进而创建全生命周期追溯链条。一旦后续发生质量问题,管理人员可进入平台获取所需数据,第一时间确定负责人员、查明问题所在,为后续整改提供可靠信息,真正从源头攻克隐蔽工程难监管问题。

3.3 进度管理

想要高效推进电力建设项目,做好进度管理非常关键,否则会影响工程交付周期、投资效益。智能机器人能利用自身机器视觉、AI算法、数据传输技术,动态更新施工现场人员、设备的相关重要数据,助理进度管理实现全流程数字化管控^[6]。

施工进度实施跟踪,应用智能机器人建立具有可视化特点的进度监测新体系。将其搭载高清摄像头、

AI 图像识别,精准锁定施工机械实际工作状态,如塔吊、起重器的工作次数、作业范畴、启停时间等信息;自动化统计施工人数、作业区域分布等,能够全方位感知整个现场施工动态。同时,根据预设施工计划,智能机器人可利用算法,将计划目标、实际进度进行对比,分析出工序完成率、实际偏差。例如:在风电项目建设中,智能巡查机器人利用图像识别技术,精准判定出风机基础浇筑、叶片安装等工序真实完成情况,自动生成一份数字化报表,不仅包含产生偏差的原因,还包含优化建议,管理人员只需进入系统就能全面了解项目实际状况,一方面提升决策效率,另一方面即刻调整偏差。

在资源协同调度方面,智能机器人起到数据枢纽功效。智能机器人能动态监测施工现场资源,如设备运行参数、物资库存余量、材料消耗速度等,第一时间将数据上传管理系统,构建最新资源台账^[7]。例如:施工区域缺少水泥、钢筋等物资,智能机器人会及时反馈信息缺少信息,根据运输路线提供最佳优化方案,帮助管理人员第一时间规划物资运输方案,杜绝出现停工待料现象;一旦塔吊、电焊机等发生故障,智能机器人能凭借传感器锁定异常数据,精确定位故障位置、划分故障种类,将故障信息推送维修人员系统,不仅节省故障排查消耗时间,还节省抢修时间,从本质上降低停工产生的影响。

3.4 物资管控

在电力建设项目推进过程中,物资管理作为基础保障,与施工成本、进度衔接关联紧密。因此,将智能机器人应用在以下方面,能彻底攻克人工管理效率低、追溯难等现状。针对智能物资盘点,可在施工现场仓库、堆放区设置针对性优化计划。在智能机器人上装置 RFID 读写器,方便机器人精准获取钢筋、水泥这些物资电子标签信息,还能利用视觉识别技术,有效核查物资数量、物质规格是否合格,自动产生一份涵盖账实差异分析的结果,协助管理人员完成动态账实管理。这种方式和人工清点、手工记录比较,智能机器人盘点的效率是人工的 5 倍以上,盘点误差率几乎不超过 1%。一方面节省盘点所消耗的时间,另一方面还节省人工成本,有效规避人工漏记、错记等情况^[8]。

在出入库自动化管理中,实现流程无纸化、智能化转型。在物资入库过程中,智能机器人可利用视觉识别、RFID 技术联动,精准获取物资型号、批次等数据,生成一份完整的入库录单,将记录存储到管理平台,有效删减人工登记、录入环节;在物资出库过程中,管理人员只需进入平台,输入领用指令,智能机器人

就可接受指令,进入目标物资存储区域,以此完成装卸、搬运工作,进而更新出库信息,确保系统信息准确,整个流程不需要人工参与。这种自动管理形式,可有效规避人工登记程序,预防人工操作产生的误差,使入库、出库程序都有详细记录。

物资运输跟踪场景,移动机器人主要承担现场物资转运工作,机器人能依据施工进度所需情况,自动规划出一条最优运输路径,安全、有序地将物资从仓库运输到施工区域。同时,利用定位技术,机器人可在平台更新自身运输轨迹、物资状态,后续预计运输完成时间等,管理人员只需进入平台就能随时了解物资运输情况,第一时间调节运输遇到的延误问题、拥堵问题,保证物资能满足施工需求,不仅保证了工序按时衔接,还能推动项目稳步实施。

4 结束语

智能机器人以技术创新为支撑,为电力建设施工现场管理提供了高效、精准、安全的解决方案,从安全监管到质量控制,从进度协同到物资管控,其规模化应用正推动电力建设行业向智能化、标准化、绿色化转型,为工程质量提升、安全风险防控和管理成本优化注入强劲动力。未来,应注重多机器人协同、AI 与数字孪生深度融合研究,充分发挥技术优势,构建更高效、安全、可持续发展的电力建设新格局,为国家能源基础设施高质量发展筑牢技术根基。

参考文献:

- [1] 魏传洪,李广贤,安旭,等.建筑外立面智能化施工机械的技术进展与应用研究[J].中国住宅设施,2024(S1):31-32.
- [2] 杨国强.加快智能建造产品技术应用 推动建筑业高质量发展[J].中国勘察设计,2022(03):33.
- [3] 孟庆禹,陈越,杨柳溪,等.建筑工程施工机器人现状分析、应用实例及发展探究[J].产业科技创新,2024,06(05):44-49.
- [4] 李继超,郭圣煜,孔刘林,等.施工现场火焰检测和预警机器人设计及应用[J].中国安全科学学报,2021,31(04):141-146.
- [5] 刘娟,喻玮,郭晓芸.电力行业智能客服机器人识别准确率提升的关键[J].产业创新研究,2025(22):91-93.
- [6] 孔明,孙啸涛,吴蒙,等.基于 BIM 的智能放样技术在激光小镇钢结构施工中的应用[J].建筑技术,2023,54(02):145-148.
- [7] 邹少俊,屈璐.基于智慧建造的“华龙一号”钢筋施工技术优化研究[J].中国核电,2022,15(06):811-817.
- [8] 赵文广,王记涛.基于物联网的预制梁智能机器人养护管理系统建设[J].中外公路,2022,42(02):269-272.