

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责任公司, 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。研究结果表明, 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，从施工进度的动态跟踪、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况，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，精准确定故障位置、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，从根本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(81):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.