

建筑工程施工机械自动化技术的应用研究

姚武杰

杭州滨江房产建设管理有限公司 浙江 杭州 310020

摘要: 建筑工程施工机械自动化技术融合多学科,从单机控制发展为多设备协同一体化系统,具操作自主、控制精准、管理智能等特征。本文探讨其在混凝土施工、起重作业、土方工程中的应用,阐述提高施工效率、保障工程质量、降低安全风险与人力成本等优势。针对发展,提出加强技术研发创新、完善政策支持引导、加强人才培养引进、建立健全法规标准体系等建议,为建筑行业高质量发展提供技术支撑。

关键词: 建筑工程; 施工机械; 自动化技术; 应用研究

引言: 在建筑行业迈向工业化、智能化的大趋势下,传统施工模式面临效率、质量、安全与成本等多方面的挑战。建筑工程施工机械自动化技术作为新兴力量,融合多学科知识,实现了从单机控制到多设备协同一体化系统的跨越,其凭借操作自主、控制精准、管理智能等优势,在建筑工程各环节展现出巨大潜力,成为推动建筑行业转型升级、实现高质量发展的关键支撑。

1 建筑工程施工机械自动化技术概述

建筑工程施工机械自动化技术是融合机械工程、自动化控制、计算机科学等多学科的综合技术体系。它通过在施工机械上集成智能控制系统、感知系统与执行机构,实现施工过程自主操作、精准调控及智能监测。随着建筑行业向工业化、智能化转型,该技术从早期单机自动化控制,发展为多设备协同、远程监控和智能决策的一体化系统。其核心特征是操作自主,可依预设程序或实时数据自动施工;控制精准,借传感器和定位技术将误差控制在毫米级;管理智能,能通过数据采集分析优化施工过程。相比传统人工操作,它突破生理局限,适应恶劣环境,为数字化管理提供支撑^[1]。随着5G、物联网等技术融入,正朝着无人化作业、数字孪生协同等方向升级,推动建筑行业高质量发展。

2 建筑工程施工机械自动化技术应用

2.1 混凝土施工中的自动化技术应用

混凝土施工作为建筑工程的核心环节,自动化技术的应用实现了从搅拌、运输到浇筑、养护的全流程精准管控。在搅拌环节,自动化搅拌站通过智能控制系统精准配比水泥、砂石、水和外加剂,根据施工需求自动调整搅拌参数,配备的质量检测模块可实时监测混凝土坍落度、强度等指标,避免人工配比导致的质量波动,单机搅拌效率较传统方式提升30%以上。运输阶段,自动化混凝土搅拌运输车搭载GPS定位和路况感知系统,可自动

规划最优运输路线,实时向浇筑现场反馈车辆位置和混凝土状态,确保混凝土在初凝前抵达现场。浇筑作业中,自动化布料机结合激光定位技术,按预设浇筑路径自主移动布料,配合混凝土泵车的自动伸缩臂系统,实现高层建筑或大跨度结构的均匀浇筑,减少漏浇、过振等问题。养护阶段,智能养护系统通过温度、湿度传感器实时监测混凝土状态,自动开启喷淋、保温设备,确保养护环境达标,大幅降低裂缝产生概率。

2.2 起重作业中的自动化技术应用

现代自动化起重机普遍配备智能定位系统、负载监测系统和防碰撞系统,通过多传感器融合技术实现对吊具位置、负载重量、周边障碍物的实时感知。在吊装作业前,操作人员可通过控制系统预设吊装路径和参数,起重机通过自动规划算法避开障碍物,精准完成起吊、回转、变幅、落钩等一系列动作,定位误差可控制在5厘米以内。对于高层建筑或复杂场地吊装,远程操控系统可实现操作人员在地面控制中心对起重机进行远程操作,通过高清摄像头和力反馈装置实时掌握作业状态,避免高空作业风险。在集群吊装场景中,多台自动化起重机可通过协同控制系统实现信息共享,合理分配吊装任务,避免设备间的相互干扰,大幅提升吊装效率。自动化起重机还具备故障自诊断功能,通过对设备运行参数的实时监测,及时发现机械磨损、液压系统泄漏等潜在故障并发出预警,降低设备故障导致的停工风险。

2.3 土方工程中的自动化技术应用

土方工程具有工程量大、作业环境复杂、劳动强度高的特点,自动化技术的应用实现了高效、精准的施工管控。在土方开挖环节,自动化挖掘机搭载激光扫描和GPS定位系统,可根据施工图纸自动生成开挖路径,通过智能控制系统精准控制铲斗的挖掘深度、角度和范围,避免超挖或欠挖现象,对于基坑、基槽等高精度开挖场

景,开挖精度可控制在 ± 10 毫米。运输阶段,自动化土方运输车配备自动导航、自适应巡航和车路协同系统,可在施工场地内自主行驶,自动规避行人、设备等障碍物,按预设路线完成土方运输和卸载,同时通过载重监测系统避免超载运输。土方填筑作业中,自动化碾压设备结合土壤压实度传感器和智能控制系统,可实时监测填筑土壤的压实度,自动调整碾压速度、振幅和遍数,确保填筑层压实度均匀达标,避免出现压实不足导致的沉降问题。另外,土方工程自动化系统还具备施工进度实时统计功能,通过数据采集模块实时记录开挖量、运输量、填筑量等关键数据,自动生成施工进度报表,为管理人员提供精准的决策依据。

3 建筑工程施工机械自动化技术的优势

3.1 提高施工效率

建筑工程施工机械自动化技术打破人工局限,实现施工连续精准作业,大幅提升效率。传统人工操作受生理疲劳、熟练度影响,有作业间隙长、误差大等问题,自动化机械可24小时连续作业,在夜间或恶劣天气也能稳定工作^[2]。以混凝土浇筑为例,自动化布料机和泵车协同,减少辅助时间,单机浇筑效率提升超30%。大规模土方工程中,自动化作业集群通过协同控制,避免等待时间,整体效率提升超50%。自动化技术精准控制参数,减少返工整改时间,故障自诊断功能能快速定位维修,缩短停机时间,保障施工进度,确保工程按期或提前竣工。

3.2 保障工程质量

建筑工程施工机械自动化技术凭借精准控制与实时监测,提升工程质量稳定性与可靠性。传统人工施工依赖经验技能,易产生误差,自动化机械集成高精度传感器等,将施工参数控制在预设范围,降低人为误差。如混凝土搅拌,自动化搅拌站控制原材料配比误差在 $\pm 1\%$ 以内;钢筋加工尺寸误差在 ± 2 毫米。同时,实现施工过程实时监测与动态调整,如桥梁、路基施工。自动化系统自动记录施工数据,形成质量追溯体系,便于后期检查排查,使工程质量合格率提升至98%以上。

3.3 降低安全风险

建筑工程施工机械自动化技术减少人工干预、强化风险预警,降低施工安全风险。建筑施工中高空作业等场景易发事故,自动化技术通过远程操控等功能,减少人员暴露在危险环境中的概率。智能防误操作系统避免人为失误导致的事故,如起重设备超载自动切断起升。另外,自动化系统实时监测预警,出现异常立即采取措施。数据显示,采用自动化技术的项目,安全事故发生率较传统项目降低超90%,提升施工安全性。

3.4 降低人力成本

建筑工程施工机械自动化技术替代人工、优化配置,降低人力成本。传统建筑施工依赖大量劳动力,人工成本占工程总成本30%以上,自动化机械可少人或无人操作,减少劳动力需求。如混凝土施工,自动化搅拌站人力减少60%;土方工程中,一台自动化挖掘机效率相当于3-4名人工,且无需轮班。自动化技术降低对高技能人员依赖,操作人员经简单培训即可上岗,降低人才培养与薪酬成本。同时,高效作业缩短工期,减少人工投入时间,还减少因人工失误导致的返工等额外人力物力投入。

4 促进建筑工程施工机械自动化技术发展的建议

4.1 加强技术研发与创新

加强技术研发与创新是推动建筑工程施工机械自动化技术发展的核心动力。当前我国施工机械自动化技术在核心部件、高端控制系统等方面与国际先进水平仍有差距,需构建以企业为主体、高校和科研院所为支撑的产学研用协同创新体系。企业应加大研发投入,重点攻关高精度传感器、智能控制系统、自主导航技术等核心技术,突破国外技术垄断,提升关键零部件的国产化率,降低对进口部件的依赖。例如针对大型起重机的智能协同控制技术、隧道掘进机的自适应掘进技术等开展专项研发,提升设备的自主决策和协同作业能力^[3]。高校和科研院所应聚焦基础研究和前沿技术,如数字孪生在施工机械中的应用、人工智能驱动的施工优化算法等,为技术创新提供理论支撑。同时,鼓励企业与高校共建研发平台和实训基地,促进科研成果的转化应用,将实验室技术转化为实际施工中的成熟产品。加强国际技术交流与合作,引进消化吸收国际先进技术,结合我国建筑施工特点进行再创新,形成具有自主知识产权的核心技术体系,推动施工机械自动化技术向更高精度、更智能化方向发展。

4.2 完善政策支持与引导

完善政策支持与引导是营造建筑工程施工机械自动化技术发展良好环境的关键。政府应从产业规划、资金扶持、市场引导等方面出台针对性政策,推动技术的研发和应用。在产业规划方面,将施工机械自动化技术纳入建筑行业智能化发展规划,明确技术发展的阶段性目标和重点任务,引导行业资源向自动化技术领域集聚。资金扶持方面,设立专项研发基金,对从事核心技术研发的企业和科研机构给予资金补贴,降低研发成本;同时,对采用自动化施工技术的工程项目给予税收减免、信贷优惠等政策支持,提高企业应用自动化技术的积极性。市场引导方面,通过政府工程示范引领,在重点工

程、大型项目中优先采用自动化施工技术，打造一批示范工程，发挥标杆带动作用，引导中小企业跟进应用。此外，建立健全技术推广服务体系，政府牵头搭建技术交流平台，组织企业开展技术推广会、现场观摩会等活动，促进先进技术的普及。加强市场监管，规范自动化施工设备的市场秩序，打击假冒伪劣产品，保障技术应用的质量和安 全，为施工机械自动化技术的健康发展提供政策保障。

4.3 加强人才培养与引进

加强人才培养与引进是解决建筑工程施工机械自动化技术发展人才瓶颈的关键举措。当前行业内既掌握机械工程技术，又熟悉自动化控制、计算机科学的复合型人才短缺，需构建多层次的人才培养体系。在高等教育方面，高校应调整专业设置，增设建筑智能化、施工机械自动化等相关专业，优化课程体系，将机械设计、自动化控制、人工智能、建筑施工技术等课程有机融合，培养具备扎实理论基础的专业人才；加强实践教学，与企业共建实习基地，让学生参与实际项目研发和施工，提升实践能力。职业教育应聚焦技能型人才培养，针对施工企业需求，开设自动化施工设备操作、维护等专业，培养具备设备操作、故障排查能力的技能人才。企业应加强内部培训，定期组织技术人员参加自动化技术培训、行业交流等活动，更新知识结构，提升现有员工的专业素养。在人才引进方面，制定优惠政策，引进国内外高端技术人才和管理人才，尤其是在核心技术研发、系统集成等领域的领军人才，同时搭建人才发展平台，提供良好的薪酬待遇和职业发展空间，吸引和留住人才，为技术发展提供人才支撑。

4.4 建立健全法规与标准体系

建立健全法规与标准体系是规范建筑工程施工机械自动化技术发展、保障技术应用质量的重要保障。当前我国施工机械自动化技术相关的法规和标准尚不完善，存在标准不统一、监管缺失等问题，需加快构建覆盖技术研发、设备生产、施工应用、安全监管等全流程的法规标准体系。在技术标准方面，由行业主管部门牵头，

组织企业、高校、科研机构制定自动化施工设备的技术标准，包括设备性能指标、安全要求、检测方法等，如制定自动化起重机的负载精度标准、混凝土自动化搅拌站的质量控制标准等；同时，制定施工应用标准，明确自动化技术在不同施工场景中的应用规范、操作流程和质量验收标准，确保技术应用的规范性^[4]。在法规建设方面，完善自动化施工安全管理法规，明确设备操作、远程监控、现场安全防护等方面的责任要求，规范企业的安全管理行为；制定知识产权保护法规，加强对自动化技术研发成果的保护，鼓励企业创新。另外，建立健全监管机制，明确监管主体和职责，加强对自动化施工设备生产、销售、使用环节的监管，对不符合标准的设备和违规操作行为进行处罚；建立标准更新机制，根据技术发展和施工需求及时修订完善相关标准，确保法规标准与技术发展相适应，为施工机械自动化技术的健康发展提供制度保障。

结束语

建筑工程施工机械自动化技术是建筑行业转型升级的关键驱动力，其应用显著提升了施工效率、质量，降低了安全风险与人力成本。然而，当前我国在该技术领域仍面临核心部件依赖进口、人才短缺、法规标准不完善等问题。通过加强技术研发、完善政策支持、强化人才培养和健全法规标准等举措，有望推动施工机械自动化技术迈向更高水平，实现建筑行业的智能化、高质量发展，创造更大的经济与社会效益。

参考文献

- [1] 张志强. 建筑工程施工机械自动化控制技术研究[J]. 建筑机械, 2022(04): 33-36.
- [2] 王耀东. 智能施工机械在建筑工程中的应用分析[J]. 建筑技术开发, 2023, 50(01): 58-61.
- [3] 海瑞. 建筑工程中机械设备与物资材料集约化管理探析[J]. 散装水泥, 2023(03): 39-41.
- [4] 李帅. 建筑工程施工机械自动化技术的应用研究[J]. 山西建筑, 2025, 51(13): 188-190.