

建筑土木工程中的智能施工技术及其应用

楼初南

海天建设集团有限公司, 浙江 东阳 322100

[摘要] 在城市化进程加速的背景下, 建筑行业正面临着施工周期长、资源消耗高及安全风险突出的种种挑战。智能施工技术的引入, 使得自动化与信息化手段得以深度应用, 从而有效提升施工效率、降低成本, 同时强化安全管控并推动绿色建造的实现。尽管展现出了广阔的发展潜力, 然而该技术的应用仍处于起步阶段, 技术成熟度、资金投入及专业人才储备等方面的问题仍需解决, 以加速智能施工技术的全面推广。

[关键词] 土木工程; 智能化; 施工技术

DOI: 10.33142/aem.v7i4.16390

中图分类号: TU198

文献标识码: A

Intelligent Construction Technology and Its Application in Civil Engineering

LOU Chunan

Haitian Construction Group Co., Ltd., Dongyang, Zhejiang, 322100, China

Abstract: Against the backdrop of accelerated urbanization, the construction industry is facing various challenges such as long construction cycles, high resource consumption, and prominent safety risks. The introduction of intelligent construction technology enables the deep application of automation and information technology, effectively improving construction efficiency, reducing costs, strengthening safety control, and promoting the realization of green construction. Although it has shown great potential for development, the application of this technology is still in its infancy, and issues such as technological maturity, capital investment, and professional talent reserves still need to be addressed to accelerate the comprehensive promotion of intelligent construction technology.

Keywords: civil engineering; intelligentization; construction technology

引言

智能施工技术依托 BIM、物联网及机器人自动化等前沿技术, 持续推动建筑行业变革, 在提升施工效率的同时, 安全保障得到了强化, 并为节能环保目标的实现提供了有力支持。尽管显著进展已取得, 这项技术的推广仍受制于高昂的成本、技术发展不均衡以及专业人才的匮乏等问题。如何有效应对这些挑战, 促进智能施工技术的广泛应用, 已成为建筑行业亟需解决的核心课题。

1 智能施工技术的优势与不足

智能施工技术在建筑土木工程中的应用正逐步打破传统施工方式, 显著提升了施工效率、工程安全性及节能环保水平。传统建筑施工依赖大量人工操作与资源消耗, 造成施工周期长且难以提高单位经济效益。通过引入自动化设备与远程控制系统, 智能施工技术有效减轻了人工负担, 提升了施工精度。例如, 智能焊接与切割机器人通过高精度操作, 不仅大幅降低了人力成本, 还缩短了工程周期。在安全性方面, 智能施工技术大大减少了传统施工中的高风险操作, 如塔吊作业与重物吊装等。机器人和其他机械设备代替人工完成危险性较高的任务, 显著降低了事故发生的概率。同时, 智能监控系统能够全天候实时监控施工过程, 及时发现并消除潜在安全隐患, 从而有效避免资源浪费与安全事故。环保方面, 智能施工技术对节能与

环境保护做出了积极贡献, 传统施工常伴随材料浪费与环境污染等问题, 而智能技术通过精确控制能耗与施工材料的使用, 有效减少了浪费, 促进了绿色施工。例如, 智能机器人能够精确控制材料的用量, 避免了不必要的浪费, 并降低了对环境的负面影响。尽管智能施工技术具有显著的优势, 其推广仍面临一定挑战。首先, 智能设备与系统的投入费用较高, 尤其是自动化设备的采购成本, 可能对中小型施工单位形成较大的财务压力。其次, 行业内智能施工技术的应用尚在探索阶段, 技术的成熟度与普及度需要进一步提高。最后, 智能施工技术的广泛应用还受到人才短缺的制约, 建筑行业亟需加速相关人才的培养与引进, 推动技术的更好发展与应用。

2 智能施工技术的核心技术体系

2.1 建筑信息模型 (BIM) 技术

作为智能施工技术体系的核心, 建筑信息模型 (BIM) 技术正深刻改变建筑行业的施工管理方式。通过构建三维数字模型, BIM 技术将设计、施工及运营管理的各类信息进行整合, 为项目的全生命周期提供全面的数据支撑。借助这一集成化工具, 不仅能够在设计阶段实现精准的虚拟建模, 施工过程中的可视化管理也得以实现, 从而大幅提升工程的精确度与施工效率。在智能施工背景下, BIM 技术的优势尤为显著, 施工过程的提前模拟可借助 BIM 模型

进行,设计中的冲突与潜在施工难题能够被迅速识别,以便优化施工方案,减少现场作业中的错误。同时,各专业之间的协作效率因BIM技术的应用得以提升。实时更新的模型数据可被共享,传统的信息孤岛现象因此被打破,使设计、施工与运营各环节之间的信息传递更加顺畅,进而有效降低沟通成本与项目延期风险。在工程进度管理与成本控制方面,BIM同样发挥着关键作用。项目进展可通过BIM技术实时监测,各施工节点及材料消耗的精准预测亦可实现,从而提升项目管理的可视化水平。此外,依托BIM提供的实时数据支持,施工策略可被迅速调整,以确保项目按计划顺利推进。

2.2 物联网(IoT)与大数据分析

在智能施工技术体系中,物联网(IoT)与大数据分析发挥着关键作用。借助数据的采集、传输与分析,建筑项目的管理效率与精确控制能力得到了极大提升,通过在施工现场安装各类传感器与智能设备,各种实时数据(如温度、湿度、设备状态、人员位置等)能够被自动采集,并与互联网实现无缝连接,从而对施工过程进行全面监控。施工现场的动态可被实时掌握,决策者也因此能够获得关键的信息支持,从而推动精细化管理的落地实施。在这一过程中,大数据分析的作用尤为显著。大量施工数据经过深入挖掘与分析后,潜在风险点得以识别,施工进度可被精准预测,资源配置的优化也随之得以实现。例如,设备运行状态的数据可被系统分析,设备故障的早期迹象能够被提前发现,从而避免突发停工,减少因设备问题带来的时间与成本损失。针对工程进度,施工阶段的时间安排可通过大数据分析进行合理规划,工期延误的风险也因此降低。在安全管理方面,物联网与大数据的结合同样发挥了重要作用,施工现场的各类数据可被系统实时监测,一旦安全隐患出现,警报将被立即触发。此外,基于大数据分析所得的结果,针对性的预防措施得以制定,从而有效提升施工现场的安全性。

2.3 机器人与自动化施工技术

机器人与自动化施工技术作为智能施工体系的核心,正逐步颠覆传统的建筑施工模式。随着科技的持续进步,这些技术在建筑领域的应用范围不断扩展。从焊接、切割到装配、搬运,各类任务均可由机器人高精度、高效率地完成,施工质量与进度因此得到了显著提升。相比于人工操作,机器人不仅具备长时间高强度作业的能力,还能降低人为失误的发生率,同时在复杂或危险的环境中顺利执行任务,施工事故的风险因此被有效减少。自动化施工技术的应用,使施工过程的机械化操作与远程控制成为可能。现代化设备与智能系统的集成,使得自动化混凝土浇筑设备能够精准控制材料的用量与分布,从而减少浪费并提升施工均匀性。此外,无人驾驶运输车的应用,使得材料搬运工作能够自动完成,施工现场的作业效率因此得到进一

步提升。随着机器人与自动化技术的深入应用,建筑施工正向智能化方向加速发展,这些技术不仅优化了施工流程,还推动了工程管理向高效与安全的目标迈进。同时,由于机器人与自动化施工的广泛应用,大量劳动力成本得以节省,行业面临的人力资源短缺问题也得到一定程度的缓解。尽管在部分领域,技术瓶颈与成本因素仍然制约着其推广,但随着科技的不断突破与普及,机器人与自动化施工在建筑土木工程中的应用前景依然广阔。

2.4 无人机与3D激光扫描技术

无人机与3D激光扫描技术在智能施工中的应用日益广泛,已成为提升施工质量与效率的关键手段,尤其在精确度监控、进度跟踪及质量保障方面发挥着重要作用。搭载高精度摄像设备与传感器的无人机,可实时采集施工现场的高清图像与视频,高效完成空中勘察和巡视。项目管理者借助这些数据,不仅能够获得施工现场的全景视图,还能精准监测工程进展,潜在问题由此得以及时发现,确保项目按计划推进。与此同时,3D激光扫描技术通过激光束扫描施工区域,实现空间数据的快速获取,并生成高精度的三维模型。施工前,设计与现场条件的一致性得以验证;施工过程中,各类误差可被精确检测,以确保每道工序符合设计标准。相较于传统手工测量方法,该技术显著提升了测量精度与效率,同时减少了人为误差,节省了大量时间与人力。无人机与3D激光扫描技术的结合,使施工团队能够实时监测建筑进度,精准识别施工中的偏差,这种数据驱动的管理方式大幅增强了施工现场的可视化程度,使潜在风险得以提前预警,从而有效避免错误积累与重复作业。

2.5 增材制造(3D打印)与智能装备

增材制造(3D打印)与智能装备在智能施工领域中展现出变革性潜力,正引领建筑行业朝着更灵活、高效与创新的方向发展。通过逐层叠加材料,增材制造能够精准地根据数字模型构建建筑构件,显著缩短施工周期并提升设计自由度。与传统施工方式相比,增材制造减少了对人工及机械设备的依赖,降低了材料浪费,并在应对复杂和个性化设计需求时展现出独特优势。结合智能装备与增材制造技术,建筑施工的智能化水平得到了进一步提升。集成的传感器与控制系统在施工过程中自动调节温度、压力及材料流动,确保每个操作的精准执行,从而减少施工误差并提高安全性。在实时监控与调整的支持下,智能装备避免了资源的浪费,优化了施工质量。这一技术的应用不仅显著提高了施工的精确度与效率,还极大拓展了建筑设计的边界,为施工提供了更为灵活且可持续的方案。随着相关技术的不断发展,增材制造与智能装备的结合将在未来得到更广泛的应用,推动智能施工技术的进一步普及。

2.6 人工智能(AI)与智能决策系统

人工智能(AI)与智能决策系统在智能施工技术中的

作用愈加突出,推动着建筑行业从传统依赖经验的模式转向数据驱动的精细化管理。借助机器学习与深度学习等先进算法, AI 不仅能够高效处理大量施工数据,还具备趋势预测、风险评估与决策优化等能力。例如,在施工现场, AI 可以分析历史数据,识别潜在的安全隐患,并发出预警,使施工方能够及时采取预防措施,显著降低发生的风险。此外,基于不同施工场景的模拟, AI 能够预测工程进度与资源需求,帮助项目管理者优化决策,避免因资源分配不当或时间安排失衡带来的成本增加与进度延误^[1]。智能决策系统依托 AI 技术,将实时数据、历史信息及外部变量整合成高度智能化的决策支持平台。在施工过程中,系统能够综合各类因素,自动调整施工策略,如优化工期安排、调整施工顺序,甚至在突发情况发生时迅速提供解决方案。这种动态调控能力不仅增强了施工管理的灵活性,还确保了项目高效推进。

3 智能施工技术的工程应用

3.1 智能施工管理与进度控制

智能施工管理与进度控制作为智能施工技术的核心应用,已在实际工程中通过数字化与自动化手段,得以实现施工流程的精准管理与高效推进。传统的施工进度控制主要依赖人工经验与手工记录,这不仅容易受到人为因素的影响而产生误差,还难以适应复杂的施工环境及不断变化的工期要求。与之相比,智能施工管理通过借助建筑信息模型(BIM)、物联网(IoT)及大数据分析等先进技术,能够实时监控项目各环节,确保施工按计划进行。通过集成管理系统,施工现场各类数据被实时上传至云端,项目管理人员得以随时随地访问并分析相关信息。这种即时共享与高度透明化的数据处理方式,有助于迅速识别潜在的延误、资源调配问题或质量控制隐患,从而采取针对性措施加以解决,有效降低了损失。例如,智能调度系统能够依据实时数据,动态调整施工人员与设备配置,合理优化资源使用,确保各施工阶段有序推进^[2]。此外,智能施工管理系统还通过运用人工智能算法预测并优化施工进度,为项目管理提供科学决策支持。结合天气、人员配置、设备运行等多种因素,系统能自动调整施工计划,提前识别可能影响工期的风险,并给出应对策略。通过这种方式,不仅施工效率得到了提升,项目顺利推进的保障也更加有力。

3.2 智能测量与实时监测系统

智能测量与实时监测系统在现代建筑施工中的应用至关重要,核心在于精准采集并分析施工现场的各类数据,

从而保障工程质量与进度的可控性。传统的测量方式依赖人工操作,精度受限且存在时间滞后,难以满足复杂施工环境的需求。相比之下,智能测量技术结合物联网(IoT)、传感器系统及大数据分析,能够实时监测施工现场关键参数,如结构变形、温湿度、应力应变等,并通过云端平台集中处理与分析。在实际应用中,智能测量系统借助高精度传感器自动检测混凝土硬化进程或钢筋的应力状态,持续追踪各构件的物理变化。一旦系统识别出异常情况,警报将立即发出,提示工程人员及时干预,避免安全隐患的积累。此外,实时监测技术结合无人机巡检与3D激光扫描,能够快速采集空间数据,生成高精度三维模型,确保施工过程严格符合设计规范^[3]。借助智能测量与实时监测系统,施工团队得以全面掌握现场动态,确保各项技术指标始终维持在合理范围内。该技术的应用不仅有效提升了施工精度与效率,也显著降低了因人为因素或技术缺陷引发的潜在风险,保障了建筑工程的稳步推进与高质量交付。随着相关技术的不断演进,智能测量与实时监测系统将在未来建筑施工中发挥更加不可替代的作用。

4 结语

智能施工技术正深刻变革建筑土木工程领域,在提升施工效率的同时,安全管理得以有效增强,并促进节能环保目标的实现。BIM、物联网及机器人自动化等先进技术的广泛应用,使得施工过程向高效、精准和可持续方向不断优化。然而,高昂的技术成本、推广难度以及专业人才的短缺,仍然是当前智能施工普及过程中亟待解决的关键问题。未来,技术研发力度的加大和实践应用的广泛落地将成为行业发展的关键,同时,人才培养的加强也是加速智能施工体系全面构建的重要保障。作为建筑行业转型升级的重要引擎,智能施工技术无疑正在引领行业迈向更高效、智能、绿色的发展模式。

[参考文献]

- [1]徐天达. 建筑土木工程中的智能施工技术及其应用[J]. 智能建筑与智慧城市, 2025(3): 122-124.
 - [2]张妍睿. 智能建造技术在土木工程中的应用与前景展望[J]. 中国住宅设施, 2025(1): 241-243.
 - [3]白文生. 基于智能化土木工程施工技术的创新运用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(2): 110-112.
- 作者简介: 楼初南(1986.8—),男,毕业院校:天津大学,所学专业:土木工程,当前工作单位:海天建设集团有限公司,职务:项目经理。