

Application of intelligent construction site technology in project site management

Liang Xiao

Chongqing Beibei Economic Development Zone Innovation and Entrepreneurship Center, Chongqing, 400700, China

Abstract

With the rapid advancement of information technology, the traditional construction industry is undergoing profound transformation towards digitalization and intelligentization. As a crucial platform for digital transformation in construction, smart construction sites integrate advanced technologies such as IoT, big data, AI, and BIM, combined with modern equipment like plastering machines and tile-laying robots, achieving precise, efficient, and intelligent on-site project management. This paper elaborates on the connotation and core technological framework of smart construction sites, analyzes their specific applications in engineering site safety management, quality control, progress management, cost control, and personnel/equipment management, while discussing existing challenges and issues in current smart construction technology implementation. Based on these findings, corresponding optimization strategies are proposed to provide reference for promoting the deep application of smart construction technologies in engineering projects.

Keywords

smart construction site; engineering construction; project management; BIM

智慧工地技术在工程建设项目现场管理中的应用

肖亮

重庆北碚经开区创新创业中心, 中国 · 重庆 400700

摘 要

随着信息技术的飞速发展, 传统建筑行业正经历着向数字化、智能化转型的深刻变革。智慧工地作为建筑行业数字化转型的重要载体, 通过整合物联网、大数据、人工智能、BIM等先进技术, 结合抹灰机器、贴砖机器等现代技术, 实现了工程建设项目现场管理的精准化、高效化和智能化。本文阐述了智慧工地的内涵及核心技术体系, 分析了智慧工地技术在工程现场安全管理、质量管理、进度管理、成本管理、人员设备管理等方面的具体应用, 并探讨了当前智慧工地技术应用中存在的问题与挑战, 基于此提出了相应的优化路径, 旨在为推动智慧工地技术在工程建设项目中的深度应用提供参考。

关键词

智慧工地; 工程建设; 项目管理; BIM

1 引言

工程建设项目现场管理具有涉及范围广、参与方多、环境复杂、风险高等特点, 传统的管理模式主要依赖人工巡查、纸质记录和经验判断, 存在效率低下、信息滞后、协同困难等问题, 难以满足现代化工程建设的需求。随着相关政策的出台, 明确提出要加快推进建筑业数字化转型, 智慧工地作为转型的关键抓手, 应运而生。智慧工地通过构建“感知、分析、服务、智慧、监管”的一体化管理体系, 实现了对工程现场全要素、全流程的实时监控与智能决策, 对于提升工程管理水平、降低安全风险、保障工程质量、提高建设效率具有重要意义。基于此, 本文将对智慧工地技术在工程

建设项目现场管理中的应用展开相关研究。

2 智慧工地的内涵及核心技术体系

2.1 智慧工地的内涵

智慧工地是指在工程建设项目施工现场, 综合运用物联网、大数据、云计算、人工智能、BIM、移动互联网等新一代信息技术, 结合抹灰机器、贴砖机器等现代技术对施工现场的人员、机械、物料、环境、质量、安全、进度等要素进行全面感知、实时传输、智能分析和联动控制, 从而实现施工现场管理的可视化、精细化、智能化和协同化^[1]。其核心目标是通过技术赋能, 解决传统工地管理中的痛点问题, 提升工程建设的整体效益。

2.2 核心技术体系

物联网技术是智慧工地的基础, 通过各类传感器实现对施工现场各类要素的全面感知和数据采集, 包括抹灰机

【作者简介】肖亮(1988-), 男, 中国四川绵阳人, 本科, 高级工程师, 从事项目管理、工程建设研究。

器、贴砖机器等设备的运行数据。大数据与云计算技术则为这些海量数据提供了处理支撑,施工现场产生的人员考勤数据、设备运行数据、质量验收数据、安全隐患数据等,需要通过大数据技术进行存储、清洗、分析和挖掘,而云计算技术则提供了强大的算力支持,通过云端平台实现数据的集中管理和共享,支持多终端访问和协同工作,为项目各参与方提供数据支持和决策依据。人工智能技术在智慧工地中主要用于数据的智能分析与处理,实现对异常情况的自动识别和预警。例如,通过计算机视觉技术对施工现场视频监控画面进行实时分析,可自动识别未佩戴安全帽、高空抛物、违规作业等安全隐患;通过机器学习算法对进度数据进行分析,可预测进度偏差并提出调整建议。BIM技术作为一种基于数字化的三维模型信息集成技术,涵盖了工程项目全生命周期的信息,在智慧工地中可与现场采集的实时数据进行融合,实现施工过程的可视化模拟、碰撞检测、进度模拟、质量追溯等功能,为现场管理提供直观的可视化管理平台。

3 智慧工地技术在工程现场管理中的具体应用

3.1 安全管理

安全管理是工程现场管理的重中之重,智慧工地技术通过全方位的感知与智能预警,显著提升了安全管理水平^[2]。在人员安全管理方面,通过为施工人员配备具有定位功能的智能安全帽或RFID卡,结合施工现场的定位基站,可实时追踪人员的位置信息,实现人员考勤管理、区域准入控制和紧急情况下的精准搜救。当人员进入危险区域时,系统可自动发出声光报警,提醒人员撤离并通知管理人员,同时,通过人脸识别技术,可防止非授权人员进入施工现场,保障现场安全。设备安全管理则聚焦于塔吊、施工电梯、脚手架等大型设备,通过安装传感器实时采集其运行参数,并将数据传输至云端平台,系统对数据进行实时分析,当设备运行参数超出安全阈值时,自动发出预警信息,避免设备超载、失稳等安全事故的发生。此外,通过设备维护保养管理系统,可记录设备的维护记录、保养周期,自动提醒管理人员进行设备维护,确保设备处于良好运行状态。环境与危险源监测同样是安全管理的重要环节,在施工现场布置扬尘、噪音、PM2.5、温湿度等环境传感器,实时监测环境参数,当数据超标时,自动联动雾炮机、喷淋系统等设备进行降尘降噪处理,并将数据上传至监管平台,满足环保要求。同时,通过视频监控与AI识别技术,对深基坑、高支模、临边洞口等重大危险源进行实时监控,自动识别违规操作和安全隐患,及时通知管理人员进行处理,将安全风险降到最低。

3.2 质量管理

智慧工地技术通过对施工过程的全流程监控和数据追溯,有效保障了工程质量。在质量数据采集与追溯上,利用移动终端结合二维码或RFID技术,施工人员可在现场实时记录各分项工程的质量验收数据,并上传至云端平台,形成

电子档案,管理人员可随时查看质量数据,实现质量验收的无纸化和可追溯性,同时,通过BIM模型与现场质量数据的关联,可在模型中直观显示各部位的质量状态,便于质量问题的定位与整改。施工过程质量监控借助视频监控和AI图像识别技术,对关键工序的施工过程进行实时监控,例如混凝土浇筑过程中的振捣情况、钢筋绑扎的规范性等,自动识别不符合规范的施工行为,及时发出预警,避免质量隐患,此外,利用无人机巡检技术,可对大型建筑外立面、屋面等人工难以到达的部位进行质量检查,提高检查效率和覆盖面。材料质量管理通过在建筑材料上粘贴RFID标签,记录材料的生产厂家、生产日期、规格型号、检验报告等信息,在材料进场时通过RFID读卡器进行快速核验,防止不合格材料进入施工现场,同时,通过材料跟踪管理系统,可实时掌握材料的库存数量、使用部位和消耗情况,确保材料的合理使用和质量可控。

3.3 进度管理

智慧工地技术通过进度计划与现场实际进度的实时对比和动态调整,有效保障了工程进度。BIM与进度计划的融合是重要手段,将BIM模型与施工进度计划进行关联,构建4D进度模拟模型,直观展示各工序的施工时间和空间布置,结合抹灰机器、贴砖机器等设备的作业数据,通过现场数据采集,实时更新实际进度信息,并与计划进度进行对比分析,当出现进度偏差时,系统自动发出预警,帮助管理人员及时采取措施调整进度计划。进度数据实时采集与分析依赖物联网技术,采集施工现场的人员出勤、设备运行、材料进场等数据,通过大数据分析技术计算出实际施工进度,并与计划进度进行偏差分析。协同管理与进度优化基于云端协同平台,项目各参与方可共享进度信息,实时沟通进度问题,协同解决影响进度的因素,通过大数据分析历史类似项目的进度数据,可为当前项目的进度优化提供参考,制定更合理的进度计划。

3.4 成本管理

智慧工地技术通过对人、材、机等成本要素的精细化管理,实现了成本的有效控制。人员成本管理中,通过人员定位与考勤系统,准确记录施工人员的出勤时间和工作时长,结合劳务合同信息,自动计算劳务费用,避免人工统计造成的误差和虚报,同时,通过分析人员的工作效率和投入产出比,优化人员配置,降低人工成本。材料成本管理利用材料物联网管理系统,实时监控材料的采购、运输、入库、出库、消耗等环节,实现材料成本的全过程跟踪,通过分析材料的消耗数据,找出材料浪费的原因,制定节约措施;通过库存预警功能,避免材料积压或缺货,降低库存成本。通过BIM模型与材料用量的关联,可精确计算各部位的材料用量,实现材料的精准采购和控制。设备成本管理则通过设备物联网管理系统,记录塔吊、抹灰机器、贴砖机器等设备的租赁费用、燃油消耗、维护保养费用等数据,分析设备的

使用效率和成本效益,通过合理安排设备的使用计划,提高设备利用率,减少设备闲置时间;通过预测设备的故障和维护需求,降低设备的维修成本。

3.5 人员与设备管理

智慧工地技术实现了对施工人员的全生命周期管理^[1],包括人员信息登记、资质审核、培训记录、考勤管理、绩效评估等,通过人脸识别或RFID技术进行人员考勤,确保考勤数据的准确性;通过在线培训平台,为施工人员提供安全知识、操作技能等培训,包括抹灰机器、贴砖机器等设备的规范操作,并记录培训成绩,提高人员素质,同时,通过人员数据分析,可掌握各工种人员的数量、技能水平和流动情况,为人员调配提供依据。设备管理除了涵盖设备安全管理外,还实现了设备的全流程管理,包括设备信息登记、租赁管理、调度管理、维护保养、报废处理等,通过设备定位系统,可实时掌握设备的位置和使用状态,实现设备的高效调度;通过维护保养计划的自动提醒和记录,确保设备按时维护,延长设备使用寿命;通过设备数据分析,评估设备的性价比,为设备采购和租赁提供决策支持。

4 智慧工地技术应用中存在的问题挑战与优化路径

4.1 问题挑战

当前智慧工地技术应用面临多重挑战。技术标准不统一是首要问题,不同厂商设备与系统兼容性差,例如抹灰机器、贴砖机器等设备的数据格式和接口不统一,难以实现有效共享与集成,形成信息孤岛,影响协同应用效果。前期投入成本较高制约了中小企业应用,智慧工地建设需大量资金用于传感器、监控设备、软件平台及网络设施的采购安装,还需专业人员维护运营,资金与技术实力较弱的中小企业难以承担,导致其应用普及率低。数据安全风险不容忽视,智慧工地涉及海量敏感数据,在采集、传输、存储和分析中存在泄露、篡改、滥用风险,缺乏完善保障体系可能导致企业商业秘密与人员隐私受侵犯。专业人才缺乏拉低技术应用水平,行业急需懂建筑工程与信息技术的复合型人才,尤其是熟悉抹灰机器、贴砖机器等现代设备与智慧系统协同的人才,但目前这类人才稀缺,多数管理人员对技术理解和应用能力不足,致使系统功能无法充分发挥。施工环境复杂影响技术稳定性,施工现场恶劣环境对设备稳定性、可靠性要求高,部分设备易故障,导致数据采集中断或不准确,干扰系

统正常运行。

4.2 优化路径

完善智慧工地技术应用需多维度优化。政府应加快制定统一技术标准与数据接口规范,统一数据格式和技术要求,提升不同系统设备兼容性,同时搭建统一数据共享平台,打破信息孤岛,实现各方信息实时共享与协同。政策层面需加大支持,通过财政补贴、税收优惠等鼓励企业投入,重点扶持中小企业,并推动技术产业化、规模化应用,借助市场竞争降低设备与服务成本,提升性价比。数据安全上,要健全管理制度,采用加密、访问控制、防火墙等技术保障数据全流程安全,明确数据权属,规范采集使用行为,保护隐私与商业秘密。人才培养需强化校企合作,开设相关课程培育懂建筑与信息技术的复合型人才,加强抹灰机器、贴砖机器等现代设备操作与智慧系统应用的融合培训,同时企业加强现有人员培训,提升技术应用能力。技术方案应针对施工现场特点,研发耐恶劣环境的传感器与设备,增强抗干扰性和稳定性,完善系统冗余设计与故障预警,保障数据采集持续准确。

5 结语

智慧工地技术作为工程建设项目现场管理的创新模式,通过整合物联网、大数据、人工智能、BIM等与抹灰机器、贴砖机器等设备进行结合的现代技术,在安全管理、质量管理、进度管理、成本管理及人员设备管理等方面展现出了显著的应用价值,有效解决了传统管理模式中的诸多痛点问题。然而,当前智慧工地技术应用仍面临技术标准不统一、投入成本高、数据安全风险、专业人才缺乏等问题与挑战。通过完善技术标准、加大政策支持、加强数据安全保障、培养复合型人才和优化技术方案等措施,可推动智慧工地技术的进一步发展和应用。未来,随着技术的不断创新,智慧工地将向更高智能化、数字孪生化、5G与边缘计算融合、绿色与智慧协同的方向发展,为建筑行业的数字化转型和高质量发展提供强大动力。

参考文献

- [1] 杨连武.BIM+智慧工地在水利工程建设中的应用研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(3):178-181.
- [2] 康军飞.智慧工地理念下电力工程建设的智能化管理路径研究[J].新潮电子,2025(12):97-99.
- [3] 邱广东,王瑞瑶.智慧工地系统架构及在工程建设安全管理中的应用[J].建筑与装饰,2024(11):58-60.