

智能施工技术在提高施工安全和效率中的作用

江振焕

天津合佳威立雅环境服务有限公司 天津市 300350

摘要: 随着信息技术的快速发展,智能施工技术在建筑行业中的应用越来越广泛。智能施工技术通过集成多种先进的信息技术和自动化设备,实现施工过程的智能化管理,从而提高施工效率和安全性。

关键词: 智能施工技术; 施工安全; 施工效率; 信息技术

The Role of Intelligent Construction Technology in Enhancing Construction Safety and Efficiency

Zhenhuan Jiang

Tianjin Hejia Veolia Environmental Services Co., Ltd., Tianjin City 300350

Abstract: With the rapid development of information technology, the application of intelligent construction technology in the construction industry is becoming more and more widespread. Intelligent construction technology integrates a variety of advanced information technologies and automated equipment to achieve intelligent management of the construction process, thereby improving construction efficiency and safety.

Keywords: Intelligent Construction Technology; Construction Safety; Construction Efficiency; Information Technology

引言

随着建筑行业的迅猛发展,施工安全和效率的提升成为了行业内亟待解决的重要课题。传统的施工方法往往面临着安全事故频发、资源浪费严重、施工效率低下等问题。为了应对这些挑战,智能施工技术应运而生,它通过引入先进的信息技术、自动化设备和智能管理系统,为建筑行业带来了革命性的变革。智能施工技术的核心在于利用物联网、大数据、云计算、人工智能等现代科技手段,实现施工过程中的实时监控、智能决策和自动化操作。

1 智能施工技术在提高施工安全中的作用

1.1 实时监控与预警系统

在智能建筑施工领域,实时监控与预警系统的应用正变得日益广泛,它们为施工安全、质量管理和效率提升提供了强有力的技术支持。例如,中建一局在自贸区时代中心项目中,通过数字化监测手段,实现了对大型机械设备如塔吊、电梯、爬模的本质安全和监测预警,提升了机械设备的安全可靠性。项目中应用了塔机监测系统,实现了塔吊的自动防碰撞和自动制停功能,同时在驾驶室和吊钩安装 AI 识别系统,自动识别预警吊钩范围内的人员动态及司机违章作业,保障了吊装作业的安全。再如,该项目还引入了钢丝绳断股监测设备,用于实时监测钢丝绳磨损情况,数据超阈值时及时预警更换,避免发生钢丝绳断股事故。此外,项目还创新使用了爬模检测到系统,针对油缸、防坠插销等重要部位进行检查和维保,保证大型设备的安全运行。在技术管理方面,自贸区时代中心项目利用 BIM 模型进行碰撞检查,结合协同

平台进行轻量化处理,使设计和施工各环节基于同一个数据源进行工作,聚拢参建方实现实时的协同合作,减少图纸误差、信息传递的延迟和沟通成本。环保管理方面,项目应用智能水电监测,结合“碳数据监测管理平台”,实时监测项目能耗情况,及时采取节能减排措施,降低用水用电的浪费。项目还应用光储直柔智能微电网,通过储能柜利用“尖峰平谷”的电价差节省电费,同时可以降低对公共供电资源的占用,提升项目施工过程中的绿色低碳成效。进度管理上,项目与中建技术中心联合研发 AECmate 进度管理系统,通过对参建单位合同包的分解,理清影响项目进度的所有相关方,识别合同主控节点、合同界面,将合同主控节点进行细分形成里程碑、一级、二级节点,然后逐级锁定,强调节点考核;同时理清影响工序实施的所有前置配套资源需求计划,形成月、周实施计划,结合总承包协调例会制度,明确项目各参建方工期计划及工作任务,充分建立起与参建方的沟通协调机制,强化项目总承包管理工作。通过这些智能化系统的集成应用,自贸区时代中心项目不仅提升了施工的安全性和质量,还实现了资源的节约和环境的保护,展示了智能化技术在现代建筑施工管理中的巨大潜力和实际效果。随着技术的不断进步,实时监控与预警系统将在智能建筑施工领域发挥越来越重要的作用。

1.2 自动化设备与机器人

在智能施工技术的快速发展中,自动化设备与机器人正在改变传统建筑施工的方式,提升施工效率和安全性。例如,在某大型住宅项目中,施工团队引入了多种自动化设备和机器人,以

实现高效、精准的施工过程。该项目采用了智能抹灰机器人，这种机器人具备自主导航和视觉识别功能，能够在复杂的室内环境中自动行走并进行抹灰作业。通过高效振动和液压提升，机器人能够将砂浆均匀地涂抹在墙面上，免去了传统人工抹灰的繁琐步骤，显著提高了施工效率，达到每天 300 平方米的工作量，同时减少了人工劳动强度和施工过程中的质量问题。再如，该项目还使用了墙板安装机器人，这种机器人能够实现墙板的自动抓取、举升和安装。通过内置的视觉识别系统，机器人能够实时识别墙板的位置和姿态，自动调整安装角度，确保墙板的精准定位。该技术不仅提高了安装效率，还降低了人工操作的风险，尤其是在高空作业时，极大地保障了施工安全。此外，项目中还引入了基于 BIM 技术的施工测量机器人。该机器人能够自动进行房间的全方位测量，包括开间、进深、层高等参数，并将测量结果实时传输至管理系统，生成详细的报告。这种自动化测量方式相比传统人工测量，效率提升了 2 至 3 倍，且测量结果更加精准，为后续的施工质量控制提供了有力保障。在焊接工序中，项目还采用了轨道式和爬壁式焊接机器人。这些机器人专门针对厚板焊接设计，能够在高强度焊接环境中稳定工作，焊接效率提升了 40% 至 50%。通过自动化焊接，项目不仅提高了焊接质量，还减少了对焊接工人的技术要求，降低了人工成本。此外，智能化施工还体现在对施工现场的实时监控与管理。项目部署了无人机进行空中巡检，实时监测施工进度和安全隐患。无人机搭载高清摄像头，能够快速获取施工现场的全景图像，并通过数据分析识别潜在的安全风险，及时发出预警。这种高效的监控方式，确保了施工现场的安全管理，降低了事故发生的可能性。通过这些自动化设备与机器人的应用，该住宅项目实现了施工过程的智能化和高效化，显著提升了施工质量和安全性，降低了人力成本和施工周期。这一系列技术的集成应用，不仅展示了智能施工技术的巨大潜力，也为未来建筑行业的数字化转型提供了宝贵的经验与参考。随着技术的不断进步，自动化设备与机器人的应用将在更多建筑项目中得到推广，为实现更高效、更安全的施工环境提供支持。

1.3 虚拟现实（VR）与增强现实（AR）培训

虚拟现实（VR）与增强现实（AR）技术在智能施工领域的应用正逐渐成为提升施工效率、安全性和培训效果的关键工具。例如，北京华锐视点开发的 VR 建筑施工安全培训系统，通过创建 1:1 的虚拟施工场景，改进了施工安全教育形式并提高了培训效果。该系统针对施工人员的岗位和所在工作面的常发事故提供具有针对性的安全教育培训和虚拟现实安全事故体验，让每个参与人员身临其境地体验可能遇到的安全事故，增强工人的安全意识，提高施工安全教育的效果。

再如，中铁、电网等领域已经落地应用的 AR/VR 虚拟实操培训系统，该系统具有沉浸式场景体验、实时互动引导、虚拟场

景分享、虚拟课程 / 内容管理等功能，可直接应用于工艺工法流程培训、安全事故教育培训、操作模拟训练等。用户佩戴 AR/VR 眼镜进入虚拟现实或混合现实场景中，通过手势、控制器、语音等进行交互，实现沉浸学习，或开展虚拟仿真操作。辅助管理者可通过移动端实时引导，系统还支持将用户的全息视角画面、操作内容等信息分享到大屏端展示，在体验互动结束后可自动生成数据报告。在建筑项目可视化方面，Context VR 公司开发了一款可让客户拍摄建筑项目的 360 度照片，在蓝图中添加时间戳，存储在“云”中，甚至是通过增强现实进行浏览。这种技术不仅让客户在项目动工之前就能亲身感受到最终的建筑，还能让员工在项目开始之前就能提供反馈，提升了项目沟通和决策的效率。DPR Construction 公司作为一家专注于高度复杂和可持续建筑项目的国家技术建设者，自 2010 年以来就开始使用虚拟现实技术。

1.4 智能安全帽与可穿戴设备

智能安全帽和可穿戴设备在建筑施工领域的应用正逐渐成为提升作业安全性和效率的重要手段。例如，湖南省建设工程质量安全管理总站通过实地调研和技术攻关，形成了以智能安全帽系统设计为主要内容的应用成果，全面提升了行业安全管理水平，保障了建筑施工人员的生命安全。在中建五局的长沙梅溪湖·金茂湾项目中，智能安全帽平台得到了试点应用，该平台通过智能安全帽、“建安宝”、项目安全报警系统和智能安全远程监管系统等硬件，结合云端、项目安全报警系统和手机移动端软件，实现了劳务考勤管理、安全语音警示、场内员工轨迹管理、安全教育全覆盖和管理层远程监管等功能。再如，智能安全帽在电力施工中的应用，通过集成先进的 2.4G 蓝牙技术、传感技术和 RFID 射频技术等，智能帽和建安宝能够感触声光、物体运动、区域的圈定，以及数据的无线传输。这些技术使得智能安全帽能够实现危险物体的识别、人员移动的定位、声音的报警、数据缓存和无网续传等功能，极大地提升了施工现场的安全管理水平。再如，智能安全帽通过内置的传感器监测佩戴者的体温、心率、血压等生理指标，以及环境温度、湿度、气体浓度等工作环境参数。当佩戴者的身体状况异常或者工作环境存在危险时，智能安全帽会发出警报并及时通知相关人员，以便采取相应的救援措施。

2 智能施工技术在提高施工效率中的作用

自动化施工设备在智能建造中的应用正逐步改变传统建筑行业的面貌，提升施工效率和安全性。例如，中建八局三公司与南京工业大学合作研发的自行走建筑智能测量机器人，基于 BIM 模型实现自动寻径，并将 BIM 模型与现场坐标系进行智能匹配，对房间信息进行全方位测量。通过内置算法，该机器人能够自动生成包括开间、进深、层高、墙体垂直度、墙体平整度、地面平整度、顶面平整度、阴阳角方正等在内的测量结果报表，并传输至客户端进行记录，极大提升了住宅质量验收的效率和准确性。

再如,中建八局上海公司推广应用的智能抹灰机器人,具备室内导航、自主行走、视觉学习、智能供料等功能。通过高效振动和液压提升,机器人能够将砂浆平整地涂抹在墙面,免除了脚手架的搭建,极大缓解了劳动强度,达到了 300 平方米/天的工作效率,并显著减少了空鼓等质量问题。此外,珠海横琴总部大厦项目 T2、T3 塔楼采用了容柏生设计咨询公司和北京博清科技研发的超高层全装配式钢结构工业化体系(SPI体系),核心筒为离散化的外包钢板剪力墙,外框为钢结构,为工业化、快速施工和焊接机器人的应用创造了条件。塔楼整体采用钢结构吊装施工方式,无需传统核心筒爬模,施工速度快。在钢结构焊接方面规模化采用 RBS-BOT 建筑钢构爬壁焊接机器人,进一步提高了焊接速度和焊接质量,标准层施工速度约 4 天/层。在墙板安装方面,中建科工集团有限公司研制的墙板安装机器人具备视觉识别、距离、重力等感知能力,实现墙板安装在抓取、举升、转动等全过程的自动化。该机器人能实时提取墙板所处的位置,通过内置算法,自动调整板材的位置,实现墙板的自动安装,解决了装配式建筑围护墙板安装现场人工劳动强度大、效率低、安装风险大的问题。

3 智能施工技术的应用案例分析

中建一局智慧建造示范工程案例:自贸时代中心项目位于深圳前海妈湾片区,是一个集超甲级写字楼、超五星酒店、购物中心等多功能于一体的商业综合体项目。该项目采用了“1 个理念、2 个目标、4 个要求、9 个场景”的智能建造应用模式,通过数字中心和 44 项智能应用,实现了对进度、质量、安全的全方位管理。例如,在人员管理方面,项目通过集成属地平台、云筑劳务、项目 SPM 劳务平台,实现了对工人的全面劳务管理,包括电子劳务合同、工资代发、劳动力风险和工资支付风险的动态管理。中铁四局智慧建造平台:中铁四局集团研发的智慧建造平台,构建了“一平台、多系统”的应用模块,实现了数据智能采集、

实时传递、智能预警。该平台基于视觉识别技术,研发了劳务实名制管理系统,有效解决了工程现场人员管理等难题。同时,基于姿态数据的工作状态判定方法,研发了工程设备物联网系统,实现了工程机械智能化管理。该平台的应用提高了工程项目施工效率、管理效率和决策能力,提升了项目管理水平,实现了工程项目的智慧化、精细化、智能化管理。

4 结论

智能施工技术在提高施工安全和效率中发挥着重要作用。通过实时监控与预警、人工智能辅助决策、虚拟现实安全培训等手段,有效降低了施工过程中的安全风险,保障了工人和施工现场的安全。同时,智能施工技术通过施工过程优化、自动化施工设备、资源管理优化等措施,显著提高了施工效率和质量,降低了施工成本。随着智能施工技术的不断发展和完善,其在建筑行业的应用将更加广泛,为建筑行业的发展带来新的机遇和挑战。

参考文献:

- [1] 张昊,马羚,田士川,郭红领.智能施工平台关键作业场景、要素及发展路径[J].清华大学学报(自然科学版),2022,62(2): 215-220.
- [2] 丁小檬.智能建筑施工技术在提升施工安全中的作用与案例研究[J].建筑工程与设计,2024,3(7): 1-8.
- [3] 蒋爱军.建筑施工中的智能施工技术应用与优化[J].建筑与施工,2024,3(13): 1-8.
- [4] 吴金彬.工程施工装备智能化技术应用及效益分析[J].工程建设与发展,2024,3(4): 7-9.
- [5] 住建部发布:智能建造的 124 个典型案例! [EB/OL]. (2023-11-28)[2024-10-25]. https://www.sohu.com/a/739783668_121123896.