

智能建造技术建筑全生命周期应用研究^{*}

吕哲琦 温董瑶

(吉林建筑科技学院, 吉林 长春 130114)

摘要: 智能建造技术推动下, 建筑工业化发展面临前所未有的机遇与挑战。通过引入智能技术, 建筑项目的效率、质量与可持续性将得到显著提升, 因此, 探讨智能建造技术在设计、施工、运维等建筑全生命周期中的应用意义重大。研究发现, 智能建造技术不仅能优化资源管理, 减少资源浪费, 还能通过模拟与分析预测建筑结构的健康状态, 提前防范潜在风险。然而, 智能建造技术在实施过程中也面临技术成本高、人才短缺、数据集成等挑战。因此, 建筑行业需要协作培养专业人才, 开发更经济高效的技术解决方案, 以推动智能建造技术的普及和建筑行业的转型升级。

关键词: 智能建造; 建筑工业化; 全生命周期

0 引言

我国建筑业通过几十年的发展, 在规模和重难点工程攻坚方面都取得了长足进步, 绿色和环保等新要求为建筑工业化发展迎来新的机遇和挑战。随着劳动力结构的变化, 我国建筑工人的数量逐年减少, 50 岁以上建筑工人的比例逐年增多。这一趋势不仅导致了建筑行业的劳动力短缺, 而且由于工人年龄增长, 工伤发生概率相应提高。因此, 建筑业发展迫切需要一种新的解决方案。

人工智能与建筑行业的深度融合, 推进建筑工业化转型升级, 对智能建筑机器人的需求也急剧增加。2020 年, 住房和城乡建设部发布的《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》^[1]明确提出, 要围绕建筑业高质量发展总体目标, 以大力发展建筑工业化为载体, 以数字化、智能化升级为动力, 创新突破相关核心技术, 加大智能建造在工程建设各环节的应用。在此背景下, 建筑机器人在工地的应用将成为解决途径之一。

然而, 智能建造技术在应用过程中仍面临诸多问题与挑战, 如技术成熟度不高、产业链协同不足、标准化程度不高等。因此, 研究智能建造

技术在建筑全生命周期的应用对于推动我国建筑行业转型升级具有重要意义。

1 智能建造技术解决的问题

智能建造是一种融合了先进的信息技术、自动化技术、机器人技术、人工智能技术及大数据分析技术的现代高新技术建造方式^[2]。其在传统建造方式的基础上, 通过智能化手段实现工程建设的自动化、信息化、智能化和绿色化, 在施工阶段主要以建筑机器人为主, 通过集成先进技术和设备, 提高施工的效率、质量和安全, 同时减少成本和环境影响, 是建筑行业发展的必然趋势。

1.1 智能设计

智能设计不局限于某一特定技术, 而是多种现代技术的集成应用, 涉及参数化设计系统、设计方案智能优化、数字设计辅助审查、设计与生产的数据集成共享、基于 BIM 的协同设计等多个方面。

1.2 智能生产

通过引入先进的制造技术和设备, 实现建筑构件和部品的自动化、智能化生产。智能生产的目标是提高生产效率、降低生产成本、提升产品

^{*} 基金项目: 吉林建筑科技学院 2023 校级教育教学改革研究课题“新工科产教融合, 校企合作机制模式探索与实践”(JY2023C021Z)。

质量,减少环境影响。

(1) 自动化生产线。通过使用建筑机器人、自动化设备和控制系统,实现建筑构件的快速、精确生产,减少人工操作,降低生产成本,提高生产效率。

(2) 3D 打印技术。该技术在建筑领域的应用越来越广泛,可以直接将数字模型转换为实体构件,实现定制化生产,减少浪费,提高生产效率。

(3) 预制建筑。其是指将建筑构件在工厂预先制造,再现场组装,可以提高生产效率,降低生产成本,减少现场施工对环境的影响。

1.3 建筑机器人

建筑机器人的应用范围非常广泛,可以囊括建筑施工的各个阶段和领域。例如,在混凝土施工中,建筑机器人可以完成浇筑、振捣、抹平等任务;在钢结构施工中,可以完成焊接、切割、钻孔等任务;在安装施工中,可以完成管道、电气、幕墙等安装任务;在装修施工中,可以完成墙面涂刷、地面铺装、家具安装等任务。总之,建筑机器人可以替代人工完成各种建筑施工任务,提高施工效率和质量,降低施工成本和环境污染;也可以减少人工操作和劳动力需求,提高建筑施工现场的安全性和可持续性。

1.4 智能运维

智能运维是指利用信息技术和自动化技术对建筑设施实施监控、管理和维护,以提高建筑设施的运行效率、安全性、舒适性和可持续性^[3]。

(1) 智能化空间管理。利用信息技术和自动化技术对建筑空间进行管理和优化,以提高空间利用率、舒适性和安全性。可进行空间监测和管理、空间使用计划和管理、空间使用预测和优化、空间安全和应急响应管理。

(2) 智能化安防管理。针对防盗、防劫、防入侵、防破坏等方面开展管理工作,保护人身财产安全,创造安全、舒适的居住环境。智能化安防管理通过应用智能化系统,对传统的安防工作进行提升,当出现异常或危险状况时,能够自动识别,通知管理人员,必要时进行报警;可严格

控制人员出入;高效开展对巡检人员的管理工作,确保巡检人员能够按时、按路线完成巡检工作。

(3) 智能化设备管理。通过应用人工智能等现代技术手段,实现对建筑施工设备高效、智能、安全的管理。可提高设备管理效率、降低设备管理成本、加强设备使用安全性、延长设备使用寿命、实现设备高效协同和智能化管理。

1.5 建筑产业互联网

依托对建筑行业大数据的全面采集、实时传输、快速处理和高级分析,推动供应链管理、协同设计、智能制造、智能施工和智能运维的革新。这一变革与工业互联网融合,促成了一个全产业链一体化、智能化的建造产业和应用生态。

建筑产业互联网可划分为五大关键平台类型:面向企业级的智能化协同设计平台、工程造价全周期智能化管理平台、智能化供应采购平台、建造全过程智能化管理平台、面向监管层智能化行业监管服务平台。通过这些平台的协同作用,建筑行业将变得更加高效、透明和智能,为参与者带来更丰富的价值。

2 智能建造技术在建筑全生命周期中的应用

2.1 设计阶段

在设计阶段,智能建造技术可以通过建筑信息模型(BIM)实现对建筑项目的虚拟仿真和数字化建模。设计师可以利用BIM技术进行建筑结构、机电系统、装饰装修等方面的设计,实现各专业之间的协同工作和信息共享。通过BIM技术,设计师可以更加直观地展示建筑项目的效果,预测项目施工过程中可能出现的问题,提前进行调整和优化。设计阶段的应用主要体现在建筑信息模型(BIM)、参数化设计、性能模拟、协同设计、设计优化、可视化等方面。

2.2 施工阶段

在施工阶段,智能建造技术可以通过人工智能、数字化等技术实现智慧工地管理。施工方可

以对施工现场的物资、人员、设备等实时跟踪和调度,提高施工效率和质量。此外,智能建造技术还可以通过自动化施工设备实现部分施工任务,降低施工风险和成本。

(1) 智能搬运及配送。移动机器人能够在工地上运送材料,如砖块、水泥和其他建筑材料等,减轻工人的负担并提高效率。例如,由加拿大公司 Clearpath Robotics 开发的 Husky 机器人被广泛应用于建筑工地执行物流运输任务。它能够携带重型建筑材料和设备,通过自主导航系统按照预定路径运输材料,全程无需人工干预^[4]。

(2) 智能巡检。机器人可在工地上执行定期安全巡检,监控设备状态和工作环境,确保建筑现场的安全。例如,波士顿动力的四足机器人 Spot 常常被用于建筑工地的安全巡检和监测工作,收集相关数据,以促进施工流程和安全管理。此外,安防巡检机器人可以 24 小时不间断在指定区域进行巡逻执法,机器人配备了可见光摄像机、红外摄像机、气体传感器等检测设备,在提供稳定视频监控画面的同时,基于图像识别技术集成模式识别算法进行智能分析,实现人脸识别、安全帽佩戴识别、反光衣穿戴检测、工服检测、危险区域检测识别、车辆识别、入侵检测等,发现异常情况及时预警。

(3) 智能测量。运用传感器和地图技术,移动机器人能够扫描土地表面并绘制地图,为后续施工提供精准数据。我国自主研发的自动行走建筑智能测量机器人能够基于 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,选择最佳坐标对房间信息进行全方位测量^[5]。

(4) 辅助施工。移动机器人还可用于辅助施工,如提供组装辅助和简单施工任务执行。例如,碧桂园集团全资子公司博智林机器人公司已有 21 款建筑机器人投入商业化应用^[6],包括混凝土天花打磨机器人、地面整平机器人、测量机器人、喷涂机器人等多种不同类型的机器人,极大地提高了施工效率。

2.3 运维阶段

在运维阶段,BIM 和物联网 (IoT)^[7] 等智能建造技术实现对建筑项目的自动化运维和智能化管理。运维人员可以利用这些技术实时监测建筑项目的运行状态,预测和诊断潜在问题并进行及时处理。此外,智能建造技术还可以为建筑项目提供数据支持和决策依据,提高运维效率和质量。

3 案例分析

3.1 项目基本情况

该项目位于吉林省长春市宽城区吉林建筑科技学院,为教学楼项目,用地面积 57 106m²,总建筑面积 18 797.21m²。地上 5 层,主要功能为教室、会议室、实验室。智能建造团队将项目定位与设计理念相结合,构建了全过程全专业数智化建筑信息模型,以实现设计、施工、生产、运维各个阶段信息数据的协同应用,达到缩短工期、提高质量、减少成本的作用。教学楼三维渲染图和教学楼内部装修图如图 1 和图 2 所示。



图1 教学楼三维渲染图(截图)



图2 教学楼内部装修图(截图)

3.2 三维数字设计与管理

针对该项目,吉林建筑科技学院作出协同设计决策,应用 Revit 及配套智能建模、智能算量、智能计价软件进行全专业数字化设计及工程量提取。全专业协同设计是数字孪生的基础,约 70% 的信息数据从协同设计中产生,工程项目管理及运维过程中的数据也来源于此。基于全专业协同设计是一个复杂的环节,需要高效的设计工具,该项目选择使用晨曦智能建模工具及智能算量工具。另外,该项目还使用晨曦全过程咨询管控平台,包括数字化项目管理、合同管理、进度管理、资源管理、图样变更管理、监理模块、智慧工地、轻量化合模等。晨曦全过程咨询管控平台数据总控图如图 3 所示。

将各专业模型数据对接到过程算量、资源采购、生产施工等环节,以工程进度为核心、以工程造价为主线,整合全专业数据,通过数字平台及各参与方在线协同工作方式,实现项目数据联动。晨曦全过程咨询管控平台设计咨询图如图 4 所示。

3.3 建筑机器人的应用

在施工过程中,该项目采用智能建造喷涂机器人、砌筑机器人、钢筋绑扎机器人、地砖铺贴机器人等智能施工设备和虚拟现实(VR),以及大语言编程系统等人工智能平台代替人工作业。通过不同工种的智能建造机器人及相应的智能建造施工方案,提升建筑施工效率,为施工人员提供安全保障。根据晨曦实际数据,使用喷涂机器人可以节约 1/3 的材料,效率是人工的 6 倍。

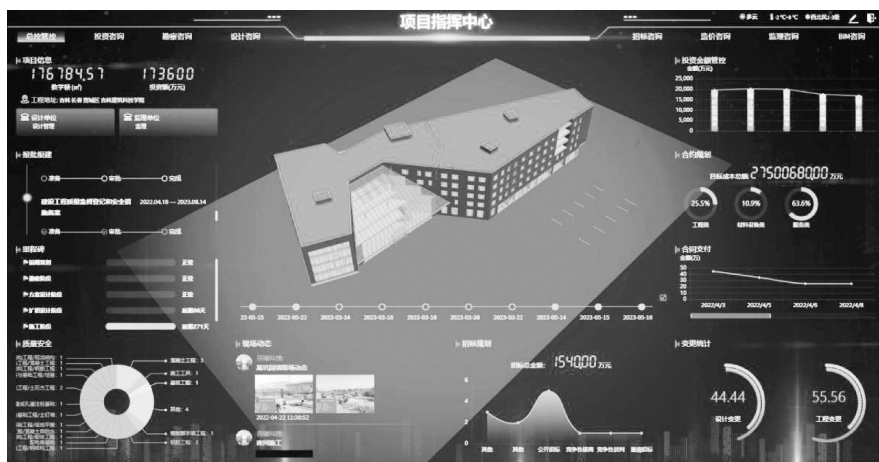


图3 晨曦全过程咨询管控平台数据总控图(截图)



图4 晨曦全过程咨询管控平台设计咨询图(截图)

4 结语

随着建筑工业化的推进,智能建造技术在工程项目中的应用日益广泛。未来,建筑业的持续发展将取决于多种形式的智能建造技术的应用。从数据收集和分析到现场实地施工,再到后期安全维护,移动机器人的角色将变得愈加关键,不仅是简单的施工工具,更是建筑领域智能协作的先锋。随着科技的飞速发展和机器人技术的日益成熟,智能建造技术在建筑领域的应用将迎来更为广泛和深入的拓展,以人工智能为核心的智能建造技术在协同作业、智能决策等方面的作用将更加显著。

参考文献

- [1] 王睿妍. 智能建造国内外政策及未来发展方向 [J]. 施工企业管理, 2022 (11): 76-77.
- [2] 马智亮. 智能建造应用热点及发展趋势 [J]. 建筑技术, 2022, 53 (9): 1250-1254.
- [3] 王红卫, 钟波涛, 李永奎, 等. 大型复杂工程智能建造与运维的管理理论和方法 [J]. 管理科学, 2022, 35 (1): 55-59.
- [4] 张皓涵. 建筑施工机器人技术的应用与发展 [J]. 广东建材, 2021, 37 (8): 74-78.
- [5] 徐伟, 夏燕飞. 施工环节建筑机器人技术推广应用研究——以测量建筑机器人为例 [J]. 内蒙古科技与经济, 2023 (9): 91-97.
- [6] 詹达夫, 郑智珂, 施雨恬, 等. 建筑机器人技术应用及发展综述 [J]. 建筑施工, 2022, 44 (10): 2474-2477.
- [7] 李健强, 刘振奎, 王张军. 基于 Fuzor BIMVR 在地铁项目的应用探究 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2019 (8): 74-76. **PMT**

收稿日期: 2024-02-27

作者简介:

吕哲琦 (1995—), 男, 助教, 院长助理, 研究方向: 智能建造。

温董瑶 (通信作者) (1996—), 女, 助教, 研究方向: 装配式建筑、工程管理。