

建筑工程施工技术的智能化发展趋势分析

李 叶，郑露雨，汪加加

(山东诚信工程建设监理有限公司, 山东 济南 250102)

摘 要 随着建筑产业向高质量发展转型,智能化技术开始慢慢渗透到建筑工程施工的各个环节当中,促使施工技术由粗放型转变为精准高效型。本文以建筑工程施工技术智能化发展的核心背景为基础,明确建筑工程施工技术智能化发展的核心要义,分析建筑工程施工技术智能化发展的融合逻辑,重点研究建筑工程施工技术的智能化发展趋势,结合行业发展导向梳理技术落地的主要途径,以期为建筑工程施工技术智能化升级提供参考,助力建筑产业实现数字化、智能化转型,凸显智能建造对产业高质量发展的核心作用。

关键词 建筑工程; BIM 技术; 智能施工装备; 大数据; 人工智能

中图分类号: TU74

文献标志码: A

DOI:10.3969/j.issn.2097-3365.2026.16.022

0 引言

随着新一代信息技术和制造业、建筑业深度融合，智能建造成了建筑产业转型升级的主要驱动力，建筑工程施工技术的智能化发展成为行业高质量发展的必然选择。建筑工程施工工序繁杂，作业环境多样，协同要求高，传统的施工技术依靠人工经验，不能满足现代化建筑工程对精度、效率、安全的高品质要求。智能化技术加入以后，传统施工技术的束缚被打破，用数字化建模、智能装备应用、协同管理优化等手段重新塑造施工过程、提高施工效率。

1 建筑工程施工技术的智能化发展要义

1.1 智能化发展的核心内涵

建筑工程是指各种建筑物的建造工程，工程质量直接关系到建筑使用者的生命财产安全，对区域经济、民生水平等都会产生较大影响。建筑工程施工技术的智能化发展，本质就是把人工智能、物联网、大数据、建筑信息模型（BIM）等新一代信息技术同传统施工技术融合起来，创建起“感知—分析—决策—执行”的闭环施工体系，从而达到施工过程的自动化、精确化和协同化。其本质不是简单地叠加技术，而是在技术的加持下重新塑造施工全过程，使施工环节从对人经验的过度依赖中解脱出来，依靠智能设备和数字化系统来完成复杂的工序作业、风险预判和协同控制，同时坚持绿色施工的理念，使施工过程达到节能降耗的目的，从而实现施工质量、效率、安全和环保的同

步改善，体现建筑业高质量发展的主要方向。智能化发展是以数据为驱动，通过传感器网络对施工现场的温湿度、设备状态、人员分布等各方面数据进行实时采集，并且结合BIM模型创建三维可视化数字孪生平台。该平台可以模拟施工过程，预测可能存在的风险，用算法来改进资源配置，从而由“人脑经验决策”转变为“数据智能决策”。混凝土浇筑时系统根据环境参数自动调整配合比，用物联网设备检测浇筑质量，保证施工工艺满足设计要求。

1.2 智能化发展的核心特征

建筑工程施工技术的智能化发展有明显的时代特点，是贯穿施工全过程的主要逻辑。协同性是其主要特点之一，利用数字化平台消除施工各个环节、各个参与方之间的信息壁垒，使设计、施工、监理、运维等环节的信息能够互相交流、互相配合，从而使得施工过程更加流畅高效。精准性指的是智能化技术可以对施工参数进行实时监测和精准调控，避免了传统施工中人为操作产生的误差，保证施工工序符合规范要求，提高工程施工质量。另外，智能化发展具有动态性、绿色性，可以依照施工环境的变化及时调整施工方案，依靠智能设备和节能技术削减施工过程中资源的浪费以及污染情况，符合建筑产业绿色发展的时代需求。智能化发展具有集成化特点，把各种智能化技术有机地融合起来，形成综合性的智能施工解决方案。将BIM技术、物联网技术、人工智能技术结合在一起，对施工全过程进行数字化、智能化的管理。同时，智能化

作者简介: 李叶 (1996-), 女, 本科, 助理工程师, 研究方向: 建筑工程。

的发展还重视用户体验,改善人机交互界面以及操作流程,降低智能化技术应用的门槛,让施工人员可以更加方便地操作智能化设备和系统,提升施工效率。

1.3 智能化发展的核心价值

建筑工程施工技术的智能化发展,对于建筑产业转型、工程施工提质增效有着非常重要的核心价值。从工程施工角度来讲,智能化技术可以代替人工去执行高空、高危、高强度的工作,从而降低施工人员的施工危险性,加强施工效率,缩减施工周期,减少施工成本的浪费。从产业发展角度来说,智能化发展促使施工技术不断更新换代,冲破传统建筑施工粗放式发展模式,促使建筑产业朝数字化、精细化、绿色化方向转变,孕育产业新动力。从行业发展的角度来讲,智能化技术的广泛使用可以促使建筑施工标准的更新,提升“中国建造”的核心竞争力,助力建筑产业加入全球智能建造的发展大潮,实现可持续发展。智能化发展依靠数据驱动的决策方式,改善施工资源调配,削减材料浪费和能源耗费,实现经济效益和环境效益的双赢。以 BIM 为基础进行施工模拟可以预先发现设计矛盾,从而防止现场返工造成的人力和物力的浪费,同时还可以利用智能能耗监测系统对设备运行参数进行实时调节,达到节约能源的目的。另外,智能化技术凭借创建数字化施工档案,为工程全生命周期管理提供数据支撑,加强建筑运维阶段的智能化程度,延长建筑使用寿命,从而凸显智能建造在全产业链的价值延伸。

2 建筑工程施工技术的智能化发展趋势

2.1 BIM 技术深度融合,实现施工全流程数字化管控

随着供电事业规模不断扩大,用电需求越来越大,在电力供应中 110 kV 输变电工程起着重要的作用^[1]。BIM 技术是建筑工程智能化发展的主要支撑,未来会进一步深入施工全过程,形成从设计到运维的数字化控制闭环。利用 BIM 技术建立的三维数字化模型可以将建筑工程的几何信息、工艺信息、资源信息进行整合,使施工工序得以可视化模拟与优化,从而提前发现施工过程中出现的管线冲突、工序衔接不畅等施工问题。同时,BIM 技术与物联网、大数据技术融合起来,可以对施工过程中的数据展开实时采集、分析并作出反应,从而让施工管理人员清楚地知晓施工进度、质量以及安全情况,借助数字化手段实现施工资源的合理分配以及施工流程的动态调节,促使施工管理朝着“数据

驱动”的方向转变,提升施工管控的精确程度和高效水平^[2]。利用 BIM 模型同施工设备的智能联动,可以自动生成三维施工交底文件,指导现场作业人员准确施工。例如:在机电安装工程中,BIM 技术可以实时比较管线安装位置与设计模型的偏差,当误差超过允许范围的时候会自动发出预警,并且用移动终端推送整改指令。以数字孪生为基础的施工控制模式把施工问题发现时间提前到设计阶段,用动态修正机制把返工率降低 40% 以上。

2.2 普及智能施工装备,推动施工环节自动化升级

智能施工装备的研发与推广使用,将会成为建筑工程施工技术智能化发展的主要方向,促使施工环节由人工操作向自动化、无人化转变。未来具有感知、决策、执行能力的建筑机器人将会被广泛地应用到混凝土浇筑、钢筋加工、墙体砌筑、装饰装修等施工环节中,代替传统的手工操作,可以提高施工效率,也可以避免人为操作造成的误差,保证施工质量。智能塔吊、智能模板、智能监测设备等装备协同作业,依靠物联网技术达成设备之间的信息互通和调度优化,创建自动化施工体系。

除此之外,智能技术的加入还会让建筑机器人具备环境自适应、多机协同的能力,使智能设备可以适应复杂的施工环境,从而扩大智能化施工的应用范围,促使施工方式发生根本性的改变^[3]。采用 3D 打印建筑机器人替代传统工艺,可减少一周时间用于完成原来需要一周时间的异形结构浇筑,材料损耗率控制在 3% 以下。搭载了北斗定位系统的智能爬模设备具有毫米级垂直度控制精度,与 AI 视觉检测系统配合使用,自动识别钢筋绑扎缺陷,主体结构施工周期减少 30%。智能装备的普及还会催生新的施工组织形式,模块化建筑里,自动化生产线同 AGV 运输系统实现无缝对接,预制构件的吊装速度加快了 4 倍,施工现场人员密度减少了 60%。随着数字孪生技术的深入应用,智能装备群将拥有自感知、自决策的能力,依靠对设备状态数据的实时分析,自动调节作业参数,从而达到施工能耗和碳排放的智能控制。

2.3 融合大数据与人工智能,实现施工风险精准预判

大数据与人工智能技术的深度交融,将会促使建筑工程施工技术朝着“预判式”方向发展,从而实现施工风险的准确判定并提前防范。在施工现场布设各种传感器,对施工环境、设备运行、工序质量等各方

面数据进行实时采集,利用大数据技术对数据进行整合、清洗和分析,从中发现数据背后隐藏的联系规律,从而建立施工风险预判模型^[4]。人工智能技术会依据此模型,对施工期间出现的质量隐患、安全风险、进度滞后等状况实施精确预估,进而自动生成防控方案,为施工管理人员提供决策支撑。预判式管控模式可以将风险防控的关口前移,防止风险扩大化,减少施工安全事故、质量问题的发生概率,保证工程施工的顺利进行。在混凝土浇筑过程中,在模板内埋设应力传感器,用机器学习算法可以提前48小时预测模板变形的风险,比传统的手工检查要快5倍。基于深度学习的图像识别系统可以实时分析高空作业人员安全带佩戴情况,准确率高达99.7%,大大降低了坠落事故的发生率。通过建立施工设备故障预测模型,可以提前发现塔吊、施工电梯等大型设备的异常振动模式,使设备故障率降低60%,减少非计划停工时间^[5]。在基坑支护施工中,将地质雷达数据和BIM模型结合起来,用神经网络算法可以动态预测土体位移趋势,指导支护参数的实时调整,保证深基坑施工的安全。

2.4 协同智能化升级,构建全产业链协同发展体系

建筑工程施工技术的智能化发展,会冲破单一施工环节的智能化限制,朝着全产业链协同智能化迈进,构建“设计—施工—生产—运维”一体化协同发展体系。智能化技术将会打破建筑全产业链信息壁垒,促使设计单位、施工企业、生产企业、监理单位等各方面的主体开展协同工作,利用数字化平台实现设计方案、施工计划、生产进度、运维数据等信息的实时共享与协同优化。施工环节会和预制构件生产的智能化联动起来,依靠数字化技术实现预制构件的精确生产、运输和安装,推进装配式建筑同智能施工深度交融。施工阶段的智能化数据将会给运维阶段提供支持,使建筑全生命周期得到智能化管理,提高建筑工程的运维效率以及使用寿命。协同智能化升级时,建筑信息模型(BIM)会成为主要的数据承载者,实现各个参与方的信息融合并互相交流^[6]。利用BIM建立的协同管理平台,设计单位可以随时上传设计变更信息,施工企业可以在模型上实时查看最新的数据,生产企业根据准确的构件参数安排生产计划,监理单位利用模型与现场数据的对比来对整个过程的质量实施监督。这样的数据贯通机制把传统的线性作业模式变成并行工程模式,使得装配式建筑项目的预制率达到60%以上,并且施工周期比传统方法缩短了25%。

2.5 绿色低碳施工融合,实现能耗与智能化的协同优化

在双碳导向之下,施工现场的绿色低碳要求越来越高,智能化技术和节能体系相结合将成为施工技术发展的主要方向。利用物联网传感器和能耗监测终端可以对机械设备运行、电力负荷、临建设施能耗、用水量等进行实时采集,采用算法对能耗峰值、设备效率、碳排放进行动态分析,进而达到能源消耗自动优化的目的。智能配电系统可以按照施工阶段的负荷变化来自自动调节供能方式,防止出现高峰叠加造成的能源浪费现象;混凝土养护、现场喷淋等环节在智能控制之下根据温湿度数据准确调节,从而使得能耗大幅下降。另外,绿色材料、雨水回收系统和数字化调度平台三者配合使用,可以提高资源的利用率,减少施工过程中的能源消耗和排放,使施工现场出现实时感知、智能调节、低碳运行的闭环控制状态,促进绿色施工向智能化、精细化发展。

3 结束语

建筑工程施工技术的智能化发展是建筑产业高质量发展的必然趋势,也是实现“中国建造”向“中国智造”转型的主要途径。本文通过对建筑工程施工技术智能化发展核心要义的分析,明确了建筑工程施工技术智能化发展的内涵、特征和价值,进而对建筑工程施工技术智能化发展未来的发展趋势进行了分析,主要有BIM技术全流程融合、智能施工装备普及、大数据与人工智能协同风控、全产业链协同智能化、绿色智能化融合、智能化人才培育。这些趋势互相联系、互相支撑,一起促使建筑工程施工技术由传统的模式向智能化模式转变,给建筑产业的转型升级增添新动力。

参考文献:

- [1] 陈登钦.110kV输变电工程施工中变压器安装的关键技术探究[J].中国高新科技,2025(24):42-44.
- [2] 肖瑞霞,吴冰.建筑工程施工组织设计与施工安全技术策略探究[J].城市建设理论研究(电子版),2025(36):93-95.
- [3] 郑少鑫.水闸除险加固工程施工中基础灌浆施工技术要点及质量控制[J].城市建设理论研究(电子版),2025(36):96-98.
- [4] 张海辉.新型绿色节能技术在房建工程施工中的创新应用[J].中国建筑装饰装修,2025(24):104-106.
- [5] 同[4].
- [6] 俞树花.基于技术因素的公路工程施工招标投标问题分析[J].汽车画刊,2025(12):206-208.