

智能化背景下房建工程施工技术的应用及发展

黄正业

中铁二十局集团第六工程有限公司, 陕西 西安 710032

[摘要]伴随着信息技术和建筑业相融合的程度越来越高,信息化已成为促使房建工程施工作业技术转型发展的主要驱动力,在文中对智能化的概念及其发展现状进行了综述;并对房建工程施工作业技术转型升级的重要性和智能施工技术的特点进行了阐述;详细论述了信息化时代背景下 BIM 技术、物联网技术和人工智能的应用领域,同时对其它诸如智能测量定位、智能施工机械、智慧工地信息系统等相关技术的研究成果以及应用方式进行了研究;结合当前对信息化施工技术应用过程中所遇到的技术集成、经济效益、技术力量不足等问题进行了解决措施的探索。分析表明,智能化施工技术的应用可以大幅提升施工进度、保证工程品质、减少安全隐患等,所以智能化应用于工程建设成为促进建筑行业转型升级发展的必要手段之一。

[关键词]智能化; 房建工程; 施工技术

DOI: 10.33142/ect.v4i2.19179

中图分类号: TU71

文献标识码: A

Application and Development of Construction Technology in Building Engineering under the Background of Intelligence

HUANG Zhengye

China Railway 20th Bureau Group Sixth Engineering Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710032, China

Abstract: With the increasing integration of information technology and the construction industry, informatization has become the main driving force for the transformation and development of construction technology in building engineering. This article summarizes the concept and current development status of intelligence; Elaborated on the importance of the transformation and upgrading of construction technology in building engineering and the characteristics of intelligent construction technology; Detailed discussions were made on the application fields of BIM technology, Internet of Things technology, and artificial intelligence in the context of the information age. At the same time, research results and application methods of other related technologies such as intelligent measurement and positioning, intelligent construction machinery, and smart construction site information systems were studied; We have explored solutions to the problems encountered in the application of information construction technology, such as technology integration, economic benefits, and insufficient technical strength. Analysis shows that the application of intelligent construction technology can significantly improve construction speed, ensure project quality, and reduce safety hazards. Therefore, the application of intelligence in engineering construction has become one of the necessary means to promote the transformation and upgrading of the construction industry.

Keywords: intelligence; building construction projects; construction technology

引言

建筑业长期以来存在招工难,施工水平低、事故多等问题,传统的粗放型管理模式很难支撑高质量发展,住房城乡建设部印发的《“十四五”建筑业发展规划》提出要加快推动智能建造和新型建筑工业化协同发展。以 BIM、物联网、人工智能等为代表的新一代信息技术正在快速融入到房屋建筑工程施工当中去,带动房屋建筑工程施工技术水平由机械化到自动化再到数字化、智能化的转变。智能化施工技术的本质就是利用信息技术进行深度融合,从而实现施工环境的全方位监测以及智能化处理、精确操控,解决传统施工过程中存在的信息分割、管理缺乏科学性、决策不及时等一系列问题。本文全面介绍房屋建筑工程施工技术发展现状及未来方向,详细剖析了 BIM、物联网、

人工智能为代表的高新技术的价值,研究了智能量测设备、智能机械、智慧工地平台等相关先进技术系统的建立方法,指出了智能施工技术发展的难题及其解决措施。

1 智能化背景下房建工程施工技术发展概述

智能建造是以推动传统建筑行业产业的升级转型为主要动因的技术之一。在技术层面来说智能建造施工技术指的是利用建筑工程 BIM 技术、物联网、人工智能以及大数据、5G 新型的信息技术相结合来完成建设项目的智能化监测、联网式交互、智能分析及精准施工。中国工程院院士丁烈云认为智能建造就是“工程建造+数字化、网络化、智能化”。智能建造的根本目的就是为了通过技术创新和融合发展达到建造过程的提质增效、安全保障、绿色节能的目的。现阶段的智能建造也呈现出融合性强、集

成度高以及场景化的特征,由一种独立的技术发展成为多种技术相互配合,由点到线再到面的转变。房屋建筑工程施工技术转型升级迫在眉睫,一方面传统施工方式遭遇劳动力结构失衡的巨大困难。据国家统计局发布最新调查结果显示,近年来我国建筑行业农民工平均年龄已经达到了40岁以上,而且50岁以上的农民工数量还在不断地增加,整个建筑业都面临着严重的劳动力老龄化的问题。另一方面工程质量和安全管理形势严峻,传统的靠经验进行管理的方法很难达到全流程精准化控制的要求。同时随着绿色施工、碳达峰、碳中和等新目标要求的到来,也对施工现场节能减排及环境治理工作提出了更加严格的要求。所以尽快促进工程建设技术向智能化转变不仅是解决当前劳动力紧缺问题的唯一方法同时也是提高工程项目质量安全管理水准的有效手段。智慧型建筑施工展现出了很多明显的特点及优点,在数字化特点上来说,智慧建筑施工是用 BIM 建立建筑的数字双胞胎,使得现实与虚拟同步转换,相互影响;在协同性特点上来说则是利用物联网、云计算整合设计、制造、建设以及运营等各个方面信息屏障,产生多个参与者的联合工作方式;在智慧性的特点上则是采用 AI 算法进行施工方案选择、时间预估、预警风险等智能判断。研究发现,使用智慧技术的建设项目可以节约 15%~20% 的时间,节省 10%~15% 的成本以及使事故概率下降超过 30%。

2 智能化技术在房建工程施工中的关键应用

2.1 基于 BIM 的施工组织与协同管理

BIM 技术是实现智慧建造的重要手段,在工程项目的施工组织及协同管理工作中起着基础的地位。在施工准备阶段,借助 BIM 的可视化的深化设计,能在初期就找出图纸上的错误,遗漏,碰撞,缺失等问题,例如某大型商业综合体项目采用 BIM 技术完成管综深化设计,共找出解决碰撞点达 3000 余处,防止了后期返工的情况发生。利用建立高精度的 BIM 模型,可以进行虚拟建造及施工模拟,模拟重要节点施工工艺,完善施工方案和资源配备等。在施工管理环节中,4D BIM 技术把时间和三维模型融合,通过 4D 模型对施工过程进行可视化仿真及跟踪,5D BIM 在此基础上增加了成本数据,可以完成工程量计算和成本实时调整等功能。中建股份公司在某个超高层建筑项目采用了 4D BIM 技术,将施工进度计划与 BIM 模型关联,在实际施工过程中比原计划提前 45d 才完工。多专业协作上,云化的 BIM 协作平台消除了各参建方的信息孤岛状态,可以实时传递设计变更、技术交底、质量验收等信息,从而提高了交流沟通速度以及决策水平。

2.2 物联网技术在施工现场管理中的应用

物联网技术通过对各种传感器以及智能穿戴设备的安装来达到对于施工现场人、机、料、法、环各方面的全方位感知及动态监测,在人员方面通过佩戴智能安全帽,

内置 GPS 定位模块及生物感应器,能够实时读取相关人员的位置信息以及身体状况情况。如某智慧工地试点项目采用智能安全帽监测方案就做到了对工地上的工人进行精准定位、轨迹跟踪,安全帽佩戴辨识度高达 99.2% 以上,杜绝违规现象发生;塔式起重机、施工升降机以及塔吊等大型机械装置植入传感器及控制器,可以在线获取实时运转负重、倾斜度、风力大小等信息数据,一旦超出设定的安全标准就会发出警报或者做出限制。针对环境及能耗监控,扬尘噪音检测仪与自动喷雾降尘装置联控,达到超标即自动开启的效果,对施工现场扬尘进行有效管控。表 1 为某项目智能化施工现场物联网监测数据显示汇总。智能电表的应用可以精确计算出施工用水量以及用电量并做出相应的统计分析,有利于节能减排工作的开展;而材料管理上则通过 RFID 标签材料跟踪系统可以及时了解钢筋、预制件等主要建材的进场检查、入库存放、领取发放等全部过程的信息,大大降低了材料损耗的程度。

表 1 施工现场物联网监测数据统计表

监测类别	监测指标	监测设备	控制标准	监测平均值	达标情况
人员管理	现场人员数量	定位芯片、门禁系统	≤300 人/日	278 人	达标
人员管理	安全帽佩戴率	AI 摄像头	100%	98.5%	接近达标
设备监测	塔吊运行载荷率	力矩限制器	≤90% 额定值	72%	达标
设备监测	塔吊风速	风速仪	≤6 级 (13.8m/s)	4.6m/s	达标
环境监测	PM2.5 浓度	扬尘监测仪	≤75μg/m ³	48μg/m ³	达标
环境监测	PM10 浓度	扬尘监测仪	≤150μg/m ³	96μg/m ³	达标
环境监测	噪声分贝	噪声监测仪	昼≤70dB	61dB	达标
能耗管理	施工用水量	智能水表	≤50t/日	41t	达标
能耗管理	施工用电量	智能电表	≤2000kW·h/日	1760kW·h	达标

2.3 人工智能在施工决策与风险识别中的应用

人工智能技术给施工决策以及风险辨识带来高效的算法支持,在安全管理上,基于深度学习的计算机视觉技术可以自动检测出施工现场的安全违规及隐患问题,上海建工集团开发的 AI 智能安全监管系统可自动发现未佩戴安全帽、未穿着反光背心、禁止进入区域擅自进入等违规现象并且准确率高达 95%,做到由“人防”变为了“技防”,在施工决策改善中,机器学习算法通过对于以往施工资料的学习训练能够预估工序用时长短以及材料用量等。清华大学土木系的研究小组研发出的工程进度预测模型,在对天气、人力、机械等相关要素进行分析的基础上,进度

预测偏差保持在 5% 左右，在危险源辨识中则是建立了预警指标体系，能够做到实时监测并提前预知危险的发生。

3 智能化施工关键技术体系与实施路径

3.1 智能测量与定位技术

智能量测定位技术是施工过程精细化管理的前提条件，无人机倾斜摄影测量技术可以迅速构建出真实的三维模型，在土方计算以及工程进度跟踪方面有着较广泛的运用，中建三局在某大型体育场馆项目上使用无人机测绘技术将土方计算的时间从传统方式的 5d 减少到 1d 之内，精确程度达到了厘米级别，三维激光扫描设备在基坑监测及结构复核当中起到较大作用，可在短时间内对数万平米的范围进行扫描，高精度定位有北斗卫星导航系统可以做到实时动态厘米级定位，某超高层建筑项目采用了北斗高精度定位技术对塔吊大臂的状态进行观测，误差仅 2cm 左右，保证了群塔之间足够的安全距离。

3.2 智能施工装备与自动化机械应用

智能化施工机械以及智能化机械设备是现场施工实现精工少人甚至无人的关键抓手。数控钢筋加工生产线利用自动化控制系统控制进行自动量测、切割、弯曲和分类，极大地提高了钢筋加工效率和准确度，表 2 总结了智能施工机械及传统设备对常见应用场景的应用情况。根据表中的数据来看，智能钢筋加工生产线仅需 3 个工作人员就可达到原有人力 8 人的工作效率，生产效率提高到了 87.5%，混凝土施工方面，智能布料机器人配合整平、抹光机器人进行混凝土的浇筑、振捣、整平、抹光等步骤全部自动化。实际实测机械臂集成了测距、测倾及自动定位等功能，在 3min 之内就可完成一个房间墙面平整度、垂直度等多项指标的检测工作。砌筑机械臂利用精准的定位以及准确的动作控制来达到对砌块进行快速铺设以及对砂浆进行均匀涂抹的目的，施工速度是人手的 2 到 3 倍。

3.3 智慧工地管理平台构建

智能工地管理系统采用一套通用的数据接口，使 BIM 模型、物联网传感设备监测及摄像头监控等不同系统相互连接起来，完成信息汇集、系统联动^[1]。国内某大型建筑公司建立自己的集团级的智能化工地平台已经遍布全国

的 300 多个工地上，共产生了 10 亿多条各种检测信息，发出并处理了上万次的安全警报^[2]。

4 智能化施工技术应用面临的挑战与对策

4.1 技术应用面临的主要挑战

虽然智能建造技术有非常大的应用意义，但是在使用的过程中还存在着许多的问题，一是技术融合问题，各种不同的智能建造技术都是不同的厂家开发的，在相互之间就缺少统一的数据接入口、统一的标准规范，再次出现了新的数据孤岛，行业内的一项调查显示，超过一半以上的施工单位表示各个智能建造系统的数据不能很好的交互。二是成本效益问题，由于智能建造设备以及系统的投入成本都比较高昂，回报时间较长。一套完整的智能化建造系统大概需要一百万以上，而一台建筑机器人的价格从十几万到几十万不等。中国建筑业协会的调查结果显示，年产值小于 10 亿的小型企业数字化投资占不到其产值的 0.3%，远远低于大企业 1.2% 的比例，对于人才匮乏的问题也十分明显，既会建筑施工又懂信息系统的跨界人才十分稀少。

4.2 推进智能化施工的实施对策

面对以上问题，进行智能化施工就需要采取整体化的实施方案，在技术创新上要加快构建一整套通用化的智能建造数据标准及接口规范体系，《建筑信息模型数据存储标准》，《智慧工地技术标准》，以及相关的其它行业的标准都已出台并实施，对智能化技术之间的互相连接进行了基本支撑^[3]。企业在执行过程中应该遵照国家制定的相关标准，选购一些有开放接口的产品设备。另外对于成本控制方面，可以采用分步、分层次逐步推进的方式，先从见效快的投资回报率高的智能化技术研发入手。一些建筑企业在分阶段推进的方式下用三年的时间实现了由仅 BIM 应用向建立智慧工地平台跨越式的转变，投入产出比达到了 1:3.5。在人才的培养上要强化产学研融合，加强企业和学校共建智能建造相关专业人才，把智能化技术应用能力纳入到技能水平考评当中去。政策支持方面：上海、深圳等地已经把智能建造作为工程建设管理的要求之一，在推行智慧工地、建筑机器人等项目的时候给予信用加分以及政策上扶持。

表 2 智能施工装备与传统设备应用效果对比表

应用场景	装备类型	传统设备	智能装备	对比指标	传统指标	智能指标	提升幅度
土方测量	测量设备	全站仪+人工	无人机+3D 扫描	测量时间	4h/1000m ²	0.5h/1000 m ²	缩短 87.5%
土方测量	测量设备	全站仪+人工	无人机+3D 扫描	测量精度	±5cm	±2cm	提升 60%
钢筋加工	加工设备	数控弯筋机	智能钢筋加工线	人工投入	8 人/班	3 人/班	减少 62.5%
钢筋加工	加工设备	数控弯筋机	智能钢筋加工线	加工效率	8t/班	15t/班	提升 87.5%
地面施工	地面机械	人工找平	地坪整平机器人	平整度误差	±5mm/2m	±2mm/2m	提升 60%
地面施工	地面机械	人工找平	地坪整平机器人	施工效率	200m ² /日	500m ² /日	提升 150%
实测实量	检测设备	人工靠尺+卷尺	实测实量机器人	检测时间	30min/房间	3min/房间	缩短 90%
砌筑抹灰	墙面施工	人工砌筑	砌筑机器人	施工效率	15m ² /人·日	40m ² /台·日	提升 167%

5 结语

智能化技术正在重塑着房建工程建设项目的技术模式与管理方式。文章详细介绍了智能化建筑施工技术的概念特点及其主要的应用途径等,通过研究发现 BIM 技术让工程项目施工可视化协作成为可能;物联网技术使项目施工现场管理实现全方位感知;人工智能技术提高了决策能力和对风险的识别程度;智能测量仪器、自动化的机械设备以及智慧化施工平台形成了完整的智能化施工技术体系等,总之,综合运用智能化技术可以在很大程度上提高建筑工程施工进度、保证工程的质量及减少安全隐患的发生几率,是推动建筑业高质量发展的重要手段。

目前,智能化施工技术还在不断完善之中,存在技术标准混乱、系统整合困难、综合性人才不足等现象急需解决。在未来一段时间内,5G、AI、数字孪生等一系列

新技术的应用将会促进智能化房建工程施工向更高的智能化阶段发展。智能化时代来临之际,建筑施工单位要积极应对变革,加强技术研发及人才储备来抢占行业发展高地。

[参考文献]

- [1]李天翔,景亭.智能建造标准体系现状和构建研究[J].标准科学,2022(2):108-115.
- [2]涂赛.基于 BIM 技术的智慧工地协同信息管理应用与评价[D].四川:西南交通大学,2022.
- [3]万凯.智能建造背景下建筑企业数字化转型路径与实施效果评价[J].城市建设,2025(27):59-61.

作者简介:黄正业(1994—),男,汉族,安徽池州人,高级工程师,中铁二十局集团第六工程有限公司,研究方向:土木工程施工技术管理。