

智能建造技术在土木工程施工中的应用与前景

罗佳

南漳龙蟒磷制品有限责任公司, 湖北 襄阳 441500

[摘要]智能建造技术是促进我国建筑业产业升级的重要推动力量,通过信息化、数字化、智能化方式重塑传统的施工现场管理模式,本论文从智能建造对施工管理的作用入手,在对当前智能建造应用过程中存在的标准化不足、信息孤岛、缺少相关人才等问题进行探究的基础上,着重介绍了智能测量、BIM技术和施工机械及设备、智慧建设现场、实时监控预警等一系列智能建造技术的应用现状及其在土木工程建设中的实践情况并对其未来发展加以思考,研究发现智能建造技术可以大大提高施工进度,保证工程质量和效率,合理调配资源,将来会向综合化、一体化、生态化迈进。

[关键词]智能建造;土木工程;BIM技术;智慧工地;施工管理

DOI: 10.33142/ucp.v3i1.19208

中图分类号: TU74

文献标识码: A

The Application and Prospect of Intelligent Construction Technology in Civil Engineering Construction

LUO Jia

Nanzhang Longmang Phosphorus Products Co., Ltd., Xiangyang, Hubei, 441500, China

Abstract: Intelligent construction technology is an important driving force for promoting the upgrading of Chinese construction industry. Through informationization, digitization, and intelligence, it reshapes the traditional construction site management mode. This paper starts with the role of intelligent construction in construction management, and explores the problems of insufficient standardization, information silos, and lack of relevant talents in the current application process of intelligent construction. It focuses on introducing intelligent measurement The current application status of BIM technology, construction machinery and equipment, smart construction sites, real-time monitoring and early warning, and a series of intelligent construction technologies, as well as their practical situation in civil engineering construction, and their future development are considered. Research has found that intelligent construction technology can greatly improve construction progress, ensure project quality and efficiency, allocate resources reasonably, and move towards comprehensive, integrated, and ecological development in the future.

Keywords: intelligent construction; civil engineering; BIM technology; smart construction site; construction management

引言

在新一轮科技革命和产业革命的大背景下,人工智能、物联网、大数据、云技术等新一代信息技术正在快速融入大地工程建设领域之中。而智能建造作为建筑业发展的战略选择,是推动建筑业高质量发展的重要驱动力,土木工程建筑项目的建设工期较长、受外界环境影响较大、涉及单位较多、传统的管理方式已经出现了诸多不足之处,在效率提高、成本节约、安全防护方面越来越难以满足要求,智能建造技术的应用解决了建筑工程中施工管理存在的问题。近几年来,国家相继发布了《“十四五”建筑业发展规划》《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》等指导性文件明确提出把发展智能化建造作为行业发展的一个重要领域。基于此有必要对当前智能建造技术在土木工程施工中应用状况及未来发展趋势进行系统的探讨,这对促进行业向数字信息化方向发展,提高建筑工程质量有着极其重要的作用。

1 智能建造在施工管理中的作用

智能化建造技术正在颠覆传统的建筑工程项目的管理模式,在效率层面上,智能化建造利用数字信息化对建筑工程项目的管理进行信息化控制,把以往的人工管理模式变成基于大数据精准化的管理方式,大大节省了信息传达的时间以及中间环节的多余程序;智能化建造还能实时收集工程现场的相关数据并进行分析整理,以图表的形式展示出来给管理人员参考做决策参考,某大规模建筑工程项目应用了智能建造平台之后,施工决策反应时间从平均需要 24 个小时降低到 2 小时之内,提升了 80% 以上的管理水平。对于安全管理来说,智能化技术可以借助现场实时摄像头、感应器以及 AI 智能等对施工现场的安全隐患进行有效的识别与预判,大大减少了出现安全事故的概率;对于资源优化来说,智能化技术可以准确把握所需材料数量、及时调整机械设备使用情况、科学调配人力分配,从而避免因不必要的浪费而导致的成本增加;而智能建造更深层次的意义在于使建筑施工由过去的依靠主观经验转

变为以数据分析为主要依据的一种全新的管理模式。

2 智能建造技术应用中存在的问题

虽然智能建造技术应用于建筑工地有着很好的前景，但是实际运用过程中还存在着很多的问题和难题，这些难题阻碍着智能建造技术大规模普及运用以及深入发展。一方面从技术标准来看，智能建造涉及到很多领域之间互相交叉、集成的技术，现有还没有形成一个统一的标准和技术接口协议，各个厂家的产品及系统彼此不能够交互兼容，由此产生新的隔阂；另一方面数据互通方面，在现场有大量的信息系统各自为战，设计、施工、运维的数据彼此割裂开来，数据之间相互割裂不通畅，接口不匹配的情况比比皆是。从投资角度来说，智能化施工初期投资巨大，涉及到设备购置、软件研发、系统搭建及员工培训等诸多环节的成本，小公司无力负担，根据中国建筑行业协会所作调查，有近 65% 的小中型施工单位认为其主要障碍在于智能化施工前期投入过高^[1]。从人力资源支持的角度来说，智能化施工需要的是既懂建筑工程技术又具备信息技术能力的技术人才，但是现在这类人才严重匮乏，人才培养体系也跟不上行业发展需求。从管理体制方面来讲，传统的项目管理模式已经不符合智能化施工的需求，在组织结构、工作制度以及考评方式等方面都没有做相应的改革，从而限制住智能化技术的应用程度与实际效益。为系统呈现上述问题，现汇总如表 1 所示。

表 1 智能建造技术应用问题分类汇总

问题类别	具体表现	产生原因	影响范围	严重程度
技术标准问题	标准体系不统一、接口规范缺失	行业发展快于标准制定	数据互通、系统集成	高
数据互通问题	信息孤岛、数据格式不兼容	软硬件厂商各自为政	协同管理	高
成本投入问题	初期投资大、回报周期长	硬件采购、软件开发费用高	企业应用意愿	中
人才短缺问题	复合型人才不足、培训体系滞后	高校培养与行业需求脱节	技术落地效果	中
管理机制问题	协同机制缺失、流程未优化	传统管理模式惯性	应用深度	中

3 智能建造技术在土木工程中的具体应用

3.1 智能测量与工程勘察技术

智能化测量及工程勘察技术是智能化建设的前提保障，给以后的现场管理打下数据的基础。传统的土木工程测量主要用的是全站仪、水准仪等仪器设备，耗时耗力并且容易出错。新型智能化测量技术把无人机航测、三维激光扫描技术及北斗卫星定位等高科技方式应用于工程建设勘探阶段中，使得测量工作可以自动化、高精度、高速完成。无人机测图能快速获得现场的实际地形地貌立体模型及制作出数字地面模型以及正射影像图来指导场地平面布置、土方量测算等工作进行；三维激光扫描仪可以在

一秒内扫描上千万个点云数据得到被扫对象的具体尺寸大小及其形状特征，精度能达到毫米级别，对于建筑物等复杂构筑物的细致测绘以及变形观测具有优势。在某大型体育场建设项目中应用无人机倾斜摄影进行地形测绘与测量，比传统方法缩短了近 75% 的时间，测量点数量提高了十几倍之多，土石方工程量计算精确度可达 98% 以上；北斗高精度定位技术能够做到厘米级精确定位施工现场机械设备、人员等信息便于智能化管理及安全保障工作的开展提供位置保障支持。

3.2 BIM 技术在施工管理中的应用

建筑信息模型技术是智能建造的一种核心技术，在施工过程中对整个项目的实施有着重要作用，在设计中运用三维可视化建模及碰撞检测技术可以避免出现设计上的失误，从而降低现场施工设计变更的概率，某地铁车站项目使用 BIM 技术开展管线综合碰撞检验，发现了共计 1200 多个碰撞点，假设每个碰撞需要返工花费 2000 元，则节约了 240 万元的返工费；针对施工前的准备阶段，利用施工方案模拟及可视化的交底，对于复杂的结构部位以及重要的施工步骤通过虚拟施工来完善施工方案，使工人更好的理解掌握相关技能知识。进度管理上 BIM 技术与进度计划相结合，建立了 4D 施工模拟模型，并将整个工程建设过程中的每个阶段施工完成情况清晰展现出来，达到对工程进度偏差的实时监控及提醒的作用^[2]。成本管理中利用 BIM 模型自动生成工程量的功能来进行精确计算量，从而给招投标、成本预算、结算审查等工作提供可靠的数据支持。BIM 模型是信息载体，可以集成管理的设计信息、施工信息、材料信息以及相关机械设备的信息，可以做到施工现场所有信息的全程可查可调用，为智慧工地建设提供基础。

3.3 智能施工装备与机器人应用

智能施工设备和机器人是智能建造技术落地的重要依托，正引领土木工程建筑由机械化走向智能化。在工程测量方面，测量机器人可以做到自主放样测量及精密监控，利用视觉识别技术和自动跟随手段，极大地提高了测量速度、精度；在钢结构施工方面，焊接机器人应用了视觉指引以及自动跟随功能，可以对复杂的焊道进行自动焊接，焊接效果好，速度快，比人工作业提高 2~3 倍；在混凝土施工方面，智能布料机及抹平机器人可以实现混凝土的自动布料以及自动抹平，节省了人力物力，提升了施工质量和速度。北京市某超高建筑项目的建设过程中利用了智能造楼机系统集成模板爬升、混凝土浇筑、安全防护等功能模块，达到了每日一层楼的速度，相比传统办法节约时间 30% 左右，在 3D 打印建筑方面大中型 3D 打印机可以基于电子设计文件层层打印出建筑部件，节约原料 30% 左右，适合复杂造型部件以及临时性应急建筑。为了能对

不同类型的智能化施工装备有个清晰的理解，以下总结如下表格。

表 2 典型智能施工装备与机器人应用对比

装备类型	主要应用场景	核心技术	作业效率	适用范围	技术成熟度
测量机器人	工程测量、放样定位	激光扫描、视觉识别	较人工提升50%以上	各类建筑工程	成熟
焊接机器人	钢结构焊接	视觉引导、自动跟踪	效率提升2~3倍	钢结构施工	较成熟
智能造楼机	高层建筑施工	智能爬升、集成平台	5~6天/层	超高层建筑	成熟
混凝土抹平机器人	楼地面施工	激光找平、自动控制	效率提升3倍	大面积地面	发展中
3D打印设备	复杂构件建造	数字建模、材料挤出	节省材料30%以上	特殊造型构件	发展中

3.4 智慧工地管理系统

智慧工地管理系统是以智能建造技术为基础，借助物联网、大数据、云计算等技术完成对现场的人、机、料、法、环等各方面进行全面监控及智能化管理的一种平台。在人员管理上，智慧工地管理系统运用人脸识别方式来对现场劳务工人实行实名制管理，随时掌握现场出勤状况并自动生成考勤表单并与薪资发放系统关联起来从而预防劳资冲突；在机械设备管理上，通过增加传感器以及定位设备的方式达到对于塔吊、电梯等重型机械的工作状况进行监控和异常报警以及维修告知的目的保障其正常运转。在物料管理中运用RFID射频识别技术及地磅称重，做到对材料进库、出库、盘点整个过程的自动化管理，降低了材料的浪费以及丢失的情况^[3]。在环保方面通过智慧工地系统实时检测施工现场PM2.5、PM10、噪声等环境参数并与喷淋降尘设备联控，在数值超标时可以及时处理。某大型交通枢纽工程安装了智慧工地管理系统之后，劳务人员管理效能提高了50%，材料损耗率下降了大约8%，发生安全事故也减少了35%。智慧工地把零散的工程施工信息整合到一起，做到了对现场施工的看得见、管得住、查得清，大大提高了工程管理精细的程度。

3.5 施工过程实时监测与安全预警技术

施工过程中实时监控及安全预警技术是保证施工安全和工程质量的有效措施，通过对施工现场进行各种各样的传感设备以及智能化系统的安装来达到施工安全风险时时监控的效果。对于基坑施工监测使用测斜仪、轴力计、水位计等一系列仪器设备对基坑的变形、支撑杆轴向力、地下水位等情况进行测量，当出现异常情况则由系统直接向相关人员发出警报通知，争取到应急处理的时间；对于高大模板支撑架的施工监测使用无线倾角传感器和压力传感器对其进行实时监测以防止因支架倾斜或者过大的应力造成模板倒塌的情况。对于隧道施工监控来说，利用

自动全站仪及收敛计可以随时观测隧道拱顶下沉与周边围岩收敛情况，从而保障隧道安全施工。在深圳某超深基坑项目内安装了自动化检测设备后，原先人工每天进行一次采集变成了每十分钟采集一次，提前发出警报的时间也控制到了十分钟以内；同时对于人员的行为监控也能够自动化的进行识别，一旦出现未戴安全帽或者进入危险区的情况就会及时截图报警并语音提示，这样就可以做到对整个施工过程进行实时跟踪，由原来的事故发生后再去处理变成提前发现隐患再加以防范，大大提高了工程现场的安全防护能力。

4 智能建造技术发展前景分析

智能化建造技术应用于建筑工程领域有着良好的发展前景，在技术集成上会走向多元化的融合方向，BIM、物联网、人工智能以及5G通讯等一系列相关技术将更加紧密结合在一起，构建起涵盖设计、施工、维护等整个建筑工程生命周期过程中的智能化建造系统；并且目前各自为营的应用模式将会逐渐消失，相互之间合作联动将会越来越频繁；在平台建设上将来会出现越来越多的跨工程、跨公司甚至是跨国界的智能建造协作平台，可以做到资源共享与信息互联互通，从而解决信息不对称的问题和资源浪费的问题。政府主导的行业级平台以及企业自建的企业级平台相辅相成共同搭建智能建造的数字底座，在《“十四五”建筑业发展规划》中提出到2025年，智能建造与建筑工业化协同发展政策体系、产业体系基本建立，培育一批智能建造试点城市和示范工程，逐步形成成熟的经验^[4]。从生态化的发展而言，智能建造也将带来全新的产业生态，涵盖软件硬件开发、系统集成、数据管理、顾问培训等一整条产业链，拉动整个上下游企业发展。在应用领域拓展方面，智能化建造技术将在房屋建筑工程的基础上，拓展到基础设施建设领域，在公路、铁路、水利、市政等工程项目上会得到更加普及的应用。而且伴随了人工智能大模型技术的进步，未来的智能化建造将会拥有更强的学习以及决策的能力，从而由前期协助管理者做出判断转变为后期自主作出决定的过程。

5 结语

智能建造技术正潜移默化的改变着土木工程传统的管理模式，是推动行业发展的重要动力，在施工管理中的主要体现以及存在的技术壁垒等问题，具体介绍了智能建造中的智能测量、BIM技术和设备、智慧工地、实时监测预警的应用及相关前景，通过智能化建造技术的应用大大提高了施工速度、保障了工程质量、节约了资源使用，智能建造技术的发展趋势为集成化、平台化、生态化。针对智能化建造技术发展中遇到的问题与困难，应当由政府、企业、高校以及科研院所等各方共同努力，在健全相

关技术标准的同时提升从业人员素质水平、革新管理方法以及控制使用费用等,进而使智能建造技术得到更加全面地融入到工程建设项目中去。

[参考文献]

- [1]张妍睿.智能建造技术在土木工程施工中的应用与前景展望[J].中国住宅设施,2025(1):241-243.
- [2]李磊,李旭.创新技术在土木工程施工过程中的集成与应用[J].产业创新研究,2025(10):96-98.
- [3]刘占省,孙啸涛,史国梁.智能建造在土木工程施工中的应用综述[J].施工技术(中英文),2021,50(13):40-53.
- [4]龚俊.智能建造技术在土木工程领域的应用[J].江苏建材,2025(3):122-124.

作者简介:罗佳(1988.10—),男,毕业院校:西南科技大学,所学专业:土木工程,当前就职单位:南漳龙鳞磷制品有限责任公司,职务:工程设备部副部长,职称级别:助理工程师。