

# 建设工程管理中智能建造技术的应用

文 / 陈亚宁 济宁市任城区建设工程质量安全服务中心

**摘要:** 随着智能化技术的发展进步,工程项目管理融合智能化作业受到了更多关注。为了实现这一目标,要结合建设工程管理规范,积极完善智能建造技术方案,搭建更加稳定的技术管理体系,提高作业效能的同时维系工程项目综合效益。相关部门要充分做好引导和监督,推动智能建造技术在建设工程设计、施工、管理等多方面的应用。

**关键词:** 建设工程; 智能建造; 应用措施; 发展趋势

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.05.080

## 引言

智能建造技术将传统的建造方式与现代科技相结合,为建筑行业带来全新的发展机遇。为了发挥智能建造技术在建设工程中的应用价值,相关工作者应明确其定义、特点和常见技术,并且促进该技术在安全管理、质量管理等方面的应用。

### 一、智能建造技术概述

#### (一) 智能建造技术的定义和特点

智能建造技术是指通过应用人工智能、物联网、大数据等先进技术,实现建筑施工过程自动化的技术手段。智能建造技术具有以下几个特点:①自动化。智能建造技术应用自动化设备和机器人代替传统的人工操作,实现了施工过程的自动化。例如,采用自动驾驶车辆进行材料运输,使用机器人进行焊接、砌筑等工作,有效提高了工作效率。②智能化。智能建造技术借助人工智能和物联网等技术,使建筑设备和材料具备感知、分析和决策的能力,实现了智能化的施工过程。而借助人工智能技术,使用计算机视觉和深度学习算法对建筑设计进行自动化处理,设计师只需输入建筑需求和约束条件,人工智能系统就能自动生成多种设计方案,并根据实时反馈进行优化,提高设计的创新性。例如,通过传感器和监控系统对施工过程进行实时监测和管理,能够及时发现问题,并采取相应措施,提高了施工安全性和可靠性。③高效化。采用智能建造技术能够快速完成建筑任务,有效节约人力和时间成本<sup>[1]</sup>。如通过预制构件和模块化设计,缩短现场施工时间,提高项目进度的控制能力,同时,要根据实际需求进行灵活调整,提高施工过程的灵活性。

#### (二) 智能建造技术的分类和应用领域

根据实际应用的层次和领域,智能建造技术可分为智能设计与仿真、智能施工与监控、智能运营与维护三大类。智能设计与仿真技术利用计算机辅助设计软件,通过模拟建筑结构、材料、参数,优化建筑设计方案。同时,通过虚拟现实技术实现对建筑模型的可视化,便于设计者和用户科学评估设计效果。将其应用于建筑的能源效率分析,可为建筑节能提供科学依据。

智能施工与监控技术利用传感器、无人机、激光扫描仪等设备,实现对建筑施工过程的实时监控,通过数据采集和分析,实现对施工进度的自动监测、对质量的自动检测和安全风险预警。此外,还能有效实现建筑材

料设备的自动化运输,提高施工效率<sup>[2]</sup>。

智能运营与维护技术利用物联网和大数据分析,实现对建筑的智能化运营。通过远程监控、远程操作建筑设备,实时对建筑内部环境和能源消耗的监测,实现建筑能源管理和节能优化。将其应用于建筑的智能安防系统,可提高建筑的安全性。

### 二、智能建造关键技术

#### (一) 人工智能技术

人工智能技术主要研究的是机器学习、知识获取以及知识处理系统等内容,将人工智能技术应用在建造行业,能在搭建稳定技术体系的同时,有效满足工程管理的实际需求。例如,人工智能技术支持施工图生成、施工现场作业安排、施工建筑工程预算以及效益分析等工作。在人工智能技术应用体系内,利用C/S环境开发的施工管理系统,能在完成人员管理和进度管理等基础工作的同时,细化管理内容,共同构建更加精准稳定的管理平台,确保智能建造工作顺利展开。与此同时,人工智能技术支持智能机器人的使用,在智能建造工作中,智能机器人能更好地开展建造辅助作业,替代人工完成高难度、高风险作业行为,提高风险作业任务处理的安全性<sup>[3]</sup>。

#### (二) BIM技术

BIM技术基于三维数字技术展开,可将工程设计、建造以及运维等项目环节融为一体,共同构建全过程管理评估模式,并对工程数据信息进行汇总,搭建数据模型后辅助作业人员精准开展安全作业。BIM技术将建造行业从二维向三维转型,相较于传统的设计模式和施工作业机制,BIM技术支持信息化处理,不仅能对设计环节和施工环节予以模拟分析,还能对后续运维和设施管理提供良好的支持,共同完成三维模型渲染、碰撞模拟等。极大程度上提高了建筑工程施工作业的精准性,并能有效减少资源损耗,共建安全可控的施工作业体系。

#### (三) 大数据技术

大数据技术支持数据的深度挖掘,建筑企业借助大数据技术能精准分析工程项目的全过程作业内容,并从材料、工艺以及造价等多方面数据因素中总结具体的作业规范,了解数据的潜在价值,从而为建筑决策提供精准的辅助作用。例如,在建设工程运维管理阶段,大数据技术支持数据的实时性测定、预警和规划引导,评估相关数据关系的基础上辅助具体作业的调控处理,提高

运维的可行性水平。

#### (四) 云计算技术

在应用云计算技术的过程中，主要是利用云平台完成工程计算资源、存储资源以及网络资源的协同化管理，搭建更加稳定且合理的数据汇总体系，避免大量冗余信息得不到处理对后续作业造成影响。并且，云计算技术支持项目的动态监督和控制，不仅能实现数据的精准分析，还能为决策优化提供有效的依据。与此同时，云计算技术还能利用基础设施服务、平台服务和软件服务共同构建云服务模式，作业人员可依照实际需求选取匹配的服务模块，提高项目综合管理的实效水平。

### 三、智能建造系统架构

#### (一) 智能建造系统架构设计

智能建造系统是将标准化、装配化、协同化的建造技术与数字化、网络化、智能化的信息技术深度融合，贯穿设计、生产、施工、运维等全生命周期各个环节的优化集成系统。智能建造系统架构需对系统基本组成、系统业务流程、(子)系统基本功能等进行设计。智能建造系统主要由六大系统组成，即智能设计系统、智能建造控制系统、智能生产系统、智能仓储物流系统、智能建造施工系统、智能建造验收系统。其中智能设计系统、智能生产系统与智能仓储物流系统构成产业生态智能建造系统，智能建造控制系统、智能建造施工系统与智能建造验收构成工程项目智能建造系统<sup>[4]</sup>。

#### (二) 智能生产系统

智能生产系统包括产品生命周期管理 (PLM) 子系统、企业资源计划 (ERP) 子系统、制造执行 (MES) 子系统3个子系统，搭建柔性生产线，实现建筑产品构配件的柔性生产。产品生命周期管理 (PLM) 子系统、企业资源计划 (ERP) 子系统与制造执行 (MES) 子系统是智能生产系统信息化的基础。PLM子系统是工艺过程的数字化定义，ERP子系统是业务流程的数字化定义，MES子系统是数据格式与数据接口的数字化定义。智能生产系统实现方案设计、虚拟制造、生产计划、材料采购、构件生产、过程监控的全过程数字化，辅以柔性化工装、智能工业机器人、智能化测量与检测，构成建筑产品构配件的柔性生产线。

#### (三) 智能施工技术应用

随着物联网、大数据、云平台、人工智能等新兴技术应用，为无人化工地系统奠定了基础，施工管理工作正逐步被无人化所替代，施工现场的工人数量得以精简，由大量传统的施工工人转向以产业工人和技术操作工人为主。以“智慧建造”为理念，综合运用物联网、大数据、人工智能等新兴技术，对建筑工地进行智能化管理和监控。通过数字化、网络化、智能化实现项目全局优化，保障工程质量和安全。依托创建智慧工地、推进智能建造，助力工程项目综合管理水平和施工效率的。将智能工厂、人脸识别、工地监控系统深度融合，深化信息化管理模式，提升物料、人力等资源配置合理性。针对不同的工艺流程，通过无人驾驶、协同调度、群控安全、图像识别等关键技术，将无人化、智能化等

运用于传统工程机械，搭建具有独立运作能力的智能系统，实现施工的智能作业和数字化管理<sup>[5]</sup>。

#### (四) 智能建造验收系统

智能建造验收系统包括工程实体验收子系统、工程资料验收子系统两个子系统，是实现工程实体验收的平台。智能建造验收系统是整个智能建造业务流程的末端，是涉及多方参与的交互型平台。该系统接收智能建造施工系统产出的工程实体及其建造过程资料，以及智能建造控制系统中的工程验收子系统产出的智能建造控制过程文件、场景搭建子系统产出的数字孪生模型等工程资料 (如图1)；工程实体验收涉及地基基础、主体结构、防水、装饰装修、机电等工程实体建造全过程，最终将验收通过的工程实体、工程数据等有形与无形的产品交付。该系统需具备组织验收、资料核验、标准化产品输出等基本功能。



图1 基于数字孪生模型的故障监测框架

#### (五) 智能建造标准体系

围绕着六大核心系统，建立涵盖数据接口标准、智能生产标准、智能装备标准、建造工艺标准、智能建造验收标准、智能建造评价标准的智能建造标准体系，完整构建覆盖产业生态与工程项目的智能建造系统及其体系架构。其中，行业统一的数据接口标准是智能建造系统搭建的基础，包括设计成果交付数据标准、设计与生产一体化数据衔接标准、施工(安全)监控数据标准、检测数据标准、运维数据标准、智能算法模型训练数据标准等。行业统一的数据接口标准需适配不同的具体工程类型、符合国家现行相关标准规范、兼容国内外主流交换格式、明确数据结构保证其完整性，工程各参与方将工程要素信息系统集成、高效整合，为智能建造系统的感知、分析、决策、控制提供基础支持<sup>[6]</sup>。

### 四、智能建造技术在建筑工程管理中的应用

#### (一) 项目管理

项目初始阶段BIM技术三维模型创建可提供相关可视化管理平台，可以提前发现设计缺陷并处理，以免后期由于设计问题延长施工时间。在施工过程中BIM技术具有关键性作用，能够协助施工团队进行日程监控和质量控制，还可以引入物联网技术，监控现场环境参数，对数据分析后了解潜在的安全隐患，保证施工安全。完

成后维护阶段BIM技术能够帮助管理人员实施建筑设施日常维修,确保建筑设施正常运行。通过云计算能够为建筑信息化管理提供支持,实现多用户和权限间协同管理,并且云计算还可以管理成本数据,协助项目团队对成本进行控制,将盈利能力提升。

### (二) 质量管理

对于质量管理而言,智能建造技术对于设计优化可以提供有力支持,进行数据分析以及模拟技术,保证建筑设计的合理高效性,在施工质量控制以及设备检测方面均具有一定的优势<sup>[7]</sup>。对于施工质量控制而言,此技术和传感器以及监控系统进行结合,对关键施工节点进行监测,保证工程质量问题可以获得有效解决,引入BIM技术后能够将施工图纸检索变得较为简单,对实际施工状态以及设计图纸进行对比后可以及时发现错误并予以纠正,将施工效率以及质量提升。在设备检测过程中,智能建造技术通过物联网技术对设备进行远程监控,保证设备的有效运行,此种管理模式能够提升设备维护以及管理质量。检测材料时应用智能建造技术,可以采用传感器以及数据分析技术,实施监测建筑材料的性能,对其进行全方位评估后可以保障材料符合标准,对建筑物的安全性进行保障。

### (三) 安全管理

智能建造技术对于安全管理人员,可以及时了解工程建设的安全情况,可以有效预防安全事故,创建监控体系以及预警系统,能够在风险出现前预先识别,有助于及时采取应对措施,保证建设的安全性。除此之外还需要应用安防监控,创建安全监控系统,能够对工程建设现场进行全天候监管,保证现场人员的安全,可以安装摄像头或者红外线传感器等设备,能够对现场情况进行监控,有助于及时发现并制止不安全因素。在此基础上可以选择无人机巡检方式,安装相应的传感器以及无人机,对建筑物进行扫描并发现潜在的隐患,以免出现事故,同时无人机巡检可以将问题通过文字信息以及图像进行记录,并为后续的数据分析处理提供依据。

## 五、智能建造环境下建筑施工技术发展趋势

### (一) 数字化与智能化施工的融合发展

在信息技术不断进步的今天,将数字化和智能化施工进行整合,已经成为建筑施工技术的一个重要发展趋势。数字化施工是指运用先进信息技术手段对建筑施工的各种数据进行收集、加工与分析,从而使施工过程信息传递更有效率与透明性。而智能化施工以此为基础,借助自动化设备,物联网以及人工智能技术手段来实现建设过程自动化与智能化。这一融合发展在改变传统施工模式的同时,还提升了施工项目管理水平。比如,将BIM与物联网相结合,实现建筑项目在设计、施工、运营等方面的数据实时分享,项目团队可根据实时数据进行更加精准的决策。

### (二) 可持续建筑技术的智能化应用

智能建造技术在可持续建筑发展过程中发挥着日益

重要的作用。智能建造既能通过优化设计与施工过程降低资源消耗与环境影响,又能促进建筑运营阶段能源效率与资源管理。通过应用智能能源管理系统,实现了对建筑物用能的实时监测与优化。比如智能照明系统能够根据环境光线以及人员活动情况进行亮度自动调节,降低不必要的能源消耗。智能暖通空调系统能够根据室内和室外的温度波动动态地调整其工作状态,这不仅确保了室内环境的舒适性,还有效地减少了能源消耗。另外,智能建造通过绿色建筑材料与智能废料管理系统的应用,降低了建筑施工对环境的污染。

### (三) 新材料与智能施工技术的未来发展方向

在智能施工技术的发展过程中,新材料的使用是其中一个主要动力。随着科技的发展,更多新型建筑材料不断地被开发并运用到建设过程中,例如自修复混凝土、智能玻璃以及环保型建材。这类材料既具有传统材料没有的特性,又能结合智能施工技术进一步提高建筑的功能性及可持续性。如自修复混凝土可以在裂缝产生后进行自修复,能显著提高建筑物的耐久性;智能玻璃能够根据外部光线的变化来自动调节其透光性,从而增强建筑的能源使用效率。此外,智能施工技术的发展给新材料应用带来了更多可能,例如3D打印技术在施工过程中的运用,能够直接把复杂新型材料设计打印到建筑构件上,从而提升施工效率,降低材料浪费。

### 结语

综上所述,基于智能建造的建筑业智能化升级具有巨大的潜力,但全面推广应用智能建造仍面临技术、管理、文化等多方面挑战。因此,建筑业需要加强进一步研究,积极推动智能建造的发展,实现建筑业的智能化升级。

### 参考文献

- [1]王同军,叶阳升,朱宏伟,等.铁路路基工程智能建造体系及关键技术[J].中国铁路,2023,(01):1-9.
- [2]王俊鹏,刘俊杰,张裕,等.中国人民大学通州校区学部楼项目智能建造技术[J].施工技术(中英文),2022,51(23):19-22.
- [3]刘承灵,张攀,董雁军,等.某装配式高层住宅项目智能建造技术研究[J].砖瓦,2022,(12):45-47.
- [4]廖维张,侯敬峰,李天华.面向智能建造技术的专业人才培养探索[J].建筑技术,2022,53(11):1580-1584.
- [5]张宏瑞,汪咏琳,朱紫威,等.轨道交通工程智能建造技术应用研究[J].运输经理世界,2022,(28):80-82.
- [6]刘泳奇,吴环宇,陈珂.智能建造技术在工程造价管理中的应用研究综述[J].建筑经济,2022,43(S1):245-252.
- [7]张洋.基于智能建造技术的装配式建筑施工管理研究[J].中国建筑金属结构,2022,(07):131-133.