

# 建筑工业化与智能建造融合发展的路径探索

徐翔宇 陈一飞 杨佳俊 陈梓勋 杨昱铭 孟娜  
武昌首义学院 湖北 武汉 430064

**摘要:** 智能建造代表了建筑产业“数字化、工业化、绿色化”的发展方向,通过软件和数据定义的数字生产线与物理实体生产线的数字孪生,不仅可以优化资源配置,最大化减少浪费,保障项目成功,还能加快产业转型升级,形成国民经济新的增长点。现代化建筑行业高速发展背景下,智能建造与建筑工业化的融合发展成为重要形式,要对二者协同发展中的问题进行全面分析,并提出针对性的解决措施,构建基于智能建造的建筑工业化生产模式,推动建筑行业的高质量发展。

**关键词:** 建筑工业化;智能建造;融合发展;优化路径

## 引言

智能建造与建筑工业化协同发展已经成为建筑行业高品质发展的新动能。借助互联网、大数据技术、BIM等新技术为中心的智能建造具备产品品质高、能源消耗少、工程施工效率高优点;以装配式建筑修建为代表的建筑工业化发展模式具备标准化设计、规模化生产制造、装配化工程施工、一体化装修及数字化管理等优点。智能建造与建筑工业化协同发展已经成为加速建筑行业转型发展的有效途径。但是,智能建造与建筑工业化在协同发展环节中催生出很多新问题,如协同不够、上下游产业相关性较弱、发展模式不匹配等,严重影响二者的高品质协同发展。

### 1 智能建造工业化基础

从技术发展历程的角度看,智能建造还是处于技术发展趋势初期,其可持续发展的概率依然许多。可是关键发力点主要包括自动化工作内容、工具武器装备。回望建筑技术的高速发展,如今探讨数最多的取代大家精力的一种手段最早原型或许已经存在几千年。但是,以机械手臂技术为代表智能机器人技术,直至在1950年代被汽车制造业取得成功应用以后才开始快速发展,同时向建设行业迁移。智能化工厂遍布全部工业生产全球,建筑智能机器人技术在20世纪60~70年代开始露出水面。应对因为社会老龄化和年青工人不肯进军而造成的建筑劳动力不足,日本在20世纪70~80年代开始仔细研究建筑自动化技术与机器人技术。中国从21世纪大型国企的积极投入产品研发,到近几年来跨行业企业的进入,为建设行业持续带来更多的智能化系统专用工具。

工业化建筑并不是智能建造的同义词,但二者从源头上是联系在一起的。由于自动化工具的日益普及使工业化建筑发展战略可以对建筑生产修建方法造成本

质上的危害。最典型的工业化建筑有预制构件构件拼装建筑、钢架结构建筑、木结构建筑建筑、模块化设计建筑等。以其始于加工制造业,工业化建筑带来了传统式建筑中一直欠缺的可预测性、可靠性和工业型的品质保证。时下,建筑业与加工制造业及其它技术领域均出现从未有过的结合发展趋势,加上全球公司、政府与学界中间的协作,智能建造的兴盛早已逐渐呈现。来源于BIM(建筑信息模型)和人工智能技术引入的全自动化设计、分析与计算方法,已经与高速发展的智能机器人技术和物联网技术(IoT)技术紧密结合。与此同时,更低成本硬件配置,再加上将机器人制造工作内容结合起来的工作内容,为把工业机械手技术转移至建筑行业给予一个全新的机遇。

### 2 智能建造的概念与内涵

对智能建造的概念,不一样专家教授和企业都是不同的认知和阐释,现在还没有明确的概念。文中觉得智能建造要在工业化建造和数字化建造的前提下,利用信息技术与建造科技的紧密结合,融合前沿的精益建造理论方法,促进工程项目的全流程、全领域、全参与者的数字化、数字化、智能化系统,完成全数字化虚拟建造和工业化数字孪生建造,并交货数据虚拟建筑与物理学实体线工程建筑2个建筑产品,进而促进生产主力升级生产要素重构,完成让每一个工程项目成功产业链总体目标。智能建造必须以建筑产业网络平台为依托,与精益建造的发展理念和方法合理融合才能更好地完成让每一个工程项目成功产业链总体目标。

### 3 智能建造的特征

#### 3.1 智能建造是数据

随着工程互联网和智慧工地的推广、智能装备和终端的普及以及各种各样传感器的使用,将会带来无所不在的

感知和无所不在的连接,所有的工程机械装备、人、物料感知设备、联网终端,包括建造者本身都在源源不断地产生数据,这些数据将会渗透到建筑施工项目管理、企业运营、价值链乃至建筑工程的整个生命周期,在智能建造的背景下,大数据将呈现爆炸式增长态势。项目管理、施工现场、数字工厂的数据、建筑构件的数据、建造过程产生的数据,将对企业的运营、价值链的优化和产品的全生命周期的优化起到重要支撑作用。

### 3.2 智能建造是逻辑

“逻辑-设计-建造”的古老建筑学逻辑,将被重新阐释为“算法—形式—建构”的逻辑(观点来源:袁烽《城市建筑》)。随着近年来BIM标准化建设、PC预制工厂发展,智能建造也逐渐从前沿的研究课题走向实际的建造工程。但是作为一个完整的设计及建造系统,智能建造在如今的工程应用中还只是“凤毛麟角”,需要更多的专业人士投入来推动其发展。诚然,智能建造并不是“万灵药”,传统建造方式的经验和技能积累远超过智能建造,如今的数字建造可能需要通过特殊的复杂造型才能体现其精确性、优越性,但随着技术的发展、算法的进步,有一天智能建造也许会变得便宜、便捷,或是社会需要模块化的生产,那时我们如今的尝试将变得有意义。

### 3.3 智能建造是互联

核心是联接,要把施工现场、工程机械装备、生产线、构件工厂、供应商、建筑产品、客户紧密地联接在一起。智能建造适应了万物互联的发展趋势,将无处不在的传感器、嵌入式终端系统、智能控制系统、通信设施通过信息物理系统(CPS)形成一个智能网络,使得产品与施工场地、工程设备之间、不同的生产设备之间以及数字世界和物理世界之间能够互联,使得工作部件、系统以及人类会通过网络持续地保持数字信息的交流<sup>[2]</sup>。主要包括虚拟和现实的互联、施工现场、生产设备的互联、设备和建筑构件的互联等。

### 3.4 智能建造是集成

更多的智能化设备、传感设备、嵌入式终端系统、智能控制系统、通信设施基于“BIM+大数据+云计算”形成一个智能网络,使人与人、人与机器、机器与建筑、建筑构件间以及服务与服务之间能够互联,从而实现横向、纵向和端对端的高度集成。

## 4 智能建造融合的意义

“碳达峰”与“碳中和”目标的提出,为建筑工业化与智能建造的融合发展提供了强大的动力支持。在此背景下,需要大量推动行业转型升级,对数字化技术、智

能化装备进行优化应用,全面推动建筑工业化的可持续发展。以往的建筑行业在工业化发展方面水平较低、缺乏精细化生产方式,而且不同区域的发展水平存在很大差异性。针对此种情况,需要整体行业形成共识,明确发展目标,确定发展重点和难度,同时在政策指引下,实现产业创新,利用好发展机遇期。新时期,为了进一步提高建造水平,需要强化全行业的工业化水平,推动行业高质量发展,实现理念方法、建筑体系、建造技术等协同发展,明确工业化产品标准,引进工业化建造模式,以便推动建筑方式的本质性变革,全面优化建筑工程质量<sup>[3]</sup>。实现信息技术与智慧城市、绿色建筑等的融合发展,可以最大程度上发挥信息化技术的价值功能,实现现代化、智能化信息技术与建设活动的全方位融合,驱动产业技术水平提升,升级项目全寿命期,同时推动商业模式和管理模式改革,实现整体建筑行业的转型升级,为其可持续发展指引道路。智能建造技术的应用,可以提高工程质量和建造效率,实现各类信息之间的互联互通,以便在整体行业全面开展工程总承包模式,在实践中培育更多创新型技术人才,实现规范化、程序化的人工操作模式。实现建筑产品全寿命期的智能化管理,可以利用数字化手段,实现信息联通与传递需求,构建智能化建造模型、系统和平台,把建筑规划设计、构件生产、施工建造、空间运营等集中到统一的建筑产业链中,构建数字化、集中化管理链条,满足各个环节的共性需求,构建数字化新生态,实现建筑工程的精细化、智慧化管理。

## 5 建筑工业化与智能建造的融合路径

### 5.1 智能化施工情景

根据数字孪生智能施工以工艺流程为基础通过线上数据虚拟建造与线下精益实体建造,先模仿后执行,以精益核心理念促进精准管理,完成数字孪生精益建造。在建造环节中,根据线上化对实体建造成效开展意见反馈,完成全过程动态管理和改进<sup>[4]</sup>。在其中虚拟建造包括线上施工图设计、进展排程表、网络资源购置和施工仿真模拟,实体建造包含线下资源供货、施工工作、工程验收交货与现场对策。利用数据和实体两根生产流水线,完成数字孪生、虚实结合联动精益建造。

### 5.2 加大人才培养力度

在融合发展背景下,为了实现建筑行业的升级发展,需要培养更多高质量技能型人才,实现技术优化创新,同时要培养更多高素质的管理人才,为建筑行业的高质量发展提供更多全能型人才。要对二者融合发展的复杂性进行综合考量,从而制定针对性的人才培养方

案,组织开展多元化的智能化实践活动,鼓励技术人员对新技术、新内容进行学习,提高对知识理论的掌握程度,提高其自身价值作用。在两者融合发展中,涉及到很多跨领域学科,而且技术、专业、工种之间存在很多交叉现象,不仅需要工作人员掌握建筑、土木工程、电子信息等传统技术,而且还要熟悉人工智能、区块链等新兴技术,从而突破知识壁垒,强化其创造性思维,培养更多全面型人才,构建高素质综合性的人才队伍,实现各个专业、工种之间的有效融合,强化技术创新<sup>[5]</sup>。各企业应加强专业技术管理人才和技能型产业工人的培养,加大技术创新力度,奠定高质量发展的人才和技术基础,为行业未来发展培养全能型人才。从智能建造的发展方向出发,将智能建造与建筑工业化的复杂性纳入考虑,完善人才培养方案,多开展智能化的实践活动,积极组织技术人员对智能建造与建筑工业中的重点内容和新技术进行学习,在掌握理论知识的基础上,发挥人才本身的价值。

### 5.3 智能服务情景

根据数字孪生的智能服务主要是为新项目修建环节中和经营过程中的产品制造、机械设备服务项目、运维服务等相关信息。根据数字孪生服务平台,可以实现工程项目机械设备的在线管理系统,远程控制的运维服务。针对机械设备的服务商而言,可以实现由售卖设备向出售服务项目变化。工地现场的机械设备运行状况和作业运动轨迹,能通过工程项目物联网技术即时汇报到数字孪生软件上,即时投射到数据在工地上,可视化监控工程施工机械设备的作业完成情况,与此同时依据设备运转大数据展开分析,确诊机械设备的健康状况,进而开展预测性维修维护保养,提高了设备利用效率,可以延长应用生命周期。

### 5.4 推动数字化标准化设计

标准化设计是实现二者融合发展的基础与前提。在具体应用中,需要同模数协调、模块组合等方式实现标准化设计,加强各个阶段不同专业的协调合作。标准化设计可以确保建筑、结构、机电等的标准化、系统化发展,同时还可以推动技术与管理的标准推进。同时要对标准化与多样化之间的关系进行优化处理,寻找两者的交叉点,协同应用。同时在人工智能技术支持下,可以同时实现交互菜单选择和个性化定制,实现更高层次的

标准化设计。基于此,需要加强对数字化设计的全面普及和推广,在BIM技术的支持下,构建一体化协同设计平台,使其在建筑设计全过程进行融合应用,为建筑、结构、机电等的协同开展提供良好的平台,构建系统化的数据库,实现对构件、资源等的模块化管理,以便对各类资源进行优化配置,提高资源利用率。针对现阶段数字化设计技术推广不到位的现象,需要在总体规划、政策倾斜等方面方便进行统筹,实现全行业集体转型升级,实现上下游产业信息的全面共享,才能有效推动数字化、标准化设计的有效推广和应用。

### 结束语

总的来说,信息化社会发展过程中,智能建造与建筑工业化融合发展变成建筑行业更新持续发展的重要方式,目前我国建筑产业智能建造现状进行了全面调查,呈现智能建造核心技术、设计方案、生产制造、工程施工、运维管理、武器装备、建筑物互联网经济等智能化、融合创新和典型场景,搜集整理了最佳实践案例,对智能建造的发展方向作出未来展望,为推进智能建造带来了系统化的方式和实践活动具体指导。尤其是在高新科技大力支持,如互联网技术、云计算技术、BIM系统等,进而在建设工程开展的各个阶段彰显了愈来愈显著的优点作用,提升作业高效率,降低浪费现象,并完成了标准化设计、工业生产等,为建筑行业的更新改造提供支持。可是二者融合发展过程中还存在许多存在的不足,必须可靠性设计,在智能化基本技术上,搭建更为科学的建筑工业化发展方式,深层次研究其运作模式,促进二者的高品质融合发展。

### 参考文献:

- [1]马涛.智能建造与建筑工业化融合发展技术体系研发的几点思考[J].建筑,2021(13):22-23.
- [2]骆俊,建立智能建造与建筑工业化融合发展的纽带[J].施工企业管理,2020(11):62-64.
- [3]丁烈云.智能建造推动建筑产业变革[N].中国建设报,2019-06-07(008).
- [4]叶明.新型建筑工业化“新”在建造方式由传统需方转向新型工业化[N].中国建设报,2020-09-24(006).
- [5]樊则森.建筑工业化与智能建造融合发展的几点思考[J].中国勘察设计,2020(09):25-27.