

智能建造驱动数字化转型的研究与探索

王佩君

浙江中天恒筑建筑科技有限公司, 浙江 杭州 311305

[摘要]智能建造是以工业化、信息化、智能化同工程建设过程深度融合的新型建造模式,在推进建筑业数字化转型方面起着核心作用。本文以智能建造促进数字化转型为研究对象,对智能建造与数字化转型的相关理论进行梳理,在工程设计、施工建造、运维管理三个方面探寻数字化转型的具体实践方式以及全生命周期协同管理模式等,发现目前智能建造在推进数字化转型过程中存在的不足之处在于技术集成度不高和标准化建设缺乏,复合型人才缺乏。对于这些问题,本文提出建立统一的技术标准及数据规范体系、加强智能化建造人才建设等一系列改进措施,希望能够为建筑业信息化发展提供一定的理论依据以及实践借鉴。

[关键词]智能建造;数字化转型;全生命周期管理

DOI: 10.64635/ja.2026.1099

中图分类号: TU17

文献标识码: A

Research and Exploration on Intelligent Construction-Driven Digital Transformation

Wang Peijun

Zhejiang Zhongtian Hengzhu Construction Technology Co., Ltd., Hangzhou 311305, Zhejiang, China

Abstract: Intelligent construction is a new construction model characterized by the deep integration of industrialization, informatization, and intelligence with the engineering construction process, and it plays a central role in promoting the digital transformation of the construction industry. Taking intelligent construction as the driving force for digital transformation, this paper reviews the relevant theories of intelligent construction and digital transformation, explores specific practical approaches to digital transformation in engineering design, construction, and operation and maintenance management, as well as whole-life-cycle collaborative management models. The study finds that the current shortcomings of intelligent construction in advancing digital transformation mainly lie in the low level of technology integration, the lack of standardization, and the shortage of interdisciplinary talent. In response to these problems, this paper proposes a series of improvement measures, including establishing unified technical standards and data specification systems, and strengthening the development of intelligent construction talent, with the aim of providing theoretical support and practical reference for the informatization development of the construction industry.

Keywords: intelligent construction; digital transformation; whole-life-cycle management

引言

水在工业 4.0 时代的背景下,建筑行业进入到智能化、数字化、信息化和工业化的发展阶段,智能建造的技术研究和技术的应用对传统建筑行业的产业变革起到了重要的作用,但是智能建造存在着建筑全生命周期管理中衔接不畅的问题以及缺少系统的评估标准与数据管理办法、智能建造技术不相适应、初期投资较大等相关的问题,在实际工作中应用智能建造来实现建筑行业的数字化转型,解决传统建筑业存在的低效率、粗放型管理和协调困难等问题成为了整个行业的共同课题,智能化建造是以工业化、

信息化、智能制造和工程建设全流程相结合的一种创新型建筑施工方法,使得项目的管理工作更加快捷高效。在以人的需求为中心的原则指导下,借助智能建造 BIM 技术、智慧工地、物联网技术以及人工智能等相关技术,可以有效的问题设计采购施工阶段的各种问题。文章将在理论依据、实施方法、现存困难及改进措施四个方面对智能建造促进转型升级开展系统的分析与探究。

1 智能建造与数字化转型的理论基础

智能建造是一种集建筑设计、施工及运营于一体的全新建造模式。智能建造的本质体现在三个方面的一体化:

产业化建造的生产方式,信息化建造的管理模式,智慧化建造的设计方法。而智能建造是经历从信息化到数字化再到智能化的过程发展起来的,目前正在经历单点式应用到系统集成协同的一个转换期。数字化转型就是指企业以数字技术为基础改变生产经营方式、组织架构以及发展模式的一种根本性的变化历程。在建筑行业来说数字化转型主要表现为数据决策支持、平台式组织结构、全生命周期一体化管理等。不同于一般的信息化,数字化转型是以数据作为核心资产,在数据贯通下进行业务重组、价值创造的过程。伴随着建筑业信息化及智能化的推进,智慧建造是促进建筑业发展的强有力引擎。运用了 BIM 技术、物联网、全生命周期管理等诸多新技术、新理念,智慧建造对于提高工程管理效率、质量把控以及安全防护等方面也起着至关重要的作用。而智能建造同数字化转型也存在着相辅相成的相互促进的关系。一方面智能建造技术给数字化转型提供了技术支持、应用案例;另一方面数字化转型的不断深入,也会对智能建造提出更高的要求,从而促使它不断发展进化。智慧建造引领行业发展的方式主要体现在三个方面:生产力方面,通过人力与机器协作以及工序梳理提高建造生产能力;组织变革方面,促使公司向扁平化、平台化的转变;价值创造方面,在施工产值的基础上实现全生命周期的服务增值。

2 智能建造驱动数字化转型的实现路径

2.1 工程设计阶段的数字化转型路径

设计环节的信息化升级是智能化建造引领全链条创新的开始,BIM 技术在城市轨道交通车辆基地工程项目化建造过程中的应用,基于对项目的具体情况,就如何进行 BIM 技术的应用规划、BIM 建模方案的设计、BIM 具体实施运用、智慧工地建设管理等几个方面进行研究,BIM 技术的应用对工程项目的建设质量有着重要的影响,有助于加强设计、施工等多个环节之间的联动配合程度。设计环节信息化转变的主要方向:一是创建协同设计环境,做到跨专业的以及多方单位在线上共同协作;二是实行 BIM 正向设计方法,通过将设计信息直接传递给下一工序避免因多次传递而造成的信息损耗以及不必要的重新建模工作量。三是建立设计-生产和施工一体的数据串,保证设计信息及时传递给预制件的生产和现场安装环节中去。把 BIM 应用在建设工程全生命周期,用基于 BIM 的管理平台进行管理来实现数字化设计、智能化建造以及智能化运营,则是目前建筑业信息化发展的一个必然趋势。工程设计的数字化不仅仅是设计手段以及工作方法的变化,更深

层次的影响是对整个设计、建造、运维过程之间的交互方式的变革。

2.2 施工阶段的智能化建造模式

施工阶段是智能建造技术应用最集中的环节,智能建造模式即机械化换人、自动化减人、智能化少人。高端办公写字楼项目 BIM 技术和智能建造综合创新应用,超高层钢结构建筑建造过程中的 BIM 技术综合应用,基于 BIM 的大型商业综合体高效建造技术的应用与探索展现了智能建造在复杂工程中应用的意义。施工阶段智能化建造的主要模式有如下几种方式:智慧工地管理系统对现场进行全方位监测并实施智能化管控;建筑机器人代替工人从事测量、焊接等强度较大或有安全隐患的工作;预制构件智能工厂通过信息化手段对生产和制造过程进行优化调整以提高生产能力。BIM+放样机器人提高施工精度及效率。BIM+S4D+进度管理在大型桥梁工程施工中的应用研究、BIM+GIS 用于高速公路扩建工程项目施工阶段的研究,扩大了智能建造技术在基础设施行业中的应用范围。

2.3 运维阶段的智慧化管理体系

运营维护阶段是整个建筑物生命周期中最长的一个阶段,同时也是数字化的价值持续不断的体现过程。基于国际标准的 BIM 协同设计应用于海外地铁工程的创新尝试和全过程 BIM 咨询应用于综合交通枢纽工程项目的经验积累,为运营维护阶段进行数字化管理奠定数据支撑。智能化运维管理的主要内容有:以 BIM 为基础建立起来的设施管理系统,使设备的信息得以直观查询并且制定出相应的维护检修方案;物联监测系统实时上传建筑物耗能、环境、设备运转等方面的数据指标;数字化双生运维平台即建立实体建筑与数字孪生体之间的相互对应和仿真计算。BIM 技术应用于城市综合管廊机电数字化运维的研究,以 BIM-IoT 为基础的智慧建筑能耗管理系统的设计及优化体现了运维阶段智慧化管理的实际应用。

2.4 全生命周期协同管理机制构建

全生命周期协同管理是发挥智能建造推动数字化变革最大效益的重要因素。表 1 对三个阶段即设计、施工、运维分别在管理主体、核心目标、数据来源、协同方式和关键输出上进行比较并找出其异同点。

从全生命周期的角度来建立协同管理模式要处理好三方面的问题:首先就是信息标准化问题,做到在不同阶段的信息能够被识别、传输、应用;其次是组织协同问题,克服以往各自为政的分散式管理方式;最后是利益共享机制设计,形成多方共赢的合作模式。

表 1 全生命周期各阶段协同管理对比

对比维度	设计阶段	施工阶段	运维阶段
管理主体	设计院、业主、咨询方	施工单位、监理、分包商	物业公司、业主、运营方
核心目标	方案优化、错漏碰缺检查、成本控制	进度管控、质量保障、安全监督、资源调配	设施维护、能耗管理、空间优化、资产保值
数据来源	BIM 模型、设计图纸、参数化信息	IoT传感器、现场记录、质量检测数据	运维日志、监测数据、维修记录、能耗统计
协同方式	云端协同设计平台、模型版本管理	智慧工地管理平台、现场指挥调度	数字孪生运维平台、预警响应机制
关键输出	数字化交付成果、设计信息模型	竣工模型、施工过程数据库	运维数据库、资产管理档案

3 智能建造推进数字化转型面临的问题

3.1 技术集成度不足与标准体系缺失

目前智能化施工技术在数字化转变的过程中遇

到的主要难题是缺乏技术融合能力和缺乏统一的标准。表 2 全面总结了各种缺乏的技术标准的表现形式、阻碍融合的原因以及涉及的领域。

表 2 技术集成度不足与标准体系缺失问题分析

问题类型	具体表现	导致的集成障碍	影响范围
数据标准缺失	BIM 软件数据格式不统一、接口不开放、模型细度要求不一致	模型无法跨平台流转、信息反复录入、数据传递失真	设计-施工-运维数据断层，全生命周期信息贯通受阻
通信协议不统一	IoT 设备使用不同的无线通信协议 (LoRa, NB-IoT, 5G, ZigBee 等等)。	设备互联互通困难、数据采集效率低下、系统集成成本高	智慧工地传感器部署、多源数据融合分析
交付标准模糊	数字化交付成果缺乏统一规范、验收标准不明确	竣工模型无法直接用于运维、数据资产价值难以实现	全生命周期数据贯通受阻、数字化投资回报难以衡量
接口标准缺失	各系统间缺乏标准 API 接口、数据交换格式不统一	形成新的系统孤岛、平台集成难度大	企业级平台建设、产业链协同效率

智能建造的技术研发及运用是促进传统建筑行业向智能化转变的关键助力之一，但智能建造技术存在着建筑全生命期发展过程中的关联度不够；没有建立相应的评估指标系统和数据管理机制；智能建造的方式不匹配以及较高的初始投资等问题。技术融合度不够和缺少一套完整体系互相影响，成为阻碍数字化发展的障碍。没有统一的标准使得技术融合难度加大，技术融合难又导致难以制定并推广相关标准。

3.2 复合型人才短缺问题

伴随着我国建筑业的工业化，数字化智能化的快速发展，传统建筑工程工程技术人才教育培养已经跟不上现阶段智能建造企业快速发展的步伐，智能建造技术交叉型人才十分缺乏^[1]，复合型人才匮乏已经成为阻碍智能建造带动建筑业数字化变革的巨大障碍。复合型人才匮乏的问题体现在以下三个方面：首先，在数量方面，同时具有建筑工程专业知识以及 IT 相关知识的复合型人才严重不足；其次，在质量方面，当前技术人员数字化水平较低无法达到相应的智能化建设要求；最后，在结构上，高级别跨领域的复合型人才大多分布在大型企业和科研院所中，中小型企业很难得到此类人才。针对建筑业企业进行调查研究，在适应岗位需求、调整课程结构、开展校企联合办

学、实现资源共享等方面研究高职院校智能建造工程技术专业的人才培养方式，对于解决行业人才匮乏的现象具有重要意义。

4 智能建造驱动数字化转型的优化策略

4.1 构建统一的技术标准与数据规范体系

针对技术融合程度不高以及缺少标准的问题。要从整体规划的角度出发，形成一套完整的技术标准及数据规范系统。一方面要抓紧时间出台智能化工程相关的基础标准，例如 BIM 模型数据交互标准、物联网设备接口标准、数字成果交付标准等等作为指导技术整合的基础。另一方面建设分层次、有区别的标准体系结构，把不同的标准分为强制性标准、推荐性标准等加以区分，提高标准的操作性^[2]。最后实现标准对接国际化，吸收国外先进标准体系，使我国标准能够相互融合、相互衔接。针对建筑企业的信息化中台架构研究及物联网+BIM 技术应用于绿色建筑工程施工全生命周期管理的研究，是建立统一的技术标准的基础实践参考，建立一个完整的标准体系离不开政府、行业组织和企业的共同努力。政府方面要加强政策法规建设，把对标准的落实情况纳入监督检查范围；行业组织要发挥作用，开展相关标准发布解读和宣贯等工作；企业要积极响应，开展标准比对并贯彻实施，形成标准化管理

规范。

4.2 强化智能建造人才培养体系

为了解决复合型人才不足的问题,要建立多层次、多类型的复合型人才教育机制。首先要做好院校专业的调整,高校可以设置智能建造相关的专业或者是研究方向,在建筑、土木、计算机、自动化等领域进行跨学科的整合。高职院校对智能建造技术专业人才培养模式的研究,可以从对接岗位要求,重组课程结构,校企深度融合及资源共享等方面出发来拟定培养策略,为智能建造技术人才培养提供借鉴^[3]。其次是要加大产教融合力度,促进企业和学校共同建设实习基地以及联合培养单位,将企业的工程项目融入到学习当中去。最后要加强继续教育体系建设,对企业原有的员工进行智能建造技术方面的培训,提高现有人员的信息技术水平。新型建筑工业化是智能建造的核心内涵,在信息化时代下以卷积神经网络为基础的建筑可视化技术的研究,装配式建筑技术和质量分析等都是关于智能建造人才教育内容需要与时俱进的表现形式。人才培养内容要符合技术需求和技术进步的要求;在教学过程中不但要教授学生相关专业基础知识而且更要锻炼其动手实操的能力水平。制定智能建造人才评估标准体系来促进人才教育和岗位要求的有效结合也是提高教育教学实效性的有效途径之一。

5 结语

智慧建造是以工业、信息及智能技术与工程建设全过程有机结合的一种新型建造模式,正在对传统建筑业的施

工建设及管理方式进行着巨大变革。本文针对智慧建造带动数字化改革展开论述,在理论上探究并梳理了智慧建造的相关概念,归纳出其核心技术框架,分析了智慧建造实现渠道以及存在的问题,并提出了相应的解决办法。研究结果显示 BIM 技术和物联网技术相互融合是智慧建造的基础保障,涵盖设计、建造到运维全过程的一体化管理模式是实现数字化变革的有效途径,然而当前我国在技术融合程度不高和缺乏相关标准体系、缺少复合型人才方面存在问题较多,可以通过制定统一标准体系及加大对人才培养力度的方法来解决这些问题。在未来,随着人工智能技术、数字孪生技术和 5G 等新兴科技的逐步普及,智能建造赋能数字化变革将会进一步深入发展,单点的应用转变为系统的集成,项目管理提升为企业治理,建造环节到全产业链条的拓展,都是智能建造赋能数字化转型融合发展必然的发展方向。期待本文的研究工作可以为建筑业的数字化转型理论研究及实践探索提供一定的借鉴作用。

[参考文献]

- [1] 高贵春.徐州市徐韩公路快速化改造工程总体设计与创新技术[J].山东交通科技,2023(02):85-88.
- [2] 汤迎豪.面向转体桥施工质量控制的智能建造技术应用[J].建筑技术,2024,55(06):751-754.
- [3] 吴彬,程瑞,江柳清,等.智能建筑技术在绿色建设工程中的应用[J].江苏建材,2025(04):130-132.

作者简介:王佩君(1988.12—),女,汉族,籍贯,大学本科,中级工程师,研究方向:土木工程。