

智能建造技术驱动下建筑工程管理模式创新与实践路径

王玲

武汉市市政建设集团有限公司，湖北 武汉 430000

DOI:10.61369/ERA.2025060037

摘要： 本文深入剖析智能建造技术的核心构成要素，及其对管理流程重构、协同模式升级、成本安全精准管控的多维影响，探讨传统管理模式在组织架构、决策机制、执行效率等层面的局限性，明确智能化转型的创新方向。在此基础上构建“技术层 - 管理层 - 应用层 - 保障层”四位一体的立体化创新框架，并从政策引导体系构建、企业数字化能力提升、标杆项目示范引领、产学研用协同创新四个维度提出可落地的实践路径，以期为建筑业高质量发展提供兼具理论深度与实操价值的转型范式。

关键词： 智能建造技术；建筑工程管理；数字化转型；创新框架；实践路径

Innovation and Practical Path of Construction Engineering Management Mode Driven by Smart Construction Technology

Wang Ling

Wuhan Municipal Construction Group Co., Ltd. Wuhan, Hubei 430000

Abstract： This paper deeply analyzes the core components of smart construction technology and its multi-dimensional impact on management process reconstruction, collaboration mode upgrading, and precise cost and safety control. It explores the limitations of traditional management modes in terms of organizational structure, decision-making mechanisms, and execution efficiency, and clarifies the innovative direction of intelligent transformation. On this basis, a four-in-one three-dimensional innovation framework of "technology layer - management layer - application layer - support layer" is constructed, and practical paths are proposed from four dimensions: policy guidance system construction, enterprise digital capability enhancement, benchmark project demonstration leadership, and industry-university-research collaborative innovation, aiming to provide a transformation paradigm with both theoretical depth and practical value for the high-quality development of the construction industry.

Keywords： smart construction technology; construction engineering management; digital transformation; innovation framework; practical path

引言

随着全球建筑业向绿色化、工业化、智能化升级，传统以人工协调和经验驱动为特征的管理模式已难以适应高质量发展需求。智能建造技术以数字化赋能与智能化重构为核心，通过技术集成与管理创新的深度融合，正在重塑建筑工程全生命周期的管控逻辑。本文系统梳理智能建造技术对管理模式的影响机制，构建创新框架并提出可落地的实践路径，以期为行业转型升级提供理论支撑与实践指引。

一、智能建造技术及其对建筑工程管理模式的影响

（一）智能建造技术概述

智能建造技术是融合数字化、信息化、自动化与智能化理念的新型建造体系，通过建筑信息模型（BIM）、物联网（IoT）、人工智能（AI）、大数据分析、云计算、5G 通信、自动化机器人、虚拟现实（VR）/ 增强现实（AR）等技术的集成应用，实现建筑工程从设计、施工到运维全生命周期的效率提升、质量优化与安全强化。其中 BIM 技术作为基础框架，以三维数字化模型整

合全流程信息，支撑设计方案的可视化模拟与优化；物联网通过传感器网络实时采集施工现场数据，构建智能监控体系；自动化机器人则替代人工完成高风险、重复性作业，提升施工精度。建筑工业化强调标准化、模块化和批量化生产，以提高建筑质量和效率，是智能建造的重要基础。智能建造则强调在工程建造过程中融入人工智能为核心的新一代信息技术，它不仅是工程建造技术的创新，还将从经营理念、市场形态、产品形态、建造方式以及行业管理等方面重塑建筑业，它是建筑业发展的新质生产力^[1]。

(二) 智能建造技术对建筑工程管理模式的影响

智能建造技术通过技术赋能，推动建筑工程管理模式从“碎片化、经验化、滞后性”向“数字化、集成化、动态化、智能化”变革。全生命周期数字化平台将设计、施工、运维阶段数据集成于统一 BIM 模型，实现信息实时共享与动态更新^[2]。设计阶段利用参数化设计与 AI 算法自动生成多方案比选，优化建筑性能；施工阶段通过 4D 进度模拟动态调整资源配置、预警偏差；运维阶段基于物联网数据实现设施设备预测性维护。云端协同平台打破业主、设计、施工、监理等参与方的信息壁垒，支持跨地域、跨专业实时协作，例如设计单位通过 BIM 模型同步沟通变更以减少返工，业主通过可视化仪表盘实时监控决策，各参与方基于 IFC 等统一数据标准降低沟通成本^[4]。大数据分析机器学习算法实现精准管控，成本控制借助历史数据建模对比实际与目标成本、区块链技术提升供应链透明度；进度控制基于物联网采集的施工数据（如机械作业时长、人员考勤），通过 AI 算法动态优化计划、缩短工期。安全与质量管理则通过智能感知与预警系统实现革新：安全管理利用安全帽传感器、塔吊防撞系统、基坑监测雷达等实时监测风险并预警，结合 VR 培训提升应急能力；质量管理通过 3D 激光扫描检测施工偏差，运用区块链追溯材料全流程数据。企业向扁平化、专业化转型，设立 BIM 中心、智能建造研究院等数字化部门统筹技术应用，同时人才需求从单一技能型转向“建筑+科技”兼具传统工程管理知识与 BIM、编程、数据分析等技能的复合型人才。尽管技术应用带来显著变革，但其推广面临技术投入高、数据安全风险、标准体系不完善、劳动力技能转型慢等挑战，需通过政策扶持、产学研合作、建立行业标准、强化人才培养等方式逐步推进管理模式智能化转型。

二、智能建造技术驱动下建筑工程管理模式创新

(一) 传统建筑工程管理模式的特点与局限性

传统建筑工程管理模式以层级化组织架构为核心，管理流程呈现碎片化特征，决策高度依赖经验且反馈机制滞后。设计、施工、运维各阶段由不同主体分割管理，信息传递依赖纸质文件与人工协调，形成“信息孤岛”，导致设计变更需多次会议确认、施工进度调整缺乏动态手段，突发因素易引发工期延误。成本控制依赖人工事后核算，无法实时监控偏差；质量安全管理以抽样检查和事后处理为主，如混凝土浇筑后强度检测、安全风险依赖人工巡查，难以实现过程纠偏与风险预判^[4]。此外传统模式对劳动力密集型作业的过度依赖，加剧了行业对人口红利的消耗，随着劳动力成本上升与老龄化问题凸显，其可持续性面临严峻挑战。

(二) 智能建造技术驱动下建筑工程管理模式创新方向

智能建造技术以数字化赋能与智能化重构为核心驱动力，推动建筑工程管理模式向全流程集成化、决策智能化、协同实时化、管控动态化深度变革。基于建筑信息模型（BIM）构建的全生命周期数字化管理体系，将设计参数、施工工艺、运维数据等全要素集成于统一数字平台，实现从概念设计到运营维护的全链条信息贯通。设计阶段依托 AI 算法对建筑形体、能耗指标等进行智能优化；施工阶段通过物联网传感器实时采集机械运行数据，动态调整工序衔接与资源配置；运维阶段基于设备运行数据自动生成预测性维护工单^[9]。跨参与方协同管理借助云端平台与 5G 通

信技术打破主体壁垒，形成实时联动的协作网络：设计团队通过 BIM 模型与施工方同步标注超万处管线碰撞点，减少 90% 现场返工；业主利用 VR 技术沉浸式介入施工管控，在幕墙工程等场景中即时反馈调整需求，规避传统二维沟通的理解偏差；各参与方基于 IFC 等统一数据标准实现模型互通，单项目可减少超 500 万元因数据冲突引发的沟通成本。智能建造技术的价值并非单一工具的替代，而是通过数据贯通、流程再造、决策升级、装备革新的系统协同，推动管理模式从“经验驱动”向“数据驱动”的范式跃迁。

(三) 智能建造技术驱动下建筑工程管理模式创新框架

智能建造驱动的管理模式创新需构建“技术层-管理层-应用层-保障层”协同的立体化框架。技术层以 BIM 为核心搭建数字化平台，集成云计算、区块链技术实现数据存储与供应链透明化，并通过物联网传感器与自动化机器人构建“数据采集-决策-执行”闭环，如塔吊智能防撞系统实时监测并触发制动。管理层通过设立数字化管理中心（如 BIM 技术中心）推动组织架构扁平化，重构管理流程并建立数据采集、传输、应用的全流程标准，同时通过校企合作培养“建筑+信息技术”复合型人才，例如企业与高校联合开设智能建造管理研修班^[9]。应用层覆盖设计、施工、运维全场景，设计阶段利用生成式设计及 VR 技术缩短周期 30%，施工阶段通过 4D 进度模拟与无人机巡检实现动态管控，运维阶段借助 AR 技术与大数据分析降低成本 40%。保障层依赖政策支持（如浙江省建筑机器人补贴）、产学研协同创新攻克技术瓶颈，并制定数据安全标准与伦理规范，确保技术应用的规范性与安全性。

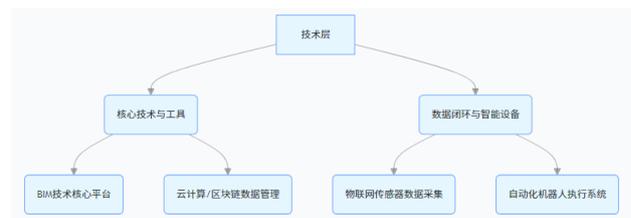


图 2.1 技术层框架图

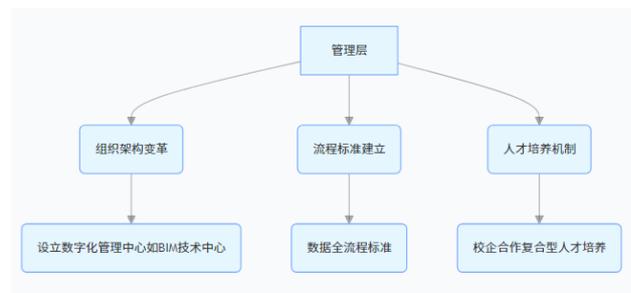


图 2.2 管理层框架图

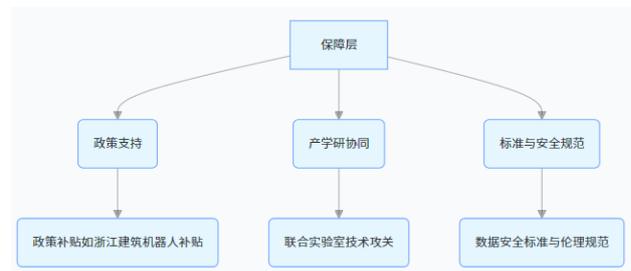


图 2.3 保障层框架图

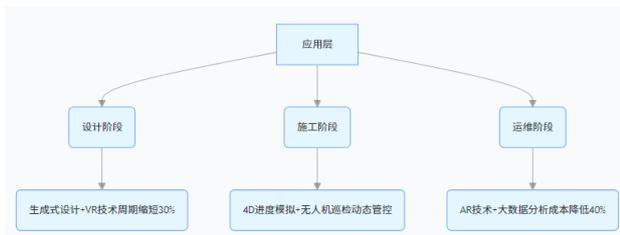


图 2.4 应用层框架图

三、智能建造技术驱动下建筑工程管理模式创新的实践路径

（一）政策引导与标准体系建设

政策支持与标准体系是智能建造管理模式创新的顶层驱动力，政府需通过宏观规划、资金扶持、法规完善三位一体的政策框架，为技术应用营造制度环境。例如我国《“十四五”建筑业发展规划》明确将智能建造列为重点任务，地方政府可借鉴浙江省经验，对应用建筑机器人、BIM 技术的项目给予每台设备最高 50 万元补贴或税收减免，降低企业技术投入门槛。在标准建设方面，需加快制定跨行业数据交互标准（如建筑工程数据分类分级标准）、智能装备作业规范（如《施工机器人安全操作指南》）及管理流程标准（如《智能建造项目全流程管理规程》），解决当前技术应用中数据孤岛、操作规范缺失等问题^[7]。例如深圳市住建局发布《建筑信息模型（BIM）实施管理标准》，统一了设计、施工、运维阶段的 BIM 应用流程与交付要求，提升了项目协同效率。

（二）企业转型升级与能力建设

建筑企业是管理模式创新的实践主体，需从组织变革、技术应用、人才储备三方面推进转型升级。传统企业可参照某大型央企做法，成立智能建造事业部或 BIM 中心，统筹技术应用与跨部门协作，打破层级化架构对数字化转型的阻碍。优先在试点项目部署 BIM + 智慧工地平台，集成物联网监测、无人机巡检等模块，实现成本、进度、安全的动态管控^[8]。例如某建筑集团在商业综合体项目中采用 BIM 技术优化管线综合，减少现场返工量 40%，同时通过智慧工地平台实时监控塔吊运行数据，杜绝了设备超载事故。人才培养方面，企业需建立“内部培训 + 外部合作”机制，如与高校共建智能建造产业学院，开设 Python 编程、机器学习在工程管理中的应用等课程，培养既懂施工工艺又具备数据

分析能力的复合型人才。

（三）项目实践与应用示范

项目是智能建造技术落地的核心场景，通过标杆项目示范可形成可复制的管理模式。在房建领域，可选取医院、学校等功能复杂项目，应用 BIM + 装配式建造技术，实现设计预制一体化。例如上海某医院项目采用 BIM 模型指导预制构件生产，现场装配效率提升 50%，工期缩短 6 个月。在基础设施领域，桥梁、隧道项目可引入物联网监测与自动化施工设备，如港珠澳大桥岛隧工程通过部署 thousands of 传感器实时监测沉管应力应变，结合 AI 算法预测结构安全风险，保障了海底隧道的精准对接^[9]。示范项目需重点关注技术集成应用效果，如某智慧小区项目整合了 BIM 运维管理、光伏智能供电、垃圾智能分类系统，实现了建筑全生命周期能耗降低 30%、运维成本减少 40% 的目标，为绿色智能建筑提供了实践样本。

（四）产学研用协同创新

产学研用协同是突破技术瓶颈、加速成果转化的关键机制，高校与科研机构可聚焦前沿技术研发，如清华大学研发的机器人自主导航系统、东南大学的多源工程数据融合算法，为智能建造提供理论支撑。企业需与科研团队建立联合实验室或“揭榜挂帅”机制，针对性解决工程难题。例如某建筑企业与中科院合作开发的混凝土 3D 打印技术，已实现 10 层住宅的全流程自动化建造，施工效率提升 80%^[10]。行业协会应发挥桥梁作用，组织编写智能建造技术应用案例库，推广成熟经验。此外可借鉴德国“双元制”模式，建立校企联合培养基地，如某高校与中建集团合作开设“智能建造订单班”，学生在校学习 BIM 建模、机器人操作等理论，在企业完成项目实践，毕业后直接上岗，缓解了行业人才短缺问题。

四、结束语

智能建造技术驱动下的建筑工程管理模式创新，不仅是技术工具的迭代，更是建筑业生产方式与管理理念的根本性变革。从传统模式的“经验依赖”到智能模式的“数据驱动”，其核心在于通过技术集成打破管理壁垒、通过流程再造释放协同效能、通过智能决策提升管控精度。尽管当前技术投入成本、数据安全标准、人才技能转型等挑战仍需破解，但上海超高层综合体的全生命周期数字化管理、港珠澳大桥的智能监测体系等实践已证明，智能建造正以不可逆转的趋势重塑行业格局。

参考文献

- [1] 周绪红. 发展智能建造技术培育建筑业新质生产力 [J]. 建筑, 2024, (12): 10-11.
- [2] 李胤. 智能建造与建筑工业化关键技术分析 [J]. 工程技术研究, 2024, 9(24): 206-208. DOI: 10.19537/j.cnki.2096-2789.2024.24.067.
- [3] 陈棉, 陈晶, 王义. 智能建造背景下 BIM 在住宅建筑安全管理中的应用研究 [J]. 建筑经济, 2024, 45(S2): 251-254. DOI: 10.14181/j.cnki.1002-851x.2024S2251.
- [4] 林炬. 基于智能建造技术的智慧工地项目实践分析 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2024, (33): 103-105. DOI: 10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202433034.
- [5] 王元彬, 尚佳伟. 智能建造在建筑施工中的应用实践 [C]// 中国图学学会. 2024 第十三届“龙图杯”全国 BIM 大赛获奖工程应用文集. 航天建设工程集团有限公司, 2024: 102-107. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2024.043032.
- [6] 伍传瑜, 张真心, 宋瑞芸, 等. 基于全生命周期的智能建造技术系统研究与设计 [J]. 绿色建造与智能建筑, 2024, (11): 70-73.
- [7] 郭跃, 管哈波. 智能建造技术技能人才培养路径优化研究 [J]. 教育理论与实践, 2024, 44(30): 30-33.
- [8] 郝毅. 智能建造技术在建设工程管理中的创新应用研究 [J]. 新城建科技, 2024, 33(07): 188-190.
- [9] 吕哲琦, 温董瑶. 智能建造技术建筑全生命周期应用研究 [J]. 项目管理技术, 2024, 22(07): 110-114.
- [10] 赵志远, 周建良. BIM 技术在智能建造项目中的全过程应用 [C]//《施工技术 (中英文)》杂志社, 亚太建设科技信息研究院有限公司. 2024 年全国工程建设行业施工技术交流会论文集 (中册). 中建八局第三建设有限公司, 2024: 930-934. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2024.028137.