

智能建造背景下 BIM+ 智慧工地协同管理研究

肖志娟

硅湖职业技术学院, 江苏 昆山 215332

DOI: 10.61369/SSSD.2026050035

摘 要 : 在建筑行业向智能高效型转型的背景下, 传统建造模式的固有缺陷已难以满足大规模、复杂化建筑项目的管理需求, ” BIM+ 智慧工地” 协同管理成为推动行业高质量发展的关键路径。本文基于协同管理、全生命周期管理与数据驱动决策三大核心理论, 系统分析了该协同管理模式在实践中面临的技术标准不统一、协同机制缺失、人才供给不足等困境。在此基础上, 构建了涵盖基础支撑、数据采集与处理、智能分析与应用的核心技术支撑体系, 以及” 五层两协同” 的系统架构, 并从标准化体系构建、技术集成创新、保障机制完善、行业环境营造四个维度提出优化路径。研究表明, ” BIM+ 智慧工地” 协同管理模式可实现建筑项目全流程、多参与方的协同联动, 为建筑行业数字化转型提供理论支撑与实践参考。未来需进一步聚焦新技术深度应用与跨场景协同模式探索, 助力行业高质量发展。

关 键 词 : 智能建造; BIM 技术; 智慧工地; 协同管理; 数字化转型; 系统架构; 优化路径

Research on Collaborative Management of BIM+ Smart Site under the Background of Intelligent Construction

Xiao Zhijuan

Silicon Lake Vocational and Technical College, Kunshan, Jiangsu 215332

Abstract : Against the backdrop of the construction industry's transformation towards intelligence and efficiency, the inherent flaws of traditional construction models have become increasingly inadequate for the management demands of large-scale and complex construction projects. The collaborative management model of "BIM + Smart Construction Site" has emerged as a key path to drive the industry's high-quality development. This paper, based on the core theories of collaborative management, full life cycle management, and data-driven decision-making, systematically analyzes the technical standards' non-uniformity, the absence of collaborative mechanisms, and the shortage of talent supply, among other challenges faced by this collaborative management model in practice. On this basis, it constructs a core technical support system covering basic support, data collection and processing, and intelligent analysis and application, as well as a "five-layer two-coordination" system architecture. It also proposes optimization paths from four dimensions: standardization system construction, technological integration innovation, improvement of guarantee mechanisms, and creation of an industry environment. The research indicates that the "BIM + Smart Construction Site" collaborative management model can achieve the coordinated interaction of the entire construction process and multiple participants, providing theoretical support and practical references for the digital transformation of the construction industry. In the future, it is necessary to further focus on the in-depth application of new technologies and the exploration of cross-scenario collaborative models to facilitate the high-quality development of the industry.

Keywords : intelligent construction; BIM technology; smart construction site; collaborative management; digital transformation; system architecture; optimization path

引言

随着数字化技术的迅猛发展, 建筑行业正经历从传统劳动密集型向智能高效型的范式革新, 智能建造^[1]已成为推动行业高质量发展的核心引擎。传统建造模式依赖人力经验与分散流程, 存在效率低下、质量波动、安全被动、资源浪费等固有缺陷, 难以满足城市化进程中大规模、复杂化建筑项目的管理需求。在此背景下, 建筑信息模型 (BIM) 技术^[2]以其可视化、参数化、全生命周期集成的特性, 成为连接设计、施工、运维全流程的核心数据载体, 而智慧工地则通过物联网、大数据等技术实现对施工现场人、机、料、法、环的实

时感知与动态管控。

“BIM+ 智慧工地”的协同管理模式，打破了传统建造过程中的信息孤岛，推动多参与方、多专业、全流程的协同联动，是智能建造理念落地实施的关键路径。当前，国内外已逐步开展相关实践，如欧盟“建筑2050战略”推动BIM技术标准统一，国内雄安新区在智慧城市建设中实现BIM统一规划与智能施工管控。然而，在技术集成、数据共享、管理协同等方面仍存在诸多瓶颈。因此，系统研究智能建造背景下BIM+智慧工地协同管理的理论体系、技术支撑、发展困境与优化路径，对于推动建筑行业数字化转型、提升项目管理效能具有重要的理论与实践意义。

一、理论研究与发展困境

（一）核心理论基础

BIM+ 智慧工地协同管理的理论体系构建于多学科融合基础之上，核心包括协同管理理论、全生命周期管理理论与数据驱动决策理论。协同管理理论强调通过建立统一的协作机制与平台，整合设计单位、施工企业、监理方、业主等多方资源，实现目标协同、流程协同与信息协同^[3]，破解传统建设项目中各参与方割裂运作的难题。全生命周期管理理论以建筑项目全流程为研究对象，要求BIM+智慧工地系统实现从设计初期的参数化建模、施工阶段的动态管控到运维阶段的智能决策的全链条信息集成与管理延续，确保项目各阶段数据的一致性与可追溯性。数据驱动决策理论则依托BIM模型的结构化数据与智慧工地的实时感知数据，通过大数据分析与人工智能算法挖掘数据价值，为进度优化、质量控制、安全预警等管理决策提供科学支撑。

（二）发展困境分析

尽管BIM+智慧工地协同管理模式已展现出显著优势，但在实践推广过程中仍面临多重困境，主要集中在技术、管理与行业环境三个层面。

技术层面，首先是数据标准不统一，不同厂商的BIM软件与智慧工地监测设备数据格式异构，接口标准不一，导致模型数据与现场感知数据难以有效融合，信息孤岛现象突出。例如，不同专业提交的BIM模型缺乏统一编码规范，需额外投入成本进行模型重建与数据转换。其次是技术集成难度大^[4]，BIM技术与物联网、人工智能、5G等新技术的融合仍处于初级阶段，多技术协同运作的稳定性与兼容性不足，难以充分发挥协同效应。

管理层面，一是协同机制缺失，缺乏跨参与方的统一管理流程与责任划分标准，导致信息传递滞后、任务衔接不畅。设计阶段的变更信息无法及时同步至施工一线，施工过程中的现场问题也难以快速反馈至设计方进行优化。二是人才供给不足^[5]，协同管理需要兼具土木工程专业知识、数字化技术能力与管理经验的复合型人才，而当前行业内相关人才培养滞后，一线管理人员与施工人员对BIM+智慧工地系统的操作能力不足，导致“模型好看、现场不用”的现象普遍存在。

行业环境层面，部分企业传统管理观念根深蒂固^[6]，对智能建造的价值认知不足，缺乏技术投入与模式革新的动力。同时，行业内缺乏完善的政策标准与评价体系，对BIM+智慧工地协同管理的应用规范、数据安全要求等尚未形成统一规定，增加了企业的应用风险与试错成本。

二、技术支撑和系统架构

（一）核心技术支撑

BIM+ 智慧工地协同管理的实现依赖于多技术的融合支撑，核心技术体系包括基础支撑技术、数据采集与处理技术、智能分析与应用技术三大类。基础支撑技术涵盖云计算、边缘计算与5G通信技术，云计算为海量BIM数据与工地感知数据提供高效的存储与计算资源，边缘计算实现施工现场数据的实时处理与低延迟响应，5G技术则保障多设备、多系统间的高速数据传输，为远程协同与实时管控提供网络支撑。

数据采集与处理技术是协同管理的基础^[7]，主要包括BIM参数化建模技术、物联网感知技术与数据标准化技术。BIM参数化建模技术通过建立构件间的智能关联，实现一处修改、全模型联动更新，保障设计数据的一致性；物联网感知技术借助传感器、RFID标签、视频监控等设备，实时采集人员定位、设备运行、材料状态、环境参数等现场数据，实现对工地状态的全面感知；数据标准化技术采用IFC国际标准与企业内部统一编码规范，实现不同来源、不同格式数据的统一转换与集成管理。

智能分析与应用技术为协同管理提供决策支持，包括人工智能算法、4D/5D模拟技术与可视化技术。人工智能算法通过机器学习实现进度偏差预测、安全隐患识别等智能分析功能，如基于计算机视觉的危险行为识别系统可实时预警违规操作；4D/5D模拟技术将时间维度与成本维度融入BIM模型，实现施工进度与成本的动态模拟与优化；可视化技术通过AR/VR、三维渲染等方式，将复杂数据转化为直观的视觉信息，助力多方协同沟通与现场施工指导。

（二）系统架构设计

基于“数据驱动、业务融合、实时协同”的核心理念，构建“五层两协同”的BIM+智慧工地协同管理系统架构，五层包括感知层、网络层、数据层、平台层与应用层，两协同指技术协同与业务协同。

感知层作为系统的数据入口，集成各类物联网感知设备与BIM建模工具，实现施工现场人、机、料、法、环数据与设计阶段BIM模型数据的全面采集。网络层采用5G与ZigBee等多通信技术融合的方式，构建高速、稳定的通信网络，实现感知层数据向数据层的实时传输，以及各层级间的信息交互。数据层是协同管理的核心枢纽，通过ETL引擎对多源数据进行清洗、转换与集成，建立统一的BIM协同数据库，采用区块链技术保障数据安全与可追溯性，同时依托云计算与边缘计算实现数据的分布式存储与高效处理。

平台层提供核心协同服务，包括BIM服务发布中心、任务调度引擎与权限管理系统。BIM服务发布中心实现BIM模型的轻量

化发布与统一管理，支持多终端协同浏览与操作；任务调度引擎基于工作流技术，实现跨参与方任务的自动分配、进度跟踪与节点提醒；权限管理系统采用 OAuth2.0 身份认证机制，基于“最小授权”原则划分不同参与方的访问权限，保障数据安全。应用层针对设计、施工、监理、运维等不同业务场景，开发多专业协同设计、进度智能管控、质量安全闭环管理、物料动态调度等功能模块，实现协同管理的落地应用。

技术协同通过平台层的 API 网关实现 BIM 技术、物联网、人工智能等多技术的接口统一与联动运作；业务协同依托统一的任务调度机制与数据共享平台，实现设计、施工、运维全流程的业务衔接与信息同步。

三、智能建造背景下协同管理的优化路径

（一）构建标准化协同管理体系

首先，推动行业级数据标准建设，借鉴 IFC 国际标准，制定统一的 BIM 模型编码规范、数据交换格式与接口标准，明确各专业、各阶段的数据提交要求，实现 BIM 模型数据与智慧工地感知数据的无缝对接与互认^[8]。其次，建立跨参与方的协同管理流程标准，梳理设计、施工、监理、运维全流程的业务节点，明确各参与方在协同管理中的职责边界、信息传递路径与协同响应机制，形成标准化的协同工作指南。最后，完善行业评价与监管标准，构建 BIM+ 智慧工地协同管理应用效果评价指标体系，涵盖效率提升、质量控制、安全保障、资源节约等维度，为企业应用提供明确的导向，同时强化政府监管的标准化依据。

（二）强化技术集成与创新应用

一方面，加强核心技术融合创新，重点突破 BIM 与物联网、人工智能、5G、区块链等技术的深度集成瓶颈，开发统一的技术集成接口与中间件，提升多技术协同运作的稳定性与兼容性。例如，利用区块链技术构建去中心化的协同数据共享平台，保障数据传输与存储的安全性、不可篡改；基于数字孪生技术构建工地虚拟镜像，实现物理工地与虚拟模型的实时映射与协同管控。另一方面，推动技术应用场景创新，针对复杂工程施工、跨区域协同建设等场景，开发定制化的协同管理功能模块，如远程协同设计评审系统、施工进度智能预警与调整系统等，提升协同管理的精准性与高效性。

（三）完善协同管理保障机制

在组织保障方面，推动建立跨企业、跨专业的协同管理联盟，由业主方牵头，整合设计、施工、技术服务等多方资源，设立专门的协同管理部门，负责统筹协调全流程协同工作。在人才保障方面，构建“高校培养+企业培训+行业认证”的复合型人才培养体系，高校增设智能建造与 BIM 协同管理相关专业课程，企业加强一线人员的技术实操培训，行业推出标准化的人才认证制度，提升从业人员的综合素养。在资金保障方面，鼓励企业加大智能建造技术研发与协同管理平台建设的资金投入，同时引导金融机构推出针对性的信贷支持政策，降低企业技术升级成本；政府可设立专项扶持资金，对标杆性协同管理项目给予补贴与奖励。

（四）营造良好行业发展环境

加强政策引导与宣传推广，政府出台鼓励 BIM+ 智慧工地协同管理^[9] 应用的政策文件，明确应用范围与发展目标，通过举办行业峰会、案例观摩会等形式，推广优秀实践经验，提升企业对智能建造价值的认知。完善行业服务体系，培育专业化的技术服务机构，为企业提供 BIM 建模、系统运维、技术咨询等全方位服务，降低企业应用门槛。强化数据安全监管，制定建筑行业数据安全规范，明确协同管理过程中数据采集、存储、传输的安全要求，建立数据安全风险评估^[10] 与应急处置机制，保障企业商业秘密与项目核心数据安全。

四、总结

智能建造背景下，BIM+ 智慧工地协同管理模式是推动建筑行业数字化转型、提升项目管理效能的核心路径，其依托多学科理论支撑与先进技术集成，实现了建筑项目全流程、多参与方的协同联动。本文通过对相关理论、发展困境、技术支撑、系统架构及优化路径的研究，得出以下结论：其一，BIM+ 智慧工地协同管理的理论基础包括协同管理、全生命周期管理与数据驱动决策理论，三者相互支撑，构成了协同管理的理论框架；其二，当前协同管理实践面临技术标准不统一、协同机制缺失、人才供给不足等多重困境，制约了技术价值的充分发挥；其三，核心技术支撑体系涵盖基础支撑、数据采集与处理、智能分析与应用三类技术，“五层两协同”的系统架构实现了数据与业务的深度融合；其四，通过构建标准化体系、强化技术集成创新、完善保障机制、营造良好行业环境等优化路径，可有效破解发展困境，提升协同管理水平。

未来，随着智能建造技术的不断迭代与行业标准的逐步完善，BIM+ 智慧工地协同管理将向更加智能化、一体化、全球化的方向发展。后续研究可进一步聚焦数字孪生、人工智能等新技术在协同管理中的深度应用，探索跨区域、跨行业协同管理的新模式，为建筑行业高质量发展提供更有力的支撑。

参考文献

- [1] 赵娜. 智能建造技术的应用及其发展 [J]. 智慧中国, 2025, (09): 78-79.
- [2] 翟相凯. 基于 BIM 驱动的智能建造技术在装配式建筑中的应用分析 [J]. 住宅产业, 2025, (09): 87-90.
- [3] 李林峰. BIM 技术的智能化建筑施工分析 [J]. 江苏建材, 2023, (06): 121-122.
- [4] 赖如权. 信息技术在智慧城市建设中的应用 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2025, (34): 226-228. DOI: 10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202534075.
- [5] 周学龙. 基于 BIM 技术下装配式建筑智能建造方案设计研究 [J]. 绿色建造与智能建筑, 2024, (01): 132-134.
- [6] 罗珊珊, 王乙童, 林圭佳栋. BIM 技术在装配式建筑设计中的应用 [J]. 中国住宅设施, 2023, (12): 31-33.
- [7] 李林峰. BIM 技术的智能化建筑施工分析 [J]. 江苏建材, 2023, (06): 121-122.
- [8] 姜立, 王瑶, 周盼. 基于自主 BIM 技术的智能建造体系研究应用 [J]. 中外建筑, 2023, (12): 16-22. DOI: 10.19940/j.cnki.1008-0422.2023.12.003.
- [9] 王丽, 齐志伟, 弓永青. BIM 技术在老旧小区改造工程造价管理中的应用 [J]. 住宅与房地产, 2025, (35): 65-67.
- [10] 庞晓明, 王剑, 卢建光, 等. 装配式建筑施工安全管理中的 BIM 技术研究 [J]. 科技与创新, 2024, (01): 143-146. DOI: 10.15913/j.cnki.kjycx.2024.01.043.