

# 基于 BIM 的智能建造施工数字化技术创新与实践

徐兵强, 丁勇

中油(新疆)石油工程有限公司, 新疆 克拉玛依 834000

DOI:10.61369/ERA.2025100021

**摘 要 :** 本文聚焦基于 BIM 的智能建造施工数字化技术, 深入探讨其创新方向与实践路径, 旨在为建筑行业工业化、信息化与智能化转型提供参考。在技术创新层面, 重点研究前沿技术的融合应用, 推动建模智能化、数据实时化、决策自动化、施工自动化, 实现从静态建模到动态应用、从被动管理到主动预警、从可视化到智能化的全面升级。在实践路径方面, 提出从顶层设计到全阶段应用的实施框架, 施工前通过顶层设计构建目标—框架—标准”协同体系; 施工准备阶段聚焦数据整合、方案优化与资源配置; 施工过程中依托 BIM 协同平台实现进度、质量、安全、成本的实时监控与动态优化; 竣工交付阶段构建 LOD500 数字化竣工模型, 实现高效验收与数据资产交付。通过技术创新与实践落地, 可显著提升施工效率、降低安全风险与项目成本, 推动建筑行业向智能建造转型。

**关 键 词 :** BIM 技术; 智能建造; 施工数字化; 物联网

## Innovation and Practice of Digital Technology in Intelligent Construction Based on BIM

Xu Bingqiang, Ding Yong

CNPC (Xinjiang) Petroleum Engineering Co., Ltd., Karamay, Xinjiang 834000

**Abstract :** This paper focuses on the digital technology of intelligent construction based on Building Information Modeling (BIM), and delves into its innovative directions and practical approaches, aiming to provide references for the industrialization, informatization, and intelligent transformation of the construction industry. In terms of technological innovation, the paper emphasizes the integrated application of cutting-edge technologies to promote intelligent modeling, real-time data, automated decision-making, and automated construction, achieving a comprehensive upgrade from static modeling to dynamic application, from passive management to proactive early warning, and from visualization to intelligence. Regarding practical approaches, the paper proposes an implementation framework from top-level design to full-stage application. Before construction, a "goal-framework-standard" collaborative system is established through top-level design. During the construction preparation phase, the focus is on data integration, scheme optimization, and resource allocation. During the construction process, real-time monitoring and dynamic optimization of progress, quality, safety, and costs are achieved through the BIM collaborative platform. At the completion and delivery stage, a LOD500 digital completion model is constructed to facilitate efficient acceptance and delivery of data assets. Through technological innovation and practical implementation, significant improvements can be achieved in construction efficiency, safety risk reduction, and project cost reduction, driving the construction industry towards intelligent construction.

**Keywords :** BIM technology; intelligent construction; construction digitization; Internet of Things

## 引言

随着新一轮科技革命与产业变革的深入推进, 建筑行业正从传统粗放式建造向精细化、智能化方向加速转型。在此背景下, 如何实现建造全流程的智能化升级, 成为行业亟待解决的关键课题。建筑信息模型 (BIM) 技术作为承载建筑全生命周期数据的核心载体, 逐渐成为串联智能建造各环节的技术枢纽。在此背景下, 本文系统梳理 BIM 与多技术融合的创新方向, 构建从顶层设计到竣工交付的全阶段实践框架。深入剖析 BIM 核心技术的深化应用路径, 以及 BIM 与物联网、人工智能、大数据分析、自动化 / 机器人技术的融合创新点, 明确各技术在施工进度、质量、安全、成本管理中的应用机制; 结合工程实践需求, 提出施工数字化顶层设计方案与全阶段实施路径; 通过技术创新与实践路径的结合, 为建筑企业提供可落地的数字化解决方案, 助力行业突破传统建造模式束缚, 实现施工效率提升、安全风险降低、成本精准控制的目标, 推动智能建造在工程领域的规模化应用与高质量发展。

## 一、基于 BIM 的智能建造施工数字化关键技术创新

### （一）BIM 核心技术的深化应用

智能建造是在建造过程中充分利用智能化信息技术，通过将智能系统应用于建筑行业，提高建造过程的智能化水平，构建涵盖建筑全生命周期的智能化体系，减少施工管理中对人的依赖，达到高效安全建造的目的，实现建筑工业化、信息化和智能化<sup>[1]</sup>。BIM 核心技术的深化应用，通过建模技术的智能化、协同管理的高效化以及模型应用的轻量化，实现了从静态建模到动态应用的转变。在参数化建模方面，通过引入智能驱动引擎，将构件信息参数化关联，使得修改核心参数时模型能自动更新所有关联构件并同步生成工程量清单，有效解决了复杂结构建模周期长、易出错的问题<sup>[2]</sup>。在协同管理方面，基于云计算的跨平台协同技术打通了设计与施工等全周期数据壁垒，支持多软件数据的实时同步与动态权限分配，将问题解决时间从数天缩短至小时级。在模型应用方面，轻量化技术通过算法压缩，使庞大的 BIM 模型能在手机等移动端秒级加载，并结合 AR 技术进行现场比对，显著提升了技术交底效率，降低了施工返工率。

### （二）BIM 与物联网的融合技术

BIM 与物联网的融合，构建了“虚拟模型 + 实体感知”的施工数字化闭环，通过实时数据采集赋予 BIM 模型动态感知与实时反馈的能力，推动施工管理从被动管理向主动预警转变<sup>[3]</sup>。在施工数据采集方面，通过在现场部署各类传感器，实时采集人员、设备及环境数据，并利用无线通信技术将其与 BIM 模型自动关联，实现数据可视化与风险预警，例如在深基坑施工中成功预警位移风险，避免了安全事故<sup>[4]</sup>。在设备管控方面，通过在施工设备上安装智能终端，实时监控运行状态并绑定至 BIM 模型，形成数字化台账，一旦设备异常即可自动触发预警并智能生成维修方案，显著缩短了故障响应时间，提升了设备利用率。在材料追溯方面，利用 RFID 标签或二维码记录材料全生命周期信息，并在关键节点自动采集数据，实现材料从采购到使用的全程追溯，有效降低了材料浪费率，提升了库存周转效率。

### （三）BIM 与人工智能的结合技术

BIM 与人工智能的结合，借助 AI 的数据分析与智能决策能力，推动施工数字化从可视化呈现升级为智能化决策，其创新应用主要体现在进度、质量与安全三个领域<sup>[5]</sup>。在进度管理方面，AI 通过构建进度预测模型，综合分析 BIM 模型数据、历史项目数据及实时环境、设备状态等多维信息，动态预测施工进度，并在发现潜在滞后时自动生成优化方案，显著提高了进度预测准确率，降低了工期延误风险<sup>[6]</sup>。在质量检测方面，利用“计算机视觉 + 深度学习”技术，对现场采集的图像或点云数据进行智能分析，自动识别如墙面空鼓、构件尺寸偏差等质量问题，并将结果与 BIM 模型关联，生成检测报告与整改建议，大幅提升了检测效率与隐蔽问题的发现率。在安全管理方面，AI 通过构建“安全预警模型”，利用图像识别与点云比对技术，实时监控人员不安全行为和环境安全隐患，一旦发现风险便在 BIM 模型中定位并自动报警，有效提升了施工现场的安全管控水平，显著降低了安全事

故发生率。

### （四）BIM 与大数据分析技术

BIM 与大数据分析技术的融合，依托大数据的海量处理与深度挖掘能力，整合施工全流程的分散数据，为施工数字化提供数据驱动的决策支持<sup>[7]</sup>。在数据整合方面，通过构建施工大数据平台，采用分布式存储与 ETL 工具，将来自不同载体和格式的结构化、半结构化及非结构化数据进行清洗、转换与关联，形成统一的“施工数据资产库”，打破了传统“数据孤岛”，实现了多项目数据的高效统一管理。在成本分析方面，通过构建“5D 成本模型”并实时采集施工成本数据，结合历史项目与市场波动信息进行多维度分析，精准识别成本超支因素，并自动生成优化方案，实现了从事后核算到动态控制的转变，有效降低了项目总成本<sup>[8]</sup>。在施工过程优化方面，通过挖掘历史数据中的资源配置与施工工艺规律，找到最优资源比例与最适合的施工方案，实现了资源利用率和施工效率的显著提升，避免了资源浪费与工期延误。

### （五）BIM 与自动化 / 机器人技术

BIM 与自动化 / 机器人技术的融合，将 BIM 的精准建模与路径规划能力，与自动化设备的高效执行优势相结合，推动施工从人工操作向自动化作业转变。在施工机器人路径规划方面，通过“BIM 模型 + 路径优化算法”，使机器人能够基于三维空间数据智能规划最优作业路径，避开障碍物并实现高效全覆盖，大幅提升作业效率与施工质量。在自动化施工设备协同方面，构建“设备协同管理平台”，实现各设备间的实时数据交互与智能调度，确保供需平衡，避免资源浪费，显著提升整体施工效率<sup>[9]</sup>。在装配式构件自动化安装方面，结合“BIM 模型定位 + 自动化吊装设备”，实现构件的精准定位与安装，并通过实时比对与校正确保安装精度，同时利用自动化连接设备完成高质量连接作业，形成完整的质量追溯档案。此外，该技术还在施工场地智能化布置与维护中发挥重要作用，通过“BIM 场地模型 + 自动化巡检机器人”，实现场地设施的动态规划与智能巡检，及时发现并处理安全隐患，提升场地利用率与管理效率。

## 二、基于 BIM 的智能建造施工数字化实践路径与方法

### （一）施工数字化顶层设计与规划

施工数字化顶层设计与规划是确保 BIM 驱动的智能建造成功落地的前提，需从项目全生命周期视角出发，构建“目标 - 框架 - 标准”三位一体的协同体系。结合项目类型与建设需求制定量化目标，如工期缩短、返工率降低、安全事故率控制等，并细化模型精度、数据覆盖率等可衡量指标<sup>[10]</sup>。在此基础上，搭建“组织 - 技术 - 数据”三位一体的数字化框架：组织上成立跨部门专项小组，明确各方职责；技术上规划硬件与软件体系，构建以 BIM 协同平台为核心的技术生态；数据上明确采集范围、标准与安全策略，避免数据孤岛。同时制定完善的实施标准与流程，包括模型交付标准、协同工作标准和数据管理标准，规范从模型创建、数据采集到成果归档的全流程操作，确保各环节标准化、规范化，

为数字化实践提供方向指引与制度保障。

## （二）施工准备阶段的数字化应用

施工准备阶段的数字化应用聚焦于“数据整合—方案优化—资源配置”，通过 BIM 技术打通设计与施工的衔接壁垒，提前解决潜在问题，为高效施工奠定基础。在设计数据转化方面，将二维图纸转化为三维 BIM 模型，进行碰撞检测与施工属性补充，形成“施工可用”模型，避免返工。在方案优化方面，通过 4D 进度模拟与三维可视化模拟验证施工顺序、优化关键工序，结合 VR 技术提升人员培训效果，降低施工风险。在资源配置方面，基于 BIM 模型与资源管理软件，实现人工、材料、设备的精准规划与调配，生成采购计划与进场安排，确保资源供需平衡，避免浪费或缺，为施工顺利开展提供全面保障。

## （三）施工过程阶段的数字化管理

施工过程阶段的数字化管理是施工数字化实践的核心，依托 BIM 协同平台融合物联网、人工智能、大数据等技术，实现对进度、质量、安全、成本的实时监控与动态优化，确保施工过程可控、可管、可追溯。在进度管理方面，通过“BIM+物联网+进度管理软件”构建 4D 进度模型，实时采集人员、设备、工序数据，自动分析进度偏差并动态调整资源配置，结合大数据预测趋势，提前制定纠偏预案。在质量管理方面，利用激光扫描、无人机巡检、AI 图像识别等技术精准检测施工质量，建立“问题发现—整改—验收—关闭”的数字化闭环流程，实现质量问题全追溯，并通过统计分析减少同类问题重复发生。在安全管理方面，通过智能安全帽、物联网传感器与 AI 预警系统实时监控人员位置、设备参数及环境数据，自动识别不安全行为与隐患，及时报警并触发处置措施，构建全方位安全防控体系。在成本管理方面，构建 5D 成本模型实现工程量与成本的自动关联，实时核算实际成本与预算偏差，利用大数据分析优化资源配置与施工方案，避免成本超支，提升项目经济效益。

## （四）竣工交付阶段的数字化应用

竣工交付阶段的数字化应用聚焦于“数字化竣工模型构建—数字化验收—数字化交付”，通过 BIM 技术整合施工全过程数据，形成与实际建筑一致的 LOD500 竣工模型，为后续运维提供数据支撑。在模型构建方面，遵循“数据整合—模型修正—成果审核”流程，将设计变更、验收记录、设备参数等数据整合至模型，确保模型与实体建筑完全一致。在数字化验收方面，通过“BIM 模型+智能检测+线上协同”实现验收流程的高效化与精准化，将验收标准嵌入平台，结合智能设备采集数据，实现验收结果实时上传与线上协同，大幅缩短验收周期。在数字化交付方面，将竣工模型与配套数据资产（如设计变更台账、设备档案、质量检测数据库）交付给运维单位，通过标准化交付流程确保数据完整性与可用性，并为运维单位提供培训，确保其熟练运用交付数据。数字化交付的价值贯穿建筑全生命周期，在设备维护、能耗管理、应急处理及建筑改造中发挥重要作用，推动建筑行业向“智能建造—智慧运维”深度融合的方向迈进。

## 三、结束语

本文围绕基于 BIM 的智能建造施工数字化技术展开系统研究，从技术创新与实践路径两个核心维度，构建了 BIM 与多前沿技术融合的应用体系，明确了全生命周期数字化管理的实施框架，为建筑行业智能化转型提供了理论支撑与实践参考。随着 5G、数字孪生、元宇宙等技术的快速发展，基于 BIM 的智能建造施工数字化将向更深层次演进。相信随着技术迭代与实践深化，基于 BIM 的智能建造施工数字化技术将持续赋能建筑行业，推动行业向更高质量、更高效益、更可持续的方向发展，为实现“碳达峰、碳中和”目标与新型城镇化建设提供重要支撑。

## 参考文献

- [1] 负江华. 大数据环境下基于 BIM 技术的高校综合建筑智能建造施工管理研究 [J]. 工程技术研究, 2024, 9(10): 162-164. DOI: 10.19537/j.cnki.2096-2789.2024.10.053.
- [2] 郭蕾. 基于 BIM 的装配式复合保温外墙板智能建造关键技术研究 [D]. 山东: 山东建筑大学, 2024.
- [3] 黄轩安, 史月霞, 陈可楠, 等. 基于 BIM 技术的装配式建筑全过程信息化管理与数字化建造方法研究 [J]. 土木建筑工程信息技术, 2022, 14(1): 45-60. DOI: 10.16670/j.cnki.cn11-5823/tu.2022.01.07.
- [4] 李潇聪. 基于 BIM+GIS 的长大隧道智能建造技术应用研究 [D]. 广东: 华南理工大学, 2022.
- [5] 徐伟, 闫雪萌, 李志鹏. 浅析基于 BIM 技术的建筑全生命周期绿色数字化建造 [J]. 上海节能, 2021(12): 1365-1369. DOI: 10.13770/j.cnki.issn2095-705x.2021.12.010.
- [6] 吴瑜灵. 基于 BIM 技术的建设项目智能建造应用研究 [J]. 广东土木与建筑, 2023, 30(12): 1-4, 14. DOI: 10.19731/j.gdtmyjz.2023.12.001.
- [7] 徐刚强, 张少杰, 张嗣铭, 等. 基于 BIM 的数字化水稳施工技术应用研究 [J]. 中国港湾建设, 2023, 43(7): 49-54. DOI: 10.7640/zggwjs202307009.
- [8] 张敬军. 智能建造技术在高层建筑施工中的应用研究 [J]. 新城建科技, 2025, 34(4): 25-27.
- [9] 谭旺, 全美娜, 赵欣, 等. 基于 BIM 的全过程智能建造技术研发及综合应用 [J]. 中国勘察设计, 2024(4): 74-77. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9607.2024.04.022.
- [10] 殷艺霖, 冷吉涛, 刘勇. 基于 BIM 的数字化施工技术在航道工程中的研究与应用 [J]. 水上安全, 2023(3): 28-30.