

基于 BIM 的装配式建筑智能技术管理研究

王志留¹, 王钰龙¹, 徐理², 汤佳宝¹, 潘洪科², 曹俊¹

1. 中原工学院智能建造与建筑工程学院, 河南 郑州 450001

2. 新余学院 建筑工程学院, 江西 新余 338004

DOI:10.61369/ETQM.2025110030

摘要 本研究聚焦装配式建筑技术与质量管理效率提升的痛点, 创新性地将 BIM 数字化技术深度融入装配式建造全过程, 依托 BIM 及数字项目管理平台构建智能化管理体系, 并以水竹湖小学综合楼项目为实践载体探索应用路径。在技术管理中, 通过 BIM 驱动的集成管理、方案交底、变更签证、构件跟踪及图纸管控, 突破传统模式下信息传递断裂、图纸更新滞后、变更落地难等瓶颈; 在质量管理中, 借助数字化手段实现质量巡检、混凝土强度检验、实测实量及验收的智能化管控, 有效解决施工质量不达标、巡检记录不规范等问题。研究表明, 这种数字化融合创新显著提升了装配式建筑项目的智能化管理水平, 为行业技术与质量管理模式升级提供了新思路。

关键词 BIM; 装配式建筑; 智能化技术管理; 智能化质量管理

Research on Assembly Intelligent Technology and Quality Management Based on BIM

Wang Zhiliu¹, Wang Yulong¹, Xu Li², Tang Jiabao¹, Pan Hongke², Cao Jun¹

1. School of Intelligent Construction and Architectural Engineering, Zhongyuan University of Technology, Zhengzhou, Henan 450001

2. School of Civil Engineering and Architecture, Xinyu University, Xinyu, Jiangxi 338004

Abstract This study addresses critical challenges in prefabricated building technology and quality management efficiency. It integrates Building Information Modeling (BIM) throughout the prefabricated construction process, establishing an intelligent BIM-based management system and digital platform. Validated via the Shuizhu Lake Primary School project, the approach employs BIM-driven processes for scheme disclosure, change management, component tracking, and drawing control, resolving traditional bottlenecks such as information fragmentation, delayed drawing updates, and change implementation difficulties. Digitally enabled quality control (inspections, concrete testing, acceptance) mitigates non-compliant construction and documentation irregularities. Findings demonstrate significant enhancement of intelligent project management and propose a novel paradigm for industry technology and quality management advancement.

Keywords BIM; prefabricated building; intelligent technology management; intelligent quality management

引言

随着建筑工业化进程的不断加快与数字化技术的深度渗透, 建筑业正经历从传统建造模式向现代化智慧建造的深刻转型。在此背景下, 装配式建筑凭借其工厂预制、现场装配的独特优势, 在施工效率提升、资源消耗降低及环境污染控制等方面展现出显著竞争力, 已成为推动建筑业绿色化、集约化发展的核心抓手, 亦是实现“双碳”目标的重要路径^[1-3]。然而, 装配式建筑在快速发展的同时, 其施工阶段的管理难题日益凸显: 一方面, 预制构件的标准化生产与个性化设计之间存在协同壁垒, 导致技术交底复杂、构件安装精度控制难度大; 另一方面, 构件运输、现场吊装、节点连接等环节的质量风险点分散, 传统人工巡检模式难以实现全流程追溯, 这些问题已成为制约装配式建筑品质提升的关键瓶颈^[4-5]。

建筑信息模型 (BIM) 技术作为打通建筑全生命周期数据壁垒的核心工具, 其参数化建模、可视化协同、信息集成等特性, 为破解装配式建筑管理困境提供了全新思路。通过构建包含构件几何信息、材料属性、生产参数的三维模型, BIM 能够实现设计、生产、施

课题项目: 河南省高等教育教学改革研究与实践 (2024SJGLX0397, 2023SJGLX192Y); 中原工学院研究生教育质量提升工程项目 (JG202425, ALK202515); 河南省科技攻关项目 (252102321008)。

作者简介: 王志留 (1989—), 男, 汉族, 河南宝丰人, 博士研究生, 副教授, 研究方向: 岩土工程。

工阶段的信息无缝传递,为精准管理奠定数据基础^[6-7]。近年来,学界围绕BIM在装配式建筑中的应用开展了系列探索:宋非非^[8]通过BIM技术模拟预制构件的生产流程与安装路径,实现了构件尺寸误差控制在5mm以内的高精度施工;谢琳琳等^[9]融合BIM与物联网技术,建立了“生产-运输-安装”全链条的质量追溯系统,使构件质量问题追溯效率提升^[10-11]。

尽管现有研究已验证了BIM技术的应用价值,但仍存在两方面局限:一是技术应用多聚焦于单一环节(如构件生产或现场安装),缺乏对施工阶段技术协同管理的系统性探索;二是质量管控多依赖静态数据记录,动态预警与闭环整改机制尚未成熟。更重要的是,现有实践案例多集中于大型工业建筑或高层建筑,针对中小型装配式公共建筑(如学校、社区服务中心)的适配性研究较少,而这类建筑因功能复杂、构件类型多样,其技术与质量管理需求更为特殊。

鉴于此,本研究以中小型装配式公共建筑为研究对象,创新性地将BIM技术与数字项目管理平台深度融合,构建覆盖施工全流程的智能化管理体系。通过水竹湖小学综合楼项目的实证研究,重点探索数字化技术在技术协同与质量动态管控中的应用路径,旨在为装配式建筑施工管理模式创新提供理论支撑与实践参考。

一、基于BIM的数字智能化管控平台的构建

本研究以水竹湖小学综合楼为实证工程,该项目为装配式多层公共建筑,地处湖南省株洲市升龙路与银山路交汇处以西,总建筑面积4470.66 m²,地上五层,建筑高度23.300m,采用框架结构,屋面防水等级为I级。基于Revit与数字项目管理平台的双向协同建模流程如下:以Revit为设计端核心工具,完成多专业参数化模型构建及初步工程量统计;通过GFC标准格式将模型导入数字平台后,依托其本土化算量引擎实现清单级工程量的精准计算,并关联进度计划与成本数据进行施工全过程模拟。该流程有效打通“设计-施工-成本”数据链路,可在统一平台内完成三维可视化推演、资源动态调度及造价实时监控,最终形成支撑项目精细化管控的BIM5D数字资产,具体构建流程如图1所示。

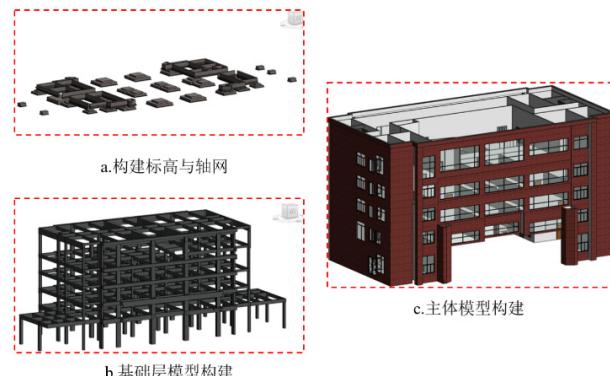


图1模型构建流程图

由图1知,BIM构建遵循“空间基准→基础结构→主体框架”的层级化逻辑,首先基于参数化标高系统定义楼层高程基准,并在基础顶面平面视图中建立正交轴网以形成空间定位坐标系;针对非标准基础构件,通过族编辑器创建公制结构基础族(拉伸操作生成几何实体),依据平面布置图实施坐标驱动精准定位。主体结构建模阶段,在结构平面视图中动态定义框架柱截面参数(高度/宽度独立变量)并执行坐标驱动布置,同步采用路径绘制法生成参数化梁体(矩形截面尺寸可调),最终通过多视图协同验证(平面定位与三维空间拓扑校验)形成梁柱协同的结构体系数字孪生体。该流程实现了二维设计图纸向三维参数化模型的标

准化转化,为结构分析、施工模拟及工程量统计提供高精度数字基底。

二、基于BIM的智能化技术管理

(一) BIM集成

BIM集成通过构建虚拟设计与模拟环境,实现了施工过程的可视化预演与实时分析,为技术管理决策提供了科学依据。即,BIM集成系统整合了进度计划管理、质量安全监控、项目资料协同、节点模型优化、变更管理、技术交底等核心功能模块(图2),形成了完整的技术管理信息链。通过BIM模型的智能拆分技术,实现以下目的:(1)设计问题的早期识别与优化,显著降低施工错误率;(2)构件级材料用量的精准计算,使材料浪费减少;3.复杂节点的可视化交底,提升施工安全性。实证研究表明,该集成系统通过优化技术管理流程,不仅缩短施工周期,更将工程质量合格率大幅提升,为工程项目管理提供了创新的数字化解决方案。

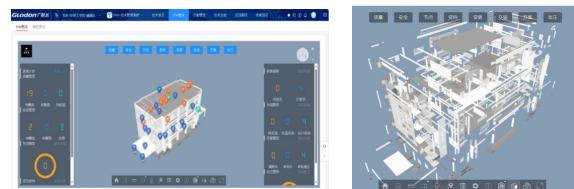


图2模块集成及拆分

(二) 方案管理与技术交底

方案管理作为建筑工程实施的关键技术手段,通过全过程监督与控制体系,在质量保证、风险管控和安全管理三个维度发挥核心作用。水竹湖小学综合楼项目构建了系统化的施工方案全周期管理体系,该体系采用模块化分类方法,将施工方案划分为施工准备、测量工程、基础施工等八大专业类别(图3a),并通过分级管理实现精细化管控。项目建立了三级审查机制:常规方案实施WEB端标准化审批流程(图3b),超危大工程则采用专家论证制度(图3c),确保方案的技术可行性和规范符合性。

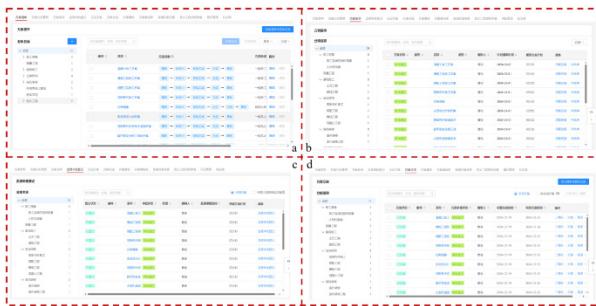


图3 方案申报流程

基于数字项目管理平台构建了BIM可视化技术交底体系，通过实证研究表明：该体系采用数字化台账管理和多通道信息推送（二维码/链接/短信）相结合的方式，实现了施工技术要点的精准传递与高效管理。研究数据显示，相较于传统交底方式，该体系显著提升了信息传递效率、施工人员理解准确率及文件管理效能，同时彻底解决了文件丢失问题。这种创新性的数字化交底模式为建筑工程施工质量管理提供了新的技术路径和实践范式。

（三）变更方案与项目图纸管理

在建筑工程实施过程中，受材料供应波动、气象条件变化、工艺技术革新、设计-施工偏差以及图纸错误等多重因素影响，工程变更与签证管理成为项目管控的关键环节。研究表明，有效的变更管控机制能够显著降低由此引发的成本超支、工期延误及合同纠纷等负面影响。基于水竹湖小学项目的实证分析显示，建立系统化的变更签证管理体系，不仅能够保障工程质量，更能维护各参建方的合法权益，是确保项目顺利实施的重要保障措施。

通过数字项目管理平台构建了系统化的工程变更管理体系，主要实现以下功能：1.建立完整的变更台账（图4），实现变更信息的数字化归档，为项目审计提供可追溯的数据支撑；2.采用BIM技术实现变更内容与施工图纸的智能关联，通过可视化标注显著提升变更信息的传达效率。



图4 变更台账及部位

变更管理闭环控制体系其核心流程包括：（1）变更评审机制，通过多专业协同审查确保变更方案的合理性与技术可行性；（2）数字化交底系统，采用二维码等多渠道推送变更信息（3）变更复核程序，通过现场验证确保变更实施质量。

传统的图纸管理存在着图纸管理缺乏统一的规范和标准，导致不同项目或不同团队之间的管理方式不一致，增加了交流和协作的难度。基于智能化的图纸管理体系，实现了图纸版本控制的自动化，智能关联机制确保图纸变更的实时同步，使信息传递效率提升。数字化存储方式完全消除了传统纸质图纸易损毁和传递延误的固有缺陷。

将图纸进行关联之后，可以在关联的图纸上查看到变更问题、解决方案、实施确认以及责任人等变更问题信息。此外，还可以在关联的图纸与其他图纸进行链接，实现不同图纸之间的双

向查看，避免了施工过程中的施工人员对图纸内容的混淆和错误判断。

在封装台账中，将不同设计施工图中的同一楼层的图纸汇总在一起，并形成一个封面台账。例如将建筑施工图中的二层平面图、建筑设计总说明和建筑结构图中的二层柱定位及配筋图、二层梁配筋图、二层板配筋图、结构设计总说明等关于二层建筑的图纸汇总在一起形成一个关于二层建筑的图纸台账，并通过二维码、链接等方式下发到相关人员手中，方便施工人员查询关于二层建筑构件的相关信息，解决了传统纸质图纸因面积大而不方便图纸之间相互查询的问题，从而大大的提高了工作效率。

三、基于BIM的智能化质量管理

（一）质量巡检管理

在水竹湖小学综合楼项目管理中，质量巡检发现施工质量问题后，检查员通过移动终端创建包含问题部位、描述及整改要求的检查记录，并推送至责任单位；责任单位完成整改后上传影像资料并申请复查，复查人员核验后提交复查结果及现场影像并提请最终核验；经核验人员验收合格后形成闭环管理记录，实现从问题发现到整改验证的全流程质量控制。其流程图5如下。



图5 整改流程图

由数字项目管理平台对闭环的质量检查记录进行系统归档，形成项目质量检查台账，完整追溯水竹湖小学综合楼施工全过程的质量问题。同时平台支持自动整合待整改项生成整改通知单，提升问题推送效率；同时通过内置统计分析模块，以可视化看板呈现质量问题分布、整改时效及完成率等关键指标，为优化质量管理计划提供数据支撑。此外，可导出结构化检查数据，既辅助日常巡检策略调整，亦为质量追溯与汇报提供标准化文档，实现工程质量管理的数字化决策支持。

（二）实测实量管理

实测实量作为工程质量控制核心手段，本文通过移动端系统实现技术革新：集成电子图纸实时标注测点（图6a），消除传统纸质图纸携带与记录不规范弊端；系统自动比对实测数据与规范阈值（图6b），即时触发偏差整改指令以降低返工成本；数字平台聚合数据形成结构化台账（图6c），基于过程能力指数（CPK）分析合格率趋势（图6d），精准定位工艺薄弱环节驱动持续改进。最终数据同步生成法定验收文件，并为后续工程建立历史基准库，实现“测量-预警-优化-验收”全周期闭环管控。

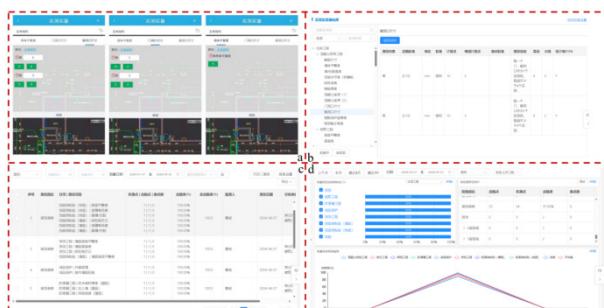


图6 实测实量统计

(三) 质量验收管理

质量验收作为项目管控核心环节，通过多维度验证确保工程合规性：核查施工与设计一致性、材料质量符合性、建筑观感质量及文档完整性，并评估结构安全性（承载/抗震性能）。本文采用移动终端实施过程验收，实时记录验收部位、内容、责任单位等关键信息，同步上传至数字项目管理平台生成结构化台账。平台集成验收日历功能，实现重点验收项可视化追踪，彻底规避纸质文档易损毁、难检索的管理缺陷，形成全数字化的验收证据链闭环。

通过数字平台结构化记录验收内容、类型、影像及佐证资料，生成法定移交文件支撑建设单位接管。平台自动聚合验收数据形成可审计台账，实现竣工档案数字化治理。同步利用移动端

质量日志持续监测施工环境参数（温湿度/气象），构建质量缺陷早期预警机制，降低全寿命周期运维风险。

四、结论

本研究以水竹小学综合楼项目为工程实践对象，基于Autodesk Revit 2018平台构建建筑信息模型（BIM），并集成数字项目管理平台，构建了一套完整的智能化建造管理体系。研究得出以下主要结论：

（1）技术管理效能提升：BIM技术的应用实现了施工全要素的可视化监控；通过方案管理、技术交底与变更签证的数字化协同，显著提升了跨部门信息传递效率；建立的预制构件全生命周期追踪管理系统有效保障了构件质量一致性；图纸数字化管理解决了传统纸质图纸在版本控制与信息共享方面的关键痛点。

（2）质量管理模式转型：构建了涵盖质量巡检、实测实量与数字验收的三级质量控制体系；该体系的实施有效降低了工程返工率与质量事故发生率。

研究证实，BIM与数字平台的融合应用提升了装配式建筑项目的信息交互效率，推动质量管理模式由被动纠正向主动预防转变。

参考文献

- [1]白庶,张艳坤,韩凤,等.BIM技术在装配式建筑中的应用价值分析[J].建筑经济,2015,36(11):106-109.
- [2]曹江红,纪凡荣,解本政,等.基于BIM的装配式建筑质量管理[J].土木工程与管理学报,2017,34(03):108-113.
- [3]常春光,吴飞飞.基于BIM和RFID技术的装配式建筑施工过程管理[J].沈阳建筑大学学报(社会科学版),2015,17(02):170-174.
- [4]张健,陶丰伟,苏涛永.基于BIM技术的装配式建筑集成体系研究[J].建筑科学,2018,34(01):97-102+129.
- [5]吴大江.BIM技术在装配式建筑中的一体化集成应用[J].建筑结构,2019,49(24):98-101+97.
- [6]林树枝,施有志.基于BIM技术的装配式建筑智慧建造[J].建筑结构,2018,48(23):118-122.
- [7]靳鸣,方长建,李春蝶.BIM技术在装配式建筑深化设计中的应用研究[J].施工技术,2017,46(16):53-57.
- [8]宋非非.预制装配式混凝土结构技术的研究与应用[J].住宅产业,2010,(04):86-88.
- [9]谢琳琳,陈雅娇.基于BIM+数字孪生技术的装配式建筑项目调度智能化管理平台研究[J].建筑经济,2020,41(09):44-48.
- [10]寇园园,刘凯.基于BIM技术的装配式建筑精细化施工管理研究[J].工程管理学报,2020,34(06):125-130.
- [11]王兴冲,唐琼,董志胜,等.BIM+技术在装配式建筑建设管理中的应用研究[J].建筑经济,2021,42(11):19-24.