

# 基于 BIM 技术的装配式建筑施工过程优化研究

文 / 许丹 广东省第一建筑工程有限公司

**摘要：**装配式建筑凭借施工效率高，资源消耗低等优势在建筑工业化进程加速的背景下成了行业发展的主攻方向。当前，装配式施工中存在深化设计误差率高，工序衔接不顺畅、质量管控滞后等问题，以上问题制约了其综合施工经济效益。基于三维可视化协同工作、数据集成等特征，BIM 技术为解决上述问题提供了新路径，以某 30 层装配式住宅项目作为研究对象，本文将深化设计进度模拟质量追溯等功能模块进行集成，通过构建 BIM 协同管理平台，分析基于 BIM 的施工过程优化策略。研究结果表明：在应用 BIM 技术后现场质量问题发生率下降，施工工序衔接时间缩短，预制构件深化设计变更率降低，工期相较于传统模式缩短，这充分验证了 BIM 技术在装配式施工过程中具备显著的优化作用。

**关键词：**BIM 技术；装配式；建筑施工

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.22.037

## 引言

装配式建筑通过工厂预制构件、现场装配施工的模式，实现了建筑生产从“现场建造”向“工厂制造”的转型，是建筑业绿色化、工业化发展的重要载体。根据我国建筑业协会统计数据，我国装配式建筑占新建建筑面积比例目标为 30%，但实际施工中仍面临诸多挑战：预制构件深化设计阶段因二维图纸信息缺失，常出现管线碰撞、尺寸偏差等问题；施工阶段各参与方信息传递滞后，导致工序搭接不合理、资源调配失衡；质量安全管控依赖人工巡检，问题发现与整改效率低下<sup>[1]</sup>。BIM（建筑信息模型）技术作为建筑业信息化的核心工具，通过三维数字模型集成几何、材料、进度等多维度信息，支持全生命周期协同工作。已有研究表明，BIM 技术在装配式建筑深化设计、施工模拟中具有应用价值，但针对施工全过程的系统性优化研究仍需完善。本文聚焦装配式施工关键环节，探索 BIM 技术与施工管理的深度融合路径，为实现高效、精准、绿色的装配式施工提供理论支持与实践参考。

## 一、装配式建筑施工过程现存问题分析

### （一）深化设计阶段

预制构件深化设计需协调结构、机电、装修等多专业需求，但传统模式下各专业依托二维图纸独立设计，

缺乏实时协同机制。某项目统计显示，深化设计阶段因专业间信息冲突导致的返工次数占比达 28%，其中管线与预制构件预留孔洞碰撞问题最为突出，平均每单体建筑需调整 32 处预留位置，直接增加模具修改成本约 15 万元/栋。

### （二）施工实施阶段：工序衔接与资源调配低效

装配式施工依赖构件吊装顺序与现场场地布置的合理性。传统进度计划仅基于经验排定，未考虑构件生产运输延迟、天气变化等动态因素。某项目监测数据显示，因吊装顺序不合理导致的机械闲置时间占总工期的 12%，材料堆放区规划不当造成二次搬运费用增加 8%。

### （三）质量管控阶段

装配式构件的安装精度直接影响结构安全，但传统质量检查以人工测量为主，记录数据分散且易丢失。某项目实测数据显示，预制构件垂直度偏差超标的比例达 15%，其中因安装定位误差导致的问题占比 60%，但问题溯源时仅能通过纸质记录追溯至班组，无法定位具体操作时间与责任人<sup>[2]</sup>。

## 二、基于 BIM 技术的施工过程优化框架构建

针对上述问题，本文提出“三维协同设计-动态进度模拟-质量数据追溯”的三阶段优化框架（图 1）。

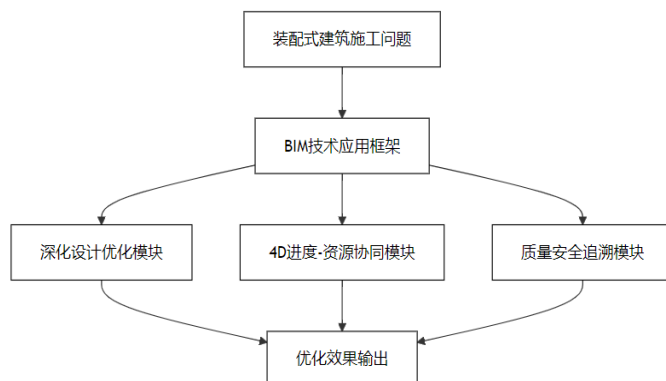


图 1 基于 BIM 技术的施工过程优化框架构建流程

该框架以 BIM 模型为核心，集成项目全生命周期信息，通过协同平台实现设计、施工、运维阶段的数据贯通，具体包括以下模块：

### （一）基于 BIM 的深化设计优化模块

装配式建筑施工的关键前置环节是深化设计，其精度对后续构件生产运输，以及现场安装的效率和成本有着直接影响，在传统二维深化设计模式当中，结构机电以及装修等专业是依靠独立图纸来展开工作的。因信息传递存在滞后情况，使得管线碰撞、预留孔洞错位这类问题频繁发生，这就需要对模具与设计方案进行反复调整，进而对工期与经济性造成严重影响。通过全专业协同建模基在 BIM 技术的深化设计优化模块，将该痛点有效解决，在 Revit 平台里结构专业要先把主体构件（像预制剪力墙、叠合板之类的）三维建模做好，将构件尺寸配筋以及连接节点的信息明确下来；在模型里机电专业同步插入管线走向设备位置等参数，系统自动将构件预留洞口与管线路径进行匹配，进一步在装修专业里添加装饰面层的材质厚度等细节，构建出包含几何构造材料的全信息模型。在模型里预先设定好碰撞检测规则，像当管线跟构件外表面的间距小在等在 20mm 时就会触发预警，此规则能够自动对管线与构件之间，管线与管线之间的空间冲突点加以识别生成一份详细报告，报告内容涵盖冲突的位置类型以及所涉及的专业<sup>[2]</sup>。

### （二）基于 BIM 的 4D 进度 - 资源协同优化模块

在装配式施工里资源调配出现失衡现象，施工工序衔接不顺畅是导致成本超支、工期延误的关键因素，传统进度计划将时间节点仅按经验排定，对在构件生产运输延迟天气变化这类动态因素没有加以考虑，并且空间占用与时间衔接的矛盾很难直观体现出来。通过模型与进度计划的动态关联基，在 BIM 的 4D 进度 - 资源协同优化模块达成了施工过程的可视化模拟与优化，在具体的实施过程当中先是要把 Revit 模型跟 Project 进度计划凭借“任务 - 构件”这种映射关系进行关联，进而生成 4D 施工模拟动画。该动画能够以直观的方式将各个工序的空间占用范围呈现出来，还能展示出各工序的持续时间以及前后工序之间的衔接关系。在模拟进程里系统能够自行识别潜藏的冲突情况，例如塔吊作业半径出现重叠、材料堆放区域与吊装路径产生交叉之类，并且借助对模拟参数作出调整（构件的吊装先后顺序、机械台班的数量、场地布置的方案等）来让资源配置得到优化<sup>[3]</sup>。

### （三）基于 BIM 的质量安全管理优化模块

保障结构安全与使用功能的核心在在装配式构件的安装精度，然而传统质量安全管理依靠人工巡检以及纸

质记录，有着数据分散追溯困难之类的问题。当预制构件垂直度偏差出现超标情况时，只能够凭借纸质记录将问题定位到施工班组，然而却没办法对具体的操作时间以及误差的来源进行追溯，导致整改的效率处在低下状态。通过“数字编码 + 移动终端”技术基在 BIM 的质量安全管理优化模块，达成了质量数据的实时追溯采集与比对，在具体实施阶段把唯一二维码嵌入 BIM 模型里的每个预制构件当中，将其生产批次、安装位置、出厂检测报告、设计尺寸（像长度、角度、预留孔洞坐标这类），以及验收标准等信息进行关联。施工人员在现场安装之际，借助移动终端扫描构件的二维码，此时系统会自动调取模型数据，将设计尺寸以及（经由激光测距仪同步采集而来的）实测坐标在屏幕上进行叠加显示，实时比对之后生成偏差分析报告。

## 三、案例验证与应用效果分析

### （一）项目概况

研究选取某 30 层装配式住宅项目选为研究对象，该项目总建筑面积达 3.2 万 m<sup>2</sup>，且预制率为 45%。该项目建筑高度 90m，主体结构运用装配整体式混凝土框架 - 剪力墙体系，预制构件类型有 12 类，包含叠合板预制剪力墙预制楼梯预制空调板预制叠合梁等。标准层预制构件数量每层约 180 件，单构件最大重量能达到 8t，构件种类繁多体量庞大，施工组织的复杂程度高，从构件深化设计工厂生产运输，到现场吊装灌浆套筒连接装饰装修等全流程作业都要完成，项目合同所约定的传统施工模式计划工期为 180 天。在实际开展施工工作的时候，由在传统二维设计存在信息断层的情况工序衔接往往依靠经验来进行排定，并且质量管控手段相对滞后等诸多问题的限制，在前期试施工的阶段出现了深化设计变更十分频繁，机械闲置的时长较长，质量问题追溯存在困难等典型的痛点情况。此施工情形具备较高的装配式施工研究代表性，适宜当作 BIM 技术优化应用的实践载体<sup>[4]</sup>。

### （二）BIM 技术应用实施过程

#### 1. 深化设计阶段

装配式建筑施工的关键前置环节是深化设计，其精度对后续构件生产运输，以及现场安装的效率和成本有着直接影响，在传统二维深化设计模式当中，结构机电以及装修等专业是依靠独立图纸来展开工作的。因信息传递存在滞后情况，使得管线碰撞、预留孔洞错位等相关问题频繁发生，这就需要对模具与设计方案进行反复调整，进而对工期与经济性造成严重影响。在深化设计阶段本项目引入 BIM 技术，基在 Revit 平台构建全专业协同模型，结构专业要把主体构件的三维建模完成，并将构件尺寸、连接节点信息以及配筋情

况明确清楚；在模型里机电专业同步插入管线走向设备位置等参数，系统自动将构件预留洞口与管线路径进行匹配，进一步在装修专业里添加装饰面层的材质厚度等细节，构建出包含几何构造材料的全息模型。在模型里预先设定好碰撞检测规则，像当管线跟构件外表面的间距小在等在 20mm 时就会触发预警，此规则能够自动对管线与构件之间，管线与管线之间的空间冲突点加以识别生成一份详细报告，报告内容涵盖冲突的位置类型以及所涉及的专业。在实施进程里项目团队就检测出的 23 处冲突点，并对管线走向与构件预留洞口尺寸予以优化<sup>[5]</sup>。

### 2. 施工实施阶段

施工实施阶段核心目标在对工序衔接与资源配置予以优化，在传统模式当中依据经验来排定的进度计划常由于构件生产运输延迟，天气变化等一系列动态因素进而引发机械闲置材料二次搬运之类的问题。本项目借助 BIM4D 进度-资源协同优化模块把 Revit 模型和 Project 进度计划，依据“任务-构件”映射关系予以关联。先明确各工序像构件吊装，钢筋绑扎混凝土浇筑等，随后生成 4D 施工模拟动画，该动画能直观呈现各工序的持续时间，空间占用范围以及前后工序的衔接关系。在模拟进程里系统自行辨识潜在冲突（像是塔吊作业半径出现重叠情况、材料堆放区域与吊装路径产生交叉现象），项目团队依据现场实际状况对模拟参数予以调整：针对原计划里塔吊覆盖范围有盲区这一问题（此问题致使预制叠合板要二次转运到作业面，额外增添机械台班 15 个运输费用 8 万元），对塔吊位置予以调整，并朝着作业面一侧延伸其覆盖范围；在盲区周边增设临时堆放区域，对材料转运路径予以优化，通过模拟对不同吊装顺序在机械利用率方面产生的影响展开验证，以此来明确最优方案。机械闲置时间在实施后较原计划减少了 9%。

### 3. 质量管控阶段

装配式建筑施工中，质量管控堪称生命线，在传统模式里依靠人工巡检以及纸质记录，有着数据分散追溯困难之类的问题，当预制构件垂直度偏差出现超标情况时，只能够凭借纸质记录将问题定位到施工班组，然而却没办法对具体的操作时间以及误差的来源进行追溯，导致整改的效率处在低下状态。本项目构建基在 BIM 技术的“移动终端+数字编码”质量管控模块将唯一二维码嵌入 BIM 模型里的每个预制构件，把生产批次、出厂检测报告安装位置设计尺寸（像长度角度预留孔洞坐标这些）以及验收标准（允许偏差范围 ±5mm）等信息与之进行关联；在现场开展安装工作之际，施工人员运用移动终端对构件的二维码予以扫描操作，此时系统会自

动将模型数据进行调取，并且把设计尺寸与实测坐标（此实测坐标是借助激光测距仪同步完成采集的）在屏幕之上进行叠加展示。

### （三）应用效果对比

与传统施工模式对比，BIM 技术应用后各项指标优化效果如表 1 所示：

表 1 BIM 技术应用后各项指标优化效果

指标	传统模式	BIM 优化模式	优化率
深化设计变更率 (%)	12	7.6	37
工序衔接时间 (天)	21.6	16.9	22
质量问题发生率 (%)	15	8.2	45
计划工期 (天)	180	148	18

### 结语

针对装配式建筑施工过程里的深化设计误差、工序衔接低效、质量管控滞后等问题，构建基于 BIM 技术的 4D 进度-资源协同、三维协同设计、质量数据追溯优化框架。经案例证实该框架能够显著优化工期，有效减少质量问题的出现缩短工序衔接时间并降低深化设计变更率，未来研究能够进一步把 BIM 与别的技术的集成应用予以拓展，例如将物联网技术结合起来对构件运输以及环境数据开展实时采集工作，借助大数据分析来预测施工方面的风险。数字孪生技术或被引入用在构建虚拟施工场景，让施工过程达成动态仿真以及智能决策，在建筑业数字化转型进程加快的背景下，装配式施工领域里 BIM 技术的应用会朝着更深层次更广泛的方向迈进，给行业高质量发展给予更为强大坚实的支撑。

### 参考文献

- [1] 郭瑞真. 装配式建筑工程管理探讨 [J]. 安装, 2024, (S2): 10-11+16.
- [2] 李楠. 装配式建筑施工过程中的质量控制与管理 [J]. 中国住宅设施, 2024, (S1): 99-101.
- [3] 王兴. 面向装配式建筑施工全过程监管的 BIM 优化方法 [J]. 长春工程学院学报 (自然科学版), 2024, 25 (04): 32-37.
- [4] 黄雪清. 智能建造背景下装配式施工质量影响因素研究 [J]. 新城建科技, 2024, 33 (12): 28-30.
- [5] 黄超. 装配式建筑深化设计中 BIM 技术要点及应用实践 [J]. 建设机械技术与管理, 2024, 37 (06): 165-166.

作者简介：许丹（1984.03.05），女，汉，广东省阳江市人，本科，助理工程师，研究方向：建筑施工。