

BIM技术在装配式建筑施工阶段的应用研究

陈欣烨¹ 张汉琛² 崔嘉乐³ 韩俊²

1 三亚学院, 海南三亚, 572000;

2 中国化学工程第六建设有限公司, 湖北襄阳, 441000;

3 中国建筑第六工程局有限公司, 天津, 300012;

摘要: 在我国建筑行业加速迈向工业化、数字化与绿色化的进程中, 装配式建筑凭借着施工效率高、资源消耗低、环境影响小这些优势, 逐步成为了建设发展的重点方向。但是在施工实践过程当中, 装配式建筑依然面临着质量控制难度大、设计与施工衔接不上、成本与进度管控困难等现实实际挑战。BIM技术作为一种集成化的数字工具, 为上述问题的解决提供了全新思路。本文在分析装配式建筑在施工阶段, 探讨了BIM技术在完善施工准备、优化关键环节与构建全过程管理闭环等方面的应用价值。研究的侧重点结合“中建六局科创平台项目”实证分析, 梳理了BIM技术在管线综合排布、钢结构深化设计、预制构件信息化管理、施工过程模拟以及智慧工地建设等具体现场技术中的应用成效。实践表明, BIM技术的实施有助于项目缩短施工周期、控制建设成本, 并提升工程质量。文章最后对BIM技术与物联网、人工智能等新一代技术的发展前景作出展望, 为推进装配式建筑实现更高质量建设提供理论依据与实践指引。

关键词: BIM技术; 装配式建筑; 施工管理; 应用效益; 案例分析

DOI: 10.64216/3080-1508.26.01.003

引言

当前, 建筑行业正处于从传统作业向工业化、智能化建造转型的关键阶段。装配式建筑通过将大量施工转移到工厂完成、现场进行模块化组装, 在提升施工速度、降低劳动强度、减少建筑垃圾等方面展现出显著的优势, 并且该项技术已经成为推动建筑产业现代化的重要路径^[1]。但是装配式建筑也对施工阶段的协同管理提出了更高的要求。传统作业大部分依赖二维图纸的作业模式, 在应对构件的精准对接、多专业交叉施工、进度与成本的控制时常存在局限, 并且目前该项技术容易引发质量缺陷、工期延误与成本超支等一系列的问题。

BIM技术作为覆盖建筑全过程的数字化方法, 通过构建数字建筑三维模型, 为装配式建筑实现“设计—制造—装配”一体化管理提供了有力支撑。其可视化展示、碰撞自动检测、工程量精准计算与施工过程虚拟仿真这些功能, 有助于将潜在问题提前识别并解决于施工之前, 从而显著提高项目管理的精细化水平与决策的效率。

本篇文章聚焦于BIM技术在装配式建筑施工阶段的具体实践, 分析BIM技术在应对施工难题的有效路径。本篇论文为增强研究的实用性与说服力, 将结合“中建六局科创平台项目”的实际案例, 全面总结BIM技术在具体的工程条件下的应用策略与综合成效, 为类似装配式建筑项目的实施提供有利参考。

1 装配式建筑施工中存在的问题

尽管装配式建筑具备巨多优点, 但是在实际施工过程中仍然存在着一些的问题, 制约着BIM技术优势的充分发挥。这些问题构成了引入BIM技术的现实背景。

1.1 工程质量控制问题

装配式建筑的质量在很大程度上依赖于装配式建筑预制构件的精度和现场装配的施工工程质量^[2]。由于构件在工厂预制、现场组装, 如果设计阶段考虑不当, 容易造成构件尺寸偏差或者连接节点不匹配, 从而影响整体结构的安全。同时, 构件在生产过程中可能因为施工工艺的不稳定而出现外观缺陷或内部的损坏问题。现场施工中, 作业人员如果对施工节点理解不够或者在施工过程中操作不当, 容易造成连接不牢、防水密封失效等一系列问题。传统的管理手段根本难以对构件生产与现场吊装实施全过程的质量监控。

1.2 设计与施工协调问题

装配式建筑要求设计与施工环节高度协同, 但是传统建设模式下二者是分开来的, 这样容易造成信息传递不够。设计单位提供的二维图纸可能无法完整表达复杂的空间关系与节点构造, 从而导致现场施工人员理解不够。此外, 设计变更如果没有及时的传递到构件厂与施工现场, 这样容易造成构件生产出现问题或现场构件无法安装, 从而导致返工与资源浪费。信息共享不足、沟通效率低, 成为制约装配式建筑高效推进的关键因素。

1.3 成本控制与效率提升问题

装配式建筑的成本结构中，装配式建筑的预制构件成本占比较高，并且在生产、运输与现场安装需要紧密衔接^[3]。一旦设计调整、进度计划变更或现场协调不力，这些都容易导致构件积压、二次搬运或者安装顺序冲突，进而提高施工成本。再者，现场多工种交叉作业、大型机械调度等如缺乏统一合理的规划，这些也将影响施工效率，造成工期延误。因此，实现成本与进度的动态集成控制，是装配式建筑施工管理的重要挑战。

2 BIM 技术应用于装配式建筑施工的必要性

针对上述这些问题，BIM 技术凭借其集成化、可视化与可模拟的特性，在装配式建筑施工中体现出重要的应用价值。

2.1 完善前期准备工作，奠定协同基础

项目启动阶段，通过制定 BIM 实施方案，明确模型标准、信息传递要求和各参与方职责，可以为后续协同作业建立制度保障。通过统一协同平台整合建筑、结构、机电等多专业模型，实现信息集中管理与实时共享，有助于提前识别并解决设计冲突。组建专业的 BIM 团队并且组织专项培训，能够提升技术应用能力。通过前期模型建立与碰撞检查，可在虚拟环境中排除大量潜在的一些问题，为构件的生产与现场施工创造良好的条件^[4]。

2.2 优化施工重点环节，实现精细化管理

在施工过程中，BIM 技术可广泛应用于多个关键环节。例如，在管线综合深化设计中，利用 BIM 技术工具进行碰撞检测，能够有效避免管线冲突，提高安装的合格率^[5]。在钢结构与预制构件深化设计中，借助 BIM 软件进行构件的建模，可以精准的指导构件加工与现场吊装。通过施工工艺模拟，能够对复杂吊装工序、施工流程进行演练，优化现场实际的施工方案，保障作业安全与效率。此外，BIM 技术支持三维场地布置策划，可以根据不同施工阶段需求规划堆场、道路及加工区域，减少二次搬运，提升现场组织效率。

2.3 实现流程跟踪管理，构建数字化闭环

BIM 技术结合时间与成本信息，形成 4D、5D 管理能力，对施工全过程进行数字化跟踪。以预制楼板为例，从 BIM 深化设计模型导出加工图与施工图，形成贯穿设计、生产与装配的数字化信息流。通过为每一个构件贴上二维码等唯一标识，将生产、运输、安装及运维信息关联至 BIM 模型，可实现全过程质量跟踪^[6]。现场人员通过手机扫描，即可实时获取构件状态。所有数据采集到 BIM5D 管理平台，支持进度款审核、材料计划制定与成本核算等业务，构建从设计到施工的数字化管理，提

升项目整体透明度与可控性。

3 案例分析：BIM 技术在中建六局科创平台项目中的集成应用

为了验证 BIM 技术的实际效率，本文以“中建六局科创平台项目”为案例展开分析。该项目是海南崖州大型综合深水海工试验建筑群，技术复杂、精度要求高，体现了装配式建筑的典型挑战。

3.1 项目概况与施工重难点

该项目包括海洋材料与工程公共服务平台、南海海洋环境模拟实验室、深海结构试验系统和学术交流环等多个工程单体，施工过程中面临多项技术难题，例如：高温高盐环境下 8200m³ 大体积混凝土浇筑温度裂缝的控制；110 米超长深水试验水池抗裂与防水，沉降控制要求±3mm；反力墙预埋偏差不超过±1mm；离心机室内径公差±20mm；大跨度转换结构承载上层九层荷载；以及樽形支撑多层马蹄形曲面钢结构的定位、安装与整体提升等一系列技术难题。

3.2 BIM 技术与多项新技术的深度融合应用

项目推广应用《建筑业 10 项新技术（2017）》中的 9 大项 26 子项，BIM 技术作为集成平台，支撑多项技术落地。

钢结构工程中，针对 10#楼复杂曲面的钢结构，采用软件进行三维深化建模，对四万余杆件进行了信息化管理，优化节点设计，避免施工过程中的安装冲突，并且精准计算构件重心指导吊装。在此基础上，采用“地面组拼、整体提升”方案，提升重量 3325 吨。通过 BIM 施工确定加固方案，结合液压提升系统，实现大跨度非对称结构一次提升到位，形成省级工法。

混凝土与预应力工程中，针对 5#楼超长水池，综合运用了混凝土裂缝控制与预应力技术。通过 BIM 模型进行施工分段与浇筑模拟，合理设置施工的节奏，避免施工过程中冷缝的产生。将预应力筋的布置与结构模型整合起来，确保张拉精度，有效的控制结构变形与开裂。

机电管线综合中，结合 BIM 技术建立各个专业的模型，进行碰撞检测与协调优化，生成综合管线施工图。这项技术有效避免返工，累计节约工期约 60 天，直接经济效益达 111 万元。

施工管理与信息化方面，构建利用 BIM 的智慧工地平台，集结施工进度、质量、安全与成本信息。通过现场传感器实时监测噪声、扬尘与设备运行状态，结合平台实现劳务实名制、物料追溯与质量安全闭环管理，提升综合管控能力。

绿色建造与成本控制方面，利用 BIM5D 软件自动统

计工程量，生成精准物料计划，利用云端电商采购，降低采购成本。同时，通过模型规划废料分类与资源化利用，如废旧模板制作安全防护、废钢筋加工马凳筋等，有效的执行了绿色施工理念。

3.3 应用成效总结

通过BIM技术与多项新技术的集成应用，项目在以下几个方面取得显著成效：

(1) 管理协同增强：实现设计、制造与施工全过程信息共享，提升决策效率与响应速度。

(2) 工程质量提高：深化设计、碰撞检测与施工模拟，保障反力墙、设备基础等关键部位施工精度。

(3) 工期成本双控：管线综合与钢结构精准安装减少返工，智慧工地系统优化流程，工期得到控制并实现经济效益。

(4) 安全绿色双赢：施工模拟识别并防控安全风险，信息化监控加强现场管理，资源循环利用降低环境负荷。

4 BIM技术在装配式建筑施工阶段的应用效益分析

基于理论探讨与案例实践，BIM技术在装配式建筑施工阶段的应用效益可归纳为以下三个方面：

4.1 有效缩短项目工期

BIM技术通过项目前期碰撞检测与过程模拟，有效减少施工阶段的返工与误工情况的发生。工艺的模拟优化了施工顺序与资源配置，智慧工地平台支持进度实时监控与动态调整，保障工序有序进行。案例中，仅管线综合一项便节约工期60天，整体工期压缩效果显著。

4.2 有效降低建设成本

BIM技术从源头上降低了设计错误与信息不一致导致的工程变更。工程量的准确统计为材料采购与分包结算提供可靠依据，避免资源浪费。施工方案优化减少人工与机械的无效投入，构件信息化管理降低生产错误与运输损耗，因此综合成本得到有效控制。

4.3 通过数字化管理有效控制施工质量

BIM技术贯穿项目全过程的协同管理平台，打破信息壁垒。各单位利用统一的模型开展工作，确保信息传递一致。构件从生产到安装的数据均来源于统一的平台，实现质量可把控追溯。三维可视化交底使复杂工艺直观易懂，降低理解偏差带来的质量风险，系统性保障工程品质。

5 结论与展望

5.1 研究结论

本文分析了装配式建筑施工阶段的主要问题，论证了BIM技术在施工阶段的应用价值，并结合“中建六局科创平台项目”案例，阐述了BIM技术在集成多项新技术、提升工程管理水平方面的实施路径与成效。研究表明，BIM技术已从辅助工具发展为支撑装配式建筑实现精细化、智能化管理的核心手段。通过构建数字化建筑模型，实现物理建造与数字化管理的深度融合，为项目工期、成本与质量的控制提供了系统解决方案。

5.2 未来展望

尽管BIM技术应用已取得显著成效，但是在装配式建筑领域的深度发展仍有巨大的潜力。未来可在以下方面进一步探索：

与物联网、大数据、人工智能等技术集成，通过传感器实时采集数据，构建可动态更新的数字建筑体系，实现预测性维护与智能调度。

构建以BIM为数据核心的建筑工业互联网，打通客户需求、设计、生产、物流与装配全链条，推动按需生产与精准配送的C2M模式发展。

完善BIM标准体系与政策环境，推广基于BIM的工程总承包模式，创新合同管理与协同机制，为技术全面普及营造良好生态。

综上，BIM技术是引领建筑产业变革的重要力量。持续深化其在装配式建筑全过程中的集成应用，对提升行业整体竞争力、实现可持续发展具有战略意义。

参考文献

- [1]徐雨濛. 我国装配式建筑的可持续发展研究[D]. 武汉：武汉工业大学，2018
- [2]金亚婷. 基于BIM技术的装配式建筑施工质量控制研究[J]. 焦作：黄河交通学院，2024
- [3]郭震，温鸿武. 基于BIM的装配式建筑全寿命周期成本控制研究[J]. 建筑科技，2022
- [4]魏锟. BIM技术在装配式建筑结构施工中的应用探讨[J]. 智能建筑与智慧城市，2022
- [5]陶伯雄. 装配式建筑结构施工中BIM技术的应用[J]. 数字化与信息化，2024
- [6]王一鸣，任博. BIM技术在装配式建筑结构施工中的应用分析[J]. 中国建筑金属结构，2021

作者简介：陈欣烨(2002-)，女，汉族，陕西汉中人，实验助理教师，本科，研究方向：建筑科学与工程、农业经济。

基金项目：海南省大学生创新训练项目——基于BIM的装配式建筑全寿命周期智能化管理体系设计(S202013892027)。