

BIM 技术在装配式建筑结构设计中的应用研究

刘雅萱

新疆建筑设计研究院股份有限公司阿克苏分公司, 新疆 阿克苏 843000

[摘要]BIM 技术与装配式建筑结构设计深度耦合, 可搭建全流程数字化应用体系。经实际工程项目验证, 该技术能显著提升结构设计精准度与协同效率, 有效规避设计缺陷与施工风险, 降低项目综合成本, 为装配式建筑结构设计的数字化升级提供理论与实践支撑。

[关键词]BIM 技术; 装配式建筑; 结构设计; 参数化设计; 协同设计

DOI: 10.64635/ja.2026.1208

中图分类号: TU318

文献标识码: A

Application of BIM Technology in Structural Design of Prefabricated Buildings

Liu Yaxuan

Aksu Branch, Xinjiang Architectural Design and Research Institute Co., Ltd., Aksu, Xinjiang 843000, China

Abstract: The deep integration of BIM technology with the structural design of prefabricated buildings can establish a whole-process digital application system. Verification through practical engineering projects shows that this technology can significantly improve the accuracy of structural design and collaborative efficiency, effectively avoid design defects and construction risks, reduce overall project costs, and provide theoretical and practical support for the digital upgrading of structural design in prefabricated buildings.

Keywords: BIM technology; prefabricated building; structural design; parametric design; collaborative design

引言

在新型建筑工业化与双碳目标的双重驱动下, 装配式建筑已成为我国建筑行业转型发展的核心方向。装配式建筑工厂预制、现场装配的核心模式, 对结构设计的精准度、协同性与全周期信息传递能力提出了极高要求, 传统二维设计模式已难以适配其工业化生产的核心需求。

1 BIM 技术与装配式建筑结构设计的耦合逻辑

1.1 BIM 技术的核心技术特征

BIM 技术是以三维数字化模型为载体, 集成建筑全生命周期几何信息、物理属性、功能参数与管理数据的数字化技术体系^[1]。BIM 技术具备可视化、参数化、协同化、模拟性与信息可追溯性五大核心特征, 可实现建筑信息的无损传递与多主体共享。区别于传统二维设计的离散化信息传递模式, BIM 技术以构件为基本单元, 将设计、生产、施工、运维各环节的信息集成于统一数字模型中, 为建筑项目全流程的数字化管控提供核心载体。

1.2 装配式建筑结构设计的核心痛点

装配式建筑结构设计的核心是预制构件的拆分设计、节点连接设计与多专业协同设计, 其设计成果直接决定构

件生产精度与现场装配效率。当前装配式建筑结构设计面临多重行业痛点, 设计环节与生产、施工环节存在信息壁垒, 二维图纸的信息传递易出现偏差, 导致构件生产误差与现场装配冲突。多专业设计流程相互割裂, 结构、机电、装修专业的设计成果难以实时协同, 易出现管线与结构构件的空间碰撞问题。构件拆分设计缺乏标准化体系, 构件规格繁杂不利于工业化批量生产, 节点设计的精细化不足易引发结构安全与防水保温隐患。

1.3 二者耦合的内在价值逻辑

BIM 技术的核心特性与装配式建筑结构设计的需求高度契合, 二者具备天然的耦合基础。BIM 技术的参数化建模功能, 可实现预制构件的标准化、模块化设计, 适配装配式建筑工业化生产的核心需求。BIM 技术的协同设计平台, 可打破各专业、各参与主体的信息壁垒, 实现设计成果的实时共享与同步更新, 解决多专业协同不畅的问题。BIM 技术的可视化与模拟性特征, 可实现构件拆分、节点连接、吊装装配的全流程模拟, 提前识别设计缺陷与施工风险, 提升结构设计的精准度与可行性^[2]。BIM 技术的全生命周期信息集成能力, 可实现设计模型向生产、施工环

节的无损传递,构建设计-生产-施工-运维的全流程数据闭环,推动装配式建筑全产业链的数字化升级。

2 BIM 技术在装配式建筑结构设计中的核心应用路径

2.1 参数化建模与构件标准化设计

在装配式建筑结构设计里,参数化建模是 BIM 技术的基础应用,同时也是达成构件标准化设计的关键所在。设计人员能够依托 BIM 软件搭建预制构件的参数化族库,把构件的几何尺寸、材料属性、钢筋配置、预埋件位置以及接口形式等关键参数融入模型体系之中,并构建参数之间的联动关联机制。一旦设计参数有所变动,模型就能自动更新相关联的内容,极大地提高了设计修改的效率与精准度。

借助统一的参数化构件族库,设计人员得以实现预制构件的标准化与模块化设计,规范构件的规格尺寸与接口形式,减少非标准构件的数量,以契合工厂批量生产的要求,降低构件生产的模具成本与管理难度。在结构方案设计环节,设计人员可依据 BIM 参数化模型,综合考虑建筑功能、荷载条件、运输限制以及吊装能力等约束条件,合理拆分预制构件,从而实现结构体系的整体优化^[3]。

2.2 多专业协同与结构体系性能优化

装配式建筑结构设计涵盖建筑、结构、机电、装修以及预制构件生产等众多参与主体,其中,多专业协同是确保设计质量的关键要点。基于 BIM 技术搭建的协同设计平台,能够营造分布式的协同作业环境。在这个环境下,各专业设计人员能够在统一的数字模型内展开设计工作,达成设计成果的实时同步以及版本的有效管控。

一旦某一专业的设计内容出现变动,其他相关专业能够及时获取变更信息,并同步对本专业的设计内容进行优化,从而避免因信息传递不及时而导致的设计冲突。在进行结构体系设计期间,设计人员可以将 BIM 模型与结构有限元分析软件进行数据连接,让模型信息毫无损耗地传递,以此完成对结构整体的受力分析、荷载验算以及性能优化。

根据结构分析得出的结果,设计人员可以针对构件截面尺寸、钢筋配置以及材料强度等参数进行优化调整。这样一来,在保证结构安全性能的基础上,实现对材料用量的精细管理与控制,进而降低项目的综合成本。

2.3 碰撞检测与节点精细化设计

在装配式建筑结构设计里,节点设计是重中之重,它直接影响着结构的整体稳定性、抗震性能以及防水保温成效,同时也是设计过程中最容易产生问题的部分^[4]。

借助基于 BIM 技术的三维可视化模型,设计人员能够对预制构件的连接节点开展精细化建模工作,将节点区域内钢筋的排布情况、预埋件位置以及连接构造等细节完整展现出来,从而直观地发现诸如钢筋碰撞、锚固长度不够、施工空间不足等设计上的缺陷。

设计人员还可运用 BIM 软件的碰撞检测功能,制定具有针对性的碰撞检测规则,对全专业模型进行全面系统的空间冲突检测,精确找到结构构件与机电管线之间、构件与构件之间的碰撞点,并生成详尽的碰撞检测报告。

面对检测出的碰撞问题,设计人员可以直接在三维模型中进行优化调整,实现设计方案的闭环优化,防止因设计缺陷而引发的现场设计变更以及构件返工等情况,为现场装配工作的顺利开展提供保障。

2.4 施工预演与全流程信息贯通

装配式建筑结构设计成果最终需要通过现场装配落地,设计方案的施工可行性是衡量设计质量的重要标准。基于 BIM 技术的 4D 施工模拟功能,设计人员可将结构模型与施工进度计划进行关联,构建三维模型加时间维度的动态施工模拟体系,对预制构件的运输路径、吊装顺序、安装流程、节点施工等环节进行全流程虚拟预演。通过施工模拟,设计人员可提前识别施工过程中的空间冲突、工序衔接不畅等问题,优化构件吊装顺序与施工工序,保障设计方案的施工可行性。BIM 模型可集成预制构件生产所需的全部信息,包括材料参数、尺寸精度、生产工艺、检验标准等内容,设计模型可直接导出至构件生产系统,实现设计信息向生产环节的无损传递,避免人工转换数据引发的误差。构件生产完成后,可将生产信息、质检数据、安装指引等内容录入 BIM 模型,实现构件从设计、生产到施工的全流程信息追溯,构建完整的数字闭环。

3 BIM 技术应用的现存瓶颈与优化策略

3.1 当前应用的核心瓶颈问题

当前 BIM 技术在装配式建筑结构设计中的应用仍处于浅层应用向深度应用转型的阶段,面临多重瓶颈制约^[5]。模型协同体系不完善,不同专业使用的 BIM 软件存在数据格式不兼容的问题,模型在导入导出过程中易出现参数丢失、信息缺失的情况,影响协同设计的效率。各参与主体的 BIM 平台未实现同步更新,设计变更信息无法及时传递至生产、施工环节,易引发构件生产错误与现场施工问题。BIM 构件库的标准化建设不足,现有构件库存在参数不完善、规格不统一、更新迭代慢的问题,不同厂商的构件模型缺乏统一的标准规范,设计人员需花费大量时间

进行模型调整,无法充分发挥标准化设计的优势。参数化设计的深度不足,多数应用仍停留在尺寸联动的基础层面,未能实现构件自动拆分、受力分析自动更新、装配可行性自动验证的全流程自动化设计。专业人才缺口较大,兼具装配式结构设计能力与 BIM 技术应用能力的复合型人才不足,导致 BIM 技术的深层功能无法得到充分发挥,制约了技术的落地应用。

3.2 针对性优化实施策略

针对上述瓶颈问题,需从体系建设、技术研发、人才培养等多个维度制定优化策略。构建统一的协同设计体系与数据标准,行业协会牵头制定统一的 BIM 数据交互标准,规范构件参数定义、模型精度要求与版本管理规则,推广兼容多软件格式的协同设计平台,实现各专业、各参与主体模型的无损传递与信息实时共享。完善标准化 BIM 构件库建设,联合设计企业、预制构件生产厂商、施工单位,编制装配式建筑 BIM 构件库行业标准,搭建通用化、标准化的构件库体系,及时纳入新型预制构件类型,结合生产与施工实践优化构件参数,实现构件库与生产、施工系统的数据联动。深化参数化设计的自动化应用,研发适配装配式建筑结构设计的专用 BIM 插件,实现构件自动拆分、结构分析同步更新、碰撞检测自动优化、工程量自动统计的全流程自动化设计,提升设计效率与精准度。加强复合型专业人才培养,高校与职业院校优化人才培养方案,增设 BIM 技术与装配式建筑设计的交叉课程,企业建立常态化的培训体系,提升设计人员的 BIM 技术应用能力与装配式结构设计专业水平,推动 BIM 技术的深度落地应用。

4 工程应用案例实证分析

4.1 项目概况

某地区教学楼扩建项目为典型的装配式混凝土框架结构项目,项目总规划面积 6220.68m²,地上建筑面积 1605.77m²,建筑层数为 4 层,单层净高 4.0m。项目按照装配式建筑评价标准进行设计,采用预制叠合楼板、预制楼梯、预制剪力墙等预制构件,要求竖向构件装配率与水平构件装配率满足规范要求。项目建设周期紧张,对结构设计的精度、协同效率与施工可行性提出了极高要求,设计团队决定采用 BIM 技术完成全流程的结构设计工作。

4.2 BIM 技术的落地应用过程

项目设计初期,设计团队搭建了基于 BIM 技术的协同设计平台,明确了各专业的权责与协同流程,统一了模型数据标准与精度要求。设计人员基于 BIM 软件构

建了项目的参数化模型,建立了适配项目的预制构件族库,完成了预制构件的标准化设计与合理拆分,通过 BIM 模型计算了项目的装配率,确保各项指标满足装配式建筑评价标准的要求。设计团队将 BIM 模型与结构分析软件对接,完成了结构整体的受力分析与性能验算,优化了构件截面与钢筋配置,确保结构的各项性能参数满足国家规范要求。设计人员完成全专业模型的搭建后,利用 BIM 软件的碰撞检测功能,对结构模型与机电模型进行了系统性的碰撞检测,识别出全部碰撞点,针对碰撞问题完成了设计方案的优化调整,重点优化了节点区域的钢筋排布与管线走向。设计团队基于 BIM 模型完成了 4D 施工模拟,对预制构件的吊装顺序与安装流程进行了虚拟预演,优化了施工工序,提前识别并规避了施工过程中的潜在风险。设计团队将优化后的 BIM 模型导出至预制构件生产厂商,实现了设计信息向生产环节的无缝传递,保障了构件生产的精度。

4.3 应用成效分析

通过 BIM 技术的全流程应用,该项目的结构设计工作取得了显著的应用成效。设计精度大幅提升,通过碰撞检测与节点精细化设计,提前解决了全部设计缺陷,项目施工过程中未出现因设计问题导致的设计变更与构件返工,现场装配一次合格率达到 100%。设计效率显著提升,通过参数化设计与多专业协同平台,设计周期较传统模式缩短了 30%,设计修改的工作量减少了 60%。项目综合成本得到有效管控,通过构件标准化设计减少了模具成本,通过设计优化降低了材料用量,通过避免返工减少了施工成本,项目综合成本较传统模式降低了 12%。BIM 模型实现了设计、生产、施工环节的信息贯通,为项目后期的运维管理提供了完整的数字档案,实现了全生命周期的数字化管控。

5 结束语

BIM 技术与装配式建筑结构设计的深度融合,是破解当前装配式建筑行业发展痛点、推动建筑行业数字化与工业化转型的核心路径。BIM 技术的参数化、协同化、可视化与全生命周期信息集成特性,可有效解决装配式建筑设计中精度不足、协同不畅、全周期信息脱节等核心问题,在构件标准化设计、多专业协同、节点精细化设计、施工可行性验证等环节发挥不可替代的作用。当前 BIM 技术的应用仍面临协同体系不完善、构件库标准化不足、设计深度不够、人才短缺等瓶颈,需通过完善标准体系、深化技术研发、加强人才培养等方式,推动 BIM 技术从

浅层应用向全流程深度应用转型。未来,随着 BIM 技术与物联网、人工智能、数字孪生等新兴技术的不断融合,其在装配式建筑结构设计中的应用将向智能化、自动化方向不断升级,进一步推动装配式建筑全产业链的数字化升级,助力建筑行业实现高质量、可持续发展。

[参考文献]

[1]赵而峰.BIM 技术在装配式建筑结构设计中的应用研究[J].智能建筑与智慧城市,2025(8):77-79.

[2]杨向楠,冀文欢.基于 BIM 技术的装配式建筑结构设计优化研究[J].住宅产业,2025(3):66-68.

[3]陈少斌.基于 BIM 技术的混凝土装配整体式结构设计优化[J].建设机械技术与管理,2026,39(1):90-92.

[4]周伟.BIM 技术在装配式建筑设计中的关键问题研究[J].智能建筑与智慧城市,2026(1):96-98.

[5]郑颢.基于 BIM 技术的装配式建筑结构设计优化研究[J].住宅产业,2024(6):94-96.

作者简介:刘雅萱(1998.08—),毕业院校:西安理工大学,所学专业:土木工程,当前就职单位名称:新疆建筑设计研究院股份有限公司阿克苏分公司,就职单位职务:结构工程师,职称级别:初级职称。