

基于BIM技术的装配式建筑结构设计优化研究

赵万斌

邢台市建筑设计研究院有限公司 河北 邢台 054000

摘要：本文聚焦于BIM技术在装配式建筑结构设计优化中的应用。分析了装配式建筑结构设计的现状与问题，如设计标准化不足、协同性差、施工模拟与优化能力弱等。深入探讨了BIM技术在设计标准化、协同设计、施工模拟、碰撞检测等方面的具体应用，并结合实际案例展示了其优化效果。最后对BIM技术的应用前景进行了展望，指出其将推动装配式建筑向更高效、优质、可持续方向发展。

关键词：BIM技术；装配式建筑；结构设计优化；协同设计；施工模拟

1 引言

随着建筑行业的快速发展，装配式建筑因其施工便捷、周期短、绿色环保等优势，逐渐成为建筑领域的重要发展方向。然而，装配式建筑结构设计面临着诸多挑战，如设计标准化程度低、各专业协同困难、施工过程中易出现冲突等问题，这些问题可能导致施工返工、成本增加和工期延长。BIM（Building Information Modeling）技术作为一种基于数字化模型的信息化管理技术，能够整合建筑工程项目各参与方的信息资源，实现全生命周期的信息集成和共享，为装配式建筑结构设计优化提供了有效的解决方案^[1]。研究BIM技术在装配式建筑结构设计优化中的应用，对于提高装配式建筑的设计质量、施工效率和建筑性能，推动建筑行业的可持续发展具有重要意义。

2 装配式建筑结构设计现状与问题

2.1 装配式建筑的定义与发展历程

装配式建筑是指用由工厂生产的预制构件在工地装配而成的建筑。其发展历程可以追溯到19世纪中叶的欧洲，当时由于工业革命的推动，建筑行业开始尝试采用工厂化生产的方式制造建筑构件。20世纪以来，随着技术的进步和市场需求的不断增长，装配式建筑逐渐在全球范围内得到推广和应用。近年来，我国也大力推动装配式建筑的发展，出台了一系列政策措施，促进了装配式建筑的快速发展。

2.2 装配式建筑结构设计的特点

（1）设计标准化：装配式建筑鼓励构件和部品的标准化、模数化设计，有利于构件的批量生产和互换性，降低成本。通过统一构件的尺寸、样式和连接方式，可以提高生产效率和施工质量。（2）生产工业化：构件在工厂里生产不受制于天气等诸多因素的影响，并且可以多个工厂同时生产，能根据施工现场的进度协调管理工

厂的生产进度，实现缩短施工周期、绿色施工的目的^[2]。工厂化生产还可以保证构件的质量和精度。（3）施工装配化：装配式建筑构件可实现装修、施工、保温集成化设计，预制构件上可预留装修点位、预留施工洞、预留幕墙埋件，保温板和建筑外立面线条均可随预制构件在工厂生产加工完成，现场施工只需完成构件的吊装及安装，然后进行其余少数部分的现浇施工即可。施工装配化简化了施工工序，减少了施工现场产生的废料、噪音和粉尘。

2.3 当前装配式建筑结构设计存在的问题

（1）设计标准化不足：虽然装配式建筑提倡标准化设计，但在实际项目中，由于设计人员的观念和技术水平限制，以及项目需求的多样性，设计标准化程度仍然较低。构件的尺寸、样式和连接方式缺乏统一标准，导致构件的生产和安装效率低下，成本增加。（2）各专业协同性差：装配式建筑结构设计涉及多个专业，如建筑、结构、机电等。在传统的设计模式下，各专业之间缺乏有效的沟通和协同，容易出现设计冲突和错误。例如，结构设计与机电设计之间的碰撞问题，可能导致施工过程中的返工和修改^[1]。（3）施工模拟与优化能力弱：传统的二维设计图纸无法直观地展示施工过程和效果，难以进行施工模拟和优化。施工人员只能凭借经验进行施工，容易出现施工顺序不合理、资源分配不均衡等问题，影响施工效率和质量。（4）构件库存管理困难：装配式建筑构件的种类和数量较多，在生产、运输和施工过程中，构件的库存管理容易出现混乱。无法准确掌握构件的位置、数量和状态，可能导致构件的积压或短缺，影响施工进度和成本。

3 BIM技术在装配式建筑结构设计优化中的应用原理

3.1 BIM技术与装配式建筑结构设计的契合点

BIM技术的信息整合、可视化、协同工作和模拟分析

等特点,与装配式建筑结构设计标准化、工业化、装配化需求高度契合。BIM技术可以为装配式建筑结构设计提供一个集成的平台,实现各专业之间的协同设计和信息共享,提高设计质量和效率。同时,BIM技术可以进行施工模拟和碰撞检测,提前发现和解决施工中的问题,优化施工方案,确保施工的顺利进行。

3.2 BIM技术实现设计优化的机制

(1) 参数化设计: BIM技术采用参数化设计方法,设计师可以通过调整参数来快速修改和优化设计方案。在装配式建筑结构设计中,参数化设计可以实现构件的标准化和系列化设计,提高构件的互换性和生产效率。

(2) 协同设计平台: BIM技术搭建了协同设计平台,各专业人员可以在同一模型上进行工作,实时共享和协调设计信息。通过协同设计,可以避免各专业之间的设计冲突和错误,提高设计的一致性和准确性^[3]。(3) 施工模拟与优化: BIM技术可以进行施工全流程的建模和工序模拟,确定最优安装方案,优化施工顺序,减少协调工作量和不必要的返工。通过虚拟施工,施工团队可以在实际施工前进行多次模拟和优化,提高施工效率和质量。(4) 碰撞检测与解决: BIM技术可以进行碰撞检测,提前发现设计和施工中的碰撞问题。通过碰撞检测,设计团队可以及时调整设计方案,避免施工过程中的返工和修改,节省时间和成本。

4 BIM技术在装配式建筑结构设计优化中的具体应用

4.1 设计标准化优化

4.1.1 构件族库的建立与应用

BIM技术可以实现设计信息的开放与共享,设计师可以将装配式建筑的设计方案上传到项目的“云端”服务器上,在云端中进行尺寸、样式等信息的整合,并构建装配式建筑各类预制构件(例如门、窗等)的“族”库。随着云端服务器中“族”的不断积累与丰富,设计人员可以将同类型“族”进行对比优化,以形成装配式建筑预制构件的标准形状和模数尺寸^[2]。预制构件“族”库的建立有助于装配式建筑通用设计规范和设计标准的设立,利用各类标准化的“族”库,设计人员还可以积累和丰富装配式建筑的设计户型,节约户型设计和调整的时间,有利于丰富装配式建筑户型规格,更好地满足居住者多样化的需求。

4.1.2 标准化设计对成本和效率的影响

标准化设计可以提高构件的互换性和生产效率,降低生产成本。通过批量生产标准化构件,可以减少模具的制作和更换次数,降低生产成本。同时,标准化设计还可以提高施工效率,减少施工现场的安装时间和难

度,缩短施工周期。

4.2 协同设计优化

4.2.1 多专业协同设计平台的搭建

基于BIM技术的协同管理平台,可以实现不同专业、不同设计单位之间的集成化标准设计。各专业设计人员可以在同一平台上进行工作,实时共享和传递设计信息。一方面,由相关设计单位负责专业设计,基于此结合构件生产、运输、施工等多方因素,完成对建筑BIM模型的拆分设计,主要内容包括构件图设计、生产工艺设计、节点大样设计等等。另一方面,协同设计的实现除强化对各类信息的实时共享外,也可以在BIM协同管理平台之上,通过对不同专业设计模型的集成,完善冲突检测功能,对不同专业之间存在的冲突点予以发现和解决。

4.2.2 协同设计在解决设计冲突中的作用

在传统的设计模式下,各专业之间缺乏有效的沟通和协同,容易出现设计冲突和错误。通过BIM技术的协同设计平台,各专业人员可以及时发现和解决设计中的冲突问题,避免施工过程中的返工和修改。例如,结构与机电设计之间的碰撞问题,可以在设计阶段通过协同设计平台进行检测和解决,确保设计的准确性和可行性。

4.3 施工模拟优化

4.3.1 施工全流程模拟与工序优化

BIM技术可以进行施工全流程的建模和工序模拟,确定最优安装方案,优化施工顺序,减少协调工作量和不必要的返工。通过虚拟施工,施工团队可以在实际施工前进行多次模拟和优化,提高施工效率和质量^[3]。例如,在装配式建筑施工中,可以通过BIM模型模拟构件的吊装过程,确定最佳的吊装顺序和吊装点位,避免吊装过程中的碰撞和安全事故。

4.3.2 施工进度模拟与资源分配优化

将施工进度计划写入BIM信息模型,将空间信息与时间信息整合在一个可视的4D模型中,就可以直观、精确地反映整个建筑的施工过程。通过4D模拟,可以提前预知本项目主要施工的控制方法、施工安排是否均衡,总体计划、场地布置是否合理,工序是否正确,并可以进行及时优化。同时,还可以根据施工进度模拟结果,合理分配资源,确保施工的顺利进行。

4.4 碰撞检测优化

4.4.1 碰撞检测的原理与方法

BIM技术的碰撞检测是通过在数字模型中检测不同专业之间的空间冲突和碰撞问题。首先在Revit平台上导出Navisworks模型,模型种类包含建筑整体模型、结构模型、暖通模型、给排水模型等,依照二维设计图纸确认

定位点,完成模型的导入和整合。然后对不同类型的图元进行筛选、区分,建立相应的集合,在不同集合内部开展碰撞检查,找出专业之间存在冲突的部分。专业内部也可以进行碰撞检测,先将同类型构件整合起来,然后发起碰撞检查要求,若系统标记的碰撞点较少,则可以直接整合到大组之中进行新一轮的检查,若单次标记的碰撞点数量过多,则需要按楼层单位进行细化的碰撞检查,并对应调整碰撞点位。

4.4.2 碰撞检测在减少施工返工中的作用

通过碰撞检测,可以提前发现设计和施工中的碰撞问题,避免施工过程中的返工和修改^[4]。例如,在装配式建筑施工中,构件之间的连接点和管线之间的交叉点容易出现碰撞问题,通过碰撞检测可以在设计阶段发现这些问题,并及时调整设计方案,确保施工的顺利进行,节省时间和成本。

4.5 其他优化应用

BIM技术与CAM的结合实现预制构件数字化制造:BIM技术结合计算机辅助生产(CAM),可以实现预制构件的自动化生产,提高构件加工效率。通过CAM技术,工厂可以精确控制构件的生产过程,确保每个构件都符合设计要求^[4]。数字化制造确保了构件库存管理和物流效率。RFID技术提高了构件管理的精确性和效率,通过实时跟踪构件信息,施工团队可以确保构件按时到达施工现场,减少库存浪费和运输错误。精确的库存管理有助于减少材料浪费和成本。

5 案例分析

5.1 案例一:同济大学生命科学与创新创业大楼项目

同济大学生命科学与创新创业大楼项目采用装配式混凝土结构,通过BIM技术辅助深化设计。利用BIM技术进行构件的标准化设计,建立预制构件族库,优化行车路线及场地布置。通过碰撞检测,提前发现并解决设计和施工中的冲突问题。进行施工全流程的模拟和工序优化,确定最优安装方案。通过BIM技术的应用,累计优化工期60天,提高了设计效率和施工质量。

5.2 案例二:绍兴市妇幼保健院(绍兴市儿童医院)建设项目

绍兴市妇幼保健院(绍兴市儿童医院)建设项目采用BIM技术进行全生命周期管理,包括方案阶段、设计阶段、生产阶段、施工阶段和运维阶段。在方案阶段,利用BIM技术进行场地分析和方案比选;在设计阶段,进行多专业协同设计和碰撞检测;在生产阶段,实现预制构件的数字化制造;在施工阶段,进行施工模拟和进度管理;在运维阶段,利用BIM模型进行设施管理和维护。通过BIM技术的全生命周期管理,提高了工作效率及设计质量,确保了项目的顺利进行和高质量完成。

结语

本文深入研究了BIM技术在装配式建筑结构设计优化中的应用,分析了BIM技术的概念、特点和与装配式通过具体应用研究,阐述了BIM技术在设计标准化、协同设计、施工模拟、碰撞检测等方面的具体应用方法和优化效果。BIM技术的应用为装配式建筑的发展提供了有力的技术支持,推动了装配式建筑向标准化、工业化、装配化方向发展。装配式建筑企业应积极推广和应用BIM技术,加强设计标准化建设,提高各专业之间的协同性,加强施工模拟和优化能力,提高构件库存管理水平,以提升装配式建筑的市场竞争力和可持续发展能力。随着信息技术的不断发展和建筑行业对信息化管理的重视,BIM技术在装配式建筑领域的应用前景广阔。未来,BIM等技术深度融合,实现装配式建筑的全生命周期智能化管理。同时,BIM技术的标准化和规范化程度将不断提高,为装配式建筑的大规模推广和应用提供更加坚实的技术支撑。

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,(08):77-79.
- [2]石洋.BIM技术在装配式建筑结构设计技术研究[J].中国住宅设施,2025,(07):43-45.
- [3]李城,陈凯文.基于BIM技术的装配式建筑协同设计与设计优化研究[J].智能建筑与智慧城市,2025,(S1):69-71.
- [4]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,(03):66-68.