

超高层建筑BIM技术及应用

韦新月, 梅 扬, 韦珍娜, 孔德辅*

南宁学院交通工程与智能建造学院, 广西 南宁

收稿日期: 2026年7月18日; 录用日期: 2026年8月11日; 发布日期: 2026年8月19日

摘 要

随着现代科技发展, 超高层建筑数量与规模持续扩大, 功能与结构设计不断创新, 设计复杂度也显著提升。BIM技术已广泛应用于建筑工程领域, 可实现设计可视化、三维化, 减少管线碰撞返工, 支持协同设计, 提前识别施工风险, 并提升绿色建筑水平, 有效解决超高层建筑设计施工中的各类问题。本文采用文献研究与工程实证相结合的方法, 并基于BIM技术的特点与优势, 系统性研究分析BIM技术在超高层建筑工程设计与建造中的相关应用, 可充分发挥其可视化、协同化与风险预控优势, 对提高工程建设水平、推动建筑行业高质量发展具有积极意义。为相关具体工程提供参考, 保障相关工程质量, 提高工程建造效率。

关键词

超高层建筑, BIM技术, 参数化设计, 碰撞检查, 施工方案优化

BIM Technology and Application in Super High-Rise Buildings

Xinyue Wei, Yang Mei, Zhenna Wei, Defu Kong*

College of Traffic Engineering and Intelligent Construction, Nanning University, Nanning Guangxi

Received: July 18, 2026; accepted: August 11, 2026; published: August 19, 2026

Abstract

With the development of modern science and technology, the quantity and scale of super high-rise buildings are continuously expanding. Constant innovations in functional and structural design have greatly raised the complexity of architectural design. Building Information Modeling (BIM) technology has been widely applied in construction engineering. It realizes visual and three-dimensional design, reduces rework resulting from pipeline collisions, supports collaborative design,

*通讯作者。

文章引用: 韦新月, 梅扬, 韦珍娜, 孔德辅. 超高层建筑 BIM 技术及应用[J]. 土木工程, 2026, 15(8): 127-135.
DOI: 10.12677/hjce.2026.158208

identifies construction risks in advance, and improves the performance of green buildings, so as to effectively solve various problems existing in the design and construction of super high-rise buildings. Combining literature research with engineering empirical research, this paper systematically studies and analyzes the applications of BIM technology in the design and construction of super high-rise buildings based on its characteristics and advantages. BIM can fully exert its strengths in visualization, collaborative work and risk pre-control, which is of positive significance for improving construction standards and promoting high-quality development of the construction industry. This study can provide references for practical engineering projects, guarantee project quality and enhance construction efficiency.

Keywords

Super High-Rise Building, BIM Technology, Parametric Design, Clash Detection, Construction Scheme Optimization

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

自国家改革开放后,国内的经济水平得到迅速发展,在城镇化稳步发展的同时,现代科学技术实现了全方位进步。但在我国人口基数庞大、城市人口快速集聚致使土地资源日趋紧张的背景下,超高层建筑凭借土地利用率高、功能复合性强等优势,已成为各大城市核心区域开发建设的重要方向。超高层建筑通常指建筑高度大于 100 m,楼层 40 层以上的建筑物。而超高层建筑的安全、舒适与耐久三大特性就成为了设计中的主要核心问题。超高层建筑施工周期较长,各专业相互制约、工序衔接紧密,单个环节的偏差极易引发整体进度的连锁反应[1]。随着数字化时代来临,数字技术与实体经济正加速深度融合,各行业均积极顺应这一发展趋势,实现了数字化转型。如今,数字技术改变了很多行业,比如跟建筑业相似的制造业。该行业的企业通过数字化技术实现了生产过程的高速高质量化,生产效率得到显著提升。相对而言,目前我国建筑行业数字化技术应用水平不高,建筑企业利用技术回报率低,高污染、高能耗、效率偏低的现象更是依然存在。而要实现建筑产业向数字化、智能化转型,必须依托数字化技术,革新传统落后的生产与管理模式,助力建筑企业实现可持续发展,突破行业发展困境。建筑信息模型(Building Information Modeling, BIM),BIM 技术与各类数字技术的融合应用,将成为推动建筑企业数字化转型升级的核心技术支撑。开展 BIM 技术在超高层建筑中的应用研究,能够有效提升工程建设质量,弥补传统超高层建筑设计中存在的缺陷与不足,为打造优质宜居的生活空间提供有力保障。

2. BIM 技术概述

BIM, 全称为 Building Information Modeling, 即建筑信息模型。当前,不同领域与行业主体对 BIM 仍存在不同的定义与理解。总结起来建筑信息建模技术(BIM 技术),即运用信息技术实现工程及设施的数字化处理与可视化呈现,将工程相关各类信息以三维形式表达,依托数字化、参数化、面向对象及具备互操作性的开放标准,对建筑模型进行关联性描述与构建,完整呈现其几何形态、物理属性与功能特征,进而辅助并解决工程项目全生命周期各阶段相关工作的一项先进技术[2]。该技术可应用于建筑工程的设计、施工与运维阶段,为建筑全生命周期提供相应的知识与信息支撑[3]。

3. BIM 技术的产生和发展

目前所说的 BIM (Building Information Modeling) 一词, 最早由美国欧特克公司(Autodesk)副总裁菲尔·伯恩斯坦 (Phil Bernstein) 与杰伊·巴特 (Jay Bhatt) 在 2002 年收购 Revit 技术公司(RTC)后提出。同年, 菲尔·伯恩斯坦在国际建筑师协会会议上首次正式公布了 BIM (Building Information Modeling) 这一术语及其概念内涵, 这也被视为 BIM 技术在建筑领域首次公开亮相。与此同时, Autodesk 公司推出首款 BIM 核心软件 Revit, 自此在当时新兴的 BIM 技术行业领域占据了主导地位[4]。经过传统思维、技术手段、商业模式、城镇建设、产业信息、建筑产业六大变革 BIM 应用技术日渐成熟[5]。

4. BIM 技术的特点

4.1. 模拟性

BIM 技术既不仅仅是三维模拟、设计出建筑物的模型, 甚至在三维模拟的基础上实现了 4D 模拟, 在 4D 模拟的基础上增加了造价控制维度就会成为 5D 模拟, 主要应用于对项目成本进行控制[6]。此外, BIM 技术能够在虚拟环境中对建筑工程的各种场景进行仿真模拟, 提前发现并解决实际建设中可能出现的问题。在设计阶段, BIM 技术可以开展节能、紧急疏散、日照和热能传导等关于建筑性能相关内容的专项模拟。在招投标与施工阶段, 可开展 4D 施工模拟(即 3D 模型叠加项目时间维度), 结合施工组织设计还原真实工程施工流程, 以此筛选出科学、合理的施工实施方案。建筑三维模型如图 1 所示。

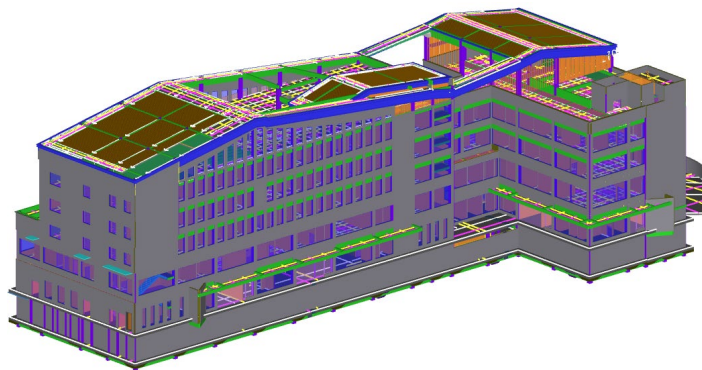


Figure 1. 3D building model
图 1. 建筑三维模型

4.2. 协调性

建筑工程的设计与施工工作, 涉及多专业、多单位协同配合, 且项目全过程由业主、施工、监理等多方主体共同参与实施[7]。不同专业各有其设计与施工侧重点, 项目全过程通常由多个单位共同参与, 实际建设中需要进行大量沟通协调, 彼此间也存在相互影响。通过应用 BIM 技术, 可实现建筑工程各参与方的统一协同作业, 各单位能够依托 BIM 技术对项目实施有效管控。这为各方搭建了统一的沟通平台, 大幅减少信息传递过程中的损耗, 进而有效提升整体工程建设效率[8]。BIM 平台下多专业、多单位协同管理架构如图 2 所示。

4.3. 项目可视化

项目可视化的意思是“所见即所得”, 对于建筑工程领域而言, BIM 技术的可视化具有重要应用价值。CAD 技术的出现虽大幅提升了绘图效率, 但其成果仍局限于二维图纸, 施工人员仍需依靠空间想象

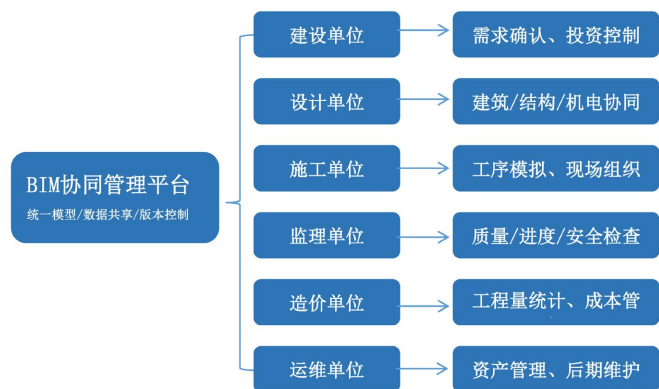


Figure 2. Architecture of multi-disciplinary and multi-party collaborative management based on BIM platform

图 2. BIM 平台下多专业、多单位协同管理架构

能力与施工经验来构建建筑的整体轮廓。随着建筑造型日趋复杂，单纯依托二维图纸进行施工的难度也不断加大[9]。而 BIM 技术通过可视化功能，将传统二维图纸中线条式构件转变为带有完整信息的三维实体模型，直观呈现建筑实际形态，如图 3 所示。

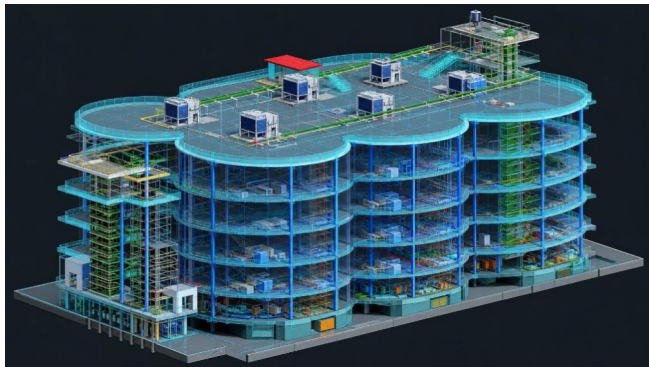


Figure 3. Schematic diagram of 3D visualization of the project

图 3. 项目三维可视化示意图

在传统建筑设计流程中，也会通过制作效果图来展示设计，但这些效果图一般是交由专业团队根据二维图纸进行手工绘制，与建筑构件没有关联，也不能随着设计情况自动更新。因此不具备交互性和反馈性，缺少构件间的实时联动与信息反馈。而 BIM 技术中提到的可视化能力是动态的、交互式的，可以实现构件间的实时联系与双向反馈。在 BIM 建筑信息模型中，其可视化能力可应用于效果展示与报表生成。该项技术使得项目各参与方能够基于同一模型进行沟通、讨论和决策，提高项目在设计、建造和运营过程中的效率与准确性。

5. BIM 技术在超高层建筑设计中的优势

5.1. 降低工程造价

BIM 技术的应用可能将改变传统造价工作的模式和思路，传统造价工作模式需先进行图纸识读，再开展工程量计算，现阶段多采用软件提量结合手工核算的方式，随后套用定额、调整材料价格与取费标准，最终完成造价编制。这样一个过程包含大量重复的工作，在可研、设计、招标、施工阶段环节需要大量的人工劳动力来重复计算不同阶段的造价，解决造价中遇到的复杂问题。这容易受到人为因素的影响

产生误差，也会增加很多额外的成本。比如后期设计中的变更修改阶段，设计变更的信息往往不能及时传递给造价人员，导致造价计算结果与实际情况存在较大偏差。而基于 BIM 技术下的造价工作模式，在模型建立的足够精细的前提下，可以实现工程量的自动统计和实时更新，得到十分精准的造价信息。

对于超高层建筑来说，由于这类建筑本身就具有高度复杂性的特点，所以我们可以工程策划以及结构调整的过程中，充分发挥 BIM 建模软件的技术优势，依托软件搭建拟建工程三维模型，开展工程量统计与土建算量优化工作，借助云计价平台完成工程整体计价，同时利用 BIM 软件实现施工全过程模拟分析[10]。数字化模型让结构设计与节点布置更加科学合理，弥补了传统二维手工绘图准确度不足的短板。从设计源头优化方案、减少材料损耗与后期变更，进而有效控制工程成本、降低工程造价。BIM 技术已在建筑行业得到广泛应用与认可。将其运用于工程造价管理，可实现全过程、全方位的造价管控，有效改善当前工程造价管理中存在的问题，显著提升管理效率[11]。传统造价与 BIM 造价工作流程对比表如表 1 所示。

Table 1. Comparison of traditional costing and BIM-based costing workflows
表 1. 传统造价与 BIM 造价工作流程对比表

对比维度	传统工程造价管理模式	基于 BIM 的工程造价管理模式
计量方式	识图手工算量，结合软件辅助复核，多阶段重复计算。	由三维模型自动统计工程量，设计变更后可联动更新。
数据传递形式	以二维图纸、纸质变更单和独立表格为主，信息传递滞后。	以数字化模型为统一数据源，实现设计、造价与施工数据共享。
误差来源	人工计算失误、图纸理解偏差、变更更新不及时。	人工干预减少，模型校核和数据联动有助于提高计量精度。
变更处理效率	设计变更后需人工重新核算相关工程量，周期较长。	模型调整后工程量和造价数据可同步更新，便于动态管控。
适用项目特点	适用于专业交叉较少、空间关系相对简单的项目。	适用于超高层、大型综合体等复杂多专业协同项目。
成本管控节点	以招投标和施工阶段的事后核算为主。	覆盖策划、设计、施工和运维阶段，强调事前优化与过程控制。

5.2. 可满足的建筑全生命周期目标

建筑工程设计涵盖多项核心内容，涉及建筑密度、造型设计、结构方案、外部场地环境及建造模式等多个方面。BIM 技术在工程项目全生命周期各阶段均有重要应用，其中在规划阶段主要用于现状建模、成本预算、分期规划、场地分析及空间规划等工作[12]；进入设计阶段后，可基于规划阶段的方案开展深化论证，涵盖方案设计、工程分析、可持续性评估、规范复核等多项工作；施工阶段中，BIM 模型可有效衔接前期设计成果，实现各环节的三维协同，具体应用包括场地规划、数字化加工、材料与现场管控、三维精度控制及施工计划编排等工作；项目正式投入使用后，管理人员可依托完整的竣工模型开展资料整理、建模记录、维护计划编制、建筑系统分析、资产管理、空间管理与追踪以及应急预案制定等工作。在建筑设计全过程中，设计人员可借助 BIM 模型实时分析建筑方案的合理性，进而有效提升建筑工程的整体设计水平[13]。

6. BIM 技术在超高层建筑工程的应用

6.1. 工程概况

某工程为写字楼建筑，地上 45 层，高度为 198.70 m，属于超高层建筑。该建筑的总面积为 11762 m²，

包含地上 45 层与地下 3 层，工程采用钢筋混凝土框架 - 核心筒结构，建筑分类为一类，设计使用年限 50 年，抗震设防类别为丙类。本工程项目在设计阶段引入 BIM 技术进行辅助，以此保证设计质量及其实际可行性，减少后期工程调整和改动，更好完成建筑设计。

6.2. 工程参数化设计

在本次项目的工程设计阶段，借助 Revit 建模软件搭建建筑项目三维模型，通过模型生成二维与三维视图，替代了传统的二维手工制图模式。该 BIM 模型整合了建筑项目的几何参数与各类共享数据，项目所需的平面图、立面图、剖面图等施工图纸，均可通过三维模型直接导出。在此过程中，工作人员可在建模阶段细化场地条件、建材尺寸、技术标准等各类参数信息，完整、精准地表达建筑构件特征。后续优化调整时，仅需修改对应参数，即可快速完成构件模型的同步更新。在实际工程应用中，需结合具体的结构设计方案与工程技术规范，完成基础、梁、板、柱等各类建筑构件的选型与布置工作。在初始设计阶段，各专业设计人员依托参数化工程信息模型开展协同设计工作，根据工程参数化信息模型展现的完整建筑结构进行各个构件形状、尺寸分析，使该工程设计中可能会存在或出现的问题得到了及时发现和改善，最终得到优化设计方案，满足建筑的精确设计要求[14]。

6.3. 结构碰撞检查

建筑结构碰撞检查，是工程前期一项重要管控工作。施工方会在现场项目施工活动开始前，依托 BIM 技术对构件与管线、建筑与结构、结构与管线等部位开展全方位碰撞检查，可在施工前提前预判工程潜在问题与冲突，排查施工方案中的不合理之处并及时优化调整，有效规避传统二维设计模式下错、漏、碰、缺等常见问题[15]，以此优化工序、规避风险、减少损耗、控制造价，该方式在工程管理中已被广泛应用。众所周知，近年来国内在 BIM 技术推广应用过程中，碰撞检查所展现出的实用价值有目共睹。碰撞检查是建筑工程由二维设计迈向三维设计的重要标志。通过全方位的三维校审工作，能够有效排查出建筑结构设计中的潜藏的各类隐蔽问题[16]。若在施工前期完成全部碰撞问题的整改优化，理论上可彻底消除各类构件碰撞隐患，有效减少工程返工、节约建设成本、压缩施工工期[17]。BIM 安装模型碰撞检查与优化流程图如图 4 所示，碰撞问题分类及优化措施见表 2。

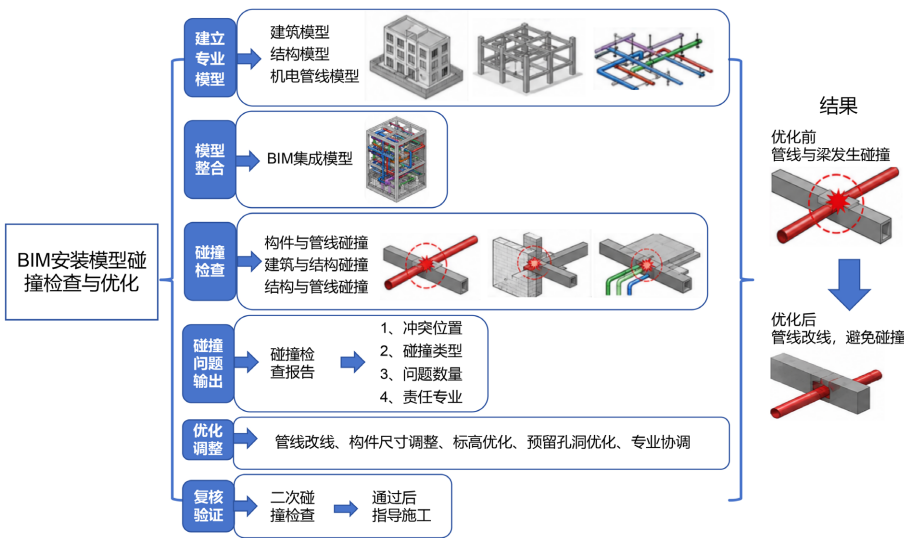


Figure 4. Chart of BIM installation model collision inspection and optimization
图 4. BIM 安装模型碰撞检查与优化流程图

Table 2. BIM clash classification and optimization measures
表 2. BIM 碰撞问题分类及优化措施

碰撞类型	典型问题	优化措施	预期效果
管线与结构碰撞	给排水管、消防管或风管穿越结构梁、剪力墙。	调整管线路由或标高，必要时复核结构预留洞口。	避免现场开洞和结构破坏，减少返工。
建筑与结构碰撞	建筑隔墙、门窗洞口与结构构件位置不一致。	校核建筑与结构模型定位，调整构件边界或洞口位置。	提高施工图一致性，减少现场变更。
管线与管线碰撞	风管、桥架、喷淋管、排水管交叉冲突。	开展管线综合排布，确定竖向避让原则和综合支吊架方案。	保证安装顺序和检修空间。
净距与检修空间不足	设备周边操作空间不足，管线间距不能满足规范或检修要求。	预留检修通道，调整设备和管线局部位置。	提高后期维护便利性和运行安全性。

6.4. 施工方案优化

6.4.1. 施工流程优化

需要 BIM 技术完成施工流程的梳理与优化，首先做好前期资料整合。工作人员搜集整理项目合同、技术图纸等各类管理文件，其次制定工程质量、施工进度、现场安全三大管理目标，项目实施前需制定科学合理的总体目标方案，并配套完善的组织、经济、合同等保障措施。随后结合工程项目自身特点，运用 BIM 技术开展模拟分析，验证施工方案的科学性与合理性，最终确定最优施工方案[18]。通过模拟还原施工全流程，调整工序先后顺序，规避传统流程中存在的工序混乱、衔接落后等问题。通过 BIM 对场地、设备、施工工序逐一模拟优化，对比多种实施方案后，确定经济性与实用性兼备的施工方案，具体 BIM 技术的施工流程优化示意图如图 5 所示。

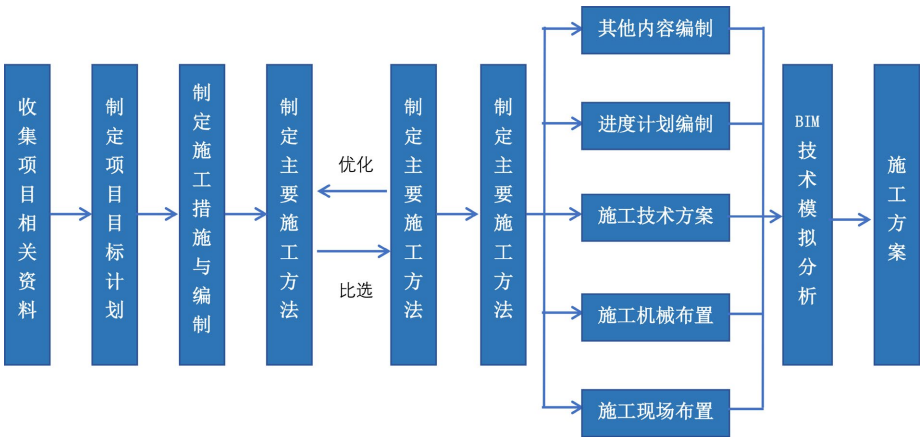


Figure 5. Schematic diagram of construction process optimization based on BIM technology
图 5. BIM 技术的施工流程优化示意图

6.4.2. 施工场地布置优化

施工场地布置水平直接影响超高层建筑的施工效率、材料周转和现场安全。超高层项目通常施工周期长、垂直运输压力大、材料堆场需求高，若场地布置不合理，容易造成运输路径交叉、机械利用率低、材料二次搬运频繁以及安全风险增加。

本工程利用 BIM 技术对施工场地进行三维建模和分阶段布置。通过还原现场地貌和周边条件，合理规划材料堆放区、加工区、车辆清洗区、临时办公区、工人休息区和设备布置位置，并结合不同施工阶

段对塔吊、施工电梯、运输道路和临时设施进行动态调整。与传统二维平面布置相比，BIM 场地模型能够更直观地展示空间关系和运输流线，便于项目管理人员进行方案比选和现场交底。BIM 施工方案优化应用内容见表 3。

Table 3. Application content of BIM in construction scheme optimization
表 3. BIM 施工方案优化应用内容

优化对象	BIM 应用内容	管理目标
施工顺序	通过 4D 模拟展示各阶段施工状态，校核工序搭接关系。	减少工序冲突，提升进度可控性。
机械设备	模拟塔吊、施工电梯和运输设备的覆盖范围及运行路径。	提高机械利用率，降低吊装和运输冲突。
材料堆场	结合施工阶段划分材料堆放区、加工区和周转路径。	减少二次搬运，提高现场流线效率。
安全管理	通过模型识别临边洞口、交叉作业和人员通行风险区域。	降低现场安全风险，提升交底效果。

6.5. BIM 技术应用局限性分析

BIM 技术凭借三维可视化、碰撞检测、施工模拟、全专业协同等核心功能，能够显著优化超高层建筑建设流程、降低工程损耗、提升精细化管理水平，这与本文的研究结论高度一致。国外相关研究起步较早，重点聚焦 BIM 全生命周期数字化应用，侧重运维阶段数据联动、智能化管控与绿色建筑协同发展，形成了成熟的标准化建模与协同管理体系。而国内多数研究多集中于设计、施工阶段的技术应用与效果验证，侧重解决工程返工、造价超支、进度滞后等实际问题，对建筑运维阶段的延伸研究、标准化体系搭建的深度不足。

6.5.1. 研究差异的核心

造成上述研究差异的核心成因主要分为两方面。一是行业发展背景不同，国外建筑数字化、标准化建设起步早，配套行业规范、技术标准体系完善，具备全生命周期 BIM 落地的基础条件；国内 BIM 技术推广时间较短，多数项目仅聚焦施工阶段提质增效，尚未形成全流程标准化应用体系。二是研究侧重点不同，国外研究偏向理论创新与长效运维，国内研究更贴合工程实际，聚焦解决项目建设阶段的显性问题，实用性更强但系统性不足。本文研究贴合国内超高层工程建设现状，聚焦设计与施工核心阶段，补充了本土超高层项目 BIM 实操应用案例，可为国内同类工程提供落地参考，弥补了现有研究偏重理论、实操性不足的短板。

6.5.2. 本研究的局限性

第一，研究案例单一，本文仅选取单一框架-核心筒结构的超高层写字楼作为实证对象，研究场景、结构形式、建筑功能较为固定，所得研究结论无法完全适配钢结构超高层、超高层商业综合体、超高层住宅等不同类型建筑，普适性有限。第二，研究维度存在缺失，本文重点围绕超高层建筑设计与施工阶段展开研究，未对项目后期运维阶段的 BIM 技术应用、数据迭代、长效管理等内容进行深入探讨，未完整覆盖建筑全生命周期。第三，研究深度不足，本文仅针对现有工程应用效果进行分析总结，未针对 BIM 建模标准不统一、协同流程繁琐等行业共性问题提出标准化、可落地的优化制度与解决方案。

7. 结论

本文结合文献研究与工程应用分析，探讨了 BIM 技术在超高层建筑设计施工中的应用价值。研究表明，BIM 技术以统一信息模型为基础，能够实现建筑、结构、机电等多专业协同与信息共享，弥补传统二维设计在空间表达和数据联动方面的不足。

在设计阶段, BIM 参数化建模可提高图纸生成、构件表达和设计变更效率, 并为工程量统计与造价控制提供支撑; 在施工阶段, BIM 碰撞检查、施工模拟和场地布置优化可提前识别空间冲突, 辅助方案比选和工序协调, 减少返工风险, 提高施工方案的可实施性。

总体而言, BIM 技术为超高层建筑复杂工程问题提供了数字化、可视化和协同化的解决路径。后续研究可结合碰撞数量、返工成本、工期压缩等数据, 对 BIM 应用效果进行定量评价。

基金项目

2025 年国家级大学生创新训练计划项目: 钢渣混凝土本构关系及力学性能试验研究(编号: 202511549019); 工业废渣混凝土性能及施工技术研究(2024HX163)。

参考文献

- [1] 庞玉杰. BIM 技术在复杂超高层建筑工程施工进度与资源协同管理中的应用研究[J]. 房地产世界, 2025(15): 164-166.
- [2] 李松斌, 林强. 基于 P6+BIM 技术的超高层建筑施工进度管理方法[J]. 施工技术, 2020, 49(24): 34-37.
- [3] 涂丽. 基于超高层建筑设计 BIM 技术应用[J]. 居舍, 2022(7): 94-96.
- [4] 任文. BIM 技术在超高层建筑施工中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安建筑科技大学, 2016.
- [5] 欧阳东, 黄剑钊. 全球 BIM 技术发展趋势探讨之四 聚焦 BIM 技术发展趋势[J]. 中国勘察设计, 2021(6): 76-78.
- [6] 董鹏俊. BIM 技术在超高层建筑工程深化设计中的应用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2018(8): 87.
- [7] 刘春. BIM 建筑设计的特点及应用[J]. 中国高新区, 2018(14): 17.
- [8] 郭晨. BIM 建筑设计的特点及应用探讨[J]. 居舍, 2021(10): 86-87.
- [9] 杨潇. BIM 可视化技术在某综合楼项目中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 华北水利水电大学, 2019.
- [10] 张平平. BIM 技术在全过程工程造价管理中的应用[J]. 中国建设信息化, 2022(14): 67-69.
- [11] 操双春. 基于 BIM 技术的工程造价管理研究[J]. 工程经济, 2016, 26(2): 14-16.
- [12] 张芸. BIM 技术在建筑工程设计中的应用优势[J]. 工程建设与设计, 2019(1): 196-198.
- [13] 刘立军. BIM 技术在建筑工程设计中的优势及应用探析[J]. 中国新技术新产品, 2017(12): 98-99.
- [14] 谢娜. BIM 技术的参数化设计在建筑工程造价管理中的研究与应用[J]. 华北自然资源, 2020(4): 37-39.
- [15] 高雅杰, 倪娜, 刘婉晴, 等. 基于 BIM 技术对建筑设计施工过程的优化拓展研究[J]. 四川建筑, 2021, 41(5): 50-53.
- [16] 刘坤. 装配式建筑结构 BIM 碰撞检查与优化研究[J]. 大众标准化, 2020(12): 36-37.
- [17] 朱志雄. BIM 技术在建筑外立面幕墙设计中的应用研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(21): 70-72.
- [18] 赵一帆. 基于 BIM 技术的施工方案优化分析[J]. 福建建材, 2019(6): 43-44.