

BIM 智能建造技术在大型商超建筑中的应用研究

王轲¹, 刘于晨(通讯作者)², 肖艳², 马海冲², 王帅²

(1. 青岛融汇财富投资控股集团有限公司; 2. 青岛腾远设计事务所有限公司)

【摘要】本研究聚焦BIM智能建造技术在大型商超建筑中的系统性应用,以青岛山姆会员商店项目为实证对象,采用数据治理、算法优化与数字孪生等智能化方法,实现多专业协同设计、结构性能优化与施工全过程数字化管控。研究结果表明,BIM技术能够显著提升设计变更控制与资源利用效率,降低建材损耗并缩短工期,同时,验证了其通过数据集成与智能决策支持,使大型商超建造质量与运维水平的能力得到全面提升。

【关键词】BIM智能建造;大型商超建筑;数据治理;智能决策

中图分类号: TU17; TU247

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2026.07.037

Research on the Application of BIM Intelligent Construction Technology in Large Supermarket Buildings

WANG Ke¹, LIU Yu-chen², XIAO Yan², MA Hai-chong², WANG Shuai²

(1. Qingdao Ronghui Fortune Investment Holding Group Co., Ltd.; 2. Qingdao Tengyuan Design Institute Co., Ltd.)

【Abstract】This study focuses on the systematic application of BIM intelligent construction technology in large-scale supermarket buildings. Using Qingdao Sam's Club project as the empirical object, it employs intelligent methods such as data governance, algorithm optimization, and digital twin to enable multi-disciplinary collaboration design, structural optimization, and the digital control of the entire construction process. The research results show that BIM technology can significantly enhance the control of design changes and the efficiency of resource utilization, reduce material waste and shorten the construction period. At the same time, it has been verified that through data integration and intelligent decision support, the construction quality and operation and maintenance level of large supermarkets can be comprehensively improved.

【Keywords】BIM intelligent construction; large supermarkets buildings; data governance; intelligent decision

1 引言

随着大型商超建筑功能与结构复杂度的不断提升,其设计、建造及运营朝着多元化、智能化等方向转型,而传统建造模式面临信息协同效率低、决策依赖经验等瓶颈^[1]。BIM技术作为智能化建造的核心载体,通过集成多维数据与算法驱动优化^[2],为工程全周期提供数字化解决方案^[3]。本研究旨在系统探讨BIM在商超类建筑中的智能应用路径与实效,为推进建筑行业智能化转型提供参考。

2 青岛山姆会员商店项目概况与BIM应用框架

2.1 项目简介与核心难点

青岛山姆会员商店项目占地3.6万m²,建筑面积6.8万m²,定位为服务胶州湾区域百万消费者的国际化仓储式综合体。项目系统复杂性显著,其超长、大

跨重载结构体系需处理多专业间密集的数据协调,信息延迟或失真易引发连锁问题。同时,为优化商业流线与购物体验,众多设备管线需在有限空间内高效集成,这些都对前期布局的数据分析与模拟提出极高要求。相关信息处理难题是难以依靠二维图纸和离散沟通解决,必须依托集成化数字管理平台,为BIM全面应用奠定了现实需求基础^[4]。

2.2 全生命周期BIM实施规划

本研究构建了一套以数据整合与流程优化为核心的BIM实施体系,通过建立统一的数据标准和协作机制,实现跨阶段、跨专业的信息无缝传递与共享。该规划将BIM技术定位为项目管理的核心支撑工具,既推动设计、施工等关键环节的流程再造,也通过构件编码与属性规范保障全周期数据的一致性与可追溯性。这一系统性的BIM应用框架,不仅提升了多方协作效率,也为后续的智能决策与数字化建造奠定了坚实基础^[5]。

3 BIM 技术在设计阶段的智能决策支持

3.1 多专业协同与基于性能模拟的优化

项目设计阶段以BIM技术为核心构建协同与优化方法,实现包括建筑、结构、机电、幕墙、全场智能控制、景观、灯光、市政等多专业设计整合与建筑性能分析的前置化、一体化,推动数据驱动智能决策。多专业协同依托中央种子模型作为唯一数据源,各专业在统一平台与数据标准下并行设计,通过预设协作规则,实时更新模型以确保变更即时同步;算法驱动的碰撞检测程序,可识别几何硬碰撞及管道与结构梁间距不足等软碰撞,将传统后期协调问题消弭于萌芽。针对性能优化问题,利用BIM模型物理属性参数构建高精度数字原型,模拟分析深度嵌入设计迭代:提取数据导入专业软件量化评估能耗、采光、疏散等指标,与目标比对后反向驱动参数调整,形成“设计—模拟—反馈—优化”闭环。

3.2 结构体系的算法优化与可建造性分析

在结构体系智能化设计中,BIM技术的核心价值在于构建与专业分析软件的双向数据流通通道,实现多目标性能权衡的算法驱动式优化。具体是通过参数化BIM模型导出IFC格式,并利用API与ETABS、SAP2000等有限元软件无缝对接,编写算法脚本迭代计算梁柱截面、板厚等关键变量,综合比选结构性能、材料用量及施工可行性等多维指标,将经验决策转化为数据支撑的系统性寻优,BIM的数据一致性与参数联动性确保分析反馈可直接驱动模型同步更新。在此基础上,虚拟建造模拟将优化方案置于可施工性语境验证:三维可视化拆解复杂节点、动态模拟施工工序,预先发现钢筋碰撞、模板支设困难等工艺问题,实现施工知识前置,降低变更风险。

以大跨度穿梁管线节点为例,为满足净高在主梁腹板开设大洞时,基于BIM提取几何与荷载信息,导入Abaqus建立精细化有限元模型,解决传统经验难评估抗剪承载力影响的问题。通过计算开洞处的应力集中系数与变形,评估其安全性。

4 基于BIM的施工过程数字化管控

4.1 预制件参数化深化与数字化加工

在预制件智能化制造中,BIM模型作为数字孪

生载体,提供机器可读的产品定义数据。技术核心采用混合特征识别算法:基于规则的推理,通过预定义逻辑,快速提取标准化构件特征;结合基于实例的推理,通过相似度匹配历史案例处理异形构件等非标情况。RBR执行高效但灵活性低,CBR适应性强但依赖案例积累。实践采用RBR为主、CBR为辅的混合架构,兼顾效率与灵活性。

实施流程如下:首先解析IFC Schema内置几何与属性数据集,自动抽取构件制造相关信息;其次依据PMI标准转化生成中性制造特征描述文件;最后通过专用后处理器映射输出数控指令集,配套加工路径优化算法,求解最优刀具运动轨迹。依托数字主线技术搭建BIM与制造环节双向数据关联通道,实现设计端变更信息自动同步至生产制造端。

4.2 施工进度与资源的动态模拟与决策

在施工进度与资源智能管理领域,BIM技术依托4D/5D数字孪生技术完成施工全过程动态推演与方案决策优化。其完整技术路径为:依托IFC标准搭建BIM模型与进度工作分解结构(WBS)、资源分解结构(RBS)间的语义映射体系,构建融合时间维度、成本维度的施工数字孪生体。系统核心技术依托离散事件仿真(DES)理论,结合BIM模型内置的资源约束型进度求解算法,自动识别并优化施工全过程存在的资源配置冲突、作业空间干涉问题。

该技术落地关键流程分为三步:第一,依托BIM构件分解结构(CBS)与WBS的绑定关联,搭建4D施工模拟基础框架;第二,导入人力、机械设备、建材等全维度资源数据库,完成5D成本—资源一体化模型搭建;第三,调用BIM平台内置遗传算法优化模块,实现施工方案多目标迭代寻优。

这套BIM智能决策体系不仅提升施工管控的科学性与计算精度,更关键的是搭建起一套可量化、可迭代优化的数字化决策机制,为大型复杂工程项目实施精细化全过程管理提供可靠技术支撑。

5 面向智慧运维的数据交付与项目价值评估

5.1 运维导向的数字化资产库构建

在运维导向的数字化资产库构建过程中,其技术核心在于建立BIM模型构件与运维属性之间的双向关联机制。基于项目前期建立的IFC标准数据架

构和BIM协同平台,通过为每个设备构件赋予唯一编码,并利用项目已有BIM协同平台的API接口,将商超特有的运维数据(包括设备型号、维护周期、供应商信息等)与几何模型进行深度融合。具体实施:采用COBie标准作为数据交付框架,通过配置平台的数据提取与转换功能,将设计施工阶段积累的设备信息自动映射到运维管理所需的属性字段中。

该方法的技术优势体现在其建立了全生命周期的数据连续性。通过继承设计阶段建立的参数化模型结构和施工阶段更新的设备信息,确保了运维数据库的准确性与完整性。尤其是采用项目既有的轻量化处理技术,保持几何模型与属性数据的实时联动,既满足了运维系统对响应速度的要求,又保证了数据的可视化管理能力。这种基于已有技术架构的数字化资产库构建方法,为大型商超后续的智慧运维提供了完整、可靠的数据基础,实现了从建造到运营的无缝数据传递。

5.2 智能化应用效益的综合评估与分析

在智能化应用效益评估方面,本研究通过对比分析法,以行业传统商超项目平均表现作为基准参照系,将本项目作为实验组进行综合效益评估。在变量控制方面,重点控制了项目规模、业态复杂度和建设标准等关键变量,确保对比数据的可比性。评估结果显示,BIM技术的应用在管理效能和工程经济指标方面均产生了显著效果。

基于统一BIM模型的协同工作模式,有效解决了大型商超项目多专业、多分包单位并行作业带来的信息割裂问题。通过建立数字化的信息传递机制,项目团队实现了设计、施工与运维数据的无缝流转,信息检索与决策响应效率提升了70%以上。在工程经济效益方面,如表1数据所示,本项目在设计变更率、现场签证率、建材损耗率和工期控制等关键指标上,均较传统项目取得显著改善。这些量化效益充分证明了BIM技术通过其数据集成、可视化模拟和协同管理能力,能够针对性解决大型商超建筑特有的技术与管理难题,为同类项目的智能化建造提供了可量化的效益评估依据。

表1 BIM技术在青岛山姆项目中的关键量化效益指标

评估指标	传统商超项目经验值	本项目实际值	效益提升/节约率
设计变更率/%	9.8	2.7	72.4
现场签证率/%	7.5	1.9	74.7

续表

评估指标	传统商超项目经验值	本项目实际值	效益提升/节约率
主要建材损耗率/%	5.2	2.7	48.1
总工期/d	600	482	19.7

为更直观地展现各项指标的提升幅度,并将其置于行业背景下进行评估,图1将表1中的效益提升率与基于同类项目综合估算的行业平均提升水平进行了对比。

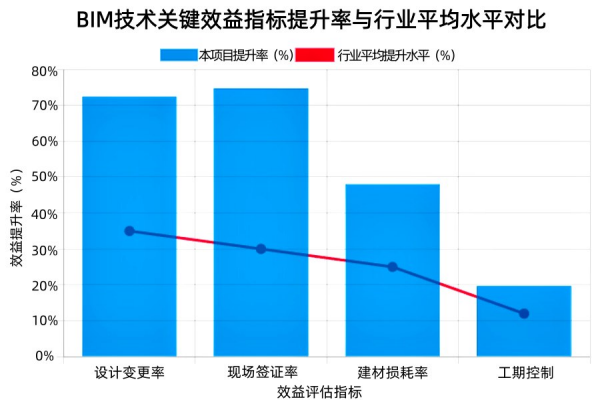


图1 BIM技术关键效益指标提升率与行业平均水平对比

6 结语

本研究系统验证了BIM智能建造技术在大型商超项目中实现设计—施工—运维全过程协同与决策优化的显著效益,凸显了其在提升工程品质与管理效率方面的行业推广价值。未来研究应进一步探索基于人工智能的自动化审图、无人化施工调度等智能建造场景,并推动跨平台数据互通与生态构建,以实现更高层次的建造智能化与运维智慧化。

参考文献

[1] 丁东山, 卢皓.BIM技术在装配式建筑智能建造中的应用研究[J]. 建筑经济, 2023, 44 (S01): 293-296.

[2] 黄磊磊, 李敏.基于BIM技术的大型钢结构建筑智能建造关键技术的应用[J]. 智能建筑与智慧城市, 2022 (11): 87-89.

[3] 雷华.基于BIM的智能建造技术在绿色建筑中的应用[J]. 建筑与装饰, 2025 (5): 180-182.

[4] 曾勃, 马智亮, 李帅勇, 曲寒冰, 孟凡银, 赵疏涛.智能建造数字化平台相关技术研究进展[J]. 科技导报, 2025, 43 (9): 84-92.

[5] 陈淑静.BIM技术在大型公共建筑智能建造施工中的应用研究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2024 (2): 73-76.