

数字化技术在建筑结构设计中的应用与研究

万全

(广州地铁设计研究院股份有限公司)

【摘要】本研究聚焦数字化技术在建筑结构设计领域的应用策略与创新发展路径。文章系统分析了数字化技术在提升设计精度与效率、优化资源配置及成本管控、强化建筑安全性与耐久性等方面的核心价值。研究指出,当前行业数字化转型面临的核心挑战包括数据集成与管理的复杂性、跨学科协作的沟通壁垒,以及数字工具普及度与专业培训的欠缺。针对这些挑战,文章提出四项应用策略:构建并落地统一数据管理平台、搭建跨学科协同工作平台、常态化开展跨学科团队会议与专题研讨、推动团队成员参与线上课程学习与专业认证。结合实际工程案例,本研究详细阐述了各策略的实施路径与应用成效。

【关键词】数字化技术;建筑工程;结构设计

中图分类号:TU318

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2025.S2.068

Application and Research of Digital Technology in Architectural Structure Design

WAN Quan

(Guangzhou Metro Design and Research Institute Co., Ltd.)

【Abstract】This study focuses on the application strategies and innovative development paths of digital technologies in the field of architectural structure design. The paper systematically analyzes the core values of digital technologies in improving design accuracy and efficiency, optimizing resource allocation and cost control, and enhancing building safety and durability. The study points out that the core challenges facing the current digital transformation of the industry include the complexity of data integration and management, communication barriers in interdisciplinary collaboration, and the insufficient popularization of digital tools and professional training. In response to these challenges, the paper puts forward four application strategies: establishing and implementing a unified data management platform, building an interdisciplinary collaborative work platform, regularly conducting interdisciplinary team meetings and thematic seminars, and promoting team members' participation in online courses and professional certifications.

Combined with practical engineering cases, this study details the implementation paths and application effects of each strategy.

【Keywords】digital technology; construction engineering; structural design

1 引言

当前,建筑结构设计领域正经历从传统手工计算向全面数字化的深刻转型。参数化设计、建筑信息模型、人工智能辅助设计等数字化手段,已成为结构工程师的核心工具。一方面,计算分析工具可提升设计精度与效率,虚拟仿真技术让结构性能评估更全面,数据驱动决策有效减少材料浪费与资源错配;另一方面,技术迭代、学科交叉,行业仍面临数据管理、跨学科协作、人才培养等多重现实挑战。

2 数字化在建筑结构设计中的价值

2.1 提高设计精度与效率

数字化技术为建筑结构设计领域带来革新。计

算机辅助设计系统可精准呈现复杂建筑结构的受力状态,实现毫米级别的细微变形分析。参数化建模工具支持结构工程师在短时间内探索多元设计方案,大幅缩短方案论证周期。建筑信息模型(BIM)技术构建起结构构件间的智能关联,当某一构件调整时,关联构件会自动同步更新,有效规避传统图纸协调中的疏漏。有限元分析软件能模拟结构在地震、风荷载等极端环境下的响应,工程师据此优化构件尺寸与配筋方案,减少材料浪费。云计算平台推动大型复杂结构计算分析高效化、便捷化,工程师无需耗时数日等待结果,数小时即可获取精确反馈。数字孪生技术实现实体建筑与虚拟模型的同步更新,为建筑全生命周期的结构性能监测与维护提供支撑。

2.2 优化资源分配与成本控制

数字化技术在建筑结构设计中的资源优化与成本控制领域价值日益凸显。精确的数字模型使结构设计师可模拟多荷载工况下的建筑性能,进而精准计算材料用量。数字化平台整合设计、施工与供应链管理环节,实现材料采购的精准预测与动态管控。施工单位依托平台制定详尽物料需求计划,在保障工程进度的同时,避免材料积压或短缺。项目负责人可实时监控材料使用情况,及时调整采购策略,有效改善传统建设中普遍存在的资源浪费问题。数字仿真技术为结构方案评估提供科学依据,结构工程师借助参数化设计工具生成多套方案,通过性能分析确定最优选项。这种方案比选不仅实现单纯的材料节约,更将建筑全生命周期的能耗、维护成本纳入考量。数字化手段促进跨专业协同,减少设计变更与返工,显著降低项目时间成本^[1]。

2.3 增强建筑安全性和耐久性

利用有限元分析软件能够模拟建筑在地震、台风等极端条件下的动态响应。结构工程师基于精细分析,精准加强关键节点,提升整体抗灾能力。数字孪生技术实现了建筑全生命周期的健康监测。传感器网络布设于关键结构部位,持续采集变形、裂缝发展等实时数据。数字仿真技术拓展了结构性能评估的维度,结构分析师通过数字仿真可模拟材料老化、钢筋锈蚀等时间依赖性性能退化过程,实现对建筑五十年乃至百年尺度结构性能变化的精准预测。

3 数字化在建筑结构设计中的挑战

3.1 数据集成与管理的复杂性

当代建筑工程项目产生海量异构数据,包括地质勘察报告、荷载分析数据、材料性能参数、施工工艺要求等。这些信息来源多元、格式迥异,成为结构工程数字化进程中的首要难题。数字化技术为结构设计构建起全新范式,借助参数化建模、云端协同、实时数据分析提升设计精度与效率。但各类专业软件系统各自发展,形成封闭数据孤岛,阻碍信息流通。当数据在BIM模型、结构分析软件、施工管理系统间转换时,微小偏差易累积放大,引发严重后果^[2]。

3.2 跨学科协作的沟通障碍

在建筑工程领域的历史进程中,结构设计始终

作为工程实践的核心环节。数字化技术的引入为结构设计注入新活力。参数化建模、有限元分析软件使复杂结构的受力分析精确可视。结构工程师借助这些工具得以快速评估多种方案,在保证安全的前提下创造出更轻盈高效的结构体系。云端协同平台使设计变更得以实时传递,理论上各专业团队可在统一数字模型上协同工作。

3.3 数字化设计工具的普及与培训

当前市场上的结构分析软件、参数化设计平台与协同工作系统种类繁多,设计单位往往面临工具选择难题:高端综合平台价格昂贵且学习曲线陡峭,专业化工具则存在数据互通壁垒,数据转换出现问题,反而导致效率下降。

技术迭代速度与人才培养周期的不匹配,进一步加剧了这一困境。企业内部培训体系建设滞后于技术发展,不少设计单位缺乏系统化的数字工具培训方案,多采用临时性、应急性学习模式。工程师在项目压力下仅能掌握软件基础功能,无暇探索高级特性,数字化转型也因此陷入表面化困境^[3]。

4 数字化技术在建筑结构设计中的应用策略

4.1 实施统一的数据管理平台

数字化时代下,统一数据管理平台重塑了结构设计的信息处理模式。此类平台构建起结构设计数据的中央存储与共享机制,将离散的结构构件信息、荷载参数、材料特性等数据整合为关联数据库。结构工程师可实时获取最新设计状态,无需反复核对多版本文件。平台数据结构设计遵循结构工程逻辑,按构件类型、楼层分区、功能单元等多维度组织信息,使检索查询契合专业思维习惯^[4]。

实践表明,统一数据平台对复杂项目的效益尤为显著。某超高层综合体项目采用基于IFC标准的中央数据库管理方案,将建筑师的Revit模型、结构工程师的ETABS分析模型及MEP工程师的设备系统数据整合于同一平台。设计中,当建筑师调整外立面曲面形态,结构工程师即时获取更新后的几何数据,开展结构响应分析,发现某区域剪力墙布置需同步优化。该信息自动推送至管线综合模型,设备工程师据此重新规划管线路径,规避了传统流程中常见的后期碰撞问题。项目记录显示,统一平台实

施后,设计变更引发的返工率下降62%,文档搜索时间减少78%,跨专业协调会议频次降低40%。

4.2 建立跨学科协作平台

结构设计领域正经历深刻变革,数字化技术为其注入新活力,重塑传统工作模式并改变行业生态。现代结构工程师依托参数化设计软件,可快速生成多元结构方案并开展比对分析;先进有限元分析工具能精准模拟复杂荷载下的结构行为,优化构件尺寸与材料用量。数字化结构设计已突破静态分析局限,可模拟地震、风载等动力效应,预测建筑全生命周期性能表现。

云端协作平台已成为结构设计数字化转型的核心支撑。基于云技术的设计环境实现多专业实时交互,当结构工程师调整框架体系时,平台即时将更新推送至建筑设计团队,推动空间布局同步优化。智能冲突检测功能可自动识别结构构件与机电管线的碰撞点,系统标记后同步通知相关人员,大幅减少施工阶段变更^[9]。

4.3 定期组织跨学科团队会议和研讨会

虚拟协作平台虽便捷高效,但面对面交流碰撞出的思维火花仍难以替代。定期组织跨学科团队会议与研讨会,成为数字化建筑结构设计中不可或缺的环节,为技术与人文搭建沟通桥梁。会议中,结构工程师可向建筑师直观呈现复杂受力模型,建筑师则能清晰阐述设计理念与空间愿景。这种当面沟通打破专业术语隔阂,催生全新解决方案。某大跨度公共建筑项目中,结构团队在研讨会上展示参数化分析模型,建筑师当场提出形态微调建议,最终达成兼顾美学与结构效率的方案。

研讨会形式丰富多元,涵盖设计工作坊、技术沙龙、案例分析会等。工作坊侧重实践操作,参与者围绕具体设计难题集思广益;技术沙龙聚焦前沿知识分享,如某工程企业每季度举办的“数字结构讲堂”,邀请学界专家解读计算结构学新进展,为工程实践注入学术活力。

4.4 鼓励团队成员参与在线课程和认证项目

企业鼓励工程技术人员参与在线课程及认证项目,已成为维系团队技术竞争力的关键策略。优质在线教育平台为结构工程师提供了灵活便捷的学习路径,工程师可结合项目进度自主安排学习时间,规

避了传统培训对工作时间的挤占。某大型设计院推行弹性学习制度,要求工程师每周预留4小时固定学习时段完成指定数字化技术课程,企业同步提供时间补贴,此举显著提升员工参与度。

课程内容呈多元化布局,满足不同层级技术人员需求:基础课程涵盖BIM建模、有限元分析基础等内容,适配初级工程师;高级课程则深入参数化设计、性能化分析等前沿领域,满足资深结构工程师追求专业卓越的需求。

5 结语

综上所述,随着数字化技术的持续迭代,建筑结构设计领域正经历前所未有的深刻变革。数字化技术的应用价值集中体现在提升设计效率、优化资源配置、增强建筑安全性与耐久性等方面,为行业发展注入了强劲动力。然而,数据集成管理的复杂性、跨学科协作的沟通壁垒,以及数字化工具的普及推广与专业培训滞后等问题,也为行业转型带来新挑战。面对这些挑战,建筑行业需主动施策,通过实施统一数据管理平台、搭建跨学科协作平台、定期组织跨学科团队会议与研讨会,以及鼓励技术人员参与在线课程及认证项目等举措积极应对。

参考文献

- [1] 吴铭昊.BIM信息化技术在建筑结构课程设计教学中的探索与实践[J].创新创业理论研究与实践,2025,8(2):136-139+157.
- [2] 于颖颖.BIM可视化技术在高层住宅建筑结构设计中的应用[J].居舍,2025(8):125-128+156.
- [3] 汪玲.建筑工程用勘测装置结构设计研究[J].城市建设理论(电子版),2025(8):169-171.
- [4] 李文明.BIM技术在建筑工程结构设计中的应用[J].安装,2025(3):89-91.
- [5] 陈恩广.建筑结构设计控制裂缝的措施分析[J].石材,2025(3):70-72.