

# 智能化技术在建筑结构设计中的应用研究

年跟步

广东白云学院

DOI:10.32629/btr.v8i11.5027

**[摘要]** 建筑结构设计正经历数字化智能化变革,传统模式存在性能校核滞后、协同不足等短板。以建筑信息模型(Building Information Model,BIM)、参数化算法、物联网、大数据为核心的智能化技术,贯穿设计施工运维全生命周期,实现结构受力模拟、参数优化、冲突消解与状态追踪,显著提升结构安全、经济与耐久性能,为建筑工程高质量发展提供技术支撑。

**[关键词]** 智能化技术; 建筑结构设计; BIM技术; 参数化优化; 结构健康监测

**中图分类号:** TP212.6 **文献标识码:** A

## Research on the Application of Intelligent Technology in Building Structural Design

Genbu Nian

Guangdong Baiyun University

**[Abstract]** Building structural design is undergoing a digital and intelligent transformation. The traditional model suffers from shortcomings such as lagging performance verification and insufficient collaboration. Intelligent technologies centered on Building Information Modeling (BIM), parametric algorithms, the Internet of Things (IoT), and big data run through the entire life cycle of design, construction, and operation and maintenance. They realize structural stress simulation, parameter optimization, conflict resolution, and state tracking, significantly improving structural safety, economy, and durability, thus providing technical support for the high-quality development of construction engineering.

**[Key words]** intelligent technology; building structural design; BIM technology; parametric optimization; structural health monitoring

### 引言

建筑结构是建筑安全与稳定的核心保障,设计质量决定其使用价值与寿命。传统结构设计依赖二维图纸与人工核算,难以适配复杂结构与多专业协同需求。智能化技术以数据为核心、算法为驱动,重塑设计逻辑与流程,推动设计从经验主导转向数据主导,成为行业转型升级的关键力量。

### 1 智能化技术赋能建筑结构设计理论概述

智能化技术融合数字建模、算法迭代、感知监测、数据挖掘核心能力,与建筑结构设计的力学分析、构件选型、施工适配、运维管控深度耦合,构建全流程智能化设计支撑体系<sup>[1]</sup>。该体系坚守结构安全底线,以资源高效配置为导向、全生命周期管控为路径,打破专业壁垒,实现设计精准化、高效化、可持续化,适配现代建筑轻量化、高性能、长寿命趋势。智能化技术将结构力学原理与工程规范转化为数字模型与算法逻辑,以模拟仿真替代试错设计、实时感知替代事后检测、数据预判替代经验决策,从根源优化结构受力体系,压缩设计冗余,强化结构对外部荷载与环境的适应能力,筑牢全生命周期安全稳定的理论与技术根

基(见图1),兼顾力学合理性与工程实践性,推动设计从满足基础规范向性能、经济、寿命最优进阶。

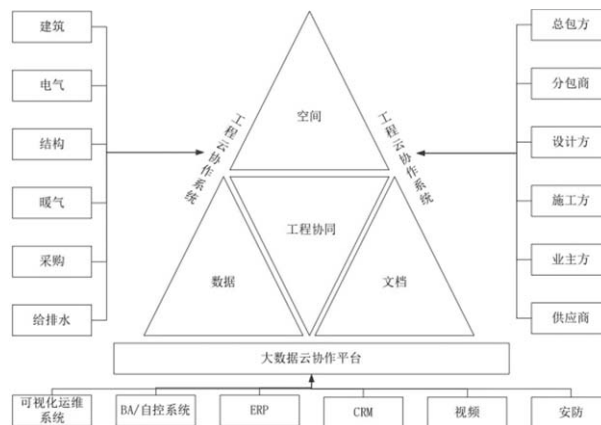


图1 BIM技术在建筑工程中的应用模块

### 2 智能化技术在建筑结构设计中的具体应用

#### 2.1 结构性能优化设计

### 2.1.1 基于BIM的结构性能模拟

BIM技术依托三维数字模型承载结构几何形态、材料力学属性、外部荷载条件等全维度信息,搭建与实际工程完全匹配的数字化结构载体。BIM平台支持多工况结构响应模拟,覆盖风荷载、地震作用、温度应力等常规与极端受力场景,精准输出构件内力、形变数值、应力分布等核心指标,为结构体系选型与空间布局优化提供量化支撑。

BIM模型与专业结构力学分析软件实现数据直连,模型参数可直接导入分析模块开展力学计算,规避人工数据转录产生的误差,提升性能分析的精准度与效率。高层建筑与大跨度结构设计中,风场作用下的风致响应模拟结果指导建筑外形与抗侧力构件布置,降低风荷载带来的不利影响<sup>[2]</sup>。抗震设防区域内,多遇地震与罕遇地震作用下的结构形变模拟结果,指导剪力墙与框架柱等抗侧力构件的位置排布与截面设定,增强结构延性与耗能能力,保障极端荷载作用下结构的整体稳定性。模拟过程同步完成结构薄弱部位识别,为针对性强化设计提供明确方向。

### 2.1.2 参数化优化设计

参数化设计将结构构件截面尺寸、配筋率、布设间距等核心指标转化为可调控变量,结合遗传算法、粒子群算法等智能优化手段,搭建以结构安全系数与材料用量为核心目标的优化模型,实现结构构件的自动化迭代优化。参数化模型内置参数间力学关联规则,单一变量调整可联动更新整体结构受力状态,保障优化过程的连续性与合理性。

框架结构与框架剪力墙结构设计中,参数化优化实现构件截面与外部荷载的精准匹配,在满足规范安全储备的前提下,合理缩减构件截面尺寸,降低混凝土与钢筋的材料消耗。大跨度梁体与转换层构件等关键受力部位,参数化算法自动筛选最优截面形式与配筋方案,平衡结构承载能力与自身重量,推进结构轻量化设计实施,同时减轻基础工程承载压力,提升整体结构的经济合理性。优化结果同步输出标准化构件参数,为工厂化预制与装配化施工提供数据支撑。

## 2.2 施工冲突检测与消除

### 2.2.1 BIM碰撞检测技术

BIM碰撞检测以统一空间坐标体系为基础,整合结构、机电、暖通、消防等全专业模型,依托空间干涉算法自动识别构件间的硬碰撞、软碰撞与间距冲突,生成包含冲突位置、干涉程度、责任专业的完整检测报告<sup>[3]</sup>。该项技术将施工阶段的现场问题转移至设计阶段解决,从源头规避返工整改造成的资源损耗与工期延误。

结构主次梁与机电管线交叉区域,碰撞检测精准定位管线穿越结构构件的冲突点位,通过调整管线走向、布设标高或优化结构构件开孔位置,实现各专业构件的空间有序排布。管井与电梯井等管线密集区域,高频次碰撞检测优化管线与结构构件的相对位置,保障结构构件的完整性与受力性能,同时提升施工空间利用率与现场操作便捷性。检测结果同步联动模型修改,实现冲突消除与模型更新的同步完成。

### 2.2.2 物联网实时监测

物联网技术通过在施工现场布设应力传感器、位移传感器、温度传感器等感知终端,搭建覆盖结构施工全过程的实时监测网络,精准采集混凝土浇筑、构件安装、荷载施加等关键工序的结构状态数据,实现施工过程的动态化管控(见图2)。



图2 数字化转型设计的“感知-协同-优化”设计方法

混凝土结构施工环节,传感器实时采集浇筑过程中的内部温度与应力变化数据,依据数据反馈调整养护方案与浇筑速率,防范温度应力引发的结构性裂缝。钢结构安装与预应力张拉环节,实时监测构件应力与形变数据,保障安装精度与张拉力度符合设计要求,规避施工偏差引发的结构受力失衡。监测数据实时传输至云端管控平台,异常数据自动触发预警指令,辅助现场人员快速处置施工隐患,保障结构施工质量与作业安全。监测数据同步留存,为结构后期性能评估提供原始依据。

## 2.3 结构健康监测与维护

### 2.3.1 物联网长期监测

建筑投入使用后,物联网监测系统持续采集结构挠度、应变、振动、裂缝宽度等核心健康参数,搭建结构全生命周期状态数据库。监测设备采用低功耗设计与无线传输技术,可实现长期稳定运行,适配高层建筑、大跨度空间结构、大型公共建筑等重要结构的长效监测需求。

监测系统按照固定频率采集结构状态数据,精准捕捉结构在日常使用、极端天气、外部冲击下的响应特征,定期生成结构健康评估报告。结构关键受力部位加密布设监测点位,重点追踪构件应力变化与形变趋势,及时捕捉结构损伤与性能退化迹象,为结构安全评定提供客观数据支撑<sup>[4]</sup>。监测系统支持远程数据访问与实时查看,满足运维人员远程管控的工作需求。

### 2.3.2 大数据分析预测

大数据分析技术对结构长期监测数据开展深度挖掘与趋势研判,构建结构性能退化模型,结合材料老化规律与荷载作用历程,预测结构剩余使用寿命与性能变化走向。通过历史监测数据与规范限值的比对分析,识别结构潜在安全隐患,区分正常形变与异常损伤,为维护加固工作提供精准导向。

大数据分析整合同类结构监测数据与维护案例,搭建损伤识别与维护决策知识库,自动匹配结构损伤类型与对应处置方案。依据预测结果制定差异化维护计划,对轻微退化部位实施预防性养护,对损伤严重部位及时开展加固处理,遏制结构病害持续扩展,延长建筑结构使用年限,实现结构运维工作的科学化与精细化。分析结果同步反馈至设计环节,为后续同类项目设计优化提供经验参考。

## 3 智能化技术应用实施路径与工程实践

### 3.1 全专业协同设计实施路径

以BIM平台为核心搭建全专业协同设计环境,统一数据交互标准与模型对接规则,实现建筑、结构、机电等专业设计数据的实时同步与共享。结构设计人员在协同平台内实时获取建筑空间布局、设备布设位置等信息,同步开展结构建模与受力分析,其他专业设计人员实时查看结构构件参数,同步调整自身设计方案,形成多专业联动优化的工作机制<sup>[5]</sup>。

协同设计环境支持设计变更的全域同步更新,单一专业的模型调整自动反馈至全专业模型,消除信息滞后引发的设计冲突。协同平台支撑线上设计交底与方案研讨,整合多方意见优化结构设计方案,提升设计方案的可行性与完整性,压缩整体设计周期,强化设计成果的落地实施能力。协同过程留存完整设计记录,为设计追溯与责任界定提供依据。

### 3.2 数据驱动的设计优化实施路径

收集整理已建工程结构设计参数、施工记录、运维监测数据,搭建覆盖多结构体系、多建筑高度、多荷载条件的建筑结构设计数据库,梳理各类场景下的设计指标与性能表现。依托数据库开展数据比对与规律分析,提取结构设计最优参数区间与成熟实践经验,为新建项目提供数据参考(见表1)。

表1 BIM技术应用前后关键数据对比

对比项目	应用BIM技术前	应用BIM技术后	核心变化说明
梁截面平均尺寸	350mm×700mm	300mm×600mm	构件尺寸优化,混凝土用量显著减少
柱截面平均尺寸	700mm×700mm	600mm×600mm	钢筋使用量降低,结构自重减轻
全专业碰撞问题数量	123项	12项	施工冲突大幅减少,返工风险降低
外墙保温层厚度	50mmXPS	80mmXPS	围护结构热工性能提升,能耗降低
窗体传热系数	2.4W/(m <sup>2</sup> ·K)	1.6W/(m <sup>2</sup> ·K)	建筑隔热性能增强,冷热负荷下降
施工图交付周期	105天	75天	设计效率提升,项目周期缩短

场地地质条件、气候特征、使用功能等项目专属数据与数据库信息融合,开展定制化设计优化,精准确定结构体系、构件尺寸与材料选型。通过数据比对验证设计方案合理性,修正设计冗余与薄弱环节,让结构设计更贴合实际工程需求,提升方案的安全性及经济性。数据支撑下的设计优化减少人工试错次数,提升设计效率与方案科学性。

### 3.3 智能化施工管控实施路径

施工现场搭建物联网监测与数字化管控一体化系统,整合

施工进度、结构质量、安全状态等多维度数据,实现施工全过程可视化管控。BIM施工模型与现场监测数据联动,实时比对设计方案与施工实况,及时纠正施工偏差,保障结构施工与设计要求保持一致。

深基坑、高支模、钢结构吊装等危险性较大的分部分项工程,部署专项监测设备,全程跟踪结构受力与变形状态,通过智能算法预判施工风险,自动生成处置建议<sup>[6]</sup>。施工管控数据同步传输至设计端,为设计后期优化与经验总结提供现场依据,形成设计与施工的双向反馈闭环。智能化管控提升施工标准化水平,降低人为操作误差带来的结构安全风险。

## 4 结论

智能化技术深度重构建筑结构设计模式,BIM技术实现精准模拟与协同,参数化算法优化构件与材料,物联网与大数据支撑施工管控及运维监测。多项技术协同提升设计精度、施工质量与运维水平,强化结构性能并降低全生命周期成本。未来需完善技术适配性,拓展应用场景,推动设计向更高质量、更可持续方向发展。

### [参考文献]

- [1]白利明.BIM技术在绿色建筑结构智能化设计中的应用[J].中国建筑金属结构,2026,25(01):43-45.
- [2]曹丹娟.智能化技术在建筑电气工程数字化转型设计中的应用[J].智能建筑与智慧城市,2025,(S2):267-269.
- [3]范思祥.智能化技术在建筑工程设计中的创新应用研究[J].中国房地产业,2025,(32):138-141.
- [4]周辉,李沁楠.建筑结构设计中的创新技术及应用研究[J].中华建设,2025,(08):186-188.
- [5]高晋蓉.智能化技术在建筑电气设计中的多场景应用及优化策略[J].电气技术与经济,2025,(06):409-413.
- [6]吴淑芳.智能化技术在建筑工程设计中的创新应用研究[J].住宅产业,2025,(03):82-84.

### 作者简介:

年跟步(1979--),男,汉族,安徽怀远人,本科,高级工程师,研究方向:建筑结构设计。