

# 房屋结构设计中的建筑结构设计优化

李金涛

新疆有色冶金设计研究院有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

**摘要:** 房屋结构设计中的建筑结构设计优化, 聚焦于在遵循设计规范与满足使用功能的基础上, 通过科学调整结构参数探寻最优设计方案。它涉及结构体系、构件、抗震、材料及施工工艺等多维度优化, 运用参数化建模、有限元分析、多学科协同等先进技术, 历经需求分析、初步设计、优化计算、结果验证等严谨流程, 实现结构力学性能提升、材料高效利用、施工成本降低, 进而保障建筑安全性、适用性与经济性。

**关键词:** 房屋结构设计; 建筑结构; 设计优化

引言: 在建筑工程领域, 房屋结构设计的合理性直接影响着建筑的安全性、经济性与适用性。随着建筑技术的不断进步和人们对建筑品质要求的日益提高, 传统结构设计方法已难以充分满足复杂多变的设计需求。建筑结构设计优化作为一项关键技术, 通过对结构体系、构件、材料等多方面进行综合考量与科学调整, 能够在确保结构安全可靠的前提下, 有效提升建筑性能、降低建设成本、缩短施工周期。深入探讨房屋结构设计中的建筑结构设计优化, 具有重要的理论意义与实际应用价值。

## 1 建筑结构设计优化的理论基础

### 1.1 结构优化设计的基本概念

(1) 定义与分类: 结构优化设计是在满足设计规范与使用需求前提下, 通过调整结构参数实现最优方案的过程。按优化对象可分为三类: 尺寸优化聚焦构件截面尺寸(如梁高、柱截面尺寸); 形状优化针对结构几何形态(如构件轮廓、节点形状); 拓扑优化探索结构材料最优分布(如在给定区域内确定梁、柱的最优布置)。(2) 优化目标: 核心目标包括三类, 力学性能方面需满足强度、刚度、稳定性要求(如控制结构最大位移、应力值); 材料用量优化旨在减少钢材、混凝土等材料消耗(如降低结构自重); 施工成本优化需综合考虑材料采购、运输及施工工期成本(如减少复杂施工工艺带来的额外费用)。

### 1.2 结构优化设计的数学模型

(1) 目标函数与约束条件: 目标函数是需优化的量化指标(如最小化材料用量、最大化结构刚度); 约束条件分为两类, 几何约束(如构件尺寸上下限)与性能约束(如应力不超过限值、位移符合规范要求), 二者共同构成优化问题的数学表达。(2) 多目标优化与权衡分析: 多目标优化存在目标间的冲突性(如减少材料用量可能降低结构刚度), 需通过权衡分析确定最优解。常用方法为加权求和法(给不同目标分配权重)或Pareto最优解

(无法同时改进所有目标的方案集合)。

### 1.3 常用优化算法

(1) 传统算法: 梯度下降法基于目标函数梯度方向迭代寻优, 适用于连续可微问题, 但易陷入局部最优; 单纯形法通过调整单纯形顶点搜索最优解, 无需计算梯度, 适合低维线性规划问题。(2) 智能算法: 遗传算法模拟生物进化(选择、交叉、变异), 鲁棒性强, 适合复杂非线性问题; 粒子群优化模拟群体行为(个体学习与群体协作), 收敛速度快; 神经网络通过训练数据拟合复杂映射关系, 可用于结构性能预测与优化决策。(3) 算法适用性对比: 传统算法在简单线性、低维问题中计算效率高, 但适应性差; 智能算法在高维、非线性、多约束问题中表现更优, 但需更多计算资源, 实际应用中需结合问题复杂度与计算成本选择<sup>[1]</sup>。

## 2 房屋结构设计的关键要素与优化方向

### 2.1 结构体系选择优化

(1) 框架结构、剪力墙结构、框剪结构等的适用性: 框架结构由梁、柱刚性连接组成, 空间布置灵活, 适用于多层办公楼、住宅等, 但抗侧移能力较弱, 高度超过30m需谨慎使用; 剪力墙结构通过墙体承受水平荷载, 抗侧刚度大, 适合高层住宅(10-30层), 但墙体布置密集, 空间灵活性受限; 框剪结构结合两者优势, 框架承担竖向荷载, 剪力墙抵抗水平力, 适用于15-40层的多功能建筑(如酒店、综合楼), 可平衡空间需求与抗侧性能。(2) 混合结构体系的创新设计: 混合结构体系通过不同材料组合提升性能, 如钢-混凝土混合结构, 钢框架提供大跨度空间, 混凝土剪力墙增强抗侧刚度, 适用于超高层(40层以上)建筑; 此外, 近年出现的钢木混合结构、模块化混合结构, 可减少现场施工量, 提升装配率, 如在低层住宅中采用钢木混合体系, 兼顾环保与结构稳定性。

### 2.2 结构构件设计优化

(1) 梁、柱、板、墙的截面尺寸与配筋优化: 梁设计需结合跨度优化截面高度(如跨度6m时梁高取500-600mm), 并通过弯矩图调整配筋, 避免超筋或少筋; 柱截面需根据轴压比控制尺寸(如框架柱轴压比限值0.6-0.8), 采用对称配筋减少应力集中; 楼板优化可采用空心板、叠合板减少自重, 同时保证挠度满足规范; 墙体优化需控制厚度(如承重墙厚度不小于240mm), 并在洞口周边加强配筋, 提升整体刚度<sup>[2]</sup>。(2) 节点连接方式的改进: 传统现浇节点施工周期长, 装配式节点通过预制构件工厂加工、现场拼接提升效率, 如装配式框架节点采用灌浆套筒连接钢筋, 确保力学性能与现浇节点相当; 装配式剪力墙节点采用企口连接+灌浆工艺, 减少渗漏风险, 同时缩短施工工期30%以上。

### 2.3 抗震性能优化

(1) 抗震设防标准与延性设计: 需根据建筑所在地区抗震设防烈度(如7度区、8度区)确定设计参数, 如7度区高度 $\leq 24\text{m}$ 的框架结构抗震等级不低于三级; 延性设计通过优化构件截面形状(如柱采用矩形截面)、配置箍筋(如加密区箍筋间距不大于100mm), 确保地震时构件先屈服、后破坏, 避免结构整体倒塌。(2) 隔震与耗能减震技术的应用: 隔震技术通过在基础与上部结构间设置隔震支座(如橡胶隔震支座), 减少地震能量传递, 可使上部结构地震响应降低60%-80%, 适用于医院、学校等重要建筑; 耗能减震技术通过在梁、柱节点设置阻尼器(如黏滞阻尼器、屈服约束支撑), 耗散地震能量, 提升结构抗震韧性。

### 2.4 材料选用与施工工艺优化

(1) 高性能材料的应用: 高强钢筋(如HRB500E)相比普通钢筋(HRB400)强度提升25%, 可减少配筋量15%-20%; 轻质混凝土(如陶粒混凝土, 密度1600-1900kg/m<sup>3</sup>)相比普通混凝土(2400kg/m<sup>3</sup>)自重降低20%-30%, 同时保持良好强度, 适用于楼板、墙体构件; 此外, 纤维增强复合材料(FRP)可用于腐蚀环境下的构件加固, 提升耐久性<sup>[3]</sup>。(2) 绿色建材与循环利用技术: 绿色建材如再生骨料混凝土(利用建筑垃圾破碎制成骨料), 可减少天然资源消耗, 再生骨料掺量达30%时仍能满足结构要求; 秸秆纤维墙板、竹材构件等环保建材, 可降低建筑碳排放量; 施工中还可采用余料回收技术(如钢筋余料焊接成预埋件), 提升材料利用率, 减少建筑垃圾。

## 3 房屋结构设计中建筑结构设计优化的实施流程与方法

### 3.1 优化设计流程

(1) 需求分析: 明确建筑功能需求(如住宅需保

障居住空间舒适度、商场需满足大跨度荷载)、规范要求(抗震设防烈度、防火等级)及业主诉求(成本控制、工期目标), 梳理核心优化方向(如材料减量、抗震提升), 形成需求清单, 为后续设计锚定目标。(2) 初步设计: 结合需求完成结构体系选型(如高层住宅选用剪力墙结构)、构件初步布局(梁、柱间距规划), 通过简化计算(如手算构件内力)确定初始方案, 排查明显不合理设计(如截面尺寸过大导致材料浪费), 为参数化建模奠定基础。(3) 参数化建模: 利用专业软件(如Revit、ETABS)构建包含结构参数(构件截面尺寸、配筋率)、荷载条件(恒载、活载、地震荷载)的参数化模型, 将可优化参数(如梁高、柱截面宽度)设为变量, 实现模型与参数的联动调整, 便于后续批量计算。(4) 优化计算: 根据优化目标(如最小化材料用量)与约束条件(应力限值、位移限值), 选择适配算法(如遗传算法用于非线性优化), 通过软件自动迭代计算(如SAP2000的优化模块), 生成多组优化方案, 输出关键指标(材料用量、结构刚度、成本)对比数据。(5) 结果验证: 对最优方案进行多维度验证, 包括力学性能验证(通过有限元分析检查构件应力、结构振动模态)、规范符合性验证(核对抗震等级、防火间距是否达标)、施工可行性验证(判断构件尺寸是否便于运输、安装), 排除设计隐患。(6) 方案调整: 若验证发现问题(如局部应力超标、施工难度过大), 回溯至参数化建模环节调整变量(如增大构件截面、优化节点形式), 重新计算验证, 直至方案满足所有需求, 形成最终优化设计文件<sup>[4]</sup>。

### 3.2 参数化建模与仿真分析

(1) BIM技术在结构优化中的应用: BIM技术可构建包含结构、建筑、设备多专业信息的三维模型, 实现参数化关联—当调整结构梁截面尺寸时, 建筑空间净高、设备管线排布会同步更新, 避免专业间冲突; 同时, BIM平台支持数据共享与协同修改, 设计师可实时获取优化计算数据(如材料用量变化), 快速评估方案对其他专业的影响, 提升优化效率。此外, BIM的可视化功能可直观展示结构构件受力状态(如通过颜色标注应力分布), 帮助设计师精准定位优化薄弱点(如应力集中的节点)。(2) 有限元分析(FEA)与性能模拟: FEA通过将结构离散为有限个单元(如梁单元、壳单元), 建立力学方程求解结构在不同荷载下的响应, 可模拟多种复杂工况(如地震、风荷载、温度变化); 例如, 在抗震优化中, 通过FEA模拟地震作用下结构的动力响应, 分析构件的位移、加速度及内力分布, 验证优化方案的抗震性能是否达标。性能模拟则聚焦结构长期性能(如混凝土碳化、钢材锈蚀),

通过软件（如ABAQUS）预测结构使用寿命内的性能衰减，为材料选用、维护方案优化提供依据，确保优化方案兼具短期性能与长期耐久性。

### 3.3 多学科协同优化

（1）结构-建筑-设备系统的集成优化：打破传统各专业独立设计的模式，建立协同优化机制—结构专业优化梁、柱布置时，需结合建筑专业的空间布局需求（如避免梁遮挡窗户）与设备专业的管线排布（如预留风管、水管穿行空间），通过BIM平台开展多专业碰撞检测，提前解决冲突；例如，在高层建筑设计中，结构专业采用扁梁优化截面高度以提升楼层净高，建筑专业据此调整吊顶高度，设备专业同步优化管线走向，实现“结构减高-空间扩容-管线适配”的协同优化，提升建筑整体使用价值。（2）生命周期成本（LCC）分析方法：LCC分析涵盖建筑全生命周期（设计、施工、运营、拆除）的成本，通过量化各阶段成本（如施工阶段的材料采购费、运营阶段的能耗费、维护阶段的维修费），评估优化方案的经济性；例如，采用高强钢筋虽会增加初期材料成本，但可减少配筋量降低施工成本，同时提升结构耐久性减少后期维护费用，通过LCC分析可对比“普通钢筋方案”与“高强钢筋方案”的全周期成本，选择长期经济效益最优的方案，避免仅关注短期成本导致的决策偏差<sup>[5]</sup>。

### 3.4 标准化与模块化设计

（1）标准化构件库的建立：梳理常用结构构件（如梁、柱、楼板）的类型与参数，制定统一标准（如将框架梁截面尺寸标准化为250×500mm、300×600mm，楼板厚度标准化为100mm、120mm），建立包含构件尺寸、配筋、材料属性、力学性能参数的标准化构件库。设计师在优化设计中可直接调用库内构件，无需重复建模与计算，减少设计误差；同时，标准化构件便于工厂批量生产（如预制楼板、预制柱），降低生产成本，提升构件质量稳定性。（2）模块化组合设计对效率的提升：将建筑

拆分为多个独立功能模块（如住宅中的“卧室模块”“厨房模块”，办公楼中的“办公单元模块”），每个模块包含完整的结构构件、建筑装修与设备系统，在工厂完成模块预制后，运输至现场进行组装。模块化设计可实现“设计-生产-施工”并行作业（如模块预制与现场基础施工同步进行），缩短施工周期40%以上；同时，模块的标准化接口设计（如采用螺栓连接、灌浆套筒连接）简化了现场安装流程，降低了施工难度，且模块可灵活组合（如通过增减“办公单元模块”调整建筑面积），提升了设计的适应性与复用性。

### 结束语

房屋结构设计中的建筑结构设计优化，是推动建筑行业高质量发展的关键驱动力。通过系统运用各类优化理论、先进算法及创新技术，我们能够在保障结构安全稳固的基础上，实现材料的高效利用、成本的有效控制以及性能的显著提升。未来，随着科技的不断革新与多学科融合的深化，建筑结构设计优化必将迎来更为广阔的发展空间。我们应持续探索创新，将优化理念深度融入设计实践，打造出更多安全、经济、绿色且富有创意的建筑作品，为城市发展与社会进步贡献坚实力量。

### 参考文献

- [1]周一凡.分析房屋建筑结构设计优化技术的应用[J].住宅与房地产,2021(25):136-137.
- [2]张虎.房屋建筑结构设计优化技术应用探究[J].四川水泥,2021(8):200-201.
- [3]赵志强.房屋建筑结构设计优化技术的应用分析[J].工程建设与设计,2020(14):42-43.
- [4]马晓映.建筑结构设计优化方法在房屋结构设计中的应用[J].石材,2024,(12):28-30.
- [5]李进.论房屋建筑结构设计优化措施中的优化技术[J].全面腐蚀控制,2024,38(08):105-107.