

优化技术在房屋建筑结构设计中的研究与应用

李水明

浙江地标设计集团有限公司, 浙江 杭州 310000

[摘要]当前, 建筑行业对结构安全性、经济性与可持续性的要求持续攀升, 优化技术在房屋建筑结构设计中的应用愈发普遍, 通过有机融合数学建模、算法优化与建筑工程实践, 不仅能显著提高结构材料的利用效率、削减工程成本, 还可强化结构的抗震与耐久性能, 此文围绕优化技术的核心原理与实施路径, 分别从结构构件布置优化、材料选型优化、施工流程优化等维度进行系统性阐述, 深入探讨其在实际工程设计中的可操作性与应用效果, 期望为现代房屋建筑结构设计提供技术借鉴与创新思路。

[关键词]房屋建筑; 结构设计; 优化技术; 参数优化; 性能提升

DOI: 10.33142/ucp.v2i3.16716

中图分类号: TU318

文献标识码: A

Research and Application of Optimization Technology in Building Structure Design

LI Shuiming

Zhejiang Dibiao Design Group Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

Abstract: Currently, the construction industry's requirements for structural safety, economy, and sustainability continue to rise, and the application of optimization technology in building structure design is becoming increasingly common. By organically integrating mathematical modeling, algorithm optimization, and construction engineering practice, not only can the utilization efficiency of structural materials be significantly improved and engineering costs be reduced, but the seismic and durability performance of structures can also be strengthened. This article systematically elaborates on the core principles and implementation paths of optimization technology from the dimensions of structural component layout optimization, material selection optimization, and construction process optimization, and deeply explores its operability and application effects in practical engineering design. It is expected to provide technical reference and innovative ideas for modern building structure design.

Keywords: building construction; structural design; optimizing technology; parameter optimization; performance improvement

引言

在房屋建筑结构设计中, 如何在满足强度、安全及功能需求的基础上, 达成经济与绿色发展目标, 已成为设计人员亟待解决的关键问题, 传统设计模式多基于经验与规范, 难以充分实现结构性能的最优化, 伴随智能算法与计算机仿真等优化技术的快速发展, 建筑结构设计迎来新的变革机遇, 此文从优化设计视角切入, 系统梳理其在房屋建筑结构中的具体应用方式与技术手段, 深入剖析其对提升结构效率、降低工程成本的重要意义, 进而推动建筑工程领域的技术进步与绿色转型。

1 优化技术在建筑结构设计中的发展概况

1.1 优化设计在建筑领域的引入历程

优化设计理念起源于航空航天、机械工程等精密工程领域, 其核心是通过数学建模与计算算法, 在既定约束条件下实现目标函数的极值优化, 以达成性能最优或资源最省的设计效果, 这一理念注重系统性与科学性, 早期主要应用于飞行器结构与机械零部件的受力分析及材料分配, 随着计算机辅助设计(CAD)技术的飞速发展, 建筑行业逐步将优化思维融入结构设计流程, 尤其在高层建筑、大跨度结构及特殊造型建筑的设计中, 优化方法表现出强

大的适应能力与精度控制优势, 早期建筑结构优化以线性静力学分析模型为基础, 主要在降低材料消耗、提升承载效率等方面取得初步成效, 进入 21 世纪, 随着遗传算法、模拟退火、粒子群优化等智能算法的成熟, 这些优化方法广泛应用于建筑设计各阶段, 实现了从理论研究到实际工程的转化, 有力推动了建筑结构设计的技术革新与智能化发展。

1.2 当前优化技术的分类及特点

建筑结构设计中的优化技术主要涵盖拓扑优化、形状优化与参数优化三类, 其特性与适用场景各有侧重, 拓扑优化旨在既定设计空间内探索材料的最优分布模式, 适用于设计初期阶段, 通过优化整体受力路径与材料配置, 实现结构轻量化与承载效率的双重提升; 形状优化聚焦于结构边界轮廓的精细化调整, 通过重塑几何形态改善应力分布, 增强结构刚度与稳定性, 尤其适用于壳体结构、空间桁架及异形建筑, 在提升力学性能的同时兼顾建筑美学需求; 参数优化则针对构件尺寸、截面形式、材料选型等数值参数开展自动化迭代计算, 以平衡经济性、安全性与设计规范要求, 常用于施工图深化设计环节, 实践中, 三类优化技术相互补充、协同应用, 共同构建起多目标、多约

束条件下的系统化设计优化体系。

1.3 优化技术与建筑信息模型（BIM）的融合趋势

近年来，建筑信息模型（BIM）技术的成熟为优化设计注入了数字化动能，BIM 平台通过集成建筑结构的几何参数、材料属性、施工流程及运维数据，构建起覆盖全生命周期的结构化数据库，实现对优化设计过程的动态管控，在结构设计环节，BIM 不仅是参数化建模的基础载体，更可通过数据接口与各类优化软件无缝联动，支持模型的快速迭代与优化结果的可视化推演，这种融合打破了传统设计中静态图纸的局限性，推动建筑设计向“数据驱动型”模式转型，显著提升设计效率与精准度，同时，BIM 模型的全真模拟特性为优化结果提供了实践验证场景，通过将优化后的结构参数导入 BIM 平台，可实时校验构件碰撞、施工工艺可行性及运维阶段性能表现，确保设计方案从理论到落地的连贯性，随着人工智能算法与大数据分析技术的深度介入，BIM 平台的智能化水平持续提升，未来将实现优化目标的自主识别、约束条件的动态调整及多方案的自动比选，进一步强化优化设计的实时响应能力，成为建筑结构智能化设计的核心技术底座。

2 结构构件布置的优化技术路径

2.1 承重体系的合理布置设计

承重体系作为建筑结构的骨架，其布局合理性直接关系到结构稳定性、安全性及功能实现，传统设计多依赖经验与功能需求进行构件布置，虽能满足基本力学要求，但常存在构件冗余、受力路径紊乱、结构偏心等问题，难以实现性能与经济性的最优平衡，引入优化技术后，设计师可通过计算模型对框架、剪力墙、核心筒等关键承重构件进行系统性分析与布局优化，在满足承载力、刚度及抗震性能的前提下，实现荷载在平面与立面的科学分配，显著提升结构受力的均衡性，以高层建筑为例，通过剪力墙与框架的组合优化，可在增强抗风抗震性能的同时，减轻结构自重，降低基础负荷与施工成本，此外，优化技术还能结合建筑功能分区与美学需求，推动承重体系的模块化与标准化设计，实现空间布局与结构效能的协同优化，提升建筑整体性、施工效率及空间利用率。

2.2 跨层荷载路径的优化建模

荷载传递路径对构件受力状态、安全储备及整体结构性能具有决定性影响，传统设计在处理多荷载源、多路径传递问题时，常采用简化假设，难以精准模拟实际受力过程，导致路径选择不合理，引发局部构件超载或材料浪费，在部分工程案例中，因路径设计缺陷，局部构件应力超过结构平均应力的 150%，存在显著安全隐患，通过引入优化建模技术，结合有限元分析与结构响应计算，可构建三维跨层荷载传递模型，全面揭示结构在工况下的力学行为，通过设置构件应力最小化、内力分布均衡化等目标函数，算法可自动搜寻最优传递路径，确保结构各部位受力

合理，在大跨度桥梁、异形空间结构等复杂工程中，优化路径建模尤为关键，部分前沿设计采用拓扑优化技术，自动生成类树状或网络状荷载传递结构，兼顾力学逻辑、材料分布与构造可行性，使材料利用率提升 10% 以上，有效保障结构安全与经济性。

2.3 节点连接方式的优化选择

结构节点作为构件间力传递的关键部位，其连接形式与性能直接决定结构体系的稳定性与延性，优化设计在节点连接中的应用主要体现在连接方式比选、构造参数优化及位置调整三方面，以钢结构为例，通过结构响应分析对比刚接、铰接、半刚接等典型连接形式的受力特性、变形能力与施工难度，可筛选出满足多目标需求的最优组合方案，对于混凝土结构节点，优化聚焦于钢筋锚固长度、连接件布置、核心区构造等细节参数，通过数值模拟与试验数据验证，实现连接刚度、强度与施工便捷性的平衡，在装配式建筑设计中，优化工具可推动节点模块标准化，提升构件拼装效率并降低安装误差，节点连接优化不仅能增强结构整体受力性能，还可显著降低施工阶段的技术难度与安全风险，具备显著的工程应用价值。

3 建筑材料与截面参数的优化配置

3.1 结构材料强度与轻质化选择

建筑结构材料的选型直接关联结构强度、耐久性及施工效率，优化设计的核心目标是实现材料强度与质量的最优配比，传统设计常采用单一材料等级，导致材料性能未能差异化发挥；而优化技术可在满足安全承载要求的前提下，优先选用高强钢、高性能混凝土、纤维增强复合材料等强度高、密度低的新型材料，推动结构轻质化，通过集成材料性能数据库与算法模型，优化工具可根据构件受力特征自动推荐分区材料方案，例如在高应力部位配置高强度材料，在次要构件采用经济型材料，从而兼顾结构安全性与经济性，此类材料不仅力学性能优越，还具备耐腐蚀、施工适应性强等优势，成为现代结构设计的重要发展方向。

3.2 构件截面尺寸的参数优化

构件截面尺寸的合理配置是提升结构性能与控制造价的关键环节，传统设计依赖经验公式或规范限值确定截面尺寸，易导致安全裕度偏大或构件冗余，参数优化技术通过将梁、柱、板、墙等构件的截面尺寸设定为设计变量，以受力性能、变形控制、构造规范等为约束条件，采用遗传算法、粒子群算法等智能算法求解最优配置方案，通过多目标优化，可实现结构刚度、强度、稳定性的平衡，同时减少材料用量、降低结构自重及基础造价，在高层建筑、大跨度结构及异形建筑中，参数优化对控制结构变形、提升使用舒适性及施工可行性尤为关键，已成为现代结构设计不可或缺的技术手段。

3.3 节能与绿色建材优化配置

绿色建材的选型与配置是实现建筑全生命周期节能

环保的核心路径,优化设计需综合考量结构性能、热工性能、环境影响及使用寿命等多元指标,优化工具通过集成绿色建材性能数据(如导热系数、碳排放系数、回收利用率等),模拟建筑能耗与材料响应,实现绿色材料在结构中的精准分布,例如,在楼板与外墙构造中采用保温轻质材料,既能满足承载力要求,又可降低能耗与噪声污染;在屋面、防水及非承重部位优先使用可再生或环保材料,提升建筑可持续性,此外,绿色建材的模块化与标准化特性便于构件批量优化与装配施工,进一步提高工程效率与环保水平,契合建筑行业绿色转型需求。

4 施工工艺与结构性能的联合优化设计

4.1 施工工序对结构优化的反馈作用

在传统建筑结构设计,施工工序常被置于设计流程末端,但随着优化理念的革新,施工过程已成为驱动设计改进的关键反馈环节,实际工程中,施工顺序的差异会显著影响结构构件的受力路径、应力累积模式及变形发展趋势,借助优化工具构建施工阶段结构响应模型,可动态模拟不同施工序列下的结构性能变化,使设计阶段能够提前预判并优化潜在风险,例如在大体积混凝土浇筑或钢结构安装过程中,通过合理调控结构加载时序,可有效规避早期应力集中与变形超限问题,降低裂缝产生及节点失稳风险。

4.2 施工方案与结构稳定性的耦合优化

结构稳定性不仅取决于设计方案,更与实际施工技术紧密关联,在高层建筑、超长结构或复杂地质条件的项目中,施工过程中结构的临时状态需具备足够的刚度与稳定性,耦合优化技术将结构设计参数与施工技术参数统一纳入优化模型,综合考虑混凝土强度发展规律、临时支撑布置方案、模板刚度控制等因素,实现设计方案与施工工艺的协同优化,通过多物理场仿真分析温度、应力、位移等多因素耦合作用下的结构临时性能,可精准评估施工阶段结构的屈曲、偏移或破坏风险。

4.3 结构耐久性与维护周期的设计优化

结构耐久性是衡量建筑服役寿命与运维成本的核心指标,现代优化设计需将全生命周期理念贯穿于结构方案设计,通过对材料选型、节点构造、防护措施的精细化设计,可有效提升结构的长期稳定性与环境适应性,利用专

业优化软件对钢筋锈蚀、混凝土碳化、裂缝扩展等耐久性劣化机制进行建模,结合气候、湿度、荷载等环境因素,能够预测结构性能随时间的变化趋势,并据此科学制订维护周期与更新计划,在设计阶段融入耐久性优化,可大幅减少运营期检修频次、降低维护成本,例如,通过加强地下结构防水设计、为外露构件涂覆抗紫外或抗碳化涂层等措施,可显著延长结构使用寿命,随着智能传感技术的发展,结构健康监测数据与设计优化模型的深度联动,将进一步推动维护策略向智能化、精准化方向演进,确保结构性能始终维持最优状态。

5 结语

优化技术的广泛应用正推动房屋建筑结构设计从传统经验驱动向智能精准化转型,通过对结构构件布置、材料参数优化、施工工艺协同及耐久性设计等多维度的系统优化,不仅显著提升了建筑结构的的安全性与经济性,更强化了工程的可持续发展能力,本文系统梳理了优化技术在结构设计全周期中的应用路径与技术要点,验证了其在提升设计质量、促进资源高效利用方面的显著价值,展望未来,随着 BIM 技术与人工智能的深度融合,建筑结构设计将朝着更高效、更科学的方向发展,为现代建筑行业的高质量发展注入强劲动力。

[参考文献]

- [1]张金林.基于 BIM 技术的房屋建筑结构加固设计与施工工艺优化研究[J].建设科技,2024(18):48-51.
- [2]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(8):105-107.
- [3]秦家军.房屋建筑结构优化设计研究[J].佛山陶瓷,2024,34(7):149-151.
- [4]牛晓光.河北太行山区典型民居建筑能耗分析及节能优化研究[D].河北省:河北地质大学,2024.
- [5]季广森.房屋建筑结构设计中的常见问题及对策分析[J].房地产世界,2023(22):54-56.

作者简介:李水明(1979.6—),男,毕业院校:内蒙古科技大学(原包头钢铁学院),本科学历,所学专业:建筑工程(土木工程),当前就职单位:浙江地标设计集团有限公司,职务:建筑结构设计,职称:工程师。