

结构设计优化技术在房建结构中的实践应用

韩辛辛

洲宇科技集团股份有限公司济南分公司 山东 济南 250000

摘要: 本文阐述了结构设计优化技术在房建结构领域的重要性, 体现在保障安全、控制成本、提升适用性及推动技术创新等方面。介绍了拓扑、尺寸、形状优化等核心技术及其原理与应用。探讨了该技术在基础、主体、节点构造设计中的实践, 如桩基、框架结构等的设计优化。最后提出保障应用效果的措施, 包括加强设计团队协作、引入数字化设计工具, 以及强化优化方案的验算与复核, 以此提高房建结构设计质量与效益, 促进建筑行业技术进步。

关键词: 结构设计优化技术; 房建结构; 实践应用

引言: 在房建结构领域, 随着建筑规模扩大与功能需求复杂化, 对结构设计提出了更高要求。结构设计优化技术应运而生且愈发关键, 它不仅关乎建筑物的安全稳定, 确保其在复杂工况下抵御各类外力, 还直接影响工程成本与资源利用效率, 助力实现经济效益最大化。同时, 该技术与建筑物的适用性紧密相连, 能提升空间利用率、延长使用寿命。此外, 结构设计优化技术还推动着建筑技术创新发展。本文将深入剖析结构设计优化的核心技术, 探讨其在基础、主体、节点构造设计中的实践应用, 并提出保障其应用效果的有效措施, 以期为房建结构设计提供有益参考。

1 结构设计优化技术的重要性

在房建结构领域, 结构设计优化技术扮演着举足轻重的角色, 其重要性体现在多个关键层面。(1) 从安全性角度来看, 结构设计优化技术是建筑物安全稳定的坚实保障。借助先进的力学分析方法和软件工具, 对结构受力情况进行深度剖析与精准模拟, 能够精准识别结构中的薄弱环节。通过针对性优化, 使结构各构件的受力分布更为科学合理, 有效规避局部应力集中现象, 显著增强结构抵御各类荷载、地震、强风等外力作用的能力, 确保建筑物在复杂多变的工况下始终保持安全可靠。(2) 在经济性方面, 该技术是实现成本控制与资源高效利用的有效手段。在严格满足结构性能要求的基础上, 通过精心挑选材料、合理调整构件尺寸、巧妙简化结构形式等优化策略, 最大限度地减少材料消耗。以梁、柱等关键构件为例, 优化其截面尺寸, 在保障承载能力达标的前提下, 大幅降低混凝土和钢筋的使用量, 进而有效节约工程造价, 提升项目的经济效益。(3) 适用性上, 结构设计优化技术紧密贴合建筑物的使用功能需求。它不仅能对结构布局 and 空间划分进行优化, 提高建筑物的空间利用率, 为使用者营造更加舒适便捷的环境;

还能通过优化结构的抗震性能和耐久性, 延长建筑物的使用寿命, 减少后期频繁维护带来的成本与不便。

(4) 结构设计优化技术的应用有力推动了建筑技术的创新与发展。在优化过程中, 设计人员不断探索新的设计理念、方法和技术, 促进了结构设计理论与实践的深度融合, 为房建行业的技术进步注入了源源不断的动力^[1]。

2 结构设计优化的核心技术

2.1 拓扑优化技术

拓扑优化技术是在给定的设计空间、荷载条件和约束条件下, 通过数学方法确定结构材料的最优分布, 以实现结构刚度最大、重量最轻等目标。该技术不依赖于初始设计方案, 能够从无到有地生成创新的结构形式, 为房建结构设计提供全新的思路。在房建结构中, 拓扑优化技术可应用于楼板、梁、柱等构件的设计, 通过优化材料分布, 去除受力较小区域的材料, 保留并加强受力关键部位, 形成更加高效的结构形式。例如, 在楼板设计中, 利用拓扑优化可得到受力合理的肋梁布置方案, 在减轻楼板自重的同时保证其承载能力。拓扑优化技术的核心是建立优化模型, 包括设计变量、目标函数和约束条件的定义。通过有限元分析方法对结构进行力学计算, 结合优化算法(如遗传算法、梯度算法等)迭代求解, 最终得到最优的拓扑结构。

2.2 尺寸优化技术

尺寸优化技术是在结构拓扑形式和形状确定的前提下, 以构件的截面尺寸(如梁的截面高度、宽度, 柱的截面边长等)为设计变量, 通过优化计算确定最优的尺寸参数, 使结构在满足强度、刚度、稳定性等约束条件的同时, 实现重量最小或成本最低等目标。该技术在房建结构中应用广泛, 适用于对已有结构方案进行精细化优化。例如, 在框架结构设计中, 可对梁、柱的截面尺寸进行优化, 通过调整尺寸参数, 使各构件的受力处于

合理范围,避免因尺寸过大造成的材料浪费,或因尺寸过小导致的结构安全隐患。尺寸优化技术通常采用灵敏度分析方法,确定各设计变量对目标函数和约束条件的影响程度,指导优化方向。结合数学规划方法,求解出最优的尺寸组合,实现结构的优化设计^[2]。

2.3 形状优化技术

形状优化技术主要针对结构构件的几何形状进行优化,通过调整构件的轮廓、曲线、曲面等形状参数,改善结构的受力性能,提高结构的效率。与尺寸优化不同,形状优化不仅改变构件的尺寸,还改变其几何形态。在房建结构中,形状优化技术可应用于拱结构、壳结构、幕墙支撑结构等的设计。例如,在拱结构设计中,通过优化拱的曲线形状,使拱截面在承受荷载时主要承受轴向压力,减少弯矩作用,从而提高拱结构的承载能力和经济性。形状优化技术需要建立精确的几何模型和力学模型,利用有限元分析软件对不同形状的结构进行受力分析,结合优化算法寻找最优的形状参数。该技术能够使结构更加符合力学原理,充分发挥材料的性能。

3 结构设计优化技术在房建结构中的实践应用

3.1 在基础结构设计中的应用

基础结构作为房建结构的关键构成部分,肩负着把上部结构荷载高效传递至地基的重任,其设计优化的成效直接关乎整个建筑物的安全性与经济性。(1)在桩基基础设计环节,尺寸优化技术发挥着重要作用。设计人员需综合考量上部结构荷载大小、地基土承载力特性等诸多因素,并结合桩基的受力机理,对桩的直径、长度、间距等关键参数展开细致优化。通过精准分析计算,确定最为适宜的桩型和尺寸参数组合,在确保桩基具备足够承载能力以保障建筑物安全稳定的前提下,尽可能减少桩的数量或者缩短桩的长度,进而有效降低基础造价,实现经济效益最大化。(2)对于筏板基础,拓扑优化技术是优化设计的得力工具。依据地基反力和上部结构荷载的实际分布状况,借助拓扑优化算法,确定筏板的最优材料分布方案。在受力较大的关键区域,适当增加筏板厚度并合理布置配筋;而在受力较小的区域,则减少材料用量,达成筏板基础的轻量化设计目标。(3)形状优化技术可应用于基础承台设计。通过优化承台的几何形状,改善其受力状态,使承台受力更为均匀,有效减少应力集中现象,从而显著提升基础结构的耐久性,延长建筑物的使用寿命。

3.2 在主体结构设计中的应用

主体结构作为房建结构的核心骨架,涵盖框架、剪力墙、筒体等多种形式,其设计优化的程度对建筑物的

整体性能有着决定性影响。(1)在框架结构设计方面,尺寸优化技术是优化梁、柱截面尺寸的关键手段。设计人员需构建精准的框架结构力学模型,深入分析其在竖向荷载与水平荷载共同作用下梁、柱的内力分布情况。以截面尺寸作为可变参数,以结构重量最小化为优化目标,在严格满足强度、刚度和稳定性等约束条件的前提下,运用专业的优化算法进行计算,从而确定最为合理的梁、柱截面尺寸,在保障结构安全的同时实现材料的高效利用。(2)对于剪力墙结构设计,拓扑优化技术可助力优化剪力墙的布置方案。依据建筑物的抗震设防烈度、平面布局特征等因素,借助拓扑优化方法,精准确定剪力墙的最优位置和数量。在确保结构具备足够抗侧移刚度的前提下,适当减少剪力墙的布置,有效增加建筑物的可使用空间,提升建筑的使用价值。(3)在筒体结构设计中,形状优化技术可用于优化筒体的截面形状和壁厚分布。通过合理调整筒体的几何形状,使筒体在承受水平荷载时受力更加均匀合理,充分发挥其强大的抗侧移作用,同时有效减轻结构自重,提高结构的经济性^[3]。

3.3 在节点构造设计中的应用

节点作为房建结构中连接各构件的核心部位,其性能优劣直接关乎结构的整体受力状态与安全性。对节点构造设计进行优化,对于确保结构传力可靠、有效减少应力集中现象起着至关重要的作用。(1)在框架节点设计领域,尺寸优化技术是优化节点区配筋的关键手段。设计人员需依据节点的受力特性,精准分析节点区的剪力、弯矩等内力分布情况。在此基础上,对纵向钢筋、箍筋的配置进行优化调整。在保证节点具备足够强度和良好延性的前提下,合理减少钢筋用量,同时简化施工工艺,降低施工难度与成本。(2)对于钢结构节点,形状优化技术大有用武之地。可运用该技术优化节点的几何形状,涵盖节点连接板的形状、螺栓的布置方式等。通过精心优化,使节点传力路径更为直接、顺畅,有效减少应力集中,进而提升节点的承载能力和抗疲劳性能,延长结构的使用寿命。(3)在预制装配式结构节点设计中,可结合拓扑优化技术,对节点的连接方式和构造形式进行创新优化。在确保节点的刚度和强度满足设计要求的同时,显著提高节点的施工便捷性,降低施工成本,推动预制装配式建筑的高质量发展。

4 保障结构设计优化技术应用效果的措施

4.1 加强设计团队协作

结构设计优化是一项系统性工作,需要设计团队中建筑、结构、机电等各专业人员的密切协作。建立高效的协作机制,明确各专业人员的职责和分工,在设计过

程中加强沟通与协调,确保各专业设计方案的兼容性和优化目标的一致性。例如,建筑专业在进行平面布局 and 空间设计时,应充分考虑结构优化的需求,为结构优化提供合理的设计空间;结构专业应与机电专业协调设备管线的布置,避免因管线穿越影响结构优化效果。通过多专业协作,实现房建结构整体性能的优化。定期组织设计团队进行技术交流和研讨,分享优化设计经验和案例,提高团队整体的优化设计水平。同时,建立设计评审制度,由团队成员共同对优化方案进行评审,及时发现问题并提出改进建议。

4.2 引入数字化设计工具

数字化设计工具为结构设计优化技术的应用提供了有力支持,能够提高优化设计的效率和精度。引入计算机辅助设计(CAD)、建筑信息模型(BIM)、有限元分析(FEA)等软件,实现结构设计的数字化、参数化和可视化。利用BIM技术建立房建结构的三维模型,将结构构件的尺寸、材料、荷载等信息集成到模型中,便于进行多方案对比和优化分析。通过有限元分析软件对结构模型进行力学计算和仿真分析,准确模拟结构在各种荷载作用下的受力状态,为优化设计提供可靠的数据分析依据。借助优化算法软件,如遗传算法软件、粒子群优化软件等,实现结构优化问题的自动求解,提高优化设计的效率和科学性。同时,利用数字化工具实现设计数据的共享和管理,便于设计团队成员随时查阅和修改设计数据,提高协作效率^[4]。

4.3 强化优化方案的验算与复核

优化方案的验算与复核是保障结构设计优化效果的重要环节,通过对优化后的结构方案进行全面的力学性能验算和可行性分析,确保其满足设计要求和使用功能。

(1)采用多种验算方法对优化方案进行验证,如手算验算、软件验算等,对比不同方法的验算结果,提高验算的

准确性。验算内容包括结构的强度、刚度、稳定性、抗震性能、耐久性等,确保优化后的结构在各种工况下均能安全可靠地工作。(2)对优化方案的施工可行性进行复核,考虑施工工艺、施工设备、材料供应等因素对优化方案实施的影响。例如,优化后的构件尺寸和形状应便于加工制作和现场安装,避免因施工难度过大导致成本增加或工期延误。(3)建立优化方案的复核制度,由经验丰富的设计人员对验算结果和施工可行性分析进行审核,确保优化方案的合理性和可靠性。对复核过程中发现的问题,及时反馈给设计团队进行修改和完善。

结束语

结构设计优化技术在房建结构领域意义重大,关乎建筑物的安全、经济与适用,且推动着建筑技术创新发展。拓扑、尺寸、形状等核心技术为优化提供了有力支撑,在基础、主体、节点构造等设计实践中成效显著。为保障技术应用效果,需多管齐下:加强设计团队协作,促进各专业深度融合;引入数字化设计工具,提升优化效率与精度;强化优化方案的验算与复核,确保方案安全可行。未来,随着技术不断进步,结构设计优化技术将进一步完善,为房建行业带来更高效、优质的设计方案,推动建筑向更高质量、更可持续方向发展。

参考文献

- [1]王乾玺.结构设计优化在房屋建筑设计中的应用[J].四川水泥,2020(11):275-276.
- [2]何辉,吴海,刘致君.房屋建筑设计中优化技术应用探讨[J].城市建筑,2020(30):119-121.
- [3]祝兵.结构设计优化技术在房建结构中的实践应用[J].建筑结构,2022,52(08):167.
- [4]卜文平,李桂亭.房屋建筑设计优化技术分析[J].工程技术研究,2021,6(13):184-185.