

高层建筑结构设计要点与优化方案

马 帅 张博民* 赵同伟

中国建筑第六工程局有限公司 天津 300160

摘 要：本文围绕高层建筑结构设计工作展开系统性研究，详细阐述结构体系选型、荷载作用控制、刚度稳定性及基础设计等核心设计要点。结合当下建筑工程设计现状，深入剖析结构体系适配性不足、配筋设计不精细、安全与经济性失衡、结构耐久性薄弱等突出问题。针对性提出结构布局调整、荷载配筋精细化、BIM 技术应用、新型建材适配等优化方案，并结合实际工程案例验证优化效果，为高层建筑结构科学设计提供可靠参考依据。

关键词：高层建筑；结构设计要点；优化方案

引言：城镇化建设进程持续推进，高层建筑成为城市建筑主流形式，其结构设计是保障建筑安全稳定、长效使用的核心环节。高层建筑工程复杂，受风荷载、地震作用、温度变化及地基条件等多重因素影响，设计难度远高于普通建筑。当前部分工程设计存在固化、精细化不足等问题，极易引发安全隐患与资源浪费。为此，本文梳理核心设计要点，排查设计现存问题，制定科学可行的优化方案，助力提升高层建筑结构设计整体质量。

1 高层建筑结构核心设计要点

1.1 结构体系选型设计要点

(1) 常见高层建筑结构体系各有适配特性。框架体系空间布局灵活，但侧向刚度偏弱，适用于低层高层建筑；剪力墙体系抗侧刚度大、整体性好，可有效控制位移，适配住宅类建筑；框架-剪力墙体系结合两者优势，兼顾空间实用性与抗震性能，适用范围最广；筒体结构空间整体性极强，抗风、抗震性能优异，多用于超高层建筑。(2) 结构选型需贴合多重条件。依据建筑高度匹配对应刚度体系，低层优选框架体系，超高层优先筒体结构；结合建筑功能预留空间，公共商用建筑优先框架、框架-剪力墙体系，居住建筑适配剪力墙体系；同时结合场地地质条件，软弱场地优先选用整体性强的结构体系，降低变形风险^[1]。(3) 复杂工况下需强化体系适配性。针对高烈度地震、强风、复杂地形等工况，需规避柔性结构体系，采用多重抗侧力结构组合形式，增设冗余受力构件，避免单一结构失效，保障极端工况下结构整体稳定。

1.2 荷载与作用效应设计控制要点

(1) 恒荷载、活荷载需精准取值与科学组合。恒荷

载按构件实际尺寸、材料容重精准计算，严控自重偏差；活荷载依据建筑使用功能取值，区分商用、住宅、公共区域荷载标准，同时按照规范完成多工况荷载组合，保障受力计算精准。(2) 风荷载与地震作用需合规设计。风荷载根据建筑高度、场地粗糙度、体型系数计算，超高层建筑需考虑风振效应；地震作用严格遵循区域设防烈度，采用对应计算方法，落实抗震等级与构造设防标准，保障结构抗震承载力。(3) 重视间接荷载防控设计。针对温度作用，通过设置伸缩缝、优化构件配筋缓解温度应力；针对地基沉降，提前预判沉降差值，通过结构构造优化、刚度协调设计，避免沉降引发结构开裂、变形。

1.3 结构刚度与稳定性设计要点

(1) 严格把控侧向刚度与层间位移。依据规范设定建筑侧向刚度阈值，避免刚度突变、薄弱层出现；严控层间位移角限值，确保风荷载、地震作用下，结构变形处于可控范围，保障建筑使用舒适度与安全性。(2) 落实整体稳定设计要求。通过验算抗倾覆、抗滑移承载力，控制结构偏心受力，优化配重与基础锚固设计，抵御水平荷载引发的倾覆、滑移风险，保证结构整体稳定。(3) 优化竖向传力体系。保证竖向构件连续完整，避免竖向受力构件错位、中断；梳理清晰传力路径，优化主次构件受力配比，实现荷载均匀传递，提升结构整体受力性能^[2]。

1.4 基础结构设计关键点

(1) 精准开展地基勘察与承载力核定。全面勘察场地土层分布、地下水、不良地质情况，结合勘察数据精准核定地基承载力，为基础设计提供可靠依据，规避地质隐患。(2) 规范主流基础形式设计。桩基础重点优化

桩长、桩径与桩位布置,严控单桩承载力;筏板基础注重板厚、配筋率设计,优化整体刚度,适配高层建筑上部荷载传递需求。(3)防控不均匀沉降。针对软硬土层交替、荷载分布不均问题,采用地基加固、基础刚度协调、沉降后浇带等措施,实现基础协同变形,有效控制不均匀沉降,保护结构完整。

2 高层建筑结构设计现存问题与影响分析

2.1 结构体系设计常见缺陷

(1) 结构体系选型与建筑工况适配性不足。部分设计人员照搬通用设计方案,未结合建筑高度、使用功能及场地地质、抗震烈度优化选型,出现低矮建筑采用刚度过剩体系、超高层选用柔性体系的问题,造成结构受力与实际工况不匹配,整体设计合理性不足。(2) 抗侧力构件布置不合理,刚度分布不均。剪力墙、框架柱等抗侧力构件布置随意,存在局部构件密集或缺失的情况,导致建筑平面、竖向刚度分布不均,易形成薄弱层与应力集中现象,地震及风荷载作用下会加剧结构局部变形。(3) 超高层建筑结构冗余度设计不足。部分超高层设计过度追求简约,构件受力储备不足,未设置多重抗侧力防线。单一构件受损后易引发受力连锁失效,大幅提升结构坍塌风险,存在严重的长期安全隐患^[3]。

2.2 荷载计算与配筋设计问题

(1) 荷载组合取值偏差问题。部分设计取值过于保守,无端放大荷载系数,造成建材浪费、造价攀升;也有部分取值偏小、组合不全,忽略特殊工况荷载作用,导致结构承载力不足,埋下安全隐患。(2) 关键构件配筋设计不合理。梁柱节点、剪力墙边缘构件作为核心受力部位,常出现配筋疏密不当、搭接长度不足等问题,削弱节点承载能力与整体性,易出现构件开裂、变形等质量缺陷。(3) 抗震配筋精细化设计不达标。设计仅满足基础配筋数值要求,忽视规范精细化构造要求,箍筋加密区间距、锚固构造、边缘构件约束等细节把控不到位,降低结构整体抗震耗能能力。

2.3 经济性与安全性协调失衡问题

(1) 过度追求结构安全造成资源浪费。部分设计盲目加大构件截面、提高配筋率,超出规范安全储备要求,大幅增加混凝土、钢材用量,造成建材损耗严重,项目建设造价偏高。(2) 片面压缩成本降低结构性能。为控制工程造价,刻意缩减构件尺寸、降低配筋标准,导致结构整体刚度不足、层间位移偏大,抗震、抗风性能不达标,严重影响建筑使用安全。(3) 施工适配性设计欠缺。部分设计方案理论性强、可施工性差,构件布

局复杂、节点构造繁琐,未结合现场施工条件优化,导致施工难度大、实操偏差多,返工率提升,间接增加工程综合成本。

2.4 结构耐久性设计薄弱问题

(1) 建材抗腐蚀、抗老化设计不足。混凝土抗渗、抗冻等级选型不当,钢材未做好防腐防锈专项设计,长期使用中易出现碳化、锈蚀问题,逐步降低构件承载力,缩短结构使用寿命。(2) 忽视环境因素对结构的长期影响。设计阶段未充分考量温湿度交替变化、雨雪侵蚀等环境作用,未设置针对性防护措施,长期温度应力与环境侵蚀会引发墙体开裂、构件老化等病害。(3) 缺失后期运维适配性设计。设计仅聚焦施工成型阶段,未考虑后期检修、加固、监测需求,关键受力构件运维空间不足,病害排查和修复难度大,不利于建筑长期安全运维。

3 高层建筑结构优化设计方案与工程应用

3.1 结构体系布局优化方案

(1) 基于建筑工况的精准结构体系选型优化方法。摒弃传统经验化、模板化的选型方式,结合建筑实际高度、使用功能、场地抗震烈度与风荷载条件开展定制化选型。低层及多层商业、办公建筑优先采用灵活度高的框架体系;中高层住宅采用框架-剪力墙体系;超高层建筑依据高度与荷载需求,匹配筒体或复合结构体系。同时结合场地地质优劣、地形高差等工况,规避体系与受力环境不匹配的问题,从源头提升结构适配性与稳定性。(2) 抗侧力构件对称化、均匀化布置优化策略。针对原有构件布置杂乱、刚度不均的问题,遵循对称、均匀、规整的布置原则,优化剪力墙、框架柱、支撑等抗侧力构件布局。保证建筑平面刚度中心与质量中心重合,有效减小结构扭转效应。竖向严控构件连续性,避免刚度突变、薄弱层、应力集中等问题,让结构在风荷载与地震作用下受力均匀、变形协调^[4]。(3) 多筒体、复合结构体系的协同优化设计方案。针对超高层复杂建筑,采用多筒体、框架-筒体复合结构体系,替代单一受力结构形式。通过优化筒体位置、筒体壁厚及框架柱排布,实现多构件协同受力,构建多重抗侧力防线。合理分配各构件受力比例,提升结构整体刚度、整体性与抗扭性能,同时保留建筑内部空间的使用灵活性,适配超高层复杂受力工况。

3.2 荷载与构件配筋精细化优化

(1) 基于规范的荷载精准组合与动态取值优化。严格依据现行结构设计规范,区分恒荷载、活荷载、风荷

载、地震作用的取值标准,摒弃盲目保守或偏小取值的问题。根据建筑使用场景动态调整活荷载参数,对屋面、走廊、设备层等特殊区域差异化取值。精准梳理多种荷载组合工况,筛选最不利受力组合进行结构验算,既保障结构安全,又规避荷载取值不当造成的资源浪费。(2) 构件截面尺寸合理化优化,平衡刚度与自重。结合结构整体刚度验算结果,对梁柱、剪力墙等构件截面尺寸进行精细化优化。对刚度富余的构件适当缩减截面尺寸,降低结构自重与自身荷载;对受力薄弱、变形偏大的构件适度优化截面,补足结构刚度。通过精准调控,实现结构刚度、自重、承载力三者平衡,减少无效自重荷载对基础及竖向构件的不利影响。(3) 精细化配筋设计,兼顾安全与材料利用率提升。针对梁柱节点、剪力墙边缘构件、箍筋加密区等关键部位,严格按照规范精细化配筋。优化钢筋间距、锚固长度、搭接方式,杜绝超量配筋或配筋不足的问题。统一构件受力与配筋分布规律,充分发挥钢筋抗拉性能,在满足抗震、承载及构造要求的前提下,大幅提升建材利用率,减少冗余配筋造成的成本损耗。

3.3 安全性与经济性协同优化策略

(1) 依托 BIM 技术的结构建模与仿真优化设计。利用 BIM 技术搭建高精度三维结构模型,还原建筑整体结构布局与构件细节。通过有限元仿真模拟风荷载、地震作用、温度应力等多工况受力状态,精准定位结构应力集中、刚度缺陷、构件冗余等问题。基于仿真数据迭代优化设计方案,修正不合理结构布局,提升设计精准度,减少后期施工变更与返工^[5]。(2) 结构冗余度合理配置,规避过度设计与设计缺陷。遵循“适度冗余、安全可控”原则,科学配置结构安全储备。针对超高层建筑关键受力构件保留合理冗余度,设置多重传力路径,抵御突发工况下的结构破损;对次要构件取消过度配筋、超大截面等冗余设计。精准把控结构安全储备阈值,彻底解决安全不足或过度设计的失衡问题。(3) 新型高强度建材应用的结构优化方案。积极采用高强混凝土、高强钢筋等新型节能环保建材,替代传统建材。高强度材料可在减小构件截面、降低结构自重的同时,提升构件承载力与抗变形能力,有效缩减建材用量、降低基础荷载。同时新材料耐久性、抗老化性能更优,可兼顾结构长期安全与工程经济效益。

3.4 工程案例优化应用与效果分析

(1) 选取某超高层办公建筑为研究案例,该建筑原设计采用传统框架-剪力墙体系。原设计存在构件布置不均、平面刚度不对称、局部应力集中问题,且部分梁柱配筋保守、构件截面偏大,结构自重偏大,整体经济性较差,同时抗震冗余度不足,存在轻微安全隐患。(2) 针对项目问题落实专项优化方案,将原有框架-剪力墙体系优化为框架-筒体复合体系,对称调整剪力墙与框架柱布局。精细化优化各构件截面尺寸与配筋方案,利用 BIM 仿真验算多工况受力,合理缩减冗余构件尺寸与配筋量,同时采用高强钢筋与高强混凝土替换传统建材,完善结构传力体系与抗震构造设计。(3) 优化后工程综合效益显著,结构安全层面,建筑层间位移、抗倾覆性能均满足规范高标准要求,结构刚度均匀,抗震、抗风性能大幅提升,无薄弱受力区域。经济层面,整体建材用量减少,结构自重降低,工程造价有效缩减,同时施工难度降低、返工率下降,施工效率提升,实现了高层建筑结构安全性、耐久性与经济性的协同提升。

结束语

高层建筑结构设计兼具技术性与系统性,需统筹安全、耐久、经济与施工适配等多重要素。本文全面总结高层建筑结构核心设计要点,深入分析现阶段设计工作中的各类缺陷与弊端,提出多维度、针对性的结构优化策略。经工程实践验证,优化方案可有效改善结构受力性能,平衡工程安全与造价成本,提升建筑整体耐久性。可为后续高层建筑结构设计、改造优化提供实用借鉴,推动建筑结构设计行业规范化、精细化发展。

参考文献

- [1] 黄佳林. 高层建筑结构设计中的抗震策略研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2025, 9(28): 58-60.
- [2] 叶灿辉. 高层建筑结构设计抗震性能优化关键技术研究 [J]. 新城建科技, 2025, 34(7): 87-89.
- [3] 赵金旺. 高层民用建筑结构抗震设计分析 [J]. 科海故事博览, 2025, 12(28): 36-38.
- [4] 陈伟. 超高层框架-剪力墙结构抗震性能分析研究 [J]. 安徽建筑, 2024, 26(9): 102-104.
- [5] 于志强. 某高层建筑剪力墙结构抗震性能不足与加固措施分析 [J]. 四川水泥, 2024, 11(8): 88-92.