

高层建筑结构选型设计及建筑结构优化设计策略

许鸿盛

江苏天楹环保能源成套设备有限公司上海分公司 上海 200120

摘要：高层建筑是城市发展的重要载体，其结构选型与优化设计直接关系建筑安全、经济性与使用功能。随着建筑高度不断增加，结构受力复杂程度显著提升，传统设计方法难以兼顾安全、经济与适用性多重目标。本文系统分析高层建筑常用结构体系的特点与适用条件，探讨结构选型的关键影响因素，并从概念设计、构件优化、抗侧力体系、材料选用等方面提出结构优化设计策略，为高层建筑结构设计提供系统化参考。

关键词：高层建筑；结构选型；优化设计；抗侧力体系；概念设计

引言：高层建筑是城市集约化发展的重要载体。随着建筑高度增加，水平荷载（风荷载和地震作用）对结构的影响显著增大，成为结构设计的控制因素。不同结构体系在受力性能、经济性、施工便捷性等方面差异显著，选型不当将导致造价大幅上升或安全隐患。结构优化设计则是通过合理调整构件布置和截面尺寸，在满足安全要求的前提下实现材料用量和成本最小化。本文立足工程设计实践，系统分析高层建筑常用结构体系的特点与适用条件，探讨结构选型的关键影响因素，并提出结构优化设计策略，为工程设计提供参考。

1 高层建筑常用结构体系及特点

1.1 框架结构体系

框架结构由梁柱通过节点连接形成承重骨架，竖向荷载下梁柱以受弯为主，水平荷载下通过节点刚性连接形成整体抗侧力机制。优点是平面布置灵活，适用于住宅、办公楼等建筑；缺点是抗侧刚度较小，侧向位移随高度增加显著增大，经济适用高度一般不超过30层或100米。按施工方式分为现浇整体式和装配整体式，按材料分为钢筋混凝土框架和钢框架。钢筋混凝土框架刚度较好、造价适中，应用最广泛；钢框架自重轻、抗震好，但造价高、防火要求严格。设计中需根据建筑功能、高度和设防烈度综合确定框架形式，必要时增设剪力墙或支撑改善抗侧性能。

1.2 剪力墙结构体系

剪力墙结构利用墙体作为主要承重和抗侧力构件，墙体截面高度远大于厚度，侧向刚度远大于框架结构。优点是抗侧刚度大、侧移小、抗震性能好，适用于高层住宅、公寓等开间要求不大的建筑；缺点是墙体布置受建筑功能限制大、自重大、基础费用高。经济适用高度可达40至50层或150米。按墙体布置和开洞情况分为整体墙、联肢墙等类型，联肢墙通过连梁连接墙肢，连梁在

地震中可通过塑性变形耗能。优化重点在于墙体合理布置——核心区墙体应连续贯通，连梁跨高比控制在合理范围内，避免破坏模式不佳^[1]。

1.3 框架-剪力墙结构体系

框剪结构融合框架与剪力墙的优点，剪力墙提供主要抗侧刚度，框架承担竖向荷载并提供平面灵活性。二者协同工作时，框架为剪切型变形、剪力墙为弯曲型变形，通过楼板强制协调使整体变形趋于平缓，水平力重新分配——剪力墙承担上部多余剪力，框架承担下部增加剪力。适用高度可达50至60层或200米，是应用最广泛的结构体系之一。设计中需合理确定剪力墙数量：过少导致侧移过大，过多影响功能且不经济；剪力墙宜对称布置在核心区或周边，避免偏心扭转。剪力墙与框架的刚度比是关键参数，应通过试算确定最优值。

1.4 筒体结构体系

筒体结构是超高层建筑的主要形式，利用外围或内部空间形成空间箱形截面，获得极大的抗侧刚度和抗扭刚度，适用高度可达100层以上。可分为实腹筒体、框筒体和筒中筒等类型。框筒体由密排柱和深梁形成网格状筒体，“剪力滞后”效应是设计重点——角柱受力远大于中柱，可采用束筒结构或斜撑框架缓解。筒中筒结构由内部核心筒和外部框筒共同工作，刚度叠加，经济性较好。设计中需重点关注筒体整体稳定性、剪力滞后控制及内外筒刚度匹配。由于受力复杂，风洞试验和弹塑性时程分析是超高层设计的必要手段。

2 高层建筑结构选型的关键影响因素

2.1 建筑高度与高宽比

建筑高度是决定结构选型的首要因素。随着高度增加，水平荷载引起的倾覆力矩和侧向位移呈平方和立方关系增长，成为结构设计的控制因素。不同高度对应不同的经济结构形式：30层以下（约100米）可选用框

架结构；30至50层（100至150米）宜选用框剪结构；50至80层（150至250米）宜选用筒体结构；80层以上（超过250米）需采用束筒或巨型结构。高宽比也是重要控制指标，高宽比过大时结构整体稳定性下降，风振响应加剧。我国规范建议高宽比不宜超过5至7，超限时需进行专项论证。高宽比大的建筑宜选用抗侧刚度大的筒体结构或巨型结构；高宽比小的建筑可选用框架或框剪结构。在实际工程中，建筑高度往往受控于规划条件和经济性分析，应在方案阶段就开展多方案比选，综合确定最优高度和对应结构形式^[2]。

2.2 抗震设防要求与风荷载

抗震设防是高层建筑结构选型的决定性因素之一，高烈度区（8度及以上）应优先选择抗震性能好的结构体系——剪力墙结构、框剪结构或筒体结构。这些结构有多道抗震防线，具有较好的延性和耗能能力。框架结构在高烈度区使用受限，如需采用应采取增设支撑或剪力墙等加强措施。结构布置应符合“均匀、对称、连续”的抗震原则，避免平面不规则和竖向不规则，防止扭转破坏和薄弱层破坏。风荷载对超高层建筑的选型影响显著。在台风多发地区（如东南沿海），风荷载往往超过地震作用成为控制工况。抗风设计需重点关注结构侧向刚度——限制顶点加速度和层间位移角，确保风振舒适度。圆形或流线型平面可有效减小风荷载；设置调谐质量阻尼器等减振装置可改善风振响应。高烈度地震区与强风区对结构刚度的需求方向一致（都需要较大刚度），但延性要求存在差异——抗震需要结构进入塑性耗能，抗风则要求弹性状态满足舒适度，需综合协调。

2.3 建筑功能与空间要求

建筑使用功能对结构选型提出差异化空间需求，住宅建筑对室内开间要求相对固定，墙体位置变化不大，适合采用剪力墙结构或框剪结构。剪力墙可兼作分户墙和隔墙，结构布置与建筑功能高度统一。办公楼等公共建筑需要大空间、灵活分隔，不宜设置过多剪力墙，应优先选用框架结构或框剪结构，柱网尺寸宜为7至9米。酒店建筑兼有标准客房（小开间）和公共区域（大空间），常采用框剪结构或筒体结构——核心区布置剪力墙或核心筒，外围采用框架柱。商业建筑则对柱网尺寸和层高有严格要求，宜选用大跨度框架结构。医院建筑对设备管线和空间灵活性要求较高，框剪结构是常用选择。结构选型时必须充分考虑建筑功能需求，结构与建筑的配合越紧密，项目的综合效益越好。设计中应避免为了结构受力合理而过度牺牲建筑功能，也需防止为了追求空间效果而采用不合理结构。

2.4 经济性与施工条件

经济性是结构选型的重要约束条件，不同结构体系的造价差异显著：框架结构造价最低，框剪结构适中，筒体结构及钢结构最高。但单纯比较建造成本不够全面，还需考虑使用周期内的综合成本——包括基础造价、工期成本、维护费用等。例如钢结构虽单方造价高，但自重轻可减少基础费用、施工速度快可缩短工期、增加使用面积，综合效益可能更优。施工条件也是选型的重要因素：当地材料供应情况（如是否有商品混凝土、钢材来源）、施工技术水平（是否有超高层施工经验）、气候条件（是否影响混凝土作业）等都会影响结构选型决策。预制装配式结构在构件运输便利、吊装能力充足的地区具有优势；现浇混凝土结构在劳动力充足、技术成熟的地区更为适用。对于超高层建筑，施工垂直运输效率对工期影响巨大，结构选型应尽量采用标准化的构件尺寸和节点构造，减少异形构件数量，降低施工难度。结构选型是技术、经济、施工三者的综合平衡。

3 高层建筑结构优化设计策略

3.1 概念设计阶段的宏观优化

概念设计是结构优化的源头，决定了结构方案的基本方向。宏观优化应在方案阶段完成，包括结构体系选择、柱网尺寸确定、抗侧力构件布置、结构缝设置等重大决策。概念设计应遵循“简单、规则、对称”的基本原则——平面形状尽量规则，避免L形、T形等凹凸不规则；竖向刚度均匀变化，避免出现薄弱层和刚度突变；抗侧力构件对称布置，使刚度中心与质量中心重合，减少扭转效应。在地震作用下，宜采用多道抗震防线的结构体系，即使第一道防线破坏，后续防线仍能承受荷载，防止整体倒塌。结构超长时需设置伸缩缝或采取无缝设计措施（设置后浇带、添加膨胀剂等）；不同结构单元之间需设置防震缝分开，避免碰撞。概念设计阶段还应开展多方案比较，每个候选方案应计算主要技术指标（单位面积用钢量、混凝土用量、层间位移角、周期等），通过定量对比确定最优方案。概念设计阶段决策正确，可以避免后续施工图中因方案缺陷而付出高昂代价^[3]。

3.2 构件层面的精细化优化

构件优化是在结构体系确定后，对梁、板、柱、墙等构件的截面尺寸和配筋进行合理调整。精细化优化的核心是实现构件受力性能与材料用量的最佳匹配——“强柱弱梁、强剪弱弯、强节点弱构件”是抗震设计的黄金原则，应贯穿于构件优化全过程。柱截面优化：按照轴压比控制截面尺寸——轴压比越小延性越好但混凝土用量增加，应在满足规范限值的前提下选择经济截

面；柱混凝土等级宜由下至上分段降低，避免统一高强度号造成浪费；角柱、边柱与中柱受力差异大，应区别设计而非统一截面。梁截面优化：主梁高度取跨度的1/12至1/10，次梁取1/15至1/12；荷载较小的次要梁可适当减小截面；矩形梁与T形梁的选择取决于楼板形式。板厚优化：双向板厚度取短跨的1/40至1/45，荷载大的区域适当加厚。剪力墙优化：墙厚由下至上逐层减薄；开洞位置及尺寸应结合建筑功能确定；连梁跨高比宜控制在2至5，以保证延性。构件优化需要配合电算程序反复试算，在位移和内力满足规范的前提下不断降低材料用量，目标是单位面积用钢量控制在45至70公斤/平方米。

3.3 抗侧力体系的专项优化

抗侧力体系是高层结构设计的核心，其优化直接关系到结构安全性和经济性。剪力墙优化布置：剪力墙宜沿建筑周边和核心区均匀、对称布置，避免集中一侧引起扭转；核心区剪力墙应贯通全高，厚度和混凝土等级可根据受力变化分段调整；开洞剪力墙需保证墙肢和连梁尺寸满足延性要求。框架-剪力墙的刚度比是控制设计的关键参数：剪力墙过少导致侧移过大和框架负担过重；过多则影响建筑功能且不经济。最优刚度比可通过试算确定——通常使剪力墙承担50%至70%的总水平剪力。框架柱截面优化：根据层数分段变化，下大上小；角柱、边柱宜采用矩形截面以增强抗侧刚度，中柱可采用方形截面以节约材料。楼盖体系对整体刚度影响显著：主次梁楼盖经济性好，适用于规则柱网；无梁楼盖层高小、自重轻，适用于层数较多的建筑；现浇空心楼盖自重轻、跨度大，适用于大空间建筑。设置支撑或阻尼器可进一步提高结构抗侧能力——偏心支撑具有较好的延性，屈服约束支撑既提供刚度又有良好耗能能力，黏滞阻尼器可有效减小风振和地震响应。

3.4 材料选用与构造优化

材料选择是结构优化的关键环节。混凝土强度等级选择：低层部分可采用C30至C40，中部宜采用C40至C50，核心筒底部加强区可采用C50至C60，不宜盲目追求过高强度（超过C60后延性下降，且高强混凝土价格大幅上升）。高强混凝土可减小构件截面，增加使用面

积、降低自重，但有脆性大、收缩大等缺点，需配合高强钢筋使用并加强构造措施。钢筋选用方面，优先采用HRB400、HRB500等高强钢筋——强度高可减少配筋量、降低加工和安装成本，但高强钢筋延性稍差，关键部位仍需配置足够延性钢筋。构造优化主要包括：节点区钢筋构造应保证传力可靠且便于施工；锚固长度和搭接长度应按规定计算，不宜统一取最大值；箍筋间距和直径应满足体积配箍率要求，核心区加密区严格保证；保护层厚度在满足耐久性前提下取最小值，可减小构件截面提高经济性。预应力技术适用于大跨度楼盖和转换层，可有效减小截面高度和控制裂缝，但施工复杂、造价高，需综合评估经济性^[4]。材料选用和构造优化的本质是实现“材尽其用”——根据构件受力特点选用匹配的材料等级和构造措施，使每份材料都发挥应有的作用。

结束语

高层建筑结构选型与优化设计是系统性工程。本文分析了框架、剪力墙、框剪、筒体等常用结构体系的特点与适用条件，探讨了建筑高度、抗震设防、建筑功能、经济性等因素对选型的影响，并从概念设计、构件优化、抗侧力体系、材料选用四个方面提出了结构优化设计策略。高层结构设计需在安全、经济、功能之间寻求平衡，通过多方案比选确定最优结构体系。未来，随着高强材料、消能减震、装配式技术及智能化设计手段的发展，高层建筑结构设计将向更高效率、更佳性能、更低资源消耗的方向持续演进。

参考文献

- [1]赵亚云.高层建筑结构设计问题及对策探讨[J].工程建设(维泽科技), 2024, 7(1):153-155.
- [2]李亚运.高层建筑结构设计中的抗震性能优化策略研究[J].砖瓦世界, 2026(1): 31-33.
- [3]史萌梦.高层建筑钢筋混凝土结构优化设计与应用——以陕西省咸阳市日月公馆为例[J].建设科技, 2025(17):98-101.
- [4]酒生林.高层建筑结构设计与分析[J].建设科技, 2024,(20):89-91.