

# 民用高层钢筋混凝土建筑结构设计优化策略

任 洋

杭州中联筑境建筑设计有限公司上海分公司 上海 200092

**摘 要：**随着城市化进程的加快，民用高层钢筋混凝土建筑日益增多。本文聚焦其结构设计，先剖析设计特点，后深入探讨荷载、建筑功能与空间布局、经济性等影响因素。在此基础上，从结构体系、构件截面、结构布置以及材料选用这几方面提出针对性的优化策略，旨在提升此类建筑结构的安全性、功能性与经济性，为相关设计人员提供有益参考，助力民用高层钢筋混凝土建筑结构设计更为科学合理。

**关键词：**民用高层；钢筋混凝土；建筑结构；设计优化；策略

引言：在当今城市建设蓬勃发展的背景下，民用高层钢筋混凝土建筑成为城市天际线的重要组成部分。其结构设计不仅关乎建筑的稳固安全，更影响着使用功能与经济效益。然而，高层钢筋混凝土建筑结构设计面临诸多挑战，受到荷载、功能布局、成本等多种因素制约。鉴于此，深入分析其设计特点与影响因素，并探寻有效的优化策略有着重要的现实意义，这也是本文的核心研究所在。

## 1 民用高层钢筋混凝土建筑结构设计的特点

民用高层钢筋混凝土建筑结构设计具有多方面独特特点。第一，竖向荷载效应显著，随着楼层增加，自重及使用荷载累积，对基础及下部结构产生巨大压力，需精确计算与合理设计承载体系。第二，水平荷载起控制作用，风荷载与地震作用在高层结构设计中至关重要，它们使建筑产生侧向位移与内力，设计时要确保结构有足够侧向刚度与抗侧力能力，如采用合理的结构体系与加强构件连接。第三，结构体系复杂多样，框架、剪力墙、框架-剪力墙等体系各有优劣，需根据建筑高度、功能与场地条件等灵活选用与组合，以实现结构效能最大化。第四，对混凝土与钢筋性能要求高，需二者协同工作，混凝土要满足抗压、耐久性要求，钢筋提供抗拉及韧性，且在节点与关键部位需特殊构造处理以保障整体性能<sup>[1]</sup>。

## 2 民用高层钢筋混凝土建筑结构设计影响因素分析

### 2.1 荷载因素

#### 2.1.1 恒载与活载取值

恒载主要源于建筑自身结构自重，包括梁、板、柱、墙体等混凝土与钢筋重量，以及固定的装修装饰材料重量等。其取值相对稳定，但因建筑材料种类与规格差异而有变化。活载则与建筑使用功能紧密相关，如住宅的人员、家具分布，商业场所的人群聚集与货物摆放

等情况多变。不同功能区域活载标准值差异大，且实际使用中活载分布具有不确定性，这些因素都使得恒载与活载取值在结构设计时需要谨慎考量，以确保结构能承受相应荷载作用而不发生破坏或过大变形。

#### 2.1.2 风荷载特性与计算

风荷载是高层钢筋混凝土建筑的重要水平荷载之一。其特性与建筑所在地区的气候条件密切相关，如沿海地区多强风、台风，内陆地区风况相对缓和。风速大小、风向变化频率、风的湍流特性等均影响风荷载。建筑的高度、外形轮廓、表面粗糙度等自身因素也对风荷载产生作用。较高建筑受风速梯度影响，不同高度处风荷载不同；复杂外形如弧形、凹凸面会改变气流形态，使风压分布不均。此外，周边建筑群体布局形成的风环境，可能导致局部风速增大或产生涡旋效应，这些复杂因素在风荷载计算时都必须综合考虑。

#### 2.1.3 地震作用分析

风荷载是高层钢筋混凝土建筑的重要水平荷载之一。其特性与建筑所在地区的气候条件密切相关，如沿海地区多强风、台风，内陆地区风况相对缓和。风速大小、风向变化频率、风的湍流特性等均影响风荷载。建筑的高度、外形轮廓、表面粗糙度等自身因素也对风荷载产生作用。较高建筑受风速梯度影响，不同高度处风荷载不同；复杂外形如弧形、凹凸面会改变气流形态，使风压分布不均。此外，周边建筑群体布局形成的风环境，可能导致局部风速增大或产生涡旋效应，这些复杂因素在风荷载计算时都必须综合考虑<sup>[2]</sup>。

## 2.2 建筑功能与空间布局要求

### 2.2.1 不同功能空间对结构布置的影响

民用高层建筑的不同功能空间有着各异的使用需求，从而深刻影响结构布置。例如住宅空间，房间相对较小且布局较为规整，多采用规则的框架结构或剪力墙

结构,以满足居住的稳定性与舒适性要求。而商业空间常需大跨度无柱空间,如商场中庭,这就需要采用特殊结构形式,如大跨度钢梁或桁架结构与周边框架协同工作。办公空间则介于两者之间,对空间灵活性要求较高,常采用框架-剪力墙结构,便于灵活划分办公区域。同时,像设备机房等特殊功能空间因设备重量与振动等因素,需对结构局部加强,可见不同功能空间的独特性显著制约着结构布置形式与细节设计。

### 2.2.2 建筑平面形状与立面造型对结构的影响

建筑平面形状对结构受力性能影响关键。规则的矩形平面受力均匀,结构传力路径清晰,利于设计与施工。而复杂异形平面,如L形、圆形或不规则多边形,会导致质量分布不均,产生扭转效应,使结构在地震或风荷载作用下受力复杂,需增加结构构件或特殊构造措施来抵抗扭转。立面造型方面,竖向规则的建筑结构受力稳定。但如果立面有缩进、悬挑或突变等造型变化,会使竖向刚度突变,在水平荷载下应力集中,易引发局部破坏。如高层顶部的退台设计,就需精细处理结构转换与加强,以保障整体结构安全与稳定。

## 2.3 经济性因素

### 2.3.1 结构材料成本控制

在民用高层钢筋混凝土建筑结构设计,材料成本控制至关重要。混凝土和钢筋是主要材料,其用量与强度等级直接关联成本。设计时需精确计算构件受力,避免过度保守设计而导致材料浪费。例如,在满足结构安全前提下,合理确定柱、梁等构件的截面尺寸与配筋率,可减少钢筋与混凝土用量。同时,根据建筑不同部位受力特点,选择合适强度等级的材料,如非关键部位采用较低强度等级混凝土,既能满足要求又能降低成本。

### 2.3.2 施工成本考虑

施工成本受结构设计影响显著。复杂的结构体系与构件形式会增加施工难度与工期,从而提高成本。例如,采用异形结构构件或特殊连接节点,需额外的模板制作、安装与拆除工序,耗费更多人力与时间。结构设计应便于施工,如选择标准化、模数化的构件尺寸,利于模板等周转材料的重复利用,降低材料损耗。合理的结构布置可减少施工过程中的交叉作业与施工顺序调整,提高施工效率,设计还需考虑当地施工技术水平与机械设备条件,避免因技术难题而增加施工成本,确保结构设计在施工阶段的经济可行性。

## 3 民用高层钢筋混凝土建筑结构设计优化策略

### 3.1 结构体系优化

结构体系的选择直接关乎民用高层钢筋混凝土建筑

的安全性与经济性。在进行结构体系优化时,需综合考量多方面因素。首先是建筑高度,不同高度范围对结构体系有不同要求。一般而言,低于30米的建筑,框架结构较为常用,其空间布局灵活,能满足多种功能需求;而30-100米的建筑,框架-剪力墙结构则能更好地平衡空间利用与抗侧力性能。当高度超过100米时,剪力墙结构或筒体结构往往更具优势,可有效抵抗风荷载与地震作用产生的巨大侧向力。其次,建筑功能也是重要因素。例如,对于商业综合体,由于需要较大的无柱空间,可采用部分框支剪力墙结构,将底部商业空间的剪力墙转换为框架柱,以实现大空间布局。再者,场地条件不容忽视。若场地处于地震高发区,应优先选择抗震性能优越的结构体系,如筒体结构具有良好的整体性与抗震能力;若场地土质较软,还需考虑基础沉降对结构体系的影响,可采用桩筏基础与合适的上部结构体系相结合的方式<sup>[3]</sup>。

### 3.2 构件截面优化设计

构件截面优化设计旨在提高构件的承载效率,减少材料浪费。对于梁构件,其截面尺寸与配筋需精确计算。依据梁所承受的弯矩、剪力与扭矩,在满足强度要求的基础上,通过优化算法确定合理的截面高度、宽度与配筋率。例如,可采用变截面梁,在跨中弯矩较小处适当减小截面高度,而在支座附近弯矩较大处增大截面,既能保证结构安全,又能降低混凝土与钢筋用量。对于柱构件,要考虑轴压比、弯矩与剪力的共同作用。根据建筑的层数、层高以及所承受的竖向荷载大小,确定合适的柱截面形状与尺寸。一般来说,方形或圆形截面在受力性能上较为均匀,矩形截面则可根据建筑空间需求灵活调整,合理配置纵向钢筋与箍筋,控制轴压比在合理范围内,避免柱发生脆性破坏。对于剪力墙构件,其厚度与配筋应根据所承担的水平剪力进行优化。在满足抗侧力要求的前提下,可适当减小非关键部位的厚度与配筋,而在墙肢端部、洞口边缘等应力集中区域加强配筋,提高材料的利用效率,降低结构自重与成本。

### 3.3 结构布置优化

在平面布置方面,应遵循对称、均匀的原则。将竖向构件如柱、剪力墙等尽量均匀分布在建筑平面内,使结构的质量中心与刚度中心尽可能重合,减少扭转效应。例如,在矩形平面建筑中,可将电梯井、楼梯间等集中设置在平面中心或对称轴附近,四周均匀布置柱网,这样在水平荷载作用下,结构受力更加均匀,要合理控制建筑平面的长宽比,一般不宜超过6,以防止因平面过长而导致结构抗侧力性能下降。对于有特殊功能要

求的大空间区域,如商场的中庭、宴会厅等,可采用转换层结构将上部荷载传递到周边的竖向构件上,但需对转换层进行详细的结构分析与加强设计。在竖向布置方面,要保证竖向构件的刚度均匀变化,避免出现刚度突变的情况。相邻楼层的柱截面尺寸、剪力墙厚度变化不宜过大,防止形成薄弱层。对于建筑顶部有退台、悬挑等造型变化时,需进行专门的结构分析与加强处理,确保竖向荷载与水平荷载能够顺利传递与分配,提高结构的整体稳定性与抗震性能。

### 3.4 材料选用优化

(1) 高性能混凝土的应用可显著提升结构性能。与普通混凝土相比,高性能混凝土具有更高的强度、更好的耐久性与抗渗性。在高层建筑中,采用高性能混凝土可减小构件截面尺寸,减轻结构自重,从而降低地震作用与基础负担。例如,在高层建筑的底部几层或大跨度梁、柱构件中使用 C60 及以上强度等级的高性能混凝土,能有效提高结构承载能力。(2) 新型钢筋材料如高强钢筋、耐腐蚀钢筋等为结构设计提供了更多选择。高强钢筋具有更高的屈服强度与抗拉强度,在相同受力条件下,可减少钢筋用量。耐腐蚀钢筋则适用于沿海地区或有侵蚀性介质的环境中,能有效延长结构使用寿命,减少后期维护成本。(3) 还需注重钢筋与混凝土的合理搭配。根据构件的受力特点与所处环境,选择合适的钢筋强度等级与混凝土强度等级组合。如在一般受力构件中,可采用 HRB400 钢筋与 C30 - C40 混凝土搭配,在重要受力构件或有特殊要求的部位,可采用 HRB500 钢筋与 C50 以上高性能混凝土搭配,以实现材料性能的充分发挥与优化利用,提高结构的整体质量与经济性。

### 3.5 基于计算机辅助设计的优化

第一,利用专业的结构分析软件,如 ETABS、SAP2000 等,能够快速且精确地对复杂的高层结构进行力学模拟分析。在设计初期,通过输入建筑的各项参数,包括结构体系、构件尺寸、材料特性以及荷载信息等,软件可迅速计算出结构在不同工况下的内力分布、位移变形等关键数据,为设计人员提供全面且准确的结构性能评估,以便及时发现潜在问题并调整设计方案。第二,例如在结构体系选型时,借助计算机模拟,可以

对比多种体系在相同荷载作用下的反应,直观地呈现出各自的优劣,辅助确定最适宜的结构形式。在构件设计环节,软件能够根据设定的优化目标,如最小化材料用量或满足特定的变形要求,对梁、柱、剪力墙等构件的截面尺寸和配筋进行优化计算,通过多次迭代运算,找出满足强度、刚度和稳定性等约束条件的最优解,避免了传统手工计算的繁琐与局限性。第三,计算机辅助设计还可实现可视化效果展示与协同设计。通过三维建模,设计人员可以清晰地查看建筑结构的形态以及各构件之间的连接关系,及时发现并修正空间布置上的不合理之处,多个专业团队如建筑、结构、给排水、电气等可以在同一平台上协同工作,共享设计信息,减少因沟通不畅导致的设计冲突与错误,大大提高了设计效率与质量,确保民用高层钢筋混凝土建筑结构设计从方案到细节都能得到全方位的优化,更好地满足现代建筑复杂多变的设计需求与高性能要求<sup>[4]</sup>。

### 结束语

在民用高层钢筋混凝土建筑结构设计领域,通过对结构体系、构件截面、结构布置以及材料选用等多方面的优化策略探讨与实践,可显著提升建筑的综合性能与经济效益。这些优化策略不仅能有效增强结构的安全性与可靠性,抵御各类荷载挑战,还能更好地满足建筑功能与空间布局需求,同时降低建设与运营成本。未来,随着科技的持续进步与建筑理念的不断更新,结构设计优化将不断融合新技术、新方法,为民用高层建筑的可持续发展奠定更为坚实的基础,创造出更多既安全实用又节能环保的建筑佳作。

### 参考文献

- [1]张浩.高层建筑钢筋混凝土结构设计的影响因素及策略分析[J].中国住宅设施,2020(10):12-13.
- [2]李扬.钢筋混凝土结构设计中的常见影响因素及优化措施[J].山西建筑,2019,45(09):47-49.
- [3]杨勤.关于高层建筑钢筋混凝土结构设计影响因素问题的探讨[J].建材与装饰,2019(46):106.
- [4]方敏华,刘立新.民用高层钢筋混凝土建筑结构设计优化策略[J].建筑结构,2019,43(10):59-63+30.