

# 民用高层钢筋混凝土建筑结构设计优化探究

张智鹏

中电建建筑集团投资公司

**摘要:** 城市化发展中, 建筑类型愈发多样, 对于高层民用建筑, 其结构设计中钢筋混凝土结构的应用规模逐渐扩大。相关人员想要发挥钢筋混凝土结构的运用优势, 还应掌握其设计要点。基于此本文对民用高层建筑中钢筋混凝土的设计原则、设计要点展开分析, 随后从建筑基础结构、平面布置、竖向布置等方面, 详细论述了钢筋混凝土结构的设计思路。通过研究可知, 只有结合民用高层建筑建设要求, 合理设置钢筋混凝土结构参数, 才能使建筑结构设计方案符合民用高层建筑基本需求, 保障其建设质量。

**关键词:** 民用建筑; 高层建筑; 钢筋混凝土; 结构设计

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.10.085

**引言:** 结合以往我国高层建筑运营情况来看, 部分建筑在投入使用后会暴露出较多问题, 整体结构设计无法满足建筑功能要求。因此, 在民用高层建筑广泛应用钢筋混凝土结构时, 应从抗震设计、结构设计、平面布置等方面, 优化钢筋混凝土建筑结构的整体设计方案, 提升民用高层建筑设计水平, 保障其建设质量, 使其舒适度、安全性和耐久性符合居住要求, 助力我国城市经济的发展。

## 一、钢筋混凝土建筑结构的原理

钢筋混凝土是建筑领域中的常用材料, 具有相同线膨胀系数, 且不会因环境的改变而导致应力变大。并且钢筋和混凝土本身的黏结力较强, 钢筋表面结构会直接加工为有间隔的肋条, 便于后期钢筋、混凝土的咬合。联合应用钢筋混凝土后, 混凝土材料中的Ca(OH)<sub>2</sub>会为钢筋提供碱性环境, 使其表面产生钝化保护膜, 避免钢筋在酸性、中性环境下存在腐蚀现象。因此, 在高层民用建筑项目中, 钢筋周围会布设15~30mm的混凝土作为钢筋保护层<sup>[1]</sup>。

另外, 混凝土结构的抗压强度明显大于抗拉强度, 所以素混凝土结构无法应用在存在拉应力的板结构、梁结构中。但是在将钢筋融入混凝土梁、板结构的受拉区后, 混凝土开裂后钢筋可承担相关主体结构的拉力, 从而利用钢筋抗拉强度较高、混凝土抗压强度高的特点, 增强建筑工程中钢筋混凝土结构抵抗外力的作用, 提升建筑结构承载能力, 保障民用高层建筑整体质量。

## 二、民用高层钢筋混凝土建筑结构设计原则

1) 安全性。现代建筑工程中钢筋混凝土结构被广泛应用, 但在设计环节, 还应保障民用高层建筑中钢筋混凝土建筑结构的稳定性。即遵照相关规范, 设计高

层建筑结构, 同时以提升高层建筑工程的结构稳定性为前提, 设置钢筋混凝土的各项参数。安全性是民用高层建筑结构设计的基础, 保证钢筋混凝土结构的安全性, 可以在建筑使用年限内, 减少各类突发状况导致的安全风险, 强化高层民用建筑的安全性能。

2) 耐久性。高层民用建筑项目建设周期长, 所需成本资金多, 钢筋混凝土建筑结构作为建筑物的重要部分, 会直接影响建筑的使用寿命。因此, 为节约相关建设资源, 需要在钢筋混凝土结构设计中, 兼顾建筑物的实用性与耐久性, 确保建筑使用年限。对此, 设计人员可按照高层民用建筑的年限设计, 科学选用钢筋、混凝土材料, 优化建筑结构设计, 用更可靠的设计方案, 增强建筑物耐久性, 如表1所示。

表1 不同建筑使用年限混凝土强度等级

环境类别和作用等级	高层民用建筑设计使用年限		
	100年	50年	30年
T-A	C30	C25	C25
T-R	C35	C35	C25
T-C	C35	C35	C30

3) 适用性。高层民用建筑中的钢筋混凝土结构设计质量同样会影响建筑功能, 所以设计环节还应坚持适用性原则。即按照用户诉求、民用建筑功能设计, 定位钢筋混凝土的主要作用, 针对性地展开钢筋混凝土结构设计, 使钢筋混凝土的抗震、抗裂、抗变形性能符合建筑功能要求, 可以为用户提供良好、舒适的居住环境<sup>[2]</sup>。

## 三、民用高层钢筋混凝土建筑结构设计要点

### (一) 结构选型

设计人员需要充分考虑结构选型工作, 避免因结构选型不合理而导致设计方案失调, 增加设计损失。目前, 对于民用高层建筑, 钢筋混凝土结构设计中的建筑结构选型应注意以下内容:

1) 布设剪力墙平面时, 设计人员应基于剪力墙设计相关的标准规范, 将墙肢截面高度比为5:8的剪力墙定义为短肢剪力墙。同时按照高层民用建筑钢筋混凝土结构应用短肢剪力墙的具体数据和已知经验, 通过提高短肢剪力墙的方式, 减少该结构对建筑设计造成的限制, 更灵活地使用短肢剪力墙<sup>[3]</sup>。

2) 设置嵌固端时, 设计人员在分析、计算高层钢筋混凝土建筑在结构参数时, 还应提前确定结构嵌固端位置。选择嵌固端位置是高层民用建筑设计钢筋混凝土建筑结构时的关键内容, 直接影响着结构内部各个构件

内力分配的合理性,有助于预防结构侧移。具体的嵌固位置可设置在钢筋混凝土结构中塑性铰的产生位置。

### (二) 建筑物舒适度

设计人员在民用建筑项目中设计钢筋混凝土结构时,还应通过各类控制措施,使钢筋混凝土结构设计能够增加建筑物舒适度。对此,设计人员可按照不同民用高层建筑的特点,改变其水平振动指标,使其结构色设计中顺风向、横风向顶点最大加速度、水平振动指标限值符合建筑要求,随后增设质量调谐阻尼器,确保建筑物的舒适度。并且为保证设计方案的可行性,设计人员还应及时解决钢筋混凝土结构“钢材传力”、“复杂节点钢材可靠性”问题。同时做好钢筋和表面加劲板、型钢表面加劲板的焊接工作,注意钢板开洞穿钢筋、钢筋混凝土连接套筒和表面焊接的整体设计。

## 四、民用高层钢筋混凝土建筑结构设计具体思路

### (一) 平面设计

在民用高层建筑项目中应用钢筋混凝土结构时,建筑结构平面设计应坚持布置简单、对称性原则,借此提升建筑结构对水平、竖向荷载的抵抗作用。由于建筑形状不规则会改变建筑物的抗震性能、钢筋混凝土结构设计整体性,所以设计人员在平面布置建筑结构时,还应避免选择严重不规则的平面结构。同时注意建筑平面结构、钢筋混凝土结构设计中,结构平面、长宽比的控制。

比如,对于过于狭长的民用建筑,其短向刚度低,两端钢筋混凝土结构的连接性差,导致建筑结构在震害发生时会出现振动不同步现象,严重影响着建筑抗震性能。建筑结构平面凹凸过大,伴有角度重叠情况时,震害时建筑结构的相对振动会使建筑内部分结构损害加大,影响平面楼板连续性,还会引起楼层错层风险<sup>[4]</sup>。

因此,设计人员在钢筋混凝土建筑结构设计时,应充分考虑平结构布置时平面刚度的均匀性,尽量使建筑结构的质心、刚心相互靠近,减少建筑结构的振动扭转力矩。然后将抗侧构件布设在建筑平面区域中靠近角部、外部的的位置。若建筑结构平面不规整,可通过调整抗侧构件的方式,减少结构扭转力矩,增强结构抗扭转能力,确保民用高层建筑结构设计的安全性。

### (二) 竖向及立面设计

高层钢筋混凝土建筑结构在竖向、立面设计中,结构同样应保持均匀、规则,避免因竖向、立面结构设计问题影响建筑刚度、实际承载力。在此期间,设计人员应避免不规则的布置各类竖向结构,建筑竖向结构不规则会导致建筑物存在外挑、内收过大的问题,容易影响建筑结构的侧向刚度、承载力,使建筑结构中产生薄弱层。对此,设计人员应严格遵守设计规范中的相关要求,及时根据竖向抗侧力要求,计算不同承载力时,建筑结构竖向、立面设计的实际参数。

除此之外,相关研究表明,建筑物内受部位变高

后,建筑结构收进后的平面尺寸会减少,建筑结构的侧振型反应会更加突出,使得建筑上部结构外挑增大,继而引起结构扭转效应。并且对于民用高层钢筋混凝土建筑,其顶层位置的收进设计较多,因结构扭转效应导致的刚度减少会造成振动鞭梢效应,使建筑结构的承载力减弱<sup>[5]</sup>。因此,设计人员可详细计算建筑顶层结构的设计要求,科学布设建筑内的墙、柱结构,提升建筑侧向刚度、承载力。

### (三) 基础结构设计

1) 基础设计。建筑基础结构的设计直接会改变整栋建筑物的安全性。设计人员应根据民用高层钢筋混凝土结构,优化设计建筑基础。对于建筑裙楼部分,设计人员可采用独立基础,主楼应用筏板基础。设计桩基承台、基础底板时,还应在使该结构满足设计要求的前提下,按照民用建筑项目的地质勘察报告、基础设计数据,评估基础结构设计的可行性。在此期间,设计人员不得随意增加钢筋长度、配筋率。

根据以往设计经验可知,建筑物基础部分一般会设计为通用的筏板或者由独立基础筏板+抗浮锚杆+防水底板组成的基础结构,后者可减少建筑结构中钢筋和混凝土的整体用量,同时可提升建筑结构的稳定性。但对于基础结构中的顶板区域,可布设十字形梁结构和较薄的覆土层,借此提高建筑基础结构的稳定性。

另外,若地质勘察报告显示建筑区域为特殊地质,可结合实况,调整基础建筑结构设计。比如建筑物下部持力层为中密卵石层时,基础结构设计时,裙楼基础可设计为独立基础+抗水底板,主楼基础可设计为筏板基础,地下室基础设计为抗浮锚杆结构。

2) 筏板厚度设计。设计桩筏基础时,设计人员可基于民用建筑的实际层数,估算筏板厚度,计算方法为建筑层数 $\times 50\text{mm}$ 。对于层数为28层的民用住宅建筑,筏板厚度约为1400mm。此外,设计人员还应分析建筑排桩设计,验算角桩位置、结构设计,以此控制筏板厚度。

### (四) 细部结构设计

#### 1、剪力墙结构设计

高层民用钢筋混凝土结构中,优化剪力墙结构设计的关键在于建筑结构的延展性、建筑结构的实际刚度。为使建筑结构延展性符合建筑质量要求,设计人员应提前计算建筑物所需的承载力,以及钢筋混凝土结构的抗变形能力,分析剪力墙对建筑延展性的作用。而在进行建筑结构刚度设计时,设计人员可按照建筑物的侧向位移、使用期间的自振周期优化建筑结构。首先,调整剪力墙的组成构件,全面评估钢筋混凝土结构中剪力墙的延性、刚度、承载力,使其结构设计能够满足建筑物稳固性要求。其次结合剪力墙结构的隔震和减震设计相结合,优化剪力墙结构。最后,利用剪力墙结构控制建筑物支撑座弹塑性层间位移角,提高弹性层间位移角的极限值,以此扩展民用高层建筑中钢筋混凝土结构的延伸

性和刚度。

## 2、结构抗震设计

民用高层建筑中，隔震、减震设计是钢筋混凝土结构设计的主要内容。设计人员可详细地分析当地往年地震强度等级，勘察、记录建设区域的自然地质水文信息，提前估算建筑物可能受到的地震冲击力度。然后编制地震安全评估报告，准确计算出建筑物的抗震强度，以此对建筑结构进行相应的抗震设计。比如以“大震不倒，小震不坏”为目标，坚持“强梁弱柱”设计原则，严格控制柱结构的轴压比，使其设计值不大于0.9%。设计梁柱结构的断面、配筋率时，还应重点加强角柱、边柱，对于角柱可以通过“全柱加密箍筋”的方式，增强其抗震作用。

## 3、框架结构设计

优化设计建筑框架结构时，设计人员可按照建筑物结构整体内力，确定建筑物内部结构中，梁结构、柱结构、其他构件之间的内力和内力方向，明确民用高层建筑的荷载效应水平要求。然后根据各结构件几何特征，计算建筑结构中的配筋量。使建筑框架中的钢筋分布符合设计要求，可以改变现有荷载作用下建筑框架中内力的分布发，使得建筑结构的受力更加均匀、合理，提高建筑物稳定性。

框架结构设计时，设计人员需重视柱、剪力墙设计，且梁、板结构中的配筋不宜调大。梁结构设计时，其截面高、宽，以及纵向受拉钢筋截面积、架立钢筋的截面积为主要设计变量，对该结构进行优化设计时，应重点调整设计变量。比如梁结构的截面应控制在正常取值范围内，配筋率控制在1.5%左右，次梁箍筋设计时，应提前规划好“加密区”、“非加密区”。

## 4、楼板结构设计

高层钢筋混凝土建筑结构设计时，楼板厚度较小时，建筑施工环节、使用阶段的裂缝风险较大。当楼板厚度过大时，则会浪费施工材料，增加不必要的建设成本。因此，优化设计建筑楼板结构时，还应减少大跨厚板的使用。设计人员可按照弹性假定方式，分析建筑楼板结构所需的厚度，同时根据楼板厚度，合理地布置钢筋，计算最小配筋率，使钢筋混凝土结构能够在增强楼板强度的基础上，不存在施工材料浪费情况。

另外，由于建筑楼板通常需要预埋水电、消防管道，所以在楼板结构设计时，设计人员应避免采用塑性假定设计。确定楼板结构中的最小配筋率时，还应考虑混凝土强度等级、钢筋强度等级。一般情况下，最小配筋率为0.2、0.45  $f_t/f_y$ 时，楼板厚度相同时，混凝土强度等级低、钢筋强度大，所以需要优先采用三级筋。并且楼板中的抗裂钢筋最小配筋率不得小于0.1%，选用120 mm的楼板时，应选用钢筋6@150。

## （五）地下室结构设计

优化设计民用高层建筑的地下室时，重点在于确保地下室底板、外墙结构中配筋率的合理性。设计人员在具体计算该结构的配筋率时，通常会出现假设条件、实际情况不匹配的情况。对此，在计算外配筋率时，设计人员在按照双向板、地下室结构对配筋率进行整体电算，但是若外墙带扶壁柱，还应考虑扶壁柱大小。计算扶壁柱配筋时，应基于外墙变形、扶壁柱的作用力，验算外墙双向板的实际荷载，准确地计算扶壁柱配筋率。避免出现外墙竖向配筋少、横向配筋多的情况。此外，对于和外墙相垂直，且和钢筋混凝土内墙相连的外墙，以及包含较大规格扶壁柱的外墙，其配筋率应按照双向板计算。对于其他外墙结构，配筋率可按单向板计算。

整体设计地下室结构时，设计人员还应注意考虑地下室防水要求，优化地下室轮廓设计。比如在设计地下室柱下基础承台时，还应采用反承台法，避免因承台基槽过多而导致防水施工困难。即设计方案中使地下室底板、承台下皮标高相同，且地下室内包含覆土层，承台结构设计时，应尽量简化基槽结构。借此减小地下室防水施工难度，控制施工周期，同时用覆土层消除地下室底板因地下水、地表水造成的水浮力，保证地下室防水施工质量。

## 五、结语

综上所述，高层民用建筑项目中，钢筋混凝土建筑设计具有系统性和整体性特点。相关人员可根据民用建筑对整体结构的要求，分别从基础结构设计、剪力墙设计、平面设计、楼板设计等方面，全方位的核算结构参数的合理性，有效控制钢筋混凝土结构设计内容。设计期间，还应基于设计规范详细的分析计算设计方案，完善细部构造设计，加强建筑结构强度、刚度、延性控制。同时科学对建筑薄弱结构进行设计分析，确保民用高层建筑钢筋混凝土结构设计方案的可操作性。

## 参考文献

- [1] 李喜乐. 钢筋混凝土结构设计中的常见问题及优化措施[J]. 居业, 2020, (06): 27+29.
- [2] 张伟. 浅析钢筋混凝土高层结构设计的常见问题[J]. 建材发展导向, 2020(6): 1-8.
- [3] 王好强, 安鸿彬. 钢筋混凝土框架结构房屋建筑与结构设计[J]. 城市建筑, 2020(9): 2-6.
- [4] 林云肖. 钢筋混凝土框架结构房屋建筑与结构设计[J]. 中国房地产业, 2020(5): 6-8.
- [5] 余波, 陶小磊, 丁自豪. 钢筋混凝土梁抗剪承载力模式的计算模式不确定性分析[J]. 建筑结构, 2021(11): 82-87.

作者简介：张智鹏（1981-），男，湖南澧县人，高级工程师，硕士，主要研究方向：施工技术与工程经济。