

# 高层建筑抗风优化设计和风振控制相关问题研究

童昕

身份证号码: 632123199110260023

DOI:10.12238/jpm.v3i11.5428

**[摘要]** 高层建筑的设计和施工为缓解人口压力以及改善人类生活环境提供了一定的支持和帮助,但是在不考虑地震问题,风荷载问题成为了限制高层建筑工程发展的最为严重的不利因素。众所周知,随着楼层增加,其风力强度等级也会随之增加,所以对高层建筑的要求除了满足基本居住需求,保证结构的稳定性和施工质量外,还需要确保抗风设计的效果极佳。很多沿海城市的高层建筑需要重点考虑其抗风能力是否达标以及其使用寿命是否满足需求等。因为沿海地区往往多存在海风,海风本身强度大且时间持久,所以需要重点考虑风荷载。同时海洋中成分非常复杂,若不能做好预防措施会导致建筑结构耐久性下降,进而给建筑工程的使用者带来严重的安全危机。本文以某临海高层住宅公寓为研究对象,分析其结构设计并重点分析其抗风性能和使用寿命,从而为改善高层建筑结构设计提供一定的理论支持。

**[关键词]** 高层建筑结构; 抗风设计; 耐久性设计; 结构设计

## Research on wind resistance optimization design and wind vibration control of high-rise buildings

Tong Xin

ID No.: 632123199110260023, Xining, Qinghai Province 8100001

**[Abstract]** The design and construction of high-rise buildings provide some support and help to relieve the population pressure and improve the human living environment. However, without considering the earthquake problem, the wind load problem has become the most serious adverse factor restricting the development of high-rise building engineering. As we all know, with the increase of floors, the wind strength level will also increase, so the requirements of high-rise buildings in addition to meet the basic living needs, to ensure the stability of the structure and construction quality, but also need to ensure the excellent wind resistance design effect. Many high-rise buildings in coastal cities need to focus on whether their wind resistance meets the standard and whether its service life meets the demand. Because the sea wind often exist in coastal areas, the sea wind itself is strong and lasting, so we need to focus on the wind load. At the same time, the composition of the ocean is very complex. If preventive measures are not taken, the durability of the building structure will decline, which will bring a serious safety crisis to the users of the construction projects. This paper takes a Linhai high-rise residential apartment as the research object, analyzes its structural design and focuses on its wind resistance and service life, so as to provide certain theoretical support for improving the structural design of high-rise buildings.

**[Key words]** high-rise building structure; wind resistance design; durability design; structural design

如今,在我国步入现代化发展的同时,越来越多的乡镇在逐步向城市发展,而城市在面临人口增长和土地面积矛盾的同时渐渐开始建设高层和超高层建筑,高层建筑的建设不仅改善了人民群众的居住问题,也为进一步发展和建设现代化城市提供了充足的劳动力。就建筑行业发展态势以及从业人员的态度

可知,高层建筑的发展前景依然良好且其结构设计更加多样化和多元化,虽然这对于提升人类居住环境发挥了巨大的作用,但是施工难度也随之增加。同时,若部分设计人员考虑的不够全面或经验不足会导致其设计方案存在一定的问题,这会导致建筑工程本身的功能受到影响,给建筑使用者带来一定的安全

隐患等。所以做好高层建筑设计,尤其是抗风设计对于持续优化沿海发达城市人民的居住环境提供了巨大的支持。

### 1 风对高层建筑结构的影响

水平荷载随着房屋建筑高度的增加而对其影响越来越大,而其中影响最大的就包含了风荷载。风荷载是高层建筑工程设计的重点考虑对象,因为在建筑材料逐渐向着强度更高、质量更轻的发展时,传统建筑材料的特点也被渐渐取代。比如,混凝土材料自重较大,其侧向刚度较为可观,但是新型建筑材料则不同,其侧向刚度较小,所以在强风力的作用下必然会出现较大的侧向位移和形变等,严重的情况还会导致建筑环境中的人群感受到建筑本身的动摇等,最终引发建筑结构开裂等严重的质量问题产生。考虑到高层建筑自重和使用环境等方面的影响,玻璃幕墙和框架结构是最常用的结构形式。由于风荷载的作用效果受到风的特征、建筑结构的高低、设计形态、建筑受风面积等因素影响,若设计出现重大缺陷或不符合国家相关设计标准,便会引发建筑结构失衡或局部开裂等问题,最终给建筑使用者带来巨大的安全威胁和巨大的经济损失等。另外,当风力等级达到6级时便会出现较大的呼啸声,地面风力达到一定等级时,高层便会出现严重的呼啸声,呼啸声会影响高层建筑内人群的正常办公和休息,甚至会给人带来恐慌的情绪等,所以高层建筑设计一般会将抗风这一项作为关注点之一。

### 2 高层建筑结构抗风设计的要求

考虑到高层建筑工程的结构特点、环境影响和抗风设计的目的以及建筑使用者对环境的要求等,笔者归纳和总结了几点具体要求:第一点是确保结构设计可以承受建筑工程所在地区的风荷载,避免因侧向水平荷载过大而引起结构失稳,避免结构倒塌等。第二点是在获知建筑所在地区的气候资料后,设计人员应当在明确风荷载的前提下,严格计算所有层的水平位移和相对位移,确保高层建设设计的位移值不会超过标准,这可有效降低建筑晃动过大或关键结构开裂等问题。第三点是在在保证基本抗风需求的同时降低风声等因素对建筑使用者的不利影响,避免因风力过大的噪声过大,避免影响使用者的正常工作、生活。第四点是若高层建筑工程外观采用玻璃幕墙,则应当充分考虑玻璃的强度和建筑所在的环境等,避免地区风力强度过大而导致玻璃破碎。

### 3 风荷载作用下高层建筑设计优化

#### 3.1 选择合理的设计参数

高层建筑设计师在设计前应当综合该建筑的作用和所在环境等完善相关参数,之后使用BIM设计软件完成该高层建筑的三维立体模型设计,之后通过将模型放在不同的风力等级环境中测试模型,从而提高结构设计参数的精度等。最后,根据获得的参数资料进一步完善高层建筑的设计。另外,BIM技术的应用为提高高层建筑设计效率,保证设计质量等发挥了重要的作用,应当不断扩大该技术的推广和应用。

#### 3.2 调整高层建筑的平面设计形状

高层建筑结构设计和其用途关系紧密且设计非常多元化,在明确业主意图后,和传统房屋设计的矩形平面相比,设计师可以采用流线型设计来降低风力对建筑本身的影响。这种设计可以降低风力扭力矩,降低风荷载效应等。同时,若采用多边形的平面设计也是非常可行的,但是要保证为正多边形,这些形状可有效平衡风向不同给建筑本身带来的不利影响。业主的审美和需求不同,平面设计的要求也会不同,除了以上常规的几种设计外,还有其他T型设计和H型设计等,也可用于高层建筑平面设计。但是平面设计的原则是降低风力对建筑本身的影响。

#### 3.3 优化高层建筑的体型设计

高层建筑的体型设计需要充分考虑风荷载的影响,其一般采用锥体或台体。因为这两种体型可有效减少受风面积,避免风荷载过大时对建筑物带来严重的损害,并且可以通过体型设计来控制建筑物的抗风比例。比如,高层建筑的长宽比值一般以2.5为最佳,最大不可超过4;高宽壁纸则一般以3.5为最佳,最大不可超过6。

#### 3.4 加强抗侧力体系

高层建筑的抗侧力水平的好坏和该建筑本身的高度联系紧密。而建筑本身的高度和其体型关系紧密,所以一般会通过调整高层建筑体型来改善抗侧刚度,从而保持后者呈现出渐变分布的态势。与此同时,部分高层建筑若采用长方体结构,那么优化竖向构件界面厚度也能够达到优化刚度设计的目的。在环境中采用并联高楼群体的方式可有效降低风荷载带来的影响,改善结构抗侧刚度等,但是这种方式对结构参数的要求较高,需要确认风洞试验结果后方可采用这种设计方式。

#### 3.5 采用泄风设计

若高层建筑的平面设计宽度较长时,无论是采用折线形还是弧形,均容易出现严重的风共振效应,严重时会引起高层建筑平面末端开裂掉落。其解决方法为改善泄风设计。在建筑结构中加设泄风口或者在和地面临近的区域加盖挑棚等,均可改善风力带来的下沉涡流的不利作用。

#### 3.6 采用高强度结构体系

为了改善高层建筑工程的抗风性能,采用高强度的结构体系是非常可行的,比如采用钢筋混凝土框架-核心筒结构体系便可以有效改善风力强度过大给建筑带来的危害。或者对于局部更容易承受强风的区域进行加固,比如提高墙、梁、柱的配筋率等,均可提高高层建筑的安全性和稳定性。

## 4 工程概况

### 4.1 工程简介

某高层住宅楼工程位于珠江三角洲某临海地区,其总设计面积为321106m<sup>2</sup>,其中包括11座高层住宅楼,本项目1#~6#高层住宅为板式塔楼,包括一层地下室结构和地上住宅部分共计33层,楼高为99.15m,设计高宽比为6.7左右,本工程采用剪力墙结构,首层层高为6.0m,其他层高均为3.0m。其平面设计结构详情见图1。

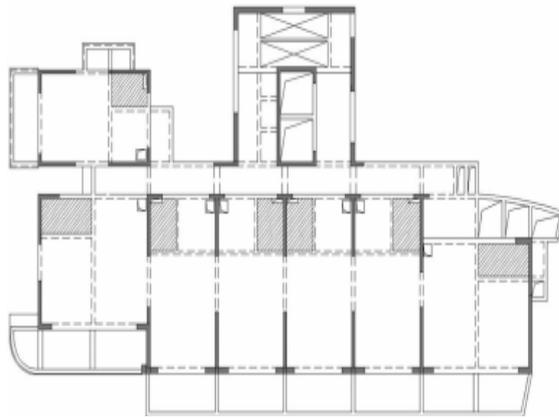


图1 标准层结构平面布置

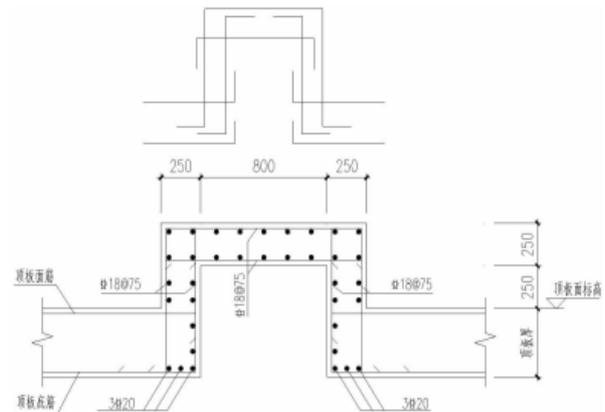


图2 顶板伸缩沟大样

#### 4.2 主要设计参数

本工程的结构设计使用年限为 50 年。建筑结构安全等级为二级，地基基础的设计等级为甲级。抗震设防烈度为 VI 度，II 类场地，设计地震分组为第一组，设计基本地震加速度值为 0.05g，特征周期 0.35s。地面粗糙度类别为 A 类，体形系数为 1.4，基本风压值取 0.70kN/m<sup>2</sup>。

### 5 结构设计特点及难点

#### 5.1 塔楼基础及底板

高层塔楼基础方案，根据地勘报告并结合造价比选的结果，采用锤击式高强预应力管桩基础。考虑到地下水、场地土对混凝土结构和钢筋具有弱腐蚀性，桩型采用 PHC500-125，B 型桩，并采用闭口型桩尖，尽量减少接桩数量，同时管桩保护层厚度应不小于 40mm，保证管桩混凝土及桩身的防护要求符合相关规范的规定。此外，因高层塔楼的抗风需要，塔楼下同时设置了抗拔桩和抗压桩，以满足在最不利荷载组合作用下的承载力需求。为了使承台及底板满足规范关于耐久性方面的要求，承台及底板混凝土等级采用 C40，保护层厚度 50mm，配筋时最大裂缝宽度按 0.2mm 控制，垫层混凝土等级 C20，厚度 100mm，并采用适当的表面防护措施。混凝土中最小胶凝材料用量、最大水胶比等指标均需满足相关规范要求。

#### 5.2 地下室顶板

由于地下室为超长无缝结构（长 570m、宽 130m），采取了如下抗裂措施：

(1) 顶板每间距 30~40m 设后浇带，后浇带采用微膨胀混凝土；设计中考虑温度应力的影响，提高楼板最小配筋率，每个方向的配筋率都不低于 0.25%。

(2) 采用低水化热的矿渣水泥，混凝土中添加粉煤灰代替部分水泥用量，控制砂率和水胶比等，同时采用 60d 龄期强度作为设计强度。(3) 控制混凝土入槽温度，加强混凝土振捣，加强养护（采用蓄水养护）并延长养护期；为了提高楼面质量，做好成品保护，在再次施工前应当在楼板表层覆盖遮光物来降低温湿度变化带来的不利影响。(4) 设置伸缩沟（见图 2），本工程地下室结构若存在细微的温度应力变形则可忽略，不必考虑。

#### 5.3 塔楼上部结构

(1) 本工程的 1#~6#住宅均为板式结构，采用矩形平面设计但是并不规则，所以刚度差异较为客观，高宽比超过一般设计要求，当处于极端天气时，其风荷载可能会导致剪力墙呈现偏拉墙肢的情况，所以应当将尺寸较小的剪力墙增大其厚度并适当延长墙肢，并且应当加固剪力墙两端，从而改善高层结构抵抗风荷载的能力，同时这种加固方法也可以一定程度上缓解地震带来的危害。

(2) 塔楼在设计结构构件时，需适当增加相关构件截面尺寸，同时按裂缝控制来进行配筋，以满足结构承载力及耐久性要求。在分析高层建筑结构的同时，考虑到塔楼结构保护层厚度非常可观，应当将混凝土容重值设置为 27kN/m<sup>3</sup>，这样其结果更加准确。

(3) 板式高层 29~32 层为复式住宅，楼板开洞较多，局部存在跨层剪力墙，故需复核相关剪力墙的承载力和配筋，并采用 SAP2000 软件的屈曲分析功能验算其墙体稳定性。楼梯间位置的剪力墙本身较为独立，没有在强化墙体衔接的同时增设对这一位置剪力墙的约束，所以应当加厚楼梯结构并将钢筋均锚入该剪力墙内 LaE，进而改善墙体的稳定性，为确保塔楼结构的安全性提供一定的支持。

(4) 本工程的高宽比数值超过 6，同时包含地下结构，当风荷载过大时，高层建筑结构的整体性会受到危害，根据 YJK 的计算结果，在风荷载最不利工况作用下，抗倾覆弯矩 Mr 与倾覆力矩 Mov 的比值为 6.08，不存在零应力区，满足规范要求。

(5) 屋架层层高为 6m，因为本工程所在地区为沿海地区，其风力等级较大且其平面设计比较特殊，在计算其抗风效果的同时应当设置剪力墙结构并适当加筋，从而更好的应对风力带来的影响。设计师在设计塔楼时，应当使用 SAP2000 软件反复计算和风力直接接触的墙体配筋情况和形变等，从而在保证建筑结构整体性的同时保证剪力墙结构的稳定性和安全性等。在风力等级最大的条件下，混凝土墙面外弯矩情况见图 3，忽略应力集中的位置后最大面外弯矩为 22.5kN·m，最大层间位移为 6.87mm，这表明屋架结构是可以有效抵御风荷载带来的变形等问题的。

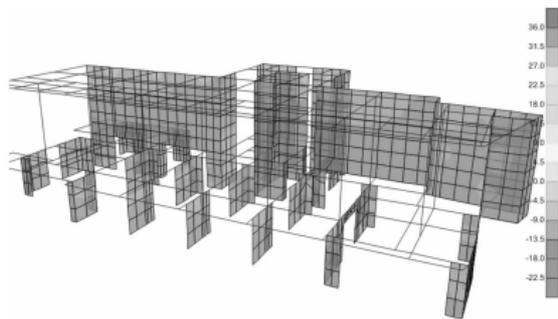


图3 屋架最大面外弯矩

### 6 结语

综上所述,随着高层建筑的设计和应用,我国现代化社会的建设获得了较为显著的成果,但是高层建筑的设计应当充分考虑到风荷载和临海环境带来的不利影响,为此应当持续加大对高层建筑抗风能力的重视,并确保高层建筑的使用寿命达到要求,进而在确保高层建筑结构稳定性的同时促进我国的长远发展。

### [参考文献]

[1]陈凯,唐意,金新阳.中国建筑科学研究院风工程研究成果综述[J].建筑科学,2018,34(9):56-65.  
 [2]韩小雷,程炜,季静.风荷载作用下结构侧向变形极限值的研究[J].建筑结构,2019,49(2):123-128.  
 [3]霍兴刚,刘昌昊,崔栋.高层建筑抗风抗震设计中存在的问题及对策[J].城市建筑,2019,16(27):112-113+129.  
 [4]高履伟.复杂高层与超高层建筑结构设计思考[J].住宅与房地产,2019(34):71.  
 [5]钟声华.风荷载作用下的高层建筑设计[J].建筑技术开发,2020,47(3):9-10.

[6]宋万鹏.风荷载作用下高层建筑结构设计分析[J].建材与装饰,2020(17):75+78.

[7]黄起益.强风压作用下福州平潭某高层住宅上部结构设计研究[J].福建建筑,2020(1):40-44.

[8]广东省建设厅.广东省锤击式预应力混凝土管桩基础技术规程:DBJ/T15-22-2008[S].北京:中国建筑工业出版社,2008.

[9]建设部,国家质量监督检验检疫总局.工业建筑防腐蚀设计规范:GB50046-2008[S].北京:中国计划出版社,2008.

[10]朱炳寅.高层建筑混凝土结构技术规程应用与分析[M].北京:中国建筑工业出版社,2013.

[11]张璐.超高层建筑风致振动及塔冠对风致响应的影响研究[D].石家庄铁道大学,2021.DOI:10.27334/d.cnki.gstdy.2021.000311.

[12]刘文成.高层混凝土框架结构拆除期台风响应可靠性研究[D].吉林建筑大学,2021.DOI:10.27714/d.cnki.gj]js.2021.000069.

[13]郭攀.大高宽比超高层建筑局部气动抗风措施大涡模拟研究[D].广州大学,2021.DOI:10.27040/d.cnki.ggzdu.2021.000248.

[14]林海波.大气密度时空变化对高层建筑风效应的影响研究[D].广州大学,2021.DOI:10.27040/d.cnki.ggzdu.2021.000400.

[15]唐立峰.双并列超高层建筑对大跨平屋盖风压分布特性的干扰效应[D].广州大学,2021.DOI:10.27040/d.cnki.ggzdu.2021.000714.