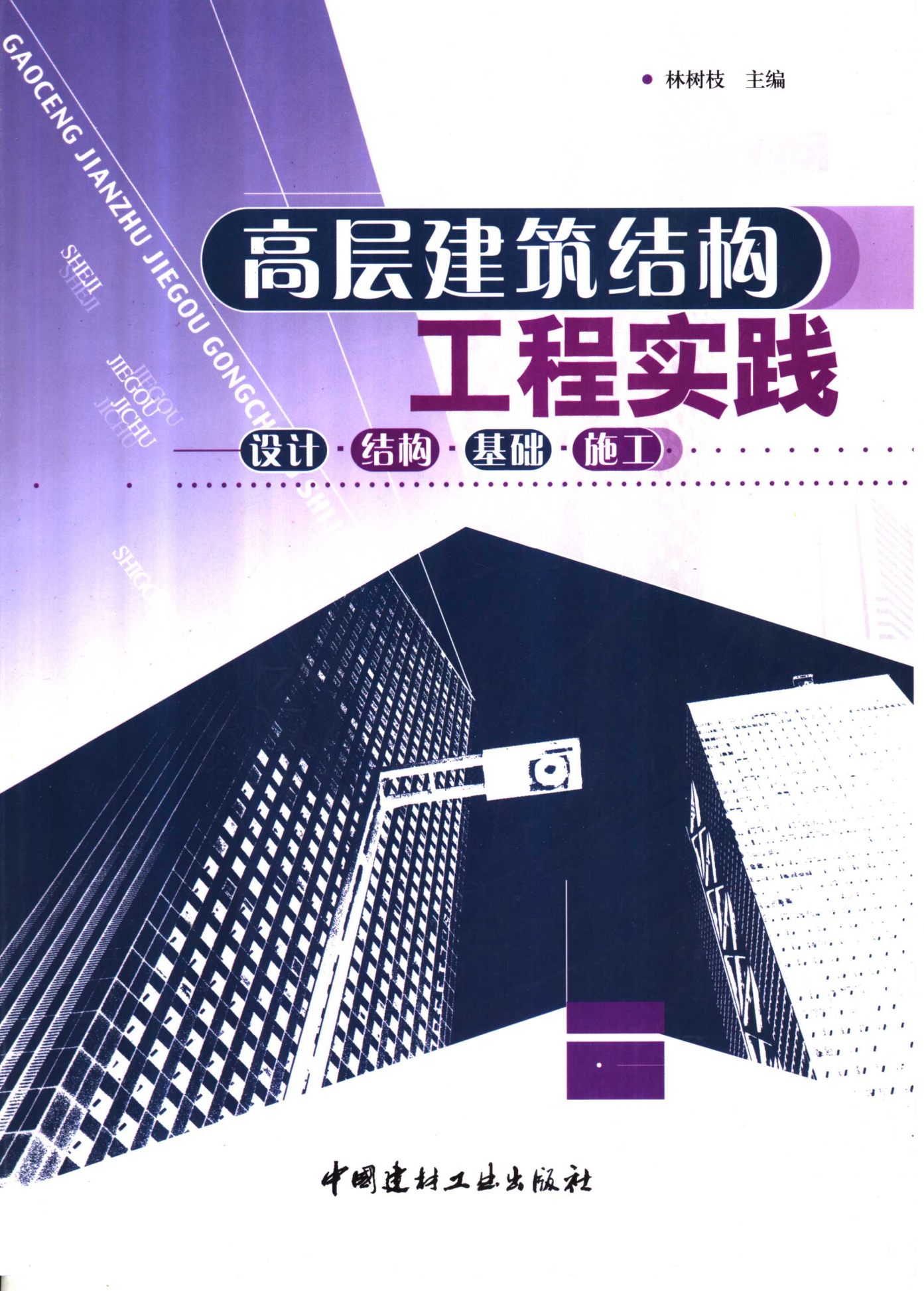


● 林树枝 主编

高层建筑结构 工程实践

设计 · 结构 · 基础 · 施工



中国建材工业出版社

高层建筑结构工程实践

——设计·结构·基础·施工

林树枝 主编

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

高层建筑结构工程实践: 设计·结构·基础·施工/
林树枝主编. —北京: 中国建材工业出版社, 2006.3
ISBN 7-80227-016-2

I. 高... II. 林... III. 高层建筑—建筑结构—结
构工程—文集 IV. TU973-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 004277 号

内容提要

本书收录了高层建筑结构设计、工程施工及地基基础方面的论文近 40 篇, 总结了近 20 年来厦门市高层建筑结构设计与施工实践。全书图文并茂、内容丰富, 较为全面地反映厦门市在结构与施工方面的现状和技术水平。

本书的撰稿人员及审稿者是长期在厦门从事结构设计、工程施工、建筑科研的工程技术人员和专家。书中涉及到了厦门市有代表性的高层建筑的结构设计、地基基础设计与工程施工等方面的内容, 其中有不少是非常成功且很值得推广的经验。希望本书的出版能为全国建筑行业的同行们提供有益的借鉴和参考。

高层建筑结构工程实践——设计·结构·基础·施工

林树枝 主编

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 14.5

字 数: 345 千字

版 次: 2006 年 3 月第 1 版

印 次: 2006 年 3 月第 1 次

定 价: 29.00 元

网上书店: www.ecool100.com

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 88386906

目 录

第一章 绪论	林树枝 (1)
第二章 综合篇	
1. 厦门市高层建筑抗震设防管理与实践	林树枝 廖河山 (8)
2. 超限高层建筑抗震设计及抗震审查	林树枝 (12)
3. 沿海高层建筑抗震设计与耐久性设计的使用年限和性能要求	石建光 郑翥鹏 雷家艳 (21)
第三章 结构篇	
4. 结构布置与建筑立面巧妙结合的筒中筒结构—厦门邮电大厦塔楼的结构设计	顾嗣淳 周晓飞 (28)
5. 厦门地区高层建筑超限形式和有关问题的处理	石建光 郑翥鹏 雷家艳 廖河山 (34)
6. 厦门国际会展中心 3 区钢结构设计	肖 伟 黎 文 吴耀华 张 煜 (38)
7. SRC 结构在超高层建筑中的应用	张惠莲 杨玛莎 项 强 (48)
8. 水平加强层对超高层结构框筒间不同连接形式的影响	阮永辉 柯 砾 (52)
9. 厦门国际银行大厦结构设计	朱兴刚 (55)
10. 高层框架-抗震墙结构在地震作用下内力重分布的近似计算	李少泉 沙镇平 (64)
11. 某工程框架—核心筒结构的设计体会	邓志宏 (73)
12. 短肢剪力墙在框支结构体系的应用	杨玛莎 陈在谋 (78)
13. 刚性加强层在超限高层建筑结构中的应用	杨玛莎 黎 文 (82)
14. 厦门东方时代广场空中花园结构设计	肖 伟 李胜利 刘 靖 贾凤苏 (88)
15. 厦门嘉盛海景大厦转换结构设计	柯 砾 (93)
16. 转换层结构转换梁刚度的探讨	谢益人 (98)
17. 小波分析在高层建筑动态监测中的应用	黄声享 刘经南 柳响林 (103)
18. $P-\Delta$ 效应对高层高耸结构地震反应影响的研究	陈礼建 (109)
19. 中国与日本在混凝土框架结构抗震设计中的比较分析	花林林 石建光 (116)
第四章 施工篇	
20. 厦门大华银行工程型钢混凝土柱安装	杨清江 (123)
21. 厦门九州大厦地下室逆作法施工	蒲生孝 李淑香 康伦恩 尹军华 叶明星 (127)
22. M55 大稠度补偿收缩砂浆配合比的设计研究及其应用	郭元强 林燕妮 黄温源 (132)
23. 厦门国贸大厦施工技术	李仲海 (138)

24. 厦门邮电大厦大体积混凝土施工	赵茂海 (143)
25. 厦门湖北大厦工程梁式转换层施工技术	杨善峰 (147)
第五章 基础篇	
26. 超长大直径钻孔灌注桩施工中的若干技术措施	肖 伟 (153)
27. 支挡技术在厦门深基坑围护工程中的应用	陈科荣 (157)
28. 厦门邮电大厦深基坑石方控制爆破技术	李 勇 李保明 (162)
29. 高层建筑基础以天然地基为持力层的设计与应用	陈在谋 (167)
30. 浅谈《地基基础设计规范》的设计方法	朱春明 (172)
31. 复合桩基新技术在厦门嘉益大厦高层建筑中的应用与创新 ...	林树枝 廖河山 (177)
32. 某基坑围护工程实录	李建龙 (184)
33. 地基土承载力计算新旧规范的比较	徐厦鹰 (189)
34. PHC 桩在厦门地区应用中有关问题的探讨	姚永黎 (197)
35. 大直径锤击沉管灌注桩在高层建筑中的应用	丁厚矩 (202)
36. 高楼基础下孔桩入岩爆破质点振速的控制	程鲁星 赵旭辉 (207)
37. 混合工艺解决高层建筑基础超深孔灌注桩质量控制实例	黄荣胜 李 旭 吴艺强 (211)
38. 大型基础底板最大温度收缩应力的估算与验证	吴 煦 (215)
39. 吉祥大厦深基坑超大环梁支护施工技术	叶念祖 (220)

第一章 绪 论

厦门市建设与管理局，厦门，361004 林树枝

1 厦门市高层建筑评述

厦门市是我国最早开放的通商口岸城市之一，自从鸦片战争以后，帝国主义列强在厦门设立了租界，并建设了大量的领事馆、教堂及其他欧式建筑，20 世纪 30 年代达到了鼎盛期，与此同时，海外华侨及归国华侨也在厦门建设了大量的商业建筑，并落地经商，使得建筑风格中西合璧、兼容并蓄。厦门也因此有了由华侨领袖陈嘉庚先生倡导的“嘉庚”建筑（以厦门大学、集美学村为代表）、鼓浪屿欧式建筑群（以八卦楼为代表）、将西方古典建筑中的券廊等形式与闽南的气候特点相结合而演变成的骑楼建筑（以中山路为代表）。近代以来，厦门市与其他城市一样，由于工业化带动了生产力的巨大发展与经济的繁荣，以及由于大工业的兴起，使得人口向城区不断集中，造成用地紧张，地价上涨，城市核心区的范围蔓延扩大。特别是自改革开放以来，厦门作为我国的五大经济特区之一，工业化、城市化不断加快，城市建设日新月异。为了在较小的用地上得到更多的建筑面积，建筑物不得不向高空发展，一座座高层建筑拔地而起。目前，厦门市高层建筑的数量已超过 600 幢，其中约有三分之一的高层建筑高度超过 100m。高层建筑主要集中在厦门本岛，其分布由于受土地开发成本、土地开发机制以及土地开发调控机制等诸多因素的影响而显现出一定的随机性。

高层建筑既可用于扩大城市的空间容量，还可用于构建城市的新景观，许多摩天建筑物已是国内外某些城市的主要标志，例如纽约的帝国大厦、上海的金茂大厦、东方明珠、迪拜的阿拉伯塔酒店、横滨的地标大厦等等。一般的高层建筑因其体量大，高度高，处在城市的重要制高点上，对城市的景观也会产生重大的影响。高层建筑能够创造出壮丽的天际线，错落有致的城市高层建筑群，为城市的天空勾画出了优美的轮廓，线条生动活泼、色彩缤纷多变。它所反映出的城市三维空间，是对城市建筑风貌的重构。城市的天际轮廓线有实、虚之分，实的天际线指的是建筑物的轮廓，虚的天际线则是指建筑物顶部之间连接的光滑曲线，一条优美的城市天际线，直接关系到城市的景观。由于高层建筑对城市天际线的构建起到重要的作用，因此，高层建筑的位置、尺度、体量、高度、颜色、风格的确定就显得至关重要。在这一方面，厦门已做了许多很有意义的探索。自 20 世纪 80 年代开始，国内百余家建筑设计单位、国外许多著名的建筑师事务所纷至沓来，在研究厦门近代骑楼建筑、“嘉庚”建筑、鼓浪屿欧式建筑群和得天独厚的自然景观资源的基础之上，认真探索走向未来的厦门建筑，尤其是高层建筑之路。厦门市的高层建筑不乏国际国内知名建筑师的力作，厦门国际

机场候机楼、国际会展中心、人民会堂、建行大厦、商业银行中心、国际银行、国贸大厦、大华银行等高层或超高层建筑，都称得上是上乘的建筑精品。在厦门的新城区，筼筮湖、江头、莲花、湖滨北路金融区，由高层建筑托起的优美的城市天际轮廓线已清晰可见。

高层建筑与城市相互交融，其位置、高度的确定，须充分考虑城市尺度和传统文化。不当的尺度会对城市产生不良的影响，会改变城市传统的历史文化，改变原来城市各构成要素之间有机的协调。厦门高层建筑的规划建设可圈可点的地方很多，但在看到成绩的同时，也应注意到一些值得商榷之处。厦门本岛与鼓浪屿岛之间夹有鹭江海域，原先具有宽大、雄壮之气势，但由于海滨大厦、建行大厦、国际银行大厦等大楼相继临海建设，使鹭江海域的尺度感变小了，失去了原有的雄壮。登上鼓浪屿日光岩，放眼厦门岛，鹭江道上的高楼似乎正堵在人们的胸口之上，会给人一种压抑的感觉。高层建筑产生这样的效果，无疑是一件憾事。高层建筑的发展还应考虑如何保护城市的历史文化遗产。必须保证高层建筑的建设不会危及原有的环境品质、原有的街区生活模式和原有的历史风貌建筑。中山路骑楼商业街是历史风貌建筑的典型代表，这是厦门富有个性、富有特色的建筑沉淀，为了不破坏这一亮丽的城市景观，中山路等历史街区沿街就不适合建设高层建筑。建筑临街面的尺度应更多地考虑对街道行人的视觉影响，也就是要考虑行人的舒适度。高层建筑主体因为尺度过大，应向后退，其底层的裙房可置于沿街部分，这样可减少高层建筑对街道的压迫感。中山路华辉大厦、宏辉大厦就采用了这一办法处理，高层建筑置于后，裙房置于前，临街两侧的建筑高度与街道宽度的比例协调，保持了街道空间及视觉的连续性，形成了良好的购物环境。历史风貌建筑是一个城市发展的见证，城市的建设必须沿着其历史的脚步进行可持续的发展，否则，辛辛苦苦建设出来的城市，将会成为一座没有内涵、没有底蕴、没有文化的城市。高层建筑单体本身也有尺度问题。高层建筑各构成部分的比例尺度，关系到建筑物的整体协调，裙房、主体和顶部等主要体块之间的恰当比例，能给人带来愉悦的感觉。设计时应更多地强调建筑单体本身整体尺度的均衡性，要能把握住建筑本身的秩序与规律。一个造型美的高层建筑关键是要处理好裙房、主体和顶部之间的尺度关系。这三个部分还要有更细的划分，细分成具有不同等级的尺度，使各个部分的造型丰富多彩。细分部分通常采用层高、开间的尺寸、窗户、阳台等人们所熟知的尺寸，使人们观察该建筑时很容易把握该部分的尺度大小。更细的尺度主要是指材料的质感。

高层建筑也并不是多多益善，厦门也不应该建设成高楼林立的混凝土森林。从负面的角度，高层建筑对其所在的城市街区具有重要的影响。建筑物的体量越大，影响也就越大。高层建筑影响到周围的城市环境，如光线、日照和自然通风等，还会对城市街区及其周围的小气候环境造成很大的影响。再者，高层建筑能耗过大，如空调、取暖和照明等需要较大的能量供应，从而产生大量的热量，改变了城市原有的热平衡关系，加剧了城市的热岛现象，恶化了城市的生存环境。此外，高层建筑还聚集了超大规模的人流、物流、车流，使城市街区交通拥挤、人流过度集中。因此，高层建筑的发展必须通过城市规划加以控制。一座高层建筑，其造型必须与城市街区及周围建筑相协调，其体量和尺度要能与城市的整体形象相一致，要适合于沿街的立面要求、周围道路的尺度要求以及所在街区的特色要求，要能满足所在地段的交通、环境和景观的需要。

厦门市是我国东南沿海的一颗璀璨明珠，素有海上花园之美称。城市空间环境优美，高

层建筑组合有序，具备了现代化国际性城市的雏形。在此基础之上，厦门的城市建设要再上一个新的台阶，我们唯有倍加努力。要使明珠更加夺目，就需要用心去精雕细琢。城市建设要再创辉煌，需要的是更新更好的规划建设理念。高层建筑的分布要结合各片区的建筑高度分区来建构不同的城市空间景观效果，应避免受到市场经济的冲击，以投资来促建设，规划跟着投资走，建设围着项目转。滨水地带适合建设低层建筑（如筓筓湖周围），一是可使离岸建筑享有水景，二是可节省大量建设投资（水边多为软土淤泥质地基，不宜建设高层建筑），三是建筑高度随离岸距离向后递进，可形成疏朗、丰富、优美的景观。鹭江道是厦门的外滩，面向鼓浪屿的建筑应以传统低层建筑（鹭江宾馆）的风格为主，这是鼓浪屿历史风貌建筑与现代建筑之间的过渡，无建筑风格的建筑及高层建筑宜尽量后退。各片区应编制城市设计导则，通过城市设计导则来控制不同区段的街景透视，并对影响街景的元素提出设计要求，包括建筑体量关系、广场空间的围塑关系、街道与建筑界面的尺度关系，以及临街建筑立面的虚实比例、开窗、材料、装饰、色彩、人行道宽度及行道树、路灯、座椅、广告牌等等。

2 高层建筑结构的优化研究

厦门已经建设或正在建设不少结构极其复杂的高层建筑，如：厦门国际会展中心（建筑面积 14 万平方米，体型复杂，顶部左右悬挑各 35m，钢与钢筋混凝土混合结构），厦门邮电大厦（66 层、高度 250m，钢筋混凝土筒中筒结构），远华国际中心（88 层、高度 392m，三道伸臂加强层，钢与混凝土组合结构），采用高位转换的南湖明珠、金秋豪园、世贸中心、世纪广场、科技大厦、嘉英大厦、嘉盛大厦、德馨大厦，采用厚板转换的安宝大厦，带加强层的建行大厦、交通银行大厦，具有连体结构的龙门天下，以及平面极不规则的东方时代广场等。在厦门，许多高层建筑开发商由于受到其经济实力的限制，往往将商场、办公、居住结合在一幢大楼里，底部商场，中部办公，上部住宅。这种功能不同的三合一建筑，在结构上就必须进行高位转换。厦门的复杂高层建筑以带有高位转换层的建筑居多，转换形式有梁式转换、箱式转换、桁架转换、厚板转换等。为了集中解决复杂高层建筑中的技术难题，使高层建筑既安全可靠又经济合理，并达到优化设计、节省造价的目的，近年来，我们组织进行了不同转换形式的高位转换层的抗震性能与抗震设计研究，以及异形柱、短肢剪力墙、型钢混凝土、钢管混凝土等结构体系及优化设计的研究，这些研究具有很好的社会效益和经济效益，并已收到良好的效果，主要有以下几项：

2.1 带异形柱或短肢墙的住宅建筑隔震体系优化设计

结合厦门地区的具体情况，把结构优化技术应用于带异形柱或短肢墙的住宅建筑隔震体系的优化设计中，即采用隔震技术提高结构抗震性能，采用小高层建筑提高土地利用率、降低住宅单位面积造价，采用异形柱或短肢墙结构来满足建筑功能平面布置及大开间的要求，并采用优化技术协调考虑这三个目标，在满足住宅功能要求和抗震性能的前提下，寻找造价最小的设计方案。

2.2 近场地震动作用下高层建筑的抗震性能与优化设计

以台湾集集地震中的近场和远场地震动记录为输入,对典型的高层建筑结构进行抗震性能分析和优化设计。首先利用 Hilbert-Huang 变换方法和混沌时间序列分析方法揭示近场地震动的运动特征,并建立强烈地震动记录的混沌时间序列预测方法。然后以台湾集集近场脉冲型地震动和同一场地的远场地震动为输入,考虑地震动的加速度、速度、位移峰值和脉冲持时等参数,研究厦门地区典型高层建筑的抗震性能。最后以台湾集集近场脉冲型地震动为输入,进行高层建筑结构优化设计。

2.3 带箱形转换层的高层建筑混凝土结构的工作性能与设计方法研究

针对带箱形转换层的高层建筑混凝土结构的工作性能(包括动力性能)进行研究,内容包括合理刚度比、施工过程、转换层布置的位置对高层建筑结构工作性能的影响,转换层结构的静力工作性能等;在理论分析和试验研究的基础上提出带箱形转换层的高层建筑混凝土结构的抗震设计方法。

2.4 七度抗震设防区厚板转换高层建筑结构抗震性能与抗震设计方法研究

研究内容包括:

- ①板厚的优化。
- ②转换板上、下层刚度比的控制。
- ③厚板的变形对竖向传力的影响。
- ④厚板应力-应变分布。
- ⑤框支柱、厚板及上部剪力墙的构造措施。
- ⑥上部剪力墙对厚板的约束作用及对上部板裂缝的影响和对应措施。
- ⑦二次浇捣混凝土叠合板的计算分析、构造措施和施工方法。

2.5 带箱(梁)式高位转换高层建筑抗震设计方法研究

①对拟分析的结构建立力学模型,采用三维有限元分析程序进行计算,并输入地震波作弹性动力时程分析。

②通过若干个典型结构的分析、研究,将箱式转换层设在3~6层不同高度时对框支剪力墙结构刚度突变的影响、内力和传力途径的影响及薄弱层的形成部位。

③主要侧重于理论分析计算,从结构层间位移角变化情况,剪力在各抗侧力结构间的分配与分布中研究其规律,进一步掌握箱式高位转换框支剪力墙结构在地震作用下的屈服机制及可能的破坏类型。

④提出框支层结构的等效刚度控制指标;转换层箱体上下板及其以上部位的剪力流向及大小;转换层上部墙体受其层间位移角及内力分布突变的影响层数,并提出所要采取的构造措施。

2.6 钢管混凝土高层建筑抗震性能试验研究

对高层钢管高强混凝土框架结构的抗震性能进行模型试验研究与非线性有限元分析, 为高层钢管混凝土建筑的工程设计提供可靠的试验与理论依据, 总结高层钢管混凝土建筑在强震下的破坏机理, 提出合理的抗震设计方法, 研制开发工程应用计算分析和钢管优化设计软件。

2.7 核心型钢混凝土组合结构抗震性能与设计方法研究

本项研究在国内首次系统开展了 CSRC 结构体系试验和设计方法的研究, 其成果可以解决 CSRC 组合结构抗震设计中存在的关键问题, 特别是解决了短肢剪力墙在住宅结构体系应用中的瓶颈问题和框架柱断面过大影响使用等问题, 从而为 CSRC 组合结构的合理设计提供可靠的试验验证和成套设计方法。

3 高层建筑工程地质的普查研究

厦门和昌中心拟兴建多幢 30 层以上的高层建筑, 选址在筼筮湖南岸湖中路与湖滨南路交汇处, 由于淤泥层很厚, 地质条件太差, 施工中最长的工程桩长度达 93m。该工程已耗资几千万, 历时十几年, 至今仍未出地面。这是项目选址失败的最为典型的例子。另一个例子是位于莲花公园北侧的某房地产开发项目, 该项目主体结构为大底盘双塔楼, 30 层、100m 高。项目选址也存在一些问题。该场地地质情况十分复杂, 基岩强风化界面埋深平均 45m, 个别点达到 63m。同时, 花岗岩残积土厚度达 30 ~ 40m, 而且其中孤石遍布成串珠状, 最大的孤石直径 17m。20 世纪 90 年代初, 我市一家施工企业曾因基地内孤石太多而造成桩基施工失败, 停工达十年之久。前不久, 我们先后组织全国 10 多位岩土工程与地基基础专家, 进行了多次的大楼地基基础设计方案的研讨和论证, 才使得这一工程得以复工建设。

由于容积率、建筑密度等规划指标的确定与地块的地质状况无关, 且开发商预先也没有获得相关的地质资料, 因此, 土地的取得无异于一种赌博, 运气好基础投资很省, 运气不好会遇到填不满的无底洞。日本的做法是在规划建设之前, 先进行地质普查, 划分可建设用地、适宜建设用地和不可建设用地, 并以此来指导规划。规划指标的确定综合考虑了地块的地质情况。厦门市的地质情况特别复杂, 基岩起伏很大, 深浅相差悬殊。为解决高层建筑建设中的工程地质问题, 我们组织进行了厦门全岛范围内系统的地质普查, 普查结果结合电子地图, 编制成厦门市工程地质信息智能系统, 该系统可用于划分高层建筑建设区域、多层建筑建设区域、公共绿地区域, 并用于指导规划的修改和调整。有了这一系统, 基建投资可大幅度节省, 规划建设也可避免盲目性。

厦门岛经 20 多年的开发建设, 已经积累了丰富的工程地质资料。厦门市工程地质信息智能系统充分吸纳了已建高层建筑的地质勘察资料, 包括地形、地貌、构造、地震断裂带、地下水及各种土体物理力学特性等资料, 并对资料欠缺的地段, 采用补充勘探的办法予以充实。该系统能全面反映厦门岛的工程地质状况, 通过计算机信息综合处理, 实现了对地质信息的管理、分析和利用, 能快速、全面、准确地为建设决策、城市规划、项目选址、旧城改

造提供工程地质资料,还可为高层建筑开发商提供咨询评估和决策支持。该系统的建成,大大改善了厦门市工程建设投资的软环境,同时,也标志着厦门市工程建设环境的研究已上了一个新的台阶。

4 高层建筑结构工程实践

本书共收录了高层建筑结构设计、工程施工及地基基础方面的论文 40 篇,这是对近 20 年来厦门市高层建筑结构与施工实践的经验总结。全书图文并茂、内容丰富,能较为全面地反映厦门市在结构与施工方面的现状和技术水平。其中有目前已建成的最高建筑厦门国贸大厦(45 层),有已完成设计但尚未建设的未来最高建筑厦门远华国际中心(88 层),有正在建设的超高层建筑厦门邮电大厦(66 层),有悬挑长度达 35m 的大型公共建筑厦门国际会展中心,有国内第一幢自主设计的高层钢结构大楼厦门九州大厦,还有国内第一幢石幕墙干挂高度超过 150m 的厦门建行大厦等等。

厦门拥有一批在设计上精益求精、在工作上踏实敬业的结构设计人员,由于在理论上有不少的突破,在设计上有了许多的创新,厦门市高层建筑在结构设计方面便有了很多亮点。例如:厦门远华国际中心,结构形式采用框架-筒体结构,核心筒由排列成五组工字形的钢筋混凝土剪力墙组成,外框由 14 根钢筋混凝土组合圆柱和 4 根钢筋混凝土方柱组成。在 16~18 层、44~46 层、72~74 层设置结构加强层,加强层由外框柱和核心筒间的伸臂桁架及外框柱间的腰桁架组成。原设计在 30~32 层、58~60 层也设置结构加强层,经设计人员认真分析、反复计算,最后去掉了这两道结构加强层,设计得到了很大的优化。厦门安宝大厦,地下 2 层,地上 31 层,框支剪力墙结构。地下室为车库和人防用房,地上 1~3 层为商场,4 层以上为公寓住宅。由于上下层轴线严重不对齐,在第四层不得不采用厚板转换,转换板平面尺寸长 47.5m,宽 27.69m,混凝土等级采用 C40,这种转换目前国内较少采用,属厦门市高层混凝土结构中第一块厚板转换层,经设计人员认真进行方案优化,最终选用 2.2m 厚的厚板进行转换。厦门国际银行大厦地下 3 层,地上 32 层,高度 146m。该大楼坐落在鹭江道,隔海与鼓浪屿相望。建筑设计要求扇型 300 度观海景,将核心筒置于标准层平面的北侧。这就造成结构扭转变形很大,属平面扭转极不规则结构。结构设计人员经认真研究,采取筒体北侧墙体弱化等措施,较好地实现了建筑设计意图,国际银行大厦也因此而成为厦门的高端写字楼。

在地基基础方面,厦门市的设计和研究人員也同样有许多的创新。厦门市高层建筑主要采用桩基础,桩型主要有预制桩、沉管灌注桩、人工挖孔灌注桩和冲(钻)孔灌注桩。桩基设计与施工的难点是如何穿透淤泥层、砂层以及孤石。厦门地区广泛分布有厚度不等的花岗岩残积土层,该层经常会随机蕴藏着直径由几十厘米至几米不等的孤石。桩基施工中遇到孤石是一个十分棘手的问题。处理时首先要仔细研究岩土地质情况,了解孤石分布的位置、埋藏深度、孤石的岩质情况,然后根据孤石不同情况,采取相应的技术措施。近期,厦门市在孤石的处理上已经有了许多的突破,最突出的项目,首推厦门嘉益大厦。该大厦地下 2 层,地上双塔各 30 层,100m 高,采用框支剪力墙结构体系,裙房为 3 层商场,单层面积约 3000m²,两塔楼标准层面积约 1800m²。该工程基岩埋藏较深,基岩之上具有较深厚的花岗岩

残积土层，且埋藏着大小不一的大量孤石，这些孤石给桩基施工带来极大的困难，鉴于此，该工程排除了采用以基岩作为持力层的传统桩基础做法，而是选用内径 1m，有效桩长 10m 的人工挖孔桩，遇到大孤石（厚度大于 2m）时即终孔，施工中尽量减少岩石爆破量，从而减少对土层的扰动，桩顶加设弹簧垫，并嵌入筏板之内，主楼下筏板厚 1.6m，裙房下筏板厚 1.2m。利用桩顶弹簧的压缩变形来调整各桩之间的不均匀沉降，并使桩土共同工作。这一复合桩基方案充分考虑了本场地地基土承载力较高、地下孤石较多的特点，尽可能地减少爆破，使原状土少受扰动，尽量利用地基土的承载力以及孤石的抗沉降能力，把孤石多这一不利因素变为有利因素。此外，本方案还大胆地提出了在桩顶设置弹簧垫的设想，有了此弹簧垫，不管人工挖孔桩的桩端是否落在孤石上，也不管桩周摩阻力有多大，它都能起到类似于摩擦桩受力后产生刺入变形的效果，保证了筏板以下的地基土能发挥作用，并使筏板产生较均匀的沉降，而且不会出现过大的局部弯曲变形和应力集中。这种人工挖孔桩，外加桩顶弹簧垫的设计思想，为设计非摩擦型桩复合桩基，调整不均匀沉降，提供了一种有效的方法。这一基础设计方案的工程造价比采用全旋喷桩复合地基的方案要节省 600 万元以上，比嵌岩桩基方案要节省费用超过 1000 万元。

第二章 综 合 篇

厦门市高层建筑抗震设防管理与实践

厦门市建设与管理局，厦门，361004 林树枝 廖河山

摘 要 本文首先简要论述了厦门市的地震环境，然后全面总结了厦门市高层建筑抗震设防管理的实践经验，介绍了高层建筑设计审查的分类管理办法。最后，本文还就如何抓好高层建筑抗震专项审查进行了有益的探索。本文的观点可供建设行政主管部门在抗震设防管理中借鉴。

关键词 抗震 高层建筑 管理

1 厦门市的地震环境

厦门市属我国东南沿海最早对外开放的城市之一，改革开放以来，社会经济发展迅速，城市规模不断扩大，目前正逐步从海岛型城市向海湾型城市拓展。厦门市地处长乐—诏安地震断裂带中部，历史上发生在方圆 300 公里范围内的 7 次 7 级以上地震中，有 3 次发生在此断裂带上，即 1604 年泉州海 8.0 级大地震，1600 年南澳 7.0 级地震和 1918 年南澳 7.3 级地震，受此断裂带地震的影响，厦门市历史上曾遭遇过二次地震裂度 7 度（局部地区 8 度）的破坏及多次 6 度烈度的破坏。1992 年以来，随着我国进入第五次地震活跃期，厦门邻近地区已发生 10 多次 5.0 级以上地震，其中 1994 年 9 月 16 日东山岛海外 7.3 级地震及 1999 年 9 月 21 日台湾南部集集地震（7.8 级），均对厦门市造成强烈影响。因此，在 20 世纪 80 年代中期，国家已把厦门市列入全国重点抗震设防城市，在 2002 年颁布的新版地震动参数区划图中，厦门市的抗震设防烈度已由 7 度提高到 7.5 度（ $0.15g$ ）。显然，厦门市的地震形势不容乐观，城市建设是处在一个地震危险性相对较高的环境下进行的，因此，如何确保在未来的地震中人民生命财产的安全，这是每一个建设者、管理者不得不面对的严峻挑战。

2 高层建筑抗震设防管理的实践

厦门市抗震办于 1993 年 9 月配合建设部专家组对部分高层建筑进行抗震设防审查，并于 1994 年起全面开展新建工程的抗震设防审查。2000 年后，随着我国施工图审查制度的建立，厦门市的施工图抗震审查列入施工图设计文件的审查范围，转由专门成立的施工图审查

机构（中介组织）来完成，而抗震办作为厦门市抗震行政管理部门，继续对全市的施工图设计文件及其审查行为进行宏观的监督管理和政策性指导。

（1）自 1996 年开始，厦门市的高层建筑抗震设防审查就一直分三类进行管理。第一类为一般高层建筑，即高度在 80m 以下、结构平面与竖向设计基本规则、结构体系较简单的高层建筑；第二类为特殊高层建筑，即高度在 80m 以上，但尚未超过抗震规范和高层建筑结构设计规范的适用范围或者高度虽在 80m 以下，但结构体系较复杂、平立面布置特别不规则的高层建筑；第三类为超限高层建筑，即结构总高度、高宽比或体形规则性超出现行有关技术标准的高层建筑。对于一般高层建筑，在 2000 年前我们依靠市抗震办自身的技术力量进行抗震安全性审查，而且是无偿为社会提供服务；2000 年后成立了施工图审查所，用户可直接委托审查所进行抗震安全性审查，其收费已包含在施工图审查收费之中。对于特殊高层建筑，我们依据《厦门市建设工程抗震设防管理办法》（厦门市人民政府令第 58 号）的规定，组织本市结构和抗震方面的资深专家进行专项审查，并就设计单位所提出的特别加强措施和抗震分析方法、计算结果进行详细的论证，重点是确保结构的抗震安全性。此类高层建筑的抗震专项审查一般仅在初步设计阶段与初步设计审批同时进行，不影响业主的建设周期，到了施工图阶段，直接由市抗震办（2000 年前）或施工图审查机构（2000 年后）进行复核把关，不再进行第二次抗震专项审查。在对此类高层建筑进行抗震专项审查时，有时也邀请全国的部分著名专家前来指导并参与把关。对于超限高层建筑，我们先是依据上述 58 号市政府令（1998 年前）、后是依据 59 号建设部令即《超限高层建筑工程抗震设防管理规定》（1998 年后），组织全国著名专家进行抗震专项审查。由于 59 号部令及配套文件是在总结了厦门、福州等少数城市抗震专项审查经验的基础上出台的，因此，可以说，厦门市自 1996 年开始的超限高层抗震审查的程序和方法均已在 59 号建设部令和全国超限高层建筑工程抗震设防审查实施细则中得以体现。超限高层的抗震专项审查一般需进行两次，即在初步设计与施工图设计阶段各举行一次，而且在 59 号部令后，市抗震办仅负责专项审查工作的申报和会议的组织，并负责将审查结果报福建省建设厅或建设部审批。

（2）近十年来，厦门市抗震办除了完成 2800 多项、4000 多万平方米建筑工程施工图的抗震设防审查或督查外，共组织了 30 多次特殊高层建筑的抗震专项审查，16 幢 30 多次的超限高层建筑抗震专项审查。其中有闻名全国的厦门国际会展中心（15 万平方米钢与钢筋混凝土混合结构）、厦门邮电大楼（66 层、高度 250m、钢筋混凝土筒中筒结构）和 88 层的远华国际中心（组合结构），还有采用厚板转换的安宝大厦，采用加强层的建行大厦和平面极不规则的东方时代广场等。通过抗震专项审查，不但大大提高了我市高层及超高层建筑抗震设计的安全性，同时还充分发挥国家级专家的智慧和经验，为建设单位提供了大量的优化设计建议，既节省了工程造价，又使得结构设计更加科学合理，同时又能更好地满足建筑创意和使用功能的要求。比如厦门交行大厦经专家审查后，建筑层高降低了 0.2m，在原设计总高度不变的情况下，增加了两层的使用面积；中闽大厦经审查后，改变了原电梯井筒内隔墙厚、外墙薄的不合理现象（原电梯门侧墙厚 70cm，人要走两步才能进入电梯），使大楼核心筒的抗扭刚度大大增强，同时也节约了几十万元的造价。再如育秀中心四幢高层建筑经专审后，业主又多次带着图纸到北京向参加审查的专家进行咨询，使得结构抗震设计越来越合理。还有一个外资项目，在初步设计阶段我们根据该工程的特点建议举行一次抗震专项审查

会,开始时业主抵触情绪很大,总担心会增加造价。但经过专审后,业主发现不但没增加造价,反而使上部结构剪力墙数量有所减少,这样,既打消了业主的疑虑,又使其认识到抗震审查的作用。图纸修改完后,业主再次要求举行专家咨询会。此外,通过高层、超高层建筑的抗震专项审查,大大促进了厦门市设计行业结构设计整体水平的提高。在 20 世纪 90 年代初期,由于国家的抗震设计规范和高层建筑设计规范刚刚颁布,作为改革开放试验田的厦门,其高层、超高层建筑的建设也刚刚起步,本地建筑设计院或外地驻厦设计单位,连一般高层建筑的设计经验都不多,更不用说超限高层建筑的抗震设计。通过近十年来的抗震专项审查,不但直接解决了几十个重大项目的抗震安全性和结构设计合理性问题,更重要的是培养了一批结构设计优秀人才,锻炼出了队伍,普及了高层、超高层结构抗震设计的理论知识和技巧,大大增强了我市结构设计的整体实力,为创造丰富多彩、灿烂迷人的城市建筑艺术景观奠定了坚实的基础。

3 对于高层建筑抗震专项审查的认识

由于建筑创作和房地产市场对建筑使用功能的要求以及社会需求的多样化,高层和超高层建筑的结构设计变得越来越复杂,结构体系也在不断地创新、不断地突破国家规范的界限。这是人类勇于探索、征服自然的天性所在,同时也是现代科学技术尤其是计算机技术发展的必然结果。技术标准的修订和行政法规的制定总是落后于工程实践。作为城市建设行政管理部门,面对纷繁复杂、日新月异的高层建筑设计,既不能在技术管理上放任自流,也不能死套硬卡、不可越雷池半步。正确的态度应该是既要积极宣传和维护国家技术标准的严肃性,提倡“遵规守法”,又要鼓励设计创新,保护开发商的投资积极性和设计人员的创造热情。当然也要注意防止少数开发商为了片面追求经济效益,无视行政法规和技术标准的尊严,要求设计者降低设计标准以及个别设计人员或因水平不够或责任心不强或时间太紧而粗制滥造,既突破了规范又无任何加强措施,从而给工程建设埋下安全隐患。因此搞好高层建筑的抗震专项审查,是一件事关人民群众生命财产安全的大事,也是一件改善投资环境,促进地方经济发展和繁荣建筑创作、美化城市景观的大事。在多年的管理实践中,我们深深地认识到:

(1)要切实抓好超限高层建筑抗震专项审查,行政管理人员自身的素质是关键。俗话说打铁先要自身硬,对于负责抗震审查的管理人员,不但要求具有扎实的专业理论知识、丰富的工程实践经验,还要求熟练掌握相关的法律法规、政策规定和技术规范与标准。尤其是对于国家有关结构设计规范、标准中的关键性条款,不但要懂得其制定的背景和来龙去脉,更要懂得该条文的适用范围、条件和被突破后所产生的后果。只有这样,才能在日常的管理工作中,具有较强的影响力和说服力,才能取得管理相对人的理解和支持,共同把好结构设计的安全关。而要做到这一点确实很不容易,需要相关政府部门大胆引进和使用高层次的专业技术人才,同时也需要管理者自身不断地刻苦学习,孜孜不倦地更新知识,提高自己的技术水平。

(2)要把组织对规范的学习、培训和举办各类技术、学术讲座作为提高广大设计人员业务水平的重要措施。我们一边抓超高层的抗震专项审查,一边抓理论学习、知识更新,几年来从不间断。除了举办各类规范培训班外,我们还有意识地安排本地中青年专家列席由建设

部、省建设厅主持的抗震专项审查会，让本市专家开阔视野、增长见识，迅速提高专业技术水平和驾驭复杂高层建筑设计的能力。实践证明，我们这样做取得了明显的效果，可以说，目前我市结构设计专家与国家级专家之间的专业技术水平差异已明显缩小。此外，经常把抗震专项审查中发现的问题和质量通病向广大结构设计人员进行讲解和反馈，也是十分必要的，有时能起到事半功倍的效果。

(3) 审查为主、咨询为辅是确保专项审查工作能否得到社会支持的关键所在。超限高层的抗震专项审查作为一种政府审批行为，按理只要进行安全把关，可以不提任何建议，包括修改建议和优化建议。按照有些专家的通俗说法，叫做“只看病不开方”。但是多年来我们坚持在审查把关的同时，经常为业主和设计者提出修改建议和优化建议。这样做要冒一定的风险，但实际效果却很好，深受社会欢迎。比如许多框支剪力墙结构，设计者大都采用墙肢长又多的平面布局，导致明显的上刚下柔现象，抗震专审时，专家都建议弱化上部并适当加强下部，从而使结构刚度沿竖向分布更合理，不但使结构变柔，地震力减少了，而且工程造价也有较大幅度的下降，一举两得。多年来，厦门市建设与管理局还未出现因抗震专项审查不当而被业主投诉的或需要进行技术仲裁的，从社会各界的反映看，民众普遍能接受和认可这一行政行为，甚至经常出现设计单位主动说服开发商申报并进行抗震专项审查的现象。总之，高层与超限高层的抗震专项审查，无论对于政府的行政管理，还是基于保护开发商、设计单位或社会公众的长远利益，都是十分必要的。当然如何按照新的 111 号建设部令的要求把抗震设防审查搞得更好，还有许多工作要做，我们会认真吸取兄弟城市的宝贵经验，在建设部和福建省建设厅的指导下，进一步抓好抗震设防管理的各项工作。以上是我们在抗震设防管理过程中的几点体会，不妥之处，欢迎各位专家同行批评指正。

超限高层建筑抗震设计及抗震审查

厦门市建设与管理局, 厦门, 361004 林树枝

摘 要 本文首先介绍了超限高层建筑的特点, 以及超限高层建筑结构的热点研究问题, 研究了超限高层建筑抗震设计的设计原则及设计要点, 指出了超限高层建筑抗震设计中经常出现的问题。文中还针对厦门远华国际中心抗震设计进行了系统的分析, 并介绍了全国及厦门市超限高层建筑抗震设防专项审查的情况和审查实例。

关键词 超限高层建筑 抗震设计 抗震设防 热点问题 专项审查

1 超限高层建筑特点

1.1 概述

超限高层建筑是指超过国家现行规范规定的适用高度或结构类型, 以及体型特别不规则的高层建筑, 建设部建质[2003]46号超限高层建筑工程抗震设防专项审查技术要点, 已对超限的范围做出了明确的规定, 限于篇幅这里就不再赘述。我国人多地少, 城市建设不断向高空发展, 突破现行规范的建筑越来越多, 分布的地区也越来越广。目前, 我国已投入使用的超高建筑有: 上海金茂大厦(91层, 高度420m, 钢-钢筋混凝土混合结构), 深圳地王大厦(81层, 高度325m, 钢-钢筋混凝土混合结构), 广州中信大厦(80层, 高度320m, 钢筋混凝土混合结构)。正在建设的超高建筑有: 上海环球金融中心(96层, 高度480m), 厦门远华国际中心(88层, 高度392m), 厦门邮电大厦(66层, 高度300m)等, 这些建筑均为钢筋混凝土核心筒-型钢混凝土外框柱。国内超限高层建筑主要集中在北京、上海、广州、深圳、重庆、南京、大连、青岛、厦门等城市。

1.2 类型及结构体系

超限高层建筑的类型主要有: 大底盘、大裙房、多塔楼建筑; 带有外挑、悬挑层的建筑(例如厦门国际会展中心), 如图1所示; 体型复杂的建筑; 带有结构转换层的建筑; 连体、立面开洞的建筑(如上海证券大厦); 带有加强层、大斜撑的建筑等。

超限高层建筑经常采用的结构体系有: 钢筋混凝土框架-核心筒结构, 它的整体性、抗侧刚度好, 一般采用C60以上混凝土; 钢框架结构, 具有自重轻、断面小、承载力大的优势; 外密柱结构, 例如上海环球金融中心, 采用 840×1200 型钢的外密柱; 大跨度、大悬挑结构; 钢管混凝土结构(主要用于柱子)等等。随着技术的发展, 在高层住宅中也出现了