

# 高层建筑结构方案优选

刘大海 杨翠如 编著

中国建筑工业出版社

# 高层建筑结构方案优选

刘大海 杨翠如 编著

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

高层建筑设计要做到安全、经济、合理,首要的是选择最优的结构方案,其次是进行合理的计算和构造。

本书以结构方案优化为主线,系统地论述了高层建筑设计特点、静载下竖构件差异缩短的计算、抗风设计、风振加速度控制和抗震概念设计。书中,根据国内外大量工程资料,归纳整理出适用于高楼的5种配筋砌体结构体系、14种钢筋混凝土结构体系、12种钢结构体系、7种混凝土-钢结构体系和5种型钢混凝土结构体系;并系统地阐述它们的构件组成、结构特征、力学特性、变形性质、适用范围、设计要点及可供借鉴的典型实例。书末,还介绍了用于高楼的筏形基础、箱形基础、桩基础、岩石锚杆基础、高楼与裙房整体式基础等的设计方法和构造要点。

本书供建筑设计、施工、科研人员及土建专业师生阅读。

## 高层建筑结构方案优选

刘大海 杨翠如 编著

\*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

世界知识印刷厂印刷

\*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 36 $\frac{3}{4}$  字数: 891千字

1996年6月第一版 1996年6月第一次印刷

印数: 1—7,100册 定价: 48.00元

ISBN 7-112-02766-7

TU·2122(7876)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

# 目 录

|                         |      |
|-------------------------|------|
| 第一章 高层建筑发展概况 .....      | (1)  |
| 1.1 兴起的缘由 .....         | (1)  |
| 1.2 高楼发展简史 .....        | (1)  |
| 1.2.1 古代 .....          | (1)  |
| 1.2.2 形成期 .....         | (2)  |
| 1.2.3 发展期 .....         | (2)  |
| 1.2.4 繁荣期 .....         | (3)  |
| 1.3 中国高楼现状 .....        | (3)  |
| 1.3.1 早期建筑 .....        | (3)  |
| 1.3.2 近期建筑 .....        | (4)  |
| 1.4 国外高楼概况 .....        | (9)  |
| 1.4.1 亚洲 .....          | (9)  |
| 1.4.2 欧洲 .....          | (9)  |
| 1.4.3 美洲 .....          | (10) |
| 1.4.4 非洲 .....          | (10) |
| 1.4.5 大洋洲 .....         | (10) |
| 第二章 结构设计特点 .....        | (14) |
| 2.1 结构内力与变形 .....       | (14) |
| 2.1.1 水平荷载成为决定因素 .....  | (14) |
| 2.1.2 轴向变形不容忽视 .....    | (14) |
| 2.1.3 侧移成为控制指标 .....    | (16) |
| 2.1.4 结构延性是重要设计指标 ..... | (16) |
| 2.2 构件的基本形式 .....       | (16) |
| 2.2.1 线形构件 .....        | (17) |
| 2.2.2 平面构件 .....        | (17) |
| 2.2.3 立体构件 .....        | (17) |
| 2.3 确定结构类型的基本要素 .....   | (17) |
| 2.4 结构体系的适用范围 .....     | (18) |
| 2.4.1 结构材料用量 .....      | (18) |
| 2.4.2 建筑内部空间 .....      | (18) |
| 2.4.3 适用房屋高度 .....      | (19) |
| 2.5 结构体系的选定 .....       | (21) |
| 2.6 高楼结构的发展趋势 .....     | (22) |
| 2.6.1 构件立体化 .....       | (22) |
| 2.6.2 巨柱周边化 .....       | (22) |

|                           |      |
|---------------------------|------|
| 2.6.3 结构支撑化 .....         | (23) |
| 2.6.4 体形圆锥化 .....         | (24) |
| 2.6.5 材料高强度 .....         | (25) |
| 2.6.6 建筑轻量化 .....         | (26) |
| 2.6.7 动力反应智能化 .....       | (26) |
| 第三章 结构设计原则 .....          | (27) |
| 3.1 房屋体形 .....            | (27) |
| 3.1.1 建筑平面形状 .....        | (27) |
| 3.1.2 建筑立面形状 .....        | (30) |
| 3.1.3 房屋高度 .....          | (30) |
| 3.2 结构布置 .....            | (32) |
| 3.2.1 抗侧力构件的平面布置 .....    | (32) |
| 3.2.2 抗侧力构件的竖向布置 .....    | (34) |
| 3.3 结构方案设计要点 .....        | (35) |
| 3.3.1 场地选择 .....          | (35) |
| 3.3.2 削减结构地震反应 .....      | (36) |
| 3.3.3 结构体系基本要求 .....      | (36) |
| 3.4 结构的稳定 .....           | (39) |
| 3.4.1 结构整体稳定 .....        | (39) |
| 3.4.2 $P-\Delta$ 效应 ..... | (40) |
| 3.5 楼盖结构 .....            | (41) |
| 3.5.1 钢梁的布置 .....         | (41) |
| 3.5.2 减轻自重的途径 .....       | (44) |
| 3.6 地基与基础 .....           | (46) |
| 3.6.1 基本要求 .....          | (46) |
| 3.6.2 基础埋深 .....          | (47) |
| 3.6.3 地面以下结构 .....        | (48) |
| 第四章 配筋砌体结构体系 .....        | (49) |
| 4.1 现状与经验 .....           | (49) |
| 4.1.1 非地震区 .....          | (49) |
| 4.1.2 地震区 .....           | (50) |
| 4.2 集中配筋砌体 .....          | (55) |
| 4.2.1 砌体楼房的三种类型 .....     | (55) |
| 4.2.2 震害经验 .....          | (56) |
| 4.2.3 结构试验 .....          | (58) |
| 4.2.4 中高层砖房设计方案 .....     | (69) |

|       |            |       |       |            |       |
|-------|------------|-------|-------|------------|-------|
| 4.2.5 | 设计要点       | (75)  | 5.3.3 | 端筒-横墙体系    | (131) |
| 4.2.6 | 承载力验算      | (77)  | 5.3.4 | 带框无砂混凝土墙体系 | (135) |
| 4.3   | 均布配筋砌体     | (80)  | 5.4   | 装配式墙板体系    | (137) |
| 4.3.1 | 工程实践       | (80)  | 5.4.1 | 结构特征       | (137) |
| 4.3.2 | 砌体材料       | (81)  | 5.4.2 | “连续倒塌”的防治  | (139) |
| 4.3.3 | 墙体配筋       | (82)  | 5.4.3 | 已建工程概况     | (140) |
| 4.3.4 | 圈梁         | (86)  | 5.4.4 | 模型试验       | (141) |
| 4.4   | 砖混凝土夹心墙    | (87)  | 5.4.5 | 十六层试点工程    | (142) |
| 4.4.1 | 工程实践       | (87)  | 5.5   | 框托墙体系      | (143) |
| 4.4.2 | 结构力学特性     | (88)  | 5.5.1 | 建筑功能的要求    | (143) |
| 4.4.3 | 墙体构造       | (89)  | 5.5.2 | 震害特点       | (143) |
| 4.4.4 | 构件间的连接     | (92)  | 5.5.3 | 结构试验和分析    | (144) |
| 4.5   | 砖墙-混凝土墙体系  | (93)  | 5.5.4 | 设计要点       | (147) |
| 4.5.1 | 应用范围       | (93)  | 5.5.5 | 转换层的处理     | (150) |
| 4.5.2 | 体系的组成和特征   | (93)  | 5.5.6 | 工程实例       | (151) |
| 4.5.3 | 构件的布置      | (94)  | 5.6   | 框-墙体系      | (154) |
| 4.5.4 | 构造要求       | (96)  | 5.6.1 | 结构特征       | (154) |
| 4.5.5 | 钢筋混凝土墙布置方案 | (97)  | 5.6.2 | 结构变形特点     | (155) |
| 4.6   | 底框配筋砖房     | (99)  | 5.6.3 | 构件受力状态     | (157) |
| 4.6.1 | 应用范围       | (99)  | 5.6.4 | 抗震性能       | (159) |
| 4.6.2 | 构件的布置      | (100) | 5.6.5 | 抗震墙的布置原则   | (159) |
| 4.6.3 | 构件抗震等级     | (101) | 5.6.6 | 抗震墙最佳数量的确定 | (162) |
| 4.6.4 | 构造要求       | (102) | 5.6.7 | 抗震墙的耐震设计准则 | (167) |
| 4.6.5 | 工程实例       | (103) | 5.6.8 | 异形柱框架的应用   | (168) |
| 5.6.9 | 工程实例       | (168) | 5.7   | 芯筒-框架体系    | (176) |
| 第五章   | 钢筋混凝土结构体系  | (107) | 5.7.1 | 楼层平面布局     | (176) |
| 5.1   | 框架体系       | (107) | 5.7.2 | 结构特征       | (177) |
| 5.1.1 | 柱网布置       | (107) | 5.7.3 | 结构变形特点     | (178) |
| 5.1.2 | 楼板走向       | (109) | 5.7.4 | 构件受力状态     | (178) |
| 5.1.3 | 框架变形性质     | (109) | 5.7.5 | 构件抗震等级     | (180) |
| 5.1.4 | 装配式框架      | (110) | 5.7.6 | 设计要点       | (181) |
| 5.1.5 | 框架设计要点     | (111) | 5.7.7 | 工程实例       | (182) |
| 5.1.6 | 房屋最大高度     | (112) | 5.8   | 多筒-框架体系    | (190) |
| 5.1.7 | 杆件截面参考尺寸   | (113) | 5.8.1 | 结构特征       | (190) |
| 5.2   | 板柱体系       | (113) | 5.8.2 | 结构变形特点     | (192) |
| 5.2.1 | 应用情况       | (113) | 5.8.3 | 构件受力状态     | (192) |
| 5.2.2 | 建筑特点       | (114) | 5.8.4 | 构件抗震等级     | (193) |
| 5.2.3 | 结构特征       | (114) | 5.8.5 | 工程实例       | (193) |
| 5.2.4 | 抗震性能       | (116) | 5.9   | 刚臂芯筒-框架体系  | (196) |
| 5.2.5 | 试点工程       | (116) | 5.9.1 | 体系的构成      | (196) |
| 5.2.6 | 工程实例       | (118) | 5.9.2 | 建筑布置需要     | (197) |
| 5.3   | 全墙体系       | (119) | 5.9.3 | 提高芯筒抗推能力的  |       |
| 5.3.1 | 现浇承重墙体系    | (119) |       |            |       |
| 5.3.2 | 内浇外预体系     | (128) |       |            |       |

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| 途径 .....                      | (197) |
| 5.9.4 刚臂的效果 .....             | (198) |
| 5.9.5 刚臂设置原则 .....            | (202) |
| 5.9.6 约束弯矩和顶点侧移的<br>计算 .....  | (203) |
| 5.9.7 构件抗震等级 .....            | (204) |
| 5.9.8 实腹刚臂的利弊 .....           | (204) |
| 5.9.9 工程实例 .....              | (205) |
| 5.10 主次框架体系 .....             | (213) |
| 5.10.1 结构特征 .....             | (213) |
| 5.10.2 结构变形特性 .....           | (214) |
| 5.10.3 设计要点 .....             | (215) |
| 5.10.4 工程实例 .....             | (215) |
| 5.11 竖筒挑托体系 .....             | (217) |
| 5.11.1 结构特征 .....             | (217) |
| 5.11.2 耐震性能 .....             | (218) |
| 5.11.3 设计要点 .....             | (218) |
| 5.11.4 工程实例 .....             | (219) |
| 5.12 竖筒悬挂体系 .....             | (222) |
| 5.12.1 结构特征 .....             | (222) |
| 5.12.2 耐震性能 .....             | (224) |
| 5.12.3 设计要点 .....             | (224) |
| 5.12.4 工程实例 .....             | (225) |
| 5.13 筒中筒体系 .....              | (225) |
| 5.13.1 结构特征 .....             | (225) |
| 5.13.2 结构变形特点 .....           | (228) |
| 5.13.3 矩形框筒受力状态 .....         | (229) |
| 5.13.4 圆形框筒的竖向应力<br>分布 .....  | (232) |
| 5.13.5 筒中筒体系的构件内<br>力分配 ..... | (233) |
| 5.13.6 框筒结构试验 .....           | (234) |
| 5.13.7 减小框筒剪力滞后的<br>措施 .....  | (237) |
| 5.13.8 框筒底层扩大柱距的<br>对策 .....  | (241) |
| 5.13.9 框筒设计要点 .....           | (243) |
| 5.13.10 工程实例 .....            | (249) |
| 5.14 框筒束体系 .....              | (254) |
| 5.14.1 结构特征 .....             | (254) |
| 5.14.2 工程实例 .....             | (255) |

## 第六章 钢结构体系..... (257)

### 6.1 钢结构的特点..... (257)

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| 6.1.1 用钢量 .....               | (257) |
| 6.1.2 结构面积 .....              | (258) |
| 6.1.3 结构自重 .....              | (259) |
| 6.1.4 工期 .....                | (259) |
| 6.1.5 耐震性能 .....              | (260) |
| 6.2 钢结构体系的演化.....             | (260) |
| 6.2.1 高楼发展形势的需要 .....         | (260) |
| 6.2.2 “平面构件”结构体系的<br>衍生 ..... | (260) |
| 6.2.3 “立体构件”结构体系的<br>发展 ..... | (261) |
| 6.2.4 结构体系的相互渗透和<br>融合 .....  | (261) |
| 6.3 框架体系.....                 | (261) |
| 6.3.1 结构特征 .....              | (261) |
| 6.3.2 受力状态 .....              | (261) |
| 6.3.3 变形性质 .....              | (262) |
| 6.3.4 $P-\Delta$ 效应 .....     | (262) |
| 6.3.5 节点域变形 .....             | (263) |
| 6.3.6 底层塑性变形集中 .....          | (263) |
| 6.3.7 框架设计要点 .....            | (264) |
| 6.3.8 工程实例 .....              | (264) |
| 6.4 框-撑体系 .....               | (266) |
| 6.4.1 结构特征 .....              | (266) |
| 6.4.2 结构变形特点 .....            | (267) |
| 6.4.3 适用房屋高度 .....            | (269) |
| 6.4.4 轴交支撑 .....              | (269) |
| 6.4.5 跨层支撑 .....              | (269) |
| 6.4.6 偏交支撑 .....              | (270) |
| 6.4.7 工程实例 .....              | (272) |
| 6.5 支撑-刚臂体系 .....             | (273) |
| 6.5.1 体系的构成 .....             | (273) |
| 6.5.2 刚臂的效果 .....             | (274) |
| 6.5.3 外圈桁架的作用 .....           | (276) |
| 6.5.4 工程实例 .....              | (277) |
| 6.6 框筒体系.....                 | (279) |
| 6.6.1 形势发展的需要 .....           | (279) |
| 6.6.2 结构特征 .....              | (279) |
| 6.6.3 工程实例 .....              | (280) |
| 6.6.4 异形框筒 .....              | (282) |
| 6.7 框筒束体系.....                | (283) |
| 6.7.1 使用条件 .....              | (283) |
| 6.7.2 体系的构成 .....             | (283) |

|        |                   |       |       |                       |       |
|--------|-------------------|-------|-------|-----------------------|-------|
| 6.7.3  | 框筒柱设置方向 .....     | (283) | 7.5.2 | 设置混凝土墙的必要性的 .....     | (315) |
| 6.7.4  | 框筒内部横隔的型式 .....   | (284) | 7.5.3 | 提高墙体延性的措施 .....       | (315) |
| 6.7.5  | 加劲桁架 .....        | (284) | 7.5.4 | 工程实例 .....            | (316) |
| 6.7.6  | 方形框筒束 .....       | (285) | 7.6   | 混凝土芯筒-钢框筒体系 .....     | (320) |
| 6.7.7  | 异形框筒束 .....       | (286) | 7.6.1 | 体系的构成 .....           | (320) |
| 6.8    | 筒中筒体系 .....       | (287) | 7.6.2 | 体系的特点 .....           | (321) |
| 6.8.1  | 体系的构成 .....       | (287) | 7.6.3 | 增强体系抗震能力的<br>措施 ..... | (322) |
| 6.8.2  | 上海国贸中心大楼 .....    | (287) | 7.7   | 混凝土筒-钢梁体系 .....       | (322) |
| 6.8.3  | 北京国贸中心大楼 .....    | (288) | 7.7.1 | 体系的构成 .....           | (322) |
| 6.9    | 支撑框筒体系 .....      | (290) | 7.7.2 | 工程实例 .....            | (322) |
| 6.9.1  | 体系的构成 .....       | (290) | 7.8   | 大型支撑筒体系 .....         | (323) |
| 6.9.2  | 结构特点 .....        | (290) | 7.8.1 | 体系的构成 .....           | (323) |
| 6.9.3  | 工程实例 .....        | (291) | 7.8.2 | 结构特点 .....            | (324) |
| 6.9.4  | 支撑框筒束 .....       | (292) | 7.8.3 | 工程实例 .....            | (325) |
| 6.9.5  | 技术经济指标的比较 .....   | (292) | 第八章   | 型钢混凝土结构体系 .....       | (330) |
| 6.10   | 巨型框架体系 .....      | (293) | 8.1   | 结构特点 .....            | (330) |
| 6.10.1 | 建筑发展的需要 .....     | (293) | 8.1.1 | 优点 .....              | (330) |
| 6.10.2 | 结构体系特征 .....      | (293) | 8.1.2 | 应用范围 .....            | (330) |
| 6.10.3 | 工程实例 .....        | (294) | 8.1.3 | 应用前景 .....            | (330) |
| 6.11   | 悬挂体系 .....        | (299) | 8.2   | 框-墙体系 .....           | (331) |
| 6.11.1 | 结构特征 .....        | (299) | 8.2.1 | 结构特征 .....            | (331) |
| 6.11.2 | 建筑实例 .....        | (299) | 8.2.2 | 香格里拉饭店 .....          | (331) |
| 6.12   | 承力幕墙体系 .....      | (300) | 8.3   | 芯筒-框架体系 .....         | (332) |
| 6.12.1 | 结构特征 .....        | (300) | 8.3.1 | 结构特征 .....            | (332) |
| 6.12.2 | 建筑实例 .....        | (301) | 8.3.2 | 工程实例 .....            | (332) |
| 第七章    | 混凝土-钢结构体系 .....   | (303) | 8.4   | 框筒体系 .....            | (335) |
| 7.1    | 结构特征 .....        | (303) | 8.4.1 | 体系的构成 .....           | (335) |
| 7.1.1  | 两类结构的互补 .....     | (303) | 8.4.2 | 德克萨斯商业大厦 .....        | (336) |
| 7.1.2  | 减小构件尺寸 .....      | (303) | 8.5   | 钢管混凝土结构 .....         | (336) |
| 7.1.3  | 减少用钢量 .....       | (303) | 8.5.1 | 发展概况 .....            | (336) |
| 7.1.4  | 结构体系 .....        | (304) | 8.5.2 | 设计要点 .....            | (338) |
| 7.2    | 混凝土墙-钢框架体系 .....  | (304) | 8.5.3 | 工程实例 .....            | (338) |
| 7.2.1  | 预制钢筋混凝土墙板 .....   | (304) | 第九章   | 转换层楼盖设计 .....         | (340) |
| 7.2.2  | 现浇钢筋混凝土墙 .....    | (307) | 9.1   | 转换层的功能 .....          | (340) |
| 7.3    | 混凝土芯筒-钢框架体系 ..... | (309) | 9.1.1 | 上下楼层用途的改变 .....       | (340) |
| 7.3.1  | 体系的构成 .....       | (309) | 9.1.2 | 上下楼层结构体系的<br>转换 ..... | (342) |
| 7.3.2  | 工程实例 .....        | (309) | 9.2   | 转换层楼盖的形式 .....        | (344) |
| 7.4    | 混凝土框筒-钢框架体系 ..... | (312) | 9.2.1 | 梁式楼盖 .....            | (344) |
| 7.4.1  | 体系的构成 .....       | (312) | 9.2.2 | 箱形楼盖 .....            | (350) |
| 7.4.2  | 抗震构造措施 .....      | (313) | 9.2.3 | 厚板楼盖 .....            | (352) |
| 7.4.3  | 工程实例 .....        | (313) | 第十章   | 旋转餐厅结构设计 .....        | (357) |
| 7.5    | 混凝土墙-钢框筒体系 .....  | (314) |       |                       |       |
| 7.5.1  | 体系的构成 .....       | (314) |       |                       |       |

|        |                       |       |        |                       |       |
|--------|-----------------------|-------|--------|-----------------------|-------|
| 10.1   | 结构选型 .....            | (357) | 11.7.2 | 实际建筑物的加速度<br>响应 ..... | (402) |
| 10.1.1 | 旋转餐厅的类型 .....         | (357) | 11.7.3 | 风振加速度限值 .....         | (404) |
| 10.1.2 | 承重结构 .....            | (357) | 11.7.4 | 风振加速度的计算 .....        | (405) |
| 10.2   | 荷载 .....              | (358) | 11.7.5 | 减小风振加速度的<br>途径 .....  | (408) |
| 10.2.1 | 竖向荷载 .....            | (358) | 11.8   | 玻璃幕墙抗风设计 .....        | (410) |
| 10.2.2 | 风荷载 .....             | (359) | 11.8.1 | 风害实例 .....            | (410) |
| 10.2.3 | 地震作用 .....            | (359) | 11.8.2 | 风荷载取值 .....           | (411) |
| 10.3   | 工程实例 .....            | (359) | 11.8.3 | 玻璃强度验算 .....          | (414) |
| 10.3.1 | 外挑型旋转餐厅 .....         | (359) | 第十二章   | 抗震概念设计 .....          | (416) |
| 10.3.2 | 内收型旋转餐厅 .....         | (365) | 12.1   | 抗震设计目标 .....          | (416) |
| 第十一章   | 抗风设计 .....            | (368) | 12.1.1 | 抗震设防的基准 .....         | (416) |
| 11.1   | 风荷载概述 .....           | (368) | 12.1.2 | 三个水准的设防要求 .....       | (417) |
| 11.1.1 | 风对高楼的作用 .....         | (368) | 12.1.3 | 6度开始设防 .....          | (418) |
| 11.1.2 | 风荷载的随机性 .....         | (369) | 12.2   | 避免地面变形的直接危害 .....     | (419) |
| 11.1.3 | 风气候基本知识 .....         | (370) | 12.2.1 | 避开抗震危险地段 .....        | (419) |
| 11.1.4 | 风荷载基本公式 .....         | (370) | 12.2.2 | 选择抗震有利地段 .....        | (420) |
| 11.2   | 基本风压 .....            | (371) | 12.3   | 减少地震能量输入 .....        | (423) |
| 11.2.1 | 近地风的特性 .....          | (371) | 12.3.1 | 薄的场地覆盖层 .....         | (424) |
| 11.2.2 | 基本风速 .....            | (373) | 12.3.2 | 坚硬的场地土 .....          | (425) |
| 11.2.3 | 基本风压值 .....           | (375) | 12.3.3 | 避开地震动卓越周期 .....       | (426) |
| 11.3   | 风压高度变化系数 .....        | (376) | 12.3.4 | 采取隔震措施 .....          | (431) |
| 11.3.1 | 平均风速沿高度的<br>变化 .....  | (376) | 12.4   | 削减地震反应 .....          | (434) |
| 11.3.2 | 风压沿高度的变化 .....        | (378) | 12.4.1 | 增大结构阻尼 .....          | (434) |
| 11.4   | 风载体型系数 .....          | (379) | 12.4.2 | 采用高延性构件 .....         | (435) |
| 11.4.1 | 物体表面气流 .....          | (379) | 12.4.3 | 附设耗能装置 .....          | (438) |
| 11.4.2 | 建筑表面风压 .....          | (380) | 12.5   | 有利的房屋体形 .....         | (439) |
| 11.4.3 | 高楼风载体形系数的<br>取值 ..... | (380) | 12.5.1 | 平面要简单 .....           | (439) |
| 11.5   | 顺风向振动响应 .....         | (383) | 12.5.2 | 立面变化要均匀 .....         | (440) |
| 11.5.1 | 脉动风的概率特性 .....        | (383) | 12.5.3 | 合适的房屋高度 .....         | (443) |
| 11.5.2 | 风振系数计算式 .....         | (385) | 12.5.4 | 不大的房屋高宽比 .....        | (444) |
| 11.5.3 | 风振参数的计算 .....         | (388) | 12.5.5 | 足够的基础埋深 .....         | (445) |
| 11.5.4 | 风振系数的取值 .....         | (390) | 12.5.6 | 防震缝的合理设置 .....        | (446) |
| 11.5.5 | 计算例题 .....            | (391) | 12.6   | 合理的结构布置 .....         | (447) |
| 11.6   | 横风向振动响应 .....         | (393) | 12.6.1 | 结构力求对称 .....          | (447) |
| 11.6.1 | 横风向振动的类型和<br>起因 ..... | (393) | 12.6.2 | 结构竖向要等强 .....         | (451) |
| 11.6.2 | 气流对细长物体的<br>作用 .....  | (395) | 12.6.3 | 屋面小塔楼的合理<br>设计 .....  | (457) |
| 11.6.3 | 旋涡脱落响应分析 .....        | (396) | 12.7   | 恰当的结构材料 .....         | (459) |
| 11.7   | 风振不适感的控制 .....        | (401) | 12.7.1 | 选择结构材料的原则 .....       | (459) |
| 11.7.1 | 衡量不适感的尺度 .....        | (402) | 12.7.2 | 几类结构的地震表现 .....       | (460) |
|        |                       |       | 12.7.3 | 对材料质量的要求 .....        | (461) |
|        |                       |       | 12.8   | 多道抗震防线 .....          | (462) |
|        |                       |       | 12.8.1 | 震害规律的启示 .....         | (462) |



|                   |                    |       |
|-------------------|--------------------|-------|
| 12.8.2            | 设置多道防线的必要性 .....   | (462) |
| 12.8.3            | 第一道防线的构件选择 .....   | (463) |
| 12.8.4            | 利用赘余杆件增多抗震防线 ..... | (464) |
| 12.8.5            | 工程实例 .....         | (465) |
| 12.9              | 抗侧力体系的优化 .....     | (466) |
| 12.9.1            | 足够的抗推刚度 .....      | (466) |
| 12.9.2            | 结构超静定次数要多 ..       | (469) |
| 12.9.3            | 耐震的结构屈服机制 ..       | (470) |
| 12.9.4            | 构件的耐震设计准则 ..       | (471) |
| 12.9.5            | 耗能杆件的优选 .....      | (482) |
| 12.10             | 控制结构变形 .....       | (484) |
| 12.10.1           | 高楼结构的侧移 .....      | (485) |
| 12.10.2           | 结构体系的变形性质 .....    | (488) |
| 12.10.3           | 结构变形的限值 .....      | (490) |
| 12.10.4           | 减小结构侧移的途径 .....    | (492) |
| 12.11             | 刚度、承载力和延性的匹配 ..... | (504) |
| 12.11.1           | 刚度与承载力 .....       | (504) |
| 12.11.2           | 刚度与延性 .....        | (507) |
| 12.11.3           | 结构不同部位的延性要求 .....  | (509) |
| 12.11.4           | 改善构件延性的途径 .....    | (511) |
| 12.11.5           | 提高构件延性的措施 .....    | (512) |
| 12.12             | 确保结构的整体性 .....     | (514) |
| 12.12.1           | 结构应具有连续性 ..        | (514) |
| 12.12.2           | 构件间的可靠连接 ..        | (515) |
| 12.12.3           | 提高结构的竖向整体刚度 .....  | (517) |
| 12.13             | 减轻房屋自重 .....       | (517) |
| 12.13.1           | 减小楼板厚度 .....       | (518) |
| 12.13.2           | 尽量减薄墙体 .....       | (521) |
| 12.13.3           | 高强混凝土的应用 ..        | (521) |
| 12.13.4           | 轻质材料的应用 .....      | (522) |
| 12.14             | 妥善处理非结构部件 .....    | (523) |
| 12.14.1           | 考虑填充墙的影响 ..        | (523) |
| 12.14.2           | 玻璃幕墙的构造 .....      | (525) |
| 12.14.3           | 外墙板的连接 .....       | (525) |
| 第十三章 静载竖向变形 ..... |                    | (528) |
| 13.1              | 竖构件的轴向变形 .....     | (528) |

|                 |                |       |
|-----------------|----------------|-------|
| 13.1.1          | 竖构件缩短的原因 ..... | (528) |
| 13.1.2          | 竖向缩短量 .....    | (530) |
| 13.1.3          | 竖向变形差的后果 ..... | (533) |
| 13.2            | 竖向变形的计算 .....  | (534) |
| 13.2.1          | 基本计算数据 .....   | (534) |
| 13.2.2          | 计算公式 .....     | (536) |
| 13.3            | 实例分析 .....     | (537) |
| 13.3.1          | 芯筒-框架体系 .....  | (537) |
| 13.3.2          | 型钢混凝土结构 .....  | (538) |
| 13.3.3          | 钢筋混凝土结构 .....  | (539) |
| 第十四章 基础设计 ..... |                | (539) |
| 14.1            | 设计原则 .....     | (539) |
| 14.1.1          | 基础选型 .....     | (539) |
| 14.1.2          | 计算原则 .....     | (540) |
| 14.2            | 格形基础 .....     | (543) |
| 14.2.1          | 基础形式 .....     | (543) |
| 14.2.2          | 构造要求 .....     | (543) |
| 14.3            | 筏形基础 .....     | (543) |
| 14.3.1          | 基础形式 .....     | (543) |
| 14.3.2          | 构造要求 .....     | (544) |
| 14.3.3          | 工程实例 .....     | (545) |
| 14.4            | 箱形基础 .....     | (545) |
| 14.4.1          | 基本情况 .....     | (545) |
| 14.4.2          | 箱基尺寸 .....     | (545) |
| 14.4.3          | 结构布置 .....     | (546) |
| 14.4.4          | 构造要求 .....     | (547) |
| 14.4.5          | 工程实例 .....     | (549) |
| 14.5            | 桩基础 .....      | (553) |
| 14.5.1          | 设计要求 .....     | (553) |
| 14.5.2          | 计算原则 .....     | (555) |
| 14.5.3          | 构造要求 .....     | (557) |
| 14.6            | 扩底墩基础 .....    | (561) |
| 14.6.1          | 布置原则 .....     | (561) |
| 14.6.2          | 构造要求 .....     | (562) |
| 14.6.3          | 承载力 .....      | (562) |
| 14.6.4          | 工程实例 .....     | (563) |
| 14.7            | 岩石锚杆基础 .....   | (564) |
| 14.7.1          | 应用条件 .....     | (564) |
| 14.7.2          | 构造要求 .....     | (564) |
| 14.7.3          | 工程实例 .....     | (565) |
| 14.8            | 主楼与裙房基础 .....  | (565) |
| 14.8.1          | 高低层之间设缝 .....  | (565) |
| 14.8.2          | 高低层整体基础 .....  | (566) |
| 14.8.3          | 设计规定 .....     | (569) |
| 参考文献 .....      |                | (570) |

# 第一章 高层建筑发展概况

## 1.1 兴起的缘由

翻开一部建筑史，可以看出，在人类的几千年文明活动中，很长一段历史时期内，建造房屋的物质手段，一直局限于土、木、砖、石等原始材料和简单砌筑方式；房屋都是低矮的，平铺在地面上，形成紧凑的组群和拘谨的空间。房屋由地面垂直地向上发展，把人类生活推向高空，使整个城市构成一幅雄伟的立体图案，还是近百年来发生的变化。就世界范围而言，尽管高楼的兴起时间很短，但发展速度很快，传播范围很广。短短的几十年间，特别是近 30 年，世界各地兴建的各式各样高楼，如同雨后春笋，在许多大中城市中拔地而起。其规模之大，数量之多，技术之先进，形式之多样，外观之新颖，让人惊叹称奇。

高楼之所以具有这样强大的生命力，在短短的几十年内得到如此蓬勃的发展，主要是出于以下几个原因：

(1) 18 世纪末的产业革命，带来了生产力的飞速发展和经济繁荣，大工业的兴起促使人口向城市集中，造成城市用地紧张，地价高涨。为了在较小的场地范围内，建造出更多的建筑面积，楼房不得不向空中延伸，由多层发展为高层。这就是兴起高楼热的最根本原因。

(2) 从城市建设角度来看，建筑物向高空伸展，可以减小城市平面规模，缩短城市道路和各种公用管线的长度，从而节约城市建设投资。

(3) 建造高楼可以增加人们的聚集密度，缩短相互联系的距离，水平交通与竖向交通相结合，使人们在地面上的活动分布走向空间化，节约了时间，增加了效率。

(4) 在建筑面积与场地面积相同比值的条件下，高楼比低矮楼房能够提供更多的自由地面。将它用作绿化和休息场地，有利于美化城市环境，并给房屋带来更充足的日照、采光和通风效果。

(5) 近几十年来科学技术的飞速进步，生产出多种轻质高强建筑材料，构思出新型的高效结构体系，创造出先进的施工技术和机械设备，提供了高速电梯、空调、防火、自控等现代化设施，为兴建高楼提供了充分必要的条件。

(6) 现代建筑思潮的倡导者，为高楼发展建立了理论基础<sup>[1]</sup>。

## 1.2 高楼发展简史

### 1.2.1 古代

早在远古时代，人类在建筑方面就有着向高空发展的愿望和需要。在我国，早在汉武

帝时代，长安城内就已经出现了不少较高的木结构楼阁。公元 523 年，在河南登封县，用砖砌筒体和木楼板建造的嵩岳寺塔，共 10 层，高约 40m。公元 704 年（唐代）在西安建造的大雁塔，为砖木结构，砖砌塔身，木楼板，共 7 层，总高 64m。河北省定县开元寺的料敌塔，建于公元 1001~1055 年（北宋咸平年间），用于监视敌情；平面为正八边形，底部边长为 9.8m，采取砖砌双层筒体，即筒中筒体系，外筒壁厚 3m，共 11 层，总高 82m。公元 1056 年在山西省应县佛宫寺内建造的释迦塔，是迄今保存得最完好的最古最大的木塔，是一座正八边形的木结构塔楼，共 9 层，高达 67m。

在西方，上古时期的七大建筑奇迹中，就有两座是高层建筑。一座是公元前 338 年巴比伦王在巴比伦城建造的巴贝尔塔（Tower of Babel），塔高 90m。据说，当时建塔的动机是要在高空中形成葱翠的花园，以取悦于皇后。另一座是埃及亚历山大港的灯塔，建于公元前 280 年，塔高约 150m，塔身用料石砌筑，塔顶长年燃点烽火，作为航标。据考证，公元 80 年的古罗马时代，欧洲的城市中，已经建造了采用砖墙承重的 10 层楼房。公元 1100 年的 10 年间，意大利建造了 40 多座塔楼，其中一座 L'asineeli 塔楼高达 98m。

### 1.2.2 形 成 期

19 世纪随着工业的发展，人口向城市集中，用地逐渐紧张，这一形势要求在城市里建造高楼。不过，在 19 世纪初，由于主要建筑材料依旧是砖、石和木材，因而当时建造的大多数高楼，仍摆脱不开古老的承重墙体系。例如，1891 年美国芝加哥市建造的一幢 16 层 Monadnock 大楼，就是采用砖承重墙体系，底部几层砖墙的厚度竟达 1.8m。

在西方，随着钢铁产量的增加和建筑技术的进步，19 世纪开始出现采用钢铁材料制作的框架承重体系。1801 年在英国曼彻斯特建成的一座 7 层棉纺厂房，厂房内部采用铸铁框架承重，而且框架梁第一次采用工字形截面。1854 年美国在长岛黑港采用熟铁框架建造了一座灯塔。19 世纪后期，在美国芝加哥则相继建成不少高楼。1883 年建造的 11 层保险公司大楼，是采用由生铁柱和熟铁梁所构成的框架，来承担全部荷载，外围砖墙仅是自承重墙。就结构而论，这一幢大楼可以说是近代高楼的始祖。1889 年建造的 9 层 Second Rand Menally 大楼，则是世界上第一幢采用全钢框架承重的高楼。

### 1.2.3 发 展 期

20 世纪初，随着钢结构设计技术的进步，以及电梯的发明，高楼的建设得到迅速发展，而且层数逐步增多。楼房高度增大以后，风荷载成为结构设计的一个重要因素。由于在结构理论方面突破了纯框架抗侧力体系，提出在框架中间设置竖向支撑或剪力墙，来增强结构的抗推刚度和强度，使楼房进一步向更多的层数发展。在美国纽约，1905 年建造了 50 层的 Metrop Litann 大楼；1913 年建造了 60 层、高 234m 的 Woolworth 大楼；1929 年建造了 319m 的 Charysler 大厦；1931 年又建造了著名的 102 层、高 381m 的帝国大厦。

这一时期的高楼，虽然有着较大的发展，然而，由于结构设计仍未摆脱平面结构理论；而且建筑材料的强度低、质量大，以致整个大楼的材料用量较多，结构自重较大。

1.2.4 繁 荣 期

1945 年第二次世界大战结束以后，建筑业得以复苏，并出现较大的发展，高楼也像雨后春笋一般在美国各地涌现，并向特高楼房发展。继而在欧洲、亚洲、澳洲以及第三世界各国，陆续建造了许多高楼，形成了世界范围的高楼繁荣期。这一时期高楼得以迅猛发展的客观条件有三：

1. 地价昂贵

人口大量向城市集聚，密度猛增，纽约每公顷 1000 人，香港更高达 3700 人，造成城市生产、生活用房紧张，地价猛涨，迫使楼房向更高空间发展。

2. 设计技术的革新

建筑结构力学由一维的平面结构理论，发展为二维或三维的立体结构理论和空间结构理论，为新的高效抗侧力体系的出现创造了条件。电子计算机的运用，提高了结构分析的速度和精度，为高楼在设计过程中进行多方案比较和优选提供了方便。上述设计技术方面的革新，增加了高楼的使用功能和适用性，并进一步降低了高楼的建筑造价。例如，1931 年建造的高 381m 帝国大厦，采用属平面结构的框架体系，用钢量为 206kg/m<sup>2</sup>；而 1974 年建造的高 442m 的西尔斯塔楼，由于采用了属立体结构的框筒束体系，用钢量仅为 161kg/m<sup>2</sup>，约减少 20%。

3. 轻质材料的应用

轻质隔墙和轻型围护墙的应用，减轻了建筑自重，并大大降低了基础工程费用。镜面玻璃、合金铝板等新型饰面材料的问世，更使高楼面貌焕发异彩，为城市勾画出一幅美丽的空间构图，受到人们的赞许和欢迎<sup>[1]</sup>。

1.3 中国高楼现状

1.3.1 早期建筑

我国远在古代就建造过不少很高的寺塔，在世界范围内位居前列。然而，这些高楼毕竟是纪念性或功能性建筑。作为人们居住或办公用的高楼，则是 20 世纪 20 年代以后才开始兴建的。自 1921 年起到 1936 年，在上海和广州陆续建造了一些高层旅馆、住宅和办公楼（表 1-1），标志着我国现代高楼的初步发展<sup>[1]</sup>。

中国 30 年代前后建造的高楼 表 1-1

| 建造时间 | 1921    | 1923 | 1923 | 1929 | 1930    | 1931 | 1933 | 1934   | 1936 |
|------|---------|------|------|------|---------|------|------|--------|------|
| 建筑名称 | 字林西报大 楼 | 和平饭店 | 锦江饭店 | 上海大厦 | 中国银行大 楼 | 国际饭店 | 大陆商场 | 毕卡第公 寓 | 爱群大厦 |
| 房屋层数 | 10      | 10   | 13   | 22   | 17      | 24   | 10   | 15     | 13   |

1.3.2 近 期 建 筑

我国近期高楼的建设起始于 60 年代末，大规模建设则是 80 年代。1968 年在广州建成 27 层的广州宾馆，1973 年在北京建成 16 层的外交公寓，1974 年在北京建成 17 层的北京饭店新楼，1976 年在广州建成 33 层的白云宾馆。到了 80 年代，我国各大城市都相继建成了一大批高层旅馆、住宅和办公楼，从而形成高楼热潮。近期我国各地建成的 20 层以上高楼结构设计概况，汇集列于表 1-2<sup>[2]</sup>。香港中国银行是亚洲最高的楼房，72 层，高 364m。

中国近期建造的高楼结构概况 表 1-2

| 序<br>号 | 工 程 名 称         | 层数<br>(地上/<br>地下) | 总高<br>(m) | 结构<br>体系 | 设防<br>烈度 | 场地<br>类别 | 基本周期<br>$\frac{x}{y}$ 轴<br>(s) | 基底剪力<br>系 数 | 最大风压<br>(N/m <sup>2</sup> ) | 最大层间<br>侧移角                        | 基础<br>类型 |
|--------|-----------------|-------------------|-----------|----------|----------|----------|--------------------------------|-------------|-----------------------------|------------------------------------|----------|
| 1      | 广东国际大厦 (广州)     | 62/2              | 197       | 筒 体      | 7        | I        | $\frac{4.06}{3.09}$            | 0.011       | 2040                        | 1/484                              | 桩        |
| 2      | 京广大厦 (北京)       | 53/3              | 196       | 筒 体      | 8        | II       | 5.59                           | 0.034       |                             |                                    | 箱        |
| 3      | 京城大厦 (北京)       | 52/4              | 183       | 筒 体      | 8        | II       | $\frac{0.5}{0.5}$              | 0.057       |                             | 1/226                              | 筏        |
| 4      | 深圳国贸中心大厦        | 50/3              | 161       | 筒 体      | 6        |          |                                |             | 3334                        | 1/1348                             | 桩        |
| 5      | 深圳发展中心大厦        | 43/1              | 160       | 框-墙      |          |          |                                | 0.028       | 3363                        | 1/578                              | 桩        |
| 6      | 新锦江大酒店 (上海)     | 43/1              | 150       | 框-墙      | 7        | III      | 4.0                            |             | 490                         | 1/550                              | 桩        |
| 7      | 上海希尔顿饭店         | 43/1              | 140       | 框-墙      | 7        | III      | $\frac{3.12}{3.55}$            |             | 490                         | $\frac{1}{500}$<br>$\frac{1}{600}$ | 桩        |
| 8      | 国际贸易中心大楼 (北京)   | 39/2              | 155       | 筒 体      | 85       | I        | $\frac{5.52}{5.52}$            | 0.040       | 2805                        | 1/266                              | 筏        |
| 9      | 珠江帆影 4 号主楼 (广州) | 39/2              | 136       | 筒-框      | 7        | II       | $\frac{2.26}{2.36}$            | 0.016       | 1706                        | 1/589                              | 桩        |
| 10     | 深圳外贸中心大厦        | 39/1              | 136       | 筒 体      | 6        |          |                                | 0.016       | 2942                        | 1/2040                             | 桩        |
| 11     | 中国银行大厦 (深圳)     | 38/1              | 136       | 筒 体      | 7        | I        | $\frac{3.10}{3.14}$            | 0.018       | 2432                        | 1/533                              | 桩        |
| 12     | 深圳航空大厦          | 37/1              | 133       | 框-墙      |          |          |                                |             | 2452                        | 1/841                              | 桩        |
| 13     | 虹桥宾馆 (上海)       | 35/2              | 103       | 框-墙      | 7        | III      | $\frac{2.80}{2.52}$            |             | 490                         | 1/389                              | 桩        |

续表

| 序号 | 工 程 名 称       | 层数<br>(地上/<br>地下) | 总高<br>(m) | 结构<br>体系 | 设防<br>烈度 | 场地<br>类别 | 基本周期<br>$\frac{x}{y}$ 轴<br>轴<br>(s) | 基底剪力<br>系 数 | 最大风压<br>(N/m <sup>2</sup> ) | 最大层间<br>侧移角 | 基础<br>类型 |
|----|---------------|-------------------|-----------|----------|----------|----------|-------------------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|----------|
| 14 | 星湖大酒店 (肇庆)    | 34/1              | 118       | 筒 体      | 7        | I        | $\frac{1.58}{1.57}$                 | 0.016       | 1167                        | 1/1202      | 桩        |
| 15 | 金陵饭店 (南京)     | 33/1              | 110       | 框-墙      | 7        | I        | 1.47                                | 0.04        |                             | 1/386       | 桩        |
| 16 | 白云宾馆 (广州)     | 33/2              | 108       | 全墙       | 7        | I        | 1.44                                | 0.84        |                             |             | 桩        |
| 17 | 天津市贸易中心       | 33/2              | 107       | 筒 体      | 8        | I        | $\frac{1.42}{1.54}$                 | 0.053       |                             | 1/522       | 桩        |
| 18 | 广州白天鹅宾馆       | 33/1              | 90.4      | 全 墙      | 7        | I        | $\frac{1.57}{1.61}$                 | 0.017       | 1579                        | 1/3260      | 桩        |
| 19 | 深圳亚洲大酒店       | 32/1              | 96        | 筒 体      | 6        | I        | $\frac{3.37}{3.25}$                 | 0.010       | 1932                        | 1/1090      | 桩        |
| 20 | 国际贸易中心公寓(北京)  | 30/1              | 106       | 筒 体      | 8        | I        | $\frac{2.20}{2.20}$                 | 0.05        |                             | 1/603       | 筏        |
| 21 | 国际大厦 (深圳)     | 30/3              | 101       | 框-墙      | 8        | I        |                                     |             |                             | 1/1363      | 箱        |
| 22 | 广东省人民银行 (广州)  | 29/1              | 109       | 框-墙      | 7        | I        | $\frac{2.54}{2.72}$                 | 0.010       | 1657                        | 1/413       | 桩        |
| 23 | 上海联谊大厦        | 29/1              | 108       | 筒 体      | 7        | II       |                                     |             | 490.3                       |             | 桩        |
| 24 | 闽南贸易大厦 (厦门)   | 29/2              | 101       | 筒-体      | 7        | II       | 2.04                                | 0.032       | 1402                        | 1/350       | 桩        |
| 25 | 北京某高级宾馆       | 29/3              | 99        | 全 墙      | 8        | I        | $\frac{2.54}{1.29}$                 |             | 343                         | 1/4000      | 箱        |
| 26 | 西苑饭店 (北京)     | 29/3              | 96.0      | 全 墙      | 8        | I        | 1.37                                | 0.060       |                             |             | 箱        |
| 27 | 华亭宾馆 (上海)     | 29/1              | 90.0      | 框-墙      | 6        | II       |                                     |             |                             | 1/1174      | 桩        |
| 28 | 昆仑饭店 (北京)     | 28/2              | 99.9      | 全 墙      | 8        | I        |                                     |             |                             |             | 箱        |
| 29 | 渔阳饭店 (扬州)     | 28/2              | 97.7      | 筒 体      | 8        | I        | $\frac{1.44}{1.40}$                 | 0.041       |                             | 1/890       | 桩        |
| 30 | 深圳红岭大厦        | 28/0              | 92.2      | 框托墙      | 6        | I        |                                     |             | 2050                        | 1/1728      | 桩        |
| 31 | 深圳国贸公寓        | 28/1              | 90.1      | 框托墙      | 6        | I        |                                     | 0.018       | 2255                        | 1/1400      | 桩        |
| 32 | 南洋商业银行住宅 (珠海) | 28/1              | 89.7      | 框-墙      | 8        | I        |                                     | 0.010       | 1863                        | 1/1096      | 桩        |
| 33 | 北京国际饭店        | 28/3              | 85.0      | 框托墙      | 8        | I        | $\frac{2.20}{1.70}$                 | 0.030       |                             | 1/348       | 箱        |
| 34 | 亚洲饭店 (汕头)     | 27/1              | 104.5     | 框托墙      | 7        | II       | $\frac{1.98}{2.20}$                 |             | 1618                        | 1/390       | 箱-桩      |
| 35 | 深圳华侨大酒店       | 27/1              | 103.1     | 框-墙      | 7        | I        | $\frac{1.31}{1.53}$                 | 0.011       | 2569                        | 1/1210      | 桩        |
| 36 | 上海宾馆          | 27/1              | 91.5      | 框-墙      | 7        | II       | $\frac{1.80}{1.80}$                 |             |                             |             | 桩        |

续表

| 序号 | 工 程 名 称      | 层数<br>(地上/<br>地下) | 总高<br>(m) | 结构<br>体系 | 设防<br>烈度 | 场地<br>类别 | 基本周期<br>$\frac{x}{y}$ 轴<br>(s) | 基底剪力<br>系 数 | 最大风压<br>(N/m <sup>2</sup> ) | 最大层间<br>侧移角 | 基础<br>类型 |
|----|--------------|-------------------|-----------|----------|----------|----------|--------------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|----------|
| 37 | 长富宫中心饭店(北京)  | 26/3              | 90.5      | 框 架      | 8        | Ⅱ        | 3.2                            | 0.036       |                             | 1/385       | 箱        |
| 38 | 金龙饭店(厦门)     | 26/1              | 81.7      | 框-墙      | 7        | Ⅲ        | $\frac{2.26}{1.98}$            | 0.015       | 1687                        | 1/358       | 桩        |
| 39 | 湖心花园大厦1号(深圳) | 26/0              | 81.4      | 框托墙      |          |          |                                | 0.019       | 2324                        | 1/1120      | 桩        |
| 40 | 湖心花园大厦2号(深圳) | 26/0              | 81.4      | 框托墙      |          |          |                                | 0.020       | 2324                        | 1/683       | 桩        |
| 41 | 北京安贞西里住宅     | 26/2              | 80.0      | 筒 体      | 8        | Ⅱ        |                                | 0.043       |                             | 1/200       | 箱        |
| 42 | 厦门海滨大厦       | 25/2              | 90.7      | 框-墙      | 7        | Ⅲ        | $\frac{2.24}{2.41}$            | 0.040       | 883                         | 1/365       | 桩        |
| 43 | 中国专利局业务楼(北京) | 25/3              | 86.7      | 筒 体      | 8        | Ⅱ        | $\frac{1.43}{1.50}$            | 0.032       | 1069                        | 1/800       | 桩        |
| 44 | 青岛仙客来宾馆      | 25/2              | 85.1      | 框-墙      | 7        | 1        | $\frac{1.13}{1.31}$            | 0.020       | 1569                        | 1/1956      | 箱        |
| 45 | 深圳北方大厦       | 25/1              | 84.6      | 筒 体      | 6        | Ⅱ        |                                |             | 1814                        | 1/1066      | 桩        |
| 46 | 深圳敦信大厦       | 25/2              | 76.3      | 框托墙      | 6        |          |                                | 0.016       | 2206                        | 1/850       | 桩        |
| 47 | 上海电信大楼       | 24/3              | 151.8     |          | 7        | Ⅲ        | $\frac{1.53}{2.04}$            |             | 490.3                       | 1/900       | 桩        |
| 48 | 华东电业局情报楼(上海) | 24/2              | 121.6     | 筒 体      | 7        | Ⅱ        | $\frac{2.13}{2.48}$            |             | 490.3                       |             | 桩        |
| 49 | 中央彩电大楼(北京)   | 24/3              | 103.4     | 筒 体      | 9        | Ⅱ        | $\frac{2.40}{2.10}$            | 0.063       |                             | 1/174       | 箱        |
| 50 | 香格里拉饭店(北京)   | 24/2              | 82.8      | 框-墙      | 8        | Ⅱ        | $\frac{2.06}{2.21}$            | 0.042       | 981                         | 1/590       | 箱        |
| 51 | 翠微园住宅楼(北京)   | 24/3              | 60.2      | 全墙       | 8        | Ⅱ        | $\frac{1.37}{1.36}$            | 0.030       | 863                         | 1/595       | 箱        |
| 52 | 中国科学中心(北京)   | 23/2              | 84.0      | 筒 体      | 8        | Ⅱ        |                                |             |                             |             | 箱        |
| 53 | 首都宾馆(北京)     | 23/2              | 75.3      | 框托墙      | 8        | Ⅱ        |                                | 0.054       |                             |             | 箱        |
| 54 | 翠菊楼(深圳)      | 23/0              | 72.1      | 全 墙      |          |          |                                | 0.011       | 2255                        | 1/1481      | 桩        |
| 55 | 北京复外7号楼      | 23/2              | 70.7      | 全 墙      | 8        | Ⅱ        |                                | 0.055       |                             | 1/1080      | 箱        |
| 56 | 杭州友好大厦       | 23/1              | 70.3      | 框-墙      | 7        | Ⅲ        | $\frac{1.25}{1.55}$            | 0.032       |                             | 1/400       | 桩        |

续表

| 序号 | 工 程 名 称       | 层数<br>(地上/<br>地下) | 总高<br>(m) | 结构<br>体系 | 设防<br>烈度 | 场地<br>类别 | 基本周期<br>$\begin{matrix} x \text{ 轴} \\ y \text{ 轴} \end{matrix}$<br>(s) | 基底剪力<br>系 数 | 最大风压<br>(N/m <sup>2</sup> ) | 最大层间<br>侧移角 | 基础<br>类型 |
|----|---------------|-------------------|-----------|----------|----------|----------|-------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|----------|
| 57 | 天津港住宅         | 23/1              | 68.3      | 全 墙      | 8        | Ⅱ        | $\begin{matrix} 0.88 \\ 0.79 \end{matrix}$                              | 0.075       |                             | 1/375       | 桩        |
| 58 | 武汉晴川饭店        | 22/1              | 89.0      | 筒 体      | 6        | Ⅲ        |                                                                         |             | 1049                        | 1/3870      | 箱        |
| 59 | 沙坪饭店 (重庆)     | 22/1              | 83.1      | 框-墙      | 6        | I        |                                                                         | 0.011       | 1069                        | 1/7436      | 箱        |
| 60 | 长城饭店 (北京)     | 22/2              | 79.8      | 框 架      | 8        | Ⅱ        |                                                                         |             |                             |             | 箱        |
| 61 | 广州远洋大厦        | 22/1              | 78.4      | 板 柱      | 7        | Ⅱ        | $\begin{matrix} 0.86 \\ 0.29 \end{matrix}$                              | 0.012       |                             | 1/548       | 桩        |
| 62 | 中国金融大楼 (北京)   | 22/5              | 76.0      | 筒 体      | 8        | Ⅱ        | 1.70                                                                    |             |                             | 1/720       | 箱        |
| 63 | 黑龙江省交易中心(哈尔滨) | 22/3              | 70.6      | 框-墙      |          |          | $\begin{matrix} 1.36 \\ 2.12 \end{matrix}$                              | 0.016       | 1500                        | 1/1200      | 桩        |
| 64 | 深圳熙龙花园大厦      | 22/0              | 64.8      | 框-墙      | 6        | Ⅱ        |                                                                         | 0.002       | 1745                        | 1/670       | 桩        |
| 65 | 国际贸易中心宾馆 (北京) | 21/2              | 76.6      | 框-墙      | 8        | Ⅱ        | $\begin{matrix} 1.07 \\ 1.26 \end{matrix}$                              | 0.090       |                             | 1/461       | 箱        |
| 66 | 皇都饭店 (南宁)     | 21/2              | 66.7      | 框-墙      | 7        | Ⅱ        | $\begin{matrix} 1.40 \\ 1.42 \end{matrix}$                              | 0.041       | 981                         | 1/770       | 箱        |
| 67 | 曾家岩宾馆 (南宁)    | 20/1              | 73.5      | 全 墙      |          |          |                                                                         |             | 1255                        | 1/5020      | 带形       |
| 68 | 上海交大图书馆       | 20/1              | 72.4      | 框-墙      | 6        |          |                                                                         | 0.078       | 902                         | 1/1858      | 箱        |
| 69 | 深圳统建办公楼       | 20/1              | 72.1      | 框-墙      | 6        |          |                                                                         | 0.009       | 1236                        | 1/3055      | 箱        |
| 70 | 天津凯悦饭店        | 20/1              | 71.8      | 框-墙      | 8        | Ⅱ        | $\begin{matrix} 1.89 \\ 1.69 \end{matrix}$                              | 0.020       |                             | 1/545       | 桩        |
| 71 | 深圳国际商业大厦      | 20/0              | 63.0      | 框-墙      | 6        |          |                                                                         | 0.018       | 1716                        | 1/4972      | 桩        |
| 72 | 翠微园西里住宅 (北京)  | 20/3              | 62.1      | 全 墙      | 8        | Ⅱ        | $\begin{matrix} 1.27 \\ 1.25 \end{matrix}$                              | 0.036       | 785                         | 1/875       | 箱        |
| 73 | 哈铁服务楼 (哈尔滨)   | 20/2              | 60.4      | 框-墙      |          |          |                                                                         |             | 775                         | 1/1667      | 箱        |
| 74 | 北京罗家园住宅       | 20/3              | 59.8      | 全 墙      | 8        | Ⅱ        |                                                                         | 0.046       |                             | 1/642       | 箱        |
| 75 | 上海乌镇路住宅       | 20/1              | 58.2      | 全 墙      |          | Ⅲ        |                                                                         |             |                             |             | 箱        |



续表

| 序号 | 工 程 名 称       | 层数<br>(地上/<br>地下) | 总高<br>(m) | 结构<br>体系 | 设防<br>烈度 | 场地<br>类别 | 基本周期<br>$\frac{x}{y}$ 轴<br>y轴<br>(s) | 基底剪力<br>系 数 | 最大风压<br>(N/m <sup>2</sup> ) | 最大层间<br>侧移角 | 基础<br>类型 |
|----|---------------|-------------------|-----------|----------|----------|----------|--------------------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|----------|
| 76 | 东北电网调度中心 (沈阳) | 19/2              | 87.5      | 框-墙      | 7        | I        | $\frac{1.58}{2.30}$                  | 0.018       | 814                         | 1/330       | 箱        |
| 77 | 长安大厦 (北京)     | 19/1              | 78.4      | 框-墙      | 7        | I        | $\frac{0.90}{0.49}$                  | 0.063       |                             | 1/2500      | 箱        |
| 78 | 辽宁物资交易中心 (沈阳) | 19/2              | 67.6      | 框-墙      | 7        | I        | $\frac{1.95}{1.35}$                  |             |                             | 1/1375      | 箱        |
| 79 | 中心国际酒店 (汕头)   | 19/0              | 65.5      | 框-墙      | 7        | II       | $\frac{2.17}{2.02}$                  | 0.022       | 1275                        | 1/365       | 桩        |
| 80 | 北京图书馆书库       | 19/3              | 64.0      | 框-墙      | 8        | I        | $\frac{0.82}{0.59}$                  | 0.080       |                             | 1/544       | 箱        |
| 81 | 深圳电子大厦        | 18/1              | 70.4      | 框-墙      | 7        | I        | $\frac{1.20}{1.56}$                  | 0.024       |                             | 1/973       | 桩        |
| 82 | 海运办公楼 (青岛)    | 18/2              | 65.5      | 框-墙      | 8        | I        | $\frac{1.45}{1.51}$                  | 0.031       | 716                         | 1/387       | 箱        |
| 83 | 兆龙饭店主楼 (北京)   | 18/2              | 63.8      | 框-墙      | 8        | I        | 1.12                                 | 0.027       |                             | 1/1163      | 箱        |
| 84 | 西藏成办招待所 (成都)  | 18/1              | 61.0      | 全 墙      | 7        | I        | $\frac{0.82}{0.92}$                  |             | 686                         | 1/2188      | 箱        |
| 85 | 玄武饭店 (北京)     | 18/1              | 58.7      | 框-墙      | 8        | II       | $\frac{1.13}{1.18}$                  | 0.05        |                             | 1/327       | 桩        |
| 86 | 珠海流动渔民大厦      | 18/0              | 58.6      | 框-墙      | 7        | I        | $\frac{1.52}{1.88}$                  | 0.012       | 1677                        | 1/485       | 桩        |
| 87 | 广州中国大酒店       | 18/1              | 56.3      | 全 墙      | 7        | I        | $\frac{1.13}{1.19}$                  | 0.020       |                             | 1/1000      | 箱        |
| 88 | 沈阳重机厂住宅       | 18/2              | 56.1      | 全墙       | 7        | I        | $\frac{0.80}{1.00}$                  | 0.055       | 834                         | 1/3220      | 箱        |
| 89 | 煤炭总公司宿舍 (北京)  | 18/2              | 51.4      | 全 墙      | 8        | I        | $\frac{0.98}{0.74}$                  |             |                             | 1/587       | 箱        |
| 90 | 北京有色院 4 号楼    | 18/2              | 50.9      | 全 墙      | 8        | I        | $\frac{0.58}{1.28}$                  | 0.059       |                             |             | 箱        |
| 91 | 北京某办公楼        | 17/2              | 92.3      | 筒 体      | 9        | I        | $\frac{1.00}{1.61}$                  | 0.100       |                             | 1/480       | 箱        |
| 92 | 深圳地王商业中心      | 81/3              | 325       | 筒中筒      | 7        | I        |                                      |             |                             |             |          |
| 93 | 中国银行 (香港)     | 72                | 368       | 支撑       |          |          |                                      |             |                             |             |          |
| 94 | 好望中心 (香港)     | 65                | 216       | 筒中筒      |          |          |                                      |             |                             |             |          |