

现代高层建筑 结构设计

上册

赵西安 编著



科学出版社

现代高层建筑设计

上册

赵西安 编著

科学出版社

2000

内 容 简 介

本书根据国内外现代高层建筑设计经验,较系统、实用地介绍了90年代以来在现代高层建筑设计中遇到的新问题和解决方法,以帮助工程设计人员完成设计任务。本书以工程实用为主,引用了几百个工程实例、近千幅工程实例图和详图,以大量工程实例和详细结构构造大样为设计人员提供技术参数。

全书共分15章,包括了现代高层建筑设计中有可能提出的问题,如高层建筑的结构分析与CAD软件、超高层建筑、钢和混合结构、体型和体系复杂的结构、转换层结构、减震结构、建筑幕墙等。

本书读者对象为工程设计人员、大学教师和科研人员,也可供有关专业的大学本科生和研究生作为资料参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代高层建筑设计(上、下册)/赵西安编著. -北京:科学出版社,2000

ISBN 7-03-007498-X

I. 现… II. 赵… III. 高层建筑-建筑结构-结构设计
IV. TU973

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 10452 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

北京双青印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

2000年1月第 一 版 开本:787×1092 1/16
2000年1月第一次印刷 印张:73 插页:1
印数:1—3 000 字数:1 722 000

定价:200.00 元(上、下册)

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

前 言

90年代后期,国内外高层建筑得到了迅速发展,尤其是中国,已成为西太平洋沿岸一个新的高层建筑中心,建造数量大,发展速度快,高度已跃居世界前列,而且结构体系之多样,结构布置之复杂,建筑体型之多变,也是国外少见的。新的高层建筑采用了前所未有的新形式、新体系、新材料,也采用了新的结构概念和新的设计方法。

在21世纪来临之际,现代高层建筑结构以全新的面貌展示在人们面前,它不同于过去常规高度、常规结构体系的高层建筑结构,所涉及的设计与施工问题已远远超出现有高层建筑结构设计规程的适用范围,因此设计人员必须自行考虑合理的结构体系和可靠的结构布置,自行选用适当的设计计算方法,自行采取必要的构造措施,同时也要自行承担起技术责任。为此,设计人员必须更深刻地了解现代高层建筑结构的进展,更新原有的设计技术,运用最新的设计施工经验和科研成果,以解决现代高层建筑结构设计提出的新任务、新问题。

正是由于现代高层建筑结构设计中的大量问题无法从现有的规范规程中找到技术依据,设计人员在设计中就要运用实际工程中已有的成功经验,从类似的工程中找到解决问题的途径。因此,工程实例成为设计的最好借鉴。由于本书的目的是为设计人员提供较实用可行的设计方法,因此书中根据国内外现代高层建筑结构的设计经验,较系统、实用地介绍了在现代高层建筑结构设计中遇到的新问题及其解决的办法,以完成手头的实际设计任务。所以,本书不着重于理论研究成果,也不再重复常规高层建筑结构的设计,如有需要,读者可参阅其他有关著作。

鉴于上述,本书大量引用了实际工程的设计经验,特别引用了国内各设计单位发表的工程设计总结论文。为使设计人员能够借鉴,有关资料引用得较为详细,敬请有关单位予以支持;特在此向这些文章的作者致以深切的谢意。对这些实例已尽可能在文中标出引文来源,以便读者查阅,同时表示对设计者创造性工作的敬意。

本书从实际出发,引用的文献以中文为主,并多引自历届全国高层建筑结构学术交流会论文集;这些论文集在各设计单位均有收藏,容易查找。本书所引用外文资料仅限于国内较容易找到的国外期刊,设计单位较少收藏的国外研究报告一般未列出。

书中不少内容引自作者所在的中国建筑科学研究院结构所高层研究室的工作成果,特在此向本室同仁郝锐坤教授,吴秀水教授,赵宁、黄宝清、黄小坤、王翠坤高级工程师,王明贵、肖从真博士,刘华锋、刘翔工程师和其他同志表示衷心的感谢。

本书涉及的内容是近几年新出现的工程问题,由于作者经验不多,也没有成熟的技术依据可查,只能供给设计人员参考。对这些内容,读者应根据工程的实际情况判别是否可以采用,或根据自己的经验和判断加以调整。由于作者水平有限,不当之处更是难免,希望广大读者指正和讨论。

赵西安

1999年5月于中国建筑科学研究院

目 录

上 册

前言

第一章 概论	1
1.1 国外高层建筑的发展	1
1.2 我国港台地区高层建筑的发展	39
1.3 我国内地的高层建筑	61
第二章 高层建筑结构分析方法	120
2.1 杆系-薄壁杆系空间分析方法	120
2.2 采用空间杆系-墙组元模型分析高层建筑结构	146
2.3 空间分析中的剪力墙单元	148
2.4 考虑楼板变形计算高层建筑结构	151
2.5 采用平面有限单元法分析剪力墙	169
2.6 竖向荷载作用下的轴向变形影响	204
2.6 高层建筑结构的动力时程分析方法	206
第三章 高层建筑结构空间分析程序应用	287
3.1 概述	287
3.2 程序总体设计	296
3.3 数据文件格式	303
3.4 数据准备	319
3.5 内力分析	351
3.6 截面设计	392
3.7 计算结果的分析	417
3.8 程序安装和运行	426
第四章 钢筋混凝土超高层建筑	433
4.1 建筑物向上延伸	433
4.2 结构选型	451
4.3 筒中筒结构的结构布置	483
4.4 框架-筒体结构的布置	496
4.5 超高层建筑结构设计	505
4.6 设计实例	527
第五章 钢结构和钢-混凝土混合结构	607
5.1 钢结构在高层建筑中的应用	607
5.2 高层钢结构的结构体系	638

5.3	钢构件设计	660
5.4	钢-混凝土混合结构	693
5.5	工程设计实例	724
第六章	特殊和复杂结构的设计	793
6.1	悬挑结构设计	793
6.2	体型和结构布置复杂的结构	830
6.3	连体结构和立面开洞结构	871
第七章	带转换层的高层建筑设计	937
7.1	结构转换层	937
7.2	底部大空间剪力墙结构设计	958
7.3	底部大空间上层鱼骨式剪力墙结构设计	997
7.4	大底盘大空间剪力墙结构设计	1002
7.5	预应力梁式转换层结构	1017
7.6	桁架和斜柱转换层	1041
7.7	箱形或厚板转换层结构	1070
7.8	巨型框架转换层结构	1131
7.9	带转换层结构的一般分析方法	1137
7.10	深梁设计	1146

下 册

第八章	高层建筑其他结构的设计	1161
8.1	旋转餐厅设计	1161
8.2	加强层设计	1201
8.3	悬挑构件设计	1271
8.4	屋顶上附属结构	1284
第九章	高层住宅的新结构体系	1341
9.1	短肢剪力墙结构	1341
9.2	异形柱框架结构	1356
9.3	扁柱-筒体结构	1380
第十章	无粘结预应力楼盖设计	1389
10.1	概述	1389
10.2	材料及锚具系统	1396
10.3	无粘结预应力结构设计的一般问题	1406
10.4	无粘结预应力楼板的设计	1419
10.5	无粘结预应力平板工程应用实例	1428
10.6	其他形式的预应力楼盖	1461
第十一章	混凝土材料应用的其他问题	1484
11.1	高强混凝土的应用	1484
11.2	轻混凝土在高层建筑结构中的应用	1533

11.3	结构耐火设计	1551
第十二章	钢管混凝土结构	1562
12.1	概述	1562
12.2	圆钢管混凝土柱的设计	1572
12.3	方钢管混凝土柱的承载力	1584
12.4	钢管混凝土结构的节点	1590
12.5	钢管混凝土在工程中的应用	1605
12.6	钢管混凝土核心高强混凝土叠合柱	1647
第十三章	型钢混凝土结构设计	1657
13.1	概述	1657
13.2	结构体系	1662
13.3	型钢混凝土梁设计	1671
13.4	型钢混凝土柱设计	1675
13.5	梁柱节点	1685
13.6	工程应用	1690
第十四章	减振技术在高层建筑中的应用	1718
14.1	概述	1718
14.2	隔震结构	1729
14.3	结构消能减震体系	1748
14.4	振动控制技术的应用	1773
第十五章	幕墙的结构设计	1835
15.1	概述	1835
15.2	幕墙结构设计的基本要求	1870
15.3	结构设计基本参数	1876
15.4	有框幕墙设计	1882
15.5	全玻璃幕墙设计	1909
15.6	点支式玻璃幕墙设计	1919
15.7	幕墙与主体结构的连接	1942
参考文献		1985
附录 A	异形柱正截面承载力近似设计用图表	1999
附录 B	矩形板的弯矩和位移系数	2041
附录 C	《建筑结构荷载规范》有关风荷载的部分条文修订	2057
附录 D	框架配筋构造要求	2061

第一章 概 论

1.1 国外高层建筑的发展

1.1.1 50年代以前的高层建筑

高层建筑是近代经济发展和科学技术进步的产物。城市人口集中、用地紧张以及商业竞争的激烈化,促使了近代高层建筑的出现和发展。世界上第一幢近代高层建筑是美国芝加哥家庭保险(Home Insurance)公司大楼,10层,55m高,建于1884~1886年。该座采用铸铁框架承重的结构,标志着一种区别于传统砌筑结构的新结构体系的诞生。

从1884年到19世纪末,高层建筑已经发展到了采用钢结构,建筑物的高度越过了100m大关,1898年建成的纽约Park Row大厦(30层,118m)是19世纪世界上最高的建筑。

随后,20世纪初,钢结构高层建筑在美国大量建成,美国在高层建筑的数量、层数、高度方面始终居于领先地位。到第二次世界大战前,美国超过200m的高层建筑已经有10幢。

1931年建成的“摩天大楼”——纽约帝国大厦成为高层建筑发展第一阶段的典型代表。它有102层,高381m,采用逐渐阶梯形内收成为塔尖的古典风格,用实体天然材料墙面。该工程所用的钢材强度不是很高,用钢量为 $190\text{kg}/\text{m}^2$ 。它保持了世界上最高的建筑物的纪录达41年之久。

在这时期,钢筋混凝土高层建筑于20世纪初开始兴建。1903年,世界上最初的钢筋混凝土高层建筑Ingalls大楼(16层,64m)在美国辛辛那提市建成。

由于第二次世界大战的影响,高层建筑在20世纪30~40年代停顿了10余年。

1.1.2 50~70年代高层建筑的发展

战后的经济恢复和发展,使高层建筑又进入一个新的阶段。由于50年代初玻璃、铝合金等新型外墙材料开始使用,这个时期称为现代主义的新建筑风格迅速取代了上一个时期的古典主义风格,以简单的几何形体、大面积的金属和玻璃墙为代表的“玻璃盒子”作为现代化的标志,成了这一时期高层建筑的主流。

代表这一个时期开始的典型作品是纽约的利华大厦和联合国大厦。这两座30层和40层的玻璃方盒子成了建筑师们竞相模仿的作品。

这一时期高层建筑的发展具有如下特点:

(1) 高层建筑迅速增加,层数和高度都有大幅度的突破。

到1979年,已建成200m以上的高层建筑已达50幢以上,其中大部分在美国。1972年,纽约世界贸易中心大厦建成(110层,412m,图1.1.1),打破了帝国大厦保持了41年的381m的纪录,而用钢量仅为 $160\text{kg}/\text{m}^2$ 。1974年芝加哥建成了当时世界最高的西尔斯

大厦(Sears Tower),110层,高443m,加上天线达500m(图1.1.2)。

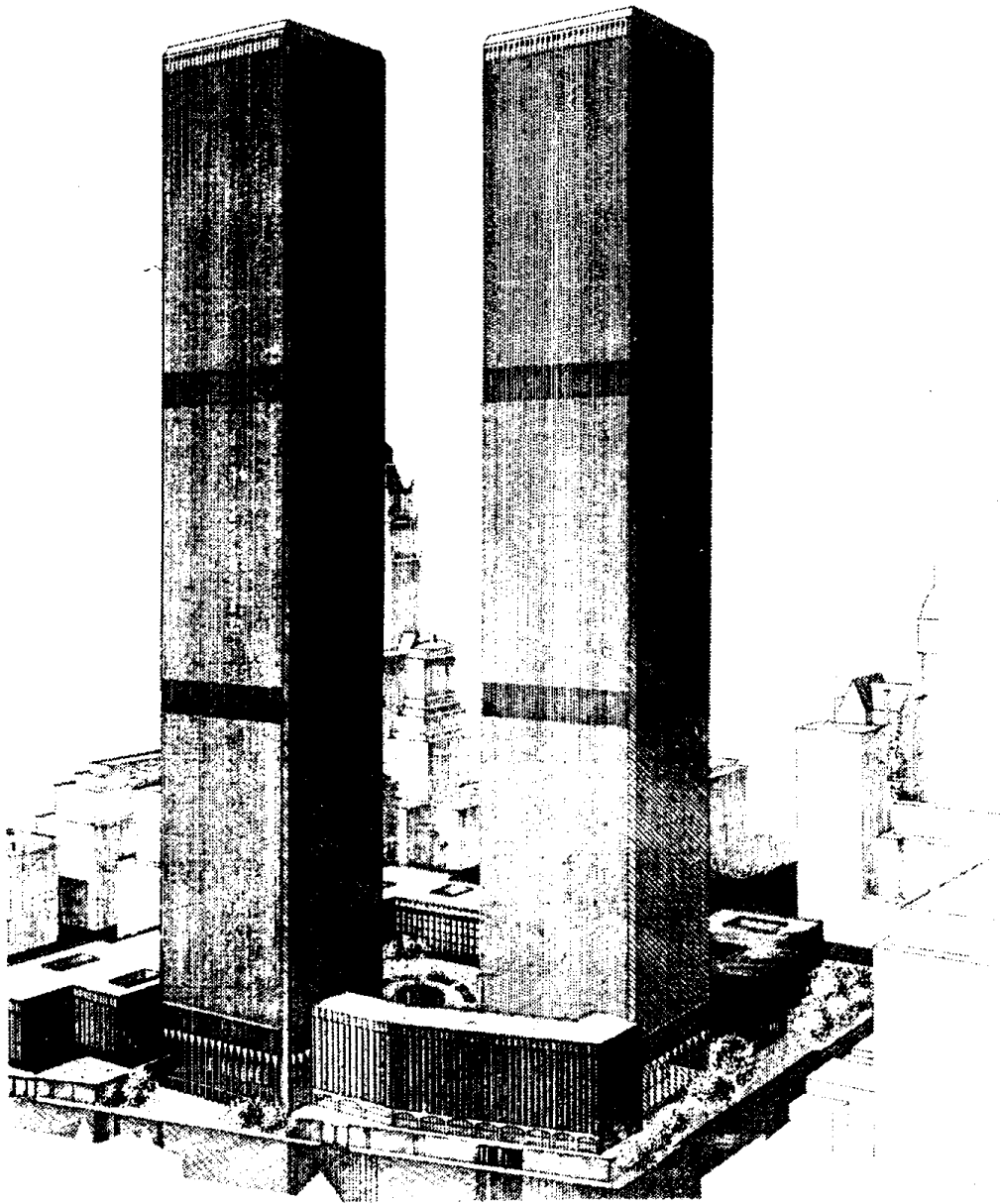


图 1.1.1 世界贸易中心

同一时期,欧洲建成了波兰华沙的 Palac Kultury i Nauki 一号大楼(47层,241m),至今仍为欧洲最高建筑。

在这一时期,日本于1964年废除了建筑物高度不得超过31m的限制,于1968年首次建成了36层的霞关大厦,以后陆续兴建了超过100m高度的50幢高层建筑,并建成了当时日本最高的东京阳光(Ikebukuro)大楼(60层,226m)。

在非地震区,这一时期香港建成了65层的合和中心(216m),成为亚洲最高的钢筋混凝土高层建筑。

(2)结构体系新颖多变,建筑材料丰富多彩。

在50~70年代,除了传统的框架、框架-剪力墙和剪力墙体系以外,新的结构体系得到了广泛应用。

框架-筒体结构、筒中筒结构和成束筒结构成为突破新高度的主要结构手段。世界贸

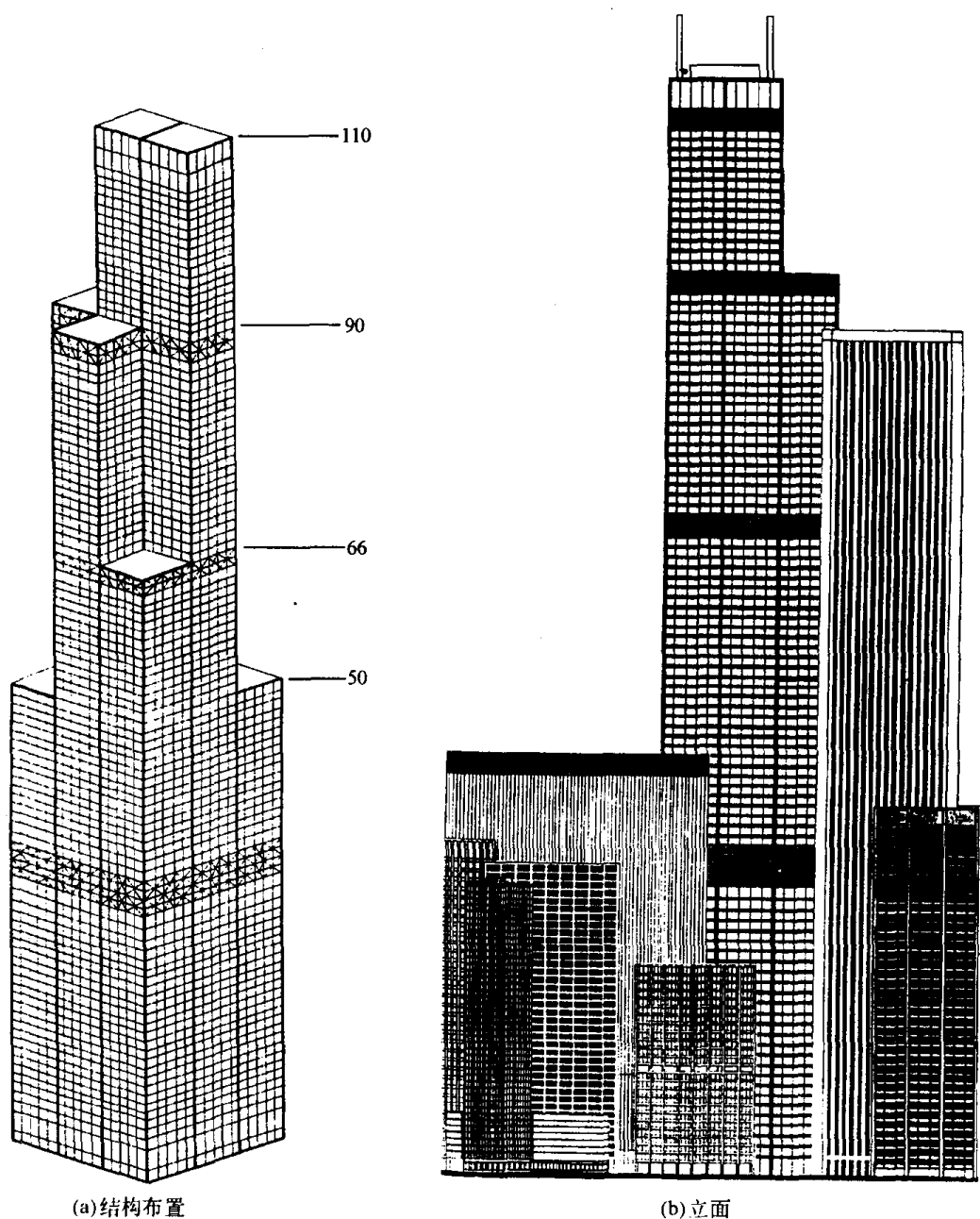


图 1.1.2 西尔斯大厦

易中心采用了筒中筒结构(412m),西尔斯大厦采用了成束筒结构(443m),芝加哥约翰·汉考克大厦(344m,图 1.1.3)采用了桁架筒结构。

悬挂结构、悬挑结构在旅馆和办公建筑中应用越来越多,其中著名的有南非约翰内斯堡标准银行(Standard Bank,悬挂 37 层,图 1.1.4)、德国慕尼黑广播中心(悬挂 17 层,图 1.1.5)等。还有一些建筑采用了比较复杂的结构形式,如图 1.1.6 所示。

巨型框架结构和巨型桁架结构开始应用,其中有 54 层的新加坡华侨银行(图 1.1.7)。

这一时期,除了钢结构高层建筑继续发展以外,建成了高达 74 层、262m 的芝加哥水塔广场大厦,采用了钢筋混凝土结构。最高的全部采用轻混凝土的建筑是美国休斯敦贝壳广场(One Shell Plaza)大厦(50 层,218m,图 1.1.8),它也在这一时期建成。此外,钢-钢筋混凝土混合结构也得到了迅速发展。

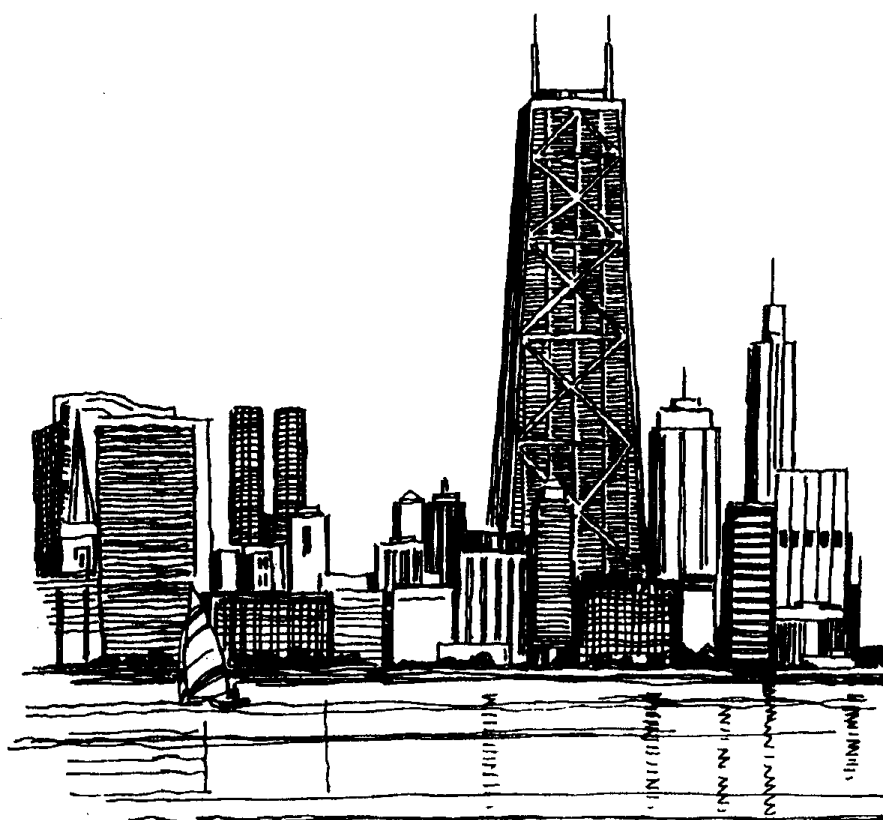


图 1.1.3 约翰·汉考克大厦

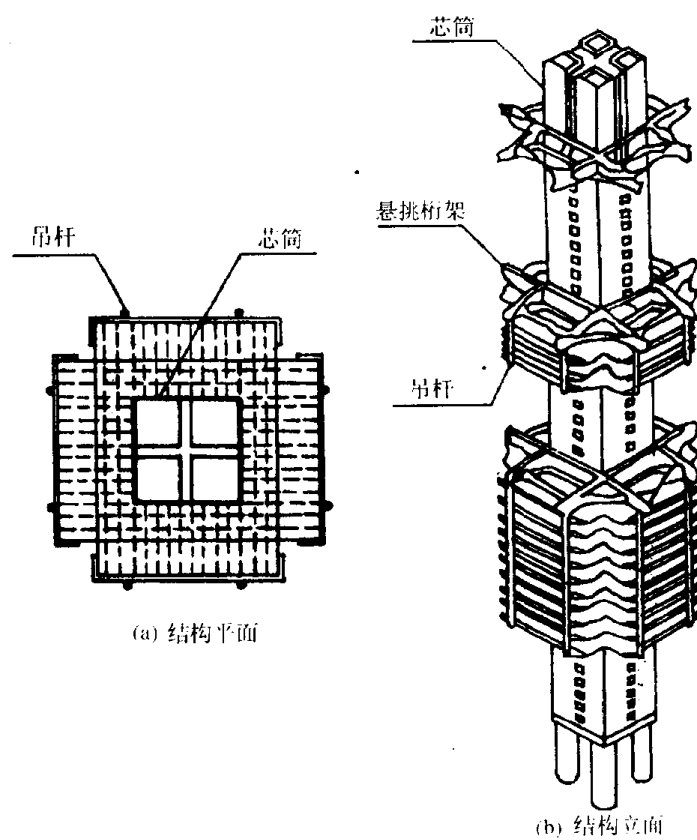


图 1.1.4 标准银行大楼结构示意

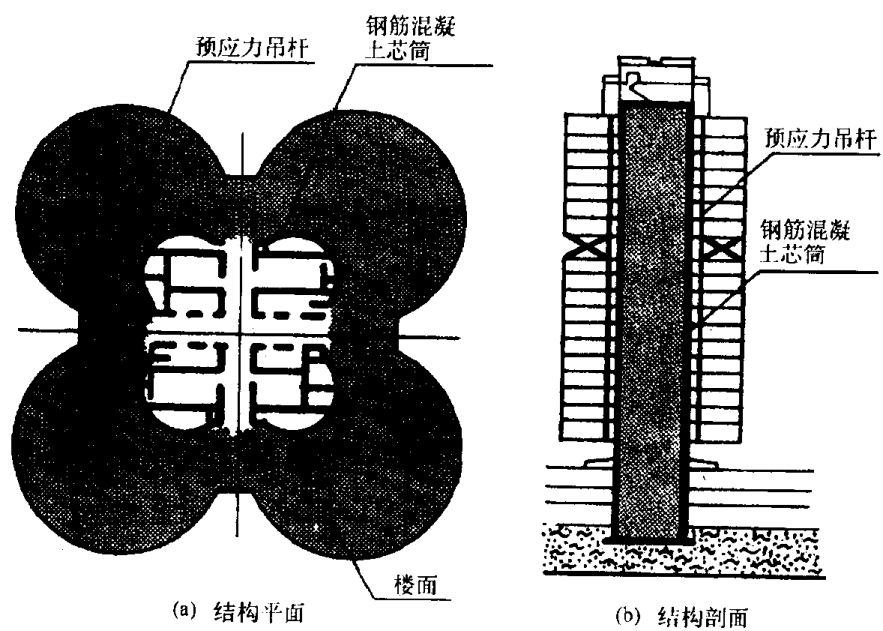


图 1.1.5 慕尼黑广播中心

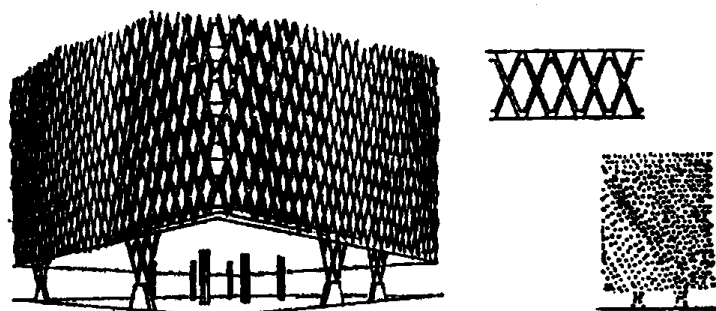


图 1.1.6 匹兹堡 IBM 公司大楼

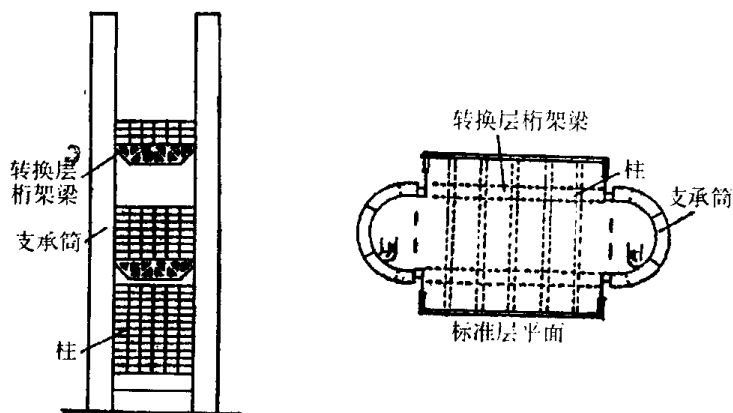


图 1.1.7 华侨银行大楼结构示意图

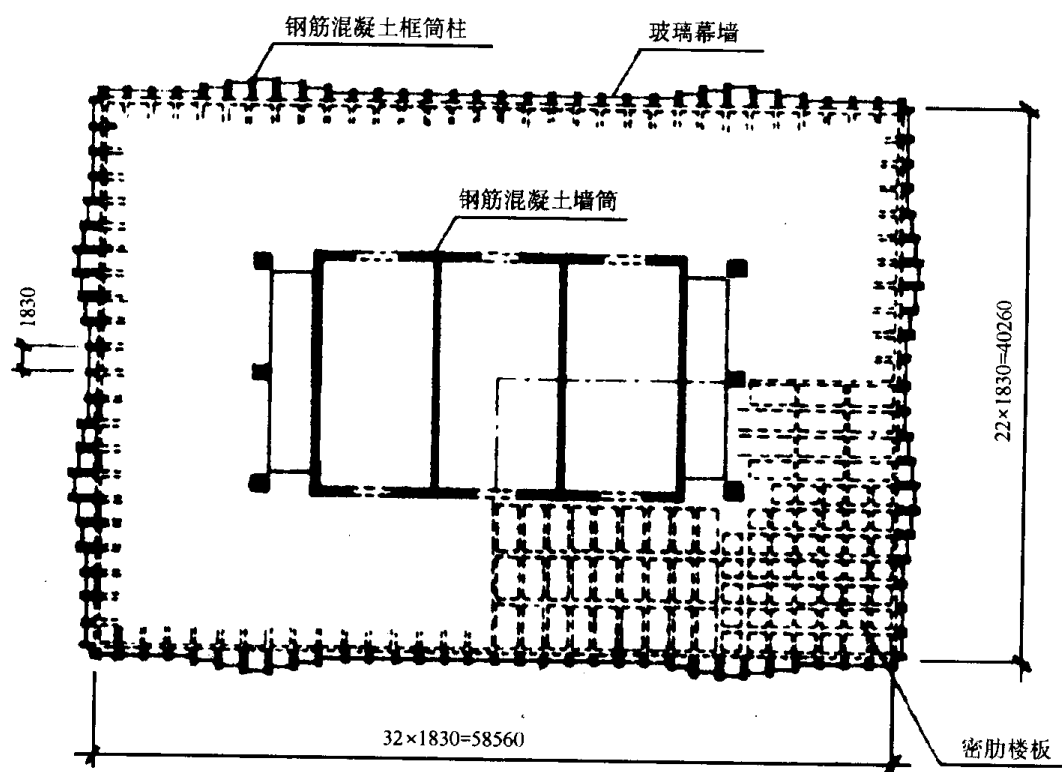


图 1.1.8 贝壳广场大厦平面

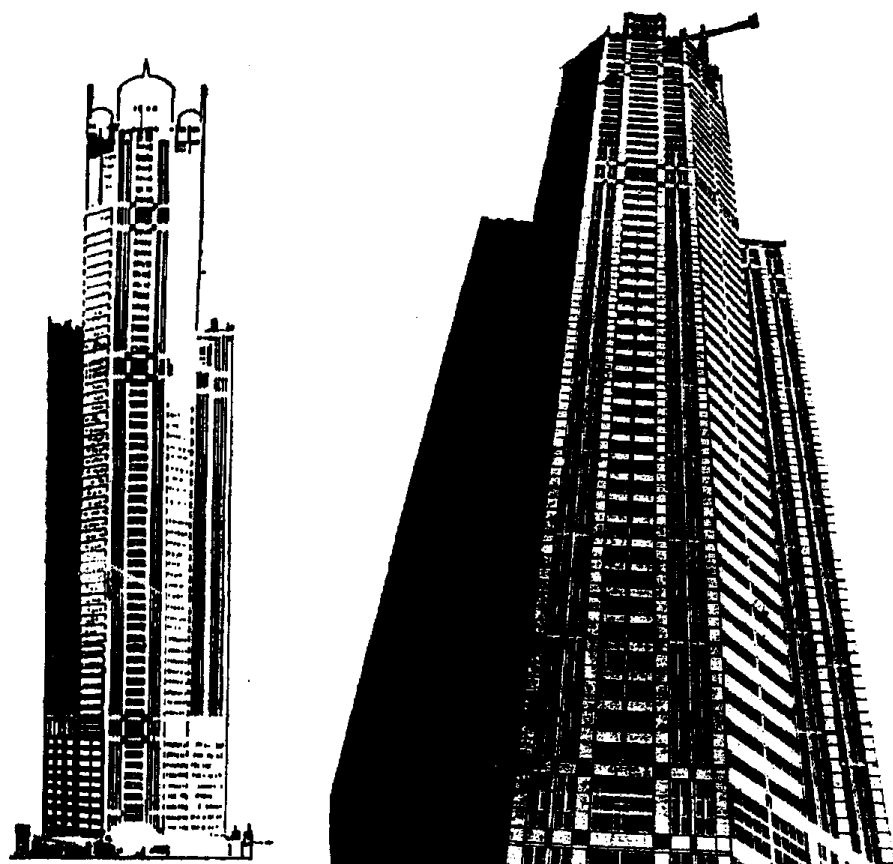


图 1.1.9 沃克大街1号大楼

(3) 高层建筑结构抗震设计水平大幅度提高。

高层建筑结构抗震设计,美国在西海岸以加利福尼亚为中心进行了广泛深入的研究,颁布了一系列抗震设计的法规,建成了地震区最高的钢筋混凝土建筑——洛杉矶的加利福尼亚联合银行(United California Bank)大厦(62层,262m)。而在大洋另一边,日本在冲破 31m 限制高度后,全力进行钢结构和型钢混凝土结构的抗震设计方法研究,建成了大批 100m 以上的高层建筑。

1.1.3 80 年代的高层建筑

进入 80 年代,受后现代主义思潮的影响,高层建筑的风格又有了新的变化,建筑物的体型由单纯追求“简洁就是美”而转向多样化,在色彩、线条、质感上更为丰富多变。

这一时期,美国的高层建筑在高度上尚未有突破,但正处在一个酝酿期中。目前,几座高度超过 500m 的建筑物正在规划、设计中,如纽约的 Television City Tower(509m)、Phoenix Tower(515m),一旦建成,高度将突破 500m 大关。在这一时期,美国建成了最高的钢筋混凝土建筑——芝加哥沃克大街(Wacker Drive,1 号大楼 80 层,295m,图 1.1.9)

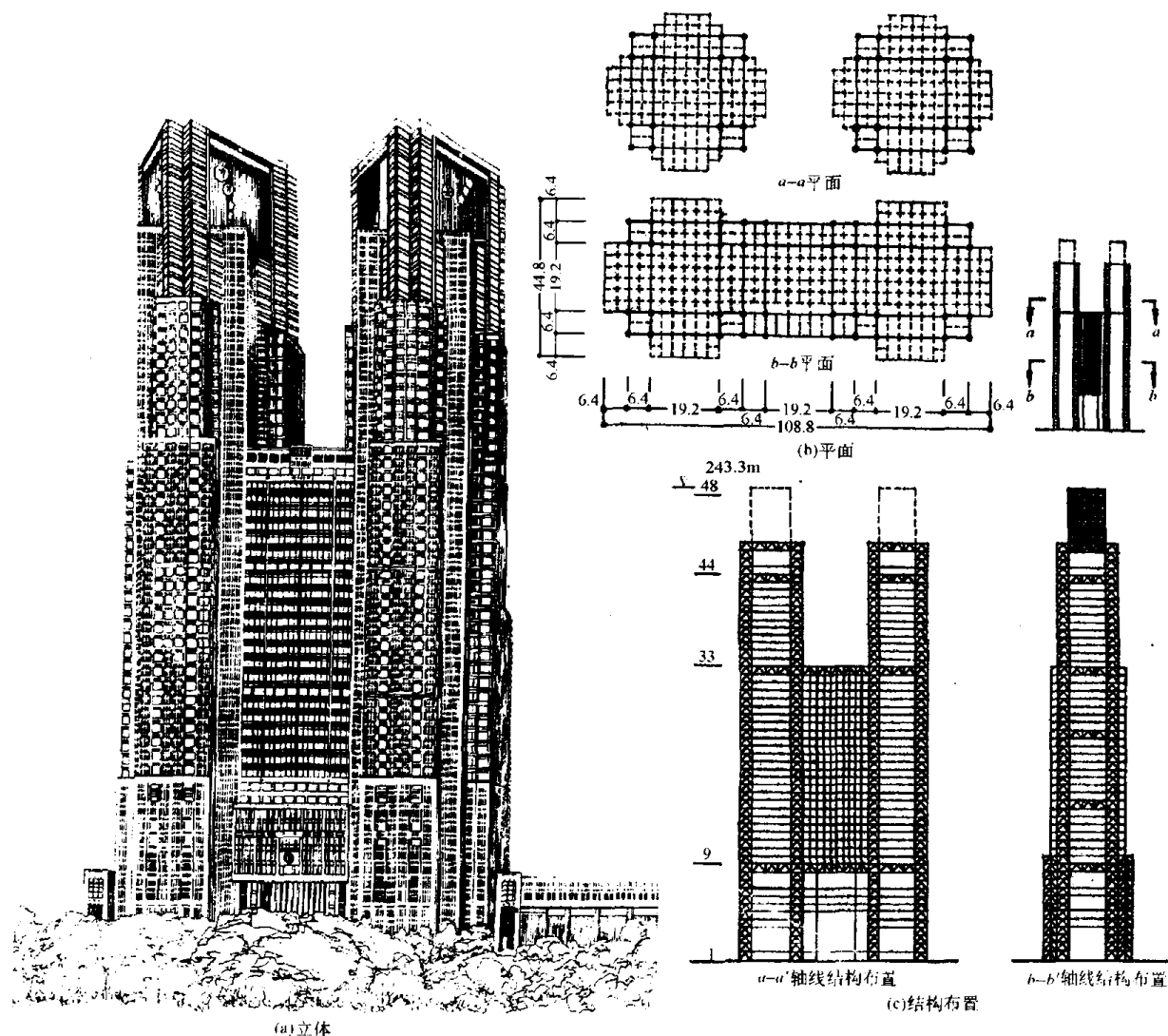


图 1.1.10 东京都府大厦

和沃克大街 311 号大楼(65 层,296m)。

在 80 年代,亚洲地区的高层建筑却得到非常迅速的发展,日本东京都府大厦(48 层,243.3m)为当时日本最高的建筑(图 1.1.10)。

在我国台湾省和香港地区,高层建筑发展也十分迅速(见 1.2 节)。

新加坡建成了海外联合银行(Overseas Union Bank)大厦(63 层,280m),成为当时仅次于香港中国银行大厦的亚洲第二高建筑物(图 1.1.11)。

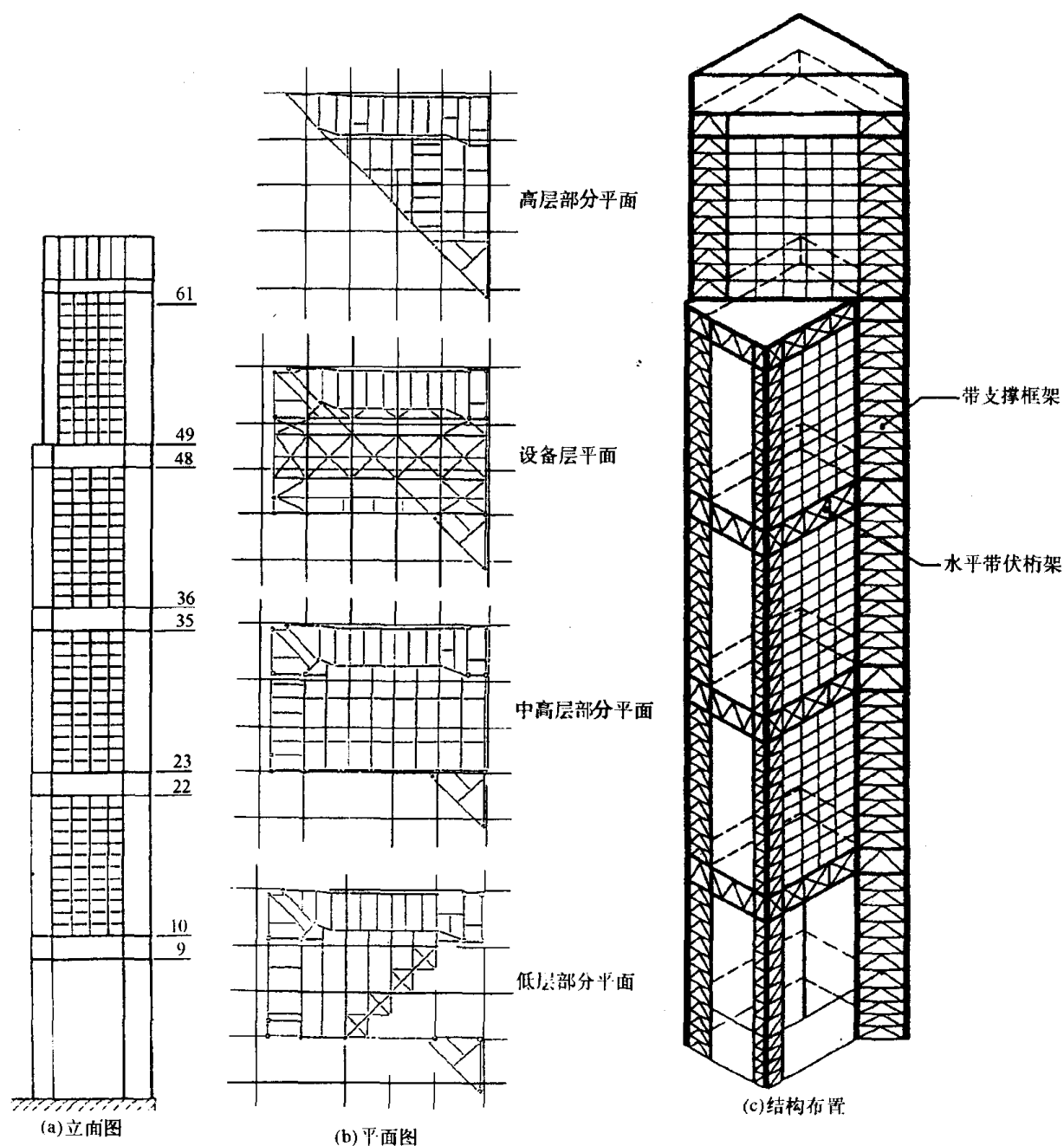


图 1.1.11 新加坡海外联合银行大楼

除了上述各种结构体系以外,美国还建成了 One Mellon 银行大厦,采用了应力蒙皮结构,将航空和造船工业的技术引入建筑结构领域。蒙皮结构是在纵横肋(柱、梁)上蒙上一层薄金属板(蒙皮),形成共同工作体系。蒙皮主要在面内受力(正应力和剪应力),相当于连续分布支撑(图 1.1.12)。由于作为蒙皮的钢板在平面内有很大的拉、压和剪切强度,

所以应力蒙皮结构有很好的承载力和刚度,而重量却很轻。图 1.1.13 为除去蒙皮后的结构布置,竖向骨架(纵肋)为外柱,柱距 3m。为了形成有效蒙皮,窗口面积只为墙面面积的 25%。外蒙皮厚度:下部楼层 8mm,上部楼层 5mm。图 1.1.14 表示蒙皮与骨架的关系。

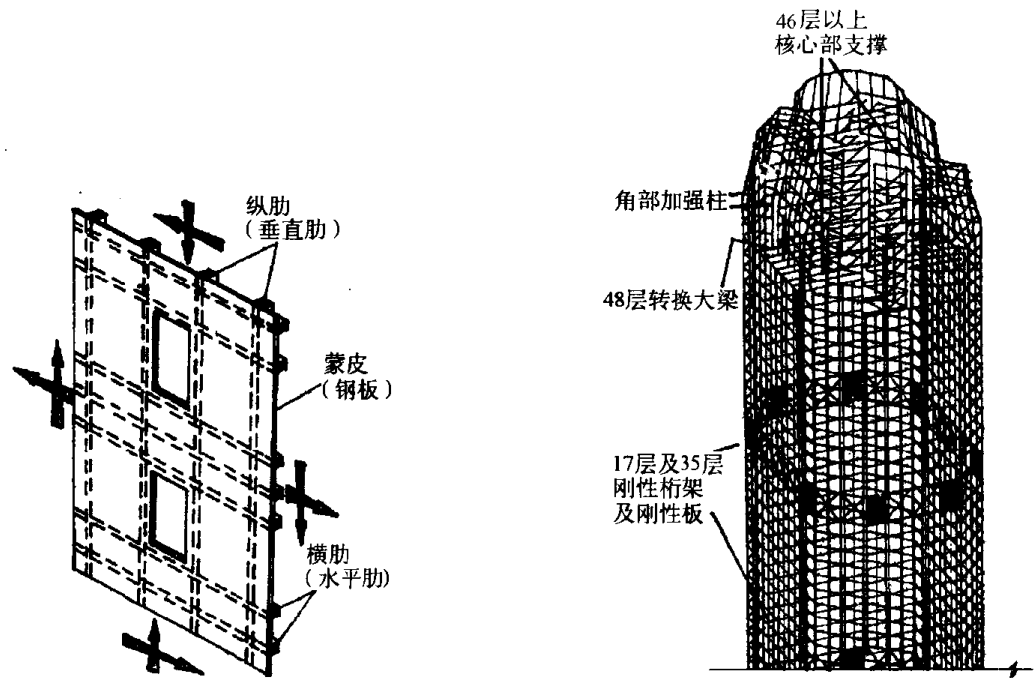


图 1.1.12 应力蒙皮结构局部示意

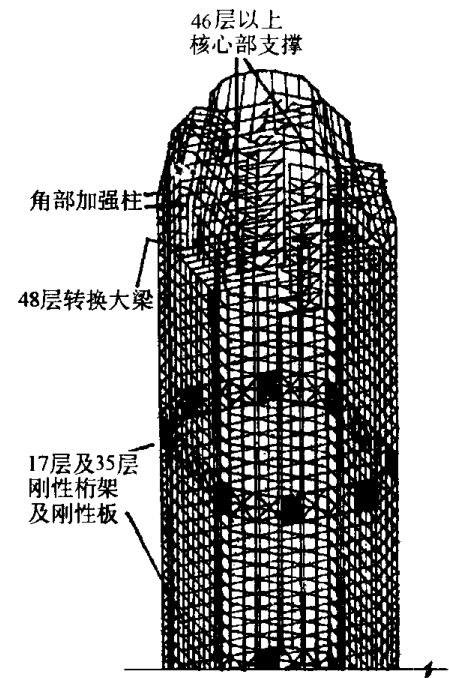


图 1.1.13 One Mellon 银行中心上部楼层骨架(已除去表面蒙皮)

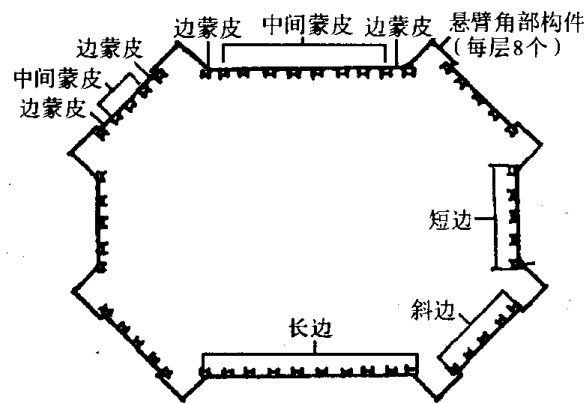


图 1.1.14 One Mellon 银行中心平面示意图(表示蒙皮与骨架的关系)

1.1.4 90 年代的高层建筑

进入 90 年代,高层建筑虽然在高度上未有新的突破,但各国都在酝酿着更高的建筑。美国、日本都在研究、设计 500m 以上高度的建筑。图 1.1.15 为芝加哥 Miglin-Beiter 塔楼(125 层,594m),现已开始施工。图 1.1.16 至图 1.1.19 分别为日本大成建设、鹿岛建设和大林组等公司正在设计的方案,一些更高的建筑也在进行可行性研究。从目前趋势来看,到 2000 年,建筑高度超过 500m 是可以实现的。

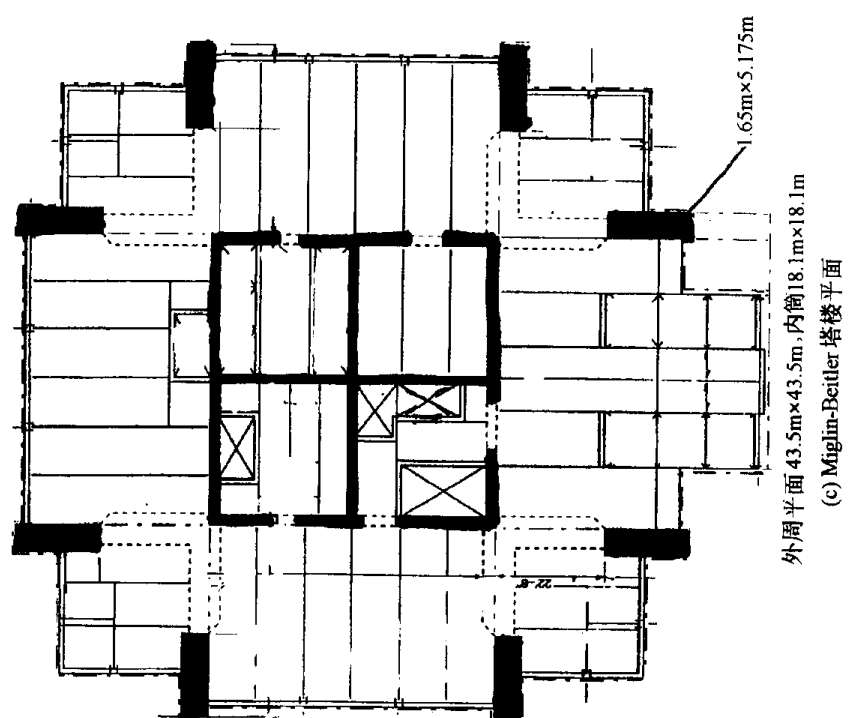
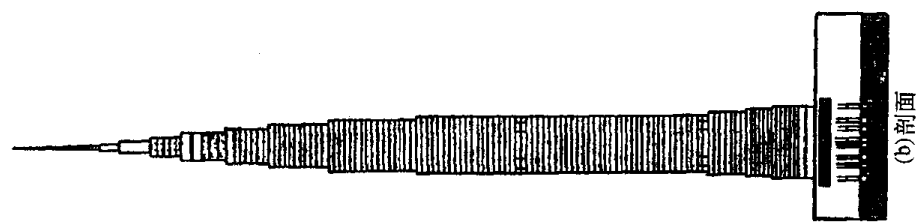
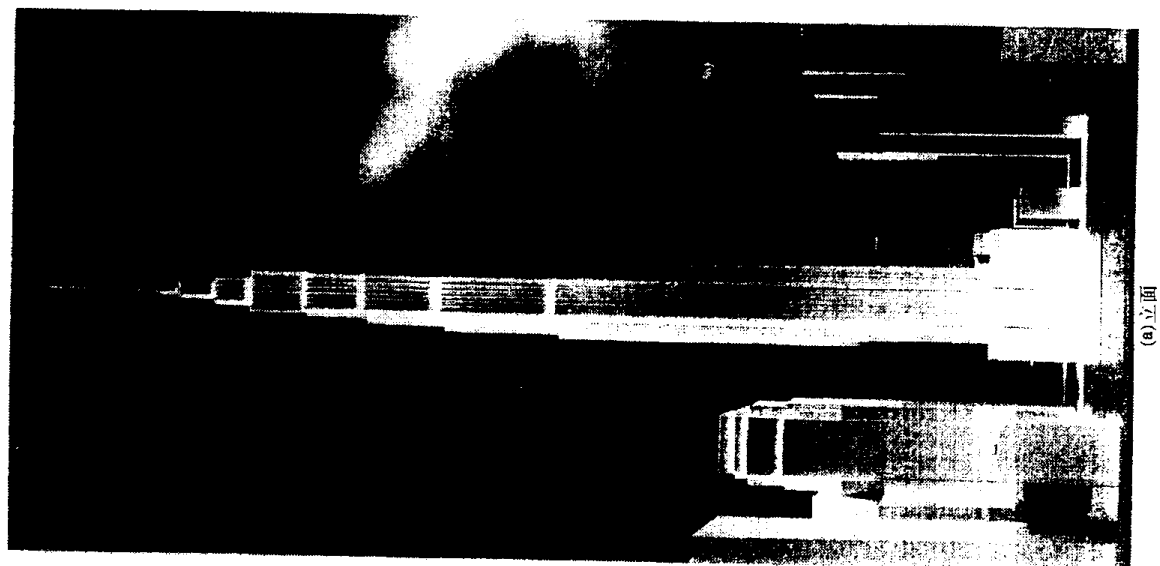


图 1.1.15 Miglin-Beiter 塔楼