

土木建筑工程继续教育丛书

高层建筑结构的选 型、构造及简化计算

赵西安
徐培福 编著

中国建筑工业出版社

土木建筑工程继续教育丛书

高层建筑结构的选 型、构造及简化计算

赵西安
徐培福 编著

中国建筑工业出版社

本书主要介绍高层建筑结构的基本概念、结构选型及设计计算要点。对常用的基本体系：框架、剪力墙和框架-剪力墙结构的结构布置、构造措施和简化计算方法作了介绍；同时还例举了筒体结构及一些体型新颖的结构工程实例。

本书可供具有大专文化程度的结构设计人员学习参考；也可作为进修自学材料及短期培训之用。

土木工程继续教育丛书
高层建筑结构的选型、构造及简化计算
赵西安 徐培福 编著

中国建筑工业出版社出版（北京西郊百万庄）
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷（北京阜外南礼士路）

开本：850×1168毫米 1/32 印张：6³/₄ 字数：180千字

1990年1月第一版 1990年1月第一次印刷

印数：1—6 570册 定价：4.30元

ISBN 7-112-00925-1/TU·663

(6002)

出 版 说 明

社会的进步、经济的振兴和科技的发展，都依赖于劳动者素质的提高和大量合格人才的培养。为此，必须努力通过各种途径，加强对劳动者的职业教育和在职继续教育。

为满足土木建筑界科技工作者补充新知识的需要，在中国建筑学会及中国土木工程学会的倡导和参预下，我社拟编辑一套《土木建筑工程继续教育丛书》，由两个学会各专业委员会协助，按专题约请有关专家执笔，陆续出版。

本丛书以在职的具有大专文化程度的中青年科技工作者为主要对象，可作为进修自学材料，也可供短期培训之用。

中国建筑工业出版社

目 录

1. 高层建筑发展概述.....	(1)
1.1 高层建筑的高度.....	(1)
1.2 高层建筑的结构体系.....	(7)
1.3 高层建筑今后的发展.....	(18)
2. 高层建筑结构设计的一般原则.....	(21)
2.1 抗风设计的一般原则.....	(21)
2.2 抗震设计的一般原则.....	(24)
2.3 内力与位移计算的一般原则.....	(29)
3. 高层建筑结构体系的选择和结构布置.....	(35)
3.1 常用的结构体系.....	(35)
3.2 结构体系的选择.....	(38)
3.3 结构平面布置的要求.....	(42)
3.4 结构竖向布置的要求.....	(44)
3.5 温度缝、沉降缝、防震缝.....	(46)
4. 荷载和地震作用.....	(52)
4.1 竖向荷载.....	(52)
4.2 风荷载.....	(53)
4.3 地震作用.....	(60)
4.4 荷载效应和地震效应的组合.....	(69)
5. 框架结构设计.....	(71)
5.1 结构布置和构造要求.....	(71)
5.2 框架结构的计算.....	(81)
6. 剪力墙结构设计.....	(97)
6.1 一般剪力墙结构的结构布置和构造要求.....	(97)
6.2 小开口整体墙的计算.....	(104)
6.3 联肢墙的计算.....	(109)

6.4	壁式框架的计算.....	(119)
6.5	底层大空间剪力墙结构的布置和构造要求.....	(122)
6.6	底层大空间剪力墙的内力计算.....	(127)
7.	框架-剪力墙结构设计.....	(130)
7.1	结构布置和构造要求.....	(130)
7.2	框架-剪力墙结构的计算.....	(134)
7.3	框架剪力的调整.....	(144)
8.	筒体结构	(146)
8.1	筒体结构的受力性能和工作特点.....	(146)
8.2	结构布置.....	(149)
8.3	截面设计和构造要求.....	(155)
8.4	筒体结构平面布置实例.....	(157)
9.	体型或体系比较新颖的高层建筑 结 构.....	(166)
9.1	体型新颖的高层建筑.....	(166)
9.2	采用较新颖结构体系的高层建筑.....	(176)
10.	高层 钢 结 构.....	(183)
10.1	高层钢结构的结构体系	(183)
10.2	我国的高层建筑钢结构	(197)
10.3	钢结构高层建筑计算中的几个问题	(205)

1. 高层建筑发展概述

世界上第一幢近代高层建筑是美国芝加哥的 Home Insurance 大楼。该楼高55米、10层，建于1885年。现在高层建筑的发展已进入第二个世纪。由于各国大城市人口密度增加，土地有限，促使建筑物向空间发展；与此同时，经济的发展、工业技术的进步又不断地为高层建筑发展创造了有利条件。一百年来，尤其是二十世纪六十年代至今，高层建筑的高度、体型、结构体系、机电设备以及环境设计等不断创新，有了显著进展。我国自行建造的高层建筑，从二十世纪五十年代开始，虽仅经历30余年，但发展较快，在钢筋混凝土高层建筑方面也有较明显的进展。本章拟介绍高层建筑的高度、体型和结构体系的发展，并对今后发展趋势谈些看法。

1.1 高层建筑的高度

1.1.1 国外概况

自1885年至十九世纪末，高层建筑的承力结构从砖和铸铁发展为钢结构，建筑物高度从50米一跃为118米，如1898年美国纽约的 Park Row 大厦（30层、118米），这是十九世纪世界最高的高层建筑。随后钢结构高层建筑在美国大量建造。第二次世界大战前，美国200米以上的高层建筑就有10幢，其中最高的是纽约 Empire State 大厦（102层、381米），该楼建于1931年，保持世界最高建筑的称号达41年。二十世纪初，钢筋混凝土高层建筑开始建造，1903年世界上第一幢钢筋混凝土高层建筑 Ingalls 大楼在美国辛辛那提市建成，该办公楼共16层、64米高。由于第

二次世界大战的影响，高层建筑的发展停顿了十年左右，直到二十世纪五十年代又开始有了新的进展。1955年波兰华沙首次采用钢与混凝土组合结构建造1 Palac kultury i Nauki大楼，该楼高42层、241米，至今仍是欧洲最高的高层建筑。

二十世纪六十年代至今，高层建筑在许多国家和地区迅速发展。206米以上的高层建筑达89幢，六十年代建成12幢，七十年代38幢，1980~1988年前建成39幢。这些建筑中，建在美国68幢，加拿大6幢，日本4幢，新加坡3幢，澳大利亚2幢，香港2幢，法国1幢，墨西哥1幢，南非1幢，南朝鲜1幢。目前世界最高的建筑仍是美国芝加哥的Sears Tower (110层、443米)，该楼建于1974年，采用多束筒钢结构。现正设计的美国费尼克斯市Phoenix Tower(515米高)，美国纽约的Television City Tower (509米高)建造后，高层建筑高度将突破500米。地震区最高的建筑是美国洛杉矶的United California Bank大厦 (62层、262米)。世界最高的钢筋混凝土高层建筑是美国芝加哥的Water Tower Place (74层、262米)，采用700号混凝土。亚洲最高的建筑是新加坡的Overseas Union Bank (63层、280米)，但当1988年香港的Bank of China (70层、368米)建成后，将成为亚洲之冠。亚洲地震区最高的建筑是日本东京的Sunshine 60(60层、226米)。目前，世界上200米以上的高层建筑绝大多数是办公楼或综合性大楼，而旅馆仅占几幢，最高的旅馆是新加坡的Raffles City Hotel (70层、226米)，采用钢筋混凝土结构。高层住宅一般20层左右，较高的为30~40层，最高的住宅是美国芝加哥的Lake Point Tower (70层、196米)。

表1-1 列举26幢有代表性的高层建筑简况，以供参考。

有代表性的高层建筑简况

表 1-1

建筑物名称	城 市	建成 年份	层数	高度 (米)	材料	用途	主要特点
Sears Tower	芝加哥	1974	110	443	钢	办公	世界最高, 成束筒结构
World Trade Center	纽 约	1973	110	417	钢	办公	世界第二高、弹粘性阻尼器减振
Empire State	纽 约	1931	102	381	钢	办公	用钢量较多
Bank of China	香 港	1988	72	368	组合	办公	亚洲最高, 巨型结构
John Hancock	芝加哥	1968	100	344	钢	综合	外框架加交叉支撑, 增强刚度
First Bank Tower	多伦多	1975	72	285	钢	办公	加拿大最高
Overseas Union Bank	新加坡	1986	63	280	钢	办公	亚洲第二高
Water Tower Place	芝加哥	1976	74	262	混凝土	综合	世界最高钢筋混凝土建筑
United California Bank	洛杉矶	1974	62	262	钢	办公	地震区最高建筑
Rialto Center	墨尔本	1986	70	243	混凝土	办公	南半球最高, 预应力柱及外墙
1 Palac Kulturyi Nauki	华 沙	1955	42	241	钢	办公	欧洲最高
M.L.C. Center	悉 尼	1976	70	240	混凝土	办公	南半球第二高
Maine Montparnasse	巴 黎	1973	64	229	组合	办公	欧洲第二高, 混凝土内筒、钢外框筒
Sunshine 60	东 京	1978	60	226	钢	办公	亚洲地震区最高
Raffles City Hotel	新加坡	1986	70	226	混凝土	旅馆	世界最高旅馆
Carlton Center	约翰内斯堡	1973	50	220	混凝土	办公	非洲最高
One Shell Plaza	休斯敦	1971	50	218	混凝土	办公	世界最高轻混凝土建筑
Petrolaos Mexicanos	墨西哥	1984	52	214	钢	办公	中美洲最高

续表

建筑物名称	城 市	建成 年份	层 数	高度 (米)	材料	用 途	主要特点
Perquis Central Torre Aficinac	加拉加斯	1972	56	200	混凝土	办公	南美洲最高
Lake Point Tower	芝加哥	1968	70	196	混凝土	住宅	世界最高住宅
Hong Kong & Shang- hai Bank	香 港	1985	48	179	钢	办公	世界最高悬挂结构, 巨型结构
Park Row	纽 约	1898	30	118	钢	办公	十九世纪世界最高
Park Towers	墨尔本	1970	31	90	混凝土	住宅	世界最高预制大板结构
Ingalls	辛辛那提	1903	16	64	混凝土	办公	世界第一幢钢筋混凝土结构
Second Rand Me Nally	芝加哥	1889	9	50	钢	办公	世界第一幢钢结构
Home Insurance	芝加哥	1885	10	55	砖铁	办公	世界第一幢高层建筑

1.1.2 国内概况

我国自行建造高层建筑是从五十年代开始的。最初造了几幢8~10层的砖混结构住宅和旅馆。1959年北京建成几幢钢筋混凝土高层公共建筑,如民族饭店(14层)、民航大楼(16层)。六十年代我国建成了广州宾馆(27层、87米),其高度与解放前上海国际饭店相同。七十年代北京、上海建成一批剪力墙结构住宅(12~16层)1974年北京饭店(18层、87米)的建成,使我国地震区高层建筑高度突破80米。1975年广州建造了白云宾馆(33层、112米),这标志我国高层建筑高度开始突破100米。八十年代是我国高层建筑发展的一个兴盛时期。北京市1980~1985年建成的高层建筑面积达548万平方米,广州、深圳、上海等30多个大中城市也建造了一批高层建筑。目前我国最高的建筑是深圳国际贸易中心(50层、160米)。广州的广东国际大厦建成后,将成为我国钢筋混凝土高层建筑之首,该楼高62层、195米,现已开

工。近几年来，我国开始建造钢结构高层建筑，北京的京广大酒店正在施工，该楼高53层、208米，这将是我国第一幢突破200米高度的建筑。正施工的钢结构高层建筑还有北京京城大厦（52层、180米）、北京国贸中心（39层、155米）、深圳发展中心（40层、165米）、上海锦江饭店（44层、150米）、上海希尔顿饭店（43层、140米）、上海瑞金大厦（29层、105米）等。据初步统计，我国已建和在建的100米以上的高层建筑已达40幢，表1-2列举了这些建筑的简况。

国内100米以上高层建筑简况 表 1-2

建筑物名称	城市	建成年份	层数	高度(m)	材料	用途	主要特点
京广大酒店	北京	正施工	53	208	钢	旅馆	建成后全国最高，我国第一幢超200米
广东国际大厦	广州	正施工	62	195	混凝土	办公	建成后全国最高的钢筋混凝土建筑
京城大厦	北京	正施工	52	183	钢	办公	采用带钢板支撑剪力墙
深圳发展中心	深圳	1987	40	165	组合	办公	钢框架、钢筋混凝土剪力墙
深圳国贸中心	深圳	1985	50	160	混凝土	办公	现全国最高、筒中筒结构
北京国际贸易中心	北京	正施工	39	155	钢	办公	双层框筒结构
锦江饭店	上海	1987	44	150	钢	旅馆	钢框架、钢支撑、钢板剪力墙
静安希尔顿饭店	上海	1987	43	140	组合	旅馆	钢框架、钢筋混凝土剪力墙
外贸中心	深圳	正施工	39	140	混凝土	办公	筒中筒结构
航空大厦	深圳	1987	41	130	混凝土	办公	框架-筒体结构
上海电讯大楼	上海	1987	24	130	混凝土	办公	筒中筒结构
深圳中国银行	深圳	正施工	35	130	混凝土	办公	多筒体
珠江实业中心	广州	正施工	38	125	混凝土	办公	框架-筒体结构
华东电管局	上海	1987	30	120	混凝土	办公	框架-筒体结构
杭州国际大厦	杭州	正施工	35	120	混凝土	办公	

续表

建筑物名称	城市	建成年份	层数	高度(m)	材料	用途	主要特点
中央彩电中心	北京	1986	27	135	混凝土	办公	筒中筒结构
花园饭店	上海	正施工	34	119	混凝土	旅馆	
华联大厦	深圳	正施工	36	118	混凝土	办公	框架-筒体结构
四川大厦*	深圳	正施工	35	115	混凝土	综合	框架-筒体结构
沈阳科技文化中心	沈阳	正施工	32	115	混凝土	办公	剪力墙-筒体结构
贸易信息中心	上海	正施工	33	115	混凝土	办公	框架-筒体结构
新华社	北京	正施工	28	115	混凝土	办公	框架-筒体结构
北京国际饭店	北京	1987	28	115	混凝土	旅馆	剪力墙结构
白云宾馆	广州	1975	33	112	混凝土	旅馆	剪力墙结构
亚洲大酒家	深圳	1987	33	112	混凝土	旅馆	巨型结构
珠江商业大厦	广州	1987	32	110	混凝土	办公	框架-筒体结构
星湖饭店	肇庆	正施工	31	110	混凝土	旅馆	剪力墙-筒体结构
花园酒家	广州	1984	31	110	混凝土	旅馆	剪力墙结构、下部几层框架
金陵饭店	南京	1983	37	110	混凝土	旅馆	筒中筒结构
瑞金大厦	上海	1987	29	105	组合	综合	钢筋混凝土内筒、钢框架
联谊大厦	上海	1985	28	105	混凝土	办公	框架-筒体结构
上海物资贸易中心	上海	正施工	30	105	混凝土	办公	框架-筒体结构
天津贸易中心	天津	正施工	30	105	混凝土	办公	框架-筒体结构
深圳金陵饭店*	深圳	正施工	29	105	混凝土	旅馆	剪力墙结构，下部几层局部框架
虹桥饭店	上海	1987	32	105	混凝土	旅馆	框架-筒体结构
环球大酒店	乌鲁木齐	正施工	24	105	混凝土	旅馆	

续表

建筑物名称	城市	建成年份	层数	高度(m)	材料	用途	主要特点
北方大厦	深圳	1986	26	104	混凝土	办公	框架-筒体结构
白天鹅宾馆	广州	1982	30	102	混凝土	旅馆	剪力墙结构
国际大厦	北京	1984	29	131	混凝土	办公	框架-筒体结构
亮马河大厦	北京	正施工	28	100	混凝土	办公	筒中筒结构

注：1. 有•号的建筑物，其高度可能会降低；

2. 表中所列层数、高度，因计算标准不一，会与其它资料所列数据有差异，请谅解。

1.2 高层建筑的结构体系

1.2.1 建筑物的高宽比及结构平面密度

建筑物的高宽比是指其地面以上总高度与底层平面宽度之比；结构平面密度是指建筑平面内支承结构所占面积的百分比。显然，高宽比越大、结构平面密度越小，对结构的刚度和强度要求越高。高层建筑发展过程中，由于结构材料和结构体系的不断创新，建筑物高宽比逐渐增大，结构平面密度不断降低。古代一些高塔，其结构平面密度都在50%以上，建筑物使用空间十分狭小。近代高层建筑发展的初期，由于采用砖和铸铁承重；其高宽比较小（3左右），结构平面密度为20%左右。钢结构的出现，使高宽比猛增，如：1913年美国纽约的Woolworth Building（57层、242米），高宽比达8.7，1931年美国纽约的Empire State大厦（102层、381米），高宽比为5；与此同时，结构平面密度降低到10%以下。二十世纪六十年代开始，由于筒体结构、大支撑结构巨型结构等新结构体系的产生以及轻质高强材料的出现，使结构平面密度降至2%左右，个别的降至1%以下。如1974年美国芝加哥的Sears Tower（110层、443米），高宽比为6.4，结构平面密度为2%；1975年美国的Typical Contem-

porary Steel High Rise, 其结构平面密度为0.2%。

我国高层建筑的高宽比和结构平面密度, 近几年也取得显著进展。钢筋混凝土高层建筑的高宽比可达5~6, 但结构平面密度仍较大, 一般为6%左右, 剪力墙结构约为10%, 这与我国工程中采用的混凝土标号偏低(300~450号)有关。现新建的钢结构高层建筑, 高宽比5~6, 结构平面密度可降到2~3%, 如现正施工的北京京广大厦(53层、208米), 高宽比5.8, 结构平面密度为2%。

为供比较参考, 表1-3及表1-4分别列举一些高层建筑的高宽比及结构平面密度。

高层建筑的 高 宽 比 表 1-3

建筑物名称	高 宽 比	材 料
Washington Monument	10 : 1	钢
Woolworth Building	8.7 : 1	钢
Perelli Building	7 : 1	钢
Word Trade Center	6.8 : 1	钢
Sears Tower	6.4 : 1	钢
Empire State	5 : 1	钢
京广大厦	5.8 : 1	钢
白云宾馆	5.8 : 1	混凝土
中央彩电中心	5 : 1	混凝土
深圳国贸中心	4.7 : 1	混凝土
广东国际大厦	5.4 : 1	混凝土
太平洋饭店	5.7 : 1	混凝土

高层建筑的结构平面密度

表 1-4

建筑物名称	结构平面密度	材 料	结构体系
Monadnock(1891年)	15%	砖、铸铁	墙、框架
Sears Tower	2%	钢	多束筒
Tipical Contemporary Steel High Rise	0.2%	钢	框架
京广大厦	约 2%	钢	框架、斜撑
锦江饭店	约3.0%	钢	框架、斜撑
中央彩电中心	约6.0%	混凝土	筒中筒
南京金陵饭店	约5.0%	混凝土	框架-筒体
北京剪力墙结构住宅 (3.3m开间, 20层以下)	约 9%	混凝土	剪力墙
北京剪力墙结构住宅 (6.0m开间, 20层以下)	5%~7%	混凝土	剪力墙

1.2.2 高层建筑结构体系

高层建筑结构体系的发展过程如表1-5所示。为节省篇幅，本节拟简述转换楼层、巨型结构及应力蒙皮结构等较新的结构体系，其它结构体系的介绍见文献[1]。

高层建筑结构体系的发展

表 1-5

始 用 年 代	结 构 体 系
1885年 1889年 1903年 二十世纪初	砖墙、铸铁柱、钢梁 钢框架 钢筋混凝土框架 钢框架+支撑
二次大战后 二十世纪五十年代	钢筋混凝土框架-剪力墙 钢筋混凝土剪力墙及预制混凝土结构 钢框架+钢筋混凝土内筒体(组合结构) 型钢混凝土结构

续表

始 用 年 代	结 构 体 系
二十世纪六十年代末、七十年代	筒中筒及成束筒结构 预应力结构，阻尼减振结构 转换楼层结构
二十世纪八十年代	巨型结构 应力蒙皮结构，基础隔震结构

1. 转换楼层结构

高层建筑由于功能、美观以及楼层平面设计上的要求，往往需要借助于不同形式的转换楼层，改变支承结构的布置。尤其是多功能综合使用的大楼，甚至要设置几个转换楼层，以适应整个建筑物沿高度多次变化使用功能的需要。转换楼层的结构形式大体可分为：悬臂式、梁式（或桁架梁式）、框架式及平板式（或网格梁式）。

（1）悬臂式转换楼层（图1-1）。中央核心筒体是主要支承结构，设计中须注意其稳定性。图 1-2 为南非约翰尼斯堡的Standard Bank工程实例。

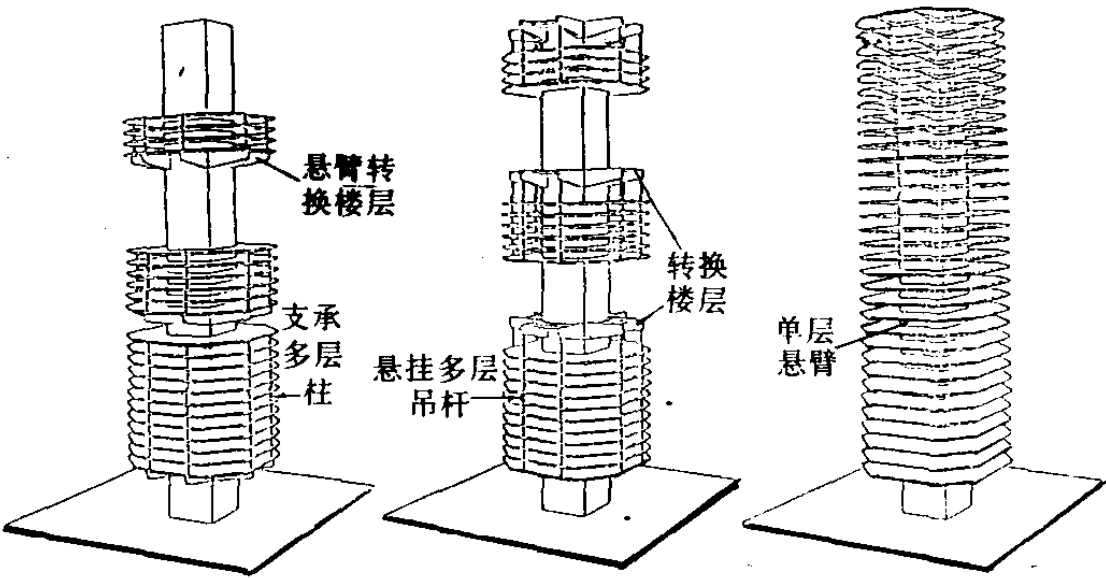


图 1-1 悬臂式转换楼层示意

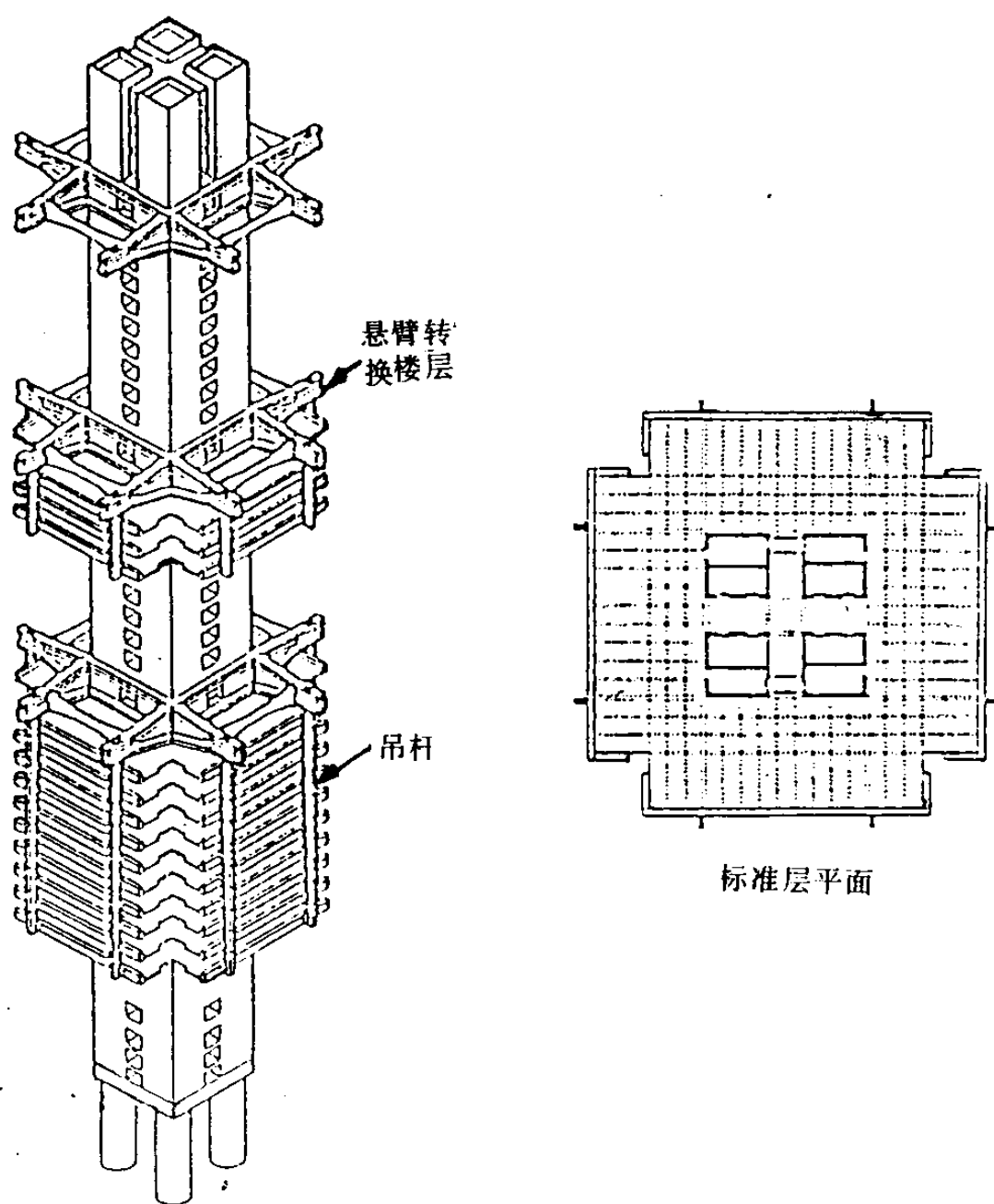


图 1-2 Standard Bank大楼结构示意

(2) 梁式 (或桁架梁式)。图1-3为结构示意, 图1-4为新加坡OCBC Center实例。

(3) 框架式转换楼层。这种体系主要通过建筑物下部的转换框架, 使下部各楼层的结构布置与上部标准层的结构布置不同, 其应用范围较广泛。如图1-5所示澳大利亚悉尼的Grosvenor Place大厦, 其上部标准层为筒中筒结构, 外框筒柱间距较密, 而底层的框架柱间距很大。又如图1-6所示北京兆龙饭店, 其上部标准层为剪力墙结构, 而底层除中间电梯井筒仍落地外, 其余剪力墙均改为转换框架。北京市还建造了一批剪力墙结构住宅,