

GAOCENGJIANZHU
FANGHUOSHEJI
SHOUCE



高层建筑 防火设计 手册

蒋永琨 主编

高层建筑防火设计手册

蒋永琨 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

高层建筑防火设计手册/蒋永琨主编.-北京:中国工业出版社,2000.12

ISBN 7-112-04434-0

I. 高… II. 蒋… III. 高层建筑-防火系统-建筑设计-手册
IV. TU972-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 51141 号

本手册共十六章,其主要内容有高层建筑发展概况与分类,高层建筑火灾分析,高层建筑的耐火性能和防火材料,高层办公建筑防火设计,高层旅馆建筑防火设计,高层商店建筑防火设计,高层医院建筑防火设计,高层厂房建筑防火设计,高层仓储建筑防火设计,高层广播电视建筑防火设计,高层建筑消防给水与自动喷水灭火系统设计,高层建筑气体灭火系统设计,高层建筑防、排烟与通风、空调防火设计,高层建筑消防电气设计,高层建筑火灾自动报警系统设计,高层建筑物防雷与防静电等。

本手册可供从事防火设计、建筑防火审核、工程监理和消防监督、施工安装、消防设备设计制造人员使用,也可供有关领导、工程技术人员、大专院校师生参考使用。

责任编辑:姚荣华

高层建筑防火设计手册

蒋永琨 主编

*

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

北京市彩桥印刷厂印刷

*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:47 $\frac{1}{2}$ 插页:2 字数:1180千字

2000年12月第一版 2000年12月第一次印刷

印数:1—3,000册 定价:70.00元

ISBN 7-112-04434-0

TU·3939(9904)

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)

编辑委员会和参加编写的名单

- 主 编：**蒋永琨
- 副 主 编：**雷志明、崔文富、李章盛、李引警、焦兴国、周志江、
蒋彦胤、马家骏
- 编委会成员：**王洪亮、龙德平、马 恒、周月亮、陈耀宗、蒋仁敏、
蒋永琨、徐世农、蒋一兵、张永杨
- 参加编写者：**蒋永琨、蒋彦胤、蒋一兵、边久荣、陈万才、陈 惠、
彭承欣、贾荫卿、徐宝林、陈炳楠、陶师鲁、张国柱、
贾樹学、徐武歆、崔文富、焦兴国、李引警、马 恒、
南江林、雷志明、王世杰、贺艳春、马家骏、黄景猷、
田亦工

前 言

消防工作，是保障社会主义建设和人民生命财产安全的一项重要工作，做好消防工作是一件有益于全社会的事。随着改革开放政策深入和四化建设的发展，人们生活日益改善，但消防工作形势仍然十分严峻，火灾发生率有所上升，损失日趋增大，给经济建设的发展和社会的安定造成了较大影响。就拿 1996~1997 年的火灾情况看（1996 年，不含森林、草原、军队火灾）全国共发生火灾 139801 起，死亡 2225 人，伤 3428 人，直接经济损失 10.3 亿元；1997 年全国共发生火灾 142080 起，死亡 2722 人，伤 4930 人，直接经济损失 15.4 亿元。这充分说明火灾的危害对国家经济建设和社会安宁，造成较大的危害。

高层建筑火灾主要有以下特点：

一、高层公共建筑火灾突出损失大，如：新疆喀什市工业品贸易中心大楼，该大楼面积为 9291m²，高 31.6m，耐火等级二级。于 1997 年 11 月 7 日发生火灾，造成 15 人死亡，21 人受伤直接经济损失 400 万元。

二、火灾蔓延途径广，危害大。高层建筑功能复杂，设施繁多，内装修陈设量大，不仅建筑内某些部位有动力、燃料、电源、火源、而且可燃材料也分布广，如无可靠安全措施（例如没有建筑内采用自动报警灭火装置和阻燃处理的材料），火灾时加速蔓延威胁着人们生命财产安全。加之高层建筑竖井林立，如电梯井、楼梯井、垃圾道、管道井、电缆井等数量多，分布广，往往贯穿整个楼层，类似一座座“烟囱”或“拔火筒”，使火焰和烟气迅速扩散，增大了对上层人员安全的威胁，如美国拉斯维加斯“米高梅”饭店火灾，该楼高 81.4m，死 84 人，伤 676 人，直接经济损失惨重。

三、高层建筑疏散困难、扑救难度大。高层建筑的高度高、层数多、人员集中，因此火灾情况下，不仅安全疏散困难，同时消防队员展开扑救工作也带来较大困难，造成重大损失，如日本大阪“千日”百货大楼火灾，死 118 人，伤 82 人，直接经济损失 36 亿日元。

四、高层建筑风力大，助长火势蔓延扩大。高层建筑由于高度高，承受风力大，一旦发生火灾，火乘风势，火借风威，使火场范围加速扩展，扩大损失和伤亡。据测试高层建筑火灾时，烟气水平方向流速为 0.3~0.8m/s，垂直方向流速为 2~4m/s，在阻碍条件基本相同的条件下，100m 高的高层建筑在 25~50s 内烟气通过竖井立即可达到顶层，不需很长时间，整幢大楼即陷入烟海和火海之中。

同时，高层建筑易受雷击，因此，必须设置可靠的防雷措施。

为了减少高层建筑火灾的发生，有效的保护高层建筑消防安全，“手册编委会”组织有关专家、学者编辑写此手册，目的根据《标准规范》的要求，正确、持久贯彻《高层民用建筑设计防火规范》的实施，并在编写和审查过程中，广泛得到有关专家、学者、教授大力支持，还参考了大量文献和资料，在此，一并致谢。本册主要参考现行规范、标准编写的，可供高层建筑设计人员，审查人员，工程监理人员、质监人员、有关领导参考，也可供有关高等院校师生阅读参考。如有新颁布标准规范（含新修订的标准规范）应该按新规范执行实施。由于本书篇幅较大，作者水平有限，难免存在不足之处，欢迎广大读者指正和批评。

目 录

1 概论 (蒋永琨)	1
1.1 高层建筑发展概况	1
1.2 高层建筑分类	9
1.3 高层建筑火灾在防火设计上主要经验教训	11
2 高层建筑火灾分析 (蒋永琨)	15
2.1 物质燃烧的简单原理	15
2.2 火灾的危害性	17
2.3 高层建筑火灾特点	20
2.4 高层建筑火灾案例分析	21
3 高层建筑的耐火性能和防火材料 (蒋一兵等)	38
3.1 消防设施的图形、符号	38
3.2 高层建筑耐火等级和构配件的耐火极限	46
3.3 钢结构防火喷涂材料和玻璃幕墙	69
3.4 高层建筑防火分区和防火分隔物	84
3.5 高层建筑内部装修防火设计	102
4 高层办公建筑防火设计 (张国柱等)	114
4.1 高层办公建筑发展概况	114
4.2 高层办公建筑类型和办公室布局方式	117
4.3 高层办公建筑在防火设计上存在的问题	119
4.4 高层办公楼设计原则与总平面布局	123
4.5 高层办公建筑设计	124
4.6 高层办公建筑防火设计	127
4.7 高层办公建筑安全疏散和消防电梯	139
4.8 超高层办公建筑设置避难层和屋顶直升飞机停机坪	147
5 高层旅馆建筑防火设计 (蒋永琨等)	149
5.1 高层旅馆建筑发展现状	149
5.2 高层旅馆建筑设计基本原则	152
5.3 高层旅馆建筑设计特点与要求	155
5.4 高层旅馆火灾危险性和设计上存在问题	161
5.5 高层旅馆建筑防火设计	169
6 高层商店建筑防火设计 (贾树学等)	190
6.1 商店建筑发展的历史与现状	190
6.2 高层商店建筑设计的基本特点与组成	192
6.3 高层商店建筑设计的基本原则与内容	195
6.4 高层商店的火灾危险性和设计上存在问题	201

6.5	高层商店建筑防火设计	205
7	高层医院建筑防火设计 (蒋永琨)	222
7.1	高层医院设计原则和特点	222
7.2	高层医院的建筑设计	225
7.3	高层医院建筑火灾危险性特点和存在问题	234
7.4	高层医院建筑防火设计	237
8	高层厂房建筑防火设计 (蒋永琨)	258
8.1	高层厂房建筑发展现状及其起始高度	258
8.2	高层厂房建筑特点和类型	259
8.3	高层厂房火灾危险性特点和教训	266
8.4	高层厂房防火设计	271
9	高层仓储建筑防火设计 (蒋永琨)	293
9.1	仓储建筑发展的历史与现状	293
9.2	高层物资仓储建筑防火设计	294
9.3	高层冷库防火设计	306
9.4	高架仓库防火设计	310
9.5	粮食筒仓防火设计	315
9.6	高层汽车库防火设计	318
10	广播电视建筑防火设计 (马家骏等)	329
10.1	广播电视建筑的特点	329
10.2	广播电视建筑在防火安全上存在问题	332
10.3	广播电视建筑防火设计	334
10.4	广播电视建筑防火设计举例	346
11	高层建筑消防给水与自动喷水灭火系统设计 (雷志明等)	355
11.1	高层建筑消防给水概述	355
11.2	室外消火栓给水系统	361
11.3	室内消火栓给水系统	365
11.4	闭式自动喷水灭火系统	388
11.5	开式自动喷水灭火系统	425
11.6	自动喷水——水成膜泡沫联用灭火系统	450
12	高层建筑气体灭火系统设计 (雷志明等)	454
12.1	气体灭火系统发展概况及其设置场所	454
12.2	EBM 气溶胶灭火系统	459
12.3	烟烙尽 (INERGEN) 灭火系统	467
12.4	七氟丙烷 (FM-200) 灭火系统	479
12.5	二氧化碳灭火系统	497
13	高层建筑防烟、排烟与通风、空调系统防火设计 (崔文富)	524
13.1	概述	524
13.2	自然排烟	529

13.3	高层建筑机械防烟	535
13.4	高层建筑机械排烟	550
13.5	高层建筑地下汽车库的机械排烟	559
13.6	通风与空气调节系统的防火	564
13.7	防烟、排烟系统的设备和部件	567
13.8	机械防烟、排烟及通风空调系统防火控制程序	596
13.9	防排烟设计工程举例	601
14	高层建筑消防电气设计 (焦兴国等)	608
14.1	供配电工程设计概述	608
14.2	消防电源有关标准规范规定及其实施简况	610
14.3	消防电源具体要求及其配电	613
14.4	消防用电设备配电线路的耐火要求	614
14.5	氧化镁等矿物绝缘电缆的生产简单工艺	618
14.6	氧化镁等矿物绝缘电缆几何尺寸的计算	623
14.7	矿物绝缘电缆的应用和安装	627
15	火灾自动报警系统设计 (焦兴国)	647
15.1	一般设计原则和要求	647
15.2	报警区域和探测区域的划分	651
15.3	火灾报警系统设计的要求	652
15.4	消防控制室与消防联动控制	666
15.5	报警设备工作原理及性能要求	678
15.6	火灾探测器选择	693
15.7	火灾探测器和手动火灾报警按钮的设置	697
15.8	供电和布线	705
16	高层建筑物防雷与防静电设计 (蒋一兵等)	708
16.1	高层建筑物防雷设计概述	708
16.2	雷击相关因素和建筑物易受雷击部位	710
16.3	建筑物的防雷分类与防雷设计中应考虑的基本原则	716
16.4	建筑物的防雷基本措施	718
16.5	防雷装置	726
16.6	高层建筑物防直击雷措施	728
16.7	防雷计算	735
16.8	几种特殊建构筑物防雷	741
16.9	高层工业建筑防静电措施	747
	附录	749
	主要参考文献	750

1 概 论

1.1 高层建筑发展概况

1. 高层建筑与单层、多层划分界限

根据防火规范规定将高层民用建筑与高层工业建筑分开考虑，这是有相同之处，也有不同之处，现分述如下。

(1) 高层民用建筑

根据国家技术监督局和中华人民共和国建设部共同批准发布的《高层民用建筑设计防火规范》(50045—95)规定：凡10层及10层以上的住宅建筑(包括首层设置商业服务网点的住宅)和建筑超过24m的公共建筑，都属于高层民用建筑。这个起始高度的规定，是根据我国目前定型生产的曲臂登高消防车的最大工作高度是23m，和消防队主要配备的通用消防车在最不利下直接吸水扑救为24m的情况下提出的。10层及10层以上的住宅高度虽然超过24m，但由于防火面积较少，又有较好的防火分隔，火灾时蔓延扩大受到一定限制，损失较少，这已经被一些高层住宅所证实，因此作了区别对待。

国外对高层建筑的起始高度(规定)的划分，大体相仿：

日本 31m (11层)

美国 22~25m 或 7层以上

英国 24.3m

法国 住宅：750m；其他建筑：>28m

德国 >22m (从底层室内地面算起)

比利时 >25m (从室外地面算起)

原苏联 住宅：10层及10层以上；其他建筑：7层。

还有两点要说明：

1) 当建筑高度超过250m时，建筑设计采取的特殊的防火措施，应交国家消防部门组织专家专题研究、论证。

2) 与高层建筑相连的且建筑高度超过24m的附属建筑，在消防设施要求上与相连高层建筑同等对待。

(2) 高层工业建筑

高层工业建筑(包括高层厂房和高层库房)，系指高度超过24m的两层及两层以上的厂房、库房。高架库房系指高度超过7m的机械化操作或自动化控制的货贺库房，但其总高度超过24m亦可称作高层仓库。

为何要说两层及两层以上的厂房、库房才算高层工业建筑呢？其原因是，有些厂房单层高度超过24m(如冶金厂房、重型机械厂房等)只设工作平台，不设固定结构层；有的

仓库建筑单层高度就有超过 24m 的, 所以仅指两层及两层以上的库房才算高层库房。

2. 高层建筑发展概况

(1) 国内高层建筑发展情况

我国早在 1000 多年前, 就建造了不少的高层塔楼。例如: 河南登封县的嵩岳寺塔, 是一座砖砌的 10 层塔楼, 高达 40m, 建于公元 523 年, 距今已有 1400 多年的历史; 河北定县的开元寺塔, 是一座砖砌的 11 层塔楼, 高达 82m, 建于公元 1055 年, 距今已有 900 多年的历史; 耸立在钱塘江边, 月轮山上的六和塔, 巍峨挺拔, 雄伟壮丽, 是我国砖木结构建筑中的珍贵遗产之一, 距今已有 1000 多年的历史。象这类塔楼建筑, 在我国许许多多地方都有, 不胜枚举。

解放前, 我国是个半封建、半殖民地的国家, 经济技术等各个方面都十分落后, 几乎没有建造什么高层建筑, 只是在个别城市, 依赖外国人或直接由外国人投资, 建设了为数有限的高层建筑, 如上海国际饭店、上海大厦, 广州的爱群大厦等。解放后, 随着我国社会主义革命和社会主义建设事业的蓬勃发展, 科学技术不断提高, 城市人口的迅速增长, 城市用地日趋紧张, 因而促进了高层建筑的发展。已经和正在陆续兴建一批批高层建筑。如北京、上海、广州、长沙、南京等许多城市, 相继建造了一批或一些高层住宅、旅馆、办公楼、电信楼、广播电视楼、医院、藏书楼、科研楼, 各种轻工业和电子工业厂房等。这些高层建筑的建造, 毫无疑问, 为今后建造更多的高层建筑提供了许多有益的经验。

可以预料, 随着全党工作着重点转移到社会主义现代化建设上来, 实现四个现代化的步伐加快, 城市人民居住条件的不断改善, 城市用地愈来愈紧张。在今后, 将会建造更多的高层建筑, 这就给建筑防火设计提出了新的课题, 迫切需要我们去学习它、研究它, 解决好。据不完全统计, 截至 1998 年底, 全国已经完成和正在设计、施工的各种高层建筑已逾 20000 幢。

(2) 国外高层建筑发展情况

在国外, 高层建筑起始于 19 世纪末期。首先在美国出现, 由于该国的工业迅速发展, 城市人口日益增多, 地价愈趋昂贵, 迫使建筑物向空中发展。同时由于钢铁生产的大幅度增长, 价格降低, 这种高强度的材料被应用于建筑, 以及新的设计理论的发展, 从而为建造高层建筑提供了技术物质条件。1885 年美国芝加哥首先建造了 10 层的人寿保险公司大楼, 这是被公认的世界第一幢现代高层建筑。在美国, 后来又陆续修建了很多高层建筑, 而且高度不断增加。1974 年在芝加哥建造了高度为 443m, 共 110 层的西尔斯大楼, 这是目前世界上高层建筑的最高记录。

在其他国家高层建筑也有相当大的发展。

当今, 芝加哥的西尔斯大楼保持的高度记录, 不久可能被打破。据报导: 美国正在酝酿建造四幢超高层建筑, 其中三幢建在纽约, 为 120~140 层, 高度为 500 多 m; 一幢建在芝加哥, 为 210 层, 高度达 700 多 m。英国利物浦也正在建造“利物浦之塔”, 有 139 层, 高度近 500m。随着科学技术的不断发展, 今后高层建筑究竟会达到何等高度, 还令人难以预料。

A. 美国高层民用建筑发展分三个阶段。

第一阶段: 在美国和欧洲建造了 6 层高的多层建筑 (因这阶段缺乏可靠的垂直运输工具)。

第二阶段：1850~1950年，由于Otis在1855年发明电梯系统，同时钢铁工业有了较大的发展，在城市中心开始建造20~30层的高层建筑。

第三阶段：1950~1992年，1974年建成了世界上最高的建筑（共110层）。

美国高层建筑建设简要情况如下：

1885年，芝加哥建造了10层人寿保险公司大厦，该楼是当时世界上第一幢铁和钢结构的摩天大楼。1903年，辛辛那提建造了16层伊格尔斯大楼，是当时世界上第一幢钢筋混凝土大楼。1895年，纽约建造了20层公证大楼（高92m），是第一幢全用钢做骨架的大楼。1907年，纽约建造了47层辛尔楼（高187m），它比埃及金字塔（高约146.6m）还高。1931年，纽约建造了102层帝国大厦（高381m），保持世界最高建筑纪录达40年。1974年，纽约建造了110层国际贸易中心（双塔，412m高）。1974年，芝加哥建造了110层西尔斯大楼，高443m，这座建筑最高纪录保持到今天。

B. 美国高层建筑类型

美国高层建筑类型较多，并向多样化平面型发展。归纳起来有以下几种平面布置形式：

a. 旅馆建筑：包括①山口型：如旧金山希尔顿旅馆（12层），四合院式平面；亚特兰大海特摄政馆（23层），四合院式平面。②板式型：有一字型的纽约希尔顿饭店（45层）；弧形的洛杉矶世纪广场旅馆（20层）及哈特福德斯台特勒旅馆（16层）。③塔式的圆形亚特兰大桃树广场旅馆（70层）及圆形华盛顿广场旅馆（40层）；④复合式的洛杉矶好运旅馆（37层和30层）。

b. 公用建筑：包括①各种行政办公机关；②商业、贸易专业公司；③电话、电报、电信局；④银行、保险公司；⑤设计事务所；⑥交易所。

现代公用建筑多为大空间办公室。因为大空间办公室具有以下优点：布局灵活（出租办公室由几十家，甚至上百家单位购买或租赁），可提高职员的工作效率，加大了建筑物的进深，提高了建筑面积的利用率，适应于高层建筑结构体系，自然照明深度大。

c. 住宅建筑：包括①内式；②外廊式（联列单元式）；③核心式，如芝加哥玛利那双塔。

3. 高层建筑结构发展情况

高层建筑结构一般要求承载力要好，抗风、抗震能力要强，平面布置与结构竖向布置要合理，对温度缝、沉降缝、防震缝处理得当。现就其结构发展情况如下：

(1) 框架结构

高层框架结构应在纵横两个方向都布置成框架，不得采用横向为框架、纵向为铰接排架的结构体系。高层建筑结构纵横两个方向都承受很大的水平力，都必须做成多次超静定的抗侧力结构。若纵向做成铰接排架结构是不适宜的。

因此，高层框架柱宜采用方形截面或近似于方形截面，截面高度与宽度之比不宜大于1.5。

高层框架梁、柱轴线宜在一个平面内，尽量避免梁位于柱的一侧。反之，如果梁偏置，则内力计算中必须考虑附加的偏心弯矩，而且节点构造也要考虑偏心的不利影响。

框架的填充墙宜放在框架平面内，砌体墙每隔500~600mm应用2 ϕ 6水平拉结钢筋与柱子可靠拉结。当层高大于4m时，在半层高处宜加设一道水平钢筋带。如果建筑上必须将填充墙外贴在柱子上，则每层宜设一道圈梁，并沿柱子全高都要与填充墙用水平拉结钢筋可靠拉结。唐山地震中，北京百货大楼顶层角部外贴砖墙倒塌就是构造不当的典型例子，所以外贴砖墙尽量不采用。

在全装配框架中,柱接头比较难处理,特别是层数多、荷载大的情况下,柱的主筋直径大、根数多,焊接工作量大,操作困难;节点的后浇混凝土往往不密实,出现孔洞、间隙。所以,装配式框架宜优先采用预制梁板现浇柱的方案,柱用工具式模板现场浇灌,施工时预制梁可以直接支承在柱内或支承在工具式钢模板上,到达指定强度后拆除柱的模板。预制梁宜采用叠合梁,使楼板锚固在梁的叠合部分中,以加强楼板的整体刚度。

高层框架梁柱的混凝土强度不宜低于 C25 级 (25MPa)。柱的混凝土强度一般用 C30 级以上。当层数多、荷载大时,混凝土强度可用至 C40 级 (40MPa)。节点区的混凝土强度应与柱的混凝土强度一致。因此,最好柱的施工缝留在梁上皮标高上,柱与节点区的混凝土同时浇筑。但目前许多工程的施工方法常常是将柱的施工缝留在梁下皮标高上,节点区的混凝土与框架梁一并浇筑。这种情况下如果梁的混凝土强度低于柱混凝土强度太多,节点区的混凝土强度必然也会低于柱子混凝土强度太多,就会形成节点区的薄弱点,对抗震非常不利。所以,如果没有采用专门措施来浇筑节点区混凝土,有可能使节点区的混凝土强度较低,梁、柱混凝土的强度相差不应大于 5MPa。

(2) 剪力墙结构

高层建筑剪力墙结构中竖向荷载、水平地震作用和风荷载都由钢筋混凝土剪力墙承受,所以剪力墙应沿结构的主要轴线布置。一般矩形、T 形、L 形平面时,剪力墙沿纵横两个方向布置;三角形、Y 形平面,剪力墙可沿三个方向布置;多边形、圆形和弧形平面,则可沿环向和径向布置。

剪力墙应尽量布置得比较规则,拉通、对直。当稍有错开或转折时,可作为一道墙考虑(图 1-1)。

一般剪力墙结构的剪力墙应沿竖向贯通建筑物的全高,不宜突然取消或中断。顶层取消部分剪力墙形成顶部大房间时,延伸到顶的剪力墙应予以加强。下层取消部分剪力墙成为底层大空间的剪力墙结构。

按剪力墙的间距可分为小开间剪力墙结构和大开间剪力墙结构两种类型。小开间剪力墙结构横墙间距为 2.7~4m,一般在 3.0~3.6m,剪力墙间距密,墙体多,底层墙截面与底层楼面面积之比可达 8%~10%,结构所占面积大,混凝土耗用量较大,结构自重也比较大。但它楼板容易处理,采用预制楼板比较方便,可以灵活选用短预应力空心板、预应力叠合板或预应力大墙板;采用现浇楼板时板厚也较小。另外,小开间剪力墙必需考虑轻质隔墙少,造价较低的因素(图 1-2a)。

大开间剪力墙的间距较大,可达 6m~8m,墙的数量较少,使用比较灵活,底层墙总截面面积与底层楼面面积之比,可在 7%以内。相应地,墙体耗用材料较少,能充分发挥剪力墙的承载力,结构自重也较小。但是,楼面系统设计是较大的问题:采用梁承重时,要设横梁和纵梁;采用板承重时必须采用轻质隔墙材料,而且板厚较大(7m 跨度时预应力空心板厚 180mm;采用现浇平板的厚度也不小于 180mm,甚至 200mm,重量较大)(图 1-2b)。

在纵墙处理方面,除大量使用有内外纵墙(两道外纵墙、一至二道内纵墙)的普通型剪力墙结构外,近年来,只保一道内纵墙,取消承重外纵墙的鱼骨式剪力墙结构得到了广泛应用。由于外纵墙作为非结构构件,所以建筑上可灵活采用多种轻质材料:加气混凝土、装饰板材、玻璃幕墙,甚至砌砖。鱼骨式结构由于施工时没有混凝土外纵墙,所以也便于采用隧道模进行整体浇筑(图 1-3)。

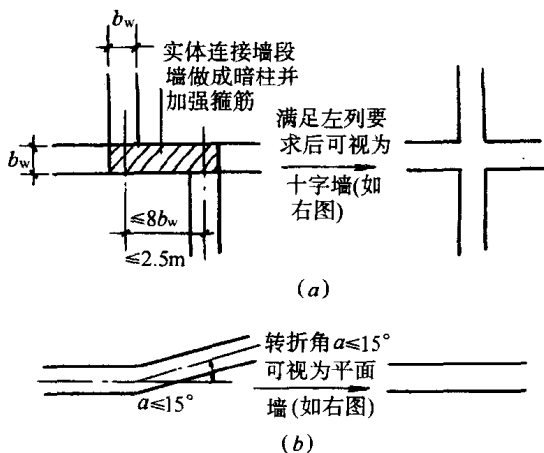


图 1-1 内、外墙错开或转折
(a) 墙体错开时; (b) 墙体转折时

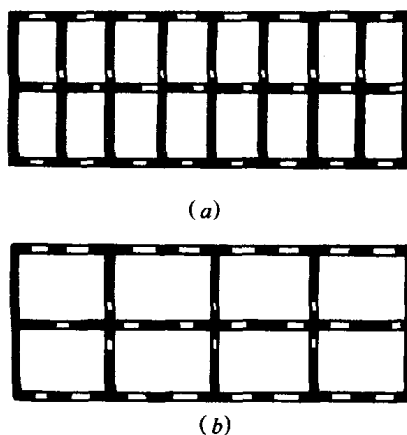


图 1-2 普通剪力墙结构
(a) 小开间; (b) 大开间

此外, 为了给建筑提供更自由灵活的大空间, 少内纵墙剪力墙结构和集中布置内纵墙的剪力墙结构(图 1-4) 已开始应用。由于中央部分取消了内纵墙, 加上横墙大开间达 7~8m, 为建筑布置创造了更良好的条件。

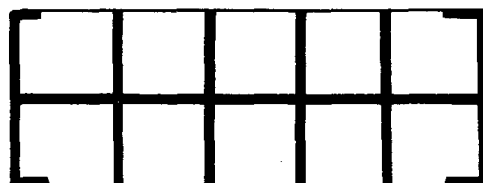


图 1-3 鱼骨式剪力墙结构

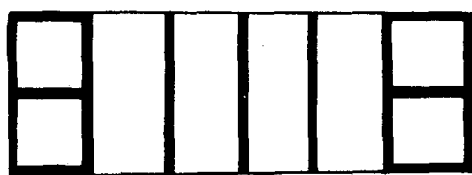


图 1-4 少纵墙剪力墙结构

(3) 框架—剪力墙结构

框架—剪力墙结构, 也称为框剪结构, 广泛应用于办公和公用高层建筑, 也大量应用于高层旅馆建筑。它主要由框架梁柱形成自由灵活的空间, 容易满足建筑功能的要求; 同时又有一定数量的剪力墙, 使得它具有很强的抗震能力, 并减少了在水平荷载作用下结构的侧移, 避免砌体填充墙在地震中严重破坏和倒塌。所以, 在地震区要采用框架结构时, 宜优先选用框剪结构。

如图 1-5 所示, 剪力墙是竖向悬臂弯曲结构, 其变形曲线是悬臂梁型, 越向上挠度增加越快。在一般剪力墙结构中, 所有的抗侧力结构都是剪力墙, 其侧移曲线类似, 所以水平力在各片剪力墙之间按其等效刚度 EI_{eq} 比例分配。

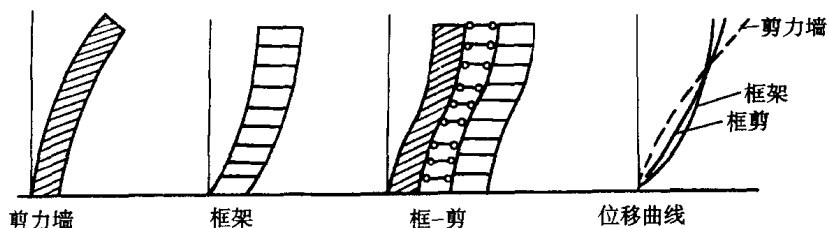


图 1-5 框剪结构受力特点

框架的工作特点是类似于竖向悬臂剪切梁，其变形曲线为剪切型，越向上挠度增加越慢。在纯框架结构中，所有框架的变形曲线类似，所以水平力按各框架的抗推刚度 D 比例分配。

但是，在框剪结构的同一个结构单元中，既有框架，又有剪力墙，它们之间通过平面内刚性无限大的楼板连结在一起，它们不再能自由变形，而必须在同一楼层上保持位移相等，因此，框剪结构的变形曲线是一条反 S 形的曲线。

在下部楼层，剪力墙位移小，它拉着框架按弯曲形曲线变形，剪力墙承担大部分水平力，在上部楼层，剪力墙外倒，框架内收，框架拉剪力墙按剪切形曲线变形，剪力墙出现负剪力，框架除了负担外荷载产生的水平力外，还要把剪力墙拉回来，承担附加的水平力，因此即使外荷载产生的顶层剪力很小，框架承受的水平力也很大（图 1-6）。

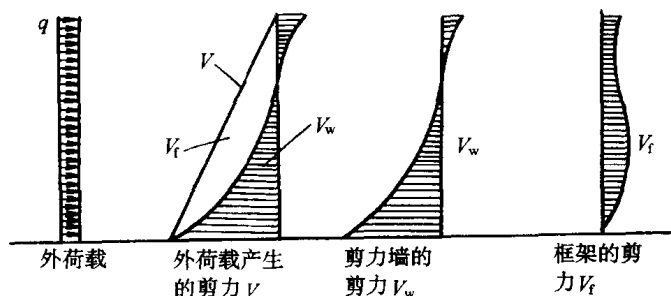


图 1-6 水平力在框架与剪力墙之间的分配

由图 1-6 可见，在框剪结构中沿竖向剪力墙与框架之间水平力之比 V_f/V_w 并非一个固定值，它随楼层标高而变，因此，水平力在框架与剪力墙之间既不能按等效刚度 EI_{eq} 分配，也不能按抗推刚度 D 分配，必须进行计算。

因此，在框剪结构中的框架受力情况是完全不同于纯框架中的框架的受力情况的（图 1-7）。在纯框架中，框架受的剪力下面大上面小，顶部为零；而在框剪结构中的框架剪力，却是下部为零，下面小上面大。

由图 1-7 可见，纯框架结构中控制截面在下部楼层；而框剪结构中的框架，控制截面变为中部甚至是顶部楼层。由此可以得到两个重要的推论：（1）纯框架结构设计完毕后，如果又加上剪力墙，就必须按框剪结构重新核算，否则不能保证上部楼层的安全；（2）在框架结构中如果有电梯井筒等弯曲型构件，就必须按框剪结构计算，不能简单地不考虑，按纯框架计算，不考虑电梯井筒进行内力分析，结果会使中部或上部楼层框架计算内力不符合实际情况偏于不安全。

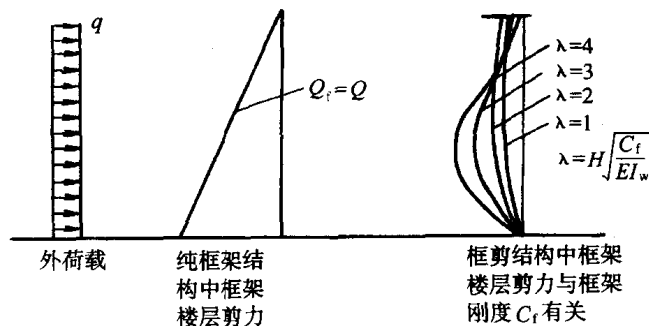


图 1-7 框架的楼层剪力 V_f

在框架—剪力墙结构中，有时会遇到在剪力墙与框架柱之间的连梁（图 1-8）。这种梁一端连接剪力墙的墙肢，刚度极大；另一端连结框架柱，刚度很小，如图 1-8 的 B 列梁。这种梁不同于剪力墙的连接梁（A 列梁）；也不同于框架梁（C 列梁），在水平力作用下它的弯矩和剪力非常大，首先开裂、屈服。如果按弹性分析结果去配筋将是十分困难的，因此，首先在计算时可以取较低的刚度折减系数（墙肢，其它梁以及框架柱刚度，不折减，而连梁的刚度予以折减），地震作用下的计算时，连梁刚度折减系数 β 最低可取到 0.55。连梁刚度取得越低，连梁弯矩的设计值和剪力设计值越小，意味着连梁开裂得越早。所以，在截面配筋可能的情况下，刚度折减系数不宜取得过小。

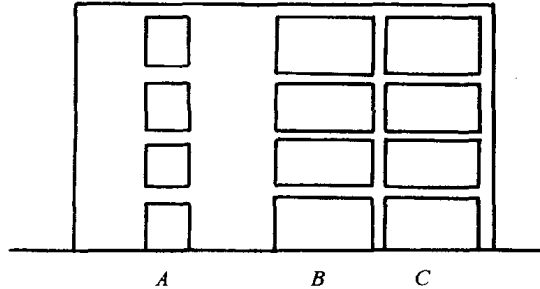


图 1-8 框架—剪力墙结构中的果

(4) 筒体结构

当高层建筑结构层数多体型大高度高、设防要求较高时，由平面抗侧力结构所构成的框架、剪力墙和框架—剪力墙结构已不能满足建筑和结构的受力要求，这时便过渡为空间受力性能的筒体结构。

筒体结构的类型很多，图 1-9 (a) 是最一般的筒中筒结构，它由中央内筒和周边外框筒组成，内筒集中布置了楼电梯间和服务性房间，构成一个剪力墙薄壁筒，外筒为密柱（柱间距为 3m 以内）高梁所组成的空间筒体，它具有很大的刚度，外围密柱到下部楼层往往通过转移层转换为大柱距稀柱以形成入口。当建筑功能不希望采用外围密柱时，外围是大柱距框架，这时便构成（图 1-9b）所示的筒体—框架结构。

一些办公和通讯建筑由功能上的要求，不能设置内筒，这时可采用单一的框筒结构，如图 1-9 (c) 所示。

当建筑物高度大，受到的水平荷载较大，筒中筒结构的强度和刚度不能满足要求时，可以采用多重筒结构（图 1-9d）和成束筒结构（图 1-9e）

在建筑平面内也还可以布置多个筒体，形成多筒体结构（图 1-9f）。

筒体结构的基本特征是：水平荷载主要是由一个或多个筒体承受的。筒体可以是剪力墙薄壁筒，也可以是密柱框筒。

筒体是空间整截面共同工作的，如同一个竖在地面上的箱形截面悬臂梁。在水平荷载作用下，不仅平行于荷载方向的腹板框架起作用，而且垂直于荷载方向的翼缘框架也起作用，图 1-10。

但是，框筒和理想筒体受力还是有差别的。理想筒体在水平力作用下，截面保持平面，腹板应力直线分布，翼缘应力相等，而实际框筒则腹板框架轴力曲线分布，翼缘框架轴力也不均匀分布，靠近角柱处轴力最大，远离角柱处轴力变小。框筒中这种应力不保持直线

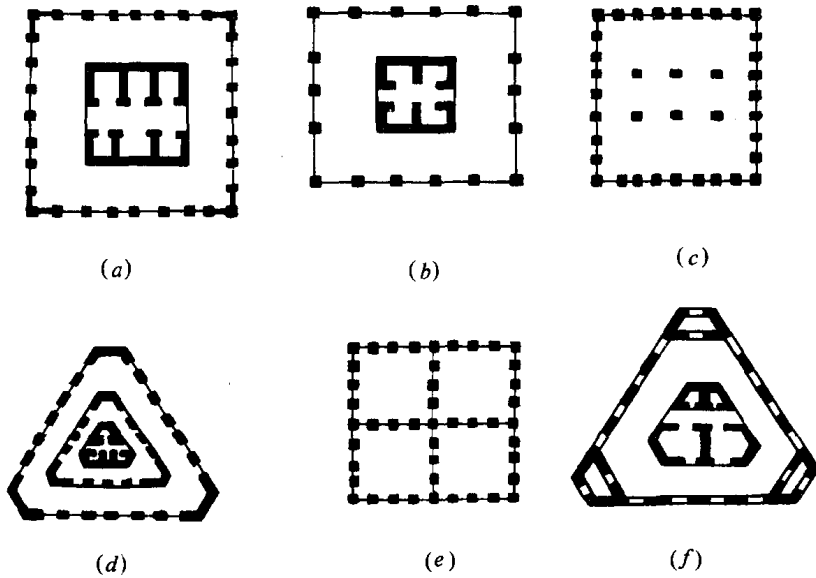


图 1-9 筒体结构的类型

(a) 筒中筒结构；(b) 筒体—框架结构；(c) 框筒结构；(d) 多重筒结构；
(e) 成束筒结构；(f) 多筒体结构

分布的现象称为剪力滞后现象。由于存在剪力滞后现象，所以筒体结构虽然整体空间工作，但不能按平截面假定进行内力计算。

筒体结构中剪力墙筒截面积较大，它承受了水平剪力的大部分，其余由柱承受；外荷载产生的倾覆力矩则绝大部分由框筒柱轴力以及墙肢轴力产生的整体弯矩来平衡。因此，在筒体结构中柱和墙肢截面的弯矩相对较小，具有较大的强度与刚度，并且也比较经济。

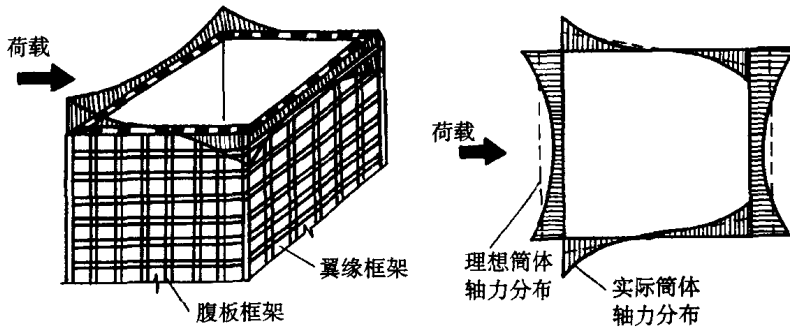


图 1-10 筒体的受力特点

例如深圳国际贸易中心大厦（图 1-11，50 层，160m，平面 34.7m×34.7m，筒中筒结构）一层弯矩与剪力的分配见表 1-1，表 1-2。

深圳国贸中心一层弯矩分配比例

表 1-1

由柱及墙肢轴力形成的整体弯矩		由柱及墙肢的弯曲所承担的弯矩	
外 框 筒	内 筒	外 框 筒	内 筒
50.4%	40.3%	2.7%	6.6%

深圳国贸中心大厦一层剪力分配比例

表 1-2

外筒承担部分	内筒承担部分
27%	73%

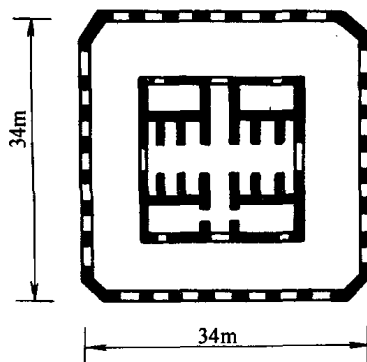


图 1-11 深圳国际贸易中心大厦
(50层, 160m)

弯矩与剪力的分配随内外筒的刚度比不同而改变, 所以可以适当调整内外筒的刚度来调整内力的分配。

1.2 高层建筑分类

1. 民用建筑分类

根据《高层民用建筑设计防火规范》(GB 50045—95), 以下简称《高规》, 将高层民用建筑分为两类, 其依据是: 使用性质、火灾危险性、疏散难度等因素确定的。具体应符合表 1-3 的要求。

高层民用建筑分类

表 1-3

名称	一 类	二 类
居住建筑	高级住宅 19层及19层以上的普通住宅	10~18层的普通住宅
公共建筑	<ol style="list-style-type: none"> 1. 医院 2. 高级旅馆 3. 建筑高度超过50m或每层建筑面积超过1000m²的商业楼、展览楼、综合楼、电信楼、财贸金融楼 4. 建筑高度超过50m或每层建筑面积超过1500m²的商住楼 5. 中央级和省级(含计划单列市)广播电视楼 6. 网局级和省级(含计划单列市)电力调度楼 7. 省级(含计划单列市)邮政楼、防灾指挥调度楼 8. 藏书超过100万册的图书馆、书库 9. 重要的办公楼、科研楼、档案楼 10. 建筑高度超过50m的教学楼和普通的旅馆、办公楼、科研楼、档案楼等 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 除一类建筑以外的商业楼、展览楼、综合楼、电信楼、财贸金融楼、商住楼、图书馆、书库 2. 省级以下的邮政楼、防灾指挥调度楼、广播电视楼、电力调度楼 3. 建筑高度不超过50m的教学楼和普通的旅馆、办公楼、科研楼、档案楼等

表 1-3 中有以下事项需加以说明: