

现浇混凝土建筑结构 施工手册

侯君伟 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

现浇混凝土建筑结构施工手册

侯君伟 主编



机械工业出版社

本书系统介绍了近年来我国在现浇钢筋混凝土建筑结构施工方面所取得的综合技术经济成果。围绕钢筋混凝土建筑结构施工,广泛叙述了在模板技术,钢筋连接技术,高强度、高性能混凝土以及预应力混凝土技术等方面的新材料、新工艺与新设备,具体体现了我国现浇钢筋混凝土结构的工业化、机械化施工程度的提高。

本书供广大建筑设计施工人员阅读,也可作大专院校建筑专业教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现浇钢筋混凝土建筑结构施工手册/侯君伟主编. —北京:机械工业出版社, 2003.2

ISBN 7-111-11659-3

I. 现… II. 侯… III. 现浇钢筋混凝土施工—技术手册 IV. TU755-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第008297号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:何文军 版式设计:张世琴 责任校对:韩晶

封面设计:姚毅 责任印制:路琳

北京蓝海印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2003年5月第1版·第1次印刷

1000mm×1400mm B5·17.375印张·3插页·974千字

0 001—4 000册

定价:58.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

编写人员组成

主编 侯君伟

参加编写人员（按姓氏笔划为序）：

毛凤林 王志杰 王 宣 刘恒祥

卢振国 朱金鼎 吴 琰 赵玉章

航 程 龚 仪

前 言

随着我国经济建设的飞速发展，我国的建设事业也取得了长足的进步，其中建筑行业随着墙体材料的改革和高层建筑的兴起，推动了我国建筑技术的整体进步，建筑结构材料大量采用了钢筋混凝土，特别是近二十年来，围绕广泛采用钢筋混凝土作结构材料，在模板技术、钢筋连接技术、高强度、高性能混凝土、预应力混凝土等方面，广泛采用了新材料、新技术、新设备，促进了现浇结构工业化、机械化施工程度的提高。为了系统总结在现浇钢筋混凝土建筑结构施工方面的经验，特编写本书。

本书共分八大部分：综述；混凝土结构施工的机具选用；模板技术；钢筋工程；混凝土技术；预应力混凝土技术；普通混凝土结构工程的施工；预应力混凝土结构工程施工。

本书在编写过程中，参考了许多专业文献资料，对此向提供这些资料的作者表示衷心的感谢。由于编者的水平所限，本书错讹之处，恳请批评指正。

编 者

目 录

前言

1 综 述 1

1.1 混凝土结构发展概况 1

1.2 混凝土结构分类 1

1.2.1 按结构类型分类 1

1.2.1.1 竖向结构 1

1.2.1.2 水平结构 3

1.2.1.3 房屋适用高度 3

1.2.2 按施工工艺分类 5

2 混凝土结构施工的机具选用 7

2.1 垂直升运机械 7

2.1.1 塔式起重机 7

2.1.2 井架起重机 9

2.1.3 垂直运输塔架 10

2.2 混凝土输送机械 10

2.2.1 泵送混凝土拌制和运送机械 10

2.2.2 混凝土泵送机械 12

2.3 人、货运送机械 17

2.3.1 机械的种类 17

2.3.2 机械的选用 18

2.4 脚手架 20

2.4.1 落地式脚手架 20

2.4.1.1 扣件式钢管脚手架 20

2.4.1.2 碗扣式脚手架 32

2.4.1.3 门式钢管脚手架 37

2.4.2 不落地式脚手架 42

2.4.2.1 悬挑式外脚手架 42

2.4.2.2 外挂式脚手架 43

2.4.2.3 爬架 47

3 模板技术 57

3.1 模板的基本功能和要求 57

3.1.1 基本功能 57

3.1.2 要求 57

3.2 模板技术的分类 57

3.2.1 组合式模板 57

3.2.1.1 55 型小钢模 57

3.2.1.2 70 型组合钢模板 74

3.2.1.3 钢框木（竹）胶合板模板 78

3.2.1.4 无框带肋胶合板模板 99

3.2.1.5 胶合板模板 105

3.2.2 工具式模板 110

3.2.2.1 大模板 110

3.2.2.2 滑动模板 116

3.2.2.3 工具式柱模 129

3.2.2.4 台模 132

3.2.2.5 爬模 146

3.2.2.6 隧道模 152

3.2.2.7 塑料和玻璃钢模壳 154

3.2.3 永久式模板 157

3.2.3.1 压型钢板模板 157

3.2.3.2 钢筋混凝土薄板模板 161

3.3 模板结构设计 174

3.3.1 模板结构设计原则和计算依据 174

3.3.2 作用在模板系统上的荷载 174

3.3.3 模板结构刚度要求 176

3.3.4 组合式模板结构计算 177

3.3.5 大模板结构计算 183

3.3.6 爬升模板结构计算 187

3.4 模板安装与拆除质量检验要求 193

3.4.1 一般规定 193

3.4.2 模板安装 193

3.4.2.1 主控项目 193

3.4.2.2 一般项目 193

3.4.3 模板拆除 195

3.4.3.1 主控项目 195

3.4.3.2 一般项目 195

4 钢筋工程 196

4.1 钢筋种类及应用要求	196	4.4.2.2 一般项目	283
4.1.1 普通钢筋	196	4.4.3 钢筋加工	283
4.1.1.1 热轧带肋钢筋	196	4.4.3.1 主控项目	283
4.1.1.2 冷轧带肋钢筋	198	4.4.3.2 一般项目	283
4.1.1.3 冷轧扭钢筋	202	4.4.4 钢筋连接	284
4.1.1.4 余热处理钢筋	204	4.4.4.1 主控项目	284
4.1.1.5 钢筋焊接网	205	4.4.4.2 一般项目	284
4.1.2 预应力钢筋	210	4.4.5 钢筋安装	285
4.1.2.1 高强碳素钢丝	210	4.4.5.1 主控项目	285
4.1.2.2 冷拔低碳钢丝	212	4.4.5.2 一般项目	285
4.1.2.3 钢绞线	213	5 混凝土技术	287
4.1.2.4 热处理钢筋	215	5.1 定义与分类	287
4.1.2.5 精轧螺纹钢	217	5.1.1 定义	287
4.1.2.6 无粘结筋	219	5.1.2 分类	287
4.2 钢筋检验和钢筋加工	220	5.2 高强、高性能混凝土施工	287
4.2.1 钢筋检验	220	5.2.1 高强混凝土施工	287
4.2.2 钢筋加工	221	5.2.1.1 特点	287
4.3 钢筋连接	221	5.2.1.2 原材料选用	287
4.3.1 钢筋绑扎连接	221	5.2.1.3 高强混凝土的配制	290
4.3.1.1 适用范围	221	5.2.1.4 浇筑、养护、检验	291
4.3.1.2 绑扎接头工艺要点	221	5.2.1.5 工程应用实例	291
4.3.2 钢筋焊接连接	224	5.2.2 高性能混凝土施工	296
4.3.2.1 有关钢筋可焊性问 题	224	5.2.2.1 原材料选用	297
4.3.2.2 钢筋焊接材料	224	5.2.2.2 高性能混凝土的配 制	299
4.3.2.3 钢筋电弧焊	225	5.2.2.3 高性能混凝土的制备与 施工	300
4.3.2.4 竖向钢筋电渣压力焊 接	231	5.2.2.4 工程应用实例	300
4.3.2.5 全封闭自动钢筋竖、横向 电渣焊	236	5.3 大体积混凝土施工	309
4.3.2.6 钢筋气压焊接	239	5.3.1 大体积混凝土的特点	309
4.3.3 钢筋机械连接	245	5.3.2 结构混凝土裂缝	309
4.3.3.1 带肋钢筋套筒挤压连 接	246	5.3.3 防止产生裂缝的主要措 施	310
4.3.3.2 钢筋锥螺纹套筒连 接	257	5.3.4 大体积混凝土常用计算公 式	315
4.3.3.3 钢筋直螺纹套筒连 接	265	5.3.5 大体积混凝土施工	316
4.4 钢筋工程施工质量验收	283	5.3.5.1 原材料要求	316
4.4.1 一般规定	283	5.3.5.2 施工准备	316
4.4.2 原材料	283	5.3.5.3 施工要点	316
4.4.2.1 主控项目	283	5.3.6 工程应用实例	318
		5.4 泵送混凝土施工	320
		5.4.1 原材料要求	320

5.4.2 泵送混凝土配制设计	323	6.3.3 施工工艺	361
5.4.3 泵送混凝土供应	324	6.3.4 预应力混凝土施工质量验 收	366
5.4.4 混凝土泵送设备的选择与 布置	325	7 普通混凝土结构工程的施工 ...	370
5.4.5 泵送混凝土输送管及配管 设计	327	7.1 现浇框架结构施工	370
5.4.6 泵送混凝土施工	331	7.1.1 模板工程施工	370
5.4.7 混凝土配制与施工质量 验收	337	7.1.1.1 组合式模板施工	370
6 预应力混凝土技术	340	7.1.1.2 工具式模板施工	377
6.1 材料、锚具、连接器及机具设 备	340	7.1.2 钢筋工程施工	379
6.1.1 材料	340	7.1.3 混凝土工程施工	379
6.1.1.1 钢材	340	7.2 现浇剪力墙结构施工	381
6.1.1.2 金属螺旋管	340	7.2.1 大模板施工	381
6.1.2 锚具	341	7.2.1.1 流水段的划分与模板的 配备	381
6.1.3 常用连接器	346	7.2.1.2 施工准备工作	383
6.1.4 张拉设备和配套机具	348	7.2.1.3 墙体钢筋安装	385
6.2 有粘结后张预应力混凝土技 术	352	7.2.1.4 大模板的安装	385
6.2.1 工艺原理	352	7.2.1.5 墙体混凝土浇筑与养 护	393
6.2.2 预留孔道	353	7.2.1.6 楼板施工	394
6.2.2.1 孔道成型方法	353	7.2.1.7 大模板拆除注意事 项	394
6.2.2.2 灌浆孔、排气孔与泌水 管的设置	353	7.2.1.8 外墙装饰混凝土施工注 意事项	395
6.2.3 预应力筋制作	354	7.2.1.9 质量与安全要求	396
6.2.3.1 钢丝下料、编束和锚 头	354	7.2.2 滑动模板施工	397
6.2.3.2 钢绞线下料与编束 ...	355	7.2.2.1 滑模装置的制作与组 装	397
6.2.3.3 钢绞线固定端锚具组 装	355	7.2.2.2 竖向结构滑模施工 ...	399
6.2.4 穿束	355	7.2.2.3 楼板结构施工	415
6.2.4.1 穿束时机	355	7.2.2.4 施工质量与安全要 求	421
6.2.4.2 穿束方法	356	7.3 现浇框架—剪力墙结构施工 ...	426
6.2.5 预应力筋张拉与锚固	356	7.3.1 模板工程	427
6.2.6 孔道灌浆	357	7.3.2 钢筋与混凝土工程	427
6.3 无粘结后张预应力混凝土技 术	358	7.4 筒体结构施工	427
6.3.1 无粘结筋制作和锚固系 统	359	7.4.1 筒体结构的施工特点和方案 选择	428
6.3.2 无粘结筋的下料、组装和 储运	360	7.4.2 竖向结构模板技术	429
		7.4.2.1 组合式模板整体升降工 艺	429
		7.4.2.2 爬升模板施工	440

7.4.2.3 滑动模板施工实例	454	预应力施工	506
7.4.2.4 电梯井筒筒模施工	458	附录	509
7.4.3 水平结构模板施工	459	附录 A 常用数据	509
7.4.3.1 压型钢板模板施工	459	附 A.1 公制计量单位表	509
7.4.3.2 预制预应力混凝土薄板 模板施工	463	附 A.2 非法定计量单位与法定计量 单位换算关系	509
7.4.3.3 预制双钢筋混凝土薄板 模板施工	469	附 A.3 各种长度单位换算	509
7.4.3.4 预制冷轧扭钢筋混凝土 薄板模板施工	473	附 A.4 各种面积单位换算	509
7.4.4 钢筋连接技术	475	附 A.5 各种体积、容积单位换 算	514
7.4.5 混凝土技术	475	附 A.6 各种重量单位换算	514
7.4.6 筒体结构施工实例	475	附 A.7 标准筛常用网号、目数对 照	515
7.5 现浇混凝土结构工程施工质量 验收	484	附 A.8 常用等边角钢规格、重 量	515
7.5.1 一般规定	484	附 A.9 常用扁钢规格、重量	516
7.5.2 外观质量	485	附 A.10 常用不等边角钢规格、重 量	516
7.5.3 尺寸偏差	485	附 A.11 常用槽钢规格、重量	517
8 预应力混凝土结构工程施工	487	附 A.12 常用建筑材料重量	517
8.1 有粘结后张预应力混凝土现浇框 架结构施工	487	附录 B 模板工程参数数据资料	520
8.1.1 框架梁中预应力筋几种布筋 形式	487	附 B.1 木材	520
8.1.2 框架柱中预应力筋的布 置	488	附 B.2 钢材	523
8.1.3 施工方案	488	附 B.3 胶合板	523
8.1.4 预应力混凝土框架梁、柱 施工	491	附录 C 钢筋工程参考数据资料	525
8.1.5 施工注意事项	494	附 C.1 钢筋强度	525
8.2 后张无粘结部分预应力混凝土楼 板施工	494	附 C.2 钢筋公称截面面积、计算截 面面积及理论重量	526
8.2.1 几种布置形式	495	附 C.3 纵向受力钢筋最小搭接长 度	526
8.2.2 施工方案	496	附录 D 混凝土工程参考数据资料	529
8.2.3 工程实例	497	附 D.1 原材料	529
8.3 预应力混凝土高耸构筑物施 工	500	附 D.2 混凝土配制	536
8.3.1 工程概况	500	附 D.3 称量、搅拌、运输、浇筑和 养护、拆模强度	543
8.3.2 大型基础环板预应力施 工	502	附 D.4 混凝土试件尺寸及强度的尺 寸换算	545
8.3.3 塔体竖向预应力施工	503	附 D.5 预应力混凝土工程	545
8.3.4 塔座径向预应力与塔楼环向 预应力施工	506	附 D.6 冬期施工	545
		参考文献	546

1 综 述

1.1 混凝土结构发展概况

混凝土结构系指由混凝土和钢筋两种基本材料组成的一种能共同工作的结构材料。自从1824年发明了波特兰水泥,1850年出现了钢筋混凝土以来,已广泛应用于工程建设,如各类建筑工程、构筑物、桥梁、港口码头、水利工程、特种结构等各个领域。

钢筋混凝土很早传入了我国,为1903年在上海建造的英国上海总会(即现在的上海市外滩东风饭店),就是我国第一座钢筋混凝土建筑。现在已成为我国发展高层建筑的主要结构材料。据统计,在全国建设部系统国有建筑企业年竣工面积中,混凝土结构所占比重,从1984年的29.9%,逐年递增,到1995年已达到58.5%,见表1-1。其中10层以上的高层建筑约占90%左右,见表1-2。

表 1-1 建设部系统国有建筑企业
竣工建筑各类结构比重 (%)

年度	钢结构、钢 —混结构	混凝土 结构	混合	砖木	其他
1984	1.6	29.9	66.5	0.5	1.5
1985	1.4	35.1	62.1	0.3	1.1
1986	1.8	39.6	56.9	0.5	1.2
1987	2.7	46.8	48.8	0.4	1.3
1991	2.8	51.0	45.2	0.3	0.7
1992	2.1	52.5	44.1	0.4	1.0
1993	2.8	52.9	42.8	0.4	1.0
1994	1.5	53.2	44.0	0.5	0.8
1995	3.5	58.5	36.2	0.4	1.4

表 1-2 建设部系统国有建筑企业 10 层
以上竣工建筑结构比重 (%)

竣工结构	1984 年	1986 年	1991 年	1993 年	1995 年
钢筋混凝土结构	91.7	95.7	94.1	91.1	87.3
钢结构及钢— 混凝土结构	1.1	1.3	2.5	3.9	6.1
混合结构	6.1	3.0	2.7	3.8	6.5
其他	1.1	0	0.7	1.2	0.1

采用混凝土作建筑结构材料,主要是混凝土的原材料(砂、石等)来源丰富,钢材用量较少,结构承载力和刚度大,防火性能好,造价便宜。因此,它优于纯钢结构。

随着科学技术的进步,钢与混凝土组合结构也得到了很大发展,并已应用到超高层建筑中。其构造有型钢构件外包混凝土,简称刚性混凝土结构;还有钢管内填混凝土,简称钢管混凝土结构,它们的主要点是抗震性能比混凝土结构还要好。

1.2 混凝土结构分类

1.2.1 按结构类型分类

1.2.1.1 竖向结构

建筑结构主要是承受垂直荷载和水平荷载。垂直荷载要求结构具有足够的抗压强度,水平荷载则要求结构具有足够的抗弯、抗剪强度以及刚度和延性。层数越高,水平荷载的作用越突出。

不同结构类型所能承受的水平荷载能力不同,因此,它们均有各自的特点和适用范围。

混凝土结构按竖向结构类型分类;主要可分为:纯框架结构、剪力墙结构、框架—剪力墙结构和筒体结构等几种主要结构类型。

1. 纯框架结构

纯框架结构是由柱和梁、板所组成的承重结构。由于不设承重墙,建筑平面布置灵活,可以形成较大的空间,特别适用于各类公共建筑和仓库、车间。

如果柱间梁的高度压缩到与楼板同样高度,成为楼板内的暗梁,称为板柱体系。平面布置更为灵活,层高也可适当降低。

纯框架承受垂直荷载能力强,抵抗水平荷载的能力较低,侧向刚度差,水平位移大。

高烈度地震区一般不宜采用纯框架结构建造高层建筑。

在我国, 框架结构高层建筑已有较长的发展历史, 从 20 世纪 20 年代至 60 年代兴建的高层建筑基本上采用钢筋混凝土纯框架结构。

2. 剪力墙结构

剪力墙结构是由承重墙和楼板组成的承重结构, 以承重墙代替框架中的梁、柱承受建筑物的垂直荷载和水平荷载。由于建筑结构的承重墙除了要承受由于垂直荷载所产生的竖向压力外, 还要承受由水平荷载所产生的剪力和弯矩, 所以称为剪力墙, 国外也有称结构墙的。

剪力墙结构较框架结构承受水平荷载的能力强, 刚度大, 水平位移小。故建造层数一般比纯框架结构要多。剪力墙既作承重墙, 又作围护墙。

剪力墙结构由于承重墙多, 不如框架结构灵活。改善途径之一是适当扩大承重墙的间距, 采用大开间; 如住宅的开间由 2.4~4.2m 发展到 4.8~7.2m, 分户墙仍为承重墙, 户内分室墙采用轻隔墙; 旅馆的客房开间由 3.3~4.5m 发展到 6.6~9.0m, 每两间设一道承重墙和一道轻隔墙。改善途径之二是减少承重内纵墙, 以增加进深方向的灵活性。

为了解决住宅、旅馆等高层剪力墙结构的底层设置商店、餐厅、门厅、会议厅等大空间的需要, 可以采用底层为部分框架, 上部标准层为剪力墙的框支剪力墙结构, 如图 1-1。

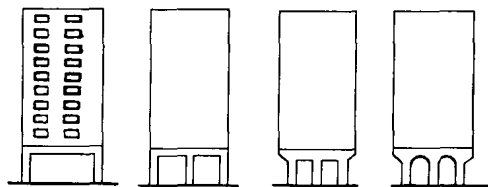


图 1-1 框支剪力墙结构剖面图

在地震区, 不允许采用底层为纯框架的鸡腿式框支剪力墙结构, 而应将一部分剪力墙落地形成封闭筒体, 成为象腿式框支剪力墙结构, 落地剪力墙的间距 L 不宜大于建筑物宽度 B 的 2.5 倍 (图 1-2)。

3. 框架—剪力墙结构

在框架结构中设置一部分剪力墙 (如在楼梯间、电梯间等部位), 形成由框架和剪力墙

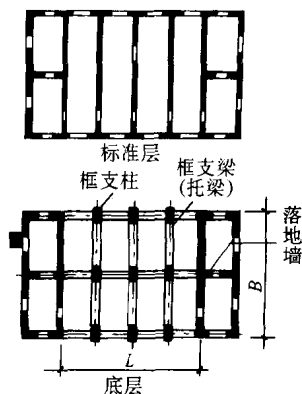


图 1-2 底层大空间剪力墙结构平面图

共同作用的框架—剪力墙结构。与框架结构相比, 增强了抵抗水平荷载的能力, 提高了侧向刚度; 基本保持了平面布置灵活的优点。房屋的垂直荷载通过楼板分别由框架和剪力墙共同承担, 而水平荷载则主要由剪力墙承担。

由于框架—剪力墙结构兼具框架结构和剪力墙结构的优点, 从 20 世纪 70 年代初以来, 已广泛用于各类公共建筑、旅馆和厂房、仓库。

4. 筒体结构

筒体结构是由框架结构和剪力墙结构发展而成的一种空间结构。由若干片纵横交接的框架或剪力墙, 与楼板连接, 围成筒状封闭骨架。

筒体结构由于具有承受水平荷载的良好刚度, 并能形成较大的使用空间, 多用于较高的建筑物。

筒体结构可分为框架—筒体、筒中筒和组合筒, 其中组合筒包括成束筒和成组筒, 见图 1-3。我国目前采用前两种筒体结构较多。

框架—筒体结构的内筒结构是指在建筑的平面中心部分形成由电梯井、楼梯间、管道间和服务间等形成的筒体, 而建筑物的周围为一般柱距的框架, 由内筒承受主要的水平荷载和一部分垂直荷载, 外框架仅承受另一部分垂直荷载和很小的水平荷载。

筒中筒结构由内筒和外筒组合而成, 通过楼板协同工作, 可以共同承担很大的水平荷载。外框架密柱的间距一般在 3m 以内。内筒

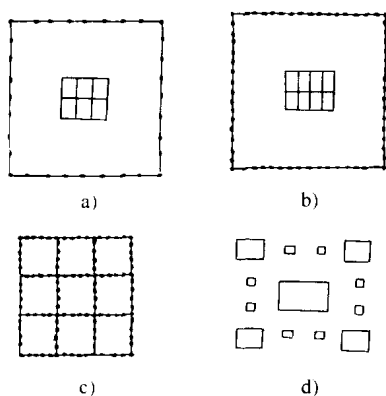


图 1-3 各种筒体典型平面图

- a) 框架—筒体 b) 筒中筒
c) 成束筒 d) 成组筒

通常为单筒，也有采用双层筒或三层筒的，如香港合和中心内筒即为三层筒，外筒直径 48m，柱距 3.05m，最大内筒直径 22m。

成束筒是由若干单元筒集中成一体，从而形成刚度极大的空间结构，如目前世界上已建成最高的芝加哥西尔斯大厦（Sears Tower）就是由 9 个方形筒形成，每个筒的平面尺寸为 $22.9\text{m} \times 22.9\text{m}$ ，整个建筑的平面尺寸为 $68.7\text{m} \times 68.7\text{m}$ 。

成组筒是若干个单筒通过楼面组合成的空间结构。

此外，还可在内筒的周围按照客房或办公的需要设置剪力墙，形成剪力墙—筒体结构（图 1-4）。

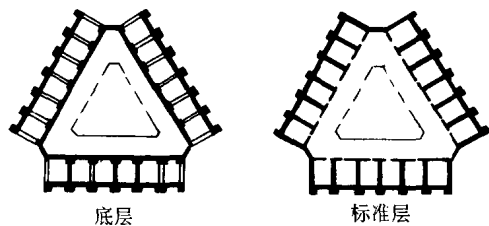


图 1-4 剪力墙—筒体结构示意图

筒体结构是近 20 年来在我国迅速发展起来的，已建成的有深圳国际贸易中心、北京彩电中心、上海电信大楼等。

1.2.1.2 水平结构

上述四类竖向混凝土结构体系所采用的楼盖结构，也由于多层和高层建筑抗震设防的不

同，前者可以采用预制楼盖，后者则多采用现浇楼盖。由于房屋建筑的楼盖结构应符合整体性好、刚度大、结构高度小、自重轻、满足使用要求、造价合理和施工方便的要求。主要有以下几种类型：

1. 有梁楼盖

框架结构传统作法采用有梁楼盖，大柱网常采用主梁-次梁-楼板的做法。优点是楼板厚度较薄，刚度较好，缺点是梁的高度大，层高增大，也不利于灵活布置平面，施工较复杂。

2. 无梁楼盖

在框架和框架-剪力墙结构中，将梁高降至与楼板同一高度，形成楼板中的暗梁，故称为板柱结构，在剪力墙结构中，通常采用无梁平板，称为板墙结构。

为了保证结构的水平刚度，采用平板式楼盖需有一定的厚度。板柱结构中设柱帽的最小厚度为 12cm；无柱帽的最小厚度为 15cm。大跨度无梁楼盖（筒体结构和板柱结构）为了减轻自重，增加楼盖自身的结构刚度，多采用无粘结预应力混凝土楼盖（单向或双向），跨度可达到 6~12m。

3. 密肋楼盖

由薄板与小梁组成，小梁的断面小且密，故称密肋。密肋可以是单向支承，也可以是双向支承（图 1-5），板的厚度可小至 5~6cm。这种楼盖一般用于大柱网的展厅、书库、阅览室等。

4. 叠合楼板

目前，采用的有压型钢板或各种配筋（预应力钢筋、双钢筋、冷轧扭钢筋）的预制混凝土薄板作现浇层的永久性模板，其上浇筑混凝土，形成叠合层。

1.2.1.3 房屋适用高度

按照《高层建筑混凝土结构技术规程》（JGJ3—2002）的规定，钢筋混凝土高层建筑结构的最大适用高度分为 A 级和 B 级，见表 1-3 和表 1-4。

有关房屋适用高度的其他规定，请查阅《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ3—2002 中有关条文。

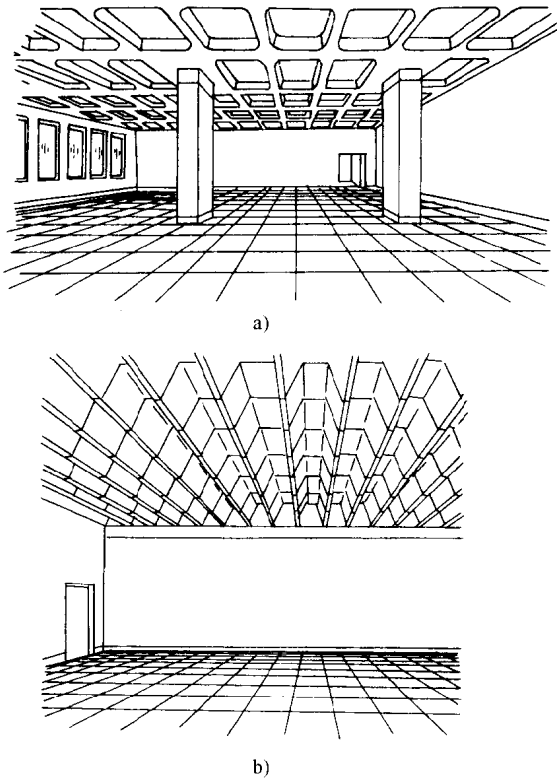


图 1-5 密肋楼板

a) 双向 b) 单向

表 1-3 A 级高度钢筋混凝土高层
建筑的最大适用高度 (m)

结构体系		非抗震 设计	抗震设防烈度			
			6 度	7 度	8 度	9 度
框架		70	60	55	45	25
框架—剪力墙		140	130	120	100	50
剪力墙	全部落地 剪力墙	150	140	120	100	60
	部分框支 剪力墙	130	120	100	80	不应采用
筒体	框架— 筒体	160	150	130	100	70
	筒中筒	200	180	150	120	80

(续)

结构体系	非抗震 设计	抗震设防烈度			
		6 度	7 度	8 度	9 度
板柱—剪力墙	70	40	35	30	不应采用

- 注：1. 房屋高度指室外地面至主要屋面高度，不包括局部突出屋面的电梯机房、水箱、构架等高度；
2. 表中框架不含异形柱框架结构；
3. 部分框支剪力墙结构指地面上有部分框支剪力墙的剪力墙结构；
4. 平面和竖向均不规则的结构或Ⅳ类场地上的结构，最大适用高度应适当降低；
5. 甲类建筑，6 度、7 度、8 度时宜按本地区抗震设防烈度提高一度后符合本表要求，9 度时应专门研究；
6. 9 度抗震设防烈度、房屋高度超过本表数值时，结构设计应有可靠依据，并采取有效措施。

**表 1-4 B 级高度钢筋混凝土高层
建筑的最大适用高度 (m)**

结构体系		非抗震 设计	抗震设防烈度		
			6 度	7 度	8 度
框架—剪力墙		170	160	140	120
剪力墙	全部落地剪力墙	180	170	150	130
	部分框支剪力墙	150	140	120	100
筒体	框架—核心筒	220	210	180	140
	筒中筒	300	280	230	170

注：1. 与表 1-3 中注 1 相同；

2. 与表 1-3 中注 3 相同；

3. 与表 1-3 中注 4 相同；

4. 甲类建筑，6、7 度时宜按本地区设防烈度提高一度后符合本表的要求，8 度时应专门研究；

5. 当房屋高度超过表中数值时，结构设计应有可靠依据，并采取有效措施。

1.2.2 按施工工艺分类

混凝土结构的成形方法，是完成混凝土结构的主要施工工艺。混凝土结构的施工工艺主要可分为全预制装配、全现浇和预制与现浇相结合三种。这三种施工工艺又与不同的结构体系有关。因此，混凝土结构的结构构造不同，其选用的施工机具、施工组织和技术经济效果也就不相同。所以，现已成为建设单位、设计和施工单位共同关心的问题。

以下按不同的混凝土结构体系分别介绍其施工工艺。

1. 框架结构（包括框架—剪力墙结构）施工工艺

(1) 全预制装配式框架结构 梁、柱、楼板等构件全部在工厂或施工现场预制，现场组拼全部靠焊接连成整体。如 1958 年兴建的北京民族饭店（12 层）是我国首次采用全预制装配高层框架结构；1959 年兴建的北京中国民航局办公楼（14 层），除预制框架外，还首次采用了预制外墙；以后又在北京外交公寓（16 层）等工程中推广。

全预制装配高层建筑的工业化程度高，现场工作量小，施工速度快，但不能充分保证高

层建筑抗震要求，预制构件的种类、型号、规格尺寸繁杂，需要有一定规模和生产技术水平较高的构件厂，焊接量大，造价也较高。因此，从 1966 年唐山地震以来，在国内高层建筑中已不再采用全预制装配框架。

(2) 全现浇框架结构 板、梁、柱的全部混凝土都在施工现场建筑物上就地浇筑。这是采用最早和应用最广泛的成形方法，这种方法整体性好，适应性强。但施工现场工作量大，需要大量的模板，并要解决好钢筋的成形、连接和现浇混凝土的拌制、运输、浇灌、振捣、养护等问题。

改革开放以来，特别是高层建筑的兴起，现浇工业化施工工艺有了很大的发展，模板技术已发展成定型化、工具化；粗直径钢筋现场连接技术已系列化；混凝土已发展为预拌商品和泵送技术，成为当今混凝土结构发展的主导工艺。

(3) 装配整体式框架结构 为了满足抗震要求，将预制装配框架的梁柱接头由焊接改为现浇钢筋混凝土连接，从而提高了结构整体性，在地震区可用于高度不超过 50m 的高层建筑。

(4) 现浇框、预制梁和楼板框架结构 这是现浇和预制相结合的施工工艺。将施工较简易的竖向结构采用现浇工艺，而施工较复杂的水平结构采用预制工艺，就形成了现浇筑、预制梁板框架。这种结构施工较适用于符合标准化系列参数，且当地有商品梁、板构件供应的建筑。

(5) 升板结构 是将预制柱和楼板在现场进行预制，也有采用在现场现浇筑、预制楼板，但楼板是采取就位重叠生产，然后将升板机安装在柱头上，将各层楼板逐一提升到设计位置，并与柱连接固定。

升板法施工可以节约大量模板，减少高空作业，不需大型起重设备，节约施工用地，特别适用于现场狭窄的建筑。

(6) 整体预应力板柱结构 整体预应力板柱施工的特点是采用预应力方法将预制的柱子和楼板等构件拼接起来，并与剪力墙结合，现浇连接成整体空间结构。

这种建造方法从 20 世纪 70 年代后期在国内开始试验和推行,在北京和成都已分别建成 12 层科研楼、教学楼和 15 层旅馆。

2. 剪力墙结构施工工艺

(1) 预制装配式工艺 将墙板、楼板以及楼梯、阳台等全部采取在工厂预制生产,运往施工现场安装,简称装配式大板建筑,多用于建造住宅。我国 1959 年开始试验装配式大板建筑,多用于建造多层住宅。1974 年用于高层,已建成一批 10~18 层高层住宅。

大板建筑预制装配化程度高,现场工作量少,施工速度快,劳动条件有所改善。高层大板建筑较多层大板建筑在造价、材料耗用量及用工上增加不多,具有较好的经济效益。

在我国进一步发展装配式大板高层建筑,还需要着重解决好抗震措施和多样化的问题。

(2) 全现浇施工工艺

1) 大模板工艺:我国从 1974 年在高层民用建筑中开始采用大模板工艺,其整体性好,墙面平整,技术较易掌握。大模板建筑的内承重墙均用大模板施工,外墙逐步形成现浇、预制和砌筑三种做法,楼板可根据不同情况采用预制、现浇或预制和现浇相结合。

大模板建筑除大量用于住宅建筑外,高层旅馆也较多地采用了大模板施工方法,如北京的燕京饭店、西苑饭店、昆仑饭店、兆龙饭店、京西宾馆、首都宾馆、和平宾馆、渔阳饭店和广州的白天鹅宾馆等。

2) 滑模工艺:国内 1974 年开始将滑模工艺用于民用建筑,其整体性好,结构施工速度

快,在寒冷地区近年发展了冬施滑模技术。对高耸建筑物、构筑物 and 曲线墙体更加适宜。楼板一般为现浇,也可以采用预制。

在我国超高层建筑中,采用滑模工艺的有:深圳国际贸易中心、香港合和中心、广州花园酒店(东楼)、上海花园饭店、北京国际饭店等。

(3) 盒子结构施工工艺 盒子建筑是用工厂预制的盒子状空间构件运到施工现场组装成的房屋,预制装配化程度较装配式大板建筑更高,因此工期更短,现场用工更少,劳动条件显著改善。但一次投资较大,需要解决大吨位运输设备和吊装设备。

20 世纪 60 年代我国在哈尔滨就建成一栋盒子建筑试验楼。1979 年以来在北京建成用钢、木和钢筋混凝土建成的盒子住宅、旅馆和工地暂设工程、办公营业用房。在南通建成 2 万多平方米住宅以及在上海建成的利民饭店等,每个盒子自重 8~30t。

3. 筒体结构施工工艺

采用筒体结构的建筑均为高耸建筑物,内筒与外筒(柱)的楼板跨度达 8~12m。竖向结构可采用组合式模板成形混凝土,也可采用大模板成形(如南京金陵饭店),亦可采用滑动模板工艺成形(为深圳国贸中心)。近几年来,在超高层建筑中多采用爬升模板工艺成形,为深圳 325m 高 81 层的地王大厦、上海 420m 高 88 层的金茂大厦均采用了爬模工艺。楼板一般采用现浇楼板或以压型钢板、混凝土薄板作永久性模板的现浇叠合楼板。

2 混凝土结构施工的机具选用

建筑结构施工特别是高层建筑结构施工必须解决的施工机具大致有：垂直升运机械、混凝土输送机械、人员运送机械以及施工用脚手架等。

2.1 垂直升运机械

垂直升运机械主要有塔式起重机、井架起重机械、垂直运输塔架等。其中塔式起重机为首选机械。

2.1.1 塔式起重机

影响塔式起重机选择的因素较多，主要有：建筑物的体形和平面配置；建筑层数、层数和建筑总高度；工程实物的搬运量；建筑工期、施工流水段的划分以及施工进度安排；建筑基地周围施工环境条件（包括已建成或正在施工的建筑物，现场交通条件等），资源条件（有无财力购进大型设备）；以及当时当地塔式起重机租赁和供应条件以及对经济效益的要求。

1. 选择塔式起重机时应考虑以下几项主要条件：

(1) 塔式起重机的幅度（工作半径）、起升高度（吊钩高度）、起重量（所吊物重）和起重力矩（起重量×工作幅度）等参数要能满足施工的需求。

(2) 塔式起重机的台班生产量应满足施工的需要。台班生产量就是 8h 工作时间内塔式

起重机可以吊运物资的总量（包括由于主客观原因所造成的机械停歇）。

(3) 应优先选用造价低、台班费用便宜、生产效率高的塔式起重机。

2. 选用塔式起重机施工应注意的几个问题

(1) 设置的位置应能满足：1) 能适应地下和地上工程的施工，并有充足的安全余量；2) 要有环形交通道路，便于主机（塔吊）运输和辅机（安装塔吊的机械）运行；3) 尽可能设置在现场临时电源变电站附近；4) 需要同时设置多台塔吊时，要防止相互干扰；5) 工程竣工后，便于拆卸，运出现场。

(2) 轨道基础的构筑应考虑：1) 轨道基础下方的人防设施必须加固；2) 塔基固定处的地基应夯实、碾压，加筑混凝土垫层；3) 做好排水设施；4) 轨道基础与基坑边缘要保持一定安全距离，留出结构施工搭设脚手架的空间；5) 要设置防雷击接地设施。

(3) 附着式塔式起重机必须与建筑结构进行锚固。需要多道锚固时，可参考使用说明书的规定，并根据计算分析，解决由下向上移动锚固装置问题。拆卸时，必须由上而下逐层松解锚固装置，随拆落塔，随拆除锚固装置。不得在风速大于五级时进行顶升接高或拆落塔式起重机。顶升接高和拆卸塔式起重机时，必须保持塔平衡。

3. 国产和进口塔式起重机参见表 2-1 和表 2-2。

表 2-1 国产塔式起重机性能参考表

型号及产地	最大幅度 最大起升高度 (附着式) /m	最大幅度时 起重量/t	最大起重量/t	最大起重量 时幅度 /m	平衡重/t 压重/t	备注
QT ₄ -10 (北京)	35/160	4.0	10	17	$\frac{8}{30}$	自升
QT ₄ -10A	40/160	3.5	20	12	$\frac{8}{40}$	
QTTZ200 (北京)	40/160	3.5	20	12	$\frac{8}{50}$	自升

(续)

型号及产地	最大幅度 最大起升高度 (附着式) /m	最大幅度时 起重量/t	最大起重量/t	最大起重量 时幅度/m	平衡重/t 压重/t	备注
ZT120 (上海)	30/160 40/160	4 3	8 8	15	$\frac{7}{-}$	自升
ZT100 (广东)	30/70	3.3	8	12.5	$\frac{6.8}{26.7}$	自升
QT80 (北京)	30/70 35/70	2.39 1.23	6 5	14.2 13	$\frac{6; 7.1}{64}$	自升
QT80A (北京)	30/70 50/70	2.67 1.5	7 6	11.1 11.6	$\frac{-}{60}$	自升
Z80 (上海、四川)	30/123	2.7	8	10		自升
QTZ80 (北京)	35/100 45/100	2.3 1.62	6 6	16.3		自升
QTZ120 (湖南)	40/120 50/120	3	8			自升
TQ60/80 ^① (北京)	$\frac{20/25/30}{45, 55, 65}$ (低)(中)(高)	$\begin{matrix} 4 & 3.5 & 3 \\ 3.2 & 2.8 & 2.4 \\ 2 & 2 & 2 \end{matrix}$ (低)(中)(高)	$\begin{matrix} 8 & 7 & 6 \\ 6.5 & 5.7 & 4.9 \\ 4.1 & 4.1 & 4.1 \end{matrix}$ (低)(中)(高)	10 12.3 14.6	$\frac{4.5}{46}$	俯仰变幅臂架, 轨道式
TQ60/80ZG ^① (北京)	$\frac{20/25/30}{70}$	3.5/2.8/2	7	10	$\frac{5}{58}$	俯仰变幅臂架, 轨道式
TQ90 ^① (北京)	$\frac{25}{70}$	3.6	7.2	12.5	$\frac{5}{30}$	俯仰变幅臂架, 下顶升高
QTP60 (上海)	30	2	6	10	$\frac{3}{-}$	小车变幅内爬式
QT5-4/20 (湖北)	20	2	4	11	$\frac{3}{-}$	绳轮系统内爬式

① 普通上回转塔式起重机最大起升高度指轨道式臂架仰起时的吊钩高度。

表 2-2 进口塔式起重机性能参考表

型号	最大幅度/m	最大幅度时 起重量/t	最大起重量/t	最大起重量 时幅度/m	中心压重/t 平衡重/t	备注
TN112 (德国 Peiner)	50	1.4	12	8.7~17.8	$\frac{-}{18}$	下回转下顶升高
70HC (德国 LIEBHERR)	45	1.2	5.6	1.8~12.7	$\frac{45.1}{8.6}$	