

高层建筑施工

第3版

◎主编 方洪涛 蒋春平

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

高层建筑施工

(第3版)

主 编 方洪涛 蒋春平

副主编 刘思远 裴丽娜 杨玉清 于佛财

参 编 朱凡季 张前发

内 容 提 要

本书依据最新高层建筑施工相关规范和标准编写而成,全书除绪论外共分为八章,主要包括:高层建筑深基坑工程施工、桩基施工、大体积混凝土基础结构施工、高层建筑脚手架与垂直运输设备、现浇混凝土结构高层建筑施工、装配式混凝土结构高层建筑施工、钢结构高层建筑施工和高层建筑防水工程施工等。

本书可作为高等院校土木工程类相关专业的教材,也可作为高层建筑工程施工技术及管理人士的参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

高层建筑施工 / 方洪涛, 蒋春平主编. —3版. —北京: 北京理工大学出版社, 2019.2
ISBN 978-7-5682-6632-1

I. ①高… II. ①方… ②蒋… III. ①高层建筑—工程施工 IV. ①TU974

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第008848号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)
(010) 82562903 (教材售后服务热线)
(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 河北鸿祥信彩印刷有限公司

开 本 / 787毫米 × 1092毫米 1/16

印 张 / 19

字 数 / 449千字

版 次 / 2019年2月第3版 2019年2月第1次印刷

定 价 / 59.00元

责任编辑 / 钟 博

文案编辑 / 钟 博

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

第3版前言

随着建筑科学技术不断进步,建筑领域出现了很多新结构、新材料和新工艺,它们为现代高层建筑的发展创造了新的条件。随着高层建筑的迅猛发展,我国建筑行业对专业从业人员的要求也越来越高。

本书按照高等院校人才培养目标以及专业教学改革的需要,结合高层建筑施工相关规程、规范和标准,系统地对高层建筑施工关键工序的施工方案以及主要工种的施工工艺、技术和方法进行了详细阐述。

本书第1、2版自出版发行以来,经相关高等院校教学使用,得到了广大师生的认可和喜爱,编者倍感荣幸。随着时间的推移,一些相关标准规范已经进了修订,书中部分内容已经陈旧过时,对此,我们组织有关专家学者结合近年来高等教育教学改革动态,依据最新标准规范和规程对本书进行了修订。本次修订主要进行了以下工作:

(1) 根据高层建筑施工最新标准规范对教材内容进行了适当的修改,强化了教材的实用性和可操作性,使修订后的教材能更好地满足高等院校教学工作的需要。

(2) 为了突出实用性,对一些具有较高价值,但在第1、2版中未给予详细介绍的内容进行了补充。

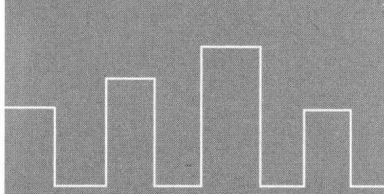
(3) 对各章节的“能力目标”“知识目标”“本章小结”进行了修订,在修订中对各章节知识体系进行了深入的思考,并联系实际进行知识点的总结与概括,以便学生学习与思考。对各章节的“思考与练习”也进行了适当补充,有利于学生课后复习。

本书由方洪涛、蒋春平担任主编,刘思远、裴丽娜、杨玉清、云于佛财担任副主编,朱凡季、张前发参与编写。具体编写分工为:方洪涛编写绪论、第一章,蒋春平编写第七章,刘思远编写第二章,裴丽娜编写第八章,杨玉清编写第四章,于佛财编写第五章,朱凡季编写第三章,张前发编写第六章。

本书在修订过程中,参阅了国内同行的多部著作,部分高等院校的老师提出了很多宝贵的意见供我们参考,在此表示衷心的感谢!

本书虽经反复讨论修改,但限于编者的学识及专业水平和实践经验,仍难免有疏漏和不妥之处,恳请广大读者指正。

编者



第2版前言

随着社会的进步,城市工业和商业的迅速发展促进了高层建筑的快速发展。同时,建筑领域的新结构、新材料、新工艺的出现也为高层建筑的发展提供了条件。高层建筑不仅解决了日益增多的人口和有限的用地之间的矛盾,还丰富了城市的面貌,成为城市实力的象征和现代化的标志。

高层建筑施工是高等院校土建类相关专业的一门主要专业课程,也是一门实践性很强的课程。本教材第1版自出版发行以来,深受广大师生的认可和喜爱,已先后加印多次。

近年来由于国民经济的快速发展,高层建筑施工工艺理论和技术发展很快,大量新技术、新材料、新结构在高层建筑中不断涌现,与高层建筑相关的规程、规范不断修订完善,为了使本教材更贴近时代,进一步体现高等教育的特点,及时反映我国高层建筑施工成熟且先进的施工技术和有关计算理论,我们结合最新颁布实施的有关规范和规程,并参照近年来高层建筑施工新技术、新工艺的发展情况,对本教材进行了修订,在内容上进行了较大幅度的修改与充实,进一步强化了教材的实用性和可操作性,以便更好地满足高等院校教学工作的需要。

本次修订主要进行了以下工作:

(1) 新增了高层建筑施工测量的内容。

(2) 根据施工塔式起重机和建筑施工升降机安装、使用、拆卸安全技术规程的相关内容对高层建筑施工用起重运输机械的相关内容进行了修订。

(3) 考虑到脚手架在高层建筑施工中的重要性,依照最新颁布的脚手架安全技术规范对相关内容进行了完善,将第1版中有关脚手架的内容单列成一章进行阐述,并加入高处作业安全防护方面的内容。

(4) 依据最新高层建筑施工技术规程、规范,如《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)等,对书中相关内容进行了更新,并补充了一些范例,以保证教材内容的先进性、准确性与指导性。

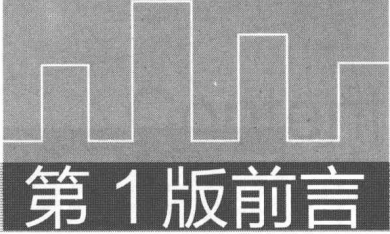
(5) 完善了相关细节,增补了与高层建筑施工实际密切相关的知识点,摒弃了落后陈旧的资料信息,增强了教材的实用性和易读性,方便学生理解和掌握。

本教材由方洪涛、蒋春平、杨雪担任主编,刘思远、裴丽娜、崔在峰、王永利担任副主编。

本教材在修订过程中,参阅了国内同行的多部著作,部分高等院校教师提出了很多宝贵意见供我们参考,在此表示衷心的感谢!对于参与本教材第一版编写,但未参加本次修订的教师、专家和学者,本版教材的所有编写人员向你们表示敬意,感谢你们对高等教育改革做出的不懈努力,希望你们对本教材保持持续关注并多提宝贵意见。

限于编者的学识及专业水平和实践经验,修订后的教材仍难免有疏漏或不妥之处,敬请广大读者指正。

编者



第1版前言

人类自古以来就有向高空发展的愿望和要求,建筑领域新结构、新材料、新工艺的出现为高层建筑的发展提供了条件。同时,城市工业和商业的迅速发展、国际交往的日趋频繁,也促进了高层建筑的发展。近年来,我国建筑业蓬勃发展,全国各地兴建了大量现代化的高层建筑。高层建筑的出现,不仅解决了城市用地有限和人口密集的矛盾,而且还丰富了城市的面貌,成为城市实力的象征和现代化的标志。

《民用建筑设计通则》(GB 50352—2005)中规定:住宅建筑七层至九层为中高层住宅,十层及十层以上为高层住宅;除住宅建筑之外的民用建筑,高度大于24 m者为高层建筑(不包括建筑高度大于24 m的单层公共建筑),建筑高度大于100 m的民用建筑为超高层建筑。与普通建筑相比,高层建筑的楼层多、高度大,施工技术和组织管理都相对复杂。

我国从20世纪80年代开始通过大量的工程实践,使高层建筑施工技术得到迅速发展,并达到世界先进水平。如在基础工程方面,混凝土方桩、预应力混凝土管桩、钢桩等预制打入桩皆有应用,有的桩长已达到70 m以上。在结构方面,已形成组合模板、大模板、爬升模板和滑升模板的成套工艺。在钢筋技术方面,推广了钢筋对焊、电渣压力焊、气压焊以及机械连接,预拌混凝土和泵送技术的推广,大大提高了大体积混凝土浇筑速度。此外,对于超高层建筑,厚钢板焊接技术、高强度螺栓和安装工艺都日益完善,国产H型钢钢结构也已成功用于高层住宅。

本书根据全国高等教育土建类专业教学指导委员会编写的专业教育标准和培养方案及主干课程教学大纲的要求,本着“必需、够用”的原则和“讲清概念、强化应用”的主旨进行编写。

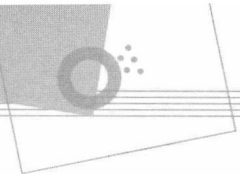
全书共分为六章,分别介绍了高层建筑施工机具、基础工程施工、高层钢筋混凝土结构施工、钢结构高层建筑施工、高层建筑防水工程施工、高层建筑安全专项施工方案设计等内容。为更加适合教学使用,章前设置“学习重点”与“培养目标”,对本章内容进行重点提示和教学引导;章后设置“本章小结”和“思考与练习”,从更深层次给学生以思考、复习的切入点,由此构建了“引导—学习—总结—练习”的教学模式。

本书由肖玲、蒋春平主编,刘思远、裴丽娜、崔在峰、党伟担任副主编。本书在编写过程中,参阅了国内同行的多部著作,同时部分高等院校教师也提出了很多宝贵意见,在此,对他们表示衷心的感谢!

限于编者的专业水平和实践经验,书中的疏漏或不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

绪论	1	三、深基坑土方开挖方案	61
一、高层建筑发展概况	1	四、机械开挖土方	62
二、高层建筑的结构类型与结构体系	3		
三、高层建筑施工技术的发展	6	第二章 桩基施工	68
第一章 高层建筑深基坑工程施工	8	第一节 桩基础的分类与选择	68
第一节 深基坑工程概述	8	一、桩基础的概念	68
一、基坑工程设计的一般规定与要求	9	二、桩基础的分类	69
二、基坑支护结构的作用及设计原则	9	三、桩型选择	70
三、基坑支护结构的安全等级	10	第二节 预制桩施工	71
第二节 深基坑工程的地下水控制	10	一、混凝土预制桩简介	71
一、地下水的基本特性	10	二、工程地质勘察	72
二、基坑涌水量计算	12	三、桩的制作、运输与堆放	72
三、降低地下水水位的方法	16	四、桩的打设	74
第三节 深基坑工程的支护结构	25	第三节 灌注桩基础施工	79
一、基坑支护结构的类型与计算分析	25	一、干式成孔灌注桩	79
二、地下连续墙施工	33	二、湿式成孔灌注桩	80
三、土层锚杆施工	42	三、人工挖孔灌注桩	84
四、土钉支护施工	49	第四节 桩基础检测	87
五、深基坑支护结构检测	53	一、桩基础检测方法和工作程序	87
第四节 深基坑工程土方开挖	56	二、静载荷试验法	89
一、基坑土方开挖施工的地质勘察和环境调查	57	三、高应变测试法	89
二、基坑土方开挖施工准备	60	四、声波透射法	89
		五、钻芯法	90
		第三章 大体积混凝土基础结构施工	93
		第一节 大体积混凝土裂缝	93
		一、大体积混凝土裂缝的类型	94



二、大体积混凝土裂缝产生的原因	95	三、内控法	170
第二节 大体积混凝土的温度应力	97	第二节 高层建筑模板工程	172
一、混凝土温度变形计算	97	一、大模板施工	172
二、混凝土热工性能计算	97	二、液压滑动模板施工	178
三、混凝土的拌合温度和浇筑温度计算	100	三、爬升模板施工	188
第三节 大体积混凝土裂缝的控制措施	102	四、组合模板施工	190
一、混凝土材料	102	五、台模	191
二、外部环境	104	六、隧道模施工	197
三、约束条件	108	第三节 粗钢筋连接技术	198
四、施工监测	110	一、钢筋电渣压力焊 (接触电渣焊)	198
第四节 大体积混凝土基础结构施工	111	二、钢筋气压焊	199
一、钢筋工程施工	111	三、钢筋机械连接	200
二、模板工程施工	112	第四节 围护结构施工	203
三、混凝土工程施工	113	一、外墙围护和保温工程	203
四、特殊气候条件下施工	115	二、隔墙工程	210
		三、填充墙砌体工程	211
第四章 高层建筑脚手架与垂直运输设备	117	第六章 装配式混凝土结构高层建筑 施工	214
第一节 高层建筑施工脚手架	117	第一节 高层建筑预制盒子结构 施工	214
一、液压升降整体脚手架	118	一、盒子结构及盒子结构体系	214
二、碗扣式钢管脚手架	124	二、盒子构件的种类	216
三、门式钢管脚手架	126	三、盒子构件的制作	216
四、工具式脚手架	133	四、盒子构件的运输和安装	216
五、高处作业安全防护技术	140	第二节 高层建筑升板法施工	217
第二节 高层建筑施工常用机械	142	一、升板设备	217
一、塔式起重机	142	二、开展施工前期工作	218
二、外用施工电梯	153	三、楼层板制作	219
三、混凝土运输机械	158	四、升板施工	220
第五章 现浇混凝土结构高层建筑施工	168	第三节 装配式大板结构施工	224
第一节 高层建筑施工测量	168	一、装配式大板结构构件类型	224
一、精度要求	168	二、大板构件的生产制作及运输、 堆放	225
二、外控法	169		



三、施工工艺	225	第四节 钢结构防火与防腐工程	262
第七章 钢结构高层建筑施工	229	一、防火工程	262
第一节 高层钢结构概述	229	二、防腐工程	265
一、钢结构高层建筑的结构体系	229	第八章 高层建筑防水工程施工	269
二、高层钢结构用钢材	230	第一节 地下室防水工程施工	269
三、高层钢结构用构件	232	一、地下卷材防水层施工	270
第二节 高层钢结构的加工制作	234	二、混凝土结构自防水施工	272
一、放样与号料	234	三、刚性防水附加层施工	279
二、切割	236	四、涂膜防水施工	281
三、制孔加工	238	五、架空地板及离壁衬套墙内 排水施工	284
四、边缘加工	240	第二节 外墙及卫浴间防水施工	285
五、组装加工	242	一、构造防水施工	285
六、钢结构热处理	243	二、材料防水施工	287
七、钢构件预拼装	243	三、卫浴间防水施工	289
第三节 高层钢结构安装	244	四、其他部位接缝防水施工	289
一、高层钢结构安装的特点	244	第三节 屋面及特殊建筑部位防水 施工	290
二、高层钢结构安装前的准备工作	245	一、屋面防水施工	290
三、高层钢结构构件的连接	249	二、特殊建筑部位防水施工	291
四、钢结构的连接节点	251	参考文献	294
五、钢结构构件的安装工艺	256		
六、高层钢框架的校正	257		
七、楼面工程及墙面工程	258		
八、安全施工措施	261		

为解决人口密集和城市建设用地有限的矛盾,高层建筑出现了。国际交往的日益频繁和世界各国旅游事业的发展,更促进了高层建筑的蓬勃发展。同时,随着建筑科学技术的不断进步,建筑领域出现了很多新结构、新材料和新工艺,它们又为现代高层建筑的发展创造了新的条件。

从20世纪80年代开始,高层建筑在我国开始迅猛发展,北京、上海、广州、深圳等大城市都建造了一大批高层建筑,仅上海市目前已建成的高层建筑就有4500幢以上,这在世界大城市中是少有的。由于经济的迅速发展,如今,我国的高层建筑已由大、中城市发展到小城市,在一些经济发达地区的县级城市内也出现了很多高层建筑。

多少层或多么高的建筑物算是高层建筑呢?不同的国家和地区有不同的理解,而且从不同的角度,也会得出不同的结论。1972年召开的国际高层建筑会议确定了高层建筑的分类及特征,见表0-1。

表 0-1 高层建筑的分类及特征

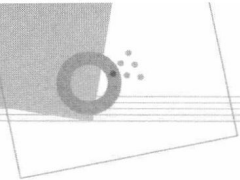
类 别	特 征
第一类高层建筑	9~16层(最高到50 m)
第二类高层建筑	17~25层(最高到75 m)
第三类高层建筑	26~40层(最高到100 m)
超高层建筑	40层以上(高度在100 m以上)

我国《民用建筑设计通则》(GB 50352—2005)规定,一层至三层住宅建筑为低层住宅,四层至六层住宅建筑为多层住宅,七层至九层住宅建筑为中高层住宅,十层及十层以上住宅建筑为高层住宅;除住宅建筑之外的民用建筑高度不大于24 m者为单层和多层建筑,大于24 m者为高层建筑(不包括建筑高度大于24 m的单层公共建筑);建筑高度大于100 m的民用建筑为超高层建筑。

一、高层建筑发展概况

1. 古代高层建筑

高层建筑在古代就有,我国古代建造的很多高塔就属于高层建筑。如523年建于河南省登封市的嵩岳寺塔,共10层,高达40 m,为砖砌单筒体结构。704年改建的西安大雁塔,共7层,高达64 m。1055年建于河北定州的料敌塔,共11层,高达82 m,为砖砌双筒体结构,更为罕见。此外,还有建于1056年、共9层、高达67 m的山西应县木塔等。这些高塔皆为砖砌或木制的筒体结构,外形为封闭的八边形或十二边形。这种形状有利于抗风和抗地震,也有较大的刚度,在结构体系上是很合理的。



同时,我国古代也出现了高层框架结构。如 984 年建于天津市蓟州区的独乐寺观音阁即高 22.5 m 的木框架结构,高 40 m 的河北承德普宁寺的大乘阁等也为木框架结构。

我国这些现存的古代高层建筑,经受了几百年甚至上千年的风雨侵蚀和地震等的考验,至今仍基本完好,这充分显示了我国劳动人民的聪明智慧,也表明了我国古代对高层建筑已有较高的设计和施工水平。

在国外,古代也建有高层建筑。古罗马帝国的一些城市曾用砖石承重结构建造 10 层左右的建筑。1100—1109 年,意大利的博洛尼亚城曾建造 41 座砖石承重结构的塔楼,其中有的塔楼高达 98 m。19 世纪前后,西欧一些城市还用砖石承重结构建造了 10 层左右的高层建筑。

古代高层建筑,由于受当时技术经济条件的限制,不论是承重的砖墙或筒体结构,壁都很厚,使用空间小,并且建筑物越高,这个问题就越突出。如 1891 年在美国芝加哥建造的蒙纳德诺克大厦,为 16 层的砖墙结构,其底部的砖墙厚度竟达 1.8 m。这种小空间的高层建筑不能适应人们生活和生产活动的需要。因此,采用高强和轻质材料,发展各种大空间的抗风、抗震结构体系,就成为高层建筑结构发展的必然趋势。

2. 近代与现代国外高层建筑的发展

近代高层建筑是从 19 世纪以后逐渐发展起来的,这与采用钢铁结构作为承重结构有关。建于 1801 年的英国曼彻斯特棉纺厂,高 7 层,率先采用了铸铁框架作为建筑物内部的承重骨架。1843 年美国长岛的黑港灯塔也采用了熟铁框架结构。这就为将钢铁材料用于承重结构开辟了一条途径。1883 年美国芝加哥的 11 层保险公司大楼,率先采用了由铸铁柱和钢梁组成的金属框架来承受全部荷重,外墙只是自承重,这是近代高层建筑结构的萌芽。

1889 年,美国芝加哥的一幢 9 层大楼率先采用钢框架结构;1903 年,法国巴黎的 Franlin 公寓采用了钢筋混凝土结构。与此同时,美国辛辛那提城一幢 16 层的大楼也采用了钢筋混凝土框架结构,开始了将钢、钢筋混凝土框架用于高层建筑的时代。此后,从 19 世纪 80 年代末至 20 世纪初,一些国家又兴建了一批高层建筑,使高层建筑的发展实现了新的飞跃,不但建筑物的高度跃至 50 层,而且在结构中采用了剪力墙和钢支撑,使建筑物的使用空间显著扩大。

19 世纪末至 20 世纪初是近代高层建筑发展的初始阶段,这一时期的高层建筑结构虽然有了很大的进步,但因受到建筑材料和设计理论等的限制,一般结构的自重较大,而且结构形式也较单调,多为框架结构。

近代高层建筑的迅速发展,是从 20 世纪 50 年代开始的。轻质高强材料的发展、新的设计理论和电子计算机的应用,以及新的施工机械和施工技术的出现,都为大规模地、较经济地修建高层建筑提供了可能。与此同时,城市人口密度的猛增、越来越昂贵的地价,使建筑物向高空发展成为客观需要,因此很多国家都大规模地建造高层建筑。到目前为止,在很多国家的城市中,高层建筑几乎占整个城市建筑面积的 30%~40%。

目前,美国的高层建筑数量较多,160 m 以上的就有很多幢。如 1973 年建成的 110 层、高达 443 m 的西尔斯大厦(美国芝加哥),1972 年建于纽约的 110 层、高达 412 m 的世界贸易中心双塔大厦(已毁),1931 年建于纽约的 102 层、高达 381 m 的帝国大厦等,都是闻名于世的高层建筑。其他如英国、法国、日本、加拿大、澳大利亚、新加坡、俄罗斯、波兰、南非等国家也都修建了许多高层建筑。

3. 国内近、现代高层建筑的发展

我国的高层建筑的建造始于 20 世纪初。我国于 1906 年建造了上海和平饭店南楼, 于 1922 年建造了天津海河饭店(12 层), 于 1929 年建造了上海和平饭店北楼(11 层)和锦江饭店北楼(14 层), 于 1934 年建造了上海国际饭店(24 层)和上海大厦(20 层)以及广州爱群大厦(15 层)。

20 世纪 50 年代, 我国在北京、广州、沈阳、兰州等地建造了一批高层建筑。20 世纪 60 年代, 我国在广州建造了 27 层、高达 87.6 m 的广州宾馆。20 世纪 70 年代, 北京、上海、天津、广州、南京、武汉、青岛、长沙等地兴建了一定数量的高层建筑, 其中广州于 1977 年建成的 33 层、高达 115 m 的白云宾馆, 是当时除港澳地区外国内最高的建筑。进入 20 世纪 80 年代, 我国的高层建筑蓬勃发展, 各大、中城市和一批县级城市都兴建了大量高层建筑。金茂大厦、中天广场、地王大厦等高度在 100 m 以上的超高层建筑也得到了兴建。

二、高层建筑的结构类型与结构体系

(一) 高层建筑的结构类型

1. 钢筋混凝土结构

钢筋混凝土结构具有造价较低、取材丰富、可浇筑各种复杂断面形状、强度高、刚度大、耐火性和延性良好、结构布置灵活方便、可组成多种结构体系等优点, 因此, 在高层建筑中得到广泛应用。当前, 在我国的高层建筑中, 钢筋混凝土结构占主导地位。

2. 钢结构

钢结构具有强度高、构件断面小、自重轻、延性及抗震性能好等优点。钢构件易于工厂加工, 施工方便, 能缩短现场施工工期。近年来, 随着高层建筑建造高度的增加, 以及我国钢产量的大幅增长, 采用钢结构的高层建筑也不断增多。

3. 钢-钢筋混凝土组合结构

钢-钢筋混凝土组合结构是钢和钢筋混凝土相结合的组合结构和混合结构。这种结构可以使两种材料取长补短, 取得经济合理、技术性能优良的效果。

(二) 高层建筑的结构体系

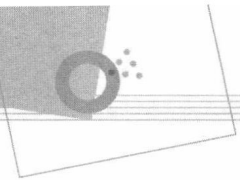
高层建筑所采用的结构材料、结构类型和施工方法与多层建筑有很多共同之处, 但高层建筑不仅要承受较大的垂直荷载, 还要承受较大的水平荷载, 而且高度越高, 相应的荷载越大, 因此, 高层建筑所采用的结构材料、结构类型和施工方法又有一些特别之处。

1. 框架结构

如图 0-1(a)所示, 框架结构由梁、柱构件通过节点连接构成, 是我国较早采用的一种梁、板、柱结构体系。框架结构的优点是建筑平面布置灵活, 可形成较大的空间, 有利于布置餐厅、会议厅、休息厅等, 因此, 其在公共建筑中的应用较多。其建筑高度一般不宜超过 60 m。框架结构由于侧向刚度差, 故在高烈度地震区不宜采用。

2. 剪力墙结构

剪力墙结构是利用建筑物的内外墙作为承重骨架的结构体系, 如图 0-1(b)所示。与一般房屋的墙体受力不同, 这类墙体除了承受竖向压力外, 还要承受由水平荷载所引起的弯矩。由于其承受水平荷载的能力较框架结构强、刚度大、水平位移小, 现已成为高层住宅



建筑的主体,建筑高度可达 150 m。但承重墙过多,限制了建筑平面布置的灵活性。

3. 框架-剪力墙结构

在框架结构平面中的适当部位设置钢筋混凝土剪力墙,也可以利用楼梯间、电梯间墙体作为剪力墙,使其形成框架-剪力墙结构,如图 0-1(c)所示。框架-剪力墙既有框架平面布置灵活的优点,又能较好地承受水平荷载,并且抗震性能良好,是目前高层建筑中经常采用的一种结构体系,适用于 15~30 层的高层建筑,一般不超过 120 m。

4. 筒体结构

筒体结构由框架结构和剪力墙结构发展而成,是由若干片纵横交错的框架或剪力墙与楼板连接围成的空间体系。筒体体系在抵抗水平力方面具有良好的刚度,且建筑平面布置灵活,能满足建筑上需要较大开间和空间的要求。

根据筒体平面布置、组成数量的不同,筒体结构又可分为框架-筒体、筒中筒、组合筒三种体系,分别如图 0-1(d)、(e)、(f)所示。

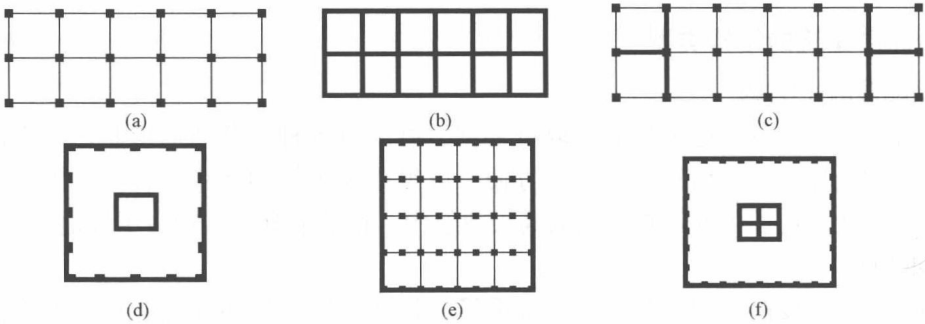


图 0-1 高层建筑的结构体系

(a)框架; (b)剪力墙; (c)框架-剪力墙; (d)框架-筒体; (e)筒中筒; (f)组合筒

5. 其他竖向结构

(1)悬挂结构。悬挂结构是由一个或几个筒体,在其顶部(或顶部及中部)设置桁架,并由从桁架上引出的若干吊杆与下面各层的楼面结构相连而成。悬挂结构也可由一个巨大的刚架或在拱的顶部悬挂的吊杆与下面各层的楼面相连而成。

(2)巨型结构。巨型结构是由若干个筒体或巨柱、巨梁组成巨型框架,承受建筑物的垂直荷载和水平荷载。在每道巨梁之间再设置多个楼层,每道巨梁一般占一个楼层并支承巨梁间的各楼层荷载。

(3)蒙皮结构。蒙皮结构是将航空和造船工业的技术引入建筑领域,以外框架的柱、梁作为纵、横肋,蒙上一层薄金属板,形成共同工作体系。

此外,由于建筑功能和建筑艺术的需要,出现了一些大门洞、大跨度的特殊建筑。

(三)房屋适用高度

(1)根据《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)的规定,钢筋混凝土高层建筑结构的最大适用高度应区分为 A 级和 B 级。A 级高度钢筋混凝土乙类和丙类高层建筑的最大适用高度应符合表 0-2 的规定, B 级高度钢筋混凝土乙类和丙类高层建筑的最大适用高度应符合表 0-3 的规定。

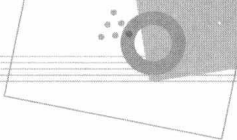


表 0-2 A 级高度钢筋混凝土高层建筑的最大适用高度

m

结构体系		非抗震设计	抗震设防烈度				
			6 度	7 度	8 度		9 度
					0. 20g	0. 30g	
框架		70	60	50	40	35	
框架-剪力墙		150	130	120	100	80	50
剪力墙	全部落地剪力墙	150	140	120	100	80	60
	部分框支剪力墙	130	120	100	80	50	不应采用
筒 体	框架-核心筒	160	150	130	100	90	70
	筒中筒	200	180	150	120	100	80
板柱-剪力墙		110	80	70	55	40	不应采用
注：1. 表中框架不含异形柱框架。 2. 部分框支剪力墙结构指地面以上有部分框支剪力墙的剪力墙结构。 3. 对于甲类建筑，6 度、7 度、8 度时宜按本地区抗震设防烈度提高 1 度后符合本表的要求，9 度时应专门研究。 4. 框架结构、板柱-剪力墙结构以及 9 度抗震设防的表列其他结构，当房屋高度超过本表数值时，结构设计应有可靠依据，并采取有效的加强措施。							

表 0-3 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	
					0. 20g	0. 30g
框架-剪力墙		170	160	140	120	100
剪力墙	全部落地剪力墙	180	170	150	130	110
	部分框支剪力墙	150	140	120	100	80
筒 体	框架-核心筒	220	210	180	140	120
	筒中筒	300	280	230	170	150
注：1. 部分框支剪力墙结构指地面以上有部分框支剪力墙的剪力墙结构。 2. 对于甲类建筑，6 度、7 度时宜按本地区抗震设防烈度提高 1 度后符合本表的要求，8 度时应专门研究。 3. 当房屋高度超过本表数值时，结构设计应有可靠依据，并采取有效的加强措施。						

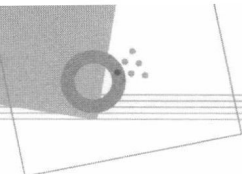
平面和竖向均不规则的高层建筑结构，其最大适用高度宜适当降低。

(2)根据《高层民用建筑钢结构技术规程》(JGJ 99—2015)的规定，非抗震设计和抗震设防烈度为 6~9 度的乙类和丙类高层民用建筑钢结构适用的最大高度应符合表 0-4 的规定。

表 0-4 高层民用建筑钢结构适用的最大高度

m

结构体系	6 度、7 度 (0. 10g)	7 度	8 度		9 度 (0. 40g)	非抗震设计
			(0. 20g)	(0. 30g)		
框架	110	90	90	70	50	110
框架-中心支撑	220	200	180	150	120	240



续表

结构体系	6 度、7 度 (0.10g)	7 度	8 度		9 度 (0.40g)	非抗震 设计
			(0.20g)	(0.30g)		
框架-偏心支撑 框架-屈曲约束支撑 框架-延性长墙板	240	220	200	180	160	260
筒体(框筒、筒中筒、桁架筒、束筒)矩形框架	300	280	260	240	180	360
注：1. 房屋高度指室外地面到主要屋面板板顶的高度(不包括局部凸出屋顶部分)。 2. 超过表内高度的房屋，应进行专门研究和论证，采取有效的加强措施。 3. 表内筒体不包括混凝土筒。 4. 框架柱包括钢柱和钢管混凝土柱。 5. 对于甲类建筑，6 度、7 度、8 度时宜按本地区抗震设防烈度提高 1 度后符合本表要求，9 度时应专门研究。						

三、高层建筑施工技术的发展

随着高层建筑的不断增加，施工技术得到了很大的发展，并在实践中应用、总结、再应用，形成了较为先进的施工技术体系。

1. 高层建筑基础施工技术

从 20 世纪 90 年代以后，高层建筑越建越高，基础也就越做越深，这样就促进了基础施工技术的发展。

在基础工程方面主要有基础结构、深基坑支护、大体积混凝土浇筑、深层降水等施工。

高层建筑多采用桩基础、筏形基础、箱形基础、桩基与箱形基础或桩基与筏板基础的复合基础这几种结构形式。

在桩基础方面，混凝土方桩、预应力混凝土管桩、钢管桩等预制打入桩皆有应用，有的桩长已超过 70 m。近年来混凝土灌注桩有很大发展，在钻孔机械、桩端压力注浆、成孔扩孔、动力试验、扩大桩径等方面都有很大提高，大直径钻孔灌注桩的应用越来越多，并在软土、淤泥质土地区也有成功应用。

筏形基础、箱形基础、桩基与箱形基础或桩基与筏板基础的复合基础，能形成空间大的底盘，使地下空间得到很好的利用，结构刚度好，在 20 世纪 90 年代以后有大量应用。

近年来，由于深基坑的增多，支护技术发展很快，多采用钢板桩、混凝土灌注桩、地下连续墙、深层搅拌水泥土桩、土钉等进行支护；施工工艺有很大改进，支撑方式有传统的内部钢管(或型钢)支撑，也有在坑外用土锚拉固的方式；内部支撑形式也有多种，有十字交叉支撑、环状(拱状)支撑和混凝土支撑，也有采用“中心岛”式开挖的斜撑；土锚的钻孔、灌浆、预应力张拉工艺也有很大提高。

大体积混凝土裂缝控制的计算理论日益完善，为减少或避免产生温度裂缝，各地都采用了一些有效措施。商品混凝土和泵送技术的推广，所以，即使万余立方米以上的大体积

混凝土浇筑也无困难,在测温技术和信息化施工方面也积累了很多经验。

在深基坑施工降低地下水水位方面,现已能利用轻型井点、喷射井点、真空泵、深井泵和电渗井点技术进行深层降水,而且在预防由降水引起附近地面沉降方面也有一些有效措施。

2. 高层建筑结构施工技术

在结构工程方面,已形成组合模板、大模板、爬升模板和滑升模板的成套工艺,钢结构超高层建筑的施工技术也有了长足的进步。在组合模板方面,除 55 系列钢模板外,推广了肋高 70 mm、75 mm 的中型组合钢模板;55、63、70、75、78、90 系列的钢框竹(木)胶合板模板,板块尺寸更大,使用更方便;研究推广了早拆体系,以减少模板配置数量。大模板工艺在剪力墙结构和筒体结构中已得到广泛应用,形成了“全现浇”“内浇外挂”“内浇外砌”的成套工艺,且已向大开间建筑方向发展。楼板除各种预制、现浇板外,还应用了各种配筋的薄板叠合楼板。爬升模板首先在上海得到应用,工艺已成熟,不仅可用于浇筑外墙,也可内、外墙皆用爬升模板浇筑。在提升设备方面已有手动、液压和电动提升设备,有带爬架的,也有无爬架的,与升降脚手架结合应用,优点更为显著。滑模工艺不仅可施工高耸结构、剪力墙或筒体结构的高层建筑,还可施工一些特种结构(如沉井等),还在支承杆的稳定以及施工期间墙体的强度和稳定计算方面有很大改进。此外,一些特种模板也有发展,如上海金茂大厦施工用的“分体组合自动调平整体提升式钢平台模板系统”和“新型附着升降脚手架和大模板一体化系统”等。

在钢筋技术方面,推广了钢筋对焊、电渣压力焊、气压焊以及机械连接(套筒挤压、锥螺纹和直螺纹套筒连接),并且在植筋方面也有很大发展。

在混凝土技术方面,除大力发展预拌混凝土外,近年来还推广了预拌砂浆;在高性能混凝土和特种混凝土(纤维混凝土、聚合物混凝土、防辐射混凝土、水下不分散混凝土等)方面也有提高。

在脚手架方面,针对高层建筑施工的需要研制了自升降的附着式升降脚手架,已推广使用,效果良好。

在超高层钢结构施工方面,无论是厚钢板焊接技术,还是高强度螺栓和安装工艺都日益完善,国产的 H 型钢钢结构已成功用于高层住宅。

此外,砌筑技术、防水技术和高级装饰装修方面也都有长足进步。随着我国高层和超高层建筑的进一步发展,传统技术会进一步提高,一些新结构、新技术、新材料也将不断出现。

3. 高层建筑施工管理

高层建筑由于层数多、工程量大、技术复杂、工期长、涉及许多单位和专业,故必须在施工全过程实施科学的组织管理,特别要解决好以下问题:

- (1)施工现场管理体制;
- (2)施工与设计的结合;
- (3)施工组织设计的编制;
- (4)施工准备工作;
- (5)施工技术管理;
- (6)质量、安全和消防管理。

第一章 高层建筑深基坑工程施工

能力目标

- (1)能进行深基坑工程地下水水位的控制及基坑涌水量的计算。
- (2)能进行基坑支护结构类型的分类与计算分析,具备地下连续墙、土层锚杆、土钉支护施工的能力。
- (3)能进行深基坑土方开挖。

知识目标

- (1)了解基坑工程设计的一般规定与要求;熟悉基坑支护结构的作用及设计原则、基坑支护结构的安全等级。
- (2)了解地下水的基本特性;熟悉基坑涌水量的计算;掌握降低地下水水位的方法。
- (3)熟悉基坑支护结构的类型与计算分析;掌握地下连续墙施工方法、土钉支护施工方法、土层锚杆施工方法。
- (4)了解基坑土方开挖施工的地质勘察和环境调查;熟悉基坑土方开挖施工准备、深基坑土方开挖方案;掌握机械开挖土方的方法。

第一节 深基坑工程概述

随着我国经济建设和城市建设的发展,地下工程越来越多,应用范围日益扩大,我国许多地区都建设了一大批规模大、深度大、地质和周边环境复杂多样的基坑工程。通过不断地实践,工程技术人员已经积累了非常丰富的经验,可以熟练地掌握各种高难度基坑工程的施工技术,为更多、更复杂的地下建筑工程施工打下了坚实的基础。

基坑工程是为挖除建(构)筑物地下结构处的土方,保证主体地下结构的安全施工及保护基坑周边环境而采取的围护、支撑、降水、加固、挖土与回填等工程措施的总称,其包括勘察、设计、施工、检测与监测。