

高职高专规划教材

高层建筑施工

杨国立 主编 史华 阎玮斌 副主编



化学工业出版社

高职高专规划教材

高层建筑施工

杨国立 主编 史华 阎玮斌 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书针对高层建筑施工技术的迅速发展,着眼新技术及培养学生指导现场施工的能力,注重结合工程实例讲述高层建筑施工技术的系统性与一般施工技术的区别。

本书主要内容包括高层建筑施工概述、高层建筑深基坑地下水控制、高层建筑深基坑土方开挖、高层建筑深基坑支护、高层建筑大体积混凝土施工、高层建筑起重及运输机械、高层建筑脚手架工程、高层建筑现浇混凝土结构施工、钢结构高层建筑施工等。

本书可作为高职高专土建类专业及相关专业教材,也可作为成人教育土建类及相关专业的教材,还可供从事建筑工程等技术工作的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

高层建筑施工/杨国立主编. —北京:化学工业出版社, 2010.7

高职高专规划教材

ISBN 978-7-122-08515-3

I. 高… II. 杨… III. 高层建筑-工程施工-高等学校:技术学院-教材 IV. TU974

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第083049号

责任编辑:李仙华 卓 丽 王文峡

文字编辑:刘莉珺

责任校对:蒋 宇

装帧设计:尹琳琳

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张16¼ 字数428千字 2010年7月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:27.00元

版权所有 违者必究



高职高专土建类专业教材编审委员会

主任委员 陈安生 毛桂平

副主任委员 汪 绯 蒋红焰 陈东佐 李 达 金 文

委 员 (按姓名汉语拼音排序)

蔡红新	常保光	陈安生	陈东佐	窦嘉纲	冯 斌
冯秀军	龚小兰	顾期斌	郭红喜	何慧荣	洪军明
胡建琴	黄利涛	黄敏敏	蒋红焰	金 文	李春燕
李 达	李掠京	李 伟	李小敏	李自林	刘昌云
刘冬梅	刘国华	刘玉清	刘志红	毛桂平	孟胜国
潘炳玉	邵英秀	石云志	史 华	宋小壮	汤玉文
唐 新	汪 绯	汪 葵	汪 洋	王 波	王崇革
王 刚	王 豪	王庆春	王锁荣	吴继锋	夏占国
肖凯成	谢延友	徐广舒	徐秀香	阎玮斌	杨国立
杨建华	余 斌	曾学礼	张苏俊	张宪江	张小平
张宜松	张轶群	赵建军	赵 磊	赵中极	郑惠虹
郑建华	钟汉华				

前 言

改革开放政策，使我国经济得到了全面飞速发展。建筑事业的蓬勃发展，使我国已成为西太平洋沿岸一个新的高新技术中心，建造数量大，发展速度快，高度已跃居世界前列。

本着高职高专实践人才培养模式的特点，各院校土建类相关专业近年来都相继开设实践性很强的“高层建筑施工”课程。本教材结合高职高专土建类相关专业教学计划及学生的层次特点进行编写。重点编写当今建筑界高层建筑施工中流行的施工技术和国外的一些在我国具有很高推广价值的先进的高层施工技术。本教材的编写从职业教育培养目标的实际出发，改进了以往许多教材的纯理论讲述特点，结合理论及国内部分高层建筑的施工资料，着重编写了大量的高层建筑施工工艺案例，使学生能够依托案例获得大量的施工感性认识，取得较好的学习效果。

本教材是编者结合多年高层建筑施工教学经验和工程实践经验，同时参考一定的资料编写而成。本书介绍了我国在高层建筑施工方面成熟的技术和创新发展的新技术、新工艺、新规范等，汲取了国内外近年来建筑领域在高层施工方面的先进成果。从地下水控制、土方开挖、基坑支护、大体积混凝土施工、施工机械、脚手架、高层混凝土结构工程施工、高层钢结构施工等方面系统阐述、层层深入。每章编写格式基本遵从先理论讲述，后实例讲解，使学生学习有一个从理性认识到感性认识的过程。

本教材的绪论、第三、五章由台州学院的杨国立编写；第一章由永城职业学院的郭红喜编写；第二章由永城职业学院的王豪编写；第六、七章由太原理工大学阳泉学院的阎玮斌编写；第四、八章由商丘职业技术学院的史华编写。全书由杨国立统稿和编排。

本书由华中科技大学李惠强教授主审，他在百忙之中对本教材进行了详细的审核，提出了许多宝贵的修改意见和建议，使本教材内容更趋于完善，在此深表感谢。

本书的编写，参考了有关文献资料，谨向这些文献作者致以衷心的感谢！由于编写时间较为紧张，限于编者水平，书中的疏漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

本书提供有电子教案，可发信到 cipedu@163.com 邮箱免费获取。

编 者
2010年3月

目 录

概述	1	二、支撑体系的合理布置要点	43
一、高层建筑的定义	1	三、内支撑施工	44
二、高层建筑的发展	2	第四节 钢板桩施工	46
三、高层基础与结构体系	4	一、钢板桩概述	46
四、高层建筑施工技术的发展	6	二、钢板桩的围檩	47
第一章 高层建筑深基坑地下水控制	8	三、钢板桩打设前的准备工作	49
第一节 地下水的基本特性	8	四、钢板桩的打设	50
一、动水压力和流砂	9	第五节 地下连续墙施工	51
二、地下水控制方法的选择	10	一、地下连续墙概述	51
第二节 降低地下水的方法	11	二、地下连续墙的特点	51
一、集水明排法	11	三、地下连续墙的施工	52
二、降水法	13	四、案例：地下连续墙在地铁站深基坑支护中的应用	73
三、截水和回灌技术	19	第六节 逆筑法施工技术	75
自测题	20	一、逆筑法概述	75
第二章 高层建筑深基坑土方开挖	21	二、逆筑法施工技术	78
第一节 土方开挖方案	21	第七节 土锚设计与施工	82
一、深基坑土方开挖方案的选择	21	一、土锚概述	82
二、深基坑土方开挖	22	二、土锚计算	82
第二节 土方开挖的注意事项	27	三、土层锚杆施工	86
一、基坑开挖的时空效应	27	四、土锚试验	90
二、先撑后挖，严禁超挖	27	五、案例：某邮电管网大厦基坑工程	91
三、防止坑底隆起变形过大	28	第八节 土钉墙施工	91
四、防止边坡失稳	28	一、土钉墙的工艺原理及特点	92
五、防止桩位移和倾斜	28	二、土钉墙支护的应用范围与适用条件	92
六、对邻近建（构）筑物及地下设施的保护	28	三、土钉墙的设计与构造	92
自测题	29	四、土钉墙施工	94
第三章 高层建筑深基坑支护	30	五、土钉墙的质量检测	97
第一节 深基坑支护概述	30	五、案例：钢管锚钉在基坑支护中应用探讨	97
一、深基坑工程的内容	30	第九节 水泥土墙施工	99
二、深基坑支护结构的设计	30	一、水泥土墙的工艺原理及特点	99
三、深基坑支护结构的安全等级	31	二、水泥土墙构造	100
四、深基坑工程勘察	32	三、水泥土墙设计	101
五、深基坑支护分类与选型	33	四、水泥土墙施工	101
六、深基坑支护结构设计荷载	34	第十节 其他支护结构介绍	103
第二节 深基坑排桩支护结构	36	一、SMW工法	103
一、无支撑排桩支护结构	37	二、旋喷桩挡墙	104
二、有支撑排桩支护结构	40		
第三节 支撑结构施工	42		
一、支撑体系选型	42		

三、逆作拱墙·····	104	第三节 外用施工电梯·····	157
第十一节 深基坑监测·····	105	一、施工电梯的分类·····	157
一、基坑工程监测项目与测点布置·····	105	二、施工电梯的选择和使用·····	158
二、监测项目安全警戒值·····	106	第四节 混凝土泵和泵车·····	158
第十二节 深基坑工程综合施工技术		一、混凝土搅拌运输车·····	158
案例·····	107	二、混凝土泵·····	160
一、工程概况·····	107	三、混凝土泵车·····	161
二、坑支护及地下水处理方案的优化和		四、布料杆·····	161
选择·····	109	自测题·····	162
三、深基坑支护结构体系设计与施工·····	109	第六章 高层建筑脚手架工程·····	163
四、地下水治理设计与施工·····	111	第一节 落地式钢管脚手架·····	163
五、土方开挖及信息化施工·····	112	一、扣件式钢管脚手架·····	163
自测题·····	112	二、门式钢管脚手架·····	168
第四章 高层建筑大体积混凝土施工·····	114	三、碗扣式钢管脚手架·····	169
第一节 大体积混凝土的温度裂缝·····	114	第二节 附着升降式脚手架·····	170
一、裂缝的种类·····	114	一、附着升降式脚手架类型·····	171
二、裂缝产生的原因·····	115	二、附着升降式脚手架的装置·····	172
第二节 大体积混凝土的温度应力·····	117	第三节 悬吊式脚手架·····	173
一、大体积混凝土温度应力特点·····	117	一、吊篮种类·····	173
二、大体积混凝土温度应力计算·····	117	二、注意事项·····	175
三、混凝土热工计算·····	123	自测题·····	176
四、混凝土拌和温度与浇筑温度计算·····	124	第七章 高层建筑现浇混凝土结构施工·····	177
第三节 大体积混凝土温度裂缝的控制		第一节 组合模板施工·····	177
措施·····	132	一、组合钢模板·····	177
一、水泥的选用·····	132	二、组合钢框木(竹)胶合板模板·····	180
二、外加剂的选用·····	133	三、早拆模板体系·····	182
三、外部环境的影响·····	135	第二节 大模板施工·····	183
四、改善边界约束和构造设计·····	136	一、大模板的构造·····	184
五、加强施工监测·····	138	二、大模板的类型及布置·····	184
六、预应力技术的应用·····	138	三、大模板工程的施工工艺·····	186
第四节 大体积混凝土基础结构施工·····	139	第三节 滑模施工·····	187
一、钢筋工程·····	139	一、滑升模板的组成·····	187
二、模板工程·····	139	二、墙体滑模的一般施工工艺·····	189
三、混凝土工程·····	141	三、采用滑模施工时楼板的施工工艺·····	191
第五节 大体积混凝土工程施工案例·····	144	第四节 滑框倒模施工·····	192
一、某工程基础底板大体积混凝土施工		一、滑框倒模的组成与基本原理·····	192
技术·····	144	二、滑框倒模工艺的特点·····	193
二、厦门建设银行大厦工程基础施工·····	146	第五节 爬升模板施工·····	193
自测题·····	147	一、模板与爬架互爬式爬模·····	194
第五章 高层建筑起重及运输机械·····	148	二、模板与模板互爬式爬模·····	197
第一节 起重运输体系的选择·····	148	第六节 粗钢筋连接技术·····	199
一、高层建筑运输体系的组成及特点·····	148	一、钢筋的焊接·····	199
二、选择起重运输体系时应注意的		二、钢筋的机械连接·····	201
问题·····	149	第七节 高强混凝土施工工艺·····	204
第二节 塔式起重机·····	149	一、高强度混凝土概述·····	204
一、概述·····	149	二、高强度混凝土的原材料·····	205
二、外部附着式塔式起重机·····	149	三、高强混凝土的配合比设计·····	210
三、内爬式塔式起重机·····	154	四、高强混凝土拌和要要求·····	212

五、高强度混凝土施工过程的质量控制	212	第二节 钢结构的连接	226
第八节 免振自密实混凝土	213	一、焊接连接	226
一、免振自密实混凝土技术概述	213	二、高强度螺栓连接	228
二、混凝土达到免振自密实的技术途径	213	第三节 高层钢结构的安装	231
三、免振自密实混凝土配合比设计依据	215	一、钢结构安装前的准备工作	231
四、免振自密实混凝土的施工案例	217	二、钢结构的安装	235
自测题	219	三、钢结构高层建筑制作和安装焊接工艺	237
第八章 钢结构高层建筑施工	220	第四节 钢结构的涂装施工技术	242
第一节 钢结构材料	220	一、钢结构防腐涂装工程	243
一、钢结构用钢材的种类	221	二、钢结构防火涂装工程	244
二、结构钢材的品种	222	第五节 高层钢结构安全施工技术	246
三、钢材的选用	224	一、钢结构安装工程安全技术	246
四、钢材的代用	225	二、钢结构涂装工程安全技术	247
五、钢材的验收	225	自测题	248
		参考文献	249

概 述

【知识目标】

- 掌握高层建筑的定义
- 理解高层建筑的基础与结构体系
- 了解高层建筑的发展

【能力目标】

- 能够解释高层建筑的定义

现代高层建筑是随着城市的发展和科学技术的进步而发展起来的，在土地资源日益紧张的今天，高层建筑有利于节约用地、解决住房紧张、减少市政基础设施和美化城市空间环境。建筑领域内新结构、新材料和新工艺的创新，为现代高层建筑的发展提供了有利的条件，建筑设计领域的智能化也为高层建筑的发展提供了一个新的平台。高层建筑已经成为国内外建筑领域研究的重要内容。

一、高层建筑的定义

(一) 联合国教科文组织高层建筑划分标准

在世界各国高层建筑及超高层建筑都没有固定的划分标准，联合国教科文组织所属的世界高层建筑委员会 1972 年建议按高层建筑的层数和高度分为四类：

- 第一类，9~16 层（最高到 50m）；
- 第二类，17~25 层（最高到 75m）；
- 第三类，26~40 层（最高到 100m）；
- 第四类，40 层以上（即超高层建筑）。

(二) 我国高层建筑划分标准

1980 年 10 月 1 日试行的《钢筋混凝土高层建筑结构设计与施工规定》(JGJ 3—79) 中，第一章第三条：“本规定适用于八层及八层以上的高层民用建筑……”。

自 1983 年 6 月 1 日开始试行的国家标准《高层民用建筑设计防火规范》(GBJ 45—82) 第 1.0.3 条规定适用于十层及十层以上的住宅建筑和建筑高度超过 24m 的其他民用建筑。

由 1987 年 10 月 1 日开始试行的部标准《民用建筑设计通则》(JGJ 37—87) 第 1.0.5 条又进一步明确按民用建筑层数划分。

(1) 住宅建筑按层数划分：1~3 层为低层；4~6 层为多层；7~9 层为中高层；10 层以上为高层。

(2) 公共建筑及综合性建筑高度超过 24m 者为高层（不包括高度超过 24m 单层主体建筑）。

(3) 建筑物高度超过 100m 时，不论住宅或公共建筑均为超高层。

对高层建筑进行统计时，很难做到逐栋公共建筑核实其建筑总高度是否超过 24m 而判断是否为高层建筑。因此，为简化统计口径，建设部主管部门从 1984 年起，对住宅和非住宅，一律以 10 层作为高层建筑统计的起点。

二、高层建筑的发展

我国古代高层建筑技术已有辉煌的历史，主要表现在塔式建筑上。公元523年建于河南登封县的嵩岳寺塔，10层高41m，为砖砌单筒体结构。公元704年西安大雁塔，7层高64m。公元1055年建于河北定县的料敌塔，11层高67m。这些筒体结构，刚度很大，有利于抵抗水平风载和地震水平力，结构体系合理，体现了我国古代能工巧匠高超的建筑技术水平。

在西方古代七大建筑奇迹中，有两座是高层建筑。公元前338年在巴比伦城所建的巴贝尔塔，塔高约90m，供王室观赏。公元前280年建于亚历山大港口的灯塔，高约150m，塔身用石砌，曾耸立在港口一千多年，引导船只避免触礁。可见高层建筑在世界上有悠久的历史。

在近代高层建筑史上，西方一般把芝加哥誉为“高层建筑的故乡”，大直径人工挖孔桩作为高层建筑的基础也源于芝加哥。1986年1月在美国芝加哥召开了第三届国际高层建筑会议，纪念世界第一幢近代高层建筑诞生100周年（即1885年芝加哥的家庭保险公司Home Insurance大楼，高55m，10层，是用铸铁柱和钢梁组成的框架结构。此大楼是由工程师詹尼设计，1931年被拆除）。这座在当时因为太高而争议不断的大楼却开创了一个世界建筑史上的新时期——现代高层建筑的发展时期。

我国近代高层建筑起源于20世纪20年代的上海，到抗日战争爆发，共建成8层以上公寓、旅馆、办公楼约95栋，1934年建成的上海国际饭店22层高82m，作为国内最高建筑历时34年，直到1968年建成的广州宾馆27层高87m，才首次超过上海国际饭店高度。我国第一栋超过100m高度的超高层建筑是1976年建成于广州的白云宾馆33层高112m。20世纪80年代以来，我国超高层建筑有了较快发展，较有代表性的如南京建成金陵饭店（高111m、37层）、广州白天鹅宾馆（高100m、33层）、北京的国际大厦（101m、29层）、上海联谊大厦（107m、30层）、深圳国际贸易中心大厦（160m、50层）、广州花园酒店（112m、31层）等。进入20世纪90年代以来，我国的高层、超高层建筑技术发展迅速，其特点是进一步向“高、深、大、复杂”方向发展。

当前世界上高层建筑高度的世界纪录在不断被刷新，下面介绍的是2008年12月以前世界上在建或已经建好的高度在前十位的高层建筑。

阿联酋迪拜塔 [见图0-1(a)]：“迪拜塔”始建于2004年，计划2008年底竣工，现已推迟到2010年1月竣工。“迪拜塔”最终究竟有多高一直是高度机密。迪拜最大的地产开发公司艾马尔地产仅向外透露说，大厦将在建至700m以上的某处时停止，而其最终高度据称可能将达到818m，现实际测量达到828m。

据“迪拜塔”官方网站介绍，建成的“迪拜塔”将至少有160层，56部电梯穿梭其间，速度达每秒18m，那将是世界上速度最快且运行距离最长的电梯。

整个建筑外墙将使用玻璃8.3万平方米，金属2.7万平方米，总共相当于17个足球场。大厦内部设有温泉、游泳池、豪华公寓、零售商店和个人商务套房，124层还有俯瞰全城的观望台。建成后的“迪拜塔”在距大厦95公里外的地方即可看到。

“上海中心”大厦 [见图0-1(b)]：新的“中国第一高”的“上海中心”大厦于2008年11月29日破土动工。该楼总高度632m，人可到达的主体建筑结构高度为580m，总建筑面积达57.6万平方米。“上海中心”呈螺旋造型，象征着中国和谐的文化精神，体现中国和世界的连接；内部则由九个圆柱形建筑彼此叠加构成；大厦内、外立面间形成的“空中中庭”将为人们提供聚会场所。该楼建成后将与金茂大厦（420.5m）、环球金融中心（492m）等组成超高层建筑群，形成上海小陆家嘴中心区的新天际线。

自由之塔 [见图0-1(c)]：2004年7月开工的“自由之塔”是纽约世贸中心遗址重建工

程的重点,新设计后高 541.3m。“自由之塔”将是一座银白色的,造型新颖,非常现代化的摩天大楼。它从底层往上逐渐削尖,呈消瘦的四方锥体状。它的旋转上升的结构和尖顶的设计,象征着“自由女神”像一手高举火炬的造型。它的高度将达到 1776ft (1ft=0.3048m,下同),正好与美国建国的年份 1776 年相吻合。这暗示了美国要在世贸原址上重塑自由信仰的决心。

台北 101 大厦 [见图 0-1(d)]:被称为“台北新地标”的 101 大楼于 1998 年 1 月动工,于 2004 年 12 月完工。此楼高 508m,28.95 万平方米,地上 101 层,地下 3 层有世界最大且最重的“风阻尼器”,还有两台世界最高速的电梯,从 1 楼到 89 楼,只要 39s 的时间。

上海环球金融中心 [见图 0-1(e)]:上海环球金融中心 1997 年年初开工后,因受亚洲金融危机影响,工程曾一度停工。2003 年 2 月工程复工。地上 101 层,地下 3 层,总建筑面积达 38.16 万平方米,建筑主体高度达到 492m。

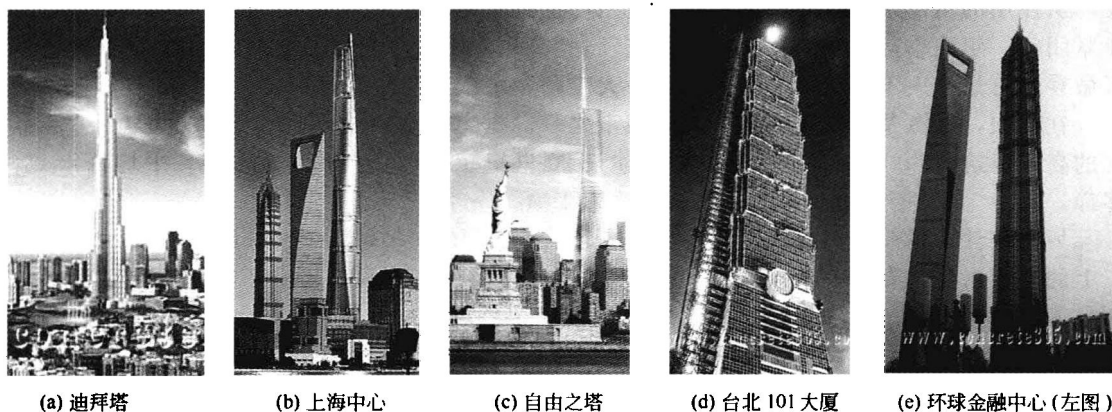


图 0-1 十大高层建筑之一

双峰塔 [见图 0-2(a)]:于 1993 年 12 月开工,1996 年 2 月竣工的马来西亚首都吉隆坡的双子塔是吉隆坡的标志性城市景观之一,是世界上目前最高的双子楼,是马来西亚经济蓬勃发展的象征。此楼高 452m,地上共 88 层。大楼表面大量使用了不锈钢与玻璃等材质。

西尔斯大厦 [见图 0-2(b)]:西尔斯大厦是美国芝加哥的一幢办公楼,1971 年开建,于 1974 年建成。高 443m,总建筑面积 41.8 万平方米,地上 110 层,地下 3 层。

南京紫峰大厦 [见图 0-2(c)]:2005 年 5 月开工,2008 年 9 月竣工的南京紫峰大厦地下 4 层,地上到灯塔是 381m、89 层,而从灯塔底部到塔尖则有 69m,总高度达到了 450m。

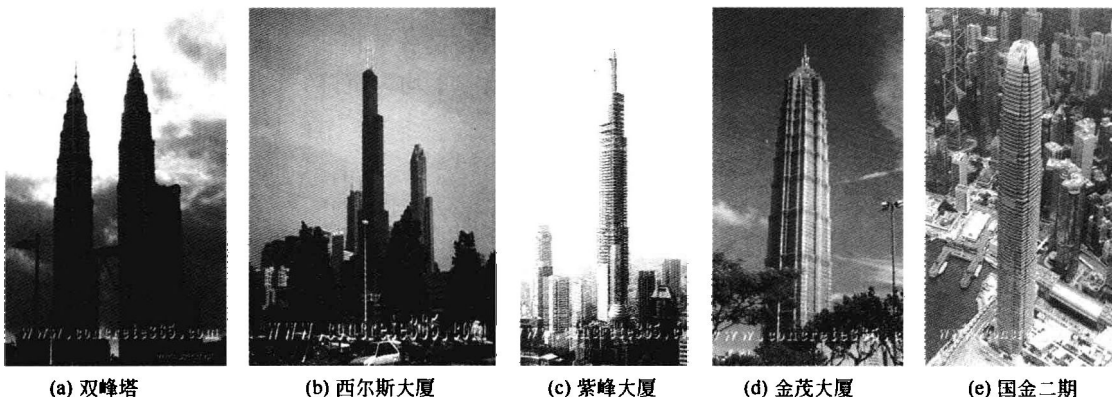


图 0-2 十大高层建筑之二

金茂大厦 [见图 0-2(d)]: 1994 年 5 月开工, 1999 年 3 月竣工的上海金茂大厦主体建筑地上 88 层, 地下 3 层, 高 420.5m, 占地面积 23611m², 总建筑面积 29 万平方米, 曾为上海第一高楼。

香港国际金融中心二期 [见图 0-2(e)]: 2003 年落成的金融中心二期 (简称“国金二期”), 楼高 420m, 总层数 88 层, 另设 6 层地下室, 埋深 38m。国金二期的施工期仅三年半, 2003 年下半年投入使用。国金二期已成为香港的新地标、新象征性建筑物, 在香港中环心脏地区又出现一个新的金融财经基地。

超高建筑摩天大楼, 是现代文明的象征、商业社会的偶像, 是人类对生存空间变小的适应, 但一定要适可而止, 目前国内各地盲目建设超高大楼的现象令人担忧。从经济的角度来看, 据统计, 目前不少超高建筑亏多盈少。美国芝加哥的西尔斯大厦每年要赔上 4000 万美元, 这栋已建成 20 多年的大楼现在仅值其贷款金额的一半。

从使用的角度来看, 超高层建筑的适用性也有其无法避免的缺点, 如超高层建筑窗户终年紧闭, 一年四季都靠空调调节气温和空气, “高层综合征”随之而生; 强风下高楼上部的轻微晃动总是令人不适, 防火安全也是一大难题, 水压、消防升降机往往难以达到其高度。

在我国, 上海是高层建筑最多的大城市之一。据有关资料显示, 建于 20 世纪五六十年代的高层建筑约 40 幢, 平均每年 2 幢; 建于 20 世纪 90 年代的有 2000 多幢, 平均每年 200 多幢, 其中 1997 年新建成的高层建筑多达 484 幢。

另据统计, 目前上海 20 层以上的高层建筑约有 1600 多幢, 其中 30 层 (约 100m 高) 以上的超高层更是有 265 幢。但自 2000 年上半年, 上海市已发文停止审批超高层办公楼等项目。2002 年 8 月, 上海市有关领导明确指出, 要控制高层建筑过快增长和无序布局。

2001 年 11 月, 上海公布的一份《上海市水资源普查报告》指出, 最近几年来虽然上海地下水开采量逐渐压缩, 但是上海的地面沉降尚未有明显减少, 引起上海地面沉降的原因主要是“开采地下水、市政工程及高层建筑物的建设”。上海的高层建筑发展经验正是我国其他城市应借鉴的。

随着高科技的发展, 智能建筑、生态建筑、生命建筑、地下“高楼”等, 将成为人类对建筑新的追求, 以超高建筑来作为商业招牌的观念正在变化。

三、高层基础与结构体系

(一) 基础形式多变

高层建筑基础类型有如下几种。

- (1) 钢筋混凝土条形基础 宽度可达 2m 以上, 一般设在承重墙下。
- (2) 柱下梁式基础 又有柱下条基, 柱下交叉梁基础等。
- (3) 钢筋混凝土柱基础 一般是独立基础。
- (4) 筏式基础 (见图 0-3) 钢筋混凝土连续底板, 又分平板式和梁板式。

筏式基础有足够的刚度以调整基底压力分布, 减小不均匀沉降, 因此可跨过局部软弱或

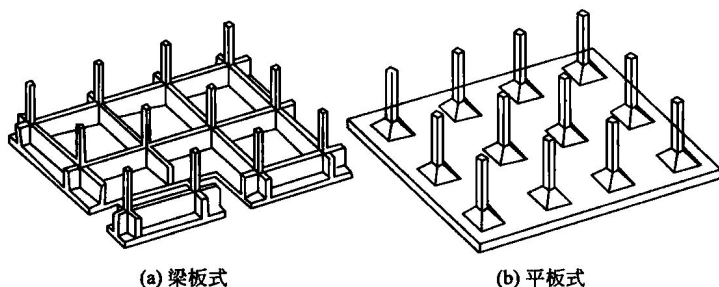


图 0-3 片筏基础

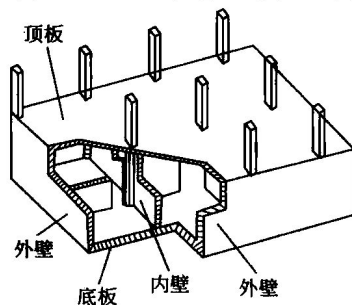


图 0-4 箱形基础

易受压缩的地段。但筏基若未考虑挖去的土用来补偿建筑物的荷载，则沉降量较大。若将筏基作为地下室底板，与侧墙和顶板组成具有相当刚度的地下空间结构，用作车库等比箱式基础有更宽敞的利用空间。此时，由于地下挖去土方量大，有补偿基础的作用，筏板还可作为防渗底板。

(5) 箱形基础（见图 0-4）基础由顶板、底板和纵横墙体组成的钢筋混凝土整体结构，基础刚度很大，可减少不均匀沉降。箱基大部分为补偿式基础。

(6) 桩基础 由桩和承台组成，承台高于地面的为高承台，低于地面的为低承台，高层中一般采用低承台，在水平力作用下，周围的土体可发挥一定的稳固作用，桩还可与筏、箱组成桩筏基础（见图 0-5），桩箱基础（见图 0-6）等。

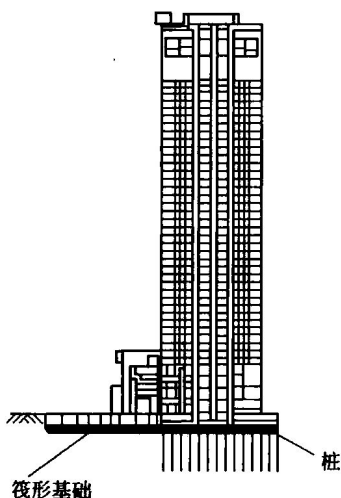


图 0-5 桩筏基础

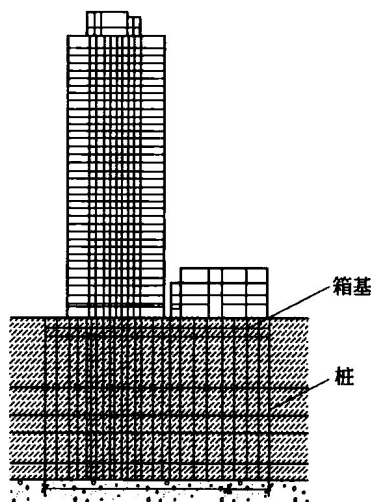


图 0-6 桩箱基础

(二) 结构形式多变

(1) 高层建筑按结构体系划分，有框架体系、剪力墙体系、框架-剪力墙体系和筒体体系（见图 0-7）。

(2) 高层建筑结构按使用材料划分，主要有钢筋混凝土结构、钢结构、钢-钢筋混凝土组合结构，以钢筋混凝土结构在高层建筑中的应用最为广泛。

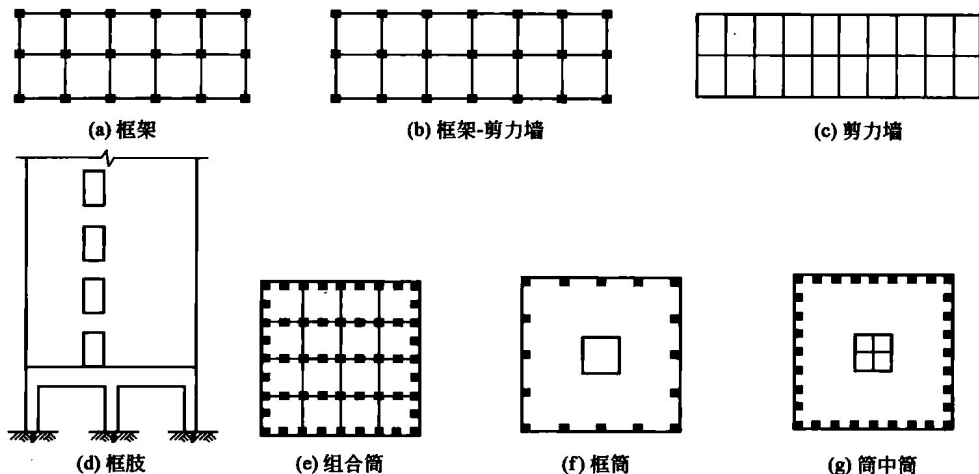


图 0-7 高层建筑结构体系

四、高层建筑施工技术的发展

20世纪80年代以来,尤其是近年来通过大量的工程实践,我国的高层建筑施工技术得到很大的发展,已经达到世界先进水平。

(一) 基础工程施工技术的发展

在桩基运用方面,混凝土灌注桩、混凝土方桩、预应力管桩、钢桩等现浇、预制桩皆有应用。尤其混凝土灌注桩,能适用于任何土层、承载力大、施工对环境的影响小,因而发展最快,目前已形成挤土、部分挤土和非挤土三类,数十种桩和成桩工艺,最大直径达3m,最深达100m左右。桩基承载力的检验,已开发应用了动态测试技术。

在基坑支护方面,常用的挡土结构有灌注桩、钢板桩、土钉支护、土锚支护及地下连续墙等。我国对支护结构计算方法、施工机械和施工工艺均进行了研究和开发,取得了较显著的效果。例如北京京城大厦23.76m的深基坑,采用H型钢板桩、3道预应力土层锚杆,比日方提出的设5道土层锚杆,节约工程费用约1/3。支护结构与地下结构工程结合、地下连续墙与逆作法联合应用,效果显著,这方面亦已取得初步经验。

在深基坑施工降低地下水水位方面,对于因降水而引起附近地面严重沉降的问题,也研究了防止措施。

在大体积混凝土裂缝控制方面,计算理论日益完善。为了减少或避免温度裂缝,各地都采用了一些有效措施。上海市三建制定了基础大体积混凝土工法,1994年经建设部审定为国家级工法(YJGF14—94);由中铁十二局集团所制定的大体积混凝土施工工法,在2000年被批准为国家大体积混凝土施工工法(2000-12工字02号)。这两个工法的实施为大体积混凝土施工中裂缝的控制提供了技术保证。

(二) 主体结构施工技术的发展

1. 模板工程

我国目前已经形成组合模板、木模板、爬升模板和滑升模板的成套工艺,组合模板方面除55系列钢模板外,还推广了肋高70mm、75mm的中型组合钢模板;还有55、63、70、75、78、90系列的钢框(木)胶合板,板块尺寸更大,使用更方便。还研究推广了早拆体系,大大提高了模板的周转次数。大模板工艺在剪力墙结构和筒体结构中已广泛应用,已形成“全现浇”、“内浇外挂”、“内浇外砌”成套工艺,且已向大开间建筑方向发展。

另外,将现浇墙体的大模板与浇筑楼板的模板结合在一起,组合对拼成整间的半隧道模,亦在个别工程中得到尝试。其他尚有板柱结构体系施工的台模(又称飞模)、大跨度密肋楼盖施工的塑料和玻璃钢模壳、圆形柱子施工的半圆形定型钢模和玻璃钢圆柱模板、剪力墙清水混凝土施工的铸铝模板、楼板模板免拆施工的混凝土薄板(50~80mm厚)或压型钢板永久性模板等。

2. 钢筋工程

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)。在钢筋混凝土剪力墙结构大模板施工中,还使用了点焊网片,它可以节约钢材,减少钢筋绑扎时间,加快施工速度。另外,在植筋方面已有不少发展。

3. 混凝土工程

在混凝土技术方面除大力发展预拌混凝土外,近年来还推广预拌砂浆。预拌混凝土可以避免出现施工现场砂石堆放困难、混凝土搅拌噪声大、混凝土强度不稳定等问题。预拌混凝土搅拌站,装备成套的运送设备,如搅拌车、混凝土输送泵、布料泵车等,从而使混凝土施工的机械化水平有了迅速提高。

另外,高性能混凝土和特种混凝土得到了更广泛的应用。高性能混凝土(high performance concrete, HPC),以耐久性为基本要求,强化某些性能的混凝土,如补偿收缩混凝土、

自密实免振混凝土等，实现高工作度、高体积稳定性和高抗渗性。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）的应用方面亦有所提高。

4. 脚手架工程

以钢管脚手架为主，出现了包括扣件式、门架式、碗扣式等的多种新型脚手架；特别是爬架，由于它能沿着建筑物攀升和下降，不受建筑物高度的限制，既可用于结构施工，又可用于外装饰作业。脚手架的功能多样化，脚手架的搭设、安装和设计计算也逐步趋向规范化。

此外，随着我国一些新结构、新技术和新材料的不断出现，在砌筑技术、防水技术和高级装饰和装修方面都有长足的发展。

在超高钢结构施工方面，无论是厚钢板焊接技术、高强螺栓和安装工艺方面都日益完善，国产的 H 型钢钢结构已成功应用于高层住宅。

另外，在高层建筑施工中，施工机械化水平得到了很大提高。塔吊的形式基本上可分为两种：一种是“内爬塔”，另一种是“外立塔”。“内爬塔”可随建筑物升高，且造价低，高度不限，所以应用非常广泛。外用施工电梯已广泛应用于高层建筑施工中，近几年外用电梯已由单笼发展到双笼，高度亦由百米发展到 250m。

第一章 高层建筑深基坑地下水控制

【知识目标】

- 了解真空井点降水和电渗井点降水
- 理解管井井点降水、深井井点降水工艺原理及截水和回灌技术
- 掌握流砂形成的原因以及防治流砂的途径和方法
- 掌握喷射井点系统的工艺原理、构造设计及施工工艺流程

【能力目标】

- 能够正确解释各种降水方法的工艺原理
- 能够根据土方条件正确选择降水方法

高层建筑深基坑中经常会遇到地下水，由于地下水的存在，给深基坑施工带来很多问题，如基坑开挖，边坡稳定，基底隆起与突涌、浮力及防渗漏等。为了确保高层建筑深基坑工程施工正常进行，必须对地下水进行有效治理，若处理不当会发生严重的工程事故，造成极大的危害。因此，地下水的控制工作已越来越受到重视，成为深基坑施工中的重要组成部分。

第一节 地下水的基本特性

要治理好地下水，就必须了解场地的地层结构，查明含水层厚度，渗透性和水量，研究地下水的性质、补给和排水条件，分析地下水的动态特征及其与区域地下水的关系，寻找人工降水的有利条件，从而制定出切实可行的最佳降水方案。与深基坑工程有关的地下水一般分为上层滞水、潜水和承压水三类。

上层滞水，分布于上部松散地层的包气带之中，含水层多为微透水至弱透水系。无统一水面，水位随季节变化，不同场地不同季节的地下水位各不相同，涌水量很小，且随季节和含水层性质的变化而有较大的变化。水质易污染，补给区与分布区一致，接受当地大气降水或地表水的补给，以蒸发的形式排泄。雨季获得补充，积存一定水量，旱季水量逐渐消耗甚至干涸。上层滞水是深基坑降水的第一个含水层，由于其埋藏浅，水量小，只要采取合适的降水措施后，治水效果较好，对深基坑施工影响不大。

潜水，分布在松散地层，基岩裂隙破碎带及岩溶等地区，含水层可为弱透水系、强透水系。一般无压，局部为低压水；具有统一自由面，水位受气象因素影响变化明显，同一场地的水位在一定区域内基本相同或变化具有规律性；水量变化较大，由含水的岩性、厚度和渗透性等决定。地下水补给一般以降雨为主，同时接受上部含水层的渗入和场地外同层地下水的径流补给；当与地表水有联系时可接受地表水的补给。潜水对深基坑施工具有一定的影响，需要采取有效降水措施。

承压水，分布于松散地层，基岩构造盆地、岩溶地区，充满两个隔水层之间的含水层中的地下水。地下水具有承压性，一般不受当地气候因素影响，水质不易污染，地下水的补给

及水压大小和与其具有水力联系的河流、湖泊等水位高低有关。该承压水对基坑底板和基坑施工的危害较大，一般由于其埋深大、水头高、水量大等原因，给深基坑的治水工作带来一定的困难。

一、动水压力和流砂

粒径很小的非黏性土，在动水压力作用下，土颗粒极易失去稳定，而随地下水一起流动涌入坑内，这种现象成为流砂，也称为管涌冒砂。发生流砂现象时，地基完全失去承载力，工人难以立足，施工条件恶化；土边挖边冒，难以达到设计深度；引起边坡塌方，使附近建筑物下沉、倾斜，甚至倒塌；拖延工期，增加施工费用。因此，在施工前，必须对工程地质资料和水文资料进行详细调查研究，采取有效措施来防治流砂现象。

(一) 流砂的成因

产生流砂的原因有外因和内因。外因取决于外部水位条件，内因取决于土的性质。

1. 产生流砂的外因

地下水的渗流对单位土体的土颗粒产生的压力称为动水压力，用 G_D 表示，它与单位土体内渗流水受到土颗粒的阻力 T 大小相等、方向相反。如图 1-1 所示，水在土体内从 A 向 B 流动，沿水流方向任取一土柱体 AB，其长度为 L ，横断面积为 S ，两端点 A、B 之间的水头差为 $H_A - H_B$ 。计算动水压力时，考虑地下水的渗流加速度很小，因而忽略惯性力。

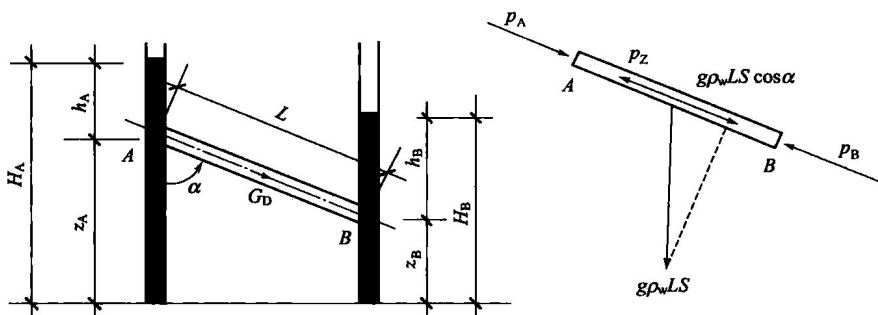


图 1-1 饱和土体中动水压力的计算

作用于 AB 土体上的力有 p_A 、 p_B ， p_A 、 p_B 分别为 A、B 两端的静水压力。

$$p_A = g\rho_w h_A S, p_B = g\rho_w h_B S$$

其中， g 为重力加速度； ρ_w 为水的密度； S 为断面积；土柱体内水的重量为（等于饱和土柱体中孔隙水的重量与土颗粒所受浮力的反力之和） $g\rho_w LS$ ； p_z 为土柱体中的土颗粒对渗流水的总阻力， $p_z = TLS$ ， T 为土体的阻力。

根据静力平衡条件，得

$$p_A - p_B - p_z + g\rho_w LS \cos\alpha = 0$$

将 $\cos\alpha = \frac{z_A - z_B}{L}$ 代入上式，可得

$$T = g\rho_w \frac{(h_A + z_A) - (h_B + z_B)}{L} = g\rho_w \frac{H_A - H_B}{L} = I g\rho_w = I \gamma_w \quad (1-1)$$

式中， $I = \frac{H_A - H_B}{L} = \frac{\Delta H}{L}$ ，称为水力坡度。

设水在土中渗流时，对单位土体的压力为 G_D ，由作用力等于反作用力，但方向相反的原理，得

$$G_D = -T = -I \gamma_w \quad (1-2)$$

由式(1-2)可知：动水压力与水力坡度成正比；动水压力作用方向与水流方向相同。