



高层建筑施工

【高职高专建筑工程技术专业系列教材】

高层建筑施工是建筑工程中最有实力的建筑高手，他就像一只即将展翅高飞的雄鹰，一架即将起航的战机，他的目标是挑战极限、冲向万里长空，他的愿望是为人们在天与地之间搭建一个足够大的空间，让人们的生活更加舒适和惬意。有了他的存在，李白那句“危楼高百尺，手可摘星辰”的壮语或许不再是个梦。

gaoceng jianzhu
shigong

曹洪滨 主编

中国建材工业出版社

高职高专建筑工程技术专业系列教材

高层建筑施工

曹洪滨 主编

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

高层建筑施工/曹洪滨主编. —北京: 中国建材工业出版社, 2011. 4

高职高专建筑工程技术专业系列教材

ISBN 978-7-80227-886-8

I. ①高… II. ①曹… III. ①高层建筑-工程施工-高等学校: 技术学校-教材 IV. ①TU974

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 243437 号

内 容 简 介

本书内容主要包括概述、高层建筑施工机具、基坑支护工程施工、基础工程施工以及主体结构施工。

本书尽量编入各种新材料、新工艺和新技术,具有很强的针对性、实用性、先进性和可操作性,可作为高职院校建筑工程技术专业及其他相关专业的教材,也可作为从事建筑工程技术专业及其他相关专业工作人员的参考用书。

高层建筑施工
曹洪滨 主编

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 13

字 数: 328 千字

版 次: 2011 年 4 月第 1 版

印 次: 2011 年 4 月第 1 次

书 号: ISBN 978-7-80227-886-8

定 价: 26.00 元

本社网址: www.jccbs.com.cn

本书如出现印装质量问题,由我社发行部负责调换。联系电话:(010)88386906

《高职高专建筑工程技术专业系列教材》 编 委 会

丛书顾问：赵宝江 徐占发 杨文锋

丛书编委：（按姓氏笔画排序）

马怀忠 于榕庆 王旭鹏

刘满平 李文利 杜庆斌

张保兴 林 立 盖卫东

曹洪滨 黄 梅

《高层建筑施工》编委会

主 编：曹洪滨

副主编：张 芳

参 编：王晓东 刘晓伟 孙明月

张 彤 张 芳

序 言

2009年1月，温家宝总理在常州科教城高职教育园区视察时深情地说：“国家非常重视职业教育，我们也许对职业教育偏心，去年（2008年）当把全国助学金从18亿增加到200亿的时候，把相当大的部分都给了职业教育，职业学校孩子的助学金比例，或者说是覆盖面达到90%以上，全国平均1500元到1600元，这就是国家的态度！国家把职业学校、职业教育放在了一个重要位置，要大力发展。在当前应对金融危机的情况下，其实我们面临两个最重要的问题，这两个问题又互相关联。一个问题就是如何保持经济平稳较快发展而不发生大的波动；第二就是如何保证群众的就业而不造成大批的失业，解决这两个问题的根本是靠发展，因此我们采取了一系列扩大内需，促进经济发展的措施。但是，我们还要解决就业问题，这就需要在全国范围内开展大规模培训，培养适用人才，提高他们的技能，适应当前国际激烈的产业竞争和企业竞争，在这个方面，职业院校就承担着重要任务。”

大力发展高等职业教育，培养一大批具有必备的专业理论知识和较强的实践能力，适应生产、建设、管理、服务岗位等第一线急需的高等职业应用型专门人才，是实施科教兴国战略的重大决策。高等职业院校的专业设置、教学内容体系、课程设计和教学计划安排均应突出社会职业岗位的需要、实践能力的培养和应用型的教学特色。其中，教材建设是基础和关键。

《高职高专建筑工程技术专业系列教材》是根据最新颁布的国家规范和行业标准、规范，按照高等职业教育人才培养目标及教材建设的总体要求、课程的教学要求和大纲，由中国建材工业出版社组织全国部分有多年高等职业教育教学体会与工程实践经验的老师编写而成。

本套教材是按照3年制（总学时1600~1800）、兼顾2年制（总学时1100~1200）的高职高专教学计划和经反复修订的各门课程大纲编写的。共计11个分册，主要包括：《建筑材料与检测》、《建筑识图与构造》、《建筑力学》、《建筑结构》、《地基与基础》、《建筑施工技术》、《建筑工程测量》、《建筑施工组织》、《高层建筑施工》、《建筑工程计量与计价》、《工程项目招标投标与合同管理》。基础理论课程以应用为目的，以必需、够用为度，以讲清概念、强化应用为重点；专业课以最新颁布的国家和行业标准、规范为依据。反映国内外先进的工程技术和教学经验，加强实用性、针对性和可操作性，注意形象教学、实验教学和现代教学手段的应用，加强典型工程实例分析。

本套教材适用范围广泛，努力做到一书多用。在内容的取舍上既可作为高职高专教材，又可作为电大、职大、业大和函大的教学用书，同时，也便于自学。本套教材在内容安排和体系上，各教材之间既是有机联系和相互关联的，又具有各自的独立性和完整性。因此，各地区、各院校可根据自己的教学特点择优选用。

本套教材参编的教师均为教学和工程实践经验丰富的双师型教师，经验丰富。为了突出

高职高专教育特色，本套教材在编写体例上增加了“上岗工作要点”，特别是引导师生关注岗位工作要求，架起了“学习”和“工作”的桥梁。使得学生在学习期间就能关注工作岗位的能力要求，从而使学生的学习目标更加明确。

我们相信，由中国建材工业出版社出版发行的这套《高职高专建筑工程技术专业系列教材》一定能成为受欢迎的、有特色的、高质量的系列教材。

赵宝江

2009年7月

前 言

近年来，随着我国国民经济的快速发展和人民生活水平的提高，各项建设工程以前所未有的规模和速度发展，高层建筑作为城市经济繁荣、科学发展和社会进步的重要标志，建造业主实力雄厚的象征，受到广泛关注。针对高层建筑的施工特点，我国在高层建筑施工实践中摸索了很多经验，积累了丰富的工艺技术，创造了许多先进水平的成果。为适应目前高层建筑结构的发展需要，我们根据国家最新颁布实施的相关规范、规程及行业标准，并结合有关方面的著述，编写了本书。

本书内容主要包括概述、高层建筑施工测量、高层建筑施工用起重运输机械、高层建筑施工用脚手架、深基坑支护结构施工、深基坑土方开挖、深基坑降水、高层建筑基础施工、高层建筑主体结构施工等。书中尽量编入了各种新材料、新工艺和新技术，具有很强的针对性、实用性、先进性和可操作性。

本书由曹洪滨主编，张芳副主编。具体的编写章节为：王晓东编写第1章，刘晓伟编写第2章，孙明月编写第3章，曹洪滨编写第4章，张芳、张彤编写第5章。本书在编写过程中，得到了高层建筑施工方面的专家和技术人员的大力支持和帮助，在此一并致谢。

由于作者的学识和经验有限，书中不免有疏漏之处，恳请广大读者热心指点，以便进一步修改和完善。

2010年10月

目 录

第1章 概述	1
1.1 高层建筑的概念	1
1.2 国内外高层建筑的历史和现状	2
1.2.1 古代高层建筑	2
1.2.2 现代高层建筑	2
1.3 高层建筑施工技术的发展	4
1.3.1 高层建筑的施工特点	4
1.3.2 高层建筑施工技术的发展	5
思考题	6
第2章 高层建筑施工机具	7
2.1 塔式起重机	7
2.1.1 概述	7
2.1.2 附着式自升塔式起重机	9
2.1.3 内爬式塔式起重机	11
2.1.4 塔式起重机的操作要点	12
2.2 施工电梯	13
2.2.1 概述	13
2.2.2 齿轮齿条驱动式施工电梯	14
2.2.3 绳轮驱动式施工电梯	16
2.2.4 施工电梯的安全操作	16
2.3 泵送混凝土施工机械	16
2.3.1 混凝土搅拌运输车	16
2.3.2 混凝土泵	18
2.3.3 混凝土泵车	19
2.3.4 混凝土布料杆	19
2.3.5 混凝土泵送机械的安全操作	20
2.4 脚手架	21
2.4.1 扣件式钢管脚手架	21
2.4.2 碗扣式钢管脚手架	27
2.4.3 门式脚手架	28
2.4.4 附着式升降脚手架	29
2.4.5 其他脚手架	33
思考题	36

第3章 基坑支护工程施工	38
3.1 土钉墙支护	38
3.1.1 施工准备	38
3.1.2 施工工艺	39
3.1.3 质量标准	42
3.2 土层锚杆支护	42
3.2.1 深基坑干作业成孔锚杆支护	43
3.2.2 深基坑湿作业成孔锚杆支护	46
3.3 地下连续墙支护	50
3.3.1 施工准备	50
3.3.2 施工工艺	51
3.3.3 质量标准	55
3.4 钢管、型钢内撑式支护	56
3.4.1 施工准备	56
3.4.2 施工工艺	56
3.4.3 质量标准	58
3.5 轻型井点降水施工	58
3.5.1 施工准备	58
3.5.2 施工工艺	59
3.5.3 质量标准	60
3.6 大口井降水施工	61
3.6.1 施工准备	61
3.6.2 施工工艺	61
3.6.3 质量标准	62
3.7 井点回灌技术	63
3.7.1 井点回灌构造	63
3.7.2 井点回灌技术	64
思考题	64
第4章 基础工程施工	66
4.1 桩基施工	66
4.1.1 预制桩施工	66
4.1.2 灌注桩施工	69
4.2 大体积混凝土基础施工	86
4.2.1 大体积混凝土的温度裂缝	86
4.2.2 大体积混凝土的温度应力计算	87
4.2.3 大体积混凝土基础施工	88
4.3 地下防水工程施工	97
4.3.1 地下工程防水混凝土施工	97
4.3.2 地下工程水泥砂浆防水层施工	100
4.3.3 地下工程卷材防水层施工	102

4.3.4	地下工程涂膜防水层施工	106
4.3.5	地下工程细部防水构造施工	108
	思考题	120
第5章	主体结构施工	121
5.1	高层建筑施工测量	121
5.2	现浇混凝土结构高层建筑施工	123
5.2.1	钢筋连接技术	123
5.2.2	组合式模板施工	133
5.2.3	大模板施工	136
5.2.4	爬升模板施工	141
5.2.5	滑升模板施工	144
5.3	装配式混凝土结构高层建筑施工	150
5.3.1	装配式预制框架结构施工	150
5.3.2	装配整体式框架结构施工	152
5.3.3	装配式大板剪力墙结构工程施工	155
5.3.4	高层预制盒子结构施工	160
5.3.5	高层升板法施工	162
5.4	钢结构高层建筑施工	169
5.4.1	钢结构构件安装前的准备工作	169
5.4.2	钢结构构件的连接	173
5.4.3	高层钢结构安装	180
5.4.4	钢结构防腐涂料涂装施工	187
5.4.5	钢结构防火涂料涂装施工	192
	思考题	196
	参考文献	197

第1章 概 述

重点提示

1. 熟悉高层建筑的概念。
2. 了解国内外高层建筑的发展概况。
3. 了解高层建筑的施工特点,把握高层建筑施工技术的发展方向。

1.1 高层建筑的概念

随着社会的进步,城市工商业迅速发展,国际交往日趋频繁,促进了我国高层建筑的发展。同时,建筑领域的一些新结构、新材料、新工艺的出现也为高层建筑的发展提供了条件。高层建筑的兴建,解决了日益增多的人口和有限的城市用地之间的矛盾,也丰富了城市的面貌,成为城市实力的象征和现代化的标志。

世界各国对多少层或多么高的建筑物算是高层建筑没有固定的划分标准,随着高层建筑的发展,划分标准也随之相应调整。1972年召开的国际高层建筑会议,建议高层建筑按照层数和高度划分为以下四类:

- ①第一类高层建筑:9~16层(最高到50m)。
- ②第二类高层建筑:17~25层(最高到75m)。
- ③第三类高层建筑:26~40层(最高到100m)。
- ④超高层建筑:40层以上(高度100m以上)。

我国规范中对于高层建筑的规定如下:

1)《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002)中规定,“高层建筑”一词适用于十层及十层以上或房屋高度超过28m的非抗震设计和抗震设防烈度为6~9度抗震设计的高层民用建筑结构。

2)《高层民用建筑设计防火规范》(GB 50045—1995)中规定,“高层民用建筑”一词适用于建筑高度大于27m的住宅建筑和2层及2层以上,建筑高度超过24m的公共建筑。

3)《民用建筑设计通则》(GB 50352—2005)明确了民用建筑层数的划分。

①住宅建筑按层数划分为四类,即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总高度超过24m者为高层(不包括高度超过24m的单层主体建筑)。

③建筑物高度超过100m时,不论住宅或公共建筑均视为超高层。

在实际工作中,对高层建筑进行统计时,很难做到对公共建筑进行逐一检查,核实其建筑总高度是否超过24m,进而判明其是否为高层建筑,所以,为简化统计,一律以10层作

为高层建筑统计的起点。

1.2 国内外高层建筑的历史和现状

1.2.1 古代高层建筑

我国的塔是古代多层和高层建筑的典型代表。与埃及金字塔相比，我国古代的塔在建筑形式和结构上已有了相当高的水平，大都采用木与砖结构。有一些塔经受住了上千年风吹雨打，甚至经受了强烈地震而保留至今，足见其结构合理，工艺精良。但是，古代高层建筑主要是宗教和权力的象征，是纪念性建筑，其实用空间很小，墙壁厚度大，高度也受到限制。

1.2.2 现代高层建筑

现代高层建筑是随着社会生产的发展和人类活动的需要而发展起来的，是商业化、工业化和城市化的结果。现代高层建筑不仅要满足各种使用功能，而且要求节省材料，又要美观。只有科学技术的进步、轻质高强材料的出现以及机械化、电气化、计算机在建筑中的广泛应用，才能为多层及高层建筑的发展提供物质和技术条件。

1. 国外现代高层建筑

现代高层建筑的出现是在19世纪，1884~1885年美国芝加哥建成了11层的家庭保险大楼（Home Insurance Building），是用铸铁和钢建造的框架结构。1931年，在纽约建成了著名的帝国大厦（Empire State Building），102层，381m高，成为当时的奇迹，享有“世界最高建筑”的美誉长达40年之久，如图1-1所示。1960年以后，建筑材料和技术的不断发展，开始进入大量建造50层以上高层建筑的时代，美国相继建成了110层、402m高的世界贸易中心双塔（World Trade Center Twin Towers，1972年建成，在2001年“9·11”事件中被毁）和110层、443m高的西尔斯大厦（Sears Tower，1973年建成）。近年来，亚太地区经济迅速发展，1998年，在马来西亚吉隆坡建成目前世界最高建筑——石油双塔（Petronas Twin Towers），88层、452m高，如图1-2所示。

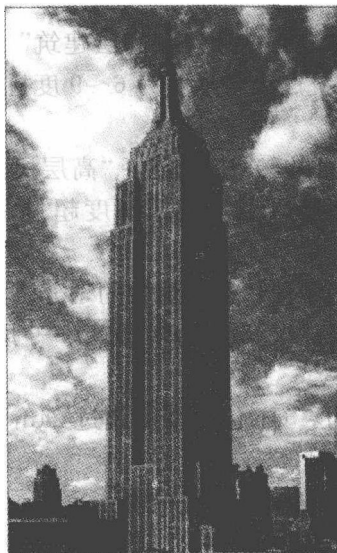


图 1-1 帝国大厦

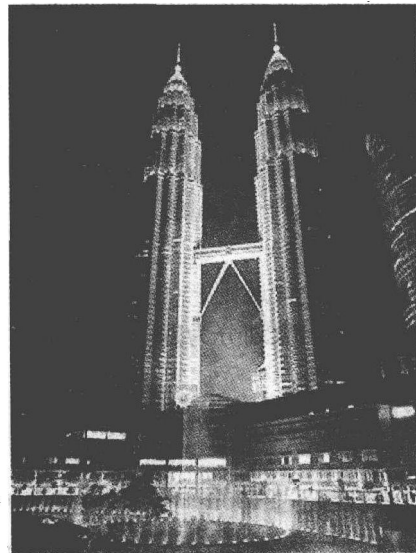


图 1-2 吉隆坡石油双塔

2. 国内现代高层建筑

我国的现代高层建筑起步较晚，解放前我国高层建筑很少，解放后，在 20 世纪 50 及 60 年代陆续建成了一些，20 世纪 70 年代才开始大批建造。我国各阶段有代表性的高层建筑见表 1-1。

表 1-1 我国各阶段有代表性的高层建筑

时 间	层数与高度	代表性建筑	竣工时间
20 世纪 50 年代	12 层、47.4m	北京民族饭店	1959 年
20 世纪 60 年代	27 层、88m	广州宾馆	1968 年
20 世纪 70 年代	19 层、87.15m	北京饭店东楼	1974 年
	33 层、114.05m	广州白云宾馆	1976 年
20 世纪 80 年代	50 层、158.65m	深圳国际贸易中心大厦	1985 年
20 世纪 90 年代	81 层、高 325m	深圳地王大厦 (图 1-3)	1996 年
	88 层、高 420m	上海金茂大厦 (图 1-4)	1998 年

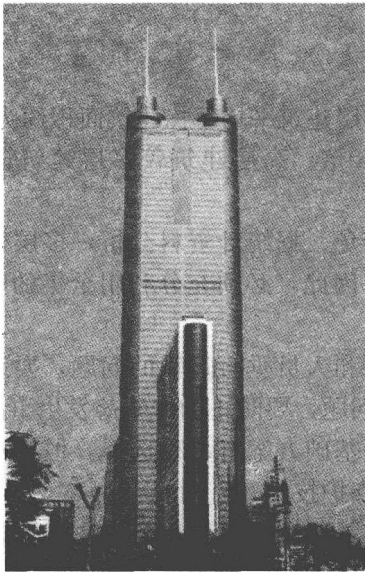


图 1-3 深圳地王大厦

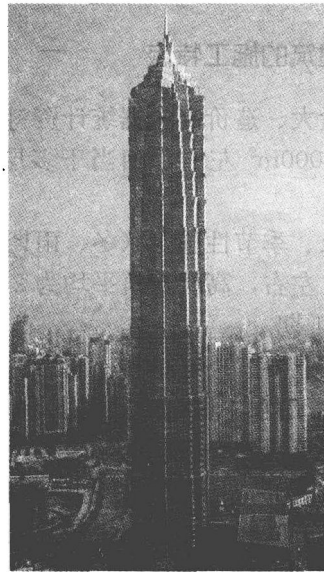


图 1-4 上海金茂大厦

据 2002 年美国高层建筑协会统计，我国（包括香港）已有 5 幢建筑进入世界最高建筑的前 10 名。

如今，高层建筑已经进入高水平、深层次的发展阶段。台北 101 大厦（原名台北国际金融中心），高 508m，2004 年落成，如图 1-5 所示。上海环球金融中心，高 492m，2008 年落成，如图 1-6 所示。广州国际金融中心（简称广州西塔），位于广州珠江新城核心商务区，建筑总高度 438m，2009 年落成，如图 1-7 所示。相信在不久的将来，还会有更多的高层建筑出现。

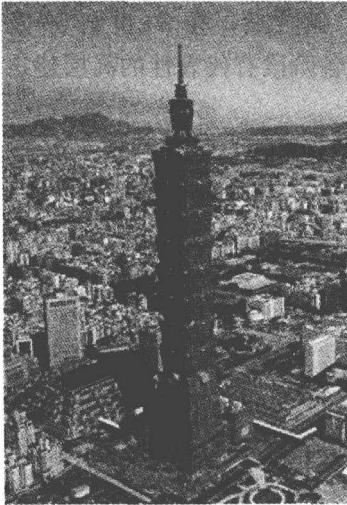


图 1-5 台北 101 大厦

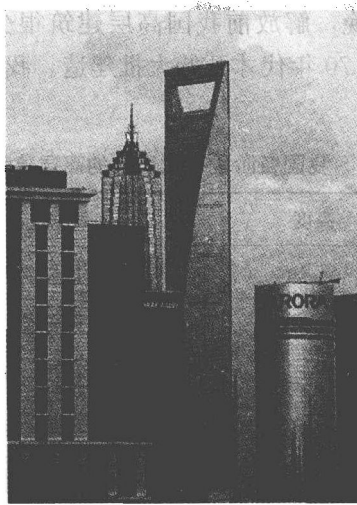


图 1-6 上海环球金融中心

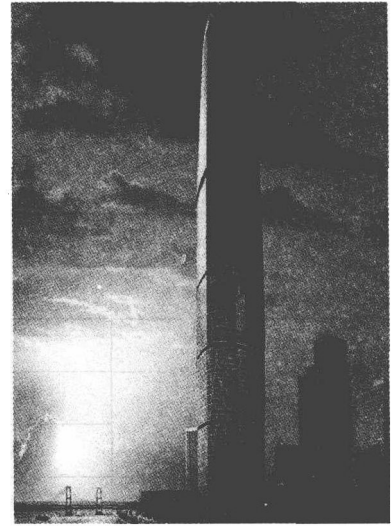


图 1-7 广州西塔

1.3 高层建筑施工技术的发展

1.3.1 高层建筑的施工特点

1) 工程量大、造价高。据统计资料分析,多层建筑平均每栋建筑面积约为 2000m^2 ,高层建筑约为 12000m^2 左右,相当于多层建筑的 6 倍。高层建筑较多层建筑造价平均增加 60% 左右。

2) 工期长、季节性施工(冬、雨期)不可避免。据统计资料分析,多层建筑单栋工期平均为 10 个月左右,高层建筑平均为 2 年左右。因此,必须充分利用全年的时间,合理部署,才能缩短工期。

3) 高空作业要解决好材料、制品、机具设备和人员垂直运输的问题,要解决好高空安全保护、防火、用水、用电、通风、临时厕所等问题,要防止物体坠落发生事故等。

4) 高层建筑基础一般较深,地基处理复杂。基础方案有多种选择,但其对造价和工期影响很大。另外还需要研究解决各种深基础开挖支护技术。

5) 一般在市区施工,施工用地紧张,要尽量压缩现场暂设工程,减少现场材料、制品、设备存储量,根据现场条件合理选择机械设备,充分利用工厂化、商品化成品。

6) 高层建筑多以钢筋混凝土和钢为主,钢筋混凝土又以现浇为主,需要着重研究解决各种工业化模板、钢筋连接、高强度等级的混凝土、建筑制品、结构安装等施工技术问题。

7) 防水、装饰、设备要求较高。深基础、地下室、墙面、屋面、厨房、卫生间的防水和管道冷凝水要处理好。设备繁多,高级装饰多,从施工前期就要安排好加工订货,在结构施工阶段就要提前插入装饰施工,保证施工工期。

8) 标准层占主体工程的主要部分,设计基本相同,便于组织逐层循环流水作业。层数多,工作面大,可充分利用时间和空间,进行平行流水立体交叉作业。

9) 工程项目多、工种多、涉及单位多、管理复杂。对于一些大型复杂的高层建筑,往往是边设计、边准备、边施工,总、分包涉及许多单位,协作关系涉及许多部门,必须精心

组织，加强集中管理。

1.3.2 高层建筑施工技术的发展

1. 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。

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70m。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愈来愈多，并在软土、淤泥质土的地区也成功应用。

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方面，能形成空间大底盘，很好地利用地下空间，结构刚度好，在20世纪90年代以后被大量应用。

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、土钉支护等；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；内部支撑形式也有多种，包括十字交叉支撑、环状（拱状）支撑、混凝土支撑以及“中心岛”式开挖的斜撑，与此同时，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。由于商品混凝土和泵送技术的推广，万余立方米以上的大体积混凝土浇筑也不再困难，在测温技术和信息化施工方面也积累了丰富的经验。

在深基坑施工降低地下水位方面，已能利用轻型井点、喷射井点、真空深井泵和电渗井点技术进行深层降水，而且在预防因降水而引起附近地面沉降方面亦有一些有效措施。

2. 结构施工技术的发展

在结构工程方面主要有现浇钢筋混凝土结构和钢结构。

现浇钢筋混凝土结构以其结构整体性好、抗震性强、用钢量少、防火性能好和造价较低的优点得到了很大的发展，从而促进了模板技术、钢筋连接技术、混凝土技术的发展。

在模板方面，从以前的木模板、钢模板发展到塑料模板、胶合板、竹胶板模板等新型模板，并形成大模板、爬升模板和滑升模板的成套工艺。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。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；爬升模板首先用于上海，工艺已成熟，不但用于浇筑外墙，亦可内、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，尤其与升降脚手架结合应用，优点更为显著；滑模工艺也有很大提高，可施工高耸结构、剪力墙或筒体结构的高层建筑，亦可施工框架结构和一些特种结构。

在钢筋连接技术方面除了采用传统的绑扎、手工焊接外，对于一些大直径钢筋的连接采用了电渣压力焊、气压焊、冷挤压、锥螺纹、直螺纹连接技术。尤其是冷挤压、锥螺纹、直螺纹属于机械连接，能够节省电能、钢材，不受季节气候变化影响，施工简便，接头质量易于控制，有很好的发展前景。

在混凝土方面，高强、轻质、高性能混凝土是当前混凝土的发展方向，高强混凝土即强度等级在 C50 及其以上的混凝土。目前，我国 C50~C60 混凝土在工程中应用较多，世界上已有强度达到 $138\text{N}/\text{mm}^2$ 的混凝土在工程上应用。近几年来，商品混凝土在大中城市有了很大的发展，同时泵送技术也显示出其运送混凝土所特有的优越性，泵送高度达到几百米。

钢结构高层建筑由于重量轻、抗震性能好、施工速度快等优点，在我国得到一定的发展，高层钢结构制造、安装、防火等技术都有很大的提高，钢-钢筋混凝土结构也会在今后的有更多的应用。

上岗工作要点

1. 通读国内外高层建筑的历史和现状，对高层建筑的发展进程有更深入的了解。
2. 为适应高层建筑多样化及高度不断增加的要求，高层建筑施工技术有了巨大发展，上岗前，应充分了解高层建筑结构的材料、设计与施工技术的发展。

思考题

1. 什么是高层建筑？我国规范有何界定？
2. 简述国内外高层建筑的历史和现状。
3. 高层建筑的施工特点有哪些？
4. 简述高层建筑施工技术的发展。

第2章 高层建筑施工机具

重点提示

介绍高层建筑施工用起重运输机械及脚手架，了解施工机械并掌握应用要点，会选择起重运输机械及脚手架。

2.1 塔式起重机

2.1.1 概述

塔式起重机简称塔吊，其主要拥有吊臂长、工作幅度大、吊钩高度高、起重能力强、效率高等特点，并因此成为高层建筑吊装施工和垂直运输的主要机械设备。

1. 塔式起重机的分类

(1) 按行走机构划分。分为自行式塔式起重机和固定式塔式起重机。

①自行式塔式起重机能够在固定的轨道上、地面上开行。其具有能靠近工作点，转移方便，机动性强等特点。常见的有轨道行走式、轮胎行走式、履带行走式等。

②固定式塔式起重机没有行走机构，但它能够附着在固定的建筑物或建筑物的基础上，随着建筑物或构筑物的上升不断地上升。

(2) 按起重臂变幅方法划分。分为起重臂变幅式塔式起重机（图 2-1）和起重小车变幅式塔式起重机（图 2-2）。

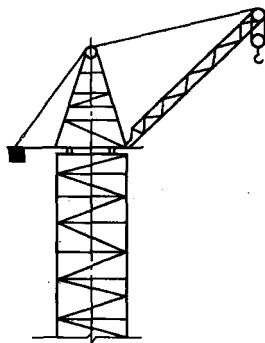


图 2-1 起重臂变幅式塔式起重机

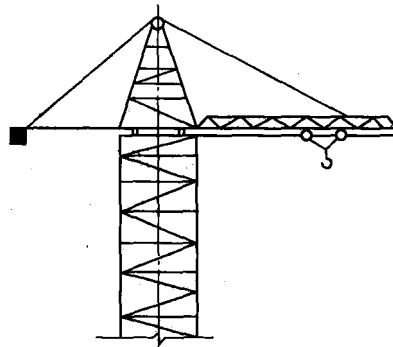


图 2-2 起重小车变幅式塔式起重机

①起重臂变幅式塔式起重机的起重臂与塔身铰接，变幅时可调整起重臂的仰角，常见的变幅结构有电动和手动两种。

②起重小车变幅式塔式起重机的起重臂是不变（或可变）横梁，下弦装有起重小车，变幅简单，操作方便，并能负载变幅。