

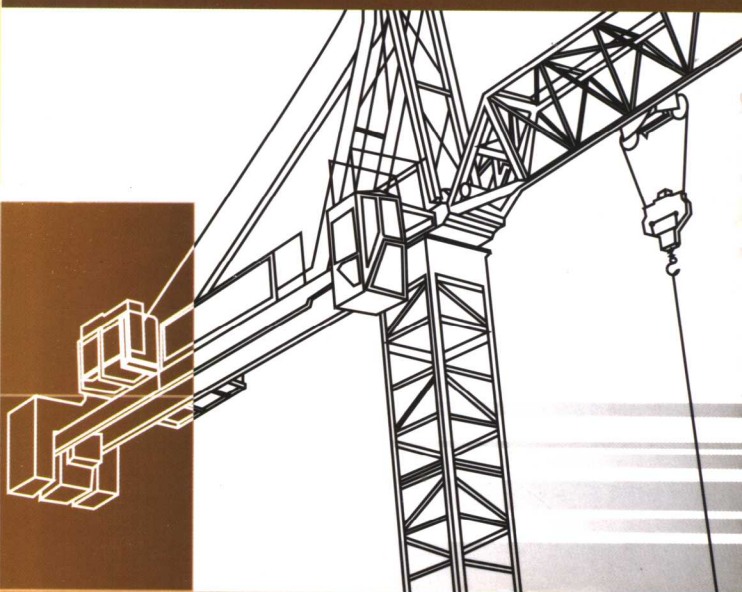


21st CENTURY

实用规划教材 21 世纪全国应用型本科

土木建筑系列

实用规划教材



高层建筑施工

主 编 张厚先 陈德方

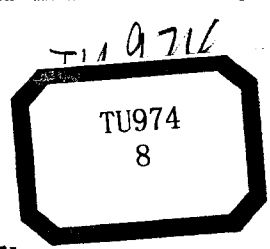
副主编 王立军 吴美琴

主 审 胡长明

3



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS



21 世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材

高层建筑施工

主 编	张厚先	陈德方	
副主编	王立军	吴美琴	
参 编	刘菁菁	储劲松	周占学
主 审	胡长明		



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

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,注重叙述高层建筑施工技术的系统性与与一般施工技术的区别。本书主要包括:高层建筑施工技术的发展概述、高层建筑施工测量、基坑工程、大体积混凝土基础结构施工、高层建筑施工用垂直运输机械、高层建筑施工用脚手架、现浇混凝土结构高层建筑施工、钢结构高层建筑施工及高层建筑装饰装修工程施工。

本书严格遵守国家现行规范;反映新技术、新工艺;结合应用型本科特点,注重技术含量、实用性;体系完整,内容精练,附图直观;使本、专科学生尽快成为施工现场技术人员以及对施工现场技术人员履行职责有较大帮助。书中重要计算内容均有例题、习题。

本书可作为高等学校土木类专业本、专科学生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

高层建筑施工/张厚先,陈德方主编. —北京:北京大学出版社, 2006. 1

(21世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材)

ISBN 7-301-10434-0

I. 高… II. ①张…②陈… III. 高层建筑施工—高等学校:技术学校—教材 IV. TU974

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第158920号

书 名: 高层建筑施工

著作责任者: 张厚先 陈德方 主编

责任编辑: 吴 迪 李昱涛

标准书号: ISBN 7-301-10434-0/TU·0019

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://cbs.pku.edu.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 010-62752015 发行部 010-62750672 编辑部 010-62750667

电子信箱: pup_6@163.com

排 版 者: 北京东方人华北大彩印中心 电话: 62754190

印 刷 者: 河北滦县鑫华书刊印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787毫米×1092毫米 16开本 22.75印张 528千字

2006年1月第1版 2006年1月第1次印刷

定 价: 32.00元

《21 世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材》

专家编审委员会

主 任 彭少民

副主任 (按拼音顺序排名)

陈伯望 金康宁 李 忱 李 杰

罗迎社 彭 刚 许成祥 杨 勤

俞 晓 袁海庆 周先雁

委 员 (按拼音顺序排名)

邓寿昌 付晓灵 何放龙 何培玲

李晓目 李学罡 刘 杰 刘建军

刘文生 罗 章 石建军 许 明

严 兵 张泽平 张仲先

丛书总序

我国高等教育发展迅速,全日制高等学校每年招生人数至2004年已达到420万人,毛入学率19%,步入国际公认的高等教育“大众化”阶段。面临这大规模的扩招,教育事业的发展与改革坚持以人为本的两个主体:一是学生,一是教师。教学质量的提高是在这两个主体上的反映,教材则是两个主体的媒介,属于教学的载体。

教育部曾在第三次新建本科院校教学工作研讨会上指出:“一些高校办学定位不明,盲目追求上层次、上规格,导致人才培养规格盲目拔高,培养模式趋同。高校学生中‘升本热’、‘考研热’、‘考博热’持续升温,应试学习倾向仍然比较普遍,导致各层次人才培养目标难于全面实现,大学生知识结构不够合理,动手能力弱,实际工作能力不强。”而作为知识传承载体的教材,在高等教育的发展过程中起着至关重要的作用,但目前教材建设却远远滞后于应用型人才培养的步伐,许多应用型本科院校一直沿用偏重于研究型的教材,缺乏针对性强的实用教材。

近年来,我国房地产行业已经成为国民经济的支柱产业之一,随着本世纪我国城市化的大趋势,土木建筑行业对实用型人才的需求还将持续增加。为了满足相关应用型本科院校培养应用型人才的教学需求,从2004年10月北京大学出版社第六事业部就开始策划本套丛书,并派出10多位编辑分赴全国近30个省份调研了两百多所院校的课程改革与教材建设的情况。在此基础上,规划出了涵盖“大土建”六个专业——土木工程、工程管理、建筑学、城市规划、给排水、建筑环境与设备工程的基础课程及专业主干课程的系列教材。通过2005年1月份在湖南大学的组稿会和2005年4月份在三峡大学的审纲会,在来自全国各地几十所高校的知名专家、教授的共同努力下,不但成立了本丛书的编审委员会,还规划出了首批包括土木工程、工程管理及建筑环境与设备工程等专业方向的40多个选题,再经过各位主编老师和参编老师的艰苦努力,并在北京大学出版社各级领导的关心和第六事业部的各位编辑辛勤劳动下,首批教材终于2006年春季学期前夕陆续出版发行了。

在首批教材的编写出版过程中,得到了越来越多的来自全国各地相关兄弟院校的领导和专家的大力支持。于是,在顺利运作第一批土建教材的鼓舞下,北京大学出版社联合全国七十多家开设有土木建筑相关专业的高校,于2005年11月26日在长沙中南林学院召开了《21世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材》(第二批)组稿会,规划了①建筑学专业;②城市规划专业;③建筑环境与设备工程专业;④给排水工程专业;⑤土木工程专业道路、桥梁、地下、岩土、矿山课群组近60多个选题。至此,北京大学出版社规划的“大土木建筑系列教材”已经涵盖了“大土建”的6个专业,是近年来全国高等教育出版界唯一一套完全覆盖“大土建”六个专业方向的系列教材,并将于2007年全部出版发行。

我国高等学校土木建筑专业的教育,在国家教育部和建设部的指导下,经土木建筑专业指导委员会六年来的研讨,已经形成了宽口径“大土建”的专业发展模式,明确了土木建筑专业教育的培养目标、培养方案和毕业生基本规格,从宽口径的视角,要求毕业生能从事土木工程的设计、施工与管理工作。业务范围涉及房屋建筑、隧道与地下建筑、公路

与城市道路、铁道工程与桥梁、矿山建筑等,并且制定一整套课程教学大纲。本系列教材就是根据最新的培养方案和课程教学大纲,由一批长期在教学第一线从事教学并有多年工程经验和丰富教学经验的教师担任主编,以定位“应用型人才培养”为目标而编撰,具有以下特点:

(1) 按照宽口径土木工程专业培养方案,注重提高学生综合素质和创新能力,注重加强学生专业基础知识和优化基本理论知识结构,不刻意追求理论研究型教材深度,内容取舍少而精,向培养土木工程师从事设计、施工与管理的应用方向拓展。

(2) 在理解土木工程相关学科的基础上,深入研究各课程之间的相互关系,各课程教材既要反映本学科发展水平,保证教材自身体系的完整性,又要尽量避免内容的重复。

(3) 培养学生,单靠专门的设计技巧训练和运用现成的方法,要取得专门实践的成功是不够的,因为这些方法随科学技术的发展经常在改变。为了了解并和这些迅速发展的方法同步,教材的编撰侧重培养学生透彻理解教材中的基本理论、基本特性和性能,又同时熟悉现行设计方法的理论依据和工程背景,以不变应万变,这是本系列教材力图涵盖的两个方面。

(4) 我国颁发的现行有关土木工程类的规范及规程,系1999~2002年完成的修订,内容有较大的取舍和更新,反映了我国土木工程设计与施工技术的发展。作为应用型教材,为培养学生毕业后获得注册执业资格,在内容上涉及不少相关规范条文和算例。但并不是规范条文的释义。

(5) 当代土木工程设计,越来越多地使用计算机程序或采用通用性的商业软件,有些结构特殊要求,则由工程师自行编写程序。本系列的相关工程结构课程的教材中,在阐述真实结构、简化计算模型、数学表达式之间的关系的基础上,给出了设计方法的详细步骤,这些步骤均可容易地转换成工程结构的流程图,有助于培养学生编写计算机程序。

(6) 按照科学发展观,从可持续发展的观念,根据课程特点,反映学科现代新理论、新技术、新材料、新工艺,以社会发展和科技进步的新近成果充实、更新教材内容,尽最大可能在教材中增加了这方面的信息量。同时考虑开发音像、电子、网络等多媒体教学形式,以提高教学效果和效率。

衷心感谢本套系列教材的各位编著者,没有他们在教学第一线的教改和工程第一线的辛勤实践,要出版如此规模的系列实用教材是不可能的。同时感谢北京大学出版社为我们广大编著者提供了广阔的平台,为我们进一步提高本专业领域的教学质量和教学水平提供了很好的条件。

我们真诚希望使用本系列教材的教师和学生,不吝指正,随时给我们提出宝贵的意见,以期进一步对本系列教材进行修订、完善。

本系列教材配套的PPT电子教案在出版社相关网站上提供下载。

《21世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材》

专家编审委员会

2006年1月

前 言

从 20 世纪 70 年代末开始,我国陆续建造了一批高层建筑,推动了建材、结构类型、施工技术的不断创新,积累了丰富的、有别于多层和传统建筑施工的高层建筑施工技术。这些技术在期刊杂志等资料中多有报道,在手册等大型工具书中也有全面阐述。1994 年国家建设部颁发了在全国范围内大力推广 10 项新技术的要求,1998 年又在原 10 项新技术的基础上补充了更新内容;另外,这些技术在“建筑施工”教材中也得到部分反映。但对上述高层建筑施工独特、先进技术的基本工艺和基本理论进行理论探讨及科学分析,从而可以服务于高等学校土木工程专业“高层建筑施工”课教学的教材并不多见,以面向建筑施工第一线为培养目标的广大院校急需改善这一状况。

本书针对高层建筑施工技术迅速发展的实践,着眼新技术及培养学生指导现场施工的能力,注重叙述高层建筑施工技术的系统性及与一般施工技术的区别。本书严格遵守国家现行规范,反映新技术、新工艺,注重技术含量、实用性,体系完整,内容精练,附图直观,力求对本、专科学生尽快成为施工现场技术人员以及对施工现场技术人员履行职责有较大帮助,重要计算内容均有例题和习题。

本书各章内容特色:

第 1 章介绍了保证建筑垂直方法、保证建筑标高符合设计的方法、保证沉降观测工作的质量要点、激光经纬仪等新技术的应用,对以往在相关课介绍不充分的施工放线也作了详细介绍。

第 2 章对基坑工程概念及现状、支护结构的类型、基坑工程特点、基坑工程设计内容、基坑工程设计依据、支护结构设计计算方法作了概述,对支护结构设计的荷载及其组合、桩墙式支护结构的内力变形及配筋计算、基坑的稳定性分析、内支撑的内力与截面计算、锚杆设计、土钉墙设计、重力式水泥土挡墙设计作了详细介绍。其中桩墙式支护结构的内力变形及配筋计算,重点介绍等值梁法、弹性抗力法,并对等值梁法编写了例题和习题。对基坑工程勘察、施工、检测、试验作了简明介绍。本章按《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)、《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330—2002)和《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120—1999)编制完成。

第 3 章介绍了大体积混凝土温度裂缝产生的原因,介绍了大体积混凝土温度应力和平均整浇长度(伸缩缝间距)的计算方法,并对该计算方法编写了例题和习题,介绍了大体积混凝土温度裂缝、施工泌水的控制措施。

第 4 章重点介绍了塔吊基础设计及构造做法、附壁构造及节点承载力设计、运能估算方法,施工电梯基础设计及构造做法、附壁构造,混凝土泵泵管与结构的节点。塔吊基础设计符合《塔式起重机设计规范》(GB/T 13752—1992)。

第 5 章对高层建筑施工用脚手架作了概述。重点介绍了扣件式钢管脚手架、门式钢管脚手架的设计计算方法及其规范构造要求,对计算方法编写了例题和习题。对碗扣式钢管脚手架、悬挑脚手架、外挂脚手架、附着升降脚手架的构造作了介绍,并作为附录编入了《建筑施工附着升降脚手架管理暂行规定》。本章计算符合规范,脚手架构造经验方便读

者选用。

第 6 章全面、系统介绍了高层建筑模板工程的类型、粗钢筋连接的各种常用技术，并对外墙围护工程保温工程、隔墙工程、填充墙砌体工程作了简明介绍。

第 7 章全面、系统介绍了钢结构高层建筑的结构体系、钢结构用钢材的种类及选用方法、钢结构的连接技术、钢结构高层建筑的制作和安装、钢结构的防腐与防火技术，改变了《建筑施工》教材对钢结构建筑施工介绍不足的状况，符合我国钢结构建筑加快发展的趋势。

第 8 章重点介绍了高层建筑装饰工程的常用做法：铝合金幕墙、玻璃幕墙施工，对小规格面砖、大规格饰面板(边长大于 400mm)施工作了介绍。

本书前言、第 2 章、第 5 章由南京工程学院张厚先编写，第 1 章由南京工程学院张厚先、江西科技师范学院陈德方编写，第 3 章由河北建筑工程学院王立军、周占学编写，第 4 章由南京工程学院张厚先、湖北工业大学储劲松编写，第 6 章由武汉工业学院刘菁菁编写，第 7 章由华东交通大学吴美琴编写，第 8 章由江西科技师范学院陈德方编写。全书由南京工程学院张厚先统稿，由西安建筑科技大学胡长明主审。

在编写过程中，我们引用了大量参考资料。为此，特向参考文献提到的以及未提到的文献作者表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，时间仓促，不妥之处在所难免，衷心希望广大读者批评指正。

编 者

2005 年 9 月

21 世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材

参编学校名单 (按拼音排序, 覆盖 26 个省市自治区)

- | | |
|-------------|-------------|
| 1 安徽理工大学 | 23 华东交通大学 |
| 2 北京建筑工程学院 | 24 华中科技大学 |
| 3 北京联合大学 | 25 淮阴工学院 |
| 4 长春工程学院 | 26 黄石理工学院 |
| 5 长江大学 | 27 江汉大学 |
| 6 长沙理工大学 | 28 江苏大学 |
| 7 东南大学 | 29 江西科技师范学院 |
| 8 广州大学 | 30 九江学院 |
| 9 贵州大学 | 31 昆明理工大学 |
| 10 桂林工学院 | 32 丽水学院 |
| 11 合肥工业大学 | 33 辽宁工程技术大学 |
| 12 河北工业大学 | 34 内蒙古科技大学 |
| 13 河北建筑工程学院 | 35 南昌工程学院 |
| 14 河南大学 | 36 南昌航空工业学院 |
| 15 黑龙江科技学院 | 37 南华大学 |
| 16 湖南城市学院 | 38 南京工程学院 |
| 17 湖南大学 | 39 南京林业大学 |
| 18 湖南工程学院 | 40 南阳理工学院 |
| 19 湖南工学院 | 41 宁波工程学院 |
| 20 湖南科技大学 | 42 三峡大学 |
| 21 华北电力大学 | 43 山东交通学院 |
| 22 华北水利水电学院 | 44 山西大学 |

- | | |
|------------|-------------|
| 45 上海大学 | 58 西安建筑科技大学 |
| 46 石河子大学 | 59 西安科技大学 |
| 47 石家庄铁道学院 | 60 西北农林科技大学 |
| 48 四川理工学院 | 61 西南交通大学 |
| 49 太原理工大学 | 62 西南林学院 |
| 50 天津工业大学 | 63 湘潭大学 |
| 51 天津商学院 | 64 孝感学院 |
| 52 武汉大学 | 65 浙江科技学院 |
| 53 武汉工程大学 | 66 中国地质大学 |
| 54 武汉工业学院 | 67 中南大学 |
| 55 武汉科技大学 | 68 中南林学院 |
| 56 武汉科技学院 | 69 重庆大学 |
| 57 武汉理工大学 | 70 株洲工学院 |

目 录

绪论	1	2.3.1 支护结构设计的荷载及其组合	32
0.1 基础工程施工技术的发展	1	2.3.2 桩墙式支护结构的内力、变形及配筋计算	37
0.2 模板工程施工技术的进步	1	2.3.3 基坑的稳定性分析	52
0.3 粗钢筋连接方法的突破	2	2.3.4 内支撑的内力与截面计算	57
0.4 混凝土工程施工技术的发展	3	2.3.5 锚杆设计	58
0.5 高效钢筋和现代化预应力技术的应用	3	2.3.6 土钉墙设计	61
0.6 脚手架技术的进步	4	2.3.7 重力式水泥土挡墙设计	64
0.7 装饰工程施工技术水平的提高	4	2.3.8 地下水控制	67
0.8 防水工程施工技术水平的发展	4	2.3.9 地面变形控制	68
0.9 施工机械化水平的提高	5	2.4 基坑工程施工	68
0.10 其他相关技术的水平	5	2.4.1 桩墙式支护结构的施工	68
第1章 高层建筑施工测量	7	2.4.2 重力式水泥土挡墙的施工	82
1.1 建筑物的定位放线	7	2.4.3 土钉墙的施工	85
1.1.1 根据原有建(构)筑物定位	7	2.4.4 锚杆的施工	88
1.1.2 根据规划红线、道路中心线或场地平面控制网定位	8	2.4.5 内支撑的施工	89
1.2 高层建筑标高测量	11	2.5 基坑工程监测	89
1.3 高层建筑竖向控制	13	2.5.1 概述	89
1.4 变形观测	16	2.5.2 支撑轴力量测	90
1.5 高层建筑施工常用测量仪器概述	19	2.5.3 土压力量测	90
第2章 基坑工程	24	2.5.4 孔隙水压力量测	90
2.1 基坑工程概述	24	2.5.5 位移量测	91
2.1.1 基坑工程概念及现状	24	2.6 基坑工程试验	94
2.1.2 支护结构的类型	25	2.6.1 锚杆试验	94
2.1.3 基坑工程特点	27	2.6.2 土钉试验	97
2.1.4 基坑工程设计内容	28	2.7 习题	97
2.1.5 基坑工程设计依据	29	第3章 大体积混凝土施工	98
2.1.6 支护结构设计计算		3.1 大体积混凝土的温度裂缝	98
方法综述	29	3.1.1 裂缝种类	98
2.2 基坑工程勘察	30	3.1.2 裂缝产生的原因	100
2.3 基坑工程设计	32	3.2 大体积混凝土的温度应力	101
		3.2.1 大体积混凝土温度应力特点	101

3.2.2 大体积混凝土温度 应力计算	101	5.2.3 扣件式钢管脚手架 的荷载及其组合	151
3.2.3 混凝土热工计算	108	5.2.4 扣件式钢管脚手架 的设计计算	158
3.2.4 混凝土拌和温度和 浇筑温度计算	109	5.2.5 扣件式钢管脚手架 的构造要求	166
3.3 大体积混凝土温度裂缝 的控制措施	110	5.3 碗扣式钢管脚手架	173
3.3.1 混凝土材料	110	5.4 门式钢管脚手架	174
3.3.2 外部环境	113	5.4.1 概述	174
3.3.3 约束条件	114	5.4.2 门式钢管脚手架 的设计计算	176
3.3.4 预应力技术	117	5.4.3 门式钢管脚手架 的构造要求	183
3.4 大体积混凝土施工泌水的防治	117	5.4.4 模板支撑与满堂脚手架	186
3.5 大体积混凝土施工算例	118	5.5 附着升降脚手架	188
3.6 习题	123	5.5.1 概述	188
第 4 章 高层建筑施工用垂直 运输机械	124	5.5.2 附着升降脚手架 的构造举例	189
4.1 塔吊	124	5.5.3 当板开有孔洞且孔洞 至局部荷载或集中反力 作用面积边	192
4.1.1 概述	124	5.5.4 附录——建筑施工附着升降 脚手架管理暂行规定	196
4.1.2 固定式塔吊基础的计算	127	5.6 悬挑脚手架	206
4.1.3 塔式起重机附墙 装置的计算	131	5.7 外挂脚手架	208
4.1.4 塔式起重机输送 能力的估算	134	5.8 习题	211
4.2 施工电梯	134	第 6 章 现浇混凝土结构高层 建筑施工	212
4.2.1 概述	134	6.1 高层建筑模板工程	212
4.2.2 施工电梯基础及附墙 装置的构造做法	137	6.1.1 大模板施工	212
4.3 混凝土搅拌运输车与混凝土泵	138	6.1.2 滑模施工	223
4.3.1 混凝土搅拌运输车	138	6.1.3 爬模施工	235
4.3.2 混凝土泵	139	6.1.4 台模施工	243
4.3.3 混凝土输送管路布置	142	6.1.5 永久模板施工	245
第 5 章 高层建筑施工用脚手架	145	6.1.6 无框木(竹)胶合板模板	246
5.1 概述	145	6.2 粗钢筋连接技术	247
5.2 扣件式钢管脚手架	146	6.2.1 钢筋的焊接	247
5.2.1 概述	146	6.2.2 钢筋机械连接	256
5.2.2 扣件式钢管脚手架的基本 构架形式及术语	147		

6.3 围护结构施工.....	260	7.4.1 钢结构构件的制作	299
6.3.1 外墙围护工程保温工程	261	7.4.2 钢结构的安装	303
6.3.2 隔墙工程	267	7.4.3 钢结构高层建筑制作 和安装焊接工艺	310
6.3.3 填充墙砌体工程	270	7.5 钢结构的防腐与防火.....	320
第 7 章 钢结构高层建筑施工	273	7.5.1 钢结构的防腐	320
7.1 钢结构高层建筑的结构体系.....	274	7.5.2 钢结构的防火	327
7.1.1 纯框架结构体系	274	7.5.3 涂装施工	331
7.1.2 框架—支撑(剪力墙) 结构体系	275	第 8 章 高层建筑装饰工程施工.....	337
7.1.3 错列桁架结构体系	276	8.1 概述.....	337
7.1.4 外筒式结构体系	277	8.1.1 外装饰的功能及其发展	337
7.1.5 筒体结构体系	277	8.1.2 高层建筑室内装饰 工程的发展	337
7.2 钢结构用钢材.....	278	8.1.3 高层建筑室内装饰技术 开发的重要性	338
7.2.1 结构用钢材的种类	278	8.2 幕墙工程.....	339
7.2.2 结构钢材的品种	281	8.2.1 铝合金幕墙	339
7.2.3 钢材的选用	283	8.2.2 玻璃幕墙	342
7.2.4 钢材的代用	285	8.3 饰面工程.....	344
7.2.5 钢材的验收	286	8.3.1 小规格面砖镶贴施工	344
7.3 钢结构的连接技术.....	287	8.3.2 大规格饰面板 (边长大于 400mm)施工	346
7.3.1 焊接连接的方法、原理 及操作工艺	287	参考文献	349
7.3.2 高强度螺栓连接技术	296		
7.4 钢结构高层建筑的制作和安装.....	299		

绪 论

高层建筑的定义在不同的国家和地区、不同的时间有所不同,1987年我国《民用建筑设计通则》(JGJ 37—1987)规定,高层建筑是指10层以上的住宅及总高度超过24m的公共建筑及综合建筑。

1909年美国开始建造50层(213m高)的高层建筑。1934年建成的上海国际饭店(24层,高82.5m)是解放前我国最高建筑;建国后,国内高层建筑逐渐增高,如深圳帝王大厦(81层,高325m)、上海金茂大厦(88层,高421m)。

城市工业和商业的发展,城市人口的猛增,建设用地的紧张,促使建筑向高空发展。高层建筑的建成,依靠结构、材料、施工、机具、组织管理等方面的技术(包括理论和经验两个相互影响的方面)。20世纪70年代以前,建造高层建筑,一般都离不开放坡挖深基坑、散支散拆木模板和手工砌砖、抹灰等笨重的体力劳动,建设速度也慢。以下主要针对高层建筑施工技术水平的提高情况加以介绍。

0.1 基础工程施工技术的发展

桩基技术——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。

目前基础埋深超过15m的已很普遍,其中中国大剧院工程基础最深达41m。支护技术有了很大的发展,其方法也较多,可根据土质、深度和周围环境选用。常用的挡土结构有灌注桩、钢板桩、土钉支护及地下连续墙等,常用的支撑结构分坑外支撑(主要为土层锚杆)、坑内支撑。土层锚杆技术不但可用于较好的土层,也已成功地用于含水量饱和的淤泥质软黏土中。

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。

高层建筑箱基、筏基的底板、深梁等大体积混凝土,极易产生危及结构安全的裂缝。上海市制定了基础大体积混凝土工法,1994年经国家建设部审定为国家级工法。

0.2 模板工程施工技术的进步

20世纪70年代末研制开发的组合小钢模,在一段时间内成为使用面积最广的一种模

板。其优点是模板成本较低, 周转次数多, 使用灵活方便; 缺点是模板拼缝较多, 给装修带来极大困难, 在结构表面往往要刮多道腻子, 既费工又拖延工期。对于组合小钢模需要的及时维修, 国内生产了不少修理组合小钢模的专用设备; 租赁体制对组合小钢模的使用与管理, 也起到很大的促进作用。到 20 世纪 90 年代后期, 小钢模用量已开始逐年下降。

20 世纪 70 年代中期研制开发的全钢大模板, 用 4~6mm 厚钢板作面板, 8 号槽钢作龙骨, 焊接而成。其优点是模板整体刚度好, 不易损坏, 浇筑成的墙面平整; 缺点是自重和用钢量大, 使用不灵活, 且不能实现“一模多用”。

组合小钢模拼制成大模板, 用脚手架钢管作骨架, 其优点是投资少、成本低; 缺点是整体刚度差、板面拼缝多、给墙面装修带来极大困难等。

钢框木(竹)胶合板组合模板(板宽 60~120cm, 长度 150~240cm)、无框木(竹)胶合板模板的优点是适应性强, 可以实现“一模多用”, 从而避免了模板的停滞积压; 另外, 浇筑的墙面所出现的少量板缝, 经用手提打磨机打磨后, 墙面可不再抹灰, 克服了用小钢模拼制的大模板施工所带来的缺点。20 世纪 90 年代后期为克服这类模板刚度差, 面板容易坏等弊病, 又出现了全钢中型组合模板, 很受欢迎。

曾用于高耸构筑物施工的滑动模板工艺, 移植到高层房屋建筑施工, 可用于剪力墙、框架和筒体结构施工。

爬模工艺 20 世纪 70 年代末在上海开始用于外墙和电梯井筒施工, 目前已发展到内外墙模板同时爬升。其特点是既具有大模板一次能浇筑一个楼层墙体混凝土的长处, 又具有滑动模板可以随楼层升高而连续爬升, 不需要每层拆卸和拼装模板的特点。上海 88 层的金茂大厦的核心筒体就是采用这种工艺, 最快达到 2 天 1 层。

20 世纪 80 年代中期, 在滑动模板工艺的基础上, 又派生出滑框倒模工艺。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。

早拆支撑体系的特点是可以提高楼板模板的周转率, 减少模板的投入量。划分小流水段和多划流水段、少配模板的组织办法, 可以加快模板的周转。

0.3 粗钢筋连接方法的突破

传统的帮条焊、搭接焊, 工艺复杂, 接头施焊时间较长, 给混凝土浇筑也带来很大的难度。20 世纪 80 年代初期, 研制发展了电渣压力焊、气压焊等新工艺; 但气压焊推广力度不大, 较少使用。20 世纪 80 年代中期又出现了径向套筒挤压连接和轴向套筒挤压连接等机械接头, 虽然机械接头的成本比电渣压力焊(每个接头 4~5 元)、气压焊(每个接头 7~8 元)要高, 但它的工艺简单, 效率高, 易保证质量, 节约能源, 且无明火作业, 故应用较广。到了 20 世纪 80 年代末期北京建筑工程研究院又成功研制了锥螺纹接头, 单价低于挤压接头, 工效高, 接头施工可以不占工期, 深受施工单位欢迎; 但是这种接头在拉伸试验中不能达到钢筋母材的抗拉强度, 只达到钢筋母材的 1.35 倍的屈服强度, 因此设计单位不太愿

意使用,后来经研究锥度由 1:5 改为 1:10,基本上能达到接头与母材等强度。为了增加其安全度,到了 20 世纪 90 年代后期又出现了镦粗锥螺纹接头和镦粗直螺纹接头,其接头强度均超过了钢筋母材。为简化钢筋镦粗和丝扣的加工工艺,1999 年又研制了等强滚压直螺纹接头,这种接头不仅工艺简单,工效高,性能稳定,其价格一般大于电渣压力焊,低于套筒冷挤压接头,是值得推荐使用的一种接头。此外,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。

0.4 混凝土工程施工技术的发展

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。泵送混凝土可实现浇注强度 $1\,000\text{m}^3/\text{h}$ 。

混凝土外加剂已成为现代混凝土材料和技术中不可缺少的部分。在高层建筑的大体积基础混凝土中,已广泛使用了缓凝剂;在高层建筑混凝土结构施工中,已广泛采用了各种高效减水剂配制高强混凝土和高流动性混凝土;此外还有防冻早强剂和缓凝早强剂等,对改进混凝土工艺和性能,都起到了明显的作用。目前,我国外加剂的品种比较齐全。

进入 20 世纪 90 年代,我国高强、高性能混凝土发展很快。高强混凝土已达 C70 和 C80。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。但高性能混凝土还有待在实践中进一步完善、总结,逐步实现规范化。

大模板工艺的“内浇外预”,预制外墙板装饰混凝土有花纹、线条或有面砖;在北方地区可以结构、保温、装饰三合一,即混凝土岩棉(或其他保温材料)复合外墙板,并可承重,厚 18~25cm,其保温性能均优于 49cm 厚砖墙。大模板表面铺贴花饰图案衬模,亦可一次浇筑出带有装饰线条的混凝土墙体,只需表面涂刷外墙涂料即可。从 1982 年开始,大模板全现浇工艺避免了预制构件吨位对起重设备的高要求,也解决了预制外墙板板缝防水的问题。

0.5 高效钢筋和现代化预应力技术的应用

为解决配筋稠密、钢筋用量大、造价高的问题,研制开发了 400MPa 的新Ⅲ级钢筋,比原来 370MPa 的Ⅲ级钢筋性能优良。另外,引进生产了 20 世纪 70 年代国外发展起来的新型钢筋——冷轧带肋钢筋,这种钢材强度高、韧性好且锚固性能强,已成为冷拔低碳钢丝和热轧光圆钢筋的代换品。

在现代预应力混凝土技术方面,高强度低松弛钢绞线的强度已达到国际先进水平(1 860MPa)。大吨位锚固体系与张拉设备的开发与完善,金属螺旋管(波纹管)留孔技术的开发与无黏结预应力成套技术的形成(包括开发了环向、竖向和超长束预应力工艺),将我国

现代预应力技术从构件推向结构新阶段,应用范围不断扩大。采用预应力混凝土大柱网结构,满足高层建筑下部大空间功能的要求;无粘结预应力平板技术,可比梁板结构降低层高 0.2~0.4m,具有显著的经济和社会效益。由于研制开发了环向、竖向和超长束预应力工艺,使预应力混凝土技术用于高耸构筑物成为可能。如高度居世界第三、第四、第五位的上海东方明珠电视塔(高 450m)、天津电视塔(高 415.2m)和北京中央电视塔(高 405m),均采用了上述技术。采用预应力技术建造整体装配式板柱结构(简称 IMS 体系),已用于北京建筑设计研究院科研楼和北京工业大学基础楼(均为 12 层)以及成都珠峰宾馆(15 层)。

近几年,我国预应力技术在特大跨度钢结构建筑中(如北京西站 45m 跨钢桁架门楼),对节约钢材和提高结构刚度,均发挥了重要作用。

0.6 脚手架技术的进步

从竹木脚手架和钢管脚手架并存转变为以钢管脚手架为主,并出现包括扣件式、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,即可用于结构施工,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。

0.7 装饰工程施工技术水平的提高

装饰材料及对应的施工技术翻新很快,包括花岗岩、大理石、釉面砖、变色釉面砖、大型瓷砖、玻璃锦砖、彩色玻璃面砖、不透明饰面玻璃、玻璃大理石、装饰铝板、不锈钢板、彩色压型钢板、多层树脂采光壁板、耐擦洗耐水涂料、复层花饰涂料(含地面涂料)、塑料地板、塑料壁纸墙布、塑料装饰板以及钙塑板、铝塑吊顶装饰板、各种用途的胶黏剂(用于瓷砖、大理石、塑料地板、塑料壁纸等,不含甲醛)、轻钢龙骨纸面石膏板隔墙、轻钢龙骨或铝合金龙骨与装饰石膏板以及各类装饰吸声板和铝合金装饰板吊顶(组合形式有明龙骨、暗龙骨和敞开式等)、玻璃或非玻璃透明材料采光屋顶。

花岗岩以干挂最理想,可以解决长期存在的石材表面变色问题;且销钉式挂件改为卡片式挂件。外墙面砖由于黏结层配比(有的含胶料)不准确、搅拌不均、粘贴不饱满,会出现剥落现象,可以考虑在以下方向改进:黏结层用胶粉、粘贴工艺严格要求、保证养护期、分格消减热胀冷缩。

0.8 防水工程施工技术水平的发展

高层建筑的屋面、楼层和基础地下室防水工程,从热作业逐步向冷作业发展。在地下水位较深的工程中,广泛采用在混凝土中加 UEA 等膨胀剂的做法,或在密实自防水混凝土外侧涂刷聚氨酯。从 20 世纪 90 年代中期开始,对重要工程的屋面和地下工程都实行多道