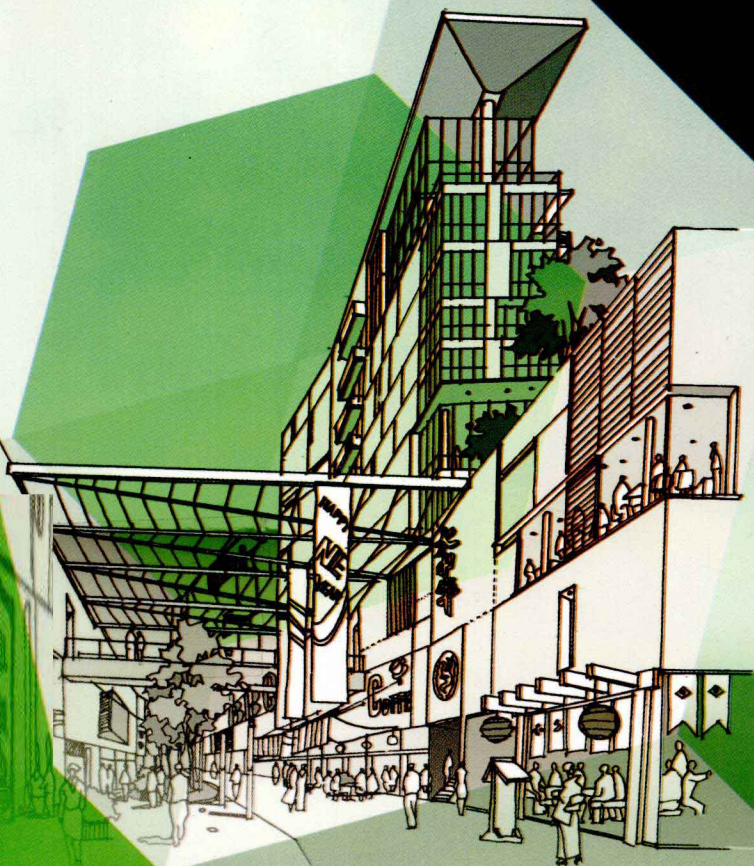


高等学校土木建筑专业  
|应用型本科系列规划教材|

# 建筑结构 CAD

刘殿华 夏军武 © 主编

J I A N Z H U J I E G O U  
C A D



东南大学出版社  
Southeast University Press

高等学校土木建筑专业应用型本科系列规划教材

# 建筑结构 CAD

主 编 刘殿华 夏军武

副主编 陈 斌 陈晓洪

参 编 (以拼音为序)

任翠玲 吴建霞

谢 伟 邹小静

东南大学出版社

• 南京 •

## 内 容 提 要

根据“建筑结构 CAD”课程教学的实际情况,结合工程设计经验,编写了本教材。全书包括 CAD 技术的形成和发展;AutoCAD 在建筑结构中的应用;通过实例系统地介绍了 PKPM 系列软件的使用方法及建筑结构施工图绘制过程等。

本书重点在 PKPM 系列软件的实际应用,旨在使读者通过上机实际操作,能够较快掌握建筑工程设计领域常用软件的使用方法和技巧,为今后工作打下基础。

### 图书在版编目(CIP)数据

建筑结构 CAD / 刘殿华,夏军武主编. —南京:东南大学出版社, 2011. 8

高等学校土木建筑专业应用型本科系列规划教材  
ISBN 978-7-5641-2824-1

I. ①建… II. ①刘… ②夏… III. ①建筑结构—计算机辅助设计—高等学校—教材 IV. ①TU311.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 103033 号

### 建筑结构 CAD

---

出版发行:东南大学出版社

社 址:南京市四牌楼 2 号 邮编:210096

出 版 人:江建中

责任编辑:史建农 戴坚敏

网 址: <http://www.seupress.com>

电子邮件: [press@seupress.com](mailto:press@seupress.com)

经 销:全国各地新华书店

印 刷:南京四彩印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:17.25

字 数:441 千字

版 次:2011 年 8 月第 1 版

印 次:2011 年 8 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-5641-2824-1

印 数:1~3000 册

定 价:35.00 元

---

本社图书若有印装质量问题,请直接与读者服务部联系。电话(传真):025-83792328

# 高等学校土木建筑专业应用型本科系列 规划教材编审委员会

名誉主任 吕志涛

主任 蓝宗建

副主任 (以拼音为序)

陈 蓓 陈 斌 方达宪 汤 鸿

夏军武 肖 鹏 宗 兰 张三柱

秘书长 戴坚敏

委员 (以拼音为序)

戴望炎 董 祥 郭贯成 胡伍生

黄炳生 黄春霞 贾仁甫 李 果

李幽铮 廖东斌 刘 桐 刘殿华

刘子彤 龙帮云 吕恒林 陶 阳

单法明 王照宇 徐德良 殷为民

于习法 余丽武 喻 骁 张靖静

张敏莉 张伟郁 赵 玲 赵冰华

赵才其 赵庆华 郑廷银 周 佶

周桂云

## 总前言

国家颁布的《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》指出,要“适应国家和区域经济社会发展需要,不断优化高等教育结构,重点扩大应用型、复合型、技能型人才培养规模”;“学生适应社会和就业创业能力不强,创新型、实用型、复合型人才紧缺”。为了更好地适应我国高等教育的改革和发展,满足高等学校对应用型人才的培养模式、培养目标、教学内容和课程体系等的要求,东南大学出版社携手国内部分高等院校组建土木建筑专业应用型本科系列规划教材编审委员会。大家认为,目前适用于应用型人才培养的优秀教材还较少,大部分国家级教材对于培养应用型人才的院校来说起点偏高,难度偏大,内容偏多,且结合工程实践的内容往往偏少。因此,组织一批学术水平较高、实践能力较强、培养应用型人才的教学经验丰富的教师,编写出一套适用于应用型人才培养的教材是十分必要的,这将有力地促进应用型本科教学质量的提高。

经编审委员会商讨,对教材的编写达成如下共识:

**一、体例要新颖活泼。**学习和借鉴优秀教材特别是国外精品教材的写作思路、写作方法以及章节安排,摒弃传统工科教材知识点设置按部就班、理论讲解枯燥无味的弊端,以清新活泼的风格抓住学生的兴趣点,让教材为学生所用,使学生对教材不会产生畏难情绪。

**二、人文知识与科技知识渗透。**在教材编写中参考一些人文历史和科技知识,进行一些浅显易懂的类比,使教材更具可读性,改变工科教材艰深古板的面貌。

**三、以学生为本。**在教材编写过程中,“注重学思结合,注重知行统一,注重因材施教”,充分考虑大学生人才就业市场的发展变化,努力站在学生的角度思考问题,考虑学生对教材的感受,考虑学生的学习动力,力求做到教材贴合学生实际,受教师和学生欢迎。同时,考虑到学生考取相关资格证书的需要,教材中

吊车数据需要首先选择【增加】按钮,打开如图 9-25 所示的“吊车荷载数据”对话框。

图 9-25 “吊车荷载数据”对话框

点击【导入吊车荷载值】按钮,出现如图 9-26 所示的“吊车荷载输入向导”对话框。

图 9-26 “吊车荷载输入向导”对话框

# 前 言

计算机辅助设计 CAD(Computer Aided Design)和计算机辅助制造 CAM(Computer Aided Manufacturing)在工业部门的广泛应用,已成为人们熟悉的并能推动生产前进的新技术。在国外,CAD 和 CAM 早期是分别沿着各自的特点而发展的,CAM 的出现略先于 CAD。CAD 以 1959 年美国麻省理工学院(MIT)召开的 CAD 规划会议为开端,经过几十年的发展,至今它们的单元技术已日趋成熟。

作为一项综合性的、技术复杂的系统工程,CAD 技术涉及众多学科的高新技术领域,如计算机硬件技术、工程设计知识和方法、计算数学、计算力学、计算机图形学、数据结构和数据库、人工智能及专家系统、仿真技术等。CAD 技术这门崭新技术已广泛渗透和普及于机械制造、航空、船舶、汽车、土木工程、电子、轻工、纺织服装、大规模集成电路以及环境保护、城市规划等许多行业,成为代表与衡量一个国家科技与工业现代化水平的重要标志,已经并将进一步给人类带来巨大利益和影响。

形势向土木工程专业的教学培养目标提出了更高的新要求。培养和锻炼学生的计算机应用能力,提高其计算机应用水平,关系到毕业生在走向工作岗位时的竞争能力,以及在实际工作环境中的适应能力。为了满足土木工程专业“建筑结构 CAD”课程教学的实际需要,我们根据近年来的教学和工程设计经验,编写了本教材。全书共分 9 章,介绍了 CAD 技术在我国土木建筑工程中的应用现状和发展方向,CAD 系统的硬件和软件系统的构成及其最新发展。

当前国内结构设计软件很多,其中由中国建筑科学研究院 PKPM 工程部研发的 PKPM 系列软件有着很高的市场占有率。该系列软件自 1987 年研发以来,经过不断完善,现在已非常成熟,并且由于其与我国规范很接近而受到我国用户的青睐。因此,掌握 PKPM 的使用对结构设计工作者很重要,尤其对于初学者。本书结合 PKPM 系列软件通过设计实例的使用,以及若干值得注意的问题的讨论,旨在使读者经过上机实际操作,迅速掌握软件的使用方法和有关操作技巧,为今后的工程设计实践打下良好的基础。

本书可供土木工程专业本(专)科全日制和成人教学使用,各校可根据具体教学时数、上机条件等实际情况对其中内容自行取舍。本书也适合于土木工程技术人员自学使用。

全书由刘殿华、夏军武主编,陈斌、陈晓洪副主编。书中第1章、第3章由扬州大学刘殿华和邹小静编写,第2章由东南大学吴建霞编写,第4章由东南大学任翠玲编写,第5章由南京金陵科技学院陈斌和陈晓洪编写,第6章由扬州大学邹小静编写,第7章、第8章由中国矿业大学夏军武和谢伟编写,第9章由扬州大学刘殿华编写。全书由刘殿华、夏军武统稿。

由于计算机技术发展日新月异,编者水平有限,对CAD这门高新技术的最新进展了解和认识不够全面,本教材的疏漏和错误之处在所难免,恳请广大读者批评指正,以利于我们修订更新。

在本书编写过程中我们还参阅了有关文献,在此对这些文献的作者表示衷心的感谢。

编 者

2011年5月

# 目 录

|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| <b>1 概述</b> .....                       | 1   |
| 1.1 CAD 技术的形成和发展 .....                  | 1   |
| 1.2 建筑结构 CAD 的基本构成 .....                | 2   |
| 1.3 建筑结构 CAD 系统的基本功能 .....              | 3   |
| 1.4 建筑结构 CAD 的类型 .....                  | 3   |
| 1.5 CAD 技术在我国建筑工程行业的应用 .....            | 4   |
| <b>2 AutoCAD 在建筑结构中的应用</b> .....        | 6   |
| 2.1 AutoCAD 概述 .....                    | 6   |
| 2.2 AutoCAD 的基本操作 .....                 | 10  |
| 2.3 建筑结构施工图的绘制 .....                    | 40  |
| <b>3 PKPM 系列建筑结构 CAD 系统软件简介</b> .....   | 51  |
| <b>4 建筑结构计算模型的建立(PMPCAD 软件应用)</b> ..... | 56  |
| 4.1 概述 .....                            | 56  |
| 4.2 PMPCAD 的工作环境 .....                  | 57  |
| 4.3 建筑模型与荷载输入 .....                     | 59  |
| 4.4 PMPCAD 的其他主菜单 .....                 | 91  |
| <b>5 建筑结构的计算机辅助计算</b> .....             | 92  |
| 5.1 钢筋混凝土框排架及连续梁结构计算与绘图软件 PK .....      | 92  |
| 5.2 多层及高层建筑结构三维分析软件 TAT .....           | 118 |
| 5.3 多层及高层建筑结构空间有限元分析软件 SATWE .....      | 139 |
| <b>6 建筑结构基础辅助设计软件 JCCAD</b> .....       | 151 |
| 6.1 基础人机交互输入 .....                      | 151 |
| 6.2 基础梁板弹性地基计算 .....                    | 162 |
| 6.3 基础施工图 .....                         | 166 |
| <b>7 钢筋混凝土结构施工图基本知识</b> .....           | 169 |
| 7.1 结构施工图组成 .....                       | 169 |
| 7.2 钢筋混凝土结构施工图相关知识 .....                | 171 |

|     |                          |     |
|-----|--------------------------|-----|
| 7.3 | 绘制结构施工图的有关规定 .....       | 173 |
| 7.4 | 钢筋混凝土柱、梁、墙平面整体表示方法 ..... | 176 |
| 8   | 钢筋混凝土结构施工图绘制 .....       | 183 |
| 8.1 | 概述 .....                 | 183 |
| 8.2 | 基础施工图绘制 .....            | 183 |
| 8.3 | 结构平面及板配筋图绘制 .....        | 193 |
| 8.4 | 梁柱施工图绘制 .....            | 202 |
| 8.5 | 剪力墙施工图绘制 .....           | 223 |
| 9   | 钢结构辅助设计软件 STS .....      | 229 |
| 9.1 | 概述 .....                 | 229 |
| 9.2 | 工程设计条件 .....             | 229 |
| 9.3 | 平面建模 .....               | 230 |
| 9.4 | 结构计算 .....               | 253 |
| 9.5 | 结构计算结果判断 .....           | 253 |
| 9.6 | 施工图绘制 .....              | 259 |
| 9.7 | 吊车梁、围护结构设计 .....         | 264 |
| 9.8 | 轻钢结构的三维建模二维计算 .....      | 264 |
|     | 参考文献 .....               | 266 |

# 1 概述

## 1.1 CAD 技术的形成和发展

### 1.1.1 CAD 技术的形成

计算机辅助设计 CAD(Computer Aided Design)和计算机辅助制造 CAM(Computer Aided Manufacturing)在工业部门的广泛应用,已成为人们熟悉的并能推动生产前进的新技术。在国外,CAD 和 CAM 早期是分别沿着各自的特点而发展的,CAM 的出现略先于 CAD。CAD 以 1959 年美国麻省理工学院(MIT)召开的 CAD 规划会议为开端,经过几十年的发展,至今它们的单元技术已日趋成熟。

CAD/CAM 技术是近十几年来在生产领域中发展起来的崭新技术。在 20 世纪 50 年代,MIT 首次开发了自动控制铣床,这导致自动编程语言 APT(Automatic Programming Tool)的诞生。接着在 1963 年,MIT 在美国计算机联合会年会上发表了有关 CAD 项目的 5 篇论文。同年,CAD 的先驱者之一 Sutner Land 开发了 Sketchpad 软件包,它设想使用交互图形功能进行设计,有关图形变换的功能也就在这时提出来了。

1964 年,美国通用摩托公司宣布开发了 DAC-1 系统,其硬件是 IBM 公司提供的。DAC-1 比较侧重于图纸拷贝,而不是交互技术。1965 年,举世闻名的 Bell 实验室宣布图形遥控显示系统研制成功。该系统带有 DEC-340 显示器,PDP-5 控制处理器,并与 IBM-94 相连接,可用于印刷电路、图形排列和布线或框图设计、文本编辑等。这是用以实现 CAD 设想早期的工具,是分布式交互工作站的雏形。

### 1.1.2 CAD 技术的发展

20 世纪 70 年代初期,世界上约有 200 台套 CAD/CAM 系统,而且大部分为非商品化设备。20 世纪 70 年代中期,随着小型机的出现,使系统的价格大幅度下降,从此 CAD/CAM 获得了飞速发展。1978 年波音公司和通用摩托公司证实了 CAD/CAM 集成化技术的有效性,并描绘了如何建立 CAD 与 CAM 之间的联系。

20 世纪 80 年代,图形系统和 CAD 工作站,以及 CAD/CAM 工作站的销售量大大提高,CAD/CAM 技术也从大中型企业向小型企业扩展,从发达国家向发展中国家扩展,从用于产品设计发展到用于工程设计。

20 世纪 80 年代后期,随着高分辨率彩色显示器、静电式绘图仪、光笔、鼠标器的出现,CAD 技术从单一的图形、交互技术向着标准化、集成化、智能化的方向发展。并且 CAD 技

术在计算机网络中也得到大量应用。

## 1.2 建筑结构 CAD 的基本构成

### 1.2.1 建筑结构设计的任务

建筑结构设计的任务包括:对选定的建筑物选择结构方案,确定结构类型;对选定的结构进行在各种荷载工况、边界条件、施工方法等情况下的内力、变形及稳定分析;根据最不利荷载或作用效应进行结构构件的截面及节点构造设计;根据构件内力、结构变形及截面选择的结果重新修正结构,进行重分析和重设计;对分析和设计作出判断和评估;绘制施工图及编制文档。完成这个设计任务,需要查询各种资料,分析比较各种资料和计算结果;进行大量的复杂的力学分析;按照设计规范进行结构构件和节点的设计,编制大量的图档。此外,还应考虑到现代建筑结构的复杂性、荷载和作用的复杂性及制造加工安装的要求。因此,建筑结构的设计已不是一种简单意义上的结构计算和截面校核,它需要大量的分析、综合工作,需要组织特定的算法以描述整个完备的分析设计过程。所以,现代的建筑结构设计是一项带有创造性的工作,需要运用各种知识和技术才能完成。

### 1.2.2 建筑结构 CAD 系统的基本组成

建筑结构 CAD 系统作为一个软件系统,系统的基本组成可分成若干个不同的功能部分。每个功能部分可由一些模块组成。一般建筑结构 CAD 系统可分为前处理、结构分析与设计、后处理 3 个部分。

#### 1) 前处理

前处理是对结构分析和设计进行的所有准备工作。前处理包括:结构设计所需的基本数据、参数的输入并形成相关的数据文件;结构拓扑和几何尺寸的描述并形成相关的数据文件;荷载和作用的输入并形成相关的数据文件;边界条件的描述和数据文件的生成等。

#### 2) 结构分析与设计

结构分析与设计是建筑结构 CAD 系统的核心部分。建筑结构的设计主要是由系统的分析及设计功能来完成的。结构分析包括根据所描述的结构拓扑和几何数据生成结构刚度矩阵;根据边界条件修改结构的刚度矩阵;解有限元基本方程求得结构节点位移;根据节点位移可求得各个单元内力;根据各种荷载工况可计算在各工况下的最不利截面;杆件截面的选择;设计判断及校核;根据设计判断及校核结果进行重分析和重设计。

#### 3) 后处理

后处理的目的是对结构分析和设计的结果进行图档处理。后处理包括杆件和节点的设计、节点详图和施工图的绘制、加工详图的绘制、施工文档的编制等。

## 1.3 建筑结构 CAD 系统的基本功能

建筑结构 CAD 系统的基本功能包括两个部分。一个部分是建筑结构的设计功能;另一个部分是为进行设计而由计算机系统提供的辅助功能。

### 1.3.1 CAD 系统的设计功能

CAD 系统的设计包括以下功能:

- (1) 结构类型体系的选择,建筑结构的造型及修改。
- (2) 建筑结构分析单元和计算简图的确定、结构分析模型的确定。
- (3) 结构分析和重分析。
- (4) 结构设计和重设计。
- (5) 分析和设计结果的评估及修改。
- (6) 结构节点设计、结构节点详图及施工图的绘制。
- (7) 数据、资料、施工图档的汇编。

### 1.3.2 CAD 系统的辅助功能

#### (1) 人机交互功能

人机交互功能包括结构分析、设计的数据准备和数据文件的生成等。

#### (2) 图形功能

图形功能指图形生成,图形编辑,图形数据的交换、调用及图形显示和存储等。

#### (3) 数据处理功能

数据处理功能主要是数据信息的存储、交换、调用以及显示等。

CAD 系统中的辅助功能体现了 CAD 系统与早期的软件之间的区别。有了这些辅助功能才能准确、方便、迅速地完成任务分析和设计功能。

综上所述,一个比较完善的建筑结构 CAD 系统是由软件的数值计算和数据处理程序包、图形信息交换(输入,输出)和处理的交互式图形显示程序包、存储和管理设计信息的工程数据库三大部分构成的。

## 1.4 建筑结构 CAD 的类型

建筑结构 CAD 软件系统大致可以分为如下几类:

### 1) 面向问题的专用 CAD 系统

面向问题的专用 CAD 系统是任务和功能非常明确的系统,它针对某种结构或结构系

统。如连续梁、平面框架、平面桁架常用的空间结构 CAD 系统;还有如框剪体系、筒体、框筒等高层建筑结构 CAD 系统。这种系统一般比较简单,功能也单一,但往往有较高的计算效率。其缺点是使用范围太窄,随着结构的发展而显现出其功能的贫乏。随着建筑结构的工业化、商品化,一些附带有经营、管理功能的 CAD 系统也已经开发,如网架、钢结构轻型门式刚架的 CAD 系统。此外,这些系统与 CAM 也有很好的结合。

### 2) 大型建筑结构 CAD 系统

大型建筑结构 CAD 系统是某些有相同或相类似结构性状的 CAD 系统。如框架结构 CAD 系统,它具有全面完整的框架结构及其基础等结构系统的分析设计功能;又如高层建筑结构 CAD 系统,它具有分析设计各类高层建筑结构的功能。

### 3) 集成体系的 CAD 系统

由于现代建筑结构往往也很难以一种单一的结构类型来描述,当然也很难用单一的数学、力学模型来分析。因此,实际的建筑结构就是一种集成体系。它是由杆、梁、柱、板等结构单元组成,但又不是简单的桁架或框架。集成体系的 CAD 系统是比较完善的系统,但它需要很强的造型功能以及其他计算机辅助功能。

### 4) 基于大型 FEM 程序包的 CAD 系统

基于大型 FEM 程序包的 CAD 系统主要在国外有较大的发展。这是因为在计算机技术发展的早期,经过数十年的积累,国外已逐步形成商业化的大型 FEM 软件包,这类软件包已广泛用于造型的构思和方案设计,而计算分析就借助于这类强大的软件包。所以,对于一些著名的软件包,如 NASTRAN、ANSYS、COSMOS 等都设计了接口,而著名的教学软件 SAP 也经过开发后进一步开发成为 CAD 系统。

比较国外对 CAD 系统的技术要求来看,国内的用户比较希望面向用户的系统,希望系统能对特定的结构提供较为简便的造型和分析设计功能,并且能一次性输出施工图和加工图。而国外的工程师希望系统提供工具和平台,使所提供的这些工具体现工程师的创造性。

## 1.5 CAD 技术在我国建筑工程行业的应用

与世界发达国家相比,我国工程设计领域引入 CAD 技术相对比较晚。但经过多年的开发研制,目前我国已有多种商品化应用软件在设计部门得到广泛应用。随着计算机硬件和软件技术突飞猛进的发展和我国经济建设的高速发展,近几年来,工程设计行业计算机应用环境有了极大的改善,应用水平得到了很大的提高,计算机的应用基本上覆盖了勘察设计的全过程。在土木建筑设计领域,我国的 CAD 技术应用水平与发达国家的差距已大大缩小,建筑工程从建筑方案设计、结构布置和内力分析、构件截面设计计算、施工图绘制到预算全过程可实现 CAD 一体化完成。绝大多数的设计院已是人手一机,有些设计院还建立了计算机网络系统,正向集成化、智能化方向发展。有些单位还将工程项目管理和电子光盘档案管理集成于网络中,逐步向工程设计管理与生产的无纸化全过程管理迈进。这样的进步将推动设计单位的技术装备水平再上新台阶,增强市场竞争能力,实现应用环境网络化、应

用系统集成化、应用软件智能化的目标。

建筑结构设计是土建行业较早采用 CAD 技术的专业之一,商品化应用软件的开发相对起步较早,最先取得突破并带动了建筑和各设备专业 CAD 技术的应用。随着微机的推广普及,许多结构设计应用软件就是由熟练掌握计算机技术的结构工程师开发或作为主要开发人员。由于结构设计必须遵循国家或行业技术规范 and 标准,加之用户的语言习惯,使国产软件具有得天独厚的市场优势。目前国内流行的软件基本上是由我国建筑科研机构、大中型设计院和高等院校自主开发或二次开发后推出的。以 AutoCAD 为图形支撑平台,是我国建筑工程 CAD 软件的主流。另外,受中国这一世界上最大建筑市场所蕴藏的丰厚利润的驱使,近一两年来出现了一个值得注意的现象,即国外一些大型 CAD 应用软件(如 ETABLS, MIDAS 等)正通过汉化、采用中国规范等方式,在中国市场上独家或通过代理商推出他们的商品软件,这将给我国应用软件市场带来一种新格局。

下面介绍目前市场上常用的几种主要的计算机辅助绘图及结构设计软件。

#### (1) 美国 AUTODESK 公司的 AutoCAD 计算机辅助绘图软件

该软件是目前国内外广为流行的计算机辅助绘图软件,其应用范围涉及机械、电子、土木建筑、航空、汽车制造、造船、石油化工、轻纺、环保等各个领域。其特点是绘图功能完善,使用方便;具有很强的三维设计、CSG 实体几何造型、真实感模型显示和数据库管理等功能;提供了丰富多样的二次开发接口;版本不断更新,功能日益增强。

#### (2) 中国建筑科学研究院 PKPM CAD 工程部的 PKPM 建筑工程 CAD 集成系统

该软件适用于砌体结构及底框—砌体结构;多、高层钢筋混凝土结构(框架、框剪、剪力墙、筒体等);钢结构、预应力混凝土结构及基坑支护、筒仓等特种结构。其特点是集建筑、结构、设备、节能设计和概预算、施工管理、施工技术于一体的大型 CAD 集成系统;拥有多种先进的多、高层及特殊结构空间有限元分析方法和弹塑性静力、动力分析方法。

#### (3) 美国计算机结构公司(CSI)的 ETABS V9 中文版,建筑结构分析与设计软件

该软件适用于各种多、高层建筑结构,包括混凝土结构、钢结构及混合结构等。其特点是集成化的三维空间建模功能;一体化的设计功能;可进行反应谱分析、时程分析、静力非线性分析、施工顺序加载分析、结构阻尼器和基础隔振分析以及钢结构截面自动优化设计等。采用三维图形操作界面,类似 AutoCAD 编辑方式;支持中国现行结构规范和欧美规范;多种数据接口等。

结合目前课程教学的实际情况,本书着重介绍 AutoCAD 计算机辅助绘图软件、PKPM 建筑工程 CAD 集成系统中的主要结构设计软件的使用方法和使用技巧。

## 2 AutoCAD 在建筑结构中的应用

### 2.1 AutoCAD 概述

#### 2.1.1 工程制图的演变

人类在表达思想、传递信息时,最初是采用图形的方式来表达和传递的。后来逐渐演变为通过具有抽象意义的文字来表达。这是人类在信息交流上一次伟大的革命。在信息交流过程中,图形表达的内容比文字表达得更直观,更一目了然;同时,一幅绘制精良的图纸能容纳许多信息。

工程图是工程师的语言。制图是工程设计乃至整个工程建设中的一个重要环节。然而,图纸的绘制是一项极其繁琐的工作,不但要求正确、精确,而且随着工程环境、地质条件以及建筑物的功能需求等外部条件的变化,设计方案也会随之变化。一项工程图的绘制通常是历经数遍修改完善后才可交付使用。

早期,工程师采用手工绘图。他们用草图表达设计思想,绘制的方法不一样,表达的内容就会有所差别。后来逐渐规范化,形成了一整套规则,具有一定的制图标准,从而使工程制图标准化。众所周知,工程项目具有多样性、多变性以及复杂性,这样就使得手工绘图周期长、效率低、重复劳动多,从而阻碍了建设业的发展。于是,人们想方设法提高劳动效率,将工程技术人员从繁琐重复的体力劳动中解放出来,集中精力从事开创性的工作。例如,工程师们为了减少工程制图中的许多繁琐重复的劳动,编制了大量的标准图集,提供给不同的工程以备套用。

由于手工绘图劳动强度大,工程师们梦想着何时能甩开图板,实现自动化画图,将自己的设计思想用一种简洁、美观、准确且标准的方式表达出来,同时方便修改,且易于重复利用,提高劳动效率。

随着计算机技术的迅猛发展和工程界的迫切需要,计算机辅助绘图(Computer Aided Drawing)应运而生。早期的计算机辅助设计系统是在大型机、超级小型机上开发的,一般需要几十万甚至上百万美元,往往只有在规模很大的汽车、航空、化工、石油、电力、轮船等行业中应用。进入 20 世纪 80 年代,微型计算机的迅速发展,使计算机辅助工程设计逐渐成为现实。计算机绘图是通过编制计算机辅助绘图软件,将图形显示在屏幕上,用户可以用光标对图形直接进行编辑和修改。由微机配上图形输入和输出设备(如键盘、鼠标、绘图仪)以及计算机绘图软件,就组成一套计算机辅助绘图系统。

由于高性能的微型计算机和各种外部设备的支持,计算机辅助绘图软件的开发也得到长足的发展。常见的计算机辅助绘图软件有 AutoCAD、Microstation、Civil Draft by

GEOPAK(土木工程绘图工具)等。其中美国的 Autodesk 公司于 20 世纪 80 年代初为微机上应用 CAD 技术而开发的绘图程序软件包,经过不断的完善,现已成为国际上广为流行的绘图工具,这个计算机绘图工具就是 AutoCAD。

AutoCAD 可以绘制任意二维和三维图形,并且同传统的手工绘图相比,用 AutoCAD 绘图速度更快、精度更高,而且便于个性化设计,目前已在造船、建筑、机械、电子、化工、美工、轻纺等很多领域得到了广泛的使用,并取得了丰硕的成果和巨大的经济效益。

AutoCAD 具有良好的用户界面,通过交互式菜单或命令行方式便可以进行各种操作。它的多文档设计环境,让非计算机专业人士也能很快的学会使用,在不断的实践过程中更好地掌握它的各种应用和开发技巧,从而大大提高工作效率。

随着 AutoCAD 软件的日益完善和发展,越来越多的工程设计人员更加得心应手地利用计算机进行辅助绘图。使用这个工具,工程师已实现了甩开图板和图尺的梦想,从而实现了从手工绘图向计算机辅助的机器制图的转变。这场技术革命,解放了广大工程技术人员,促进了工程技术和工程建设跃上一个新台阶。

### 2.1.2 AutoCAD 的发展进程

AutoCAD 的发展可分为初级阶段、发展阶段、高级发展阶段、完善阶段和进一步完善阶段 5 个阶段,具体见表 2-1。

表 2-1 AutoCAD 发展阶段

| AutoCAD 经历的阶段 | AutoCAD 的版本                    | AutoCAD 发行日期 | 功 能                                                                             |
|---------------|--------------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 初级阶段          | AutoCAD V1.0                   | 1982 年 11 月  | 正式出版,容量为一张 360 KB 的软盘,无菜单,命令需要记忆,其执行方式类似 DOS 命令                                 |
|               | AutoCAD V1.2                   | 1983 年 4 月   | 具备了尺寸标注的功能                                                                      |
|               | AutoCAD V1.3                   | 1983 年 8 月   | 具备文字对齐及颜色定义功能、图形输出功能                                                            |
|               | AutoCAD V1.4                   | 1983 年 10 月  | 图形编辑功能加强                                                                        |
|               | AutoCAD V2.0                   | 1984 年 10 月  | 图形绘制及编辑功能增加,如 VSLIDE、MSLIDE、DXFIN、DXFOUT、VIEW、SCRIPT 等。至此,在美国许多工厂和学校都有了 AutoCAD |
| 发展阶段          | AutoCAD V2.17<br>AutoCAD V2.18 | 1985 年       | 出现了 Screen Menu,且命令不需要记忆,Autolisp 初具雏形,两张 360 KB 的软盘                            |
|               | AutoCAD V2.5                   | 1986 年 7 月   | Autolisp 有了系统化语法,使用者可改进和推广,出现了第三开发商的新兴行业,5 张 360 KB 的软盘                         |
|               | AutoCAD V2.6                   | 1986 年 11 月  | 新增 3D 功能,此时 AutoCAD 已成为美国高校的必修课程                                                |