

普通高等教育土木工程专业“十二五”规划教材

Putong Gaodeng Jiaoyu



Tumu  
Gongcheng

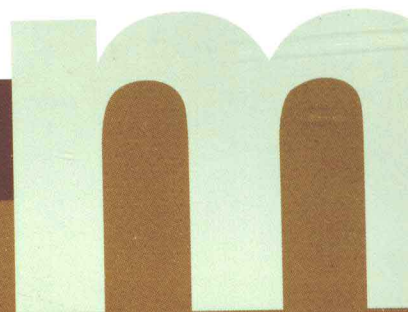
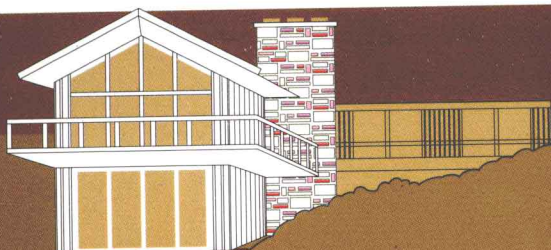
Zhuanye "Shierwu" Guihua Jiaocai

土

TUMU GONGCHENG CAD

● 主编 李静斌

木 工程 CAD



郑州大学出版社

普通高等教育土木工程专业“十二五”规划教材

Putong Gaodeng Jiaoyu

Tumu

Gongcheng

Zhuanye "Shierwu" Guihua Jiaocai

土

木

工程CAD

TUMU/GONGCHENG CAD

● 主编 李静斌



郑州大学出版社

## 内 容 提 要

本书系统介绍了计算机辅助技术在土木工程领域中的应用。全书分为3篇12章,主要内容有:CAD技术概论、AutoCAD入门、AutoCAD二维绘图基本操作、AutoCAD二维绘图高级操作、AutoCAD三维绘图、建筑施工图绘制、结构施工图绘制、道路施工图绘制、桥梁施工图绘制、三维绘图在土木工程中的应用、PKPM应用初步和MIDAS/Civil应用初步。书中各章均附有思考题和练习题。

本书可作为普通高等教育和远程教育的土木工程、交通工程、建筑工程、桥梁与隧道工程、道路工程、建筑工程管理等土建类相关专业的本、专科生的教学用书,并可供房屋建筑与道路桥梁专业的设计、施工、管理人员学习和参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

土木工程 CAD/李静斌主编. —郑州:郑州大学出版社,2011. 2

(普通高等教育土木工程专业“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-5645-0064-1

I. ①土… II. ①李… III. ①土木工程-建筑制图:计算机制图-应用软件, AutoCAD IV. ①TU204

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 255522 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:王 锋

全国新华书店经销

南阳市风雅印务有限公司印制

开本:787 mm×1 092 mm

印张:26.75

字数:637 千字

版次:2011 年 2 月第 1 版

邮政编码:450052

发行电话:0371-66966070

1/16

印次:2011 年 2 月第 1 次印刷

---

书号:ISBN 978-7-5645-0064-1

定价:45.00 元

本书如有印装质量问题,请向本社调换

# 编写指导委员会

The compilation & review committee

---

名誉主任 王光远

主任 高丹盈

委员 (以姓氏笔画为序)

申金山 司马玉州 刘立新 关 罡

李晓峰 李继周 张 伟 张 玲

张本昀 张国强 陈 淮 郑永红

赵顺波 段印德 祝彦知 姚庆钊

原 方 钱文军 曾宪桃 鲍 鹏

秘 书 崔青峰

# 本书作者

Authors

---

主 编 李静斌

编 委 (以姓氏笔画为序)

李静斌 宋国华 陈 远

葛素娟

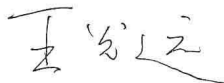
# 序

郑州大学出版集团

近年来,我国高等教育事业快速发展,取得了举世瞩目的成就。随着高等教育改革的不断深入,高等教育工作重心正在由规模发展向提高质量转移,教育部实施了高等学校教学质量与教学改革工程,进一步确立了人才培养是高等学校的根本任务,质量是高等学校的生命线,教学工作是高等学校各项工作的中心的指导思想,把深化教育教学改革,全面提高高等教育教学质量放在了更加突出的位置。

教材是体现教学内容和教学要求的知识载体,是进行教学的基本工具,是提高教学质量的重要保证。教材建设是教学质量与教学改革工程的重要组成部分。为加强教材建设,教育部提倡和鼓励学术水平高、教学经验丰富的教师,根据教学需要编写适应不同层次、不同类型院校,具有不同风格和特点的高质量教材。郑州大学出版社按照这样的要求和精神,组织土建学科专家,在全国范围内,对土木工程、建筑工程技术等专业的培养目标、规格标准、培养模式、课程体系、教学内容、教学大纲等,进行了广泛而深入的调研,在此基础上,分专业召开了教育教学研讨会、教材编写论证会、教学大纲审定会和主编人会议,确定了教材编写的指导思想、原则和要求。按照以培养目标和就业为导向,以素质教育和能力培养为根本的编写指导思想,科学性、先进性、系统性和适用性的编写原则,组织包括郑州大学在内的五十余所学校的学术水平高、教学经验丰富的一线教师,吸收了近年来土建教育教学经验和成果,编写了本、专科系列教材。

教育教学改革是一个不断深化的过程,教材建设是一个不断推陈出新、反复锤炼的过程,希望这些教材的出版对土建教育教学改革和提高教育教学质量起到积极的推动作用,也希望使用教材的师生多提意见和建议,以便及时修订、不断完善。



2006年7月

# 前 言

## Preface

在计算机科学飞速发展的今天,计算机辅助设计——CAD 技术已广泛应用于土木工程专业的各个领域。应用 CAD 技术可显著提高土木工程产品的设计质量、缩短设计周期、降低设计成本,并有助于产品数据的高效管理。因此,针对土木工程专业各个领域中的应用现代 CAD 技术的需要,紧密结合当前 CAD 技术的发展水平和前进方向,编者结合多年来的教学和科研实践经验,编写了这本教材。

本书内容丰富,可满足土木工程各专业、方向的应用要求。全书内容分为基础篇、应用篇和提高篇三部分,共 12 章。基础篇为第 1~5 章,主要内容有 CAD 技术概论、AutoCAD 入门、AutoCAD 二维绘图基本操作、AutoCAD 二维绘图高级操作和 AutoCAD 三维绘图;应用篇为第 6~10 章,主要内容有建筑施工图绘制、结构施工图绘制、道路施工图绘制、桥梁施工图绘制和三维绘图在土木工程中的应用;提高篇为第 11、12 章,主要内容有 PKPM 应用初步、MIDAS/Civil 应用初步。

根据教材使用对象的不同,在学习内容上可有所选择、侧重。专科阶段的教学可选用本书的前 10 章,即基础篇和应用篇。本科阶段的教学可选用本书的全部 12 章内容。按照普通高等教育土木工程专业“宽口径”培养的方针,学习内容可根据具体的专业、方向选讲:基础篇的第 1~5 章是土木工程各专业、方向的共同基础;应用篇的第 6、7 章和提高篇的第 11 章适用于土木工程专业的房屋建筑方向,以及建筑工程、建筑工程管理等专业;应用篇的第 8 章、第 9 章和提高篇的第 12 章适用于土木工程专业的道路桥梁方向,以及交通工程、桥梁与隧道工程、道路工程等专业。

本书突出实用性强、便于自学的特点,以 AutoCAD 软件具体操作和实际应用的讲解为导引,由浅入深,一步步带领读者逐步学习和深入掌握使用 AutoCAD 绘制二维图形和三维图形的方法和技巧,并最终能够完成建筑、结构、道路、桥梁等各种平面施工图的绘制,掌握三维建模和图形渲染的技巧。书中提供了大量从简单到复杂的绘图示例,并详细列出了具体操作过程,特别适合于学习者自学实践。通过对 PKPM

建筑工程系列软件、MIDAS/Civil 结构分析与设计软件的初步学习,还能够使读者了解和初步掌握本专业结构设计、有限元分析的主流软件,为今后从事设计工作打下一定的基础。

全书各章开始处的“内容提要”便于读者尽快了解学习要点。各章结尾处附有大量难度适中的思考题和练习题。思考题便于读者及时总结学习内容;练习题包含大量工程图样,可供读者上机操作使用。

本书由郑州大学李静斌任主编,并负责全书统稿。各章的编写分工如下:第1、2、3、4章由李静斌编写,第5、10章由郑州大学陈远编写,第6、7、11章由郑州大学宋国华编写,第8、9、12章由郑州大学葛素娟编写。

由于编者水平有限,书中欠缺和不妥之处在所难免,敬请读者不吝指正。

编者

于郑州大学盛和苑

2010年7月29日



## 基础篇

第1章 CAD 技术概论 .....	3
1.1 CAD 的基本概念 .....	3
1.2 CAD 技术的起源与发展 .....	4
1.3 CAD 系统的组成 .....	6
1.4 土木工程常用 CAD 软件 .....	8
1.5 正确认识 CAD 技术 .....	9
第2章 AutoCAD 入门 .....	11
2.1 AutoCAD 的历史与发展 .....	11
2.2 AutoCAD 的用户界面 .....	13
2.3 AutoCAD 的命令调用 .....	15
2.4 坐标系与坐标输入方法 .....	18
2.5 几组简单命令的学习 .....	19
2.6 简单图形绘制示例 .....	23
第3章 AutoCAD 二维绘图基本操作 .....	27
3.1 精确制图 .....	27
3.2 二维图形绘制常用命令 .....	33
3.3 选择对象 .....	49
3.4 二维图形编辑常用命令 .....	54
3.5 夹点编辑 .....	67
3.6 二维图形绘制综合示例 .....	69
第4章 AutoCAD 二维绘图高级操作 .....	78
4.1 创建文字和表格 .....	78
4.2 创建尺寸标注 .....	87
4.3 设置绘图环境 .....	96
4.4 面域、图案填充和图形信息查询 .....	104
4.5 图块、外部参照和设计中心 .....	111
4.6 打印图形 .....	120

<b>第 5 章 AutoCAD 三维绘图</b> .....	126
5.1 AutoCAD 三维图形概述 .....	126
5.2 模型空间和图纸空间的三维操作 .....	127
5.3 用户坐标系 .....	132
5.4 绘制三维基础图形元素 .....	135
5.5 绘制三维曲面 .....	138
5.6 创建三维实体 .....	144
5.7 三维实体的布尔运算 .....	155
5.8 三维实体的编辑 .....	157

## 应用篇

<b>第 6 章 建筑施工图绘制</b> .....	171
6.1 建筑施工图的组成与主要内容 .....	171
6.2 建筑平面图的绘制 .....	175
6.3 建筑立面图的绘制 .....	190
6.4 建筑剖面图的绘制 .....	196
<b>第 7 章 结构施工图绘制</b> .....	204
7.1 结构施工图的组成与绘图规定 .....	204
7.2 楼层结构平面图的绘制 .....	207
7.3 基础图的绘制 .....	215
7.4 钢筋混凝土构件详图的绘制 .....	219
<b>第 8 章 道路施工图绘制</b> .....	226
8.1 道路施工图的组成与主要内容 .....	226
8.2 地形图的绘制 .....	227
8.3 平面图的绘制 .....	232
8.4 纵断面图的绘制 .....	241
8.5 横断面图的绘制 .....	247
<b>第 9 章 桥梁施工图绘制</b> .....	255
9.1 桥梁施工图的组成与主要内容 .....	255
9.2 桥梁施工图的绘图规定 .....	260

9.3 桥梁施工图绘图示例 .....	273
<b>第 10 章 三维绘图在土木工程中的应用 .....</b>	<b>280</b>
10.1 创建茶几三维模型 .....	280
10.2 三维模型渲染基础知识 .....	294
10.3 创建并赋予茶几材质 .....	301
10.4 渲染茶几 .....	306
10.5 设置和使用光源 .....	312

### 提高篇

<b>第 11 章 PKPM 应用初步 .....</b>	<b>323</b>
11.1 PKPM 系列软件概述 .....	323
11.2 PMCAD 的基本功能和适用条件 .....	329
11.3 PMCAD 结构建模概述 .....	331
11.4 PMCAD 主菜单 1 建筑模型与荷载输入 .....	333
11.5 PMCAD 主菜单 2 结构楼面布置信息 .....	349
11.6 PMCAD 主菜单 3 楼面荷载传导计算 .....	353
11.7 PMCAD 主菜单 5 画结构平面图 .....	356
11.8 PMCAD 其他主菜单 .....	358
11.9 PMCAD 结构建模示例 .....	360
<b>第 12 章 MIDAS/Civil 应用初步 .....</b>	<b>373</b>
12.1 MIDAS 系列软件概述 .....	373
12.2 MIDAS/Civil 的主要功能和用户界面 .....	374
12.3 有限元建模 .....	378
12.4 结构分析 .....	391
12.5 结果查询与构件设计 .....	397
12.6 MIDAS/Civil 建模分析示例 .....	405
<b>参考文献 .....</b>	<b>413</b>

(注:书中所用量及字符以软件显示形式编排,其规范形式可参见相关国家标准。)

# 基础篇

---



# 第 1 章 CAD 技术概论

## 内容提要

本章介绍计算机辅助设计——CAD 的基本概念, CAD 技术的起源和各个发展阶段, CAD 系统的组成, CAD 硬件系统与软件系统, 土木工程领域常用 CAD 软件的主要功能和用途, 最后提出如何正确认识 CAD 技术。

## 1.1 CAD 的基本概念

CAD(Computer Aided Design)——计算机辅助设计, 是指利用计算机软件及其相关硬件设备帮助设计人员完成设计工作的一种技术和方法。在工程技术领域和产品设计中, 计算机可以帮助设计人员担负计算分析、信息存储、图形绘制、实物模拟等各项工作, 应用 CAD 技术能够把计算机的快速、准确、直观与设计者的逻辑思维、综合分析、设计经验融为一体, 可显著提高设计质量、缩短设计周期、降低产品成本, 并有助于产品数据的高效管理。随着 CAD 技术的不断发展, 计算机辅助设计不仅仅应用于工程设计行业, 还被广泛应用于科研教育、影视传媒、医疗卫生等诸多领域。

CAD 有时也可写作“Computer Assisted Design”、“Computer Aided Drafting”以及 CAAD (含义为“计算机辅助建筑设计 Computer Aided Architectural Design”)。所有这些术语基本上都指使用计算机而不是传统的绘图板来进行各种项目的设计并完成工程图纸绘制。通常, 由 CAD 创建的工程项目图纸范围很广, 包括建筑图、机械图、电路图, 以及其他各种形式的设计交流方式。现在, 它们都成为计算机辅助设计更为广泛的定义的一部分。

现代 CAD 系统所应具备的主要功能包括:

- 几何造型和图形处理;
- 设计组件重复使用;
- 简易设计修改和版本控制功能;
- 设计标准组件的自动生成;
- 无需建立物理原型的设计仿真模拟;
- 对设计对象的检验与优化;
- 工程信息的合理存储与有序管理;
- 计算机绘图与工程文档输出。

随着计算机硬件水平和软件技术的飞速发展, 在 CAD 技术发展的基础上, 又不断涌现出一些其他的计算机辅助技术, 与 CAD 技术共同组成计算机辅助 4C 系统: CAD、CAE、CAPP、CAM。后三种的基本概念为:

- CAE(Computer Aided Engineering)——计算机辅助工程,是指利用计算机辅助求解复杂工程和产品结构的力学特性及结构响应的一种近似数值分析方法,其中 FEM(Finite Element Method),即有限单元法,是一种最为典型的 CAE 方法。
- CAPP(Computer Aided Process Planning)——计算机辅助工艺过程设计,是指借助于计算机软硬件技术和支撑环境,利用计算机进行数值计算、逻辑判断和逻辑推理等功能来制订零件的机械加工工艺过程。
- CAM(Computer Aided Manufacturing)——计算机辅助制造,是指利用计算机来进行生产设备管理控制和操作的过程,其核心是计算机数值控制(简称数控)。

目前,计算机辅助技术的飞速发展对人类社会生活的方方面面都已带来脱胎换骨的改变,但在应用各种计算机辅助技术时,仍要清醒地认识到,无论是 CAD 技术,还是其他的 CAE、CAPP、CAM 技术,其核心要义始终是以计算机为工具、以人为主体。任何时间、任何情况,计算机都不可能完全替代人的作用,使用者的应用水平和操作技巧仍然是决定各种计算机辅助技术的优越性能够得以充分发挥的决定性因素。

## 1.2 CAD 技术的起源与发展

CAD 技术是计算机应用科学的一大分支,其产生源于工程界对提高设计效率、加快绘图速度的迫切需求,其发展与计算机硬件水平、计算机绘图技术的发展息息相关。

工程图是工程师的语言,绘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,不但要求简明、精确,而且随着环境、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在历经数遍修改完善后方可完成。早期的工程图完全采用手工绘制,但由于工程项目的多样性、多变性,使得手工绘图周期长、效率低、重复劳动多,从而阻碍了工程设计乃至工程建设的发展。因此,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、标准的方式表达出来,并便于修改,易于重复利用,从而提高劳动效率。

### 1.2.1 准备酝酿期(20 世纪 50 年代)

1946 年世界第一台电子计算机 ENIAC 的诞生,标志着计算机科学的创立,并随着计算机硬件的发展和提高,不断推动着许多学科的发展和新学科的建立。计算机绘图技术就是在这一环境下逐渐兴起并发展起来的。在 20 世纪 50 年代中期以前,计算机主要用于处理科学计算,尽管当时已在计算机系统中配置了显示器,但由于计算机图形显示技术的理论还未形成,因此只能显示字符,还不具备人机交互的功能。

1952 年美国麻省理工学院(MIT)研制成功了世界上第一台三坐标数控铣床,采用 APT 语言编程控制,可以定义零件的形状和大小,能够驱动刀具沿预定义的轨迹加工零件。基于这一原理,当时在美国学习的奥地利人 H. J. Gerber 于 1958 年为波音公司研制出了世界上第一台平板式绘图机。1959 年,美国 Calcomp 公司根据打印机的原理研制出世界上第一台滚筒式绘图机。虽然早期的绘图机还不能实现交互设计,但它开创了由计算机辅助绘图代替人工绘图的历史,使古老的绘图技术有了突破性的发展。



20 世纪 50 年代末期,美国麻省理工学院林肯实验室研制出的空中防御系统,能够将雷达信号转换为显示器上的图形,操作者可以用光笔指向显示器屏幕上的目标图形,从而拾取到所需要的信息。这种功能的出现标志着交互式图形技术的诞生,进一步为 CAD 技术的诞生做好了物质准备。

### 1.2.2 初步应用期(20 世纪 60 ~ 70 年代)

1963 年,美国麻省理工学院林肯实验室的 I. E. Sutherland 在他的博士论文《Sketchpad: 一个人机通讯的图形系统》中首次提出了交互式计算机绘图的概念,并提出了计算机图形学、交互技术、分层存储符号的数据结构等新思想。在他所提出的系统中,可以用光笔在图形显示器上实现选择和定位等交互功能,并且计算机可以根据光笔指定的点在屏幕上画出直线,或者用光笔在屏幕上指定圆心和半径后可画出圆。尽管该系统比较原始,但这些基本理论和技术作为现代图形技术的基础,至今仍在使用。

20 世纪 60 年代中后期,专用 CAD 系统开始问世,标志着 CAD 技术已进入初步应用阶段。1964 年,美国通用汽车公司推出了世界上第一个机械 CAD 系统“计算机设计扩展系统”,它可用于汽车车身结构和外观设计。随后,IBM 公司和 LOCKHEED 公司又联合开发了著名的 CAD/CAM 系统“计算机图形增强与制造软件包(CADAM)”,具有绘图、二维线框模型建立、三维结构分析和数据加工等功能。

在硬件方面,1963 年,D. Engelbart 在斯坦福研制成功了世界上第一个鼠标器,尽管是木制的,但他的思想极大地影响了以后交互式绘图技术的发展。20 世纪 70 年代初,Xerox 公司发明了第一个数字化鼠标器,并于 1975 年宣布了鼠标器的规范。此外,20 世纪 70 年代中期出现的光栅扫描图形显示器,能以更高的频率对屏幕图形刷新,显示分辨率也不断提高,使得 CAD 技术得以更快地发展。

### 1.2.3 蓬勃发展期(20 世纪 80 ~ 90 年代)

20 世纪 80 年代以后,随着个人计算机(IBM-PC 及兼容机)、MS-DOS 操作系统以及其他计算机软、硬件的飞速发展,CAD 技术也进入了一个蓬勃发展的时期,大量的专用、通用 CAD 系统不断问世并不断更新,例如著名的 AutoCAD 软件的首个版本就是在 1982 年由 AutoDesk 公司推出的。CAD 技术除了在传统的航空、汽车、机械、化工、石油等工业领域得到应用外,还不断进入到教育科研、医疗卫生、行政事务管理等其他领域。图形系统和 CAD/CAM 工作站的销售量与日俱增,用户从大中型企业向小型企业不断扩展,在美国,安装有图形系统的计算机从 20 世纪 70 年代末的一万多台迅速发展 to 20 世纪 80 年代末的数百万台。

进入 20 世纪 90 年代后,CAD 软件的功能除了随着计算机图形设备的发展而提高外,其自身也朝着标准化、集成化和网络化的方向发展。科学计算的可视化、虚拟现实技术的应用又对 CAD 技术提出了许多更新更高的要求,这使得三维图形处理及显示技术在真实性和实时性方面都有了飞速的发展。





## 1.2.4 成熟完善期(21 世纪)

进入 21 世纪以后,低廉的价格使得高性能大容量存储的个人电脑几乎成为人手一台的基本工作、学习用具,网络技术的高速发展正在从方方面面改变着人类的社会生活方式。CAD 技术的发展也日趋成熟,大型通用 CAD 软件通常都具有良好的开放性、高度集成化的操作环境、标准化的图形接口以及实时共享的网络数据传输功能。而开发出具有图像识别、自然语言处理、专家系统、机器学习的智能 CAD 系统,已成为计算机科学的一大研究热点。CAD 技术深入地应用于机械、电子、建筑、土木、汽车、航空航天、化工、医学等各个行业和领域,为提高生产力和推动社会进步发挥了巨大作用。

## 1.3 CAD 系统的组成

CAD 系统包括硬件系统和软件系统两大组成部分。硬件系统即我们通常所说的计算机及其外部设备,软件系统包括操作系统、支撑软件和各种应用软件。

### 1.3.1 CAD 硬件系统

CAD 硬件系统是一个能进行图形操作的具有高性能计算能力及交互能力的计算机硬件系统。目前,微型计算机(个人电脑)的硬件系统都能满足 CAD 硬件系统的基本功能需求。

从组成上讲,计算机硬件系统包括运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备等五大部件。其中,运算器、控制器和内部存储器构成微型计算机的主机,外部存储器、输入设备和输出设备构成微型计算机的外设。

#### ■ 运算器(Arithmetic Unit)

是计算机中执行各种算术运算和逻辑运算操作的部件。运算器由算术逻辑单元、累加器、状态寄存器、通用寄存器等组成。算术逻辑运算单元的基本功能为加、减、乘、除四则运算,与、或、非、异或等逻辑操作,以及移位、求补等操作。运算器的处理对象是数据,所以数据长度和计算机数据表示方法,对运算器的性能影响极大。目前的微型计算机通常以 32 个或 64 个二进制位作为运算器处理数据的位数,即我们常说的 32 位系统或 64 位系统。

#### ■ 控制器(Controller)

由程序计数器、指令寄存器、指令译码器、时序产生器和操作控制器组成,它是计算机发布命令的“决策机构”,负责完成协调和指挥整个计算机系统的操作。计算机运行时,运算器的操作和操作种类由控制器决定。运算器处理的数据来自存储器;处理后的结果数据通常送回存储器,或暂时寄存在运算器中。运算器与控制器共同组成了中央处理器(CPU)的核心部分。

#### ■ 存储器(Memory)

是计算机系统记忆设备,用来存放程序和数据。计算机中的全部信息,包括输入的原始数据、计算机程序、中间运行结果和最终运行结果都保存在存储器中。它根据控制