



面向 21 世纪 课程 教材
Textbook Series for 21st Century

计算机辅助设计基础
吴永明 等

计算机辅助 设计基础

吴永明 沈建华 赵 慧 邓秋军

91.72
30

出版社



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

计算机辅助 设计基础

吴永明 沈建华 赵 慧 邓秋军



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内 容 提 要

本书是教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的研究成果,是面向 21 世纪课程教材,同时也是根据教育部提出的非计算机专业计算机基础教学三层次要求,由工科计算机基础课程教学指导委员会组织编写的“九五”规划教材。

本书以通俗易懂的语言,由浅入深地介绍计算机辅助设计的基本概念、基本原理及其应用。本书不同于通常以介绍具体命令用法为主线条来讲述 AutoCAD 软件的做法,而是使用一般的实际设计过程讲述 AutoCAD 软件的具体应用,是一本基本理论知识和具体软件应用技术相结合的教材,适用于高等学校非计算机有关专业计算机辅助设计课程的教材。授课时可以根据本专业的实际需要,对书中计算机图形知识和 AutoCAD 软件使用技术等方面有所侧重。

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助设计基础/吴永明等编. —北京:高等教育出版社,2000.7 (2001 重印)

面向 21 世纪课程教材

ISBN 7-04-007505-9

I. 计… II. 吴… III. 计算机辅助设计—高等学校—教材 IV. TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 29004 号

计算机辅助设计基础

吴永明 沈建华 赵 慧 邓秋军

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街55号

邮政编码 100009

电 话 010-64054588

传 真 010-64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 中国科学出版社

开 本 787×960 1/16

版 次 2000 年 7 月第 1 版

印 张 24.75

印 次 2001 年 5 月第 2 次印刷

字 数 450 000

定 价 20.90 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

教育部工科计算机基础课程系列教材

出版说明

为尽快实现国家教育部提出的计算机基础教学的基本目标,达到三个层次的教学基本要求,促进计算机基础教学水平上一个新台阶,教育部工科计算机课程教学指导委员会组织部分高等院校,在深入研究、探索和实践的基础上,并结合教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革”立项课题的研究,编写了相应的示范性教材,其中许多教材配有 CAI 课件。

这套系列教材主要是根据我国当前教学改革和建设的需要,按照三个层次的课程体系确定的。

第一层次:计算机文化基础。主要结合当今信息社会的文化背景学习计算机基本知识及基本操作技能。

第二层次:计算机技术基础。重点阐述计算机硬件、软件的基本工作原理和相关的基础知识,使学生具有使用当今流行的系统平台和开发工具构造应用系统的初步能力。

第三层次:计算机应用基础。该层次的内容将尽可能按照多数专业的应用需求,选择公共的计算机应用知识作为教学基础,为今后的专业应用奠定必要基础。

本教材已组织了十几种,工科计算机课程教学指导委员会还将根据计算机技术和应用的最新发展,组织一些新的和不同类型的教材,供各个学校使用。

按照计算机“文化、技术、应用”三个层次编写新的高起点系列教材,对于规范高等院校计算机基础教学、提高教学质量、深化教学改革均是有益的尝试。其中一定存在不足之处,敬请专家、广大教师 and 同学们提出宝贵意见。

教育部工科计算机基础课程教学指导委员会

1998 年 12 月

前 言

近 30 年来, 计算机辅助设计 (CAD) 技术在计算机的应用领域内得到了突飞猛进的发展。这主要是由于传统的设计方法已经越来越不能适应现代科技和生产的发展形势。近几年来, 我国对传统产业进行大规模改造, 以提高产品的设计和生产能力。CAD 技术作为提高生产力的有效手段在各行各业得到了普及, 并在实际应用中取得了良好的效果。为了适应 CAD 技术的教学需要, 我们在多年教学、科研实践的基础上, 参考国内外计算机图形学、计算机辅助设计与制造技术以及 AutoCAD 软件技术等方面的著作和有关文献资料, 编写了这本书。

本书共分十五章, 内容包括计算机辅助设计技术的应用和发展, CAD 系统的软件和硬件技术, 图形变换和裁剪, 曲线与曲面, 图形消隐技术, 图形软件标准化, 以及常用 CAD 软件系统 AutoCAD。

本书在编写过程中, 力求按照学生的认识规律和教学要求来阐明计算机辅助设计技术的基本概念和 AutoCAD 软件系统。在讲述理论的同时, 通过 CAD 软件系统的应用实例让学生能够做到学以致用。在讲述 AutoCAD 软件系统时, 摒除诸多书籍以讲述 AutoCAD 命令为主线的形式, 以实际的建筑方案的设计过程为主线来阐述 AutoCAD 的应用。使学生不仅能学会使用 AutoCAD, 更能学会应用 AutoCAD 进行设计的方法。

本书由同济大学吴永明教授、沈建华高级工程师、赵慧工程师、邓秋军讲师等共同参与编写。

由于编写时间较紧, 编者水平有限, 书中的欠缺和不足之处在所难免, 望广大专家和读者能给予批评指正。

编 者

2000 年 4 月

目 录

第一章 概论	1
1.1 CAD 技术的应用和发展	1
1.1.1 CAD 技术的应用	1
1.1.2 CAD 技术的发展历程	4
1.1.3 CAD 软件技术的发展历程	7
1.2 CAD 系统的硬件构成	13
1.2.1 CAD 系统中的计算机平台	13
1.2.2 大容量存储设备	14
1.2.3 常用图形输入设备	15
1.2.4 常用图形输出设备	17
1.2.5 通信与网络设备	21
1.3 CAD 系统的软件构成	22
1.3.1 CAD 系统的软件技术	22
1.3.2 CAD 系统对支撑环境的要求	23
1.3.3 CAD 系统中的软件环境	23
1.3.4 CAD/CAPP/CAM 集成系统	25
1.3.5 并行 CAD/CAM 集成策略与系统构架	26
1.3.6 PDM 技术与 CAD 系统	31
习题一	33
第二章 图形变换和裁剪	35
2.1 坐标系	35
2.1.1 笛卡儿坐标系与屏幕坐标系	35
2.1.2 绘图元素	38
2.1.3 基本图形元素生成算法	40
2.2 图形存储	45
2.3 图形变换基础	46
2.3.1 向量运算	46
2.3.2 矩阵运算	47
2.3.3 齐次坐标	48

2.4 二维图形的矩阵变换	49
2.4.1 二维图形的几何变换	50
2.4.2 二维图形的比例变换	51
2.4.3 二维图形的平移变换	52
2.4.4 二维图形的旋转变换	52
2.4.5 二维图形的错切变换	53
2.4.6 二维图形的对称(反射)变换	54
2.4.7 二维图形的组合变换	55
2.4.8 二维图形基本变换的齐次坐标表示	55
2.5 三维图形的矩阵变换	57
2.5.1 三维图形几何变换矩阵的一般形式	57
2.5.2 三维图形的比例变换	58
2.5.3 三维图形的平移变换	59
2.5.4 三维图形的旋转变换	60
2.5.5 三维图形的错切变换	61
2.6 透视投影变换	63
2.6.1 投影分类	63
2.6.2 正平行投影	65
2.6.3 斜平行投影	68
2.6.4 透视投影	70
2.7 图形裁剪	74
2.7.1 窗口与视图的变换	74
2.7.2 二维图形的裁剪	77
2.7.3 字符的裁剪	80
2.7.4 任意多边形的裁剪	81
2.7.5 三维图形的裁剪	83
习题二	85
 第三章 曲线与曲面	87
3.1 三次样条曲线	87
3.1.1 插值函数的定义	87
3.1.2 插值函数的表达式	87
3.2 自由型曲线	91
3.2.1 Bezier 曲线定义	91
3.2.2 Bezier 曲线性质	92

3.2.3 三次 Bezier 曲线	93
3.2.4 Bezier 曲线段的连续	93
3.3 B 样条曲线	95
3.3.1 三次 B 样条基函数	95
3.3.2 三次 B 样条曲线方程	96
3.3.3 三次 B 样条曲线的几何性质	97
3.3.4 三次 B 样条曲线的反算拟合	98
3.4 孔斯(Coons)曲面	99
3.4.1 混合函数	99
3.4.2 Coons 曲面表示	100
3.5 Bezier 曲面	101
3.5.1 Bezier 曲面的定义	101
3.5.2 双三次 Bezier 曲面	101
3.6 B 样条曲面	102
3.6.1 B 样条曲面的定义	102
3.6.2 三次 B 样条曲面	103
3.6.3 Coons、Bezier、B 样条曲面之间的关系	104
3.7 NURBS 技术	105
3.7.1 非均匀有理 B 样条(NURBS)曲线的定义	106
3.7.2 非均匀有理 B 样条曲面的定义	106
3.7.3 非均匀有理 B 样条曲线(面)的应用	106
习题三	109
第四章 图形消隐技术	111
4.1 平面立体图形的消隐	111
4.1.1 消隐的概念	111
4.1.2 常用的基本检测方法	113
4.1.3 凸多面体的消隐	113
4.1.4 凹多面体的消隐	114
4.2 三维图形的消隐	118
4.2.1 消隐算法中常用的检测方法	118
4.2.2 深度缓存(Z-buffer)算法	120
4.2.3 扫描线算法	121
4.2.4 优先度算法	123
习题四	124

第五章 图形软件的标准化	125
5.1 图形软件标准化的意义	125
5.2 图形核心系统 (GKS)	126
5.3 三维图形核心系统 GKS-3D	131
5.4 基本图形交换规范 (IGES)	132
5.4.1 IGES 的作用	132
5.4.2 IGES 的实体	133
5.4.3 IGES 的文件结构	133
5.4.4 IGES 的出错处理	134
第六章 AutoCAD 概况	136
6.1 AutoCAD 的基本功能	136
6.1.1 AutoCAD 的硬件环境	136
6.1.2 AutoCAD 的软件环境	137
6.2 AutoCAD 软件的使用	137
6.2.1 AutoCAD 软件的安装	137
6.2.2 AutoCAD 的基本操作	138
6.3 AutoCAD 命令的使用	141
6.3.1 选择项	141
6.3.2 参数	142
6.3.3 透明命令	142
6.3.4 文本视窗	143
6.3.5 功能键	143
6.4 AutoCAD 的服务功能	144
6.4.1 选择使用向导	144
6.4.2 使用默认设置	152
6.4.3 选择使用样板图	152
6.4.4 打开与结束退出图形文件	156
6.4.5 图形的保存	157
习题六	158
第七章 绘图组织准备	160
7.1 设置习惯的工作界面	160
7.1.1 设置常用的工具条	160
7.1.2 设置绘图工作区	164

7.1.3 设置绘图单位和文件自动存储时间	168
7.2 设置绘图环境	170
7.2.1 设置绘图边界	170
7.2.2 设置辅助绘图工具	172
7.2.3 设置常用的实体捕捉模式 (Object Snap Settings)	174
7.3 AutoCAD 的坐标系统及数据输入	178
7.3.1 坐标系	178
7.3.2 命令的输入	179
7.3.3 数据的输入	181
7.4 实体选择	183
7.4.1 实体	183
7.4.2 实体选择方式的设定	183
7.4.3 几种实体选择的方式	186
7.5 显示控制与视图控制	189
7.5.1 显示控制	189
7.5.2 平移视图	191
7.5.3 命名视图	192
7.5.4 刷新视图	193
习题七	194
第八章 基本建筑图素的绘制	196
8.1 绘制窗门	196
8.1.1 绘制窗	196
8.1.2 绘制门	199
8.2 绘制其他建筑图素	205
8.2.1 绘制浴缸	205
8.2.2 绘制抽水马桶	210
8.2.3 绘制洗脸盆	216
8.2.4 绘制煤气灶	221
8.2.5 绘制洗涤槽	229
8.3 建筑设计中常用符号举例	232
习题八	233
第九章 图块	235
9.1 建立图块	236

9.1.1 建立内部图块	236
9.1.2 建立外部图块	238
9.2 插入图块	239
9.3 分解图块	241
习题九	242
第十章 图形的组织	243
10.1 图层的作用与性质	243
10.1.1 图层的作用	243
10.1.2 图层的性质	243
10.2 建立新图层来组织图形	245
10.2.1 建立轴线层	246
10.2.2 设置轴线层的颜色	246
10.2.3 设置轴线层的线型	248
10.2.4 控制线型比例	252
10.2.5 设置其他图层	253
10.2.6 设置图层的状态	254
习题十	256
第十一章 绘制建筑单元的平面图	257
11.1 绘制轴线	257
11.2 建立双墙线	258
11.2.1 多重线绘制命令	258
11.2.2 设置多重线偏移量及线型	260
11.2.3 多重线编辑命令	264
11.2.4 建立双线墙	267
11.3 在墙线上开门窗洞口	271
11.4 调用建筑符号	273
11.4.1 插入门窗	273
11.4.2 插入卫生洁具设备	275
11.4.3 绘制厨房设备	276
11.5 绘制地板和地砖	277
11.5.1 图案填充的概念	277
11.5.2 图案填充命令	279
11.5.3 图案填充编辑命令	284

11.5.4 在指定区域内绘制地板和地砖	285
11.6 绘制楼梯间	287
11.6.1 镜像复制另一户	287
11.6.2 绘制楼梯间	288
习题十一	290
第十二章 文字注释	291
12.1 AutoCAD 中的文本字样设置	291
12.2 在图形中放置文本注释	294
12.2.1 动态文本注释命令(DTEXT)	294
12.2.2 绘制图框	296
12.2.3 在单元平面图中加文字	301
12.2.4 特殊字符	302
12.3 利用 MTEXT 命令放置一段文字	302
12.4 文字的编辑	306
12.4.1 编辑文字命令(DDEDIT)	306
12.4.2 用 DDMODIFY 命令修改文字特性	307
习题十二	309
第十三章 尺寸标注	310
13.1 尺寸标注的概念	310
13.1.1 尺寸标注的组成	310
13.1.2 尺寸标注的术语	311
13.1.3 尺寸标注工具条	312
13.2 尺寸标注格式	312
13.2.1 尺寸标注格式的建立	313
13.2.2 尺寸标注格式对话框命令的用法	314
13.3 使用长度尺寸标注	321
13.3.1 水平与垂直尺寸的标注	322
13.3.2 使用对齐标注	324
13.3.3 基线尺寸标注	325
13.3.4 连续尺寸标注	326
13.4 标注圆和圆弧	327
13.4.1 直径标注的方法	327
13.4.2 半径标注的方法	328

13.4.3 给圆或圆弧加上圆心标记	329
13.5 角度的标注方法	329
13.6 其他标注的方法	331
13.6.1 纵坐标尺寸的标注方法	331
13.6.2 旁注线的标注方法	331
13.6.3 标注公差	333
13.7 标注建筑平面图	335
13.7.1 建立尺寸标注样式	335
13.7.2 标注建筑平面图	337
习题十三	339
第十四章 图形的输出	341
14.1 设备设置操作	341
14.1.1 Display 配置功能	342
14.1.2 Pointer 配置功能	344
14.1.3 Printer 配置功能	346
14.2 图形输出	348
14.2.1 使用图形输出设备的步骤	348
14.2.2 输出设备的选择	350
14.2.3 笔参数的分配	352
14.2.4 绘图条件的指定	354
14.2.5 图纸尺寸的设置	356
14.2.6 角度与原点的设置	356
14.2.7 输出结果的预览	357
习题十四	358
第十五章 三维图形的绘制	359
15.1 三维实体绘制和编辑	359
15.1.1 高度与厚度	359
15.1.2 高度与厚度的设置	360
15.2 三维面	361
15.2.1 三维面的绘制	362
15.2.2 修改三维面边线的显示	363
15.3 三维网格面的绘制与编辑	364
15.3.1 M×N 矩阵	364

15.3.2 三维多边形网格面的绘制方法	364
15.4 用户坐标系	365
15.4.1 用户坐标系命令的用法	365
15.4.2 用户坐标系统的图标命令用法	371
15.4.3 视图	371
15.5 三维观察	373
15.5.1 三维视点的设置	373
15.5.2 隐藏三维物体的不可见轮廓线	376

第一章 概 论

20 世纪 70 年代后期以来, 一个以计算机辅助设计技术为代表的新的技术改革浪潮席卷了全世界, 它不仅促进了计算机本身性能的提高和更新换代, 而且几乎影响到全部技术领域, 冲击着传统的工作模式。以计算机辅助设计这种高技术为代表的先进技术已经、并将进一步给人类带来巨大的影响和利益。计算机辅助设计技术的水平成了衡量一个国家工业技术水平的重要标志。

计算机辅助设计 (Computer-Aided Design, 简称 CAD), 是利用计算机强有力的计算功能和高效率的图形处理能力, 辅助知识劳动者进行工程和产品的设计与分析, 以达到理想的目的或取得创新成果的一种技术。它是综合了计算机科学与工程设计方法的最新发展而形成的一门新兴学科。计算机辅助设计技术的发展是与计算机软件、硬件技术的发展和完善, 与工程设计方法的革新紧密相关的。采用计算机辅助设计已是现代工程设计的迫切需要。

本章简要介绍 CAD 技术的发展过程特点和应用, 对其常用的计算机及外围设备、图形输入/输出设备、CAD 系统的组成及其特点进行讨论, 并对 CAD 系统与 CAM 系统以及 PDM 系统的关系作了简要的介绍。通过本章的学习, 可使读者了解国内外常见的 CAD 系统的技术特点, 并能对 CAD 软件技术的发展有一定的了解。

1.1 CAD 技术的应用和发展

1.1.1 CAD 技术的应用

CAD 技术目前已广泛应用于国民经济的各个方面, 其主要的应用领域有以下几个方面。

1. 制造业中的应用

CAD 技术已在制造业中广泛应用, 其中以机床、汽车、飞机、船舶、航天器等制造业应用最为广泛、深入。众所周知, 一个产品的设计过程要经过概念设计、详细设计、结构分析和优化、仿真模拟等几个主要阶段。概念设计主要解决产品的造型外观, 在满足功能的前提条件下, 使产品外观与外界环境协调, 在现代设计中还应考虑对环境的影响, 当然还要考虑产品的整体结构、材

料及实现主要功能的机构。详细设计是要确定产品的详细结构,各零部件的设计,所以又称为部件设计,包括各零部件的尺寸、形状和结构。结构分析主要包括有限元分析,将对各部件及产品整体的结构进行力学性能、热学性能的分析。仿真模拟则主要是对产品进行装配模拟、运动机构模拟,进行干涉、碰撞分析。

现代设计技术将并行工程的概念引入到整个设计过程中,在设计阶段就对产品整个生命周期进行综合考虑,包括产品的功能、外观,对其可装配性、可生产性、可维持性、可循环利用性和环境的融合性等进行全面设计。

当前先进的 CAD 应用系统已经将设计、绘图、分析、仿真、加工等一系列功能集成于一个系统内。现在较常用的软件有 UG II、I-DEAS、CATIA、PRO/E、Euclid 等 CAD 应用系统,这些系统主要运行在图形工作站平台上。在 PC 平台上运行的 CAD 应用软件主要有 Cimatron、Solidwork、MDT、SolidEdge 等。国内各研制机构也相继推出了如高华(GHCAD)、大天 CAD、金银花 CAD、超人 CAD 等三维设计软件,以及如高华公司的 GHGrafting、凯思公司的 HiCAD、大凯公司的 BCAD、西安正直 CAD、乔纳森的中国 CAD、上海的白玉兰 CAD 等二维 CAD 软件。

由于各种因素,目前在二维 CAD 系统中 Autodesk 公司的 AutoCAD 占据了相当的市场,在其基础上也开发出了不少应用系统,如华中软件集团的 InteCAD、清华的 XTMCAD 等。它们结合中国国情,提供国家标准图库,使用户使用极其方便。

2. 工程设计中的应用

工程设计领域中 CAD 技术的应用也是比较早的,实际上,用计算机进行结构分析计算早在 20 世纪五六十年代就已开展,但真正在建筑、结构等领域应用 CAD 技术取得显著成效的,则是在 20 世纪 70 年代。当时由小型计算机组成的图形系统推出,并广泛应用于 CAD 工程设计领域。较早应用并得到工程界认可的是 Intergraph 公司推出的 CAD 系统。

我国工程界在 20 世纪 70 年代也已经开始应用 CAD 系统,并着手研制、开发适合中国国情的工程 CAD 系统,至 20 世纪 80 年代和 20 世纪 90 年代已形成了建筑、结构、水、电、暖设备等一系列工程设计软件。这类系列软件运行于微型计算机上,具有中国国家标准规范。其中比较流行的有 ABD、PKPM、APM、HOUSE 等。

归纳起来,CAD 技术在工程领域中的应用有以下几个方面。

(1) 建筑设计,包括方案设计、三维造型、建筑渲染图设计、平面布景、建筑构造设计、小区规划、日照分析、室内装璜(包括室内分隔、家具、环境装修)等各类 CAD 应用软件。

(2) 结构设计, 包括有限元分析、结构平面设计、框 / 排架结构计算和分析、高层结构分析、地基及基础设计, 钢结构设计与加工等。

(3) 设备设计, 包括水、电、暖各种设备及管道设计。

(4) 城市规划、城市交通设计, 如城市道路、高架、轻轨、地铁等市政工程设计。

(5) 市政管线设计, 如自来水、污水排放、煤气、电力、暖气、通信(包括电话、有线电视、数据通信等)各类市政管道线路设计。

(6) 交通工程设计, 如公路、桥梁、铁路、航空、机场、港口、码头等。

(7) 水利工程设计, 如大坝、水渠、河海工程等。

(8) 其他工程设计和管理工作, 如房地产开发及物业管理、工程概预算、施工过程控制与管理、旅游景点设计与布置、智能大厦设计等。

目前在工程 CAD 软件中集建筑、结构、水、电、暖设备于一体的集成化 CAD 软件尚不多见, 在国内开发和在市场上推出的软件大多为单项设计软件, 工程领域中集成化软件的开发也是当今软件开发商们集中关注的热点。此外, 科学计算可视化以及虚拟现实技术正应用于建筑物抗震、抗风、抗灾的分析研究以及虚拟建筑、室内漫游等现代化设计方法中, 具有广阔的应用前景。

3. 电气和电子电路方面的应用

CAD 技术最早曾用于电路原理图和布线图的设计工作。目前, CAD 技术已扩展到印刷电路板的设计(布线及元器件布局), 并在集成电路、大规模集成电路和超大规模集成电路的设计制造中大显身手, 并由此大大推动了微电子技术和计算机技术的发展。这方面 CAD 技术主要应用于原理图输入、逻辑性能和电路性能的模拟、掩膜和门阵列设计, 以及故障模拟等。CAD 技术的应用与发展推动了规模更大、集成化程度更高、体积更小的集成电路的设计和制造。如果没有 CAD 技术, 设计和制造超大规模集成电路是无法想象的。

4. 仿真模拟和动画制作

应用 CAD 技术可以真实地模拟机械零件的加工处理过程、飞机起降、船舶进出港口、物体受力破坏分析、飞行训练环境、作战仿真系统、事故现场重现等现象。

在文化娱乐界已大量利用计算机造型仿真出逼真的现实世界中没有的原始动物、外星人以及各种场景等, 并将动画和实际背景以及演员的表演天衣无缝地合成在一起, 在电影制作技术上大放异彩, 拍制出一个个激动人心的巨片, 如“未来世界”、“玩具总动员”、“侏罗纪公园”、“大灌篮”、“泰坦尼克号”等电影。

5. 其他应用

CAD 技术除了在上述领域中的应用外, 在轻工、纺织、家电、服装、制