



普通高等教育“十二五”卓越工程能力培养规划教材

CAD应用技术基础

田 凌 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”卓越工程能力培养规划教材

CAD 应用技术基础

主编 田 凌

参编 毛部生 苏孝钊 武园浩

段文睿 王占松



机械工业出版社

本书从 CAD 的基本概念出发,介绍了 CAD 技术的发展过程和相关技术,从应用的角度阐述了学习 CAD 技术的意义。为了使初学者能够从零起步、循序渐进地学习 CAD 技术,本书以由浅入深的方式讲述典型 CAD 软件的基础操作、基本图形元素绘制、高级操作和扩展功能,进而以典型应用案例的方式讲解了 CAD 技术在机械零件图、机械装配图、建筑施工图、给水排水工程图、暖通工程图、电气工程图等方面的应用。书中的案例涵盖了 CAD 技术的多个应用领域,是企业丰富实践经验的总结,具有较强的实际应用价值。随书配备了电子版课件和 CAD 软件,为教学提供了便利。

本书可以作为高等工科院校 CAD 技术课程的教材,也可以作为课程设计或实践教学的参考书,还可以作为企业开展 CAD 技术培训的教材,读者对象以大专院校学生和工程技术人员为主。

图书在版编目 (CIP) 数据

CAD 应用技术基础/田凌主编. —北京:机械工业出版社, 2013.6
普通高等教育“十二五”卓越工程能力培养规划教材
ISBN 978-7-111-42550-2

I. ①C… II. ①田… III. ①计算机辅助设计-高等学校-教材
IV. ①TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 102200 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:刘小慧 责任编辑:刘小慧 吴超莉 陈将浪 王海霞 任正一

版式设计:霍永明 责任校对:刘怡丹

封面设计:张 静 责任印制:李 洋

三河市国英印务有限公司印刷

2014 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·21 印张·528 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-42550-2

ISBN 978-7-89405-297-1 (光盘)

定价:48.00 元 (含 1DVD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前言

计算机辅助设计 (CAD) 是计算机技术在工程设计领域中较早获得应用的方法和技术, 随着信息技术和现代设计方法的快速发展, CAD 技术在机械、建筑、电气、电力等诸多行业中获得了越来越广泛和深入的应用, 成为工程设计领域中不可或缺的支撑技术。

当前, 企业面临的问题是如何用好 CAD 技术, 使之发挥出更大的作用。对于初入职场的高校毕业生而言, 熟练掌握 CAD 技术, 是顺利开展工程设计工作的基本技能之一。但是, 目前普遍存在的一种困惑是: CAD 的课程学了不少, CAD 的软件也学了不少, 却不能顺利承担起企业急需完成的任务。造成这种局面的原因之一是目前大多数 CAD 课程存在三多一少的情况, 即: 讲述 CAD 基本原理和基本方法比较多, 讲述 CAD 软件一般性功能及一般性使用方法比较多, 在学生做的训练题目中, 教师人为设计的针对软件使用技能的练习题目比较多, 而讲授或练习内容中来自于企业生产实践的实际应用案例比较少。弥补该不足的一种有效方法是改革 CAD 课程的教学模式, 增加以应用为导向的实践环节, 以生产实践中的真实案例作为训练题目, 使学生在掌握 CAD 基础知识和典型软件的基础上, 具备应用 CAD 方法和工具去解决实际问题的能力, 在面临新的实际任务时, 能够快速找到切入点。

因此, 本书的编写原则是以应用为导向, 以实践为手段, 便于学习, 便于实际操作。目的是为了顺应 CAD 技术的发展趋势, 适应企业对工程技术人才的更高要求, 配合卓越工程师教育的需要, 提升学生的工程素质和实践能力, 为教师组织开展实践教学提供参考, 为 CAD 技术的初学者提供一本能够快速入门、快速应用的教材。

本书力求做到以下几点:

(1) 开拓视野 本书的第一部分 (第 1 章) 介绍了 CAD 技术的基本概念、发展过程和相关技术, 从应用的角度阐述了学习 CAD 技术的意义, 使读者可以从多种角度和更广泛的应用领域认识 CAD 技术, 而不是仅仅局限于面向单一领域的特定 CAD 软件的操作方法。

(2) 轻松入门 本书的第二部分 (第 2 章至第 6 章) 以典型国产 CAD 软件浩辰 CAD 为应用平台, 从零开始由浅入深地讲述 CAD 软件的基本概念、基础操作、基本图形元素绘制、高级操作和扩展功能, 采用循序渐进的方式帮助读者系统地建立起 CAD 技术应用的知识体系。本书只讲解必要的基本操作, 简化了大量重复性内容, 避免像技术手册一样罗列繁多的技术细节。采用典型例子, 引导读者通过多种方式实现同一 CAD 模型的绘制, 通过练习与实践, 使读者在实际应用过程中, 逐步领会 CAD 软件的使用方法与技巧。

(3) 案例训练 本书的第三部分 (第 7 章至第 12 章) 采用了来自于生产实践的典型应用案例, 讲解了 CAD 技术在机械零件图、机械装配图、建筑施工图、给水排水工

程图、暖通工程图、电气工程图等方面的应用，读者通过对这些案例的分析和上机实践，可以较快地从一个个知识点的学习者转变为整体技术的实践者，体会用 CAD 技术解决实际问题的思路和方法，增强应用实践能力。书中的案例涵盖了 CAD 技术的多个应用领域，是企业丰富实践经验的总结，具有较强的实际应用价值，也可以作为读者今后运用 CAD 技术解决工作中实际问题的参考资料。

书中的资料一方面来源于作者多年从事 CAD 技术相关课程和机械制图相关课程的教学积累，另一方面来源于企业的工程实践。同时，随书配备了电子版课件和 CAD 软件，为教师授课和学生自学提供了便利，也为开展实践教学活动提供了良好的条件。

本书可以作为高等工科院校 CAD 技术课程的教材，也可以作为课程设计或实践教学的参考书，还可以作为企业开展 CAD 技术培训的教材，读者对象以大专院校学生和工程技术人员为主。

本书由清华大学田凌教授担任主编，毛部生、苏孝钊、武园浩、段文睿、王占松参编。浩辰公司为本书提供了大量的图例和应用案例，在此表示衷心的感谢。

由于 CAD 技术发展迅速，实践性强，作者的知识水平和实践经验有限，书中不足在所难免，敬请读者批评指正。

作 者

目 录

前言

第1章 CAD 技术基础知识 1

- 1.1 CAD 技术的基本概念 1
- 1.2 CAD 技术的发展与现状 1
- 1.3 CAD 相关技术 2
- 1.4 CAD 技术的应用 4
- 1.5 本章小结 4

第2章 浩辰 CAD 入门 5

- 2.1 浩辰 CAD 简介 5
 - 2.1.1 安装与卸载 5
 - 2.1.2 图形界面组成 6
 - 2.1.3 文件管理 8
- 2.2 绘图设置 11
 - 2.2.1 绘图环境设置 11
 - 2.2.2 坐标系统 12
 - 2.2.3 基本操作 13
 - 2.2.4 模型与图纸范围 16
 - 2.2.5 CAD 绘图的视图 17
- 2.3 出图与打印 18
 - 2.3.1 打印机与绘图仪的配置 18
 - 2.3.2 安装驱动程序 19
 - 2.3.3 绘图笔的设置 20
 - 2.3.4 自定义图纸尺寸 20
 - 2.3.5 打印样式 21
 - 2.3.6 打印图样 21
- 2.4 本章小结 22

第3章 基本图形元素绘制与编辑 23

- 3.1 基本图形元素绘制 23
 - 3.1.1 直线 23
 - 3.1.2 圆 23
 - 3.1.3 圆弧 23
 - 3.1.4 椭圆 24
 - 3.1.5 圆环 25
 - 3.1.6 多边形 25
 - 3.1.7 多段线 25
 - 3.1.8 多线 26
 - 3.1.9 图案填充 28
- 3.2 图形元素编辑 29

- 3.2.1 选择图形 30

- 3.2.2 删除图形 31

- 3.2.3 复制图形 31

- 3.2.4 移动图形 31

- 3.2.5 改变图形尺寸 31

- 3.2.6 改变图形形状 35

- 3.2.7 编辑多段线 42

- 3.3 特性操作 42

- 3.3.1 特性面板 42

- 3.3.2 特性匹配 43

- 3.4 应用实例 43

- 3.4.1 阶梯轴的绘制 44

- 3.4.2 底座零件的绘制 46

- 3.5 本章小结 48

第4章 图层、图块、文字与尺寸

标注 49

- 4.1 图层 49

- 4.1.1 图层介绍 49

- 4.1.2 创建图层 49

- 4.1.3 管理图层 51

- 4.1.4 控制图层 55

- 4.2 图块 55

- 4.2.1 图块介绍 56

- 4.2.2 定义图块 56

- 4.2.3 插入图块 66

- 4.2.4 管理图块 67

- 4.2.5 常用图块 70

- 4.3 文字 75

- 4.3.1 文字的形式 75

- 4.3.2 单行文字 75

- 4.3.3 多行文字 76

- 4.3.4 编辑文字 77

- 4.4 尺寸标注 79

- 4.4.1 尺寸标注的规定与组成 79

- 4.4.2 尺寸标注样式 80

- 4.4.3 常用标注样式 82

- 4.4.4 编辑尺寸标注 91

- 4.5 本章小结 94

第5章 绘图辅助工具	95	6.7.2 样条变直	122
5.1 夹点.....	95	6.7.3 超级填充	122
5.1.1 夹点介绍.....	95	6.7.4 二维布尔运算	125
5.1.2 使用夹点编辑对象.....	96	6.8 定制工具	127
5.1.3 夹点设置.....	96	6.8.1 系统变量编辑	127
5.2 栅格与捕捉.....	97	6.8.2 制作线型	127
5.2.1 栅格.....	97	6.8.3 连接外部数据	128
5.2.2 捕捉.....	97	6.8.4 显示外部数据	129
5.2.3 对象捕捉.....	97	6.9 表格工具	129
5.2.4 数字化仪.....	99	6.9.1 表格填写	129
5.3 极轴与对象追踪.....	99	6.9.2 分隔表格	130
5.3.1 极轴.....	99	6.9.3 多线拖动	130
5.3.2 对象捕捉追踪	100	6.9.4 单线拖动	131
5.4 查询.....	101	6.9.5 截线拖动	131
5.4.1 点坐标测量	101	6.9.6 文字定位调整	131
5.4.2 距离、角度查询	101	6.9.7 CAD 表格转 Excel	132
5.4.3 面积测量	102	6.9.8 AutoXlsTable	132
5.4.4 面域/质量特性查询	102	6.10 图档工具	136
5.4.5 图形信息查询	103	6.10.1 图纸比较	136
5.5 本章小结	104	6.10.2 图纸防修改	137
第6章 扩展工具	105	6.11 浩辰工具箱	137
6.1 图层工具.....	105	6.11.1 线线如弦	137
6.1.1 图层管理	105	6.11.2 通用交接	138
6.1.2 图层浏览	106	6.11.3 伸缩交接	138
6.2 图块工具.....	106	6.11.4 超级圆角	138
6.2.1 导入/导出属性值	107	6.11.5 交叉速断	139
6.2.2 替换图块	107	6.11.6 超级轴测	139
6.2.3 统计图块数量	108	6.12 本章小结	140
6.2.4 外部参照重定位	108	第7章 机械零件图设计	141
6.3 文本工具.....	109	7.1 轴类零件设计	141
6.3.1 文本外框	109	7.1.1 轴类零件的结构特点	141
6.3.2 增强文字编辑器	110	7.1.2 轴类零件快速设计功能	141
6.3.3 文字递增	110	7.1.3 传动轴绘图	141
6.3.4 线上写字	112	7.2 轴承类零件设计	149
6.3.5 字符修改	113	7.2.1 轴承类零件的结构特点	149
6.3.6 动态文字	113	7.2.2 系列化零件快速设计功能	149
6.3.7 弧形文字	115	7.2.3 圆锥滚子轴承绘图	150
6.4 标注工具.....	117	7.3 齿轮类零件设计	153
6.5 选择工具.....	118	7.3.1 齿轮类零件的结构特点	153
6.6 编辑工具.....	119	7.3.2 齿轮类零件快速设计	153
6.6.1 增强剪切	119	7.3.3 齿轮绘图	154
6.6.2 消除重线	120	7.4 箱体类零件设计	158
6.7 绘图工具.....	122	7.4.1 箱体类零件的结构特点	158
6.7.1 云线	122	7.4.2 齿轮泵机座绘图	159

7.5 本章小结	164	10.1.1 给水排水工程设计流程	234
7.6 习题	165	10.1.2 浩辰 CAD 给水排水设计软件 介绍	234
第 8 章 机械装配图设计	166	10.2 卫生间大样设计实例	234
8.1 减速器装配图设计	166	10.3 室外排水设计	244
8.1.1 减速器整体结构特点	166	10.4 本章小结	257
8.1.2 二级斜齿轮减速器绘图	167	10.5 习题	257
8.2 注射模具装配图设计	177	第 11 章 暖通工程图设计	259
8.2.1 注射模具的结构特点	177	11.1 暖通工程设计简介	259
8.2.2 燕秀工具箱快速设计功能	181	11.2 暖通工程设计流程	259
8.2.3 手机数据线端口外壳绘图	181	11.3 浩辰 CAD 暖通设计软件简介	259
8.3 本章小结	193	11.4 住宅分户计量采暖设计实例	260
8.4 习题	193	11.5 空调水系统设计实例	278
第 9 章 建筑施工图设计	201	11.6 本章小结	291
9.1 建筑设计简介	201	11.7 习题	291
9.1.1 建筑设计流程	202	第 12 章 电气工程图设计	293
9.1.2 浩辰 CAD 建筑设计软件介绍	202	12.1 电气工程设计简介	293
9.2 住宅建筑施工图设计实例	205	12.1.1 电气工程设计流程	294
9.2.1 绘制首层平面图	207	12.1.2 浩辰 CAD 电气软件介绍	294
9.2.2 绘制标准层平面图	216	12.2 住宅照明电气工程图设计实例	294
9.2.3 绘制屋顶层平面图	219	12.3 住宅防雷接地工程图设计实例	311
9.2.4 绘制住宅楼的立面图、剖面图及三维 模型	221	12.4 本章小结	316
9.3 住宅建筑室内设施布置	227	12.5 习题	316
9.4 本章小结	231	附录 浩辰 CAD 常用命令及缩写 (快捷键)	321
9.5 习题	232	参考文献	325
第 10 章 给水排水工程图设计	234		
10.1 给水排水工程简介	234		

第 1 章 CAD 技术基础知识

CAD (Computer Aided Design, 计算机辅助设计) 是一种用计算机硬、软件系统辅助人们对产品或工程进行设计的方法与技术, 包括设计、绘图、工程分析与文档制作等设计活动。它是一种新的设计方法, 也是一门多学科综合应用的新技术。

1.1 CAD 技术的基本概念

CAD 是近年来在产品设计、工程设计中广泛应用的一种全新的设计方法, 它集计算机强有力的计算功能、高效率的图形处理能力、以及最先进的产品设计理论与方法于一体, 最大限度地实施着设计工作中的“自动化”。它是综合了计算机科学与工程方法学设计的最新发展而形成的一门新兴学科。计算机辅助设计技术与计算机软硬件技术、工程设计技术密不可分, 相辅相成。计算机辅助设计技术在工程设计部门中广泛应用, 已使传统的设计方法与工作模式发生了根本性变化, 而且直接影响到工程实施, 产品制造等全过程。

CAD 要解决的是产品设计和工程设计中的“自动化”问题。整个设计的全过程, 都是 CAD 技术的应用对象。以产品设计为例, 一个新产品 (如飞机、火箭、汽车) 的设计过程, 一般要经历概念设计、详细设计、结构分析与优化、仿真模拟实验与定型等几个主要阶段。在每一个阶段中, 都包含着 CAD 技术的应用内容。分析整个设计过程的细节与 CAD 技术的特点, 不难发现 CAD 技术集中在结构设计、计算分析、数据查询、工程制图等几个重要环节上。

任何一项工程设计, 虽然最终的表现是工程语言图样资料, 但不能因此而认为工程设计就是画图, 同样不能认为计算机辅助设计就是用计算机绘图。当然, 绘图是设计中工作量极大的一个部分, 实现绘图工作的“自动化”, 是 CAD 研究的重要课题之一。为此, “计算机图形学”理论脱颖而出, 它专门研究通过计算机将数据转换为图形, 并在专用设备上显示的原理、方法和技术, 即把描述图形所必需的数据信息, 通过计算机加工处理呈现在显示设备或输出设备上, 实现数据的可视化。

由此看来, CAD 是一种先进的设计方法, CAD 不单纯是“计算机绘图”, “计算机绘图”是 CAD 技术的重要组成部分之一, CAD 系统应包含设计过程中的各个环节, 至少应包含设计计算、工程数据库及绘图处理 3 个部分。

通常, 一个完善实用的 CAD 系统是针对某个专业、某类设计、甚至是某种零件而研制的。这种系统除了以计算机图形理论作基础, 计算机绘图系统作手段外, 还必须要有专业设计工作所涉及的基础数学、设计理论、设计方法甚至专家经验等方面的知识, 几方面的知识合起来, 才能开发出实用的计算机辅助设计系统。因此, 可以说计算机辅助设计是一门跨学科的综合性强的高科技技术, 它在缩短设计周期, 提高设计质量, 降低设计成本及发挥设计人员创新思维等方面发挥着重大作用。大力开展 CAD 技术的研究和应用, 在国民经济发展中有着广阔的前景。

1.2 CAD 技术的发展与现状

CAD 技术开始于 20 世纪 50 年代, 经历了 50 年代与 60 年代的形成、70 年代的发展与

80 年代的兴旺,到现在已经在二维绘图、三维几何造型、参数化设计等方面取得了很大的成就,并已经达到普遍应用的地步。

CAD 技术的早期研究开始于计算机图形学和交互式计算机图形学。从 20 世纪 60 年代到 70 年代是 CAD 技术的发展初期,成为 CAD 技术发展的第一代。在这段时期,CAD 的含义是计算机绘图 (Computer Aided Drawing or Drafting),从而能够代替纸质的图版完成图形绘制的数字化。1960 年,Ivan Sutherland 使用 MIT 林肯实验室制造的 TX-2 计算机,开发了 SKETCHPAD,被认为是迈出了 CAD 工业的第一步。

第二代 CAD 技术的发展开始于 20 世纪 70 年代,主要技术特征是二维交互绘图系统及三维几何造型系统。在这一时期,曲面造型技术和实体造型技术获得了快速发展。美国 MIT 的 Coons 和法国雷诺公司的 Bezier 先后提出了新的曲面造型技术,使得人们可以使用计算机处理曲线及曲面问题。在此基础上,1977 年法国达索飞机公司 (Dassault Aviation) 开发出计算机辅助三维交互应用 (Computer Aided Three-dimensional Interactive Application, CAT-IA),实现了计算机的三维曲面建模。在实体造型技术方面广泛采用了实体几何构造法和边界表示法,并在 CAD 系统内部采用了数据库技术。实体造型技术采用基本体素和布尔运算来构造三维模型,在理论上有助于统一 CAD/CAE/CAM 的模型表达,给设计者带来很大便利。20 世纪 70 年代末期到 80 年代初,工业标准 IGES (Initial Graphics Exchange Specification, 初始图形交换规范) 和 STEP (Standard for the Exchange of Product model data, 产品数据交换标准) 的制定为 CAD 技术的进一步发展打下了坚实的基础。

第三代 CAD 系统的发展开始于 20 世纪 80 年代中期,在建模方法上出现了特征建模和基于约束的参数化和变量化建模方法。这一时期出现的 CAD 系统的特点是基于特征、全尺寸约束、全数据相关、尺寸驱动设计修改等。具有代表性的 CAD 系统为 Autodesk 于 1982 年推出的 AutoCAD 和 PTC 公司所推出的 Pro/Engineer。这些 CAD 系统都运行在个人计算机上,因此降低了成本,迎合了众多的中小企业的需要,使得 CAD 技术得到普及。

在 CAD 技术的经历了二维绘图、曲面造型、实体造型、特征造型、参数化设计、变量化设计等几次革命后,随着 CAD 技术微机化及计算机网络技术的普及化,网络 CAD 技术也将进一步深化,从而引发出并行设计等一系列的变化。在计算机网络环境下,从事零件设计与制造的各种技术人员并行参与同一产品的设计与制造过程,产生符合 CAD/CAM 集成系统各环节要求的产品数据,完成产品的制造,最大限度地发挥 CAD/CAM 集成系统的作用,大大缩短了生产周期,提高了产品质量。利用网络技术、分布式操作系统、分布式数据库等技术,使各工作阶段间的数据资源、硬件资源得以共享,大大降低了 CAD 系统的投资成本。

未来一段时期内,三维图形处理技术将有较大普及。科学计算可视化、虚拟设计、虚拟制造技术的研究进一步深化,应用则会逐步被广大企业接受,从零件应用逐步发展为产品应用。无图纸设计与生产逐步变为现实,波音 777 飞机是这一技术应用的典范,它从设计到生产全面实现了无图纸化。

未来的 CAD 系统将向专家系统与智能 CAD 系统方向发展。将人工智能技术和专家系统技术应用于 CAD 系统中,提高了 CAD 系统的智能化水平和专业化水平,更加准确高效地协助设计人员进行产品设计,这种 CAD 系统必将产生丰硕的成果。

1.3 CAD 相关技术

CAD 基本技术主要包括交互技术、图形变换技术、线框模型、曲面造型和实体造型技

术、特征建模技术、参数化与变量化建模技术等。

交互技术：在计算机辅助设计中，交互技术是必不可少的。交互式 CAD 系统指用户在使用计算机系统进行设计时，人和计算机可以及时地交换信息。采用交互式系统，人们可以边构思、边打样、边修改，随时可从图形终端屏幕上看到每一步操作的显示结果，非常直观。

图形变换：主要功能是把用户坐标系和图形输出设备的坐标系联系起来；对图形作平移、旋转、缩放、透视变换；通过矩阵运算来实现图形变换。

线框模型：在 20 世纪 60 年代发展的造型技术，起初用于二维 CAD 模型的建立，用户逐点、逐线地构建模型，其目的是使用计算机代替人工绘图。发展到三维造型时，线框模型利用线框和多边形构造三维形体。由于线框模型的重叠特性，需要经过人脑的转换才能呈现所表达的三维模型，并且线框模型难以表达曲面造型，因此在 20 世纪 70 年代逐渐向曲面造型和实体造型发展。

曲面造型：指在产品设计中对于曲面形状产品外观的一种建模方法。曲面造型方法使用三维 CAD 软件的曲面指令功能构建产品的外观形状曲面并得到实体化模型。曲面造型主要用于研究曲线和曲面表示、曲面求交及显示等问题。常用的曲面造型的表示方式有 Coons 曲面、Bezier 曲面、B 样条曲面以及非均匀有理 B 样条曲面（Non-uniform rational B-spline, NURBS）。曲面造型系统已广泛应用于汽车、飞机和船舶等产品的设计中。

实体造型：实体造型技术（Solid Modeling）是计算机视觉、计算机动画、计算机虚拟现实等领域中建立三维实体模型的关键技术。实体造型主要研究如何通过简单体素或特征的拼合构造复杂形体，通过这种方式形成的模型称为实体模型。实体造型技术是指描述几何模型的形状和属性的信息并存于计算机内，由计算机生成具有真实感的可视的三维图形的技术。

随着模型建立应用的范围不断扩大，逐渐产生了将线框模型、曲面模型和实体模型进行统一并融合成一体的需求。实现这一融合的典型三维建模内核包括 Parasolid 和 ACIS。这两种建模内核是当今主流的 CAD（SolidWorks、UG、CATIA、AutoCAD 等）、CAE（Abaqus、ANSYS Icem-CFD 等）和 CAM（CimatronE、MasterCAM、OneCNC 等）软件系统的几何建模内核。

特征建模技术：实体造型技术利用计算机存储了产品设计的三维几何与拓扑信息，但缺乏产品开发全生命周期所需的材料、加工特征、尺寸公差、几何公差、表面结构和装配要求等信息。按照特征建模的分类，零部件的特征类型可分为形状特征、装配特征、精度特征、性能特征和补充特征等。使用特征建模，可以从构形角度出发，选用对设计制造有意义的特征形体（如槽、凹腔、凸台、孔、壳、壁等特征）作为基本单元，从而拼合成零件。另一方面，在特征建模中除了几何、拓扑信息，其中包含了大量下游活动（计算机辅助工艺过程设计、数控编程等）所需的信息，形成了复合 STEP 标准的产品信息模型，从而为 CIMS（Computer Integrated Manufacturing System，计算机集成制造系统）及 CE（Concurrent Engineering，并行工程）环境下的 CAx 和 DfX 等集成打下良好的基础。

参数化与变量化建模技术：为了实现模型中各个元素间尺寸驱动的功能，并建立几何模型与工程计算间的联系，参数化和变量化技术采用约束表达产品的几何模型，用一组尺寸参数及工程设计参数来定义和控制几何模型。由此形成了使用参数值来驱动形状的能力，并可方便地修改设计形状或进行形状相似产品的系列化设计。另外，参数化与变量化的建模技术可以实现产品设计过程中方案设计、结构设计、工程绘图、装配设计、工程分析和运动仿真等各个环节间的数据共享和驱动。参数化建模主要对结构约束、尺寸约束、参数约束这 3 类几何元素进行约束，而变量化建模除了包含这些约束外，还包括面积、体积、强度、刚度、

运动学、动力学等工程约束的限制条件和计算方程。

一个 CAD 系统由硬件和软件两部分组成,要想充分发挥 CAD 的作用,必须要有高性能的硬件和功能强大的软件。先进的 CAD 系统的硬件由计算机及其外围设备和网络组成。计算机分为大型机,中小型机、工作站和微型计算机 4 大类。目前应用较多的是 CAD 工作站,国内主要是微型计算机和工作站。在现代大型企业中,单机 CAD 的工作方式已经不能满足要求, CAD 技术一般都在网络环境下使用。

CAD 系统的软件主要包括支撑软件和应用软件。支撑软件除了 Windows 等操作系统外,主要是指图形支撑软件平台。另一类是专业软件,它是根据本领域工程特点,利用支撑软件系统开发的解决本工程领域特定问题的应用软件系统,比如浩辰自主开发的基于 CAD 平台的系列专业软件。专业 CAD 应用系统是各专业根据各自的设计需要,利用通用 CAD 系统提供的二次开发工具或数据接口功能,将各类专业设计技术研制成 CAD 系统的各类设计工具和知识,从而使设计能直接按照专业设计的方法进行,大大提高了 CAD 系统的“设计”能力和效率。但这类 CAD 系统针对具体的专业进行开发,在专业设计方面不具备通用性。

1.4 CAD 技术的应用

目前, CAD 技术已广泛应用于工业制造、工程建设、电子电路、仿真模拟、广告设计、轻工棉纺、服装设计、平面设计等领域。特别是在科研部门,从人体工学直至分子键构型均采用 CAD 技术实现智能化、可视化的分析。

在制造业领域,现代的 CAD 过程往往与制造过程中的计算机辅助工艺规划 (Computer Aided Process Planning, CAPP) 和数控编程 (Numerical Control Programming, NCP) 联系在一起,形成集成的 CAD/CAM (Computer Aided Manufacturing, 计算机辅助制造) 系统。在机器制造业中,飞机、汽车、轮船、航天器,机床、模具等产品及零部件的设计全过程采用了 CAD 技术。当前多数 CAD 系统均集设计、绘图、分析计算、仿真等为一体。

在建筑工程设计中,房屋、结构、桥梁、管线、水渠、大坝、市政规划、室内装潢等都应用了 CAD 技术。近年来,随着计算机硬件性能的增强, CAD 技术也取得了飞速的发展,在结构设计中,可以采用有限元方法进行强度分析;在工程建筑设计中,可采用虚拟现实技术对建筑物抗震、抗风、抗实、防火、防水等能力进行模拟分析。

在电子电路方面, CAD 技术开始运用于原理图的绘制及布线工作,后来发展为从原理布线多层板设计全套功能,尤其在集成电路的设计制造中。可以说,没有 CAD 技术的应用,设计和制造大规模集成电路是不可能的。利用 CAD 技术,设计人员可以快速完成原理图电路性能分析,可靠性试验及故障模拟等工作。

1.5 本章小结

本章介绍了 CAD 技术的基本知识及 CAD 的发展,使读者能够对 CAD 有一个感性的认识。CAD 是一门专业性很强的技术,在不同行业和领域中 CAD 技术的表现形式具有很大差别。然而,作为一门伴随着计算机和信息技术而产生和发展的技术,不同专业所使用的 CAD 技术在本质上具有共同性——都是为了满足设计人员的设计需求,提高设计人员的设计效率和设计质量。

第2章 浩辰CAD入门

浩辰CAD是一款具有代表性的国产CAD软件，包括浩辰CAD基础平台和以此为基础的建筑、给水排水、电力电气、暖通和结构等面向不同行业的专用设计软件工具。浩辰CAD主要以二维CAD的绘图功能为主，同时具有一定的三维设计能力。作为一款与兼容主流CAD格式的软件，浩辰CAD在实现二维CAD软件基本功能的基础上，为不同行业的专业设计人员提供了大量的专业设计工具。这些工具能够帮助设计人员快速方便地完成绘图和计算工作。

2.1 浩辰CAD简介

2.1.1 安装与卸载

浩辰CAD分为标准版、专业版，两个版本功能不相同，但安装方式基本相同。下面以专业版为例来讲解浩辰CAD的安装过程。安装步骤如下：

- ❶ 双击浩辰CAD主程序执行文件，弹出【安装向导】对话框。
- ❷ 单击【下一步】按钮，继续进行安装。
- ❸ 弹出【浩辰CAD软件许可协议】对话框，如果用户同意软件许可协议，单击【是】按钮继续。
- ❹ 弹出【用户信息】对话框，输入用户信息后单击【下一步】按钮。
- ❺ 弹出【安装类型】对话框，如图2-1所示。如果购买的是单机版或者试用软件，可直接选择默认的单机版进行安装。如果购买的是网络版，安装时请选择网络版。
- ❻ 选择了正确的安装类型后，单击【下一步】按钮，弹出【安装选项】对话框，如图2-2所示。这里可以选择是否安装VBA及建筑软件数据接口。如果要使用VBA二次开发

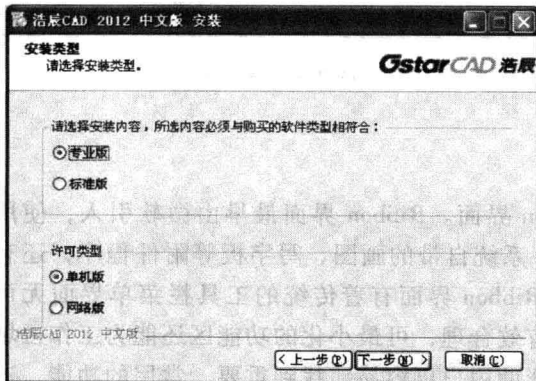


图 2-1 选择安装的版本和许可类型

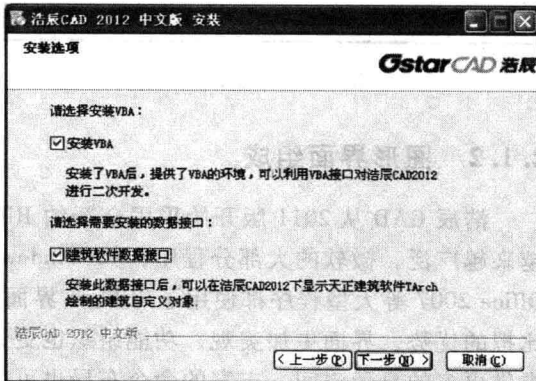


图 2-2 安装选项

程序, 则选择安装 VBA。建筑软件数据接口安装后可以直接读取天正高版本建筑软件的图样, 如果不需要读取天正高版本图样, 建议不要安装建筑软件接口。

单击【下一步】按钮, 弹出【选择目的地位置】对话框。单击【浏览】按钮可手动设置安装目录。

单击【下一步】按钮, 系统进入【开始复制文件】对话框。用户通过此对话框确认所输入的信息是否需要修改, 如果需要, 修改单击【上一步】按钮, 返回前面的对话框进行修改。如果不需要修改, 单击【下一步】按钮, 系统就开始安装软件。

提示:

系统安装完毕后, 还会安装提示安装 VBA 和 VC 的相关组件, 按提示选择是否直接运行软件或阅读帮助。设置选项后单击【完成】按钮即可完成软件安装。

在安装主程序的同时自动加载了卸载程序。利用卸载程序, 用户可以方便地将浩辰 CAD 从当前系统中卸载。卸载步骤如下:

选择操作系统菜单: 【开始】→【所有程序】→【浩辰 CAD 2012】→【卸载浩辰 CAD 2012】。

命令运行后弹出如图 2-3 所示的对话框, 单击【下一步】按钮, 程序自动卸载。

如果卸载过程顺利进行, 系统会弹出如图 2-4 所示对话框, 单击【完成】按钮, 完成卸载。

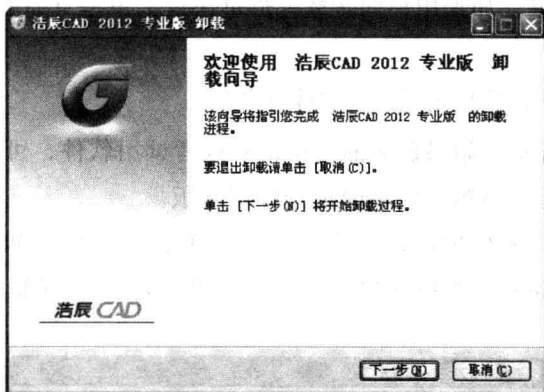


图 2-3 开始卸载

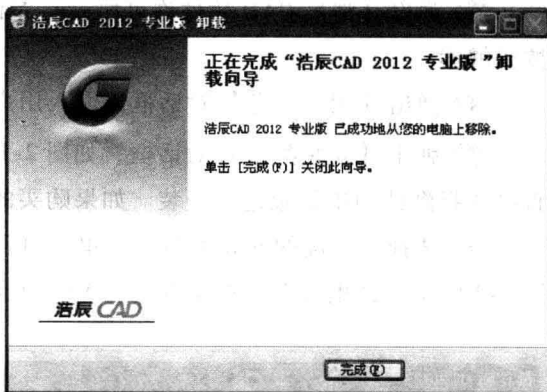


图 2-4 完成卸载

2.1.2 图形界面组成

浩辰 CAD 从 2011 版开始采用全新的 Ribbon 界面。Ribbon 界面最早由微软引入, 使用越来越广泛, 微软的大部分程序, 如 Windows 7 系统自带的画图、写字板等附件程序, 还有 Office 2007 等大型程序都使用了 Ribbon 界面。Ribbon 界面有着传统的工具栏菜单界面无可比拟的优势, 界面更加美观, 功能组织也更为有效合理, 可最小化的功能区还能为用户提供更多的显示空间, 丰富的命令布局也可以帮助用户更容易地找到重要、常用的功能, 这些优势将大大改善用户对软件的使用体验。

虽然 Ribbon 界面相对于传统界面有很多优点,但很多设计人员已经习惯了传统界面,熟悉新界面需要一个过程,因此,浩辰 CAD 2012 仍保留了传统界面,利用如图 2-5 所示菜单可以进行界面切换。

经典界面与旧版本界面相同,该界面主要由屏幕菜单、下拉菜单、工具条、命令行、绘图区和状态栏几部分组成,如图 2-6 所示。

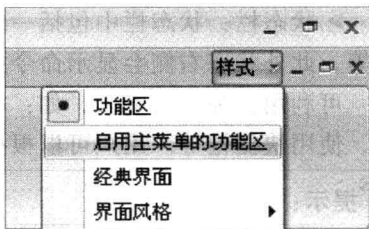


图 2-5 界面的切换

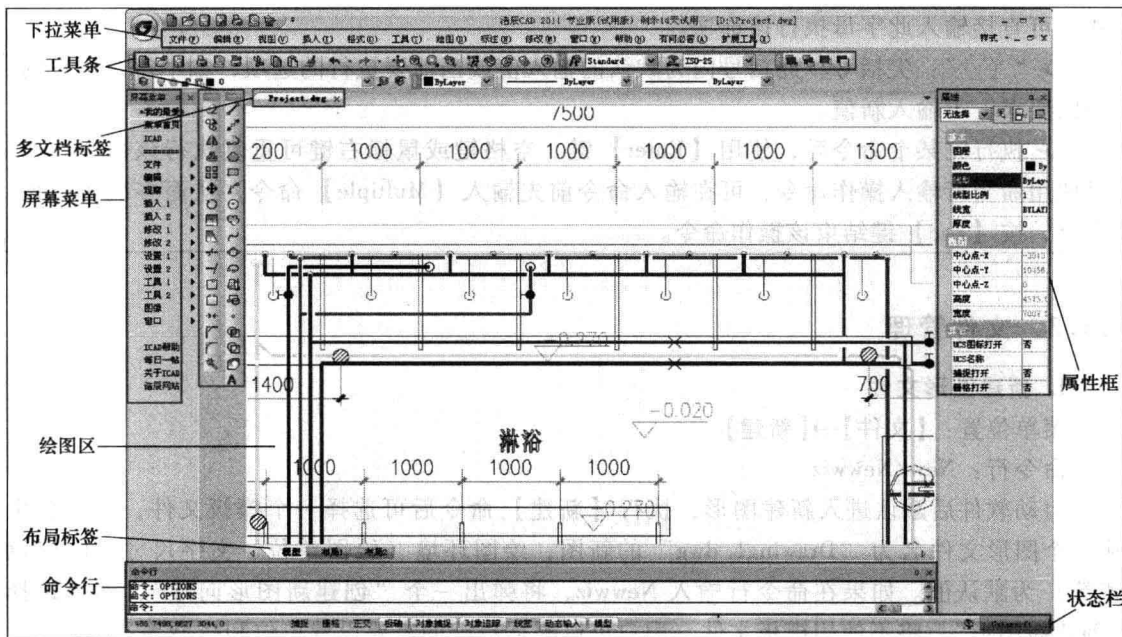


图 2-6 界面组成

➤ 下拉菜单：可以调用大多数命令。

➤ 工具条：可以通过单击图标按钮调用命令。工具栏可以打开或关闭，通常在界面里只显示常用的工具栏。

➤ 多文档标签：当打开多个文档时，此标签可显示打开文档的文件名，通过单击此标签上显示的文件名可快速切换或关闭文档。

➤ 屏幕菜单：屏幕菜单基本结构和下拉菜单一样，只是操作方式有所区别。在屏幕菜单顶部还有一个“我的最爱”。经常使用的命令会显示到“我的最爱”中，调用命令时可直接到“我的最爱”中选择。此屏幕菜单用在浩辰 CAD 平台专业软件中可以大大方便操作，如果只使用平台可将此菜单关闭，避免占用更多屏幕空间。

➤ 布局标签：显示模型空间和各个布局的名字，单击名字可在不同的布局和模型空间之间切换。

➤ 命令行：在界面底部的命令行中可输入命令，上面几行可显示命令执行历史。

➤ 属性框：用于显示和编辑对象的属性，选择不同对象属性框将显示不同的内容。在属性框顶部还有 3 个功能按钮，分别是：切换 PICKADD 参数的按钮（多重选择模式的开关）、对象选择按钮和快速选择按钮。

➤ 状态栏：状态栏中包括一些绘图辅助工具按钮，如栅格、捕捉、正交、极轴、对象追踪等，此外状态右侧会显示命令提示和光标所在位置的坐标值。

可利用多种方式输入，如：在命令行输入命令、在下拉菜单中选取、在工具条上单击按钮、使用快捷键等。用户可以根据自己的习惯来决定输入方式。

提示：

命令行中各种符号的约定：

➤ “/”：分割符号，将命令中的不同选项分隔开，每一选项的大写字母表示缩写方式，可直接输入此字母执行该选项。

➤ “〈〉”：尖括号，此括号内为默认的输入值或当前要执行的选项，如不符合用户的绘图要求，可输入新值。

➤ 执行完某个命令后，使用【Enter】键、空格键或鼠标右键可重复执行该命令。如果使用命令行输入操作命令，可在输入命令前先输入【Multiple】命令，从而多次执行该命令，按【Esc】键结束该操作命令。

2.1.3 文件管理

1. 新建图形文件

菜单位置：【文件】→【新建】

命令行：New/Newwiz

启动软件后默认进入新建图形，执行【新建】命令后可选择一个模板文件，系统会生成一个图形文件名为“Drawing1.dwg”的新图，绘图环境（绘图单位、文字尺寸、图层设置等）为默认值。如果在命令行输入 Newwiz，将弹出一个“创建新图形向导”，如果选择“创建新图形”，将不使用模板文件，用户可以根据自己的需要设置单位和线型等选项。

2. 打开图形文件

菜单位置：【文件】→【打开】

命令行：Open

Open 命令是打开已经创建的图形。能够打开 dwg、dxf、dwt 格式的文件，选中要打开的图形文件，然后单击【打开】即可。当图形文件已被其他软件打开时，可以只读方式打开。除此以外，还可输入一些其他格式的文件，如 3DSIN、ACISIN、WMFIN 等。使用 WMFIN 可以将扩展名为 .WMF 或 .EMF 的矢量图形文件插入到图纸中来。

3. 保存图形文件

菜单位置：【文件】→【保存】/【另存为】

命令行：Qsave /Save

绘图过程中，为了防止数据丢失或在图形完成后，需要及时将图形文件保存。存储的格式主要有 dwg 和 dxf。

（1）另存为选项的设置

在另存时可以进行一些保存的设置，选择【保存图为】对话框右上方的菜单：【工具】→【选项】，如图 2-7 所示，即可进入【另存为选项】对话框，如图 2-8 所示。

【另存为选项】对话框包括【DWG 选项】选项卡和【DXF 选项】选项卡。

【DXF 选项】选项卡如图 2-8 所示。【格式】选项可指定创建 ASCII 文件还是二进制 DXF



图 2-7 【保存图元】对话框

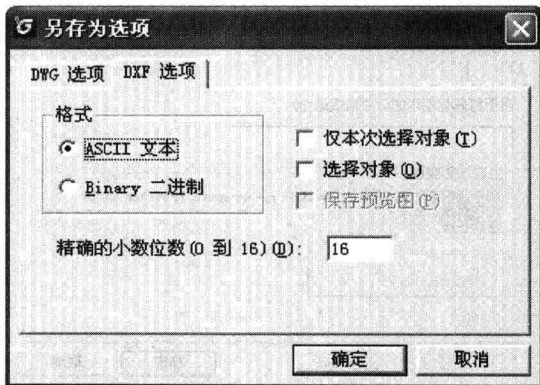


图 2-8 【另存为选项】对话框

文件。ASCII 格式的 DXF 文件可以使用文字编辑器阅读，与大量应用程序兼容。二进制格式的 DXF 文件包含 ASCII DXF 文件中的所有信息。由于二进制 DXF 文件经过压缩，所以读写速度比 ASCII 格式文件快。

勾选【选择对象】复选框来控制 DXF 文件是由选定的对象组成，还是由整个图形组成。如果勾选了此复选框，输出文件将只包括选定的对象以及其中包含块的块参照部分。输出文件不包含块定义表。

如果要以早期图形文件类型保存，或者图形包含另一个应用程序的自定义对象，可以选择“保存自定义对象的代理图像”。这样将会把自定义对象的图像保存在图形文件中。如果不选择此选项，将在图形文件中保存每个自定义对象的边框。这个选项也将设置 PROXYGRAPHICS 系统变量的数值。

单击【更多设置】按钮便打开【保存类型设置】对话框，从中可以选择更多可以保存的文件格式类型到文件格式选择列表框里面，如图 2-9 所示。

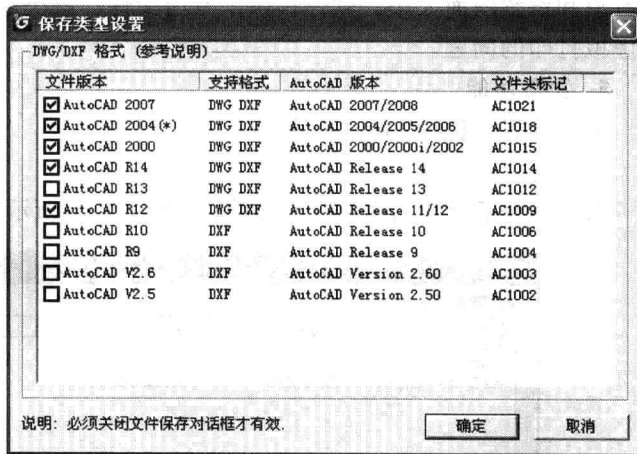


图 2-9 【保存类型设置】对话框

(2) 对保存的图纸进行加密

在【保存图元】对话框中选择右上方的菜单：【工具】→【安全选项】，即可进入【安全选项】对话框，在这里可以输入密码对图纸进行加密，同时也可以可以在“高级选项”中选择加密密钥提供方，所有加密提供者和 AutoCAD 完全相同，保证经过加密处理的图纸仍然能与 AutoCAD 实现完全兼容，如图 2-10 所示。

浩辰 CAD 软件在安装时已安装了 dwg 预览插件，该插件用来在 Windows 操作系统的资源管理器中显示微缩预览图样。在浩辰 CAD 中保存过 dwg 图样，即可在操作系统中进行预览。输入 OP 命令打开【选项】对话框，在【打开和保存】选项卡，可以设置是否在保存图样的同时保存微缩预览图像，如图 2-11 所示。