

高等学校培养应用型人才教材——计算机系列



计算机辅助设计教程

袁太生 主编
袁太生 金萍 江冰 编著



中国电力出版社
www.infopower.com.cn

高等学校培养应用型人才教材——计算机系列

计算机辅助设计教程

袁太生 主编
袁太生 金萍 江冰 编著

中国电力出版社

内 容 提 要

本书是“高等学校培养应用型人才教材”之一。

本书以计算机图形学为理论基础,以 AutoCAD 软件为教学模型,层次分明地阐述了 CAD 原理与应用技术。全书详细地介绍了 CAD 技术概况、计算机图形处理方法、交互式图形处理、AutoCAD 软件、文件系统与基本开发技术、高级语言与高级开发技术、CAD 系统开发方法与专业 CAD 系统开发指导,并附有详细的参考资料。

本书内容丰富、结构严谨,适合作为各类院校工科专业的教材或教学参考书,也可作为设计工作者、工程师的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助设计教程/袁太生主编. —北京:中国电力出版社,
2002

高等学校培养应用型人才教材

ISBN 7-5083-0327-X

I. 计… II. 袁… 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(2002)第 011756 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.infopower.com.cn>)

三河市实验小学印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2002 年 4 月第一版 2002 年 4 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 32.5 印张 734 千字

定价 39.80 元

版 权 所 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

高等学校培养应用型人才教材——计算机系列

编 委 会

主任委员:

宗 健 常明华

副主任委员:

顾元刚 陈 雁 杨翠南 林全新 华容茂

曹泰斌 魏国英 邵晓根 庄燕滨 邓 凯

吴国经 常晋义 许秀林 谢志荣 张家超

陶 洪 方 岩 刘广峰 丁 雁

委 员: (以姓氏笔画为序)

丁志云 及秀琴 王一曙 石振国 李 翊

吕 勇 朱宇光 任中林 刘红玲 刘 江

刘胤杰 许卫林 杨劲松 杨家树 杨伟国

郑成增 张春龙 闵 敏 易顺明 周维武

周 巍 胡顺增 袁太生 高佳琴 唐学忠

徐煜明 曹中心 曾 海 颜友钧 罗文广

43-2/57

序 言

进入 21 世纪,世界高等教育已从精英教育走向了大众教育。我国也适应这一潮流,将高等教育逐步推向大众化。培养应用型人才已成为国家培养国际人才的重要组成部分,且得到了社会各界的广泛支持。于是一大批有规模、有实力、规范化、以培养应用型人才为己任的高等学校得到了长足发展。这类高校办学的一个显著的特点是按照新时代需求和当地的需要来培养学生,他们重视产学研相结合,并紧密地结合当地经济状况,把为当地培养应用型人才作为学校办学的主攻方向。

这类学校的教学特点是:在教授“理论与技术”时,更注重技术方法的教学。在教授“理论与实践”时,更注重理论指导下的可操作性,更注意实际问题的解决。因此,这些学生善于解决生产中的实际问题,受到地方企事业单位的普遍欢迎。

为满足这类高校的教学要求,达到培养应用型人才的目的,根据教育部有关重点建设项目的要求和相关教学大纲,我们组织了多年在这类高校中从教,并具有丰富工程经验的资深教授、高级工程师、教师来编写这套教材。

在这套教材的编写中,我们提倡“实用、适用、先进”的编写原则和“通俗、精练、可操作”的编写风格,以解决多年来在教材中存在的过深、过高且偏离实际的问题。

实用——本套教材重点讲述本行业中最广泛应用的知识、方法和技能。使学生学习后能胜任岗位工作,切实符合当地经济建设的需要和社会需要。

适用——本套教材是以工程技术为主的教材,所以它适用于培养应用型人才的所有高校(包括本科、专科、技术学院、高职等),既符合此类学生的培养目标,又便于教师因材施教。

先进——本套教材所选的内容是当今的新技术、新方法。使学生在掌握经典的技术和方法之后,可用教材中的新技术、新方法去解决工程中的技术难题,为学生毕业后直接进入生产第一线打下坚实的基础。

通俗——本套教材语言流畅、深入浅出、容易读懂。尽量避开艰深的理论和长篇的数学推导,尽量以实例来说明问题,在应用实例中掌握理论,使学生轻松掌握所学知识技能,达到事半功倍的效果。

精练——本套教材选材精练。详细而不冗长,简略得当,对泛泛而谈的内容将一带而过,对学生必须掌握的新技术、新方法详细讲,讲透、讲到位,为教师创造良好的教学空间和结合当地情况调整教学内容的余地。

可操作——本套教材所有的实例均是容易操作的,且是有实际意义的案例。把这些案例连接起来,就是一个应用工程的实例。通过举一反三的应用,使学生能够在更高层次上创造性地应用教材中的新思想、新技术、新方法去解决问题。

本套教材面向培养应用型人才的高等学校,同时亦可作为社会培训高级技术人员的教材和需要加深某些方面知识技能的人员的自学教材。

编委会

前 言

计算机辅助设计 (Computer Aided Design, CAD) 是一门新兴的综合性学科。它主要研究和解决“产品设计过程中的自动化”问题,涉及到诸如优化与可靠性设计、结构与动态分析、数据库与知识库系统、图形学、美学、软件工程等许多学科领域。其中,计算机图形处理技术是突破 CAD 技术屏障的关键技术之一。近 20 年来,由于计算机硬件性能的极大提高与软件技术的飞速发展, CAD 技术在各类工程设计部门迅速普及,广泛应用,极大地缩短了产品设计周期并提高了产品性能指标, CAD 技术作为一种现代化设计方法和有效提高生产力的手段,已成为产品设计行业进行“技术革命”的首要途径,也是现代化企业的一个重要标志。CAD 技术的研究与讨论虽然由来已久,但从来没有过近年来这样大规模大范围的普及与深入,也从来没有过目前这样对 CAD 技术人才的大量需求。为了普及 CAD 技术,培养面向 21 世纪的技术人才,作者结合多年的教学经验和科研实践,参考了近年来出版的许多相关书籍、教材和科研论文编写了此书。

本教材的内容,主要由以下 4 部分组成:

第 1 部分 (第 1 章~第 5 章) 主要介绍 CAD 基本概念、基本理论和应用实践。

第 2 部分 (第 6 章~第 9 章) 主要介绍基本文件系统开发技术。

第 3 部分 (第 10 章~第 13 章) 主要介绍高级程序设计语言二次开发的高级技术。

第 4 部分 (第 14 章) 主要介绍两个小型的 CAD 应用实例,为 CAD 系统开发指导。

本书以教学为目的,以学会为原则,叙述力求简明扼要,通俗易懂,既有理论基础,又有应用技术实践,内容精增细舍,层次分明,知其然,也知其所以然。本书将由浅入深、循序渐进地引导读者进入全面开发适合工作需要的 CAD 软件的境界。

本书在阐述 AutoCAD 软件系统时,侧重介绍该软件基本命令的开发思路和软件的开发方法,回避了版本的局限和命令的堆积。同时在附录中全面介绍了 AutoCAD 命令、参数、系统变量及 LISP 函数、错误编码及信息,以备查用。

本书第 1、2、10、11、12、13、14 章及附录 6 由袁太生编写,第 6、7、8 章及附录 1、2、3、4、5 由金萍编写,第 3、4、5、9 章由江冰编写,全书由袁太生统编定稿。在编写过程中得到太原大学领导和同志们的大力支持和帮助,在出版时得到中国电力出版社领导大力帮助,保证本书的顺利出版,在此一并表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,错误和不当之处恳请专家和读者批评指正。

编著者
2001 年 9 月 20 日

目 录

序 言

前 言

第 1 章 CAD 技术概论.....1

1.1 什么是 CAD.....1

1.2 CAD 系统的硬件组成.....5

1.3 CAD 系统的软件组成.....8

1.4 AutoCAD 系统.....10

习题 1.....17

第 2 章 基本图形的计算机处理.....18

2.1 图形的几何表示与屏幕表示.....18

2.2 AutoCAD 中的实体生成命令及其参数.....25

2.3 图形变换.....32

2.4 图形裁剪.....38

2.5 图形填充.....40

2.6 图形消隐.....44

2.7 AutoCAD 中图形编辑命令及其参数.....46

2.8 AutoCAD 中图形显示命令及其参数.....56

习题 2.....58

第 3 章 图层与图块.....59

3.1 图层及其属性.....59

3.2 图块及其属性.....66

3.3 “零件库”的构造与应用.....75

习题 3.....78

第 4 章 工程尺寸标注.....79

4.1 标注概念.....79

4.2 标注类型及命令.....80

4.3 标注变量的功能与设置.....86

4.4 标注的编辑.....90

习题 4.....92

第 5 章 绘图设置与步骤.....93

5.1 图幅及单位	93
5.2 捕捉与目标捕捉方式	94
5.3 绘图的一般步骤	99
习题 5	109
第 6 章 命令参数、线型、图案及形文件的开发应用	110
6.1 AutoCAD 二次开发概述	110
6.2 命令参数文件 ACAD.PGP 的结构、功能及定义	111
6.3 线型文件的功能、结构及定义	115
6.4 图案填充文件的结构、功能及定义	122
6.5 形文件的功能、结构及定义	128
习题 6	143
第 7 章 菜单文件的开发	144
7.1 菜单文件的功能、结构及定义	144
7.2 工具栏的结构与创建	165
习题 7	181
第 8 章 命令组文件及其应用	182
8.1 幻灯片	182
8.2 命令组文件	186
习题 8	195
第 9 章 DXF 文件及其应用开发	196
9.1 文件功能	196
9.2 DXF 文件的生成	219
习题 9	223
第 10 章 AutoLISP 程序设计语言概述	224
10.1 文件系统开发的限制与高级语言开发的优势	224
10.2 高级语言开发与 AutoLISP 开发相辅相成的关系	224
10.3 AutoLISP 语言概述	225
10.4 AutoLISP 的基本函数	230
10.5 常用程序实例	236
习题 10	239
第 11 章 AutoLISP 程序设计	240
11.1 条件、分支与循环	240
11.2 输入与输出函数	247
11.3 图形处理函数	250

11.4 自定义函数	254
11.5 实体访问函数	260
11.6 文件操作函数	266
11.7 AutoLISP 程序设计举例	269
习题 11	276
第 12 章 AutoLISP 在 CAD 系统中的应用	277
12.1 数据的存储与检索	277
12.2 图形绘制与修改	280
12.3 工程标注技术	286
12.4 工程图的文字处理	290
12.5 其他杂例	291
习题 12	294
第 13 章 对话框及其应用	295
13.1 对话框概述	295
13.2 DCL 文件	305
13.3 对话框的程序驱动	309
13.4 对话框设计示例	313
习题 13	330
第 14 章 工程 CAD 系统开发举例	331
14.1 软件开发的基本方法	331
14.2 路面参数化绘图的实现	332
14.3 三角带轮 CAD 系统	347
习题 14	362
附录 1 AutoCAD 2000 中英文命令对照表	363
附录 2 AutoCAD 系统变量	374
附录 3 AutoCAD2000 主要文件及文件类型	419
附录 4 AutoLISP/Visual LISP 函数	424
F4.1 赋值、求值与禁止求值函数	424
F4.2 数值计算函数	424
F4.3 关系运算函数	426
F4.4 逻辑运算函数	426
F4.5 几何运算函数	428
F4.6 判断函数	429
F4.7 流程控制函数	430

F4.8	表处理函数	431
F4.9	字符串处理函数	432
F4.10	数据类型转换函数	433
F4.11	交互输入函数	434
F4.12	有关文件操作的函数	437
F4.13	打印输出函数	438
F4.14	有关函数的函数	438
F4.15	错误处理函数	440
F4.16	选择集操作函数	440
F4.17	与 AutoCAD 直接相关的函数	442
F4.18	实体操作函数	445
F4.19	符号表操作函数	446
F4.20	扩展数据操作函数	447
F4.21	内存管理函数	447
F4.22	对话框操作函数	448
F4.23	菜单控制函数	451
F4.24	数字化仪控制函数	452
F4.25	控制环境变量的函数	452
F4.26	词典操作函数	452
F4.27	应用程序操作函数	453
F4.28	VisualLISP 扩展函数	454
F4.29	有关 ActiveX 的函数	462
F4.30	与反应器有关的函数	471
附录 5	AUTOLISP 的错误信息表及错误代码表	493
附录 6	Visual LISP 集成开发环境	499
F6.1	功能简介	499
F6.2	启动与退出 Visual LISP 的 IDE	499
F6.3	VLISP 菜单	500
F6.4	控制台窗口	501
F6.5	文本编辑器	502
F6.6	调试 VLISP 程序	503

第 1 章 CAD 技术概论

在科学技术与生产实践活动中，“自动化”成为人们梦寐以求的理想目标。随着科学技术的不断进步，计算机不断地把人们的梦想变为现实，它辅助人们完成各行各业的工作。如在各类计划部门，计算机辅助计划（CAP）系统辅助工作人员“自动地”完成着计划的工作；在各类教学部门，计算机辅助教学（CAI）系统更加优秀地指导学生的学习；在生产制造部门，计算机辅助制造（CAM）系统按预定指令自动地生产着高精尖的产品；在各类工程设计部门，计算机辅助设计（CAD）系统则在辅助设计人员“自动化”地完成着产品、工程的设计工作。这些就是计算机辅助设计的由来。

近年来，由于计算机软硬件技术的飞速发展使计算机性能大幅提高、计算机技术的大量普及，计算机辅助设计技术也得到了突飞猛进的发展。它作为一种现代化设计方法和提高设计生产力的有效手段，在设计领域掀起了翻天覆地的革新浪潮，CAD 技术已是现代工程设计的必由之路。

本章将介绍 CAD 技术的基本概念，其发展历程和发展趋势，CAD 的技术特点及应用，CAD 系统的组成及与其他计算机系统的不同，CAD 技术与 CAPP、CAM、PDM 系统之间的关系，使读者对 CAD 技术概况有一个全面的了解。此外，从本章起，还将以通用的辅助设计软件 AutoCAD 为模型，逐步深入地展开对 CAD 软件技术的讨论。

1.1 什么是 CAD

1.1.1 CAD 的基本概念

计算机辅助设计（Computer Aided Design, 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。这种方法集计算机强有力的计算功能、高效率的图形处理能力 and 最先进的产品设计理论与方法为一体，最大限度地实现设计工作中的“自动化”，它是综合了计算机科学与工程方法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和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。由于 CAD 技术代表了现代最先进的设计技术，它的发展水平实际上已成为衡量一个国家工业技术水平的重要标志。

CAD 要解决的是产品设计和工程设计中的“自动化”问题，其含义不言而喻，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，都饱含着 CAD 技术的应用。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。事实上早已有人认为, 在产品的设计过程中, 那种曾经被认为技术性极强的工作(如繁杂的计算、大量查询数据、费时的工程制图等), 现在看来只能是设计工作中的“强体力劳动”了, 它们一直是阻碍设计创新的“瓶颈”问题。

任何一项工程设计, 虽然最终的表现是工程语言——图纸资料, 但不能因此而认为工程设计就是画图, 同样也不能认为计算机辅助设计就是用计算机绘图。当然, 绘图的确是设计中工作量极大的一个部分, 实现绘图工作的“自动化”, 当然是 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, 即把描述图形所必须的数据信息, 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, 它不仅是“计算机绘图”, “计算机绘图”只是 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、工程数据库和绘图处理三个部分。

通常, 一个完善实用的 CAD 系统并非包罗万象, 什么都可以设计, 而总是针对某个专业、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做基础, 计算机绘图系统做手段外, 还必需有专业设计工作所涉及的基础数学、设计理论、设计方法、甚至专家经验等专业方面的知识, 几方面的知识合作起来, 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很强的高科技技术, 它在缩短设计周期、提高设计质量、降低设计成本和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深远的意义。

1.1.2 CAD 的发展简史

计算机辅助设计的工作内容不仅对计算机本身提出了较高的要求, 而且对计算机外围设备特别是高速高性能的图形输入 / 输出设备提出要求。这一方面促进了计算机及其外围设备的发展, 同时, CAD 技术的发展与应用也依赖于计算机及其外围设备以及软件技术的发展。CAD 的整个历程大致可划分为如下几个阶段。

1. 准备、酝酿、诞生阶段 (1950~1960 年)

1950 年美国麻省理工学院 (MIT) 研制出用于“旋风 1 号”计算机上的一种图形显示设备, 其结构类似于示波器, 只能显示简单图形, 可以认为它是当今图形显示器的鼻祖。

1958 年美国 Calcomp 公司研制出滚筒式绘图机, 进一步为图形输出奠定了基础。

这一阶段计算机由电子管组成, 软件开发局限于机器语言, 没有图形输入设备, 因此 CAD 技术的探讨主要是科学计算的深入, 图形处理还不现实。

2. 蓬勃发展和初级应用阶段 (1960~1970 年)

1962 年美国麻省理工学院 (MIT) 研制出世界上第一台利用光速进行交互式绘图的系统 SKETCHPAD, 并首次提出了计算机图形学和交互技术等新思想, 为计算机辅助设计技术的发展应用打下了理论基础。

20 世纪 60 年代中期, 商品化的 CAD 设备出现了。美国 IBM 公司的计算机绘图设备和

通用汽车公司的多路分时图形控制台, 实际运用于汽车产品的设计。至 60 年代末, 美国已安装了几百台 CAD 工作站。

在这一阶段, 计算机图形学也有很大进展。孔斯 (Stave Coons) 提出了孔斯曲面与贝塞尔 (Pierre Bezier) 提出的贝塞尔曲面为 CAD 技术的三维应用打开了局面, 孔斯和贝塞尔被称为 CAD 技术的奠基人。

3. 广泛应用阶段 (1970~1980 年)

1970 年前后, 集成电路由小规模发展为中规模, 广泛应用于计算机系统, 使计算机系统的性能有了很大的提高。与此相关的计算机外围设备也有了很快的发展, 图形输入设备新品层出不穷。例如, 图形显示器、图形数字化仪和笔式及击打式绘图仪相继推出, 性能越来越好。与此同时, 绘图软件及其他 CAD 支撑软件也日趋完善, 市场上出现了面向中小型企业商品化的 CAD 系统, 主要运行在 CAD 工作站和小型计算机上。此时, 美国的工作站数量已达数千套, 使用人数超过 2 万人, 我国也在部分科研院所引进了一些图形工作站。

4. 突飞猛进阶段 (1980~1990 年)

这一阶段大规模和超大规模集成电路使计算机硬件平台性能飞速提高, 计算机向着“巨型”和“微型”两个方向迅速发展。微型计算机产品的面市, 标志着计算机普及时代的到来。1980 年美国阿波罗公司生产出第一台以超级微型计算机为平台的图形工作站, 接着 Sun、DEC、HP、IBM 等众多的计算机厂商都推出了自己的工作站产品, 所有这些产品均以性能优良、价格低廉、便于开发和应用 CAD 系统受到科技界和工业界的认可, 获以丰厚的市场回报。此时的软件技术也更加成熟, 二维、三维图形处理技术、真实感图形处理技术、结构分析与计算技术、模拟仿真、动态景观、科学计算可视化等各方面都已进入实用阶段。在美国, 1981 年 CAD 系统拥有量 5000 套, 1983 年超过 12000 套, 1988 年猛增为 63000 套, 可见这一阶段的 CAD 技术与应用获得极大的发展。

5. 日趋成熟阶段 (1990~2001 年)

这一阶段微型计算机系统性能已相当成熟, 基于微机的 CAD 系统越来越多, 由于它们价格低廉, 得到迅速普及, 这使得 CAD 技术有了更为广泛的应用, 同时也使人们更加关注 CAD 技术的标准化和完善化, 在这方面主要有几个表现:

- 标准化体系进一步扩充, 新标准不断完善

由于图形输入/输出设备不断更新换代, 软件技术越来越复杂, 使得开发通用型的 CAD 系统变得非常困难。主要问题是应用软件可移植性差, 即 CAD 系统应用软件在不同的操作系统平台上不能通用, 这对软硬件资源都是极大的浪费。为此必须制定一套图形软件标准来解决可移植性问题。1985 年 8 月, 前联邦国国家标准化组织制定的二维图形核心系统 (Graphics Kernel System, GKS) 被国际标准化组织接受为国际标准, 以后经过不断扩充被广泛应用。为处理三维图形软件的可移植性, 德国标准化组织又与国际标准化组织合作制定了三维图形软件标准 GKS-3D, 面向程序员的程序员分层交互式图形系统 (Programmers Hierarchical Interactive Graphics System, PHIGS), 面向数据文件交换的基本图形交换规范 (Initial Graphics Exchange Specification, IGES) 和产品模型数据的表达和交换标准 (Standard

For Exchange and Presentation of Product Model Data, STEP) 等国际标准相继制定, 它们对整个 CAD 体系的发展有重大的意义。

- 智能化研究成为热门课题

人工智能和专家系统本身是计算机软件科学的高层次应用研究, CAD 技术本身的目标是实现设计的“自动化”, 二者极为自然地结合出现了 AICAD (人工智能 CAD) 新学科。AICAD 把工程数据库、数据质量的系统、专家的知识库、经验库和用户接管理系统等融为一体形成智能 CAD 系统。这套系统在用户介绍、数据采集、模型自动生成、方案的优选、仿真模拟技术和多媒体技术等方面都使 CAD 应用系统锦上添花。

- 集成化研究主导发展趋势

产品设计与生产过程的“自动化”需求启示人们必须将计算机辅助设计 (CAD) 与计算机辅助制造 (CAM) 有机结为一体, 形成计算机集成制造系统 (CIMS)。通过长期研究探索, 人们发现, 产品设计生产过程归根到底是信息提取、交换、传递和处理的过程。所谓集成, 就是实现 CAD/CAM 之间信息的实时交换, 传递和共享。当前, 虽然出现了一些商品化的集成系统, 但在实际使用中仍有许多限制, 建立理想的集成系统, 彻底实现 CAD/CAM 支持的 CIMS 系统仍是人们追求的目标。

1.1.3 CAD 的发展趋势

在基础理论方面, 新的建模技术与绘制技术仍然是主要研究方向。建模技术使图形的表达更加精确、可靠, 并可在计算机上高效率的得到处理; 绘制技术则使图形的表达更加完美、真实。

随着 CAD 技术微机化和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, 避免了分散系统传递数据操作中出现的最大问题最大限度地发挥 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, 使各工作阶段的数据资源、硬件资源可以共享, 大大减少了 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, 传统的产品设计制造过程将彻底被淘汰。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, 其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, 这是未来 CAD 系统的一个发展方向。

1.1.4 CAD 技术的应用

目前, CAD 技术已广泛应用于国民经济的许多方面, 成效显著。应用普及的领域主要集中在工业制造、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, 特别在科研部门, 均采用 CAD 技术实现智能化和可视化的分析。

在机器制造业中, 飞机、汽车、轮船、航天器, 机床和模具等产品及零部件的设计全过程采用了 CAD 技术。当前常用的 CAD 系统集成设计、绘图、分析计算、仿真等为一体, 设计人员只需坐在电脑前, 充分发挥自己对产品的构思, 随心所欲地利用 CAD 系统构建产品模型, 加以分析计算, 反复修改后, 即可进行产品的仿真运行, 直至理想后输出图纸或加工代码即可。目前常用的这类软件有 UGII、I-DEAS、CATIA、PRO/E、ENCLID、Cimatron、Solidwork、MDT、Solidedge、高华 CAD、大天 CAD, 金银花 CAD、超人 CAD、正直 CAD、中国 CAD、白玉兰 CAD、INTECAD 和 XTMCAD 等。

在建筑工程设计中, 房屋、结构、桥梁、管线、水渠、大坝等, 甚至小区规划、室内装璜等都应用了 CAD 技术, 特别是在结构设计中, 很早就采用有限元方法进行强度分析。近年来随着计算机硬件性能的增强, 工程界复杂的图形处理工作交由 CAD 软件进行。使工程建筑设计采用虚拟现实技术, 对建筑物进行抗震、抗风、抗实、防火、防水等分析研究成为实用的现代化设计方法。这方面的软件系统主要有 ABD、PKDM、APM 和 HOUSE 等。

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。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。在这一领域, CAD 技术协助设计人员完成原理图构思、电路性能分析、可靠性试验和故障模拟等工作。这方面的应用软件主要有 EDA。

由于 CASD 技术的介入, 广告设计业近年来发展迅速, 电视电影中的三维动画扣人心弦, 仿真模拟以假乱真, 逼真的虚构拟现实效果令人堂目结舌。用于这方面的软件很多, 如 PHOTOSHOP 和 3DDRAW 等。

仿真模拟方面, 应用 CAD 技术模拟各种真实场景, 如机械零件加处理过程、飞机起降、船舶进出港口、建筑物厚力破坏、驾驶员场地测练、作战指挥和事故现场重现等。目前仿真软件大多是二次开发的专用系统。

纺织与服装业中, 主要用 CAD 技术进行印花拉花设计、款式排料设计和裁剪设计。

其他行业如轻工、化妆、盛器、模具、医药等行业中都有 CAD 技术的现实运用。

1.2 CAD 系统的硬件组成

1.2.1 对计算机的性能要求

由于 CAD 系统要处理大量复杂的数值计算和图形输入输出及变换, 因此对计算机的性能要求是较高的。首先计算机必须具有高速度和高精度的数值运算能力; 其次必须有快速

处理图形的能力。为此发展而成的专用计算机主要是图形工作站。近年来微型机的性能已经很高,在高档微机上配置特殊的图形处理部件后作为 CAD 系统硬件平台也相当不错。需要指出, CAD 系统对计算机性能的要求实际上是计算机本身性能的重要指标,这是没有终点的。事实上人们一直把性能最优越的计算机平台作为 CAD 系统的工作基础,这一点与其他应用系统对计算机平台的要求不同。

为了处理图形数据,大容量高速度的存储设备在 CAD 系统中广泛采用,这些设备主要是大硬盘、磁带和光盘等。当然软盘也不可避免的要用到,只是容量太小。

目前常用的图形工作站主要是美国 SUN 公司、HP 公司、DEC 公司、SGI 公司和 IBM 公司的产品。国内主要是联想公司、方正电脑及海信电脑公司的产品。

1.2.2 图形输入设备

图形输入设备主要用来将图形信息数字化。键盘和鼠标是计算机系统的标准输入设备,虽然也常用来输入图形,但比专用的图形输入设备在输入图纸的效率和效果上就相形见绌了。常用的图形输入设备有以下几种。

1. 数字化仪

形似一块图板,分为 A4、A3、A2、A1、A0 和 A00 几种规格,其分辨为 1250 线/时或 2500 线/时两种。接口常为串行口、USB 口和 SCSI 口。

数字化仪板下布满了半导体感应元件,自带鼠标器,在板上任何位置的单击都将按软件设定的状态通过接口输入计算机中一条命令或一个点坐标值(X, Y)。通常此板上划分为命令区和图形区两块,分别完成命令和图形的输入。与键盘和鼠标输入命令单击图形的区别是:用数字化仪输入命令是“单级”的,即不管多么复杂的命令,在数字化仪上均可“一点通”;键盘和鼠标往往需要多级选择,输入方式是“多级”的。此外用数字化仪输入图形,通常可以按 1:1 进行,尤如“爬图板”,这符合人们过去的绘图习惯。

数字化仪只适合输入“二值图”,对光栅图形无能为力。

2. 扫描仪

光学扫描仪在结构上分为平台式和滚筒式两种,一般 A4 和 A3 为平台式, A3 以上为滚筒式。分辨率通常为 400 线/时、600 线/时、1200 线/时、2400 线/时和 6000 线/时几种。接口有 SCSI、并行端口和 USB 等,以 SCSI、USB 接口居多。

利用扫描仪输入图形的优势是“自动”输入,光栅图和二值图均可扫描。缺点是光学扫描“面面俱到”,图形数据臃肿。对二值图来说,必须要对数据进行“矢量化”处理,这种处理过程是相当耗时的。

3. 数码相机

外观与普通像机无异,原理是在镜头的后面采用半导体感应元件记录光强及色彩,并由存储器存储相关数据,其摄像精度与感应元件密度有关。需要时通过接口电缆输入到计算机中,由软件接收数据并处理。

数码相机的优点是小巧方便,可近距离摄影,成像精度高,但使用技术比较复杂,需经专业培训方能较好完成图形采集任务。

1.2.3 图形输出设备

1. 显示器

显示器分为模拟和数字两大类,分别与相应的适配器匹配。常用显示器的规格为 14、15、17、20 和 21 吋。分辨率是显示器的一个重要指标,用作 CAD 系统的显示器最低分辨率应在 1024×768 以上,普通分辨率应为 1280×1024 或 1280×960 。点距与分辨率相关,有 0.39mm、0.28mm 和 0.22mm 几种,点距越小分辨率越高,配上合适的适配器,图形的真实感效果最佳。

CAD 系统的显示适配器为图形加速卡,与普通显卡的区别较大,它是专为处理三维图形的密集应用而设计的,这种应用主要特点是数据运算量大和对图形显示系统要求高。图形加速卡运用了专门的渲染芯片、显示芯片、缓存芯片、随机存储器数/模转换器(RAMDAC)等。在选择图形加速卡时,一定要与显示器综合考虑,才能使系统能力得到充分的发挥。

2. 绘图机

分为平板式与滚筒式两类结构,其原理均为电脉冲控制 X-Y 方向步进电机带动纸笔或喷头做相对位移而产生图纸。步进电机的单位移动量称为步距,步距越小,绘图精度就越高。因此步距是衡量绘图机性能的一个重要指标。通常的绘图机步距在 0.0625~0.1000mm 之间,高精度绘图机可达 0.001mm。实际应用中,0.050mm 的步距已使人感觉不到图形的阶梯状波动,所以 0.0625 的步距已可满足一般精度的要求。

一般说来,平板式绘图机(Flatbed Plotter)较滚筒式绘图机(Drum Plotter)结构复杂,精度也较高,寿命也较长,价格也较贵,但绘图幅面大受限制。滚筒式绘图机结构简单,精度适中,价格低廉,绘图幅面较大,很受欢迎。

目前喷墨绘图机(Ink jet Plotter)很受欢迎。它把墨水通过浸在喷头上的喷嘴以极高的频率喷射到介质上,形成单色或彩色图形。严格地控制纸质与喷洒速度,可以产生渲染效果的真实感彩图,这是笔式绘图机不能比拟的。这种绘图机具有机械结构相对简单,制造成本低、绘图速度快、精度高、质量好和噪音小等优点。其缺点是绘图成本较高,需专用墨水和专用纸张。

1.2.4 其他设备

除了图形显示器,绘图机作为专业图形输出设备外,常用于图形输出的设备还有点阵式打印机、激光打印机、喷墨打印机、热升华打印机、静电绘图仪、摄像机和扫描打印机等。

在网络环境下,大中小型计算机系统与图形工作站及个人计算机结为一体,共享网络上的软硬件资源,克服了个人计算机在 CAD 系统中的功能不足、速度低、容量小和外围设