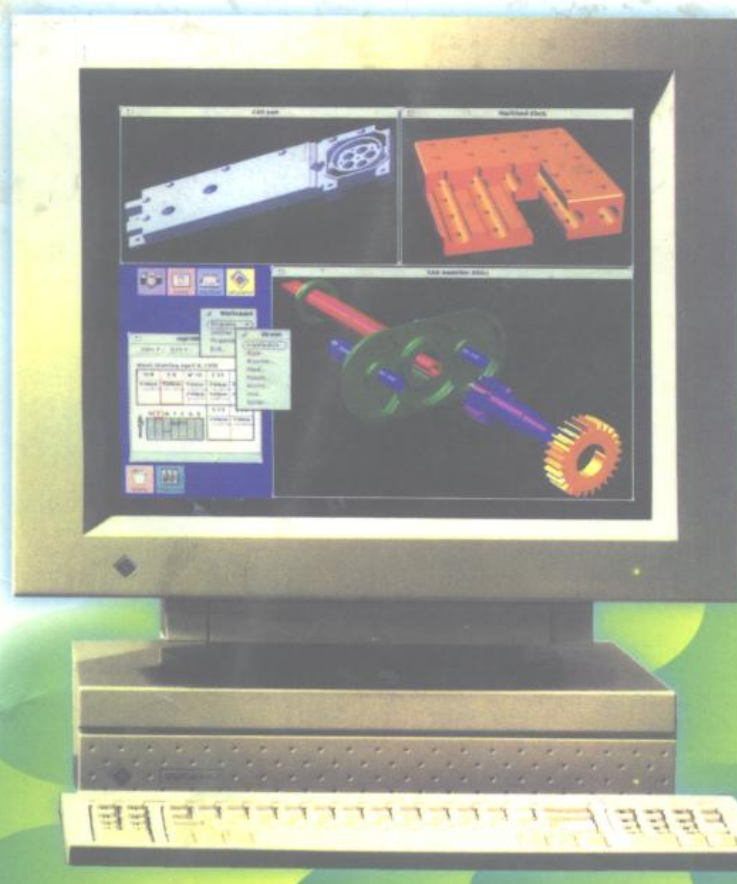


西安电子科技大学出版社



高等学校
电子信息类 规划教材



计算机绘图

许社教 主编

TP391.72
XSJ / 1

高等学校电子信息类规划教材

计算机绘图

许社教 化桂芳 璩柏青 等



西安电子科技大学出版社

1998

048145

内 容 简 介

本书是高等院校电子信息类机械、电子等相关专业的部级重点规划教材,可作为大专院校有关专业本科生、研究生学习计算机绘图的教材,也可供研究和应用计算机绘图、计算机辅助设计和制造技术的工程技术人员学习参考。同时本书还可作为学习 AutoCAD 绘图软件的教材。

本书突出计算机绘图的“工具性”这一特点,结合计算机绘图学科的发展,引入较为先进的 AutoCAD 绘图软件进行教学,并采用较为简练的 AutoLISP 语言进行绘图程序设计。教材中将计算机绘图基本理论和算法与 AutoCAD 软件融为一体介绍,并配有相当数量的习题,理论与实践结合较好。全书共分 8 章,主要内容包括:计算机绘图系统的组成、图形设备的结构与工作原理、绘图软件国际标准简介、AutoCAD 绘图软件的应用与开发、AutoLISP 绘图程序设计、二维图形处理与绘制、三维图形处理与绘制、曲线与曲面、几何造型技术与真实感图形生成技术等。各章均附有习题,附录中还提供了具有参考价值的材料。

JS376/09

高等学校电子信息类规划教材

计 算 机 绘 图

许社教 主编

责任编辑 李在贵

西安电子科技大学出版社出版

西安长青印刷厂印刷

陕西省新华书店发行 新华书店经售

开本 787×1092 1/16 印张: 24.25 字数: 578 千字

1998 年 5 月第 1 版 1998 年 5 月第 1 次印刷 印数: 1-6 000

ISBN 7-5606-0552-4/TP·0274(课)

定价: 24.50 元

出版说明

为做好全国电子信息类专业“九五”教材的规划和出版工作，根据国家教委《关于“九五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》和《普通高等教育“九五”国家级重点教材立项、管理办法》，我们组织各有关高等学校、中等专业学校、出版社、各专业教学指导委员会，在总结前四轮规划教材编审、出版工作的基础上，根据当代电子信息科学技术的发展和面向 21 世纪教学内容和课程体系改革的要求，编制了《1996—2000 年全国电子信息类专业教材编审出版规划》。

本轮规划教材是由个人申报，经各学校、出版社推荐，由各专业教学指导委员会评选，并由我部教材办与各专指委、出版社协商后，审核确定的。本轮规划教材的编制，注意了将教学改革力度较大、有创新精神和特色风格的教材，质量较高、教学适用性较好、需要修订的教材以及教学急需、尚无正式教材的选题优先列入规划。在重点规划本科、专科和中专教材的同时，选择了一批对学科发展具有重要意义，反映学科前沿的选修课、研究生课教材列入规划，以适应高层次专门人才培养的需要。

限于我们的水平和经验，这批教材的编审、出版工作还可能存在不少缺点和不足，希望使用教材的学校、教师、同学和广大读者积极提出批评和建议，以不断提高教材的编写、出版质量，共同为电子信息类专业教材建设服务。

电子工业部教材办公室

前 言

本教材系按电子工业部的《1996—2000 年全国电子信息类专业教材编审出版规划》，由机械电子工程专业教学指导委员会审定、推荐出版。本教材由西安电子科技大学许社教担任主编，高满屯教授任主审，谢仕聘教授任责任编委。

本教材的参考学时数为 40 至 60 学时，其主要内容有：计算机图形系统的组成、图形输入及输出设备、绘图软件国际标准、AutoCAD 绘图软件的应用与开发、AutoLISP 绘图程序设计、图形几何变换、二维图形裁剪、区域填充、几何交切作图、面素拼合构图、机械图样绘制、曲线与曲面、立体图的消隐处理、用 AutoCAD 绘制立体图并产生二维视图、几何造型技术与真实感图形生成技术等。教材的特点是：突出计算机绘图的“工具性”特点，为适应计算机绘图学科发展，引入较为先进的 AutoCAD 绘图软件进行教学，并采用较为简练的 AutoLISP 语言进行绘图程序设计；内容安排上将计算机绘图基本理论和算法与 AutoCAD 软件融为一体介绍，以求理论与实践相结合；同时还注意反映计算机绘图学科的一些最新发展。

本课程的先修课程为：“程序设计基础”、“工程制图”、“高等数学”等。由于计算机绘图实践性较强，为保证学习效果，教学时应安排充足的上机实践。

本书是在编者近几年本科计算机绘图教学、多次计算机绘图培训班教学所用讲稿基础上写成的，同时参考了国内外有关论著和教材，部分内容取材于编者的科研成果和研究论文。

本教材由许社教编写第 1、2、4、6 章，化桂芳、许社教编写第 5 章，璩柏青编写第 8 章及附录，杜淑幸、化桂芳编写第 3 章，化桂芳、严惠娥编写第 7 章。全书由许社教修改、定稿并统编。编者在此要特别感谢姚传治教授曾经给予的帮助和支持，还要感谢西安电子科技大学电子机械学院、教材科及出版社负责同志的关心和支持。李在贵教授为本书的出版付出了辛勤的劳动，在此一并致谢。

由于编者水平有限，书中难免还存在一些缺点和错误，殷切希望广大读者批评指正。

编 者

1997 年 9 月

目 录

第1章 绪论	1	3.3.1 AutoCAD 的基本概念	36
1.1 计算机绘图的发展和应用	1	3.3.2 AutoCAD 的软件、硬件环境	39
1.1.1 计算机绘图的概念	1	3.3.3 AutoCAD 的安装与启动	40
1.1.2 计算机绘图的发展概况	1	3.3.4 AutoCAD 的系统配置	41
1.1.3 计算机绘图的应用	3	3.3.5 命令及数据的输入	42
1.2 计算机图形系统的组成	5	3.4 AutoCAD 软件的人机界面与交互技术	44
1.2.1 计算机图形系统的功能	5	3.4.1 AutoCAD 的人机界面	44
1.2.2 硬件配置	6	3.4.2 AutoCAD 的交互技术	48
1.2.3 软件配置	7	3.5 AutoCAD 实用命令	49
1.3 计算机绘图的研究内容	7	3.6 AutoCAD 实体绘图命令	54
习题	8	3.7 AutoCAD 图形编辑命令	67
第2章 图形输入、输出设备	9	3.8 AutoCAD 绘图工具命令及询问命令	80
2.1 概述	9	3.9 AutoCAD 显示控制命令	84
2.1.1 图形设备分类	9	3.10 AutoCAD 图层、线型和颜色	86
2.1.2 几个坐标系	12	3.11 AutoCAD 尺寸标注	89
2.2 图形输入设备	13	3.12 AutoCAD 的图块和属性	98
2.2.1 图形输入板与数字化仪	13	3.12.1 图块	98
2.2.2 鼠标器	14	3.12.2 属性及带属性的图块	100
2.2.3 跟踪球与操纵杆	14	3.12.3 外部引用	103
2.3 光栅扫描图形显示器	15	习题	105
2.3.1 光栅扫描图形显示器的组成	16	第4章 AutoLISP 绘图程序设计及 AutoCAD 软件开发	109
2.3.2 光栅扫描图形显示器生成字符与图线的原理	20	4.1 AutoLISP 概述	109
2.4 笔式绘图机	24	4.1.1 AutoLISP 的数据类型	110
2.4.1 绘图机的类型	24	4.1.2 几个概念	111
2.4.2 绘图机的主要性能(技术)指标	26	4.1.3 AutoLISP 的程序结构	111
2.4.3 绘图机的插补原理	27	4.1.4 AutoLISP 程序的执行方式	113
习题	31	4.1.5 AutoLISP 的出错处理	113
第3章 绘图软件与 AutoCAD	32	4.2 数值运算函数	115
3.1 绘图软件及其标准化	32	4.2.1 算术运算函数	115
3.1.1 常用的绘图软件形式	32	4.2.2 三角函数	116
3.1.2 绘图软件标准化	33	4.2.3 其他数值运算函数	117
3.2 国际绘图软件标准	33	4.3 赋值函数	117
3.2.1 GKS 系统	33	4.4 几何运算函数	118
3.2.2 GKS-3D 系统	35	4.5 表处理函数	119
3.2.3 PHIGS 系统	35		
3.3 AutoCAD 绘图软件基础	35		

4.6	Command 函数	120	5.7.2	AutoCAD 的面素拼合功能	201
4.7	AutoLISP 绘图程序设计 ——自定义函数	121	5.8	机械图样的绘制	203
4.8	关系函数和逻辑函数	125	5.8.1	机械图样的标注	203
4.8.1	关系函数	125	5.8.2	零件图的绘制	205
4.8.2	逻辑函数	126	5.8.3	标准件图形库的程序设计	211
4.9	数据类型谓词函数	126	5.8.4	装配图的绘制	213
4.10	类型转换函数	127	习题		215
4.11	字符串处理函数	129	第6章	曲线与曲面	220
4.12	条件函数和顺序处理函数	129	6.1	概述	220
4.13	循环函数	131	6.2	规则曲线绘制	222
4.14	交互输入函数	134	6.3	拟合曲线	224
4.15	AutoLISP 绘图程序设计 ——自定义命令	135	6.3.1	三次参数样条曲线	224
4.16	系统变量函数	137	6.3.2	Bezier 曲线	227
4.17	文件管理函数	139	6.3.3	B 样条曲线	232
4.18	输入、输出函数	140	6.4	用 AutoLISP 处理数据文件并 绘制拟合曲线	238
4.19	实体访问函数	141	6.5	规则曲面绘制	243
4.20	AutoCAD 软件开发	143	6.6	拟合曲面	247
4.20.1	命令组文件	144	6.6.1	Coons 曲面	248
4.20.2	菜单文件	146	6.6.2	Bezier 曲面	249
4.20.3	图形数据交换文件	157	6.6.3	B 样条曲面	249
习题		164	6.6.4	用 AutoCAD 命令绘制 拟合曲面	250
第5章	二维图形处理与绘制	168	习题		253
5.1	二维图形变换	168	第7章	三维图形处理与绘制	257
5.1.1	基本变换	168	7.1	图形的表示与数据结构	257
5.1.2	齐次坐标	173	7.1.1	图形的几何信息和拓扑信息	257
5.1.3	组合变换	175	7.1.2	图形数据结构	259
5.2	窗口到视区的变换	178	7.2	三维图形的基本变换	261
5.3	图形的裁剪	179	7.2.1	几何变换矩阵	261
5.3.1	线段的裁剪	179	7.2.2	平移变换	261
5.3.2	多边形的裁剪	181	7.2.3	比例变换	262
5.4	区域填充	182	7.2.4	旋转变换	264
5.4.1	剖面线填充算法	183	7.3	平行投影变换	269
5.4.2	AutoCAD 软件的填充功能	185	7.3.1	正投影变换	269
5.5	图形字符的生成	189	7.3.2	正轴测投影变换	271
5.5.1	形的定义格式	190	7.3.3	斜轴测投影变换	272
5.5.2	形的描述方式	191	7.4	透视投影变换	273
5.5.3	形的调用	193	7.4.1	透视图及其分类	273
5.5.4	汉字的注写	194	7.4.2	点的透视变换	273
5.6	几何交切作图	195	7.4.3	立体的透视图	275
5.7	面素拼合构图	199	7.5	消隐处理	278
5.7.1	基本原理	199	7.5.1	概述	278

7.5.2 单个凸多面体的消隐算法	280	8.2.1 TIPS 系统	317
7.5.3 一般平面立体的消隐算法	281	8.2.2 PADL 系统	319
7.5.4 曲面的消隐处理	285	8.2.3 BUILD 系统	324
7.5.5 光栅图消隐算法	287	8.2.4 AutoCAD AME 系统	325
7.6 AutoCAD 软件的三维作图(一)	287	8.3 真实感图形与光照明模型	339
7.6.1 二维半图形的绘制	288	8.4 AutoCAD Render 真实感显示	345
7.6.2 真三维图形的绘制	292	8.4.1 AutoCAD Render 光源及 光照明原理	345
7.6.3 三维图形的消隐处理	295	8.4.2 从菜单中调用 AutoCAD Render 命令	347
7.7 AutoCAD 软件的三维作图(二)	296	8.4.3 真实感图形的生成	347
7.8 由三维立体产生二维视图	302	习题	352
习题	305	附录	353
第 8 章 几何造型技术与真实感图形 生成技术	307	附录 A ACAD.LIN 清单	353
8.1 几何造型及其基本理论	307	附录 B ACAD.LSP 程序清单	354
8.1.1 几何造型的功能及其应用	308	附录 C 文本编辑器 EDIT 的使用	363
8.1.2 几何造型方法的类型	309	附录 D AutoLISP 函数一览表	366
8.1.3 实体造型中形体的表示模式	311	附录 E AutoCAD 命令一览表	372
8.1.4 正则集合与正则布尔运算	315	参考文献	380
8.2 几何造型系统介绍	317		

第1章 绪论

计算机绘图是当前工程设计与工业生产技术革命的一个重要内容。本章主要介绍计算机绘图的发展和应用,计算机图形系统的组成以及计算机绘图的研究内容。

1.1 计算机绘图的发展和应用

1.1.1 计算机绘图的概念

计算机绘图也称计算机图形学,英文名为 Computer Graphics,简称 CG。它是伴随着电子计算机及其外围设备而产生和发展起来的,是一门新兴的边缘性学科,其研究内容和应用范围正在不断地扩展。关于计算机绘图的定义,一般认为,计算机绘图是应用计算机将数据转换为图形,并在绘图设备上进行图形显示或绘制的一门学科。

由于电子计算机只能接纳和处理数据,因此必须通过各种途径把图形转换成含有图形信息的数据。这一过程的实现称为图形输入。这里的数据可以是由用户给出的原始输入,如用于描述图形的几何数据、数学方程等;可以是计算机产生的中间结果;也可以是图形系统中由操作者下达的命令。数据转换即图形处理,它是计算机绘图的核心。经过处理后的数据虽然包含有图形信息,但不直观,将其以视觉形式展示在绘图设备上,这就是人们能够直接观察到的图形。

计算机绘图分被动式绘图和交互式绘图两种。被动式绘图在绘图过程中不能实时修改,如果要改图,则需从修改源程序做起,因而效率较低,只适合于某些应用场合。交互式绘图则可以实时修改,设计人员通过键盘或图形输入板等输入设备,以人机对话方式修改屏幕上显示的图形。交互式绘图技术先进,使用方便,目前在计算机辅助设计、计算机辅助制造中普遍采用。

1.1.2 计算机绘图的发展概况

计算机绘图起源于本世纪 50 年代,首先从美国开始。1950 年,第一台图形显示器作为美国麻省理工学院(MIT)旋风 1 号(whirlwind I)计算机的外围设备诞生了,它只能显示一些简单的图形。1952 年,美国麻省理工学院研制成功第一台用 APT 语言(自动编程语言)加工的数控铣床。这一发明创造启发了当时在美国学习的奥地利人 H. Joseph Gerber,他根据数控加工原理,为美国波音公司设计并生产了世界上第一台平台式绘图机。1959

年,美国 Calcomp 公司(California Computer Products Incorporation)根据打印机的原理研制了世界上第一台滚筒式绘图机,从此图形绘制进入了手工绘图和自动绘图并存的时代。在此之后,日本、西德、法国等都研制并生产了自己的绘图机以及与之相适应的绘图软件。这一时期计算机绘图的主要特点是:人们根据提供的绘图软件编写程序,然后将程序输入计算机进行处理,最后执行程序在屏幕上显示图形或驱动绘图机输出图形。由于在绘图过程中人们无法干预,因此这一时期的计算机绘图是被动式的。

1962 年,美国麻省理工学院林肯实验室的 Ivan E. Sutherland 发表了题为“Sketchpad: 一个人机通讯的图形系统”的博士论文,他在论文中首次使用了“Computer Graphics”这个术语,说明交互式计算机绘图是一个可行的有用的研究领域,为交互式计算机图形学奠定了基础。

70 年代及 80 年代初是计算机绘图的大发展时期。一方面硬件设备不断更新和发展,出现了基于电视技术的光栅扫描图形显示器、高精度的数字化仪以及绘图机等。另一方面,计算机绘图的理论及软件系统得到发展,确立了以曲线曲面拟合与光顺为研究内容的“计算几何学”,对曲线曲面的研究更深入、更全面,出现了 Coons 曲面、Bézier 曲线及曲面、B 样条曲线及曲面等有较高实用价值的曲线与曲面。围绕光栅扫描图形显示器研制了许多图形生成算法,如直线与圆弧的生成、隐藏面消除、真实感图形的生成等。在此期间,人们对曲面造型及实体造型的理论进行了较为系统的研究,出现了像 PADL-1、PADL-2、TIPS 等许多试验性的几何造型系统。随着各种各样绘图软件的出现,人们发现每种绘图软件都依赖于具体的图形设备,软件对硬件的适用性较差。为此,美国计算机学会(ACM)和西德标准协会(DIN)开展了对绘图软件标准化的研究。经过几次国际会议,最后把 GKS(图形核心系统)、GKS-3D 等作为国际绘图软件标准。GKS 采用了虚拟设备接口、虚拟显示文件以及工作站等概念,较好地解决了软件可移植性问题。

80 年代是计算机绘图技术成熟和推广应用阶段。计算机设计与制造技术的发展,导致计算机运算速度、集成化程度大大提高,硬件成本大幅度降低,廉价的微型计算机应运而生。由于微型机的普及,围绕微型机开发的绘图软件和计算机辅助设计软件层出不穷,如微机上比较著名的绘图软件有: AutoCAD、PD(Personal Designer)、CADKEY、MicroStation 等。与此同时,小型机和工作站价格降低,销售量大增,运行于小型机和工作站上且以图形处理为核心的计算机辅助设计、计算机辅助制造软件为数不少,著名软件有: I-DEAS、CADAM、PRIME MEDUSA 等。与此同时,人机工程学的发展带动了软件用户接口(即用户界面)水平不断提高,多窗口、下拉式菜单、弹出式菜单、对话框、图标菜单等高级交互技术普遍用于用户界面设计。为了充分发挥计算机的硬件资源和软件资源,网络技术日益受到重视,许多软件公司在其软件中增加了连网能力,以实现资源共享,具有连网功能的绘图软件和计算机辅助设计软件日渐增多。

90 年代计算机绘图的研究和发展有下面几个主要特点:

① 图形、图像的研究日益结合,许多商品化的图形处理系统同时具有图形、图像处理功能,这样的系统适应性、实用性更强。

② 动画技术和自然景物模拟技术的研究更深入,动画软件走俏。

③ 为提高 CAD/CAM 系统的集成化程度,特征造型理论和技术得到较快的发展。

④ 可视化技术、虚拟现实技术(环境模拟)的研究与应用更加广泛。

⑤ 多媒体计算机的发展带动语音输入设备的发展,语音输入设备作为计算机通用输入设备将走向市场。

⑥ 为适应多媒体计算机功能的要求,图像压缩、图形图像特技处理作为关键技术需要进一步去研究。

1.1.3 计算机绘图的应用

计算机绘图几十年的发展历程证明,它具有以下几个突出优点:

① 利用绘图机绘制工程图样可减轻设计人员的劳动强度,提高绘图速度。

② 提高绘图的准确度。这对绘制精度要求较高的图样(如用于照相制版的印制板图)尤为重要,而采用高精度的绘图机绘图能容易地做到这一点。

③ 计算机绘图与计算机辅助设计、计算机辅助制造相结合,能提高产品设计与制造的自动化程度,缩短产品设计与制造的周期。这对系列化、标准化程度越高的产品,效果越明显。

④ 形象、直观,便于人们很快理解事物或对事物作出判断。

⑤ 模拟与动画技术可省去很多麻烦,节约资金。模拟与动画技术在不需要实物、不进行现场操作、不进行真实实验等的情况下就可达到认识事物、作出正确结论以及培养技能等目的。

目前计算机绘图的主要应用领域有:

1. 计算机绘制工程图样

工程制图尤其是机械制图是设计中一项耗费大、效率低的工作,其工作量占整个设计的百分之七八十。因此,实现计算机制图是把人们从烦琐、重复的劳动中解放出来的有效途径。把各种常用的图形事先存入计算机内,设计时可随时调出使用,待整个图形(零件图或装配图)在屏幕上绘制好后,设计人员下达命令由计算机控制绘图机在图纸上绘出图样。计算机制图效率的高低取决于产品系列化、标准化程度的高低。要实现高效率的计算机制图,必须加强产品系列化、标准化的研究工作。

目前,侧重于绘图的 CAD(计算机辅助设计)软件种类较多,如在微机上使用的著名软件有:AutoCAD(Autodesk 公司)、PD(CV 公司)、MicroStation(Intergraph 公司)等。这些软件具有较强的绘图功能和良好的开发环境,既可直接用来绘制工程图样,又可作为开发专业 CAD 软件的支撑软件,它们是一种通用的 CAD 软件。

2. 计算机辅助设计和计算机辅助制造

计算机辅助设计,英文名为 Computer Aided Design,简称 CAD。计算机辅助制造;英文名为 Computer Aided Manufacturing,简称 CAM。CAD 和 CAM 是一个最广泛、最活跃的应用领域,广泛用于机械结构和部件设计,电子线路设计,建筑工程设计,服装设计,管道设计,飞机、汽车、船舶外形设计等等。在 CAD 阶段,通常是将设计结果以图形方式显示在屏幕上或者直接在屏幕上设计图形,设计人员对图形审查或修改,经过若干次人机交互修改后便可达到满意的设计结果。在 CAD/CAM 一体化的系统中,利用设计结果通过人机交互编写零件数控加工程序,然后在显示器上模拟零件的加工(显示被加工零件的形状、刀具轨迹及工装夹具的位置)。若加工程序不合格,可人机交互修改,直到合格为止。最后把加工程序送到数控设备上加工。

目前 CAD、CAM 软件种类较多,在结构方面具有代表性的软件有:

(1) I-DEAS(Integrated Design Engineering Analysis Software)软件

这是一个设计与工程分析集成软件,由美国结构动力研究公司(SDRRC)研制。该软件系统庞大,最新版本由 30 多个模块组成,包括零件设计、装配体设计、机构设计、曲面设计、钣金设计、塑料模具设计与分析、有限元分析、优化、绘图、热分析、实验数据分析、系统仿真、数控编程等等,功能相当齐全,是一个档次较高的 CAD 软件。

此外,美国 Applicon 公司的 Bravo 4.0 软件是一个功能与 I-DEAS 可匹敌的软件。I-DEAS、Bravo 等这类软件都是面向产品设计与制造的一体化软件,称其为 MCAE(机械计算机辅助工程)软件。

(2) Pro/Engineer 软件、MDT 软件

Pro/Engineer 由美国 PTC(Parametric Technology Corporation)公司推出,被称为新一代机械 CAD 系统。它是一个系列产品,目前已有 40 多个模块,在整个系统中各模块间全关联。该系统的突出特点是:采用统一的数据结构、单一的数据库;产品设计采用特征造型,使 CAD、CAM 达到真正的一体化;系统采用参数化尺寸驱动绘图,有利于设计修改和设计优化。Pro/Engineer 是目前最先进的机械 CAD 软件。

MDT(Mechanical Desktop)软件是美国 Autodesk 公司不久前推出的在微机上运行的机械 CAD 软件,它提供的设计方法有:二维设计或三维设计、实体造型或曲面造型,用户可采用二维设计或三维设计,也可以先进行二维设计再过渡到三维设计,设计方法比较灵活。系统主要设计功能有:参数化特征造型、NURBS 曲面造型、尺寸驱动绘图以及装配造型等。该软件还可集成一些应用软件模块,如优化设计、有限元分析、数控加工、钣金设计以及公差分析等,从而使从设计到制造实现了一体化。MDT 软件是最有影响的微机机械 CAD 软件。

(3) 通用机械 CAD/CAM 软件

该软件是国家“七五”重点攻关项目,由国内高校、研究所、厂矿等十几家单位联合研制,系统包含通用机械零部件设计与绘图、有限元分析、优化、工程数据库、数控编程等十几个模块,功能比较齐全。

(4) 模具 CAD/CAM 软件

有国内、国外的各种模具 CAD/CAM 软件,如冲裁模 CAD/CAM 软件、弯曲模 CAD/CAM 软件、注塑模 CAD/CAM 软件等。

在电子线路方面,由于电子线路设计比结构设计规范、简单,电子 CAD 软件较结构 CAD 软件更为成熟,其经济效益更为明显。目前微机上使用较多的电子 CAD 软件有:TANGO(其升级版为 Protel)、OrCAD、SmartWork 等。这些 CAD 软件大都能通过人机交互设计出电子线路原理图,然后由原理图自动生成印刷线路板图。设计人员可以对自动布线的印制板图进行适当的修改,待印制板图设计好后,用打印机或普通绘图机(笔式)在图纸上打印或绘出能直接进行照相制版的黑白图。如果用户拥有光绘图机(矢量光绘图机或激光光绘图机,前者是一种专用设备),可通过光绘图机直接生成含有印制板图的照相底片。

3. 计算机模拟与动画制作

利用计算机来产生物体随时间而变化的图形,这一技术称为动画技术。利用动画技术

以及色彩、明暗效应技术不仅可以生动地描述一些客观现象如液体流动、化学反应、物体结构在负载下的变形等,而且还能对自然环境进行模拟。例如,模拟飞行环境用于训练飞机驾驶员及宇航员,模拟汽车行驶环境用于训练汽车驾驶员等。在娱乐方面,利用计算机绘图技术制作计算机游戏,模拟云、雾、树木、花草、山峰、浪花、火花等自然环境来拍摄电影与电视等。

值得一提的是,计算机动画制作软件发展较快,目前已有为数不少的二维或三维动画软件,如二维动画软件 Animator Pro 1.3(Autodesk 公司)、三维动画软件 TOPAS 3.6(AT&T 公司)、3D Studio(Autodesk 公司)等。这些软件已达到实用化程度,可用于教学及参观演示、电视广告制作等。

4. 过程监控

使用计算机绘图技术可以对各种实时过程如工业生产、交通运输、火箭运行等进行管理。例如在发射火箭时,利用交互式图形系统可以把火箭运行的轨迹实时显示出来。如果不符合原定要求,可通过反馈(即改变控制参数)来控制过程的进行,这比用仪器、设备来观察和控制过程的进行要方便、有效。

5. 绘制各种图形和图表

利用计算机绘图技术可以绘制勘探、测量得到的各种图,如地理图、矿藏分布图、气象图、电场及电荷分布图以及其他各类等值线、等值面图等。还可以绘制生产管理与办公室自动化所使用的各种图表,绘制商业广告画等。把计算机显示技术与人工智能技术结合起来,就可用计算机来进行美术图案、绘画等美术创作。

6. 计算机辅助教学

计算机辅助教学,英文名为 Computer Aided Instruction,简称 CAI。计算机辅助教学是近十几年来发展起来的一个领域。由于计算机图形具有形象、直观、生动、图形产生容易的特点,因而能极大地提高学员的学习兴趣和教学效果。

1.2 计算机图形系统的组成

计算机绘图工作的实现是由计算机图形系统完成的。一个计算机图形系统是由若干硬件和软件组成的,硬件之间的连接关系称为硬件配置,软件之间的连接关系称为软件配置,硬件与软件只有结合起来才能完成预定的功能。

1.2.1 计算机图形系统的功能

一个计算机图形系统起码应具有计算、存储、输入、对话、输出五方面的基本功能。

1. 计算功能

除了数值计算外,还应包括图形设计的程序库、图形分析的程序库以及描述图形的图形数据库。在图形数据库中应有坐标的几何变换、曲线曲面的形成、图形的交点计算等功能。

2. 存储功能

在计算机的内、外存储器中能存放图形数据及其相互关系,便于有关信息的检索以及

图形的变更、增加、删除等处理。

3. 输入功能

通过键盘、图形输入板等输入设备能将图形的形状、尺寸以及必要的参数等送给计算机进行处理。

4. 对话功能

设计人员能通过显示器观看设计的结果和图形,对不满意的地方,能用图形输入设备以人机对话方式进行修改。

5. 输出功能

用于记录和保存设计结果,包括源程序、计算结果、设计图形等。根据需要,可以通过打印机、绘图机、纸带机输出结果,便于永久性保存;也可以通过磁盘、磁带等以文件形式输出,这种输出灵活性大,使用较广。

1.2.2 硬件配置

典型的图形系统硬件配置如图 1.2.1,它包括下面一些硬件。

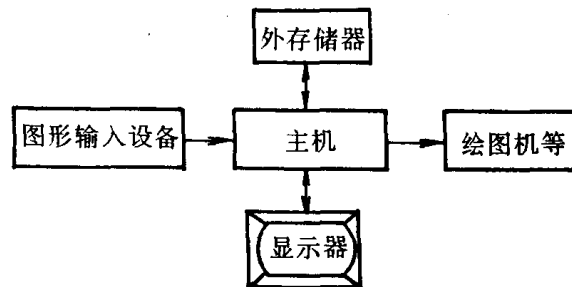


图 1.2.1 计算机图形系统硬件配置

1. 主机

主机主要由 CPU(中央处理器)和内存存储器(简称内存)组成。图形系统中的主机有大型机、中型机、小型机以及微型机。大型机、中型机、小型机为 64 位或 32 位,微型机有 286 机(16 位)、386 机(32 位)、486 机(32 位)、Pentium 机(32 位或 64 位)等。主机内存(RAM)可根据需要配置,如 1 MB(1 MB=1 KKB,1 KB=1 024 B(字节))、2 MB、4 MB、8 MB、16 MB、32 MB 等等。

2. 外存储器

包括磁带存储器、硬磁盘存储器(简称硬盘)、软磁盘存储器、光盘存储器等。目前微机上广泛使用硬磁盘存储器、软磁盘存储器和光盘存储器。外存储器的主要技术指标是其存储容量,如微机上的硬盘容量可达 1 GB(1 GB=1 KMB)以上,服务器上的硬盘容量可达几个 GB 以上;软磁盘存储器容量为 1.2 MB、1.44 MB 等。

3. 图形输入设备及图形输出设备

图形输入设备包括键盘、鼠标器、数字化仪、图形输入板等。图形输出设备包括显示器、打印机、绘图机等。关于图形设备的结构原理、性能等请参阅第 2 章。

1.2.3 软件配置

一个 CAD 图形系统,除了配置硬件之外,还必须配置成套软件才能有效地工作。软件系统按其用途分为三个层次:最内层是系统软件,中间一层是支撑软件,最外层是应用软件,如图 1.2.2 所示。

1. 系统软件

系统软件也称为一级软件,它包括各种操作系统(如 DOS、UNIX、Windows、Windows NT、Windows 95 等),各种高级语言系统(如 BASIC、FORTRAN、PASCAL、C 等),数据库管理系统(如 dBASE IV、FoxBASE、PARADOX 等),网络系统(如 Novell、Windows NT Server 等)。

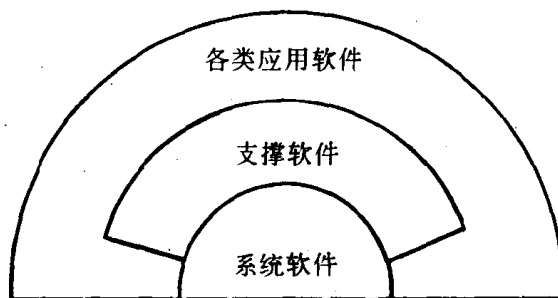


图 1.2.2 计算机图形系统的软件配置

2. 支撑软件

支撑软件也称为二级软件,它是软件公司、高级软件技术人员利用一级软件开发出来的,如绘图软件、动画软件、几何造型系统、有限元分析软件、热分析软件、各种软件平台等。支撑软件提供最基本、具有普遍意义的功能,它不针对某一行业、某一专业或某一类产品。图形支撑软件(即绘图软件)种类较多,适合微机使用的著名软件有 AutoCAD、PD、MicroStation、CADKEY 等。

3. 应用软件

应用软件也称为三级软件,它是专业技术人员或软件公司利用一级、二级软件开发出来的各类应用软件,如汽车 CAD 软件、各类模具 CAD 软件、建筑 CAD 软件、服装 CAD 软件、课程 CAI 软件等。

应用软件最能产生经济效益并形成生产力。现有的 CAD 软件绝大多数(如 AutoCAD、PD 等)都提供了二次开发手段供用户来开发自己的 CAD 应用软件。这种开发难度相对较小,且省时省力,是目前 CAD 应用的主要途径。

1.3 计算机绘图的研究内容

计算机绘图研究的图形分为两类。一类是用参数法描述的图形,称为参数图(通常简称为图形),如机械图样、电路图等。另一类是用点阵法描述的图形,称为像素图(简称图像),如油画、照片等。计算机绘图的研究任务就是如何用计算机来处理图形、图像,其研究内容分为硬件、软件、图形理论与算法三个大的方面。具体内容有:

- (1) 计算机图形系统的硬件配置,图形输入、输出设备的结构、原理及性能。
- (2) 绘图软件的设计与使用,各种绘图软件的开发研究,绘图软件的标准化。
- (3) 图形理论和算法,内容主要有:

① 图形变换,即对图形进行比例、平移、旋转、错切、反射变换和对物体进行投影

变换。

- ② 图形裁剪, 包括二维开窗裁剪、三维裁剪。
- ③ 二维、三维基本图形的生成方法。
- ④ 曲线、曲面的拟合、逼近与光顺。
- ⑤ 三维图形中隐藏线、隐藏面的消除。
- ⑥ 二维几何构型(解决二维图形的并、交、差运算)、三维几何造型、特征造型。
- ⑦ 真实感图形(即逼真图像)的生成。
- ⑧ 动画技术与动画软件设计。
- ⑨ 图形数据结构及图形数据库。

计算机绘图的研究内容并不局限于此。随着计算机技术的发展, 一些新的研究课题将会摆在计算机绘图工作者的面前。例如, 多媒体技术的兴起, 要求有适合于多媒体系统的图形生成理论和算法。分数维几何及其应用、虚拟现实技术、图形可视化技术等也是正在兴起的研究方向。可见计算机绘图的研究内容在不断发展和拓广。

习 题

1. 交互式绘图与被动式绘图有什么区别?
2. 计算机绘图有哪些优点?
3. 计算机绘图有哪些应用?
4. 提高计算机绘制工程图样效率的有效途径是什么?
5. CG 与 CAD、CAM 有什么关系?
6. 计算机图形系统应具备哪些功能?
7. 计算机图形系统的硬件、软件如何配置?

第2章 图形输入、输出设备

图形输入、输出设备是计算机图形系统中不可缺少的硬件。本章重点介绍光栅扫描图形显示器以及笔式绘图机的工作原理、性能等问题。

2.1 概 述

2.1.1 图形设备分类

在图形设备中，负责图形的形状、尺寸、绘图命令、菜单项及必要的参数输入的设备称为图形输入设备。显示或记录绘图结果的设备称为图形输出设备。图形设备的分类如下：

