



高等学校电子信息类规划教材

计算机绘图 (第二版)

■ 许社教 主编



西安电子科技大学出版社

<http://www.xduph.com>

~~✱~~ 高等学校电子信息类规划教材

计算机绘图

(第二版)

主 编 许社教

编 著 许社教 璩柏青 杜美玲

杜淑幸 严惠娥

西安电子科技大学出版社

2004

内 容 简 介

本书为国家“九五”部级重点规划教材《计算机绘图》的修订版。

本书突出计算机绘图“工具性”和“实用性”的特点,结合计算机绘图学科的发展,引入先进的 AutoCAD 2002 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。全书共分 8 章,主要内容包括:计算机绘图系统的组成、二维图形处理技术、绘图软件与交互技术及用户接口、AutoCAD 的二维绘图、AutoLISP 绘图程序设计、曲线与曲面及其绘制、三维图形处理技术、AutoCAD 的三维作图等。各章均附有习题,附录中还提供了我们开发的 AutoLISP 源程序。

本书可作为大专院校工科专业本科生、专科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 绘图软件的培训教材。

* 本书配有电子教案,需要者可与西安电子科技大学出版社联系,免费提供。

图书在版编目(CIP)数据

计算机绘图/许社教主编. —2 版. —西安:西安电子科技大学出版社,2004.6

高等学校电子信息类规划教材

ISBN 7-5606-0552-4

I. 计… II. 许… III. 自动绘图—高等学校—教材 IV. TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 040789 号

策 划 马武装

责任编辑 马武装

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http: //www. xduph. com

E-mail: xdupfxb@pub. xaonline. com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西画报社印刷厂

版 次 1998 年 5 月第 1 版 2004 年 6 月第 2 版 2004 年 6 月第 2 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 23

字 数 541 千字

印 数 6001~10 000 册

定 价 25.00 元

ISBN 7-5606-0552-4/TP·0274(课)

XDUP 0822012-2

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

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，经审核确定的。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

第二版前言

本书第一版为国家“九五”部级重点规划教材，由机械电子工程专业教学指导委员会审定、推荐出版。

在我国加入 WTO 后，在经济全球化、文化多元化以及人才国际化的背景下，不少有识之士将国际先进绘图软件 AutoCAD 作为计算机绘图或计算机图学课程的教学平台，并进行了大胆创新，把该软件内嵌的 AutoLISP 作为绘图程序设计语言，实践表明取得了很好的人才培养效果。我们在本书第一版教学改革成果的基础上，结合计算机绘图学科和 AutoCAD 软件的发展，并采纳教材使用单位的建议，编写了第二版教材。与第一版相比，第二版作了以下修改：

1. 采用 AutoCAD 2002 作为教学软件，以吸收 AutoCAD 的最新成果。

2. 教材按模块化编写。计算机绘图的基本理论和算法集中安排在第 2、3、6、7 章介绍，AutoCAD 软件的操作集中安排在第 4、8 章介绍，AutoCAD 的编程及开发集中安排在第 5 章介绍，这样的编排既便于教学安排，又便于系统地学习某方面内容。

3. 增加了交互技术与用户接口、最小二乘法拟合曲线、颜色模型等内容，以进一步增强教材的系统性。

本书的教学目标是培养“两个能力一个基础”。两个能力是“甩掉图板”的能力和具有一定的针对实用绘图软件的二次开发能力，培养二次开发能力是为专业 CAD 软件的开发打好基础。一个基础是掌握好计算机图学的基本理论和算法，为后续深入研究图形学和软件设计打好理论基础。

本书参考学时数为 40~60 学时，先修课程为“计算机文化基础”、“高等数学”、“线性代数”、“工程制图”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，书中提供了较多的练习题供上机选用。

本书由许社教主编，许社教编写第 1、7、8 章，璩柏青编写第 2 章，杜美玲编写第 3、4 章，杜淑幸编写第 5 章、附录，严惠娥编写第 6 章。在此感谢西安电子科技大学出版社对本书出版的一贯支持。

由于编者水平有限，书中难免还存在一些缺点和错误，恳请读者批评指正。

编 者

2004 年 3 月

第一版前言

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、教材科及出版社领导及有关同志的关心和支持。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	3.1.1 常用的绘图软件形式	47
1.1 计算机绘图的发展和研究内容	1	3.1.2 绘图软件标准化	48
1.1.1 计算机绘图的发展概况	1	3.2 绘图软件标准简介	48
1.1.2 计算机绘图的研究内容	2	3.2.1 GKS 系统和 GKS-3D 系统	48
1.2 计算机绘图系统的组成	3	3.2.2 PHIGS 系统	50
1.2.1 计算机绘图系统的功能	3	3.2.3 OpenGL	51
1.2.2 计算机绘图系统的硬件配置	4	3.3 交互任务与交互技术	51
1.2.3 计算机绘图系统的软件配置	5	3.3.1 交互任务	51
1.3 计算机绘图系统中的图形设备	5	3.3.2 交互技术	54
1.3.1 图形输入设备	6	3.4 用户接口	57
1.3.2 图形显示设备	9	习题	62
1.3.3 图形绘制设备	13	第 4 章 AutoCAD 的二维绘图	63
1.4 计算机绘图的应用	16	4.1 AutoCAD 简介	63
习题	19	4.1.1 AutoCAD 的主要功能	63
第 2 章 二维图形处理技术	20	4.1.2 AutoCAD 的软件、硬件环境	64
2.1 图形坐标系	20	4.1.3 AutoCAD 的启动与工作目录	64
2.2 直线的生成	21	4.2 AutoCAD 工作界面及交互技术	65
2.2.1 用 DDA(数字微分分析)法 生成直线	21	4.2.1 AutoCAD 的工作界面	65
2.2.2 用逐点比较法生成直线	24	4.2.2 AutoCAD 交互技术	68
2.3 圆弧的生成	26	4.3 AutoCAD 操作基础	69
2.3.1 用角度 DDA 法生成圆弧	26	4.3.1 基本概念	69
2.3.2 用逐点比较法生成圆弧	26	4.3.2 命令及数据的输入	71
2.4 区域填充	28	4.3.3 用户样板图的制作	73
2.5 面素拼合构图	30	4.4 实用命令	74
2.6 图形的裁剪	32	4.5 实体绘图命令	84
2.6.1 线段的裁剪	33	4.6 图层、线型和颜色	99
2.6.2 多边形的裁剪	34	4.7 图形编辑命令	104
2.7 二维图形的几何变换	35	4.8 图案填充	121
2.7.1 基本变换	36	4.9 AutoCAD 的面素拼合构图	124
2.7.2 齐次坐标	40	4.10 显示控制命令	126
2.7.3 组合变换	42	4.11 绘图工具命令和查询命令	127
2.8 窗口到视区的变换	45	4.12 AutoCAD 应用——几何交切作图	132
习题	46	4.13 尺寸标注	136
第 3 章 绘图软件与交互技术、 用户接口	47	4.13.1 尺寸变量	136
3.1 绘图软件及其标准化	47	4.13.2 尺寸标注命令	138
		4.14 图块、属性和外部引用	146
		4.14.1 图块	146

4.14.2 属性	150	第 6 章 曲线、曲面及其绘制	215
4.14.3 外部引用	154	6.1 概述	215
习题	155	6.2 三次参数样条曲线	217
第 5 章 AutoLISP 绘图程序设计	161	6.3 Bézier 曲线	221
5.1 概述	161	6.4 B 样条曲线	224
5.1.1 AutoLISP 的数据类型	162	6.5 最小二乘法拟合曲线	231
5.1.2 几个概念	163	6.6 拟合曲面	233
5.1.3 AutoLISP 的程序结构	164	6.6.1 Coons 曲面	233
5.1.4 AutoLISP 程序的执行方式	165	6.6.2 Bézier 曲面	234
5.1.5 AutoLISP 的出错处理	166	6.6.3 B 样条曲面	235
5.2 基本函数	167	6.6.4 用 AutoCAD 绘制拟合曲面	236
5.2.1 算术运算函数	167	习题	239
5.2.2 标准函数	168	第 7 章 三维图形处理技术	241
5.2.3 赋值函数	170	7.1 图形的表示与数据结构	241
5.2.4 字符串处理函数	170	7.1.1 图形的几何信息和拓扑信息	241
5.2.5 类型转换函数	171	7.1.2 形体的表示模式	243
5.2.6 求值函数	172	7.1.3 图形数据结构	244
5.2.7 表处理函数	173	7.2 三维图形的几何变换	246
5.2.8 Command 函数	175	7.2.1 几何变换矩阵	246
5.3 AutoLISP 绘图程序设计		7.2.2 基本变换	246
——自定义函数	176	7.2.3 组合变换	250
5.4 程序控制结构	179	7.3 平行投影变换	253
5.4.1 关系函数	179	7.3.1 正投影变换	253
5.4.2 逻辑函数	180	7.3.2 正轴测投影变换	254
5.4.3 数据类型谓词函数和等值		7.3.3 斜轴测投影变换	255
谓词函数	181	7.4 透视投影变换	256
5.4.4 条件函数和顺序处理函数	182	7.4.1 透视投影与主灭点	256
5.4.5 循环函数	184	7.4.2 点的透视变换	256
5.5 交互输入函数	188	7.4.3 立体的透视图	258
5.6 AutoLISP 绘图程序设计		7.5 消隐处理	261
——自定义命令	190	7.5.1 概述	261
5.7 文件操作函数	192	7.5.2 单个凸多面体的消隐算法	262
5.7.1 文件管理函数	192	7.5.3 一般平面立体的消隐算法	263
5.7.2 输入、输出函数	194	7.5.4 曲面的消隐处理	267
5.8 其他函数	195	7.5.5 光栅图消隐算法	269
5.8.1 系统变量函数	195	7.6 三维几何造型基础	269
5.8.2 实体访问函数	196	7.6.1 线框造型、表面造型、实体造型	
5.9 机械图样的绘制	198	和特征造型	270
5.9.1 机械图样的标注	198	7.6.2 实体造型中的体素	271
5.9.2 零件图的绘制	201	7.6.3 实体造型中的布尔运算	272
5.9.3 标准件图形库的程序设计	207	7.6.4 实体的 CSG 表示	
5.9.4 装配图的绘制	209	与 B-Rep 表示	275
习题	210	7.7 真实感图形生成基础	276

7.7.1 颜色模型	277	8.2.5 消隐处理	298
7.7.2 光照明模型的概念	279	8.3 三维图形的显示控制	299
7.7.3 基本光照明模型	280	8.4 实体造型(实体模式建模)技术	305
习题	283	8.4.1 与造型有关的系统变量	305
第8章 AutoCAD 的三维作图	285	8.4.2 绘制体素	306
8.1 三维坐标系统和三维线	285	8.4.3 布尔运算	313
8.1.1 三维坐标系与三维点的输入	285	8.4.4 修改模型、截切、取剖面	314
8.1.2 用户坐标系 UCS	286	8.4.5 造型举例	319
8.1.3 三维线	289	8.5 由三维立体生成二维视图	321
8.2 表面模式建模技术及消隐处理	289	8.6 明暗与渲染处理技术	325
8.2.1 基本体表面的绘制	290	8.6.1 三维模型的明暗处理	326
8.2.2 二维半物体图形的绘制	292	8.6.2 三维模型的渲染处理	327
8.2.3 3DFACE(空间三角形 或四边形面)命令	293	习题	333
8.2.4 曲面绘制命令	295	附录 ACAD.LSP 程序清单	336
		参考文献	356

第1章 绪 论

计算机绘图(也称计算机图形学,英文名为 Computer Graphics,缩写为 CG)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学科。它是建立在传统的图学理论、应用数学及计算机科学基础上的一门边缘学科。计算机绘图已广泛应用于工程设计、工业生产、科学研究、医学、商业、艺术、出版业、娱乐业、广告业、教育和培训等领域。本章主要介绍计算机绘图的发展和应用,计算机绘图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研究内容

1.1.1 计算机绘图的发展概况

计算机绘图起源于20世纪50年代。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,MIT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,为波音公司设计并生产了世界上第一台平台式绘图机。1959年,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。此后,日本、前西德、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,MIT林肯实验室的Ivan E. Sutherland发表了题为“Sketchpad:一个人机通信的图形系统”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。

20世纪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”(或称为“计算机辅助几何设计”),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和曲面。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)和前西德标准协会(DIN)开展了对绘图软件标准化的研究。经过几次国际会议,ISO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”(相当于用户终端)等概念,较好地解决了软件可移植性问题。

20世纪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,使计算机的运算速度、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、Solid Edge等。与此同时,小型机和工作站的价格降低,销售量大增,运行于小型机和工作站(具有高速计算功能、较强的图形图像处理能力以及网络管理功能的计算机系统)上且以图形处理为核心的计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)、计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing, CAM)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。

20世纪90年代计算机绘图的研究和发展有以下几个主要特点:

- 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逐渐走向市场。
- 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。

1.1.2 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、建筑图、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) 计算机绘图系统的硬件配置,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,主要内容有:

① 基于图形设备的基本图形元素的生成算法,如直线、圆弧、字符、二次曲线、图案填充等。

② 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。

③ 图形裁剪,包括二维开窗裁剪、三维裁剪。

④ 自由曲线和曲面的插值、逼近、拼接、分解、过渡、光顺、整体和局部修改等。

⑤ 三维图形中隐藏线、隐藏面的消除。

⑥ 二维面素拼合构图(解决二维图形的并、交、差运算)、三维实体造型(研究体素的形成,体素间的并、交、差运算,局部造型等)、特征造型。

⑦ 真实感图形(即逼真图像)的生成。

⑧ 自然景物(如山、花、草、树、水、火、烟、云、雾等)的模拟生成和虚拟现实环境的生成算法研究。

⑨ 科学计算可视化的研究(如温度、压力、电荷等标量场的可视表示和应力场、电场、磁场等矢量场的可视表示)。

⑩ 图形数据结构及图形数据库。

图形处理和图像处理长期以来属于不同的两个技术领域,近年来由于多媒体技术、分形模拟技术、计算机动画、纹理映射、三维数据场的可视化显示、图形识别与反求、计算机视觉等的迅速发展,图形处理与图像处理的结合日益紧密,并代表着计算机绘图的发展方向。

1.2 计算机绘图系统的组成

计算机绘图工作的实现是由计算机绘图系统完成的。一个计算机绘图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 计算机绘图系统的功能

一个计算机绘图系统起码应具有计算、存储、输入、对话、输出五个方面的基本功能。

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、绘图机等输出结果,便于永久性保存;也可以通过磁盘、磁带、光盘等以文件形式输出,这种输出灵活性大,使用较广。

1.2.2 计算机绘图系统的硬件配置

典型的绘图系统硬件配置如图 1.2.1 所示,它包括下面一些硬件。

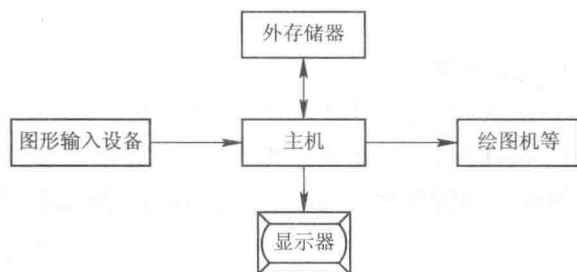


图 1.2.1 计算机绘图系统硬件配置

1. 主机

主机主要由 CPU(中央处理器)和内存储器(RAM,简称内存)组成。绘图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,微型机目前主要是 Pentium 机(32 位,如 Pentium II、Pentium III、Pentium IV 等)。主机内存可根据需要配置,如 64 MB($1\text{ MB}=1024\text{ KB}$, $1\text{ KB}=1024\text{ B}$ (字节))、128 MB、256 MB、512 MB 等。

2. 外存储器

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、磁光盘存储器、U 盘等。目前微机上广泛使用硬磁盘存储器(包括可插拔硬盘)、基于闪存技术的 U 盘、软磁盘存储器和光盘存储器(包括只读光盘 CD-ROM 和可擦写光盘)。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 40 GB($1\text{ GB}=1024\text{ MB}$)以上,服务器上的硬盘容量可达 100 GB 以上;3.5 英寸软磁盘存储器容量为 1.44 MB;CD-ROM 光盘容量可达 640 MB。

3. 图形输入、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 1.3 节。

1.2.3 计算机绘图系统的软件配置

一个绘图系统,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。



图 1.2.2 计算机绘图系统的软件配置

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 98、Windows 2000 系列、Windows XP、Windows NT 等),各种高级语言系统(如 BASIC、FORTRAN、PASCAL、C 等),数据库管理系统(如 FoxBASE、PARADOX、FoxPro、Oracle 等),网络系统(如 Novell、Windows NT Server 等)。

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、Solid Edge、CAXA 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 软件及课程 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、Solid Edge 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 计算机绘图系统中的图形设备

在图形设备中,负责图形的形状、尺寸、绘图命令、菜单项、必要的参数输入及图像输入的设备称为图形输入设备。显示或绘制图形处理结果的设备称为图形输出设备,它包括图形显示设备和图形绘制设备两类。

1.3.1 图形输入设备

图形输入设备有鼠标器、键盘、扫描仪、图形输入板与数字化仪、触摸屏、数字摄像头、操纵杆、跟踪球、光笔等。

键盘是读者比较熟悉的设备，它是一种计算机通用输入设备。通过按键操作，配合各种事先编排好的程序，可以输入字符、图表数据及图形命令等。对于键盘的结构、工作原理，这里不再介绍。

1. 鼠标器

鼠标器(mouse)有光电式、机电式(包括手持式和脚踩式)和光机式几种类型。

图 1.3.1 为光电式鼠标器。光电式鼠标器带有特制的反射式衬垫(印有间隔相同的网格)，其传感系统是发光二极管(LED)、反射式衬垫和光敏元件。工作时，鼠标在衬垫上移动，通过反射光的强弱变化，系统便能检测出鼠标的移动。

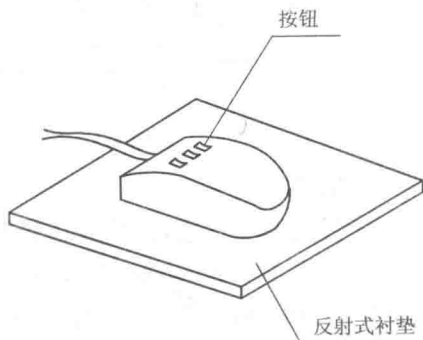


图 1.3.1 光电式鼠标器

机电手持式鼠标器的底面内部有一只可旋转的小球，当鼠标器在桌面(或专用摩擦垫)上移动时，小球在桌面的摩擦力作用下发生转动。球的运动被鼠标器内部的传感器测量出

来，并产生相应的电信号，此信号被送到图形显示器上带动光标移动。机电式鼠标器的传感系统是小球、译码轮(由小球带动旋转)和电刷(电位器)。

光机式鼠标器的底面内部也有一只可旋转的小球，但与机电式鼠标器不同，光机式鼠标器的传感系统是小球、发光二极管、带有小孔(透光)的译码轮和光敏元件。

不论是哪种鼠标器，屏幕光标的位移量取决于鼠标器在衬垫上或桌面上移动时的位移量，与鼠标器在其上的绝对位置无关。当鼠标器离开衬垫或桌面时，屏幕光标就不改变。光标中心的坐标可以从显示器读入到计算机。鼠标器通过串行接口与计算机连接，使用时先运行鼠标安装程序，指明鼠标与计算机的哪个串口相连以及通信参数等。

鼠标器具有定位(输入图形坐标)、拾取(拾取屏幕上的图形)及选择(点取菜单)功能，但它的定位功能是由屏幕光标的位置所提供的。定位、拾取及选择功能是由鼠标器上的按钮来完成的。鼠标器结构简单、价格低廉，且鼠标器光标比键盘光标移动要快，故应用很广，目前已成为计算机的标准配置。

2. 图形扫描仪

图形扫描仪起步于 20 世纪 70 年代中期，到 20 世纪 90 年代扫描仪才得到迅猛发展，应用领域不断拓广。图形扫描仪主要用在图形图像处理、排版印刷、人事档案管理、图纸存档管理、文字识别、机器翻译等领域。

图形扫描仪是一种输入设备，它能对已有的图形、图像(或实物)、文字进行扫描并以点阵形式将其输入计算机内供计算机处理。扫描仪的主要部件为灯管和光电耦合器件(Charge Coupled Device, CCD)。工作时，灯管点亮，光电耦合器件接收从被扫描物(图片、实物等)上反射或透射(透明胶片扫描仪)的光线，并根据光线的强弱不同将其转换成不同

的电平值。按颜色等级划分,扫描仪有黑白式、灰度式和彩色式三种。黑白式扫描后每个像点在计算机内占一位(0或1),灰度式扫描后每个像点在计算机内占一个字节(灰度值为0~255),而彩色式扫描后每个像点在计算机内占三个字节(红、绿、蓝三个原色各占一个字节)。灰度式扫描得到的图像真实感强于黑白式,彩色式真实感最强。三种扫描仪各有不同的应用场合。按扫描方式划分,扫描仪有手持式、平台(平板)式、滚筒式三种。扫描仪的主要性能指标是分辨率、幅面。分辨率用每英寸的像点数表示,如1200 dpi(Dots Per Inch)。分辨率越高,扫描得到的图像越清晰。扫描仪的幅面有A0、A1、A4等。

扫描仪的使用需要配套软件的支持,驱动扫描仪的图像软件较多,如Newssoftinc公司的Presto PageManager。扫描的结果可以图像文件(如JPEG、BMP、GIF格式等)形式保存。

3. 图形输入板与数字化仪

图形输入板按结构与工作原理分,有电位梯度式、电容耦合式、超声波式及电磁感应式等,其中电磁感应式应用较多。

图1.3.2是某电磁感应式图形输入板的外形图,它由台板和游标(或触笔)组成。台板内在X、Y方向有许多平行的印制线,每隔一定距离一条。游标的前端是一检测线圈,当线圈中通有交流信号时,在十字叉线的中心产生一个电磁场。这样,当游标在台板上运行时,台板中的印制线上就会产生感生电流。印制线周围的多路开关线路可以检测出最大的信号,即游标十字叉线中心所在的位置,从而得到该点的坐标值。

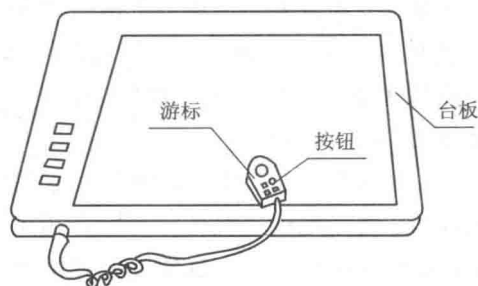


图 1.3.2 图形输入板

图形输入板具有定位、拾取、选择三个基本功能。此外,图形输入板与软件配合还可以进行徒手画,即移动游标时,屏幕上将产生与游标移动路径相对应的轨迹图线,这称为笔划功能。

图形输入板的主要性能指标有:

(1) 分辨率:指每英寸或每毫米长度上印制线的条数。如K-510型图形输入板分辨率为254 ppi(254线每英寸)。

(2) 数据精度:指图形输入板输出点坐标时的精度。如K-510精度为 ± 0.5 mm。

(3) 幅面:指可数字化的区域。如K-510幅面为380 mm $\times$ 260 mm。为表示简单起见,也可用与幅面接近的图幅代号A0、A1、A2、A3、A4来表示。如K-510的幅面也可用A3表示。

数字化仪(digitizer)与图形输入板的工作原理及功能完全相同。不同的是,两者外形不同,并且数字化仪的幅面一般比图形输入板大,精度要高。图 1.3.3 为数字化仪的外形图。

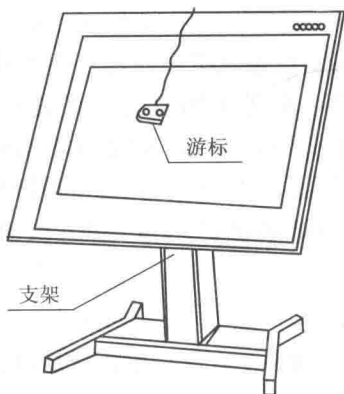


图 1.3.3 数字化仪

4. 触摸屏

触摸屏最早应用在机场管制方面,后来作为计算机输入设备应用得越来越广泛。触摸屏是一种能对物体触摸产生反应的屏幕,当人的手指或其他物体触到屏幕不同位置时,计算机能接收到触摸信号并按照软件要求进行相应的处理。按工作原理划分,触摸屏有电阻式、电容式、红外线式、声表面波式几种。红外线式触摸屏的工作原理有两种:一种是在屏幕的一边两个方向上用红外器件发射红外光形成一个网格;另一种是利用倾斜角光束扫描系统从屏幕两角发出扇形光形成一个光平面,当手指触在屏幕上时,就会挡住一些光束,而在屏幕另一边设置的接收装置则会检测出光线的遮挡情况,从而确定出触摸的位置。红外线式触摸屏性能价格比较高,应用较多。

触摸屏具有定位、拾取及选择功能。工作时,用手指直接在屏幕显示的光标、菜单或图形元素上指点便可完成输入。与其他输入设备(如键盘)相比,触摸屏输入具有自然、方便、快速的特点,即使从未接触过计算机的人也能方便地使用。目前,触摸屏已被使用在公共信息(如交通指南、图书查询、费用查询等)、商品零售、教育、医药、金融和工业控制等方面,并以每年大约 50% 的增长速度迅速发展,它最终可能成为人机接口设备中流行的设备。

5. 数字摄像头

数字摄像头是一种联机图像实时输入设备,在多媒体课堂教学、视频电话通信、网络会议、电脑摄影等方面有着广泛的应用。数字摄像头的尺寸比鼠标还小,通常安放在显示器或支架上,镜头对着要拍摄的目标。数字摄像头的核心部件是 CCD 器件。CCD 器件很小,面积只有 $3\text{ mm} \times 5\text{ mm}$,在此面积上分布着 250~350 万个与光学像素点相对应的单元,每一单元又包含红、绿、蓝三列色彩基元,以实现彩色图像输入。CCD 将光信号转换为电信号,摄像头内部的电路将电信号再转换为数字信号并直接输入计算机。

数字摄像头的主要性能指标是分辨率和摄像速度,如满屏显示时为 640×480 、10 帧/秒。数字摄像头的驱动软件主要是 NetMeeting。