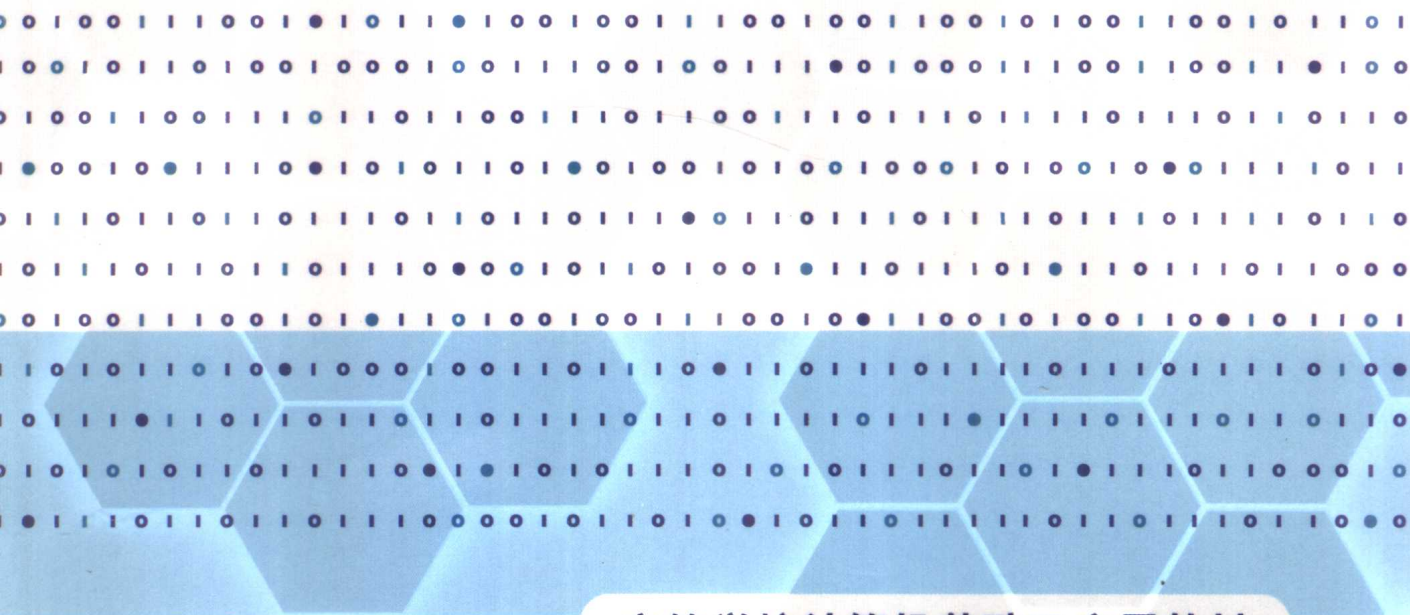


COMPUTER

<http://www.phei.com.cn>



高等学校计算机基础及应用教材

计算机绘图

许社教 璩柏青 等编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

高等学校计算机基础及应用教材

计算机绘图

许社教 璩柏青 等编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本教材采用 AutoCAD 2002 绘图软件进行教学,并结合 AutoLISP 语言进行绘图程序设计,将基本理论和算法与 AutoCAD 软件融为一体介绍。全书分 8 章,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。各章均配有习题,附录中还提供了具有参考价值的材料。

本书第一版为“九五”部级重点规划教材,现修订为第二版,作为高等院校相关专业本科生、专科生学习计算机绘图的教材,也可供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。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

计算机绘图/许社教, 璩柏青等编著. —北京: 电子工业出版社, 2003.1
(高等学校计算机基础及应用教材)

ISBN 7-5053-8358-2

I.计… II.①许… ②璩… III.计算机辅助设计—应用软件, AutoCAD 2002—高等学校—教材
IV.TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 102821 号

责任编辑: 童占梅

印 刷: 北京牛山世兴印刷厂

出版发行: 电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 23.5 字数: 580 千字

版 次: 2003 年 1 月第 1 版 2003 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 5 000 册 定价: 29.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话: (010) 68279077

前 言

本书第一版为“九五”部级重点规划教材，根据学科的发展和教学需要，现修订为第二版。

随着计算机技术的飞速发展和社会对人才的更高要求，很多高校已将计算机绘图开设为必修课。在实施教学时，由于侧重点不同，计算机图学形成了“计算机绘图”和“计算机图形学”两个研究方向。前者侧重于实用性，而后者侧重于理论性。目前，计算机图学的教学分为本科生和研究生两个基本层次。在课程设置上，本科生的课程为“计算机绘图”，研究生的课程为“计算机图形学”。本科教育覆盖面广，学习“计算机绘图”课程的目的不应该是设计软件（设计软件的要求应放在研究生教学阶段），而应该把计算机绘图作为一种现代设计与绘图工具，故教学应突出“实用性”和“工具性”。如何体现“实用性”和“工具性”呢？首先，要以先进的绘图软件为教学平台，本书选用国内外广泛使用的 AutoCAD 2002 绘图软件作为教学平台。其次，绘图程序设计语言最好采用软件支持的开发语言，本书选用 AutoCAD 内嵌的开发语言——AutoLISP 作为绘图程序设计语言。因为该语言功能强大、编程简洁且易学易用，用该语言进行绘图程序设计，起点高、实用性强、适应面广（使用本书不要求读者必须先修某一门程序设计语言，读者学习和掌握 AutoLISP 只需 4~6 学时即可）。第三，计算机绘图要与工程设计相结合，教材中适当引入三维绘图内容是必要的。

本书的教学目标是培养“两个能力和一个基础”。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 36~54 学时，先修课程为“计算机文化基础”、“高等数学”、“工程制图”等。因此，“计算机绘图”课程在大学二年级开设比较合适。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，书中提供了相当数量的练习题供上机选用。

本书由许社教、璩柏青、杜美玲、杜淑幸、严惠娥编写，许社教任主编。璩柏青编写第 8 章及附录 C，杜美玲编写第 4 章和第 5 章部分内容，杜淑幸编写第 3 章，严惠娥编写第 7 章，其余各章节由许社教编写。

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

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 计算机绘图的发展和应用	(1)
1.1.1 计算机绘图的发展概况	(1)
1.1.2 计算机绘图的应用	(2)
1.2 计算机绘图系统的组成	(5)
1.2.1 计算机绘图系统的功能	(5)
1.2.2 硬件配置	(6)
1.2.3 软件配置	(6)
1.3 计算机绘图的研究内容	(7)
习题 1	(8)
第 2 章 图形设备	(9)
2.1 概述	(9)
2.1.1 图形设备分类	(9)
2.1.2 图形坐标系	(11)
2.2 图形输入设备	(12)
2.2.1 图形输入板与数字化仪	(13)
2.2.2 鼠标器	(13)
2.2.3 跟踪球与操纵杆	(14)
2.3 光栅扫描图形显示器	(15)
2.3.1 光栅扫描图形显示器的组成	(15)
2.3.2 光栅扫描图形显示器生成字符与图线的原理	(20)
2.4 笔式绘图机	(22)
2.4.1 绘图机的类型	(23)
2.4.2 绘图机的主要技术性能指标	(24)
2.4.3 绘图机的插补原理	(25)
习题 2	(29)
第 3 章 绘图软件与 AutoCAD	(31)
3.1 绘图软件及其标准化	(31)
3.1.1 常用的绘图软件形式	(31)
3.1.2 绘图软件标准化	(31)
3.2 国际绘图软件标准	(32)
3.2.1 GKS 系统和 GKS-3D 系统	(32)
3.2.2 PHIGS 系统	(33)
3.3 AutoCAD 绘图软件简介	(34)
3.3.1 AutoCAD 的基本功能	(34)

3.3.2	AutoCAD 的软、硬件环境	(35)
3.3.3	启动 AutoCAD 2002	(36)
3.4	AutoCAD 绘图工作界面及交互技术	(36)
3.4.1	AutoCAD 的绘图工作界面	(36)
3.4.2	AutoCAD 交互技术	(39)
3.5	AutoCAD 操作基础	(40)
3.5.1	专业术语	(40)
3.5.2	命令及数据的输入	(41)
3.5.3	用户样板图的制作	(43)
3.6	AutoCAD 实用命令	(44)
3.7	AutoCAD 实体绘图命令	(55)
3.8	AutoCAD 图形编辑命令	(70)
3.9	AutoCAD 显示控制命令	(86)
3.10	AutoCAD 中的图层、线型和颜色	(87)
3.11	AutoCAD 绘图工具命令和对象查询命令	(93)
3.12	AutoCAD 尺寸标注	(97)
3.12.1	尺寸变量	(97)
3.12.2	尺寸标注命令	(99)
3.13	AutoCAD 的图块和外部引用	(106)
3.13.1	图块	(106)
3.13.2	外部引用	(109)
习题 3		(110)
第 4 章	AutoLISP 绘图程序设计及 AutoCAD 软件开发基础	(114)
4.1	AutoLISP 概述	(114)
4.1.1	AutoLISP 的数据类型	(114)
4.1.2	几个基本概念	(116)
4.1.3	AutoLISP 的程序结构	(116)
4.1.4	AutoLISP 程序的执行方式	(117)
4.1.5	AutoLISP 程序的出错处理	(118)
4.2	数值运算函数	(120)
4.2.1	算术运算函数	(120)
4.2.2	三角函数	(121)
4.2.3	其他数值运算函数	(121)
4.3	赋值函数	(122)
4.4	几何运算函数	(122)
4.5	表处理函数	(123)
4.6	Command 函数	(125)
4.7	AutoLISP 绘图程序设计——自定义函数	(126)
4.8	关系函数和逻辑函数	(129)
4.8.1	关系函数	(129)

4.8.2 逻辑函数	(130)
4.9 数据类型谓词函数	(131)
4.10 类型转换函数	(132)
4.11 字符串处理函数	(133)
4.12 条件函数和顺序处理函数	(134)
4.13 循环函数	(135)
4.14 交互输入函数	(138)
4.15 AutoLISP 绘图程序设计——自定义命令	(139)
4.16 系统变量函数	(141)
4.17 文件管理函数	(143)
4.18 输入、输出函数	(144)
4.19 实体访问函数	(145)
4.20 AutoCAD 软件开发——命令组文件	(147)
4.21 AutoCAD 软件开发——菜单文件	(149)
4.21.1 概述	(149)
4.21.2 屏幕边框菜单	(153)
4.21.3 下拉式菜单	(154)
4.21.4 图像菜单	(155)
4.21.5 图形输入板菜单	(157)
习题 4	(160)
第 5 章 二维图形处理与绘制	(163)
5.1 二维图形变换	(163)
5.1.1 基本变换	(163)
5.1.2 齐次坐标	(168)
5.1.3 组合变换	(170)
5.2 窗口到视区的变换	(172)
5.3 图形的裁剪	(173)
5.3.1 线段的裁剪	(173)
5.3.2 多边形的裁剪	(175)
5.4 区域填充	(175)
5.4.1 剖面线填充算法	(176)
5.4.2 AutoCAD 软件的填充功能	(178)
5.5 图形字符的生成	(182)
5.5.1 形的定义格式	(182)
5.5.2 形的描述方式	(183)
5.5.3 形的调用	(185)
5.6 几何交切作图	(186)
5.7 面素拼合构图	(190)
5.7.1 基本原理	(190)
5.7.2 AutoCAD 的面素拼合构图功能	(192)

5.8	机械图样的绘制	(193)
5.8.1	机械图样的标注	(194)
5.8.2	零件图的绘制	(196)
5.8.3	标准件图形库的程序设计	(201)
5.8.4	装配图的绘制	(203)
习题 5		(205)
第 6 章	曲线与曲面	(208)
6.1	基础知识	(208)
6.2	规则曲线绘制	(210)
6.3	拟合曲线	(212)
6.3.1	三次参数样条曲线	(212)
6.3.2	Bézier 曲线	(215)
6.3.3	B 样条曲线	(219)
6.4	规则曲面绘制	(225)
6.5	拟合曲面	(229)
6.5.1	Coons 曲面	(229)
6.5.2	Bézier 曲面	(230)
6.5.3	B 样条曲面	(231)
6.5.4	用 AutoCAD 命令绘制拟合曲面	(232)
习题 6		(235)
第 7 章	三维图形处理与绘制	(238)
7.1	图形的表示与数据结构	(238)
7.1.1	图形的几何信息和拓扑信息	(238)
7.1.2	图形数据结构	(239)
7.2	三维图形的基本变换	(241)
7.2.1	几何变换矩阵	(241)
7.2.2	平移变换	(242)
7.2.3	比例变换	(243)
7.2.4	旋转变换	(244)
7.3	平行投影变换	(249)
7.3.1	正投影变换	(249)
7.3.2	正轴测投影变换	(251)
7.3.3	斜轴测投影变换	(252)
7.4	透视投影变换	(253)
7.4.1	透视图及其分类	(253)
7.4.2	点的透视变换	(253)
7.4.3	立体的透视图	(254)
7.5	消隐处理	(258)
7.5.1	概述	(258)
7.5.2	单个凸多面体的消隐算法	(259)

7.5.3	一般平面立体的消隐算法	(260)
7.5.4	曲面的消隐处理	(264)
7.5.5	光栅图消隐算法	(265)
7.6	AutoCAD 的三维作图	(266)
7.6.1	AutoCAD 三维作图简介	(266)
7.6.2	AutoCAD 三维坐标系统	(267)
7.6.3	简单三维图形的绘制	(270)
7.6.4	三维图形的消隐处理	(275)
7.7	AutoCAD 三维图形的显示控制	(275)
7.8	由三维立体产生二维视图	(281)
习题 7		(285)
第 8 章	几何造型技术与真实感图形生成技术	(287)
8.1	几何造型及其基本理论	(287)
8.1.1	几何造型的功能及其应用	(288)
8.1.2	几何造型方法的类型	(289)
8.1.3	实体造型中形体的表示模式	(290)
8.1.4	正则集合与正则布尔运算	(294)
8.2	几何造型系统介绍	(296)
8.2.1	TIPS 系统	(296)
8.2.2	PADL 系统	(298)
8.2.3	BUILD 系统	(301)
8.2.4	AutoCAD 实体造型	(302)
8.3	真实感图形与光照明模型	(320)
8.3.1	光照明模型的基本概念	(321)
8.3.2	简单实用的光照明模型——Phong 模型	(322)
8.4	AutoCAD 的阴影与渲染处理	(325)
8.4.1	三维模型的阴影处理	(326)
8.4.2	三维模型的渲染处理	(327)
8.4.3	光源设置	(329)
8.4.4	场景设置	(332)
8.4.5	真实感图形生成举例	(333)
习题 8		(334)
附录 A	ACAD.LSP 程序清单	(335)
附录 B	AutoLISP 函数表	(346)
附录 C	AutoCAD 命令表	(353)
参考文献		(364)

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项重要内容。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应用

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收和处理数据, 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。此处的数据转换即图形处理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, 只有将其以视觉形式展示在绘图设备上, 才能使人们直接观察到图形。

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。

1.1.1 计算机绘图的发展概况

计算机绘图起源于 20 世纪 50 年代, 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: —

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”，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。

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，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、Solid Edge 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：IDEAS、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应用于用户界面设计。为了充分发挥计算机的硬件和软件资源，网络技术日益受到重视，许多软件公司在其软件中增加了联网能力，以实现资源共享，具有联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。

1.1.2 计算机绘图的应用

计算机绘图走过了几十年的发展历程，归纳起来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版图)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。产品的系列化、标准化程度越高,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、不进行真实实验等情况下就可达到认识事物、得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以下几方面。

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)、MicroStaion(Intergraph 公司)、Solid Edge(UG 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,它们都是通用的 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 是计算机绘图最广泛、最活跃的应用领域,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、船舶外形设计等都离不开计算机绘图。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,设计人员可利用设计结果以人机交互方式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)。若加工程序不满意,可实时修改,直到满意为止。最后把加工程序传送到数控设备上控制加工过程。

目前,CAD、CAM 软件种类较多,在结构方面具有代表性的软件有以下几种。

(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(SDRG)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,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 软件是一个功能可与 I-DEAS 匹敌的软件。I-DEAS、Bravo 等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

在国内外有多种模具 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, 如二维动画件 Animator Pro 1.3 (Autodesk 公司)、三维动画软件 TOPAS 3.6 (AT&T 公司)、3DS MAX (Autodesk 公司)、Flash (网页动画) 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更方便、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、测量得到的各种图形、图表,如地理图、矿藏分布图、气象图、电场及电荷分布图及其他各类等值线、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,还可用计算机实现美术创作。

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由硬件和软件组成,各种硬件之间的连接关系称为硬件配置,各种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至少应具有计算、存储、输入、对话、输出五方面的基本功能。

1. 计算功能

除了通常的数值计算外,还应包括图形设计程序库、图形分析程序库以及描述图形的图形数据库。在图形数据库中应具有坐标的几何变换、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、外存储器中存储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

设计人员通过显示器查看设计的结果和图形,对不满意的地方,能通过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;也可以以文件形式输出到磁盘、磁

带、光盘等存储介质中，这种输出灵活性大，使用较广。

1.2.2 硬件配置

典型的绘图系统硬件配置如图 1.1 所示，它包括下面一些硬件。

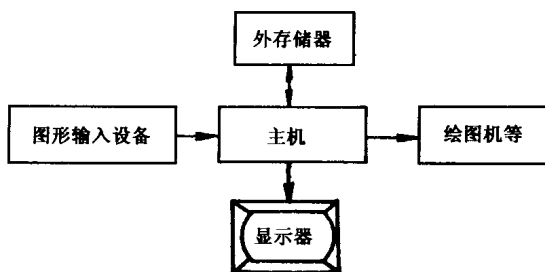


图 1.1 计算机绘图系统硬件配置

1. 主机

主机主要由 CPU（中央处理器）和内存储器（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 位或 64 位）。主机内存（RAM）可根据需要配置，如 32MB（1MB=1KKB, 1KB=1024B（字节）），64MB，128MB，256MB 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。外存储器的技术指标之一是其存储容量，如微机上的硬盘容量可达 40GB（1GB=1KMB）以上，服务器上的硬盘容量可达 100GB 以上；软磁盘存储器容量为 1.2MB，1.44MB 等。

3. 图形输入设备及输出设备

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 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 所示。

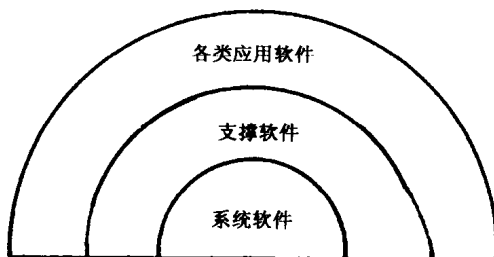


图 1.2 计算机绘图系统的软件配置

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, 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 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

计算机绘图研究的对象分为两类。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。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方面,具体内容如下所述。

(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) 图形理论和算法研究内容主要有:

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 二维几何造型(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全部局限于此。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新的研究方向。可见计算机绘图的研究内容在不断变化和更新。

习 题 1

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有哪些?
5. CG 与 CAD, CAM 有什么关系?
6. 计算机绘图系统应具备哪些功能?
7. 计算机绘图系统的硬件、软件如何配置?