

微机绘图与 AutoCAD

● 赵月芳 主编



● 电子工业出版社

微机绘图与 AutoCAD

主编 赵月芳

副主编 李芳洁 匡培金

主审 李爱华

電子工業出版社

(京)新登字 055 号

内 容 提 要

本书是经机电部部属院校第四次工程图学会议研究决定编写的,是一本适用于大学本科学生学习计算机绘图课程使用的教材,同时亦可供工程技术人员、教师学习计算机绘图和 CAD 的参考书。

全书分为两篇,内容丰富。上篇介绍计算机绘图的基本原理;图形处理的算法;各种二维、三维图形软件的程序设计方法;常用的图形软件和机械图的程序设计方法;裁剪与消隐处理;交互绘图基础;曲线与曲面等。下篇介绍 AutoCAD 软件及其应用。

全书有程序实例约 80 多个(上篇约 70 个;下篇 12 个),均上机调试通过。

本书既有理论分析又突出了程序设计的方法,书中程序实例配有软盘(有需要者请与北京机械工业学院赵月芳联系)。

微机绘图与 AutoCAD

赵月芳 主编

特约编辑 杨福成

责任编辑 魏 冬

*

电子工业出版社出版(北京市万寿路)

电子工业出版社发行 各地新华书店经售

中国科学院印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 23.25 字数: 606 千字

1993 年 8 月第 1 版 1993 年 8 月第 1 次印刷

印数: 1—8 000 册 定价: 15.00 元

ISBN 7-5053-2117-X/TP·558

前 言

计算机绘图(CG)是计算机辅助设计(CAD)与计算机辅助制造(CAM)的重要组成部分。近年来,由于微型计算机在我国广泛应用,各种交互式图形软件在微机上得到应用与开发,使微机图形系统与CAD在我国得到迅速的推广和发展。开设计算机绘图课的高等院校也逐年增加,许多专业科技人员也迫切需要有关计算机辅助绘图与计算机辅助设计方面的参考书。为适应当前形势、满足高等院校教学的需要,经机电部部属院校制图协作会议协商决定,由北京机械工业学院、华东工学院、武汉工学院、洛阳工学院、哈尔滨科技大学等院校合作编写本书,以供教学使用,同时可供科技人员参考。本书具有以下几方面的特点:

1. 本书上篇参照全国高等工业学校“计算机绘图”教学研讨会上制定的“计算机绘图”课程教学大纲的要求编写,适用于20~40学时的“计算机绘图”课程,下篇参考学时为20~30学时。

2. 本书以IBM-PC微型计算机为基础,书中全部程序均上机调试通过,绘图输出绝大部分采用屏幕显示,便于移植。为适应读者学习需要,书中全部程序配有软盘。

3. 为便于在微机上进行教学,书中全部程序均采用BASIC语言编写。全书各章节的程序设计方法具有普遍意义,各程序稍加修改就可转为其他高级语言,并能在其他机型上运行。

4. 为满足各专业科技人员的需要,本书分为两篇:上篇为计算机绘图,下篇为AutoCAD。因此,本书不仅可作为各高等院校教学用书,也可作为从事CAD工作的科技人员的参考资料。

高等院校普遍开设计算机绘图与计算机辅助设计课程势在必行,我们期望本书将对此项工作的开展起到促进作用。由于水平所限,本书定有不足之处,望读者指正。

本书由北京机械工业学院赵月芳主编(上篇第一章、第七章第一节、下篇第一、四、五、七章),副主编有华东工学院李芳洁副教授(上篇第六章)、洛阳工学院匡培金(上篇第四章第一至六节),参加编写的还有哈尔滨科技大学生国梁(上篇第五章)、武汉工学院黄启荃(上篇第二章)、北京建筑工程学院潘海东(上篇第三章、第四章第七节、下篇第六章)、郑州粮食学院鲁选民(上篇第七章、下篇第二、三章)等。

本书由武汉工学院李爱华副教授主审,提出许多具体的意见和有益的建议。在编写过程中,得到了北京机械工业学院制图教研室有关老师的支持和协助,在此一并致谢。

编 者

1992年9月

DJS³³/06

目 录

上篇 计算机绘图

第一章 绪论	(1)
§ 1-1 计算机绘图概述.....	(1)
一、计算机绘图的由来.....	(1)
二、计算机绘图发展概况.....	(1)
§ 1-2 计算机绘图在科研生产中的应用和发展趋势	(3)
一、计算机绘图在科研生产中的应用.....	(3)
二、计算机绘图的现状与发展趋势.....	(3)
第二章 计算机绘图系统	(5)
§ 2-1 计算机绘图系统简介	(5)
一、计算机绘图系统的组成.....	(5)
二、计算机绘图系统的功能.....	(6)
§ 2-2 常用图形输入输出设备.....	(6)
一、常用的图形输入设备.....	(6)
二、常用的图形输出设备.....	(8)
§ 2-3 绘图机的作图原理	(11)
第三章 常用绘图程序设计	(16)
§ 3-1 绘图软件简介	(16)
一、基本概念.....	(16)
二、绘图软件子程序的组成.....	(16)
§ 3-2 绘图程序设计	(17)
一、计算机绘图程序的特点.....	(17)
二、绘图程序设计的方法和步骤.....	(18)
§ 3-3 常用基本绘图子程序的设计	(20)
一、标准线型子程序设计.....	(20)
二、几何元素相交子程序的设计.....	(24)
第四章 图形的矩阵变换及程序设计	(38)
§ 4-1 概述.....	(38)
§ 4-2 二维图形的矩阵变换.....	(38)
一、二维基本变换.....	(38)
二、二维矩阵变换程序设计.....	(48)
§ 4-3 三维图形的矩阵变换	(54)
一、三维基本变换.....	(54)
二、三维图形的正投影变换矩阵.....	(61)
三、轴测投影变换矩阵.....	(63)
§ 4-4 立体的三视图和轴测图的程序设计	(65)

一、平面立体的三视图和轴测图的程序设计·····	(65)
二、曲面立体的三视图和轴测图的程序设计·····	(71)
§ 4-5 透视投影变换·····	(91)
一、透视图的基本概念及特性·····	(91)
二、透视投影的变换矩阵·····	(92)
三、透视图的绘图程序设计·····	(99)
§ 4-6 裁剪与窗口·····	(101)
一、窗口区和视图区的坐标变换·····	(101)
二、直线段的裁剪·····	(104)
三、任意多边形的裁剪·····	(107)
§ 4-7 平面立体隐藏线的处理·····	(113)
一、概述·····	(113)
二、凸多面体的消隐·····	(113)
第五章 图形程序设计 ·····	(122)
§ 5-1 截交线、相贯线及展开图程序设计·····	(122)
一、截交线及展开图的程序设计·····	(122)
二、相贯线及展开图的程序设计·····	(135)
§ 5-2 零件图和装配图的程序设计·····	(143)
一、概述·····	(143)
二、尺寸标注及表面粗糙度的程序设计·····	(144)
三、常用典型图形剖面符号的程序设计·····	(154)
四、图幅、标题栏的程序设计·····	(159)
五、常用典型零件图的程序设计·····	(159)
六、常用典型装配图的程序设计·····	(161)
第六章 曲线与曲面 ·····	(164)
§ 6-1 曲线及其程序设计·····	(164)
一、三次样条曲线·····	(164)
二、三次贝塞尔 (BEZIER) 曲线·····	(169)
三、三次均匀 B 样条 (SPLINE) 曲线·····	(173)
§ 6-2 孔斯 (Coons) 曲面·····	(178)
一、概述·····	(178)
二、混合函数·····	(178)
三、利用调配函数构造双三次参数曲面片·····	(179)
四、孔斯曲面块程序设计·····	(182)
第七章 交互式计算机绘图 ·····	(185)
§ 7-1 图形的数据结构·····	(185)
一、概论·····	(185)
二、数据的列表结构·····	(187)
三、数据的树形结构·····	(201)
§ 7-2 交互式计算机绘图简介·····	(203)
一、概述·····	(204)
二、交互式绘图的程序设计·····	(205)

下 篇 AutoCAD 软件及其应用

第一章 基本知识	(218)
§ 1-1 AutoCAD 软件及其主要功能	(218)
一、AutoCAD 软件	(218)
二、AutoCAD 的主要功能	(219)
§ 1-2 AutoCAD 要求的软硬件配置	(219)
一、硬设备的配置	(219)
二、软件的安装	(220)
§ 1-3 作图准备	(222)
一、命令和数据的输入	(222)
二、系统主菜单	(224)
三、实用命令	(225)
四、AutoCAD 初始环境的建立	(230)
§ 1-4 图形输出简介	(230)
一、图形输出的方法	(230)
二、绘图输出的步骤	(231)
第二章 实体绘图	(232)
§ 2-1 基本绘图 (DRAW)	(232)
一、点与直线命令	(232)
二、圆与圆弧命令	(240)
三、PLINE (折线)命令	(242)
§ 2-2 文本	(443)
一、文本命令 (TEXT)	(243)
二、文本的字样和字体	(244)
三、控制码和特殊字符	(245)
第三章 辅助绘图	(246)
§ 3-1 编辑	(246)
一、实体选择	(246)
二、编辑命令 (EDIT)	(247)
三、询问命令 (INQUIRY)	(252)
§ 3-2 显示控制 (DISPLAY)	(252)
一、缩放和扫视命令	(252)
二、视图和置方式命令	(255)
§ 3-3 绘图工具 (MODES)	(256)
一、捕捉栅格和目标捕捉命令	(256)
二、栅格和轴线命令	(258)
三、正交命令 (ORTHO)	(259)
四、状态行和方式触发键	(259)
§ 3-4 图层与线型 (LAYERS)	(260)
一、概述	(261)
二、图层命令	(261)

三、线型和线型比例命令	(262)
§ 3-5 块与属性	(263)
一、块	(263)
二、属性	(265)
第四章 图案、尺寸标注	(271)
§ 4-1 剖面符号及图案	(271)
一、概述	(272)
二、图案命令 (HATCH)	(272)
§ 4-2 标注尺寸 (DIM)	(272)
一、概述	(272)
二、DIM 命令	(273)
三、尺寸标注的实用命令	(275)
四、尺寸标注变量	(276)
五、标注尺寸的方法和步骤	(277)
第五章 几种文件的建立	(279)
§ 5-1 形文件	(279)
一、概述	(279)
二、形的定义	(279)
三、LOAD 命令和 SHAPE 命令	(281)
四、实例	(281)
§ 5-2 线型文件和图案文件	(282)
一、线型文件	(282)
二、图案文件	(283)
§ 5-3 菜单文件	(284)
一、概述	(284)
二、菜单文件的结构和特点	(284)
三、分菜单的调用	(286)
四、编写菜单项和菜单文件	(287)
五、按钮菜单和数字化仪菜单	(288)
§ 5-4 绘图交换文件和命令文件	(290)
一、概述	(290)
二、图形交换文件	(291)
三、命令文件	(301)
第六章 三维图形	(307)
§ 6-1 三维作图的两形式	(307)
一、等轴测平面命令	(307)
二、特殊的三维功能命令	(308)
三、2.5 维图形的作图过程	(313)
§ 6-2 受三维影响的其他命令	(313)
一、ZOOM, AXIS 及 GRID 命令	(313)
二、LINE, ARC 及 PLINE 命令	(313)
第七章 AutoLISP 语言简介	(315)
§ 7-1 概述	(315)

一、AutoLISP 中的数据类型和求值程序	(315)
二、AutoLISP 的变量、表达式	(316)
三、AutoLISP 的内存要求及错误处理	(316)
§ 7-2 AutoLISP 函数	(317)
一、数值运算、表处理及字符串函数	(317)
二、赋值、再求值、停止求值及重复求值函数	(320)
三、函数的定义与调用	(320)
四、谓词函数与程序控制结构函数	(321)
五、与 AutoCAD 直接有关的函数	(323)
六、交互性输入函数	(324)
七、增加 AutoCAD 命令的函数	(325)
八、输入/输出函数与文件管理函数	(326)
九、调试函数与其他函数	(328)
§ 7-3 AutoLISP 应用程序设计	(328)
一、齿轮的程序设计	(328)
二、轴的结构图形的计算机辅助设计	(329)
附录 I 图形显示功能语句	(337)
附录 II 二维图形和三维图形变换矩阵	(346)
附录 III AutoCAD 命令	(351)
附录 IV AutoCAD 系统外部设备的配置和使用	(354)

上 篇 计算机绘图

第一章 绪 论

§ 1-1 计算机绘图概述

一、计算机绘图的由来

计算机绘图是应用计算机及图形输入、输出设备,实现图形显示、辅助绘图及设计的一门新兴边缘学科。它建立在图学、应用数学及计算机科学三者有机结合的基础上。在人类的生产活动及日常生活中,经常要绘制各种图样、图表、美术图案、动画及广告等。手工绘图是一项细致而繁重的劳动,不仅效率低、劳动强度大,而且绘图精度不易保证,特别是随着现代科学技术的发展,对绘图精度的要求越来越高,图样也越来越复杂,如超大规模集成电路掩膜图、印刷电路板的布线图、航天飞机及宇宙空间飞行器复杂的曲面外壳等,手工绘图是无法胜任的。再者,现代社会的重要特征之一是节奏快,竞争激烈,各类产品的更新换代十分迅速,要求新产品的的设计绘图必须高效率地完成。因此,利用计算机的高速运算及数据处理能力,实现计算机辅助设计与绘图是现代科学技术发展的必然趋势。

二、计算机绘图发展概况

(一) 国外计算机绘图发展概况

计算机绘图是 50 年代首先在美国开始的,它由数控机床演变而来。1952 年美国麻省理工学院研制成功第一台三坐标数控铣床,使用美国伊利诺斯大学研制的 APT 语言进行数控加工。当时在美国学习的奥地利人 H. Joseph Gerber 创办了 Gerber 科学仪器公司。他根据数控机床的工作原理,研制了世界上第一台平台式自动绘图机,并首先用于美国波音飞机公司中。1959 年美国 Calcomp 公司根据打印机的原理研制了世界上第一台滚筒式绘图机。目前该公司生产的大型、高速滚筒式绘图机,在性能上仍处于领先地位。我国不少单位引进了该公司生产的 960 型与 965 型大型滚筒式绘图机。80 年代该公司推出了起先锋作用的 Calcomp 1070 系列,也开始进入我国市场。另外,美国 H. P 公司与 Houston 公司也以生产绘图设备闻名,特别是 Houston 公司生产的 DMP 系列滚筒式绘图机,1983 年以后大量拥入我国市场,并与 IBM-PC 机配套使用。

日本计算机绘图是从 60 年代中期开始的,1963 年日本生产数控机床的企业引进美国 Gerber 公司专利,开始生产日本第一台平台式绘图机。1964 年日本另一批生产打印机的企业引进了美国 Calcomp 公司专利,1965 年生产了日本第一台滚筒式绘图机。近年来,由于微机绘图系统的普及,日本大量厂家开始转向 2 号与 3 号图幅的小型平台式绘图机的生产,如 SR-6602, Roland, DG, MP/1000 等。

联邦德国绘图机的生产则是以汉堡市 ARISTO 工厂为主,该厂创办于 1862 年,生产各种

精密仪器,60年代转向生产图形输出设备,包括各种数字化仪与自动绘图机。在我国,使用法国的绘图机与德国西门子主机配套的,也为数不少。法国 Benson 绘图机,有平台式与滚筒式两种,由于该机带有 Benson 绘图软件,对我国早期计算机图形学的发展具有较大的影响。80年代初期,Benson 公司又推出了改进型的 16 系列八笔滚筒式绘图机。

早期计算机绘图主要是静态的,人们根据提供的绘图软件用高级语言编程,然后将程序输入计算机进行编译、连接,将输出的目的程序由绘图机执行并输出图形。在绘图过程中,人们无法进行干预,因此,输出设备主要以绘图机为标志。

从 70 年代开始,由于人机对话式的交互图形系统逐步开始应用,推动了图形输入与输出设备的更新与发展,各国开始研制各种类型的显示设备。从 60 年代中期的随机扫描显示器发展到 60 年代后期的存储管式显示器,其中以美国 Textronix 计算机显示终端使用得最为广泛,但它的交互性能差,对图形不能进行选择与删除。因此,到 70 年代中期,存储管式显示终端又逐步被基于电视技术的光栅扫描图形显示器所取代。

随着输出设备不断更新发展,图形输入设备也在不断更新,早期的光笔、操纵杆、跟踪球已逐渐被光电式的鼠标器所取代。由于鼠标器只能指示屏幕菜单光标的定位与拾取,而在交互式计算机绘图中,屏幕菜单由于受到屏幕尺寸的限制,在屏幕上只能显示出全部菜单的一小部分,用户操作时必须不断切换菜单,很不方便。因此,图形输入板与数字化仪就成为交互式计算机绘图系统必不可少的输入设备。它可以将图形坐标与图形的命令快速地送入计算机。目前,我国在微机上使用得较为普遍的是美国 Houston 公司的图形输入板。

(二) 我国计算机绘图发展概况

随着科学技术的迅猛发展,我国对绘图系统的需求日益迫切。在引进国外绘图设备的同时,各科研、生产单位均在自力更生的基础上,根据不同需要,先后研制了各种型号的自动绘图机。我国绘图机的研制是从 1967 年开始的,1969 年上海自动化仪表二厂(现上海大华仪表厂)生产了 LZ-5 平台式小型绘图机,幅面为 $500 \times 700(\text{mm}^2)$ 。1971 年内蒙古呼和浩特市电子设备厂研制成了 MSB-1 平台式小型绘图机,其幅面为 $550 \times 700(\text{mm}^2)$ 。1973~1974 年上海自动化仪表二厂、沪东造船厂、上海船舶工艺研究所等四十多个单位参加了大型数控绘图机的研制,并于 1976 年研制成功了 HTJ-1855 型大型绘图机。主要用于船舶与航空工业。

此外,各科研生产单位也研制了各种类型的绘图设备,如 1973 年上海求新造船厂以正负法插补原理研制了 JHT-2 平台式绘图机。70 年代后期,我国亦对平面电机驱动的高速绘图机进行了研制。中国科学院电工所 1974 年开始研制气浮的平面步进电机,并把它应用到绘图机制造领域。在研制两台幅面为 $600 \times 600(\text{mm}^2)$ 样机的基础上又研制了半闭环式的幅面为 $1200 \times 1400(\text{mm}^2)$ 大型平面电机驱动的绘图机。该机 1981 年通过国家鉴定,并获得了中国科学院科技重大成果一等奖。1979 年该项成果移交给哈尔滨龙江仪表厂正式生产。目前的产品有 PDH-I 至 PDH-IV 四种型号,幅面以 $1000 \times 1400(\text{mm}^2)$ 至 $1600 \times 2800(\text{mm}^2)$ 。另外,上海微电机所也生产了 PB 系列平面电机驱动绘图机,有 PB-800, PB-1800 等四种型号。

除一般绘图机外,龙江仪表厂还首次研制成功 PCH 型彩色喷墨绘图机。这是一种新型计算机硬拷贝彩色图象输出设备,它可以完成一切书写式绘图仪所难以表达的精细详图。由喷墨绘图机输出的图形具有不同的阴影区及明暗面,并有立体感及三维彩色图象的特殊功效。它具有喷笔与记录介质表面之间无机械接触的优点,适用于地理、地貌描绘、地质岩层剖

面、遥感、气象、医学等复杂图形的图象处理。

§ 1-2 计算机绘图在科研生产中的应用和发展趋势

一、计算机绘图在科研生产中的应用

计算机绘图早期主要应用于外形具有流线型曲面的产品,如飞机机身外形设计,汽车与船舶的外形设计。由于这类产品外形过去都是以型线图表示,要求准确性高,而且离散的数据量极大。过去在小轿车的改型中,一般常规的生产从方案设计到产品出厂,大约需要三年时间。据统计,一艘 20 万吨级油轮设计,大约有四万张图纸(转换成 4 号图纸),需要设计时间 10 万小时,其中 60% 花在绘图中;而飞机设计过去长期采用模线样板法进行绘图,工作量极大。因此,在这类产品设计中,国外早就开始采用计算机辅助绘图,并开发了许多专用软件系统,如洛克希德飞机公司的 CADAM 系统。在最近十几年,由于微型机 CPU 芯片容量逐年成倍增长,交互技术硬件与软件的不断开发与使用,使得计算机绘图在各个生产领域都得到广泛的应用。据统计,美国 1985 年, CAD/CAM 市场销售为 25 亿美元,1986 年就增长到 43 亿美元。在所有 CAD 系统中,计算机辅助绘图的工作量占 53%,而辅助设计仅占 30%,分析占 7%;计算机辅助制造占 10%,由此可见,计算机绘图已成为 CAD/CAM 领域中极为重要的组成部分。

我国计算机绘图早期首先应用于造船工业,近十多年开始应用到航空、汽车、建筑、电子、地图以及轻工业部门的服装裁剪,甚至体育与文艺中也开始应用计算机绘图技术。特别在最近几年,由于美国 AutoCAD 交互图形软件包在 IBM-PC 机上得到广泛的应用,计算机绘图已经深入到各个基层生产设计部门。

二、计算机绘图的现状与发展趋势

计算机绘图的发展已有三十余年的历史,目前它正是一个迅速发展着的领域,60 年代由于硬件和软件发展缓慢,其应用受到一定的限制。进入 70 年代后,伴随着硬件质量和功能的提高,以及成本的降低,再加上软件研究、开发飞速发展,特别是微机芯片集成度大幅度的增长,计算机绘图已进入实用的阶段,它沿着以下几个方面发展着。

(一) 由静态绘图向动态绘图方向发展

目前我国真正实用的绘图系统基本上是交互式绘图系统。在交互式绘图中,不仅可以在屏幕上对图形进行修改、删除、编辑等,还可进行动态分析,如建筑设计中,可以给设计的房屋加上实测的模拟地震波,就能在屏幕上看到房屋所能承受的地震级数等。

(二) 由二维图形软件向三维实体造型方向发展

目前在微机上使用的软件包绝大部分均属二维图形软件包。二维图形只能表示空间设计对象的某个局部投影。从设计的观点来看,在进行设计时,首先在人的思维中建立起来的是一种三维物体模型,因为它更直观、能更加全面地反映设计对象。一旦三维物体模型建立之后,再从三维模型生成二维视图、剖视及剖面图等,以及其他工程分析,如强度计算、有限元分析及工艺过程等。因此,工程人员就希望直接在屏幕上通过软件来构造三维实体模型,并能对它进行修改及编辑。因此,三维实体造型就是一个迫切需要解决的问题。

1973 年,英国剑桥大学 I. C. Braid 首先发展了一个三维造型系统,即 Build 系统,它通过六个基本体素来构造三维形体。最近几十年中,美、英、法、德、日、瑞士等国家已开发了一些

三维实体造型系统。

随着硬件的发展,如今已能通过实体造型的方法在屏幕上构造成具有明暗度鲜明的色彩逼真的实体图象。最近几年,已开始对激光全息三维造型系统进行研究。它在屏幕上构造的三维形体和全息照像一样,可从各个不同的角度观察,因此具有更加鲜明的立体感。

从80年代开始,我国各大学与科研单位也在这方面进行了大量的研究。1987年浙江大学CAD/CAM中心已成功地开发了三维造型系统,它已接近国外的某些系统,并已移植到32位的Apollo微机上。

(三) 向 CAD, CAM, CAG 三者一体化方向发展

一项产品的生产过程,按陈规首先是对产品进行各种科学计算,提出各种设计方案,进行优选,然后绘出图纸送去加工。现在这些工作都可由计算机辅助进行,并把计算机辅助设计、制造和绘图软件三者有机地结合在一起,形成所谓一体化软件。它们包含二维和三维的图形软件模块、三维几何造型模块、有限元分析前后置处理模块、数控编程模块以及三维数控刀具轨迹模块等。这样的CAD/CAM软件包可以完成产品的几何造型、设计、画图、分析直至最后生成数控加工带。目前不少这样的软件包已商品化。因此,CAD, CAM, CAG三者一体化配合使用将成为未来工业设计及管理自动化必然的发展趋向。

(四) 向分布式高档微机工作站方向发展

过去微机所以不能进行CAD, CAM, CAG工作,主要是内存容量太小,微机的“心脏”CPU如今已由第一代4位进入到第四代32位,CPU芯片的集成度也由过去的2000个晶体管/片变成20万个晶体管/片,它的内存由数兆到数十兆,比过去的中小型机内存容量还大。因此,高档微机已基本上能胜任CAD/CAM的工作。由于它的体积小,价格低,对环境要求不苛刻,因此,未来的CAD/CAM工作大部分将在分布式的微机工作站上完成。每个工程设计人员具有自己独立的工作站,进行设计、绘图。同时,也可将各个工作站连成网络,与中央主机相连,以共享大型的软件,能进行高层次的CAD/CAM工作。

第二章 计算机绘图系统

§ 2-1 计算机绘图系统简介

人们常说的“自动绘图”、计算机绘图 (CG)、交互式绘图 (IG)、计算机辅助几何设计 (CAGD) 以及计算机辅助设计 (CAD) 等都是离不开数值计算和图形输出的。因此,计算机绘图系统是一个以计算机为主的系统,它除了有计算能力以外,还必须有产生图形的能力;而且可以用人机对话的方式联机工作,这种图形系统称之为交互式计算机图形系统。它的组成及所具有的功能为:

一、计算机绘图系统的组成

计算机绘图系统主要由硬件及软件组成。

硬件一般指主计算机及其它必要的外部设备(图形输入和图形输出设备)。

软件通常分为三部分: 应用程序, 数据库及图形系统。应用程序将信息存入数据库或从数据库中提取信息;还向图形系统传送图形命令, 说明物体的几何特征;并要求图形系统读取输入设备的值,将一系列画图子程序转换成图形,显示在终端上。而数据库则用以保存被显示物体的信息。图形系统应能提供对图形的数据描述,即定义物体的几何坐标数据,物体的属性

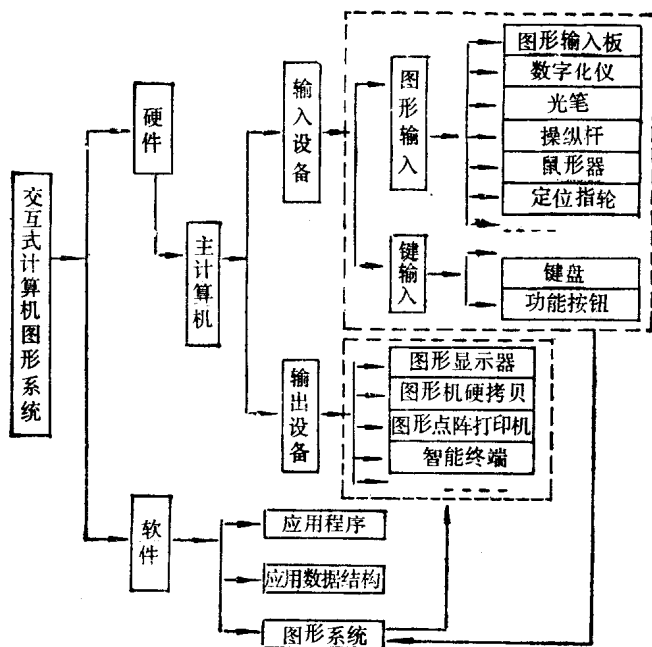


图 2-1 交互式计算机图形系统

(物体的颜色, 轮廓线型等)及物体各部分连接关系的坐标数据。整个交互式计算机图形系统的组成及相互间的关系如图 2-1 所示。

二、计算机绘图系统的功能

一个计算机绘图系统至少应具备下面五个方面的功能。

1. 计算功能 应包括形体设计、分析的方法程序库和有关描述形体的图形数据库。
2. 存储功能 在计算机的内存及外存中能够存放图形数据, 尤其要存放图形数据之间的相互关系。
3. 对话功能 通过图形显示器直接进行人——机通信。
4. 输入功能 把设计过程中图形的形状尺寸, 必要的参数和命令等输入到计算机中。
5. 输出功能 为长期保存分析、传递、交换计算结果或对话需要的图形信息等。由于对输出的结果有精度、形式、时间等要求不同, 因此, 输出设备也是多种多样的。

这五种功能是一个图形系统所具备的最基本的功能, 至于每一功能中还有哪些能力, 则因不同的系统而异, 其系统基本功能框图如图 2-2 所示。

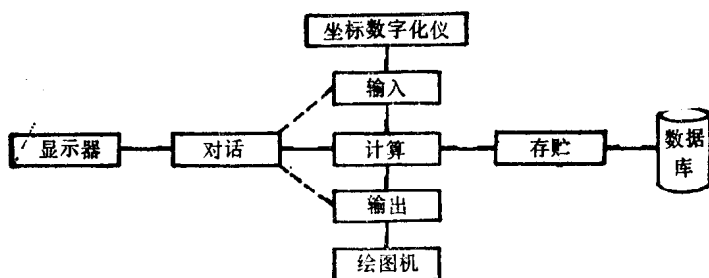


图 2-2 计算机图形系统基本功能框图

§ 2-2 常用图形输入输出设备

在一个基本的计算机图形系统中, 除计算机以外, 各种图形输入输出设备是必不可少的。图形输入设备是将用户的图形数据、各种命令转换成电信号传送给计算机。同样, 图形输出设备则将计算机处理好的结果转换成可见的图形呈现在用户面前。

一、常用的图形输入设备

常用的图形输入设备从逻辑功能上来看可分为六种, 如表 2-1 所示。而实际的输入设备往往是某些逻辑输入功能的组合。为了便于了解, 我们仅介绍以下几种常用的图形输入设备。

1. 键盘

此键盘同一般的电传打字机、控制台打字机键盘相似。除通常的 ASCII 编码的键外, 还附有一些命令键和功能键, 以完成图形操作时的某一特定功能, 如指定光笔工作方式等。

2. 图形输入板

表 2-1 常用输入设备的功能

名 称	相应的典型设备	基 本 功 能
定位 (Locator)	叉丝, 拇指轮	输入一个点的坐标
笔划 (Stroke)	图形输入台板	输入一系列点的坐标
送值 (Valuator)	数字键盘	输入一个整数或实数
选择 (Choice)	功能键, 光笔选菜单项	根据一个非负的整数得到某一种选择
拾取 (Pick)	光笔接触屏幕上已显示的图形	通过一种拾取状态来识别一个显示着的形体、图组或元素
字符串 (String)	文字键盘	输入一串字符

图形输入板有电磁感应式、电容式和电声式等数种, 其分辨率一般为 $0.1 \sim 0.25$ 毫米。小型板的有效面积为 $260 \times 280(\text{mm}^2)$ 。图 2-3(a) 所示为 K-510 型图形输入板, 它为电磁感应式, 分辨率为 0.1 毫米。

它的工作原理为: 面板下有强磁物质制作的磁条, 并定期予以磁化。根据电磁感应原理,

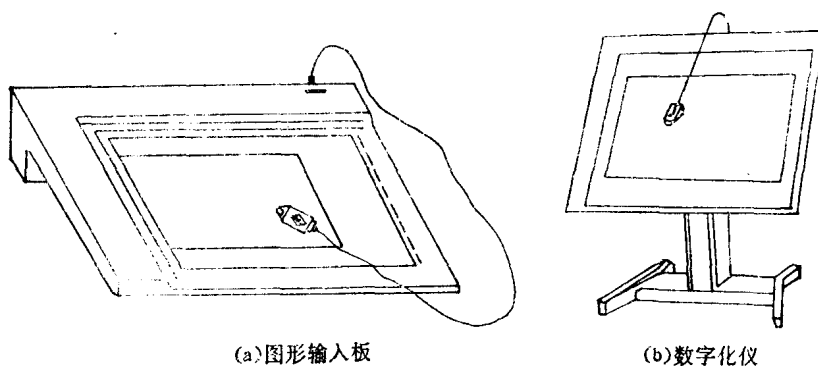


图 2-3 图形输入板和数字化仪

板上的电磁感应强度各不相同, 当游标或一支电磁感应笔处于板面上的某一点时, 由游标内的灵敏检测放大器拾取其电磁感应强度, 通过板下所装置电子回路, 将其转化为数据送入计算机。操作时, 使用游标或电磁感应笔在台板上作图, 便可在屏幕上显示相同轨迹的图形来。

3. 数字化仪

数字化仪, 如图 2-3(b) 所示, 可以用来输入复杂的图形。它可以把图形转换成坐标数据的形式储存, 也可以重新在图形显示器或绘图机上复制成图。它比图形输入板幅面大, 精度高。一般分辨率可达到 0.025 毫米, 幅面可为 $814 \times 739(\text{mm}^2)$, 多为电磁感应式。工作方式与图形输入板类似。使用时, 操作者把图纸放在面板上, 用带有若干按键和精密十字准线的盘状指示器跟踪图线移动就能完成读取图线的坐标数据工作。

4. 光笔

光笔是一种检测装置, 确切地说是能检测出光的笔。其外形象一支圆珠笔, 它由笔体, 透镜组、光导纤维以及光电倍增管和开关电路等组成, 如图 2-4 所示。

光孔直径约 $2 \sim 5$ 毫米, 笔体用绝缘材料制成, 光导纤维是由石英拉成的多股细丝束。从光笔的光孔经透镜组检测到荧光屏上的光, 通过光导纤维送到光电倍增管, 使其转变为电信号, 然后再经过放大整形电路, 以获得标准脉冲输给计算机。

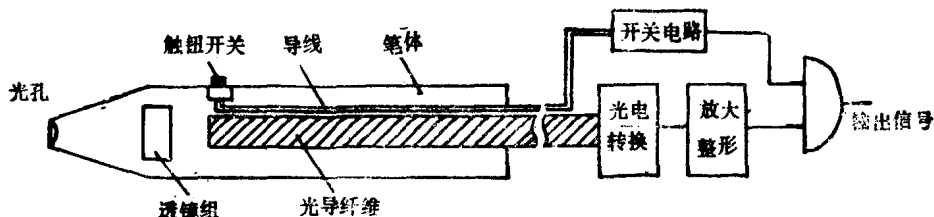


图 2-4 光笔结构示意图

光笔的功能一般有两种：拾取和跟踪。

拾取是指在屏幕上有图形的条件下，用光笔选取某一图形元素作为参考点，并对图形实施处理的过程。它可以对屏幕上的图形进行删改，可以利用建立光标按钮或“菜单”的方式输入标准图形或操作命令。

跟踪是指在屏幕上显示出一个光标，再实施定位的过程。跟踪时，光标在光笔的带领下在屏幕上运动，可以在屏幕上直接作图，也可以求出已有图形上的若干离散点。当然，这要有相应的软件配合。

5. 鼠标器和定标器

鼠标器上部有一个或多个按钮，底部孔内装有与电位器联结的小球。操作时，鼠标器沿桌面移动，靠摩擦力使小球转动，带动电位器控制光标移动，画出所希望的图形和索取所希望的坐标位置，如图 2-5(a) 所示。定标器作用与鼠标器基本相同：它们上面都有一个叫“pick”

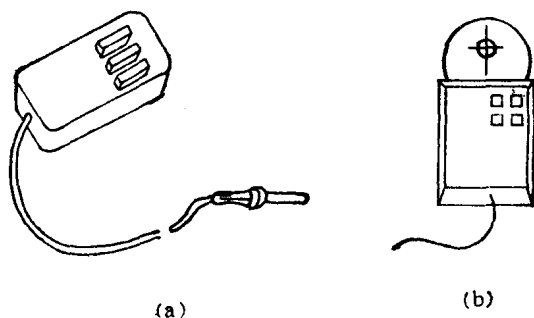


图 2-5 鼠标器和定标器

(拾取)的按钮，是用来在屏幕或数字化仪上拾取指定点的位置或菜单项的。定标器如图 2-5 (b) 所示。

二、常用的图形输出设备

常用的图形输出设备一般分为两类：一类是与图形输入设备相结合，构成具有交互功能的可以快速地生成和删除、修改图形的显示系统；另一类是在纸上或其他介质上输出可以永久保存的图形的绘图系统。

(一) 显示设备

1. 随机扫描的图形显示器

这样的显示器又称为直线画线器或轨迹扫描器。它的基本工作过程是：从显示文件存储器中取出画线指令或显示字符指令、方式指令(如亮度、线型等)，送到显示控制器，由显示控