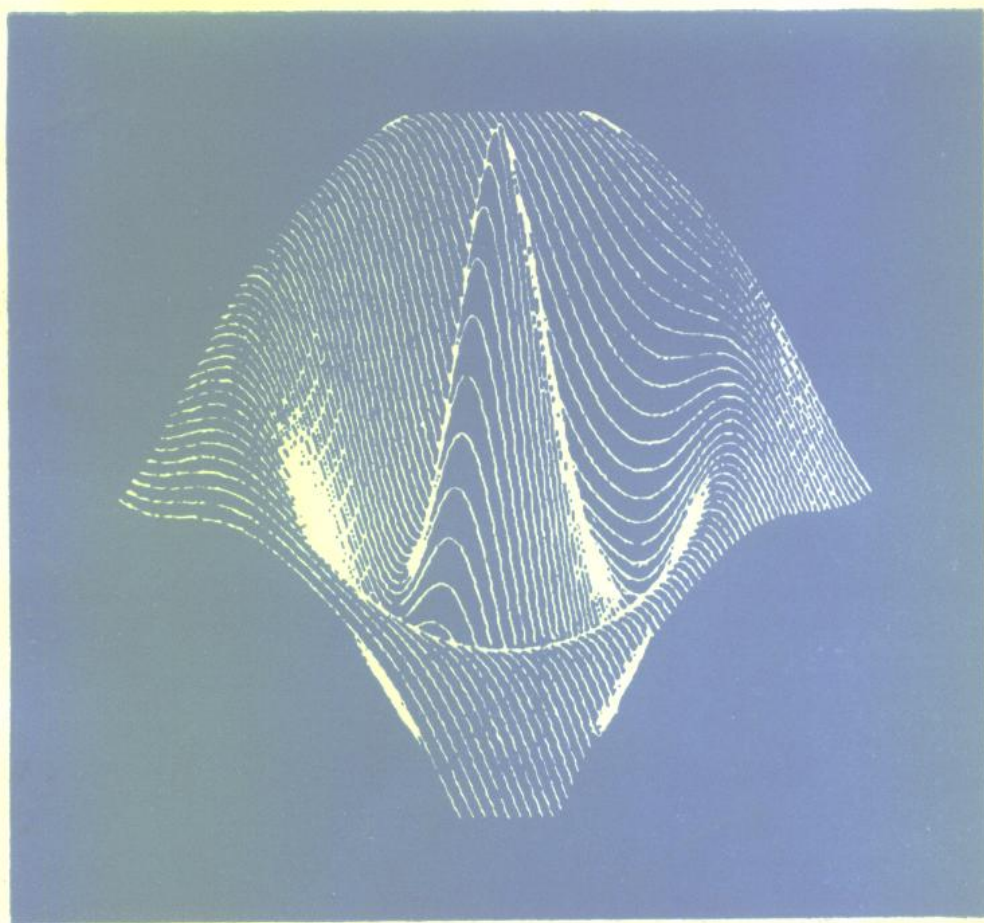


计算机绘图

姚传治 编



西安电子科技大学出版社

计 算 机 绘 图

姚 传 治 编

西安电子科技大学出版社

1992

(陕)新登字 010 号

内 容 简 介

本书是为高等院校开设《计算机绘图》课程的需要而编写的教材。主要包括：计算机图形学的基本知识、图形设备的结构与工作原理、微机图形软件的应用与开发、二维与三维图形处理、机械图样的绘图程序设计、消隐算法与立体图的绘制、曲线与曲面拟合、几何造型技术简介等。本书以 PC 机和 AUTOCAD 图形软件为背景，有良好的通用性。书中有较多已为计算机通过的程序实例，各章附有习题，书后附录介绍了上机操作，便于读者掌握绘图程序的编写和上机实践。

本书也可供广大工程技术人员参考。

西安电子科技大学出版社出版发行

陕西省大荔县印刷厂印刷

新华书店经销

开本 787×1092 1/16 印张 17 2/16 字数 407 千字

1988 年 12 月第 1 版 1992 年 10 月第 3 次印刷 印数 7 001—10 000

ISBN 7-5606-0079-4/TP·0029

定价 7.20 元

前 言

计算机绘图(Computer Graphics)是近年来蓬勃发展的新兴综合性学科,应用领域十分广泛,是当前工程设计与工业生产技术革命的重要内容。

为了适应这种发展形势,有必要在大专院校中开设《计算机绘图》课程。我们曾于1982年和1986年两次编写了讲义,在本科高年级中开出了选修课,同时开展了科研工作、取得了一定的进展。本书是在总结我们近年来教学与科研实践的基础上,广泛学习和参考国内外有关论著和教材而编写成的。我们的愿望是争取使教材有比较充实的内容,能够反映当前计算机绘图技术的一些新面貌,贯彻理论联系实际的原则,尽量做到深入浅出、通俗易懂,便于读者掌握计算机绘图的基本理论、基本知识和基本技能。

鉴于目前PC机及其兼容机的广泛应用与发展,且AUTOCAD软件是这种机型中最主要的图形软件,我们认为在本课程中讲授AUTOCAD软件的应用与开发,不仅能培养学生的实际工作能力,而且还能使学生具体地了解交互式绘图技术,更好地掌握有关理论知识。经本科生教学与计算机绘图培训班教学的实践证明效果较好,比早先单纯以被动式绘图进行教学前进了一步。

与此同时,本书也重视加强理论性的内容,如二维与三维图形处理的各种算法、消除隐藏线的算法、曲线与曲面拟合计算及几何造型技术的介绍等。本书各章有较多的程序实例并附有习题,书后附录介绍了上机操作,便于读者掌握绘图程序的设计方法与技巧以及上机实践。为了便于同分析计算程序相结合,本书采用了在CAD中应用最多的FORTRAN语言编写程序,同时也提供了一部分AUTOLISP语言的绘图程序。

本书第五章专门讨论了机械图样的绘图程序设计问题,有一定的倾向性,但全书各部分中对计算机绘图在科学计算、事务管理、艺术绘画和其它工程应用方面也都有论述和举例。从整体看,本书主要讨论计算机绘图技术的基本原理和方法,对各专业都是适用的。

全书由姚传治负责编写。化桂芳同志参加了第三章和习题中部分内容的编写工作,贾剑平同志参加了部分程序的设计与调试工作,马秀兰同志负责全部插图的描图。

编者请叶尚辉教授在百忙中审阅了书稿,他提了不少宝贵的意见。在此对叶尚辉教授和所有参加编写、校对和出版的同志表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有错误及不妥之处,欢迎读者批评指正。

编 者

1987年元月

目 录

第一章 概论

§ 1-1 计算机图形学的发展和应用	1
§ 1-2 交互式图形系统的配置与功能	4
习题	8

第二章 图形输入输出设备

§ 2-1 图形输入设备	9
§ 2-2 图形显示器	10
§ 2-3 绘图机	17
习题	23

第三章 AUTOCAD 图形软件的使用与开发

§ 3-1 概述	24
§ 3-2 基本命令的使用	29
§ 3-3 AUTOCAD 软件开发的几个方法	45
§ 3-4 AUTOLISP 语言	51
§ 3-5 菜单	62
§ 3-6 图形数据交换文件	69
习题	77

第四章 二维图形处理

§ 4-1 二维图形的几何变换	81
§ 4-2 二维图形的开窗剪取	90
§ 4-3 直线与圆弧的几何计算	97
§ 4-4 二维几何构形、剪取与遮盖消隐	109
习题	116

第五章 机械图样的绘图程序设计

§ 5-1 概述	117
§ 5-2 基本图形子程序	118
§ 5-3 画结构要素图形的子程序	121
§ 5-4 画剖面线的子程序	126
§ 5-5 标注尺寸的子程序	138
§ 5-6 零件图与装配图的绘制	144
习题	149

第六章 三维图形处理

§ 6-1 三维图形的基本几何变换	151
§ 6-2 正投影变换与正轴测投影变换	155
§ 6-3 透视投影变换	160

§ 6-4 凸多面体的消隐处理	168
§ 6-5 一般平面物体的消隐算法	170
§ 6-6 立体图消隐绘图程序与数据结构	177
§ 6-7 圆柱与圆锥的正轴测投影图	189
习题	197
第七章 曲线与曲面	
§ 7-1 最小二乘法拟合曲线	199
§ 7-2 三次参数样条曲线	203
§ 7-3 Bézier 曲线	212
§ 7-4 B 样条曲线	215
§ 7-5 曲面	221
习题	232
第八章 几何造型技术简介	
§ 8-1 概述	233
§ 8-2 几何造型方法的类型	234
§ 8-3 实体造型中形体的表示模式	237
§ 8-4 几何造型中的布尔运算	242
§ 8-5 几何造型系统介绍	245
习题	253
附录	
§ 1 SPL-400 绘图机的使用	254
§ 2 K-510 型图形输入板的使用	256
§ 3 AUTOCAD 软件使用的几个问题	257
§ 4 FORTRAN 接口与绘图程序的操作使用	261
参考文献	266

第一章 概 论

计算机图形学(Computer Graphics)简称 CG, 是计算机应用学科的一个重要分支, 计算机绘图技术是当前工程设计与工业生产技术革命的一个重要内容。

工程图样是表达与交流技术思想的重要工具, 它为人类文明与技术发展作出了很大贡献。但是由于制图工具的发展缓慢, 人们花费大量时间手工制图不但效率低, 而且质量也不容易得到保证。自从电子计算机产生与发展以来, 由计算机控制绘图设备自动绘图, 不但明显地提高了绘图的速度和精度, 更重要的是把工程设计人员从繁琐的手工制图中解放出来, 将精力用于创造性的工作上去。应用与发展计算机绘图技术的意义是十分重大的。

§ 1-1 计算机图形学的发展和应用

一、什么是计算机图形学

图与数客观上存在着相互对应的关系。把数字化了的图形信息, 通过计算机存储与处理, 输出信号驱动绘图设备显示或绘制图形, 这个过程即计算机绘图。研究计算机绘图领域中各种理论与实际问题的学科称为计算机图形学。

计算机图形学把传统的图学、几何学和现代的电子技术及计算机技术相结合, 形成一门新兴的边缘性学科。这门学科还得到应用数学和各工程专业学科的支持与帮助, 从而在理论上和应用上蓬勃向前发展, 成为当前相当热门的新技术学科之一。

计算机绘图是计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)和计算机辅助工程(CAE)的重要组成部分, 是 CAD / CAM 技术的基础与核心内容。计算机图形学中应用体系拼合建立三维形体的实体造型(Solid Modeling)技术, 是真正实现计算机辅助设计和制造的基本手段。一些设计工作进行时先要在屏幕上构造实体模型, 然后进行分析计算, 一直到生成数控加工文件。人对复杂的拓扑问题有特殊的理解能力, 图形的审查鉴定工作要靠人来进行。如图形显示器上出现的汽车或建筑物是否美观, 要不要修改, 要由设计人员决定, 并且通过人机对话方式来实现。设计计算得到的数据也往往通过显示器屏幕, 以图形或图表的方式直观形象地表达出来。有了屏幕图形的辅助, 可以对设计反复修改, 直到获得最佳结果后, 才让绘图机输出图纸以及通过磁带、磁盘等输出自动化加工的文件。CAD / CAM 过程中许多决策性工作是在显示器屏幕前进行的。

计算机绘图分为被动式与交互式两种。被动式绘图在绘图过程中不能实时修改, 如果要改图, 则需要从修改源程序做起, 因而效率低, 不适合 CAD 的要求。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显示的图形。交互式绘图技术先进, 使用方便, 目前在 CAD / CAM 中已经普遍采用。

图 1-1 表示了交互式图形系统的概貌。硬件是一台主计算机, 它驱动一个显示设备(显示单元)。显示器配有键盘及图形输入板两种输入设备。软件由图形系统、应用程序及应用数据结构/数据库组成。在这个系统中, 用户可以进行交互式绘图。

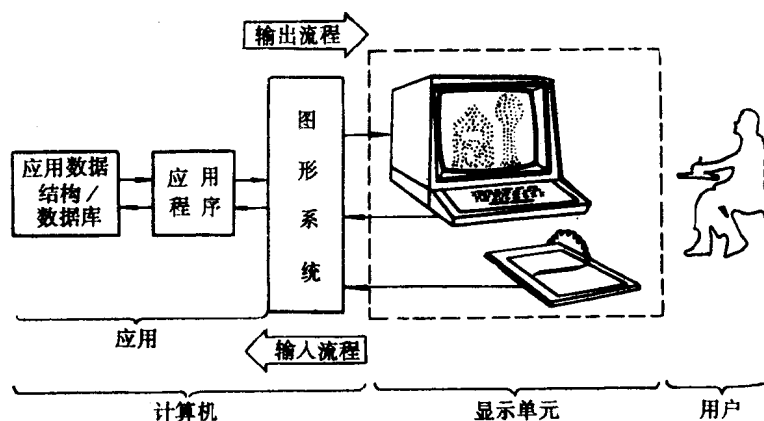


图 1-1 交互式图形系统概貌

二、计算机图形学研究的内容

计算机图形学主要研究以下几个方面的问题：

1. 交互式图形系统的硬件配置及图形输入、输出设备的结构、原理与性能。
2. 交互式图形系统支撑软件的设计与使用，各种应用图形软件的开发研究。
3. 图形处理各种算法的研究，内容有：

(1) 对图形进行比例放缩、平移、旋转、错切与反射变换和对物体进行投影变换的算法。

(2) 对图形进行剪取的算法。剪取是为了在屏幕上局部放大，以清楚地显示图形，同时去掉了不必要的部分，也可以提高处理速度。

(3) 曲线和曲面的拟合、逼近与光顺的算法。

(4) 消除三维对象立体图中隐藏线和隐藏面的算法。

(5) 各种几何造型的算法。如二维的几何造型、三维的表面造型(Surface Modeling)及实体造型(Solid Modeling)等，这些算法可解决由简单形体生成复杂形体的课题。

(6) 生成有色彩及明暗效应逼真图象的算法。这种图象由具有不同色彩与亮度的象素点组成，它模拟一定照明条件下的物为人眼所感受的图形，如同彩色电视屏幕上的自然景物图象一样。

光栅扫描式图形显示器既可显示线条图，又可显示彩色自然图象，在 CAD 中已广泛应用。

三、计算机图形学的发展概况

计算机图形学是随着计算机技术、自控技术、电视技术、计算数学和 CAD 应用技术的发展而发展起来的。

1950 年在美国麻省理工学院将第一台图形显示器安装于 Whirlwind I 计算机上，它只能画简单的图形。1962 年该院的 Ivan E. Sutherland 发表了著名的论文“Sketchpad：人机图形通讯系统”，为交互式图形显示学奠定了基础。这个系统可以通过显示器、光笔与

键盘交互式作图。

1958 年美国 Gerber 公司及 Calcomp 公司在数控机床基础上研制了第一台平台式及滚筒式绘图机, 从而通过计算机控制可以输出高速绘制的高精度图纸。

一批数学工作者如 Bézier、Coons 及 Forrest 等, 研究了曲线及曲面拟合与光顺的算法。1974 年在美国 UTAH 大学召开了 CAGD(计算机辅助几何设计)的学术会议, 逐步发展了计算几何学。

从 60 年代中叶起, 美国通用汽车公司、洛克希德飞机公司、贝尔电话实验室等开始大规模研究 CG、CAD 技术的应用, 到了 70 年代已经取得许多成果, 80 年代 CG 技术就更加成熟, 应用更加广泛了。

我国从 60 年代末 70 年代初开始研制绘图机及图形显示器。1976 年研制成性能先进的 HTJ-1855 大型绘图机。随后又研制了平面电机和直线电机驱动的绘图机, 以及 751、752 等型号的图形显示器。国内许多飞机、船舶、集成电路制造部门及高等院校、设计院、研究所陆续装备了各种计算机图形系统, 开展了不少应用及研究工作。清华大学、北京航空学院、浙江大学和上海船舶研究所等单位在 CAD 图形软件系统研制方面作了许多工作, 研制了 GIS、DPS 等图形软件。苏步青教授等数学专家在计算几何及计算机图形学算法方面也有不少论著及成果。目前许多高等院校已开设 CG 课程和开展培养研究生的工作。有关计算机图形学的学术会议非常活跃, 计算机图形学在我国将会有更广阔的发展前景。

四、计算机图形学的应用领域

交互式计算机绘图技术的应用日益广泛, 地位越来越重要, 其主要应用领域如下:

1. 计算机辅助设计

广泛应用于飞机、汽车、船舶、电子设备与器件、机械、土建等工程 CAD 中。除了用计算机完成大量分析计算工作外, 图形输入输出设备对设计人员完成设计构思及审查修改工作有重要的作用, 已经充分显示出 CG 技术的优越性。在电子工业中, 这项技术在集成电路设计及印刷电路设计中应用效果显著, 可以在很短时间内画出高质量的图纸来满足生产上的要求。

2. 计算机辅助加工

利用交互式图形系统可以辅助编写数控加工程序。在图形显示器屏幕上可以显示加工零件的形状、刀具轨迹及工装夹具的位置, 从而大大减少了加工中废品的产生, 缩短了生产准备周期。用显示器编程, 平均经过两次试切削即可产生一个合格的程序, 因而可缩短 25~65% 的编程时间。

目前一些大企业如美国波音公司, 利用图形工作站编制加工程序, 体现了设计制造一体化。程序员在编程时先从统一数据库中调出设计部门存储在库中的零件图, 在荧光屏上显示, 接着进行加工程序的编写, 并输送到生产设备上加工。

3. 系统模拟与动画片

用计算机生成动画片已日益增多, 它可以生动描述一些客观现象, 如液体流动、核反应、化学反应和工程结构在有载荷时的变形等。利用计算机图形学技术生成动画不仅有很好的观赏价值, 而且有很高的应用效果。可以产生有色彩与明暗效应的动画来模拟飞行环

境, 用于训练飞机驾驶员及宇航员, 也可以模拟云、雾、夜、雨中的自然环境来拍摄电影与电视。

4. 过程监控

使用这项技术可以对生产及交通进行管理。例如在金属冶炼或地质勘探时, 通过传感器把有关数据送给计算机处理, 在显示屏上可生成描述冶炼炉或钻井中情况的图形, 使生产人员能对设备的运行进行有效的监视与管理。同样, 铁道等交通部门的调度人员, 也可以通过屏幕上的运行状态图来指挥交通。

5. 绘制各种图形与图表

应用 CG 技术可以绘制各行各业使用的图形与图表。如绘制服装生产用图样、勘探测量及实验数据整理的曲线与曲面图样, 生产管理与办公室自动化所使用的各种图表、医疗卫生方面的图样、各种艺术绘图及商业广告画等。

6. 计算机辅助教学(CAI)

计算机图形学已广泛应用于计算机辅助教学系统之中, 由于直观形象、生动活泼, 有效地提高了学生的学习兴趣, 增强了教学效果。

§ 1-2 交互式图形系统的配置与功能

一、交互式图形系统的配置

交互式图形系统是一个以计算机为核心设备的系统。它配置有外存储器、图形输入与输出设备以及相应的软件系统。主要图形输入设备有: 键盘(Keyboard)、数字化仪(Digitizer)、图形输入板(Tablet)、鼠标器(Mouse)及操纵杆(Joystick)等。图形输出设备有: 图形显示器(Graphic Display Unit)、绘图机(Plotter)、打印机(Printer)及硬拷贝机(Hard Copy)等。

交互式图形系统的配置与功能框图如图 1-2 所示。

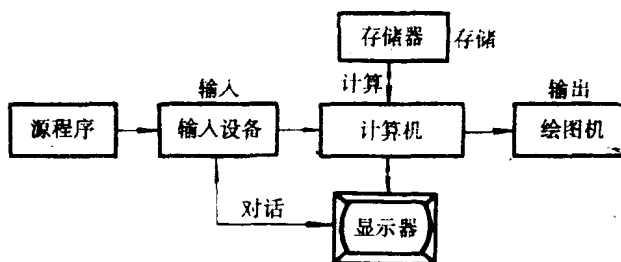


图 1-2 交互式图形系统的配置与功能框图

二、交互式图形系统应具有的功能

1. 计算功能

它由计算机实现, 需要有图形及其它软件的支持, 必要时还要调用数据库中的数据进行计算。

2. 存储功能

在计算机内、外存储器中存放有关图形的数据信息, 要求便于检索调用及编辑修改。

3. 输入功能

通过键盘、图形输入板等输入设备, 将源程序、绘图命令、菜单项及数据等送给计算机进行处理。

4. 对话功能

设计人员通过显示器观看计算结果及图形, 不满意的地方, 通过图形输入设备以人机对话方式修改。

5. 输出功能

设计人员在 CAD 过程中或工作结束后, 可以通过打印机、绘图机等输出设备打印源程序及计算结果, 绘制图形等。还可以通过磁盘、磁带及纸带等介质输出自动化加工用的文件, 去控制产品的制造。

三、交互式图形系统的类型

从系统总的角度来说, CAD 图形系统目前可以分为如下几种类型:

1. 大型计算机图形系统

如图 1-3 所示, 它是在大型分析计算机下连接着数十个甚至上百个图形工作站(Work Station)的系统, 适合于大型的 CAD/CAM/CAE 课题, 大多用于飞机、船舶、汽车及大型电机产品的设计与制造。这种系统的主机有美国 IBM 公司的 303X 及 308X 系列机及 CDC 公司的 CYBER170、180 系列高档机。虽然它的综合性能价格比高, 但是由于其设备费昂贵, 应用范围受到很大的限制。

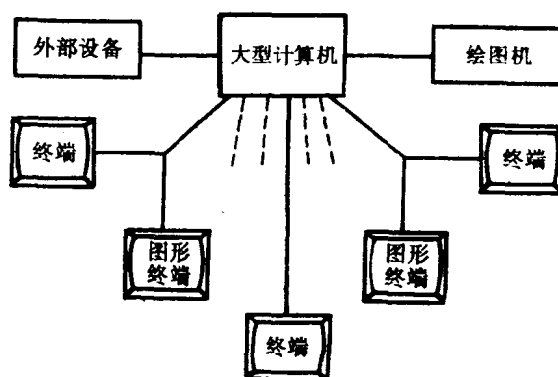


图 1-3 大型计算机图形系统

2. 32 位超级小型机与超级微型机系统

计算机有: VAX-11/750、VAX-11/780、Micro VAX-II、Micro VAX-III、Prime 550-II 等。Clama、Sun、Computervision、Intergraph 等公司把硬件与软件一揽子配置, 组成 CAD 图形系统。这些系统在配置上有集中式、分布式、多主机式及独立工作站式等型式, 适合进行中型以至大型 CAD 课题, 也可以供景物模拟及过程监控使用。

分布式系统的代表是 Apollo 环形分布系统, 它由两个以上的工作站组成。工作站有 DN3000、DN660、DN460 等型号。较早的 DN660 的处理器为 32 位, 内存 2MB, 配有 19 英寸高分辨率彩色显示器, 1024×1024 个象点, 可同时显示 256 种颜色。工作站可进行实体造型、图象处理及有限元分析计算等工作, 处理速度为 1MIPS(1 兆指令/秒)。分布式系统的优点是: 响应速度高, 适于交互式绘图; 各工作站可以共享网中程序、文件与外部设备, 达到资源共享; 还可任意增减网中的工作站数, 扩展性很好。

分布式系统通过服务处理器可以同分析计算的以太网(Ethernet)连接, 进一步扩展 CAD 系统的功能。图 1-4 是 Calma-Apollo 系统的一种配置方案。

近年来 Sun 公司在 CAD 系统网络技术与工作站性能上有较大发展。Sun 4 工作站处理速度为 10 MIPS, Sun 3/50 工作站处理速度为 1.5 MIPS, 但价格较低。Sun 公司的通用多用户计算机系统把高性能的计算、图形与网络功能融合为一体, 提供各种工程 CAD/CAM/CAE、科学计算与图象处理功能。图 1-5 是 Sun 系统的配置概况。

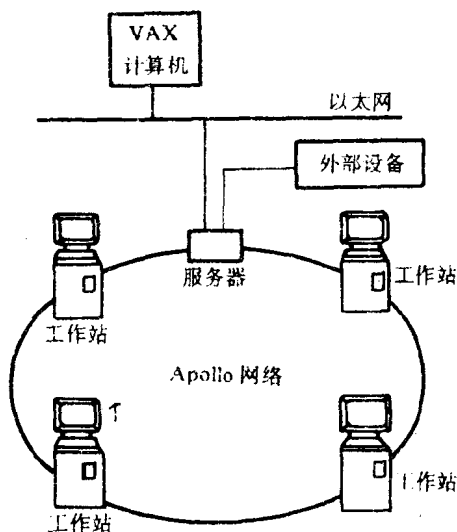


图 1-4 Calma-Apollo 工作站

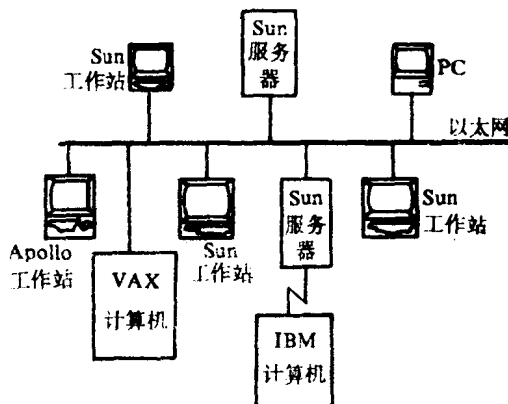


图 1-5 Sun 公司的多用户计算机系统

3. 微机交互式图形系统

硬件配置如图 1-6 所示。目前使用的微机以 IBM PC/AT、PC/XT 机为代表、国产机为 0520 系列微机，这些都是 16 位机。同时市场上已出现了不少以 Intel 80386 为处理器的 386 机，它是 32 位机，速度比 PC/AT 机提高 2~3 倍，性能价格比较高。这些微机配有彩色图形显示器，分辨率为 320×200 点、 640×400 点等，也可以配 1024×1024 点高分辨率的图形显示器，有较好的图形功能。这些微机软件丰富、价格低廉，特别适合学校及中小企事业单位使用，目前在国内外广为应用，约有 80% 的 CAD 工作是在微机上进行的，值得我们重视。由于计算机技术发展非常迅速，计算机图形系统的硬设备必将日新月异地向前发展。

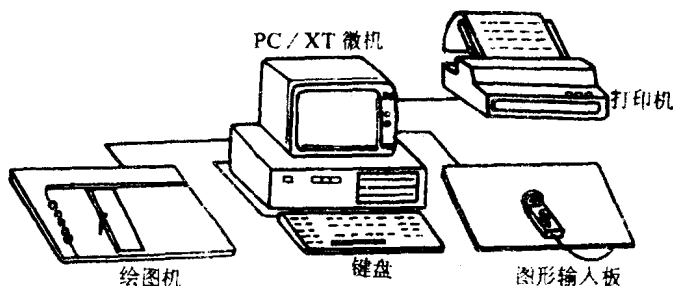


图 1-6 微机交互式图形系统的配置

四、交互式图形系统的软件

1. 交互式图形系统软件的配置

一个 CAD 图形系统，除了配置硬件之外，还必须配置成套的软件才能有效地工作。软件系统分为三个层次：最核心的一层是操作系统；中间一层是高级语言、图形支撑软

件、数据库管理系统和通讯软件；最外层是各种应用软件，如图 1-7 所示。

图形支撑软件即图形基本功能软件，它提供图形处理与编辑的功能，并包含有驱动图形输入与输出设备的程序，是交互式绘图系统的基础软件。数据库存储图形与非图形数据，结构为层次模型，有相应的管理软件。通讯软件解决工作站之间和工作站与主机之间交换信息的问题。

二维、三维图形支撑软件中著名的有：Intergraph 公司的 IGDS 软件、CV 公司的 CADDSS 4 软件、Cambridge Interactive System 公司的 Medusa 软件、Pafec 公司的 Dogs 2D 和 3D 软件及 Clama 公司的 DDM 和 Solid Modeling 软件等。

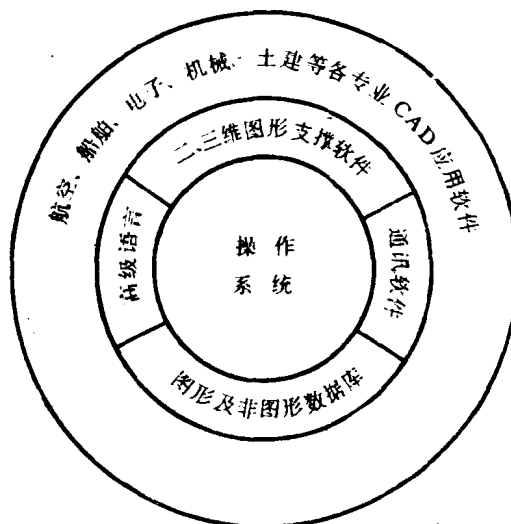


图 1-7 交互式图形系统软件的配置层次

适用于 PC 机的图形软件有 Person Designer、CADKEY、Cadplane 等，但最著名的是美国 Auto Desk 公司的 AUTOCAD 软件。据有关刊物统计，世界范围内微机 CAD 系统中有 44% 采用了 AUTOCAD 软件，目前国内也很流行，它有相当强的二维绘图与图形编辑功能，有曲线拟合功能，也有一定的绘制三维立体图消除隐藏线的功能。这种软件配有 AUTOLISP 语言，可供用户开发自己的绘图命令与菜单。该软件还提供多种手段，供用户开发图形库。它还可以同高级语言及数据库交换信息，并且有许多外部设备驱动程序，使用相当方便。目前这种软件还在不断向前发展与完善。

2. 图形软件的开发

引进国外比较先进的软件可以提高我们 CAD 工作的起点，但是应该在使用中不断提高与扩展它的功能，开发适合我国制图标准与工程设计要求的图形软件，这样才能有效地进行工作。对于引进的软件，只有搞“二次开发”才能充分发挥支撑软件的功能，形成自己的生产力。

国内也有一些单位按照图形软件的国际标准，开发通用基本图形软件即支撑性图形软件，这项工作也在发展与完善之中。

3. 图形软件的标准

随着图形软件的发展，提出了图形软件的标准问题，美国计算机协会(ACM)成立了一个图形标准规划委员会，总结了多年来图形软件开发的经验，于 1977 年提出了“核心图形系统”(Core Graphics System)的规范，1979 年又公布了第二版，增加了包括光栅扫描图形显示技术在内的一些功能，但仍作为进一步讨论的基础，1985 年 8 月国际标准化组织(ISO)公布了联邦德国提出的“图形核心系统”(Graphics Kernel System)，简称为 GKS 正式标准文本。GKS 虽然只有二维功能，但是它采用了虚拟设备接口、虚拟显示文件及工作站等概念，具有许多优点。制定图形软件标准的主要出发点是程序的可移植性，即使使用同一图形程序不加修改或稍加修改就可以在另一套 CAD 图形设备上运行而不受阻碍。

这项工作在国内外已经引起各方面的关注与支持。

计算机图形学是当前发展非常迅速的一门新的学科，硬件与软件都在不断更新变化，需要不断学习与实践，不断探索与创新。

习 题

1. 什么是计算机图形学？它与周围学科的关系如何？当前它的应用与发展情况如何？
2. CG 中被动式绘图与交互式绘图的区别是什么？目前计算机绘图的主要优缺点是什么？
3. CAD 图形系统中应配置哪些硬设备？图形系统分档与配置形式上的情况如何？
4. CAD 图形系统中软件的层次如何划分？图形支撑软件应具备哪些功能？
5. 图形软件标准化是怎样提出的？图形软件的开发工作应如何进行？
6. 你对所看到的图形设备与软件有什么看法？你对学习计算机绘图课有什么打算？

第二章 图形输入输出设备

§ 2-1 图形输入设备

一、键盘

键盘是最常用的图形输入设备之一。通过按键操作，配合各种事先编排好的程序，可以输入字符、图形数据及图形命令等。

键盘由若干键和相应的开关元件以及编码器、寄存器等组成。按键的作用来分，有字符键、光标键、编辑功能键和图形功能键等。字符键及各种功能键取 ASCII 码方式，以 7 位二进制数表示。

键盘工作原理如图 2-1 所示。当按下某键时，通过开关元件产生电平信号，控制编码器进行编码，得到对应于该键的 7 位二进制数，送入编码寄存器等待处理。与此同时，按键标志触发器

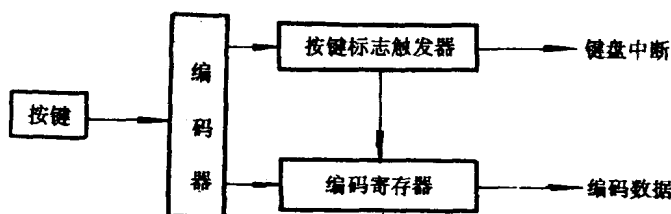


图 2-1 键盘工作原理框图

置位，通过显示处理器向计算机发出键盘中断请求，计算机响应中断后，调用相应的中断服务程序，取出键盘按键的编码数据进行相应的处理，如显示字符或执行功能要求。

二、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、磁致伸缩式、超声波式及电磁感应式等。电磁感应式应用较多，它的台板内布有非常密的电路网络，构成感应阵列，并通以交流电信号。其指示器的前端是一检测线圈，磁场集中于十字游标的中心，所以指示器在台面上移动时，其坐标位置可以通过电磁感应的方式检测出来，并将信号送给系统。由图形输入板将点的坐标数据送入计算机的功能称为定位功能(locator function)。图板上指示器的移动可带动屏幕光标移动，这就可以选取所操作的图形实体对象，这种功能称为拾取功能(pick function)。当带动光标移到菜单上时，点取后可执行菜单项所对应的功能，这称为选择功能(choice function)。图形输入板还可以进行徒手画，此时移动指示器，将按一定间隔采样并向计算机输送数据，显示屏上也将产生相应的轨迹图线，这称为笔划功能(stroke function)。

图 2-2 是 K-510 型图形输入板，它的分辨率为 0.1 mm，数据精度为 ± 0.5 mm，幅面为 380×260 mm²。它以标准配件提供 EIA RS-232C 异步接口，可以方便地与微型计算机连接。

数字化仪实际上是大幅面与高精度的图形输入板，可数字化的幅面一般在 914.4×1219.2 mm² 以上，分辨率可达 0.025 mm，精度可达 $\pm 0.254 \sim 0.127$ mm 左右，外形如图 2-3 所示。



图 2-2 K-510 型图形输入板

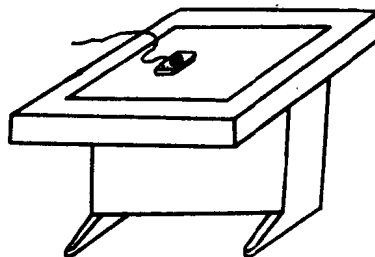


图 2-3 数字化仪

三、鼠标器

有的鼠标器有光学移动光标，通过特制的反射式衬垫来检测鼠标器的移动，如图 2-4 所示。有的鼠标器底面装有滚轮，可使电位器移动，将位移信号送给系统，使显示器屏幕上的光标移动。鼠标器上的按钮也提供定位、拾取与选择等功能，但它的定位功能是由屏幕光标的位置所提供的，其坐标数据不如图形输入板的准确。由于鼠标器结构简单、价格低廉，故应用也比较广泛。

图形输入设备还有操纵杆、姆指轮及光笔等。早期的光笔系统由于易损坏和使用不便，目前已经被台板输入设备所代替。

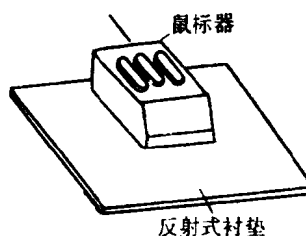


图 2-4 鼠标器

§ 2-2 图形显示器

一、阴极射线管(CRT)

其结构如图 2-5 所示，组成与工作原理如下：

1. 阴极

加热其灯丝至 $1000 \sim 3000^{\circ}\text{C}$ 的高温，使圆筒表面的氧化钡、氧化锶等氧化物发射电子。

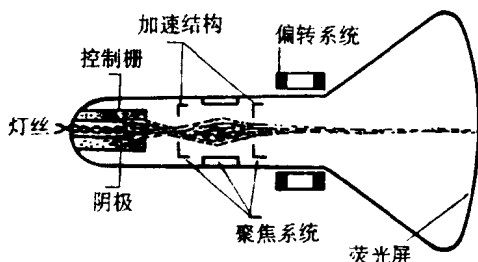


图 2-5 阴极射线管结构示意图

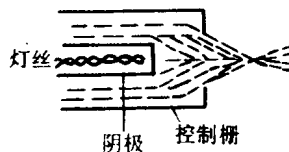


图 2-6 CRT 的阴极与控制栅

2. 控制栅

控制栅是包围阴极且一端有小孔的金属圆筒,如图 2-6 所示。它的电位低于阴极,所以排斥从阴极发射的电子,只有少数发射电子通过小孔逃逸,而大部分电子仍留在控制栅内,因而它控制了电子的发射方向,有助于以后电子的聚焦。

控制栅的电位愈低,逃逸的电子愈少,最后轰击荧光屏的电子能量减少,使产生的亮度下降。因此,改变控制栅的电位,可以控制 CRT 显示图形的亮度。

3. 加速结构

由第二栅极(第一阳极)和第二阳极组成。作用是提高电子的速度,使电子束有足够的能量轰击屏幕荧光物质而发光。第二栅极电位为 300~400 V,第二阳极电位为 10 000 V 以上。电子速度的变化与电位差的关系为

$$eE = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2) \quad (2-1)$$

式中 e ——电子的电荷;

E ——第二阳极与第二栅极间的电位差;

m ——电子的质量;

v_1 ——进入加速结构前电子的初速;

v_2 ——通过加速结构后电子的末速。

加速结构电位差为 10 000~20 000 V 时,电子束的速度可提高到 $(18\sim 84)\times 10^6$ m/s。

4. 聚焦系统

所谓聚焦即细化电子束,使电子束在屏幕上产生面积很小的亮点,以提高分辨率。所谓分辨率是指屏幕上可以区分的两个相邻亮点间的距离。大多数 CRT 采用静电聚焦。

如图 2-7 所示,在第二栅极与第二阳极之间插入一附加阳极,形成高一低一高的电位,利用电场对电子束的折射作用,先使电子束发散再使它收敛聚焦。适当调整附加阳极的电位,可以得到满意的聚焦效果。

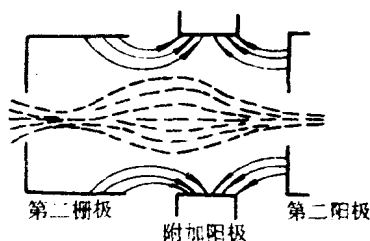


图 2-7 CRT 的聚焦系统

5. 偏转系统

有静电偏转及电磁偏转两种,一般多采用电磁偏转。上下一对线圈控制电子束左右移动,而水平一对线圈控制电子束上下移动。每对线圈产生一个磁场,对运动的电子产生洛伦兹力而使其偏转。

6. 荧光物质

图形显示器屏幕上的荧光物质通常是依据彩色特性和余辉特性来选择的。余辉时间是以荧光亮度下降为初值十分之一的时间来度量的。余辉时间一般很短,为了稳定图形。要使电子束反复画同一图形,即不断刷新。荧光粉的余辉时间不能太长,否则在图形运动时将产生拖影。理想的余辉时间为 100 ms 或者再短一点,这样在 30 Hz 的刷新频率下,图形运动不致留下尾巴。荧光粉颗粒要小,以提高分辨率,还要求它把电能转换为光能的效率高,并有良好的抗烧蚀性能。