

● 计算机应用系列丛书

计算机图形学

及其在石油工业中的应用

● 赖茂宏 主编

● 石油大学出版社



石油高校“计算机应用教材”编委会

编委主任：马玉书

编 委：全兆岐 柴之聪 刘继舜 王家华
王一公 黄汉光 胡文宝

责任编辑 宋秀勇 封面设计 北 原

计算机应用系列丛书

计算机系统概论
计算机技术应用基础
计算机图形学及其在石油工业中的应用
微机原理及在石油工业中的应用
数据库系统导论

ISBN7-5636-0262-3/TP·10 定价：14.00 元

计算机图形学

及其在石油工业中的应用

赖茂宏 主编

石油大学出版社

鲁新登字 10 号

计算机图形学
及其在石油工业中的应用
魏茂宏 等编

石油大学出版社出版

(山东省 东营市)

新华书店发行

石油大学出版社照排室排版

山东新华印刷厂德州厂印刷

开本 787×1092 1/16 12.75 印张 325 千字

1993 年 8 月第 1 版 1993 年 8 月第 1 次印刷

印数 1—3000 册

ISBN 7-5636-0262-3/TP·10

定价:14.00 元

前 言

近年来,随着计算机科学及其应用的发展,计算机图形学已成为举世瞩目的一个新兴学科。计算机图形技术在科技领域中取得显著成效,成为科技和生产的重要手段。目前我国大多数理工院校都已相继开设计算机图形学这门课程,这对推广计算机图形技术的应用,促进科学技术的发展有其重要意义。为满足教学需要和广大科技工作者的需求,我们将多年教学的材料,加以整理补充,编写出此书。

计算机图形技术在石油工业中应用面广,它用于石油勘探和开发、石油机械、油田建设、管道设计,涉及二维三维地质图、压力场、温度场、油藏描述和油田数值模拟等方面,计算机图形技术已成为石油工业中不可缺少的工具,以视算结合方式描述地下复杂的油藏又有其特殊的意义。

本书是石油高校计算机专业所用教材,可供教师、学生和技术人员使用。本书分基础和应⽤两部分:基础部分介绍计算机图形学基本算法,其中包括点、直线、曲线、曲面算法,还有三维图形、坐标变换、裁剪、消隐、明暗处理以及光栅图形和真实感显示的基本知识;应用部分介绍图形系统的接口技术、常用的图形软件系统、石油地质图件的绘制、石油机械工程的绘制等绘图技术。本书虽然偏重于石油工程上应用,但图形处理技术亦适用于其它专业领域。作者在选材方面尽量选用实用材料和最近研究成果,力图把本书编写成既面向实际的需要,又能保持本课程的理论完整。编写时尽可能考虑先进性、系统性,叙述深入浅出,循序渐进,亦通过实例分析,理论联系实际,便于读者自学。

本书第一、二、三、四、五、八、九章由赖茂宏执笔;第十章和附录由王大明执笔,第七章由周坤瑞执笔,其中第六章由赖茂宏、王大明合写,程序由王大明统编,全书由赖茂宏修改定稿。

石油大学北京研究生院马玉书教授审阅全书,提出不少宝贵意见;付则绍教授支持关心帮助本书编写工作;胡宏涛为本书用计算机绘制了大量图样,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中难免有缺点错误,殷切希望读者批评指正。

编 者

1991年8月

目 录

第一章 概论	1
§ 1.1 计算机图形学发展概况	1
§ 1.2 计算机图形学在石油工业中应用概况	1
§ 1.3 计算机图形学的研究内容	5
§ 1.4 计算机图形系统概述	6
第二章 二维图形基础	11
§ 2.1 直线的生成	11
§ 2.2 直线图形的画法	14
§ 2.3 平面规则曲线的画法	17
§ 2.4 平面图形的几何变换	19
§ 2.5 计算机图形学中的坐标系	24
§ 2.6 二维图形裁剪	27
第三章 三维图形的变换	30
§ 3.1 三维图形的变换矩阵	30
§ 3.2 投影变换	34
§ 3.3 透视变换	38
§ 3.4 三维裁剪的基本概念	41
第四章 平面自由曲线	44
§ 4.1 三次多项式插值——四点法	44
§ 4.2 二次多项式平均加权法	45
§ 4.3 张力样条函数插值法	50
§ 4.4 Bezier 曲线	57
§ 4.5 B 样条曲线	61
第五章 曲面	69
§ 5.1 COONS 曲面	69
§ 5.2 Bezier 曲面块	74
§ 5.3 B 样条曲面	75
§ 5.4 分数维模拟面	78
第六章 真实图形基础	80
§ 6.1 凸多面体的消隐算法	80
§ 6.2 任意多面体的消隐算法	82
§ 6.3 曲面消隐算法	94
§ 6.4 明暗处理	98
第七章 地质图件的绘制	102
§ 7.1 矩形网格法绘制等值线图	102

§ 7.2	三角网法绘制等值线图	113
§ 7.3	立体图的绘制	116
§ 7.4	栅状图的绘制	118
第八章	机械工程图的绘制	122
§ 8.1	概述	122
§ 8.2	机械零件图的绘制	123
§ 8.3	机械装配图的绘制	131
第九章	图形软件系统介绍	133
§ 9.1	交互式图形软件系统	133
§ 9.2	计算机图形核心系统 GKS	135
§ 9.3	微机通用绘图软件 Auto CAD	139
第十章	常用图形系统的接口技术	150
§ 10.1	IBM-PC 异步通讯适配器	150
§ 10.2	数字化图形输入板的接口技术	154
§ 10.3	绘图机的接口技术及其绘图功能	161
§ 10.4	点阵打印机的图形功能	166
附录	Turbo Pascal 简介	182
参考文献		197

第一章 概 论

§ 1.1 计算机图形学发展概况

计算机图形学的发展与计算机技术发展密切相关。随着半导体工艺成本急速下降,计算机技术迅猛地发展,应用计算机图形技术的人与日俱增,应用范围不断扩大。

50年代末至60年代初期,计算机主要应用于科学计算,使用尚不普遍,但已经开始配置图形显示器。1950年美国麻省理工学院(MTI)的旋风(Whirlwind)计算机就配上了由计算机驱动的阴极射线管(CRT)的图形显示器。1958年美国CALCOMP公司由联机的数字记录仪发展成滚筒式绘图仪,同时美国GERBER公司把数控机床发展成平板式绘图机。50年代末期,美国MTI林肯实验室研制的SAGE空中防御系统,第一次使用了具有指挥和控制功能的CRT显示器,这预示着交互图形技术的诞生。

被公认为第一篇计算机绘图的论文是I. E. Sutherland于1963年发表的《SKETCHPAD: 人机图形通信系统》。它可用光笔在图形显示器上实现选择、定位等交互功能;论文引入了分层存贮符号和图素的数据结构,提出了至今仍在应用的许多基本思想和技术,从而确立了计算机图形学作为一个崭新的科学分支的独立地位。60年代,美国麻省理工学院、通用汽车公司、贝尔电话实验室和洛克希德飞机公司开展了计算机图形学的大规模研究。

进入70年代后,计算机硬性能不断提高,价格逐步降低,特别是图形输入板、大容量磁盘设备等的出现以及通用软件的开发,以小型计算机和超级小型机为基础的图形系统开始进入市场并形成主流,得到广泛应用。

80年代以来,32位超级微机工作站及微型计算机的出现,给计算机图形学的发展带来重大影响。近年来实现图形硬件和软件的集成,开始出现所谓“图形机”(Graphics Engine)。使主机摆脱了图形处理的负担。图形工作站是一个用户使用一台计算机,交互作用响应时间短,联机后可共享资源,因而得到迅速发展,应用日益广泛,在国防、科研和生产部门的应用中取得巨大的经济效益。

我国从70年代初开始进行计算机图形技术的开发和应用。近20年来,我们自行开发的二、三维图形交互处理软件、几何造型软件、真实图形显示软件等为我国计算机图形技术在各行业中应用打下良好基础,在绘制工程图和地形图、工程产品的设计与制造、地下资源和矿藏的勘察、石油勘探和开发、城市规划等方面的应用已经取得了显著成效。

目前计算机图形学的发展趋势,明显表现在下列几方面:图形图象的研究日益结合;软件方法与硬件技术相互结合;基础研究与应用研究密切结合。

§ 1.2 计算机图形学在石油工业中应用概况

近年来,由于计算机和图形设备功能的迅速提高和价格的日益降低,计算机图形软件日益

增多和完善,使计算机图形技术在各行业得到普及应用。在石油工业中,同其它技术领域一样,计算机图形技术已成为重要的技术手段,发挥愈来愈大作用。下面介绍简况。

一、石油机械计算机辅助设计

这是一个应用最广泛最活跃的领域。从井下工具、矿场机械到钻井平台,从零件图、装配图的绘制到整机装配和布置设计、运动部件的动态模拟、机构的最佳设计等,都用到计算机图形技术以及人机交互设计系统,其应用面之广,应用层次之深居其它部门之首。据统计,石油机械工程图纸的绘制约占整个设计工作量的70%。应用计算机绘图能使广大的技术人员从繁重的手工绘图中解脱出来,从事创造性的劳动。

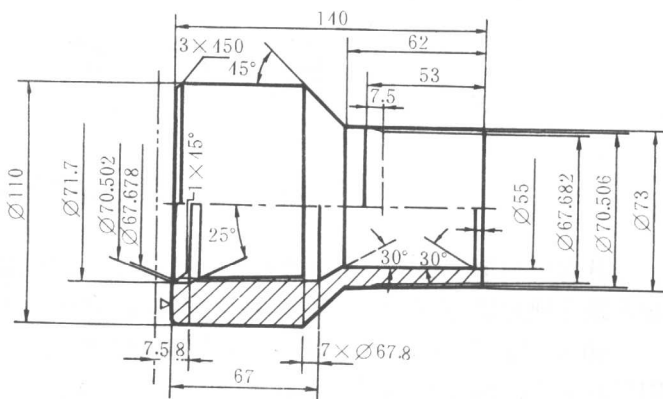


图 1-1 井下工具用的接头零件图

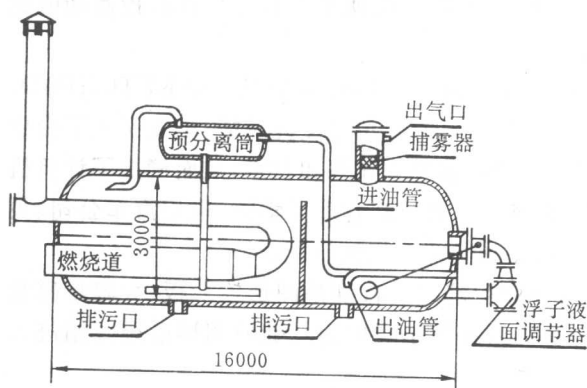


图 1-2 加热、分离、缓冲三结合装置结构图

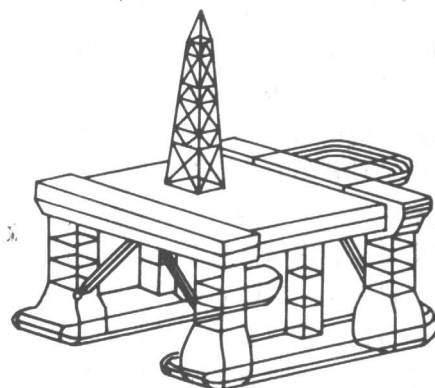


图 1-3 半潜式钻井平台的线框图

图 1-1~1-4 是用计算机图形系统绘制出的零件图、结构图和经明暗处理过的机件图。

二、管道设计

计算机绘图技术,可用于采油厂的管道设计和油气集散的管道铺设。应用绘图软件的命令和标准管件的数据库,生成管线结构的流程图,作出管线布置的三维图,最后经分析、干扰检测后作出真实管线布置图。图 1-6~1-7 是管道设计的实际图例。

三、油田地面建设

油建工程广泛应用计算机绘图技

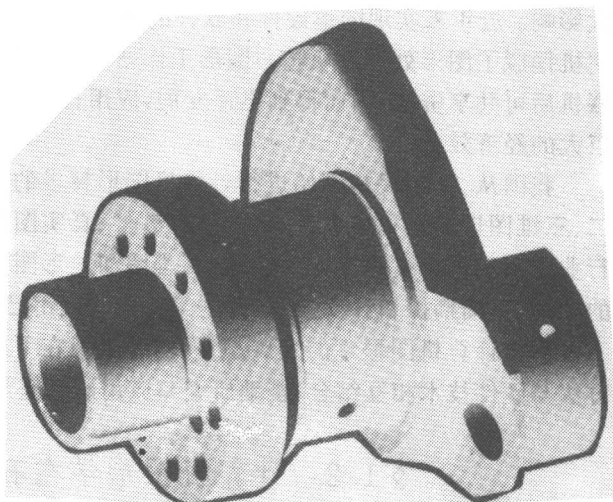


图 1-4 明暗处理后的零件图

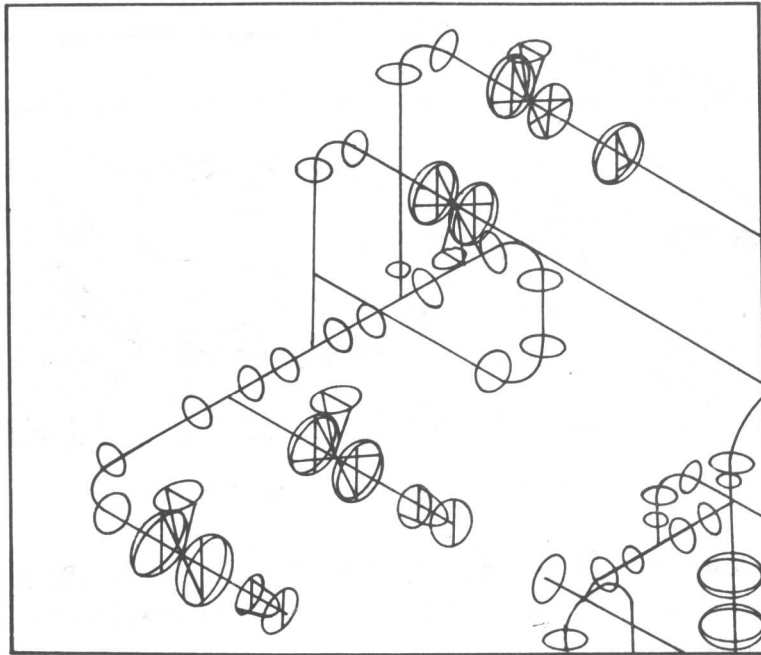


图 1-5 管道中心线的三维图

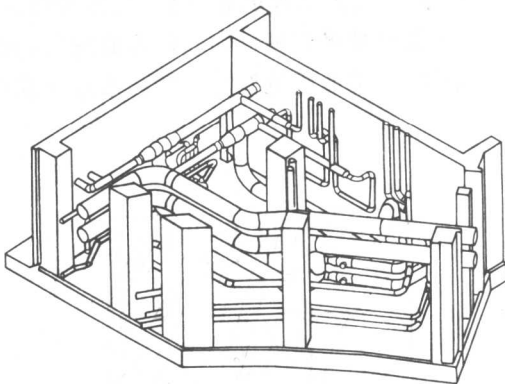


图 1-6 管线布置的三维实体图

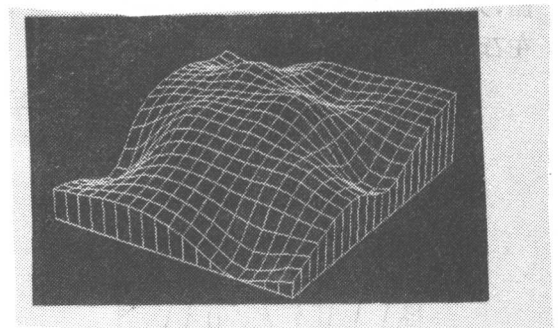


图 1-7 场地表面三维图

术。在输入地面勘测数据或现场的资料后,生成矿场地面的等高线图、剖面图,可在计算机屏幕上布置管道、架空线路、修筑道路、铺设轨道、修建房屋等设施。在人机交互方式下,选择比较合适位置时,计算有关数据。例如挖土量、高程差、坡度等,最后由计算机列表绘图输出。图 1-7~1-8 是计算机作出油建工程图样。

四、石油勘探与开发

石油勘探的目的是用各种可能的方法弄清特定地区的油气藏状况,利用已有各种信息作出合理的解释和推断。由于地下情况异常复杂,精确地计算几乎不可能,大多按已获取的抽样信息作出估计。各种地质图件是作出有效估计的重要手段。地质构造图、等值线图、趋势面图和剩余图、微商图、向下延拓图、水动力图等一直是石油地质学在寻找最有希望含油构造的有

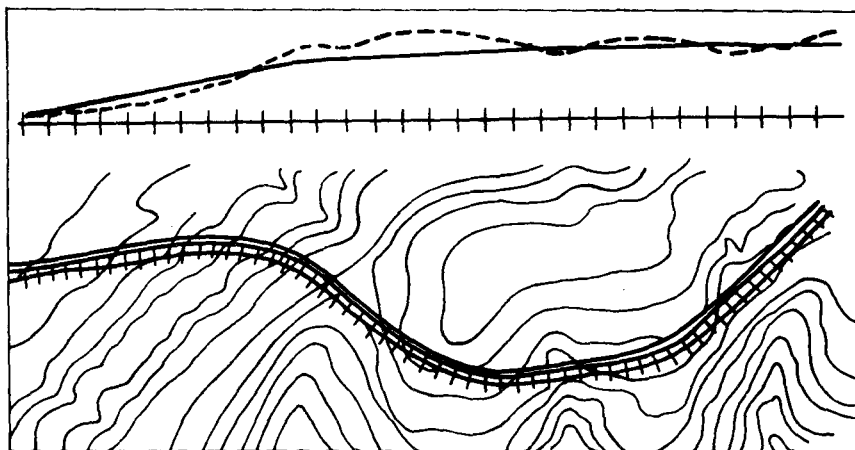


图 1-8 矿场道路铺设的平面图、等高线图

力工具。

地震测量及其数据的处理可以显示出地下岩层界面,绘出地震剖面图;测井分析可以进行地层对比、构造分析和生产层评价。现代地震剖面图和测井分析结构图都要应用计算机进行处理,并由计算机联机或脱机输出作图。

多种多样的地质图件大多是二维图和二维半(如等值线图)图。近年来,由于超级微机的发展和小型机的应用,尤其是实现计算机联网,使过去需要付出极大代价的三维地质模型能在一个图形工作站上实现。三维地质模型能更清楚地了解油藏情况及其特性,可以给地质学家、石油地球物理学和石油开发工程师提供全面的构造图,揭示更为清晰的岩层分布、渗透性、孔隙度、断层位置、地下水流情况。三维地质造型是计算机图形技术在硬件和软件方面发展的结晶,无疑对促进石油生产起着重大作用。据有关专家估计,三维地质造型是当今和未来计算机在石油工程应用的主流。

图 1-9~1-14 是用于石油勘探中一些图样。

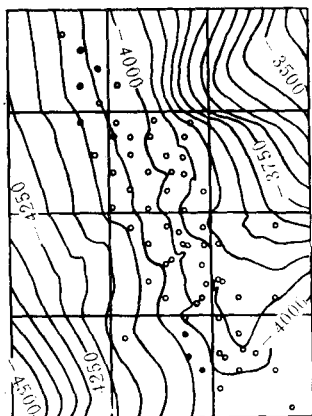


图 1-9 等值线图

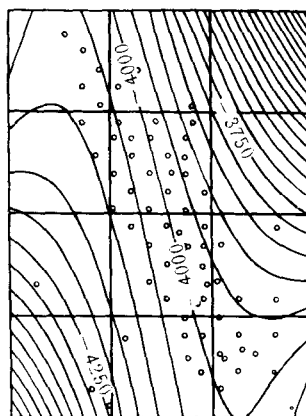


图 1-10 三次趋势面图

以上列举了计算机图形学在石油工业中主要领域的应用简况。除此以外,在遥感遥测的图象图形处理、岩性分析的图象处理,各种性能曲线的生成与绘制、自然景物生成、动态模拟和干扰检测等方面,都用到计算机图形技术。

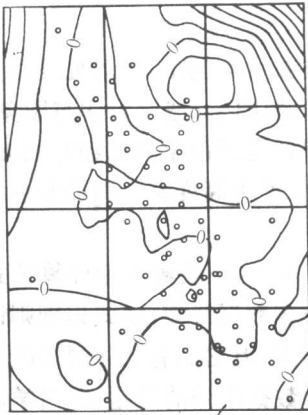


图 1-11. 三次趋势面的剩余图

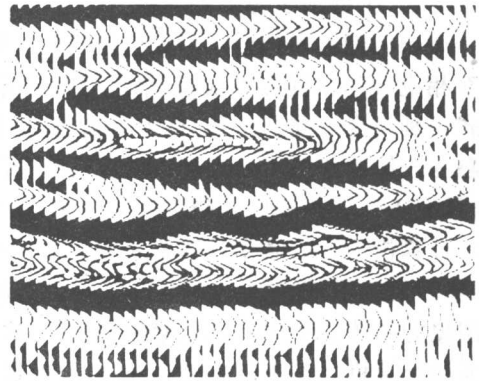


图 1-12 地震剖面图

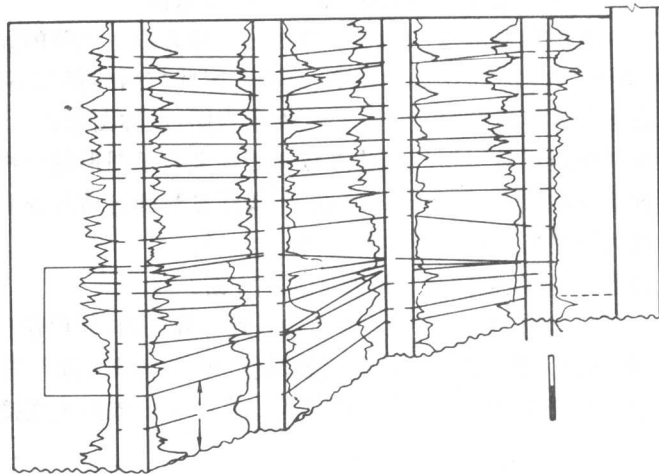


图 1-13 测井分析的地层对比图

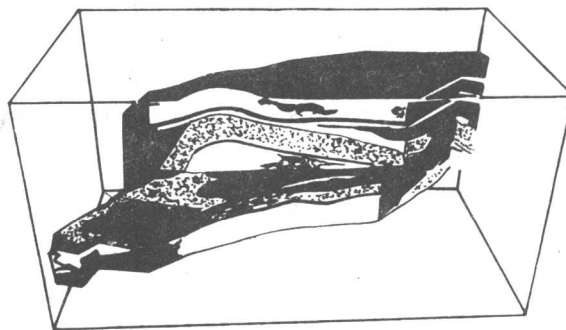


图 1-14 三维地质模型图

§ 1.3 计算机图形学的研究内容

计算机图形学是近 20 多年才发展起来的新兴边缘学科,又属于计算机应用学科的范畴。它涉及到多门学科知识,与数学基础有关的是计算几何、解析几何、立体几何、线性代数和计算方法等;与计算机科学有关的是:数据结构、编译原理、操作系统、数据库等;此外还涉及到程序

设计方法、工程图学等多种学科。

过去人们大多认为图形仅仅是几何数据、数学方程所描述技术的图形,图形处理则是计算机对相应数学方程运算求解,最后通过计算机显示或绘出相应的图形,把它看作与图象处理、模式识别完全不同的学科。近十年来,随着光栅显示技术的发展,这三门学科已经互相渗透,大有融为一体的趋势。今天利用计算机完全能够在光栅显示器上产生高度真实感的彩色立体图形,见图 1-4,它与实际拍摄的实物照片(图象)已很难区分。

计算机图形是利用计算机建立、存贮、计算和管理物体的模型,一般输入为计算公式和数据,输出是图形;图象处理的输入输出都为图象,关心的是滤波和数据压缩;模式识别则讨论输入图象的描述方法或是图象的归类问题。这三个领域虽有不同点,但它们有个共同的问题就是图象的计算机内部表示方法,即图象的数据结构、存贮、检索和数据压缩的问题。三门学科各自发展的基础上相互渗透。因此近年来有人认为图形的含义还应包括图象和图画。

在计算机中表示一个图形常用两种方法:点阵法和参数法。

点阵法是用具有灰度或色彩的点阵来表示图形的三种方法。点阵的元素称为像素。通常点阵非常大,常见的有 512×512 至 1024×1024 点阵。因此数据的存贮不是简单的矩阵存贮,而需要更为完善的数据结构。点阵描述的图形叫做像素图,或称图象。

参数法是以计算机中所记录图形的形状参数和属性来表示图形的一种方法。形状参数可以是描述其形状的方程系数、线段的起点或终点等;属性参数则包括灰度、色彩、线型等非几何属性。我们常把参数法描述的图形叫参数图,简称为图形。

计算机图形学的研究内容,概括起来有如下几个方面:

(1) 图形的输入。研究如何把要处理的图形输入到计算机内,以便作各种处理。图形信息的输入有多种多样,包括输入命令字符串、坐标数据值、定位、舍取、选择等;输入设备有键盘、光笔、鼠标器、操纵杆、坐标数字化仪、图形扫描仪等。有些图形数据可直接由数据文件形式输入。

(2) 图形的生成、显示和输出。这是指如何在计算机上建立物体的几何模型,结合输入数据生成能在显示器上显示,或能在绘图机、打印机上输出图形。

(3) 图形的变换。包括几何形状的变换,如坐标变换、投影变换、开窗变换,也包括色彩、灰度等非几何变换。

(4) 图形的组合、分解。这是指用简单图形组合复杂的图形,把复杂的图形分解为简单的图形,以及图形的交、并、差、逻辑运算。

以上各种部分内容,将在后续章节中详细论述。

§ 1.4 计算机图形系统概述

下面分图形硬件系统和图形软件系统来叙述计算机图形系统的概貌。

一、计算机图形硬件系统

计算机图形硬件系统是以计算机为中心,配备图形输入输出设备所组成。依计算机性能和价格不同,可分为大型、中型、小型和微型等不同类别的图形系统。近来建立在超级微机基础上的图形工作站,能够处理过去大型机才能处理的问题,它有比较高的性能价格比。

图 1-15 是图形硬件系统最基本的组成部分,各部分分述如下:

(1) 图形显示器。其核心的物理器件是 CRT(Cathode Ray Tube)图形显示器,图 1-16 是

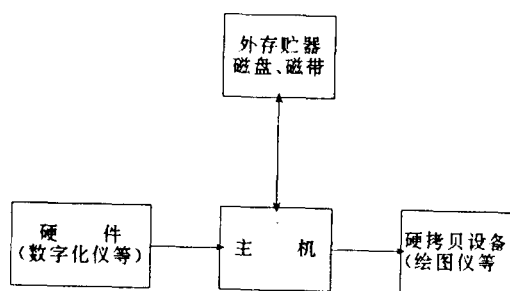


图 1-15 图形硬件系统的基本组成部分

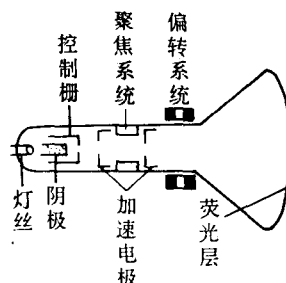


图 1-16 CRT 结构示意图

CRT 的结构示意图。其工作原理是：电子枪的阴极被灯丝加热后发出高速电子束，经聚焦和偏转后，打在荧光屏上，借助偏转线圈或栅级的控制，在荧屏上显示出亮线或像素点阵的图形来。

彩色图形是用彩色 CRT，它通常具有红、兰、绿三种基色的电子枪，即所谓三枪式结构。控制三枪电子束的强弱，以控制三种基色的不同强弱比例，产生出丰富多彩的颜色。

目前使用的图形显示器主要有两种类型，即随机扫描显示器和光栅扫描显示器。

随机扫描显示器，或称直接画线器，其工作原理是：计算机取出画线指令，送到显示控制器，控制电子束偏转，从而使荧屏出现发亮的图线。光栅扫描显示器是把所有图形线条都转换成离散的像素点信息，如图 1-17 所示，把直线光栅化，成为像素点列，存放在称之为帧缓冲存储器中，再按光栅扫描的时序读出缓冲存储器中信号，成为视频信号序列加到 CRT，控制显示的像素点亮度，显示出相应的图形。

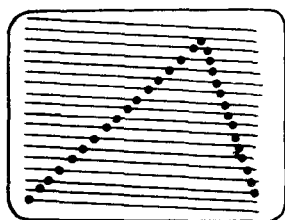


图 1-17 直线图形光栅化

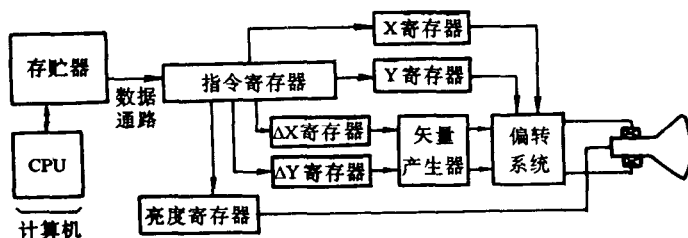


图 1-18 随机扫描显示器原理图

图 1-17 所示的随机扫描显示器，有一个图形矢量发生器，一般还有字符发生器，结构比较复杂，但具有较高的动态性能，线条质量较好，易于局部修改等优点。光栅扫描显示器能够输出具有真实感的立体图形，但要求有大容量的高速缓冲存储器。例如， 1024×1024 像素的图形显示，要存储容量为 1M 字节，读写周期应小于 10ns。

(2) 绘图机。目前使用的绘图机有滚筒式、平板式和静电式三种类型。

滚筒式绘图机是由两只电机分别带动绘图笔和滚筒作相对运动，从而绘出所需的图形。如图 1-19 所示，绘图纸卷在滚筒上由电机带动沿 $\pm x$ 方向运动；而绘图笔由另一电机带动沿着 $\pm y$ 方向运动。

平板式绘图机，如图 1-20 所示，图纸是平铺在平台上，也由两只电机驱动，分别带动笔架沿 $\pm x$ 和 $\pm y$ 方向运动作出相应的图形。

静电式绘图机，运动部件很少。其工作原理是：图纸在一排针尖下通过时，依绘图命令，将被选中针尖下产生极小的静电点，然后暴露在液态的调色盒下，产生图形或字符。结构示意图如图 1-21 所示。

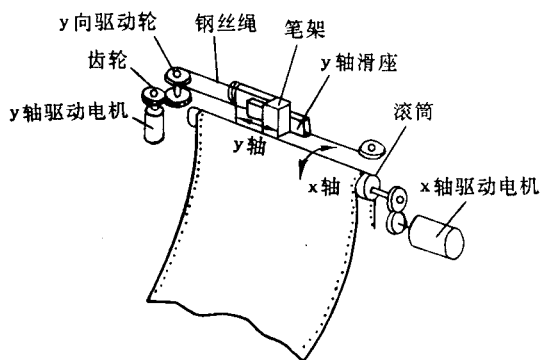


图 1-19 滚筒式绘图机结构图

滚筒式绘图机结构简单,价廉,易操作,但精度和速度都不高。平板式绘图机有步进电机和平面电机带动的两种,前者速度较低,约 7~10 米/秒;后者速度精度都较高,如 XYNETIC 最大速度达 120 米/秒。静电式绘图机不仅能作线条图形,而且能输出具有明暗度的点阵图形,分辨率较高,可达 4~8 点/毫米,它的绘图速度快、可靠、安静,但绘图机本身以及用纸都比较昂贵。

(3) 图形输入设备。图形输入设备种类很多,有键盘、光笔、鼠标器、操纵杆、坐标数字化仪、图形扫描输入仪等。下面介绍使用较多的坐标数字化仪。

坐标数字化仪有机械式、超声波式和电磁感应式等类型。机械式笨重、精度低、寿命短,已经淘汰。超声波对温度和湿度的变化比较敏感,精度难于保证。电磁感应式的应用较多,由于其精度较高(可反映 0.00254mm 变化)和反应速度快(可达 100 点/秒)。电磁感应式的坐标数字化板的工作原理是利用电磁感应信号转换成位置坐标值。原来在它的平板下有一块两面分别印有水平和垂直的等间距的许多平行线,在拾取坐标的游标中装有一线圈,线圈通以电流,在游标十字交叉为中心处产生一电磁场,印刷线上感应出信号,其强度与电磁场中心距离有关。坐标数字化板上装有处理感应信号的微处理器,输出相应坐标值的数字量,再通过接口(如 RS-232 串联接口)输送给计算机。因此坐标数字化板可经输入点的坐标;若把图形看作个点集,则用数字化板可以输入图形;数字化仪的其它应用将在以后章节介绍。

二、计算机图形软件系统

一个计算机图形系统是一系列硬件和软件集合,是相互依存的整体。这里所以分开来介绍,只是为了叙述方便,同时也强调一下软件的重要性和它所具有的独立性。一个计算机绘图系统的运算能力、响应速度、绘图的质量以及操作的方便与否,不仅取决于硬件的好坏,更重要取决于软件的功能。只有好的图形软件,才能使图形硬件充分发挥作用。因此研制与开发绘图软件是一个日益重要的课题。

图形软件依它的性能来分,可分为三类:

第一类为专用绘图语言。它是专门针对图形处理而设计的软件;它独立于其它高级语言,具有自己独立的编译系统和运算系统。系统处理对象为点、线、面和体等几何元素。系统能对这些几何元素实现定义、缩放、平移、旋转、拉伸、修剪等操作,对绘图既灵活又方便。

目前应用这类软件,数量较多,如 IBM 公司的 CADAM, CV 公司的 CADDs 和它的早期的 MEDUSA,国内应用比较普遍的微机绘图软件 AutoCAD(Autodesk 公司)、日本武藤工业

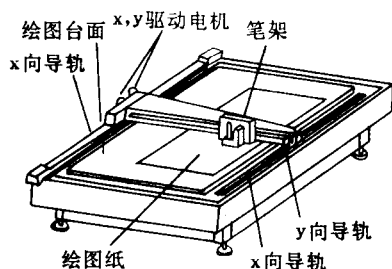


图 1-20 平板式绘图机

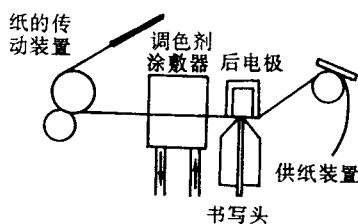


图 1-21 静电式绘图机示意图

公司的 DAP。国内亦研制不少绘图软件,如清华大学的 GEMS、GIS3O 等。

研制这一类的软件系统需要较多的硬件和软件知识,其难度和工作量都相当大。

第二类是在某种通用高级语言中加入若干绘图用的图形定义语句与绘图动作的一种语言,它没有自己独立的编译系统或解释系统,而是在原有系统中扩展了图形语言的编译功能,因而可以同时使用原有的高级语言。例如 IBM-PC 机中的 BASICA 语言,就是在 BASIC 语言基础上加上画直线、圆等绘图语句。

研制这种软件,要改动、扩充原高级语言的编译系统或解释系统,需要熟悉原高级语言的编译或解释系统,因此具有一定难度,但工作量比第一类要小得多。

第三类称之为绘图子程序。即在通用高级算法语下,调用预先编制好的子程序,完成不同的绘图功能。每个子程序功能明确,调用简单,扩充性强。例如用 Fortran 语言编制的绘图系统多属于这一类。

绘图软件按组成的层次来分,可分为三层:

底层一级是与设备相关的驱动程序模块。例如绘图设备驱动模块;开辟缓冲区;建立绘图初始值等模块。这一层称之为基本软件。

第二层是功能图形生成模块,称为功能软件。功能软件是在基本软件基础上扩充,它包括画点、线、圆、圆弧、椭圆、抛物线、箭头、求交点、切点等。

第三层为应用程序模块。这一层是根据用户专业上要求,在前两级软件基础上,自行设计的专用软件。例如某类机械程图绘图软件,地质图件绘制等专用软件。

图 1-22 是软件层次结构的示意图。



图 1-22 绘图软件的层次结构

计算机绘图技术的应用深入而广泛,迫切需要图形软件标准化,以解决图形软件研制成本高而可移植性差的问题。70

年代以来各国和国际学术组织机构相继公布了一些图形标准,如 ISO 等组织公布的 CGI、CGM、GKS、PHIGS、IGES、PDES、STEP 等图形标准化软件,为计算机图形技术的应用和发展奠定了良好的基础。

三、计算机图形系统的功能

计算机图形系统以硬件为基础,配备图形软件,使该系统具有计算、存贮、对话、输入、输出的一个比较完整功能的系统,如图 1-23 所示。其功能分述如下:

(1) 计算功能:包括形体设计、分析计算和与数据结构密切相关的形体描述。应能计算几何坐标变换、曲线曲面的生成、求解图形的交点、切点,以及包含性检测、明暗处理等功能。

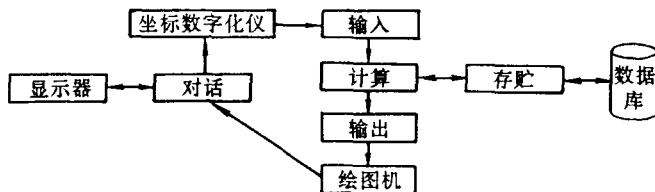


图 1-23 计算机图形系统基本功能框图

(2) 存贮功能:图形数据按一定的数据结构组织并存放在内外存贮器中,使之便于图形之

间转换,便于检索、增删,便于图形数据与计算程序之间联系。如有必要赋予按等级加密的功能。

(3) 对话功能:通过键盘、图形显示器等进行人机间的通信,使之具有交互式图形处理功能。所谓交互式,是指用户依据计算机的提示和屏幕上图形,能动态地输入坐标位置,指定选择功能,设置变换参数,修改特定的图形,检索出错并进行纠错,计算机对输入作出相应的反馈,这样反复多次直至完成作图任务。

(4) 输入功能:用图形输入设备,输入图形的几何参数和拓扑参数,输入相应的命令和一些环境参数的设置。

(5) 输出功能:为了能长期保存图形和分析结果,计算机图形系统应有图形输出和有关信息输出的功能。

四、交互式计算机图形系统

交互式计算机图形系统在计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM)中、在设计制造一体化(CAMI)以及模拟、仿真等领域中具有重要的意义,因此下面作进一步的说明。图 1-24 是交互式计算机图形系统的示意图。从图可以看出,人通过输入设备输入人的思想和意图,计算机主要通过显示器以图形和字符方式将响应的信息反馈给人。这种以人为主,人机结合,人机相互取长补短,反复交流思想,使问题解决得既快又好。

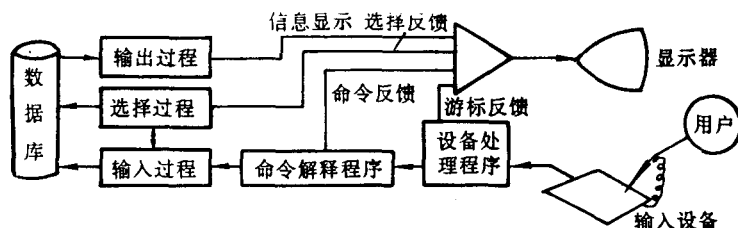


图 1-24 交互式计算机图形系统的示意图

人的意图是通过输入设备输入,输入手段大致有五类功能,即定位、选择图素、功能选择、数量输入和字符输入。掌握这些功能,便可实现图形的交互方法。

计算机的反馈是用来帮助用户对系统进行操作。一般有命令反馈、选择反馈。从语言上来说有词法反馈(如敲打键盘时显示字符)、语义反馈(如操作是否完成,计算机处理过程显示等)。一般图形软件系统反馈信息比较多,如 AutoCAD 有状态显示、命令提示、菜单选择和操作参数的检索等。反馈要求快速,任何反馈的延迟都会对用户产生不良的影响。

近年来流行一种多窗口技术,以多窗口作为交互式环境,允许用户在单个屏幕上保持和显示多个作业或图形,使之更有效地利用屏幕,更方便于用户选择。