



实用计算机图形 与动画技术

刘 真 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

实用计算机图形与动画技术

刘 真 编著

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry

内 容 简 介

本书对计算机图形处理与动画制作技术作了深入浅出、循序渐进的阐述。书中既讲解了基本原理、基础知识和主要技术,又列举大量实例介绍了使用技巧。读者可以从中对计算机图形处理与动画制作有一个系统的认识,并能从各章的实例中获得一些宝贵的经验与技能。

全书共分二篇。第一篇着重介绍了计算机图形,内容包括:计算机图形概述、二维基本图形的生成、图形的几何变换、三维视图、曲线与曲面、固体造型、颜色处理、可见面与消隐和真实感图形。第二篇重点阐述了计算机动画,这部分内容包括:计算机动画概述、二维辅助动画制作系统、分形及分形动画和三维建模动画。

本书适合于从事计算机图形、图像处理的专业人员、动画及广告制作人员、图形与动画制作爱好者,也可供大专院校相关专业的师生作为教材使用。

书 名: 实用计算机图形与动画技术

编 著 者: 刘 真

责任编辑: 徐 轲 郭 晶

印 刷 者: 民族印刷厂

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

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036 发行部电话 68214070

经 销: 各地新华书店经销

开 本: 787×1092 1/16 印张: 17.75 字数: 420 千字

版 次: 1998 年 7 月第 1 版 1998 年 7 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-5053-4745-4
TP·2282

定 价: 25.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换
版权所有·翻印必究

目 录

第一篇 计算机图形

第一章 计算机图形概述	(3)
第一节 计算机图形的历史和应用	(3)
一、图形信息的计算机处理	(3)
二、计算机图形的发展简史	(4)
三、计算机图形的应用	(6)
第二节 计算机图形系统	(8)
一、计算机图形系统	(8)
二、图形输入设备	(9)
三、图形显示装置	(14)
四、图形绘制设备	(16)
五、图形处理器	(19)
六、图形软件标准	(22)
七、常用三种坐标系	(24)
第二章 二维基本图形的生成	(26)
第一节 扫描变换概述	(26)
第二节 直线的扫描转换	(26)
一、基本递增算法	(27)
二、Bresenham 算法	(28)
三、中点直线算法	(30)
四、直线扫描算法的讨论	(35)
第三节 圆和椭圆的扫描转换	(36)
一、八分对称性	(37)
二、中点画圆算法	(38)
三、二阶差分	(40)
四、椭圆的扫描转换	(42)
第四节 多边形的填充	(45)
一、矩形的填充	(45)
二、多边形填充的扫描转换算法	(46)
三、多边形的边填充算法	(51)
四、多边形的种子填充法	(52)
第五节 图案填充	(55)
一、使用扫描转换填充图案	(55)
第六节 线宽与线型	(57)

一、直线线宽	(57)
二、圆弧线宽	(58)
三、线型	(59)
第七节 字符	(59)
一、点阵字符	(59)
二、字型技术	(60)
三、字符输出	(61)
第八节 反走样	(62)
一、提高分辨率	(62)
二、不加权的区域取样	(63)
三、加权区域取样	(64)
第九节 裁剪	(64)
一、裁剪概述	(64)
二、直线段裁剪	(65)
三、多边形裁剪	(72)
第三章 图形的几何变换	(75)
第一节 矢量与矩阵	(75)
一、矢量	(75)
二、矩阵	(75)
第二节 二维图形的几何变换	(76)
一、平移变换	(76)
二、比例缩放变换	(76)
三、旋转变换	(77)
四、对称变换	(78)
第三节 齐次坐标系和二维变换的矩阵表示	(79)
一、齐次坐标系	(79)
二、二维变换的矩阵表示	(80)
第四节 二维图形的复合变换	(82)
一、简单的复合变换	(82)
二、绕坐标原点以外任意点 $P_1(x_1, y_1)$ 的旋转变换	(82)
三、对任意点 $P_1(x_1, y_1)$ 进行缩放变换	(83)
四、二维变换复合矩阵	(84)
第五节 三维图形的几何变换	(85)
一、三维图形基本变换	(85)
第六节 三维图形的复合变换	(87)
一、复合变换实例	(87)
二、绕通过坐标原点任意轴旋转的复合变换矩阵	(90)
第四章 三维视图	(93)
第一节 平行投影	(94)
一、正平行投影	(94)
二、正轴侧投影	(96)
三、斜平行投影	(98)

第二节 透视投影	(98)
一、一点透视投影变换矩阵	(99)
二、两点透视投影变换矩阵	(101)
三、三点透视投影变换矩阵	(101)
第三节 观察坐标系统与投影空间	(102)
一、观察坐标系统 VRC	(102)
二、投影空间(观察空间).....	(103)
三、三维视图举例	(104)
第四节 规格化投影空间与图象空间	(107)
一、用户坐标系统到观察坐标系统的变换	(107)
二、投影空间到规格化裁剪空间的变换	(109)
三、规格化的图象空间	(113)
四、图象空间到显示屏幕的变换	(114)
五、三维图形输出流水线	(115)
第五节 三维线段的裁剪	(116)
第五章 曲线与曲面	(118)
第一节 曲线与曲面的数字表示	(118)
一、非参数表达	(118)
二、参数表达	(118)
第二节 参数表示曲线的基本特性	(121)
一、参数曲线的代数形式	(121)
二、曲线段间的连续性	(121)
三、曲线的约束条件	(123)
第三节 常用参数曲线	(123)
一、Hermite(赫米特)曲线	(123)
二、Bézier(贝塞尔)曲线	(127)
三、B 样条曲线	(133)
四、常用三次参数曲线的转换与比较	(138)
第四节 参数曲面	(139)
一、Hermite 曲面	(140)
二、Bézier 曲面	(142)
三、B 样条曲面	(142)
四、Coons(孔斯)曲面	(143)
五、曲面的法线	(146)
六、双参数三次曲面的显示	(146)
七、二次曲面	(148)
第六章 固体造型	(149)
第一节 正则的布尔运算	(149)
第二节 边界表示法	(151)
第三节 三维物体的扫描表示法	(152)
第四节 空间分割表示法	(153)
一、单元分解	(154)

二、空间占据枚举法——立方格法	(154)
三、八叉树	(154)
第五节 结构体素表示法(CSG 法)	(156)
第六节 小平面(facet)表示法	(157)
第七章 颜色	(159)
第一节 颜色概述	(159)
一、颜色的概念和描述	(159)
二、人对颜色的视觉	(160)
第二节 CIE 色度图	(161)
一、相加混色	(161)
二、CIE 色度图	(161)
三、CIE 色度图的用途	(163)
第三节 计算机图形使用的颜色模型	(164)
一、RGB 颜色模型	(164)
二、CMY 颜色模型	(165)
三、YUV 颜色模型	(166)
四、HSV 颜色模型	(166)
第四节 交互式选择颜色和颜色插值	(170)
一、颜色选择	(170)
二、颜色插值	(170)
第八章 可见面与消隐	(172)
第一节 消隐概念	(172)
第二节 物体空间消隐算法	(173)
一、凸多面体的消隐	(173)
二、凹多面体的消隐	(174)
第三节 Z 缓冲区算法	(176)
第四节 扫描线算法	(177)
第五节 可见面的光线追踪	(180)
一、交点计算	(181)
二、可见面光线追踪法的加速算法	(182)
第六节 区域分割算法	(183)
第七节 深度排序算法	(184)
第九章 真实感图形	(186)
第一节 简单光照模型	(186)
一、环境反射光	(186)
二、漫反射	(187)
三、环境衰减	(188)
四、镜面反射	(188)
五、聚光灯	(189)
六、多光源的合成光照模型	(190)
第二节 明暗模型	(190)

一、常数明暗处理模型	(191)
二、Gourand 明暗处理模型	(191)
三、Phong 明暗处理模型	(192)
第三节 透明	(193)
一、非折射透明	(193)
二、考虑折射的透明	(194)
第四节 阴影	(195)
一、阴影的扫描算法	(196)
二、阴影范围算法	(196)
第五节 全局光照模型	(197)
一、Whitted 光照模型	(197)
二、递归的光线追踪法	(197)
第六节、纹理	(200)
一、图案粘贴	(200)
二、纹理映射	(200)
三、凹凸纹理	(201)

第二篇 计算机动画

第十章 计算机动画	(205)
第一节 传统动画	(205)
第二节 计算机动画	(206)
第三节 计算机动画系统的分类	(207)
第十一章 二维辅助动画制作系统	(209)
第一节 图形输入	(209)
第二节 中间画生成系统	(210)
一、概述	(210)
二、中间画面的计算方法	(211)
三、骨架法	(213)
四、运动路径与 P 曲线	(214)
五、移动点限制插值法	(216)
六、矢量线性插值法	(218)
第三节 实用的二维变换技术	(219)
一、推移	(219)
二、变形	(223)
三、变换	(223)
第四节 着色技术	(230)
一、着色	(230)
二、颜色渐变	(230)
三、颜色抖动	(231)
第十二章 分形及分形动画	(232)
第一节 分形的基本概念	(232)

一、分数维的定义	(233)
二、分形造型的基本要求	(233)
三、分形造型的几种常用模型	(233)
第二节 分形动画	(238)
一、Mandelbrot 集和 Julia 集	(238)
二、分形动画	(243)
第十三章 三维建模动画	(253)
第一节 三维动画技术概述	(253)
第二节 三维动画中的物体建模	(253)
一、线框模型	(253)
二、表面模型	(254)
三、实体模型	(261)
四、动画软件中三维建模的实用方法	(262)
五、三维物体的生成	(264)
第三节 三维动画中的运动控制	(266)
一、三维动画的分类	(266)
二、关键帧动画的插值	(267)
三、关节动画	(269)
四、动画中运动的交互式控制	(272)
参考文献	(273)

第一篇 计算机图形

本篇内容

- 第一章 计算机图形概述
- 第二章 二维基本图形的生成
- 第三章 图形的几何变换
- 第四章 三维视图
- 第五章 曲线与曲面
- 第六章 固体造型
- 第七章 颜色
- 第八章 可见面与消隐
- 第九章 真实感图形

第一章 计算机图形概述

第一节 计算机图形的历史和应用

计算机图形和计算机动画是目前急速发展的学科。由于计算机技术的迅速发展和推广,各行各业的人已把注意力从单纯的数据处理、文字处理转向更直观,更形象的图形、图象处理和动画制作。光栅图形显示器及各种点阵式图形输入,输出设备的应用,使计算机图形,图象处理技术互相渗透,产生了真实性极强的计算机光栅图形。电脑家庭化及多媒体技术的发展更激发了对计算机图形技术和计算机动画技术的广泛需求。

计算机图形技术的发展不仅给生产,科研提供了高速度、高精度的图形图象处理手段,而且以其产生的美丽的画面,炫丽的色彩,真实的视觉效果和生动的动画吸引着人们。目前,计算机图形图象技术已在工业和建筑设计、卫星发射、科学研究、文化教育、益智娱乐、地理地质、气象预报、医学研究、军事等等各个方面都有了广泛的应用。计算机图形图象技术与广告,电影电视的结合更形成一种新的发展势态。可以预见在今后一段时间内计算机图形技术还会有长足的进步和明显的突破。

一、图形信息的计算机处理

计算机图形技术是研究如何利用计算机来生成和处理各种图形信息的技术,而计算机动画是在传统动画的基础上,应用计算机图形信息处理技术而发展起来的一门新技术。

图形信息与其它信息相比有着直观、形象,含义丰富的优点,因此它有着极强的吸引力和广泛的应用。但是图形的表示、生成、处理、存储和管理却比文字信息要复杂得多。计算机先进技术的引入,使图形信息处理在速度和精度上比手工和机械处理方式大大提高了一步,从而使图形信息处理得以适应人们对图形信息广泛和迫切的需求。

与图形信息的计算机处理相关的计算机学科有计算机图形学、图象处理和模式识别。

1. 计算机图形学(Computer Graphics)

计算机图形学研究用计算机建立某个对象(真实物体或抽象事物)的描述模型。然后对描述该对象的一组数据进行处理,最后产生出能正确反映此对象某种性质的图形输出。如汽车外形图、城市规划图、天气形势图等等。

有关对象图形的表示、生成、处理、视觉真实性实现的基本原理和基本技术就是计算机图形学的主要内容。它是计算机技术,电视显示技术和图形信息处理技术的结合。

图形生成方法有被动生成和交互生成两种方式。在被动生成方式下,图形的生成过程中,计算机操作者无法对图形进行控制。而在交互生成方式下,操作人员可以控制模型的建立和图形的生成过程。操作人员可通过人机接口对生成的模型和图形进行修改,即边生成,边修改,直到产生出满意的模型和图形为止。目前大多数图形系统的工作方式都是交互图形生成方式。

2. 计算机图象处理(Computer Image Processing)

由摄影、绘图、印刷等技术所得的画面,经过数字化形成数字图象信号送入计算机后,计算机根据需要对这些数字图象进行处理,如消除噪声,压缩图象数据以便传输和存储,用增强技术突出图象中某些特征,用复原技术使模糊图象清晰以及重构图象等等,然后将加工处理后的图象输出。这种研究数字图象的计算机处理方法的学科称为图象处理。

3. 模式识别(Pattern Recognition)

图象信息送入计算机后,计算机对这些信息进行特征抽取等预处理,然后用各种方法分析和识别输入的图象,找出其中蕴含的内在联系或抽象模型,即从图象中提取数据和模型。模式识别是研究由计算机自动识别和理解图象,实现基于图象画面进行二维或三维物体模型重建的学科。它可以看成计算机图形学的逆过程。由于模式识别与图象处理紧密相关,许多分类将它归入计算机图象处理的范畴。

虽然目前计算机图形学,图象处理及模式识别仍是相对独立的学科,但是它们互相重叠,互相渗透越来越多。它们同样用光栅显示器,以像素为最小显示单位,同样进行点、线、面信息处理。在图象处理中,需要图形学中的交互技术输入图形,图象和控制过程。在图形学中需要图象处理技术来合成模型的画面。图形与图象处理算法的结合是促进计算机图形图象处理技术发展的一个重要因素。

二、计算机图形的发展简史

1. 图形学与硬件设备

计算机图形学及在图形基础上发展的计算机动画在 80 年代以前一直发展比较缓慢,其主要原因是图形设备昂贵,功能简单,基于图形的应用软件缺乏。可见计算机图形硬件设备(尤其是外国设备)的发展在相当大的程度上影响着计算机图形学的发展。

计算机在其发明的最初阶段主要用来进行数值计算。其数据由纸带、磁带输入。其计算结果由纸带或磁带输出。

1950 年,第一台图形显示器在美国麻省理工学院(MIT)的旋风 1 号计算机上配置。它类似于示波器的 CRT,可以显示一些简单的图形。1958 年美国 Calcomp 公司将联机的数字记录仪发展成滚筒式绘图仪。GerBer 公司首先将数控机床发展成平板绘图仪。由此,计算机不仅能输出数据,而且可直接输出图形。

1962 年,MIT 林肯实验室 Ivan SutherLand 发表的博士论文“Sketchpad:一个人机通信的图形系统”首先使用了“Computer Graphic”这个术语和交互式图形学的概念,从而确定了计算机图形学作为一个崭新的科学分支的独立地位。

60 年代中期,美国通用汽车公司、贝尔电话实验室、洛克希德公司、美国麻省理工学院、英国剑桥大学及日本富士通讯公司都开展了计算机图形学的研究。同时,挪威、前西德、法国、前苏联等国家也对计算机图形学进行了研究,使计算机图形学进入了迅速发展并逐步得到广泛应用的新时期。

70 年代,计算机图形技术进入了实用化阶段,许多新的较完备的图形设备不断研制出来。小型机、工作站逐步发展,光栅扫描显示器、行式打印机、绘图仪等图形显示和输出设备相继投

人使用。除了工业和军事方面的应用之外,计算机图形还进入了科学研究、文化教育和企业管理等领域。计算机图形应用的发展又进一步推动了图形设备的发展。

80年代中期,计算机图形设备进入了迅速发展时期。由于大规模集成电路技术的发展,32位CPU,1M的存储器芯片以及专用的图形处理芯片均应用于计算机图形系统中。显示器也由单色低分辨率显示器发展到分辨率达 1400×1200 的彩色光栅图形显示器。装有光栅图形显示器的个人计算机,如苹果公司的Macintosh、IBM的PC机以及一些工作站,如Applo和Sun工作站,价格逐渐下降,从而进一步推动了计算机图形学的迅速发展和推广。图形设备与个人计算机的发展,带动了大量简单多用,价格便宜的图形应用程序的开发。如用户图形界面、绘图、字处理、游戏等等,使计算机图形系统在工业、科学艺术、管理等领域发挥越来越大的作用,并且很快进入家庭。其它的图形设备如输入设备数字化仪、鼠标器、扫描仪、触摸屏;输出设备如彩色静电绘图仪,激光打印机,喷墨打印机等都有了很大的发展。

90年代以来,随着计算机系统,图形输入/输出设备的发展,计算机图形学朝着标准化、集成化和智能化的方向发展。国际标准化组织(ISO)公布的有关计算机图形的标准逐步完善。计算机图形学与多媒体技术、人工智能和专家系统技术的结合产生了良好的应用效果。科学计算的可视化,虚拟现实环境的应用给计算机图形的应用又开辟了一个更新更广的天地。

2. 图形学与软件

计算机图形软件多种多样,它们大致可分成三类。一类是扩充某种高级语言,使其具有图形生成和处理功能,如Turbo Pascal,Turbo C,Basic,Autolisp都具有图形生成、处理功能和各自使用的子程序库。第二类是按国际标准或公司标准,用某种计算机语言开发的图形子程序库如GKS,CGI,PHIGS,PostScript和MS-Windows SDK。这些图形子程序库功能丰富、通用性强,不依赖于具体设备与系统,与多种语言均有接口。在此基础上开发的图形应用软件不仅性能好,而且易于移植。第三类是专用的图形系统。对某一类型的设备,配置专用的图形生成语言,专用系统功能可做得更强,且执行速度快、效率高。但系统的开发工作量大,移植性差。

70年代后期,计算机图形在工程、控制、科学管理方面应用逐渐广泛。人们要求图形软件向着通用,与设备无关的方向发展,因此提出了图形软件标准化的问题。

1974年,美国国家标准局(ANSI)举行的ACM SIGGRAPH“与机器无关的图形技术”工作会议,提出了制订有关计算机图形标准的基本规则。美国计算机协会(ACM)成立了图形标准化委员会,开始图形标准的制订和审批工作。

1977年,美国计算机协会图形标准化委员会(ACM GSPC)提出“核心图形系统”(Core Graphics System);1979年又提出修改后第二版;同年德国工业标准提出了“图形核心系统”GKS (Graphical Kernel System)。

1985年GKS成为第一个计算机图形国际标准。

1987年国际标准化组织(ISO)将CGM (Computer Graphics Metafile)宣布为国际标准,CGM成为第二个国际图形标准。

随后由ISO发布了“计算机图形接口”CGI (Computer Graphics Interface),程序员层次交互式图形系统PHIGS(Programmer's Hierarchical Interactive Graphics System)及三维图形标准GKS-3D先后成为国际图形标准。

计算机图形所涉及的算法是非常丰富的,围绕着生成和描绘物体图形的真实性、准确性、实时性,人们不断地开发出新的算法。

计算机图形涉及的算法主要有：

- ①基本图形的生成算法。
- ②基本图形元素的几何变换、投影变换。
- ③曲线、曲面的生成、拟合。
- ④三维固体造型及实时显示。
- ⑤线、面的消隐、光照、颜色等真实性效果处理。
- ⑥云、烟、山、树等自然景观的生成。
- ⑦三维及高维数据场的可视化。
- ⑧虚拟现实的生成与控制。
- ⑨动画的自动生成等等。

尽管多年来,围绕这些算法做了许多研究工作,发表了大量的论文和报告,但算法的改进工作还在不断地进行和发展中。

三、计算机图形的应用

计算机图形硬件设备不断更新和软件功能的不断增强,使计算机图形的应用得到了飞速的发展。计算机不仅能生成静态图形,而且能生成随时间、位置或其它参数变化的动态图形。同时,计算机可以随时交互式的修改和控制图形的生成过程,因此计算机图形应用有更广阔的发展前景。目前,其主要应用领域有:

1. 计算机辅助设计和制造(CAD/CAM)

这是计算机图形最早,也是最广泛、最活跃的应用领域。在机械工业中设计飞机、汽车、船舶外形,整体设计和模拟,电气和电子工业中的集成电路、印刷电路板等的设计绘制,建筑行业房屋、桥梁、室内装饰的三维设计和规划等等方面都取得了极大的成功,获得了明显的经济效益。

2. 绘制科学、技术及事务管理中的各种图表

可用来绘制数字的、物理的、管理的、经济信息类的二维及三维图表。如统计用的直方图、扇形图、工程进度图等等。这类图表以直观、简明的方式提供数据、形势及变化趋势,加强用户对控制对象的了解,以协助用户作出决策。

3. 科学计算的可视化

用图形来表示大量数据计算的结果或中间过程。这个应用涉及到许多领域:医学中核磁共振、CT 扫描设备产生人体器官的密度场,工业超声波探测器件的数据场,地质勘探中地下岩层信息,核爆炸时周围的温度场、压力场等等。把大型科学计算或实验获得的大量数据表现成人的视觉可以感觉的计算机图形图象,不仅形象直观而且可以反映各参数之间的关系,深入地揭示事物的本质和规律。

4. 各种地理信息和自然现象的图形表示

计算机图形广泛地应用于绘制各种地质、地理和其它自然现象的高精度勘探和测量的图形。例如地理图、地形图、矿产资源分布图、气象气流图、人口分布图、电场、磁场分布以及各种

等位面、等值线图等等。

5. 计算机模拟

利用计算机模拟某个系统或某种现象和过程。这是一种系统仿真和分析的有效工具。在计算机模拟中利用图形显示有很重要的意义。在模拟中实时显示对图形的显示技术有较高的要求。

6. 过程控制

在石油化工、金属冶炼、电力传输的过程控制中,图形显示器可以实时显示被控对象关键环节上的状态和图象,使运行人员可对设备的运行过程进行有效的监视和控制并及时处理意外事故。机场的飞行控制人员和铁路的调度人员可根据计算机显示的运行状况图形进行迅速有效地调度。

7. 电子印刷和办公室自动化

图文并茂的电子排版系统代替了传统的铅字排版,这是出版业上的一次革命。随着多媒体技术的发展,可视电话、电视会议及文字、图表的编辑、传递和打印彻底改变了人们的办公方式,办公自动化进入一个崭新的阶段。图形、图象、文字、音频、视频结合的光盘(CD-ROM)是新一代的电子出版物。

8. 计算机动画技术

计算机动画不仅缩短了动画的制作周期,而且产生了传统动画不能比拟的视觉效果。大量电视节目的片头与广告片使用计算机动画技术制作,越来越多的模拟和仿真靠计算机动画来完成。

9. 艺术模拟

计算机图形被广泛地应用于艺术品的设计和制造中图案、花纹的设计、剪裁、排料,工艺品外型设计,服装样型设计,发型设计,以及油画、中国国画和书法等等。

10. 计算机辅助教学(CAI)

计算机图形已广泛应用到计算机辅助教学中,它使教学过程形象、生动,极大提高了学生的学习兴趣和理解能力。随着 CD-ROM 等电子出版物的普及和个人计算机进入家庭,计算机辅助教学已深入到家庭和幼儿教育中。

11. 人机交互与用户接口

计算机人机交互的用户接口广泛使用图形和图标,提高了用户接口的直观性和友好性及各种软件的执行速度,因而各种应用软件都花费相当精力来开发图形化的用户接口,它成为许多应用软件成功推广的重要技术指标之一。

第二节 计算机图形系统

一、计算机图形系统

计算机图形系统是指用计算机对图形进行加工、处理的系统。它是以计算机为中心,除具有计算数据处理功能外,还有产生和处理图形功能的系统。

由于一般的计算机图形系统都有很好的人机对话的能力,有十分友好的人机界面(Interface),所以计算机图形系统又称为交互式图形系统。

1. 交互式图形系统的组成

交互式计算机图形系统主要由计算机图形硬件设备和计算机图形软件二部分组成。

计算机图形系统硬件由主计算机和图形输入输出设备组成。

计算机图形系统软件主要有三部分:应用程序,图形数据库、图形程序包和相应的接口标准。一个典型的交互式计算机图形系统如图 1-1。

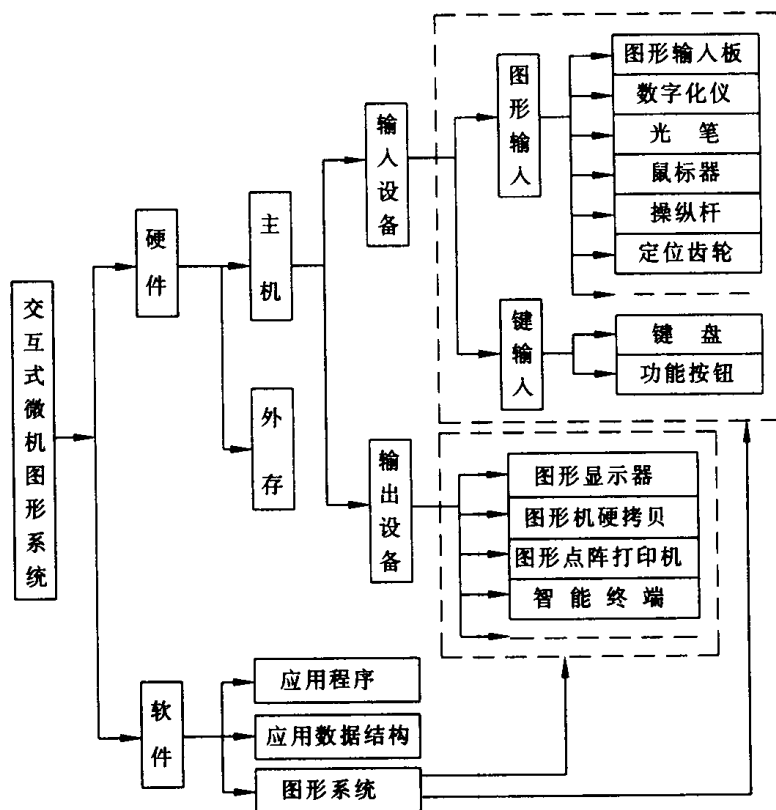


图 1-1 交互式计算机图形系统

2. 计算机图形系统的功能

一个交互式计算机图形系统应具有五个基本功能。

① 计算功能

包括形体设计、分析方法的程序库和描述形体的图形程序库,最基本的点、线、面的表示、分类、几何变换、投影变换、光照、明暗和颜色模型的建立和计算,曲线曲面的插值计算等等。