

大学双学位教材系列

计算机类

# 计算机图形学基础

王 洵 编 著



华航Z0194812



科学出版社

大学双学位教材系列·计算机类

# 计算机图形学基础

王 洵 编著

科学出版社

2000

## 内 容 简 介

本书共分7章,除了介绍计算机图形学的基本概念、基本方法外,重点讨论了多种基本的图形学算法,包括基本光栅图形算法、二维裁剪算法、一系列基本几何变换、复合几何变换以及三维观察等。

本书是作者在多年从事计算机图形学的教学工作的基础上,参阅国内外多种最新教材和资料编写而成的,内容新颖,选材合理,论述详细,不仅可用作计算机等相关专业的本科生和双学位学生的教材,也可作为从事计算机图形学工作的工程技术人员的参考书。

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号  
邮政编码:100717

北 京 双 青 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2000年10月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2000年10月第一次印刷 印张:12

印数:1—4 000 字数:263 000

ISBN 7-03-007395-9/TP·1094

定价:19.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

中国科学技术大学计算机类教材  
编委会成员名单

主 任

陈国良 教授 计算机科学与技术系

委 员

赵振西 教授 计算机科学与技术系  
赵保华 教授 计算机科学与技术系  
周学海 讲师 计算机科学与技术系  
庄镇泉 教授 电子科学与技术系  
王仁华 教授 电子工程与信息科学系  
李津生 教授 电子工程与信息科学系  
王砚方 教授 近代物理系  
刘振安 教授 自动化系

秘 书

李 蓓

## 序 言

当今科学技术发展的高度综合和相互交融、交叉,要求有更多的人掌握跨学科的知识,兼具承担数种性质、特征差异较大的工作的能力。为此,美国等国家的著名大学通过设立跨学科的专业,开设辅修、双学士学位和第二学士学位等途径培养跨学科的复合型人才。

早在 20 世纪 80 年代中后期,我国一些院校就试点开设辅修专业,学生可在攻读本专业的同时,再修读另一个专业指定课程一定数量的学分,从而获得辅修专业证书。同时,一些院校开始面向社会招收第二学士学位,大学本科毕业或工作一段时间后的工作人员,可以报考第二学士学位。90 年代中期,一些重点院校试点开设双学士学位,学生在学习本专业的同时,利用双休日可以再修读另一个专业学士学位的主要专业基础课程和专业主干课程,从而在大学毕业时可同时获得两个学士学位。从效果来看,尽管这些学生几乎放弃了两年的双休日,但社会人才市场却十分需要这种具有两个学科知识和能力的人才。

今天,计算机几乎应用于每个学科领域,许多学科因计算机的引入而开辟了新的领域。社会越来越多地需要既掌握一门专业知识,又熟悉计算机的人才。因此,无论是学校开设计算机辅修专业,还是计算机双学士学位或第二学士学位,都是学生攻读最多的专业。

随着理工科学生的公共基础课程越来越趋于相同,加上理工科院校都十分重视计算机技术基础知识的教学,这为攻读计算机辅修或双学士学位的学生提供了基础。中国科学技术大学正在进行教学改革,以拓宽本科生的基础知识。我们考虑到学时的限制,将计算机辅修或双学士学位的教学主干课程进行压缩,更加强调计算机科学技术的基础和应用。在此思想指导下,我们针对这些学生的特点,并充分考虑双学士学位的教学目标和模式而编写了本系列教材,希望这套教材在全国高校的双学士学位教学中能发挥其应有的作用。

中国科学技术大学  
计算机类教材编委会  
2000 年 8 月

## 前 言

使用计算机建立、存储、处理某个对象的模型,并根据模型产生该对象的图形输出的有关理论、方法和技术,称为计算机图形学。该学科产生于20世纪60年代初,30多年来,计算机图形学的理论、方法和技术都在不断发展和完善,现已成为计算机科学中发展速度最快并取得重大成就的学科之一。

本书是作者在多年从事计算机图形学的教学工作的基础上,参阅国内外多种最新教材和资料编写而成的。作为一本面向高校本科生和双学位学生的教材,本书与当前国内外其它同类教材相比,在编写时着重考虑了以下三个方面:

(1)内容有所取舍。当前国内外大部分计算机图形学教材都是将本科生课程内容和研究生课程内容编写成一本书,即除了介绍计算机图形学的基本概念、基本方法等基本内容外,还包括三维立体造型、颜色模型、真实感图形生成、数字图象处理、计算机动画技术等研究生课程的内容,这样使得教材的针对性不强,很多内容不适应本科生教学的需要,本书将本科生课程内容和研究生课程内容分解开,只包含本科生课程内容。

(2)讨论力求详细。由于本书只包含本科生课程内容,因此可以着重介绍计算机图形学的基本概念和基本方法,在计算机图形学的基本内容方面,本书详细讨论了多种基本的图形学算法,使得同学们可以拓宽眼界、加深理解。

(3)反映最新成果。作者尽量将当前计算机图形学研究的最新成果加入本书中,启发同学们进一步学习、研究的兴趣。

本书共分7章。第一章是绪论,介绍了计算机图形学的概念、发展历史及其应用领域;第二章介绍常用的图形输入、输出设备,使同学们增加对图形设备的感性认识;第三章讨论如何使用交互设备来实现交互技术,完成交互任务;第四章是本书的重点,在这一章里,作者详细地介绍了生成直线、圆、椭圆、多边形的扫描转换算法,以及区域填充技术、填充图案技术、线宽和线型的处理、字符技术、保真技术、半色调技术等基本光栅图形算法;第五章为基本图形的二维裁剪算法,包括直线、圆、多边形和字符的裁剪算法;第六章介绍平移、缩放、旋转等一系列基本几何变换以及复合几何变换;第七章讨论三维观察过程,包括观察变换、规范化观察体变换、观察体裁剪、投影变换、窗口到视区变换等。

本书可以作为高年级本科生和双学位学生一学期的教材使用,讲授全部内容约需60学时,也可以作为从事计算机图形学工作的工程技术人员的参考书。

中国科学院软件研究所吴恩华研究员在百忙之中仔细审阅了本书,作者谨在此对他所付出的辛勤劳动表示谢意。本书的编写,自始至终得到了中国科学技术大学计算机类教材编委会、教务处和计算机系的指导和支持,作者对他们表示衷心的感谢。

由于作者水平所限,书中一定存在着缺点和错误,恳请广大读者批评指正。

王 洵

2000年4月于中国科学技术大学

# 目 录

## 序 言

## 前 言

<b>第一章 绪论</b> .....	( 1 )
1.1 计算机图形学的概念 .....	( 1 )
1.2 计算机图形学的发展 .....	( 2 )
1.2.1 计算机图形学硬件的发展 .....	( 2 )
1.2.2 计算机图形学软件的标准化 .....	( 3 )
1.3 计算机图形学的应用 .....	( 4 )
习题 .....	( 6 )
<b>第二章 图形输入、输出设备</b> .....	( 7 )
2.1 图形输入设备 .....	( 7 )
2.1.1 鼠标器 .....	( 7 )
2.1.2 坐标数字化仪 .....	( 7 )
2.1.3 触摸屏 .....	( 8 )
2.1.4 光笔 .....	( 8 )
2.1.5 图象扫描仪 .....	( 9 )
2.1.6 数码相机 .....	( 9 )
2.2 图形显示设备 .....	( 10 )
2.2.1 图形显示设备基础 .....	( 10 )
2.2.2 刷新式随机扫描显示器 .....	( 11 )
2.2.3 存储管式随机扫描显示器 .....	( 11 )
2.2.4 刷新式光栅扫描显示器 .....	( 12 )
2.2.5 液晶显示器 .....	( 14 )
2.2.6 等离子显示器 .....	( 15 )
2.3 硬拷贝设备 .....	( 15 )
2.3.1 笔式绘图仪 .....	( 16 )
2.3.2 静电绘图仪 .....	( 16 )
2.3.3 激光打印机 .....	( 16 )
2.3.4 喷墨打印机 .....	( 17 )
2.3.5 热转印打印机 .....	( 18 )
2.3.6 染料热升华打印机 .....	( 18 )
习题 .....	( 18 )
<b>第三章 交互设备、交互任务和交互技术</b> .....	( 19 )
3.1 交互设备 .....	( 19 )
3.1.1 定位设备 .....	( 19 )
3.1.2 笔划设备 .....	( 20 )
3.1.3 字符串设备 .....	( 20 )

3.1.4	取值设备 .....	(20)
3.1.5	选择设备 .....	(20)
3.1.6	拾取设备 .....	(21)
3.2	基本交互任务 .....	(24)
3.2.1	定位任务 .....	(24)
3.2.2	文本任务 .....	(26)
3.2.3	选择任务 .....	(26)
3.2.4	取值任务 .....	(27)
3.3	组合交互任务 .....	(28)
3.3.1	对话框 .....	(28)
3.3.2	构造技术 .....	(28)
3.3.3	动态控制 .....	(30)
	习题 .....	(31)
<b>第四章</b>	<b>基本光栅图形算法 .....</b>	<b>(32)</b>
4.1	线段的扫描转换 .....	(32)
4.1.1	数字微分画线算法 .....	(32)
4.1.2	Bresenham 画线算法 .....	(34)
4.1.3	双步画线算法 .....	(35)
4.1.4	并行画线算法 .....	(37)
4.1.5	画线算法的进一步讨论 .....	(38)
4.2	圆和椭圆的扫描转换 .....	(40)
4.2.1	数字微分画圆算法 .....	(40)
4.2.2	中点画圆算法 .....	(41)
4.2.3	Bresenham 画圆算法 .....	(43)
4.2.4	正负法画圆 .....	(45)
4.2.5	椭圆的扫描转换 .....	(46)
4.2.6	并行画圆算法 .....	(49)
4.3	保持图形对象的数学性质 .....	(49)
4.4	多边形的扫描转换 .....	(50)
4.4.1	逐点判断算法 .....	(50)
4.4.2	有序边表算法 .....	(51)
4.4.3	边填充算法 .....	(55)
4.4.4	边标志算法 .....	(56)
4.4.5	成组多边形的扫描转换 .....	(57)
4.5	区域填充算法 .....	(58)
4.5.1	简单递归算法 .....	(60)
4.5.2	扫描线算法 .....	(61)
4.6	线宽和线型 .....	(63)
4.6.1	线宽的处理方法 .....	(64)
4.6.2	线型的处理方法 .....	(68)
4.7	填充图案 .....	(69)
4.7.1	扫描转换时填充图案 .....	(69)
4.7.2	扫描转换后填充图案 .....	(70)



4.8 字符技术 .....	(72)
4.8.1 字符形状表示 .....	(72)
4.8.2 字符属性 .....	(73)
4.9 图形保真技术 .....	(75)
4.9.1 过采样 .....	(76)
4.9.2 区域采样 .....	(77)
4.9.3 保真多边形边界 .....	(80)
4.10 半色调技术 .....	(82)
4.10.1 模式化方法 .....	(82)
4.10.2 简单阈值法 .....	(85)
4.10.3 误差分散法 .....	(85)
4.10.4 有序抖动法 .....	(86)
习题 .....	(87)
<b>第五章 二维裁剪 .....</b>	<b>(89)</b>
5.1 线段裁剪 .....	(90)
5.1.1 Cohen-Sutherland 算法 .....	(90)
5.1.2 中点分割算法 .....	(95)
5.1.3 Cyrus-Beck 算法 .....	(95)
5.1.4 梁友栋-Barsky 算法 .....	(98)
5.1.5 Nicholl-Lee-Nicholl 算法 .....	(99)
5.1.6 几种线段裁剪算法的比较 .....	(101)
5.2 圆的裁剪 .....	(101)
5.3 多边形裁剪 .....	(101)
5.3.1 Sutherland-Hodgman 算法 .....	(102)
5.3.2 Weiler-Atherton 算法 .....	(110)
5.4 字符裁剪 .....	(111)
5.5 外部裁剪 .....	(111)
习题 .....	(113)
<b>第六章 几何变换 .....</b>	<b>(114)</b>
6.1 几何变换的数学基础 .....	(114)
6.1.1 点与向量 .....	(114)
6.1.2 向量的加法 .....	(115)
6.1.3 向量的标量乘 .....	(116)
6.1.4 向量的标量积 .....	(116)
6.1.5 向量的向量积 .....	(117)
6.1.6 向量运算的基本性质 .....	(117)
6.1.7 矩阵 .....	(118)
6.1.8 矩阵的加法与矩阵的标量乘 .....	(118)
6.1.9 矩阵的乘法 .....	(119)
6.1.10 矩阵的秩 .....	(119)
6.1.11 矩阵的转置 .....	(120)
6.1.12 矩阵的逆 .....	(120)
6.1.13 矩阵运算的基本性质 .....	(120)

6.2	基本二维变换 .....	(121)
6.2.1	平移 .....	(121)
6.2.2	缩放 .....	(122)
6.2.3	旋转 .....	(123)
6.3	齐次坐标与基本二维变换的矩阵表示 .....	(124)
6.4	复合二维变换 .....	(125)
6.4.1	复合平移 .....	(126)
6.4.2	复合缩放 .....	(126)
6.4.3	复合旋转 .....	(126)
6.4.4	固定点缩放 .....	(127)
6.4.5	枢轴点旋转 .....	(127)
6.4.6	定向缩放 .....	(128)
6.4.7	计算效率 .....	(129)
6.4.8	复合二维变换的性质 .....	(130)
6.5	其它二维变换 .....	(132)
6.5.1	反射 .....	(132)
6.5.2	错切 .....	(134)
6.6	基本三维变换 .....	(136)
6.6.1	右手坐标系与左手坐标系 .....	(136)
6.6.2	平移 .....	(137)
6.6.3	缩放 .....	(137)
6.6.4	旋转 .....	(138)
6.6.5	反射 .....	(139)
6.6.6	错切 .....	(140)
6.7	复合三维变换 .....	(140)
6.8	坐标系变换 .....	(144)
	习题 .....	(146)
<b>第七章</b>	<b>三维观察 .....</b>	<b>(148)</b>
7.1	三维观察的过程 .....	(148)
7.2	投影变换 .....	(149)
7.2.1	透视投影 .....	(150)
7.2.2	平行投影 .....	(155)
7.3	观察坐标系与观察变换 .....	(161)
7.4	观察体 .....	(163)
7.4.1	观察体的定义方法 .....	(163)
7.4.2	规范化观察体 .....	(165)
7.5	裁剪 .....	(169)
7.5.1	规范化观察体裁剪 .....	(170)
7.5.2	齐次坐标裁剪 .....	(171)
7.6	窗口到视图变换 .....	(174)
	习题 .....	(175)
	<b>参考文献 .....</b>	<b>(177)</b>

# 第一章 绪 论

## 1.1 计算机图形学的概念

随着计算机硬件、软件技术的飞速发展,计算机的应用也逐步地由数值计算、数据处理领域向信息处理、知识处理领域拓宽。

与其它形态的信息相比,图形具有直观明了、含义丰富等种种优点,有一句英文谚语“*One picture is worth a thousand words*”,说的正是这个道理,因此,图形有着极其广泛的应用。当然,图形的表示、生成、处理、存储等要比文字复杂得多。

与图形信息的计算机处理有关的计算机分支学科有三个,它们是图象处理、模式识别和计算机图形学。

### 1. 图象处理 (Image Processing)

图象处理是将客观世界中原来存在的物体映象处理成新的数字化图象。图象处理中关心的问题是怎样滤去噪声,压缩图象数据以便于传输和存储,用对比增强技术突出图象中的某些特征,用复原技术使模糊的图象清晰,从 CT 信息重建二维和三维图象等。

### 2. 模式识别 (Pattern Recognition)

模式识别是研究怎样分析和识别输入的图象,找出其中蕴涵的内在联系或抽象模型。如中西文字符和工程图纸的自动阅读装置。

### 3. 计算机图形学 (Computer Graphics)

使用计算机建立、存储、处理某个对象的模型,并根据模型产生该对象的图形输出的有关理论、方法和技术,称为“计算机图形学”。这里所说的对象,可以是各种具体的、实在的物体,如汽车、房屋、机械零件等,也可以是抽象的甚至假想的事物,如天气形势图、人口分布图、卡通人物等。无论何种对象,计算机图形学的主要任务是先对这些对象进行描述(建模),然后对描述这些对象的数据或过程进行种种处理,从无到有地产生能正确反映这些对象的某种性质的图形输出。

这三门学科既相互联系又相互区别,它们之间的关系可以用图 1.1 来表示。

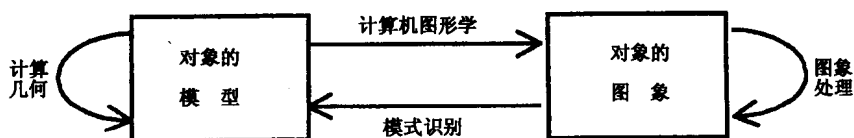


图 1.1 计算机图形学与相关学科的关系

还有一门专门研究几何模型和数据处理的学科,即计算几何(Computational Geometry)。它着重讨论几何形体的计算机表示和分析、综合,研究怎样方便灵活地建立几何形体的数学模型,提高算法效率,在计算机内怎样更好地存储和管理这些模型数据等。

计算机图形学和计算几何、图象处理、模式识别这几门相关学科之间正在不断相互渗透、相互沟通,其学科界线也变得模糊起来。比如:计算机图形学课程中往往要介绍参数曲线、曲面的数学表示;工程图的自动扫描输入首先要用图象处理技术提取画面的特征信息,然后再用模式识别技术生成向量形式的各种几何元素;可以将计算机生成的图形与扫描输入的图象结合起来,构造计算机动画。

## 1.2 计算机图形学的发展

### 1.2.1 计算机图形学硬件的发展

在 20 世纪 50 年代初期,计算机主要应用于科学计算,使用尚不普及,但是已经开始配置图形显示器。例如,在 1950 年,第一台由计算机驱动的阴极射线管(CRT, Cathode Ray Tube)图形显示器作为美国麻省理工学院(MIT, Massachusetts Institute of Technology)研制的旋风 I 号(Whirlwind I)计算机的附件诞生了,但它只能显示一些简单的图形,还不具备人机交互功能。

到了 20 世纪 50 年代末期,MIT 的林肯实验室在旋风计算机上开发的美国战术防空系统 SAGE(Semi Automatic Ground Environment),第一次使用了具有指挥和控制功能的 CRT 图形显示器,这个系统能将雷达信号转换为显示器上的图形,操作者可以用光笔指向屏幕上的目标图形以获得所需要的信息。SAGE 系统于 1957 年投入使用,与此同时,类似的技术在生产和设计过程中也陆续得到了应用,它预示着交互式计算机图形学(Interactive Computer Graphics)的诞生。

1963 年,MIT 的林肯实验室的 Ivan E. Sutherland 发表了题为“Sketchpad: 一个人机通信的图形系统”的博士论文,该系统用的是 TX-2 型计算机及 CRT 图形显示器,可以用光笔在图形显示器上实现选择、定位等交互操作,计算机还可以跟踪光笔,从原来所在的点到指定的点之间画线段,或在给定圆心和半径后画圆等。该系统还引入了分层存储符号和图素的数据结构,因而一幅完整的图形可以通过分层调用若干子图来产生。这些基本概念和技术至今还在广泛应用。Ivan E. Sutherland 在论文中首先使用了“计算机图形学”(Computer Graphics)这个术语,证明了交互式计算机图形学是一个可行的、有用的研究领域,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。现在我们所说的计算机图形学即是指交互式计算机图形学,Sketchpad 系统被公认为是现代计算机图形学的开端。

20 世纪 60 年代中期,美国 MIT、国际商用机器(IBM, International Business Machine)公司、通用汽车公司、洛克希德飞机公司等开展了对计算机图形学的大规模研究,与此同时,英国剑桥大学等也开始了这方面的工作,从而使计算机图形学进入了迅速发展并逐步得到广泛应用的时期。这一时期的图形系统主要由大型计算机连接图形显示器构成,应用于计算机辅助设计方面,如:美国通用汽车公司用于计算机辅助汽车设计的 DAC 系统,美国 CDC 公司开发的 Digigraph 计算机辅助设计系统等。

如果说 20 世纪 60 年代是计算机图形学确立并得到蓬勃发展的时期,那么,20 世纪 70 年代则是这方面技术进入实用化的阶段。在这 10 年中,交互式图形系统在许多国家得到应用,除了传统的军事上和工业上的应用之外,计算机图形学还进入了事务管理和教育科研等领域,以小型计算机和超级小型机为基础的图形系统进入市场并成为主流。但是,由于图形硬件设备价格昂贵且功能简单,基于图形的应用软件还很匮乏,直到 20 世纪 80 年代初,与其它学科相比,计算机图形学还是一个很小的学科领域。

后来,带有光栅扫描(Raster-Scan)图形显示器的个人计算机和工作站,如美国苹果(Apple)公司的 Macintosh、IBM 公司的 PC 机及其兼容机、SUN 公司的 SUN 工作站等,使得在人机交互中位图(Bitmap)图形得到广泛使用,出现了大量使用方便、价格低廉的基于图形的应用软件。图形用户界面 GUI(Graphical User Interface)使得数以百万计的用户能够方便地使用应用程序,如电子表格、字处理、绘图程序等。在 20 世纪 80 年代,计算机图形系统不仅在军事、工业、管理和艺术领域中发挥着巨大作用,而且开始进入家庭。

进入 20 世纪 90 年代以来,计算机图形学的功能除了随着计算机图形设备的发展而不断提高外,其自身也在朝着标准化、集成化、智能化的方向发展。在此期间,国际标准化组织(ISO, International Standards Organization)公布的关于计算机图形学方面的标准越来越多,并且更加成熟。图象处理技术、多媒体技术、人工智能及专家系统技术和计算机图形学相结合,使其应用效果越来越好。科学计算可视化(Scientific Visualization)、虚拟现实(Virtual Reality)的应用又向计算机图形学提出了许多更新更高的要求,使得三维乃至高维计算机图形学在真实性和实时性方面将有飞速发展。

图形显示器,作为计算机图形学中的关键设备,也随着计算机技术的发展而不断完善。目前,阴极射线管显示器在图形显示器中仍然占据着主导地位,CRT 显示器主要包括随机扫描(Random-Scan)显示器、直视型存储管(Direct-View Storage Tube)显示器和光栅扫描显示器等,其中使用得最为普遍的是光栅扫描显示器。但是近几年来,CRT 显示器的统治地位正受到以液晶显示器(LCD, Liquid-Crystal Display)和等离子显示器(PDP, Plasma Display Panel)为代表的平板显示器(FPD, Flat-Panel Display)的有力冲击。

在计算机图形显示设备不断发展的同时,出现了许多不同类型的图形输入、输出设备。目前常用的图形输入设备除了鼠标器、坐标数字化仪、触摸屏、光笔、图象扫描仪、数码相机外,还有轨迹球、操纵杆、数据手套、语音识别器等。常用的硬拷贝设备有:笔式绘图仪、静电绘图仪、激光打印机、喷墨打印机、热转印打印机、染料热升华打印机等。

### 1.2.2 计算机图形学软件的标准化

随着计算机系统、图形输入、输出设备的不断发展,计算机图形学软件也在不断更新和完善。

图形软件总的说来可以分为两大类,即图形系统软件和图形应用软件。图形系统软件面向程序设计人员,使他们能够利用系统软件编写图形程序来生成和处理图形;图形应用软件直接面向用户,往往是针对某一特定应用领域的,用户可以使用图形应用软件产生需要的图形输出,而无需知道软件是如何工作的。

早期的图形系统软件往往是图形硬件设备制造商为他们的专用设备开发的,因而具有很强的设备相关性。以此为基础开发出的图形应用软件也是与具体的硬件设备相关的,

不具有可移植性。随着计算机图形学应用领域的扩大和图形软件的发展,为了使得图形软件能够适用于不同的硬件设备,具有可移植性,提出了图形软件标准化的问题。1974年,在由美国国家标准化委员会(ANSI, American National Standards Institute)举行的“与机器无关的图形技术”工作会议上,提出了制定有关标准的基本原则。此次会后,美国计算机协会(ACM, Association for Computing Machinery)成立了计算机图形学专门组(SIGGRAPH, Special Interest Group on Graphics),负责有关标准的制定和审批工作。该组织于1977年提出三维核心图形系统(3D Core Graphics System),1979年又提出修改后的版本,作为进一步讨论的基础。国际标准化组织于1985年批准了第一个计算机图形软件标准——图形核心系统(GKS, Graphical Kernel System),GKS是一个以3D Core为蓝本的二维图形软件标准,它的三维扩充GKS 3D于1988年经ISO批准,成为三维图形软件标准。与此同时,ANSI提出的程序员层次交互式图形系统(PHIGS, Programmer's Hierarchical Interactive Graphics System)也被ISO采纳为三维图形软件标准,后来,PHIGS又被扩充为PHIGS+。尽管GKS和PHIGS提供了生成图形的基本功能,它们都没有给出关于计算机图形接口以及存储、交换图形的标准方法。ISO因此又发布了计算机图形接口标准(CGI, Computer Graphics Interface)和计算机图形元文件标准(CGM, Computer Graphics Metafile)。

除了那些由国际标准化组织、国家标准化组织和专业组织发布的官方标准外,有些著名的大公司以及大学-公司联盟也在开发和推广他们自己的非官方标准,这些非官方标准被称作工业标准或事实上的标准,如美国Adobe公司的Postscript、SGI公司的OpenGL、以MIT为首的X联盟的X窗口系统等。

### 1.3 计算机图形学的应用

近20年来,计算机图形学得到了广泛的应用。目前,主要应用领域有:

#### 1. 图形用户界面

据统计,在传统软件中大约有60%以上的程序是关于用户界面的,因为用户界面的好坏直接关系着软件是否易学易用,进而关系着软件的成败。现在,大多数软件都使用了图形用户界面,广泛采用窗口系统、菜单及图标。这样,不仅提高了软件的开发效率,也大大提高了用户界面的直观性和友好性。

#### 2. 计算机辅助设计、制造(CAD/CAM)

这是计算机图形学应用得最广泛、最活跃的领域,包括机械、电子、建筑等许多设计与制造行业,它正在迅速取代绘图板加丁字尺的传统设计方法,担负起繁重的日常出图任务以及总体方案优化和细节设计工作。有时候,用户只要绘制出设计对象的精确图形,更常见的是,在计算机中构造出设计对象的模型,然后对它的机械性能、电性能或热性能等进行分析计算并用图形显示结果,而设计完成的结果又可以直接用于制造加工。

### 3. 事务管理

绘制事务管理中的各种图形也是计算机图形学技术应用得最为广泛的领域之一。可以利用图形系统绘制表示数学、物理或经济信息的各种二维、三维图形,如统计用的直方图、扇形图,又如工程进度图、库存和生产进程图以及其它大量的统计管理图表等。所有这些都是用简明直观的方式提供形象化的数据和变化趋势,以增强对复杂现象的理解并协助作出正确的决策。

### 4. 地形地貌和自然资源图

利用计算机图形系统代替以往的表册、照片、图纸等来绘制地理、地质以及其它自然现象的高精度勘探、测量图形,如地理图、地形图、矿藏分布图、气象图、植被分布图等,可以直观生动地反映内在联系和变化规律,便于作出宏观决策。目前,地理信息系统(GIS, Geographical Information System)已经在世界上得到广泛的应用,它就是建立在地理图形基础上的管理信息系统。

### 5. 过程控制

在过程控制中,常常将计算机与被控制对象联成一个系统,用户利用计算机图形学技术实现与被控制对象之间的交互作用。例如,在石油化工、金属冶炼、电网管理等过程控制中,系统中关键部位的传感器实时地送来压力、温度、电压等数据,并由计算机显示成动态图形,使得管理人员可以对设备运行情况进行及时有效的监视和控制。

### 6. 办公自动化及电子出版系统

随着微型计算机和桌面印刷设备的发展,计算机图形学在办公自动化和电子出版系统中得到了广泛的应用。印刷行业正在“告别铅与火,迎来光和电”,这是印刷史上的一次革命。办公自动化和电子出版系统除了可以产生传统的纸张文本外,还可以产生包括正文、表格、图形、图象等的电子文本,以适应逐步发展的“无纸办公”的需要。

### 7. 艺术模拟

计算机图形学技术除了广泛地应用于艺术品的制造,如各种艺术图案、花纹、工艺品外形设计等,还成功地应用于广告制作、电影电视、计算机绘画及书法等许多领域。以往,手工绘制动画是一项极其细致和艰巨的创作活动,每一秒钟的动画需要拍摄 24 张画面,而每一张画面都要经过一系列的复杂工序。利用计算机进行动画制作,可以在两幅关键画面之间自动生成中间画面,从而大大提高了动画制作的效率。

### 8. 科学计算可视化

随着科学技术的发展,人类需要处理越来越多的数据。传统的科学计算的结果是数据流,这种数据流不易理解也不易发现其中的规律。科学计算可视化就是利用计算机图形学技术,将科学和工程计算的中间结果或最终结果以及测量数据等以图形的形式显示出来,使人们能够观察到用传统手段难以发现的现象和规律。

### 9. 计算机辅助教学

将形象、生动、直观的图形信息应用于教学系统中,可以极大地提高学生的学习兴趣,改善教学效果。可以预计,随着计算机网络的发展和个人计算机的普及,计算机辅助教学还将逐步深入到家庭。

### 习 题

1. 请说明计算机图形学、图象处理、模式识别和计算几何等相关学科之间的关系。
2. 说出几个你曾使用过的与计算机图形学有关的程序。
3. 列举出几个你所接触过的计算机图形学的应用实例。



## 第二章 图形输入、输出设备

计算机图形系统必须要有图形输入、输出设备,才能实现图形系统的基本功能,本章介绍常用的图形输入、输出设备的功能和特点。

### 2.1 图形输入设备

图形输入设备的种类繁多,除了下面将要介绍的鼠标器、坐标数字化仪、触摸屏、光笔、图象扫描仪、数码相机外,比较常用的还有轨迹球(Trackball)、操纵杆(Joystick)、数据手套(Data Glove)、语音识别器(Voice System)等。

#### 2.1.1 鼠标器

鼠标器(Mouse)是一种用来定位屏幕光标的图形输入设备,当鼠标器被移动时,它能够将移动的方向和距离转换成数字信号传送给计算机,从而达到定位的目的。

鼠标器通常可以按照上面的按键数目及检测移动的方式来进行分类。

鼠标器的顶端常常会有1~3个按键,不同的软件系统可以自行定义这些按键的操作方式及其功能含意。图2.1为常用的2键鼠标外形图。

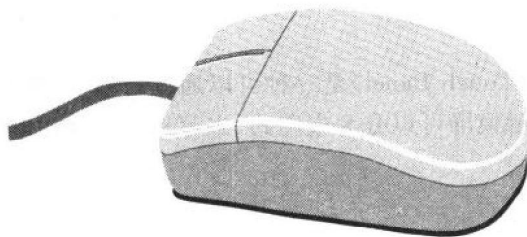


图 2.1 2 键鼠标外形图

机械鼠标利用其底部滚球的运动来检测移动的方向和距离;光电鼠标通常必须在一块印有相同间隔的网格的专用鼠标板上工作,利用鼠标器底部的发光二极管(LED, Light-Emitting Diode)和光敏传感器共同配合,检测移动的方向和距离。

由于鼠标器检测到的是相对于当前位置的运动方向和距离(即相对位移),因此它是一种相对坐标定位设备。鼠标器可以被拿起来再放置在另一位置而不会影响屏幕光标的位置,在计算机中必须保存当前鼠标位置,当鼠标器移动时,用当前鼠标位置加上相对位移来更新当前鼠标位置。

#### 2.1.2 坐标数字化仪

坐标数字化仪(Digitizer)也叫图形输入板(Graphics Tablet),是一种能够方便地将用户的原始图样转换成坐标输入计算机的常用图形设备,它使用的是电磁感应工作原理。