

北京科海培训中心

微机二、三维图形 和动画程序设计

张忠忠 马小虎 张明敏 编著
潘晓龙 审



清华大学出版社

微机二、三维图形和动画程序设计

张忠忠 马小虎 张明敏等编

潘晓龙审校

- Borland C 图形程序设计
- 二维图形算法及实现代码
- 三维造型
- 真实感图形绘制
- 计算机动画和二、三维动画

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 提 要

本书详细地讲述了在微机开发二、三维图形软件包和动画程序设计的技术。

全书由三部分内容组成。第一部分介绍 Borland C 图形程序设计方法、二维图形程序设计技术并给出作者开发 GED 二维图形编辑器实现的全过程;第二部分讲述三维图形程序设计,内容包括造型、真实感图形生成技术,同时结合作者实现三维图形系统 3dgStar 进行讲解;第三部分为动画技术,介绍动画文件格式,动画播放程序设计等内容。

全书讲解结合实例、内容全面、实用,对图形生成技术和动画技术感兴趣的读者,具有很好的参考价值。

版权所有,盗版必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得进入各书店。

书 名: 微机二、三维图形和动画程序设计

编 者: 张忠忠 马小虎 张明敏等

出版者: 清华大学出版社(北京清华大学校内,邮编 100084)

印刷者: 北京门头沟胶印厂

发 行: 新华书店总店北京科技发行所

开 本: 16 印张: 32.875 字数: 579 千字

版 次: 1996 年 7 月第 1 版 1996 年 7 月第 1 次印刷

印 数: 00001~5000

书 号: ISBN 7-302-02291-7/TP·V12

定 价: 42.00 元

前 言

计算机图形学在近 20 年有了飞速的发展,并且已在计算机辅助设计(CAD)、交互式绘图、办公自动化以及计算机辅助教学等领域得到广泛应用。

二维图形程序设计技术目前已经比较成熟,并且相对比较简单。介绍这方面内容的书籍和参考资料也很多。近年来,三维真实感图形、计算机动画技术逐渐走向实用,引起了人们的普遍兴趣。介绍三维造型、真实感图形和计算机动画的书籍也有一些,但是往往着重于理论介绍,对那些非专业人员并不很适用。他们希望有一本能介绍三维真实感图形和计算机动画技术的实用书籍,最好能有可执行的程序代码和实例,本书就是根据这个需要组织编写的。

全书可分为三大部分。第一部分为基础环境篇,介绍一些阅读本书要用到的一些基础知识,对软硬件环境进行了描述,特别讨论了 Borland C 的图形程序设计功能。

第二部分为二维图形程序设计篇,对二维图形设计中的一些基本算法进行了介绍,其中给出了一个实例系统——二维图形编辑器 GED,并给出了其实现代码。

第三部分为三维造型、光线跟踪图形和动画篇。在这一部分中对三维造型技术,光线跟踪图形生成算法和计算机动画管理进行了较为详细的介绍。在介绍时,结合作者开发的三维图形和动画系统 3dgsstar 进行。对 3dgsstar 的实现技术进行了介绍,给出了全部的实现代码。另外还对用 VGA 卡显示多于 256 色的图象的方法和程序进行了讨论。下面对第三部分中的内容进行较为详细的说明。

这一部分提供了处理三维计算机图形所需要的向量和矩阵代数工具。所有形成场景的成份在三维环境中定义。这些子程序允许对物体进行旋转、缩放和平移操作,多数图形子程序尽可能写成与设备和编译器无关。

造型程序用一个简单的光照模型生成这些场景,它提供了一个动画脚本产生器工具,定义了产生基于文件的动画序列的摄象机运行路径,除了描述摄象机的运动之外,在场景相对于摄象机运动期间,该工具允许用户平移、缩放、旋转任何物体。动画产生程序可以装入这个文件演示最后的动画序列。

真实感的场景绘制程序采用光线跟踪的技术来建立光线与场景中物体相交的模型。与其他绘制技术不同,光线跟踪提供了一个处理反射面(包括折射)、表面纹理和物体间以及物体内部反射的直接方法。给出了有关动画光线跟踪和光照模型的基本理论。书中的 C 语言源程序有助于读者理解有关概念和技术。通过建立现实物体模型的程序产生动画序列的场景,创建光线跟踪程序的剧本。光线跟踪的场景动画类似于基于文件的模型化的场景。

动画程序读取由三维造型程序或光线跟踪程序创建的一个动画文件并播放存在文件中的场景。程序控制动画的速度和方向并通过一个连续循环序列得到平稳、反复的运动。

这一部分的最后描述一个基于直方图的颜色减少方法,把由造型程序和光线跟踪程序产生的 32768 种颜色减少到 VGA 上可用的 256 种颜色。

参加本书内容组织、编写、程序调试等工作的有张忠忠、潘晓龙、马小虎和张明敏等,全书由潘晓龙负责审校。

目 录

第 1 章 简介	(1)
1.1 二维图形和三维图形技术	(1)
1.1.1 二维图形技术	(1)
1.1.2 三维图形技术	(2)
1.2 计算机动画简介	(4)
1.3 图形显示卡及编程	(7)
1.3.1 40 列彩色文本(模式 0 和模式 1)	(8)
1.3.2 彩色文本(模式 0* 和模式 1*)	(9)
1.3.3 80 列彩色文本(模式 2 和模式 3)	(9)
1.3.4 彩色文本(模式 2* 和模式 3*)	(9)
1.3.5 4 色 320×200(图形模式 4 和模式 5)	(10)
1.3.6 2 色 640×200(图形模式 6)	(10)
1.3.7 单色文本(模式 7)	(10)
1.3.8 16 色 320×200(图形模式 D)	(11)
1.3.9 16 色 640×200(图形模式 E).....	(11)
1.3.10 单色 640×350(图形模式 F)	(11)
1.3.11 16 色 640×350(图形模式 10h)	(11)
1.3.12 2 色 640×480(图形模式 11h).....	(12)
1.3.13 16 色 640×480(图形模式 12h)	(12)
1.3.14 256 色 320×200(图形模式 13h).....	(12)
1.4 程序设计环境	(12)
1.5 小结	(12)
第 2 章 Borland C 图形程序设计	(14)
2.1 简介	(14)
2.1.1 Borland C 图形的相关文件	(14)
2.1.2 Borland C 基本图形函数	(15)
2.1.3 图形方式下的正文	(16)
2.2 基于 Borland C 的图形设计方法	(17)
2.2.1 一般步骤	(17)
2.2.2 graphics.h	(17)
2.2.3 conio.h 文件	(24)
2.3 图形函数概览	(27)
2.4 正文窗口显示函数	(58)
2.5 Borland C 图形程序实例	(66)

第 3 章 二维图形程序设计	(99)
3.1 坐标系	(99)
3.2 二维图形学基本算法	(99)
3.2.1 画线算法	(101)
3.2.2 画圆算法	(102)
3.2.3 画弧算法	(103)
3.2.4 画曲线算法	(103)
3.2.5 填充算法	(104)
3.2.6 抖动算法	(105)
3.2.7 裁剪算法	(106)
3.3 图形变换操作	(108)
3.3.1 对象标识符	(109)
3.3.2 编辑图形对象	(109)
3.3.3 平移	(109)
3.3.4 缩放	(110)
3.3.5 旋转	(110)
3.3.6 复合变换	(111)
3.4 图形编辑	(111)
3.4.1 典型的绘图功能	(111)
3.4.2 图形编辑中的菜单和命令	(111)
3.4.3 定位光标的设计	(113)
3.5 菜单设计和编程	(116)
3.5.1 菜单设计	(116)
3.5.2 菜单项的选取	(118)
3.5.3 快速菜单显示技术	(119)
3.6 图形输出	(120)
3.6.1 打印图形	(121)
3.6.2 绘制图形	(121)
3.7 小结	(122)
第 4 章 二维图形系统实例 GED	(123)
4.1 功能简介	(123)
4.2 GED 界面	(123)
4.3 图形数据库设计及图形文件结构	(125)
4.3.1 数据库设计	(125)
4.3.2 GED 文件结构	(129)
4.4 实现代码	(131)
4.4.1 头文件	(131)
4.4.2 C 语言文件	(140)
第 5 章 三维图形和动画基础理论	(179)
5.1 造型理论和方法	(179)

5.1.1 三维物体的表示和构造方法	(179)
5.1.2 增加物体到场景中	(182)
5.2 光线跟踪理论	(185)
5.2.1 光线跟踪的基础	(185)
5.2.2 计算光线与物体的交点	(186)
5.2.3 球体求交	(187)
5.2.4 光线与二次表面求交	(188)
5.2.5 平面物体求交	(188)
5.2.6 平行四边形求交	(189)
5.2.7 光线跟踪算法	(191)
5.3 动画技术	(192)
5.3.1 计算机动画与手工动画	(192)
5.3.2 动画的算法	(193)
5.3.3 反走样技术	(193)
第6章 三维图形及动画生成系统实例 3dgstar	(195)
6.1 功能和菜单项简介	(195)
6.2 模块组成	(197)
6.3 总控模块及实现代码	(199)
6.4 基本接口模块的功能和实现代码	(217)
6.4.1 基本接口模块的头文件	(217)
6.4.2 数学子模块	(237)
6.4.3 图形接口子模块	(247)
6.4.4 基本接口模块的编译以及和其他模块的连接	(253)
第7章 三维造型模块和实现代码	(254)
7.1 物体排序和显示	(254)
7.1.1 排序物体	(255)
7.1.2 在屏幕上绘制物体	(256)
7.1.3 显示物体和物体的反射	(256)
7.2 造型程序和动画生成	(257)
7.2.1 仿射变换	(258)
7.2.2 观察者和光源向量	(258)
7.2.3 表面法向量	(258)
7.2.4 光照模型	(259)
7.2.5 面片可见性测试	(259)
7.2.6 反射屏幕缓冲区	(260)
7.2.7 多边形面片填充子程序	(260)
7.2.8 写临时文件	(261)
7.2.9 造型程序代码	(262)
7.3 创建数据库	(288)
7.3.1 增加顶点	(290)

7.3.2	初始化顶点数据库生成器	(291)
7.3.3	用 MakeObjs.c 创建物体	(291)
7.3.4	生成圆锥和棱锥的数据文件	(293)
7.3.5	生成一个圆柱体的数据文件	(296)
7.3.6	生成球体的数据文件	(298)
7.3.7	生成环体的数据文件	(300)
7.3.8	产生旋转体的数据文件	(302)
7.3.9	生成网格的数据文件	(306)
7.4	场景文件(.SCN)编辑	(308)
7.4.1	生成动画脚本文件	(309)
7.4.2	创建一个场景文件	(309)
7.4.3	装入一个现有的场景文件	(309)
7.4.4	编辑一个场景文件	(309)
7.4.5	把一个场景文件存放到磁盘	(310)
7.4.6	动画脚本文件	(310)
第 8 章	光线跟踪模块和实现代码	(347)
8.1	场景文件(.rt 文件)的定义和装入	(347)
8.1.1	定义场景:.rt 文件	(347)
8.1.2	格式约定	(347)
8.1.3	装入.rt 文件	(350)
8.2	光线跟踪程序代码和说明	(352)
8.2.1	常量和变量	(405)
8.2.2	主程序	(407)
8.2.3	初始化噪声函数	(408)
8.2.4	扫描场景	(408)
8.2.5	跟踪光线	(409)
8.2.6	确定彩色	(409)
8.2.7	创建纹理表面	(410)
8.2.8	完成光线跟踪	(411)
8.3	用光线跟踪方法创建图象和动画	(411)
8.3.1	基于光线跟踪的动画文件的创建程序	(411)
8.3.2	光线跟踪的单帧图象生成	(448)
第 9 章	动画模块和实现代码	(475)
9.1	变量说明	(475)
9.2	动画程序的函数	(476)
9.3	动画控制功能	(479)
9.4	动画程序代码和说明	(479)
第 10 章	彩色处理模块和实现代码	(490)
10.1	基于颜色直方图的颜色减少方法	(490)

10.2 颜色处理程序代码和说明	(491)
10.3 .ANI 文件格式	(502)
10.4 .RGB 文件输出程序代码和说明	(502)
10.5 图形卡使用说明	(507)
附录 A 本书配套软盘说明	(508)
附录 B 3dgsstar 中数学和图形模块函数	(509)
B.1 数据模块函数	(509)
B.2 图形模块函数	(512)
附录 C Autodesk 3DS 的 FLI/FLC 动画文件及播放	(514)
C.1 简介	(514)
C.2 FLI 文件结构	(514)
C.3 FLI 文件处理库 fli.lib	(516)
C.3.1 playback 函数	(517)
C.3.2 存储函数	(518)
C.4 FLI 处理库的使用	(519)
C.5 FLC 文件	(523)

第1章 简介

计算机图形学是伴随计算机及其外围设备而产生和发展起来的,在计算机图形系统所涉及的算法中,有各种坐标变换及几何变换,二、三维图形的生成、造型等,我们可以简单地把图形分为二维图形和三维图形。

由于计算机图形设备的不断更新和图形软件系统功能的不断扩充,也由于计算机硬件功能的不断增强和系统软件的不断完善,使得计算机图形学在最近 20 年内得到了广泛的应用。主要的应用领域有:

- 计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM)
- 科学、技术及事务管理中的交互式绘图
- 绘制勘探、测量图形
- 系统模拟仿真及动画制作
- 办公自动化
- 艺术和商业图形设计
- 计算机辅助教学(CAI)

在 80 年代末 90 年代初,从计算机图形学中派生出三项图形新技术,这就是多媒体、科学计算可视化和虚拟现实(虚拟环境)。这三项新技术源于图形学,但在某些方面大大超出原有图形学所包含的内容,更强调交互性、可视性、实时性等。另外,计算机动画也是一项发展非常快的技术,并且已达到实用程度,在商业广告中使用颇为广泛。

1.1 二维图形和三维图形技术

1.1.1 二维图形技术

二维图形又称平面图形,所涉及的图形处理在二维平面上,其基本技术包括:

- 图形的计算机表示
- 图形元素的生成(直线、圆弧、圆、曲线等)
- 图形编辑
- 图形变换
- 图形裁剪、抖动和填充等

二维图形设计技术在平面广告设计、电子排版、商业图形、办公自动化、计算机辅助教学等领域有广泛的应用价值。本书在第 3 章和第 4 章对二维图形设计、基本算法进行较为详细的讨论。图 1.1 给出一些二维图形的例子,它们是用二维图形语言 PostScript 描述并输出的。

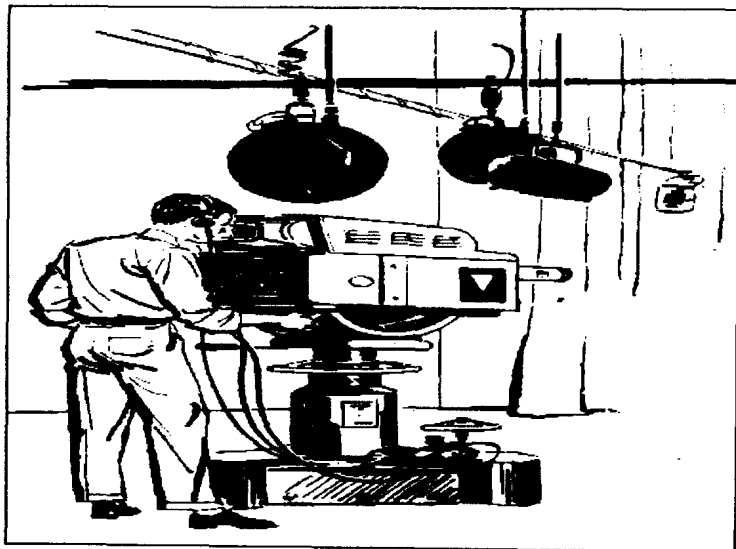


图 1.1(a)



图 1.1(b)

1.1.2 三维图形技术

三维图形指在三维空间(XYZ)内研究图形构造、生成的技术。三维图形具有一定的立体感和深度层次,因而在 80 年代得到了广泛的应用。我们知道三维图形的生成算法比较复杂,计算量大,但随着计算机硬件技术的发展,使用目前的工作站或 486 机器基本能够实时生成三维图形,当然这里的三维图形只具有一定的真实感。如果要生成具有很强真实感的三维图形,非常逼真地模仿现实世界,那么必须使用光线跟踪算法或辐射度算法。使用这



图 1.1(c) 二维图形例子

两种算法,生成图形的时间比较长,目前还很难达到实用阶段。三维图形技术包括:

- 造型(场景定义)
- 图形变换、投影
- 隐藏线/面消除
- 反混淆处理
- 真实感图形绘制

在本书第5章到第8章着重介绍三维造型及真实感图形生成技术。图1.2是一些三维图形的例子。

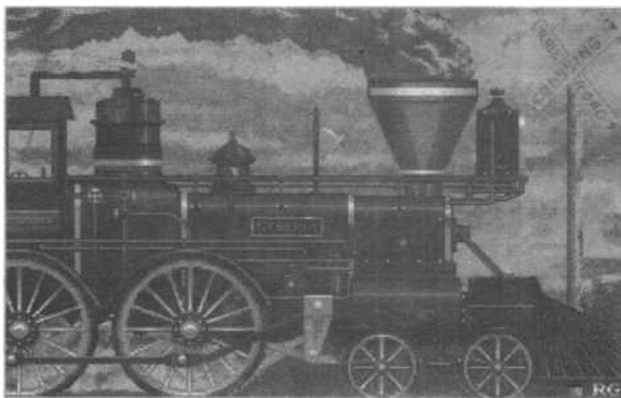


图 1.2(a)



图 1.2(b)

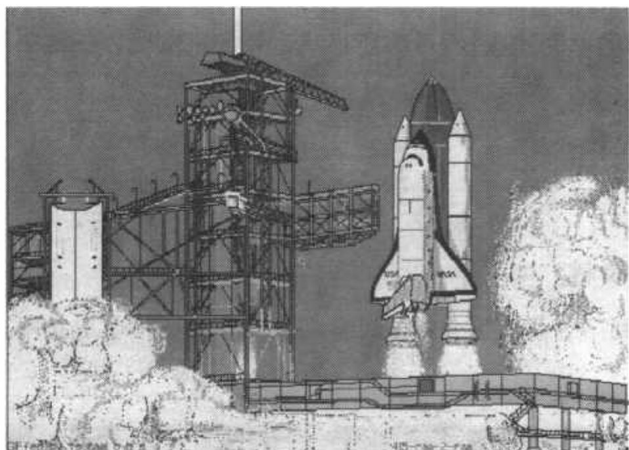


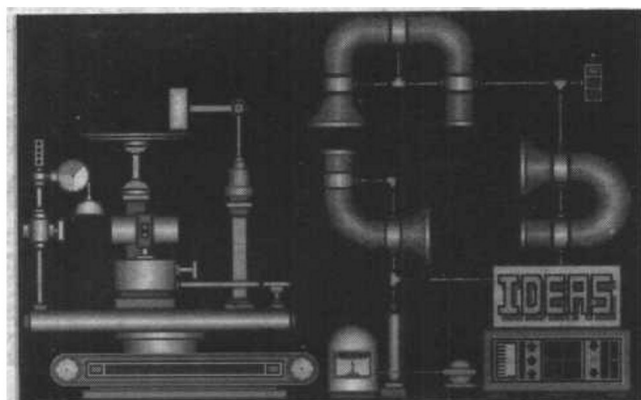
图 1.2(c) 三维图形例子

1.2 计算机动画简介

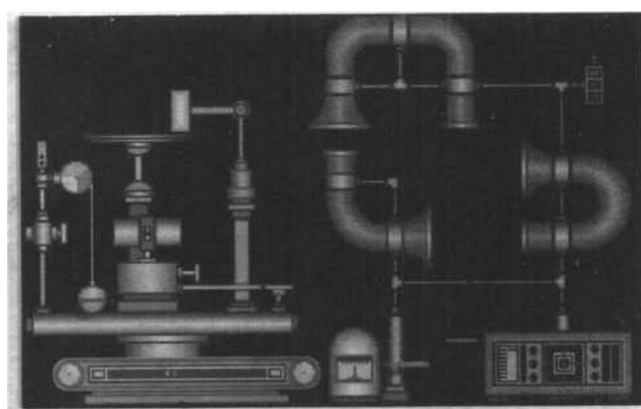
在近几年,计算机动画技术得到了飞速发展,并且在微机上也出现了一些动画生成工具,典型的有 Autodesk 3D Studio(简称 3DS)、Animator 等,它们都已达到实用化的程度,能制作一些精美动画片段。本书附录 C 对动画制作系统 3DS 进行了简要介绍,着重介绍其 FLI/FLC 动画文件播放技术。

在动画制作过程中,两幅关键画面之间需要插入多幅过渡画面,这是十分复杂的工作,但完全可由计算机自动完成,动画软件都具有这一功能。图 1.3 和图 1.4 是本书作者用 3DS 设计的动画片段,把它们用自行设计的 3DS 动画播放工具在 Windows 环境下播放时的情景,从这两个例子中可以看出动画的全过程,在本书第 8 章和第 9 章将对基于光线跟踪的动

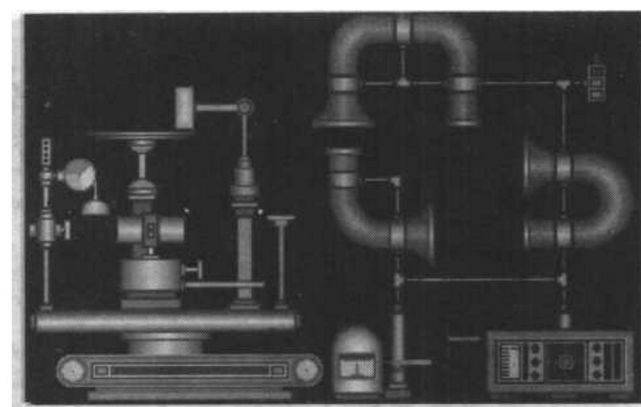
画制作技术进行详细讨论,并给出实现代码。



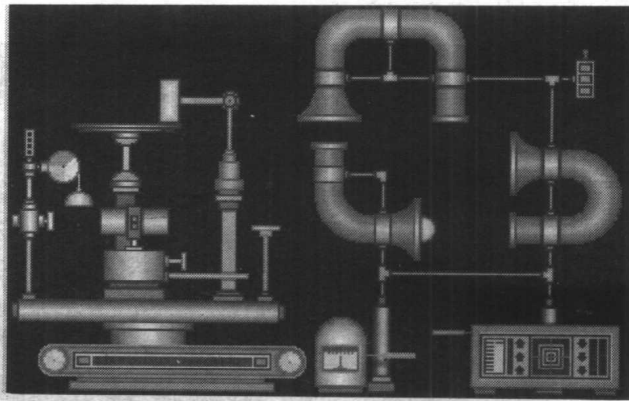
(a)



(b)

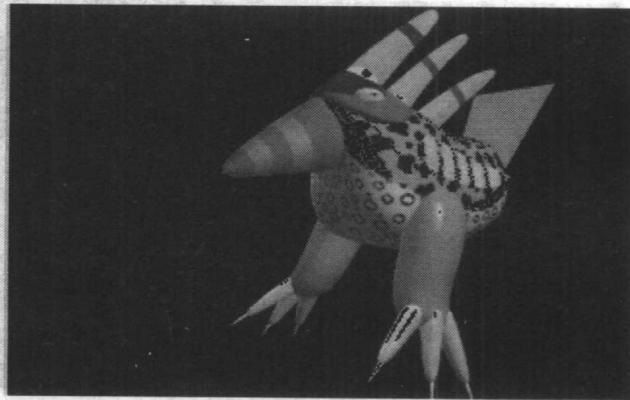


(c)

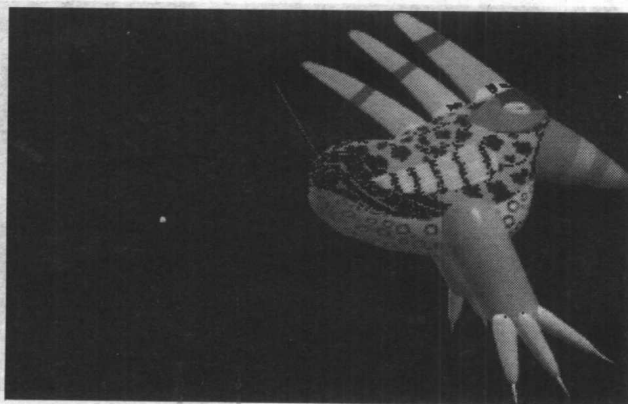


(d)

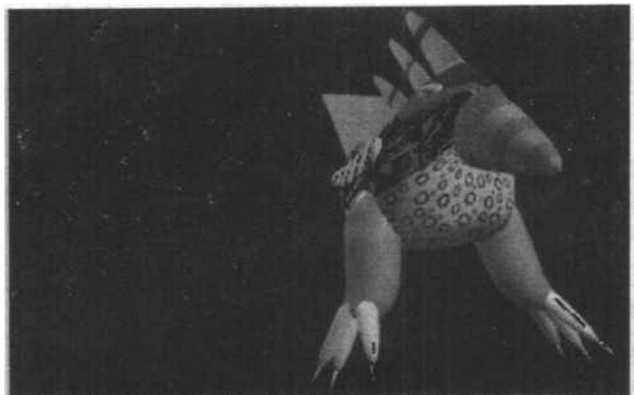
图 1.3 动画序列例子 1



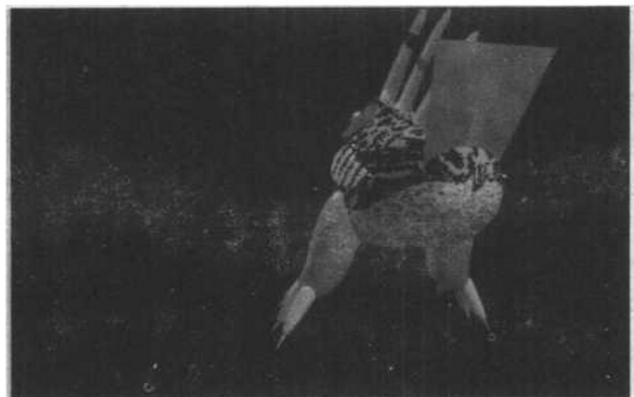
(a)



(b)



(c)



(d)

图 1.4 动画序列例子 2

1.3 图形显示卡及编程

图形最终是要绘制到显示器的屏幕上的,因而对图形显示卡及其编程方法有一个简单的了解是非常必要的。本书的程序及相应系统使用 VGA 图形卡,下面就简介 VGA 图形卡的一些基本知识。当然,如果用户所用的是其他显示卡(如 EGA,PGA,XGA),只需对程序作适当修改即可。

像 CGA、EGA 一样,VGA 也是一个非智能型显示驱动设备,在 VGA 适配器上没有绘图或处理能力,所有的绘图功能都是靠系统处理器直接写到显示存储器而进行的。相反,XGA 是一个智能型显示驱动设备,在 XGA 适配器上有绘图或处理能力。一般来说,向显示存储器写 1 位(bit)就相当于在显示器的屏幕上点亮 1 个像素。VGA 大多数线路是完成数据传输任务,把显示存储器中的数据传送到显示器的屏幕上。这称为显示刷新,每秒必须进行 50~70 次。

在彩色显示系统中,显示屏幕上同一时刻可显示的彩色数由显示存储器的位数来决定,

也就是如果每个象素用 n 位表示,就可产生 2^n 种彩色。VGA 每个象素使用 1~8 位表示,因此,VGA 允许同一时刻在屏幕上显示 $256(2^8)$ 种彩色。

为了使应用软件的视频接口达到标准化,IBM 制定了一套标准的 VGA 显示模式,Super VGA 的厂商把新的高分辨率显示模式追加到标准的显示模式列表中,并非所有显示适配器都能支持这些模式,许多 VGA 标准显示模式是从 MDA、CGA、EGA 显示适配器继承下来的。表 1-1 列出了标准 VGA 的显示模式。

表 1-1 标准的 IBM VGA 显示模式

模式	类型	分辨率	彩色数
0, 1	彩色文本	40×25(320×200, 8×8 字符)	16
0*, 1*	彩色文本	40×25(320×350, 8×14 字符)	16
0+, 1+	彩色文本	40×25(320×400, 9×16 字符)	16
2, 3	彩色文本	80×25(640×350, 8×14 字符)	16
2*, 3*	彩色文本	80×25(640×350, 8×14 字符)	16
2+, 3+	彩色文本	80×25(640×400, 9×16 字符)	16
4, 5	彩色图形	320×200	4
6	彩色图形	640×200	2
7	单色文本	80×25(720×350, 8×16 字符)	单色
7+	单色文本	80×25(720×400, 9×16 字符)	单色
D	彩色图形	320×200	16
E	彩色图形	640×200	16
F	彩色图形	640×350	单色
10h	彩色图形	640×350	16
11h	彩色图形	640×480	2
12h	彩色图形	640×480	16
13h	彩色图形	320×200	256

1.3.1 40 列彩色文本(模式 0 和模式 1)

VGA 的显示模式 0 和模式 1,是从 CGA 视频适配器继承而来的,功能上没有什么差别。由于没有了 CGA 合成视频输出插口,因而,两种模式之间的差别也随之不复存在。模式 0 和模式 1 显示彩色文本的分辨率是 40 列×25 行。

这两种模式不完全与 CGA 兼容,因而并非所有 CGA 软件都能在这些模式下正确地运行。一般来说,如果软件使用 BIOS 视频服务并避免对视频适配器上的任何 I/O 寄存器直接存取,那么,运行这些软件一般不会有什问题。对显示存储器通过系统处理器直接存取的操作不会发生兼容性问题。

本模式支持 8 种显示彩色以及由于加了高亮度而形成的另外 8 种彩色,每个字符的彩色及其底色是独立可编程的。表 1-2 列出了标准彩色文本属性。