

目 录

第一章 图形显示技术基础	1	5. 三维变换	41
第一节 交互式计算机图形学引论	1	6. 投影变换	44
1. 图形信息的计算机处理	1	7. 观察变换	47
2. 交互式图形系统的组成	2	8. 裁剪	48
3. 计算机图形学的应用	5	第二章 IBM PC 图形程序设计方法	
4. 计算机图形学的主要研究内容	6	.....	51
第二节 光栅扫描图形显示器的工作原理	7	第一节 图形显示器的直接程序设计	
1. 结构与原理	8	.....	52
2. 监视器	10	1. 显示器硬件与系统的接口	52
3. 显示存贮器的组织	11	2. 寄存器读写操作	53
4. 彩色表的结构与使用	13	3. 显示存贮器操作	56
5. 图象生成器	14	第二节 基于 BIOS 的图形程序设计	
6. IBM PC 图形显示器	16	.....	57
第三节 常用扫描转换算法	19	1. BIOS 概述	57
1. 点	19	2. 显示器 BIOS 的功能与调用方法	58
2. 线段	19	3. BIOS 的扩充方法	61
3. 圆	22	第三节 虚拟图形设备及其驱动程序	
4. 多边形	25	.....	63
5. 区域填充	27	1. 虚拟图形设备的功能	64
6. 曲线	29	2. MS-DOS 设备驱动程序的编制方法	66
7. 字符	33	.....	66
第四节 几何变换与观察处理	34	3. 实现虚拟图形设备的驱动程序	70
1. 坐标系	34	4. 简单虚拟图形设备的使用	83
2. 基本二维变换	35	第四节 通用程序设计语言的图形	
3. 齐次坐标	37	子程序库	85
4. 复合变换	38	.....	85
		1. Microsoft C 的图形子程序库	86
		2. 用户图形子程序库的设计	92

3. 图形子程序库的实现	94	第四节 MDA 与 Hercules显示器	151
4. 图形子程序库的使用举例	96	1. MDA 显示器	151
第五节 二维图形标准 GKS 和 CGI	98	2. Hercules 显示器	153
1. GKS 的基本概念	98	第五节 Color 400与GW 0520CH 显示器	154
2. GKS 的图形输出原语	99	1. Color 400 显示器	154
3. 图段	101	2. GW 0520CH 显示器	160
4. 输入与交互处理	102	第四章 EGA / VGA 的显示模式与逻辑结构	164
5. GKS 程序设计	103	第一节 概述	164
6. 计算机图形设备接口标准——CGI	105	第二节 EGA / VGA 的显示模式	169
第六节 窗口系统 Microsoft-Windows	107	1. EGA / VGA 的标准显示模式	169
1. 概述	107	2. VGA 的附加显示模式	173
2. 窗口系统 MS-Windows 的图形功能	109	第三节 EGA / VGA 的结构及显示存贮器组织	174
3. MS-Windows 的用户接口开发工具	115	1. EGA / VGA 的结构	174
4. 窗口应用程序的开发	121	2. 文字模式下显示存贮器的组织	175
第三章 CGA、MDA 及其兼容显示器	124	3. 图形模式下显示存贮器的组织	179
第一节 MC6845 CRT 控制器	124	第四节 EGA / VGA 控制器	184
1. 功能与逻辑结构	124	1. 图形控制器	184
2. 水平与垂直定时信号的控制	126	2. 属性控制器	186
3. 字符显示逻辑	128	3. CRT 控制器	187
4. 辅助控制功能	129	4. 操作定序器	188
第二节 CGA 的显示模式与逻辑结构	130	第五章 EGA / VGA 寄存器及程序设计	190
1. CGA 的显示模式	130	第一节 概述	190
2. CGA 的逻辑结构与控制寄存器	131	第二节 外部寄存器	192
3. CGA 的显示存贮器	132	1. 辅助输出寄存器	192
第三节 CGA 的程序设计	135	2. 特色控制寄存器	193
1. CGA 的 BIOS 级程序设计	135	3. 输入状态寄存器 0	194
2. CGA 的直接程序设计	140		
3. 图形显示驱动程序	144		

4. 输入状态寄存器 1	194
5. VGA 允许寄存器	195
第三节 CRT 控制寄存器	195
1. 水平扫描总时间寄存器	197
2. 水平显示结束寄存器	197
3. 水平消隐开始寄存器	197
4. 水平消隐结束寄存器	198
5. 水平回扫开始寄存器	198
6. 水平回扫结束寄存器	198
7. 垂直扫描总时间寄存器	199
8. 溢出寄存器	199
9. 垂直回扫开始寄存器	199
10. 垂直回扫结束寄存器	199
11. 垂直显示结束寄存器	200
12. 垂直消隐开始寄存器	200
13. 垂直消隐结束寄存器	200
14. 模式控制寄存器	200
15. 行扫描预置寄存器	201
16. 最大扫描线寄存器	202
17. 光标开始寄存器	202
18. 光标结束寄存器	202
19. 显存起始地址高位字节寄存器	203
20. 显存起始地址低位字节寄存器	203
21. 光标位置高位字节寄存器	203
22. 光标位置低位字节寄存器	203
23. 光笔高位字节寄存器	204
24. 光笔低位字节寄存器	204
25. 偏移量寄存器	204
26. 下横线位置寄存器	204
27. 行比较寄存器	205
第四节 操作定序寄存器	206
1. 复位寄存器	206
2. 时钟模式寄存器	207
3. 位平面屏蔽寄存器	208
4. 字符发生器选择寄存器	208
5. 存储器模式寄存器	208
第五节 图形控制寄存器	209

1. 置位/复位寄存器	210
2. 置位/复位允许寄存器	211
3. 颜色比较寄存器	211
4. 颜色忽略寄存器	211
5. 位平面读出选择寄存器	211
6. 位屏蔽寄存器	212
7. 数据移位/功能选择寄存器	213
8. 模式寄存器	213
9. 辅助寄存器	215
第六节 属性控制寄存器	216
1. 调色寄存器	216
2. 模式控制寄存器	218
3. 颜色选择寄存器	219
4. 屏幕边框颜色寄存器	219
5. 位平面允许寄存器	219
6. 水平移屏寄存器	220
第七节 VGA 数模转换寄存器	221
第八节 EGA/VGA 硬件直接程序	
设计举例	222

第六章 EGA/VGA BIOS及程序设计

.....	270
第一节 概述	270
1. BIOS 功能分类	270
2. EGA/VGA 环境表	272
3. EGA/VGA BIOS 数据区	275
第二节 显示控制功能	277
1. 模式选择	277
2. 设置光标类型	278
3. 设置光标位置	278
4. 读取光标位置	278
5. 读取光笔位置	278
6. 选择工作页面	279
7. 文字窗口上滚	279
8. 文字窗口下滚	280

第三节 字符和象素输出功能	280
1. 读光标位置处的字符和属性	280
2. 在光标位置处写字符及其属性	280
3. 在光标位置处写字符	281
4. 设置 CGA 模式的调色器	281
5. 写象素	282
6. 读象素	282
7. 仿真 TTY 方式写字符	283
8. 查询现行显示状态	283
第四节 调色器及颜色对照表的 处理功能	284
1. 设置单个调色寄存器	284
2. 设置屏幕显示区的边框颜色	284
3. 设置全部调色寄存器	285
4. 闪烁/加亮属性选择	285
5. 读单个调色寄存器	285
6. 读边框颜色寄存器	286
7. 读全部调色寄存器	286
8. 设置单个彩色寄存器	286
9. 设置一组彩色寄存器	286
10. 选择彩色页面	287
11. 读单个彩色寄存器	287
12. 读一组彩色寄存器	288
13. 读颜色表现行页面号	288
14. 彩色转换成灰度	288
第五节 字符发生器处理功能	289
1. 装入用户字库	290
2. 装入单色显示字库	290
3. 装入 CGA 标准字库	290
4. 选择工作字库	291
5. 装入 VGA 标准字库	291
6. 设置图形模式 4、5、6 的字库指针	291
7. 为图形模式选用用户字库	292
8. 为图形模式选用 EGA 标准字库	292
9. 为图形模式选用 CGA 标准字库	292
10. 为图形模式选用 VGA 标准字库	293
11. 读取字库信息	293

第六节 EGA/VGA BIOS的 其它扩充功能	294
1. 查询 EGA/VGA 配置信息	294
2. 选用另一个屏幕打印子程序	294
3. 为 VGA 文字模式选择扫描线数目	295
4. 允许/禁止在模式选择时向调色器 装入数据	295
5. 允许/禁止 VGA 联机工作	295
6. 允许/禁止自动灰度转换	296
7. 允许/禁止仿真 CGA 光标	296
8. 两个 VGA 作切换	297
9. 接通/断开 VGA 的屏幕显示	297
10. 输出字符串	297
11. 读 VGA 配置信息	298
12. 写 VGA 配置信息	299
13. 读 VGA 状态信息	299
14. 查询缓冲区大小	299
15. 保存显示器状态	301
16. 恢复显示器状态	302

第七节 EGA/VGA BIOS程序 设计举例	302
----------------------------------	-----

第七章 长城 CEGA 汉字图形显示器	318
------------------------------	-----

第一节 CEGA的逻辑结构与显示 模式	318
------------------------------	-----

1. CEGA 逻辑结构	318
2. CEGA 的显示模式	320
3. 显示存储器组织	322

第二节 CEGA 的寄存器	325
---------------------	-----

1. 总控寄存器	325
2. 6445 CRT 控制器	326
3. 水平和垂直定时信号的控制	327
4. 屏幕分区显示(分屏)和滚行的控制	328
5. 光标控制	329
6. 6445 的控制与状态寄存器	330

第三节 CEGA BIOS	332
1. 模式选择	334
2. 设置光标类型	334
3. 设置光标位置	334
4. 读取光标位置	334
5. 读取光笔位置	334
6. 选择工作页面	335
7. 文字窗口上滚	335
8. 文字窗口下滚	335
9. 读光标位置处的字符和属性	335
10. 在光标位置处写字符及其属性	335
11. 在光标位置处写字符	336
12. 写像素	336
13. 读像素	336
14. 仿真 TTY 方式写字符	337
15. 查询现行显示状态	337
16. 设置调色器	337
17. 输出字符串	337
18. 提示行显示区的处理	338
19. 建立/取消扩展汉字库	339
20. 从汉字库中读汉字的点阵数据	339
21. 打开/关闭光标	339
22. 选择工作状态	340
23. 读取显示器工作状态	340
24. 显示存贮器控制	340
25. 建立 9*8 图形字符光标	340
26. 在当前光标位置处显示字符	341
27. 转换工作方式	341
28. 画直线	341
29. 画矩形	341
30. 画圆或弧	342
31. 区域填充	342
32. 保存图象	342
33. 画点	343
34. 显示图象	343
35. 画折线	343
36. 设置线型与线宽	343
37. 设置显示模式为 3 并修改部分 ASCII 码	

定义	344
38. 读取当前光标位置处的字符及其属性	
.....	344

第八章 ARTIST-I 高分辨率图形显示器

第一节 图形显示控制器芯片 μ PD7220

1. 概述	346
2. 7220 的逻辑结构	346
3. 使用 7220 的图形显示器构成方式	349
4. 7220 命令	350

第二节 ARTIST-I 逻辑结构

1. 逻辑原理	361
2. 显示存贮器的组织	363
3. ARTIST-I 的系统接口	364
4. 监视器接口与光笔接口	366

第三节 辅助控制操作的程序设计

1. 初始化与显示格式的设定	370
2. 清屏	376
3. 修改彩色表	378
4. 放大	379
5. 滚行和平移	381

第四节 图形与文字显示操作的程序设计

1. 移动现行点位置	384
2. 画线	385
3. 画矩形	390
4. 画圆	394
5. 画弧	400
6. 输出字符或汉字	402

第九章 AGC 高性能图形显示器

第一节 高性能 CRT 控制器

HD63484	411	1. 概述	482
1. 逻辑结构	412	2. 固定式菜单	483
2. 系统构成方式	418	3. 弹出式菜单	486
3. 屏幕的显示控制	423	4. 下拉式菜单	491
4. ACRTC 命令	427	第三节 窗口显示技术	494
第二节 AGC 的逻辑结构	436	1. 概述	494
1. 逻辑结构	436	2. 窗口的基本操作	494
2. AGC 的系统接口	438	3. 弹出式窗口应用程序	502
第三节 辅助控制操作的程序设计	439	4. TSR 弹出式窗口应用程序	504
1. 初始化与显示格式的设定	442	第四节 输入设备与定位技术	505
2. 清屏	445	1. 键盘	505
3. 修改彩色表	446	2. 鼠标器	509
4. 平移、滚行及放大	448	3. 数字化仪	514
第四节 图形与文字显示操作的程序设计	457	4. 几种常用定位技术	516
1. 颜色、线型及写模式的选择	457	第五节 交互式绘图程序	522
2. 画线、画矩形、画圆	460	1. 绘图程序的用户模型和命令语言	522
3. 输出字符和汉字	465	2. 绘图程序的主程序	523
4. 区域填充	472	3. 讨论	531
5. 图形拷贝	475	附录	533
第十章 图形显示技术在用户接口设计中的应用	478	附录 I EGA / VGA 及 CEQA 控制寄存器一览表	533
第一节 用户接口概述	478	附录 II EGA / VGA 及 CEQA BIOS 功能(INT10h)一览表	535
1. 用户模型	478	附录 III 为 EGA / VGA 开发的子程序库功能一览表	537
2. 命令语言	479	附录 IV IBM PC 常用图形软件开发工具简介	541
3. 输入反馈	479	参考资料	544
4. 信息显示	481		
5. 用户接口的设计准则	481		
第二节 菜单设计技术	482		

第一章 图形显示技术基础

随着计算机技术的进步, IBM PC 这一类的个人计算机图形显示功能日益改善和提高, 与图形显示有关的各种应用也飞速发展。本章先简单介绍交互式计算机图形学的一些基本概念, 然后分析说明光栅扫描图形显示器的结构和一般工作原理, 最后再介绍常用的扫描转换算法和几何变换原理。

第一节 交互式计算机图形学引论

电子计算机的发展历史已经有 40 多年了。随着计算机硬件、软件技术的飞速进步, 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和知识处理领域拓宽。计算机应用不断提出的各种各样的要求又进一步促进了计算机科学技术的发展和提高。交互式计算机图形学(Interactive Computer Graphics)这一新的分支学科的出现, 就是计算机应用与计算机技术相互促进的一个范例。下面简要地介绍计算机图形学的一些基本概念、图形应用系统的模型、图形学的应用以及交互式计算机图形学的主要研究内容。

1. 图形信息的计算机处理

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, 因此它有着广泛的用途。当然, 图形的表示、生成、处理、存贮、检索和管理等要比文字复杂得多。用计算机处理图形信息比传统的手工或机械方式提高了一大步, 它使图形的用途更加广泛, 使用更加有效, 而成本也越来越降低。

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)

可见或不可见的图形(图象)经过量化后送入计算机, 由计算机按应用的需要进行图象增强、复原、分割、重建、编码、存贮、传输等种种不同的处理, 需要时把加工处理后的图形(图象)重新输出, 这个过程统称为“图象处理”。计算机 X 射线断层造影技术(Computer Tomography, 简称 CT)就是图象处理的一个典型例子。

(2) 模式识别(Pattern Recognition)

图形信息输入计算机后, 先对它进行特征抽取等预处理, 然后用统计判定方法或语法分析方法对图形作出识别, 最后由计算机按照人们的使用要求给出该图形的分类或描述。例如中西文字符和工程图纸的自动阅读装置, 就是模式识别技术的应用实例。

(3) 计算机图形学(Computer Graphics)

使用计算机建立、存贮、处理某个对象的模型，并根据模型产生该对象图形输出的有关理论、方法与技术，称为“计算机图形学”。这里所说的对象(Object)，可以是各种具体的、实在的物体，如汽车、房屋、机械零件等，也可以是抽象的或者是假想的事物，如天气形势、人口分布、世界各国经济发展增长速度等等。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一组数据或过程进行种种处理，从无到有地产生能正确地反映这些对象某种性质的图形的输出，如汽车外形图、零件加工图、大楼布局图、天气图、人口分布图等。图形生成的方式有被动式(Passive)和交互式(Interactive)两种。前者指图形生成过程中操作员无法对图形进行操纵和控制，它主要使用在以绘图机作为输出设备的早期系统中。交互方式则允许操作人员使用交互设备控制和操纵模型的建立和图形的生成过程，模型及其图形可以边生成、边显示、边修改，直到产生了符合使用要求的模型和图形为止。目前，大多数图形系统的工作方式几乎都以交互式为主。

图象处理、模式识别和计算机图形学这三门与图形信息处理有关的学科，它们之间的相互关系可以粗略地用图 1-1 来表示。虽然这些学科都已有了二三十年的历史，但长时间来它们基本上是以相互独立的形式各自发展、成长的。到了 80 年代，由于光栅扫描图形显示器的广泛使用，以及大量复杂的应用课题的研究需要，这三门学科的相互关系和一些共同技术引起了人们越来越大的兴趣。从计算机软硬件系统的角度来看，其中图形显示技术起着基础和核心的作用。

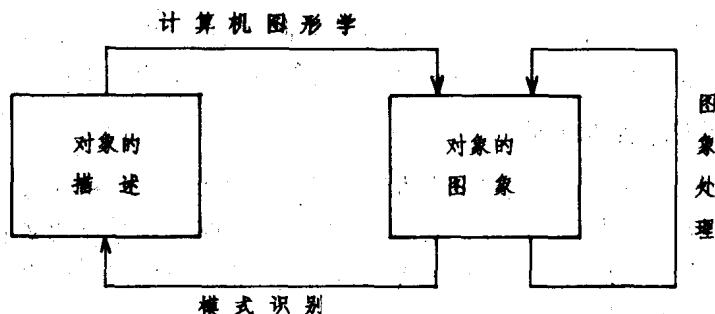


图 1-1 图象处理、模式识别与计算机图形学的相互关系

2. 交互式图形系统的组成

从程序员的角度来看，所有交互式图形系统在概念上均由四个部分组成，如图 1-2 所示。下面分别作简要介绍。

(1) 应用数据结构(Application Data Structure)

应用数据结构实质上是一些数据文件，其中保存着欲生成其图形的那个(些)对象的全部描述信息。这些描述信息包括：用于定义该对象所有组成部分的形状和大小的几何信息及有关的拓扑信息；用于说明与该对象图形有关的一些属性信息，如色彩、纹理、表面性质等；以及实际问题中还需要涉及的其它一些非几何数据，如材料、单价、加工要求等。

它们往往存放在数据库中。

能够正确地表达出一个对象的性质、结构和行为的所有描述信息，称为这个对象的模型。计算机图形学感兴趣的主要是这个对象的几何性质(形状、大小、位置、结构等)，因此，用于刻画被处理对象几何性质的描述信息就构成了它们的几何模型。

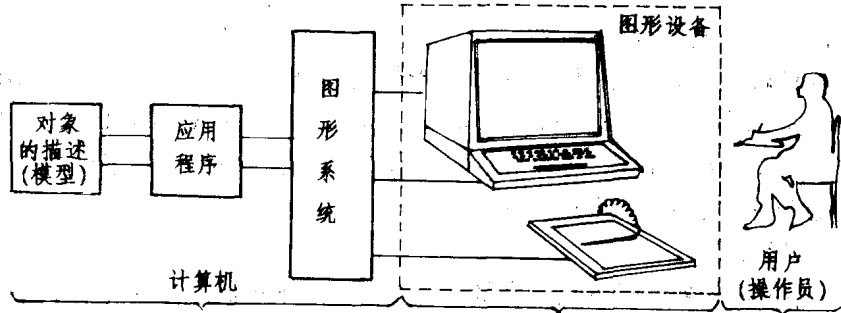


图 1-2 交互式图形系统的组成

常用的几何模型有多种类型，例如线框模型(Wireframe Model)、面模型(Surface Model)和体模型(Solid Model)，它们都可用来表示三维空间中的物体。由于表示方法不同，功能也不一样，其优缺点对比大致如表 1-1 所示。

表 1-1 三种不同几何模型比较

名称	特点
线框模型	使用直线、折线、曲线等描述物体的几何形状。模型简单，易于生成各种投影视图。但由于模型信息不完整，隐线消除和剖面生成有一定困难，几乎不能进行体积、面积等物性计算
面模型	使用多边形、曲面等描述物体的几何形状。模型较复杂，可生成各种视图及真实感图形。模型信息较完整，能消除隐面和生成剖面，但物性计算有一定困难
体模型	常用多面体、球体、锥体等基本体素及其并、差、交运算来描述物体。模型复杂，但信息完整。可自动消除隐面和生成剖面，物性计算易于进行

(2) 图形应用软件

图形应用软件是系统中的核心部分，它是图形技术在各种不同应用中的抽象，其主要功能大体概括如下：

①根据从图形输入设备经由图形支撑软件送来的命令和数据，构造或修改被处理对象的模型。

②从应用数据结构(模型)中取出该对象的几何数据及有关属性，按照应用的要求对它们进行种种处理，然后使用图形支撑软件所提供的各种功能，生成该对象的图形并在图形输出设备上输出。

③与图形显示并无直接关系的一些其它处理功能，如性能模拟、分析计算、后处理、用户接口、系统维护等。

(3) 图形支撑软件

图形支撑软件通常由一组公用的图形子程序所组成，它扩展了系统中原有高级语言和

操作系统的图形处理功能。特别是采用标准图形软件如 PHIGS、GKS、CGI 等之后，图形应用软件的开发将得到如下三个方面的好处：

①与设备无关。在标准图形软件基础上开发的各种图形应用软件，不必关心具体设备的物理性能和参数，它们可以在不同硬件系统之间方便地进行移植和运行。

②与应用无关。标准图形软件的各种图形输入输出处理功能，综合考虑了多种应用的不同要求，因此有很好的适应性。

③具有较高性能。标准图形软件能够提供多种图形输出原语 (Graphic Output Primitives)，如线段、圆弧、折线、曲线、标志、填充区域、图象、文字等，能处理各种类型图形输入设备的操作，可以允许对图形分段，也可以对图形进行种种变换。因此，应用程序能以较高的的起点进行开发。

(4) 图形设备

图形系统中的外围设备除大容量外存贮器、通讯控制器等常规设备外，还有图形输出和图形输入设备。图形输出设备有图形显示器和图形硬拷贝设备两类；图形输入设备的种类繁多，在国际图形标准中，按照它们的逻辑功能可分成定位设备、选择设备、描画设备等若干类。通常，一种物理设备往往兼具几种逻辑功能。在交互式系统中，图形的生成、修改、标注等人机交互操作，都是由用户通过图形输入设备进行控制的。表 1-2 和表 1-3 是常用图形设备的分类，供系统配置时参考。

表 1-2 常用图形输出设备的分类

图形显示器	CRT 显示器	光栅扫描图形显示器 随机扫描图形显示器(刷新式) 随机扫描图形显示器(存贮管式)
	其它显示器	液晶显示器(LCD) 等离子平板显示器 发光二极管显示器(LED) 激光显示器
图形硬拷贝输出	绘图仪	平板式绘图机 滚筒式绘图机(静电式, 机械式)
	图形打印机	点阵式(机械)打印机 喷墨式印刷机 激光印刷机
	其它设备	缩微胶片输出设备 复印输出设备 录象设备(录象带、录象盘)

表 1-3 常用图形输入设备的分类

逻辑输入设备	对应的主要物理设备
定位设备(Locator)	数字化仪, 鼠标器, 操纵杆等
描画设备(Stroke)	数字化仪(手动, 自动)
检取设备(Pick)	光笔, 鼠标器
命令选择设备(Choice)	按钮, 功能键
数值输入设备(Valuator)	可调电位器, 拨号盘, 键盘
字符输入设备(String)	键盘, 字符阅读器, 语音识别装置

3. 计算机图形学的应用

计算机图形学研究如何使用计算机这个工具来描述物体并生成物体的图形。利用计算机生成图形，这是人们自从发明照相技术和电视技术以来产生图形的一种最重要的机械手段。与照相技术或电视技术相比，它的主要优点有：

- * 计算机不但能生成实际存在的具体对象的图形，而且还能生成假想的或者抽象的对象的图形，例如人口分布图、天气图、经济增长趋势图等。

- * 计算机不仅能生成静态图形，而且还能生成随地域、时间、位置或其它参数变化而变化的动态图形。

- * 计算机生成图形的过程中，允许人们随时进行修改和各种控制。

因此，计算机图形学有着广阔的应用范围和发展前景。下面是它的一些有代表性的应用领域：

①在科学和工程计算及事务处理中，常常使用图形来表示数值计算或数据处理的结果。例如函数的图形(图 1-3)、分子模型、框架结构、应力或场强的分布等。用图形来

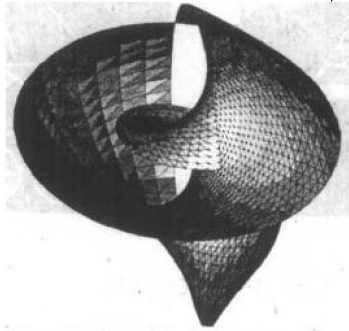


图 1-3 参数化曲面的图象

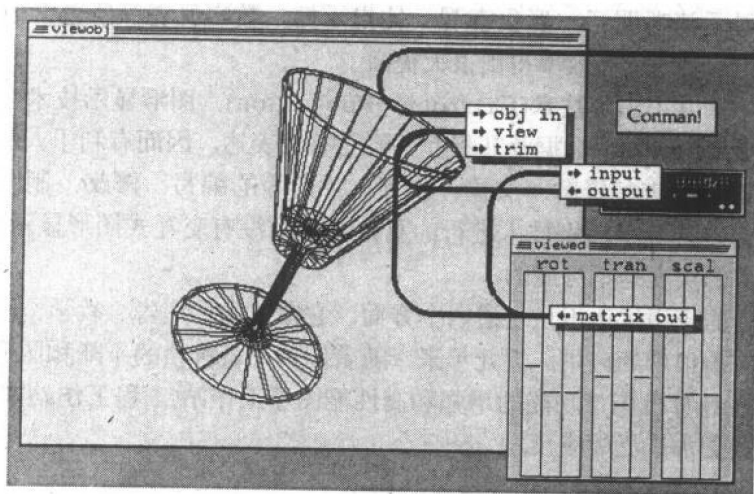


图 1-4 利用计算机辅助设计产品的外形与结构

表示大量的数值结果，不但有形象、直观的优点，而且能反映出各种参数相互之间的关

系, 比较容易揭示事物的本质和规律。最近几年, “形象化计算技术”(Computing Visualisation)的兴起就是图形学与大型科学计算相结合的结果。

②各种地理信息和自然现象的图形表示。如地形图、天气图、海洋图、石油开采图、人口密度图等, 利用计算机制作地图(Computerized Cartography)是计算机在古老的地理科学中的重要应用之一。

③计算机辅助制图和辅助设计(Computer Aided Drafting and Design, 简称为CADD), 这是计算机图形学最早、也是最重要的一个应用领域, 例如图1-4是利用计算机交互式设计产品结构的过程。目前, 计算机辅助设计在机械、电子、电气、建筑、轻工等各种工程领域都有着广泛的应用, 并取得明显的经济效益。

④计算机模拟和动画。利用计算机模拟某个系统或某种现象和过程(图1-5), 这是一种进行系统分析和仿真的有效手段, 图形显示在计算机模拟中有着极重要的作用, 尤其是动画技术。若希望计算机进行实时模拟, 则它对图形显示技术有很高的要求。

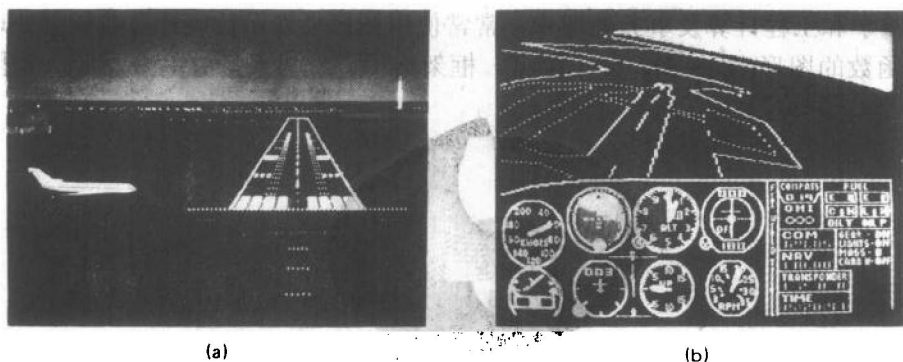


图 1-5 飞行模拟

⑤过程控制。在过程控制中, 图形显示器用来显示被控对象(炼油厂、发电厂等)有关环节在操作过程中的状态, 操作人员通过图形交互技术进行各种调节或处理所发生的意外事故。由于图形显示清晰明了、形象直观, 比指示灯、数字仪表等所包含的信息量大得多, 因而现场操作人员的工作效率得到很大提高。

⑥办公自动化和电子出版技术(Electronic Publication)。图形显示技术在办公自动化和事务处理中的使用, 有助于数据及其相互关系的有效表达, 因而有利于人们进行正确的决策。利用电子计算机进行资料、文稿、书刊、手册等的编写、修改、制图、制表、分页、排版, 这是对传统活字印刷技术进行的重大变革, 没有交互式图形显示技术的支持, 这种电子出版技术的实现是不可能的。

计算机图形学的应用远远不止上述六个方面, 它在艺术、广告、教学、游戏、软件工程等许多方面都有着很好的应用。近几年来, 随着图形设备价格的下降和图形显示技术的发展, 特别是个人计算机图形功能的增强和高性能图形工作站(工程工作站)的出现, 计算机图形学正在得到更加广泛的应用。

4. 计算机图形学的主要研究内容

计算机图形学是计算机科学中一个比较年轻的分支学科, 它的主要核心技术是如何建

立所处理对象的模型并生成该对象的图形。其主要研究内容大体上可以概括为如下几个方面:

①几何模型构造技术(Geometric Modelling)。例如各种不同类型几何模型(二维、三维、分数维(Fractal Model))的构造方法及性能分析,曲线与曲面的表示与处理,专用或通用模型构造系统的研究,等等。

②图形生成技术(Image Synthesis)。例如线段、圆弧、字符、区域填充的生成算法,以及隐线/隐面消除、光照模型、浓淡处理(Shading)、纹理、阴影、灰度与色彩等各种逼真感图形表示技术。

③图形的操作与处理方法(Picture Manipulation)。例如图形的开窗、裁剪、平移、旋转、放大、缩小、投影等各种几何变换操作的方法及其软件或硬件实现技术。

④图形信息的存贮、检索与交换技术。例如图形信息的各种机内外表示方法、组织形式、存取技术、图形数据库的管理、图形信息的通信,等等。

⑤人机交互及用户接口技术。例如新型定位设备、选择设备的研究,各种交互技术如构造技术、命令技术、选择技术、响应技术等的研究,以及用户模型、命令语言、反馈方法、窗口系统等用户接口技术的研究等。

⑥动画技术。研究实现高速动画的各种软、硬件方法;开发工具,动画语言等。

⑦图形输出设备与输出技术。例如各种图形显示器(图形卡、图形终端、图形工作站等)逻辑结构的研究,实现高速图形功能的专用芯片(ASIC)的开发,图形硬拷贝设备(特别是彩色硬拷贝设备)的研究等。

⑧图形标准与图形软件包的研究开发。如制订一系列国际图形标准,使能满足多方面图形应用软件开发工作的需要,并使图形应用软件摆脱对硬设备的依赖性,允许在不同系统之间方便地进行移植。

总之,交互式计算机图形学的研究内容是十分丰富的。虽然许多研究工作已经进行了多年,取得了不少成果,但随着计算机技术的进步和图形显示技术应用领域的扩大和深入,计算机图形学的研究、开发与应用还将得到进一步的发展。

由于目前 IBM PC 这一类的个人计算机处理能力还比较有限,图形显示器的功能也比较简单,因而 IBM PC 在图形方面的应用主要还是与二维有关的一些领域。经验表明,大约有 70—80%的实际应用属于二维问题。因此,本书将着重介绍有关二维图形技术的基本原理,重点介绍 IBM PC 几种主要的图形显示器的结构以及开发图形应用软件的各种程序设计方法。图形学的其它一些内容请读者参阅有关的书刊资料。

第二节 光栅扫描图形显示器的工作原理

图形显示器是交互式图形系统中必不可少的一种图形输出设备。CRT(阴极射线管)显示器由于其分辨率好、可靠性高、速度快、成本低等优点,多年来始终是图形显示器中最重要的一种设备。CRT 图形显示器工作方式有两种:随机扫描方式和光栅扫描方式。虽然随机扫描图形显示器(又叫向量式或笔画式图形显示器)具有画线速度快、分辨率高等优点,但它难以生成具有多种灰度或颜色、色调能连续变化的图形。而光栅扫描图形显示器

却可以生成这种有高度逼真感的图形。由于半导体存储器价格的降低，集成度的提高，以及需要高质量图形显示的应用领域逐步扩大，光栅扫描图形显示器已经成为个人计算机、工程工作站等各种类型计算机所使用的最重要的一种信息显示设备。随着技术的进步，它的结构不断改进，性能逐步提高，成本迅速下降，应用日益广泛。本节叙述光栅扫描图形显示器的组成、工作原理、各种结构方式以及 IBM PC 图形显示器的发展。

1. 结构与原理

图 1-6 是光栅扫描图形显示器的框图。从图中可以看出，它一共由五个部分组成，其中显示存储器是整个显示器的核心，它存放着需要在屏幕上显示出来的图形的映象 (Image)，更确切地说，显示存储器中存放了与屏幕画面上的每一点 (Pixel，称为象素) 一一对应的一个矩阵，矩阵中的每个元素就是象素的值 (图 1-7)，这个矩阵称之为“位

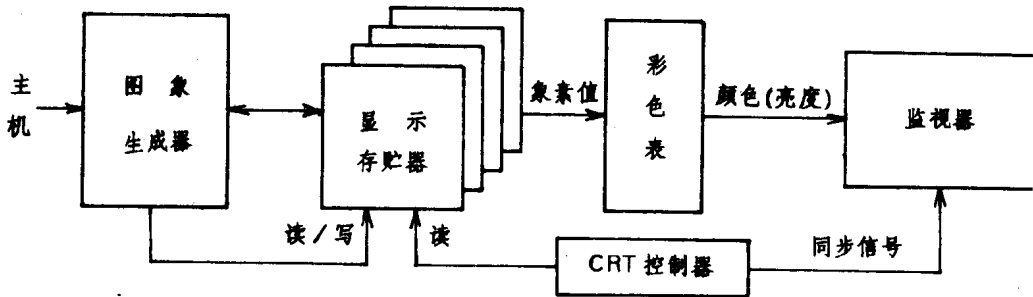


图 1-6 光栅扫描图形显示器的组成

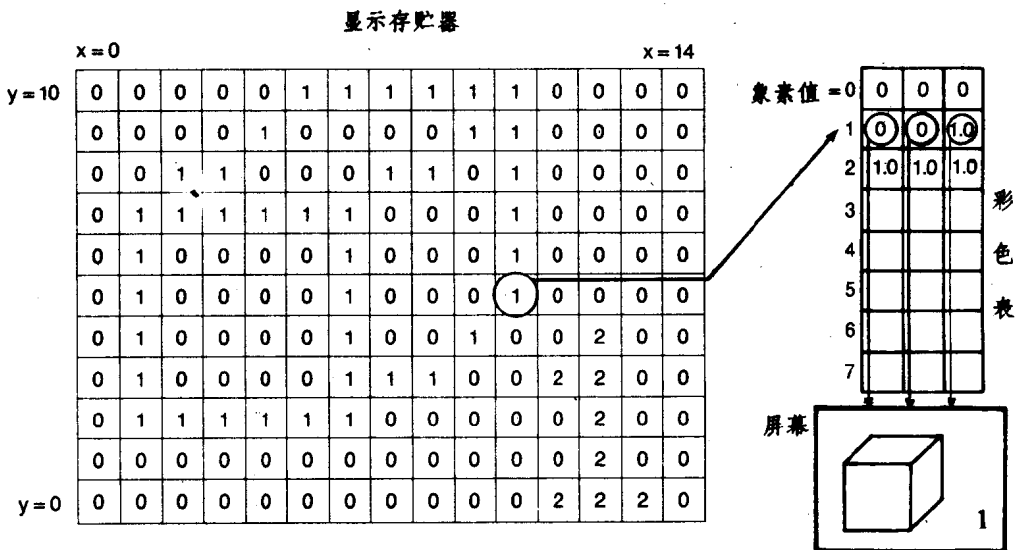


图 1-7 显示存储器内容与屏幕画面象素的映射关系

图”(Bitmap)。所以，显示存储器又叫影象存储器 (Video RAM)、位图存储器，或者叫做

帧缓冲器(Frame Buffer)。为了使 CRT 屏幕上的图形持续地进行显示, 显示存贮器的内容需要不断地反复读出并送到监视器去, 使得画面能以一定的频率进行刷新。因此显示存贮器往往也称为刷新存贮器(Refresh Memory)。显示存贮器的结构有多种变化, 下面将再详细讨论。

彩色表用来定义象素的颜色。它根据象素的值(称为彩色号)从表中查出其颜色的定义, 然后对 CRT 红、绿、蓝三原色的亮度进行控制, 从而产生各种不同的颜色。例如图 1-7 的彩色表中 0 号颜色是黑色, 1 号色是蓝色, 2 号色是白色, 所以屏幕上的立方体为蓝色, 字符 1 是白色, 整个屏幕背景为黑色。由于彩色表可以由程序进行装入和修改, 因此它有多种功能和用途, 这些也将在下面内容中再介绍。

光栅扫描图形显示器的工作过程大体如下:

① 图象生成器根据主机发送来的画图命令, 把图画在显示存贮器中, 即在显示存贮器中生成所显示画面的位图。图象生成器也可以直接把图象输入设备(如摄像机、扫描仪等)输入的数字图象直接或间接(经由主存贮器)地放入显示存贮器中。

② CRT 控制器(CRTC)一方面产生水平和垂直同步信号送到监视器去, 使 CRT 电子束不断地自上而下、自左向右进行扫描, 形成光栅(Raster), 另一方面又根据电子束在屏幕上的行、列位置, 自动计算并生成显示存贮器的相应地址, 不断地读出显存中的位图数据。

③ 显存中读出的位图数据(即象素值), 经过查彩色表后, 转换成红、绿、蓝三原色的亮度值。在不使用彩色表的显示器中, 象素值直接就是三原色的亮度值。

④ 颜色亮度信号也叫图象信号或视频信号, 它控制着 CRT 电子束的通、断、强、弱, 从而在 CRT 屏幕上形成一帧与显存中所存映象相对应的可见显示画面。

为了使屏幕上显示的画面不产生闪烁, 上述过程②—④应反复进行。一般要求 CRT 的帧频为 50—60 帧/秒。高性能显示器的帧频为 60—70 帧/秒。

图形显示器的主要性能参数有如下一些:

① 显示分辨率。一般指屏幕上水平方向可以显示多少象素(水平分辨率)、垂直方向可以显示多少根扫描线(垂直分辨率)。高性能显示器每屏可显示的象素达 1MP(P=Pixel)左右, 中档显示器则为 0.3—0.5MP, 低档显示器为 0.05—0.2MP。

② 颜色或亮度等级数目。亮度等级或灰度等级(Gray Scale)数目指的是单色显示器象素的亮度可以有多少种不同的变化。彩色显示器的颜色数目分成两个指标: 一个指标是显示器可以显示的所有不同的颜色的总数, 另一个指标是同一帧画面允许显示的不同颜色的最大数目。

③ 画图速度。画图速度指的是图象生成器把基本画图命令变成显示器中位图的转换速度。一般用每秒可以画多少个 2D 向量、2D 多边形来衡量, 高性能图形显示器中还用每秒可以画多少个 3D 向量、3D 多边形甚至 3D 有明暗的多边形来衡量。另外, 象素图象的传输操作(显存内部或显存与主存之间)速度也是一个极为重要的指标, 它一般用每秒钟可以传输多少兆象素来度量。

④ 其它。如屏幕尺寸、刷新频率、纵横比(Aspect Ratio, 屏幕上象素纵向间距与横向间距之比)颜色、余辉长短, 以及其它一些人机工程方面的考虑。

2. 监视器

监视器(Monitor)由阴极射线管(CRT)和有关的附加电路如扫描偏转电路、视频放大电路等所组成。CRT 的结构原理如图 1-8 所示。由灯丝、阴极和控制栅所组成的电

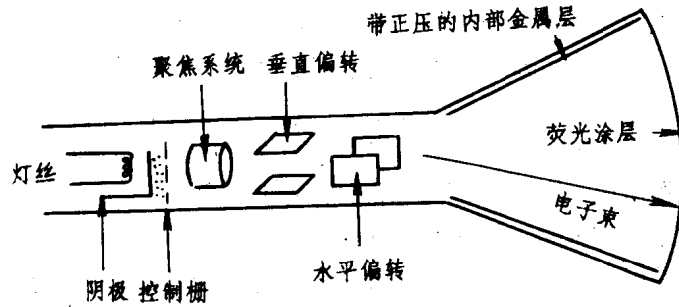


图 1-8 CRT 结构原理

子枪发射出电子流，被带正高压的内部金属层加速后打到荧光屏上。在到达屏幕的途中，电子被聚焦系统(电子透镜)聚集成很窄的电子束，通过由偏转系统产生的电磁场，被引向屏幕上特定的位置。当电子束轰击屏幕时，荧光粉发出可见光。因为荧光的亮度随着时间按指数衰减，因而整个画面必须在每一秒钟内重复显示许多次，人们才能看到一个稳定而不闪烁的图形。

光栅扫描 CRT 显示器的工作方式是，电子束反复不断地自左至右自上向下进行满屏幕的扫描(图 1-9a)。为了使显示区工作在线性扫描的范围内，无论是水平方向还是垂直

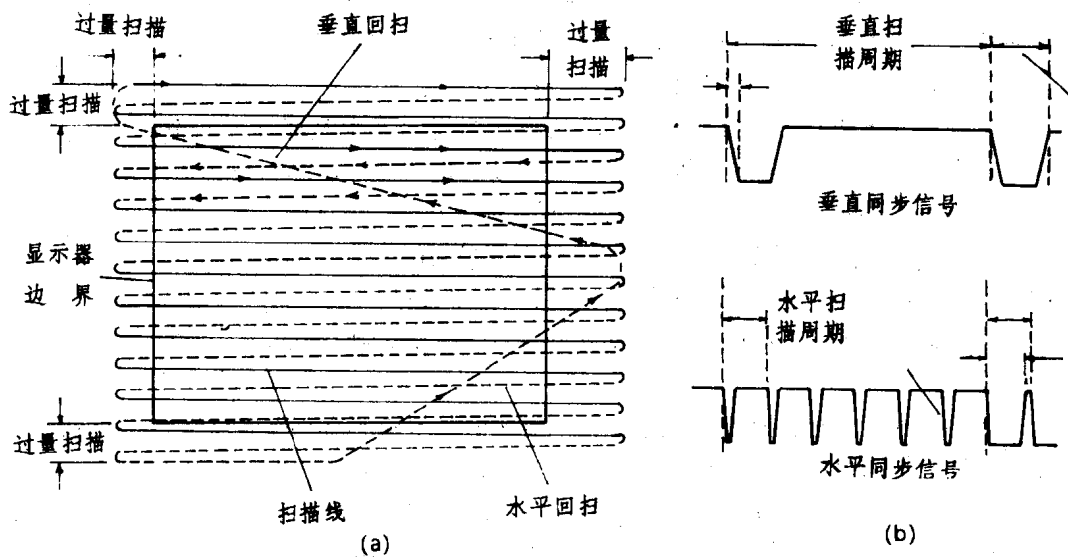


图 1-9 光栅与同步信号

方向，都有一定的“过量扫描”(Overscan)。在过量扫描期间，显示存储器中不读出任何象素信息，因而与扫描回程一样，CRT 处于消隐(Blank)状态。只有在扫描正程的允许显示

期内，显示存贮器才有数据读出，因而屏幕上有相应的画面出现。

监视器的外部接口信号共有两组，一组是由 CRT 控制电路提供的水平和垂直同步信号(图 1-9b)，这些信号用来触发监视器内部的锯齿波发生器，后者产生的锯齿波将对偏转电路进行控制。送往监视器去的第二组信息是控制电子束通、断、强、弱的信号，这些信号由显示存贮器的内容(及彩色表的值)所决定，它们直接影响着屏幕上的画面内容，因此称为图象信号或视频信号(Video Signal)。

根据监视器接口信号的性质和组成，监视器有许多不同的类型。它们的分类和特征大体如表 1-4 所示。

表 1-4 常用监视器的分类与特征

分 类		特 征	
复合驱动式		所有同步信号、视频信号复合成一个信号进行驱动，成本低、质量差	
直接驱动式	数字式	单色	仅有一种颜色，但可以有三种亮度(暗、亮与加亮)
		16色(RGBI)	RGB 分别控制红、绿、蓝三原色的亮暗，I 控制是否加亮
		64色(RrGgBb)	红绿蓝分别由 2 位控制，各有 4 种亮度，组合成 64 种颜色
	模拟式	单色	根据视频信号的电平大小而有多种不同的明暗
彩色		根据 RGB 三原色视频信号的大小而有多种不同颜色，例如 2^8-2^{24} 种不同的颜色	

除了单色与彩色、彩色数目的多少之外，衡量监视器性能的另一个重要指标是它的屏幕分辨率。物理分辨率指的是屏幕上横向或纵向每英寸可显示的象素数目。逻辑分辨率(即通常所指的分辨率)指整个屏幕可显示的最大象素数目，它等于每屏的扫描线数目(垂直分辨率)与每条扫描线可显示的象素数目(水平分辨率)的乘积。当监视器工作在某一帧频时，它的分辨率与它的通频带宽度大体有如下关系：

$$\text{带宽} \approx R \cdot \text{帧频} \cdot \text{垂直分辨率} \cdot \text{水平分辨率} / 2$$

其中 R 为常数(约 1.8)。彩色监视器由于有 R、G、B 三个电子枪，所以有些广告上它的带宽通常还乘以 3。监视器带宽决定了该监视器分辨率的上限，它是为显示卡选配监视器的一项重要指标。

监视器的帧频和行频也是它的两个重要的工作参数，其中行频 \approx 帧频 \times 垂直分辨率 \times (1.05—1.2)。虽然帧频和行频都有一定的可调节范围，但使用时必须与显示控制器输出的垂直和水平同步信号的频率相适应，否则监视器将无法稳定地显示图象。近两年来有一种多种同步制式的监视器(Multisync Monitor)开发成功，它的行频与帧频都有很大的变化范围(受水平同步和垂直同步信号极性的控制)，因而可以与多种不同的显示控制器配接，在各种不同的显示模式下进行工作。

3. 显示存贮器的组织

显示存贮器中存放着被显示图形的位图。可见，显示分辨率越高，所需要的存贮容量就越大。另外，由于 CRT 控制器需要不断地访问显存，读出其中的内容，使 CRT 屏幕上的画面以一定的频率进行刷新，所以显存的工作速度比较高，且随着屏幕分辨率和帧频