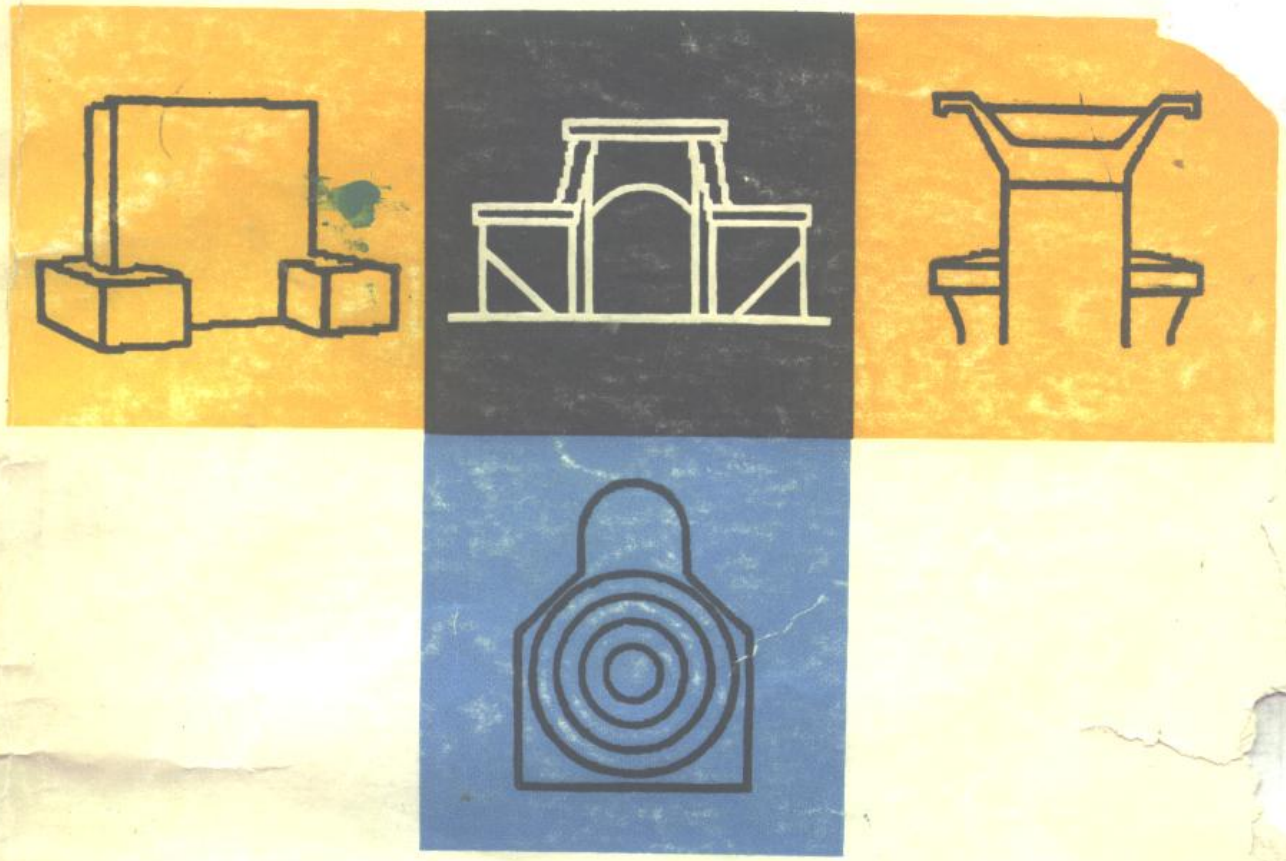

实用计算机图形学

卢传贤　李睿谟　等编

西南交通大学

实用计算机图形学

主编　卢传贤
编者　卢传贤　李睿谟　路清献
　　秦圣峰　蒋先刚

西南交通大学出版社

内 容 提 要

本书是高等学校工程类各专业计算机图形学试用教材。全书共分十三章，内容包括绘图的基本操作，图形变换，二维、三维图形处理及程序设计技术，曲线、曲面的计算机处理和工程应用问题，交互式绘图原理及应用等。书中还附有大量程序。

本书除作高等学校教材外，亦可供计算机图形技术工作者参考。

J5467/35

实用计算机图形学
SHIYONG JISUANJI TUXINGXUE
卢传贤　李睿谟　等编
*
西南交通大学出版社出版发行
（四川　峨眉山市）
四川省新华书店经销
西南交通大学出版社印刷厂印刷
*
开本：787×1092　1/16　印张：15.5
字数：388千字　　印数：1～3000册
1989年12月第一版　1989年12月第一次印刷
ISBN 7-81022-117-5/T 043
定价：3.50元

前　言

计算机图形学是一门新兴学科，计算机图形技术在计算机应用领域中占有重要地位。80年代以来，本学科在我国的工科院校和技术部门得到了传播，并在实际应用中取得了一定成效。为适应计算机图形技术教育的需要，我们在历年教学实践的基础上整理、编写了这本教学用书。

编写本书时贯彻和考虑了：(1) 设备类型侧重于微型机及微型机绘图系统，以最流行的IBM PC/XT/AT及其兼容机为主，适当涉及目前仍在许多院校使用的APPLE Ⅱ机；(2) 兼顾屏幕显示和绘图机绘图两种技术，在程序示例中以屏幕显示为主，以减轻对绘图机的依赖，便利教学的进行；(3) 在内容深度、广度方面适当照顾多层次教学及不同专业读者的需要，供工程类各专业大学生、研究生及起点不同的实际工作者选用所需的内容；(4) 面向大众，书中不涉及某家的专用教学软件，以提高书的通用性；(5) 对于较难理解的地方力求说理清楚、明白，便于自学；(6) 书中提供大量程序示例，期望在程序编制上能给读者以实际的帮助。

本书的主要内容有：微型计算机的图形功能，图形变换，工程图基础软件设计，开窗和剪裁，隐藏线/面消除，程序设计技术，曲线、曲面的生成原理和图形程序设计，交互式图形技术以及通用绘图软件包AutoCAD的初步知识等。此外书中还有若干工程应用实例。

本书由西南交通大学卢传贤主编。第四、五、七、八、九、十、十二章由卢传贤编写，绪论、二、三、六、十一章由西南交通大学李睿谟编写，第一章由石家庄铁道学院路清献编写，第十三章由华东交通大学秦圣峰、蒋先刚合编，由秦圣峰执笔。本书由西南交通大学朱育万教授主审。

本书可作大学生选修课及研究生课程的教材，亦可供从事计算机图形技术工作的人员参考。

为方便读者使用本书，书中的和因限于篇幅未在书中列出的可在IBM机上运行的全部程序均存入了磁盘，供读者选用。

限于编者水平，书中不妥之处，甚至错误在所难免，谨诚希望读者批评指正。

编　者

一九八九年四月

绪　论

一、“被动的”和“交互的”计算机绘图

图作为表达思想、记录信息的一种手段，人们已经使用很久了。谚语云：“一幅图胜过千言万语”。说明人们早就认识了用图这种手段较之用语言文字能更简洁、直观和更紧凑地表达思想和记录信息。但长期以来，图，究其原始都是人用手工制作出来的。手工制作一幅图，特别是比较复杂和精细的图，在技术上有一定困难，而且要花费大量时间和精力。因此，图这一手段在使用上受到一定的限制。人们只是在语言文字无法精确表达其思想或表述起来过于罗嗦的情况下，才不得不使用图这个手段；或者在某些简单情况下，费力不多而又能收到较好效果时才乐于使用它。

近二三十年来，随着计算机技术及其外围设备的发展，在产生图方面情况有了根本性的改变。在计算机辅助之下，产生一幅图可以完全不依赖于制作者制图技能的高低，且成图时间可以大大缩短，精力消耗也可以大大降低。这些成就是随着一门新兴学科——计算机图形学的发展而取得的。计算机图形学可以说是在计算机辅助之下产生图形的科学。人们对客观存在的物体，或者想象中的形，甚至数学、物理过程建立一种模型，然后把这个模型存贮在计算机中，经过计算机处理，产生模型的图象，显示在荧光屏上，或在绘图机上画出。由模型到成图的全过程都由计算机在程序控制之下自动完成，人们完全用不着干预。这种成图方式称为“被动的”或程序式的计算机绘图。

计算机具有高速处理数据的能力，产生图形的速度也是极高的。人们有可能通过输入设备（例如数字化仪、键盘等）对模型或图进行修改和完善，计算机则对此再以图的形式作出即时的回应。例如设计者对显示出来的建筑物的设计不满意，可以当即在机上修改设计，如将某部分降低一点，将另一部分加宽一点等等，计算机在修改完毕后就再显示出修改后建筑物的样子。这个过程体现了人和计算机之间的“对话”。人们告诉计算机：“你去做某些事情”，计算机在完成任务后即时向人们汇报：“事情做完了，结果是这样的”。这种在人—机之间双向通讯的绘图方式称为“交互（式）的”计算机绘图。

二、计算机图形学的研究内容

前已述及，由计算机生成图形，人们必须对所关心的对象构造一个模型。所谓模型指的是描述对象的数据的组合。这些数据可以是几何的，例如对象的形状、大小；也可以是拓扑的，例如对象各部分之间的连接关系；还可以是对象的某些属性，如表面的色彩等物理性质。构造了模型后，将有关数据存贮在计算机中，存贮时要尽可能节省存贮空间，方便，改动灵活。构造和存贮模型是计算机图形学研究的内容之一。由存贮的模型望看到的各种图形，总体的、局部的、形象逼真的或动态的等等，这就要研究图形学理论、图形变换原理、开窗、剪裁、消去隐藏线和隐藏面等一系列问题和技术

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

要显示出来供人们观察研究。狭义的显示指在屏幕上显示，广义地讲，在绘图机上画出，在打印机上打印出来都可叫显示。有时也希望能保存所显示的图形。可以用传统的方式将画在纸上的或打印出来的图形保存起来。在计算机图形学中，也可以将图形保存在磁盘上。生成、显示和保存图形也是计算机图形学研究的问题。生成了图形并在屏幕上显示以后，要让使用者能与机器交互作用，以便对图或模型进行改动或者指定将别的图形显示出来。要实现交互作用，必须研究如何将人的意图传达给计算机，亦即要研究输入技术。例如要把图形的某一部分放大后显示在一个指定的位置，首先必须确认拟被放大的部分，这在计算机图形学中称为拾取；还必须能在屏幕上指出放大部分图形显示的位置，这称为定位。又例如计算机可以生成对象的平面图、立面图、侧面图、轴测图等，任人挑选显示什么图，就好象饭馆的菜谱一样，可由用膳者根据自己的需要随意点菜。当然，计算机要能列出“菜谱”，并且所点的“菜”要让计算机知道才能满足用户的要求。实现这一点的技术称为菜单技术。此外，实现人一机交互作用还有其它一些技术。人一机交互作用的实现也是计算机图形学所要研究的。

综上所述，计算机图形学研究的内容概括起来有以下三个方面：

1. 构造和存贮模型；
2. 生成、显示和保存图象；
3. 人一机交互处理。

本书的重点在第二部分，对第一、第三两部分也作了必要的讲述。

三、计算机图形学的应用

由于计算机生成图形快速、准确、生动、省时、省力，而且计算机图形设备的价格日益降低，功能日益增强，因此计算机图形学的应用领域正在以惊人的速度日益扩大。下面举几个有代表性的应用领域：

1. 科学研究。计算机图形学大量地用于产生数学、物理和经济函数的二维和三维图形，简洁而明确地表示出函数的趋势，便于人们理解复杂的现象。

2. 计算机辅助设计（CAD）和制造（CAM）。在机械、电子、电机、土木建筑、汽车、船舶、飞机等工业部门，计算机图形学普遍用于工程设计。有些用交互式绘图设计各种对象的形状、结构；有些用于了解和检验力学的、热学的、电气的性能及优化设计；有的则用于产生施工图纸或加工零件用的数控磁带，也可用于列出零件表和材料清单。

3. 绘制勘测图形。计算机图形学也常用于绘制高精度的地理图、地质图、海洋图、天气图、各种等值线图以及人口分布图。

4. 模拟及动画。计算机制作的动画，用于表现真实对象或模拟对象随时间变化的行为，例如结构物在荷载作用下的变形或受力状态随时间的变化情况。也可用于模拟流体的流动及化学物理反应，还可用于作战指挥或驾驶的仿真训练。

5. 计算机辅助教学（CAI）。用计算机生成图形作为教学的辅助手段，可以使所讲述的概念直观、生动，提高学生的兴趣和教学效果。

6. 艺术和商业。在艺术领域，计算机图形学可用于制作动画片等。在商业上则可用于[illegible]生产、销售、库存图表，也可用于制作广告。

[illegible]形学在其它方面，诸如轻工业、农业、医学等方面都有着广泛的应用。

目　　录

绪　论

第一章　微型计算机的图形功能

§1—1　硬件配置……1
§1—2　屏幕使用和图形显示……2
§1—3　APPLE Ⅱ的高分辨率图形模式……8
§1—4　造　型……14
§1—5　IBM PC的图形模式……19
§1—6　动画技术……25

第二章　二维几何变换

§2—1　几何变换的概念及二维变换的表达式……34
§2—2　几种基本变换的变换矩阵……37
§2—3　变换的积和变换矩阵的级联……42
§2—4　二维几何变换的程序设计……44
§2—5　应用示例……47

第三章　三维几何变换

§3—1　概　述……49
§3—2　几种基本三维变换矩阵……49
§3—3　三维射影变换……53
§3—4　三维几何变换的程序设计……54

第四章　计算机绘图系统

§4—1　系统配置……56
§4—2　绘图机……57
§4—3　绘图软件……58

第五章　工程图的基础软件设计

§5—1　三级坐标系统……67
§5—2　常用图形……69
§5—3　汉字字符和字符库……
§5—4　线　型……
§5—5　尺寸的标注……
§5—6　剖面线的绘制……

第六章　曲线的绘制

§ 6—1　概　述 ……78
§ 6—2　规则曲线的绘制 ……79
§ 6—3　最小二乘曲线拟合 ……84
§ 6—4　三次样条曲线 ……87
§ 6—5　累加弦长三次参数样条曲线 ……92
§ 6—6　贝齐尔（Bézier）曲线 ……95
§ 6—7　B 样条曲线 ……102

第七章　二维空间的视见变换与剪裁

§ 7—1　开窗与视见变换……112
§ 7—2　线段的剪裁……114
§ 7—3　曲线的剪裁……117
§ 7—4　多边形的剪裁……117
§ 7—5　BASICA 的开窗剪裁与视见变换功能……119

第八章　程序设计技术

§ 8—1　数据处理中的排序与查找……122
§ 8—2　数据的存贮与调用……126
§ 8—3　菜单技术……131
§ 8—4　陷阱技术……133
§ 8—5　程序的链接与覆盖……137

第九章　投影变换与三维剪裁

§ 9—1　保持原观测系统不变的投影变换方法……141
§ 9—2　改变观测系统的投影变换方法……148
§ 9—3　三维空间的剪裁……154

第十章　平面体的三维图形

§ 10—1　描述平面体的数据结构……159
§ 10—2　隐藏线问题概述……161
§ 10—3　单个凸多面体的隐藏线……162
§ 10—4　两个凸多面体的隐藏线……166
§ 10—5　凹多面体的隐藏线……170

曲面及其图形的绘制

……176

§11—2　双线性曲面 ……177
§11—3　直纹曲面 ……180
§11—4　回转曲面 ……183
§11—5　双三次函数 ……185
§11—6　双三次孔斯 (Coons) 曲面 ……188
§11—7　双三次孔斯曲面片的拼接 ……194
§11—8　贝齐尔曲面 ……196
§11—9　B 样条曲面 ……198
§11—10　曲面体、曲面隐藏线的消除 ……199
§11—11　等值线图 ……206
§11—12　根据数字地面模型绘制地形断面图 ……210

第十二章　利用常规设备进行交互式绘图的基本知识和技术

§12—1　概　述 ……214
§12—2　键盘交互原理 ……214
§12—3　程序设计中的若干问题 ……220

第十三章　微机绘图软件 AutoCAD 简介

§13—1　启动和基本操作 ……224
§13—2　绘图命令 ……226
§13—3　编辑和显示控制命令 ……229
§13—4　图　层 ……232
§13—5　块 ……233

附录　IBM PC 键盘输入码 ……235

参考书目 ……237

第一章　微型计算机的图形功能

在计算机应用中，微型机占有重要地位。现代微型机具有良好的性能，价格低廉，操作使用灵活方便，所以推广和普及的速度相当快。

在工程设计和科学计算中，人们不仅需要进行大量的数值运算，而且需要绘制各种图形，把图形和计算交互融合，彼此渗透。一些知名的微型机如长城、IBM PC、COMPAQ 等都具有良好的图形功能，在软件的支持下能方便地产生和输出所需要的图形。如果在基本配置的基础上再增配图形输入、输出设备，则可进一步组成微型机绘图系统，充分满足计算和绘图的需要。微型机的绘图能力理所当然地引起了工程技术界的浓厚兴趣。本章着重介绍最流行的 IBM PC 和目前仍在大量使用的 APPLE Ⅱ的屏幕绘图方法。

书中采用 BASIC 语言，即对于 APPLE Ⅱ采用 Applesoft，对于 IBM PC 采用 BASICA。

§1—1　硬件配置

现在一般使用的微型机，包括以下常规设备：主机、显示器、键盘、磁盘机（软盘机和硬盘机）及打印机。

在主机箱内有一块系统板（图 1—1），上面装有中央处理器（CPU）和存贮器。CPU 是计算机的神经中枢，它能解释、执行指令，控制机器的运行。存贮器是存贮信息的器件，担负着“记忆”功能。存贮器分为随机读写存贮器（RAM）和只读存贮器（ROM）。前者可以按照用户的需要存入用户程序、数据或系统程序也可以随时读出。一旦关机，RAM 中的信息即告丢失。后者是厂家已固化了系统程序的存贮器，它不受关机、断电的影响，只要接通电源，内部信息就建立好了。这种存贮器用户只能使用它的信息，一般情况下不能任意改变它。通常人们关心的计算机内存容量，指的是对用户程序有直接关系的 RAM 空间，即 RAM 所能贮存的信息量。信息的最小计量单位是“数位”（Bit），也就是二进制数的一位。为便于描述，通常把 8 Bit 作为一个“字节”(Byte)，1024 字节作为 1 K，或写作 1 KB，1024 K 作为 1 兆，写作 1M 或1 MB。目前仍在广泛使用的 APPLE Ⅱ一般是 48 K RAM(不包括扩充卡)，IBM PC/XT 一般是 640 K RAM(不包括显示缓冲器)。

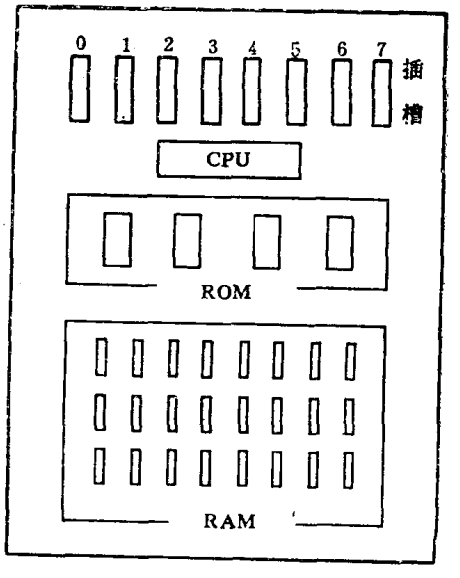

图 1—1

系统板上还设有几个插槽，插槽内可以插入各

种插件（如接口板、扩充卡等）。一些外部设备就是通过这些插件和主机联系起来的。

磁盘机也叫磁盘驱动器，是外存贮设备。信息存放的介质是磁盘（软盘和硬盘）。磁盘的存贮量大，而且不受关机的影响，可将信息长期保存。APPLE Ⅱ上一般配有两台软磁盘机，上面一台的机号为1，下面一台的机号为2。如果需要，可以再增配一些软磁盘机，也可以接上硬盘机。IBM PC/XT上一般配有一台软盘机和一台硬盘机，均安装在主机箱内。软盘机的机号为A，硬盘机的机号为C。磁盘的容量与磁盘机的类型、磁盘规格和所使用的磁盘操作系统（DOS）有关。通常情况下，APPLE Ⅱ上的磁盘容量为140 K，IBM PC/XT上的为360 K。硬盘的容量更大，一般都在10 M以上。

打印机是一种输出设备，除可输出各种数据外，还可输出图形。打印机的品种和型号繁多，有单色的和彩色的，有输出80字符宽的和132字符宽的，有带汉字库的和不带汉字库的，有9针的和24针的，等等。24针打印机打印出的点子要比9针的密，因而输出的图形和字符的质量相对比较好。

键盘是输入设备，显示器是监视、输出设备，通过键盘和显示器实现人和机器的对话。国内比较多的APPLE Ⅱ上配的是单色显示器，而IBM PC/XT上则比较普遍使用彩色显示器。以后我们的叙述也将以这两种配置方式为背景。

§1—2 屏幕使用和图形显示

普通显示器屏幕可以显示字符，也可以显示图形。开机后一般自动进入字符显示模式（文本模式），当需要绘图时可通过一定的操作进入图形模式。APPLE Ⅱ和IBM PC的BASIC语言都能控制这两种模式。

一、字符显示

APPLE Ⅱ在文本模式下，屏幕从上到下被划分为24行，每行可显示40个字符，所以整幅屏幕可容纳960个字符。每个字符由5×7点阵组成，占用7×8点阵的面积，以便于在字符之间留出一定的间隔。字符在机内采用ASCII码存放，可显示的字符为64个。字符在屏幕上的显示方式有三种，即正常显示、反相显示和闪烁显示。开机后系统自动设置成正常显示，如需改变显示方式，可通过下面一些命令加以控制：

NORMAL　正常显示（黑底白字）；
INVERSE　反相显示（白底黑字）；
FLASH　闪烁显示（上面两种显示方式交替变换）。

IBM PC/XT的彩色显示器，在文本方式下可作单色或彩色字符显示，这可由SCREEN和COLOR语句来控制。屏幕自上向下划分成25行，每行可有40或80个字符，由语句WIDTH 40或WIDTH 80来设置。第25行通常用来显示“软键”，所以若不关掉“软键”，用户只能使用前24行。每个字符块为8×8点阵，字符一般使用7×7点阵大小。在单色显示下字符的显示属性有正常、反相、闪烁、加亮；在彩色显示下字符有8种底色（背景色）和16种显示色（前景色）可以选用，而且仍可使用闪烁属性。所有这些可通过在COLOR语句中设置适当的参数来控制。我们将在本节的最后部分介绍有关情况。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

二、图形显示

在屏幕上输出图形实际上就是显示一段存贮器的内容。通常把这段用来存贮图形信息的存贮器（RAM）叫做帧缓冲器（显示缓冲器、图形刷新存贮器等）。显示器是采用光栅扫描原理工作的，显示屏幕由若干扫描线组成，每条扫描线由若干扫描点组成。这些点是形成图形的基本元素，叫象素。一幅图画由许许多多象素组成。屏幕上的每个象素与帧缓冲器中的一个或两个数位保持互相对应，所以象素是帧缓冲器中对应数位的图形信息（二进制数）的映象。例如，设有一个 16×16 黑白象素点阵的屏幕，若它的帧缓冲器内存放着如图 1—2 所示的图形信息，则在显示控制器的作用下，一方面产生缓冲器地址码以读出其中的显示信息，另一方面则同步地给出水平和垂直扫描信号去控制显示器，图形信息数码为 1 时显示亮点，为 0 时显示暗点，于是屏幕上就出现了如图 1—2 所示的图形。

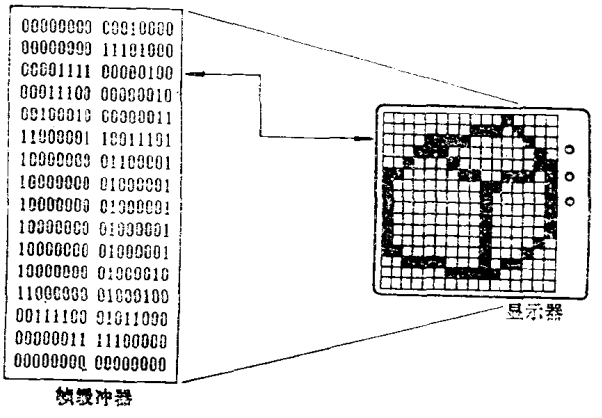

图 1—2

由于图形是由象素密集而成的，所以只有屏幕能提供较多的象素才能获得精细描绘的图形。反映屏幕显示精度的指标是分辨率，分辨率就是在给定的屏幕面积内可以显示和区别得开的点数。APPLE Ⅱ有 192 条水平扫描线，每条线上有 280 个点，所以它的分辨率为 280×192 。IBM PC/XT 有 200 条水平扫描线，每条线上最多有 640 个点，所以它的最高分辨率为 640×200 。将这些数字和前面的字符个数作比较，不难再次看出 APPLE Ⅱ上的字符块为 7×8 点阵，IBM PC/XT 的字符块为 8×8 点阵。

象素在屏幕上的位置由屏幕坐标确定。两种微型机的屏幕坐标系如图 1—3 所示。在高

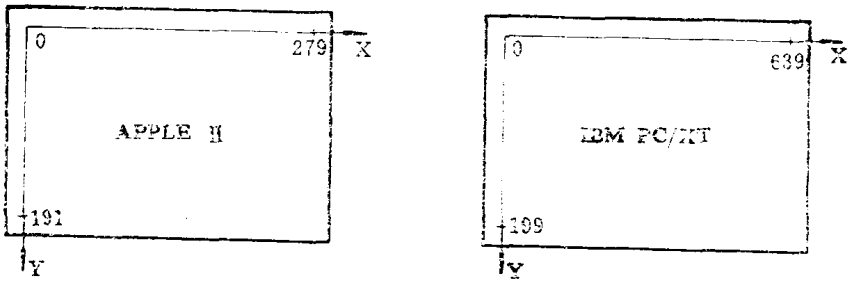

图 1—3

分辨率状态下它们的坐标刻度分别为 0～279 、0～191 和 0～639、0～199 。这里应注意，它们的 Y 轴是向下为正，原点在左上角，象素的排序均自 0 开始。

三、APPLE Ⅱ的帧缓冲器和屏幕

APPLE Ⅱ没有专用的 RAM 作为帧缓冲器，它是在内存的 48 K RAM 中开出一些指定的空间存放图形信息，临时作为贮存图形的帧缓冲器使用。这些临时设置的内存区段叫做

图形页。可以支配的图形页共有4个，即低分辨率第一页、第二页和高分辨率第一页、第二页。为了了解这些图形页的位置，图1—4给出了APPLE Ⅱ的内存分配图。

存贮器按字节予以编号，这些编号叫做地址。图1—4示出了4个图形页的起始地址和长度（字节数）。从地址1024到2047的1K空间叫文字第一页和低分辨率图形第一页，它有两种用途：当开机或打入TEXT后机器处于字符显示模式，在这种模式中该段空间的内容被转换成文字；当打入GR命令后机器进入低分辨率图形模式，此时该段空间的内容被转换为图形和文字，即屏幕上方有40×40个点的图形区域，屏幕下方有显示4行文字的区域。图形显示和字符显示共用一个画面，通常称为混合屏幕。地址2048到3071有1K空间，叫文字第二页和低分辨率图形第二页。这一页虽然也能显示文字或图形，但是通常用户程序进入机器后便自然占据了这个区域，需要采取特殊办法才能使用它显示文字或图形。从8192到16383有8K的空间，这是高分辨率图形第一页。通过命令HGR可以启用这一页，这时屏幕上方提供了280×160个象素的图形区域，下方有4行显示文字的区域。从16384到24575有8K空间，这是高分辨率图形的第二页，通过命令HGR2可以启用这一页。这时全幅屏幕用来显示图形，共有280×192个象素。

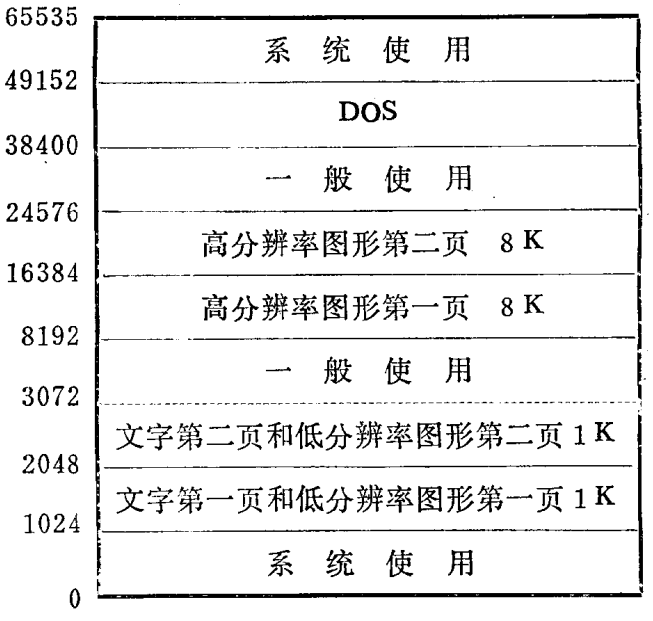

图 1—4

前面已经说过，屏幕上的图形是帧缓冲器内图形信息的映象。所以要在APPLE Ⅱ的屏幕上绘图，本质上说就是要在图形页里存入相应的图形信息，即二进位数。因此，为了把握住屏幕的使用，制作自己需要的图形，有必要进一步弄清图形页内各存贮单元与屏幕上的具体位置之间的对应关系。这里我们特别对高分辨率图形页怀有浓厚的兴趣，在图1—5中示出了高分辨率第一、二两页中的存贮地址和屏幕上位置的对应关系。

由图可以看出，屏幕隐含着40×24个方块，每个方块包含7×8个象素。也就是说每个方块包含8条水平扫描线，分别对应于图形页中的8个字节（图1—5 b)，每一行有7个点，分别对应于一个字节的前7个数位。图1—5(a)的上方标出了每个方块的列序号，自0排到39。图的左侧标出了行地址，这些行地址其实是最左边一列各方块的第一个字节的地址。表中其它各方块的第一个字节地址可由行地址加列序号算得。

观察图中的行地址可以看出，整个屏幕被分成三组，每一组包括8行，同一组内相邻两行的地址码是不连续的，但是相邻两组内排序相同的行其地址码是首尾相接的。例如第9行第0列接着第1行第39列，第17行第0列接着第9行第39列，等等。

现在再来看每个方块内各字节地址的排列和数位的使用情况。方块内共有8个字节，其

地址自上向下按 1024 递增（图 1—5 b）。每个字节有 8 个数位，但在方块内每条扫描线上只

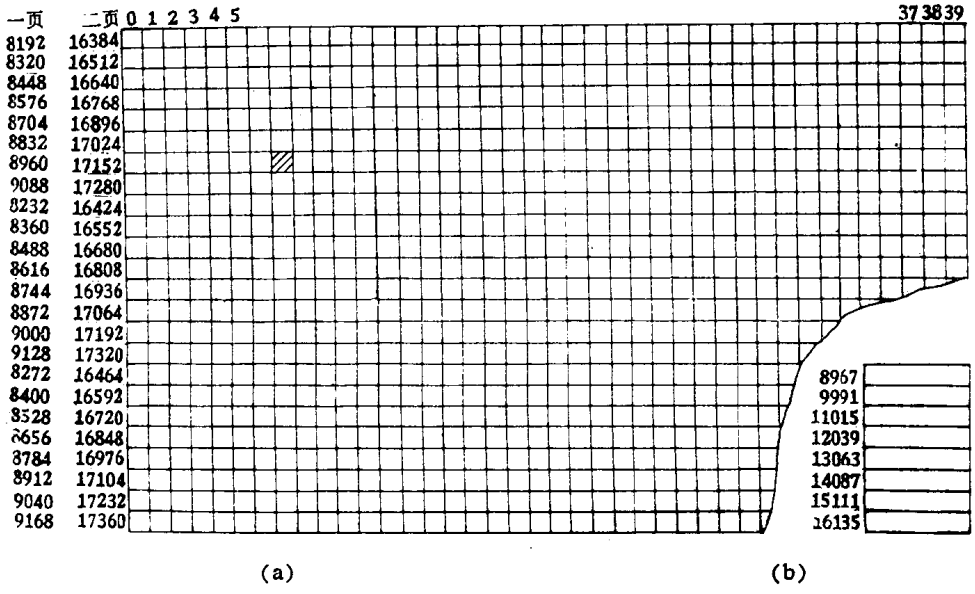

图 1—5

显示出 7 个点，这 7 个点是字节的前 7 个数位的映象。字节的第 8 个数位不显示，只作色彩控制使用。数位和象素的对应关系是：第一个数位对应最左边的点，第七个数位对应最右边的点，即图形显示按数位号的相反次序进行，如图 1—6 所示。

运行如下的程序将会更清楚地看出屏幕与存贮器地址的对应关系，其中 POKE 语句是把给定的数写入指定的内存单元，程序中给定 127，换算成二进制是 1111111，对应于屏幕上 7 个连续的亮点。

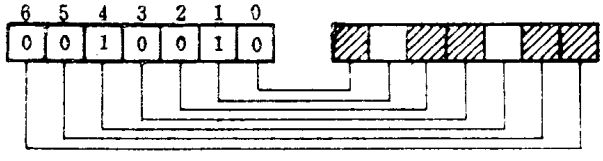

图 1—6

```
10  HGR
20  FOR I = 8192 TO 16383
30  POKE I, 127
40  NEXT I
```

四、IBM PC/XT的帧缓冲器和屏幕

与 APPLE Ⅱ不同，IBM PC/XT 有一个专用的帧缓冲器。

IBM PC/XT 的整个存贮空间共有 1 MB 的容量，图 1—7 是其内存分配图。系统底板上有 256 KB 的 RAM，加上插件可将 RAM 扩充至 640 KB，这些 RAM 位于内存空间的头部。系统有 256 KB 的ROM 位置，实际上一般只安装了 40 KB 基本的 ROM，ROM 位于内存空间的尾部。在内存空间的中部，地址 A0000H～BFFFFH（H 表示是 16 进制数）是系统留出的显示缓冲器的区域。目前配有彩色显示器的 PC/XT，有一个 16 KB 容量的显示缓冲器，使用的地址是 B8000H～BBFFFH。可见这是一个独立于 640 KB RAM 之外的专用帧缓冲器，这样安排无论是显示图形还是显示字符都不会挤占用户的 RAM 空间。

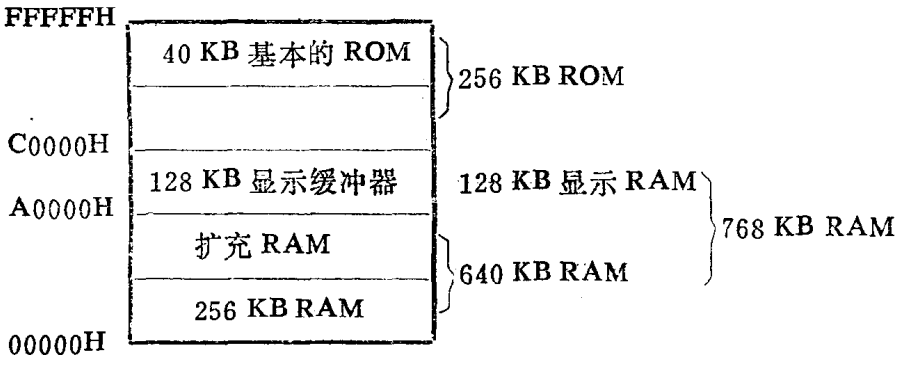

图 1—7

图 1—8 示出了在高分辨率状态下屏幕与缓冲器地址的对应关系。至于中分辨率，也有与此类似的安排，只是在高分辨率时是每一个数位对应一个象素，而在中分辨率时是两个数位对应一个象素。

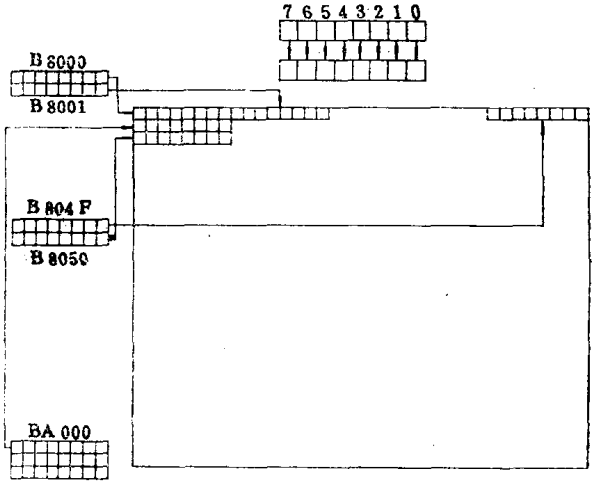

图 1—8

由图可以看出，在高分辨率状态下帧缓冲器中的每个字节对应屏幕上的 8 个顺次排成一行的象素，字节中的高位对应的象素在左边，低位对应的象素在右边，这不同于 APPLE Ⅱ 中的情形。16 KB 的帧缓冲器分成为两个 8 KB，地址为 B8000H～B9FFFH 及 BA000H～BBFFFH，奇数扫描行对应前一个 8 KB，偶数扫描行对应第二个 8 KB。所以缓冲器中的第一个字节所对应的象素，是在屏幕的顶部一行从左边开始排列。下一个字节对应的 8 个象素紧接在前面 8 个象素的右边，以此类推，用 80 个字节填满顶部共 640 个象素。接下去的第 81～160 字节对应的是屏幕上的第三条扫描线，而屏幕上的第二条扫描线对应的则是第二个 8 KB 中的前 80 个字节，地址从 BA000H 开始。以此类推，可以了解整个屏幕和缓冲器地址的对应关系。

需要指出，显示缓冲器不仅用来贮存图形信息，也用来贮存字符信息。在字符显示状态下，当行宽为 40 字符时每屏字符占用 2 K 存贮空间，所以整个缓冲器被分成 8 页，页面号为 0～7。当行宽为 80 字符时缓冲器被分成 4 页，页面号为 0～3。通过 SCREEN 命令中的参数设置，人们可以实现分页写入、分页显示。

在了解了 IBM PC/XT 的屏幕显示方式之后，现在可以综合说明以下屏幕控制语句：

1. SCREEN（屏幕语句）

作用　选择屏幕属性。

格式　SCREEN [<模式>][,[<色彩开关>][,[<工作页>][,<显示页>]]]

说明　参数<模式>指明显示模式，规定为：

0——选择字符显示模式（行宽由 WIDTH 语句决定）；

1——选择中分辨率图形显示模式；

2——选择高分辨率图形显示模式。

参数〈色彩开关〉用来选择是黑白显示还是彩色显示。在字符显示模式下，0表示黑白显示，非0表示彩色显示。在中分辨率图形模式下，0表示彩色显示，非0表示黑白显示。在高分辨率图形模式下，该参数不起作用。

参数〈工作页〉和〈显示页〉只在字符显示模式下才有意义。〈工作页〉指出往哪个页面内写，〈显示页〉指出看到的页面。

以上4个参数的任何一个都可以省略，缺省的参数仍采用原来的旧值。

SCREEN 语句所选择的屏幕方式若和程序中以前的一样，则不影响屏幕上的显示内容。若使用它选择了新的显示方式，则屏幕被清除，底色和边框色被置为黑色，显示色被置为白色。

2. WIDTH（行宽语句）

作用　设置按字符个数表示的行宽。

格式　WIDTH 〈行宽〉

说明　参数〈行宽〉为40或80。在字符显示模式中，该语句规定行宽为40或80字符；在图形显示模式中，WIDTH 40的作用相当于用了SCREEN 1，强行使显示进入中分辨率状态，而WIDTH 80则相当于用了SCREEN 2，使显示进入高分辨率状态。

3. COLOR（色彩语句）

彩色显示器可提供16种色彩，各种色彩的色彩码如下：

0	黑色	8	灰色
1	蓝色	9	浅蓝
2	绿色	10	浅绿
3	青色	11	浅青
4	红色	12	浅红
5	绛红	13	浅绛红
6	棕色	14	黄色
7	白色	15	强白

COLOR 语句的作用及格式视 SCREEN 设置的显示模式而异。

(1) 在字符显示模式下

COLOR [〈前景色〉][，[〈背景色〉][，〈边框色〉]]

〈前景色〉指明字符显示颜色的色彩码，有上面的16种颜色可供选择。如果采用上述色彩码加16，则可得到相应颜色的闪烁字符。〈背景色〉指明底色的色彩码，有8种颜色可供选择，取值为0～7。〈边框色〉指明屏幕边框的色彩码，取值为0～15。

(2) 在图形显示模式下

COLOR [〈背景色〉][，〈配色器〉]

〈背景色〉有16种颜色可供选择。为了给图形调配颜色，共有两个配色器可选用，如果〈配色器〉的值是偶数，则选用0号配色器，若为奇数则选用1号配色器。在绘图语句中，同一个显示色彩码在两种配色器里对应的是不同的颜色。对应关系如下：

色彩码	配色器 0	配色器 1
0	与背景色相同	与背景色相同
1	绿	青
2	红	绛红
3	黄	白

上述各参数可以缺省，缺省时表示保持原来的状态不变。当使用SCREEN 1语句进入中分辨率图形显示模式时，其初始状态背景为黑色，配色器为1号。

4. CLS（清屏语句）

该语句无任何参数。在字符显示模式下，它把工作页的内容全部清除，并使光标返回到屏幕左上角。在图形显示模式下，它把屏幕上的全部画面擦除干净，即整个帧缓冲器被置成背景色。

§1—3 APPLE Ⅱ的高分辨率图形模式

本节具体说明使用APPLE Ⅱ高分辨率绘图的方法及有关操作。

一、语句和命令

在Applesoft中有供画图使用的命令和语句，一般情况下使用它们即可写出绘图程序。下面列出这些命令和语句，并作出适当的解释。

1. HGR

设置高分辨率图形第一页。本语句有清屏的作用，执行后屏幕被划分成两部分，上面是280×160个象素的图形区，下面是4行文字窗。文字窗内可以看到自己键入的操作指令或部分文字输出等内容。如果需要，可以通过键入POKE－16302,0把文字和图形的混合屏幕转变成全屏幕图形显示。这里使用了一个负的地址，负地址是表示从高地址向低地址倒着数过来的，把负地址加上65536可换算出正地址，即－16302的正地址为49234。

2. HGR2

设置高分辨率图形第二页。执行后进入全屏幕图形显示状态。

3. HCOLOR＝

设定绘图所用的色彩。其格式为：

HCOLOR＝〈色彩码〉

参数〈色彩码〉的取值为0～7，对应关系是：

色彩码	0	1	2	3	4	5	6	7
色　彩	黑	绿	紫	白	黑	橙	蓝	白

在单色显示器上只选用0、3。

4. HPLOT

这是绘图语句，用来画点、直线和折线，其格式有三种形式：

(1) HPLOT x, y

在（x, y）处以最近一次设定的颜色画一个点。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com