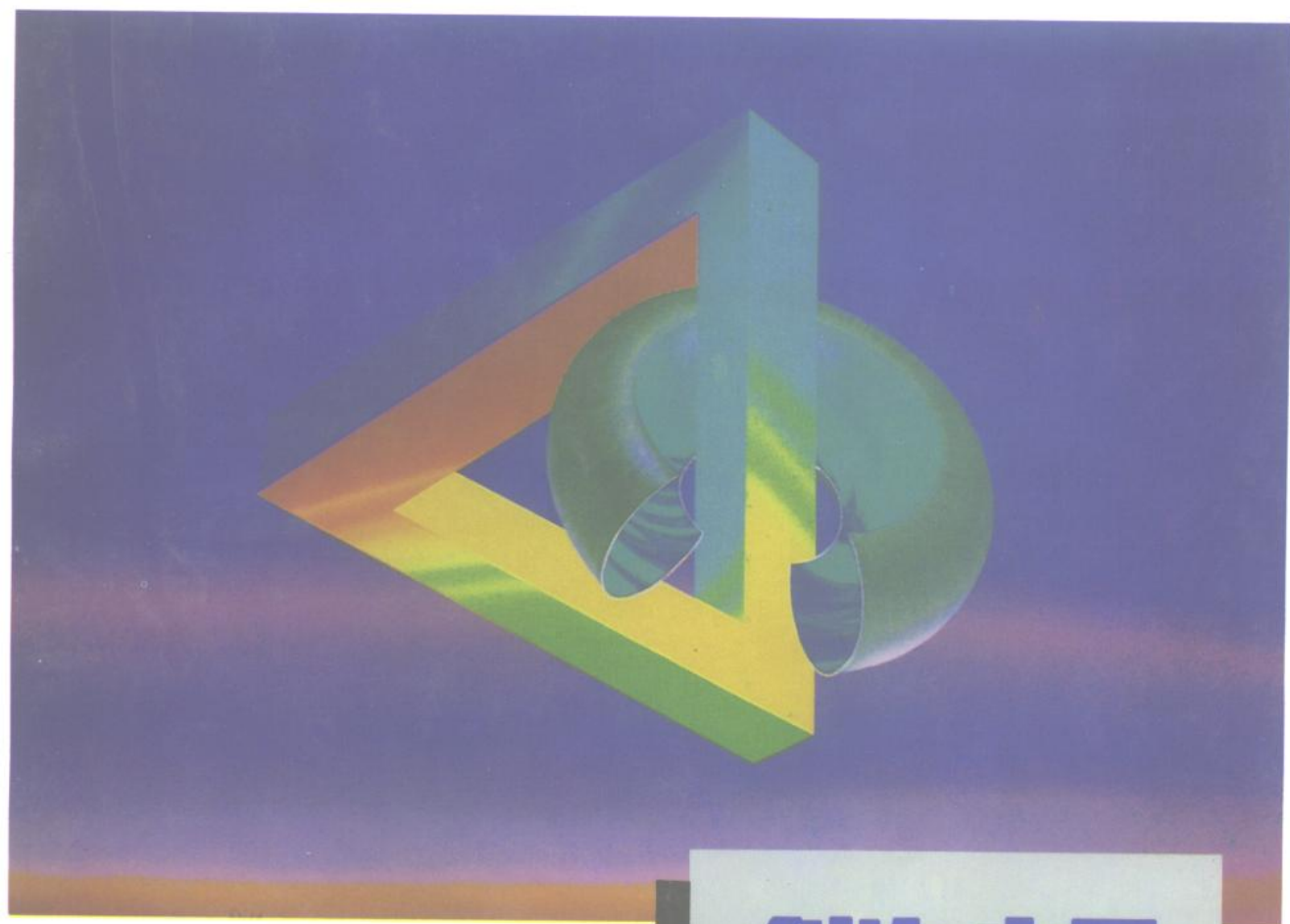




朱仁芝
胡红专 编著
胡延平

微机 绘图 基础

中国科学技术

391.41

RZ/1

中国科学技术大学出版社

内容简介

本书是一本计算机绘图的基础读物,也包含一部分应用方面的内容,具有一定的深度和广度.全书共分九章,包括平面图形绘图程序的设计方法、图形变换、曲线与曲面、窗口与裁剪、三维形体的消隐、展开图的绘制、交互式图示系统、计算机绘图的一般应用等.是基于作者们多年来的教学实践和近期的一些科研成果写成的.

本着突出算法、面向应用的原则,本书在着重讲解算法分析的同时,也以相当篇幅介绍了编程方法和技巧,并附有大量的编程实例和程序注释,以便读者学习和使用.

本书既可作为大专院校计算机绘图课的教材,又可作为计算机绘图爱好者和工程技术人员、管理人员自学入门的参考书.

[皖]新登字 08 号

微机绘图基础

朱仁芝 胡红专 胡延平 编著

*

中国科学技术大学出版社出版发行

(安徽省合肥市金寨路 96 号 邮编 230026)

合肥晓星印刷厂印刷

全国新华书店经销

*

开本:787×1092/16 印张:12.5 字数:312 千字

1996 年 2 月第 1 版 1996 年 2 月第 1 次印刷

印数:1—6000 册

ISBN7-312-00625-6/TP·104 定价:12.5 元

前 言

随着计算机技术的进步,近年来计算机绘图(CG)也得到长足的发展. CG 不仅是计算机辅助设计(CAD)的重要组成部分,还因为具有直观、形象化和便于交流等优点,而在科学计算、分析、统计、管理、教学、动画艺术等整个适用图形图表进行表述的领域,得到了全面而广泛的应用. 从常见的统计图表到复杂的建筑设计和机械装配图,从生活用的服装裁剪图到精密的集成电路图,从科学研究用的原子结构图、数据分析图到生产用的船舶放样图和零件工作图等,计算机绘图几乎渗透到各行各业.

正因为如此,社会上迫切需要大量的计算机绘图人才,而技术的更新也使得更多的人渴望学习这门新的知识. 目前,一部分大专院校已经开设或正准备开设计算机绘图课,很多工程技术人员和管理人员也正积极自修这门课. 为了满足他们的需要,我们编写了这本教材.

在编写本书时,我们注意体现以下几个特点:

1. 全书内容安排由浅入深,循序渐进,使之成为一个体系,以便初学者系统地学习阅读.
2. 全书在讲理论、算法和编程方法的同时,一般都配有相应的程序,使理论和实际密切结合,帮助读者学会如何通过数学分析,建立数学模型,选择恰当的算法,并通过程序加以实现.
3. 本书强调面向应用,书中给出了大量有实用价值的子程序和通用程序,并附有程序注释. 读者只需编写主程序或者在通用程序中改变输入参数,即可得到自己所需的图形.
4. 为便于读者学习此书,我们还以源程序形式提供了一个 GPB 绘图程序包,程序的实现方式与书中讲述方式一致,另外有少数程序太长,为节省篇幅,书中未列出清单,只注明程序编号和必要的程序说明,但可从该程序包中调阅.
5. 考虑到目前我国大多数单位的设备情况,本书以 IBM-PC 及其兼容机作为背景设备进行叙述. 书中程序均用 BASIC 语言编写,这是由于 BASIC 语言简单明了,易于学习和掌握,且有丰富的作图语言. 事实上,它早已在计算机绘图领域得到广泛的应用,并呈现出经久不衰之势. 在学会了计算机绘图的原理、方法,并能熟练地运用一种语言之后改用其它语言编写计算机绘图程序也是极为方便的.

该书由朱仁芝担任主编. 第一、二、四、六、七章由朱仁芝编写;第三、五章由胡红专编写;第八、九两章由胡延平编写.

邓益民老师对本书的编著提了不少宝贵意见,林启迪老师对八、九两章的编写给以了具体指导,程漠嵩同学帮助编写了部分程序和调试程序,在此一并致谢.

由于我们水平所限,书中不妥之处,欢迎专家和读者批评指正.

编者

1995 年 1 月

目 次

前言	(I)
1 绪论	(1)
1.1 计算机绘图发展概况	(1)
1.2 计算机绘图的应用	(1)
1.3 微型计算机绘图系统	(2)
1.4 微型计算机绘图系统中的基本软件	(4)
2 平面图形绘图程序的设计	(10)
2.1 绘图程序的设计方法	(10)
2.2 绘图子程序的设计	(12)
2.2.1 基本图形子程序	(13)
2.2.2 几何交切子程序	(23)
2.2.3 应用子程序	(42)
2.3 调用子程序绘制平面图形	(47)
3 图形变换	(51)
3.1 引言	(51)
3.2 二维图形的变换	(51)
3.2.1 二维图形的基本变换	(51)
3.2.2 组合变换	(56)
3.3 三维图形的变换	(58)
3.3.1 三维图形的基本变换	(59)
3.3.2 三维正投影变换	(63)
3.3.3 轴测投影变换	(64)
3.3.4 视向变换	(67)
3.3.5 透视投影变换	(69)
3.4 编程实例	(74)
4 曲线与曲面	(80)
4.1 概述	(80)
4.2 曲线的数值表示法	(80)
4.3 规则曲线	(81)
4.3.1 椭圆	(81)
4.3.2 双曲线	(82)

4.3.3 抛物线	(84)
4.3.4 正弦曲线	(85)
4.4 拟合曲线	(87)
4.4.1 最小二乘法拟合曲线	(87)
4.4.2 孔斯曲线(Coons)	(91)
4.4.3 三次样条曲线(Spline)	(94)
4.4.4 贝塞尔曲线(Bezier)	(96)
4.4.5 B样条曲线(B-Spline)	(99)
4.4.6 几种曲线拟合方法的比较	(102)
4.4.7 应用实例	(102)
4.5 曲面拟合	(104)
4.5.1 Coons 曲面	(104)
4.5.2 Bezier 曲面	(106)
4.5.3 B-Spline 曲面	(105)
4.5.4 曲面拟合编程实例	(106)
5 窗口与裁剪	(109)
5.1 窗口与裁剪	(109)
5.2 直线段的裁剪	(110)
5.2.1 Cohen-Sutherland 方法	(110)
5.2.2 矢量裁剪算法	(114)
5.3 平面多边形的裁剪算法	(117)
5.4 窗口—视图区变换	(120)
5.5 三维裁剪	(121)
5.5.1 不考虑透视深度的三维裁剪	(121)
5.5.2 考虑透视深度的三维裁剪	(123)
6 三维形体的消隐	(126)
6.1 概述	(126)
6.2 Roberts 算法	(126)
6.3 表优先级算法	(127)
6.4 三维形体的自消隐	(129)
6.4.1 凸体的自消隐	(129)
6.4.2 凹体的自消隐	(131)
6.5 三维形体互消隐的算法(三维形体相贯消隐算法)	(132)
6.5.1 三维形体相贯消隐算法 I	(132)
6.5.2 三维形体相贯消隐算法 II	(138)
6.6 包含性测试	(141)
6.6.1 对凸多边形包含性测试的方法	(141)

6.6.2 对凹多边形包含性测试的方法	(142)
7 展开图的绘制	(143)
7.1 斜椭圆柱表面展开	(143)
7.2 斜截圆锥表面展开	(145)
7.3 球面展开	(146)
7.4 圆环面展开	(148)
7.5 正螺旋面展开	(150)
7.6 两圆筒相贯展开	(151)
7.7 复合曲面的展开算法	(153)
7.7.1 算法的基本思想	(153)
7.7.2 图像信息的建立	(154)
7.7.3 相贯算法	(154)
7.7.4 展开算法	(155)
8 交互式绘图系统	(157)
8.1 绘图与显示	(157)
8.2 交互式绘图系统基本软件概述	(158)
8.2.1 设计基本软件的原则	(159)
8.2.2 图形程序包与高级图形语言	(159)
8.3 交互式图形输入技术	(163)
8.3.1 基本概念	(163)
8.3.2 使用键盘的交互技术	(164)
8.3.3 光笔及其功能	(166)
8.4 Auto CAD 简介	(166)
9 计算机绘图的一般应用	(170)
9.1 计算机动画技术	(170)
9.1.1 字符动画	(170)
9.1.2 直线轨迹的动画	(173)
9.1.3 曲线轨迹的动画	(175)
9.1.4 快速动画	(176)
9.1.5 复合运动与背景运动	(178)
9.2 计算机美术	(180)
9.3 在事务绘图方面的应用	(182)
9.3.1 直方图的绘制	(183)
9.3.2 多重直方图	(186)
9.3.3 折线图	(188)
9.3.4 扇形图	(190)
附录 GPB 绘图程序包使用说明	(192)

1 绪 论

1.1 计算机绘图发展概况

1. 计算机绘图

计算机绘图是利用电子计算机进行图数之间的转换,即利用计算机对表示图形和位置的数据进行处理、计算,并通过指令控制图形设备,使其自动输出图形。所以,计算机绘图又称数控绘图或自动绘图。

第一代计算机在本世纪 40 年代问世,自动绘图机的研究则始于 50 年代,1958 年美国 Calcomp 公司试制了第一台滚筒式自动绘图机。自那时以来,自动绘图机发展极为迅速,在技术先进的国家中,已经为很多部门采用。目前的趋势是向高精度、高速度、多功能和微型化方向发展。

2. 计算机绘图(CG)与 CAD/CAM

随着科学技术的发展,人们已不仅满足于能用计算机来绘制图形,而是要求将绘图系统与整个设计过程联系起来。在设计过程中,由计算机即时输出计算结果并显示图形,供设计人员审视,设计人员则可直接命令计算机不断地进行修改,直至满足设计要求为止,这种人机交互式的设计系统,通常称为计算机辅助设计系统——CAD 系统。

早在 50 年代初到 60 年代中,美国麻省理工学院就已开始计算机辅助设计制造技术的开拓性研究,1952 年在它的伺服机构实验室里诞生了世界上第一台数控铣床的原型。1957 年美国空军已将第一批三坐标数控铣床装备了它的飞机工厂。

计算机辅助设计系统与计算机辅助制造系统(CAM)结合在一起,就构成了一个设计、制图、生产一体化的大系统,简称 CAD/CAM 系统。设计人员将自己的设计构思以图样形式表现在显示屏上,以便于进行审查、修改,当设计完成后,就可指令自动绘图机绘出图样,也可以摄影、复制或存入计算机等,甚至还可以输出加工信息供生产、制造使用。

进一步发展和扩大计算机绘图的功能与应用范围,仍是当前世界各国十分重视的一个研究领域,有一批专门人员从事图数转换、图形产生基本理论、绘图语言、图形数据库,以及相关软件、硬件、应用技术等方面的研究,计算机绘图正发展成为一门新型的重要学科。

1.2 计算机绘图的应用

计算机绘图在科研、设计、生产、管理、教学等方面得到极为广泛的应用。下面,我们就目前这方面的情况作一简略介绍。

1. 航空、汽车、造船业

这些是计算机绘图应用最早、发展最快的行业。

在技术发达的国家,早已广泛应用计算机绘图进行汽车外形设计;在船舶放样中,数控切

割机在切割前可通过计算机绘图进行模拟试绘;在飞机外形设计中,则可把计算结果直接绘制成模线,事实上,它已从自动化绘图发展成为由计算机控制的设计、绘图、生产一体化系统。

2. 土木建筑业

在结构、外形设计和内部布局上,都日益广泛地使用计算机绘图。在这方面已有不少成熟的软件可供选用,还可根据需要进行实时修改,直到用户满意为止。

3. 一般机械工业

这方面的应用例子也很多,如管道安装图、展开图、零件工作图和装配图等。但由于机械产品种类繁多,零件形状、结构、装配关系等差异较大,因此今后应在产品图形、结构、零部件的典型化方面作出相应的革新,才能适合于计算机绘图的推广应用。

4. 电子工业

从集成电路掩膜图的设计计算,绘图直至加工出印刷电路板也已形成一体化系统。

5. 过程监控

在显示屏上显示生产过程,使生产人员和技术人员可以对生产中设备的运行情况及时而有效地实行监视与管理,避免事故的发生。

交通运输部门的调度人员,可通过屏幕上运行状态图指挥交通。

军事指挥人员,可以利用计算机网络和图形显示设备,直接传输态势变化和作出作战部署。

6. 人体造型

人机工程中,需要考察人与机器及周围环境的关系,工业设计中要使生活用品的造型适应人的心理、生理特征,服装设计中要以人体作为分析效果的对象,舞蹈动作及体操动作的设计等等,都可用计算机绘图构造人体模型。

7. 计算机动画与艺术

计算机动画已成为计算机图形的一个重要分支,动画片可以形象地描述一些客观现象,如流体的流动、核反应、化学反应等。动画片、艺术绘画、商业广告等形态生动活泼,已为人们所喜闻乐见,具有很强的感染力。

8. 绘制各类图形图表

使用计算机绘图可以绘制各行各业所需的图形图表。如生产管理及办公自动化所使用的图表,服装设计图和裁剪图等。

9. 计算机辅助教学(CGI)

用计算机绘图进行辅助教学,具有直观形象等优点,可以增强学习兴趣,提高学习效果。

另外,计算机绘图还能绘制实时性要求很高的气象图,航空、航海中的航迹图,平面地形图,三维的立体地形地貌图,以及供科学研究用的原子结构图、数据分析图等等。总之,计算机绘图已深入到各个领域和部门,它已成为人们有效地开展各项工作的一种强有力的手段。

1.3 微型计算机绘图系统

一个微型计算机绘图系统,可以有各种不同的组合形式。微机带有许多标准接口,以便能跟多种外部设备相连,构成各类用户所需的理想绘图系统。其中最简单的就是一台微机加一台图形显示器,或一台微机加一台绘图机。

作为一个完整的绘图系统,除了必须的硬设备,还应当配有各种软件,包括为机器服务的系统软件和为用户服务的应用软件。

我们用的绘图系统,就是由 IBM/PC 图形显示器和图形打印机组成。书中所有的程序都是在这套系统中完成的。

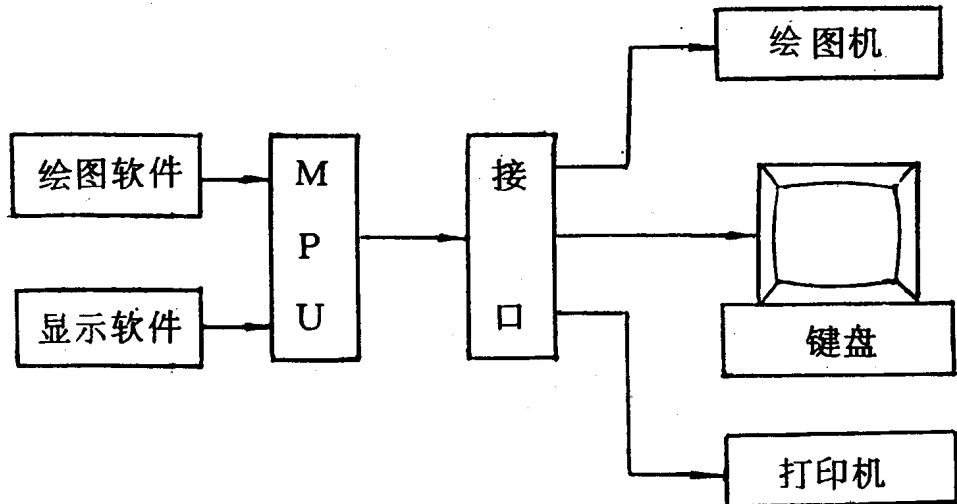


图 1.1 微机绘图系统

下面给大家介绍一下绘图系统的最基本的输入、输出设备。

1. 输入设备

大多数的微机绘图系统,都采用键盘作为输入信息的设备。将要输入的图形用算法语言和相应的绘图或显示语句,对图形进行描述,并编制成源程序,然后通过键盘输入计算机。

另外还有鼠标、光笔、数字化仪等。

2. 输出设备

(1) 图形显示器

它是一种观察者临时观察和修改图形的输出设备。

早期是 CGA 图形显示器。

后来推出 EGA/VGA 显示卡,可以达到的分辨率:320×200×256 或 640×480×16 色。

TVGA 卡,可以达到的分辨率:1024×768×256 或 800×600×256 色。

最新推出的 SVGA 显示卡,分辨率可达:1320×1024,24 位真彩色

(2) 图形打印机

它通过接口与微机相连,将微机输出的信息送到打印机控制部分,产生相应的动作,打印出图形。

打印机有点阵式打印机、激光打印机、喷墨打印机三种。

点阵式打印机:价格便宜,但绘图精度不高,不能绘出各种灰度图象。

激光打印机:精度较高,打印速度也较快,常用于电子出版。

喷墨打印机:能绘出细腻的灰度和彩色图象,但寿命有限,价格较高。

(3)绘图机

绘图机的类型很多,有超大型、精密型、高速型、普及型以及小型智能型等。

按绘图机的结构形式,又可分为平台式、滚筒式和小型智能式三种,微机绘图系统中,大都采用小型智能台式或轻便滚筒式绘图机。

1.4 微型计算机绘图系统中的基本软件

由于各类绘图设备和显示设备的功能不一样,基本软件的功能和数量也有很大差异,在一些大型或中型的绘图系统中,常将基本软件编成一个子程序,组成一个功能齐全的软件包,供用户随时调用。

微型计算机绘图系统中的基本软件,不是编成一个个子程序供用户调用,而是在算法语言中增加了一些绘图语句和显示语句(它的功能比前者小,但占内存少,研制费低,使用方便),这些语句大多是用汇编语言写出,与算法语言放在一起,应用时象使用算法语言一样,写出绘图或显示语句,计算机通过算法语言的解释程序,了解这些语句的内容并作出相应的反应。用户可以发挥算法语言的功能,在这些基本语句的基础上编制所需的各种功能软件和应用软件。

下面,我们对 IBM-PC 机上的一些基本显示命令和在编辑过程中常用的几种方法作一简单介绍。

1. 显示模式

IBM-PC 图形显示器,可分为中分辨率和高分辨率两种显示模式。

2. 屏幕坐标系

用绘图语句画图时,首先要确定图形在屏幕上的具体位置。屏幕坐标系如图 1.2 所示。

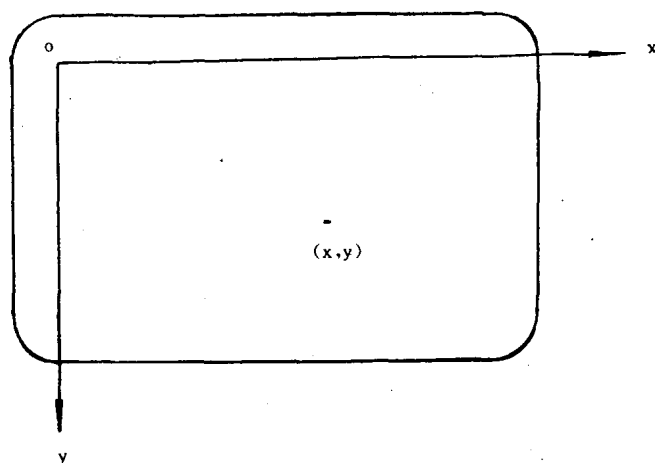


图 1.2 屏幕坐标系

与用户坐标系不同的是以左上角为坐标原点。每一个象素的坐标用 (x,y) 表示, x 的值由左向右递增, y 值由上向下递增。

3. 屏幕绘图语句

(1)屏幕语句 SCREEN:SCREEN M, BST, AP, AN

M——显示模式

0	字符
1	中分辨率图形
2	高分辨率图形

BST——选择黑白还是彩色显示,其定义为:

0	中分辨率图形	彩色显示	非 0	中分辨率图形	黑白显示
	字符	黑白显示		字符	彩色显示

但是,当 M=2 时,BST 不起作用,因为高分辨率图形显示模式下,只能使用黑白显示.

AP,VP——只在字符显示模式下才有意义.AP 指出哪一面是工作(页面),VP 指出哪一面是可见面.

SCREEN 语句中某些参数是可以省略的,如:

SCREEN 2(选择高分辨率图形显示模式);

SCREEN 1,0(选择中分辨率彩色图形显示模式);

SCREEN ,1(仍为中分辨率图形显示模式,但无彩色).

(2)彩色语句 COLOR:COLOR B,P

B——选择屏幕的底色,取值范围 0~15,其定义为:

0	黑	8	深灰
1	兰	9	浅兰
2	绿	10	浅绿
3	青	11	浅青
4	红	12	淡红
5	洋红	13	淡洋红
6	棕	14	黄
7	浅灰	15	白

P——选择配色器 0 还是 1,其定义:

P 为偶数	配色器为 0
P 为奇数	配色器为 1

中分辨率图形显示模式时,每个象元的取值(称为彩色码)可以有 0~3 四种,它们对应的颜色是由 COLOR 语言所选择的配色器决定的,具体规定如下:

彩色码	配色器 0	配色器 1
0	与底色 B 相同	与底色 B 相同
1	绿	青
2	红	洋红
3	黄	白

当 B,P 缺省时,保持原来的底色或配色器不变.

高分辨率图形显示模式,只能是黑白工作方式,故不能用 COLOR 语句,否则会引起语法错误.

(3)清屏语句 CLS

CLS 语句没有任何参数,无论在字符显示模式下,还是在图形显示模式下,都可以把屏幕

上的全部内容清除,并使光标返回到左上角

(4) LOCATE 语句

在图形上标注文字字符或文字说明用之.

LOCATE ROW, COL

ROW——屏幕的行号,取值范围为 1~25;

COL——屏幕的列号,取值范围:中分辨率图形模式下为 1~40;高分辨率图形模式下为 1~80.

(5) KEY 语句

KEY 语句有很多作用,这里只介绍经常用到的两种:

KEY ON——打开“软键”显示;

KEY OFF——关闭“软键”显示;

举例:

```
10 SCREEN 2 : CLS : KEY OFF
```

```
20 LOCATE 1, 40 : PRINT "A"
```

```
30 LOCATE 12, 40 : PRINT "B"
```

注释:

10——表示进入高分辨率图形的模式,清除屏幕并关闭“软键”,从而使屏幕清除得一干二净,只剩下左上角闪烁光标,为用户输入程序或命令做准备,画图程序经常用该语句.

20——将光标移到第一行屏幕中间,打印字符“A”.

30——将光标移到屏幕中心处,打印字符“B”.

(6) 画点语言 PSET: PSET (x, y), C

x, y——点的屏幕坐标,可以是常数,也可以是表达式,但不能超出屏幕坐标系统中所允许的范围.

C——该点的彩色码,中分辨率时,为 0~3,缺省时取 3;高分辨率时,为 0~1,缺省时取 1.

(7) PRESET 语句(擦点语句): PRESET (x, y), C

其中参数的含义及规定与 PSET 完全一样,其作用是在指定的屏幕位置处按彩色码 C 画出一个点. 与 PSET 不同处是当 C 缺省时选用值为 0. 即使用底色画一个点,这就起到了擦掉指定位置上已画出的一个点的作用.

(8) 画线语句 LINE

LINE 语句有三种形式:

1) LINE (x₁, y₁)—(x₂, y₂), C

(x₁, y₁), (x₂, y₂)——分别是起迄点坐标.

C——直线的彩色码.

2) LINE (x₁, y₁)—(x₂, y₂), C, B

B——画一个以(x₁, y₁)和(x₂, y₂)为顶点的矩形框.

C——框条的颜色.

3) LINE (x₁, y₁)—(x₂, y₂), C, BF

BF——画一个以(x₁, y₁)和(x₂, y₂)为顶点的矩形.

C——选用颜色 C 填满这个矩形.

亦可用这个语句画正方形.

例如:10 SCREEN 2 : CLS

20 LINE (10,10) — (60,60)

由于屏幕的长和宽单位长不一样,故执行这两条语句后,在屏幕上显示的不是正方形而是矩形.为了得到视觉正方形,编程时须将 y 方向上的坐标乘上宽长比 ASP. IBM-PC 在中分辨率下 $ASP=5/6$, 高分辨率 $ASP=5/12$. 故将上例中的 20 行改为:

20 LINE (10,10) — (60, $10 + 50 * 5/12$), 便可得到视觉正方形.

(9) DRAW 语句(连续画线语句)

一幅画往往是由许多线条组成,若用一联串的 LINE 语句就很不方便. IBM-PC 的高级语言 BASIC 语言提供了一条 DRAW 语句,可以连续地画出各种直线. DRAW 语句形式为:

DRAW 字符串

其中字符串由一系列的画图命令所组成,每个画图命令由一个字母及一个数值 n 组成. 画图命令相互之间用分号隔开. 主要绘图命令有:

C_n ——选择颜色 n , 中分辨率时 n 的范围为 $0 \sim 3$, 高分辨率时为 $0 \sim 1$.

当 C_n 缺省时, 中分辨率 C_n 为 3, 高分辨率 C_n 为 1.

S_n ——设置比例因子, n 的取值范围是 $1 \sim 255$, n 除以 4 即为比例因子. 即 S_n 的范围为 $1/4 \sim 64$.

若 DRAW 语句中省略了 S 的命令, 则系统自动认为比例因子等于 1.

A_n ——设置画图的角度, n 取值可以是 0, 1, 2, 3 分别对应 $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$.

八个方位的画线命令(图 1.3).

U_n ——向上画线.

D_n ——向下画线.

R_n ——向右画线.

L_n ——向左画线.

E_n ——向右上对角线画线.

F_n ——向右下对角线画线.

G_n ——向左下对角线画线.

H_n ——向左上对角线画线.

$M_{x,y}$ ——由现行位置向指定点 (x,y) 画线.

若 x,y 前冠以正负, 则按相对坐标画线, x,y 值为相对于现行点的坐标的偏移量.

上面 U, D, L, R, E, F, G, H 及 M 的命令, 它们在画线中所移动的点数为 n 乘以比例因子.

若在上面这些命令前面加一个字母 B, 则表示只移动不画线; 若冠以前缀字母 N, 则表示画线后又返用原来位置.

所有命令中的常数 n , 也可采用“= 变量名”的形式.

下面举几个例子, 说明它们的应用方法.

例 1 画一个三角形.

程序为:

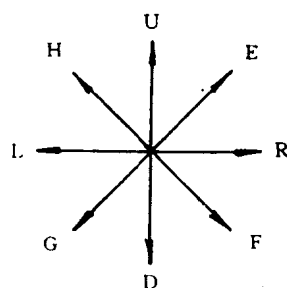


图 1.3 八个方位

```
10 SCREEN 2:CLS
20 DRAW "R100:H50:G50"
30 END
```

例2 画一菱形.

```
10 SCREEN 1:CLS
20 DRAW "BM320,60;C2"
30 DRAW "M+30,+30;M-30,+30;M-30,-30;M+30,-30"
40 END
```

这一程序执行后的结果是用洋红画出一菱形. BM320,60 表示以现行点移至(320,60)是菱形的起点. M+30,+30 表示由点(320,60)到点(350,90)之间画一条直线,如此类推下去,便可画出一菱形.

若 x,y 改为变量形式,则上述程序可改为

```
10 SCREEN 1:CLS
20 DRAW "BM320,60;C2"
25 INPUT A
30 DRAW "M+=A,+=A;M-=A,+=A;M-=A,-=A;M+=A,-=A"
40 END
```

在 DRAW 语句中,可以执行 X 字符串的命令,字符串是事先编好的由操作子命令组成的字符串,将它存入某一字符变量内,然后用 DRAW 语句中的 X 命令来调用执行.

例如,画正方形的程序.

```
10 SCREEN 2:CLS
20 A$="R=100;U=100;L=100;D=100"
30 DRAW "BM 100,100;XA$"
40 END
```

在语句 20 中,先将画正方形的子命令存入字符串变量 A\$ 内,然后在语句 30 中用 X 命令来调用. A\$ 可以被多次调用,就象普通 BASIC 语言中的子程序,可以用 GOSUB 多次调用一样. 这条命令非常有用.

(10)画圆语句 CIRCLE:CIRCLE (x_c, y_c), R, C, AS, AE, ASP

x_c, y_c ——圆心坐标.

R——半径.

C——彩色码.

AS, AE——分别为圆弧的起始角和终止角(单位:弧度, $-2\pi \sim 2\pi$), 逆时针方向为正.

ASP——圆的纵横比.

给出 ASP 时, y 方向上的半径为 $R \cdot ASP$.

ASP 缺省时, 中分辨率为 5/6, 高分辨率为 5/12.

例 CIRCLE (30,10),10 以(30,10)为圆心,画一半径为 10 的圆.

CIRCLE (160,100),50,,3.1416 以(160,100)为圆心,50 为半径,起始角为 0,终止角为 3.1416 的半圆.

4. 基本操作及编辑中的几种方法

(1) 基本操作

PC 机的型号不一,运行的软件也有一定的区别,但绘图的显示语句和命令都是完全一样的.

1)彩显带硬盘的:A>BASICA,驱动器灯灭后,屏幕上出现 OK 可敲程序.

2)彩显不带硬盘的:

A>CCCC,引入 CC-DOS 汉字库,

A>GBASICA,出现 OK.

3)单显带硬盘的: A>GWBASIC.

(2) 编辑中的几种方法

1)NEW——清除内存中的程序.

2)LIST——列程序清单.

LIST [(行号 1)—(行号 2)]为列(行号 1)到(行号 2)的程序清单.

3)RUN——运行文件命令.

4)DELETE [(行号 1)—(行号 2)].删除(行号 1)—(行号 2).

5)SAVE '文件名'——把程序存入盘中.

6)LOAD '文件名'——把程序调入内存.

7)FILES——显示盘中的目录.

8)AUTO [(行号), (增量)]——自动编行号.

起始行号

9)SYSTEM——退出 BASIC 系统的命令.

2 平面图形绘图程序的设计

计算机绘图解决的是如何用计算机去产生、表示和处理图形的问题,而计算机涉及的是数字的运算,因此,二者之间就有一个图数转换的过程,这个任务可由绘图程序来完成.

2.1 绘图程序的设计方法

绘图程序的设计方法一般为:

首先对要求绘制的图形及给定的条件进行充分的分析,弄清图形的几何要素及其相互间的关系,考虑好怎样处理这些几何要素,在此基础上,选定简便可靠的计算方法,然后按照图形特点和绘图的路线,设计程序流程图(框图),最后编制出绘图源程序和若干子程序.

以上方法,可归纳为如下三步.

1. 建立数学模型

研究给定图形中各变量之间的关系,进行图数转换,用数学式子来建立数学模型,这也称图形的数学描述.

对于比较复杂的图形,往往需要进行图形的数学处理,其中包括基本图形的连接点和交点运算、几何相交中各交点和切点的运算以及图形的各种变换处理.

2. 框图设计

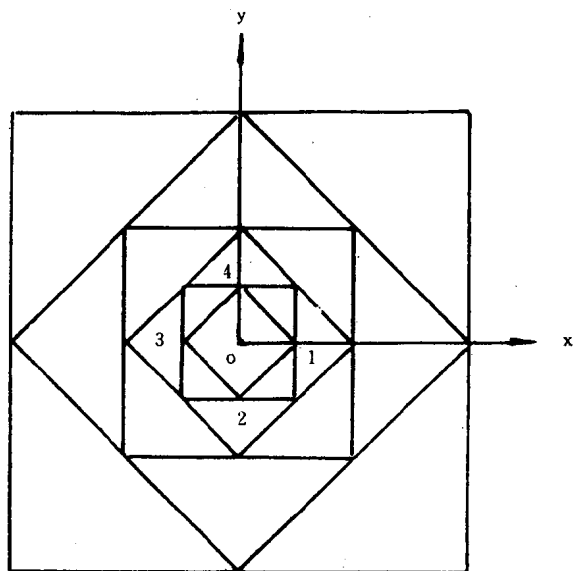


图 2.1 六个旋转放大的正方形

X_0, Y_0 ——坐标原点.

R ——最小正方形外接圆半径.

为了使编程序时思路清楚,我们在编程序以前最好先画出框图,对于复杂的图形尤为重要.

3. 程序设计

根据框图,用算法语言,按一定格式编写程序.

我们举一个例子来说明绘图程序设计的步骤.

如图 2.1,以原点 o 为中心,连续绘制包含六个旋转放大的正方形的复合图形.

(1) 建立数学模型

这一步的关键是分析图中各点与已知条件的内在几何关系,再用数学式子描述,数学式的优劣将直接影响图形的精度和优劣.

图中主要参数有:

N——正方形的边数. ($N=4$)

T——每边转动角增量. ($T=360^\circ/N=90^\circ$)

计算各顶点坐标值:

$$x_1 = R \cos 0^\circ; \quad y_1 = R \sin 0^\circ$$

$$x_2 = R \cos 90^\circ; \quad y_1 = R \sin 90^\circ$$

$$x_3 = R \cos 180^\circ; \quad y_3 = R \sin 180^\circ$$

$$x_4 = R \cos 270^\circ; \quad y_4 = R \sin 270^\circ$$

写成一般通式为 $X = R \cos(P)$, $Y = R \sin(P)$. 题目要求每次绘制的正方形均旋转 45° , 设控制正方形旋转角度的参数为 W . 绘制最小正方形时 $W=0^\circ$, 绘制第二个正方形时 $W=45^\circ \times 1$, 绘制第六个正方形时 $W=45^\circ \times 5$. 上面的通式可以改写为 $X = R \cos(P+W)$; $Y = R \sin(P+W)$. 为了使问题简化, 我们用近似公式来选择计算机比较容易实现的计算方法. 这里, 我们用 INT 函数计算正方形各顶点坐标值. 则

$$X = \text{INT}(R * \cos(P+W))$$

$$Y = \text{INT}(R * \sin(P+W))$$

式中 R 为变量, 它是正方形外接圆半径. 因为开始时, R 为最小的正方形的外接圆半径. 所以, 以后每画一个正方形, 其外接圆半径就增加 $\sqrt{2}$ 倍.

(2) 绘制框图

设计时, 主要考虑以下两点:

1) 六个正方形绘制由小到大.

2) 要采用循环嵌套方式设计两个循环语句. 一个循环语句, 用来控制画六个正方形, 设控制参数为 J . J 由 $0 \rightarrow 5$, 当六个正方形画完 (即 $J>5$) 时, 循环结束. 另一个循环语句, 是画一个外接正方形, 即四条边. 每画完一条边后, 旋转 90° , 再画另一边. 设控制参数为 I , 每边转角增量 T 为 90° , 当 $I>4$ 时, 表示画完一个正方形, 即小循环进入大循环中, 取 $R=\sqrt{2}R$ 继续画下一个正方形. 为此, 绘制出框图如后所示.

(3) 依据算法和框图编写的程序 P2-1

```
3 REM P2-1
5 PI=3.14159
10 SCREEN 2: CLS: KEY OFF
20 R=12
30 X=140: Y=80
40 FOR J=0 TO 5
50 W=45/180*PI*J
60 R=R*SQR(2)
70 FOR I=1 TO 4
80 X(I)=R*COS(W+PI/2*I)+X
90 Y(I)=R*SIN(W+PI/2*I)+Y
100 NEXT I
110 LINE(X(1), Y(1)) - (X(2), Y(2))
```