

计算机绘图原理

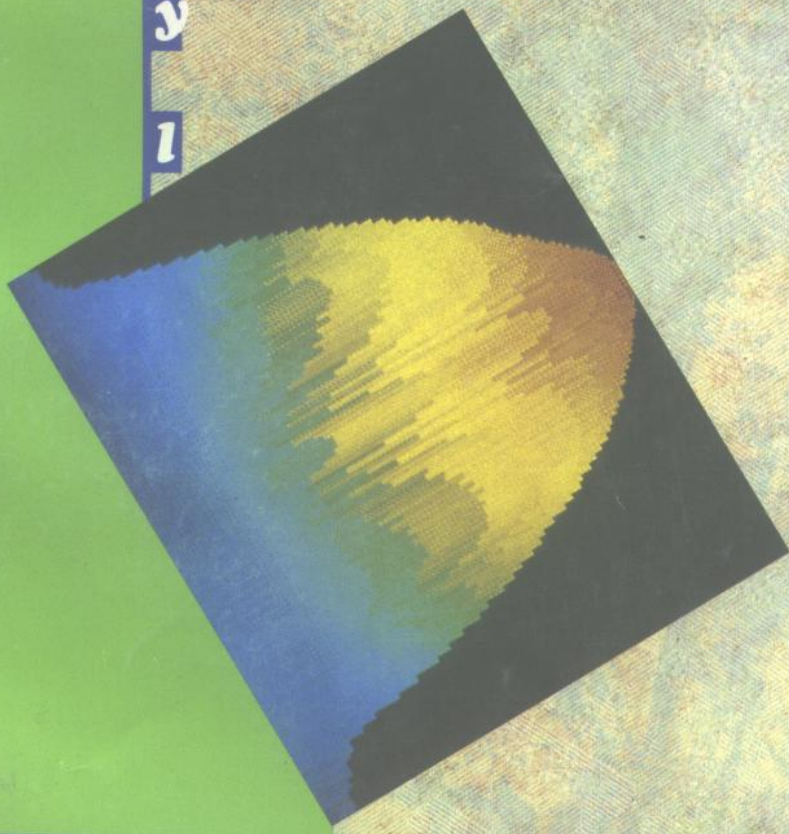
i
s
i
h
t
y
l

计算机绘图原理

* 赵明秀 陈锦昌 编 *

计·算·机·绘·图·原·理

计·算·机·绘·图·原·理



华南理

391.41

MX/1

社

华南理工大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机绘图原理/赵明秀,陈锦昌编.—广州:华南理工大学出版社,1996.8

ISBN7-5623-1007-6

I. 计…

I. 赵…

Ⅲ. 计算机图形学

IV. TP391.4

JS-2/27

华南理工大学出版社出版发行

(广州五山·邮码 510641)

责任编辑:黄 敏

各地新华书店经销

广东省封开人民印刷厂印装

1996年8月第1版 1996年8月第1次印刷

开本 787×1092 1/16 印张 11.5 字数 280 千

印数 0001—5000

定价:13.50 元

前 言

图样是工程上人们用以表达和交流技术思想的工具。随着计算机技术的发展,产生了计算机绘图,它是计算机技术与传统图形学结合而成的一门学科。今天,计算机绘图在生产和科学技术中正起着越来越大的作用。本书是参考画法几何及工程制图课程教学指导委员会对计算机绘图课程的要求,根据当前计算机绘图教学的需要,并结合我们多年来的教学实践经验和近年来开设计算机绘图课程的讲稿编写而成。

本书可作为高等工科院校非计算机专业本科生和专科生的教学用书(32学时),还可作为从事计算机绘图工作的工程技术人员的参考书。

本书的使用环境是:Turbo BASIC 和 BASICA 语言,且以前者为主,IBM PC/XT 及其兼容机(386,486等)。本书所有程序均经上机调试通过。

本书系统地介绍了计算机绘图原理。本书共分四章及附录。第一章,屏幕绘图。介绍了基本绘图指令及程序的存取、连接方法。第二章,平面图形的算法。介绍了二维图形的几何变换、矩阵、多边形、圆、椭圆、圆弧、圆弧连接、平面图形剪裁、平面曲线等的算法,并介绍了动画技术。第三章,投影变换。介绍了单位矩阵的简单变换、正投影、轴测投影、透视投影及程序设计,并介绍了曲面体的计算机图示及凸平面体隐藏线的消除。第四章,交互式绘图。介绍了图形输入设备,并以实例介绍了交互式绘图的原理。附录包含了常用的DOS命令及Turbo BASIC的简介。每章书后均附有习题,使该教材具有较好的实用性。

本书前言、绪论、第一章、第二章、附录由陈锦昌编写,第三章、第四章由赵明秀编写。何方文老师曾对该书提出了宝贵的修改意见,在此表示诚挚的谢意。

编写中我们曾参考了曾大民老师编写的教材及一些同类的教材及资料,在此向各位文献作者表示感谢。

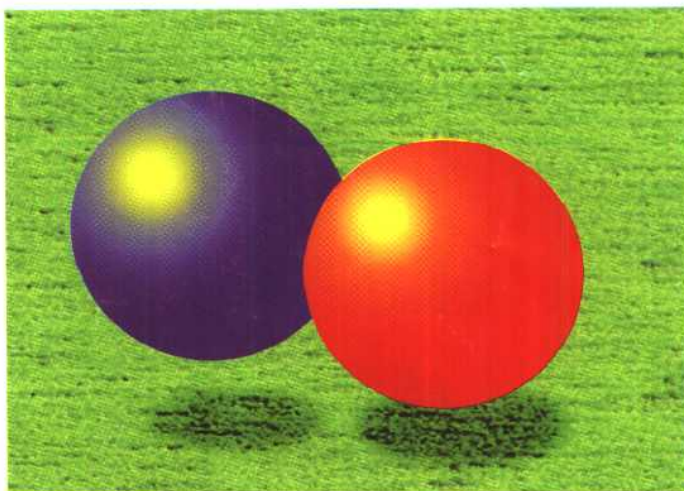
由于水平有限,书中不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

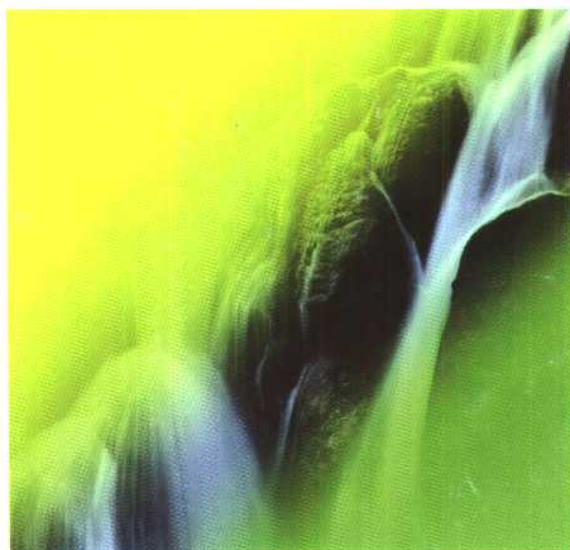
1995年10月



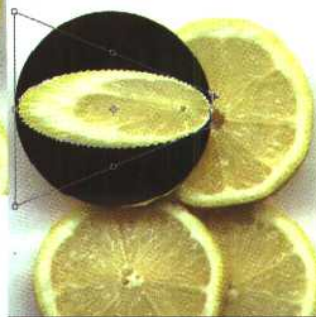
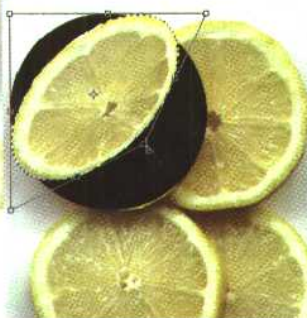
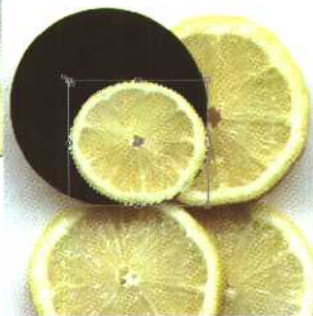
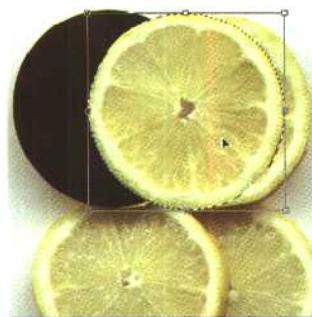
在冰天雪地的一角，绽放着异地来的玫瑰花。如何使玫瑰出现在这里，并有着椭圆形的外框制约？请读者参见第三章



阳光下跳跃的圆球。明亮的反光和平滑细腻的颜色过渡使得它们显得那样真实。制作方法详见第四章



朦胧的后面是神秘的瀑布。详见本书第四章



把图像压扁。图像的变形操作，详见第五章



同时出现多少个我？如果不知道，那就看看第五章吧



如果告诉你左边的是原图，那么中间的呢？右边的呢？如何让图像呈现出需要的色彩和效果？答案在第六章



把处于林间暗处的场景变得明亮，让寂静的树林沐浴在阳光中。修改图像的方法见第六章

目 录

绪 论	1
第一章 屏幕绘图	4
§ 1-1 基本绘图指令	4
一、进入 Turbo BASIC 状态的操作	4
二、显示方式	4
三、屏幕坐标系	6
四、颜色	7
五、画点绘图语句	7
六、几个常用的指令和绘图语句	8
§ 1-2 程序的存取、连接	15
一、程序的存盘	15
二、程序的调用	16
三、程序的连接	16
习 题	16
第二章 平面图形的基本算法	18
§ 2-1 二维图形的几何变换	18
一、点、直线、平面的矩阵表示法	18
二、几何变换	19
§ 2-2 矩形、多边形算法	30
一、矩形算法	30
二、正多边形算法	32
§ 2-3 圆、椭圆算法	33
一、圆的算法	33
二、椭圆算法	34
§ 2-4 圆弧算法	37
一、圆弧的算法	37
二、虚线圆弧算法	40
三、点划线圆弧算法	43
§ 2-5 圆弧连接	47
一、圆弧连接所应用的数学方法	47
二、圆弧连接两直线	51
三、圆弧连接两圆弧	54
四、圆弧连接已知直线和圆弧	64
§ 2-6 平面图形的剪裁	70

一、窗口与剪裁	70
二、圆和椭圆的剪裁	74
三、直线图形的剪裁	77
§ 2-7 平面曲线算法	80
一、用显式方程表示的曲线	80
二、用参数方程表示的曲线	82
三、用极坐标方程表示的曲线	83
§ 2-8 动画技术	84
一、用 LINE 语句产生的活动图	84
二、用 DRAW 语句产生的活动图	85
三、用 GET,PUT 语句产生的活动图	86
习 题	88
第三章 投影变换	92
§ 3-1 单位矩阵的简单变换	92
一、三维空间图形的矩阵表示方法	92
二、三维图形的变换矩阵	92
§ 3-2 正投影变换和程序设计	94
一、正面投影变换和程序设计	94
二、水平投影和侧面投影坐标变换	97
§ 3-3 轴测投影和程序设计	98
一、正轴测投影和程序设计	98
二、斜轴测投影程序设计	101
§ 3-4 透视投影和程序设计	103
一、透视投影变换矩阵	103
二、一点透视	104
三、二点透视	107
§ 3-5 曲面和曲面体	109
一、轴线垂直于投影面的正圆柱	109
二、圆柱面上的素线和纬圆	112
三、轴线垂直于投影面的正圆锥和正圆台	112
四、圆 球	119
五、轴线倾斜于投影面的正圆柱	123
§ 3-6 圆柱螺旋面	129
§ 3-7 凸平面体隐藏线的消除	131
一、利用外法线消隐的基本原理和计算判断方法	131
二、消隐的程序计算	134
习 题	139
第四章 交互式绘图	140
§ 4-1 交互式绘图实例	141

一、程序的结构和屏幕布局	147
二、程序的操作方法	147
§ 4-2 图形输入设备	150
一、键 盘	150
二、图形输入板	151
三、鼠标器	153
四、坐标数字化仪	153
五、光 笔	153
§ 4-3 图形输入技术	154
一、定 位	154
二、定标与选择	156
三、反 馈	159
§ 4-4 图形数据的存贮与调用	159
一、数 组	159
二、图形数据的存贮与调用	161
习 题	162
附录 1 常用的 DOS 命令	163
附录 2 Turbo BASIC 简介	166

绪 论

一、计算机图形学的发展

计算机图形学是伴随着电子计算机及其外围设备的产生和发展而产生、发展起来的,它是近代计算机科学与雷达、电视技术的发展汇合而产生的硕果。

在 50 年代,计算机由电子管、磁芯和各种电子元件构成,其体积庞大,存储量小且计算速度慢,主要应用于科学计算。50 年代初,只作为 Whirlwind 计算机的附件,第一台图形显示器在美国麻省理工学院诞生了。这以阴极射线管(CRT)作为输出设备的显示器只能显示一些简单的图形;约在 1958 年,美国 Gerber 公司发明了第一台用计算机进行控制的平板式绘图机,Calcomp 公司研制成滚筒式绘图机。数控绘图的发明使古老的绘图科学得到了突破性发展且使用计算机绘图代替人工绘图成为可能。

在 50 年代末到 60 年代中期,用晶体管取代了电子管,产生了第二代计算机,它的体积减小、存储量增大。50 年代末期在美国麻省理工学院开发的 SAGE 空中防御系统中第一次使用了具有指挥和控制功能的 CRT 显示器,操作者使用光笔可在荧屏上标识目标。这就是交互式图形学的萌芽,现代的交互式图形学是在 1962 年由美国麻省理工学院伊凡·萨泽兰(Ivan E. Sutherland)在他的博士论文中奠基的。他在论文中首次使用了“Computer Graphics”这个术语,他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,并引进和开发了直至今天仍在使用的一些基本概念和技术。60 年代中期,计算机图形学在自动画图和其他有特别要求的工作中表现出的巨大潜力越来越明显,开始出现一批研究项目和商业产品,这一时期是计算机图形学被大规模研究、广泛应用、蓬勃发展的时期。计算机图形学除在军事上和工业上的应用外,已进入到教育、科研、艺术等领域。随着计算机图形学的广泛应用,图形系统不断完备,图形设备不断更新、发展。60 年代中期出现的随机扫描显示器,已具有较高的分辨率、对比度和良好的动态性能。

为了不使图形闪烁,显示处理器必须以 30 次/秒的频率不断执行同一组命令以刷新荧屏上的图形。在当时,这样的显示处理器是相当昂贵的,这影响了交互式图形生成技术的进一步发展。

在 60 年代后期至 70 年代初,第三代计算机研制成功,由于采用了集成电路,故体积更小,计算速度加快,存储量也大为增加。这时期,既不需要缓冲器也不需要刷新处理器的直观存贮管 DIST 问世以后,由于其价格比较低廉,分辨率高,显示大量信息也不闪烁,而且可使一些较简单的图形实现交互处理,使原来对复杂的计算机辅助设计不感兴趣的用户也乐于采用交互图形学技术。从而,使计算机图形学向前迈进了一大步。因为存贮管不具有显示动态图形的能力,也不能进行选择性的删除,所以,主要应用于不需对图形进行动态操作的场合,如用于大量而精确的线条图及字符绘制。

70 年代,随着大规模集成电路的产生,计算机也更新换代,第四代计算机更趋小型化和

微型化,计算速度及存储量再次增大。同时,随着计算机价格的降低,质量提高,功能更多,使用更方便,对计算机的普及使用起到很大的作用。在 70 年代中期,随着廉价的固体电路随机存储器的出现,使其具有较大的刷新缓冲存储器,于是使以电视技术为基础的光栅扫描的图形显示器得以发展。在这种显示器中,诸如直线段、字符、图形和背景等图元能以像素形式被存储在刷新缓冲器中。同时,这种显示器的出现使计算机图形生成技术和现有的电视技术相衔接,使得图形更加形象、逼真,因而更易推广和应用。

硬件技术的发展使显示设备不断改进,因而出现了形式繁多的显示器,它们逐渐被一种普遍使用的字母显示终端所代替,而这种终端成为人机对话的标准接口。随着硬件技术的发展,将面临的是如何解决使用不同类型的显示系统及应用程序所带来的困难,即程序的移植性。这就提出了一个软件标准化的问题。70 年代中期,美国计算机协会成立了一个图形标准规划委员会开始这一工作,在多年图形软件工作经验的基础上,1977 年提出了称为“核心图形系统”(CORE)的规范,提出了图形软件包的标准。在 1979 年这个规范再一次修改,使成为建立标准的基础。虽然图形程序包标准化的问题仍是一个有争议的问题,但标准化的图形系统为生成一种通用基本软件打下了一个良好的基础。

随着微型计算机的发展与推广,各种图形终端的发展及各种图形软件的不开发,计算机图形学日益成为人们不可缺少的通讯手段,将被更广泛应用,其前景更引人入胜。

二、计算机图形学在工程上的应用

计算机图形设备的不断更新,硬件功能不断增强和图形系统软件功能的不断开发、扩充、完善,使计算机图形学在最近 10 多年内在航空、造船、汽车、机械、电子、建筑、气象、地质等部门得到广泛的应用。

1. 建筑业

在建筑工业中,经常需要绘制从不同角度观察得到的透视图用于建筑设计方案的比较,同时,还须给出建筑物设计图、施工图等,其绘图工作量十分繁重。近 10 年来,国内外已研制成不少建筑 CAD 软件包,从建筑物的设计计算到各种图形的绘制均全部由计算机完成,且可在计算机上作动态立体显示,提高了设计质量,加快了设计周期。

2. 机械工业

在机械工业中可用计算机绘制产品结构原理图、传动系统图、电气系统图、液压系统图、机械零件图、装配图和轴测图,并可用于机械零件的设计等方面。

3. 汽车、飞机与船舶工业

在造船工业中,一艘数万吨级大船的设计,须绘制图纸数万张,应用计算机绘图后,使效率提高了数十倍,加快了设计速度。在汽车、飞机制造业中有的图样十分复杂,如飞机机翼理论外形图、汽车车身型线透视图等,这些图样手工绘制相当困难,且绘图精度难于满足需要。这类图样的绘制,现已逐步由计算机自动绘图所取代。

4. 电子工业

由于大规模集成电路的发展,其集成度越来越高,往往在一块小小的矩形硅片上将集成数万个元件。集成电路图运用手工绘制相当困难且难保证质量,现已全部采用计算机图形系统,它既能进行设计,又保证了质量,且加快了绘图速度。同时,计算机还可绘制逻辑图、电路图、布线图等。

5. 其他

此外,在地质、气象等部门还可以绘制地质断面图、地图、地形图、气象图等;在经济统计部门可以绘制计算图、各种统计图表、表格等;在医学部门可绘制心电图、人体骨骼图、药效分析图等。应用计算机还可进行工艺美术设计,产生各种图案、花纹,甚至可产生传统的油画和中国画。

今天,计算机图形学的应用已向计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助教学(CAI)等方向发展。

三、学习计算机绘图的意义

图样是工程上人们用于表达和交流技术思想的工具。长期以来,人们一直借助于绘图工具手工绘图。为了改善绘图工作条件,提高绘图效率和图面质量,虽然在改进绘图工具方面做了不少工作,然而都摆脱不了手工作业方式。随着科学技术的发展,人们对绘图精度和速度都提出了更高的要求;同时,在科学技术的各个领域内,图的应用范围越来越广,传统的手工绘图方式无论在绘图速度和绘图质量方面已不能满足现代科学技术日益发展的需要。电子计算机的出现,产生了计算机绘图,这无疑是图样绘图上的一场革命。

在现代化生产中,产品要不断更新换代,生产率要提高,成本要降低,这就要求必须缩短设计、绘图和制造的周期。而实现这一点的有效途径是利用计算机绘图(CG)、计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)和计算机辅助工程(CAE)等,以实现设计、绘图和制造管理的自动化。在全自动化生产中,计算机绘图又是整个计算机辅助工程的核心。由此可见,计算机绘图在工业生产和科学技术中起着重要作用。通过本书的学习,将使读者可以掌握IBM 微型计算机绘图与图形显示的基本原理和方法,并具有设计一般工程图样的绘图软件的能力,为从事计算机图形学的进一步研究提供一个良好的基础,以能适应科学技术迅速发展的需要。

第一章 屏幕绘图

计算机绘图有屏幕显示图样、用打印机打印屏幕所显示的图样和绘图机输出图样等方法来表达图样。其中,屏幕显示图样是计算机绘图的重要内容,本章主要介绍在屏幕上图样的绘画和显示。

IBM 是用光栅显示绘制图样的。屏幕由许多水平光栅线组成,而每条光栅线则由许多称为像素或图象元素的光点构成。如在 IBM 中分辨绘图方式中,有 200 条光栅线,每条光栅线含 320 个像素。每条光栅线都编了号,从 0~199;每条光栅线中的像素也编了号,从 0~319。所以,每个像素由两个数确定,即光栅线号与线中的像素号。通过把一些像素点亮,把另一些像素灭掉,屏幕上就产生了图象。

§ 1-1 基本绘图指令

当前有几种 BASIC 语言产生图样的方法,本节将介绍 Turbo BASIC 中一些常用的绘图指令。

一、进入 Turbo BASIC 状态的操作

Turbo BASIC 是一种集编辑和编译于一体的软件。当将录制有 Turbo BASIC 的应用盘装入 A 驱动器,在 DOS 状态下,键入 TB,并按 Enter 键,即

A>TB ↵

即可进入 Turbo BASIC 状态。此时屏幕出现 Turbo BASIC 的主菜单(详见附录),供操作者进一步操作提供选择。

二、显示方式

屏幕显示方式有两种,一种是文本方式(Text),一种是图形显示方式(Graphics Mode)。

1. 文本方式

文本方式是指显示对象为系统指定的标准点阵字符、集中字符的方式。在此方式下,屏幕最多容纳 80×25 个字符(图 1-1)。

文本方式可分为单色和彩色两种。

2. 图形显示方式

图形显示方式由彩色图卡或单色图卡支持。在此方式下,可用系统提供的绘图语句进行绘图。图形显示方式分为中分辨图形方式和高分辨图形方式两种。

(1)中分辨图形方式

只有彩色图卡才有中分辨图形方式。在中分辨图形方式中,屏幕的点阵范围是 320×200 (像素),见图 1-2。

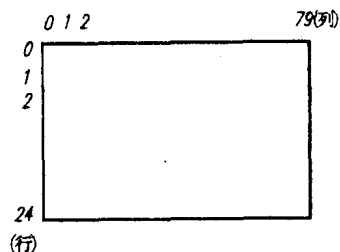


图 1-1

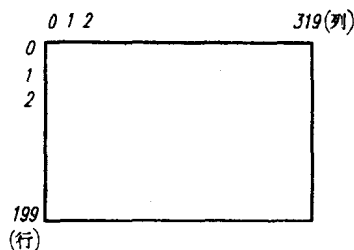


图 1-2

(2)高分辨图形方式

在高分辨图形方式中,由于 IBM 机型不同,彩色图卡的点阵范围有下面几种方式:

① 640×480 (像素),见图 1-3;

② 640×200 (像素);

③ 640×350 (像素)。

单色图卡的点阵范围是 720×348 (像素)或更高的点阵范围形式。

下面我们主要介绍具有点阵范围①的彩色图卡的高分辨图形方式。其他的点阵范围的高分辨图形方式,只须相应的将行或列的像素数乘上一个系数 M,即可化为①的形式讨论了。

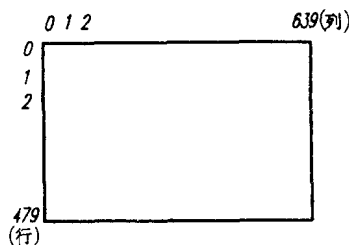


图 1-3

3. 显示方式的设定

格 式: SCREEN [方式],[填色][,[活动页][,[可见页]]]

功 能: 设定屏幕的显示方式。

参数意义:

[方式] 设置 0,1,2,12 四个数字,其中 0 为文本方式,1 为中分辨图形方式,2,12 为高分辨图形方式。

[填色],[活动页],[可见页] 这些参数的设置,请参阅有关书籍。

下面的讨论,除特别声明外,都设定屏幕图形显示方式为 SCREEN 2,即在高分辨图形方式中来讨论本书内容。

例 1-1 显示方式的转换

```
10 SCREEN 0,1      '彩色文本方式,40×25 个字符
:
50 SCREEN 12        '高分辨图形方式,640×480 个像素
:
100 SCREEN 0        '彩色文本方式,80×25 个字符
```

```

:
150 SCREEN 1,0      '中分辨彩色图形方式,320×200 个像素
:
200 SCREEN ,1      '中分辨黑白图形方式

```

可见,当缺省某个参数时,则取最近的前一个参数填补,如 200 句。且当 SCREEN 1 转换为 SCREEN 0 时,文本方式字符数为 40×25 ; SCREEN 12 转换为 SCREEN 0 时,文本方式字符数为 80×25 ,如 100 句。

三、屏幕坐标系

1. 屏幕坐标系与笛卡儿坐标系的区别与选定

为了绘出屏幕上的点,必须使用一个坐标系。在 Turbo BASIC 中,该坐标系以屏幕左上角为坐标原点。从原点向右的水平线为 x 轴的正向,向下的铅垂线为 y 轴的正向,它们构成屏幕坐标系 xoy (图 1-4a)。在该坐标系中, $x_{\max}, y_{\max}$ 依所取的分辨率而定。中分辨时 $x_{\max} = 319, y_{\max} = 199$;高分辨时 $x_{\max} = 639, y_{\max} = 479$ 。这个坐标系称“屏幕坐标系”。

屏幕坐标系与我们习惯采用的笛卡儿坐标系 xoy (图 1-4b) 不同,设 (x, y) 为笛卡儿坐标系中的一点,在屏幕中显示该点时有

$$\begin{aligned} X &= x \\ Y &= 479 - y \end{aligned}$$

这就是屏幕坐标系与笛卡儿坐标系的一个变换式。

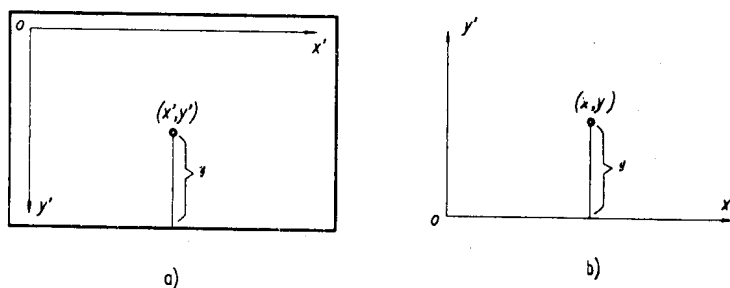


图 1-4

每当计算机进入绘图状态时,系统都会自动产生一支虚拟的“画笔”,“笔尖”自动设定在荧屏中点,称为初始位置。对中分辨绘图方式,该位置为 $(160, 100)$,高分辨绘图方式为 $(320, 240)$ 。

2. 绝对坐标与相对坐标的关系

在绘图过程中,数据可由“绝对坐标”或“相对坐标”给出。绝对坐标的形式为 (x, y) ,它确切地描述了操作发生的位置;相对坐标形式为 $STEP(Dx, Dy)$,它描述了相对于前一目标点的水平和垂直方向的位移量。凡需要给出坐标的地方,这两种形式都可使用。

例如:“笔尖”现处位置为 $(320, 100)$,现要沿 x 方向退 20, y 方向前进 40,则用绝对形式: $(300, 140)$;用相对形式: $STEP(-20, 40)$ 。

四、颜 色

在图形显示方式中,屏幕上每一点都可以有多种颜色。点的颜色由配色器和彩色码来确定。颜色指令为

格 式: COLOR B,P

功 能: 调置底色和调整配色器模式。

参数意义:

B 选择屏幕的底色,整型常数或表达式,取值范围在 0~15:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
黑	蓝	绿	青	红	洋青	棕	浅灰	深灰	浅蓝	浅绿	浅青	浅红	浅洋红	黄	白

P 配色器,取值范围为 0,1

在中分辨图形方式中,彩色码有四种,故每个点可有七种颜色。

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

其中彩色码是在绘图语句中给出的,见下面画点语句中的色码号。

在高分辨图形方式(SCREEN 12)中,每个点有 16 种颜色,各种颜色的分布相似于颜色指令中屏幕具有的 16 种底色。

注:若某一参数省略时,表示保持原来的底色或配色器不变。

五、画点绘图语句

在图形显示方式下,BASIC 提供了很强的绘图功能语句,其中画点语句是常用的一种。

格 式: PSET(X,Y)[,色码号],PRESET(X,Y)[,色码号]

功 能: 在指定荧屏坐标为(X,Y)位置上绘画一指定色码的点。

参数意义:

X,Y 坐标值,应取荧屏内值,否则语句功能失效

色码号中分辨绘图色码号为 0~3,高分辨绘图色码号为 0,1。

两语句功能相同,但当“色码号”省略时,PSET 选前景色而 PRESET 选背景色作为点的颜色,即 PSET 画点,PRESET 擦点。

例 1 从点(0,0)画一直线至(400,400)后,将其擦去

解 所编程序为

```
10 REM PROGRAM 1-01
20 SCREEN 2:KEY OFF:CLS
30 WINDOW SCREEN(0,0)-(639,479)
40 FOR I=0 TO 400
50 PSET(I,I):NEXT I
60 FOR K=0 TO 1000:NEXT K
```

```
70 FOR J=0 TO 400
80 PRESET(J,J),0;NEXT J;END
```

其中 20 句用窗口命令 WINDOW 改变屏幕坐标系(详见第二章 § 2-6),使屏幕为 $X_{\max} = 639, Y_{\max} = 479$; 50 句是一个空循环, 它使已绘画在屏幕的图形保留一段时间。

六、几个常用的指令和绘图语句

1. 格式: LOCATE[行][,列]

功能: 设定荧屏光标行、列位置。

参数意义:

行数 1~25

列数 中分辨绘图时为 1~40, 高分辨绘图时为 1~80。

参数超出范围, 则出错: "Illegal Function Call".

例如: LOCATE 1,1 光标移至左上角(荧屏坐标原点)。

2. 格式: CLS

功能: 清除屏幕及显示缓冲区信息, 使屏幕为背景色。光标返回屏幕中点(160, 100)或(320, 240)。

3. 画线语句

格式: LINE[(X1,Y1)]-(X2,Y2)[,[色码][,B[F]][,线型]]

LINE 语句有较强的功能, 是进行绘图应用最多的语句, 下面分四种情况讨论:

(1) LINE [(X1,Y1)-(X2,Y2)[,[色码]]

功能: 从点(X1,Y1)至点(X2,Y2)画一指定色码颜色的直线。

参数意义:

X1,Y1,X2,Y2 荧屏内坐标值。当(X1,Y1)缺省时, 以前一绘图终点代(X1,Y1)。可以用相对坐标形式 STEP(Dx,Dy)。

色码 配色器色码号。缺省时, 中分辨绘图方式内定值为 3, 高分辨绘图方式内定值为

1。

例 1-2 从点(0,0)画一直线至(400,400)后, 将其擦去

解 例 1 是用画点语句来求解, 这里采用画线语句来实现。

①用绝对坐标的画线语句

```
10 REM PROGRAM 1-02
20 SCREEN 2:KEY OFF:CLS
30 WINDOW SCREEN(0,0)-(639,479)
40 LINE(0,0)-(400,400)
50 FOR I=1 TO 1000:NEXT I
60 LINE(0,0)-(400,400),0;END
```

②用相对坐标的画线语句

```
10 REM PROGRAM 1-03
20 SCREEN 2:KEY OFF:CLS
30 WINDOW SCREEN(0,0)-(639,479)
```

```

40 LINE(0,0)-STEP(400,400)
50 FOR I=1 TO 1000:NEXT I
60 LINE(0,0)-STEP(400,400),0:END

```

注意:因为对于语句中给出坐标的地方,均可采用绝对坐标与相对坐标,所以后面的例子主要以绝对坐标来讨论。

(2)LINE[(X1,Y1)]-(X2,Y2)[,[色码][,B]]

功 能: 以(X1,Y1)-(X2,Y2)为对角线画一指定色码颜色的边框矩形。

参数意义:

[,B] 画矩形。其余与(1)同。

(3)LINE[(X1,Y1)]-(X2,Y2)[,色码][,B[F]]

功 能: 在所画矩形内填满指定色。

参数意义:

与(1)(2)相同。

例 1-3 先以(50,50)和(199,199)为对角线画一方框,然后将其填上白色。

解

```

10 REM PROGRAM 1-04
20 SCREEN 2:KEY OFF:CLS
30 WINDOW SCREEN(0,0)-(639,479)
40 LINE(50,50)-(199,199),,B
50 FOR I=1 TO 1000:NEXT I
60 LINE(50,50)-(199,199),,BF:END

```

(4)LINE[(X1,Y1)]-(X2,Y2)[,色码][,B[F]][,线型]

功 能: 从点(X1,Y1)至点(X2,Y2)画一指定线型的直线。

参数意义:

线型 一个十六进制数串。其余与(1)~(3)同。

(1)~(3)中 LINE 的形式,均是以实线作图。但 LINE 语句还提供了组织不同线型的功能。

荧屏上点的暗与亮是以二进制数的位组合形式控制的,某位为 1 则点亮,0 则暗。因此,控制某位即可达到控制荧屏点的亮暗。线型是用一个十六位的二进制数规定的。

a)实线(图 1-5)

实线对应的荧屏点为

每个点的二进制数码为

对应的十六进制数为

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
F				F				F				F			

图 1-5

于是,实线:LINE(X1,Y1)-(X2,Y2),,,&HFFFF

b)点划线(图 1-6)