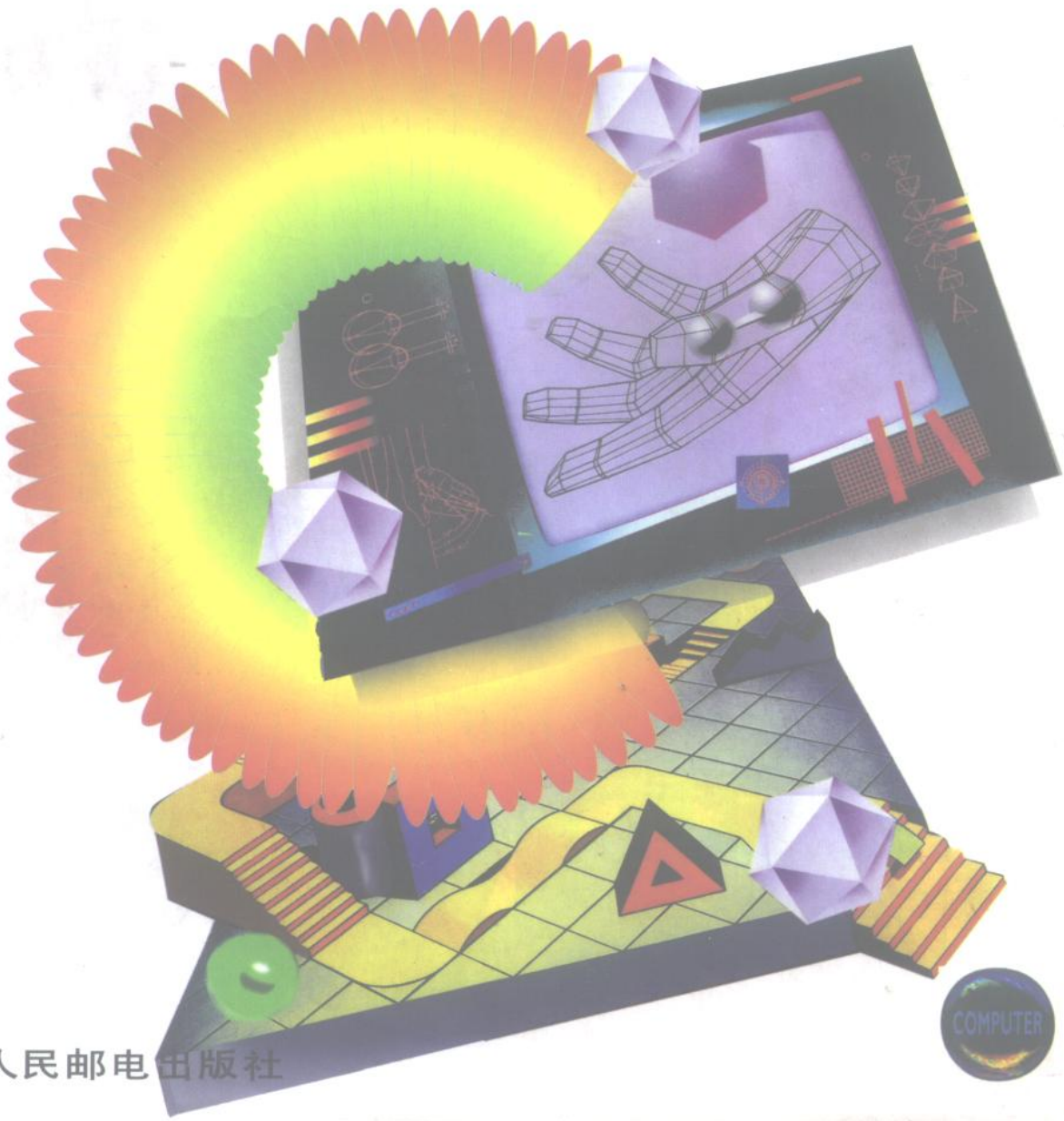
C语言图形设计

刘振安 苏仕华 编著



人民邮电出版社

计 算 机 技 术 丛 书

C 语言图形设计

刘振安　苏仕华 编著

人 民 邮 电 出 版 社

登记证号（京）143号

内 容 提 要

本书主要介绍用C语言进行图形设计。全书分8章，分别介绍了图形软件设计基础，图形基本算法，图形变换，图形函数，Turbo C图形编辑设计基础，制作图形窗口工具函数，直接写屏窗口系统，综合画图程序、鼠标画图和汉字处理。

本书可供大专院校有关专业的师生作为教学参考书，也可供计算机程序开发人员及广大计算机用户学习参考。

[redacted]

语言图形设计

[redacted] 编著

责任编辑 [redacted]

*

人民邮电出版社出版发行

北京朝阳门内南竹杆胡同111号

北京顺义振华印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

开本：787×1092 1/16 1995年4月第一版

印张：15 1995年8月北京第2次印刷

字数：373千字 印数：6 001—12 000册

ISBN7-115-05614-5/TP·175

定价：20.00元

丛 书 前 言

世界上发达国家普遍重视发展以计算机和通信为核心的信息技术、信息产业和信息技术的应用，一些经济发达国家信息产业发展迅速。

当前，我国处于国民经济高速发展时期。与此相伴随，必将有信息技术、信息产业和信息技术应用的高速发展。各行各业将面临信息技术应用研究与发展的大课题以及信息化技术改造的大任务、大工程。

为了适应计算机技术应用大众化的趋势，提高应用水平，我们组织编写、出版了这套“计算机技术丛书”。这套丛书以实用化、系列化、大众化为特点，介绍实用计算机技术。

这套丛书采取开放式选题框架，即选题面向我国不断发展着的计算机技术应用的实际需要和国际上的实用新技术，选题不断增添又保持前后有序。

这套丛书中有的著作还以配合出版软件版本，用软盘形式向读者提供著作中介绍的软件，以使读者方便地使用软件

我们希望广大读者为这套丛书的出版多提意见和建议。

前　言

计算机图形学的兴起和发展，为计算机应用领域开辟了更加广阔的前景。直观形象的图形界面正在成为软件发展的新潮流，并将逐步取代传统的字符界面。一些流行商用软件（如CAD软件以及各种游戏软件）的丰富多采、形象逼真的画面无不给人们留下了难忘的印象。在经济管理、生产加工、医学研究以及艺术表现、电视广告等领域中，计算机图形学的作用日益重要。

为了适应用户对图形设计的需要，我们编写了这本书。本书既讲述传统理论，也介绍实用的算法。计算机图形学的内容十分丰富，技术方法也比较复杂。但是，无论多么复杂的图形，都是由点、线、矩形和圆等简单的图形所组成。掌握了处理这些简单图形的基本方法，再去处理比较复杂的图形，也就不成问题了。

本书还介绍开发一些由定位输入器和光标指示定位方式进行图形设计的方法，目的是为了实现图形编辑以方便用户。虽然可以借助C语言（如Turbo C）本身的图形函数来实现，但它们提供的函数还不能满足需要，必须增补一些绘图函数，尤其是图形窗口函数。这些函数编制的水平，将直接影响软件的运行速度。为了满足开发图形功能的需要，同时介绍制作自己的图形窗口工具函数的方法。

除键盘之外，微型计算机用得最多的输入设备就是鼠标。用鼠标选择某个这样的图像块，计算机就会做相应的操作。从图像块的图像上就可以想象出这个图像是代表什么操作，用不着像DOS命令似的去记忆。为此也以实例的形式介绍鼠标器的有关知识。

红花还需绿叶配。在我国，好的图形必须配以漂亮的汉字，所以如何处理汉字具有很大的实用价值。因此本书专门用一章介绍小汉字库、图形库、字串库和矢量字库的处理方法，希望对读者能有所启发。

本书共分八章。第一章是图形软件设计基础，第二章是图形基本算法，第三章是图形变换，第四章介绍图形函数，第五章讲述Turbo C图形编辑设计基础，第六章介绍制作图形窗口工具函数，第七章的设计实例介绍设计一个直接写屏的窗口系统、综合画图程序及鼠标画图，第八章是汉字处理。

在本书编写过程中，得到许多专家的帮助，在此向他们表示感谢，并向被引用资料的同行表示感谢。尤其是杜晓荣老师，在原著尚未出版之时即把校样稿提供给我们参考，使我们受益匪浅。

因为我们水平有限，错误在所难免，敬请批评指正。

作　者

目　录

第一章　图形软件设计基础

过去，计算机主要用于科学计算和数据处理，随着计算机应用范围的不断扩大，当前计算机已能在越来越多的领域内协助人们完成各种各样的工作。尤其是近年来计算机图形学的兴起和发展，为计算机应用领域开辟了更加广阔的前景。直观形象的图形界面正在成为软件发展的新潮流，将逐步取代传统的字符界面。现在，一些流行的商用软件，CAD 软件以及各种游戏软件等，其丰富多采，形象逼真的画面无不给人们留下难忘的印象。在经济管理、生产加工、医学研究以及艺术表现、电视广告等领域中，计算机图形学的作用日益重要。

C 语言不仅有高级语言那种能完成复杂处理和运算的能力，还具有汇编语言的特点。它可以直接控制显示屏幕等系统硬件，使用 C 语言开发各种图形软件是计算机图形学的主要手段之一。计算机图形学的内容十分丰富，技术方法也比较复杂，本书不可能对此作全面的介绍。但是，无论多么复杂的图形，都是由点、线、矩形和圆等简单的图形所组成。掌握了处理这些简单图形的基本方法，再去处理比较复杂的图形，也就不成问题了。

在当前广泛流行的 MicroSoft C 与 Turbo C 的较高版本中，都提供了丰富的图形软件包。它们不仅包含了绘制简单的基本图形，还包含了供开发图形软件所使用的开发工具。本章将以 Turbo C 2.0 为例，引入开发图形软件的基本知识，以及正文与图形方式的有关概念。

1.1　图形与显示器基础

图形与计算机系统硬件有着密切的联系。如显示器的工作方式有两种：一是正文方式，二是图形方式。要在屏幕上显示图形，就必须在图形方式中进行。计算机屏幕上所显示的图形是由像素组成的。不同的显示器所具有的像素个数是不同的。像素代表了显示器的分辨率。像素个数越多，显示器的分辨率也就越高，高分辨率显示器上显示的图像质量自然比低分辨率显示器上显示的图形质量要好，目前在微机上所配置的显示器分辨率有如下几种类型：

320×200
640×200
640×350
640×480
720×350
800×600
1024×768

320×200 的第一个数据（320）表示显屏幕水平方向所具有的像素个数；第二个数据（200）表示显示屏幕垂直方向所具有的像素个数，它表示显器的分辨率为：

320×200＝6400（个像素点）

显示器一定要和图形功能卡（又叫图形适配器）配套使用才能发挥它的图形功能。不同的图形功能卡有 CGA，EGA，VGA 等。

例如，CGA 支持两种工作方式，即中分辨率工作方式，像素点 320×200，同时可以显式 4 种颜色；高分辨率工作方式，像素点 640×200，同时显示 2 种颜色。因此，在 CGA 方式下，即使使用了高分辨率彩色显示器，如 800×600，1024×768，600×480 等，也用不到那么高的分辨率，同样，标准 EGA 支持 640×350 个像素点的工作方式，但若使用 640×200 的显示器则达不到 640×350 的效果。因此，图形的效果取决于硬件的配套。由于篇幅有限，有关图形适配器的硬件结构及技术性能就不详细介绍了，读者可参阅有关 CGA，EGA／VGA 方面的技术说明书。

1.1.1　CGA 彩色显示器

IBM 引入彩色显示器（CD）和彩色图形适配器（CGA）后，在个人计算机上建立了第一个重要的彩色标准。CGA 支持四种屏幕显示方式和八种彩色文本，显示器本身能够显示 16 种彩色。高分辨图形方式的分辨率是（640×200），每个点是白色或黑色。中分辨图形方式的分辨率是（320×200），每点有四种颜色。

1.1.2　EGA 增强型彩色显示器

EGA 显示器标志着彩色显示器的进一步改善，它的分辨率为（640×350），而且它提供了更多的彩色（64 种中的 16 种）。文本模式通过一个增强字符集来改善，这时一个字符单元是八个像素宽，14 个像素高，它提供的文本质量几乎与单色 MDA 文本的质量相匹敌，这时不会出现 CGA 中发生的屏幕闪烁问题。IBM 在 EGA 设计中，采用若干步骤以获取与 CGA 的向下兼容性。EGA 具有的操作模式，允许驱动彩色显示器并执行某些 CGA 软件。增强型彩色显示器是一种双频显示器，除了能在 EGA 分辨率（640×350）操作之外，EGA 能够与 CGA 连接并自动地在 CD 的分辨率（640×200）上操作。

1.1.3　VGA 彩色显示器

VGA 类似于 EGA，它扩展了 EGA 的功能并增加了更高的分辨率（640×480），颜色增加到了 256 种。但对程序员来说最大的变化或许是读／写寄存器的使用，VGA 用的是模拟（EGB）型显示器，而不像 EGA 用数字型显示器，同 EGA 一样，VGA 也支持最初的单色和 CGA 模式。

1.1.4　常用显示器的基本性能

常用显示器的基本性能如表 1.1 所示。

表 1.1　　常用显示器的基本性能

型　　号	年　代	分 辨 率	颜　色
CGA (Color Graphics Adapter)	1981	320×200 640×200	4 2
Herclus (Herclus Monochromegraphics Adapter)	1982	720×348	1

续表

型 号	年 代	分 辨 率	颜 色
EGA (Enhanced Graphics Adapter)	1984	640×200 640×350	16 16
VGA (Video Graphics Adapter)	1987	640×200 640×480	16 16

1.2 图形显示模式

1.2.1 图形模式

图形模式，是指整个屏幕按显示器的分辨率分成的点阵。CGA 可以是（640×200）或（320×200）的点阵，EGA 可以是（640×350）或（640×200）的点阵，VGA 可以是（640×480）或（640×200）点阵。对 VGA 而言，在图形模式中，左上角为（0，0），x 轴从左到右（0～639），y 轴是从上到下（0～479）。表 1.2 是 Turbo C 支持的图形模式。

表 1.2　　Turbo C 支持的图形模式

适 配 器	图 形 模 式	模 式 值	色 调	分 辨 率	页 数
CGA	CGA0	0	C0	320×200	1
	CGA1	1	C1	320×200	1
	CGA2	2	C2	320×200	1
	CGA3	3	C3	320×200	1
	CGAHI	4	2 色	640×320	1
MCGA	MCGA0	0	C0	320×200	1
	MCGA1	1	C1	320×200	1
	MCGA2	2	C2	320×200	1
	MCGA3	3	C3	320×200	1
	MCGAMED	4	2 色	640×200	1
	MCGAHI	5	2 色	640×480	1
EGA	EGAL0	0	16 色	640×200	4
	EGAHI	1	16 色	640×350	2
EGA64	EGA64LOI	0	16 色	640×200	1
	EGA644HI	1	4 色	640×350	1
EGAMON	EGAMONHI	3	2 色	640×350	1（卡中有 64K）
HERC	HERCMONHI	0	2 色	720×348	2
ATT400	ATT400C0	0	C0	320×200	1
	ATT400C1	1	C1	320×200	1
	ATT400C2	2	C2	320×200	1
	ATT400C3	3	C3	320×200	1
	ATT400MED	4	2 色	640×200	1
	ATT400HI	5	2 色	640×400	1

续表

适　配　器	图 形 模 式	模　式　值	色　调	分　辨　率	页　数
VGA	VGALO	0	16 色	640×200	4
	VGAMED	1		640×350	2
	VGAHI	2	16 色	640×350	1
			16 色		
PC3270	PC3270HI	0	2 色	720×350	1
IBM8514	IBM8514L0	0	256 色	640×480	2
IBM8514	IBM8514HI	1	256 色	1024×768	1

1.2.2　显示模式控制

在编写图形程序之前，必须把屏幕显示适配器设置在某一种图形模式，未经定义的情况下，Turbo C 语言所有图形函数都不能正常地进行工作。若要将屏幕显示适配器设置为图形模式，必须首先使用显示模式控制函数 initgraph( )。

Turbo C 常用图形适配器符号常数及数值的规定见表 1.3。

表 1.3　　Turbo C 常用图形适配器符号常数及数值的规定

符号常数	数值	意　　义
DETECT	0	根据硬件测试结果自动装入相应适配器
CGA	1	CGA 显示器
MCGA	2	Multi Color Graphics Adapter 显示器
EGA	3	EGA 显示器
EGA64	4	EGA64 显示器
EGAMONO	5	EGA 显示器
IBM8514	6	IBM8514 显示器
HERCMONO	7	Herclus 显示器
ATT40	8	ATT40 行图形显示器
VGA	9	VGA 显示器
PC3270	10	PC3270 显示器

1.3　颜色与调色板

1.3.1　颜色的设置

Turbo C 的颜色设置函数有两个，一个是 setbkcolor( )函数，它设置图形背景的颜色（默认为 0，即黑色），另一个是 setcolor( )函数，用以规定画笔的颜色。

表 1.4　　Turbo C 屏幕颜色常数符号及数值的设置

	CGA（用作背景色）		EGA-VGA	
颜 色	符 号 名	值	符 号 名	值
黑	BLACK	0	EGA-BLACK	0
兰	BLUE	1	EGA-BLUE	1
绿	GREEN	2	EGA-GREEN	2
青	CYAN	3	EGA-CYAN	3
红	RED	4	EGA-RED	4
洋红	MAGENTA	5	EGA-MAGENTA	5
棕	BROWN	6	EGA-BROWN	20
浅灰	LIGHTGRAY	7	EGA-LIGHTGRAY	7
深灰	DARKGRAY	8	EGA-DARKGARY	56
浅兰	LIGHTBLUE	9	EGA-LIGHTBLUE	57
浅绿	LIGHTGREEN	10	EGA-LIGHTGREEN	58
浅青	LIGHTCYAN	11	EGA-LIGHTCYAN	59
浅红	LIGHTRED	12	EGA-LIGHTRED	60
浅洋红	LIGHTMAGENTA	13	EGA-LIGHTMAGENTA	61
黄	YELLOW	14	EGA-YELLOW	62
白	WHITE	15	EGA-WHITE	63

Turbo C 屏幕颜色常数符号及数值的设置见表 1.4。

设置背景色函数 setbkcolor( ) 的格式如下：

```
void far Setbkcolor (int color);
```

在图形程序设计中，人们总想随时改变背景颜色，来满足用户对屏幕界面所提出的要求，表 1.5 是背景颜色值表。

Color 必须是表 1.5 中的值之一。

表 1.5　　Color 值表

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

1.3.2 调色板设置

CGA 图形模式给了四块调色板，每块板上有四种颜色可供选择，颜色值从 0～3，0 总是背景色。调色板的值也是从 0～3，要想选择某种调色板，就要设置调色参数 CGACX，这里 X 为调色板的参数值。表 1.6 是 CGA 调色板值表。

表 1.6　　调 色 板 值 表

调色版数值	颜　色　值			
	0	1	2	3
0	背景	绿	红	黄
1	背景	青	洋红	白
2	背景	浅绿	浅红	黄
3	背景	浅青	浅洋红	白

下面这段程序将图形系统定为 CGA 调色板四种中的一种，等效于 BIOS 图形模式四。

```
#include< graphisc.h >
int driver, mode;
driver = CGA;
mode = CGACO;
initgraph(&driver, &mode, " " );
```

EGA 和 VGA 图形模式，一个调色板可以有 16 种颜色，它们是从 64 种或 256 种颜色中选出来的，可以用 Setpalette( )函数设置某一种颜色为 16 种颜色中的一种。

如果要在 EGA 或 VGA 的调色板上设置所有颜色值，请用 setallpalette( )函数。

Setpalette( )函数改变调色板的格式为:

```
Void far setpalette(int index,  int color);
```

下面用 Setpalette 函数设置颜色，5 代表青色。

```
setpalette(5, EGA_CYAN);
```

当要在 EGA／VGA 的调色板上设置所有颜色值时，用函数 setallpaette( )更容易做到，该函数的格式为:

```
void far setallpaette(struct palettetype far * pal);
```

palettetype 结构定义为:

```
struct palettetype
    {
    unsigned char size;
    signed char colors[16];
};
```

必须把 size 设置为调色板中颜色的数目，然后把颜色指数都装入其 colors 数组的相应元素中。

下面的程序把 16 色的 EGA／VGA 图形卡调色板改为前 16 种颜色。

```
struct palettetype p;
    int i
```

```
for (i=0;i< 16;i++) p.colors[i]=i;
p.size=16
setallpalette(&p);
```

1.4　坐标和绘图元素

用计算机绘制图形，人们可能首先关心的是怎样确定屏幕显示面上点的位置，为了说明点的位置，就要有一个坐标系统。在图形开发中，人们常常使用笛卡尔坐标系统（直角坐标系）。笛卡尔坐标系统提供了一种表示点的方法，它把线区划分成许多网格，就像一张街道图一样，这些网格有两根轴线；水平方向的是 x 轴，垂直方向的是 y 轴，两根轴作为坐标线，它们的交点称为原点，记为（0，0）。

图 1.1 是笛卡尔坐标系统示意图。

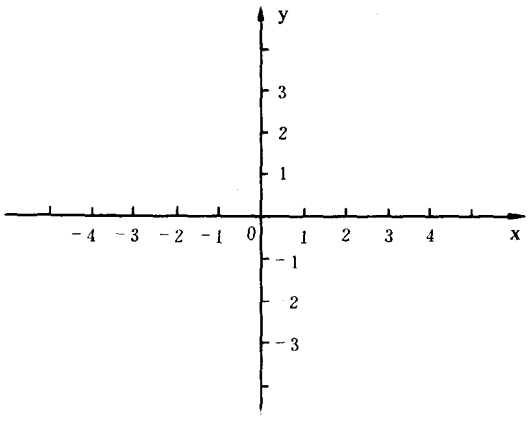


图 1.1　笛卡尔坐标系统

1.4.1　笛卡尔坐标与屏幕坐标的转换

笛卡尔坐标的原点（0，0）是中心位置，屏幕上的坐标并不是笛卡尔坐标，计算机使用的图形坐标是屏幕坐标系统，即只包含一个象限，所以（0，0）是在屏幕的左上角。

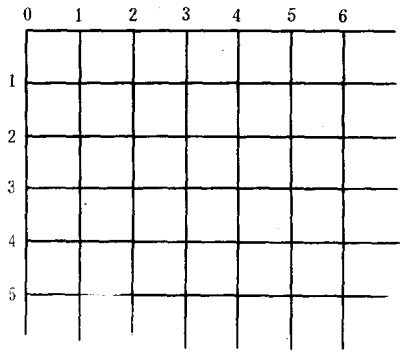


图 1.2　屏幕坐标系统

把笛卡尔坐标转换为屏幕坐标的公式相当简单，x 坐标加上屏幕宽度的一半，并且用屏幕高度的一半减 y 坐标，就转换成了屏幕坐标。

CGA 显示器为例:

屏幕（X，Y）＝（X 笛卡尔+maxxres／2，maxyres／2−Y 笛卡尔）。

高分辨率图形方式，maxxres＝640，maxyres＝200。

中分辨率图形方式，maxxres＝320，maxyres＝200。

1.4.2　绘图元素

在一个坐标系统中绘制图形，人们不但要了解它的坐标，还要了解它的绘图元素。如点、直线、圆、曲线等其它基本的图形元素，在使用计算机绘图时，需要一些特殊的考虑。

1. 点

在几何学中，点没有维数也没有大小，它只是表示了坐标系统中的一个位置。在图形系统中，点是由数值坐标表示的，在二维图形系统中，一个点可由两个数值组成的坐标表示，在三维图形系统中，一个点则需要由三个数值组成的坐标表示。在两维图形系统中，点的位置包括的两个数值，通常用 x 和 y 表示，水平地给出 x 方向，正数表示在原点右方，垂直地绘制 y 方向，正数表示在原点的上方。我们把点看作是具有最小长度的直线，它没用算法，只有位置。

画点的函数能自动地改变在显示表面上像素的颜色。仅仅是从这种意义上讲，它们是在画点。按本章的算法，点是没用维数的。

使用点的坐标来绘制直线、曲线及填充，可以有许多种算法。本章介绍的几种算法，均给出其基本原理和工作过程。

2. 位置

将点想象成为没有维数的位置会自动地解决图形程序设计中的许多问题。如果将直线的端点看成直线的一部分，处理直线的算法将很难设计。如果能以不同方式处理端点，或甚至忽略掉端点，则以前是极难解决的问题将会变得容易得多。在本章的后边，将会看到这种概念在填充算法中的实现，以避免在光笔状态的混乱。

3. 像素

像素这个词来自“图像元素”。一个像素不是一个点。像素是永远存在的，它只有颜色上的变化。像素位于显示表面上，均匀地按行覆盖显示表面。像点一样，像素也有坐标。这就是经常有人把像素错误地当成点的原因。画点函数不是绘制点本身，它实际上是选择出距该点最近的像素。将像素和点区分开能够帮助我们清楚地区分实数世界中的信息和显示世界中的信息。

看一个数字式的显示表面与透过一有网格状透镜的玻璃看物体表面一样。这样的玻璃放近一幅图像时，将图像分解成一个带色棋盘一样的方格图案。随镜头的规格不同，看到的图案可以是精细的或粗糙的，容易识别的或难以识别的，具有意义的或无意义的。像素就是以这种方式描绘现实世界的。它们仅仅给出了现实世界的大致景象。

4. 直线

在几何学中直线被定义为两个点之间的最短距离。直线是一维的，即它们具有长度但没有其它的维。通常直线是图形学的第一个对象，图形学对象是具有任意的维数并称之为在图形学中存在的物体。当画一条直线时，是对一系列计算出来并与该线靠近的像素绘制。画点