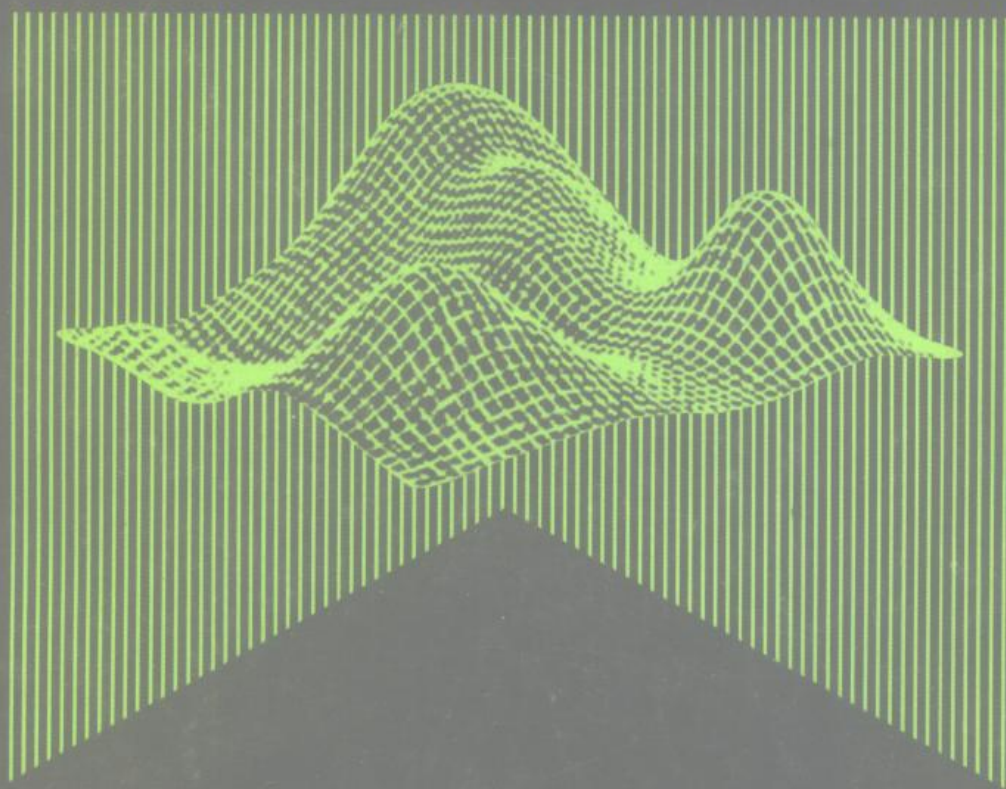


JISUANJI

计算机图形学

范幸义 编著

JISUANJI TUXINGXUE



重庆大学出版社

TP391.4

432892

F14

计算机图形学



重庆大学出版社

内 容 简 介

本书既是一本工程技术书籍,也是一本计算机图形处理技术的教材。

本书详细讲述了计算机图形学的基本概念、基本方法以及图形程序编制原理和编程技巧。主要内容有:计算机处理图形的硬件、软件,图形生成算法,图形生成技术,字符生成技术,计算机图形表示方法,图形基本算法,图形变换,图形消隐处理技术。

本书还给出了C语言与Auto CAD接口图形库,故也是一本“计算机图形学”与“CAD”接口的专业书。

本书适于非计算机专业的本科生、研究生作“计算机图形学”课程教材,也可作计算机图形学专业人员和CAD专业人员的必修教材。



JS225/27

计算机图形学

范幸义 编著

责任编辑 李长惠

*

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆建筑大学印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:10.75 字数:268千

1997年3月第1版 1997年3月第1次印刷

印数:1—4000

ISBN 7-5624-1460-2/TP·141 定价:13.00元

(川)新登字020号

前言

计算机图形学是近年发展起来的计算机新兴学科,它所研究的领域非常深入而广泛,且涉及到一些新的研究方法 with 理论。其特点是利用计算机来生成图形与处理图形。关于“图形”一词的概念,传统观念认为图形泛指利用数学描述方法建立的几何形体,也就是几何图形。但是,计算机图形学早已超越了这个概念。计算机处理的“图形”包括 Image(图像)、Picture(图画)和 Scene(景物)以及一切几何形体。计算机图形学研究图形生成算法、处理算法、显示算法以及输出算法。特别是新的计算机与新的图形输入输出设备的出现,诸如彩色喷墨绘图机、热生化打印机、热生化彩色绘图机的出现,更促使计算机图形学有了新的发展;586 微机、多媒体微机的出现,给图形处理在速度上带来了飞跃。因此,计算机图形学中的图形处理更是发展迅猛。

计算机图形学是一门新兴边缘学科,目前有关的专著与教材很少,适用于建筑结构工程需要和工民建专业及其相关专业的计算机图形学教材更是缺乏。为了满足教学需要,让学生受到计算机图形处理技术方面的良好训练,特在本校使用了五年的《计算机图形学》讲义的基础上改编而成本教材出版。本教材适于工民建专业及相关专业本科生、研究生使用,也可供相关专业技术人员参考。

要学好计算机图形学的知识,图形程序设计是一个重要的内容。作为计算机图形程序设计的图形支撑,本教材选用 Turbo C 语言及其图形函数作为计算机图形学中图形程序设计的基础。因此,学习本书应在 Turbo C 语言及程序设计的训练基础上进行。没有接触过 C 语言的学生,学习本书之前,可加学 C 语言与程序设计。

教材中给出了一百多个 Turbo C 绘图程序,其内容与计算机图形学中的相关内容配套。为了更好地处理图形,本教材还给出了 C 语言与 Auto CAD DXF 文件接口图形库,图形库中编制了 75 个绘图 C 语言子程序函数,使学生能利用这些现有的图形库来设计编制实用的绘图程序。教材中的程序全部都在 486、586 微机上调试通过,并配有专门的程序演示软件,供读者参考学习。本书中的所有插图均由计算机绘制。

本教材讲授 40 学时,上机不得少于 30 学时。没有学习过 C 语言的读者,可补 15 学时以上的 C 语言与程序设计课程。为巩固知识内容,本书各章配有习题。

由于计算机图形学是一门新兴学科,也是一个新的计算机领域,有的研究方法还没有定论,新的图形算法还在不断涌现,故本教材疏漏和错误之处在所难免,请读者批评指正。

本书的程序设计的部分程序上机调试工作,由王爱英完成。王爱英还对 C 语言 DXF 接口图形库中的函数子程序作了 FORTRAN 语言的反移置工作(由 FORTRAN 程序移置成 C 语言程序)。对此,作者谨向王爱英表示衷心的感谢。

作者

1996 年 12 月

目 录

第一章 计算机图形学的形成与发展	1
第一节 计算机显示技术与计算机图形.....	1
第二节 计算机图形学的应用领域.....	1
第三节 计算机图形学的研究内容.....	3
习题一.....	4
第二章 图形输入输出设备	5
第一节 图形输入设备.....	5
第二节 图形输出设备.....	6
习题二.....	8
第三章 绘图计算机软件	10
第一节 用机器语言设计绘图软件	10
第二节 用高级语言控制绘图设备绘图的软件	10
第三节 利用高级语言本身的作图语句绘图	12
第四节 高级绘图软件——交互式绘图系统	23
习题三	24
第四章 图形的生成技术	25
第一节 直线段的点生成算法	25
第二节 圆弧的点生成算法	29
第三节 椭圆弧的生成算法	31
第四节 字符生成	32
习题四	35
第五章 图形的表示与数据结构	37
第一节 图形的数学表示	37
第二节 图形数据结构	53
习题五	59
第六章 拟合问题	62
第一节 曲线拟合	62
第二节 曲面拟合	80
习题六	88

第七章 图形变换	90
第一节 二维图形变换	90
第二节 齐次坐标	103
第三节 三维线性变换	106
第四节 投影变换	108
第五节 透视变换	120
习题七	127
第八章 图形算法基础	128
第一节 交点计算	128
第二节 交线计算	132
第三节 消隐处理	136
习题八	149
第九章 实用绘图程序设计	150
第一节 高级绘图软件接口技术	150
第二节 Turbo C 接口程序 DXF 文件图形库	151
第三节 C 语言实用接口绘图程序设计	154
习题九	160
参考文献	163

第一章 计算机图形学的形成与发展

第一节 计算机显示技术与计算机图形

计算机出现的初级阶段至二三十年前还没有计算机图形学这门学科。随着计算机的发展,特别是显示技术的发展,高分辨显示技术的出现,计算机图形处理技术也随之发展起来。

因此,计算机图形是指计算机处理几何数据、数学方程以及能显示、绘制出相应的图形,但不少学者近段时期认为;计算机图形学应该指计算机处理图像(Image),图画(Picture)和景物(Scene)的学科。

计算机图形处理技术,主要依靠其显示设备,其先进的显示技术是阴极射线管显示(CRT)发明之后迅速发展起来的。CRT 好似一枝神奇的画笔,能够在屏幕上画出人们看不见的各种电信号波形。比如示波器上的正弦、余弦波形。随着电子技术的进步,用计算机控制、处理、显示图形也随之发展起来。

1950 年出现了第一台图形显示器作为美国麻省理工学院旋风 1 号(Whirl wind)计算机的显示设备。

1958 年美国 CALCOMP 公司由联机的数字记录仪发展成滚筒式绘图仪,这给计算机图形输出带来了可靠的保证。

1962 年美国麻省理工学院林肯实验室的 Ivan E. Sutherland 发表了一篇题为《Sketchpad: 一个人机通讯的图形系统》的博士论文,他在论文中首次使用了“Computer Graphics”这个语言,证明了交互式计算机图形学是一个可行、有用的研究领域,从而形成了计算机图形学这个新的科学分支和技术领域。

70 年代中期,随着廉价的固体电路缓冲存储器的出现,可以提供大空间缓冲存储器,从而为计算机图形的形式、存储以及输出都提供了良好的硬件设备。随着高分辨彩色显示技术的发展,近段时期出现了高分辨彩色显示器,为计算机图形显示提供了高清晰、高速度的显示设备。这给计算机图形学的发展带来了更快更先进的技术条件。

在显示技术不断发展的同时,不同的图形输出输入设备也相应发展起来。诸如电磁笔、光笔、数字化仪、鼠标器、图形输入系统以及平面坐标绘图仪、滚筒式绘图仪、喷墨式绘图仪的出现,计算机图形学也迅速发展起来了。随着计算机的不断发展,各种计算机绘图软件也相应出现,标志着计算机图形学这门学科已经较成熟了。

第二节 计算机图形学的应用领域

计算机图形学是一门新兴边缘学科,它的研究对象、研究目标与研究方法都是较深入广泛的领域,而这些目标与方法有的至今未下定论。但作为一种新兴计算机图形处理技术,其应用领域也是相当广泛的。

1. 过程监控

各种实时过程、物理过程、函数过程都可以应用计算机图形学的知识加以模拟,使之图形化并可随时用图形来实现过程。例如火箭发射过程,可以用曲线来模拟其飞行轨迹,同时不断修正参数,使火箭飞行过程逼真地用曲线反映出来。

2. 情报资料的检索、处理

各种情报资料的数据,可以建立计算机数据库,同时也可以应用计算机图形来反映数据关系,对资料进行检索、处理。也可以对实验数据加以处理,使之图形化。例如心电图、脑电图,应用计算机图形学可以进行图形放大、旋转等处理,及时发现病变部位,即时治疗。

3. 计算机绘图

计算机绘图可以使用各种高级绘图软件及利用键盘、鼠标器等有效设备随心所欲地绘制各种图形,包括人像、艺术作品、花边图案、机械、建筑工程图等。各种施工图纸也可以直接用计算机绘出。

4. 计算机辅助设计(CAD)

计算机辅助设计是一个十分广泛的应用领域,而计算机绘图实际上是计算机辅助设计的一个方面。计算机辅助设计广泛应用于飞机、汽车、船舶、电子线路等设计中。相应在近段时期内出现了飞机、汽车外形 CAD,也出现了结构方面的机械结构、建筑桥梁结构等 CAD;同时,计算机辅助线路、管道、电路、逻辑设计等 CAD 也在工程中应用。

5. 计算机辅助教学(CAI)

计算机图形学应用于辅助教学越来越受到教学单位的重视。在几何、物理、化学、数学的教学中,利用计算机图像可以清楚生动地表现数学曲线、几何曲面的形成;动力学中各种动力分析能用计算机图形来模拟;物理学中的光学、力学、电子学中的实验过程也能用计算机图形来表现。因此,在近段时期内,计算机辅助教学的发展也越来越快,在各科辅助教学中,计算机图形学正在发挥巨大的作用。

6. 计算机模拟与仿真

计算机模拟各种声音、景物、过程是非常生动逼真的。例如,飞行员在地面计算机模拟舱内,可以清楚地看到计算机模拟由显示屏显示的各种飞行景象,并且随着操纵杆的动作能够改变飞行外景,使飞行员有空中飞行的良好真实感觉。在制造火箭、导弹的过程中,对于一种新型的火箭、导弹必须进行实验,而没有把握的实弹飞行会浪费大量的资金,但用计算机图形来模拟飞行,却可以真实地反映导弹飞行轨迹,并且精确计算飞行的各种参数。当模拟飞行曲线与飞行理论轨迹的误差小于允许值时,才进行实弹飞行,达到发射一次成功。

7. 计算机艺术创作

利用计算机图形学可以进行艺术创作,这里包括美术、书法、图案、花边、工艺美术等艺术

图形。目前,计算机艺术创作作品构思新颖,流派各一。例如,传统的木刻、书法、国画、油画、工艺绘画等作品都可以由计算机创作出来。

8. 计算机动画艺术创作

计算机图形学的出现,给绘图艺术也带来了生机,各种动画片现在都可以由计算机来制作。由于计算机的速度快、存储量大,因此,一部动画片实际上可以由计算机制作出来。由于显示速度很快且能控制,所以完全可以和电影、电视、动画片比美。

80年代后期,计算机图形在电影、电视特写、特技设计中得到了充分的发挥,各种画面的编辑、合成都由计算机来完成,使过去无法摄制的过程都得到了充分的解决。从而使计算机动画技术也得到了相应的发展。

第三节 计算机图形学的研究内容

计算机图形学的研究内容是一门新兴的边缘科学,有它独立的研究方法以及研究对象,虽然它的有些方法及研究对象的定义没有下定论,但这是一门有深远意义而且实用的学科。

1. 图形的描述

计算机图形学,从感性上看是研究计算机图形的。那什么是图形呢?从实际形成来看,把下面的这些称为图形:

- ①人类眼睛所看到的景物;
- ②用摄像机、摄影机等设备所得到的照片、图片;
- ③用绘图机或者绘图工具绘制的工程图、设计图、方框图、工艺流程图;
- ④各种人工美术绘图、雕塑品、工艺制品;
- ⑤由数学方法所描述形成的几何图形、曲线、曲面。

简单地看,人们只把由数学方法得到的图形才称为图形,而把其他的叫物,但计算机处理图形早已超过了仅仅限于图与形的概念。但总体来看,图形实际上是数学点、线、面、体的描述。因此,计算机图形学中所谓的图形,可以这样定义,图形学中的图形是从客观世界的物体抽象出来的带有灰度或色彩以及形状的图或者形。

计算机处理图形一般采用两种方法:

(1)点阵法 是有灰度或色彩的点阵来组成图形的一种方法,它强调由哪些点来构成图形,并有色彩或灰度。例如,通常用二维点阵 $P_{ij}(x_i, y_i)$ 来表示图形,其中 (x_i, y_i) 表示图形上的点, P_{ij} 表示该点的灰度或色彩。

(2)参数法 是以计算机中所记录图形的形状参数与属性参数来表示图形的一种方法,形态参数可以是描述其形状的方程的系数、线段的始点、终点坐标值等;属性参数则包括灰度、色彩、线型、字型等非几何属性。

因此,我们常常把参数法描述的图形叫做参数图(称为图形),而把点阵法描述的图形叫做像素图(称为图像)。

2. 计算机图形学的研究内容

在明确了解计算机图形学研究的对象“图形”的概念之后,则可以简单地说,计算机图形学

的研究任务是如何利用计算机来处理图形。因此,它是研究计算机图形处理系统的基础。计算机图形学研究下列内容:

(1)图形的输入 研究如何把需要处理的图形输入到计算机内,以便让计算机进行各种处理。

(2)图形的生成、显示、输出 研究如何用计算机处理图形,描述图形的方法来生成图形数据,以及怎样在计算机的 CRT 上显示图形,在打印机、绘图机上输出图形。

(3)图形的变换 研究如何对计算机图形进行几何变换、投影变换、开窗变换以及色彩灰度变换。也就是对几何与非几何性质作图形变换。

(4)图形编辑 研究如何用计算机对图形进行组合、分解、插入、裁剪等技术以及从集合观点、几何拓扑观点来研究图形的和、差、交等运算。

可以简单地说,计算机图形学主要研究如何使用适当的硬件来实现图形处理功能,如何设计好的图形软件,图形处理所需要的数学模型以及数学方法与算法,如何解决实际应用中的图形处理问题。

习 题 一

1-1 计算机图形学能在哪些领域内应用?

1-2 计算机图形学研究的对象是什么?

1-3 计算机图形学研究的内容是什么?

第二章 图形输入输出设备

计算机图形学主要是研究利用计算机处理图形的科学,本章主要讨论图形输入输出设备的功能、原理以及使用方法。

第一节 图形输入设备

1. 数字图形输入板(数字化仪)

数字化图形输入板是图形输入的一个重要设备,其主要作用是把图形上的点,以坐标数字形式输入计算机。

数字化图形输入板由两部分组成,一部分是坐标接口板;一部分是鼠标器。形式见图 2-1 所示:

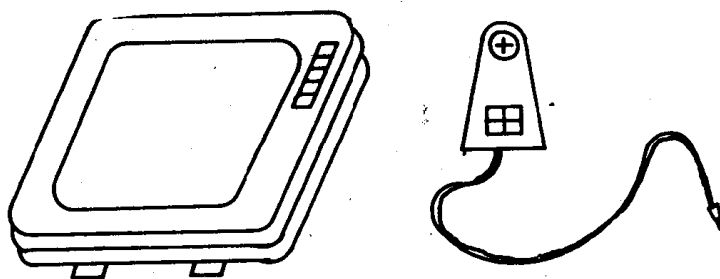


图 2-1 数字化仪

数字化图形输入板上一般有四个按键控制数字化板的工作状态。第一个键为总清键 RESET。第二个键为点模式输入键 POINT,此键按下,表示数字化仪每次输入一点的坐标。此时如果把鼠标器接好后放在数字化仪上按下鼠标器上的数据采集键,则板上点的相应坐标(x , y)被输入计算机;第三个键为 SWITCH,第四个键为 STREAM,这两个键的主要功能是连续采集数据,若按 SWITCH 键,表示鼠标器上的采集键可连续采集(指连续按下鼠标器采集键),当放开鼠标器上的采集键则停止采集数据;当按下 STREAM 键表示连续自动采集数据,此时只要鼠标器在数字化仪板上,不管是否按下采集键,都将连续采集点的坐标值。

数字化图形输入板与主机计算机接口中通讯方式可以串行或并行,数据传递方式串行以 ASCII 码方式;并行以 BCD 码方式。以串行 ASCII 码为例,每一个点(x , y)向主机发送 15 个字节的数据。

CB	X	X	X	X	X	±	Y	Y	Y	Y	Y	±	CR
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

其中:CB——特征码;

X、Y—— x 、 y 坐标值;

±——正负号；

CR——点数据间隔码。

常用的数字化仪：

美国产 CALOMP 2300 系列数字化仪

型号:23180305×457mm

型号:23240457×610mm

HIPAD 数字化仪 610×850mm

2. 功能键盘

功能键盘除了作为计算机的输入设备以外,在图形输入中也起到了重要作用,因为图形上点的坐标值可以直接由键盘输入计算机。

3. 图形输入系统

图形输入系统是一套组合式图形输入装置,它的特点是在很短的时间内可以把一定范围内的整个图形输入计算机。它是由摄像机、光电处理机采取图形数据,然后通过接口机把数据送入计算机。图形输入系统见图 2-2 所示。

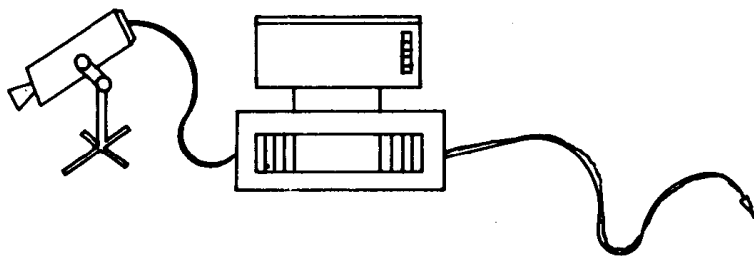


图 2-2 图形输入系统

第二节 图形输出设备

1. 图形显示器(CRT)

图形显示器一般指计算机的终端显示器,既可以显示符号,也能显示色点(图形)。其基本原理是 CRT 技术——阴极射线显示管。

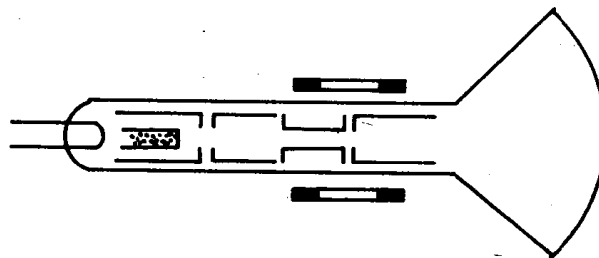


图 2-3 阴极射线管(CRT)结构示意图

从 CRT 技术特性来看,显示器可分为三类,一类是随机扫描图形显示器;一类是存储式图形显示器,再一类是光栅扫描式图形显示器。阴极射线管如图 2-3 所示。

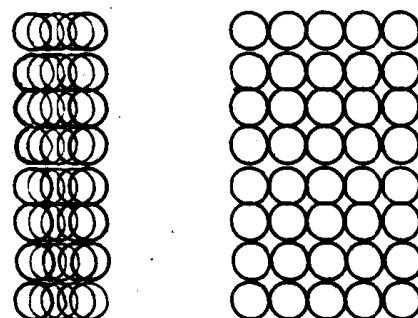
图形显示器的功能主要是由计算机控制把图形显示在屏幕上。

2. 打印机

各种打印机可以用来作为图形的输出设备。各种打印机的打印针能单独控制,并且能控制打印力度。因此,可以作灰度打印;也能作点的色素打印。例如 9 针打印机可打印如图 2-4 点阵:

打印机有多种形式,目前常用的打印机有点阵式打印机、激光打印机、喷墨式打印机、彩色打印机、汉字库打印机等。就点阵式打印机而言有 9 针及 24 针两种。目前微机图形的打印一般采用 24 针点阵式打印机和激光打印机。

用点阵式打印机打印图像,主要依照不同的灰度等级来实现。例如以 9 针打印机为例,如果用打印机上的若干个点来表示,比如用 $3 \times 3 = 9$ 个点来表示一个元素,9 个点全打印,这个元素就最黑;全不打,这个元素就最亮。用 1~8 个点就表现了这个元素的不同灰度。如果再采用点的加密打印技术,侧像素的灰度等级可以提高。因此,8 个点大致可以分出 20 级灰度,其灰度描述如图 2-5:



加密前的点阵 加密后的点阵
图 2-4 9 针打印机打印点阵

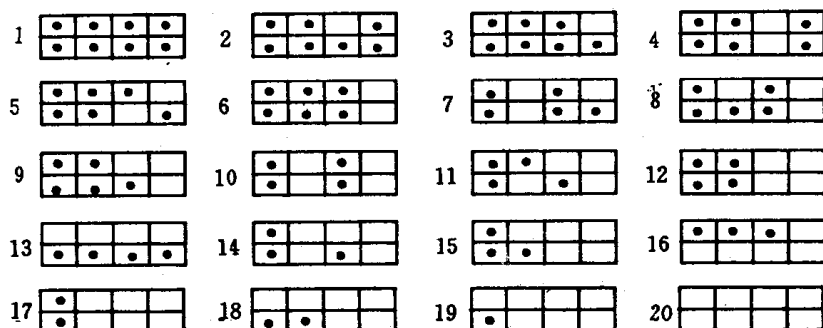


图 2-5 双密度点阵形式的灰度级
点阵打印机的外形如图 2-6 所示。

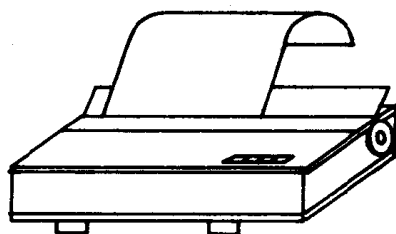


图 2-6 点阵式打印机

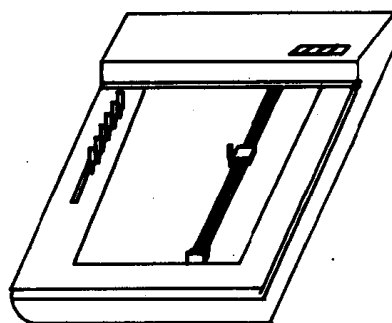


图 2-7 平板坐标绘图仪

3. 绘图仪

绘图仪是计算机图形输出的主要设备,主要用于输出曲线、工程图、零件图、装配图等大型图形。

绘图仪由工作方式不同可以分为两类。一类是笔式绘图仪,工作时由绘图笔在纸上绘出图形;一类是静电喷墨式绘图仪,在特殊的感应纸上,由产生静电控制喷墨针而绘出图形。

(1)平板式坐标笔式绘图仪 具有人工智能,内部装有 CPU 和一定的绘图程序,可以作一些智能工作。它的工作方式是笔架可以水平与垂直运动,因此笔架上的笔可以运动到坐标下的任一点。并可以根据程序自动换取各种不同颜色的绘图笔。平板式坐标绘图仪见图 2-7 所示。

由于绘图仪内部带有 CPU,并存储了一些绘图命令程序,只要用计算机启动这些命令就可以绘制图形。例如 SR-6602 平板绘图仪有以下常用绘图命令:

IN——初始化命令;

AP——绝对坐标移笔命令;

AC——圆弧、圆命令;

LT——设定线型命令;

DS——设定线型尺寸命令。

只要用计算机程序控制这些命令就可以绘图。

(2)滚筒式绘图仪 笔式绘图仪,其工作原理是纸作垂直运动,笔架作水平运动,因此笔架上的笔可以到达坐标下的任一点位置。

滚筒式绘图仪内部也带有 CPU,因此,它也是一种人工智能绘图仪,也有一系列的绘图命令,只要用计算机控制这些绘图命令,就可以在绘图仪上自动绘出图形来。滚筒式绘图仪的形式见图 2-8 所示。

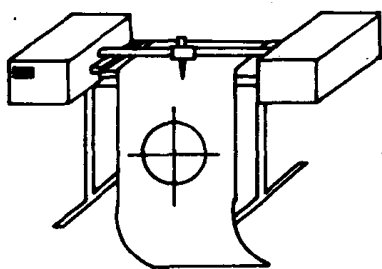


图 2-8 滚筒式绘图仪

(3)静电绘图仪 采用静电喷墨方式工作,由图形信息控制静电的产生,从而控制针管喷墨,但必须使用特殊的绘图纸。

静电绘图仪工作稳定,坐标精度高,绘图速度是目前世界上绘图设备最快的一种绘图设备,但由于采用特殊静电绘图纸,因此,价格较高,成本较高。

以上介绍的各种图形输入输出设备,都是计算机图形学这门学科所必需的硬件机器设备,也是计算机图形学所必需的机器设备条件。由于电子、人工智能技术的更快发展,各种更为先进的图形输入输出设备正在问世,例如语音图形输入装置正在实验和逐步走向实用的过程中被研制出来;高级影视静电图形输出设备也正在研制。这些高级图形输入输出设备的研制成功,将为计算机图形学的发展带来更大的动力。

习 题 二

2-1 计算机图形输入设备有哪些?

2-2 计算机图形输出设备有哪些?

2-3 你见过哪些计算机图形输入输出设备?

2-4 你使用过哪些计算机图形输入输出设备?

2-5 你认为哪种图形输入设备最好?

2-6 你认为哪种图形输出设备最好?

第三章 绘图计算机软件

计算机图形学中的计算机绘图软件的研制是一个非常重要的问题,可以说也是计算机图形学的主要支柱,本章学习计算机图形中各种绘图软件的设计原理及设计方法。

第一节 用机器语言设计绘图软件

各种计算机中的 CPU,都有特定的机器语言指令系统,用机器语言直接编制绘图程序,可达到绘图速度快的效果,特别是在图形覆盖、动画设计中经常采用。目前各种计算机上自带的游戏盘中的游戏程序,绝大部分是用机器语言编制的。

由于机器语言执行速度快,因而成图速度也极快,图形覆盖速度也极快,因此有很好的“动画”效果。计算机模拟过程中的图形模拟,也常常采用机器语言来编制程序。但机器语言限制很大,只能在某种特定的 CPU 上用自己的机器语言指令,没有良好的可读性和通用性,非计算机专业人员难以掌握,也不利于初学者学习。因此,一般的初学者都不采用机器语言编制图形软件。

第二节 用高级语言控制绘图设备绘图的软件

前面已经介绍了各种图形输出设备,而大部分绘图设备本身带有 CPU,也带有存储器,已经存储了设备自身的各种绘图命令。只要利用各种高级语言来编制直接控制绘图设备命令的软件,就能使绘图设备绘制各种图形,这种软件设计较直观,主要利用了绘图设备自身的绘图命令。因此,设计这类绘图软件,要对某种绘图设备本身的绘图命令较为熟悉才能编制程序。

例如 SR-6602 有以下绘图命令:

IN——初始化;

AP——移笔;

AC——画弧画圆;

CT——设定线型尺寸。

又知道 SR-6602 平板坐标绘图仪可以连接在 APPLE I 机上,现在利用 APPLE I DOS 3.3 系统下的 BASIC 语言来编制绘出如图 3-1 图形的程序。

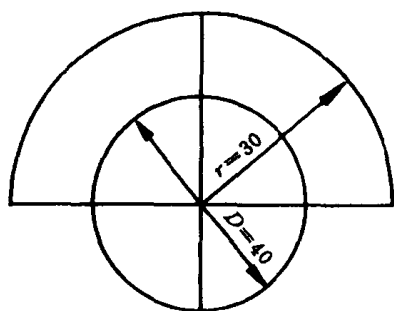


图 3-1

利用 BASIC 语言编写绘制图 3-1 的源程序如下:

```
10 INPUT "XO,YO=";XO,YO
20 PR #1;PRINT"IN"
30 PRINT"AP;","XO * 10","YO * 10","-3"
130 P1=0:P2=70:P3=30
135 P4=P3:P5=180:P6=0
```

```

136   GOSUB 100
140   P3=20:P4=P3:P5=0:P6=360:GOSUB 1000
150   END
1000  PRINT "AG?";"10 * P1","10 * P2","10 * P3","10 * P4","P5","P6"
1010  RETURN

```

程序第 10 行,从键盘上读入绘图原点坐标(XO,YO)值;第 20 行接通 SR-6602 绘图仪并初始化;第 30 行把笔移动到原点(XO,YO),准备画图;130-136 先给出画圆弧命令中的六个参数:

P1、P2——圆心相对原点绝对坐标;

P3、P4——圆弧起点;

P5、P6——圆弧终点。

然后调用 1000 子程序绘制大圆弧。第 140 行重新给出参数,调用 1000 子程序绘制小圆。

以上程序可以看出,是在程序中直接启动 SP-6602 本身的绘图命令来画图。如果利用另外的绘图仪。则在程序中必须启动另外的绘图命令。

又例如美国 H/P 公司产 DMP-42 滚筒式绘图仪。其自身带有如下一些绘图命令:

V_n ——设置绘图速度;

$A_{x,y}$ ——无条件笔定位于 x,y 点;

$P_{x,y}$ ——相对位置笔定位于 x,y 点;

n_x,n_y ——移动到指定坐标点;

P_n ——新的笔号;

L_n ——线型;

$CC_{x,y,r}$ ——画圆, x,y 为圆心, r 为半径;

$CA_{x,y,d}$ ——画弧, x,y 为圆心, d 为弧度。

把 DMP-42 绘图仪与 IBM-PC/XT 计算机联机用 IBM-PC/XT DOS 系统,BASICA 语言可以编写控制 DMP-42 绘图仪的绘图程序:

```

10  LPRINT ";;AHP1200,2000"
20  FOR X=10 TO 500 STEP 10
30  LPRINT "CC";X;" ,100,100"
40  NEXT
50  END

```

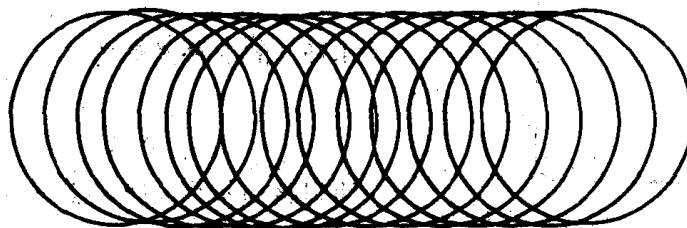


图 3-2