



面向 21 世纪 课程教材  
Textbook Series for 21st Century

# 计算机绘图

陆润民 李学志 编著



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

面向 21 世纪 课程教材  
Textbook Series for 21st Century

# 计算机绘图

陆润民 李学志 编著



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

## 内容简介

计算机绘图作为一种成熟的、必须掌握的技术,已摆在每个工程技术人员的面前,本教材就是学习计算机绘图技术的良师益友。

全书分程序绘图和交互绘图两部分。主要内容有:C 语言程序,图形数据结构,图形变换,绘图程序设计方法,通用交互绘图软件(Auto CAD 2000),曲线生成,图形算法和 Auto CAD 的二次开发技术等。全部内容新颖、充实。

本书可作为大专院校开设计算机绘图课程的教材,也可供函授大学、电视大学等成人高校使用,也可作为从事计算机辅助设计工作的工程技术人员的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

计算机绘图/陆润民 李学志 编著. —北京:高等教育出版社,1999.6 (2000 重印)

高等学校教材

ISBN 7-04-007292-0

I. 计… II. ①陆… ②李… III. 计算机图形学—高等学校—教材 IV. TP391.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 02794 号

计算机绘图

陆润民 李学志 编著

---

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

邮政编码 100009

电 话 010-64054588

传 真 010-64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

经 销 新华书店北京发行所

排 版 高等教育出版社照排中心

印 刷 中国科学院印刷厂

开 本 850×1168 1/16

版 次 1999 年 6 月第 1 版

印 张 20.25

印 次 2000 年 7 月第 2 次印刷

字 数 450 000

定 价 21.90 元

---

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

**版权所有 侵权必究**

# 前 言

计算机绘图是计算机辅助设计和科学计算可视化中不可缺少的重要内容,近年来获得了空前的发展。这除了主要得益于计算机硬件技术本身的惊人发展外,还在于这样一个明显的事实,即如果没有计算机图形技术的成就,其他计算机应用技术要获得快速的发展,几乎是不可能的。在工程界,“甩掉图板”已作为工程设计人员的近期目标而深入人心。所以,计算机绘图已成为工程技术人员必须掌握的技术,就如以前的技术人员必然会使用丁字尺、三角板等绘图工具一样。

与十多年前相比,计算机绘图这门课程学生已不再陌生,目前我国的大专院校几乎都以不同的形式开设了计算机绘图课程,在校学生把这门课程作为对今后工作最有影响和最有用的课程之一来学习。我们在总结了十多年来讲授计算机绘图课的体会,并结合目前的现状,认识到对这门课程的教学有必要作一些规范。规范分两个方面。一个方面是要分清教学对象的层次,即本科生和研究生之间应有明显的区别;第二个方面是作为技术基础课,其选取的教学内容不宜过于专门化,而应该基本一些和面宽一些。

本书就是在上面提到的指导思想下编写的,故该书具有以下特点:

(1) 教材的使用对象为面向全国大专院校中广大的本科生(含专科生),故内容集中,讲解透彻,凡是应该在以后由研究生学习的内容,本书不涉及;

(2) 考虑到院校之间可能存在的差距,本书的内容选取面较宽,并在难度上分为两个层次,在应用上分为两种类型(理论研究和实际应用),便于各校教师根据具体情况开展教学工作。

本书采用当今主流语言(C语言)作为编程语言。书中附有大量的绘图程序实例,可供学生在学习中模仿参考,这有效地消除了部分同学由于对C语言不熟悉而可能存在的障碍。

本书可在大专院校第一学年后开设计算机绘图课时讲授。这样,大学一年级的基础数学和任意一门高级程序设计语言,已可以作为本课程的先修课。教师在讲授时应根据具体情况选取书中内容,一般可用32学时讲授该书中的基本内容(约占全书的三分之二),其余部分留给作为自学、拓展和提高的内容学习。由于“计算机绘图”是一门实践性很强的课程,所以应该让学生有尽可能多的时间去上机练习。本书第11章提供了部分上机作业及指导,供教师和学生参考选用。

本书由陆润民、李学志编著,由陆润民任主编。第1、2、4、5、8、9、11章由陆润民编写,第3、6、7、10章由李学志编写。本书由重庆大学何玉林教授审阅,并经高等学校工科制图课程教学指导委员会组织审稿会复审通过。审阅人提出了许多宝贵意见,在此表示由衷的感谢。

限于我们的学识水平,书中如有不足和错漏之处,恳请读者批评指正。

编 者

1999年5月于清华园

|      |     |
|------|-----|
| 责任编辑 | 肖银玲 |
| 封面设计 | 张楠  |
| 责任绘图 | 孟庆祥 |
| 版式设计 | 华立平 |
| 责任校对 | 胡晓琪 |
| 责任印制 | 宋克学 |

# 目 录

|                                   |     |                                      |     |
|-----------------------------------|-----|--------------------------------------|-----|
| <b>第 1 章 绪论</b> .....             | 1   | 7.1 图形编辑概述 .....                     | 152 |
| 1.1 计算机绘图的发展和应用 .....             | 1   | 7.2 基本绘图命令 .....                     | 155 |
| 1.2 计算机绘图系统 .....                 | 3   | 7.3 图形编辑命令 .....                     | 161 |
| <b>第 2 章 程序绘图基础</b> .....         | 10  | 7.4 图块、外部引用、剖面线 .....                | 171 |
| 2.1 Turbo C 2.0 简介 .....          | 10  | 7.5 尺寸标注 .....                       | 177 |
| 2.2 图形函数及其用法 .....                | 14  | <b>第 8 章 曲线</b> .....                | 190 |
| 2.3 绘图程序实例 .....                  | 27  | 8.1 常见二次曲线的绘制 .....                  | 190 |
| 2.4 上机过程 .....                    | 38  | 8.2 抛物样条曲线 .....                     | 194 |
| <b>第 3 章 图形数据结构</b> .....         | 45  | 8.3 三次参数样条曲线 .....                   | 202 |
| 3.1 基本概念 .....                    | 45  | 8.4 Bézier 曲线和 B 样条曲线 .....          | 209 |
| 3.2 线性表 .....                     | 46  | 8.5 实验曲线的绘制方法 .....                  | 219 |
| 3.3 栈 .....                       | 56  | <b>第 9 章 图形算法</b> .....              | 224 |
| 3.4 树 .....                       | 57  | 9.1 基本运算方法 .....                     | 224 |
| 3.5 二叉树 .....                     | 59  | 9.2 窗口运算 .....                       | 230 |
| <b>第 4 章 图形变换</b> .....           | 66  | 9.3 直线段的裁剪算法 .....                   | 233 |
| 4.1 图形变换的基本原理 .....               | 66  | 9.4 多边形的裁剪算法 .....                   | 238 |
| 4.2 二维图形的变换 .....                 | 68  | 9.5 多边形之间的运算 .....                   | 242 |
| 4.3 三维图形的变换 .....                 | 79  | 9.6 分形 .....                         | 245 |
| 4.4 三维投影变换 .....                  | 86  | <b>第 10 章 对 Auto CAD 的二次开发</b> ..... | 252 |
| <b>第 5 章 绘图程序设计</b> .....         | 94  | 10.1 线型和图案 .....                     | 252 |
| 5.1 通用绘图程序的设计 .....               | 94  | 10.2 符号(形)与字体 .....                  | 255 |
| 5.2 图案程序设计 .....                  | 98  | 10.3 脚本文件和程序参数文件 .....               | 262 |
| 5.3 设计中的典型绘图方法 .....              | 105 | 10.4 菜单 .....                        | 266 |
| 5.4 剖面线算法程序 .....                 | 112 | 10.5 图形信息交换与 DXF 文件 .....            | 285 |
| 5.5 动画程序 .....                    | 120 | <b>第 11 章 上机作业及指导</b> .....          | 298 |
| <b>第 6 章 交互式图形系统</b> .....        | 129 | 11.1 作业说明 .....                      | 298 |
| 6.1 交互界面 .....                    | 129 | 11.2 习题集 .....                       | 298 |
| 6.2 交互控制技术 .....                  | 133 | <b>附录 1 C 语言常用库函数</b> .....          | 306 |
| 6.3 Auto CAD 的基本概念与操作 .....       | 136 | <b>附录 2 Turbo C 2.0 的图形函数</b> .....  | 310 |
| 6.4 Auto CAD 的二维作图环境 .....        | 141 | <b>参考文献</b> .....                    | 316 |
| <b>第 7 章 Auto CAD 的图形功能</b> ..... | 152 |                                      |     |

# 第 1 章 绪 论

计算机绘图是计算机辅助设计的重要内容之一,有关工程技术人员必须掌握,该门课程已在大专院校普遍设置。本章将对计算机绘图的概况和绘图系统的构成作一个简单的介绍。

## 1.1 计算机绘图的发展和应用

### 1.1.1 计算机绘图发展概述

就工程界来说,工程图是表达设计思想、指导生产建设、进行技术交流的一种共同的“工程语言”。在我国,我们的祖先使用工程图来指导工程建设,可以追溯到公元前 4 世纪,距今已有 2 300 多年的历史。但是,在这漫长的岁月里,绘图的方法和使用的工具却变化不大,人们基本上还是一直使用简单的工具(比如直尺、三角板、圆规等)用手工操作绘图。这样不仅速度慢、精度低、出错率高,而且费用高(因为人力是最宝贵的资源)。人们所特有的创造精神被消耗在这种繁琐的、简单的重复劳动中,而得不到充分的发挥。特别是到了现代,社会的生产规模,以及各种装备的复杂程度都大大提高了。这对工程图纸提出了更高的要求(包括数量和质量两个方面),手工绘图已经愈来愈难以满足这种需求。所以,很久以来人们一直希望能找到一种方法和工具来代替手工绘图,而把人从繁重的绘图中解放出来,从图板上解放出来,去从事更富有创造性的工作。

自从发明了电子计算机和自动绘图机,人们终于梦想成真。计算机可以代替人进行设计计算工作;自动绘图机可以代替人的手工操作,完成绘图工作。这样,计算机和绘图机的结合,就可以帮助工程技术人员完成从设计到绘图的一系列工作。这就是我们现在通俗理解的“计算机绘图”。

计算机绘图是随着计算机硬件技术和软件技术的发展而逐步发展并完善起来的。今天,它几乎可以给所有的生产和科研领域提供高速度、高效率和高精度的图形设计及输出方法。它不仅可以绘制工程图,还可以模拟自然景物直至产生艺术图。计算机绘图已经在我们面前展现了一个广阔的应用前景。

我国开展计算机绘图技术的研究始于 20 世纪 60 年代中后期。进入 20 世纪 80 年代以来,随着我国四个现代化建设事业的发展,计算机绘图无论在理论研究,还是在实际应用中,都取得了令人可喜的成果。在图形设备方面,我国陆续研制出多种系列和型号的绘图机、坐标数字化仪和图形显示器,并已批量生产投放市场。在图形软件方面,我国各专业领域内的广大工程技术人员,结合专业的需求,已研制开发出许多专业图形软件,并在各专业领域内的设计工作中发挥了巨大的作用。对引进软件的二次开发技术也相当成熟,并且硕果累累。特别是我们也已经有了自主知识产权的二维交互绘图系统和三维图形系统的比较实用的版本。尽管我们和发达国家相比还存在不小的差距,但我们正在奋力赶上。

### 1.1.2 计算机绘图的主要应用领域

近30年来,计算机绘图得到了高度的重视和广泛的应用。目前,其主要的應用有:

(1) 计算机辅助设计(CAD)和辅助制造(CAM)。这是一个计算机绘图最广泛、最活跃和发展最快的应用领域。它被用来进行建筑工程、机械结构和零部件等的设计;机械设计中的受力分析、结构设计与比较、材料选择、绘制加工图纸,以至编制工艺卡、材料明细表和数控加工程序等;汽车、飞机、船舶的外形数学建模,曲线、曲面的拟合与光顺,并绘出图纸;在电子工业中,大规模集成电路的设计,印刷电路板的设计,直至绘出图形。这些工作由于其精度极高,已非计算机绘图莫属。

(2) 动画制作与系统模拟。用计算机绘图技术产生的动画,无论其艺术效果还是经济效果,都比传统手工绘制的动画好,速度快,并且可以把动画技术广泛应用于广告。利用它,还可以模拟各种反应过程(如核反应、化学反应),以及汽车碰撞、地震破坏等过程的模拟及测试,使这些试验变得安全、迅速并降低费用。还可以模拟各种运动过程,如人体的运动过程,用以科学地指导训练。在军事上,可以用于环境模拟、飞行模拟、战场模拟,以训练指挥员和战斗员。

(3) 勘探、测量的图形绘制。应用计算机绘图技术,可以利用勘探和测量所得的数据,绘制出矿藏分布图、地理图、地形图、气象图,在微观中的电场、电荷分布图等。

(4) 事务管理与办公自动化。可以用来绘制各类信息的二、三维图表,如统计用的直方图、扇形图、工作进程图,仓库及生产的各类统计管理图表等。这些图表可以用简明的方式提供形象化的数据和变化趋势,以增加对复杂现象的了解,并协助作出决策。

(5) 科学计算可视化。传统的科学计算结果是数据流,这种数据流不易理解,也不易检查其中的错误。科学计算的可视化通过对空间数据场构造中间几何图素或用体绘制技术在屏幕上产生二维图像,结果直观明了。近年来这种技术已用于有限元分析的后处理、分子模型构造、地震数据处理、大气科学、生物化学及医疗卫生等领域。

(6) 计算机辅助教学。由于计算机绘图技术能生成丰富的图形,用于辅助教学,可使教学过程变得形象、直观和生动。学生通过人机交互方式进行学习,有助于提高学生的学习兴趣和注意力,增强教学效果。

计算机绘图在我国的规模应用从20世纪70年代起步,至今已在电子、机械、航空、建筑、造船、轻纺、影视等部门的产品设计、工程设计和广告影视制作中得到广泛的应用,并取得了明显的经济效益和社会效益。同时,“计算机绘图”这个名词对人们来说也已不再陌生,它作为一种成熟的技术已为越来越多的工程技术人员所掌握。

### 1.1.3 计算机绘图与计算机辅助设计

计算机辅助设计是一种技术,可用于很广泛的范围,例如机械、建筑、化工、轻工等。尽管各个行业的专业内容不同,其辅助设计所包含的工作会有所差别,但都离不开计算机绘图。

计算机绘图是计算机辅助设计的重要组成部分和核心内容。这一方面是因为各个领域内的设计工作,其最后的结果一般都要以“图”的形式来表达;另一方面,计算机绘图中所包含的三维立体造型技术,是实现先进的计算机辅助设计技术的重要基础。许多设计工作进行时,首先必须构造立体模型,然后进行各种分析、计算并修改,最终定型并输出图纸。在这整个过程中,都离不开图形技术,因为图能给设计人员一个直观的形象。

可以看到,在计算机辅助设计领域内要解决的问题中有许多是属于计算机绘图方面的内容。一些早期的或初级的辅助设计应用也只是利用计算机绘图来绘制工程图纸,而没有更深入地涉及到对设计对象进行建模、计算和分析等工作,所以那些辅助设计教科书中所介绍的内容基本上都是计算机绘图的内容。随着计算机辅助设计技术的不断发展,它所包含的内容更加广泛深入,同时也就更加离不开计算机绘图。因为,在整个设计过程中,无论是二维还是三维,需要处理的图形是更多了,也更复杂了。因而可以说,只是由于计算机绘图技术的发展与应用才使得计算机辅助设计工作在各个领域内得到广泛深入的开展。所以,要掌握计算机辅助设计技术,首先必须掌握计算机绘图技术。

科学技术的发展,最终要把大量的工程技术人员从绘图板上解放出来,“甩掉图板”已经在一些企业成为现实。据对我国部分大中企业的调查,一些生产形势好的企业,在全部图纸工作量中,利用计算机绘图的图纸量已占 50% 以上。当我们跨进 21 世纪的时候,这个形势将会是什么样呢? 结果是不言而喻的。现在在校的大专院校学生,将在 21 世纪初走向工作岗位,在校期间努力学好计算机绘图的知识和技术,确实是形势的要求。

## 1.2 计算机绘图系统

计算机绘图系统可以定义为一个由计算机硬件、图形输入输出设备、计算机系统软件和图形软件组成的集合。

### 1.2.1 计算机绘图系统的功能与组成

#### 1.2.1.1 计算机绘图系统的功能

一个计算机绘图系统起码应具有计算、存储、对话、输入、输出等五方面的基本功能。

(1) 计算功能。应包括有形体设计、分析的算法程序和描述形体的数据库。其中最基本的功能应有点、线、面的表示及其求交、分类、几何变换等有关内容。

(2) 存储功能。在计算机的存储器中能存放图形数据,尤其要存放形体几何元素(点、线、面)之间的连接关系以及各种属性信息,并且可基于设计人员的要求对有关信息进行实时检索、变换、增加、删除、修改等操作。

(3) 对话功能。是通过图形显示器直接进行人——机对话。用户通过显示屏幕观察设计的图形和结果,用选择、拾取设备(例如鼠标器)对不满意的部分作出修改指示。除了在图形屏幕上的这种对话功能外,还可以由系统追溯到以前的工作步骤,跟踪检索出出错的地方,并可以对用户执行的错误操作给予必要的提示。

(4) 输入功能。把图形设计和绘制过程中所需的有关定位、定形尺寸及必要的参数和命令输入到计算机中去。

(5) 输出功能。为了较长期地保存分析计算的结果或对话需要的图形和非图形信息,绘图系统应具有文字、图形等信息的输出功能。

上述的五种功能是一个绘图系统所具备的最基本功能,至于每一种功能中具有哪些具体的能力,则因不同的系统而异,可能或强或弱。一个计算机绘图系统的基本组成框图如图 1.1 所示。

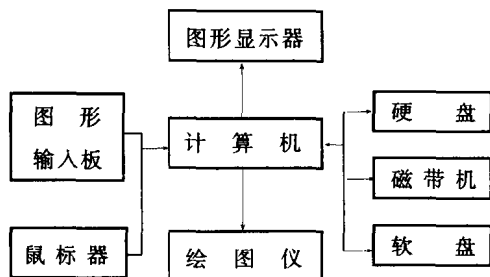


图 1.1 计算机绘图系统基本组成

### 1.2.1.2 微机绘图系统

微机绘图系统是由个人计算机(如 PC 486)加上图形输入输出设备和有关的系统及图形软件集合而成的,最常见的微机绘图系统的硬件组成如图 1.2 所示。

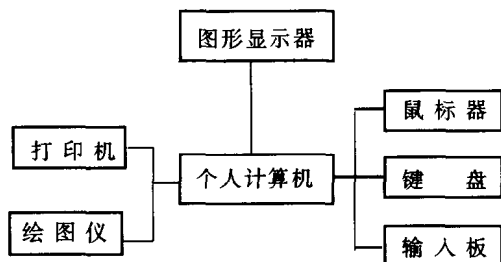


图 1.2 微机绘图系统的硬件组成

微机绘图系统的基本支撑软件一般有 DOS 操作系统, Windows, 程序设计语言(如 C 语言)和图形软件(如 Auto CAD)。

现在,随着个人计算机性能的不断提高,比如运算速度大幅度加快、硬盘和内存容量的扩大、图形软件功能的更加完善,使得微机绘图系统成为市场上强有力的竞争者。

### 1.2.1.3 图形工作站系统

20 世纪 70 年代前期和中期,流行的计算机机种是大型机和小型机,20 世纪 70 年代后期出现了超级小型机和个人计算机两个新机种,进入 20 世纪 80 年代又出现了工作站这个新机种,并很快成为流行机种之一。

图形工作站是具有高速的科学计算、丰富的图形处理、灵活的窗口及网络管理功能的交互式计算机系统。一般地说它有如下的特点:

- (1) 具有 32 位或 64 位字长的中央处理器(CPU),一般是单 CPU,也有多 CPU 结构;
- (2) 广泛采用精简指令(RISC)、超标量、超流水线及超长指令技术;
- (3) 可在一个分布式的网络环境下运行,在网络的任何地方可存取信息,具有无盘节点和有盘节点的形式;
- (4) 自带外存,常配有磁盘、光盘、磁带和软盘驱动器,其容量在 600MB 以上;
- (5) 内存至少 16MB,可扩充到 100MB 以上,高速缓存大多在 32KB 以上;
- (6) 配有 UNIX 操作系统和窗口管理系统;

(7) 不仅具有字符处理功能,而且有较强的图形处理功能,图形显示器的分辨率在  $1\,024 \times 900$  以上,一般具有 8 个位面(可显示 256 种颜色),有的可具有 100 个位面以上;

(8) 运算速度在 20MIPS 和 5MFLOPS 以上;

(9) 可配置功能齐全的 CAD/CAM 集成化软件(如 Pro/E、UG II 等),主要应用于工程和产品的设计与绘图、工业模拟和艺术模拟。

目前,已经商品化的工作站型号很多,而且都已采用了 RISC 技术,其中在市场上销售量较大的有:

(1) Sun Spare 工作站。是美国 Sun 微系统公司在 20 世纪 90 年代的主流产品。

(2) HP - PA 工作站。是美国惠普(HP)公司的精密体系结构精简指令集工作站。

(3) DEC Alpha 工作站。是美国 DEC 公司在 1993 年推出的产品。

(4) IBM RS/6 000 工作站。是美国 IBM 公司推出的产品。

(5) SGI IRIS 工作站。是美国 SGI 公司的产品,由于这类工作站的图形处理能力强,所以发展速度相当快。

## 1.2.2 图形设备

图形设备一般可分为图形输入设备和图形输出设备两种。

### 1.2.2.1 图形输入设备

图形输入设备从逻辑上分为 6 种,见表 1.1 所示。

表 1.1 图形输入设备的逻辑分类

| 名 称          | 相应的典型设备         | 基 本 功 能         |
|--------------|-----------------|-----------------|
| 定位(locator)  | 叉丝、指拇轮、鼠标       | 输入一个点的坐标        |
| 笔划(stroke)   | 图形输入板           | 输入一系列点的坐标       |
| 数值(valuator) | 数字键盘            | 输入一个整数或实数       |
| 选择(choice)   | 功能键、叉丝、鼠标选择菜单项  | 由一个整数得到某种选择     |
| 拾取(pick)     | 鼠标或叉丝接触屏幕上已显示图形 | 通过一种拾取状态来判别一个图形 |
| 字符串(string)  | 字符键盘            | 输入一串字符          |

实际的图形输入设备往往是某些逻辑输入功能的组合。下面介绍几种典型的图形输入设备。

#### 1. 鼠标器

鼠标器是一种移动光标和做选择操作的计算机输入设备,除了键盘外,它已成为我们使用计算机的主要输入工具。

鼠标器的基本工作原理是:当移动鼠标器时,它把移动距离及方向的信息变成脉冲送给计算机,计算机再把脉冲转换成鼠标器光标的坐标数据,从而达到指示位置的目的。鼠标器根据其中测量位移所用的部件不同,可分为光电式、光机式和机械式三种。

#### 2. 坐标数字化仪

坐标数字化仪是一种把图形转变成计算机能接收的数字形式的专用设备,其基本工作原理是采用电磁感应技术。通常在一块布满金属栅格的绝缘面板上放置一个可移动的定位设备,

当有电流通过该定位设备上的电感线圈时,便会产生相应的磁场,从而使其正下方的金属栅格上产生相应的感应电流。根据已产生电流的金属栅格的位置,就可以判断出定位设备当前所处的几何位置。将这种位置信息,以坐标的形式传送给计算机,就实现了数字化的功能。

所以,标准的坐标数字化仪有两个主要部分:一个是坚固的、内部布有金属栅格的图板,在它上面对图形进行数字化;另一个是定位器,由它提供图形的位置信息。常用的坐标数字化仪如图 1.3 所示。

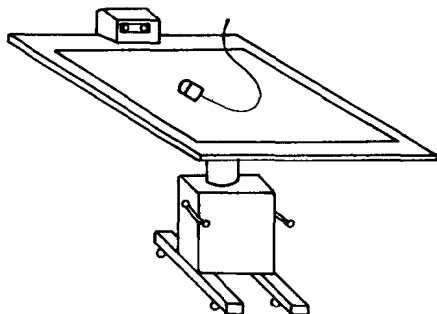


图 1.3 坐标数字化仪示意图

### 3. 图形扫描仪

图形扫描仪是直接把图形(如工程图纸)和图像(如照片)经扫描输入到计算机中,以像素信息进行存储的设备。扫描仪的工作原理是:用光源照射原稿,反射光线经过一组光学镜头射到感光器件上。由于原稿的色彩不同,所以感光器件上的感光是不同的,经过模/数转换,最终将数字化的图像数据输入到计算机中。

图形扫描仪按其所支持的颜色分类,可分为单色扫描仪和彩色扫描仪;按扫描宽度和操作方式可分为大型扫描仪、台式扫描仪和手动扫描仪。扫描仪的一个重要技术指标是分辨率,它是指在原稿的单位长度(英寸)上取样的点数,单位是 dpi。常用的分辨率在 300 dpi 到 1 000 dpi 之间。

#### 1.2.2.2 图形输出设备

##### 1. 图形显示器

图形显示器是最常见的图形输出设备,多数图形显示器采用的是标准的阴极射线管(CRT)。阴极射线管的工作原理是:利用电磁场产生高速的、经过聚焦的电子束,受控偏转到屏幕上的不同位置,轰击屏幕表面的荧光材料而产生亮点,出现的一系列亮点就可以组成我们所需的图形。

阴极射线管的技术指标主要有两条:一是分辨率,二是显示速度。一个阴极射线管在水平和垂直方向单位长度上能识别出的最大光点(亦称之为“像素”pixel)数称之为分辨率。显然,分辨率越高,显示的图形就会越精细。衡量阴极射线管显示速度的指标一般用每秒显示矢量线段的条数来表示。

常用的图形显示器分为三种类型:随机扫描式图形显示器、存储管式图形显示器和光栅扫描式图形显示器。

随机扫描式图形显示器是利用电子束在荧光屏上扫描的轨迹来显示图形的。它的基本工作过程是:从显示文件存储器中取出画线指令或显示字符指令、方式指令(如高度、线型等),送到显示控制器,由显示控制器控制电子束的偏转,轰击荧光屏上的荧光材料,从而出现一条发亮的图

形轨迹。为了使得出现在屏幕上的图形稳定而不出现闪烁,这个过程需要以每秒至少 30 次的频率重复进行。

在存储管式图形显示器中,电子束不是直接打在荧光屏上,而是先用“写入枪”将图形信息“写”在一个细网栅格(称存储栅,每英寸有 250 条细丝)上,这是一个正电荷图形。栅格上涂有绝缘材料,装在靠近屏幕的后面。然后有一个独立的“读出电子枪”,有时称之为“泛流枪”,它发出的连续低能电子流把存储栅网上的图形(由于是正电荷图形,吸引电子通过存储栅并轰击荧光屏)“重写”到屏幕上。

以上介绍的随机扫描式图形显示器和存储管式图形显示器都是画线式设备,在屏幕上显示一条直线是通过从屏幕上的一个可编地址点直接画到另一个可编地址点来完成的。而光栅扫描式图形显示器是画点式设备,它是通过逐行水平扫描,控制显示不同像素点的不同亮度或色彩,以组成点阵图形,也称为“位图”。所以,它不能直接从单元阵列中的一个可编地址的像素点画一条直线到另一个可编地址的像素点,而只能用尽可能靠近这条直线路径的像素点集来近似地表示这条直线。

## 2. 图形打印机

打印机是最便宜的产生图形硬拷贝的设备,从工作原理上可分为撞击式和非撞击式两种。其中非撞击式打印机中常用的是喷墨打印机和激光打印机。

喷墨打印机利用电脉冲控制喷墨头,由喷墨头上的喷嘴把墨滴喷到图纸上。当喷墨头横向通过纸面时,多个喷嘴分别向每个指定点喷出墨滴,多个喷嘴喷出的不同基色的墨滴可以混合成各种色调。目前最多的可在喷墨头上有 96 个喷嘴,可喷印出高质量的彩色图象,其分辨率可达 300 dpi。

激光打印机利用的是电子照相原理。激光束就是一个点,它沿着转鼓轴不断地反复扫描,转鼓上涂有一种光敏静电物质,激光束不断接通和断开,便在转鼓上产生图案,这样事实上就形成了静电印刷板。再利用静电复印原理,把有图形的地方吸附上碳粉,印刷到纸上,经过加热定影,就可以输出一张高质量的图纸。

## 3. 笔式绘图机

笔式绘图机分为平台式和滚筒式两种。

平台式绘图机是在一块平板上绘图,绘图笔分别由  $x$ 、 $y$  两个方向进行步进驱动,任何图线都是由这两个方向的不同步进数合成的。不同型号的平台式绘图机的构造略有不同,但一般均由以下几个部分组成:

- ① 把计算机输出的电脉冲转换成电机的机械转动;
- ② 把电动机的转动转换成使画笔沿  $x$ 、 $y$  两方向上的移动;
- ③ 进行选笔及控制画笔抬、落的笔架;
- ④ 固定图纸的台板。

平台式绘图机的简图如图 1.4 所示。

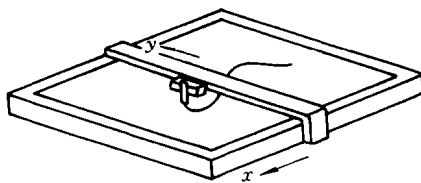


图 1.4 平台式绘图机示意图

滚筒式绘图机是在一个滚筒上绘图。图纸随滚筒在一个方向(如  $x$  方向)滚动,而绘图笔在另一个方向(如  $y$  方向)上移动,这样由纸和笔分别的单方向运动组成  $xy$  平面内的合成运动,完成绘制各种图线的功能。滚筒式绘图机一般由以下几部分组成:

- ① 将计算机输出的电脉冲转换成电机的转动;
- ② 将  $x$  方向上电动机的转动转换成滚筒的转动,以实现画笔相对的  $x$  方向上的移动;
- ③ 将  $y$  方向上电动机的转动转换成画笔在  $y$  方向上的移动;
- ④ 固定画笔及控制画笔抬、落的笔架;
- ⑤ 使绘图纸紧贴在滚筒上进行送纸的送纸机构。

滚筒式绘图机的结构示意图见图 1.5 所示。

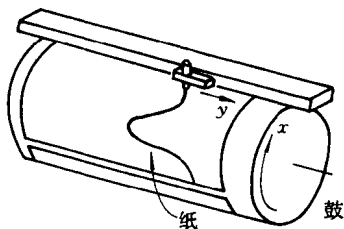


图 1.5 滚筒式绘图机示意图

除了笔式绘图机外,还有喷墨式绘图机、静电式绘图机等,它们的工作原理类似于喷墨打印机和静电复印,故在此不再赘述。

### 1.2.3 图形软件

计算机绘图系统必须有功能齐全和方便用户使用的图形软件的支持,才能完成图形的生成、处理及输入输出等过程,达到预想的目的。在我们经常使用的图形软件中,概括一下可以将其分为三种形式:图形子程序包、扩充一种程序设计语言使其具有图形功能、专门的交互式绘图软件。

#### 1.2.3.1 图形子程序包

图形子程序包是一些用计算机程序设计语言编写成的图形子程序集。这些子程序分别经过编译和调试并通过后集中在一起,组成一个程序库(或称图形库)。用户使用时可用相应的程序设计语言编写程序,并在程序中按规定(比如参数规定)调用所需的图形子程序,用以生成各种图形、或实现图形的处理和输入输出操作、各种图形设备及各种事件的控制与处理等。

这种形式的图形软件无论在研制和使用方面都简单方便,只要有编程能力就能掌握,所以这类图形软件很多,其中使用较为广泛的有图形标准化程序包,如 GKS、PHIGS、GL 等。

#### 1.2.3.2 扩充一种程序设计语言使具有图形功能

这种类型的图形软件,是在某一种计算机程序设计语言中,扩充加入了图形生成及控制的语句或函数,使其具有图形生成和处理功能,于是用这种语言可编写图形程序,即可实现图形功能。

目前,具有图形生成和处理功能的计算机程序设计语言很多,如 Turbo Pascal、Turbo C、AutoLisp 等。

#### 1.2.3.3 交互式绘图软件

交互式绘图软件是在图形程序包的基础上,配置一个友好的用户界面,为用户提供实时交互绘图能力的图形软件系统。这个用户界面通常是以各类菜单的形式和对话框为用户提供各种交

互命令,以实现对图形的输入、输出、编辑、标注、设备控制等多种操作,使用直观方便,深受人们欢迎,所以应用广泛。美国 Auto Desk 公司的 Auto CAD 是目前在微机上使用最为广泛的交互式绘图软件系统。

## 第2章 程序绘图基础

程序绘图必须先编写好绘图程序,而编写绘图程序就要用到程序设计语言和图形软件(图形库)。目前,随着计算机绘图技术应用的日益广泛和深入,一些高级程序设计语言都在其中扩充了图形功能,这使广大计算机用户可以不需配备专门的图形软件,就能进行计算机绘图工作。本章介绍目前相当流行的 Turbo C 及其绘图功能,并结合实例讲解如何用 C 语言编写绘图程序。

### 2.1 Turbo C 2.0 简介

Turbo C 是 Borland 公司的产品,它支持 C 的标准版本,支持 ANSI;它有一个漂亮的、使用方便的集成环境;它规模小、功能强、运行速度快,且具有相当强的图形处理能力。Turbo C 2.0 包含有 460 多个库函数,其中有 70 多个图形函数。运用 Turbo C 的图形函数,可以画出彩色的线、弧、圆、椭圆、矩形、扇形、二维及三维直方图、多边形以及由这些基本图形组成的工程图形及艺术图案;可以用 11 种预定义的模式或自定义的模式来充填任何有界区域。这为绘制丰富多彩的图形和电脑画片提供了许多便利和手段。除了绘图函数和充填函数以外,Turbo C 还提供了一些屏幕、视图区、图象及图素函数;颜色设置、控制函数;状态查询函数及出错处理函数等,使得 Turbo C 具有很强的图形功能。

特别有意义的是:用 Turbo C 2.0 编写和通过的程序,可以不作修改或只做很少的修改,便可以在 Turbo C++ 或 Borland C++ 的环境下编译运行。所以 Turbo C 成为了一种很好的图形设计语言,深受计算机绘图和计算机辅助设计技术人员的欢迎。

#### 2.1.1 Turbo C 2.0 的特点

Turbo C 2.0 具有如下的特点:

- ① 集编辑、编译、调试、运行于一体。
- ② 集成调试程序具有单步执行、单步跟踪、设置断点、表达式监视和求值等功能。支持 Turbo Debugger 独立调试程序。
- ③ 具有更快的编译、连接速度。
- ④ 具有更快速度的内存分配函数和串函数。
- ⑤ EMS(扩展内存规范)用作编辑缓冲区。
- ⑥ 能仿真 80 \* 87,浮点运算速度快。
- ⑦ 图形函数库中增加了许多新的图形函数,包括可安装的驱动程序和字体。
- ⑧ 支持命令行上的通配符 \* 和 ? 等。
- ⑨ 可连接生成小模式的 .COM 文件,运行速度快。
- ⑩ 支持 Long、Double 常数和变量。
- ⑪ 能自动进行快缩进和回退及优化充填。

⑫ MAKE 实用程序可自动进行依赖关系检查。

⑬ 提供系统帮助, THELP 用于在 DOS 下得到与 Turbo C 2.0 版本内容相关的帮助系统的内存驻留程序。

⑭ 利用 CINSTXFR.EXE, 可以很方便地把 Turbo C 1.5 版集成开发环境的配置文件转换成 2.0 版的对应配置, 从而使 Turbo C 1.5 版升级到 2.0 版。

## 2.1.2 Turbo C 2.0 的配置与安装

### 2.1.2.1 Turbo C 2.0 的配置要求

Turbo C 2.0 对系统的配置要求为:

- ① IBM PC 系列机, 包括 XT、AT、PS/2 及其它兼容机;
- ② 需要 DOS 2.0 或更高版本 DOS 的支持;
- ③ 至少需要 448K RAM;
- ④ 80 列彩/单监视器;
- ⑤ 至少一个软盘驱动器, 建议使用两个软盘或一个硬盘带一个软盘的系统;
- ⑥ 能仿真 80 \* 87 协处理器, 若系统中有该芯片, 将大大加快浮点运算速度。

### 2.1.2.2 Turbo C 2.0 的安装

在计算机系统上建立 Turbo C 时, 需将 Turbo C 源盘上的文件复制到工作盘或硬盘上。将 Turbo C 建立在硬盘上可以使用户使用起来更为方便。需在硬盘上建立 Turbo C 时, 须使用 Turbo C 提供的安装程序 (INSTALL), 具体安装操作步骤如下:

- ① 将系统置于 DOS 状态下, 屏幕提示符为:

C > \_

- ② 将 1 号盘 (标签为 INSTALLATION DISK) 插入驱动器 A, 键入 "A:", 并按回车键, 此时屏幕提示符为:

A > \_

- ③ 键入 INSTALL 并按回车键, 屏幕显示 Turbo C 版本信息等, 按回车键, 屏幕显示提示:  
"Enter the SOURCE drive use: A"

按回车键。

- ④ 屏幕显示安装功能菜单, 选择 "Install Turbo C on Hard Drive" 项, 并按回车键。

- ⑤ 屏幕显示 Turbo C 安装子目录, 此时按 F9 键, 即开始安装。

- ⑥ 根据安装程序的提示, 按顺序逐一更换插入其它源盘。

安装过程中可按 F1 键寻求联机帮助, 它将提示如何操作。安装完毕可按 ESC 键。

### 2.1.2.3 安装后的其它工作

- ① 安装完毕后, 须修改系统配置文件。

在 CONFIG.SYS 文件中加入 "FILES = 20;" 语句 (如果原 CONFIG.SYS 文件中已有该语句, 则不必再加入);

在 AUTOEXEC.BAT 文件中加入路径语句 "PATH = C: \ BIN; C: \ TC;"。

- ② 检查安装结果。在当前目录下键入 "TC"。如:

D: \ LRM > TC ✓

如果屏幕上显示出 Turbo C 2.0 的界面并含有 Turbo C 2.0 的版本信息, 则表示 Turbo C 2.0 已