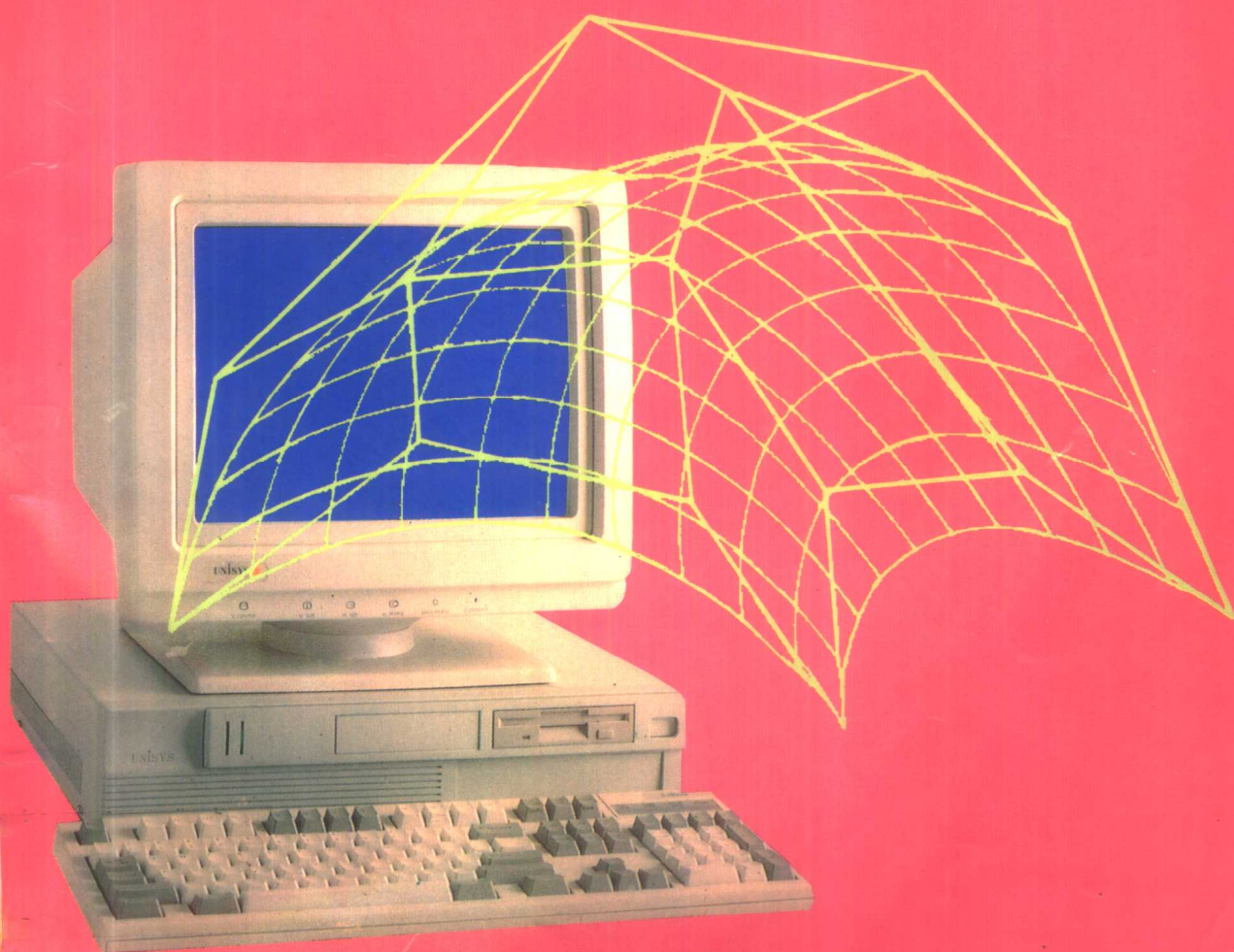


# AutoCAD

## 及计算机绘图

高中保 主编



中国铁道出版社

# AutoCAD 及计算机绘图

高中保 主 编  
唐立波 副主编

中 国 铁 道 出 版 社

1996年·北京

(京)新登字 063 号

### 内 容 简 介

本书首次将国内外应用最广泛的 AutoCAD 软件与计算机绘图基本理论有机地融为一体,系统地介绍了计算机绘图的基本知识、AutoCAD 命令、AutoLISP 语言、平面图形程序设计、图形变换、图形数据结构、立体图绘制及消隐、图形交互设计和参数曲线曲面等内容。所有图形及程序全部用 AutoCAD 命令和 AutoLISP 语言实现。书中通过大量具有实用价值的自定义函数,阐明了对 AutoCAD 进行二次开发的基本方法和技巧。

本书内容由浅入深,便于学习掌握,可作为在校大学生计算机绘图课程的教材,也是工程技术人员从事 CAD 工作的必备参考书。

### AutoCAD 及计算机绘图

高中保 主编

\*

中国铁道出版社出版、发行

(北京市东单三条 14 号)

责任编辑 聂清立 封面设计 马 利

各地新华书店经售

唐山市胶印厂印

---

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:16.125 字数:397 千

1996 年 9 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:1—3000 册

---

ISBN7-113-02369-X/TB·36 定价:20.70 元

# 前 言

随着计算机技术的迅猛发展,计算机绘图方面的研究与应用也在不断深入与拓广。计算机绘图已从其起步的工业扩展到农业、商业、文化艺术、教育卫生等各个领域。从工业产品设计图到商品广告动画、从股市走势图到医学图像,都显示出计算机绘图的强大生命力。自本世纪 80 年代以来,仅我国铁路工业特别是机车车辆制造系统中的许多企业,就普遍地引进了成套的 CAD 设备和软件,计算机绘图成为产品设计时绘图的主要方式,全部或局部取代了手工绘图。国家科委主任宋健也发出了“2000 年甩掉图板”的号召<sup>①</sup>。这说明,计算机绘图技术在工程等领域中的应用已经成为不可缺少的技术基础。在这个背景下,不但高等学校原工程制图课程系列中要不要引入计算机绘图的教学已不成其为问题,而且对广大在职工程技术人员进行有关内容的培训教育也已被企业列入议事日程。正是适应上述需要,我们编写了这本书。

本书与主要从理论角度编写的其它计算机绘图方面图书不同的是,它主要是从应用角度将计算机绘图作为 CAD 技术和课程的基础来编写的。它面向的是一般的工科类各专业的高等学校学生和广大从事工程技术工作的在职人员,既非计算机专业的学生,也非工程图学专业的学生。对于工程类本科生而言,计算机绘图的目的在于使学生掌握计算机绘图的基本知识和技能,学习对工程图的计算机处理技术,主要为今后的计算机辅助设计打下良好的基础,其具体要求是:

1. 了解计算机绘图的发展及其在国民经济建设中的作用。
2. 了解计算机绘图系统的组成和工作原理。
3. 初步掌握一种典型的绘图软件的使用法。
4. 掌握常用的图形处理的数学方法和基本技术。
5. 培养应用高级语言编写绘图程序的能力。

本书的一个最大特点是选择了由美国 Auto Desk 公司推出的、目前国内外广泛使用的 AutoCAD 绘图软件为典型的基本内容,并全部用与之配套的 AutoLISP 语言来介绍绘图程序的设计,把对典型绘图软件的介绍与计算机绘图的基本理论的学习有机地融合在一起,使本书的整个体系由浅入深、浑然一体。读者通过本书的学习,既可以掌握计算机绘图的基本知识,又可为将来的进一步学习和工作掌握必备的实用技术。虽然由于篇幅和教学上的限制,本书对 AutoCAD 的介绍尚不全面,但有了本书的基础,相信读者定能通过更多有关资料的学习而得到迅速提

<sup>①</sup> 注:见中国计算机报 1996 年 1 月 16 日第三版综合消息。

67507/06

高。

本书内容份量的选取与安排,是根据课内 45 学时左右的计划确定的,并要求有足够的课内外上机时间作保证。实际教学时,各单位可依据自身的教学时数和上机条件适当进行删减或补充。

本书由高中保任主编,唐立波任副主编。参加编写工作的有上海铁道大学杨裕根(第二章、第七章),兰州铁道学院武晓丽(第三章),邱泽阳(第八章),长春客车厂裴燕斌(第四章),北方交通大学郭伟节(第五章),大连铁道学院唐立波(第一章、第十一章)、谢军(第六章)、高中保(第九章、第十章)、明冬兰(第十二章),最后由高中保统一定稿,兰州铁道学院陈天麒协助对本书进行审阅修改。书中插图由孙淑敏、杨白露等描制。

本书在编写过程中得到大连铁道学院工程图学教研室以及大连铁道学院和有关院校工厂各级领导和同志们的支持帮助,在此一并表示感谢。

尽管我们竭尽全力使本书能反映我们多年来在计算机绘图方面的教学经验与科研成果,以提高书稿质量,但限于我们的水平,书中不妥之处在所难免,恳切希望广大读者批评指正。

编 者

1996.1

# 目 录

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| <b>第一章 绪 论</b> .....            | 1  |
| § 1.1 计算机绘图的发展 .....            | 1  |
| § 1.2 计算机绘图的应用 .....            | 3  |
| § 1.3 微机绘图系统简介 .....            | 4  |
| § 1.4 微机绘图原理简介 .....            | 7  |
| 习题 1 .....                      | 9  |
| <b>第二章 AutoCAD 屏幕绘图入门</b> ..... | 10 |
| § 2.1 AutoCAD 的运行环境 .....       | 10 |
| § 2.2 AutoCAD 的安装 .....         | 11 |
| § 2.3 AutoCAD 的进入与退出 .....      | 12 |
| § 2.4 屏幕坐标与图幅 .....             | 14 |
| § 2.5 AutoCAD 基本绘图命令 .....      | 15 |
| § 2.6 应用举例 .....                | 26 |
| 习题 2 .....                      | 27 |
| <b>第三章 图形编辑</b> .....           | 28 |
| § 3.1 选择编辑目标 .....              | 28 |
| § 3.2 图形缩放与比例变换 .....           | 30 |
| § 3.3 平移与复制变换 .....             | 34 |
| § 3.4 图形的修改与删除 .....            | 38 |
| § 3.5 镜像与旋转变换 .....             | 43 |
| § 3.6 图形的阵列 .....               | 44 |
| § 3.7 圆角与倒角 .....               | 50 |
| § 3.8 曲线拟合 .....                | 53 |
| § 3.9 块 .....                   | 56 |
| § 3.10 属性 .....                 | 61 |
| § 3.11 阴影线与图案填充 .....           | 66 |
| 习题 3 .....                      | 71 |
| <b>第四章 图层、颜色及线型</b> .....       | 73 |
| § 4.1 图层 .....                  | 73 |
| § 4.2 颜色 .....                  | 77 |
| § 4.3 线型 .....                  | 79 |
| 习题 4 .....                      | 81 |
| <b>第五章 尺寸标注</b> .....           | 82 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| § 5.1 基本概念.....               | 82  |
| § 5.2. DIM(尺寸)命令.....         | 83  |
| § 5.3 长度型尺寸标注命令.....          | 83  |
| § 5.4 角度型尺寸标注命令.....          | 86  |
| § 5.5 直径型尺寸及半径型尺寸标注命令.....    | 87  |
| § 5.6 尺寸标注实用命令.....           | 88  |
| § 5.7 尺寸标注变量.....             | 91  |
| 习题 5 .....                    | 93  |
| <b>第六章 AutoLISP 简介</b> .....  | 94  |
| § 6.1 概述.....                 | 94  |
| § 6.2 基本函数.....               | 96  |
| § 6.3. 屏幕输入输出函数 .....         | 103 |
| § 6.4 字符串处理函数 .....           | 106 |
| § 6.5 判断函数 .....              | 108 |
| § 6.6 自定义函数 .....             | 110 |
| § 6.7 结构控制函数 .....            | 111 |
| § 6.8 AutoLISP 的绘图功能 .....    | 112 |
| § 6.9 AutoLISP 程序举例 .....     | 113 |
| § 6.10 AutoLISP 程序的运行过程 ..... | 116 |
| 习题 6 .....                    | 117 |
| <b>第七章 平面图形程序设计</b> .....     | 120 |
| § 7.1 概述 .....                | 120 |
| § 7.2 平面图形的交切计算 .....         | 121 |
| § 7.3 基本函数设计 .....            | 124 |
| § 7.4 平面图形的程序设计 .....         | 127 |
| 习题 7 .....                    | 130 |
| <b>第八章 图形变换及其程序设计</b> .....   | 131 |
| § 8.1 概述 .....                | 131 |
| § 8.2 二维几何变换矩阵 .....          | 132 |
| § 8.3 三维几何变换矩阵 .....          | 138 |
| § 8.4 投影变换 .....              | 142 |
| § 8.5 图形变换程序设计 .....          | 151 |
| 习题 8 .....                    | 160 |
| <b>第九章 图形数据结构</b> .....       | 161 |
| § 9.1 数据结构的基本知识 .....         | 161 |
| § 9.2 AutoLISP 的数据存贮结构 .....  | 162 |
| § 9.3 AutoCAD 图形实体的数据结构 ..... | 164 |
| § 9.4 多面体的数据结构 .....          | 168 |
| 习题 9 .....                    | 171 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| <b>第十章 立体图形绘制及其消隐</b> ..... | 172 |
| § 10.1 多面体表面的可见性.....       | 172 |
| § 10.2 凸多面体投影图形的程序设计.....   | 173 |
| § 10.3 凹多面体的隐藏线消除.....      | 177 |
| § 10.4 圆柱圆锥图形的绘制及消隐处理.....  | 182 |
| 习题 10 .....                 | 196 |
| <b>第十一章 图形交互设计</b> .....    | 197 |
| § 11.1 概述.....              | 197 |
| § 11.2 图形参数交互.....          | 198 |
| § 11.3 数据文件的参数交互.....       | 204 |
| § 11.4 图形数据库的数据交互.....      | 208 |
| § 11.5 屏幕菜单.....            | 216 |
| 习题 11 .....                 | 220 |
| <b>第十二章 参数曲线与曲面</b> .....   | 222 |
| § 12.1 概述.....              | 222 |
| § 12.2 三次参数样条曲线.....        | 223 |
| § 12.3 贝齐尔曲线.....           | 225 |
| § 12.4 B 样条曲线.....          | 228 |
| § 12.5 贝齐尔曲面与 B 样条曲面 .....  | 230 |
| § 12.6 曲线曲面上点的计算.....       | 232 |
| § 12.7 曲线曲面程序设计举例.....      | 234 |
| 习题 12 .....                 | 239 |
| 附录一 AutoCAD 系统变量表 .....     | 240 |
| 附录二 AutoCAD 命令索引 .....      | 246 |
| 附录三 AutoLISP 函数索引 .....     | 247 |
| <b>主要参考文献</b> .....         | 249 |



# 第一章 绪 论

## § 1.1 计算机绘图的发展

### 一、计算机绘图发展概况

计算机绘图是应用计算机及图形输入输出设备,实现图形显示、辅助绘图及设计的一门新兴学科,是 CAD/CAM 技术的基础和研究的核心内容之一。

图样是工程界的语言。在人类的生产活动及日常生活中,经常要绘制各种图样。随着现代科学技术的发展,各类产品的更新换代十分迅速,新产品的设计图样越来越复杂。如超大规模集成电路掩膜图、印刷电路板的布线图、航天飞机及宇宙空间飞行器复杂的曲面外壳等,而对图样的精度和绘制速度的要求则越来越高。由于手工绘图速度慢、劳动强度大,而且图样精度不易保证,因而无法胜任现代图样的绘制。所以,实现绘图自动化就成为设计人员长期向往的目标,利用计算机的高速运算及数据处理能力,实现图样的快速而准确绘制,就成为现代科学技术发展的必然趋势,计算机绘图也就应运而生。

计算机绘图始于 50 年代。50 年代初,美国研制成了人类第一台绘图机,使得计算机不仅能输出文字、数字和符号,而且也能输出图形。之后,世界上许多国家的科研人员,不断地对计算机绘图的硬件和软件进行研究和探索,使这一学科得到了迅速发展。

四十多年来,计算机迅猛发展的同时,计算机绘图的输入输出有关设备不断更新。

绘图机一代一代地推陈出新,从平台式到滚筒式,从单笔到多笔,从小型到大型,功能不断增强,绘图精度不断提高,到 80 年代,已经出现了无机械接触的静电式和喷墨式等高档绘图机,各种图形显示设备也相继问世,从 60 年代中期的随机扫描刷新式显示器发展到 60 年代后期的随机扫描存储管式显示器,到 70 年代中期,随机扫描式显示终端又逐步被基于电视技术的光栅扫描图形显示器所取代。80 年代,大型彩色图形监视器已被广泛使用。随后,三维图的显示和动画技术迅速发展,已经能动态地显示物体表面的光照程度、颜色浓度和阴影变化等,使显示的图形相当逼真。

伴随着输出设备的发展,图形输入设备也不断更新。早期的光笔、操纵杆逐渐被跟踪球式和光电式的鼠标器所取代。鼠标器虽能指示屏幕菜单光标的定位与拾取,但在交互式计算机绘图中,屏幕菜单由于受到屏幕尺寸的限制,在屏幕上只能显示出全部菜单的一小部分,用户操作时必须不断切换菜单,很不方便。因此,人类又研制了图形输入板与数字化仪,它可以将图形坐标与绘图命令快速地送入计算机。如今,更先进的声控输入设备已经问世。

计算机绘图的软件也在与硬件设备的相互促进中快速发展。在 60 年代,人们还只是根据高级语言编制绘图程序,从 70 年代中期,ISO 开始了图形软件标准的制定工作,并于 1982 年正式通过了计算机图形软件包的二维国际标准草案 GKS,1985 年公布了 GKS 的正式文本 ISO7942。美国计算机图形技术委员会于 80 年代中期公布了 PHIGS 标准,该标准功能全面,

对提高三维图形软件的可移植性与质量都具有非常重要的意义。目前国内外大中小型计算机均采用 PHIGS 及其扩充版本 PHIGS PLUS 作为图形核心支持系统。与此同时,一些发达国家也相继开始研制各种类型的绘图软件包,其中微机方面最成功的当属美国的 CADKEY 和 AutoCAD 软件包,它们不仅具有一般的二维图形功能,而且具有人机对话式的交互功能,可以直接对图形进行实时修改,随着其版本的不断升级,曲线拟合和消除三维立体隐藏线的功能也不断完善,现已在世界范围内被广泛使用。

我国对计算机绘图的研究和应用已有三十多年的历史。从 60 年代开始,一些大专院校和科研、生产单位的科研人员就积极地从事这方面的工作。1969 年,上海自动化仪表二厂率先在国内生产出 LZ-5 平台式小型绘图机,70 年代以后,一大批各种类型的国产绘图机,图形显示设备等相继生产出来,特别是 HTJ-1855 型大型绘图机和 PCH 型彩色喷墨绘图机的成功研制以及在工程设计、科学研究和生产实践等各个领域中出现的各种实用绘图软件,已经表明我国与发达国家的计算机绘图水平的差距正在缩小。

## 二、计算机绘图的发展趋势

计算机绘图的发展已有四十余年的历史,由于硬件水平的不断提高和成本的降低以及软件开发研究的飞速发展,使过去仅在大中型计算机上运行的交互式图形软件包逐步向微型机移植,计算机绘图已经开始进入普及化与实用化阶段,并沿着以下几个方向发展:

### 1. 由被动式绘图向交互式绘图方向发展

早期计算机绘图主要是静态的,人们根据提供的绘图软件用高级语言编程,然后将程序输入计算机进行编译、连接,将输出的程序由绘图机执行并输出图形。在绘图过程中,人们无法进行干预,不能适时修改,如需要改图,则要从源程序改起,故效率很低,因而是一种被动式的绘图方式,不能满足 CAD 技术的需要。交互式绘图则是将图形显示在屏幕上,设计人员可通过键盘或图形输入板等输入设备,以人机对话方式修改设计。该方法灵活、方便,目前已在 CAD/CAM 中得到普遍应用,并且在不断发展。特别是 AutoCAD 交互式绘图软件包的广泛应用,更加速了在微机上用交互式绘图取代被动式绘图的进程。

目前,我国真正实用的绘图系统基本上是交互式绘图系统,在交互式绘图中,不仅可以在屏幕上对图形进行修改、删除、编辑等,还可进行动态分析。

### 2. 由二维绘图软件向三维实体造型软件方向发展

二维图形只能表示空间设计对象的某个投影,三维实体模型才能直观全面地反映设计对象。从设计的观点来看,在进行设计时,人的思维中首先建立起来的是三维物体模型,因为它更直观,更能全面地反映设计对象,因此,用三维实体造型软件代替二维绘图软件就成为一个必然的趋势。

1973 年,英国剑桥大学 I. C. Braid 首先研制了一个三维造型系统——Build 系统。近二十年中,美、英、法、德、日等国家已开发了一些三维实体造型系统。随着硬件的发展,如今已能通过实体造型的方法在屏幕上构造成具有明暗度明显的、色彩逼真的立体图象。

从 80 年代开始,我国各大学与科研单位也在这方面进行了大量的研究。1987 年浙江大学 CAD/CAM 中心已成功地开发了三维造型系统,它已接近国外的某些系统,并已移植到 32 位的 APOLLO 微机上。

### 3. 向 CAD/CAG/CAM 三者一体化方向发展

一项产品的生产过程,按传统的手工方式,一般是通过对产品进行各种科学计算,提出各种设计方案,进行优选,然后绘出图纸送去加工。现在这些工作都可由计算机辅助进行,并把计算机辅助设计、绘图和制造(CAD/CAG/CAM)三者有机地结合在一起,形成所谓一体化软件。它们包括二维和三维的图形软件模块,三维几何造型模块、有限元分析前后置处理模块、数控编程模块以及三维数控刀具轨迹模块等。目前这样的软件包已经商品化,因此,CAD、CAG、CAM三者一体化配合使用,将成为未来工业设计及管理自动化必然的发展趋向。

#### 4. 向分布式微机工作站方向发展

过去,微机所以不能进行CAD、CAG、CAM工作,主要是内存容量太小,但微电子技术的发展,已经打破了微型机不能胜任CAD/CAM需求的观念。从70年代到现在,微机的CPU已由4位发展到64位,每片芯片的集成度也由几千个晶体管发展到上千万个晶体管,内存由几十万字发展到上百兆字节,比过去的中小型机内存容量还大,因此,高档微机已基本能胜任CAD/CAM的工作。由于微机体积小,价格低,对环境要求不苛刻,因此,未来的CAD/CAM工作大部分将在分布式的微机工作站上完成。

## § 1.2 计算机绘图的应用

60年代,由于硬件和软件发展缓慢,计算机绘图的应用受到一定的限制。进入70年代,伴随着硬件质量和功能的提高,以及成本的降低,计算机绘图有了较大的发展;到了80年代以后,微型计算机硬件的发展异常迅猛,已经可以与早期的大型计算机媲美,再加上软件研究和开发的深入,使微机绘图进入了实用和普及的阶段。特别在最近十几年,由于美国AutoCAD交互图形软件包在IBM-PC机上得到广泛的应用,计算机绘图已经广泛应用到各个基层生产设计部门,并发挥着它特有的效能。下面简单介绍几个方面应用计算机绘图的情况。

#### 1. 产品的计算机辅助设计

据有关资料统计,在大部分CAD系统中,计算机辅助绘图的工作量占53%,而辅助设计占30%,分析占7%,计算机辅助制造占10%。由此可见,计算机辅助绘图已成为计算机辅助设计、计算机辅助制造和计算机辅助工程的重要组成部分。如外形具有流线型产品的曲面设计,象飞机机身外形设计、小轿车的车体设计、船体设计、高速列车车体设计等等,绘图工作量极大,60%甚至更多的时间和精力花在绘图中,因此,在这类产品设计中,国外早就开始采用计算机辅助绘图,并开发了许多专用软件系统,如洛克希德飞机公司的CADAM系统等。

#### 2. 机械、土建等工程设计

在工程设计中,除了用计算机完成大量分析计算工作外,设计人员可利用输入输出设备在很短时间内输出图形,从而方便地进行设计构思,快速地完成工程设计任务。如建筑设计中,给设计的房屋加上实测的模拟地震波,就能在屏幕上看到房屋所能承受的地震级数等,据此可以设计出合理的房屋结构。

#### 3. 计算机辅助加工

利用交互式图形系统可以辅助编写数控加工程序,在屏幕上显示加工零件的形状、刀具轨迹及工装夹具的位置,从而大大减少加工中废品的产生,缩短生产周期。

#### 4. 系统模拟与动画

用计算机生成模拟图形,可以生动地描述一些客观现象,如液体流动、核反应和化学反应

过程、工程结构在有载荷时的变形等。利用计算机图形学技术生成动画片,可以提高动画的质量和生成效率,降低成本。这种技术还可以应用于各种模拟器产生身临其境的感觉,从而降低训练费用,缩短培训时间,保证人身安全。

在考古学领域,用计算机绘图已能使千年古人再现容貌。

#### 5. 过程监控

可以使用这项技术对生产及交通进行管理,以达到最佳控制。例如在金属冶炼或地质勘探时,通过传感器把有关数据传送给计算机处理,在显示屏幕上生成描述冶炼炉或钻井情况的图形,使生产人员能对设备的运行进行有效的监视与管理。铁路部门的调度人员,也可以通过屏幕上的列车运行状态图来指挥调度。机场的飞行控制人员可在屏幕上获得飞机标志及状态信息,以指挥飞机起降。

#### 6. 绘制各种图形与图表

应用计算机绘图技术可以绘制各行各业使用的图形与图表。如进行美术设计,绘制各种花纹图案,绘制地图、生产管理及办公自动化所使用的各种图表等等。

#### 7. 计算机辅助教学(CAI)

计算机图形生成技术,可以使教学内容形象、直观、生动地表现出来,从而提高教学效果和学生的学习成绩。

综上所述可以看出,计算机绘图几乎渗透到了科学技术和设计生产的各个领域,而且发挥着越来越重要的作用,所以,作为一个科学技术工作者,必须了解这方面的知识。

## § 1.3 微机绘图系统简介

微机绘图系统包括硬件和软件两大部分。

### 一、微机绘图硬件系统

微机绘图硬件系统是一个以微型计算机为核心设备的系统,主要由计算机主机及相应的输入输出设备等组成。

#### 1. 主机

主机是计算机绘图系统的核心部分,一般包括中央处理器(CPU)、存储器、输入输出(I/O)接口。中央处理器由控制单元和算术逻辑单元组成,用来控制计算机各部分协调一致工作和完成数据的代数及逻辑运算;常用存储器有随机存储器和只读存储器,主要用来存放信息;输入输出接口是起计算机系统与外围设备之间进行联络的作用。

#### 2. 输入设备

输入设备是向计算机输入图形数据和各种绘图命令的设备。利用这些设备可以实现对图形的选择、修改和变换等编辑工作。

输入设备的种类很多,最常用的有以下几种:

##### (1) 键盘

键盘是微机上由人工操作的主要输入设备,其作用是将字母、数字以及各种控制信号传送给主机,实现程序、数据和各种操作命令的输入。

键盘通常按键的数量分为 84 键、101 键等多种键盘。目前,多数微机配置的是 101 键盘。

键盘除有通常的 ASCII 编码键外,还附有一些功能控制键,可以实现图形操作时的一些特定功能,如在 AutoCAD 的编辑状态下,F1 键可以实现图形状态和文本状态的转换,光标键→、←、↑、↓则可实现屏幕光标的移动等。

## (2)鼠标器

鼠标器是一种屏幕定标设备,它有机械式和光电式两种。机械式鼠标器用其底面附带的小球在桌面上滚动来进行光标跟踪;光电式鼠标器则使用光点在特制的反光板上移动来进行光标跟踪。

鼠标器的按钮一般为三个,最左边的是 PICK(拾取)按钮,是用来在屏幕或数字化仪上拾取指定点的坐标或菜单项的,其余按钮功能可由用户定义。

在软件控制下,鼠标器与图形系统的动态菜单等技术的配合使用,可以获得很好的交互性能。

## (3)数字化仪

数字化仪是一种电子图数转换设备,是图形输入的重要工具。

数字化仪上都配有数字化按钮,既可作为屏幕的定标设备(用法与鼠标器相同),也可用作已画好图形的输入装置。它用游标或角笔作定标器,定标器在数字化仪上移动,屏幕上的光标也随之移动。在定标器上有一个“拾取”(pick)按钮,按下它即指示一个点,或是选择所指定的菜单项。某些游标上不只一个按钮,其它按钮的功能可由用户定义。

数字化仪的性能以分辨率来衡量,一般分辨率在 0.637mm 到 0.127mm 之间。

## 3. 图形输出设备

图形输出设备是将计算机处理好的图形数据转换成图形的设备。常用的输出设备有以下三大类:

### (1)图形显示器

图形显示器是交互式绘图系统中不可缺少的图形输出设备,它不仅能显示图形,输出运算结果,而且,为人与机器之间的通讯提供对话媒介,以达到对计算机运行过程的监视。

显示器可与图形输入设备结合使用,在其上可以对交互系统生成的图形进行快速地显示和修改等操作。

### (2)图形打印机

打印机按功能可分为两类,一类是字符打印机,只能打印字符;另一类是图形打印机,图形打印机主要用于输出图形,也可以输出字母、数字。若按打印方式,打印机可分成击打式与非击打式两类,其中非击打式打印机又分为喷墨式、热敏式、静电式与激光式等。

喷墨式打印机是利用连续射流或指令喷滴技术在纸上产生图像,连续射流向纸上喷射墨水微滴,通过静电荷精确控制墨水流,能够快速地在每平方英寸产生 240~400 滴高密度微滴墨水。滴墨指令通过压电传感器压缩充满墨水的细管,指令发出脉冲后通过传感器使墨水从打印头喷到纸上。

热敏式打印机是通过电子笔尖组成打印头,将色料熔化在打印介质上,每点的熔点由编码器精确地控制,这种打印机输出速度很快,打印出的图形是干式的,没有模糊和褪色,图形质量好,有发展前途。

激光打印机是通过计算机中的数据产生激光输出。

目前,一些高档图形打印机,不仅出图速度比传统的平台式和滚筒式绘图机快,而且出图

质量也很高。

### (3)绘图机

绘图机是绘图系统中最主要的图形输出设备。它在微机控制下工作,可以画各种复杂图形。不仅工作效率高,而且画出的图形精致准确,其图面质量是人工无法比拟的。绘图机分为笔式、静电式等多种。

常见的笔式绘图机有平台式和滚筒式等。

平台式绘图机绘图时,图纸是固定在台面上,绘图笔作横向和纵向运动。这种绘图机由于操作方便、价格低廉而被广泛使用。但其绘图速度低。

滚筒式绘图机绘图时图纸作纵向运动,绘图笔作横向运动。其绘图速度可达  $600 \sim 800\text{mm/s}$ ,其优点是设备较小,但能画出很长的图形。

静电绘图机是用电极针尖代替绘图笔,通过电极在纸上产生静电荷,通过增色剂显示出图像。图像分辨率可达每英寸 400 点甚至更细。在绘图过程中无机械接触,因而无噪音,适于复杂图形的输出,且绘图速度更快,图面质量更高,但价格较高。

除上述设备外,还有一个重要的硬件即磁盘,它既具有输入功能,又具有输出功能,可以用来存储各种图形数据乃至图形数据库,以便将这些图形保存下来或重新输入到计算机中进行编辑。

磁盘可分为硬盘和软盘,硬盘固定在主机中,存储容量大,而软盘在携带和信息交流等方面具有很大的灵活性。目前,大多数微机上都配有软盘驱动器和硬盘,用户可根据需要选择使用。

## 二、微机绘图软件系统

从计算机的发展来看,硬件和软件始终是密切关联相互促进。微机绘图系统也是如此,如果离开了各种绘图软件,各种图形设备就无法发挥作用,因此,软件的研制和应用有着十分重要的意义。

计算机绘图软件系统可分为两大类,一类是系统软件,它是用于管理计算机本身的软件,如计算机操作系统和编译系统等。另一类是图形应用软件,它是针对特定的图形在计算机系统软件的基础上开发的程序系统,一般分为基础和专业应用图形软件两大类。其中,专业应用图形软件对于不同的行业有不同的特点,需要单独开发;而基础应用图形软件一般包括:

**基本软件** 即绘图和显示图形必需的指令程序,其主要功能是提供绘制直线、圆弧、点等基本图素和对图素进行平移、旋转等基本变换的指令。

**功能软件** 它是在基本软件的基础上扩充而成的,如工程图纸中的焊缝符号、螺栓螺母等标准件的绘制以及求交点和切点等几何计算的软件等。

目前,包含基本软件和功能软件的大型通用绘图软件包已经进入实用阶段。下面简单介绍几种通用的绘图软件包。

### 1. Personal Designer 图形软件包

该软件包是美国 CV 公司在适用于大、中型计算机的软件包 CADDs 的基础上为微机开发的,具有三维作图功能,可以对三维形体进行剖切,能自动完成回转体相贯和自由曲面相交的图形处理过程。

### 2. CADKEY 图形软件包

该软件包是美国 CADKEY 公司开发的,除具有二维功能外,可以作任意三维图形,并能作任意旋转,还可生成网格图,进行有限元分析。该软件是在微机上运行的第一个三维 CAD 图形系统,由于该软件具有较好的三维功能等突出的优点,在各工程领域受到了极大的欢迎。CADKEY 也因此得到了不断发展。

### 3. AutoCAD 交互式绘图软件包

该软件包是由美国 AutoDESK 公司开发、目前应用最广泛的绘图软件包。据有关刊物统计,世界范围内微机 CAD 系统中有 44% 采用了该软件,它具有相当强的二维绘图与编辑功能,有曲线拟合功能和绘制三维立体消除隐藏线的功能,这种软件配有 AutoLISP 语言,可供用户开发自己的绘图命令和菜单。该软件还提供了多种手段供用户开发图形库。它还可以同高级语言及数据库交换信息,并且有许多外部设备驱动程序,使用相当方便。目前这种软件还在不断向前发展与完善,这也是本书选择该软件作为基础的重要原因。

## § 1.4 微机绘图原理简介

从图形的输出形式看,计算机绘图包括绘图机绘图、打印机绘图和屏幕显示等多种方式。目前,在实际应用中,基本上都是先采用屏幕显示,进行交互式的图形设计,待达到要求以后,再用绘图机进行绘图。

下面对计算机绘图原理作一简单介绍。

### 一、绘图机的作图原理

从绘图机的构造看,绘图机具有 X 方向和 Y 方向两种传动运动,画笔或纸的移动或二者的相对移动是由计算机控制驱动部件来实现的。在实际应用中,有采用  $\pm X$ 、 $\pm Y$  四个基本动作方向的,也有采用由  $\pm X$ 、 $\pm Y$  组合成的八个基本动作方向的,如图 1-1(a)、(b)所示。

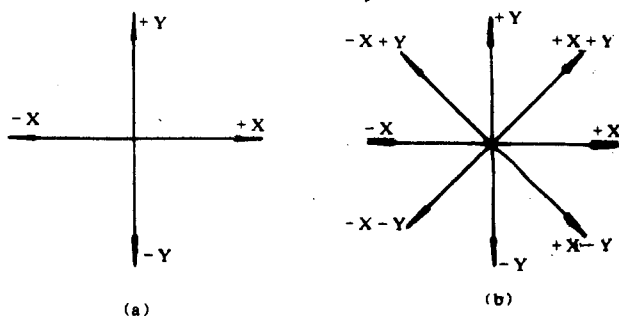


图 1-1 绘图机的基本动作方向

绘图机只能按所具有的基本动作方向绘图,因此,绘图机可直接绘出四个或八个方向的直线,而要画其它方向的直线或曲线时,就要按基本动作方向进行逼近。如图 1-2(a)、(b),是分别用四个和八个基本动作方向逼近的直线段 AB。

当计算机向驱动部件发出一个走步脉冲时,画笔就移动一个距离,这个距离称为绘图机的步距。显然,绘图机是一步一步地逼近欲绘图线的。当步距定得很小时,肉眼就分辨不出逼近过程中产生的锯齿状,所绘图线就类似一条光滑的图线。

绘图机的基本动作除上述步进动作外,一般还应有以下几个动作:

抬笔:使笔尖离开纸面,准备空走。

落笔:使笔尖接触纸面,准备画线。

回机器的零点:抬笔走到绘图机的绝对坐标系原点。

选笔:对于多笔绘图机,可以自动选笔。

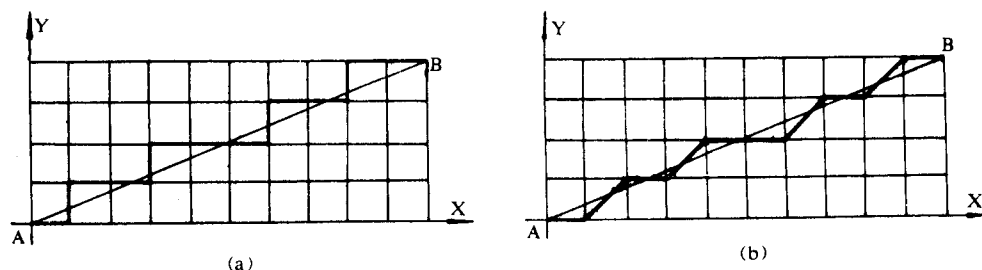


图 1-2 理论直线和绘图机绘出的直线

绘图机绘图,就是通过计算机的处理将图形信息转换成绘图机的上述基本动作的控制信号,进而完成图形的绘制。

## 二、屏幕绘图原理

目前,大多数微机绘图系统配备的是按电视机的工作原理制成的光栅扫描式图形显示器,它不仅显示线框图形,而且可以显示被多种灰度和色调的象素所填充的具有真实感的立体图形,并具有较好的动态性能,适于做模拟器。

屏幕绘图原理依所用显示器的不同而有很大差别。这里仅介绍上述光栅扫描式图形显示器的绘图原理。

### 1. 光栅扫描图形显示器的硬件组成

光栅扫描图形显示器的硬件主要是由帧存储器、显示控制器及 CRT 监视器组成,如图 1-3 所示。

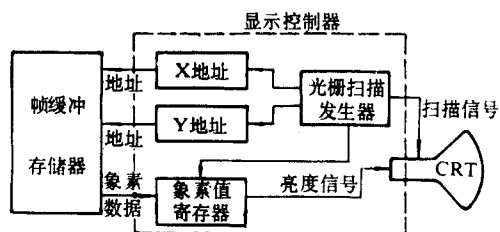


图 1-3 光栅扫描图形显示器的硬件组成

#### (1) 帧存储器

帧存储器是用于存储在屏幕上显示的图形象素阵列,在计算机主机和显示器之间起缓冲数据传送的作用,所以又被称为帧缓冲存储器。帧存储器的容量与显示器所设计的分辨率及色彩等有关。由于显示的图形经常发生变化,所以帧存储器必须采用随机存取存储器。

#### (2) 显示控制器

显示控制器用于控制整个图素显示的过程,主要由光栅扫描发生器、象素值寄存器、X 和 Y 地址寄存器组成。

#### (3) CRT 监视器

CRT 监视器用于接收由显示控制器产生的信号,将图形显示在屏幕上。

### 2. 光栅扫描图形显示器的工作原理

在光栅扫描式图形显示器上,屏幕被分割为许多大小相等的可编址点。这些可编址点被称为“象素点”,它们在屏幕上形成了一个二维的矩形阵列,阵列的行列位置即为象素点的屏幕坐



标。

在屏幕上显示图象,首先是对图象进行分解,将整幅图象与屏幕上的像素点一一对应,并用二进制数表示,从而使之数字化,形成一个规则排列的二进制数阵列。这个阵列存放在帧存储器中。被分解后的图形具有像素大小一致、像素位置固定、排列整齐的特点。经过数字化后的图象,由于是用数值描述,所以便于用数字计算机进行处理和存储。

在一般黑白图形显示器中,任意一个像素点只需显示亮与不亮,所以在帧存储器中,每一个像素点仅用一位二进制数表示即可,二进制数值取 1 表示对应像素点为亮,取 0 则表示像素点不亮。

在彩色图象显示器中,除了控制像素点亮与不亮外,还要控制像素点的显示颜色,因而,屏幕上的一个像素点必须对应帧存储器中的一个多位二进制数,比如,显示  $8(2^3)$  种颜色,每个像素在帧存储器中要用三位二进制数表示;显示  $32(2^5)$  种颜色,需用五位二进制数表示。每位二进制数的值表示相应的彩色码。

综上所述,一幅图象就完全可以用帧存储器中像素点的位置及对应的二进制数值集合来表示了。

实际显示图形时,首先由显示控制器中的光栅扫描发生器发生扫描信号,以每秒 30 到 60 次的频率扫描帧存储器。每次扫描过程中,将存储在帧存储器中的像素矩阵值逐位取出送给像素值寄存器,再转换为视频控制信号送给 CRT 以控制电子束的电流强度,从而达到不同的显示亮度。同时,CRT 电子束的光栅扫描过程也受光栅扫描发生器的控制而与扫描帧存储器同步,其扫描方式是满屏扫描,即从左上角开始,从上到下,从左到右,一行行顺序扫描。这样,从帧存储器中逐位取出的像素就被逐位地显示到了屏幕的相应位置上。

## 习 题 1

- 1.1 举例说明计算机绘图在生产设计中的应用。
- 1.2 计算机绘图系统的硬件一般包括哪些设备?
- 1.3 简述绘图机如何完成图形的绘制。
- 1.4 按四个基本动作方向画出图 1-4 所示直线的逼近图形。

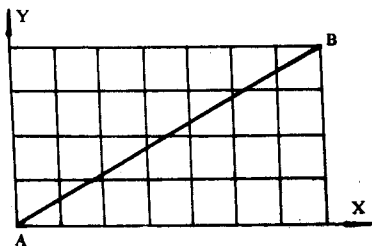


图 1-4

- 1.5 简述光栅扫描图形显示器的图象显示原理。