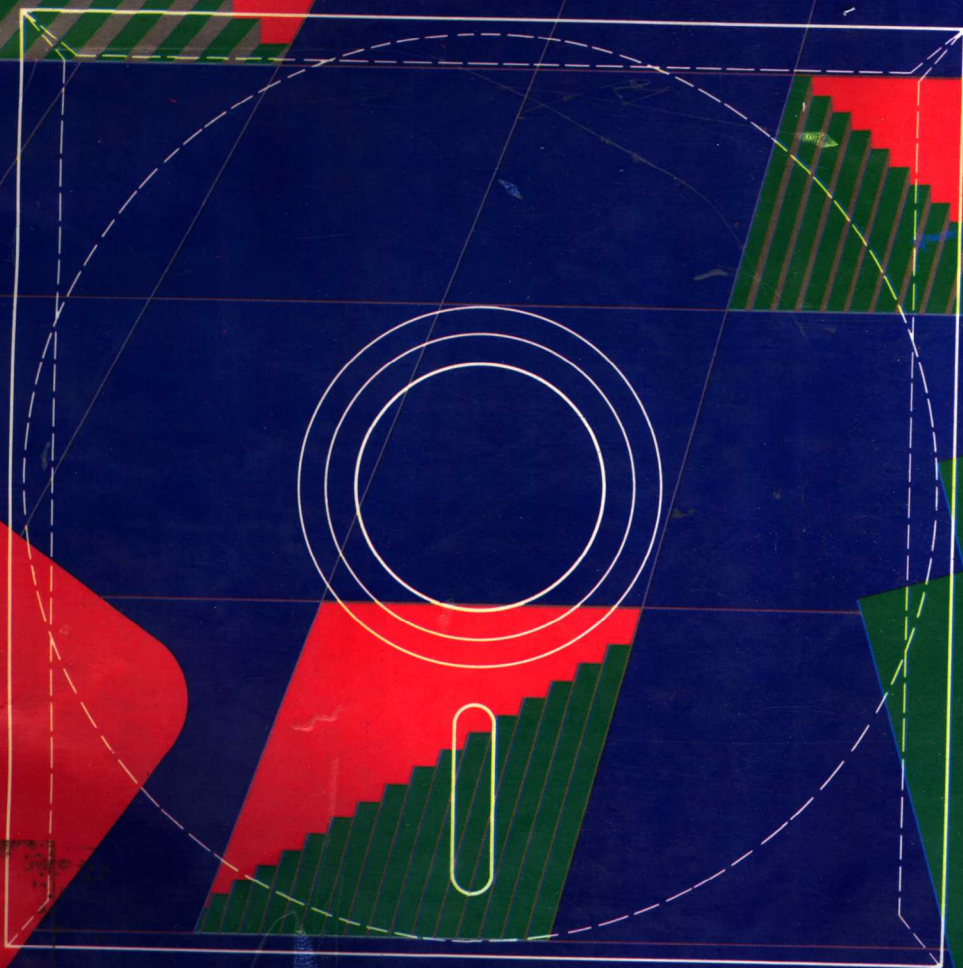


# 计算机绘图教程

谢步瀛 编著



同济大学出版社

# 计算机绘图教程

谢步瀛 龚沛曾 编著

同济大学出版社

## 内容提要

本书系统地介绍了计算机绘图的基本原理以及绘图程序的设计方法,以帮助读者掌握利用计算机绘制建筑图和机械图的基本技能。全书共分十章,内容包括计算机绘图的数学基础、计算机的常用算法、图形输出设备的工作原理、直线生成的原理、平面图形的绘图程序设计方法、图形的矩阵变换、图形算法(窗口裁剪、剖面线处理)、计算机绘图的应用(工程图的程序设计)以及交互式绘图软件简介。每章末都附有思考题和习题。

本书是大学本科非计算机专业的教材,可用作函授教学的教材和自学参考书,也可作为各专业领域的科技工作者的参考书。

责任编辑 冯时庆

封面设计 李志云

## 计算机绘图教程

谢步瀛 龚沛曾 编著

同济大学出版社出版

(上海四平路 1239 号)

新华书店上海发行所发行

望亭电厂印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 12.25 字数: 310 千字

1995 年 7 月第 1 版 1995 年 7 月第 1 次印刷

印数: 1-5000 定价: 6.50 元

ISBN 7-5608-1566-9/TP·161

# 序

随着计算机科学的飞速发展,计算机已经渗透到了科学研究和工程技术的各个领域,在画法几何和工程制图这门科学技术上,计算机也找到了它的用武之地。计算机绘图技术从它诞生那天起,就表现出强大的生命力,近年来更是取得了长足的进步。计算机绘图速度快、质量高,是采用绘图板、丁字尺等传统绘图设备的绘图方法所无法比拟的。在我国,计算机绘图已经进入了广泛应用的阶段。据不完全统计,在大型设计院中,90%以上的计算工作,50%的方案设计和25%的绘图工作是由计算机来完成的。

如何使图学教育适应计算机绘图技术的发展,是广大图学教育工作者应该认真思考的问题。

计算机绘图教学的重点应该放在基本理论、基本知识和基本技能上,当然也应与工程实际联系起来。古人云:“授人以鱼,只供一饭之需;授人以渔,则终身受用无穷。”计算机绘图教学除了讲述某些软件包(如AUTOCAD)的使用外,还应该传授计算机绘图的基本原理,以适应科学技术的飞跃发展。

随着计算机绘图、计算机辅助设计等新兴学科的发展,工程图学硕士点设置了“计算机绘图”这一研究方向学科。工程图学的范畴已经从传统的“画法几何+制图”扩充到“画法几何+制图+计算机绘图”。因此,对于工程图学课程群体的设置与建设问题,包括传统课程“画法几何”的改革和对新兴课程的建设,都应该从总的培养目标出发,来进行研究和处理,以求达到整体上的优化。

计算机绘图的教学要让学员学会用计算机绘制工程图,除了把它作为画法几何或工程制图的计算机实现外,更主要的是要为学员开发具有图形功能的应用软件提供基础,在教学内容、编程语言与图形软件的选用上,都应该着眼于后续课程、课程设计和毕业设计的需要,使之真正成为有用的工具。

本书的作者从10年前就开始从事计算机绘图的教学与科研工作,曾先后为助教进修班、研究生、本科生和函授生讲授计算机绘图课程,并指导本科生、硕士生撰写毕业论文;为了适应当前计算机绘图的教學需要,在总结多年来教学经验的基础上编写了此书。本书中所有的程序都是作者十余年来的学习、教学和科研的成果,其中一些还是第一次公开发表的,现毫无保留地奉献给读者,希望读者能从中得到启发,有所收获。

黄钟珪

1994年9月

# 前 言

计算机绘图是 70 年代迅速发展起来的计算机应用科学的一个重要分支。目前, 它已成为科学研究、教学、生产和管理等部门的一种有用工具, 被广泛应用在工程设计方面, 它是科学技术人员智慧和能力的延伸。高等学校教学普遍开设计算机绘图课程已成为必然的趋势。

由于计算机绘图具有高速度、高精度和高效率等优点, 目前已在科研、教学、生产和管理等部门得到广泛的应用, 特别是在机械、航空、造船、土建、电子等众多领域里, 计算机绘图已经取得丰硕的成果。国内广大科技工作者在自己的工作实践中逐步认识到, 为了适应科学技术迅猛发展的需要, 学习和掌握计算机绘图技术是十分重要和迫切的。

本书是作为高等工科院校教学中“CAD 技术基础”或“计算机绘图”课程的教材来编写的, 也可用作函授或其它高等教学中类似学课的教材。

本书介绍了计算机绘图的基础内容, 包括计算机绘图的基本概念和原理, 基本图形生成的算法, 图形变换的基本理论和处理方法, 以及图形程序设计的基本方法等。它们反映了学科的特点, 是与学科发展最相关的基本内容。全书分为十章, 主要内容有计算机绘图的数学基础、计算机的常用算法、图形输出设备的工作原理、直线生成的原理、平面图形的绘图程序设计方法、图形的矩阵变换、图形算法(窗口裁剪、剖面线处理)、计算机绘图的应用(工程图的程序设计)以及交互式绘图软件简介。

本书在讲述原理和编程方法的同时, 还配有大量程序, 这些程序采用结构化程序设计语言 FORTRAN 编写, 书写规范, 以便初学者培养良好的编程习惯。通过简明的分析, 使读者逐渐步入计算机绘图领域, 为以后在各自专业领域内应用计算机绘图打下必要的基础。

本书编写的指导思想是力求将计算机绘图的数学原理与程序设计方法密切结合。因此, 各章在分析基本数学模型的同时, 均介绍了丰富的程序设计实例, 便于读者分析与阅读, 为了适应自学, 本书对各程序设计实例, 都作了较为详细的说明。

本书每章末都附有复习思考题和习题, 建议学员在学完每一章内容后, 先根据复习思考题复习本章内容, 然后做习题。

本书内容较多, 可随各专业和教学观点的不同以及学时数的多少而取舍。

全书共分十章, 第一、二章由龚沛曾编写, 第三、四、五、六、七、八、九、十章由谢步瀛编写, 全书由谢步瀛主编。黄钟珺教授为编写本书提出了许多指导性的意见, 并为本书写了序。

由于作者水平有限, 书中不妥之处在所难免, 望读者批评指正。

作 者

1994 年 9 月

# 自学方法说明

“计算机绘图”是一门基础技术课，是研究用计算机作为工具绘制空间几何形体的一门学科，掌握了它就为计算机辅助设计和其它相关课程打下了基础。

计算机绘图的关键在于用数学方法描述一个物体，因此，在学习这门课程之前，必须掌握计算机算法语言、解析几何和线性代数等课程的知识。本课程的教学方式是根据教材和其它教学资料（如自学周历表），以自学和函授为主，并按阶段对函授生进行适当的面授辅导。

现对各教学环节说明如下：

## 1. 自学教材

自学时要认真地逐章逐节阅读教材。对一些基本概念和公式，要弄懂、搞清。

第一次阅读时，可以着重记出要点，对困难的或难于理解的地方，暂时作个记号，留待进一步精读时去解决。

再次阅读时，必须逐节仔细精读，对于一些公式推导，要边读边演算，弄清公式中每一符号的意义。

精读时，必须彻底了解描述物体的数学原理和图形处理的数学公式，如有不清楚的地方，经再三思考还不能解决的，应及时向学校任课教师书面提问，争取尽早解决，以免影响后面的学习。

## 2. 复习思考题

在读完每一章内容后，应独自回答所附的“复习思考题”，由于学习时间紧的关系，一般不需要用书面回答，必要时，可以写出公式，检查自己的掌握程度。

如果对自己的答案有怀疑，应及时向函授老师提问，请求答疑。

## 3. 习题

本课程的实践性很强，只有通过反复练习，才能对大量的基本原理、抽象的数学模型和各种算法的推导加深理解。对计算机绘图掌握得如何，常常决定于作习题的多少。练习的一个重要内容是编程，多编程序是学好本课程的有效方法。在编程前，必须弄清数学原理，切忌在对公式还没有确切理解的情况下，用试凑的方法去编程。如果有条件上机调试，则效果更好，上机是检验程序正确性的最有效的方法，通过上机，可以加深对基本原理的理解，形成实践—理论—再实践的良性循环，最终牢固掌握该部分内容。因此，应尽可能争取多上机。

如果认为书中习题不够，可在其它参考书中选择习题来练习。

函授生应按规定交批作业，每次批改后发还的习题，如有错误应及时更正，以利于以后章节内容的学习。

#### **4. 测验作业**

函授生在学习了一个阶段之后，就要完成该阶段的测验作业。做测验作业之前，必须先完成该阶段的全部习题。测验作业是检查函授生对该阶段内容是否掌握的重要依据，故函授生必须独立完成，并按时寄给老师批阅。

测验作业必须做到解题、编程正确，书写清晰。在学期考试前，若未完成应交的习题和测验作业，将不得参加该门课程的考试。

#### **5. 面授**

面授是总结性的讲课，仅能讲一些基本的、主要的内容，以及比较难懂的问题。所以，函授生在参加面授前必须进行教材的预习，否则，难以达到应有的效果。

面授的次数、每次面授的日期和地点，由学校统一安排，对无法参加面授的函授生应更多地争取任课教师的书面辅导。

#### **6. 书面提问**

函授生通过自学、面授、做习题，如还有不清楚的地方，经再三思考还不能解决，可向学校任课教师书面提问，所提问题要写在学校规定的提问用纸上，字体要端正，提的问题要详细。教师在接到书面提问后，会及时给予答复。

#### **7. 考试**

在本课程结束后，按学校规定的日期和地点进行考试。函授生必须在完成规定的全部习题和测验作业后，方可参加考试。

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	(1)
1.1 计算机图学的发展概况 .....	(2)
1.2 计算机图学的应用 .....	(3)
<b>第二章 计算机绘图的数学基础和常用算法</b> .....	(7)
2.1 直线、圆和圆弧的描述 .....	(7)
2.2 直线、圆和圆弧的求交运算 .....	(12)
2.3 常用算法 .....	(23)
<b>第三章 图形输出设备的工作原理及基本图形的生成</b> .....	(27)
3.1 自动绘图仪的工作原理 .....	(28)
3.2 直线的生成 .....	(29)
3.3 圆弧的生成 .....	(41)
<b>第四章 平面图形的绘图程序设计</b> .....	(45)
4.1 曲线图形的绘图程序设计 .....	(45)
4.2 折线图形的绘图程序设计 .....	(48)
<b>第五章 二维图形的矩阵变换</b> .....	(52)
5.1 二维图形的基本变换和齐次坐标 .....	(52)
5.2 二维图形的级联变换 .....	(60)
<b>第六章 三维图形的矩阵变换</b> .....	(68)
6.1 三维图形的基本变换和齐次坐标 .....	(69)
6.2 三维图形的数据结构 .....	(77)
6.3 三维图形的级联变换 .....	(79)
6.4 正投影变换 .....	(81)
6.5 轴测投影变换 .....	(86)
6.6 透视投影变换 .....	(96)
<b>第七章 窗口裁剪</b> .....	(112)
7.1 窗口和二维裁剪 .....	(112)
7.2 三维裁剪 .....	(119)
<b>第八章 剖面线的绘图程序设计</b> .....	(129)
8.1 剖面线的一般规律 .....	(129)
8.2 剖面线的绘图算法 .....	(129)
<b>第九章 工程图的绘图程序设计</b> .....	(142)
9.1 工程图形库 .....	(142)
9.2 建筑工程图的绘制 .....	(152)
9.3 机械工程图的绘制 .....	(155)



<b>第十章 交互绘图软件 AUTOCAD 简介 .....</b>	<b>(162)</b>
10.1 AUTOCAD 的功能 .....	(162)
10.2 系统的使用及基本操作 .....	(164)
10.3 绘图命令 .....	(166)
10.4 显示控制命令 .....	(170)
10.5 编辑命令 .....	(171)
10.6 图层 .....	(173)
10.7 图块 .....	(175)
10.8 高级扩展功能 .....	(177)
<b>附录A FORTRAN语言的图形功能以及与AUTOCAD的接口 .....</b>	<b>(179)</b>
<b>附录B FORTRAN程序的编译 .....</b>	<b>(185)</b>

# 第一章 绪 论

图形是表达和交流技术思想的工具，在科研和生产中应用已有悠久的历史。长期以来，绘图工作基本上是以手工形式来进行的，因此存在生产效率低、绘图准确度差、劳动强度大等缺点。人们很久以来一直在寻求代替手工绘图的方法，在电子计算机出现并得到广泛应用以后，这种愿望才变为现实。

制图的过程就是把组成空间物体的几何要素（点、线、面）静态或动态地表示在平面上。把空间物体的形状转换为平面上的图形是以画法几何、解析几何及数学分析为依据，按一定的数学规律来进行的。也就是说，任何几何数据都可以用图来表示，反之，图形也可以用数字来描述。最简单的例子就是点，点可以用它的坐标值  $x$ 、 $y$ 、 $z$  来描述其空间位置，并绘出其投影图和立体图。反之，根据点的投影图和立体图也可得出其坐标值，见图 1-1。由于有了图和数的联系，所以人们可以用计算机和图形处理设备所构成的计算机绘图系统来实现计算机绘图。

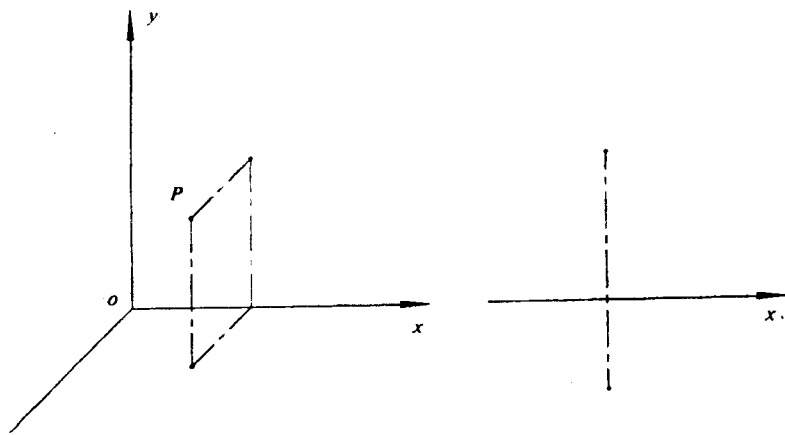


图 1-1 坐标值与投影图的对应关系

正如绘图在设计和制造过程中占有重要地位一样，计算机绘图是计算机辅助设计（Computer Aided Design，简称 CAD）和计算机辅助制造（Computer Aided Manufacturing，简称 CAM）的重要组成部分，并且随着 CAD 和 CAM 日益广泛的应用，形成了一门新的学科——计算机图学（Computer Graphics 简称 CG），它主要研究表示对象的构成技术以及图形的生成和变换技术。

计算机绘图在目前可分为两类：

(1) 被动式绘图（Passive Graphics） 由操作人员输入全部绘图信息以后，计算机控制自动绘图仪输出图形；在绘图过程中，人无法进行干预。

(2) 交互式绘图 (Interactive Graphics) 在绘图过程中, 图形显示在屏幕上。人可以利用键盘、光笔、数字化仪等设备输入各种命令或图形数据, 以实现图形的增、删、改, 取得满意的结果后, 再进行绘图。

## 1.1 计算机图学的发展概况

计算机绘图的研究开始于 50 年代, 1958 年, 美国 GERBER 公司首先试制了第一台平台式数控绘图仪。然后 CALCOMP 公司于 1960 年制成第一台滚动式绘图仪。从此电子计算机除了能输出数字、文字之外, 还能直接输出图形, 使被研究的对象形象地表现出来, 从而可以统观全局, 一目了然。自动绘图仪诞生以后, 发展极为迅速, 广泛应用于各行各业, 并且性能不断提高。目前, 它正向高精度、高速度、多功能、智能化、以及大型、微型等方向发展。

在 50 年代, 计算机开始配置显示图形的阴极射线管显示器, 但还不具备人机对话的功能。后来, 美国麻省理工学院的 Ivan.Sutherland 博士设计了 SKETCHPAD 系统。采用这一系统, 设计人员可以用光笔和键盘在图形显示器上实现定位、选择、画图等交互功能。计算机可以跟踪光笔, 在当前的点与指定的点之间画出直线, 或在给定圆心和半径后自动画圆等; 还可以通过分层调用若干子图素来构成一幅完整的图形。这些基本概念和技术是交互式绘图的基础。

交互式图形技术的出现促进了计算机辅助设计和辅助制造技术的发展, 并在各个领域得到日益广泛的应用, 这又反过来促进了计算机图学的进一步发展。这首先表现在计算机图形输出和输入技术的发展上。在输出技术中, 早期发展的显示器由于价格昂贵, 成为影响交互式图形技术普及的主要障碍。为解决这一问题, 60 年代后期出现了存储管式存储器。它具有分辨率高、图形稳定、价格较低的优点; 但不具备显示动态图形的功能, 也不能进行有选择的删除。用它可以对一些简单的图形实现交互处理, 因此对进一步普及交互式图形技术起了很大作用。70 年代中期, 由于廉价固体电路的出现, 使光栅扫描图形显示器发展起来, 它可以使图形生成技术和现代电视技术相结合, 因而更易于推广和应用。

图形输入设备是实现交互式图形设计所不可缺少的硬件, 它向计算机输入各种命令或图形数据。利用它可以在屏幕上定位, 或对已有图形进行选择、拾取, 从而实现图形的增删和改动。目前常用的输入设备有带有命令控制键和特殊功能键的键盘、输入板、操纵杆、跟踪球、鼠标器等。鼠标器由于使用方便灵活, 正得到愈来愈广泛的应用。图形数字化仪则是一种图形数据采集装置, 它可以将图纸上的点或线变为数字坐标输入到计算机内。

目前计算机图形设备 (通称硬件) 还需要相应的图形生成的算法和程序 (通称软件) 来配合。随着硬件系统的发展, 图形软件也有了很大的发展。它将进一步向通用化、高级化及与设备无关的方向发展, 并且进一步商品化。计算机绘图的发展体现在以下几个方面:

- (1) 被动式绘图正逐渐被交互式绘图所代替。
- (2) 计算机绘图成为计算机辅助设计的重要手段。

(3) 应用领域越来越广, 计算机绘图所占比重越来越大。现在美国、日本等发达国家各生产部门用计算机绘制的图纸已大约占全部图纸数量的一半, 今后计算机绘图的比重还

将增大。

(4) 与 CAD, CAM 紧密地结合在一起, 形成一个计算机辅助工程 (Computer Aided Engineering, 简称 CAE)。

(5) 在立体图形方面, 传统的线条图将被仿真图形所代替, 即显示出物体的色彩、明暗、阴影、透明度等, 使图像更逼真。

## 1.2 计算机图学的应用

随着科学技术的发展和生产实际的需要, 计算机图学的应用范围日益广泛, 作用愈来愈显著。目前主要的应用领域有以下几方面:

(1) 工业上的辅助设计和制图 如在土木、建筑、机械制造、汽车制造、造船、航空、电子、电气等方面的设计制图; 各种计算图表、管路图、布线图、设备图、构件图、印刷线路板、集成电路等。图 1-2、图 1-3 分别为计算机绘制的机械零件图和房屋透视图。

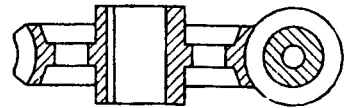


图 1-2 机械零件图

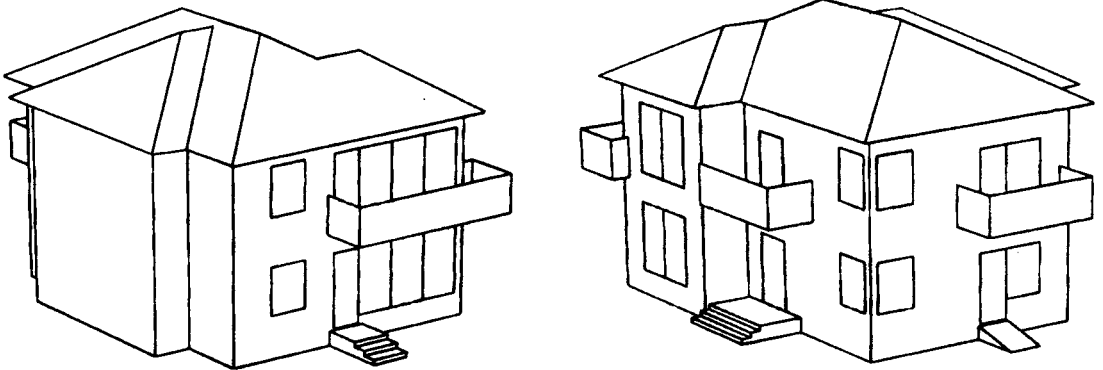


图 1-3 房屋透视图

(2) 业务管理部门的管理图 如统计用的直方图、线条图、圆饼图、工作进程图、管理仓库或生产的各种图表等。这些图可以形象地表明数据的关系及其变化的趋势, 以增强对复杂现象的了解, 并有助于迅速作出决策。图 1-4 是某统计图。

(3) 测量图形 如地理图、地形图、地质图、矿藏勘探图、海洋地理图、航海图、气象图、人口图、资源图等。图 1-5 为计算机绘制的地形图。

(4) 生物、医学、药学方面的图形 如分子结构图、心电图、人体系统图、结晶解析图、药效分析图等。

(5) 模拟及动画 由计算机产生物体随时间、温度、速度等因素变化的模拟图形。这种图可以用来研究液流、核反应、化学反应、受热情况、受力应变情况等变化过程。例如, 模拟人体运动的图像, 可以找出最佳状态及时间, 以帮助运动员提高成绩。利用交互技术产生动画片, 可以提高动画片的质量和生成效率, 降低成本。这种技术在国内已广泛用于制作电视广告。这种技术还可应用于各种模拟器的背景变化, 如飞行模拟器、汽车驾驶模拟器、船舶驾驶进港模拟器等。这些模拟器能使受训者产生面临各种环境的真实感

觉，从而能节省燃料、保证安全、避免机件损耗，降低训练费用，缩短培训时间。

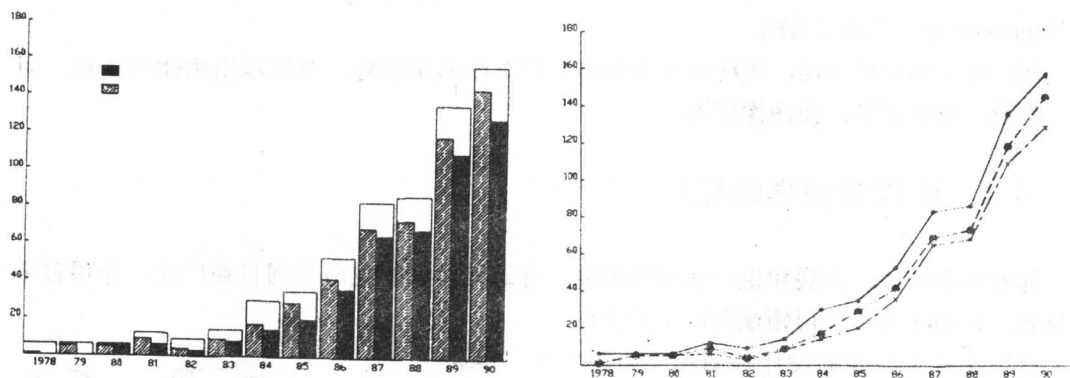


图 1-4 统计图

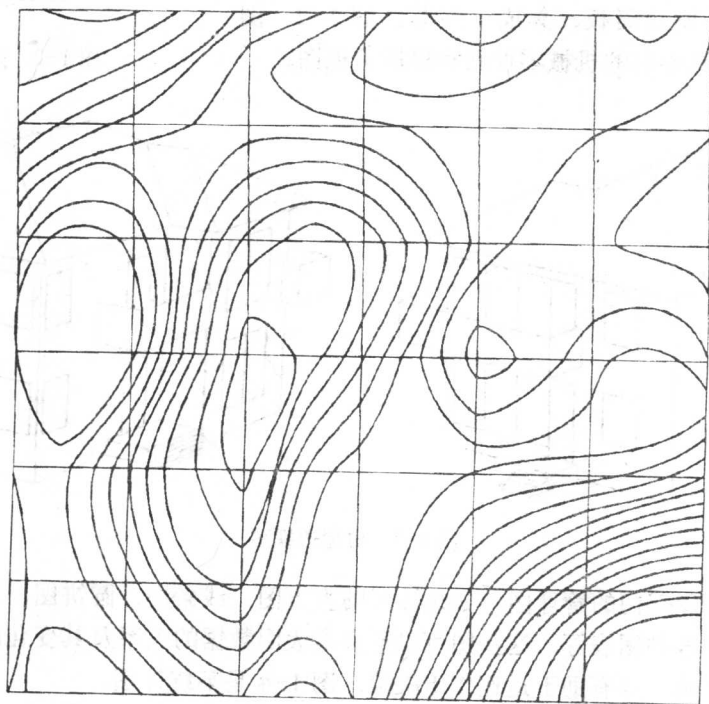


图 1-5 地形图

(6) 美术设计 如绘制各种花纹图案、甚至国画、书法等。图 1-6 为计算机绘制的图案。

(7) 过程控制 如炼油厂、化工厂、电力网、铁路等部门可以用图形显示设备的关键部位或运行过程的情况，操作者可以对不正常的情况作出调整。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。

(8) 计算机辅助教学 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，从而提高学生的兴趣和教学效果。

(9) 办公室自动化 使用计算机及图形终端来生成和交换信息可以大大提高办公效

率，减少差错。

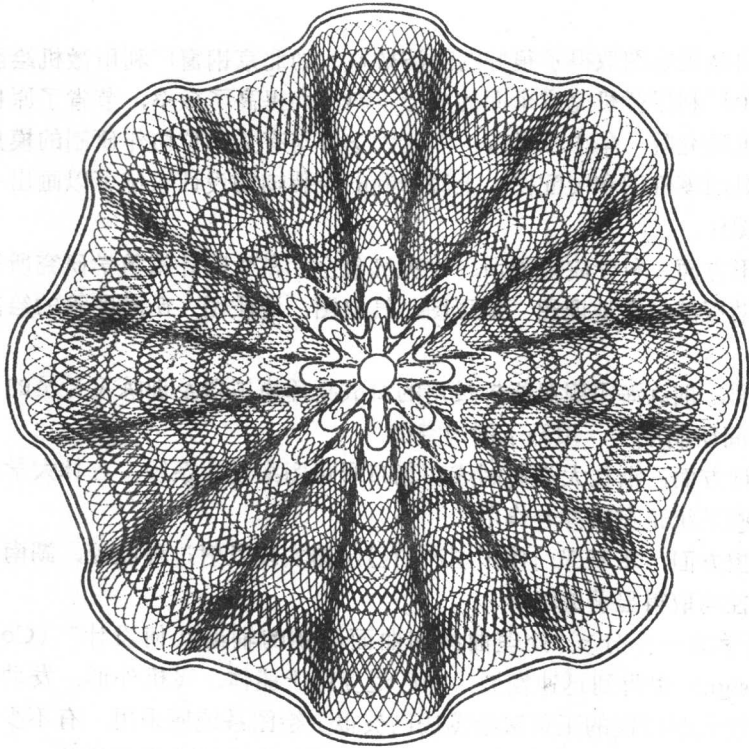


图 1-6 美术图案

我国从 1967 年起开展计算机控制的自动绘图仪的研制工作，先后制成了 LZ5 和 MSB-1 型 X-Y 绘图仪。在 1970 年制成第一台高精度平台式绘图机和 751 型黑白图形显示器。随后，陆续研制出了多种型号的平台式、滚筒式绘图机。1976 年制成具有先进水平的 HTJ-1855 大型精密绘图机和 752 彩色图形显示器。1977 年又制成了平面电机型绘图仪。除此之外，近十多年来各部门还引进了许多国外的计算机图形系统。近年来，随着计算机价格的下降，各部门拥有微型计算机的数量急剧增加，有不少微机均配有图形设备。随着计算机工业的迅速发展以及各工业部门技术改造进程的加快，计算机图形系统还将得到进一步的普及。

在硬件的试制和引进的同时，图形软件的引进、开发和计算机绘图在各行各业中的应用也得到迅速发展。造船、航空、电子等工业部门较早地投入了大量技术力量，研制了许多应用软件，在科研和生产中发挥了巨大作用。如造船工业在 1972 年用自动绘图仪绘出了我国第一张实用的船体生产图纸。随后在数学放样、曲线拟合及光顺、绘图、火焰切割和数据库配置等方面都有很多应用软件研制成功。据 1980 年统计，我国十余个船厂在大约 60 种不同类型的百余艘船舶生产中不同程度地应用数学放样新工艺，技术经济效果显著。上海船舶工艺研究所研制的船舶管线辅助设计系统获得国内外好评。广州船厂研制的散装货船辅助设计系统大大提高了设计的进度和质量。航空工业研制的各种软件系统可用以构造飞机全机的外形数学模型，在飞机改型和新机的设计研制中发挥了巨大作用。电子工业利用计算机绘制大规模集成电路的图形和刻制掩模板。铁道部在较短时间内开展了计算机绘图在铁路线路、桥梁、隧道、站场、房建、通讯讯号、给水、行车、电力等十几个

专业的应用工作，使工程设计人员摆脱了繁重的绘图劳动，给铁路勘测设计带来很大效益。

一些工厂用微机绘图取得了很好的经济效益。如北京钢窗厂利用微机绘图系统绘制钢窗图；上海制伞厂利用微机完成伞面的成形下料，均提高了效率，节省了原材料，增加了产量。北京机电研究院、华中工学院、浙江大学等与有关单位协作研制的模具辅助设计系统可以画出模具的零件图和装配图。上海研制的服装辅助设计系统可以画出中山装、西装等各种服装的图样。

在测量图形方面，科学院地理所、中央气象台、科学院计算数学研究所等以及其它一些地质、石油勘探部门在地理图、地形图、气象图、地质图、矿藏图等的绘制中均有很多创造。

在模拟方面，训练海军舰艇指挥员用的海战指挥模拟器及训练飞行员的飞行模拟器于1983—1984年间研制成功，填补了国内空白。

在美术设计方面，浙江大学研制成功花布彩色图案设计系统，吉林大学研制成绘制中国画系统，这些系统正在发挥着作用。

在过程监控方面，军事部门使用国产的显示器实现发射过程监控，湖南长岭炼油厂实现生产过程监控均取得显著成绩。

计算机图学的一个分支“处理曲线和曲面问题的辅助几何设计”（Computer Aided Geometric Design）也得到迅速发展，并广泛应用于船体、飞机外形、发动机和涡轮机叶片等方面。浙江大学研制的正负法绘图法已被很多绘图系统所采用。有不少单位进行了三维图形的开窗、裁剪和消隐方面的研究，设计出了一些比较先进的算法。

目前，我国的造船、航空、电子、机械制造、铁路、石油、土建、电力、地理、地质、气象、大地测量以及有关的军事部门已较多地应用了计算机图形生成技术，在短短的十多年时间里取得了很大的成绩。但我国与国际上先进水平相比还有不小的差距。可以预期，今后我国的计算机绘图将在以下几个方面得到发展和提高：

- (1) 以往的单纯绘图逐步向 CAD / CAM 发展。
- (2) 被动式绘图向交互式绘图发展；二维图形向三维图形发展。
- (3) 以微机为主的 CAD 系统。
- (4) 各个领域内的应用软件，特别是整体综合工程如电站、水力枢纽、高层建筑、工厂、车间等软件。
- (5) 软件的商品化，以避免重复研制、浪费人力，并有利于推广使用。

### 复习思考题

1. 计算机绘图技术分哪两类？
2. 计算机图学是怎样发展起来的？

### 习题

1. 计算机图学研究哪些内容？
2. 计算机绘图有哪些应用？

# 第二章 计算机绘图的数学基础和常用算法

## 2.1 直线、圆和圆弧的描述

### 1. 直线的描述

在数学上，描述直线的方式有很多种，但用于计算机绘图通常有以下几种：

#### 1) 直线的两点式方程

设直线通过  $P_1(x_1, y_1)$  和  $P_2(x_2, y_2)$ ，见图 2-1，则直线方程可表示为

$$y - y_1 = (y_2 - y_1)(x - x_1) / (x_2 - x_1)$$

或

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} \quad (2-1)$$

直线是无限长的。直线上的某一段称为直线段，对此必须给出其定义域。

#### 2) 直线的点斜式方程

直线由线上一点  $P_1(x_1, y_1)$  和斜率  $k$  定义，见图 2-2，其方程为

$$y = y_1 + k(x - x_1) \quad k = \operatorname{tg} \alpha \quad (2-2)$$

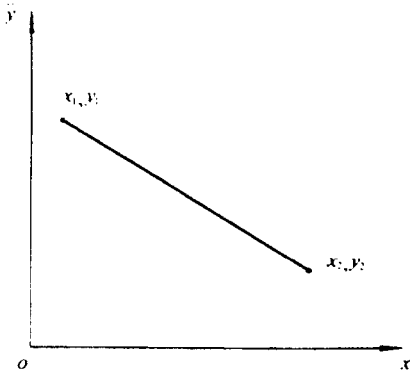


图 2-1

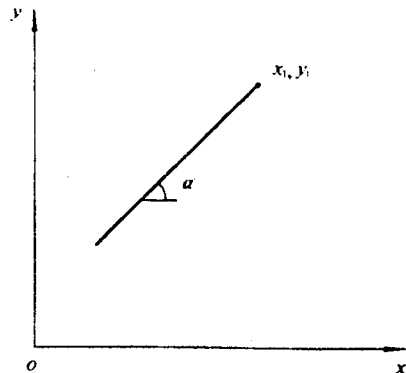


图 2-2

#### 3) 直线的斜截式方程

直线由斜率  $k$  和直线在  $y$  轴上的截距  $B$  定义，见图 2-3，其方程为

$$y = kx + B$$

$$k = \operatorname{tg} \alpha$$

(2-3)



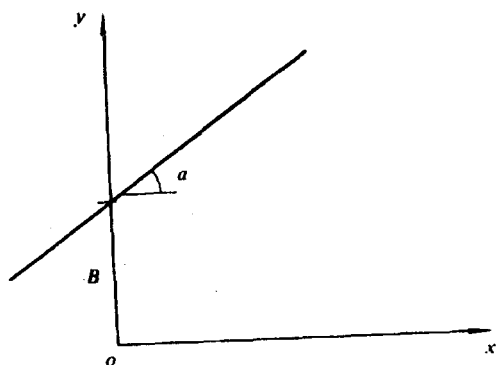


图 2-3

#### 4) 直线的参数方程

如果把式 (2-1) 的值记为  $t$ , 就有

$$\begin{aligned} x &= x_1 + (x_2 - x_1)t \\ y &= y_1 + (y_2 - y_1)t \end{aligned} \quad (2-4)$$

式 (2-4) 是一种较好的描述通过两点  $P_1, P_2$  直线的参数方程, 其优点是:

(1) 比较直观, 直线通过的  $P_1, P_2$  两点明显在方程之中;

(2) 能描述任何形式的直线;

(3) 参数  $t$  有明显的几何意义 (当  $0 < t < 1$ , 表示  $P_1, P_2$  两点之间的线段,  $t = \infty$  表示通过  $P_1, P_2$  两点直线上的无穷远点);

(4) 直线上的点 (例如直线和其它图形的交点) 可以按照  $t$  的大小排列起来。因此, 它在图形运算和隐藏线消除中广泛被采用。

如果以向量形式表示, 则式 (2-4) 可简写为

$$p = P_1 + (P_2 - P_1)t \quad (2-5)$$

其中  $P_1$  为起点向量,  $P_2$  为终点向量。

#### 5) 直线的标准方程

若将式 (2-1) 左右两端同乘  $(x_2 - x_1)$ , 且移项, 则有

$$(y_2 - y_1)(x - x_1) - (x_2 - x_1)(y - y_1) = 0 \quad (2-6)$$

令  $A = y_2 - y_1, B = x_1 - x_2, C = -Ax_1 - By_1$ , 就得到直线的标准方程:

$$Ax + By + C = 0 \quad (2-7)$$

平面上任何点  $p(x_p, y_p)$  到直线的距离可表示为

$$d = \frac{Ax_p + By_p + C}{\sqrt{A^2 + B^2}} \quad (2-8)$$

当  $d > 0$  时, 表示  $p$  在直线的正侧;  $d < 0$  表示在直线的负侧,  $d = 0$  表示点在直线上。