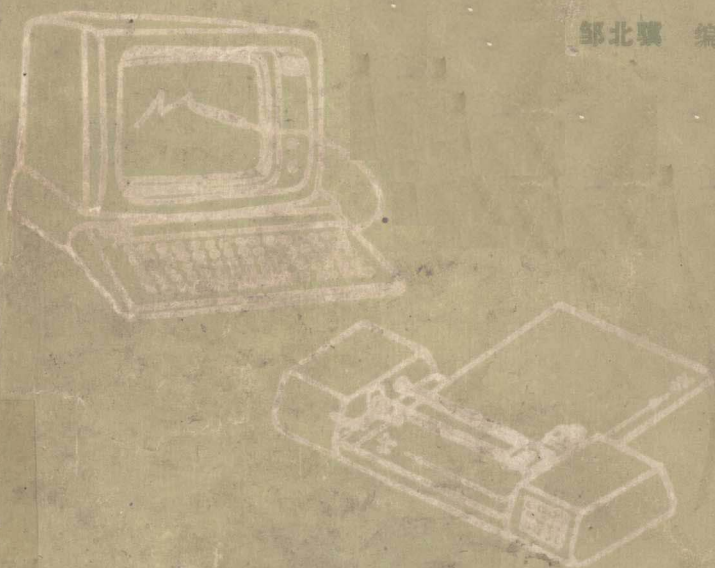


中国科学院青年奖励研究基金资助项目

计算机图形学 原理与应用

邹北骥 编著



湖南大学出版社

中国科学院青年奖励研究基金资助项目

计算机图形学 原理与应用

邹北骥 编著

湖南大学出版社

内 容 提 要

本书分为基础篇和应用篇。

在基础篇中，介绍了计算机图形学的基本概念，图形设备的使用方法；重点介绍了二维图形、三维图形生成的基本原理，还包括几何变换、图形输出变换和三维投影变换，并附了部分程序和由这些程序画出的图形。

在应用篇中，以作者设计的两个系统为基础，详细介绍了三维几何造型技术，同时还介绍了图形设备接口软件设计技术。

本书可作为高等学校计算机图形学课程的教材，亦可供有关的教师、学生及工程技术人员、研究人员参考。

计算机图形学原理与应用

邹北骥 编著

责任编辑：左宗仰



湖南大学出版社出版发行

(长沙市岳麓山)

湖南省新华书店经销 湖南大学印刷厂印刷



787×1092 32开 13印张 292千字

1989年11月第1版 1989年11月第1次印刷

印数：0001—3000册

ISBN 7-314-00468-4/TP·17

定价：4.80元

序

计算机绘图是近几年来计算机应用领域中非常活跃的一门学科分支。之所以如此，主要是人们感觉到直接用图形来表达计算机的输出结果要比用文字形象直观得多。俗话说得好，“一幅画抵得上千言万语”，这就更加深刻地说明了图形的重要性。以前，人们与计算机“交换信息”时，都以文字或数据作媒介，遇到计算机处理的对象是图形时，就得费一番功夫把图形转化为一段文字来描述，这样既不直观又非常麻烦。后来，随着大规模集成电路技术的发展，使得设备不断更新，新的设备不断产生，就出现了直接表现图形的设备，这使得计算机输出的结果变得更为丰富，图文并茂、形象直观。正是由于这种设备的发展，推动了计算机绘图技术的产生。另一方面，在现代的生产实际中，图纸设计与描绘的工作量相当大，全部用人工来完成确实是生产力落后的一种表现，这不仅因为它速度慢，而且准确度低。所以，依靠计算机技术，利用计算机产生图形来进行这项设计、绘图工作，不仅速度快、准确度高，而且往往具有智能设计功能。因此，从这个意义上讲，计算机图形学这门新兴的学科是很有前途，很有研究价值的。

现在有很多的名称，诸如计算机图形学、计算机绘图、计算机辅助图形设计等等，基本上都是一个意思：就是研究如何用计算机来产生图形的，或者说计算机产生图形的原理

是什么。关于这些，作者已在本书中作了详细的论述。翻阅这本书，可以发现它的最主要的特色是将计算机图形学的原理与技术分为基础篇和应用篇两大部分来论述，前者是后者的基础，后者是前者的应用。在基础篇里，作者根据他本人近五年来的讲稿，参考国内外一些有关图形学论著中的有益部分综合编写而成。这部分内容包括了计算机图形学中主要的原理，并且所涉及的一些主要的图形生成算法，已在计算机上一一实现，书中的大部分插图都是作者根据这些算法所编成的程序在计算机上运行，由自动绘图仪绘制的，有的程序在本书中列出了清单。这样的安排就使得读者对一些图形生成算法有了一个更深刻的理解。在应用篇里，作者以他在清华大学攻读硕士学位期间所进行的研究工作和近两年来所从事的中国科学院青年奖励研究基金项目的基础研究工作为基础，参考了国内外一些极有价值的学术论文综合编写而成。因此，应用篇中的内容包含了作者的深刻体会。把基本原理部分和实际应用部分安排在一本书里确实是一个良好的尝试，它可以使读者在学完基础篇中的基本原理以后，参考应用篇中的内容就可以开展计算机图形学研究工作了。

本书的另一个特色是及时地反映了计算机图形学当前的状况。无论是基础篇中的原理部分还是应用技术部分，都是当前计算机图形学中的主要的研究课题。因此，使用这部二十余万字的书可使读者很快地进入到当前的计算机图形学研究领域。

本书文字通俗易懂，重点突出。在每一节开头和结尾，分别用简短的文字提出了将要介绍的内容，并对每节内容进行了总结。因此，特别适合于各类工科本科生和研究生作计算机图形学课程的教材，也适合于一般读者自学。

本书作者在计算机图形学的研究方面接受过良好的训练与培养，有较好的素质。从本书的内容来看，尽管还有许多需要改进和补充的地方，但仍不失为一本较好的教材。

杨 润 生

一九八九年四月二十日

前 言

我先后已担任五届学生计算机图形学课程的教学工作，也曾编写有关这方面的讲义，并一直从事这方面的科学研究工作。我很想把我给学生所讲的内容和自己所做的工作介绍给对计算机图形学感兴趣的广大读者，现在这个机会终于到来。

在此，我要特别感谢对本书的编著自始至终给予热情鼓励与支持，并为本书作序的我系主任杨润生教授，特别感谢辛勤培养过我的导师、清华大学教授唐泽圣老师、副教授孙家广老师。

我要感谢为本书担任主审工作的周叔子教授，感谢在我的科研工作中给予我帮助的教研室的全体老师以及长沙航空工程学校的周韧老师。

此外，我还要感谢为本书提供出版机会的湖南大学出版社。

因作者水平有限，加上时间仓促，书中错误难免，恳请广大读者批评指正。

一九八八年十二月

目 录

序.....	(1)
前 言.....	(5)

基 础 篇

第一章 什么是计算机图形学.....	(1)
第一节 计算机图形学研究的内容.....	(1)
一、计算机图形学的基本内容.....	(1)
二、图形学、图象处理与模式识别.....	(3)
三、图形学与CAD/CAM技术.....	(4)
四、当前图形学所研究的课题.....	(5)
1. 几何造型技术研究.....	(6)
2. 三维信息重建技术研究.....	(6)
3. 三维空间布局技术研究.....	(6)
4. 图形数据库系统的开发.....	(6)
第二节 计算机图形系统的硬件.....	(6)
一、计算机.....	(7)
1. 异步通讯控制器.....	(7)
2. 联接方法.....	(8)
二、图形输入设备.....	(9)
1. 字符键盘.....	(9)
2. 坐标数字化仪.....	(9)
3. 光笔.....	(11)
4. 鼠型器.....	(11)

三、图形输出设备	(12)
1. 图形显示器	(12)
2. 绘图仪	(15)
第三节 计算机图形学的发展历史	(17)
一、计算机图形学的过去	(17)
二、计算机图形学的现在	(18)
三、计算机图形学与其它技术的结合	(20)
1. 与数据库技术	(20)
2. 与人工智能	(20)
3. 与自动控制技术	(20)
第四节 计算机图形学的应用领域	(21)
习题一	(23)
第二章 二维图形生成原理	(24)
第一节 直线的生成	(25)
一、三种常用的坐标系	(25)
1. 用户坐标系	(25)
2. 设备坐标系	(26)
3. 规格化坐标系	(26)
二、直线生成算法与算法分析	(29)
1. 逐点比较法	(30)
2. 正负法	(36)
3. DDA法	(42)
4. Bresenham 算法	(45)
5. 四种算法比较	(46)
三、直线产生的质量标准	(50)
1. 逼近度	(50)
2. 终点准确性	(51)

3. 速度	(52)
四、由直线组成的直线图形	(52)
第二节 曲线段的生成	(54)
一、圆弧的生成算法	(55)
1. 逐点比较法	(55)
2. DDA法	(60)
3. 角度DDA法	(62)
4. 正负法	(64)
二、一般平面二次曲线的生成算法	(68)
1. 一般平面二次曲线的拟合生成法	(68)
2. 几种特殊形状的二次曲线	(71)
三、平面自由曲线的生成算法	(77)
1. 三次样条曲线生成算法	(78)
2. 三次参数样条曲线	(88)
3. Bézier 曲线生成算法	(92)
4. B样条曲线生成算法	(108)
5. Bézier 曲线与B样条曲线	(127)
第三节 二维图形变换	(130)
一、二维图形的几何变换	(131)
1. 基本的几何变换形式	(131)
2. 几何的变换实质	(133)
3. 基本几何变换的数学表示形式	(135)
4. 几何变换的若干性质	(144)
5. 几何变换的程序设计	(149)
二、二维几何变换的级联	(150)
1. 几何变换级联的表示	(150)
2. 常用的几种级联变换	(151)

第四节 二维图形的输出	(157)
一、窗口区与视图区	(157)
二、窗口与视图的坐标变换	(159)
三、二维图形的裁剪	(160)
1. 直线段的裁剪	(161)
2. 多边形的裁剪	(166)
习题二	(169)
第三章 三维图形生成原理	(170)
第一节 三维坐标系及点、线、面的表示	(170)
一、三维直线段的定义	(172)
二、两向量之间的夹角	(174)
三、平面的定义	(174)
四、平面与直线的交点	(175)
五、点到平面的距离	(175)
六、两线段交点的计算	(176)
七、三平面交点的计算	(177)
八、两平面交线的计算	(179)
九、面的函数表示与应用	(180)
第二节 三维自由曲面的生成算法	(181)
一、双三次样条曲面	(183)
1. 定义域的拓广	(183)
2. 函数式的拓广	(183)
3. 插值性的拓广	(184)
4. 连续性的拓广	(184)
二、Coons 曲面	(185)
1. 双三次Coons曲面的定义	(188)
2. 双三次Coons曲面的拼接	(192)

三、Bézier 曲面	(197)
1. 定义	(198)
2. 几个低次的Bézier 曲面	(198)
3. 双三次Bézier 曲面的性质及拼接	(202)
4. 双三次Bézier曲面与双三次 Coons 曲面的等价	(210)
四、B样条曲面	(212)
1. 定义	(212)
2. 双三次B样条曲面的拼接	(218)
五、双三次Coons曲面、Bézier曲面、 B样条曲面比较	(220)
第三节 三维图形的几何变换	(221)
一、三维平移变换	(222)
二、三维比例变换	(223)
三、三维错切变换	(224)
四、三维反射变换	(224)
五、三维旋转变换	(226)
六、坐标系的变换	(231)
七、绕空间任意轴的三维旋转	(234)
第四节 三维投影变换	(240)
一、正投影	(241)
1. H 面正投影	(241)
2. V 面正投影	(242)
3. W 面正投影	(242)
4. 三视图	(246)
二、轴测投影	(250)
1. 正轴测投影	(250)

2. 斜轴测投影	(260)
三、透视投影	(266)
1. 平行线段的透视变换	(269)
2. 三维实体的透视投影	(275)
习题三	(286)

应用篇

第四章 图形设备接口软件的开发	(287)
第一节 概述	(287)
第二节 基本思想	(288)
第三节 PLOT.LIB接口软件包介绍	(289)
一、适用范围	(289)
二、DMP系列绘图仪	(289)
第四节 DMP系列绘图机命令	(289)
第五节 PLOT.LIB软件包的程序设计	(294)
一、初始化子程序	(294)
二、绘制自由曲线子程序	(297)
三、PLOT.LIB的使用	(298)
四、注意事项	(298)
五、一个实例	(299)
第五章 平面多面体造型系统	(300)
第一节 概述	(300)
一、PDLS系统	(300)
1. 系统的功能	(300)
2. 硬件环境与基础软件	(301)
二、三维模型的建立	(301)

第二节 隐藏线的判断与消除	(302)
一、凸多面体的消隐	(303)
二、凹多面体的消隐	(306)
第三节 结论	(312)
第六章 二次曲面体造型系统	(313)
第一节 概述	(313)
第二节 国际上主要系统简述	(316)
一、PADL系统	(317)
二、TIPS系统	(317)
三、BUILD系统	(318)
第三节 连续法几何造型的基本思想	(319)
第四节 连续法几何造型的基本理论	(322)
一、坐标系	(322)
二、一般二次曲面的代数方程表示	(327)
三、代数方程在二个坐标系下的表示	(328)
四、曲面相交	(331)
五、点的有效性	(345)
六、体素自身的轮廓线选择	(349)
七、消隐算法及其复杂性分析	(356)
八、交线输出显示算法及算法复杂度分析	(365)
九、体素相减规则	(373)
第五节 系统的构造与实现	(374)
一、数据结构	(374)
二、体素相交的粗判断	(380)
三、系统流程	(382)
四、系统的结构及程序名和功能对照表	(382)
第六节 结论	(385)

一、系统的主要特点	(385)
二、系统的主要缺陷以及改进方法	(387)
附录A IBM-PC机高级BASICA绘图语句简介	(390)
附录B 常用的图形变换矩阵	(395)
参考文献	(400)

基 础 篇

第一章 什么是计算机图形学

第一节 计算机图形学研究的内容

计算机图形学 (Computer Graphics) , 有时又称计算机辅助图形设计 (Computer Aided Graphics Design-CAGD)是计算机应用领域中的一个重要的研究方向,目前尚属一门年轻的学科。它是在现代工农业生产、军事,尤其是高科技飞速发展和计算机广泛应用的基础上发展起来的。众所周知,现在的各个生产、研究领域里差不多都需要绘制大量的、种类繁多的图纸,而完全依靠以往人工绘图的方式是远远满足不了现代化需要的。因此,利用计算机自动绘图已成为必然的趋势。

一、计算机图形学的基本内容

简单地讲,计算机图形学是研究用计算机绘图的一门学科。但是这样讲往往容易使我们与计算机图象处理 (Image Processing) 相混淆,因为这二者输出的结果都是图形或图象。因此,我们应该对计算机图形学的基本内容给出一确切的描述,这就是:计算机图形学是研究如何利用计算机来产生人们所需要的各种图形的。在这里要强调“产生”二字,就是说,我们输入给计算机的信息并不是图形本身,而

是描述图形的各种数据或者与图形有关的信息，但经过计算机系统处理以后，输出的结果就是我们所要求的图形。这一过程我们可以用图1—1来表示。

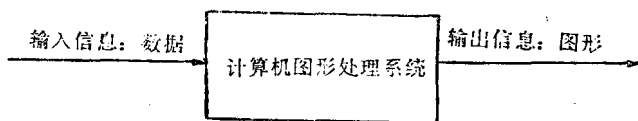


图 1-1

例如：为了让计算机画一个圆，我们只要输入圆的中心坐标 (x_0, y_0) 和圆的半径 R (它们是描述图形的数据)，经过计算机系统处理以后，便画出一个圆（图形）。因此我们把完成这样一个过程的计算机系统称为计算机图形处理系统，简称为图形系统。

利用计算机图形系统产生图形的一个非常方便的处理方式就是交互式处理，即：人机对话方式。这种方式可使用户对计算机产生的图形进行人工干预，并可不断地对图形进行实时修改，直到用户满意为止。目前，采用交互式构造图形系统已成为一种普遍的形式，而且未来也将是一种主要的图形系统构造方式，因此，人们又把计算机图形学称为交互式计算机图形学 (Interactive Computer Graphics)。

由计算机图形系统产生的图形，其表现形式和内容都是十分丰富的。图形的表现形式通常有两种，一种是线条式，即：线框架图 (Wire-frame)，它用线段来表现图形，这种图形容易反映客观实体的内部结构，因而适合于各类工程技术中的结构图表示。如机械设计中的零件结构图，土木设计中的房屋结构图以及电路设计中的电路原理图等；另一种是具有面模型、色彩、浓淡和明暗层次效应的所谓有真实