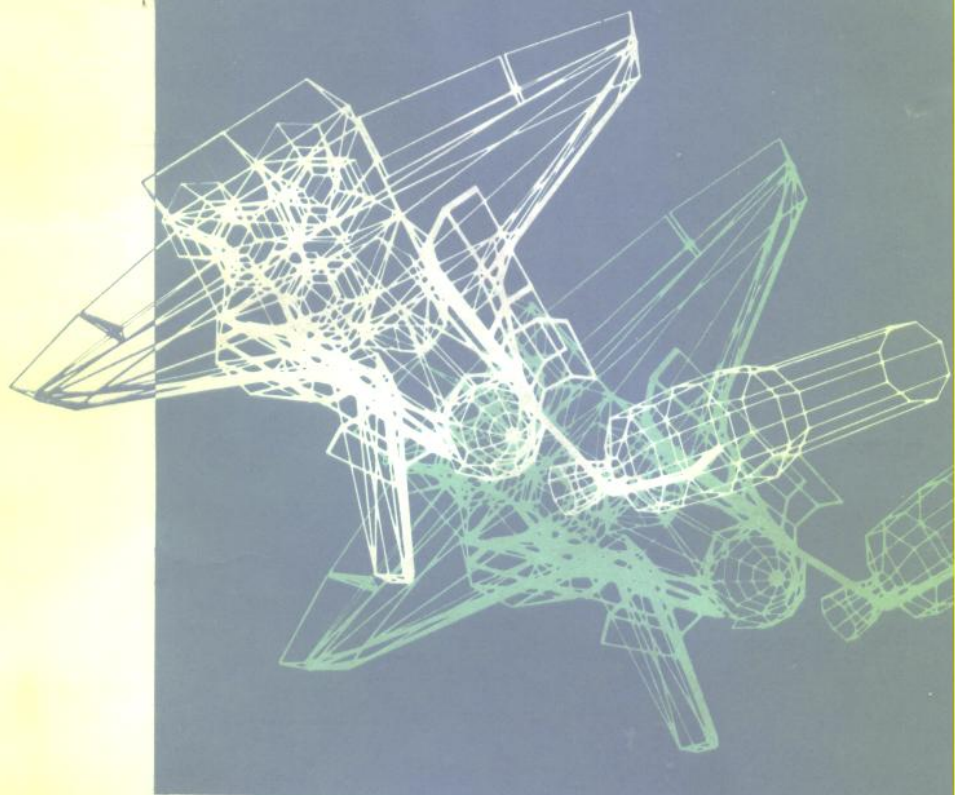




对话式计算机 图形显示原理

W. M. 纽曼 著
〔美〕 R. F. 斯普劳尔

科学出版社

对话式计算机图形显示原理

[美] W. M. 纽曼 R. F. 斯普劳尔 著

易晓东 等译

沈国镠 校



科学出版社

1984

内 容 简 介

本书较全面地介绍对话式计算机图形显示原理,包括计算机图形显示的应用,基本算法和方法,以及图形系统的设计。书中算法和程序举例用结构型语言PASCAL编写,提出了大量的有关科研项目。各章附有一定数量的练习。

全书分六部分共二十八章,分别介绍图形显示的基本概念,图形程序包的设计,对话式图形显示技术和设备,光栅扫描图形显示法,三维图形显示技术,综合讨论显示处理器,设备无关图形系统和用户接口设计。书后还附有三维图形显示中的Roberts消去隐线算法和 Warnock 算法,是译者根据第一版的有关内容编写的。

本书可供高等院校有关专业作教材,也可供从事计算机作图、图形系统硬件和软件设计的科技人员参考。

William M. Newman Robert F. Sproull
PRINCIPLES OF INTERACTIVE COMPUTER
GRAPHICS

McGraw-Hill, 1979

对话式计算机图形显示原理

〔美〕 W. M. 纽曼 R. F. 斯普劳尔 著

易晓东 等 译

沈国镛 校

责任编辑 范铁夫 那莉莉 乐嘉敏

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1984年9月第一版	开本: 850×1168 1/32
1984年9月第一次印刷	印张: 18
印数: 0001—11,300	字数: 470,000

统一书号: 15031·535

本社书号: 3620·15—8

定价: 3.50 元

译 者 的 话

从本世纪六十年代初美国麻省理工学院首先将阴极射线管配合光笔用在计算机上作为图形显示输出输入设备以来, 计算机图形显示的应用已得到很大发展。我国在七十年代也开展了图形显示硬、软件的研制工作, 并取得一定成果。目前图形显示在实时控制和计算机辅助设计方面的应用日益广泛, 显示的理论和方法亟待提高, 为使这门技术能更有效地为实现社会主义现代化建设服务, 我们翻译了这本书。

本书原名《Principles of Interactive Computer Graphics》, 直译为《交互式计算机制图原理》, 但这样不能明显地反映出这一课题是由计算机以实时对话方式处理图形(包括文字)数据信息, 并经过变换在显示器上输出的特点, 因此我们采取了现在的译名。该书第一版(1973年)在国内已流传多年, 1979年出版了第二版。与第一版相比, 新版在内容上作了很大修改。其中特别是增加了光栅扫描图形显示部分, 加强了图形系统设计方法以及曲线、曲面的处理与显示等, 反映了图形显示技术的最新发展。书中程序例题采用最新流行的结构型语言 PASCAL, 比第一版用的 SAIL 语言更具有通用性。

此外, 在三维显示技术方面, 第一版比较详细地介绍了几种算法, 其中有1963年 L. G. Roberts 最早提出的产生消去隐线的透视线图的算法, 至今仍不失为在随机扫描画线显示器上易于实现的一种算法。1969年 J. E. Warnock 提出的算法则不仅可以用于消去隐线, 还可以用于在光栅扫描显示中消去隐面, 第二版中虽有介绍, 但不如第一版详尽并附有程序。因此, 我们根据第一版有关内容将这两种算法编写成两个附录附在书后, 以供参考。

由于科研需要, 我们于1976年集体翻译、油印了第一版中的

部分内容，并于1978年译完全文准备出版，后因引进了第二版，因此停止了第一版的出版工作，于1981年下半年译出第二版全文。第一版的翻译工作对新版的翻译提供了一定基础。参加第一版翻译工作的有欧阳鄂、包玉珍、陈元兴、罗惠欣、周锐、易晓东等同志。第二版由易晓东翻译。在翻译过程中，得到罗伯鹏同志的帮助和指导。浙江大学科学仪器系对本书的出版给予了支持和鼓励，在此一并表示衷心感谢。

由于译者水平所限，书中难免存在错误和不当之处，恳切希望读者批评指正。

序 言

在计算机技术领域,图形显示是一个重要性迅速增长的课题。由于计算机图形显示产生的图象,在外观上和动态上与其它形式的计算机输出极为不同,所以它一直是计算机技术在视觉观察方面的最引人注目的分支之一。计算机图形显示也是人与计算机交换信息的极为有效的手段,人的眼睛从显示的图形或透视图上接受信息内容要比扫视数字表格快得多。这些是人们多年来已经认识到的,但是由于以前计算机图形显示工艺成本高,以至未被广泛采用。现在的工艺成本正在迅速下降,所以开始应用对话式图形显示的人日益增多。

本书是为学习计算机图形显示的读者所写。当然,对计算机图形显示感兴趣的读者其目的不尽相同,有的希望知道在某种特定应用中如何使用计算机图形显示,有的侧重计算机图形显示的基本算法和方法,有的则志在设计硬件或软件图形系统。作者希望各类读者都能在本书中找到他们感兴趣的内容。

本书的编写方式反映出作者的意图是要向读者提供有关计算机图形显示的基本原理和方法的全面知识,期望读者最终能具备设计图形系统与应用程序的能力。为了达到这个目的,书中安排了如下六个部分:

第一部分:基本概念。这第一部分的五个章节向读者概括地介绍计算机图形显示总体,解释诸如剪取、几何变换和增量法等基本技术。

第二部分:图形程序组(或称程序包)。阐述如何建立编写应用程序所需要的图形功能程序组。开始时叙述一个很简单的程序组的设计,其后涉及产生图形所需模型化和结构化信息的主要方法。

第三部分：对话式图形显示。讨论已经研制成功的许多与计算机进行对话的图形显示技术与设备。这部分的四章叙述了各种输入设备与技术，并讨论图形程序组的扩展以便处理输入和交互作用。

第四部分：光栅图形显示。前几部分的各章几乎全都是讨论画线图形显示的，而这部分的各章则介绍采用以电视为基础的光栅显示器的计算机图形显示方法，这在对话式系统设计中已成为越来越重要的课题。

第五部分：三维图形显示。计算机图形显示的一个重要应用是把三维物体模型化并显示，如汽车车身部件和飞机零件等。前面讨论的二维图形显示技术在这部分中有些可以推广用于三维，另外还引进一些新的课题，如消去隐面，形成浓淡，以及曲面的模型化和显示。

第六部分：高级课题。该部分是本书的最后三章，用于介绍带普遍意义的课题，这三章汇集了许多前面学过的资料，内容有：显示处理器，与设备无关的图形系统，用户接口的设计。

选择这种编写方式是为了有助于教师采用本书作为教材。由于计算机图形显示涉及计算机科学的许多其它分支，并且书中提出了大量的引人注意的科研项目，所以它是受人欢迎的题材。与此同时，由于这个题材的广度，要有条理地教好这门课程是不容易的。为了解决这个问题，全书始终强调系统设计，第六章介绍了图形系统设计的基本问题，以后每讨论到一个新的课题都与这总系统主题相联系。

本书可以用作各种类型的计算机图形显示课程的教材，要求学生的预备知识只是有一定的程序设计经验，熟悉机器的组成和数据结构。围绕第一、二、三三部分的内容，可以开设一门十周的大学本科课程，学生学习后对二维画线计算机图形显示能达到全面理解的程度。若课程时间较长的可以包括第四、五两部分，并给学生一些时间以完成小型题目，这是很有意义的实践。作为研究生的课程，则应该很快地教完书的前面一半内容，而集中力

量学习第四、五、六三部分。

本书与1973年出版的第一版比较，内容上作了很大的修改。第一版中的许多内容是1970或1971年写成的，从那时以来，计算机图形显示有很大的发展，并已逐渐趋于成熟，技术的进展在各个方面都可以看出，其中最明显的是光栅图形显示和图形系统的总设计。因此我们新增加了几章有关光栅图形显示的内容，并且完全修订了第二部分的材料，使其中的图形程序组设计按照最新方法进行。本书其余部分反映了以下各方面的进展：显示器设计，对话式程序设计，曲面的处理与显示，以及隐面的消去。

尽管本书作了如上所述的范围宽广的改变，但仍保留了第一版总体结构上的许多特点，只是各章篇幅略短一些，而且在写作的次序上也稍有改动。每章后面附有较多的练习，程序例题则改用 PASCAL 语言编写，比起第一版中用的 SAIL 语言来，这种语言更为人们所熟知，而第一版为了使用 SAIL 语言，曾附有20页用户手册。

W. M. 纽曼

R. F. 斯普劳尔

1976年11月

目 录

序言	xi
----------	----

第一部分 基 本 概 念

第一章 引言	1
1-1 计算机图形显示的缘起	4
1-2 对话式图形显示器的简单工作过程	5
1-3 一些共同性问题	7
1-4 新型显示器件	9
1-5 通用图形显示软件	10
1-6 用户接口	11
1-7 立体实物的显示	11
练习	13
第二章 绘点技术	14
2-1 坐标系统	15
2-2 增量法	16
2-3 画线算法	17
2-4 圆产生器	24
练习	26
第三章 画线显示器	28
3-1 显示器件与显示控制器	29
3-2 显示器件	30
3-3 阴极射线管	30
3-4 具有固有存储能力的显示器件	36
3-5 存储管显示器	40
3-6 刷新式画线显示器	43
练习	48

第四章	二维变换	50
4-1	变换原理	50
4-2	级联	53
4-3	矩阵表示法	54
	练习	57
第五章	剪取与开窗	58
5-1	直线剪取算法	59
5-2	中点再分	63
5-3	剪取其它图形实体	64
5-4	多边形的剪取	65
5-5	取景变换	69
5-6	开窗变换	70
	练习	73

第二部分 图形程序组

第六章	简单图形程序组	74
6-1	图形软件设计的基本准则	74
6-2	功能的范畴	76
6-3	基本图形功能	77
6-4	开窗功能	78
6-5	其它功能	78
6-6	画曲线图程序实例	79
6-7	功能的实现	82
6-8	变换处理程序	82
6-9	显示代码产生程序	85
	练习	86
第七章	分段的显示档案	88
7-1	显示段	89
7-2	显示档案的分段功能	90
7-3	段的登记和撤消	93
7-4	段的命名方案	93

7-5	缺省错误	95
7-6	段的增添	96
	练习	97
第八章	显示档案的编译	98
8-1	刷新与重新建立同时进行	98
8-2	自由存储分配	100
8-3	显示档案结构	103
8-4	存储管终端用的显示档案	105
	练习	107
第九章	几何模型	109
9-1	模型化的简单例子	110
9-2	几何模型化	113
9-3	符号和例图	116
9-4	例图变换的实现	120
	练习	124
第十章	图形结构	126
10-1	用过程定义符号	127
10-2	显示过程	130
10-3	装箱	133
10-4	显示过程的优点与限制	135
10-5	结构型显示档案	136
	结论	142
	练习	142

第三部分 对话式图形显示

第十一章	图形显示输入设备	144
11-1	标定与定位设备	144
11-2	输入控制器	146
11-3	写入板	147
11-4	光笔	149
11-5	三维输入设备	151

• v •

11-6	比较器	154
	练习	155
第十二章 图形显示输入技术		156
12-1	引言	156
12-2	定位技术	158
12-3	标定与选择	168
12-4	留迹与涂画	173
12-5	联机字符识别	176
12-6	结论	178
	练习	179
第十三章 事件的处理		180
13-1	引言	180
13-2	定时询问	181
13-3	中断	183
13-4	事件排队	185
13-5	处理事件的功能	186
13-6	定时询问任务的设计	190
13-7	光笔中断	191
	练习	195
第十四章 输入功能		197
14-1	拖动与固定	198
14-2	击中检测	199
14-3	联机字符识别程序	200
14-4	小结	208
	练习	208

第四部分 光栅图形显示

第十五章 光栅图形显示基础		210
15-1	引言	210
15-2	产生光栅图象：帧缓冲式显示器	212
15-3	光栅图象的表示	214

15-4	线图的扫描转换	216
15-5	显示字符	218
15-6	扫描转换的速度	220
15-7	自然图象	221
	练习	226
第十六章 整块面积的扫描转换		229
16-1	面积的几何表示	230
16-2	多边形的扫描转换	232
16-3	优先级	240
16-4	Y-X 算法	242
16-5	扫描转换算法的特性	245
	练习	245
第十七章 对话式光栅图形显示		249
17-1	显示的更新	252
17-2	涂画模式	253
17-3	移动部分图象	257
17-4	反馈图象	258
	练习	262
第十八章 光栅图形显示系统		264
18-1	表示法	264
18-2	处理光栅的功能	265
18-3	采用光栅表示的系统	268
18-4	采用几何表示的系统	270
18-5	小结	276
	练习	277
第十九章 光栅显示器硬件		279
19-1	光栅显示设备	279
19-2	帧缓冲器	281
19-3	随机存取帧缓冲器	283
19-4	实时扫描转换	286
19-5	其它编码方案	291
	练习	293

第五部分 三维图形显示

第二十章 三维图形显示中的逼真性	295
20-1 取得逼真性的技术	297
20-2 三维景的模型化	302
20-3 模型化与逼真性	309
练习	310
第二十一章 曲线与曲面	311
21-1 形状描述的要求	311
21-2 参数函数	315
21-3 贝齐方法	317
21-4 B样条方法	323
21-5 曲线和曲面的显示	328
21-6 小结	333
练习	333
第二十二章 三维变换与透视	336
22-1 变换	336
22-2 模型化中的变换	339
22-3 取景中的变换	341
22-4 透视变换	343
22-5 三维剪取	344
22-6 三维图形程序组	348
22-7 例	349
练习	355
第二十三章 透视深度	359
23-1 屏坐标系	360
23-2 屏坐标系的特点	364
23-3 投影变换的齐次坐标表示	367
23-4 小结	370
练习	370
第二十四章 消去隐面	372

24-1	两种方法	373
24-2	深度缓冲器算法	374
24-3	几何计算	376
24-4	扫描线相关算法	378
24-5	面积相关算法	382
24-6	优先级算法	387
24-7	算法的选择	391
24-8	分类与相关性	393
	练习	395
第二十五章 形成浓淡		397
25-1	浓淡模型	398
25-2	浓淡模型的应用	403
25-3	特殊效应	413
25-4	小结	418
	练习	418

第六部分 图形显示系统

第二十六章 显示处理器		421
26-1	简单刷新式画线显示器	421
26-2	随机扫描存储管显示器	424
26-3	高性能显示器	425
26-4	无缓冲式高性能显示器	429
26-5	缓冲式高性能显示器	431
	练习	433
第二十七章 与设备无关的图形显示系统		434
27-1	设备无关性	435
27-2	输出过程的程序员(的)模型	435
27-3	模型化系统	442
27-4	图形系统设计	444
27-5	功能组的设计	448
27-6	小结	451

练习.....	452
第二十八章 用户接口设计	453
28-1 用户接口的成分.....	455
28-2 用户模型.....	457
28-3 命令语言.....	460
28-4 命令语言的形式.....	464
28-5 信息显示.....	471
28-6 反馈.....	475
28-7 举例.....	479
28-8 小结.....	492
练习.....	492
附录 I 矢量与矩阵	493
附录 II 齐次坐标方法	501
附录 III Roberts 消去隐线算法.....	512
附录 IV Warnock 算法	524
参考文献	540

第一部分 基本概念

第一章 引言

电视游戏是在家庭生活方面最流行的近代发明之一。图 1-1 所示乒乓仿真游戏是其中的一种，这是两个人用一对控制杆和一台家用电视机进行的游戏。开始时，表示球的小光点在荧光屏上来回弹跳，参加游戏的人利用控制杆操纵“球拍”的位置，把球打回对方。谁击中了小球并把它打到对方就算赢得一分，先得满十五分者就是游戏的胜利者。

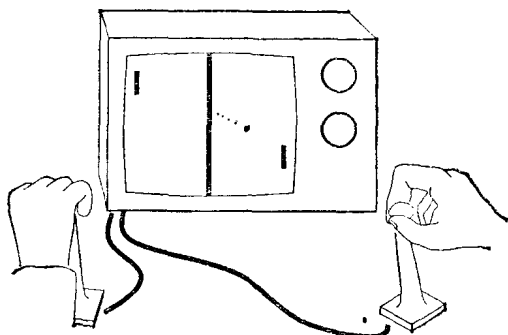


图1-1 家庭生活中的计算机图形显示：电视乒乓游戏

计算机图形显示是借助于计算机来建立和处理图形的一种技术，电视游戏则是计算机图形显示在家庭生活中首先的主要应用。用计算机控制绘图仪也可以在纸上或胶片上产生这样的图形，熟知的这种形式的应用例子有在电视机上显示标题（图 1-2）以及其它形式的计算机艺术。这一类图象是非对话式（即被动的）计算机图形显示的例子，观察者不能对图象进行控制。如果给观