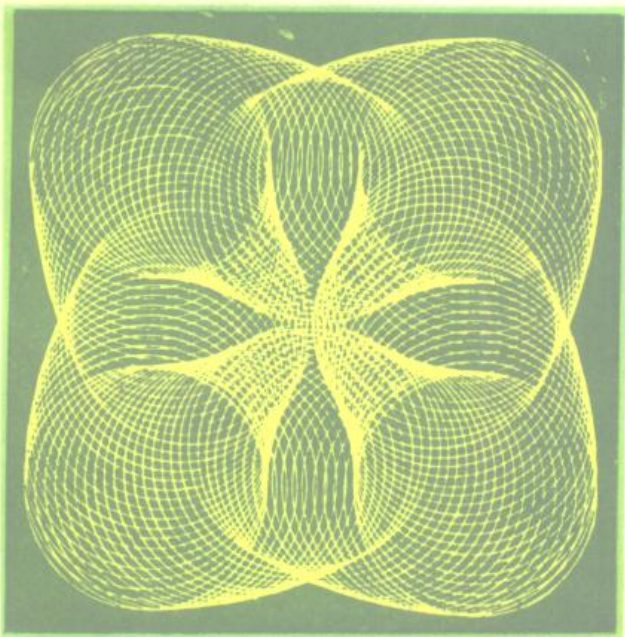


计算机绘图程序设计和 绘图系统应用

〔联邦德国〕J.L.安卡尔纳绍 著



机械工业出版社

计算机绘图程序设计 和绘图系统应用

〔联邦德国〕 J. L. 安卡尔纳绍 著

李世铨 莫重玉 译

李名纪 校



机械工业出版社

JS/27/10

本书共分六章。第一章介绍计算机绘图的基本概念。第二章介绍图象显示器、输入输出设备，屏幕信息处理装置和绘图机等，同时还介绍了一般的程序结构、多道程序设计的应用等。第三章介绍有关绘图的数据结构难点，讨论环形数据结构 and 相联数据结构的应用和图论的应用等。第四章介绍字符软件、文字软件和对话式软件，及有关汇编程序、程序包和程序设计语言等。第五章介绍坐标变换和一般曲面表示法，各种变换矩阵及其编程，硬件技术实现的可能性等，详细介绍孔斯方法。第六章介绍开窗口、判别可见性、消除隐藏线、生成阴影和彩色图象技术等。

本书可供从事计算机绘图应用和计算机辅助设计的技术人员以及有关专业师生参考。

Computer Graphics
Programierung und Anwendung von graphischen Systemen
José Luis Encarnação
R. Oldenbourg Verlag
1975

* * *
计算机绘图程序设计和绘图系统应用

[联邦德国] J. L. 安卡尔纳绍 著

李世铨 莫重玉 译 李名纪 校

*
责任编辑：陈建行

封面设计：田淑文

*
机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*
开本 787×1092¹/₃₂·印张 12¹/₄·字数 267 千字
1989年3月北京第一版·1989年3月北京第一次印刷

印数 10,001—5,510·定价：0.75元

*
ISBN 7-111-00575-9/TP·38

译者的话

本书的翻译工作是在北京工程图学学会倡议下进行的，译出的目的是向我国广大工程图学及计算机辅助设计的工作者和研究人员介绍欧洲计算机绘图的成就与发展状况。联邦德国安卡尔纳绍教授长期从事信息处理学的研究工作，并多次领导专门研究小组对计算机绘图软件进行研讨，有其独到之处。本书不但介绍了他的有关研究成果而且还报导了研究动态，并且提供了有关程序。尤其是判别可见性的程序很有实用意义。

本书由李世铨和莫重玉合译并互校，前言、第一章、第六章和附录二由李世铨主译。第二、三、四、五章和附录三由莫重玉主译，全书由李世铨统一整理。原书共有四个附录，附录一省略。

北京工程图学学会陈剑南，佟家耕二位同志对本书的翻译给予了积极支持。上海交通大学李名纪同志对译稿进行了全面的审校，在此我们对以上诸同志表示衷心感谢。

由于我们的水平有限，译文中难免有错，敬希读者指正。

前 言

本书的目的是介绍计算机绘图学。对于计算机绘图这一概念，目前从事本学科工作的人们还有些不同的见解。本书所讨论的内容是图象生成系统、操作系统和输出系统，至于图象分析与识别问题则不作研究，因为这两个问题是一个很重要的课题，它们已经自成一个专科，属于计算机绘图系统的应用范围。此外，本书还讨论与计算机绘图系统本身关系不太密切的一些数学方法和技术知识。本书还讨论绘图系统的结构问题，这些系统多由一台或数台附有常规的或专用的外围设备（如计算机图象显示器、绘图机、交互式输入输出专用硬件等）的计算机所组成，这些外围设备用于生成并处理以及输出由点、向量和字符组成的图象。本书详细地说明了这些系统的结构原理、编程原理和基本应用问题。全书的重点是计算机绘图的基本应用，所以将详细解释各种方法和系统，而不过多地讨论如何实现这类问题的途径。这是因为目前计算机绘图的基础知识仍然处于发展阶段，还不够成熟之故。1973年出版的纽曼（W. Newman）和斯普劳尔（R. Sproull）的著作是首次探讨这一领域的书。现在准备出版一些内容稍许广泛一些的书[⊖]，目的是想建立计算机绘图的信息学基础，例如已列入计划的达姆（A. V. Dam）和弗莱（J. Foley）合著的书就是这样的著作；本人也参与了这项工作。对于公认的基础知识中的一些空白问题，本人想用

⊖ 本书的1979年版已有中译本，书名《对话式计算机图形显示原理》，科学出版社，1984——译注

自己的研究成果予以填补。因此呈献给读者的不仅仅是有关本学科的辞典式的详细汇编，而且还是报导当前动态发展的著作。本书所介绍的著者等人的实践经验可使读者从中得到启发和鼓励。此外，对于计算机技术方面的必要基础知识，本书也作了介绍，因此也可作为有关专业工作人员、应用人员以及学生的参考书。

本书第一章对计算机绘图学作一简短的概述并阐明一些重要基本概念。第二章进一步阐述计算机绘图系统，但省略了硬件技术的详细内容。这一章的重点是图象显示器及其附属输入与输出设备、绘图机、屏幕信息处理机及其显示文件，还有这些系统的一般程序结构。此外，还简要介绍了计算机绘图的多道程序和微程序设计，并对现有的典型系统作一概述。第三章介绍计算机绘图数据结构的特别疑难问题，然后讨论环形数据结构和相联数据结构方面的各种实用示例，并说明图论在草拟数据结构的一般程序设计时的应用。第四章讨论各种不同的字符软件，文字软件和交互式软件，如各种汇编程序、程序包等。第五章所介绍的内容是坐标变换法和一般曲面表示法。先介绍旋转，平移，比例和透视变换的 4×4 矩阵，并简介它们的编程和硬件技术实现的可能性，接着阐明曲线和曲面的各种描述方法。特别详细介绍孔斯 (Coons) 法。最后讨论几种交互设计系统。第六章讨论三维图示的特殊问题，如开窗口，判别可见性以及生成阴影和彩色图象的技术等问题。附录一对本书所用的缩写作了简要解释。附录二编纂了英语术语，以对阅读英文专业文献提供方便。附录三介绍一些练习题实例，并附有部分答案，这对于熟练掌握计算机绘图知识是很有帮助的。附录四介绍第六章确定棱线隐藏线重迭法的全部实用程序清单，这些程序对

于许多专业人员是有用的。本书每章末尾都附有一份详细的参考文献目录，其中包括即将出版的论著。

著者在此特别要对我的导师和赞助人吉罗依 (W. Giloi) 博士先生过去几年来对本书编写工作的指导表示由衷的感谢。吉罗依教授曾鼓励著者从事本学科的研究工作，并始终参加了全部必要的工作。他的预见和极有价值的见解、论点和建议等对著者的专业思想产生了关键性的影响。他对本书的编写工作作出了重要贡献。

编写本书的主要基础是：著者 1970 和 1971 年在柏林工业大学与 1972 和 1973 年在萨尔州立大学计算机绘图课的讲稿；在信息处理研究所和柏林工业大学计算机绘图研究组所写的论文；从 1968 年起在柏林海因里希——赫茨研究所与他人合写的或由本人指导下他人所写的论文。仅从素材之广这一方面就可以看出，在规划本书时就有许多人参加合作（有本学科的合作者和作学位论文和毕业论文的学生），他们以其独特的研究成果间接地为本书的编写工作做出了贡献。所以著者向这些合作者表示衷心感谢。本书所列举的参考文献也有这些合作者的论文，他们是塞弗尔斯夫人 (Seyferth)，布尔迈斯特 (Burmeister)，艾克尔特 (Eckert)，格拉采尔 (Glatzer)，格罗斯科普夫 (Grosskopf)，洪格尔 (Hunger)，曼科普夫 (Mahnkopf)，桑尼特尔 (Saniter)，特拉姆巴茨 (Trambacz) 和台希曼 (Teichmann) 等工程师，以及凯斯特纳 (Kestner)，斯特拉兹尔 (Strasser) 和瓦尔德施密特 (Waldschmidt) 诸博士。此外还要感谢汉堡菲利普斯研究室豪依巴赫 (Heubach) 工程师，他不辞辛苦地通读了全部书稿。本书根据这些有经验的朋友和专家们所提的意见和批评对初稿作了某些修改。他们为本书的内容充实方面做出

了贡献。在同豪依巴赫先生、美国布朗大学的范达姆 (Van Dam) 教授 (他的演讲笔记对著者编写讲稿和书稿都有帮助) 以及美国北卡罗来纳州立大学的弗莱教授 (在柏林工业大学任访问学者期间) 的讨论中也使本人受到很多启发和影响。

这里还要向为本书提供资料和照片的联邦德国的通用电器—无线电公司 (AEG-Telefunken), 阿利斯托 (ARISTO) 公司, 美国艾达吉 (ADAGE) 公司和信息显示公司; 向为本书校对给予很大帮助的阿尔夫 (Alff), 霍尔农 (Hornung) 和克劳斯 (Klos) 诸先生; 向为本书出版付出辛勤劳动的奥尔登堡出版社的同事们一并表示由衷的感谢。

J. 安卡尔纳绍 (J. Encarnação)

1974年11月于萨尔布吕肯

目 录

译者的话

前言

第一章 绪论	1
参考文献	6
第二章 计算机绘图系统	8
2.1 概述	8
2.2 图象显示器	9
2.3 输入设备	20
2.4 绘图机	23
2.5 屏幕处理设备	24
2.6 基本绘图功能和显示文件	28
2.7 绘图功能在总系统中的分配	31
2.8 用户输入的处理	35
2.9 图形程序	39
2.10 程序组织	41
2.11 计算机绘图多路程序设计	44
2.12 计算机绘图的微程序设计	46
2.13 几种 CG 系统的典型实例	48
参考文献	56
第三章 数据结构	61
3.1 概述与问题的提出	61
3.2 指针表	62
3.2.1 线性顺序表	63
3.2.2 链表或指针表	63

3.2.3	单链循环表	65
3.2.4	双链循环表	65
3.2.5	环结构	66
3.3	屏幕程序设计举例	67
3.4	CORAL 语言 (Class oriented ring associative language)	69
3.5	LEAP 语言与数据结构	73
3.6	ASP——环形相联数据结构	79
3.7	APL——在 PL/I 中处理相联数据的一种语言	81
3.8	DATAS——相联存储的数据结构	84
3.8.1	系统说明	85
3.8.2	三素组存储区	86
3.8.3	相联问题	90
3.8.4	数据存储区	92
3.8.5	名称存储区	95
3.9	图论在数据结构设计与处理中的应用	95
3.10	DSPS——数据结构的程序设计系统	103
	参考文献	108
第四章	绘图软件	112
4.1	概述和分类	112
4.2	GRAFSY——TR86 绘图系统	113
4.3	Tektronix 终端控制系统	115
4.4	EDITOR 系统	118
4.4.1	数据结构	120
4.4.2	基础指令	121
4.5	FOSPRA——一种用于汇集和处理源数据显示系统的检验和计算语言	122
4.5.1	系统说明	122

X

4.5.2	表格的构成	124
4.5.3	FORSPRA 语言元素	126
4.6	电视光栅法图象显示器基础软件	130
4.6.1	数据传送的字结构	131
4.6.2	数据传送的块结构	132
4.6.3	基础软件	134
4.7	IDAS——IDIHOM 汇编语言	136
4.8	INBAMA —— SIG 100 型屏幕显示器的交互图 形构成和图形构成处理的程序系统	138
4.8.1	系统结构和模块说明	138
4.8.2	INBAMA 系统应用举例	142
4.9	GSP——IBM 的绘图程序包	144
4.10	GRAF——FORTRAN 的扩充绘图程序	146
4.10.1	图象生成	147
4.10.2	用户函数	149
4.11	GPL/I——PL/I语言的计算机绘图扩充语言	150
4.12	LOGO语言的绘图文本	152
4.13	APLG——APL 程序的计算机绘图扩充程序	155
4.14	威廉姆斯和格纳茨设计的通用绘图程序语言	161
	参考文献	164
第五章	计算机绘图的数学方法	170
5.1	坐标变换	170
5.1.1	旋转	170
5.1.2	比例变换	172
5.1.3	齐次坐标简介	173
5.1.4	平移	175
5.1.5	透视表达式	176
5.1.6	用 4×4 矩阵概括所有坐标变换	180

5.1.7 R_4 矩阵程序设计技术的实施	181
5.2 用硬件技术实现坐标变换	183
5.2.1 含有矩阵元素计算的混合硬件	183
5.2.2 混合矩阵乘法器 (HMM)	187
5.2.3 数字法	188
5.2.3.1 数字矩阵乘法器 (DDM)	188
5.2.3.2 用二进制比率乘法器实现 R_3 矩阵运算	191
5.3 曲线与曲面的表达法	193
5.3.1 曲线的描述法	194
5.3.1.1 拉格朗日插值法	195
5.3.1.2 泰勒展开式	195
5.3.1.3 埃米特插值法	195
5.3.1.4 三次样条	196
5.3.1.5 贝齐尔方法	198
5.3.2 曲面的描述法	199
5.3.3 孔斯曲面描述法	201
5.4 交互性设计系统	207
参考文献	210
第六章 三维显示的特殊问题	214
6.1 开窗口	214
6.2 判断可见性	219
6.2.1 概述	219
6.2.2 优先数法	221
6.2.3 重叠法	226
6.3 其它可见性区别法简介	234
6.4 中间色调、加阴影和彩色图象	239
6.4.1 概述	239
6.4.2 伊万斯和罗姆尼的“特定”法	241

VI

6.4.3 阿派尔绘图机加阴影法	243
6.4.4 彩色图象	244
参考文献	246
附录一 本书所用缩写词表(略)	249
附录二 计算机图学英语术语(英汉对照解释)	249
附录三 练习示例	271
附录四 FLAVIS可见性判别程序执行表	311

第一章 绪 论

在使用计算机时，令人非常关注的问题就是人和机器能否很好地配合，常有人把人机联系不好归咎于计算机。我们编写程序。向计算机输入必要的数椐，通常是为了获得各种数值表，以备后来使用，而且在必要时可以更改程序，或者输入新参数，求出新结果。最早与数字计算机对话的试验（尽管是单方向的）是通过使用和研制与计算机连接的坐标记录仪开始的。这种记录仪就叫做绘图机。因为它能输出曲线和图表，也就是能够直接输出人们所需要的图示结果。然而，只有在研制出计算机图象显示器以后，才能与计算机在两个方向进行真正的对话。

计算机绘图学（CG）或图形信息处理学是计算机全部技术和应用的集中表现，它能把接受或输出的数据转换成线条或图象的形式〔1-1〕。图 1-1 所示的简图是由格林（R. Elliot Green）所绘，它说明设计与判定、计算和绘图三者之间的关系。计算机绘图学就是这三个部分的公共部分〔1-2〕。

计算机绘图技术（CGT）原则上可分为两类：人机之间只能单方向通话（被动 CGT）；人机之间能在两个方向通话（主动 CGT）。

使用图象显示器是在联机（On-line）时利用辅助设备（如光笔）与计算机进行实时对话的。这时主要使用以下两种方法：

- a) 标记法——利用辅助硬件在屏幕上做某些标记（如

8910124

点、线、指令等等)，同时由程序方面的措施予以完成(例如

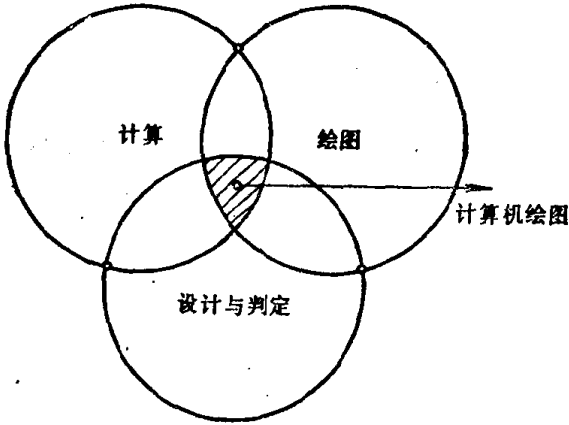


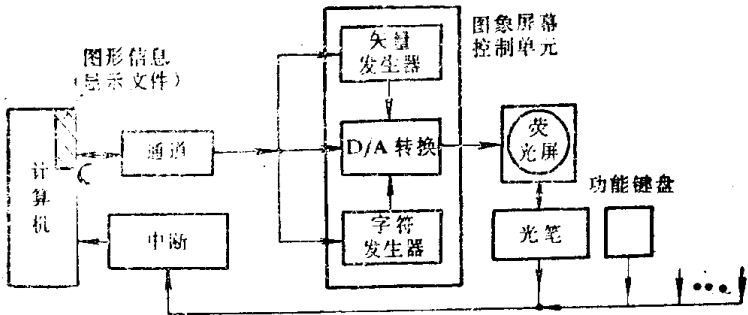
图1-1 格林为计算机绘图学定义所作的示意图

消除图形[见图 1-2 中的 LOE], 调用专用程序段等)。

图 1-2 为做标记的情况。例如在标记一个程序点或一个指令字时, 通过光笔的作用产生一个中断 (Interrupt), 并在通道中确定出目前的地址。然后选择点、矢量、或字符发生器, 接着控制点、矢量发生器, 或者控制字符发生器。经过数模 (D/A) 转换以后便在图象显示器上显示出所需要的结果。对于这种方法, 最好只使用光笔, 当然也可以使用转球或图形输入板等硬件技术 (例如用比较仪), 或程序方面的软件技术 (例如在输出表中进行坐标对比) 进行模拟。图象显示器的控制单元 (图 1-2) 是图屏信息处理的最原始的形式, 这个问题将在后面详细讨论。

b) 输入法——通过光笔输入点的信息, 同时由这个信息可以知道点的 x 和 y 坐标, 以作为参数或输入数据用 (例如用于构造图形)。

在输入法中 (图 1-3), 计算机是利用字符发生器, 经过



“标记法”功能图

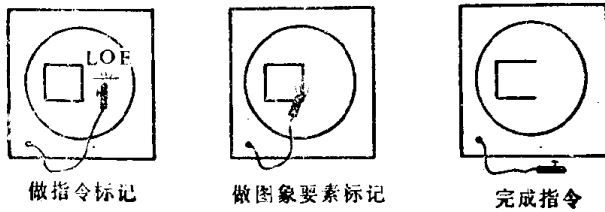


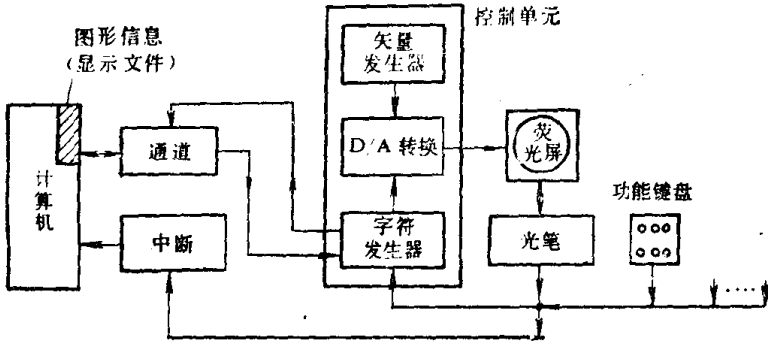
图1-2 在屏幕上做元素的对话性“标记”

例：消除一条直线

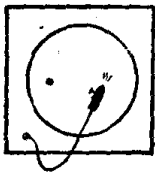
相应的数模转换在屏幕上生成图象的。如果启用光笔，则“中断”便使字符发生器停止工作，同时计算机也随之“中断”。输入点的 x ， y 坐标通过字符发生器再经过通道送入计算机。

在使用图象显示屏幕的对话式操作方式中，图形信息处理的最重要特征之一就是指令及时执行指定的任务，此时指令即向信息处理设备传送命令。所使用的这种指令语言处理设备通常是具有以下功能的词法分析程序：

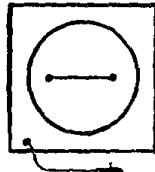
- 1) 识别终端；
- 2) 调用必要的子程序；
- 3) 保存输出用的暂时性表格（点、字母，对用户的说明等）；



“输入法”功能图



输入点



连成直线

图1-3 在屏幕上进行对话式输入

- 4) 编制所传送的表格;
- 5) 输出选择好的指令表 (也叫清单或菜单);
- 6) 执行少量的句法检验。

不过词法分析器的主要任务是转换指令清单, 识别由屏幕显示器和打字机的输入指令[1-3]。接着便是调用 FORTRAN 语言编写的 SUBROUTINES (子程序)。例如调用下面的子程序:

```
CALL LINE (X1, Y1, X2, Y2)
```

结果便在屏幕上的 $P_1(X_1, Y_1)$ 和 $P_2(X_2, Y_2)$ 两点之间画出一条直线。