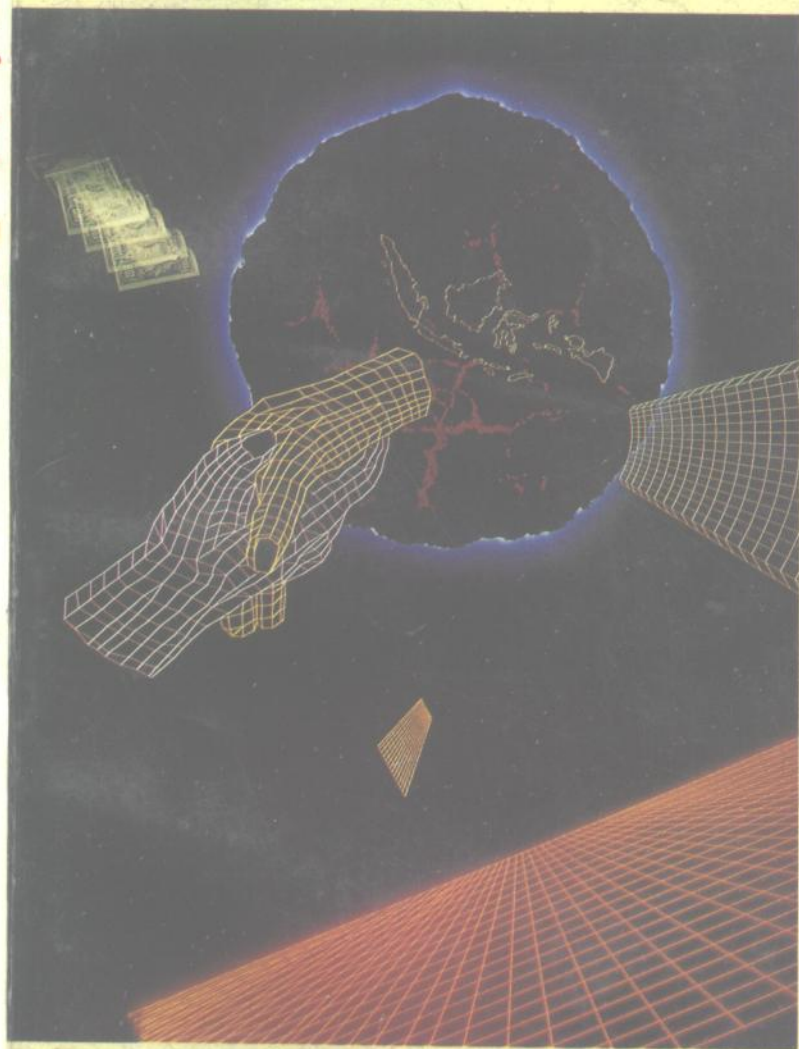


实用计算机绘图



- 蒋长锦 蒋 智 编著
- 中国科学技术大学出版社

实  
用  
计  
算  
机  
绘  
图

1.41

J / 1

T1391.41

TCT/1

# 实用计算机绘图

蒋长锦 蒋 智 编著



中国科学技术大学出版社

1996·合肥

037817

**图书在版编目(CIP)数据**

**实用计算机绘图/蒋长锦等编著。**

——合肥:中国科学技术大学出版社,1996年5月

ISBN 7-312-00773-2

I 实用计算机绘图

I 蒋长锦 蒋 智

II ①图形学 ②图形语言 ③计算机绘图

N TP

中国科学技术大学出版社出版发行

(安徽省合肥市金寨路96号,邮编:230026)

中国科学技术大学印刷厂印刷

全国新华书店经销

开本:787×1092/16 印张:28.5 字数:700千

1996年5月第1版 1996年5月第1次印刷

印数:1—5000册

ISBN 7-312-00773-2/TP·130 定价:28.00元

## 内 容 简 介

本书主要介绍计算机图形学的基本知识,图形设备的结构和原理,C语言屏幕绘图,HP-GL/2图形语言,二维和三维图形的几何变换和剪裁,三维图形绘制和消隐技术,曲线曲面的逼近和拟合等。本书有大量学习和应用程序,它们皆在微机上调试通过。本书还包含许多实用技术和资料,如光栅图像的激光和针式打印机的硬拷贝,DMP绘图机的使用,Dxy、PL图形语言等。本书不需要特定的图形软件支持,除屏幕作图需使用C或BASIC语言外,对编程语言也没有特定要求。

本书可作为大学本科生、研究生的“计算机图形学”课程的教材,也可供有关工程技术人员自学和参考。

JS-28/37-10

# 前 言

计算机图形学(Computer Graphics)是把电子技术、计算机和传统的制图学、几何学、计算数学等结合起来而形成的一门新兴的综合性学科,得到了飞速的发展。随着其基础理论、算法、硬件和软件技术的不断完善,在科学研究、工程设计、生产实践乃至文化娱乐中皆得到了日益广泛的应用。

为了适应这种发展的形势,作者将本书献给读者。本书是在作者长期从事计算机图形学的研究、应用和教学实践的基础上,参考国内外有关论著和资料编写而成。内容主要包括计算机图形的基础理论、算法、实用资料和应用程序等。作者力争使本书内容充实,既能反映当前计算机图形学的实际水平,又注重理论联系实际,深入浅出,通俗易懂,文、图、程序并茂。由于计算机图形学是一门实践性很强的学科,本书的内容安排特别强调可操作性和实用性。希望读者通过本书的学习和实践能为应用和研究计算机图形学,为开发应用图形软件打下扎实的基础。本书内容具体安排如下:

第一章和第二章简要介绍计算机图形学的硬件系统和软件系统的基础知识,使读者对计算机图形学有一个概括性的了解。

学习和应用计算机图形学必须具备屏幕绘图和直接操纵绘图机绘图的能力。为此本书特地安排了第三章和第四章的内容。

第三章详细介绍 C 语言的屏幕绘图函数。本章提供了大量短小的程序,阅读运行这些程序对掌握 C 语言的屏幕绘图函数是非常有益的。本章,也只有本章是和 C 语言紧密相关的。那些对 BASIC 语言感兴趣的读者可使用附录中提供的 Quick BASIC 的屏幕绘图语句。

第四章详细介绍 HP-GL/2 图形语言。GL/2 图形语言是 GL 语言的一种最新版本。GL/2 语言是目前使用最为广泛的一种图形语言,大多数绘图机、喷墨绘图机、激光打印机都支持它。本章也提供了大量短小的程序和图形,为 GL/2 语言的学习、理解和使用提供了具体的范例。本章每个程序的结尾皆附有这个程序产生的 HP-GL/2 命令流,正是这个命令流控制 HP-GL/2 图形设备产生图形输出。那些对 C 语言不甚熟悉的读者可使用这个 GL/2 命令流,用自己熟悉的编程语言编程。那些没有 GL/2 图形设备而拥有支持 PL 绘图语言或 Dxy 绘图语言图形设备的读者,可使用第七章和附录提供的 PL 或 Dxy 绘图语言。

第五章介绍二维、三维图形的几何变换和剪裁,介绍三维图形的平行投影和透视投影,它们都是计算机图形学的基本内容。

第六章主要介绍三维图形的绘制和消除隐藏线和隐藏面的算法。它们仍是

计算图形学中正在发展和完善的实用技术。作者提供的算法和程序都是非常有效的。

第七章介绍实际绘图中一些非常有用的实用技术和应用程序。它们是屏幕图形的激光拷贝,点阵打印机的图像打印,激光打印机绘制向量图形,DMP 一系列绘图机的使用,PL 绘图语言,Dxy 绘图语言,用绘图机数字化图形等。

第八章介绍曲线和曲面的逼近和拟合,它们需要较多的数学知识。那些对数学要求不高的读者可以直接应用本章提供的公式或程序。

第五章至第八章提供的程序皆是综合性的实用程序,规模都比较大,结构也较为复杂。这些程序在屏幕上产生相关图形的同时能生成由 HP-GL/2 命令组成的数据文件,这个数据文件通过 HP-GL/2 图形设备可以产生图形输出。这些程序大多是作者多年来从事计算图形学研究和应用的经验积累。

各位读者的图形硬件环境可能存在较大的差别。从只有微机和点阵打印机到拥有工作站、高档绘图机、激光打印机等等。读者都将能从本书的内容中结合实际情况组合自己可能的和最佳的图形硬件系统。本书不需要特定的图形软件支持,除了第三章和 C 语言相关外,对编程语言也没有特定要求。所以用本书提供的方法、思路来开展计算机图形学的学习、实践、应用是方便而易行的。

由于计算机图形学本身是一门正在发展形成中的新兴学科,许多方法仍处于探索之中,由于本书中的许多论述和方法出自作者个人的观点、程序也皆由作者编制,可能存在不适当之处。加之作者水平有限,书中难免还会存在一些缺点和错误。衷心欢迎读者批评指正。

本书由蒋长锦同志负责组稿和编写,蒋智同志负责程序编制和图形处理。在编写本书的过程中得到了主编黄德先生和中国科技大学出版社的指导和关怀。李洪梅同志为本书的录入和排版付出了辛苦的劳动。在此作者对那些在本书形成的过程中给予支持和帮助的领导、同事们表示衷心的感谢。

编 者

1995 年 6 月

# 目 录

|                         |    |
|-------------------------|----|
| <b>第一章 概论</b>           | 1  |
| 1.1 计算机图形学的发展及其应用       | 1  |
| 一、什么是计算机图形学             | 1  |
| 二、计算机图形学的发展概况           | 1  |
| 三、计算机图形学的研究内容           | 3  |
| 四、计算机图形学的应用             | 3  |
| 1.2 常用图形输入设备            | 4  |
| 一、键盘                    | 4  |
| 二、数字化仪                  | 5  |
| 三、鼠标器                   | 5  |
| 四、绘图机                   | 6  |
| 五、输入设备的逻辑分类             | 6  |
| 1.3 图形显示设备              | 7  |
| 一、阴极射线管(CRT)工作原理        | 7  |
| 二、随机扫描图形显示器             | 8  |
| 三、直视存储管式显示器             | 8  |
| 四、光栅扫描式图形显示器            | 9  |
| 1.4 绘图机                 | 12 |
| 一、常用绘图机                 | 12 |
| 二、绘图机的主要性能指标            | 14 |
| <b>第二章 计算机图形系统和图形软件</b> | 15 |
| 2.1 计算机图形系统配置和软件标准      | 15 |
| 一、图形系统的硬件配置             | 15 |
| 二、图形系统的软件配置             | 16 |
| 三、图形系统的级别               | 16 |
| 四、图形系统的基本功能             | 17 |
| 五、图形系统标准化和接口技术          | 18 |
| 2.2 图形核心系统 GKS 简介       | 19 |
| 一、GKS 的基本概念             | 19 |
| 二、GKS 的图形输出原语           | 20 |
| 三、图段                    | 21 |
| 四、GKS 图形输入设备            | 23 |
| 五、GKS 的级别               | 24 |
| 六、GKS 的操作状态             | 25 |
| 2.3 三维图形核心系统 GKS-3D     | 25 |
| 一、GKS-3D 新增的六个输出原语      | 26 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 二、GKS-3D 中的坐标变换 .....         | 26  |
| 三、GKS-3D 图形的输入和输出 .....       | 26  |
| 2.4 计算机图形设备接口标准 .....         | 27  |
| 一、图形设备的接口标准 .....             | 27  |
| 二、标准虚拟图形设备的功能 .....           | 27  |
| <b>第三章 C 语言的图形函数</b> .....    | 29  |
| 3.1 概述 .....                  | 29  |
| 一、C 语言中图形库 .....              | 29  |
| 二、屏幕坐标系 .....                 | 30  |
| 三、图形函数索引 .....                | 31  |
| 3.2 图形系统控制函数 .....            | 35  |
| 3.3 绘图函数 .....                | 45  |
| 3.4 填充函数 .....                | 59  |
| 3.5 屏幕和视区操作函数 .....           | 67  |
| 3.6 像素和映象操作函数 .....           | 71  |
| 3.7 图形模式下的文本输出函数 .....        | 74  |
| 3.8 颜色控制函数 .....              | 84  |
| 3.9 图形模式下的错误处理函数 .....        | 92  |
| 3.10 状态查询函数 .....             | 94  |
| <b>第四章 HP-GL/2 图形语言</b> ..... | 95  |
| 4.1 HP-GL/2 简介 .....          | 95  |
| 一、HP-GL/2 内核 .....            | 95  |
| 二、技术图形扩充 .....                | 98  |
| 三、HP-GL/2 语法 .....            | 98  |
| 四、HP-GL/2 坐标系 .....           | 99  |
| 五、程序设计语言如何使用 HP-GL/2 命令 ..... | 100 |
| 4.2 设置和状态组 .....              | 106 |
| 一、建立约定条件 .....                | 106 |
| 二、图形的定标 .....                 | 108 |
| 三、窗口和软剪裁界限 .....              | 118 |
| 四、页面控制 .....                  | 120 |
| 五、坐标系的旋转 .....                | 121 |
| 4.3 向量组 .....                 | 123 |
| 一、画笔状态 .....                  | 123 |
| 二、绝对绘图和相对绘图 .....             | 124 |
| 三、画圆及弧 .....                  | 126 |
| 四、多线编码 .....                  | 133 |
| 4.4 多边形组 .....                | 137 |
| 一、画矩形 .....                   | 137 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 二、画楔形                  | 140 |
| 三、画多边形                 | 144 |
| 4.5 直线和填充属性组           | 148 |
| 一、直线属性和线型              | 148 |
| 二、符号方式                 | 155 |
| 三、填充                   | 156 |
| 四、透明度方式                | 160 |
| 4.6 字符组                | 162 |
| 一、使用标记输出文本             | 163 |
| 二、标记的定位、方向和路径          | 165 |
| 三、字符单元处理               | 172 |
| 四、选择字模                 | 177 |
| 五、透明数据                 | 185 |
| 4.7 几个常用的 HP-GL/2 扩充命令 | 185 |
| 一、定义一幅图                | 185 |
| 二、获取绘图仪的输出             | 187 |
| 三、画笔速度选择               | 189 |
| <b>第五章 图形变换和剪裁</b>     | 191 |
| 5.1 二维图形的几何变换          | 191 |
| 一、基本知识                 | 191 |
| 二、基本变换和变换矩阵            | 192 |
| 5.2 齐次坐标技术             | 202 |
| 一、齐次坐标基本概念             | 202 |
| 二、二维空间基本变换的齐次坐标表示      | 203 |
| 5.3 二维图形的观察变换和剪裁       | 204 |
| 一、二维图形的观察变换            | 204 |
| 二、二维图形剪裁               | 205 |
| 5.4 三维图形的的基本几何变换       | 217 |
| 一、三维图形几何变换矩阵的一般形式      | 217 |
| 二、三维图形的比例和平移变换         | 217 |
| 三、三维图形的旋转变换            | 221 |
| 5.5 三维物体的平行投影          | 223 |
| 一、投影分类                 | 223 |
| 二、正平行投影                | 224 |
| 三、斜平行投影                | 231 |
| 5.6 透视投影               | 233 |
| 一、一点透视投影               | 234 |
| 二、二点透视投影               | 237 |
| 三、三点透视投影               | 238 |

|            |                           |            |
|------------|---------------------------|------------|
| 5.7        | 三维投影的规范化变换 .....          | 244        |
|            | 一、常用术语 .....              | 245        |
|            | 二、平行投影的规范化变换 .....        | 246        |
|            | 三、透视投影的规范化变换 .....        | 249        |
| 5.8        | 三维规范化观察空间的剪裁 .....        | 251        |
|            | 一、平行投影规范化观察空间的剪裁 .....    | 251        |
|            | 二、透视投影规范化观察空间的剪裁 .....    | 253        |
|            | 三、化观察空间剪裁为投影空间的剪裁 .....   | 254        |
| <b>第六章</b> | <b>三维图形的绘制和消隐技术 .....</b> | <b>255</b> |
| 6.1        | 平面立体图形的消隐问题 .....         | 255        |
|            | 一、消除隐藏线和隐藏面的意义 .....      | 255        |
|            | 二、消隐算法中的基本测试 .....        | 256        |
|            | 三、基本的求交运算 .....           | 257        |
|            | 四、包含性测试 .....             | 258        |
|            | 五、深度测试 .....              | 260        |
|            | 六、可见性测试 .....             | 260        |
| 6.2        | 三维图形绘制的消隐算法 .....         | 264        |
|            | 一、深度缓存算法 .....            | 264        |
|            | 二、画家算法(优先度算法) .....       | 267        |
|            | 三、扫描线算法 .....             | 270        |
| 6.3        | 明暗处理 .....                | 270        |
| 6.4        | 曲面作图和消隐技术 .....           | 273        |
|            | 一、自由曲面 .....              | 273        |
|            | 二、地平线缓存算法 .....           | 277        |
| 6.5        | 曲面的等值线作图 .....            | 286        |
|            | 一、曲面的等值线 .....            | 286        |
|            | 二、数据的网格化 .....            | 287        |
|            | 三、等值线的绘制 .....            | 289        |
| <b>第七章</b> | <b>绘图实践中的应用技术 .....</b>   | <b>294</b> |
| 7.1        | 光栅图形的激光拷贝 .....           | 294        |
|            | 一、PCL 坐标系统 .....          | 294        |
|            | 二、光栅图像 .....              | 294        |
|            | 三、几个重要的光栅图形命令 .....       | 295        |
|            | 四、光栅图形命令序列 .....          | 297        |
|            | 五、屏幕图形激光拷贝的应用实例 .....     | 297        |
| 7.2        | 图像数据压缩 .....              | 302        |
|            | 一、图像数据简化技术 .....          | 302        |
|            | 二、运行长度编码 .....            | 302        |
|            | 三、图像文件的 TIFF 格式 .....     | 303        |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 四、 $\delta$ 行压缩 .....             | 303 |
| 7.3 用激光打印机和 GL 命令绘图 .....         | 305 |
| 一、和 HP-GL/2 相关的 PCL 命令 .....      | 306 |
| 二、PCL 下典型的绘图命令序列 .....            | 308 |
| 三、应用实例 .....                      | 308 |
| 7.4 用绘图仪数字化图形 .....               | 310 |
| 一、数字化过程 .....                     | 311 |
| 二、绘图仪数字化时使用的相关命令 .....            | 313 |
| 7.5 Dxy 绘图命令 .....                | 314 |
| 一、简况 .....                        | 314 |
| 二、控制板 .....                       | 316 |
| 三、Dxy 命令简表 .....                  | 316 |
| 四、应用实例 .....                      | 317 |
| 7.6 DMP-60 系列绘图机和 PL 绘图语言 .....   | 320 |
| 一、DMP-60 系列绘图机 .....              | 320 |
| 二、控制板及其操作 .....                   | 321 |
| 三、DM/PL 和 HP-GL 绘图语言选择和参数设定 ..... | 326 |
| 四、HPGL 语言 .....                   | 330 |
| 五、DM/PL 语言 .....                  | 330 |
| 六、DM/PL 语言绘图实例 .....              | 336 |
| 7.7 用点阵打印机输出图像图形 .....            | 339 |
| 一、打印机类型 .....                     | 339 |
| 二、点阵打印机图像打印原理 .....               | 339 |
| 三、点阵打印机的图像打印控制码 .....             | 340 |
| 四、应用实例 .....                      | 343 |
| <b>第八章 曲线和曲面</b> .....            | 349 |
| 8.1 三次样条插值曲线 .....                | 349 |
| 一、三次样条插值函数的定义 .....               | 349 |
| 二、三次样条插值函数的连续性方程 .....            | 350 |
| 三、端点约束条件 .....                    | 352 |
| 四、三次样条函数在子区间上的矩阵表示 .....          | 355 |
| 五、三次基样条 .....                     | 359 |
| 8.2 Bezier 曲线 .....               | 360 |
| 一、Bernstein 基函数 .....             | 360 |
| 二、Bezier 曲线的定义 .....              | 361 |
| 三、Bezier 曲线的性质 .....              | 367 |
| 四、Bezier 曲线的几何作图法 .....           | 368 |
| 五、分段 Bezier 曲线 .....              | 370 |
| 8.3 B 样条曲线 .....                  | 374 |

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 一、B 样条曲线的数学表示 .....                | 374 |
| 二、二次和三次 B 样条曲线 .....               | 376 |
| 三、B 样条曲线的几何性质 .....                | 383 |
| 四、三次 B 样条的几个有用典型 .....             | 383 |
| 五、三次 B 样条曲线造形 .....                | 385 |
| 六、三次 B 样条曲线的端点条件 .....             | 389 |
| 七、三次 B 样条的反问题 .....                | 390 |
| 8.4 双三次样条函数和样条曲面 .....             | 391 |
| 一、双三次样条函数的定义 .....                 | 391 |
| 二、双三次基样条和样条插值问题 .....              | 392 |
| 三、双三次样条函数在单个子矩形区域上的表示 .....        | 393 |
| 四、双三次样条插值函数的计算过程 .....             | 394 |
| 8.5 Coons 曲面 .....                 | 395 |
| 一、混合函数 .....                       | 395 |
| 二、Coons 曲面的表示 .....                | 396 |
| 8.6 Bezier 曲面 .....                | 397 |
| 一、Bezier 曲面的定义 .....               | 397 |
| 二、Bezier 曲面的实例 .....               | 397 |
| 三、双三次 Bezier 曲面和 Coons 曲面的比较 ..... | 403 |
| 8.7 B 样条曲面 .....                   | 404 |
| 一、B 样条曲面的定义 .....                  | 404 |
| 二、B 样条曲面实例 .....                   | 405 |
| 附录 I ASCII 字符和编码 .....             | 411 |
| 附录 II Quick BASIC 图形语句 .....       | 412 |
| 附录 III Dxy 绘图命令 .....              | 418 |
| 附录 IV DM/PL 绘图语言 .....             | 425 |
| 参考资料 .....                         | 443 |

# 第一章 概 论

本章简要介绍计算机图形学的发展及应用,常用图形输入输出设备的构造原理,使读者了解常用图形硬件的基本知识。

## 1.1 计算机图形学的发展及其应用

计算机图形学(Computer Graphics)简称CG,是伴随电子计算机及其外围设备的发展而产生和发展起来的计算机应用学科的一个重要分支。计算机绘图技术在科学研究、工程设计与生产实践中得到了广泛的应用,在不断解决应用中提出的各种新问题的同时,又进一步丰富了这门学科的内容,推动了这门学科的发展。由于计算机绘图显著地提高了绘图速度和精确度,把工程技术人员从繁琐的手工制图中解放出来,同时计算机的快速图形显示可以实现对目标的适时跟踪和控制等等,所以推广应用计算机绘图技术的意义是重大的。

### 一、什么是计算机图形学

图与数客观上存在着相互对应的关系,把数字化了的图形信息通过计算机存储、处理,输出控制信号驱动图形设备显示或绘制图形,这个过程称为计算机绘图。研究计算机绘图领域中各种理论与实际问题的学科称为计算机图形学。

计算机图形学是把传统的制图学、几何学、计算数学和应用数学、电子技术和计算机技术等结合起来形成的一门新兴的边缘学科,理论上和应用上都得到了蓬勃地发展,是当今非常热门的新兴技术学科。

计算机图形学是计算机辅助设计CAD(Computer Aided Design)和计算机辅助制造CAM(Computer Aided Manufacturing)的基础和核心内容。CAD/CAM技术在航空、造船、汽车、电子、建筑、气象乃至艺术等各部门得到了广泛的应用。它涉及计算机科学、计算数学、计算几何、计算机图形学、数据结构、数控技术、软件工程、人工智能等新的学科领域,具有高智力、知识密集、更新速度快,综合性强、效益高,初始投入大等特点,是当前国际科技领域的前沿课题,也是世界各国竞相大量投资的高技术集成化制造系统CIMS(Computer Integrated Manufacturing System)的核心技术基础之一。

### 二、计算机图形学的发展概况

#### 1. 计算机图形学的诞生和发展

本世纪40年代中期在美国诞生了世界上第一台电子计算机,这是20世纪科技领域的

一个卓越成就。

1950 年第一台图形显示器作为麻省理工学院 Whirlwind I (旋风 I) 计算机的附件诞生,它类似示波器,用来显示简单的图形。

1958 年 CALCOMP 公司由数字记录仪发展成滚筒式绘图机。GERBER 公司把数控机床发展成平板式绘图仪。

50 年代,计算机由电子管组成,用机器语言编程,主要用于科学计算,图形设备仅仅具有输出功能,计算机图形学处于酝酿和准备时期。

50 年代末美国麻省理工学院在 whirlwind 计算机上开发了 SAGE 空中防御系统,第一次使用了具有指挥和控制功能的阴极射线管 CRT(Cathode Ray Tube),操作者可以用光笔在屏幕上确定目标,它预示着交互式图形生成技术的诞生。

1962 年,Sutherland 发表了 Sketchpad(人机对话系统)的博士论文,首先使用 Computer Graphics 这个术语,证明了交互式计算机图形学是一个可行的有用的研究领域,确立了计算机图形学作为一个崭新科学分支的地位。

60 年代美、英等国开始了大规模的研究,使计算机图形学得到了迅速的发展,有关设备的性能得到了改进和提高,价格得到了降低,应用领域也从军事工业部门发展到科研、教育、艺术、事务、管理等领域。

70 年代中期廉价的固体电路随机存储器的出现,提供了大得多的缓冲存储器,因而就能采用基于电视技术的光栅扫描图形显示器,使图形显示器得到普遍的重视和发展,为广泛应用计算机图形生成技术提供了条件。在图形输出设备不断发展的同时,出现了许多不同类型的图形输入设备。

1974 年在美国召开了计算机辅助几何设计 CAGD(Computer Aided Geometrical Design)学术会议,逐步发展了计算几何学。

80 年代计算机图形学技术更加成熟,应用更为广泛。由于性能价格比大幅度提高适应了中小企业的承受能力,打破了一直由大企业垄断的局面。

## 2. 计算机图形软件发展的几种类型

(1)用现有的某种高级语言写成子程序包,用户使用该语言调用需要的子程序生成各种图形。由于是用高级语言,编程并不困难,且具有便于移植推广的优点,但执行速度较慢,效率较低。这类图型系统很多,如图形软件标准化的典型规范 GKS 和 CORE 文本就是采用程序包的形式。

(2)将某种高级语言的功能加以扩充,使具有图形生成功能,为此必须熟悉该高级语言的编译系统,能加以正确地扩充,实现起来工作量较大,难以移植。其优点是系统比较简练、紧凑、执行速度快。有幸的是现在许多高级语已经扩充具备了屏幕图形的生成功能,如 BASIC, Turbo C, Borland C++, PASCAL 等。

(3)对于某种类型设备可以配置专用的图形生成语言,因此功能强,执行速度快。事实上目前大多数绘图机都配备了相应的图形生成语言,比较著名的有 GL(Graphics Language)语言, PL(Plotting Language)语言, Dxy 语言。由于这些语言都是设备相关的,难于在不同类型的设备上使用。由于各种设备的原理功能差异很大,难以统一,这就使得图形系统的开发处于重重困难之中。

(4)为了克服上述矛盾,就要求产生一种通用的与设备无关的图形软件,这就是图形软

件标准化问题。为此 1977 年美国计算机协会 ACM (Association for Computing Machinery) 提出核心图形系统 (Core Graphics System) 规范, 西德提出了图形核心系统 GKS (Graphics Kernel System)。制定标准的目的是考虑到程序的可移植性。当使用具体图形设备时只要求和这个“标准”的图形系统作一个“接口”即可。

多年来对图形系统涉及的算法作了大量的研究工作, 无非是解决问题, 提高速度, 节省内存。当然在计算机图形学中仍存在许多问题如: 体素的拼合, 几何造型, 隐藏线隐藏面的消除等, 正等待人们去作深入的探索和研究。目前有的公司正力图用硬件来实现图形系统有关算法和软件技术以提高效率。

### 三、计算机图形学的研究内容

计算机图形系统分为被动式和交互式两种。被动式是在绘图的过程中不能进行实时修改, 如果要修改则需要修改源程序, 因而效率低, 速度慢。交互式绘图则可以实时修改, 设计人员通过键盘或其他输入设备以人机对话方式修改屏幕显示的图形, 满意后若需要, 可以进行输出或存储。交互式绘图技术先进, 使用方便, 目前在 CAD/CAM 中已普遍采用。

计算机图形学主要研究以下几个问题:

- (1) 图形系统的硬件配置, 图形输入输出设备的结构、原理、性能的研究和开发。
- (2) 图形系统支撑软件的设计与使用, 各种应用图形软件和接口技术的研究和开发。
- (3) 图形元素如线段、圆弧、字符、填充等的生成技术, 三维对象立体图形中隐藏线和隐藏面的消除, 明暗效应处理等。
- (4) 图形的几何变换如平移、旋转、投影、透视、剪切和局部放大缩小等, 曲线曲面的逼近、拟合、光顺及其算法。
- (5) 图形信息的存储、检查、通信和管理。
- (6) 几何造型的算法研究, 如表面造型 (Surface Modeling), 实体造型 (Solid Modeling) 等。

### 四、计算机图形学的应用

由于计算机硬件功能的不断提高, 系统软件的不断完善, 计算机图形设备的不断更新, 图形软件的不断扩充, 性能价格比的不断提高, 适应了中小用户的承受能力, 在近 20 年中计算机图形学得到了广泛的应用, 目前主要应用领域有:

#### 1. 计算机辅助设计 (CAD) 和计算机辅助制造 (CAM)

这是一个最活跃, 最广泛的应用领域。计算机图形学用来进行建筑工程、机械结构和部件等的设计, 包括设计发电厂、化工厂, 汽车、飞机、船舶的外形, 电子线路和电子器件等。有时侧重于获得部件或结构的精确图形, 而更常用的是对所设计的系统或部件, 通过人一机交互作用, 经过反复迭代设计得到最终结果的数据、图纸、部件表、材料单以至加工用的数据纸带或磁带等。例如: 在电子工业中, 计算机图形学用于集成电路设计, 印刷电路板的设计, 电子线路和网络分析等。一个复杂的大规模或超大规模集成电路板不仅能用计算机图形系统进行设计和画图, 并且可以在较短时间内完成, 然后可以由计算机来检查设计, 只需要几

分钟就可以将设计修改完成。又如飞机、船舶、汽车外形设计也可以用计算机图形学来完成,它包括外形的光顺、曲线曲面拟合和建立外形的数学模型等等。

## **2. 绘制勘探、测量图**

计算机图形学被广泛地用来绘制地理的,地质的,以及其他自然现象的勘探测量图,如地理图,地形图,矿藏图、海洋地理图,气象图,人口分布图等等。

## **3. 系统模拟和科学计算**

利用这一技术可以研究许多对象的数学模型如气象、水流、化学反应、核反应、物体受力的变形等。在数值计算的基础上给出随时间变化的生动逼真、实用、适时的图形来。

## **4. 过程控制**

在数值模拟和科学计算的基础上,可实现用户和管理对象的相互作用达到过程控制的目的。如在石油化工、冶炼、电力网的调度、机场、交通、铁路等部门,调度人员可以通过计算机产生的随时间变化的状态图来有效迅速准确地进行过程控制和管理。

## **5. 事务管理和办公室自动化**

利用计算机图形学很容易将有关资料数据用二、三维图表、直方图、扇形图、进程图、各类统计管理图表以简明的方式表示出来,对管理是非常直观而有益的。目前在办公室用字符和图形终端生成和交换信息已经实现、大大提高了工作速度和质量。

## **6. 艺术、娱乐和商业**

计算机图形学已经用于生产艺术品,如图案花纹,以至油画和中国画。广告片的制作在商业中已比比皆是,动画片的制作,电子游戏大大丰富了青少年的业余生活。

## **7. 计算机辅助教学 CAI(Computer Assisted Instruction)**

CAI 形象、直观、生动,极大地提高了教学效果和学生的兴趣。

## **8. 医学的诊断技术**

计算机图形学和超声波、X 光技术相结合可以准确地提供诊断信息。如人体内脏、大脑的切面图等。

# **1.2 常用图形输入设备**

在一个基本的计算机图形系统中,除了计算机之外,图形输入输出设备是必不可少的。计算机是用电信号来传输信息的,图形输入设备是将用户的图形数据、命令等转换成电信号传送给计算机,而图形输出设备是将计算机处理所得结果转换成图形传送给用户。我们将简要介绍图形输入输出设备的原理,结构和功能。本节首先介绍图形输入设备。

## **一、键 盘**

键盘(Keyboard)是最常用的输入设备。键盘有数字键、字母键、控制键、光标移动键、功能键等。操作员可通过键盘向计算机输入数据、字符和控制信号。图形可以数据化,因此键盘可以输入图形数据和图形命令。

键盘工作原理如下:按下某一键,通过开关元件——目前大多是电容开关,通过按键的

上下动作使电容量发生变化——产生电平信号,控制编码器进行编码,得到该键的二进制数即该键的 ASCII 码。此码送入编码寄存器,同时按键标志触发器置位向计算发出键盘中断请求,计算机响应中断后,调用相应的中断服务程序,取出该键的编码数据进行相应的处理,如显示字符,或执行功能要求等。

## 二、数字化仪

数字化仪(Digitizer)是一种常用的精密的图形输入设备。数字化仪按工作原理分为机械式,电位梯度式,电容耦合式,超声波式,电磁感应式等等,而电磁感应式使用较多。数字化仪的表面嵌有导线组成的网格,构成感应阵列,该网状导线与手动定位头的电信号之间的电磁耦合在定位头线圈中感应出一个电信号,控制器就可以确定定位头在数字化仪平面上的坐标位置。数字化仪的坐标系统以其左下方为原点,坐标单位由布线间距来确定。手动定位头上常有若干按键,可用来表示不同命令的含义。应用系统可以根据应用问题定义数字化仪坐标和用户坐标的映射关系,并定义定位头的某一按键为定位输入键(Locator Function),另一键为命令选择键(Choice Function),第三个键为拾取键(Picke Function)等。数字化仪可以向应用系统提供定位头的绝对坐标位置以及按键状态,由应用系统来解释处理上述数据。

当数字化仪用于定位输入时,其坐标系统常映射到屏幕上的某一区域,在有关驱动程序控制下,操作员移动定位头时,对应屏幕区域中的光标跟着移动,移动到满意位置时按下定位按键即完成定位操作。

数字化仪很适合于描图输入,可将有关图纸覆盖在数字化仪上,用定位头将各图元逐一描入计算机系统,它同样也适用于手写输入,笔记本电脑常用小型数字化仪作为输入键盘。

数字化仪可用于菜单选择,如命令菜单、属性菜单、汉字菜单等。先将菜单覆盖在数字化仪表面,从而形成了表面位置和菜单项间的固定的对应关系,操作员可直接用手动定位头去选择菜单项。数字化仪也可以通过对应屏幕光标选择屏幕菜单项,拾取模型中的对象等。

数字化仪实际上是一种大幅面和高精度的图形输入板,可数字化的幅面常达  $900\text{mm} \times 1200\text{mm}$ ,分辨率可达  $0.025\text{mm}$ ,外型如图 1-1 所示。

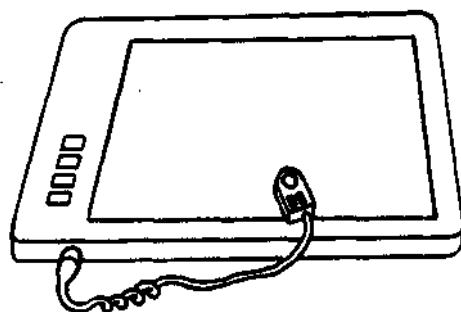


图 1-1 数字化仪

## 三、鼠标器

鼠标器(Mouse)按构造原理分为机械式和电容式。有的鼠标器通过自身反面的发光二极管和特制的反光衬垫来检测鼠标器的  $x$  和  $y$  向的移动。有的鼠标器反面装有滚轮,当鼠标器移动时可使两个成正交位置的电位器移动。当鼠标器的移位信号转送给计算机后,通过