

高等学校适用教材

计算机图形学基础

(修订版)

罗运和 戴青 主编



中国计量出版社
CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE



高等学校适用教材

计算机图形学基础

(修订版)

罗运和 戴青 主编

中国计量出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机图形学基础/罗运和, 戴育主编. 一修订本. 北京: 中国计量出版社, 2003
高等学校适用教材
ISBN 7-5026-1848-1

I. 计… II. ①罗… ②戴… III. 计算机图形学—高等学校—教材 IV. TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 073456 号

内 容 提 要

作为计算机科学的一个重要分支, 计算机图形学在我国正处于非常活跃的发展时期, 亟待普及与推广。

本书着重介绍计算机图形学的基本理论。全书共 13 章, 内容包括绪论、绘图程序基础、基本图形生成技术、绘图程序设计、图形变换、开窗与裁剪、曲线、三维几何造型、真实感图形显示、图形输入与交互技术、计算机动画、AutoCAD 绘图软件、3DS MAX 动画软件介绍等内容。

本书可作为大专院校学生学习计算机图形学的普及教材, 也可供从事计算机辅助设计的工程技术人员和电脑爱好者参考。

中国计量出版社出版
北京和平里西街甲 2 号
邮政编码 100013
电话 (010) 64275360
E-mail jlfxb@263.net.cn
北京市迪鑫印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行
版权所有 不得翻印

*

787 mm×1092 mm 16 开本 印张 16.75 字数 395 千字

2003 年 9 月第 2 版 2003 年 9 月第 2 次印刷

*

印数 3 501—6 500 定价: 28.00 元

前 言

计算机图形学是计算机科学的一个重要分支，近几年来获得了飞速的发展，在许多领域都得到了广泛的应用。为此，各高等院校先后开设这门课程，不少专业已列为必修课程。为满足教学需要，1998年，我们编写了《计算机图形学基础》一书。几年过去了，计算机图形学理论及应用技术又有了新的发展。为此，我们在原书的基础上，吸收图形学领域最新研究成果，对该书进行修订再版。

本次修订，考虑到图形学发展情况，对原有章节进行了补充和更新，增加了三维几何造型、计算机动画两章。考虑到应用软件的版本升级，分别介绍 AutoCAD 和 3DS MAX 最新软件。合并、删去了部分章节，使本书体系更为合理。

本书有以下特点：

1. 在内容选择上，考虑到不同专业、不同层次的需要，注重介绍计算机图形学基本原理、基本技术和基本知识，为进一步深入学习本学科的知识打下基础。

2. 在结构体系上，尽量反映近年来计算机图形学发展的新知识、新技术。同时，增加 AutoCAD 和 3DS MAX 最新版本软件介绍，以开阔视野，增强实用性。

3. 在编写方法上，遵循教学规律，内容由浅入深，力求理论联系实际。书中附有一些源程序，能够绘出正确图形；在应用软件学习中附有经典实例。这样不仅可以增加学习兴趣，而且适合于自学。

4. 在能力培养上，基于高级语言的程序设计方法与基于先进软件的应用开发方法并重，使学生的综合能力得到有效地提高。

本书内容主要分为计算机图形学基本理论和应用软件两大部分。第 1 章至第 11 章为第一部分，包括绪论、绘图程序基础、基本图形生成技术、绘图程序设计、图形变换、开窗与裁剪、曲线、三维几何造型、真实感图形显示、图形输入与交互技术、计算机动画等内容，注重介绍基本理论知识。第 12 章、第 13 章为第二部分，包括 AutoCAD 绘图软件、3DS MAX 动画软件等内容，注重介绍典型应用软件。两部分内容各自有所侧重，而又有有机结合。应用软件内容的介绍，不仅为读者掌握应用软件打下一定基础，而且通过知识的互相渗透，使读者对计算机图形学基础理论知识和应用软件开发，有更加深刻、全面的理解。

本书由中国人民解放军信息工程大学电子技术学院罗运和、戴青主编。第 1、11、13 章由罗运和编写；第 2 章由赵春明编写；第 3、7 章由马放编写；第 4、5、10 章由戴青编写；第 6 章由王志刚编写；第 8 章由付玉兵编写；第 9 章由樊永良编写；第 12 章由刘学友编写。在编写过程中，曾得到很多同志的支持，在此一并表示感谢！

由于编者水平所限，书中难免有不妥之处，竭诚希望读者批评指正。

编者

2003 年 7 月

目 录

| | |
|-----------------------------|-------|
| 第 1 章 绪论 | (1) |
| 1.1 计算机图形学的发展概况及应用 | (1) |
| 1.2 计算机图形学的研究内容 | (4) |
| 小结 | (13) |
| 习题 | (14) |
| 第 2 章 计算机的图形功能 | (15) |
| 2.1 图形显示 | (15) |
| 2.2 Turbo C 2.0 简介 | (16) |
| 小结 | (29) |
| 习题 | (29) |
| 第 3 章 基本图形生成技术 | (30) |
| 3.1 直线的生成算法 | (30) |
| 3.2 圆弧与圆的生成算法 | (36) |
| 3.3 区域填充算法 | (40) |
| 小结 | (45) |
| 习题 | (45) |
| 第 4 章 绘图程序设计 | (47) |
| 4.1 通用绘图程序设计 | (47) |
| 4.2 常见规则曲线程序设计 | (50) |
| 4.3 图案程序设计 | (55) |
| 小结 | (60) |
| 习题 | (60) |
| 第 5 章 图形变换 | (61) |
| 5.1 图形变换基本原理 | (61) |
| 5.2 二维变换 | (62) |
| 5.3 组合变换 | (67) |
| 5.4 三维基本变换 | (70) |
| 5.5 正投影变换与正轴测投影变换 | (75) |
| 小结 | (79) |
| 习题 | (79) |
| 第 6 章 开变与裁剪 | (80) |
| 6.1 概述 | (80) |
| 6.2 直线段的裁剪 | (81) |

| | | |
|-------------|-------------------------------|--------------|
| 6.3 | 平面多边形的裁剪 | (87) |
| 6.4 | 窗口视图区变换 | (89) |
| | 小结 | (92) |
| | 习题 | (92) |
| 第7章 | 曲线 | (94) |
| 7.1 | 曲线基础 | (94) |
| 7.2 | 三次样条曲线 | (98) |
| 7.3 | Bezier 曲线 | (100) |
| 7.4 | B 样条曲线 | (106) |
| 7.5 | 非均匀有理 B 样条 (NURBS) 方法简介 | (111) |
| | 小结 | (113) |
| | 习题 | (113) |
| 第8章 | 三维几何线型 | (114) |
| 8.1 | 概述 | (114) |
| 8.2 | 实体几何构造法 (CSG 树表示法) | (117) |
| 8.3 | 边界表示法 | (124) |
| | 小结 | (131) |
| | 习题 | (131) |
| 第9章 | 真实感图形显示 | (132) |
| 9.1 | 隐藏线的消除 | (132) |
| 9.2 | 光照模型 | (135) |
| 9.3 | 颜色空间 | (143) |
| | 小结 | (147) |
| | 习题 | (148) |
| 第10章 | 图形线入与交互技术 | (149) |
| 10.1 | 逻辑输入设备 | (149) |
| 10.2 | 图形输入控制 | (150) |
| 10.3 | 交互任务 | (153) |
| 10.4 | 交互技术 | (156) |
| | 小结 | (160) |
| | 习题 | (161) |
| 第11章 | 计算机动画 | (162) |
| 11.1 | 动画原理 | (162) |
| 11.2 | 动画软件功能 | (163) |
| 11.3 | 商业动画软件简介 | (165) |
| 11.4 | 动画技术 | (169) |
| | 小结 | (176) |
| | 习题 | (176) |

| | |
|----------------------------------|-------|
| 第 12 章 AutoCAD 绘图软件 | (177) |
| 12.1 AutoCAD 概述 | (177) |
| 12.2 AutoCAD 2002 的启动及主要设定 | (179) |
| 12.3 图形的绘制 | (183) |
| 12.4 图形编辑 | (192) |
| 12.5 精确绘图 | (204) |
| 12.6 块操作 | (208) |
| 12.7 尺寸标注 | (211) |
| 12.8 绘制三维实体 | (212) |
| 小结 | (215) |
| 习题 | (215) |
| 第 13 章 3DS MAX 动画软件 | (217) |
| 13.1 操作界面 | (217) |
| 13.2 三维造型 | (224) |
| 13.3 材质与贴图 | (237) |
| 13.4 动画 | (245) |
| 小结 | (255) |
| 习题 | (255) |
| 参考文献 | (257) |

第1章 绪论

图形是人们用来表达思想、传递信息的一种重要手段。常言说：“一幅图胜过千言万语”。在现代人类的生产活动及日常生活中，经常要绘制各种图样、美术图案、广告及动画等。绘图是一项细致而繁重的劳动，不仅效率低、劳动强度大，而且绘图精度不易保证。随着现代科学技术的发展，对绘图精度的要求越来越高，图样越来越复杂。如超大规模集成电路掩膜图、印刷电路的布线图、航天飞机及宇宙空间飞行器复杂的曲面外壳等，都是手工绘图难以胜任的。同时，现代社会的重要特征是节奏加快，各种产品的更新换代十分迅速，要求新产品的设计绘图必须高效率地完成，利用计算机的高速运算及数据处理能力，实现计算机辅助设计与绘图势在必行。工程图学、应用数学、计算机科学等学科的互相渗透，产生了一门新兴学科——计算机图形学(Computer Graphics)。计算机图形学是应用计算机，通过算法和程序，研究图形生成、显示及绘制的图形综合技术。

1.1 计算机图形学的发展概况及应用

1.1.1 计算机图形学的发展概况

计算机图形学的发展历史应追溯到20世纪50年代。当时的计算机主要应用于科学计算，使用尚不普及，但已配置了图形显示器。50年代末期，美国麻省理工学院林肯实验室研制的SAGE防御系统，就已具备了指挥和控制功能。这个系统能将雷达信号转换为显示器上的图形，操作者可以借用光笔指向屏幕上的目标图形获得所需要的信息，这一功能的出现标志着交互式图形生成技术的诞生。

1963年，美国麻省理工学院的I. E. 萨瑟兰德(I. E. Sutherland)在他的博士论文中提出了SKETCHPAD系统。该系统可用光笔在图形显示器上实现选择、定位等交互功能。计算机还可以跟踪光笔，从原来所在的点到指定的点画出直线，或在给定圆心和半径后画出圆等。30年来，随着计算机技术和图形显示设备的发展，交互式计算机图形学有了飞速的发展。

到了20世纪70年代，图形显示设备发展很快，由20世纪60年代的随机扫描式显示器、存储管式显示器，发展到70年代的光栅扫描式显示器，使图形显示质量有明显提高，所显示的图形初步具有真实感。在这一阶段，图形的输入设备也相继发展起来，从原有的光笔发展到鼠标、数字化仪等。

在1980年前后，诞生了真正在广大用户中得到普及应用的光栅扫描式显示器。它采用成熟的彩色电机技术，用三个电子束同步逐行扫描荧光屏上整齐排列的红、绿、蓝三基色点簇。一条电子束对准一种基色，一个点簇称作一个像素。一幅画而可以由 640×480 、 1024×768 、 1280×1024 等不同的像素构成。将需要显示的图形点阵分解成红、绿、蓝三基色，并将各像素所对应的色彩编码值存储在帧寄存器内，用以控制扫描电子束每一瞬间的激励强度，这样就在屏幕上产生一幅绚丽多彩的图像。

图形终端从随机扫描转向光栅扫描是发展历程中一次质的飞跃,有力促进了计算机图形学的繁荣和普及。

进入 80 年代以后,工程工作站的出现,极大地促进了计算机图形学的发展。与小型机相比,工作站在用于图形生成方面具有显著的优点。首先,工作站是一个用户使用一台计算机,交互绘图时,对图形、图像处理速度快,响应时间短;其次,工作站联网后可以共享资源,如大容量磁盘、高精度绘图仪等,而且它便于逐步投资、逐步发展、使用寿命长。因而,工作站已经取代小型机成为图形生成的主要环境。

90 年代后期以来,微型计算机的性能迅速提高,运算速度加快,内存不断增大,硬盘容量加大,新的机型不断出现,且配置以高质量的显示器,可在网络上运行,价格较工作站便宜,因此,微机绘图系统获得了越来越广泛的应用。

最近几年,计算机图形软件更是得到了极大的发展,从我们能够直接感觉到的,是先进的 CAD 软件和动画软件相继问世。一开始,三维几何造型主要以线框模型来表示三维物体,它能较好地表达三维物体的内部结构,立体感也很强,但缺乏真实感。后来,随着计算机硬件的发展,CPU 速度不断提高,具有真实感表面的三维模型显示算法才得以实现。由此人们便想到利用计算机来建立真实的三维模型,模拟真实场景,于是,三维动画软件应运而生。进入 20 世纪 90 年代,三维动画软件产品正式推向市场,SGI 工作站上使用的 TDI、Alias、Softimage 和 Wavefront 等软件,形成相互竞争的态势。此时 PC 机上的三维动画软件 3DS MAX 也应运而生,这就更加剧了三维动画软件市场的竞争,最终导致软件技术的进步,促使软件版本不断升级。进入 21 世纪以来,无论是在工作站上,还是在 PC 机上使用的三维动画软件,均能制作出精美的三维动画。

1.1.2 计算机图形学的应用

1. 图形用户界面

软件的用户接口是人们使用计算机的第一观感。为提高用户接口的直观性和友好性以及相应软件的执行速度,在用户接口中广泛使用了图形用户界面(GUI),如菜单、对话框、图标和工具栏等。

图形用户界面的主要部分是一个允许用户显示多个窗口区域的窗口管理程序。每一窗口可以获得包括图形和非图形显示在内的不同处理。我们仅简单地使用交互式点击设备,这样在某窗口区域内点击一下就可以激活该窗口。

界面也显示菜单和图标,以便加速操作或参数的选择。图标是一个设计成与它代表的选择意义相同的图形符号。图标的优点是它比相应的文本描述占用较少的屏幕空间,而且直观形象,人们可以很容易地理解它。

2. 计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)

计算机辅助设计是计算机图形学的一个最广泛、最活跃的应用领域。由于 CAD 技术能广泛应用于产品设计和工程设计,适合多品种小批量生产,生产周期短、效率高,精确性和可靠性高,可以显着提高产品在市场上的竞争力,故越来越受到人们的关注,应用也越来越广泛。在产品设计和制造方面,CAD/CAM 技术被广泛用于飞机、汽车、船舶、机电等外形设计和制造。如美国波音公司,由于采用 CAD 技术,使波音 727 的设计提前两年完成。以线框图显示飞机外形设计如图 1.1 所示。又如美国通用汽车公司,利用 CAD 系统把产品设计、制造、模拟

试验和检查测试结合起来,组成一体化集成系统,使得汽车设计周期由5年缩短到3~4年。在电子工业中,CAD技术应用到集成电路、印刷电路板、电子线路和网络分析等方面的优势是十分明显的。一个复杂的大规模集成电路板图,很难能用手工设计和绘制,而用CAD进行设计可以在较短的时间内完成,并把结果直接进行加工处理。为了降低工程造价、提高设计效率,在建筑、冶金、石油、公路等工程设计中也广泛采用CAD技术。例如,在建筑设计领域,不仅可以进行建筑物总体的外观效果图设计,还可以完成结构设计、给排水设计和装饰设计等,对楼群地段也可以进行光照分析。建筑设计外观效果图如图1.2所示。



图 1.1 飞机外形设计(以线框图显示)



图 1.2 建筑设计外观效果图

3. 地形地貌和自然资源的图形显示

应用计算机图形生成技术产生高精度的地理图形或自然资源的图形是另一个重要的应用领域,包括地理图、地形图、矿藏分布图、气象气流图、植物分布图以及其它各类等值线、等位面图等。目前,建立在地理图形基础之上的地理信息管理系统(主要包括地理信息和地图)已经在许多国家中得到广泛的应用。地理信息系统是当前信息社会中政府部门对资源和环境进行科学管理和快速决策时不可缺少的工具,可广泛应用于农林、地质、旅游、交通、测绘、城市规划、土地管理、环境保护、资源开发等有关行业部门。

4. 电子出版及办公自动化

图文并茂的电子排版制版系统代替了传统的铅字排版,这是印刷史上的一次革命。随着图形、图像、声音、文字相结合的多媒体技术的发展,以及输入输出设备的发展,图形、图像的编辑和硬拷贝,正在办公室、家庭普及。

5. 科学计算可视化

随着科学技术的进步,人类面临着越来越多的数据需要进行处理,这些数据来自高速计算机、人造地球卫星、地震勘探、计算机层析成像和核磁共振等途径。科学计算可视化就是应用计算机图形生成技术,将科学及工程计算的中间结果或最后结果以及测量数据等,在计算机屏幕上以图像形式显示出来,使人们能观察到常规手段难以观察到的自然现象和规律,实现科学计算环境和工具的进一步现代化。科学计算可视化广泛应用于计算流体力学、有限元分析、气象科学、天体物理、分子生物学、医学图像处理等领域。

6. 计算机艺术

将计算机图形学与人工智能技术结合起来,可构造出丰富多彩的艺术图像,如各种图案、花纹、工艺外形设计及传统的油画、中国国画和书法等。这是近年来计算机图形学的又一个重要应用领域。利用专家系统设定的规则,可以构造出形状各异的美术图案。

7. 计算机动画及广告

由于计算机图形系统的硬件速度提高,软件功能增强,使计算机制作动画成为现实。在制作动画过程中,为了避免画面闪烁,符合人的视觉,放映1秒钟的动画,就要制作24幅画面。手工制作动画,工作量是相当大的。利用计算机制作动画,可以在两幅关键画面之间自动插入中介画面,从而大大节约时间,提高效率。目前,利用计算机图形技术制作的二维、三维动画作为电视节目的片头或广告,已随处可见。图1.3为手机广告。



图 1.3 手机广告

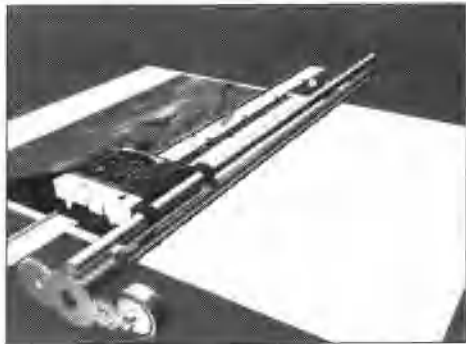


图 1.4 喷墨打印机工作过程

8. 计算机辅助教学

计算机图形学已广泛应用于计算机辅助教学系统中,它可以使教学过程形象、直观、生动,极大地提高了学生学习兴趣和教学效果。例如,可以通过计算机动画,模拟设备的工作原理及工作过程。图1.4为在喷墨打印机工作原理教学软件中,用动画模拟工作过程的一幅图形。由于个人计算机的普及,计算机教学系统将深入到家庭和幼儿教育。

总之,交互式计算机图形学的应用,极大地提高了人们观察客观世界、想象形体、理解数据、分析趋势的能力。随着个人计算机和工作站的发展,以及各种图形软件的不 断推出,计算机图形学的应用前景将会更加广泛。

1.2 计算机图形学的研究内容

1.2.1 计算机图形学的研究内容

计算机图形学的研究内容,涉及到运用计算机对图形数据进行处理 的硬件和软件两方面的技术。主要是围绕着生成、表示物体的图形图像的准确性、真实性和实时性的基础算法,大致可分为以下几类:

1. 基于图形设备的基本图形元素的生成算法,如用光栅图形显示器生成直线、圆弧、二次曲线、封闭边界内的图案填充等。
2. 图形元素的几何变换,即对图形的平移、放大和缩小、旋转、镜像等操作。
3. 自由曲线和曲面的插值、拟合、拼接、分解、过渡、光滑、整体和局部修改等。
4. 三维几何造型技术,包括对基本体素的定义及输入,规则曲面与自由曲面的造型技术,以及它们之间的布尔运算方法的研究。

5. 三维形体的实时显示,包括投影变换、窗口裁剪等。
6. 真实感图形的生成算法,包括三维图形的消隐算法,光照模型的建立,阴影层次及彩色浓淡图的生成算法。
7. 计算机动画,如关键帧动画、变形动画、粒子系统的生成、运动及控制算法。
8. 科学计算可视化和三维或高维数据场的可视化,包括将科学计算中大量难以理解的数据通过计算机图形显示出来,从而加深人们对科学过程的理解。

1.2.2 计算机图形学与图像处理的关系

所谓计算机图形是指计算机产生的图形,它的实质就是输入的信息是数据,经计算机图形系统处理以后,输出的结果便是图形。计算机图像又称数字图像,它是计算机应用领域中的另一个重要分支。计算机图像处理系统与计算机图形系统的工作方式完全不同,图像处理系统的输入信息是图像,经处理后的输出仍然是图像。

计算机图形学的基本含义是使用计算机通过算法和程序在显示设备上构造出图形来。也就是说,图形是人们通过计算机设计和构造出来的,不是通过摄像机或扫描仪等设备输入的图像。所设计和构造的图形可以是现实世界中已经存在的物体,也可以是完全虚拟的物体。

与此相反,图像处理是对景物或图像进行分析的技术,它所研究的内容包括图像增强、模式识别、景物分析、计算机视觉等,并研究如何从图像中关取二维或三维物体的模型。

尽管计算机图形学和图像处理所涉及的都是用计算机来处理图形和图像,但是长期以来却分别属于两个不同的技术领域。近年来,由于多媒体技术、计算机动画、三维空间数据场显示及纹理映射等技术的发展,计算机图形学和图像处理的结合日益紧密,并相互渗透。例如,将计算机生成的图形与扫描输入的图像结合在一起,构造计算机动画。三维动画在场景设计、环境处理及其三维模型表面的处理过程中要用到大量的贴图(Mapping),这些贴图就是计算机图像。如环境的墙面上需要挂上一幅名画,三维模型表面上需要某人的头像等均可通过贴图的方法来实现,这时只要将所需要的图像扫描后存入计算机内,再用贴图命令将其贴到指定的位置上。计算机图形学与图像处理相结合,加速了这两个相关领域的发展。

1.3 计算机图形系统的组成

1.3.1 概述

计算机图形系统由硬件设备及相应的程序系统(即软件)两部分组成。

硬件包括计算机主机、图形显示器、鼠标器等基本设备,以及图形输入板、绘图机、图形打印机等输入输出设备。软件包括操作系统、高级语言、基本图形软件和应用软件。

在整个系统运行时,人始终处于主导地位。一个完整的图形系统,是人与计算机图形系统协调一致的,如图1.5所示。计算机图形系统根据其功能的强弱,即所配置的硬件规模、软件丰富程度、价格高低,大体可以分为三关:

1. 以大型机为基础的图形系统

这种系统在发达国家多用于飞机制造、汽车制造等大型企业。它以大型计算机为基础,具有大容量的存储器和极强的计算功能,并配有高清晰度的显示终端以及高精度、大幅面的硬拷

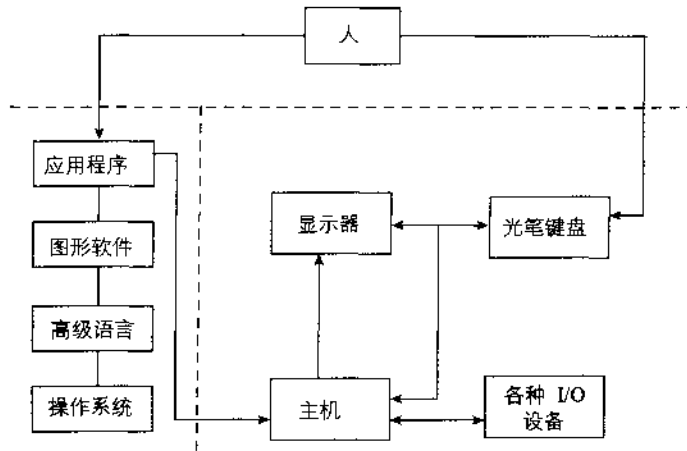


图 1.5 图形系统结构示意图

贝设备。用以实现计算机辅助设计、实体造型、结构分析、运动模拟、工程和科学计算、项目管理、生产过程控制等。

2. 以工程工作站为基础的图形系统

80 年代以来,出现了工程工作站和以它为基础的图形系统。工作站是具有高速的科学计算、丰富的图形处理、灵活的窗口及网络管理功能的交互式计算机图形系统。此类系统不仅可以用于办公自动化、文字处理、文本编辑等,更主要的是用于工程和产品的设计与绘图、运动模拟、动画和科学计算可视化等领域。

3. 以微机为基础的图形系统

近年来,由于微机的性能日益提高,价格日益降低,使得以微机为基础的图形系统在技术上成为可能。这类系统以常见的高档微机为基础,并配以高、中分辨率的图形显示器以及交互设备,廉价的绘图机及打印机等。

目前,随着微机性能的进一步提高,用微机进行三维形体的设计、显示,已经得以实现。用于图形应用的桌面通用微机绘图系统硬设备如图 1.6 所示。

1.3.2 图形硬件设备

计算机图形系统,除配有中央处理机、存储器、显示器、键盘、打印机等设备外,还必须有图形的输入输出设备,以保证图形系统基本功能的实现。常见的输入输出设备还有绘图机、坐标数字化仪、鼠标器等。利用显示器可以显示图形,并可交互地建立和处理图形;利用绘图机绘图,可以获得图形的硬拷贝。

1. 视频显示设备

图形系统一般使用视频显示器作为基本的输出设备。

显示器是显示文字和图形的设备。显示器常用阴极射线管(CRT)作为核心部件。CRT 的构造见图 1.7,主要由电子枪、偏转系统和荧光屏三部分组成,其工作原理是:电子枪中,电流通过灯丝产生热量,即对阴极加热面发射电子束。靠近阴极有一个控制极,加上负电压能够控制电子束截止,即控制电子束打在荧光屏上的强弱,由此控制光的强弱。偏转系统,用静电场或磁场控制电子束发生水平偏转或垂直偏转,电子束打在荧光屏上,荧光粉就会发

光而形成光点，在屏幕上就能显示出图形。



图 1.6 微机绘图系统硬设备

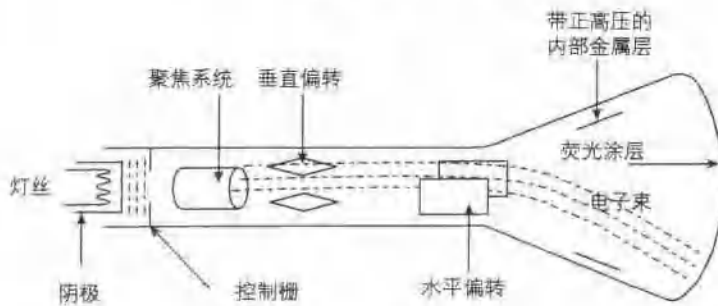


图 1.7 CRT 剖面示意图

目前常用的图形显示器主要有动态刷新式，存储管式，光栅扫描式几种类型。其中光栅扫描式显示器较常用。

2. 输入设备

有多种设备用于图形工作站的数据输入。多数系统有一个键盘和一种或多种专门为交互输入而设计的其他设备。这些设备包括鼠标、跟踪球、空间球、操纵杆、数字化仪、拨号盘和按钮盒。适合特殊应用的其他输入设备有数据手套、触摸板、图像扫描仪和声音系统。

(1) 键盘

图形系统的字母数字键盘主要是用于录入文本串的设备。键盘也能用来进行屏幕坐标的输入、菜单选择或图形功能选择。

光标控制和功能选择是通用键盘具备的共同特性。功能键允许用户以单一击键输入常用的操作，而光标控制键可用来选择显示的对象，或通过定位屏幕光标来确定坐标位置。某些键盘上还包含了其它类型的光标定位设备，如跟踪球或操纵杆。

(2) 鼠标器

这是目前最常用的输入装置,它是一个手持的小盒,带有一根连接到计算机输入端口的电缆,就像一只小老鼠的尾巴,因此俗称“鼠标器”。鼠标器的类型有多种,如机械式鼠标、光电式鼠标、无线鼠标等。机械式鼠标的底部装有橡胶球和橡胶轮,当推动鼠标在平面上移动时,滚动的小球带动轮子转动,卷轴将通过电位器记录移动的方向和距离。这个方向和距离被转换成对应的屏幕光标位置的相对变化。鼠标器的按钮用来发出某种操作指令的开关信号,如记录光标的位值,确认所选择的项目,执行选择的文件等。鼠标器在交互式绘图中应用广泛,多用来点取菜单,执行或取消命令,操作方便、快捷。

(3) 图像扫描仪

图形、图表、彩色和黑白照片等,可以使用一个图像扫描仪存入计算机并进行进一步处理。在将它们传递到一个光学扫描设备时,灰度或彩色等级被记录下来,并按阵列存放。一旦获得了图形的内部表示,就可以施加变换、旋转、按比例缩放等操作,或剪辑该图形使之适合特定的屏幕区域。我们也可以使用各种图像编辑操作。

(4) 数码照相机

数码照相机是近几年发展起来的一种新型图像输入装置,它的应用使图像的输入来源更为宽广,在三维动画的制作中有时选择不到合适的照片,需要临时拍摄一些景物,数码相机则是一种最佳的选择。数码相机与普通相机不同,它可以直接将拍摄的照片转换为数字图像,并存入数码相机内,只要将数码相机与计算机相连,即可将图像拷贝到计算机内。

(5) 坐标数字化仪

坐标数字化仪,是一种定位设备。其中全电子式坐标数字化仪由于精度高,使用方便,得到了普遍应用。这种设备利用电磁感应原理。在负极的 X 、 Y 方向上有许多平行间隔较小的印刷线。游标中装有一个线圈,当线圈中通有交流信号时,十字叉丝的中心便产生一个电磁场,当游标在台板上运动时,台板下的印刷线上就会产生感应电流。印制板周围的多路开关可以检测出最大信号的位置,即十字交叉中心线所在的位置,从而得到该点的坐标值。

3. 硬拷贝设备

图形显示设备只能在屏幕上产生各种图形,但在计算机图形应用中还需把图形画在纸上。以获得图形的硬拷贝。常用的图形绘制设备有绘图机和打印机两种。

(1) 绘图机

绘图机是绘制图形获得硬拷贝的设备。常用的绘图机按机械结构分类,主要有滚筒式绘图机、平台式绘图机两种类型。如果按绘图方式分,主要有笔式绘图机和喷墨式绘图机两种类型。

滚筒式绘图机属于笔式绘图机,工作时用绘图笔画图。其结构示意图如图 1.8 所示。图纸通过纸孔与滚筒相连,滚筒通过 Y 向电机驱动,带动图纸作 Y 方向运动;绘图笔装在笔架上,笔架由 X 向电机驱动,实现 X 方向运动,从而实现绘制各种图形。

在笔式绘图机中,一个电脉冲通过驱动电机与传动机构使笔移动的距离称为步距。步距愈小,画出的图就愈精细。一般绘图机的步距为 $0.1\sim 0.00625\text{mm}$ 。在实际应用中, 0.1mm 的步距可以使肉眼觉察不到图形的阶梯状波动;而 0.00625mm 的步距可以满足精密绘图的需要。

滚筒式绘图机绘图精度较高,体积小,绘图幅面大,价格相对便宜,因而应用比较普遍。

平台式绘图机也属于笔式绘图机。其结构示意图如图 1.9 所示。绘图纸用静电方式、真

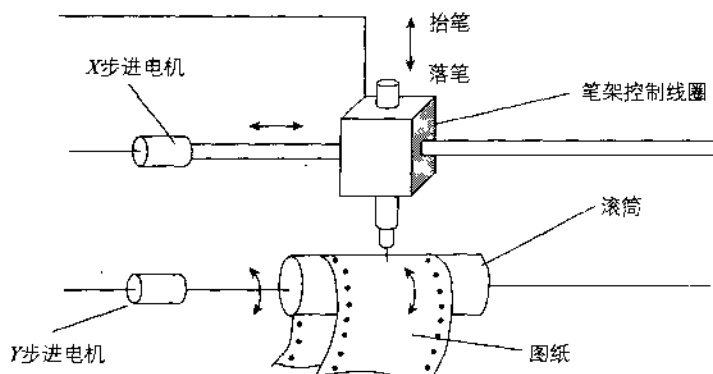


图 1.8 滚筒式绘图机

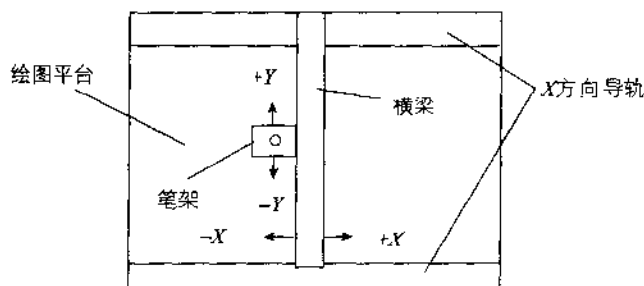


图 1.9 平台式绘图机结构示意图

空吸附或直接铺在绘图机平台上。笔架在 X 向、Y 向电机的驱动下，实现 X 向、Y 向运动。平台式绘图机一般速度较低，结构较为复杂，精度较高。多用于小幅面绘图。

再就是喷墨式绘图机。其机械结构类似于滚筒式绘图机，喷墨装置安装在笔架位置上。工作时，喷墨头将青色、品红、黄色等颜料同时喷在纸上，以形成不同的色彩。一些喷墨式绘图机可以接收视频及数字信号，可用于光栅显示屏幕的硬拷贝。喷墨式绘图机的特点是，不仅可以绘制图形，而且可以绘制图像，使所绘物体形象逼真。

(2) 打印机

打印机是计算机系统最基本的硬拷贝输出设备。随着计算机技术的进步，打印技术得到发展。打印速度从慢到快，印字质量从差到好，可靠性从低到高，功能从弱到强。目前，打印机已经广泛应用于计算机辅助设计、办公自动化、艺术等领域。

打印机从机械动作上看，通常分为击打式和非击打式两种。击打式打印机使成型字符通过色带印在纸上，如行式打印机、点阵针式打印机等。非击打式打印机常用的技术有激光技术、喷墨技术等，这类打印设备速度快、噪声小，已逐渐替代以往的击打式打印机。其中激光打印机和喷墨打印机是应用最广泛的打印机。

激光打印机能在普通纸上印出清晰的图形和汉字，印字速度可达 36 页/分，印字速度快，分辨率可达 1200 点/英寸*，分辨率高。同时具有噪音低、工作可靠的特点，特别适用于办公自动化和汉字信息处理等场合。它已广泛地配置在各种计算机系统，特别是微型机系统中。图 1.10 为 HP Laser1000 激光打印机。

* 1 英寸=25.4mm

激光打印机采用的是电子照相技术。它的基本原理是某些光导材料(如硒等)在黑暗中为绝缘体,在光照的条件下,电阻值趋于零,如同导体(阻值可相差1000倍以上)。把这种材料涂敷到一个圆筒形的鼓形零件上,称为感光鼓。将这个感光鼓在黑暗中充电,使其均匀地带正电荷,然后将要求产生的图像投影照射到旋转的鼓上。光照部分电阻率下降,电荷通过光导体流失;未被光照的部分仍然保留着充电电荷。这样,在感光鼓表面上就留下与原图像相同的所谓“静电潜像”。再将带有“静电潜像”的感光鼓接触带有正电荷的墨粉,原来未被光照的部位吸附墨粉,形成墨图像,转印到纸上。最后加热、定影,使墨粉中的树脂溶化,牢牢地粘在纸上,就可得到一张印有原来图像的纸,即完成了激光图像输出的过程。

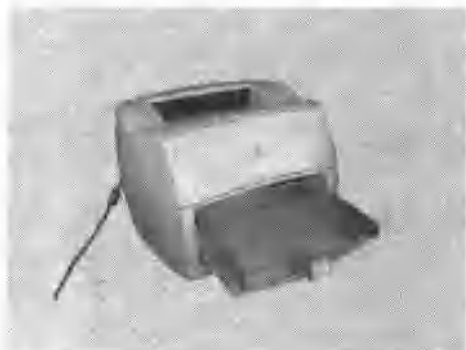


图 1.10 HP Laser1000 激光打印机

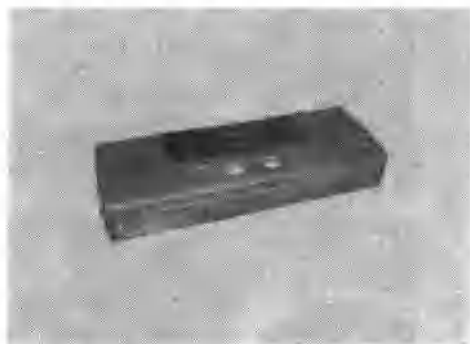


图 1.11 佳能 BJC-50 便携式打印机

喷墨式打印机也是一种目前应用广泛的一种输出设备。图 1.11 为佳能 BJC-50 便携式打印机。喷墨打印机是近十年来发展得最快的一个机种。它具有如下特点:印字机构简单,工作噪声低;体积小、功耗低、印字头几乎无磨损现象;既可以实现单色打印,也可以实现彩色打印,而且印字质量高。另一方面,主要部件墨盒为消耗品,费用较高。彩色喷墨打印机多用于图象处理及艺术设计领域。

喷墨打印机的关键部件是喷墨头,通常分为连续式和随机式两种。连续式的喷墨头射速较快,但需要墨水泵和墨水回收装置,机械结构比较复杂。随机式喷墨头的主要特点是墨滴的喷射是随机的,只有在需要印字(图)时才喷出墨滴,墨滴的喷射速度较低,不需墨水泵和墨水回收装置。此时,若采用多喷嘴结构也可以获得较高的印字(图)速度。随机式喷墨法常用于普及型便携式印字机,连续式喷墨法多用于喷墨绘图仪。

1.3.3 图形软件

1. 图形软件

计算机图形系统的软件一般包括系统软件和应用软件两类。系统软件又分为操作系统和程序设计语言。工作站的操作系统可细分为底层的 UNIX 系统和上层的窗口系统,窗口系统有 SUN 公司的 Open Windows, DEC 公司的 DEC Windows 和 IBM 公司的 Office Vision 等。个人计算机的操作系统大多采用底层的 DOS 和上层的 Windows,它们都是 Microsoft 公司的产品。目前 DOS 和 Windows 已合二为一,成为不可分割的一个整体。由于目前一般的计算机系统也都采用具有图形接口的窗口系统,所以操作系统方面计算机图形系统与一般计算机系统基本上没有差别。