

国家工科基础课程教学基地机械基础系列教材

计算机图形学

何玉林 主编

1.41



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



国家工科基础课程教学基地机械基础系列教材

计 算 机 图 形 学

主 编	何玉林		
副主编	刘雪梅	杜 静	
参 编	杨继平	彭 龔	
主 审	谭建荣		

机 械 工 业 出 版 社

本书主要讲述计算机图形学的有关原理、软硬件环境、几何建模和图形处理的基本方法。全书共分八章,介绍了计算机图形学的基本概念、发展和应用,计算机图形系统的软硬件环境;讲述了几何模型、曲线和曲面、几何变换、真实感图形显示,这是计算机图形学从三维几何模型到二维图形的最重要的基本方法;分析了典型的交互式图形软件,并重点介绍 Pro/E 软件的应用;论述了图形软件的开发方法。

本书在内容的安排上以三维几何建模到生成二维图形为主线,由浅入深,逐步展开,力求做到基础知识与最新方法的介绍两者兼顾。许多内容来自研究实际,反映作者近年来在计算机图形学方面的研究成果。本书可作为高等学校本科生的教材,也可作研究生和工程技术人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机图形学/何玉林主编. —北京:机械工业出版社, 2004.1

(国家工科基础课程教学基地机械基础系列教材)

ISBN 7-111-13772-8

I. 计... II. 何... 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 124575 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:王霄飞

责任编辑:张祖凤 版式设计:霍永明 责任校对:张媛

封面设计:鞠杨 责任印制:路琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 2 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm × 1400mm B5·10.875 印张·420 千字

定价:27.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

国家工科基础课程教学基地机械基础系列 教材编审委员会

主 任：唐一科

副 主 任：刘昌明 何玉林 黄茂林

顾 问：杨叔子

主编人员：丁 一 祖业发 黄茂林 龙振宇
刘天模 袁绩乾 赵月望 陈国聪
何玉林 吕仲文 杨学元 秦 伟
李文贵

审稿人员：常 明 华中科技大学
张 策 天津大学
吴鹿鸣 西南交通大学
杨治国 四川大学
李建保 清华大学
林萍华 河海大学
张春林 北京理工大学
何援军 上海交通大学
谭建荣 浙江大学
张济生 重庆大学
(排名不分先后)

策划单位：机械工业出版社 重庆大学

序

为了适应 21 世纪我国现代化建设的需要,培养高质量的工程科学技术人才,教育部从 1996 年开始实施了“面向 21 世纪高等工程教育教学内容和课程体系改革计划”,接着又决定建设国家工科基础课程教学基地。这些措施推动了教育改革的深入发展,形成了一批有特色的课程体系和系列教材。由重庆大学国家工科基础课程机械基础教学基地组织编写、机械工业出版社出版的“国家工科基础课程教学基地机械基础系列教材”就是其中之一。这套系列教材是国内众多资深教授的支持、指导和数十位长期从事教学和教学改革的教师辛勤劳动的结果,能够满足机械类专业人才培养的要求。

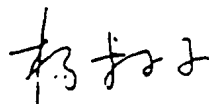
这套系列教材紧密结合“机械类专业人才培养方案及教学内容体系改革的研究与实践”、“工程制图与机械基础系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践”两个面向 21 世纪重大教学改革项目和国家工科基础课程机械基础教学基地建设,集中反映了重庆大学等高校围绕人才培养,在改革机械基础课程体系和教学内容方面所取得的成果。

这套系列教材的特色在于将机械基础系列课程分为设计基础和制造基础两类课群。以拓宽基础、培养学生综合应用机械基础理论与现代设计分析方法进行机械设计和创新为宗旨,遵循认知规律,明确课程定位,突破各课程自身的传统体系,基本上实现了系列课程的整体优化。通过《机械认识实践》的实践教学,帮助学生建立机械的感性认识。制造基础课群则对原机械制造的冷、热加工专业课程进行了整合和改造,建立了适合宽口径大机械专业的三个知识点——“机械制造技术基础”、“材料成形工艺基础”和“工程材料”。设计基础课群对传统的“机械设计”及“机械原理”进行了大胆的尝试性整合;展示了在“机械创新设计”思维的引导下,运用“计算机图形学”、“机械 CAD/CAE 技术基础”等现代设计方法和手段进行机械设计的主线。

这套系列教材较好地体现了面向 21 世纪机械类专业人才培养模式改革的思路,对机械类专业机械基础系列课程体系及教学内容的改革进行了富有成效的探索与实践。机械工业出版社出版这套教材,实为一件很有意义的事,其将为全国机械基础课程体系的教改与教学提供了又一套很有特色的教材。

当然，这套系列教材还需要在教学改革和教学实践中经受检验、不断完善，以结出我国教育改革的硕果。是为序。

中国科学院院士
重庆大学机械传动国家重点实验室学术委员会主任
华中科技大学教授



前 言

为了适应新世纪培养高素质创造型机械科技人才的需要,重庆大学国家工科基础课程机械基础教学基地组织编写了机械基础系列教材。这套教材编写的整个过程就是我们完成教育部面向 21 世纪高等教育教学内容和课程体系改革计划中“机械类专业人才培养方案及教学内容体系改革的研究与实践”、“工程制图与机械基础系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践”两个项目的过程。我们按照新世纪机械专业人才应该具备的能力、素质和知识结构,研究制定了机械类专业人才培养方案及教学内容体系和与之相适应的机械基础系列课程体系及教学内容。

这套系列教材的特色在于将机械基础系列课程分为设计基础和制造基础两类课群。对原机械制造工艺、金属切削机床、金属切削刀具、夹具、铸造、锻压等专业课程进行了整合和改造,编写了适合宽口径专业的《机械制造技术基础》、《材料成形工艺基础》和《工程材料》,增设了以参观和实践为主的《机械认识实践》课程;《现代机械制图》把投影制图和计算机绘图作为重点,并将贯穿于全书;以设计为主线,重新规划了机械设计基础的体系结构,把齿轮机构的原理与设计有机融合,放在《机械设计》教材中,将《机械原理》的重点定位于机构的运动学、动力学和机械系统运动方案的分析与设计,并将《机械设计》安排在《机械原理》之前开出。增加了《计算机图形学》、《机械 CAD/CAE 技术基础》等计算机应用技术基础教材,反映了现代科学技术的新发展,引导学生应用现代设计方法和手段进行机械设计。增加了《机械创新设计》,以介绍创新方法,启发创新思维。

计算机图形学 (Computer Graphics) 是 20 世纪后 30 年最活跃、发展最迅速、应用最广泛的新兴学科之一,也是计算机辅助设计 (CAD)、虚拟现实 (VR)、可视化 (Visualization) 的主要支撑技术。它主要研究应用计算机及其图形输入/输出设备描述、输入、存储、变换、处理和输出图形的原理、算法及系统。

大学本科学生在《工程制图》课程中学习了计算机绘图软件的使用,并且应用绘图软件来绘制了部分图样。但这只是作为与尺规绘图、徒手绘图并列的绘图方法来学习的,目的是学会用计算机绘图。而《计算机图形学》课程则是在此基础上对计算机图形技术进行系统深入的学习,重点让学生掌握计算机图形学的有关原理和解决问题的基本思想,以便对计算机图形学的原理、算法及系统有深入了解,从而更加主动灵活地使用某个图形系统,充分发挥图形系统

的功能；同时为今后研究开发图形软件打下坚实的基础。所以编写这本书的目的就是力图为大学本科学学生学习“计算机图形学”课程提供一本内容适当、便于学习的教材。

本书是作者在长期从事计算机图形学和 CAD 领域的教学和科研的基础上，参阅了国内外十多种同类书籍和有关文献资料而编写的。重点是比较系统全面地介绍计算机图形学的有关原理和图形处理方法的基本思路。主要内容包括：计算机图形学的发展和应用、计算机图形系统、几何模型、曲线和曲面、几何变换、真实感图形显示、典型交互式图形软件分析与应用、图形软件的开发等。本书在内容的安排上以三维几何模型到二维图形由浅入深，逐步地展开和讨论，力求做到基础知识与最新方法的介绍两者兼顾，并且也反映作者近年来在计算机图形学和 CAD 方面研究的成果和教学经验。

本书由重庆大学何玉林任主编，刘雪梅、杜静任副主编，解放军后勤工程学院杨继平、四川轻工学院彭龑参加编写。其中何玉林撰写第一章、第二章和第五章，杨继平撰写第三章，杜静撰写第四章和第七章的第六节，彭龑撰写第六章，刘雪梅撰写第七章的第一节至第五节和第八章。全书由浙江大学谭建荣教授主审，他在百忙中抽出时间审阅了全部书稿，并且提出了中肯、宝贵的意见，在此表示衷心的感谢！

由于作者水平有限，书中难免存在不足和错误，衷心希望广大读者批评指正。

编 者

2003 年 8 月

目 录

序	
前言	
第一章 计算机图形学概论	1
第一节 计算机图形学的基本概念	1
第二节 计算机图形学的发展	6
第三节 计算机图形学的应用	7
习题	11
第二章 计算机图形系统	12
第一节 计算机图形系统的组成结构	12
第二节 计算机图形系统的硬件	13
第三节 计算机图形系统的软件	26
习题	33
第三章 几何造型	34
第一节 形体的计算机表示	34
第二节 数据结构	44
第三节 常用的几何造型方法	51
习题	87
第四章 曲线和曲面造型	89
第一节 曲线和曲面的理论基础	89
第二节 Bezier 曲线和曲面	99
第三节 B 样条曲线和曲面	107
第四节 非均匀有理 B 样条 (NURBS) 曲线和曲面	114
第五节 曲线、曲面的光顺处理	120
习题	124
第五章 几何变换	126
第一节 几何变换的数学基础	126
第二节 二维几何变换	129
第三节 三维几何变换	136
第四节 投影变换	143
第五节 视见变换	149
习题	157
第六章 真实感图形显示	159

第一节	图形消隐处理的基本原理	159
第二节	消除隐藏线	161
第三节	消除隐藏面	171
第四节	色彩与纹理	177
第五节	光线跟踪和光照模型	183
习题		188
第七章	典型交互式图形软件分析与应用	189
第一节	交互技术基础	189
第二节	交互界面设计	197
第三节	常用交互式图形软件简介	206
第四节	三维图形软件 Pro/E 基本操作	209
第五节	Pro/E 二维剖面草绘设计	213
第六节	Pro/E 三维实体建模	225
习题		283
第八章	图形软件开发	284
第一节	软件工程学概述	284
第二节	图形系统设计	296
第三节	图形应用软件 FCADS 的开发	302
习题		335
参考文献		336

第一章 计算机图形学概论

我们已经进入信息时代，信息和能源、材料是组成物质世界的三大要素。而图形、文字、语言是表达信息的三种方式，其中尤以图形对信息的表达最直观、形象，最容易让人理解。

以信息化推动工业化，用信息技术改造传统产业、促进知识经济的发展，对计算机图形产生了更加迫切的需求。计算机图形的应用已经遍及国民经济、社会生活的各个领域，成为人们交流信息、工作、学习和文化娱乐不可缺少的工具。

计算机、通信和信息等技术的发展和成果给计算机图形技术的研究和应用创造了优良的条件，并为计算机图形学的发展带来了无限的生机。

本章将对计算机图形学的基本概念、发展及应用情况进行分析和综述，以使读者对计算机图形学有一个基本的了解。

第一节 计算机图形学的基本概念

一、计算机图形学的定义

国内外学者和研究机构对计算机图形学下了多种定义，虽然表达方式不同，但归纳起来总的意思是研究借助计算机及图形输入和输出设备，描述、存储、处理和生成对象的模型及其图形的理论、方法和技术的学科。

国际标准化组织 ISO 把计算机图形学定义为研究用计算机将数据转换为图形，并在专门的显示设备上显示的原理、方法和技术的学科，如图 1-1 所示。

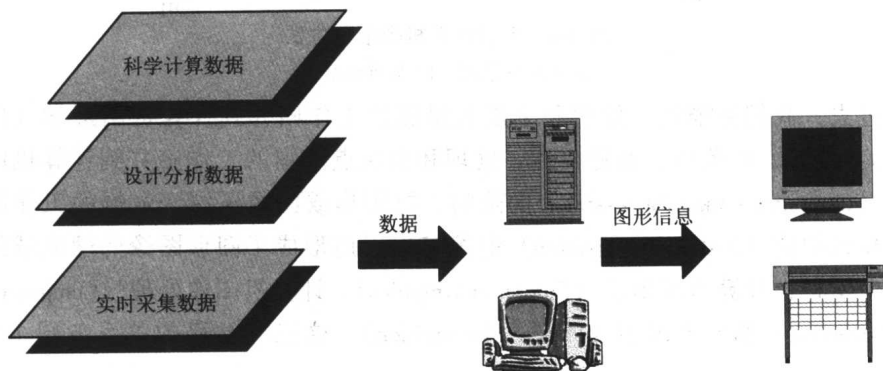


图 1-1 计算机图形学定义

二、计算机图形的生成原理

任何复杂的图形其本质都是由短的直线段组成，任何复杂的图像均由一系列具有不同颜色和灰度的点组成。通常我们把由短的直线段（矢量）组成的图形称为矢量图（或线图、图形，Graphics），把由一系列点（像素）组成的图形称为点阵图（或点图、图像，Image），如图 1-2 所示。

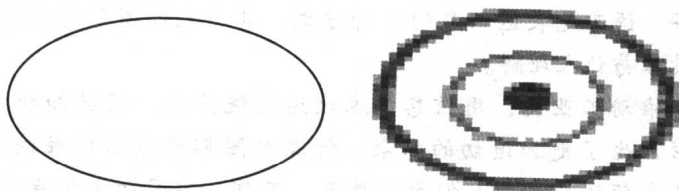


图 1-2 矢量图和点阵图

生成图形的方法其本质就是确定组成该图形的各段直线的端点坐标，然后按拓扑关系两两相连，或者确定组成该图像的各点的坐标，并将其赋以不同的颜色及灰度。因此，生成计算机图形的方法有矢量法和描点法。如图 1-3 所示，用矢量法生成直线 AB 是用一系列水平和竖直方向的短直线段（阶梯形的折线）去逼近它，用描点法生成直线 AB 是点亮一系列最靠近它的像素。

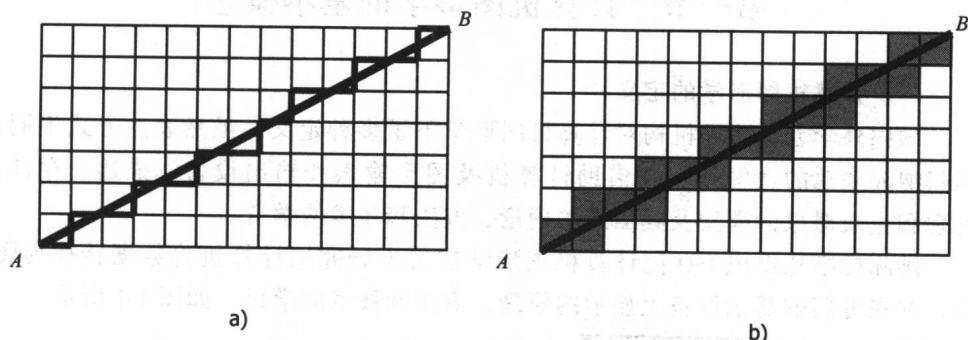


图 1-3 生成计算机图形的方法

a) 矢量法绘图 b) 描点法绘图

过去，我们把描述、处理和生成矢量图的工作归并到计算机图形学（Computer Graphics）的范畴，而把描述、处理和生成点阵图的工作归并到计算机图像处理（Computer Image Processing）的范畴，把图形或图像还原成数据的工作则归并到模式识别（Pattern Recognition）的范畴，因而形成了图形图像处理领域传统的三个学科：计算机图形学（Computer Graphics）、计算机图像处理（Computer Image Processing）和模式识别（Pattern Recognition）。这三个学科的关系如图 1-4 所示。

图像处理的研究对象是数字图像，它研究如何对一幅连续图像采样、量化

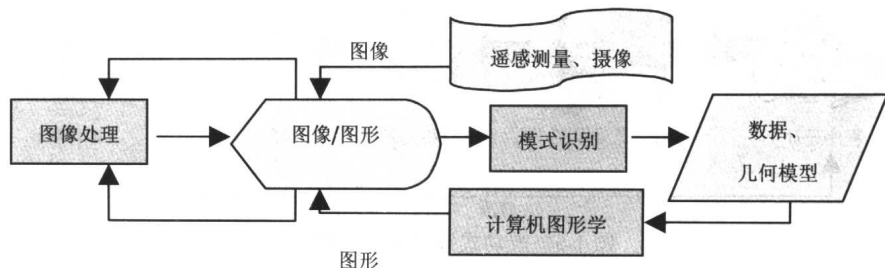


图 1-4 计算机图形学、图像处理和模式识别的关系

以产生数字图像，如何对数字图像作各种变换以方便处理，如何滤去图像中的无用噪声，如何压缩图像数据以便于存储和传输，如何提取图像中物体的边缘，如何增强图像中的某些特征等。

计算机图形学着重讨论几何形体在计算机内的表示、分析和综合，研究怎样方便灵活地建立几何形体的数学模型，提高算法的效率，在计算机内如何更好地存储和管理这些模型等。它的研究内容包括曲线曲面的表示、生成、拼接和造型，三维立体造型，散乱数据插值，计算复杂性等。

模式识别研究的是计算机图形学的逆过程，它主要讨论如何分析和识别输入的数字图像，并从中提取二维或三维的数据模型（特征）。这门技术越来越多地应用于现代生活的各个领域，例如，手写汉字的识别、机器人的视觉系统。

虽然 Graphics 和 Image 两者表达的方式不同，但图形性质关系是相通的。近年来，随着图形显示和图形输出技术的发展和应用的深入，Graphics 和 Image 逐渐走向交叉、融合，把所有传统图学的图样和由计算机生成的模型及其图形都认为是 Graphics 的概念已经为大家接受。计算机图形学、图像处理和模式识别的学科界限变得模糊起来，各学科相互渗透、融合。因此，新的计算机图形学（Computer Graphics）的内涵变得更丰富，它应当包括计算机图像处理（Computer Image Processing）和模式识别（Pattern Recognition）。

三、计算机生成图形的工作模式

1. 被动式计算机绘图

被动式计算机绘图，亦称程序绘图。它是由程序设计人员根据欲绘制图形，确定算法和绘图路线，并用某一种程序设计语言编写绘图程序；然后通过编辑输入计算机，由计算机进行编译、计算处理后输出记录有绘图信息的目标代码文件，再通过绘图仪绘制出图样，其过程如图 1-5 所示。在整个绘图过程中，人和计算机不能进行交互修改。如果要对图样进行修改，必须在图样绘制出以后，返回去修改程序，然后重复上述过程。这种绘图方式在工程设计中应用已经很少，但是在研究开发绘图软件中，它仍然是一个基础性工作。

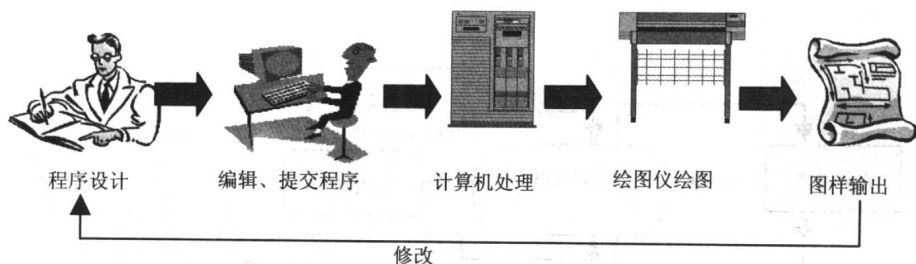


图 1-5 被动式计算机绘图过程

2. 交互式计算机绘图

交互式计算机绘图是在数据输入、图形处理和图形输出的整个过程中，设计人员和计算机之间可以通过键盘、鼠标、图形输入板和图形显示器等进行人机交互，对图形进行实时的修改，直到满意为止，其过程如图 1-6 所示。这是计算机绘图应用的主要方式，尤其大量应用在交互式计算机辅助设计中。

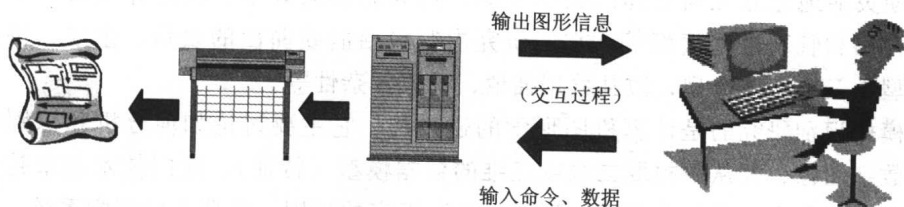


图 1-6 交互式计算机绘图过程

四、计算机图形学研究的内容

计算机图形学的主要研究对象是点、线、面、体、场的数学描述方法及其图形表示。其研究内容主要包括以下方面：

(1) 描述对象的模型及其图形的方法与数学工具 传统上使用的方法有样条曲线和曲面，例如 B 样条曲线、非均匀有理 B 样条（NURBS）曲线以及相应曲面等描述方法。此外对于二、三维图形还有分形描述、粒子描述等方法，这些方法可以方便地表现像火焰、云彩、山脉、树林、沙漠、海岸线等模糊、不甚明确或具有某种相似性与随机性边界的物体或物质，特别适合计算机艺术造型等应用领域。这些研究内容属计算机图形学中新的研究分支。

(2) 描述对象的图形数据输入 在建立图示对象的数学模型过程中，要将描述它的数据输入计算机中，通常有图形数据的编程输入、人机交互输入以及自动输入。它包括各种新型图形输入设备和图形输入方法、技术的研究，各种交互技术如构造技术、命令技术、选择与拾取技术、响应技术、反馈方式，以及图形描述、分析语言与多通道用户界面问题的研究。

(3) 输入数据的存储 对输入的图形数据，如何在计算机图形系统内部对它

进行有效的组织、存储与管理,以便用户对图形进行各种编辑与检索操作,这是具体实现一个计算机图形系统要解决的重要问题。与存储技术相关的还有图形数据库的管理、图形数据通信与图形数据交换标准等问题。这些问题的解决,可使不同用户在不同的计算机系统之间相互交流信息,实现图形资源的共享等要求。

(4) 对象图形数据的运算处理 就构造复杂对象而言,常用的运算方法主要有:交、切计算,几何变换,集合运算与欧拉运算。

(5) 对象图形数据的输出显示 这通常包括二维图形中的直线段、圆弧、椭圆弧、自由曲线、矢量字符的生成与实面积图形的填充,以及三维形体的各种投影、开窗裁剪技术,平面、曲面的显示,隐藏线、隐藏面的消除,物体的光照模型、着色处理、纹理、阴影、光线跟踪算法、辐射度方法、灰度与色彩等各种真实感图形的显示方法与技术。

除此之外,计算机图形学还研究下述几个方面的问题:

(1) 图形输出显示设备、输入设备的研究与计算机图形系统结构的发展 图形输出显示设备,如各种高分辨率、大屏幕、高对比度的显示器以及各种显示器(图形卡、图形终端)逻辑结构的研究;开发新的高速图形显示专用芯片——图形处理单元芯片与加速卡以及高效率、快速、低成本的硬拷贝设备,如彩色激光打印机、数码胶印机等;不断地把已成熟的图形软件算法用硬件方式实现,以提高图形显示的效率,是人们不断追求的目标之一;而不断研究新的图形输入设备,以提高图形数据输入的效率,也一直是摆在人们面前的一个重要课题。对计算机,特别是图形工作站而言,不断用硬件技术实现较为成熟的软件算法与功能,使计算机图形工作站的硬件系统结构更合理;不断用速度更快、容量更大的计算机加快图形运算处理的速度,提高图形系统的费用效能比,以此推动图形技术向更高、更深、更广的方向发展,这些是计算机图形系统不断追求的目标。

(2) 制定与图形应用软件有关的多种技术标准 国际标准化组织(ISO)相继提出或正在讨论有关标准。这些标准的制定,使编程者开发的应用程序摆脱了对具体显示设备的依赖;是不同的CG/CAD系统之间交换数据而约定的一种通用数据格式。为了总结计算机图形标准化的现有成果,为下一代的标准化工作提供指导性框架,模仿ISO的7层网络模型,人们提出并制定了计算机图形参考模型(CGRM)。它是目前ISO正在讨论的计算机图形国际标准。不难发现,上述多种标准的制定,将对图形显示设备的研制与开发有较大的指导作用。

(3) 实时动画与多媒体技术 研究实现高速动画的各种软、硬件方法(如参数关键帧技术、轨迹驱动技术、Morphing和变形动画技术、过程动画技术、关节动画与脸部表情技术、基于物理的动画技术、剧本动画技术、行为动画技术

等), 开发工具, 动画语言以及多媒体技术。将动画技术与视频图像信号和音频语音信号(即声音)结合在一起, 不但能产生高度真实感的动画电影等效果, 并使图形工作站升级为多媒体工作站, 而且这些技术还将成为“虚拟现实系统”的基础。

目前, 计算机图形学的发展趋势主要体现在下述多个研究领域: 对各种图形更有效的描述方法; 图形数据输入的自动化技术与交互输入的效率; 非均匀有理 B 样条理论; 自由物体的几何构造、特征造型与可靠性, 图形的标准化与图形数据交换标准; 光照条件下高度真实感物体(包括流体等)与场景(即由多种材料构成的各种形状的透明、半透明、不透明等多个物体, 在多种纹理背景的衬托与多光源的照射下所呈现的场面)的显示技术与效率; 图形系统的硬件结构, 动画技术, 虚拟现实技术及科学计算的可视化等。由此可见计算机图形学的研究内容是十分丰富的。

需要指出, 虽然计算机图形学的许多研究工作已进行了多年并取得了不少成果, 但随着计算机技术的进步和图形显示技术应用领域的扩大和深入, 计算机图形学的研究、开发与应用还将得到进一步的发展, 并受到越来越多的重视与欢迎。

第二节 计算机图形学的发展

20 世纪 50 年代是计算机图形学诞生的年代。1950 年美国麻省理工学院(MIT)“旋风一号”计算机(Whirlwind I)通过控制 CRT 示波器, 生成和显示了一些简单的图形。1958 年美国 cacom 公司由联机的数字记录仪发展成滚筒式绘图仪, GerBer 公司把数控机床发展成为平板式绘图仪。20 世纪 50 年代末, SAGE 空中警戒雷达系统, 成功地把雷达波型转换为计算机图形, 并且第一次用光笔在 CRT 显示器上选取图形。

20 世纪 60 年代是计算机图形学确立并得到蓬勃发展的年代。1962 年 MIT, Ivan, E. Sutherland 的博士论文上写道: “Sketchpad: 一个人-机通信的图形系统”, 首次使用 computer graphics 术语, 并指出交互式计算机图形学是一个有生命力、有前途和振奋人心的研究领域。后来美国各大公司、高等院校对计算机图形学展开了大规模的研究, 从而确立了计算机图形学作为崭新的学科分支的地位。20 世纪 60 年代中后期, 随机扫描 CRT 显示器、存储管式 CRT 显示器等图形设备投入使用, CAD、CAM 作为一个技术概念被采纳, 计算机图形学从此得到迅速的发展和应用。

20 世纪 70—80 年代是计算机图形学进入实用化的年代。交互式的图形系统在许多国家得到应用, 许多新的更加完备的图形系统不断研制出来。除了传统

的军事上和工业上的应用之外, 计算机图形学还进入教育、科研和事务管理等领域。在 20 世纪 80 年代, 计算机图形系统 (含具有光栅图形显示器的个人计算机和 workstation) 已超过数百万台 (套), 不仅在工业、管理、艺术领域发挥巨大作用, 而且已进入家庭。微电子技术给新的图形硬件设备的研制与发展带来蓬勃生机, 高分辨率、大尺寸彩色图形显示设备, 绘图仪等各种图形输入和输出设备走向成熟。各种图形处理算法研究十分活跃, 而且日益成熟。多种图形软件系统被工业界接受, 交互式的计算机图形系统得到广泛应用, 图形软件标准化引起各国高度重视, 为研制通用图形软件奠定了基础。

20 世纪 90 年代是计算机图形学深入发展和广泛应用的年代。随着计算机技术的发展, 尤其是微机性能/价格比的迅速提高和应用的普及, 计算机图形在各个领域得到了广泛的应用。而且朝着标准化、集成化和智能化的方向发展。在此期间, 国际标准化组织 (ISO) 公布的有关计算机图形学方面的标准越来越多, 且更加成熟。多媒体技术、人工智能及专家系统技术和计算机图形学相结合使其应用效果越来越好。科学计算的可视化、虚拟现实环境的应用又向计算机图形学提出了许多更新更高的要求, 使得三维乃至高维计算机图形学在真实性和实时性方面得到了飞速发展。

进入 21 世纪, 人类跨入了信息时代, 计算机、信息、通信技术的迅速发展为计算机图形学的进一步发展和应用提供了很好的条件和广阔的发展空间。计算机图形学将更有生机和活力, 虚拟现实、可视化、真实感图形将在更大的范围应用和普及, 新的图形和图像生成、处理、压缩存储、显示的算法将不断涌现, 功能更强的图形系统将更加快捷、方便地为人们提供各个方面的应用服务。

第三节 计算机图形学的应用

由于计算机硬件性能/价格比不断提高和系统软件的不断完善, 也由于计算机图形输入和输出设备不断更新、图形软件的功能不断增强, 计算机图形学在近 20 年内得到了广泛的应用。目前, 主要的应用领域有:

一、计算机辅助设计 CAD (Computer Aided Design)、计算机辅助工程 CAE (Computer Aided Engineering) 和计算机辅助制造 CAM (Computer Aided Manufacturing)

这是计算机图形学最广泛、最活跃的一个应用领域。它被用来进行土建工程、机械产品、飞机、汽车、船舶、电子线路、电子器件等的设计和分析以及发电厂、化工厂等的布局。它既包括设计过程中设计对象模型的图形显示, 以进行人-机图形交互设计和修改, 也包括设计结果的输出 (工程和产品的精确图形、零件表、材料清单、工序图和工艺卡、NC 代码等)。在电子工业中, 计算