



高等学校教材

实用计算机制图

武法东 田明中 詹 骞 编著

Grapher 4.0

Surfer 8.0

CorelDRAW 10 及 MapGIS6.0

操作指南

地 质 出 版 社

实用计算机制图

Grapher4.0, Surfer8.0, CorelDRAW10 及 MapGIS6.0 操作指南

武法东 田明中 詹 骞 编著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书内容包括计算机图形学基础、绘图数据的处理等基础内容,也包括二维绘图软件 Grapher4.0、三维绘图软件 Surfer8.0 及功能强大的绘图软件 CorelDRAW10 的介绍,同时介绍了地理信息系统中应用广泛的 MapGIS6.0 软件的部分功能。

本书可供从事地理信息系统、地质矿产、国土资源调查等相关工作和大专院校的学生阅读使用,也可供对计算机绘图感兴趣的非专业学生和工作人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

实用计算机制图/武法东等编著. —北京:地质出版社, 2005. 8

ISBN 7-116-04519-8

I. 实... II. 武... III. 计算机制图
IV. TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 083830 号
SHIYONG JISUANJI ZHITU

责任编辑:孙亚芸 王 璞

责任校对:丁海云

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话:(010)82324508(邮购部);(010)82324573(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010)82310759

印 刷:北京市朝阳区小红门印刷厂

开 本:787 mm × 1092 mm $\frac{1}{32}$

印 张:17

字 数:413 千字

印 数:1—2000 册

版 次:2005 年 8 月北京第一版·第一次印刷

定 价:25.50 元

ISBN 7-116-04519-8/T · 120

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社出版处负责调换)

前 言

计算机科学与技术已广泛应用于各个领域。从工业、农业、交通、金融财会、新闻出版到电子通信、航空航天、卫星遥感等，无不由于计算机技术的应用而发生着日新月异的变化。这种信息时代的浪潮也同样影响和推动着地球科学的发展。利用计算机进行地质数据的处理及图形的绘制，大大减轻了从事地质科学人员的负担，提高了地质研究的质量和工作效率，也为地理信息系统及电子出版系统的应用奠定了基础。

目前，以 DOS 操作系统为平台的绘图软件基本退出了历史舞台，应用较多的是 Windows 环境下的绘图软件。依据绘图数据的来源主要划分为两类软件，一类软件基于数据绘图，另一类软件则根据已有的栅格图形进行绘制。前者使用比较广泛的是美国 Golden Software 公司研制的 Grapher 和 Surfer 软件，后者使用较多的有 Designer、Auto CAD 和 CorelDRAW 等。

根据多年的使用经验和体会，编者选择了二维绘图软件 Grapher4.0、三维软件 Surfer8.0 和图形处理功能较强的 CorelDRAW10 进行介绍。Grapher4.0 和 Surfer8.0 是 Golden Software 公司 2002 年的新产品，它可以根据实际工作中采集的数据，通过变化处理后直接绘制各种二维和三维图形，这些图形包括科学研究和生产工作中经常用的二维柱状图、曲线图、散点图、玫瑰花图、极坐标图、风向风速图以及地质学中经常用到的三角图等；可以对部分二维图形进行多种数学模型的回归拟合；这些图形还包括了常用的等值线图、线框图、表面图以及其它立体图。CorelDRAW10 是世界上最优秀的矢量图形处理软件，对于导入的图形可以进行多种功能的编辑、处理，大大提高了图形绘制的质量。上述软件既非常实用，掌握起来又不是非常困难，同时又具有比较好的通用性。若掌握了上述软件的应用，再学习其它绘图软件就会触类旁通，非常容易。中国地质大学研制开发的 MapGIS 以其强大的绘图功能著称，为了便于与地理信息系统应用的衔接，本书也择其部分绘图功能进行了介绍。

对地球科学的研究需要编制大量的图件，目前仍缺乏针对性和系统性较强的应用软件以及相应的配套教材。为了使地学专业的本科生、研究生及计算机制图的爱好者更好地掌握和提高计算机绘图技术，编者根据多年的计算机制图实践和计算机制图教学的经验，在 1998 年、2003 年印刷的《实用计算机制图》教材的基础上，结合软件版本的升级和内容的调整进行了重编。在重编过程中仍然力求突出应用，以介绍软件功能及使用方法为主，体现“操作指南”这一思想，力求深入浅出，详细易懂。

本教材编写分工如下：第一章、第二章、第三章、第四章和第五章由武法东执笔；前言和第六章由田明中执笔；第七章由詹骞执笔，最后由武法东统编定稿。卢文龙、周小成、谭征兵和侯宇安参加了部分内容的编写和校对工作。博士研究生和志军提供了部分软

件方面的帮助。本教材出版得到了中国地质大学（北京）教务处和研究生院的支持。在教材编写过程中参阅了 Golden Software 公司有关软件的帮助说明，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，教材中不足甚至错误之处难免，希望读者提出改进意见，也希望得到专家同行的指正，以便进一步修改、补充。

编者

2004 年 7 月

目 录

前 言

第一章 计算机图形学基础	(1)
第一节 计算机图形学研究的内容	(1)
第二节 计算机图形系统	(12)
第三节 二维图形生成算法简介	(36)
第二章 绘图数据的处理——WORKSHEET 的使用	(45)
第一节 WORKSHEET 概述	(45)
第二节 进入 WORKSHEET 窗口及数据的一般编辑	(46)
第三节 数据的统计与转换	(51)
第四节 WORKSHEET 的格式设置	(54)
第五节 WORKSHEET 可以识别的文件类型	(57)
第三章 GRAPHER4.0 绘制二维图形	(59)
第一节 GRAPHER4.0 界面环境与菜单功能	(59)
第二节 GRAPHER4.0 图形的对象管理与编辑	(71)
第三节 GRAPHER4.0 文本操作与几何图形的绘制	(75)
第四节 用 GRAPHER4.0 创建二维图形	(80)
第五节 GRAPHER4.0 二维图形的相关设置	(111)
第四章 SURFER8.0 创建等值线图	(128)
第一节 SURFER8.0 概述	(128)
第二节 SURFER8.0 界面环境与菜单命令	(130)
第三节 SURFER8.0 创建等值线图	(139)
第四节 SURFER8.0 图形的高级处理	(154)
第五章 SURFER8.0 创建三维立体图	(167)
第一节 创建线框图	(167)
第二节 创建表面图	(173)
第三节 创建其它图形	(177)
第四节 SURFER8.0 自动绘图操作简介	(186)

第六章 CORELDRAW10 绘图简介	(195)
第一节 CORELDRAW10 简介	(195)
第二节 CORELDRAW10 界面及主要菜单	(198)
第三节 CORELDRAW10 基本图形绘制	(208)
第四节 CORELDRAW10 基本图形编辑	(212)
第五节 CORELDRAW10 的文本编辑	(217)
第六节 对象组织与图层	(220)
第七节 CORELDRAW10 对位图的处理及转换	(222)
第八节 CORELDRAW10 绘图基本过程	(225)
第七章 MAPGIS6.0 图形编辑操作	(229)
第一节 MAPGIS 软件概述	(229)
第二节 MAPGIS6.0 图形编辑	(234)
第三节 高级实用功能	(255)
主要参考文献	(266)

第一章 计算机图形学基础

本章简单介绍与计算机图形学相关的基础知识，主要包括：计算机图形学的基本概念、发展概况及其学科的应用领域；计算机图形系统的组成，相关硬件，特别是显示设备的基本原理和主要类型及部分输出设备的特点；计算机生成简单图形的基本算法原理等。

第一节 计算机图形学研究的内容

图形图像是现代社会信息化的重要支柱。人类主要是通过视觉、触觉、听觉和嗅觉等感觉器官感知外部世界，据统计，其中约 80% 的信息由视觉获取，“百闻不如一见”就是一种非常形象的说法。因此，旨在研究用计算机来显示、生成和处理图形信息的计算机图形学便成为一个非常活跃的研究领域。尽管当前计算机对图形信息的处理还显得那么笨拙，图形的表示、生成、处理、存储、检索和管理等也要比文字处理复杂得多，但用计算机来处理图形信息速度比传统的手工或机械方式确实提高了许多。它使得图形质量更佳，图形数据与信息的可靠性更高，使用更加有效，成本也越来越低。

一、计算机图形学及其相关概念

计算机图形学（Computer Graphics）简称 CG，是研究通过计算机将数据转换为图形，并在专用设备上显示或输出的原理、方法和技术的学科。世界各国的专家学者对图形学有着不同的定义。

计算机图形学既是一门复杂的综合性新兴学科，也是建立在传统的图形学理论、现代数学和计算机科学基础上的一门边缘性学科。计算机图形学的发展与数学尤其密不可分。拓扑学、集合论、曲线曲面理论是几何造型的数学基础；对称群理论与晶体图形学、分维几何与分维图形学、画法几何与工程绘图、微分方程与 PDE 曲面等等，也无不揭示着图形学与其他理论的深刻关系，而形态学、混沌学、小波理论的引入正促使产生新一代图形处理技术。

计算机图形学的研究对象是图形。图形的概念在计算机图形学中首先是一个广义的概念，能够在人的视觉系统中形成视觉印象的客观对象都称为图形。它既包括了各种几何图形以及由函数式、代数方程和表达式所描述的图形，也包括了来自各种输入媒体的图景、图片、图案、图像以及形体实体等。

构成图形的要素可以分为两类，一是刻画形状的点、线、面、体等几何要素；二是反映物体表面属性或材质明暗、灰度、色彩（颜色信息）等的非几何要素。例如，一幅黑白照片上的图像是由不同灰度的点构成的；方程 $x^2 + y^2 = r^2$ 确定的图形则是由具有一定颜

色信息且满足这个方程的点所构成的。因此，计算机图形学中所研究的图形可定义为从客观世界物体中抽象出来的带有颜色及形状信息的图和形。

计算机中表示带有颜色及形状信息的图和形常用两种方法：点阵法和参数法。点阵法是用具有灰度或颜色信息的点阵来表示图形的一种方法，它强调图形由哪些点组成，并有什么灰度或色彩。参数法是以计算机中所记录图形的形状参数与属性参数来表示图形的一种方法。形状参数可以是形状的方程系数、线段的起点和终点对等几何属性的描述；属性参数则描述灰度、色彩、线型等非几何属性。这样可以进一步细分：把参数法描述的图形叫做图形（Graphic），而把点阵法描述的图形叫做图像（Image）。

随着对图形概念认识的深入，图形图像处理技术也逐步出现分支。目前，图形图像处理的相关学科有计算机图形学、数字图像处理（Digital Image Processing）和计算机视觉（Computer Vision），这些相关学科间的关系，如图 1-1 所示。计算机图形学试图从非图像形式的数据描述来生成图像。数字图像处理则着重强调在图像之间进行变换，它旨在对图像进行各种加工，以改善图像的视觉效果。例如，对图像进行增强、复原、分割、重建以及存储、压缩、编码和传输等。计算机视觉是研究用计算机来模拟生物外显

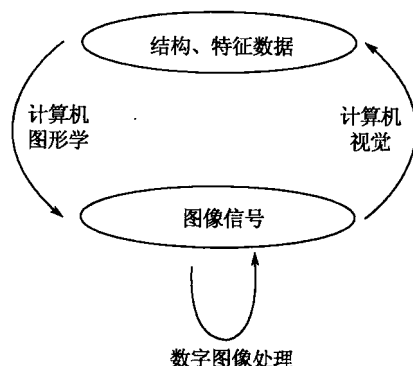


图 1-1 图形图像处理相关学科之间的关系

或宏观视觉功能的科学和技术，它模拟人对客观事物的识别过程，是从图像到特征数据、对象的描述表达的处理过程。

近年来，随着多媒体技术、图像数据传输、三维数据场可视化以及虚拟现实等的迅速发展，计算机图形学、数字图像处理和计算机视觉等的学科界限变得模糊起来。例如在图像处理中需要用计算机图形学中的交互技术和手段输入图形、图像和控制相应的过程；在计算机视觉中，也经常采用图形生成技术来帮助合成对象的图像模型。它们之间的这种相互渗透，反过来也促进了学科本身的发展。

二、计算机图形学的发展概况

（一）计算机图形学的确立

计算机图形学自 20 世纪 50 年代形成始，半个多世纪以来经历了酝酿期（50 年代）、萌芽期（60 年代）、发展期（70 年代）、普及期（80 年代）和提高增强期（90 年代）等几个阶段，逐步发展成为一门以图形硬件设备、图形专用算法和图形软件系统为研究内容的综合学科。计算机图形学软件与硬件的发展是相互促进、相辅相成的。

1946 年 2 月，美国宾夕法尼亚大学物理学家约翰·莫克利（John Mauchly）和工程师普雷斯伯·埃克特（J. Presper Eckert），第一次采用电子管作为计算机的基本部件，研制成功了世界上第一台全自动电子计算机 ENIAC（Electronic Numerical Integrator And Calculator），即“电子数字积分计算机”。这台计算机使用了 18000 个电子管，占地 170m²，重

达 30t, 耗电 140kW, 可进行 5000 次/秒的加减运算。在今天看来, 无论其体积还是运算速度似乎都是“不可思议”的, 然而, 它的问世表明了电子数字计算机时代的到来, 具有划时代的伟大意义。从此开始, 各国纷纷投入大量的人力和财力进行计算机软件和硬件的研制开发。

1950 年, 美国麻省理工学院旋风 1 号 (Whirlwind I) 计算机配备了由计算机驱动的、类似于示波器所用的阴极射线管 (CRT) 来显示一些简单的图形, 但不具备人-机交互功能。1958 年, 美国 CALCOMP 公司将联机的数字记录仪发展成滚筒式绘图仪, GERBER 公司则把数控机床发展成平板式绘图仪。整个 20 世纪 50 年代, 计算机图形学处于准备和酝酿时期, 称之为“被动”的图形学。

20 世纪 60 年代初, 美国麻省理工学院林肯实验室基于旋风计算机开发的北美空中防御系统 SAGE (Semi-Automatic Ground Environment System) 具有了指挥和控制图形对象的功能, 该系统能够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来获得所需要的信息。与此同时, 类似的技术在设计和生产过程中也陆续得到应用。

1962 年, 美国麻省理工学院林肯实验室的 Ivan. E. Sutherland 在参与了一个用于 CAD (Computer Aided Design) 的 SKETCHPAD 系统的研制后, 发表了一篇题为《Sketchpad: 一个人机通信的图形系统》的论文, 其中首次使用了“Computer Graphics”这个术语, 从而确立了计算机图形学的学科地位。他的 Sketchpad 系统被公认为对交互式图形生成技术的发展奠定了基础。60 年代中期, 美国麻省理工学院、通用汽车公司、贝尔电话实验室和洛克希德飞机公司开展了计算机图形学的大规模研究。与此同时, 英国的剑桥大学等也开始了这方面的工作。这是计算机图形学的萌芽期。

20 世纪 70 年代, 美国洛克希德飞机公司完成了一个用于飞机设计的交互式图形处理系统, 即 CADAM。它能够绘制工程图, 进行分析与产生数控加工纸带, 在许多国家得到应用。之后, 许多新的更加完备的图形系统不断地被研制出来, 计算机图形处理技术进入了实用化阶段, 表明一个广泛应用计算机显示技术和交互式技术的新时期已经到来。但也应注意到, 和别的学科相比, 此时的计算机图形学发展仍然很慢, 主要原因是由于图形设备昂贵、功能简单、基于图形的应用软件缺乏等。

20 世纪 80 年代是图形处理技术开花结果的时期, 除了传统的军事上和工业上的应用之外, 计算机图形学进入了教育、科研、艺术和事务管理等领域, 甚至进入了家庭。这时由于出现了带有光栅图形显示器的个人计算机和 workstation, 如美国苹果公司的 Macintosh, IBM 公司的 PC 及其兼容机, Apollo, Sun 工作站等, 使得人机交互中位图图形的使用日益广泛。光栅图形显示器付诸应用后不久, 就出现了大量简单易用、价格便宜的基于图形的应用软件, 如图形用户界面、绘图、文字处理、游戏等, 由此推动了计算机图形学的发展和应用。

进入 20 世纪 90 年代后, 除了计算机图形学的功能随着计算机图形设备的发展而提高外, 其自身也朝着标准化、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, 而且更加成熟。多媒体技术、人工智能及专家系统技术的引入使得计算机图形技术的应用效果越来越好。科学计算的可视化、虚拟现实技术等的发展又对计算机图形学提出了更新更高的要求, 使得三维乃至高维

计算机图形学在真实性和实时性方面将有更高的突破。

(二) 硬件设备的发展

从图形显示设备的发展来看, 20 世纪 60 年代中期出现的是随机扫描的显示器, 它具有较高的分辨率和对比度, 具有良好的动态性能。但为了避免图形闪烁, 通常需要以 30 次/秒左右的频率不断刷新屏幕上的图形。为此需要一个刷新存储器来存储计算机产生的显示文件, 还要求有一个较高速度的处理器, 这些在当时是相当昂贵的, 因而成为影响交互式图形系统进一步普及的主要原因。60 年代后期, 针对上述情况, 出现了存储管式显示器, 它不需要缓存及刷新功能, 价格较低廉, 分辨率高, 显示大量信息也不闪烁, 但是它却不具有显示动态图形的能力, 也不能进行选择性地删除。存储管显示器的出现可以使一些简单的图形实现交互处理, 而其低廉的价格使得计算机图形学得以推广和普及(目前已有了与刷新技术相结合的存储管式的图形显示器)。70 年代中期, 廉价的固体电路随机存储器的出现可以提供比十年前大得多的刷新缓冲存储器, 因而就能构造基于电视技术的光栅扫描的图形显示器。在这种显示器中, 被显示的线段、字符、图形及其背景等都按像素一一存储在刷新缓冲存储器中, 系统按光栅扫描方式以 30 次/秒的频率对存储器进行读写, 以实现图形的刷新而避免闪烁。光栅扫描图形显示器的出现使得计算机图形生成技术和现有的电视技术相衔接, 生成的图形更加形象、逼真, 图形处理系统更易于推广和应用。这也是当前光栅扫描图形显示器受到普遍重视和迅速发展的原因之一。另外, 目前还发展了几种显示器, 包括液晶显示器、等离子显示器、激光显示器等, 它们正向着小型化、低电压和数字化等方向发展。

图形显示设备只能在屏幕上生成各种图形, 但在计算机图形系统中还应能把图形画在纸上, 这类设备就是图形绘制设备, 也称图形硬拷贝设备, 分为打印机和绘图仪两种。打印机从针式打印机发展到喷墨式打印机和激光打印机, 打印速度越来越快, 性能也越来越优越。绘图仪有静电式绘图仪和笔式绘图仪等。

伴随着图形显示设备和绘制设备的发展, 图形输入设备也从早期的键盘和光笔发展为各种类型的图形输入板、操纵杆、跟踪球、鼠标和拇指轮等。目前还发展了将光笔与屏幕相结合的产品——触摸屏, 它是一种能对物体触摸产生反应的屏幕。另外还有坐标数字化仪, 用它可把图形坐标和有关命令送入计算机中, 其中全电子式坐标数字化仪近年来获得了广泛应用。在三维图形处理系统(如虚拟现实系统)中, 必须有可以操纵三维场景信息的三维图形输入设备, 包括空间球和数据手套等, 它们可以输入包括空间坐标和旋转方向在内的 6 个自由度的数值。

(三) 图形软件的发展及软件标准的形成

计算机图形学所涉及的处理软件是非常丰富的。伴随着图形硬件的进步, 与计算机图形学有关的软件开发和应用都在迅速发展, 并在图形系统中占据越来越重要的地位。早期, 各硬件厂商生产的图形设备具有不同的功能, 它们各自开发专用于自己硬件平台的图形软件包和相应的高级语言接口, 致使图形软件包和建立于其上的应用程序互不兼容, 没有可移植性。这一方面限制了图形技术的发展, 另一方面也阻碍了图形硬件设备的推广普及。于是, 人们希望在图形软件上有一个统一的标准, 以便应用软件可以在不同的计算机

系统及外部设备之间移植。

1974 年,美国计算机协会图形学专业委员会 (ACM SIGGRAPH) 召开了一个题为“与机器无关的图形技术”的工作会议,开始进行有关图形标准的制订和审批工作。该委员会于 1979 年提出了 CORE 图形软件标准。然而经国际标准化组织 (ISO) 和美国国家标准局 (ANSI) 批准的第一个图形软件标准却是图形核心系统 GKS,这是一个二维图形软件包。它的三维扩充 GKS-3D 在 1988 年被批准为三维图形软件标准。

20 世纪 80 年代 ACM SIGGRAPH 又公布了更强调图形层次结构及动态性和交互性的图形标准 PHIGS,以及基本图形转换标准 IGES 和 STEP 等。近 20 年来,ISO 已经批准和正在讨论的与计算机图形处理有关的标准有:计算机图形核心系统 (GKS) 及其语言联编、三维图形核心系统 (GKS-3D) 及其语言联编、程序员层次交互式图形系统 (PHIGS) 及其语言联编、计算机图形元文件 (CGM)、计算机图形接口 (CGI)、基本图形转换规范 (IGE)、产品数据转换规范 (STEP) 等。除了由官方组织制定和批准的标准之外,还存在一些非官方的图形软件,它们在工业界被广泛应用,成为事实上的标准,如 SGI 等公司开发的 OpenGL,微软开发的 Direct X,Adobe 的 Postscript 等。目前,图形软件正朝着标准化、开放式和高效率的方向发展。

三、计算机图形学的应用

近年来,随着图形设备价格的下降,图形显示技术的发展,个人计算机图形功能的增强,高性能图形工作站的出现,特别是图形软件功能的不断扩充以及系统软件的不断完善,计算机图形学已经广泛地用于多种领域,如科学、医药、商业、工业、政府部门、艺术、娱乐业、广告业、教育和培训等。

(一) 计算机辅助设计与制造 (CAD/CAM)

计算机辅助设计 (CAD) 与计算机辅助制造 (CAM) 是计算机图形学应用的一个最广泛、最活跃的领域。将计算机图形处理技术运用于大楼、汽车、飞机、轮船、宇宙飞船、计算机、纺织品以及建筑工程、机械结构和部件、电路设计、电子线路或器件等的设计和制造过程中,已成为目前 CAD/CAM 的总体发展趋势。

CAD 技术提供了一种强有力的工具,通过交互式的图形设备对部件进行设计和描述,产生工程略图 (线框图) 或者更接近实际物体的透视示意图。一个形体的三维描述由计算机确定以后,设计者就可以观察形体的任何表面,甚至这个形体在其构造后的形状。与人工制图不同,CAD 系统可以迅速地将各种修改信息进行组合,用户可以自由、灵活地对图形进行实验性改动和形体显示。例如,在电子工业中,无论是集成电路设计、印刷线路板设计、合适电子线路和网络分析等,计算机图形处理系统都可以成为电子电气工程师们喜爱的得力工具。各类电子元器件采用不同的图形符号来表示,设计者可以在图形显示器上方便地进行电路布局 and 删改电路。又如,建筑 CAD 在建筑学和房屋设计领域内广泛地采用了计算机图形处理技术。利用专门的图形软件包,可以进行楼层的设计、门窗的安排、建筑的空间利用等布局规划;利用三维建筑模型,可以研究单座建筑或者整个建筑群的外观;利用高级图形软件包,设计人员甚至可以“漫游”于各个房间,或环视整座建

筑的外部，更好地核实特殊设计的整体布局 and 效果。

CAM 在各种工业制造业中得到广泛的应用。例如，在汽车工业、航天航空业以及船舶制造中，可以利用实体的边界模型来模拟各个独立的零部件，设计规划汽车、飞机、航天器以及轮船的表面轮廓。这些独立的表面区域和交通工具的各个零部件可以分别设计，然后采用系统集成的方式再（拟合）组装到一起，从而构成并显示出整个设计实体。例如，在设计和生成产品的加工图过程中，部件表面以一种颜色表示，加工路径，即在产品加工过程中沿形体表面形成的轨迹，则用另一种颜色表示，数控机床就可以按照这样的加工构形来生产部件。

总之，CAD/CAM 技术涉及的领域还有很多，比如由人和计算机共同进行的计算机辅助几何设计：计算机可以根据输入参数和一定的数学模型进行初步设计，并在屏幕上显示出来，设计者交互地进行修改，再让计算机显示新的外形、再修改……直至满意。计算机辅助结构设计：在机械结构、飞机、汽车、船舶的框架结构以及建筑、桥梁等的结构设计中，利用交互性图形处理系统一方面可计算其力学性能，另一方面可显示各种结构的形状与性能曲线，并且能快速而形象地表示出参数的改变对其性能的影响。计算机辅助线路、管道设计：这方面的例子有印刷线路板布局与布线设计、各种管道的平面或空间的布局设计、交通网络的设计等等。计算机辅助电路设计与逻辑设计：根据一定的指标设计电路的参数，并显示相应的特性曲线；或者把逻辑图转化为电路图等等。计算机辅助排料与落料：这方面的例子更多，如服装设计中的开片与排料，飞机、汽车、船舶设计中的外板展开与落料等等。目前，这些领域的发展在很大程度上依赖于计算机图形处理技术的发展，同时，它们也有力地促进了计算机图形学自身的发展。二者相互支持、相互促进，在各种应用领域中发挥着巨大的作用。

（二）计算机辅助绘图

图形、图表和模型图等的绘制是计算机图形学应用中的另一个重要方面。许多已经商品化的图形软件专门用于图形或者图表的生成。多数图形程序都具有二维或三维数据的处理能力，二维图形处理包括直方图、线条图、表面图或扇形图等；三维作图多用于显示多种形体间或者多种参数间的关系，如统计关系百分比图、分布关系图等。有的图形采用三维图形显示还可以表达数据的动态性质，如增长速度、变化趋势等。

计算机图形学应用发展得最快的一个领域就是商务事务领域。在该领域中，把信息可视化作为处理大量数据的快速手段，专门用于汇总分析财政、数学和经济等方面的数据，而且，可以采用多种图形组合的表达形式，以体现各种不同的关系。这样，图形就成为研究报告、管理报表、消费信息通报以及常规报表中的直观工具。

另外，在分析大量数据时，具有不同颜色、亮度的结构图和模型图将有助于研究者理解系统的结构。没有这类图形的帮助，研究者要分辨含有上百万个数据的数据表，会感到十分困难。类似地，还可以用计算机生成的模型（CGM）来研究系统的性能。

计算机辅助绘图应用的典型例子还包括科学计算的可视化。传统的科学计算的结果是数据流，这种数据流不易理解也不易于检查其中的对错。科学计算的可视化可以对空间数据场构造中间几何图素用体绘制技术在屏幕上产生可见图像。近年来这种技术已用于有限元分析的后处理、分子模型构造、地震数据处理、大气科学及生物化学等领域。地理信息

的绘制也是利用数据绘图的实例，它们用于显示不同的地理区域或者全球的数据统计信息。例如，把来自各个气象观测站的数据经过专门的气象图处理程序集中起来，形成一种天气形势图、降雨图或者气压图。

(三) 计算机辅助教学 (CAI)

计算机图形学已广泛地应用于计算机辅助教学系统中，它可以使教学过程，特别是基础学科的教学过程形象、直观、生动。例如，将数学中的各种函数图形、方程和表达式的变化，物理学中的各种动态图形以及化学中的各种原子、分子结构等，都形象地展示在学生面前，可以极大地提高学生的学习兴趣和教学效果。此外，生理系统、人口发展趋势或者物理设备（如原子反应堆）等模型也都能很好地帮助学生理解教学的内容。

近年来，随着计算机图形显示技术的不断改进，图形软件的不断完善，图形显示技术与文字处理的结合，图文声像综合编辑系统的问世，三维彩色统计图形的使用，图形数据的通信和多种输出方式的不断发展和完善，同时由于个人计算机的普及，计算机辅助教学系统将逐步深入到家庭和幼儿教育领域。

(四) 办公自动化和电子出版技术 (Electronic Publication)

图形显示技术在办公自动化和事务处理中的应用，有助于数据及其相互关系的有效表达，因而有利于人们进行正确的决策。利用电子计算机进行资料、文稿、书刊、手册等的编写、修改、制图、制表、分页、排版，是对传统活字印刷技术进行的重大变革。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、声、文结合的多媒体技术的发展，可视电话、电视会议以及视频、音频等的编辑和拷贝正在家庭、办公室普及起来。伴随计算机和高清晰度电视相结合产品的推出，这种普及率将会越来越高，进而改变传统的办公、家庭生活方式。

(五) 计算机艺术

计算机图形学在艺术领域中的应用成效越来越显著，除了广泛用于艺术品的制作，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，还成功地用来制作广告、动画片，甚至电视和电影，其中有的影片还获得了奥斯卡奖。目前国内外不少单位正在研制人体模拟系统，这使得在不久的将来把历史上早已去世的著名人物重新搬上屏幕成为可能。

计算机图形技术为创作艺术和商品艺术提供了更为广阔的空间。例如，通过用不同的颜色按照一系列数据函数绘制的分形图形可以产生各种抽象的任意的显示图景，这些图形变化无穷，使人眼花缭乱。采用笔型绘图仪可以绘制出另一类艺术设计图，如人物头像，这些造型、图形画法细腻真实。借助于计算机图形技术，艺术家们可以利用一种称之为“画笔”（Paintbrush）的作图程序在荧光屏上创作图形画面，也可以利用图形输入板作图绘画。计算机不仅可以绘制动画片中的景象，还可以用来生成各种艺术模型和景物，如山、水、风景、花草树木和动物图案等。此外，图形程序已在出版印刷和文字处理方面进行了大量的开发和研究，将图形操作与文本编辑融合在一起，将有助于各种艺术形式，如书法与绘画的结合。许多商业广告中还经常用到一种“变形”（Morpher）的图形处理方法，它

可以将一辆汽车变形成一只老虎，将一个人的脸变成另一个人的脸等。

（六）在工业控制及交通方面的应用

工业控制是一个十分大的应用领域。例如在产品和工程的设计、数控加工等应用中迫切需要静、动态装配模拟和各种机构的运动模拟等，这些技术主要涉及计算机图形学中的产品造型、干涉检测和三维形体的动态显示。

在过程控制中，用户利用计算机图形学实现与其控制或管理对象间的相互作用。例如各种实时过程，像火箭的运行、某种物理过程、电力系统的实时监测、监控等，常常利用交互式计算机图形系统将可描述的实时状况（如火箭的运行轨迹，电力机组的发电情况等）显示出来，与正常值作比较，同时通过反馈控制过程来进行校正。图形显示技术还可用于石油化工、金属冶炼过程中的监视和控制，如管道、泵、储油罐的工作状态及其阀门的开闭状态，监视流程的运行情况。在电网的管理上，操作者可通过显示器监视电网的工作状态以及用光笔在荧光屏上打开或关闭某一发电站或电网中的某一开关。在各种交通管理方面，例如铁路系统和公路系统的管制与监视，在显示屏上实时地显示一个地区铁路上线上机车以及公路上车辆的运行状态；在航空系统可显示一个领空中飞机飞行的状态，并可向飞行中的飞机发出二次雷达信息，指挥飞行着陆等等。除了用于各工业系统的监视外，尚可设计许多生产过程的未来状态，改进生产，提高效率。

（七）在医疗卫生方面的应用

在医疗卫生方面的应用包括：用来作病历的检索和统计以及医疗方案的研究；用显示设备显示病历，显示各种药物的剂量、性能；对某种病的治愈率作统计分析；对病人的医疗方案（如放射线照射）进行研究，以提高治疗效率等。实践证明，用计算机图像显示协助诊断和治疗癌症，可显著提高诊断准确度及治疗效果。所以，显示技术是受现代医疗欢迎的一门新技术，彩色超声波、彩色胃镜、计算机断层扫描（CT）和核磁共振等医疗仪器已陆续应用于临床。

医学上还往往结合图像处理和计算机图形学来建模和研究物理功能。例如设计人造肢体、计划和练习手术等。还有一种应用称为计算机辅助手术（Computer - Aided Surgery）：通过使用图像技术可获得身体的二维剖面，然后使用图形方法模拟实际手术过程，观察并操纵每一剖面，以试验不同的手术位置。

（八）图形用户界面

介于人与计算机之间，完成人与机器通信工作的部件为人机界面（HCI, Human Computer Interface），它由软件部分和硬件部分组成。随着计算机技术的发展，人机界面也从最原始的由指示灯和机械开关组成的操纵板界面，过渡到由终端和键盘组成的字符界面，并发展到现在基于多种输入设备和光栅图形显示设备的图形用户界面（GUI, Graphical User Interface）。典型的图形用户界面包含一个窗口管理程序、菜单显示和图符等。窗口管理程序允许用户显示多个窗口区域，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，仅仅简单地使用交互式定位设备在某窗口内按一下就可以激活该窗口。而从菜单中可选择不同的处理、颜色值和图形参数。图符则设计成与它代表的选择对象含义相符合

的图形符号。图形符号的优点是它比相应的文本描述占用较少的屏幕空间，并且如果设计得好，它容易被理解。

计算机图形学的应用远远不止上述几个方面，它在艺术、广告、教学、游戏、商业以及邮政系统等许多方面都有很好的应用范围和发展前景。总之，交互式计算机图形学的应用极大地提高了人们理解数据、分析趋势、观察现实和想像形体的能力。随着个人计算机和工作站的发展，随着各种图形软件的不不断推出，计算机图形学的应用前景将更加具有魅力。

四、计算机图形学研究动态

当前，计算机图形学研究的前沿领域及主要问题如下。

（一）计算机动画

计算机动画是指用程序生成一系列（帧）的景物画面，其中当前帧画面是对前一帧画面的部分修改。

一般来说，计算机动画中的运动包括：①景物位置、方向、大小和形状的变化；②虚拟摄像机的运动；③景物表面纹理、色彩的变化。

计算机动画所生成的是一个虚拟的世界，虚拟景物可以是商标、汽车、建筑物、人体、分子、桥梁、云彩、山脉、恐龙或昆虫等。虚拟景物并不需要真正去建造，物体、虚拟摄像机的运动也不会受到什么限制，动画师可以随心所欲地创造他的虚幻世界。

动画的创造须遵循以下步骤：①创意，根据设计的需要，由导演设计好动画制作的脚本；②预处理，扫描外部图像，输入外部资料；③场景造型；④设定材质和光源；⑤设置动画；⑥运动图像的绘制；⑦动画播放；⑧后处理；⑨动画的录制；⑩配音（包括背景音乐和台词）。

（二）地理信息系统

地理信息系统（GIS，Geographic Information System）是社会经济与环境保护协同持续发展，信息集成和分析的先进工具。目前广泛应用于环境污染治理、灾害评估监测、森林综合考察、地质矿产勘探、自然资源开发、城市科学管理、产业布局规划和持续发展研究等领域。

地理学作为研究地球表层自然与人类环境的结构、功能、演化以及人-地相互关系的一门科学，它具有鲜明的区域性和综合性，同时它也是一门时空性、系统性极强的科学。作为其研究内容的地理信息来源于卫星遥感图像、航空照片、各类地图、全球定位系统、地表野外勘察调查记录、统计表格数据和历史文献资料等。GIS对以上这些信息提取和使用的有效程度，反映了它的发展趋势，其主要表现为：①遥感图像信息的自动提取；②地理系统建模；③地理信息的智能分析；④地表系统的仿真。

GIS与其他信息系统的重要区别之一，就是系统具有对空间信息数据的分析和管理工作。系统具有较强的图形和图像处理功能，它包括了对图形和图像的空间分析和管理工作。

(三) 人机交互

人机交互学是一门关于设计、评估和执行交互式计算机系统以及研究由此而发生的相关现象的学科。它是伴随着计算机的出现而出现、伴随着计算机技术的发展而发展的。有了计算机，就有了如何进行人机交互的问题，产生了人机交互的技术。

依计算机科学的观点，人机交互技术的关键是交互，尤其是一人或多人与一台计算机或多台计算机之间的交互。传统上关注的主要是个人在工作站上的交互式作图过程，然而，从现代意义上说，“人”不单指个人，而应是人群或是组织。人群和机群之间必然涉及分布式系统并依靠计算机通信网络进行协同工作。一般可以将人机交互行为分为四类不同的感知过程。

首先，是人对于现实世界的感知。在人机交互过程中，人将尽可能地接受来自所有传感器的信息，而这种感知过程包含了一部分对于现实世界的心理因素。其次，是计算机对外部世界的感知。这种感知过程取决于计算机识别人和物的能力，以及检测人机交互中人的情绪变化或者用户个性的能力，这是与人的心理作用无关的。事实上，从计算机的角度而言，机器的感知是不会总是依从人的感知规则的。另外两种感知与人机界面的心理因素密切相关。如果计算机是可以感知外部世界的机器，那么这种感知是人通过计算机传递的感知信息。例如远程会议、远程会诊等系统中的两人或多人之间的相互交流，而计算机只是他们之间的交流媒介。在这种情形下，由于外界信息是经计算机处理之后的信息，一个人对于其他参与交流的人或物的感知却可能同他（它）们所提供的源信息不完全一致。另一种感知是计算机作为虚拟世界的一员自动做出的反应。在虚拟世界里，人和计算机的地位是同等的。在高级的人机协同工作系统中，以上四种感知过程全都存在。为了提高协同工作的效率，我们所面临的问题就不单是人和机器之间的接口问题了，也就是说，这不仅仅是一个计算机科学领域里的问题，还涉及其他学科领域。

(四) 真实感图形显示

真实感图形显示指的是能逼真地表示真实世界的图形，它综合利用数学、物理学、计算机科学和其他科学知识。随着计算机图形学的发展，真实感图形显示已日益广泛地深入到人们日常的工作、学习和生活中。在影视特技、广告动画中，人们已经领略到真实感图形的神奇魅力。在机械和建筑 CAD 中，现有的商用软件都提供了真实感图形的显示功能，以便设计者检查他们设计的产品外观并进行交互修改。在各种情景仿真、飞机驾驶员训练中，真实感图形技术更是大显身手。在房间和座舱的光照明设计中，真实感图形具有广阔的应用前景。

图形的真实感显示来自于空间中物体的相对位置、相互遮挡关系、由于光线的传播产生的明暗过渡的色彩等等。真实感图形的生成一般须经历场景造型、取景变换、视域裁剪、消除隐藏面及可见面光亮度计算等步骤。

(五) 虚拟现实

计算机模拟与仿真被广泛用于飞行训练、机械加工过程的训练等领域。目前提出最新的课题之一就是虚拟现实（Virtual - reality）系统。它又称为虚拟现实环境，是指由计算