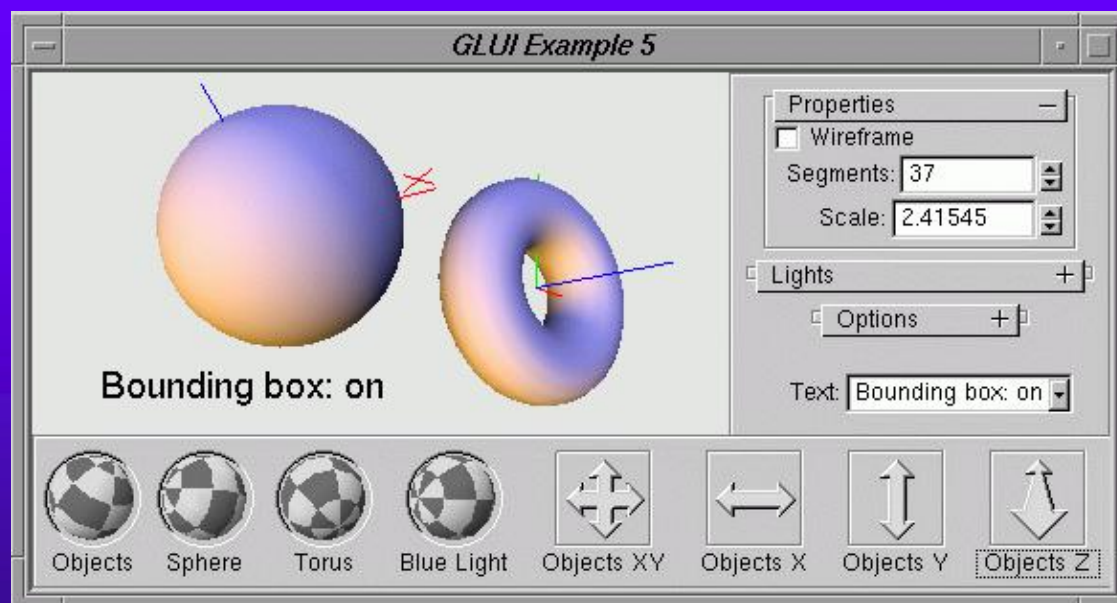


计算机图形学

(基础篇)



信息科学技术学院 郭浩

网络中心310

实验安排：5-9周周三1-2在扬帆205

http://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%AE%A1%E7%AE%97%E6%9C%BA%E5%9B%BE%E5%BD%A2%E5%AD%A6

计算机图形学 - 维基百科，自由的百科全书 - 360安全浏览器 3.2 正式版

文件(E) 查看(V) 收藏(B) 帐户(U) 工具(T) 帮助(H)

后退 前进 停止 刷新 主页 恢复 无痕

W http://zh.wikipedia.org/zh-cn/%E8%AE%A1%E7%AE%97%E6%9C%BA%E5%9B%BE%E5%BD%A2%E5%AD%A6

登录 添加 谷歌 网址大全 360游戏 2010-08-18 导入 充值 翻译 截图

计算机图形学 - Google... x W 计算机图形学 - 维基百... x

计算机图形学

维基百科，自由的百科全书

计算机图形学（**Computer Graphics**，简称**CG**）是一种使用**数学算法**将**二维或三维图形**转化为**计算机显示器**的栅格形式的**科学**。

是计算机科学的一个分支领域，主要关注数字合成与操作视觉的图形内容。虽然这个词^{常被}被认为是**指三维图形**，事实上同时包括了**二维图形**以及**图像处理**。

这个科学广义的分类，可分为以下几类

- 几何：研究面的表示和处理的方法
- 动画：研究移动的操作方法
- 图像拟真/渲染：研究模拟光线传递效果的算法
- 图像：研究图像的获取或是编辑

简单地说，计算机图形学的主要研究内容就是研究如何在计算机中表示**图形**、以及利用计算机进行图形的计算、处理和显示的相关原理与算法。图形通常由**点**、**线**、**面**、**体**等**几何元素**和**灰度**、**色彩**、**线型**、**线宽**等非几何属性组成。从处理技术上来看，图形主要分为两类，一类是基于**线条信息**表示的，如**工程图**、**等高线地图**、**曲面**的**线框图**等，另一类是**明暗图**，也就是通常所说的**真实感图形**。

计算机图形软件

计算机图形学

计算机图形学（Computer Graphics，简称CG）是一种使用数学算法将二维或三维图形转化为计算机显示器的栅格形式的科学。

计算机图形

图形通常由点、线、面、体等几何元素和灰度、色彩、线型、线宽等非几何属性组成。

- ◆ 二维图形;
- ◆ 三维图形
- ◆ 图像处理

图形在计算机中的表示-标量图

◆ 点阵法

- ◆ 是用具有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。

图像 (Image)



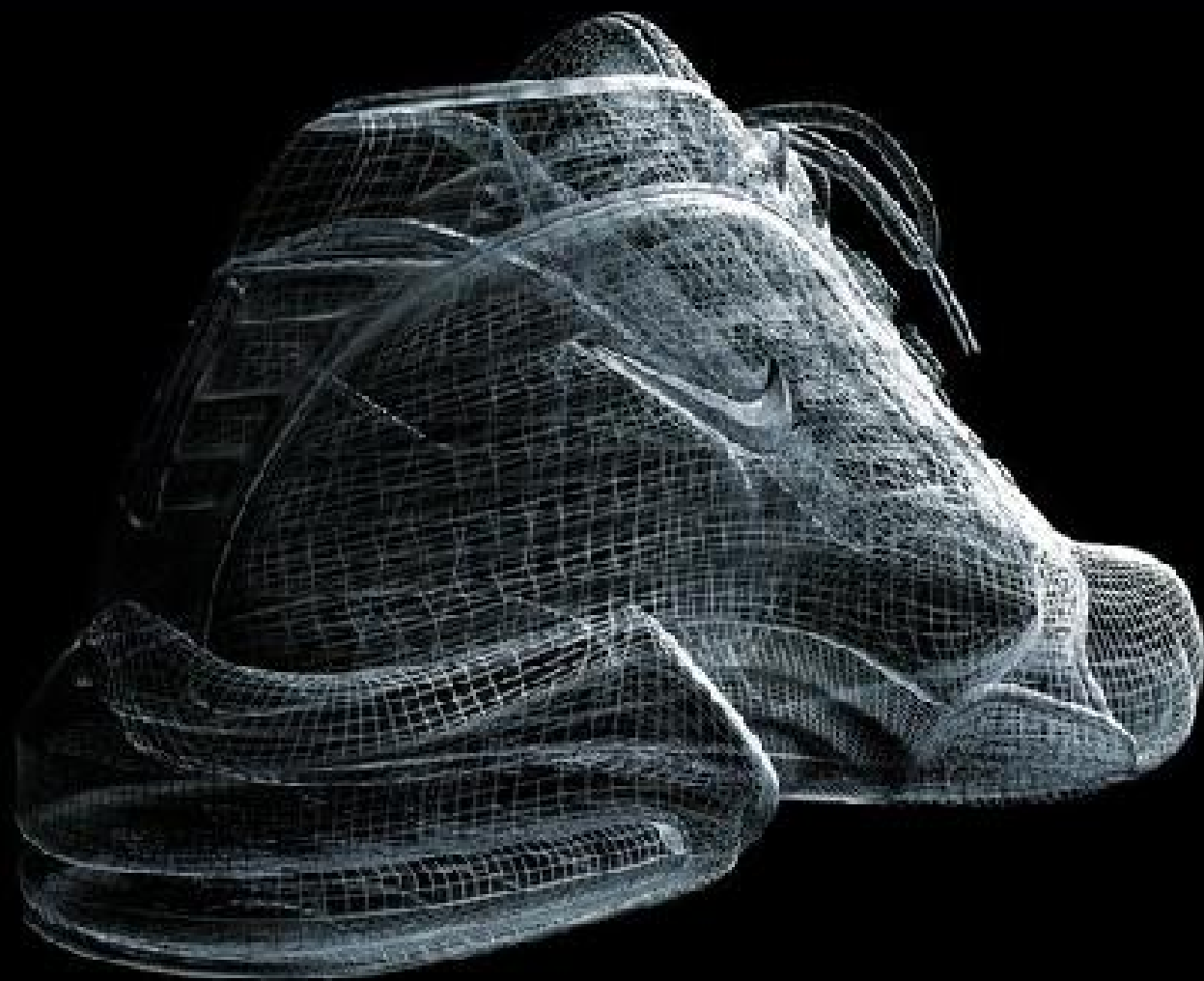
图形在计算机中的表示-矢量图

- 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（几何要素）——方程或分析表达式的系数，线段的端点坐标等
 - 属性参数（非几何要素）——颜色、材质、线型等

图形 (**Graphics**)

直线A的端点为(x1, y1), (x2, y2),
红色，实线，宽度2个象素

一类是基于线条信息表示的的线框图



明暗图(真实感图形)



计算机图形学---研究内容

- ◆ 几何: 研究面的表示和处理的方法
- ◆ 动画: 研究移动的表示和操作方法
- ◆ 图像拟真/渲染: 研究模拟光线传递效果的算法
- ◆ 图像: 研究图像的获取或是编辑

目的：要利用计算机产生令人赏心悦目的真实感图形。

教材:



计算机图形学基础教程 [平装]

~ [孙家广](#) (作者), [胡事民](#) (作者)

([3 条商品评论](#)) | [亚马逊正品保证](#)

清华大学出版社

2009年8月出版

参考资料:

- 1 计算机图形学- 维基百科
- 2 计算机图形学- 百度百科
- 3 Hearn D, Baker M. P.,
Computer Graphics (C
Version), 3nd Ed.北京:
电子工业出版社



参考资料

作者：(美)(Peter Shirley)

出版社：人民邮电出版社

出版时间：2007

开本：16

定价：49.00 元



本书是国外高校采用率很高的计算机图形学教材，共分为26章，全面系统地讲解了计算机图形学的基本概念和相关技术。书中先介绍图形学相关的数学知识，然后依次讲解图形学的光栅算法、三维观察、隐藏面消除、光照、纹理、绘制等算法和理论，并介绍可视感知、计算机动画、基于图像的绘制、可视化以及构建交互式图形应用等。本书可作为[信息技术](#)等相关专业本科生、研究生计算机图形学课程的教材，也可以作为计算机图形学工作者的参考用书。

课程内容:

- ★ 第一讲 绪论 (第1、2章)
- ★ 第二讲 光栅图形学 (第3、4章)
- ★ 第三讲 二维图形几何变换和二维观察 (第5、6章)
- ★ 第四讲 三维几何变换 (第11章)
- ★ 第五讲 三维图形显示 (第12章 观察流水线)
- ★ 第六讲 三维物体的表示及造型 (第10章)
- ★ 第七讲 消隐显示 (第13章 可见面判别算法)

光栅图形学

光栅图形显示器可以看成是由许多可发光的离散点（即像素）组成的矩阵，它需要专门的算法来生成直线、圆弧和曲线等等图形。本章将介绍生成光栅图形的相关算法。

二维图形几何变换和二维观察

- 1) 齐次坐标；仿射变换；比例变换；平移变换；旋转变换；剪切变换；反射变换；组合变换；
- 2) 掌握一些线段裁减算法的原理

三维几何变换

- 1) 了解坐标系框架的作用;
- 2) 建立齐次坐标和仿射变换的概念;
- 3) 掌握3维坐标变换的基本方法。

三维图形显示

- 1) 了解计算机图形系统的输出流水线;
- 2) 掌握平行投影和透视投影的基本方法。

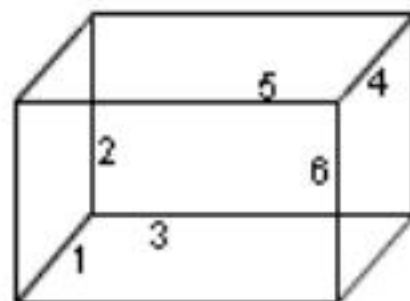
三维物体的表示及造型

- 1) 掌握多面体、圆锥曲线和曲面等等常用的几何形体的表示和造型方法;
- 2) 熟练地掌握各种自由曲线和曲面的几何造型算法和程序实现的技术;
- 3) 能够灵活运用各种实体造型的方法

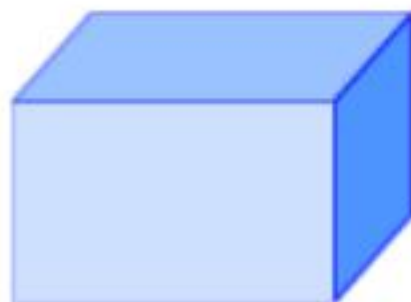
消隐显示

在许多计算机图形系统中，通常用多面体来表示三维物体。在计算机的显示器上输出物体的图形时，必须经过某种投影变换，将三维几何信息转换为能够被显示器接收和输出的二维几何信息。由于投影变换失去了深度信息，这可能导致图形理解的二义性。要消除二义性，在显示时就必须消除物体被遮挡的（即不可见的）线或面，通常称作消除隐藏线和隐藏面，或简称为消隐。

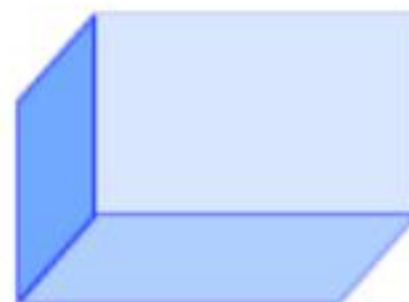
长方体线框图的平行投影的二义性



a【线框图】



A

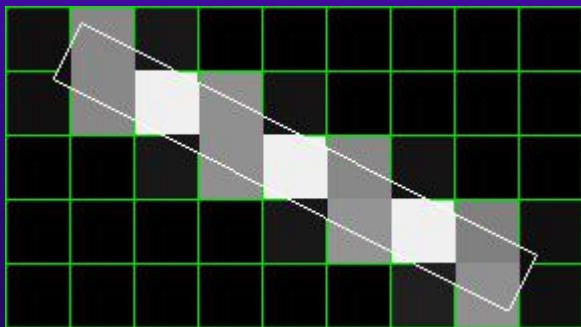
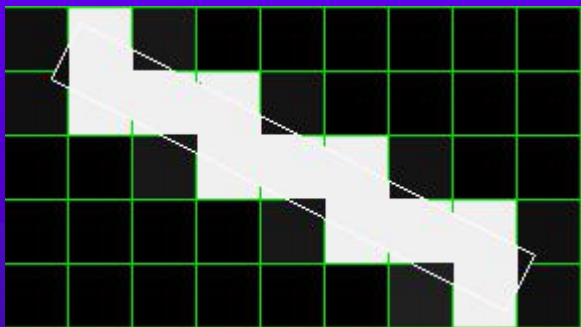
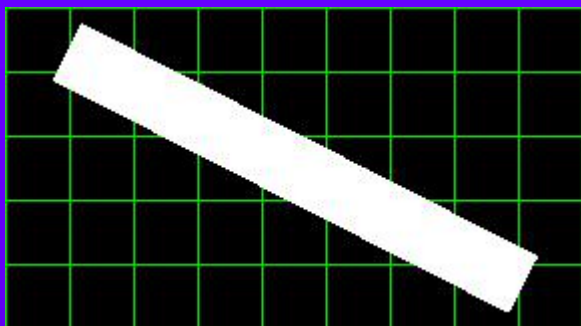


B

学习目标:

掌握计算机图形学的基本理论和方法，能够熟悉并了解用C语言实现三维曲面和实体的几何造型和几何变换、裁剪、三维消隐、明暗处理和高真实感图形生成等算法，能够掌握纹理映射、阴影生成和反走样等技术。

反走样



第一讲 绪论

1.1 发展历史

1.2 研究内容

1.3 应用与研究前沿

1.4 发展趋势

1.1 发展历史

1 历史追溯

2 硬件发展

图形显示器的发展

图形输入设备的发展

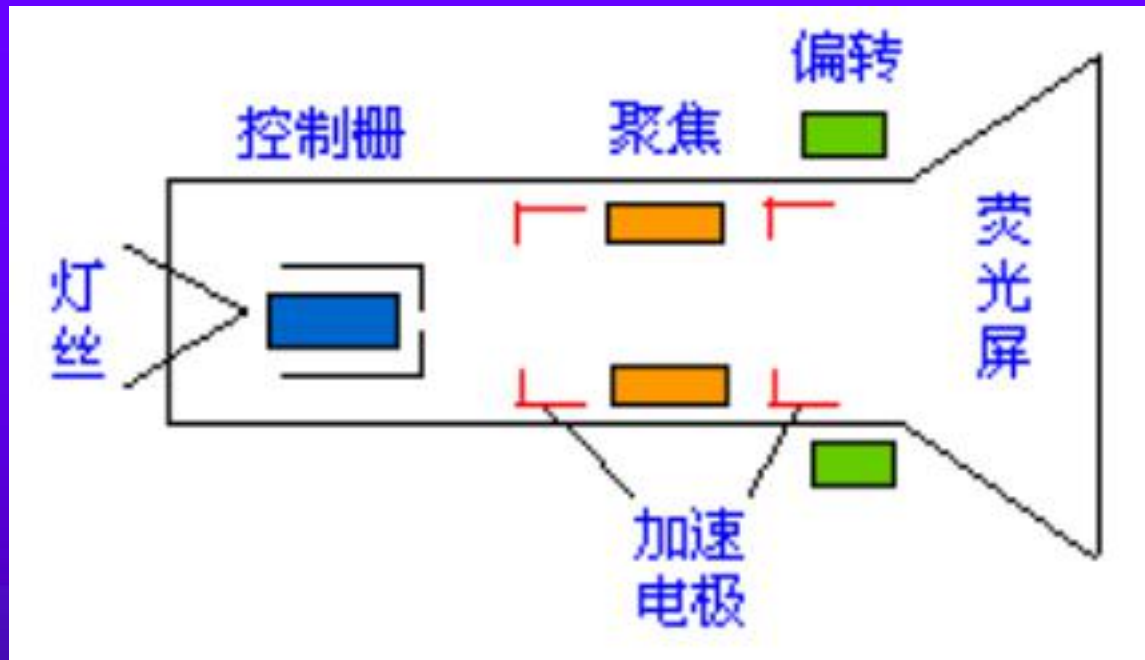
3 图形软件及软件标准的发展

历史追溯

◆ 二十世纪50年代（酝酿期）

- 1950年，第一台CRT，美国麻省理工学院（MIT）旋风I号（Whirlwind I）计算机的显示设备。
- 1958年，美国Calcomp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
- 50年代末期美国战术防空系统SAGE，CRT显控台，可交互。

阴极射线管 (CRT)



Cathode-Ray Tube

◆ 60年代（萌芽期）

- 1962年，MIT林肯实验室的I. E. Sutherland发表了一篇题为“Sketchpad（画板）：一个人——机交互通信的图形系统”的博士论文
 - 确定了交互图形学作为一个学科分支（提出基本交互技术、图元分层表示概念及数据结构...）。
- 1962年，雷诺汽车公司的工程师Pierre Bézier 提出Bézier曲线、曲面的理论
- 1964年MIT的教授S. A. Coons提出了超限插值的新思想，通过插值四条任意的边界曲线来构造曲面。

◆ 70年代（发展期）

— 光栅图形学

- 区域填充、裁剪、消隐等基本图形概念、及其相应算法纷纷诞生

— 图形软件标准化

- ACM成立图形标准化委员会，1977年制定“核心图形系统”（Core Graphics System）
- ISO发布CGI、CGM、GKS-3D、PHIGS等
- 工业界事实上的标准**OpenGL**，**DirectX**

什么是PHIGS

- ◆ PHIGS (Programmer's Hierarchical Interactive Graphics System) 是ISO于1986年公布的计算机图形系统标准。PHIGS是为具有高度动态性，交互性的三维图形应用而设计的图形软件工具库。

什么是OpenGL (Open Graphics Library)

- ◆ OpenGL 是行业领域中最为广泛接纳的2D/3D 图形 API
- ◆ OpenGL是个与硬件无关的软件接口，可以在不同的操作系统平台之间进行移植。
- ◆ OpenGL仍然是唯一能够取代微软对3D图形技术的完全控制的API
- ◆ 随着微软DirectX的不断发展和完善，OpenGL的优势逐渐丧失

DirectX (Direct eXtension)

什么是DirectX (Direct eXtension)

- ◆ 微软公司创建的多媒体编程接口，由C++编程语言实现。
- ◆ 遵循COM。被广泛使用于Microsoft Windows、Microsoft XBOX、Microsoft XBOX 360和Microsoft XBOX ONE电子游戏开发。
- ◆ 很多API组成的，按照性质分类，可以分为四大部分，显示部分、声音部分、输入部分和网络部分。
- ◆ 目前最新版本为DirectX 12。

— 真实感图形学

- 1970年, Bouknight提出了第一个光反射模型
- 1971年 Gourand提出“漫反射模型+插值”的思想, 被称为**Gourand**明暗处理
- 1975年, Phong提出了著名的简单光照模型- **Phong**模型

Gourand（哥罗德）法

- ◆ 基于平面多面体逼近原型体，计算每个顶点法向量方向的光亮度；
- ◆ 然后通过插值计算出多边形内容各点的光亮度；
- ◆ 缺点：由于采用了插值方法，使得镜面反射所产生的特亮区域的形状和位置存在很大差异同。

Phong法向插值方法

- ◆ 为了克服Gourand法对镜面发射区域所引起的畸变，Phong提出了用法向量来代替光强度插值；
- ◆ 这样做将代表亮度值的 I （标量）换成了相应法向量 N （矢量），计算量会更大些，但是效果更好些。

— 实体造型技术

- 英国剑桥大学CAD小组的Build系统
- 美国罗彻斯特大学的PADL-1系统

◆ 80年代（普及期）

- 1980年Whitted提出了一个光透视模型-Whitted模型，并第一次给出光线跟踪算法的范例，实现Whitted模型
- 1984年，美国Cornell大学和日本广岛大学的学者分别将热辐射工程中的辐射度方法引入到计算机图形学中
- 图形硬件和各个分支均在这个时期飞速发展，出现了带有图形显示器的个人PC和工作站。

◆ 90年代（深入发展）

- 微机和软件系统的普及使得图形学的应用领域日益广泛。
- 标准化、集成化、智能化
- 多媒体技术、人工智能、科学计算可视化、虚拟现实
- 三维造型技术

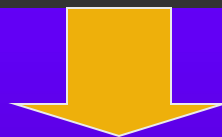
硬件发展

◆ 图形显示器的发展

- ◆ 60年代中期：画线显示器（亦称矢量显示器）需要刷新。设备昂贵，限制普及
- ◆ 60年代后期：存储管式显示器，不需刷新，价格较低，缺点是不具有动态修改图形功能，不适合交互式。

- ◆ 70年代初，刷新式光栅扫描显示器出现，大大地推动了交互式图形技术的发展。
- ◆ 特点：以点阵形式表示图形，使用专用的缓冲区存放点阵，由视频控制器负责刷新扫描。

画线显示器（矢量显示器/随机扫描显示器）



存储管式显示器



刷新式光栅扫描显示器

硬件发展

图形输入设备的发展

- 第一阶段：控制开关、穿孔纸等等
- 第二阶段：键盘
- 第三阶段：二维定位设备，如鼠标、光笔、图形输入板、触摸屏等等，语音
- 第四阶段：三维输入设备（如空间球、数据手套、数据衣），用户的手势、表情等等
- 未来发展：用户的思维

数据手套



数据衣



图形软件发展及软件标准形成

三种类型的计算机图形软件系统发展：

(1) 用某种语言写成的子程序包，如：

GKS (Graphics Kernel System)

PHIGS(Programmer's Hierarchical Interactive Graphics system)

GL, OpenGL, DirectX

特点：平台适应性较好，便于移植和推广。

图形软件发展及软件标准形成

(2) 扩充计算机语言，使其具有图形生成和处理的功能如：

Turbo Pascal、Turbo C，AutoLisp等。

特点：简练、紧凑、执行速度快，但可移植性差。

(3) 专用图形系统，如：

AUTOCAD、3DS MAX

特点：建模效率高，但系统开发量大，可移植性差。

1.2 研究内容

- ◆ 在计算机中表示图形、以及利用计算机进行图形的计算、处理和显示的相关原理与算法。
 - 图形硬件、图形标准、图形交互技术、光栅图形生成算法、曲线曲面造型、实体造型、真实感图形计算与显示算法，以及科学计算可视化、计算机动画、自然景物仿真、虚拟现实等。

a) 三维景物的表示，这是计算机图形显示的前提和基础；包括曲线曲面的造型技术，实体造型技术，以及纹理、云彩、波浪等等自然景物的造型和模拟；

b) 三维场景的显示，包括光栅图形生成算法、线框图形和真实感图形的理论和算法；

- c) 基于图象和图形的混合绘制技术;
- d) 自然景物仿真;
- e) 图形用户接口;
- f) 虚拟现实
- g) 动画技术;
- h) 可视化技术;
- i) 几何和图形数据的存储, 包括数据压缩和解压缩;
- j) 图形硬件、图形标准、图形交互技术, 等等。

1.3 应用与研究前沿

图形用户界面

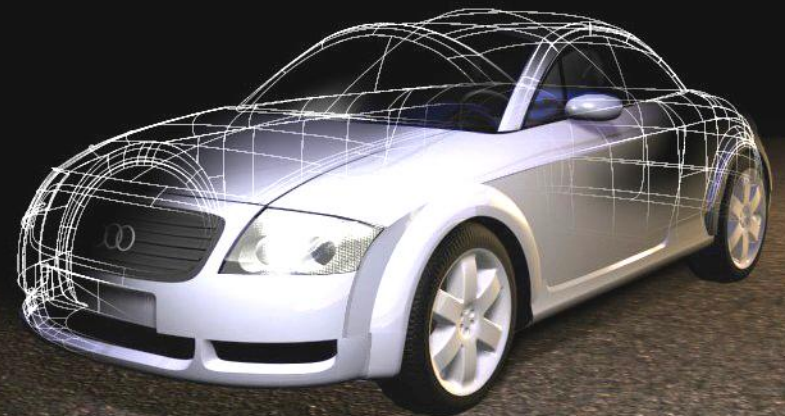
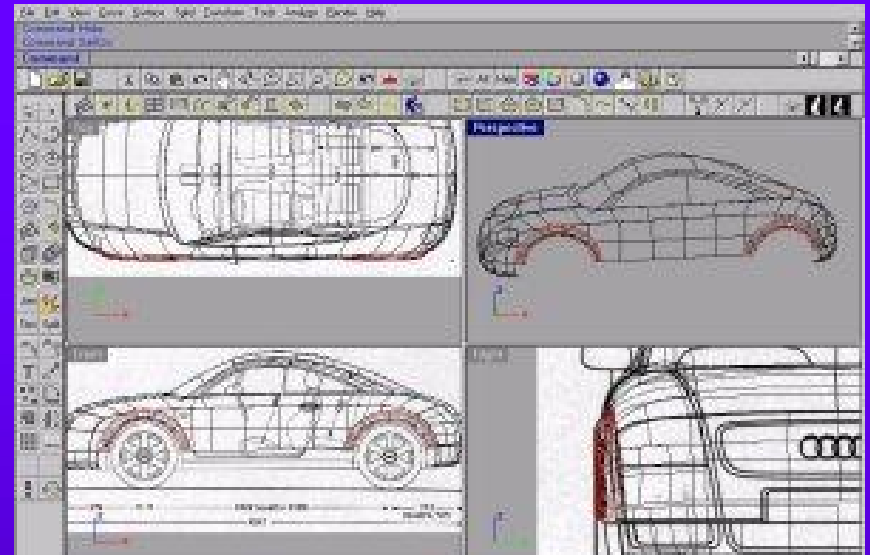
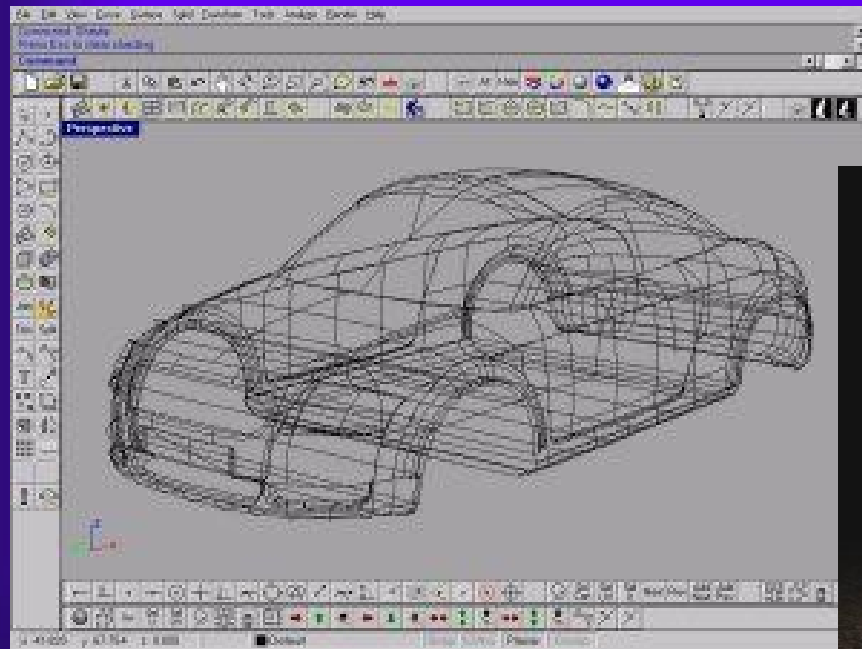
- ◆ 介于人与计算机之间，人与机器的通信，人机界面（HCI）：软件+硬件
- ◆ 发展：由指示灯和机械开关组成的操纵界面→由终端和键盘组成的字符界面（80年代）→由多种输入设备和光栅图形显示设备构成的图形用户界面（GUI）（90年代）：PC，工作站，WIMP(W-windows、I-icons、M-menu、P-pointing devices)界面，所见即所得→VR技术（发展方向）

计算机辅助设计与制造 (CAD/CAM)

-CAD/CAM是计算机图形学在工业界最广泛、最活跃的应用领域。

- 飞机、汽车、船舶的外形的设计
- 发电厂、化工厂等的布局
- 土木工程、建筑物的设计
- 电子线路、电子器件的设计
- 设计结果直接送至后续工艺进行加工处理，如波音777飞机的设计和加工过程；我国战斗机FC-1的设计也采用了这种方法。

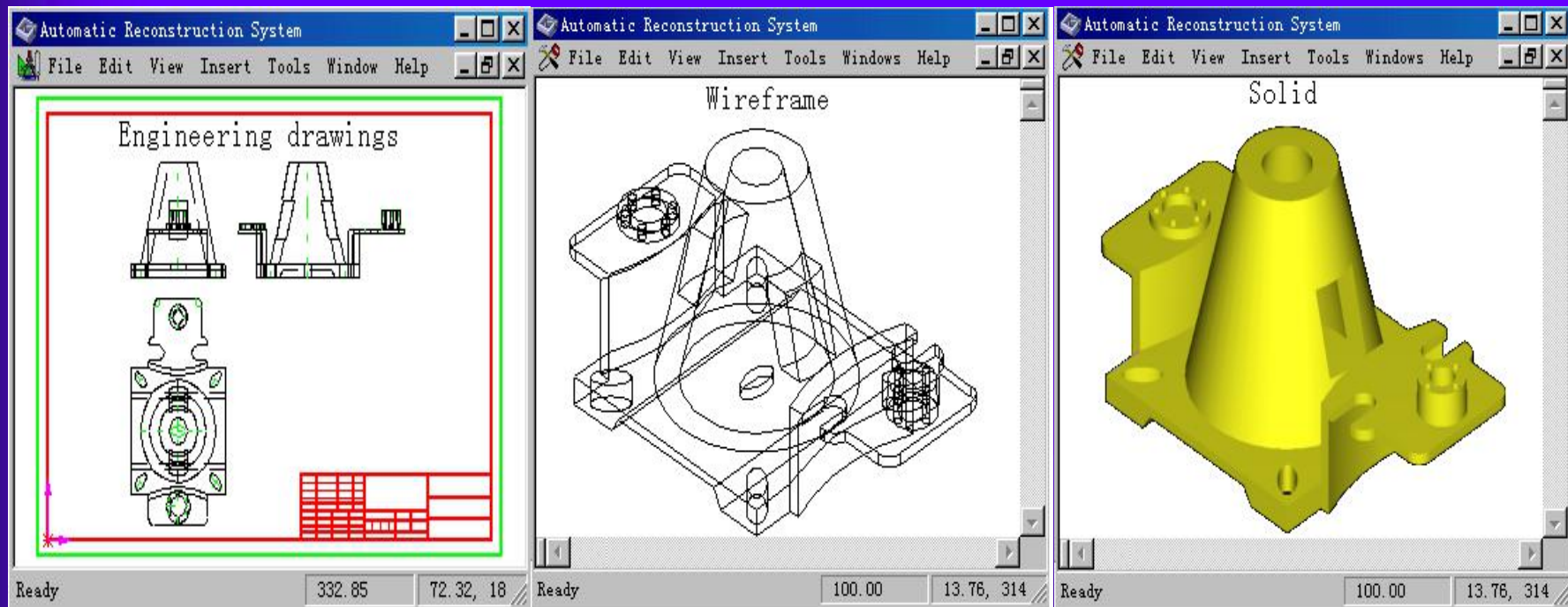
奥迪效果图和线框图



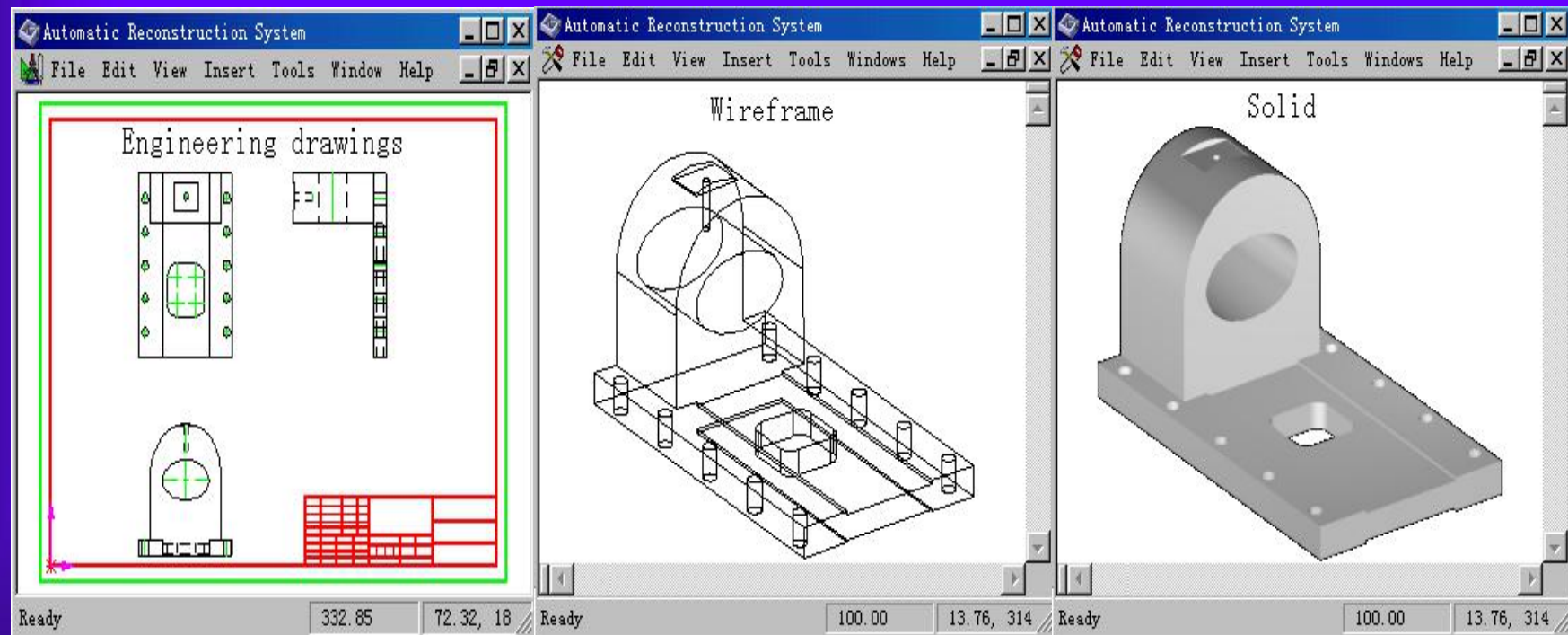
计算机辅助设计与制造 (CAD/CAM)

– 基于工程图纸的三维形体重建

- **定义：**从二维信息中提取三维信息，通过对这些信息进行分类、综合等一系列处理，在三维空间中重新构造出二维信息所对应的三维形体，恢复形体的点、线、面及其拓扑关系，从而实现形体的重建
- **优势：**可以做装配件的干涉检查、以及有限元分析、仿真、加工等后续操作，代表CAD技术的发展方向



工程图及其三维重建结果1



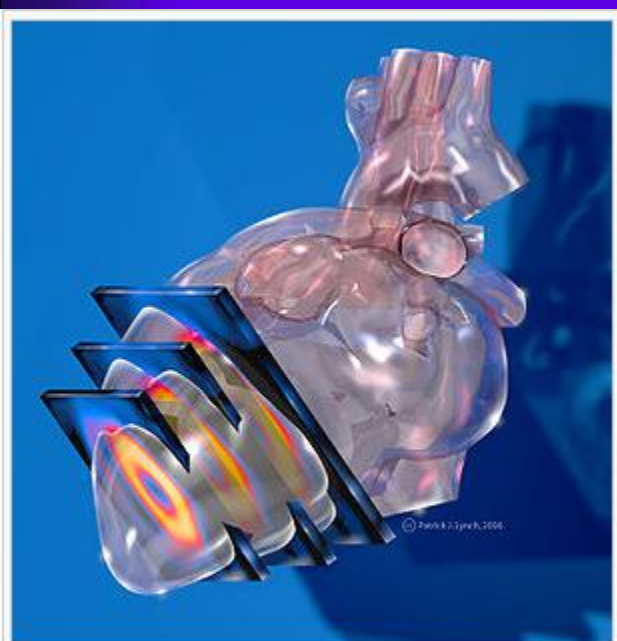
工程图及其三维重建结果2

智能CAD

- ◆ 智能CAD 系统可以实现从概念设计到结构设计的全过程。
- ◆ 德国西门子公司开发的Sigraph Design软件，用计算机设计草图，一旦结构确定，给出正确的尺寸即得到满意的图纸；具有关系数据结构，在一个视图上的修改，其他视图自动修改。

可视化

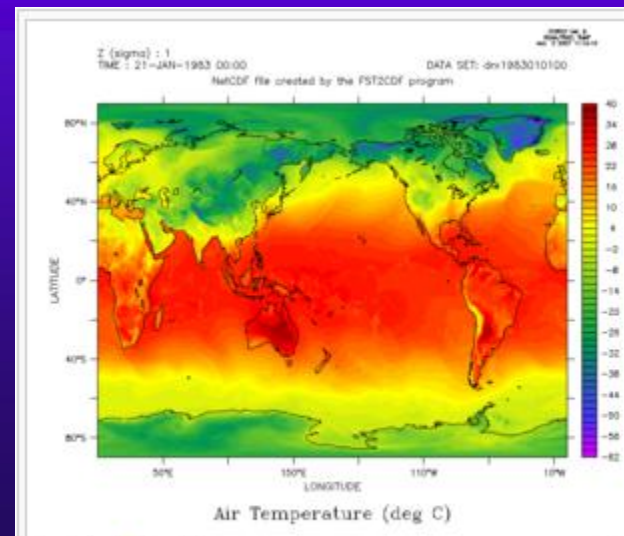
用图形直接反映科学计算的结果，如有限元分析、分子模型、核爆炸过程、地震、大气科学等



核医学成像：心脏SPECT图像（短轴视图）
与心脏三维模型的融合

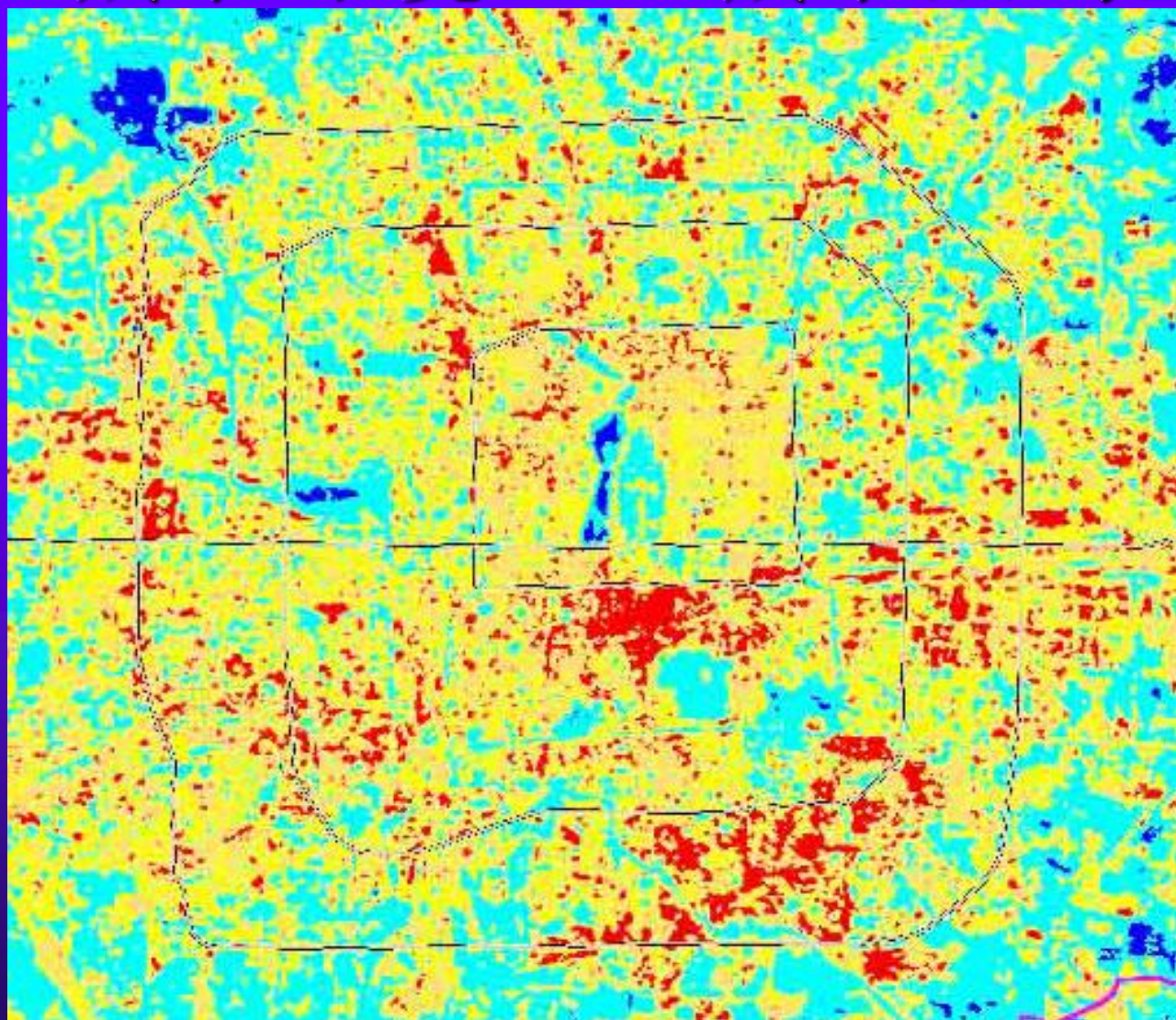


利用2004年来自哈柏太空望远镜的照片以及地基图像所编制合成的螺旋星云可见光图像。



全球气温分布图

城市环境——城市热岛监测



城市气温高于四周郊区气温的现象称为城市“热岛效应”

图 例

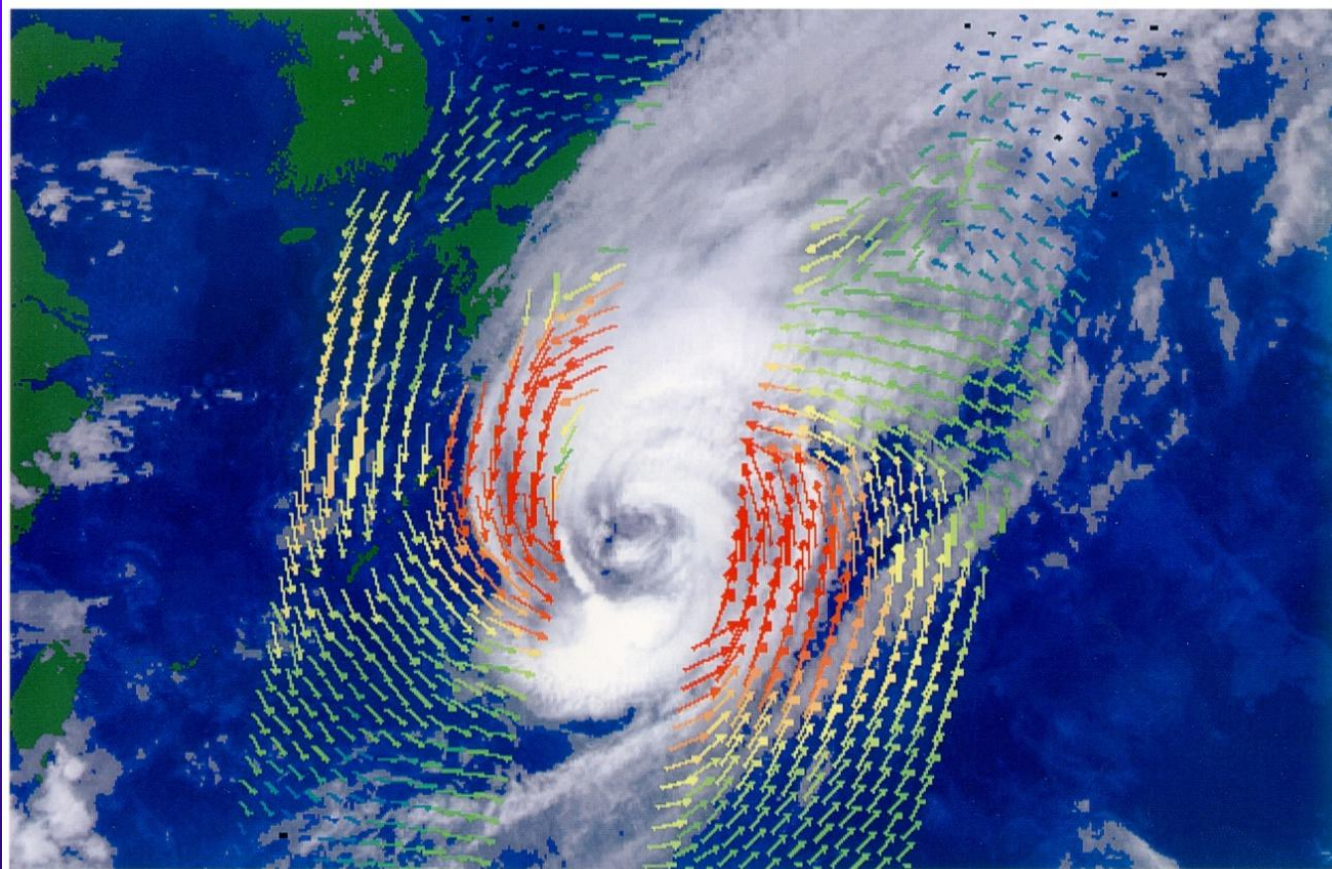


北京市区热岛效应分布图

海洋动力要素监测

- ◆微波散射计可监控海洋表面风场，得到海洋上的风矢量场和表面风应力数据

散射计和云图同时观测台风的复合结果



GMS-5 IR1: 9609202332, NSCAT Data:09210235
GMS-5 data Courtesy of University of Hawaii

卫星散射计监测风场

可视化

- ◆ 科学计算可视化(Scientific Visualization)
 - 海量的数据使得人们对数据的分析和处理变得越来越难，用图形来表示数据的迫切性与日俱增
 - 1986年，美国科学基金会（NSF）专门召开了一次研讨会，会上提出了“科学计算可视化（Visualization in Scientific Computing）”
 - 科学计算可视化广泛应用于医学、流体力学、有限元分析、气象分析当中

◆ 在医学领域，可视化有着广阔的发展前途

- 是机械手术和远程手术的基础
- 将医用CT扫描的数据转化为三维图象，帮助医生判别病人体内的患处
- 由CT数据产生在人体内漫游的图象

◆ 可视化的前沿与难点

- 可视化硬件的研究
- 实时的三维体绘制
- 体内组织的识别分割——Segmentation

真实感图形实时绘制与自然景物仿真

- 计算机中重现真实世界的场景叫做**真实感绘制**
- 真实感绘制的主要任务是模拟真实物体的物理属性，简单的说就是物体的形状，光学性质，表面的纹理和粗糙程度，以及物体间的相对位置，遮挡关系等等

真实感图形实时绘制与自然景物仿真

— 光照模型

- 简单光照模型
- 局部光照模型
- 整体光照模型

— 绘制方法

- 光线跟踪
- 辐射度

— 加速算法

- 包围体树、自适应八叉树等等

地理信息系统（GIS）

- ◆ 基于位置相关的地理图形的关于各种资源的综合信息系统
- ◆ 军事国防，决策支持，旅游，资源调查等。
- ◆ 数字地球，地形和地理数据作为载体的全球信息化。

地理信息系统（GIS）

数字地球：

1998年1月，美国副总统戈尔在美国地理信息系统年会上提出了这一设想。

在数字地球技术的支持下。“一个小孩”可以虚拟的、同时又是“真实的”对全球感兴趣区域、感兴趣信息的进行发现和漫游。

虚拟现实 (Virtual Reality简称VR)

虚拟现实是用计算机技术来生成一个逼真的三维视觉、听觉、触觉或嗅觉等感觉世界，让用户可以从自己的视点出发，利用自然的技能和某些设备对这一生成的虚拟世界客体进行浏览和交互考察。

特点：

三维真实的虚拟场景

自然的交换方式

1997年7月，美国航天局的旅居者号火星车



利用VR设备进行起降训练



VR虚拟作战演练



QuickTime技术

苹果公司开发的新一代虚拟现实技术。它是一种基于静态图像处理的，在微机平台上能够实现的初级虚拟现实技术。它的出现使得以往专业实验室中成本昂贵的虚拟现实技术的应用普及有了广阔的前景。

假定我们在一室空间进行观察，室内空间一般有六个面，如果我们获取了这六个面的许多不同距离，不同方位的实景照片并将它们按照相互的关系有机连接起来，就可以在视觉上形成这个房间整个空间的整体认识，这就是全景概念。

清华大学国家光盘工程研究中心所作的“布达拉宫”，采用了QuickTime技术

虚拟现实技术的发展趋势

- ◆ 动态环境建模技术
- ◆ 实时三维图形生成和显示技术
- ◆ 适人化、智能化人机交互设备的研制
- ◆ 大型网络分布式虚拟现实的研究与应用

多媒体与娱乐

- 电脑游戏

- 实时性
- 逼真性
- 蕴含了先进的图形处理技术

- 电视广告，节目片头，科教演示（CAI）

- Quake III，“古墓丽影”，“侏罗纪公园”、“皇帝的新衣”、完美风暴.....

- CAI.

当前研究热点

真实感图形实时绘制

物体网格模型的面片简化：对网格面片表示的模型，在一定误差的精度范围内，删除对结果图像贡献小的点、边、面，从而简化所绘制场景的复杂层度，加快图形绘制速度；

基于图象的绘制(IBR, Image Based Rendering)：不先建立几何模型；它直接从一系列已知的图象中生成未知视角的图象，适用于野外极其复杂场景的生成漫游

野外自然景物的模拟

野外场景远远复杂于室内场景，绘制难度更大，方法更趋多样化

主要绘制山、水、云、树、草、火等等

绘制火的粒子系统（Particle System），基于生理模型的绘制植物的方法，绘制云的细胞自动机方法等



由清华大学自然景物平台生成的野外场景



日本Yoshinori Dobashi等人绘制的真实感云



Xfrog3.0生成的
挪威云杉

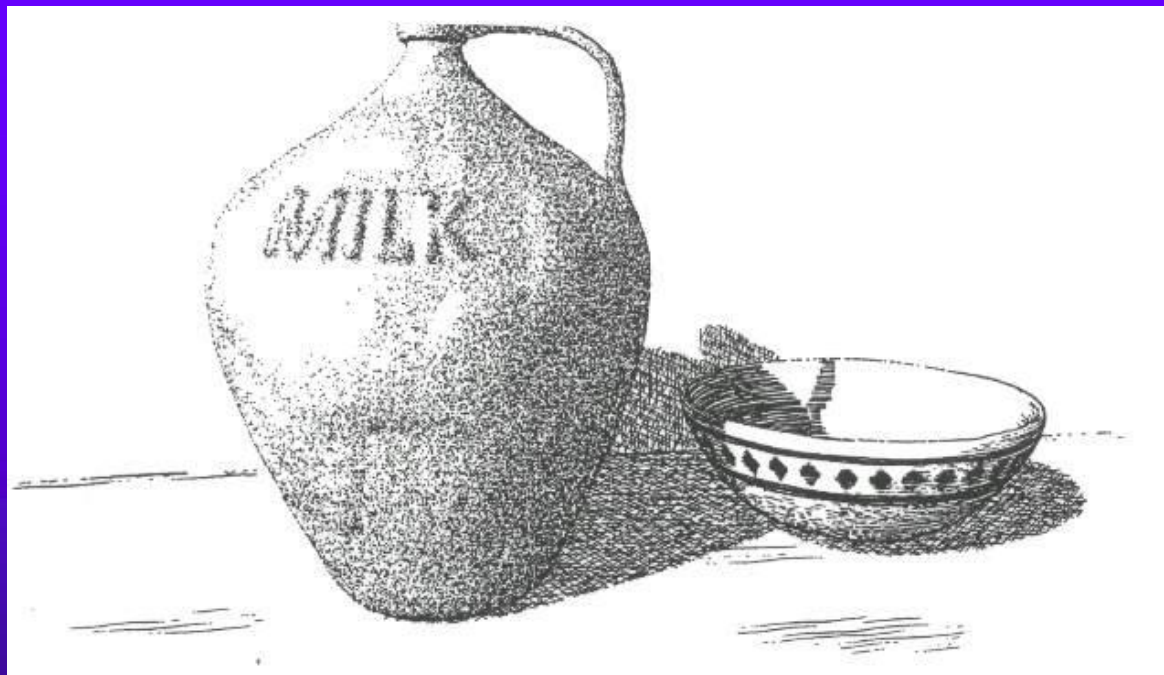
非真实感绘制 (NPR, Non-Photorealistic Rendering)

用于模拟艺术效果，研究方法有别于真实感图形学

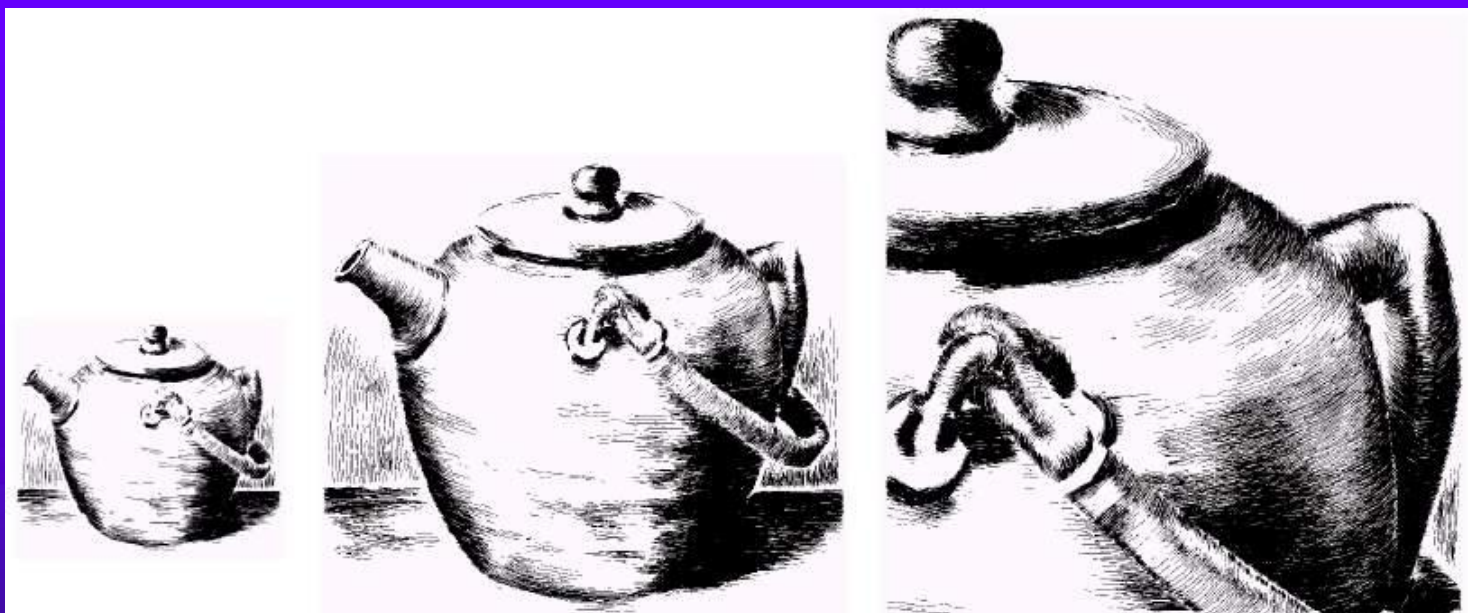
钢笔素描的生成

- 钢笔素描产生于中世纪，从19世纪开始成为一门艺术20世纪90年代开始研究用计算机模拟

中国国画与书法的生成



Georges Winkenbach绘制的壶和碗
(Siggraph'96)



Salisbury绘制的茶壶(Siggraph'97)



Salisbury绘制的熊(Siggraph'97)



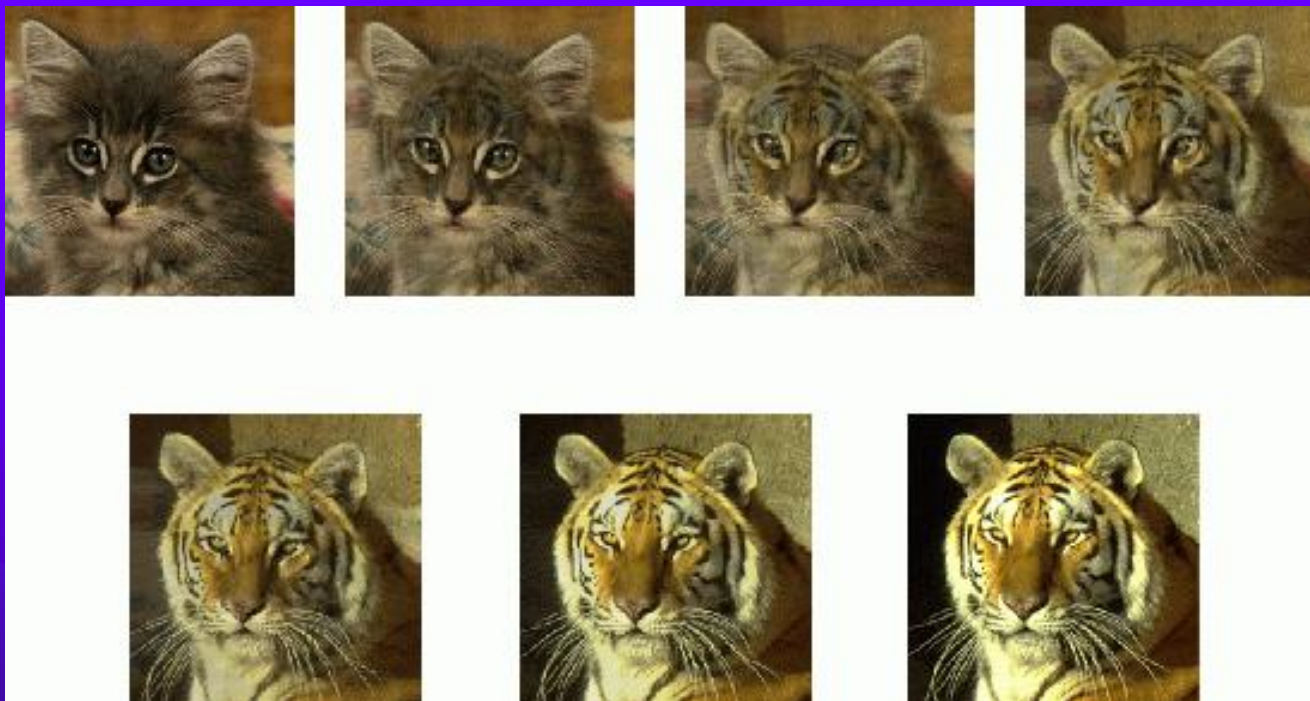
Oliver Deussen绘制的素描树
(Siggraph'2000)

与计算机网络技术的紧密结合研究

- 远程医疗与诊断
- 远程导航与维修
- 远程教育

计算机动画

- 计算机动画近十多年来取得了很大的发展，已渗透到人们生活的各个角落
 - 商业、影视特技、娱乐、教育、军事、飞行模拟。
- 分类
 - 二维动画（图像变形，形状混合）
 - 三维动画：
 - 关键帧动画
 - 变形物体的动画
 - 过程动画
 - 关节动画与人体动画



基于特征的图彖变形（猫变虎）

《咪咪钓鱼》

我国第一部利用计算机辅助摄制的动画片。1991年由北方工业大学和北京电视台合作制作，以二维动画为主。用386微机和C语言编程，利用数字化仪和摄象机产生关键帧，再由计算机在相邻两幅关键帧之间内插生成中间帧，并自动跟踪上色。多层画面叠加在一起，形成完整的画面。10分钟的片子，5人小组花了10个月时间。

我国的计算机动画技术起步较晚。1990年的第11届亚洲运动会上，首次采用了计算机三维动画技术来制作有关的电视节目片头。

2006年由环球数码制作了中国第一部3D动画电影《魔比斯环》



中国第一部3D动画电影《魔比斯环》

人机界面 (HCI)

- 用户接口界面是人们使用计算机的第一观感。一个友好的图形化的用户界面能够大大提高软件的易用性
- 图形学已经全面融入计算机的方方面面，很多软件几乎可以不看任何说明书，而根据它的图形、或动画界面的指示进行操作

- 目前几个大的软件公司都在研究下一代用户界面，开发面向主流应用的、自然、高效多通道的用户界面。研究多通道语义模型、多通道整合算法及其软件结构和界面范式是当前用户界面和接口方面研究的主流方向，而图形学在其中起主导作用。

计算机艺术

– 用计算机软件从事艺术创作

- 二维平面的画笔程序（如CorelDraw, Photoshop, PaintShop）
- 图表绘制软件（如Visio）
- 三维建模和渲染软件包（如3DMAX, Maya）、以及一些专门生成动画的软件（如Alias, Softimage）



- 优点:

- 提供多种风格的画笔画刷
- 提供多种多样的纹理贴图，甚至能对图象进行雾化，变形等操作
- 可以任意修改，取消败笔

- 不足:

- 无法达到传统绘画中风格化的 艺术效果
- 很难得到有素描效果、油画效果的艺术品

发展趋势

- ◆ (1) 与图形硬件的发展紧密结合，突破实时高真实感、高分辨率渲染的技术难点
- ◆ ---图形渲染是整个图形学发展的核心
- ◆ ---一帧精美的高清分辨率图像，单机渲染往往需要耗费数小时至数十小时
- ◆ ---传统方法主要采用分布式系统，即使这样，也需要使用上千台计算机，耗费数月时间才能完成一部标准90分钟长度的影片渲染。
- ◆ ---采用GPU技术可以充分利用计算指令和数据的并行性，已可在单个工作站上实现百倍于基于CPU方法的渲染速度。

- ◆ (2) 研究和谐自然的三维模型建模方法
- ◆ ---三维模型建模方法是计算机图形学的重要基础
- ◆ ---由于笔式或草图交互方式，非常符合人类原有日常生活中的思考习惯，是研究的重点问题。

- ◆ (3) 利用日益增长的计算性能，实现具有高度物理真实的动态仿真
- ◆ 一高度物理真实感的动态模拟，包括对各种形变、水、气、云、烟雾、燃烧、爆炸、撕裂、老化等物理现象的真实模拟

- ◆ (4) 研究多种高精度数据获取与处理技术，增强图形技术的表现

- ◆ (5) 计算机图形学与图像视频处理技术的结合
- ◆ ---实现基于图像三维建模，以及直接基于视频和图像数据来生成动画序列。

- ◆ (6) 从追求绝对的真实感向追求与强调图形的表意性转变
- ◆ ---人们创造和生成图片的终极目的不仅仅是展现真实的世界，更重要的是表达所需要传达的信息。

本章小结

- ◆ 1、基本概念：图形图像、其表示方法、计算机图形学与其他学科之间的关系等。
- ◆ 2、发展历史以及相关的图形标准
- ◆ 3、计算机图形学的应用领域、各个领域的研究前沿。

课后作业

1. 图形硬件设备主要包括哪些？请按类别举出典型的物理设备？

图形输入设备：鼠标、光笔、触摸屏和坐标数字化仪，以及图形扫描仪等。

图形显示设备：CRT、液晶显示器（LCD）等。

图形绘制设备：打印机、绘图仪等。

图形处理器：GPU（图形处理单元）、图形加速卡等等。

2. 什么是图形软件标准，为什么要制定图形软件标准？

- 图形软件标准通常是指图形系统及其相关应用系统中各界面之间进行数据传送和通信的接口标准，另外还有供图形应用程序调用的子程序功能及其格式标准。
- 为了提高计算机图形软件、计算机图形的应用软件以及相关软件的编程人员在不同计算机和图形设备之间的可移植性。

3. 名词解释：图形、点阵法、参数法
4. 图形包括哪两方面的要素，在计算机中如何表示它们？
5. 试列举出几种图形学的软件标准？