



计算机图形学理论和应用

讲 授：董兰芳

研究方向：科学计算可视化(Computing and Visualization)

智能图像处理与分析

(Intelligent Image Processing and Analysis)

计算机动画 (Computer Animation)

Email: lfdong@ustc.edu.cn

中国科学技术大学

视觉计算与可视化实验室

(Vision Computing and Visualization Laboratory)

课程QQ群： 706514213





教材或参考书

● 主要参考资料

➤ 课程PPT

➤ 计算机图形学（第四版） (Computer Graphics with OpenGL Third Edition)

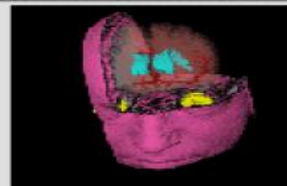
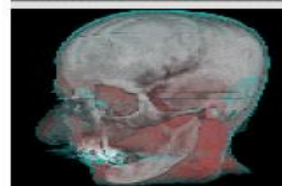
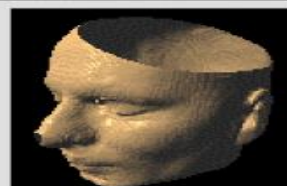
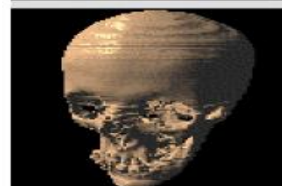
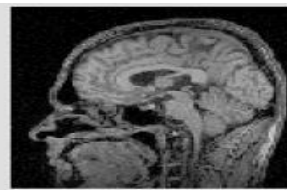
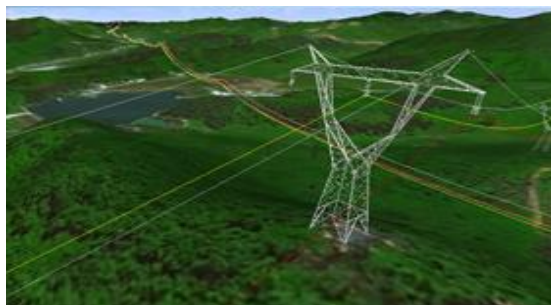
电子工业出版社

Donald Hearn M.Pauline Baker 著
蔡士杰 吴春镭 孙正兴 等译蔡士杰审校





绪 论





绪 论

- **定义：计算机图形学（Computer Graphics）是研究怎样利用计算机来显示、生成和处理图形的原理、方法和技术的一门学科。**



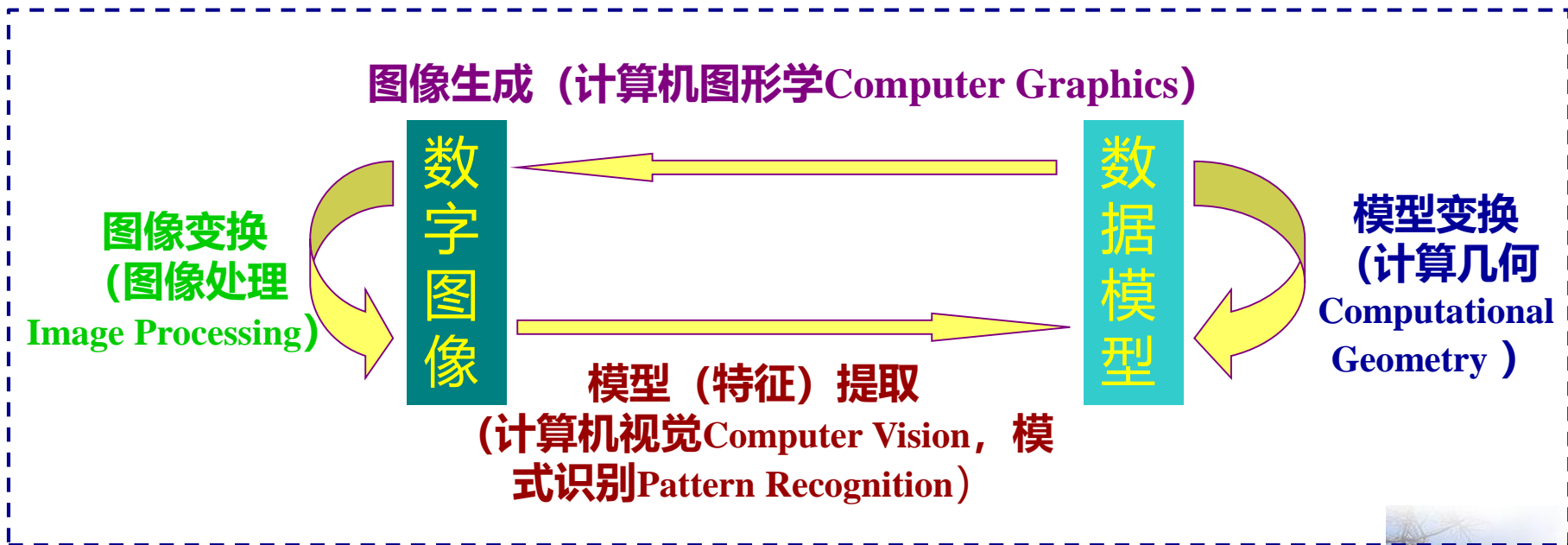
- **IEEE定义：Computer graphics is the art or science of producing graphical images with the aid of computer**





绪 论

❖ 学科关系



发展特点: 交叉、界线模糊、相互渗透

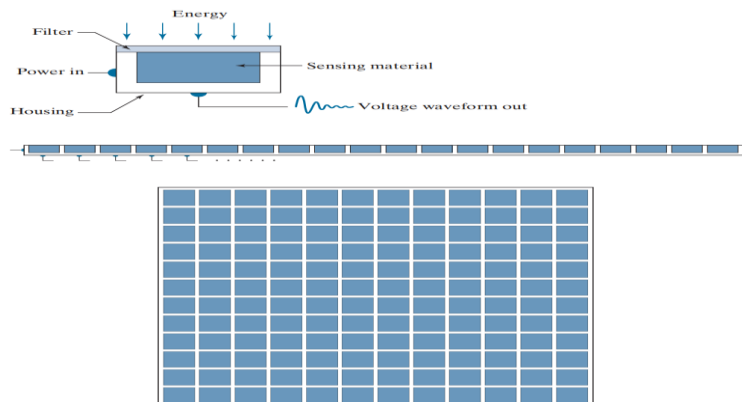




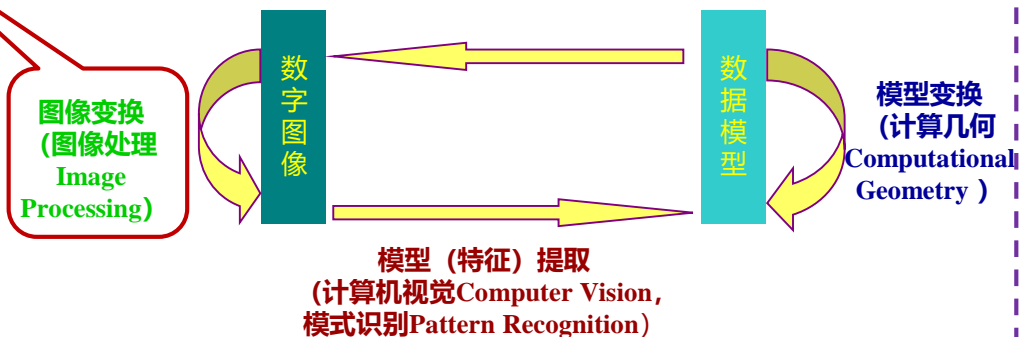
绪论

❖ 学科关系 (数字图像处理)

- 对一幅连续图像取样、量化以产生数字图像。
- 变换数字图像以方便处理
- 滤去图像中的无用噪声。
- 压缩图像数据以便存储和传输
- 图像边缘提取,特征增强和提取



图像生成 (计算机图形学Computer Graphics)



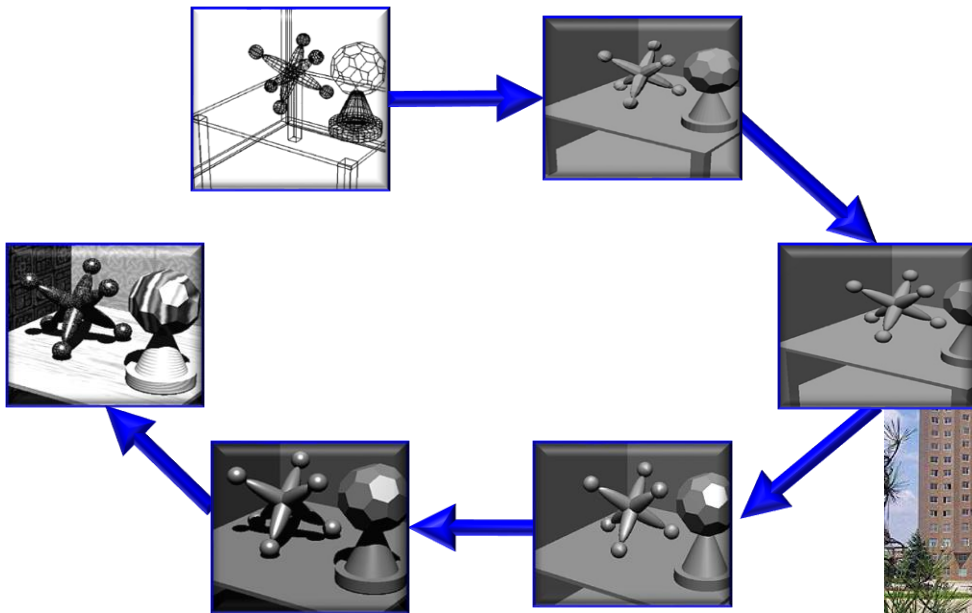
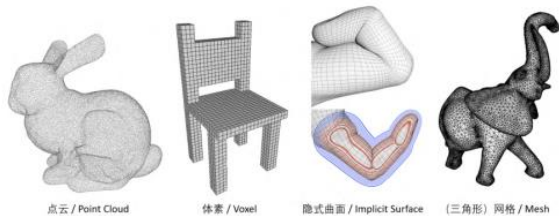
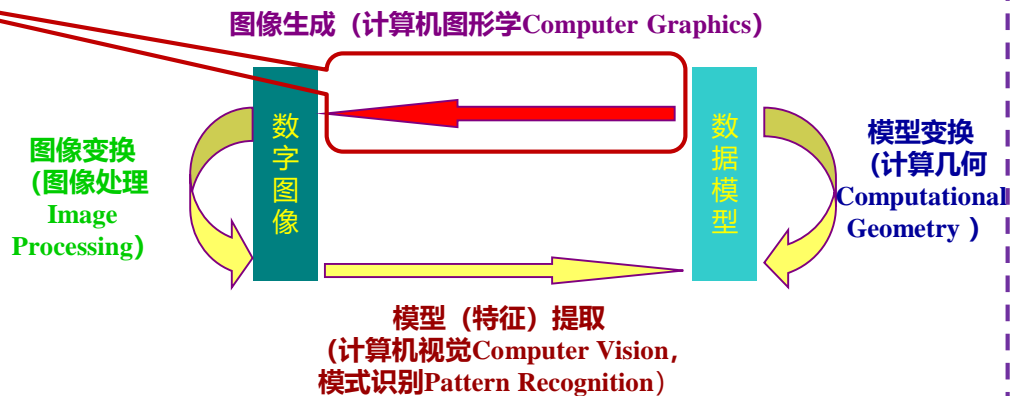
图像变形(Image Warping)
(视觉计算与可视化实验室@USTC)



绪论

❖ 从图形到图像

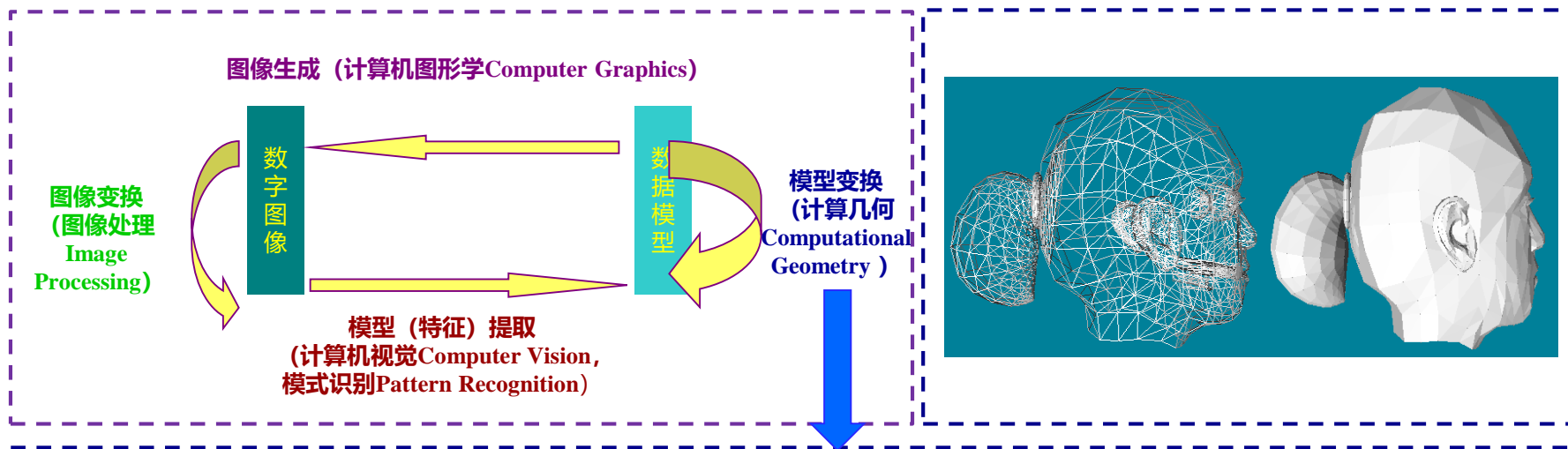
计算机图形学



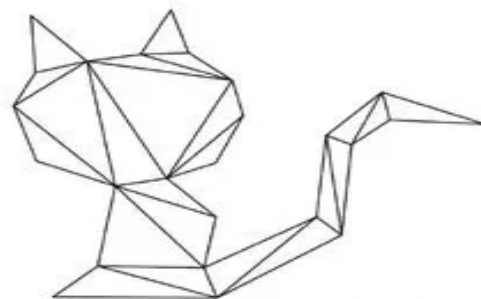


绪论

❖ 学科关系 (计算几何)



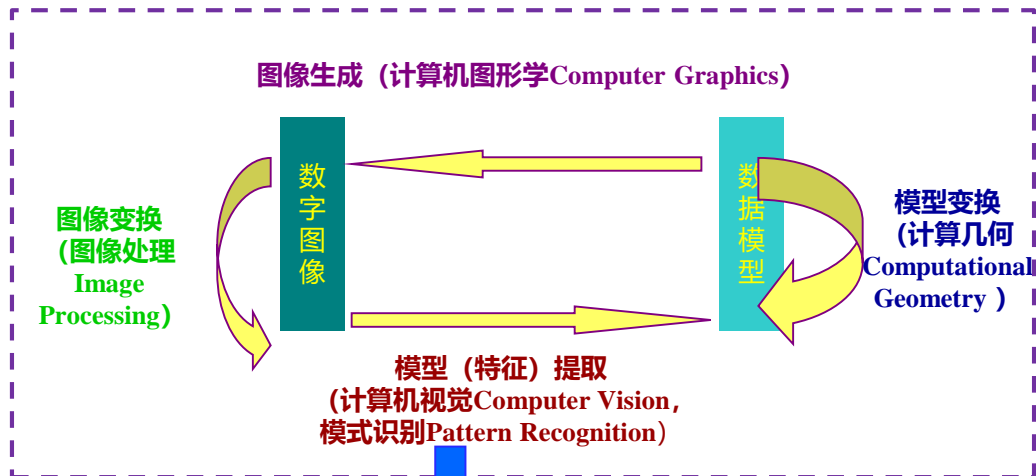
- 研究几何形体在计算机中的表示
- 分析、研究
 - 建立几何形体的数学模型
 - 提供高效算法
 - 模型的存储和管理
- 曲线、曲面的表示、生成、拼接、数据拟合



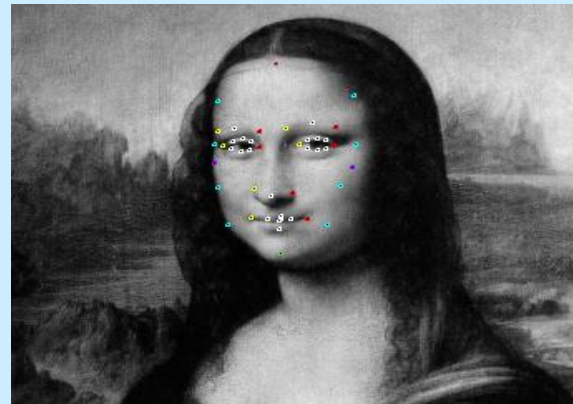


绪论

❖ 学科关系 (模式识别)



- **分析和识别输入的图像并从中提取二维或三维的数据**
- **模型 (特征)。例如手写体识别、机器视觉。**



人脸特征点定位和动画



原图像与重构图像



计算机图形学综述

- ❖ 1 研究内容
- ❖ 2 发展历史
- ❖ 3 计算机图形学的应用
- ❖ 4 当前研究动态

Contents 目录





1 研究内容

- ❖ 图形系统的主要任务
- ❖ 图形的概念
- ❖ 图形要素
- ❖ 图形表示法
- ❖ 图形研究内容
- ❖ 图形研究的例子
- ❖ 和相关学科的关系

Contents 研究内容





1 研究内容

❖ 图形系统的主要任务

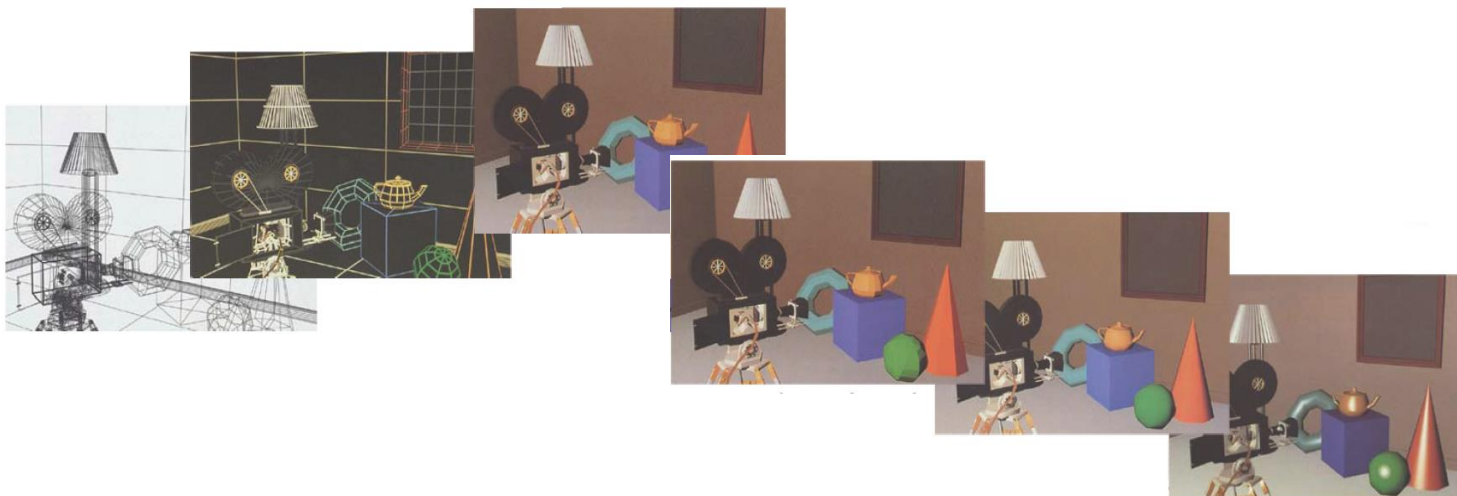
● 利用计算机来显示、生成和处理图形。

➤ 建模(Modeling)

➤ 几何处理(Geometric Processing)

➤ 光栅化(Rasterization)

➤ 片元处理(Fragment Processing)



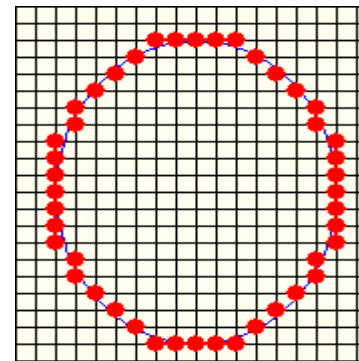


1 研究内容

❖ 图形表示法

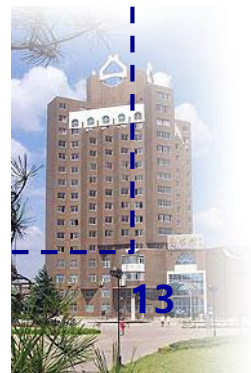
● 点阵表示

➤ 枚举出图形中所有的点,简称为**图像**
(Image)



● 参数表示

➤ 由图形的形状参数(方程或分析表达式的系数,线段的端点坐标等)+属性参数(颜色、线型等)来表示,简称为**图形**(Graphics)





1 研究内容

- 交互式计算机图形处理系统组成
- 图形输入、输出设备以及图形显示原理
- 基本图形生成算法
- 图形变换与裁剪算法
- 自由曲线和曲面
- 三维实体造型
- 真实感图形显示技术
- 色彩科学的基本理论
- 计算机动画
- 科学计算可视化
- 图形处理的高性能算法
- 交互式三维实时真实感图形显示
- 虚拟现实技术

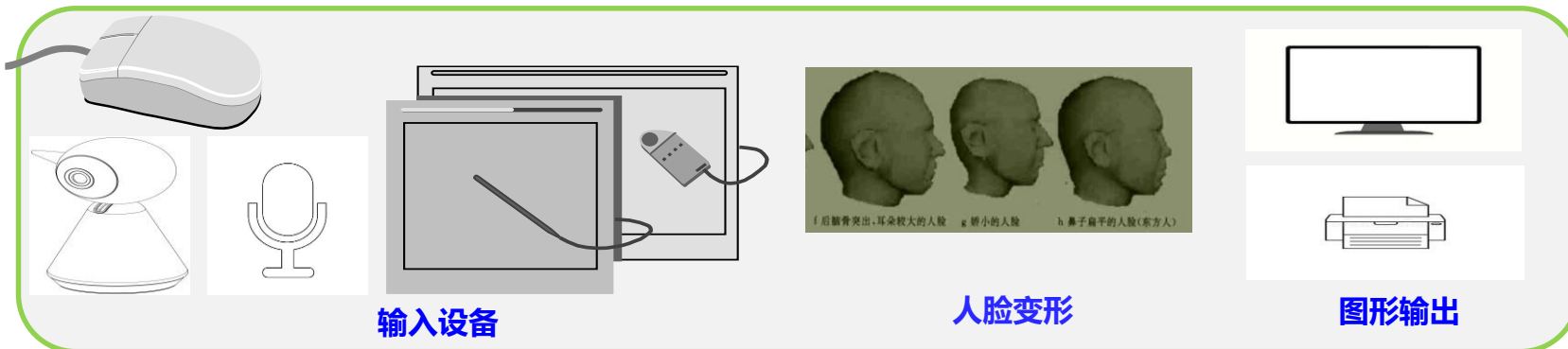




研究内容

❖ 图形研究的例子

- **图形的输入：**如何开发利用图形输入设备及软件将图形输入到计算机中去，以便作各种处理。



- **图形的处理：**

几何变换：平移,缩放,旋转，投影变换：平行投影,透视投影
运算（集合运算）交,并,差..., 着色，形变.....

- **图形的输出：**将图形特定的表示形式转换成图形输出系统便于接受的表示形式，并将图形在显示屏或打印机等输出设备上输出。





计算机图形学综述

❖ 研究内容

❖ 发展历史

❖ 计算机图形学的应用

❖ 当前研究动态

Contents 目录





2 发展历史

❖ 历史追溯

❖ 硬件发展

- 图形显示器的发展
- 图形输入设备的发展

❖ 图形软件及软件标准的发展

History
发展历史





2 发展历史

历史追溯

1950	MIT, 旋风一号(Whirlwind I)计算机图形显示器, 类似于示波器的CRT来显示简单图形。--CRT的出现为计算机生成和显示图形提供了可能
50年代末	MIT林肯实验室, 在Whirlwind上开发SAGE空中防御系统, 通过光笔在屏幕上指点与系统交互。--标志着交互式图形技术的生诞
62年	MIT林肯实验室Ivan.E.Sutherland的博士论文: Sketchpad: 一个人机通信的图形系统。该系统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...)
60年代	MIT、Bell Lab、通用汽车公司、剑桥大学开展大规模的研究
70年代	70年代进入技术实用化
80年代	80年代初, 图形硬件设备十分昂贵, 且基于图形的应用相对较少
90年代	计算机图形学广泛应用。设计、游戏、动画.....
00年代	GPU、3D渲染
10年代	多阶段图像生成
20年代	元宇宙???





2 发展历史

❖ 硬件发展-显示设备

● 图形显示器是计算机图形学中关键的设备

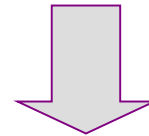
- 60年代中期：画线显示器（亦称矢量显示器）

需要刷新。设备昂贵，限制普及。

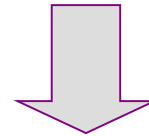
- 60年代后期：存储管式显示器
不需刷新，价格较低，缺点是不具有动态修改图形功能，不适合交互式。

- 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。

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

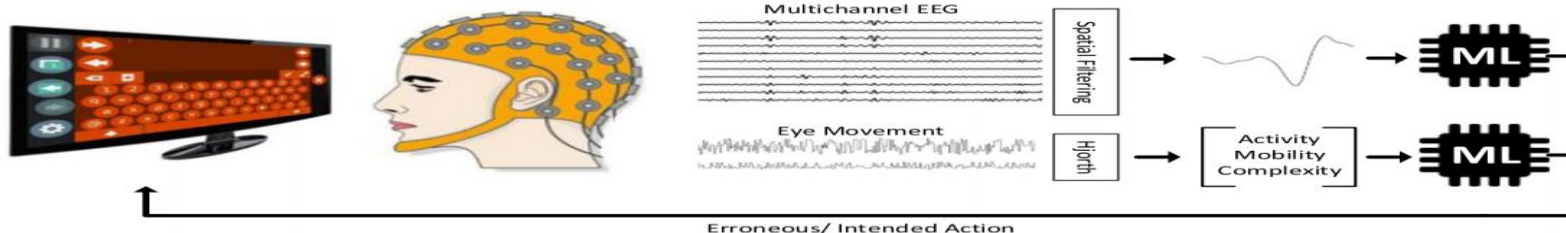




2 发展历史

❖ 硬件发展-输入设备

- 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、数据头盔），用户的手势、表情等等
- 第五阶段：用户的思维





2 发展历史

❖ 软件发展及软件标准

● 三种类型的计算机图形软件系统：

➤ 用某种语言写成的子程序包，GKS、PHIGS、GL
便于移植和推广、但执行速度相对较慢，效率低

➤ 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。

简练、紧凑、执行速度快，但不可移植

● 三种类型的计算机图形软件系统（续）：

➤ 专用图形系统：效率高，但系统开发量大，可移植性差。

● 发展历程 诸侯割据 → 标准讨论 → 标准形成

● 通用标准 GKS、PHIGS

● 事实标准 DirectX (MS)、Xlib(X-Window系统)、OpenGL(SGI)
Adobe公司Postscript

● Unity3D,UE等





计算机图形学综述

研究内容

发展历史

计算机图形学的应用

当前研究动态

Contents

目录





3 计算机图形学的应用

- ❖ 图形用户界面
- ❖ CAD/CAM
- ❖ 科学计算可视化
- ❖ 事务管理
- ❖ 地理信息系统
- ❖ 多媒体
- ❖ 娱乐
- ❖ 计算机艺术
- ❖ 虚拟现实

Application

计算机图形学的应用





3 计算机图形学的应用

❖ 图形用户界面(Graphical User Interface, GUI)

介于人与计算机之间、人与机器的通信。

● 发展过程：

- 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
- 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
- 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）

● 由计算机发展决定：

科学计算型→无处不在的计算机，人机融合，提高交互效率。





3 计算机图形学的应用

❖ CAD/CAM (Computer-aided Design/ Computer-aided Manufacturing)

● 是图形学的主要应用领域之一。

➤ 建筑、机械结构和产品设计（结构分析和外形设计）、
布局（各种管道，电子线路）

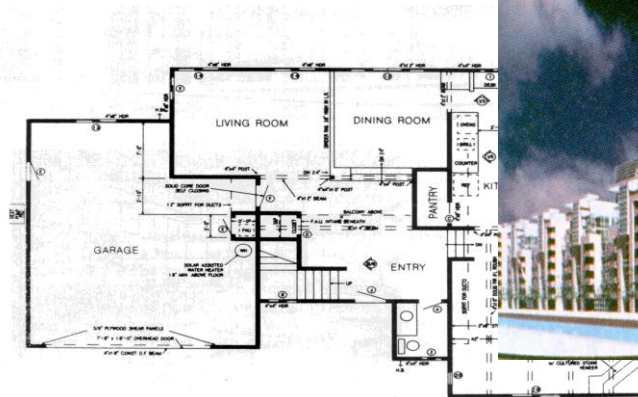
➤ 无纸设计。

➤ 产品：

➤ AutoCAD

Pro/E

SolidWorks....





3 计算机图形学的应用

❖ 可视化 (Visualization)

● 科学计算可视化(Scientific Visualization):为科学计算工程、生物、医药等领域的数据或过程生成图形表示。

➤ 必要性：直接分析大量的测量数据或统计数据有困难。

➤ 目标：用图形表现抽象的数据。

➤ 应用领域：医学、遥感、流场、气象、核爆模拟、有限元分析.....

➤

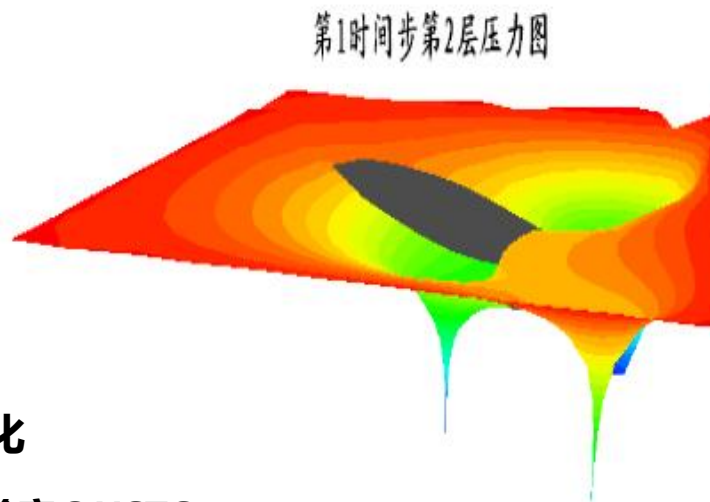
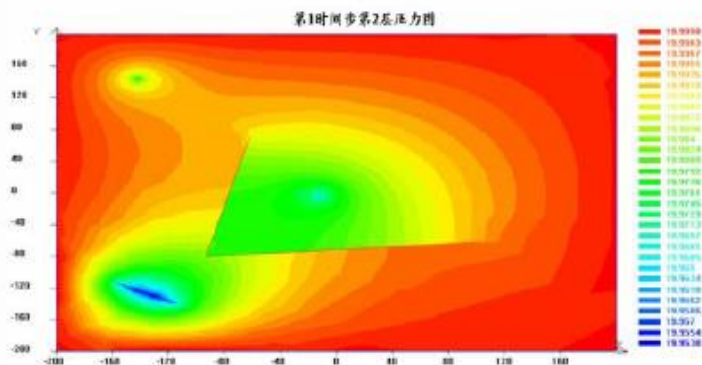
● 信息可视化：信息流量、商业统计数据、股市行情.....





3 计算机图形学的应用

❖ 科学计算可视化

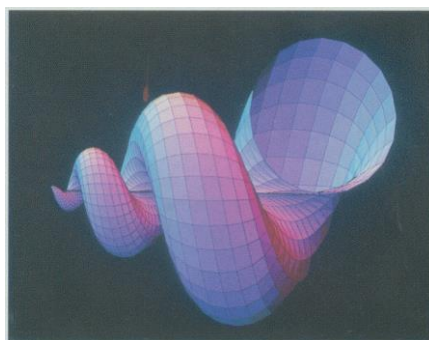


工程数据可视化

(视觉计算与可视化实验室@USTC)



曲线函数



三维函数



水量值可视化

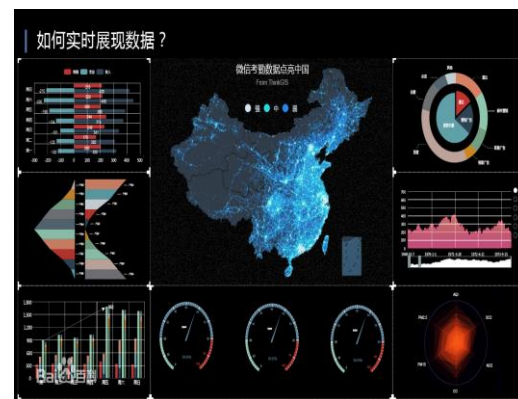
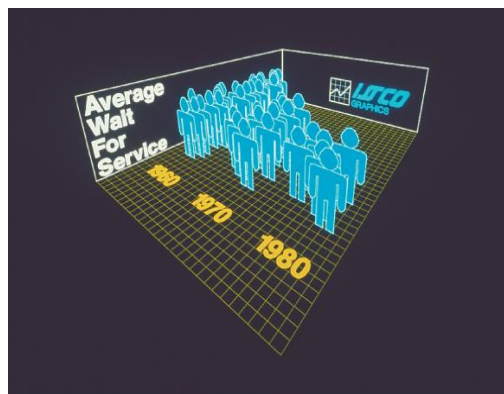
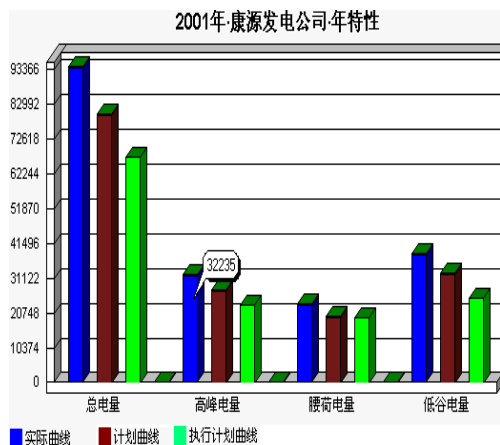




3 计算机图形学的应用

事务管理

绘制事务管理中的各种图形也是计算机图形学技术应用得最为广泛的领域之一。





3 计算机图形学的应用

❖ 地理信息系统 (GIS)

- 建立在地理图形之上的关于各种资源的综合信息管理系统。
- **数字地球**，地形数据作为载体，(70%) 全球信息化。
- 军事，政府决策，旅游，资源调查。

❖ 多媒体 (Multimedia)

- 计算机处理的常见媒体：文本、图形、图像、语音、音频、视频、动画。
- 在计算机控制下，对多种媒体信息进行生成、操作、表现、存储、通信、或集成的信息系统。
- 特点：媒体的多样性、操作的交互性、系统的集成性。
- CAI，教学娱乐。





3 计算机图形学的应用

❖ 娱乐 (entertainment)

- 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)
- 3D-MAX、SOFTIMAGE、MAYA, ...
- 电影 泰坦尼克号





3 计算机图形学的应用

❖ 计算机艺术 (Computer Art)

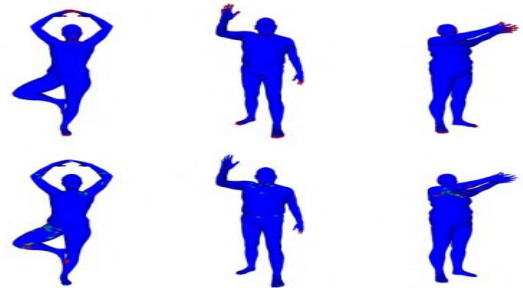
- 广泛地应用于美术和商务艺术中。

- Coreldraw, Photoshop

- 分形艺术

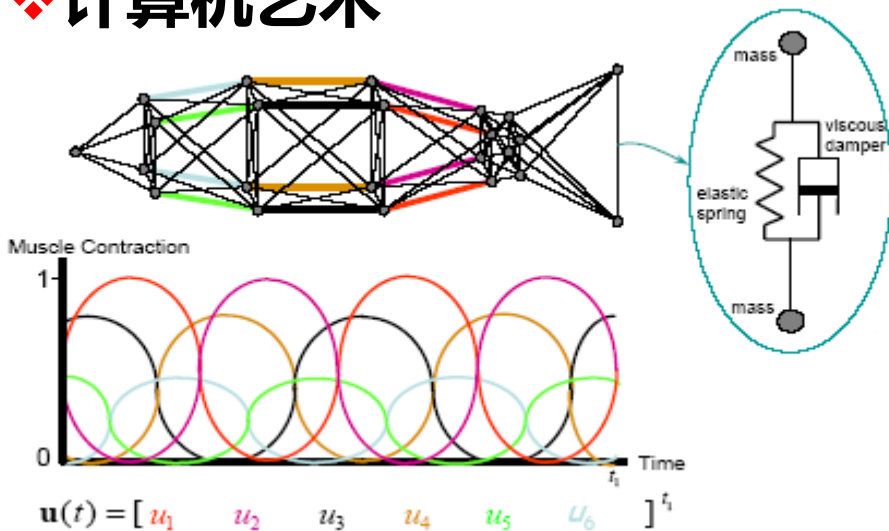
- 相片真实感模拟与自然媒体仿真技术

- 计算机动画



3 计算机图形学的应用

❖ 计算机艺术



Georges Winkenbach绘制的壶和碗

Salisbury绘制的熊



3 计算机图形学的应用

❖ 虚拟现实(Virtual Reality简称VR)

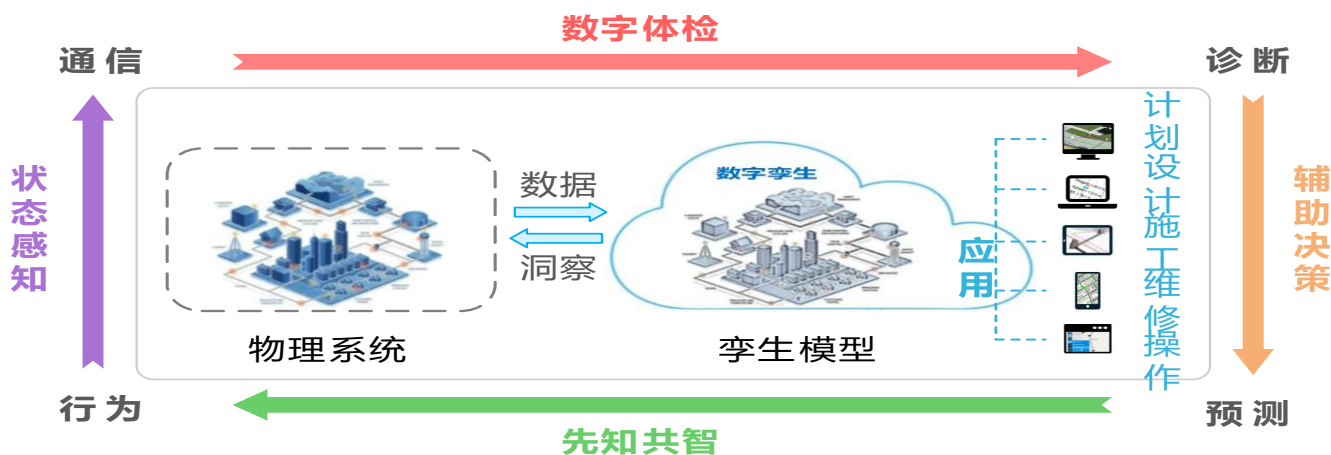
- **虚拟现实**或称虚拟环境 (Virtual Environment)
- 是用计算机技术来生成一个逼真的三维视觉、听觉、或嗅觉等感觉世界，让用户可以从自己的视点出发，利用自然的技能和某些设备对这一生成的虚拟世界客体进行浏览和交互考察。





3 计算机图形学的应用

- 数字孪生 利用物理模型、传感器更新、运行历史等数据，集成多学科、多物理量、多尺度、多概率的仿真过程，在虚拟空间中完成映射，从而反映相对应的实体装备的全生命周期过程。数字孪生是一种超越现实的概念，可以被视为一个或多个重要的、彼此依赖的装备系统的数字映射系统。元宇宙 是人类运用数字技术构建的，由现实世界映射或超越现实世界，可与现实世界交互的虚拟世界，具备新型社会体系数字生活空间





计算机图形学综述

- 1 研究内容
- 2 发展历史
- 3 计算机图形学的应用
- 4 当前研究动态

Contents 目录

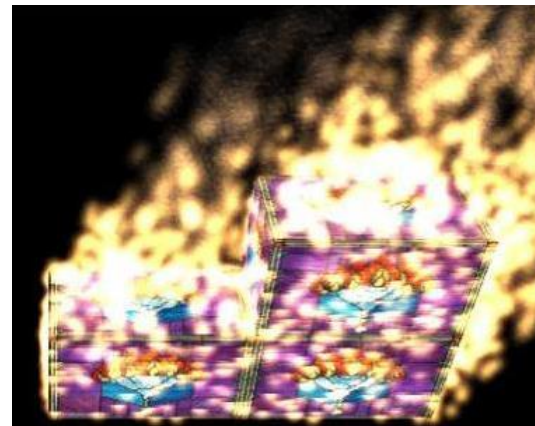




4 当前的研究动态

❖ 造型技术

- 规则形体：欧氏几何方法
- 不规则形体：
 - 分形几何方法
 - 粒子系统
 - 纹理映射



用粒子系统建立的火
(视觉计算与可视化实验室@USTC)



无边无际的水
(视觉计算与可视化实验室@USTC)





4 当前的研究动态

- **造型技术 (续)**
 - 实体造型
 - 基于物理的造型
 - 基于图像的造型
- **真实感图形绘制技术**
 - 光照明模型
 - 绘制算法
 - 快速算法
 - 基于图像的绘制
- **和图像与视频的结合**
- **人机交互技术**
- **与计算机网络技术的紧密结合**
 - 远程医疗与诊断
 - 远程导航与维修
 - 远程教育
- **数字孪生**
- **元宇宙**





总 结

0.1 研究内容

0.2 发展历史

0.3 计算机图形学的应用

0.4 当前研究动态

Contents
目录





课程信息

教学内容

- ❖ 学习二维、三维计算机图形学的基本原理和关键算法的实现。
- ❖ 学习图形软件包OpenGL的使用。
- ❖ 了解计算机图形学的应用领域。
- ❖ 学习科学计算机动画、数字孪生的原理及关键算法。

教学要求

- ❖ 掌握三维计算机图形学的关键算法
- ❖ 能够使用OpenGL进行图形编程。
- ❖ 实现一个图形应用系统。

考 核

- ❖ 点名 (10%)
- ❖ 上机、平时书面作业(20%)
- ❖ 期中考试 (30%)
- ❖ 课程设计(实验+报告40%)





计算机图形学原理和应用

谢谢

欢迎交流！

