

# 计算机图形学基础

---

主 讲：何云峰

华中科技大学计算机科学与技术学院

# 课程内容

---

- 绪论
- 图形设备
- 造型技术
- 基本图形生成算法
- 图形变换
- 曲线曲面基础
- 真实感图形绘制
- 图形编程技术

# 主要参考书目

---

- Donald Hearn, M. Pauline Baker 著，蔡士杰等译，计算机图形学（第四版），电子工业出版社，2014
- 孙家广，计算机图形学（第三版），清华大学出版社，1999
- 彭群生等，计算机图形学应用基础，科学出版社，2009
- John Kessenich 等著，OpenGL 编程指南（第9版），机械工业出版社

# 慕课资源

---

□ 华中科技大学，计算机图形学，万琳

# 课程考核

---

□ 课程报告

■ OpenGL程序设计

# 第一篇 绪论

---

- 计算机图形学的概念
- 计算机图形学研究对象
- 计算机图形学的应用与研究动态

# 计算机图形学的概念

---

- 计算机图形学（CG, 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。

# 计算机图形学研究的对象

---

通常的图形 { 几何图形、图片图像、图形实体  
方程、函数

- 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。



# 计算机图形学研究的对象

---

## □ 图形的要素

几何要素和非几何要素。

## □ 计算机图形学中所研究的图形

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。

# 图形的表示

- **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，并具有什么灰度或色彩。
- **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。
- 通常把参数法描述的图形叫做 **图形 (Graphics)**
- 把点阵法描述的图形叫做 **图象 (Image)**

# 与计算机图形学相关的学科

---

- *计算机图形学 (CG)* 试图从非图象形式的数据描述来生成（逼真的）图象。
- *数字图象处理 (Digital Image Processing)* 旨在对图象进行各种加工以改善图象的视觉效果。
- *计算机视觉 (Computer Vision)* 研究如何对输入的图像信息进行组织，对物体和场景进行识别，进而对图像内容给予解释

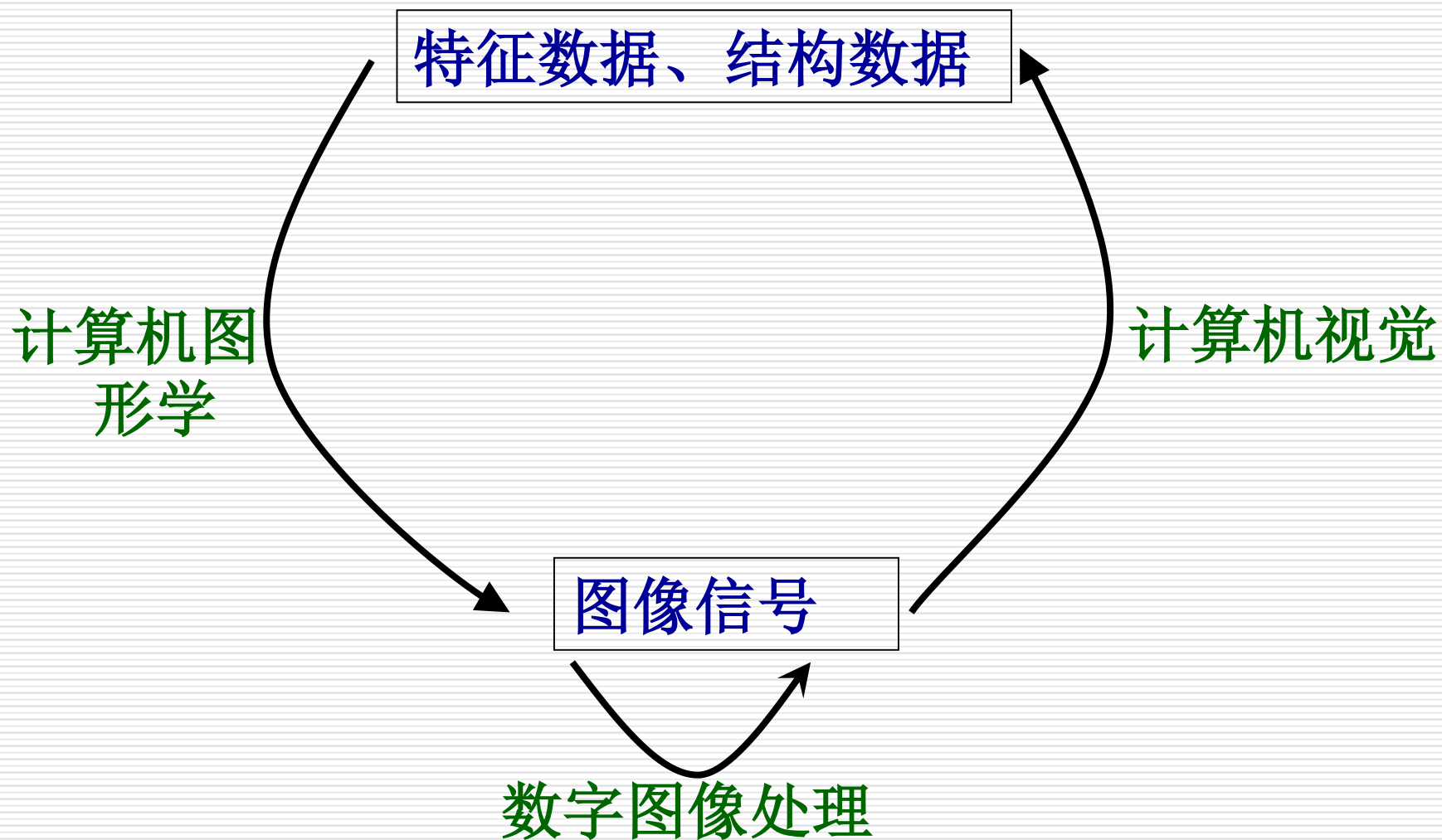


图1.1 图形图像处理各学科间的关系

# 计算机图形学的发展

---

- 计算机图形学的确立
- 图形硬件的发展
- 图形软件的发展

# 计算机图形学的确立

---

## □ 酝酿期（50年代）

- 1950年，美国麻省理工学院（MIT）的旋风1号（Whirlwind I）计算机配备了阴极射线管（CRT）来显示一些简单的图形。
- 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，MIT的林肯实验室在“旋风”计算机上开发SAGE空中防御体系

# 计算机图形学的确立

---

## □ 萌芽期（60年代）

- 1962年，美国MIT林肯实验室的Ivan. E. Sutherland发表了一篇题为“Sketchpad：一个人——机通信的图形系统”的博士论文，其中首次使用了“Computer Graphics”
- 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Steven 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

# 计算机图形学的确立

---

## □ 发展期（70年代）

- 计算机图形处理技术进入实用化阶段；
- 区域填充、裁剪、消隐等基本图形概念及相应算法诞生
- 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



# 计算机图形学的确立

---

## □ 发展期（70年代）

### ■ 实体造型技术

### ■ 图形软件的标准化

- 1974年，ACM SIGGRAPH的与“与机器无关的图形技术”的工作会议
- ACM成立图形标准化委员会，制定“核心图形系统”（Core Graphics System）
- ISO发布CGI、CGM、GKS、PHIGS

# 计算机图形学的确立

---

## □ 普及期（80年代）

- 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引入热辐射工程中的辐射度方法
- 出现了带有光栅图形显示器的个人计算机和工作站。

# 计算机图形学的确立

---

## □ 提高增强期（90年代）

- 标准化、集成化、智能化方向发展
- 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

# 图形硬件的发展

---

## □ 图形显示设备

60年代中期，随机扫描的显示器；

60年代后期，存储管式显示器；

70年代中期，光栅扫描的图形显示器。

目前正向着小型化、低电压、数字化方向发展。

## □ 图形硬拷贝设备

打印机

绘图仪

## □ 图形输入设备

二维图形输入设备

三维图形输入设备



# 图形软件的发展及软件标准的形成

---

## □ 图形软件的发展

开放式、高效率、标准化、集成化、智能化、学科交叉。

## □ 图形软件标准

与设备无关、与应用无关、具有较高性能。

- 近二十年中，国际标准化组织ISO已经批准和正在讨论的与计算机图形有关的标准有：

GKS、GKS-3D、PHIGS、CGM、CGI、IGES、STEP。

- 事实标准

SGI的OpenGL，微软的Direct X，Adobe的Postscript等。

# 计算机图形学的应用与研究动态

## □ 计算机辅助设计与制造（CAD/CAM）

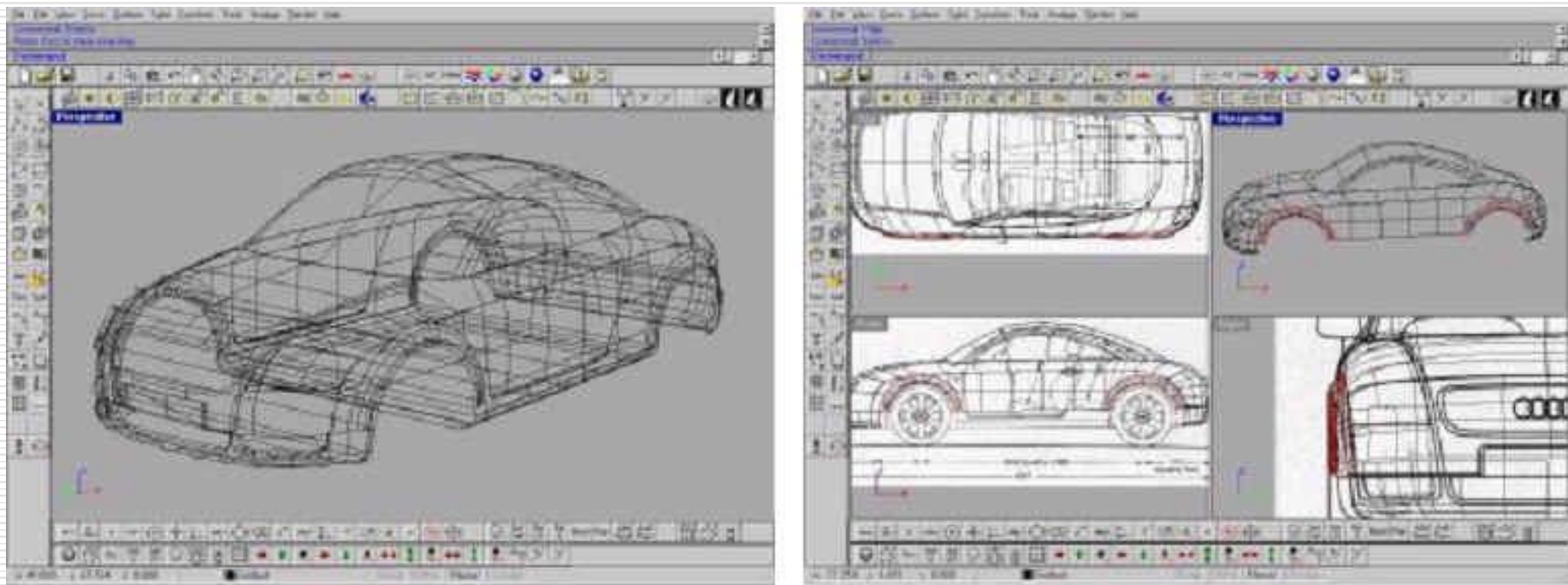
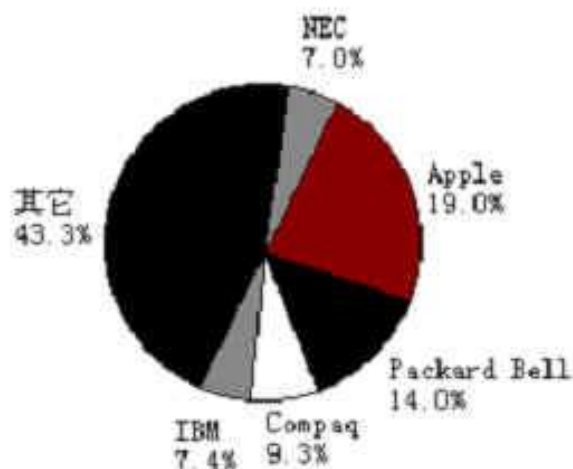


图1.2 汽车的CAD模型

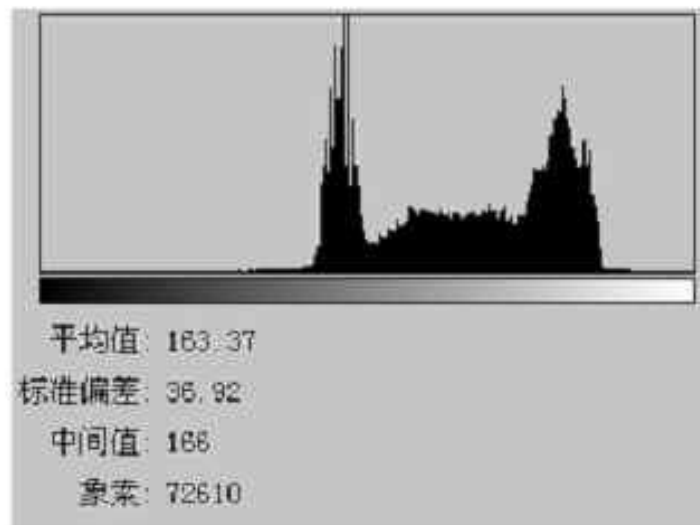


# 计算机图形学的应用与研究动态

## □ 计算机绘图



(a)



(b)

图1.4 计算机辅助绘图

# 计算机图形学的应用与研究动态



图1.5 大数据分析

# 计算机图形学的应用与研究动态

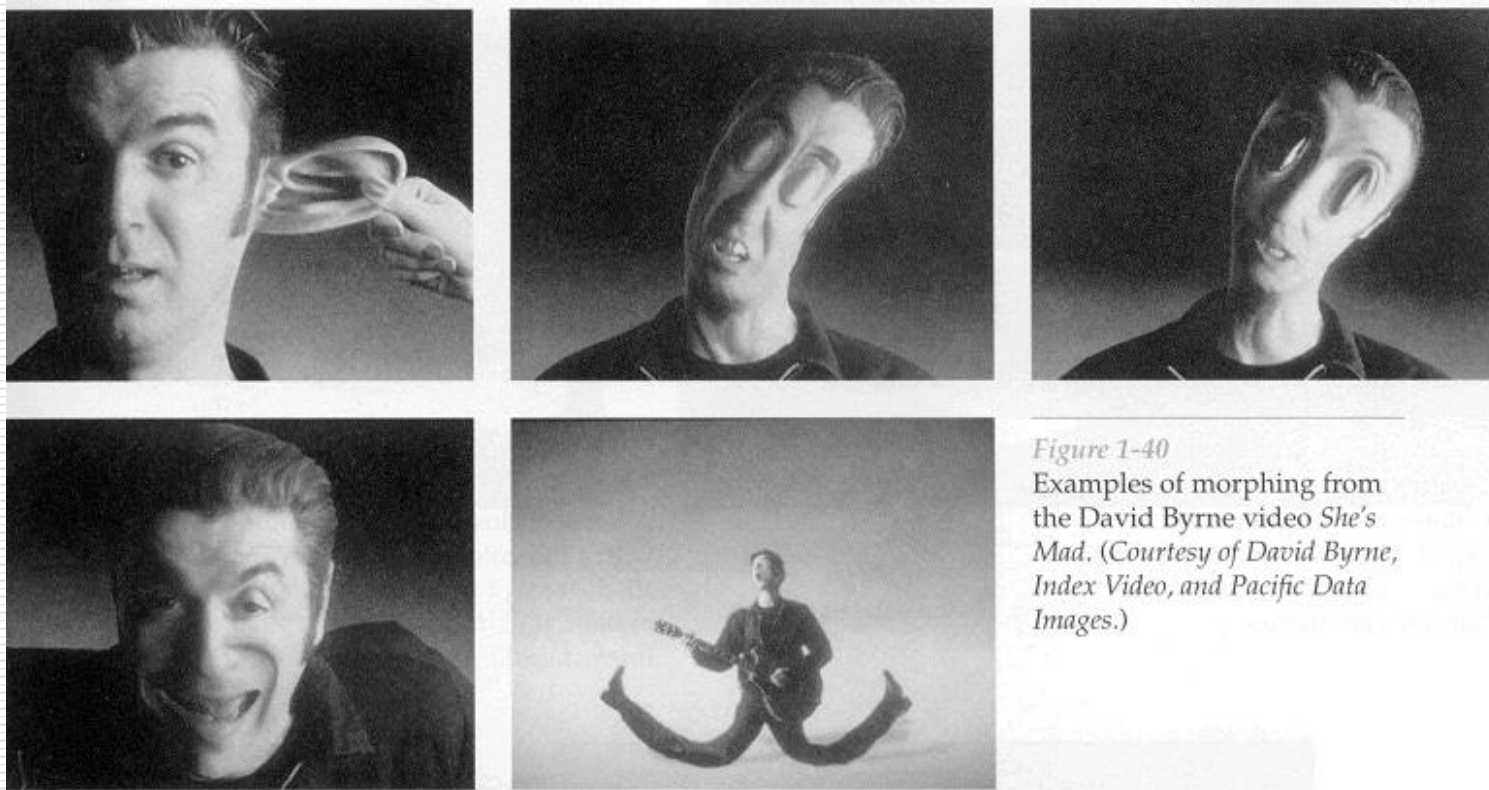


图1.6 计算机艺术

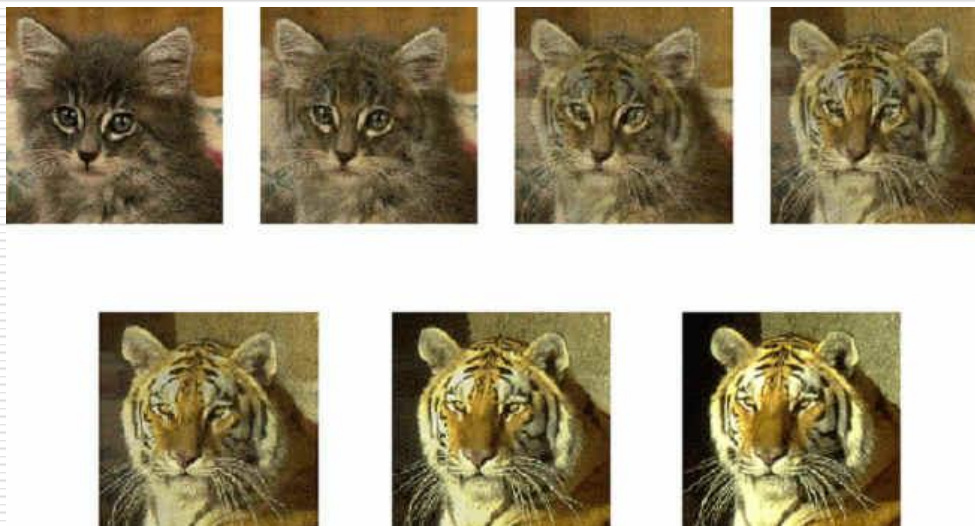


图1.7 计算机艺术II

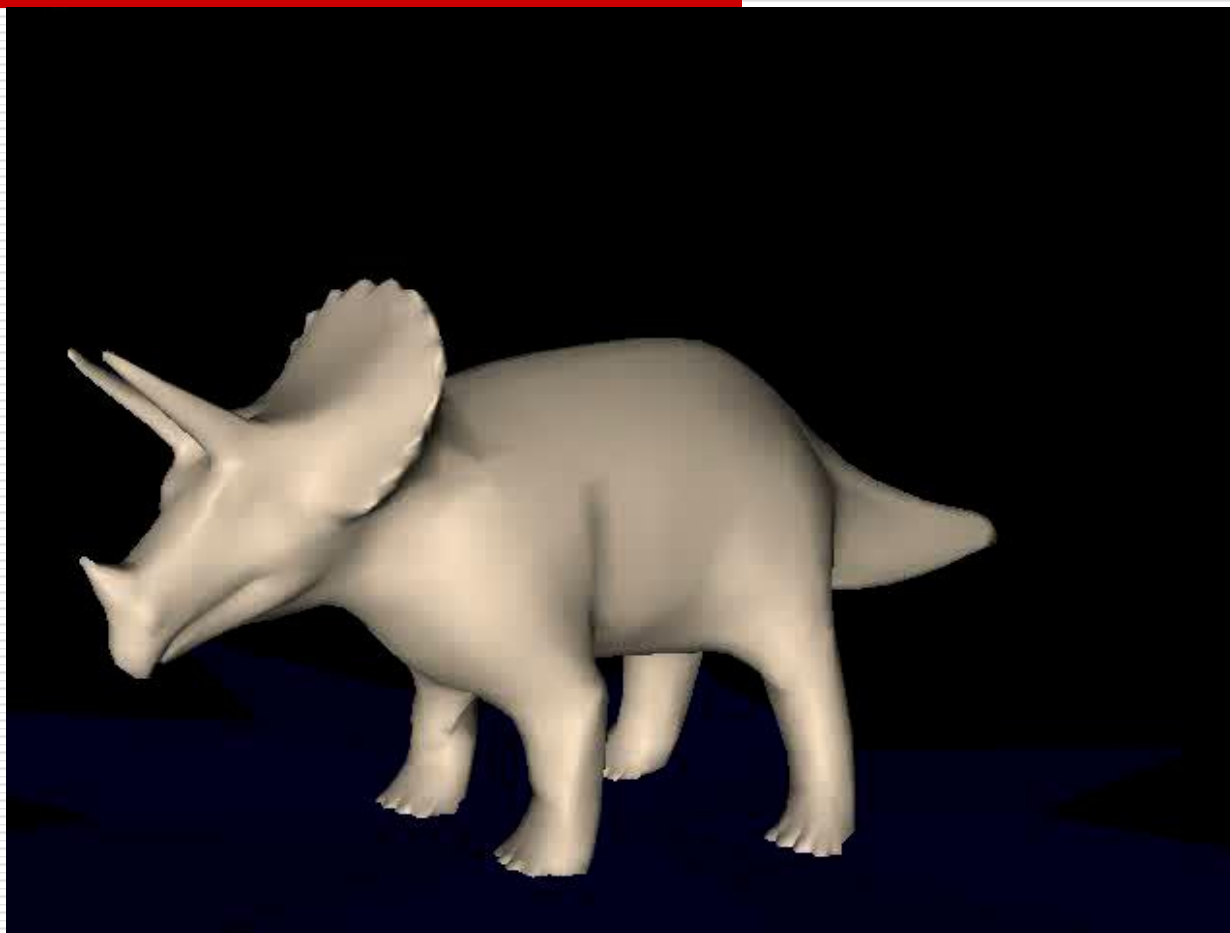


# 计算机动画

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



# 计算机动画



# 计算机动画

---

- ❑ 计算机动画是图形学和艺术相结合的产物
- ❑ **1993**年，电影《侏罗纪公园》采用计算机特技和动画技术制作的恐龙片段获得了该年度的奥斯卡最佳视觉效果奖
- ❑ **1996**年，世界上第一部完全用计算机动画制作的电影《玩具总动员》上映

# 计算机动画

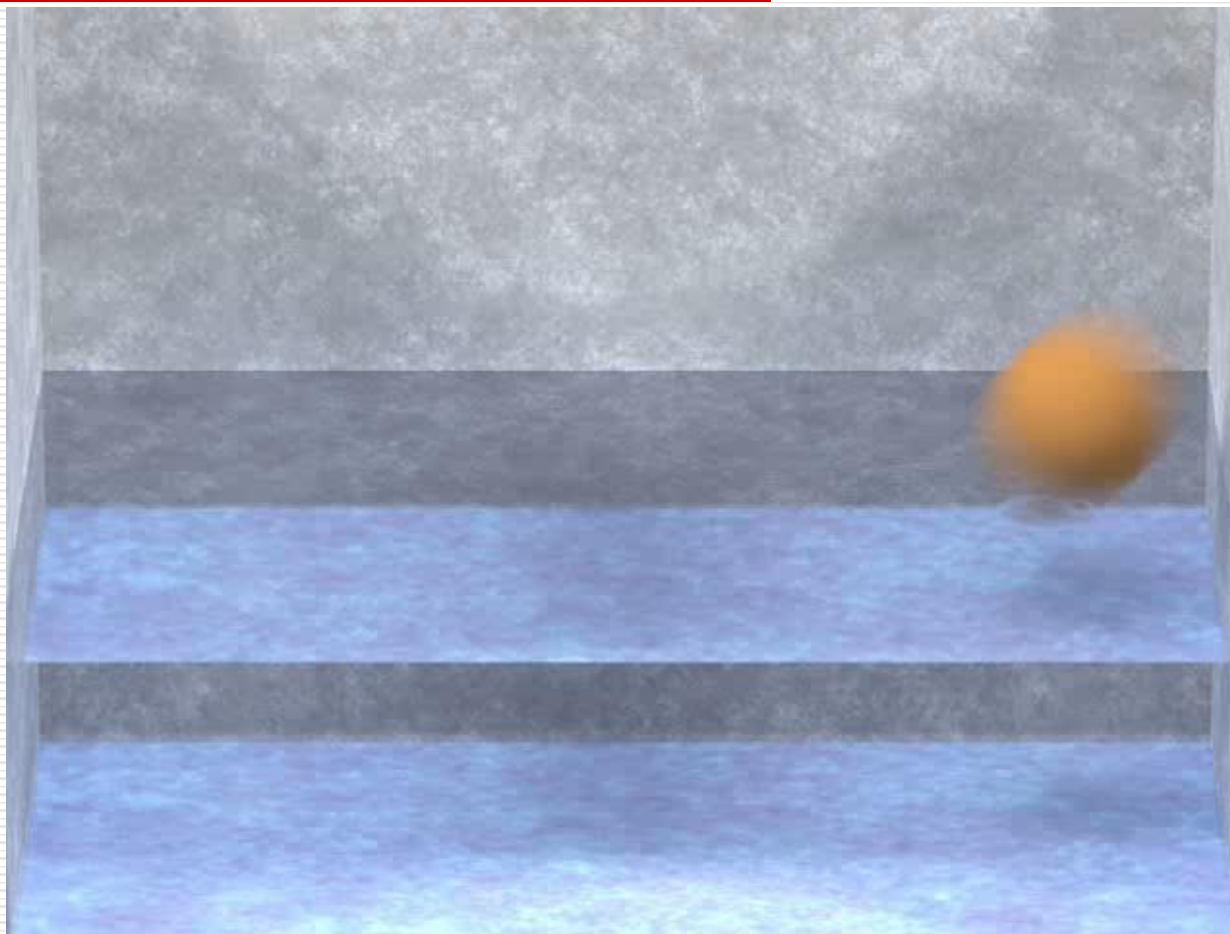
---

- 刚体动画
- 变形动画
- 运动动画（基于物理的动画）
- 粒子动画
- 关节动画
- 行为动画



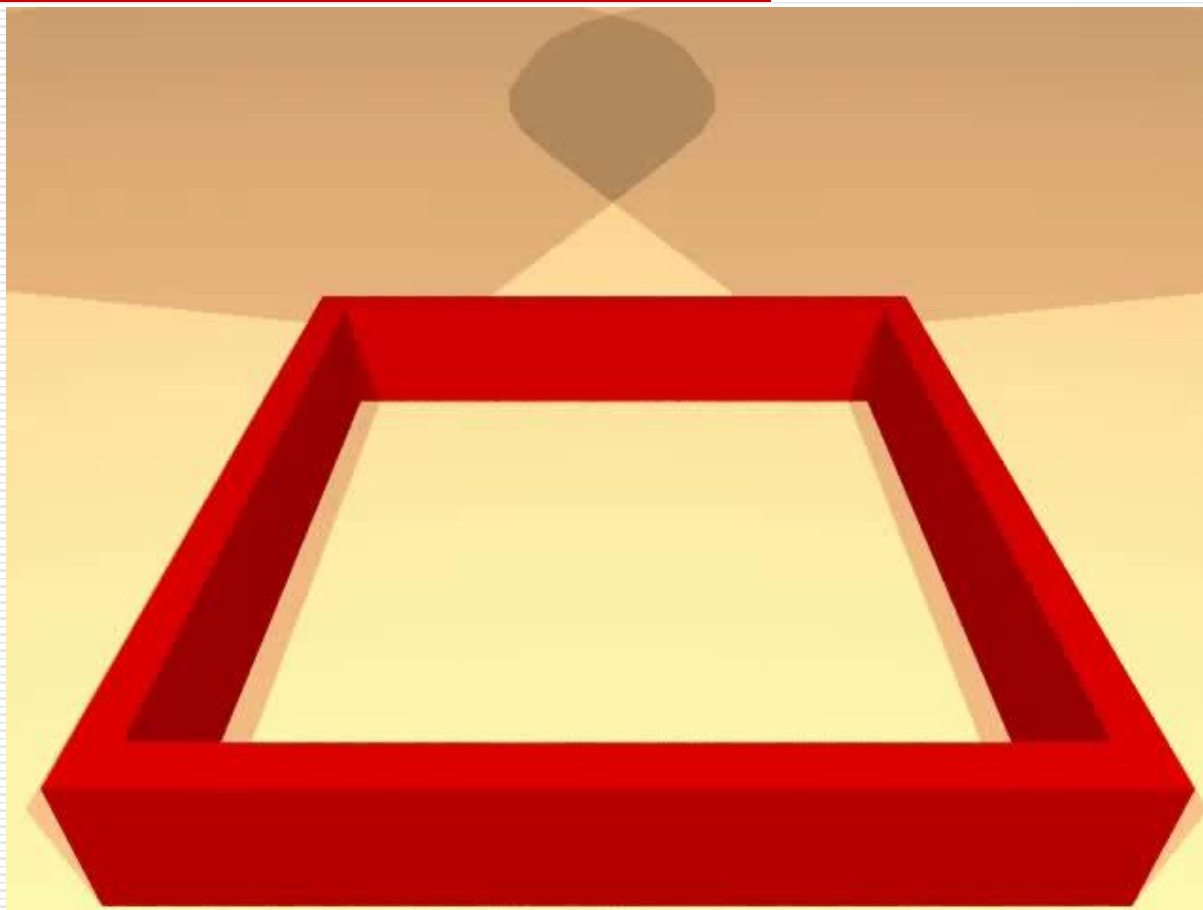
# 计算机动画

---



# 计算机动画

---



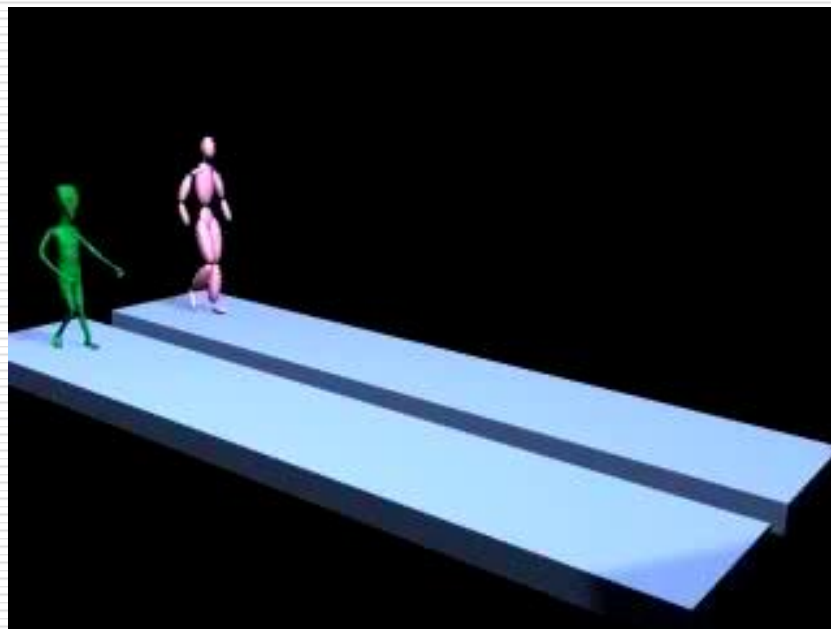
# 计算机动画

---



# 动画演示

---



# 计算机动画

---



# 计算机动画

---

- ❑ 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，电影。
- ❑ **MAYA, 3D-MAX, SOFTIMAGE...**

# 真实感图形显示

---

真实感图形的生成:

场景造型→

取景变换→

视域裁剪→

消除隐藏面→

可见面光亮度计算





图1.9 真实感场景



# 非真实感图形学

- ❑ **Non-Photorealistic Rendering**, 简称 **NPR**, 又称风格绘制 (**Stylistic Rendering**)
- ❑ 画面不具有照片真实感, 而呈现手绘风格。  
始于一九九〇年代



# 非真实感图形学

- 表现出艺术特质
- 像人类艺术作品一样，具有不同的风格、品味，也包含类似的缺陷或不完美之处
- 真实感图形的有效补充



# 非真实感图形学



# 虚拟 (Virtual – reality) 现实

---

由计算机生成的一个实时三维空间。用户在其间可以“自由”地运动，随意观察周围的景物，并可以通过一些特殊的设备与虚拟物体进行交互操作，使用户产生一种身临其境的感觉。





图1.10 虚拟现实场景

# 虚拟（Virtual – reality）现实

---

- ❑ 沉浸（Immersion）：全方位投入，使用户产生身临其景的感觉。
- ❑ 交互（Interaction）：响应用户的各种输入手势、语言命令以及身体动作。
- ❑ 构想（Imagination）：生动形象地反映设计者的思想。

# 虚拟现实的关键技术

---

- ❑ 能以实时的速度生成有逼真感的景物图形。
- ❑ 能高精度的跟踪用户的头和手。
- ❑ 头戴显示器能产生高分辨率图象和较大的视角。
- ❑ 能对用户的动作产生力反馈。

# 虚拟现实系统

---

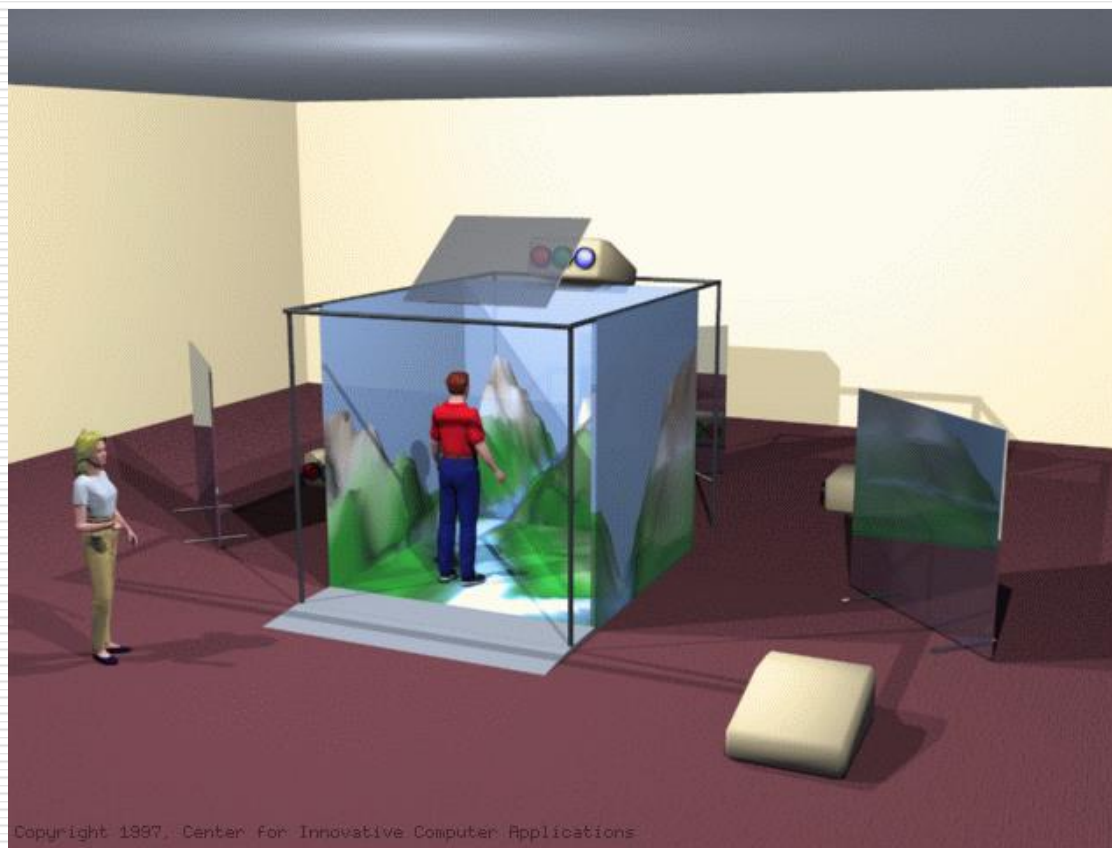
## □ CAVE

- 美国Illonis大学EVL实验室首创
- 由3~6个投影屏幕组成正方体形状
- 计算机系统产生立体图像，经投影仪分别投射到对应的屏幕上
- 用户戴着立体眼镜站于CAVE的内部
- 立体眼镜上附有6-DOF跟踪设备对用户头部运动进行实时跟踪
- 声音系统



# 虚拟现实系统

## □ CAVE示意图



# 增强现实 ( Augmented Reality )

---

- 将计算机生成的图形与用户在真实物理世界获取的视觉信息组合在一起
  - 使用户产生全新的体验，提高对现实世界中的事物和物理现象的洞察力
- 终极目标：用户感觉不到现实世界中的真实物体与用于增强视觉信息的虚拟物体之间的差别

ВЫХОД В ГОРОД



# 增强现实 ( Augmented Reality )



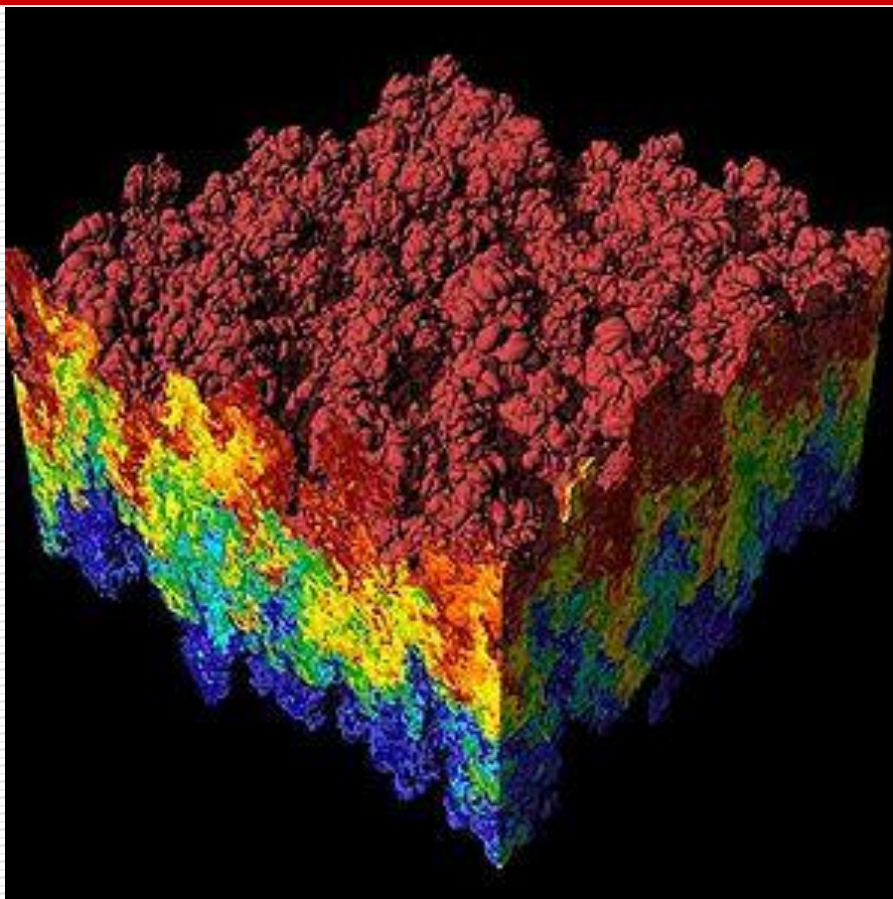
# 科学计算可视化

---

- 科学计算可视化：指运用计算机图形学和图像处理技术，将科学计算过程中及计算结果的数据转换为图形及图像在屏幕上显示出来并进行交互处理的理论、方法和技术。



# 科学计算可视化



# 计算机图形系统

---

- 计算机图形系统的功能
- 计算机图形系统的结构

# 计算机图形系统的功能

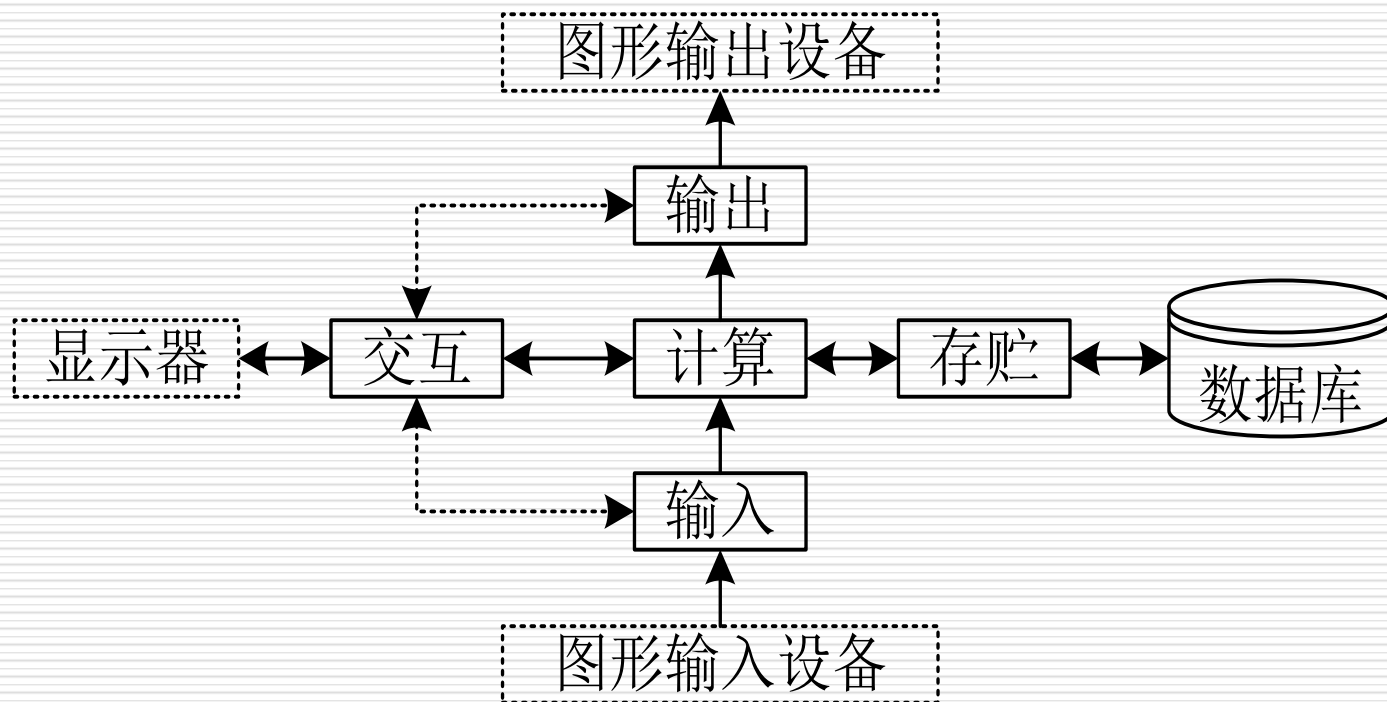


图1.11 计算机图形系统的功能



# 计算机图形系统的结构

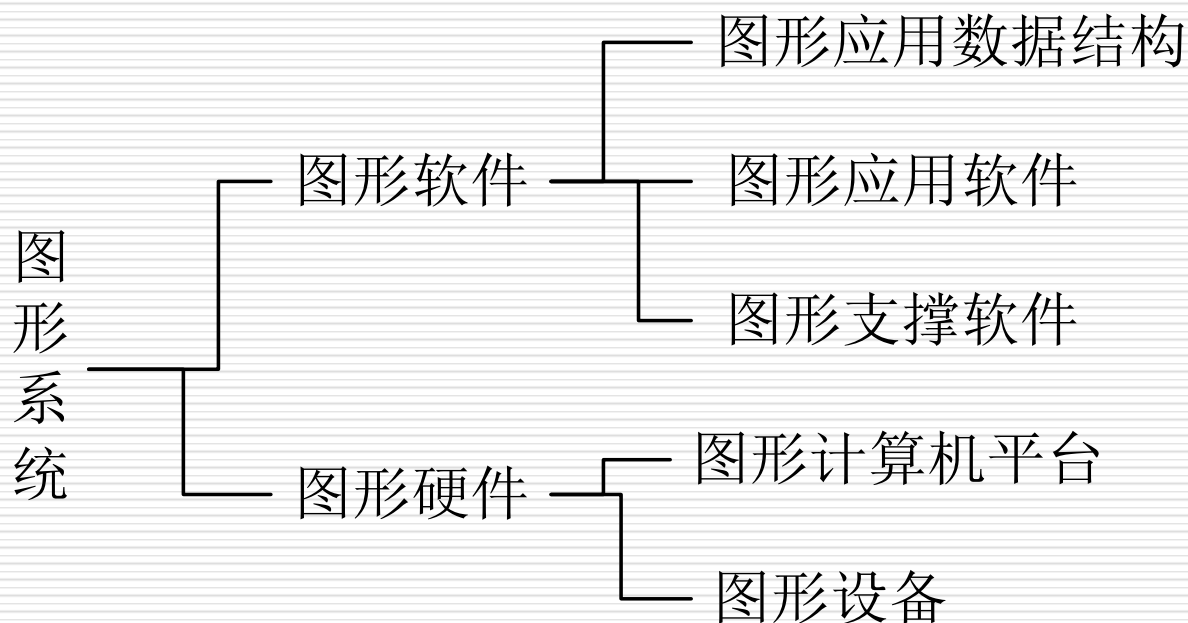


图1.12 计算机图形系统的结构