

计算机图形学

第一章 概述

华东师范大学计算机科学与技术学院

王长波 教授

计算机图形学

□ 教学方式：理论+实践

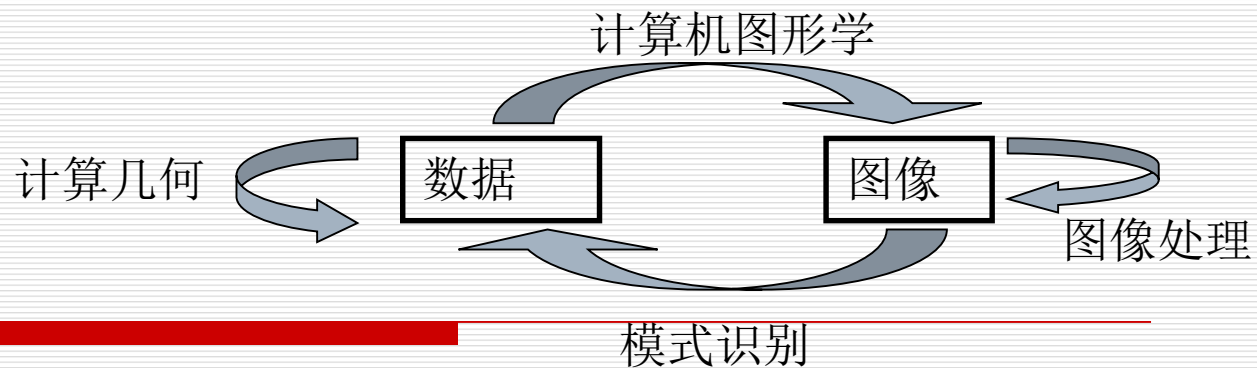
□ 课时：54

第一章绪论

- 计算机图形学概述
- 计算机图形学的发展及应用
- 图形系统与图形设备
- 当前研究热点
- 成果演示

□ 什么是计算机图形学？

- **计算机图形学**是利用计算机研究图形的表示、生成、处理、显示的学科。
- **计算机图形学**计算机科学中，最为活跃、得到广泛应用的分支之一



□ 相关学科

- 计算机图形学：数据、模型——图形
- 图像处理：图像——图像
- 模式识别：图像——数据、模型
- 计算几何：几何模型与数据

□ 学习计算机图形学的目的

仅为画图，只需学习有关软件的应用

计算机图形学研究的是图形绘制的原理和方法

第一章绪论

- 计算机图形学概述
- 计算机图形学的发展及应用
- 图形系统与图形设备
- 当前研究热点
- 成果演示

计算机图形学的发展历史

□ 50年代：诞生

- 1950年，第一台图形显示器作为美国麻省理工学院（MIT）旋风I号（Whirlwind I）计算机的附件诞生
- 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

□ 60年代：确立并蓬勃发展

- 1962年，MIT林肯实验室的I. E. Sutherland发表了一篇题为“Sketchpad：一个人机交互通信的图形系统”的博士论文
- 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。

□ 70年代：进入实用化

- 光栅图形学迅速发展

- 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

- 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

■ 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

■ 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：飞速发展

- 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

□ 90年代：广泛深入的应用

- 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

□ 21世纪：产业化阶段

- 美国的好莱坞工业
- 日本韩国的动漫产业
- 中国数字娱乐振兴计划
- 虚拟现实/人工智能兴起
- 城市数字化转型/元宇宙——图形学的春天来了！

□ 我国的计算机图形学发展

- 浙江大学CAD&CG国家重点实验室
- 北京航空航天大学
- 清华大学
- 中国科学院软件所

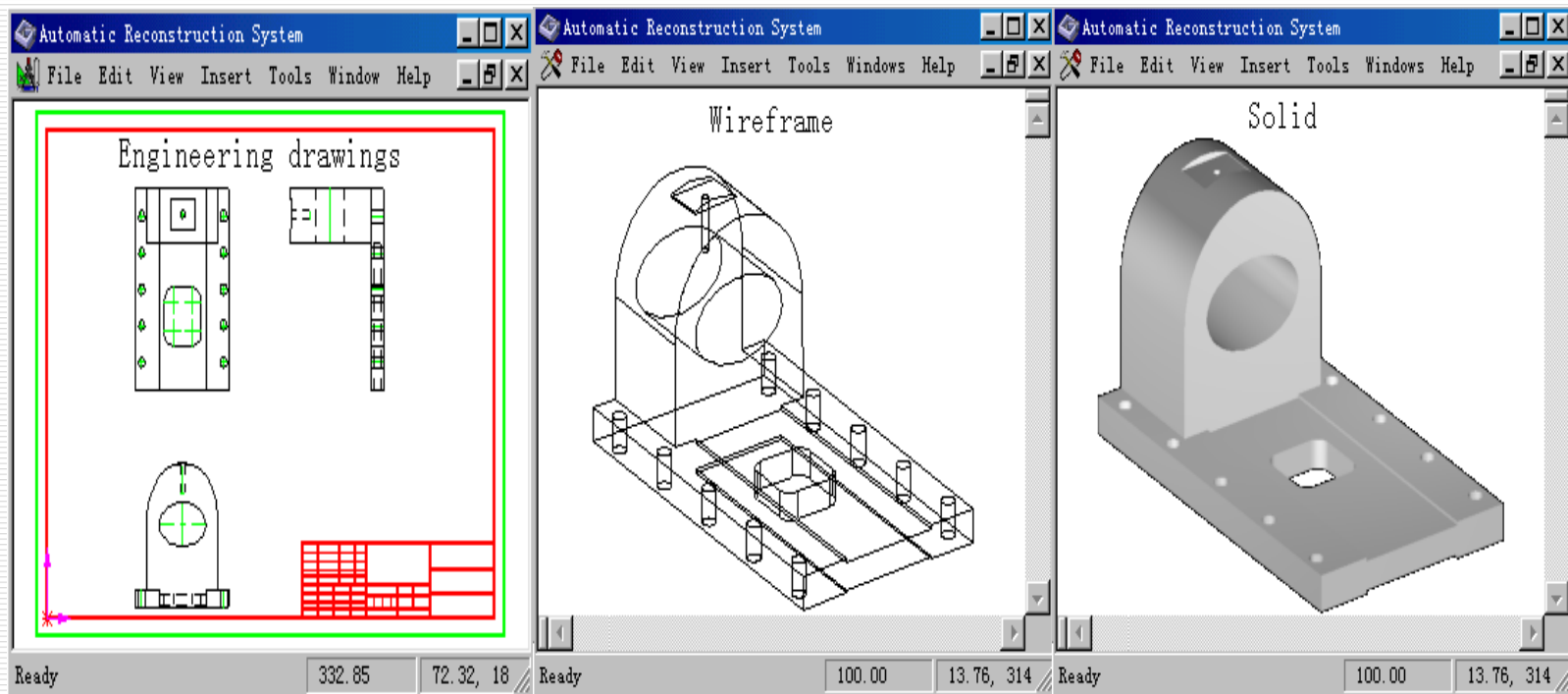
计算机图形学的应用

计算机辅助设计(Computer Aided Design)

——图形学应用之一

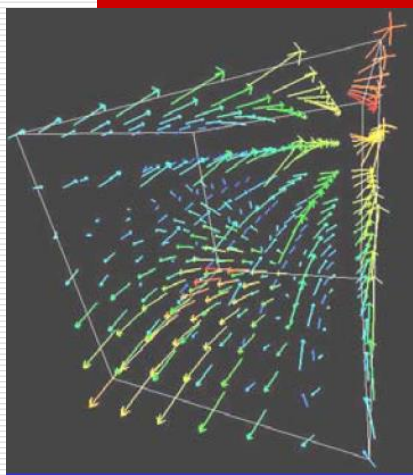
- CAD是制造业信息化的一项核心技术，采用这项技术可以大大提高产品创新设计能力，缩短产品设计周期，加快产品更新换代的速度。应用领域：飞机、轮船、汽车外形，大规模集成电路，建筑，服装，玩具等。





计算可视化(Visualization)

——图形学应用之二



科学计算可视化

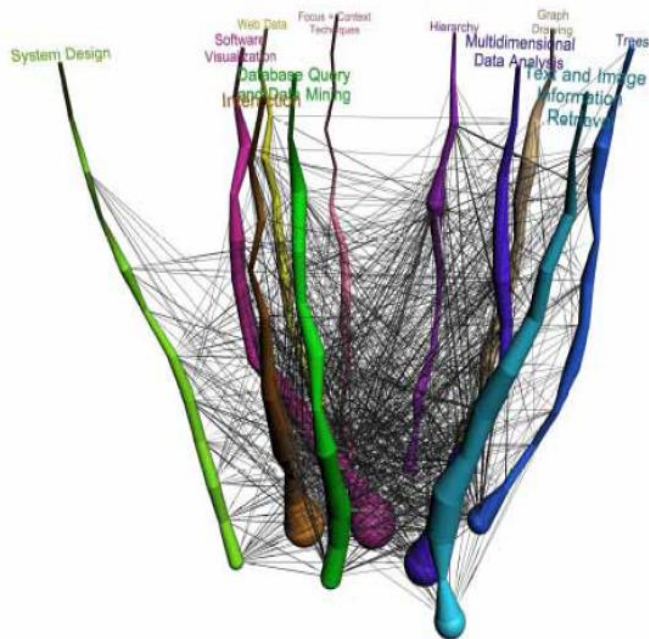
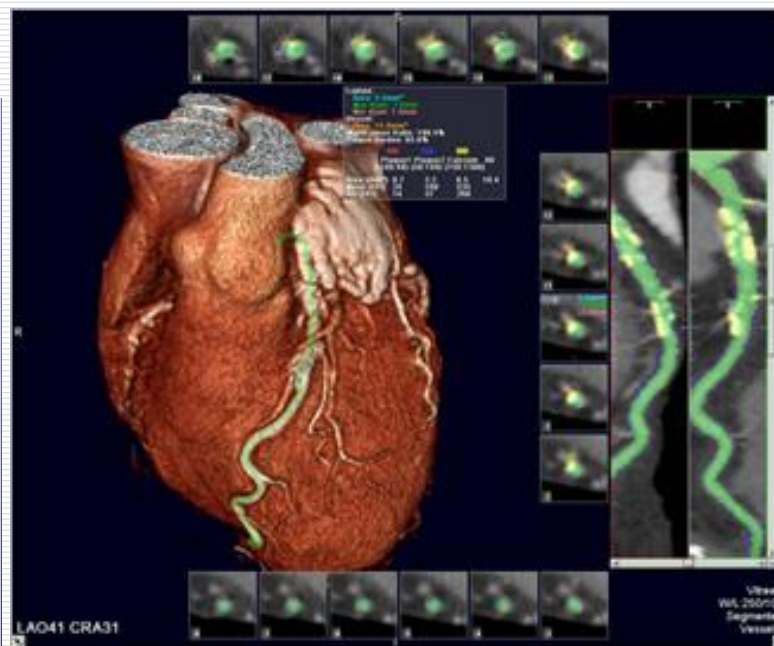


Figure 1: Research Area Evolution

信息可视化



医学可视化

图形用户界面(Graphic User Interface)

——图形学应用之三

□ 发展历程

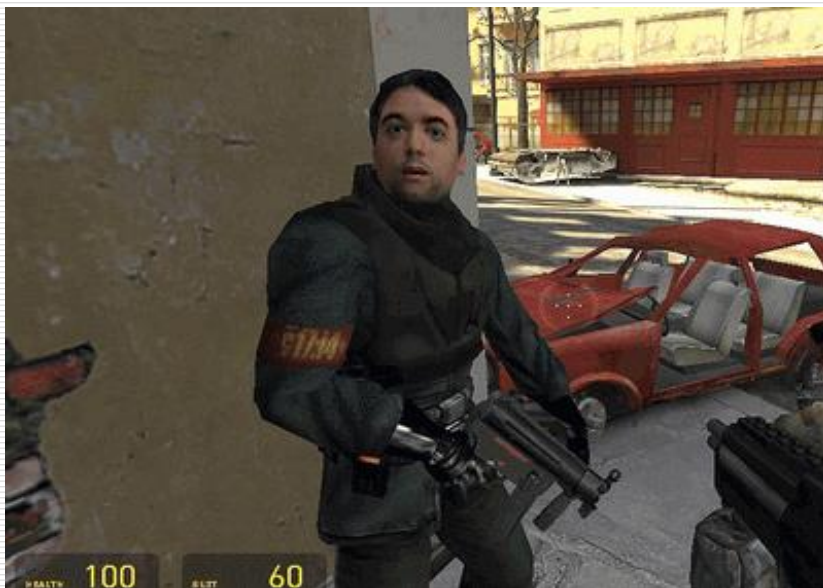


□ 操作系统

Macintosh, OS/2, Windows, Unix/X-Window

电脑游戏(Computer Game)

——图形学应用之四



电脑游戏要求：实时性、逼真性
蕴含了先进的图形处理技术，驱动图形软硬件技术的发展



BattleField2



xbox版Doom3



PS2版的Battlefield2



电影特效、动画片

——图形学应用之五



1998年风靡全球的电影-铁达尼号Titanic

动画镜头



动画后期合成



-
- **1996年**，世界上第一部完全用计算机制作的电影《玩具总动员》上映，该片不仅获得了破记录的票房收入，而且给电影制作开辟了一条新路。
《汽车总动员》
 - 《泰坦尼克号》（**1998年**）：船的远景、海水、船翻沉时乘客的落水镜头等
 - 美国沃尔特·迪斯尼公司预言：**21**世纪的明星将是一个听话的计算机程序。

地理信息系统(GIS)

——图形学应用之六



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。

虚拟现实系统(Virtual Reality System)

——图形学应用之七

- ❑ 计算机生成的看起来像真的，听起来像真的，摸起来像真的虚拟世界(环境)。
- ❑ 虚拟世界应给人一种身临其境感。
- ❑ 人能以自然方式与虚拟世界中的对象进行交互操作。



CAVE：计算机自动虚拟环境系统

科学可视化

军事训练

工业设计

娱乐教育

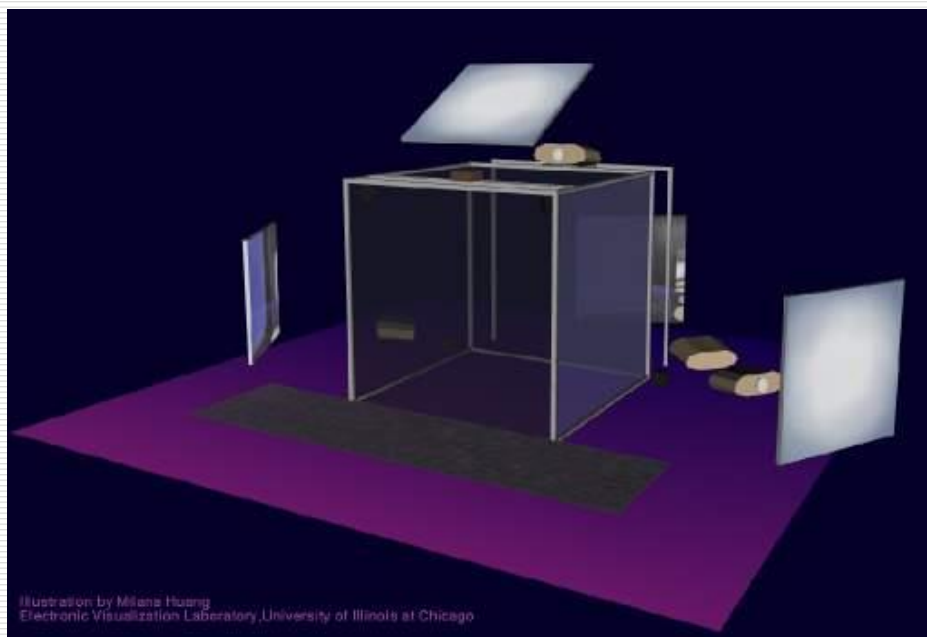
医疗维修





单面CAVE系统

四面CAVE系统



六面CAVE系统



日本CAVE游戏



浙大CAVE 系统--国内首台





驾驶模拟训练



文化遗产保护、演示



阿富汗大佛重建

澳门圣保罗大教堂

数字三峡

虚拟敦煌漫游

希腊神殿



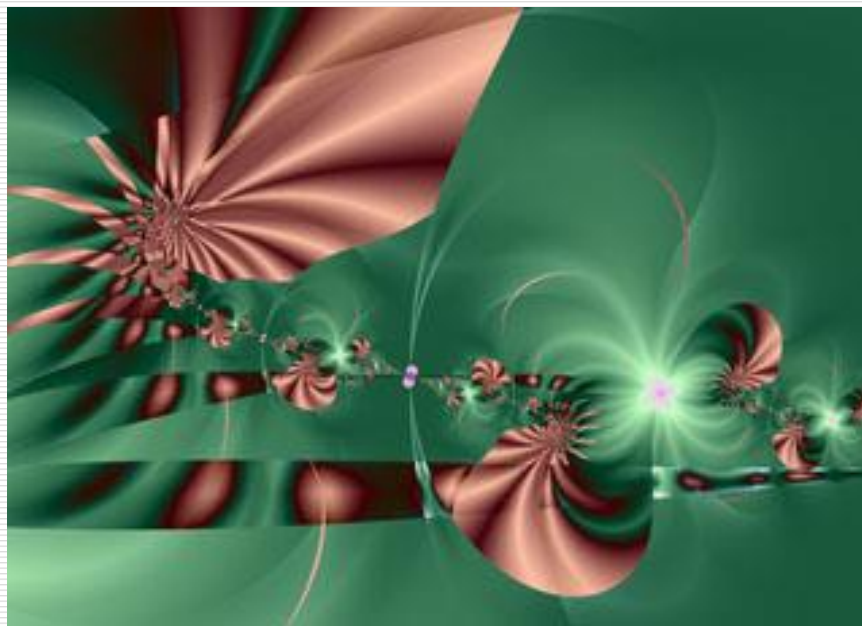
城市规划



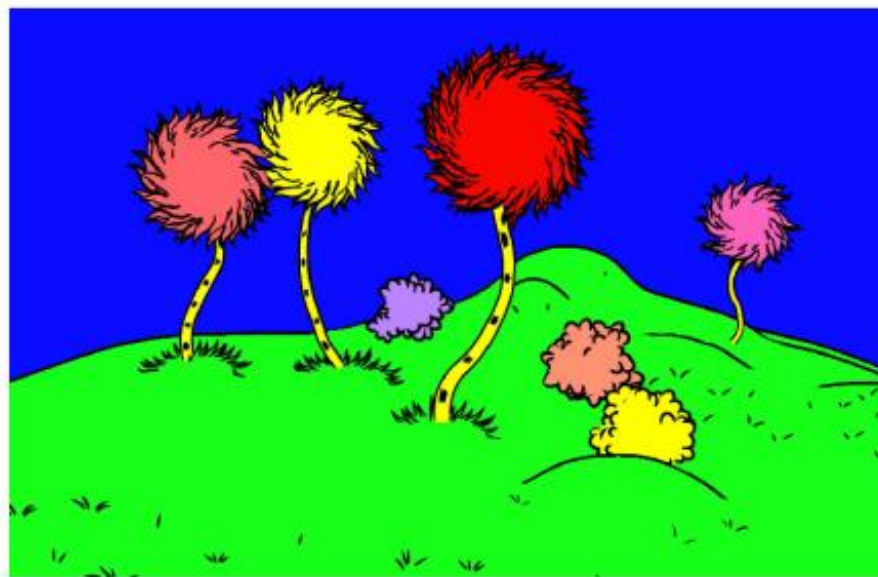
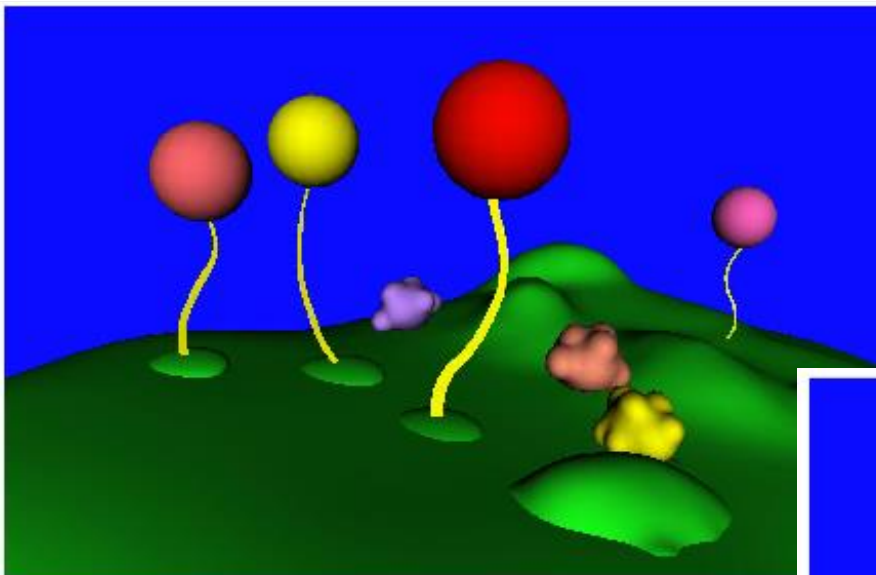
计算机艺术(Computer Art)

——图形学应用之八

□ 分形艺术



□ 卡通、绘画等（非真实感绘制）

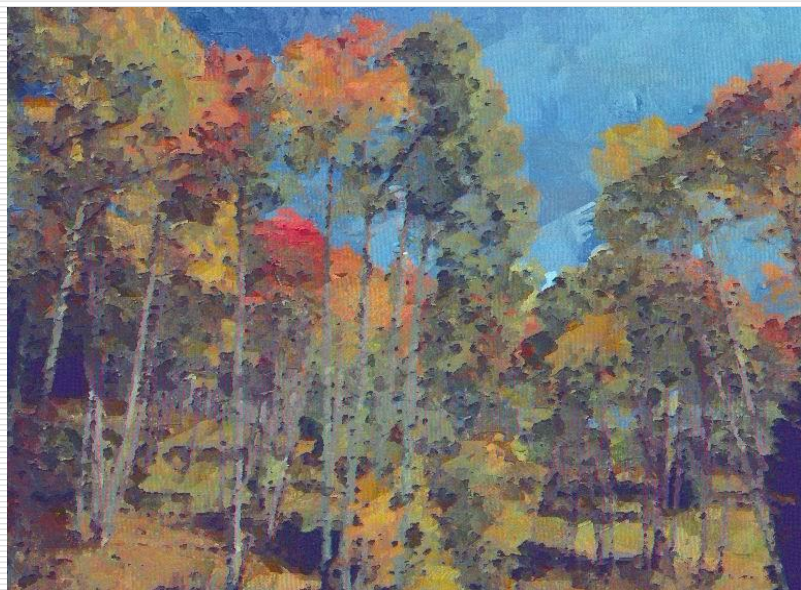
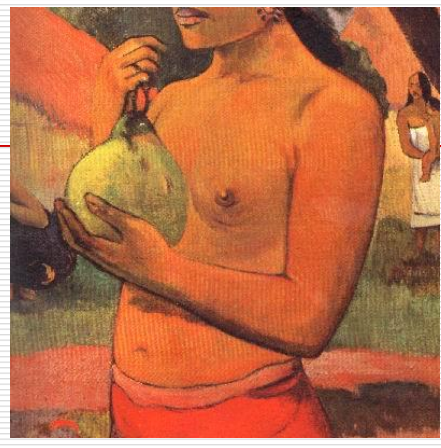
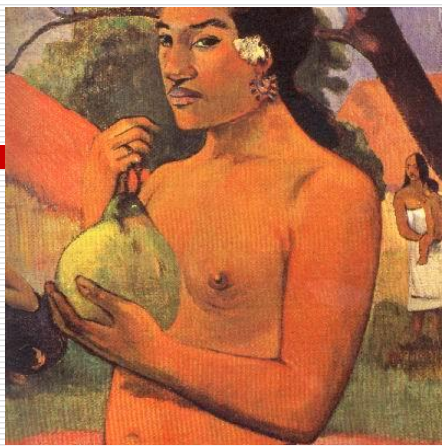
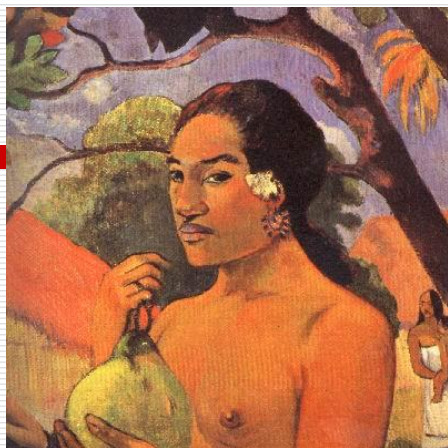


计算机图形学



计算机图形学





第一章绪论

- 计算机图形学概论
- 计算机图形学的发展及应用
- 图形系统与图形设备
- 当前的研究热点
- 成果演示

输入设备

1. 键盘

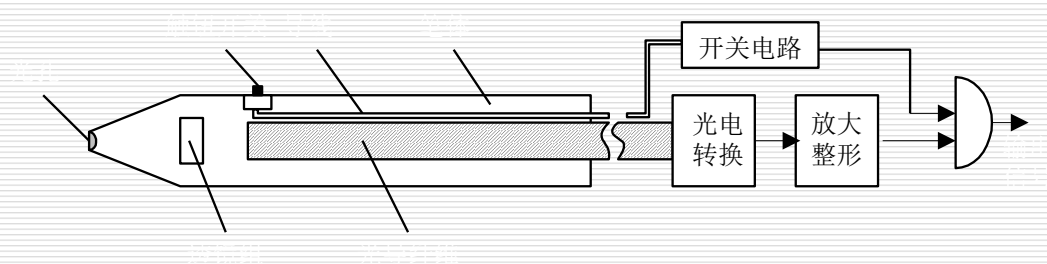
2. 坐标数字化仪

- 数字化仪是一种把图形转变成计算机能接收的数字形式专用设备
 - 基本工作原理是采用电磁感应技术
 - 由一块数据板和一根触笔组成。数据板中布满了金属栅格，当触笔在数据板上移动时，其正下方的金属栅格上就会产生相应的感应电流。根据已产生电流的金属栅格的位置，就可以判断出触笔当前的几何位置

3. 光笔

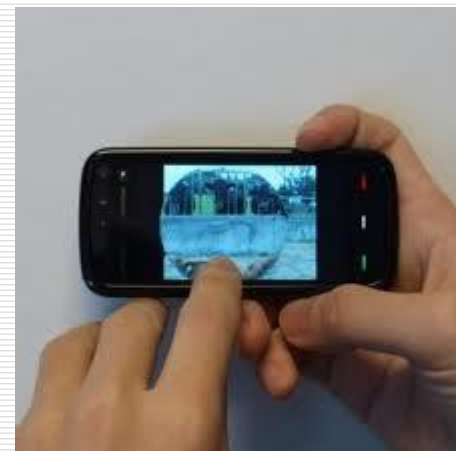
是一种检测光的装置，它直接在屏幕上操作，拾取位置

- 光导纤维再把光引至光笔另一端的光电倍增管，将光信号转换成电信号，经过整形后输出一个有合适信噪比的逻辑电平，并作为中断信号送给计算机



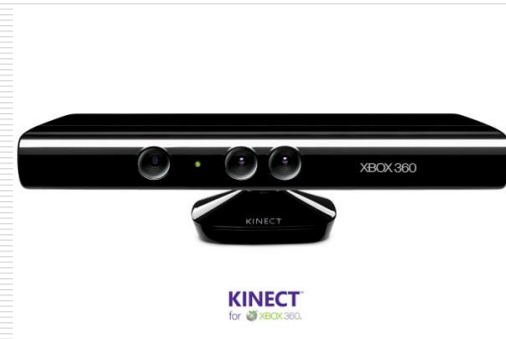
4. 触摸屏

定位设备（既是输入设备又是输出设备）



5. 增强现实的输入设备：

- 跟踪球和空间球都是根据球在不同方向受到的推或拉的压力来实现定位和选择。
- 数据手套则是通过传感器和天线来获得和发送手指的位置和方向的信息。利用它们在虚拟现实场景中漫游



5 . 扫描仪

- 图形扫描仪是直接吧图形和图象扫描到计算机中以像素信息进行存储的设备
- 绝大多数是采用的固态器件是电荷耦合器件（CCD Charge Coupled Device）
- 工作原理
 - 用光源照射原稿，投射光线经过一组光学镜头射到CCD器件上，得到元件的颜色信息，再经过模/数转换器，图象数据暂存器等，最终输入到计算机

1.5.2 输出设备

- 图形输出包括图形的显示和图形的绘制
- 图形显示指的是在屏幕上输出图形
- 图形绘制通常指把图形画在纸上，也称硬拷贝，打印机和绘图仪是两种最常用的硬拷贝设备

一、显示器

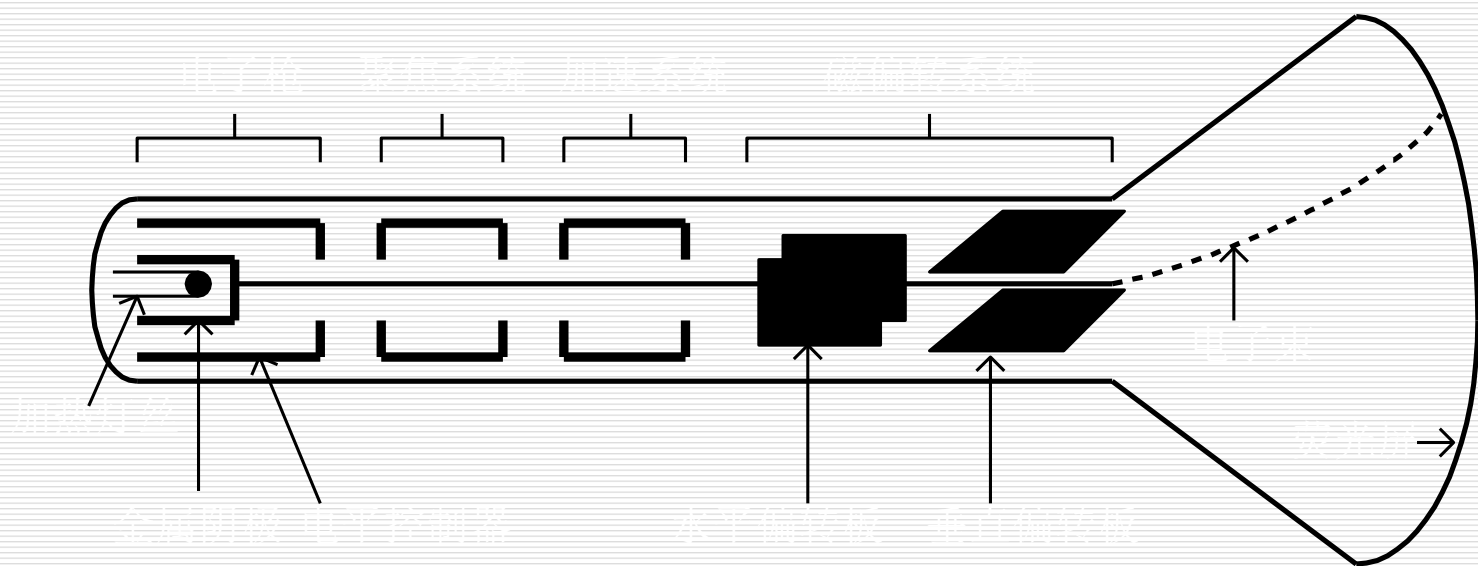
1、阴极射线管式（CRT: Cathode—Ray Tube）

■ 组成

- ☐ 电子枪
- ☐ 聚焦系统
- ☐ 加速系统
- ☐ 磁偏转系统

■ 分类:

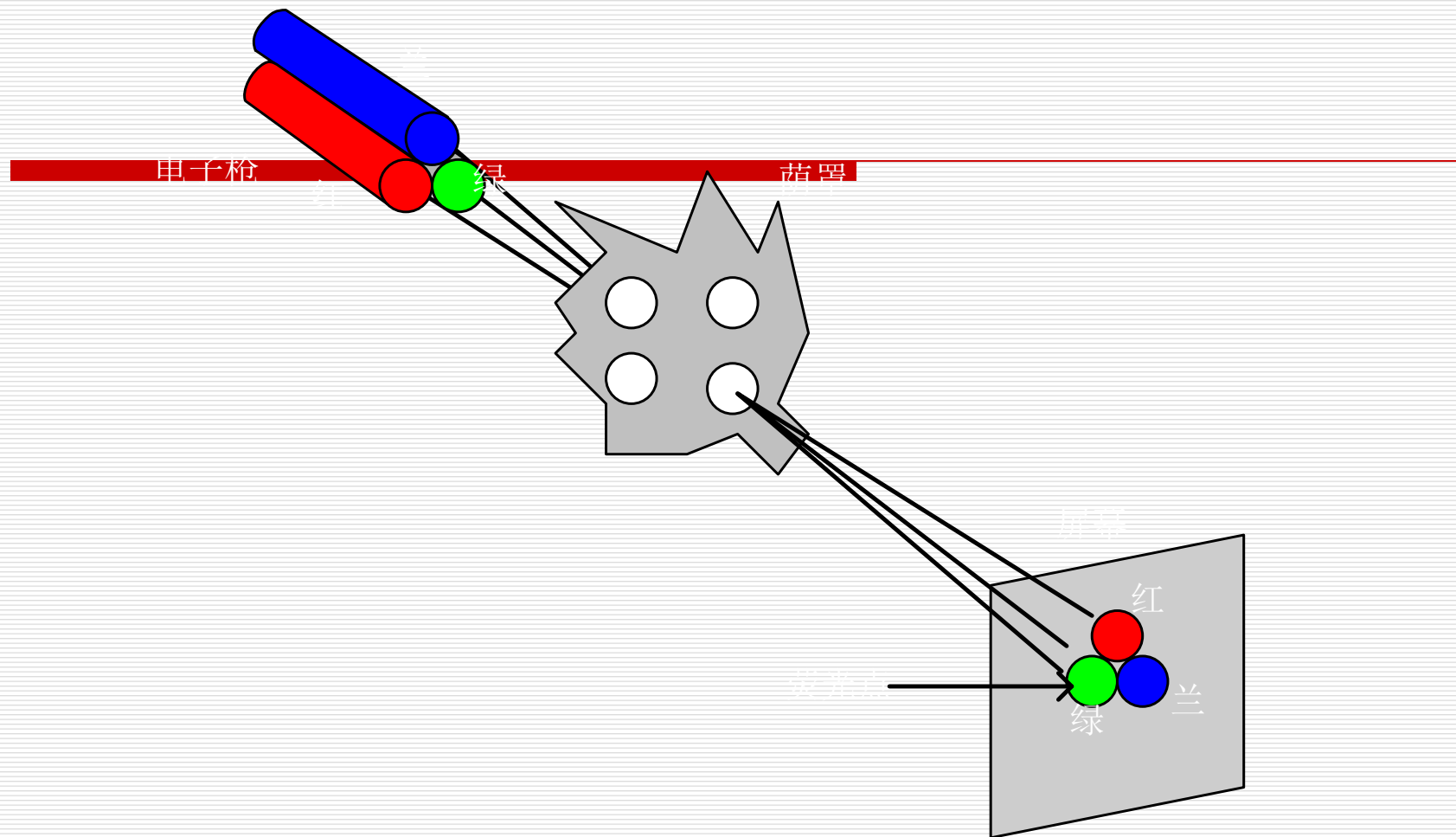
- ☐ 随机扫描(60年代中期)
- ☐ 存储管式（60年代后期）
- ☐ 光栅扫描式（70年代中期）



CRT显示器的简易结构图

■ 彩色CRT显示器显示彩色的原理

- 彩色CRT显示器的荧光屏上涂有三种荧光物质，它们分别能发红、绿、兰三种颜色的光。而电子枪也发出三束电子束来激发这三种物质，中间通过一个控制栅格来决定三束电子到达的位置
- 三束电子经过荫罩的选择，分别到达三个荧光点的位置。通过控制三个电子束的强弱就能控制屏幕上点的颜色



荫罩式彩色CRT显色原理

2、液晶显示器（LCD）

■ CRT的缺点：

- ❑ 屏幕的加大必然导致显象管的加长，显示器的体积必然要加大，在使用时候就会受到空间的限制
- ❑ CRT显示器是利用电子枪发射电子束来产生图像，容易受电磁波干扰
- ❑ 长期电磁辐射会对人们健康产生不良影响

■ LCD显示器的优点

- ❑ 外观小巧精致，厚度只有6.5~8cm左右。
- ❑ 不会产生CRT那样的因为刷新频率低而出现的闪烁现象
- ❑ 工作电压低，功耗小，节约能源
- ❑ 没有电磁辐射，对人体健康没有任何影响

■ LCD显示器基本原理

- 液晶是一种介于液体和固体之间的特殊物质，它具有液体的流态性质和固体的光学性质。当液晶受到电压的影响时，就会改变它的物理性质而发生形变，此时通过它的光的折射角度就会发生变化，而产生色彩
- 液晶屏幕后面有一个背光，这个光源先穿过第一层偏光板，再来到液晶体上，而当光线透过液晶体时，就会产生光线的色泽改变，从液晶体射出来的光线，还得必须经过一块彩色滤光片以及第二块偏光板



索尼公司的两款LCD外形

3、等离子显示器

- 等离子体显示器又称电浆显示器，是继**CRT**(阴极射线管)、**LCD**（液晶显示器）后的最新一代显示器，其特点是厚度极薄，分辨率佳。
- 等离子显示技术的成像原理是在显示屏上排列上千个密封的小低压气体室，通过电流激发使其发出肉眼看不见的紫外光，然后紫外光碰击后面玻璃上的红、绿、蓝**3**色荧光体发出肉眼能看到的可见光，以此成像。
- 其工作原理类似普通日光灯和电视彩色图像，由各个独立的荧光粉像素发光组合而成，因此图像鲜艳、明亮、干净而清晰。另外，等离子体显示设备最突出的特点是可以做到超薄，可轻易做到**40**英寸以上的完全平面大屏幕，而厚度不到**100**毫米。

二、图形处理器

图形处理器是图形系统结构的重要元件，是连接计算机和显示终端的纽带

■ 图形处理器的组成

□ 显示主芯片

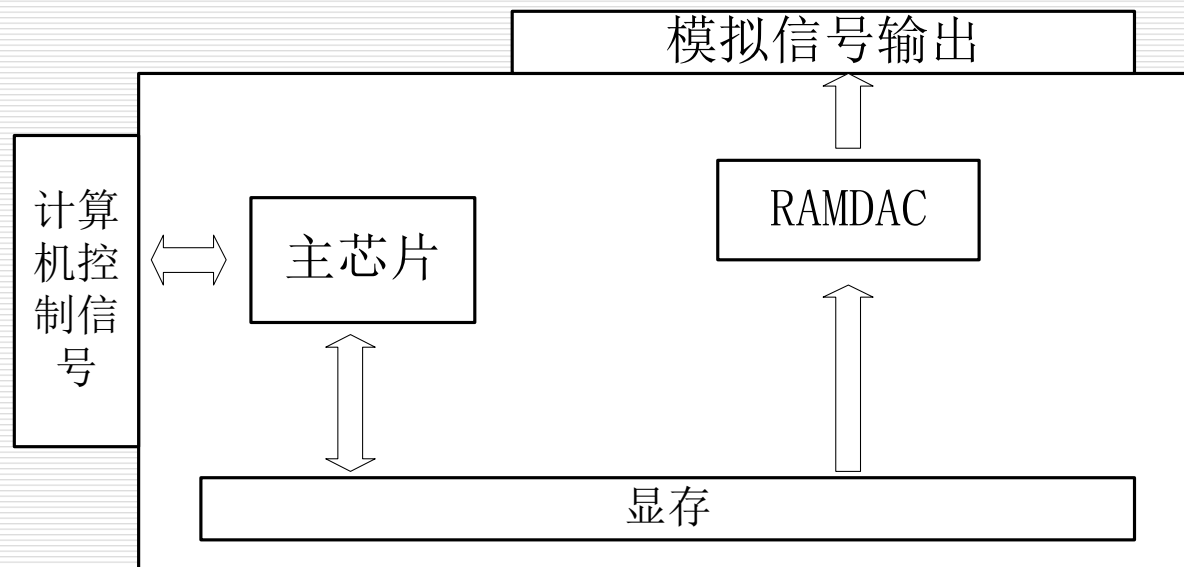
- 显卡的核心，俗称GPU，它的主要任务是对系统输入的视频信息进行构建和渲染

□ 显示缓存

- 用来存储将要显示的图形信息以及保存图形运算的中间数据
- 显存的大小和速度直接影响着主芯片性能的发挥

□ 数字模拟转换器（RAMDAC）

- 它的作用就是把二进制的数字转换成为和显示器相适应的模拟信号



显卡工作原理简单示意图

三、绘图机

- 静电绘图仪
- 笔式绘图仪：平板式、滚筒式

四、图形打印机

- 针式打印机
- 喷墨打印机
- 激光打印机

(三) 常用计算机图形系统

□ 个人计算机图形系统：

是由个人计算机（**PC**）加上图形输入输出设备和有关图形支撑软件集成起来的系统。

- 价格便宜、功能及性能不强

□ 工作站图形系统：UNIX、OPENGL，图形系统软件 著名工作站： HP、SGI、SUN

- 价格较昂贵、功能强大、性能良好

第一章绪论

- 计算机图形学概述
- 计算机图形学的发展及应用
- 图形系统与图形设备
- 当前的研究热点
- 成果演示

当前的研究热点

- ❑ 大规模实时绘制
- ❑ 三维重建技术
- ❑ 虚拟现实技术
- ❑ 移动图形学
- ❑ 网络智能多媒体
- ❑ 大数据可视化

1. 大规模实时绘制

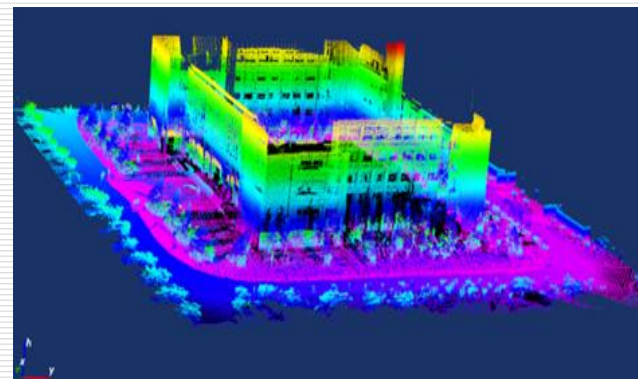
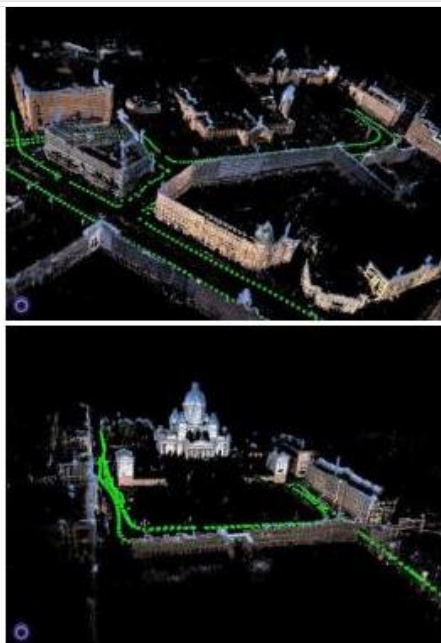
■ 自然景观的真实感模拟





自然景物平台生成的野外场景

2、视觉重建技术



基于点云重建
RGBA视觉重建
数字孪生

3. 混合现实

- 军事/教育
- 城市规划
- 行业培训
- 健康医疗等



4. 移动图形学



3D图形渲染效果



图形移动效果图



图形光照效果图



5. 网络智能多媒体



智能家居布置



虚拟试衣

6. 大数据可视化



第一章绪论

- 计算机图形学概述
- 计算机图形学的发展及应用
- 图形系统与图形设备
- 当前的研究热点
- 成果演示

相关作品成果演示

□ 科研成果演示

□ 学生作品展示

目前主持及参与科研项目：

承担国家级及省部级以上科研项目近**10**项：

- 国家自然科学基金项目“多源数据驱动的城市街景多尺度建模与轻量化仿真研究”(62072183), 2021.1-2024.12, 项目负责人。
- 国家自然科学基金重点项目“基于多源数据的可视模型与环境构建及其动态仿真”(61532002), 2016.1-2020.12, 子项目负责人。
- 国家自然科学基金面上项目“流固耦合及其破裂仿真”(61272199), 2013.1-2016.12, 项目负责人。
- 国家自然科学基金面上项目“灾害现象的多尺度建模与交互可视化研究”(61070128), 2011.1-2013.12, 项目负责人。
- 国家自然科学基金青年项目“海洋造型与视景仿真关键技术研究”(60603076), 2007.1-2009.12, 项目负责人。
- 上海市青年科技启明星项目“数字海洋虚拟环境与三维展示系统究”(08QA14025), 2008.7-2010.6, 项目负责人。
- 上海市科委自然科学基金项目“自然景观的高效建模与快速绘制新技术研究”(07ZR14035), 2007.12-2009.11, 项目负责人。
- 国家高技术研究计划(863)项目“大规模复杂场景的高效建模和绘制新技术研究”(2007AA01Z316), 2007.8-2009.10

数字校区漫游



Demo

基于物理的动画

□ 龙卷风的模拟 [demo](#)



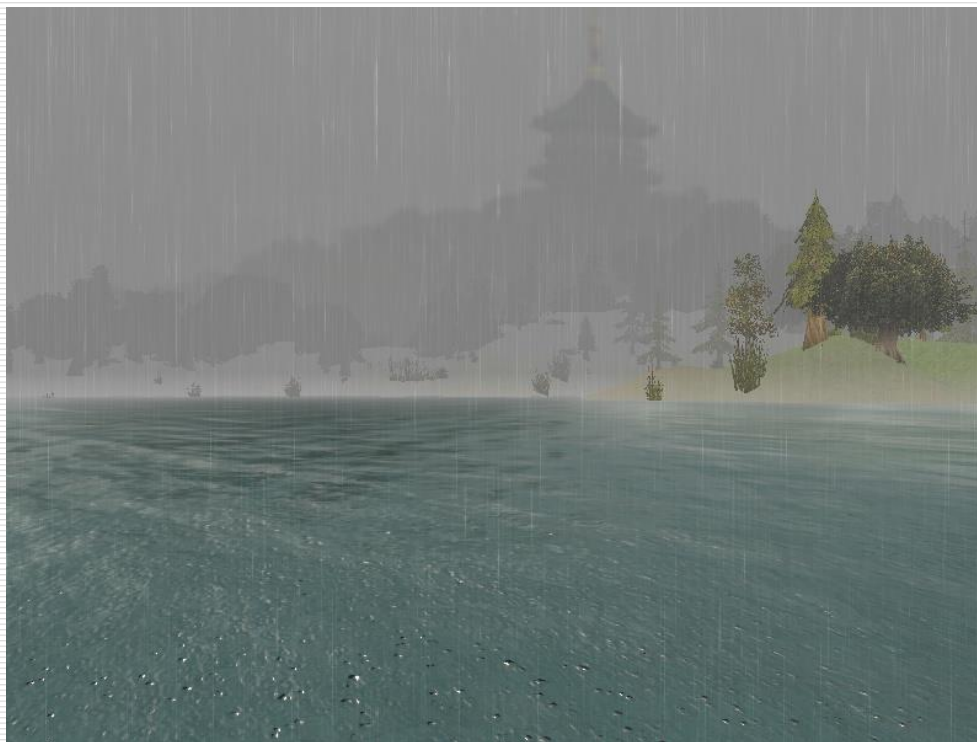


□ 风吹草动模拟 demo



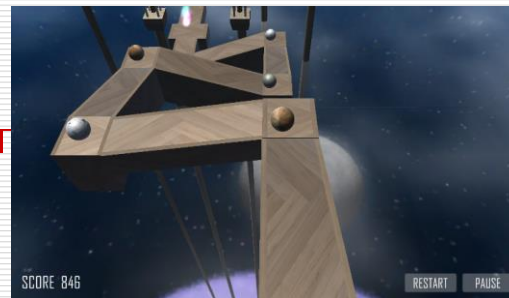
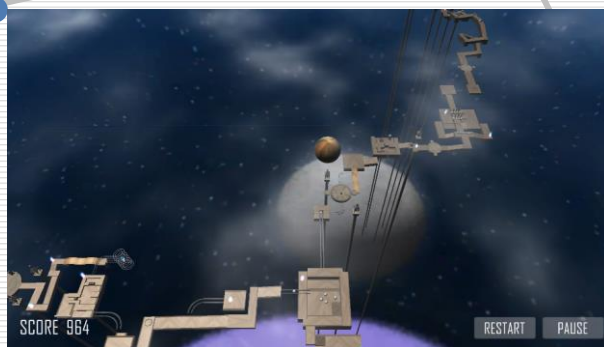
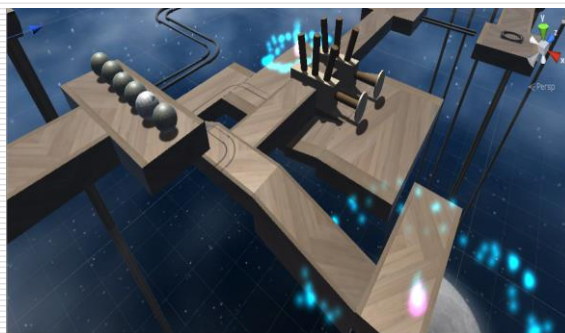
动画特效

□ 水面绘制



[demo](#)

电脑游戏



□ 虚拟皮影戏——第十一届陈嘉庚青少年发明奖



Demo



本节结束！

欢迎联系：

cbwang@cs.ecnu.edu.cn