



# 计算机图形学

主讲老师：郭晓新

计算机科学与技术学院

计算机图形学与数字媒体



# 计算机图形学

- 第一章 计算机图形学简介
- 第二章 图形基元的显示
- 第三章 图形变换
- 第四章 曲线和曲面
- 第五章 图形运算
- 第六章 形体的表示及其数据结构
- 第七章 消除隐藏线和隐藏面的算法
- 第八章 真实感图形的绘制

# 课程目标与毕业要求指标点的对应关系



课程目标	毕业要求（二级指标点）	毕业要求支撑强度
<p><b>（1）</b>理解和掌握计算机图形学的基本概念、图形处理的基本思想和原理以及与其他相关学科之间的关系。了解计算机图形学在实践中的各种应用及发展动向。了解图形系统硬件、图形系统硬件的构成、图形显示器的工作方式。了解图形标准。对计算机图形学课程结构和理论体系具有系统性、整体性的把握，为计算机图形处理方法和技术的学习打下理论基础。</p>	1-1具有从事计算机相关专业工作所需数学与自然科学知识，并能够运用于复杂计算机工程问题的表述、建模和研究中；	<input checked="" type="checkbox"/> 强 <input type="checkbox"/> 中等 <input type="checkbox"/> 弱
	6-2了解计算机专业领域的相关的技术标准、方针政策和法律法规；	<input checked="" type="checkbox"/> 强 <input type="checkbox"/> 中等 <input type="checkbox"/> 弱
<p><b>（2）</b>全面系统地掌握计算机图形学中计算几何方法、光栅图形学、几何造型技术、真实感图形显示技术等各方面的具体处理方法和技术。对计算机图形学涵盖的研究内容具有系统性、整体性的把握，为后续相关课程的深入学习打下方法和技术基础。</p>	2-2 能够应用工程科学以及计算机科学的基本原理对复杂计算机工程问题进行分析和求解；	<input checked="" type="checkbox"/> 强 <input type="checkbox"/> 中等 <input type="checkbox"/> 弱

# 课程目标与毕业要求指标点的对应关系



课程目标	毕业要求（二级指标点）	毕业要求支撑强度
<b>（3）</b> 理解和掌握计算机图形建模、生成和显示的流程。能够针对计算机图形具体处理方法，使用程序设计语言，设计并实现基本算法。能够利用计算机图形学技术完成图形的绘制与显示。	<b>1-2</b> 具有从事计算机相关专业工作所需的工程基础和专业基础知识，并能够运用于解决复杂计算机工程问题的方案设计、开发和改进中。	<input type="checkbox"/> 强 <input checked="" type="checkbox"/> 中等 <input type="checkbox"/> 弱
	<b>3-2</b> 掌握软件开发基本方法和技术，并能够针对特定需求完成计算机软件系统或模块的设计与实现；	<input type="checkbox"/> 强 <input checked="" type="checkbox"/> 中等 <input type="checkbox"/> 弱
<b>（4）</b> 结合理论和实践环节，独立思考、独立分析和解决图形学问题。通过对各种算法的深入学习和扎实掌握，从而能够针对实际问题的解决提出适宜的方法和模型，并加以实现。	<b>4-1</b> 能够基于科学原理并采用科学方法对计算机复杂工程问题进行研究，抽象问题、设计模型与算法；	<input checked="" type="checkbox"/> 强 <input type="checkbox"/> 中等 <input type="checkbox"/> 弱

# 第一章 计算机图形学简介



- 第一节 计算机图形学
- 第二节 计算机图形学的起源
- 第三节 计算机图形学的应用及发展动向
- 第四节 图形系统的硬件
- 第五节 计算机图形标准



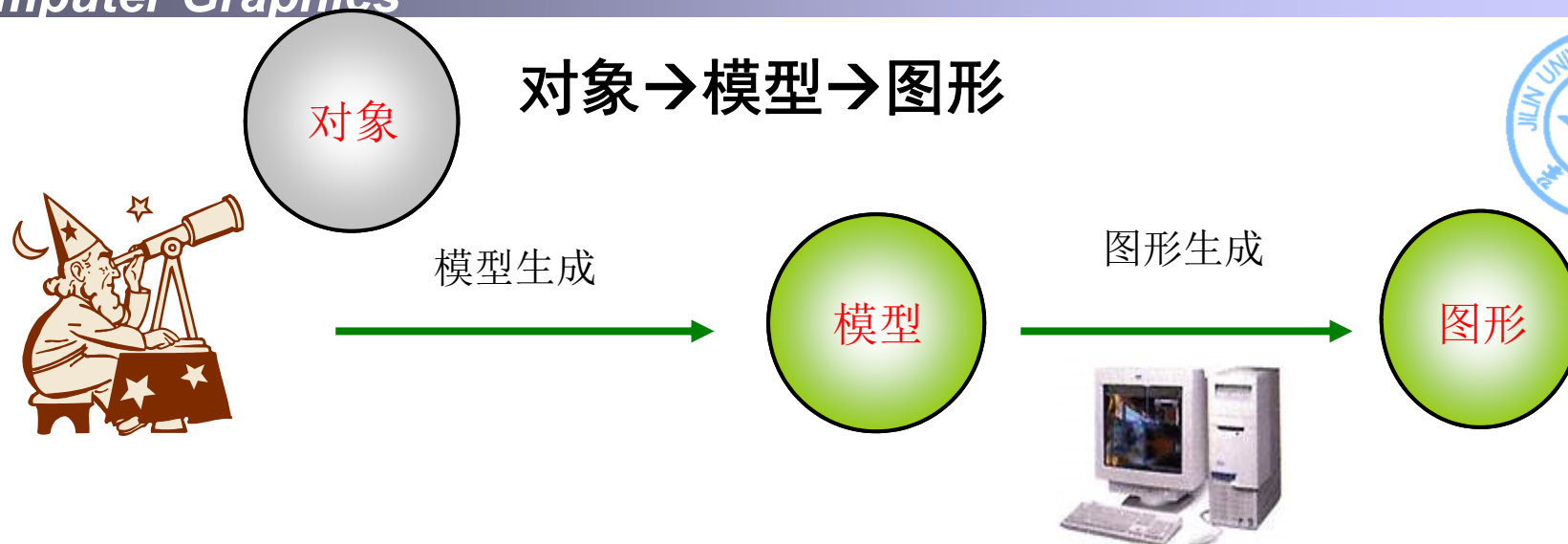
# 第一节 计算机图形学

计算机图形学 指用计算机产生对象图形输出的技术。

确切地说，计算机图形学是研究**通过计算机将数据转换为图形**，并在专门显示设备上显示的原理、方法和技术的学科。

计算机生成图形的过程：

对象→模型→图形



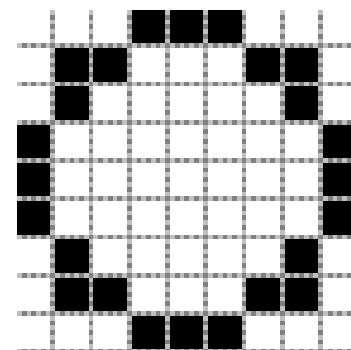
**对象：**客观存在的实体。可以是各种具体的、实在的物体，也可以是抽象的、假想的事物。

**模型：**能够正确地表达出一个对象性质、结构和行为的描述信息。

**图形：**对象的一种外在表现形式，它是对象有关信息的具体体现。

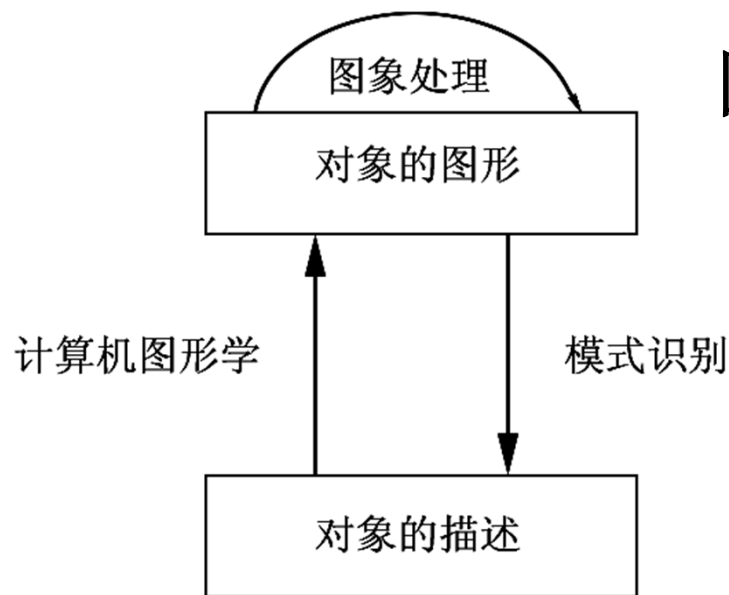
$$(x-1)^2 + (y-2)^2 = 9$$

圆 → 圆心(1,2), 半径3 →



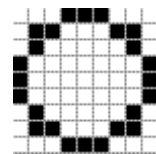
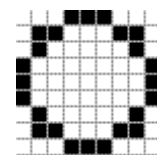


- 图象处理是指用计算机来改善图象质量的数字技术。
- 模式识别是指用计算机对输入图形进行识别的技术。

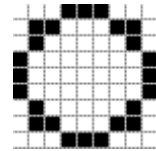
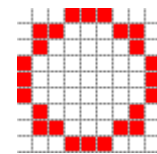


圆的数据

图形学



图象处理

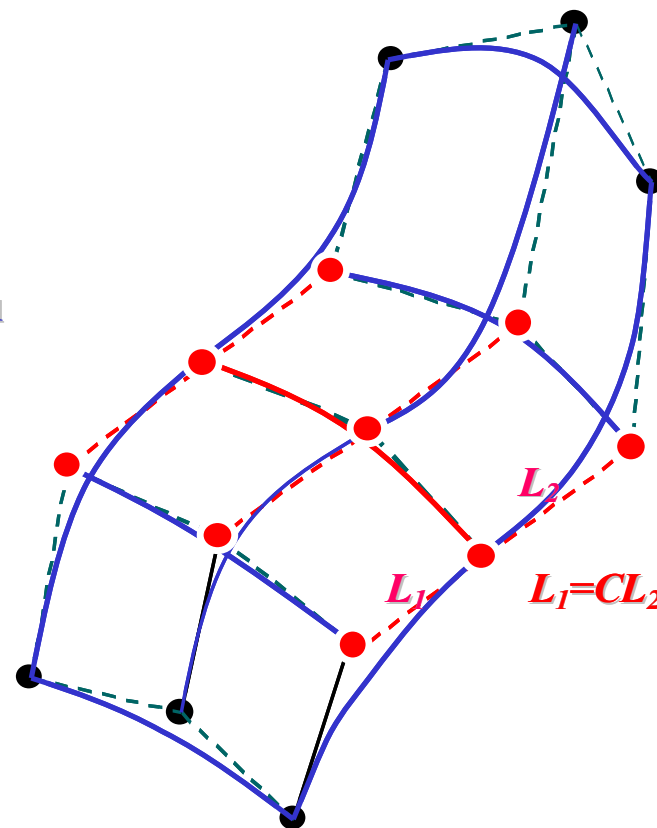
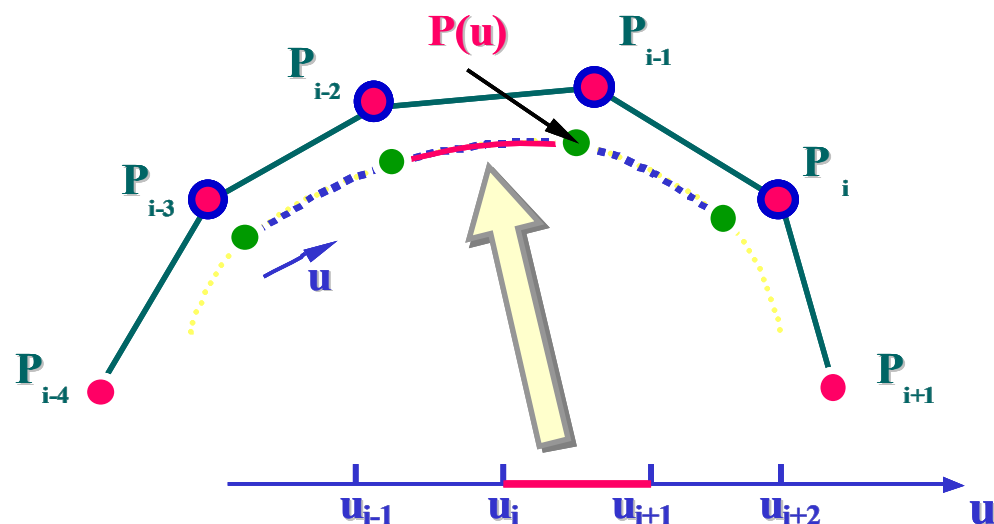


模式识别

圆



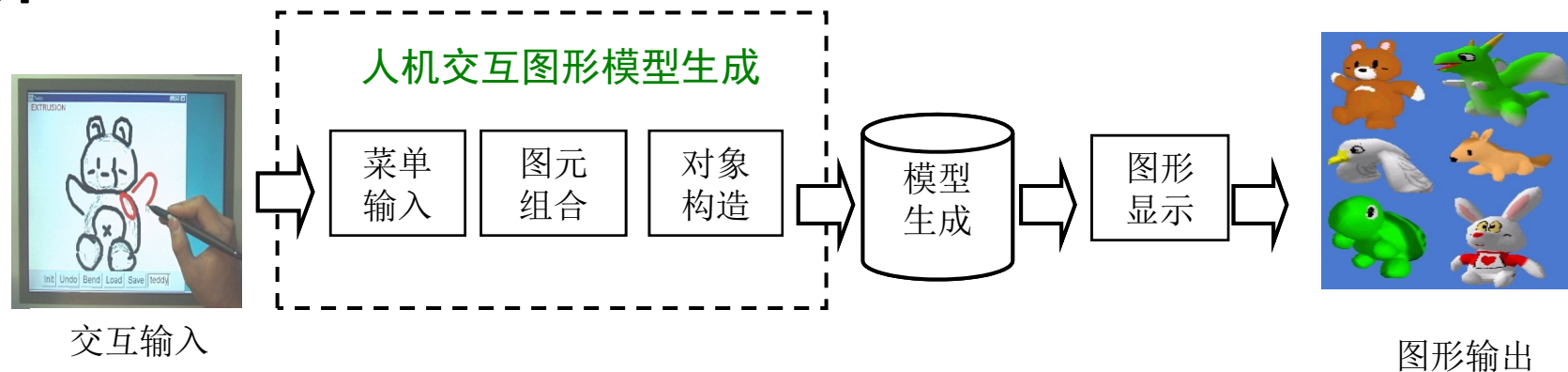
# 计算几何学是研究几何模型和数据处理的学科。

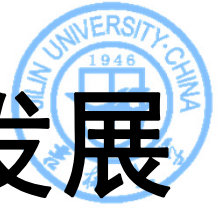


**交互式计算机图形学**是指用计算机交互式地产生图形的技术。

交互设备是实现交互技术，完成交互任务的基础。交互设备有定位、键盘、选择、取值和拾取。

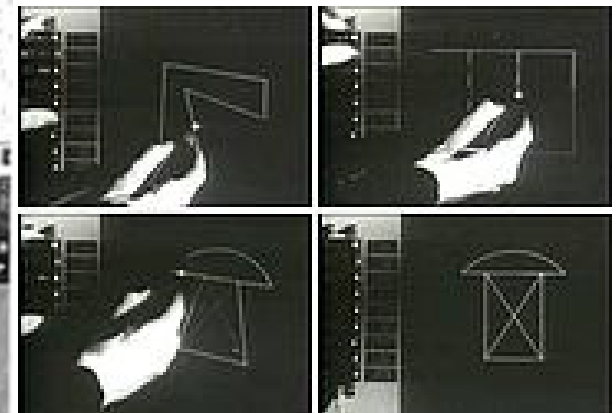
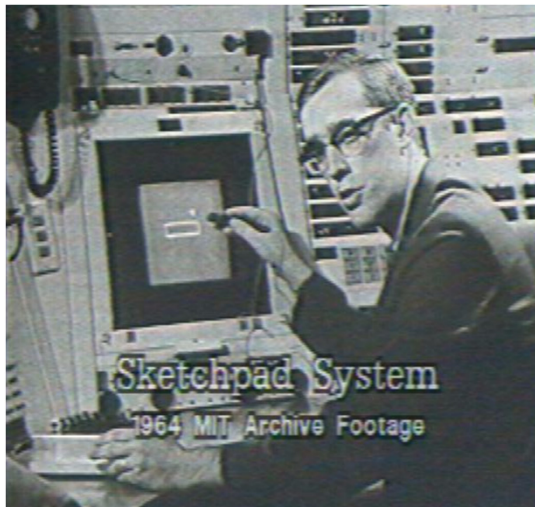
交互任务是用户输入到计算机的一个单元信息，基本任务有四种：定位、字串、选择、取值。

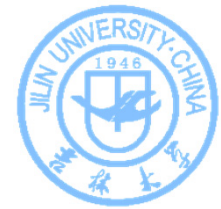




## 第二节 计算机图形学的起源与发展

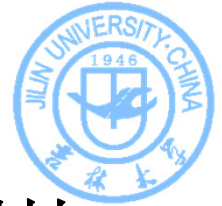
- 1962年，麻省理工学院的Ivan E. Sutherland，发表了博士论文——“Sketchpad: 一个人机交互通信的图形系统”，此被视为是计算机图形学作为一个正式独立学科分支的开始。他也因为在交互式图形学方向的杰出贡献获得1988年的图灵奖。





# 历史追溯

- 20世纪60年代以前
    - **1946年2月14日**,世界上第一台电子计算机**ENIAC**在美国宾夕法尼亚大学问世。
    - **1950年**,第一台图形显示器诞生于麻省理工学院,从此计算机具有了图像显示功能,也搭建了图形显示与计算机技术联系的桥梁。
    - **1959年**,麻省理工学院林肯实验室第一次使用了具有指挥和控制功能的阴极射线管显示器,让单纯显示的“被动式”图形学开始迈向交互式计算机图形学。
    - 商业公司比如美国**Calcomp**公司的滚筒式绘图仪和美国**GerBer**公司的平板式绘图仪。
- 这些学术研究和商业应用初步奠定了计算机图形学作为一个学科研究领域的基础。



# 历史追溯

- **20世纪70年代以来：真实感图形学和实体造型技术开始获得广泛的关注和研究**
  - **1970年**,美国计算机专家**Bouknight**提出了第一个光反射模型;
  - **1971年**,法国计算机专家**Gourand**提出“漫反射模型+插值”的思想;
  - **1975年**,美国计算机专家**Phong**提出**Phong**模型;
  - **70年代初期**,英国剑桥大学的**BUILD-1**系统,德国柏林工业大学的**COMPAC** 系统,日本北海道大学的**TIPS-1**系统和美国罗切斯特大学的**PADL-1、PADL-2**系统等实体造型系统,都使用了多面体表示形体的方式,为计算机辅助设计等领域的发展做出了重要贡献。



# 历史追溯

- **20世纪80年代中期之后**,随着计算机硬件的高速发展,特别是**20世纪90年代**出现的图形处理器(**GPU**),计算机图形学开始具有强大的硬件计算基础。在此基础上发展起来的全局光照模型推动了真实感图形学的进一步发展,并大量运用于**CAD**、科学计算可视化、动画、影视娱乐等各个领域。



### 第三节 计算机图形学的研究内容及应用

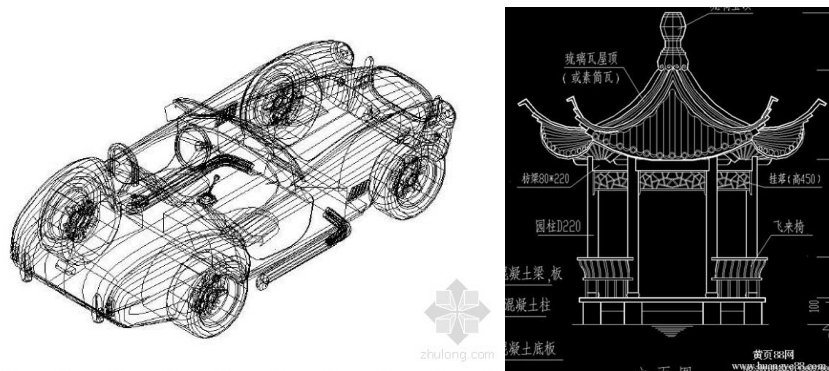
- 计算机图形学在诸如工业、商业、政府部门、教育、科研、医学、娱乐和广告等领域,都有着广泛的应用。
- 在**科学技术**事业中,可以使用计算机来绘制表示数值计算或数据处理结果的图形。例如各种函数的图形、统计用的直方图、百分比图等。
- 在**制图学**方面,可以利用计算机来绘制精确的地形图、天气图、海洋图、石油开发图、人口密度图等。



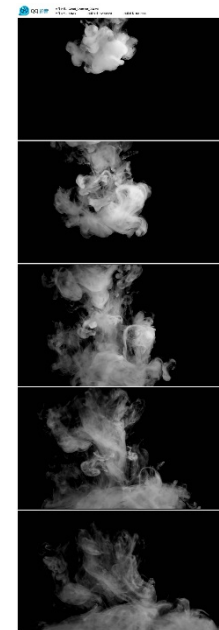


## 第三节 计算机图形学的研究内容及应用

- 计算机辅助设计和计算机辅助制造



- 计算机仿真与动画





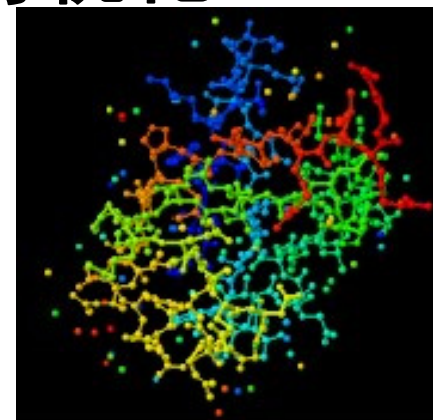
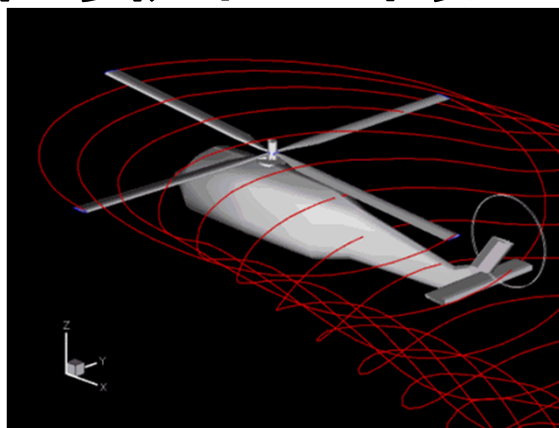
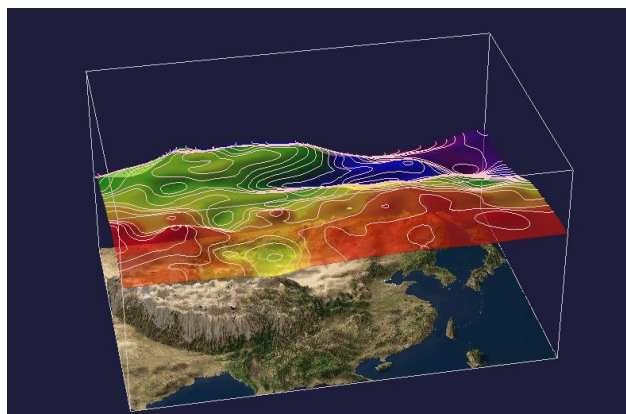


## 第三节 计算机图形学的研究内容及应用

- 计算机艺术与娱乐



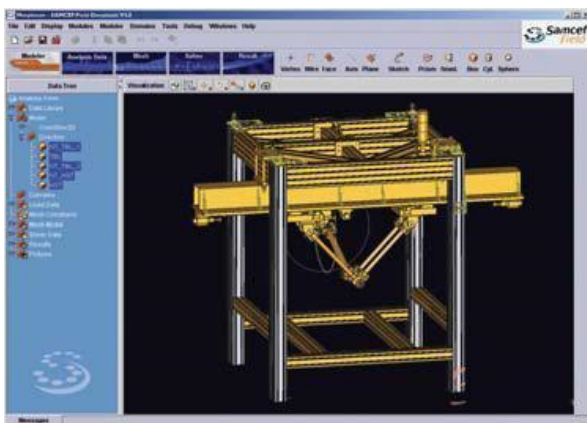
- 可视化 科学计算可视化、商用可视化





## 第三节 计算机图形学的研究内容及应用

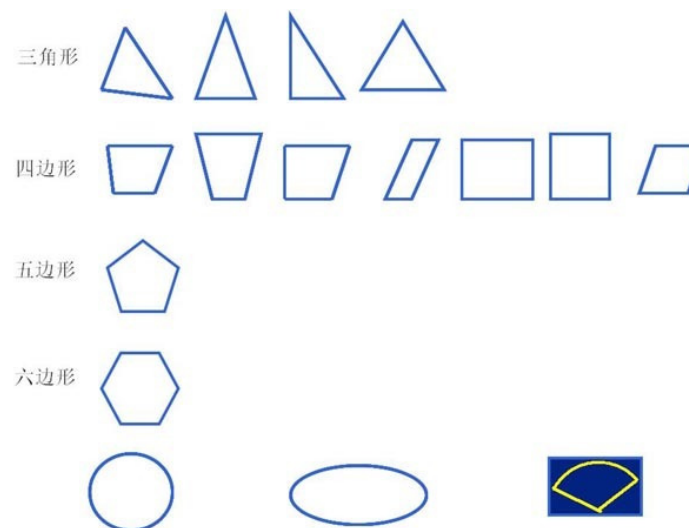
- 图形用户界面 窗口、菜单和图标



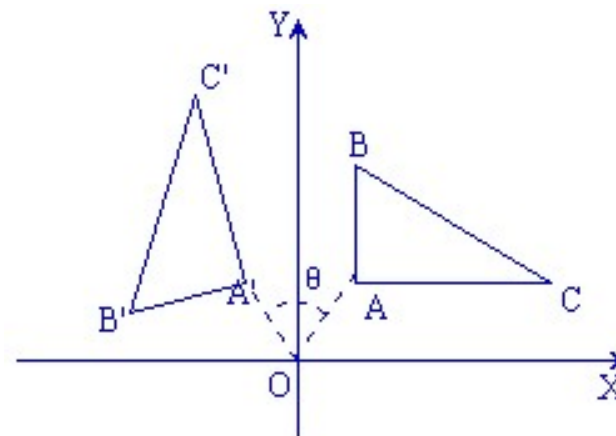


# 图形学主要研究内容

## 1. 图形的生成和表示技术



## 2. 图形的操作与处理方法

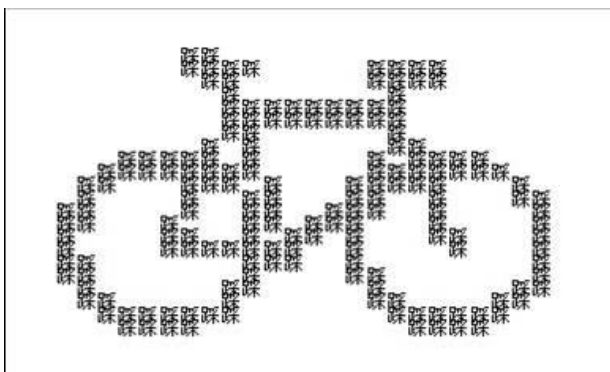






# 图形学主要研究内容

## 3. 图形输出设备与输出技术的研究



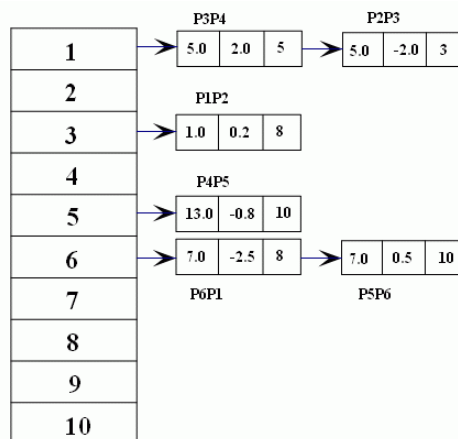
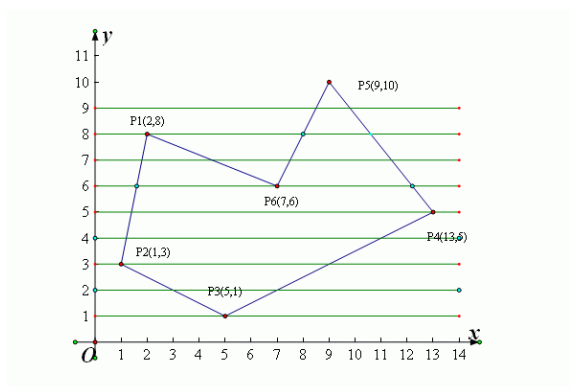
## 4. 图形输入设备、交互技术及用户接口技术的研究



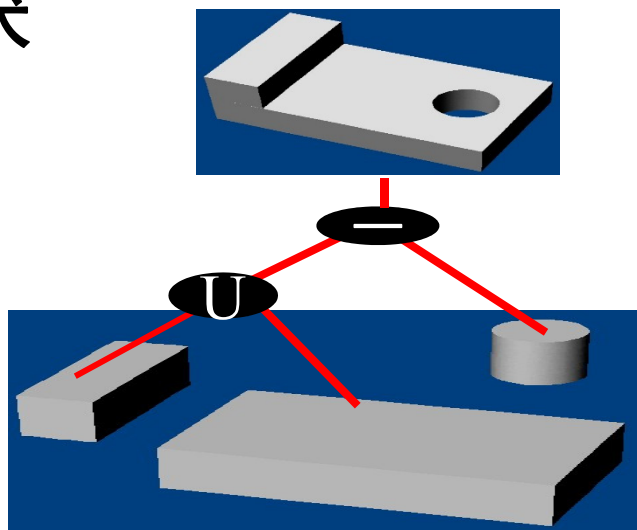


# 图形学主要研究内容

## 5. 图形信息的数据结构及存储、检索方法



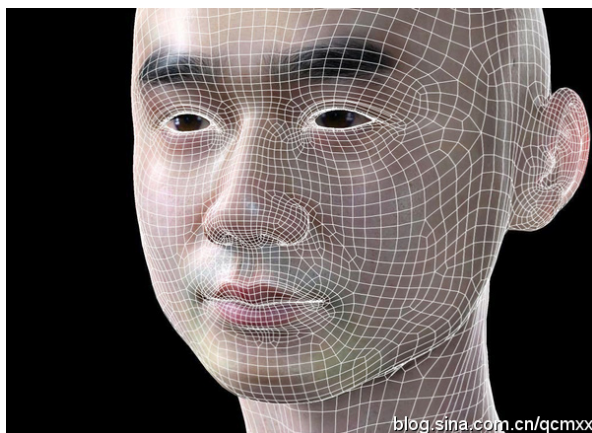
## 6. 几何模型构造技术





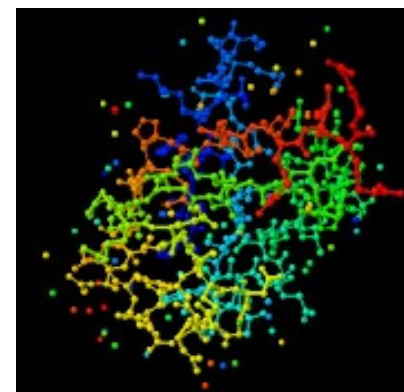
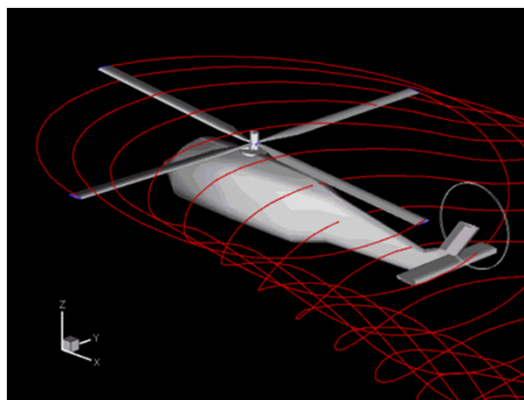
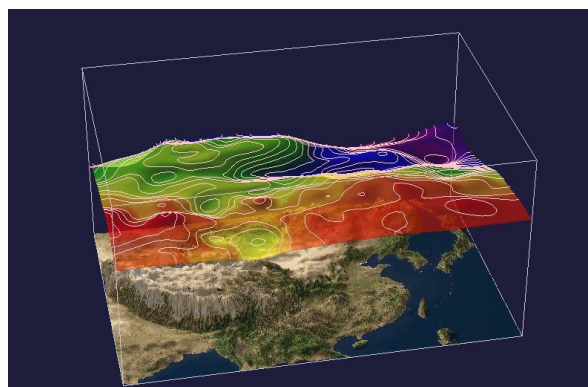
# 图形学主要研究内容

## 7. 动画技术



## 8. 图形软硬件的系列化、模块化和标准化的研究

## 9. 科学计算的可视化





## 第四节 图形系统的硬件

- 计算机图形学硬件系统系统：  
计算机(CPU)、显示处理器(GPU)、图形显示器、  
输入设备和硬拷贝设备



# 显示处理器

- 显示处理器 (Graphic Processing Unit, GPU) 是专门用于图形显示过程中涉及运算的处理器, 是一种具有专门用途的CPU。
- GPU的加入实现了将三维图像和特效处理功能集中在显示芯片内, 即所谓的“硬件加速”功能, 使图形的显示效率大大提高。
- 它能够在硬件水平基础上完成图形处理过程中的多种运算。





# 显示处理器

- 今天, GPU通用计算技术的不断发展受到多方的广泛关注, GPU的工作能力已不再仅仅局限于3D图形处理。各种各样的事实也证明在浮点运算、并行计算等方面, GPU可以提供数十倍乃至上百倍于CPU的性能。



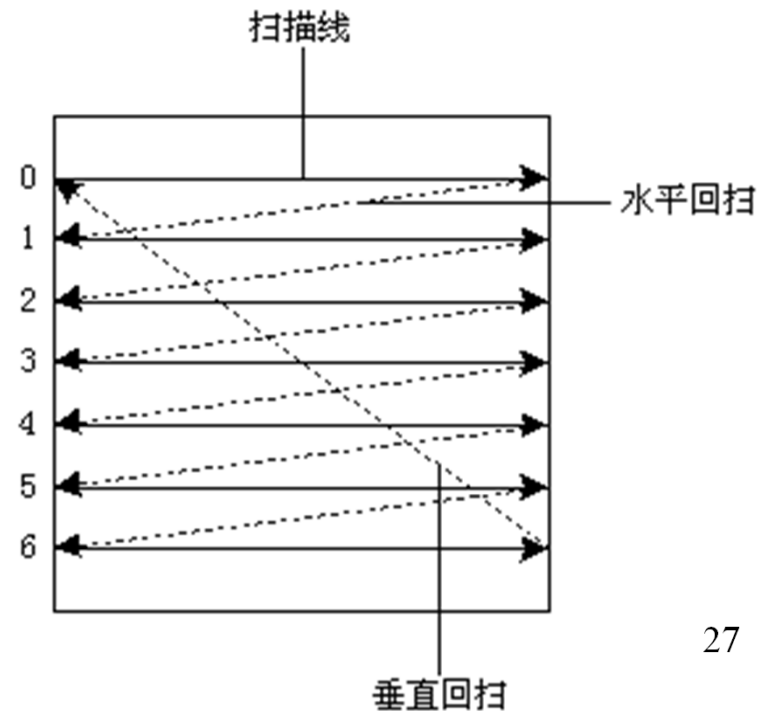
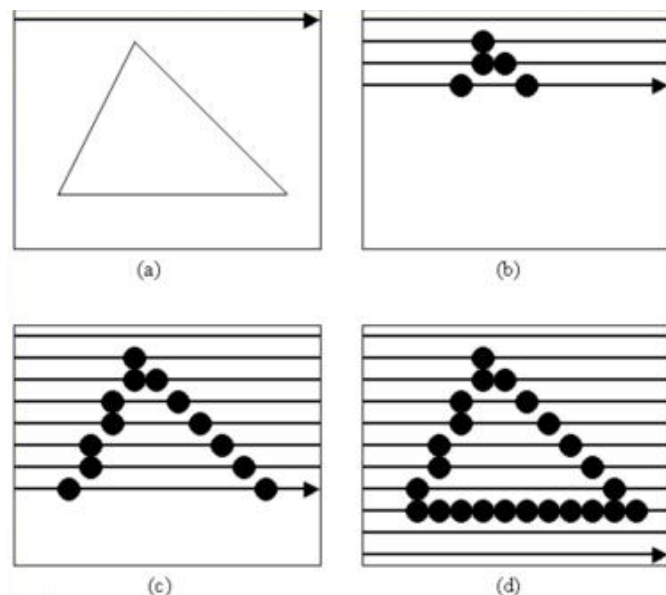
# 图形显示器

- 图形显示器是将最终的显示效果呈现出来的部件。
- 图形显示器也经历了从存储管式显示器、随机扫描显示器、光栅扫描显示器、彩色CRT光栅扫描显示器到平板显示器等发展阶段。



# 图形显示器

- 阴极射线管 (Cathode Ray Tube, CRT) 曾是最为广泛使用的显示器。CRT 纯平显示器可视角度大、无坏点、色彩还原度高、响应时间短。**光栅扫描方式**应用较广。

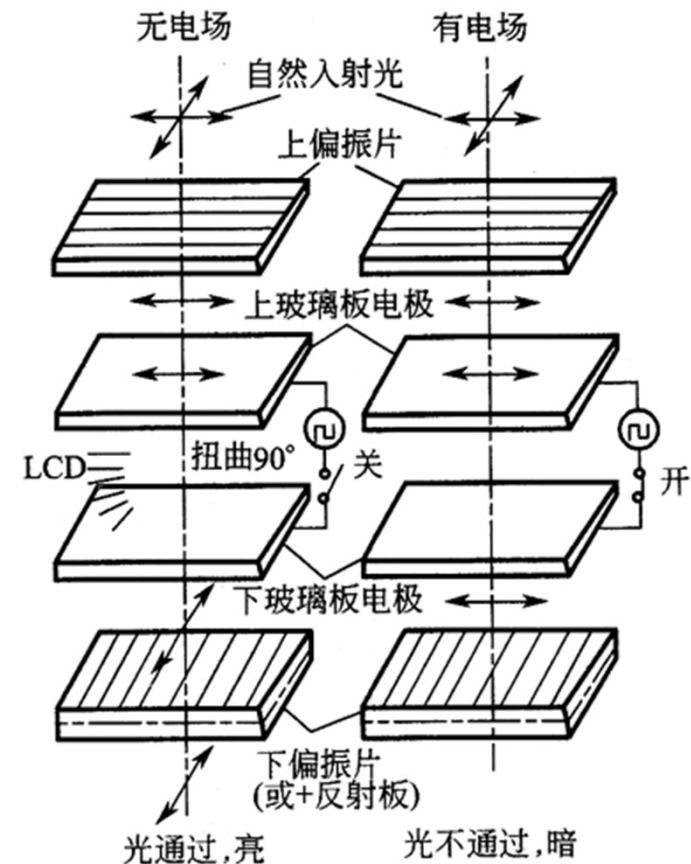




# 图形显示器

- 现在液晶显示器 (Liquid Crystal Display, LCD) 已取代了CRT显示器。

- 与传统CRT显示器相比, LCD体积小、厚度薄、重量轻、能耗低、无辐射、无闪烁。





# 基本概念（性能指标）

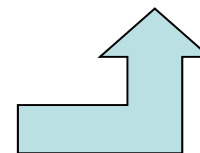
**像素** 屏幕上可以点亮或熄灭的最小单位  
**分辨率** 显示屏上像素的总数，常用每行像素数与行数的乘积表示



130	146	133	95	71	71	62	78
130	146	133	92	62	71	62	71
139	146	146	120	62	55	55	55
139	139	139	146	117	112	117	110
139	139	139	139	139	139	139	139
146	142	139	139	139	143	125	139
156	159	159	159	159	146	159	159
168	159	156	159	159	159	139	159



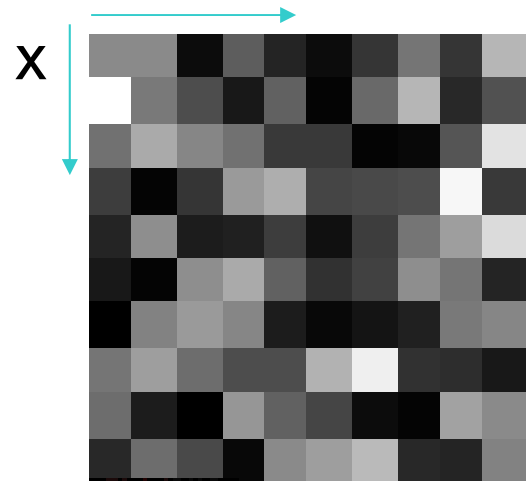
2





# 基本概念（性能指标）

- 亮度等级或称灰度等级数目是指单色显示器象素的亮度可以有多少种不同的变化
- 帧存储器 存储屏幕上每个象素对应的颜色或亮度值

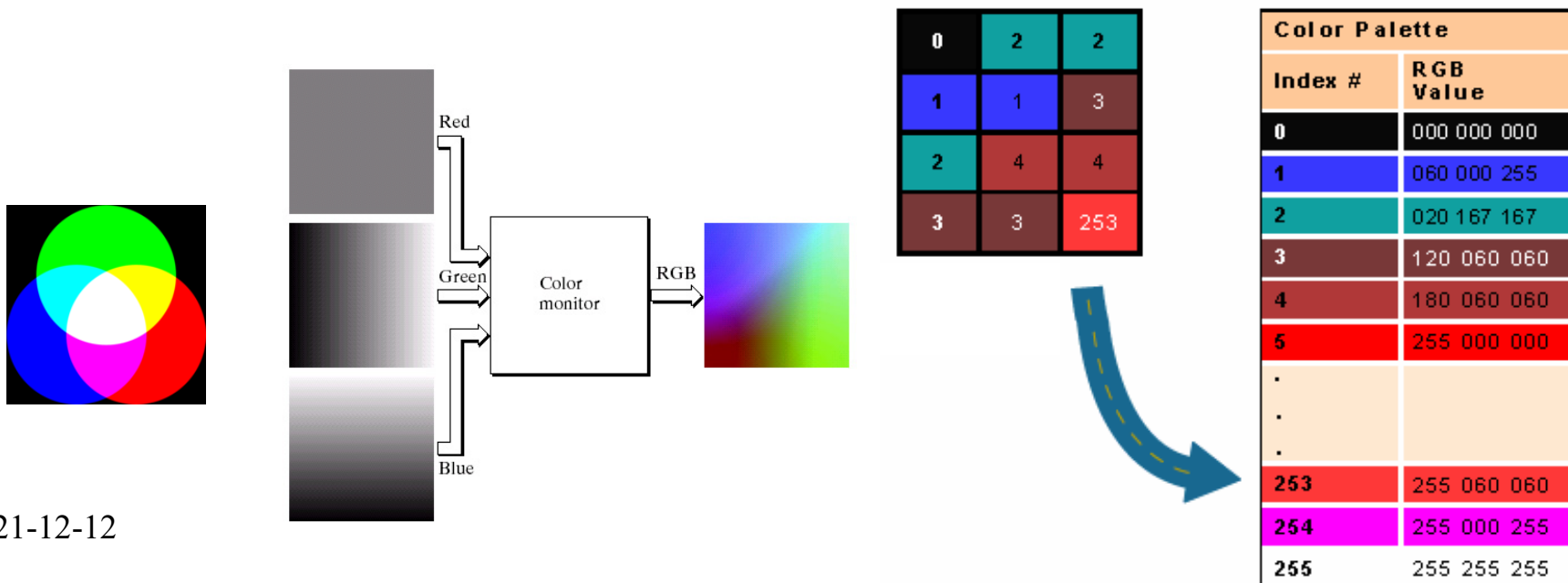
$$\begin{bmatrix} 128 & 127 & 0 & . & . \\ 255 & . & . & . & . \\ 120 & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \end{bmatrix}$$


亮度等级



# 颜色系统

- **RGB**（红、绿、蓝）、
- 颜色查询表（**color lookup table**）、
- **CMY**（青、品红、黄）、
- **HSV**（色彩、饱和度、亮度）

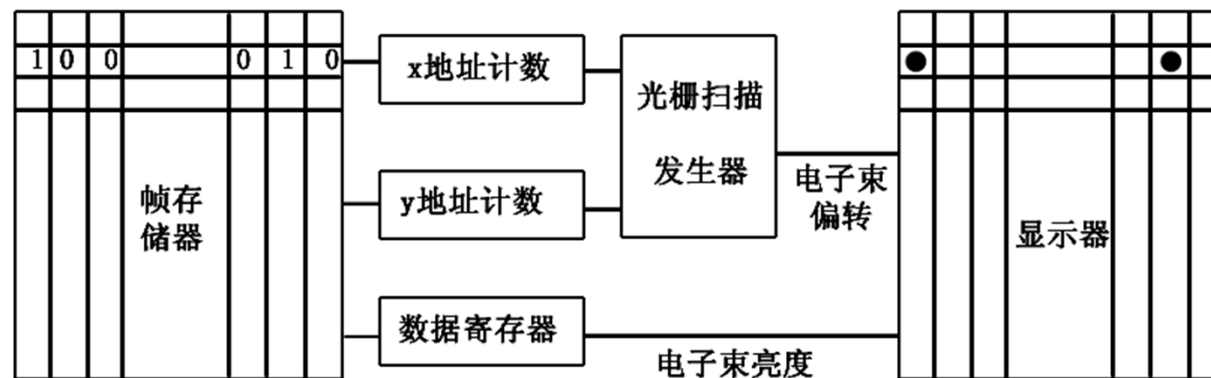


2021-12-12

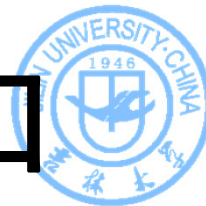


# x地址和y地址计数器

- 图形显示时，光栅扫描发生器中的x地址和y地址计数器不断计数。
  - 数值通过光栅扫描电路使CRT电子束产生扫描偏转，
  - 作为地址值读出帧存储器中的内容以控制显示屏上对应像素的颜色或亮度。







## 第五节 计算机图形编程接口

计算机图形的标准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**，近些年来，包括DirectX和OpenGL等计算机图形编程接口的广泛发展和诸如Open Inventor的图形库在业界的大规模使用，更是极大地促进了高质量图形界面的开发和推广。

# OpenGL



- OpenGL是个专业的3D程序接口，是一个功能强大，调用方便的底层3D图形库。
- OpenGL的前身是SGI公司为其图形工作站开发的IRIS GL。IRIS GL是一个工业标准的3D图形软件接口，功能虽然强大但是移植性不好，于是SGI公司便在IRIS GL的基础上开发了OpenGL。OpenGL是“开放的图形程序接口”。
- 虽然DirectX在家用市场全面领先，但在专业高端绘图领域，OpenGL是不能被取代的主角。

# DirectX



- DirectX是由微软公司开发的用途广泛的API，它包含有
  - Direct Graphics (Direct 3D+Direct Draw)、Direct Input、Direct Play、Direct Sound、Direct Show、Direct Setup、Direct Media Objects等多个组件，它提供了一整套的多媒体接口方案。



# Open Inventor

- Open Inventor(以下简称OIV)是SGI公司开发的基于OpenGL的面向对象三维图形软件开发包.
- OIV具有平台无关性,可以在Microsoft Windows,Unix,Linux等多种操作系统中使用。
- OIV允许使用C、C++、Java、DotNet等多种编程语言进行程序开发



# Open Inventor

- **Open Inventor**已经基本上成为面向对象的3D图形开发的工业标准,广泛地被应用在机械工程设计与仿真、医学和科学图像、石油钻探、虚拟现实、科学数据可视化等科技领域。
- **OIV**是一个建立在**OpenGL**基础上的对象库,开发人员可以任意使用、修改和扩展对象库。

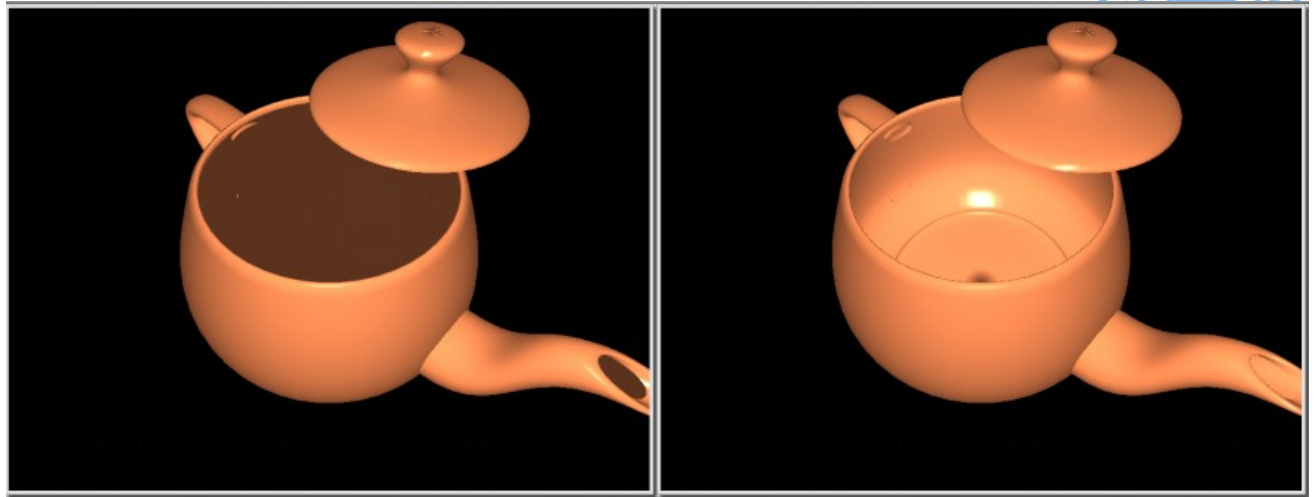


# Open Inventor

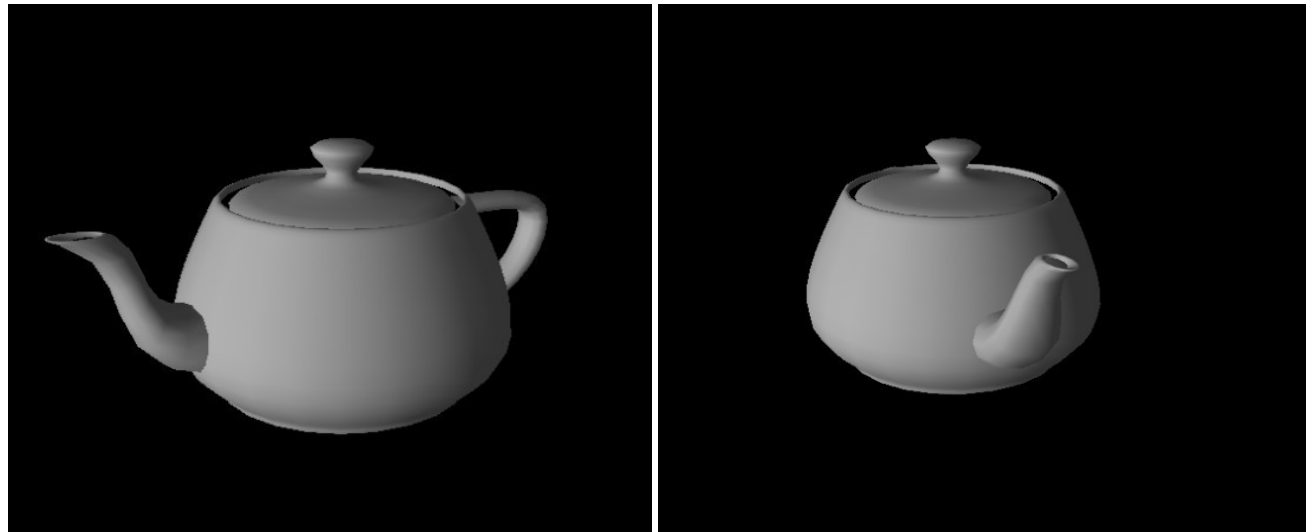
- Open Inventor应用领域包括商业图形、机械CAE和CAD、绘画、建筑设计、医学和科学图像、化学工程设计、地学、虚拟现实、科学数据可视化和仿真动画。



OpenGL



DirectX





## Open Inventor

