

OpenGL图形编程

少书师夜

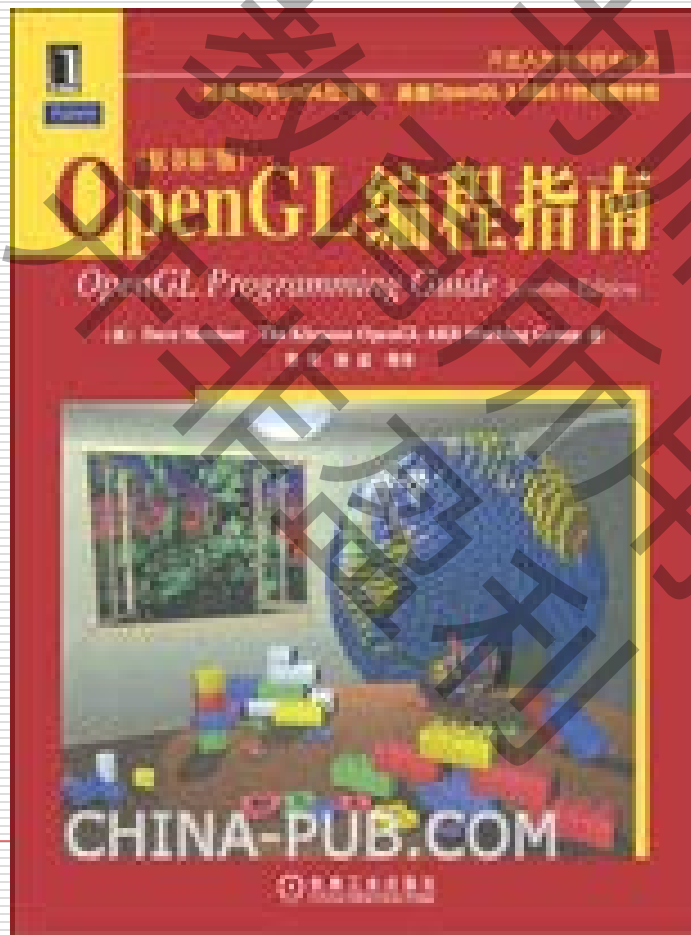
教学目标

- 在了解计算机图形学基本知识的基础上，学会使用OpenGL图形软件接口，并达到一定3D图形程序开发水平

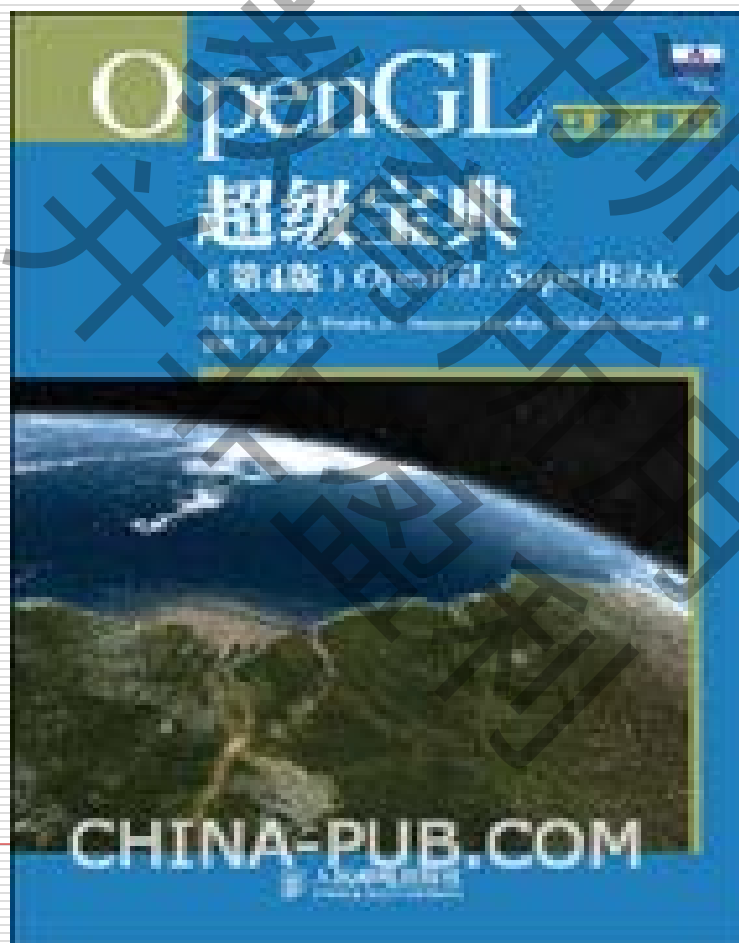
主要参考书目

- Dave Shreiner等, OpenGL编程指南 (原书第7版), 机械工业出版社, 2010
- Richard S.Wright.Jr等, OpenGL超级宝典 (第4版), 人民邮电出版社, 2010
- 陆枫等, 计算机图形学基础 (第2版), 电子工业出版社, 2008
- Donald Hearn,M.Pauline Baker著, 蔡士杰等译, 计算机图形学 (第三版), 电子工业出版社, 2005

□ 红皮书Red Book



□ 蓝皮书Blue Book



主要参考网站

- OpenGL官网

<http://www.opengl.org/>

- NeHe教程

<http://nehe.gamedev.net/>

- 周炜NeHe中文教程

<http://www.owlei.com/DancingWind/>

本章主要内容

- 1.1 图形学相关概念**
 - 1.2 图形学发展历史**
 - 1.3 图形技术应用**
 - 1.4 图形系统构成**
 - 1.5 颜色模型**
-

游戏引擎

- Apex: 起源引擎
- 守望先锋: 暴雪引擎
- 第五人格: 虚幻4

1.1 图形学基本概念

1.基本概念

图形 (Graphic) : 现实世界中能够在人的视觉系统中形成视觉印象的客观对象。

图形学 (Computer Graphics) : 是研究怎样用数字计算机生成、处理和显示图形的原理、方法和技术的一门学科。

图像 (Image) : 实际拍摄或印刷出来的画面。

图像处理: 将客观世界中原来存在的物体影像处理成新的数字化图像的相关技术, 如CT扫描、X射线探伤等。主要涉及图像的增强、分割、去噪、重组、特征提取和存储等。

模式识别: 对所输入的图像进行分析和识别, 找出其中蕴涵的内在联系或抽象模型, 如邮政分检设备、地形地貌识别等。

2.图形及构成要素

图形是能在人的视觉系统中产生视觉印象的客观对象，包括自然景物、拍摄到的图片、**用数学方法描述的图形**等等

构成图形的要素有两方面：

- 几何要素：刻画对象的轮廓、形状等
 - 非几何要素：刻画对象的颜色、材质等
-

3.计算机中表示图形的方法

□ 点阵表示

- 枚举出图形中所有的点(强调图形由具有灰度或色彩的点构成,)
- 简称为**图像** (数字图像)

□ 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)来表示图形
 - 简称为**图形**
-

4.计算机图形学的定义

计算机图形学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

它是建立在传统的图学理论、应用数学及计算机科学基础上的一门边缘学科

- **计算机几何：**几何形体在计算机中的表示，分析、研究怎样灵活方便地建立几何形体的数学模型，提高算法效率，在计算机内更好地存储和管理这些模型等。研究曲线、曲面的表示、生成、拼接、数据拟合。
 - **图像处理：**是景物或图像的分析技术
 - 研究如何对一幅连续图像取样、量化以产生数字图像，
 - 如何对数字图像做各种变换以方便处理，
 - 如何滤去图像中的无用噪声，
 - 如何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。
 - **计算机视觉和模式识别：**图形学的逆过程，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）。手写体识别、机器视觉。
-

1.3 图形学研究内容及趋势

■ 几何造型技术

■ 图形生成技术

■ 图形处理技术

■ 图形信息的存储、检索与交换技术

■ 人机交互技术

■ 动画技术

■ 图形输入输出技术

■ 图形标准与图形软件包的研究与开发

研究趋势：向着标准化、集成化、智能化发展，多媒体技术、人工智能、专家系统与计算机图形学相结合。

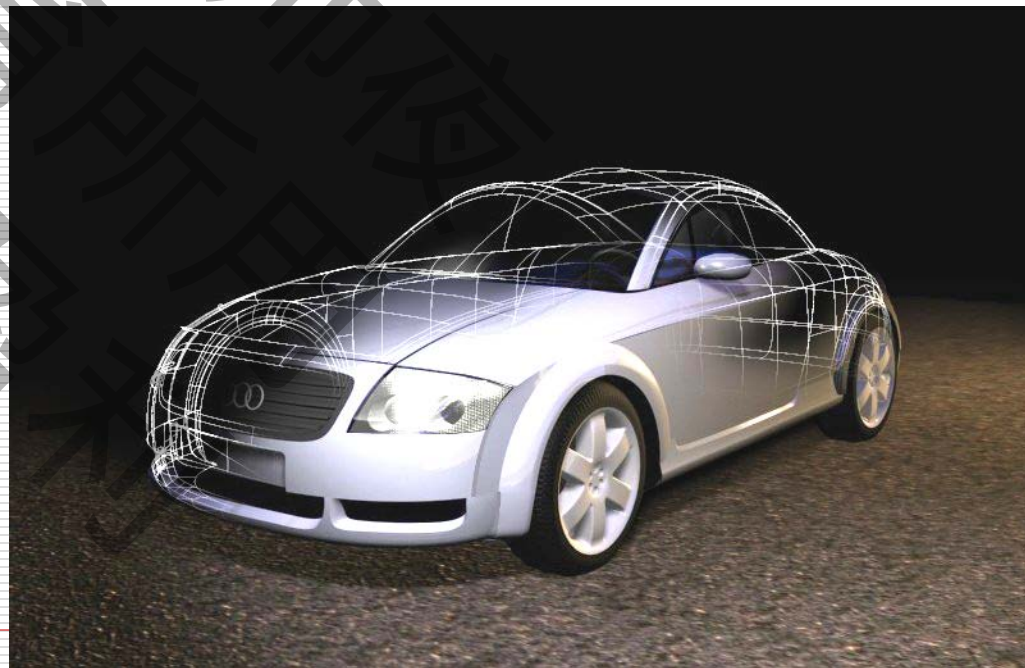
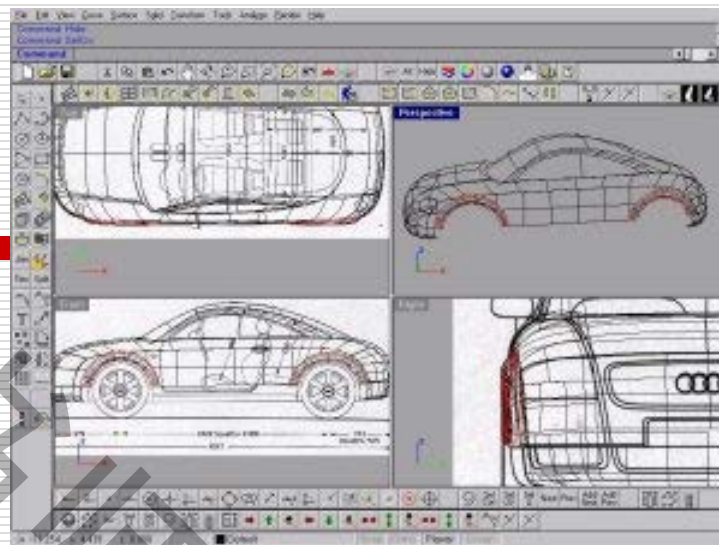
1.4 图形技术的应用

1.计算机辅助设计与制造(CAD / CAM)

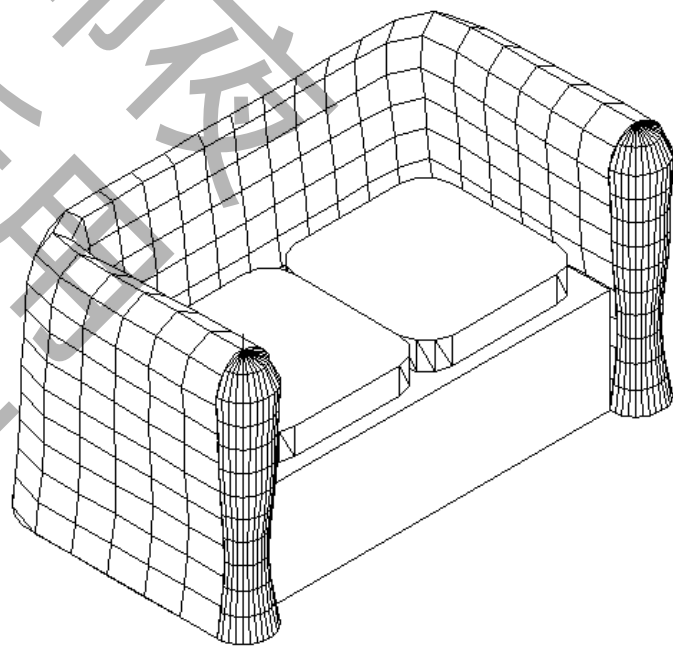
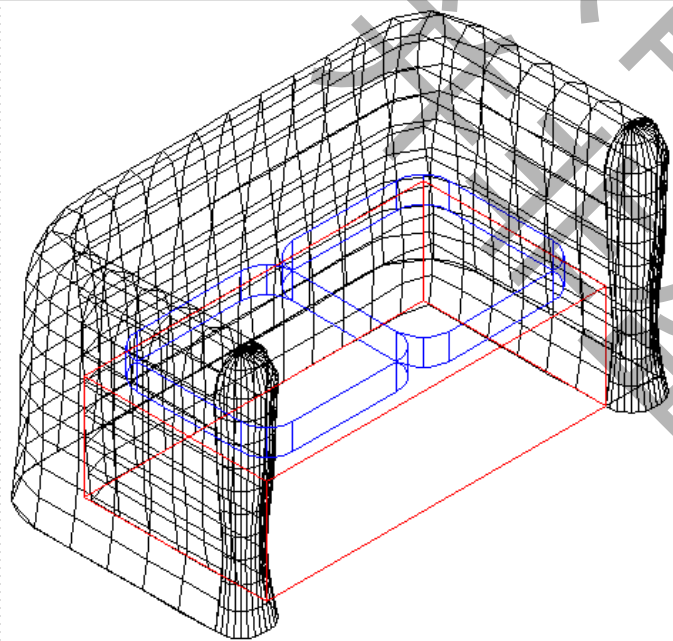
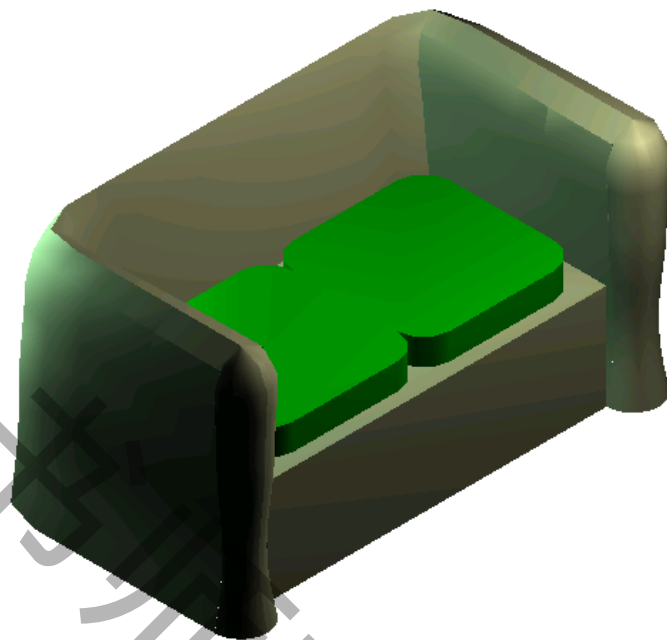
利用计算机图形学的基本原理和方法开发出CAD/CAM集成的商品化软件系统，广泛地应用于建筑设计、机械产品设计，大到飞机、汽车、船舶的外形设计，小到传感器的结构设计。在一个统一的环境中完成加工工艺计划、工具定义和编程任务。

CAD/CAM

奥迪效果图和线
框图



用AutoCAD软件制 作 三维模型



2.电子出版及办公室自动化

绘制各种图形，如统计数据的二维和三维图形、直方图、圆饼图、线条图、扇形图等，还可绘制工作进程图、库存、生产进程图、生产调度图以及大量的其它图形。

随着图、声、文结合的多媒体技术的发展，配合迅速发展的计算机网络，可视电话、电视会议、远程诊断以及文字、图表等的编辑和硬拷贝正在家庭、办公室普及。

3.计算机动画、娱乐及艺术

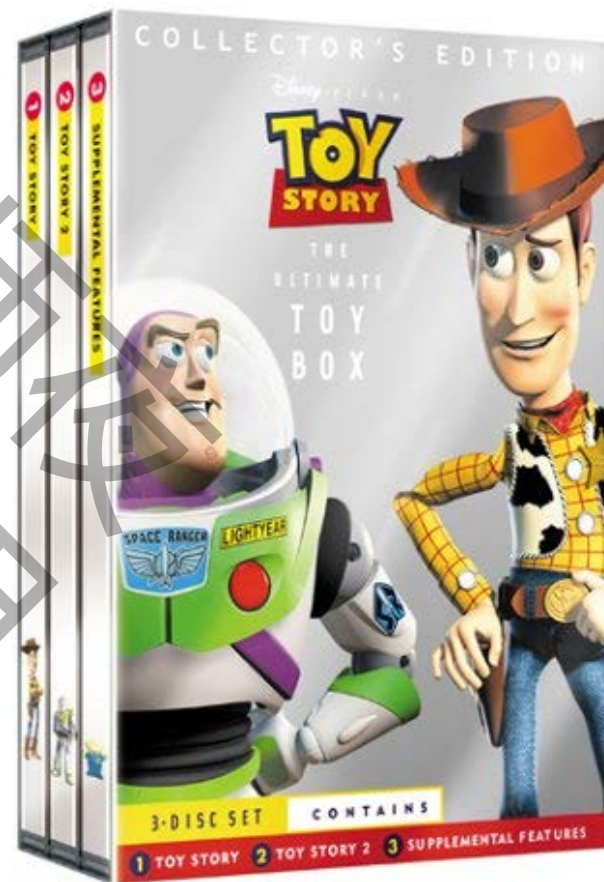
由于计算机图形系统的硬件速度提高，软件功能增强，利用图形工作站和高档微机来制作计算机动画、广告、电视、电影、游戏等已经相当普遍，有影片还获得了奥斯卡奖。

将计算机图形学与人工智能技术结合起来，可构造出丰富多彩的艺术图像，如各种图案、花纹、工艺外形设计及传统的油画、中国国画和书法等，利用专家系统中设定的规则，可以构造出形状各异的美术图案，生成盆景和书法等。

图形技术在电影中的应用

1995

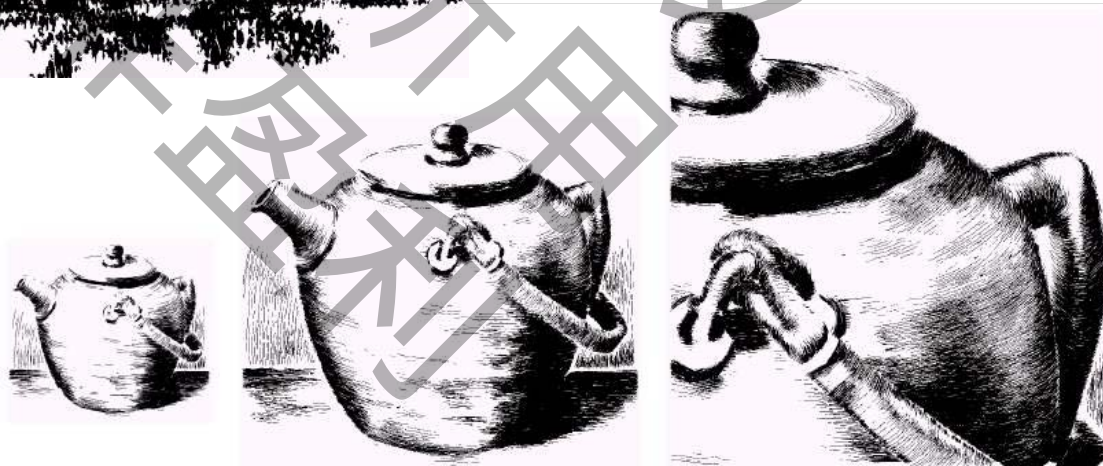
- ❑ Quake Released by Id Software
- ❑ Toy Story 成为第一部全三维计算机动画特点的电影;



计算机动画

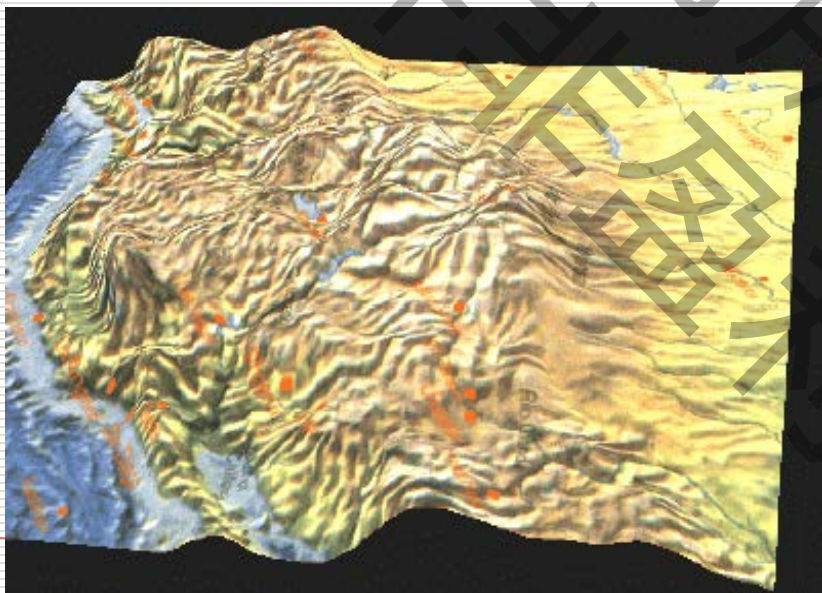
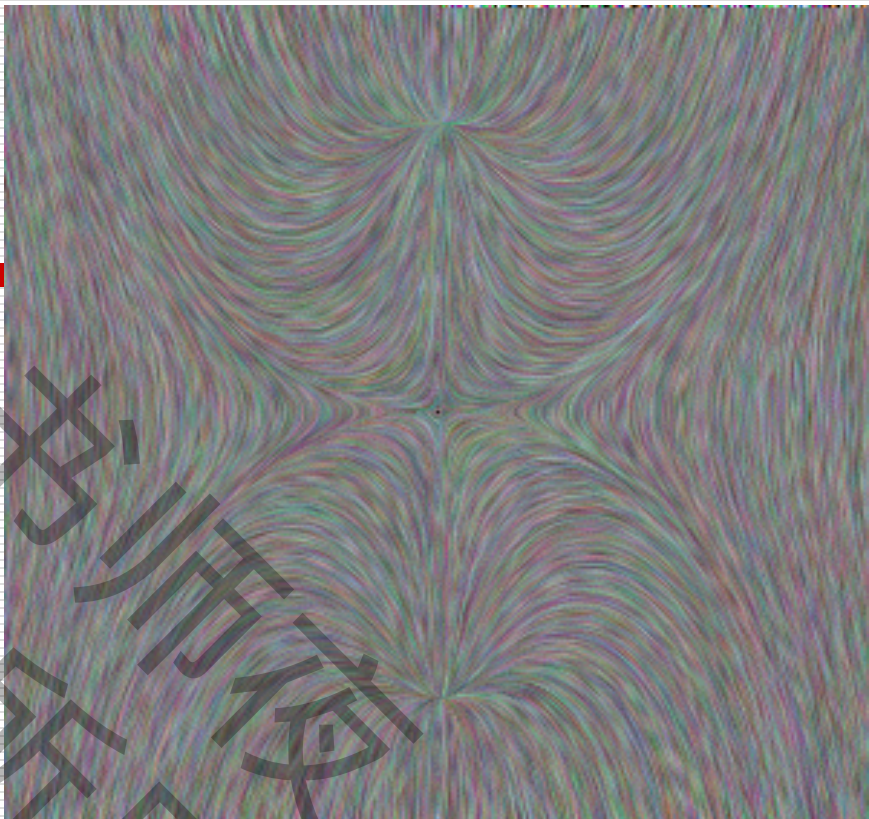
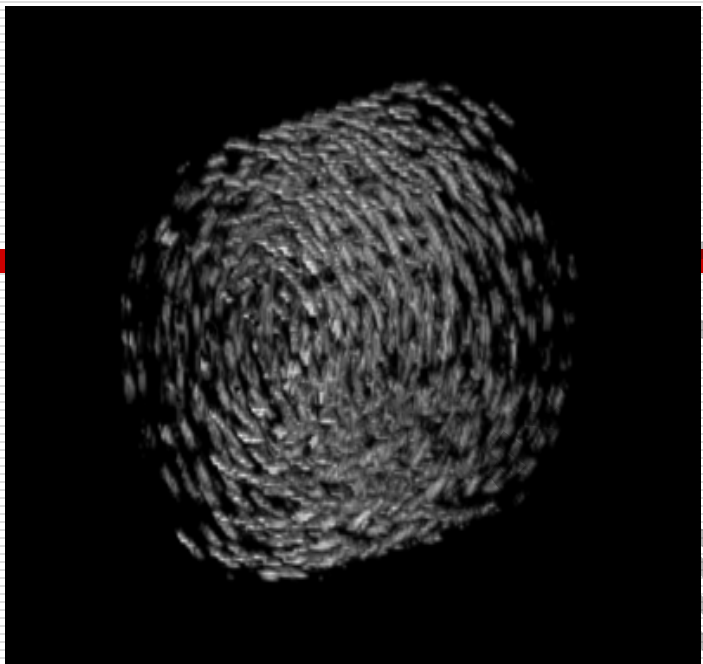


计算机艺术



4.地形地貌及地理信息系统

应用计算机图形生成技术产生高精度的地理图形或自然资源的图形是另一个重要的应用领域，包括地理图、地形图、矿藏分布图、海洋地理图、气象气流图、植物分布图以及其他各类等高线、等位面图等。建立在地理图形基础之上的地理信息管理系统GIS（Geographic Information System）已经在许多国家中得到广泛的应用。广泛应用于农林、地质、旅游、交通、测绘、城市规划、土地管理、环境保护、资源开发和灾害监测以及各种与地理空间有关的行业部门。



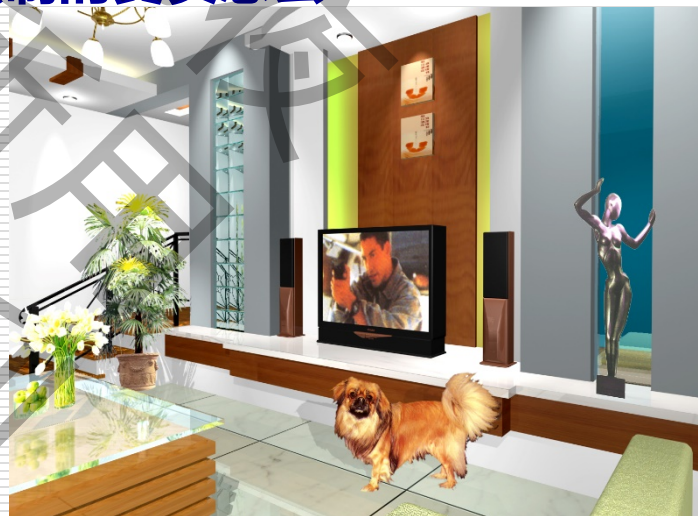
计算机仿真



日本Yoshinori Dobashi等人绘制的真实感云

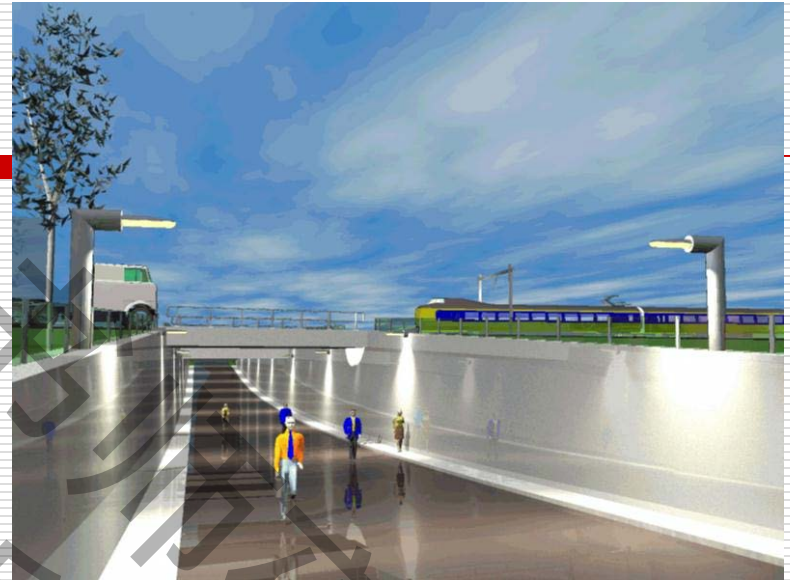


由清华大学自然景物平台生成的
野外场景



用3DMAX与Photoshop制作
室内装潢设计效果图

虚拟现实 (Virtual Reality)



二、图形软件发展

1. 软件标准形成

- 1964年

S. Coons提出Coons曲面，用小块曲面片组合自由曲面；

- 1966年

P. Bezier提出Bezier曲线和曲面，奠定了计算机辅助几何设计的基础；

- 1975年

Versprille提出有理B样条的理论，进而发展到NURBS；

2.图形软件系统分类

(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

便于移植和推广、但执行速度相对较慢, 效率低

(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、Auto Lisp等。

简练、紧凑、执行速度快, 但不可移植

(3) 专用图形系统: 效率高, 但系统开发量大, 可移植性差。

3.常用图形软件标准

种类	名称	主要功能描述
图形支撑软件标准	图形核心系统 GKS （Graphical Kernal System）	为在操作系统之上的图形支撑软件提供统一的结构和功能描述。提供应用程序与图形输入输出设备之间与语言无关的功能接口。
	程序员层次交互式图形系统 PHIGS （Programmer's Hierarchical Interactive Graphics System）	为应用程序员提供图形设备的图形系统接口。支持三维图形的层次嵌套结构，增加了对对象建模、彩色设定、表面绘制和图形管理等动态修改和绘制显示图形数据的手段，是一个高度动态化和交互式图形系统。
	图形库 GL （Graphics Library）	工业标准图形库，具有基本图素、坐标变换、设置属性和显示方式、输入输出处理、真实图形显示等功能。
设备接口标准	计算机图形接口 CGI （Computer Graphics Interface）	提供控制图形硬件的一种与设备无关的方法，可看作是图形驱动程序的一种标准。
图形数据存档和传输标准	计算机图形元文件 CGM （Computer Graphics Metafile）	面向系统和系统开发者的图形生成、存储和传送格式。
	初始图形数据交换规范 IGES （Initial Graphics Exchange Specification）	用于不同计算机辅助设计与制造系统之间的数据交换。
	产品数据交换标准 STEP （STandard for Exchange of Product model）	覆盖产品整个生命周期的完整产品模型数据表示格式。
	可缩放矢量图形 SVG （Scalable Vector Graphics）	新一代具有突破性的、用于计算机图像和动画技术，能使设计员迅速创建和装载 Web 图形，并在 Web 浏览器、手持设备或移动电话上显示图形。

1.OpenGL图形软件包

- 1.1OpenGL主要功能
- 1.2OpenGL工作方式
- 1.3OpenGL操作步骤
- 1.4OpenGL基本语法
- 1.5OpenGL程序实例

OpenGL图形软件包

- ❑ OpenGL是SGI (Silicon Graphics Inc.) 公司对IRIS GL进行改进，扩展可移植性，形成的一个跨平台开放式图形编程接口。
- ❑ OpenGL历经3.0, 2.1, 1.5, 1.4, 1.3, 1.2, 1.1, or 1.0多个版本。现在最新的是在2010年3月10日公布的OpenGL 4.0。
- ❑ 目前，OpenGL标准由1992年成立的独立财团OpenGL Architecture Review Board (ARB) 以投票方式产生，并制成规范文档公布。

OpenGL可以做什么

CAD

虚拟实境

科学可视化程序

电子游戏开发

OpenGL 实现机制

- ❑ OpenGL是一个与硬件图形发生器的软件接口，它包括了100多个图形操作函数，开发者可以利用这些函数来构造景物模型、进行三维图形交互软件的开发。
- ❑ 用户必须从点、线、面等最基本的图形单元开始构造自己的三维模型



OpenGL提供了以下的对三维物体的绘制方式：

- ❑ 网格线绘图方式 (wireframe) :这种方式仅绘制三维物体的网格轮廓线。
 - ❑ 深度优先网格线绘图方式 (depth_cued) :用网格线方式绘图，增加模拟人眼看物体一样，远处的物体比近处的物体要暗些。
 - ❑ 反走样网格线绘图方式 (antialiased) :用网格线方式绘图，绘图时采用反走样技术以减少图形线条的参差不齐。
 - ❑ 平面消隐绘图方式 (flat_shade) :对模型的隐藏面进行消隐，对模型的平面单元按光照程度进行着色但不进行光滑处理。
-

-
- **光滑消隐绘图方式 (smooth_shade) :**对模型进行消隐按光照渲染着色的过程中再进行光滑处理, 这种方式更接近于现实。
 - **加阴影和纹理的绘图方式 (shadows、textures) :** 在模型表面贴上纹理甚至于加上光照阴影, 使得三维景观象照片一样
 - **运动模糊的绘图方式 (motion-blured) :** 模拟物体运动时人眼观察所感觉的动感现象。
 - **大气环境效果 (atmosphere-effects) :** 在三维景观中加入如雾等大气环境效果, 使人身临其境。
 - **深度域效果 (depth-of-effects) :** 类似于照相机镜头效果, 模型在聚焦点处清晰, 反之则模糊。
-

OpenGL的基本工作流程

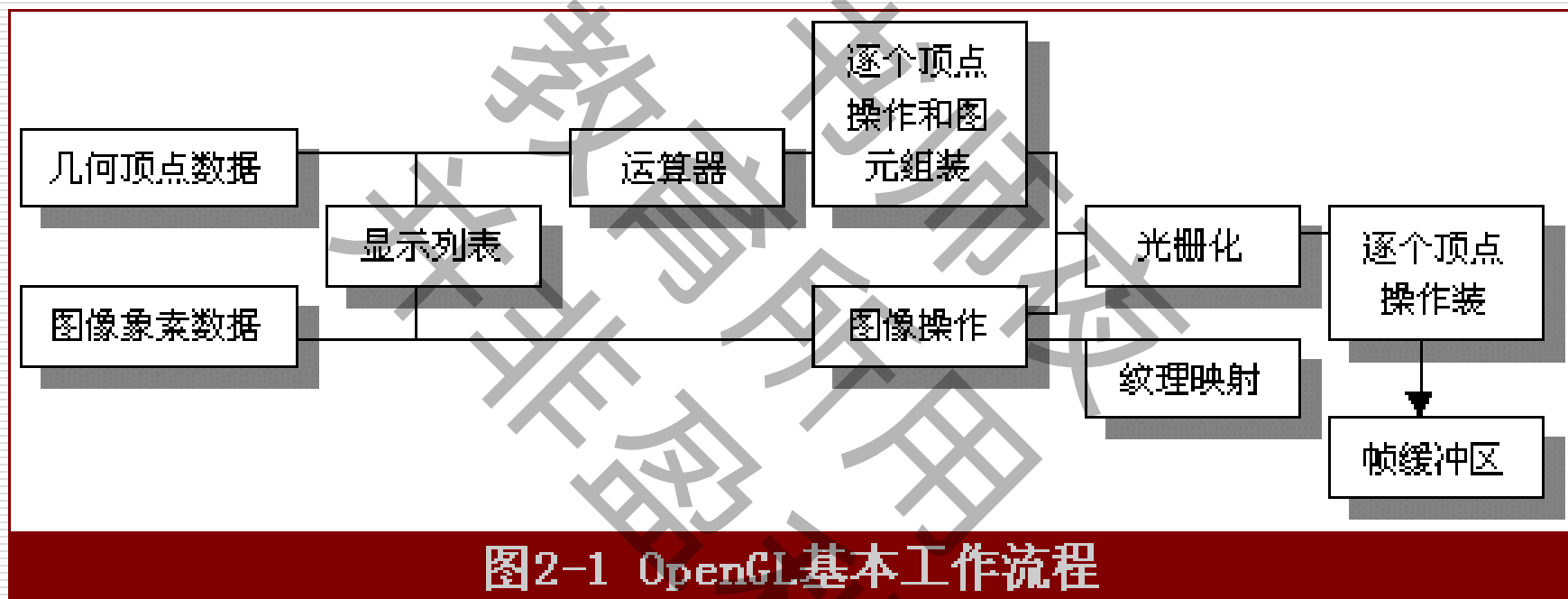


图2-1 OpenGL基本工作流程

OpenGL图形操作步骤

- 在OpenGL中进行主要的图形操作直至计算机屏幕上渲染绘制出三维图形景观的基本步骤：
 - 1) 根据基本图形单元建立景物模型，并且对所建立的模型进行数学描述（OpenGL中把：点、线、多边形、图像和位图都作为基本图形单元）。
 - 2) 把景物模型放在三维空间中的合适的位置，并且设置视点（viewpoint）以观察所感兴趣的景观。
 - 3) 计算模型中所有物体的色彩，其中的色彩根据应用要求来确定，同时确定光照条件、纹理粘贴方式等。
 - 4) 把景物模型的数学描述及其色彩信息转换至计算机屏幕上的像素，这个过程也就是光栅化（rasterization）。
-

1.1 OpenGL的主要功能

□ 模型绘制

OpenGL 能够绘制点、线和多边形。应用这些基本的形体，可以构造出几乎所有的三维模型。

OpenGL 通常用模型的多边形的顶点来描述三维模型。

1.1 OpenGL的主要功能

□ 模型观察

在建立了三维景物模型后，就需要用 OpenGL 描述如何观察所建立的三维模型。观察三维模型是通过一系列的坐标变换进行的。模型的坐标变换在使观察者能够在视点位置观察与视点相适应的三维模型景观。在整个三维模型的观察过程中，投影变换的类型决定观察三维模型的观察方式，不同的投影变换得到的三维模型的景象也是不同的。最后的视窗变换则对模型的景象进行裁剪缩放，即决定整个三维模型在屏幕上的图象。

1.1 OpenGL的主要功能

□ 颜色模式

OpenGL 应用了一些专门的函数来指定三维模型的颜色。程序开发者可以选择二个颜色 模式，即 RGBA 模式和颜色表模式。在 RGBA 模式中，颜色直接由 RGB 值来指定；在颜色表模式中，颜色值则由颜色表中的一个颜色索引值来指定。开发者还可以选择平面着色和光滑着色二种着色方式对整个三维景观进行着色。

1.1 OpenGL的主要功能

□ 光照应用

用 OpenGL 绘制的三维模型必须加上光照才能更加与客观物体相似。OpenGL 提供了管理四种光(辐射光、环境光、镜面光和漫射光)的方法,另外还可以指定模型表面的反射特性。

1.1 OpenGL的主要功能

□ 图象效果增强

OpenGL 提供了一系列的增强三维景观的图象效果的函数，这些函数通过反走样、混合和雾化来增强图象的效果。反走样用于改善图象中线段图形的锯齿而更平滑，混合用于处理模型的半透明效果，雾使得影像从视点到处逐渐褪色，更接近于真实。

1.1 OpenGL的主要功能

□ 位图和图像处理

OpenGL 还提供了专门对位图和图象进行操作的函数。

1.1 OpenGL的主要功能

□ 纹理映射

三维景物因缺少景物的具体细节而显得不够真实，为了更加逼真地表现三维景物，OpenGL 提供了纹理映射的功能。OpenGL 提供的一系列纹理映射函数使得开发者可以十分方便地把真实图象贴到景物的多边形上，从而可以在视窗内绘制逼真的三维景观。

1.1 OpenGL的主要功能

□ 实时动画

为了获得平滑的动画效果，需要先在内存中生成下一幅图象，然后把已经生成的图象从内存拷贝到屏幕上，这就是 OpenGL 的双缓存技术(double buffer)。OpenGL 提供了双缓存技术的一系列函数。

1.1 OpenGL的主要功能

□ 交互技术

目前有许多图形应用需要人机交互，OpenGL 提供了方便的三维图形人机交互接口，用户可以选择修改三维景观中的物体。

1.4 OpenGL 基本语法

□ 组成

OpenGL核心库: gl

OpenGL实用程序库: glu

OpenGL编程辅助库: aux

OpenGL实用程序工具包 (OpenGL utility toolkit, GLUT) : glut

Windows专用库: wgl

Win32 API 函数库

1.4 OpenGL 基本语法

□ 组成

OpenGL 核心库：gl

OpenGL 核心库中包含了 115 个基本的命令函数，以 “gl” 为前缀，可以在任何 OpenGL 的工作平台上应用。

这部分函数用于常规的、核心的图形处理，如建立各种各样的几何模型，产生光照效果，进行反走样以及进行纹理映射，以及进行投影变换等等。由于许多函数可以接收不同数据类型的参数，因此派生出来的函数原形有 300 多个。

1.4 OpenGL 基本语法

□ 组成

OpenGL 实用程序库： glu

OpenGL 的实用程序库包含有 43 个函数，以 “glu” 为前缀，在任何 OpenGL 平台都可以应用。

这部分函数通过调用核心库的函数，来实现一些较为复杂的操作，如纹理映射、坐标变换、网格化、曲线曲面以及二次物体（圆柱、球体等）绘制等。

1.4 OpenGL 基本语法

□ 组成

OpenGL 编程辅助库：aux

OpenGL 的辅助库包含 31 个函数，以 “aux” 为前缀，但它们不能在所有的 OpenGL 平台上使用。

OpenGL 的辅助库的函数主要用于窗口管理、输入输出处理以及绘制一些简单的三维形体。

1.4 OpenGL 基本语法

□ 组成

OpenGL实用程序工具包 (OpenGL utility toolkit, GLUT) : glut

OpenGL 实用程序工具包 (OpenGL utility toolkit, GLUT) 包含 30 多个函数, 函数名前缀是 “glut”。

主要提供基于窗口的工具, 如窗口系统的初始化, 多窗口管理, 菜单管理, 字体以及一些较复杂物体的绘制等。由于 glut 库中的窗口管理函数是不依赖于运行环境的, 因此 OpenGL中的工具库可以在所有的 OpenGL 平台上运行。

1.4OpenGL基本语法

□ 组成

Windows专用库: wgl

Windows 专用库函数包含有 6 个，每个函数以 wgl 开头，用于连接OpenGL 和Windows NT，这些函数用于在 Windows NT 环境下的 OpenGL 窗口能够进行渲染着色，在窗口内绘制位图字体以及把文本放在窗口的某一位置等这些函数把 Windows 和 OpenGL 揉合在一起。

1.4OpenGL基本语法

□ 组成

Win32 API 函数库

**这部分函数没有专用的前缀，主要用于处理像素
存储格式和双帧缓存。**

1.4 OpenGL 基本语法

□ 函数命名规则

OpenGL函数都遵循一个命名约定，即采用以下格式：

<库前缀><根命令><可选的参数个数><可选的参数类型>

例如函数glColor3f(...), gl表示这个函数来自库gl.h, color表示该函数用于颜色设定, 3f表示这个函数采用了三个浮点数参数。

1.4 OpenGL 基本语法

□ 数据类型

由于 OpenGL 具有平台无关性，它定义了自己的数据类型，这些数据类型将映射为常规的C 数据类型，在程序中也可以直接使用这些C数据类型，下表列出了在 OpenGL中定义的数据类型。

1.4OpenGL基本语法

□ 数据类型

表2.1 OpenGL的数据结构

OpenGL数据类型	内部表示法	定义为C类型	C字面值后缀
GLbyte	8位整数	signed char	B
GLshort	16位整数	short	S
GLint, GLsizei	32位整数	long	L
GLfloat, GLclampf	32位浮点数	float	F
GLdouble, GLclampd	64位浮点数	double	D
GLubyte, GLboolean	8位无符号整数	unsigned char	Ub
GLushort	16位无符号整数	unsigned short	Us
GLuint, GLenum, GLbitfield	32位无符号整数	unsigned long	Ui

1.5 OpenGL程序实例——头文件包含

- 利用OpenGL实现图形绘制，首先要引入OpenGL核心库以及其他需要使用的库的头文件。
- GLUT保证了gl.h和glu.h被正确包含。

```
#include <gl/glut.h>
```

```
#include <windows.h>
```

1.5 OpenGL程序实例——窗口管理

- 初始化 (`glutInit`)
- 创建窗口 (`glutCreateWindow`)
- 设定窗口的显示模式 (`glutInitDisplayMode`)
- 指定窗口的位置和大小 (`glutInitWindowPosition`和`glutInitWindowSize`)
- 指定窗口的显示内容函数 (`glutDisplayFunc`)
- 运行框架 (`glutMainLoop`)

1.5 OpenGL程序实例——绘制图形

- 指定窗口背景色（`glClearColor`）
- 颜色管理，使用RGB颜色模型。一种颜色用红、绿、蓝三种颜色成分混合而成，每种颜色成分使用0.0到1.0之间的任意有效浮点数来表示颜色值。

1.5 OpenGL程序实例——绘制图形

表2.2 OpenGL的一些常用混合色

混合色	红色成分 (R)	绿色成分 (G)	蓝色成分 (B)
黑	0.0	0.0	0.0
红	1.0	0.0	0.0
绿	0.0	1.0	0.0
黄	1.0	1.0	0.0
蓝	0.0	0.0	1.0
紫	1.0	0.0	1.0
青	0.0	1.0	1.0
深灰	0.25	0.25	0.25
浅灰	0.75	0.75	0.75
棕	0.60	0.40	0.12
南瓜橙	0.98	0.625	0.12
粉红	0.98	0.04	0.70
紫红	0.60	0.40	0.70
白	1.0	1.0	1.0

1.5 OpenGL程序实例——绘制图形

□ 刷新窗口的缓冲区 (`glClear`)

□ 设定投影参数

```
glMatrixMode(GL_PROJECTION);
```

```
gluOrtho2D(0.0,200.0,0.0,150.0);
```

□ 绘制图形

```
glRectf(50.0f, 100.0f, 150.0f, 50.0f);
```

实验

**安装VC6.0或vs studio
配置opengl环境
在vc6.0运行示例程序**