

# OpenGL 技术在钻井仿真中的应用

王武礼 王延江 杨 华 高 伟 陈 真

(中国石油大学(华东)信息与控制工程学院,东营 257061)

**摘要** 为能在脱离钻井现场的情况下向学员展示钻井操作的工艺流程,开发基于 OpenGL 的钻井三维场景显示系统。该系统利用 3DS MAX 建模软件构造复杂的钻井设备模型;在 OpenGL 平台下,以显示列表的形式调用模型,并利用双缓存技术控制各三维模型在场景中平滑的运动,实现井场三维场景的动态仿真。该系统可以逼真地再现正常钻进、起下钻、卸扣、上卡等多种钻井工艺流程。

**关键词** 三维动画程序设计 开放性图形库(Open Graphic Library, OpenGL) 钻井仿真 三维场景

**中图法分类号** TP391.9; **文献标志码** A

钻井工程是石油开采过程中一个技术性很强的复杂系统工程,对钻井工程技术人员和现场操作人员进行培训很重要<sup>[1]</sup>。钻井仿真系统是对钻井过程的模拟,是培训钻井工程人员的系统,包括硬件仿真控制台、模型计算和三维场景显示三个子系统,其中硬件仿真控制台主要用来模拟现场设备,控制命令的发送和参数的显示;模型计算子系统主要是计算钻井仿真过程中一些重要参数;三维场景显示子系统主要是在硬件仿真控制台的配合下,利用三维可视化技术从司钻的角度逼真的再现钻井的操作流程。笔者利用 OpenGL 技术,开发的三维场景系统,不仅能给人以身临其境的感觉,而且可以加深学员对现场操作的理解,提高培训的效率。

## 1 OpenGL 技术

OpenGL 即开放性图形库(Open Graphic Library),是由 SGI 公司为其图形工作站开发的 IRIS 演变而来的<sup>[2]</sup>。OpenGL 提供了相应的图形变换函数、光源处理函数、纹理映射函数及特殊效果处理函

数等,开发者可以利用这些函数来建立三维模型和进行三维实时交互。与其他三维图形工具软件包相比,它能灵活方便地实现二维、三维的高级图形技术,如建模、坐标变换、光线处理、色彩处理、动画以及纹理映射、物体运动模糊效果等,这些功能为实现逼真的三维绘制效果、建立交互的三维场景提供了基础。

## 2 基于 OpenGL 技术的钻井场景的实现

### 2.1 钻井设备的三维建模

在 OpenGL 中只能用点、线和多边形建立模型,由于钻井现场的设备模型比较复杂,利用 OpenGL 建模非常不便,所以在建模阶段采用功能强大的建模软件 3DS MAX<sup>[3]</sup> 对钻井设备进行三维建模。钻井场景中涉及的模型多且复杂,有的模型在场景中是静止的,有的模型是运动的,涉及到运动的部件采用分体式建模,其他采用整体的建模方法,这种方法更便于利用 OpenGL 技术对钻井设备的 3DS 模型进行控制。

钻井场景中涉及的钻井设备模型较多,主要包括井架、钻井平台、转盘、吊卡、卡瓦、方钻杆、方补芯、钻杆、水龙头、大钩、游车、吊环、液压钳等,由于

2009 年 11 月 13 日收到

第一作者简介:王武礼(1978—),安徽萧县人,讲师,硕士,研究方向:计算机测控与仿真。

篇幅关系,这里仅给出液压钳的三维模型,如图1所示。

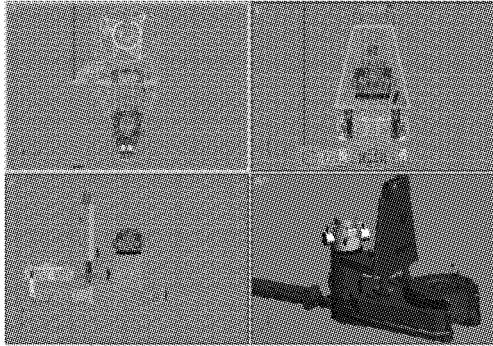


图1 液压钳的三维模型

## 2.2 OpenGL平台下钻井设备模型的显示

为使3D MAX环境下开发的三维模型能在OpenGL平台下有机的组织在一起,形成一个逼真的钻井场景,必须先将描述三维设备模型材质、贴图、点面信息的数据转换成OpenGL的格式;然后创建模型的显示列表,通过对模型显示列表的调用,完成钻井设备模型的显示。

### 2.2.1 OpenGL格式数据的转换

笔者利用Deep Exploration格式转换软件<sup>[4]</sup>将3D模型转换成OpenGL可识别的C语言格式代码,转换后每一个三维模型的数据结构中都包括顶点、法向量、材质、纹理坐标等信息。限于篇幅关系,以方钻杆的3D模型转换为例,转换后的模型数据文件可简单表示如下:

```
struct sample_MATERIAL_Kelly{
    GLfloat ambient[3]; //环境光
    GLfloat diffuse[3]; //散射光
    GLfloat specular[3]; //反射光
    GLfloat emission[3]; //发射光
    GLfloat alpha; //透明度
    GLfloat phExp; //发散系数
    int texture; //表面贴图
}; //材质结构的定义
Static sample_MATERIAL_Kelly materials_Kelly [4] = {.....}; //方钻杆的四个组成部件的材质数据
static short face_indices_Kelly[2732][9] =
{{1,0,215 ,0,1,2 ,0,1,2 },.....}; //几何面数据
static GLfloat vertices_Kelly [1438][3] = {0.00713914f, -0.
```

```
000359519f,0.408328f},.....}; //顶点数据
static GLfloat normals_Kelly [1460][3] = {{0.939693f, 0.34202f,
-2.85733e-006f},.....}; //法线数据
static GLfloat textures_Kelly [1014][2] =
{{0.805556f, 0.2f}, .....}; //纹理数据
.....
```

### 2.2.2 显示列表的创建和调用

显示列表是一组事先存储起来,以备事后执行的OpenGL命令<sup>[5]</sup>。由于钻井场景是动态的,需要不断的更新三维模型在场景中的位置,所以笔者将场景中三维模型绘制的OpenGL命令,创建成显示列表的形式,然后调用。这样不仅可以简化程序,而且可以提高模型的绘制速度。钻井场景中涉及的三维模型较多,这里仅给出方钻杆模型显示列表的创建和调用的部分代码。

```
GLint Gen3DObjectList_Kelly() //显示列表的定义
{
    int i,j;
    GLint Kelly = glGenLists(1); //生成显示列表索引
    int mcount = 0, mindex = 0;
    glNewList(Kelly, GL_COMPILE); //显示列表的创建
    glBegin (GL_TRIANGLES); //利用三角形片绘制
    ..... //模型的绘制
    glEnd ();
    glEndList();
    return Kelly;
}
//显示列表的调用
glCallList(Gen3DObjectList_Kelly());
```

## 2.3 钻井设备模型在虚拟场景中运动控制

若要OpenGL平台下的三维模型,能根据硬件控制台发送的命令改变在虚拟场景中的位置和姿态,必须对其进行模型转换,OpenGL提供了三个模型转换命令:glTranslate()、glRotate()、glScalef(),分别对模型进行平移、旋转和缩放操作,以便将模型以任意姿态放置在任意位置。

OpenGL中的转换是通过矩阵运算实现的,模型当前的位置和方向用矩阵M表示。当发出一个模型转换命令时,该命令会生成一个4×4阶的转换矩阵T,用当前矩阵M与转换矩阵T相乘,从而生成新的当前矩阵,从而得到模型新的位置。下面以平移命令为例说明其转换过程:若执行glTranslatef(x,y,

z) 命令,生成的转换矩阵  $T$  为:

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & x \\ 0 & 1 & 0 & y \\ 0 & 0 & 1 & z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}。$$

该矩阵与当前矩阵  $M$  相乘得新的当前矩阵  $M \cdot T$ ,使模型在其空间坐标系的三个坐标轴上平移的距离为  $x,y,z$ 。

OpenGL 中绘制动态的钻井场景时,首先根据设备模型在空中运动的运动学方程,分别计算出经过  $t$  时间所模型运动到新一点的位置量和姿态参数,然后执行 `glTranslate()`、`glRotate()`、`glScalef()` 命令确定要绘制设备模型的位置和姿态,再执行显示列表函数 `glCallList()`,完成钻井设备模型的绘制和显示,从而实现设备模型在场景中的运动。

#### 2.4 井场动态场景的实现

OpenGL 的双缓存技术是实现动态场景的主要技术<sup>[6]</sup>,在绘制图形前,先分配两个缓冲区,在一个缓冲区里执行绘制的命令,同时在另一个缓冲区里执行显示的命令,在缓存交互之间设置适当的时间间隔,就可以实现平滑的动态场景,而不是抖动的场景,达到逼真的仿真程度。

利用 OpenGL 的双缓存技术,在时间间隔  $t$  内,使方钻杆、大钩、游车、吊环、卡瓦、吊卡、钻杆和大钳等井场钻井设备模型,在硬件仿真平台的控制下,在虚拟场景中进行规律的运动,实现井场环境的动态仿真。

各种钻井设备的 3D 模型根据实际设备的真实尺寸构建,按照井场上典型的摆放位置进行布局与规划,让人有身临其境的感觉,效果如图 2、图 3 所示。在硬件仿真控制平台的命令下,图 2 场景中转盘转速(0~400) r/min 连续可调,机械钻速(钻头进尺速度)(0~40) m/h 连续可调,能够真实的模拟钻井现场在正常钻进时的各种操作过程,如:随时停转,上提方钻杆,上卡瓦,自动旋扣器上扣、卸扣,液压大钳上扣、卸扣,方钻杆移到小鼠洞接单根,对扣等;图 3 场景中钻具上提的速度(0~5) m/s 连续可调,能够模拟钻井现场起钻过程中的上提钻具,上

卡,液压大钳上扣、卸扣,立根摆放到立根盒,大钩平稳下放,吊环张开等操作;另外起钻过程中,在仿真刹把和绞车的控制下还可以随时刹车、下钻。



图 2 正常钻进场景

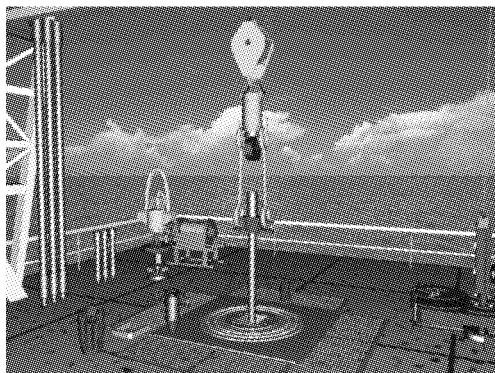


图 3 起钻场景

### 3 结论

利用 3DS MAX 对钻井设备模型进行三维建模,在 OpenGL 平台上以显示列表的形式调用模型,并利用双缓存技术控制各三维模型在场景中平滑的运动,逼真的再现了钻井操作的工艺流程。该系统在硬件仿真控制台的命令下,能够逼真的再现正常钻进、接单根、上提方钻杆、起下钻、起下钻挺和关井等二十多种钻井操作流程。该成果已成功的应用在渤海钻井模拟器中。

(下转第 1281 页)

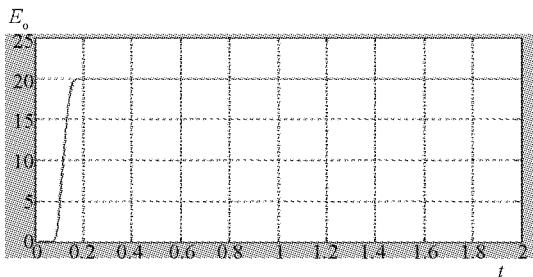


图 6 全方向运动的仿真结果

## 5 总结

1) 两个驱动轮向不同方向驱动(差动)时,电动轮椅可取得任意的回转角度。

2) 虽然轮椅是由两电机独立驱动,但引进补偿调节后两轮速的误差明显减少,可消除直线运动时两轮的速度差。

## 参 考 文 献

- 1 何清华,黄素平,黄志雄. 智能轮椅的研究现状和发展趋势. 机器人技术与应用,2003(2):1—3
- 2 秦继荣,沈安俊. 现代直流伺服控制技术及其系统设计. 北京:机械工业出版社,1993
- 3 陈桂明,张明照,戚红雨. 应用 MATLAB 建模与仿真. 北京:科学出版社,2001
- 4 魏可新,王云亮,陈志敏. MATLAB 语言与自动控制系统设计. 北京:机械工业出版社,1999

## System Analysis and Simulation of Omnidirectional Motor-wheelchair

JIANG Fang, GE Han-lin

(Liaoning Shihua University, Fushun 113001, P. R. China)

**[Abstract]** Through kinematic analysis, two drive wheel differential than can control motor-wheelchair make arbitrary angle movement. For the basic factor, line and omnidirection motion, according to performance requirements, the control project is put forward solely and simulation results are demonstrated.

**[Key words]** motor-wheelchair model differential compensation simulation

(上接第 1278 页)

## 参 考 文 献

- 1 陈庭根,管志川. 钻井工程理论与技术. 东营:石油大学出版社,2000
- 2 李 颖,薛海滨,朱伯立,等. OpenGL 技术应用实例精粹. 北京:国防出版社,2001
- 3 甘登岱,李 弘,黄瑞友,等. 3ds max 6 教程. 北京:电子工业出版社,2004

社,2004

- 4 张 晓,刘培玉. OpenGL 技术在虚拟现实三维重建中的应用. 计算机工程与设计,2008;29(18):4875—4877
- 5 和平鸽工作室. OpenGL 高级编程与可视化系统开发——系统开发篇. 北京:中国水利水电出版社,2003
- 6 贾艾晨,苏江锋. 基于 OpenGL 的河道地形仿真方法. 计算机辅助工程,2007;16(2):20—23

## Application of OpenGL Technology in Drilling Simulation

WANG Wu-li, WANG Yan-jiang, YANG Hua, GAO Wei, CHEN Zhen

(College of Info. & Control Eng., China Univ. of Petroleum, Dongying 257061, P. R. China)

**[Abstract]** To show students the drilling operation process without contacting the real drilling devices, the 3D scene simulation system on drilling based on OpenGL is developed. To realize dynamic simulation of 3D drilling scene, the complicated drilling equipment model is constructed with 3DS MAX, called in OpenGL platform under the form of a list, and controlled to move smoothly in scene using double-buffering technology. This system could reproduce normal drilling, trip out and trip in, shackle, onslip, etc.

**[Key words]** 3D animation design program OpenGL drilling simulation 3D scene