

# 采油工程设备及方案仿真系统<sup>①</sup>

李 荟<sup>1</sup>, 赵云敏<sup>1</sup>, 佟 巍<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(东北石油大学 计算机与信息技术学院, 大庆 163318)

<sup>2</sup>(大庆油田第一采油厂, 大庆 163318)

**摘 要:** 采油工程行业经过多年的发展, 数据量逐渐增大, 缺少一个统一的、交互性的、可视化的采油信息的查询和展示平台。从构建采油工程设备及方案仿真系统的系统架构入手, 分析了系统所需的基本功能-模型展示, 地层情况模拟, 以及生产数据查询。并介绍了实现系统的关键技术包括设备模型的转化、地层的模拟、人机交互的实现等。该系统能够为用户提供完备的数据库信息查询, 能够直观地显示出井筒的各部分组件信息和生产措施等情况, 有利于工程设计人员进行方案设计、汇报和分析总结。

**关键词:** 虚拟现实; 采油设备; 地层模拟; 数据库; 表单定制

## Oil Extraction Engineering Tools and Project Simulation System

LI Hui<sup>1</sup>, ZHAO Yun-Min<sup>1</sup>, TONG Wei<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(School of Computer and Information Technology, Daqing 163318, China)

<sup>2</sup>(Northeast Petroleum University, Daqing 163318, China)

**Abstract:** After years development, oil extraction engineering industry's data increased gradually. And it lacks a unified, interactive, visual information query and display platform. In this paper, firstly the system architecture of oil extraction engineering tools and project simulation system is built. It analyses the basic functions required by the system -the model display, formation of simulation, and production data query. And it describes the key technology to achieve system transformation, including equipment model, formation of the simulation, the realization of human-computer interaction, etc. The system can provide users with complete information from a database query, show each part of component information wellbore, completion status and production measures intuitively. For engineering designers, it helps them to design, report, and analysis.

**Key words:** VR; oil extraction equipment; formation simulation; database; custom form

## 1 引言

大庆油田已持续开发 50 余年, 随着油田综合含水的上升, 以及聚合物驱油、三元复合驱油的影响, 给采油工程的工作带来了巨大的挑战<sup>[1]</sup>, 需要新技术、新方法推动采油工程的技术创新以适应不断变化的地质开发方案。

信息化是推进采油工程进步的有利手段。几十年来人们在这方面通过不断的实践总结了大量的宝贵资源, 包括图表、数据和公式, 但由于它们由不同的软件生成或以不同的方式分散存储, 所以存在如下问题:

没有一个统一的、交互性的、可视化的采油信息的查询和展示平台; 对不断积累和更新采油设备和措施数据, 没有一个直观的展示工具; 难以实现直观、实时、灵活的数据分析和图形绘制; 原有的资源形式已不适用于目前科技快速发展的需求, 数据过时、更新慢、查询不方便和存储分散等问题逐渐暴露出来。因此资源的数据化、网络化和高效率智能化应用势在必行。另外目前采油工程基础数据库基本已经建成, 现场油水井的信息全部数据化, 为了能够有效利用这部分资源, 提高信息展示水平, 有必要建立

① 收稿时间:2012-02-28;收到修改稿时间:2012-04-20

油水井数据图形化展示平台和管理分析平台,实现采油工程设备及方案的仿真。

本项目应用虚拟现实技术、数据库技术等,改变了传统的以单调的数据以或简单图形为主要手段的管柱管理及工程规划设计,并整合油田生产数据,通过实时生产状况,分析总结井下措施或井下工具应用是否合理。

## 2 项目总体开发方案

系统采用浏览器/服务器(B/S)框架模式,利用 AJAX 技术实现用户操作与服务器响应异步。采用该框架模式能够增加数据的共享性,提高软件的利用率,并且可以减轻服务器和带宽的负担。系统总体架构如图 1 所示。

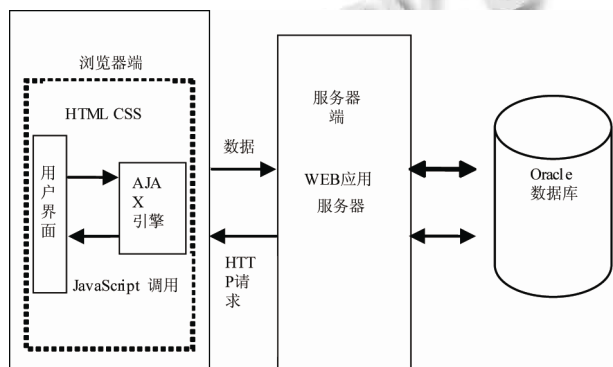


图 1 系统总体架构

本系统的主要目的是设计一套采油工程设备以及方案的仿真的软件,利用虚拟现实技术将设备(地下工具)的组成信息以及井下措施的工程设计方案形象、直观的展示出来。

系统从功能上可以实现以下三个功能,分别是地下设备的三维展示、地层剖面模拟和生产数据的动态查询。

(1) 采油设备的三维展示。通过对模型库的构建,用户能够通过浏览器对各模型进行观察并且能够对三维模型进行旋转、平移和缩放等操作。

(2) 地层剖面模拟。通过数据库中单井小层的信息数据由系统自动绘画出二维图像。由二维彩色图像可以看出每个工具与所在小层之间的相对位置、有效层及砂岩层的范围等信息。

(3) 生产数据查询。通过对与油田生产数据库的对接,实现生产数据的定制浏览,能够通过对生产数

据的监测,来判断采油方案设计的是否合理,并以此优化设计方案。

## 3 统实现的关键技术

### 3.1 采油设备模型的转化

由于系统要绘制许多复杂的图形,如封隔器、抽油泵等,单纯利用 OpenGL 库提供的基本几何体函数构造比较困难。我们考虑运用三维建模工具建好模型以后,以一定的三维数据存储结构保存这些复杂的三维模型。方便系统后期对模型的调用。

OpenGL 中提供了最基本的由多边形构造三维模型的方法,因此我们可以方便地从三维图形数据文件中读取模型数据,并在 OpenGL 中绘制,进而构造出井下三维图形工具库。由于 3DS 文件对于三维实体的描述采用三角形面片的逼近方法<sup>[2]</sup>,并且 OpenGL 采取三角片读取格式,所以 OpenGL 可以较方便的读取 3DS 文件。同时,由于 3DS 数据格式只能保存和转换几何信息,其中的色彩、材质等信息可能会再转换,所以建立几何模型时,可以不考虑色彩材质等非几何信息,在模型导入到 OpenGL 中后再进行材质、色彩、纹理等处理<sup>[6]</sup>。

3DS 文件读取的关键技术流程: 3DS 文件在读取过程中,主要是模型数据结构的实现。它的模型数据结构主要是将以下三个关键数据进行处理。顶点集: 顶点的坐标及其法向量的列表。多边形列表: 对应的是一组三角形,与材质等显示的属性有关,是在 OpenGL 中进行模型重构的重要部分。相关三角形列表: 一个指向多边形列表中每一个包含设定点的三角形链表。

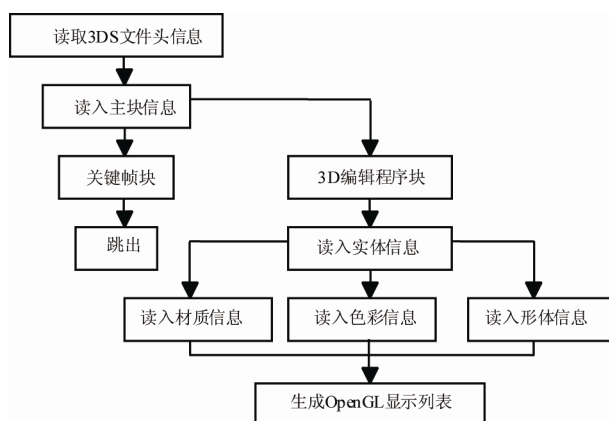


图 2 读取 3DS 文件的程序流程

3DS 文件生成 OpenGL 显示列表的方法: 读取 3DS 文件到自定义的图形数据结构中, 生成 OpenGL 显示列表.

读取 3DS 文件的程序流程, 如图 2 所示.

通过以上步骤可以实现 3DS 文件在 OpenGL 中的读取, 读入数据后, 可以用 OpenGL 绘图语句进行绘制, 在其中进行纹理、光照和背景的处理, 并进行运动方式的和控制, 进而构筑出仿真系统.

3.2 基于 GDI+的地下小层绘制

地层剖面信息能够直观的反映地下地层结构, 岩体属性特征等情况<sup>[2][4]</sup>. 本文通过虚拟现实手段, 将后台地质数据与前台绘图技术相结合, 将图形按真实数据的比例进行绘制, 实现真实模拟, 用户便能够分析出地下的分层状况, 准确的将地下工具放置在合适的位置.

地层图形的绘画是根据单井基础信息数据表(DAA01)及钻井地质信息数据表(DAA02)实现的. 根据本项目的实际需求, 我们将地质模型做简化处理. 即将地层平面化, 将三维地层简化处理为二维, 给用户直观形象展示. 对地层进行简化处理后, 就根据数据库中有有效厚度顶深、有效厚度、砂岩厚度顶深和砂岩厚度等数据进行地层描述. 本文应用 Windows 平台下的 GDI+技术进行地层剖面的绘制.

根据用户所点击的工具在服务器端的后台代码中访问数据库取得地层的有效厚度顶深、有效厚度、砂岩厚度和顶深等数据, 然后根据这些信息动态画出砂岩层和有效层以及工具的二维示意图. 图 3 为实现原理.

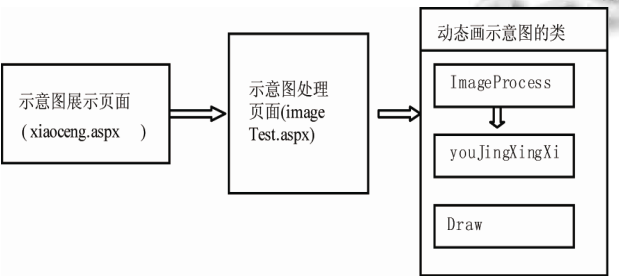


图 3 地层图自动绘制原理

其中的 xiaoceng.aspx 页面主要负责根据用户所点击的工具从数据库中读出工具起始坐标、包含工具的 10 米深的地层中小层的起始深度和高度以及工具名称然后传给 imageTest.aspx 处理.

imageTest.aspx 页面主要作用是根据 xiaoceng.aspx 所传的信息, 利用 ImageProcess 类画小层并调用 youJingXingXi 类画工具和油管. 其中 Draw 类封装了画笔.

(1) ImageProcess 类

public void ProcessRequest(HttpContext context)  
根据用户请求上下文

获取传入地数据然后根据数据画出小层、工具和油管.

(2) youJingXingXi 专用于画井筒、油管、工具的结构体.

(3) class Draw 用于封装画笔. 图(4 是生成的地层图)

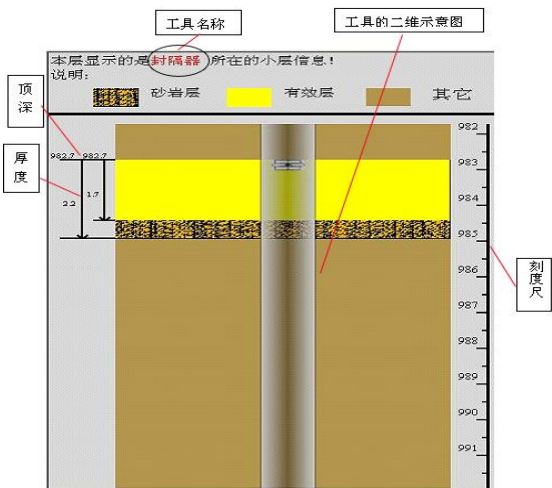


图 4 地层信息图

3.3 系统的人机交互技术

人机交互主要是通过按钮和鼠标以及界面的人机交互界面实现对三维模型的控制. 通过这些可使用户方便对模型进行移动, 方便用户查看各类工具.

人机交互是在客户端通过 javascript 脚本函数实现的. 用到的函数主要有:

- a. 用于缩小模型的函数:  
VGS2.PlayerZoomOut();
- b. 用于停止模型操作的函数:  
VGS2.PlayerStop();
- c. 用于模型下移的函数: VGS2.PlayerGoUp();
- d. 用于模型上移的函数:  
VGS2.PlayerGoDown();
- e. 用于放大模型的函数: VGS2.PlayerZoomIn();

f. 用于控制模型向右旋转函数:

VGS2.PlayerTurnLeft();

g. 用于控制模型向左旋转函数:

VGS2.PlayerTurnRight();

#### h. 控制模型复位的函数:

VGS2.MoveCurrentCameraFrom()和

VGS2.MoveCurrentCameraAtTo().

交互部分实现代码:

```
void CMfcView::OnKeyDown(UINT nChar,
```

UINT nRepCnt, UINT nFlags)

```
{switch(nChar)
```

 $\{$ 

```
case VK_LEFT: //若按下左键
```

```
ctls.KeyEvent=1;           //响应事件 1
```

```
break;
```

```
case VK_RIGHT: //若按下右键
```

```
ctls.KeyEvent=2;           //响应事件 2
```

```
break;}
```

}

```
if (ctrls.KeyEvent=1)
```

```
{/* 向左旋转*/
```

VGS2.PlayerTurnLeft()

```
ctls.KeyEvent=0;
```

```

} //若为事件 1 则物体的位置做出相应得改变

```

```
if (ctrls.KeyEvent=2)
```

```
{/* 向右旋转 5 度*/
```

VGS2.PlayerTurnRight();

```
ctls.KeyEvent=0;
```

```
} //若为事件 2 则物体的位置做出相应得改变
```

### 3.4 数据系统集成应用

将生产数据集成到系统中来能够方便用户对动态数据进行监测, 及时对采油工程数据进行维护, 以及判断采油设备是否出现异常等. 根据需要将数据分为三类: 模型信息表(MODEL)、动态 SQL 语句表(DYNAMICSQL)(如表 1)和采油厂的开发数据表. 系统首先访问各采油厂的远程开发数据库, 然后根据设备名称和型号来访问本地的模型信息表(MODEL). 在查询数据表时根据采油厂的名称和数据表的名称来访问动态 SQL 语句表.

油田中的各种生产数据非常繁杂, 包括: 采油管理、井下作业、开发动态、开发静态等总计 44 个表, 由

于各种表结构都是类似的,为了减少不必要的工作量,提高通用性以及工作效率,我们研究了动态表单定制技术,也就是按用户的实际需求查询各种表单的信息化技术,能够个性化的选择所需要的数据表单,并通过 Excel 输出。

表 1 DYNAMICSQL 表结构

| 数据项       | 主码 | 代码名称        | 类型       | 宽度   | 小数 | 是否为空 |
|-----------|----|-------------|----------|------|----|------|
| 采油厂名称     | Y  | FACTORYNAME | VARCHAR2 | 30   |    | 否    |
| 表名        | Y  | TABlename   | VARCHAR2 | 30   |    | 否    |
| 静态 SQL 语句 |    | SQL         | VARCHAR2 | 3000 |    | 是    |
| 动态 SQL 语句 |    | SQL_DYNAMIC | VARCHAR2 | 3000 |    | 是    |
| 关键字       |    | KEY         | VARCHAR2 | 300  |    | 是    |

如何实现动态表单,其基本的思路应该是数据和表的显示分离.分析一个表单,主要包含字段,数据以及表现形式.图5为字段选择页面.



图 5 页面选择

数据和字段是成对出现的<sup>[5]</sup>, 可以进行格式化存入数据库. 表现形式是表单的模板, 是展现给用户的形式, 可通过 **DIV+CSS** 实现. 通过动态表单生成模型, 可将数据库内所需字段以多选框的形式展现给用户, 用户可选择对自己感兴趣的字段进行表单定制. 而在内部实现过程上, 用户所选择的字段也就是依据多重查询条件构建数据集的过程. 通过验证用户名, 系统自动判断该用户所需的生产数据, 将所需的查询条件进行“逻辑与”或者“逻辑或”处理后, 将组合起来的查询串传向动态表单的底层

逻辑库,通过逻辑库的处理函数与数据库进行交互操作,最终将返回符合条件的数据并以表单的形式展示给用户.通过应用动态表单,管理人员能够从大量的基础数据中解脱出来,从分析整体的油井或地质数据到分析用户所需要的数据,用户能够更直观的对数据进行操作对比,更有效率的进行科研分析.

#### 4 应用实例

该系统的平台搭建采用 Visual Studio.NET 2008,使用 c#语言.后台数据库采用 Oracle 数据库,并且通过浏览器插件模式,实现三维模型的渲染、压缩和加载等,使用户能够在网络上浏览采油设备的三维信息以及油水井措施后的生产效果,运行效果如图 6.

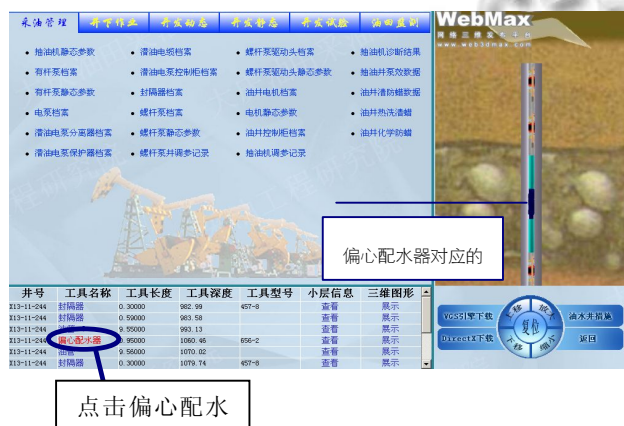


图 6 平台运行界面

#### 5 结语

本项目开发了一套采油工程设备及方案的仿真系统.应用该系统不但能够使管理层通过网络及时准确的掌握最新的采油地面及地下设备的信息,并且能够为工程设计人员提供完备的查询、分析工具,直观地显示出采油设备的各部分组件信息和生产措施效果等情况,有利于工程设计人员设计方案、汇报和分析总结.

#### 参考文献

- 1 杨立强,董宁.虚拟现实技术在塔河油田油气勘探中的应用.新疆石油地质,2006,10.
- 2 Raman S, Wenger R. Quality isosurface mesh generation using an extended marching cubes lookup table. Computer Graphics Forum, 2008,27(3):791-798.
- 3 特罗尔森.C#与.NET3.5 高级程序设计.北京:人民邮电出版社,2009.
- 4 于军,苏小四,等.苏锡常地区地面沉降地质结构三维可视化模型虚拟现实系统研究.吉林大学学报(地球科学版), 2007,(2):393-399.
- 5 李众,范植华,洪志国.数据库通用动态查询程序设计.计算机辅助工程,2004,3:64-68.
- 6 邹萍.虚拟实验室中的场景建模研究.上海:华东师范大学,2011.

(上接第 4 页)

- 2 Hackthorn R. The BI Watch: Real-Time to Real Value. DM Review, 2004,14(1):24-33.
- 3 邵亮,曹尉.基于业务活动管理的实时商业智能框架研究.物流科技,2008,(6):130-133.
- 4 陆晓生,田国伟.第三代移动通信概述.火力与指挥控制, 2010,35(8):1-4.
- 5 Watson HJ. Tutorial: Business Intelligence--Past, Present, and Future. Communications of the Association for Information Systems, 2009,25(8):487-510.
- 6 黄威,邵伟民,刘学仁.基于 Web Services 的商业智能系统

研究与设计.计算机工程与设计,2009,30(11):2702-2706.

- 7 吴军,邓超,邵新宇,游本善.基于 Web Services 的企业应用集成方法研究.计算机应用研究,2006,8:64-66.
- 8 马鸣,赵轶超.实时商业智能的框架及其技术分析.计算机应用与软件.2009,26(10):130-132.
- 9 吴良清,黄黎,陈建明.基于 Web Services 的商业智能研究.计算机与现代化,2008,149(1):32-35.
- 10 冯新扬,沈建京.REST 和 RPC:两种 Web 服务架构风格比较分析.小型微型计算机系统,2010,31(7):1393-1395.