

# 基于 LabVIEW 的钻井井控仿真系统<sup>①</sup>

陈 真, 王延江, 王 钊

(中国石油大学 信息与控制工程学院, 青岛 266580)

**摘 要:** 利用图形化编程语言 LabVIEW 设计并实现了钻井井控仿真系统. 该仿真系统采用 LabVIEW 的数据库交互技术并结合 TCP/IP 技术对钻井及井控中的重要设备司钻控制台、防喷器、管汇、指重表等进行了仿真实现. 仿真结果表明, 该设计方案人机界面友好、仿真效果逼真, 开发周期短, 且易于实现功能扩展.

**关键词:** 钻井; 井控; LabVIEW; 仿真系统; 数据库交互技术

## Drilling Well-Control Simulation System Based on LabVIEW

CHEN Zhen, WANG Yan-Jiang, WANG Zhao

(College of Information and Control Engineering, China University of Petroleum, Qingdao 266580, China)

**Abstract:** In this paper, using the LabVIEW—graphic programmed language, a Drilling Well-control Simulation System is proposed. In this simulation system, by interactive database and TCP/IP, Drilling Well-control Equipments are realized. The simulation results demonstrate that this design method is user-friendly and has the characteristics of good simulation fidelity, short development period and expandability.

**Keywords:** drilling well; well-control; LabVIEW; simulation system; interactive database

钻井及井控是一项投资大、风险大和技术知识覆盖面广的作业, 对司钻的培训和考核尤为重要. 目前, 利用钻井及井控仿真系统来模拟钻井平台操作的培训设备被广泛用于石油天然气行业中钻井技术人员进行实验、培训以及考核. 随着虚拟现实技术、多媒体技术的发展, 仿真系统的性能也逐渐强大, 模拟环境更加趋于现实, 成本和开发周期逐渐降低, 培训效果得到日益提高. 与此同时, 对于钻井、井控操作新技术的应用需要尽快研制出相应的仿真设备, 以及尽快培训员工掌握最新技术等需求对钻井及井控系统仿真设计提出了更高、更新的要求.

传统的钻井及井控仿真系统设计多采用基于代码的文本式开发环境, 如 Visual C++ 等, 存在编程繁琐、调试困难, 仿真设备与系统间交互性和灵活性低, 开发效率低等问题. 图形化编程语言 LabVIEW 的编程方式实现了软硬件资源的共享和合理利用; 具有模块化、可重构、可移植、可扩展和交互性良好等特点; 友

好的人机界面及系统的可视化管理, 提高了操作效率.

本文充分利用 LabVIEW 强大的图形编程能力和诸多优势, 结合三维动画演示技术完成了钻井及井控仿真系统的各项功能, 为钻井及井控仿真系统设计提供了一种更为方便、直观的方式.

## 1 系统设计框架

钻井及井控仿真系统设计框架如图 1 所示. 其中钻井及井控仿真数学模型、参数数据库及三维井场视景系统置于服务器中, 客户端放置司钻操作台、防喷器、管汇、遥控节流箱模型及其显示、控制参数. 服务器和客户端数据的发送和接收通过 LabVIEW 的 TCP/IP 技术实现.

系统启动后, 首先在服务器端对参数数据库进行仿真参数的初始化并发送给客户端; 相关培训人员可以操作客户端的司钻操作台、防喷器、管汇、遥控节流箱等仿真设备来产生控制信号以及进行仪表、控制

<sup>①</sup> 基金项目: 山东省优秀中青年科学家科研奖励基金资助(BS2011DX040); 中央高校基本科研业务费专项资金资助(11CX04045A)

收稿时间: 2012-02-23; 收到修改稿时间: 2012-03-18

参数显示的查看操作; 服务器接收到客户端的控制信号对参数数据库直接更新或经数学模型计算后对参数数据库进行更新, 得到相应的控制数据再由视景系统生成虚拟钻井场景的动态演示效果。

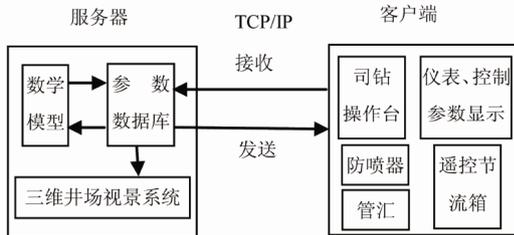


图 1 系统设计框架

## 2 仿真设备实现技术

### 2.1 仪表类仿真设备实现技术

仪表类仿真设备实现仿真显示钻井井控仿真系统中客户端送来的数据。这里利用 LabVIEW 中 DAO Read 控件, 直接提取发送到 Access 数据库的数据, 其部分程序框图如图 2 所示。

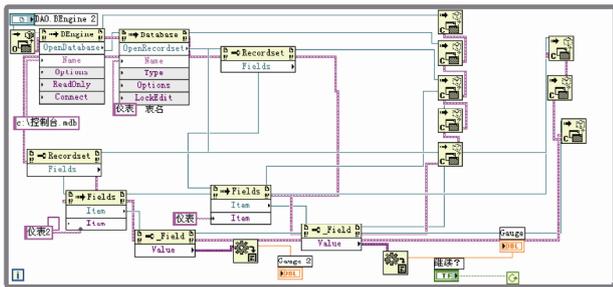


图 2 仪表类仿真设备数据的提取

### 2.2 控制类仿真设备实现技术

钻井井控仿真系统中的服务器实时的仿真显示控制类仿真设备所进行的各种控制操作和工作状态, 并将控制数据送给客户端, 这里利用 LabVIEW 中 DAO Write 控件, 并以司钻控制台的重要设备“刹把”为例, 其部分程序框图如图 3 所示。这里需要特别说明的是控制设备例如刹把工作状态比较复杂, 将两种状态的开关控件通过不同状态时的控件“显示”和“隐藏”属性的改变实现多状态的动态逼真演示效果。

(2) 控制泵、转盘和绞车的速度的调节旋钮;(3) 控制泵、转盘和绞车运转的离合器;(4) 起下钻和刹车用的刹把;(5) 总泵速数表: 显示两泵的总泵速, 单位是每分钟冲数 (SPM); (6) 1#泵速数表: 0~200SPM; (7) 2#泵速数表: 0~200SPM; (8) 立根计数表: 指示钻井和起下钻过程中立根数的变化;(9) 立压表: 0~35MPa;(10) 套压表: 0~35MPa; (11) 转盘转速: 0~300RPM; (12) 转盘扭矩表: 0~10KN-m; (13) 泥浆密度表: 显示当前泥浆密度。其仿真设计的前面板及其程序框图如图 4、图 5 所示。

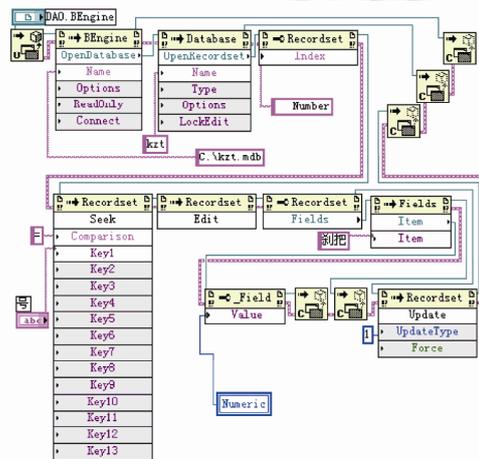


图 3 控制类设备数据被放入 Access 数据库



图 4 司钻控制台仿真前面板

## 3 设计与实现

### 3.1 司钻控制台仿真设计

司钻控制台的主要组成部分包括: (1) 控制水泥泵及两台钻井泵电源开关以及转盘和绞车的正反转开关;

### 3.2 防喷器控制台设计

防喷器控制台主要用于控制防喷器和遥控阀门的开关, 其主要组成部分包括: (1)气源开关手柄;(2)环形防喷器开关手柄;(3)上闸板防喷器开关手柄;(4)全封闸板防喷器开关手柄;(5)下闸板防喷器开关手柄;(6)节流管线开关手柄;(7)压井管线开关手柄。其仿真设计前面板及其程序框图如图 6、图 7 所示。

### 3.3 管汇设计

管汇设计主要包括节流管汇和压井管汇, 主要用

于控制井内流体的流动、放喷和节流循环等. 其仿真设计前面板及其程序框图如图 8~图 11 所示.

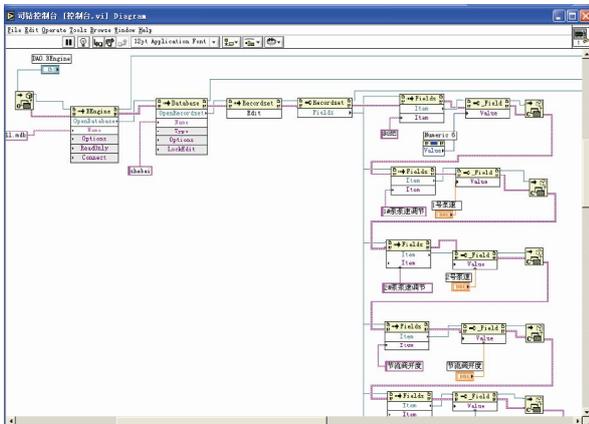


图 5 司钻控制台部分程序框图

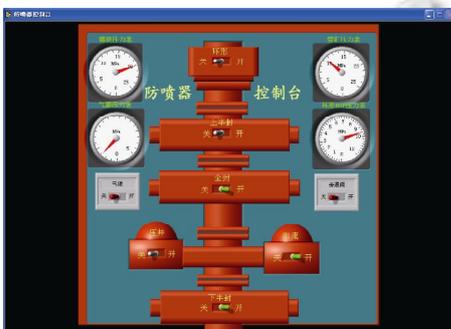


图 6 防喷器控制台前面板

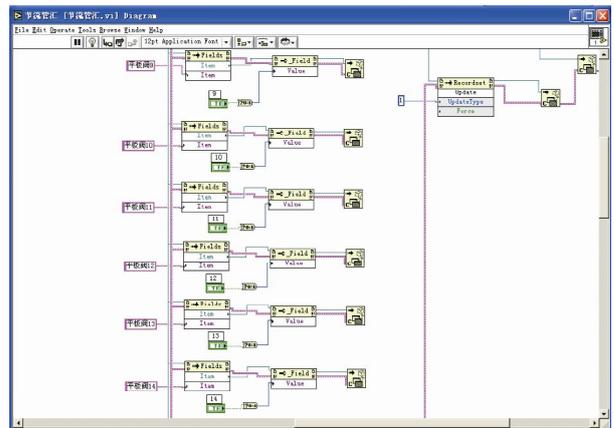


图 9 节流管汇程序框图

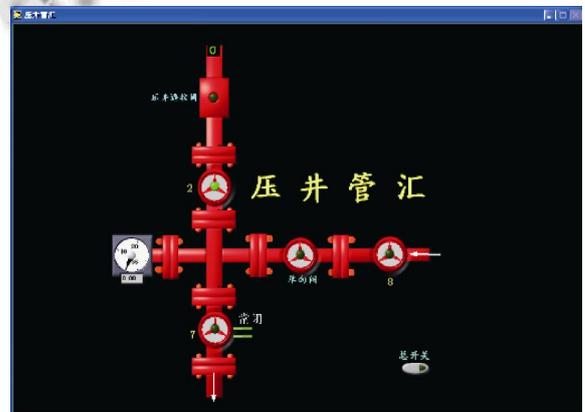


图 10 压井管汇前面板

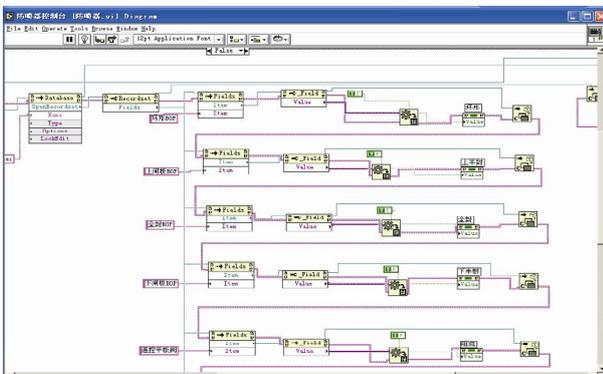


图 7 防喷器控制台部分程序框图

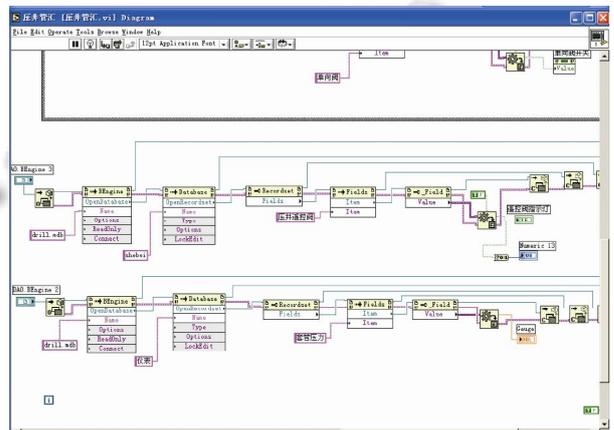


图 11 压井管汇程序框图



图 8 节流管汇前面板

### 3.4 钻井指重表

指重表是石油钻井普遍使用的一种重要钻井仪表. 指重表主要用于测量钻具悬重和钻压大小及其变化, 了解钻头、钻柱的工作情况, 指导钻进、打捞作业和井下复杂情况的处理. 传统的指重表体积大, 精度低, 在钻井井控仿真系统中使用并不理想, 而基于虚拟仪器

开发平台 LabVIEW 设计的钻井指重表可以满足仿真系统中注重效果逼真, 高精度, 实时性等仿真指标要求。

外圈表盘为钻压, 内圈表盘为钻具悬重, 分别有指针显示, 所设计的指重表表盘如图 12 所示。设计中运用的技术方案:

1) 钻压表盘由一般的控件拖放即可实现, 悬重表盘必须设计为透明表盘才可以实现两个表盘具有两个不同指针而且钻压表盘显示不被遮挡。

2) 悬重表盘利用最小值的设置来实现零刻度部分需要左右对称的仿真效果。

3) 可以通过增加数字显示功能, 提高显示精度。

4) 利用控件属性, 表盘刻度可以根据需要进行精度设置。



图 12 钻井指重表前面板

考虑到钻井井控仿真系统中的通信方式是基于 winsock 套接字协议的, 所以可以利用 LabVIEW 中的 TCP/IP 控件进行服务器端的设计而不必考虑客户端的

(上接第 165 页)

空间和时间上的性能优势, 及可扩展的柔韧性。非常适用于嵌入式的系统资源环境下使用。同时, 采取了静态预定义的字模生成方法, 在调用字符显示时, 通过稀疏的存储索引, 可以完成快速的定位, 获得包括颜色, 坐标等属性在内的信息。利用嵌入式 GPU 的多纹理内存的硬件特性, 通过图像预过滤, 可以保证画面上的字符显示质量。

最后本工作检查了目前桌面 PC 图形显示环境下 (TrueType 等) 字符的生成, 索引, 显示的过程, 按调入字库大小, 分别测试字符处理到具体字符显示在画面时所要的时间关系, 明显是逊于我们的方法。

## 6 致谢

感谢公司同仁在日常工作中的帮助和讨论。

设计平台, 从而方便快捷的实现远程控制。

1) 由服务器等待并监听客户端送来的字符串数据;

2) 利用 LabVIEW 中的循环及延时功能控件, 实现指重表表盘指针以所设定的速度动态演示指针变化。

## 4 功能扩展

基于 LabVIEW 的服务器可以与基于其他开发平台的客户端通过 Access 数据库进行数据交互操作; 基于 LabVIEW 的远程发布技术, 可以构建浏览器/服务器模式的仿真系统, 从而可以进一步实现其它扩展功能。

## 5 结论

实践证明, 利用 LabVIEW 进行的仿真设计和功能实现, 具有开发周期短、人机界面友好, 仿真效果逼真, 精度高, 且易于实现功能扩展, 有很好的推广价值。

## 参考文献

- 1 杨乐平. 虚拟仪器技术概论. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- 2 杨乐平. LabVIEW 的高级程序设计. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- 3 刘君华. 基于 LabVIEW 的虚拟仪器设计. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- 4 侯国屏, 王坤, 叶齐鑫. LabVIEW 7.1 编程与虚拟仪器设计. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- 5 王延江, 钱步仁, 柴勤忠. 井控训练仿真器研制. 系统仿真学报, 1998, 10(3): 55-59.

## 参考文献

- 1 Survey of OpenGL Font Technology. <http://www.opengl.org/resources/features/fontsurvey>.
- 2 FreeType Font. <http://www.freetype.org>.
- 3 OpenGL® ES Common/Common-Lite Profile Specification Version 1.1.12 (Full Specification) April 24, 2008.
- 4 PowerVR Insider SDK Documentation. <http://www.imgtec.com/powervr>.
- 5 FTGL User Guide. <http://homepages.paradise.net.nz/henryj>.
- 6 Kilgard MJ. A simple OpenGL-based API for texture mapped text, 1997.
- 7 Jacobs DAH. the State of the art in Numerical Analysis (London: Academic Press), Chapter I.3, 1977.