

# 吉林油田井筒工程三维可视化系统开发研究

张应安<sup>1,2</sup>, 王 峰<sup>2</sup>, 尹国君<sup>2</sup>, 李文革<sup>2</sup>, 张德平<sup>2</sup>

(1大庆石油学院 2吉林油田公司采油工艺研究院)

张应安等. 吉林油田井筒工程三维可视化系统开发研究. 钻采工艺, 2008, 31(4): 30-31, 36

**摘 要:** 针对吉林油田实际, 研究形成了一个集钻井、录井、固井、测井等基础数据源为一体的三维可视化井筒系统, 介绍了该系统的总体软件结构, 并且对油气井地层数据体建模技术、三维可视化高效渲染、三维可视化工具串下井作业过程仿真、组件化等关键技术进行了深入阐述。该软件系统已经成功应用于吉林油田生产管理中, 取得了良好的效果。

**关键词:** 三维井筒; 可视化; 固井; 录井; 钻井; 测井

**中图分类号:** TE 319 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-768X(2008)04-0030-02

在油气勘探开发过程中, 集钻井、录井、固井、测井等基础数据源于一体的井筒技术, 是破译地下矿藏信息最直接最及时的“利刃”, 是油田安全生产、稳产高产的基础保障。如何在目前油气田井筒数据信息多源化基础上, 实现井筒信息一体化可视化, 已成为国内三大油公司的现实管理需求。

吉林油田采用 Open Inventor软件包(一个基于OpenGL面向对象的交互式三维图形软件开发包)作为技术开发基础平台建立了井筒三维可视化系统。该系统将钻井、录井、固井、测井等多源、异构、时间、空间跨度大的业务基础数据和业务知识综合起来建立井筒三维可视化模型, 通过三维动态仿真和三维可视化比对性分析, 直接用于井场工程作业指导与管理。有助于钻井人员相互交流与协作, 还能够应用于井眼轨道设计优化、井下复杂和事故的预防处理、实时数据分析决策等多个方面。

## 一、三维可视化井筒系统结构设计

### 1. 系统结构设计

系统通过集成油田生产系统中的地质、录井、测井、钻井工程及试气试采系统中的作业施工、设计数据, 在原有二维数据的基础上升为建立三维井筒数据体, 并采用三维可视化技术进行处理、展现, 可进行井下作业的模拟, 如工具串可通过性实验、井壁漫游。系统结构如图 1 所示。

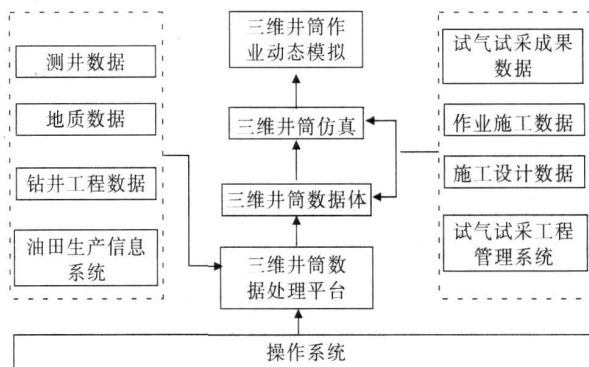


图 1 系统体系结构图

### 2 系统功能组件介绍

系统主要功能结构分为四个部分: 井筒数据管理、井筒三维仿真、三维工具串制作、三维动态模拟。软件功能如图 2 所示。

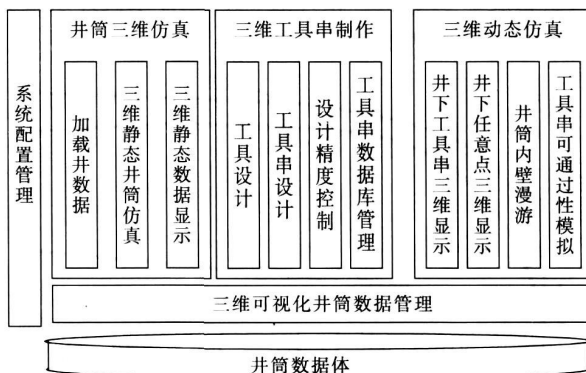


图 2 系统功能图

井筒数据管理组件提供井筒相关的钻井、测井、

收稿日期: 2008-03-13

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(编号: 90210022)。

作者简介: 张应安(1964-), 高级工程师, 博士研究生, 从事油气藏改造技术和天然气开采技术研究工作。地址: (138000)吉林省松原市吉林油田采油工艺研究院。电话: (0438) 6336619。E-mail: cyyzy@yahoo.com.cn

录井、试气和采气作业中的大量异构类型数据的统一数据模型,支持数据查询、检索、对数据的解释以及多井对比分析。

井筒三维仿真组件利用地层二维等高线图构造生成地层三维数据体、三维仿真钻井区域的地质结构。并且能够利用三维地质构造数据模型,从建议的井轨迹提取拟测井数据,从而应用可视化技术修改油气井轨迹。以及根据随钻的地质等数据等实时校正地质数据和地层三维数据模型。

三维工具串制作组件采用图形拖拽的可视化方式进行设计。系统提供如圆柱、正圆台、倒圆台、圆锥、圆饼、圆环等基本元素类型,用户可以使用这些基本元素绘制工具和工具串。同时,建立了工具串数据库,工具串设计最高精确度达到毫米级。

三维动态仿真组件可提供井下工具串的三维显示、井下任意点的三维显示和多角度观察、井筒内壁的漫游观察、工具串三维可通过性的模拟分析等。

## 二、井筒三维可视化关键技术

### 1. 油气井三维数据体建模

#### 1.1 三维地层数据的生成

针对油田数据的特点,采用场景自适应插值算法,即将局部插值和逐点插值相结合的方法,这样既能保证重建出来的三维场景的高逼真度,同时又能兼顾计算和内存复杂度的要求。如果地层数据分布比较稀疏(满足层间距 $> 50\text{ m}$ 并且当前层的表面面片数量 $< 100$ ),则采用局部插值的方法,将地层整体走势和面貌展现出来。如果地层数据比较紧密(满足层间距 $< 50\text{ m}$ 并且当前层的表面面片数量 $> 100$ ),则采用逐点插值,使局部信息更加突出。

#### 1.2 钻井工作过程中的可视化及实时地质单元构造数据的动态修正

根据随钻系统测量的井径和井斜等数据显示当前钻井位置和井轨迹。通过随钻测量的地质数据,修正的地质层数据,运用添加地质小层和修正已有的地质层三维数据来实现(修正方法采用三维曲面拟和方法)。通过随钻系统的精细测井数据,建立井眼轨迹与测井数据关联。构造顶部或标示岩性的地质事件可通过修改测井数据获取,这些结果通过地质可视化单元模拟软件作必要的修改,根据随钻地质等数据实时校正地质数据,预先构造与井筒设计相关的地质局部模型。通过比对随钻测试数据与设计井轨迹,实现钻井工作过程的可视化监督。

### 2 三维可视化高效渲染

当获得各个地质层的三维数据后,基于离散采

样数据的插值与拟合的思想,将离散生成的各个地质层高程数据转化为连续曲线曲面。针对岩性体数据的数据量庞大、尺度大、微观信息意义相对较小的特点,在设置采样点时,可使沿光线方向的采样间隔与原三维数据在该方向的采样间隔相同,从而将三维线性插值(8点)变为双线性插值(4点),降低了计算量,提高了计算速度,结果能满足实际需求。

### 3 三维可视化工具串下井作业仿真

碰撞检测问题是虚拟现实等领域中至关重要的问题之一。下工具的时候,工具本身可能是不规则的,它需要一些轮廓点来表达当前工具,进行碰撞检测计算时,需要实时跟踪这些工具轮廓点数据,并将三维体数据场中工具周围的套管数据、井壁数据进行实时更新,根据工具的动态下入井深,由这个井深值关联到其周围的套管控制坐标,井壁控制坐标。由这些控制坐标可以重建出离工具最近的三角形网面。有了网面,可以求解工具与包围它的网面的交点或者交线,如果无解,则说明工具在当前状态下不会与周围物体发生碰撞,如果有解,则根据所求得解可以确定出碰撞发生的位置。

### 4 组件化思想

软件组件具有独立性、互换性、功能性、通用性、预制性等性质,系统采用组件技术进行“搭积木”的方式来构造复杂的三维场景,预先为用户提供了很多基本的三维图形元素和对三维图形对象操作方法,此外,还为每一个图形窗口提供了统一的界面,创建的每一个三维图形对象都是可旋转、平移、放大、缩小或动画的,利用这种“搭积木”的方式可以很容易的构造复杂仿真环境和很方便对其中的模型进行控制。

## 三、系统应用分析

吉林油田建设的三维井筒可视化系统已成功应用于吉林油田长深 $\times$ 井等两口井的生产和管理中。系统的使用,使得管理和技术人员可以全面、及时、形象地了解各种综合数据和施工作业情况,及时沟通和讨论,以指导施工设计和现场作业。

## 四、结论与认识

吉林油田井筒工程三维可视化系统高度集成钻井、录井、固井、测井等关键性数据,实现井筒数据的三维可视化管理,并结合实际进行模拟和分析,能有效提高石油生产管理、工艺和分析决策水平。

系统应用表明,三维可视化技术在油田生产和管理中作用重大。在系统全面推广应(下转第 36 页)

踪也介于两者之间、使用费用一般, 综合效益一般。

表 1 仪器的测量参数评价

井号	仪器名称	测量参数	对比分析
广安 002—H8	俄罗斯 EMWD地质参数测量系统	自然伽马、电阻率、井下振动、井斜、方位、井下温度	一般
广安 002—H1	斯伦贝谢旋转地质导向系统	地层密度、中子孔隙度、井径、地层电阻率成像、自然伽马、井下温度、井下振动、憋钻转速差、井底实际转速、井斜、方位、钻井液当量循环密度	最好
广安 002—Z2	哈里伯顿 FEWD地质参数测量系统	自然伽马、深浅电阻率、井下振动、井斜、方位、钻井液当量循环密度、井下温度	较好

表 2 地质导向技术达到的效果

井号	仪器名称	钻遇率(%)	产量(m <sup>3</sup> /d)	对比分析
广安 002—H8	俄罗斯 EMWD地质参数测量系统	100	269000	最好
广安 002—H1	斯伦贝谢旋转地质导向系统	82.3	164400	较好
广安 002—Z2	哈里伯顿 FEWD地质参数测量系统	92.7(有效储层 49)	15100	一般

表 3 地质导向技术使用费用

井号	仪器名称	使用日费(万元)	对比分析
广安 002—H8	俄罗斯 EMWD地质参数测量系统	10	较高
广安 002—H1	斯伦贝谢旋转地质导向系统	30	高
广安 002—Z2	哈里伯顿 FEWD地质参数测量系统	7	一般

四、认识和结论

(1)地质导向钻井技术开发广安构造须家河储层低效复杂油气藏提供强有力的技术支撑, 取得了良好的经济和社会效益, 同时创全国记录和川渝地区记录多项。

(2)通过在广安 002—H1井、广安 002—H8井和广安 002—Z2井水平井段钻井过程中, 利用地质导向技术提高储层钻遇率, 充分体现了地质导向技术是一项提高油气田开发效益先进的钻井技术, 通过对这三种不同的地质导向技术评价, 广安 002—H8井使用俄罗斯 EMWD地质参数测量系统气体钻水平井更适合广安构造的储层特点, 建议在广安地区须家河储层推广应用。

(3)地质导向钻井技术是一项综合配套技术,

单纯依赖地质导向工具, 将难以发挥其本身的技术优势, 必须工程、地质、录井、测井等多工种相结合, 才能取得更好的效益。工程设计及技术人员提前参与并开展水平井前期储层筛选及井位论证, 对地震资料开展精细化处理解释, 精选地质目标, 同时结合已钻井地质资料进行深度变化趋势、储层倾角及方位、储层裂缝发育方向、地层应力情况、地层压力分布、储、盖、底层岩性、储层电性等分析研究, 制定最优实施方案, 为水平井效益开发做好精心准备。

参考文献

[ 1 ] 谯抗逆, 郭世侯, 姚振华, 等. 欠平衡长水平段水平井钻井技术[ J ]. 天然气工业, 2007, 27( 8): 57—59

(编辑: 黄晓川)

(上接第 31 页)用之前, 还需深入研究实时三维可视化井筒技术, 以便实时进行技术指导、管理决策。

参考文献

[ 1 ] 郭昭学, 陈平, 周开吉. 三维可视化技术在石油钻井中的应用[ J ]. 天然气工业, 2004, 24( 1): 60—63

[ 2 ] 崔杰, 饶蕾. 三维可视化技术在钻井工程中的应用[ J ]. 石油学报, 2006, 27(3): 104—107

[ 3 ] 袁国芬, 孙国峰, 张旭光. 三维可视化技术在塔河油田的应用[ J ]. 新疆地质, 2000, 18( 2): 188—191

[ 4 ] 毛敏, 贾正. 油气井随钻实时可视决策系统[ J ]. 录井工程, 2006, 17(4): 54—56

(编辑: 黄晓川)

Tel +86 - 10 - 89731026 E-mail zhengliu@vip.sohu.com

## DEVELOPMENT AND RESEARCH OF 3D VISUALIZATION SYSTEM FOR SHAFT PROJECT IN JILIN OIL FIELD

ZHANG Yingan<sup>1,2</sup>, WANG Feng, YANG Guojun, LI Wenge and ZHANG Daping (1. Daqing Petroleum Institute; 2. Petroleum Production Technology Research Institute of Jilin Oilfield Company), DPT31(4), 2008 30—31

**Abstract** Based on the actual condition of Jilin oilfield, a 3D visualization system which integrates basic data of drilling, logging, cementation and well logging was formed. The general software structure of the system was introduced in this paper, and the key technologies were thoroughly elaborated, such as modeling technology of formation data for oil/gas well, the high efficiency 3D rendering, the simulation of operation procedures that the tool string goes into the downhole, the modularization technique and so on. This software system has already successfully applied to the production management in the Jilin oilfield and distinct benefit was acquired.

**Key words:** 3D shaft visualization, cementing, well logging, drilling, logging

ZHANG Yingan (senior engineer), born in 1964, is studying for his doctor's degree in Daqing Petroleum Institute, being engaged in the research on oil & gas fracturing and nature gas production in Petroleum Production Technology Research Institute of Jilin Oilfield Company.

Add: Petroleum Production Technology Research Institute of Jilin Oilfield Company, Songyuan City 138000, Jilin Province, P. R. China

Tel +86-438-6336619 E-mail cwyw@yahoo.com.cn

## MAN MATHEMATICAL MODELS OF LOW HEAD UNDER-BALANCED DRILLING SIMULATOR

YUAN Qiji, YANG Kaixiong, LI Qiang and YUAN Hanf (1. State Key Lab of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Southwest Petroleum University; 2. Drilling & Production Technology Research Institute of Chuanqing Drilling & Exploration Co.), DPT31(4), 2008 32—33

**Abstract** With the application and promotion of underbalanced drilling technology, on-site drilling personnel training become even more important. The research on physical underbalanced drilling simulator was carried out for initiating underbalanced drilling indoors. The underbalanced drilling simulator can be used for the design, calculation and simulation operation. This paper introduced the main mathematical models, such as specialized mathematical model, executive component acting effect model and operational process model which were used in the underbalanced drilling simulator. The above models not only made up the core content of the simulator, but also play a core part in controlling the simulator. With underbalanced drilling promoted and expanded continually, increasing part of the equipment and functions of underbalanced drilling simulator can achieve multiple underbalanced drilling training and operation simulation.

**Key words:** underbalanced drilling, simulator, mathematical model, training

YUAN Qiji, born in 1964, graduated from Drilling Engineering Department of SWPU in 1986, is engaged in the research

on oil/gas well pressure control, computer control and computer simulation.

Add: State Key Lab of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Southwest Petroleum University, Xindu District 610500, Chengdu City, Sichuan Province, P. R. China

Tel +86-28-83032458 E-mail yuanyjswp@163.com

## APPLICATION OF GEOSTEERING TECHNOLOGY WITH DRILLING IN GUANGAN STRUCTURE

HU Chao, GOU Shihou, TAN Qingsheng, ZHANG Dudi and PU Yong (1. Drilling & Production Technology Research Institute of CNPC Sichuan Qing Drilling Co.; 2. East Sichuan Drilling Co., CNPC Sichuan Petroleum), DPT31(4), 2008 34—36

**Abstract** Xujihe reservoir in Guangan structure has the features of low porosity, low permeability and low pressure, reservoir unit area is composed of low reserves abundance, low single well production and low oil recovery. Geosteering technology is an advanced drilling technology of raising oil and gas field development efficiency. The application of geosteering technology enhanced the drilling rate and achieved good economic and social benefits through the drilling operation in Guangan 002-H1 well, Guangan 002-H8 well and Guangan 002-Z2 horizontal well. Meanwhile, it created a national record and several records in the region of Sichuan-Chongqing. The geosteering technology fitting to Guangan structure has been found by means of comprehensive comparison with several different geosteering technologies.

**Key words:** geosteering technology with drilling, horizontal well, Guangan structure

HU Chao (senior engineer), born in 1970, graduated from drilling engineering department in Southwest Petroleum University in 1992. Now, he is one of assistant managers of the Directional Well Company of Drilling & Production Technology Research Institute of CNPC Sichuan Qing Drilling Co., being engaged in research and management service on directional well and horizontal well technology.

Add: Drilling & Production Technology Research Institute of CNPC Sichuan Qing Drilling Co., No. 88, South Sec. 2 Zhongshan Rd., Guanghan City 618300, Sichuan Province, P. R. China

Tel +86-838-5151 870 E-mail cqcha2005@163.com

## DRILLING FLUID TECHNIQUE OF GAS DRILLING TRANSFORMATION INTO CONVENTIONAL DRILLING

LIU Xiang, WANG Juan and Jin Chengping (Drilling & Production Technology Research Institute of CNPC Sichuan Qing Drilling Co.), DPT31(4), 2008 37—39

**Abstract** This article has analyzed the bore hole condition in detail which the gas well drilling forms. When drilling the gas well, the stratum rock stress obtains the full release around the bore hole, and forms the more stress release seam; in addition, the wall rock is dry, and then it hasn't the filter cake protection; when the gas well drilling completed, the drilling fluid enters into formation to cause many kinds of down hole accidents. Based on the down hole accidents, the drilling fluid optimization formula and the scene processing technology of the gas drilling transformation into conventional drilling were proposed, and through field tests of many wells, it reduced the down hole accidents and shortened the restore cycle of conventional well drilling.

**Key words:** gas drilling, drilling fluid, downhole complex

LIU Xiang (assistant engineer), born in 1983, graduated