

欠平衡钻井参数实时数据分析处理系统的 开发与应用*

周英操^{1,2} 高德利¹ 鹿志文² 翟洪军²

(1. 中国石油大学·北京 2. 大庆石油管理局钻井工程技术研究院)

周英操等. 欠平衡钻井参数实时数据分析处理系统的开发与应用. 天然气工业, 2005; 25(7): 47~49

摘要 用常规钻井方法打开储层, 容易造成储层伤害, 影响勘探效率和降低勘探成功率, 欠平衡钻井技术是一种很好的解决办法。虽然探井欠平衡钻井效果明显, 但是应该看到欠平衡钻井是一项复杂的技术。在低压低孔渗火山岩气层上实施探井欠平衡钻井仍存在诸多困难, 如欠平衡井段钻遇地层压力变化较大, 岩性成份交互变化, 地层坚硬, 中途需多次起钻换钻头压井, 压力难以预测准确, 岩性不稳定, 低压欠压值难以控制等。欠平衡钻井参数实时数据分析处理系统的开发与应用有效地解决了这一难题。文章系统地介绍了欠平衡钻井参数实时数据分析处理系统实现的功能、创新点及关键技术、存在问题, 以及系统在生产中应用产生的效益。

主题词 钻井 欠平衡钻井 监测 分析 系统

钻井过程中的实时数据监测是科学钻欠平衡井的前提和基础。因为欠平衡钻井参数实时数据分析处理系统既能够实时分析掌握井下欠平衡状况, 提前预防井下发生的异常情况, 又能够为事后分析提供基础资料, 为此我们开发了欠平衡钻井参数实时数据分析处理系统, 以下简称系统。

一、系统功能

系统包括5个部分, 分别是数据获取、数据分析、数据监视、动态模拟、事后数据分析处理等共14个功能模块。

(1) 数据获取。数据获取主要通过2种方式, 一是通过传感器自动采集变化频率较大的数据, 如地面气体流量等, 二是手工补充录入一些变化频率不大的数据, 如钻井液性能参数等, 参与分析计算。

(2) 数据计算分析。利用自动采集和手工补充录入的数据, 实时进行分析计算, 获取泥浆参数、环空返速、环空密度分布规律、环空压力分布规律、井底压力、井底欠压值、气体上窜时间、地层压力当量密度、 dc 指数等参数, 判别井下流体的流型、流态等,

能够实时了解井下欠平衡动态, 为欠平衡钻井现场决策提供科学的理论依据。分析算法流程如图1所示。

(3) 数据监视。现场数据采集分析软件必须具备监视功能, 本系统也不例外, 对于自动采集以及分析计算形成的中间和结果数据, 根据用户的随机选择, 给出若干个数据及曲线显示屏, 按最近的时间区域实时滚动显示。由于采集和分析产生的数据项较多, 数据显示分采集数据和分析结果数据。为了满足不同工程技术人员的要求和习惯, 曲线实时显示分两种显示方式, 即固定和随机曲线组合显示。固定曲线组合包括钻进储层评价、孔隙压力预测和工程参考3个组合。随机曲线组合可根据需要随机选择用户所要查看的曲线组合, 选择组合后用户想要参看的曲线就显示在计算机屏幕上。利用数据库中存储的数据, 还可以以时间段或井深段为轴, 随机筛选数据, 并自动生成 Excel 表格, 供技术人员查询和打印数据。

(4) 井下及地面工况实时动态模拟。该模块目的是要实时监测欠平衡钻井过程中各种相关设备工

* 本文系国家自然科学基金重点项目(编号: 50234030)。

作者简介: 周英操, 1962年生, 教授级高级工程师; 现任大庆石油管理局钻井工程技术研究院院长, 在读博士研究生; 长期从事钻井科研工作。地址: (163413) 黑龙江省大庆市红岗区八百垅。电话: (0459) 4892721。E-mail: zhouyingcao@zys.dq.cnpc.com.cn

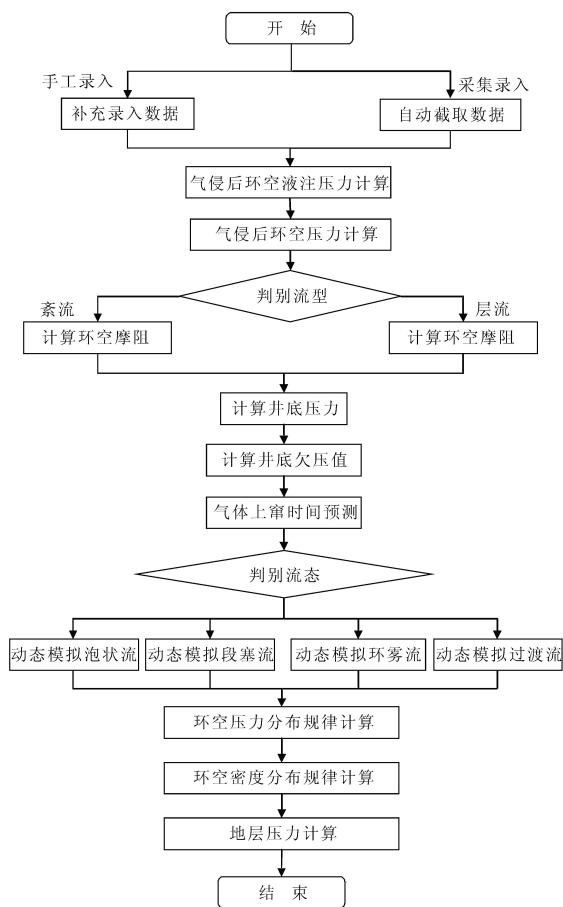


图1 分析算法流程图

作状况和相关参数变化,并以三维动画的形式描述出来,以达到直观、形象地表现井场工作状况,为工程技术人员提供可视化监视界面。该功能模块模拟内容包括:①欠平衡原理动态模拟;②模拟转盘转速;③模拟钻井泵泵出钻井液的工况;④模拟振动筛工况;⑤模拟液气分离器工况;⑥根据岩屑录井资料模拟地层岩性变化情况。该模块生动、直观、形象地模拟了欠平衡钻井过程中各种设备的工作情况和相应的参数变化,数据准确,工况描述合理。在现场,技术人员可以在计算机平台上实时了解到欠平衡钻井的进度和工况,为远端控制和实时决策提供直观依据。

(5)数据回放及分析。该模块利用数据库中存储的数据,以时间段或井深段为轴,对采集的数据以数据屏或曲线屏的方式进行回放,辅助技术人员进行事后分析。

二、创新点及关键技术

(1)该系统创造性地利用以太网的广播特性采

集技术采集数据,采集的数据实时性强。

(2)实现了欠平衡钻井过程中的井底欠压值的实时分析预测。该系统的数据分析模块不仅能够实时分析井底的静、动欠平衡状态,还能够实时分析环空返速、环空密度分布规律、环空压力分布规律等14个参数,能够对欠平衡钻井现场进行多方面的指导控制。利用分析结果数据还可以进行目的层压力系数、渗透率分析计算等。为现场实时分析决策提供科学的理论依据。

(3)该系统还将欠平衡钻井过程中各种相关设备工作状况和井下流体的变化,以三维动画的形式描述出来,并根据采集和分析结果数据定性地模拟钻井泵、振动筛、液气分离器、起下钻、接单根等工况和地层流体渗入井筒情况,为工程技术人员提供了可视化的监视界面。

欠平衡钻井参数实时数据分析处理系统是现场应用的功能比较完备的一套系统,包括数据采集、实时数据分析、工况动态模拟、实时数据曲线显示、数据存储、离线数据回放等功能,最大限度地满足了工程技术人员的需求。国内外同类软件中,或者只能实现数据自动采集,或者只能实现事后数据分析功能,集数据自动采集和实时分析功能于一身的欠平衡钻井软件比较少。与国内外同类软件相比,其分析算法比较先进,系统功能的完备性方面也比较突出。

三、现场应用技术效果

1. 自动采集的数据

到目前为止,该系统已经过7口欠平衡井的现场试验,在整个欠平衡钻进过程中,采集分析的数据实时准确,达到了现场实时采集处理的功效,并对现场施工具有现实指导作用,该系统有以下特点。

(1)实时采集总烃值和地面气体流量。实时采集总烃值和地面气体流量,为预测地层流体侵入井筒,进而判断井底实现欠平衡提供理论依据。

(2)实时采集套压值和立压值。该系统能够实时采集套压值和立压值,为现场实时控制井底欠压提供理论参考数据。

(3)自动采集其他相关数据。该系统还能够采集转盘转速、钻井液入口流量、钻井液出口流量、泵冲等相关数据,这些数据或者参与分析计算,或者可以直接分析处理现场相应的情况。

2. 分析结果数据

分析结果数据包括井底欠压值、环空钻井液密度分布规律、环空压力变化规律等,这些分析结果数据可以直接用于分析判断井下欠平衡钻井动态,对现场及时准确地调整欠平衡钻井技术方案提供科学的理论依据,这些数据以表格和曲线的形式实时显示在计算机屏幕上。

3. 欠平衡钻井过程和事后分析

(1) 分析井深与井底欠压值的关系

1)在整个欠平衡井段欠压值变化规律为:刚打开气层时欠压值最大,当时泵冲低,在后续的钻进过程中,由于提高泵冲(95冲/min),致使欠压值减小,甚至出现近平衡情况。

2)其他高的井底欠压值出现在接单根后效时,即降低泵冲,致使井底欠压值增大,后效过去后,恢复正常泵冲后欠压值正常(-0.5~-1.0 MPa)。

(2) 分析计算环空压力分布规律

根据分析计算的地层压力系数计算的地层压力曲线及井深与井底欠压值曲线对比可知,分析结果基本符合实际情况。

(3) 分析计算地层压力系数

欠平衡钻井参数自动采集与分析处理系统采集和分析处理的数据很多,从现场使用情况来看,该系统实现了欠平衡钻井过程中的工程参数和有关地质参数的实时采集,能够满足欠平衡钻井现场分析决策的要求,有效地指导了欠平衡钻井施工,也为欠平衡钻井深入研究积累了重要资料。

四、结 论

(1)通过该系统的应用,欠平衡钻井施工时工程技术人员不但能够实时分析、预测井下的欠平衡状

态、及时调整井下的欠压值,还设置了钻进储层评价曲线版块和孔隙压力预测曲线版块,实现了钻进过程中对储层进行初步解释、评价,又能实时对地层孔隙压力进行初步分析预测。工程技术人员还可以随时查询前一段时间或某段井深的井下欠平衡状态,有效地指导了欠平衡钻井施工,提高了欠平衡钻井现场决策能力和水平,具有较好的经济效益和社会效益。

(2)国内外同类软件中,或者只能实现数据自动采集,或者只能实现事后数据分析功能,集数据自动采集和实时分析功能于一身的欠平衡钻井软件较少。与国内外同类软件相比,其分析算法比较先进,系统功能的完备性方面也比较突出。

(3)欠平衡钻井参数实时数据分析处理系统分析处理模块的井底压力分布规律相关模型计算精度较接近实际,但还有待于通过欠平衡钻井实践进一步修正。

参 考 文 献

- 1 范军,陈光,杲长良,韩来聚.欠平衡钻井理论模型及应用.石油学报,2000;21(4)
- 2 杨虎.欠平衡压力钻井环空气量对井内各流动参数的影响.石油钻探技术,2001;29(1)
- 3 杨春国,侯绪田,曾义金.欠平衡压力钻井技术控制技术探讨.石油钻探技术,2000;28(5)
- 4 何卫滨.欠平衡钻井压力控制.钻采工艺,2001;24(2)
- 5 杨虎.欠平衡钻井井底负压差的确定因素与控制方法研究.天然气工业,2001;21(4)
- 6 周英操,王广新,翟洪军等.欠平衡钻井技术在卫深5井中的应用.石油学报,2003;6

(收稿日期 2004-12-23 编辑 钟水清)