文章编号:1006-4095(2003)01-0020-03

面向地质导向应用的前导地质建模研究

时鹏程,许磊,许章延
(中油测井技术服务有限责任公司,北京 100043)

摘要:介绍了地质导向技术的构成及目前国内外发展现状,阐述了面向地质导向应用的前导地质建模所研究的内容、目标及范围,提出了具体可行的研究方法及实现思路。指出前导地质模型是实现地质导向钻井与油藏整体开发的技术,是具有发展前景的技术。

关键词:地质导向技术;模型;范围;目标;方法
中图分类号:TE19　　文献标识码 A

1 概述

1.1 地质导向技术体系组成

地质导向技术体系由井下测量与控制部分、泥浆遥测脉冲器、地面数据采集处理系统及井场信息系统组成。井下测量与控制部分由随钻测井测量模块、导向马达、可变径扶正器、脉冲器等组成。测量部分完成井斜、方位、工具面角、电阻率、自然伽码、中子密度、井径、声波、井底钻压、马达转速、温度、振动等参数的测量;导向马达、可变径扶正器等部分完成实时井身轨迹控制;脉冲器完成井下数据向地面井场信息系统的实时传输及接收地面向井下仪器发送控制信号的功能。整个井下系统完成实时钻井的几何、地质、工程参数的测量,通过脉冲器将这些信息传输至地面井场信息系统并经过实时处理后,通过井场信息系统对所有地面地下采集数据的分析处理给出当前最优地质有利区、最佳井身轨迹设计及控制的信息,引导钻头始终在油气层中钻进,达到最大限度暴露油层和最佳工程效果的目的,完成地质导向钻井。

1.2 井场信息系统

完整的井场信息系统由实时数据采集处理系统和前导模拟系统组成。实时采集处理系统除通过立管压力传感器完成所有井下仪器测量参数的实时采集与处理外,还包括地面深度、大钩负荷、泵冲数等工程数据的实时采集与处理。前导模拟系统接收实时采集处理系统提供的相关数据,通过基于前导地质模型的模拟测井曲线与实时测井曲线的对比,完成实时测井解释及地质模型的修正和二维、三维可视化工作,明确钻头目前所在地层的情况(相对目的层、标准层的位置),决定是否进行井眼轨迹调整和控制策略。前导模拟系统是井场信息系统的关键,它完成前导地质模型的创建、井身轨迹设计、测井响应模拟、模拟曲线生成及其与实测曲线的对比分析、岩石物理学参数的反演及井底钻具组合(BHA)行为模拟,属钻井现场井下及地面地质、工程、几何参数实时全自动化解释及导向决策的中间过渡技术。

1.3 国内外研究现状

国外前导地质建模研究及应用起源于 20 世纪 90 年代初,随钻头测量地质导向仪器出现而导致的实时导向需求,由 Schlumberger 公司引入,之后相继有 Halliburton、Baker Huges 较早出现这方面的研究和应用报道。起初前导地质模型仅仅是以邻井的测井曲线为代表,作为待钻井可类比的地质模型雏形。这种未经处理就简单移植过来的地质模型有很大的主观性,精确度较差。之后,随着随钻测井仪器测量参数的增多和逐渐系列化、配套化,特别是随钻测井的应用与整体油藏开发的紧密结合,使前导地质建模技术越来越精确,并向着专业化、集成化方向发展。一些著名的服务公司在传统油藏描述技术的基础上来完成前导地质模型的创建。但不同于传统的地质建模,它是传统油藏描述、地质建模的现场化,侧重的是

收稿日期:2001-12-10;改回日期:2002-10-08
作者简介:时鹏程,工程师,1970 年生,1993 年毕业于成都理工学院石油系,现从事地质导向技术研究工作。电话:010-68624992

万方数据

1 口或几口井的地质导向钻井的现场应用，而非精确评价。目前这些前导地质模型软件主要完成：①创建地层岩石物理学模型：电阻率剖面的创建、地层边界的自动定义、地层 Rt 的自动定义、电阻率剖面的图形化编辑；②实时对比解释与反演功能：交互的测井曲线模拟、模拟曲线与实测曲线的图形化对比、地质模型的可视化编辑、三维井身轨迹最优化设计的可视化、反演 Rt 并完成地质模型修正。

2 研究范围与研究目标

2.1 研究范围

前导地质模型目标体（地质体）的范围为水平井、大斜度井井眼所涉及的地质区域，研究范围包括工区地质构造条件、地层及储层的岩性组合、沉积相及储集体的横向分布、沉积微相及储层单层厚度及变化、砂岩粒度、胶结成分及含量、成岩作用的变化等。充分运用工区地质、测井、地震及各种分析资料，进行地震建模、沉积相建模、储层建模，通过精细地层对比，提供目的层等各参数在空间分布的三维图件，以及目的层顶底界面的构造图、目的层等厚图，孔隙度、渗透率、粒度、含泥量、地层水矿化度等值图及不同深度的含水饱和度等值图，给出工区基本地质面貌的定量说明。其应用范围使现场工程师尽可能全面了解目的层的分布状态、岩性、物性、含油性、水性的变化情况。

2.2 研究目标

(1)可方便地向前导地质模型的数据库和可视化地质剖面图上加入构造、岩性、地层对比数据、导眼的测井曲线数据等，可随时根据现场得到的新资料进行地质模型的修改和完善。如可根据情况对模型提出细微的改进，如小断层、小地层倾角调整、岩性分布的小调整。同时考虑不同情况出现的概率，建立几个可能的前导地质模型为现场地质导向决策做参考。

(2)采用三维图形处理技术，进行剖面图及三维可视化图的创建，能够动态显示 2D、3D 图、切片图、栅状图等，具备二维图形编辑功能（易修改、补充完善）和三维可视化功能，使目标区（地质体）展现在用户面前，用户可方便地使用鼠标和键盘将研究（施工）目标进行任意比例放大的缩小，全方位旋转、加光，可在施工目标上切任意方向上的剖面、栅状图等，还可将施工目标进行分层、分块、分属性显示和研究，以方便现场地质导向协调员使用。

万方数据

3 基本方法及实现思路

3.1 基本方法

以我国“七五”、“八五”油藏描述所取得的进展为基础，借鉴现代油藏精细描述地质建模技术，结合现场地质导向钻井实际需要，运用地质统计学技术、随机建模技术、不同沉积环境下砂体展布规律预测技术，根据不同沉积相、测井相类型选择不同的空间预测方法，提高地质模型与实际地质情况的符合率，空间预测基本方法（及整体）确定后，再根据提供的井身轨迹做相应的前导地质模型及剖面，完成前导地质模型方法研究及软件设计。

在宏观上，在油田地质背景研究的基础上，明确储层的沉积微相序列、地层、砂层组和小层划分对比的标志，把地质相、测井相与地震相结合起来。研究确定油砂体的几何形态，建立储层参数值数据体，完成前导地质模型总体结构与详细数据的构建。如果储层物性不受沉积相控制，则可不建立沉积相模型；如果受沉积相的控制，可根据单井相分析结果，在构造模型的基础上，利用地质统计学方法（主要为序贯指示模拟方法），生成沉积相（河流相、三角洲相）随机模型。基于地震解释成果，依据新的油气田地质理论认识，借助计算机的功能，动用预测学的理论，扩大和延伸少数探井资料的信息作用。

在微观上，在地震、钻井、测井、试油、试采等生产资料和分析化验资料基础上，经过初步处理形成以前导地质概念模型、测井解释储层参数成果和反映砂岩体几何描述为主要内容的中间数据；最后以储层参数分布模型，建立储层参数三维数据体为前导地质建模的最终成果。创建前导地质模型是一个不断建立数据库，又不断提高数据库等级的过程。其最终成果为形成储层参数三维数据体。油藏测井描述系统可确定地层剖面、岩石性质、储层特征、储层参数、孔隙液体性质，以及地层产状甚至产能等。对原始测井曲线应强调的是曲线的校正和重新刻度工作，重点是进行储层参数分析。测井资料处理解释流程自我完善的功能要较强。在探井完善的油田，借助测井地层对比和克里金成图技术，可以实现多井对比和等值

线图的绘制,完成前导地质建模的基本任务。对于断块油田勘探早期的前导地质建模,测井相与地震相联合解释是查明断块油藏储层沉积特征的基础。利用地震数据控制总体特征,贝叶斯—克里金估计技术进行储层参数空间分布预测,将地震数据与测井数据有机地结合起来,充分发挥测井数据精度高、地震数据比较多的优势,使预测效果更加明显。

3.2 构造建模

(1)对于密井网区,可根据井点数据,利用多种插值方法,建立反映地下特征的构造模型。

(2)可利用地震解释成果直接产生构造模型。

(3)将绘制的构造模型,如构造图、横剖面图及邻井资料按沉积相分类将其中的图通过数字化仪进行矢量化,输入到计算机中作为构造模型,做为地质模型的基本构造及岩性框架。创建工区砂体格架模型图(立体图),包括砂体深度、厚度、岩性等的假想值,这些数值将会被最终的预测值所取代。

3.3 储层建模

在构造模型的基础上,利用地质统计学方法生成储层模型,包括孔隙度、渗透率、含水(油)饱和度、泥质含量、有效厚度、砂体分布模型等。测井相分析及相应类型参数空间分布的预测,建立油藏物理特征地质模型、油藏内油气水空间分布静态模型,完成钻井开发层系划分(标准层、目的层)。运用上述的地质分析成果将砂体格架模型网格化,重点体现其垂向及横向的非均质性。

根据邻井测井资料解释和随钻测井实时数据确定井身附近岩性、粒度、含泥量、孔隙度、渗透率、油水相对渗透率、可动油气及残余油气饱和度、束缚水及可动水饱和度、泥浆侵入直径等参数,绘制测井解释成果图,并对各井段产层质量作出地质评价。岩石物理学数据计算机化注意邻井岩石物理学数据的加载,要具通用性,能识别各种不同的格式。所选的邻井应与目前所钻井地质上预计符合率较高,并优先考虑资料丰富的井,包括从直井或斜井取测井数据,地质录井(岩心、岩屑、气测)、试井、生产资料等可体现砂体倾向的数据。

分层与栅格创建可根据测井资料(邻井)的自动分层与对比定义地层边界,提取地层边界参数、地层岩性以用于栅格创建,同时为地层与井身轨迹结合时的地层厚度计算提供数据基础。栅格只能表征地层厚度及岩石物理学参数。当地层侧向均质时,一个地层只需一个栅格,如果复杂,则可对连续变化的地质现象较好地模拟,特别是在水平段钻进时,可对钻遇的同一地层根据岩性等参数在不同区间分布而创建相应的栅格,为测井响应曲线模拟提供基础数据。井眼轨迹加入后能自动识别出井身每点所在栅格、地层倾角、界面情况,及井身与地层的相对倾角。通过实时测井数据的读取及可视化模块实钻时所测得数据修正(反演)地质模型,提供下步钻井轨道控制所需基础数据。

4 结论与建议

(1)前导地质建模是地质导向钻井先期基础地质研究的结晶,自始至终是随钻井的进行而不断完善的有效地质参考,因而用新的反馈信息对油藏进行跟踪描述是前导地质建模要解决的核心问题之一,应重点搞好构造建模和储层建模,使跟踪描述成为前导地质建模的主旋律。

(2)前导地质模型能提供各种参数空间分布图、平面图、剖面图、井身轨迹图和测井解释成果的绘制软件。根据实时测量数据,明确钻头位置,对于钻井现场工程师全面了解掌握各种参数空间分布具有重要意义。同时它又为测井曲线模拟提供高精度数据,对实时解释有重要参考作用。

(3)随着信息技术的发展,室内工作的现场化、智能化成为趋势,前导地质建模是地质导向钻井与油藏整体开发联为一体的纽带,是未来应重点发展的高新技术。

参考文献

1 时鹏程,程磊.地质导向技术综述[J].断块油气田,1998,(2)

2 王江,刘英怀,林东成等.断块油田勘探早期油藏描述[J].石油地球物理勘探,1999,(4)

编辑 李金华

万方数据