

The Application of 3D Geological Modeling Method Based on Logging Parameters

—A Case Study of Geosteering in Logging While Drilling of Horizontal Wells in Well block M18

Chen Wang, Xianghui Chen, Shengchi Xu, Yiliyasi • Xielifu, Jichao Yan, Zhangming Hu

Karamay Logging Engineering Company of CNPC Western Drilling Engineering Co. Ltd., Karamay Xinjiang
Email: wangcheng2006@cnpc.com.cn

Received: Mar. 25th, 2017; accepted: Jul. 17th, 2017; published: Oct. 15th, 2017

Abstract

The logging parameters, containing various kinds of information in drilling process, were the basis of geological analysis and interpretation, and the guidance of exploration and production. With the development of computer technology and the change of needs in logging industry, the traditional method of displaying, analyzing and processing logging data in two-dimensional image could not meet the requirements of in-depth understanding of geological structure. The three-dimensional geological model has become an inevitable trend of development with the advantage of direct and complete exhibition of information. By combining logging data with seismic data, three-dimensional geological modeling method with logging oil and gas show parameters is introduced to realize the fine characterization of structure, porous media reservoir and its internal attribute parameters, and the favorable oil and gas reservoirs are predicted by deterministic modeling and stochastic modeling. A set of three-dimensional geological modeling technologies for sandstone and conglomerate reservoir with low-porosity and low-permeability are developed, which can effectively guide the geosteering while drilling of horizontal wells.

Keywords

Logging Parameter, Three-Dimensional Geological Modeling, Combination of Logging Data with Seismic Data, Geosteering

基于录井参数的三维地质建模方法应用研究

——以M18井区水平井录井随钻地质导向为例

王 晨, 陈向辉, 徐声驰, 伊力亚斯·谢力甫, 鄯吉朝, 胡张明

中石油西部钻探工程有限公司克拉玛依录井工程公司, 新疆 克拉玛依

作者简介: 王晨(1972-), 男, 高级工程师, 主要从事录井生产管理和录井新技术研发推广工作。

Email: wangcheng2006@cnpc.com.cn

收稿日期: 2017年3月25日; 录用日期: 2017年7月17日; 发布日期: 2017年10月15日

摘 要

各项录井参数表征了钻井过程中的各种信息, 是地质分析解释、指导勘探开采的基础。随着计算机技术的发展以及录井行业的需求变化, 传统的以二维图件来展示、分析、处理录井数据的方法已经不能满足深入理解地质构造的要求, 三维地质模型以其传递信息的直观性、完整性等优势, 已成为发展的必然趋势。采用井震结合、引入录井油气显示参数三维地质建模的方法, 实现了构造、多孔介质储层及其内部属性参数的精细表征; 通过确定性建模与随机建模相结合的建模方法, 实现了储层油气有利地带的预测; 形成了一套低孔、低渗砂砾岩油藏三维地质建模技术, 有效地指导水平井的随钻地质导向工作。

关键词

录井参数, 三维地质建模, 井震结合, 地质导向

Copyright © 2017 by authors, Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

录井技术是一项古老的、与钻井技术相伴生的随钻资源勘查工程技术。录井的本意就是记录、录取钻井过程中的各种相关信息(地质的、矿产的、工程的), 采集与矿产直接相关的样品(如岩石、地层流体等)。在石油地质领域中, 录井技术是油气勘探开发活动中最基本的技术, 是发现、评估油气藏最及时、最直接的手段, 具有获取地下信息及时、多样, 分析解释快捷的特点[1]。但随着油气勘探开发难度的不断加大, 对录井技术的要求也不断提高。而录井参数建模是运用计算机技术, 利用录井各项参数, 通过地质统计学法, 预测录井参数三维空间展布特征, 从而应用到水平井地质导向、钻井工程服务、油藏综合研究的一项新技术。

M18 井区构造上属于准噶尔盆地中央坳陷玛湖凹陷西斜坡, 其三叠系百口泉组为湖泊背景下的粗粒扇三角洲沉积体系, 储层岩性主要为小、细、中砾岩, 属特低孔、特低渗储层; 百口泉组油藏非均质性中等, 纵向上单油层发育多且薄[2]。2016~2017年, 在 M18 井区百口泉组油藏共部署多口水平井, 设计

水平段长度以 1200 m 与 1600 m 为主, 油藏局部个别达到 1800 m、2000 m。针对该区域水平井水平段较长的特点, 采用融合录井、测井、地震资料建立三维地质模型的方法, 解决了监控水平段轨迹在油层中穿行的难点, 油层平均钻遇率在 95% 以上, 效果较好。

2. 录井参数三维地质建模

2.1. 地层构造模型建立

构造模型是地质建模过程中最基础也是至关重要的环节, 高精度的构造模型是水平井成功入靶的重要条件之一[3]。通过连井地层对比, 确定地层对比关系, 合成地震记录, 确定时深关系, 根据合成地震记录建立层速度模型, 然后应用层速度模型对时间域地震体进行时深转换。

利用 AH9 井的 VSP 数据, 同时结合对 M18 井区内若干井进行合成地震记录, 建立层速度模型, 依据该层速度模型对时间域的地震体进行反演, 使之转换成可与井数据对比的深度域地震体(见图 1 和图 2)。

针对 M18 井区目的层百口泉组建立三维构造地质模型, 如图 3 所示。

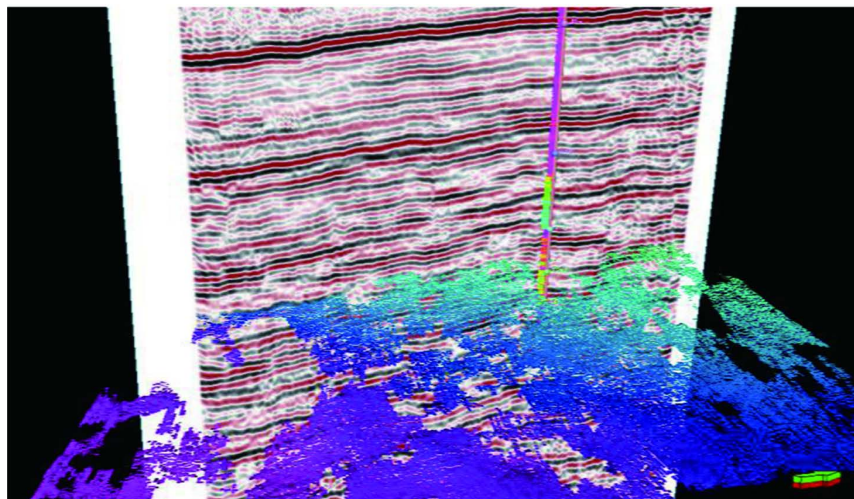


Figure 1. The tracking of seismic layers
图 1. 地震层面追踪

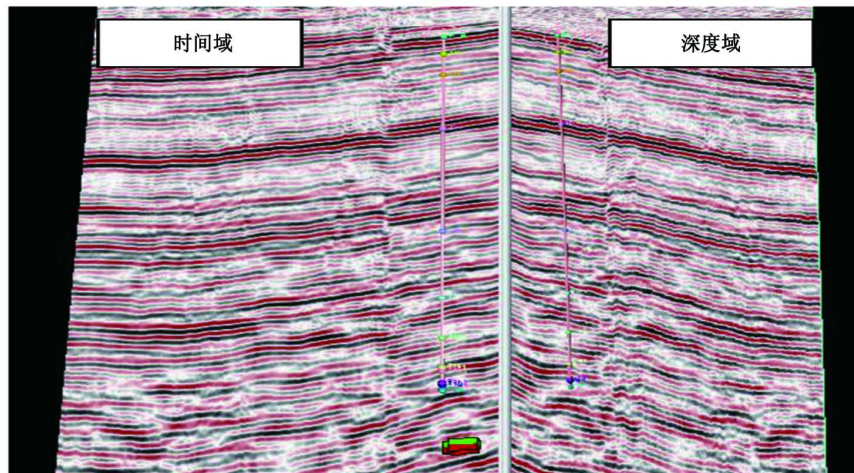


Figure 2. The comparison between time domain seismic profile and the depth domain profile
图 2. 时间域地震剖面与深度域地震剖面对比

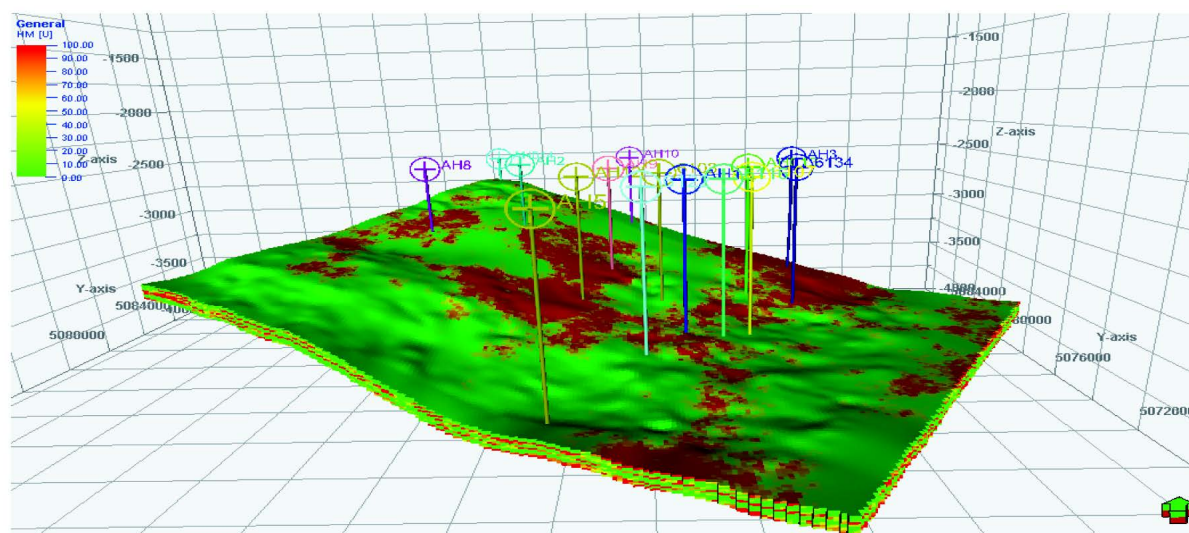


Figure 3. The 3D geological modeling in Baikouquan formation in the target zone of well block M18
图 3. M18 井区目的层百口泉组三维地质模型

2.2. 录井油气指数模型建立

油气显示指数是将气测组分轻重比结合荧光显示加权处理得出的衡量油气显示好坏的综合指标，无荧光显示和无 C_2 以后组分的井段不参与计算，在荧光显示相同的情况下，各组分间比例关系对计算结果产生影响。

在 M18 井区储层油气评价过程中发现，录井的气测和荧光显示对于百口泉组储层的油气比较“敏感”，而常规的测井油气评价参数对于低孔、低渗储层油气评价常常显得“力不从心”。因此，在低孔、低渗砂砾岩储层地质模型的建立过程中，特别引入“录井油气指数”参与建模，录井荧光含量和气测数据经归一化处理生成油气显示指数。

从模型(图 4 和图 5)上可以看出，“录井油气指数”模型指示的油藏有利区域与 M18 井区水平井集中部署的区域基本一致，说明该模型预测的结果与建设方的研究结果符合。

3. 应用录井三维地质模型进行地质导向实例

在 M18 井区水平井地质导向工作中，根据邻井测、录井资料进行精细小层划分，采用录井参数建立地质导向跟踪模型，同时结合探边数据对 12 口水平井进行了随钻地质导向工作。同时，根据实钻情况，预测油层提前或滞后的数据，根据需要提前做好轨迹调整准备。减少非必要的轨迹调整动作，使得井眼轨迹更加平滑，有利于工程施工作业。实践证明，三维地质模型在水平井油层着陆、入靶以及水平段轨迹调整过程中发挥了有效的作用，成为地质导向师进行地质导向工作的得力工具(图 6)。

以 M18 井区的 XX6134 井录井地质导向为例，简要介绍一下录井参数三维地质建模在地质导向中的应用情况。

首先，如前所述，应用地震资料、电测分层等数据建立地层构造模型(图 1~3)，然后计算出“录井油气指数”参数，并应用该参数建立属性模型(图 4 和图 5)。从建立的油气显示三维可视化模型(图 5)中可以清晰地看出目的层油层的分布特点：尖灭方向、顶底界位置、夹层分布情况等。为地质导向师监控水平段在油层中穿行的情况提供了可靠的参考依据。

与地质设计提供的常规地质模型(孔渗饱解释模型)(图 6)相比，建立的“录井油气指数模型”有以下优点：

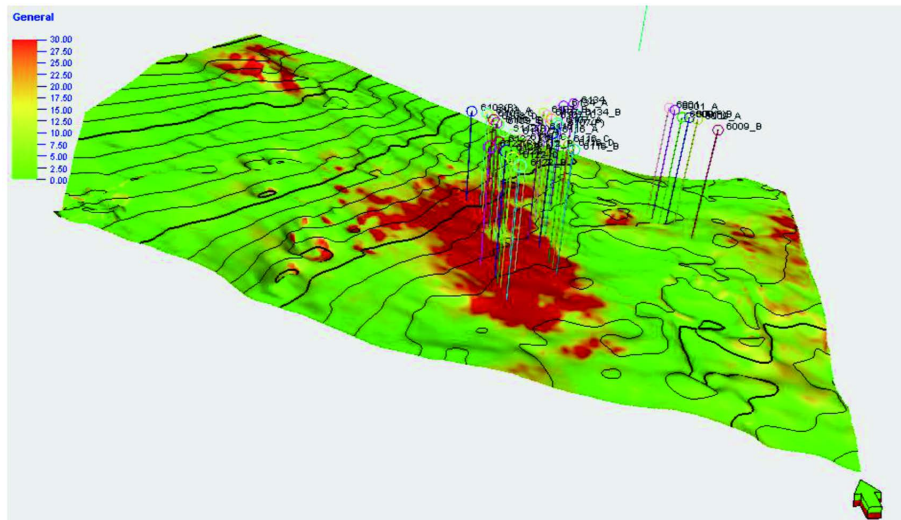


Figure 4. The model of oil and gas coefficient in the logging process (slicing from the top layer of target zone)

图 4. 录井油气指数模型(目的层顶面切片)

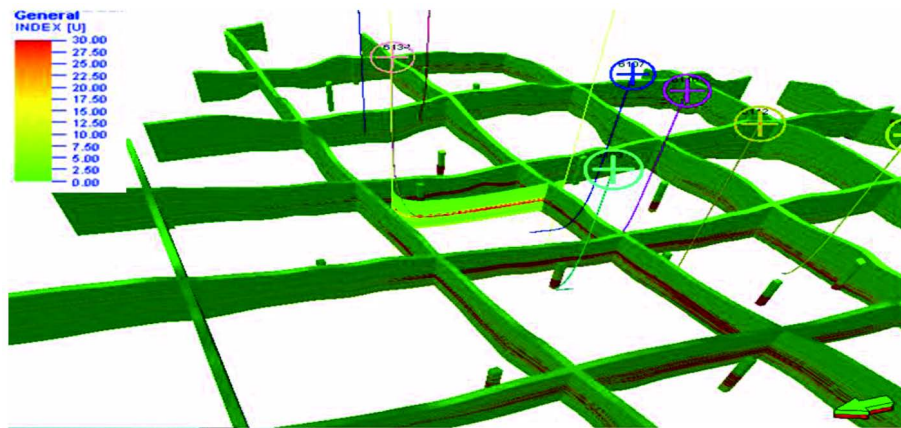


Figure 5. The model of oil and gas coefficient in the logging process (3D)

图 5. 录井油气指数模型(三维)

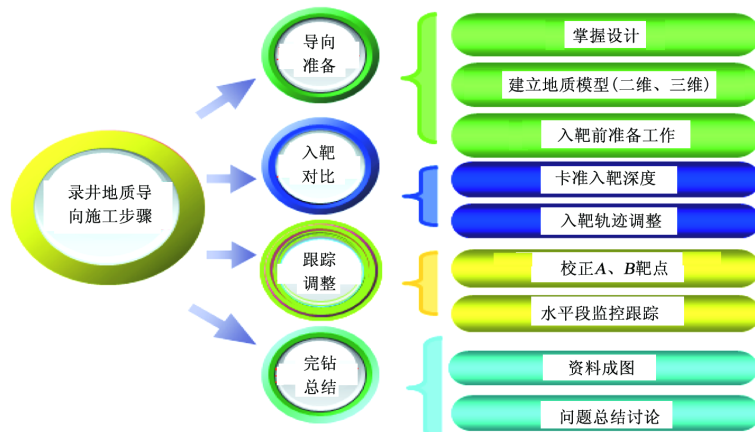


Figure 6. The working process of geosteering in logging

图 6. 录井地质导向工作流程

- 1) 应用地震资料追踪层面，约束建模，刻画出的地层倾角更符合实际地质情况。
- 2) 在 M18 井区砂砾岩储层中，储层岩性和含油性对电阻率的影响不好区分，因此采用常规方法建立孔隙度、渗透率、含油饱和度解释模型来模拟油层的分布存在一定的偏差。而气测、荧光是直接反映储层含油性的参数，采用“录井油气指数”建立的地质模型更能直接、准确地模拟油层的分布特点，从 XX6134 井的常规地质模型(图 7)和采用录井参数建立的地质导向跟踪模型(图 8)的对比中就可以看出。

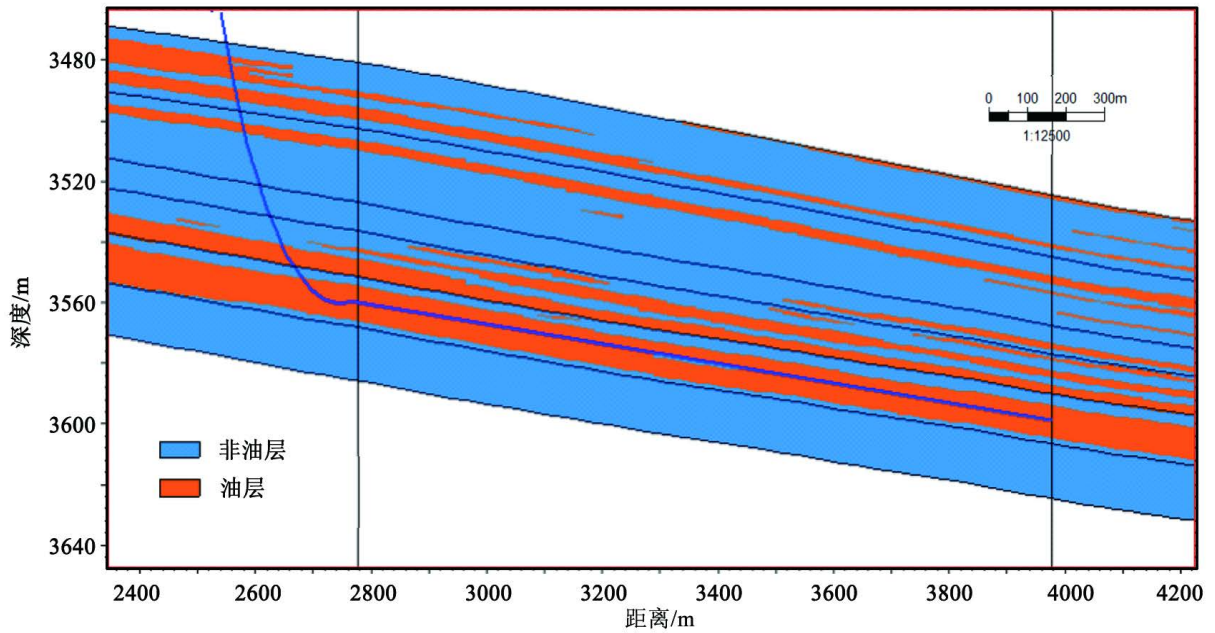


Figure 7. The slice of conventional geologic model in well XX6134

图 7. XX6134 井常规地质模型切片(地质设计)

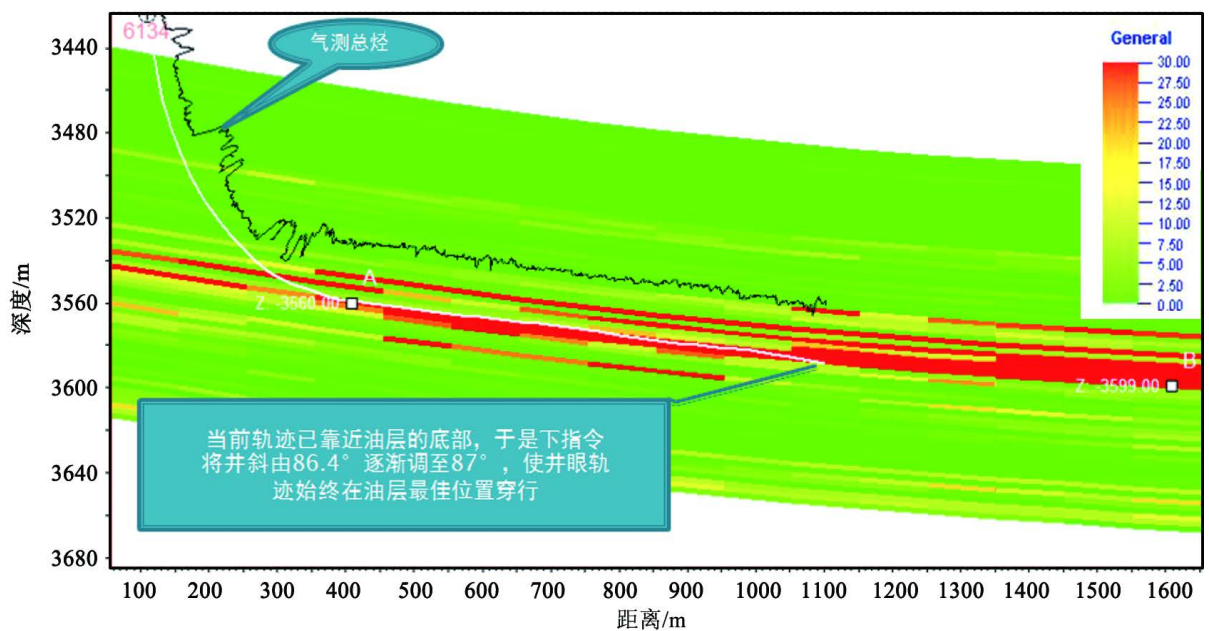


Figure 8. The geosteering tracking model in well XX6134 (2D)

图 8. XX6134 井地质导向跟踪模型(二维)

4. 结论与认识

1) 随着越来越多的超深、超长水平段水平井的部署,对水平井地质导向的技术要求也越来越高,常规的水平井地质导向方法已不能很好地承担此项任务,因此,有必要将基于录、测数据以及地震数据的三维地质建模技术应用于随钻地质导向工作中。

2) 应用三维地质导向模型开展随钻地质导向工作,可以大大提高油层钻遇率。

3) 在三维地质层次模型的综合指导下,三维空间内井眼轨迹的走向会更加精准、可视化程度也越高,能够大大地提高钻井效率和降低成本。

4) 以录井现场资料为基础,开展地质导向工作,具有其他工种不可比拟的现场优势。

参考文献 (References)

- [1] 陈恭洋,王志战.录井地质学[M].北京:石油工业出版社,2016.
- [2] 雷德文,瞿建华,安志渊,等.玛湖凹陷百口泉组低渗砂砾岩油气藏成藏条件及富集规律[J].新疆石油地质,2015,36(6):642-647.
- [3] 程辉.Petrel 构造模型质量控制方法研究[J].辽宁化工,2014,43(11):1412-1414.

[编辑] 邓磊

Hans 汉斯

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2471-7185, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: jogt@hanspub.org