

Research on Integrated Geosteering in Horizontal Wells and Its Application

Youjian Li, De'an Zhang

Logging Company of Sinopec Zhongyuan Petroleum Engineering Co. Ltd., Puyang Henan
Email: liyoujian02@163.com

Received: May 30th, 2017; accepted: Jun. 7th, 2017; published: Aug. 15th, 2017

Abstract

The integrated geosteering while drilling technology was great significance of drilling of horizontal wells. Starting from the analysis of technical difficulties in the horizontal drilling process and based on the research and the application and analysis of essential data acquisition and fusion technology, near-bit lithology rapid identification technology, prediction technology of geological profile along horizontal well trajectory, horizontal well trajectory control technology, and target layer microstructure monitoring technology, an integrated geosteering technology combining mud logging while drilling for the horizontal wells, which was different from logging in traditional straight wells, was proposed, and it was successfully applied in several horizontal wells in Sichuan-Chongqing Area. Its application results show that the technology can provide effective geosteering in horizontal wells, with an average target drilling encounter rate of over 90%.

Keywords

Ultra-deep Horizontal Well, Integrated Geosteering, Integration of Logging and Recording, Trajectory Prediction and Control

水平井综合地质导向技术及其应用研究

李油建, 张德安

中石化中原石油工程有限公司录井公司, 河南 濮阳

作者简介: 李油建(1971-), 男, 高级工程师, 现主要从事综合录井技术研究、生产管理工

Email: liyoujian02@163.com

收稿日期: 2017年5月30日; 录用日期: 2017年6月7日; 发布日期: 2017年8月15日

摘要

随钻综合地质导向技术对于现场水平井钻井具有重要的指导意义。从现场水平井随钻过程中存在的技术难点分析着手, 以地质研究为基础, 通过源头数据采集融合技术、近钻头岩性快速识别技术、水平井井身轨迹地质剖面预测技术、水平井井身轨迹控制技术、目的层微构造变化监测技术的研究和应用分析, 提出一种有别于传统直井的水平井随钻测录一体化综合导向技术, 并在川渝地区多口水平井随钻过程中得到成功应用。实钻结果表明, 该项技术能为水平井段高效导向提供有效指导, 平均目标层钻遇率达90%以上。

关键词

超深水平井, 综合地质导向, 测录一体化, 轨迹预测与控制

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

水平井钻井技术是近30年来发展最快、推广应用最广的一项钻井技术, 到目前为止, 已在世界上不同类型油气藏中得到广泛的应用。相对直井而言, 水平井的钻井投资、施工风险、轨迹控制难度等都大幅度增大, 而且给现场录井、地质导向工作带来了极大的困难[1] [2] [3] [4] [5], 给勘探开发带来了很大的挑战。

为了更好地指导钻井施工, 中原录井开展了“井场随钻测录一体化技术”研究, 形成了多源数据融合的水平井综合地质导向系统, 并在川渝地区进行了7口超深水平井的现场应用(表1), 取得了良好效果。

2. 水平井随钻测录一体化技术

水平井随钻测录一体化技术是在地质研究的基础上[4] [5] [6], 基于随钻测井资料、综合录井资料(钻时、岩屑、荧光、X射线、气测等), 以及特殊录井手段(薄片鉴定、岩屑图像分析等)的运用, 分析实钻地层地质特征变化, 实时预测、控制井身轨迹的一套综合性分析应用技术, 主要包括源头信息采集融合、井身轨迹建模、地质分析、水平段轨迹设计与控制等技术内容。

Table 1. The fundamental data of horizontal wells in a gas field**表 1.** 某气田水平井基本数据表

井号	完钻井深/m	最大斜度/(°)	井底最大位移/m	水平段长度/m
YS108H3-2	4446	98.43	1887.43	1332
YS108H3-3	4568	93.05	2100.40	1440
YS108H11-2	4486	92.90	2113.37	1620
YS108H11-3	4288	87.70	2026.58	1560
YS108H4-1	4306	88.30	1978.51	1636
YS108H4-2	4020	79.50	1684.06	1460
YS108H4-3	4050	85.39	1442.15	1640

2.1. 近钻头岩性快速识别技术

实钻地质剖面与设计剖面往往会出现一定偏差, 而现场准确识别地层岩性是科学地质导向的关键。在缺少近钻头随钻测井仪器和地层评价系统条件下, 主要利用钻时、上返岩屑、地层造斜率、气测参数、钻井液性能参数等多因素综合判断井底岩性, 主要技术内容包括: ①现场地质识别法: 结合传统地质方法, 综合应用岩屑图像、元素分析、岩石矿物薄片法, 准确识别钻遇地层岩性; ②基于钻时等工程参数的岩性识别法: 针对区域地层特征, 应用钻时、Dc 指数、Sigma 指数等工程参数特征识别岩性; ③基于区域地质特征, 应用气测、定量荧光谱图特征等主要参数, 准确判断储层性质。

2.2. 随钻地质跟踪导向技术

2.2.1. 水平井井身轨迹地质剖面预测技术

现场定向施工需要准确的实钻地层的岩性、含油性及产状等地质信息。现场施工前, 综合应用钻井、地震、测井、地质等方面资料进行目标体预测评价, 精确计算出入窗点、靶点等, 并进行地质建模。

2.2.2. 水平井段地层监测技术

由于各种因素影响, 水平段钻进过程中, 经常出现顶出或底出现象。因此, 在水平段地质导向过程中, 要准确判断钻头在目标层中的位置, 保持目标层穿行率。如果轨迹偏离, 还要及时判断顶出还是底出。主要采用了钻时曲线形态法、气测特征法、岩性特征法来判断井身轨迹在目标层中的空间特征。

1) 钻时曲线形态法: 钻头在目标层内钻进时, 钻时相对较低且曲线形态平稳, 当钻头突破目标层上下边界钻入围岩时, 钻时将发生明显变化, 因此在钻井参数相对稳定的条件下, 根据钻时变化能够判断井身轨迹走向。

2) 气测特征法: 快速色谱技术评价储集层连续、直观, 异常段突出、明显, 能够一定程度上反映含油气厚度、能量、潜力等, 纵向剖面连续追踪目标层的变化, 横向可以作为小范围内的井间对比。在地层条件和钻井条件不变的情况下, 气测录井表现特征: 着陆时全烃值及 C_1 相对体积分数迅速上升, 在层内钻进时全烃值及 C_1 相对体积分数基本稳定; 从储层底部钻出时, 全烃值及 C_1 相对体积分数呈逐渐降低直至消失, 表现为“缓降”; 从储层顶部钻出时, 全烃值及 C_1 相对体积分数在逐渐升高中突然下降甚至消失, 表现为“缓升突降”; 顶出顶进时, 全烃值及 C_1 相对体积分数在逐渐升高中突然下降或消失再突然出现, 表现为“快降快升”; 底出底进时, 全烃值及 C_1 相对体积分数逐渐降低至消失再逐渐升高, 表现为“缓降缓升”。

3) 岩性特征法: 通过随钻 X 射线元素分析可获得与随钻测井曲线相似的地层特征曲线, 根据元素含

量值变化和曲线特征,可以随时掌握水平井段储层变化情况,及时验证地质设计,正确指导井眼轨迹调整。利用区域、邻井资料提前掌握目标层段的岩性变化特征,在目标层内部存在粒度韵律或上下围岩颜色、元素含量有明显差异时,能够快速、准确判断顶出、底出或即将顶出、底出,指导水平段钻进。

3. 应用效果

2014~2015年度,在川渝地区进行了7口超深水平井的现场应用,为实时井身轨迹控制提供了有效手段,有效提高了目标层钻遇率,大幅度降低了钻探风险。

以YS108H11-3井为例,该井周围邻井较少,距离最近的邻井有YS108井、YS108H11-1井、YS108H11-2井,而且没有应用X射线、岩屑图像等录井新技术。在钻前,积极收集各项邻井资料,根据YS108井储层特征及过YS108H11-3井地震时间剖面,及时建立连井地层对比模型(图1)和设计导向模型图,基于随钻测量数据、录井数据及现场地质分析,来指导该井的地质导向工作。

于井深2120.81 m开始旋转导向,钻至2350.00 m,标志层a得到确认,钻至井深2500.00 m、垂深2402.47 m,标志层c得到确认(图1)。以标志层c层为基准,离着陆点垂深相差 49.00 ± 0.50 m,预测着陆点垂深2447.00 m左右,较设计垂深2417.00 m滞后 30.00 ± 0.50 m,当前井斜约为 73.00° ,方位约为 191.00° ,决定继续稳斜钻进探I-5号层顶,并注意调整方位。

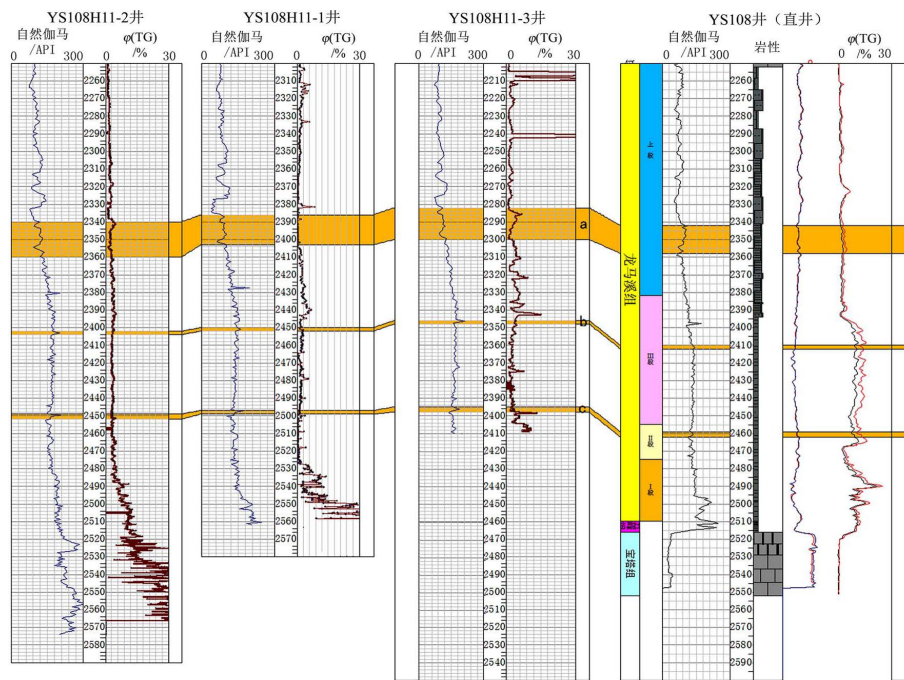


Figure 1. The model of connected well stratigraphic contrast
图1. 连井地层对比模型

YS108H11-3井实钻轨迹如图2所示,钻至井深2740.00 m、垂深2456.89 m,自然伽马值从182.00 API增高至262.60 API,顺利着陆。当前井斜约为 78.00° ,方位约为 191.00° ,预计地层下倾 7.5° 左右,研究决定以 $1.5^\circ/30$ m左右的狗腿度增斜至 80° 后稳斜钻进,然后根据实际情况再做调整。钻至井深2805.00 m、垂深2468.80 m,自然伽马值211.30 API,当前钻位井斜约为 81.00° ,方位约为 190.80° ,现场依据自然伽马、岩性、气测数据及随钻地质导向模型判断,该井已下切进入I-4层底部,预计地层下倾约 5.8° ,研究决定以 $2^\circ/30$ m左右的井身曲率增斜至 86° 后稳斜钻进。钻至井深4116.00 m、垂深2570.24 m,自然伽马

值 217.36 API, 预计目前钻头井斜约为 86.00° , 方位约为 190.37° , 现场判断目前轨迹正在缓慢上切至 I-4 号层顶部, 实际计算地层下倾约 4.9° , 研究决定降斜至 85.00° 后稳斜钻进。钻至井深 4288.00 m 完钻, 最大井斜 87.70° , 水平段长 1560 m, 钻遇优质储层 1380 m, 目标层钻遇率达 90.07%。

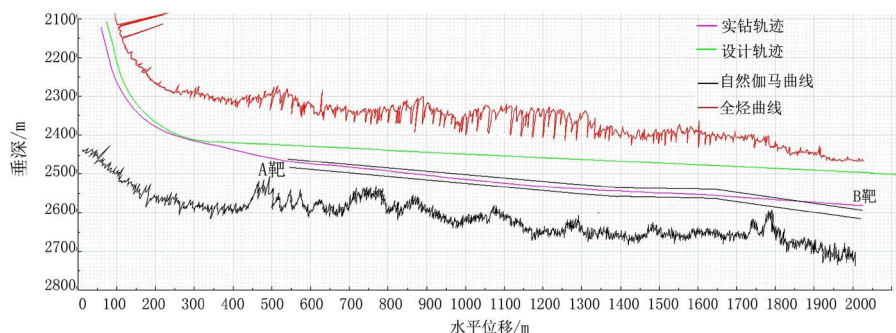


Figure 2. The chart of drilling trajectory of Well YS108H11-3

图 2. YS108H11-3 井实钻轨迹图

4. 结论

1) 水平井井场测录一体化技术是在地质研究的基础上, 基于随钻资料, 综合录井资料, 以及特殊录井手段, 及时分析地质特征变化, 实现实时井身轨迹预测、设计、控制目的的一套综合性分析应用技术体系, 实现了几何导向与地质导向的同步叠合分析、目标层的动态分析与预测。

2) 运用水平井随钻测录一体化技术, 完成了川渝地区某气田 7 口超深水平井的综合导向施工, 目标层平均穿行率 90% 以上, 针对性、操作性强, 有效保障了水平井施工的安全和作业效率。

参考文献 (References)

- [1] 韩婉琳. 水平井岩屑录井的影响因素及对策[J]. 油气地质与采收率, 2002, 9(4): 28-30.
- [2] 陈颖杰, 刘阳, 徐婧源, 等. 页岩气地质工程一体化导向钻井技术[J]. 石油钻探技术, 2015, 43(5): 56-62.
- [3] 闫振来, 韩来聚, 李作会, 等. 胜利油田水平井地质导向钻井技术[J]. 石油钻探技术, 2008, 36(1): 4-8.
- [4] 乔李华, 周长虹, 高建华. 长宁页岩气开发井气体钻井技术研究[J]. 钻采工艺, 2015, 38(6): 15-17.
- [5] 范翔宇, 魏祥高, 周跃云, 等. 川东北元坝陆相地层水平井井身轨迹控制方法研究[J]. 钻采工艺, 2014, 37(6): 30-34.
- [6] 陈立官. 油气田地下地质学[M]. 北京: 地质出版社, 1983.

[编辑] 帅群

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

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

期刊邮箱：jogt@hanspub.org