

富拉尔基浅层水平井钻井技术应用分析

辜幕丹¹, 汪朝²

(1. 武汉工程科技学院, 湖北 武汉 430299; 2. 长城钻探工程有限公司钻井三公司, 辽宁 盘锦 124000)

摘要: 齐齐哈尔富拉尔基油田拥有丰富的浅层稠油资源, 油藏埋深浅, 油层薄, 由于地面条件限制不能采用直井开发, 长城钻探工程有限公司钻井三公司在该区块施工了7口浅层水平井。浅层水平井钻井因地面与目的层距离短, 钻井完井过程中面临一些特定的技术难题。针对施工难点进行分析, 从钻具组合设计、地质导向技术和钻井液优化设计三方面出发, 实现安全优质高效钻井。

关键词: 浅层水平井; 井眼轨迹; 地质导向; 钻井液; 富拉尔基油田

中图分类号: TE243 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2016)02-0039-04

Analysis on the Application of Shallow Horizontal Drilling Technology in Fularchi/GU Mu-dan¹, WANG Chao² (1. Wuhan University of Engineering Science, Wuhan Hubei 430299, China; 2. The Third Branch Drilling Company of Great Wall Drilling Company, Panjin Liaoning 124000, China)

Abstract: Fularchi oilfield in Qiqihar is rich in heavy oil resources with shallow and thin reservoir. Because of the restriction of surface conditions, vertical wells can not be applied in the development. 7 shallow horizontal wells were constructed in this block by 3rd drilling branch of Great Wall drilling company. Due to the short distance from the ground to the target layer in shallow horizontal drilling, some specific technical problems will be showed up during the process of drilling and completion. The difficulties during the construction are analyzed; safe, high quality and efficient drilling are achieved by the design of BHA, geology steering technology and optimized design of drilling fluid.

Key words: shallow horizontal well; well trajectory; geology steering; drilling fluid; Fularchi oilfield

0 引言

中亚能源控股齐齐哈尔东北石油开发有限责任公司井区位于松辽盆地西斜坡超覆带北端, 地理位置位于黑龙江省齐齐哈尔市富拉尔基区境内, 油层埋藏浅, 一般为480~490 m, 油层薄, 最小厚度油层仅为2.8 m, 水平井具有开采超薄油层的优势。直井蒸汽吞吐开采导致蒸汽超覆现象严重, 加之油层非均质性强, 使油层纵向动用程度不均衡, 而水平井开采有利于扩大垂向波及范围, 提高油层动用程度, 改善吞吐效果。特别是针对油区地面现状, 克服地面障碍, 开采直井无法动用的储量。实践证明: 水平井产量是直井的3~5倍, 采用水平井技术可以大幅度提高采收率, 经济效益显著增加。

中亚能源控股齐齐哈尔东北石油开发有限责任公司为了提高单井产油能力, 在该区提出了开发实验水平井区块战略, 由长城钻探工程有限公司钻井三公司施工, 前期部署了3口浅层水平井, 在实钻过程中含油显示良好, 钻遇油层段长达311 m, 后期增

加水平井数量至7口。7口井的基础数据见表1。浅层水平井有别于常规水平井, 由于垂深浅, 位移和垂深之比相对较大, 钻井和下套管过程中井眼摩阻大、地层松软造斜率低, 油层厚度薄使得轨迹控制比较困难。

表1 富拉尔基水平井基础数据

井号	井型	井深/ m	实际垂 深/m	水平段 长/m	钻井周 期/d	建井周 期/d	平均机械钻 速/(m·h ⁻¹)
TH1	水平井	890	486	169	8.81	13.42	14.39
TH2	水平井	929	486	136	4.33	8.60	16.49
TH3	水平井	960	485	276	4.25	7.54	16.89
D-H1	水平井	970	488	278	4.85	8.25	17.53
D-H2	水平井	970	493	270	4.25	6.88	17.58
D-H3	水平井	938	492	240	4.19	7.38	15.74
D-H4	水平井	970	490	241	4.58	7.33	16.42

1 富拉尔基浅层水平井钻井技术难点

东北石油新区富拉尔基油田钻遇地层为: 第四系、第三系(泰康组、大安组、依安组)、上白垩系(明

收稿日期: 2015-08-11; 修回日期: 2015-12-23

作者简介: 辜幕丹, 女, 汉族, 1985年生, 硕士, 钻井工程专业, 从事钻探技术研究和教学工作, 湖北省武汉市江夏区纸坊熊廷弼街特8号, gu-mudan0308@sina.cn。

水组、四方台组)、下白垩系(嫩江组、姚家组、青山口组)。主要岩性为灰色、灰绿色泥岩,间夹砂质薄层,深灰色、灰黑色泥页岩。钻井过程中存在的主要问题和难点为:

(1)设计造斜点浅,加之第三、第四系地层多为流沙层,成岩性差,易垮塌,造斜率极低,难以保证高造斜率,无法满足地质要求;

(2)富拉尔基为开发成熟区块,经过3年热采,局部地层因采出程度较高容易形成严重漏失,钻进过程中防漏防喷尤为重要;

(3)老区油井多,需要优化剖面设计、合理施工解决防碰绕障问题,确保开发方案的实施;

(4)第三、第四系流沙层,地层松软,容易出现坍塌脱落,形成砂桥,导致电测或通井下套管遇阻;

(5)针对薄油层如何最大限度地提高油层钻遇率,是浅层水平井施工的关键;

(6)水平井水平段的岩屑携带困难;

(7)水平段长导致钻具与井壁的摩阻增大;

(8)该地区地质情况复杂,在保证井壁稳定的同时要防止地层漏失,因此钻井液参数的优化成为施工的重点。

2 技术措施及对策

(1)富拉尔地区油层埋藏浅(470 m),造斜点浅(130 m),定向井水平位移大,设计井斜大,都在 30° 以上,加之该地区地层在130~160、190~230 m为流沙层,钻速快,无法跟住钻压,造斜率极低,无法满足定向要求,给后期工作带来困难。由于PDC钻头造斜率低,考虑井眼曲率问题,通过选用三牙轮钻头+1.25°单弯螺杆钻具进行定向钻进,在穿过流砂层过程中,适当减小泵排量,控制钻速,从而有效提高造斜率。

(2)上述的流沙层,地层松软,容易出现坍塌脱落,形成砂桥,导致电测或通井遇阻,通过在完钻起钻过程中,在120~250 m用稠泥浆进行分段封闭,有效地支撑流沙层,避免了坍塌。

(3)富拉尔基属于开发成熟区块,经过3年热采,局部地层因采出程度较高容易形成局部漏失。在实际钻进过程中D-H1、D-H2、D-H3井都出现了不同程度的渗漏。经过分析总结,在通过钻遇油层后,在满足防喷的情况下,适当控制钻井液密度,以减少对地层的压力,起下钻过程中控制下放速

度,开泵平稳,防止井漏发生。对于已发生漏失的井,在钻进过程中加入适量暂堵剂和单向封闭剂,通过随钻堵漏方式进行堵漏。

在水平井完井时,采用上固下不固的固井方式,油层漏失多处于筛管顶部和分级箍之间。为了保证上部固井质量,防止水泥在候凝过程中下落串槽,通过在漏失井段注入稠泥浆,并在固井顶替过程中适当减小顶替排量,有效的提高了固井质量。

(4)由于已开发区块老井多,存在防碰问题,D-H1、D-H2、D-H4井施工过程中每口井都存在3口以上的防碰井,在钻井过程中必须做好严格的防碰设计,并在实钻过程中,及时做好防碰扫描,把好轨迹控制关口。

(5)根据地质设计显示,富拉尔基区块目的开发层为河道砂底,油层厚度仅为2.8~3.2 m,精度要求极高,为了最大限度地在油层中钻进,实际靶点控制范围要限制在上下1.0 m范围之内。然而测斜仪器的测量位置距井底近20余米,也就是说,下部20余米井眼轨迹,只能凭经验靠预测,给轨迹控制带来极大困难。

在施工时严格执行设计,选择弯度合适的造斜工具,利用MWD和LWD测量仪器进行精确轨迹的跟踪监测,并及时利用软件进行计算,根据轨迹控制需要及时更换钻具组合或调整钻进方式和钻进参数;加强待钻井眼的预测,保证对下部井眼轨迹的有效控制,进而使着陆点的井斜角控制在 $87^\circ\sim 89^\circ$,以利于水平段的施工。在垂深475 m以上,下入LWD仪器,明确实钻地层的变化,及时修改施工方案。

特别是在水平段施工过程中,加密测点,每钻进3~5 m测斜一次,及时处理测斜数据,并对井底及待钻井眼轨迹位置进行预测。滑行钻进时,避免整单根滑动,可以防止狗腿度变化过大,从而保持井身轨迹平滑,有利于下部井段钻压的传递。旋转钻进时,保持稳定钻进参数,及时掌握钻具的造斜规律,确保最大限度钻遇油层。

3 现场应用情况

3.1 各施工井段钻具组合设计特点

根据浅层水平井的特点,选用 $\varnothing 127$ mm E-18°斜坡钻杆和 $\varnothing 127$ mm E-18°加重钻杆,增加了钻柱的强度并具有一定的柔性,保证了钻进的速度和井

下安全。造斜段采用中高造斜率的钻具组合,满足该井钻井施工要求,同时提高机械钻速,减轻在弯曲段内钻具的疲劳破坏,避免钻具失效。保证了井眼轨迹平滑,摩阻较小,为完井、电测创造了良好的前提条件。由于滑动钻进时的摩阻较转盘钻进时的摩阻大得多,机械钻速低的特点,水平段主要以转盘钻进为主、定向钻进为辅的导向钻井技术,大大提高了机械钻速,缩短了水平段的施工周期,减轻了对油层的浸泡时间,减少油层污染。由于施工井位在同一区块,地质结构相同,设计的造斜点的深度和造斜段长度相近。经过2口井的摸索和总结,各阶段钻具组合如下。

3.1.1 造斜段

钻具组合:Ø241 mm 钻头 + Ø203 mm (1.25°) 螺杆 × 8.86 m + Ø177 mm 无磁钻铤 × 9.32 m + Ø127 mm 加重钻杆 × 18.76 m + Ø127 mm 钻杆 × 176.36 m + Ø127 mm 加重钻杆 × 93.92 m + Ø127 mm 钻杆 (MWD)。

由于造斜段的地层中存在流砂层,选用1.25°单弯螺杆能够满足6°/30 m造斜率的要求,根据地层可钻性选用了立林LE437G三牙轮钻头。配Ø13 mm × 3水眼,控制泵压在10 MPa左右,这样有利于信号的传递,保证施工顺利进行。通过简化钻具组合,避免因刚性强,摩阻增大而造成卡钻。

3.1.2 水平段

钻具组合:Ø241 mm 钻头 + Ø203 mm (1.25°) 螺杆 × 8.94 m + Ø205 mm 扶正器 × 1.52 m + Ø177 mm 电阻率短节 × 0.51 m + Ø177 mm 无磁钻铤 × 9.32 m + Ø205 mm 扶正器 × 1.49 m + Ø127 mm 加重钻杆 × 18.86 m + Ø127 mm 钻杆 + Ø127 mm 加重钻杆 × 93.92 m + Ø127 mm 钻杆 (LWD,根据钻进情况调整加重钻杆的位置,使大段的加重钻杆保持在井斜45°左右)。

为了降低成本,减少LWD仪器的下井时间,在钻进至井深600 m,垂深达到油层475 m以浅10 m起钻,下入LWD。在保证LWD仪器正常工作的情况下,减少无磁钻铤的根数,减少下部钻具与井壁的接触面积和刚性,从而达到减小摩擦阻力的效果。并在钻进过程中通过起钻调整加重钻杆的位置的方式保证钻压。

3.1.3 通井

钻具组合:Ø165 mm 通井引子 + Ø238 mm 球形

扶正器 × 1.52 m + Ø177 mm 钻铤 × 17.93 m + Ø238 mm 球形扶正器 × 1.52 m + Ø127 mm 加重钻杆 × 37.28 m + Ø127 mm 钻杆 + Ø127 mm 加重钻杆 × 93.92 m + Ø127 mm 钻杆 (根据钻进情况调整加重钻杆的位置,使大段的加重钻杆保持在井斜45°左右)。

在通井过程中使用通井引子避免了划出新眼的可能,从很大程度上保证了井下的安全,通井到底单泵大排量循环,保证套管顺利下入,并为后期的下套管工作创造了很好的井眼条件。

3.2 薄油层地质导向技术

LWD的地质导向作用主要体现在当实钻井眼轨迹的垂深接近储层或在油层中钻进时实钻井眼轨迹相对于储层位置发生变化时,LWD测取的电阻率和伽玛值相应发生变化。采用LWD+导向钻具,利用LWD的伽玛和电阻率曲线,结合岩屑、气测和荧光定量分析录井资料,根据地层变化,及时调整井眼轨迹,及时发现油层,准确顺利着陆。

根据实际地质导向数据分析,富拉尔基油田的富701区块,LWD测取的一般数值如下。

(1)电阻率:泥岩的电阻率为4~5 Ω·m;进入油层前,电阻率的变化范围在4~20 Ω·m;在油层的中间位置时,电阻率为20~40 Ω·m;靠近油层的顶部或底部时,电阻率为5~20 Ω·m。

(2)伽玛值:在泥岩中钻进时的伽玛值为100~120 API;在砂泥界面处钻进时的伽玛值为120 API;在油层(砂岩)的中间位置钻进时的伽玛值为70~90 API;靠近油层的顶部或底部时的伽玛值为90~100 API。因此利用LWD的伽玛曲线可以准确确定砂泥界面,一般将伽玛值为120 API的位置定为界面。

在实际应用中,该区块的7口水平井比计划提前着陆在砂岩储层中,顺利完成水平段的施工。

3.3 浅层水平井钻井液技术

通过探索和实践,选择对该区块具有较好的配伍性的聚合物钻井液体系,能够满足安全快速钻井要求。钻井液配方:4%水化粘土 + 0.5%纯碱 + 0.2% KPA + 1% 铵盐 + 2% HA树脂 + 1% 防塌润滑剂 + 1% ORH + 1% DYRH-3 + 0.1% XC

选择DYRH-3、ORH作为油膜润滑剂,使钻井液摩阻系数降低,XC作为低固相钻井液提切剂能够很好的解决水平井钻屑不易携带的问题。

为了能有效地稳定井壁和提高水平井钻井液携岩效果以及润滑效果,现场采用以下几项技术措施。

(1)合理控制钻井液的密度,钻井液密度控制在 $1.23 \sim 1.26 \text{ g/cm}^3$,能有效地平衡地层压力并减少压差卡钻的可能性。

(2)降低钻井液的滤失量,加入降滤失剂的含量 $\leq 1\%$,减少钻井液侵入地层的滤失量,控制井壁泥饼厚度和质量。

(3)降低钻井液粘度的同时,提高钻井液的动切力,加入XC维护钻井液的动切力,保证钻井液的携岩能力。

(4)加入润滑剂DYRH-3、ORH,每种润滑剂的含量 $\leq 3\%$ 。

(5)降低钻井液中的固相含量,利用固控设备,除去钻井液中的有害固相。

4 结论与建议

(1)通过实钻表明,在富拉尔基油田薄油层开展水平井钻井,能最大限度地钻遇油层,大幅度地提高采收率,进行稠油开采切实可行,取得了明显的经济效益。

(2)简化下部钻具组合能有效地避免钻井风险,避免复杂情况的发生,同时又降低了下部钻具的强度,有效地提高了工具造斜率。

(3)合理运用LWD进行地质导向,能准确地预测油层界面,加之精确的轨迹控制,能最大限度地提高油层钻遇率,加大采收面积。

(4)加强钻井液性能维护,合理运用钻井液固控净化系统,及时补充润滑剂,保证钻井液润滑性能,及时短起下,能有效地修正井壁,保证井下井眼畅通,保证安全高效钻井。

参考文献:

- [1] 张和茂,赵子仁,伊明.浅层水平井井眼轨迹控制技术[J].石油钻采工艺,1998,(5):1-5.
- [2] 苏义脑.水平井井眼轨道控制[M].北京:石油工业出版社,2000.
- [3] 陈晓华.富县区块中浅层水平井优快钻井技术探讨[J].长江大学学报(自科版),2013(26):89-91.
- [4] 陶红胜,杨全枝,于小龙,等.鄂尔多斯盆地东部低浅层渗透油藏大位移水平井钻井实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(2):37-40.
- [5] 阴艳芳.水平井技术在薄层低渗透油藏开发中的应用[J].石油地质与工程,2007,21(6):50-52.
- [6] 刘魁威,刘霞,邱建君,等.井楼超浅层大位移水平井钻井液体系[J].断块油气田,2008,15(5):88-90.
- [7] 李增乐.中浅层水平井井眼轨道优化设计与现场施工[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(10):43-45.
- [8] 窦玉玲.长水平段大位移井井眼轨道优化设计[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(7):50-52.
- [9] 方庆,刘云燕,张国良,等.超薄油层水平井开发技术[J].大庆石油地质与开发,2009,28(5):141-146.
- [10] 王凤波,贺兆顺.地质导向钻井技术及其应用[J].西部探矿工程,2006,(7):204-205.
- [11] 赵春生.吉林扶余地区浅层水平井钻井液研究[D].黑龙江大庆:大庆石油学院,2008.
- [12] 赵景山.胜利油田薄油层水平井钻井技术[J].石油钻探技术,2003,31(5):72-74.

(上接第38页)

(2)在进行东北坐标增量计算时,由于方位变化率的非线性化,采用分度计算的方法,计算结果表明该种算法的误差在可接受的范围内。

(3)选用恒工具面模型进行阶梯水平井的轨道设计,利用井斜变化率保持为常数的特性,进行轨道设计,无须考虑方位变化率的不确定性,将三维阶梯水平井轨道设计的计算过程简化。

参考文献:

- [1] 冯志明,顾金玲.阶梯水平井钻井技术[J].石油钻采工艺,2000,5(5):22-26.
- [2] 刘修善.阶梯形水平井段设计方法研究[J].石油钻探技术,

- 2005,33(3):1-5.
- [3] 王波.二维阶梯水平井设计方法研究[J].中外能源,2013,18(7):56-59.
- [4] 王爱国,王敏生,牛洪波.深部薄油层、双阶梯水平井钻井技术[J].石油钻采工艺,2003,25(2):5-8.
- [5] 刘巨保,李治森,李树亮.阶梯水平井水平段三维轨道设计与计算[J].大庆石油学院学报,2004,(6):44-47.
- [6] 鲁港,巩小明,曹传文,等.限定入靶井斜的双圆弧型纠偏轨道设计问题的全解[J].石油天然气学报,2009,31(1):75-79,99.
- [7] 鲁港,陈崇斌.阶梯形水平井段等曲率双圆弧设计问题的解析解[J].石油钻探技术,2014,42(6):13-17.
- [8] 韩志勇.定向钻井设计与计算[M].山东东营:中国石油大学出版社,2007:321-328.
- [9] 刘修善.井眼轨道几何学[M].北京:石油工业出版社,2006:149-152.