

# 大庆朝阳沟油田浅层水平井钻井技术

奚广春, 刘永贵, 王迎成, 李锁成, 邢广宇, 孙念

(中国石油大庆钻探工程公司钻井工程技术研究院, 黑龙江 大庆 163413)

**摘要:**介绍朝阳沟油田98区浅层水平井的井身结构特点、地层岩性特点以及该区水平井轨迹控制的难点。针对这些特点以及不同地层的造斜率,制定有效轨迹控制方案,选取合理的造斜工具及钻具组合,实施合理的钻井参数及技术措施,完成浅层水平井的施工。

**关键词:**浅层水平井;井眼轨迹控制;钻井技术;钻具组合

**中图分类号:**TE243 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2009)06-0021-03

**Drilling Technology for Shallow Horizontal Well in Chaoyanggou Oilfield of Daqing/XI Guang-chun, LIU Yong-gui, WANG Ying-cheng, LI Suo-cheng, XING Guang-yu, SUN Nian** (Drilling Technology Research Institute of PetroChina Daqing Drilling Engineering Company, Daqing Helongjiang 163413, China)

**Abstract:** The paper introduced Chaoyanggou oilfield about the well structure characteristics, formation lithology and difficulties in horizontal well trajectory control. Based on these characteristics and deflection rates in different stratum, effective trajectory control scheme was designed; reasonable deflecting tool and drilling tool assembly were selected with reasonable drilling parameters and technology for shallow horizontal well construction.

**Key words:** shallow horizontal well; well trajectory control; drilling technology; drilling tool assembly

朝98区块位于朝阳沟背斜的西北翼,构造由西北向东南逐渐抬升,且西北陡,东南缓,葡顶深度-270~-400 m。本区内共有2条南北延伸的断层,属于早、中期断层在晚期构造运动中继承性发展的断层,均为正断层。朝98区块油水分布主要受岩性、构造和断层控制,没有统一的油水界面。所钻目的层为葡萄花油层PI2层,该层为硬砂质长石细粉砂岩,砂岩粒度较细,油层物性较好,葡萄花油层属于高孔中渗透储层。根据水平井产能预测结果,1口水平井可代替3~5口直井产量,在钻井成本有效降低的条件下,经济风险相对较小。利用水平井注水、水平井采油的开发方式,能够大幅提高葡萄花油藏的开发效果。

## 1 地质概况

朝98区块由上到下的顺序钻遇的地层依次为:第四系、泰康组、嫩二段、嫩一段、姚二、三段、姚一

段。第四系上部为黑灰色腐殖土、黄色粘土、底部黄色细砂砾岩,底界深度24 m;泰康组上部黄绿、灰绿色泥岩,下部砂砾岩,底界深度62 m;嫩二段顶部为灰色泥岩夹灰色粉砂质泥岩,中部为一套灰黑色泥岩,底部褐黑色油页岩,为标准层,底界深度268 m;嫩一段顶部为褐黑色劣质油页岩,上、中部为大段黑色泥岩,下部为黑色泥岩夹薄层粉砂质泥岩,灰黄色泥灰岩及劣质油页岩,底界深度367 m;姚二、三段以紫色、灰绿色泥岩为主,夹薄层绿灰色粉砂质泥岩及泥质粉砂岩,底界深度452 m;姚一段为灰绿、棕红色泥岩夹薄层绿灰色泥质粉砂岩,底部见一层棕灰色含油粉砂岩,底界深度495 m。

## 2 工程设计概况

### 2.1 水平井井身结构设计

水平井井身结构设计见表1。

### 2.2 水平井井眼轨道设计数据

表1 水平井井身结构

开钻次数	钻头尺寸/mm	井段/m	套管尺寸/mm	套管下深/m	环空水泥返深/m	套管下入层段	设计说明
一开	311.2	0~211.00	244.5	210.00	地面	嫩二段	封固地表腐殖土、流沙层及上部易漏易塌地层
二开	215.9	211.00~913.88	139.7	911.00	地面	姚一段	封固目的层,评价油藏

收稿日期:2008-11-17

作者简介:奚广春(1968-),男(汉族),黑龙江佳木斯人,中国石油大庆钻探工程公司钻井工程技术研究院工程师,钻井专业,从事水平井技术服务工作,黑龙江省大庆市红岗区八百响钻井工程技术研究院工艺所,xiguangchun@cnpc.com.cn。

水平井井眼轨道设计均采用双增双稳剖面,即“直—增—稳—增—稳”剖面。第一增斜段设计造斜率为 $7.5^\circ/30\text{ m}$ ,第二增斜段设计造斜率为 $8.5^\circ/30\text{ m}$ ,造斜点井深 $250\sim 300\text{ m}$ 之间,靶前位移 $230\sim 250\text{ m}$ ,水平位移 $530\sim 550\text{ m}$ 。

造斜段及水平段井身质量要求见表2。

表2 造斜段及水平段井身质量要求

靶点	垂深/m	井斜角/ $^\circ$	真方位角/ $^\circ$	靶点位移/m	靶窗尺寸/m		
					高度	宽度	靶体长度
A	1435.10	89.54	282.26	259.19	2	30	/
B	1437.11	89.54	282.26	509.18	2	40	/
C	1441.06	89.43	282.26	594.57	2	40	/
D <sub>1</sub>	1443.75	89.43	282.26	864.55	2	50	/
D	1452.4	80.02	282.26	958.20	2	50	/

注:(1)靶前位移误差要求: $-15/+5\text{ m}$ ;(2)在实钻过程中,造斜点 $1194.96\text{ m}$ 处方位角与设计方位角相同时,其井斜角要求可不大于 $1^\circ$ ;(3)总水平段(AD段)砂岩钻遇率 $\leq 44.57\%$ ,AB段和CD段砂岩钻遇率 $\leq 50\%$ 。

### 3 技术难点

(1)造斜点在 $250\sim 350\text{ m}$ 井深处,出表层 $50\sim 60\text{ m}$ 就开始定向,造斜点浅,地层胶结松软,井径扩大率大;另外钻具质量轻,钻压小,严重影响造斜率,因此造斜比较困难。

(2)由于地层多变,工具造斜能力不稳定,根据地层特性、设计造斜率、井身结构优选施工方案比较难。

(3)该区块目的层较薄,油层胶结疏松,岩性变化大,主要岩性为砂岩,但其中有不等厚的泥岩夹层。钻入目的层后,由于在砂岩复合钻进时降斜明显,而在泥岩地层钻进时增斜又很显著,易穿出进入泥岩,因而给井眼轨迹的控制带来很大困难。

(4)油层垂深存在不确定性,入靶点窗口高度只有 $0.8\text{ m}$ ,要求测量和计算精度非常高,另外油层垂深小,井段调整余量小,井眼轨迹控制精度要求高,而测量探管到钻头的距离有 $16\text{ m}$ ,现场必须依据地质工程师要求,在找到油层后确定靶窗,这给井眼轨迹的准确入靶增加了相当大的难度。

(5)由于地层松散,一旦下钻遇阻划眼,很容易划出新井眼,这对井眼轨迹控制提出了更高的要求。

(6)泥浆净化设备差,固相含量高,泥浆性能变化快。由于井较浅,钻进速度非常快,这就对钻井液的携岩性能提出了很高的要求,一旦井眼净化不好或净化不及时,易形成岩屑床而造成沉砂卡钻。

(7)浅层油藏岩性胶结疏松、欠压实,井壁稳定性差,易塌、易漏。

## 4 水平井钻井技术

### 4.1 轨迹控制技术

#### 4.1.1 造斜段

造斜段钻具组合: $\varnothing 215.9\text{ mm}$ 钻头(新)+ $\varnothing 172\text{ mm}(1.5^\circ)$ 螺杆+LWD+ $\varnothing 127\text{ mm}$ 无磁加重钻杆+ $\varnothing 127\text{ mm}$ 加重钻杆 $\times 14$ 根+ $\varnothing 127\text{ mm}$ 斜坡钻杆。

钻井参数:钻压 $10\sim 30\text{ kN}$ ,泵压 $8\sim 9\text{ MPa}$ ,排量 $30\text{ L/s}$ 。

考虑到浅层地层疏松,钻具造斜率偏低,因此实际施工中造斜点比设计一般提前 $20\text{ m}$ 左右开始造斜。造斜钻进中,根据井眼轨迹控制要求,在短起下钻时,及时倒换钻具,这样不仅使施加钻压的加重钻杆始终处于直井段及井斜较小的斜井段,并且减少了由于倒换钻具起下钻次数,缩短了钻井周期。造斜段全使用加重钻杆,尽可能加大钻具质量,从而加大钻压,达到提高造斜率目的。

#### 4.1.2 水平段

水平段钻具组合: $\varnothing 215.9\text{ mm}$ 钻头+ $\varnothing 172\text{ mm}(1.0^\circ)$ 螺杆+LWD+ $\varnothing 127\text{ mm}$ 无磁加重钻杆+ $\varnothing 127\text{ mm}$ 加重钻杆 $\times 2$ 根+ $\varnothing 127\text{ mm}$ 斜坡钻杆 $\times (500\sim 600)\text{ m}$ + $\varnothing 127\text{ mm}$ 加重钻杆 $\times 12$ 根。

钻井参数:钻压 $50\sim 80\text{ kN}$ ,泵压 $8\sim 10\text{ MPa}$ ,排量 $30\text{ L/s}$ 。

水平段靶窗高为 $\pm 0.5\text{ m}$ ,进入油层前要控制好轨迹,并留有余地,便于在出现垂深变化时可以及时调整,关键在于进入设计油层前,使实钻轨迹靠近设计轨迹线,不能有较大的差距,避免在入靶前进行强增或强降斜入靶。

在实钻垂深提前遇到油层时,及时调整参数,在尽可能短的井段内增斜,以达到地质要求的井斜或垂深,便于对调整后水平段的轨迹控制,避免垂深降低过多,再增斜、稳斜、降斜以控制水平段的轨迹,并增加施工风险。

在实钻轨迹钻到设计油层垂深但未到油层时,及时稳斜钻进,待钻遇油层后根据地质要求的轨迹调整,进行轨迹控制。特别是进入油层上部的砂砾岩段,井斜角不易过大,防止油层物性差,使调整段加长。

钻进采用小度数单弯螺杆钻具配合转盘进行复合钻进,使用MWD无线随钻仪器进行井眼轨迹监测,特别是岩性疏松钻时快的井段,要通过监测、调整参数来严格控制垂深变化,根据测量数据及时调整水平段井眼轨迹,使实钻井眼轨迹在设计靶窗中钻进。

## 4.2 钻井液技术

针对钻井完井液必须解决好润滑降低摩阻和储层保护两大主要技术难题,结合所钻地层特性、钻井工艺、设备条件等,研究应用了具有低滤失、低伤害并且具有良好润滑性的低摩阻仿油基钻井液体系,其性能参数为: $\rho = 1.01 \text{ g/cm}^3$ ,  $\text{API FL} \leq 5.0 \text{ mL/30 min}$ ,  $\text{pH} = 7 \sim 8$ ,  $\text{AV} = 20 \sim 40 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ ,  $\text{PV} = 15 \sim 25 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ ,  $\text{YP} = 8 \sim 15 \text{ Pa}$ ,  $\text{YP/PV} = 0.4 \sim 0.6$ ,  $\mu$ (EP 极压润滑仪测定)  $< 0.1$ , 岩心伤害率  $< 25\%$ 。

在井眼清洁方面,一是选择合适的钻井泵缸套,使  $\text{Ø}215.9 \text{ mm}$  井眼钻进排量  $\leq 30 \text{ L/s}$ ;二是使用净化设备控制钻井液含砂量,  $\text{Ø}215.9 \text{ mm}$  井眼含砂量控制在  $0.3\%$  以内;三是每打完一个单根划一次眼、每钻进  $100 \sim 150 \text{ m}$  或  $24 \text{ h}$  进行一次短起下钻;四是在井口返砂与进尺不成比例时,采用中途循环或稀浆扰动稠浆携岩的方法,将井内的岩屑携出井筒。

在井眼润滑方面,及时在钻井液中补充加入原油、SAS、膨化石墨等润滑剂,控制钻井液的摩擦系数  $\leq 0.06$ 。

在井眼稳定方面,一是根据预测的地层坍塌压力系数,将实钻的钻井液密度控制在略大于地层坍塌压力系数;二是在钻井液中加足防塌剂;三是严格控制起下钻速度,起钻及时灌满钻井液,下钻到底,小排量开泵循环,待泵压正常后再提高循环排量。

通过采用上述技术措施,确保了钻井完井液润滑性能良好,钻具在井眼内的摩阻扭矩小,调整轨迹滑动钻进加压正常,保证了水平井的顺利施工。同时具有良好的防塌性能和防粘卡性能,在施工过程中,无井壁脱落及阻卡现象等的发生。

## 5 取得的成果

截止到2008年9月末,在采用了上述水平井钻井技术措施,在大庆朝阳沟油田共完成了6口浅层水平井的施工,均实现了精确入靶,井眼轨迹达到了甲方地质要求,取得了较好的效果(见表3)。

表3 各井施工情况

井号	井深 /m	机械钻速 /( $\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$ )	钻井周期 /d	建井周期 /d	备注
朝85-平33	911	17.5	8.3	9.6	
朝108-平43	892	20.6	15	10	
朝106-葡平37	961	14.2	9.7	13	
朝98-葡平33	943	16.5	8.5	12	
朝109-葡平39	950	15.1	8	12	
朝111-葡平39	905	15.2	17.7	21.2	井下事故

## 6 结语

(1) 在油层垂深多变的区块,尽量提供详细地质资料,这样有助于轨迹控制方案的确定;靶前位移适当放宽,这样可以减少起下钻,提高效益或减小狗腿度,为后期施工创造条件。

(2) 利用定向和复合钻结合的方式控制井眼轨迹,使实钻轨迹曲线更光滑,更贴近设计线。

(3) 对疏松地层中钻具的造斜规律有了进一步的认识。施工中,通过合理选择造斜钻具组合,适当提高造斜点深度,满足了在疏松地层中钻水平井的要求。

(4) 在井眼轨迹设计时要充分考虑到钻具刚性,必须使设计井眼轨道造斜率与钻具刚性相匹配。

(5) 在钻进造斜段中,需选用造斜能力比设计井眼轨迹造斜率稍大的螺杆钻具,这样既可以减少起下钻的次数,又可以增大旋转钻井进尺的比例,提高井眼净化效果。

(6) 水平井钻井对钻井液性能的要求很高,必须保证钻井液的润滑性、流变性和凝胶强度满足设计要求,以确保井下安全无事故。

## 参考文献:

- [1] 岳宗杰,李勇,于海军. 辽河油田杜84区块超稠油油藏水平井钻井技术[J]. 石油钻探技术, 2005, 33(6).
- [2] 廖腾彦. 超浅稠油水平井轨迹控制技术[J]. 新疆石油科技, 2007, 17(2).
- [3] 范志国,于建民,聂涛,郭曾勇. 浅层稠油水平井钻井工艺技术[J]. 新疆石油科技, 2008, 18(1).

(上接第20页)

表中可看出采取措施后具有一定效果。目前采取的堵漏方法有一定局限性,许多机理性问题没有认识透,镇泾工区堵漏工艺仍需要进一步研究和探索。

## 4 结语

针对镇泾工区的井漏问题,不同地理位置、不同

的层位应采用不同的堵漏工艺。一开黄土层要避免清水钻进,采取控时钻进加短程起下钻效果明显;二开钻进以预防为主,随钻加入单封堵漏;砂岩裂缝性漏失以复合堵漏材料效果较好,恶性漏失采用桥接材料+水泥封堵效果较好。