

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

陶红胜, 杨全枝, 于小龙, 马振锋

(陕西延长石油(集团)有限责任公司研究院, 陕西 西安 710075)

摘要:为了经济有效地开发鄂尔多斯盆地东部浅层、低渗透、低丰度油藏, 陕西延长石油(集团)有限责任公司在该地区部署了第一口浅层大位移水平井——X平1井。该井施工克服了浅地层造斜稳斜控制困难、长水平段携岩困难、起下钻摩阻大、钻头加压困难等一系列技术难题, 完钻井深1366 m, 垂深499.16 m, 水平位移1003.58 m, 位垂比2.01:1, 该井的顺利完钻预示着鄂尔多斯盆地东部浅层、低渗透、低丰度油藏高效开发成为可能。

关键词:低渗透油藏; 浅层; 大位移水平井; 井身结构

中图分类号: TE243 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2015)02-0037-04

Drilling Practice of Large Extended Reach Horizontal Well in Shallow Low Permeability Reservoirs of Eastern Ordos Basin/TAO Hong-sheng, YANG Quan-zhi, YU Xiao-long, MA Zhen-feng (Research Institute of Yanchang Petroleum, Xi'an Shaanxi 710075, China)

Abstract: Well XPing1 is the first shallow extended reach horizontal well drilled by Yanchang Petroleum to develop the shallow, low permeability and low abundance oil reservoirs of Eastern Ordos Basin. Technical challenges of angle building and holding control, cuttings transportation in long horizontal hole section, large frictional resistance during trip and pressurized bit were overcome in the construction of this shallow horizontal well, which was finished at measured depth of 1366m with 1003.58m horizontal extension and 499.16m vertical depth. The ratio of horizontal extension to vertical depth is 2.01:1. The finishing drilling of this well indicates that the high effective development of shallow, low permeability and low abundance oil reservoirs of Eastern Ordos Basin has become possible.

Key words: low permeability oil reservoir; shallow; large extended reach horizontal well; casing program

0 引言

鄂尔多斯盆地东部油田区块部分储层埋深浅、物性差、自然产能低, 为较难动用的致密砂岩油藏, 采用常规直井压后效果差, 往往达不到经济有效开发的要求^[1-2]。近年来, 随着勘探开发工作的不断深入, 各大油田水平井开发技术不断进步^[3-6], 期间延长石油常规水平井技术发展迅速, 大大提高油井单井产量和油藏采收率, 成为解决常规井开发“多井、低产、低效”的有效手段。为了经济有效开发浅层(300~600 m)低渗透、低丰度油藏, 延长石油在鄂尔多斯盆地东部油区进行了第一口浅层大位移水平井——X平1井的开发先导试验。X平1井完钻井深1366 m, 垂深499.16 m, 水平位移1003.58 m, 位垂比高达2.01:1, 创下该地区水平井位垂比最大记录, 该井的顺利实施, 为后续浅层难动用油藏的有

效开发提供了一条新的途径, 具有较高技术参考价值。

1 施工技术难点

(1) 一开表层为第四系黄土层, 地层疏松, 易漏, 易垮塌; 下部延长组有大量厚煤层及泥岩, 易缩径、坍塌、卡钻;

(2) 直井段短, 钻具质量轻, 钻具组合调整余量小, 水平段(尤其是水平段后期)施工时, 摩阻大, 钻头加压难度大, 滑动钻进困难;

(3) 与相邻四口定向井井间距离较近, 且每口井都经压裂施工, 防碰风险高;

(4) 目标层砂体河道沉积, 沉积旋回发育差异较大, 砂体变化速度快, 实钻主力油层垂深与设计垂深可能会存在误差, 要求井身剖面能够对垂深误差

收稿日期: 2014-09-27; 修回日期: 2015-01-08

作者简介: 陶红胜, 男, 汉族, 1967年生, 副院长, 高级工程师, 从事石油地质和油田开发等研究工作。

通讯作者: 杨全枝, 男, 汉族, 1986年生, 助理工程师, 陕西省西安市科技二路75号, sunsun_1212@126.com。

进行一定的调整,井眼轨迹控制难度大。

2 地质设计

水平井开发对目标层地质特征认识、特别是目标层砂体展布方向要求严格,X平1井设计区主力油层为长6²,主要为浅灰、灰色细粒长石砂岩及灰色、灰绿色细砂岩、粉砂岩与灰绿色、黑色泥岩、砂质泥岩、凝灰岩不等厚互层,由2~3个沉积旋回组成,沉积旋回发育差异较大。油层发育情况主要受砂体分布影响。选取河口或河道交汇区砂体厚度大、物

性好的砂体,并确保水平段方向与河道砂体走向一致,防止砂岩尖灭钻遇泥岩,导致后续施工困难。地质设计靶点见表1,水平井部署位置如图1所示。

表1 X平1井靶点数据

靶点	垂深/m	层位	水平段方位/(°)	水平位移/m
窗口 A	477.62	长6 ²	273.30	靶前距 266
窗口 B	487.62	长6 ²	273.30	水平段 661
窗口 C	481.62	长6 ²		

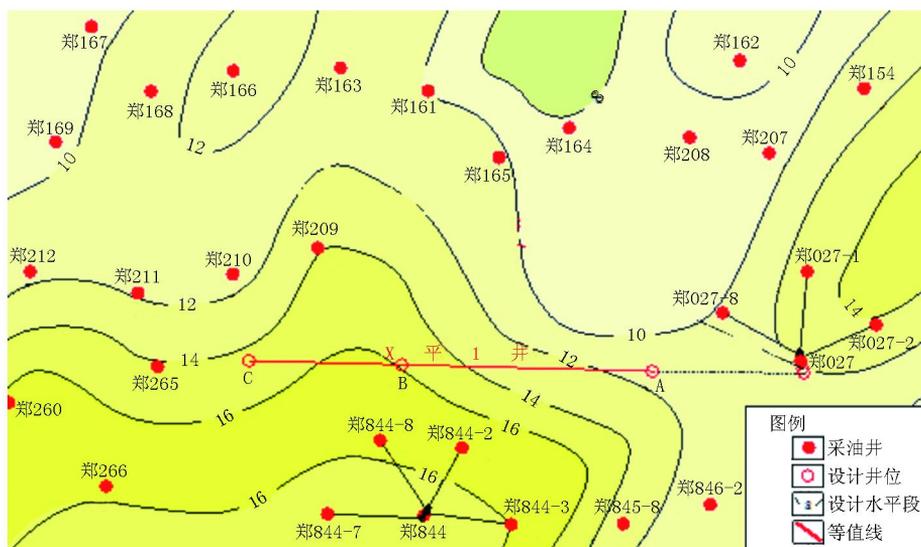


图1 X平1井水平段方位示意图

3 钻井工程设计

3.1 井身结构优化

X平1井设计垂深浅,第四系黄土层松散、易漏失、易垮塌,但其它地层相对较稳定,压力系统相对简单,选用二开井身结构在满足安全钻井的同时最大限度地降低了钻井成本。

一开(0~120 m)采用 $\varnothing 311.1$ mm钻头,下入 $\varnothing 244.5$ mm表套固井,水泥浆返至地面,封固上部不稳定地层,建立井口,表层套管采用内插法固井工艺,保证固井质量。

二开(120~1316 m)在直井段采用 $\varnothing 222.3$ mm钻头钻至造斜点(220 m),然后采用 $\varnothing 215.9$ mm钻头直至完钻,从而有效克服了上部泥岩地层缩径带来的后期起下钻困难,采用漂浮下套管技术,降低摩擦阻,下入 $\varnothing 139.7$ mm油层套管(筛管),采用常规密度微膨胀水泥浆体系一次上返固井工艺固井,水泥

浆返至地面。

3.2 井眼轨迹优选

井眼轨迹设计是实现水平井钻井的重要环节,在充分考虑钻遇地层特征、最大关井压力、电测湿接头对接工艺以及邻井防碰等多种因素影响,选择“直—增—稳—增—平”4段制井身剖面,为实现同时动用两个目的层,X平1井水平段设计为U形轨道。4段制剖面弯曲井段相对较短,利于降低管柱下入摩擦阻。在入靶前一段采用造斜率小的钻具组合,以减小调整幅度,保证中靶和井眼平滑。X平1井设计井眼轨迹数据见表2和图2。

4 现场施工

4.1 增斜段钻进

增斜段采用“单弯单扶”螺杆+三牙轮钻头钻具组合: $\varnothing 222.3$ mm钻头+ $\varnothing 172$ mm单弯螺杆钻具+ $\varnothing 165$ mm回压阀+ $\varnothing 165$ mm MWD接头+ $\varnothing 165$

mm 无磁钻铤 + $\varnothing 127$ mm 斜台阶加重钻杆 + $\varnothing 127$ mm 钻杆 + $\varnothing 127$ mm 斜台阶加重钻杆 + $\varnothing 127$ mm 钻杆。

表 2 X 平 1 井身剖面设计参数

井深/ m	井斜角/ ($^{\circ}$)	方位 角/($^{\circ}$)	垂深/ m	水平位 移/m	造斜率/[($^{\circ}$) \cdot (30 m) $^{-1}$]	靶点
200.00	0.00	0.00	200.00		0.000	
327.51	26.35	278.70	323.06		6.200	
332.99	26.35	278.70	327.98		0.000	
625.28	88.58	273.30	477.62	304.63	6.387	A
1022.28	88.58	273.30	487.45		0.000	
1036.08	90.00	273.12	487.62	519.89	3.083	B
1050.23	91.42	273.12	487.45		3.000	
1286.32	91.42	273.12	481.62	954.00	0.000	C
1321.32	91.42	273.12	480.75	1003.58	0.000	井底

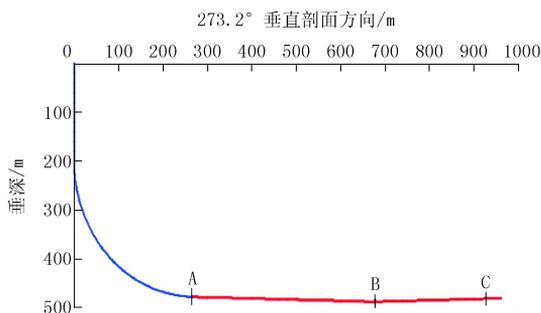


图 2 X 平 1 井井眼轨迹图

钻井参数: 钻压 60 ~ 100 kN, 排量 25 L/s, 钻速 50 r/min。

由于造斜点浅, 井深只有 210 m, 地层不稳定, 开始第一段造斜时适当控制排量, 确保钻压及工具面的稳定, 有利于造斜率的控制。第二段造斜入靶过程中, 因地质条件复杂, 目标层垂深增加对 A 靶点做了适当的调整, 比原设计垂深增加了 7.5 m 左右, 通过剖面的优化, 将实钻靶前位移的增量控制在 40 m 以内。

造斜段钻进过程中, 在确保井下安全的前提下, 使用低粘度、低切力、低固相含量, 低摩阻的优质钻井液快速钻进, 使泥浆流型达到紊流, 防止虚泥饼和岩屑床的形成。采用磺化沥青起到防塌和润滑, 并改善泥饼质量, 采用无固相降水剂降低失水量, 抑制泥页岩水化膨胀导致井壁不稳, 利用钠膨润土和 CMC - HV 调节泥浆流变性以实现成功携砂, 从而提高造斜段机械钻速。X 平 1 井在造斜段的机械钻速达到 7 m/h。

4.2 水平段钻进

水平段钻具组合设计的基本形式是“倒装钻具”, 加重钻杆应放在靠近井眼垂直部分以提供钻压, 而大斜度井段与水平段则采用普通钻杆。钻具组合: $\varnothing 215.9$ mm 钻头 + $\varnothing 172$ mm 单弯螺杆钻具 + $\varnothing 165$ mm 回压阀 + $\varnothing 212$ mm 扶正器 + $\varnothing 165$ mm MWD 接头 + $\varnothing 172$ mm 无磁钻铤 + $\varnothing 127$ mm 无磁承压钻杆 + $\varnothing 127$ mm 斜台阶钻杆 + $\varnothing 127$ mm 斜台阶加重钻杆 + $\varnothing 158.8$ mm 钻铤 + $\varnothing 127$ mm 斜台阶加重钻杆 + $\varnothing 127$ mm 钻杆。

钻井参数: 钻压 60 ~ 220 kN, 排量 25 L/s, 钻速 50 r/min。

该井水平靶窗高 ± 1 m, 采用单弯螺杆 + 三牙轮或 PDC 钻头, 优选配套非标型号稳定器并优化扶正器间距, 在满足一定的增降斜功能情况下, 实现了平稳、快速钻进。钻进过程中每 2 柱钻柱进行一次短程起下钻并导入斜坡钻杆, 保证加重钻杆始终在上部, 当钻具重力不足以克服摩阻时, 采用倒装钻具, 上部逐渐替入钻铤, 以增加钻具重力来施加足够的钻压, X 平 1 井水平段钻进大钩载荷、摩阻分析如图 3、图 4 所示。从图 3 大钩载荷分析可以看出, 随着钻深增加, 起下钻、滑动钻进、复合钻进, 螺旋屈曲呈增大趋势; 随水平段进尺增加, 下钻过程螺旋屈曲呈降低趋势, 当下钻至 950 m 后, 屈曲不再增加。从图 4 根据扭矩分析可以看出, 随钻深增加, 井底扭矩总体呈上升趋势, 特别是随着井斜增加, 钻头扭矩减小, 钻进速度受井底加压及摩阻影响, 不断降低。井底最大扭矩为 16510 N \cdot m。通过与其他不同的剖面设计分析对比, 该剖面摩阻与井底扭矩均较小, 设计优化合理。

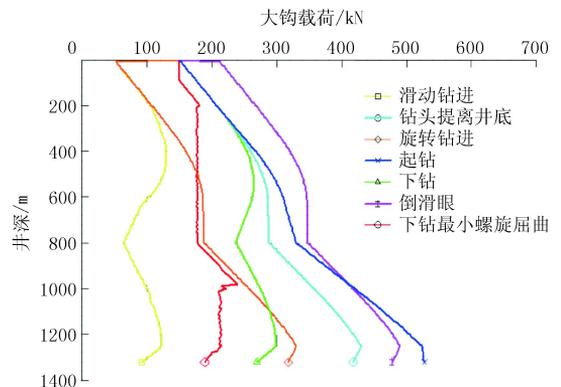


图 3 X 平 1 井二开大钩载荷分析

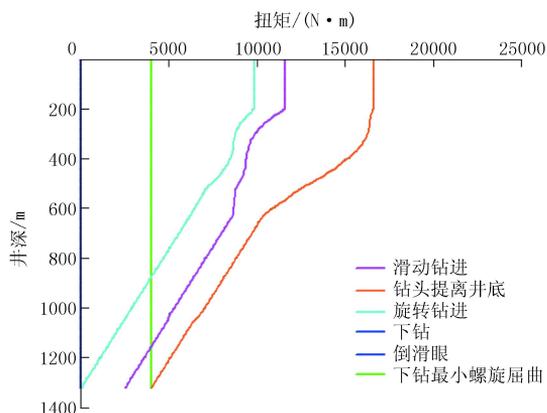


图4 X平1井二开扭矩分析

为保障水平段的安全钻进,解决水平段钻井液携带岩屑和润滑问题,要适当提高钻井液的动切力及静切力以及润滑性能。为有效保护油层,减少污染,水平段采用低伤害屏蔽暂堵钻井液体系,在造斜部井段使用的钻井液的基础上,加入有关处理剂与酸溶暂堵剂 G302-SZD,严格控制泥浆密度和中压失水量,改造为钻井完井液,可以在进入水平段之前,在上部钻井液的基础上快速转化为新的泥浆体系,既保障井下安全又节约成本。

X平1井水平段单趟进尺达到403.00 m,水平段平均机械钻速达到5 m/h,顺利钻至井深1366 m完钻,电测后顺利下入套管完井。

5 结论

X平1井是延长石油为了经济有效开发鄂尔多斯盆地东部油区浅层低渗透、低丰度油藏而进行的一次工程实践,取得以下认识。

(1) X平1井完钻垂深499.16 m,水平位移1003.58 m,位垂比高达2.01:1,证明鄂尔多斯盆地东部低渗透油藏浅层大位移水平井钻井开发是可行的。

(2) 根据鄂尔多斯盆地东部油区地质特征,优化了井身结构,二开不下技术套管,在满足安全钻井的同时最大限度地降低了钻井成本。

(3) 通过优化钻具组合与钻井参数,保证了井眼轨迹平滑,降低了井眼摩阻,采用短起下钻、分段循环等手段解决了长水平段岩屑携带的问题,保障了井眼畅通和井下安全。

(4) 优化低粘度、低切力、低固相含量,低摩阻钻井液体系,做到二开全井段钻井液体系快速转换,在保证井下安全的同时节约成本。

参考文献:

- [1] 王华军,胡涛,李明,等.低渗透油气田水平井开发特点及影响分析[J].石油化工应用,2011,30(1):66-68,79.
- [2] 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.
- [3] 薛建国,吴应战,王冰晖,等.超浅层大位移水平井楼平2井钻井技术[J].石油钻采工艺,2008,(3):11-14.
- [4] 牛洪波,陈建隆,隋小兵.浅层大位移水平井钻井关键技术分析[J].天然气工业,2012,(2):71-74,119.
- [5] 裴建忠,刘天科,周飞,等.金平1浅层大位移水平井钻井技术[J].石油钻探技术,2009(1):87-90.
- [6] 张华卫,李梦刚,吴为,等.伊朗Y油田水平井钻井技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(7):28-32.
- [7] 田平,薛建国,蒋建宁,等.河南油田泌页HF1水平井钻井技术[J].石油地质与工程,2012(3):88-90,93,1.
- [8] 柯学,王吉文,朱杨,等.热德拜油田水平井优快钻井配套技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(10):26-31.
- [9] 罗朝东,李国嘉,石锁政,等.川西浅层水平井轨迹控制技术[J].价值工程,2012,(8):23-24.
- [10] 周延军,曾强,窦玉玲,等.金平1浅层大位移水平井钻井工程设计技术及应用[J].钻采工艺,2008,(S1):24-27,114.
- [11] 徐云龙.胜利油田第一口绕锥水平井钻井技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(2):22-24.