

镇泾油田 HH37P1 水平井钻完井技术

闫吉曾, 罗懿

(中石化华北分公司工程技术研究院, 河南 郑州 450006)

摘要:为评价水平井开发镇泾油田长 8 油藏的经济技术可行性, 部署了 HH37P1 水平井。分析了该井的施工难点, 提出了相应的技术对策。现场施工中通过优化钻具组合、控制井眼轨迹、调节钻井液性能及配合相应的工程工艺技术, 使 HH37P1 水平井顺利完钻。通过测井资料结合录井显示, 采用预置管柱完井方式配合后期压裂改造, 初见成效。HH37P1 井的成功实施为有效开发镇泾油田提供了新的途径。

关键词:水平井; 钻井; 完井; 井眼轨迹; HH37P1 井; 镇泾油田

中图分类号: TE243 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2012)06-0031-04

Drilling and Completion Technology Used in Horizontal Well of Zhenjing Oilfield/YAN Ji-zeng, LUO Yi (Research Institute of Engineering Technology of Huabei Branch, SINOPEC, Zhengzhou Henan 450006, China)

Abstract: To evaluate economic and technical feasibilities of Chang 8 reservoir in Zhenjing oil field developed by horizontal well, HH37P1 well was arranged. The construction difficulties were analyzed with corresponding technical measures. By optimizing bottom hole assembly, controlling well trajectory, regulating drilling fluid properties and combining corresponding engineering technology, HH37P1 horizontal well was successfully drilled. The combination of logging data and logging showed the initial success by using presetting pipe string completion and following fracturing reformation. The successful implementation of HH37P1 horizontal well provides a new approach to effective development of Zhenjing oilfield.

Key words: horizontal well; well drilling; well completion; well trajectory; HH37P1 horizontal well; Zhenjing oilfield

镇泾油田位于甘肃省镇原、泾川、崇信三县内, 构造位置处于鄂尔多斯盆地西缘天环向斜南段, 地层平缓西倾, 构造南东高, 北西低, 单斜背景上发育有低幅度的鼻状构造。为验证地质评价成果, 探索镇泾油田长 8 有效开发方式, 评价水平井开发镇泾油田长 8₁ 油藏的技术、单井产能和经济可行性, 中石化华北分公司在镇泾油田部署了第一口水平井——HH37P1 井, 目的层为三叠系延长组长 8₁, 设计井深 2668.9 m, 水平段长 450 m。

1 施工难点

(1) 本区中生界自下而上主要发育有三叠系、侏罗系中下统、白垩系下统, 区块主要位于辫状河三角洲扇裙上, 发育辫状河三角洲沉积体系, 地层非均质性较强, 增加了水平井着陆的难度。

(2) 第四系岩性主要为灰黄色粘土层、底部为棕色砂砾层, 黄土层垂直节理发育, 钻至该层极易发生井漏, 甚至不返浆; 罗汉洞组地层砂岩粒度较粗, 且单层厚度大, 地层疏松成岩性差, 易发生渗漏及裂隙性漏失。

(3) 极易钻遇膏盐层, 盐膏层主要分布在泾川

境内, 部分井在华池组地层发现厚度从几米、十几米到几十米不等的膏盐层, 一般钻遇厚度在 10 m 左右。在该区域施工钻井液极易被盐膏浸, 引起流变性变差, 粘切升高, 密度升高, 失水增大。随着泥浆矿化度的增高, 粘切降低。膏盐浸会造成下钻、下套管遇阻和电测井的困难。

(4) 三开水平段施工, 钻井液携岩困难, 极易在井斜 40°~60°井段形成岩屑床, 造成井下复杂情况。

2 技术对策

2.1 优化井眼轨迹, 增加着陆点的可控性

造斜段轨迹控制是从造斜点开始至 A 靶点, 在这一井段通过 MWD 实时跟踪井眼轨迹, 根据地层自然造斜率, 选择合理的单弯动力钻具, 通过优化钻具组合, 从而获得所需要的造斜率。

(1) 进入造斜段前, 对井眼进行电子多点测斜, 根据直井段实钻轨迹对待钻井眼轨迹进行修正, 消除直段产生的位移偏差, 选择地层稳定性较好的层位进行造斜, 以利于斜井段井眼轨迹控制。

(2) 为保证使实钻造斜率不低于井身设计造斜率, 防止因各种因素造成工具实钻造斜率低于理论

收稿日期: 2011-10-20; 修回日期: 2012-05-24

作者简介: 闫吉曾(1975-), 男(汉族), 中石化华北分公司工程技术研究院工程师, 油气井工程专业, 硕士, 从事钻完井工程设计、钻井水力学研究、钻井数值模拟等工作, 河南省郑州市陇海西路 199 号, yan1975@126.com。

预测值,要按比理论值高 20% 左右来选择造斜工具。在施工中,及时分析工具在不同井斜及滑动钻进和复合钻进的造斜能力,制定合理的滑动钻进和复合钻进工作方式,以达到井眼轨迹控制预定效果。

(3)在着陆控制过程中,根据岩屑录井资料,进行储层预测,进行待钻井眼设计,实时调整造斜率,增加着陆的可控性。

(4)在着陆前,及时调整方位,做到矢量入靶,井斜、方位、垂深、靶前位移均达到设计要求,为水平段控制打下良好的基础^[1~5]。

(5)做好动态监控,每钻进 5 ~ 10 m 测量一次轨迹参数,运用 DrillNet, LandMark 等定向井软件进行精确计算,并对待钻轨迹进行预测和设计,对当前在用工具的造斜率进行分析,调整控制好垂深、井斜和位移,为水平井着陆创造条件。

(6)根据地质轨迹调整方案,对水平段轨迹进行待钻井眼轨迹设计,在施工中通过 MWD 实时跟踪调整轨迹,满足地质靶点要求。

2.2 井漏预防措施

井漏一直影响着镇泾油田钻井的施工进度,制约提速增效,为此在 HH37P1 井施工前做好防漏准备。

2.2.1 堵漏材料

单项压力封闭剂、复合堵漏剂及锯末、荞麦皮、麦壳、短麦草、果壳等粒状与纤维状的堵漏材料。

2.2.2 表层堵漏

一开钻进时配制较高粘度的泥浆,控速钻进,以减少环空钻井液当量密度,降低压漏黄土层的概率,发生漏失时先进行短起或上下拉几次,然后加入麦壳、3 ~ 5 cm 的麦草等进行堵漏,漏失不返浆时堵漏材料可直接从井口加入;黄土层与罗汉洞交界处发生漏失,采用复合堵漏剂 + 麦壳堵漏。现场应根据不同的漏失类型和漏失层位采取不同的堵漏方法。

2.2.3 二开堵漏

罗汉洞组、洛河组及直罗组砂岩层厚度大成岩性差,岩屑呈松散状,砂粒直径 0.3 ~ 1.0 mm,孔隙相对发育、渗透性极强,在一定的压差下,易造成从渗漏到大漏。无论哪个层位当出现部分漏失的现象,均先采取随钻堵漏的办法,如果不见效果再采用复配材料进行静止堵漏。

2.3 钻遇盐膏层处理措施

(1)钻遇盐膏层时不能采取置换部分新钻井液的方法,可放宽钻井液密度(达到设计上限),向钻井液中一次性加足设计中的抗盐抗钙处理剂 PAC 及 CMC,用氢氧化钠调整 pH 值在 9 ~ 10 之间,以保

证钻井液性能稳定,尽量少补充淡水泥浆,使泥浆自然转化成欠饱和状态,保持井眼稳定。

(2)尽量减少钻井液的循环量、减少维护处理量,缓解地层膏盐溶蚀程度。

(3)完钻起钻时可在膏盐层注入粘度、切力高的钻井液来预防岩屑在井筒内架桥造成测井仪器遇阻。

2.4 调整水平段钻井液性能,满足安全钻井携岩要求

在原浆基础上加润滑剂,减少摩阻和扭矩,控制粘滞系数在设计范围内。根据实际情况,调整好流变参数,对于宾汉流体,保持动塑比在 0.36 ~ 0.48 之间;对于幂律流体,保持流性指数 n 在 0.4 ~ 0.7 之间,配合使用固控设备,提高钻井液的携岩能力,保证井眼清洁^[6,7]。

(1)钻进过程中,注意观察井口返浆和岩屑返出情况,保持各种处理剂的有效含量,并定期补充,使钻井液性能符合设计要求,提高钻井液的抑制防塌、悬浮、携带岩屑能力,确保正常钻进。

(2)钻进期间,以补充胶液为主,尽量把所有药品都配制成胶液,然后均匀加入钻井液,保持钻井液性能的稳定,并防止未溶好的钻井液处理剂堵塞仪器和筛网,影响仪器工作和振动筛跑浆。

(3)加强固控设备的使用,钻井过程中不间断使用三级固控设备,使用 150 目以上的振动筛,及时清除钻井液中的有害固相,降低钻井液密度。

(4)钻进过程中根据振动筛上的返砂情况,及时发现地层岩性变化,及早发现煤层和泥岩,调整钻井液性能,以保证井壁稳定和井下安全。

3 现场施工工艺

本井主要困难是造斜段及水平段的施工,涉及到钻具组合的优化、钻井液的有效携岩、井眼轨迹的控制等问题。

3.1 实钻钻具组合

3.1.1 造斜段

造斜段指的是从造斜点至 A 点前的增斜井段。

钻具组合: $\varnothing 311.15$ mm 钻头 + $\varnothing 244$ mm (1.5°) 单弯动力钻具 + 循环接头 + $\varnothing 203.2$ mm 无磁钻铤 $\times 1$ 根 + 631×410 配合接头 + $\varnothing 127$ mm 无磁柔性钻杆 + $\varnothing 127$ mm 加重钻杆 $\times 50$ 根 + $\varnothing 127$ mm 钻杆。

本井从 1730.23 m 开始定向,由于井眼尺寸为 311.15 mm,为了确保造斜率达到设计要求,施工中

使用1.5°单弯动力钻具,使得实钻轨迹与设计轨迹比较吻合。增斜井段共用3趟钻,在增斜井段施工中,根据本井设计的造斜率,滑动和复合钻进相结合,通过复合钻进破坏岩屑床,使井眼畅通,减小摩擦阻和扭矩便于滑动定向钻进,每钻进1个单根测一次静态数据,采用了测多点的方法以及两套仪器交叉使用以校正仪器的准确性。本井钻至A靶点前,根据实钻结果及地层变化,进行了1次轨迹调整,垂深比原设计下调3m,为能准确着陆,每测一组数据,设计几种着陆方案,从中选取最合理的一种方案施工,最后顺利矢量中靶。

3.1.2 水平段

水平段指的是从A靶点至B靶点的井段。

钻具组合:Ø215.9 mm PDC钻头+Ø172 mm (1°)单弯动力钻具+Ø208 mm扶正器+4A11×410配合接头+Ø172 mm MWD循环短节+Ø127 mm无磁柔性钻杆+Ø127 mm斜坡钻杆+Ø127 mm加重钻杆×45根+Ø127 mm钻杆。

由于钻具组合合理及钻井参数合理,仅两趟钻就完成了整个水平段的施工,水平段长451 m。本井在水平段滑动钻进时,速度较慢,影响了机械钻速,为了保证井下的安全,根据井下情况适时短起下钻作业,以清除岩屑床,使井眼畅通,并降低了摩擦阻和扭矩。

3.2 轨迹控制

本井从1730.23 m开始定向钻进,由于井眼尺寸为Ø311.15 mm,为了确保造斜率符合设计要求,实钻中下入了Ø308 mm扶正器,使得实钻轨迹与设计轨迹比较吻合,造斜段钻井参数见表1。

表1 HH37P1井造斜段钻井参数

井段/m	钻压/kN	泵压/MPa	排量/(L·s ⁻¹)	钻井液密度/(g·cm ⁻³)	屈服值/Pa
1730.23~1904.54	160~200	12	32~38	1.11	3~6
1904.54~2071.64	160~180	13	34~48	1.11	3~6
2071.64~2229.00	160~180	15~18	40~50	1.11	3~6

从A靶点至B靶点之间的水平段,由于钻具组合比较合理,钻井参数进行了优化(见表2),共两趟钻完成了整个水平段的施工任务,泥浆性能符合设计要求,水平段井眼轨迹符合地质要求调整的靶点。

表2 HH37P1井水平段钻井参数

井段/m	钻压/kN	泵压/MPa	排量/(L·s ⁻¹)	钻井液密度/(g·cm ⁻³)	屈服值/Pa
2229.00~2526.00	140~160	12	32	1.04	5
2526.00~2680.00	140~160	15	32	1.04	5

3.3 储层保护技术

三开水平段采用钾胺基聚合物钻井完井液体系,三开前配制钾胺基聚合物钻井液100 m³,性能满足要求:粘度40~60 s,密度1.05~1.08 g/cm³,API失水量≤5 mL/30 min。三开钻进过程中,补充K-PAM和K-HPAN胶液,预防井径扩大与失稳,确保顺利钻完水平段,有效保护油气层。实钻钻井液性能见表3。

表3 三开水平段钻井液性能

井深/m	密度/(g·cm ⁻³)	漏斗粘度/s	API失水/(mL·(30 min) ⁻¹)	pH值
2229	1.15	80	5	10
2278	1.15	80	5	10
2408	1.07	55	5	10
2510	1.07	55	5	10
2526	1.07	55	5	10
2680	1.07	55	5	10

从表3及实际钻井液实测性能来看,钻井液失水基本控制在5 mL/30 min左右,粘度合理,实现了有效携岩与油气层保护的要求。

3.4 主要工程技术措施

(1)为确保直井段井身质量,每钻进50~150 m测斜一次,若发现有超标趋势,及时采取吊打或定向纠斜等措施;在斜井段施工中,简化钻具结构,少用接头,用加重钻杆替代钻铤,全井全部采用一级斜台肩钻杆;在水平段的施工中,在动力钻具上面配一个Ø208 mm扶正器,降低了复合钻进时的增斜率,在滑动钻进时勤活动钻具防止粘卡的发生。

(2)配备顶部驱动系统,降低了工程施工难度,处理井下复杂情况的能力大大增强,节省了时间,缩短了钻井周期,确保钻井施工的安全顺利进行。

(3)上部地层易吸水膨胀,形成厚泥饼阻卡,坚持短程起下钻制度,保证起下钻畅通,每钻进200~300 m(或纯钻时间35~40 h),短程起下钻一次,起钻过程中如有遇阻要反复拉井壁或划眼,直到畅通无阻后再下钻到井底继续钻进。每钻完一个单根先上提划眼一次后再接单根,钻进时送钻均匀,钻压和转速在设备能力允许范围内按设计要求执行。针对目的层水平段钻井液要保持抑制性和携砂能力,控制粘度在45~60 s,保持润滑剂加量,控制K_r值<0.07,使用聚合物处理剂和CMC、铵盐、无荧光防堵剂,控制失水量≤5 mL/30 min、保持抑制性,pH值9~10,保持泥浆性能,防止地层坍塌掉块保护井壁和井底安全。

(4)严格控制起下钻速度,防止抽吸压力或“激

动”压力造成井涌、井塌、井漏等井下复杂事故。钻进时,要做到早开泵、慢开泵、晚停泵,每次起钻前充分循环钻井液,保持井眼干净,以减少井下复杂情况。

(5)水平段每钻进 100~200 m,短起下钻一次,短起下钻井段长度 100~500 m,短起下钻过程中,视情况可采用倒划眼措施,清除岩屑床,降低摩擦和扭矩。钻进中,根据地质导向测取的地质参数,分析地层情况,及时调整井眼轨迹,满足地质要求。

4 完井方式

HH37P1 井砂岩钻遇厚度 451 m,录井油浸显示砂岩 66 m,油斑显示砂岩 307 m,油迹显示砂岩 78 m,测井解释油层 175.2 m,差油层 53.9 m。

根据测井解释结合录井显示,优选预置管柱完井方式,配合后期压裂改造。分 5 段进行压裂,累计入地总液量 1182.9 m³,加砂 173.2 m³,施工数据见表 4。

表 4 HH37P1 井分段压裂施工数据

层次	加砂量 /m ³	砂比 /%	排量/(m ³ ·min ⁻¹)	入地净液量/m ³	破裂压力/MPa	施工压力/MPa
1	28	25.7	4	209.3	35	29.8~31.8
2	34.9	26.6	3.5	239.2	42	23.7~27.6
3	35.2	26.4	3.5	238.9	40.7	22.9~26.4
4	35.2	26.7	3.5	239.9	30.5	20.6~26.7
5	39.9	27.7	4	255.6	28.1	26.8~28.8

5 实施效果

HH37P1 井完钻井深 2680 m,水平段长 451 m,钻井周期 45.96 天,全井机械钻速 5.9 m/h,水平段机械钻速 7.39 m/h,水平段平均井径扩大率仅 1.62%。水平段两趟钻就钻至 B 靶点,施工时间 4.46 天,保持了较高的机械钻速。说明钻井参数、钻具组合比较合理,钻井液流变性好,保持了井壁稳定,满足了携岩要求,保证了安全钻进。

水平段轨迹控制精准,实钻轨迹和调整设计轨迹基本吻合,满足地质要求,为后续施工作业准备了优良的井眼。A 靶点方位 164.85°,纵距 0.02 m,横距 0.82 m;B 靶点方位 164.97°,纵距 0.12 m,横距 0.28 m。实钻轨迹如图 1 所示。

压后 1 天放喷出油,试油初期平均日产油 10 t,最高日产油达到 33 t(见图 2),较邻井 HH373 井提高 6.01 倍,较邻井 ZJ18-4 井提高 3.74 倍,增产效果明显。

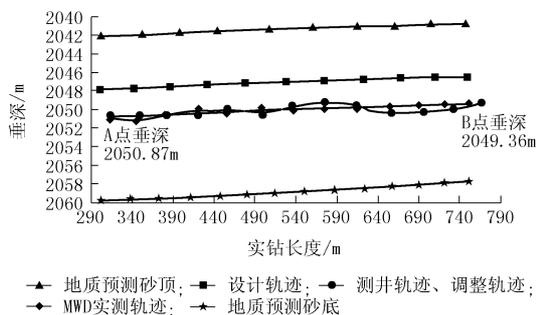


图 1 HH37P1 井实钻轨迹

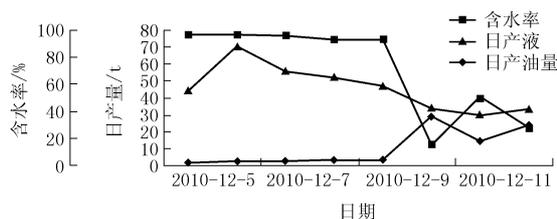


图 2 HH37P1 压后试油曲线

6 结语

(1) 通过钻前设计优化,现场精准施工,HH37P1 井顺利完钻,实现了较为理想的油气产量,达到了预期目的,为开发镇泾油田探索了新的途径。

(2) 三开水平段所使用的钾铵基钻井液,其流变性能好,能有效携岩,保持井壁稳定,满足储层保护要求,可推广应用。

(3) 水平段施工过程中通过钻井参数优化,钻井液性能调整,实时跟踪轨迹,根据地层自然造斜率和工具的造斜率,运用待钻井眼轨迹设计,实钻轨迹和设计轨迹符合率高,为后期作业提供了合格的井眼。

(4) 根据测井、录井资料,优选预置管柱完井方式配合后期压裂改造,在 HH37P1 井中初见成效。

参考文献:

- [1] 韩志勇.定向井设计与计算[M].山东东营:中国石油大学出版社,2007.
- [2] 陈平.钻井与完井工程[M].北京:石油工业出版社,2005.
- [3] 胡湘炯,高德利.油气井工程[M].北京:中国石化出版社,2003.
- [4] 赵金洲,张桂林.钻井工程技术手册[M].北京:中国石化出版社,2005.
- [5] 编写组.钻井手册(甲方)(上下册)[M].北京:石油工业出版社,1990.
- [6] 陈庭根,管志川.钻井工程理论与技术[M].山东东营:中国石油大学出版社,2000.
- [7] 鄢捷年.钻井液工艺学[M].山东东营:中国石油大学出版社,2001.