

HH12P103 水平井优快钻井技术

臧加利

(中国石油大学(北京),北京 102249)

摘要: HH12P103 井是中石化华北分公司在鄂尔多斯盆地天环坳陷南端部署的一口评价井,井型为水平井。该井遇地层复杂,在环河有盐层,安定组和直罗组掉块严重容易卡钻,延安组还有煤层,水平段钻遇泥岩夹层,容易剥落;钻井过程中出现坍塌、漏失、井斜。针对这些地质复杂情况和钻井难点,在施工过程中优化钻具组合,使用单弯螺杆和 MWD 组合防斜,水平段带扶正器;工艺措施上尽量勤调整,但是每次少量调整,保证了井眼轨迹圆滑性;同时,施工过程中及时调整好泥浆性能,不间断使用三级固控设备,使用 150 目的振动筛,及时清除泥浆中的有害固相,保证井眼清洁,降低了摩阻和扭矩,从而提高了机械钻速。

关键词: 定向钻井;水平井;轨迹控制;底部钻具组合;摩阻扭矩

中图分类号: TE243 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2015)09-0009-04

Optimized and Fast Drilling Technology of Horizontal Well HH12P103/ZANG Jia-li (China University of Petroleum, Beijing 102249, China)

Abstract: Located in south Tianhuan depression in Ordos Basin, HH12P103 horizontal well is an evaluation well belonging to China Petrochemical Group North China Branch. The drilled formation is complicated with salt layer in Huanhe; sticking is easy to occur in Anding and Zhiluo group due to collapse; there is coal bed in Yan'an group; and horizontal section is in clay intercalation where collapse is easy to occur. Leakage, collapse and deviation happened during the drilling process. According to these complicated geological situation and drilling difficulties, drill string assembly was optimized, combined application of single bent-housing motor and MWD was used for anti-deviation and centralizer was used in horizontal section. Process measures were adjusted as frequently as possible with small amount for each time to ensure the smooth well trajectory. Meanwhile, mud properties were optimized timely during the drilling operation, the three-level solids control equipment was used continually and the shale shaker with 150 screens was used to clear away the harmful solids in the mud timely to ensure the hole cleaning, drag and torque reducing to improve the ROP.

Key words: directional drilling; horizontal well; trajectory control; bottom hole assembly; drag and torque

为了增加单口井的产量,近年来,中石化华北分公司在鄂南区块设计了很多大位移水平井,以图通过增加泄油面积来增加产量。HH12P103 井就是中石化华北分公司在鄂尔多斯盆地天环坳陷南端部署的一口评价井,位于甘肃省镇原县临泾乡石羊村段家嘴组。该井是该区块水平段最长的一口水平井,轨道设计采用“直-增-稳-增-平”剖面,设计井深 3458.58 m,设计水平段长度为 1200 m,靶区半高 1.5 m。具体设计如图 1 所示。在现场施工过程中,出现了上部地层易漏、易垮塌、易斜等复杂问题,通过采取一系列的技术措施,圆满完成了该井的施工任务。

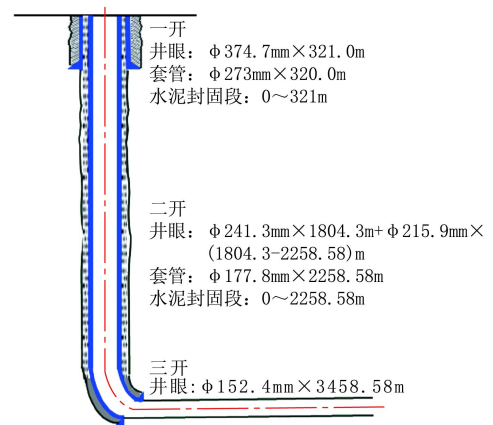


图 1 HH12P103 井设计示意图

1 地质特点

鄂尔多斯盆地上三叠统延长组,主要是由浅灰

色—深灰色粉细砂岩、灰黑色—黑色泥岩及灰质泥岩、页岩、油页岩组合而成,偶见薄层泥灰质泥岩、灰

收稿日期:2015-01-15;修回日期:2015-07-23

作者简介:臧加利,男,汉族,1990年生,油气田开发工程专业硕士研究生,主要从事水平井钻采方面的研究,北京市昌平区府学路18号, zangjiali@163.com。

岩或煤线,沉积厚度约为1300 m,底部与中三叠统的纸坊组呈假整合接触,顶部由于受到不同程度的侵蚀,与侏罗系下统呈假整合接触。该地区地层复杂,易塌、易漏、易斜,并且在环河有可能有盐层,安定组和直罗组掉块严重容易卡钻,延安组还有煤层,水平段有可能会钻遇泥岩夹层,容易剥落。

2 施工技术难点

(1)一开是第四系黄土层和砂砾层,胶结性较差,易漏、易垮塌。

(2)二开上部地层的岩性变化大,地层水层发育,钻井过程中要防漏,侏罗系直罗组泥页岩易掉块,延安组煤层易坍塌和卡钻。后面定向段岩屑携带困难容易形成砂桥造成卡钻。

(3)三开水平段较长(水平段1200 m),岩屑携带困难容易形成岩屑床,井壁容易失稳。在钻井的过程中随着水平段的增加摩阻和扭矩变大,滑动钻井困难。

(4)由于井斜角大,重力效应突出,上提、下放钻柱摩阻增加,钻井时加压困难,扭矩传递困难,下部钻具易屈曲自锁。

(5)MWD近钻头测量系统仍不完善,井眼轨迹测量点滞后钻头15 m左右,滑动与复合钻井的井段优选难度大,井底轨迹控制困难。

3 钻井技术措施

3.1 钻具组合优化

3.1.1 一开井段

钻具组合:Ø374.7 mm 钻头 + Ø203.2 mm 钻铤 × 3 根 + Ø165.1 mm 无磁钻铤 × 1 根 + Ø165.1 mm 钻铤 × 11 根 + Ø127 mm 钻杆。

采用此种塔式钻具组合,由于刚性强,重心低,并且底部钻具含有几段外径不同的钻铤,近钻头的钻铤外径最大,具有“防斜打直”作用^[1-3]。此钻具组合没有扶正器,降低起下钻摩阻,为起下钻节约了大量时间并且有利于井下安全^[4]。在钻井参数方面尽量小钻压(10~50 kN),转速85 r/min,排量31 L/s。

3.1.2 二开直井段

钻具组合:Ø241.3 mm 钻头 + 1.25°单弯螺杆 + 定向接头 + Ø165.1 mm 无磁钻铤 × 1 根 + Ø165.1 mm 钻铤 × 12 根 + Ø127 mm 加重钻杆 × 30 根 +

Ø127 mm 斜坡钻杆。

二开采用单弯螺杆 + MWD 复合钻井技术,可以随时测斜跟踪和控制井身质量,根据情况可以最大程度地施加钻压,提高机械钻速;能根据需要随时采用滑动导向方式调整井斜和方位,转盘钻井时有较好的稳斜、稳方位能力;无线随钻测量相比有线随钻、单点进行测斜节约了不少循环测斜、起下电缆等施工工序,大大加快了直井及斜井段的钻井速度,缩短了钻井周期。钻井参数:钻压10~80 kN,转速为螺杆转速 + 45 r/min,排量31 L/s。

3.1.3 二开定向井段

钻具组合:Ø215.9 mm 钻头 + Ø172 mm × 1.5°单弯螺杆钻具 + 定向接头 + Ø127 mm 无磁承压钻杆 + Ø127 mm 加重钻杆 × 30 根 + Ø127 mm 斜坡钻杆。

钻至造斜点后,采用牙轮钻头 + 单弯螺杆配合进行增斜施工,由于牙轮钻头的破岩特点^[4],螺杆钻具的工具面角稳定,增斜率较高,可以滑动和复合结合的方式进行施工,因此可节约大量的时间。且有利于对井身质量,特别是全角变化率的控制,为后面下套管创造了良好的井眼条件,确保了下套管安全和固井质量可靠。

本井段钻至45°以后,采取钻具倒装,钻具组合为:Ø215.9 mm 钻头 + Ø172 mm × 1.5°单弯动力钻具 + 定向接头 + Ø127 mm 无磁承压钻杆 + Ø127 mm 斜坡钻杆(钻至A点时加重钻杆还处于井斜30°以上井段) + Ø127 mm 加重钻杆 × 30 根 + Ø127 mm 斜坡钻杆。此钻具组合增加了钻具的柔性,有利于解决“托压”问题,能很好地进行增斜钻井,节约时间。

钻井参数:钻压140~160 kN,转速为螺杆转速 + 30 r/min,排量29 L/s。定向钻井参数:钻压140~180 kN,螺杆转速,排量29 L/s。

3.1.4 三开水平井段

钻具组合:Ø152.4 mm 钻头 + Ø120 mm 1.25°单弯螺杆钻具 + Ø148 mm 扶正器 + 定向接头 + Ø120 mm 无磁钻铤 × 9 m + Ø88.9 mm 无磁承压钻杆 × 9 m + Ø88.9 mm 斜坡钻杆(钻至B点加重钻杆还处于井斜30°以上井段) + Ø88.9 mm 加重钻杆 + Ø88.9 mm 钻杆。

随着水平段的不断增加,滑动钻井越来越困难,尽量前期调整,少量调,保证轨迹的圆滑,减小摩

阻。每钻进 150 ~ 200 m,短起下钻一次,修整井壁,保证井眼畅通。

3.2 泥浆性能优化

3.2.1 一开

针对一开第四系黄土层和砂砾层,罗汉洞组的砂质砾岩与泥岩互层,胶结性差,可钻性好,因其表层含有砾石层,且易漏,易垮塌,泥浆主要以携带岩屑、稳定井壁为主。开钻前,新泥浆要充分预水化,根据地层造浆情况适当补充 K - PAM 稀浓度溶液处理,将泥浆粘度保持在 48 s 左右。

3.2.2 二开

上部井段选用钾基聚合物泥浆,钻井过程中坚持补充 K - PAM 和 K - HPAN 胶液,防止由于处理剂加量不足造成井径扩大与井壁失稳;钻遇砂岩段,可适当加大 K - PAM 的加量以增加护壁能力,控制泥浆密度 $< 1.10 \text{ g/cm}^3$,将粘度保持在 45 s 左右,保证此段快速穿过,减少井壁浸泡与冲刷时间,从而有效地保护井壁。

中部地层岩性变化大,地层水层发育,钻井过程中要防漏。钻井过程中要平稳操作,注意观察泥浆罐的液面,可随钻加入单向压力封闭剂,一旦发生大的漏失,可配高粘度泥浆并加入惰性堵漏材料堵漏(如锯末、荞麦皮、粉碎的黄豆或海带等)或复合堵

漏剂^[5]。安定组泥岩层较厚,要防止泥岩水化膨胀引起缩径卡钻,泥浆中可适当加入防卡润滑剂并使用好 K - PAM 提高泥浆的抑制性。侏罗系直罗组泥页岩易掉块,延安组煤层易坍塌,可适当加大 K - PAM 的用量,保护井壁。

下部定向造斜段,在井斜达到 30°之前,在泥浆中加入润滑剂,提高泥浆的润滑性,减少摩阻和扭矩。控制粘滞系数在设计范围。调整好流变参数,保持动塑比在 0.36 ~ 0.48,提高泥浆的携岩能力,保证固控设备状态良好,以保证井眼清洁。

3.2.3 三开

随着水平段的增加,在原来泥浆的基础上继续添加润滑剂,提高泥浆的抑制防塌、悬浮、携带岩屑能力。钻井期间,以补充胶液为主,尽量把所有药品都配制成胶液,然后均匀加入泥浆,保持泥浆性能的稳定,并防止未溶好的泥浆处理剂堵塞仪器和筛网,影响随钻测量仪器的工作,或者导致振动筛跑浆现象。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 目的振动筛,同时勤捞砂、清理沉砂罐,及时清除泥浆中的有害固相。

该井各井段的泥浆性能不同,具体参数如表 1 所示。

表 1 分段泥浆性能及流变参数要求

井段/m	泥 浆 性 能							流 变 参 数							
	密度 ρ / ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	漏斗 粘度 FV/s	失水量 FL/ [$\text{mL} \cdot$ (30 min) $^{-1}$]	泥饼 厚度 K/mm	高温高压失 水量/[$\text{mL} \cdot$ (30 min) $^{-1}$]	含砂 量 $C_s/\%$	初切终 切 Q_1/Q_{10} / Pa	pH 值	固 含/ %	坂含/ ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)	粘滞 系数 K_t	屈服 值 YP/ Pa	塑性粘 度 PV/ ($\text{mPa} \cdot \text{s}$)	流性指 数 n (无 量纲)	卡森粘 度 η_{sp} / ($\text{mPa} \cdot \text{s}$)
一开 0 ~ 321.00	< 1.05	40 ~ 70	10 ~ 12	0.5		0.5									
二开 321.00 ~ 2258.58	1.10 ~ 1.15	50 ~ 100	≤ 5	0.3	≤ 15	0.3	4 ~ 10/ 8 ~ 15	8 ~ 10	5 ~ 12	40 ~ 60	< 0.08	5 ~ 12	7 ~ 20	0.4 ~ 0.7	3 ~ 10
三开 2258.58 ~ 3458.58	1.05 ~ 1.08	45 ~ 60	≤ 5	0.3	≤ 12	0.2	4 ~ 10/ 8 ~ 15	8 ~ 9	5 ~ 10	30 ~ 40	< 0.08	10 ~ 15	15 ~ 20	0.4 ~ 0.7	3 ~ 10

水平井施工中要进行摩阻扭矩的分析:一是依据摩阻 - 扭矩分析选择所采取的减摩减扭措施,确定最优的施工方案;二是在实钻过程中,根据实测摩阻扭矩,来判断井下情况是否正常,有无憋卡现象和岩屑床等^[7]。影响摩阻和扭矩的因素除了井眼轨迹和钻具组合外,还包括:井斜角、泥饼润滑性、井眼液柱压力与地层压力差、井眼曲率、岩屑床等因素。一方面进行剖面设计优化,钻具组合优选,泥浆优化,还要解决好井眼净化问题,才能达到减摩减扭的良好效果。井眼净化是大位移井钻井中减摩减扭的

重要一环,也是顺利施工的保障^[8-11]。井眼净化,破坏岩屑床,可减小钻柱和井壁间的摩擦系数,从而大幅度地降低扭矩和摩阻。井眼净化程度的影响包括井斜角,环空返速,泥浆性能诸多因素。井眼净化程度则随着井斜角增加而下降;提高返速无疑对井眼净化有利,但又存在压耗增加,泥浆泵能力有限,冲刷井壁而促成井壁失稳,泥浆当量密度增高影响钻速,因此选择优质泥浆体系,提高低剪切速率下的粘度,降低高剪切速率下的粘度是提高悬浮、携屑能力的有效途径。表 2 所示为不同位移情况下摩阻和

滑动钻井钩载对比,细化工程操作使井壁稳定达到降阻减扭的效果。HH12P103井在水平段钻至1000 m时,进行分段循环,将砂子分段从井底带到直井段最终带到地面上,破坏了岩屑床和井底的岩屑堆积,从而降低了摩阻和扭矩,节约了该井段的钻井周期。

表2 水平井不同位移情况下摩阻和滑动钻井钩载对比

位移/ m	起钻摩阻/ kN	下钻摩阻/ kN	滑动钻井钩载/ kN	摩擦系数
350	146.4	200.9	374.2	
500	149.8	207.7	366.0	套管内:0.25
600	156.4	212.1	362.2	裸眼内:0.30
700	168.8	216.2	356.4	
350	315.7	395.4	99.4	
500	309.4	395.5	117.1	套管内:0.25
600	306.5	395.4	129.5	裸眼内:0.60
700	316.4	396.9	133.6	
350	349.9	444.3	-0.8	
500	343.6	441.0	36.3	套管内:0.25
600	340.6	438.5	56.6	裸眼内:0.66
700	350.4	438.5	69.4	

4 取得的成效

通过快速钻井技术,克服了钻井中遇到的难点,成功完成了该井的施工。HH12P103井完钻井深3460 m,钻井周期44.4天,比设计提前10.6天,其中水平段设计14天,实际8.44天,比设计提前5.56天,平均机械钻速10.02 m/h。A点纵距0.789 m,横距-1.01 m,靶心距1.42 m,B点纵距-0.079 m,横距-1.462 m,靶心距1.46 m。完钻井眼轨迹和设计轨道对比的垂直投影如图2所示,水平投影对比如图3所示。

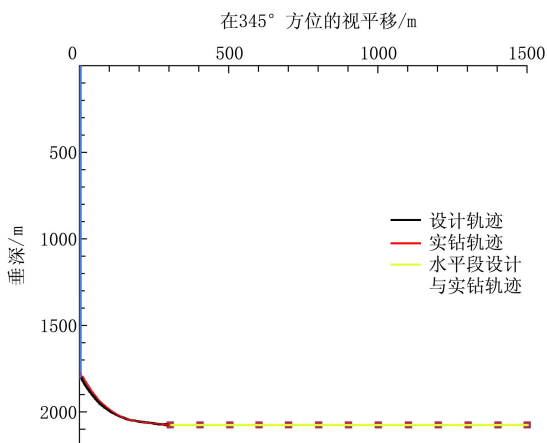


图2 HH12P103井井眼轨迹垂直投影图

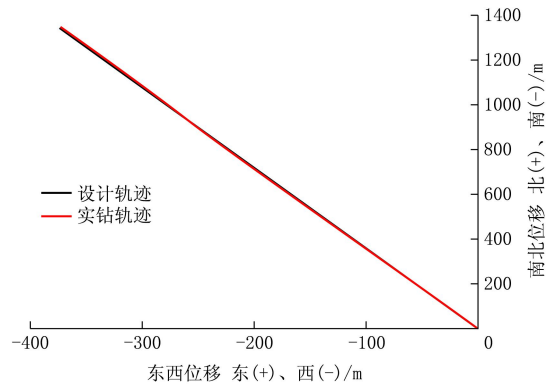


图3 HH12P103井井眼轨迹水平投影图

5 结语

(1)采用本文中各井段的钻具组合和钻井参数,尤其是二开直井段采用的单弯螺杆和MWD组合,不仅能大大提高机械钻速,节约钻井周期,而且能对轨迹进行实时监测,当出现井斜后可以及时纠斜。

(2)采用文中的泥浆性能参数,不仅可以保证在各井段钻井过程中有效地减小摩阻和携砂,而且为大位移该地区水平井的防塌,防卡,防漏等起到了重要的作用。

(3)文中总结的工艺技术措施可以指导今后该地区水平井的安全快速优质钻井。

参考文献:

- [1] 朱慧,蔡云平,等.普光3井防斜打直技术[J].钻采工艺,2006,29(2):17-19.
- [2] 韩福彬,刘修善.新型PDC钻头的防斜打快效果及评价[J].石油钻采工艺,2002,24(4):29-31.
- [3] 李文飞.基于地层倾斜规律的防斜打直钻井技术研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(8):1-4.
- [4] 编写组.钻井手册(甲方)(上册)[M].北京:石油工业出版社,1990.
- [5] 陈庭根,管志川.钻井工程理论与技术[M].北京:中国石油大学出版社,2006:166.
- [6] 鄢捷年.泥浆工艺学[M].山东东营:中国石油大学出版社,2001.
- [7] 窦玉玲,等.长水平段大位移井井眼轨道优化设计与应用[J].钻井工程,2011,10(5):32-34.
- [8] 陈乐亮.水平井钻井的降摩阻问题综述[M].钻采工艺,1994,17(1):6-10.
- [9] 苏义脑,窦修荣.大位移井钻井概况、工艺难点和对工具仪器的要求[J].石油钻采工艺,2003,25(1):6-10.
- [10] 胥豪,董志辉.长水平段水平井井眼轨道优化设计方法[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(3):35-41.
- [11] 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.