

新疆油田中拐凸起探井钻井提速增效技术

刘志良¹, 支东明², 黄 鸿², 南 鑫³

(1. 中国石油西部钻探工程有限公司钻井工程技术研究院, 新疆克拉玛依 834000; 2. 中国石油新疆油田分公司勘探公司, 新疆克拉玛依 834000; 3. 中国石油西部钻探工程有限公司工程技术与市场处, 新疆乌鲁木齐 830011)

摘 要:为解决新疆油田中拐凸起探井机械钻速慢、钻井周期长等问题,对完钻井的钻井、录井、测井和试油等资料进行分析,提出了探井钻井提速增效技术。应用完钻井的测井资料,开展了岩石力学特性研究并优选钻头;提高了钻井液中抑制剂、包被剂和沥青质材料的含量,并添加了随钻堵漏剂和胶凝剂,提高了钻井液的抑制性、封堵防塌性和防漏能力;根据地层承压能力和井壁稳定情况,确定了完井开次。中拐凸起 7 口探井由三开井身结构优化为二开井身结构,平均机械钻速提高了 48.07%,月平均进尺提高了 40.69%,累计降低钻井成本 1 956 万元。探井钻井提速增效技术为新疆油田中拐凸起高效勘探开发奠定了基础,也为类似区块的钻井施工提供了技术参考。

关键词: 中拐凸起 探井 井身结构 机械钻速 新疆油田

中图分类号: TE242 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-0890(2015)02-0014-05

Technique for Improving ROP and benefit in Zhongguai Uplift Area of Xinjiang Oilfield

Liu Zhiliang¹, Zhi Dongming², Huang Hong², Nan Xin³

(1. Research Institute of Drilling Engineering and Technology, CNPC Xibu Drilling Engineering Company Limited, Karamay, Xinjiang, 834000, China; 2. Exploration Division of Xinjiang Oilfield Company, PetroChina, Karamay, Xinjiang, 834000, China; 3. Engineering Technology and Market Development Department, CNPC Xibu Drilling Engineering Company Limited, Karamay, Xinjiang, 830011, China)

Abstract: In order to improve ROP and economic benefit in Zhongguai uplift block, a new technique was worked out by analyzing the data of drilling, mud logging, logging and well testing etc. from offset wells. According to the logging data from offset wells, rock mechanics has been studied and drilling bit has been optimized. Content of inhibitor, capsuling agent and asphalt materials was increased in drilling fluids, and LCM and gelling agent were also added to raise the capability of inhibition, anti-caving and curing losses. Based on the formation fracturing pressure and the wellbore stability, the well profile and casing program can be determined. Casing program of 7 exploration wells was changed from three phases into two phases, the average ROP was increased by 48.07%, and average monthly drilling footage was increased by 40.69%, drilling cost was saved up to RMB 19.56 million. Application of the technique for improving ROP has laid a foundation for high efficiently exploration and development in Zhoingguai uplift block, and provided a good technical reference for exploration in other similar oilfields.

Key words: Zhongguai uplift; exploratory well; casing program; penetration rate; Xinjiang Oilfield

中拐凸起处于新疆油田玛湖凹陷、沙湾凹陷和盆 1 井西凹陷等三大生油凹陷的油气运移指向区,是准噶尔盆地西北缘重要的油气聚集带之一。前期探井钻井过程中井下故障频发,为保证中拐凸起地质目标的实现,采用了三开井身结构,但机械钻速慢、周期长,制约了勘探开发步伐。

笔者在技术可行性分析论证的基础上,尝试将探井优化为二开井身结构,在钻井工程、钻井液等技

术措施的强力保障下,7 口深约 3 500 m 的探井均安全、顺利、快速完井,取得了良好的经济效益。

收稿日期: 2014-04-03; **改回日期:** 2015-02-03。

作者简介: 刘志良(1978—),男,河南新野人,2002 年毕业于大庆石油学院精细化工专业,高级工程师,现主要从事钻井液研究和现场管理工作。

联系方式: (0990)6889295, luckyboy02@126.com。

1 地质特点及钻井技术难点

中拐凸起探井从上到下钻遇吐谷鲁群(K₁tg)、西山窑组(J₂x)、三工河组(J₁s)、八道湾组(J₁b)、白碱滩组(T₃b)、克拉玛依组(T₂k)、百口泉组(T₁b)、上乌尔禾组(P₃w)、佳木河组(P₁j)和石炭系(C)等地层。

白垩系吐谷鲁群地层中,上部为灰色、灰褐色泥岩和砂质泥岩,易水化膨胀、缩径;侏罗系西山窑组、三工河组地层软、硬泥岩交互,易出现周期性的缩径、坍塌,钻井过程中阻卡、划眼频繁,严重时会发生卡钻^[1-2]。

侏罗系八道湾组砂砾岩发育;二叠系、石炭系大段硬脆性泥岩裂缝及微裂缝发育较好,裂缝类型为斜交缝、直劈缝及网状缝,连通性好;白垩系与侏罗系、侏罗系与三叠系、三叠系与二叠系地层均为不整合接触,交界面地层破碎^[3-4]。近年完钻的 XX6、XX7、XX9 等井在不同层位出现多次漏失,其中 XX6 井分别在侏罗系八道湾组、二叠系佳木河组及石炭系发生 3 次漏失,复杂情况处理时间长达 85 h。

石炭系地层以安山岩、安山质角砾岩为主,受燕山运动影响,断层、裂缝裂隙发育,形成破碎带,粘聚力部分丧失,地层强度、井壁围岩强度降低。XX5 井钻进至石炭系地层时发生垮塌,复杂情况处理时间长达 369 h,采取各种措施均无法划眼到底,被迫提前完钻。

中拐凸起整体钻井速度慢,钻井周期长。近年来施工的 5 口井,平均机械钻速 4.54 m/h,平均钻井周期 96.27 d,平均钻井进尺 1 258.99 m。

2 钻井提速增效技术

2.1 井身结构优化

2.1.1 井身结构优化可行性分析

通过区域资料分析,使用地层压力分析系统 (Version 3.0) 软件,选择 Fan 经验公式法进行中拐凸起地层三压力预测^[5] (见图 1),中拐凸起已钻井实测孔隙压力如表 1 所示。

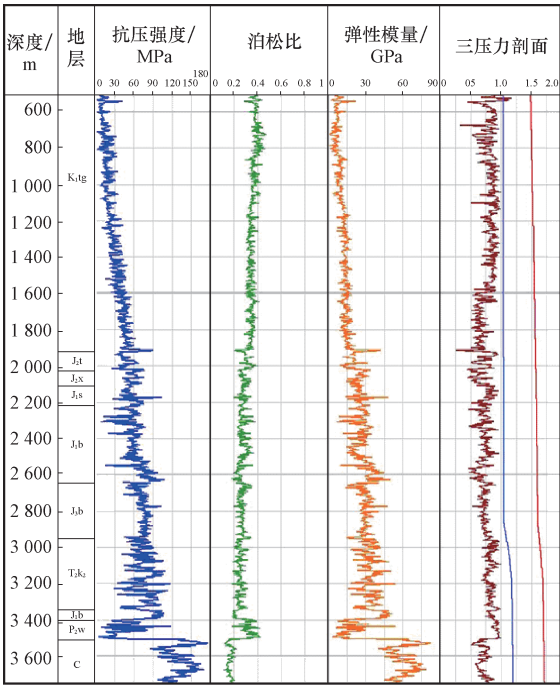


图 1 中拐凸起地层三压力剖面
Fig. 1 Three formation pressure curves in Zhongguai Uplift

表 1 已钻井实测孔隙压力
Table 1 Actual measured formation pore pressure in offset wells

井号	地层	井段/m	地层压力系数	钻井液密度/(kg·L ⁻¹)
XX6	K ₁ tg—J ₁ b	500.00~2 254.00	1.00~1.05	1.10~1.20
	J ₁ b—T ₁ b	2 254.00~3 126.00	1.05~1.12	1.20~1.24
	P ₃ w—C	3 126.00~3 800.00	1.10~1.15	1.24~1.30
XX5	K ₁ tg—J ₁ b	500.00~2 150.00	1.05	1.10~1.22
	J ₁ b—T ₂ k ₁	2 150.00~2 832.00	1.05~1.15	1.23~1.35
	P ₃ w—C	2 832.00~3 944.34	1.30	1.30
XX10	K ₁ tg	0~1 610.00	1.04	1.10~1.22
	J ₂ x—J ₁ b	1 610.00~2 302.00	1.11	1.22~1.25
	T ₃ b—P ₃ w	2 302.00~2 992.00	1.12	1.26~1.40
	C	2 992.00~3 336.00	1.25	1.40

已钻井实测孔隙压力及使用钻井液密度对比表明,石炭系地层表现为高压低渗的特征。钻至下乌尔禾组底部,钻井液中加入桥接堵漏材料,裸眼井段采取少量、多次的方式进行憋挤,提高上部低压地层承压能力,在钻井液体系配套的情况下,可以采用二开井身结构,加快勘探开发进程。

2.1.2 井身结构优化方案

探井具有诸多不确定性,为了保证钻井安全,一开井段采用 $\phi 444.5$ mm 钻头,钻进 500 m,下入 $\phi 339.7$ mm 套管。二开井段采用复合井眼,用 $\phi 311.1$ mm 钻头钻进至克拉玛依组上部,换用 $\phi 215.9$ mm 钻头钻进至乌尔禾组底部,进行承压试验,根据试验结果选择合适的方案。

方案 1:如果地层承压能力能够满足下部石炭系地层安全钻进的要求,继续钻进至完钻井深,下入 $\phi 139.7$ mm 油层套管(见图 2(a))。

方案 2:如果上部地层承压能力难以满足下部地层安全钻进的要求,则用 $\phi 311.1$ mm 钻头扩眼至乌尔禾组底部,下入 $\phi 244.5$ mm 技术套管,再用 $\phi 215.9$ mm 钻头进行三开钻进,下入 $\phi 139.7$ mm 油层套管(见图 2(b))。

2.2 优选钻头

根据测井资料建立岩石力学参数计算模型,反演分析岩石力学参数和钻头可钻性级值。通过分析中拐地区完钻井各层位钻头的使用情况,结合地层岩石岩性变化及力学特性,优选与地层相匹配的钻头^[6-8]。增加 PDC 钻头进尺占有率,根据地层砾石的胶结强度、粒径大小,适当调整钻井参数,小钻压、

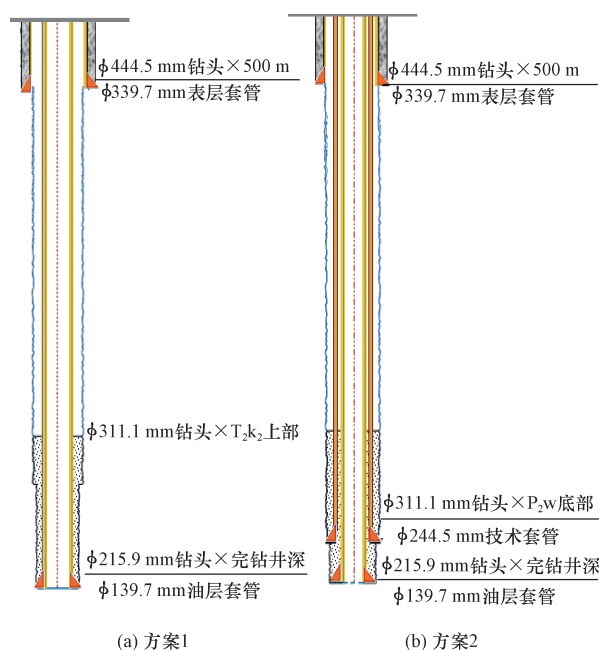


图 2 优化后的 2 种井身结构

Fig. 2 Two types of casing programs through optimization

低转速钻穿含砾地层,减少起下钻次数,提高机械钻速,解决影响钻井提速的瓶颈性难题^[9-12]。

XX13 井共使用 6 只钻头,其中牙轮钻头 2 只, PDC 钻头 3 只,取心钻头 1 只,使用情况见表 2。其中,二开井段选用 $\phi 311.1$ mm DES1904U/S221 钻头,由井深 500 m 钻至井深 2 900 m,单只钻头进尺 2 400 m,成功钻穿八道湾组底部砾岩,机械钻速达到了 14.95 m/h,创该区块机械钻速新纪录。全井 PDC 钻头进尺占有率达到了 85.17%,平均机械钻速达 8.18 m/h,钻机月进尺达 2 264.15 m,全井钻井周期仅 47.63 d。

表 2 XX13 井钻头使用情况

Table 2 XX13 well bit records

序号	钻头直径/mm	钻头型号	进尺/m	机械钻速/(m·h ⁻¹)	钻进地层
1	444.5	STG124	500.00	45.45	K ₁ tg
2	311.1	DES1904U/S221	2 400.00	14.95	K ₁ tg, J, T ₃ b
3	215.9	DES1604U/M222	285.00	3.05	T ₂ k ₂
4	215.9	WM625H	381.05	2.70	T ₂ k ₁ , T ₁ b, P ₃ w
5	215.9	MC0866(取心)	7.10	2.03	C
6	215.9	HJ637G	26.85	0.88	C

2.3 钻井液技术

井身结构优化后,裸眼段长达 3 000 m 左右,对钻井液性能及维护提出了更高的要求。根据地层黏

土矿物含量和理化特性,制定了钻井液处理维护原则:上部地层以抑制、包被、封堵为主,分散为辅;下部地层以适度分散为主,提高钻井液的屏蔽性能。

加入的高分子聚合物 PMHA-2(MAN104),可

以在黏土表面形成连续吸附水化层,并提高滤液黏度,滞缓水分子向泥岩渗透^[13-14];钻井液中加入 KCl、CaO,保持 K^+ 质量浓度在 20 000 mg/L 以上, Ca^{2+} 质量浓度在 400 mg/L 左右,提高滤液化学抑制性和调节钻井液水相活度,抑制岩屑水化膨胀和分散,减少液相向岩层运移,稳定井壁。

选用沥青类、QCX-1、WC-1 作为封堵剂。沥青质材料在一定温度和压差下发生变形,封堵微裂隙和孔隙,在井壁形成致密的内泥饼,提高对微裂隙或破碎地层的粘结力和井壁地层强度;不同粒径的随钻堵漏剂、QCX-1、WC-1 协同配合形成致密的屏蔽环,实现近井壁严密封堵。刚性和可变性固相粒子的粒径、级配与地层相适应,增强造壁和封堵能力,提高地层承压能力,降低漏失发生概率^[15-16]。

钻井液中加入 3% 随钻堵漏剂,其不同级配的封堵颗粒、纤维及晶片有效封堵不同性质的漏失地层,同时辅以 1% 左右的胶凝剂,降低钻井液的滤失性,阻止固相和液相进入储层,稳定井壁^[17]。

井身结构优化后,同一裸眼中同时存在高压和低压层,上部井漏与下部喷塌风险同时存在。在钻至下乌尔禾组底部时,钻井液中加入 4%~6% 中粗一细的桥接堵漏材料,对上部低压地层进行堵漏,提高上部低压地层承压能力至当量密度为 1.40 kg/L 左右,满足安全钻进要求后,再钻开高压层。

3 实施效果

2012 年中拐地区 XX8 井和 XX10 井的井身结构优化尝试取得成功。2013 年共钻 6 口探井,其中 5 口井采用了二开井身结构,XX11 井采用三开井身结构。

2012 年 2 口井的井身结构优化后,钻井技术指标比三开井身结构井(以下记为三开井)有所提高。2013 年二开井身结构井(以下记为二开井)平均机械钻速比 2012 年三开井提高 48.07%,月平均进尺提高 40.69%;2013 年的二开井与三开井相比,平均机械钻速提高 51.86%,月平均进尺增加 20.25% (见图 3)。

井身结构优化后的 7 口井共节省 $\phi 244.5$ mm 技术套管 22 250 m,节省费用 2 200 万元,节约固井材料费用 159.30 万元,节约钻井中完时间 91 d,节

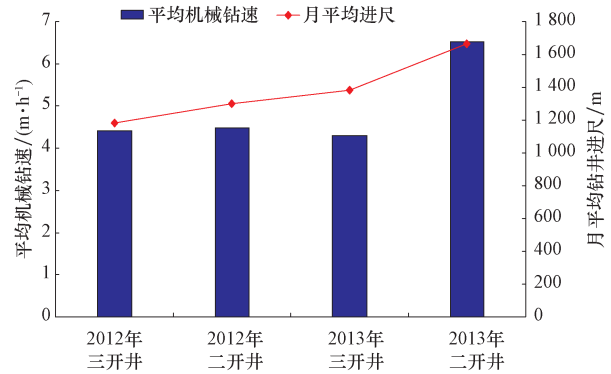


图 3 井身结构优化前后平均机械钻速和月进尺对比
Fig. 3 Comparison of average ROP and monthly drilling footage before and after casing program optimization

约费用 527.80 万元,共计降低钻井成本 1 956.28 万元(见表 3),降本增效明显。

表 3 优化井节约钻井费用统计结果

Table 3 Statistic data of drilling cost saving of optimized wells

井号	节约技术套管长度/m	节约套管费用/万元	节约固井材料费用/万元	节约中完时间费用/万元
XX8	3 080	169.84	23.30	75.40
XX10	3 040	167.64	23.30	75.40
XX101	3 300	254.86	23.30	75.40
XX12	3 070	169.29	23.30	75.40
XX13	3 400	174.48	23.30	75.40
XX14	2 990	156.42	19.50	75.40
XX061	3 370	176.65	23.30	75.40
合计	22 250	1 269.18	159.30	527.80

2012 年前,三开井的平均复杂事故时率为 4.96%,中拐凸起区 2 口试验井的复杂事故时率下降为 2.46%,2013 年 5 口探井优化井身结构后的复杂事故时率为 0,达到了在不下技术套管情况下安全、快速、优质钻进的要求。

4 结论与建议

1) 井身结构优化设计方案能够满足中拐凸起安全快速钻井的需求,优化后的钻井液配方有效提高了机械钻速,提速增效效果显著,为该区今后高效勘探开发奠定了基础。

2) 钻头选型取得了很好的效果,从现场应用情况看,还可以进一步优选;二开井段可以考虑尝试 $\phi 241.3$ mm+ $\phi 215.9$ mm 复合井眼,进一步缩短钻

井完井周期。

参考文献

References

- [1] 王海涛, 张伟, 王国斌, 等. 准噶尔盆地环玛湖凹陷钻井提速技术[J]. 石油钻采工艺, 2014, 36(4): 30-33.
Wang Haitao, Zhang Wei, Wang Guobin, et al. ROP enhancing technology for circum-mahu lake depression in Junggar Basin [J]. Oil Drilling & Production Technology, 2014, 36(4): 30-33.
- [2] 文乾彬, 杨虎, 谢礼科, 等. 准噶尔盆地阜东探区钻井提速技术[J]. 石油钻采工艺, 2013, 35(6): 29-31.
Wen Qianbin, Yang Hu, Xie Like, et al. Drilling speed improving techniques in Fudong Area of Zhunggar Basin [J]. Oil Drilling & Production Technology, 2013, 35(6): 29-31.
- [3] 朱忠喜, 刘颖彪, 路宗羽, 等. 准噶尔盆地南缘山前构造带钻井提速研究[J]. 石油钻探技术, 2013, 41(2): 34-38.
Zhu Zhongxi, Liu Yingbiao, Lu Zongyu, et al. Increasing the penetration rate for piedmont belt of Junggar Basin [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2013, 41(2): 34-38.
- [4] 张茂林, 万云祥, 谢飞龙, 等. 吉木萨尔致密油钻井提速技术与实践[J]. 石油钻采工艺, 2014, 36(5): 18-21.
Zhang Maolin, Wan Yunxiang, Xie Feilong, et al. Technology and practice of increasing drilling rate for tight oil in Jimusar [J]. Oil Drilling & Production Technology, 2014, 36(5): 18-21.
- [5] 李克智, 闫吉曾. 红河油田水平井钻井提速难点与技术对策[J]. 石油钻探技术, 2014, 42(2): 117-122.
Li Kezhi, Yan Jizeng. Difficulties and technical countermeasures for improving penetration rate of horizontal wells in Honghe Oilfield [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2014, 42(2): 117-122.
- [6] 赵国顺, 郭宝玉, 蒋金宝. 巴麦地区钻井难点分析与提速关键技术[J]. 石油钻探技术, 2011, 39(6): 11-14.
Zhao Guoshun, Guo Baoyu, Jiang Jinbao. Drilling difficulty analysis and key technology for increasing penetration rate in Bamai Area [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2011, 39(6): 11-14.
- [7] 韩福彬, 李瑞营, 李国华, 等. 庆深气田致密砂砾岩气藏小井眼水平井钻井技术[J]. 石油钻探技术, 2013, 41(5): 56-61.
Han Fubin, Li Ruiying, Li Guohua, et al. Horizontal slim-hole drilling technology for deep tight glutenite gas reservoir in Qingshen Gas Field [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2013, 41(5): 56-61.
- [8] 张克勤. 元坝地区钻井难题分析与技术对策探讨[J]. 石油钻探技术, 2010, 38(3): 27-31.
Zhang Keqin. Problems arising from drilling operations in Yuanba Area and its solutions [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2010, 38(3): 27-31.
- [9] 董明键. 元坝 124 井超深井钻井提速配套技术[J]. 石油钻探技术, 2011, 39(6): 23-26.
Dong Mingjian. Technology to increase drilling speed used in ultradeep Well Yuanba 124 [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2011, 39(6): 23-26.
- [10] 刘新义, 张东清. 川东北地区探井快速钻井技术[J]. 石油钻探技术, 2008, 36(3): 37-40.
Liu Xinyi, Zhang Dongqing. Rapid drilling technology used in exploratory wells in Northeast Sichuan Area [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2008, 36(3): 37-40.
- [11] 高航献, 瞿佳, 曾鹏珏. 元坝地区钻井提速探索与实践[J]. 石油钻探技术, 2010, 38(4): 26-29.
Gao Hangxian, Qu Jia, Zeng Penghui. Research and practice to improve drilling speed in Yuanba Area [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2010, 38(4): 26-29.
- [12] 李瑞营, 王峰, 陈绍云, 等. 大庆深层钻井提速技术[J]. 石油钻探技术, 2015, 43(1): 38-43.
Li Ruiying, Wang Feng, Chen Shaoyun, et al. ROP improvement in deep formations in the Daqing Oilfield [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2015, 43(1): 38-43.
- [13] 汪露, 邓小卫. TP267X 三开制长裸眼井优快钻井液技术[J]. 断块油气田, 2014, 21(4): 533-536.
Wang Lu, Deng Xiaowei. Drilling fluid techniques of optimum and fast drilling for TP267X long open hole well [J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2014, 21(4): 533-536.
- [14] 蒋祖军, 肖国益, 李群生, 等. 川西深井提高钻井速度配套技术[J]. 石油钻探技术, 2010, 38(4): 30-34.
Jiang Zujun, Xiao Guoyi, Li Qunsheng, et al. Technology to increase deep well drilling speed in Western Sichuan [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2010, 38(4): 30-34.
- [15] 梁启明, 邹德永, 张华卫, 等. 利用测井资料综合预测岩石可钻性的试验研究[J]. 石油钻探技术, 2006, 34(1): 17-19.
Liang Qiming, Zou Deyong, Zhang Huawei, et al. Predicting rock drilling ability by well logging: an experimental research [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2006, 34(1): 17-19.
- [16] 岳砚华, 冉启华, 张帆. 磨溪-高石梯区块深井优快钻井技术[J]. 石油钻采工艺, 2014, 36(5): 13-16.
Yue Yanhua, Ran Qihua, Zhang Fan. Fast speed drilling technology of deep well in Moxi-Gaoshiti Block [J]. Oil Drilling & Production Technology, 2014, 36(5): 13-16.
- [17] 汪绪刚, 张文华, 李应光, 等. 伊拉克艾哈代布油田快速钻井技术[J]. 石油钻探技术, 2013, 41(1): 35-39.
Wang Xugang, Zhang Wenhua, Li Yingguang, et al. Rapid drilling technology in Ahdeb Oilfield [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2013, 41(1): 35-39.

[编辑 滕春鸣]