

◀ 钻井完井 ▶

doi:10.3969/j.issn.1001-0890.2013.03.019

哈萨克斯坦滨里海油田钻井提速技术

徐 泓¹, 王 涛², 黄新成², 张庆荣³

(1. 中石化中原石油工程有限公司西南钻井分公司, 河南濮阳 457001; 2. 中石化中原石油工程有限公司钻井四公司, 河南濮阳 457321; 3. 中国石化中原油田分公司采油工程技术研究院, 河南濮阳 457001)

摘 要: 为了提高哈萨克斯坦滨里海油田的钻井速度, 针对地层特点开展了钻井提速技术研究。研究应用了水力加压器钻头保护技术、旋转垂直导向钻进技术、“MWD+弯螺杆”技术以及“孕镶金刚石钻头+高速涡轮”组合技术, 有效解决了二开蹩跳钻、井斜难以控制和三开钻遇灰岩地层机械钻速低的问题, 实现了二开、三开快速钻进。现场应用的 18 口井中, 施工井段平均机械钻速达到 4.54 m/h, 同比提高了 103%, 节约钻井时间共计 196.29 d。现场应用表明, 滨里海地区的综合钻井提速技术应用已趋成熟, 能够大幅度提高机械钻速, 经济效益良好, 可在该地区推广应用。

关键词: 涡轮钻具 垂直导向 无线随钻 水力加压器 机械钻速

中图分类号: TE242 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0890(2013)03-0099-05

Fast ROP Technology in Pre-Caspian Oilfield, Kazakhstan

Xu Hong¹, Wang Tao², Huang Xincheng², Zhang Qingrong³

(1. Southwest Drilling Company, Sinopec Zhongyuan Oilfield Service Corporation, Puyang, Henan, 457001, China; 2. Fourth Drilling Company, Sinopec Zhongyuan Oilfield Service Corporation, Puyang, Henan, 457321, China; 3. Oil Production Engineering Technology Research Institute, Zhongyuan Oilfield Company, Sinopec, Puyang, Henan, 457001, China)

Abstract: In order to raise drilling rate in Pre-Caspian Oilfield, Kazakhstan, research on penetration rate has been made according to formation features, including the drilling bit protection with hydraulic thruster, rotary vertical guidance drilling, MWD with bent PDM technique, impregnated diamond bit and high-speed turbine assembly, etc., troubles such as bit bouncing, well inclination, low penetration rate in limestone formation have been solved, fast drilling rate was obtained in second-spud and third-spud well sections. In eighteen wells, the average ROP was up to 4.54 m/h, 103% higher than past drilling rate, or 196.29 days shorter than past drilling cycle time. Field application shows that comprehensive ROP improving technology has been successful, which can raise ROP significantly, and have good economic benefit. So, it can be widely applied in this area.

Key words: turbine tool; vertical guidance; MWD; hydraulic thruster; penetration rate

哈萨克斯坦滨里海油田地层古老、岩性复杂, 可钻性差。近年来, 在哈萨克斯坦滨里海盆地盐下油气藏勘探开发中, 因为地层可钻性问题, 常规钻井技术的钻井效率一直徘徊在中等水平, 影响了油气田开发进度^[1-2]。2012 年以来, 在深入分析研究地层特性的基础上, 进行了钻井提速技术研究, 选择钻头保护技术减少二开地层蹩跳钻, 使用导向钻井技术有效控制井斜, 使用高速涡轮钻井技术提高灰岩地

收稿日期: 2012-12-17; **改回日期:** 2013-04-11。

作者简介: 徐泓(1968—), 男, 河南洛阳人, 1992 年毕业于江汉石油学院钻井工程专业, 高级工程师, 现从事钻井工程技术、钻井施工工艺等方面的研究与管理工。

联系方式: 13603834395, zpeb-xuhong@163.com。

基金项目: 国家自然科学基金项目“风化作用对我国南方页岩含气性影响定量研究: 以渝东南龙马溪组为例”(编号: 41102088) 和中原油田科研项目“提高哈国扎那诺尔复杂岩性油田钻井速度技术研究及应用”(编号: 2012305) 资助。

层机械钻速,有效实现了滨里海油田优快钻井,取得了良好效果。

1 钻井难点

哈萨克斯坦滨里海油田上部地层属古生代二叠系,油层为石炭系浅海碳酸盐岩^[3]。滨里海油田钻井设计中,井深一般为2 900~3 900 m,存在以下钻井技术难点:

1) 地层岩性复杂。上二叠系地层岩性混杂,泥岩、砂岩、灰质泥岩、砾岩、石膏等频繁交替^[4],部分井段夹层多,蹩跳钻严重,严重影响钻头使用寿命,造成频繁起下钻,断钻具及钻头故障时有发生,以往遇到这种情况时只能采用降转速、降钻压的方法来减轻蹩跳钻,严重影响钻井速度。

2) 上部地层易斜。上二叠系地层部分井段存在地层软硬交错、地层倾角大、容易产生井斜的问题,且地层倾向上下基本一致,方位变化较小,由于没有合适的技术手段,为保证井身质量,往往采用降低钻压吊打的方式,难以实现全压钻进。

3) 灰泥岩地层 PDC 钻头选型困难。下二叠系的孔谷阶、阿尔琴阶、阿舍利阶和石炭系的 KT-1、KT-2 为灰泥岩地层,尤其 KT-2 油层上面的泥板岩盖层主要是致密坚硬的粉砂岩和含钙质泥岩、泥板岩,地层可钻性差,目前尚未优选出适合该硬脆地层的 PDC 钻头,虽然试用了不同大小复合片、不同刀翼的 PDC 钻头配合转盘驱动或者螺杆钻具钻进,但效果依然极差,使用普通牙轮钻头常规钻进,机械钻速较慢^[5-10]。

2 钻井提速技术措施

2.1 钻头减振保护技术

上二叠系地层岩性混杂,夹层多,蹩跳钻严重,严重影响钻头使用寿命。为了改善钻头工作状态,为钻头提供良好的工作环境,在钻头上加装水力加压器等减振工具。

水力加压器主要由伸缩接头、一级活塞、二级活塞、三级活塞、缸筒和上接头等组成(见图1)。工具上端与钻具连接,伸缩接头与钻头或其他钻具连接。开泵循环钻井液时,由于钻头产生的压降,使水力加压器的各级活塞产生向下的推力,并作用在钻头或其他工具上,从而给钻头施加压力^[11]。

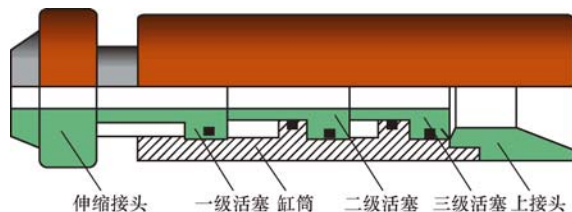


图1 水力加压器基本结构

Fig.1 Structure of hydraulic thruster

根据水力加压器的结构特点,把机械式加压改为液力加压,可为钻头提供稳定钻压,实现柔性加压钻进,从而可改善钻头的工作状态,提高机械钻速,延长钻头、钻具的使用寿命,尤其是在蹩跳钻严重的地层中使用效果更为突出。

SJ-242 型水力加压器直径 242 mm,自由行程 240 mm,最大推力 300 kN,现场送钻以每次 150~200 mm 为宜,降低了司钻的加压频率,实现了短行程的自动送钻。水力加压器应尽可能地接在靠近钻头的位置,如使用螺杆钻具,可将水力加压器接在螺杆钻具之上,每次起钻后应丈量自由行程,若发现自由行程大于或等于 300 mm 必须停止使用。

2.2 自动垂直导向钻井技术

针对二开井段地层倾角大、井斜难以控制的特点,采用自动垂直导向技术进行钻进,能够最大限度地解放钻压,控制井斜。特别是南阿里别克里海油田对井身质量要求严格,最大井斜角不能超过 3°,已完成井往往因为控制井身质量而影响了钻速。

Power V 垂直钻井系统的最大特点是在旋转钻进方式下采用大钻压钻进,通过地面控制实现井眼轨迹的连续控制,从而提高机械钻速。该系统既可应用于定向井、水平井的井眼轨迹控制,也可用于直井井眼轨迹的控制^[12]。

Verti Trak 系统综合应用了 Autotrack(闭环旋转导向系统)、X-TREME 马达和 MWD 等 3 种技术,可以很好地控制井斜。钻进时,当 MWD 重力传感器检测到有井斜趋势时,即时启动液压部件,通过 1~2 个肋板向井壁施加作用力以对抗这一趋势,同时 MWD 传送实时井斜等数据到地面系统,方便跟踪和监测。当井眼垂直时,3 个肋板全部伸出,并对井壁施加相同的力,将钻头居中,保持井眼按垂直方向钻进^[13]。

2.3 “MWD+弯螺杆”钻井技术

Power V 和 Verti Trak 垂直导向系统能够非常精准地控制井斜,是比较理想的垂直钻进工具。

但是,这 2 种系统为专利工具,租赁费用很高,造成钻井成本增加。为了合理控制钻井成本,可以在对井斜要求不是很高的情况下,使用“MWD+弯螺杆”钻井技术控制井斜。

使用“MWD+弯螺杆”钻井技术在易斜井段进行钻井施工,主要是利用其定向控制井眼轨迹能力强的技术特点,该钻井方式可以随时监控井斜、方位,可以根据井斜、方位变化情况及时采取技术措施,如定向纠斜或继续开动转盘导向钻进,定向纠斜能保证井身质量合格,导向钻进能大幅度提高机械钻速,缩短钻井周期。

2.4 “高速涡轮+孕镶金刚石钻头”钻井技术

三开地层研磨性强,不适合使用 PDC 钻头,因此选用了高速涡轮钻具组合。利用涡轮钻具的高转速,加速钻头对地层的切削作用,以获得较高的机械钻速。



图 2 涡轮钻具结构

Fig. 2 Structure of turbine tool

为配合高速涡轮钻具,钻头采用母扣设计,并配有保径部分,保径部分可以省去底部稳定器,而且能够保证井眼质量更优,侧面的导流水道和冠体设计可以提高钻头的降温和自清洗效果^[12]。

φ215.9 mm K705 TBPXC 孕镶金刚石钻头是针对最硬且研磨性最强的地层、专门为配合高速涡轮使用而设计的。钻头刀翼数量 8 个,φ13.0 mm 面部齿 64 个,φ13.0 mm 保径齿 15 个,φ13.0 mm 心部齿 5 个。钻头新增的涡轮套筒减轻了在使用涡轮时的振动,热稳定聚晶金刚石提供了额外的保径保护,能保持保径井眼尺寸和延长钻头寿命,增加进尺,减少起下钻次数;在每个刀翼上部增加了切削齿,可在起钻中发生缩径时倒划眼作业,减少潜在的卡钻危险。该钻头适合涡轮转速 1 200~2 000 r/min,排量 1 400~3 000 L/min,适用钻压 50~100 kN。

3 应用效果分析

3.1 钻头减振保护技术

2012 年在不同区块 4 口井的不同井段应用了水力加压器,基本解决了钻遇不均质地层蹿跳钻

在实际应用中,选用了 Smith Neyrfor 公司的 MK1 型 φ168.3 mm 高速涡轮工具组合,机械钻速得到大幅提高。该工具总长 37.5 m,内部装有 138 级涡轮(见图 2),适用排量 1 824.5~1 933.4 L/min,地面泵压达到 23~24 MPa,工具压降 14~16 MPa,水功率利用率 60%~65%,涡轮转速 1 255~1 330 r/min,井下工作时间 400 h 以上。根据现场使用经验,钻压 20~100 kN 为宜,钻压超过 120 kN 可能会导致切削阻力矩增大,引起转速下降,易被“压死”而造成制动。由于涡轮转速很高,必须与专门为其设计的孕镶金刚钻头匹配使用。

新型孕镶齿金刚石钻头应用特有的热压技术将金刚石颗粒烧结压入钻头本体,这种烧结方式增加了金刚石颗粒的抗热解能力^[14-15]。一旦金刚石颗粒有磨损,刀翼上新的锐利的金刚石颗粒将被暴露出来,钻头表面持续更新,可以保证破岩速度不变。

以及由此引起的不能全压钻进的问题,牙轮钻头因跳钻引起的断齿和 PDC 钻头复合片崩裂的现象明显减少,使用井段平均机械钻速提高了 47.88% (见表 1),4 口井的总施工时间由 37.14 d 缩短为 25.11 d。

表 1 水力加压器现场施工技术参数

Table 1 Field application data sheet of hydraulic thruster

井号	使用井段/ m	进尺/ m	机械钻速/ (m·h ⁻¹)	对比井钻速 ^① / (m·h ⁻¹)
DZH-1	1 560~1 810	250	2.45	1.63
691	33~1 010	977	24.14	13.71
	1 035~1 581	546	13.48	8.01
KM-1	1 229~3 114	1 885	4.98	4.18
T-2	2 059~2 177	118	2.89	0.80
平均			6.27	4.24

注:① 指同类型井同井段的平均机械钻速。

肯基亚克油田 KM-1 井用百施特 φ311.1 mm MS1952SS PDC 钻头钻进,由于采用了钻头保护技术,该钻头累计进尺 2 447 m,累计纯钻时间达 885.5 h,创下单井单只钻头进尺之最。而 SA-39 井同样使用了一只 φ311.1 mm MS1952SS PDC 钻头,由于未采用钻头保护技术,钻头复合片崩坏,仅钻进

555 m, 纯钻 132.5 h 就报废。

3.2 自动垂直导向钻井技术

2012 年, 采用 Verti Trak 垂直导向工具和 Power V 垂直导向工具在扎那诺尔油田 691 井、5203 井和南阿里别克里海油田 SA-51 井、SA-68 井进行试验。结果表明, 机械钻速提高明显, 工具使用井段平均机械钻速较以往提高了 83.3% (见表 2), 4 口井的总施工时间由 122.68 d 缩短为 68.61 d。

表 2 垂直导向工具现场应用效果

Table 2 Field application data sheet of vertical guidance tool

井号	使用井段/ m	进尺/ m	机械钻速/ (m·h ⁻¹)	对比井钻速 ^① / (m·h ⁻¹)
691	1 581~2 093	512	4.16	2.44
5203	1 529~2 111	582	5.06	2.44
SA-51	1 269~3 069	1 800	3.95	2.34
SA-68	760~2 500	1 740	4.77	2.41
平均			4.38	2.39

注: ① 指 2011 年同类型井同井段的平均机械钻速。下同。

3.3 “MWD+弯螺杆”钻井技术

希望油田二开生产井设计井深 2 400 m 左右, 在 720 井二开 $\phi 215.9$ mm 井眼易斜井段首先试用了“MWD+弯螺杆”钻井技术, 与只使用螺杆、未使用 MWD 无线随钻仪器的邻井 719 井相比, 二开机械钻速提高 1.40 m/h, 钻井周期缩短 4.25 d。随后在同类型的 6 口井中进行了推广应用, 具体施工数据见表 3。

表 3 “MWD+弯螺杆”钻井技术现场应用效果

Table 3 Field application effect of MWD with bent PDM

井号	使用井段/ m	进尺/ m	机械钻速/ (m·h ⁻¹)	对比井钻速/ (m·h ⁻¹)
720 井	952~2 340	1 388	7.71	5.61
725 井	936~2 150	1 214	6.49	5.61
653 井	1 305~2 313	1 008	6.55	5.00
673 井	1 166~2 136	970	6.26	5.00
591 井	1 205~2 266	1 061	5.57	5.00
612 井	980~2 040	1 060	8.38	5.61
613 井	938~1 910	972	5.84	5.61
平均			6.62	5.57

由表 3 可见, 使用井段的平均机械钻速提高了 1.05 m/h, 同比提高 18.85%。7 口井的总施工时间由 102.11 d 缩短为 78.71 d, 节约钻井时间 23.40 d, 取得了良好效果。

从自动垂直导向钻井技术和“MWD+弯螺杆”

钻井技术的应用效果对比可见, 前者的提速效果明显优于后者, 但垂直导向系统的使用成本过高, 更适应应用于井身质量要求特别严格的井。

3.4 “高速涡轮+孕镶金刚石钻头”钻井技术

2012 年以来, 相继在希望油田 T-1 井、DZH-1 井、肯基亚克油田 KM-1 井、阿克陶地区 K-119 井、AK-106 井、耶森 1 井等 6 口井的泥灰岩地层使用了 $\phi 215.9$ mm K705 TBPXC 型孕镶金刚石钻头+高速涡轮钻具组合, 取得了良好效果, 现场施工情况见表 4。

表 4 $\phi 215.9$ mm K705 钻头+高速涡轮应用效果

Table 4 Application effect of 215.9 mm K705 bit + high speed turbine

井号	使用井段/ m	进尺/ m	机械钻速/ (m·h ⁻¹)	对比井钻速/ (m·h ⁻¹)
T-1	2 730~3 610	880	3.90	2.45
DZH-1	3 214~4 010	796	4.23	2.32
K-119	3 180~3 545	332	3.53	1.17
KM-1	3 713~4 335	622	1.95	0.54
AK-106	3 336~4 343	933	2.66	0.90
耶森 1	3 124~3 572	448	2.25	1.00
平均			2.91	1.23

从表 4 可以看出, 使用该钻井技术的 6 口井平均机械钻速提高了 1.68 m/h, 与以往完成井同井段的机械钻速相比提高了 137%。6 口井的总施工时间由 192.90 d 缩短为 86.11 d, 共节约钻井时间 106.79 d。

4 结 论

1) 水力加压器钻头保护技术、自动垂直导向技术、“MWD+弯螺杆”钻井技术和“高速涡轮+孕镶金刚石钻头”钻井技术在哈萨克斯坦滨里海油田进行了现场应用, 有效提高了该油田的机械钻速。

2) 2012 年以来, 上述钻井提速技术已在滨里海油田 18 口井中进行了应用, 效果良好, 可在滨里海油田及国内类似地层推广应用。

3) 滨里海油田钻井提速还有一定空间, 国内旋冲钻井技术、滚子扶正器扶正减振技术、PDC 钻头配合低速螺杆及减振工具高效钻井技术等已经成熟, 建议在滨里海油田钻井中进行试验与应用, 以进一步提高钻井速度。

参 考 文 献

References

- [1] 谭春飞, 蔡镜伦. 提高扎纳诺尔油田钻井速度的试验研究[J].

- 石油钻采工艺, 2003, 25(5): 30-33.
- Tan Chunfei, Cai Jinglun. Experimentation research of improving the drilling rate of Zhaanuoer Oilfield[J]. Oil Drilling & Production Technology, 2003, 25(5): 30-33.
- [2] 黄松伟, 张献丰, 刘自广, 等. 希望油田优快钻井综合配套技术应用研究[J]. 断块油气田, 2010, 17(3): 379-381.
- Huang Songwei, Zhang Xianfeng, Liu Ziguang, et al. Application research of integrated matching drilling technique with high quality and speed in Hope Oilfield[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2010, 17(3): 379-381.
- [3] 蒲军, 史学东, 赵玲军, 等. 浅层气处理技术在哈萨克斯坦蒙泰克地区 M-3A 井中的应用[J]. 石油钻采工艺, 2006, 28(3): 4-6.
- Pu Jun, Shi Xuedong, Zhao Lingjun, et al. Shallow gas controlled technology used in the well No. M-3A Myntek Area of Kazakhstan[J]. Oil Drilling & Production Technology, 2006, 28(3): 4-6.
- [4] 金之钧, 王骏, 张生根, 等. 滨里海盆地盐下油气成藏主控因素及勘探方向[J]. 石油实验地质, 2007, 29(2): 111-115.
- Jin Zhijun, Wang Jun, Zhang Shenggen, et al. Main factors controlling hydrocarbon reservoirs and exploration directions in the pre-salt sequence in Precaspian Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2007, 29(2): 111-115.
- [5] 邓小刚, 庄立新, 范作奇. 扎纳诺尔油田油气层保护钻井液技术[J]. 钻井液与完井液, 2004, 21(1): 57-58.
- Deng Xiaogang, Zhuang Lixin, Fan Zuoqi. Drilling fluid technology for formation protection in Zanazor Oilfield[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2004, 21(1): 57-58.
- [6] 张奎林, 张华卫. 滨里海盆地巨厚盐膏层钻井液密度设计新方法[J]. 石油钻探技术, 2008, 36(6): 63-65.
- Zhang Kuilin, Zhang Huawei. New drilling fluid density design for drilling huge gypsum formation in Pre-Caspian Sea Basin[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2008, 36(6): 63-65.
- [7] 张克坚, 王元敏, 李银海, 等. 哈萨克斯坦滨里海盆地巨厚盐膏层固井技术[J]. 石油钻探技术, 2008, 36(6): 82-85.
- Zhang Kejian, Wang Yuanmin, Li Yin Hai, et al. Cementing technology used in huge salt bed in Pre-Caspian Sea Basin, Kazakhstan[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2008, 36(6): 82-85.
- [8] 张献丰, 李汉桥, 张军明, 等. 哈萨克斯坦 SLK3 井巨厚盐层钻井技术[J]. 石油钻采工艺, 2009, 31(2): 23-26.
- Zhang Xianfeng, Li Hanqiao, Zhang Junming, et al. Drilling technology of huge salt bed in Well SLK3 in Kazakhstan[J]. Oil Drilling & Production Technology, 2009, 31(2): 23-26.
- [9] 王中华. 钻井液性能及井壁稳定问题的几点认识[J]. 断块油气田, 2009, 16(1): 89-91.
- Wang Zhonghua. Views on the problems of drilling fluid properties and wellbore stability[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2009, 16(1): 89-91.
- [10] 李作宾. TasW-1 井钻井复杂情况处理技术[J]. 石油钻探技术, 2010, 38(2): 88-90.
- Li Zuobin. Well TasW-1 complicated condition treatment technique[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2010, 38(2): 88-90.
- [11] 谢桂芳. 水力加压器在钻井施工中的作用[J]. 石油矿场机械, 2009, 38(5): 90-91.
- Xie Guifang. Use of hydraulic thruster in drilling construction[J]. Oil Field Equipment, 2009, 38(5): 90-91.
- [12] 郑锋辉, 韩来聚, 杨利, 等. 国内外新兴钻井技术发展现状[J]. 石油钻探技术, 2008, 36(4): 5-7.
- Zheng Fenghui, Han Laiju, Yang Li, et al. Development of novel drilling technology[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2008, 36(4): 5-7.
- [13] 薄和秋, 赵永强. Verti Trak 垂直钻井系统在川科 1 井中的应用[J]. 石油钻探技术, 2008, 36(2): 18-21.
- Bo Heqiu, Zhao Yongqiang. Application of Verti Trak in Chuanke-1 Well[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2008, 36(2): 18-21.
- [14] 侯庆勇. 国外钻头新技术[J]. 石油机械, 2006, 34(4): 74-75.
- Hou Qingyong. New bit techniques abroad[J]. China Petroleum Machinery, 2006, 34(4): 74-75.
- [15] 徐泓. 科索 1 井溶洞性漏失层堵漏技术[J]. 石油钻探技术, 2011, 39(2): 120-122.
- Xu Hong. Circulation lost plugging technology in Well Kesuo 1 with solution cavity[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2011, 39(2): 120-122.

[编辑 滕春鸣]

胜利油田研发出抽油杆控制机械换层采油技术

胜利油田已进入特高含水期, 储层大多存在层间压差大、换层频繁, 需要准确判断生产层位, 而常规换层采油技术难以满足要求。为此, 胜利油田自主研发了抽油杆控制机械换层采油技术。该技术利用抽油杆的重力作为换层动力, 通过碰泵时光杆位置差准确判断井下生产层, 由于这种换层方式能够直观识别生产层, 所以可大大提高换层的可靠性。

抽油杆控制机械换层采油技术在东辛 YAA3-95 井进行了试验, 进行多次试验性抽油杆碰泵换向时, 光杆位置差 17 cm, 有效识别出井下生产层位, 完全满足工艺要求。