

◀钻井完井▶

doi:10.11911/syztjs.2020123

引用格式: 崔月明, 史海民, 张清. 吉林油田致密油水平井优快钻井完井技术 [J]. 石油钻探技术, 2021, 49(2): 9-13.

CUI Yueming, SHI Haimin, ZHANG Qing. Optimized drilling and completion technology for horizontal wells in tight oil reservoirs in the Jilin Oilfield [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2021, 49(2): 9-13.

吉林油田致密油水平井优快钻井完井技术

崔月明, 史海民, 张 清

(中国石油吉林油田分公司钻井工艺研究院, 吉林松原 138000)

摘 要: 吉林油田致密油水平井钻井成本高、钻井周期长、机械钻速慢, 井眼易失稳, 且摩阻和扭矩大、套管下入困难, 针对这些问题, 开展了二开长水平段水平井优快钻井完井技术研究。为了从设计源头降低钻井成本、缩短钻井周期, 将前期采用的三开小井眼井身结构简化为浅下表层套管的二开井身结构, 节省了一个开次的中完时间; 同时, 研究形成了以井眼轨道优化设计、低滤失强抑制聚合物钻井液、近钻头地质导向工具、个性化 PDC 设计和漂浮下套管为核心的优快钻井完井技术。上述优快钻井完井技术在吉林油田 180 口致密油水平井进行了现场应用, 应用井平均井深 3 449.00 m, 平均水平段长 1 189.00 m, 套管安全下入率 100%, 固井合格率 100%, 油层钻遇率提高 20.2 个百分点, 钻井周期缩短 44.2%, 钻井成本降低 40.7%, 取得了显著效果。研究结果表明, 优快钻井完井技术可实现吉林油田致密油低成本高效开发, 并且对致密气、页岩油等其他非常规油气藏的开发具有借鉴作用和参考价值。

关键词: 致密油; 水平井; 优化钻井; 完井; 井身结构; 漂浮固井; 吉林油田

中图分类号: TE243⁺.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-0890(2021)02-0009-05

Optimized Drilling and Completion Technology for Horizontal Wells in Tight Oil Reservoirs in the Jilin Oilfield

CUI Yueming, SHI Haimin, ZHANG Qing

(Drilling Technology Research Institute, PetroChina Jilin Oilfield Company, Songyuan, Jilin, 138000, China)

Abstract: In view of the problems of high cost, long drilling cycle, slow ROP, unstable borehole wall, high friction and torque, and difficult casing running in tight oil reservoirs of Jilin Oilfield, this paper studies the optimized drilling and completion technology for horizontal wells with two-section casing program and long horizontal section. In order to reduce the cost and shorten the drilling cycle from the engineering design, the three-section casing program used in the early stage was simplified to a two-section one with shallow surface casing, and one section completion time was saved. At the same time, the technical measures such as optimal design of borehole trajectory, low-filtration strength suppression polymer drilling fluid system, near-bit geological guiding tool, customizing the PDC bit design, floating casing and cementing and so on were formed. The technical measures were applied in 180 horizontal wells in tight oil reservoirs of Jilin Oilfield, with an average well depth of 3 449 m, an average horizontal length of 1 189 m, a casing safety entry rate of 100%, a cementing qualified rate of 100%, increasing in reservoir drilling rate by 20.2 percentage point, shortening drilling cycle by 44.2% and reducing investment costs by 40.7%. The research results achieve the goal of low cost and high efficiency development of tight oil reservoirs in Jilin Oilfield, and can provide a reference for the development of unconventional reservoirs such as tight gas and shale oil.

Key words: tight oil; horizontal well; optimizing drilling; completion; casing program; floating cementing; Jilin Oilfield

近年来, 松辽盆地油气资源劣质化趋势愈发明显。因此, 吉林油田为解决增储上产难题, 开始开发非常规油气资源, 但目前以开发致密油为主^[1-4]。在致密油开发过程中, 涉及区块的地质条件复杂,

钻井中井眼坍塌和井漏现象频发。为了保证钻井安全并满足裸眼滑套完井的需要, 采用了三开小井眼井身结构, 但钻井周期长、成本高, 无法满足吉林油田对收益率的要求, 制约了该油田致密油

收稿日期: 2020-06-19; 改回日期: 2020-09-30。

作者简介: 崔月明 (1966—), 男, 吉林松原人, 1991 年毕业于石油大学 (华东) 钻井工程专业, 2016 年获东北石油大学石油与天然气工程专业博士学位, 高级工程师, 主要从事钻井完井工程技术与相关管理工作。E-mail: cuiym001@petrochina.com.cn。

的规模化开发。

针对上述问题,笔者综合考虑地层因素及钻井完井中存在的问题,优化了井身结构^[5-7],将三开小井眼井身结构优化为浅下表层套管的二开井身结构,同时研究形成了以井眼轨道优化设计、低滤失强抑制聚合物钻井液、近钻头地质导向工具、个性化PDC钻头设计和漂浮下套管为核心的配套技术^[8-10]。吉林油田应用由上述技术形成的致密油水平井优快钻井完井技术后,井下复杂情况大幅减少,机械钻速提高,钻井周期缩短,成本大幅降低,取得了显著效果。

1 钻井完井技术难点

吉林油田致密油主要分布在乾246、让58、黑81和乾239等区块,其中乾246区块是吉林油田致密油藏的典型区块。该区块致密油藏钻遇地层自下而上依次为白垩系泉头组、青山口组、姚家组、嫩江组、四方台组、明水组,以及新近系和第四系,钻探目的层为泉四段的扶余油层。在该区块进行水平井钻井完井时,存在以下技术难点:

1)机械钻速慢,钻井周期长。乾安246区块南部扶余油层储层物性差,地层岩石硬度大,部分地层属于钙质胶结,钙质胶结物含量可达30%,机械钻速较慢,前期水平段平均机械钻速2.48 m/h。另外,裸眼段长超过3 000.00 m,长时间被钻井液浸泡易发生井眼失稳等井下复杂情况,影响钻井周期。

2)地层稳定性差,井下复杂情况频发。乾安246区块上部嫩江组大段泥岩发育,稳定性较差,钻井过程中易水化膨胀,导致井壁垮塌;下部青山口组硬脆性泥岩发育,易发生脆性掉块和裂缝性漏失。如查平4井钻至井深1 947.00 m(青山口组)时出现大量掉块,最后填井侧钻,被迫将三开井身结构改为四开小井眼井身结构。

3)油层薄,井眼轨迹控制难度大。乾安246区块储层埋藏深度一般在1 900.00~2 200.00 m,标志层少,埋藏深度变化大,并且部分井偏移距大,导致着陆难度大。另外,目的层薄(最薄处不足0.50 m)且变化大,提高储层钻遇率难度大。

4)水平段长摩阻和扭矩大,完井管柱下入困难。乾安246区块的水平井水平段和偏移距大,井眼轨迹调整频繁,导致完井管柱下入难度大。如乾188-52井水平段长1 908.00 m,埋深2 100.00 m左右,水垂比接近1:1,偏移距达到300.00 m。

2 井身结构优化及钻井完井配套技术

为缩短钻井周期、降低钻井成本,首先将前期采用的三开小井眼井身结构优化为浅下表层套管的二开井身结构,以节约一个开次的中完时间;然后,分析致密油区块钻井完井存在的技术难点,研究形成了井眼轨道优化、低滤失强抑制聚合物钻井液、近钻头地质导向工具、个性化PDC钻头设计和漂浮下套管等配套技术^[11-14]。

2.1 井身结构优化

吉林油田致密油开发初期,为保证钻井安全、满足裸眼滑套完井需要,采用三开小井眼井身结构(见表1),并下入技术套管封固上部不稳定地层(嫩江组)。

表1 前期采用的三开小井眼井身结构

Table 1 Three-section and slim-hole casing program used in the early stage

开钻次序	井深/m	钻头直径/mm	套管外径/mm	套管下入层位
一开	352	393.7	273.1	四方台组
二开	2 240	228.6/215.9	177.8	泉四段
三开	3 414	152.4	114.3	泉四段

钻井实践表明,上述三开小井眼井身结构的钻井周期较长、成本较高,而且裸眼滑套完井方式不利于后期压裂施工。

为降低钻井成本,满足后期压裂施工的需求,综合考虑地层因素,将井身结构优化为浅下表层套管的二开井身结构(见表2)。井身结构优化后,二开井段长度超过3 000.00 m,采用套管射孔完井方式。

表2 浅下表层套管二开井身结构

Table 2 Two-section casing program with shallow surface casing

开钻次序	井深/m	钻头直径/mm	套管外径/mm	套管下入层位
一开	352	393.7	273.1	四方台组
二开	3 414	215.9	139.7	泉四段

2.2 井眼轨道优化设计

前期井身剖面设计采用“直—增—稳—增—稳”,在井斜角83°~84°处进行稳斜探油顶,若发现目的层提前,则需要调整,不利于后期定向施工。为此,将其优化为“直—增—稳—增—稳—增—稳”剖面,如图1所示。该剖面存在2个稳斜段,第一个稳斜段在井斜角72°~75°处,若目的层比设计提前,可以及时调整井眼轨迹,避免脱靶,同时降低后期的摩阻和扭矩;第二个稳斜段在井斜角83°~

84°处, 便于通过地质设计调整垂深, 满足钻井设计和地质设计两方面的要求。

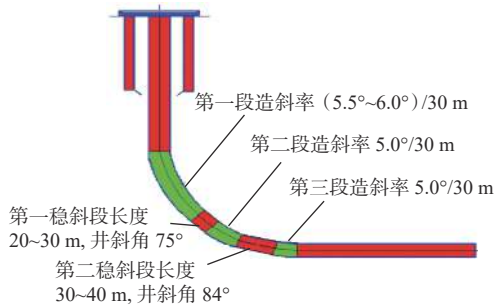


图 1 双探顶双稳剖面优化设计结果

Fig.1 Optimal profile design of double exploration and double stabilization

针对大偏移距水平井井眼轨道, 将前期采用的三维大井斜边增边扭剖面(剖面 1)优化为双二维剖面(剖面 2、剖面 3), 模拟分析了 3 种剖面的扭矩和摩阻(见表 3)。剖面 2 采用小井斜角完成偏移距, 井斜角降至 0°, 二维增斜入靶; 剖面 3 直井段采用小井斜角完成偏移距, 上部造斜段扭方位, 二维增斜入靶。从表 3 可以看出, 剖面 3 的摩阻更小。

表 3 大偏移距井眼轨道优化设计结果

Table 3 Optimal design of borehole trajectory with large offset distance

剖面序号	剖面类型	扭矩/(kN·m)	摩阻/kN
1	三维扭方位	17.1	374.1
2	先扭后降斜	19.3	381.3
3	小角度增斜扭方位	19.0	353.0

2.3 近钻头导向工具优选

吉林油田致密油储层薄、砂体变化大, 为提高油层钻遇率和钻井速度, 优选了近钻头地质导向工具。近钻头地质导向伽马传感器和电阻率传感器离钻头的距离小于 3.00 m, 依据伽马值和电阻率的变化情况及时准确判断油层位置, 分辨薄油层的顶界面和底界面, 保证井眼始终在油层中穿行, 使钻头“闻着油味走”, 从而提高油层钻遇率^[15]。

2.4 个性化 PDC 钻头设计

乾 246 区块南部比北部埋藏深, 垂深相差约 400.00 m, 北部可钻性级值为 3~4 级, 而南部达到 6~7 级。南部岩石硬度大, 部分地层属于钙质胶结, 针对北部地层设计的钻头在南部钻速慢, 单只钻头进尺少, 钻头磨损严重, 钻头直径由 215.9 mm 缩减为 213.1 mm, 导致定向螺杆稳定器托压严重, 影响钻井速度。因此, 根据地层的特点进行了钻头设计。

1) 乾 246 区块北部地层。针对该地层可钻性较好、研磨性不强的特点, 提出提速的关键是有效钻压和水力排屑。为此, 结合稳平钻具组合的特点, 设计了 $\phi 19.0$ mm 齿四刀翼钻头, 减小内锥和外锥切削齿的仰角, 增强钻头的攻击性。

2) 乾 246 区块南部直井段和造斜段。直井段要增大复合片硬度, 将双排 $\phi 16.0$ mm 齿改为单排 $\phi 19.0$ mm 齿, 提高钻头的攻击性; 设计 7 个喷嘴, 并优化喷射角度, 防止重复切削岩屑, 以提高钻井速度。定向段设计浅锥短抛轮廓剖面, 五刀翼双排 $\phi 16.0$ mm 齿短保径结构, 使工具面稳定, 提高钻头的造斜能力。

3) 乾 246 区块南部水平段。将双排齿改为单排齿, 布齿密度由 30 片优化为 23 片, 切削齿角度由 16°改为 11°, 以提高钻头的攻击性; 优选异形齿, 以提高钻头的抗冲击能力, 延长钻头的使用寿命^[16-17]。

2.5 钻井液技术

乾 246 区块青一段属于中硬脆性泥页岩, 伊/蒙混层和伊利石含量较高, 裂缝和微裂隙发育, 在清水中浸泡容易水化, 而二开水平段裸眼段长度超过 3 000.00 m。因此, 应重点提高钻井液的封堵性、抑制性和润滑性^[18]。

针对超 2 000.00 m 长的泥岩段, 采用低荧光井眼稳定剂 HQ-1 和封堵剂阳离子乳化沥青粉, 以保证井眼稳定; 针对伊/蒙混层水化膨胀, 以抑制能力强的 KPA 作为钻井液主抑制剂, 抑制黏土矿物水化膨胀; 铵盐、酚醛树脂、褐煤树脂、PAC 等降滤失剂束缚自由水, 滤失量小于 3 mL; 根据地层中 CO₂ 含量, 加入不同量的生石灰水来清除 CO₂ 污染; 优选高效极压润滑剂, 改变钻具与井壁间的接触性质, 形成油膜, 改善井筒润滑性(作用原理如图 2 所示), 最终形成二开低滤失强抑制聚合物钻井液, 确保井眼稳定和安全钻进, 并使水平段有效延伸。

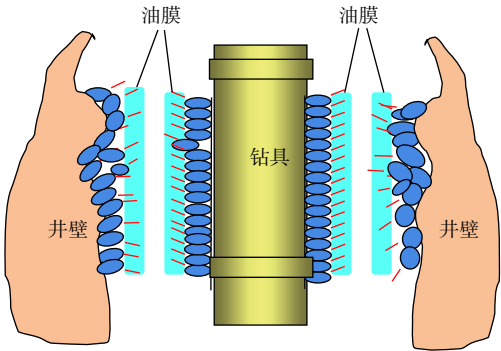


图 2 高效极压润滑剂的作用原理示意

Fig.2 Schematic diagram of the effect of high-efficiency extreme pressure lubricant

2.6 漂浮下套管技术

致密油水平井水平段长、偏移距大和井眼轨迹调整频繁,导致井筒摩阻系数较大,套管下入困难。为此,应用了漂浮下套管技术,并采取了辅助技术措施,确保将套管顺利下至设计位置。

1)下套管前通井。通过对比套管和钻具组合的刚度,确定采用 $\phi 212.0$ mm双稳定器通井钻具组合取代原钻具组合,以修整井壁、破除台肩。通井到底后大排量循环2周,确保井眼通畅。 $\phi 212.0$ mm双稳定器通井钻具组合为 $\phi 215.9$ mm牙轮钻头+ $\phi 127.0$ mm加重钻杆+ $\phi 212.0$ mm稳定器+ $\phi 127.0$ mm加重钻杆+ $\phi 212.0$ mm稳定器;原钻具组合为 $\phi 215.9$ mm牙轮钻头+ $\phi 212.0$ mm稳定器+ $\phi 165.1$ mm钻铤+ $\phi 212.0$ mm稳定器。

2)采用高润滑性封闭浆。高润滑性封闭浆配方为1 000 kg石墨+1 000 kg白油+1 000 kg液体润滑剂+500 kg沥青或塑料小球,水平段和造斜段全覆盖,以降低下套管时的摩阻。

3)采用漂浮下套管技术。优选自适应旋流半刚性套管扶正器和旋转式偏心自导式引鞋,当半刚性套管扶正器遇阻时,通过上提下放使其变形通过遇阻点。旋转式偏心自导式引鞋连接于套管串最下端,下套管过程中遇阻时可自动调整偏心角度,引导套管顺利下入。同时,结合每口井的实际情况,根据软件模拟计算结果设计漂浮段长度和漂浮接箍的位置,以获得最佳漂浮效果,增大安全下入系数。

4)增加下套管时的悬重。根据地层压力系数,配备适当密度的加重钻井液,下完漂浮接箍后灌重浆,以弥补套管重量不足。但加重钻井液密度不易过大,防止后期循环压漏地层。

3 现场应用效果

吉林油田致密油水平井优快钻井完井技术已经在该油田乾246、让58、黑81和乾239等致密油区块应用了180口井,平均井深3 449.00 m,平均水平段长1 189.00 m。应用该技术后,I砂组平均钻井周期由原来的43.2 d缩短至24.1 d,缩短了44.2%;Ⅲ砂组钻井周期由65.8 d缩短至30.6 d,缩短了53.5%,有效降低了钻井成本(降低了40.7%),钻井成本累计节约近7亿元。

双探顶双稳剖面给地质设计预留了较大的调整空间。如乾188-18井受断层影响,钻至井深2 173.00 m时井斜角47.5°,发现目的层比设计提前26.00 m,为

此优化了2处稳斜段的井眼轨道,将设计造斜率从5.5°/30m调整为6.0°/30m,避免了因储层垂深变化过大而导致的穿层。目前,该技术避免了22口井的封井侧钻,钻井成本约节约2 200万元。

低滤失强抑制聚合物钻井液技术确保了井眼稳定、安全钻进及水平段有效延伸。如黑98G平2-14井水平段长度由1 280.00 m延伸至2 020.00 m,刷新了吉林油田水平段最长纪录。

近钻头地质导向工具经过多年应用和改良,技术比较成熟,现场应用效果良好。采用该工具施工的井,平均砂岩钻遇率95.0%,平均油层钻遇率82.6%,与前期使用LWD仪器相比,砂岩钻遇率提高了12.4个百分点,油层钻遇率提高了20.2个百分点。

采用个性化PDC钻头大幅提高了机械钻速。乾246区块北部地层单只钻头进尺和钻速均提高近50%,乾246区南部水平段单只钻头进尺提高2.5倍,钻速提高86.7%,让70-4-5井1 586.00 m长的水平段一趟钻完成。

应用漂浮下套管技术后,套管安全下入率100%,固井质量合格率100%,水平段固井质量优质率100%,满足了后期大型体积压裂施工要求。

4 结论与建议

1)优化井身结构、提高单只钻头进尺和机械钻速是节约钻井成本的有效途径。钾铵基聚合物强封堵钻井液保证了超3 000.00 m长裸眼井段的稳定,为安全钻进提供了保障。漂浮下套管技术及配套的固井技术措施,使完钻180口井的套管安全下至设计位置,顺利固井。

2)双探顶双稳剖面可以预防因地层垂深变化过大导致穿层甚至封井侧钻,实现少钻,甚至不钻导眼井。近钻头导向工具及井眼轨迹的精细控制,提高了水平井的油层钻遇率,确保了井眼轨迹光滑,为完井管柱顺利下入、后期采油避免杆管偏磨和延长免修期提供了良好的井眼条件。

3)研究形成的致密油水平井优快钻井完井技术,实现了吉林油田致密油的高效益开发,对吉林油田致密气、页岩油等其他非常规油气藏的开发具有借鉴作用和参考价值。

参 考 文 献

References

- [1] 蒋廷学,李治平,才博,等. 松辽盆地南部致密气藏低伤害大型压

- 裂改造技术研究与试验[J]. 石油钻采工艺, 2009, 31(4): 6-11.
- JIANG Tingxue, LI Zhiping, CAI Bo, et al. Study and field test of low damage & massive hydraulic fracturing techniques in tight gas reservoirs in the south of Songliao Basin[J]. Oil Drilling & Production Technology, 2009, 31(4): 6-11.
- [2] 刘合. 采油工程持续融合创新管理与实践[J]. 石油科技论坛, 2018, 37(5): 1-8.
- LIU He. Innovative management and practice of oil production engineering continual integration[J]. Oil Forum, 2018, 37(5): 1-8.
- [3] 刘运成, 于孝玉, 李迎九. 吉林油田油藏描述技术的发展与思考[J]. 石油科技论坛, 2011, 30(1): 10-14.
- LIU Yuncheng, YU Xiaoyu, LI Yingjiu. Developments and thoughts on reservoir characterization techniques in Jilin Oilfield[J]. Oil Forum, 2011, 30(1): 10-14.
- [4] 康玉柱. 中国非常规油气勘探重大进展和资源潜力[J]. 石油科技论坛, 2018, 37(4): 1-7.
- KANG Yuzhu. Significant exploration progress and resource potential of unconventional oil and gas in China[J]. Oil Forum, 2018, 37(4): 1-7.
- [5] 史配铭, 薛让平, 王学枫, 等. 苏里格气田致密气藏水平井优快钻井技术[J]. 石油钻探技术, 2020, 48(5): 27-33.
- SHI Peiming, XUE Rangping, WANG Xuefeng, et al. Optimized fast drilling technology for horizontal wells in the tight gas reservoirs in Sulige Gas Field[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2020, 48(5): 27-33.
- [6] 李双贵, 于洋, 樊艳芳, 等. 顺北油气田超深井井身结构优化设计[J]. 石油钻探技术, 2020, 48(2): 6-11.
- LI Shuanggui, YU Yang, FAN Yanfang, et al. Optimal design of casing programs for ultra-deep wells in the Shunbei Oil and Gas Field[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2020, 48(2): 6-11.
- [7] 乐守群, 王进杰, 苏前荣, 等. 涪陵页岩气田水平井井身结构优化设计[J]. 石油钻探技术, 2017, 45(1): 17-20.
- YUE Shouqun, WANG Jinjie, SU Qianrong, et al. The optimization of casing programs for horizontal wells in the Fuling Shale Gas Field[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2017, 45(1): 17-20.
- [8] 路宗羽, 赵飞, 雷鸣, 等. 新疆玛湖油田砂砾岩致密油水平井钻井关键技术[J]. 石油钻探技术, 2019, 47(2): 9-14.
- LU Zongyu, ZHAO Fei, LEI Ming, et al. Key technologies for drilling horizontal wells in glutenite tight oil reservoirs in the Mahu Oilfield of Xinjiang[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2019, 47(2): 9-14.
- [9] 李宁, 周小君, 周波, 等. 塔里木油田 HLHT 区块超深井钻井提速配套技术[J]. 石油钻探技术, 2017, 45(2): 10-14.
- LI Ning, ZHOU Xiaojun, ZHOU Bo, et al. Technologies for fast drilling ultra-deep wells in the HLHT Block, Tarim Oilfield[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2017, 45(2): 10-14.
- [10] 张东清. 龙凤山气田北 209 井钻井提速技术[J]. 石油钻探技术, 2016, 44(4): 22-26.
- ZHANG Dongqing. Enhancement of ROP in Well Bei-209 of the Longfengshan Gas Field[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2016, 44(4): 22-26.
- [11] 王建龙, 徐旺, 郭耀, 等. 苏里格气田苏 25 区块水平井钻井关键技术[J]. 长江大学学报(自然科学版), 2019, 16(7): 26-30, 44.
- WANG Jianlong, XU Wang, GUO Yao, et al. Key technology of horizontal well drilling in Block Su25 of Sulige Gas Field[J]. Journal of Yangtze University (Natural Science Edition), 2019, 16(7): 26-30, 44.
- [12] 黄兵, 万昕, 王明华. 富顺永川区块页岩气水平井优快钻井技术研究[J]. 钻采工艺, 2015, 38(2): 14-16.
- HUANG Bing, WAN Xin, WANG Minghua. Research on optimized shale gas horizontal well drilling technologies in Fushun-Yongchuan Block[J]. Drilling & Production Technology, 2015, 38(2): 14-16.
- [13] 郑述权, 谢祥峰, 罗良仪, 等. 四川盆地深层页岩气水平井优快钻井技术: 以泸 203 井为例[J]. 天然气工业, 2019, 39(7): 88-93.
- ZHENG Shuquan, XIE Xiangfeng, LUO Liangyi, et al. Fast and efficient drilling technologies for deep shale gas horizontal wells in the Sichuan Basin: a case study of Well Lu 203[J]. Natural Gas Industry, 2019, 39(7): 88-93.
- [14] 李明波. 水平井钻井提速配套技术在苏里格气田的应用[J]. 长江大学学报(自然科学版), 2013, 10(26): 85-86, 95.
- LI Mingbo. Application of horizontal well drilling acceleration and matching technology in Sulige Gas Field[J]. Journal of Yangtze University (Natural Science Edition), 2013, 10(26): 85-86, 95.
- [15] 王智锋. MRC 近钻头地质导向系统总体设计与应用[J]. 石油钻采工艺, 2015, 37(4): 1-4.
- WANG Zhifeng. Overall design and application of MRC near-bit geosteering system[J]. Oil Drilling & Production Technology, 2015, 37(4): 1-4.
- [16] 兰凯, 张金成, 母亚军, 等. 高研磨性硬地层钻井提速技术[J]. 石油钻采工艺, 2015, 37(6): 18-22.
- LAN Kai, ZHANG Jincheng, MU Yajun, et al. Technology for increasing drilling speed in high abrasive hard formation[J]. Oil Drilling & Production Technology, 2015, 37(6): 18-22.
- [17] 刘伟, 白璟, 陈东, 等. 川渝页岩气水平井水平段“一趟钻”关键技术与进展[J]. 钻采工艺, 2020, 43(1): 1-4.
- LIU Wei, BAI Jing, CHEN Dong, et al. Critical techniques to ensure only one bit run when drilling horizontal interval drilling through shale at Sichuan and Chongqing Area and technical advancements[J]. Drilling & Production Technology, 2020, 43(1): 1-4.
- [18] 夏海英, 兰林, 杨丽, 等. 强抑制钻井液体系研究及现场应用[J]. 钻井液与完井液, 2019, 36(4): 427-430.
- XIA Haiying, LAN Lin, YANG Li, et al. Study and field application of a highly inhibited drilling fluid[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2019, 36(4): 427-430.