

梨树区块小井眼侧钻钻井技术的经济效益与优化策略

刘千铁（江苏省镇江市中石化华东石油工程公司，江苏 镇江 212000）

摘要：在能源行业成本控制与高效开发需求日益迫切的当下，梨树区块的油气资源开发面临着新挑战与机遇。传统的大规模钻井开发方式成本高昂，开采难度逐渐增大。小井眼侧钻钻井技术应运而生。然而，目前该技术在梨树区块应用时仍存在成本把控与效益提升空间，因此，研究其经济效益与优化策略，对梨树区块油气资源的可持续开发意义重大。本文结合梨9侧井施工情况，对139.7mm套管（117.5mm小井眼）侧钻施工技术进行探讨，为梨树区块139.7mm套管侧钻快速施工提供了有力的施工保障。通过实际数据对比、成本核算等方式，剖析该技术在降低钻井成本、提高油气采收率、延长油井寿命等方面所带来的经济效益。同时，针对技术应用过程中存在的问题，提出了相应的优化策略。

关键词：梨树区块；小井眼侧钻钻井技术；经济效益；轨迹控制

0 引言

在油气资源开发领域，随着勘探开发程度的不断深入，梨树区块作为重要的油气产区，面临着老井产量递减、剩余油分布复杂等诸多挑战。小井眼侧钻钻井技术凭借其独特优势，在挖掘剩余油潜力、提高区块采收率等方面展现出了良好的应用前景。然而，要充分发挥该技术在梨树区块的作用，实现经济效益的最大化，就需要深入分析其经济收益情况，并对技术应用环节进行优化。因此，开展梨树区块小井眼侧钻钻井技术的经济效益与优化策略研究具有重要的现实意义，可为该区块乃至类似油气区块的高效开发提供有力的技术与经济支撑。

1 梨树区块概况与小井眼侧钻钻井技术概述

1.1 梨树区块地质特征

梨树区块梨9侧井117.5mm小井眼侧钻加深是集桥塞打捞、侧钻、小井眼钻井技术于一体的一项复杂的工程，影响该工程的主要有打捞桥塞方式、钻具组合优选、轨迹控制，PDC钻头选型等。

小井眼侧钻钻井技术，是在已有的老井井筒基础上进行作业，让钻头偏离原井眼轨迹，向新目标区域钻进。该技术具有诸多特点。一方面，小井眼侧钻能有效利用老井资源，降低钻井成本，避免新开井的高投入。另一方面，小井眼尺寸较小，对设备的要求相对降低，占用场地面积小，环保压力减轻。但同时，小井眼空间狭窄，使得钻井液循环、钻具操作以及轨迹控制难度加大，对技术和施工工艺的要求更为严格。

1.2 施工难点

1.2.1 桥塞打捞难度大

根据工程设计该井井筒中设计上存在2个桥塞

分别坐封在2996.5m、3286.5m，三段水泥塞分别为181.73—236.61m，761.8—838.78，2928.65—2981.58m。第三段水泥塞下沉封住第一个桥塞，无法使用专用工具回收桥塞，需要对桥塞进行磨铣和打捞，打捞难度大，风险高。

1.2.2 轨迹控制难度大

由于小井眼钻具刚度小，抗扭转变形能力弱，抗拉强度低（G级一级钻杆仅103.7t），抵御地层的能力也弱，且造斜点井深为3562m，造斜点埋藏深，裸眼稳斜段长达1306m，井斜角以24°稳斜，同时小井眼钻柱更容易产生扭转振动、纵向振动和侧向振动，它会影响钻压传递、钻头寿命、井眼稳定以及导致钻柱疲劳破坏，因此小钻具轨迹控制比常规井困难的多，一旦偏离轨迹，纠井斜、方位困难大。因此主要是依靠合理的钻具组合去抵御地层力来实现。

1.2.3 井壁稳定难度大，泥岩段长，易粘卡

井下磨阻大、井眼清洁难度大、井眼稳定与防卡要求高而且存在地层倾角不确定，钻遇泥岩多，易粘卡等难点。在沙河子组和火石岭组钻遇灰黑色泥岩井段231m，分别为4265—4413m、4559—4642m及4m煤层分别为4373—4375，4388—4389，4572—4573，泥岩和煤层井段胶结性较差，存在坍塌周期不确定性，117.5mm井眼因环空间隙太小，73mm钻杆接箍外径105mm，间隙仅为6mm。一旦出现失稳掉块，岩屑很难返出，造成井下复杂。

1.2.4 机械钻速低

火石岭地层发育大段的火山岩，岩性主要有流纹岩，凝灰岩，玄武岩，安山岩，英安岩和角砾岩等，岩石硬度高，可钻性级值高，最高达到12级，平均

7~10 级, 导致钻头使用寿命短, 机械钻速低, 频繁起下钻, 导致钻井周期长, 严重制约了施工进度。

2 梨树区块小井眼侧钻钻井技术的经济效益分析

2.1 成本构成与对比

在梨树区块应用小井眼侧钻钻井技术时, 其成本构成涵盖多个方面。

2.1.1 设备购置成本

由于小井眼施工的特殊性, 需配备适配的小型化、高精度钻井设备, 像小尺寸的顶驱装置配件(钻头、喇叭口)、螺杆、钻头等, 这些专用设备的购置投入相较于常规设备, 虽初期采购成本可能因定制化等因素略高, 但从长期及针对小井眼施工的适用性来看, 能避免大设备在小空间作业的“大材小用”浪费情况, 综合成本更具合理性。

2.1.2 钻井施工成本

包含人工费用、施工周期内的各类消耗等。小井眼侧钻施工难度较大, 对施工人员技术要求更高, 人工成本会有所上升。不过, 其施工周期相对常规钻井在一定程度上有所缩短, 减少了连续施工时长带来的一些额外消耗, 如油料等物资使用量会相对少些。

2.1.3 材料消耗成本

主要涉及钻杆、套管等材料。小井眼所需的材料规格更小, 用量相对常规钻井更少, 像小井眼使用的88.9mm套管相比常规大尺寸套管, 采购成本明显降低, 且在钻井液等消耗材料方面, 用量也因井眼空间缩小而减少。

与常规钻井技术成本对比, 小井眼侧钻钻井技术在材料成本上优势明显, 设备购置虽有特殊投入但整体适配性带来长期效益, 施工成本综合来看也能通过合理安排实现一定程度的优化, 总体成本相对常规钻井技术呈降低趋势。

2.2 增产效益

实际生产数据显示, 采用小井眼侧钻钻井技术后, 梨树区块的油气产量有了显著增加。该技术能够精准地对老井周边剩余油藏进行开采, 原本常规开采难以触及的油层, 通过侧钻及小井眼的精准钻进得以有效开发。

2.3 延长油井寿命效益

小井眼侧钻钻井技术对油井寿命有着积极的延长作用。一方面, 它通过优化井眼轨迹, 避免了一些常规钻井可能造成的对油层的过度破坏, 使得油井生产的稳定性增强, 减少了后期频繁维修的情况。另一

方面, 减少了因老井产量递减而新建油井的需求, 节省了大量新井建设前期的勘探、选址、征地以及新井建设施工等投入成本, 每少建一口新井, 就能节省数百万元的投入, 从长远来看, 极大地提高了油井的整体经济利用价值。

3 梨树区块小井眼侧钻钻井技术应用中存在的问题

3.1 桥塞打捞技术难题凸显

在梨树区块小井眼侧钻钻井作业中, 桥塞打捞环节问题频发。当钻完第1、2段水泥塞后, 下钻探第三个水泥塞时, 在预定桥塞位置未探到水泥塞, 判定其下沉, 这一情况打乱了原有的打捞计划。而且, 内外筒环空被水泥封固, 使得常规打捞工具无法使用, 极大地增加了打捞难度。

在后续打捞过程中, 多种尝试均未取得理想效果。下入铅磨确认打捞头形状后, 套铣磨鞋铣削桥塞与套管之间的水泥时, 打捞头损坏, 专用工具无法回收桥塞。接着, 使用特殊接头下压以及领眼磨鞋磨铣, 前者下压16t仍未解卡, 后者因桥塞部件跟转钻进, 仅钻进0.6m就无进尺。最终只能依靠整体磨鞋长时间、低效率地完成磨铣, 第一个桥塞磨铣耗时23.3h仅进尺1.35m, 第二个桥塞虽耗时缩短, 但仍花费12h进尺1.35m。这不仅严重影响了施工进度, 还增加了施工成本。

3.2 轨迹控制技术面临挑战

在小井眼侧钻钻井中, 由于井眼空间狭小, 对轨迹控制精度要求极高。地层复杂多变, 岩石特性差异大, 可能导致钻头受力不均, 使得井眼轨迹难以按照预定方向延伸。同时, 小井眼的测量难度较大, 测量数据的准确性和及时性难以保证, 这也给轨迹控制带来了困难。如果轨迹控制不当, 可能导致井眼偏离目标区域, 影响油气开采效果。

3.3 钻井液性能抑制性不足

提高钻井液性能的抑制性是关键技术措施之一, 这暗示着在实际施工中, 钻井液性能的抑制性存在问题。小井眼侧钻钻井过程中, 地层中的黏土矿物容易与钻井液发生反应, 导致钻井液性能恶化, 如黏度增加、滤失量增大等。这不仅会影响钻井液的携岩能力和润滑性能, 还可能造成井壁失稳、卡钻等事故。如果钻井液抑制性不足, 无法有效抑制地层黏土的水化膨胀, 会给钻井施工带来诸多安全隐患和经济损失。

3.4 PDC 钻头优选难度大

强调PDC钻头优选以提高机械钻速, 说明在梨树

区块小井眼侧钻钻井中, PDC 钻头的选型存在困难。不同地层特性对 PDC 钻头的要求差异很大, 而梨树区块地层复杂, 岩石硬度、研磨性等参数变化多样。选择不合适的 PDC 钻头, 可能导致机械钻速低, 破岩效率差, 进而延长钻井周期, 增加成本。同时, 小井眼对 PDC 钻头的尺寸和结构也有特殊要求, 进一步加大了钻头优选的难度。

4 施工技术措施及应用效果

4.1 桥塞打捞技术措施

在实际钻完第 1、2 段水泥塞, 下钻探第三个水泥塞至 2997m (桥塞位置为 2996.5m) 未探到水泥塞, 判定水泥塞下沉。且内外筒环空被水泥封固, 无法使用常规工具打捞。快速调整打捞方案, 先后下入铅磨确认打捞头形状, 以及下入套铣磨鞋铣桥塞与套管之间的水泥, 由于打捞头跟着套铣磨鞋出来, 判断桥塞打捞头损坏, 无法使用专用工具回收, 开始组织其他工具打捞, 包括使用特殊接头尝试下压 16t 压内筒均未解卡, 后下入领眼磨鞋磨铣, 由于桥塞部件跟转钻进, 仅钻进 0.6m 后无进尺。最后下入整体磨鞋钻压 4t-6t 磨完, 耗时 23.3h 进尺 1.35m, 第一个桥塞磨铣成功, 第二个桥塞耗时 12h 进尺 1.35m, 预示着本次磨铣成功完成。

4.2 轨迹控制技术措施

井眼轨迹控制主要是依靠合理的钻具组合去抵御地层力来实现的, 由于小井眼钻具刚度小, 抗拉强度低, 抗扭转变形能力弱, 因此小钻具轨迹控制比常规井困难的多, 一旦偏离轨迹, 纠正斜方位困难大, 所以在小井眼初始定向和预测轨迹很重要, 由于钻井参数的调整的有限性, 只有通过改变螺杆的扶正器尺寸和上扶正器尺寸来调节, 提高复合比例, 在 1.25 单弯螺杆钻具扶正器选择上选择使用扶正器外径为 110、112、114mm 及无扶螺杆, 对上扶正器采取对原有加重接头外径 106mm, 焊成 114mm。钻井过程中根据轨迹飘移情况, 提前预判钻具组合趋势, 通过优化钻具组合和钻井参数和实钻轨迹情况根据轨迹趋势选用螺杆扶正器大小来提高复合时效。

钻具组合: $\Phi 117.5\text{mm}$ PDC 钻头 + $\Phi 95\text{mm}$ 1.25°螺杆 + $\Phi 105\text{mm}$ 浮阀 + $\Phi 73\text{mm}$ 加重钻杆 *23+ $\Phi 73\text{mm}$

钻井参数: 钻压: 40-50KN, 转速: 45+Lrpm, 排量: 8.1L/s, 泵压: 34-36MPa, 扭矩: 3-4kN.m

4.3 提高钻井液性能的抑制性

侧钻使用复合盐成膜封堵钻井液体系, 钻井液密

度维持在 $1.40\text{--}1.42\text{g/cm}^3$, 同时保持氯离子含量在 15-20%, 提高对泥岩的抑制, 调整好钻井液的防塌性能。同时控制好钻井液的密度, 及时加入堵漏材料提高地层承压能力, 加足防塌材料, 防止井壁失稳; 滑动钻进时及时补充润滑剂, 保证泥浆良好的润滑性能, 避免滑动钻进时脱压情况的发生; 钻遇火石岭地层, 根据地层岩性, 在破碎性火成岩井段, 尽量避免在破碎带地层长时间循环。

4.4 PDC 钻头优选, 提高机械钻速

在沙河子组和火石岭组硬地层及硬夹层优化 PDC 布齿结构, 使用“三棱异型齿”和“平面齿”组合破岩, 在三个主刀翼使用“三棱异型齿”提升抗冲击能力, 2 个副刀翼使用平面齿, 提高钻头攻击性, 在倾角选择上采用为 $18^\circ\text{--}20^\circ$ 倾角, 同时采用 13mm 复合片, 增强耐磨性; 优化布齿倾角, 提高钻头抗冲击和攻击性的能力, 提高进尺能力和机械转速, 在使用“三棱异型齿”和“平面齿”组合破岩钻头时, 单只钻头最高进尺达 220m, 提高了生产时效, 减少起下钻时间, 该井完钻井深 4868m, 完成裸眼段长达 1306m, 平均机械钻速 2.62m/h , 刷新东北油气分公司 117.5mm 井深最深, 裸眼段最长两项记录。

4.5 提高携岩能力、钻具探伤的工作

小井眼环空较小, 必须提高钻井液的携岩能力, 防止形成岩屑床和沉砂, 增强钻井液的携岩能力为了降低环空压耗降低泵压, 同时降低固相含量提高泥饼质量, 钻进过程中加入适量的润滑剂提高泥饼质量, 有利于降低钻井液与井壁之间的摩阻, 减少滑动钻进时上提吨位。在钻井应用方面, 由于泵压长期处于 35MPa 容易造成钻具刺漏, 引发井下复杂事故。入井钻具必须认真检查其台阶面做好钻具的探伤工作, 及时发现有问题的钻具, 及时踢出来, 防止发生钻具刺漏。

5 结束语

梨树区块小井眼侧钻钻井技术在提高油气开发经济效益方面有着不可忽视的作用。通过对其经济效益的深入分析以及针对现存问题提出优化策略, 有助于进一步挖掘该技术在梨树区块的应用潜力, 实现降本增效、高效开发的目标。展望未来, 随着技术的不断进步与创新, 相信小井眼侧钻钻井技术将在梨树区块及更广泛的油气开采领域发挥更大的作用, 为保障国家能源安全、推动油气行业持续健康发展贡献力量。

参考文献:

- [1] 牛朝阳. 石油钻井工程技术的优化创新及效益分析

- [1] 中国化工贸易 ,2024(16):13-15.
- [2] 田玉栋 , 齐悦 , 张仟 , 等 . 油田地热新能源钻井技术经济性评价研究 [J]. 石油和化工设备 ,2023,26(1):5-7.
- [3] 何骁 , 吴建发 , 雍锐 , 等 . 四川盆地长宁——威远区块海相页岩气田成藏条件及勘探开发关键技术 [J]. 石油学报 ,2021(11):167-169.
- [4] 赵虎 , 王中华 , 司西强 , 等 . 高性能水基钻井液在中原小井眼侧钻水平井中的应用 [J]. 精细石油化工进展 ,2023,24(6):1-5.
- [5] 李瑞明 , 陶瑞东 , 何卫滨 , 等 . 深层小井眼侧钻水平井钻井技术实践 [J]. 钻采工艺 ,2022(4):43-45.
- [6] 豆旺 . 深层小井眼侧钻水平井钻井技术研究与实践 [J]. 石化技术 ,2023(5):112-114.
- [7] 闫德宝 . 小井眼开窗侧钻水平井钻井技术 [J]. 西部探矿工程 ,2023(9):94-96.
- [8] 樊大伟 . 小井眼套管开窗侧钻水平井技术在苏里格气田中的应用 [J]. 石油石化物资采购 ,2023(5):30-32.
- [9] 乘景卫 . 探讨小井眼开窗侧钻水平井钻井技术 [J]. 中国石油和化工标准与质量 ,2023(10):111-113.
- [10] 李亚南 , 于占森 , 晁文学 , 等 . 顺北坪 2H 超深小井眼侧钻水平井技术 [J]. 石油钻采工艺 ,2023(02):169-173.
- [11] 陈穗林 . 探讨小井眼开窗侧钻水平井钻井技术 [J]. 化工中间体 ,2023(04):100-102.

作者简介:

刘千铁 (1987-) , 男 , 汉族 , 江苏灌云人 , 大专 , 助理工程师 , 研究方向 : 钻井技术。

