

陇东页岩油 190.5mm 井眼水平井快速钻进技术

柳伟荣 沈士军 姜慧强

中国石油集团川庆钻探工程有限公司长庆钻井总公司

DOI:10.32629/pe.v4i3.21108

[摘要] 190.5mm小井眼钻井技术因井眼容积小,具有降低钻井材料消耗、减少废弃物排放及单井开发成本等显著优势,在致密油气藏勘探开发中应用日益广泛。但受井眼尺寸限制,其钻进过程面临机械钻速低、工具选型受限、井眼清洁困难等技术瓶颈。本文将通过分析小井眼快速钻进的技术难点,综述钻头与动力钻具优选、钻井液体系优化、井眼轨迹设计等关键技术进展,结合现场施工经验验证技术有效性,为后期小井眼高效钻井提供借鉴。

[关键词] 小井眼; 机械钻速; 井眼清洁

中图分类号: TE246 **文献标识码:** A

Rapid drilling technology for 190.5mm borehole horizontal wells in Longdong shale oil

Weirong Liu Shijun Shen Huiqiang Jiang

Changqing Drilling Company, CNPC Chuanqing Drilling Engineering Co., Ltd.

[Abstract] Due to its small borehole volume, the 190.5mm slim hole drilling technology has significant advantages such as reduced drilling material consumption, reduced waste emissions, and lower single-well development costs. It is increasingly being applied in the exploration and development of tight oil and gas reservoirs. However, limited by the borehole size, the drilling process faces technical bottlenecks such as low penetration rate, restricted tool selection, and difficulties in borehole cleaning. This paper will analyze the technical difficulties of rapid slim hole drilling, summarize key technological advancements in drill bit and power drill selection, drilling fluid system optimization, and wellbore trajectory design, and verify the effectiveness of these technologies through field construction experience, providing a reference for efficient slim hole drilling in the future.

[Key words] slim hole; mechanical drilling rate; wellbore cleaning

近3年来,陇东页岩油已实施9口小井眼水平井,平均钻机月速3800米,比常规尺寸井眼月速低1000米/台月,斜井段滑动托压,水平段钻具屈曲、复合增斜率高,滑动速度慢,施工效率低,提速空间大。

陇东页岩油190.5mm小井眼水平井为二开井身结构,表层套管封隔第四系疏松黄土层,二开使用190.5mm钻头至水平段完钻。相较于常规215.9mm井眼,由于其井眼尺寸的缩小,在施工过程中钻井液的总量减少,钻井液化工材料的消耗量较215.9mm井眼降低了20%~30%;岩屑产生量减少27%以上^[1],压滤液的产生量也相应降低,其运输的成本及处理成本也大大降低。单井成本可降低50万元左右。小井眼快速钻进技术已成为提升陇东页岩油勘探开发效益的核心技术支撑。

1 190.5mm小井眼施工过程中存在的难点

1.1 二开滑动托压、机械钻速低

在钻进过程中钻至长4+5地层后,滑动过程中拖延严重,工

具面无法到位,定向过程中托压严重^[2],滑动机械钻速12~13min/m。观察振动筛返出的沙子,存在红褐色片状掉块和圆状掉块,如图2所示。现场分析由于小井眼环空小,部分掉块在直罗大肚子处一直未带出,导致磨圆^[3]。产生片状掉块的原因是排量30L/S过大,循环压耗1.28MPa,当量密度0.07g/cm³,开泵停泵挤压井壁,导致直罗地层产生掉块脱落^[4],影响钻头工具面不到位^[5]。

1.2 环空压耗大、井眼清洁困难

二开钻具组合为: Ø190.5PDC*0.31m+Ø150螺杆*1.65°*185球扶*9.08m+NC46回压阀0.47m+NC46无磁抗压*9.34m+上悬挂接头*0.98m+Ø114.3HWD*2柱+CQ46P/460*0.45m+水力振荡器1.48m+Ø114.3DP。

小井眼环空间隙狭窄,循环压耗显著高于常规215.9井眼,由于洛河溢漏^[6],排量过大易发生井漏,限制了下部地层钻进时岩屑携带效率。部分127mm钻杆接箍与井壁间隙12mm,大掉块无

法顺利返出^[7]。在水平段钻进中,岩屑易在井眼下部积聚,停泵时极易形成岩屑床,增加卡钻风险^[8]。

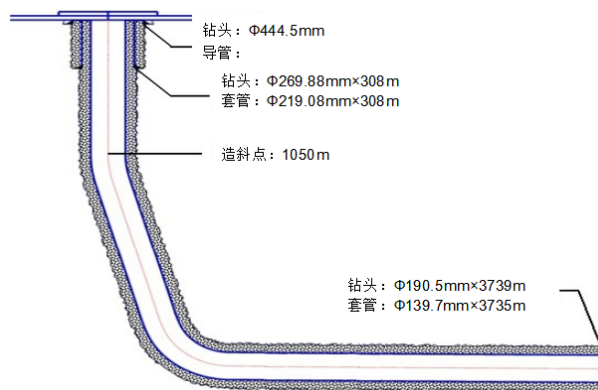


图1 陇东页岩油水平井HH69-4二开井身结构示意图



图2 直罗地层圆形、片状掉块

1.3 水平段轨迹控制困难

在施工190.5mm经验中,水平段钻具组合为 $\Phi 190.5$ PDC*0.31m+ $\Phi 159$ 螺杆*1.25°*180扶正器*6.97m+186球扶+回压阀0.47m+160无磁钻铤*9.0m+上悬挂接头*0.98m+ $\Phi 127$ HWDP3柱+CQ46P/460*0.45m+ $\Phi 127$ DP。钻头使用四刀翼CZS1643BR。水平段复合钻进降斜0.6~0.8度/30米,增方位0.4~0.5度/30米。为保证井眼轨迹满足设计要求,钻进时需要增加滑动次数,施工效率低^[9]。水平段700米后钻具屈曲^[10],滑动困难,滑动调整耗费时间较长。

1.4 工具匹配性差,接头多

在小井眼施工过程中,现场钻具4 1/2"普通钻杆、4 1/2"加重钻杆11柱、5"普通钻杆和5"加重钻杆,扣型分别为CQ46、NC46、NC50的扣型,在作业过程中所需配合接头包括CQ46B*NC461、CQ46B*411、CQ46P*460、CQ46P*461等7种配合接头,在施工过程中大大加大井下风险。

由于缺少4 1/2"加重钻杆(只有11柱),使用5"普通钻杆8柱和5"加重钻杆7柱,因5"钻具扣型与顶驱方保扣型(NC46)不一致,进入水平段500~600米需起钻倒入5寸钻具,倒换钻具耗费

时间较长。

电测保护仓、旁通阀全部是5寸NC50扣型,与1柱4 1/2"加重钻杆增加1个转换接头,与顶驱方保、4 1/2"普通钻杆之间增加2个转换接头,拆卸接头时间长、工序复杂。

小井眼螺杆适用性差,150mm*1.65°螺杆复合钻进钻压超过10吨时螺杆易自锁制动,泵压由15兆帕突然升高至19兆帕甚至憋泵。

螺杆尺寸			螺杆参数		
	公制	英制		公制	英制
工具外径	150 mm	5 15/16 in	排量	946 - 1892 lpm	250 - 500 gpm
头数	7:8	7:8	转速	0.095 Rev/Lit	0.361 Rev/Gal
级数	5.5	5.5	转速	90 - 180 rpm	90 - 180 rpm
长度A	576 mm	22.68 in	最大压差	5.76 Mpa	836 psi
长度B	1554 mm	61.18 in	制动压差	8.71 Mpa	1263 psi
长度C	9264 mm	364.72 in	最大扭矩	7871 N.M	5806 lbs-ft
钻头尺寸	171-213 mm	6 3/4-8 3/4 in	制动扭矩	11984 N.M	8840 lbs-ft
上螺纹	NC40	NC40	最大功率	128 kw	175 hp
下螺纹	4 1/2 REG	4 1/2 REG			

图3 150螺杆参数表

2 改进措施

2.1 优化工程设计、改良泥浆性能

在合水区域的延安直罗地层底复合钻进降斜严重,长4+5地层增斜率低^[11],夹层多、滑动困难。在小井斜井段增斜效果差,井眼轨迹控制困难,通过优化轨迹设计,将大滑动井段优化至长3地层,将稳斜段井斜优化至20°以上,前期滑动较为容易,避免后期滑动困难滑动效果差,轨迹失控。

通过提高泥浆密度,降低循环压耗,减少地层掉块^[12]。控制到1.12~1.16g/cm³,定时胶液清扫,保证井眼清洁。降低排量到26L/S,降低循环压耗当量密度波动为0.03~0.04g/cm³,降低井壁压力波动幅度。降低泥浆失水,在入窗前降失水<2ml,控制泥饼厚度小于1毫米^[13]。

2.2 优化钻井参数、破坏岩屑床

在钻进过程中由于环空间隙小,循环压耗大,导致相同泵压下排量降低,影响岩屑携带效率^[14]。因此在钻进中需不断优化参数,选择合理的泥浆缸套和冲数。在尝试中发现1#泥浆泵为170mm缸套,2#泥浆泵为160mm缸套。在90冲、105冲,同样的排量下,明显170mm缸套的30L/S,且在常规井段中提高了泥浆密度0.2g/cm³,其携砂能力和滑动效果都有着明显改善。

在水平段,通过短程起下钻或倒划眼破坏岩屑床^[15],控制摩阻扭矩,保证后期工序的顺利完成。

2.3 水平段优化钻具组合

在水平段,使用外径 $\Phi 159$ mm的转换接头,统一钻具组合外径,将球扶的外径降至 $\Phi 184$ mm,更换五刀翼钻头,提高复合稳斜效果。选定 $\Phi 190.5$ mmCZS1652B和CZS1653BR,HH69-X采用优化后的钻具组合,水平段复合钻进实现稳斜或微增0.1°/根。

在水平段使用旋转导向,旋转导向是水平段提速的核心。旋转导向保证井眼平滑和钻进效率。以1500米水平段长为例,螺杆钻具组合钻进至水平段800米后,钻具屈曲严重,使钻压难以有

效传递至钻头,并增加钻具失效风险。使用旋转导向可以有效的解决问题,而且对井眼轨迹控制精度高,特别是在储层薄或地质条件复杂的区域,需要高精度的导向技术来保证储层钻遇率。

2.4 优化工具的选择

在GH69-X井中将5寸钻杆和加重全部替换为了4 1/2"的钻杆和加重,大大减少了配合接头的使用。

使用水力振荡器降低摩阻,将水力振荡器由Φ159缩小至Φ152,优化安放位置距离仪器50米,减少钻具与井壁的摩阻损耗,提升滑动钻进效率。

3 现场应用效果

在HS区块施工190.5mm井眼三口井,二开-入窗周期5.92天,比2024年缩短3.78天,比本平台前2口215.9mm常规井眼缩短3.21天。在水平段长比2024年增加150米的情况下,水平段施工周期缩短0.19天。钻机月速度实现5101米/台月,比2024年提速31.6%,比2025年本平台常规井眼提速9.4%,比2025年页岩油整体月速度提高10.8%,小井眼提速效果初步显现。

4 结论

(1)小井眼快速钻进的核心突破点在于解决破岩效率、井眼清洁、井壁稳定、轨迹控制四大核心矛盾,需通过工具、流体、工艺、轨迹的系统优化形成技术合力。

(2)个性化钻头选型、钻具匹配与性能良好的钻井液体系统构成了小井眼提速的基础,快速滑动钻进是降本增效的关键。

(3)现场应用证实,该技术体系可实现机械钻速大幅提高、周期缩短35%以上的效果,具有显著的经济与环境效益。

[参考文献]

[1]刘召友.鄂北气田小井眼钻完井关键技术研究及应用[J].中国地质,2023,8(6):26-31.

[2]刘召友,孙永强,郭百利.苏里格气田165.1mm小井眼二开一趟钻优快钻井关键技术[J].西部探矿工程,2023,35(12):26-30.

[3]钟锋,黄鑫,高子奇,等.苏里格气田165mm二开大斜度井优快钻井液技术[J].石油化工应用,2025,44(07):31-35.

[4]王学英,于培志,杜素珍.完井电测遇阻分析及对策[J].钻井液与完井液,2002,(06):146-147+166.

[5]刘铁宁,张宁,于松,等.水平井定向托压问题原因分析及解决措施[C]//中国石油学会青年工作委员会,成都理工大学,油气藏地质及开发工程全国重点实验室.2024第六届复杂油气工程科技创新论坛论文汇编.中国石油长城钻探工程有限公司录井公司,2024:159-165.

[6]谢凌祥,黄龙,杨慧壁.浅析长庆油田洛河组堵漏方法[J].中国新技术新产品,2012,(12):124.

[7]东野升富,杨发,张争,等.水平井井筒高效净化关键技术研究与应用[C]//中国地质大学(武汉),西安石油大学,陕西省石油学会.2023油气田勘探与开发国际会议论文集Ⅲ.中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司第二采油厂;中国石油集团川庆钻探工程有限公司钻采工程技术研究院;低渗透油气田勘探开发国家工程实验室,2023:836-842.

[8]史配铭,肖春学,王建军.苏里格南部气田大斜度井钻井技术[J].石油钻采工艺,2019,41(01):18-22.

[9]田逢军,王万庆,周文兵.长北气田双分支水平井快速钻井技术[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(21):157-159.

[10]李昱焱,贺明敏,王泽东,等.超深井不同工况下钻具伸长度计算方法及其应用[J].天然气勘探与开发,2025,48(05):123-131.

[11]孙刚,雷媛莉,魏晓霞,等.陇东地区定向井、丛式井井眼轨迹控制技术应用[J].内蒙古石油化工,2005,(10):100-101.

[12]蒋新立,李明忠,梁久春.东胜气田井壁稳定钻井液技术研究[J].河北石油职业技术大学学报,2025,27(04):22-27.

[13]华松,常洪超,何振奎,等.复合盐钻井液在庆1-12-67H2井的应用[J].西部探矿工程,2018,30(07):62-64.

[14]王瑞琦.水平井井眼清洁影响因素研究[J].西部探矿工程,2022,34(10):111-113.

[15]臧传贞,荆思霖,路宗羽,等.小井眼水平井洗井岩屑清除效率研究[J].石油钻探技术,2024,52(03):75-83.

作者简介:

柳伟荣(1981--),男,汉族,浙江省金华市人,川庆钻探工程有限公司长庆钻井总公司,副高级,本科,石油钻井技术研究。