

江苏油田小井眼钻井实践与分析

贾禾馨¹, 贾万根², 王 建³, 朱 彤⁴

(1.中国石化财务共享服务中心南京分中心,江苏 南京 210033;2.江苏油田分公司概预算中心,江苏 扬州 225009;3.江苏油田分公司石油工程技术研究院,江苏 扬州 225009;4.中国石油华北石油管理局有限公司苏里格勘探开发分公司,内蒙古 鄂尔多斯 017300)

摘要:经过数十年的勘探开发,东部老油田相继进入开发中后期,稳产和控制开发成本难度大。为提高勘探开发效率,降低钻井工程成本,江苏油田开展了小井眼钻井技术应用可行性分析研究和现场实践,取得了理想的应用效果,为油田持续发展提供了低成本开发技术借鉴。

关键词:江苏油田 小井眼钻井 低成本

中图分类号:TE29 **文献标志码:**A

Practice and analysis of slim hole drilling in Jiangsu Oilfield

JIA Hexin¹, JIA Wangen², WANG Jian³, ZHU Tong⁴

(1.Nanjing Branch of Sinopec Financial Sharing Service Center,Nanjing 210033,China;2.Jiangsu Oilfield Budget Center,Yangzhou 225009,China;3.Jiangsu Oilfield Petroleum Engineering Research Institute,Yangzhou 225009,China;4.Sulige Exploration and Development Company of CNPC Huabei Petroleum Administration Bureau,Ordos 017300,China)

Abstract: After decades of exploration and development, the old oilfields in eastern China have entered the middle and late stages of development, and it is difficult to stabilize production and control development costs. In order to improve the efficiency of exploration and development and reduce the cost of drilling engineering, it has been carried out feasibility analysis and field practice of slim hole drilling technology application in Jiangsu Oilfield and has achieved ideal application results, providing a low-cost development technology reference for the sustainable development of oilfields.

Key words: Jiangsu Oilfield; slim hole drilling; low cost

江苏油田是典型的“小、碎、贫、散、窄”油田,历经40多年的勘探开发,已步入开发中后期,稳定油气产量与开发投资需求大的矛盾日渐突出,降低钻井成本已成为江苏油田勘探开发的重要课题。小井眼钻井是降低钻井成本、提高勘探开发经济效益的重要途径。江苏油田自上世纪90年代末开展了套管开窗侧钻小井眼、常规小井眼钻井技术应用研究与现场实践,初步形成了小井眼钻井配套技术,为复杂小断块油气田提供了一套投资少、见效快、经济效益显著的开发手段。

1 套管开窗侧钻小井眼钻井技术

套管开窗侧钻是指在原套管内某一特定深度处坐斜向器开窗或锻铣打水泥塞后侧钻出新井眼^[1]。江苏油田自1996年开始应用套管开窗侧钻技术,通过研究攻关、技术引进和现场实践,积累了丰

富的经验。针对江苏油田大部分井为定向井、油层套管一般采用N80钢 $\Phi 139.7\text{ mm}\times 7.72\text{ mm}$ 套管完井的情况,开发了系列开窗工具,完善了侧钻井钻(完)井工艺,形成了一套具有江苏油田特点的套管开窗侧钻井技术。目前主要采用的工艺是在 $\Phi 139.7\text{ mm}$ 套管上坐斜向器开窗,采用 $\Phi 118\text{ mm}$ 钻头侧钻至目标井深,悬挂 $\Phi 90.5\text{ mm}$ 生产尾管,注水泥固井,射孔完井。

自1996年套管开窗侧钻井技术在CZ148井应用以来,截至2018年底,江苏油田已成功实施套管侧钻井470多口,侧钻井井深在1 090~4 130 m、裸眼段

收稿日期:2019-06-25;改回日期:2019-10-19。

第一作者简介:贾禾馨(1992—),助理工程师,从事成本会计核算工作。E-mail:jiahx.ssc@sinopec.com。

长在199.3~1 442 m、井斜最大达90°、侧钻井水平位移最长1 328 m,侧钻井累计增油197.4×10⁴ t,已成为江苏油田老区挖潜、复活老井、恢复产能的重要

手段。图1为1996—2018年江苏油田侧钻井数和年占比情况,可见,套管开窗侧钻井占比随油价的降低而上升,2017年的占比高达40%。

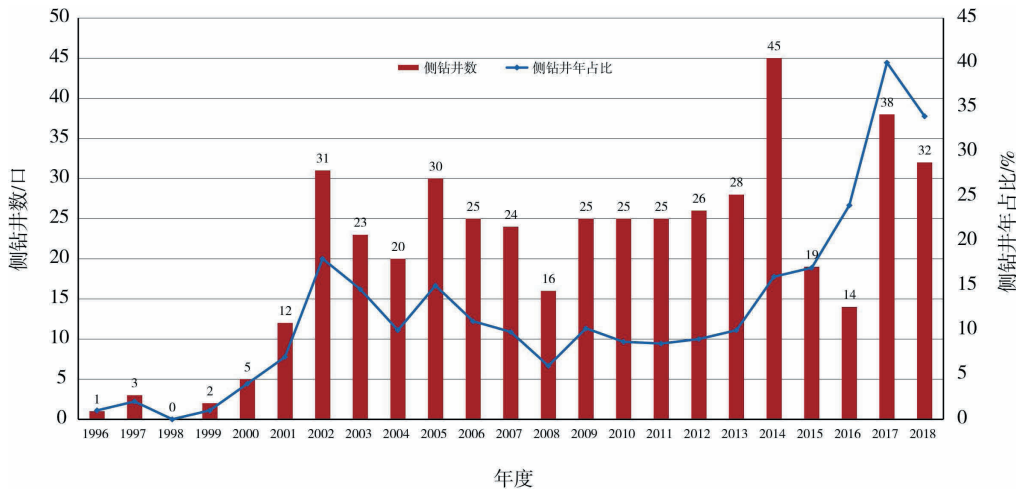


图1 1996—2018年江苏油田套管侧钻井完成情况

2 常规小井眼钻井技术

常规小井眼钻井是指90%以上的井眼用小于Ø177.8 mm钻头钻成^[2]或 70%的井眼直径小于152.4 mm的井^[3]。江苏油田自2015年开展了小井眼钻井技术配套分析研究与现场实践。主要通过对比分析在Ø152.4 mm小井眼中下入不同尺寸的套管在各种工况中的瞬态波动压力,开展小井眼井身结构设计优化,并相继开展小井眼固井、井控、采油、压裂、测

井、射孔以及处理复杂的技术可行性分析,以及钻机和泥浆泵等主要钻井设备配套分析、小井眼钻井液体配方实验优化等等,系统分析了小井眼钻井技术的可行性,并进行了选井试验,目前已在W5-49、SQX2井中成功试验。试验井的井身结构见图2、图3,基本情况和主要钻井指标见表1、表2。可见在W5-49井小井眼钻井施工经验基础上,经过优化钻头选型,提高钻头与地层岩石的适应性,SQX2井机械钻速有了大幅度提高。

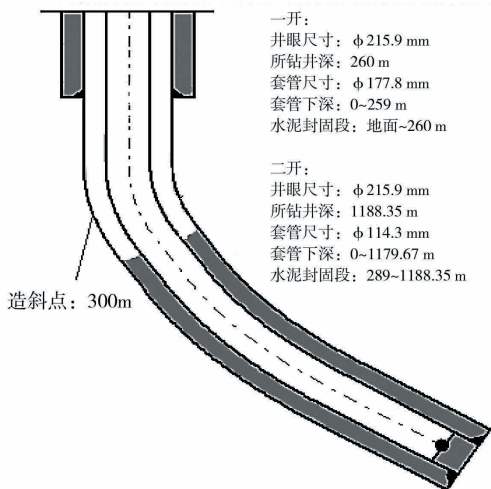


图2 W5-49井井身结构

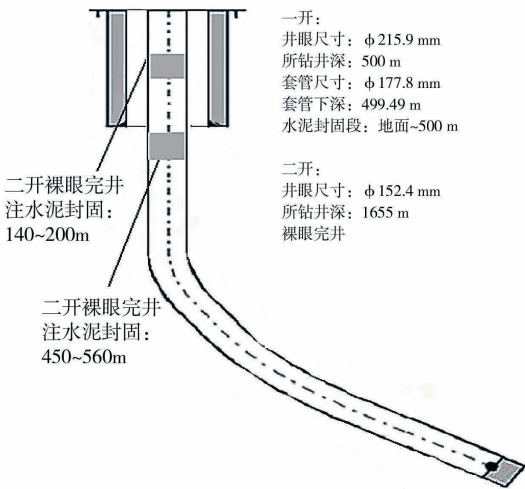


图3 SQX2井井身结构

表1 江苏油田常规小井眼井基本情况

井号	斜深 /m	垂深 /m	造斜井深 /m	井斜 /(°)	闭合位移 /m	电测、固井情况
W5-49	1 183	1 111.88	300	28.04	301.13	电测顺利,固井质量合格
SQX2	1 655	1 550.65	900	42.86	341.04	电测顺利,裸眼完井

表2 江苏油田常规小井眼井主要钻井指标

井号	斜深 /m	完钻层位	机械钻速 / (m·h ⁻¹)	钻井周期 / d	钻进时效 / %	钻机月速度 / (m·mon ⁻¹)	邻近常规井平均机械钻速 / (m·h ⁻¹)	备注
W5-49	1 183	E ₁ f ₁	3.48(↓ 80.4%)	30	50	1 272.04	17.71	XJ450车载钻机
SQX2	1 655	E ₂ d ₁	12.36(↑ 14.9%)	19	29	2 546.15	10.76	STX5560TZJ20钻机

3 小井眼钻井技术现场实践分析

江苏油田经过多年小井眼钻井技术的实践,取

得了丰富的实践经验,同时仍存在机械钻速慢、轨迹控制难、固井质量难以保证等问题。为此,从分析小井眼与常规井眼差异入手寻找原因(见表3)。

表3 江苏油田小井眼与常规井眼的尺寸差别

井眼类型	钻头直径 / mm	井眼直径比 / %	钻杆直径 / mm	钻杆与井眼的 间隙 /mm	钻杆与井眼的 间隙比 /%	套管直径 / mm	套管与井眼的间隙 / mm	套管与井眼的 间隙比 /%
常规井眼	215.9	100	127	44.5	100	139.7	38.1	100
小井眼	152.4	71	88.9	31.8	71	114.3	19.1	50

由于小井眼使用的钻头、钻杆、套管的尺寸变小,其间隙相应变小,导致了小井眼钻井的一些特点。

(1)机械钻速慢。目前江苏油田小井眼侧钻井主要采用GYD517和YC437两种单牙轮钻头,钻头直径小,轴承及牙掌强度低,极易发生掉牙轮、断齿故障,使用寿命缩短;其次是牙齿短及水力能量低,因而机械钻速下降。国外通过采用PDC、TSD及金刚石等无轴承钻头,已取得良好应用效果;其次通过提高转盘速度、使用井下动力钻具也可提高钻头破岩能力。

(2)环空压耗大。按国外一些极端算法,小井眼中的环空压耗要占90%,钻头和管内占10%,而在常规井眼中分配比例刚好相反。这是由于在小井眼中钻杆本体间隙已缩小29%,接头处的间隙更小,在高转速时,钻井液受切向流速及偏心的影响,流道增长,压耗随之大幅增加,进而导致喷射钻井效率降

低和排量选择受限。提高小井眼的钻进效率主要应从设法增强钻头机械破岩能量着手,而优选排量可参考国外给出的钻屑浓度、机械钻速和排量的关系图^[3](见图4)。图中的ABC三角区就是允许的排量范围,上、下两条曲线表示排量的上限、下限,在三角区中间的曲线为优选排量。

(3)轨迹控制难。江苏油田至今所钻小井眼井均为定向井或水平井,轨迹调整与控制是每口井施工难点之一。原因是小尺寸钻杆刚度小,抗扭转变形的能力弱,反扭转角不易准确估算,尤其是转动转盘使工具面角到位很难。对钻井参数较为敏感,钻压增大对井斜、方位变化影响较大;钻压太小,导致机械钻速低,影响小井眼整体效益,这些情况随井深及井斜增大而趋于严重。目前主要通过在施工前分析邻井资料,掌握小井眼钻遇地层情况,如地层倾斜角、方位漂移趋势、岩性等,采用不同的钻具组合、钻压、转速、排量和钻井液性能等,同时加强随钻分析与纠正,实现轨迹控制,顺利钻达目的层。

(4)固井优质率低。据江苏油田采油一厂2010—2016年套管侧钻井固井质量统计,固井质量不能满足生产的井占比77.45%。分析此现象形成的主要原因为:①小井眼套管与井壁间的间隙小,水泥环薄,易损于射孔、压裂等施工;②固井时水泥浆流动阻力大,施工压力高、易导致水泥浆失水,发生桥堵和憋泵的概率增大,形成窜槽和压漏地层,水泥返高不够;③套管小且壁薄,容易弯曲、偏心和贴壁,居中困难,为减小过高泵压,采用低返速,顶替效率下降;④失重,导致油、气、水窜等。为提高小井眼固井

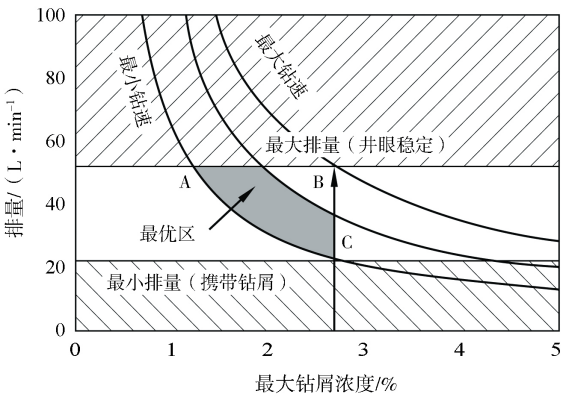


图4 钻屑浓度、机械钻速和排量的关系

质量,首先要科学加放扶正器,提高小套管居中度;其次是水泥浆应具有良好的流动性、稳定性(滤失量小、防窜能力、过渡时间短),水泥石具有良好的强度(有一定的抗冲击力、渗透率低);三是设计合理的顶替工艺和注替速率。一种连接在尾管上的新型的可膨胀尾管悬挂器^[4],可通过地面操作使膨胀管沿径向膨胀,有效地对尾管头和套管重叠段进行密封,解决常规尾管悬挂器密封性能差、内通径小的问题,在小间隙井中,膨胀尾管可帮助尾管顺利

下到设计位置。该技术在CFD2-4-1井中首次成功应用,解决了非常规、极小间隙的尾管固井问题^[5]。

4 经济性分析

(1)套管开窗侧钻井可以充分利用原井场、原井的上部井眼和原有的输油输气管线,明显节省投资。据测算统计(见表4),江苏油田侧钻井的费用相当于钻新井费用的30%~40%,侧钻水平井的费用相当于钻新井费用的50%~60%。

表4 江苏油田部分套管开窗侧钻井投资分析

井号	侧钻点井深 /m	完钻井深 /m	侧钻段长 /m	侧钻段最大井斜 /(°)	与同区新钻井投资比
侧 SH19-15	1 417	2 425	1 008	10.74	33%
侧 Z36-6	1 714	2 510	796	35.11	35%
侧 Z6-1	1 820	2 897	1 077	41.01	30%
侧 X7-1A	2 065	2 681	616	22.9	32%
侧平 SY16-1	1 971	2 351	380	88.58	50.6%
侧平 z32-11A	1 925	2 352.3	427.3	84.47	57.3%

(2)江苏油田修井机的钻进能力可以保障2 000 m左右井深的常规小井眼井施工。综合考虑2 000 m井32钻机的定额、实际结算成本,参考T95-1井小井眼井段的施工成本,对江苏油田井深2 000 m左右的小井眼单井总费用进行评估,钻井成本比常规井眼钻井大约节省30%左右(见表5)。

表5 江苏油田2 000 m小井眼与常规井眼钻井成本对比

序号	项目	Ø152.4 井眼与 Ø215.9 井眼钻井 各项成本对比
1	钻井工程	节省 1 042 771.62 元
2	钻前劳务	节省 73 069.14 元
3	泥浆劳务	节省 5 520.70 元
4	管具劳务	节省 4 1039.43 元
5	固井劳务	节省 23 654.83 元
6	废弃泥浆处理费	节省 15 191.56 元
7	总计	节省 1 201 247.28 元(减少 29.2%)

5 结论与建议

(1)江苏油田在技术引进基础上,通过开展三种小井眼井钻井配套技术研究与现场实践,基本形

成适应江苏油田开发需要的小井眼钻井配套工艺技术系列,实现了经济开发。

(2)小井眼井钻井具有设备小、占地少、投资低等优点,适合在江苏油田所处的人口密集、水域纵横、环保苛刻地区实施。

(3)针对井眼尺寸的限制导致的钻井效率低、固井优质率低等问题,需要加强设备配套、钻头选型以及小间隙固井等相关技术研究。

参考文献:

[1] 刘万震.现代侧钻井技术[M].北京:石油工业出版社, 2009.

[2] 马发明,陈举芬,杨涛,等.四川地区须家河组小井眼钻井技术研究[J].钻采工艺,2006,29(4):4-8.

[3] 周煜辉,赵凯民.小井眼钻井技术[J].石油钻采工艺, 1994,16(2):16-24.

[4] 李晓军,穆总结,左霞,等.国内外膨胀尾管悬挂器技术现状简述[J].机械工程与技术,2012,10(2):68-72.

[5] 范强,刘东清,常玉东.膨胀式悬挂器在非常规、极小间隙尾管固井中应用 [J]. 内蒙古石油化工,2017,8(8): 19-20.

(编辑 韩 枫)