

超短半径水平井钻井技术在注入井解堵中的应用

王羽曦

(中国石油大庆钻探工程公司钻井工程技术研究院,黑龙江大庆 163413)

摘要:为解决聚合物注入井的堵塞问题,研究应用了超短半径水平井钻井技术进行解堵。采用大角度锚定斜向器、复合式开修(窗)系统、高强度柔性钻杆与常规钻井设备相结合的技术方法,在设计层位实现曲率半径为3.2 m的高曲率造斜,完成造斜后运用柔性钻杆与多功能导向管进行水平段钻进,钻至设计长度,在堵塞层形成了一个长度为30 m、直径为117.5 mm的井眼,为堵塞区域重新打开注入通道。研究表明,利用超短半径水平井钻井技术来实现解堵增效是可行的,为堵塞区域重新打开注入通道、降低注入压力提供了新的技术支持。

关键词:超短半径 水平井 注入井 堵塞

中图分类号:TE246 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0890(2013)05-0089-04

Application of Ultra-Short Radius Horizontal Well Drilling Technology in Plugging Removal in Injectors

Wang Yuxi

(Drilling Engineering Technology Research Institute, CNPC Daqing Drilling Engineering Company, Daqing, Heilongjiang, 163413, China)

Abstract: To effectively solve polymer plugging problem in injectors, the application of ultra short radius horizontal well drilling was tested to remove plugging. With the combined use of large angle anchor whipstock, composite windowing system, high strength flexible drill pipes and conventional drilling equipment, high curvature build up section with a curvature radius of only 3.2 m was realized in the designed horizon. After the build-up, flexible pipe and multifunctional guiding pipe were used to finish horizontal section drilling to the target. So a 30 m long and 117.5 mm diameter hole was finished in the plugging layer and it opened up a new injection channel in the plugging zone. The study shows it is feasible to use ultra-short radius horizontal well to remove plugging, open new injection channels and lower injection pressure in polymer plugged injectors.

Key words: ultra-short radius; horizontal well; injection well; plugging

大庆油田北三区块于2001年投入开发,2003年8月开始注抗盐聚合物开发,随着注入时间的增加,近井地层出现大量絮状物和软胶团,取样测试絮状物和软胶团的质量浓度为6 230 mg/L,黏度356.5 mPa·s,堵塞物堆积在注入孔周围20 m处形成高压区,导致出现注入压力高、注入速率低等问题,严重阻碍注入井实现连续注入。

为解决注入井的堵塞问题,对几口堵塞严重的注入井进行了增注措施改造,采取水力割缝、压裂、注入凝集剂、表面活性剂解堵等措施后发现,由于套管周围地层堵塞的絮状物和软胶团浓度高,化学药剂解堵效果甚微,化学药剂不能完全分解或溶解堵

塞物,并且大量注入的分解液和酸化液会对油层产生一定的污染。水力割缝与压裂的解堵方法都是通过在井内下入施工管串,在堵塞位置运用高压射流手段为堵塞区域打开过流缝隙,但这2种方式都存在缺陷,常规压裂改造厚度仅为4 mm,改造半径15~20 m,压裂缝会随着距离的增大而变小。同时,由于打开的缝隙属于裸眼,裂缝会随着时间的增

收稿日期:2012-10-19;**改回日期:**2013-09-17。

作者简介:王羽曦(1987—),男,山东济南人,2009年毕业于黑龙江科技大学工业工程专业,助理工程师,主要从事钻井和固井工具方面的研究工作。

联系方式:(0459)4893674, wangyuxi001@cnpc.com.cn。

加而被砂粒或聚合物逐渐回填,在一段时间后缝隙被堵死,注入压力再次升高,所以裸眼完钻方式的解堵方法难以长期有效。

超短半径水平井技术是一种造斜曲率半径小、施工周期短的特殊钻井技术^[1-5],该技术可直接在原井内开窗侧钻,不仅可以降低钻井成本,而且可以大幅度提高油井产量和原油采收率^[5-10]。超短半径水平井技术目前仅应用于油井二次开采中,因此存在巨大的应用潜力。2012年,大庆油田成功将超短半径水平井技术应用到注入井解堵中,打破了化学药剂增注和压裂增注效果不明显的局面,在堵塞区域形成一个稳定的、长期有效的孔道,为注入井解堵提供了新的技术支持。

1 超短半径水平井解堵原理

超短半径水平井技术是在原井套管内直接开窗侧钻,采用大角度锚定斜向器、复合式开修(窗)系统、高强度柔性钻杆与常规钻井设备相结合,通过柔性钻具在设计层位实现高曲率造斜^[11-16],钻进5 m后,钻具成90°弯曲,曲率半径仅为3.2 m,完成造斜后运用柔性钻杆与多功能导向管相结合继续水平钻进,在堵塞层形成一个长度为30 m、直径为117.5 mm的井眼,打开通道后采用防砂筛管与悬挂封隔器组合的完井方式,为堵塞油层重新打开注入通道,降低注入压力。超短半径水平井的技术优势主要表现为:

1) 超短半径水平井在原井内施工,保持原井开采方式,造斜段5 m即完成90°造斜后进入目的层,与常规压裂、水力喷射相比,超短半径水平井单井控制面积大、针对性强、稳定性高。

2) 超短半径水平井形成一个直径117.5 mm、长度约30 m的井眼,有效穿过堵塞严重区域,增大油层注入面积,打开堵塞通道。

3) 施工过程中采用清水混合防膨剂反循环方式钻进,不会对油层产生二次污染,可以最大程度地保护储层;同时,反循环能够对井底产生抽汲作用,提高返砂速率。

4) 以“防砂筛管+悬挂器”的方式完井,可以保证打通后的井眼不会随着时间的增加被砂粒回填,保证注入井后续注水、注聚合物长期有效。

5) 施工工艺简单,周期短,操作方便。完成水平段相关施工只需1~2 d,全部施工作业共需5~7 d,所需动力小,可作业修井机为动力设备,不

需要其他地面管汇设备,即可完成水平井钻井,有效降低钻井成本。

2 钻井工程设计与施工

2.1 钻井工程设计

北3-1注水井钻探目的层为葡萄花油层,油层厚度5.4 m,有效厚度4.6 m。工程设计(真)方位角19.48°,造斜点井深1 116.01 m,完钻点井深1 141.03 m,水平位移23.19 m。井眼轨道设计剖面如图1所示。

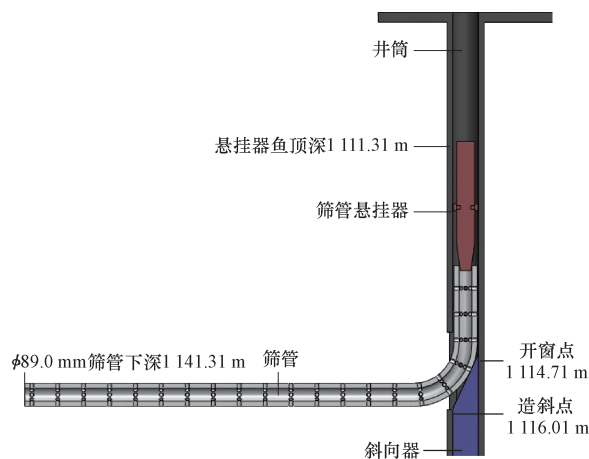


图1 北3-1井井眼剖面

Fig. 1 Borehole trajectory profile of Well Bei 3-1

2.2 钻井施工概况

1) 定向。在完成通井准备工作之后,下入 $\phi 139.7$ mm导向锚定系统,该系统有6个铆钉卡瓦,可实现轴向与径向双重锚定。利用电测设备与陀螺定位仪器将导向锚定系统调整至井深1 116.01 m、真方位角17.23°处(设计方位角为19.48°,相差2.25°,在5°误差范围内)。

2) 开窗。下入 $\phi 120.6$ mm复式铣锥+ $\phi 88.9$ mm钻铤+ $\phi 73.0$ mm钻杆钻具组合,先通过正循环冲洗,后反循环开窗,钻压5~20 kN,泵压4 MPa,转盘转速40~80 r/min,铣至井深1 117.01 m完成开窗作业。

3) 造斜。下入钻具组合 $\phi 117.5$ mm造斜钻头+ $\phi 73.0$ mm柔性钻杆+ $\phi 73.0$ mm钻杆,柔性钻杆外接 $\phi 108.0$ mm导向管,导向管为柔性单弯结构,可保证造斜角,柔性钻杆起传递钻压和扭矩的作用,利用转盘进行反循环钻进,钻压5~35 kN,泵压7 MPa,转盘转速20~60 r/min,耗时5 h,进尺6.32 m,钻至井深1 121.03 m完成造斜施工。

4) 测斜。下入多点测斜仪,测得1 114.71~1 121.01 m井段的井斜角为90.5°,造斜段长度仅为6.3 m就实现了造斜角由2.6°到90.5°的变化,井眼曲率达到13.9°/m。

5) 水平钻进。起出测斜仪后,下入水平段柔性钻具组合 $\phi 117.5$ mm牙轮钻头+ $\phi 73.0$ mm柔性钻杆(外接 $\phi 108.0$ mm导向管)+ $\phi 73.0$ mm钻杆,钻压70 kN,泵压7 MPa,转盘转速20~80 r/min,耗时11 h。当钻至井深1 123.80 m时,捞取的返屑砂样中明显掺杂黏性絮状聚合物;水平钻至井深1 133.50 m时,返出岩屑砂样中的黏性絮状聚合物减少;钻至完钻井深1 141.83 m处时,返出带荧光砂岩岩屑,表明已打通堵塞区域,并且将水平段控制在油层内,达到设计目标。

6) 完井。北3-1井为注入井,采用“防砂筛管+悬挂器”的完井方式完井,钻具组合 $\phi 88.9$ mm筛管+ $\phi 114.3$ mm悬挂器+ $\phi 73.0$ mm钻杆,筛管下深1 113.51~1 141.31 m处,打压坐封,完成整个施工。

3 应用效果分析

2012年,大庆油田应用超短半径水平井技术对北三东西区块10口堵塞注入井进行解堵,所有井的中靶率都达到100%,平均钻井周期8.1 d,平均水平位移25.35 m,平均总进尺28.45 m。其中,油层厚度最薄为2.5 m,最大水平位移28.42 m,最长总进尺31.54 m。

完成的10口超短半径径向水平井已全部投产,均有明显解堵效果。注入压力大幅下降,平均降幅达2.8 MPa;聚合物注入量显著提高,日平均注聚量提高22.2 m³;油层的吸入能力显著提高,与措施前相比,10口注入井平均视吸水指数由3.6 m³/(MPa·d)增至6.7 m³/(MPa·d)。北3-2井视吸水指数是措施前的4倍,措施后周围5口采油井单井日增液19 m³,日增油1.6 t,流压上升1.2 MPa,月含水上升速度由0.15%降至0.04%,取得了较好的经济效益。

北3-1井由于投产时间长,注入压力由措施前的13.9 MPa降至8.0 MPa,降低了5.9 MPa。注聚合物量由措施前的24 m³/d增至80 m³/d,增幅高达56 m³/d,解堵效果更为突出。

4 结论及建议

1) 目前大庆油田共完成42口超短半径水平井作业施工,逐渐形成了一套完善的超短半径水平井

钻井技术,在注入井解堵技术方面取得了突破性进展,建立了利用超短半径水平井解堵的施工模式。

2) 超短半径水平井钻井技术具有其独特的钻井工具与施工工艺,适用于低渗、低产和堵塞的老井或停产井,通过在油层内钻进水平井眼,不仅可以为采油井增加泄油面积、提高原油产量,也可为注入井解堵增注。

3) 在逐渐增大超短半径水平井技术应用范围的同时,还应进一步提高水平段长度。

参 考 文 献

References

- [1] 宫华,郑瑞强,范存,等. 大庆油田超短半径水平井钻井技术[J]. 石油钻探技术,2011,39(5):19-22.
Gong Hua, Zheng Ruiqiang, Fan Cun, et al. Ultra-short radius horizontal well drilling technology in Daqing Oilfield[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2011, 39(5): 19-22.
- [2] 陈香凯,任荣权,李延琴,等. 国内外短半径水平井钻井工具发展状况[J]. 钻采工艺,1998,21(5):48-50.
Chen Xiangkai, Ren Rongquan, Li Yanqin, et al. The development situation of domestic and international short radius horizontal well drilling tool[J]. Drilling & Production Technology, 1998, 21(5): 48-50.
- [3] 倪益民,袁永嵩,赵金海,等. 胜利油田两口超短半径侧钻水平井的设计与施工[J]. 石油钻探技术,2007,35(6):57-59.
Ni Yimin, Yuan Yongsong, Zhao Jinhai, et al. Design and implementation of two ultra-short radius side-tracking horizontal wells in Shengli Oilfield[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2007, 35(6): 57-59.
- [4] 张义,鲜保安,赵庆波,等. 超短半径径向水平井新技术及其在煤层气开采中的应用[J]. 中国煤层气,2008,5(3):20-24.
Zhang Yi, Xian Baoan, Zhao Qingbo, et al. Study on new technologies of ultra short radius radial horizontal wells and application in coal-bed methane development[J]. China Coalbed Methane, 2008, 5(3): 20-24.
- [5] 赵峰. 超短半径侧钻分支水平井曙123-0370CH井设计与施工[J]. 石油钻采工艺,2009,31(6):37-39.
Zhao Feng. Design and application of super-short radius side-tracking technology in Shu 1-23-0370CH multilateral horizontal well[J]. Oil Drilling & Production Technology, 2009, 31(6): 37-39.
- [6] 李欢欢. 超短半径水平井的优化设计[J]. 探矿工程:岩土钻掘工程,2012,39(4):27-30.
Li Huanhuan. Optimized design of ultra-short radius of horizontal well[J]. Exploration Engineering: Rock & Soil Drilling and Tunneling, 2012, 39(4): 27-30.
- [7] 罗敏,赵夏. 超短半径水平井柔性壳力学分析及强度评价[J]. 石油矿场机械,2013,42(6):31-35.
Luo Min, Zhao Xia. Mechanical analysis and strength assessment of flexible shell in ultra-short radius horizontal well[J].

- Oil Field Equipment, 2013, 42(6): 31-35.
- [8] 杨二龙, 王景翠, 高玉鑫. 超短半径侧钻水平井选层技术界限研究[J]. 石油钻采工艺, 2012, 34(5): 33-36.
Yang Erlong, Wang Jingcui, Gao Yuxin. Layer selection technology threshold study for sidetracked horizontal wells with ultra small radius[J]. Oil Drilling & Production Technology, 2012, 34(5): 33-36.
- [9] 许孝顺. TP2CX 超深开窗侧钻中短半径水平井钻井技术[J]. 石油钻探技术, 2012, 40(3): 126-130.
Xu Xiaoshun. Drilling technology of ultra-deep sidetracking in medium/short radius horizontal Well TP2CX[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2012, 40(3): 126-130.
- [10] 毕刚, 李根生, 沈忠厚, 等. 超临界二氧化碳径向水平井钻井技术应用前景分析[J]. 石油机械, 2013, 41(6): 14-19.
Bi Gang, Li Gensheng, Shen Zhonghou, et al. Analysis of the application prospect of supercritical CO₂ radial horizontal drilling technology[J]. China Petroleum Machinery, 2013, 41(6): 14-19.
- [11] 王智锋, 管志川, 李文飞. 超短半径水平井钻头喷嘴多相流规律分析[J]. 煤炭学报, 2011, 36(7): 1098-1101.
Wang Zhifeng, Guan Zhichuan, Li Wenfei. Analysis on the multiphase flow rules of bit nozzle of ultra-short radius horizontal well[J]. Journal of China Coal Society, 2011, 36(7): 1098-1101.
- [12] 朱健军. 侧钻超短半径水平井 J 37-26-P14 井钻井设计与施工[J]. 石油钻探技术, 2011, 39(5): 106-109.
- Zhu Jianjun. Drilling design and implementation of sidetracking ultra-short radius horizontal Well J 37-26-P14[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2011, 39(5): 106-109.
- [13] 史学东, 吴修国, 刘俊方. 短半径水平井侧钻技术在沙特 HRDH-128 井中的应用[J]. 断块油气田, 2011, 18(5): 672-674.
Shi Xuedong, Wu Xiuguo, Liu Junfang. Application of short radius horizontal sidetracking technology in Well HRDH-128 of Saudi Arabia[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2011, 18(5): 672-674.
- [14] 陈香凯. 国内外短半径水平井钻井工具发展状况[J]. 钻采工艺, 1998, 21(5): 48-50.
Chen Xiangkai. The development situation of domestic and international short radius horizontal well drilling tool[J]. Drilling & Production Technology, 1998, 21(5): 48-50.
- [15] 杨立军, 钱峰, 南文泽, 等. 针对哈国侧钻超短半径水平井的工艺技术[J]. 吐哈油气, 2006, 11(2): 184-189.
Yang Lijun, Qian Feng, Nan Wenzhe, et al. Technologies of sidetracking horizontal well with ultra-short radius in Kazakhstan[J]. Tuha Oil & Gas, 2006, 11(2): 184-189.
- [16] 侯玉品, 张永利, 章梦涛. 超短半径水平井开采煤层气的探讨[J]. 矿山机械, 2005, 33(6): 10-11.
Hou Yupin, Zhang Yongli, Zhang Mengtao. Study of ultra short radius horizontal well of coalbed gas[J]. Mining Machinery, 2005, 33(6): 10-11.

[编辑 滕春鸣]

欢迎订阅 2014 年《钻井液与完井液》

《钻井液与完井液》创刊于 1983 年,是由中国石油天然气集团公司主管,中国石油集团渤海钻探工程有限公司和华北油田分公司联合主办的一份国内外公开发行的专业性技术期刊,国内统一连续出版物号:CN 13-1118/TE,国际连续出版物号:ISSN 1001-5620,双月刊,大 16 开,逢单月末出版。

本刊是中文核心期刊(2011 年版)、中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊),被美国《化学文摘(CA)》、剑桥《科学文摘(CSA)》、美国《石油文摘(PA)》、Ei EnCompass 数据库、哥白尼索引(IC)、Scopus 文摘与引文数据库、《中国石油文摘》等国内外检索机构或数据库收录,同时为河北省科技类“十佳”期刊。

《钻井液与完井液》的报道内容包括钻井液、完井液、固井液、射孔液、酸化压裂液、修井液等方面的科研生产新成果、新技术、新进展、新经验、新观点和国内外科技简讯及市场动态等。栏目设置有理论研究与应用技术、专论、经验交流、动态与简讯。

《钻井液与完井液》全刊彩色印刷,正文为 86 页,国内定价为 18.50 元/册,全年 6 期共 111.00 元。订阅 3 套以下加收 20.00 元挂号费(需邮汇)。编辑部自办发行,邮汇与电汇均可,欢迎订阅。地址:(062552)河北省任丘市华北油田号信箱;电话:(0317)2725487;传真:(0317)2722354;E-mail: zjyywjy@126.com。