

高平 1 井钻井液技术

刘从军 蓝 强 张 斌 于 雷 乔 军 缙宁宁

(中国石化胜利石油管理局 钻井工艺研究院, 山东 东营 257017)

摘 要:高平 1 井水平位移达到 3 814.32 m, 位垂比达到 4.02, 是目前国内陆地上位垂比最大的大位移井。该井目的层较浅, 位垂比大, 地层造浆严重, 钻进过程中容易出现粘卡、传压困难、套管下入困难等复杂情况。为此, 合成了一种高效润滑剂 BH-1, 并优选出一种高效清洁钻井液体系, 并在钻进过程中采取了一系列维护处理措施: 大、中、小相对分子质量的高分子聚合物与胺基抑制剂的复配来提高钻井液的抑制性; 加大润滑剂的加量, 必要时配合固体润滑剂提高钻井液的润滑性能; 采用高效胺基抑制剂, 配合常规的 PAM 和天然高分子聚合物及复合铵盐、KFT 等控制黏土适度分散来提高泥饼质量, 降低钻井液滤失量。该井顺利钻至完钻井深, 钻进过程中钻井液性能稳定, 没发生坍塌掉块, 未出现阻卡情况, 井径扩大率小于 2%, 套管下入顺利。

关键词:水平井; 钻井液; 润滑剂; 抑制剂; 钻井液性能; 高平 1 井

中图分类号: TE254 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0890(2010)06-0071-04

Drilling Fluid for Well Gaoping 1

Liu Congjun Lan Qiang Zhang Bin Yu Lei Qiao Jun Gou Ningning

(Drilling Technology Research Institute of Shengli Petroleum Administration, Dongying, Shandong, 257017, China)

Abstract: Well Gaoping 1 is an important exploratory well of Shengli Oilfield in 2009 with horizontal displacement of 3 814.32 m and the ratio of horizontal displacement to vertical depth is 4.02, which is the highest ratio in China. There are a lot of problems in this well, including shallow target formation, higher horizontal to vertical depth ratio, strong mud making formation, pipe stuck, difficulties in pressure transmission and casing running. Therefore, an efficient lubricant BH-1 was developed, and a new efficient and clean drilling fluid system was optimized. This drilling fluid and the following measures were used for this well, using large, medium and small molecular weight polymer compound and amino-inhibitor to control the drilling fluid inhibition, using efficient amino-inhibitor with PAM, natural high polymer, ammonium salt and KFT to moderately disperse clay dispersion for the purpose of improving mud cake quality, and reducing the fluid loss. This well was drilled to the designed depth successfully, the drilling fluid property was stable and no wellbore collapse happened, no pipe sticking occurred, hole diameter enlargement ratio is less than 2%, the casing running is successful.

Key words: horizontal well; drilling fluid; lubricant; inhibitor; drilling fluid property; Well Gaoping 1

高平 1 井位于济阳坳陷东营凹陷高青-平南断裂带上升盘, 目的层为中生界, 钻探目的是进一步了解青城凸起西部中生界含油气情况。高平 1 井设计井深 4 108.28 m, 水平段长 3 043.09 m, 目的层垂深 867.00~929.00 m, 水平位移 3 395.32 m。实际完钻井深 4 535.00 m, 水平位移 3 814.33 m, 垂深 948.87 m, 位垂比 4.02, 是目前我国陆上位垂比最大的长水平段大位移水平井。该井钻遇地层成岩性差, 砂泥岩混层, 岩层疏松, 井壁稳定性差, 易造浆, 水平段长易形成岩屑床, 摩阻扭矩大。为此合成了

一种高效润滑剂 BH-1, 并在此基础上, 优选出一种高效清洁钻井液体系。该井使用该钻井液体系钻进, 并在钻进过程中采取了一系列维护处理措施, 顺利钻至完钻井深。

收稿日期: 2010-07-21; **改回日期:** 2010-10-26

基金项目: 国家科技重大专项“低渗油气田高效开发钻井技术”课题四“低渗油气田储层保护技术”(2008ZX05022-004)部分研究内容

作者简介: 刘从军(1971—), 男, 山东济南人, 1992 年毕业于石油大学开发系油田化学专业, 工程师, 主要从事油田化学研究工作。

联系方式: (0546)8501115, yhsclj@126.com

1 钻井液技术难点

- 1) 新近系的明化镇组和馆陶组地层岩性多为泥岩,造浆严重,劣质固相大量侵入钻井液造成钻井液性能不稳定^[1];
- 2) 超长水平段易形成岩屑床,钻井液必须具备良好的携岩及清洁井眼的能力;
- 3) 钻井液要具备良好的润滑防卡性能,以解决超长水平段钻井液的润滑、传压、防卡问题。

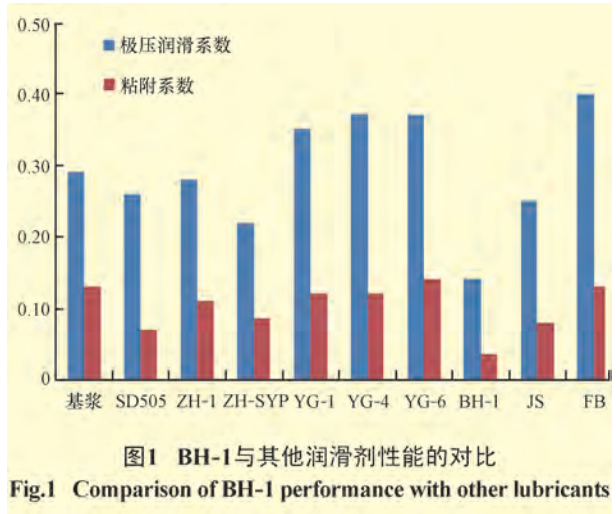
2 室内试验

根据高平 1 井地质资料和工程设计,参考邻井实钻资料分析。结合该井水平段的地层特点,要求钻井液要具备以下特点^[2-3]:1)良好的流变性;2)良好的悬浮携带能力;3)强抑制能力;4)极强的润滑性;5)较强的稳定性;6)较大的黏土容量限;7)良好的造壁能力。

2.1 主处理剂优选

2.1.1 润滑剂优选

经过室内研究,合成了一种润滑剂 BH-1。对 BH-1 和其他常用的 8 种润滑剂的粘附系数和极压润滑系数^[4-8]进行了评价,结果见图 1。

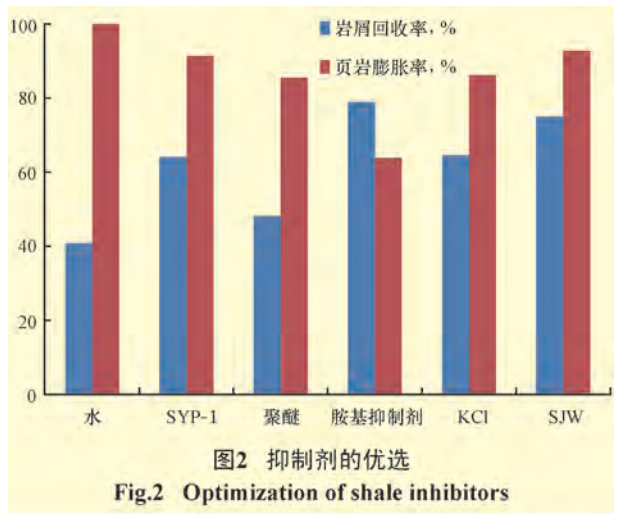


从图 1 可以看出,润滑剂 BH-1 较其他润滑剂润滑效果更好。

2.1.2 抑制剂的优选

笔者采用岩心滚动回收和页岩膨胀方法对 5 种抑制剂进行了性能评价,结果见图 2。从图 2 可以

看出,胺基抑制剂的页岩回收率较高,页岩膨胀率较低,表明其具有良好的抑制页岩膨胀的性能^[9],因此,将胺基抑制剂作为钻井液的主抑制剂。



2.2 高效清洁钻井液的配方确定

在优选出主处理剂后,确定了二开和三开高效清洁钻井液的基本配方。

二开钻井液的基本配方为:现场膨润土浆+0.3% PAM+1.5% KFT+1.0% SMP-1+0.5% SF-1+1.0% 胺基抑制剂+2.0% BH-1+4.0% BM-1;

三开钻井液的基本配方为:现场膨润土浆+0.3% PAM+1.5% KFT+1.5% SMP-1+0.5% SF-1+2.0% 胺基抑制剂+5.0% BH-1+10.0% BM-1。

用高 101 井王氏组地层的岩屑对高效清洁钻井液、硅酸盐钻井液和矿物油钻井液的抑制性进行了评价,结果见表 1。

表 1 不同钻井液体系的抑制性和润滑性比较 Table 1 Inhibition and lubrication comparison of different drilling fluids			
液体类型	岩屑回收率, %	膨胀率, %	极压润滑系数
清水	19.0	100.0	
高效清洁钻井液	67.6	16.0	0.08
硅酸盐钻井液	69.8	38.9	0.38
矿物油钻井液	73.9	15.3	0.09

注:硅酸盐钻井液配方为 2.0% 膨润土+1.5% YGC+3.0% DYFT+3.0% SMT+2.0% Na₂SiO₄;矿物油钻井液配方为 15# 白油+3.0% 有机土+2.0% 乳化剂+0.5%~1.0% 润湿剂+2.5% 增黏剂+1.0% 提切剂+1.0% 降滤失剂+0.5% CaO+加重剂。

从表 1 可以看出,岩屑在清水中的回收率仅为 19.0%,在高效清洁钻井液中的回收率与在硅酸盐钻井液中差不多,低于在矿物油钻井液中的回收率,但在高效清洁钻井液中的膨胀率与在矿物油钻井液

相当,比在硅酸盐钻井液中的膨胀率低^[9]。这表明高效清洁钻井液具有较好的抑制性能,有利于抑制地层造浆。高效清洁钻井液具有良好的润滑性能,其润滑系数略低于油基钻井液体系的润滑系数(见表 1),其润滑性能满足现场钻井要求。

3 现场施工

3.1 一开(0~408.00 m)

一开钻穿平原组地层,采用混浆开钻,钻至井深 200 m 后用碳酸钠促使黏土水化分散,控制流型,利用固控设备,控制钻井液固相含量。钻至一开设计井深,充分循环洗井,起钻前加入 0.1%LV-CMC 提高钻井液黏切,使钻井液黏度维持在 45 s 以上,保证了表层套管顺利下至井底。一开钻井液的性能为:密度 1.05~1.08 kg/L,漏斗黏度 40~50 s。

3.2 二开(408.00~1 812.70 m)

二开采用高效清洁钻井液钻进,钻井液处理本着低固相、强抑制、润滑性优良、流变参数合理的原则。

具体处理措施为:1)二开上部井段采用不同相对分子质量的聚合物合理搭配,保持聚丙烯酰胺、天然高分子絮凝剂、胺基聚醇及有机胺等高效抑制剂在钻井液中的有效含量,提高钻井液的整体抑制性及抗黏土污染的能力;2)充分利用四级固控设备,振动筛采用 120~150 目筛布,二开后期采用 180 目筛布,配合聚合物包被絮凝剂以达到控制钻井液固相含量的目的;3)随着水平段的延长,适时提高铵盐、KFT、磺化酚醛树脂等防塌降滤失剂加量,以保持钻井液的低滤失量并能形成优质的泥饼,在保证钻井液流变性合理的基础上提高钻井液的护胶、造壁能力,并配合各种润滑剂降低摩阻;4)通过提高钻井液黏度、形成优质泥饼、加入足量的高效润滑剂 BM-1(加量 5%~15%)达到提高钻井液润滑性的目的。该井段钻井液性能为:密度 1.10~1.15 kg/L,漏斗黏度 35~45 s,API 滤失 2~5 mL,pH 值 8~9,含砂 0.2%~0.3%,固相含量 5%~8%,塑性黏度 10~13 mPa·s,动切力 2~5 Pa,静切力 0~1/3~8 Pa,膨润土含量 40~70 g/L,粘附系数 0.069~0.026。

3.3 三开(1 812.70~4 535.00 m)

根据高平 1 井钻井液施工方案对三开井段钻井液进行处理,充分利用固控设备,采用 180 目振动筛

布,保证钻井液中固相含量较低;通过高分子聚合物与胺基抑制剂的复配提高钻井液的抑制性;保证钻井液中润滑剂的含量达到要求,必要时配合固体润滑剂提高其润滑性。钻井过程中,钻井液处理以稳定为主,钻井液黏度控制在 50~70 s,保持适当的切力,根据钻井液性能变化及摩阻变化情况适时补充白油润滑剂及各种聚合物。具体的处理措施为:

1)保持聚胺的含量在 0.3%以上,胺基聚醇含量在 0.5%以上,并随着水平段的不断增长,适当提高聚合物浓度来提高钻井液的抑制性,以减少钻屑的过度分散,保持 pH 值的稳定,保证钻井液性能的稳定性;

2)利用固控设备将钻井液固相含量控制在 10%以下,密度控制在 1.15 kg/L 左右;

3)在保证钻井液具有强抑制性的前提下,通过补充预水化膨润土浆,铵盐、硅氟稀释剂、GHM、磺化酚醛树脂和 XC 等处理剂,提高钻井液的防塌、造壁能力,调整钻井液漏斗黏度小于 65 s,静切力控制在 3~5/10~12 Pa,保证钻井液悬浮携带钻屑及清洁井眼的能力;

4)在保证钻井液具有低滤失、高质量泥饼的同时,通过高效润滑剂 BM-1 与 BH-1 的协同作用,保证钻井液具有良好的润滑性;

5)保证现场固控设备全效运转,配合短起下、通井等措施破坏岩屑床、键槽等不利因素。

通过采取以上维护处理措施,高平 1 井三开顺利钻至井深 4 535.00 m,钻进期间起下钻均正常。

4 效果评价

4.1 钻井液性能稳定

钻井液的流变性控制对于携岩非常重要。在水平段钻进期间,钻遇地层本身的性质决定了钻屑的粒径很小,大部分在微米级,180 目的振动筛布仅能分离少量的钻屑,换成 250 目筛布开启离心机后,大部分钻屑得到有效清除,并通过采取维护处理措施,保证了钻井液性能稳定和钻井液的携岩能力。图 3 所示为钻井液漏斗黏度、塑性黏度及动切力随井深的变化曲线。从图 3 可以看出,虽然漏斗黏度随井深增加有所增大,但塑性黏度和动切力都能够保持稳定。总而言之,钻井液在钻进期间性能稳定。

4.2 钻井过程中井壁稳定

该井施工时间长,水平段处于中生界欠压实松软地层中,且有大段的泥岩层。由于最大垂深仅有

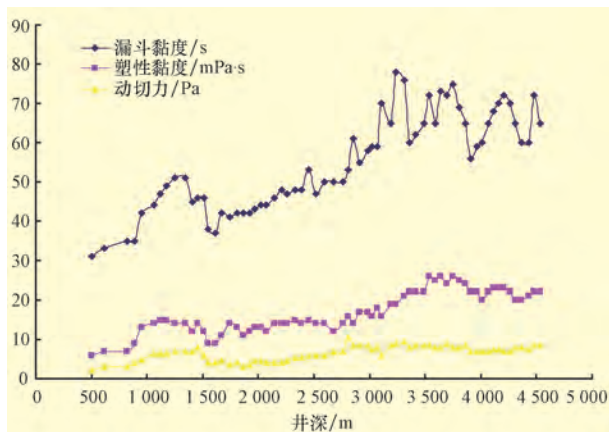


图3 漏斗黏度、塑性黏度及动切力随井深的变化曲线
Fig.3 The curves funnel viscosity, plastic viscosity and yield points varied with the well depth

949.00 m,因此井温较低,循环温度只有 36~40℃,大部分防塌处理剂难以发挥作用,于是采用高效胺基抑制剂,配合常规的 PAM 和天然高分子聚合物及复合铵盐、KFT 等控制黏土适度分散,膨润土含量控制在 5.0%~7.5%,提高了泥饼质量,降低滤失量,水平段 API 滤失控制在 3 mL 以内,保证了井壁的稳定。该井在钻进过程中没有发生掉块坍塌,井径扩大率小于 2.0%,全井起下钻顺畅,无任何阻卡情况出现,井壁稳定性好,井眼规则。

4.3 钻井过程中摩阻的控制

为了大幅度降低水平井钻井过程中的摩阻,除了工程上采取短起下钻、正划眼和倒划眼措施、最大限度破坏岩屑床、保持井眼的清洁外,还加入了足量的润滑剂 BH-1 和固体润滑剂,提高了钻井液的润滑性能,形成了优质的泥饼,降低了井壁摩阻因数。

在实钻时,通过测量摩阻计算出裸眼段的摩阻因数约 0.25,套管内的摩阻因数为 0.23。

5 结论与建议

1) 自主研发的高效润滑剂 BH-1 性能优良,有效解决了超长水平段的润滑问题。

2) 高效清洁钻井液体系具有优良的抑制防塌和携岩性能,对井眼起到了良好的稳定清洁作用。

3) 在超长水平段,一定要充分利用现场的固控设备,尽可能采用细振动筛布,高效使用离心机,以保证钻井液中固相含量较低。

4) 大、中、小相对分子质量高分子聚合物与胺基抑制剂的复配可以提高钻井液的抑制性;加大润滑剂的加量,必要时配合固体润滑剂可以大幅度提

高钻井液的润滑性能。

5) 采用高效胺基抑制剂,配合常规的 PAM 和天然高分子聚合物及复合铵盐、KFT 等控制黏土适度分散,可提高泥饼质量,降低滤失量,增强钻井液的防塌性能。

6) 继续加强常规水基钻井液的研究,研制其他新型处理剂,在增强钻井液性能的基础上,降低钻井液费用。

参考文献

- [1] 施里宇,李天太,张喜凤,等. 温度和膨润土含量对水基钻井液流变性的影响 [J]. 石油钻探技术, 2008, 36(1): 20-22.
Shi Liyu, Li Tiantai, Zhang Xifeng, et al. Effects of temperature and clay content on water-based drilling fluids' rheological property [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2008, 36 (1): 20-22.
- [2] 沈伟. 大位移井钻井液润滑性研究的现状与思考 [J]. 石油钻探技术, 2001, 29(1): 25-28.
Shen Wei. The status and thinkings of the study on drilling fluid lubricity for long extended wells [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2001, 29(1): 25-28.
- [3] 裴建忠, 刘天科, 周飞, 等. 金平 1 浅层大位移水平井钻井技术 [J]. 石油钻探技术, 2009, 37(1): 87-90.
Pei Jianzhong, Liu Tianke, Zhou Fei, et al. Horizontal drilling techniques to penetrate shallow formations in Well Jinping-1 [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2009, 37(1): 87-90.
- [4] 赵道汉, 陈娟, 孙庆林, 等. 钻井液用水基润滑剂 NSR-1 的研究与评价 [J]. 油田化学, 2007, 24(2): 97-99.
Zhao Daohan, Chen Juan, Sun Qinglin, et al. Water base lubricant NSR-1 for drilling fluids and its uses [J]. Oilfield Chemistry, 2007, 24(2): 97-99.
- [5] 赵炬肃, 冯桂双, 王万杰, 等. 高性能复合型固体润滑剂的制备及研究 [J]. 钻井液与完井液, 2009, 26(4): 11-13.
Zhao Jusu, Feng Guishuang, Wang Wanjie, et al. The preparation and study on a composite high performance solid lubricant [J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2009, 26(4): 11-13.
- [6] 王西江, 于培志, 刘四海. 固体乳化润滑剂的研制 [J]. 钻井液与完井液, 2010, 27(2): 16-19.
Wang Xijiang, Yu Peizhi, Liu Sihai. The synthesis of a solid emulsion lubricant [J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2010, 27(2): 16-19.
- [7] 罗云凤, 韩来聚, 张妍, 等. 新型海洋环保聚醇钻井液室内性能研究 [J]. 石油钻探技术, 2009, 37(4): 15-18.
Luo Yunfeng, Han Laiju, Zhang Yan, et al. The development of an offshore polymeric alcohol drilling fluid system [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2009, 37 (4): 15-18.
- [8] 金潮苏. KRH-1 快钻剂的研究与应用 [J]. 石油钻探技术, 2009, 37(2): 57-59.
Jin Chaosu. Research and application of KRH-1 fast drilling agent [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2009, 37(2): 57-59.
- [9] 钟汉毅, 邱正松, 黄维安, 等. 胺类页岩抑制剂特点及研究进展 [J]. 石油钻探技术, 2010, 38(1): 104-108.
Zhong Hanyi, Qiu Zhengsong, Huang Weian, et al. Development and features of amine shale inhibitors [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2010, 38(1): 104-108.