

高性能水基钻井液体系研制与应用

郭盛堂

(大庆钻探工程公司钻井一公司,黑龙江 大庆 163411)

摘要:针对水平井施工中井眼净化、井壁稳定、润滑防卡、保护油气层等技术难题,研制了高性能水基钻井液体系。通过对抑制剂、包被剂、降滤失剂等处理剂的优选,最终确定了高性能水基钻井液体系的配方,对该钻井液体系配方进行各项性能实验表明,该钻井液体系性能稳定,具有较强的抑制性、润滑性、抗污染性和油气层保护能力,在苏德尔特油田的苏平5井现场应用中井壁稳定,起下钻无阻卡现象,取得了非常好的施工效果。

关键词:高性能水基钻井液;处理剂优选;性能评价;苏德尔特油田

中图分类号:TE254;P634.6 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2017)11-0026-04

Development and Application of High Performance Water-based Drilling Fluid System/GUO Sheng-tang (No. 1 Daqing Drilling Company of Drilling Engineering Company, Daqing Heilongjiang 163411, China)

Abstract: A high-performance water-based drilling fluid system has been developed to solve the technical problems such as borehole cleaning, borehole stability, lubrication, anti-sticking and protection of oil and gas reservoirs in horizontal well construction. By the optimization of inhibitor, coating agent, filtrate reducer and other treatment agents, the high performance water-based drilling fluid formulations are ultimately determined, the performance experiments show that this drilling fluid system has stable performance with strong inhibition, lubricity, anti-pollution and reservoir protection capability, very good construction effects have been achieved in the field application of well Suping-5 of Sudeerte oilfield with stable wall, and no jamming in the tripping.

Key words: high performance water-based drilling fluid; treatment agent optimization; performance evaluation; Sudeerte oilfield

在水平井施工中钻井液必须解决井眼净化、井壁稳定、润滑防卡、保护油气层等技术难题。油基钻井液可以很好地解决上述水平井施工的问题,但是油基钻井液具有配比成本高、对环境污染大、后期钻屑处理困难等缺点,因此急需研制一种新型高性能水基钻井液(胺基钻井液)体系来替代油基钻井液,以此来降低钻井施工的综合成本、保护环境,实现可持续发展。

1 高性能水基钻井液主要处理剂优选

1.1 胺基抑制剂优选

1.1.1 岩屑滚动回收实验

泥岩与其它岩性相比较,遇水化膨胀分散,剥蚀掉块是其主要特征,所以应用滚动回收实验测定泥岩的水化分散状态,是评价抑制剂性能好坏的重要指标之一。实验室内选取泥岩岩屑100g,分别平均装入到500mL清水中和不同的实验样品胺基溶

液的老化灌中,在模拟井下温度120℃情况下进行热滚实验,计算每份样品的回收率,实验结果如图1所示。

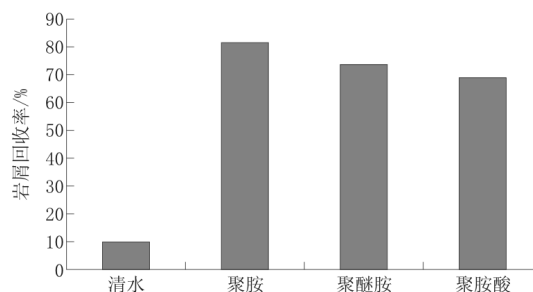


图1 滚动回收率实验图

从图1可以看出,聚胺样品、聚醚胺样品、聚胺酸样品的滚动回收率依次呈现递减趋势,聚胺样品的滚动回收率最高,约为81%,也就是说明聚胺样品对泥页岩的抑制性最好。

1.1.2 激光粒度分析实验

岩屑滚动回收实验只能从宏观上评价聚胺抑制

收稿日期:2017-05-25

基金项目:中国石油天然气股份有限公司重大专项项目“大庆探区非常规油气勘探开发关键技术研究现场试验”(编号:2012E-2603-02)

作者简介:郭盛堂,男,汉族,1965年生,高级工程师,从事钻井技术管理工作,黑龙江省大庆市让胡路区钻井一公司技术服务分公司,guoshengtang@cnpc.com。

剂的性能,因此室内对聚胺抑制剂与其它胺基抑制剂进行激光粒度实验,从微观上评价其抑制性能。实验室内配制质量分数为1.5%的聚胺溶液、聚醚胺溶液和聚胺酸溶液各500 mL,然后将能过180目振动筛筛布的泥岩岩屑加入到配制好的各种胺基溶液中,当配制膨润土比例为7%时,将配制好的膨润土浆水平放置在振荡器上,每过2 h后对该实验样品进行振荡30 min。从第一次开始振荡进行计时,在膨润土水化24 h后进行激光粒度实验分析,分别读取实验中的 d_{10} 值(当颗粒体积分占10%时的粒径值), d_{50} 值(颗粒体积分占50%时的粒径值), d_{90} 值(颗粒体积分占90%时的粒径值)并分别记录,见表1所示。

表1 激光粒度实验结果

样品	$d_{10}/\mu\text{m}$	$d_{50}/\mu\text{m}$	$d_{90}/\mu\text{m}$
清水	1.135	5.098	45.079
聚胺	5.218	18.637	54.215
聚醚胺	5.097	18.119	53.467
聚胺酸	4.863	17.325	42.076

从表1可以看出,聚胺溶液的 d_{10} 、 d_{50} 、 d_{90} 的值都最大,这也就说明加入聚胺溶液中的岩屑在激光粒度实验中水化分散的能力最小,也就证明了聚胺的抑制性在几种实验样品中是最强的。

1.2 包被剂优选

在所有的包被剂中,聚合物包被剂在包裹钻井岩屑的同时,还能够快速吸附在井壁上,堵塞井壁的微小裂缝,起到加固井壁,防止钻井液中滤液进入井壁的作用。因此,本研究选用清水、阳离子包被剂AY,阴离子包被剂NW,聚合物包被剂FA367进行实验,实验结果见表2所示。

表2 包被剂抑制效果评价

实验样品	岩屑回收率/%	岩屑膨胀量/mm
清水	26.5	8.8
清水+0.2% AY	69.7	7.3
清水+0.2% FA367	93.5	6.1
清水+0.2% NW	86.7	6.5

从表2岩屑回收率上可以看出,两性聚合物包被剂FA367的岩屑回收率最高,为93.5%;岩屑膨胀量最小,为6.1 mm,因此,包被剂两性复合离子聚合物FA367对钻井岩屑具有非常好的包被效果,可作为高性能水基钻井液体系的包被剂使用。

1.3 降滤失剂优选

通过在钻井液中应用降滤失剂,可以有效减少钻井液中的自由水进入到井壁中,同时能够在井壁表面形成一层薄而致密,坚固的泥饼,保证井壁稳定。本研究对比评价了低粘聚阴离子纤维素PAC-LV、超低渗透处理剂SDN-1、羧甲基磺化酚醛树脂SD-101、羧甲基淀粉CMS等处理剂的作用效果,以120℃、24 h热滚后的API失水量为考核指标,实验结果见表3。

表3 降滤失剂优选数据

实验样品	实验条件	AV/(mPa·s)	PV/(mPa·s)	YP/Pa	FL/mL
3%膨润土+	热滚前	37.2	31.5	6.3	9.1
2% PAC-LV	热滚后	22.5	19.5	2.9	6.4
3%膨润土+	热滚前	42.3	33.5	9.8	8.7
2% SDN-1	热滚后	26.8	22.4	4.4	8.2
3%膨润土+	热滚前	4.4	6.0	0.8	9.9
2% SD-101	热滚后	4.4	6.0	0.8	11.3
3%膨润土+	热滚前	6.3	5.5	2.5	9.8
2% CMS	热滚后	3.3	2.5	1.1	8.9

从表3可以看出,在实验条件和各种处理剂加量相同的情况下,热滚前后的API失水量最小的为PAC-LV,因此,可以把PAC-LV作为高性能水基钻井液体系配方的降滤失剂。

2 高性能水基钻井液配方的确定与性能评价

2.1 钻井液体系配方的确定

以抑制剂聚胺、包被剂聚合物FA367、降滤失剂PAC-LV为实验因素进行三因素正交实验,以此来确定各种处理剂的合理加量;以表观粘度和API最低失水量为主要目标来对钻井液体系进行极差分析,初步形成了高性能水基钻井液体系的基础配方:3%~5%膨润土+0.35%纯碱+0.05%氢氧化钾+0.4%~0.7%聚胺+0.3%~0.5%包被剂FA367+1.5%~2.5%降滤失剂PAC-LV+适量消泡剂。在此配方的基础上,通过4组实验来调整润滑剂的加量,实验结果如表4所示。

从表4可以看出,当润滑剂加量达到5%以后润滑系数就不再降低了,在继续加入润滑剂只能是增加钻井液的成本,因此,该钻井液体系中加入5%润滑剂就可以满足要求。钻井液的最佳配方为:3%~5%膨润土+0.35%纯碱+0.05%氢氧化钾+0.4%~0.7%聚胺+0.3%~0.5%包被剂FA367+1.5%~2.5%降滤失剂PAC-LV+2%石墨+5%润滑剂+适量消泡剂。

表4 不同润滑剂加量情况下钻井液性能

项目	实验条件	AV/ (mPa·s)	PV/ (mPa·s)	YP/ Pa	API失水 量/mL	润滑 系数
基础配方 + 3% 润滑剂	老化前	30.0	21.5	12.5	3.8	0.15
	老化后	30.5	21.0	12.0	3.7	0.16
基础配方 + 4% 润滑剂	老化前	31.0	22.0	11.0	3.9	0.13
	老化后	32.0	22.5	11.0	3.9	0.14
基础配方 + 5% 润滑剂	老化前	29.5	20.0	10.5	3.5	0.08
	老化后	29.0	20.0	10.0	3.3	0.08
基础配方 + 6% 润滑剂	老化前	32.0	20.5	9.5	3.6	0.08
	老化后	31.5	21.0	9.5	3.5	0.09

2.2 配方性能评价

2.2.1 抑制性能评价

室内选取过 140 筛布的泥岩岩屑 50 g, 在 120 °C 情况下采用滚动回收实验来评价该钻井液体系的抑制性, 实验结果见表 5。高性能水基钻井液体系的岩屑回收率为 90%, 与油基钻井液岩屑回收率基本相当, 证明了该钻井液体系对泥岩具有良好的抑制性, 能够防止泥岩水化分解, 保证了井壁的稳定。

表5 岩屑滚动回收数据

体系	岩屑回收量/g	岩屑回收率/%
清水	5.0	10
高性能钻井液	45.0	90
油基钻井液	45.5	91

2.2.2 润滑性能评价

采用极压润滑仪和滤饼粘附系数测定仪, 对钻井液的润滑性和滤饼的粘附系数进行了测量。测得极压润滑系数为 0.08, 滤饼粘附系数为 0.087, 说明高性能水基钻井液具有良好的润滑性, 可满足水平井施工对钻井液润滑性的要求。

2.2.3 抗污染性能

抗污染性是评价钻井液在使用中性能是否稳定的一项重要指标。室内将过 180 目筛布的泥岩岩屑按照不同比例加入到配制好的高性能水基钻井液中, 测量其老化前后的性能, 结果见表 6 所示。从表 6 中可以看到, 随着岩屑加量的不断增加, 表观粘度、塑性粘度、动切力和 API 失水量都无明显变化, 表面该钻井液体系具有良好的抗污染能力。

表6 不同岩屑加量情况下钻井液性能

岩屑加量/%	AV/(mPa·s)	PV/(mPa·s)	YP/Pa	API失水量/mL
5	14	8.5	0.80	2.2
10	14	8.5	0.81	2.2
15	15	8.6	0.81	2.3

2.2.4 保护油气层性能

室内选用人造岩心作为实验对象来做储层静态伤害评价实验, 从实验后的结果发现该钻井液体系对储层岩心的渗透率恢复率都在 90% 以上, 表明高性能水基钻井液体系具有良好的储层保护效果。

3 现场应用

高性能水基钻井液体系在苏德尔特油田的苏平 5 井进行了现场应用, 苏平 5 井完钻斜深 3336.00 m, 垂深 1451.26 m, 水平位移 1826.31 m, 水平段长 1508.00 m, 最大井斜角 90.37°。全井施工井壁稳定, 起下钻无阻卡现象, 施工非常顺利, 取得了非常好的施工效果。

3.1 二开直井段应用

在二开直井段由于上部地层软, 钻速快, 而且存在大段泥岩, 泥岩造浆能力强, 并且泥岩水化膨胀, 因此, 控制地层造浆, 保证井壁稳定是该段施工的重点。因此, 在该段初始施工中加入 0.4% 的聚胺, 1.5% 降滤失剂 PAC-LV 和 0.4% 包被剂 FA367, 提高钻井液的抑制能力和携岩能力, 同时使用离心机控制钻井液中的有害含量, 保证井眼清洁和井壁稳定。随着井深的不断增加, 不断补充各种处理剂, 使钻井液中聚胺含量 $\leq 0.5\%$, 降滤失剂 PAC-LV 含量 $\leq 2\%$, 包被剂 FA367 含量 $\leq 0.5\%$ 。该段钻井液性能为: 密度 1.15 ~ 1.20 g/cm³, 漏斗粘度 50 ~ 70 s, 塑性粘度 9 ~ 13 mPa·s, 动切力 4 ~ 9 Pa, API 失水量 1.9 ~ 2.2 mL, 初切 2.5 ~ 5.5 Pa, 终切 11 ~ 15 Pa。

3.2 三开造斜段和水平段应用

造斜段除了要保持上述处理剂合理加量外, 在造斜初期一次性加入 2% 的润滑剂, 至井斜角 80° 的时候润滑剂含量不能低于 4%, 保证钻井液具有良好的润滑性能。水平段施工中逐渐调整各种处理剂的加量, 钻井液中聚胺含量 $\leq 0.7\%$, 降滤失剂 PAC-LV 含量 $\leq 2.5\%$, 包被剂 FA367 含量 $\leq 0.5\%$, 润滑剂含量 $\leq 5\%$, 确保其钻井液整体性能优良, 具有良好的流变性和润滑性, 同时适当提高钻井液的粘度和屈服值, 保证钻井液具有良好地携带和悬浮岩屑的能力。该井段施工的钻井液性能指标为: 密度 1.10 ~ 1.15 g/cm³, 漏斗粘度 55 ~ 75 s, 塑性粘度 13 ~ 18 mPa·s, 动切力 5 ~ 9 Pa, API 失水量 1.8 ~ 2.5 mL, 初切 3 ~ 5 Pa, 终切 12 ~ 17 Pa, 润滑系数 0.05,

施工中根据井下摩阻和实际测量的扭矩情况,以及振动筛返砂情况,及时进行短起下钻,破坏岩屑床,保证井下的安全。

4 结论

(1)通过优选各种处理剂,最终确定高性能水基钻井液体系的配方为:3%~5%膨润土+0.35%纯碱+0.05%氢氧化钾+0.4%~0.7%聚胺+0.3%~0.5%包被剂FA367+1.5%~2.5%降滤失剂PAC-LV+2%石墨+5%润滑剂+适量消泡剂。

(2)对高性能水基钻井液体系配方进行性能评价发现该体系具有很强的抑制性、润滑性、抗污染性和保护油气层性能。

(3)高性能水基钻井液体系在苏德尔特油田的苏平5井现场应用中井壁稳定,起下钻无阻卡现象,取得了非常好的施工效果。

参考文献:

- [1] 侯杰,刘永贵,李海.高性能水基钻井液在大庆油田致密油藏水平井中的应用[J].石油钻探技术,2015,43(4):59-65.
- [2] 钟汉毅,邱正松,黄维安,等.聚胺水基钻井液特性实验评价[J].油田化学,2010,27(2):119-123.
- [3] 丁彤伟,鄢捷年.新型水基钻井液抑制剂FTy的实验研究[J].钻井液与完井液,2015,22(6):13-15.
- [4] 李生海,马智跃,邓先明,等.高分子聚合物无固相冲洗液在牛头山深钻CUSD3孔的应用研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(1):29-32.
- [5] 孟祥波.齐平3井钻井施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(8):22-24.
- [6] 王佩平,王立亚,沈建文,等.胺类抑制剂在临盘地区的应用[J].钻井液与完井液,2011,28(3):35-38.
- [7] 钟汉毅,黄维安,邱正松,等.聚胺与氯化钾抑制性的对比实验研究[J].西南石油大学学报,2012,34(3):150-156.
- [8] 董广华.金31-平2阶梯式水平井井眼轨迹控制技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(3):30-33.
- [9] 史沛谦,王善举,马文英,等.靖南地区水平井钻井液技术研究及应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(7):1-4.
- [10] 钟汉毅,邱正松,黄维安,等.聚胺水基钻井液特性实验评价[J].油田化学,2010,27(2):119-123.
- [11] 杨龙波.有机胺钻井液的研究与应用[D].山东东营:中国石油大学,2010.
- [12] 邱正松,徐加放,吕开河,等.“多元协同”稳定井壁新理论[J].石油学报,2007,28(2):117-119.
- [13] 孔德虎.泥页岩水化对井壁稳定的影响规律研究[D].黑龙江大庆:东北石油大学,2010.
- [14] 李秀灵,沈丽,陈文俊.合成基钻井液技术研究与应用进展[J].承德石油高等专科学校学报,2011,13(1):21-24.
- [15] 王景芹,李丹东,郑连波,等.烷基季铵盐改性膨润土的膨胀性[J].辽宁石油化工大学学报,2006,26(3):27-31.