

延长油田罗庞塬区水平井钻井液防塌技术研究

张文哲, 李伟, 符喜德, 李红梅, 王波
(陕西延长石油(集团)有限责任公司研究院, 陕西西安 710075)

摘要: 延长油田罗庞塬区块部分层段由于泥页岩、碳质泥岩和油页岩发育突出, 在钻井施工中常出现定向托压、掉块普遍和地层垮塌严重等现象, 针对这些技术难题进行了该区块钻井液体系研究, 确定 4% KCl、5% 聚合醇和 0.6% ~ 0.8% SI-150 作为抑制性防塌处理剂主体防塌, 选择 1% 氧化沥青、3% 超细碳酸钙(1% 2000 目 + 2% 3000 目) 和 1% 弹性石墨作为封堵性防塌处理剂协助防塌, 形成了适合延长油田罗庞塬区块防塌钻井液体系。该钻井液体系封堵性和抑制性良好, 页岩滚动回收率保持在 93% 以上, 极压润滑系数控制在 0.07 以下。该钻井液体系在罗平 16 井和蒲平 48 井 2 口水平井成功进行了现场应用, 取得了良好效果。

关键词: 钻井液; 抑制性; 封堵性; 防塌; 掉块; 延长油田

中图分类号: TE254 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2017)07-0015-04

Research on Anti-collapse Technology of Horizontal Well Drilling Fluid in Luopangyuan Block of Yanchang Oil-field/ZHANG Wen-zhe, LI Wei, FU Xi-de, LI Hong-mei, WANG Bo (Research Institute of Shaanxi Yanchang Petroleum (Group) Co. Ltd., Xi'an Shaanxi 710075, China)

Abstract: Due to the development of mud shale, carbonaceous mudstone and oil shale in some sections of Luopangyuan block in Yanchang oilfield, the directional backpressure, block falling and serious strata collapse often occur in the drilling construction, the research on anti-collapse drilling fluid system for this block is carried out. The results show that 4% KCl, 5% polyalcohol and 0.6% ~ 0.8% SI-150 can be used as inhibitory anti-collapsing agent, and 1% oxidized asphalt, 3% superfine calcium carbonate (1% 2000 mesh + 2% 3000 mesh) and 1% elastic graphite as plugging anti-collapse treatment agent to help prevent collapse, together forming an anti-collapse drilling fluid system suitable for Luopangyuan block in Yanchang oilfield. With the good sealing property and inhibition of this drilling fluid system, the shale rolling recovery was remained at over 93%, extreme pressure lubrication coefficient controlled less than 0.07. The drilling fluid system has been successfully applied in 2 horizontal wells of Luoping 16th well and Puping 48th well with good results.

Key words: drilling fluid; inhibitory property; plugging property; anti-collapse; block falling; Yanchang oilfield

1 区域概况

罗庞塬区块属于延长油田西部深层复杂区块, 主要是定边、吴起的部分地区; 该区块地层岩性复杂, 裂缝发育, 压力异常, 实际钻井过程中多次发生垮塌等复杂事故。

该区目的层多为延长组第 7 段(简称为“长 7”), 其地层厚度 85 ~ 110 m, 地层深度 1500 ~ 2500 m, 东西部不等, 岩性主要为油页岩、暗色泥岩、砂质泥岩夹黑灰色粉细砂岩。长 7 顶部和底部各发育一套油页岩或黑色泥岩, 中部发育一套砂体, 砂体间为砂泥岩护层。在水平井钻井过程中, 造斜段钻遇长 7 顶部油页岩, 地层粘土含量较高, 现有钻井液抑制性能不足, 导致井壁吸水膨胀厉害、掉块严重而造成垮塌, 现场钻井难度增大^[1-2]。

2 防塌钻井液室内研究

针对于西部复杂区块的复杂情况, 对于钻井液的抑制性能、流变性能提出了更高的要求, 普通的 K-PAM 聚合物钻井液体系, 已经很难满足现场施工的技术要求; 室内在现有体系的基础上, 通过对主要防塌处理剂种类、加量优选, 建立该区块目的层防塌钻井液体系^[3-4]。主要防塌处理剂包括抑制性防塌处理剂和封堵性防塌处理剂 2 种, 分别进行优选。

2.1 试验方法

2.1.1 试验材料

评价材料多数来自于现场, 见表 1。

2.1.2 试验方法

试验采用现场常用基浆^[5]: 4% 膨润土 + 0.2% K-PAM + 0.5% COP-HFL 聚合物降滤失剂 +

收稿日期: 2016-12-29

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划)项目“页岩气钻完井及储层评价与产能预测技术研究”(编号: 2013AA064501)

作者简介: 张文哲, 男, 汉族, 1987 年生, 油气井工程专业, 硕士, 从事钻井液工艺研究工作, 陕西省西安市科技二路 75 号, eagle.1983@163.com。

表1 室内试验用材料概况

名称	主要作用	生产厂家
KCl	抑制	胜利油田胜利化工有限责任公司
有机胺 SI-150	抑制	四川仁智油田技术服务股份有限公司
聚合醇 WJH	浊点 70℃, 封堵、润滑	四川光亚科技股份有限公司
氧化沥青 FT	封堵	成都春锋石油科技有限公司
超细碳酸钙 QS (2000, 3000 目)	封堵	胜利油田胜利化工有限责任公司
弹性石墨 Rebound	封堵、润滑	菲利普斯公司
改性石墨	润滑、防塌	胜利油田胜利化工有限责任公司
挤压润滑剂	润滑、防塌	胜利油田胜利化工有限责任公司

0.03% NaOH。

按 GB/T 16783.1—2014《石油天然气工业钻井液现场测试第 1 部分:水基钻井液》评价该钻井液体系流变性能。

抑制性防塌处理剂主要考察其抑制性,通过检测其加入原浆后体系对页岩的滚动回收率和线性膨胀率,确定其种类、加量,试验方法参照《钻井液用页岩抑制剂评价方法》(SY/T 6335—1997)标准;封堵性防塌处理剂主要考察其封堵性,通过砂床封堵性滤失试验,评价其加入基浆后的钻井液对 26 目~40 目砂床的封堵能力(10、20 和 30 min 的滤失量)来对处理剂进行优选。

2.2 抑制性防塌处理剂优选

室内选择 KCl、有机胺 SI-150 和聚合醇复配,探究其抑制性防塌效果^[6],试验结果见表 2。由表 2 可以看出,在基浆加入 4% KCl 基础上,分别加入

5% 聚合醇和 0.8% SI-150,抑制性均有明显提高,页岩滚动回收率增大、线性膨胀率减小,且聚合醇对其影响较大。在此基础上进行复配,抑制性能更为突出,表明三者协同作用良好。根据对比和综合评价,最终确定的抑制性防塌处理剂配方为:基浆 + 4% KCl + 5% 聚合醇 + (0.6% ~ 0.8%) SI-150。

表2 抑制性防塌处理剂滚动回收率与线性膨胀率

复配体系	滚动回收率/%	线性膨胀率/%
基浆 + 4% KCl(0 号)	84.37	29.65
0 号 + 5% 聚合醇	92.31	23.54
0 号 + 0.8% SI-150	89.56	25.43
0 号 + 5% 聚合醇 + 0.8% SI-150	97.34	16.37
0 号 + 5% 聚合醇 + 0.6% SI-150	95.26	19.45
0 号 + 4% 聚合醇 + 0.6% SI-150	93.34	21.29

2.3 封堵性防塌处理剂优选

对现场常用的封堵剂(氧化沥青、不同目数超细碳酸钙)和引进的弹性石墨 Rebound 复配^[7],进行砂床封堵性滤失试验。该试验通过 1% 氧化沥青加入 300 mL 基浆中的基础上,分别加入 3%~4% 的别样封堵材料,测量其对砂床封堵的滤失量,试验结果见表 3。在基浆中加入氧化沥青和超细碳酸钙后,使钻井液的封堵能力提高近 30%,且不同目数超细碳酸钙搭配封堵效果更好;引入弹性石墨后,钻井液封堵能力大幅度提高,最终配方(基浆 + 1% 氧化沥青 + 超细碳酸钙(1% 2000 目 + 2% 3000 目) + 1% 弹性石墨)具有良好的封堵效果。

表3 封堵性防塌处理剂封堵性能评价结果

复配体系	漏失量/mL			30 min 漏失量比例/%
	10 min	20 min	30 min	
基浆	215	85	0	100
基浆 + 1% 氧化沥青 + 3% 超细碳酸钙(2000 目)	154	50	10	71.3
基浆 + 1% 氧化沥青 + 1% 超细碳酸钙(2000 目) + 2% 超细碳酸钙(3000 目)	120	35	5	53.3
基浆 + 1% 氧化沥青 + 1% 超细碳酸钙(2000 目) + 2% 超细碳酸钙(3000 目) + 1% 弹性石墨	103	29	0	44

2.4 防塌润滑剂优选

现阶段使用的主要防塌润滑剂有:改性石墨固体润滑剂、极压减摩水基润滑剂等。按照下面的配方来配制钻井液,通过测定钻井液的润滑系数和高温高压下的泥饼粘滞系数,来评价 2 种润滑剂的润滑效果,加量按照现场惯用的 0.5% 添加。

1 号:基浆 + 0.5% 改性石墨;

2 号:基浆 + 0.5% 极压减摩剂。

2.4.1 测定钻井液的润滑系数

试验采用 EP 润滑仪,按照标准步骤测定,具体结果见表 4。

表4 加入不同润滑剂后钻井液的润滑系数

编号	体系配方	润滑系数 K
1	基浆	0.31
2	基浆 + 0.5% 改性石墨	0.25
3	基浆 + 0.5% 极压减摩剂	0.21

结果表明,2 种润滑剂对钻井液的润滑系数都有提高,但是极压减摩剂对钻井液的润滑性能提高

更加明显。

2.4.2 测定高温高压下的泥饼粘滞系数

试验采用高温高压滤失仪,在80℃温度条件下按照标准步骤测定。试验结束后取下来的泥饼见图1,1号泥饼较厚,而且韧性不足,泥饼整体质量不好;2号泥饼较薄,润滑性能好,泥饼质量整体优于1号。最终泥饼粘滞系数测定结果见表5。

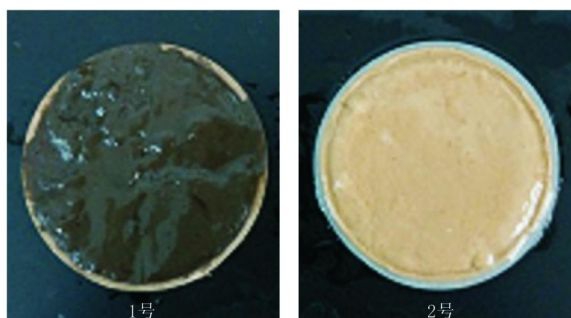


图1 高温高压下的泥饼

表5 加入不同润滑剂后钻井液的粘滞系数

编号	配方	粘滞系数 K_f
1	基浆 + 0.5% 改性石墨	0.1763
2	基浆 + 0.5% 极压减摩剂	0.0787

综合对比钻井液的润滑系数与高温高压下泥饼的粘滞系数可以看出,现场采用的极压减摩水基润滑剂润滑性要明显优于改性石墨固体润滑剂;最终优选出的防塌润滑剂为0.5%极压减摩水基润滑剂。

2.5 防塌钻井液体系确定

通过对抑制性防塌处理剂和封堵性防塌处理剂进行合理配比,采用正交实验确定延长油田罗庞塬复杂区块目的层防塌钻井液体系配方如下:3% ~ 5% 钠膨润土 + 0.2% ~ 0.5% K - PAM + 0.5% ~ 1% COP - HFL 聚合物降滤失剂 + 0.03% NaOH + 4% KCl + 5% 聚合醇 + 0.6% ~ 0.8% SI - 150 + 1% 氧化沥青 + 超细碳酸钙(1% 2000目 + 2% 3000目) + 1% 弹性石墨 + 0.5% 极压减摩剂。

3 现场应用

室内研究的防塌钻井液体系在延长油田罗庞塬复杂区块罗平16井、蒲平48井2口水平井二开斜井段和水平段进行了现场应用,在碳质泥岩、煤层易失稳地层井壁稳定,无掉块现象发生,井塌发生率为0,施工周期大幅度提升,应用效果良好。

3.1 主要措施

(1) 根据对现场选取的掉块进行抑制性能评价,发现该区域掉块主要为硬脆性掉块,需先从力学角度进行平衡^[8-10]。在斜井段,钻至该不稳定层段前50m处就应该提高钻井液的密度,密度提高到1.18 ~ 1.24 g/cm³,完成水平段钻进。

(2) 在钻遇不稳定的泥岩段50m前,转化为防塌钻井液体系。

(3) 提高钻井液的岩屑携带能力。控制好钻井液的漏斗粘度在50 ~ 70 s,提高钻井液的动切力与动塑比,防止岩屑床的形成。

(4) 改善泥饼质量。在防塌钻井液体系维护基础上,降低钻井液的高温高压失水量,在配方基础上,加入足量的极压减摩剂^[11],保证钻井液的润滑性能,提高泥饼质量,保证泥页岩段井眼规则。

3.2 应用井概况

(1) 罗平16井:该井位于罗庞塬区西部,井深3345m,垂深2365m,目的层延长组长7段。该区块邻井在长7顶部坍塌严重,该层位岩性主要以浅灰色粉细砂岩夹黑色碳质泥岩为主,碳质泥岩层多段长,地层较为复杂^[1]。

(2) 蒲平48井:该井位于罗庞塬区东部,水平位移1684m,垂深1257m,目的层延长组长7段。该区块长7顶部剥落性掉块较为严重,多井多次发生遇阻、卡钻等复杂事故^[12]。

3.3 现场应用效果

3.3.1 罗平16井

罗平16井钻进过程中,在进入不稳定地层延长组长7段之前转化为防塌钻井液体系,并使用加重材料逐步将钻井液密度提高到1.21 g/cm³,钻进过程中钻井液粘度一直稳定在60 ~ 65 s,最大限度地清除钻井液中的有害固相(含砂量0.3%以内,固相含量3%以内),使钻井液体系密度在1.20 g/cm³以上仍可保持很好的流变性能;同时,在造斜段和水平段提高钻井液的润滑性,避免托压问题而保证该井段的快速顺利钻进^[13-14]。

从现场试验的钻井液性能来看,防塌钻井液体系在罗庞塬区块应用效果良好,钻进泥岩井段岩屑均匀返出,未发生明显掉块,很好地解决了该区块常出现的井塌、卡钻等复杂问题,现场钻井液性能见表6。

3.3.2 蒲平48井

表6 罗平16井新体系试验井段现场钻井液性能

井深/ m	常规性能										PV/ (mPa·s)	YP/ Pa	动塑 比	K _f	备注
	ρ/ (g·cm ⁻³)	FV/ s	FL/mL		泥饼厚/ mm	含砂量/ %	pH 值	静切力/Pa							
			API	HTHP				10 s	10 min						
2357	1.16	52	4.0	13.6	0.5	0.3	8	1.0	4.5	15	7.0	0.47	0.12	转化配浆	
2566	1.18	64	4.8	13.2	1.0	0.3	9	4.5	7.0	20	9.5	0.48	0.07	造斜段	
2657	1.19	66	4.8	14.0	1.0	0.3	9	4.0	7.5	20	10.0	0.50	0.07	造斜段	
2755	1.21	67	5.0	13.8	0.5	0.3	9	5.0	9.5	19	9.5	0.50	0.07	水平段	
3184	1.19	58	5.0	12.4	0.5	0.3	9	2.5	7.5	20	9.0	0.45	0.07	水平段	
3345	1.18	58	5.0	12.6	0.5	0.3	9	3.0	8.0	20	8.5	0.43	0.07	完钻	

从井斜80°开始(长6底部)应用该防塌钻井液体系,顺利完成了钻井、测井、下套管等作业,整个过

程中有效解决了井壁稳定、携岩和润滑等技术问题。造斜段、水平段试验体系钻井液性能参数见表7。

表7 蒲平48井新体系试验井段现场钻井液性能

井深/ m	常规性能										PV/ (mPa·s)	YP/ Pa	动塑 比	K _f	备注
	ρ/ (g·cm ⁻³)	FV/ s	FL/mL		泥饼厚/ mm	含砂量/ %	pH 值	静切力/Pa							
			API	HTHP				10 s	10 min						
1440	1.17	60	3.2	13.8	1.0	0.2	9	2.0	5.0	26	8.5	0.33	0.12	转化配浆	
1530	1.18	59	4.2	12.8	0.5	0.3	8	2.0	5.0	26	8.0	0.31	0.07	造斜段	
2500	1.18	62	3.6	13.0	1.0	0.3	9	2.5	7.0	24	10.0	0.42	0.08	水平段	
2698	1.19	69	4.0	12.4	0.5	0.2	8	3.5	9.5	25	11.5	0.46	0.07	水平段	
2770	1.19	68	4.2	12.6	0.5	0.3	9	3.0	9.0	27	10.0	0.37	0.08	完钻	

现场应用2口水平井,钻井液材料耗费跟邻井相比,减少8.9%,一定程度上降低了成本,符合当前形势下油田“降支增效”的主体思想;蒲平48井转化该体系后,1400m井段施工共计7d,相比邻井蒲平46井机械钻速提升23.8%,已在全油区相近地层推广使用。

4 结论

(1)室内研究出的防塌钻井液体系通过复配使用KCl、有机胺SI-150和聚合醇提高钻井液抑制性,复配使用氧化沥青、不同目数超细碳酸钙和引进的弹性石墨Rebound提高钻井液封堵性。

(2)对抑制性防塌处理剂和封堵性防塌处理剂进行合理配比,采用正交实验确定延长油田罗虎源复杂区块防塌钻井液体系,该体系可保证滚动回收率>93%,线性膨胀率<22%,极压润滑系数<0.07。

(3)防塌钻井液体系在延长油田罗虎源区块罗平16井、蒲平48井成功进行了应用,该体系抑制性和封堵性良好,有效解决了该区块复杂层段造成的严重掉块、坍塌等复杂问题。

参考文献:

[1] 赵巍,巨满成,吴学升,等. 姬源油田罗平10井钻井(完井)液技术[J]. 科学技术与工程,2012,12(12):2987-2990.

- [2] 王东伟,王翔,单安平,等. 罗平7水平井钻井技术[J]. 石油钻采工艺,2012,34(5):25-27.
- [3] 微殿举,史沛谦,王自民,等. 鄂尔多斯地区防塌钻井液技术[J]. 钻井液与完井液,2014,31(4):89-91.
- [4] 陈华,王浩,邓贺璟,等. 长庆油田神木-双山区块防塌钻井液技术[J]. 油气田地面工程,2009,28(9):12-13.
- [5] 邓都都. 延长油田罗虎源地区水平井钻井液研究与应用[D]. 北京:中国地质大学(北京),2016.
- [6] 郭宝利,袁孟雷,王爱玲,等. 聚合醇抑制性能评价研究[J]. 钻井液与完井液,2005,22(4):35-37.
- [7] 张琰,刘艳. 弹性石墨在钻井液中的应用研究[J]. 天然气工业,2003,23(1):42-44.
- [8] 罗诚,吴婷,朱哲显. 硬脆性泥页岩井壁稳定性研究[J]. 西部探矿工程,2013,25(6):50-52.
- [9] 邓金根,洪生. 钻井工程中井壁失稳的力学机理[M]. 北京:石油工业出版社,1998.
- [10] Jincai Zhang, J. - C. Roegiers. Horizontal Borehole Stability in Naturally Fractured Reservoirs[J]. SPE 65513. 2000.
- [11] 张月华,高胜华,王淑娟,等. 抗磨减阻剂KJM-1在HD10-1-4HF双分支水平井的应用[J]. 钻井液与完井液,2015,32(3):35-38.
- [12] 张焯毓,周文,唐瑜,等. 鄂尔多斯盆地三叠系长7油层组页岩储层特征[J]. 成都理工大学学报(自然科学版),2013,(6):671-676.
- [13] 李磊. 防塌钻井液配方研究[D]. 陕西西安:西安石油大学,2011.
- [14] Soric, Tomislav, Marinescu, et al. Silicate-based drilling fluids deliver optimum shale inhibition and wellbore stability[J]. SPE Journal, 2004.