

金山地区防塌钻井液体系研究

葛春梅, 张天笑, 李继茂, 陈业鹏, 陈玉平

(中石化东北油气分公司石油工程技术研究院, 吉林 长春 130062)

摘要:金山地区是松辽盆地的主要油气聚集区。该区岩性复杂,泥岩发育,钻井过程中随着钻井液浸泡时间的延长,井壁稳定问题突出。通过对地层理化性质和力学稳定性分析,是由于钻井液的化学稳定性不足导致了井壁的失稳。为了提高钻井液的化学稳定性,提出了“封堵”防塌的技术方案。研制的防塌钻井液体系具有封堵和抑制性强等特点。该体系高温高压失水可以控制在 11 mL/30 min 以内,砂床侵入深度 2 cm,泥页岩回收率达到 95% 以上,钻井液抑制和封堵效果显著。

关键词:井壁稳定;钻井液;防塌;金山地区

中图分类号:P634.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1672 - 7428(2015)05 - 0019 - 03

Studies of Prevent Caving Drilling Mud in the Jinshan Tract/GE Chun-mei, ZHANG Tian-xiao, LI Ji-mao, CHEN Ye-peng, CHEN Yu-ping (Petro Engineering Technology Research Institute, Northeast Oil & Gas Branch, SINOPEC, Changchun Jilin 130062, China)

Abstract: Jinshan is hydrocarbon accumulation area chiefly, which have complex lithology and mudstone development. With long soak time of drilling mud, problems of wall stability are projecting. Be based on layer physics and chemistry and mechanics stability analysis, scarce chemistry stability of drilling mud which cause wall instability. To heighten wall stability, Proposeing first opinion of plugging prevent caving. Prepareing prevent caving drilling mud. The system have sealing and restrain characteristics powerfully. High temperature and pressure filtration can attain eleven millilitre under. Sand bed intrude into two centimeter. Mud shale rate of recovery can attain ninetyfive percent above, effect of drilling mud prevent caving marked are remarkably.

Key words: wall stability; drilling mud; prevent caving

0 引言

金山地区是松辽盆地主要油气聚集区,是中石化在东北工区的重点勘探开发对象。该区上部地层以泥页岩为主,下部地层含有砂与泥岩互层,且泥岩发育。钻井过程中易出现井壁坍塌掉块的复杂情况,部分井在局部井段井径扩大率可达 30% 以上,主要分布在泉头组地层。随着钻井液浸泡时间的延长,易水化膨胀或裂隙发育的泥岩地层易发生井壁坍塌,对钻井液的防塌能力提出了更高的要求。基于此,笔者对金山地区防塌钻井液体系开展了研究。

1 井壁失稳原因分析

针对井壁稳定问题,首先从力学和地层物理特性两个角度分析了井壁的失稳原因,以便于采取针对性的措施,彻底解决井壁失稳问题。

1.1 岩石力学分析

从金山地区三压力剖面来看,在近平衡钻井条

件下,实际现场钻井液密度高于地层坍塌压力的当量密度,满足力学平衡条件,排除了压力不平衡导致井壁失稳的可能性。

1.2 岩石理化性质分析

为弄清影响井壁稳定的潜在影响因素,选取了全井段具有代表性的地层岩屑进行了矿物组分分析,其分析结果见表 1。

表 1 金山地区粘土矿物组成

层位	全岩矿物 中粘土总 量/%	粘土矿物相对含量/%				
		伊蒙 混层	伊利 石	高岭 石	绿泥 石	蒙脱石占伊 蒙混层的比
泉三段	9~13	54~75	23~41	2	3~4	38~42
泉二段	9~45	15~73	19~70	1~5	1~9	15~52
泉一段	10~62	10~73	25~73	1~8	1~10	15~43
登娄库组	17~27	24~62	31~60	3~7	3~9	15~25
营城组	12~34	16~67	27~73	3~11	3~22	15~25
沙河子组	9~17	8~30	47~63	6~17	4~12	15~25
火石岭组	26	30	54	5	11	15

从表1可以看出,金山地区粘土矿物分布广泛,主要集中在泉头组地层,营城组。蒙脱石粘土矿物遇水后膨胀分散性强,并且地层从上至下蒙脱石含量有下降的趋势。对于不易分散的泥岩地层,比如金山地区L6-2HF井钻进井段3173~3418 m(沙河子组),也发生了井壁坍塌、下钻遇阻等现象,划眼通井15天。岩性主要为灰黑色泥岩,浸泡1个月仍无分散现象,但该泥岩页理发育,呈片状剥落(见图1)。随着钻井液浸泡时间的延长,划眼时间也随之延长,经过5次划眼,钻井液密度由 1.32 g/cm^3 提高至 1.58 g/cm^3 控制了井壁坍塌。



图1 L6-2HF井3173~3355 m沙河子组灰黑色泥岩

该灰黑色泥岩经水浸泡一个月仍然完整,无分散现象,测试现场钻井液的泥页岩回收率达到92.76%,说明对于此类泥岩,紧靠提高钻井液的抑制性是不能解决井壁失稳问题的。分析主要原因为对页理发育、胶结疏松的泥岩地层,在提高钻井液抑制性的同时,需要增强其封堵性能,使得钻井液能够在井壁表层快速形成封堵层,有效封堵地层层理、裂隙,从而防止地层剥落掉块。

1.3 井壁失稳原因分析

上部地层膨胀性粘土矿物含量高,钻井液抑制性不足导致井壁坍塌掉块;对于不易分散的泥岩地

层,钻井液的封堵性能不足也易导致井壁坍塌。

2 防塌钻井液体系研究

通过对井壁失稳原因的分析,防止井壁坍塌可归结为3个要素:合理的钻井液密度,足够的抑制性,强封堵能力。针对上述因素,优选了高效抑制剂、封堵剂,在提高钻井液的整体抑制性的同时,提高钻井液的封堵性能,实现钻井液的双重防塌作用。

2.1 强抑制剂优选

为提高钻井液的抑制性,室内分别测试了不同处理剂在不同加量与不同温度条件下的泥页岩回收率,以评价其抑制性能的强弱。

试验基浆配方:淡水+4%土+5% Na_2CO_3 +0.2%KPAM。

表2 单剂抑制性评价

序号	处理剂	加量/%	140℃ 8 h 泥页岩回收率/%	140℃ 16 h 泥页岩回收率/%	90℃ 16 h 泥页岩回收率/%
1	SMP	1	85.36	79.68	86.64
		2	84.22	75.60	86.16
		3	83.82	75.24	85.12
2	SMC	1	88.44	86.58	86.02
		2	88.22	80.98	87.84
		3	88.62	83.42	85.78
3	HA	1	87.32	80.96	86.14
		2	85.70	86.90	85.18
4	FT-99	1	89.16	83.98	87.26
		2	87.24	84.84	86.44
5	JS-9	1	89.42	87.78	85.88
		2	88.94	89.06	86.86
		3	87.72	81.84	87.00
6	CMC	0.3	92.86	88.90	94.68
		0.5	97.06	84.80	95.10
7	FT-1	1	91.08	94.40	87.12
		2	90.16	84.50	88.84
		3	89.86	82.60	87.38
8	KPAM	0.3	98.00	94.04	93.08
		0.5	98.08	91.04	97.20
9	聚铵	0.3	97.48	94.60	96.04
		0.5	98.62	97.60	93.06
10	KFT	1	97.82	98.54	94.84
		2	96.38	97.76	94.84
		3	98.6	98.38	94.88
11	铵盐	1	98.44	98.12	97.84
		2	98.24	98.08	94.02

对表2的试验结果分析可知:(1)聚铵、KFT、铵盐140℃的回收率明显优于90℃的回收率,说明随着井深的增加,这3种处理剂的抑制性有显著增强的效果,适合下部地层使用;(2)140℃高温老化8 h后

泥页岩回收率明显高于16 h 泥页岩回收率,随着浸泡时间的延长,井壁失稳会突出;(3)与清水相比,单一处理剂溶液的回收率可提高18%;(4) KPAM、聚胺、KFT 与铵盐的泥页岩回收率相当,都达到90%以上,抑制性效果好,可作为钻井液配方的首选。

2.2 强封堵剂优选

为增强钻井液体系的封堵性能来提高井壁稳定性,对现有处理剂进行了封堵性能的试验评价。目前用于封堵性评价指标主要有2种,分别是高温高压滤失量和砂床滤失量大小,试验结果见表3。

表3 单剂封堵性能评价

序号	处理剂	加量/ %	高温高压滤失量/ [mL·(30 min) ⁻¹]	砂床滤失量/ [mL·(30 min) ⁻¹]
1	SMP	1	150.0	95.0
		2	70.0	45.0
		3	62.0	58.0
2	SMC	1	55.8	135.0
		2	59.0	145.0
		3	48.0	280.0
3	HA	1	92.0	115.0
		2	30.0	193.0
4	KFT	1	174.0	137.0
		2	172.0	75.0
		3	44.0	145.0
5	铵盐	1	68.0	250.0
		2	24.0	96.0
6	FT-99	1	38.0	22.0
		2	56.0	12.0
7	JS-9	1	14.0	20.0
		2	12.0	95.0
		3	28.0	58.0
8	FT-1	1	36.0	5.5
		2	40.0	0.0
		3	36.0	0.0

从表3可以看出,FT-99、JS-9、FT-1这3种单剂在试验配方中高温高压滤失量和砂床滤失量是最少的。综合来看,可将其作为主要的封堵材料。

2.3 钻井液配方优化

针对金山地区井壁坍塌机理,结合高效处理剂优选结果,对现有钻井液体系进行了优化,以增强抗高温降滤失效果,提高抑制性与封堵性能为主。根据前面试验优化出的单剂,分别从基本性能、抑制性和封堵性进行了性能测试,试验结果见表4。

优化配方:4%土浆+0.3% KPAM+0.3% CMC+3% SMC+2% SMP+2% 铵盐+3% FT-1+3% JS-9+0.5% 聚胺+1% FD-1。

表4 优化前后钻井液性能对比(140℃)

配方	体系	PV/ (mPa·s)	YP/ Pa	FL/ [mL·(30 min) ⁻¹]	HHP/ [mL·(30 min) ⁻¹]	泥页岩回收率/%	砂床侵入深度/cm
优化前	聚磺钻井液	16	1	4.0	15	90.20	6.8
优化后	双聚封堵钻井液	22	4	3.5	11	95.84	2.0

通过对表4各项性能的对比分析,可以看出优化后的钻井液体系的抑制性和封堵性都明显优于原钻井液,防塌效果显著。

2.4 成本分析

按照相同井深计算(以4000 m为例),封堵防塌钻井液费用85万元,现有体系费用98万元,平均单井节约钻井液成本13万元,每米节约32.5元,计算结果见表5。优化后的封堵防塌钻井液体系在防塌性能提高的同时,成本也有所降低。

表5 优化前后钻井液成本对比

配方	钻井液体系	总价/万元	单价/(元·m ⁻³)
原配方	非渗透聚磺防塌钻井液	98	1400
新配方	封堵防塌钻井液	85	1221

3 结论

(1)金山地区地层的膨胀性粘土矿物含量高,地层理发育,对钻井液抑制性和封堵性要求高。

(2)经室内实验证明,适合于金山地区的封堵防塌钻井液体系高温高压失水可以控制在11 mL/30 min以内,泥页岩回收率达到95%以上,砂床侵入深度2 cm,封堵、抑制防塌效果显著,可在金山地区长裸眼井段进行应用。

参考文献:

- [1] 徐同台,赵忠举. 国外钻井液和完井液技术[M]. 北京:石油工业出版社,2004.
- [2] 柏明星. 泥页岩井壁稳定性及钻井液密度优化[J]. 科学技术与工程,2012,5(12):1025-1027.
- [3] 陈勉,金衍. 深井井壁稳定技术研究进展与发展趋势[J]. 石油钻探技术,2005,5(33):28-33.
- [4] 徐同台. 井壁稳定技术研究现状及发展方向[J]. 钻井液与完井液,1993,14(4):37-39.
- [5] 罗建生,鄢捷年. 页岩水化对其力学性质和井壁稳定性的影响[J]. 石油钻采工艺,1999,21(2):7-12.
- [6] 邓金根,张洪生. 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.
- [7] 吴隆杰,杨凤霞. 钻井液处理剂胶体化学原理[M]. 四川成都:成都大学出版社,1992.
- [8] 鄢捷年. 钻井液工艺学[M]. 北京:石油工业出版社,1992.