

川南页岩气开采废弃油基钻井液 再利用研究

赵晓丽*, 杨欢, 黎然, 张佳寅, 陈骥, 陈龙

(中石油西南油气田公司工程技术研究院, 四川成都 610017)

摘要:以油基泥浆资源化利用技术(LRET)对川南页岩气废弃油基钻井液进行再利用研究。结果表明, LRET 回收浆体相互混合后能够配伍, 无絮凝和成团现象, 但高温高压(HTHP)失水量偏大, 热滚后破乳电压降低明显; LRET 回收浆复配加重后、LRET 回收浆与新浆复配加重后均能够配伍, 无絮凝和成团现象, 但沉降稳定性均变差, 需要加入一定量的乳化剂、润湿剂等处理剂来提高体系稳定性。

关键词:页岩气; 废弃油基钻井液; 再利用; 配伍性; LRET 技术

中图分类号:TE254

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2021)S-0286-03

DOI:10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2021.S.058

Reuse of spent oil-based drilling fluid from shale gas exploitation in South Sichuan

ZHAO Xiao-li*, YANG Huan, LI Ran, ZHANG Jia-yin, CHEN Ji, CHEN Long

(Engineering Technology Research Institute, PetroChina Southwest Oilfield & Gasfield Company, Chengdu 610017, China)

Abstract: Spent oil-based drilling fluid from shale gas exploitation in China's South Sichuan region is treated by LRET technology. The results show that slurries recovered by LRET can be compatible each other without flocculation and agglomeration, but filter loss at high temperature and high pressure is too large and the demulsification voltage decreases significantly after hot rolling. The mixtures of weighted LRET recycled slurry are compatible. The same results are found in the mixtures of LRET recycled slurry with new oil-base drilling fluid after adding with weighting materials, without flocculation or agglomeration. However, the sedimentation stability of the mixtures deteriorates. It is necessary to add a certain amount of emulsifier, wetting agent and other treatment agents to improve the stability of the system.

Key words: shale gas; spent oil-based drilling fluid; reuse; compatibility; LRET technology

油基钻井液具有抑制性强、稳定井壁、润滑性能好、对储层损害小、钻时快等诸多优点^[1-2], 缺点是成本高、会造成环境污染^[3]。据统计, 钻井阶段每口井产生的废弃油基钻井液及固体物约为 400~700 m³, 其中油基钻井液的体积约占 25%^[4]。目前, 国内处理废弃油基钻井液的技术主要有脱干+生物处理法、热解法、焚烧法、化学清洗法、油基泥浆资源化利用技术(LRET)。其中, LRET 是一种新型的油基钻井液处理技术^[5], 采用常温深度脱附原理, 能快速实现钻井液添加剂、油与钻屑固相物的分离, 且处理后的泥土固相物中含油率<2%, 达到综合利用控制要求^[6-7]。该技术遵循“资源回收、循环利用”的绿色生产理念。本文对川南页岩气区块废弃油基钻井液进行再利用研究, 筛选区块 14 家钻井液服务商所供油基钻井液及经 LRET 回收后的油基钻井液基浆(简称“基浆”)在实验室进行复配再利用研究, 以实现环保和“降本增效”的目的。

1 实验部分

1.1 仪器

XYM-2 型密度计, 青岛海通达专用仪器有限公司; 130-10-C 型旋转黏度计, 美国 OFI 公司; 387 型高温高压滤失仪、210398 型固相含量测定仪、23E 型电稳定性测试仪, 美国 FANN 公司。

1.2 实验内容

为了验证经 LRET 处理的废弃油基钻井液能否与现有油基钻井液体系配伍, 能否用于川南页岩气油基钻井液、油基加重储备浆等, 共选取川南页岩气正在使用的 14 家钻井液服务商所供的油基钻井液样品和经 LRET 处理后的 14 个样品以及新配的油基钻井液 1 个, 共计 29 个样品。其中一家钻井液为柴油基体系, 其余各家为白油基体系。实验内容主要为评价不同油基钻井液体系、经 LRET 处理后的样品混合复配性能、沉降稳定性等。从油基钻井液

收稿日期: 2021-02-01; 修回日期: 2021-04-21

作者简介: 赵晓丽(1986-), 女, 硕士, 工程师, 主要从事钻完井液技术研究, 通讯联系人, xlzhaony@163.com。

加重浆混合实验、LRET回收浆混合实验、LRET回收浆混合加重实验、LRET回收浆与新浆混合加重实验4个方面开展研究。具体方案见表1。

表1 实验方案

序号	实验内容	实验条件
1	油基钻井液加重浆混合实验	实验配方为同等比例 ^① ,各取1/14,密度加重至2.00 g/cm ³ ;流变性测试温度65℃;高温高压(HTHP)失水测试温度120℃;热滚条件为120℃下热滚16 h;沉降实验条件为120℃下静恒48 h
2	LRET回收浆混合实验	将不同LRET回收浆复配,实验条件同实验1
3	LRET回收浆混合加重实验	不同LRET回收浆混合,用重晶石加重复配至2.00、2.40 g/cm ³ ,其余实验条件同实验1
4	LRET回收浆与新浆混合加重实验	不同LRET回收浆与新浆混合,分别用重晶石加重复配至2.00、2.40 g/cm ³ ,与新浆按照7:3混合,其余实验条件同实验1

注:①考虑区块内各体系应用井数量相当,所以在设计实验配方时取同等比例。

2 结果与讨论

2.1 油基钻井液加重浆混合实验

从表2可知,现场各体系油基钻井液复配后未出现明显的絮凝、沉淀、分层现象。热滚前后动切

表2 原始油基钻井液加重混合实验性能

实验序号	1	2	3
实验内容	热滚前	热滚后	沉降实验
密度/(g·cm ⁻³)	2.00	2.00	上层:1.98 下层:2.30
Gel/Pa	4.5/11.5	3.5/11.5	2.5/8.0
AV/(mPa·s)	53	58.5	66
PV/(mPa·s)	45	52	57
YP/Pa	7.68	6.24	8.64
HTHP/(mL·mm ⁻¹)	1.6/0.5	1.2/0.5	1.6/1.5
ES/V	1005	766	588
固相含量/%	46	—	—
O/W	90/10	—	—

注:Gel为初/终切力;AV为表观黏度;PV为塑性黏度;YP为动切力;HTHP为高温高压失水量/泥饼厚度;ES为破乳电压;O/W为油水比。

力、失水量等未出现较大变化,但破乳电压降低明显,从1 005 V降低至766 V,说明复配后浆体经高温老化稳定性变差。沉降实验中浆体静恒后,上下密度差为0.32 g/cm³,说明沉降稳定性降低。

2.2 LRET回收浆混合实验

考虑混合后浆体密度较低,所以未做沉降实验。从表3可知,现场各单位LRET回收浆体相互混合后能够配伍,热滚前后也没有发生絮凝成团,但是也有如下问题:破乳电压下降明显,从1 587 V下降至1 040 V,表明乳状液稳定性变差;切力是控制油基钻井液流变性、滤失性等各项稳定性的重要参数之一,当油基钻井液的切力不足时会破坏体系的稳定性,会导致卡钻等事故的发生^[8-9],体系动切力在较低的情况下(3.36 Pa)进一步降至1.92 Pa,终切从8.0 Pa下降至5.5 Pa,表明钻井液内部结构变差;HTHP失水量偏大,高达8.2 mL。

表3 LRET回收浆混合实验性能

实验序号	4	5
实验内容	热滚前	热滚后
密度/(g·cm ⁻³)	1.05	1.05
Gel/Pa	2.0/8.0	2.0/5.5
AV/(mPa·s)	16.5	18
PV/(mPa·s)	13	16
YP/Pa	3.36	1.92
HTHP/(mL·mm ⁻¹)	8.2/1.0	7.2/1.0
ES/V	1587	1040
固相含量/%	19	—
O/W	89/11	—

另外在实验过程中发现萃取剂析出现象。固相含量测定实验发现,LRET回收浆含3%~4%的萃取剂。由于是油包水钻井液,含水量在10%~20%,其中若含3%以上萃取剂,其对钻井液稳定性、流变性的影响也应有所考虑。在其他固相含量测定的实验中也有此类现象,只是含量较少。

2.3 LRET回收浆混合加重实验

从表4可知,LRET油基钻井液相互混合加重后能够配伍,无絮凝和成团现象。但热滚后表观黏度、塑性黏度、动切力下降较快。另外从沉降稳定性实验可知,加重密度1.99 g/cm³静恒后密度差为0.2 g/cm³,需要额外加入处理剂来提高浆体的稳定性。

表 4 LRET 回收浆混合加重实验性能

实验序号	6	7	8	9	10	11
实验内容	热滚前	热滚后	沉降实验	热滚前	热滚后	沉降实验
密度/(g·cm ⁻³)	1.99	1.99	上层:1.91 下层:2.11	2.41	2.41	上层:2.35 下层:2.44
Gel/Pa	3.5/ 9.0	2.5/ 6.0	2.5/ 8.5	5/ 12.0	4/ 11.0	4.5/ 12.0
AV/(mPa·s)	46	36	44	107.5	95	95
PV/(mPa·s)	40	33	41	89	85	87
YP/Pa	5.76	2.88	2.88	18.04	9.6	7.68
HTHP/(mL·mm ⁻¹)	2.8/ 1.0	2.0/ 1.0	2.0/ 1.0	2.4/ 2.0	2.0/ 1.0	2.0/ 2.0
ES/V	1462	866	566	839	908	801
固相含量/%	43	—	—	53	—	—
O/W	92/8	—	—	96/4	—	—

2.4 LRET 回收浆与新浆混合加重实验

从表 5 可知,LRET 回收浆与新油基钻井液相互混合加重后能够配伍,无絮凝和成团现象。按照川南页岩气油基钻井液使用标准,初/终切力偏低、动切力偏低,不适宜现场使用,必须对其进行处理。

表 5 LRET 基浆与新浆混合加重实验性能

实验序号	12	13	14	15	16	17
实验内容	热滚前	热滚后	沉降实验	热滚前	热滚后	沉降实验
密度/(g·cm ⁻³)	1.99	1.99	上层:1.86 下层:2.24	2.44	2.44	上层:2.26 下层:2.77
Gel/Pa	2.0/ 5.0	2.0/ 3.5	1.5/ 4.0	3.5/ 7.5	2.5/ 5.0	3.0/ 6.0
AV/(mPa·s)	35	28.5	37	66.5	58	75
PV/(mPa·s)	34	27	36	62	55	70
YP/Pa	0.96	1.44	0.96	4.32	2.88	4.8
HTHP/(mL·mm ⁻¹)	2.8/ 1.0	3.0/ 1.5	3.2/ 1.5	3.2/ 1.0	1.6/ 1.0	1.6/ 1.0
ES/V	1025	986	382	1202	1420	1215
固相含量/%	44	—	—	54	—	—
O/W	93/7	—	—	93/7	—	—

密度 1.99 和 2.44 g/cm³ 浆体静恒 48 h 后上下密度差高达 0.38 和 0.51 g/cm³,表明沉降稳定性较差。乳化剂是油包水乳状液能否稳定的决定性因素,它的主要作用是在乳状液的油水界面形成一层坚固的膜。润湿剂是一种表面活性剂,用来降低液相和固相之间的润湿角和界面张力,从而有利于保证体系具有良好的悬浮性。LRET 回收浆与新浆混合加重后如果投入现场使用,需补充一定量的乳化剂、润湿剂等处理剂,以提高体系的稳定性^[10-11]。

3 结论

不同体系的油基钻井液混合加重后无明显絮凝、成团、分层现象,流变性、失水量等指标较为正常。但抗高温能力存在不足,虽未出现较明显的絮凝增稠情况,但体系内各处理剂有不配伍的可能性,导致浆体稳定性降低,可能会对钻井带来风险。

LRET 回收浆体相互混合后能够配伍,无絮凝和成团现象。但 HTHP 失水量偏大,热滚后破乳电压降低明显。另外回收浆含 3% 的萃取剂,对钻井液稳定性、流变性的影响需进一步研究。

LRET 回收浆加重后能够配伍,无絮凝和成团现象。但老化后出现表观黏度、塑性黏度、动切力、破乳电压降低,泥饼变厚的现象。静恒后上下密度差较大,需要加入额外的处理剂来提高浆体的稳定性。

LRET 回收浆与新浆混配加重后能够配伍,无絮凝和成团现象,但初/终切力和动切力低。浆体经过静恒密度差较大,如果投入现场使用,需补充一定量的乳化剂、润湿剂等处理剂,以提高体系稳定性。

LRET 回收浆若用于钻井液或钻井液加重浆,需添加油化剂作进一步优化研究。

参考文献

- [1] 李乾,邱康,张瑞,等.油基钻井液及其废弃物除油处理技术在东海探井中的应用[J].海洋石油,2020,40(2):73-79.
- [2] 罗剑波,王伟志,邓小卫.油基钻井液在塔中顺托果勒区块的应用[J].西部探矿工程,2020,32(6):47-51.
- [3] 杨德敏,袁建梅,程方平,等.油气开采钻井固体废物处理与利用研究现状[J].化工环保,2019,39(2):129-136.
- [4] 俞音,蒋勇军.废弃油基泥浆综合利用技术的研究与应用[J].化学工程与装备,2016,238(11):241-242,259.
- [5] 章媛媛,高庆国,俞音.浅议 LRET 油基泥浆资源化利用技术[J].新疆环境保护,2018,40(1):27-32.
- [6] 朱冬昌,付永强,马杰,等.长宁、威远页岩气开发国家示范区油基岩屑处理实践分析[J].石油与天然气化工,2016,45(2):62-66.
- [7] 朱金智,叶艳,李家学,等.塔里木油田钻井液环保处理技术研究[J].油气田环境保护,2017,27(6):8-13,55.
- [8] 冯萍,邱正松,曹杰,等.国外油基钻井液提切剂的研究与应用进展[J].钻井液与完井液,2012,29(5):84-88,101-102.
- [9] 彭双磊,冯雪钢,田剑,等.国内钻井液增粘剂的研究与应用进展[J].广州化工,2012,40(12):10-11,16.
- [10] 尹达,吴晓花,刘锋报,等.抗 160℃ 超高密度柴油基钻井液体系[J].钻井液与完井液,2019,36(3):280-286.
- [11] 刘亚,龙芝辉,杨鹏,等.高温高密度油包水乳化钻井液沉降稳定性分析与评价[J].重庆科技学院学报(自然科学版),2017,19(1):46-50. ■