

# 东胜气田钻井液废弃物处理与钻井液技术

孙庆春<sup>1,2</sup>, 王 群<sup>2</sup>, 许艳雪<sup>2</sup>

(1. 西安石油大学石油工程学院, 陕西 西安 170065; 2. 中石化华北石油工程有限公司五普钻井分公司, 河南 新乡 437000)

**摘要:** 东胜气田某水平井钻探过程中应用钻井液不落地技术, 通过电化学处理、沉淀、加药调整各项性能之后再次参与循环, 岩屑无害化处理以降低废弃物污染。但钻井液中直径  $< 5 \mu\text{m}$  的固体颗粒没有完全清除, 颗粒累积后会污染钻井液。污染后的钻井液导致各类井下复杂频发。这样会增加钻井成本, 甚至使施工井报废。试验应用的氯化钾聚合物钻井液体系解决井壁失稳和井漏问题。对合理应用不落地技术和氯化钾聚合物钻井液体系提供了参考依据。

**关键词:** 水平井; 钻井液不落地技术; 氯化钾钻井液; 东胜气田

**中图分类号:** P634.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672 - 7428(2016)09 - 0042 - 05

**Drilling Fluid Wastes Treatment and Drilling Fluid Technology in Dongsheng Gas Field/SUN Qing-chun<sup>1,2</sup>, WANG Qun<sup>2</sup>, XU Yan-xue<sup>2</sup>** (1. College of Petroleum Engineering, Xi'an Shiyou University, Xi'an Shaanxi 170065, China; 2. Wu-pu Drilling Company of North China Petroleum Bureau, SINOPEC, Xinxiang Henan 453700, China)

**Abstract:** Drilling fluid recovery technology was applied in a horizontal well drilling process in Dongsheng gas field, by means of electrochemical treatment, precipitation and performance adjusting by reagent feeding; drilling fluid was recycled through harmless treatment to reduce wastes pollution. But the solid particles with diameters less than  $5 \mu\text{m}$  were still remained and drilling fluid would be polluted by these particles accumulation. The contaminated drilling fluid would lead to downhole accidents to increase drilling cost even well abandonment. Potassium chloride polymer drilling fluid system was applied for testing to solve borehole wall instability and lost circulation, which provides reference basis to reasonable application of drilling fluid recovery technology and potassium chloride polymer drilling fluid system.

**Key words:** horizontal well; drilling fluid recovery technology; KCl drilling fluid; Dongsheng gas field

## 0 引言

一般钻井液泛指钻井泥浆和岩屑的混合物, 是一种稳定的胶态悬浮体系, 含有粘土、加重材料、各种化学处理剂、油类及钻屑等<sup>[1]</sup>, 其中危害环境的主要化学成分有烃类、盐类、各类聚合物、重晶石中的杂物和沥青等改性物, 这些污染物具有高色度、高石油类、高 COD、高悬浮物、高矿化度等特性, 是油气勘探开发过程中产生的主要污染物<sup>[2-3]</sup>。钻进过程中和完井后排放的钻井液, 多采用固化填埋等方法处理, 使其中的水分被吸附后就地掩埋, 所加入的固化剂不仅增加了固化物的总量和综合利用的成本, 而且掩埋后固化物如果处理不达标, 其浸出液会对土壤、地下水等产生污染。“钻井液不落地”技术是一项基于环境保护和钻井液分离液及岩屑回收的技术, 也可同时满足固井返排液及钻水泥塞被污染

的钻井液等回收与集中处理, 实现清洁生产, 并从根本上消除环境污染的隐患, 其处理成本随配套技术的不断成熟和规模应用大幅降低<sup>[4]</sup>。

目前, 在东胜气田施工的所有井均采用钻井液不落地技术处理钻井施工中产生的废弃钻井液和固相废弃物。井队处理并不能把钻井液中直径  $< 5 \mu\text{m}$  的固体颗粒完全清除, 钻井液重复利用后固体颗粒累积后会污染泥浆。这样就会直接导致钻井液抑制性差、润滑性不良<sup>[5]</sup>和携岩性不好。现场试验中探井大部分出现井径严重超标的情况。大位移井或者水平井<sup>[6]</sup>施工中直井段钻井液密度居高不下, 流变性不容易控制, 钻井效率低下、起下钻阻卡严重<sup>[7-9]</sup>、井漏频发、泥包钻头和测井一次成功率低等井下复杂情况。这样会增加钻井成本, 甚至使施工井报废。通过引入新型氯化钾聚合物钻井液来抑制

收稿日期: 2015 - 12 - 18; 修回日期: 2016 - 06 - 29

作者简介: 孙庆春, 男, 汉族, 1987 年出生, 工程师, 西安石油大学在读硕士研究生, 从事石油钻井技术与管理工, 河南省新乡市洪门, 1410593917@qq.com。

泥页岩水化分解保证钻井液清洁。同时封堵井下微裂缝避免井漏,保证井下安全。

## 1 钻井液不落地设备的应用

东胜气田位于鄂尔多斯盆地伊盟北部隆起杭锦旗断阶带北东段,泊尔江海子断层西南处<sup>[10]</sup>,在勘探开发过程中会产生大量钻井液固相和液相废弃物,前期的泥浆坑固化处理存在环境污染隐逸,影响周边环境。钻井液不落地技术可实现钻井液回收利用,岩屑可用于建桥铺路,这样即提高了钻井液材料的利用效率又减小了环境污染。

### 1.1 钻井液不落地设备运行原理

钻井液不落地技术采用模块化的储罐和处理设备,利用螺旋输送机收集振动筛、除砂除泥器和离心机等固控设备排出的废液和岩屑。进行液相、固相处理后,实现钻井液、岩屑等的不落地处理和重复利用。

液相的处理,通过专用电极和脉冲电源,使钻井液中的包被固体颗粒的大分子聚合物电解,使之氧

化断链,使废弃钻井液失稳,去除其中的劣质固相;利用电化学电吸附原理,将粘土矿物聚集在电极表面。并选用适当处理剂对其性能进行有效维护并形成再生钻井液<sup>[11]</sup>(如图 1)。

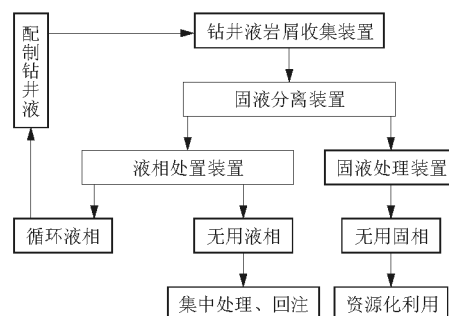


图 1 钻井液不落地技术运行流程图

固相的处理,岩屑与钻井液中去除的劣质固相,经冲洗后通过添加药品调整其化学含氧量和 pH 值等性能达标,加入专有固化剂进行固化及无害化处理,经检测合格(见表 1)后进行资源化利用,如铺设本井、邻井井场及进场道路。

表 1 JPH-17 井二开钻井液不落地综合利用固化物检测报告

序号	检测项目	检测方法依据	单位	质量标准	检测结果	单项判定
1	总铅	固体废物铜、锌、铅、镉的测定,原子吸收分光光度法、GB/T 1555.2—1995	mg/L	≤1.0	0.002	符合
2	总镉		mg/L	≤0.1	0.001ND	符合
3	总铜		mg/L	≤0.5	0.05ND	符合
4	总锌		mg/L	≤2.0	0.05ND	符合
5	总铬	固体废物、总铬的测定、直接吸入火焰原子吸收分光光度法、GB/T 1555.6—1995	mg/L	≤1.5	0.001ND	符合
6	六价铬	固体废物、六价铬的测定、二苯碳酰二肼分光光度法、GB/T 1555.4—1995	mg/L	≤0.5		
7	总砷	固体废物、汞、砷、硒、铋、锑的测定,微波消解/原子荧光、HJ 702—2014	mg/L	≤0.5		
8	总汞		mg/L	≤0.05		
9	总锰	水质、铁、锰的测定,火焰原子吸收分光光度法 GB/T 11911—1989	mg/L	≤2.0	0.1	符合
10	总铁		mg/L		0.05	
11	pH 值	水质、pH 值的测定、玻璃电极法、GB/TV 6920—1986		6~9	8	符合
12	化学需氧量(COD)	水质、化学需氧量的测定、重铬酸盐法、GB 11914—1989	mg/L	≤100	53	符合
13	石油类	水质、石油类和动植物油类的测定、红外分光光度法、HJ 637—2012	mg/L	≤5	0.06ND	符合
14	氯离子	硝酸银滴定法、GB/T 11896—1989	mg/L		832.31	

### 1.2 现场使用情况

锦 113 井以 240 m<sup>3</sup> 旧浆作为基浆,不添加化学药剂,不改变钻井液的化学成分。钻进过程中以物理处理为主,充分利用井队和不落地的净化设备处理钻井液。固控设备筛出的岩屑由螺旋输送机送至岩屑回收罐,经调整性能与固化处理后排出,共回收岩屑 450 m<sup>3</sup> 左右。岩屑的液相成分回收到储罐内,经过电化学处理、沉淀、加药调整各项性能之后再次参与循环。同时,井队配制新浆来维护钻井液性能

并补充消耗。及时隔离一开固井、导眼回填以及二开固井时的固井返排液并处理。扫塞侧钻时,及时加入钻塞稳定剂保证泥浆性能稳定。后期使用中及时清除钻井液中直径 <5 μm 的固相颗粒(如图 2 固相颗粒的累计图),保证钻井液性能稳定。

处理井下复杂泡酸、泡解卡剂之后,及时隔离盐酸返出液并添加烧碱等进行中和处理。实钻中处理废弃钻井液 1000 m<sup>3</sup>,其中重复利用 700 m<sup>3</sup> 左右,完井后转运它井利用 300 m<sup>3</sup>。

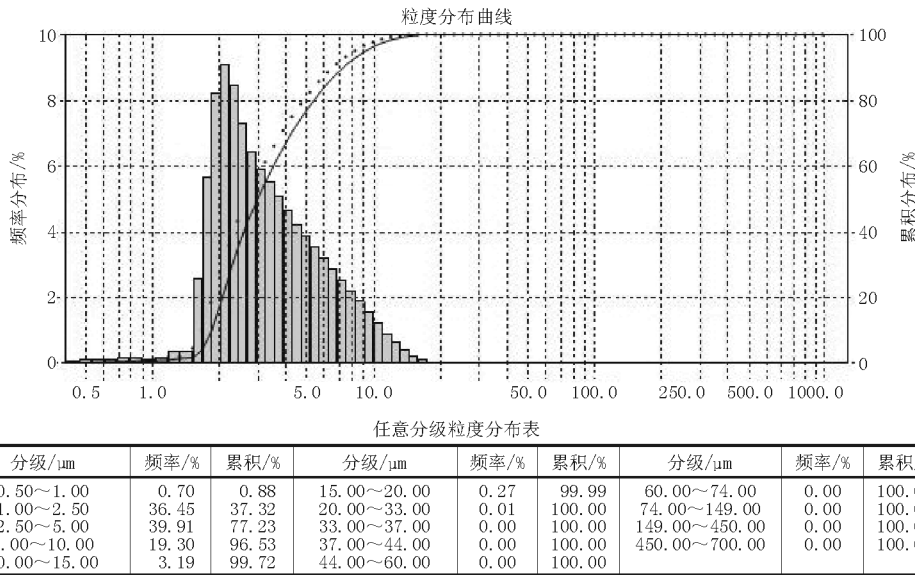


图2 JPH-17井在井深2620 m时钻井液的粒径分布

## 2 氯化钾聚合物钻井液的应用

东胜气田沉积环境复杂,钻井液性能维护困难。实钻中多口井出现过不同程度的井壁失稳和井漏<sup>[12]</sup>现象,主要表现为钻井过程中起下钻、电测、下套管遇阻、遇卡。大量的通井划眼和堵漏等复杂情况给钻井工程造成重大的经济损失。为此,试验应用“强抑制,强封堵”的氯化钾聚合物钻井液,防止泥页岩水化导致的井塌和井漏等复杂情况,以确保安全钻井。

### 2.1 氯化钾聚合物钻井液的评价试验

(1)按确定配方配制钻井液进行抗温性能评价。评价温度为100℃,评价时间16 h,其评价结果见表2。

表2 钻井液性能评价

条件	密度/ ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )	AV/ ( $\text{mPa}\cdot\text{s}$ )	PV/ ( $\text{mPa}\cdot\text{s}$ )	YP/ Pa	API 失水 量/mL	HTHP 失水 量/mL	$K_f$	pH 值
热滚前	1.08	34	28	6.8	6.2	—	0.112	10.0
热滚后	1.08	29	21	5.8	5.0	14.0	0.096	9.5

热滚前和热滚后的性能对比表明抗温性能良好,前后性能变化不大,且失水量有下降趋势。

(2)室内采用页岩滚动回收率实验<sup>[13]</sup>和泥页岩膨胀实验<sup>[14]</sup>评价抑制性。石盒子组泥页岩样品100℃下热滚16 h,测定页岩的回收率,清水、不同氯化钾含量的钻井液浸泡测定泥页岩膨胀率,实验结果见表3、表4。

表3 回收率实验结果

体系	温度/ $^{\circ}\text{C}$	时间/h	回收率/%
清水	100	16	10.67
配方(0% KCl)	100	16	36.32
配方(4% KCl)	100	16	52.67
配方(6% KCl)	100	16	64.58

表4 膨胀性实验结果

体系	试验温度/ $^{\circ}\text{C}$	2 h 膨胀率/%	16 h 膨胀率/%
清水	50	9.18	30.68
配方(0% KCl)	50	6.32	19.87
配方(4% KCl)	50	4.98	16.49
配方(6% KCl)	50	4.57	13.61

从表3和表4实验数据可看出,随着钻井液中氯化钾加量的增加,钻井液配方的滚动回收率显著增高,膨胀率明显降低,表明钻井液体系的抑制性增强,有利于泥页岩地层井壁的稳定。

### 2.2 氯化钾钻井液的现场应用

东胜气田JPH-17井是东胜气田现场试验使用氯化钾聚合物钻井液体系的第一口水平井。是一口带导眼二级结构水平井。该井井身结构: $\varnothing 311.25\text{ mm}\times 403\text{ m}(\varnothing 244.5\text{ mm}\times 402.12\text{ m})+\varnothing 222.3\text{ mm}\times 2768.00\text{ m}+\varnothing 215.9\text{ mm}\times 3768.00\text{ m}(\varnothing 139.7\text{ mm}\times 3768.00\text{ m})$ ,斜井段与水平段合计长达1923 m。裸眼段长,钻井周期长,施工风险大,要求钻井液具有较好的携带性、井眼清洁能力和润滑防卡能力;同时具备较强的抗污染能力和井壁稳定性以防止泥岩周期性垮塌造成施工风险。现场试验

表明该体系具有良好的抑制性,能抑制泥岩分散,从而防止井径扩大,并对刘家沟组、石千峰组井漏有较好的预防作用。

### 2.3 现场施工钻井液处理概况

锦 113 井二开以旧浆作为基浆,钻进过程中针对不同的地层维护钻井液性能。上部地层可钻性好,钻时快,及时祛除钻井液内有害固相。避免岩屑颗粒反复研磨分散;直罗组褐色泥岩造浆性强,钻井液流型不容易控制,补充抑制剂提高钻井液的抑制性,保持抑制剂含量在 4% 以上;延长组中渗透砂砾岩层段易缩径卡钻,以 LV-CMC、LV-PAC 等处理剂胶液控制滤失量;刘家沟组地层易漏,提高钻井液的抑制性,添加适量 XQ 和 CY 以防漏失。预防为主规范操作,下钻控制下放速度,防止“激动”压力过大压漏地层;石千峰与石盒子组泥岩黏土矿物分析结果表明泥岩以高岭石、伊利石和伊蒙混层为主,水敏性较强,长期浸泡易因水化膨胀导致井壁垮塌。且部分井段层理和微裂缝发育,压力波动易导致井周微裂缝扩展、交汇形成不稳定的高渗带。为防止钻井液沿裂缝进入地层深部,导致的泥岩水化膨胀加剧,地层岩石强度降低,地层坍塌风险升高,需提高钻井液的抑制性和封堵性,封堵微裂缝,防止井壁坍塌。

斜井段随着钻井液密度的提高,势必出现固相高,粘度高,摩阻高的问题。如何保证钻井液的流变性、降低钻井液摩阻是作业现场日益关注的问题。一般密度控制在  $1.20 \sim 1.25 \text{ g/cm}^3$  之间,如果单纯的使用重晶石加重,随着密度的增大,滤饼粘滞系数是呈线性上升的趋势<sup>[15]</sup>。泥岩的水化分散产生的有害固相会迅速提高钻井液滤饼粘滞系数,从而影响钻井时效,在定向钻进中表现为托压,因此斜井段钻进前要充分利用好各级固控设备,将钻井液中劣质固相彻底清除,逐渐提高钻井液密度,保持井壁稳定。同时加强钻井液的润滑性,避免出现托压现象,避免因托压反复活动钻具形成“大肚子”影响后期作业。

斜井段受重力轴向分力影响,岩屑趋向于沉积在井壁低边,且随着井斜角的增加岩屑的径向下滑速度逐渐增加,当井斜角增至  $90^\circ$  时,岩屑径向下滑速度达到最大;岩屑的轴向下滑速度随井斜角的增加逐渐减小,当井斜角为  $90^\circ$  时,轴向下滑速度变为零。当径向下滑速度逐渐增大到某一定值时,岩屑

将从钻井液流中脱离而停留在井眼低边,形成岩屑床<sup>[16]</sup>。岩屑床的存在会降低钻井效率,增加摩阻、扭矩。因此进入水平段后岩屑运移段长,要强化钻井液的经验清洁能力和抑制性,保证岩屑及时返出。以此确保井眼环空清洁是贯穿整个水平井钻井过程的关键问题。水平段钻井液流变性能是影响水平井钻井液携岩效果极为重要的因素<sup>[17]</sup>。在水平井和大斜度井中,低粘度流体易于在环空获得紊流流态,具有更好的携岩能力。因此在钻井中尽量维持较低的钻井液粘度。

单纯的钻井液性能调整并不能完全满足岩屑携带要求,需要配合恰当的工程手段,在本井水平段中每班打 2~3 次清扫液,利用钻井液性能的变化来清洗井内岩屑。同时,每钻进一个单根即划眼一次,每 100~150 m 短起下钻一次,通过钻具的拨动破坏岩屑床,事实证明每次短起下钻后循环都会返出大量细碎岩屑,表明短起下钻与划眼对破坏岩屑床保证井内安全有效。

同时,上部泥岩裸漏时间长,需要提高钻井液的抑制性避免泥岩周期性垮塌。

### 2.4 使用过程分析

(1) 回填固井前通过水泥浆与钻井液做配伍性实验,水泥浆与钻井液接触凝固时间不足 60 min (如图 3、图 4),且有可能发生闪凝。现场制定反循环洗井措施,即把水泥替到预定位置后,上提钻具至塞顶,通过反循环让剩余水泥与前置液通过内环空返出,避免因水泥闪凝出现“插旗杆”现象。钻井液与水泥浆混合培养 20 min 后性能指标如表 5 所示。



图 3 25% 水泥 + 75% 钻井液养护 20 min 后图样

(2) 钻扫水泥塞途中水泥污染钻井液,导致钻井液性能急剧变化,表观粘度降低至 26 s,失水量  $> 28 \text{ mL}/30 \text{ min}$ 。现场通过补充盐量来提高粘度,控制失水。



图4 50%水泥+50%钻井液养护20 min后图样

表5 水泥浆与钻井液混合养护20 min后性能指标

养护配方	温度/ ℃	养护时间/ min	PV/ (mPa·s)	YP/ Pa
50%水泥浆+50%钻井液	50	20	11	59.5
25%水泥浆+75%钻井液	50	20	17	37.5

(3)侧钻钻遇上下石盒子组地层泥页岩时,随着钻井液固相含量的提高,泥岩遇水膨胀,钻井液失水增大、滤饼厚、抑制性差、润滑性能差。导致发生多次泥包钻头(见图5),通过置换新浆 $40\text{ m}^3$ 补充氯化钾之后效果得到改善。



图5 泥包钻头照片

### 3 结语

(1)通过不落地技术的使用,可以有效地控制废弃钻井液的排放量,最大程度上减少了对周围环境的影响,但是长期回收使用直径 $<5\ \mu\text{m}$ 的固相颗粒迅速增加并很难被清除,在高固相含量的情况下钻井液粘切较难控制。至导眼完钻,钻井液粘度升高至 $160\ \text{s}$ ,这时钻井液的泥饼厚,定向钻进摩阻大。增加了钻井工作后期施工风险,现场使用时要做好工程与钻井液方面的性能维护,做好井下安全工作。

(2)通过室内实验表明,氯化钾聚合物钻井液抗温性能良好,热滚前后性能稳定,滚动回收率很

高,对泥页岩的水化膨胀有很好的抑制性。

(3)氯化钾聚合物钻井液剪切稀释性好,水力参数损失非常小,有助于解决小井眼、长井段循环立压高、设备负荷大的问题。但钻井液内固相含量较高时,会导致钻井液流动性变差、滤失量大、滤饼虚厚,性能不稳定的问题。在以后的施工中要选择合适的降粘剂,使其保持良好的流变性。

(4)在井漏发生概率较大的东胜气田,本井整个施工井段并没有出现过井漏问题,但是还需要更多的试验来验证本钻井液对井漏的预防作用。

### 参考文献:

- [1] 美国机械工程师学会振动筛委员会. 钻井液处理手册[M]. 石油工业出版社,2008.
- [2] 王眉山. 废弃钻井液制备陶瓷滤料及其吸附染料污染物的研究[D]. 湖北武汉:武汉理工大学,2012.
- [3] 许营. 石油勘探开发过程中的环境问题探讨[J]. 化工管理,2013,(24):26-27.
- [4] 曹义军. “油田钻井废弃物不落地达标处理技术”在中国石油塔里木油田适用性分析[D]. 新疆乌鲁木齐:新疆农业大学,2013.
- [5] 刘光法,苗锡庆. 黏土矿物水化膨胀影响因素分析[J]. 石油钻探技术,2009,(5):81-84.
- [6] 吴新民,林龙波,张喜凤,等. 加重剂对水基钻井液润滑性能影响的实验研究[J]. 石油钻采工艺,2013,35(1):37-39.
- [7] 陈浩,李冰,史禹. 大井斜大位移井钻井液携岩问题分析及对策[J]. 胜利油田职工大学学报,2009,(3):54-55.
- [8] 孙晓峰. 大斜度井段岩屑运移实验研究与清洁工具优化设计[D]. 黑龙江大庆:东北石油大学,2014.
- [9] 赵金洲,张桂林. 钻井工程技术手册[M]. 北京:中国石化出版社,2007.
- [10] 王周红,王东辉. 东胜气田储层特征研究[J]. 天然气技术与经济,2014,(5):9-12.
- [11] 邓红琳,赵文彬,袁立鹤. 钻井液不落地技术在大牛地气田的应用[J]. 断块油气田,2014,21(1):97-99.
- [12] 常兴浩. 大牛地气田刘家沟组井漏控制技术[J]. 钻井液与完井液,2013,30(5):86-88.
- [13] 李茜. 水基钻井液防塌抑制剂及作用机理研究[D]. 四川成都:西南石油大学,2014.
- [14] 刘光法,苗锡庆. 黏土矿物水化膨胀影响因素分析[J]. 石油钻探技术,2009,(5):81-84.
- [15] 吴新民,林龙波,张喜凤,等. 加重剂对水基钻井液润滑性能影响的实验研究[J]. 石油钻采工艺,2013,35(1):37-39.
- [16] 陈浩,李冰,史禹. 大井斜大位移井钻井液携岩问题分析及对策[J]. 胜利油田职工大学学报,2009,(3):54-55.
- [17] 孙晓峰. 大斜度井段岩屑运移实验研究与清洁工具优化设计[D]. 黑龙江大庆:东北石油大学,2014.