

GL-1井抗260℃白油基油包水钻井液的应用研究

任金萍

(大庆钻探工程公司钻井工程技术研究院,黑龙江 大庆 163413)

摘要:GL-1井完钻井深为6300.83 m,预计井底温度高达260℃。至完钻使用抗260℃高温白油基油包水钻井液施工6个月。应用结果表明:该钻井液具有抗温性(260℃)、抗污染能力强、有利于井壁稳定、润滑性好和对油气储层损害程度小等优点。该井的成功为大庆油田下一步高温深层顺利勘探开发提供了安全有效的技术保障。

关键词:钻井;白油基钻井液;油包水钻井液;抗温性

中图分类号:TE254;P634.6 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2017)10-0051-04

Application Research on 260℃ High Temperature White Oil Based Water-in-oil Drilling Fluid in Well GL-1/REN Jin-ping (Drilling Engineering and Technology Research Institute of Daqing Drilling & Exploring Engineering Company, Daqing Heilongjiang 163413, China)

Abstract: Well GL-1 was completed at the depth of 6300.83m. With the expected bottom temperature up to 260℃, the drilling fluid with 260℃ high temperature tolerance was used in the 6 months construction. The application shows that this drilling fluid has advantages of good temperature tolerance (260℃), strong anti-pollution ability, good lubricity with light damages to oil and gas reservoirs, is conducive to hole wall stability. The successful construction of this well provides safe and effective technical guarantee for the further exploration and development with high temperature in deep layer of Daqing oil-field.

Key words: drilling; white oil based drilling fluid; water-in-oil drilling fluid; temperature resistance

0 引言

GL-1井完钻层位为沙河子组,是大庆油田井深最深、温度最高的一口井,设计井深为6320.00 m,实际完钻井深为6300.83 m,实测井底温度260℃。根据该井裸眼段长、井底温度高、地层以火成岩为主,易剥落掉块,对钻井液要求高等特点,泥浆工程师将高温高压下的复杂情况的处理作为设计依据,并参考以往高温高压井的成熟经验^[1-4],确定一整套适应不同要求的钻井液体系以及处理复杂情况的方案与措施,有效地满足钻井、电测、井壁取心等作业要求。

1 钻井液性能要求

- (1) 钻井液必须具有较稳定的高温高压流变性,必须具有抗260℃高温的能力,防止钻井液在高温下性能恶化。
- (2) 钻井液应具有良好的抑制性和防塌性。
- (3) 钻井液必须具有较低的高温高压滤失量。
- (4) 钻井液必须具有优良的保护储气层的能力。
- (5) 四开钻井液性能设计,见表1。

表1 四开钻井液性能设计

井段/ m	常 规 性 能							流 变 参 数				FL _{HTHP} / mL	总固相 含量/ %	破乳 电压/ V		
	密度/ (g cm ⁻³)	漏斗粘 度/s	FL _{API} / mL	泥皮 厚/mm	pH 值	含砂 量/%	油水比	静切力/Pa 初切 终切	塑性粘度/ (mPa·s)	动切 力/Pa	n 值				K 值	
4610 ~ 6320	≤1.15	50 ~ 90	≤2	≤0.5	10 ~ 12	<1	(90~98)/ (10~2)	1 ~ 5	2 ~ 15	20 ~50	2 ~ 20	0.40 ~ 0.75	0.15 ~ 0.70	≤14	<15	≥400
固油套	1.15 ~ 1.20	60 ~ 120	≤2	≤0.5	10 ~ 12		(90~98)/ (10~2)	1 ~ 10	10 ~30	10 ~30	2 ~ 30					≥400

注:n为流性指数;K为稠度系数。

收稿日期:2016-08-26;修回日期:2017-09-18

作者简介:任金萍,女,汉族,1982年生,主要从事钻井液技术方面的研究工作,黑龙江大庆市钻井工程技术研究院钻井液分公司,49893507@qq.com。

2 抗 260 °C 油包水钻井液技术

2.1 抗高温处理剂研选

针对 GL-1 井钻至井底时温度可能达到 260 °C 高温的特点,同时考虑钻井周期较长,将涉及冬季环境寒冷钻井液需要防冻的问题,以及时刻注意使用矿物油做连续相的钻井液存在的地面安全防火的问题。室内将收集到的抗高温油包水钻井液处理剂

及配浆材料,按照连续油相、分散水相、配浆土相,以及乳化剂、降滤失剂、润湿剂、碱度控制剂、活度控制剂等分类标准进行分类。再按照同时符合沸点 > 260 °C、倾点 < -20 °C、闪点高于 35 °C 三个条件的原则,对每类产品分别进行评价。最后从每类产品中筛选一到两种试样作为抗 260 °C 油包水钻井液处理剂及配浆材料。研选结果见表 2。

表 2 抗 260 °C 油包水钻井液处理剂及配浆材料评价结果

处理剂名称	密度/(g·cm ⁻³)	沸点/°C	倾点/°C	闪点/°C	毒性	功能作用
白油	0.82 ~ 0.85	360 ~ 370	< -20	> 215	无	连续油相,无毒矿物油
VERPLUS	1.70 ~ 1.80	370 ~ 380	固态粉末	> 218	无	土相,高温有机膨润土
HTEMUL	1.01 ~ 1.02	350 ~ 360	< -20	> 220	无	高温主乳化剂
SUPMUL	1.00 ~ 1.01	250 ~ 260	< -20	> 215	无	高温辅助乳化剂
AXWET	0.99 ~ 1.01	160 ~ 180	< -20	> 150	无	润湿剂
HTCOTROL	1.10 ~ 1.15	290 ~ 300	固态粉末	> 200	微弱	高温降滤失剂
VERCOTROL	1.15 ~ 1.18	180 ~ 190	固态粉末	> 160	微弱	高温辅助降滤失剂
石灰	3.35	> 2800	固态粉末	不闪爆	弱	碱度控制
水	1.00	100	0	不闪爆	无	分散水相
CaCl ₂	2.15	1600	固态粉末	不闪爆	弱	控制活度
YRGFZ	1.00 ~ 1.10	250 ~ 260	液体	不闪爆	无	控制粘度切力

根据研选的钻井液处理剂及配浆材料,室内确定了抗 260 °C 油包水钻井液配方如下:

90% 白油 + 4% ~ 6% VERPLUS + 2% ~ 3% HTEMUL + 1% ~ 2% SUPMUL + 1% ~ 1.5% AXWET + 3% ~ 4% HTCOTROL + 2% ~ 3% VERCOTROL + 4% ~ 5% 石灰 + 10% CaCl₂ 溶液(30% 水浓度) + 1% ~ 2% YRGFZ。

2.2 钻井液配方室内评价研究

2.2.1 高温热稳定性评价试验

在高温下,对室内配制的钻井液和压井液两种样品分别进行高温老化试验,根据同一样品老化前和老化后钻井液性能变化幅度不大的原则评价高温

热稳定性。高温老化模拟试验条件是测试样品装入老化罐后放入 260 °C 恒温烘箱里连续滚动 24 h。高温高压滤失量使用型号为 Fann 500CT 的高温高压滤失仪,测试试验条件是 260 °C/3.5 MPa/30 min。回收率试验条件是将 50 g 6 ~ 10 目火成岩岩屑经过 260 °C/24 h 老化,冷却至室温后用 30 目筛子收集,105 °C/4 h 烘干称重。试验测试数据见表 3。

从试验数据看,钻井液和压井液老化前后测试性能对比,试验样品高温后流动性略见减稠的趋势,但试验数据变化幅度不大,试验数据均符合现场施工对钻井液技术参数要求,能够满足 260 °C 高温钻井施工需要。

表 3 抗 260 °C 油包水钻井液高温热稳定性评价试验数据

样品	$\rho/(g \cdot cm^{-3})$	FV/s	$AV/(mPa \cdot s)$	$PV/(mPa \cdot s)$	YP/Pa	$(G10''/G10')/(Pa/Pa)$	FL_{HTHP}/mL	回收率/%	E_s/V
老化前钻井液	0.89	53	37.0	31	6.0	2/7	12.0	91.42	854
老化后钻井液	0.89	51	35.5	30	5.5	2/6.5	13.2	89.41	828
老化前压井液	1.50	68	49.0	37	12.0	6/12	12.0	87.57	840
老化后压井液	1.50	62	43.0	33	10.0	5/9	13.6	86.13	792

2.2.2 低温流变性恢复评价试验

在低温下,对室内配制的钻井液和压井液进行冷冻试验,评价钻井液低温破坏后流变性恢复能力。将室内配制好的样品放置冰柜里,进行 -18 °C 连续静止冷冻 24 h,取出钻井液样品进行钻井液性能测

试,试验数据见表 4。

从试验数据看,钻井液和压井液冷冻破坏前后测试性能对比,试验样品冷冻后流动性略见增稠的趋势,但试验数据变化幅度不大,试验数据均符合现场施工对钻井液技术参数要求,能够满足 260 °C

表4 抗260℃油包水钻井液低温流变性恢复评价试验数据

样品	$\rho/$ (g cm^{-3})	$FV/$ s	$AV/$ ($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	$PV/$ ($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	$YP/$ Pa	($G10''/$ $G10'$)/ (Pa/Pa)	$FL_{API}/$ mL	$E_s/$ V
冷冻前钻井液	0.89	53	37	31	6	2/7	0	854
冷冻后钻井液	0.89	57	41	33	8	2.5/9	0	848
冷冻前压井液	1.50	68	49	37	12	6/12	0	840
冷冻后压井液	1.50	74	54	39	15	7.5/14	0	834

高温钻井施工需要。

2.2.3 生物毒性评价试验

室温条件下,室内分别使用柴油和白油作为连续相配制钻井液和压井液,利用糠虾生物毒性评价法进行钻井液生物毒性对比试验,试验结果见表5。

表5 白油基和柴油基钻井液毒性检测数据

项目名称	$LC_{50}/(\times 10^{-6})$					
	剧毒 <1	高毒($1 \sim 10^2$)	中毒($10^2 \sim 10^3$)	微毒($10^3 \sim 10^4$)	无毒 ($>10^4$)	可排放 ($>3 \times 10^4$)
柴油基钻井液		15				
柴油基压井液		46				
白油基钻井液					1.82×10^4	
白油基压井液					2.13×10^4	

糠虾生物毒性评价法是美国国家环保局(EPA)正式批准的用于钻井液生物毒性评价的唯一方法, LC_{50} 为把糠虾放入试验液中进行急性毒性测试,96h半数致死浓度。

从试验数据对比看出,白油基钻井液和压井液毒性检测结果 LC_{50} 值均大于 $10^4 \times 10^{-6}$,在无毒范围内,柴油基钻井液和压井液毒性检测结果均为高毒。可见,白油基钻井液是一种相对比较环保的无毒钻井液。

3 现场应用

GL-1井设计井深为6320.00m,实际完钻井深为6300.83m,实测井底温度260℃。井裸眼段长、地层为火山岩与泥页岩夹层发育,易剥落掉块。

3.1 四开4610~6320m井段

3.1.1 四开4610~5020m井段

3.1.1.1 钻井液的配制

四开前将泥浆罐、循环槽及相关管线彻底清洗干净,由于在4610~5020m井段井底温度 $<220^\circ\text{C}$,所以钻井液以抑制地层泥页岩造浆、稳定井壁为主,因此按照以下配方:90%白油+4%VERPLUS+2%HTEMUL+1%SUPEMUL+1%AXWET+3%HTCOTROL+2%VERCOTROL+4%石灰+10%CaCl₂

溶液(30%水浓度)。配制密度为 1.15 g/cm^3 的油基泥浆 290 m^3 ,储备 90 m^3 密度为 1.50 g/cm^3 的压井液,以备钻遇高压油、气层时应急使用。

3.1.1.2 维护处理

钻井液量的维护以补充新浆为主,杜绝直接向循环系统加入大量的处理剂和配浆材料,避免钻井液性能出现大的起伏,同时根据性能的变化用处理剂对循环系统内的泥浆处理调控,保持性能的相对稳定,满足井下要求。

主要措施:

(1)保证四级固控设备使用率,主要利用好一级固控设备,尽可能更换最高目数的筛布,控制泥浆的过流面积在75%左右,振动筛和除沙器的使用率要达到100%;

(2)定期向钻井液中补充VERPLUS(有机土),以维护钻井液的粘度和切力,将钻井液漏斗粘度控制在75~85s;

(3)定期加入CTCOTROL和VERCOTROL控制高温高压滤失量在6mL以内,提高钻井液的携砂能力,确保井眼清洁。

3.1.2 四开5020~6320m井段

3.1.2.1 钻井液的配方

当钻至5020m以后,井底温度达到 220°C 以上,粘度、切力、破乳电压下降明显,为防止出现井壁剥落掉块的复杂情况,决定采用密度为 1.20 g/cm^3 的抗260℃钻井液配方,在基础配方的基础上对高温保护剂的加量进行研选,基础配方为:90%白油+6%VERPLUS+3%HTEMUL+2%SUPEMUL+1.5%AXWET+4%HTCOTROL+3%VERCOTROL+5%石灰+10%CaCl₂溶液(30%水浓度)。加入高温保护剂进行钻井液性能测试,试验数据见表6。

表6 高温保护剂研选(260℃/16h)

高温保护剂	高温保护剂加量/%	$AV/$ ($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	$PV/$ ($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	$YP/$ Pa	$\phi 6/$ $\phi 3$	$Gel/$ Pa	$YP/$ PV	破乳电压/V
基础配方	0	27	19	8	8/7	4.0/6.5	0.42	1644
YRGFZ	1	30	21	9	8/7	3.5/4.0	0.43	1686
	2	32	22	10	10/9	4.5/6.0	0.45	1718

从表6可以看出高温保护剂加量1%和2%条件下,均可提高钻井液的粘度和切力。因此,实际操作中可根据钻井液老化后的流变参数酌情加入高温保护剂。

3.1.2.2 维护处理措施

经过多次现场小样试验,确定加入2%的高温保护剂最为理想,调整后的配方使钻井液具有合适的粘度和切力,钻井液性能稳定效果明显。

(1)随着井深的不断增加,密度从 1.15 g/cm^3 提高到 1.20 g/cm^3 。

(2)井深达到5800 m以后对井底循环出来的钻井液进行性能检测,根据钻井液高温破坏后的性能变化情况,加入1%复合型堵漏剂,进一步提高钻井液封堵能力。

(3)电稳定性的维护主要通过调节乳化剂的加量来完成,为防止高温破乳,根据实测破乳电压数据来定期补充足够的主乳化剂(HTMUL)和辅助乳化剂(SUPMUL),同时补充润湿剂AXWET,确保钻井液具有良好的乳化稳定性。

(4)结合使用CTCOTROL与CYFT-I改善泥饼质量和增强泥浆的润滑性。

(5)施工后期加大HTCOTROL(抗高温降滤失剂)用量,将钻井液HTHP失水控制在12 mL以内,减少钻井液滤液对地层的浸泡,对储层进行保护,对非储层减少破坏。完钻前配制 15 m^3 高粘稠浆扫井,确保井眼净化,满足电测、井壁取心、下套管等作业要求。

3.2 现场试验效果

(1)钻井液流变性能稳定,滤失性、热稳定性、电稳定性、润滑性等都不错,保证了钻探的顺利完成。

(2)钻井液稳定井壁能力较强,HTHP滤失量相对较小,降低了滤液对地层的浸泡作用,井眼扩大率2%,井眼规则,无井壁剥落掉块现象。

(3)钻井液净化井眼能力较强,全井起下钻畅通,电测、下套管等作业顺利。

4 结论

(1)抗260℃白油基油包水钻井液性能稳定,满足GL-1井的施工任务,是一种特别适合超高温深井钻井的钻井液。

(2)钻井液经过高温破坏后,通过改善钻井液流变性能,井下复杂问题能够得到有效解决。

(3)性能优良、质量合格的泥浆处理剂是保证钻井液性能的基础。

(4)钻井液环保毒性检测结果为无毒,对现场操作人员及施工周围环境无害。

参考文献:

- [1] 周辉,郭保雨.深井抗高温钻井液体系的研究与应用[J].钻井液与完井液,2005,40(4):46-48.
- [2] 薛玉志,刘宝峰.非渗透钻井液体系的研究与初步应用[J].钻井液与完井液,2005,22(2):23-25.
- [3] 金胜利,王东.塔深1井钻井液技术[J].石油钻采工艺,2007,29(2):85-88.
- [4] 孙中伟,何振奎.泌深1井钻井液技术[J].钻井液与完井液,2009,26(3):9-11.
- [5] 刘绪全,陈敦辉.环保型全白油基钻井液的研究与应用[J].钻井液与完井液,2011,18(2):10-12.
- [6] 王松,樊营.一种新型油基钻井液体系研究[J].长江大学学报,2013,19(32):90-92.
- [7] 林学文,李家龙.抗高温复合金属聚磺钻井液的评价与应用[J].钻采工艺,2000,13(1):65-77.
- [8] 汪世国,张毅.莫深1井抗高温密度水基钻井液体系室内研究[J].新疆石油科技,2006,25(3):9-12.
- [9] 黄雪静,崔茂荣.钻井液生物毒性评价方法对比[J].油气田环境保护,2006,16(3):25-27.
- [10] 周辉,郭保雨.深井抗高温钻井液体系的研究与应用[J].钻井液与完井液,2005,40(4):46-48.
- [11] 何家国.安徽庐江泥河铁矿钻探工程施工组织管理经验与启示[J].探矿工程(岩土钻掘),2012,39(S1):117-119.
- [12] 汪传武,张波,张金平,等.地勘单位钻探作业安全管理及技术探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S1):103-108.
- [13] 王德强,安喜坡,李晓慧,等.岩土工程钻探作业危害因素与安全管理应急措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(5):80-84.
- [14] 赵亮.武警黄金部队工程爆破器材安全管理工作浅探[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(6):73-75.
- [15] 王维献.地铁工程勘察水域钻探油桶筏钻探平台的设计与安全保障措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(3):53-55.
- [16] 梁俭,陈永平,刘鹏.青海地质岩心钻探安全标准化建设经验及探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(11):81-84.
- [17] 许启云,周光辉,洪炉,等.浅谈海洋风电勘察安全风险控制[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(1):81-84.
- [18] 刘治,李宁,刘长江.谈钻探项目施工管理[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(2):82-84.
- [19] 周勇,罗英.地质钻探项目管理浅议[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(S1):441-442.
- [20] 刘治.钻探成本管理探析及实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(3):80-84.
- [21] 袁波,王振福.岩心钻机从事煤层气勘探HSE管理尝试[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(2):79-81.
- [22] 汤士博,熊伟,彭万利,等.加强钻探工程管理的措施和建议[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(8):68-70,79.
- [23] 丰武江,龚宏伟,付正群,等.岩心钻探市场管理之探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S2):367-369.

(上接第92页)

危险性较大,应总结相关的规程或标准进行指导与规范。

参考文献:

- [1] 刘治,李宁,刘长江.谈钻探项目施工管理[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(2):82-84.
- [2] 周勇,罗英.地质钻探项目管理浅议[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(S1):441-442.
- [3] 刘治.钻探成本管理探析及实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(3):80-84.
- [4] 袁波,王振福.岩心钻机从事煤层气勘探HSE管理尝试[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(2):79-81.
- [5] 汤士博,熊伟,彭万利,等.加强钻探工程管理的措施和建议[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(8):68-70,79.
- [6] 丰武江,龚宏伟,付正群,等.岩心钻探市场管理之探讨[J].探