

汶川地震断裂带科学钻探项目 WFSD-4 井钻井液技术

张林生¹, 陈礼仪², 彭刚¹, 张统得³

(1. 重庆睿智石油天然气技术服务有限公司, 重庆 400042; 2. 成都理工大学, 四川 成都 610059; 3. 中国地质科学院探矿工艺研究所, 四川 成都 611734)

摘要:汶川地震断裂带科学钻探项目4号孔(WFSD-4)地层极其复杂, 钻探施工难度极大, 对钻井液技术要求较高, 据此优选钾石灰聚磺钻井液体系为该孔的钻井液主体体系。介绍了钻井液技术在各开次的使用维护情况, 同时还详细介绍了该孔中的特殊工艺钻井液技术及复杂情况下钻井液应对措施等。

关键词:科学钻探; 汶川地震断裂带; 钻井液技术; 钾石灰聚磺钻井液体系

中图分类号: P634.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2014)09-146-05

The Drilling Fluid Technology in WFSD-4 of Wenchuan Earthquake Fault Scientific Drilling Project/ZHANG Lin-sheng¹, CHEN Li-yi², PENG Gang¹, ZHANG Tong-de³ (1. Ruizhi Oilfield Technology Service, Chongqing 400042, China; 2. Chengdu University of Technology, Chengdu Sichuan 610059, China; 3. Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 611734, China)

Abstract: Formations were extremely complicated in WFSD-4 of Wenchuan earthquake fault scientific drilling project, and the drilling construction was also very difficult. Higher drilling fluid technology was required. The potassium lime polysulfonated drilling fluid system was selected as the WFSD-4's main system. The paper introduced the use and maintenance of drilling fluid systems used in each borehole section. In addition, the special process of drilling fluid technology and the response to complex situations are introduced in detail.

Key words: scientific drilling; Wenchuan earthquake fault; drilling fluid technology; potassium lime polysulfonated drilling fluid system

0 引言

汶川地震断裂带科学钻探项目四号孔(WFSD-4)位于四川省绵阳市平武县南坝镇旧州村, 由国土资源部、国家地震局联合组织, 属科技部“十一五”国家科技专项的第五口科学探测井。其目的是揭示汶川地震断裂带的地质构造及性质。完钻后, 孔内安放地震仪和地应力检测仪等多种检测设备, 以实现地震监测和提高地震预报能力的目的。

该井处在汶川地震断裂带上, 地层复杂, 在二开井段存在 Ca^{2+} 和 CO_3^{2-} 对钻井液污染问题, 钻井液性能维护与处理比较困难。三开以下井段, 地层尤为复杂, 在井深 2200 m 以深井段为异常缩径带和破碎碳质板岩地层。在施工中多次发生掉钻具和卡钻事故, 增加了钻井周期和钻井费用。

进, 一开完钻井深 502.00 m, 成功下入 $\text{O}273$ mm 套管, 下深 501.73 m; 2012 年 9 月 14 日开始采用 $\text{O}250.8$ mm 钻头二开钻进, 二开完钻井深 1972.30 m, 顺利下入 $\text{O}219$ mm 套管, 下深 1972.30 m, 二开完钻; 2013 年 1 月 18 日开始用 $\text{O}200$ mm 钻头三开钻进, 本段地层极度复杂, 并出现多次掉钻具及牙轮和卡钻等复杂情况, 经历了 WFSD-4 到 WFSD-4-S8 多段施工过程, 最终于 2013 年 12 月 30 日三开完钻, 完钻井深 2300.00 m, 并顺利下入 $\text{O}168$ mm 套管, 套管下深 2298.44 m; 四开(四开二)于 2014 年 1 月 5 日扫完水泥塞后开钻用 $\text{O}150.00$ mm 钻头钻进, 1 月 25 日钻进至井深 2338.77 m 发生卡钻事故, 事故处理完后用 pH 值等于 9 的碱液替出井内钻井液并洗井, 于 2014 年 2 月 11 日射孔完井。

1 工程施工概况

WFSD-4 井于 2012 年 8 月 6 日开钻, 导眼, 井深 24.50 m; 8 月 10 日采用 $\text{O}316.5$ mm 钻头一开钻

2 钻井液技术难点和钻井液体系选择

2.1 地质特点和钻井液技术难点

根据 WFSD-4 孔井身结构和该地区地质情况

收稿日期: 2014-06-30

基金项目: 科技部科技支撑计划专项“汶川地震断裂带科学钻探(WFSD)”项目之“科学钻探与科学测井”课题; 中国地质调查局地调项目“地震断裂带复杂地层钻探施工技术应用示范”(12120114075701)

作者简介: 张林生(1963-), 男(汉族), 四川阆中人, 重庆睿智石油天然气技术服务有限公司工程师, 从事深井特殊井钻井液技术管理工作, 四川省阆中市张飞北路 34 号 2 单元。

分析,钻井液施工存在以下几方面的技术难点:

(1)地层古老,地下情况复杂,具有不可预料性的特点。WFSD-4井处在龙门山地震断裂带上,由于受历史上多次地震的影响,导致地层异常破碎(见图1、图2),且地层应力没完全释放,地层倾角较大,因此对井壁稳定性要求极高。地层中有害离子活跃,钻遇5个难度极高的断层。

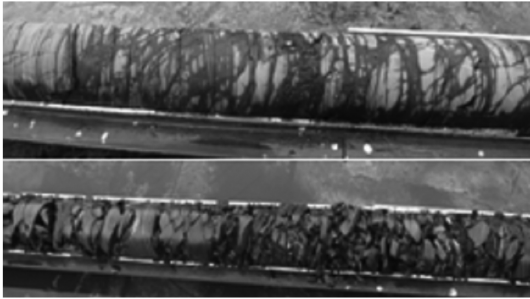


图1 1450~1550 m 岩心

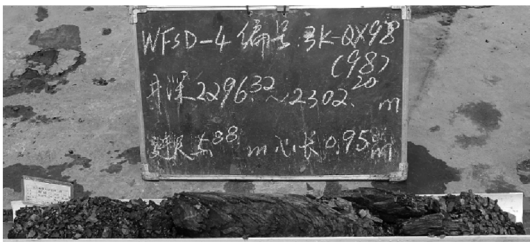


图2 2296~2302 m 岩心

(2)该区域没有准确的地层压力预报,邻井资料缺乏可对比性,不确定的因素较多,地层压力难以确定,只能根据实钻情况来调整,增大了钻井液施工难度。

(3)WFSD-4井为定向井,要求钻井液具有良好的润滑防卡功能。

(4)取心井段长,占全井总进尺的44.50%,且从2000~3350 m采用定向(方位N133°E,井斜35°)连续取心钻进,在国内的地震断裂带深部小井眼连续定向取心这是首次。因此,在破碎带采用长裸眼、大口径(取心钻头 $\varnothing 150$ mm)、定向取心工艺对钻井液的流变性能控制、以及对护壁、护心、易于引心等方面都提出更高的要求。

(5)井队配置钻机型号为KZ-30-DB型,泥浆泵为QZ3NB-350型,排量小,额定泵压较低,对钻井液流变性能参数优选带来影响。

(6)长井段取心,建井周期长,成本费用高。

2.2 钻井液体系的选择

一开成岩性好,地层稳定,从节约成本考虑,使用CMC-高膨润土含量的钻井液体系。

二开及以深井段,地质条件复杂,钻井液必须具备强抑制性,具有防塌、防漏、优良的造壁性和润滑性,抗污染能力强,钻井液性能稳定,有利于取心钻进,降低复杂情况概率;药剂配伍性好,性能易于控制,有利于定向钻进等特点,通过室内大量的实验筛选,选用钾石灰聚磺钻井液体系。

钾石灰聚磺钻井液是在石灰钻井液、聚磺钻井液基础上发展起来的一种更有利于防塌的钻井液体系。具有抑制性强,泥饼质量好,封堵能力强,应用中表现出了较好的流变性、抑制性、防粘卡效果、高温稳定性和较强的剪切稀释性、滤失造壁性、防塌能力和抗可溶性盐类污染能力。主抑制剂为KCl、石灰,辅助抑制剂为K-PAM、 NH_4 -HPAN,封堵剂为FT-342、FT-1、QS-1,降滤失剂为SPNH、SMP-II、LV-CMC,增粘剂为HV-CMC、XC,润滑剂为FKRH,pH值调节剂为NaOH、KOH。

3 钻井液维护处理

3.1 一开井段钻井液维护处理

一开表层施工段,采用 $\varnothing 316.5$ mm牙轮钻头全面钻进,主要使用CMC-高膨润土含量钻井液体系,基本配方为:10 m³(2号孔老浆)+25 m³(6% LBM+0.5% HV-CMC)+50 m³(8% NV-1+4% Na₂CO₃(土量)+0.3%~0.5% HV-CMC)。其性能如下: $\rho=1.05\sim 1.15$ g/cm³, $FV=50\sim 70$ s, $PV=10\sim 25$ mPa·s, $YP=8\sim 15$ Pa, $Gel(1'/10')=3\sim 7/8\sim 15$ Pa, $FL<10$ mL/30 min, $K=0.6\sim 1$ mm,pH值8~9。

在施工过程中主要存在的问题:井眼大,配置泥浆泵上水效率低,环空返速低。因此,大直径井眼的携砂与护壁是重点,主要从钻井液流变性上来考虑,尽量使钻井液视粘度在50 s以上,动塑比值接近0.5,确保安全、快速、高效施工,顺利下入一开套管,为二开及以深钻进提供安全保障。

3.2 二开井段钻井液维护处理

二开经历了全面钻进(712.00~1444.55 m导向钻进)、取心钻进、扩孔、再到全面钻进四个阶段,井深1444.55 m导向钻进完成后,为保证下部取心工作进行顺利,下入 $\varnothing 219$ mm活动套管,套管下深1435 m,经过13.96 d取心作业后,全部顺利拔出,体现了钻井液具有优异的防卡润滑性。

在二开钻进至665.00 m将钻井液逐渐转换成钾石灰聚磺钻井液体系。基本配方:4% NV-1+0.2% K-PAM+1% FT-342+0.3% NH_4 -HPAN+

2% SMP-1 + 0.5% CMC + 2% SMC + 0.5% SPNH + 2% KCl + 0.4% CaO + 重晶石;其它处理剂: NaOH、KOH、JN-A、FKRH、XC、SMP-2等。其性能如下: $\rho = 1.11 \sim 1.26 \text{ g/cm}^3$, $FV = 38 \sim 53 \text{ s}$, $PV = 7 \sim 19 \text{ mPa} \cdot \text{s}$, $YP = 7 \sim 20.5 \text{ Pa}$, $Gel(1'/10') = 3 \sim 4.5/11 \sim 19 \text{ Pa}$, $FL = 6 \sim 6.8 \text{ mL}/30 \text{ min}$, $K = 0.5 \text{ mm}$, pH值 9.5。

在日常维护中,主要加入高分子聚合物 K-PAM,提高钻井液的包被抑制性,同时润滑井壁,防止钻屑分散;中分子聚合物以 K-PAN 和 NH_4 -HPAN 为主,配合 SMP、SMC、SPNH、LV-CMC 等加强护胶,控制失水。随裸眼段的加长,加大了润滑剂 FKRH 和沥青类处理剂的用量,降低钻井液粘滞系数,同时加强地层的封堵胶结能力,形成优质泥饼,确保了钻进施工的正常进行。

1642.47 ~ 1754.00 m 段地层较为破碎,防塌是本段重点,表现为扭矩波动大,甚至憋停转盘,在 1672.72 m 处憋掉 2 个牙轮,打捞成功后,在下钻至井深 1664.56 m 发生卡钻事故,上提 1200 kN、下放 600 kN 不能解卡,用拔管器上提 1500 kN,保持 10 min 后解卡,事故处理耗时 8.01 h。经分析为掉块卡钻,针对地层破碎,钻井液加强了护壁防塌能力,用沥青和超细碳酸钙配合使用,对地层微裂缝进行封堵,改善滤饼质量,沥青类处理剂含量提高至 4%,超细碳酸钙含量提高至 3%,KCl 含量提高至 5%,顺利穿过了破碎地层。1871.84 ~ 1936.20 m 井段,虽然地层含泥质成分较多,由于钻井液抑制性强,对钻井液性能影响较小。在整个二开施工过程中,井壁稳定,井眼规则,测井和下活动套管作业顺

利,均一次成功。

3.3 三开以下井段钻井液维护处理

该段地层极其复杂,尤其是在 2200 m 以深地层中上部破碎坍塌,下部蠕变缩径,先后经历了 1 次掉牙轮等事故,2 次掉钻具事故,9 次卡钻事故,虽然在多次卡钻事故发生后对其产生的原因不断进行分析总结,并据此对钻井液性能进行多次调整,同时由于该井为地震断裂带探井,对钻井液所需密度不能合理确定,始终难以寻求有效的处理措施。

其钻井液基本配方为: 2.5% ~ 3% NV-1 + 0.1% K-PAM + 5% SMP-2 + 1% QS-1 + 5% ~ 8% KCl + 0.4% CaO + 0.5% CMC + 2% SMC + 2% SPNH + 3% FKRH + 3% 沥青类。

其它处理剂: JN-A、JD-6、FGL、XC、MEG、SAK-1、白油润滑剂、重晶石粉等。

在防塌方面,主要用 KCl、CaO、K-PAM 等提高钻井液抑制能力,保障 KCl 含量在 5% ~ 8%,用沥青类和超细碳酸钙配合提高封堵和胶结能力,严格控制滤失量等措施来维护钻井液性能,同时注意调整密度,使得钻井液液柱压力能有效地平衡地层压力。

在润滑防卡方面主要采用加入 FKRH、油类、提高聚合物含量的方法。

在卡钻后,对钻井液进行了多次调整,主要是提高抑制力,加强封堵胶结,形成质量好的滤饼,严格控制滤失量,调整钻井液密度等,同时提高粘切以加强岩粉的携带能力。在处理剂优选上还添加了 SAK-1、SEB、FGL、MEG 等提高钻井液防塌润滑能力。钻井液性能控制范围见表 1。

表 1 钻井液性能控制范围

孔段	$\rho/(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	FV/s	$PV/(\text{mPa} \cdot \text{s})$	YP/Pa	$Gel(1'/10')/\text{Pa}$	$FL/[\text{mL} \cdot (30 \text{ min})^{-1}]$
WFSD-4	1.24 ~ 1.30	32 ~ 48	19 ~ 37	5.5 ~ 35	2 ~ 4.5/7 ~ 16.5	4.9 ~ 3.2
S1	1.30 ~ 1.31	43 ~ 60	28 ~ 30	12 ~ 15	4 ~ 4.5/15	3.4
S2	1.30 ~ 1.39	45 ~ 87	15 ~ 33	19 ~ 31	3 ~ 5/8 ~ 15	3 ~ 3.6
S3	1.40 ~ 1.46	67 ~ 88	29 ~ 37	24 ~ 35.5	4.5 ~ 5/12 ~ 19	3 ~ 3.2
S4	1.40 ~ 1.60	40 ~ 88	23 ~ 36	19 ~ 35	1.5 ~ 6/6 ~ 18	3 ~ 3.8
S5	1.71	37 ~ 39	37 ~ 38	11.5 ~ 13	2/8	3.8 ~ 4
S6	1.70 ~ 1.71	38 ~ 41	32 ~ 39	14 ~ 17	3 ~ 4/10.5 ~ 13	3.8
S7	1.41	35	30	11	2.0/5	4
S8	1.64 ~ 1.71	57 ~ 65	39 ~ 46	19 ~ 21	3 ~ 4/10.5 ~ 13	2.6 ~ 3.0

4 特殊工艺钻井液技术

4.1 活动套管工艺钻井液技术

2012年11月3日12:40钻至井深1435.00 m,然后用 $\varnothing 200 \text{ mm}$ 钻头钻口袋至井深1444.55 m,再

顺利下入1435 m长的 $\varnothing 219 \text{ mm}$ 活动套管串。历时13.96 d的取心钻进后起拔套管,在拔套管作业中,套管悬重60 t、上提悬重95 t时套管拔动,平时正常上提摩阻为10 t,实际提动阻力为25 t。

在长裸眼(922 m)、定向斜井条件下(最大井斜

角 32.9°)成功拔出活动套管,这在地质和石油钻井行业是较少见的,这与地层的稳定和决策者的胆大心细和对井内情况分析判断准确是分不开的。同时也充分表明了钻井液体系选择的合理性,该体系性能优良,具有较强的防塌抑制性和润滑性能。活动套管顺利拔出其意义重大,为下部的施工创造了极为有利条件,对井身结构可调整性,安全施工打下了基础。为了活动套管在二开取心后能顺利拔出,钻井液在套管下入前和下入后采取了以下措施:(1)在维护处理时注重钻井液的抑制防塌效果(测井显示下入活动套管前平均井径为 266.2 mm ,井径扩大率为 6%)和润滑性的控制;(2)在通井和下套管前夕,采用固控设备尽可能清除无用固相,含砂量 0.3% ,分多次加入FKRH处理剂,降低摩阻,增强润滑性(泥饼粘滞系数控制在 0.09 以下);(3)套管下入后,配制防卡润滑浆 30 m^3 ,泵入环空 24 m^3 ,将环空全部封闭,防卡润滑浆配方为 30 m^3 井浆(内含 3% FKRH)+ 0.6% 废机油+ 0.17% SP-80+ 1.67% FKRH。

4.2 大井眼扩孔钻井液技术

在二开取心完毕,活动套管全部拔出,要对 $\text{Ø}150\text{ mm}$ 井眼取心段($1435.00\sim 1555.00\text{ m}$)进行扩孔作业后,才能进入下一阶段的 $\text{Ø}250.8\text{ mm}$ 钻进。

扩孔作业被公认为高风险作业,在之前已经施工的WFS-1井、WFS-2井、WFS-3井均出现过在扩孔钻进施工中而造成的井内复杂情况。分析主要是先前形成的滤饼被破坏,打破原有的井壁稳定状态,再重新形成新的井壁,导致井壁应力重新分布,易造成井内大面积坍塌,甚至造成埋钻等恶性事故。在防塌和防卡方面做了以下工作:(1)控制钻井液密度,使其 $\leq 1.20\text{ g/cm}^3$,形成正压差,有利于井壁稳定;(2)提高粘切,控制动塑比值在 $0.4\sim 0.5$,使钻井液具有较强携带能力,将掉块和沉砂及时带出地面,降低埋钻的风险;(3)加强体系的强抑制性,在原有配方基础上,KCl和沥青类处理剂含量都提高至 3% 以上,同时配合超细碳酸钙加强封堵,形成胶结性强的体系,达到防塌的目的。在整个扩孔施工中,井内稳定,无明显掉块。

4.3 取心钻井液技术措施

取心作业主要是采用 $\text{Ø}150\text{ mm}$ 取心钻头在大斜度井眼中施工,对钻井液维护处理增加了难度。主要表现在:井眼尺寸小,环空间隙小,导致环空压耗增加,钻进中泵压高;而排量小对掉块的携带不

利,对于缩径层段冲刷力度不足。因此,小井眼缩径和井塌致使井下复杂情况的发生更为突出。井壁稳定、润滑防卡,通过调整钻井液的流变参数,以达到降低环空压力损失、优化环空流型,将是小井眼钻井液技术的关键之一。在维护处理中,主要采取以下措施:(1)调整好钻井液性能参数,保证钻井液性能优良、稳定,为配合取心创造条件;(2)加强钻井液抑制性,KCl含量提高至 7% 以上,石灰含量 $\leq 0.4\%$,保持体系中游离 $\text{Ca}^{2+}\geq 400\text{ ppm}$,配合聚合物的抑制包被作用,降低地层中水敏性强的粘土矿物的水化和膨胀性;(3)降低固相含量,加入SMP等减阻性材料,降低塑性粘度,实现钻井液在较低的环空压降下具有良好的携带岩粉能力;(4)沥青类处理剂和QS-1配合使用,加强对地层微裂缝的封堵,对破碎、松散的地层起到一定的胶结作用,能稳定井壁和降低岩心的破碎程度;(5)加强钻井液的润滑性,对提高取心能力及采取率有较好的作用。

5 复杂情况应对技术措施

5.1 CO_2 污染维护处理技术

CO_2 是一种有害气体, CO_2 进入钻井液浆后,产生带负电的 CO_3^{2-} 和 HCO_3^- ,它不仅对钻井液性能造成影响,也对钻具等金属腐蚀较重,在全井段都存在 CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 离子污染的现象,由于该井处在汶川地震断裂带上,地层裂隙发育,地层深部的 CO_2 随裂缝侵入井筒内。

在井深 646.00 m 发现 CO_2 污染,气测显示 CO_2 值从 0.09% 上升至 0.174% , CO_3^{2-} 离子含量 1200 mg/L 、 HCO_3^- 离子含量 2440 mg/L ,总含量不太高,但对钻井液性能影响较大,常表现为粘切高、流动性差、易起泡、处理频繁、处理剂用量大、稳定周期短等现象。主要原因是钻井液体系转换不彻底,抗污染能力不足。经过降低膨润土含量(膨润土含量从 70 g/L 降至 40 g/L 左右),加强护胶能力,将钻井液从CMC-高膨润土含量钻井液彻底转化为钾石灰聚磺钻井液后,钻井液体系抗污染能力明显增强。在以后的钻井施工中, HCO_3^- 离子含量 5000 mg/L 以上, CO_3^{2-} 600 mg/L 以上,对钻井液性能影响较小。

具体维护处理方法:(1)降低膨润土含量,加大CMC、SMC、SMP、SPNH等护胶处理剂的用量,加强体系抗污染能力;(2)使用石灰沉降的方法,始终使体系保持有游离钙存在,使 Ca^{2+} 浓度 $\leq 300\text{ mg/L}$,做到定期补充,每钻进 $30\sim 50\text{ m}$ 加入石灰量在 0.15% 左右;(3)适当提高密度,压住气体,本段在

密度提高至 1.25 g/cm^3 时, CO_2 气体明显减少, 钻井液内气泡也明显消失; (4) 酸根离子侵时, 易造成 PH 值下降, 主要采用加入石灰和烧碱处理, 并维持 pH 值在 9.5 以上, 使 HCO_3^- 离子转换成 CO_3^{2-} 离子, 有利于沉除。

5.2 井眼稳定及防塌技术措施

WFSD-4 井地质条件恶劣, 地震频发、地壳运动活跃会使原来沉积的地层面目全非, 形成褶皱, 地层倾角大, 多断层等, 由于构造应力正处于释放期间, 一旦钻开地层后, 储存的能量就逐渐释放出来, 这时, 易造成井壁不稳定。针对以上情况采取了以下措施。

(1) 提高 K^+ 、 Ca^{2+} 的含量, 配合聚合物处理剂, 提高抑制力。 K^+ 吸附在粘土表面嵌入粘土晶格, 增强了晶层间的连接力, 使粘土表面形成封闭结构, 可有效抑制粘土水化分散。在重点防塌井段, KCl 含量在 7% 以上, 随着 KCl 含量增加, 石灰的溶解能力增强, Ca^{2+} 含量可达 800 mg/L 以上。

(2) 由于过多的 OH^- 可以分散剥落页岩, 影响防塌效果, 故应维持 pH 值在 9~9.5 之间, 用 KOH 控制钻井液的碱度, 尽量少使用 NaOH。其优点显然在于通过引入 K^+ , 同时相应地减少了体系中 Na^+ 的含量。

(3) 在易塌地层可适当提高钻井液密度, 平衡地层压力。

(4) 适当提高钻井液粘度和切力, 控制环空返速, 以免形成紊流冲刷井壁, 导致井塌。

(5) 对破碎带地层, 增加沥青质类处理剂含量, 配合超细碳酸钙, 以利封闭缝隙, 建立理想的不渗透润湿反转层, 形成高质量泥饼, 保护井壁。

5.3 钻井液润滑性控制技术

(1) 井壁稳定是长裸眼、定向井施工的保证, 要保证钻井液中含有充足的主聚物和防塌处理剂, 保证钻井液具有较强的抑制性和良好的封堵能力, 保障井壁的稳定性; 加足润滑剂, 尤其是在长裸眼小井眼取心段, 润滑剂的含量 $\leq 2\%$ 。

(2) 在钻进期间, 加入适量的超细碳酸钙、沥青类不但可以提高破碎地层的封堵胶结防塌能力, 同时由于沥青类物质亲水性弱, 亲油性强, 可有效地吸附在井壁上并形成一层油膜。这样, 既可减轻钻具与井壁的摩擦, 还能一定程度抑制粘土矿物的水化膨胀。

(3) 加强固相控制, 及时清除钻井液的无用固

相也是降低摩阻的手段之一。

(4) 定向井钻具有偏磨现象, 及时补充润滑剂, 能在金属钻具表面形成坚固的极压润滑膜, 对钻具起有效保护作用, 延长钻具寿命, 降低卡钻风险, 降低钻杆扭矩, 提高钻速, 有效减轻对钻杆和钻头的磨损, 大幅度提高钻井效率。

6 结论与认识

(1) 用钾石灰聚磺钻井液体系, 在上部井眼施工顺利, 井眼稳定, 起下钻正常, 保证了有效作业时间, 缩短了钻进周期, 钻井液性能稳定, 维护处理简单, 成本相对较低, 且流变性能易于调整控制, 适用于汶川地震断裂带 WFSD-4 井施工要求。

(2) 钾石灰聚磺钻井液具有良好的润滑防塌性能、较低的摩阻系数和较强的抑制能力, 防卡、防塌效果明显。活动套管的成功拔出, 表明井眼稳定, 体系防塌能力强和具有较好的防卡润滑性的效果, 这对在特殊井段施工有较好的参考价值。

(3) 定向小井眼取心施工, 钻井液必须具有强的防塌能力和润滑性的同时, 必须调控好流变性能, 尽量降低管内和管外压力损耗, 配合快速施工。

(4) 钾石灰聚磺钻井液具有较强的抗污染能力, 成功抑制了 CO_2 侵污, 在二开用本体系成功钻完 270 m 长段水泥塞, 在无任何处理的情况下, 性能稳定。

(5) 在复杂地层的探井施工中应在保证强抑制、强封堵、强润滑特性的基础上确定合理的钻井液密度, 保障井壁稳定。

参考文献:

- [1] 汶川科钻工程中心地学部. 汶川科钻四号孔(WFSD-4)地质设计[R]. 2012.
- [2] 柳颖, 李建成, 鲁政权, 等. 小井眼侧钻水平井钻井液技术[A]. 辽河石油勘探局工程技术研究院. 2006年钻井液学术研讨会论文集[C]. 2006.
- [3] 王亮, 何劲, 熊利华. 碳酸根对钻井液性能的影响及控制措施[A]. 2006年复杂气藏开发技术研讨会论文集[C]. 2006.
- [4] 李凤九. 井壁稳定问题的探讨[J]. 石油钻采工艺, 1982, (7).
- [5] 鄢捷年. 钻井液工艺学[M]. 山东东营: 中国石油大学出版社, 2006.
- [6] 张统得. 汶川地震断裂带科学钻探泥浆体系的研究及应用[D]. 四川成都: 成都理工大学, 2013.
- [7] 李之军, 陈礼仪, 贾军, 等. 汶川地震断裂带科学钻探一号孔WFSD-1断层泥孔段泥浆体系的研究与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(12).