

中江 19H 井卡钻原因分析及预防技术措施

董志辉, 徐云龙, 张 玲

(中石化胜利石油工程有限公司钻井工艺研究院, 山东 东营 257017)

摘要:中江 19H 井是川西中江地区的一口长水平段水平井, 设计井深 3830 m, 水平段长 990 m。目的层为下沙溪庙组, 是开发中江地区该层位的首口水平井, 邻井参考资料少。中江地区地层裂缝发育, 普遍存在井壁失稳现象, 极易产生掉块, 同时, 该井设计二开裸眼段长, 更恶化了井壁失稳, 施工中产生大量掉块, 掉块在井眼局部堆积形成砂桥造成该井水平段卡钻。仔细分析了该井卡钻原因, 提出了优化钻井液性能、优选钻井工具、优化水平段钻具组合、加强井眼净化等相应预防技术措施, 顺利完成了该井的后期侧钻施工。为川西中江地区下沙溪庙目的层的开发提供了宝贵施工经验。

关键词:井壁失稳; 掉块; 卡钻; 中江地区

中图分类号: TE28 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2014)02-0037-04

Analysis on the Reasons of Drill Rod Sticking in Well 19H of Zhongjiang District and the Preventive Measures/ DONG Zhi-hui, XU Yun-long, ZHANG Ling (Drilling Technology Research Institute, Shengli Petroleum Engineering Co., Ltd., SINOPEC, Dongying Shandong 257017, China)

Abstract: Well 19H of Zhongjiang is a long horizontal well with designed depth of 3830m and 990m in the horizontal section. The fracture develops in this district with wide spreading well wall instability and block falling. The design of the second open hole section makes the wall instability even worse, the sand bridge may be formed by local accumulation of falling blocks in the well bore to cause drill rod sticking. The reasons of drill rod sticking are analyzed in this paper, the corresponding preventive measures are put forward in optimization of drilling fluid performance, drilling tools and drilling tool assembly for horizontal section as well as reinforcing well bore clarification. The later sidetracking construction is successfully completed, which provides some valuable experiences for drilling work in this district.

Key words: well wall instability; block falling; drill rod sticking; Zhongjiang district

1 中江 19H 井施工概况及卡钻情况

中江 19H 井是四川盆地川西坳陷中江构造南东翼的一口长水平段双靶点水平井, 以下沙溪庙组 JS₃₃₋₂ 砂组为主要目的层, 设计井深 3830 m, 水平段长 990 m。井身结构为: 导眼 $\varnothing 444.5 \text{ mm} \times 102 \text{ m}$, 套管 $\varnothing 339.7 \text{ mm} \times 100 \text{ m}$; 一开井眼 $\varnothing 311.15 \text{ mm} \times 2202 \text{ m}$, 套管 $\varnothing 244.5 \text{ mm} \times 2200 \text{ m}$; 二开井眼 $\varnothing 215.9 \text{ mm} \times 3830 \text{ m}$, 套管 $\varnothing 139.7 \text{ mm} \times (2100 \sim 3828) \text{ m}$ 。二开钻进至井深 2300 m, 由于实钻录井资料显示地层与设计预告层位相差较大, 因此变更设计, 先钻斜导眼, 对目的层取心、测井, 探明地层情况, 再实施水平井。

斜导眼落实层位后, 水平井主井眼于 2290 m 处开始侧钻, 依井眼轨道设计钻进至 2842.48 m 顺利中 A 靶, 进入水平段稳斜钻进。水平段钻具组合: $\varnothing 215.9 \text{ mm}$ PDC 钻头 + $\varnothing 172 \text{ mm}$ 1.5° 单弯螺杆(扶正器外径 $\varnothing 212 \text{ mm}$) + $\varnothing 210 \text{ mm}$ 扶正器 + 回压阀 +

$\varnothing 127 \text{ mm}$ 无磁承压钻杆 + MWD 悬挂短节 + $\varnothing 127 \text{ mm}$ 加重钻杆 6 根 + $\varnothing 127 \text{ mm}$ 斜坡钻杆 60 根 + 旁通阀 + $\varnothing 127 \text{ mm}$ 钻杆 45 根 + $\varnothing 127 \text{ mm}$ 加重钻杆 54 根 + $\varnothing 127 \text{ mm}$ 钻杆 42 根 + 411 × 520 接头 + $\varnothing 139.7 \text{ mm}$ 钻杆。

稳斜钻进至井深 3015.59 m, 钻完一单根, 准备上提划眼。上提钻具摩阻较大, 旋转上提钻柱倒划井眼(转速 40 r/min), 顶驱扭矩波动较大(10 ~ 22 kN·m)。为防止钻柱在转动上提过程中卡钻, 未继续倒划眼, 立即采取下划的方式处理, 并重新划至井底, 扭矩正常。之后, 停顶驱带泵上提钻柱, 原悬重 1200 kN, 正常上提 1300 ~ 1400 kN, 上提至井深 3011.7 m 时遇阻, 最大上提吨位 1500 kN。随即向下窜动钻柱, 最小下放至 1000 kN(正常下放 1100 ~ 1200 kN)无法放脱。钻井液循环正常, 但无法正常上提下放钻柱, 判断发生卡钻事故。

卡钻后, 先后使用了多种技术措施处理事故, 先

收稿日期: 2013-09-13

作者简介: 董志辉(1983-), 男(汉族), 湖北大悟人, 中石化胜利石油工程有限公司钻井工艺研究院工程师, 石油工程专业, 从事钻井工艺技术研究以及技术服务工作, 山东省东营市北一路 827 号, z45708@126.com。

后采用大力上下活动钻具;上下窜动、旋转钻柱并扭转下放活动;打稠浆携砂,并配合活动钻柱;地面震击器震击;泡油;重锤震击;泡解卡剂;憋压解卡;降压解卡。均未能解卡,决定倒扣,填井侧钻。倒扣成功后,“落鱼”长度 621.46 m,“鱼顶”深度 2390.24 m,回填至井深 2260 m,侧钻继续施工。

2 卡钻原因分析

根据卡钻前摩阻增加,卡钻后开泵泵压正常,卡

钻后调整泥浆循环期间返出大量掉块等现象,以及根据返出掉块岩性、目的层取心情况,综合分析认为,卡钻是由于井眼井壁失稳,井壁大量掉块剥落形成砂桥造成卡钻,不排除卡钻未能及时解卡,转化成砂桥卡钻和粘附卡钻的复合卡钻。

2.1 地层原因

中江 19H 井二开裸眼段地层为沙溪庙地层,主要岩性为泥岩、砂岩不等厚互层。地层详细情况如见表 1、表 2。

表 1 二开裸眼段地层岩性情况

地层	垂深起止井段/m	垂厚/m	岩性简述
上沙溪庙组	1969 ~ 2569	600	暗棕、棕、棕紫色泥岩、粉砂质泥岩与灰褐色粉砂岩、泥质粉砂岩及绿灰色细~中砂岩略等厚~不等厚互层
下沙溪庙组 (未穿)	2569 ~ 2665	96	紫褐、灰绿色泥岩、含粉砂质泥岩与灰绿色粉砂岩、浅灰色细粒岩屑砂岩、长石岩屑砂岩略等厚。上部夹厚层~块状浅灰色中~粗粒岩屑长石、长石岩屑砂岩。与下伏地层呈整合接触

表 2 斜导眼取心情况

取心井段/m	心长/m	层位	岩性	裂缝情况
井深:2660 ~ 2668 垂深:2642.73 ~ 2650.28	8	下沙溪庙组	上部为浅褐灰色中粒岩屑砂岩,下部为浅绿灰色中粒岩屑砂岩,下部夹含泥砾	共发育平缝 10 条,斜缝 2 条,绕心体 1/3 周至 3/4 周,均为中缝,缝长 10 ~ 25 cm,缝宽 0.1 ~ 0.5 mm,未充填

沙溪庙组的地层岩性以泥岩、砂岩为主。根据取心情况以及掉块岩性分析(见图 1、图 2),泥岩层理性强且存在微裂缝,层理及微裂缝为泥岩的水敏

效应提供了通道,泥岩水化后产生的膨胀压超过其胶结强度时又产生新的裂缝,促进了钻井液滤液的进一步侵入;砂岩结构疏松,裂缝发育,且多为平缝,一方面为渗透水化提供了渗流通道,另一方面增强了毛细管力作用,进一步促进了渗透水化,降低了井壁岩石强度。这种恶性循环极易导致井壁周围岩石发生掉块、坍塌,更加大了地层失稳的概率^[1,2]。

沙溪庙组地层在井眼形成后井壁通常不会立即出现掉块和垮塌等失稳形式,而是经过一段时间(数小时甚至几百小时)后才发生失稳。水化应力与地应力共同作用后会加剧井壁的失稳程度,并且时间越久,井壁失稳情况将越严重^[1]。本井在前期钻进过程中,振动筛未见明显掉块,上提下放钻柱顺利无阻卡。但是,在卡钻后循环时,却返出大量泥岩、砂岩掉块。

中江 19H 井水平段主要岩性为中粒岩屑砂岩,存在大量微裂缝,可钻性好,钻时快(3.8 ~ 7.0 min/m),地层渗透性强,容易形成虚厚泥饼;加之水平段 175 m 长,容易产生岩屑床,当掉块卡钻未能及时解卡,便会转化成掉块砂桥卡钻和粘附卡钻的复合卡钻。

2.2 工程原因

(1) 二开实钻过程中,钻井液密度在 1.8 ~ 2.1 g/cm³,井底温度在 120 ~ 140 °C,钻井周期长达 50 多天,重浆长期反复使用,处理剂高温降解失效,钻

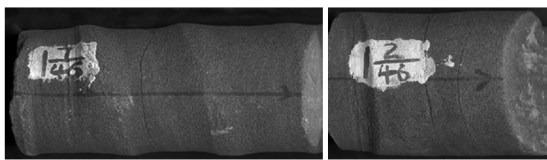


图 1 斜导眼取心情况



图 2 水平井眼掉块情况

屑污染严重,钻井液老化、增稠、胶凝,流动性降低,黏度和切力控制困难。以上因素导致钻井液的配制、流型的控制和性能维护处理难度大^[3]。施工中常常出现局部时间内钻井液性能较差,而且处理困难,加剧了井壁失稳,导致了掉块的产生。

(2)二开裸眼段长,本井原设计为三开井,后调整为二开井,二开裸眼段长达 1630 m(2200 ~ 3830 m),水平段长 990 m,且直井段、造斜段、水平段在同一开次。增斜段泥岩段地层非常多,钻速较慢,施工周期长,钻井液长期对裸眼段的浸泡,造成了井壁失稳。

(3)大量剥落掉块及岩屑未及时带离井眼环空,掉块以及岩屑在井眼局部堆积,形成砂桥。未及及时搞好短程起下钻,未有效破除砂桥。

(4)在井下异常时,处理不当,上提拉力过大,造成卡钻。

3 预防卡钻技术措施

在中江区块地层裂缝发育、井壁失稳普遍存在的地质条件下,只有通过改进施工方法,提高钻井技术,才能达到安全开采的目的。

3.1 优化钻井液性能

(1)选择合适的钻井液密度。沙溪庙地层钻井过程中井壁易发生力学不稳定,钻进中应根据实钻情况,根据设计提供的井段和密度区间值,合理调整钻井液密度。如果发现振动筛返出较多掉块、钻井液气侵严重等情况要及时汇报,并逐步将密度提高到设计高限值。本井在进入目的层后,掉块增多,气侵较大,最终将钻井液密度调整为 1.98 ~ 2.10 g/cm³,掉块减少,气侵得到有效控制。

(2)调整维护钻井液性能,增强抑制封堵能力,

促使井壁稳定。二开裸眼段发生井壁失稳的风险较高,应加足各种聚合物胶液。及时补充生石灰、沥青类防塌剂和聚合醇等处理剂,增强钻井液抑制性,严格控制钻井液失水量,保持钻井液具有较强的井壁支撑能力和抑制防塌性能,对井壁进行有效保护。坚持以“细水长流、勤于维护”方式控制钻井液的性能,及时按照进尺情况补充抑制剂、包被剂、封堵剂和润滑剂以保持性能稳定优良。基本配方:上部钻井液+1%~3%聚合醇(浊点 50~70℃)+1%~3%无铬磺化褐煤+1%~3%磺化酚醛树脂+1%~2%磺化单宁+2%~5%高效液体润滑剂+2%~3%沥青类防塌剂+0.1%~0.2%乳化剂。

(3)增强携砂润滑能力,保证井眼清洁安全。控制合适的钻井液粘度和动塑比,维护钻井液具有良好的流变性能和携岩能力,如井下净化情况不好应适当提高动切力,动塑比控制在 0.5~0.7 之间,以增强其携岩能力。水平井段钻井液应具有良好的流变性和较低的循环摩阻。在保证井眼净化的前提下,加入黄原胶等聚合物胶液来保持较低的切力和触变性,减轻起下钻和开泵时压力激动及抽吸,防止复杂情况的发生。

(4)强化固控设备的使用,有效清除无用固相,并随钻补充润滑防塌处理剂,降低钻井液摩阻系数,保持泥饼光滑致密、具有良好的润滑性,减少井内阻卡的发生。

3.2 优选钻井工具

在卡钻后侧钻井眼增斜段,选取定向 PDC 钻头,并且在增斜段(井斜 50°~90°)使用了水力振荡器,施工时间较卡钻前增斜段井眼普通 PDC 钻头施工时缩短 2.7 天,提高了钻进速度,减少了泥浆浸泡时间,降低了卡钻风险(见表 3)。

表 3 使用定向 PDC 钻头+水力振荡器与普通 PDC 钻头无水力振荡器情况对比

井眼	使用工具	使用井段 /m	平均造斜率 /[(°)·(100 m) ⁻¹]	定向段 长/m	定向钻时 /(min·m ⁻¹)	复合段 长/m	复合钻时 /(min·m ⁻¹)	平均钻时 /(min·m ⁻¹)
卡钻前增斜井段井眼	普通 PDC	2287~2768	16.02	251.59	34.47	229.41	11.26	23.4
卡钻后侧钻增斜井段井眼	定向 PDC+水力振荡器	2270~2734	15.89	198.50	26.32	265.5	12.54	18.44

(1)优选钻头。采用 PDC 钻头定向钻进,相比于牙轮钻头,具有机械钻速高、使用寿命长、安全性高等优点,但也存在工具面不稳,易憋泵等缺点。本井使用 PDC 钻头具有明显优势。在斜井段钻进过程中,条件允许的情况下,使用 PDC 钻头,应选用短保径、造斜高效的钻头^[4]。综合考虑工具面、造斜率、机械钻速等因素,选取型号 HS843GS 的五刀翼 PDC(俗称“定向 PDC 钻头”)合适。定向 PDC 钻头

对地层攻击性稍弱于普通 PDC 钻头,钻时稍慢,但定向 PDC 钻头具有工具面稳定、憋泵可能性小、造斜率高、复合进尺多、整体钻速快、轨迹更圆滑等优点。

(2)增斜段使用水力振荡器。在使用导向马达的定向钻进中,钻具躺在井眼下井壁向下滑动,钻具大部分与井壁接触,产生摩阻,特别是当井眼的曲率变化比较大、井斜较大时,产生的摩阻很大,大大的

限制了钻进距离,并且容易因钻具与井壁由于吸附作用而发生粘吸卡钻。水力振荡器是在钻进的过程中,通过钻井液水力的作用产生沿钻具组合或者钻杆轴线方向上的振动,可以显著的减少这种摩阻,促使钻具组合的部分重力传递到钻头,同时减少粘卡机会。本井在增斜段(井斜 $50^{\circ} \sim 90^{\circ}$)使用了水力振荡器,钻具组合为: $\varnothing 215.9$ mm 5FPDC + $\varnothing 172$ mm 单弯螺杆(1.5°) + 411×410 回压凡尔 + $\varnothing 127$ mm 无磁承压钻杆 + MWD 短节 + $\varnothing 127$ mm HWDP $\times 6$ 根 + $\varnothing 127$ mm DP $\times 24$ 根 + 水力振荡器 + $\varnothing 127$ mm HWDP $\times 54$ 根 + 411×520 接头 + $\varnothing 139.7$ mm DP。使用过程中,工具面的调整比较容易,工具面的保持也很稳定,传压能力较好,滑动钻进距离较长,减少了滑动钻进中途活动次数,活动钻具时上提拉力较小。很大程度上提高了滑动钻进机械钻速,减少了滑动钻进吸附卡钻的机会。

3.3 水平段优化钻具组合

卡钻时水平段采用的是单弯双稳柔性钻具,钻具组合为: $\varnothing 215.9$ mm PDC 钻头 + $\varnothing 172$ mm 1.5° 螺杆(扶正器外径 212 mm) + $\varnothing 210$ mm 扶正器 + 回压

阀 + $\varnothing 127$ mm 无磁承压钻杆 + MWD 悬挂短节 + $\varnothing 127$ mm 加重钻杆 6 根 + $\varnothing 127$ mm 钻杆 60 根 + 旁通阀 + $\varnothing 127$ mm 钻杆 45 根 + $\varnothing 127$ mm 加重钻杆 54 根 + $\varnothing 127$ mm 钻杆 42 根 + 411×520 + $\varnothing 139.7$ mm 钻杆。此钻具组合在水平段稳斜效果很好,但由于钻具组合中有 2 个扶正器,复合钻进以及划眼时扭矩较大,且扭矩波动较大,在井眼存在由较大掉块形成的岩屑床和砂桥情况下,增加了井下复杂风险。为井下安全考虑,钻具组合应尽量简化。

卡钻填井侧钻后井眼进入水平段施工,采用无扶正块螺杆钻具,钻具组合为: $\varnothing 215.9$ mm 5FPDC + $\varnothing 172$ mm 无扶正块螺杆(1.5°) + 411×410 回压凡尔 + $\varnothing 127$ mm 无磁承压钻杆 + MWD 短节 + $\varnothing 127$ mm DP $\times 66$ 根 + 411×410 旁通阀 + $\varnothing 127$ mm DP $\times 24$ 根 + 曲性长轴 + 震击器 + $\varnothing 127$ mm HWDP $\times 66$ 根 + 411×520 接头 + $\varnothing 139.7$ mm DP。此钻具组合无较大外径钻具,避免了因掉块与较大外径尺寸钻具(例如扶正器、螺杆扶正块)之间卡死的情况。无扶正块螺杆钻具使用情况见表 4。

表 4 使用无扶正块螺杆钻具水平段钻进情况

钻进井段 /m	进尺 /m	井斜变化 /[$(^{\circ}) \cdot (100 \text{ m})^{-1}$]	方位变化 /[$(^{\circ}) \cdot (100 \text{ m})^{-1}$]	钻进方式	复合段占进尺 百分比/%	复合钻井参数	
						钻压/kN	转速/[$\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$]
2935 ~ 3132	197	1 ~ 3/降斜	1 ~ 2/右飘	复合 + 滑动	89.85	50 ~ 60	40
3132 ~ 3340	208	稳	稳	复合	100	30 ~ 40	45 ~ 50
3340 ~ 3456	116	2 ~ 4/降斜	1 ~ 2/左飘	复合 + 滑动	83.62	40 ~ 50	50 ~ 60
3456 ~ 3514	58	稳	稳	复合	100	30 ~ 40	45 ~ 50
3514 ~ 3533	19	5 ~ 8/增斜	稳	复合	100	30 ~ 40	45 ~ 50
3533 ~ 3553	20	3 ~ 5/降斜	稳	复合(吊打)	100	10 ~ 20	45 ~ 50
3553 ~ 3830	277	1 ~ 2/增斜	稳	复合(吊打)	100	20 ~ 30	45 ~ 50

由表 4 可以看出,使用无扶正器螺杆钻具,既简化了钻具组合,同时通过调整钻压控制井斜、调整转速来控制方位漂移,稳斜效果比较好,减少了滑动钻进进尺,大大降低了卡钻风险。

3.4 加强井眼净化

(1) 保证足够的泵排量,即保证足够的环空返速,以破坏岩屑床的形成,从而达到清洗井壁的效果^[5]。

(2) 钻时较快时,增加划眼次数以及循环时间,尽可能使岩屑及掉块返出,避免因钻时快,岩屑来不及返出而在井眼局部堆积形成砂桥。

(3) 裸眼段较长后,坚持每钻进 100 m 或者钻进时间 > 24 h,应进行一次短程起下钻,短程起下钻应与长短起下钻相结合,有效破除砂桥。

(4) 在起下钻之前以及起下钻之后,使用稠浆

清洁井眼,带出岩屑及掉块。

(5) 井下不畅通时,应下入牙轮 + 常规钻具组合通井修复井壁,待井下畅通后方可恢复钻进。

3.5 出现复杂情况的处理

(1) 滑动钻进粘卡的处理。滑动钻进期间,钻具长时间躺在下井壁,极易产生粘吸卡钻。一旦发现粘卡现象,应及时活动钻具。针对井下掉块较多的井,活动钻具切忌一次上提钻具拉力过大,应在安全范围内逐步加大拉力分多次上提,在安全范围内给钻具施加扭矩同时下压钻具。钻具组合内应配有随钻震击器,上提以及施加扭矩下压钻具未能解卡,应及时启动随钻震击器震击。

(2) 起下钻遇阻时的处理。分析本井起下钻阻卡原因,主要是因为井壁失稳,井内存在大量掉块在

(下转第 44 页)

8 结语

唐山市是典型的重工业城市,城市发展单位能耗较高,环境质量较差,高GDP背后,高耗能高污染已经成为美丽唐山、宜居唐山建设必须面对和急需解决的问题。地热是清洁环保的新型可再生能源,发展前景广阔,市场潜力巨大。唐山市丰南区前瞻性、探索性的开启了唐山市山前冲洪积平原低温地热区地热资源的开发之路,为唐山市此区域和邻近区域的地热开发工作开了好头,奠定了基础。针对唐山市ZK1地热井的施工和实践,我们总结了几点体会。

(1)针对该区域热储层较深的特点,前期必须制定比较严密细致可行的施工技术方案,并且在施工中要根据即时的资料、数据准确把握井内情况,及时调整完善施工技术方案,同时要求施工队伍整体素质必须过硬,施工所需的材料、设备必须优质、高效。

(2)今后唐山市山前冲洪积平原低温地热区地热勘探开发工作,地质、钻井等方面的专业技术人员应多多积累数据、总结经验,完善地质论证和施工工

艺,从专业技术层面为此区域地热资源的勘探开发提供科学依据。

(3)唐山市是以煤矿、铁矿为主的传统矿业城市,新能源的开发利用工作比较落后。针对国家大力推广地热开发利用的政策法规,我们专业技术队伍应从多层次、多角度、多渠道推动唐山市地热资源的勘探开发利用,为唐山城市发展的转型升级贡献力量。

参考文献:

- [1] 于孝民,刘继东,王朋,等.唐山市丰南区运河第二景区ZK1地热井完井地质总结报告[R].河北唐山:河北省地矿局第二地质大队,2013.
- [2] 刘文新,张长茂,鲍洪智.大连金石滩地区复杂基岩地热井施工工艺[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(8):20-21.
- [3] 郑思光,赵志杰,王克佳,等.司家营(南)区大贾庄铁矿复杂地层深孔钻探技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(7):36-39.
- [4] 孙友宏,张祖培,刘宝昌.水井钻井和成井新技术[M].北京:地质出版社,2004.
- [5] 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.

(上接第40页)

井液局部形成砂桥引起的。本井二开井段累计起下钻、短起下钻共计十几次,经过不断总结,形成一套针对掉块引起的井下复杂处理办法。起下钻遇阻后,不能反复大力活动钻具,大力活动钻具不仅有可能拉力过大导致钻具卡死,还有可能激动压力大导致井壁失稳恶化,产生新的掉块。起下钻遇阻后,应开泵循环,同时采取正划眼、倒划眼,将砂桥破坏掉。划眼时禁止定点循环,小心操作,本井沙溪庙地层属于中硬地层,带动力钻具划眼一般不会划出新眼。

4 结语

(1)中江区块下沙溪庙层位开发井少,钻井施工参考资料少,井壁易失稳,所以易发生卡钻等井下复杂事故。

(2)在该区块钻井施工中,工程、录井人员、钻

井液人员、定向各方应相互配合,制定详细技术措施,预防井下复杂事故的发生。

(3)建议在中江区块下沙溪庙地层的开发井设计为三开井身结构,下技术套管到A靶,封住上部井壁不稳定地层。

参考文献:

- [1] 蔡利山,苗锡庆,李应有,等.川东北地区陆相地层井眼失稳原因分析[J].石油钻探技术,2008,36(6):39-43.
- [2] 郑义,李果,刘丹婷,等.适用于川西地区的硅酸盐钻井液研究[J].天然气技术与经济,2012,6(2):45-48.
- [3] 石秉忠,欧彪,徐江,等.川西深井钻井液技术难点分析及对策[J].断块油气田,2011,18(6):799-802.
- [4] 胡家森,张艳,蒋铭坤.马2-1H典型水平井复杂情况处理及预防[J].石油钻采工艺,2012,34(6):23-27.
- [5] 耿书肖,张永青,奚国银,等.水平井卡钻事故处理实践及预防措施探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(2):9-13.