

缅甸 D 区块高密度防塌钻井液体系室内研究

肖超 宋明全 刘贵传 董晓雅 石宇

(中国石化石油工程技术研究院,北京 100101)

摘要: 缅甸 D 区块在钻井过程中井眼坍塌严重、井径扩大率大,其原因是:地层倾角大,裂缝、孔隙发育,地层比较破碎,泥岩具有易膨胀、强分散的特点;现场使用的 KCl/聚合醇钻井液抗温、抗污染、加重性能及封堵能力差。为此,优选出了以新型聚胺为主抑制剂、以白沥青为防塌剂、以抗温能力好的聚合物为降滤失剂、以磺化聚合物为流变性调节剂的新型聚胺钻井液体系。室内性能评价试验表明,新型聚胺钻井液体系的抗温能力达到 150 ℃,抗污染性能强,具有强抑制性、良好的加重性能和封堵能力,可较好解决缅甸 D 区块井眼坍塌和井径扩大率的问题。

关键词: 高密度钻井液;聚胺钻井液;钻井液性能;缅甸 D 区块

中图分类号:TE254⁺.6 文献标识码:B 文章编号:1001-0890(2010)05-0032-05

Experimental Study of High Density Anti-Sloughing Drilling Fluid for Block D in Myanmar

Xiao Chao Song Mingquan Liu Guichuan Dong Xiaoya Shi Yu

(Sinopec Research Institute of Petroleum Engineering, Beijing, 100101, China)

Abstract: There exist serious problem of wellbore sloughing and wellbore expansion during drilling in Block D of Myanmar. The main reasons are high inclination, fractures, porosity development, brittle formation, mudstone with characteristics of expansion and strong dispersion. The temperature resistance, anti-pollution, weighting and sealing off capacities of the used KCl/polyol drilling fluid is poor. Therefore, a new type of polyamine drilling fluid was developed with polyamine as inhibitor, white asphalt as anti-sloughing agent, polymer as filtration control agent, and polysulfonate as rheology adjustor. The laboratory test shows that the new type of polyamine drilling fluid can resist high temperature up to 150 ℃, with excellent anti-pollution and strong inhibition, and better weighting and sealing off capacities. It can solve the problems of sloughing and wellbore enlargement in Block D of Myanmar.

Key words: high density drilling fluid; polyamine drilling fluid; drilling fluid property; Block D in Myanmar

缅甸 D 区块地层有 3 个断层,泥岩水化膨胀及分散性强。其塔本组储层属于高温高压气层,地层压力系数高达 2.14,井底温度高达 150 ℃。由于目前使用的 KCl 聚合醇钻井液体系的抗温、抗污染、加重性能及封堵性能差,该区块已钻井井眼坍塌严重、井径扩大率大。例如已完钻的 Yagy-1 井和 Patolon-1 井在钻井过程中由于井塌导致的划眼时间超过 20 d,易塌井段井径扩大率高达 15% 以上。因此,有必要优选出一种抗高温和抑制性能好的高密度防塌钻井液体系,以解决缅甸 D 区块的井眼坍塌和井径扩率大的问题。

1 井眼坍塌原因分析

1.1 井眼坍塌的内在原因

表 1、2 分别为易塌地层钻屑 X 衍射全岩分析

收稿日期:2010-06-04;改回日期:2010-08-07

作者简介:肖超(1975—),男,湖北天门人,1996 年毕业于西南石油学院油田化学专业,1999 年获西南石油学院油田化学专业硕士学位,高级工程师,主要从事钻井液技术研究、钻井液技术服务及海外钻井液技术支持工作。

联系方式:(010)84988579, xiaochao_sgky@sinopec.com

结果和黏土矿物组分分析结果;图1、2为易塌地层掉块电镜扫描照片。从表1、2和图1、2可以看出:缅甸D区块易塌地层钻屑泥质含量高达40%以上,且以伊蒙混层为主,易膨胀,分散性强,且微裂隙发育,钻井过程中水分子在毛管力的作用下进入泥岩内部,产生强大的膨胀压,导致地层坍塌;地层中石英、长石含量高,硬脆性强,地层水化膨胀后会造成应力分布不均匀,钻进中容易出现坍塌掉块。

表1 X衍射全岩分析结果

Table 1 X-diffraction whole rock analysis

井号	井深/m	石英, %	斜长石, %	方解石, %	总黏土, %
Yagyi-1	2 022~2 026	12.5	6.7	0.5	74.0
Yagyi-1	2 694~2 698	26.4	12.8	0	57.0
Yagyi-1	3 122~3 126	41.2	12.1	0	41.0
Patolon-1	2 485~2 490	36.8	19.2	4.7	12.3
Patolon-1	3 320~3 325	14.5	7.4	0.8	42.1

表2 X衍射黏土矿物组分分析结果

Table 2 X-diffraction analysis of clay mineral composition

井号	井段/m	黏土矿物相对含量, %				混层比, %
		I/S	I	K	C	
Patolon-1	2 485~2 490		17	26	57	
Patolon-1	3 320~3 325	73	5	12	10	35
Yagyi-1	2 022~2 026	88	2	4	6	35
Yagyi-1	2 694~2 698	65	11	9	15	35
Yagyi-1	3 122~3 126	45	8	16	31	35

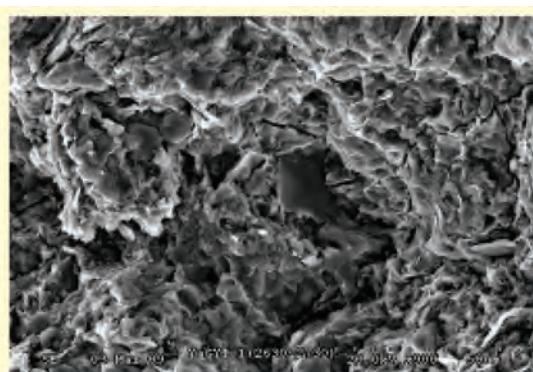


图1 Yagyi-1井井深2 730 m地层掉块微裂隙发育
Fig.1 The micro-fracture development in sloughing samples of Well Yagyi-1 at depth of 2 730 m

图3、4分别为Patolon-1井和Yagyi-1井钻屑在清水浸泡24 h前后的对比情况。

从图3、4可以看出,缅甸D区块坍塌层分散性强,遇水后很快分散,在钻井过程中井眼易坍塌,并造成钻井液污染。

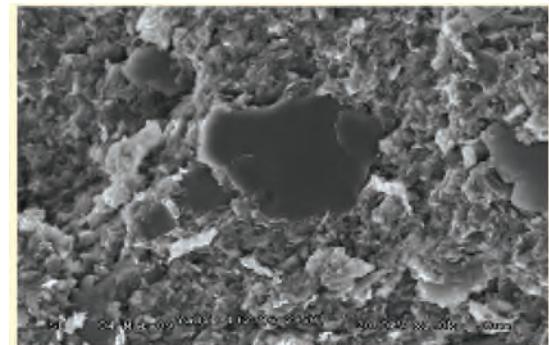


图2 Yagyi-1井井深2 950 m地层掉块的石英长石

Fig.2 The sloughing quartz and feldspar at depth of 2 950 m in Well Yagyi-1

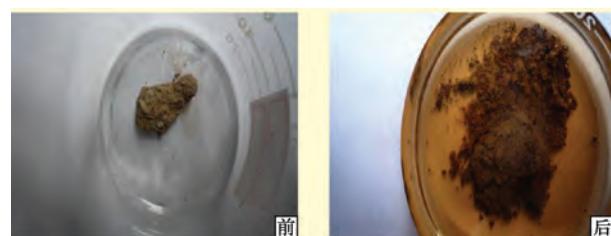


图3 Patolon-1井3 310~3 315 m钻屑清水浸泡24 h前后对比

Fig.3 The comparison of cuttings from 3 310~3 315 m in Well Patolon-1 before and after 24 h of water immersion



图4 Yagyi-1井1 914~1 922 m钻屑清水浸泡24 h前后对比

Fig.4 The comparison of cuttings from 1 914~1 922 m in Well Yagyi-1 before and after 24 h of water immersion

1.2 井眼坍塌的外在原因

目前现场使用KCl聚合醇钻井液的配方为:清水+0.15%纯碱+0.15%烧碱+0.30%PAC-LV+0.30%ENCAPSUL-8XP+8.00%KCl+0.20%XC-EED+3.00%聚合醇+0.85%SOLTEX+2.00%HYDRO-STARNF+2.00%QS-2;其性能为:密度1.08 kg/L,塑性黏度15 mPa·s,动切力2 Pa,静切力1.0/1.5 Pa,API滤失11 mL,高温高压滤失122 mL。

1.2.1 抗污染性能

表3为目前所用KCl聚合醇钻井液抗膨润土、NaCl和石膏的试验结果。从表3可以看出:目前所用KCl聚合醇钻井液具有较强的抗膨润土污染能力,加入5%膨润土黏度只是轻微增加;具有较强的

抗盐能力,加入 25%NaCl 黏度轻微降低,但当盐含量高到一定程度时,聚合物分子链蜷曲,去水化导致钻井液黏度降低;具有较强的抗钙污染能力,加入 0.3%石膏污染后黏度轻微降低,但当钙含量高到一定程度时,聚合物与钙离子反应生成沉淀,会降低聚合物的水溶性,导致钻井液黏度降低^[1-2]。

表 3 KCl 聚合醇钻井液抗污染性能

Table 3 Anti-pollution performance of KCl-polyol drilling fluid

污染物及其加量	密度/ $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$	塑性黏度/ $\text{mPa} \cdot \text{s}$	动切力/ Pa	静切力/ Pa	API 滤失/ mL	pH 值
0	1.08	15	2.0	0.5/1.0	10.0	13
5.0%膨润土	1.08	20	4.5	2.0/3.0	12.0	13
25.0%NaCl	1.08	11	1.0	0.5/1.0	15.2	13
0.3%石膏	1.08	11	1.0	0.5/0.5	11.6	13

1.2.2 抗温性能

表 4 为 KCl 聚合醇钻井液在 120 ℃温度下滚动 16 h 前后的性能。从表 4 可以看出,温度升高,KCl 聚合醇钻井液的黏度和切力均下降,而滤失量上升幅度很大。说明 KCl 聚合醇钻井液的抗温性能差。

表 4 KCl 聚合醇钻井液抗温性能

Table 4 Resistance-temperature performance of KCl-polyol drilling fluid

条件	密度/ $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$	塑性黏度/ $\text{mPa} \cdot \text{s}$	动切力/ Pa	静切力/ Pa	API 滤失/ mL	pH 值
老化前	1.08	15	2.0	0.5/1.0	10.0	13
老化后	1.08	6	1.0	0/0	125.0	12

注:老化条件为在 120 ℃温度下滚动 16 h。下同。

1.2.3 加重试验

表 5 为 KCl 聚合醇钻井液采用重晶石加重前后的性能。从表 5 可以看出,KCl 聚合醇钻井液加重后的塑性黏度、切力和滤失量均增大,表明其加重性能差。KCl 聚合醇钻井液完全是按强抑制、不分散的特点来设计的^[1-6],适合于上部低温低压地层,不适于下部高温高压地层。

表 5 KCl 聚合醇钻井液加重试验结果

Table 5 Weighting test results of KCl-polyol drilling fluid

密度/ $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$	塑性黏度/ $\text{mPa} \cdot \text{s}$	动切力/ Pa	静切力/ Pa	API 滤失/ mL	pH 值
1.08	15	2.0	0.5/1.0	10	13
1.30	18	1.5	1.0/4.0	13	13
1.90	36	5.0	2.0/8.0	74	13
2.20	66	20.0	5.0/17.0	99	13

由以上分析可以看出:地层泥岩含量高且以伊蒙混层为主,层理裂隙发育,具有易膨胀强分散的特

点,而 KCl 聚合醇钻井液中封堵防塌材料的种类和加量较少,且钻井液抗温性能和加重性能差不适用于高温高压地层,从而导致井眼坍塌。

2 新型聚胺钻井液体系配方优选

2.1 优选原则

对于泥岩含量高且以伊蒙混层为主、层理裂隙发育、高温高压、易膨胀强分散性的地层,应在保证钻井液强抑制性的基础上优化泥饼质量,加入足量防塌剂以提高钻井液封堵防塌能力,采用磺化体系,并加入抗温处理剂,以提高钻井液的抗温能力,降低钻井液滤失量,保证钻井液在高温状态下的稳定性,防止水敏性地层造浆和伊蒙混层坍塌。

2.2 添加剂的优选

2.2.1 抑制剂优选

为了进一步提高钻井液的抑制性能,采用新型聚胺替代聚合醇作为主要的抑制剂。表 6 为新型聚胺与聚合醇对 4% 膨润土抑制效果对比。

表 6 抑制剂优化试验结果

Table 6 Testing results for inhibitors optimization

配方	条件	旋转黏度计读数	API 滤失/ mL	pH 值
1	老化前	18.0/12.0/10.0/7.0/3.0/3.0/22.0	9	
	老化后	16.0/10.0/8.0/6.0/2.0/2.0	32	9
2	老化前	5.0/4.0/3.0/2.0/1.0/0	167	11
	老化后	4.0/3.0/2.0/1.0/0.5/0	98	11
3	老化前	4.0/3.0/2.5/2.0/1.0/0	全失(13 s)	12
	老化后	3.0/2.0/1.5/1.0/0.5/0	全失(45 s)	12
4	老化前	10.0/7.0/6.0/4.0/3.0/2.0	46	9
	老化后	11.0/6.0/4.0/2.0/1.0/0	31	9
5	老化前	11.0/8.0/7.0/5.0/3.0/2.0	45	9
	老化后	14.0/9.0/7.0/5.0/2.0/1.0	31	9

注:配方 1 为 4% 膨润土;配方 2 为 1% 聚胺 +4% 膨润土;配方 3 为 2% 聚胺 +4% 膨润土;配方 4 为 1% 聚合醇 +4% 膨润土;配方 5 为 2% 聚合醇 +4% 膨润土。

从表 6 可以看出,新型聚胺比聚合醇具有更好的抑制性,可有效抑制地层造浆,在钻井过程中可以更好地防止井眼坍塌和降低钻屑水化后对钻井液造成的固相污染。

2.2.2 防塌剂优选

在配方为 4.0% 膨润土 +0.2% 纯碱 +0.2% 烧碱的基浆中加入防塌剂改性沥青和白沥青,测定其老化前后的性能,结果见表 7。

表7 防塌剂优选试验结果

Table 7 Testing results for anti-sloughing agent optimization

防塌剂及加量	条件	密度/ kg·L ⁻¹	塑性黏度/ mPa·s	动切力/Pa	静切力/Pa	API滤失/mL	pH值
0	老化前	1.04	6	3.0	3.0/3.0	22	9
	老化后	1.04	6	2.0	2.0/2.0	32	9
3%白沥青	老化前	1.04	10	3.0	1.0/1.0	19	9
	老化后	1.04	13	5.0	2.0/2.5	9	9
3%改性沥青	老化前	1.04	11	2.5	1.0/1.0	18	9
	老化后	1.04	8	4.5	4.0/6.0	24	9

从表7可以看出,白沥青的封堵效果好于沥青,在常温和高温滚动后,能明显降低基浆的API滤失量。因此,选择白沥青作为防塌剂。

2.2.3 抗高温降滤失剂优选

由于缅甸D区块泥岩水敏性强,因此,在优选降滤失剂时,使用配方为4%预水化膨润土浆+8%KCl的基浆。在该基浆中加入降滤失剂淀粉、PAC-R、SMP-2、GJL-2和JT-888,测定其在150℃温度下滚动16 h后的性能,结果见表8。

表8 抗高温降滤失剂优选试验结果

Table 8 Testing results for filtration control agent optimization

降滤失剂及其加量	密度/ kg·L ⁻¹	塑性黏度/ mPa·s	动切力/Pa	静切力/Pa	API滤失/mL	pH值
0	1.04	5	28.0	5.0/8.0	117	9
2.0%淀粉	1.04	11	9.5	5.5/8.5	32	9
0.5%PAC-R	1.04	16	7.0	7.5/10.0	16	9
3.0%SMP-2	1.04	3	7.5	6.0/8.0	22	9
3.0%GJL-2	1.04	10	4.0	2.0/5.0	16	9
3.0%JT-888	1.04	15	6.5	2.0/8.0	11	9

从表8可以看出,在盐水钻井液中降滤失剂JT-888的高温降滤失效果最好。因此,选用JT-888作为抗高温降滤失剂。

2.2.4 降黏剂优选

由于缅甸D区块泥岩水敏性强,因此,在优选降黏剂时,使用配方为4.0%预水化膨润土浆+8%KCl的基浆。在该基浆中加入降黏剂TX、CXP-2、SF-220和SMT,测定其150℃温度下滚动16 h后的性能,结果见表9。

从表9可以看出,SMT的降黏效果最好,因此,选用SMT作为降黏剂。

根据以上钻井液添加剂的优选试验,确定新型聚胺钻井液配方为:1.0%膨润土浆+0.1%纯碱+0.3%烧碱+0.2%PAC-UL+1.0%JT-888+4.0%SMP-2+4.0%GJL-2+4.0%白沥青+8.0%

表9 降黏剂优选试验结果

Table 9 Testing results for thinnings optimization

降黏剂及加量	密度/ kg·L ⁻¹	塑性黏度/ mPa·s	动切力/Pa	静切力/Pa	API滤失/mL	pH值
0	1.04	5	28.0	5.0/8.0	117	9
1%TX	1.04	4	2.0	2.5/3.0	120	9
1%CXP-2	1.04	4	3.5	1.0/1.5	109	9
1%SF-220	1.04	10	2.0	1.0/1.0	142	9
1%SMT	1.04	4	0.5	0/0	90	9

KCl+0.5%SMT+1.0%聚胺,以重晶石作为加重剂,将其加重到所需密度。

3 新型聚胺钻井液性能评价

3.1 抗温性能

表10为密度为2.2和2.5 kg/L的新型聚胺钻井液在150℃温度下老化16 h前后的性能。

表10 不同密度新型聚胺钻井液性能

Table 10 New polyamine drilling fluid properties with different densities

密度/ kg·L ⁻¹	条件	塑性黏度/ mPa·s	动切力/Pa	静切力/Pa	API滤失/mL	pH值
2.2	老化前	51	7.5	2.0/11.0	3.6	9
	老化后	39	6.0	1.5/5.5	2.2	9
2.5	老化前	69	8.0	2.0/8.0	4.4	9
	老化后	60	10.0	1.0/5.0	2.0	9

从表10可以看出,优选出的新型聚胺钻井液体系具有良好的高温稳定性能,适合于缅甸D区块高温高压深井钻进。

3.2 抗污染性能

在密度为2.2 kg/L的新型聚胺钻井液中加入膨润土、NaCl和石膏,测其在120℃温度下老化16 h前后的性能,以评价新型聚胺钻井液的抗污染性能,结果见表11。从表11可以看出,优选出的新型聚胺钻井液可抗4%膨润土、20%盐和0.4%石膏污染。

表11 钻井液污染试验结果

Table 11 Drilling fluid pollution test results

污染物	条件	塑性黏度/ mPa·s	动切力/Pa	静切力/Pa	API滤失/mL	pH值
无	老化前	51	7.5	2/11	4.4	9
	老化后	72	17.0	4/16	4.4	9
4%膨润土	老化前	67	21.0	8/18	4.2	9
	老化后	40	4.0	1/5	2.4	9
20%NaCl	老化前	45	8.0	1/6	3.0	9
	老化后	50	7.0	1/5	4.0	9
0.4%石膏	老化前	45	6.5	1/5	3.4	9
	老化后					

3.3 抑制性能

图 5 为钻屑在新型聚胺钻井液和清水中浸泡 24 h 的形状对比情况;图 6 为 Patolon-1 井钻屑在新型聚胺钻井液和 KCl 聚合醇钻井液中的回收率对比情况。从图 5、图 6 可以看出,新型聚胺钻井液具有良好的抑制性,能有效抑制钻屑水化分散,其抑制性能强于 KCl 聚合醇钻井液。

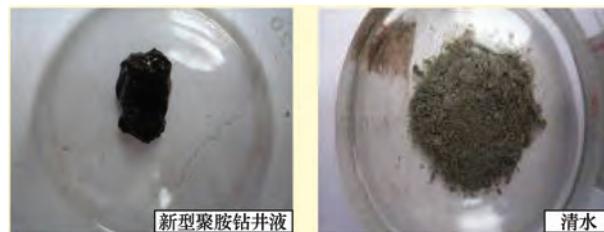


图 5 钻屑在新型聚胺钻井液与清水中浸泡情况的对比

Fig.5 Immersion test comparison of cuttings in polyamine drilling fluid and fresh water

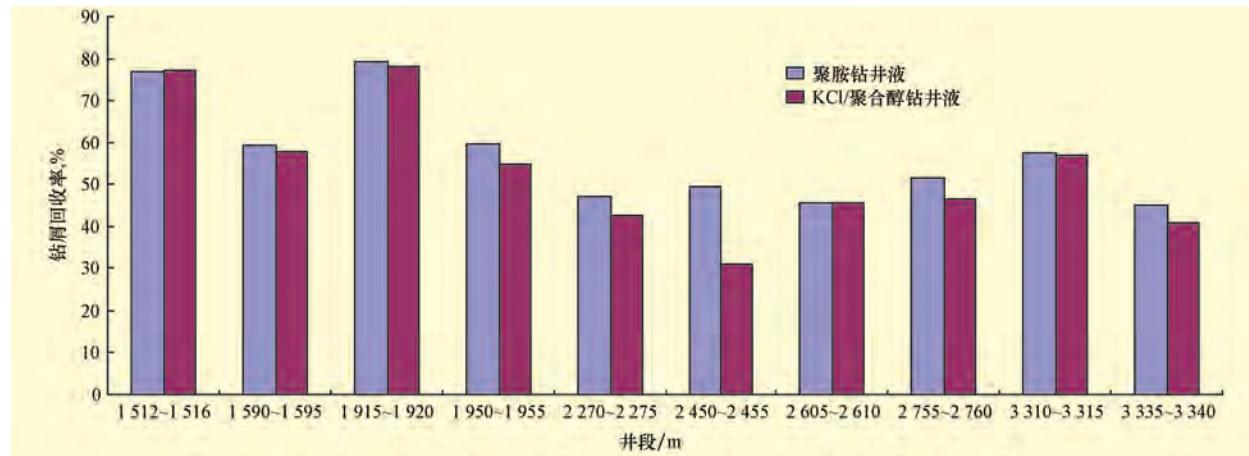


图 6 Patolon-1 井钻屑在 KCl 聚合醇钻井液与新型聚胺钻井液中的回收率对比

Fig.6 Recovery comparison of cuttings from Well Patolon-1 using polyamine drilling fluid and KCl-polyol drilling fluid

从以上试验结果可以看出,优选出的新型聚胺钻井液与现场使用的 KCl 聚合醇钻井液相比,具有更好的高温稳定性、加重性能及防塌抑制性,在高温下具有良好的流变性能和封堵能力及抗污染能力,适用于缅甸 D 区块高温高压易塌地层的钻进,可以解决缅甸 D 区块在钻井过程中遇到的井眼坍塌和井径扩大率大的问题。

4 结 论

1) 缅甸 D 区块地层倾角大,裂缝、孔隙发育,地层比较破碎,泥岩具有易膨胀、强分散的特点,是该区块在钻井过程中极易发生井眼坍塌的内因。

2) 现场使用的 KCl/聚合醇钻井液抗温、抗污染、加重性能及封堵能力差,是该区块在钻井过程中极易发生井眼坍塌的外因。

3) 优选出的新型聚胺钻井液体系以新型聚胺为主抑制剂,以白沥青为防塌剂,以抗温能力好的聚合物为降滤失剂,以磺化聚合物为流变性调节剂。

4) 室内性能评价表明,新型聚胺钻井液的抗温能力达 150 ℃,抗污染性能好,具有强抑制性及良好的加重性能和封堵能力。

参 考 文 献

- [1] 李胜,鄢捷年,李志勇,等.正电聚醇/KCl 钻井液体系室内研究[J].石油钻探技术,2008,36(5):58~61.
Li Sheng, Yan Jienian, Li Zhiyong, et al. Laboratory studies on positive-charged polyglycol/potassium chloride drilling fluids[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2008, 36(5):58~61.
- [2] 司贤群,吕振华.聚合醇防塌钻井液体系的室内评价与应用[J].石油钻探技术,2001,29(3):45~46.
Si Xianqun, Lv Zhenhua. Lab evaluations and applications of the polymeric alcohol slough-proof drilling fluid system[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2001, 29(3):45~46.
- [3] 柴金鹏,何兴华.吉尔吉斯马平 528 井钻井液技术[J].石油钻探技术,2006,34(6):45~47.
Chai Jinpeng, He Xinghua. Drilling fluids used in Maping 528 Well, Kirghizstan[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2006, 34(6):45~47.
- [4] 李万清,于建,蔡恩宏,等.强抑制性聚合醇防塌钻井液在大安地区的应用[J].钻井液与完井液,2006,23(3):77~78.
Li Wanqing, Yu Jian, Cai Enhong, et al. Application of inhibitive polyglycol drilling fluid in Da'an area[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2006, 23(3):77~78.
- [5] 丁海峰,魏学成,张新旭,等.空气钻井过程中的钻井液转换[J].石油钻探技术,2006,34(4):12~15.
Ding Haifeng, Wei Xuecheng, Zhang Xinxu, et al. Mud system transformation in air drilling practices[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2006, 34(4):12~15.
- [6] 王建栋.塔河油田三开井段井眼失稳机理分析及控制[J].石油钻探技术,2003,31(1):63~64.
Wang Jiandong. Analysis of the mechanism of hole instability in third spud section in Tahe Oilfield[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2003, 31(1):63~64.