

YD 油田高渗灰岩储层水平井钻井液技术

魏殿举¹, 金军斌², 何青水²

(1. 中石化中原石油工程有限公司钻井四公司, 河南清丰 457321; 2. 中国石化石油工程技术研究院, 北京 100101)

摘 要: YD 油田水平井在高渗灰岩储层钻井过程中, 存在井壁失稳、盐膏污染钻井液、井漏、井眼清洁效果差和摩阻高等技术难点。为解决这些技术难点, 通过室内实验, 优选了流性调控剂、抗盐降滤失剂, 确定了复合润滑剂配方和封堵材料的组成, 形成了强抑制高封堵乳液聚合物钻井液, 并针对各开次钻遇地层的地质特征制定了钻井液维护与处理技术措施。性能评价表明, 泥页岩在强抑制高封堵乳液聚合物钻井液中的滚动回收率达 88.2%, 线性膨胀率为 18.2%; 能抗 5.0% NaCl、2.0% CaSO₄ 和 30% 钻屑的污染, 具有较好的防塌抑制效果与抗污染能力。该钻井液在 YD 油田 S4 井、S5 井和 S16 井等 3 口水平井中进行了应用, 钻井过程钻井液性能稳定, 钻井施工顺利。与该油田其他 22 口水平井相比, 钻井周期分别缩短 5.2、6.3 和 7.8 d, 渗漏量分别降低了 12.5%、8.4% 和 13.2%, 最大提升和下放阻力降低到 150 kN 之内。现场应用表明, 强抑制高封堵乳液聚合物钻井液能有效解决 YD 油田高渗灰岩地层水平井钻井液技术难点, 可以在该油田进行推广。

关键词: 水平井 钻井液 灰岩储层 钻井液添加剂 钻井液性能 YD 油田

中图分类号: TE254 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-0890(2015)03-0023-06

Fluid Technology for Drilling Horizontal Wells in the High Permeability Carbonate Reservoir of the YD Oilfield

Wei Dianju¹, Jin Junbin², He Qingshui²

(1. No. 4 Drilling Company, Sinopec Zhongyuan Oilfield Service Corporation, Qingfeng, Henan, 457321, China; 2. Sinopec Research Institute of Petroleum Engineering, Beijing, 100101, China)

Abstract: During horizontal well drilling in high permeability carbonate reservoir of the YD Oilfield, many challenges were encountered, such as borehole instability, salt and gypsum contamination, lost circulation, poor hole cleaning, and high friction drag. In order to solve these problems, laboratory experiments have been done to optimize fluidity regulator, anti-salt filtrate reducer, complex lubricant formula and plugging materials, and then emulsion polymer drilling fluid with strong inhibition and good plugging property was developed. Moreover, drilling fluid maintenance technique for every formation with different geologic feature has been conducted. With the application of the developed drilling fluid, shale rolling recovery rate could get 88.2%, its linear expansion rate could get 18.2%, and 5.0% NaCl or 2.0% CaSO₄ or 30% drilling cuttings contamination could be resisted, which showed that the developed drilling fluid has strong anti-sloughing function and good resistance to contamination. The drilling fluids have been applied in three horizontal wells in the YD Oilfield, including Well S4, Well S5 and Well S16, and kept stable performance in drilling operation. Compared with 22 offset wells, the drilling duration of these three wells has been reduced by 5.2 d, 6.3 d and 7.8 d respectively, the leakage volume has been reduced by 12.5%, 8.4% and 13.2% respectively, and the resistance while RIH and POOH can be less than 150kN. The application results show that the developed drilling fluid can solve horizontal drilling problem in carbonate formations with high permeability, and can be used widely in the YD Oilfield in the future.

Key words: horizontal well; drilling fluid; carbonate reservoir; drilling fluid additives; drilling fluid performance; YD Oilfield

YD 油田 Sarvak 层为高渗透灰岩储层, 主要采用水平井开发, 水平段长约 900.00 m, 垂深约 2 870.00 m, 平均建井周期约 80 d。钻井过程中, 由于钻遇地层复杂、水平井段长等原因, 直井段易出现盐膏污染钻井液与井壁失稳问题, 斜井段易发生漏失、出现滑动钻进“托压”现象, 水平段易发生井眼清

收稿日期: 2015-02-20; 改回日期: 2015-04-27。

作者简介: 魏殿举(1969—), 男, 河南清丰人, 1988 年毕业于中原石油学校钻井专业, 2004 年毕业于石油大学(华东)石油工程专业, 高级工程师, 主要从事钻井生产和技术管理工作。

联系方式: (0393)4836208, wsj2048@163.com。

基金项目: 国家科技重大专项“中东富油气区复杂地层井筒关键技术”(编号: 2011ZX05031-004)和中国石化科技攻关项目“海外重点区块复杂地层钻井完井关键技术研究”(编号: P12077)部分成果。

洁效果差和易发生卡钻等井下故障,造成频繁划眼、钻井液损失、钻井进度滞后及成本增加^[1-2]。为此,结合钻遇地层特征与井身结构,分析了各开次的钻井液技术难点,针对性地优选了钻井液配方,并制定了维护与处理技术措施,形成了适合 YD 油田高渗灰岩储层的水平井钻井液技术。

1 钻井液技术难点

YD 油田以 Sarvak 层为目的层的水平井通常采用 $\phi 444.5\text{ mm}$ 钻头 $\times 300.00\text{ m} + \phi 311.1\text{ mm}$ 钻头 $\times 1\,350.00\text{ m} + \phi 215.9\text{ mm}$ 钻头 $\times 4\,000.00\text{ m}$ 的三开井身结构,自上而下钻遇的地层为 Aghajari 层、Gachsaran 层、Asmari 层、Pabdeh 层、Gurpi 层、Ilam 层、Lafan 层和 Sarvak 层。结合井身结构与钻遇地层特征,水平井钻井液技术难点主要有:

1) 二开井段钻遇 Aghajari 层和 Gachsaran 层。Aghajari 层主要为泥岩、泥灰岩,下部含无水石膏与石膏结晶。Gachsaran 层以泥岩、泥灰岩和石膏互层为主,膏岩含量最高达 80%,且为潜在的高压盐水层。钻井过程中,钻井液极易受到石膏污染,造成钻井液黏度、切力与滤失量升高,钻井液流变性能变差,导致钻头泥包和地层蠕变缩径,极易造成遇阻和卡钻等复杂情况^[3]。该井段要求钻井液应具有较强的抑制性和抗盐膏污染能力。

2) 三开井段钻遇 Asmari 层、Pabdeh 层、Gurpi 层、Ilam 层、Lafan 层和 Sarvak 层等地层。其中,Ilam 层和 Lafan 层有大段的泥质灰岩和泥页岩,水敏性极强,井壁垮塌严重;Pabdeh 层、Gurpi 层和 Sarvak 层的灰岩地层孔缝发育,经常发生严重漏失,且漏点多、漏速大,Pabdeh 层和 Sarvak 层均发生过失返性漏失^[4-7]。因此要求三开钻井液应具有较强的抑制防塌和封堵能力。

3) 三开定向井段与水平井段对钻井液的要求高。斜井段和水平段长达 1 300.00 m 左右,井斜角超过 45°后容易形成“岩屑床”,要求钻井液具有较好的流变性能,尤其是应具有良好的动塑比和触变性;由于 Sarvak 层孔洞、裂隙发育,平均孔隙度 15.46%,平均渗透率 10.03 mD,属于高渗灰岩地层,极易形成厚滤饼,加上水平段存在岩屑床,钻具与井壁接触面积大,大大增加了钻具与井壁间的摩擦阻力,极易造成定向钻进“托压”和卡钻问题^[8]。定向井段与水平井段,要求钻井液应具有较好的流变性、润滑性和携岩能力。

2 配方优选及性能评价

2.1 钻井液配方优选

根据 YD 油田实际情况,针对钻井液技术难点,对该油田前期所用氯化钾聚合物钻井液进行了优化和改进,形成了强抑制高封堵乳液聚合物钻井液。

2.1.1 流性调控剂的优选

将 KPAM、CMC-HV、PAC-HV 和 FA367 等 4 种常用的抗盐流性调控剂加入到基浆中,测试其流性调控效果,结果见表 1。基浆的配方为 3.5% 膨润土 + 1.0% CMC-LV + 1.0% CMC-MV + 0.3% NaOH + 10.0% NaCl + 5.0% KCl + 0.8% 聚合醇。从表 1 可以看出,向基浆中加入 0.3% FA367 后,动切力由 7.0 Pa 提高至 15.0 Pa,滤失量由 8.0 mL 降至 5.6 mL,增黏效果最好,还可以提高钻井液的沉降稳定性。因此,流性调控剂选用 FA367。

表 1 流性调控剂优选试验结果

Table 1 Optimization test of fluidity regulator

配方	表观黏度/ (mPa·s)	塑性黏度/ (mPa·s)	动切力/ Pa	API 滤失量/mL
基浆	29.0	22.0	7.0	8.0
基浆+0.3%KPAM	36.0	23.0	13.0	7.0
基浆+0.3%CMC-HV	34.0	23.0	11.0	6.0
基浆+0.3%PAC-HV	37.0	26.0	11.0	6.5
基浆+0.3%FA367	38.0	23.0	15.0	5.6

2.1.2 复合润滑剂

钻井液用纳米乳液是近几年迅速发展起来的新型处理剂,具有润滑、降低滤失量、抑制黏土膨胀分散的作用^[9-13]。为进一步提高钻井液的润滑性能,将纳米乳液与极压润滑剂按不同配比复配,加入基浆中测试其润滑性能,结果见表 2。由表 2 可以看出,润滑剂 JRH-2 与纳米乳液的最佳配比为 2:3。

2.1.3 封堵材料优选

斜井段地层孔洞发育,属于高渗透地层。为降低钻井液滤失量和避免漏失,钻井液中需要加入封

表 2 润滑剂复配试验结果

Table 2 Mixing tests of different lubricants

润滑剂	润滑系数	表观黏度/ (mPa·s)	API 滤失 量/mL
	0.210	29.0	8.0
2%RH-1	0.110	30.0	6.2
2%石墨	0.140	30.0	7.0
2%JRH-1	0.090	31.0	6.0
2%纳米乳液	0.120	32.0	6.0
2%JRH-1+1%纳米乳液	0.091	33.0	5.6
2%JRH-2+2%纳米乳液	0.072	34.0	5.2
2%JRH-2+3%纳米乳液	0.064	35.0	5.0
2%JRH-2+4%纳米乳液	0.059	36.0	5.0

堵材料对地层进行封堵。将粒径 1.90 mm 石英砂放入黏附系数测定仪的不锈钢纱网中,加入含有 QS-2、SDL-2和 FT-1 等封堵材料的浆液并加压至 3.5 MPa,测试砂床底流量、封堵层厚度,并观察封堵层的致密程度,结果见表 3。

表 3 砂床封堵试验结果

Table 3 Plugging sand-bed test

QS-2, SDL-2, FT-1, 砂床底 封堵层厚 % % % 流量/mL 度/mm					砂床封堵层描述
3	1	1	34	5.0	封隔层较致密、有一定强度,砂体与封隔层黏结为一体
3	2	3	14	4.0	封隔层致密,砂体与封隔层黏结为一体
3	3	5	10	3.4	封隔层很致密,砂体与封隔层黏结为一体

从表 3 可以看出,含有“3%QS-2+2%SDL-2+3%FT-1”的浆液可以在粒径 1.90 mm 砂体上形成 4 mm 厚的致密封堵层,且砂体与封固层黏结成一个整体,说明含有“3%QS-2+2%SDL-2+3%FT-1”的浆液可以较好地封堵孔洞性地层。

2.1.4 抗盐降滤失剂优选

将 SML-4、CXP-2、SPNH、SHC、SMP-2、SMC 和 ZWJS 等 7 种常用的抗盐降滤失剂分别加入到盐水基浆中,测试其降滤失性能,结果见表 4。盐水基浆的配方为 2.5%膨润土+0.6%LV-CMC+0.3%FA367+0.3%烧碱+20.0%氯化钠+0.8%聚合醇+1.0%润滑剂。从表 4 可以看出,ZWJS 的降滤失效果最好,加入 3%ZWJS 后,滤失量由 8.5 mL 降至 5.5 mL,并且对黏度影响不大。因此,选用 ZWJS 作为降滤失剂。

表 4 降滤失剂优选试验结果

Table 4 Optimization test of filtrate reducer

降滤失剂	表观黏度/ (mPa·s)	塑性黏度/ (mPa·s)	动切力/ Pa	API 滤失量/ mL
	29.0	21.0	8.0	8.5
3%SML-4	32.5	21.0	11.5	7.0
3%CXP-2	39.0	28.0	11.0	8.0
3%SPNH	28.5	18.0	10.5	7.5
3%SHC	35.5	20.0	12.5	8.0
3%SMP-2	28.0	20.0	8.0	8.0
3%SMC	27.0	17.0	10.0	6.5
3%ZWJS	33.0	22.0	11.0	5.5

2.1.5 钻井液配方

通过优选流性调控剂、抗盐降滤失剂和确定润滑剂复配配比和封堵材料组成,形成了高抑制强封堵乳液聚合物钻井液,其基础配方为 2.0%~3.0%膨润土+0.2%~0.4%NaOH+2.0%~3.0%ZWJS+0.6%~1.0%LV-CMC+0.5%~0.8%FA367+10.0%~15.0%NaCl+3.0%~5.0%KCl+0.8%~1.0%聚合醇+3.0%QS-2+2.0%SDL-2+3.0%FT-1+2.0%JRH-2+3.0%~5.0%纳米乳液。

2.2 性能评价

2.2.1 抑制性能

采用 YD 油田 F4 井 2 500.00~2 800.00 m 井段的泥页岩岩样,进行 KCl 聚合物钻井液、聚磺钻井液、两性金属离子钻井液、油基钻井液和高抑制强封堵乳液聚合物钻井液的滚动回收试验,结果如图 1 所示。从图 1 可以看出,高抑制强封堵乳液聚合物钻井液的滚动回收率最高,达到了 88.2%,最接近油基钻井液的滚动回收率,说明其能够有效抑止泥岩的水化分散。

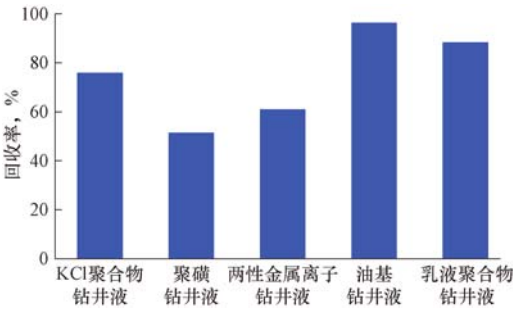


图 1 滚动回收率试验结果

Fig. 1 The results of rolling recovery test

采用 YD 油田 F4 井 2 500.00~2 800.00 m 井段的泥页岩压制岩样。利用高温高压膨胀装置,在 100 ℃、3 MPa 条件下,分别测定岩样在 5 种钻井液中滚动 16 h 的相对膨胀量,结果如图 2 所示。从图 2 可以看出,水基钻井液中的高抑制强封堵乳液聚合物钻井液的相对膨胀量最小,说明其可以防止泥页岩吸水膨胀,具有良好的防膨性能。

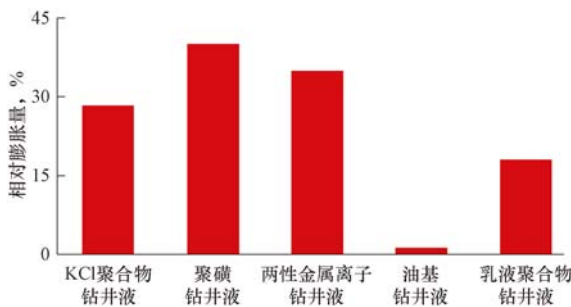


图 2 高温高压膨胀试验结果

Fig. 2 The results of HTHP swelling test

2.2.2 抗盐膏污染能力

根据高抑制强封堵乳液聚合物钻井液的基础配方配制钻井液,利用氯化钠将 Cl^- 质量浓度调至 $1.6 \times 10^5 \text{ mg/L}$,用重晶石加重至 1.30 kg/L ,用 NaOH 将其 pH 值调至 10,进行抗盐污染试验,结果见表 5。由表 5 可以看出,高抑制强封堵乳液聚合物钻井液加入 NaCl 和 CaSO_4 后,其流变性变化不大,滤失量始终小于 5.0 mL ,pH 值在 9 左右,表明该钻井液的抗盐、抗钙污染性能较强。

表 5 钻井液抗盐污染试验结果

Table 5 Contamination resistance test of drilling fluids against salt

污染物	塑性黏度/ ($\text{mPa} \cdot \text{s}$)	动切力/ Pa	静切力/ Pa	API 滤失 量/ mL	pH 值
	35.0	14.0	2.0/6.0	4.0	10.0
3.0%NaCl	33.0	12.0	1.5/6.0	4.2	9.0
5.0%NaCl	34.0	13.0	2.0/7.0	4.6	8.5
0.5%CaSO ₄	36.0	15.0	2.5/8.0	4.0	9.5
1.0%CaSO ₄	41.0	17.0	3.0/9.0	4.4	9.0
2.0%CaSO ₄	43.0	18.0	3.0/10.0	4.6	8.5

注:试验数据均是在 100 ℃、滚动老化 16 h 后测得的。

2.2.3 抗劣质土污染能力

根据高抑制强封堵乳液聚合物钻井液基础配方配制钻井液,用 F4 井 2 700.00~2 800.00 m 井段的泥岩钻屑进行抗污染试验,结果见表 6。从表 6

可以看出,随着泥岩钻屑加量的增大,常温下钻井液黏度有增大的趋势,在 120 ℃温度下,滚动老化 16 h 后黏度微增,滤失量先降低后增大;钻屑加量达到 30%时,其流变性和滤失量也能达到要求,说明该钻井液具有较强的抗劣质土污染能力。

表 6 钻井液抗劣质土污染试验结果

Table 6 Contamination resistance test of drilling fluids against soil

钻屑加量, %	条件	塑性黏度/ ($\text{mPa} \cdot \text{s}$)	动切力/ Pa	静切力/ Pa	API 滤失 量/ mL
0	常温	35	14	2.0/6.0	4.0
	常温	37	15	3.0/7.5	3.8
10	120 ℃滚动 16 h	36	16	3.0/8.0	3.6
	常温	38	17	3.5/8.5	4.2
20	120 ℃滚动 16 h	37	16	3.5/8.0	4.0
	常温	39	18	4.5/9.5	4.4
30	120 ℃滚动 16 h	38	17	4.5/9.5	4.3

3 维护处理及工程技术措施

3.1 上部水敏性含膏岩地层

1) 控制钻井液主要性能,严格遵循“密度逐渐升高、黏度上高下低和滤失量上宽下窄”的处理原则,配合大排量高返速冲刷井壁,充分发挥水力破岩作用,快速钻穿水敏性地层^[1]。充分利用四级固控设备,降低钻井液中的有害固相含量,将固相含量控制在 6%~10%,适时加入适量的聚合物和润滑剂,以提高滤饼的质量。

2) 进入含石膏地层前,加入 0.5% Na_2CO_3 进行抗盐膏预处理,提高钻井液的抗钙污染能力。钻进过程中,随钻补充 3%~4% KCl,以保持钻井液的强抑制性;将“0.5% FA367 + 0.5% CMC-LV + 3.0% ZWJS”的抗盐胶液,以细水长流的方式加入到钻井液中,以维持钻井液性能。

3) 钻至 Gachsaran 层高压盐水地层前,将钻井液密度提高至 1.40 kg/L 左右,保持正压差钻进,压住潜在的高压盐水层。

4) 进行短程起下钻,每钻进 300.00 m 或钻进 24 h 进行一次短程起下钻,处理因水敏性泥岩和石膏层水化膨胀引起的缩径井段,保证井眼畅通。

3.2 漏失地层防漏堵漏

1) 开钻前根据钻遇地层的地质特征,进行漏失评估,根据“预防为主、治理为辅”的准则制定详细的防漏堵漏预案。

2) 钻进过程中,以室内优化的封堵材料组成“3%QS-2+2%SDL-2+3%FT-1”进行随钻堵漏,根据渗漏量定期补充封堵材料。

3) 发现渗漏量增大时,每钻进 300.00 m 进行一次定向静止堵漏,把 15~20 m³ 配方为 5%膨润土+10%CaCO₃(细、中、粗)+4%SDL+3%Kwick-seal(细)+3%SNFST 的堵漏浆泵入井底,封堵新钻开的渗漏性地层,并静止 1~2 h^[10]。

4) 在发现漏失后,根据漏速,按照“大中小颗粒混配、软硬材料结合、桥堵为主和化堵为辅”的原则,调整堵漏浆的配方。

3.3 复杂井段降阻

1) 采用“2%JRH-2+3%纳米乳液”复合润滑剂,提高钻井液的润滑性能,降低钻井液与井壁的摩阻。

2) 钻进过程中,钻井液中加入超细碳酸钙和磺化沥青,将高温高压滤失量降至 5 mL 以下,改善滤饼质量,形成薄而致密的滤饼。

3) 在定向及滑动钻进井段,增大复合润滑剂的用量,配合加入 2%固体润滑剂,减小钻具与井壁的接触面积,降低摩阻,缓解井壁对钻具的“托压”现象,降低压差卡钻的概率^[14]。

4) 采取工程措施修正井壁,消除和破坏岩屑床,降低全角变化率。

5) 特殊作业前在封井浆中加入 2%固体润滑剂,以保证测井和固井顺利进行。

3.4 大斜度及水平段携岩洗井

1) 严格控制钻井液的黏度和切力。大斜度井段和水平井段控制钻井液漏斗黏度 50~60 s、动塑比 0.45~0.50,以提高钻井液的携岩能力。

2) 调整钻井液的触变性,将钻井液初切力提高至 3.0 Pa 以上,以提高停泵初期钻井液的悬浮能力。

3) 定期采用稠浆塞清扫井眼。现场配置漏斗黏度 80~100 s 的稠浆,每钻进 3 根立柱、短起下或起钻前用稠浆清扫一次井眼,并根据钻井作业的顺利程度和返屑情况调整稠浆的性能。

4) 采用大排量洗井,并采取每钻进 3~5 根立柱进行一次短程起下钻等技术措施破坏岩屑床,以辅助携岩洗井。

4 现场应用效果

强抑制高封堵乳液聚合物钻井液在 YD 油田的 S4 井、S5 井和 S16 井等 3 口水平井进行了应用,取得了较好的应用效果。3 口井钻井施工顺利,未发生因钻井液性能引发的井下故障。3 口井钻井周期分别为 75.6、74.5 和 73.0 d,较该油田一期 22 口水平井平均钻井周期(80.8 d)分别缩短 5.2、6.3 和 7.8 d,其中 S5 井创造了该油田一期以 Sarvak 层为目的层水平井最短完钻周期纪录。

3 口井钻井期间钻井液性能稳定,维护方便,携岩洗井效果较好,没有形成明显的岩屑床,大斜度井段及水平段的短程起下钻、测井和下套管等作业顺利。钻井液润滑性能良好,摩阻系数都控制在 0.08 以下,最大提升和下放阻力降低到 150 kN 之内,解决了大斜度井段和水平段钻具托压的问题。

钻井液防渗透性良好,3 口井的渗漏量与该油田一期其他 22 口水平井的平均渗漏量相比,分别降低了 12.5%、8.4%和 13.2%,不仅改善了钻井液滤饼质量,还节省了钻井液费用。

5 结论与建议

1) 液体润滑剂与纳米乳液优化配比,可获得较低的摩阻系数,满足以 Sarvak 层为目的层的水平井定向段与长水平段钻进要求。

2) 强抑制高封堵乳液聚合物钻井液具有良好的防塌抑制性,抗盐、抗钙和抗劣质土污染能力,能避免岩屑床的形成和解决水平井“托压”问题,为 YD 油田高渗灰岩储层水平井安全钻井提供了保障。

3) 建议在 YD 油田后续以 Sarvak 层为目的层的水平井钻井中推广应用强抑制高封堵乳液聚合钻井液,并进一步完善和提高高渗灰岩储层水平井钻井液技术。

参 考 文 献

References

- [1] 刘海鹏. 伊朗雅达南部区块水平井钻井液技术[J]. 天然气勘探与开发, 2014, 37(2): 64-67.
Liu Haipeng. A drilling-fluid technology for horizontal well in the southern block of YADA Oilfield[J]. Natural Gas Explora-

- tion and Development, 2014, 37(2): 64-67.
- [2] 鲍洪志, 杨顺辉, 侯立中, 等. 伊朗 Y 油田 F 地层防卡技术[J]. 石油钻探技术, 2013, 41(3): 67-72.
Bao Hongzhi, Yang Shunhui, Hou Lizhong, et al. Pipe sticking prevention measures in F Formation of Iranian Y Oilfield[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2013, 41(3): 67-72.
- [3] 王治法, 肖超, 侯立中, 等. 伊朗雅达油田复杂地层钻井液技术[J]. 钻井液与完井液, 2012, 29(5): 40-43.
Wang Zhifa, Xiao Chao, Hou Lizhong, et al. Drilling fluid technology for troublesome formation in Yadavaran Oil Field of Iran[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2012, 29(5): 40-43.
- [4] 任立伟, 何清水, 薛玉志, 等. 伊朗雅达油田 S4 井水平井钻井液技术[J]. 中外能源, 2013, 18(2): 54-58.
Ren Liwei, He Qingshui, Xue Yuzhi, et al. Drilling fluid technology for horizontal Well S4 in Yadavaran Oilfield of Iran[J]. Sino-Global Energy, 2013, 18(2): 54-58.
- [5] 李大奇, 康毅力, 刘修善, 等. 裂缝性地层钻井液漏失动力学模型研究进展[J]. 石油钻探技术, 2013, 41(4): 42-47.
Li Daqi, Kang Yili, Liu Xiushan, et al. Progress in drilling fluid loss dynamics model for fractured formations[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2013, 41(4): 42-47.
- [6] 向朝纲, 蒲晓林, 陈勇. 新型封堵剂 FDJ-EF 封堵特性及其作用机理[J]. 断块油气田, 2012, 19(2): 249-252.
Xiang Chaogang, Pu Xiaolin, Chen Yong. Characteristics of novel sealing agent FDJ-EF and its sealing mechanism[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2012, 19(2): 249-252.
- [7] 邢希金, 赵欣, 刘书杰, 等. 中东 Lower Fars 厚盐膏层钻井液室内研究[J]. 石油钻采工艺, 2014, 36(4): 57-60.
Xing Xijin, Zhao Xin, Liu Shujie, et al. Laboratory study on drilling fluid of thick salt bed in Lower Fars of Middle East[J]. Oil Drilling & Production Technology, 2014, 36(4): 57-60.
- [8] 庞元平, 李蕾, 李楠. 伊朗雅达油田首口水平井 S15 钻井技术[J]. 探矿工程: 岩土钻掘工程, 2013, 40(4): 27-30.
Pang Yuanping, Li Lei, Li Nan. Drilling technology for the first horizontal well S15 in Yada Oilfield of Iran[J]. Exploration Engineering: Rock & Soil Drilling and Tunneling, 2013, 40(4): 27-30.
- [9] 金军斌, 宋明全, 鲍洪志, 等. 加蓬 G4-188 区块钻井液技术难点与对策[J]. 石油钻探技术, 2010, 38(5): 101-105.
Jin Junbin, Song Mingquan, Bao Hongzhi, et al. Gabon Block G4-188 drilling fluid technology difficulties and countermeasures[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2010, 38(5): 101-105.
- [10] 宋明全, 金军斌, 刘贵传, 等. 塔河油田三叠系石炭系井眼失稳机理及控制技术[J]. 钻井液与完井液, 2002, 19(6): 15-19.
Song Mingquan, Jin Junbin, Liu Guichuan, et al. Wellbore instability and control technologies in the Triassic system and Carboniferous system in Tahe Oil-Field[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2002, 19(6): 15-19.
- [11] 谢晓永, 王怡. 川西须家河组页岩气水基钻井液技术[J]. 断块油气田, 2014, 21(6): 802-805.
Xie Xiaoyong, Wang Yi. Water-based drilling fluid technology for Xujiahe Formation shale gas in western Sichuan[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2014, 21(6): 802-805.
- [12] 蓝强, 李公让, 张敬辉, 等. 石蜡纳米乳液的性能影响因素及低能乳化法制备[J]. 石油钻探技术, 2012, 40(1): 58-63.
Lan Qiang, Li Gongrang, Zhang Jinghui, et al. Preparation of paraffin nano-emulsion with low-energy emulsification[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2012, 40(1): 58-63.
- [13] 胡进军, 孙强, 夏小春, 等. 环境友好型水基钻井液 GREEN-DRILL 的研制与应用[J]. 石油钻探技术, 2014, 42(2): 75-79.
Hu Jinjun, Sun Qiang, Xia Xiaochun, et al. Development and application of environment-friendly drilling fluid GREEN-DRILL[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2014, 42(2): 75-79.
- [14] 任立伟, 夏柏如, 唐文泉, 等. 伊朗 Y 油田深部复杂地层钻井液技术[J]. 石油钻探技术, 2013, 41(4): 92-96.
Ren Liwei, Xia Bairu, Tang Wenquan, et al. Drilling fluid technology for deep troublesome formation of Y Oilfield in Iran[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2013, 41(4): 92-96.

[编辑 刘文臣]

Kymera™ FSR 定向钻井复合钻头

贝克休斯公司研发的 Kymera™ FSR 定向混合钻头, 可在复杂的碳酸盐岩地层定向钻进时保持快速、平滑、稳定的性能。Kymera™ FSR 钻头具有更高的钻速、更长的进尺和更高的定向钻进精度, 从而可以钻进更多产油层。

牙轮钻头通常以较慢的转速和较低的扭矩钻进, PDC 钻头通常以大扭矩高转速钻进。Kymera™ FSR 钻头通过独特的混合设计, 很好地结合了 PDC 钻头和三牙轮钻头技术特点, 在碳酸盐岩地层中的钻进性能优于以上 2 种钻头。该钻头牙轮上的钻齿更尖锐、攻击性更强, 可轻松破碎地层; PDC 切削齿可清除岩屑, 有效清洁井眼。Kymera™ FSR 钻头能够以更快的速度钻进, 同时降低了扭矩波动, 钻进中不仅降低了钻头和钻柱的磨损, 还增强了工具面控制能力。

在 Permian, Eagle Ford 和 Williston 盆地的现场试验中, Kymera™ FSR 钻头共试验应用了 51 井次, 平均钻进速率提高了 80%, 一次下钻钻达目的井深的成功率达到 82%, 减少了造斜段的起下钻次数和非生产时间, 降低了钻井成本。

[供稿 许颖]