

◀ 钻井完井 ▶

doi:10.11911/syztjs.201602004

# 涪陵页岩气田低黏低切聚合物防塌水基 钻井液研制及现场试验

张国仿

(中石化江汉石油工程有限公司,湖北潜江 433124)

**摘 要:**为了解决涪陵地区焦石坝区块二开钻井过程中钻井液黏度高、摩阻高、扭矩大及定向托压严重等问题,研究了一种低黏低切聚合物防塌水基钻井液。室内试验表明,该水基钻井液抑制性、润滑性、封堵性良好,抗温能达 100 ℃,且具有很好的抗污染能力。该钻井液在涪陵地区焦石坝区块二开井段进行了现场试验,有效解决了因地层钻屑水化造浆而造成的钻井液黏度升高、密度升高及井下托压严重等问题,保证了井下作业的正常进行,缩短了钻井周期,提高了钻井效率。

**关键词:**页岩气;聚合物钻井液;钻井液性能;涪陵地区;焦石坝区块

**中图分类号:**TE254<sup>+</sup>.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-0890(2016)02-0022-06

## The Development and Field Testing of Low Viscosity and Low Gel Strength Polymer Collapse-Resistant Water-Based Drilling Fluid in the Fuling Shale Gas Field

ZHANG Guofang

(Sinopec Jiangnan Oilfield Service Corporation, Qianjiang, Hubei, 433124, China)

**Abstract:** During drilling in Jiaoshiba Block of Fuling Area, problems were encountered in the second spudding as high viscosity of drilling fluid, high drag, large torque and that WOB could not be transmitted to the bit during directional drilling. To address these problems, a kind of polymer collapse-resistant water-based drilling fluid with low viscosity and low gel strength was developed. Laboratory tests showed that the water-based drilling fluid demonstrated good inhibition, lubricity, plugging properties and contamination resistance, high temperature resistance up to 100 ℃. It was successfully implemented in the second-spudding in the Jiaoshiba Block, and the problems that caused by formation hydration, including high viscosity and high density as well as ineffective transmission of WOB were solved effectively, so as to keep normal drilling, shorten drilling cycle time and improve drilling efficiency.

**Key words:** shale gas; polymer drilling fluid; drilling fluid properties; Fuling Area; Jiaoshiba Block

涪陵地区焦石坝区块页岩气井二开井段主要钻遇二叠系、石炭系和志留系地层<sup>[1-3]</sup>,具体而言,主要为飞仙关组下部地层,长兴组、龙潭组、茅口组、栖霞组、梁山组、黄龙组、韩家店组地层和龙马溪组上部地层。前期钻井情况表明,三叠系嘉陵江组、飞仙关组和志留系韩家店组、小河坝组地层在钻井过程中易发生裂缝性漏失,且向南(石门组地层)方向地质构造越来越复杂,中上部地层的井壁坍塌和井漏等问题越来越严重。使用 KCl 聚合物防塌钻井液不能有效解决中上部地层的井壁坍塌和井漏问题<sup>[4-8]</sup>,而且国内外缺乏有效的解决方案。因此,笔者通过

室内研究,研制出一种具有良好抑制性、封堵性和润滑性,并能够适应焦石坝区块上部地层和钻井工艺要求的低黏低切聚合物防塌水基钻井液,室内性能评价试验和现场试验表明,该钻井液具有良好的性能,能解决焦石坝区块页岩气田二开井段钻井技术难题,具有推广应用价值。

**收稿日期:**2015-11-15;**改回日期:**2016-01-28。

**作者简介:**张国仿(1962—),男,湖北仙桃人,1982年毕业于重庆石油学校钻井专业,2003年获中国地质大学(武汉)石油与天然气工程专业硕士学位,高级工程师,现主要从事钻井工程方面的研究和管理工作。E-mail:zhanggf.osjh@sinopec.com。

1 页岩气井二开井段钻井液技术难点

涪陵地区焦石坝区块页岩气井二开钻进从飞仙关组下部开始,直到龙马溪组上部,该段存在大段泥岩,目前常使用 KCl 聚合物防塌钻井液钻进,其基本配方为 3.0% 膨润土浆 + 0.2% NaOH + 0.3% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + 1.0% LV-CMC + 0.2% HV-CMC + 0.3% K-PAM + 2.0% 乳化沥青 + 2.5% YH-8 + 1.5% 双聚铵盐 + 3.0% KCl + 2.5% 超细碳酸钙 + 重晶石粉,密度 1.28 kg/L。在钻进过程中,由于钻屑造浆严重,导致 KCl 聚合物防塌钻井液黏度升高、切力增大、固相含量上升,性能调控困难,钻井液循环当量密度明显增大,诱导性漏失频发。具体而言,在二开井段钻进中 KCl 聚合物防塌钻井液主要存在以下问题:

- 1) 抑制性不足。地层黏土矿物含量高达 50%,岩性主要为砂泥岩互层,钻屑易水化造浆,导致钻井液黏度、切力大幅增大,造成钻井液流动性变差,抑制性不足,不能满足大段泥岩井壁稳定与钻井液流变性控制的需要。
- 2) 润滑性不够。二开井段为长稳斜段,因钻井液润滑性不够,使钻进过程中摩阻和扭矩较大,导致定向托压较为严重,易造成井下故障发生;同时,PDC 钻头机械钻速高,钻屑细,钻井液受钻屑等的污染严重,尤其韩家店组、小河坝组泥岩分散性强,钻井液固相含量上升幅度较大,使钻井液润滑性能变差。

3) 封堵性能差。二开井段地层坍塌压力较高,如果钻井液抑制性差、密度偏低会造成井壁垮塌,井壁承压能力弱,一旦钻井液密度升高易发生诱导性漏失。而 40~60 目砂床试验表明,KCl 聚合物防塌钻井液基本不具有封堵性。

因此,需要针对 KCl 聚合物防塌钻井液存在的问题,增强钻井液的抑制性、封堵性和润滑性<sup>[9-11]</sup>,研制新的钻井液,以解决涪陵页岩气井二开井段的钻井液技术难题。

2 低黏低切聚合物防塌水基钻井液研制及性能评价

2.1 低黏低切聚合物防塌水基钻井液的研制

在现有 KCl 聚合物防塌钻井液的基础上,针对其在现场应用过程中出现的问题,并结合涪陵地区焦石坝区块上部地层特点,从提高抑制性、润滑性、封堵性出发,对 KCl 聚合物防塌钻井液配方进行了优化,形成了低黏低切聚合物防塌水基钻井液。

2.1.1 抑制剂加量的优选

KCl 聚合物防塌钻井液的露头土滚动回收率只有 60% 左右,抑制性较差。为此,加入新型阳离子抑制剂 JH-MULF 来提高其抑制性能。在 KCl 聚合物防塌钻井液中加入不同量 JH-MULF 后露头土的滚动回收率(热滚条件为 80 ℃ 温度下热滚 16 h,加热到 40 ℃ 后测试流变性能)试验结果见表 1。

表 1 抑制剂 JH-MULF 对 KCl 聚合物防塌钻井液抑制性的影响

Table 1 The effect of inhibitor JH-MULF on the inhibitive performance of KCl polymer collapse-resistant drilling fluid

| JH-MULF<br>加量, % | 密度/<br>(kg · L <sup>-1</sup> ) | 评价<br>条件 | 表观黏度/<br>(mPa · s) | 塑性黏度/<br>(mPa · s) | 动切力/<br>Pa | φ <sub>6</sub> | φ <sub>3</sub> | API 滤失/<br>mL | pH 值 | 回收率,<br>% |
|------------------|--------------------------------|----------|--------------------|--------------------|------------|----------------|----------------|---------------|------|-----------|
| 0                | 1.28                           | 滚动前      | 35.5               | 29.0               | 6.5        | 3.0            | 2.0            | 3.4           | 9    | 60.56     |
|                  | 1.28                           | 滚动后      | 27.5               | 23.0               | 4.5        | 2.0            | 1.0            |               |      |           |
| 0.5              | 1.28                           | 滚动前      | 31.5               | 27.0               | 4.5        | 4.0            | 3.0            | 3.0           | 9    | 65.38     |
|                  | 1.28                           | 滚动后      | 24.0               | 19.0               | 5.0        | 2.0            | 1.0            |               |      |           |
| 1.0              | 1.28                           | 滚动前      | 30.0               | 25.0               | 5.0        | 4.0            | 2.5            | 3.6           | 9    | 74.58     |
|                  | 1.28                           | 滚动后      | 24.5               | 19.0               | 5.5        | 3.0            | 2.0            |               |      |           |
| 1.5              | 1.28                           | 滚动前      | 28.0               | 23.0               | 5.0        | 3.0            | 2.0            | 3.4           | 9    | 81.22     |
|                  | 1.28                           | 滚动后      | 25.5               | 22.0               | 3.5        | 2.5            | 1.5            |               |      |           |
| 2.0              | 1.28                           | 滚动前      | 35.5               | 29.0               | 6.5        | 4.0            | 3.0            | 3.4           | 9    | 85.36     |
|                  | 1.28                           | 滚动后      | 27.5               | 23.0               | 4.5        | 3.0            | 2.0            |               |      |           |

从表 1 可以看出:抑制剂 JH-MULF 对 KCl 聚合物防塌钻井液的流变性和滤失性能基本无影响,但能明显提高露头土的滚动回收率。由此可见,抑

制剂 JH-MULF 有效改善了 KCl 聚合物防塌钻井液的抑制性能,其加量达到 2.0% 时滚动回收率最高,且流变性依然能够满足要求。因此,抑制剂 JH-

MULF 的加量优选为 2.0%。

### 2.1.2 润滑剂加量的优选

通过黏滞系数仪和极压润滑仪对 KCl 聚合物防塌钻井液的润滑性进行了测试,发现其润滑性较

差。为此,优选了新型润滑剂 JH-LUB 来改善其润滑性。在 KCl 聚合物防塌钻井液中加入 JH-LUB 后钻井液的黏滞系数和摩阻系数(热滚条件为 80 ℃下热滚 16 h,加热到 40 ℃后测试流变性能)的试验结果见表 2。

表 2 润滑剂 JH-LUB 对 KCl 聚合物防塌钻井液润滑性的影响

Table 2 The effect of lubricator JH-LUB on the lubricity of KCl polymer collapse-resistant drilling fluid

| JH-LUB<br>加量, % | 密度/<br>(kg · L <sup>-1</sup> ) | 评价<br>条件 | 表观黏度/<br>(mPa · s) | 塑性黏度/<br>(mPa · s) | 动切力/<br>Pa | φ6  | φ3  | API 滤<br>失/mL | pH 值 | 黏滞<br>系数 | 摩阻<br>系数 |
|-----------------|--------------------------------|----------|--------------------|--------------------|------------|-----|-----|---------------|------|----------|----------|
| 0               | 1.28                           | 滚动前      | 35.5               | 29.0               | 6.5        | 3.0 | 2.0 |               |      |          |          |
|                 | 1.28                           | 滚动后      | 27.5               | 23.0               | 4.5        | 2.0 | 1.0 | 3.4           | 9    | 0.277    | 0.190 0  |
| 0.5             | 1.28                           | 滚动前      | 31.5               | 27.0               | 4.5        | 4.0 | 3.0 |               |      |          |          |
|                 | 1.28                           | 滚动后      | 27.0               | 24.0               | 3.0        | 2.0 | 1.0 | 3.0           | 9    | 0.235    | 0.170 0  |
| 1.0             | 1.28                           | 滚动前      | 33.0               | 27.0               | 6.0        | 3.0 | 2.0 |               |      |          |          |
|                 | 1.28                           | 滚动后      | 26.0               | 23.0               | 3.0        | 3.0 | 2.0 | 3.6           | 9    | 0.235    | 0.159 9  |
| 1.5             | 1.28                           | 滚动前      | 28.0               | 23.0               | 5.0        | 3.0 | 2.0 |               |      |          |          |
|                 | 1.28                           | 滚动后      | 25.5               | 22.0               | 3.5        | 2.5 | 1.5 | 3.4           | 9    | 0.219    | 0.147 9  |
| 2.0             | 1.28                           | 滚动前      | 35.5               | 29.0               | 6.5        | 4.0 | 3.0 |               |      |          |          |
|                 | 1.28                           | 滚动后      | 30.0               | 26.0               | 4.0        | 3.0 | 2.0 | 3.4           | 9    | 0.207    | 0.147 9  |

从表 2 可以看出:润滑剂 JH-LUB 对 KCl 聚合物防塌钻井液的流变性和滤失性基本无影响,但可以有效降低其黏滞系数和摩阻系数,从而改善钻井过程中托压和扭矩过大的问题。当 JH-LUB 的加量达到 1.5% 时,钻井液的黏滞系数和摩阻系数较低,且流变性依然能够满足要求,而当 JH-LUB 加量达到 2.0% 时,钻井液的黏滞系数和摩阻系数也变化不大。因此, JH-LUB 的加量优选为 1.5%。

### 2.1.3 封堵剂加量的优选

成膜封堵剂 JH-CMJ 是一种可流动性固体粉末,可用于钻井液降滤失防渗漏。实践表明,钻井液

中加入成膜封堵剂 JH-CMJ 后,在钻开地层的极短时间内,成膜剂能够吸附在井壁岩石表面形成一层或多层无渗透隔离膜,从而有效封堵不同渗透性地层,阻止钻井液固相和液相进入地层,确保井壁稳定。JH-CMJ 对 KCl 聚合物防塌钻井液封堵性的影响(80 ℃温度条件下老化 16 h,在 40 ℃温度下测试流变性能)试验结果见表 3。

从表 3 可以看出:成膜封堵剂 JH-CMJ 可以很好地改善 KCl 聚合物防塌钻井液的封堵性,加量为 0.5% 时就可以有效封堵砂层,加量为 1.0% 时钻井液侵入砂层的深度仅为 3.3 cm。JH-CMJ 还可以改善该钻井液的滤失性能,随着其加量增加,滤失量

表 3 成膜封堵剂 JH-CMJ 对 KCl 聚合物防塌钻井液封堵性的影响

Table 3 The effect of film plugging agent JH-CMJ on the plugging performance of KCl polymer collapse-resistant drilling fluid

| JH-CMJ<br>加量, % | 密度/<br>(kg · L <sup>-1</sup> ) | 评价<br>条件 | 表观黏度/<br>(mPa · s) | 塑性黏度/<br>(mPa · s) | 动切力/<br>Pa | φ6  | φ3  | API 滤<br>失/mL | pH 值 | 高温高压<br>滤失/mL | 侵入<br>深度/cm |
|-----------------|--------------------------------|----------|--------------------|--------------------|------------|-----|-----|---------------|------|---------------|-------------|
| 0               | 1.28                           | 滚动前      | 31.5               | 28.0               | 3.5        | 3.0 | 2.0 |               |      |               |             |
|                 | 1.28                           | 滚动后      | 30.0               | 28.0               | 2.0        | 2.0 | 1.0 | 3.3           | 9    | 10.6          | 全部侵入        |
| 0.5             | 1.28                           | 滚动前      | 33.5               | 31.0               | 2.5        | 4.0 | 3.0 |               |      |               |             |
|                 | 1.28                           | 滚动后      | 25.5               | 24.0               | 1.5        | 2.0 | 1.0 | 3.0           | 9    | 10.4          | 9.5         |
| 1.0             | 1.28                           | 滚动前      | 37.0               | 31.0               | 6.0        | 3.0 | 2.5 |               |      |               |             |
|                 | 1.28                           | 滚动后      | 27.5               | 26.0               | 1.5        | 2.0 | 1.5 | 2.4           | 9    | 9.6           | 3.3         |
| 1.5             | 1.28                           | 滚动前      | 40.0               | 34.0               | 6.0        | 3.0 | 2.0 |               |      |               |             |
|                 | 1.28                           | 滚动后      | 38.5               | 32.0               | 6.5        | 2.5 | 1.0 | 2.6           | 9    | 8.8           | 3.2         |
| 2.0             | 1.28                           | 滚动前      | 45.5               | 39.0               | 6.5        | 3.0 | 2.0 |               |      |               |             |
|                 | 1.28                           | 滚动后      | 49.5               | 42.0               | 7.5        | 3.0 | 2.0 | 2.4           | 9    | 8.4           | 1.5         |

呈减小趋势,且流变性均能够满足要求,当其加量达到 1.5%时,钻井液高温高压滤失量为 8.8 mL,加量再增大时钻井液的滤失量变化不大。因此,JH-CMJ 的加量优选为 1.5%。

2.2 低黏低切聚合物防塌水基钻井液性能评价

通过优选抑制剂、润滑剂、封堵剂及其加量,确定了低黏低切聚合物防塌水基钻井液(以下简称防塌钻井液)的配方为 3.0%膨润土浆+0.2% NaOH

+0.3% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>+1.0% LV-CMC+0.2% HV-CMC+0.3%K-PAM+2.0% 乳化沥青+2.5% YH-8+1.5% 双聚铵盐+3.0% KCl+2.5%超细碳酸钙+2.0% JH-MULF+1.5% JH-CMJ+1.5% JH-LUBE+重晶石粉。重晶石粉主要用来调整钻井液密度,无特殊说明钻井液密度为 1.30 kg/L。

2.2.1 综合性能

防塌钻井液的综合性能试验结果见表 4。

表 4 防塌钻井液的综合性能试验结果

Table 4 The comprehensive performance test results of collapse-resistant drilling fluid

| 试验条件 | 密度/(kg·L <sup>-1</sup> ) | 塑性黏度/(mPa·s) | 动切力/Pa | φ6  | φ3  | API 滤失/mL | pH 值 | 回收率,% | 摩阻系数    |
|------|--------------------------|--------------|--------|-----|-----|-----------|------|-------|---------|
| 滚动前  | 1.40                     | 29.0         | 6.5    | 2.5 | 1.5 |           |      |       |         |
| 滚动后  | 1.40                     | 26.0         | 4.0    | 2.0 | 1.0 | 3.4       | 9    | 88.35 | 0.142 3 |

由表 4 可知,防塌钻井液的流变性、滤失性、滚动回收率和摩阻系数均较好。

从表 5 可以看出,防塌钻井液在温度 100 ℃、密度 1.40 kg/L 下的流变性能均较好,能够满足焦石坝区块二开钻进对钻井液抗温性能的要求。

2.2.2 抗温性能

不同温度和密度下防塌钻井液的性能试验结果见表 5。

2.2.3 抗污染性能

防塌钻井液的抗污染性能试验结果见表 6。

表 5 防塌钻井液的抗温性能试验结果

Table 5 The temperature resistance test results of collapse-resistant drilling fluid

| 温度/℃ | 密度/(kg·L <sup>-1</sup> ) | 评价条件 | 表观黏度/(mPa·s) | 塑性黏度/(mPa·s) | 动切力/Pa | φ6  | φ3  | API 滤失/mL | pH 值 |
|------|--------------------------|------|--------------|--------------|--------|-----|-----|-----------|------|
| 80   | 1.40                     | 滚动前  | 35.5         | 29.0         | 6.5    | 2.5 | 1.5 |           |      |
|      |                          | 滚动后  | 30.0         | 26.0         | 4.0    | 2.0 | 1.0 | 3.4       | 9    |
|      | 1.40                     | 滚动前  | 38.0         | 30.0         | 8.0    | 3.0 | 2.0 |           |      |
|      |                          | 滚动后  | 34.0         | 28.0         | 6.0    | 3.0 | 2.0 | 3.6       | 9    |
| 100  | 1.40                     | 滚动前  | 35.5         | 29.0         | 6.5    | 2.5 | 1.5 |           |      |
|      |                          | 滚动后  | 32.0         | 28.0         | 4.0    | 2.0 | 1.0 | 3.6       | 9    |
|      | 1.40                     | 滚动前  | 38.0         | 30.0         | 8.0    | 3.0 | 2.0 |           |      |
|      |                          | 滚动后  | 33.0         | 27.0         | 6.0    | 3.0 | 2.0 | 4.0       | 9    |

表 6 防塌钻井液的抗污染性能试验结果

Table 6 The contamination resistance test results of collapse-resistant drilling fluid

| 项目         | 密度/(kg·L <sup>-1</sup> ) | 评价条件 | 表观黏度/(mPa·s) | 塑性黏度/(mPa·s) | 动切力/Pa | φ6  | φ3  | API 滤失/mL | pH 值 |
|------------|--------------------------|------|--------------|--------------|--------|-----|-----|-----------|------|
|            | 1.40                     | 滚动前  | 35.5         | 29.0         | 6.5    | 2.5 | 1.5 |           |      |
|            |                          | 滚动后  | 30.0         | 26.0         | 4.0    | 2.0 | 1.0 | 3.4       | 9    |
| 8.0%<br>钠土 | 1.40                     | 滚动前  | 40.0         | 32.0         | 8.0    | 4.0 | 3.0 |           |      |
|            |                          | 滚动后  | 35.0         | 29.0         | 6.0    | 3.0 | 2.0 | 3.0       | 9    |
| 8.0%<br>钙土 | 1.40                     | 滚动前  | 35.5         | 30.0         | 5.5    | 2.0 | 1.0 |           |      |
|            |                          | 滚动后  | 32.0         | 27.0         | 5.0    | 3.0 | 2.0 | 3.8       | 9    |
| 8.0%<br>钻屑 | 1.40                     | 滚动前  | 38.0         | 31.0         | 7.0    | 4.0 | 3.0 |           |      |
|            |                          | 滚动后  | 33.0         | 28.0         | 5.0    | 3.0 | 2.0 | 3.6       | 9    |

注:钻屑为涪陵页岩气井二开 1 408.00~2 216.00 m 井段混合样,粉碎过 100 目筛。

由表6可知,防塌钻井液在加入钠膨润土、钙膨润土和现场钻屑后,综合性能依然良好,说明该钻井液具有较好的抗污染性能。

### 3 现场试验

低黏低切聚合物防塌水基钻井液在涪陵地区焦石坝区块焦页24-4HF井和焦页30-2HF井二开井段进行了试验。2口井试验井段钻井施工顺利,钻井液黏切性能较好,滤失性能稳定。与应用其他钻井液的邻井相比,2口试验井的井眼更稳定,返出的钻屑棱角分明,钻井周期短。

#### 3.1 焦页24-4HF井

焦页24号平台先期钻探的焦页24-5HF井,二开在钻进栖霞组地层时钻遇裂缝气,钻进韩家店组、小河坝组地层时井漏频繁,井漏后上部地层又出现了起下钻遇阻、定向托压以及钻井液黏度控制难等问题。为此,在该平台焦页24-4HF井二开钻井过程中,试用了低黏低切聚合物防塌水基钻井液。在二开钻进中,采用含1.0%抑制剂JH-MULF的胶

液进行维护,防止钻井液黏度增大。

该井二开井段钻进过程顺利,钻井液一直保持低黏低切(如图1所示),返出的钻屑棱角分明,未出现井下故障和邻井常出现的其他问题,且同井段钻井周期较焦页24-5HF井缩短6.54 d。

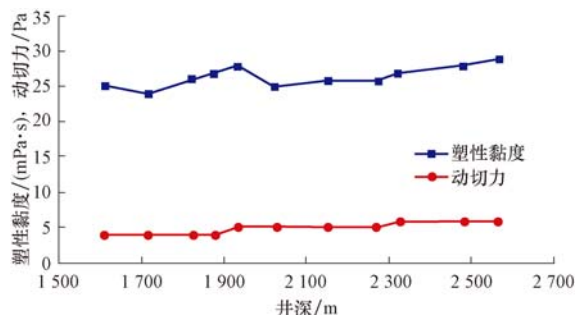


图1 焦页24-4HF井试验井段钻井液黏度与切力

Fig. 1 The viscosity and gel strength of drilling fluid at the testing interval in Well Jiaoye 24-4HF

#### 3.2 焦页30-2HF井

低黏低切聚合物防塌水基钻井液在焦页30-2HF井二开井段进行了试验应用,该井二开钻井施工顺利,钻井液综合性能相关数据见表7,井径扩大率见图2。

表7 焦页30-2HF井二开井段钻井液综合性能

Table 7 The comprehensive performance of drilling fluid used in the second spud section of Well Jiaoye 30-2HF

| 井深/m     | 密度/( $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) | 漏斗黏度/s | API 滤失/mL | 塑性黏度/( $\text{mPa} \cdot \text{s}$ ) | 动切力/Pa | 初切力/Pa | 终切力/Pa | pH值  |
|----------|----------------------------------------|--------|-----------|--------------------------------------|--------|--------|--------|------|
| 1 355.00 | 1.15                                   | 37.0   | 4.0       | 10.0                                 | 3.5    | 0      | 0.50   | 9~10 |
| 1 473.00 | 1.22                                   | 37.0   | 3.8       | 12.0                                 | 4.0    | 0.50   | 1.00   | 10   |
| 1 496.00 | 1.24                                   | 37.0   | 5.2       | 10.0                                 | 4.0    | 0.50   | 1.00   | 8    |
| 1 611.00 | 1.26                                   | 37.0   | 4.4       | 15.0                                 | 4.0    | 0.50   | 1.00   | 8    |
| 1 701.00 | 1.25                                   | 38.0   | 4.4       | 16.0                                 | 3.5    | 0.50   | 1.00   | 8    |
| 1 803.00 | 1.24                                   | 46.0   | 4.0       | 22.0                                 | 5.0    | 0.50   | 2.00   | 10   |
| 1 906.00 | 1.24                                   | 48.0   | 4.0       | 22.0                                 | 7.0    | 0.50   | 3.00   | 10   |
| 1 979.00 | 1.25                                   | 50.0   | 4.6       | 23.0                                 | 7.0    | 1.00   | 2.00   | 9    |
| 2 070.00 | 1.28                                   | 48.0   | 4.6       | 25.0                                 | 6.0    | 1.00   | 2.00   | 8    |
| 2 225.00 | 1.27                                   | 47.0   | 4.6       | 26.0                                 | 6.0    | 0.75   | 2.00   | 9    |
| 2 301.00 | 1.28                                   | 50.0   | 4.6       | 25.0                                 | 7.0    | 1.00   | 3.00   | 9    |

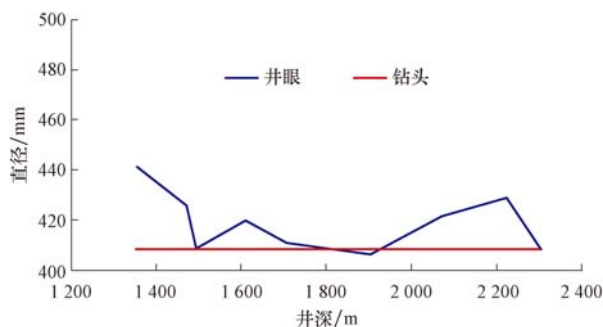


图2 焦页30-2HF井二开井段井径扩大率

Fig. 2 The hole enlargement ratio of the second spud section in Well Jiaoye 30-2HF

### 4 结论

1) 在焦石坝区块之前采用的KCl聚合物钻井

液的基础上,结合该区块页岩气井二开井段地层特点,通过优选钻井液抑制剂、润滑剂、封堵剂及其加量,形成了低黏低切聚合物防塌水基钻井液。

2) 室内评价试验结果表明,低黏低切聚合物防塌水基钻井液具有优良的综合性能,抑制性、润滑性和封堵性良好,抗温能达到 100 ℃,且具有很好的抗污染能力。

3) 2 口井的现场试验表明,低黏低切聚合物防塌水基钻井液性能稳定,能较好地控制泥页岩地层分散造浆,降低钻井液中的劣质固相含量,有利于减少钻井复杂情况,并且能够降低泵压和扭矩,能够满足涪陵地区焦石坝区块页岩气井二开井段安全快速钻井的需要。

## 参 考 文 献

### References

- [1] 艾军,张金成,臧艳彬,等. 涪陵页岩气田钻井关键技术[J]. 石油勘探技术,2014,42(5):9-15.  
AI Jun,ZHANG Jincheng,ZANG Yanbin,et al. The key drilling technologies in Fuling Shale Gas Field[J]. Petroleum Drilling Techniques,2014,42(5):9-15.
- [2] 牛新明. 涪陵页岩气田钻井技术难点及对策[J]. 石油勘探技术,2014,42(4):1-6.  
NIU Xinming. Drilling technology challenges and resolutions in Fuling Shale Gas Field[J]. Petroleum Drilling Techniques,2014,42(4):1-6.
- [3] 许洁,许明标. 页岩气勘探开发技术研究[J]. 长江大学学报(自然科学版),2011,8(1):80-82.  
XU Jie,XU Mingbiao. Exploration and exploitation technologies of shale gas[J]. Journal of Yangtze University(Natural Science Edition),2011,8(1):80-82.
- [4] 张瑜,张国,徐江,等. 新型聚胺钻井液在都护 4 井泥岩段的应用[J]. 石油勘探技术,2012,40(6):33-37.  
ZHANG Yu,ZHANG Guo,XU Jiang,et al. Application of novel polyamine drilling fluid in mudstone section of Well DuH 4[J]. Petroleum Drilling Techniques,2012,40(6):33-37.
- [5] 王中华. 页岩气水平井钻井液技术的难点及选用原则[J]. 中外能源,2012,17(4):43-47.  
WANG Zhonghua. Difficulty and applicable principle of the drilling fluid technology of horizontal wells for shale gas[J]. Sino-Global Energy,2012,17(4):43-47.
- [6] 邹才能,董大忠,王社教,等. 中国页岩气形成机理、地质特征及资源潜力[J]. 石油勘探与开发,2010,37(6):641-653.  
ZOU Caineng,DONG Dazhong,WANG Shejiao,et al. Geological characteristics,formation mechanism and resource potential of shale gas in China[J]. Petroleum Exploration and Development,2010,37(6):641-653.
- [7] 张克勤,何纶,安淑芳,等. 国外高性能水基钻井液介绍[J]. 钻井液与完井液,2007,24(3):68-73.  
ZHANG Keqin,HE Lun,AN Shufang,et al. An introduction to the high performance water base muds abroad[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid,2007,24(3):68-73.
- [8] 王富群,乔永,王自民,苏丹 5 区 Jarayan-1 井钻井液技术工艺[J]. 断块油气田,2002,9(3):63-65.  
WANG Fuqun,QIAO Yong,WANG Zimin. Jarayan-1's drilling fluid technology in Block 5 of Sudan[J]. Fault-Block Oil & Gas Field,2002,9(3):63-65.
- [9] 刘大伟,王绮,王益山,等. 煤层气复杂结构井可降解钻井液实验[J]. 石油勘探与开发,2013,40(2):232-236.  
LIU Dawei,WANG Qi,WANG Yishan,et al. Laboratory research on degradable drilling-in fluid for complex structure wells in coalbed methane reservoirs[J]. Petroleum Exploration and Development,2013,40(2):232-236.
- [10] 鄢捷年. 钻井液工艺学[M]. 东营:石油大学出版社,2001:236-250.  
YAN Jienian. Drilling fluid technology[M]. Dongying:Petroleum University Press,2001:236-250.
- [11] 张启根,陈馥,刘彝,等. 国外高性能水基钻井液技术发展现状[J]. 钻井液与完井液,2007,24(3):74-77.  
ZHANG Qigen,CHEN Fu,LIU Yi,et al. Development of high performance water base muds abroad[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid,2007,24(3):74-77.

[编辑 令文学]