

长北气田水平井钻井液润滑剂的优选与应用^{*}

金祥哲 王长宁 杨斌

川庆钻探工程公司工程技术研究院

金祥哲等.长北气田水平井钻井液润滑剂的优选与应用.天然气工业,2009,29(4):61-63.

摘要 为降低长北气田 $\varnothing 152.4$ mm水平段钻进中的扭矩和阻力,尽可能地增加水平段长度,提出在原有钻井液体系的基础上,通过更换无荧光植物油润滑剂,提升钻井液体系的润滑性,以满足现场钻井要求。润滑剂 ETL 与体系具有良好的配伍性能,浓度为 1% 时,摩擦系数降低率可达到 60%。静、动态润滑性评价实验结果表明: ETL 的加入,钻井液可以在钻具表面形成良好的润滑膜,从而降低体系摩擦系数,静态可降低 50%,动态可降低 30%。静态岩心伤害实验平均伤害率为 5%,动态岩心伤害实验平均伤害率为 11%。根据上述室内研究成果,选用润滑剂 ETL 作为钻井液体系,在 CB2-3 井水平段钻井中应用,钻进中扭矩控制在 18 kN·m 以内,顺利钻完两个分支井,其中第一分支井水平段长为 1 316 m,第二分支井水平段长为 1 929 m,后者刷新了中国陆上 $\varnothing 152.4$ mm 小井眼水平段长度的纪录。

关键词 天然气 水平井 大斜度井 钻井液 润滑性 长北气田

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2009.04.018

0 引言

长北气田某些天然气水平井在大斜度井段因地质复杂或井下事故,迫使将水平段 $\varnothing 215.9$ mm 井眼改为 $\varnothing 152.4$ mm 小井眼。因此,使用较小尺寸的钻具,导致钻具的抗扭矩强度减小。除了面临水平段所用钻井液体系长裸眼及长浸泡时间井壁稳定、井眼净化、储层保护等水平井段经常遇到的技术难题外^[1-2],如何有效地提升钻井液体系的润滑性,从钻井液角度尽可能减少钻井过程中的阻力,是保证 $\varnothing 152.4$ mm 长裸眼井眼水平段正常施工的技术关键。为此,通过室内润滑剂的优选、润滑及储层保护评价等研究应用,对钻井液体系的润滑性进行提升,成功地解决了 $\varnothing 152.4$ mm 小井眼长裸眼水平段钻井中高扭矩的难题。并在 CB2-3 井进行应用,使该井顺利完钻两个水平分支井,其中第二分支井水平段长为 1 929 m,刷新了中国陆上 $\varnothing 152.4$ mm 小井眼水平段长度的纪录。

1 长北气田水平段钻井液体系

长北气田水平段广泛应用的无土相低伤害暂堵

型钻井液体系,选用粒度匹配合理的惰性碳酸钙颗粒作为支撑暂堵剂、用改性水溶性淀粉作为变形粒子形成良好的滤饼,在近井壁带,快速形成一个很薄的暂堵带,阻止钻井液中的液相和固相进一步侵入储层^[3-4]。由于暂堵层很薄,在完井投产前,可直接通过气举除去暂堵层,恢复储层原来的渗透率,从而实现储层不被钻井液伤害,达到保护储层的目的^[5-8]。该体系具有密度可调、失水低、暂堵效果好、携砂流变性能优等特点^[1],基本可以满足大井眼长裸眼水平段钻井要求。但 $\varnothing 152.4$ mm 小井眼长裸眼水平段因对钻井液体系的润滑性要求更高,该体系润滑性能远不能满足小井眼长裸眼水平段安全、快速钻井的要求。因此,必须选取良好的润滑剂对该体系的润滑性能进行提升,以满足小井眼长裸眼水平段钻井的要求。

2 实验研究

2.1 润滑剂材料的初选

将不同的润滑剂改变浓度加入钻井液体系中,用极压润滑仪测试其摩擦系数(R)值,对比几种常用润滑剂对体系摩擦系数的降低程度,初选出所用润

^{*} 本文为中国石油天然气集团公司的推广应用研究项目成果。

作者简介:金祥哲,1970年生,工程师,硕士;2005年毕业于西安石油大学,从事钻井液研究工作。地址:(710018)陕西省西安市未央区兴隆园小区长庆大厦 A301。电话:13709292761。E-mail:jinxiangzhe1970@126.com;jinxiangzhe@sohu.com

滑剂。从图1可以看出,不同润滑剂的加入,使钻井液体系的摩擦系数均呈现下降趋势,表明各种润滑剂的加入,不同程度地改善了体系的润滑性能。但润滑剂 ETL 对体系润滑性能的改善明显优于其他4种常用润滑剂,浓度为1%时,摩擦系数降低率可达到60%。另外,将上述样品在125℃下滚动16h后,除含有润滑剂 ETL 样品外,其余样品内均发现有混浊沉淀出现。表明 ETL 与该体系配伍性能良好。因此,选用 ETL 作为提升该体系润滑性的材料。

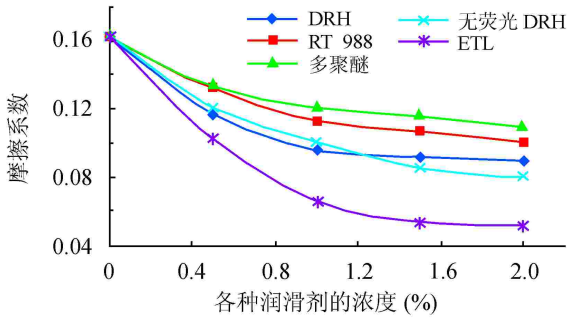


图1 各种润滑剂润滑性能实验对比曲线图

2.2 润滑剂 ETL 的润滑性实验

2.2.1 静态润滑性实验研究

分别在 1.03 g/cm^3 、 1.08 g/cm^3 、 1.15 g/cm^3 3种体系密度下,借助极压润滑仪,加1.5% ETL 和不加润滑剂,做静态润滑性对比实验,用体系摩擦系数的降低率评价润滑剂对钻井液体系润滑性改善的大小指标。实验结果对比(图2)表明:不论体系中固

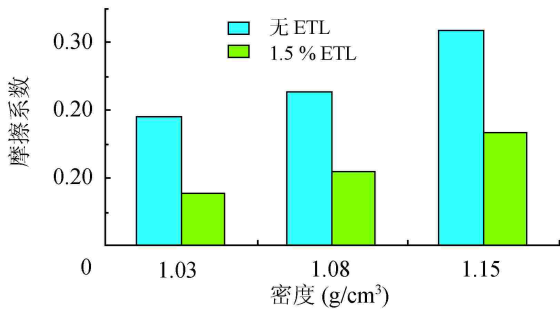


图2 静态润滑性实验对比图

相含量和密度如何变化,ETL 对钻井液体系的润滑性都有明显的提升,摩擦系数的降低率近50%。

2.2.2 动态润滑性实验研究

借助 DLA-II 型钻井液动态润滑性分析仪,分别在两种侧向力(60 N、120 N)作用下,改变 ETL 的浓度,测定钻具转动时的摩擦系数(图3)。以模拟现场实际钻进过程中钻具扭矩的变化情况。实验发现,改变 ETL 的浓度,在两种侧向力条件下摩擦系数均呈现下降趋势,浓度在1.5%以内,摩擦系数下降趋势缓慢,主要原因是在钻具表面还没有形成很好的润滑膜;浓度为1.5%~4%,摩擦系数下降明显,表明在钻具表面良好的润滑膜逐渐形成,浓度为4%以后,润滑膜已形成,其摩擦系数基本不会随 ETL 的浓度而变化。表明 ETL 在钻具表面形成良好的润滑膜,使体系的润滑性能得以大大改善。两种侧向力下,摩擦系数降低率均达30%。

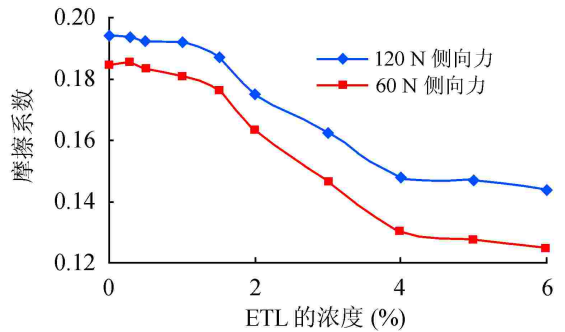


图3 动态润滑性实验对比图

2.2.3 ETL 对钻井液体系储层保护实验

钻井液体系具有暂堵效果好、对储层的伤害小等优点。评价 ETL 的加入是否加重对储层的伤害,分别做了3块岩心静态伤害评价实验和3块岩心动态伤害评价实验(表1)。在不同 ETL 的浓度下,静态实验3块岩心的伤害率在5%左右,保持 ETL 浓度1.5%不变,借助 AC-FDS-800-10000 动态岩心伤害仪,模拟现场实际的钻井过程,做了另外3块岩心的动态伤害实验。实验表明,不论动、静态实验,对

表1 岩心静、动态伤害实验表

| 岩心号 | 岩心静态伤害实验 | | | 岩心动态伤害实验 | | | |
|-----|--------------------------------------|---------------|------------|---|---|------------|--------------|
| | K_g ($10^{-3} \mu\text{m}^2$) | ETL 浓度 (%) | 伤害率 (%) | K_{g1} ($10^{-3} \mu\text{m}^2$) | K_{g2} ($10^{-3} \mu\text{m}^2$) | 伤害率 (%) | 平均伤害率 (%) |
| 1 | 0.400 9 | 0 | 5.5 | 2.67 | 2.29 | 14.23 | 11.11 |
| 2 | 0.097 0 | 0.5 | 4.6 | 2.43 | 2.29 | 5.76 | |
| 3 | 0.170 6 | 2.0 | 4.8 | 0.60 | 0.52 | 13.33 | |

岩心属于轻度伤害, ETL 的加入没有加重对储层的伤害。

对上述动态伤害实验岩心伤害端进行 SEM 扫描, 放大 3 000 倍后的图片见图 4。从 SEM 扫描图片可以看出, 岩心所有孔喉非常清晰或干净, 岩心内没有发现固体桥塞粒子或填充物, 同时也没有发现润滑剂 ETL 痕迹, 表明润滑剂 ETL 基本不对岩心或储层产生伤害。



图 4 放大 3 000 倍的岩心 SEM 扫描图片

3 现场试验及应用效果

3.1 现场试验

根据上述室内研究结果, 选择 CB2-3 井进行现场试验。试验中由于润滑剂 ETL 的合理加量(维持在 3.0% 以内), 整个施工过程中扭矩控制在 18 kN·m 以内, 钻井液润滑性能良好, 摩阻和扭矩比较低, 顺利钻完两个分支井。

3.2 应用效果

随后又在 CB3-1、CB3-2 等井继续应用, 无明显

遇阻、遇卡现象, 钻井液润滑性好, 每趟起下钻畅通无阻, 表明钻井液体系润滑性的提升从以下几个方面取得了明显的效果: ①减少了钻井液中的无固相导致的阻力; ②减少了井眼轨迹所带来的阻力; ③减少了钻具的长度和结构增加的阻力; ④减小了起下钻时产生的阻力。

4 结论

如何减小 $\varnothing 152.4$ mm 水平段井眼钻井过程中的扭矩和阻力这一技术难题, 通过室内润滑剂的优选、润滑及储层保护评价等研究和现场试验应用, 提升了体系的润滑性能, 成功地解决了上述难题, 得出如下结论:

1) 室内通过润滑剂优选, 优选出的 ETL 对钻井液体系摩擦系数降低率可达 60%。

2) 静、动态润滑性评价实验均表明: ETL 的加入, 钻井液可以在钻具表面形成良好的润滑膜, 从而降低了体系的摩擦系数, 静态实验降低为 50%、动态实验降低为 30%, 从而提升体系的润滑性能。

3) 静态岩心伤害实验平均伤害率为 5%, 动态岩心伤害实验平均伤害率为 11%, 动态伤害岩心 SEM 照片进一步证明: ETL 加入没有加重对岩心或储层的伤害。

4) 提升润滑性能后的体系在 CB2-3 井应用, $\varnothing 152.4$ mm 小井眼第一分支井水平段长为 1 316 m, 第二分支井水平段长为 1 929 m。

参 考 文 献

- [1] 陈在君, 黎金明, 杨斌, 等. 长北气田长水平井段裸眼钻井(完井)液技术[J]. 天然气工业, 2007, 27(11): 49-51.
- [2] 张金波, 鄢捷年. 国外特殊工艺井钻井液技术新进展[J]. 油田化学, 2003, 20(3): 285-291.
- [3] 李惠东, 韩福成. 采用屏蔽暂堵技术保护油气层[J]. 大庆石油地质与开发, 2004, 23(4): 50-52.
- [4] 吕军, 许绍营. 广谱屏蔽暂堵技术在大港油田的应用[J]. 钻采工艺, 2004, 27(5): 18-21.
- [5] 杨呈德, 蔺志鹏. 强抑制酸溶钻井(完井)液 ASS-1 研制与应用[J]. 钻井液与完井液, 2003, 20(6): 17-20.
- [6] 曹宝格, 罗平亚, 赵永刚. 缔合聚合物溶液的粘弹性实验研究[J]. 西南石油大学学报, 2007, 29(4): 118-121.
- [7] 卜全民, 王涌涛, 汪德耀. 事故树分析法的应用研究[J]. 西南石油大学学报, 2007, 29(4): 141-144.
- [8] 王贵, 蒲晓林, 罗兴树, 等. 高温高压水基钻井液静态密度研究[J]. 西南石油大学学报, 2007, 29(5): 97-99.

(收稿日期 2008-11-21 编辑 钟水清)