

陇东长₇非均质泥页岩井壁稳定钻井液技术

Wellbore Stabilization Drilling Fluid Technology of Chang₇ Heterogeneous Shale in Longdong

姜慧强 柳伟荣 李金平

Huiqiang Jiang Weirong Liu Jinping Li

川庆钻探工程公司长庆钻井总公司 中国·陕西 西安 710018

Petrochina Chuanqing Drilling Engineering Co., Ltd. Changqing Drilling Company, Xi'an, Shaanxi, 710018, China

摘要: 针对陇东区域页岩油水平井施工中, 常规体系无法满足水平段长段非均质泥页岩井壁稳定的需要的问题, 通过分析非均质泥页岩特征和黏土矿物组成, 从保持岩石强度入手, 进行岩屑浸泡、钻井液抑制性、封堵性评价实验, 筛选出强抑制多级配封堵钻井液配方, 在里 H2 平台进行了现场应用, 为该区域页岩油井泥页岩防塌积累了经验。

Abstract: In order to solve the problem that the conventional system can not meet the need of wellbore stability of long-section heterogeneous shale in the construction of oil horizontal wells in Longdong region, the characteristics of heterogeneous shale and clay mineral composition are analyzed, starting with keeping the rock strength, the evaluation experiments of cuttings immersion, drilling fluid inhibition and plugging performance were carried out, and the drilling fluid formula with strong inhibition and multi-grade plugging was screened out, it has accumulated experience for shale oil well and shale collapse prevention in this area.

关键词: 页岩油; 泥页岩; 水平井; 钻井液

Keywords: shale oil; shale; horizontal well; drilling fluid

DOI: 10.12346/se.v4i4.7389

1 引言

陇东区域页岩油水平井施工过程中, 水平段常钻遇深灰色泥岩、灰黑色泥岩和炭质泥岩交错的非均质泥页岩带, 长段非均质泥页岩发生坍塌造成井下复杂, 划眼困难, 起下钻阻卡时有发生, 如里 H2 平台里 H2-2 井, 处理水平段泥岩坍塌复杂 15 天, 提前完钻; 故非均质泥页岩井段的防塌及其工艺措施是该区域页岩油水平井钻井成败的关键技术之一。

2 坍塌机理分析

2.1 岩石成分特征

泥质岩是指由含量大于 50% 的粒径小于 0.0039 mm 的颗粒组成的岩石。文献显示: 陇东长₇组泥质岩的岩石组分以黏土矿物和石英为主, 且两种组分含量相差不大, 占泥质岩中总含量的 82.5%~82.7%; 长石、碳酸盐岩以及含铁化合物等。其结构与分布特征为泥岩无页理, 有机质分散分布,

页岩有页理, 有机质顺层分布, 脆性矿物含量高、有机质纹层微裂缝发育等特性; 泥岩和页岩互补交错式分布, 非均质特征显著^[1,2]。

2.2 黏土矿物分析

大量岩石薄片电镜扫描与 X-衍射以及常规物性等分析资料研究表明: 陇东区域长₇组泥页岩的矿物以黏土、石英为主, 黏土含量整体较高, 泥页岩黏土矿物平均含量为 49.1%, 主要以伊利石为主 (20.5%~39.9%)、绿泥石和蒙皂石次之, 含少量高岭石^[3]。

2.3 坍塌机理分析

泥页岩地层垮塌机理主要由于沉积环境等导致其质地松软, 岩体结构差, 强度低、抗拉强度很弱、弹性模量小、裂缝发育、脆性大等。陇东区块长₇地层泥岩主要为灰黑色泥岩和炭质泥岩, 其中炭质泥岩为含有炭质成分的泥岩, 含少量黏土矿物, 水化敏感性差, 水化能力低, 主要是在地层应力或其它外力 (如钻具碰撞、起钻抽吸、液柱压力降低等)

【作者简介】姜慧强 (1980-), 中国浙江江山人, 本科, 工程师, 从事钻井、勘探研究。

作用下失去稳定性,从而发生垮塌;而灰黑色泥岩恰恰相反,伊利石含量高,水化能力强,主要受钻井液滤液的侵入而强度降低,失稳坍塌。在水平井大斜度井段,井眼高边的泥岩在没有下倾支撑作用时,由于受上覆压力及重力的作用,更易失去力学稳定性。

3 防塌措施分析

钻井液对岩石力学强度的保持能力,是钻井液封堵能力、水化抑制能力等井壁稳定能力的综合体现^[4],抑制、封堵和力学稳定也是目前水基钻井液体系公认的主要防泥页岩坍塌措施。

3.1 抑制水化

一方面,控制合理的抑制剂含量,减少目的层砂岩胶结物和水平段泥岩水化分散,混入钻井液中形成的泥饼质量差,导致实际钻井液失水偏高;另一方面,减少滤液由泥岩表面向深层的水化侵蚀,导致的岩石强度减弱。

3.2 多级配复合封堵

由于泥页岩所含微裂缝缝宽幅度不同,通过加入水化膨润土+刚性粒子封堵剂(超细碳酸钙)+可变形粒子封堵剂(无渗透剂)等多级配复合封堵,提高钻井液对不同缝宽的封堵针对性,使得钻井液在不同孔隙和微裂缝表面均能有效形成一层薄而有韧性的隔层,有效减少滤液侵入岩石深层,起到良好的随钻封堵防塌作用^[5]。

3.3 力学平衡

一是应使用合理的钻井液密度,在钻遇长 γ 泥岩前应逐渐将钻井液密度提高至 $1.35\sim 1.40\text{g}/\text{cm}^3$,提高液柱压力来降低泥岩层坍塌概率。二是防止冲刷作用造成井壁坍塌。在入窗后,在保证环空返速满足携砂要求的前提下,降低泥浆泵排量,减小环空压耗。三是避免抽吸形成负压。起钻时严格控制速度,减小抽吸作用,避免抽吸形成负压,导致井壁坍塌。

4 室内实验

4.1 岩屑浸泡实验

将收集的泥页岩掉块分别在清水、pH 值 12 的烧碱溶液、15%KCl 溶液中浸泡 24h 后观察分散情况。

实验结果显示:

①在清水中浸泡 24h,岩块完整,表面和侧面产生微气泡,说明泥页岩微孔隙和微裂隙发育,为水的侵入提供了通道。

②在 pH 值 12 的烧碱溶液浸泡 24h,泥页岩边缘软化,溶液变浑浊,说明泥页岩在烧碱溶液中开始水化分散。

③在 15%KCl 溶液浸泡 24h,泥页岩边缘清晰,溶液未变浑浊,说明 KCl 溶液能够抑制泥页岩的水化分散。

4.2 岩屑在钻井液中的分散性评价

取陇东区域页岩油水平井长 γ 泥页岩掉块清洗晾干,称

取粒径为 5~10 mm 的岩屑掉块 50g,分别放置在不同配方钻井液中,钻井液配方见表 1。90℃、16h 测定一次回收率和二次回收率。

表 1 岩屑回收率实验配方

配方	
1#	0.1%NaOH+1.5%JH-1+1.5%NFA25+1% 白土
2#	0.1%NaOH+1.5%JH-1+1.5%NFA25+1% 白土 +10%CQFY-1+7%KCl
3#	0.1%NaOH+2%SMP-2+2%SFT+1% 白土 +1%SMC+10%CQFY-1+7%KCl
4#	0.1%NaOH+2%SMP-2+2%SFT+1% 白土 +1%SMC+15%CQFY-1+10%KCl



图 1 不同配方岩屑回收率对比图

从图 1 可以看出,2# 配方为陇东区域页岩油水平井前期施工井配方,3# 和 4# 为抑制剂加量优化后配方,可以看出,4# 的岩屑滚动回收率最高,优选为水平段长泥页岩段抑制防塌配方。

4.3 渗透性封堵实验

设计 4 组针对现场的不同封堵剂级配和含量的钻井液配方,配方见表 2。测量其滤失量随时间变化情况,作出对比曲线。

表 2 钻井液封堵性实验数据

配方	
1#	0.1%NaOH+1.5%JH-1+1.5%NFA25+1% 白土 +15%CQFY-1+10%KCl+1% 白土
2#	0.1%NaOH+2%SMP-2+2%SFT+1%SMC+15%CQFY-1+10%KCl+1% 白土 +1%DF-NIN+1%ZDS
3#	0.1%NaOH+2%SMP-2+2%SFT+1%SMC+15%CQFY-1+10%KCl+1.5% 白土 +1.5%ZDS+1.5%DF-NIN
4#	0.1%NaOH+2%SMP-2+2%SFT+1%SMC+15%CQFY-1+10%KCl+2.5% 白土 +2.5%ZDS+2%DF-NIN

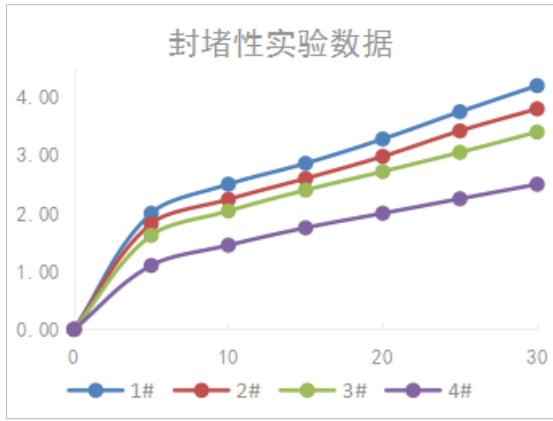


图 2 不同封堵配方滤失量随时间变化对比图

从图 2 可以看出, 优化封堵级配后配方 4 # 的滤失量最小, 滤失量随时间变化最为平缓, 显示其封堵能力最强, 可作为现场优先封堵防塌配方。

5 现场应用及效果

陇东区域的里 H2 平台, 第一口井里 H2-2 井入窗后钻遇 159m 非均质泥岩, 起钻时因泥岩坍塌发生阻卡。针对里 H2-2 井非均质泥页岩坍塌问题, 通过分析, 优化改进钻井液技术, 提高抑制性, 增强封堵能力, 在里 H2-6 井以及其两个侧钻井长段泥页岩钻进中进行了应用。

5.1 抑制能力对比

里 H2-2 井使用常规页岩油钻井液体系, 里 H2-6 井及侧钻井眼优化配方和提高抑制剂加量, 从 $\Phi 6$ 读数对比钻井液对地层造浆的抑制效果, 从而评价现场钻井液体系的抑制性能。

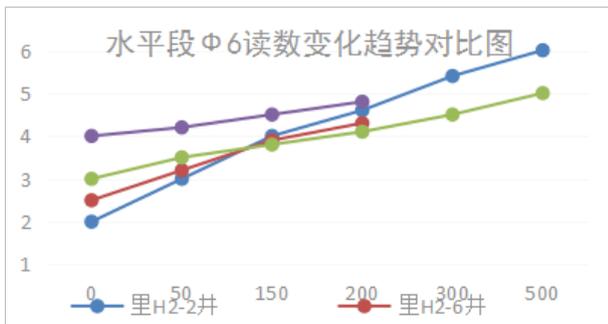


图 3 里 H2 平台 4 个井眼水平段 $\Phi 6$ 读数变化趋势对比图

从图 3 可以看出, 相对于里 H2-2 井, 里 H2-6 井、里 H2-6 (侧 1) 和里 H2-6 (侧 2) 两个井眼 $\Phi 6$ 读数变化趋势平缓, 显示出钻井液抑制性强, 有利于水平段泥页岩的抑制防塌。

5.2 封堵能力对比

里 H2-2 井使用常规页岩油封堵技术, 里 H2-6 井及侧钻井眼应用多级配复合封堵技术, 从中压失水对比钻井液的封堵效果, 从而评价钻井液体系的封堵性能。

从图 4 可以看出, 相对于里 H2-2 井, 里 H2-6 井中压失水降低, 里 H2-6 (侧 1) 和里 H2-6 (侧 2) 两个井眼中压

失水值显著低且较为稳定, 说明钻井液封堵性强, 有利于水平段泥页岩的封堵防塌。

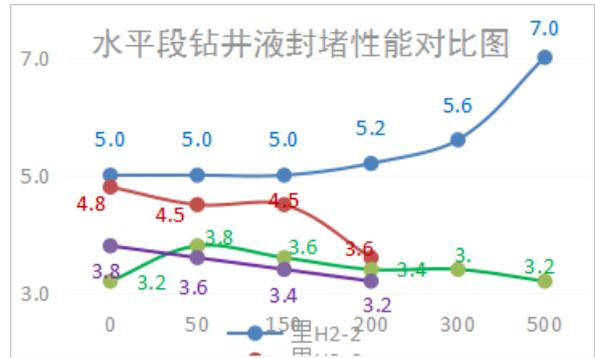


图 4 里 H2 平台 4 个井眼水平段钻井液封堵性能对比图

5.3 井壁稳定效果对比

里 H2-2 井使用常规页岩油钻井液体系钻遇 159m 泥页岩, 起钻发生坍塌阻卡, 处理期间返出大量掉块。应用强抑制多级配封堵钻井液技术, 里 H2-6 井正常钻进 124m 泥页岩, 因显示差填井侧钻。里 H2-6 (侧 1) 井正常钻进 334 米泥页岩, 因显示不好起钻填井, 起钻遇阻, 循环带出大量掉块, 里 H2-6 (侧 2) 井正常钻进 168m 泥页岩, 起钻正常, 因显示差填井。

从防塌效果对比看, 常规页岩油钻井液体系不能满足陇东区域非均质泥页岩防塌需要, 优化后的强抑制多级配封堵钻井液技术可以实现此区域 200m 内非均质泥页岩的安全施工, 但连续段过长 (300m) 的泥页岩防塌技术, 仍需进一步优化改进。

6 结论及建议

①陇东区块长₇泥页岩主要为灰黑色泥岩和炭质泥岩, 非均质特征强, 孔隙和微裂缝发育, 极易受钻井液滤液的侵入而强度降低, 失稳坍塌, 常规页岩油钻井液体系不能满足安全施工需要。

②强抑制多级配封堵钻井液技术可以实现陇东区域内非均质泥页岩的安全钻井, 可保障 200m 内连续泥岩段井壁稳定。

③连续段过长 (300m) 的泥页岩防塌技术, 仍需优化改进, 建议开展进一步的研究。

参考文献

- [1] 陈怡婷, 刘洛夫, 王梦尧, 等. 鄂尔多斯盆地西南部长₆、长₇ 储集层特征及控制因素[J]. 岩性油气藏.
- [2] 刘显阳. 鄂尔多斯盆地延长组长₃ 亚段泥页岩层系岩石类型特征及勘探意义[J]. 天然气地球科学, 2021, 32(8): 1177-1189.
- [3] 王勇强, 陈恩让, 曹辉. 碳质泥岩钻水平井防塌工艺措施[J]. 钻采工艺, 2021, 44(1): 138-141.
- [4] 吕开河, 李会亮. 井壁化学稳定性综合评价模型及其应用[J]. 钻井液与完井液, 2003, 20(5): 20-22.
- [5] 宋碧涛. 硬脆性泥页岩钻井液封堵性能评价方法[J]. 钻井液与完井液, 2016, 33(4): 51-55.