

塔河油田 TK141H 井钻井液技术

王立锋¹ 王杰东 陈亮

摘 要: TK141H 井是部署在塔河油田阿克库勒凸起南部桑塔木构造的一口开发水平井, 该井突破以往常规混油聚磺钻井液体系, 采用阳离子乳液聚合物钻井液体系, 该体系具有强的抑制防塌性能, 纳米级乳化石蜡的应用很大程度上提高了体系的润滑性。经过大量室内实验和现场技术探索, 顺利地钻成了塔河油田第一口不混油三叠系油气藏水平井。该井的成功应用有助于解决生态脆弱地区的环保问题, 同时避免原油混入对录井的干扰, 增强了油气层保护效果, 提高产出, 对今后同类别井开发提供更多的思路。

关键字: 水平井; 环保; 阳离子乳液聚合物; 油气层保护

0 前言

塔河油田地处沙漠边缘, 沙漠、胡杨林、水网交错, 生态脆弱, 以往水平开发井都使用聚磺混油钻井液体系, 该体系润滑、携砂能力较好, 能满足该类井的开发需要。但混油泥浆对生态影响较大, 排污费用较高; 另外由于综合录井信息受到干扰, 不能为水平井轨迹调整提供正确依据。

目前工区所钻水平井以三叠系油气藏水平为主, 三叠系储层总体上属中—高渗透储层, 物性条件较好, 储层保护技术尤为重要。从环保、油气录井、保护油气层角度考虑需要寻找一种新的水平井钻井液体系, 要求该体系润滑性能、抑制性能和渗透率恢复值都能达到或超过混油钻井液体系, 从而解决混油钻井液带来诸多方面的问题。

阳离子乳液聚合物钻井液体系已经成功地应用于各类直井, 体现出良好的抑制、防塌、封堵、润滑方面的特性, 这种良好特性恰好可以解决水平井的技术难点, 所以将阳离子乳液聚合物体系在直井中使用的配方增加一些抑制类和润滑类处理剂的用量, 完全可以满足水平井的施工要求。

1 主要技术难点

(1) 三开直导眼防止砂岩缩径、泥岩的掉块; 白垩系底部存在砂质砾岩, 钻屑携带困难。

(2) 斜井段和水平段的井壁稳定问题。一方面在造斜段和水平段钻具与井壁接触面较大, 容易引起力学失稳; 另一方面引起水化应力集中的关键是泥岩中的蒙脱石成份, 因此钻井液必须有足够的抑制性, 有效防止泥岩水化分散。

(3) 斜井段和水平段的润滑防卡问题, 需要通过室内和现场应用来评价阳离子乳液聚合物体系是否具有和混油体系相当的润滑防卡性能。

(4) 该井的目的层为碎屑岩储层, 地层渗透率相对较低, 易被污染, 需做好油层保护工作。

(5) 混油钻井液由于全烃和荧光等背景值都非常高, 不利于油气层的发现, 也影响水

作者简介: 王立锋, 工程师, 2001年毕业于西南石油学院应用化学系, 现从事钻井液研究和现场技术服务工作。

E-mail: 314899489@qq.com。

平井的轨迹控制，而阳离子乳液聚合物体系则可以弥补该方面的不足。

2 室内评价实验

根据以往阳离子乳液聚合物体系在直井中的应用经验,经过多次筛选对比实验,初步确定定向段钻井液配方为:

2.5-3%膨润土+0.2%NaOH+0.1-0.3%DS-301 +1-1.5%DS-302+1-2%SMP-1+2-3%SPNH+2-3%磺化沥青+4-5%乳化石蜡

2.1 抗温实验

将配方体系分别在 60℃和 120℃分别热滚,然后做常温性能,检验其抗温性能是否满足井下需求。实验数据见表 1。

表1 体系抗高温实验数据表

序号	试验条件	FL (ml)	AV (mPa •s	PV (mPa •s	YP (Pa)	YP/PV	Gel (Pa)	Kf
1	常温	3.6	24	16	8	0.5	3/10	0.05
2	60℃/16h	4.0	22	16	6	0.38	2.5/8	0.05
3	120℃/16h	4.5	19	14	4	0.28	2/6	0.06

实验结果表明:该体系在 120℃高温时,依然具有合适的流变性,因此可以说明该体系具有较好的抗高温效果。

2.2 润滑性能试验

取聚磺钻井液,分别加入 8%原油和 4%乳化石蜡高速搅拌、高温滚动后做润滑系数对比,数据见表 2。

表2 润滑性能数据对比

序号	配方	润滑系数	降低率 (%)
1	聚磺	0.1	-
2	聚磺+8%原油	0.06	40
3	聚磺+4%乳化石蜡	0.05	50

2.3 抑制性评价试验

评价抑制性现场进行了页岩回收率实验,取卡普沙良棕红色泥岩,分别称取同样三份,做滚动回收率,结果见表 3。

表3 岩心滚动回收率实验结果

序号	钻井液体系	回收率
1#	聚磺钻井液	25.3
2#	阳离子乳液聚合物	34.5
3#	聚磺混油钻井液	33.8

从实验结果可以看出,阳离子乳液聚合物体系配方性能抑制性能基本等同于混油体系,从抑制性角度达到水平侧钻要求。

从以上抑制性,润滑性、抗温性实验结果可以看出,阳离子乳液聚合物体系具有和聚磺混油体系相当的性能,可以达到与混油钻井液体系相当的施工效果。参照以往实验资料数据,阳离子乳液聚合物体系有较高的渗透率恢复值,好于聚磺混油钻井液体系,具有良好的保护

油气层效果。

3 现场应用

3.1 施工概况

TK141H 井设计井深 4886.16m（斜深），实际完钻井深 4906.01 m（斜深）。设计钻井周期为 61 天，实际钻井周期为 48.32 天。提前了 12.68 天。本井于 2009 年 2 月 20 日一开，3 月 21 日开始定向造斜，造斜点井深 4365 米，4 月 7 日进入水平段钻进，2009 年 4 月 9 日定向钻进结束，水平段长 170.07m，全井水平位移 418.61m。井身结构及应用钻井液体系见表 4。本井三开转化成阳离子乳液聚合物体系，进入定向段后加大了乳化石蜡的用量，保持体系的润滑性和混油泥浆体系相当，整个钻井过程中，钻井液性能稳定，井下未出现复杂情况，起下钻摩阻较小，测井、下套管顺利。

表4 井身结构及应用泥浆体系

开钻次序	钻头尺寸(mm)×井深（m）	套管尺寸(mm)×井深（m）	泥浆体系
第一次开钻	Φ444.5×500	Φ339.7×499.3	聚合物
第二次开钻	Φ311.2×3300	Φ244.5×3298.5	聚合物
第三次开钻	Φ215.9×4621	直导眼	阳离子乳液聚合物
导眼回填侧钻	Φ215.9×4906.01	Φ177.8×(3181.94-4636.85) Φ139.7×(4636.85-4904.71)	阳离子乳液聚合物

3.2 定向段钻井液维护技术措施

- （1）该井段地层易坍塌、掉块，钻井液的防塌封堵性能尤为重要，加入 2%以上的超细钙、沥青等可变形充填粒子，配合乳化石蜡快速有效的形成致密、低渗透的泥饼。
- （2）乳液聚合物 DS-301 用量控制在 0.2%以上，确保钻井液的包被抑制性能；维持 1~2%有机硅醇抑制剂 DS-302 的加量，保证体系中抑制性处理剂的浓度，该分子量小，有利于流型的调节。
- （3）斜井段和水平段钻进时，以乳化石蜡为主润滑剂，加量控制在 3~4%，摩阻较大时适当加入固体润滑剂。
- （4）水平段坚持每钻进 50 米短程起下钻一次，以破坏不稳定的岩屑床，同时每次起钻前充分循环洗井，携带出滞留在井眼内的钻屑。
- （5）下套管前加入 0.5%玻璃小球，屏蔽整个裸眼，确保套管顺利到位。

3.3 油气层保护技术措施

- （1）钻开油气层前必须调整好钻井液性能。控制 API 失水小于 4ml，高温高压失水小于 12ml，降低钻井液固相含量小于 10%，减少钻井液滤液和固相颗粒对油层的损害。
- （2）根据井下实际情况，控制好钻井液密度，减少钻井液对油气层的伤害，同时做好井控工作。
- （3）加重剂选用可酸化的材料，如石灰石粉等，严禁使用重晶石加重，。
- （4）钻开三叠系油气层前，加入 0.5~1%非渗透处理剂、1~2%超细碳酸钙、0.3~0.5%单向压力屏蔽剂对地层进行暂堵，在井壁附近形成渗透率接近零的屏蔽暂堵带，有效地阻止钻井液、水泥浆中的固相和滤液继续进入油气层，对油气层进行有效保护。
- （5）按设计加入足量的乳化石蜡，提高地层的渗透率恢复值，保证油气产出最大化。

4 应用效果对比

TK140H 井是与 TK141H 井同一时间部署开发的一口三叠系油气藏水平井，两口井直线距离不超过 5KM，几乎同时开钻，两口井地层序列和目的层深度大致相同，在斜井段 TK140H 井使用普通混油聚磺钻井液体系，TK141 井使用阳离子乳液聚合物体系，现将应用效果对比如下：

（1）阳离子体系转型后泥浆性能稳定，流变性好，抗温能力强，维护简单，特别是造斜段频繁起下钻过程中，每次井底泥浆返出性能稳定，性能和起钻前没有大的变化，两口井性能对比见表 5。

表5 定向段泥浆性能对比

性能	TK140H	TK141H
密度(g/cm³)	1.20~1.21	1.20~1.21
漏斗粘度(s)	55~65	50~55
API 失水(ml)	3~4	3
HPHT 失水(ml)/泥饼(mm)	11~12/≤1.0	8~10/≤1.0
pH	8.5~9	8.5~9
Gel 10"/10' (Pa)	3~4/12~15	2~3/5~7
PV(mPa.s)	19~25	18~21
YP(Pa)	10~13	6~8
膨润土含量 (kg/m³)	40~45	30~40
固相含量(%)	9~10	9~10
含砂量(%)	≤0.2	≤0.2
Ca²⁺(mg/l)	≤400	≤400

（2）参照邻井混油水平井 TK140H, 钻进中摩阻系数和钻具摩阻优于同类别混油体系井，下套管测井顺利，具体数据对比见表 6。

表6 水平段摩阻对比表

井号	摩阻系数	水平段钻具摩阻（吨）	下套管最大摩阻（吨）
TK140H	0.04~0.06	12~16	15
TK141H	0.03~0.05	6~10	11

（3）录井方面：全烃和荧光背景值低，油气分辨清楚，钻井液对录井数据无任何影响。

井号	水平段全烃背景值	水平段荧光背景值
TK140H	2~8%	8~10 级
TK141H	0.1~0.4%	3~4 级

（4）该试验体系抑制能力强，掉快较少，岩屑清晰（图 1、图 2）。TK141 井三开直导眼井径规则，扩大率仅为 4%，水平段段井径扩大率为 5.8%，优于 TK140H 井混油体系的 6.7%。



图1

图2

(5) 完井后, TK141H 井直接清水诱喷见产, 油气产出理想, TK140H 井在清水诱喷无效的前提下, 连续气举作业 98 小时见产, 可见阳离子乳液聚合物体系有着良好的渗透率恢复效果。

(6) 使用阳离子乳液聚合物体系的井在完井后, 钻井液可以与普通的聚磺钻井液一样进行回收处理, 或转入其他井上继续使用, 减少了对环境的污染。

5 结论与建议

(1) 阳离子乳液聚合物钻井液体系不仅具有良好的抑制防塌效果, 而且还有保护储层和环保的特点, 该体系维护简单, 性能稳定, 根据 TK141H 井的现场实践, 该体系完全满足三叠系水平井的施工要求。

(2) 通过本井的应用, 建议造斜、水平段钻井液配方: 2-3% 坂土浆+0.2%NaOH +0.2-0.3%DS-301+1-2%DS-302+1-2%磺化酚醛树脂+1-2%褐煤树脂+4-6%乳化石蜡。

(3) 相对普通混油体系而言, 阳离子乳液聚合物体系的钻井液成本要高于混油体系 20% 左右, 但降低了井下发生复杂情况的几率, 钻井综合成本是降低的, 而且减少了环境污染, 有着非常好的社会效益。

(4) TK141H 井在初始造斜段岩屑混杂, 扩大率稍大, 主要因为阳离子体系转型不彻底, 体系抑制性和润滑性满足不了定向要求, 后加大乳化石蜡和硅醇抑制剂等, 岩屑逐渐清晰, 所以建议此类井在定向前就完全转入阳离子乳液聚合物体系。

参考文献

- [1] 苏长明, 刘汝山, 于培志, 等. 正电性钻井液体系研究与应用, 石油钻采工艺[J], 2004, 26 (2): 17~21
- [2] 王西江、于培志等、正电性钻井液在塔河油田的应用, 中外能源, 2009, 第 14 卷: 52-57