

塔河油田托普台三区块钻井液技术难点与对策

雷云海(中石化西南工程公司湖南钻井分公司, 湖南 长沙 410000)

摘要: 塔河油田托普台三区的井主要是四级结构井, 主要施工难点是二开二叠系玄武岩易发生垮塌失稳, 造成划眼困难, 起下钻阻卡; 三开志留系塔塔埃尔塔格组地层裂缝发育, 地层承压能力弱, 极易发生井漏, 柯坪塔格组灰绿色、绿灰色泥岩水敏性强, 易发生周期性剥落、垮塌, 造成起下钻阻卡、长时间划眼, 形成垮漏并存的复杂局面。防塌、防漏是该井区施工的关键, 通过分析二叠系、志留系岩性, 井壁失稳和漏失的原因, 结合室内评价抑制剂、防塌封堵剂, 优选钾胺基聚磺钻井液配方, 制定了详细的防塌、防漏技术措施, 工程预防措施, 通过物理防塌、化学防塌相结合, 强化随钻封堵和分段静堵技术, 工程上通过控制起下钻速度, 分段顶通循环等手段, 在 TP351 井应用取得较好的效果, 二开井径平均扩大率 5.4%, 三开井径平均扩大率 0.25%, 安全顺利的完成了该井施工。

关键词: 二叠系玄武岩; 柯坪塔格组; 防塌防漏; 钾胺基聚磺钻井液

托普台三区位于塔河油田托普台井区的南部。该井区的井多为四级结构井, 主要施工难点是二开二叠系玄武岩易发生垮塌失稳, 造成划眼困难, 起下钻阻卡; 三开志留系塔塔埃尔塔格组地层裂缝发育, 地层承压能力弱, 极易发生井漏, 柯坪塔格组灰绿色、绿灰色泥岩水敏性强, 易发生周期性剥落、垮塌, 造成起下钻阻卡、长时间划眼, 形成垮漏并存的复杂局面。

1 概况

1.1 工程概况

托普台三区钻遇地层自上而下依次为: 第四系、新近系、古近系、白垩系、侏罗系、三叠系、二叠系、石炭系、泥盆系、志留系、奥陶系等。设计为四级井身结构: 一开 $\phi 444.5\text{mm}$ 钻头 * 339.7mm 套管 * 1000m, 二开 $\phi 311.2\text{mm}$ 钻头 * 250.8mm 套管 * 4800m, 三开 $\phi 215.9\text{mm}$ 钻头 * 177.8mm 套管 * 6845m, 四开 $\phi 149.2\text{mm}$ 钻头 * 裸眼完井 * 6961m。

1.2 复杂井段地质概况

托普台三区的柯坪塔格组沉积厚度较厚, 且呈现自北向南逐渐增厚、埋深逐渐加深的态势。地质分层一般将其分为上段、中段和下段。

1.2.1 上段

厚度较稳定, 一般 80–90m, 岩性主要为砂岩、粉砂质泥岩, 孔隙度高, 渗透性好, 若钻井液密度过高, 易发生漏失。

1.2.2 中段

厚度一般在 140–150m, 岩性一般为深灰色、绿灰色、灰绿色泥岩, 粉砂质泥岩, 为深水的外陆棚沉积的一套碎屑岩。地质分析井下局部井段存在微裂缝、微孔隙, 故施工中易产生剥落或诱发漏失, 另绿灰色、灰绿色泥岩含砂质, 胶结差, 吸水性弱, 钻井液滤液侵入后易产生剥落。

1.2.3 下段

厚度不稳定, 一般在 100–180m, 岩性为灰色、绿灰色、棕褐色泥岩与灰色粉砂岩, 粉砂质泥岩略等厚互层。

胶结较致密, 吸水性强, 在合适的液柱压力支撑下不易发生垮塌。

2 施工难点分析

2.1 二叠系玄武岩段

玄武岩普遍存在杏仁构造及气孔构造, 故钻井施工中在外力作用下易产生应力集中, 导致玄武岩段掉块、垮塌, 且产生掉块后, 由于其密度高 $2.8\text{--}3.3\text{g/cm}^3$, 不易被钻井液携带出井筒, 加之玄武岩的硬度高, 不易被钻头破碎, 在反复划眼的过程中, 又加剧了玄武岩的垮塌, 故发生玄武岩垮塌后处理起来困难。

2.2 志留系柯坪塔格组

2.2.1 钻井液密度窗口选择难度大

柯坪塔格组中段以泥岩为主, 存在微裂缝、微孔隙, 易坍塌掉块。钻井施工中往往通过提高钻井液密度, 增加液柱压力来稳定井壁, 在钻井液的浸泡下地层的坍塌压力逐渐升高, 液柱压力不足以平衡地层坍塌压力, 造成掉块、垮塌, 若此时进一步提高钻井液密度, 柯坪塔格组上段及塔塔埃尔塔格组又易发生井漏。

2.2.2 钻井液抑制性与封堵性不足导致井壁失稳

钻井过程中, 在压差的作用下, 钻井液滤液沿层理面或微裂隙侵入, 导致弱面胶结物水化分散, 大大降低泥岩层理面的结合强度, 导致岩石结构强度降低, 坍塌压力升高; 泥岩含砂质的不同造成泥岩吸水不均匀, 岩石内部产生膨胀应力, 引起井壁失稳。

3 室内实验评价

3.1 钾胺基聚磺钻井液抑制剂评价

取邻井 TP342H 井柯坪塔格组中段泥岩岩屑, 将岩屑烘干, 取大颗粒钻屑 50g, 放入如下配方的钻井液, 倒入装有 350mL 实验介质的老化罐内密闭, 在 130°C 温度下滚动养护 16h, 然后取出冷却, 用 40 目分样筛回收岩屑, 烘干称重, 计算滚动回收率。

根据实验结果, 聚磺钻井液中加入 5%KCl、1% 聚胺岩屑滚动回收率最高, 但考虑到经济效益, 且实验 4 与实验 5 滚动回收率相差不大, 采用配方 4 加入抑制剂。

实验4中最后滚动回收的岩屑,可以看到岩屑仍比较完整,该配方对于柯坪塔格组中段的泥岩有较好的抑制性。

3.2 封堵剂和防塌剂加量的优选

防塌剂中的沥青颗粒在地层温度的作用下发生一定的形变,在压差的作用下被挤入地层孔隙,再与刚性封堵材料超细碳酸钙配合可以产生很好的封堵防塌效果。这里选用现场使用的高软化点沥青 RHJ-3 与超细碳酸钙进行加量优选,在4%的预水化土粉浆中加入一定量的 RHJ-3 与超细碳酸钙,测定其 API 滤失量。

根据实验结果 RHJ-3 与 QS-2 的加量到3%就达到 API 滤失量降低趋于平稳,再继续提高加量对 API 滤失量影响不大,故而得到 RHJ-3 与 QS-2 的最佳加量均为3%,考虑到 API 滤失并不能完全反应地层的孔隙与渗透情况,在3%RHJ-3 与3%QS-2 的基础上增加 PB-1、SQD-98 和改性竹纤维等不同性质、形状、粒径的封堵材料,多种封堵材料配合使用已达到更好的封堵效果。

4 二叠系和柯坪塔格组防塌防漏技术措施

4.1 二叠系防塌防漏技术措施

①在进入二叠系前将钻井液密度提高到设计上限 1.30g/cm^3 ,进入玄武岩井段前可向甲方申请将钻井液密度提高到 1.34g/cm^3 ,保持足够的液柱压力以平衡地层应力;②加足沥青类防塌剂,考虑到二叠系井段井温在 110°C 以内,选用的沥青类防塌剂软化点应该在 $90\sim 120^\circ\text{C}$,不同软化点的沥青颗粒在相应温度的井深可以发生适当形变,在压差作用下挤入孔隙起到封堵防塌效果,保证二叠系及上部三叠系的井壁稳定;③严格控制钻井液性能,API 滤失量在 4mL 以内,高温高压滤失量在 10mL 以内,减少滤液对地层的侵入;④进入二叠系前加入足量的封堵材料,3%超细碳酸钙,1%PB-1,1%竹纤维,再配合5%沥青类防塌剂,多种封堵材料复配使用,提高地层承压能力;⑤每次短起或长起前井内打入封闭浆,封闭浆是在井浆的基础上再加入2%防塌剂、2%封堵材料,利用起下钻时间进行强化静堵;⑥下钻采用分段顶通循环,减少到底开泵的钻井液阻力,降低井漏风险;⑦适当降低二叠系井段的施工排量,也可以降低井漏风险;⑧由于玄武岩的密度较高,大的掉块不易被钻井液携带出井筒,可以配置密度 $1.60\sim 1.80\text{g/cm}^3$,粘度滴流的重稠浆洗井,需要注意的是控制好重稠浆的入井量,将压差控制在 1.5MPa 以内,避免过高压差压漏地层。

4.2 柯坪塔格组防塌防漏技术措施

①在三开开钻将钻井液转型为钾胺基聚磺钻井液体系,加入5%KCl,1%聚胺,并根据消耗量定时补充,每天测定滤液中钾离子含量,保持钾离子含量在 12000mg/L 以上;②控制密度 1.33g/cm^3 进入柯坪塔格组,通过随钻封堵和分段静堵提高地层承压能力后降钻井液密度逐步提高到设计上限 1.35g/cm^3 ,并在三开后续施工中维

持密度 1.35g/cm^3 ,做好“物理防塌”;③采用抑制与封堵防塌相结合,保持钻井液中5%KCl,1%聚胺,加强对柯坪塔格组泥岩的抑制,再通过加入3%超细碳酸钙,3%RHJ-3,1%PB-1,1%改性竹纤维,1%SQD-98 封堵微裂缝、微孔隙,利用起下钻时间打入封闭浆,封闭浆在井浆基础上再加入2%沥青类防塌剂,2%封堵材料进行分段强化静堵,做好化学防塌;④在钻井液性能的控制上严格控制滤失量,API 滤失量控制在 4mL 以内,HTHP 滤失量在 10mL 以内,减少滤液侵入地层导致井壁失稳;控制钻井液粘切适当,避免粘切过高导致循环压耗升高诱发井漏;⑤适当降低排量,控制循环压力,迅速钻穿易漏层位;⑥严格控制起下钻速度,避免起钻过快造成抽吸,导致井壁失稳;避免下钻过快,激动压力诱发井漏,下钻采取分段顶通循环,到底小排量开泵,并逐步提高排量,降低井漏风险;⑦施工中可根据钻进和加单跟的情况,或定时打入稠浆清扫井筒,将稍大的掉块携带出井筒;⑧现场尽可能多的储备钻井液,发生井漏大量补液后不至于对钻井液性能产生大的影响。

5 现场应用

以 TP351 井为例,该井二叠系玄武岩施工中,加入足量的封堵防塌材料,同时将密度提高到 1.34g/cm^3 ,二开未发生井漏与井壁失稳等复杂。三开采用钾胺基聚磺钻井液,加入5%KCl,1%聚胺,增强对泥岩的抑制,另加入3%超细碳酸钙,3%RHJ-3 和 FT-1、PB-1、SQD-98、改性竹纤维等其他防塌封堵材料,同时严格控制钻井液高温高压滤失量在 10mL 以内,该井仅在 5704m 发生一次井漏,经过桥浆承压堵漏后,三开后期施工未出现井漏,柯坪塔格组施工也比较顺利,经过三次划眼后,下部井段钻进及测井下套管作业顺利。

6 结论与建议

①托普台三区在钻遇玄武岩前可提前将钻井液密度提高到 1.34g/cm^3 ,提前做好物理防塌,再配合封堵防塌手段;②柯坪塔格组可分为上、中、下三段,其中中段是垮塌的主要井段;③通过室内评价实验优选氯化钾、聚胺、超细碳酸钙和沥青防塌剂的最佳加量,做好抑制和防塌;④高软化点乳化沥青 RHJ-3 具有很好的防塌效果,但注意选择软化点与地层温度匹配,软化点高于地层温度 10°C 为宜,沥青颗粒发生形变,但不至于变成液态失去防塌封堵效果;⑤针对柯坪塔格组泥岩的水敏性,降低高温高压滤失量,减少滤液侵入地层也是重点;⑥钾胺基聚磺钻井液体系满足托普台三区柯坪塔格组施工要求,但还需要配合工程手段协同应对。

参考文献:

- [1] 李益平.塔河油田托普台区块超深井快速钻井技术[J].化工管理,2014(23):128-130.
- [2] 刘静.江汉油田钻井液技术及其难点探讨[J].江汉石油,2016(03):43-44.