

龙凤山气田钻井液关键技术探讨与分析

张茂稳 胡微雪 (中石化华东石油工程有限公司六普钻井分公司, 江苏 镇江 212000)

摘要: 龙凤山区块为东北油气分公司重点勘探开发区, 随着勘探开发的深入, 钻井液关键技术得到很大提高。但也面临诸多难点, 如泉头组及以上地层水敏性泥页岩发育, 成岩性差, 易坍塌掉块; 青山口组、泉头组和登娄库组地层岩石胶结能力差, 易发生垮塌、卡钻、井漏等复杂情况; 下部的营城组、沙河子组及火石岭组地层裂缝发育, 易发生井漏, 泥岩剥落掉块。因此通过优化钻井液体系, 加强钻井液抑制封堵防塌性, 对于保障井下安全至关重要。

关键词: 龙凤山气田; 井壁稳定; 封堵; 承压能力

1 地质概况及井身结构

1.1 地质特征

龙凤山气田, 位于长岭县西南约 20km 处的前七号镇。该区块为松辽盆地南部长岭断陷龙凤山鼻状构造带^[2], 含气面积为 64.87km²。该构造带主要发育拗陷、断陷两套, 构造形态为西南高、东北低单斜-鼻状构造, 地层倾角在 5°~10° 左右, 起伏较大。钻井揭示自上而下为第四系、泰康组、明水组、四方台组、嫩江组、姚家组、上白垩统青山口组、泉头组、登娄库组、营城组、沙河子组、白垩系火石岭组, 其中营城组是主要目的层。营城组普遍发育来自南部凸起多物源的扇三角洲沉积体系, 以含砾砂岩为主, 储层孔隙以溶蚀孔隙为主, 局部发育微裂缝, 孔隙度分布在 2.5%~8.2% 之间, 中值 5.45%, 渗透率主要分布在 0.03mD~17.37mD 之间, 中值 0.66mD, 属于特低孔、特低渗储层类型, 气藏为构造岩性凝析气藏。

1.2 井身结构

龙凤山区块以水平井为主, 为开采高产气流创造有利条件, 采用三开制井身结构。一开使用 444.5mm 钻头钻至井深 300m 左右, $\Phi 339.7\text{mm}$ 表层套管下深 299m, 下至明水组中部稳定地层处, 封固上部松散地层, 确保二开封井能力; 二开使用 311.2mm 钻头钻至 2800m 左右, 下 244.5mm 套管, 由于泉头组、登娄库组地层易发生漏失, 二开钻穿登娄库组, 进入营城组 50m 左右不漏稳定地层, 下入技术套管封固上部复杂地层; 三开使用 $\Phi 215.9\text{mm}$ 钻头钻至设计井深, 下入 $\Phi 139.7\text{mm}$ 生产套管。

2 钻井液关键技术措施

2.1 二开钻井液技术措施

①二开钻进中钻井液性能要及时进行日常维护和处理, 维护以补充胶液为主, 要加足各种处理剂, 并充分水化; ②嫩江组、姚家组泥岩水敏性强, 钻进中及时补充 KPAM、 $\text{NH}_4\text{-HPAN}$ 等处理剂抑制泥岩水化膨胀^[5], 降低对钻井液性能的影响; ③进入泉头组地层^[4]前后, 逐步转型钻井液体系, 钻井液密度提至 1.20g/cm³; ④随着井深增加, 要严格控制钻井液滤失量, 提高防塌性能,

确保井眼稳定。钻进施工中, 将钻井液 pH 值保持在 9.5 以上, 并提高钻井液的悬浮、携带岩屑能力。每钻进 200~300m 进行短起下一次, 保证井眼畅通; ⑤二开钻井上部要做好钻井液防塌性、抑制性, 须加足低荧光沥青、抗盐抗高温防塌降滤失剂 KFT、聚胺抑制剂; ⑥二开钻井周期较长, 须调整好钻井液密度, 推荐钻井液密度控制在 1.18~1.24g/cm³。为降低泉头组底部至二开完钻地层漏失风险, 需不断加入 2%~3% 随钻堵漏剂 + 竹纤维进行先期防漏, 以提高地层承压能力, 同时提高比重抑制登娄库组的垮塌风险; ⑦用好振动筛、离心机等固控设备, 尽可能使用高目数筛布, 及时清除钻屑, 严格控制无用固相, 间歇使用离心机, 以“净化”保“优化”; ⑧当发生井漏时, 应及时降低排量减小漏失量, 并循环观察漏失情况确定漏失位置, 并根据漏失速度、漏失量采取合理措施进行堵漏; ⑨进入营城组卡层段, 关注密度, 防漏防气侵风险。

2.2 三开钻井液技术措施

①开钻前加随钻先期防漏, 推荐钻井液密度 1.24~1.25g/cm³; ②三开钻至定向段、水平段, 必须保证良好的携岩性及润滑性, 防止粘卡等井下复杂情况的发生。控制好膨润土含量及固相含量, 继续维护补充 KFT、K-PAM、SMC、SMP、降失水剂等调整钻井液抑制性和防塌能力, 控制好粘切, 使用好抗高温材料; ③增强体系的携砂能力和清洁能力, 保证足够大的排量, 环空返速达到 1.2m/s 以上, 防止岩屑床的形成; ④三开以维护井壁稳定为主, 以聚胺高效抑制剂为主剂, 抑制粘土吸水膨胀, 须适当提高降滤失剂的用量。钻井液粘度保持在 60~70s 之间, 及时携带出岩屑, 并通过及时短起下作业, 破坏岩屑床苗头; ⑤要保证钻井液具有良好的流变性能, 提高钻井滤液的矿化度, 在钻井过程中要加入 2%~3% 环保润滑剂, 同时适当补充固体润滑剂, 保证三开钻进无拖压、井眼通畅; ⑥进入储层之前, 提前在钻井液中加入 2% 的非渗透处理剂、4% 纳米封堵剂, 保证钻井液对储层的污染降到最低, 三开使用碳酸钙加重, 在保证井控安全、井壁稳定的前提下, 严格控制钻井液密度为设计下限; ⑦当发生井漏时^[3], 应及时

降低排量减小漏失量,并循环观察漏失情况确定漏失位置,并根据漏失速度、漏失量采取合理措施进行堵漏。当发现气侵时,应及时提高钻井液密度,控制复杂情况的进一步发生;⑧严格按设计要求测量钻井液性能,密度、漏斗粘度每小时测量一次,每6h测一次全性能,发下问题及时做出调整,出现复杂情况时,应加密测量;⑨固井前要保证井筒有一定承压能力,为低密度泡沫固井提供良好井筒环境。

3 井壁稳定特性及材料优选

3.1 井壁稳定特性原因

物理平衡:钻井液密度适中,其液柱静压能够平衡地层的坍塌压力;化学平衡:钻井液侵入泥页岩孔隙造成“压力渗透效应”,所以在提高钻井液抑制的水敏地层岩石水化作用的同时,需要提高钻井液的封堵抑制性润滑性,以减少钻井液侵入孔隙,增强泥饼质量,确保井壁强度。

由于龙凤山区块所施工井二开从明水组至营城组,需跨过8个地层,裸眼段较长,地层岩性不同且不属于同一地层压力系统。因此必须从物理效应和化学手段两个平衡点着手,靠力学稳定和化学稳定双管齐下来平衡地层。

3.2 封堵防塌剂的优选

龙凤山区块的储层属于致密砂岩气藏,具有基块致密、裂缝发育、局部超低含水饱和度、高毛细管压力和损害形式多样化的工程地质特征。因此钻井液运作过程,有发生固相堵塞储层流动通道、滤液损害液相圈闭的可能。通过对储层段封堵防塌材料的酸溶性进行评价,实验测得^[1],除杏壳和云母外,其他封堵防塌材料具有较佳的酸溶性。其中碳酸钙的酸溶性最佳,为96.54%,纤维素的酸溶性较差,为31.22%,其他封堵防塌材料的酸溶率在40.0%~70.0%,可以满足酸化解堵的需要,其中以KFT-Ⅱ和FT-3作为钻井液封堵防塌剂为最优选^[1]。

4 施工难点原因及解决办法

4.1 施工难点及原因

①龙凤山区二开存在易漏易垮地层,有漏垮并存情况,亦有周期性井壁失稳现象存在,掉块垮塌发生,容易造成起下钻困难,甚至出现井壁有“大肚子、糖葫芦”现象,轻者造成测井遇阻、起下钻困难等复杂,重者则造成回填侧钻等事故发生;三开营城组井段以砂岩为主,如钻遇泥岩较多^[5],砂泥互层频繁,该泥岩段类似“磁娃娃”,非常脆且泥岩剥落周期非常短暂,一旦揭开或钻具拨动,就产生水化掉块剥落,掉块就躺在水平段、增斜段,难以返出,泥浆维护只能减缓但是难以消除。如北210-5HF井,泥岩钻遇率达到60%,再加上定向轨迹略微调整,致使起下钻摩阻大,最大吨位多拉70T,靠正划倒划通过,北201-25HF井钻遇298m纯泥岩后,短起后扭矩变大,上提下放困难,需靠正划倒划,

且无法通井至井底;②由于龙凤山区块地质条件复杂,圈闭范围较小,邻井地层差异性大,邻井资料参考性有局限,致使确定最佳平衡地层的坍塌应力的钻井液密度较困难,尤其破碎性火成岩胶结性较疏松,可钻性较好,稳定性差,极易失稳发生掉块垮塌,对比重的要求更加严格;③龙凤山区块施工井漏失井段多,从前期统计来取心分析看,漏失多易发生在登娄库组、营城组、火石岭组,该地层多以裂缝空隙发育好。另外随着区块开发不断推进,加密井、调整井的压裂改造难度日益加大,由于区块开发程度高,压力系数进一步降低,压裂井干扰,致使部分地层压力紊乱,给钻井液维护带来难度。

4.2 解决办法

①针对漏失地层,在保证井壁稳定和井控安全的前提下,应优选抗高温、耐浸泡的堵漏材料,保证在井底长期高温浸泡后仍然具有较好的抗压强度,提高地层承压能力;②从工程操作上把握,严格落实控制下钻及下套管速度、加强分段循环、平稳开泵、小排量顶通循环的技术措施,避免人为原因造成井漏的发生;③针对泥岩失稳地层,须及时补充并适当加大铵盐、聚胺抑制页岩水化膨胀,提高抑制性的同时利用KFT、低荧光沥青等降滤失防塌,确保井眼稳定^[4];④根据地层特点和漏失量大小优化堵漏措施,提高堵漏成功率,钻进期间以细颗粒堵漏材料为主,下套管前承压堵漏适当增加中粗颗粒堵漏材料比例。

5 结论

①打井靠装备,因此需合理配置固控体系,振动筛+除砂除泥一体化+中速离心机+变频(高速离心机),筛布目数有条件从160目逐步提高至200-240目,把好一级固控关;②非渗透双聚防塌钻井液体系在龙凤山区块现场应用中,表现出具有良好的流变性能、滤失性能、抑制性能、防塌性能和储层保护性能,有效地解决了井壁失稳问题。地层不变,技术在日新月异,下步通过龙凤山区块技术攻关,继续优化新型高效高能钻井液材料,优化钻井液体系,将能从根本上解决易垮塌易漏失疑难地层问题。

参考文献:

- [1] 褚奇,李涛,王栋,等.龙凤山气田强抑制封堵型防塌钻井液技术[J].钻井液与完井液,2016,33(005):35-40.
- [2] 胡鑫,丁晓琪,朱颖,等.龙凤山气田营城组浊沸石胶结物对储层的控制机理[J].断块油气田,2018,025(002):157-161.
- [3] 穆国臣,陈晓峰,王雪.松南地区深井钻井提速难点与对策[J].石油钻探技术,39(6):4.
- [4] 张东清.龙凤山气田北209井钻井提速技术[J].石油钻探技术,2016,044(004):22-26.
- [5] 张保平,单文文,田国荣,等.泥页岩水化膨胀的实验研究[J].岩石力学与工程学报,2000,7,19(增):910-912.