

塔里木山前构造高难度复杂地质条件下的 钻井液技术在阿克4井的应用

沈仁东 徐世旭 周华安 陈兴明 罗小平 崔晓明

摘 要: 塔里木盆地塔西南坳陷喀什凹陷北缘乌恰构造带阿克莫木构造地质条件极为复杂,上部为高陡地层,富含砾石,中部古近系岩性为胶结差的破碎岩、膏质泥岩、岩盐互层。由于地应力大,加之膏质泥岩、岩盐易于蠕变;采用高密度钻井液钻遇盐岩、盐膏层、易塌泥页岩、大倾角易破碎地层时,极易发生井漏和井塌,造成漏、塌、斜、卡钻等复杂情况,严重时解卡无效只能被迫侧钻,严重制约了钻井生产速度。本文介绍了阿克4井钻井过程中,针对胶结较差的破碎岩,采用复配封堵防塌钻井液提高地层承压能力,膏质泥岩、岩盐采用欠饱和复合盐水钻井液、膨胀型复合堵漏三道工艺技术,成功地解决了井塌、井漏、钻井液污染等复杂问题;在该地区实钻获得成功;为进一步开发该地区奠定了良好的基础。

关键词: 复配封堵;强抑制;承压能力;超高密度;膨胀堵漏;防卡

0 前言

阿克4井是塔里木盆地塔西南坳陷喀什凹陷北缘乌恰构造带阿克莫木构造上的一口预探井,是中国石油塔里木油田公司2009年为落实阿克莫木气藏西段下白垩统克孜勒苏群含油气情况部署的一口重点预探井。本井完钻井深3550m,采用四级井身结构:

Φ444.5mm×302m(Φ339.7mm×301.68m), Φ311.2mm×2419m(Φ244.5mm×2417.20m), Φ215.9mm×3136m(Φ177.8mm×3120m), Φ152.4mm×3550m(Φ127mm×2835.29~3548m),采用射孔完井。

1 钻井液施工难点及对策分析

(1)本井一开钻遇地层主要是新近系,岩性主要是杂色砾岩、泥岩、粉砂岩互层,水敏性较强,易缩径,砂岩发育层段易形成虚厚滤饼,起钻时易出现假缩径性阻卡;砾石层易于剥落。鉴于该段的地层特点,选用了强包被、强抑制、强封堵、适当的失水的聚合物钻井液体系,达到包被、絮凝劣质固相,抑制钻屑分散、强化裸眼井段封堵胶结的目的。

(2)二开井段主要钻遇新近系、古近系,根据地震剖面解释,本井将钻遇两条近东西向的逆冲推覆断层,造成新近系-古近系部分地层重复。第一条断层断点深度约1735m,第二条断层断点深度约2085m。邻井阿克1井钻探过程中,在阿图什组(钻井液密度1.03-1.29g/cm³)和白垩系克孜勒苏群(钻井液密度1.29-1.31g/cm³)共漏失钻井液850.9m³。阿克1-2井钻进过程中,全井均有钻井液漏失,全井累计漏失5257m³,其中阿图什组(钻井液密度1.13-1.14g/cm³)漏失严重,共漏失2750m³。因此本井在钻探过程中全井段应注意防漏,特别是阿图什组。另外,阿克4井古近系巴什布拉克—齐姆根组存在含膏泥岩与膏质泥岩,因此钻井液应具有较强的抗钙、抗盐能力,预防膏盐侵。

(3)本井三开主要钻遇下古近系阿尔塔什组、白垩系地层,古近系阿尔塔什组底部有可能存在一套盐岩层,厚约3-5m;2870m进入白垩系克孜勒苏群K₁k顶部,为一套砾岩或砾状砂岩,单层厚度2-10m,因此本井钻进过程中应注意防漏和防卡。该井段砂岩渗透性好、易缩径,泥岩易吸水掉块垮塌,造成遇阻和卡钻。邻井阿克1-1井在进入上白垩统地层钻遇了

一套盐质泥岩，氯根含量由 52000 至 104000mg/l，造成井下复杂，发生提下钻遇阻、下放不到底等现象。将钻井液体系转换成饱和盐水钻井液，密度由 1.32 g/cm³ 提高至 1.90 g/cm³，但仍没能完全解决缩井遇阻等问题。阿克 4 井距阿克 1-1 井西约 7km，同属一排构造，具有相同的沉积环境。为此我们必须选用强抑制的欠饱和复合盐钻井液体系；同时为防止膏质泥岩、岩盐的蠕变，必须使用较高的钻井液密度。针对高密度钻井液制定了防压差卡钻技术措施及防漏堵漏措施。

(4) 四开地层稳定，地层岩性以砂砾岩为主；地层压力系数低；钻井液应具有良好的水造壁性和润滑性，防粘附卡钻。

综上所述，本井钻井液的技术关键是：选择合理的高密度钻井液体系及合适的钻井液性能，保证一、二开井段的井壁稳定和钻井液性能的稳定，保证三开井段高压差下的吸附及缩径卡钻、坍塌、井漏、盐膏层的蠕变阻卡等。

2 现场钻井液技术

(1) 一开井段使用膨润土-聚合物钻井液体系，工作重点是护胶、携砂和护壁。钻井液具体配方为：淡水+膨润土(6-8%)+烧碱(0.1-0.2%)+羧甲基纤维素(0.5-0.6%)+大分子聚合物(0.1-0.4%)+小分子聚合物(0.2-0.4%)+润滑剂(0.5-1%)+清洁剂(0.2-0.3%)，开钻后及时补充聚合物胶液(配方为：井场水+0.2~0.3%烧碱+0.2~0.5% 80A51+1~3% THJN)以维持钻井液循环量和性能稳定。同时充分开动固控设备及时清除钻屑，保持井眼清洁，同时采取复配封堵强化井眼稳定；下 13 3/8" 套管前应彻底清洗井眼，确保套管安全顺利到位。由于技术措施到位，克服了一开钻进井眼大、钻速快、钻屑量大等困难，钻井液性能控制良好，钻进及起下钻过程都比较顺利，井底无沉砂，下套管、固井一次成功。

(2) 二开井段钻遇新近系、古近系，地层倾角大，地层岩性交替频繁，杂色砾岩、砂砾岩地层不稳定；褐色泥岩造浆严重；地层含膏泥岩与膏质泥岩，易缩径。因此要求钻井液加足包被剂、润滑剂，定期对裸眼井段进行复配封堵，达到稳定井壁的目的。本段钻井液具体配方为：膨润土(3-4.5%)+烧碱(0.1-0.5%)+大分子聚合物(0.3-0.5%)+中分子聚合物(0.2-0.5%)+小分子聚合物(0.4-0.6%)+聚合醇(1-2%)+防塌剂(2-4%)+润滑剂(0.5-1.5%)+清洁剂(0.2-0.4%)+3-5%KCL，在实钻过程中：(1) 加足聚合物大分子包被剂，尽可能地保证岩屑不分散，并通过固控设备尽量清除有害固相；(2) 处理剂配成胶液采用“细水长流”的方式来维护处理钻井液，严禁钻井液性能大起大落；(3) 调整钻井液性能，井眼大，在体系中加入沥青质类处理剂，改变泥饼质量，提高井壁的造壁护壁能力；做到物理与化学防塌并重，稳定井壁，防止井壁垮塌。在保证岩屑上返速度的情况下，尽可能降低钻井液的粘切，失水适当放宽；(4) 复配多元醇和润滑剂，降低摩阻，提高润滑性，从而提高机械钻速；随着井的加深，将钻井液转化为 KCL-聚磺钻井液。

(3) 本井三开井段根据地质补充设计将钻井液体系由 KCL-聚磺体系变更为欠饱和盐水钻井液体系，设计钻井液的密度最高可达 2.00g/cm³，除工程上按钻膏盐层的技术措施执行外，钻井液体系处理的难点首先是密度、Cl⁻浓度的确定，根据邻井 AK1-H1 钻井成果看，在白垩系上统盐质泥岩时，Cl⁻浓度在 160000mg/L 左右较为适宜，钻井液的密度可能要到 2.18g/cm³ 才能控制住盐质泥岩的蠕变缩径，才能满足井下正常生产；其次要解决欠饱和盐水钻井液体系良好的流变性，既要保证悬浮加重材料又要有较强的携屑和清洁井眼的能力；同时保证强抑制性和封堵性，严格控制钻井液的滤失量，维护适当的含盐量和适当的 pH 值，保证各处理剂充分发挥作用，以及确保钻井液体系具有优良的润滑性。

在实钻过程中具体措施为：

① 体系的转化：首先将各类护胶处理剂配制成胶液，其基本配方为：5%SMP-2+5%SPNH+3%PSC-2+2%QSAMK+1%SMT +1%LV-CMC+烧碱；其次是以控制膨润土含量为基准，

将胶液与上部井浆按一定比例搅拌均匀，充分护胶后加入沥青、润滑剂、聚合醇、NaCl 和 KCl，再加重至所需密度；最后测定性能再按性能指标添加相应处理剂。三开前转化好的欠饱和盐水钻井液性能为：

密度	漏斗粘度	塑性粘度	屈服值	静切力	API 失水/泥饼
1.30g/cm ³	39 秒	12mPa.S	2Pa	0.5/6Pa	4ml/0.5mm
Kf	固相含量	MBT 值	PH 值	氯根	钙含
0.08	8%	25g/l	9	16 万	350

② 齐姆根组为一套硬、脆性绿灰色泥岩，由于地层倾角大极易发生垮塌事故，再加上工程上为了防止井斜采用“双扶正器、高转速”钻进，该地层钻进中解决好钻井液的防塌性是重中之重。实际钻进时将井浆中的沥青质含量提高至 5%以上，并且以胶体沥青为主、干粉阳离子沥青为辅，同时提高降失水剂和聚合醇的加量，降 API 失水至 2ml 以下；同时提密度至 1.80~1.85g/cm³，采用力学与化学相结合，适度高粘切的方法顺利钻穿该层位，不掉不垮。

③ 古近系阿尔塔什组为一套硬石膏岩，厚约 200m 左右，在该地层中钻进防钙离子污染是钻井液的重点工作。实际钻进过程中将护胶剂配制成胶液“细水长流”方式补充加入，再将纯碱用清水在循环罐上直接加入，控制钙离子含量 700~800mg/l，顺利钻穿该层位；

④ 进入白垩系上统钻进至 2988m 钻遇盐质软泥岩，厚约 3 米（2988.00~2991.00m），钻井液密度达到 1.85g/cm³ 仍然缩径严重，上提遇卡，下放遇阻。后上提密度至 2.05~2.10g/cm³ 井下缩径得到抑制，间隔 24 小时后上提钻具正常通过，下放也仅遇阻 2~3 吨，一闪即过。本井段高密度钻井液的维护处理，特别是防卡工作成为重点，由于全部用重晶石加重，井浆中的固相含量接近 50%，如果失水偏大或者摩阻较大都会直接导致卡钻事故的发生。实际钻进过程中，一方面是提高降失水剂的加量，保证 API 失水小于 2ml，HTHP 失水小于 8ml；另一方面是加入足够的油类润滑剂，保证井浆中油含不小于 8%。

⑤ 本井在三开中完作业时为保证电测和下套管的顺利进行，上提钻井液密度至 2.20g/cm³ 后发生有进无出的恶性井漏，累计漏失 2.20 g/cm³ 的井浆 217 m³，先后采用浓度 10%、22%的桥浆堵漏 3 次成功，7" 套管也顺利下入。

⑥ 欠饱和复合盐水钻井液维护处理要点：

A、加强固控设备的使用，最大限度的清除劣质固相，振动筛尽可能的使用 100 或 120 目的细筛布；用离心机清除固相时，要及时加重保证钻井液密度和性能稳定；

B、补充胶液时一定要按循环周细水长流加入，防止钻井液密度和性能波动过大。

C、膨润土浆一定要充分预水化好并用胶液护胶后方可入井。严禁在井浆中直接加入干膨润土粉。

D、本井段局部可能夹欠压实塑性泥岩（软泥岩）维护处理中可通过加强使用聚合醇保证钻井液的强抑制性。

E、日常维护时，SMP-2/SMP-3、SPNH/SPNC、PSC-2、KCl、NaCl 等处理剂可先配成胶液，按循环周补入井浆；沥青类、润滑剂、聚合醇类、封堵剂类可按循环周直接加入井浆中。

F、随时监测氯根含量和其它性能，及时补充 KCl、NaCl 等处理剂；如果泥饼质量不好，磺化类处理剂、沥青类封堵剂的加量可按设计上限执行，同时尽量降低钻井液中劣质固相含量，保证钻井液有较好的泥饼质量，控制好钻井液的滤失量。

G、盐层钻进过程中，加强划眼和短程起下钻。经多次起下钻仍存在阻卡现象，则在设计范围内继续提高钻井液密度，提密度时幅度不要太大，同时注意监测井漏。

（4）进入四开钻进，使用三开钻井液利用固控系统彻底清洁钻井液；配制一定新浆混合调整钻井液性能达到设计要求，顺利钻达设计井深。

3 结论和建议

(1) 阿克4井钻井实践表明,该井钻井液工艺技术其理论在阿克地区现场实际应用是成功的,满足了钻井的需要。

(2) 采用超细钙、沥青、纤维类随堵复配封堵防塌等工艺技术可以提高地层的承压能力,成功地解决了砾石层以及破碎地层井壁坍塌问题。

(3) 针对该井高密度钻井液易造成的压差吸附卡钻,采用超细钙、沥青、纤维类随堵复配封;固体和液体润滑剂协同作用有效地改善了钻井液滤饼质量和润滑性能,确保了井下安全。

(4) 该井在钻进过程中,在2988.00~2991.00m井段,由于岩盐蠕变,经常性出现阻卡现象,与钻井液的Cl⁻浓度偏高始终保持在160000~18000mg/L有关,建议可适当降低,保持井壁岩盐的适当溶解。

参考文献

- [1] 刘保安,任风君,谢建辉. KCL-饱和盐水钻井液在大北 102 井的应用. 中国石油天然气集团公司钻井技术论文集(2008) 551~555
- [2] 张锦荣,陈安明,周玉仓. 塔里木深井盐膏层钻井技术[J]. 石油钻探技术,2003,31(6):25-27
- [3] 江山红,席建勇,方彬,等. 塔河地区深层盐膏层钻井液技术[J]. 石油钻探技术,2004,32(3):12-14