

Wellbore Stability Technology for Intrusive Bodies in the Qarabak Formation of the Shunbei Oilfield

Congbo Wang

Western Project Department, Western Branch of North China Engineering Company, Bayingolin, Xinjiang, 841600, China

Abstract

The Shunbei 85X well is a fourth-tier structural exploration well deployed to the north of the Shunbei 8th strip. During the third drilling phase (8006~8018.2m), diabase was encountered, which exhibits high density and hardness, leading to borehole wall instability and backfilling during the drilling process. This study investigates the collapse mechanism of diabase, analyzes the challenges in drilling operations, and formulates targeted measures through the selection of drilling fluid additives, performance optimization, and drilling process refinement. Ultimately, the diabase section was successfully drilled through, and completion operations were carried out. The smooth drilling of diabase in the third phase of this well avoided the need to initiate a fifth-tier well structure contingency plan, achieving a win-win outcome for both parties involved. Additionally, it provides valuable reference for subsequent wells such as Shunbei 6X and Mandsen 802X.

Keywords

Dolerite; confined; wellbore stability; Shunbei Oil and Gas Field

顺北油田恰尔巴克组侵入体井壁稳定技术

王从波

华北工程公司西部分公司西部项目部, 中国·新疆 巴音郭楞 841600

摘 要

顺北85X井是部署在顺北8号条带北边的一口四级结构探井, 三开井段8006~8018.2m见辉绿岩, 其密度高硬度大, 通井过程中井壁失稳回填。本文通过调研辉绿岩的垮塌机理, 分析钻井施工过程中的难点, 从钻井液助剂筛选、性能优选、钻井工艺优化等方面制定针对性的措施, 最终顺利钻穿辉绿岩井段并进行完井作业。该井三开井段辉绿岩的顺利施工, 避免了启动五级井身结构预案, 达到甲乙双方共赢的目的; 同时为后续施工的顺北6X、满深802X井等井提供了较好的借鉴意义。

关键词

辉绿岩; 承压; 井壁稳定; 顺北油气田

1 引言

顺北 85X 井是位于顺北油气田 8 号带北边, 以奥陶系一间房组和鹰山组为主要目的层, 探索 8 号断裂储层发育情况与含油气性的一口四级结构勘探井。

一开采用 $\phi 444.5\text{mm}$ 钻头钻至井深 1203.00m, $\phi 365.1\text{mm}$ 套管下至井深 1202.57m; 二开采用 $\phi 333.4\text{mm}$ 钻头钻至井深 4895.00m, $\phi 273.1\text{mm}$ 套管下至井深 4894m, 三开采用 $\phi 241.3\text{mm}$ 钻头钻进。

三开井段主要钻遇地层为泥盆系东荷塘组 (D_3d)、克孜尔塔格组 ($D_{1-2}k$)、志留系塔塔埃塔格组 (S_1t)、柯坪塔格组 (S_1k)、奥陶系却尔却克组 (O_3qr)、恰尔巴克组 (O_3q)。原设计钻至一间房 (O_2yj) 顶界之上 5m 进行

中完作业。

2 井深 8000m 第一次钻遇辉绿岩情况

本井 2022 年 7 月 26 日 06:00 三开钻进至井深 8006m 后地质循环, 振动筛返出岩屑为辉绿岩 (含量 70-80%), 辉绿岩井段 8000-8006m; 继续钻进至 8012.72m, 钻时升高至 84min/m, 返出深灰色辉绿岩含量 85-90%, 频繁憋顶顶驱, 起钻简化钻具组合。7 月 29 日组下牙轮钻头组合, 30 日钻进至 8018.2m, 振动筛返出辉绿岩占比 95%, 频繁憋顶顶驱, 通井处理井眼。返出辉绿岩见。

通井期间采取划眼、倒划眼等措施, 配合稠浆、重稠浆携带, 稠浆密度 1.40~1.45~1.7~1.8~2.0g/cm³, 稠浆粘度 100~150~200~280~360s, 共计携带出辉绿岩掉块 2.55m³, 最大直径 5cm; 期间频繁憋顶顶驱, 扭矩波动范围 16-23KN·m; 通井期间共发生 8 次卡钻, 后 3 次有憋泵现象, 通过加扭上下活动钻具解卡。钻井液性能: 密度 1.38~1.41g/cm³,

【作者简介】王从波 (1976-), 男, 中国河北石家庄人, 本科, 工程师, 从事钻井工程研究。

漏斗粘度 50~65s, 动切 8~9Pa, 塑粘 28~30mPa·s, 静切力 2.5~3.5/6~8Pa/Pa, K^+ 含量 25100~25200mg/L, 中压滤失量 2.6~3.0mL, 高温高压滤失量 8.4~9.0mL (160℃)。

考虑辉绿岩井段已经失稳、处理难度大, 8月6日起钻准备回填侧钻。

3 辉绿岩的垮塌机理

胡广强, 白彬珍, 柯珂, 刘厚彬, 劭睿, 孟英峰等人研究认为^[1-4]:

(1) 辉绿岩矿物组成主要以辉石、斜长石为主, 黏土含量极少, 黏土水化效应对井壁岩石力学强度及井壁稳定性较弱。

(2) 辉绿岩裂缝发育, 微观裂缝 (0.6~3.2 μ m) 细而短, 贯通性差, 细观裂缝 (0.05~0.3mm) 普遍为无充填张开缝, 且细观裂缝相互交割, 连通性好。

4 施工难点分析及对策

4.1 施工难点

(1) 本井 8000.00m~8018.2m 返出辉绿岩纯度高, 最高达到 95%, 实测密度高达 2.94g/cm³, 根据以往施工经验, 钻井液密度需要提高到 1.70g/cm³~1.8g/cm³ 才能稳定井壁^[4], 以目前钻井液密度 1.40~1.41g/cm³ 难以满足辉绿岩井段井壁稳定需要。顺北工区 4 号条带、6 号条带、8 号条带志留系普遍承压能力在 1.40~1.43g/cm³。邻井顺北 84X 井桑塔木组灰质泥岩掉块后, 逐步提钻井液密度至 1.43g/cm³, 消耗量增大。

(2) 本井 6 月 28 日 4:00 三开开钻, 至 8 月 6 日起钻回填, 时间长达 39d。泥盆系、志留系裸眼段浸泡时间长, 志留系、奥陶系上统部分泥质灰岩有剥落掉块。

4.2 针对上述钻井施工难点, 结合前期施工情况, 制定以下对策

(1) 先期静态承压。提高志留系地层承压能力。

(2) 优化钻井液性能。持续保护上部井壁; 提粘提切, 提高全井钻井液携带能力。

5 钻井工艺优化

5.1 静态堵漏承压, 提高志留系承压能力

5.1.1 堵漏浆配制

本井志留系柯坪塔格组底部 6374m, 使用 33% 浓度堵漏浆封闭 6500m 志留系以上地层; 使用 18% 堵漏浆封闭志留系以下地层, 堵漏浆配方如下:

① 18% 浓度堵漏浆, 架桥颗粒采用 1-3mm, 架桥颗粒浓度 6%。

配堵漏浆 80m³ (封闭井段 6500m-8008m): 井浆 +2% SQD-98 (细) +4% CXD (粗) +2% SQD-98 (粗) +3% 刚堵堵漏剂 (100-200 目) +4% PB-1 +1% 核桃壳 (细) +1% FDL-2 +1% QS-7 +1-2% 润滑剂, 总浓度 18%。配好后补充 5-10m³

预水化好土浆, 将密度调整至 1.41g/cm³。

② 33% 浓度堵漏浆, 架桥颗粒采用 1-3mm, 架桥颗粒浓度 11%。

配堵漏浆 100m³ (封闭井段 4500m-6500m): 井浆 +2% SQD-98 (中) +3% CXD (粗) +3% SQD-98 (细) +2% CXD (细) +3% PB-1 +4% 核桃壳 (细) +2% 刚堵堵漏剂 (40-60 目) +5% 刚堵堵漏剂 (60-80 目) +3% 刚堵 (100-200 目) +1% 云母 (细) +3% FDL-2 +2% QS-7 +1% RH, 总浓度 33%。配好后补充 5-10m³ 预水化好土浆, 将密度调整至 1.41g/cm³。

5.1.2 承压堵漏施工情况

8 月 10 日组下打塞钻具组合 (铣齿接头 + ϕ 127mm DP + ϕ 139.7 mm DP), 8 月 11 日, 打塞封固井底后起钻至 7435m, 泵入承压浆 170m³, 起钻至 4499.00m, 开始承压。至 8 月 12 日 16:00 逐渐打压至 11.1MPa, 稳压 35min, 压力降至 9.39MPa, 累计泵入堵漏浆 7.55m³ (志留系柯坪塔格组下段底 6374.00m, 在 33% 浓度堵漏浆状态下柯坪塔格组底部地层漏失压力当量密度提高至 1.58g/cm³); 至 22:00 缓慢泄套压至 0MPa, 回吐泥浆 0.7m³, 吃入地层 6.85m³ 堵漏浆。承压堵漏结束后下钻至 7613.00m, 使用 40 目筛网循环 1.5 周筛除大颗粒堵漏材料后起钻, 为下仪器做好准备。

5.2 钻井液工艺优化

5.2.1 钻井液助剂筛选优化

一是本井三开完钻垂深超过 8000m, 预计井底温度达 166℃。停用 PAC-LV (低粘聚阴离子纤维素) 及 CMC-LV (低粘羧甲基纤维素钠盐类) 等纤维素类降滤失剂; 同时停用一些抗温能力较低的乳液类聚合物等包被用聚合物 (如液体 150 等), 防止助剂抗温性能差导致起泡影响钻井液性能。二是优选使用抗温抗盐效果较好的 DSP-2 (磺酸盐共聚物降滤失剂) 以及 KJ-3 (抗温抗盐降滤失剂) 作为聚合物降滤失剂; 三是根据志留系、奥陶系上统井温 (100~132~166℃) 优选 RHJ-3 (高软化点乳化沥青, 软化点 100~120℃) 以及 TFT-2 (天然沥青粉, 软化点 140~160℃) 复配 FT-2 (磺化沥青粉)。

5.2.2 强化钻井液封堵防塌性能

一是补充 2~3% RHJ-3 /TFT-2 复配 FT-2; 二是补充 1~2% GZNanoseal (纳米封堵剂) 强化钻井液对微米级裂缝的封堵。三是补充 2~3% QS-2 (D_{50} : 4~10 μ m) 以及 QS-7 (D_{50} : 2~4 μ m)。四是补充 KCl 及 1~2% AOP-1 (铝基聚合物), 控制 K^+ 含量在 20000~25000mg/L, 增强钻井液的化学封堵防塌能力。

5.3 钻井工艺优化

5.3.1 钻井参数优化

降低排量和转速, 减少机械扰动、震动、钻井液冲刷对井壁的影响。正常钻进施工期间排量由前期的 46L/s 降低到 28L/s; 顶驱转速由前期的 60~80rpm 降低到 40~20rpm。

5.3.2 钻井工艺优化

合理控制参数,减少钻具对井壁的碰撞;采取“进一退二”方式钻进,每钻进0.5m,采取顶驱倒划眼方式将钻具提至上部通畅井段或辉绿岩以上安全井段,并眼通畅则继续钻进;钻进期间根据井下憋扭情况,使用稠浆清洗井筒;倒划眼采用低转速(20-30rpm),倒划眼至少两遍;钻进期间每2小时,分析掉块的情况,为判断井下情况,做好应对措施;禁止在辉绿岩井段大排量、高转速循环或者划眼。

6 侧钻施工情况

6.1 钻进施工情况

6.1.1 第一趟钻钻进情况

8月17日,组下“混合钻头+螺杆”组合,8月24日钻进至7997m循环长起;侧钻期间:一是逐步上提钻井液密度至1.47g/cm³,同时补充2~3%RHJ-3/TFT-2+FT-2,补充1~2%GZNanoseal以及不同目数的QS-2、QS-7,在胶液中补充1~2%AOP-1强化钻井液封堵性能;二是逐步补充护胶水化好的坂土浆、DSP、KJ-3逐步提高钻井液的粘度至100~120s,动切至12~15Pa,终切至12~15Pa,坂含50~55g/L,提高钻井液的携岩性能;逐步补充随钻堵漏材料,控制有效含量不低于15%。

钻具组合:φ241.3mm混合钻头+185mm螺杆(1.75°)+178mm无磁DC+178mmDC+127mmHWDP+127mmDP+139.7mmDP。

钻井参数:钻压100~150KN,转速30rpm,排量28L/s,立压16~17MPa,扭矩15~21KN·m。

钻井液性能:密度1.47g/cm³,漏斗粘度100~120s,动切12~14Pa,塑粘35~40Pa·s,静切力6~8/15~16Pa/Pa, K⁺含量20000~21000mg/L,中压滤失量2.6~3.0mL,高温高压滤失量8.2~8.6mL(175℃)。

6.1.2 第二趟钻钻进情况

钻进情况:8月26日,组下牙轮钻头组合;8月27日分段循环下钻至7382m处循环提密度至1.48~1.49g/cm³过程中发生漏失,漏速36m³/h,泵入40m³浓度25%堵漏浆,堵漏成功后降低密度至1.47g/cm³开始钻进;8月30日钻进至8018.75m后钻时增加至min/h,其中8006.00m~8018.75m为辉绿岩,起钻更换钻头(辉绿岩井段起钻顺利,无阻卡显示)。

钻具组合:φ241.3mm牙轮钻头+178mmDC+127mmHWDP+127mmDP+139.7mmDP。

钻井参数:钻压100~150KN,转速30rpm,排量28L/s,立压16~17MPa,扭矩15~21KN·m。

钻井液性能:密度1.47g/cm³,漏斗粘度100~120s,动切12~14Pa,塑粘35~40Pa·s,静切力6~8/15~16Pa/Pa, K⁺含量20000~21000mg/L,中压滤失量2.6~3.0mL,高温高压滤失量8.2~8.6mL(175℃)。

安全施工措施:一是间断验证上部井眼,钻进至8009.50m退出岩屑见辉绿岩(岩屑迟到井深8006.00m),起钻验证上部井眼稳定,同时在辉绿岩顶部安全井段循环携带辉绿岩,确保上部井眼畅通;二是钻至8018.75m钻时升高80min/m后,起至辉绿岩顶部安全井段循环捞砂,待捞砂完井眼清洁后再泵入封闭浆起钻(循环泵封闭浆期间,将钻具提至安全井段;封闭浆出水眼前停顶驱,将钻具下至井底泵入封闭浆,减少钻具旋转震动、及钻井液流动对辉绿岩井段的冲刷);三是短起验证期间,先保持小排量(20L/s左右)、小转速(20rpm左右)尝试上提下放,逐步停泵、停顶驱验证;四是起钻前使用优质浆封闭7600.00~8018.75m(封闭浆性能:密度1.47g/cm³,粘度149s。封闭浆配方:井浆+3%SMP-2+3%SMC+DSP-2)。

6.1.3 第三趟钻钻进情况

8月31日更换牙轮钻头分段循环下钻至8000.00m,排量7.6L/s冲划至井底;9月2日钻进至中完井深8033.00m,循环处理泥浆后进行短起下;辉绿岩井段8018.75~8020.50m。

钻具组合:φ241.3mm牙轮钻头+178mmDC+127mmHWDP+127mmDP+139.7mmDP。

钻井参数:钻压150~200KN,转速40rpm,排量26.5L/s,立压16~17MPa,扭矩19~24KN·m。

钻井液性能:密度1.47g/cm³,漏斗粘度100~110s,动切14~15Pa,塑粘35~40Pa·s,静切力6~8/15~16Pa/Pa, K⁺含量20000~21000mg/L,中压滤失量2.6~3.0mL,高温高压滤失量8.2~8.6mL(175℃)。

安全施工措施:一是钻进期间控制排量26.5L/s,降低钻井液对辉绿岩井段的冲刷;二是间断使用稠浆(150~200s)携带,保持井眼畅通;三是钻至完钻井深后,上提钻具至安全井段循环捞砂;四是钻穿辉绿岩井段后再钻10m口袋,预留上提下放安全距离同时为中完通井留足安全口袋。

6.2 中完施工情况

9月3日短起下,井段:8033.00~4871.00m;短起下到底后循环钻井液1h后再起钻至7977.00m循环;9月4日泵入封闭浆后干通验证辉绿岩井段,起钻摩阻60~80KN,下钻摩阻60~90KN(封闭井段:8033.00~7433.00m;密度2.0g/cm³,室温粘度300s, FL_{HHP} < 5mL(175℃),静态沉降因子SF=0.51、玻璃棒能够顺利到底、无沉淀且流动性较好;配方:井浆+5%SMP-2+5%SMC+3%TFT-2+2%QS-2+2%QS-7+3%GZNanoseal+1%GR+0.5%DSP-2+1%RH);9月5日起钻完,9月8日送放193.7mm套管到位。

安全施工措施:一是循环期间将钻具提离至安全井段;二是起钻前使用密度2.0g/cm³钻井液封闭井底600.00m,以补偿停泵起钻后的循环压耗;三是循环期间对全井钻井液进行降粘切处理,粘度70~80s,终切10~12Pa,降低下套管期间的漏失几率。

7 认识与建议

(1) 辉绿岩井段安全钻井, 首先在确保适当物理支撑、同时减少机械扰动震动、优化钻井液的封堵性, 减少辉绿岩填充物中黏土的水化。

(2) 施工中采取的钻井液性能优化、钻井参数优化、针对性封闭浆等措施有效保障了井眼稳定及中完施工的顺利。

(3) 该井三开井段辉绿岩的顺利施工, 避免了启动五级井身结构预案, 达到甲乙双方共赢的目的; 同时为后续施工的顺北 6X、满深 802X 井等井提供了较好的借鉴。

(4) 该套钻井工艺对于施工桑塔木组破碎带、一间房鹰山组破碎带有较好的借鉴意义。

参考文献

- [1] 商森, 王颖慧. 顺北区块辉绿岩安全钻井技术[J]. 云南化工, 2010, 45(3): 164-164.
- [2] 胡广强, 白彬珍, 柯珂. 顺北区块辉绿岩井段井壁稳定性分析[J]. 中国海上油气, 2017, 29(5): 119-125.
- [3] 刘厚彬, 勐睿, 孟英峰, 等. 辉绿岩地层井壁垮塌机理及主控因素实验研究[J]. 科学技术与工程, 2017, 17(8): 121-127.
- [4] 贺春明, 黄华东, 雷敏. 顺北区块超深井侵入体井壁稳定性分析[J]. 西部探矿工程, 2021(10): 30-34.