

曹妃甸 6-4-A7 井漏失及堵漏处理技术探讨

宋晓伟（中海油服油田化学事业部塘沽作业公司，天津 300452）

摘要：曹妃甸 6-4 区块开发井属于海油总重点项目，整个开发项目执行严格的零排放作业，为满足零排放要求，在该区块首次应用 BIODRILL A、BILDRILL D 新的钻井液体系作业，可循环回收重复利用，发生漏失后钻井液损失成本高。12.25" 井段和 9.5" 井段分别钻遇多个断层，实钻期间，A7 井在 9.5" 井眼作业期间发生井漏，漏速较大，漏速无法满足下部作业，先后进行了随钻堵漏强钻、凝胶+BLN 系列桥堵以及强承压堵漏工艺，通过总结曹妃甸 6-4 区块的防漏堵漏经验，形成了一套曹妃甸 6-4 油田防漏堵漏的推荐做法，并形成配套承压技术和工艺措施，为后续作业提供了不可多得的借鉴经验。

关键词：曹妃甸；断层；漏失；堵漏；桥堵；防漏；承压技术

1 基本概况

曹妃甸 6-4 区块开发井属于海油总重点项目，整个开发项目执行严格的零排放作业，为满足零排放要求，在该区块首次应用 BIODRILL A、BILDRILL D 新的钻井液体系作业。

A7 井为一口东三段常规定向井，预测在 12.25 井段将会钻遇 3 个断层，实钻期间，下面 2 个断层相继发生井漏，漏速无法满足下部承压要求，2 个断层先后进行了油化 BLN 系列、BLN-D 系列桥堵及强承压桥堵，最终满足承压要求，顺利完钻，后期在倒划测井期间发生复漏，决定取消测井作业，通井，通井下钻至井底，以 500L/min 排量循环处理钻井液，期间液面稳定，下套管期间自 1400m 后无返出，套管顺利到位，固井作业期间均无返出。

2 井漏发生过程及处理措施

2.1 井漏发生过程

本井二开 9.5in 井段海水膨润土浆正常钻进至 1460m 转化为 BIODRILL A 钻井液体系，钻进至斜深 2071m，发生井漏，2230L/min，漏速 50m³/h，降排量至 1000L/min，漏速 60m³/h，钻井液比重 1.20sg，粘度 45s，氯离子 90000ppm；直起至套管鞋（1010m）井眼顺畅，井下工具为常规马达+MWD 组合。

表 1 井漏时钻井液性能

井深 /m	FV /s	MW g/cm ³	AV MPa.s	PV MPa.s	YP /Pa	GEL Pa/Pa	FL /mL	Cl g/mL	pH
2071	45	1.20	32	20	10	2.5/3	3.0	90000	9.5

2.2 堵漏过程

2.2.1 第一次堵漏

起钻期间配置桥堵浆 25m³（井浆+10%PF-SZDL+10%PF-SEAL+10%PF-BLN1），下钻至井底，期间监测静止漏速，初始漏速 50m³/h，后缓慢降低至无漏失，下钻至井底后缓慢提高排量至 1000L/min，液面稳定，小参数钻进，排量 1000L/min，转速 40RPM，钻压 3t 以内，液面基本稳定，逐步提排量至 1500L/min，钻进至 2119m（垂深 1993m），液面降低，井下再次发生漏失，测静止漏速 100m³/h。起钻至 2040m，以 1000L/min 的排

量泵入 25m³ 堵漏浆，并全部顶替出钻头，顶替期间漏速 100m³/h，堵漏浆出钻头后，漏速有明显降低，静止漏速 25m³/h。起钻至 1538m，静止漏速 14m³/h；继续起钻至 600m，静止漏速 9m³/h；起钻至井口，期间监测漏速 5~6m³/h；期间配置高浓度堵漏浆。

2.2.2 第二次堵漏

组合简易钻具：9-1/2"PDC（7*25）+双母+6-1/2"F/V+9-1/4"DSTB+6-1/2"DC*1+9-1/8"DSTB+6-1/2"DC*2+6-1/2"（F/J+JAR）+X/O+5-1/2"HWD×14

下钻至 1000m，期间监测静止漏速 5m³/h。缓慢开泵逐步提高排量至 1200L/min，监测漏速 6m³/h。下钻至 2088m 遇阻，小参数划眼下钻至井底，划眼参数：排量 500L/min，转速 60r/min，扭矩 16~17kN.m，划眼期间液面基本稳定。小参数钻进至 2133：排量 500L/min，转速 60RPM，钻压 3t 以内，逐步提排量 1200L/min，液面基本稳定；继续提排量至 1350L/min，循环漏速 4~5m³/h；排量至 1500L/min，循环漏速 9~10m³/h。继续钻进 2223m，期间排量 1500L/min，循环漏速逐渐增大至 15m³/h。

起钻至 2020m，测静止漏速 4.8m³/h。期间配制桥堵浆 40m³（40m³ 钻井液+5%PF-SEAL+10%BLN-1D+10%BLN-2D+5%BLN-3D+3%STP+3%PF-FT-1）。以 500L/min 排量泵入桥堵浆 36.5m³，期间监测漏速 12.9m³/h，顶替堵漏钻井液到位。起钻至 1381m，期间静止漏速逐渐下降至 1m³/h。缓慢开泵逐步提高排量至 2000L/min，监测循环漏速 1~2m³/h；关闭万能防喷器，用固井泵挤注压力 300psi 后泵压下降，停泵压力逐渐下降至 0，堵漏浆泵入 0.56m³。

下钻至 2166m，下钻期间监测漏速 1m³/h。下钻至 2166m 遇阻，接顶驱开泵至 715L/min 上下活动冲洗无法通过，小参数划眼下钻至 2188m：排量 715L/min，转速 20r/min，扭矩 16~21kN.m，期间逐步提高排量至 1019L/min，期间循环池液面基本稳定。划眼下钻至 2188m 后，循环池液面开始降低，降排量 519L/min，漏速 11~12m³/h。继续下钻划眼至井底：排量 300~500L/min，转速 20r/min，扭矩 17~21kN.m，漏速 10~13m³/h。小参数钻进至 2233m：排量 500L/min，转速 60RPM，钻压 3t 以内，漏

速 $9\sim 10\text{m}^3/\text{h}$; 提排量至 $715\text{L}/\text{min}$, 循环漏速 $11\sim 12\text{m}^3/\text{h}$; 继续钻进至 2252m , 排量 $715\text{L}/\text{min}$, 倒划眼期间循环漏速增至 $22\sim 24\text{m}^3/\text{h}$ 。降排量 $500\text{L}/\text{min}$, 漏速 $16\sim 18\text{m}^3/\text{h}$; 继续降排量 $300\text{L}/\text{min}$, 漏速增至 $11\sim 12\text{m}^3/\text{h}$ 。

起钻至 2190m , 期间监测漏速 $6\sim 7\text{m}^3/\text{h}$ 。期间在 $2209\sim 2188\text{m}$ 遇卡 10t , 小参数划眼通过, 划眼 $300\text{L}/\text{min}$, 漏速 $7\sim 8\text{m}^3/\text{h}$ 。期间配制凝胶 6m^3 (6m^3 钻井液 + 1.5% ZND-2; 桥堵浆 60m^3 : 60m^3 钻井液 + 5% PF-SEAL + 10% BLN-1D + 10% BLN-2D + 5% BLN-3D + 3% STP + 3% PF-FT-1 + 1% PF-RG)。以 $500\text{L}/\text{min}$ 的排量。泵入凝胶 6m^3 , 继续泵入桥堵浆 53.19m^3 , 期间监测漏速 $10.5\text{m}^3/\text{h}$; 关闭万能防喷器, 挤注凝胶 6m^3 ; 打开万能防喷器, 顶替剩余凝胶和堵漏钻井液到位。

起钻至 1358m , 期间静止漏速逐渐下降至 $0.3\text{m}^3/\text{h}$ 。缓慢开泵, 立管压力上涨, 无返出, 判断钻具内部发生桥堵。逐步憋压至 20MPa , 仍无法憋通, 放压。起钻至井口, 检查发现钻头内部被堵漏材料堵塞, 期间静止漏速 $0.3\text{m}^3/\text{h}$ 。清理钻头, 使用原堵漏钻具下钻至 1089m , 期间静止漏速 $0.3\text{m}^3/\text{h}$ 。测动态漏速, 最大排量开至 $2000\text{L}/\text{min}$, 循环池液面稳定不降。固井泵做挤注压力试验。累计挤注 14 次, 平均每次泵注至压力 293psi , 9min 下降至 235psi 。泵入总量 9.9bbl , 放压回流 3.0bbl , 共挤入地层 6.9bbl 。下钻至 1464m , 固井泵做挤注压力试验, 挤注 1 次。泵注压力 288psi , 9min 后降至 228psi , 压降曲线无明显区别。本次泵入 2.4bbl , 放压回流 2bbl 。

下钻至井底。期间在 $1464\text{m}\sim 2000\text{m}$ 每 100m 打通一次, 在 $2000\sim 2156\text{m}$, 以 $500\text{L}/\text{min}$ 开泵下钻至井底。其中在 $2122\sim 2129\text{m}$ 下钻困难, 划眼通过。下钻到井底后, 逐步提排量至 $1600\text{L}/\text{min}$, 循环处理钻井液性能, 循环池液面稳定不降。旋转钻进至 2341m : 排量 $1522\sim 1753\text{L}/\text{min}$, 转速 60RPM , 钻压 3t 以内, 循环池液面稳定。期间 $23:00$ 井下比重 $1.18\sim 1.19\text{g}/\text{cm}^3$ 。旋转钻进至 2368m : 排量 $1629\sim 1753\text{L}/\text{min}$, 转速 60RPM , 钻压 3t 以内, 钻进期间循环池液面稳定。钻进至 2368m (整立柱打完), 控制速度倒划眼 (30min 一柱), 倒划眼至 2338m (倒划眼期间参数平稳, 无憋压、憋扭矩现象), 返出减少, 循环池液面突降, 监测瞬时漏速 $160\text{m}^3/\text{h}$ 。期间开始提比重, 发生漏失时井下比重约 $1.20\sim 1.21\text{g}/\text{cm}^3$ 。预计 F38 断层在斜深 $2304\sim 2325\text{m}$ 。本柱是从 2339m 钻进至 2368m , 钻进参数: $1\sim 3\text{t}$, $1753\text{L}/\text{min}$, 泵压 $3.24\sim 3.62\text{MPa}$, 扭矩 $17\sim 20\text{kN}\cdot\text{m}$, 钻时 $18\sim 20\text{m}/\text{h}$ 。本柱从 2351m 开始加重 (预测 2386m 进东营), 计划 3h 将比重从 $1.19\text{g}/\text{cm}^3$ 提到 $1.22\text{g}/\text{cm}^3$, 本柱于 $1:00$ 钻完, 控制倒划眼速度携带岩屑 (预计 30min 一柱), 于 $1:25$ 倒划眼 (倒划眼期间参数平稳, 无憋压、憋扭矩现象) 至 2338m 返出减少, 循环池液面开始降低, 停泵观察井口液面下降特别快。环空灌浆, 测得瞬时漏速 $160\text{m}^3/\text{h}$, 测得井底泥浆比重 $1.21\text{g}/\text{cm}^3$ 。起钻至 1100m 。在井底 $\sim 1900\text{m}$, 漏速由 $160\text{m}^3/\text{h}$ 逐渐下降至 $60\text{m}^3/\text{h}$; 在

$1900\sim 1700\text{m}$, 漏速由 $60\text{m}^3/\text{h}$ 逐渐下降至 $20\text{m}^3/\text{h}$; 在 $1700\sim 1500\text{m}$, 漏速由 $20\text{m}^3/\text{h}$ 逐渐下降至 $16\text{m}^3/\text{h}$; 在 $1500\sim 1100\text{m}$, 静止漏速约 $16\text{m}^3/\text{h}$ 。下钻至 2352m 遇阻, 接顶驱开泵至 $500\text{L}/\text{min}$ 上下活动冲洗无法通过。下钻期间漏速 $10\sim 12\text{m}^3/\text{h}$ 。小参数划眼下钻至 2365m 。小参数划眼期间漏速 $20\text{m}^3/\text{h}$ (排量 $500\text{L}/\text{min}$)。

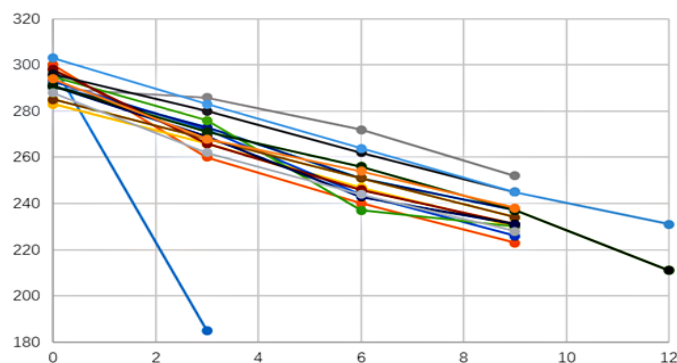


图 1 A7 井第二次桥堵挤注压力曲线

起钻至 2190m , 期间配制桥堵浆 60m^3 (60m^3 钻井液 + 5% PF-SEAL + 10% BLN-1D + 10% BLN-2D + 5% BLN-3D + 3% STP + 3% PF-FT-1 + 1% PF-RG)。以 $500\text{L}/\text{min}$ 的排量泵入 53m^3 堵漏浆, 并全部顶替出钻头, 顶替期间漏速 $20\text{m}^3/\text{h}$ 。起钻至井口。期间监测漏速由 $10\text{m}^3/\text{h}$ 降至 $5\text{m}^3/\text{h}$ 。

2.2.3 第三次堵漏

组下光钻杆, 下钻至 1150m 。期间监测漏速由 $4\sim 5\text{m}^3/\text{h}$ 。下钻至 2189m , 测动态漏速: $500\text{L}/\text{min}$ 、 $15\text{m}^3/\text{h}$; $800\text{L}/\text{min}$ 、 $24\text{m}^3/\text{h}$ 。下钻期间监测漏速由 $4\sim 5\text{m}^3/\text{h}$ 。起钻至 2000m 。期间监测漏速由 $6\sim 7\text{m}^3/\text{h}$ 。配制强承压堵漏浆 40m^3 (40m^3 井浆 + 2.5% PF-BLN 11 (1000kg) + 3.75% PF-BLN 12 (1500kg) + 6.25% PF-BLN 13 (2500kg) + 2.5% PF-BLN 15 (1000kg) + 0.625% PF-BLN 16 (250kg) + 3.75% PF-BLN 17 (1500kg) + 5% PF-BLN 18 (2000kg) + 2.5% PF-BLN 19 (1000kg) + 2.5% PF-BLN 20 (1000kg)), 配制完 52m^3 。

缓慢开泵以排量 $600\text{L}/\text{min}$, 泵入 24m^3 配方强承压堵漏浆, 期间监测漏速 $16\text{m}^3/\text{h}$ 。关闭可变闸板防喷器, 用泥浆泵以 $400\sim 600\text{L}/\text{min}$ 排量泵入桥堵浆试挤, 桥堵浆挤入量 24.2m^3 , 监测套压由 0MPa 逐步增至 0.4MPa , 立压无明显变化。打开可变闸板防喷器, 缓慢开泵以排量 $600\text{L}/\text{min}$, 泵入 14m^3 强承压堵漏浆并顶替到位。期间监测漏速由 $4\text{m}^3/\text{h}$ 逐渐下降至 0 。起钻至 1240m , 监测钻具灌浆量正常。小排量顶通, 缓慢开泵提高排量至 $2000\text{L}/\text{min}$, 监测循环池液面稳定。关闭可变闸板防喷器, 用泥浆泵以排量 $300\sim 500\text{L}/\text{min}$ 间隔 $5\sim 15\text{min}$ 分多次每次挤入 $0.05\sim 0.7\text{m}^3$ 堵漏浆, 监测立压由 0.4MPa 逐步增至 3.7MPa ; 多次补压挤注, 压降至 $0.15\text{MPa}/10\text{min}$ 。期间累计挤注 2.6m^3 。缓慢放压, 检查回流 0.2m^3 , 打开万能防喷器。下钻至 2362m , 期间监测钻具排量正常。循环调整钻井液性能, 期间在 1850m 循环, 2100m 打

通。循环期间回收堵漏浆。

后期钻进逐步提高比重至 1.28sg, 不漏, 维持该比重至完钻, 液面稳定, 完钻井深 3418 ± 3110m。组合测井钻具, 下钻至 1839m, 倒划眼补测至 1527m (距断层 550m), 泵压由 6.2MPa 憋至 6.7MPa, 观察井口返出量减小, 循环池液面降低, 发生漏失; 排量 1700L/min, 监测动态漏速 42m³/h, 立即停泵, 测静态漏速约 10m³/h。起钻至 10-3/4" 套管鞋内, 期间持续监测漏速, 最大静止漏速 80m³/h; 管鞋内停泵观察, 静态漏速逐渐降低至 8m³/h。起钻至井口, 期间监测漏速 3.5m³/h, 对环空连续灌浆保持液面。

组合简易堵漏钻具。下钻至 2009m, 期间监测漏速 3m³/h, 缓慢开泵至排量 500L/min, 测循环漏速 5m³/h, 提高排量至 800L/min, 测循环漏速 7m³/h。下钻至 3314m, 遇阻 8t, 活动钻具无法通过。小参数划眼下钻至井底, 期间监测动态漏速 5m³/h, 排量 500L/min。以此排量循环处理钻井液, 监测动态漏速 5m³/h。起钻至井口, 期间监测静态漏速 3m³/h。下 7-5/8" 套管顺利到位, 期间在 1400m~ 井底井段发生漏失, 监测漏速 30~50m³/h, 环空灌浆维持液面。固井期间始终无返出。

3 技术原因分析及措施

①断层承压堵漏的难点和重点是如何选择合适的堵漏材料颗粒, 从而让堵漏材料进入漏层, 并形成有效的架桥, 达到理想的效果。从 A7 井堵漏效果来看 BLN 系列和 BLN-D 系列均无法做到有效承压, 缺乏架桥、承压的大颗粒材料, 同时缺乏抗返排材料; ②提高 BLN-D 系列堵漏材料的颗粒配级, 尤其是增加抗高温的大颗粒材料的配比, 做到有效架桥, 从而通过小颗粒填缝来提高承压能力; ③总结摸索形成一套科学有效的承压堵漏配套工艺; ④增加抗返排的关键性材料; ⑤工程上操作更加精细, 同时要适当花费一定的工期, 才能满足承压堵漏的要求; ⑥堵漏作业期间注意防卡, 检查好配浆系统及泥浆泵上水系统, 尤其拆除掉泥浆泵高压、低压滤网, 防堵管线、钻具甚至是光钻杆, 同时恢复正常作业后, 一定要清除井浆中及管线中的残余堵漏材料, 避免堵塞正常钻进工具; ⑦堵漏成功后, 在后续作业周期把控、起下钻过漏层附近参数把控要更精细, 预防复漏的发生。

4 堵漏预案及堵漏技术措施经验

4.1 堵漏预案措施

4.1.1 小漏 (漏速 < 10m³/h)

推荐使用 SEAL、SZDL、BLN-D1 随钻堵漏, 降低排量, 满足强钻条件, 随钻堵漏钻穿后根据漏速进行桥堵。

4.1.2 中漏 (10m³/h < 漏速 < 60m³/h)

推荐先原钻具使用 BLN-D 系列进行桥堵, 推荐桥堵浆配方:

井浆 +10%SEAL+10%SZDL+10%BLN-D1

桥堵后降低漏速或者无漏失, 降低排量至继续钻穿

漏失层位, 再根据漏速进行 BLN-D 系列。

桥堵浆配方:

井浆 +10%SEAL+10%SZDL+10%BLN-D1

若桥堵后漏失速度 > 30m³/h, 不能满足小参数强钻, 建议进行 BLN-D 系列桥堵, 然后长起更换简易钻具, 降低排量至满足强钻条件, 随钻堵漏钻穿后根据漏速, 推荐使用 BLN-D 堵漏技术。

原钻具桥堵浆配方:

井浆 +10%SEAL+10%SZDL+10%BLN-D1

简易钻具 BLN-D 堵漏配方:

井浆 +10%SEAL+10%SZDL+10%BLN-D1+10%BLN-

D2

光钻杆:

井浆 +10%BLN-D1+10%BLN-D2+10% BLN-D3+0.2%

NETLOCK

4.1.3 大漏 (漏速 > 60m³/h)

推荐先按原钻具使用凝胶前置 +BLN-D 系列进行桥堵。然后起钻更换简易钻具, 降低排量至继续钻穿漏失层位。根据漏失情况再次进行凝胶 +BLN-D 系列桥堵。

4.1.3.1 原钻具凝胶 +BLN-D 系列桥堵浆配方

弱凝胶:

淡水 +1.2~1.5%ZND-2

BLN-D 系列桥堵:

井浆 +5~10%SEAL+5~10%SZDL+10%BLN-D1

4.1.3.2 简易钻具凝胶 +BLN-D 系列桥堵浆配方

弱凝胶:

淡水 +1.2~1.5%ZND-2

BLN-D 系列桥堵:

井浆 +5~10%SEAL+5~10%SZDL+10%BLN-D1+10% BLN-

D2

4.1.3.3 光钻杆堵漏

桥堵:

井浆 +10%BLN-D1+10%BLN-D2+10%BLN-D3+3%STP

桥堵 + 强力网:

井浆 +10%BLN-D1+10%BLN-D2+10%BLN-D3+0.14%

PF-NetLock F+0.07%PF-NetLock M+0.05% PF-NetLock C

4.2 堵漏工艺

4.2.1 桥堵浆堵漏施工工艺

①钻进发生井漏后, 短起下, 拉顺上部井眼; ②下钻至漏层以上 50~100m, 替入堵漏浆, 全部顶替出钻具; ③起钻至堵漏浆以上, 静止观察漏速, 液面稳定以后, 逐步提高排量循环, 若发生漏失, 降低排量, 减缓漏速, 控制堵漏泥浆进入漏层 1/3~1/2, 则停泵静止堵漏, 再次循环验堵; 若无漏失, 进行挤注作业, 直至达到所需承压要求。

4.2.2 弱凝胶 + 桥堵浆堵漏施工工艺

①钻进发生井漏后, 短起下, 拉顺上部井眼; ②下钻至漏层以上 50~100m, 替入凝胶 + 堵漏浆; ③凝胶出钻头时, 关闭防喷器, 挤入凝胶进入地层, 挤注压力以

不超过承压需求为准；④继续顶替，桥堵浆出钻头时，打开防喷器，将桥堵浆全部顶替出钻头；⑤起钻至堵漏浆以上，静止观察漏速，液面稳定以后，逐步提高排量循环，若发生漏失，降低排量，减缓漏速，控制堵漏泥浆进入漏层 1/3-1/2，则停泵静止堵漏，再次循环验堵；若无漏失，进行挤注作业，直至达到所需承压要求。

4.2.3 桥接堵漏 + 强力网堵漏

①下入光钻杆，拆除循环系统所有过滤设备；②将钻具底部放在漏失地漏上方 50-100m 的位置；③泵入堵漏浆并顶替出钻具（原则：钻具内和环空堵漏浆高度相对一致）；④起钻至堵漏浆以上，静止观察漏速，液面稳定以后，逐步提高排量循环，若发生漏失，降低排量，减缓漏速，控制堵漏泥浆进入漏层 1/3-1/2，则停泵静止堵漏，再次循环验堵；若无漏失，进行挤注作业，直至达到所需承压要求。

4.3 承压措施

4.3.1 承压原则

①光钻杆；②承压以后满足下部作业要求；③承压堵漏浆全裸眼段覆盖；④起钻至管鞋内，保障挤注期间钻具安全；⑤薄弱层和异常压力的井段，先钻穿薄弱层，做承压满足下步作业后再继续钻进揭开异常压力。

4.3.2 承压工艺

4.3.2.1 桥堵承压工艺

①光钻具组合下至漏失层附近，小排量顶通循环，根据情况增、减排量，测漏速，泵注堵漏浆时要在漏失点以上 50m 左右泵堵漏浆；②按配方加入材料，配制承压浆（井浆 +10%PF-SEAL+10%PF-BLN-D1+10%PF-BLN-D2+10%PF-BLN-D3+3-5%STP），根据井眼体积配置，承压浆覆盖全裸眼；③泵入堵漏浆，泵入排量以正常排量的 1/3；用井浆替堵漏浆至钻具内外平后起钻至堵漏浆液面以上，关井后进行挤注；④关井，间歇憋挤，挤注排量 3-5 L/s，根据吃入量和压力变化情况，分多次少量挤注；多次少量挤注，挤入时压力逐渐上涨，以 0.5MPa 为梯度，每涨 0.5MPa，停泵稳压 10min，缓慢提高到挤柱压力，压力接近预期压力后，静止，观察压力变化情况，直到压力稳定或压降 60min 下降不能超过 0.5MPa；⑤压力变化符合预期后，通过压井管汇泄压，泄压要缓慢，控制返出量，计量好返出量；⑥泄压后开井静止 1h，关井再次分多次少量挤注，达到泄压前的压力；⑦挤注压力达到预期压力后，进行补压，补压期间压力不能超过预期压力，观察压力变化情况，直到压力稳定或压降 60min 下降不能超过 0.5MPa；开井泄压应缓慢，防止泄压过快，造成地层回吐过多，影响堵漏效果或造成井壁坍塌，开井后静止堵漏 3-5h；⑧验堵，静止时间到后原钻具组合在套管内循环，缓慢顶通排量逐步提至钻进排量循环，循环正常后分段下钻循环，先缓慢开泵，以 1/3 钻进排量循环，正常后逐步提排量至正常排量；避开漏失层，在漏失层以上充分循环筛除完堵漏材料后，再下钻避开薄弱层，在薄弱点以下循环干

净后，在分段下钻循环至到井底。

4.3.2.2 强承压工艺

①光钻具组合下至漏失层附近，小排量顶通循环，根据情况增、减排量，测漏速，泵注堵漏浆时要在漏失点以上 50m 左右泵堵漏浆；②按配方加入材料，配制承压浆（井浆 +4%PF-BLN 11+1%PF-BLN 12+5%PF-BLN13+3%PF-BLN14+2%PF-BLN15+0.5%PF-BLN16+3%HPF-BLN17+5%HPF-BLN 18+5%HPF-BLN 19+1%HPF-BLN 20）；③泵入堵漏浆，泵入排量以正常排量的 1/3；用井浆替堵漏浆至钻具内外平后起钻至堵漏浆液面以上，关井后进行挤注；④关井，间歇憋挤，挤注排量 3-5L/s，根据吃入量和压力变化情况，分多次少量挤注；多次少量挤注，挤入时压力逐渐上涨，以 0.5MPa 为梯度，每涨 0.5MPa，停泵稳压 10min，缓慢提高到挤柱压力，压力接近预期压力后，静止，观察压力变化情况，直到压力稳定或压降 30min 下降不能超过 0.5MPa；⑤压力变化符合预期后，通过压井管汇泄压，泄压要缓慢，控制返出量，计量好返出量；⑥泄压后开井静止 1h，关井再次分多次少量挤注，达到泄压前的压力；⑦挤注压力达到预期压力后，进行补压，补压期间压力不能超过预期压力，观察压力变化情况，直到压力稳定或压降 30min 下降不能超过 0.5MPa；开井泄压应缓慢，防止泄压过快，造成地层回吐过多，影响堵漏效果或造成井壁坍塌，开井后静止堵漏 3-5h；⑧验堵，静止时间到后原钻具组合在套管内循环，缓慢顶通排量逐步提至钻进排量循环，循环正常后分段下钻循环，先缓慢开泵，以 1/3 钻进排量循环，正常后逐步提排量至正常排量；避开漏失层，在漏失层以上充分循环筛除完堵漏材料后，再下钻避开薄弱层，在薄弱点以下循环干净后，在分段下钻循环至到井底。

5 结论与认识

①结合渤海油田恶性断层漏失或断层破碎带漏失，钻遇后漏失速度均较大，且常规堵漏泥浆承压能力不满足下步作业需求，故在满足强钻条件下，钻穿断层及薄弱地层后，进行堵漏或光钻杆承压堵漏，提高承压能力；②A7 井经过先后进行了随钻堵漏强钻、凝胶 +BLN 系列桥堵以及强承压堵漏，成功堵漏地层，套管顺利到位，但在固井期间无返出，说明承压还有待加强；③堵漏工艺需要完善，在存在单个断层断距大或多个断层及薄弱层存在的情况下，应完善堵漏方案，预估堵漏浆用量，尽量全封整个断层井段甚至是整个裸眼段；④形成了一套适用于渤海油田防漏堵漏技术措施，并形成配套承压技术与工艺相结合的技术措施，为后续防漏堵漏作业提供了不可多得的经验。

作者简介：

宋晓伟（1984-），男，2007 年毕业于中国石油大学（华东）应用化学专业，大学本科，工程师，现在从事钻井液技术研究工作。