

# Application of Open Hole Sand Filling Technology in the Plugging of Fu1x1 Well

Shuo Luo Yiteng Li Xin Jiang Zhikun Liu

No.1 Drilling Branch of CNPC Bohai Drilling Engineering Company Limited, Tianjin, 300280, China

## Abstract

Serious and malignant leakage occurred when well Fu1x1 was drilled to the Ordovician system, and different plugging methods were used for many times but failed to achieve the required effect. In order to realize the next step completion operation, cement cementing operation should be carried out on the upper part of the reservoir to achieve the purpose of isolating the water layer. Because of the low bearing capacity of ordovician limestone and the leakage in the lower reservoir, the cementing can not be done directly. In this well, quartz sand is used to fill the lower hole, so that the upper part of the reservoir can reach the condition of cement cementing, and good results have been achieved.

## Keywords

open hole filling sand; plugging; Ordovician limestone; well cementation

# 裸眼填砂工艺在福 1X1 井堵漏中的应用

罗硕 李逸腾 姜鑫 刘志坤

渤海钻探工程有限公司第一钻井分公司, 中国·天津 300280

## 摘要

福 1X1 井钻进至奥陶系发生严重恶性漏失, 多次采用不同的堵漏方式均未达到要求的效果, 为实现下步完井施工作业, 需对油层上部进行水泥固井作业, 以达到隔离水层的目的。因本井奥陶系灰岩承压能力低, 且下部油层仍存在漏失情况无法直接固井。本井采用了石英砂对下部裸眼进行充填, 使油层上部达到水泥固井的条件, 取得了较好的效果。

## 关键词

裸眼填砂; 堵漏; 奥陶系灰岩; 固井

## 1 引言

增福台潜山北段古生界奥陶系分布稳定, 主要以发育峰峰组和亮甲山组碳酸盐缝洞型储层为主, 奥陶系碳酸盐岩储层缝洞发育。该区块奥陶系上马家沟组以石灰岩, 含泥石灰岩, 夹灰质白云岩、白云质灰岩为主, 地层压力系数在 0.98~1.00, 是极易发生恶性漏失的地层。为实现完井试采工艺, 必须建

立稳定的试采通道, 由于本井油层井眼尺寸为 152.4mm, 完井工具和管串尺寸可选择性很小, 必须采用下 127mm 套管并进行水泥固井。该井钻至完钻井深 2917m 后, 环空液面始终保持在 190m 位置, 计算地层压力系数为 0.98。本井设计密度为 1.50g/cm<sup>3</sup> 的水泥进行固井水泥, 固井所需井底地层承压能力达到 1.20 系数, 前期采用了多次堵漏方案在承压能力和漏速两个参数上均不能达到要求, 经多方专家进行讨论进行裸眼填砂堵漏的方案。

【作者简介】罗硕 (1986-), 男, 中国湖南衡阳人, 工程师, 工程硕士, 从事石油天然气钻井工程研究。

姜鑫 (1987-), 男, 中国湖北应城人, 助理工程师, 本科学历, 从事石油天然气钻井工程研究。

刘志坤 (1985-), 男, 中国河北承德隆化人, 助理工程师, 从事石油天然气钻井工程研究。

李逸腾 (1990-), 男, 中国天津人, 工程师, 本科学历, 从事石油天然气钻井工程研究。

## 2 福 1X1 井井漏情况简介

### 2.1 漏失经过

第一次漏失: 152.4mm 井眼钻进至 2598m, 钻时加快, 由 2.1~2.97min/m 降至 1.25min/m, 有放空现象, 观察出口流量减小至失返, 泵压下降至 8MPa, 上提钻具排量至 10L/s 出口不返泥浆, 停泵起钻, 连续灌浆起钻 6 柱至套管内,

起钻至技套内关井观察并监测环空液面为 195m。

当时井内钻具组合:  $\Phi 152.4\text{mm}$  PDC+ $\Phi 127\text{mm}$  螺杆(1.25°)+浮阀+ $\Phi 142\text{mm}$  稳定器+ $\Phi 127\text{mm}$  无磁 MWD+ $\Phi 88.9\text{mm}$  无磁抗压缩钻杆+311/DS40 接头+ $\Phi 101.6\text{mm}$  加重 18 根+ $\Phi 101.6\text{mm}$  钻杆。

钻井参数: 钻压为 40KN; 转速为 60+ 螺杆 rpm; 排量为 20l/s; 泵压为 14MPa。

钻井液性能: 无固相钻井液; 密度 1.03 g/cm<sup>3</sup>; 粘度 27s; pH 值 10<sup>[1]</sup>。

## 2.2 堵漏处理方案

第一阶段: 中途测试。更换常规钻具强穿至 2608m, 出口未返泥浆, 建设方通知再钻具内进行中途测试, 测试期间环空液面 190m, 中途测试阶段共漏失泥浆 61.31m<sup>3</sup>。

第二阶段: 强穿钻进。下入常规钻具强行钻进至 2696m, 钻进期间未返泥浆, 强穿过程漏失泥浆 294.27m<sup>3</sup>。

第三阶段: 下光钻杆用堵漏泥浆堵漏。配堵漏泥浆 25m<sup>3</sup>, 浓度 29% (配方: 随钻堵漏剂 0.75t, BZ-DSA 1.25t, 复合堵漏剂 0.75t, BZ-CDL-II 4.5t), 泵入 22m<sup>3</sup>, 替清水 13.5m<sup>3</sup>, 出口未返。监测环空液面 181m, 下光钻杆用堵漏泥浆堵漏期间共漏失泥浆 44.3m<sup>3</sup>。

第四阶段: 水泥堵漏。下钻至 2694m, 泵入堵漏泥浆 10m<sup>3</sup> (配方: 8.4%BZ-CDL-II+6% 复合堵漏剂+2%BZ-DSA+11.6% BZ-SDL), 替清水 14m<sup>3</sup>, 出口未返; 起钻至 2300m 水泥堵漏 (泵入前置液 1m<sup>3</sup>, 密度 1.85g/cm<sup>3</sup> 水泥浆 10 m<sup>3</sup>, 后置液 1m<sup>3</sup>, 替清水 10.6m<sup>3</sup>, 水泥泵入钻杆后环空液面开始下降, 替清水 3.2m<sup>3</sup> 液面降至最低, 从 185 降至 354m), 出口未返; 起钻完监测液面位置上涨至 287m, 候凝阶段监测液面上涨至 186m, 液面相对稳定; 灌入清水 1.5m<sup>3</sup>, 液面上涨至 113m; 钻塞至 2080m 出现漏失, 出口流量减小, 钻塞至 2094m 失返, 钻至 2123m 关井测液面位置 212m, 水泥堵漏期间漏失 218.77m<sup>3</sup>。

第五阶段: 弱凝胶堵漏。配 23m<sup>3</sup> 膨润土堵漏浆, 配方为: 膨润土浆 20m<sup>3</sup>+超分子结构剂 III 型 1t、超分子结构剂 IV 型 3t、超分子结构剂 V 型 0.6t+超分子凝胶 I 型 0.3t。泵入井底静堵 6h 开泵试漏, 以排量 20L/s 泵入堵漏泥浆 5m<sup>3</sup>, 出口未返, 环空液面位置由 224m 上涨至 205m, 堵漏效果不明显, 弱凝胶堵漏期间漏失 57.25 m<sup>3</sup>。

第六阶段: 强凝胶堵漏。配强凝胶堵漏浆 37m<sup>3</sup>, 配方为: 清水 30m<sup>3</sup>+膨润土 0.9t+烧碱 0.025t+10.0t 超分子高强度凝胶 SDG-1+1.5t 超分子高强度凝胶。静堵 12h 后下钻至 2458m, 排量 24L/s 循环无漏失, 返出堵漏材料、凝胶混浆, 开泵冲划至 2574m 井漏失返, 测液面 206m。强凝胶堵漏期间漏失 86.9 m<sup>3</sup>。

第七阶段: 水泥自胶结堵漏。配 8% 膨润土泥浆 40m<sup>3</sup>, 泥浆泵排量 0.4~0.5m<sup>3</sup>/min 泵入膨润土泥浆, 水泥车排量 1.0~0.9m<sup>3</sup>/min 泵入水泥浆, 密度 1.85g/cm<sup>3</sup>, 共泵入膨润土泥浆 35m<sup>3</sup>, 水泥浆 80m<sup>3</sup>, 测液面位置 243m。钻塞至 2602m 钻压放空, 钻至 2620m 出现漏失, 初始漏速 12m<sup>3</sup>/h, 继续冲划至井底 2696m, 出口流量减小至失返。水泥自胶结堵漏期间漏失 255.72m<sup>3</sup>。

第八阶段: 水泥浆堵漏。泵入水泥浆 71m<sup>3</sup>, 密度 1.85g/cm<sup>3</sup>, 下常规钻具组合至 2030m 循环无漏失, 钻塞至 2696m 无漏失。随后钻进至 2795m 再次发生失返性漏失, 液面稳定在 190m, 现场决定强行钻进至完钻井深 2917m, 该期间漏失 146.99m<sup>3</sup>。

经完井电测解释后, 建设方单位要求对 2696m 以上井段层位进行封固隔离, 2696m 以下井段后期完井进行试油。经多方专家讨论, 2696m 以上必须进行水泥封闭以达到水层隔离的效果, 下部为实现固井的承压能力, 进行裸眼填砂。

## 3 裸眼填砂工艺实施

### 3.1 填砂井段选择

下部井段为奥陶系上马家沟组以石灰岩和白云质灰岩为主, 井眼稳定, 坍塌压力系数 1.00 井塌风险较小。根据电测解释曲线并结合固井施工要求, 选择在 2765~2917m 井段进行填砂。

### 3.2 砂样种类选择

表 1 石英砂粒径与沉降速度关系表

粒径大小 /mm	目数 (目)	自由沉降速度 (mm/s)			
		水温 0℃	水温 10℃	水温 20℃	水温 30℃
0.5	35	43.3	50.6	56.7	61.9
0.6	30	54.3	62.6	69.2	75.0
0.7	25	65.2	74.2	81.2	88.5
0.8	20	75.0	85.5	93.7	102
0.9	15	85.5	96.0	106	114
1.0	10	95.2	107	117	125

根据地层孔隙度与裸眼尺寸的大小以及使用钻具的水眼大小和沉降速度选择粒径 0.71mm~0.76mm (20~25) 的石英

砂颗粒, 计划用量  $3.0\text{m}^3 / 8.0\text{T}^{[2]}$ , 如表 1 所示。

### 3.3 填砂实施过程

按照需填砂井段的要求, 2765~2917m 分三次进行填充, 第一次将光钻具下至 2880m 井底预留 37m, 根据测井的井径计算 2880~2917m 的容积为  $0.74\text{m}^3$ , 先进行填砂  $0.6\text{m}^3$  然后进行试探砂面再继续下部作业。石英砂往钻具水眼充填采用自制工具(如图 1 所示)进行, 填砂速度  $0.16\text{m}^3 / \text{h}$ , 填砂漏斗下接水管线混合石英砂防止堵钻具水眼, 冲水排量  $2\text{m}^3 / \text{h}$ , 每充填 30min 活动一次钻具观察钻具悬重变化防止卡钻<sup>[3]</sup>。



图 1 福 1X1 现场填砂施工作业

第一次填砂  $0.6\text{m}^3$  后活动钻具, 根据石英砂的沉降速度计算钻具活动时间开始探砂面, 2h 以后每活动一次(行程 5~8m)砂面上涨 0.2~0.3m, 石英砂逐渐出水眼到达钻具下深高度, 第一次填砂最终探得砂面 2860m, 因石英砂在地层中填充度的因素所探得砂面较预计砂面高 20m, 该数据为后续两次填砂量提供了参考依据。

第二次填砂  $0.6\text{m}^3$ , 预计填充井段 2860~2800m。本次填砂钻具下深至 2850m, 距离上次砂面 10m, 填砂完成后, 活动 1.8h 后钻具开始遇阻, 遇阻吨位 6T。继续活动钻具, 钻具活动行程 5~8m, 1h 后最终遇阻位置不发生改变, 探得砂面 2785m, 较预计砂面高 15m。

第三次填砂  $0.3\text{m}^3$ , 预计填充井段 2785~2765m。本次填砂钻具下深至 2780m, 距离上次砂面 5m, 填砂完成后, 活动 1.5h 后钻具开始遇阻, 遇阻吨位 6T。继续活动钻具, 钻具活动行程 5~8m, 1h 后最终遇阻位置不发生改变, 探得砂面 2754m, 较预计砂面高 11m。

探完砂面后, 起钻至 2729m 位置泵入浓度为 7% 随钻堵漏泥浆  $12\text{m}^3$ , 起钻至上层套管内静止堵漏。静堵 6h 下钻探砂面, 砂面发生变化最终砂面位置为 2768m, 较起钻静堵前下降了 14m, 砂面下降原因分析为: 在井底压力变化下砂粒挤压下沉充实了井下石英砂的填充度, 导致砂面下降。在 2729m 开泵循环排量 10L/s, 15min 后泥浆顺利从井口返出, 循环 30min 未发生漏失。继续提排量至 15L/s 排量循环 30min, 测漏速为  $2\text{m}^3 / \text{h}$ , 达到了预期效果。起钻前泵入堵漏浆  $12\text{m}^3$  (配方: 8.4%BZ-CDL-II+6% 复合堵漏剂 +2%BZ-DSA+11.6% BZ-SDL), 泵入完堵漏泥浆后下钻探砂面仍为 2768m 不变, 砂面未发生变化。

下入常规钻具进行通井准备下套管, 在技术套管脚采用 20L/s 排量循环未发生漏失, 下钻到底探砂面 2768m 不变, 循环 10L/s 排量循环无漏失, 达到下套管固井的条件。

## 4 裸眼填砂效果评价

福 1X1 井采用裸眼填砂工艺对奥陶系灰岩漏失进行了封堵, 经过封填 2917~2768m 井段后, 成功实现了堵漏, 为完井的固井作业提供了条件。该井 152.4mm 井眼顺利下入 127mm 套管至 2754m, 固井采用密度为  $1.50\text{g}/\text{cm}^3$  的 LW602S 低密度水泥浆体系顺利完成固井, 后续测声幅、套管试压合格, 为后期的试油工作有效的分隔了 2750m 以上地层的出水情况, 达到了预期目的。

## 5 结语

综上所述, 奥陶系灰岩漏失可选择合适粒径的石英砂充填裸眼达到堵漏或减缓漏速的作用。填砂过程中, 裸眼填充度跟井眼条件有关系, 需要进行试填充计算填充量与填充高度的对应关系。填充效果需进行多手段进行验证, 以达到下部施工所需要的条件。

## 参考文献

- [1] 陈宇, 邓金根, 赵文龙. 变粒径充填防砂砾石尺寸优选研究 [J]. 石油天然气学报, 2010(06):319-321+538.
- [2] 胥锐一, 魏斌, 韩德民. 水平井砾石充填防砂模拟研究 [J]. 油气采收率技术, 1998(02):3-5.
- [3] 崔迎春, 刘媛, 陈玉林, 等. 裂缝性油气储层保护技术研究 [J]. 石油钻采工艺, 2003(06):10-13+83.