

阳页油 1HF 井强封堵油基钻井液技术

田茂明¹ 周 海¹ 张艳红¹ 仝继昌² 陈 亮³ 刘金华⁴

1 中石化华北石油工程有限公司 河南南阳 473132

2 中石化河南油田分公司 河南南阳 473132

3 中石化华东工程有限公司 河南南阳 473132

4 中石化石油工程技术研究院 河南南阳 473132

摘 要: 阳页油 1HF 井是河南油田部署在泌阳凹陷一口页岩油重点探井, 该井完钻井深 5100m, 水平位移 2423m。该井三开井段主要为硬脆性泥页岩, 地层微裂缝发育, 前期施工的泌页 1HF 与泌页 2HF 均发生严重井塌、井漏等复杂问题。针对性的构建强封堵白油基钻井液体系, 通过现场应用表明该体系性能稳定, 封堵能力强, 携带性能好, 采取随钻承压工艺将地层承压能力由 1.36g/cm³ 提高到 1.70g/cm³。

关键词: 油基钻井液; 井壁稳定; 泥页岩; 防漏堵漏

Strong plugging oil-base drilling fluid technology in Yangye oil 1HF well

Maoming Tian¹ Hai Zhou¹ Yanhong Zhang¹ Jichang Tong² Liang Chen³ Jinhua Liu⁴

1 Sinopec North China Petroleum Engineering Co., LTD., Nanyang 473132, China

2 Henan Oilfield Company of Sinopec, Nanyang 473132, China

3 Sinopec East China Engineering Co., LTD., Nanyang 473132, China

4 Sinopec Research Institute of Petroleum Engineering Technology, Nanyang 473132, China

Abstract: Yangye You 1HF well is a key shale oil exploration well deployed in the Biyang Sag of Henan Oilfield. With a drilling depth of 5,100m and a horizontal displacement of 2,423m, it is a shale oil horizontal well with the deepest well and longest horizontal section in Henan oilfield. The third opening section of this well is mainly composed of hard and brittle mud shale, and micro-fractures are developed in the formation. Complex problems such as serious well collapse and leakage occurred in Miye 1HF and Miye 2HF in the early construction. Based on geological structure and formation lithology characteristics, the strong plugging white oil base drilling fluid system is constructed. Field application shows that the system has stable performance, strong plugging ability and good portability. The pressure while drilling technology is adopted to improve the formation pressure capacity from 1.36g/cm³ to 1.70g/cm³, successfully solving the problem of inverted formation pressure window in this well, and effectively guaranteeing the safe construction of long horizontal horizontal Wells.

Keywords: Oil-base drilling fluid; Well wall stability; Shale; Leak prevention and plugging

页岩油气的勘探开发最早始于 20 世纪 50 年代美国的 Williston 盆地 Bakken 组, 随着地质理论的完善及开采技术的进步, 目前已进入全球快速发展阶段^[1]。美国页岩油气革命较为成功, 2019 年美国页岩油产量为 3.85x10⁸t, 占其原油总产量的 65.2%^[2]。页岩油作为中国油气领域战略性接替资源, 对缓解油气对外依存度, 保障国家能源安全具有重要意义^[3-5]。阳页油 1HF 井是河南油田部署在泌阳凹陷一口页岩油重点探井, 目的层为 H3III2 号页岩层。本井设计井深 5100m, 水平位移 2423m, 水平段长 2062m。针对该工区前期井存在井塌、井漏等井下复杂问题, 通过对地层岩性特征开展系统分析, 研发强封堵油基钻井液体系, 解决该工区井漏、井塌难题。

一、工程地质概况

1. 地层岩性概况

阳页油 1 井部署在泌阳凹陷东南深凹区, 主探层位是 H3III 亚段中-下页岩层。整体来看, 粘土矿含量 10~20%, 脆性矿物含量(石英、长石、方解石、白云石)含量 62-73.47%。通过岩心描述、FMI 测井、薄片及扫描电镜观察, 核三段页岩位微裂缝发育详见, 主要为纹理缝、层间微裂缝、水平缝。

2. 井深结构

一开 $\Phi 444.5\text{mm}$ (17-1/2") 钻至 301m, 下 $\Phi 339.7\text{mm}$ (13-3/8") 表层套管。二开 $\Phi 311.1\text{mm}$ (12-2/8") 钻至 2340m, 下 $\Phi 244.5\text{mm}$ (9-5/8") 技术套管。三开 $\Phi 215.9\text{mm}$ (8-1/2") 钻至 3600m, 填井至 2340m。侧钻水平井 2405m 侧钻, $\Phi 215.9\text{mm}$ (8-1/2") 钻至水平井设计井深, 下 $\Phi 139.7\text{mm}$ (5-1/2") 套管完井。

二、钻井液施工难点

1. 水平段黏土矿物以伊蒙混层和伊利石为主, 伊蒙混层

相对含量 48%~71%，伊蒙混层蒙托石比例 10%~15%，为低分散弱膨胀型硬脆性泥页岩，易垮塌；且页岩层水平层理缝发育，且存在高角度缝，井壁易剥落掉块。

2. 阳页油 1HF 井由于裂缝、孔洞发育，导眼井实钻承压能力低，邻井水基钻井液施工井漏频发，本井钻井液施工井漏风险高。

3. 漏失压力与坍塌压力倒置，无安全施工压力窗口。本井导眼段实测地层漏失压力为 1.36g/cm³，预测地层坍塌压力为超过 1.40g/cm³，地层漏失压力小于坍塌压力，井漏井塌问题矛盾突出，前期施工井复杂时效超过 30%。

三、油基钻井液体系构建与性能评价

表 1 强封堵白油基钻井液基础性能（热滚前后）

序号	AV (mPa.s)	PV (mPa.s)	YP (Pa)	Gel	破乳电压 V	高温高压滤失量
热滚前	42	36	6	2/2.5	581	
热滚后	39	33	6	2.5/2.5	856	1.8

由表 1 可知，强封堵白油基钻井液体系，流变性好，滤失量低，乳化稳定性好。

2. 膨胀率测试

表 2 强封堵油基钻井液膨胀率测试

液体	膨胀率/%		回收率/%
	2h	16h	16h
蒸馏水	3.2	6.6	97.5
强封堵油基钻井液	0.5	0.88	100

由 2 表可知：构建的的强封堵油基钻井液配方可有效抑制泥页岩水化膨胀和分散。

3. 抗污染测试

表 3 抗岩屑污染测试结果

加量	AV	PV	YP	Gel	破乳电压	高温高压滤失量 ml
	(mPa.s)	(mPa.s)	(Pa)		V	
5	39.5	32	7.5	2.5/3	847	1.6
10	42.5	34	8.5	3/4.5	812	1.8

表 4 抗水污染测试结果

加量	AV	PV	YP	Gel	破乳电压	高温高压滤失量
	(mPa.s)	(mPa.s)	(Pa)		V	
5	41	32	9	4/6.5	833	2
10	45	34	11	5.5/7.5	749	2.4

表 5 抗盐污染测试结果

加量	AV	PV	YP	Gel	破乳电压	高温高压滤失量
	(mPa.s)	(mPa.s)	(Pa)		V	
5	40	33	7	2.5/3.5	858	1.6
10	41.5	34	7.5	3.0/4.5	847	1.6

由表 3-5 可知，随着污染源加量增加，钻井液在粘切、

筛选 5%白油作为基础油。根据邻井页岩的活度为 0.64，水相为浓度 28%的氯化钙水溶液^[6]。

通过对有机土、乳化剂、降滤失剂等处理剂进行优化，对刚性、纤维、弹性封堵剂复配试验，钻井液配方组成：80%白油（5#）+20%氯化钙水溶液（氯化钙质量分数为 28%）+3.0%主乳化剂+2.0%辅乳化剂+3.0%碱度调节剂+1.5%有机土+4.0%降滤失剂+4%封堵剂

1. 基本性能测试

按照油基钻井液配置程序配置钻井液，在 120℃下老化 16 h，然后在 50℃条件下测定钻井液体系老化前后的流变性能，在 120℃、压差 3.5 MPa 条件下测定其高温老化后的滤失量，结果见表 1。

选用阳页油 1 井井目的层页岩钻屑进行膨胀率、回收率试验。结果见表 2。

针对可能出现的岩屑、水、盐污染，在试样中分别加入不同浓度污染源测试结果见下表。

破乳电压、高温高压滤失量略有变化，总体性能满足施工并

要求, 该钻井液抗污染能力较强。

四、现场维护处理要点

1. 井壁稳定技术

(1) 物理防塌钻井液密度控制在在 2400~3050m 控制密度 1.37~1.50g/cm³, 3800 到完井 1.50~1.57g/cm³, 实现物理防塌。(2) 强化封堵, 加入 5%沥青类降滤失防塌剂, 加入 4%封堵材料提高钻井液封堵微裂缝及层理的能力, 确保对地层有效封堵。(3) 活度平衡, 根据地层活度情况, 选择盐水浓度 $\geq 28\%$ CaCl₂ 水溶液调整钻井液的矿化度。(4) 控制失水, 要求油基钻井液的 HTHP 滤失量 $\leq 2\text{ml}$ 。

2. 油基防漏堵漏技术

(1) 随钻防漏承压技术

在钻进过程中随钻加入 2-3%改性竹纤维, 2-3%超细碳酸钙, 在进入 2800m 加入 1%油基纤维堵漏剂和 1%高效随钻堵漏剂, 实现随钻防漏。在井深 2684m 和 3018m 处理配置裸眼容积 1.2 倍, 浓度 12%堵漏浆(配方: 井浆+3QS-2+2%改性竹纤维+1%油基纤维+2%高效随钻)承压堵漏浆, 承压到 1.55g/cm³。

(2) 恶性井漏堵漏技术

下套管至设计下深后, 发失返漏失。第一次配置 1.50g/cm³ 堵漏浆 90 方, (配方: 4%裂缝堵漏剂-1+2%纤维堵漏剂+3%核桃壳 1<1mm+1%改性竹纤维+1%QS-2+1%高效随钻封堵+1%油基纤维堵。注入前后环空液面为 230m 上升到 107m, 堵漏失败。第二次堵漏浓度 25% (井+3%SRG-1+3%SRG-2+3%SRG-3+3%SRG-4+2%聚硅纤维 (M 型)+4%竹纤维+2%弹性石墨+3%FHD-2。静止堵漏, 降低钻井液密度循环。用密度 1.40g/cm³ 钻井液建立循环, 堵漏成功。

五、认识与结论

1. 强封堵油基钻井液性能稳定, 携带能力强, 润滑性能好, 破乳电压高 (>1000v)。本井油基钻井液施工水平位移 2423m, 水平段长 2062m。该井刷新了河南油田“水平段最长井”、“非常规水平井周期最短”等多项纪录。

2. 本井采用的随钻堵漏材料与随钻承压工艺技术, 将地层承压能力从 1.36g/cm³ 提高到 1.70g/cm³, 成功解决漏失压力与坍塌压力倒置的问题, 为本井安全施工提供重要保证。

参考文献:

[1]杨雷, 金之钧. 全球页岩油发展及展望[J]. 中国石油勘探, 2019, 24(5): 553-559.

[2]U.S. Energy Information Administration. Drilling productivity report: For key tight oil and shale gas regions[R]. Washington, D C: EIA Independent Statistics & Analysis, 2020.

[3]金之钧, 白振瑞, 高波, 等. 中国迎来页岩油气革命了吗[J]. 石油与天然气地质, 2019, 40(3): 451-458.

[4]杜金虎, 胡素云, 庞正炼, 等. 中国陆相页岩油类型、潜力及前景[J]. 中国石油勘探, 2019, 24(5): 560-568.

[5]赵文智, 胡素云, 侯连华, 等. 中国陆相页岩油类型、资源潜力及与致密油的边界[J]. 石油勘探与开发, 2020, 47(1): 1-10.

[6]何正奎. 泌页 HF1 井油基钻井液技术[J]. 石油钻探技术, 2012, 40(4): 32-37.

作者简介: 田茂明 (1987—), 工程师, 2010 年毕业于重庆科技学院应用化学专业, 现从事与钻井液室内研究与现场应用工作。