

吉林油田含油污泥整体调剖技术

于春涛 毕秀范 张 娥

中国石油吉林油田公司采油工艺研究院, 吉林 松原 138000

摘 要: 油田每年由于修井作业、原油储存等原因产生大量的含油污泥。主要对目前含油污泥的成份进行分析, 提出将含油污泥制成调剖剂用于注水井调剖, 充分利用污泥成份中固体含量取代颗粒调剖体系, 实现含油污泥无害化处理的目的。通过室内实验筛选低成本聚合物以及交联体系, 调剖体系强度大于 15 000 mPa·s, 岩心封堵率 90%, 比常规调剖体系封堵率高 3.5%。通过模拟现场三种不同的模式, 进行封堵实验, 从中选择最佳注入模式, 形成区块整体调剖方案设计方法, 对实施参数进行优化设计, 在新立油田现场试验 5 井次, 累计处理含油污泥 2 200 t, 经济创效 105.4 万元, 投入产出比 1:1.5, 经济效益明显。

关键词: 含油污泥; 调剖技术; 区块整体调剖; 经济效益

DOI: 10.3969/j.issn.1006-5539.2015.01.009

0 前言

油田开发过程中会产生大量含油污泥, 处理难度大, 环保压力大^[1-2]。各油田根据含油污泥的自身特点及现场生产需要, 采取了不同的处理措施, 在一定程度上实现了含油污泥的减量化处理、无害化处理和资源利用。但是, 无论是通过物理方法、化学方法还是生物方法处理都存在能耗较高、易造成二次污染、资源回收率低、综合利用程度不高等问题^[3]。目前, 国内外对含油污泥的无害化处理方法一般有焚烧法、生物处理法、热洗涤法、溶剂萃取法、化学破乳法、固液分离法等^[4]。本文对含油污泥实施化学处理, 利用含油污泥与地层之间良好的配伍性, 向含油污泥中加入适量添加剂, 使其具有一定悬浮能力, 与含油污泥中固相含量相混合, 形成一种稳定的调剖剂, 保证调剖剂能进入到地层深部, 封堵窜流通道, 扩大注水波及体积, 最终达到高效、低成本处理含油污泥的目的且利用其起到封窜的作用^[5]。

1 实验

1.1 实验药品及仪器

实验药品: 水解聚丙烯酰胺(分子量 2 500 万、水解度 21.6%, 交联剂 A。实验用水: 现场污水(水质见表 1),

模拟油藏温度 60 °C。

仪器设备: 烘箱、天平、DV-II 黏度计、填沙装置、激光粒度仪(LA-950)、DSTP-111 调剖堵水流动实验仪。

表 1 现场污水水质分析

							mg/L
Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺ +K ⁺	矿化度
52.91	7.78	1 595.25	500.4	80.06	5.76	1 265.92	3 508.08

1.2 实验方法

1.2.1 含油污泥成份分析

将样品充分摇匀后, 称取一定量样品, 置于蒸馏瓶中密封, 接冷凝管, 用酒精灯加热蒸馏, 并在冷凝管出口收集馏出的水分至无馏出水后, 用石油醚和丙酮的混合液洗涤蒸馏瓶中的残余物, 用砂芯漏斗过滤, 并反复用混合液洗涤直至漏斗中的残余物不含油为止, 然后将砂芯漏斗连同残余物烘干、称重。应用激光粒度仪测试粒径分布。

1.2.2 调剖剂的研制

根据含油污泥的特性, 筛选出适合油藏温度条件下的主剂及交联剂, 调制含油污泥调剖剂。

1.2.3 调剖剂的评价及应用

室内物理模拟实验确定最佳注入方式以及注入参数。

收稿日期: 2014-10-06

作者简介: 于春涛(1980-), 男, 吉林松原人, 高级工程师, 学士, 主要从事油田化学以及气驱封堵等相关技术研究。

2 实验结果

2.1 含油污泥成份分析

含油污泥及油土样品外观呈黑色黏稠状,罐底泥的主要成份为原油、水、杂质等,含油率 23%~57%,pH 值呈中性。由激光粒度仪(LA-950)分析可知,含油污泥粒径主要分布在 10~300 μm, 约占 80%, 粒径分布较为集中(见图 1), 适合在调剖体系内充填颗粒堵剂, 形成凝胶颗粒复合体系, 增加封堵强度, 封堵水窜通道。

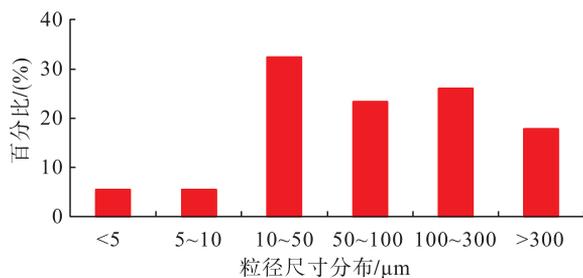


图 1 含油污泥粒径分布

2.2 含油污泥调剖体系研制与评价

2.2.1 含油污泥调剖体系研制

选用聚合物质量分数为 0.2% 的成胶体系, 保持聚合物质量分数 0.2% 不变, 模拟油藏温度 60 °C 下, 考察不同聚交比对成胶性能的影响, 实验筛选聚交比 1:1.5 凝胶体系最佳配方为: 0.2% HPAM+0.3% 交联剂 A, 凝胶成胶后完全挂起, 黏度可达 15 000 mPa.s, 成胶时间 18 h, 完全满足现场注入需求(见表 2)。

表 2 交联剂浓度的确定

聚合物/(%)	交联剂 A/(%)	聚交比	成胶时间/h	黏度/mPa.s
0.2	0.1	2:1	24	10 500
0.2	0.2	1:1	20	12 100
0.2	0.3	1:1.5	18	15 000
0.2	0.4	1:2	16	15 200

2.2.2 含油污泥调剖体系评价

采用 100~150 目石英砂充填 2.5 cm×100 cm 填砂管岩心, 开展常规调剖剂封堵性能与含油污泥调剖剂的岩心封堵性能对比。按照相同配比开展实验, 分别注入 0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6 PV, 放置 60 °C 恒温箱中候凝 72 h 后^[6], 油藏温度下测定含油污泥调剖体系岩心封堵率^[7]。

含油污泥调剖体系岩心封堵性能见图 2。由图 2 可知, 含油污泥调剖体系的封堵率随着注入量的增加而增加, 大于 90%, 表明含油污泥调剖体系具有较好的封堵性能^[8], 与常规调剖剂对比, 在相同注入量条件下, 封堵率高出 3.5%。含油污泥调剖技术能够实现封堵水窜通道, 提高水驱开发效果的目的。

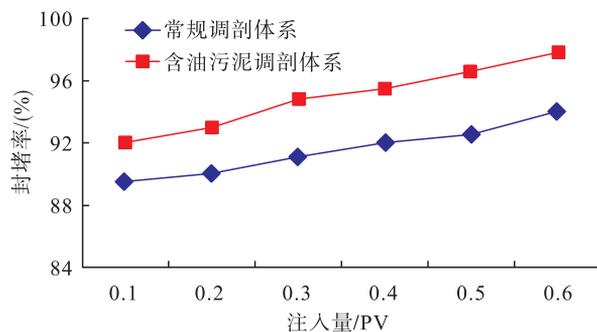


图 2 含油污泥调剖体系岩心封堵性能

3 区块整体调剖设计方法

3.1 调剖模式的优选

调剖模式有单井模式、隔井模式、面积多井模式(见图 3)。不同调剖模式下, 注水驱替至调剖井组综合含水达到 90%, 对所选井位高渗透层调剖, 注入量为该井控制范围内高渗透层和裂缝体积的 1/3 PV。调剖剂成胶后, 将模型在水驱速度为 2 m/d 条件下驱替至调剖井组综合含水达到 98%^[9], 详细记录过程中各油水井动态参数。

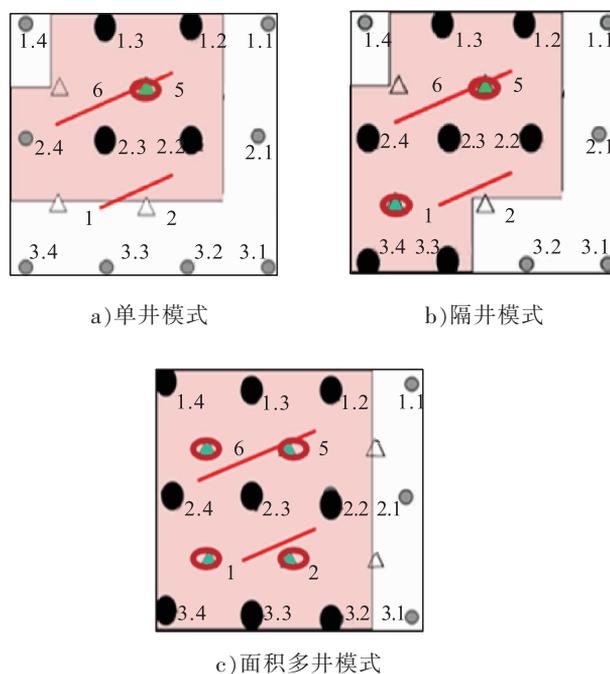


图 3 不同模式调剖井位及一线油井控制面积

不同调剖模式对采出程度影响和增油效果对比见图 4。由图 4 可知, 不同调剖模式下, 控制区域油井提高采收率幅度从大到小分别为面积多井模式>隔井模式>单井模式。

面积多井模式属于多井的区块整体调剖, 控制 9 口油井, 调剖效果比较明显, 说明区块调剖增加调剖井数量优势显著。

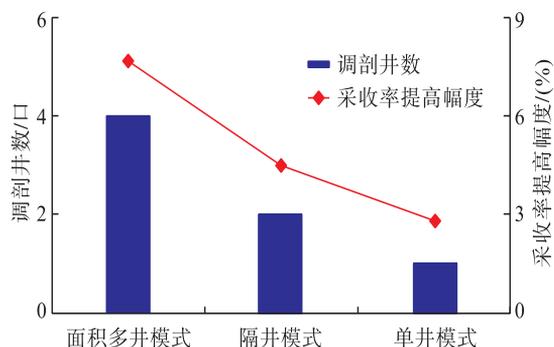


图4 不同调剖模式对采出程度影响和增油效果对比

3.2 整体调剖方案设计方法

3.2.1 调剖剂用量设计

用量设计采用方向法:根据动态资料确定井组主要窜流方向,将其作为调剖的主要方向,先计算每个方向的堵剂用量,累加之后作为该井的调剖总量^[10]。

$$Q_i = \pi R^2 \times h \times \Phi \times (1 - S_{wi}) / N \quad (1)$$

$$Q_{\text{总}} = \sum Q_i \quad (2)$$

式中: Q_i 为任一方向调剖剂用量, m^3 ; R 为调剖半径, m , 经验值 9.8 m ; h 为调剖层段厚度, m ; Φ 为油藏孔隙度, %; S_{wi} 为含油饱和度, %; N 为井组注采敏感油井数, 口; $Q_{\text{总}}$ 为调剖总量, m^3 。

3.2.2 注入速度优化设计

根据油田的油藏类型以及含油污泥调剖剂的性能特点,优化设计注入速度,在注入量相同的条件下,改变注入速度,观察注入速度与采收率的关系。通过室内实验分析得出,注入速度为 $2 \text{ m}^3/\text{h}$ 时采收率提高幅度最大,折算现场试验注入速度是注水速度的 1.5~2 倍(见图 5)。

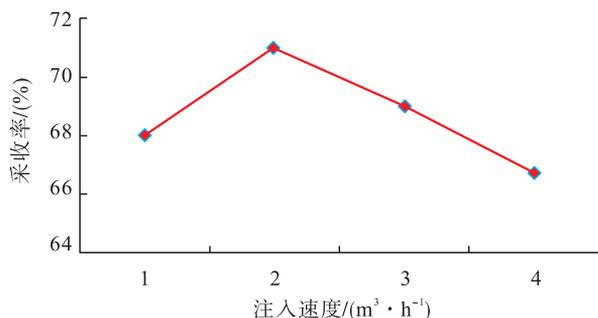


图5 调剖剂注入速度与采收率关系

4 现场试验

含油污泥整体调剖技术于 2012 年 10 月进行现场实施,实施 5 个井组,对应油井 12 口。5 个井组累计注入调剖体系 5000 m^3 ,处理含油污泥 2220 t 。开展区块整体调剖措施明显,整体改善水驱开发效果,截至 2013 年 7 月,5 个井组启动压力平均上升 2.2 MPa ,吸水剖面改善程度达到 80%,措施增油 289 t ,减水 2175 m^3 。创造经济效益 105.4 万元(原油价格 4960 元/ t ,操作成本 1312 元/ t),投

入产出比 1:1.5。将含油污泥进行调剖回注,变废为宝,使含油污泥这种危险废弃物做到了“减量化,资源化”再利用,减小了环保压力。

5 结论

1) 含油污泥的固体含量为 80%(w), pH 值中性,粒径主要分布在 $10\sim300 \mu\text{m}$ (约占 80%),粒径分布较为集中,具备进入地层和封堵水窜通道的条件,适合用于注水井调剖。

2) 含油污泥调剖体系对岩心的封堵率高于常规调剖体系 3.5%,且二者对岩心的封堵率均大于 90%,表明含油污泥调剖体系具有较好的岩心封堵性能。能够在注水井注入起到封堵裂缝大孔道、调整吸入剖面的问题。

3) 开展污泥整体调剖实验,经济效益明显,投入产出比 1:1.5,说明用活性油泥作为调剖剂可以充分利用现有资源,为油田含油污泥的再生利用找到了一种有效方法。

参考文献:

- [1] 杜国勇,施欢,刘付臣,等. 含油污泥减量化处理现场中试试验[J]. 天然气与石油, 2011, 29(2): 25-26.
Du Guoyong, Shi Huan, Liu Fuchen, et al. Site Pilot Test of Oily Sludge Reduction Treatment [J]. Natural Gas and Oil, 2011, 29(2): 25-26.
- [2] 刘惠卿,盘英,李玉婷. “三泥”处理现状[J]. 石油化工环境保护, 2001, 24(1): 33-36.
Liu Huiqing, Pan Ying, Li Yuchang. Situation of Three Sludge Treatment Processes [J]. Environmental Protection in Petrochemical Industry, 2001, 24(1): 33-36.
- [3] 舒政,郑川江,叶仲斌,等. 油田含油污泥调剖技术研究进展[J]. 应用化工, 2012, 41(7): 1232-1235.
Shu Zheng, Zheng Chuanjiang, Ye Zhongbin, et al. Progress and Research of Oily Sludge Profile Control Technology [J]. Applied Chemical Industry, 2012, 41(7): 1232-1235.
- [4] 黄玲,高荔,党博,等. 油田含油污泥产生途径及处理方法[J]. 油气田地面工程, 2010, 29(2): 75-76.
Huang Ling, Gao Li, Dang Bo, et al. Creation Way and Treatment Method of Oily Sludge in the Oilfield [J]. Oil-Gasfield Surface Engineering, 2010, 29(2): 75-76.
- [5] 程伟涛,李微,颜江,等. 复合污泥调剖技术在文东油田的应用[J]. 中国石油和化工质量与标准, 2012, 10(上): 137-139.
Cheng Weitao, Li Wei, Yan Jiang, et al. The Composite Sludge Profile Control Technology Used in Wendong Oilfield [J]. China Petroleum and Chemical Standard and Quality, 2012, 10 (volume 1): 137-139.

- [6] 程静,葛洪江,王心刚,等. 窜流型大孔道堵水材料的研究与评价[J]. 特种油气藏, 2009, 16(增刊2): 58-61.
Cheng Jing, Ge Hongjiang, Wang Xingang, et al. Research and Evaluation of Water Shutoff Material for High Capacity Channeling [J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2009, 16(Suppl 2): 58-61.
- [7] 王从颖,薛鲁营,赵成祥,等. 含油污泥调剖剂的研究与应用[J]. 石油地质与工程, 2010, 24(2): 115-117.
Wang Congying, Xue Luying, Zhao Chengxiang, et al. Study and Application of Oily Sludge Base Profile Modifier [J]. Petroleum Geology and Engineering, 2010, 24(2): 115-117.
- [8] 李丹梅,王艳霞,余庆中. 河南油田含油污泥调剖剂技术研究及应用[J]. 油气田环境保护, 2003, 13(3): 30-32.
Li Danmei, Wang Yanxia, Yu Qingzhong. Oily Sludge Treatment Technique and Its Application in Henan Oilfield [J]. Environmental Protection of Oil & Gas Fields, 2003, 13(3): 30-32.
- [9] 胡雪滨,邓卫东,肖文. 含油污泥调剖剂的研制与应用[J]. 油田化学, 2004, 21(3): 251-254.
Hu Xuebin, Deng Weidong, Xiao Wen. Preparation and Application of Profile Modifier Based on Oily Sludge from Produced Water Treatment [J]. Oilfield Chemistry, 2004, 21(3): 251-254.
- [10] 高琦琳,由庆,王国辉. 含油污泥在我国油田中的应用[J]. 中国石油大学胜利学院学报, 2010, 24(1): 8-11.
Gao Qilin, You Qing, Wang Guohui. Application of Oily Sludge in Oilfield of China [J]. Journal of Shengli College China University of Petroleum, 2010, 24(1): 8-11.

阿姆河 A 区向国内输送天然气超 $250 \times 10^8 \text{ m}^3$

截至2014年12月14日土库曼时间12:00,西南油气田承担生产运维的海外项目——阿姆河项目A区,累计通过中亚天然气管道向国内输送天然气量突破 $250 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

2009年,西南油气田走出国门,开始承担阿姆河项目A区天然气开发生产运行和维抢修服务;2011年全面独立管理阿姆河天然气A区生产运行,成为支撑阿姆河右岸天然气开发的主力军,并于同年底又承担起项目B区的运维任务,海外合作5年多来,西南油气田克服了资源国物资极度匮乏、监督政策多变、气候环境恶劣、本土人员技能较低、文化差异明显等不利因素,积极探索,融合管理,构建了日趋成熟的海外天然气项目生产运行管理总承包模式和适应资源国特殊环境的管理机制;风雨如晦,全力支持,充分利用油气田在50多年天然气勘探开发中形成的技术、人才优势,实现了海外合作项目的长周期、高负荷、安全高效运行,“海外示范区”建设成绩卓越。

截至2014年12月5日,阿姆河项目A区共生产天然气 $60.96 \times 10^8 \text{ m}^3$,高于历年产量;净化气 $56.57 \times 10^8 \text{ m}^3$,外输商品气 $55.66 \times 10^8 \text{ m}^3$,超过历年全年外输气量。2010年至2012年,天然气产量年增长近 $10 \times 10^8 \text{ m}^3$;2010年至2014年,天然气产量实现由 $30 \times 10^8 \text{ m}^3$ 到 $60 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的阶梯式提升。5年来产量任务年年提前完成、产量及外输气量一年比一年高。

土库曼斯坦进入严冬后,国内天然气需求也因冬季而陡增。为确保阿姆河项目冬季高负荷期间安全生产、保障 $1800 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的天然气日产水平,西南油气田阿姆河项目部正开足马力,积极开展冬防保温问题整改,做好上下游高负荷运行监控,确保装置安全平稳生产,力争为国内输回更多优质天然气。

(兰洁 摘自《中国石油报》)