

# The Study and Performance Evaluation on Weak Sensitivity Reduced Pressure and Augmented Injection System for Oil Reservoirs in the Upper Member of Es<sub>3</sub> in Block Wen 33

Xiaodong Li<sup>1</sup>, Yonghui Du<sup>1</sup>, Jie Yang<sup>1</sup>, Rong Zhang<sup>1</sup>, Lanfang Zhang<sup>1</sup>, Changsong Liu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Research Institute of Petroleum Engineering Technology, Zhongyuan Oilfield Company, SINOPEC, Puyang Henan

<sup>2</sup>Department of Engineering and Technology Management, Zhongyuan Oilfield Company, SINOPEC, Puyang Henan

Email: upclxd@aliyun.com

Received: Aug. 30<sup>th</sup>, 2017; accepted: Oct. 28<sup>th</sup>, 2017; published: Dec. 15<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

In consideration of the problems of high injection pressure and short valid period of acidizing in oil reservoirs in the Upper Member of Es<sub>3</sub> of Block Wen 33, the mechanism of formation damage was studied and analyzed. The main reason was that the oil reservoir was with strong velocity sensitivity, moderate water sensitivity and acid sensitivity. Because it was easy to produce secondary precipitation during conventional acidizing, experiments were carried out in the system with weak sensitivity reduced pressure and augmented injection. Main acid and additives were selected for reducing the velocity sensitivity, water sensitivity and acid sensitivity. For this fluid system, the secondary precipitation amount was 1/12 that of the conventional mud acid. The dynamic experiments show that the fluid system can effectively remove near wellbore pollution and formation blockage resulted from clay particles migration and expansion caused by water sensitivity and velocity sensitivity.

## Keywords

Formation Damage, Sensitivity, Secondary Precipitation, Selection Experiments, Removing Near Wellbore Pollution

---

# 文33块沙三上油藏弱敏感降压增注体系研究与性能评价

李晓东<sup>1</sup>, 杜永慧<sup>1</sup>, 杨 杰<sup>1</sup>, 张 荣<sup>1</sup>, 张兰芳<sup>1</sup>, 刘长松<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中石化中原油田分公司石油工程技术研究院, 河南 濮阳

<sup>2</sup>中石化中原油田分公司工程技术管理部, 河南 濮阳

作者简介: 李晓东(1985-), 男, 博士, 工程师, 现从事油气层保护工作。

Email: upclxd@aliyun.com

收稿日期: 2017年8月30日; 录用日期: 2017年10月28日; 发布日期: 2018年12月15日

## 摘 要

针对文33块沙三上油藏注入压力高、酸化有效期短等问题, 分析文33块沙三上油藏储层伤害主要原因是油藏具有较强速敏、中等水敏及酸敏, 常规酸化易产生二次沉淀。开展了弱敏感降压增注体系主酸液与添加剂的筛选试验, 确定了能够减小速敏、水敏及酸敏的主酸液与添加剂, 该体系二次沉淀量为常规土酸的1/12。动态试验表明, 该体系能有效解除近井污染以及因水敏、速敏使得黏土颗粒运移与膨胀而造成的地层堵塞。

## 关键词

储层伤害, 敏感性, 二次沉淀, 筛选试验, 解除近井污染

Copyright © 2018 by authors, Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

文 33 块沙三上油藏平均孔隙度 16.5%, 空气渗透率为 34.7 mD, 油藏温度是 115~120℃, 原始地层水矿化度  $26 \times 10^4 \sim 30 \times 10^4$  mg/L。截止到 2016 年 12 月, 该区块注水井开井 54 口, 平均注水压力 35.8 MPa, 平均单井日注水 14.2 m<sup>3</sup>, 高压注水井 48 口, 其中 32 口井欠注, 区块注水压力高、压高欠注及欠泵欠注现象严重。针对文 33 块沙三上油藏开发中存在的问题, 现场采取了相应的酸化降压增注措施, 统计该区块近 5 年的措施效果, 低效和无效井所占比例较高, 且普遍存在有效期较短、注水压力很快恢复至措施前的问题。针对该问题, 通过储层伤害分析, 从现有酸液中优选出二次沉淀量少、弱敏感的无机与有机酸并将其复合, 添加黏土稳定剂、铁离子稳定剂等添加剂, 形成文 33 块沙三上油藏弱敏感降压增注体系。

## 2. 储层伤害原因分析

对文 33 块沙三上油藏的取心井做了 X 射线衍射全岩和黏土矿物含量分析。文 33 块沙三上油藏黏土

矿物含量高达 26.3%，主要黏土矿物是伊利石，占总含量 58.8%。敏感性评价结果为较强速敏、中等水敏及中等偏弱酸敏，并且酸敏产生的二次沉淀对储层造成的伤害不容忽视。为此，较强速敏、中等水敏及酸敏等储层敏感性是造成储层伤害的主要原因。

### 3. 弱敏感降压增注体系主酸液的研究

为减少溶解碳酸盐氟化钙二次沉淀的生成，酸液中须含有盐酸；为溶蚀黏土及避免产生二次沉淀，应采用较低浓度的氢氟酸[1]；为使氟硅酸盐和氟铝酸盐沉淀转化为可溶盐类，减少二次沉淀生成，须复配潜在酸，同时潜在酸逐步水化分解生成氢氟酸能够起到缓速的作用[2]；为保持酸液较低 pH 值，以有机酸作为缓冲剂[3]。

#### 3.1. 试验步骤

先将岩心洗油，岩心在 105℃ 温度下烘 4 h，然后将岩心粉碎至 100~140 目的颗粒。称质量 5 g 左右的岩心，加入蒸馏水及各种酸，放入高温钢筒以 120℃ 温度反应 4 h，过滤后在 105℃ 温度下烘干，最后称其质量，计算溶蚀率。将岩心过 170~200 目筛后，计算破碎率[4]。计算公式如下：

$$R = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%$$

$$P = \frac{m_2 - m_3}{m_2} \times 100\%$$

式中：R 为溶蚀率，%；P 为破碎率，%； $m_1$  为酸溶前样品质量，g； $m_2$  为酸溶后样品质量，g； $m_3$  为酸溶后通过 170~200 目筛后的样品质量，g。

#### 3.2. 结果及讨论

##### 3.2.1. 盐酸的体积分数

试验测得不同体积分数盐酸溶液反应后的溶蚀率，如图 1 所示。当盐酸体积分数达到 8%~10% 时溶蚀率最大。

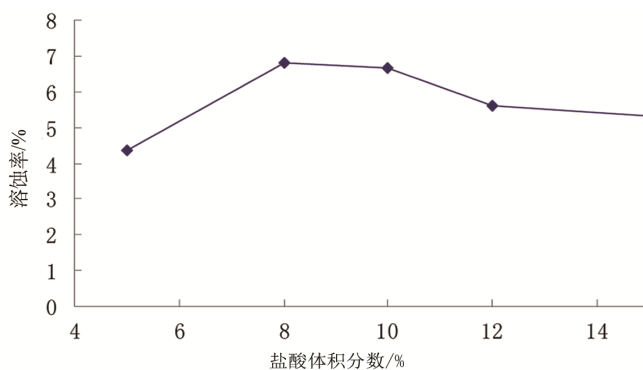
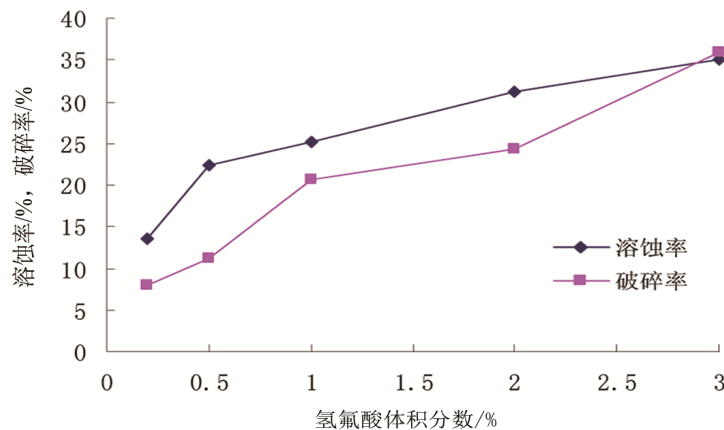


Figure 1. The effect of hydrochloric acid volume fraction on the dissolution rate  
图 1. 盐酸体积分数对溶蚀率的影响

##### 3.2.2. 氢氟酸的体积分数

试验测得不同体积分数的氢氟酸溶液(盐酸体积分数为 10%)反应后的溶蚀率和破碎率,如图 2 所示。氢氟酸体积分数为 0.5% 时溶蚀率已达到要求且破碎率为 12%，说明该体积分数的氢氟酸对岩石骨架破坏较小。同时，低体积分数的氢氟酸有利于减少水化硅及氟化铝等二次沉淀[5]。



**Figure 2.** The effect of hydrofluoric acid volume fraction on dissolution rate and breakage rate  
**图 2.** 氢氟酸体积分数对溶蚀率与破碎率的影响

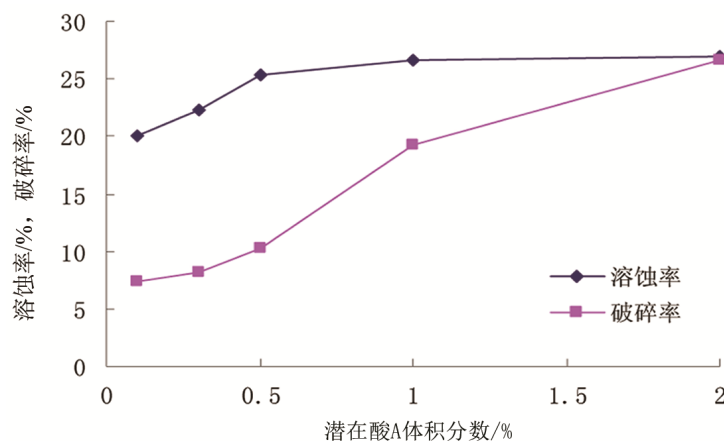
### 3.2.3. 潜在酸的筛选

10%HCl + 0.5%HF 的酸液中分别加入体积分数为 1% 的潜在酸 A、B、C，溶蚀率与破碎率试验结果如表 1 所示。潜在酸 A 的溶蚀率较高，而岩心骨架破碎率最低，同时潜在酸 A 的反应产物能够胶结未溶解的黏土微粒而形成架状结构，使未溶解的地层微粒稳定化[6]，非常适于伊利石含量较高、较强速敏的文 33 块沙三上油藏。因此主酸液中确定潜在酸为 A。

**Table 1.** The screening of potential acids  
**表 1.** 潜在酸的筛选

酸液类型	溶蚀率/%	破碎率/%
10%HCl + 0.5%HF + 1%潜在酸 A	26.58	19.28
10%HCl + 0.5%HF + 1%潜在酸 B	20.28	34.24
10%HCl + 0.5%HF + 1%潜在酸 C	15.29	30.34

10%HCl + 0.5%HF 的酸液中分别加入不同体积分数的潜在酸 A，溶蚀率与破碎率试验结果如图 3 所示。当潜在酸 A 体积分数大于 0.5% 时溶蚀率趋于平缓且破碎率较低，因此潜在酸 A 体积分数确定为 0.5%。



**Figure 3.** The effect of potential acid A volume fraction on dissolution rate and breakage rate  
**图 3.** 潜在酸 A 体积分数对溶蚀率与破碎率的影响

### 3.2.4. 有机酸的筛选

10%HCl + 0.5%HF + 0.5%潜在酸 A 的酸液中分别加入有机酸 A、B、C，反应后的溶蚀率与破碎率试验结果如表 2 所示。加入 3 种有机酸后酸液溶蚀率差别不大，但酸液中加入有机酸 C 的破碎率最低，因此主酸液中的有机酸确定为有机酸 C，其体积分数为 5%。

Table 2. The organic acid type screening

表 2. 有机酸种类筛选

酸液类型	溶蚀率/%	破碎率/%
10%HCl + 0.5%HF + 0.5%潜在酸 A + 1.5%有机酸 A	26.15	23.12
10%HCl + 0.5%HF + 0.5%潜在酸 A + 2%有机酸 B	25.28	24.24
10%HCl + 0.5%HF + 0.5%潜在酸 A + 5%有机酸 C	25.29	10.34

## 4. 弱敏感解堵体系性能评价

### 4.1. 二次沉淀定量评价

分别取常规土酸、弱敏感降压增注体系(RMG-1)与岩屑反应后的产物，利用 X 射线衍射仪测定二次沉淀组分与质量分数，试验结果如表 3 所示。

Table 3. The type and number of secondary precipitation caused by acid rock reaction

表 3. 酸岩反应产生的二次沉淀类型与数量

酸液类型	沉淀组分与质量分数/%									
	H <sub>4</sub> SiO <sub>4</sub>	CaF <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub>	Na <sub>3</sub> AlF <sub>6</sub>	K <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub>	K <sub>3</sub> AlF <sub>6</sub>	CaSiF <sub>6</sub>	AlF <sub>3</sub>	Al(OH) <sub>3</sub>	Fe(OH) <sub>3</sub>
常规土酸	0	0	1.2	0	0	1.2	0	0	0	0
RMG-1	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0

常规土酸产生的二次沉淀分别是氟铝酸钾和氟硅酸钠，弱敏感降压增注体系产生的二次沉淀是氟铝酸钾。弱敏感降压增注体系产生的二次沉淀的质量分数为常规土酸的 1/12。

### 4.2. 动态性能评价

采用文 33 块沙三上油藏天然岩心分别模拟了近井污染和黏土矿物膨胀运移伤害，测定了注入弱敏感降压增注体系后注入压力与渗透率的改变情况，试验结果如图 4 所示。弱敏感降压增注体系能有效解除近井污染以及因水敏、速敏等使得黏土颗粒运移与膨胀而造成的地层堵塞，降低注入压力，提高渗透率。

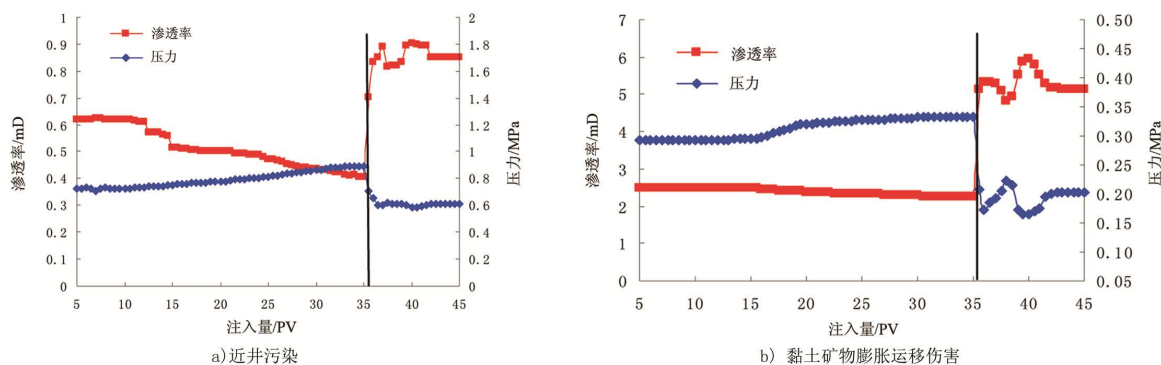


Figure 4. The curve of experiment for removing near wellbore pollution and removing clay mineral damage

图 4. 解除近井污染及黏土矿物膨胀运移伤害试验曲线

## 5. 结论

1) 弱敏感降压增注体系中低浓度的氢氟酸以及潜在酸 A 的加入有效减少了氟硅酸盐、氟铝酸盐等二次沉淀,能有效抑制酸敏的程度。

2) 弱敏感降压增注体系适应于具有多敏感性的文 33 块沙三上油藏,能有效解除因水敏、速敏等使得黏土颗粒运移与膨胀而造成的地层堵塞。

## 基金项目

中原油田科技工程项目“敏感性油藏解堵技术研究”(2017KF06)。

## 参考文献

- [1] 杨宝泉. 海拉尔兴安岭群储层酸化工艺技术研究[D]: [博士学位论文]. 徐州: 中国矿业大学, 2011.
- [2] 万绪新, 张守鹏, 尹玉梅, 等. 多敏性砂岩储集层酸化解堵方法研究及应用[J]. 产业与科技论坛, 2015, 14(20): 52-53.
- [3] 赵福麟. 采油化学[M]. 北京: 石油大学出版社, 1989.
- [4] 贾振岐, 杨大刚, 张荣庆, 等. 萨零组油层解堵酸化配方的研制[J]. 大庆石油学院学报, 2008, 32(1): 41-44.
- [5] 蒋建方, 李丹梅, 张汝生, 等. 砂岩酸化中水化硅沉淀的影响因素分析[J]. 油田化学, 2006, 23(4): 301-304.
- [6] 罗慧娟, 代加林, 赵立强. 油气井中酸化反应机理分析[J]. 化工时刊, 2007, 21(9): 62-65.

[编辑] 帅群

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2471-7185, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [jogt@hanspub.org](mailto:jogt@hanspub.org)