

文章编号: 1008-2336 (2025) 01-0048-05

## 伊拉克 F 油田碳酸盐岩酸化工艺优化设计与应用

侯云山, 崔波, 邵尚奇, 陈军, 冯浦涌, 高纪超

(中海油田服务股份有限公司, 天津 300450)

**摘要:** 伊拉克 F 油田为孔隙-裂缝型碳酸盐岩油藏, 酸化是该油田主要的增产手段。形成有效的主酸蚀蚓孔并提高油气渗流能力是该油田碳酸盐岩酸化成功实施的关键。当注酸排量较低时, 酸表面溶蚀, 不能实现深穿透; 而注酸排量过高时, 主溶蚀孔将产生较多的分枝, 酸液消耗大, 经济性较差。为了优化设计伊拉克 F 油田碳酸盐岩酸化工艺, 文中定义了一种最优排量和液量设计方法, 采用岩心酸化流动实验仪和岩心微米 CT 扫描仪测定了不同注入速度下酸液的突破体积。确定了酸液的最优注入速度和注入体积, 等效计算了酸化最优排量和液量。实验结果显示: 酸液注入最优的速度约为 1 mL/min, 对应的注入体积约为 1 PV。等效计算酸化最优排量为 0.5~0.7 m<sup>3</sup>/min, 对应最优液量为 74~80 m<sup>3</sup>。与现场实际数据进行对比, 吻合度较高, 可为该油田酸化工艺参数的优化设计提供数据支持和理论指导。

**关键词:** 碳酸盐岩; 酸化工艺; 优化设计; 最优排量; 最优液量; 酸蚀蚓孔

中图分类号: TE357.1

文献标识码: A

DOI:10.3969/j.issn.1008-2336.2025.01.048

## Optimization Design and Application of Carbonate Acidizing Process in Iraq F Oilfield

HOU Yunshan, CUI Bo, SHAO Shangqi, CHEN Jun, FENG Puyong, GAO Jichao

(China Oilfield Services Limited, Tianjin, 300450, China)

**Abstract:** Iraq F oilfield is a pore-fracture carbonate reservoir, and acidification is the main measure to increase production in this oilfield. The formation of effective main acid-eroded wormholes and the improvement of oil and gas seepage capacity are the key to the successful implementation of carbonate acidizing in this oilfield. When the acid injection rate is low, the acid can only dissolve the surface and deep penetration cannot be achieved. When the acid injection rate is too high, the main wormhole will produce more branches, resulting in high acid consumption and poor economic efficiency. In order to optimize the design of carbonate acidizing process in Iraq F oilfield, a method which can determine the optimal displacement and liquid volume was defined. The breakthrough volume of acid at different injection rates was measured by core acidizing flow tester and core micro-CT scanner. By determining the optimal injection rate and injection volume of acid, the optimal displacement and liquid volume of acidification are calculated equivalently. The experimental results show that the optimal injection rate for acid system is 1 mL/min, and the corresponding injection volume is about 1 PV. The optimal displacement of acidification by equivalent calculation is 0.5~0.7 m<sup>3</sup>/min, corresponding to an optimal liquid volume of 74~80 m<sup>3</sup>. Compared with the actual data on site, the consistency is high, which can provide data support and theoretical guidance for the optimization design of acidizing process parameters in this oilfield.

**Key words:** carbonate rock; acidizing process; design optimization; optimal displacement; optimal liquid volume; acid-eroded wormholes

伊拉克 F 油田为孔隙-裂缝型碳酸盐岩油藏, 酸化是该油田主要的增产手段。酸处理后在储层岩石中形成有效的酸蚀蚓孔、提高油气渗流能力是酸化改造成功的关键。当酸液反应活性高而排量又低时, 酸不能实现深穿透, 仅能清洗井筒或射孔孔眼的壁面, 解堵效果差。提高排量或降低酸岩反应速度, 酸将溶蚀地层产生锥形通道, 这一溶蚀方式主要在酸为未缓速

的强酸如盐酸和高排量下发生。在高排量下注入缓速酸, 这时形成的酸蚀孔细而长, 在主溶蚀孔中产生一些分支, 主溶蚀孔的形成表示注入排量和反应活性达到最佳组合, 也是酸蚀孔穿透伤害带的最佳方式。若进一步再提高排量, 主溶蚀孔将产生较多的分支, 使得酸液更多地进入分支孔中, 酸液消耗较大, 经济性较差<sup>[1-2]</sup>。

收稿日期: 2023-09-20; 改回日期: 2024-04-25

第一作者简介: 侯云山, 男, 1983 年生, 本科, 高级工程师, 2005 年毕业于中国石油大学(华东)石油工程专业, 主要从事储层改造技术研究。

E-mail: houysh@cosl.com.cn

大量研究表明主蚓孔溶蚀形态时蚓孔的效率最高, 此时用最少量的酸液便可实现增产最大化。然而, 蚓孔的形成受地层压力、温度、和储层自身性质等因素影响<sup>[3-6]</sup>。因此, 有关基质酸化蚓孔的研究主要是在寻找各种条件下排量 and 酸液最优组合或者为寻找这个最佳组合提供更好的方法。尽管已经建立了大量关于存在最优速度的实验工作, 理论工作也有从简单到极复杂的模型, 但如何将室内实验结果外延到油田实际应用中, 缺乏相应的研究。本文采用碳酸盐岩储层人造模拟岩心, 通过岩心酸化流动实验仪和岩心微米 CT 扫描仪测定了 3 种酸液 (常规酸、胶凝酸、转向酸) 不同排量下的突破体积, 确定酸液的最优注入速度和注入量, 等效计算酸化最优排量和液量, 与现场实际数据进行对比, 为该油田碳酸盐岩酸化工艺参数的设计提供理论依据。

## 1 实验设计

### 1.1 实验试剂和设备

常规酸、胶凝酸和转向酸, 工业品, 中海油田服务股份有限公司, 配方及黏度见表 1。岩心, 储层模拟岩心, 成分为碳酸钙。

表 1 酸液体系性能参数

Table 1 Performance parameters of acid fluid system

体系	体系配方	黏度 (170 s <sup>-1</sup> , 25 °C)
常规酸	20% HCl	1.6
胶凝酸	20% HCl+0.8% 胶凝剂	48.7
转向酸	20% HCl+6% VES 转向剂	7.6

岩心酸化流动实验仪, 美国岩心公司 (Core Lab); MicroXCT-400 扫描仪, 美国 Xradia 公司。

### 1.2 实验及设计方法

碳酸盐岩酸化最优排量和液量设计实验方法包括以下步骤。

(1) 采用岩心酸化流动实验仪, 测定常规酸、胶凝酸和转向酸在不同注酸速率下的岩心突破体积; 酸液突破岩心的注入量可定义为: 酸液突破岩心时注入酸液的体积与碳酸盐岩模拟岩心孔隙体积比<sup>[7]</sup>。

确定方法如下: 当主蚓孔形成时, 由于蚓孔直径较孔隙尺度高出数个数量级, 流动阻力可忽略, 渗透率趋于无限大, 根据径向流达西渗流公式可知, 注入压差趋于 0。

$$p - p_{wf} = \frac{q\mu}{2\pi Kh} \left( \ln \frac{r}{r_w} + S \right) \quad (1)$$

式中:  $p$  为油层压力, MPa;  $p_{wf}$  为井底流动压力,

MPa;  $q$  为油井原油产量, m<sup>3</sup>/d;  $\mu$  为油层原油黏度, mPa·s;  $K$  为油层渗透率, 10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup>;  $h$  为油层有效厚度, m;  $r$  为油井泄流半径, m;  $r_w$  为井眼半径, m;  $S$  为表皮系数, 无量纲。

因此将酸化岩心流动实验仪两端压差趋于 0 时的注入酸液体积  $V_{Acid}$  记录为酸液突破体积, 计算公式如下:

$$Q = \frac{V_{Acid}}{V_p} \quad (2)$$

式中:  $Q$  为酸液突破体积, 无量纲;  $V_{Acid}$  为酸液突破体积, m<sup>3</sup>;  $V_p$  为岩心孔隙体积, m<sup>3</sup>。

(2) 确定酸液体系的最优注入速度  $v_{op}$ 。  $v_{op}$  为酸液突破岩心使用酸量最少时对应的注入速度, 对应的突破体积为最小突破体积。

(3) 等效计算最优排量。根据室内实验测定的最优注入速度  $v_{op}$ 、酸化处理半径  $r_{ac}$  和储层厚度  $H$ , 采用蚓孔中点截面积公式等效计算碳酸盐岩酸化最优排量:

$$v_{op'} = v_{op} \times \frac{\pi(r_{ac} + r_w)H}{A} \quad (3)$$

式中:  $v_{op'}$  为等效最优排量, m<sup>3</sup>/min;  $v_{op}$  为最优注入速度, mL/min;  $r_{ac}$  为酸化处理半径, m;  $r_w$  为井筒半径, m;  $H$  为储层厚度, m;  $A$  为岩心截面积, m<sup>2</sup>。

(4) 等效计算最优排量对应最优液量。根据室内测定的最小突破体积  $Q'$ 、酸化处理半径  $r_{ac}$ 、储层孔隙度  $\phi$ 、储层厚度  $H$ , 等效计算碳酸盐岩酸化最优液量:

$$V_{op'} = Q' \times \pi(r_{ac})^2 H \phi \quad (4)$$

式中:  $V_{op'}$  为等效最优液量, m<sup>3</sup>;  $Q'$  为最小突破体积, 无量纲;  $r_{ac}$  为酸化处理半径, m;  $H$  为储层厚度, m;  $\phi$  为储层孔隙度, %。

## 2 实验结果及分析

本文采用岩心酸化流动实验仪和 CT 扫描技术对常规酸、胶凝酸和转向酸的最优注入速度和突破体积进行了确定。

### 2.1 最优注入速度

实验结果表明, 常规酸、胶凝酸和转向酸的最优注入速度均为 1.00 mL/min (图 1)。酸液突破体积随着注入速度增大呈现先降低后增加的趋势, 在注入速度为 1.00 mL/min 时达到最小值。注入速度为最优注入速度时, 可形成单一的主酸蚀蚓孔 (图 2)。三种酸液体系在 1.00 mL/min 的注酸速度下所需的酸液体积最少, 主蚓孔最明显。主酸蚀蚓孔酸化效率最高, 用较少的酸即可实现增产最大化<sup>[8]</sup>。同时可以看出, 三种酸的主蚓孔的形貌和大小存在一定的差异, 常规酸岩反应速度较快, 在主蚓孔端面产生较强的面溶

蚀；胶凝酸通过添加胶凝剂增黏缓速，转向酸通过酸岩反应产生二价阳离子以及 pH 值上升，使黏弹性表面活性剂形成螺旋状胶束结构，黏度大幅增加，降低酸液消耗速度。胶凝酸和转向酸在形成主蚓孔时未观察到端面溶蚀，且贯穿岩心使用酸液体积远小于常规酸。酸液突破岩心后，岩心注入压差迅速降为 0 MPa (图 3)，三种酸最优速度下的压差存在一定的差异，胶凝酸黏度最高，酸液突破岩心时压差最大；转向酸黏度次之，酸液突破岩心时压差居中；常规酸黏度最低，酸液突破岩心时压差最小。

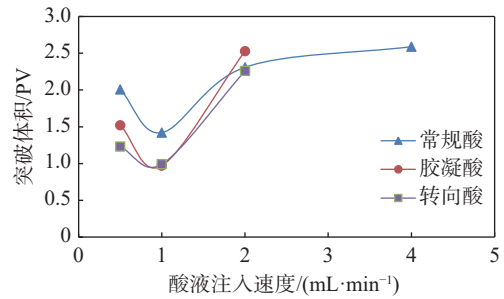
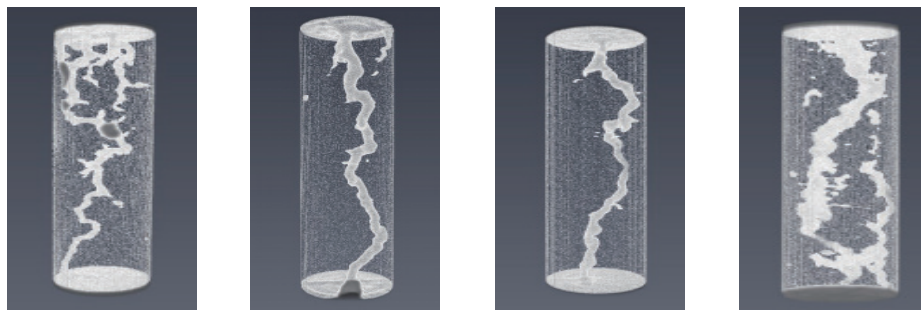


图 1 三种酸液突破注入量测定

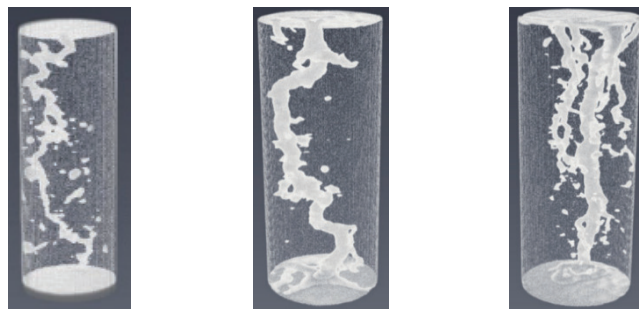
Fig. 1 Measurement of breakthrough injection volumes for three types of acid fluids



(a) 注酸速度为0.5 mL/min (b) 注酸速度为1.0 mL/min (c) 注酸速度为2.0 mL/min (d) 注酸速度为4.0 mL/min  
a. 常规酸



(a) 注酸速度为0.5 mL/min (b) 注酸速度为1.0 mL/min (c) 注酸速度为2.0 mL/min  
b. 胶凝酸



(a) 注酸速度为0.5 mL/min (b) 注酸速度为1.0 mL/min (c) 注酸速度为2.0 mL/min  
c. 转向酸

图 2 注酸后岩心 CT 扫描

Fig. 2 Core CT scan after acid injection

### 2.2 突破体积

实验结果表明 (表 2)，注酸前后岩心孔隙度明显增大，孔隙度增大幅度和酸液突破体积成正比；其中常规酸孔隙度增大幅度最高，平均为 22.9%，突破体积亦最大，平均为 2.08 PV；胶凝酸和转向酸孔隙

度增大幅度接近，分别为 18.4% 和 16.4%；对应平均突破体积分别为 1.67 PV 和 1.49 PV。胶凝酸和转向酸突破体积小于常规酸，胶凝酸和转向酸通过体系增黏可降低酸液滤失及酸岩反应速度，有利于降低突破体积。



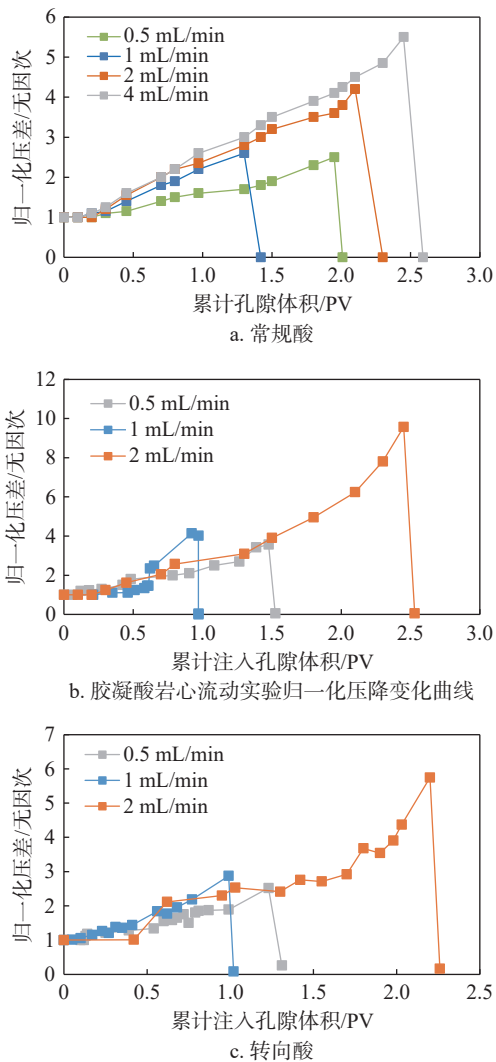


图 3 岩心流动实验归一化压降变化曲线

Fig. 3 Normalized pressure drop variation curves for core flow experiments

从上述实验结果可以得出常规酸、胶凝酸和转向酸的注入速度最优值均为 1 mL/min, 常规酸的最小突破体积为 1.42 PV, 归一化注入压力为 2.6; 胶凝酸

最小突破体积为 0.97 PV, 归一化注入压力为 4.0; 转向酸最小突破体积为 0.99 PV, 归一化注入压力为 2.6。

常规酸黏度低, 酸岩反应速度快, 酸液有效作用距离短, 形成贯穿型蚓孔所需要的酸液量较高。胶凝酸通过加入聚合物增黏, 减缓酸岩反应速度, 增加酸液有效作用距离, 形成贯穿型蚓孔所需要的酸液量较低<sup>[9]</sup>。转向酸在酸岩反应过程中形成二价金属阳离子 (Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>), 二价金属阳离子使体系中黏弹性表面活性剂的结构发生变化, 黏度剧增, 减缓酸岩反应速度, 增加酸液有效作用距离, 形成贯穿型蚓孔所需要的酸液量较低<sup>[10-16]</sup>。针对伊拉克 F 油田储层, 优选胶凝酸和转向酸进行酸化。

### 3 酸化最优排量和液量设计

#### 3.1 酸化半径设计

假定碳酸盐岩储层酸化后表皮系数降低至  $S$ , 且蚓孔穿透区域内的渗透率为无限大, 在井筒半径一定的情况下 ( $r_w=8.25''$ ), 根据达西渗流公式的转化公式可计算酸化半径  $r_{ac} = e^{-S} r_w$ 。根据酸化半径与表皮系数的关系 (图 4), 综合考虑酸化措施经济性, 选取表皮系数为 -3 对应的酸化半径 2.1 m 作为酸化处理半径。

#### 3.2 酸化最优排量和液量设计

根据室内实验测定的最优注入速度 ( $v_{op}$ )、酸化处理半径 ( $r_{ac}$ ) 和储层厚度  $H$ , 采用蚓孔中点截面面积公式等效计算碳酸盐岩酸化最优排量:  $v_{op'} = v_{op} \times \frac{\pi(r_{ac} + r_w)H}{A}$ 。式中,  $r_w$  为井筒半径;  $A$  为岩心截面积。

等效面积计算方法: 当室内酸液以 1 mL/min

表 2 岩心参数及三种酸液注入参数

Table 2 Core parameters and injection parameters for three types of acid fluids

酸液类型	岩心编号	直径/cm	长度/cm	注酸前		注酸后			注入速度/ (mL·min <sup>-1</sup> )	突破体积/ PV	
				渗透率/ (10 <sup>-3</sup> μm <sup>2</sup> )	孔隙度 /%	孔隙度 /%	孔隙度增大 幅度	孔隙度增大 平均幅度			
常规酸	1	2.541	7.017	1.039	21.30	26.01	22.1%	22.9%	0.5	2.01	2.08
	2	2.534	7.03	1.269	20.79	24.04	15.6%		1	1.42	
	3	2.552	7.022	0.442	18.49	23.19	25.4%		2	2.31	
	4	2.543	7.017	0.941	18.07	23.22	28.5%		4	2.59	
胶凝酸	5	2.528	6.057	3.786	15.22	17.76	16.7%	18.4%	0.5	1.52	1.67
	6	2.534	5.606	2.7	13.64	15.10	10.7%		1	0.97	
	7	2.538	6.271	3.72	14.17	18.11	27.8%		2	2.53	
转向酸	9	2.552	6.269	1.84	13.73	15.59	13.5%	16.4%	0.5	1.23	1.49
	10	2.535	5.733	1.582	13.39	14.85	10.9%		1	0.99	
	11	2.531	6.115	4.03	14.12	17.63	24.9%		2	2.26	

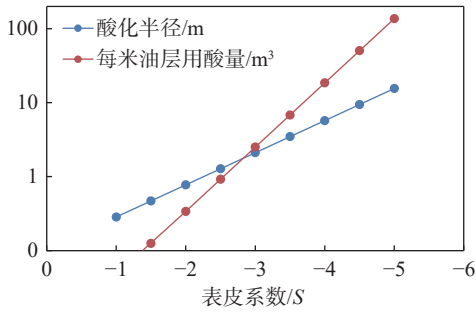


图4 表皮系数与酸化半径及每米油层用酸量关系

Fig. 4 The relationship between skin factor, acidizing radius and acid consumption per meter of oil layer

的流量经过标准岩心，酸液流经岩心截面积为  $0.000\ 506\ 7\ \text{m}^2$ ，单位截面积每分钟流量为  $1\ 973.52\ \text{mL}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ 。蚓孔长度按  $2.1\ \text{m}$  计算，酸液根据储层厚度，以圆柱体的方式向外推进，酸液流经储层的截面积以蚓孔中点进行等效计算， $A' = 2\pi(r_{ac} + r_w)H/2$ 。酸化蚓孔扩展示意图见图5，碳酸盐岩酸化最优排量

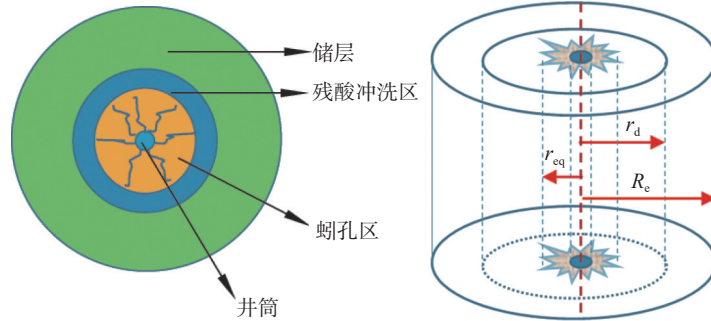


图5 酸化过程中蚓孔扩展示意图

Fig. 5 The schematic diagram of wormhole expansion during acidizing

表3 碳酸盐岩酸化最优排量和液量计算结果

Table 3 Calculation results of optimal displacement and liquid volume of carbonate acidizing

区块	井型	油层平均厚度/m	平均孔隙度/%	井筒半径/m	蚓孔长度/m	蚓孔中点截面积/ $\text{m}^2$	折算排量/ $(\text{m}^3/\text{min})$	折算液量/ $\text{m}^3$
A	直井	49	11	0.1	2.1	339.40	0.67	74
B	直井	39	15	0.1	2.1	270.13	0.53	80

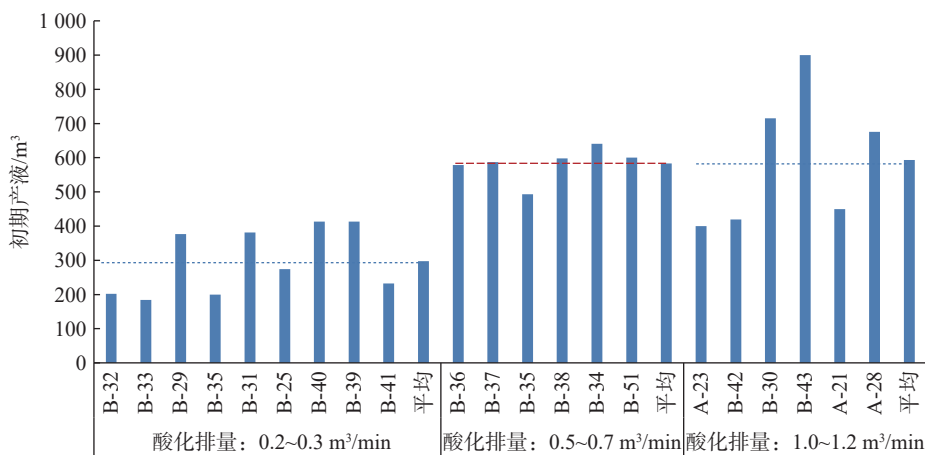


图6 现场酸化排量和产量数据

Fig. 6 Onsite acidizing displacement and production data

计算结果见表3。

根据室内测定的最小突破体积 ( $Q$ )、酸化处理半径 ( $r_{ac}$ )、储层孔隙度  $\phi$ 、储层厚度  $H$ ，等效计算碳酸盐岩酸化最优液量： $V_{op'} = Q \times \pi(r_{ac})^2 H \phi$ 。碳酸盐岩酸化最优液量计算结果见表3，最优排量为  $0.5 \sim 0.7\ \text{m}^3/\text{min}$ ，对应最优液量为  $74 \sim 80\ \text{m}^3$ 。

### 3.3 现场实际数据对比

目前伊拉克 F 油田酸化解堵工作液体系主要为常规胶凝酸和转向酸，根据现场实际注酸排量和酸化后产量数据对本方法得到的数据进行对比，现场实际酸化排量和产量数据见图6。数据显示：酸化排量为  $0.2 \sim 0.3\ \text{m}^3/\text{min}$  时，产量偏低；酸化排量为  $0.5 \sim 0.7\ \text{m}^3/\text{min}$  时，产量大幅提升；继续提高酸化排量至  $1.0 \sim 1.2\ \text{m}^3/\text{min}$  时，产量并无明显变化。通过对比，显示本方法得出的碳酸盐岩酸化最优排量与现场反馈实际数据存在较好的对应关系。

[3] 魏纳, 孟英峰, 李悦钦, 等. 井筒连续携液规律研究 [J]. *钻采工艺*, 2008, 31 ( 6 ): 89-90.

[4] 朱玮, 王卫阳. 凝析气井不同开发阶段井筒流动规律研究//第 33 届全国天然气学术年会 (2023) 论文集 [C]. 南宁: 中国石油学会天然气专业委员会, 2023: 612.

[5] 冷捷, 杨龙, 张露, 等. 低渗底水气藏水侵实验研究——以宁波 19-6 区块为例 [J]. *复杂油气藏*, 2022, 15 ( 4 ): 81-85.

[6] 中国石油天然气总公司. SY/T 6270-1997 石油钻采高压管汇件的使用与维护 [S]. 北京: 石油工业出版社, 1997.

[7] 海洋石油工程设计指南编委会. 海洋石油工程设计指南 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2007.

[8] 王理, 何贤科, 廖恒杰, 等. 东海气藏凝析水判别方法及产出规律研究 [J]. *海洋石油*, 2023, 43 ( 2 ): 24-28.

[9] 徐文佳, 李兴春, 李煜, 等. 跨国石油公司碳资产管理启示 [J]. *商业会计*, 2017 ( 4 ): 56-57.

[10] 国家能源局. SY/T 6270-2012 石油钻采高压管汇的使用、维护、维修与检测 [S]. 北京: 石油工业出版社, 2012.



(上接第 52 页)

#### 4 结论

(1) 使用岩心流动仪和 CT 扫描仪确定不同注入速度下酸液的突破体积, 最优注入速度和注入体积, 等效计算酸化最优排量 and 液量是一种较好的方法。

(2) 常规酸、胶凝酸和转向酸的最优注入速度均为 1 mL/min, 常规酸、胶凝酸、转向酸的最小突破体积分别为 1.42 PV、0.97 PV、0.99 PV, 归一化注入压力分别为 2.6、4.0、2.9, 推荐使用胶凝酸和转向酸。

(3) 采用本文设计方法计算出伊拉克 F 油田碳酸盐岩酸化最优排量为 0.5~0.7 m<sup>3</sup>/min, 对应最优液量为 74~80 m<sup>3</sup>, 与现场实际数据高度吻合。

#### 参考文献:

[1] 杨兆中, 邓庄, 于梦男, 等. 碳酸盐岩基质酸化蚓孔生长机理实验研究 [J]. *油气藏评价与开发*, 2020, 10 ( 2 ): 24-29.

[2] 薛衡, 赵立强, 刘平礼, 等. 碳酸盐岩多尺度三维酸蚀蚓孔立体延伸动态模拟 [J]. *石油与天然气地质*, 2016, 37 ( 5 ): 792-797.

[3] Fredd C N, Miller M J. Validation of Carbonate Matrix Stimulation Models[R]. Lafayette: SPE International Symposium on Formation Damage Control, 2000.

[4] Huang T P, Hill A D, Schechter R S. Reaction Rate and Fluid Loss: The Keys to Wormhole Initiation and Propagation In Carbonate

Acidizing[J]. *SPE Journal*, 2000, 5 ( 3 ): 287-292.

[5] Ratnakar R R, Kalia N, Balakotaiah V. Modeling, Analysis and Simulation of Wormhole Formation in Carbonate Rocks with In Situ Cross-Linked Acids[J]. *Chemical Engineering Science*, 2013, 90: 179-199.

[6] Economides M J, Nolte K G. Reservoir Stimulation[M]. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons, 2000.

[7] 崔波, 荣新明, 冯浦涌, 等. 一种定量的碳酸盐岩用酸液段塞组合选择方法: 中国, CN202110686513.2[P]. 2021-10-15.

[8] 崔波, 冯浦涌, 荣新明, 等. 碳酸盐岩酸液注入段塞组合方式及其协同效应 [J]. *大庆石油地质与开发*, 2023, 42 ( 1 ): 100-107.

[9] 冯艳琳. 基于 Crs 系列旋转岩盘仪的酸岩非均相反应研究 [J]. *重庆科技学院学报 (自然科学版)*, 2015, 17 ( 4 ): 45-49.

[10] 李小刚, 陈雨松, 王怡亭, 等. 新型清洁自转向酸性能室内实验研究 [J]. *应用化工*, 2017, 46 ( 1 ): 25-28.

[11] 齐宁, 邓爽, 李侠清, 等. 碳酸盐岩自转向酸液流动模拟实验研究与评价 [J]. *科学技术与工程*, 2016, 16 ( 30 ): 11-16.

[12] 余浪, 石彦平, 陈书雅, 等. 低渗灰岩水井常规酸化增产工作液的实验研究 [J]. *水资源与水工程学报*, 2020, 31 ( 1 ): 97-103.

[13] 王崇, 高杰, 宫汝祥, 等. 裂缝性碳酸盐岩储层酸化评价模型及敏感性参数分析 [J]. *石油化工应用*, 2021, 40 ( 3 ): 76-79.

[14] 陈冀崑, 雷鸣, 赵立强, 等. 川东北碳酸盐岩气藏酸-岩反应特征研究 [J]. *西南石油大学学报 (自然科学版)*, 2009, 31 ( 4 ): 83-86.

[15] 冯浦涌, 崔波, 荣新明, 等. 中东 M 油田碳酸盐岩储层酸液体系研究及应用 [J]. *海洋石油*, 2022, 42 ( 3 ): 45-49, 113.

[16] 朱苏青, 李兴, 李景辉. 陈堡油田油井自转向酸化解堵试验研究 [J]. *复杂油气藏*, 2017, 10 ( 1 ): 69-72.