

The Method for Scaling Prediction for ASP Flooding in Qidong 1 Area and Its Application

Yuxin Chen¹, Min Zhang², Yong Wang², Liang Wang³

¹Research Institute of Engineering Technology, Xinjiang Oilfield Company, Karamay Xinjiang

²Oil Testing Company, Xibu Drilling Engineering Co. Ltd., Karamay Xinjiang

³Xingang Company, Xinjiang Oilfield Company, Karamay Xinjiang

Email: chenyx3@petrochina.com

Received: Sep. 30th, 2018; accepted: Oct. 28th, 2018; published: Dec. 15th, 2018

Abstract

In allusion to the problem of scaling of weak alkali ASP flooding in Qidong 1 Area of Xinjiang Oilfield, the quality of produced water was analyzed. The results indicated that the scaling ion was mainly of Ca^{2+} , the scaling composition was calcium carbonate scale. The analysis of ion concentration and pH variation rules in the produced water showed that the test area was in the period before scaling. The Davis-Stiff saturation index method, Rynar stability index method and Od-do-Tomson saturation index method were used to predict the scaling tendency of calcium carbonate. The Skillman thermodynamic solubility method and Oddo-Tomson saturation index method were used to predict the scaling tendency of sulphate scales. The results indicate that the calcium carbonate scaling is obvious, calcium sulfate scale has no condition of scaling.

Keywords

ASP Flooding, Quality of Produced Water, Prediction of Scaling Tendency, Calcium Carbonate Scaling

新疆油田七东1区弱碱三元复合驱结垢预测方法及应用

陈禹欣¹, 张敏², 王勇², 王亮³

¹新疆油田公司工程技术研究院, 新疆 克拉玛依

²西部钻探工程有限公司试油公司, 新疆 克拉玛依

³新疆油田公司新港公司, 新疆 克拉玛依

作者简介: 陈禹欣(1986-), 男, 工程师, 现主要从事提高采收率、油气田腐蚀与防护方面的研究工作。

Email: chenyx3@petrochina.com

收稿日期: 2018年9月30日; 录用日期: 2018年10月28日; 发布日期: 2018年12月15日

摘要

针对新疆油田七东1区弱碱三元复合驱结垢问题, 对采出水水质进行了分析。结果表明, 成垢离子主要是 Ca^{2+} , 垢质成分为碳酸钙垢。根据采出液离子浓度及pH值的变化规律分析, 试验区处于结垢前期。应用Davis-Stiff饱和指数法、Rynar稳定指数法及Oddo-Tomson饱和指数法对碳酸钙垢结垢趋势进行了预测; 应用Skillman热力学溶解度法及Oddo-Tomson饱和指数法对硫酸盐垢结垢趋势进行了预测。预测结果表明, 碳酸钙垢结垢趋势明显, 硫酸盐垢不具备成垢条件。

关键词

三元复合驱, 采出水水质, 结垢趋势预测, 碳酸钙垢

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

矿物质的沉积结垢, 尤其是 CaCO_3 的结垢预测一直是国内外的研究热点[1]。2015年10月七东1区正式注入弱碱三元复合驱主体段塞。地面处理系统垢样分析结果表明, 主要成垢离子是 Ca^{2+} , 垢质成分为碳酸钙。通过分析试验区块产出水水质, 注入弱碱三元复合驱主体段塞前和注入后的一个月 CO_3^{2-} 的质量浓度为0, HCO_3^- 和 Ca^{2+} 的质量浓度以及pH值都比较稳定; 2016年6月水质检测数据开始发生明显的变化, pH值增大, CO_3^{2-} 质量浓度增加, HCO_3^- 、 Ca^{2+} 质量浓度减少; 2017年7月, pH值减小, CO_3^{2-} 质量浓度减少, HCO_3^- 、 Ca^{2+} 质量浓度增加。针对产出井离子浓度的变化, 应用Davis-Stiff饱和指数法[2]、Rynar稳定指数法及Oddo-Tomson饱和指数法[3]对碳酸钙垢结垢趋势进行了预测; 应用Skillman热力学溶解度法[4]和Oddo-Tomson饱和指数法, 对硫酸盐垢结垢趋势进行了预测。

2. 产出水水质分析

根据刘俊廷对大庆采油三厂西北二区弱碱三元复合驱的结垢研究, 通过采出液离子浓度及pH值的

变化规律, 将弱碱三元复合驱机采井结垢分为结垢前期、结垢初期、结垢中期、结垢后期 4 个时期[5]。

结垢前期, CO_3^{2-} 处于上升阶段, 离子质量浓度大于 2500 mg/L。 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 质量浓度之和处于上升阶段, 离子质量浓度大于 80 mg/L, 此阶段并未出现结垢现象, 但其离子质量浓度出现明显变化, 为结垢提供了化学条件基础[6] [7]。

通过对试验区 14 口井产出水水质分析(表 1), 可以得出: ① 试验区平均 pH 值由 7.10 增加到 8.78, 单井 pH 值最高达 9.02, 14 口水质检测井中, 9 口井出现 OH^- , 平均质量浓度 417.88 mg/L; ② HCO_3^- 质量浓度则急剧下降, 从注入初期 3974.17 mg/L 下降到 2358.23 mg/L, CO_3^{2-} 质量浓度从 0 增加到 1759.83 mg/L; 单井 CO_3^{2-} 质量浓度最高达 2945.14 mg/L; ③ Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 质量浓度从 136.85 mg/L 下降到 72.22 mg/L。

Table 1. The data of water quality analysis of ASP flooding in Qudong 1 area

表 1. 七东 1 区三元复合驱试验区水质分析数据

取样日期 (年-月)	水质中各离子组分及质量浓度/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)								pH 值	矿化度/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
	OH^-	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$		
2015-02	-	-	3913.31	1818.11	135.82	110.78	28.39	2538.785	7.2	6720.22
2015-11	-	64.01	3974.17	1344.49	29.22	115.84	21.01	2223.83	7.51	6862.58
2016-06	417.88	1759.83	2358.23	1122.51	57.67	53.32	18.9	2486.45	8.78	6979.63
2017-07	219.00	424.00	4558.50	878.36	38.72	76.07	40.66	2232.80	7.67	7927.24

3. 七东 1 区结垢趋势预测

根据 Davis-Stiff 饱和指数法、Rynar 稳定指数法和 Oddo-Tomson 饱和指数法对七东 1 区弱碱三元复合驱初期结垢趋势进行预测。

1) 根据 Davis-Stiff 饱和指数法, 三元复合驱初期, 采出水 pH 值为 7.16, CO_3^{2-} 质量浓度为 64.01 mg/L, HCO_3^- 质量浓度为 3974.17 mg/L, SO_4^{2-} 质量浓度为 29.22 mg/L, Ca^{2+} 质量浓度为 115.84 mg/L, Mg^{2+} 质量浓度为 21.01 mg/L。35℃ 时饱和指数为 1.08, 表明有碳酸盐垢结垢趋势。

2) 根据 Rynar 稳定指数法, 初期碳酸盐垢稳定指数 $RI = 5.0$, 无结垢趋势; 2016 年 6 月, 稳定指数 $RI = 4.1$, 小于初期稳定指数, 表明结垢趋势逐渐增强; 2017 年 7 月, 稳定指数 $RI = 4.68$, 与 2016 年 6 月相比结垢趋势降低。

3) Skillman 热力学溶解度法硫酸盐垢趋势预测, 初期 CaSO_4 溶度积常数 $K_{sp} = 3.5 \times 10^{-4}$, CaSO_4 结垢趋势预测值 $S = 99.25 \text{ mmol/L}$, CaSO_4 实际浓度 $C = 0.304 \text{ mmol/L}$, 由于 $S > C$, 因此硫酸盐垢无结垢趋势。

4) 根据混合垢 Oddo-Tomson 饱和指数法预测, 三元复合驱初期石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)的饱和指数为 -0.486, 半水石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$)饱和指数为 -0.366, 无水石膏(CaSO_4)的饱和指数为 -0.681, 碳酸钙垢的饱和指数为 0.956。由于 CaSO_4 的饱和指数均小于 0, 表明 CaSO_4 处于欠饱和状态, 无法形成垢。而碳酸钙垢的饱和指数大于 0, 表明 CaCO_3 处于过饱和状态, 有形成垢的条件。

2016 年 6 月, 石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)的饱和指数为 -1.286; 半水石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$)饱和指数为 -1.194; 无水石膏(CaSO_4)的饱和指数为 -1.474; 碳酸钙垢的饱和指数为 2.0154。同理, CaSO_4 处于欠饱和状态, 无法形成垢, 而碳酸钙垢的饱和指数是初期时饱和指数的一倍以上, 表明 CaCO_3 形成垢的条件逐渐成熟。

2017 年 7 月, 石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)的饱和指数为 -0.560; 半水石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$)饱和指数为 -0.434; 无水石膏(CaSO_4)的饱和指数为 -0.756; 碳酸钙垢(CaCO_3)的饱和指数为 1.37。表明 CaSO_4 仍处于欠饱和状态, 无法形成垢。而碳酸钙垢的饱和指数大于 0, 但与 2016 年 6 月相比, 碳酸钙垢的饱和指数减少, 说明碳酸钙垢成垢后又开始建立新的平衡。

4. 结论

1) 通过对七东 1 区三元复合驱试验区产出水水质分析, 认为碳酸钙结垢的可能性大, 分析试验区处于结垢前期。

2) 应用 Davis-Stiff 饱和指数法、Rynar 稳定指数法和 Oddo-Tomson 饱和指数对七东 1 区弱碱三元复合驱初期结垢趋势预测, 3 种方法均表明试验区有碳酸钙结垢趋势。

3) 应用 Skillman 热力学溶解度法和 Oddo-Tomson 饱和指数法预测硫酸钙垢, 计算出试验区 CaSO_4 仍然处于欠饱和状态, 无法形成垢。

参考文献

- [1] Arash, K., Farhad, G., Alireza, B., *et al.* (2014) Determination of the Equilibrated Calcium Carbonate(Calcite) Scaling in Aqueous Phase Using a Reliable Approach. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, **45**, 1307-1313. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2014.03.009>
- [2] Stiff, H.A. and Davis, L.E. (1952) A Method of Predicting the Tendency of Oilfield Water to Deposit Calcium Carbonate. *Journal of Petroleum Technology*, **4**, 213-216. <https://doi.org/10.2118/952213-G>
- [3] Oddo, J.E. and Tomson, M.B. (1982) Simplified CaCO_3 Saturation at High Temperature and Pressure in Brine Solution. *Journal of Petroleum Technology*, **34**, 77-80.
- [4] Skillman, H.F., McDonald Jr., J.P. and Stiff Jr., H.A. (1969) A Simple, Accurate, Fast Method for Calculating Calcium Sulfate Solubility in Oilfield Brine. In *The Spring Meeting of the Southwestern District*, API, Lubbock, Texas.
- [5] 朱宏伟. 喇嘛甸油田二类油层三元复合驱油井结垢规律[J]. 油气田地面工程, 2012, 31(12): 18-19.
- [6] 侯志峰, 徐广天, 高清河, 等. 三元复合驱体系碳酸钙微粒形成的影响因素[J]. 油气田地面工程, 2015, 34(2): 7-8.
- [7] Li, Z.M., Zhang, D.Y., Qing, G., *et al.* (2014) Studies on the Scaling of High Pressure and Low Permeability Oil Reservoir Water Injection Well. *Advances in Petroleum Exploration and Development*, **8**, 1-8.

[编辑] 帅群

Hans 汉斯

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