

Research on Influential Factors of Iron Removal for ReInjection Water*

Wensen Zhao^{1,2}, Jian Zhang^{1,2}, Guorong Tan^{1,2}, Ming Duan³, Jianchong Gao^{1,4}, Yingxian Cui^{1,2}

¹State Key Laboratory of Offshore Oil Exploitation, Beijing

²CNOOC Research Institute, Beijing

³Southwest Petroleum University, Chengdu

⁴Tianjin Branch, CNOOC China Limited, Tianjin

Email: zhaows@cnooc.com.cn

Received: Jan. 15th, 2013; revised: Feb. 18th, 2013; accepted: Feb. 27th, 2013

Copyright © 2013 Wensen Zhao et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract: In view of the Fe^{2+} in the reinjection water affected the content of suspend solid, the writer used the reactive material to oxidize and catalyze the Fe^{2+} , and researched the influential factors of iron removal, such as reactive time, the thickness and the current velocity. The results showed that the reactive material removed the Fe^{2+} and was reduced to 0.1 mg/L from 10 mg/L when its reactive time was 6 days, the thickness was 0.8 m and the current velocity was 0.1 L/min, which was good for reducing the content of suspend solid.

Keywords: ReInjection Water; Iron Removal; Reactive Material; Evaluation and Test

回注水除铁的影响因素研究*

赵文森^{1,2}, 张健^{1,2}, 檀国荣^{1,2}, 段明³, 高建崇^{1,4}, 崔盈贤^{1,2}

¹海洋石油高效开发国家重点实验室, 北京

²中海油研究总院, 北京

³西南石油大学, 成都

⁴中海石油(中国)有限公司天津分公司, 天津

Email: zhaows@cnooc.com.cn

收稿日期: 2013年1月15日; 修回日期: 2013年2月18日; 录用日期: 2013年2月27日

摘要: 针对油田回注水中 Fe^{2+} 影响悬浮固体含量的问题, 本文采用活性材料催化氧化并辅以截留分离的方法, 除去水中的 Fe^{2+} 。考察了活化时间、材料厚度及过滤速度等因素对除铁效果的影响。实验结果表明: 活性材料在活化时间 6 天、活性材料厚度 0.8 m、过滤速度 0.1 L/min 条件下, 能够有效去除水中 Fe^{2+} , 其含量由 10 mg/L 降低至 0.1 mg/L 以内。在油田现场回注水处理时, 可将水中的 Fe^{2+} 含量由 0.6 mg/L 降低至 0.05 mg/L, 有利于降低水中悬浮固体含量。

关键词: 回注水; 除铁; 活性材料; 评价与试验

1. 引言

油田注水工作的核心是解决注够水, 注好水的问题。

*基金项目: 国家科技重大专项“海上稠油化学驱油技术”(2011ZX05024-004)。

题。首先是注够水, 使注水量满足注水实施方案的要求^[1]。为了保持油田的注采平衡, 除将处理合格的生产污水进行回注外, 还需再注一定量的水源井水(清水)^[2]。由于清水中含有一定的 Fe^{2+} , 当系统中进氧时,

很容易产生 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体, 会影响水中悬浮固体含量。一方面, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体沉淀直接或间接参与对地面处理设备、工艺管线和注水设备的腐蚀, 并伴随产生一定的腐蚀产物 FeS ; 另一方面, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体随水注入地层时会对储层造成不同程度的伤害^[3]。因此, 有必要针对回注水开展除铁技术研究。

一般情况下, 去除水中的 Fe^{2+} , 首先要将二价铁氧化为三价铁, 使其形成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 絮体然后去除, 且以空气作为氧化剂, 但只采用空气直接氧化二价铁, 反应速度较慢, 相应反应时间会延长, 造成工程投资和运行费用增加^[4]。本文采用活性材料催化氧化并辅以截留分离的方法, 催化氧化 Fe^{2+} , 使水中 Fe^{2+} 快速氧化成 Fe^{3+} , 形成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, 再通过装有活性材料的 30 mm 滤柱截留分离进一步去除 $\text{Fe}(\text{OH})_3$, 实现回注水除铁目的。为评价活性材料的除铁效果, 室内通过添加硫酸亚铁将水中的 Fe^{2+} 含量增加到 10 mg/L, 考察了活性材料除铁效果的主要影响因素。

2. 实验部分

2.1. 实验材料

清水: 取自水源水处理系统的细滤器出口, 是已处理完毕的水。

污水: 取自生产污水处理系统的气浮选出口, 是尚未处理完的污水。

硫酸亚铁: 分析纯。

2.2. 分析方法

水质分析: 执行石油天然气行业标准 SY/T5329。

Fe^{2+} 浓度的测定: 采用邻菲罗啉分光光度法。

3. 实验结果与讨论

3.1. 活化时间对除铁效果的影响

由于活性材料需要一段时间在其表面形成活性滤膜后, 才能表现出高效的除铁效果, 通常也把滤膜的形成过程称为活化时间。于是, 开展了活性材料的活化时间对除铁效果的影响研究。

从图 1 可见, 随着活化时间的延长, 滤料出口水中的 Fe^{2+} 浓度逐渐降低。由此可知, 随着活化时间的延长, 活性材料表面的滤膜逐渐形成, 滤料的除铁效果也逐渐显现。在滤料活化初期, 滤料入口水中的亚

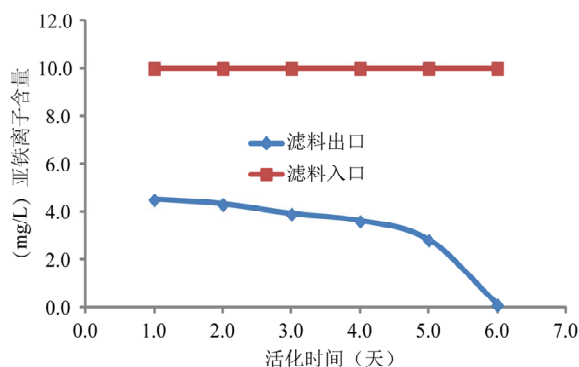


Figure 1. The relationship of activation time and Fe^{2+} concentration; The entrance concentration of Fe^{2+} is 10 mg/L, the thickness is 0.8 m, the current velocity is 0.1 L/min

图 1. 活化时间与水中 Fe^{2+} 浓度的关系; 入口浓度 [Fe^{2+}] = 10 mg/L, 滤料层厚度 = 0.8 m, 流量 = 0.1 L/min

铁离子含量在 10 mg/L 时, 滤料出口的亚铁离子含量在 4.5 mg/L, 说明 Fe^{2+} 在经过活性材料时, 由于活性材料的氧化作用, 使大部分 Fe^{2+} 被氧化成 Fe^{3+} , 但是由于活性滤膜没有形成, 所以活性材料的除铁效果没有完全显现。当滤料的活化时间在 6 天时, 滤料出口水中的 Fe^{2+} 浓度小于 0.1 mg/L, 表明滤料的活性滤膜已经形成, 表现出了高效的除铁效果。

3.2. 活性材料厚度对除铁效果的影响

在活性滤料除铁过程中, 滤料与含铁水质的接触时间, 直接决定着滤料的除铁效果。随着活性材料层厚度的增加, 与水的作用时间也随之增加, 除铁效果增强。于是, 开展了活性材料厚度对除铁效果的影响研究。

从图 2 可知, 随着活性材料厚度的增加, 滤料出口水中的 Fe^{2+} 浓度逐渐降低。表明随着滤料层厚度的增加, 活性材料与 Fe^{2+} 的接触时间延长, 其催化氧化 Fe^{2+} 的能力增强, 除铁效果增加。

在入口 Fe^{2+} 浓度固定在 10 mg/L 情况下, 当厚度在 0.3 米时, 滤料出口的 Fe^{2+} 含量在 2.7 mg/L; 当滤料层厚度增加到 0.8 米时, 滤料出口的 Fe^{2+} 含量降低到 0.1 mg/L。可见, 在活性材料厚度为 0.8 m 时, 水中 Fe^{2+} 与活性材料的接触较充分, 发挥出了较好的除铁效果。

3.3. 过滤速度对除铁效果的影响

在活性材料的除铁过程中, 含铁水质在活性滤料中的过滤速度关系着滤料与含铁水质的接触时间, 对

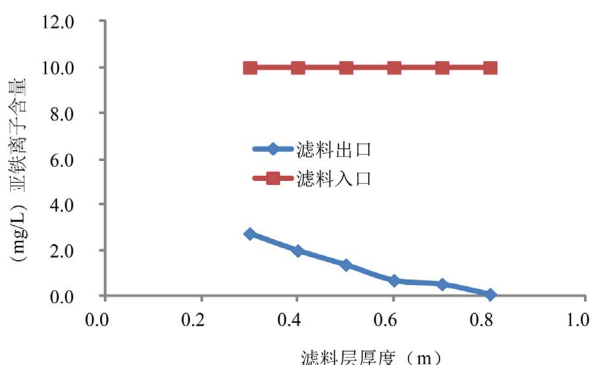


Figure 2. The relationship of thickness and Fe^{2+} concentration; The entrance concentration of Fe^{2+} is 10 mg/L, the current velocity is 0.1 L/min, the active time is 6 d

图 2. 活性材料厚度与水中 Fe^{2+} 浓度的关系; 入口浓度 [Fe^{2+}] = 10 mg/L, 流量 = 0.1 L/min, 活化时间 = 6 天

除铁效果也会有一定影响。为此, 开展了不同过滤速度对除铁效果的影响研究。

从图 3 可知, 随着过滤速度的降低, 滤料出口的 Fe^{2+} 含量逐渐降低; 说明过滤速度的降低, 使活性滤料与 Fe^{2+} 接触的时间延长, 其催化氧化 Fe^{2+} 的能力增强, 滤料的除铁效果增加。

当过滤速度在 0.5 mL/min 时, 滤料出口的 Fe^{2+} 含量在 3.7 mg/L; 当过滤速度降低至 0.1 mL/min 时, 滤料出口的 Fe^{2+} 含量在 0.1 mg/L。可见, 在过滤速度为 0.1 mL/min 时, 活性滤料与 Fe^{2+} 接触时间充分, 发挥出了较好的除铁效果。

3.4. 活性除铁材料使用性能评价

为了验证活性材料的除铁效果, 在海上平台开展了现场除铁实验。通过测量除铁后清水、污水和清污混合水的悬浮固体含量变化, 评价活性滤料的除铁效果, 实验结果见表 1。

实验参数: 滤料活化时间 6 天, 滤料层厚度 0.8 m, 过滤速度 0.1 mL/min; 入口清水 Fe^{2+} 浓度 2.0 mg/L。

从表 1 中实验结果可以看出, 油田现场未处理过的清水中 Fe^{2+} 浓度在 1.5 mg/L, 经过活性材料处理后的清水中 Fe^{2+} 浓度降低到 0.05 mg/L; 同时, 活性材料能够将现场回注水中的 Fe^{2+} 浓度由 0.6 mg/L 降低到 0.05 mg/L。由此说明活性材料能够有效地将水中的 Fe^{2+} 去除, 将有利于进一步提高注入水水质。

4. 结论

1) 活性材料在活化时间 6 天、滤料层厚度 0.8 m、

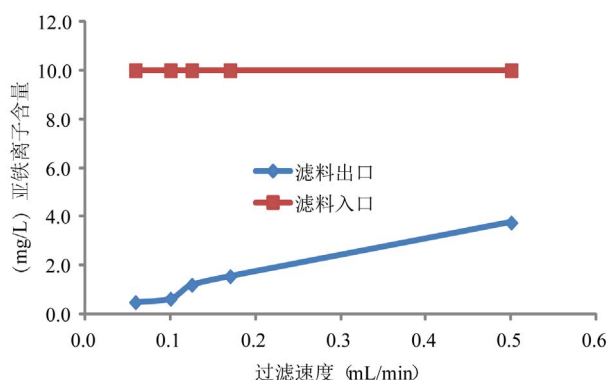


Figure 3. The relationship of filtration velocity and Fe^{2+} concentration; The entrance concentration of Fe^{2+} is 10 mg/L, the thickness is 0.8 m, the active time is 6 d

图 3. 过滤速度与水中 Fe^{2+} 浓度的关系; 入口浓度 [Fe^{2+}] = 10 mg/L, 滤料层厚度 0.8 m, 活化时间 6 天

Table 1. The iron removal result of field water
表 1. 油田现场水除铁效果

水样	Fe^{2+} 含量(mg/L)	
	除铁前	除铁后
清水	1.5	0.05
污水	0.3	0.05
回注水	0.6	0.05

过滤速度 0.1 L/min 条件下, 采用过滤的方法能够将清水中的 Fe^{2+} 含量由 10 mg/L 左右降低至 0.1 mg/L 以内。

2) 活性材料能够将现场回注水中的 Fe^{2+} 浓度由 0.6 mg/L 降低到 0.05 mg/L, 将有利于降低水中悬浮固体含量。

参考文献 (References)

- [1] 周守为等. 中国近海典型油田开发实践[M]. 北京: 石油工业出版社, 2009.
- [2] 朱海山, 邱里. 绥中 36-1 油田整体开发将首次大规模采用生产污水回注[J]. 中国海上油气(工程), 1999, 11(2): 40-43.
- [3] 朱成华. 宝浪油田污水系统高氧化除铁室内实验[J]. 油气地面工程, 2011, 30(8): 27-29.
- [4] 于永辉, 孙承林, 黄津等. 油田采出液除铁用于配注聚合物工程改造[J]. 中国给排水, 2012, 28(10): 66-69.