

The Selection and Performance Evaluation of the Scale Inhibitor for a Nanhai Oilfield

Hao Zhang, Taotao Kan

CNOOC EnerTech-Drilling & Production Co., Tianjin
Email: zhanghao_otsc@163.com, kantaotao118@163.com

Received: May 4th, 2015; accepted: May 19th, 2015; published: May 22nd, 2015

Copyright © 2015 by authors 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

Abstract

Refer to the scaling issue that is caused by produced water reinjection in an oilfield in South China Sea, the effects of several scale inhibitors have been examined by the precipitation gravimetric method using indoor simulated water. Under the conditions of 90°C for 24 hours, scale inhibitor HYFC-027, HYFC-074, YFFG-037 have better scale efficiency. When the dosing concentration is 30 mg/L, the scale rate can reach 85%. By corrosion experiments and aging tests, all three scale inhibitors are stable and have no corrosion phenomenon, especially for the 204 stainless steel.

Keywords

Scale Inhibitor, Anti-Scaling Rate, Performance Evaluation

南海某油田防垢剂筛选与性能评价

张 浩, 阚涛涛

中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司, 天津
Email: zhanghao_otsc@163.com, kantaotao118@163.com

收稿日期: 2015年5月4日; 录用日期: 2015年5月19日; 发布日期: 2015年5月22日

摘 要

针对南海某油田生产水回注存在的结垢问题, 本文作者通过室内模拟水用沉淀重量法考察了几种防垢剂

的防垢效果。在90℃作用24小时条件下，防垢剂HYFC-027、HYFC-074、YFFG-037具有较优的防垢效率，在加药浓度30 mg/L时，防垢率可以达到85%以上。通过自腐蚀实验和老化试验，三种防垢剂防垢效果稳定，尤其是对204不锈钢材质没有腐蚀现象。

关键词

防垢剂，防垢率，性能评价

1. 引言

油气田开发过程中，油气藏中的流体从油气层中流出，经井筒、井口到集输系统，由于温度、压力和油气水平衡状态的变化，易发生无机盐类沉积，从而形成结垢。油田管线大量结垢会造成油井产液量下降，注水井压力上升，采油措施费用、管线及设备维护更新费用大幅上升，严重者造成油井停产或报废，严重影响油田的开发效果与经济效益[1]。

海上油气田生产水最常碰到的垢盐是碳酸钙垢、硫酸钙垢，另外还有硫酸钡垢和硫酸锶垢，而抑制垢体产生的最常用的方式就是添加化学防垢剂。目前国内外油田常用防垢剂种类繁多，主要有：无机多磷酸盐防垢剂、聚合物防垢剂、有机磷防垢剂三大类，作用机理主要为低限抑制、晶格畸变、整合、静电斥力等[2]。本文参照中华人民共和国石油天然气行业标准 SY/T 5673-1993《油田用防垢剂性能评定方法》，用沉淀重量法考察几种防垢剂对油田生产水样的防垢效率[3]，同时参考中华人民共和国石油天然气行业标准 SY/T 5273-2000《油田采出水缓蚀剂性能评价方法》之室内静态腐蚀速率测定方法评价防垢剂的自腐蚀情况，最终筛选出适合该油田现场使用的药剂。

2. 实验部分

2.1. 药品和仪器

防垢剂 HYFG-02、HYFC-027、HYFC-078、YFFG-037、HYFC-077、HYFC-073、HYFC-074、HYFC-075、HYFC-076 均为工程技术公司产品(聚酸类型，工业级)。NaCl、MgCl₂·6H₂O、CaCl₂、Na₂SO₄、NaHCO₃ 均为分析纯，购买于天津科密欧试剂公司。

FA1004 电子分析天平(0.0001 g)；ZWF-5-12 马弗炉；CS202A 型电热保温干燥箱，均购于上海精密科学仪器有限公司。

2.2. 实验条件及配液

温度：90℃，压力：常压，周期：24 h。生产模拟水按表 1 配方配制。

2.3. 实验方法

2.3.1. 防垢性能评价方法

按照水质配方表进行模拟水配制，成垢阳离子 MgCl₂·6H₂O、CaCl₂、NaCl 配成溶液 A，成垢阴离子 Na₂SO₄、NaHCO₃ 配成溶液 B，将溶液 A 分装到 100 ml 比色管中各 50 mL，按照浓度要求加入待评药剂，再依次加入溶液 B 混合，加塞密封，置于 90℃烘箱中恒温 20 h 以上，取出至常温。观察比色管内介质结垢情况，若有结垢，将介质摇匀后过滤，进行滴定试验，滴定参考 GB7476-87《水质钙含量的测定 EDTA 滴定法》。根据下列公式计算防垢效率：

$$\text{防垢率} = \frac{G_0 - G_1}{G_0} \times 100\%$$

Table 1. The prescription of oilfield production simulated water
表 1. 该油田防垢剂评价用模拟水配方表

成分	浓度(mg/L)	
	1	2
NaCl	33954.25	32543.29
MgCl ₂ ·6H ₂ O	1987.71	1302.58
CaCl ₂	1590.08	1628.93
Na ₂ SO ₄	320.98	1371.19
NaHCO ₃	610.03	1496.85

式中： G_0 ——空白水样产生的沉淀量 g； G_1 ——加入防垢剂后水样的沉淀量 g。

2.3.2. 防垢剂自腐蚀性实验方法

参考中华人民共和国石油天然气行业标准 SY/T 5273-2000《油田采出水缓蚀剂性能评价方法》之室内静态腐蚀速率测定方法。

3. 结果与讨论

3.1. 模拟水 1#评价结果

采用模拟水 1#在 90℃ 下进行防垢剂性能评价，评价结果见表 2。

从表 2 和图 1 中可以看出，试验结束后空白试验出现浮垢，管壁有硬垢，说明水样具有严重的结垢趋势；加入 30 mg/L 的防垢剂后，水样中均未发现肉眼可见的结垢现象，说明防垢剂起了一定的防垢效果。其中效果突出的药剂是 HYFC-027、HYFC-074 和 YFFG-037，防垢率 85% 以上。

3.2. 模拟水 2#评价结果

采用模拟水 2#在 90℃ 下进行防垢剂性能评价，评价结果见表 3。

结合表 3 和图 2 可以看出，试验结束后未加药剂水样出现了肉眼可见的结垢现象，管壁可见硬垢，水样表面悬浮垢花；相比 1#水样结垢更严重。加入防垢剂后能够有效缓解这种结垢现象，其中效果较好的三种药剂是 HYFC-027、HYFC-074 和 YFFG-037，防垢率可以达到 90% 以上，虽有少量结垢，但已经改变晶型，漂浮于试管表面。

3.3. 不同浓度评价结果

采用模拟水 1#在 90℃ 下进行防垢剂评价工作，评价结果见表 4。

通过表 3 可以看出，防垢剂 HYFC-027、HYFC-074 和 YFFG-037 能够有效缓解结垢现象，且随着药剂浓度的增加，防垢效果有所提升，尤其是当 HYFC-027 的加药浓度达到 40 mg/L 时，防垢率可以达到 95.56%，从而可以有效的抑制油田采出液在管道和处理设备中结垢。

3.4. 药剂自腐蚀性评价结果

根据《油田采出水缓蚀剂性能评价方法》之室内静态腐蚀速率测定方法，对三种防垢剂 YFFG-037、HYFC-027 和 HYFC-074 进行自腐蚀评价，水样采取 1#模拟水，实验温度为 40℃，实验时间为 192 h，

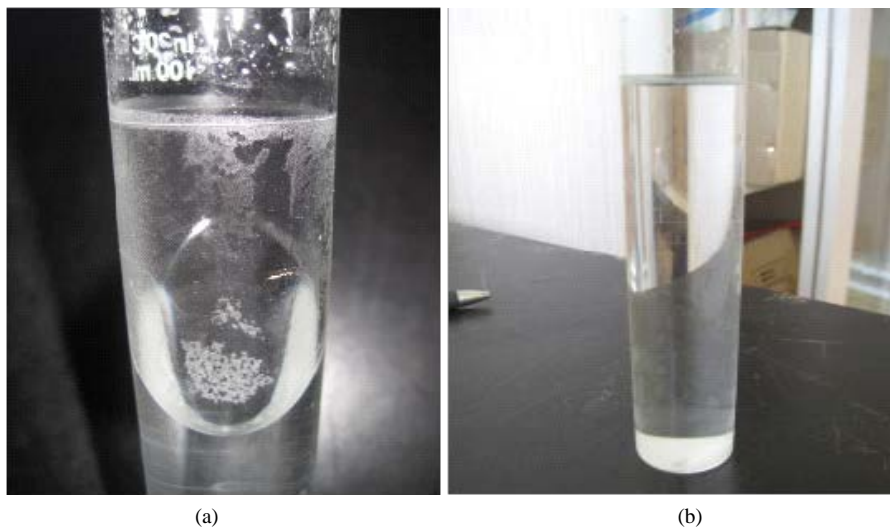


Figure 1. The real photo of 1# simulation water evaluation (a) blank (b) 30 mg/L HYFC-027
图 1. 模拟水 1#评价实物照片(a)空白(b) 30 mg/L HYFC-027

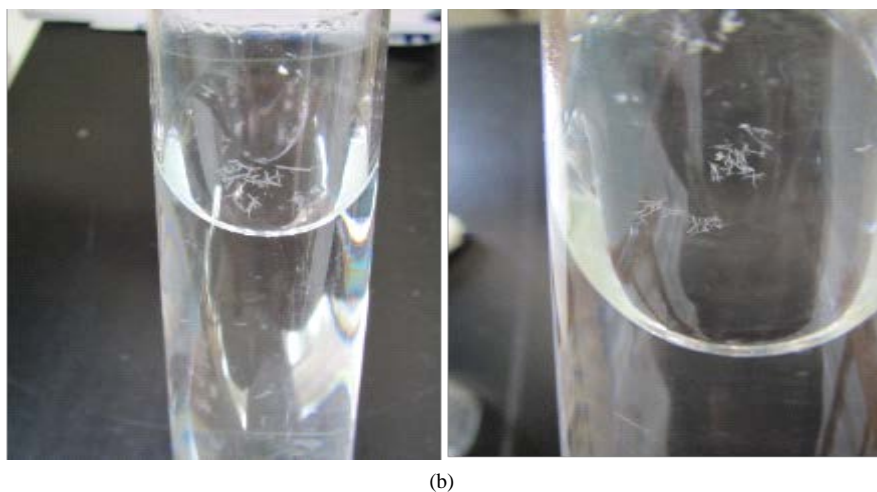
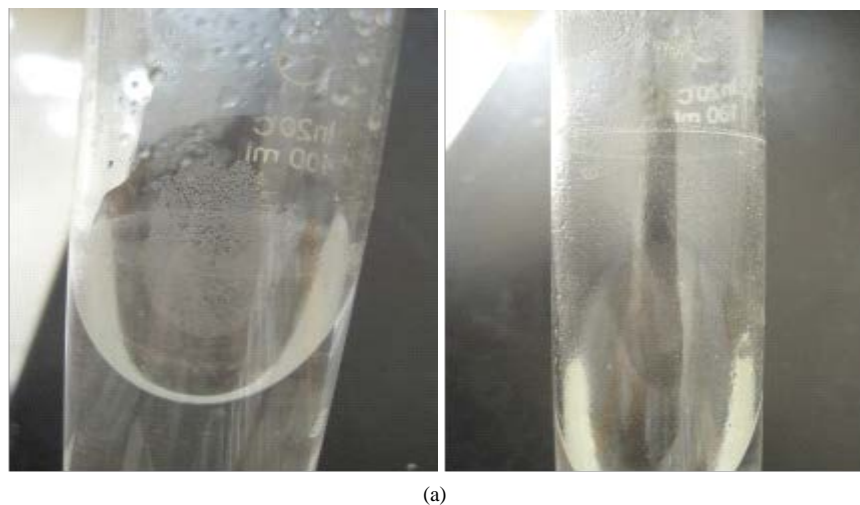


Figure 2. The real photo of 2# simulation water evaluation (a) blank (b) 30 mg/L HYFC-027
图 2. 模拟水 2#评价实物照片(a)空白(b) 30 mg/L HYFC-027

Table 2. The effect of the scale inhibitor on 1# production simulated water

表 2. 模拟水 1#防垢性能评价实验结果

药剂名称	加药浓度(mg/L)	Ca ²⁺ 浓度(mg/L)	防垢率(%)	目测
空白	0	480.96		++++硬垢 浮垢
HYFC-027	30	563.12	91.11	-
HYFG-02	30	541.08	66.67	浮垢
HYFC-078	30	555.11	82.22	-
YFFG-037	30	559.12	86.67	-
HYFC-074	30	562.12	90.00	-
HYFC-077	30	551.10	77.78	
HYFC-073	30	557.11	84.44	
HYFC-075	30	553.10	80.00	
HYFC-076	30	554.11	81.11	

Table 3. The effect of the scale inhibitor on 2# production simulated water

表 3. 模拟水 2#防垢性能评价实验结果

药剂名称	加药浓度(mg/L)	Ca ²⁺ 浓度(mg/L)	防垢率(%)	目测
空白	0	280.56		++硬垢 +++浮垢
HYFG-02	30	555.11	88.96	++浮垢
HYFC-073	30	553.10	88.31	++浮垢
HYFC-074	30	561.12	90.90	-
HYFC-075	30	557.11	89.61	+浮垢
HYFC-076	30	547.09	86.36	++浮垢
HYFC-027	30	571.14	94.15	-
YFFG-037	30	567.13	92.85	+浮垢
HYFC-077	30	527.05	79.87	+++浮垢+硬

三种防垢剂的加药浓度均为为 30 mg/L，选择不同材质钢片进行评价，评价结果见表 5。

从表 5 可以看出，三种防垢剂对 304 不锈钢无腐蚀现象，挂片表面光亮，但对 20#碳钢挂片均见均匀腐蚀，因此对三种防垢剂的承压容器最好选择 304 不锈钢以上材质。

3.5. 老化罐密闭实验

将防垢剂在老化罐(密闭)中加热 120℃、压力为微正压、保温 24 h，待冷却到室温后，打开老化罐，将其倒入量桶中，观察实验前后药剂现象，老化后药剂未见异常，并针对 1#模拟水进行防垢性能测试，实验结果见表 6。通过实验结果可以看出，药剂稳定性良好，防垢性能稳定。

4. 结论

通过以上实验得到以下结论：

- 1) HYFC-027、HYFC-074、YFFG-037 三种药剂防垢效果较好，同时具有较好的抗老化性能；
- 2) HYFC-027、HYFC-074 和 YFFG-037 三种防垢剂的加药浓度为 30 mg/L 时，防垢率可以达到 85% 以上；

Table 4. The different concentrations experiment data

表 4. 药剂浓度梯度实验

药剂名称	加药浓度(mg/L)	Ca ²⁺ 浓度(mg/L)	防垢率(%)	目测
空白	0	480.96	-	++++硬垢 浮垢
HYFC-073	15	501	22.22	+浮垢
HYFC-073	40	559.116	86.67	-
HYFC-074	15	531.06	55.56	++++浮垢
HYFC-074	40	561.12	88.89	-
HYFC-075	15	535.068	60.00	++浮垢
HYFC-075	40	557.112	84.44	-
HYFC-027	15	541.08	66.67	+浮垢
HYFC-027	40	567.132	95.56	-
YFFG-037	15	537.072	62.22	++浮垢
YFFG-037	40	567.13	92.85	+浮垢

Table 5. The corrosive test results of antiscaling agent

表 5. 防垢剂自腐蚀性测试结果

序号	药剂	pH	材质	编号	腐蚀速率	腐蚀形貌
1	YFFG-037	8~10	20#	2217	0.0055	均匀腐蚀
2			304	5136	0.0014	挂片光亮, 无腐蚀痕迹
3	HYFC-027	5~6	20#	2216	0.1125	均匀腐蚀
4			304	5207	0.0010	挂片光亮, 无腐蚀痕迹
5	HYFC-074	6~7	20#	2219	0.0937	均匀腐蚀
6			304	5210	0.0007	挂片光亮, 无腐蚀痕迹

Table 6. The scale inhibiting performance after ageing testing

表 6. 老化后防垢性能测试

药剂/浓度	加药浓度(mg/L)	Ca ²⁺ 浓度(mg/L)	防垢率(%)	目测
空白	0.05	480.96	-	++++硬垢 浮垢
HYFC-074	30	561.12	88.89	-
HYFC-027	30	562.12	90.00	-
YFFG-037	30	561.52	89.33	-

3) 建议加药管线及加药装置材质宜选用 304 以上材质。

参考文献 (References)

- [1] 马喜平, 戴倩倩, 刘林远, 等 (2010) 油田用防垢剂性能评定探索研究. *应用化工*, **7**, 1064-1065.
- [2] 黄雪松, 刘强, 张勇, 等 (2002) 硫酸盐固体防垢剂在轮南的应用研究. *石油与天然气化工*, **5**, 266-268.
- [3] 田楠, 刘晖, 杨秘, 等 (2013) CFD 油田防垢剂的筛选与性能评价. *应用化工*, **11**, 2127-2129.