

Integrated Research and Treatment of Corrosion and Scaling in Chian Oilfield

Zhiping Wang Yuhua Wu Ya Xu Zhonghua Duan Jiancheng Miao*

No.2 Oil Production Plant, Jiangsu Oilfield Company, Huai'an, Jiangsu, 211600, China

Abstract

Research on corrosion and scale in red shore oil area. One well and one policy, to reanalyze and evaluate the extracted liquid, gas production, microorganisms and scale samples, and find out the change factors of corrosion and scaling. The corrosion and scale is mainly due to the production of carbonate salt at the bottom of the well, carbon dioxide under the pressure change, and scaling with calcium in the wellbore, and corrosion. Anticorrosion and scale remover are selected, and the field application scheme is formulated. Different anti-corrosion and anti-scale schemes are optimized for different Wells to find out the best scheme. At the same time, combined with the actual situation of the oilfield, the optimized process method is developed. Through on-site in-depth research and integrated management, good results have been achieved.

Keywords

oil well; scaling; corrosion; corrosion resistance

赤岸油田腐蚀结垢一体化研究与治理

王志平 吴玉华 许雅 段中华 缪建成*

中国石油化工股份有限公司江苏油田分公司采油二厂, 中国·江苏 淮安 211600

摘 要

针对赤岸油田腐蚀结垢问题开展了重新认识与评价研究。一井一策, 对腐蚀结垢井重新分析评价采出液、产气、微生物和垢样, 找出腐蚀结垢变化因素, 腐蚀结垢主要是因为井底的碳酸盐产出, 在压力变化下产生二氧化碳, 在井筒中与钙产生结垢, 并产生腐蚀。优选了防腐蚀防垢药剂和除垢剂, 并制定了现场应用方案。对不同井进行不同的防腐防垢方案优化, 找出最佳方案。同时, 结合本油田实际情况, 制定出优化的工艺方法。通过现场深入研究与一体治理, 取得较好的成效。

关键词

油井; 结垢; 腐蚀; 缓蚀阻垢

1 引言

赤岸油田现油井开井 317 口, 日产液量 4100t, 日产油 350t, 综合含水 91.46%。目前水井开井 127 口。赤岸油田腐蚀结垢一直困扰着油田的稳定生产, 经过近年的治理, 有一定的效果, 但 2020 年又出现反复。从躺井趋势看, 2018—2019 年占比由 8.6% 降至 8.1%, 而 2020 又上升至 12.7%。影响产量 360t。

随着采油工艺技术的持续发展, 国内外也出现了越来越多的防腐蚀阻垢技术, 主要分三大类: 物理法、化学法、工艺法^[1]。物理法主要是施以物理作用, 使介质不能与另一介质结合的能力; 化学法是添加化学物质, 使化学阻垢剂和

结垢离子相互作用, 从而改变结垢物质的晶型结构, 或使成垢离子均匀分散或与成垢离子结合等方式阻止结垢, 并在钢材表面形成防护膜; 工艺法指的是以控制或改变工艺作业条件来防腐防垢。

2 油井情况分析

2.1 地层温度和压力情况

因为地层温度和压力是腐蚀结垢的主要影响因素, 并且是非常重要的影响因素, 因此地层温度和压力必须查明。赤岸地区地下温度和压力如表 1 所示。

赤岸油田的各区块的平均压力为 14.57MPa, 最大压力为 17.2MPa, 最小压力为 10.2MPa; 平均温度为 68.53℃, 最高温度是 80.3℃, 最低温度是 53.5℃。

2.2 采出水分析

腐蚀结垢的主要介质是采出水, 因此对油田的采出水按 SY/T 5329—2022《碎屑岩油藏注水水质指标及分析方法》进行了分析(表 2)。

【作者简介】王志平(1975—), 中国江苏海门人, 本科, 高级工程师, 从事油气田开发研究。

【通讯作者】缪建成(1976—), 中国江苏响水人, 本科, 高级工程师, 从事油气田开发研究。

表 1 赤岸地区地下温度和压力表

区块	原始温度 (°C)	原始压力 (MPa)
W2	68	15
W5	53.5	10.2
W6	65	13.5
W8	59	11.6
W9	80.3	17.2
W10	74.9	17
W11	80.3	17.2
W15	69	15.6
W27	66.8	13.8

表 2 赤岸油区采出水分析表

序号	井号	SRB	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	S (mg/L)	总矿化度 (mg/L)
1	W15-9	2500	10.2	25.1	6139.4	341.3	5342.9	537.4	90	18917.8
2	W2-26	70	71.1	16.8	5255.7	451.7	4735.8	358.3		16418.9
3	W2-45A	25	120.6	27.2	11395	1114.2	6800.1	418		30421.2
4	W2-75	250	33	37.7	11953.2	772.9	3400	358.3	40	26126.8
5	W2-51	2.5	67.3	14.7	7255.6	727.8	8925.1	477.7		26106.4
6	W2 平 1	250	12.7	12.6	5488.2	647.5	9289.4	537.4		23730.1
7	W2-12	70	30.5	25.1	7534.7	642.4	8500.1	776.2		26413.7
8	W2-3	250	15.2	12.6	8371.9	757.9	6848.6	453.8	50	25136.9
9	W2-60	250	34.3	10.5	7051	1154.4	3688.4	263.8		18842.4
10	W2-2	25	12.7	14.7	1116.2	1189.5	4929	296.8		10895.8
11	W11-9A	250	17.8	33.5	8576.5	833.2	1374.8	66		17358.9
16	W11-7 井		51.4	223.51	15520.74	1295.83	935.02	0		28711
	平均	358.41	39.73	37.83	7971.51	827.39	5397.44	378.64	60	22423.33

从数据分析看, 这些油井都是含氯含量在 5000~16000mg/L 之间, HCO₃⁻ 含量在 1300~10000mg/L 之间, CO₃²⁻ 含量 0~800mg/L 之间, SO₄²⁻ 含量在 300~1200mg/L 之间, 普遍含有 SRB, 有部分油井含有硫。

2.3 垢样分析

通过对以往作业井进行垢样取样后电子分析。

2.3.1 W2-35 注水井垢样

主要成分: XRD 显示主要为 FeCO₃, 其次为纤铁矿(铁氧化物)和 Fe(OH)₃。XRF 分析 Fe+C+O 占比超过 90%。

2.3.2 W2-56 井尾管垢样

主要成分: 铜铁铬硫化物(硫铁矿)、硫酸铝钠盐(钠明矾石)和硫酸铝钙盐(钙矾石), 少量含有硅酸钙和钙铝酸盐。

2.3.3 W15-9 井尾管垢样

主要成分: XRD 显示主要为 FeS、Fe₃S₄, 少量碳酸亚铁(菱铁矿)。XRF 分析 Fe+S 占比超过 79%。

2.3.4 W2-34 垢样

主要成分: XRD 显示 Fe₃O₄, FeS, Fe₃(PO₄)₃, MnS₂, CaCO₃, Ba₅(PO₄)₃OH, 垢样中腐蚀垢铁盐和沉积垢钙盐等

产物。XRF 分析 Fe+S 占比 38%, Ca 占比 37%。

2.3.5 W2-121 垢样

主要成分: XRD 显示 CaCO₃、CaO、Fe₂O₃、Fe₃O₄、FeCO₃、TiO₂、BaO、ZnO, 垢样中沉积垢钙盐和腐蚀垢铁盐等产物。XRF 分析 Ca 占比 54.82%, Fe 占比 11.16%。

2.3.6 W2 高压注水管线垢样

主要成分: XRD 显示 Fe₂P、FeS、FeCl₂、CaCl₂、CaCO₃、PCl₅, 垢样中主要为腐蚀垢铁盐等产物。XRF 分析 Fe+S 占比 51.23%, Ca 占比 0.28%。

2.3.7 注水井 W2-39 垢样

主要成分: XRD 显示 Fe₂O₃、FeS、FeCO₃、MgCl₂、MgO、MnS、MnO、BaCl₂、BaSO₄、CaCl₂、CaSO₄, 垢样中主要为腐蚀垢铁盐等产物。XRF 分析 Fe+S 占比 58.44%。

从分析来看, 油井垢主要是碳酸钙垢和铁腐蚀产物, 其中铁的腐蚀产物中二硫化亚铁为主要成分, 还包含铁与碳酸根结合成的碳酸亚铁。注水管线和注水井的结垢主要是硫化物腐蚀产物, 还有部分腐蚀的铁氧化物。

2.4 油井结垢预测

部分油井在腐蚀的同时还存在结垢, 对这些腐蚀结垢

油井用计算机软件进行结垢预测^[2]。

以韦 2-3 井为例（W2-3 井）：本井可能出现轻微结垢，最大结垢趋势出现在井底温度、压力较高部位，最大结垢趋势值 23.5，最大结垢量 29.5mg/L。现场作业监测表现为 1000~1400m 井段管杆有腐蚀结垢现象，尾管结垢较重，与结垢预测基本一致。

3 药剂优选

3.1 缓蚀阻垢一体剂优选

W 庄部分油井存在腐蚀结垢共生现象，对这种情况，优选了双效剂。室内评价结果表明，优选的缓蚀阻垢一体剂，缓蚀率达 91.6%，阻垢率达 95.6%（表 3）。

表 3 缓蚀阻垢一体化剂性能评价结果

实验条件	投加量， mg/L	腐蚀速率， m/a	缓蚀率，%	阻垢率，%
80℃，A3 挂片	空白	0.251	/	
	70	0.0212	91.6	95.6

对 W2-12 井、W9-14 井进行取样，开展新型双抗缓蚀剂室内评价实验，实验浓度分别为 100ppm 及 200ppm（表 4）。

表 4 缓蚀阻垢一体化剂性能现场情况下评价结果

编号	F（mm/a）
韦 2-12 原水	0.0074
韦 2-12（100）	0.00277
韦 2-12（200）	0.0026
韦 9-14 原水	0.0474
韦 9-14（100）	0.0053
韦 9-14（200）	0.0050

优选增强吸附型双抗缓蚀剂，控制腐蚀速率 0.01mm/年，可有效抑制局部点蚀。

3.2 除垢剂优选

化学除垢主要是通过向井筒加药进行清除井筒和近井地带的垢。从实验可以看出井筒中的垢主要是油垢、腐蚀产物以及碳酸盐。这些井筒除垢主要是向以除油和垢的溶解为主。为此，对除垢剂进行了优选^[3]。

主要考查了除垢剂的溶失能力和腐蚀性能。对三个样品进行了在 60℃下，与 W2 垢样反应 4 个小时，3 号样的溶失能力最高，溶失率达到 72.60%。

清洗剂中含有有机酸，同时加入一些高分子聚合螯合剂和分散剂。因此防腐蚀是清垢的主要问题，因此做了缓蚀试验，腐蚀速率能达到低于 1g/m²·h，低于油井酸化腐蚀率最低标准（表 5）。

3.3 制定现场施工方案

清洗步骤：

用加 300ppm 油层清洗剂的污水对井筒进行清洗，用量

为 1~1.5 倍井筒量。清洗温度为 80℃~95℃。

用加 15%除垢剂、加 2%缓蚀剂的污水对井筒进行浸泡。用本区块污水顶替到筛管位置。浸泡半个小时。

用本区块 1.5~2 倍井筒体积的污水，大排量洗出酸液（水敏区块用污水 1% 防膨剂）。

表 5 除垢剂的腐蚀率测试数据

序号	钢号	原重 g	后重 g	失重 g	腐蚀率（g/m ² ·h）
1	1160	12.6302	12.5816	0.0486	5.56
2	1159	12.783	12.3527	0.4303	49.27
3	1154	12.8092	12.0508	0.7584	86.81
4	1155	12.8433	12.8348	0.0085	0.97

4 现场应用

目前，赤岸生产班站共有 41 口井在使用缓蚀阻垢一体剂，使用方法为井口冲击式加药，加药量为 100ppm。加药方案调整后较调整前作业周期延长的井有 17 口，调整前平均周期 315 天，调整后为 586 天，平均延长周期为 271 天；使用后作业周期未延长的井有 24 口，其中 19 口未作业，持续生产；19 口未作业，调整前平均周期 544 天，目前已经生产 267 天，持续观察中。使用后作业周期未延长 5 口井中 3 口井因其他因素作业，2 口井与腐蚀结垢相关，要进一步进行研究^[4]。总体来看，该药剂在油井生产中起到了较好的防腐蚀防垢作用。

5 结论

①在赤岸油区存在大量的油井有腐蚀和结垢存在，它们的存在给油田的生产和安全带来危害，增加了油田的生产成本。②从水分析数据看，这些油井都是含氯在 5000~16000mg/L 之间，HCO₃⁻ 含量在 1300~10000mg/L 之间，CO₃²⁻ 含量 0~800mg/L 之间，SO₄²⁻ 含量在 300~1200mg/L 之间，普遍含有 SRB，有部分油井含有硫。③从分析来看，垢主要是碳酸钙垢和铁腐蚀产物，其中铁的腐蚀产物中二硫化亚铁为主要成分，还包含铁与碳酸根结合成的碳酸亚铁。④从结垢分析和预测来看，结垢主要发生在井底温度高，压力变化大的部位。⑤从室内对不同的井况选择的三种方法来看，都能有效防止结垢的发生。⑥缓蚀阻垢一体剂在赤岸油田进行了应用，能有效起到防腐蚀防垢的作用。

参考文献

[1] 李海东. 油井腐蚀结垢原因及防治措施研究[J]. 中国化工贸易, 2019,30(11).
[2] 吴泽美. 华北油田油井腐蚀结垢原因分析与治理方法优选[J]. 长江大学学报, 2016,22(13).
[3] 马锋. 大情字井油田油井腐蚀结垢治理技术研究[C]// 全国油气田开发技术大会, 中国石油学会, 2011.
[4] 崔延杰. 赵州桥油田油井腐蚀结垢治理实践[J]. 长江大学学报, 2014(3).