接触氧化法在油田含聚采出水中的应用实例

郑 帅 杨萍萍 于文文

（中油（新疆）石油工程有限公司设计分公司）

摘 要 介绍了聚结除油—生物接触氧化—气浮工艺在新疆油田高含聚采出水处理中的应用。采出水处理规模为 6 000 m^3/d，设计进水聚合物、悬浮物和含油浓度分别为 600，300，3 000 mg/L，经过一系列物理沉降和生化处理，出水悬浮物和含油浓度均可达到≤20 mg/L，出水水质可满足 Q/SY XJ0030—2015《油田注入水分级水质指标》中所规定的高渗注水要求。生物接触氧化法处理含聚采出水具有处理成本低，处理效果稳定的特点，采出水处理成本为 1.66 元/m^3，具有良好的经济效益和环境效益。

关键词 含聚采出水；聚结除油；生物接触氧化法

DOI：10.3969/j.issn.1005-3158.2018.06.008 **文章编号：** 1005-3158(2018)06-0029-04

0 引 言

含聚采出水中含有大量的聚合物、凝胶，具有黏度高、乳化稳定性好的特点，处理难度极大。传统的重力除油＋混凝沉降＋压力过滤三段式工艺对此类污水难以适应，小颗粒悬浮物及油的去除效率低、水质稳定性差、加药量大、产生的污泥浮渣量大且难以处理[1-4]，因此，处理效果不是很理想。

相比较常规的物理化学方法，生物方法利用微生物将聚合物进行无害化处理具有成本低、易控制、效果稳定、无污染的特点，在含聚采出水处理领域展现了良好的优势[5-7]。生物接触氧化法具有节能高效、占地面积小、耐冲击、处理时间短、能够克服污泥膨胀问题、可以间歇运转、维护管理方便等优点，新疆油田将传统的物理化学方法与生物接触氧化法相结合，首次在砾岩油藏提出利用“聚结除油—生物接触氧化—气浮”工艺处理高含聚采出水，运行效果良好，经济效益明显。

1 工程概况

克拉玛依油田 Q1 区位于克拉玛依市白碱滩区，属于新疆油田公司采油二厂管辖。西距克拉玛依市约 30 km，白碱滩区 6 km。采油二厂 72# 处理站是新疆油田首座三采处理站。主要接纳 Q1 区克下组砾岩油藏进行 30 万 t 聚合物驱工业化采出液，采出水处理规模 6 000 m^3/d。

2 水质特性及主要指标

2.1 含聚采出水水质特性

对 Q1 区采出水进行水质全分析，结果见表 1。

表 1 含聚采出水水质全分析

检测项目	检测结果
悬浮物/(mg·L^{-1})	196.0
含油量/(mg·L^{-1})	642.7
平均腐蚀率/(mm·a^{-1})	0.014 0
侵蚀性二氧化碳/(mg·L^{-1})	15.61
硫酸盐还原菌/(个·mL^{-1})	250
腐生菌/(个·mL^{-1})	25
铁细菌/(个·mL^{-1})	25
氧含量/(mg·L^{-1})	0.05
硫含量/(mg·L^{-1})	5.0
总铁/(mg·L^{-1})	2.5
二价铁/(mg·L^{-1})	2.0

注：1. 腐蚀率为常压静态腐蚀率，试验温度 30 ℃左右，试验周期为 187 h。2. 细菌培养温度为 37 ℃。3. 侵蚀性二氧化碳含量＞0，说明此水可溶解碳酸钙并对设备有腐蚀作用。侵蚀性二氧化碳含量＜0，说明水样不稳定，易生成碳酸盐沉淀。

结果表明，Q1 区采出水矿化度 8 400 mg/L，偏碱性，钙离子含量较高，为重碳酸钠型水。七东 1 区采出水聚合物含量 150 mg/L 左右，今后可能在 300～500 mg/L 左右，采出水含油、悬浮物含量较高，总铁、硫化物含量较高，有明显的结垢趋势。Q1 区采出水

郑帅，2010 年毕业于昆明理工大学材料学专业，硕士，现在中油（新疆）石油工程有限公司设计分公司从事油田水处理方面的研究。通信地址：新疆克拉玛依市友谊路 115 号联合办公大楼 C 座 1108 室，834000。E-mail：9478350@qq.com。

外观为黑色，但含油并不高，造成水色发黑的原因是水中含有硫化亚铁。

2.2 粒径分析

Q1 区含聚采出水与水驱采出水的粒径分布的检测结果见表 2 和图 1。

表 2　水驱采出水与含聚采出水的粒径分布

取样点	含聚采出水/(mg·L⁻¹)	粒径 0.1 μm/%	粒径 0.5 μm/%	粒径 0.9 μm/%	体积平均粒径 4.3 μm/%
E 处理站	33	4.078	20.194	39.746	21.812
Q1 试验站	140.4	1.142	2.896	7.218	4.061
ES1 井	293.9	1.323	2.895	5.918	3.322
ES6 井	286.4	1.407	5.534	12.016	7.958
ES7 井	188.6	1.306	3.416	7.406	3.961

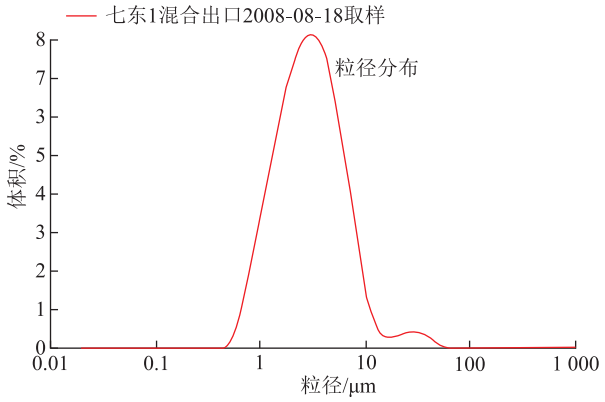

图 1　Q1 处理站含聚污水中颗粒粒径分布

含聚采出水与常规采出水最大的不同是含有聚合物及表面活性剂，聚合物的存在加大了油水的乳化程度，使得含聚采出水的含油和悬浮物含量大大增加并高度稳定，处理难度大大增加。

2.3 注水指标

根据来水水质和回注要求，确定含聚采出水处理系统进出水设计指标如下：来水设计指标含油≤3 000 mg/L，悬浮物≤300 mg/L，聚合物≤600 mg/L；出水设计指标含油≤20 mg/L，悬浮物≤20 mg/L。

Q1 区周边用于回注含聚采出水的区块渗透率大于 600 mD，属于高渗区块，因此采出水净化后需满足高渗注水 SY/T 5329—2012《碎屑岩油藏注水水质指标以及分析方法》要求。

3 处理工艺

3.1 工艺流程

根据进水特点和出水要求，选择以“聚结除油—生物接触氧化—气浮”为核心的处理单元的处理工艺，具体的工艺流程如图 2 所示。

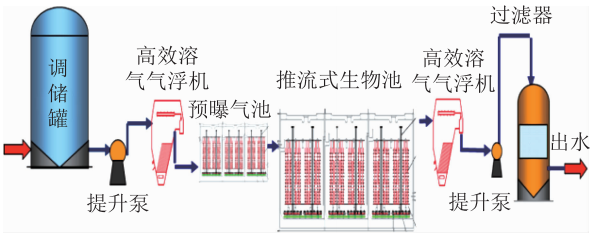

图 2　工艺流程

3.2 工艺特点

1）本技术除了去除油和悬浮物外，能将水中的聚合物、细菌等有机及无机污染物分解为二氧化碳和水，降低污水黏度、净化水质的同时实现污油的资源化和污泥的无害化。

2）充分利用微生物处于对数增长期的吸附特性，以低能、高负荷、快速的生物吸附和合成作用，在低负荷下利用微生物的氧化分解作用对污水中残留的有机物进行氧化分解以进一步改善出水水质，充分发挥同类微生物种群间的协同作用，克服不同种群间的拮抗作用，处理效率高。

3）本技术产生的污泥不同于投加化学药剂产生的污泥絮体，它主要是由泥沙和污染物降解自絮产物组成的，污泥量小、无毒无害且具有良好的沉降性能，容易形成密实的沉淀层，利于脱水处理。

4）利用新型填料—超轻纤维悬浮球，满足悬浮流动和高效挂膜的需要；通过超轻纤维悬浮球挂膜的形式，体现接触氧化法的工艺微生物生长迅速、产生污泥少；系统操作简单，运行稳定，实现自动控制及实时监测污水处理工艺参数。

5）利用生物接触氧化技术处理调储罐的排污，可有效去除泥中的石油类物质，再提升至离心脱水机进行脱水，脱水后的干污泥达到相关污泥标准中矿物油指标（<3 000 mg/kg 干污泥）的要求，实现污泥的“无害化”处理。

4 主要构筑物及设计参数

主要构筑物及设计参数见表 3。

表 3　主要构筑物及设计参数

单体名称	尺寸	数量/座	容积/m^3	水力停留时间/h
调储罐	D=21.0 m,H=7.92 m	1	3 000	12
气浮及固液分离间	长×宽×高=40.0 m×10.9 m×7.0 m	1	3 052	/
溶气气浮机	Q=150 m^3/h	4	29.84	12
曝气风机	鼓风量 Q=120 m^3/min	3	/	/
生物池	长×宽×高=4.2 m×16 m×6 m	15	3 000	20
污泥浓缩池	D=12.0 m,H=3.5 m	1	300	24
缓冲池	长×宽×高=10.0 m×4.5 m×4.5 m	1	200	12
双滤料过滤器	单台处理量 Q=85 m^3/h	3	/	24
电解盐杀菌装置	有效氯产量 12 kg/h	1	/	/

5　处理效果

5.1 油的去除效果

含油去除情况见图 3。

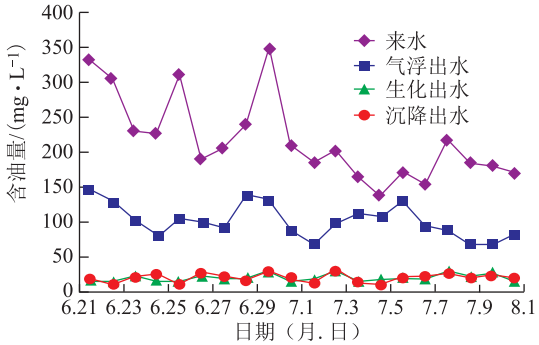

图 3　含油去除情况

从图 3 可以看出来水含油在 164.0～350 mg/L 之间波动,平均值 219.3 mg/L。由于来水黏度太大,进微生物反应系统之前,通过投加净水剂和助凝剂,降低水中聚合物和表活剂浓度。絮凝降聚降表后,气浮、回转悬浮生物床、沉淀池出水平均含油量分别降至 101.1,20.9,19.3 mg/L,出水含油量能够满足进入保安过滤器的要求。经计算,“絮凝气浮＋高效微生物反应”处理工艺对油类的总去除率为 91.2%,去除效果较好。

5.2 悬浮物的去除效果

悬浮物去除情况见图 4。

从图 4 看出,来水悬浮物在 200.0～477.0 mg/L 之间波动,平均 278.5 mg/L。气浮、回转悬浮生物床、沉淀池出水悬浮物平均含量分别降至 97.3,28.6,26.4 mg/L,出水含油量能够满足进入保安过滤器的要求。经计算,“絮凝气浮＋高效微生物反应”处理工艺对油类的总去除率为 90.5%,去除效果较好。

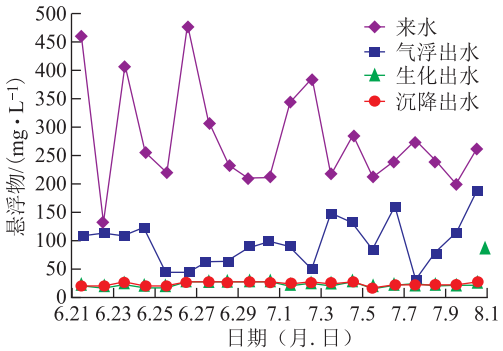

图 4　悬浮物去除情况

5.3 降聚降表效果

聚合物浓度降低情况见图 5,表面活性剂浓度降低情况见图 6。

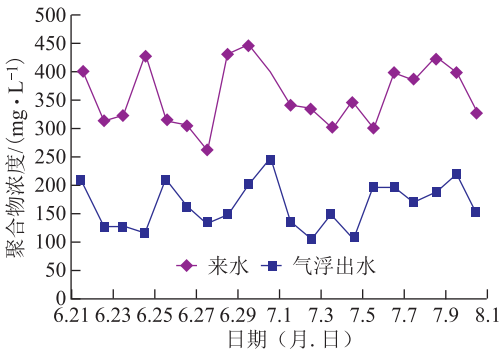

图 5　聚合物浓度降低情况

从图 5、图 6 看出:聚合物、表面活性剂平均浓度分别为 361.5,109.2 mg/L。在提升泵前和气浮机内分别投加净水剂、助凝剂,通过絮凝气浮反应进行化学预处理后,气浮出水聚合物、表面活性剂平均浓度

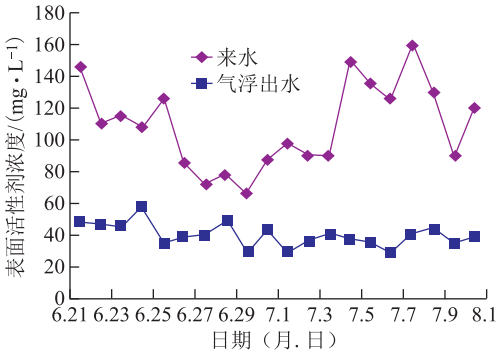

图 6 表面活性剂浓度降低情况

分别为 165.2，40.4 mg/L，去除率分别为54.3%，63.0%，而黏度由 2.96 mPa·s（平均值）下降到 1.95 mPa·s（平均值），提高了采出水的可生化性。

6 经济技术分析

运行成本估算详见如下。耗电量 501.9 kw·h，4 215.96 元/d；污泥处理费用 110 元/d（只计算运出费用）；采出水运行成本核算为 1.66 元/L。

7 结 论

本工程首次在砾岩油藏提出利用“聚结除油—生物接触氧化—气浮”工艺处理高含聚采出水，降低污水黏度、净化水质的同时实现污油的资源化和污泥的无害化，运行效果良好，经济效益明显，具有很好的推广价值。该工艺中聚结除油、预曝气、生物处理过程强度差异性曝气、等措施有助于改善处理效果，值得同类工程借鉴。

参 考 文 献

[1] 廖辉.聚合物驱污水处理技术研究与应用进展[J].化工技术与开放，2013，42(11)：27-29.
[2] 杨燕平.胜利油田采出水处理技术进展及应用[J].山东省科学技术协会，2008，23(1)：4-19.
[3] 廖辉，刘文龙，王强.聚合物驱污水处理技术研究与应用进展[J].化工技术与开放，2013，42(11)：27-29.
[4] 丁慧.含聚采出水纯物理除油技术研究与应用[J].石油工程建设，2011，18(4)：62-67.
[5] 赵云发.油田含聚污水高效生物处理中试试验效能研究[J].哈尔滨商业大学学报，2017，21(5)：526-529.
[6] 贺江.水解酸化+生物接触氧化法处理印染废水[J].江西化工，2012，19(2)：106-109.
[7] 李亚峰.水解酸化-气浮-生物接触氧化法处理冷饮厂废水工程实例[J].水处理技术，2017，43(2)：131-133.

（收稿日期 2018-08-06）
（编辑 李 娟）

（上接第 28 页）

业级 PAC，搅拌 10 s，再添加 4 mg/L 分子量 800 万的阳离子型 PAM，搅拌反应 60 s，静置 10～30 min，使絮体与上清液分层，上清液透光率可达到 94%以上，满足絮凝沉降的要求。处理后水经氧化絮凝处理后，COD 为 3 800 mg/L；硼离子经 WH908 或 C700 树脂吸附除硼后，硼含量降低到 5 mg/L，满足压裂返排液处理后重新配液的要求。

对于水力压裂配置液的最低水质要求现在还有争议[9]，其主要争议在于压裂液体系和采用化学添加剂的不同。在压裂返排液处理回用实际应用过程中技术难点，每口井都需要通过室内试验调整处理方法，很难统一处理标准。建议加强探索压裂返排液处理统一的处理标准和技术规范，形成返排液全过程管理的技术方案。

参 考 文 献

[1] 卫秀芬.压裂酸化措施返排液处理技术方法探讨[J].油气化学，2007，24(4)：384-388.
[2] 刘明.压裂返排液的危害及其回收处理方法研究[J].工业技术，2014，24(1)：35.
[3] 秦芳玲，屈撑囤，刘洋.油田作业废水臭氧化处理技术的实验研究[J].环境科学与技术，2007，30(2)：74-76.
[4] 王松，刘罡，胡三清，等.河南油田酸化废液处理的室内研究[J].钻井液与完井液，2004，21(1)：30-31.
[5] 钟昇，林孟雄.油气田压裂液处理技术研究进展[J].安徽化工，2006，32(6)：42-44.
[6] 贺吉安.井下作业酸化废水处理方法研究[J].广州化工，2010(2)：147-148.
[7] 马超，徐良伟，刘源，等.破胶-絮凝-深度氧化法处理残余压裂液实验研究[J].工业水处理，2012，32(9)：69-71.
[8] 杨跃伞，钟鹭斌，吴仁香，等.水体中硼的去除方法研究进展[J].环境工程，2016(6)：31-34.
[9] 许剑，李文权.页岩气压裂返排液处理工艺试验研究[J].石油机械，2013，41(11)：110-114.

（收稿日期 2018-09-03）
（编辑 王 薇）