

# 复配絮凝剂处理辽河油田含聚合物污水室内实验

关大毅 中油辽河工程有限公司

**摘要:** 针对辽河油田聚合物区块采出含油污水的特点,在对含油采出污水中悬浮物微观形貌分析的基础上,利用烧瓶实验评价了国内油田常用的几种有机和无机絮凝剂的污水处理效果。以除油率和去浊率为评价指标,优选出3种适应性较好的絮凝剂,与实验室自制的絮凝剂XN-6复配使用,评价了不同XN-6加量下复配体系的絮凝效果,并分析了温度对复配体系絮凝效果的影响规律。研究表明,适应于试验区含油污水处理的最佳絮凝剂复配体系为150 mg/LXN-6+3 000 mg/L 聚氯化铝。在40 °C条件下该体系的除油率和去浊率分别为87.04%和80.49%,随着絮凝实验温度的升高,复配体系的絮凝效果更好。

**关键词:** 聚合物驱; 含油污水; 絮凝剂; 除油率; 去浊率

doi:10.3969/j.issn.1006-6896.2015.8.014

絮凝法是一种重要的含油污水处理方法,该方法的优点是没有改变现有工艺,只是在油水分离工艺中加入了絮凝剂,加速了油水的分离。但是目前聚驱后油田常用的絮凝剂用量比较大且成本也较高。以辽河油田聚合物驱区块含油产出水为研究对象,进行了油田常用的絮凝剂与实验室自制的絮凝剂XN-6对含油产出水的处理效果对比实验<sup>[1]</sup>。

## 1 实验部分

### 1.1 材料与仪器

实验污水采用辽河油田某聚合物驱区块含油采出水,成分包括原油、聚合物、悬浮物、细砂、黏土以及金属盐等,采出污水的浊度、含油量、COD含量分别为76、180和588 mg/L,聚合物浓度为250~350 mg/L。絮凝剂:硫酸铝、三氯化铝、三氯化铁、聚氯化铝、聚氯化铝铁、絮凝剂PAM-1、PAM-2、絮凝剂XN-6;氯化钠。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 污水中悬浮物的微观形貌

利用XSJ-2型电子显微镜对现场采出污水悬浮物进行微观形态观察,放大倍数为250倍。利用激光粒度分析仪分析试验区污水中悬浮物的粒径分布范围。

#### 1.2.2 絮凝剂XN-6的IR分析

采用KBr压片法,利用Bruker-Tensor27型傅立叶变换红外光谱仪分析絮凝剂的IR谱。波数范围为4 000~400 cm<sup>-1</sup>。

#### 1.2.3 絮凝剂絮凝效果评价

絮凝剂评价方法参考中华人民共和国石油天然

气行业标准《絮凝剂评定方法(SYT 5796—1993)》。现场取实验区块采出污水样品置于50 mL具塞带刻度比色管中,放入恒温水浴预热至设定温度。向比色管中加入絮凝剂,用玻璃棒充分搅拌,使絮凝剂与采出液脱出污水样品充分混合,重新将比色管置于恒温水浴中静置沉降。1 h后观察测定污水浊度和含油量。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同类型的絮凝剂单剂絮凝效果评价

为了比较絮凝剂对聚驱后含油污水的絮凝效果,选取了油田常用的3类7种絮凝剂进行了烧杯实验,从而得出絮凝效果,结果见表1。

表1 不同类型絮凝剂的絮凝效果统计

絮凝剂类型	加量/ mg · L <sup>-1</sup>	出水水质		除油率/ %	去浊率/ %	
		含油量/ mg · L <sup>-1</sup>	浊度/ mg · L <sup>-1</sup>			
无机低分子	硫酸铝	5 000	58.5	11.1	67.5	85.4
	三氯化铝	5 000	63.9	11.8	64.5	84.5
	三氯化铁	5 000	72.4	14.1	59.8	81.5
无机高分子	聚氯化铝	4 000	54.4	14.8	69.8	80.5
	聚氯化铝铁	4 000	56.9	15.4	68.4	79.8
有机类	PAM-1	300	35.3	16.9	80.4	77.8
	PAM-2	300	38.2	20.2	78.8	73.4

注:采出含油污水浊度为76 mg/L,含油量为180 mg/L

由表1可看出,7种不同类型的絮凝剂对于试验区含油污水的除油率和去浊率均较低。其中3种无机低分子絮凝剂中,在相同的加量下,硫酸铝的污水处理效果最好;2种无机高分子絮凝剂中,在相同的加量下,聚氯化铝的污水处理效果最好<sup>[2]</sup>;2种有机絮凝剂中,在相同的加量下,PAM-1的污



水处理效果优于PAM-2。

## 2.2 絮凝剂XN-6的分子结构及絮凝效果评价

从实验室自制的絮凝剂XN-6红外光谱图可看出,  $3\ 449\ \text{cm}^{-1}$ 和 $1\ 740\ \text{cm}^{-1}$ 处分别为絮凝剂中N-H基团以及羰基的伸缩振动吸收峰;  $1\ 459\ \text{cm}^{-1}$ 和 $1\ 423\ \text{cm}^{-1}$ 处为絮凝剂中含有C—C和C—N键链节的六元环伸缩振动吸收峰;  $1\ 339\ \text{cm}^{-1}$ 和 $900\ \text{cm}^{-1}$ 处的吸收峰为絮凝剂中O—H基团的弯曲振动吸收峰。综合絮凝剂的红外谱曲线可看出, 絮凝剂XN-6是丙烯酰胺、丙烯酸和二甲基二烯丙基氯化铵的共聚物。

图1为不同XN-6加量下的絮凝效果。实验温度为 $40\ ^\circ\text{C}$ , 搅拌速度为 $300\ \text{r/min}$ , 搅拌时间为 $3\ \text{min}$ 。由图1可看出, 随着絮凝剂XN-6加量的增加, 絮凝剂对于含油采出污水的去浊率和除油率逐渐增大。当加量大于 $300\ \text{mg/L}$ 后, 除油率和去浊率的增加幅度逐渐变缓。在 $300\ \text{mg/L}$ 时, 除油率和去浊率分别为 $75.04\%$ 和 $70.00\%$ 。在污水处理过程中, 为了保证处理效果的同时减少絮凝体的产生, 防止后续分离困难, 并考虑处理成本, 因此选择絮凝剂XN-6的加量为 $300\ \text{mg/L}$ 。

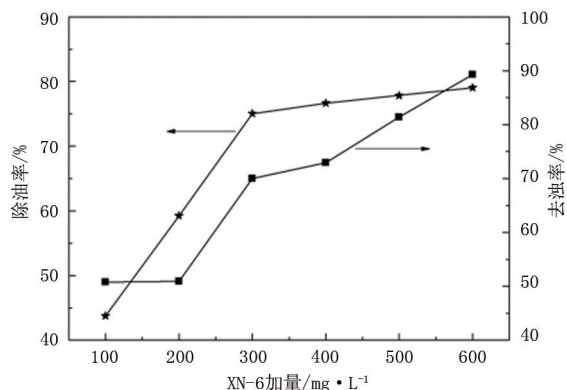


图1 不同XN-6加量下的絮凝效果

## 2.3 絮凝剂复配体系的絮凝性能

为了达到更好的絮凝效果, 并综合考虑经济成本, 选取油田常用的与试验区含油污水匹配性较好的絮凝剂硫酸铝、聚氯化铝和PAM-1与实验室自制的絮凝剂XN-6进行复配使用<sup>[3]</sup>, 考察其复配絮凝剂体系对于试验区含油污水的絮凝效果。实验温度为 $40\ ^\circ\text{C}$ , 固定絮凝剂硫酸铝、聚氯化铝的用量为 $3\ 000\ \text{mg/L}$ , PAM-1的用量为 $150\ \text{mg/L}$ 。不同的XN-6加量下, 不同絮凝剂复配体系的絮凝效果如图2所示。

由图2可看出, XN-6与3种油田应用效果较好的絮凝剂复配后, XN-6直接影响着污水的处理效果。3种复配体系的絮凝效果随着XN-6加量的增

加变化趋势相同, 均是先增大后减小, 存在一个除油率和去浊率的最大值。这主要是因为, 当絮凝剂XN-6加量较小时, 不利于复配体系的吸附架桥性能和电性中和作用; 随着XN-6加量的增加, 复配体系的吸附架桥作用明显增强, 电性中和作用增强; 当XN-6用量达到一定值后, 由于XN-6的分散作用, 大量的XN-6分子被吸附的污水中的颗粒包覆, 大大减少了絮凝剂上的吸附活化点, 使得絮凝效果有限, 表现为除油率和去浊率的降低。对比3种复配体系, XN-6+聚氯化铝的复配体系的絮凝效果最好, 最佳的配方为:  $150\ \text{mg/L}$  XN-6+ $3\ 000\ \text{mg/L}$  聚氯化铝, 该配方在 $40\ ^\circ\text{C}$ 条件下的除油率和去浊率分别为 $87.04\%$ 和 $80.49\%$ 。

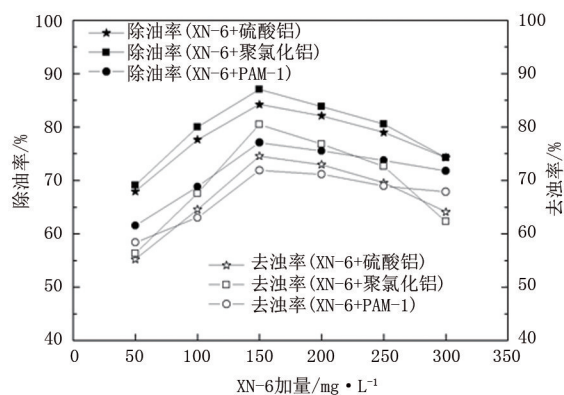


图2 不同絮凝剂复配体系的絮凝效果

温度可影响絮凝剂复配体系的絮凝效果, 特别是絮凝反应过程、絮凝体成长及沉降分离过程。图3为温度对优选出的絮凝剂复配体系( $150\ \text{mg/L}$  XN-6+ $3\ 000\ \text{mg/L}$  聚氯化铝)絮凝效果的影响规律。由图3还可看出, 随着温度的升高, 复配絮凝体系的除油率和去浊率逐渐增大。这主要是因为, 温度的升高可使聚氯化铝和XN-6的扩散速率增大, 降低污水中乳化原油的黏度和密度, 使得絮凝效果变好<sup>[4-5]</sup>。通过图3还可看出, 在实验温度范围内, 复配体系的除油率和去浊率均较好, 适合较宽的处理温度。该复配体系对于试验区的含油污水具有很好的适应性。

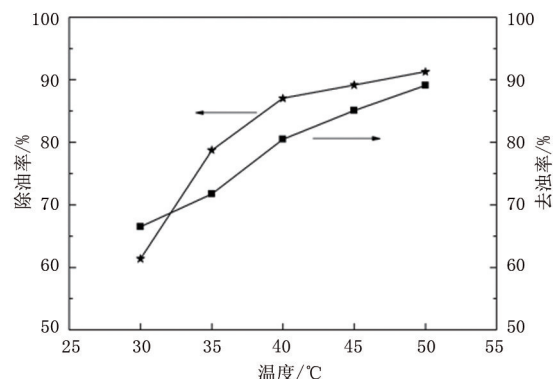


图3 不同温度下XN-6+聚合氯化铝复配体系的絮凝效果



### 3 结论

(1) 在对试验区含油污水中悬浮物微观形貌分析的基础上, 利用烧杯实验优选出了油田常用的3种处理效果较好的絮凝剂: 硫酸铝、聚氯化铝和PAM-1。

(2) 实验室自制的絮凝剂XN-6为丙烯酰胺、丙烯酸和二甲基二烯丙基氯化铵的共聚物。该絮凝剂在40℃条件下单独使用时最佳投加量为300 mg/L, 除油率和去浊率可达75.04%和70.00%。

(3) 将优选出的3种絮凝剂与XN-6复配, 最终优化出了适用于试验区含油污水处理的最佳絮凝剂复配体系为: 150 mg/L XN-6+3 000 mg/L聚氯化铝。在40℃条件下的除油率和去浊率分别为87.04%和80.49%。随着絮凝实验温度的升高, 复配体系的絮凝效果更好。

#### 参考文献

[1] 张凤久, 姜伟, 孙福街, 等. 海上稠油聚合物驱关键技术研究

与矿场试验[J]. 中国工程科学, 2011, 13 (5): 28-34.

[2] 周守为, 韩明, 向问陶, 等. 渤海油田聚合物驱提高采收率技术研究与应用[J]. 中国海上油气, 2006, 18 (6): 386-389.

[3] 檀国荣, 邹立壮, 王金本, 等. 聚合物对原油乳液破乳效果影响的实验研究[J]. 大庆石油地质与开发, 2006, 25 (1): 93-94.

[4] 邓述波, 周抚生, 陈忠喜, 等. 聚丙烯酰胺对聚合物驱油污水中油珠沉降分离的影响[J]. 环境科学, 2002, 23 (2): 69-72.

[5] 郭亚梅, 李明远, 贺辉宗, 等. 聚合物-表面活性剂对原油模拟油/水界面Zeta电位的影响[J]. 油田化学, 2009, 26 (4): 415-418.

[作者简介] 关大毅: 工程师, 1994年毕业于浙江大学化工工艺专业, 主要从事油田水处理方面的研究工作。

18629353612、guandavill@126.com

收稿日期 2015-05-19

(栏目主持 杨 军)

## 九江石化油品升级工程主体完工

经过参建各方为期22个月的奋战, 近日九江石化 $800 \times 10^4$  t/a油品质量升级改造工程建设迎来里程碑式的重大节点—— $2 \times 7 \times 10^4$  t/a硫磺回收联合装置、 $170 \times 10^4$  t/a渣油加氢装置、 $10 \times 10^4$  m<sup>3</sup>/h煤制氢装置、 $4.5 \times 10^4$  m<sup>3</sup>/h空分装置顺利实现高标准中交。至此, 九江石化油品质量升级改造主体工程部分基本建成, 各装置将陆续从施工阶段转入开工生产阶段。

九江石化油品质量升级改造工程总投资约70亿元, 由常减压、硫磺回收、渣油加氢、加氢裂化及PSA、煤制氢、空分等8套主体装置和公用系统工程组成。整个工程计划9月份打通全流程, 产出合格产品。图为7月8日, 现场施工人员在做装置的调试工作。



九江石化油品升级工程主体完工

胡庆明 摄影报道

