



电絮凝法处理含聚采油污水的研究

马敬环, 李 强, 裴孝君, 项 军
(天津科技大学海洋科学与工程学院, 天津 300457)

摘 要: 研究采用电絮凝法处理含聚采油污水,优化了电极材料、极板间距、电流密度、pH 和电解时间等对污水 COD 和聚合物去除率有影响的因素。研究确定的电絮凝法处理含聚采油污水的最优工艺条件为:电流密度为 7 mA/cm^2 , 电解时间 40 min,极板间距 2 cm,pH 9.1。于最优条件下处理后 COD 和聚合物的去除率分别为 68.5%和 49.7%。

关键词: 电絮凝; 采油污水; 处理

中图分类号: X703 文献标志码: A 文章编号: 1672-6510(2009)04-0054-04

Study on Treating Technology of Oilfield Polymer Sewage by Electro-Coagulation Method

MA Jing-huan, LI Qiang, PEI Xiao-jun, XIANG Jun

(College of Marine Science and Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China)

Abstract: Treating of oilfield polymer sewage by electro-coagulation method was studied. Effects of electrode material, the plate spacing, current density, pH and electrolysis time which has an effect on COD and the polymer were investigated in this work. It was found the optimal conditions: current density was 7 mA/cm^2 , electrolytic time was 40 minutes, the plate spacing was 2 cm and pH value was 9.1. The wastewater was treated under the optimal conditions, the removal efficiency of COD and polymer were 68.5% and 49.7% respectively.

Keywords: electro-coagulation; oilfield polymer sewage; treatment

目前,含油污水处理大多采用“加药—沉降—过滤”,或“加药—气浮—过滤”的传统方法。但是从节约能源和合理使用资源的角度看,传统方法存在成本高、工艺过程复杂等不足^[1]。尤为不足的是,由于长期采用加药工艺,经大量加药处理后的回注水已经富营养化。电化学方法处理废水具有设备相对简单,能在常温常压下运行,无需添加化学药品,设备体积小,占地面积少,操作简便灵活等优点,因而被广泛应用。

大庆油田是我国最大的油田,并且已经进入石油开发的中期,采出油中含水量已达 70%~80%,有的甚至已高达 90%,日产含油污水量非常大。如果这些水不经处理直接排放到环境中,势必会造成土壤、地面水体的污染^[2]。本实验尝试用电絮凝法^[3-6]处理大庆油田含聚采油污水,经电絮凝处理后,出水水质达到

了注水水质要求,这不仅可以满足石油开采过程中注水量日益增长的需要,同时可以节约大量水资源,为油田带来经济效益,且减少排放污水对环境的污染。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 水样

实验用水样取自黑龙江大庆油田的含聚采油污水,其水质参数如表 1 所示。

1.1.2 实验仪器

电解池为自制 1 000 mL 反应池(如图 1 所示),阳极为铝板或铁板,阴极为石墨板,面积均为 75 cm^2 ; WYJ 直流稳压稳流电源,上海松特电器公司; HI98703 型浊度仪,匈牙利 HANNA 公司; VIS-723

型可见分光光度计, 上海精密科学仪器有限公司; PH310 型便携式酸度计, 新加坡 EUTUECH 公司.

表 1 大庆油田含聚采油污水水质

Tab.1 Water quality parameter of sewage in Daqing oil field

参数	数值范围	平均值
水温/°C	15 ~ 25	20
COD/(mg·L ⁻¹)	330.83 ~ 380.03	344.83
聚合物质量浓度/(mg·L ⁻¹)	270 ~ 298	284
电导率/(ms·cm ⁻¹)	10.79 ~ 10.88	10.84
盐度/‰	5.9 ~ 6.3	6.1
总溶解盐质量浓度/(mg·L ⁻¹)	5 910 ~ 6 150	5 980
pH	7.9 ~ 8.7	8.3
悬浮物质量浓度/(mg·L ⁻¹)	60 ~ 80	70
浊度/NTU	14.1 ~ 20.7	17.4
石油类/(mg·L ⁻¹)	17.03 ~ 19.63	18.33
氨氮/(mg·L ⁻¹)	0.02 ~ 0.06	0.04

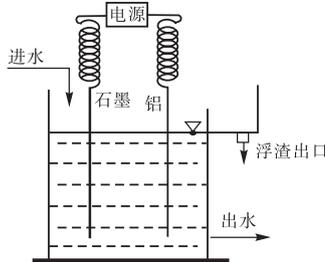


图 1 电絮凝实验装置

Fig.1 Experiment setup of electro-coagulation

1.2 方法

将 600 mL 含聚采油污水水样置于电解池中, 插入电极, 将电极与直流稳压稳流电源相连接; 调整电流密度、pH 及电极板间距等实验条件 (实验过程中, 通过调整电解电压, 保持电流密度恒定) 进行实验; 电解结束后, 静置一定时间, 并取一定量的处理后水样, 测定水样的 COD 和聚合物的含量.

2 结果与讨论

2.1 工艺参数对处理效果的影响

2.1.1 电极材料

任何电化学反应过程, 适当的选择电极材料往往起着重要作用. 在电絮凝过程中, 用于水处理的电极材料必须是对人体和环境无毒无害的. 铁铝材料无毒、价廉, 且生活中随处可见, 因而成为很好的电絮凝电极材料. 本研究分别用铁和铝做阳极, 在相同条件下, 考察其对原水样电絮凝后的效果, 结果如表 2 所示. 由表 2 可知, 用铝板做阳极的处理效果要略好于铁板. 电解产生的铝离子与铁离子在溶液中水解、聚

合生成一系列多核羟基络合物和氢氧化物, 作为絮凝剂而起絮凝作用, 铝的絮状物是白色的, 而铁的絮状物是红绿色的, 所以铁电极会对水样处理后的色度有一定的影响. 铝与石墨电极对含聚采油污水的处理效果较好.

表 2 电极材料对含聚污水处理效果的影响

Tab.2 Effect of electrode materials on the treating result of sewage

电极材料	COD 去除率/%	聚合物去除率/%	反应现象
铁板	50.7	33.1	红绿色絮凝
铝板	53.8	38.7	白色絮凝

2.1.2 pH

当电流密度 7 mA/cm², 电解时间 30 min, 极板间距 2 cm 时, pH 对 COD 和聚合物的去除率的影响如图 2 所示. 污水中 COD 和聚合物的去除率在 pH 约为 9 时达到最佳, 当 pH 大于 9 时, 去除率会随之降低. 在 pH 为酸性和中性时, 污水中 COD 和聚合物的去除率较低, 且在中性时去除率最差.

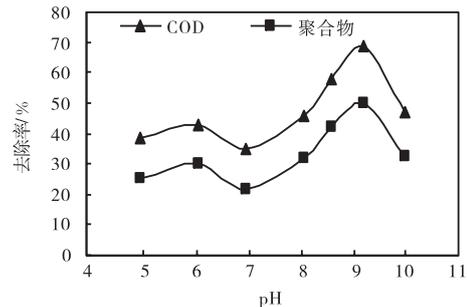


图 2 pH 对含聚污水处理效果的影响

Fig.2 Effect of pH value on the treating result of sewage

2.1.3 电流密度

当 pH 为 8.3, 电解时间 30 min, 极板间距 2 cm 时, 电流密度对 COD 和聚合物的去除率的影响如图 3 所示. 随着电流密度的增大, COD 和聚合物的去除率增大, 当电流强度增大到一定程度时, 即 7 mA/cm², 两者的去除率基本趋于稳定.

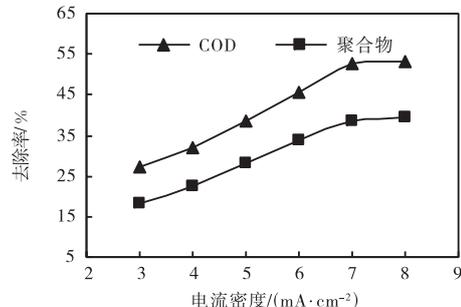


图 3 电流密度对含聚污水处理效果的影响

Fig.3 Effect of current density on the treating result of sewage

2.1.4 电解时间

当 pH 为 8.3, 电流密度 7 mA/cm^2 , 极板间距 2 cm 时, 电解时间对 COD 和聚合物的去除率的影响如图 4 所示. 随着电流密度的增大, COD 和聚合物的去除率增大, 当电流时间增大到 30 min 时, 两者的去除率基本趋于稳定.

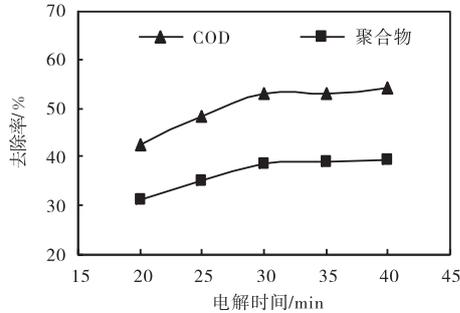


图 4 电解时间对含聚污水处理效果的影响

Fig.4 Effect of electrolytic time on the treating result of sewage

2.1.5 极板间距

pH 为 8.3, 电流密度 7 mA/cm^2 , 电解时间 30 min 时, 极板间距对 COD 和聚合物的去除率的影响如图 5 所示. 在实验范围内, COD 和聚合物的去除率随极板间距的增大而先增大然后再减小, 但受极间距的影响很小, 极板间距在 3 cm 左右时为最佳.

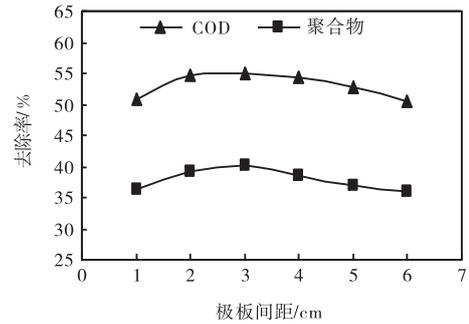


图 5 极板间距对含聚污水处理效果的影响

Fig.5 Effect of plate spacing on the treating result of sewage

2.2 最佳工艺条件的确定

通过不同影响因素的实验, 确定了应用电絮凝法处理含聚采油污水的工艺参数, 根据上述工艺参数确定一个 4 因素 3 水平的正交实验, 因素和水平如表 3 所示. 用正交表 $L_9(3^4)$ 安排实验, 结果见表 4.

表 3 因素和水平

Tab.3 Factors and levels

因素	电流密度/ ($\text{mA}\cdot\text{cm}^{-2}$)	电解时间/ min	极板间距/ cm	pH
水平 1	5	20	2.0	8.2
水平 2	7	30	3.0	9.1
水平 3	9	40	4.0	10.1

表 4 正交实验结果

Tab.4 Results of orthogonality test

实验号	(A) 电流密度/ ($\text{mA}\cdot\text{cm}^{-2}$)	(B) 电解时间/ min	(C) 极板间距/cm	(D) pH	COD 去除率/%	聚合物去除率/%
1	5	20	2	8.2	27.0	15.9
2	5	30	3	9.1	53.4	33.5
3	5	40	4	10.1	32.7	19.2
4	7	20	3	10.1	35.6	21.8
5	7	30	4	8.2	48.1	34.0
6	7	40	2	9.1	68.5	49.7
7	9	20	4	9.1	55.9	35.7
8	9	30	2	10.1	41.6	22.1
9	9	40	3	8.2	53.2	32.3
Q_1	327.2	224.6	6.3	822.1		
Q_2	229.0	130.0	0.3	536.1		

由表 4 可以看出, 各因素对实验指标影响的主次顺序: $D > A > B > C$, 即 pH 是主要因素, 其影响大于电流密度, 大于电解时间, 极板间距的影响最小. 从提高 COD 和聚合物的去除率考虑, 可确定最优操作条件是: $A_3B_3C_1D_2$, 即电流密度为 7 mA/cm^2 , 电解时间为 40 min , 极板间距为 2 cm , pH 为 9.1.

2.3 沉降时间对处理后污水浊度的影响

将在最优条件下处理后的含聚采油污水水样进行静置沉淀, 分别记录其在不同时间点的浊度值, 考察沉降时间对处理后污水浊度的影响, 实验结果如图

6 所示.

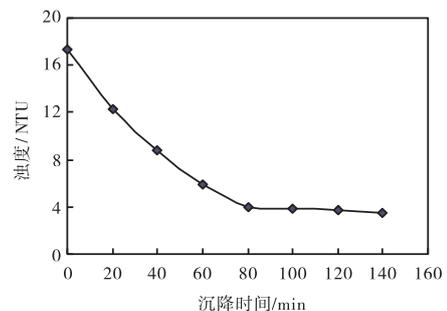


图 6 沉降时间对处理后污水浊度的影响

Fig.6 Effect of settlement time on the turbidity of sewage

采油污水电絮凝后,静置大约 80 min,其浊度值将趋于稳定,继续静置,溶液浊度变化不甚明显,稳定在 3~4 NTU. 由此认为,污水在最优条件下电絮凝后,静置 80 min 为宜.

2.4 污水处理后水质指标分析

将电絮凝处理后产水水质与 GB 8978—1996《污水综合排放标准》进行比较,结果表明处理后水质符合国家二级排放标准. 对比结果见表 5.

表 5 电絮凝处理后水质与国家二级排放标准的对比
Tab.5 Quality of water treated by electro-coagulation compare with national let standard

参数	污水水质	处理后水质	二级排放标准
pH	8.3	7.42	6~9
悬浮物/(mg·L ⁻¹)	70	20	<300
COD/(mg·L ⁻¹)	344.83	108.60	<120
石油类/(mg·L ⁻¹)	18.33	2.63	<10
氨氮/(mg·L ⁻¹)	0.04	0.04	<50

3 结 论

(1) 电絮凝法处理含聚采油污水时,金属铝是比较理想的阳极材料. 正交实验显示各因素对污水处理效果影响的主次顺序为:pH>电流密度>电解时

间>极板间距.

(2) 最优条件为:电流密度 7 mA/cm²、电解时间 40 min、极板间距 2 cm、原水 pH 9.1. 在此条件下对污水进行处理,处理后 COD 和聚合物的去除率分别为 68.5%和 49.7%. 采油污水电絮凝后,沉降 80 min,原水浊度由 17.4 NTU 降到 3~4 NTU.

(3) 电絮凝法处理含聚采油污水,工艺简单,处理后水质指标达到国家工业污水二级排放标准.

参考文献:

- [1] 杨云霞,张晓健. 我国主要油田污水处理技术现状及问题[J]. 气田地面工程,2001,20(1):4-5.
- [2] 李旭东,李亚峰,刘元. 物理化学法处理采油废水的研究进展[J]. 辽宁化工,2007,36(2):92-95.
- [3] 孙境蔚. 电絮凝技术在废水处理中的应用[J]. 泉州师范学院学报:自然科学,2006,24(6):55-59.
- [4] 王车礼,裴峻峰,陈毅忠,等. 电絮凝处理油田废水初步研究[J]. 油气田环境保护,2002,12(3):19-21.
- [5] 曹梦竺. 电絮凝在水处理中的应用[J]. 广西轻工业,2007,8(9):93-95.
- [6] 王丽敏,李秋荣,石晴. 电絮凝法处理含油废水的研究[J]. 化工科技,2005,13(3):30-33.

作者署名须知

为使作者署名规范化,现将 GB 7713—1987《科学技术报告、学位论文和学术论文的编写格式》中的有关规定节录如下:

“在封面和题名页上,或学术论文的正文前署名的个人作者,只限于那些对于选定研究课题和制订研究方案、直接参加全部或主要部分研究工作并作出主要贡献、以及参加撰写论文并能对内容负责的人,按其贡献大小排列名次. 至于参加部分工作的合作者、按研究计划分工负责具体小项的工作者、某一项测试的承担者、接受委托进行分析检验和观察的辅助人员等,均不列入. 这些人可以作为参加工作的人员一一列入致谢部分,或排于脚注.”

本刊编辑部