

# 三维电极法处理钻井废水实验研究

吴思斯<sup>1</sup>, 梁宏<sup>1</sup>, 王林元<sup>1</sup>, 林海波<sup>2</sup>, 黎美琳<sup>1</sup>

(1. 西南石油大学化学化工学院, 成都 610500; 2. 四川理工学院机械工程学院, 四川 自贡 643000)

**摘要:**采取三维电极法处理钻井废水,考查了活性炭吸附作用、电解作用对 COD 去除率的影响,初步探索了三维电极法处理钻井废水的降解机理。利用正交实验分析了不同影响因素对 COD 去除率的影响程度。实验结果表明:三维电极系统对钻井废水的处理是电解和吸附作用协同效应的结果;活性炭感应荷电时处理效果最好;各因素对 COD<sub>Cr</sub> 去除率的影响程度为初始 COD<sub>Cr</sub> 浓度 > 电解时间 > pH 值 > 电流密度 > 电导率;最优水平组合为 A<sub>4</sub>B<sub>4</sub>C<sub>2</sub>D<sub>3</sub>E<sub>4</sub>。

**关键词:**钻井废水;三维电极;电化学;机理

**中图分类号:**X741

**文献标识码:**A

钻井废水是油气田勘探开发中的主要污染源之一<sup>[1-4]</sup>。随着环境质量要求的提高,采用常规的废水处理方法难以达到排放标准<sup>[5-6]</sup>,迫切需对其进行深度处理以实现达标排放。钻井废水通常含有大量电解质物质,废水电导率较高,能满足电化学技术对电导率的要求,本研究采用三维电极技术进行钻井废水的处理。

电化学处理设备占地面积不大,易于实现自动化控制,电解过程中一般无需加入化学药品<sup>[7-10]</sup>。三维电极技术是在二维电极间装填工作电极材料形成新的电极<sup>[11-13]</sup>,使工作电极表面积增大,反应物的迁移距离相应大大缩短,从而提高废水的降解效率。本次研究处理对象为川西北矿区某钻采井废水,利用颗粒活性炭为工作电极,主电极为石墨,分析指标为钻井废水的 COD<sub>Cr</sub> (化学耗氧量)降解率,考查三维电极法处理钻井废水时,活性炭吸附作用、电解作用、氧化、还原作用等对钻井废水 COD<sub>Cr</sub> 降解率的影响<sup>[14]</sup>,并通过正交实验分析三维电极系统处理该钻井废水的最佳实验条件。

## 1 实验部分

### 1.1 实验装置

实验所用三维电极系统如图 1 所示。

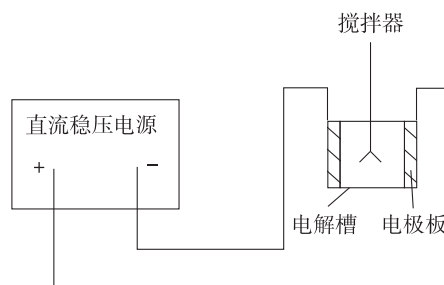


图 1 实验装置图

### 1.2 实验方法

- (1) 对钻井废水进行预处理以达到所需浓度范围。
- (2) 活性炭采取不同浓度的钻井废水吸附饱和和后备用。
- (3) 在主电极之间加入适量活性炭和钻井废水,通电并调节电流电压,取样测试。
- (4) 采取不同的电解方法和活性炭荷电方式,探索钻井废水电解过程中的反应机理。
- (5) 采用正交表 L<sub>16</sub>(4<sup>5</sup>) 进行正交实验,正交实验的因素和水平见表 1,16 个实验如表 2 所示,表 2 中每行表示 16 个实验的实验条件,每列表示影响因子的不同水平。

收稿日期:2012-04-27

基金项目:西南石油大学校级科技基金项目(2010XJZ157)

作者简介:吴思斯(1986-),女,四川绵阳人,硕士生,主要从事水污染治理方面的研究,(E-mail)lianghong70@163.com

表1 正交实验因素和水平

因素	初始 COD <sub>Cr</sub> A(mg/L)	PH 值 B	电导率 C (μs/cm)	电流密度 D(mA/cm <sup>2</sup> )	电解时间 E(min)
水平 1	800	3	6000	8.12	20
水平 2	1000	5	7000	10.21	30
水平 3	1200	7	8000	12.37	40
水平 4	1500	9	10000	14.43	50

表2 正交实验结果分析

序号	A	B	C	D	E	COD 去除率(%)
1	1	1	1	1	1	46.81
2	1	2	2	2	2	59.69
3	1	3	3	3	3	62.33
4	1	4	4	4	4	65.22
5	2	1	2	3	4	81.56
6	2	2	1	4	3	73.65
7	2	3	4	1	2	67.94
8	2	4	3	2	1	63.37
9	3	1	3	4	2	61.81
10	3	2	4	3	1	57.67
11	3	3	1	2	4	64.67
12	3	4	2	1	3	65.28
13	4	1	4	2	3	63.61
14	4	2	3	1	4	64.25
15	4	3	2	4	1	70.92
16	4	4	1	3	2	74.12
K <sub>1</sub>	K <sub>11</sub> = 234.05	K <sub>12</sub> = 253.79	K <sub>13</sub> = 259.25	K <sub>14</sub> = 244.28	K <sub>15</sub> = 238.77	
K <sub>2</sub>	K <sub>21</sub> = 286.52	K <sub>22</sub> = 255.26	K <sub>23</sub> = 276.82	K <sub>24</sub> = 269.53	K <sub>25</sub> = 263.56	
K <sub>3</sub>	K <sub>31</sub> = 249.49	K <sub>32</sub> = 265.86	K <sub>33</sub> = 251.76	K <sub>34</sub> = 267.77	K <sub>35</sub> = 264.87	
K <sub>4</sub>	K <sub>41</sub> = 272.9	K <sub>42</sub> = 267.99	K <sub>43</sub> = 254.44	K <sub>44</sub> = 261.32	K <sub>45</sub> = 275.7	
R	52.47	14.2	25.06	25.25	36.93	

### 1.3 主要研究指标和分析方法

主要指标与分析方法见表3所示。

表3 研究指标与分析方法

研究指标	分析方法
电导率	DDS-11A型电导率仪
pH值	PhS-25型酸度计
COD <sub>Cr</sub>	快速比色法,721型分光光度计
COD <sub>Cr</sub> 去除率	$(\text{电解前 COD}_{Cr} - \text{电解后 COD}_{Cr}) / \text{电解前 COD}_{Cr} \times 100\%$

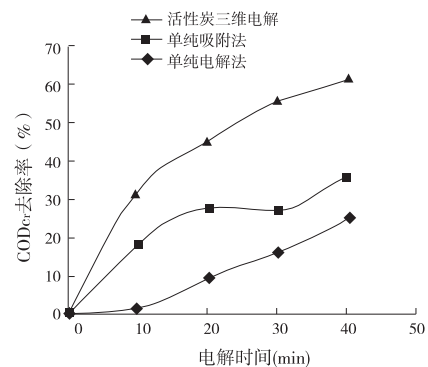


图2 三种不同处理方式对 COD 去除效果的影响

## 2 实验结果分析和讨论

### 2.1 吸附对电极作用影响

为了探索三维电极系统中电解作用、活性炭吸附作用对钻井废水 COD<sub>Cr</sub>去除率的影响,分别采用电解法、活性炭吸附法、三维电极法三种方式对钻井废水进行处理,三种不同方式的处理效果见图2。

由图2中可见,相比较而言,三种方式中三维电极法对废水处理效果最好,其次是单纯活性炭吸附法。且三维电极法的 COD<sub>Cr</sub>去除率大于单纯电解法和单纯活性

炭吸附法的去除率之和,说明三维电极系统对钻井废水的处理是电解作用和吸附作用协同效应的结果。种不同荷电方式,不同荷电方式对钻井废水处理效果的比较见图3。

电解过程中,阳极产生具有强氧化性的活性物质如 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、·OH、[O]等,阴极产生具有较强还原性的 H<sub>2</sub>,钻井废水中的污染物通过与这些活性物质发生氧化、还原反应而被降解去除。活性炭荷正电时相当于

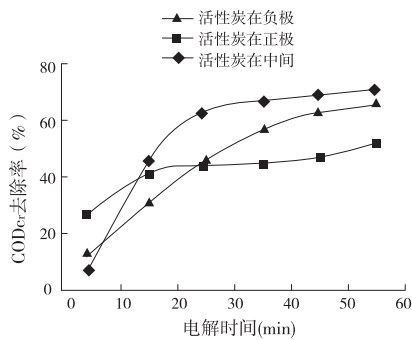


图 3 不同荷电方式对 COD 去除率的影响

增大了阳极表面积,则  $H_2O_2$ 、 $\cdot OH$ 、 $[O]$  等氧化性物质的产生量增大,提高了系统的氧化能力,此时电解反应主要表现为氧化反应;活性炭荷负电相当于增大了阴极表面积,使  $H_2$  等还原性物质的量增加,提高了系统的还原能力,此时电解主要表现为还原反应;活性炭位于反应器中间位置,不与电极接触时为活性炭感应荷电,活性炭在电场作用下成为微电极,单个活性炭可同时起到阳极和阴极的作用,微电极对被吸附的有机物产生氧化还原作用,使活性炭得以部分再生,恢复其吸附能力<sup>[15-16]</sup>。在不断的吸附-分解作用下,污染物不断被去除。

由图 3 中可见,三种荷电方式中,以活性炭感应荷电时处理效果最好,其次是活性炭在负极的处理效果,效果最差的是活性炭在正极,相比较氧化反应而言,该钻井废水中的污染物通过还原反应降解更好。

## 2.2 正交实验分析

为了研究各影响因子在钻井废水处理效果中所占权重,通过正交实验比较各因素对  $COD_{Cr}$  去除率的相对影响大小,并进行了正交实验分析,计算结果见表 2。

影响因子对  $COD_{Cr}$  去除率的影响越大,则该因素的极差也越大,由表 2 中可看出,各因素对  $COD_{Cr}$  去除率的影响程度如下:

初始  $COD_{Cr}$  浓度 > 电解时间 > pH 值 > 电流密度 > 电导率。

将表 2 中各因素在 4 个水平下的  $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$ 、 $K_4$  的大小进行比较,选取其中最大者,则得最优水平组合为:  $A_4B_4C_2D_3E_4$ ,在该最优水平条件下进行实验,得到此条件下的  $COD_{Cr}$  去除率为 84.43%。

## 3 结论

根据上述实验结果和分析,可得出以下结论:

(1) 三维电极系统对钻井废水的处理不仅仅是二者作用的总和,而是电解和吸附作用协同效应的结果。

(2) 三种荷电方式中以活性炭在中间位置时处理效果最好,其次是活性炭在负极的处理效果,活性炭在正极时效果最差。

(3) 正交实验分析得到各因素对  $COD_{Cr}$  去除率的影响程度如下:

初始  $COD_{Cr}$  浓度 > 电解时间 > pH 值 > 电流密度 > 电导率;

最优水平组合为  $A_4B_4C_2D_3E_4$ ,该条件下  $COD_{Cr}$  去除率为 84.43%。

## 参考文献:

- [1] 张擎翰,蒋文举.钻井废水处理技术研究进展[J].四川化工,2011,14(1):45-48.
- [2] Lu Y T,Chen X B,Zhou P,et al.Screening on oil-decomposing microorganisms and application in organic waste treatment machine[J].Journal of Environmental Sciences, 2005,17(3):440-444.
- [3] 谢磊,胡勇有,仲海涛.含油废水处理技术进展[J].工业水处理,2003,23(7):4-7.
- [4] Wu Zucheng,Zhou Minghua.Partial degradation of phenol by advanced electrochemical oxidation process[J].Environ Sci. Technol,2001,35:2698-2703.
- [5] 张峙,梅平,陈武.酸化中和混凝处理钻井废水试验研究[J].长江大学学报:自然科学版.2011,8(1):72-77.
- [6] 余红波,李忠庆,韩志田,等.钻井废水处理方法研究浅论[J].科技经济市场,2006(1):130-131.
- [7] 李玉明,邢向军,周集体,等.三维固定床电极法降解焦化废水[J].环境科学与技术,2006,29(4):82-84.
- [8] Tissot P,Fragiere M.Anodic oxidation of cyanide on a reticulated three-dimensional electrode[J]. Journal of Applied Electrochemistry,1994,24(6):509-512.
- [9] Panizza M,Cerisola G.Applicability of electrochemical methods to carwash wastewaters for reuse[J]. Part2: Electrocoagulation and anodic oxidation integrated process.Journal of Electro analytical Chemistry,2010,63(8):236-240.
- [10] 汪群慧,张海霞,马军,等.三维电极处理生物难降解有机废水[J].现代化工,2004,24(10):56-59.
- [11] 冯国栋,赵卫星,姜雯,等.三维电极在水处理中的

- 应用[J]. 应用化工,2010,39(9):1390-1393.
- [12] 何春,安太成,熊亚,等.三维电极电化学反应器对有机废水的降解研究[J].电化学,2002,8(3):327-331.
- [13] 梁宏,曾抗美,杨基成,等.多维电极法处理高色度活性染料模拟废水影响因素分析[J].环境污染治理技术与设备,2004,5(4):27-31.
- [14] 陈卫国,朱锡海.电催化产生  $H_2O_2$  和  $\cdot OH$  及去除废水中有机污染物的应用[J].中国环境科学,1998,18(2):148-150.
- [15] 梁宏,曾抗美,杨基成,等.多维电极法处高色度活性嫩黄模拟废水的研究[J].四川大学学报:工程科学版,2003,35(1):52-55.
- [16] 陈琼,梁宏,林海波.三维电极法处理含酚废水的研究[J].四川理工学院学报:自然科学版,2009,22(3):60-62.

## Study on Treating Drilling Wastewater by Three-dimension-electrodes Method

WU Si-si<sup>1</sup>, LIANG Hong<sup>1</sup>, WANG Lin-guan<sup>1</sup>, LIN Hai-bo<sup>2</sup>, LI Mei-lin<sup>1</sup>

(1. School of Chemistry and Chemical Engineering, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China;

2. School of Mechanical Engineering, Sichuan University of Science & Engineering, Zigong 643000, China)

**Abstract:** Drilling waste water is treated by three-dimension-electrodes method. The electrolytic effect and the adsorption effect of active carbon on the removal rate of COD effects are studied. The degradation mechanism of drilling waste water treatment by three dimensional electrode method is preliminary discussed. Effects of different factors on the removal rate of COD influence degree are analyzed by orthogonal experiment. The results show: the  $COD_{cr}$  of drilling waste water is reduced because of synergistic effect of electrolysis and adsorption in three-dimension-electrodes system. Activated carbon induction charging has the best effect. The factors on the removal rate of  $COD_{cr}$  influence degree: initial  $COD_{cr}$  of drilling wastewater > electrolysis time > pH > current density > electric conductivity. The best combination of experiment factors is  $A_4B_4C_2D_3E_4$ .

**Key words:** drilling waste water; three-dimension-electrodes method; electrolysis; mechanism