

# 三维电解法深度处理电解锰废水技术研究

潘琼, 郭正, 李欢

(长沙环境保护职业技术学院, 湖南 长沙 410004)

**摘要:** 实验研究了模拟含锰废水在三维电解槽中的电化学氧化过程。考察了解时间、电解电压及锰废水初始浓度对锰去除效果的影响, 并确定适宜的反应条件。实验表明, 在填充活性炭与树脂的条件下, 在低电压短时间内, 充分提高填充粒子的利用率, 达到较好的锰离子去除效果。

**关键词:** 三维电极; 电化学反应器; 锰废水

中图分类号: X7

文献标识码: B

文章编号: 1004-8642(2007)06-0032-02

## Study on Advanced Treatment of Electrolytic Mangan(Mn) Wastewater with Three-dimensional Electrode

PAN Qiong, GUO Zheng, LI Huan

**Abstract:** Electrochemical Oxidation of the simulated Mn wastewater with the three-dimensional electrode was studied through the experiment. Various effect factors such as electrolytic time, applied voltage and initial concentration of Mn wastewater were inspected, and the feasible condition was confirmed. Under the condition of filling up activated carbon and resin, the lower voltage and lesser time, the utilization of particle were improved and the better removal effect of Mn was obtained.

**Key words:** Three-dimensional electrode; Electrochemical Oxidation; Mn wastewater

### 0 引言

三维电极电解法处理废水是一种较新型的有效电解处理废水工艺, 比较传统的二维处理工艺有较高效和快速的优点。

三维电极是在传统二维电解槽电极间装填粒状或其他碎屑状电极材料并使装填电极材料表面带电, 成为新的一极(第三极), 从而大大增加了电极表面积或缩短传质距离<sup>[1]</sup>, 以提高电解反应效率, 并具有能耗低、设备简单、占地面积少等优点。

要提高电解反应效率, 关键在于尽量增大电极上有效的反应电流, 同时尽量减小旁路电流和短路电流<sup>[2]</sup>。常用的方法有: ①使用高阻抗的导电性粒子; ②将导电粒子和绝缘粒子混合填充; ③在导电粒子上覆盖一层高阻抗的薄膜。从而将电解效率大大提高, 而且能长时间保持稳定。

目前三维电解法已应用于催化降解染料废水、电催化氧化降解甲基橙废水、深度处理含酚废水、焦化废水、难降解有机废水、生活污水、含铜废水等。

在此将三维电解法应用于处理电解锰废水, 即在电解槽的电极间装填陶瓷规整填料或活性炭与树脂混合填料, 以增加电极表面积, 充分利用溶液在电极表面反应的特点, 增大溶液与电极的接触面积, 最大限度地提高电解反应速度, 是深度处理电解锰废水的一种新型电化学工程技术。

### 1 实验材料与方法

#### 1.1 实验装置

自制长方形有机玻璃三维电解槽, 规格 30 cm×10 cm×10 cm, 如图 1 所示。电解电源型号为 WYJ-10, 30 V 的稳压电源, 752 紫外光栅分光光度计, 火焰原子吸收分光光度计。

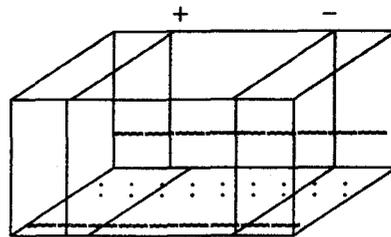


图 1 长方形有机玻璃三维电解槽

收稿日期: 2007-07-18

作者简介: 潘琼(1978-), 女, 湖南宁乡人, 硕士, 工程师, 主要研究方向: 水污染控制工程等。

## 1.2 实验材料

电解锰废水水样来源于自制的重铬酸钾溶液和硫酸锰溶液的混合溶液。电解采用 Fe 板作为阳极材料,石墨板作为阴极材料,活性炭与树脂的质量比为 1:3,极板间距在 20 cm 左右。

## 1.3 结果与分析

实验讨论不同电解电压、电解时间和锰废水初始浓度条件下的电解效率。

### 1.3.1 不同电解电压对含锰废水去除率的影响

首先讨论了电解电压在 6 V, 10 V, 12 V, 16 V, 20 V, 24 V 条件下对含锰废水去除效率的影响,其实验分析结果如图 2 所示。

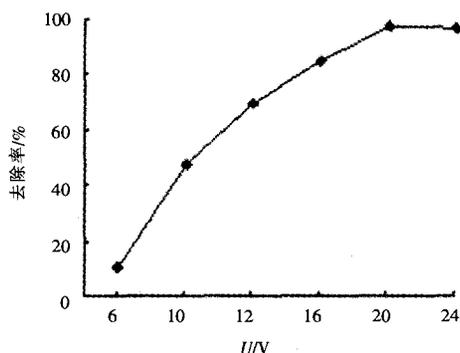


图 2 电解电压对锰去除率的影响

从图 2 可知,电解电压在 20 V 左右条件下含锰废水去除效率在 97.22% 以上,其排放浓度为  $1.6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,达到排放标准  $2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的要求。

### 1.3.2 不同电解时间对含锰废水去除率的影响

确定电解电压在 20 V,考察电解时间 15 min, 30 min, 45 min, 60 min 对含锰废水去除效率的影响,其实验分析结果如图 3 所示。

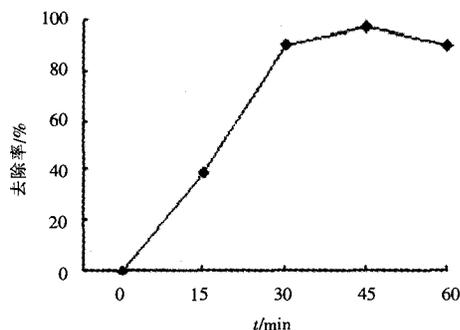


图 3 电解时间对锰去除率的影响

从图 3 可知,电解 30 min 时含锰废水的去除效率在 96.5% 以上,处理后的排放浓度为  $1.8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,达到污水排放标准要求。电解时间在 45 min 左右条件下含锰废水去除效率最好,达到 98%。考虑社会经济条件和排放标准要求,一般电解时间控制在 30

min 左右,以达到技术经济的最优化控制处理。

### 1.3.3 锰废水初始浓度对含锰废水去除率的影响

确定电解电压在 20 V,电解时间为 30 min 条件下,考察锰废水初始浓度对含锰废水去除效率的影响,其分析结果如图 4 所示。

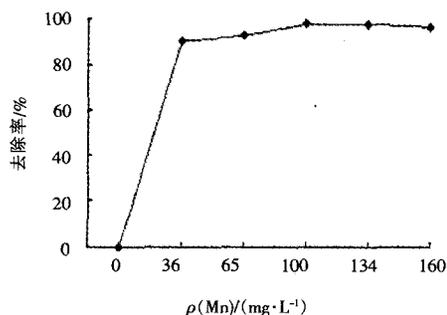


图 4 锰废水初始浓度对锰去除率的影响

从图 4 可知,锰废水初始浓度在  $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  左右条件下含锰废水去除效率最高,在 97.23% 左右。因此,对含锰废水的三维电解法处理,宜把进水浓度控制在  $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  左右,以达到最佳的处理效果。

实验还表明,二维处理的电解电压在 25 V 左右,电解时间 2 h 条件下,电解效果最佳。所以三维电解法比传统的二维处理技术具有耗电低,电解时间短,电解效率高的优点,是废水深度处理的一种新型电化学技术。

## 1.4 反应机理探讨

(1)采用三维电极法处理电解锰废水,其处理效率明显高于现阶段处理技术比较成熟的絮凝沉淀法、微电解法、液膜分离法等。

(2)三维电解法有机结合了吸附、氧化还原、催化氧化等多种过程,有效地降低了废水中锰及其各种污染物的含量,并且具有设备简单、效率高、占地面积小、操作简便等优点<sup>[3]</sup>。

(3)电解时间过长,溶液中的锰离子浓度的反而增加,有可能是这部分锰又被氧化,这将是我们将进一步深入探讨的内容。

(4)三维电极电解的第三极填料可使用陶瓷规整填料或者使用一定比例的活性炭颗粒和绝缘颗粒混合填料,目前常用的粒子电极材料主要有金属导体、导电陶瓷、铁氧体、镀上金属的玻璃球或塑料球、石墨及活性炭等<sup>[4]</sup>。使用陶瓷规整填料的优点在于有较大的比表面积和空隙率。它的阻力比乱堆填料小得多,增加了液体在填料间的均匀分布和填料润湿性能,无积液死角,偏流现象也小,能最大限度的发挥填料性能<sup>[5]</sup>,传质效率大大提高而备受人民的青睐。  
(下转第 36 页)

表2 指标数据及评价结果

城市	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>	C <sub>9</sub>	C <sub>10</sub>	C <sub>11</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>13</sub>	C <sub>14</sub>	C <sub>15</sub>	C <sub>16</sub>	C <sub>17</sub>	评价得分
上海	4 052	40.7	1 524	50.95	91	853	18.5	95 165	2.47	1 638	10.5	23.4	0.46	98	95	37.6	240	2.96
南京	2 299	20.5	932	47.87	87	196.5	34.5	85 204	2.14	1 070	5.3	24.3	0.6	102	84	27.5	106	0.78
苏州	3 563	14	773	37.4	67	245	27.4	85 050	2.55	1 392	3.8	30	0.56	166	96.3	82.4	317	0.51
无锡	3 652	12.5	1 013	41.5	70	334.5	27.5	72 618	2.98	1 226	3.7	14.7	0.44	88	95.6	39.6	117	-0.19
常州	2 215	13.5	727	36.8	70	173.7	35	49 938	3.04	728	2.6	24	0.74	137	96.4	16.3	77	-0.94
扬州	1 235	9.9	404	38.56	61	84.2	13	51 441	3.1	398	1.3	22	0.43	192	96.4q	56.3	17	-1.99
杭州	2 795	14.4	822	43	68	107.2	30	76 420	2.31	1 208	5.2	14.8	0.22	102	92.93	10.2	133	-0.65
宁波	2 746	17.5	847	37.8	65	160	31.3	75 430	2.49	1 100	3.4	20	0.37	133	93	22.8	149	-0.46

从表2中可以看出,长三角8城市中,上海经济生态化水平最高,其后依次为南京、苏州、无锡、宁波、杭州、常州、扬州,且上海呈遥遥领先之势,充分体现了长三角经济龙头的地位。南京超出苏州位居第二,虽然其经济总量稍差,但其经济结构、经济效率却更为合理,其第三产业占GDP比重高达47.87%,规模企业产值占工业总产值比为87%,只是稍逊上海,另外其工业利润增幅、工业全员劳动生产率、单位GDP水耗均维持较高水平。苏州经济子系统的外向水平为八城市之首,人均GDP仅次于沪、锡,但其经济循环程度不高,单位产值能耗、水耗较大,这说明苏州存在较多能耗大、污染严重的企业。宁波、杭州排名不甚理想,这是因为无论从发达程度还是到外向水平,其大多数指标均逊色于沪、苏、锡

三市,得到这样的结果也是合理的。

### [参考文献]

- [1] 孙彦泉. 论生态经济农业发展新观[J]. 科学技术与辩证法, 2003, 20(3): 74 - 76.
- [2] 杨芸, 祝龙彪. 城市生态支持系统的指标体系设计及实例分析[J]. 上海环境科学, 2001, 20(5): 237 - 240.
- [3] 许学强, 张俊军. 广州城市可持续发展的综合评价[J]. 地理学报, 2001, 56(1): 54 - 63.
- [4] 罗上华, 马蔚纯, 王祥荣, 等. 城市环境保护规划与生态建设指标体系实证[J]. 生态学报, 2003, 23(1): 45 - 55.
- [5] 顾朝林, 甄锋, 黄朝永. 江苏省地级市可持续发展能力综合评价研究[J]. 南京大学学报(自然科学版), 2001, 37(3): 281 - 287.

(责任编辑 朱歆莹)

(上接第33页)

## 2 应用与展望

(1) 三维电极充分利用溶液在电极表面反应的特点, 增大了溶液与电极的接触面, 其粒子间距小, 传质效果极大改善, 具有较高的电流效率和单位时空产率, 大大提高了反应器的体积效率, 提高污水处理效果, 其应用也将日益广泛。

(2) 通过实验, 分析废水中锰离子的去除率与废水脱色之间的关系, 三维电极的脱色率高达95%以上, COD的去除率为80%左右。这赋予该体系很大的实用意义, 有望推广用于船舶生活污水、饮用水中的硝酸盐的脱除和饮用水的净化等。

(3) 随着农村地区环境污染的加剧, 三维电解法处理技术将适应于农村地下水的快速治理, 农村或

高锰地区的水改工程等。

### [参考文献]

- [1] 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(10): 59.
- [2] 蒋萌阳, 朱建荣, 戴静波. 复极性三维电极处理印染废水的能耗分析[J]. 宁波工程学院学报, 2005(2): 20.
- [3] 何国建, 刘晓波, 汪德耀. 三维电极法处理印染废水[J]. 化工环保, 2004(24): 127.
- [4] 董献堆, 陈平安, 陆君涛. 电解用三维电极体系的研究与发展[J]. 化学通报, 1997(5): 17.
- [5] 宋卫峰, 倪亚明, 何德文. 电解法水处理技术的研究进展[J]. 化工环保, 2001(21): 13 - 14.

(责任编辑 朱歆莹)