

·研究报告·

超声场下电凝聚法去除溶解性有机物的试验研究

谢朝新¹, 龙腾锐², 方振东¹, 周宁玉¹, 谢有奎¹

(1. 后勤工程学院 2. 重庆大学)

摘 要:本文对有超声波和无超声波的电凝聚法去除贮存水中 TOC、不同分子量有机物和不同极性有机物的效果进行了试验研究。结果表明,超声波显著提高了电凝聚对水中有机物的去除效率,提高的程度随功率的增加而增加。与单纯的电凝聚法相比,采用超声波-电凝聚处理时,水中各分子量区间有机物的去除率提高了 11.73%~39.56%;亲水性和疏水性有机物的去除率分别提高了 16.67%和 28.30%。

关键词:超声;电凝聚;有机物

用电凝聚法不仅可有效去除水中的悬浮物、重金属、有机物、氨氮、磷等,还能对水进行有效的广谱消毒,加上其设备简单、操作简便、易于实现自动化、便于管理和控制等优点,在分散性小水量用户的给水和废水处理中很有发展前途。但由于有机物的传质速率较小,如何改进反应器结构或强化传递过程以提高传质速率,是实现电凝聚法去除水中有机物有待解决的问题^[1,2,3]。在电凝聚水处理中加入超声波能有效解决这一问题,提高有机物的去除率。

1 试验装置及方法

1.1 试验流程

试验工艺流程如下:

贮存水→提升泵→调节阀→流量计→超声—电凝聚器→搅拌→过滤→检测

将原水泵入设有超声振板的电凝聚装置进行超声-电凝聚处理,处理出水经 300rpm 混合 2min,静置沉淀 5min 后用滤纸过滤上清液^[45],然后对滤液进行水质分析。

1.2 试验用水

试验所用原水为实验室内存放了一年多的自来水,该水在贮存中受到污染,原水 TOC 为 66.081mg/L,浊度为 0.274NTU。

1.3 试验装置

本试验采用静态试验。试验装置由自制的电解系统和超声系统组成。电解系统由电极板和交直流变电器组成,极板分别采用厚 3mm 的纯铝板和厚 0.3mm 的不锈钢板,板间距为 4-5mm。采用溶解性电极电解时,铝板为阳极,不锈钢板为阴极,采用非溶解性电极电解时,铝板为阴极,不锈钢板为阳极。超声系统为 KWT-1018p 型超声波发生器与换能器,技术参数为:超声波频率 40KHz,超声波功率任意可调,最大功率可达 900W。

1.4 试验方法

将原水加入电解槽,取不同的电流密度、停留时间、超声功率等工况条件进行处理,将处理水按混凝沉淀工艺进行后处理,最后对用滤纸过滤的出水进行 TOC 分析。TOC 分析仪为 HACH 1010 型 TOC 分析仪。

为了探讨处理机理,按有机物聚类分析方法对处理前后水中有机物的分子量分布和亲水性情况进行了分析。0.45 μ m 滤膜为上海市新亚净化器件厂生产,有机物分子量分级仪器及超滤膜均为中国科学院上海原子核研究所膜分离技术研究开发中心生产,XAD 树脂为 AMBERLITE™ XAD-8,UV254 采用 S53 紫外分光光度计分析,浊度仪为 2100AN 浊度/色度分析仪。

2 试验结果与分析

2.1 有超声波和无超声波的电凝聚去除贮存水中

收稿日期:2004-12-31

作者简介:谢朝新(1968-),男,中国人民解放军后勤工程学院军事环境工程教研室主任,环境保护科学研究所总工,副教授,博士,硕士生导师,主要从事水处理技术与装备、水污染控制研究。

TOC 的对比试验

试验中分别取 1.5A/m²、3A/m² 的电流密度和 300W、600W 超声波对水进行超声 - 电凝聚处理,试

验中电极板间距为 5mm,原水 TOC 为 66.081mg/L。试验结果见表 1。

表 1 超声 - 电凝聚试验结果

超声功率/W 电流密度/A/m ²		电解时间/min							
		5		10		20		30	
		TOC 绝对值/mg/L	去除率/%	TOC 绝对值/mg/L	去除率/%	TOC 绝对值/mg/L	去除率/%	TOC 绝对值/mg/L	去除率/%
0	1.5	62.071	6.07	59.454	10.03	53.975	18.32	51.082	22.70
	3	55.359	16.23	48.386	26.78	37.056	43.92	30.681	53.57
300	3	52.211	20.99	46.683	29.35	30.592	53.71	21.167	67.97
600	1.5	59.850	9.43	56.023	15.22	44.845	32.14	34.312	48.08
	3	51.442	22.15	39.009	40.97	21.527	67.42	17.376	73.71

注:原水 TOC 为 66.081mg/L,浊度为 0.274NTU。

从表 1 看出,超声波显著提高了电凝聚对水中有机物的去除效率。在其它条件相同的情况下,超声功率越大,电凝聚去除有机物的效果越好,如同样的 3A/m² 电流密度电解处理 30min,单独电凝聚处理出水的 TOC 为 30.681mg/L,去除率为 53.57%,300W 超声处理出水的 TOC 为 21.167mg/L,去除率

电凝聚处理 5min、10min、20min、30min 的出水的 TOC 分别为 51.442mg/L、39.009mg/L、21.527mg/L 和 17.376mg/L,去除率分别为 22.15%、40.97%、67.42% 和 73.71%。

电流密度 IF 与电解时间 T 的乘积 AT 值代表了作用于水溶液的电量大小^[4]。试验中各 AT 值下 TOC 的去除率如图 1 所示。从图 1 可看出,对于同样的 AT 值,施加超声波后 TOC 的去除率可得到明显提高。如对于 30A·min/m² 的 AT 值,施加 600W 超声波的 1.5A/m² 电凝聚处理所获得的 TOC 去除率比未施加超声波或仅施加 300W 超声波的 3A/m² 电凝聚处理的 TOC 去除率还高。

2.2 超声 - 电凝聚对不同分子量有机物的去除效果

试验分别对原水、电流密度为 3A/m² 电凝聚处理 30min 出水以及电流密度为 3A/m²、600W 超声电凝聚处理 30min 出水中,不同分子量区间有机物进行了聚类测试分析,结果见表 2。

从表 2 可看出,电凝聚法和超声波 - 电凝聚法对分子量在 1KD ~ 4KD 和 100KD ~ 0.45μm 的有机物的去除率超过其它分子量区间有机物去除率的 10% 以上。采用超声波 - 电凝聚法处理时,各分子量区间有机物的去除率均高于采用单纯的电凝聚法处理时的去除率,前者的去除率在 53.91% ~ 73.09% 之间,而后者的去除率在 25.97% ~ 58.67% 之间,去除率提高了 11.73% ~ 39.56%,这说明在电凝聚中施加超声波有利于各个分子量区间有机物的去除。

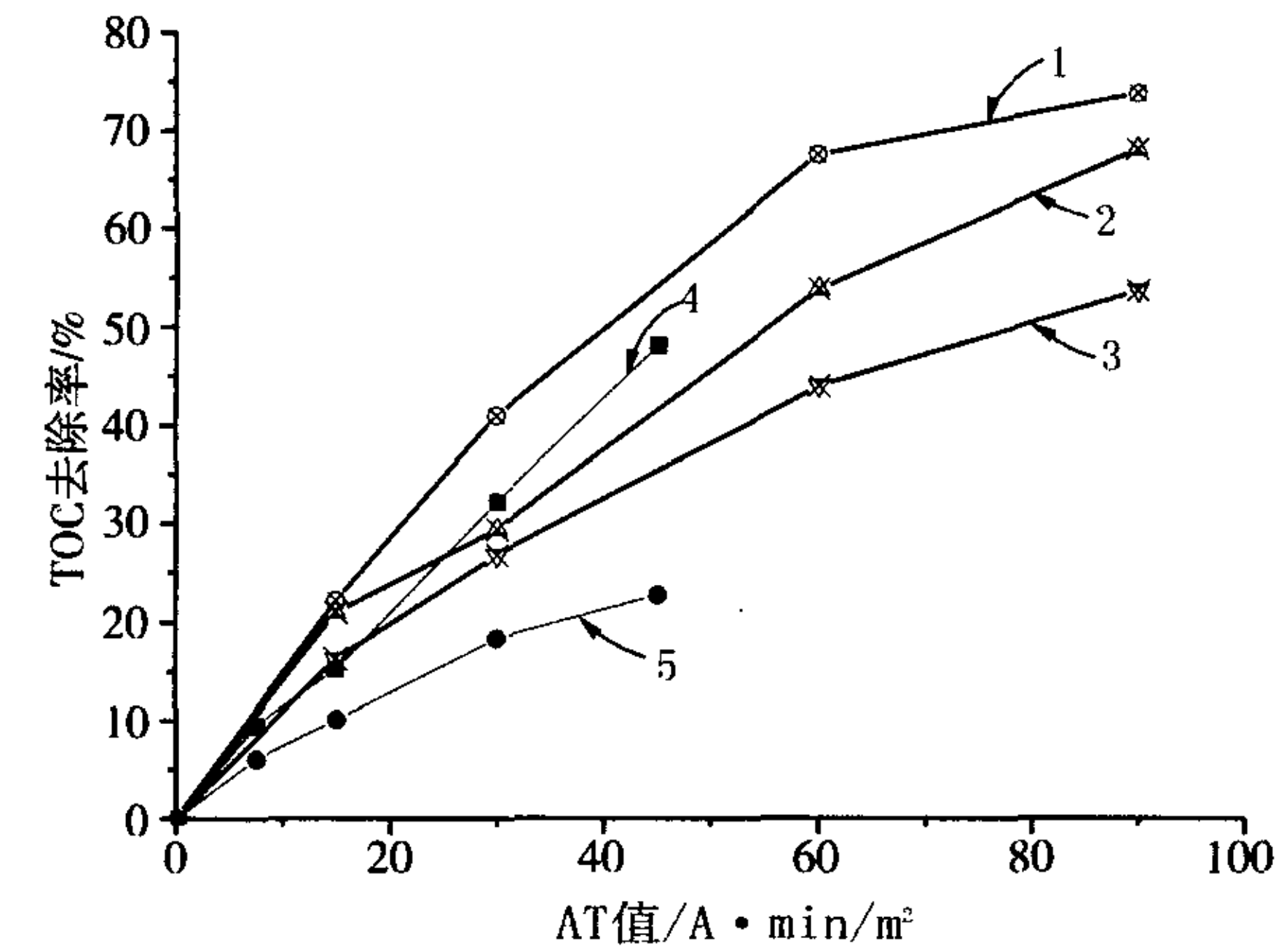


图 1 不同 AT 值下的 TOC 去除率
1 - 电流密度 3A/m², 超声 600W
2 - 电流密度 3A/m², 超声 300W
3 - 电流密度 3A/m², 超声 0W
4 - 电流密度 1.5A/m², 超声 600W
5 - 电流密度 1.5A/m², 超声 0W

为 67.97%,去除率提高了 14.4%,而 600W 超声处理出水的 TOC 为 17.376mg/L,去除率为 73.71%,去除率又提高了 5.74%。从表 4.5 的试验结果还可看出,其它条件相同的情况下,超声 - 电凝聚的时间越长,TOC 的去除效果越好,如超声波功率采用 600W、电流密度采用 3A/m²,电极板间距为 5mm 时,超声 -

表 2 电凝聚和超声波 – 电凝聚前后各分子量区间有机物的分布情况

分子量区间	原水		电凝聚出水			超声电凝聚出水			去除率提高/%
	TOC 绝对值	占总量的	TOC 绝对值	占总量的	去除率	TOC 绝对值	占总量的	去除率	
	/mg/L	百分比/%	/mg/L	百分比/%	/%	/mg/L	百分比/%	/%	
< 1KD	15.189	22.99	9.235	30.10	39.20	4.955	28.52	67.38	28.18
1KD – 4KD	14.152	21.42	6.854	22.34	51.57	3.808	21.92	73.09	21.52
4KD – 10KD	1.236	1.87	0.915	2.98	25.97	0.426	2.45	65.53	39.56
10KD – 100KD	2.864	4.33	1.861	6.07	35.02	1.32	7.60	53.91	18.89
100KD – 0.45μm	26.817	40.58	11.083	36.12	58.67	7.938	45.68	70.40	11.73

2.3 超声 – 电凝聚对不同极性有机物的去除效果

试验分别对原水、电流密度为 3A/m² 电凝聚处理 30min 出水以及电流密度为 3A/m²、600W 超声电凝聚处理 30min 出水中不同极性有机物进行了聚类测试分析,结果见表 3。

表 3 电凝聚和超声波 – 电凝聚前后不同极性有机物的分布情况

分子极性	原水		电凝聚出水			超声电凝聚出水			去除率提高/%
	TOC 绝对值	占 DOC 的百	TOC 绝对值	占 DOC 的百	去除率	TOC 绝对值	占 DOC 的百	去除率	
	/mg/L	分比/%	/mg/L	分比/%	/%	/mg/L	分比/%	/%	
亲水	47.751	79.24	21.248	70.95	55.50	13.287	72.03	72.17	16.67
疏水	12.507	20.76	8.7	29.05	30.44	5.16	27.97	58.74	28.30

从表 3 可见,亲水性有机物经电凝聚法和超声 – 电凝聚法处理后,其占 DOC 总量的百分数从原水中的 79.24% 分别下降至 70.95% 和 72.03%,而疏水性有机物则从原水中的 20.76% 分别上升至 29.05% 和 27.97%。亲水性有机物经电凝聚法和超声波 – 电凝聚处理后,其去除率分别是 55.50% 和 72.17%,而疏水性有机物的去除率分别是 30.44% 和 58.74%,电凝聚和超声 – 电凝聚中亲水性有机物比疏水性有机物的去除率高 25% 左右。比较不同极性有机物的去除率,可看出施加超声波后,亲水性和疏水性有机物的去除率分别提高了 16.67% 和 28.30%,这说明在电凝聚中施加超声波后疏水性有机物的去除率提高得较多。

3 结论

3.1 超声波显著提高了电凝聚对水中有机物的去除效率。在其它条件相同的情况下,超声功率越大,有机物的去除效果越好,超声 – 电凝聚的时间越长,

有机物的去除效果越好。

3.2 电凝聚中施加超声波有利于各个分子量区间有机物的去除。采用超声波 – 电凝聚法,各分子量区间有机物的去除率比采用单纯的电凝聚法处理时的去除率提高了 11.73% ~ 39.56%。

3.3 电凝聚中施加超声波有利于亲水性和疏水性有机物的去除。施加超声波后,亲水性和疏水性有机物的去除率分别提高了 16.67% 和 28.30%。

4 参考文献

- 1 曾抗美,史建福,刘桂华.电化学法进行饮用水消毒研究[J].中国给水排水,1999,(8):16 – 18.
- 2 陈繁忠,傅家谟,盛国英等.电化学灭菌的试验研究[J].环境工程,1999.17(2):66 – 69.
- 3 甘莉,甘光奉.电凝聚水处理技术的新进展[J].工业水处理,2002,22(5):5 – 7.
- 4 吴恬,官举德,胡海修.电凝聚微絮凝过滤法的试验研究.给水排水,1997,23(9):17 – 19.