

电絮凝协同生化工艺处理焦油废水

陈志强¹ 陈树镇² 陈智剑³

1. 浙江开创环保科技股份有限公司 浙江 杭州 311100

2. 杭州市市政工程集团有限公司 浙江 杭州 310006

3. 浙江利欧环保科技有限公司 浙江 台州 317500

摘要: 通过探究铝作为阳极的电絮凝协同生化工艺对焦油废水中有机物去除的可行性, 以及电絮凝时间、电解质种类和浓度、以及与生活污水的掺杂比例等因素对该协同工艺对焦油废水COD去除的影响。结果表明, 以铝作为阳极, 投加1%的硫酸钠电解质条件下电絮凝2h, 焦油废水COD去除率最高, 可达50%。焦油废水经电絮凝处理后, 再与生活污水以1:49掺比, 在好氧生化池中停留3d, 混合出水可满足一级A标准限值要求。

关键词: 电絮凝; 焦油废水; 电解质; 掺杂比

引言

本项目焦油废水源自垃圾低温矿化烟气水洗塔中, 经过水吸收处理后, 其中的物质会截流于水中, 从而产生焦油废水。焦油废水进行粗分离后, 可得粗焦油和焦油废水。

焦油废水又称煤焦油溶液。其中的焦油是一种黑色或黑褐色粘稠状液体, 比重大于水, 具有一定溶性和特殊的臭味, 可燃并有腐蚀性。焦油含有苯类、酚类、萘类等多种有毒物质以外, 还含有苯并芘等多种对生物体起致癌作用的有机化合物, 具有很大的毒性^[1]。此类废水具有色度高、CODcr值高、生化性差, 难降解等特点^[2], 处理方式主要包括物理法、^[3]化学法和多种工艺的结合^[4], 但针对本项目焦油废水暂未确定合适的工艺处理路线。吴锦利等研究表明电解法可以有效降低废水中CODcr、色度和毒性^[5]; 陆平等研究也表明铁炭微电解可以使得焦油废水中81.26%的CODcr得以降解^[6]。此外, 鉴于焦油废水的可生化性较差, 可考虑将其与生活污水混合处理。而焦油废水成分复杂, 含有毒性物质, 故确定一个两种污水间的最大掺杂比尤为重要, 这样既可通过生活污水的可生化性来实现焦油废水的降解, 又能保证两种污水处理后出水排放正常。

基于此, 本项目首先从废水电絮凝时间、电解质种类等角度探究电絮凝法对焦油废水的处理效果, 同时明确生化处理时焦油废水与生活污水的最佳掺杂比例。以上研究可为焦油废水实现安全处理开发新的工艺路线。

1 材料与方法

1.1 焦油废水

焦油废水取自浙江省温岭市某公司垃圾矿化设备烟气水洗塔, 水样呈黑色粘稠状, 有刺鼻气味。试验前先

用筛网筛去表面裸露的浮油渣及其他粒径较大的颗粒物, 并储存于4℃环境备用。焦油废水水质指标如下表1所示:

表1 焦油废水水质情况

水质指标	pH	CODcr/ (mg·L ⁻¹)	NH ₄ ⁺ -N/ (mg·L ⁻¹)	TP/(mg·L ⁻¹)
数值	4.5±0.2	3435±137.4	20±0.8	1.6±0.1

1.2 生活污水

生活污水取自杭州某生活污水处理站调节池, 试验前先用筛孔为0.45um的滤网去除废水中粒径较大的悬浮物, 并储存于4℃环境备用。生活污水水质指标如下表2所示:

表2 生活污水水质情况

水质指标	pH	CODcr/ (mg·L ⁻¹)	NH ₄ ⁺ -N/ (mg·L ⁻¹)	TP/(mg·L ⁻¹)
数值	7.3±0.2	300±12	35±1.4	3.2±0.1

1.3 电絮凝装置

电絮凝装置如下图1所示。试验采用直流稳压电源(电压范围0-30V, 电流范围0-5A), 根据前期预实验选用恒定电压4V。使用铝片作为阳极材料, 不锈钢作为阴极。有效浸没面积为10.5 cm²。每次试验前, 为去除电极表面的附着物, 先采用粗砂纸擦洗, 再用10%盐酸冲洗。极板平行放置, 垂直插入反应器中, 根据前期预实验, 保持极板间距1cm, 距离反应器底部约2cm。取150mL滤过后水样于250mL有机玻璃反应器中进行电絮凝处理。选用NaCl或者Na₂SO₄作为电解质, 用10%HCl或10%NaOH调节废水初始pH值为6.5(根据预实验结果)。电絮凝处理样品经0.45um滤膜过滤后测定其CODcr、TP和NH₄⁺-N的浓度。根据焦油废水初始性质中TP及NH₄⁺-N浓度较低, 后续实验仅对CODcr处理效果进行分析。

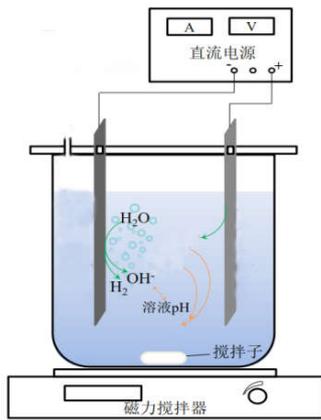


图1 电絮凝装置

1.4 生化反应装置

生化反应采用好氧MBR装置，使用蠕动泵实现连续流运行。将焦油废水与生活污水以一定比例混合，取1L混合水样于1.5L反应器中进行好氧处理，其中驯化后污泥浓度控制为10g/L，控制溶解氧（DO）约4mg/L。用

10% HCl或10% NaOH将废水初始pH值调整约7.0。每隔1d取样，样品经0.45μm滤膜过滤后测定其COD_{Cr}、TP和NH₄⁺-N的浓度。

2 结果与讨论

2.1 电解质对电絮凝COD_{Cr}降解的影响

分别选用1% NaCl、1% Na₂SO₄和1.5% Na₂SO₄作为电絮凝反应电解质，使电流保持在0.135A。电絮凝2h，每隔30min取样分析COD_{Cr}的变化情况如下图2所示。

同等电流情况下，投加NaCl的COD去除效果明显低于Na₂SO₄，这可能是因为氯离子与焦油废水中的某些有机污染物反应生成其他的有毒污染物，从而影响COD的整体去除效果。随着Na₂SO₄的增加，COD的去除效果呈现相反的趋势。1%的投加量，可实现该电絮凝系统50%的COD去除率；投加1.5% Na₂SO₄情况下，该电絮凝系统的电量与阳极铝板的消耗也处于较低的水平，结合前期预实验结果，说明1%为Na₂SO₄最佳投加量。

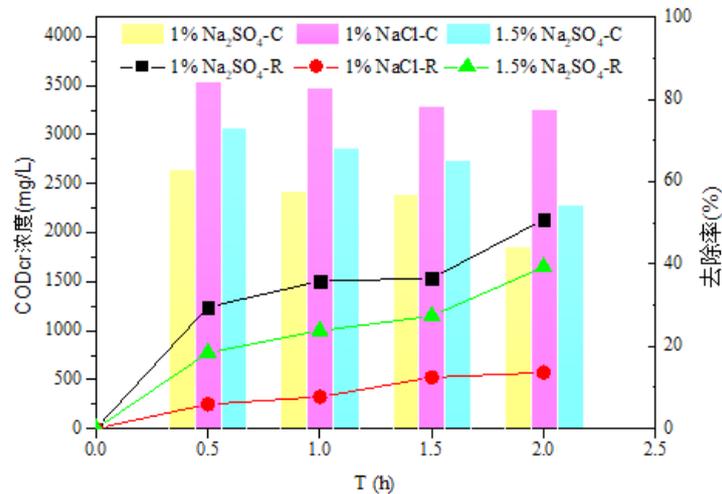


图2 电解质对电絮凝去除COD效果的影响

2.2 电絮凝时长对COD_{Cr}降解的影响

电絮凝2h，分别对0.5h、1h、1.5h、2h、4h、8h进行取样分析COD_{Cr}的变化情况如下图3所示。

随着电絮凝时间的增加，COD的去除率呈现先增加后减少的趋势，当反应时间达到约2h时，去除率最高，可达40%。随着絮凝时间的进一步增加，COD的去除率出现急速降低，其主要原因可能是电絮凝对污染物具有一定选择性，对胶体颗粒的吸附较为明显。焦油废水中易降解部分有机物含量占比较少，在2h即可实现该部分的完全降解或吸附；从去除效果和经济角度考虑，在本研究中的实验条件下，选择2h为最佳的电絮凝时间。

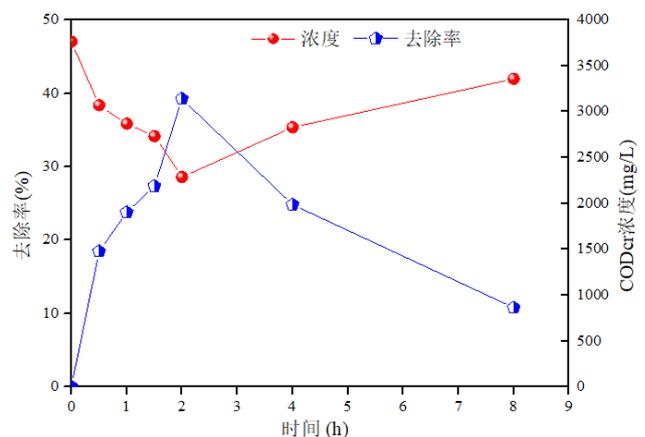


图3 电解时间对电絮凝去除COD效果的影响

2.3 焦油废水与生活污水掺杂比例

通过上述的电絮凝过程，只能实现该焦油废水中COD约50%的去除率，要满足达标排放的要求则仍需深度处理。考虑成本等因素，本项目将电絮凝后的焦油废水与生活污水掺杂，拟通过生活污水的可生化性实现焦油废水的少量多次处理。

分别将1%、2%、3%和5%的焦油废水掺杂入生活污

水中，采用好氧MBR工艺，观察1d、2d、3d后出水水质COD_{Cr}的达标情况。

随着焦油废水掺杂比例的增加，要达到相近的COD去除效果，所需生化处理的时间增长。考虑生化处理系统的停留时间和设备制造成本，本项目以在处理3d时间内出水达标作为基准。如下表3所示，焦油废水的最佳掺杂比例为2%。

表3 焦油废水与生活污水掺杂处理效果/(mg·L⁻¹)

掺杂比	1%焦油废水+99%生活污水	2%焦油废水+98%生活污水	3%焦油废水+97%生活污水	5%焦油废水+95%生活污水
原水COD _{Cr}	319.8±12.1	369.3±6.8	403.8±10.1	473.1±13.4
1d出水COD _{Cr}	64.8±6.5	106.3±5.3	193.9±9.2	226.7±7.6
2d出水COD _{Cr}	/	58.3±3.2	135.8±4.3	/
3d出水COD _{Cr}	/	41.3±5.1	74.5±3.8	/

结语

(1) 相比NaCl, Na₂SO₄对电絮凝的去除有机物的促进效果更明显。以铝阳极为例，投加1%的Na₂SO₄，2h后对废水COD达到最佳去除率（50%）。

(2) 电絮凝出水与生活污水按照1:49的掺杂比例，停留时间为72h情况下出水COD可达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级A排放标准限值。

参考文献

[1] WANG L M, LI Y, YU P, et al. Biodegradation of phenol at high concentration by a novel fungal strain *Paecilomyces variotii* JH6 [J]. *Journal of Hazardous*

Materials, 2010, 183: 366-371.

[2] 肖长来, 梁秀娟, 等. 水环境监测与评价 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2008: 1-10.

[3] 方子云, 邹家祥, 吴贻名. 环境水力学导论 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1994: 3-14.

[4] 陈家琦, 王浩, 杨小柳. 水资源学 [M]. 北京: 科学出版社, 2002: 2-8.

[5] 吴锦利. 铁炭微电解预处理聚酯树脂废水的试验研究[J]. *环境科学与管理*, 2011(01).

[6] 陆平. 铁炭微电解处理卷烟厂焦油废水 [J]. *广州化工*, 2013, 41 (21) : 113-115.