

A/O-电催化氧化法处理中转站垃圾渗滤液

罗安程,楼显盛,陈宣才,贾瑞杰,平少伟,梁志伟*

(浙江大学环境与资源学院,浙江 杭州 310058)

摘要:采用A/O-电催化氧化法处理村镇垃圾中转站渗滤液,并针对工艺核心电催化氧化单元的相关运行参数进行探究。结果表明:使用椰壳活性炭作为粒子电极基体材料,以Sn-Sb作为活性催化剂,在初始pH值<7、外加电压15V条件下,电解中转站垃圾渗滤液效果较好;联合工艺连续运行阶段,当水力停留时间达到11d时,原水COD从 $(31\,098 \pm 1\,270)$ mg/L下降到 (391 ± 44) mg/L,渗滤液可生化性(B/C)从 0.336 ± 0.020 提升到 0.719 ± 0.024 ,可生化性显著增强。

关键词:A/O工艺;电催化氧化;可生化性;垃圾渗滤液

中图分类号:X703

文献标志码:B

文章编号:1006-2009(2021)05-0049-03

A/O-Electrocatalytic Oxidation Treatment for Leachate in Garbage Transfer Station

LUO An-cheng, LOU Xian-sheng, CHEN Xuan-cai, JIA Rui-jie, PING Shao-wei, LIANG Zhi-wei*

(College of Environmental and Resource Sciences, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310058, China)

Abstract: The process of A/O-electrocatalytic oxidation was used to treat the leachate from village garbage transfer station, the operating parameters of its technological core were studied. The results showed that good treatment effect was achieved by employing coconut shell activated carbon as the substrate material of particle electrode, Sn-Sb as the active catalyst, and under the conditions of the initial pH value was less than 7 and the applied voltage was 15 V. In the continuous operation of the process, when hydraulic residence time reached 11 d, COD concentration of raw water decreased from $(31\,098 \pm 1\,270)$ mg/L to (391 ± 44) mg/L, the biodegradability (B/C ratio) of the landfill leachate increased significantly from 0.336 ± 0.020 to 0.719 ± 0.024 .

Key words: A/O process; Electrocatalytic oxidation; Biodegradability; Landfill leachate

“户分类、村收集、镇转运、县处理”是我国村镇垃圾处理的主要方式,由于目前农村生活垃圾收运体系及其相关政策尚未完善^[1],在处置过程中会产生大量渗滤液。相关数据表明^[2],全国中转站垃圾渗滤液产生总量已超过100万t/d,亟须对其进行有效治理。

生物处理技术^[3-5]虽然是处理垃圾渗滤液常用且经济有效的方法之一,但是其有效性会受到难生物降解物质的限制^[6],单一生物处理技术较难达标。近年来,以电催化氧化法为基础的三维电极体系有效提高了污染物的去除效率^[7],在难降解废水处理领域有广阔的应用前景^[8-10]。电催化氧化处理技术由于其工艺结构简单,占地面积小,易于管理的特点,满足村镇地区分散式废水处理工程

的要求。目前对于电催化氧化技术处理渗滤液的相关研究主要集中于填埋场垃圾渗滤液^[11-12],而针对中转站垃圾渗滤液的研究较少。中转站渗滤液量小、分散、水质变化差异大,其含有的污染物成分复杂且难以生化降解。今采用A/O-电催化氧化法处理村镇中转站垃圾渗滤液,并对电催化氧化单元的相关运行参数进行探究,在此基础上,考察联合工艺对渗滤液的处理效果。

收稿日期:2020-11-02;修订日期:2021-07-16

基金项目:国家水体污染控制与治理科技重大专项基金资助项目(2014ZX07101-012)

作者简介:罗安程(1963—),男,浙江安吉人,教授,博士,研究方向为农村环境保护。

*通信作者:梁志伟 E-mail: zhiweiliangzg@zju.edu.cn

1 试验

1.1 主要仪器与试剂

HACH DRB200 型快速消煮仪, HITACHI F - 4600 型三维荧光光谱仪。

试验所用渗滤液水样取自潮州市某村镇垃圾中转站, 该中转站垃圾渗滤液在夏季、冬季水质特性有明显差异, 常规水质指标见表 1。A/O 反应器接种的活性污泥取自杭州七格污水处理厂二沉池, 其有机性固体浓度 (MLVSS) 为 6.9 g/L, 悬浮固体浓度 (MLSS) 为 12.6 g/L, 污泥体积指数 (SVI) 为 58.6 mg/L。

表 1 某村镇垃圾中转站渗滤液水质指标

Table 1 Water quality index of the leachate from village garbage transfer station

季节	pH 值	电导率 $\sigma/(S \cdot m^{-1})$	浊度	$\rho(\text{氨氮})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{总磷})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	B/C 值	$\rho(\text{COD})/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$
冬季(1月)	4.85 ± 0.07	0.748 ± 0.018	525 ± 55	364 ± 23	89 ± 12	0.405 ± 0.024	16 930 ± 298
夏季(6月)	5.52 ± 0.12	0.698 ± 0.014	612 ± 47	522.5 ± 38	112 ± 11	0.328 ± 0.020	32 700 ± 494

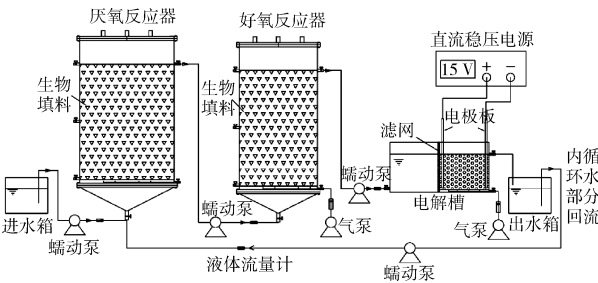


图 1 A/O - 电催化氧化工艺装置示意

Fig. 1 Schematic diagram of A/O electrocatalytic oxidation device

表 2 试验运行条件

Table 2 Test operation conditions

运行阶段	天数 t/d	进水体积 V/L	回流比	水力停留时间 t/d
阶段 I	1—9	5	1:1	1.3
阶段 II	10—31	2	4:1	3.5
阶段 III	32—63	0.6	17:1	11
阶段 IV	64—75	0.6	17:1	11
阶段 V	76—81	0.6	17:1	11

1.3 分析方法

COD 采用重铬酸钾法测定, 氨氮采用纳氏试剂分光光度法测定, BOD₅ 采用 DRB 200 型快速消煮仪测定, 三维荧光光谱采用三维荧光光谱仪测定。

1.2 试验装置及运行方式

A/O - 电催化氧化联合工艺试验装置 (见图 1) 主体由厌氧反应器、好氧反应器和电解槽 3 个单元组成。电解池两侧固定电催化氧化的阴阳电极钛板, 内部填充负载活性催化剂的粒子电极材料, 由阴极、阳极和粒子电极构成三维电极体系。

联合工艺的连续运行试验总时间为 81 d, 可划分为 5 个阶段, 具体运行条件见表 2, 试验运行过程中存在调节水力停留时间和更换粒子电极等操作。试验设置了如下取样点: 系统进水、厌氧反应器出水、好氧反应器出水及电解槽出水。

2 结果与讨论

2.1 不同粒子电极材料电解渗滤液效能分析

通过电催化氧化试验, 分别考察椰壳活性炭颗粒、竹活性炭颗粒、未活化竹炭颗粒作为粒子电极基体材料, 对渗滤液的电解效果。3 种材料反应 4 h 对 COD 和氨氮的降解效果表明: 未活化竹炭作为粒子电极时, COD 和氨氮去除效果都较差。椰壳活性炭的 COD 去除率虽比竹活性炭稍高, 但无显著性差异, 而椰壳活性炭组对于氨氮的去除率更高, 两者的市售价格相当, 故采用椰壳活性炭作为粒子电极基体材料进行后续试验研究。

2.2 不同活性催化剂材料电解渗滤液效能分析

以椰壳活性炭作为粒子电极基体材料, 设立未负载活性催化剂 (CK)、负载不同活性催化剂 (Sn - Sb、Fe、Co、Mn) 5 组对照试验组进行电催化氧化试验, 对比分析负载不同活性催化剂的粒子电极对渗滤液 COD 和氨氮的去除效果, 以此遴选出最佳负载催化剂。试验表明: 负载 Sn - Sb 和 Fe 对于 COD 的降解效果相近, 对比空白试验组, 两者均对 COD 降解有促进作用, 而负载 Co、Mn 明显对 COD 的降解有抑制作用。在 COD 去除效果相近的情况下, Sb - Sn 催化剂对氨氮的去除效果明显优于 Fe。综合对比 COD 和氨氮的降解效果, 后续试验选择 Sb - Sn 作为最佳负载催化剂。

2.3 外加电压对电催化氧化单元降解 COD 的影响

采用控制变量法分别考察不同外加电压 (5 V、10 V、13 V、15 V、17 V、20 V) 对电催化氧化单元降解 COD 的影响。试验表明:随外加电压的增大,COD 去除率明显上升,当电压逐渐上升至 15 V 之后,COD 去除率不再有明显的提高。类似研究结果也表明该参数的进一步增加并不会导致 COD 降解的显著提高^[13],故确定外加电压 15 V 为较优条件。

2.4 初始 pH 值对电催化氧化单元降解 COD 的影响

分别考察不同初始 pH 值(2、3、4、5、7、9)对电催化氧化单元降解 COD 的影响。试验结果显示,当 pH 值 <7 时 COD 去除效果已经较好,各 pH 值条件下 COD 的去除效果并无显著性差异,故实际运行状况下维持 pH 值 <7 即可。

2.5 A/O - 电催化氧化联合工艺对 COD 的去除效果

图 2 为组合工艺挂膜完成后,连续运行阶段监测的各处理单元进出水 COD 质量浓度的变化曲线。

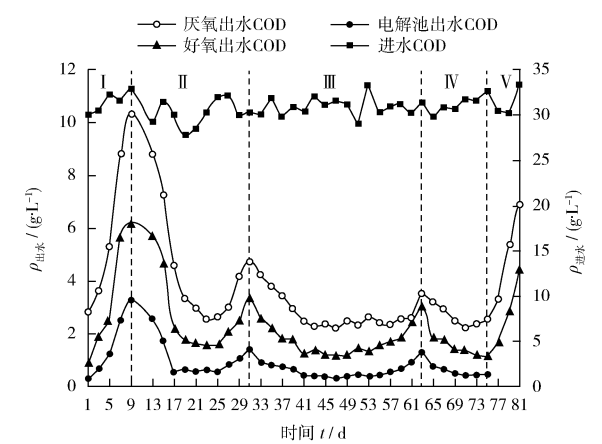


图 2 连续运行处理阶段 COD 质量浓度变化曲线
Fig. 2 COD concentration curve during continuous operation process

由图 2 可见,第 I 阶段,由于污染负荷急剧升高,整个体系对污染物降解能力并不稳定,整体工艺处于启动运行阶段。第 II 阶段,经过水力停留时间的调整操作后,在第 17—25 天,电解池出水 COD 质量浓度稳定维持在较低水平。从第 27 天

起,各处理单元出水 COD 质量浓度都出现了上升趋势,故在第 31 天继续对水力停留时间进行调整。第 III 阶段,整体工艺进入稳定运行状态,电解池出水 COD 在第 41—55 天都维持在 500 mg/L 以下。由于长时间电解渗滤液,粒子电极材料出现失活现象,反应体系去除效率显著下降,对电解槽进行清洗,并置换了新的粒子电极。第 IV 阶段,反应体系重新进入稳定运行状态,并呈现出稳定趋势。第 V 阶段,在第 75 天起去掉电催化氧化单元,后续几天时间内,好氧出水和厌氧出水 COD 质量浓度持续快速上升,这表明联合工艺体系中电催化氧化单元是核心单元。

2.6 联合工艺出水可生化性分析

研究选取了连续监测的第 41 天、43 天、45 天的水样,并对相同单元的进出水进行等体积混合,对不同工艺单元进出水进行可生化性分析,测定结果见表 3。

表 3 不同工艺单元进出水 B/C 值				
Table 3 B/C ratio of water inlet and outlet from different process units				
组别	进水	厌氧池出水	好氧池出水	电解池出水
1	0.356	0.529	0.473	0.737
2	0.334	0.574	0.494	0.728
3	0.317	0.583	0.461	0.692
平均	0.336 ± 0.020	0.562 ± 0.029	0.476 ± 0.017	0.719 ± 0.024

由表 3 可知,渗滤液的 B/C 比从 0.336 ± 0.020 提高到 0.719 ± 0.024 ,这说明经过 A/O - 电催化氧化联合工艺处理后,渗滤液出水的可生化性显著增强。经过电催化氧化作用,难降解有机物被氧化分解,电解池出水 B/C 比显著升高,电解池出水回流到厌氧池,同时增强了 A/O 反应器内整体废水的可生化性,一定程度上提升了其对污染物的降解效率。

3 结语

综上所述,椰壳活性炭作为粒子电极基体材料,Sn - Sb 作为活性催化剂,初始 pH 值 <7,外加电压 15 V 是电催化氧化单元降解中转站垃圾渗滤液的最适条件。在该条件下,探究 A/O 与电催化氧化联合工艺对渗滤液的降解效果,表明当水力停留时间为 11 d 时,该工艺能将出水达到《污水排入城镇

(下转第 71 页)