

# Carrousel 氧化沟低污泥浓度运行模式处理 餐饮废水的研究

杨泉鑫, 熊雪君, 白清龙, 吴 瑶, 左椒兰, 王宗平  
(华中科技大学环境科学与工程学院, 湖北 武汉 430074)

**摘 要:** 利用 Carrousel 氧化沟低污泥浓度运行模式进行餐饮废水处理研究, 并分析其运行能耗。Carrousel 氧化沟在平均 MLSS 为 1 112 mg/L 的情况下运行, HRT 为 20 h, 处理餐饮废水。对动植物油、COD、NH<sub>3</sub>-N、TP 的平均去除率分别达到了 100%、89.8%、96.5% 和 81.1%, 出水水质达到 GB/T 18920-2002 中 GB 18918-2002 一级 A 标准, 同时还能有效降低运行能耗。

**关键词:** Carrousel 氧化沟; 低污泥浓度; 中水回用; 能耗

**中图分类号:** X703.1; X799

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-3770(2012)11-0103-004

随着我国经济的不断发展, 小城镇的食品加工作坊逐渐形成规模, 城市周边也兴起大量的“农家乐”休闲旅游区或餐饮区, 这些地方相对集中, 区域不大, 产生大量含动植物的污水, 其特点是 BOD、COD 较高, 含油量较大, 水质周期性变化, 一般都超过污水排入下水道的水质标准, 不能直接排入城市管道, 但这类地方特别是“农家乐”休闲旅游区或餐饮区, 通常生态良好, 临近水源, 环境敏感度高<sup>[1]</sup>, 污水就近排入水体或城市下水道, 对该产业和环境保护都带来不利影响。研究该类污水的处理技术势在必行, 在国外, 生物混合培养已证明能有效处理含油的餐饮废水<sup>[2]</sup>, 我国学者也尝试过很多方式方法, 比如: 膜技术、生物接触氧化技术等。目前, 活性污泥法未能将餐饮废水处理达到中水回用水平<sup>[3-5]</sup>, 使用膜技术成本较高, 本试验旨在优化 Carrousel 氧化沟运行, 将污水处理达到中水回用水平。采用低污泥浓度运行, 与现行设计手册 MLSS 质量浓度 1 500~5 000 mg/L 运行相比, 能耗更低, 研究意义重大。

## 1 试验部分

### 1.1 试验装置

试验中使用的 Carrousel 2000 型氧化沟由有机

玻璃制作而成, 氧化沟沟宽 0.2 m, 底面积为 1.162 m<sup>2</sup>, 氧化沟内试验水深 0.5 m, 试验总体积为 0.581 m<sup>3</sup>, 好氧区采用曝气机进行曝气, 采用动力推动产生水流速度。

### 1.2 工艺流程

餐饮废水含油量较大, 设置隔油池对油水初步分离, 对分离出的食物残渣和动植物油进行资源化利用<sup>[6]</sup>。由于 COD、BOD 较高, 水量、水质波动较大, 在进入氧化沟前增设厌氧发酵池, 既能有效的去除部分 COD、BOD, 又有调蓄储备的功能。经氧化沟处理后进入沉淀池, 试验的工艺流程如图 1 所示。

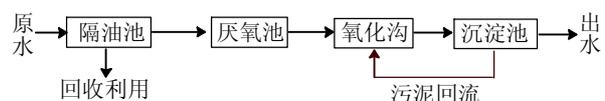


图 1 工艺流程

Fig.1 Process flow diagram

### 1.3 试验水质和活性污泥

试验用水取自华中科技大学东园食堂排水口, 经过厌氧池发酵后进入氧化沟的水质及城市再生利用-城市杂用水水质标准 (GB/T 18920-2002) 中道路清扫、消防项和城镇污水处理厂污染物排放标准 (GB 18918-2002) 一级 A 标准如表 1 所示。

收稿日期: 2012-04-25

基金项目: 中华环保基金会第六批大学生环保公益活动小额资助项目; 华中科技大学大学生科技创新基金 (2012QN122)

作者简介: 杨泉鑫 (1988-), 男, 研究方向为水处理技术; E-mail: 770984860@qq.com

联系作者: 左椒兰, 讲师; E-mail: water86@126.com

表 1 氧化沟进水水质及相关标准

Tab.1 Oxidation ditch influent water quality and related standards

参数	进水	回用标准	一级 A 标准
pH	7.18~8.48	6~9	6~9
COD/(mg·L <sup>-1</sup> )	87.4~480.0	-	50
BOD <sub>5</sub> /(mg·L <sup>-1</sup> )	24.4~146.6	15	10
$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ /(mg·L <sup>-1</sup> )	6.13~11.94	10	5
$\rho(\text{TP})$ /(mg·L <sup>-1</sup> )	0.26~1.28	-	0.5
$\rho$ (动植物油)/(mg·L <sup>-1</sup> )	90~601	-	1

试验用的活性污泥取自武汉市龙王咀污水处理厂 A<sup>2</sup>O 好氧区活性污泥。餐饮废水含有大量的动植物油并且氧化沟有好、厌氧区,活性污泥需要重新适应环境。本试验启动过程采取间歇进水闷曝的方式启动,每天观察污泥的情况,初期投加少量尿素,10 d 后运行稳定,表明驯化完毕,可以开始试验。

#### 1.4 分析方法

动植物油:紫外分光光度法<sup>[7]</sup>;其它指标采用国家标准检测方法<sup>[8]</sup>。

## 2 结果与讨论

### 2.1 运行条件

厌氧池能够降解部分有机物,将大分子有机物分解为小分子,可提高餐饮废水的可生化性,原水流经厌氧池前后对比,COD 平均降解 38.8%,NH<sub>3</sub>-N 质量浓度从小于 1 mg/L 提高到 10 mg/L 以上。

为了降低运行能耗,避免因设置厌氧池而使污泥负荷过低,本试验采用低浓度活性污泥,试验过程中 MLSS 质量浓度在 933~1 290 mg/L,MLVSS 质量浓度在 402~650 mg/L。活性污泥沉淀后取沉淀污泥,混有部分代谢无机物,部分细小污泥随水带走,因此 MLVSS/MLSS 的值较低。低质量污泥浓度运行可适当的降低运行速度,运行流速控制在 0.2~0.3 m/s。Carrousel 氧化沟内设有好氧区和厌氧区,鉴于曝气量总低于化学需氧量<sup>[9]</sup>,控制曝气量在一个较低水平,设置好氧区容积 253 L,DO 质量浓度在 0.92~1.18 mg/L,厌氧区容积 328 L,DO 质量浓度在 0.11~0.13 mg/L。

氧化沟 HRT 通过监测高负荷进水 COD、NH<sub>3</sub>-N 降解过程而确定。进入氧化沟的 COD 在 87~480 mg/L,NH<sub>3</sub>-N 质量浓度在 11.94 mg/L~6.13 mg/L。通入高负荷 COD 为 590 mg/L,NH<sub>3</sub>-N 质量浓度为 13.55 mg/L,根据氧化沟的体积从水力停留为 2 h 开始控制进水流量,运行一周稳定后,检测水质,水质达标后对应的水力停留即为最优水力停留

时间。对应的 HRT 与对应出水 COD、NH<sub>3</sub>-N 如图 2 和图 3 所示。

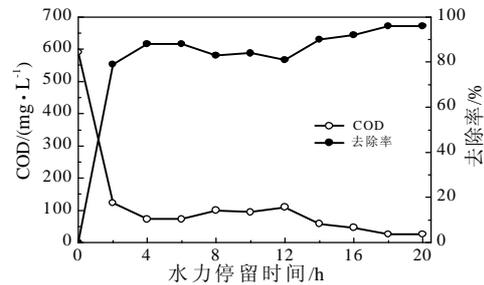
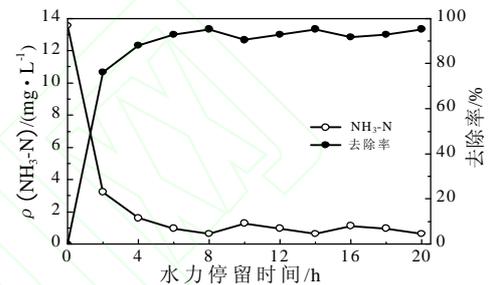


图 2 出水 COD 与 HRT 关系

Fig.2 The relationship between effluent COD and HRT

图 3 出水 NH<sub>3</sub>-N 与 HRT 关系Fig.3 The relationship between effluent NH<sub>3</sub>-N and HRT

HRT 在 18 h 和 20 h 时出水趋于稳定,COD 达到 26.4 mg/L,NH<sub>3</sub>-N 略有波动但也降到了 1 mg/L 以下,分别是 0.97 mg/L 和 0.65 mg/L。从图中还可以看出,水力停留时间为 2 h 时,COD 的去除率达到了 79.2%,NH<sub>3</sub>-N 去除率达到了 76.2%,与正常浓度下去除效果相当,说明低浓度活性污泥运行的方法可行。HRT 为 20 h 对应进水流量为:29.05 L/h,连续运行观察去除效果。运行期间控制温度为 15.7~18.2 °C,pH 为 7.18~8.48。

### 2.2 油的去除

餐饮废水中的油主要分为:上浮油、分散油、乳化油、溶解油、油-固体物<sup>[10]</sup>,进入氧化沟的主要是溶解油。在氧化沟中对溶解油降解过程进行试验如图 4 所示。

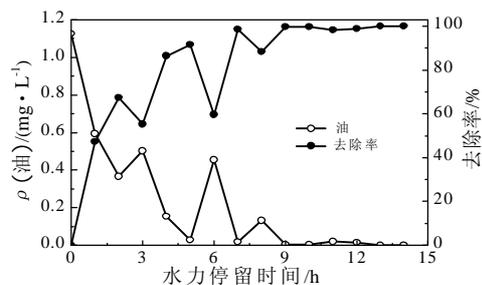


图 4 溶解油的降解过程

Fig.4 The degradation process of dissolved oil

由图 4 可知, 13 h 后溶解油可以降到 0 mg/L。但降解的过程中水中的溶解油波动较大, 主要原因是活性污泥初期吸附大量的油, 当表面附着大量的油后影响微生物吸收溶解氧, 活性污泥中菌胶团会分解成较小的菌胶团, 释放部分溶解油, 增大表面积吸收溶解氧, 再进一步的降解溶解油。溶解油的降解过程为波动减少并能完全去除。连续进水一个月的进出水含油量对比如图 5 所示。

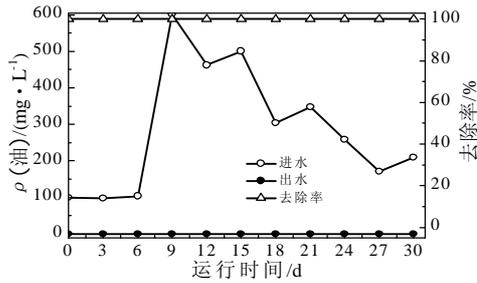


图 5 溶解油的进出水含量

Fig.5 The dissolved oil content of effluent and influent

氧化沟溶解油进水含量在 98~601 mg/L, 平均含油量在 287 mg/L, 溶解油的去除率可以达到 100%。

### 2.3 COD、NH<sub>3</sub>-N、TP 的去除

连续进水一个月后 COD、NH<sub>3</sub>-N、TP 进出水含量如图 6~图 8 所示。

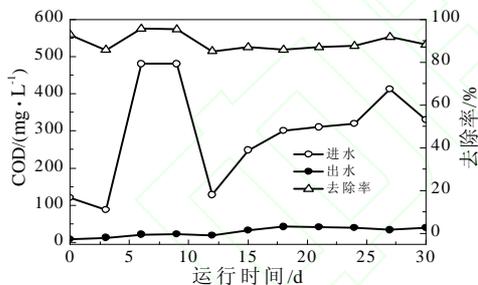


图 6 COD 的进出水含量

Fig.6 The COD content of effluent and influent

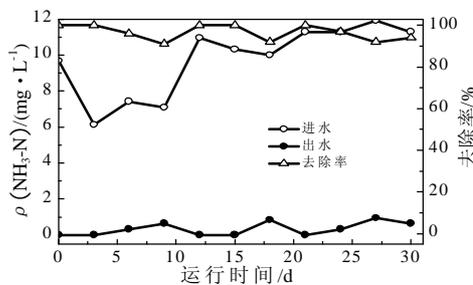


图 7 NH<sub>3</sub>-N 的进出水含量

Fig.7 The NH<sub>3</sub>-N content of effluent and influent

在运行中进水 COD 最高为 480.0 mg/L, 最低为 87.4 mg/L, 去除率最高为 95.5%, 最低 85.1%, 平均

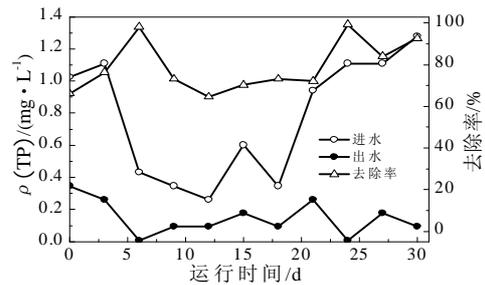


图 8 TP 的进出水含量

Fig.8 The TP content of effluent and influent

去除率为 89.8%。出水最高 COD 为 42.3 mg/L, 最低为 8.6 mg/L, 检测出水 BOD<sub>5</sub> 在 0~8.1 mg/L, 完全符合城市再生利用 - 城市杂用水水质标准, 并且能够达到城镇污水处理厂污染物排放一级 A 标准。

在运行中进水 NH<sub>3</sub>-N 质量浓度最高为 11.94 mg/L, 最低为 6.13 mg/L, 去除率最高为 100%, 最低 90.9%, 平均去除率为 96.5%。出水最高 NH<sub>3</sub>-N 为 0.94 mg/L, 最低为 0.00 mg/L, 完全符合城市再生利用 - 城市杂用水水质标准, 并且能够达到城镇污水处理厂污染物排放一级 A 标准。

在运行中 TP 的波动较大, 进水 TP 质量浓度最高为 1.28 mg/L, 最低为 0.26 mg/L, 去除率最高为 99.3%, 最低 64.6%, 平均去除率为 81.1%。出水 TP 质量浓度最高为 0.35 mg/L, 最低为 0.01 mg/L, 完全符合城镇污水处理厂污染物排放一级 A 标准。

### 2.4 出水水质

综合分析出水水质指标, 与相应的标准对比。所有检测的指标都能达到相应的水质标准。完全可以达到城市再生利用 - 城市杂用水水质标准进行回用。相关的数据对比如表 2 所示。

表 2 氧化沟出水水质

Tab.2 The effluent water quality of oxidation ditch

pH	COD/ (mg·L <sup>-1</sup> )	BOD <sub>5</sub> / (mg·L <sup>-1</sup> )	ρ/(mg·L <sup>-1</sup> )		
			NH <sub>3</sub> -N	TP	动植物油
7.18~8.48	8.6~42.3	0~8.1	0~0.94	0.01~0.35	0

### 2.5 能耗分析

在好氧阶段所需氧量用于有机污染物的分解和内源代谢, 通常用下列公式求定:

$$O_2 = aQS_r + bVX_v^{[1]} \quad (1)$$

式中, O<sub>2</sub> 为混合液需氧量; a 为活性污泥微生物对有机污染物氧化分解过程的需氧率; Q 为污水流量; S<sub>r</sub> 为净活性污泥微生物代谢活动被降解的有机污染物量, BOD<sub>5</sub>; b 为活性污泥微生物通过内源代

谢的自身氧化过程的需氧率;  $V$  为曝气池容积;  $X_v$  为单位体积内挥发性悬浮固体 (MLVSS) 量。

生活污水的  $a$  值为 0.42~0.53,  $b$  值为 0.188~0.11 之间, 取  $a:b=5:1$ 。在同一个系统中, 如式 (1) 各量为定值, 按式 (2) 计算, 通常氧化沟运行 MLSS 质量浓度在 3 500 mg/L 以上, 本试验运行 MLSS 平均质量浓度为 1 112 mg/L, 根据  $a$ 、 $b$  的比值可计算出低污泥质量浓度降低的能耗, 如式 (2):

$$\eta = (5\eta_a + \eta_b) / 6 \quad (2)$$

式中,  $\eta$  为混合液节约的氧量;  $\eta_a$  为有机污染分解节约的氧量;  $\eta_b$  为内源呼吸节约的氧量。

由于采用低浓度活性污泥内源呼吸节约氧量占混合液节约氧量的 11.4%; 相比不设厌氧池的同一系统, 混合液的节约氧量为 34.2%。

由于采用了低浓度活性污泥, 氧化沟内运行速度控制在 0.2~0.3 m/s, 较通常 0.3~0.5 m/s 的运行速度降低推进能耗 33.3%~40.0%。氧化沟采用搅拌器进行推流, 搅拌器能耗为 5 kWh/m<sup>3</sup>。

邬文彬等人<sup>[12]</sup>使用 MBR 组合工艺处理食品废水作为中水回用, 其运行费用为 0.9 元/m<sup>3</sup>。本工艺采用 Carrousel 氧化沟处理餐饮废水作为中水回用, 出水用于冲厕、绿化, 运行成本仅为 0.6 元/m<sup>3</sup>, 中水回用收益为 1.1 元/m<sup>3</sup>, 具有明显的经济和社会效益。

### 3 结论

Carrousel 氧化沟用于处理餐饮废水效果良好, 出水水质完全可以达到城市污水综合排放一级标准和城市杂用水道路清扫、消防水质标准。

低浓度活性污泥对 COD、NH<sub>3</sub>-N、动植物油等的去除效果可以达到普通活性污泥浓度的去除效果, 并且能够降低能量消耗。

Carrousel 氧化沟处理系统运行成本为 0.6 元/m<sup>3</sup>, 中水回用收益为 1.1 元/m<sup>3</sup>, 该系统若投入实际工程中, 则有明显的经济和社会效益。

### 参考文献:

- [1] 汪诚文, 赵雪峰, 付宏祥, 等. 一种用于生态休闲旅游度假区的农村生活污水与餐饮废水处理系统[J]. 环境工程, 2010, 28: 93-95.
- [2] N G Wakelin, C F Forster. An investigation into microbial removal of fats, oil and greases[J]. Bioresource Technology, 1997, 59: 37-43.
- [3] 李青, 刘建源. ICEAS 工艺在处理餐饮污水中的应用[J]. 环境工程, 2005, 22(6): 68-70.
- [4] 胡志强, 储茵, 马友华. ABR-SBR 组合工艺处理餐饮废水的试验研究[J]. 水处理技术, 2011, 37(3): 72-75.
- [5] 胡小兵, 鲍静. 人工湿地复合系统处理餐饮废水[J]. 水处理技术, 2010, 36(5): 115-117.
- [6] 杨转琴, 李宗伟, 丁小兵, 等. 餐饮废水无害化和资源化新技术研究进展[J]. 食品工业科技, 2009, 30(6): 331-333.
- [7] 刘汉初, 胡玉. 水中油的测定方法探讨[J]. 环境检测管理技术, 1997, 9(3): 38-39.
- [8] 国家环保总局. 水和废水检测分析方法[M]. 4 版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [9] Saida Ben Alaya, Latifa Haouech, Hayet Cherif, et al. Aeration management in an oxidation ditch [J]. Desalination, 2010, 252: 172-178.
- [10] 贾随堂, 汤力同. 餐饮业含油污水处理技术与设备[J]. 环境污染治理技术与设备, 2002, 3(11): 74-77.
- [11] 张自杰. 排水工程[M]. 4 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.
- [12] 邬文彬, 朱衍恒. 水解酸化 + MBR 工艺在食品废水处理中水回用中的运用[J]. 科学技术, 2011, 2: 136-138.

## CARROUSEL OXIDATION DITCH LOW SLUDGE CONCENTRATION OPERATION MODEL TO DEAL WITH FOOD WASTEWATER

Yang Quanxin, Xiong Xuejun, Bai Qinglong, Wu Yao, Zuo Jiaolan, Wang Zongping

(Huazhong University of Science and Technology, Environmental Science and Engineering College, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** Using Carrousel oxidation ditch low sludge concentration operation mode to study wastewater treatment research, and analyzed the operation energy consumption. Carrousel oxidation ditch operated in the average MLSS for 1 112 mg/L, HRT of 20 h and treated food waste water. The removal of oil from plants and animals, COD, NH<sub>3</sub>-N, TP reached 100%, 89.8%, 96.5% and 81.1%, respectively. Effluent quality reached the road sweeping fire items and urban sewage treatment plant pollutant discharge standards (GB 18918-2002) A standard of the city recycling - urban miscellaneous water quality standards (GB / T 18920-2002), while effectively reduced energy consumption.

**Keywords:** carrousel oxidation ditch; low sludge concentration; water reuse; energy consumption

鼓励使用再生水, 大力节约水资源。