

一体式旋回流反应器处理餐饮废水启动试验研究

张胜¹,陈翠平¹,宋丽娟²,徐武宁¹,苏光耀¹

(1.河北工程大学 城市建设学院,河北 邯郸 056038;2.河南建筑职业技术学院,河南 郑州 450064)

摘要:采用一体式旋回流反应器处理餐饮废水,对启动过程进行研究。启动期间采用间歇运行的方式进行污泥驯化,曝气时间8 h,沉淀0.5 h,排水1 h,曝气量维持不变的条件下,通过逐渐增加污泥负荷来培养驯化污泥,仅20d就完成了启动。启动完成后对COD、NH₄⁺-N、TN、TP的去除率分别为91.81%、81.57%、54.73%、83.97%,出水水质均能达到城镇污水处理厂污染物排放标准(GB18918-2002)二级排放标准。

关键词:一体式旋回流反应器;餐饮废水;启动

中图分类号:X703.1 **文献标识码:**A

Treatment restaurant wastewater with one - piece reflux reactor on the start - up experimental investigation

ZHANG Sheng¹, CHEN Cui - ping¹, SONG Li - juan², XU Wu - ning¹, SU Guang - yao¹

(1. Hebei University of Engineering Institute of Urban Construction, Hebei Handan 056038, China

2. He'nan Technical College of Construction, He'nan Zhengzhou 450064, China)

Abstract:The integration of spin reflux reactor was adopted to treat restaurant wastewater ,and the corresponding start - up process was investigated. During the startup of the intermittent operation mode was adopted for the sludge domesticated. Aeration time is eight hours. Settling time is half hour . Discharge time is one hour. Under the condition of air remain unchanged, the sludge of the system was cultivated by gradually increasing sludge load , and the start - up process was completed in only 20 days. The removal of COD, NH₄⁺-N, TN, TP reached 91. 81% ,81. 57% ,54. 73% and 83. 97% . The main pollute discharge target achieves cities sewage treatment plant pollutant discharge standard (GB18918 - 2002) the second standard.

Key words: the integration of spin reflux reactor;restaurant wastewater;start - up

随着人们生活水平的提高,餐饮行业得到蓬勃发展,随之产生的大量餐饮废水给城市污水处理带来很大负担。国内几个大城市对餐饮业排放废水污染指标检测的结果显示:COD_{cr}均值1 400 mg/L,BOD₅为300~400 mg/L,SS为300~400 mg/L,油脂在150 mg/L以上^[1]。为了减少餐饮废水对水环境的污染,急需开发处理效率高、操作简单、适应性强的废水处理系统,以满足餐饮废水处理的需求^[2]。生化一体化反应器因其自身优势以及近年来微生物固定化技术的日趋成熟而受到学

术界越来越多的关注^[3],目前一体化反应器发展中曝气和沉淀工序在同一个反应器内完成,按时间顺序调配,对污水进行序批式处理,简化了工艺,节省占地面积,还能灵活适应水质的变动^[4]。但是对一体式反应器餐饮废水的处理研究较少,并且污水处理中在脱氮除磷方面效果较差^[5]。本文笔者立足于自行设计的反应器,通过结构的合理设计,参数的调节,研究其脱氮除磷及其去除油脂的效能,旨在为处理餐饮废水的一体式实验装置的改进及运用提供可靠的设计参数。

收稿日期:2013-11-05
作者简介:张胜(1970~),男,河北邯郸人,硕士,教授,主要从事水处理技术研究。

1 试验材料与方法

1.1 试验装置

一体式旋回流反应器基本构造及装置流程如图1所示,反应器分为两部分,左侧为曝气区,右侧为沉淀区,中间用折流板分开,折流板下端距底板4.4 cm,曝气区中间设置了三个内循环弧形导流板,弧长依次增长,在弧板的右侧底部设置曝气管,采用一侧曝气的方式,由空气泵通过曝气管向反应器进行曝气充氧,废水从池顶一侧进入曝气区,沉淀区底部设有排泥管,沉降浓缩的污泥一部分回流至反应器,一部分作为剩余污泥排出系统。处理后的水从溢水堰流出。反应器主要尺寸是 $L \times B \times H = 700\text{ mm} \times 500\text{ mm} \times 500\text{ mm}$,总容积是 0.157 m^3 。

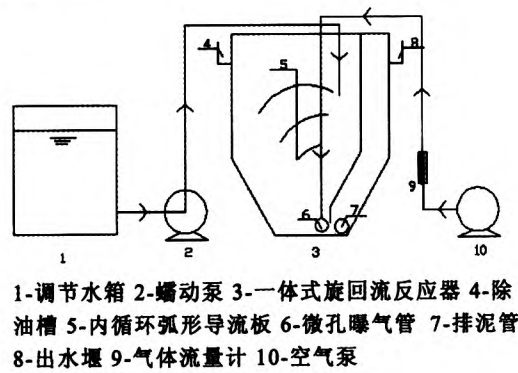


图1 试验装置示意图
Fig.1 Schematic diagram of experimental equipment

1.2 原水水质和接种污泥

原水为河北工程大学中和餐厅所排废水,由于餐饮废水是间歇式排放,故水质、水量有很大的波动,其水质见表1。
试验所用活性污泥取自邯郸市东污水处理厂氧化沟内的污泥,接种量为40 L,占有效容积的25%。接种污泥MLSS为3 500 mg/L,污泥的沉降比(SV)为32%。开始驯化时先闷爆24 h,后逐渐加大水量,驯化期间不断检测各项指标并采用显微镜进行生物相镜检。

1.3 监测项目及方法

反应器的处理效果通过监测进出水水质指标来评价。COD的测定采用消解分光光度法,MLSS和油脂采用重量法,氨氮采用纳氏试剂分光光度法,总氮采用过硫酸钾-紫外分光光度法,总磷采用钼酸铵分光光度法, $\text{NO}_2^- \text{-N}$ 采用N-(1-萘基)-乙二胺光度法, $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 采用紫外分光光度法,pH值采用玻璃电极法^[6-7]。

1.4 试验方法

一体式旋回流反应器的启动采用间歇培养的方式运行,曝气8 h,沉淀0.5 h,排水1 h。试验采用低负荷启动,通过逐渐增加有机负荷来实现反应器的启动。启动过程分为三个阶段,第一阶段(1~9 d)保持进水量为40 L/d,平均有机负荷为 $0.018\text{ kgBOD}/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$;第二阶段(10~14 d)保持进水量为100 L/d,平均有机负荷为 $0.04\text{ kgBOD}/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$;第三阶段(15~20 d)保持进水量为210 L/d,平均有机负荷为 $0.15\text{ kgBOD}/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ 。

2 试验结果及分析

2.1 污泥浓度的变化

活性污泥中的微生物是凝聚、吸附、氧化分解污水中有机物的主体,提高处理系统的效率与提高微生物的活性、改善污泥形状密切相关^[8]。启动过程中MLSS及SVI随时间的变化如图2所示:

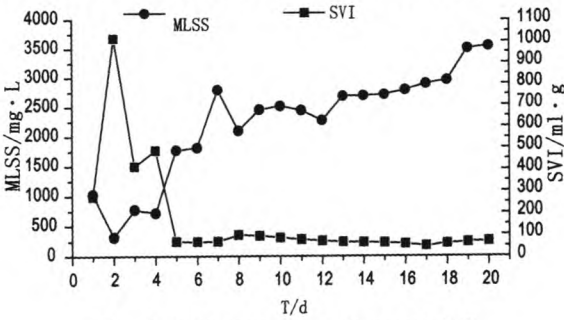


图2 启动过程中MLSS及SVI的变化
Fig.2 Changes of the MLSS and SVI during start-up

表1 原水水质

Tab.1 Quality of raw water

项目	水温 /℃	pH	COD /mg·L ⁻¹	NH ₄ ⁺ -N /mg·L ⁻¹	NO ₂ ⁻ -N /mg·L ⁻¹	NO ₃ ⁻ -N /mg·L ⁻¹	TN /mg·L ⁻¹	TP /mg·L ⁻¹	浊度 /NTU	油脂 /mg·L ⁻¹
最小值	15	6.2	118	29	0.37	0.06	16.5	3	26.3	269
最大值	32	8.1	604	77	1.7	0.23	128	13	754	567
平均值	—	—	361	53	1.03	0.15	72.2	8	390	418

第一阶段培养驯化刚刚开始,接种过来的污泥对餐饮废水逐渐适应,污泥浓度不断上升,随着污泥的增长,水中的营养物质不能满足微生物的需要,MLSS 有小范围波动。第二阶段,增加进水量,污泥浓度逐渐上升,变化幅度不大。第三阶段增大进水量的同时增加进水浓度,MLSS 逐渐上升,达到 3 500 mg/L 左右。由 SVI 变化曲线可知,反应器中 SVI 值在驯化初始阶段还相对较大,但随着驯化天数的增加,其值越来越稳定,最终在 70

ml/g 左右。所形成的的活性污泥颜色为鲜亮的黄色,污泥结构紧凑,沉降性能良好。

另外通过镜检观察到,在培养初期污泥结构松散,只有少量微生物存在,在培养末期,菌胶团结构紧凑,并呈絮凝体状态,微生物数量较多,生物相丰富,出现大量钟虫等固着型纤毛虫、累枝虫、线虫,微生物的生长已经进入内源呼吸期,活性污泥容易凝聚沉淀,标志着活性污泥已经培养和驯化完成^[9]。微生物相观察如图 3 所示:



图3 启动完成悬浮污泥微生物相观察
Fig.3 Micro-organisms in suspended sludge

2.2 COD、NH₄⁺-N、NO₂⁻-N、NO₃⁻-N、TN、TP 的变化

启动过程中 COD、NH₄⁺-N、NO₂⁻-N、NO₃⁻-N、TN、TP 进、出水浓度及其去除率的变化如图 4、5 所示:

有机物的去除:从图 4 可以看出,第一阶段随着反应的进行,出水 COD、NH₄⁺-N 浓度逐渐降低,去除率逐渐增加,平均出水浓度 22.77 mg/L、4.13 mg/L,平均去除率达到 86.46%、87.88%。该阶段的前期 COD、NH₄⁺-N 的去除率有小幅度的波动,这是接种污泥对餐饮废水的一个适应的过程,之后趋于稳定状态;第二阶段增加进水量后,出水 COD 浓度没有明显变化,COD 去除率趋于稳定,达到 90%左右。另外有机碳源得到补充,硝化菌

的活性增强,平均 NH₄⁺-N 出水浓度为 2.64 mg/L,平均去除率达到 92.37%;第三个阶段增大进水量的同时也增加进水浓度,出水 COD 浓度无明显变化,去除率稳定在 90%左右,另外由于有机负荷变化太快,抑制了硝化菌的生长,导致出水 NH₄⁺-N 浓度明显增高,达到13.97 mg/L,随着驯化时间的延长,出水 NH₄⁺-N 浓度迅速趋于稳定,出水平均浓度为 3.82 mg/L。出水均能达到 GB18918 - 2002 一级 A 标准。试验结果表明,尽管进水 COD、NH₄⁺-N 浓度变化很大,但 COD、NH₄⁺-N 的去除效果很好,冲击负荷对一体式旋回流反应器的去除效能影响很小。

反硝化及脱氮效果:第一阶段,随着反应的进

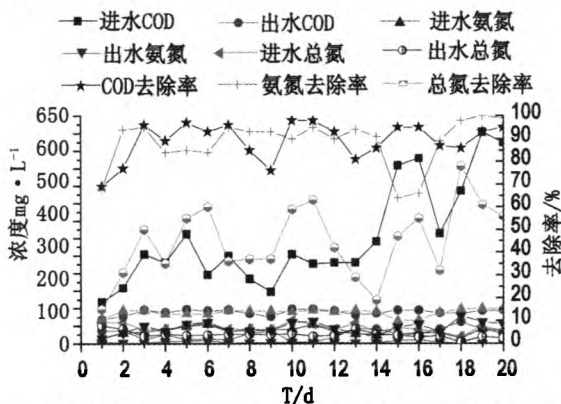


图4 启动过程中COD、NH₄⁺-N 和 TN的变化曲线
Fig.4 Changes of COD、NH₄⁺-N and TN during start-up

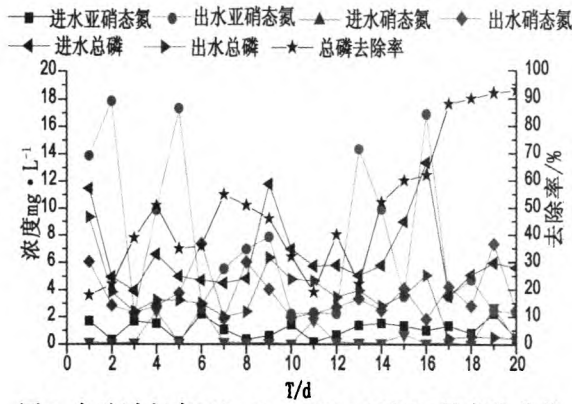


图5 启动过程中NO₂⁻-N、NO₃⁻-N和TP的变化曲线
Fig.5 Changes of NO₂⁻-N、NO₃⁻-N and TP during

行,从图4、图5可知,出水 NO_2^- -N、 NO_3^- -N、TN 的平均浓度达到了 9.37 mg/L、4.12 mg/L、29.05 mg/L,这是因为在低有机碳源的条件下,硝化菌活性未受到显著影响,可以将大部分氨氮转化为 NO_2^- -N、 NO_3^- -N,但由于有机碳源及缺氧环境的缺乏,反硝化作用受到影响,使得 TN 去除率受到影响。第二阶段增大进水量的情况下,有机负荷从 0.018 kgBOD/(kgMLSS · d) 增大到 0.04 kgBOD/(kgMLSS · d) 时,有机碳源得到补充,反硝化作用加强,出水中 NO_2^- -N、 NO_3^- -N、TN 的平均浓度分别降到 6.18 mg/L、2.54 mg/L、27.49 mg/L。第三阶段增加进水量的同时增加进水浓度,有机负荷从 0.04 kgBOD/(kgMLSS · d) 升高到 0.15 kgBOD/(kgMLSS · d),有机负荷进一步增加,反硝化菌可以利用碳源进一步将废水中的 NO_2^- -N 脱除,同时硝化菌群也逐步适应了水质,出水中 NO_2^- -N、 NO_3^- -N、TN 的平均浓度分别降到 5.55 mg/L、3.78 mg/L、17.09 mg/L。上述试验结果表明,增加有机碳源能够促进一体式旋回流反应器对总氮的去除,进一步降低 NO_2^- -N、 NO_3^- -N 的浓度。TN 的出水能达到 GB18918-2002 的一级 B 标准。

除磷效果:第一阶段随着反应的进行,在低碳源条件下传统反硝化菌竞争力下降,多余的硝酸盐氮有利于反硝化除磷菌的生长繁殖,出水 TP 浓度逐渐降低,其平均出水浓度为 3.97 mg/L,平均去除率达 39.22%;第二阶段增加进水量后,TP 平均出水浓度 3.91 mg/L,去除率为 33%,变化幅度不大;第三个阶段增加进水量的同时也增加进水浓度,进水中总磷的含量基本变化不大,出水 TP 浓度逐渐下降并趋于稳定,出水 TP 浓度 1.74 mg/L,去除率达到 80.66%。上述试验结果说明随着负荷的增加,TP 的出水浓度逐渐降低,去除率逐渐升高,出水能达到 GB18918-2002 的二级标准。

2.3 油脂的变化

启动过程油脂的进出水浓度及去除率的变化如图6所示:

反应器的除油能力是由两方面决定的,一方面是一体式旋回流反应器中的隔油槽,通过反应器一侧曝气,将漂浮在表面的油脂推流到隔油槽中,人工进行定期排除;另一方面微生物能够利用油脂作为生长所需要的碳源和能源,在酶的催化作用下将油脂水解成甘油、脂肪酸,最后分解为

CO_2 、 H_2O 、 CH_4 等^[10-11]。

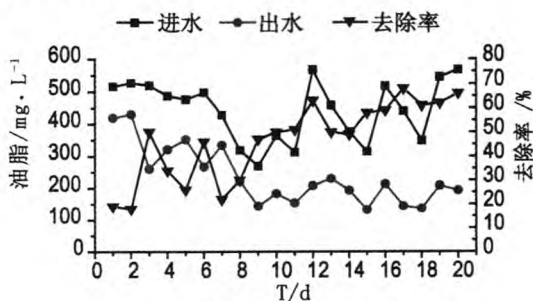


图6 启动过程中油脂的变化曲线

Fig.6 Changes of oil during start-up

第一阶段,随着反应的进行,从图6可知,出水油脂的平均浓度为 305.33 mg/L,油脂的平均去除率为 32.49%;第二阶段,随着碳源的增加,微生物逐渐适应了餐饮废水的环境,出水油脂的平均浓度为 193.4 mg/L,油脂的平均去除率为 52.49%;第三阶段,随着有机负荷的增加,出水中油脂的平均浓度为 170.83 mg/L,油脂的平均去除率为 62.19%。通过以上试验结果可以看出,虽然出水油脂浓度仍然偏高,达不到国家要求的排放标准,但就一体化设备而言,该设备具有操作简单,节省能源,成本较低,去除油脂能力处于较高水平等优点。

3 结论

(1)通过逐渐增加有机负荷,历时 20 d 完成了一体式旋回流反应器处理餐饮废水的启动。

(2)反应器启动过程中对 COD、 NH_4^+ -N、TN、TP 的去除率分别达到了 91.81%、81.57%、54.73%、83.97%,出水均能达到城镇污水处理厂污染物排放标准(GB18918-2002)二级标准。

(3)反应器出水油脂平均浓度为 170.83 mg/L,油脂的去除率达到了 62.19%。虽然出水油脂浓度仍然偏高,达不到国家要求的排放标准,但就其一体化设备而言,具有操作简单,节省能源,成本较低,去除油脂能力处于高水平等优点。

参考文献:

- [1] 陈威,江小林,朱雷.我国餐饮废水处理方法及发展方向[J].工业安全与环保,2005,31(4):30-32.
- [2] 范丽梅.餐饮废水生物处理实验[J].环境污染与防治.2000,22(2):18-20.
- [3] 李英华,孙铁珩,李海波.生化一体化反应器的应用及发展[J].安徽农业科学,2008,36(28):12474-12476.

(下转第 57 页)

环,在城市河流治理与开发中,要明确治理的思路与理念,综合考虑水的生态、利用、排放、防洪、景观、文化等功能,努力构建人水和谐社会,提高人们的生活质量,使城市的经济、社会发展与环境保护相协调,也将为西北区城市河流生态治理提供借鉴和参考。

参考文献:

[1] 宋庆辉, 杨志峰. 对我国城市河流综合管理的思考[J]. 水科学进展, 2002 (03): 377 - 382.

[2] 张小华, 周莉姐, 黄飞, 等. 浅谈河流生态治理[J]. 科技资讯, 2011 (09): 148.

[3] 朱记伟, 刘建林, 高双强, 等. 城市河流生态综合治理规划实证研究[J]. 人民黄河, 2010 32(10): 20 - 21.

[4] 王雪, 田涛, 杨建英, 等. 城市河道生态治理综述[J]. 中国水土保持科学, 2008 ,6(05): 106 - 111.

[5] MISEKI T, TAKAZAWA H. Project for creation of river rich in nature - towards a richer environment in towns and on watersides [J] . Journal of Hydrosience and Hy-

draulic Engineering: Special Issues, 1993(4) : 86 - 87.

[6] 李晶. 城市滨水区再开发实践和启示 - 以成都市府南河滨水景观为例[J]. 中国高新技术企业, 2007 (14): 152 - 154.

[7] 朱锡培. 上海苏州河综合整治的主要经验[J]. 城市公用事业, 2008 (04): 9 - 12.

[8] 锥望余, 赵海生, 王玲. 西安灞河橡胶坝运行及养护管理研究[J]. 陕西水利, 2013(02): 59 - 61.

[9] 廖文华, 解建仓, 王玲, 等. 城市化进程中区域水土资源生态风险评价研究[J]. 西安理工大学学报, 2013, 29(02): 165 - 171.

[10] 赵月望, 解建仓, 黄银兵. 城市化进程中区域水土资源复合开发效应[J]. 水土保持学报, 2012, 26(2): 224 - 228.

[11] 王沛芳, 王超, 侯俊. 城市河流生态系统建设模式研究及应用[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2005, 33(01): 68 - 71.

(责任编辑 刘存英)

(上接第46页)

参考文献:

[1] 王铎. 洛阳古代城市与园林[M]. 呼和浩特: 远方出版社, 2005.

[2] 梁南南, 鞠建新. 从竹山书院略窥我国书院园林的环境特色及文化内在[J]. 中国园林, 2009 (03): 59 - 63.

[3] 杨慎初. 中国文化与建筑[M]. 武汉: 湖北教育出版, 2005.

[4] 乾隆邓州志[Z]. 艺文(下)

[5] 彭一刚. 中国古典园林分析[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.

[6] 刘晓晖. 诗境规划设计思想刍论[D]. 重庆: 重庆大学, 2010.

(责任编辑 刘存英)

(上接第50页)

[4] 邓荣森, 徐俊义, 谭显春. 城市污水处理与一体化氧化沟技术[J]. 给水排水, 2002, 26(11): 28 - 31.

[5] 薛嘉, 黄钧. 废水处理一体化生物反应器的发展[J]. 应用与环境生物学报, 2006, 12(4): 595 - 599.

[6] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.

[7] 熊平, 梁宏, 林海波. 污水处理技术的研究进展[J]. 四川理工学院学报: 自然科学版, 2007, 20(5): 84 - 87.

[8] 汤琪, 罗固源. MAP法和SBR法处理垃圾渗滤液的研究[J]. 环境化学, 2008, 27(5): 639 - 643.

[9] 李艳平, 刘强, 李思敏. 改良型氧化沟脱氮除磷正交试验研究[J]. 河北工程大学学报: 自然科学版, 2011, 28(3): 42 - 46.

[10] TEMELLI F, KING T, LIST G. Conversion of oil to inonoglycerides by glycerolysis in supercritical carbon dioxide media[J]. Journal of American Oil Chemists' society, 1996, 73(6): 669 - 706.

[11] SOKUDA, KITO H, KIZAKI. Treatment of lipid - containing wastewater using bacteria which assimilate lipids [J]. Bacterial Treatment of Lipid - waste, 1991, 71(6): 424 - 429.

(责任编辑 刘存英)