

厌氧-生物托盘系统处理生活污水试验研究

张宝军^{1 2},冯启言²,白晓龙²

(1. 徐州建筑职业技术学院热能与环境工程系,江苏 徐州 221008; 2. 中国矿业大学环境与测绘学院,江苏 徐州 221008)

摘要 针对分散建筑的特点,厌氧-生物托盘系统对生活污水进行了处理试验,分析研究了处理系统污染物的去除效果,COD 去除率为 90% 以上,SS 为 85% 以上,NH₃-N 为 80% 以上,TP 为 80% 以上,出水水质各项指标达到中水回用的要求。

关键词 生活污水;厌氧;生物托盘;污水处理

中图分类号 X703.1 **文献标识码** A **文章编号** 1004-693X(2007)06-0036-04

Experimental study on domestic wastewater treatment by anaerobic bio-salver

ZHANG Bao-jun^{1,2}, FENG Qi-yan², BAI Xiao-long²

(1. Department of Thermo Technical and Environmental Engineering, Xuzhou Institute of Architectural Technology, Xuzhou 221008, China; 2. School of Environmental and Spatial Informatics, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China)

Abstract According to the characteristic of decentralized buildings, the experiment of domestic wastewater treatment was carried out with anaerobic bio-salver system, and the removal efficiency of pollutants was analyzed. The experiment results show that the removal efficiency of COD, SS, NH₃-N and TP was above 90%, 85%, 80% and 80% respectively, and the quality of the effluent can meet the requirement of the reclaimed water reuse.

Key words domestic wastewater; anaerobic; bio-salver; wastewater treatment

随着城市化的发展和人民生活水平的不断提高,人均需水量和总需水量不断增加,城市生活污水的总排放量也在不断增加^[1]。2004 年我国城镇生活污水排放量占废水排放总量的 54.2%,大大超过工业废水的排放量^[2]。到 2010 年,我国城市生活污水处理率要达到 50%^[3]。目前我国生活污水处理一般采用集中处理,能耗、物耗较高,运行管理不便;而对于一些村镇、居民小区来说,由于不能并入城市污水管网,其生活污水基本不能进行集中处理,目前又没有很好的解决方案,对环境造成很大污染。研制出经济、高效和普遍适用的村镇生活污水分散处理技术尤为重要。本试验拟对分散式生活污水采用自主设计的厌氧-生物托盘处理系统,在无能耗、自重流的前提下,对生活污水进行有效处理,使出水水质达到污水排放标准。

1 试验用水及测试方法

1.1 试验用水

试验用水取自徐州建筑职业技术学院热能与环境工程系办公楼生活污水,具体水质情况见表 1。

表 1 厌氧-生物托盘系统运行水质 mg/L

样水	$\rho(\text{COD})$	$\rho(\text{SS})$	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$	$\rho(\text{TP})$
进水	250 ~ 450	150 ~ 248	40 ~ 60	10.6 ~ 15.8
出水	12.7 ~ 37.5	15 ~ 30	7.5 ~ 10.5	0.6 ~ 1.6

1.2 监测项目及方法

COD 采用重铬酸钾法,SS 采用重量法,NH₃-N 用纳氏试剂光度法,TP 用钼锑抗分光光度法。这些参数的测试方法均按文献[4]进行。

2 试验装置及流程

如图 1 所示,污水依次经过调节水箱、厌氧滤柱

基金项目 江苏省高校高新技术产业发展项目(JHZD05-014);江苏省建筑节能工程技术研究开发中心基金(JJZX05-07)

作者简介 张宝军(1963—)男,山东泰安人,副教授,博士,主要从事水污染控制与水资源保护科研与教学工作。E-mail: zbjcumt@126.com

和生物托盘。厌氧滤柱为封闭式,每个滤柱仅设有进出水口,内设软性填料。滤柱直径 180 mm,高度为 1 500 mm。生物托盘由本课题组设计研制。该系统采用有机玻璃或强塑料加工制作成的圆形生态托盘,自上而下共分 3 级,各级托盘之间间距为 300 mm,盘底布孔,最下部为集水池。生物托盘的形状也可以设计成方形或矩形,采用阶梯状或层叠状分布。生物托盘尺寸为 800 mm × 500 mm × 100 mm (长 × 宽 × 高),托盘中放置自行配制的填料,一级托盘中为人工土壤,二级托盘铺设珍珠岩,粒径小于 5 mm,三级托盘中为细沙,粒径在小于 10 mm,填料厚度为 100 mm,托盘表层有人工土壤,种植马蹄莲、吊兰等观赏性植物。在生物托盘污水中的有机物进一步被分解,并通过硝化以及反硝化脱氮,污水中的磷被大量吸附从而有效地除磷,最后出水排放。厌氧处理后的生活污水以 12 L/h 滴速入生物托盘,污水在各级托盘中的总停留时间约为 10 h。

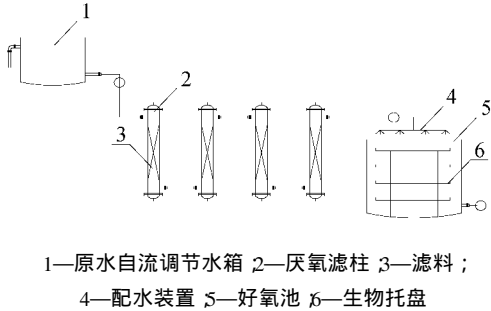


图 1 实验装置示意图

3 结果与讨论

3.1 厌氧-生物托盘系统对污染物的去除效果

厌氧-生物托盘系统在跟踪监测水质变化的情况下,于 2005 年 4 月 3 日起经过前期 1 个月的试运行达到稳定状态。在此情况下,于 2005 年 5 月 9 日开始对系统进出水水质连续监测 2 个月,试验结果如下。

3.1.1 COD 的去除效果

系统对有机物的去除主要是基于厌氧发酵及生物托盘好氧微生物的分解和填料的沉淀吸附。试验结果显示(图 2)厌氧-生物托盘系统对 COD 的去除效果较好。前段厌氧部分出水 COD 质量浓度均在 120 mg/L 以下,全部达到 GB 8978—1996《污水综合排放标准》中二级排放标准(≤ 100 mg/L),而生物托盘好氧段出水的 COD 最大质量浓度仅为 37.5 mg/L,小于 GB 8978—1996《污水综合排放标准》中一级排放标准和 CJ/T95—2000《再生水回用于景观水体的水质标准》的要求。综合来看,厌氧-生物托盘系统对 COD 的平均去除率可达到 90% 以上,并且出水 COD 比较稳定,由此可见该系统对去除污水中的有

机污染物有较好的应用前景。

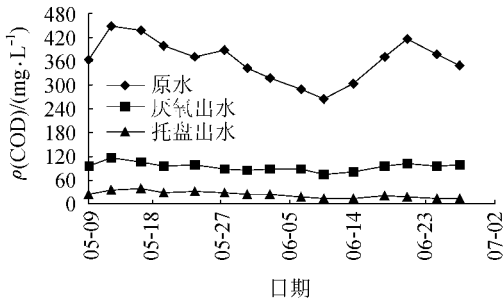


图 2 COD 的去除效果

3.1.2 SS 的去除效果

SS 的去除主要是系统中填料的截留吸附以及分解沉淀的结果。经监测,系统进水 SS 质量浓度为 150 ~ 248 mg/L,从图 3 看出,在进水 SS 质量浓度有较大波动的情况下,无论是厌氧段还是生物托盘的出水中 SS 都保持相对稳定的状态,且最终出水中 SS 质量浓度均低于 30 mg/L,已经达到 GB 8978—1996《污水综合排放标准》中二级排放标准(≤ 30 mg/L)。整个系统对 SS 的去除率达到 85% 以上。

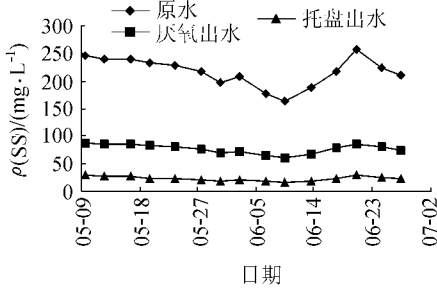


图 3 SS 的去除效果

3.1.3 NH₃-N 的去除效果

在厌氧-生物托盘系统的前段厌氧部分对氨氮的去除率并不高,有些取样分析点甚至出现去除率为负值的现象,这可能是因为水体中的有机氮在厌氧条件下通过厌氧菌作用转化的氨氮,可使氨氮含量上升,而氨氮在无氧或缺氧条件下无法向 NO₂、NO₃ 转化,因而难以去除^[5]。而生物托盘好氧段的处理效果则相对较好(图 4),出水中氨氮质量浓度的平均值为 9 mg/L 左右,除个别分析样外,其余均

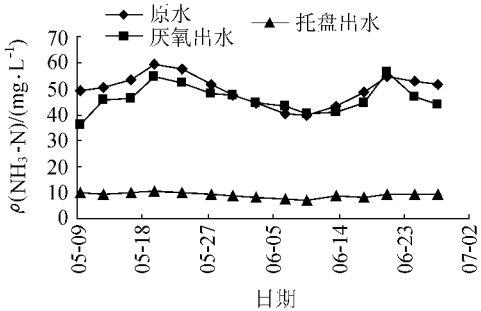


图 4 NH₃-N 的去除效果

达到 GB8978—1996《污水综合排放标准》中一级排放标准和 CJ/T95—2000《再生水回用于景观水体的水质标准》的要求。综合来看,厌氧-生物托盘系统对氨氮去除率的平均值为 81.6%。

3.1.4 TP 的去除效果

厌氧-生物托盘系统对污水中磷的去除效果如图 5 所示。在厌氧条件下,污水中的有机磷可能转化为无机磷酸盐,从而使污水中磷酸盐的量可能增加,但是磷的去除必须通过好氧过程大量吸收磷,因此在厌氧阶段,总磷的去除效果也不是很好。在生物托盘中污水处于一个完全好氧的环境,因此,大量的磷被吸收使得出水中总磷的含量保持在一个较低的水平。在整个厌氧-生物托盘系统对总磷的去除率达到 80% 以上。这也符合前人关于厌氧释磷、好氧摄磷的研究结果,尤其是生物托盘好氧系统中植物、微生物等对磷的吸收起到了重要作用^[6-7]。

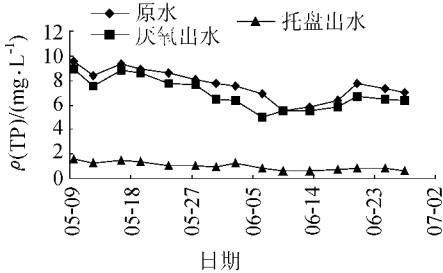


图 5 TP 的去除效果

3.2 生物托盘对污染物的去除效果

生物托盘是一个好氧处理系统,污染物在托盘中经过填料吸附、过滤以及微生物的分解作用而得以去除。厌氧出水以渗滤的形式经过第一级托盘,然后水滴淋滤的形式进入第二级和第三级托盘,在滴滤过程中使污水充分曝气,增强了污染物的去除效果。

3.2.1 COD 的去除效果

污水中的不溶性有机物经过生态处理系统得到沉淀和过滤,很快截留下来被微生物利用。可溶性有机物则通过植物根系生物膜的吸附、吸收及生物代谢降解过程而被分解除去^[8]。从试验情况来看(图 6),生物托盘对 COD 的去除效果较好。生物托

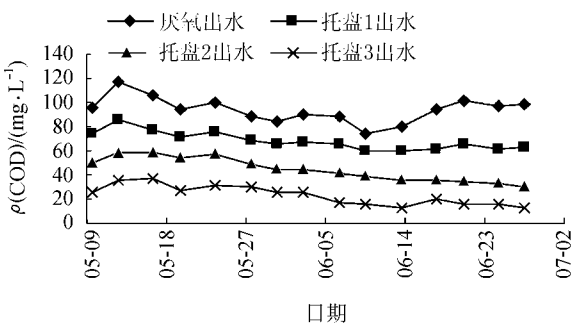


图 6 COD 的去除效果

盘出水中 COD 质量浓度在 40 mg/L 以下,远小于 GB8978—1996《污水综合排放标准》中一级排放标准和 CJ/T95—2000《再生水回用于景观水体的水质标准》的要求。托盘出水中 COD 含量相对稳定,尤其从后期监测结果可以看出,生物托盘出水 COD 质量浓度大多稳定在 20 mg/L 左右,显示了生物托盘对有机污染物有良好的去除效果。

3.2.2 SS 的去除效果

污水中 SS 的去除主要是填料过滤和吸附的作用。根据实验结果(图 7),在进水中 SS 含量有较大波动的情况下,一级托盘和二级托盘受进水影响较大,所以产生较大波动。三级生物托盘的出水中 SS 都保持相对稳定的状态,且最终出水中 SS 质量浓度均在 20~30 mg/L,达到 GB8978—1996《污水综合排放标准》中二级排放标准(≤ 20 mg/L)。但总的去除效果不是很好,可能与填料性质以及系统水力条件有关,需进一步优化系统以提高 SS 的去除效果。

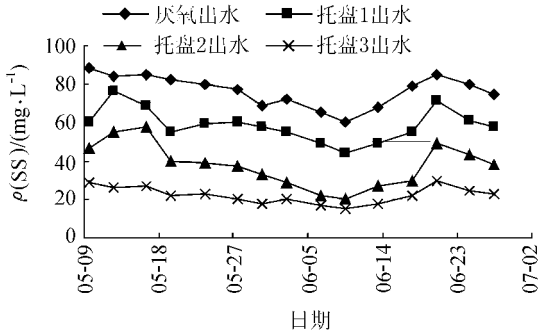


图 7 SS 的去除效果

3.2.3 NH₃-N 的去除效果

生物托盘系统中氨氮的去除主要是微生物的硝化作用,另外还可以通过植物吸收和填料吸附去除,但所占比率还不到总去除率的 20%,相对较小^[9]。试验结果显示(图 8),生物托盘出水中氨氮质量浓度的平均值在 9 mg/L 左右,达到 GB8978—1996《污水综合排放标准》中一级排放标准,但并未完全达到 CJ/T95—2000《再生水回用于景观水体的水质标准》的要求。说明生物托盘对氨氮有着较好的去除效果。

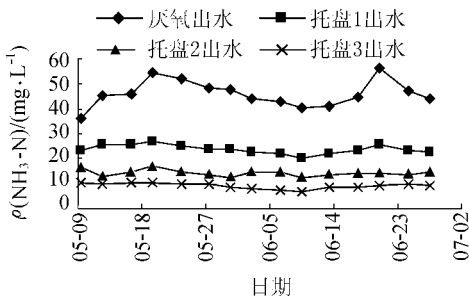


图 8 NH₃-N 的去除效果

3.2.4 TP 的去除效果

监测结果表明,三级托盘出水中总磷的含量相

对稳定。在生物托盘中总磷的去除主要靠填料的吸附作用以及植物的吸收,微生物分解也是一种去除途径。从最终出水情况来看,总磷的含量依然较高,去除效果并不理想,这主要是由于填料对磷的吸附性能以及植物种类和生长状况的影响^[10-11],见图9。

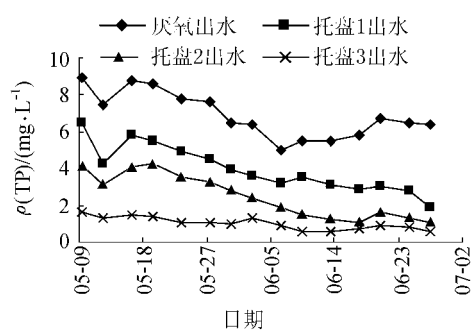


图9 TP 的去除效果

4 结 论

a. 厌氧-生物托盘系统对 COD、SS、NH₃-N、TP 的去除率较高,出水基本达到中水回用的要求,测定的各项出水水质参数除 SS 和 TP 的个别分析样外均已达到 GB 8978—1996《污水综合排放标准》中一级排放标准的要求和 CJ/T95—2000《再生水回用于景观水体的水质标准》的要求。

b. 从技术经济角度来看,厌氧-生物托盘系统是在无能耗、自重流的条件下运行的,结合当前分散式生活污水处理现状以及生态小区的建设,生物托盘利用生态技术处理生活污水,托盘上栽培观赏性植物,既有效地去除了水中的污染物,又可在小区内形成人工生态景观^[12]。所以该系统具有较高的推广应用价值。

c. 常规污水生态处理技术由于其填料对污水中有机物及悬浮物的截留,容易造成系统的堵塞问题,而该系统对生活污水进行了厌氧预处理,较好地降低了生物托盘进水中有机物和悬浮物的浓度,增长了生物托盘填料的使用寿命,另外,对厌氧处理系统定期排泥,延缓了整个系统堵塞问题的出现。

综合来看,厌氧-生物托盘系统的出水各项指标已全部达到相关排放标准的要求,下一步的工作应该进一步优化系统,使出水中 SS 和 TP 的含量进一步降低,提高出水的可用性。另外,对于该系统生物托盘去除污染物的机理也有待于进一步研究。

参考文献:

[1] 周启星,黄国宏.环境生物地球化学及全球环境变化[M].北京:科学出版社,2001.
 [2] 国家环境保护总局.全国环境统计公报:2004年[EB/OL].[2005-06-10].http://www.sepa.gov.cn/plan/hjtj/qghjtjgb/200506/t20050610-67563.htm.
 [3] 张凯松,周启星,孙铁布.城镇生活污水处理技术研究进

展[J].世界科技研究与发展,2003,25(5):5-10.
 [4] 国家环保总局《水与废水监测分析方法》编委会.水和废水监测分析方法[M].4版.北京:中国环境出版社,2002.
 [5] 刘大银,毕亚凡,李庆新,等.ABR反应器处理生活污水的研究[J].华中师范大学学报:自然科学版,2003,37(4):514-517.
 [6] 王小文,张雁秋.水污染控制工程[M].北京:煤炭工业出版社,2002.
 [7] 熊飞,李文朝,潘继征,等.人工湿地脱氮除磷的效果与机理研究进展[J].湿地科学,2005,3(3):228-234.
 [8] 冯培勇,陈兆平,靖元孝.人工湿地及其去污机理研究进展[J].生态科学,2002,21(3):264-268.
 [9] KASEVA M E. Performance of a sub-surface flow constructed wetland in polishing pre-treated wastewater: a tropical case study[J]. Water Research, 2004, 38(3):681-687.
 [10] PANT H K, REDDY K R, LEMON E. Phosphorus retention capacity of root bed media of sub-surface constructed wetlands[J]. Ecological Engineering, 2001, 17:345-355.
 [11] 段志勇,刘超翔.复合植物床式人工湿地研究[J].环境污染治理技术与设备,2002,2(8):4-7.
 [12] 张宝军.生态节能型化粪池的工艺过程构想与应用前景[J].给排水技术动态,2003(3):18-24.

(收稿日期:2007-02-06 编辑:舒建)

(上接第35页)

[19] CANALES A, PAREILLEUX A, ROLS J, et al. Decreased sludge production strategy for domestic wastewater treatment[J]. Water Sci Technol, 1994, 30(8):97-106.
 [20] YOON S H. Important operational parameters of membrane bioreactor-sludge disintegration (MBR-SD) system for zero excess sludge production[J]. Water Research, 2003, 37(8):1921-1931.
 [21] TIEHM A, NICKEL K, NEIS U. The use of ultrasound to accelerate the anaerobic digestion of sewage sludge[J]. Water Sci Technol, 1997, 36(11):121-128.
 [22] SAKAI Y, FUKASE T, YASUI H, et al. An activated sludge process without excess sludge production[J]. Water Sci Technol, 1997, 36(11):163-170.
 [23] KAMIYA T, HIROTSUJI J. New combined system of biological process and intermittent ozonation for advanced wastewater treatment[J]. Water Sci Technol, 1998, 38(8-9):145-153.
 [24] SABA S, DJAFER M, CHEN G H. Feasibility of using a chlorination step to reduce excess sludge in activated sludge process[J]. Water Research, 2002, 36(3):656-666.
 [25] LIANG P, HUANG X, QIAN Y, et al. Determination and comparison of sludge reduction rates caused by microfaunas predation[J]. Bioresource Technology, 2006, 97(6):854-861.
 [26] GHYOOT W, VERSTRAETE W. Reduced sludge production in a two-stage membrane-assisted bioreactor[J]. Water Research, 1999, 34(1):205-215.
 [27] RENSINK J H, RULKENS W H. Using metazoa to reduce sludge production[J]. Water Sci Technol, 1997, 36(11):171-179.

(收稿日期:2006-06-26 编辑:徐娟)