

生物滤塔-人工湿地组合工艺对农村生活 污水净化效果研究

桂双林 王顺发 吴永明 熊继海

(江西省科学院能源研究所,南昌 330029)

摘要 采用厌氧/射流充氧生物滤塔/人工湿地组合工艺处理农村生活污水,考察了组合工艺及其各处理单元对污染物去除的贡献率。在实验室进行了小试,实验结果表明:该组合工艺对污染物具有较好的去除效果,在稳定工况下,组合工艺对 COD、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、TN 和 TP 的平均去除率分别为 85.4%、74.5%、75.9% 和 78.3%。生物滤塔能有效完成对有机物的降解和硝化作用,人工湿地进一步去除氮、磷等污染物。

关键词 农村生活污水 射流充氧 生物滤塔 人工湿地

中图分类号 X703 文献标识码 A 文章编号 1673-9108(2011)10-2312-03

Treatment performance of the combined biofilter and constructed wetland process on rural domestic wastewater

Gui Shuanglin Wang Shunfa Wu Yongming Xiong Jihai

(Energy Research Institute of Jiangxi Academy of Sciences, Nanchang 330029, China)

Abstract The combined process of anaerobic-jet oxygenation biological oxidation biofilter and constructed wetland was used to treat the rural domestic wastewater, and the removal efficiency of each treatment unit was also investigated. The results showed that the combined process had good and stable removal efficiency, and the removal rates for COD, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, TN and TP were 85.4%, 74.5%, 75.9% and 78.3%, respectively. The biofilter can effectively complete the organic substance degradation and nitrification, and the constructed wetland system could further remove the nutrients, such as nitrogen and phosphorus.

Key words rural domestic wastewater; anaerobic-jet oxygenation; biofilter; constructed wetland

鄱阳湖水质现状为轻度污染,主要污染指标为总氮、总磷^[1]。鄱阳湖地区农业人口较多,生活污水无序排放、污染得不到有效处理,是造成鄱阳湖水体富营养化的重要原因之一^[2]。农村生活污水具有水量小、有机物浓度偏高、日变化系数大等特点,且相对分散,宜采用小型、低能耗装置处理^[3-5]。

目前国内外处理农村生活污水的研究很多,大多是采用生物、生态组合工艺,比较有代表性的有脉冲多层复合滤料生物滤池-人工湿地组合工艺、跌水充氧接触氧化池-人工湿地组合工艺、塔式蚯蚓生态滤池-人工湿地系统等,这些工艺各具优点,且均有成功的运行实例^[6-9]。

本文研究了厌氧/射流充氧生物滤塔/人工湿地组合工艺,并考察了组合工艺对污染物的去除效果,力求为鄱阳湖地区农村生活污水处理的建设提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验装置

小试实验装置采用厌氧/射流充氧生物滤塔/人

工湿地组合工艺处理生活污水,其工艺流程如图 1 所示。



图 1 组合工艺流程图

Fig. 1 Flow chart of combined process

污水首先进入厌氧调节池,然后经射流充氧,进入两级生物滤塔,出水部分回流至厌氧调节池,部分进入人工湿地。厌氧调节池内置填料和厌氧污泥,回流水折向平流,进水流量 20 L/h,水力停留时间 15 h,有效容积 300 L,平面尺寸为 1 m × 0.5 m × 0.8 m。生物滤塔为 2 级,外壁有通风孔,内置填料,

收稿日期:2010-04-26; 修订日期:2010-06-08

作者简介:桂双林(1984-),男,硕士研究生,主要从事环保工程技术的研究。E-mail:gsl503@163.com

尺寸为 $d \times h = 0.3 \text{ m} \times 3.2 \text{ m}$, 水力负荷为 2.5 m^3 填料/ $(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。人工湿地为潜流式, 床体尺寸为 $2.0 \text{ m} \times 0.8 \text{ m} \times 1.0 \text{ m}$, 湿地自下而上依次装填为 20 cm 的鹅卵石 (粒径 25 ~ 40 mm)、30 cm 的改性煤渣 (粒径 20 ~ 30 mm)、20 cm 的细沙 (粒径 2 ~ 4 mm)、10 cm 的黄土。

1.2 运行条件

实验从 2009 年 5 月中旬开始, 至 2009 年 12 月中旬结束, 其中 5—10 月进行了反复的挂膜、填料优化、回流比优化和水质水量参数优化实验, 11 月初最终确定组合工艺的最佳运行条件。实验期间水质 COD 为 12 ~ 611 mg/L、 NH_4^+ -N 为 16 ~ 39 mg/L、TN 为 17 ~ 41 mg/L、TN 为 0.6 ~ 5.1 mg/L。

1.3 测定指标及方法

COD: 重铬酸钾法; NH_4^+ -N: 纳氏试剂分光光度法; TN: 过磷酸钾消解-紫外分光光度法; TP: 钼酸盐分光光度法^[10]。

2 结果与讨论

2.1 对 COD 的去除效果

组合工艺对 COD 的去除效果见图 2。

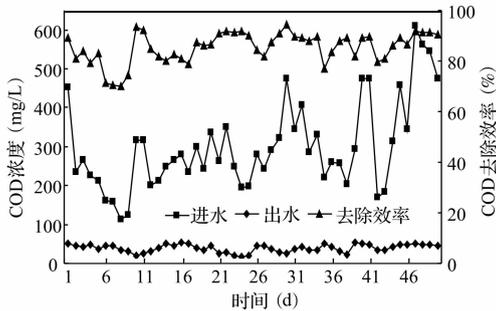


图 2 组合工艺对 COD 的去除效果

Fig 2 Removal efficiency of COD by combined process

由图 2 可看出, 在整个运行期间, 进水 COD 浓度波动较大, 但出水相对稳定, 基本在 30 ~ 50 mg/L, 组合工艺 COD 去除效率为 70% ~ 92%, 平均 85.4%。这说明组合工艺对有机物有着较好的降解效果, 在稳定运行过程中保持了良好的 COD 去除效果。

通过研究生物滤塔处理单元的处理效果, 可以认为组合工艺高效的 COD 去除效率主要来自生物滴滤塔内的微生物对有机物的吸收、氧化分解, 从而去除污水中的有机物。

2.2 对 NH_4^+ -N 的去除效果

运行初期, 由于在实验室内进行, 未启动人工湿地, 只进行了厌氧池 + 生物滤塔组合工艺脱氮研究, 滤塔内填料为单一的陶粒, 实验结果表明, 厌氧池 + 生物滤塔组合工艺对氨氮去除率平均仅为 42.1%, 出水氨氮仍然较高, 且滤塔易堵塞, 后期进行了填料

和回流比的优化。

优化后, 组合工艺回流比为 200%, 滤塔内填料设计成 3 层, 自下而上依次为鹅卵石、改性煤渣、陶粒, 优化后的组合工艺 NH_4^+ -N 的去除效率大大提高, 说明组合工艺具有高效稳定的硝化作用。选择粒径大的填料和适当控制回流比, 有利于降低滤塔的有机负荷, 促进硝化反应的进行。

优化后的组合工艺对 NH_4^+ -N 的去除效果如图 3 所示。

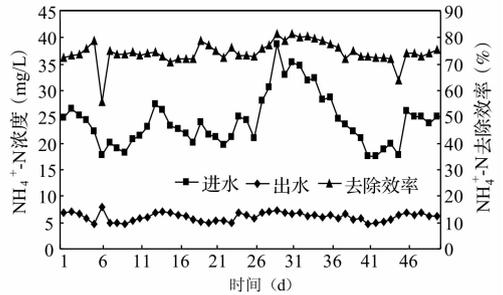


图 3 组合工艺对 NH_4^+ -N 的去除效果

Fig 3 Removal efficiency of NH_4^+ -N by combined process

由图 3 可知, 进水 NH_4^+ -N 浓度为 17.6 ~ 38.8 mg/L, 出水 NH_4^+ -N 为 4.8 ~ 7.2 mg/L, 组合工艺对 NH_4^+ -N 的去除效率为 70% ~ 80%, 平均 74.4%。

2.3 对 TN 的去除效果

组合工艺对 TN 的去除效果如图 4 所示。

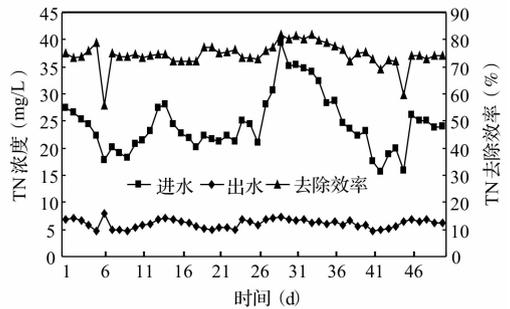


图 4 组合工艺对 TN 的去除效果

Fig 4 Removal efficiency of TN by combined process

由图 4 可知, 尽管进水 TN 浓度波动较大 (15.8 ~ 39.4 mg/L), 但组合工艺对 TN 的平均去除率维持在 75.9%。

2.4 对 TP 的去除效果

组合工艺对 TP 的去除效果见图 5。

由图 5 可知, 运行期间, TP 进水浓度虽变化幅度较大 (0.6 ~ 5.1 mg/L), 但出水水质却相对稳定, 基本稳定在 0.5 mg/L 左右, 组合工艺 TP 平均去除率为 78.3%。

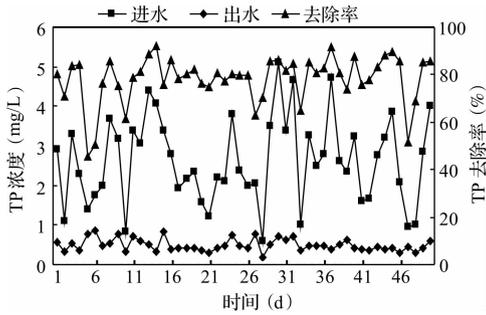


图5 组合工艺对TP的去除效果

Fig. 5 Removal efficiency of TP by combined process

3 讨论

组合工艺各处理单元对污染物去除的贡献率如图6所示。

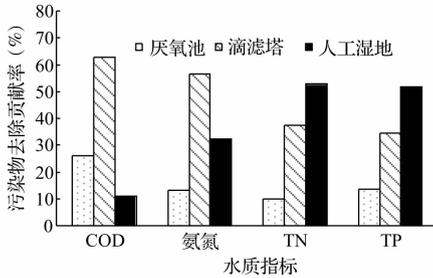


图6 各处理单元对污染物去除的贡献率

Fig. 6 Contribution rates of each treatment unit for pollutants removal

由图6可知,生物滤塔对于COD和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的去除效果较好,分别有62.9%和56.6%的COD以及 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 被生物滤塔去除。人工湿地对于TN的去除具有一定的优势,其中53.0%的TN在人工湿地中被去除。人工湿地中随水流方向交替好氧、缺氧甚至厌氧的微环境使得生物滤塔出水中所含的部分氨氮和高浓度硝态氮经微生物作用彻底将氮转变为 N_2 ^[11]。生物滤塔由于其所含的高浓度溶氧,只能完成硝化这一过程,TN的去除率仅占37.3%。在TP去除方面,人工湿地也具有明显优势,其中53.0%的TP在人工湿地中被去除,它主要是利用介质的截留吸附以及植物吸收、微生物作用来完成对磷的去除。

综上所述,可以知道,生物滤塔作为生活污水处理中碳氧化和硝化的手段完全可以加以利用,而人工湿地在最终脱氮和除磷方面的优势使得这一组合工艺具有能去除各类常规污染物的良好能力。

4 结论

采用厌氧/射流充氧生物滤塔/人工湿地组合工艺技术处理农村生活污水,对COD、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、TN和TP的去除率分别可达85.4%、74.4%、75.9%和78.3%,出水能达到或优于城镇污水处理厂污染物

排放的一级B类标准。

进水COD、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、TN、TP浓度变化对去除率影响不大,组合工艺具有较强的抗负荷能力,选择合适的填料和控制适当的回流比,有利于提高组合工艺对污染物的去除效率。

参考文献

- [1] 国家环境保护部. 2008年中国环境公报, 2009 Environmental Protection. The State of Environment in China in 2008. 2009 (in Chinese)
- [2] 向速林, 周文斌. 鄱阳湖区域农村生活污水控制技术试验研究. 江苏农业科学, 2009, (2): 299-300
- [3] 唐晶, 吕锡武, 吴琦平, 等. 生物、生态组合技术处理农村生活污水研究. 中国给水排水, 2008, 24(17): 1-4 Tang Jing, Lü Xiwu, Wu Qiping, et al. Study on bio-ecological vombined process for treatment of rural domestic sewage. China Water & Wastewater, 2008, 24(17): 1-4 (in Chinese)
- [4] Li S., Li H., Liang X. Q., et al. Phosphorus removal of rural wastewater by the paddy-rice-wetland system in Tai Lake Basin. Journal of Hazardous Materials, 2009, 171(1): 301-308
- [5] Liang H., Gao M., Liu J., et al. A novel integrated step-feed biofilm process for the treatment of decentralized domestic wastewater in rural areas of China. Journal of Environmental Sciences, 2010, 22(3): 321-327
- [6] 吴磊, 吕锡武, 李先宁, 等. 厌氧/跌水充氧接触氧化/人工湿地处理农村生活污水. 中国给水排水, 2007, 23(3): 57-59 Wu Lei, Lü Xiwu, Li Xianning, et al. Combined process of anaerobic / waterfall aeration contact oxidation / constructed wetland for rural sewage treatment. China Water & Wastewater, 2007, 23(3): 57-59 (in Chinese)
- [7] 余浩. 水解池-滴滤池-人工湿地处理农村生活污水研究处理工艺. 南京: 东南大学硕士学位论文, 2006 Yu Hao. Study on the treatment of rural domestic wastewater by hydrolysis podn/trickling filter/constructed wetland. Nanjing: Master's Degree Thesis of Southeast University, 2006 (in Chinese)
- [8] 李军状, 罗兴章, 郑正, 等. 蚯蚓生态滤池处理农村生活污水现场试验研究. 环境污染与防治, 2008, 30(12): 11-16 Li Junzhuang, Luo Xingzhang, Zheng Zheng, et al. Study on rural sewage treatment by animalcule-earthworm ecofilter in field tests. Environmental Pollution and Control, 2008, 30(12): 11-16 (in Chinese)
- [9] Ye F., Li Y. Enhancement of nitrogen removal in towery hybrid constructed wetland to treat domestic wastewater for small rural communities. Ecological Engineering, 2009, 35(7): 1043-1050
- [10] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法(第4版). 北京: 中国环境科学出版社, 2002
- [11] 谢珊, 李小明, 曾光明, 等. 同步硝化反硝化实验途径的探讨. 环境科学与技术, 2004, 27(2): 107-109