

接触氧化+人工湿地处理小区污水的试验研究

廖志¹, 翟俊², 韩易², 石小飞²

(1. 重庆市九龙坡环境监测站, 重庆 400050; 2. 重庆大学三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400045)

摘要:介绍了采用“接触氧化+人工湿地”组合工艺处理小区污水的试验研究。组合工艺的试验运行分两个阶段:前阶段生物接触氧化池连续运行,后阶段生物接触氧化池间歇运行。试验结果表明,间歇运行的生物接触氧化池与人工湿地组合,其运行效果优于连续运行的工艺组合。组合工艺的最佳运行工况为曝气强度为 $4.0 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,进水0.25 h,曝气2 h,沉淀1 h,排水0.25 h,此时出水水质可达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)的一级A标准,经过消毒后可以回用。同时针对不同浓度的小区污水,还可以通过调整组合工艺的运行方式以满足排放标准要求。

关键词:生物接触氧化;人工湿地;间歇曝气;曝气周期

中图分类号:X5 文献标志码:A 文章编号:1006-7329(2008)01-0101-04

Study on Treatment of District Sewerage with the Combination Techniques of Biological Contact Oxidation and Constructed Wetlands

LIAO Zhi¹, ZHAI Jun², HAN Yi², SHI Xiao-fei²

(1. Environmental Monitoring Station, Jiulongpo District, Chongqing, 400050; 2. Key laboratory of the Three Gorges Region's Eco-Environment, Ministry of Education, Chongqing University, Chongqing 400045, China)

Abstract: This paper mainly discussed the treatment of residential sewerage with the combination techniques of biological contacting oxidation and constructed wetlands. The processes of experiments were divided into two phases. At the first phase of the experiment, the continuous aeration model of the combination techniques was used. The intermittent aeration of the combination techniques was used in the second phase. At the aeration intensity $4.0 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$, the optimum operation style of the combination process was: filling for 0.25 hour, aeration for 2 hours, sedimentation for 1 hour and discharge for 0.25 hour. The various concentration of wastewater can be treated to the drainage criteria with different technical combination.

Keywords: contacting oxidation; constructed wetland; intermittent aeration; aeration cycle

随着我国经济的发展、人口的增加和城市化过程的不断加速,城市规模不断扩大,用于污水集中处理的成本也越来越高^[1]。这种情况下,在小区内建立分散式污水处理装置是尽快解决生活污水处理问题的一种有效手段,有利于处理水的就地回用,具有很好的社会效益、经济效益和环境效益。人工湿地用于污水处理具有效率高,投资低,运行费用低能耗低等优点,具有较强的有机物降解能力。人工湿地根据其污水流态分为三种形式:表面流(SFW),潜流(SSFW)和垂直流(VFW)^[2]。根据国内外有关数据统计表明:潜流式人工湿地 BOD_5 的去除率可达85%~95%,COD去除率可达

80%以上,N去除率60%,磷的去除率可达90%。^[3]

本研究主要根据西部地区由于其独特的地形条件,气候条件和经济条件,建立了生物接触氧化和人工湿地的组合工艺,研究了该实验工艺在针对不同浓度的生活污水的条件下采用不同运行方式的处理效果,为西部小区污水人工湿地处理提供了一定的参考。^{[4][5]}

1 实验工艺

常用的小区污水处理工艺有:生物接触氧化法、SBR法及其变形工艺、膜生物反应器(MBR)等^{[6][7]},本实验采用了生物接触氧化+人工湿地的组合工艺。

* 收稿日期:2007-09-21

基金项目:欧盟第六框架计划项目(SWITCH);中国国家科技部国际合作项目(081350)

作者简介:廖志(1970-),男,重庆潼南人,工程师,主要从事环境监测和环境工程研究。翟俊(联系人),男,副教授(E-mail) zhajun99@126.com。

实验原水进入生物接触氧化池预处理,然后分别进入垂直流湿地床和侧流式湿地床,实验工艺如图 1 所示。生物接触氧化池内填料采用组合填料,垂直流

湿地床基质采用厌氧酶促填料,侧流式湿地床采用好氧酶促填料;湿地系统内栽种了美人蕉、风车草两种挺水植物。

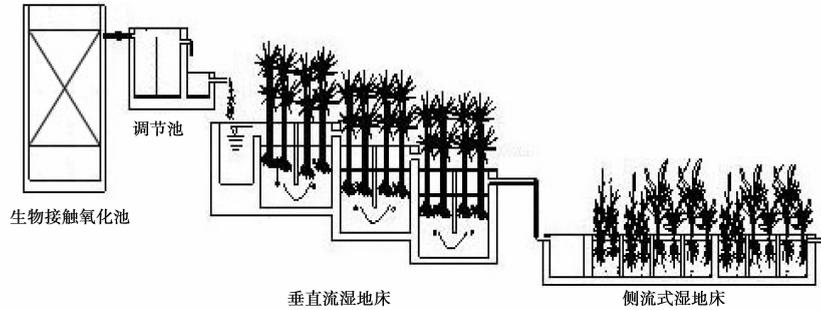


图 1 实验工艺流程

本试验原水采用了重庆大学某宿舍楼的排水,实验期间其水质主要指标如表 1 所示。

表 1 实验原水水质

水质指标	COD (mg·L ⁻¹)	氨氮 (mg·L ⁻¹)	总氮 (mg·L ⁻¹)	总磷 (mg·L ⁻¹)	PH	温度 (°C)
变化范围	43~456	3.22~85.38	16.92~98.32	1.10~7.12	6.0~8.1	10.42~25.10

2 实验目的

本希望通过试验研究,集成一种适合我国国情的分散式污水处理工艺,并得出该工艺的最佳运行工况,为相关设计和决策提供参考。

3 实验结果

本实验分两个阶段进行,第一阶段:接触氧化池采用连续曝气的常规方式运行,第二阶段则将接触氧化池采用间歇进出水间歇曝气的“序批式”方式运行。试验结果表明:采用常规方式运行时 COD 和 SS 指标可以达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)的一级 B 标准,而采用 N、P 指标则处理效果欠佳;第二阶段的试验处理出水水质较好。采用间歇方式运行的接触氧化池的出水经人工湿地处理后,出水可以达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)的一级 A 标准。下面主要介绍第二阶段的试验研究结果。

第二阶段主要是改变生物接触氧化池的运行,通过为实验装置加装液位控制器和时间控制器以实现生物接触氧化池间歇运行的自动控制,接触池内的出水抽到中间调节池后再进入湿地系统。一个运行周期包括充水、曝气、沉淀、出水四个阶段构成,循环运行。实验期间曝气强度分别控制在 4.0 m³/(m²·h)和 3.0 m³/(m²·h)两个条件下运行。

3.1 曝气强度为 4.0 m³/(m²·h)时组合工艺的处理效能
图 2~5 表示的是在曝气时间分别为 3 h、2 h 和 1 h 的条件下,组合工艺的处理效能。

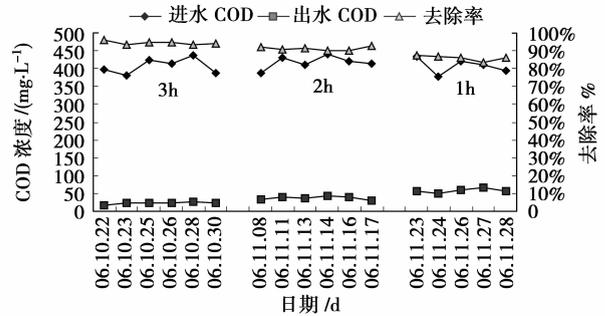


图 2 不同曝气时间下组合工艺 COD 功效图

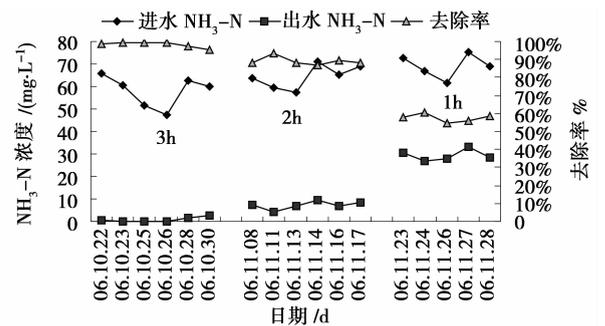


图 3 不同曝气时间下组合工艺 NH₃-N 功效图

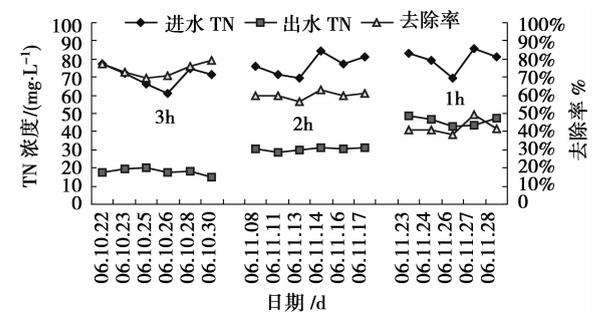


图 4 不同曝气时间下组合工艺 TN 功效图

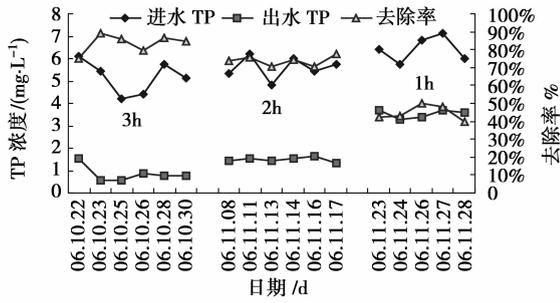


图 5 不同曝气时间下组合工艺 TP 功效图

为了更有效的利用生物接触氧化池的处理效能,首先寻求接触氧化池运行的最佳曝气时间。具体过程是使生物接触氧化池内连续曝气 5h,每小时分别测定 COD、NH₃-N、TN 和 TP 四个主要指标的数值,然后根据每小时的效能影响和经济性最后确定生物接触氧化池的最佳曝气时间,结果显示曝气 3 h 为其最佳曝气时间。最佳曝气时间确定后,通过实验研究组合工艺在最佳曝气时间条件下的处理效能,并在随后的实验里通过降低曝气时间的方式,以提高人工湿地系统的处理负荷,根据实验结果确定组合工艺的一个最佳曝气时间。

综合图 2~5 所反映的组合工艺在曝气强度为 4.0 m³/(m²·h)时的处理效果,可知在曝气时间为 3 h、2 h 条件下,组合工艺的 COD 和 NH₃-N 的处理效果都很好,出水浓度都很低,能够达到相应标准,而 TN 和 TP 虽然不能达到相应的排放标准,但都有较高的去除效率,且两种曝气时间的条件下处理效能相差并不大;在曝气时间为 1 h 时,组合工艺的四个主要指标都不能达标;综合确定组合工艺中接触氧化池曝气强度为 4.0 m³/(m²·h)时,最佳曝气时间为 2h。

3.2 曝气强度为 3.0 m³/(m²·h)时组合工艺的处理效能

与曝气强度为 4.0 m³/(m²·h)时相同,首先寻求接触氧化池运行的最佳曝气时间,实验结果显示曝气强度为 3.0 m³/(m²·h)时,最佳曝气时间为 4 h。图 6~图 9 为曝气强度为 3.0 m³/(m²·h),组合工艺曝气时间为 4 h 和 3 h 时四个主要指标的效果图。

图 6~图 9 所反映的组合工艺在曝气强度为 3.0 m³/(m²·h)时的处理效能,可知在曝气时间为 4 h 和 3 h 条件下,组合工艺的 COD 处理效果较好,出水能够达到相应标准,而 NH₃-N、TN 和 TP 三个指标都不能达到相应的排放标准和回用标准,曝气 4 h 时 NH₃-N 和 TN 的平均去除率都比曝气 3 h 时对应的平均去除率高 10%左右,TP 的平均去除率相差达到 21%;综合确定组合工艺中接触氧化池曝气强度为 3.0 m³/(m²·h)时,最佳曝气时间为 4 h。

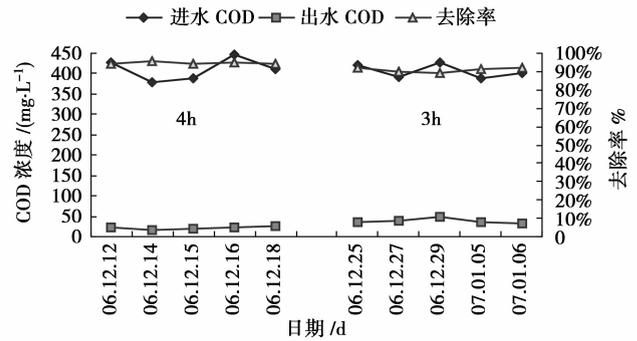


图 6 同曝气时间下组合工艺 COD 功效图

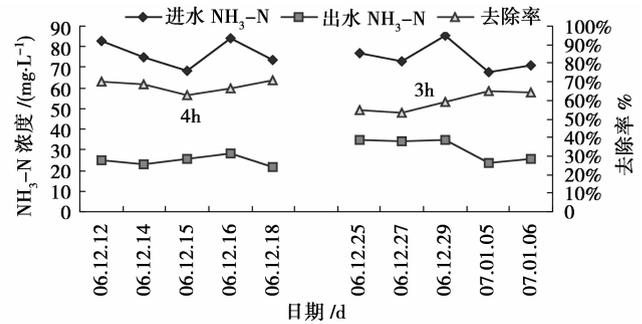


图 7 不同曝气时间下组合工艺 NH₃-N 功效图

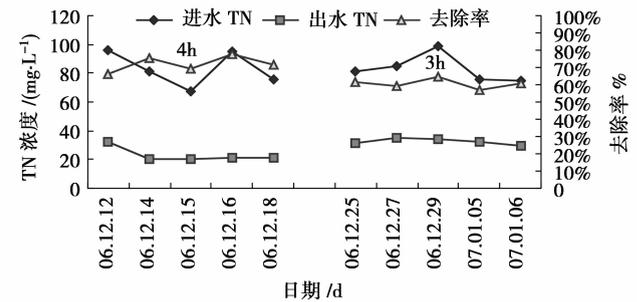


图 8 不同曝气时间下组合工艺 TN 功效图

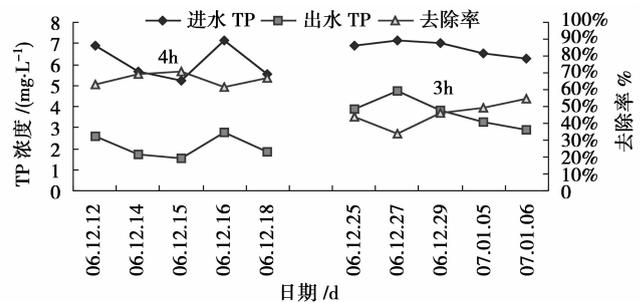


图 9 不同曝气时间下组合工艺 TP 功效图

4 结 论

通过试验研究可以得到以下结论:

1)采用间歇方式运行的生物接触氧化作为预处理,采用人工湿地作为精处理可以用于中高浓度生活污水的处理,并且其主要出水指标能够达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)的一级 A 标准,经过消毒后可以用于小区杂用水回用。

2) 试验结果表明,采用接触氧化+人工湿地的组合工艺处理中高浓度生活污水时,推荐的接触氧化池的运行工况是曝气强度为 $4.0 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, 充水 0.25 h , 曝气为 2 h , 沉淀 1 h , 排水 0.25 h 。

3) 针对不同浓度的小区污水,本文认为可以通过调整组合工艺的运行方式以满足标准要求。对于较高污染浓度的小区污水按照间歇运行的方式运行,对污染浓度较低的小区污水采用低气水比连续曝气的方式运行。

4) 由于本实验是在冬季进行的,因此生物的活性较低,处理效果并不是最好的。如果在春季或夏季进行处理,因为温度升高时生物活性会相应提高,故处理效果将会有更大的提升。

参考文献:

- [1] 赵清. 污水回用中 COD 和氨氮去除方法探讨[J]. 石油化工环境保护 2001,7(3):1-5;
ZHAO Qing. Research on removal of COD and nitrogen in reused water [J]. Journal of Chemical-Agro Environmental Protection, 2001,7(3):1-5.
- [2] Hans brix use of constructed wetland in water pollution control historical development, present status, and futrueerspedtives [J]. Wat Sci Tech, 1994,30(8):209-223.

- [3] 白晓慧. 人工湿地污水处理技术及其发展研究 [J]. 哈尔滨建筑大学学报, 1999(12):88-92.
BAI Xiao-hui. Study on constructed wetland treatment and application thereof [J]. Journal of Haer-Bing University, 1999(12):88-92.
- [4] 国家环保局. 环境保护国家标准汇编 [G]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
- [5] 谢有奎, 颜强. 污泥负荷对污水生物去除氮, 磷和有机的影响 [J]. 重庆建筑大学学报, 2004, 26(3):63-65.
XIE You-kui, YAN Qiang. Influence of sludge load for removal of nitrogen and phosphorus in wastewater [J]. Journal of Chongqing Architectural University, 2004, 26(3):63-65.
- [6] 周锋, 吴浩汀, 曾苏. 小区生活污水处理与回用技术 [J]. 污染防治技术, 2003, 16(4):50-53.
ZHOU Feng, WU Hao-ting, ZENG Su. Technology of recycling and treatment for district sewerage [J]. Journal of Pollution Control Technology, 2003, 16(4):50-53.
- [7] 王月红, 王正林. 生物接触氧化技术在生活小区污水处理中的应用 [J]. 净水技术, 2005, 24(4):28-30.
WANG Yue-hong, WANG Zheng-lin. Application of biological contact oxidation technology in district sewerage [J]. Journal of Water clarification Technology, 2005, 24(4):28-30.

(编辑 陈蓉)

(上接第 94 页)

5 结 论

江水夏季月平均水温在 $22 \sim 25 \text{ }^\circ\text{C}$, 冬季月平均水温在 $11 \sim 16 \text{ }^\circ\text{C}$, 夏季江水温度较空气温度低, 冬季较空气温度高, 而且温度波动小, 适合作为水源热泵的冷热源, 相比于空气具有更高的能源品质。

长江水水质除含沙量外, 其它水质要求值都满足相关文献对水源热泵水源水质的要求, 因此发展长江水源热泵主要解决的水质问题是泥沙和漂浮物的堵塞问题。

在江水取水位置和取水方式的选择上, 考虑到江水温度在整个断面上分布均匀、水面漂浮物多、含沙量和泥沙粒径随水深的增加而增加等因素, 可考虑选择取水位置为水面以下 $0.5 \sim 2 \text{ m}$ 的范围。由于三峡库区形成后江水的水位变化幅大, 最大可达到 30 m , 以考虑经济安全的浮船式取水方式为好。

参考文献:

- [1] 叶小云, 陈立, 吴门伍. 挟沙水流泥沙浓度分布的试验研究 [J]. 泥沙研究, 2003, 5(4):36-40.
YE Xiao-yun, CHEN Li, WU Men-wu. Experimental study on the distribution of sediment concentration in the sediment-laden flow [J]. Journal of Sediment Research, 2003, 5(4):36-40.

- [2] 许炯心. 近 40 年来长江上游干支流悬移质泥沙粒度的变化及其与人类活动的关系 [J]. 泥沙研究, 2005, 7(3):8-16.
XU Jiong-xin. Variation in grain size of suspended load in upper Changjiang river and its tributaries by human activities in recent 40 years [J]. Journal of Sediment Research, 2005, 7(3):8-16.
- [3] 中国气象局气象信息中心气象资料室. 中国建筑热环境分析专用气象数据集 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
- [4] 彦启森, 石文星, 田长青. 空气调节用制冷技术 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2004.
- [5] 李玉云. 武汉地区地下水地源热泵的应用与分析 [J]. 暖通空调, 2006, 36(6):111-115.
LI Yu-yun. Application and analysis of groundwater source heat pump systems in Wuhan [J]. HV&AC, 2006, 36(6):111-115.
- [6] (GB50019-2003) [S]. 中华人民共和国建设部.
- [7] (GB50366-2005) [S]. 中华人民共和国建设部.
- [8] 张湘隆, 陈坚, 张小军. 大变幅水位水源泵站取水方式及机组选型研究 [J]. 中国农村水利水电, 2006, 10(5):97-101.
ZHANG Xiang-long, CHEN Jian, ZHANG Xiao-jun. Study on intake water mode and unit choice of pumping station of wide-range water level [J]. China Country Water Resource and hydropower, 2006, 10(5):97-101.

(编辑 胡玲)