

混合工艺处理农村生活污水试验研究

何占飞¹, 陈园园², 荀方飞³

(1. 中核第四研究设计工程有限公司, 河北 石家庄 050021; 2. 中国核电工程有限公司河北分公司, 河北 石家庄 050016; 3. 北京市环境卫生研究所, 北京 100028)

摘要: 针对农村生活污水产生量大、分散、不便于管理等特点,并结合农村的实际情况,提出了“ABR+人工湿地”组合工艺处理农村生活污水的新思路,采用ABR与人工湿地相串联运行的方法对实际农村生活污水进行处理,试验结果表明,“ABR+人工湿地”组合工艺对农村生活污水具有较好的处理效果,对于有效解决农村水污染问题具有重要的实际意义。

关键词: 农村生活污水; ABR工艺; 人工湿地; 污水处理

中图分类号: X703.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2012)06-0158-02

Experiment of comprehensive technology in treatment of rural domestic wastewater

HE Zhanfei¹, CHEN Yuanyuan², XUN Fangfei³

(1. The Fourth Research and Design Engineering Corporation, CNNC, Shijiazhuang 050021, China;

2. Hebei Branch of China Nuclear Power Engineering Co., Ltd., Shijiazhuang 050016, China;

3. Beijing Environmental Sanitation Engineering Research Institute, Beijing 100028, China)

Abstract: Aimed at the characteristics of large, scattered, inconvenient manageable of rural domestic wastewater, and combined with the actual situation of rural areas, the paper proposed “ABR + Constructed wetland” integration process for treatment of rural domestic sewage with new ideas, ABR with constructed wetland was adopted to treat the actual rural domestic sewage in series running. the test results show that “ABR + Constructed wetland” integration process has good treatment effect on rural sewage treatment, and important practical significance for effectively solving the problem of rural water pollution.

Key words: rural domestic wastewater; ABR technology; constructed wetland; wastewater treatment

0 引言

农村生活污水作为农业面源污染的一个重要组成部分,以产生量大、分散、不便于管理等特点一直没有得到有效的控制和治理。近年来农村生活污水无序排放已成为农村环境污染的重要污染源,造成农村河道水体变黑发臭、蚊蝇孳生,生活污水中的病菌虫卵引起疾病传播,使人民群众的身体健康受到极大的影响^[1]。国内传统的污水处理工艺由于投资大、能耗高、运行费用高、管理难度大等原因,难以在农村推广应用^[2-4]。

1 试验材料与方法

1.1 试验装置

本次试验选用的厌氧折流板反应器(Anaerobic

Baffled Reactor,简称ABR)由有机玻璃制成,尺寸为70 cm×20 cm×40 cm,有效容积30 L,共分为5格,整个装置采用厌氧密闭方式,进水方式采用蠕动泵控制,水温采用水浴方式控制,ABR构造示意图见图1。人工湿地反应器(Constructed Wetland Reactor)尺寸为100 cm×50 cm×80 cm,采用轻质陶粒滤料代替土壤或者砂石作为基质,填装高度为50 cm,选取芦苇作为湿地植物均匀种植。ABR与人工湿地串联运行,其中人工湿地作为二级处理在自然温度条件下运行,工艺流程如图2所示。

1.2 试验水质

本试验用水为实际农村生活污水,其水质指标见表1。

1.3 分析项目及测试方法

根据农村生活污水的特点及试验内容的需要,

确定水质测试项目及相应的分析方法见表 2。

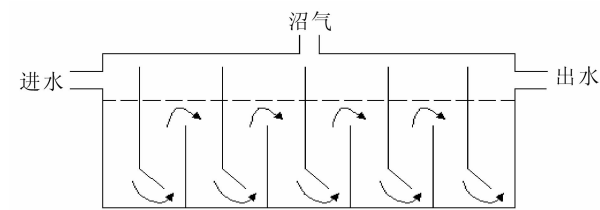


图 1 ABR 池构造示意图

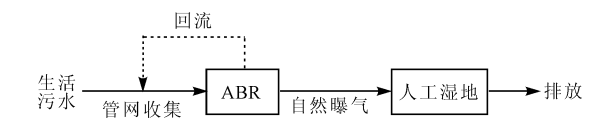


图 2 ABR - 人工湿地组合工艺流程示意图

表 1 试验用水(生活污水)水质指标					mg/L
项目	COD _{Cr}	氨氮	SS	TP	pH
测定值	50 ~ 350	5 ~ 38	100 ~ 400	0.5 ~ 12	6.4 ~ 7.6

表 2 实验分析项目及实验方法 ^[5-6]				
序号	测试项目	分析方法		
1	COD _{Cr}	重铬酸钾法		
2	氨氮	纳氏试剂比色法		
3	SS	重量法		
4	pH 值	上海雷磁仪器厂的 pH 复合电杯		
5	温度	温度计		

2 结果与讨论

2.1 HRT 对系统的影响

2.1.1 HRT 对 ABR 的影响 本次试验 ABR 进水浓度控制在 350 mg/L 左右,改变 HRT (Hydraulic Retention Time,即水力停留时间,简称 HRT),从 24 h

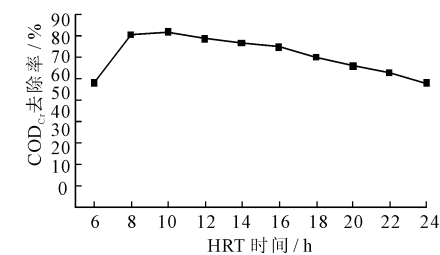


图 3 不同 HRT 情况下 ABR 中 COD_{Cr} 去除效果变化

氨氮去除效果不高的原因:厌氧环境下,该系统 ABR 反应器水体中的有机氮通过厌氧菌发生氨化作用,使有机氮转化为氨氮,而氨氮在厌氧条件下由于缺少电子受体,无法进行硝化反应,因而 ABR 对氨氮的去除效果不佳。因此试验中生活污水中的氨氮主要通过人工湿地水生植物吸收、微生物的硝

逐渐降低到 6 h,分别考察了不同 HRT 对 ABR 运行性能的影响,试验结果如图 3 所示。

由图 3 可知,COD_{Cr} 的去除率随着 HRT 的降低而有所上升,主要是因为较短的 HRT 可以增大水流速度,增强底物与污泥的混合程度,缓解后部格室基质不足的状况,当 HRT 降低为 6 h 时,COD_{Cr} 去除率下降较为明显,分析原因主要是因为污泥与污水接触时间短,基质没有被微生物充分利用,且由于水流速度快,出现了轻微的污泥流失。HRT 在 8 ~ 12 h 时,COD_{Cr} 的去除率变化不显著,从经济性角度考虑,将 8 h 作为 ABR 最佳水力停留时间。经连续两周培养,发现 ABR 格室开始有气泡产生,且 COD_{Cr} 去除率稳定在 80% 左右,说明 ABR 达到稳定运行。

2.2.2 HRT 对人工湿地的影响 本次试验人工湿地 HRT 由 7 d 逐步减少为 1 d,考察不同 HRT 人工湿地对 COD_{Cr} 去除率的影响。由图 4 可知,当 HRT 由 7 d 逐步减少为 4 d 时,COD_{Cr} 去除率变化不明显,当 HRT 由 4 d 逐步减少为 1 d 时,COD_{Cr} 去除率呈明显下降趋势,从经济性角度考虑,将 4 d 作为人工湿地最佳水力停留时间。经过连续 4 周培养,芦苇生长旺盛,且 COD_{Cr} 去除率稳定在 50% 左右,说明人工湿地达到稳定运行。

2.2 ABR - 人工湿地系统稳定运行阶段

ABR - 人工湿地系统达到稳定运行后,整个系统对 COD_{Cr} 去除率稳定在 90% 左右,对 SS 的去除率稳定在 95% 左右,对氨氮的去除率稳定在 65% 左右,说明 ABR - 人工湿地系统对农村生活污水具有较好的处理效果。ABR - 人工湿地系统对生活污水中的 COD_{Cr}、SS 和氨氮的去除效果如图 5 所示。

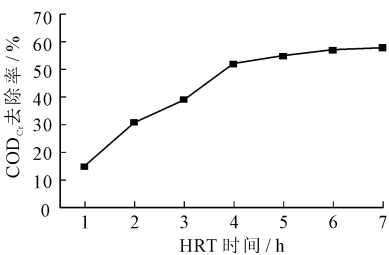


图 4 不同 HRT 情况下人工湿地中 COD_{Cr} 去除效果变化

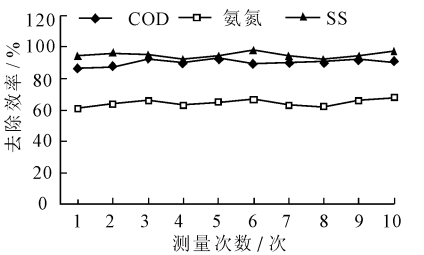


图 5 ABR - 人工湿地系统对生活污水的去除效果

化和反硝化等途径去除。

3 结论和建议

(1)“ABR - 人工湿地系统”处理农村生活污水是可行的,经过处理后的农村生活污水中 COD_{Cr}、

式中： W 为水环境容量； C_p 为上游断面污染物浓度， mg/L ；睦里庄断面为小清河的源头，其水质较好，根据多年水质监测资料，本研究取 COD 的背景浓度为 22.76 mg/L ， $\text{NH}_3\text{-N}$ 由于超标严重，在本研究中采用水质标准 2.0 mg/L ，其余断面的水体污染严重，均按水质标准考虑。 C_s 为水质标准， mg/L ；小清河污染严重，需要分期制定目标，在本研究中暂定 V 类水标准，COD： 40 mg/L ， $\text{NH}_3\text{-N}$ ： 2.0 mg/L ，在污染逐步得到控制下再逐步提高标准，达到人体非直接接触景观用水标准 IV 类水标准。 k 为污染物综合降解系数， d^{-1} 。结本研究 COD 综合降解系数取 0.25 d^{-1} ； $\text{NH}_3\text{-N}$ 综合降解系数取 0.15 d^{-1} 。 q 为污水流量， m^3/s ；在本研究中，假设小清河济南市区段的污水量不变，且每段的排污口都简化到河段下游断面，各段排污口污水流量为：睦里庄—马鞍山： $0.73 \text{ m}^3/\text{s}$ ；马鞍山—五柳闸： $0.39 \text{ m}^3/\text{s}$ ；五柳闸—还乡店： $0.41 \text{ m}^3/\text{s}$ 。 u 为设计平均流速， m/s ；设计流速的确定选用《山东省环境容量及主要污染物排放总量控制研究》中小清河上游段干流的有关水文参数经验公式计算得到。 Q_p 为设计流量， m^3/s ；不同河段设计流量根据黄台桥水文站的流量通过水文比拟法由面积比计算得到。

通过计算，可以得到未确知理论下小清河水环境容量见表 5。

表 5 未确知理论小清河水环境容量

设计 保证率	控制因子	未确知理论	
		可能值区间	概率意义上均值
90%	COD	[6985.9, 7232.5]	7113.1
	$\text{NH}_3\text{-N}$	[305.9, 310.1]	308.0

(上接第 159 页)

$\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、SS 等污染物排放浓度可满足《污水综合排放标准》GB8978—1996 中表 4 中一级排放标准。

(2) 该组合工艺具有以下特点：投资低、能耗和运行成本低、管理简单；废水中 COD_{Cr} 、SS 去除效率高，耐冲击负荷能力强，剩余污泥量少。

参考文献：

[1] 周正伟,吴军,夏金雨,等.我国南方农村生活污水处理技术的研发现状[J].山东建筑大学学报,2009,24(3):261-266.
[2] 陈俊敏,贾滨洋,付永胜.表面流人工湿地用于农家乐

4 结 语

本研究以小清河为例,将设计流量作为未确知有理数,采用三种适线方法求其参数,并由此得到可能值和可信度,在此基础上,计算基于未确知理论的济南市区段小清河干流 COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 90% 设计流量下的水环境容量。通过结果可以看出,根据未确知理论计算的水环境容量是个区间值,其考虑了更多因素,将各种可能性均考虑进去,而且将取值的可信度亦表达出来,从而为小清河治理提供了更好的数据支持。

本研究仅考虑了统计方法的未确知性,实际上水体这个复杂的开放性系统存在相当多的不确定性因素,还有待进一步研究。

参考文献：

[1] 李如忠,钱家忠,汪家权,等.基于盲数理论的河流水质未确知风险分析初探[J].水电能源科学,2003,21(1):18-21.
[2] 孙秀玲,霍太英,褚君达.水环境容量不确定性分析计算[J].人民黄河,2005,27(3):34-36.
[3] 刑肖鹏,张园园,冯民权.基于盲数理论的汾河新店—入黄口段水环境容量及消减量研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2011,39(5):73-78.
[4] 闫欣荣,史忠科.盲信息下渭河水环境容量及消减量研究[J].西安建筑科技大学学报(自然科学版),2007,39(5):684-689.
[5] 郑昭佩,宋德香,张俊成.小清河济南段水污染现状与防治对策[J].资源开发与市场,2008,24(12):1103-1105.

旅游设施污水处理的试验研究[J].农业环境科学学报.2006,25(增刊):191-193.
[3] 刘大银.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.
[4] 付融冰,杨海真,顾国伟.潜流人工湿地对农村生活污水氮去除的研究[J].水处理技术,2006,32(1):18-22.
[5] 奚旦立,孙裕生,刘秀英,等.环境监测[M](第三版).北京:高等教育出版社,2007:553-567.
[6] 《水和废水监测分析方法》编委会,水和废水监测分析方法[M].(第三版)北京:中国环境科学出版社,1998:253-266.