



砾石接触氧化法处理生活污水的试验研究及机理分析

付丽丽

辽宁石油化工大学储运与建筑工程学院, 辽宁抚顺 113001

摘要 研究不同温度、水力停留时间(HRT)、曝气方式条件下,以砾石作填料的生物反应器处理生活污水的效果,并通过生物学手段分析其机理。结果表明,20℃、HRT为10 h、连续曝气时,处理效果最佳,其中,化学需氧量(COD)去除率为85%,氨氮为65%,固体悬浮物(SS)为91.2%,浊度为97%,且无剩余污泥排出。反应系统中生物膜微生态环境复杂,微生物多样性较高,其中以轮虫、钟虫为主的原生动物及以假单胞菌属和拟杆菌/噬纤维菌属为主的原核生物在降解污水中有机物的同时,使系统污泥减量。

关键词 环境工程;砾石;污水处理;生物接触氧化

中图分类号 X703

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2009)13-0092-04

Experimental Research and Mechanism Analysis on Sewage Treatment with Gravel Contact Oxidation Reactor

FU Lili

School of Storage and Architecture Engineering, Liaoning Shihua University, Fushun 113001, Liaoning Province, China

Abstract This paper introduces a new technology named gravel contact oxidation reactor to the sewage treatment, whose purpose is to test the sewage treatment efficiency under different conditions by changing water temperature, HRT, and the aerating form. The paper also intends to disclose the mechanism of the excessive sludge reduction through biological analysis of the community structure of the microbes and the dominant microbe functions. The experimental results indicate that under the conditions of 20℃, HRT=10 h, continuous aeration, the sewage treating process can be expected to go in a desirable manner. That is to say, in such desirable manner, the removal efficiency for treating COD, NH₃-N, SS, its turbidity can be expected to reach 85%, 65%, 91.2%, 97% with no excessive sludge discharged. Furthermore, the analysis has also found a great number of different kinds of microbes in the reactor. Protozoa, including rotifer and vorticella, which help to promote the excessive sludge decrement by lengthening the food chain, predate the

bacteria directly, and enhance the bacteria activity. The dominant members are *Pseudomonas* microbes mainly by respiratory metabolism, and *Bacteroidetes*/*Cytophaga* microbes mainly by fermentative metabolism. Such microbes are also found favorable for the excessive sludge decrement.

Keywords environmental engineering; gravel; sewage treatment; biological contact oxidation

0 引言

目前,中国城市生活污水处理厂中采用活性污泥法处理工艺的占80%^[1],其投资和运行费用巨大。发达国家用于污水处理与处置的费用占整个废水处理厂建设和运行费用的50%~60%,中国也达30%~40%^[2]。预计到2010年,中国城市污水处理厂污泥产量将达到7 000万t/a以上^[3],而污泥处理与处置将是环境领域最棘手的难题之一。目前,中国许多污水处理厂多将浓缩脱水后污泥进行土地填埋,这不仅占用有限的土地资源,而且造成环境二次污染^[4]。采用较先进的各种污泥破解技术及工艺(如臭氧氧化法、超声波法、投加酸碱法等)时,会耗费大量能源和资金^[5],因此急需开展污泥减量技术研究。

污泥减量技术指在保证污水处理效果的前提下,采用适当措施使相同处理量污水产生的污泥量降低的技术,主要包括降低细菌合成量的代谢解耦联技术、增强微生物隐性生长的各种溶胞技术以及强化微型动物捕食细菌技术等^[6]。污泥生物减量法主要通过降低微生物产率或加速微生物自身内源呼吸等代谢过程使污泥发生氧化分解^[7]。现行污泥生物减量法在技术上可行,但大多尚不成熟,缺少理论体系支撑。

收稿日期:2008-11-25

作者简介:付丽丽,助教,研究方向为水处理,电子信箱:lily_lemon@163.com

试验结果表明,连续曝气时,生活污水中 COD 的平均去除率为 85%,氨氮为 65%,SS 为 91.2%,浊度为 97%。其他两种曝气方式下,各指标的去除率相对较低,出水透明度低。可见,连续曝气时系统达到最佳运行状态。

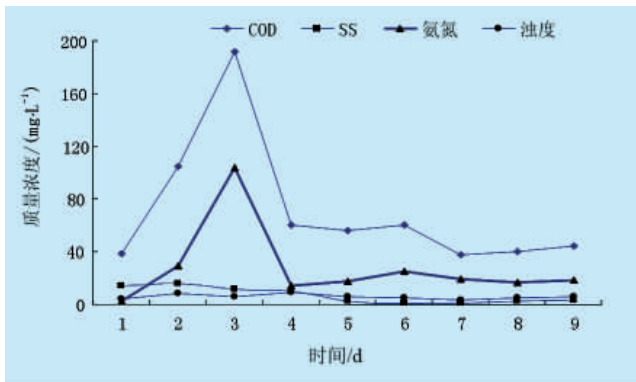


图 3 连续曝气时各指标的去除效果

Fig. 3 Removal effects of each index in the case of continuous aeration

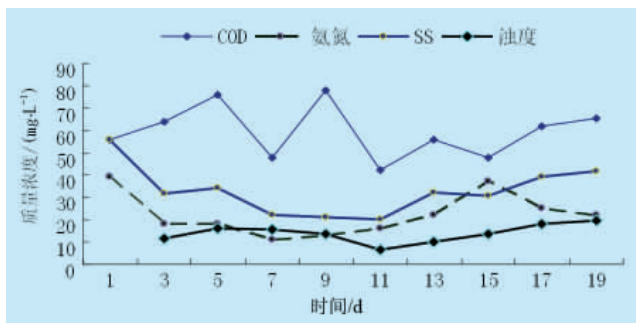


图 4 2 h/2 h 间歇曝气时各指标的去除效果

Fig. 4 Removal effects of each index in the case of 2 h/2 h intermittent aeration

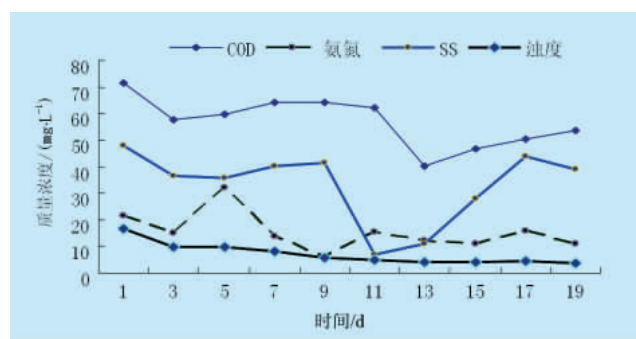


图 5 4 h/4 h 间歇曝气时各指标的去除效果

Fig. 5 Removal effects of each index in the case of 4 h/4 h intermittent aeration

3 机理分析

3.1 宏观分析

石球的特殊结构为生物膜的生长提供了很大空间。连续曝气条件下,曝气区球体内外分别为缺氧和好氧环境,非曝

气区球体内外分别为厌氧和缺氧环境。污水在反应器中经过好氧-缺氧-厌氧-再好氧-再缺氧-再厌氧等多次循环,直至出水。在好氧段,微生物的好氧呼吸能够充分利用污水中的有机物质,通过自身的新陈代谢活动将有机物质转化为自身组成成分和矿化物。大分子有机物及一些悬浮物质在好氧及缺氧区可水解为小分子有机物。与好氧微生物相比,厌氧微生物需要不断从外界吸收营养物质,通过代谢活动维持自身生命活动,从而使有机物浓度进一步降低。非连续曝气条件下,系统内部环境变化频繁,好氧及厌氧微生物不能充分发挥各自作用,因此处理效果差。

3.2 微生物学鉴定分析

在显微镜下对石球表面生物膜及石球空隙内污泥进行观测,发现该处理系统中存在大量原生动动物及部分微型后生动物,主要包括鞭毛虫、肉足虫和纤毛虫。在运行良好的活性污泥(生物膜)系统中,纤毛虫为优势菌种^[9]。固着型纤毛虫通过分泌的黏液附着在凝聚体上生长,从而有利于絮体形成^[10]。由于后生动物的体形较大,因此通过显微观察即可进行区分(如红斑 体虫等)。完全曝气情况下,系统内部微型动物数目多且活性高,如大量存在的轮虫、钟虫是系统运行状况良好的指示型微生物^[11](图 6)。

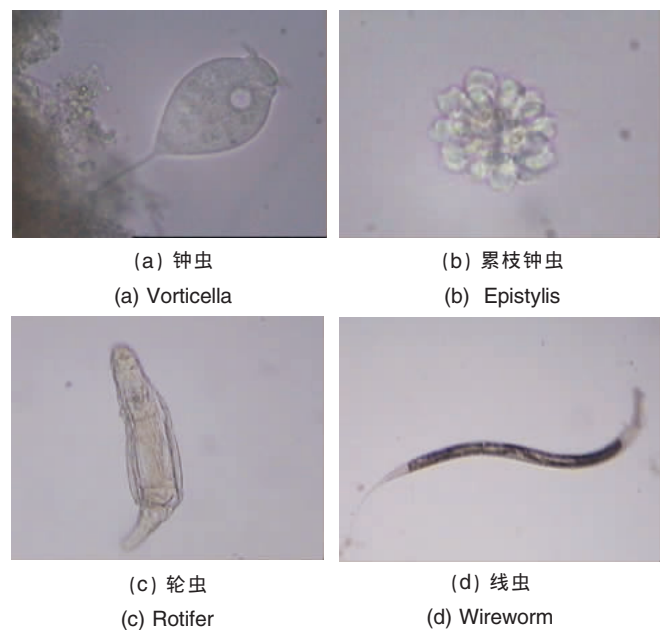


图 6 反应器中的微生物

Fig. 6 Microbes in the reactor

微型动物在系统中的作用主要表现为以下方面。① 增长食物链。原生动物是原核生物的主要捕食者,通过捕食细菌,使细菌保持在对数生长期,维持了细菌降解污染物的活性,并减少了污泥生成量。② 直接对污泥摄食和消化,在减少污泥容量的同时增加了污泥的可溶性^[12]。③ 通过微型动物增强细菌活性或增加有活性的细菌的数量,从而增强了细菌的自身氧化和代谢能力,减少了剩余污泥量。

对系统中部分微生物的 DNA 鉴定表明,砾石球表面生物

膜和空隙内污泥中存在大量原核生物菌群,以好氧呼吸菌群和厌氧水解发酵菌群为主。其中,优势菌群是以呼吸代谢为主的假单胞菌属和以发酵为主要代谢方式的拟杆菌/噬纤维菌属。在反应系统中,多种原核生物共存,通过能量解偶联、共代谢及生物溶胞等过程,在降解污水有机物的同时,也使剩余污泥减量,其净化机理如图7所示。此外,本系统内存在大量未定名细菌,这些细菌在污水处理及污泥减量化过程中的具体功能和作用尚无法确定。

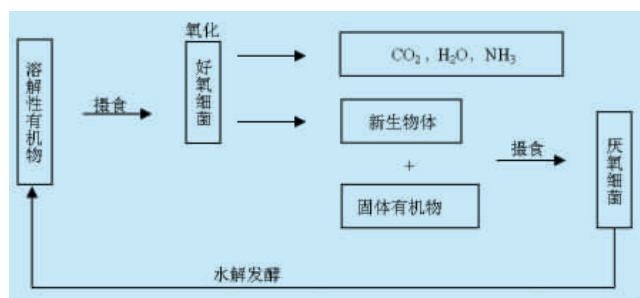


图7 原核生物净化污水机理

Fig. 7 Mechanism framework of sewage purifying by prokaryote

4 结论

1) 20℃、HRT为10 h、连续曝气条件下,砾石接触氧化法对生活污水的处理效果最佳,其中,COD平均去除率为85%,氨氮为65%,SS为91.2%,浊度为97%。该系统具有一定抗负荷能力,能保证低运行成本与高处理效率,具有实际应用价值。

2) 系统内部微型动物数目多且活性高,存在轮虫等大量生物处理系统运行状态良好的指示型微生物。微型动物可以增长食物链,直接对污泥摄食或消化,以及通过增强细菌活性来降解有机物。系统内原核生物优势菌群为以呼吸代谢为主的假单胞菌属和以发酵为主要代谢方式的拟杆菌/噬纤维菌属,菌群通过能量解偶联、共代谢及生物溶胞等过程使系统达到污泥减量的目的。

参考文献 (References)

- [1] 仇春华, 白金, 白春学. 剩余污泥减量化的初步试验研究[J]. 大连民族学院学报, 2006(1): 28-30.
Zhang Chunhua, Bai Jin, Bai Chunxue. *Journal of Dalian Nationalities University*, 2006(1): 28-30.
- [2] Low E U, Chase H A, Milner M G, et al. Uncoupling of metabolism to reduce biomass production in the activated sludge process [J]. *Water Research*, 2000, 34(12): 3204-3212.
- [3] 梁鹏, 黄霞, 钱易. 污泥减量化技术的研究进展[J]. 环境污染治理技术与设备, 2003, 4(1): 44-51.
Liang Peng, Huang Xia, Qian Yi. *Techniques and Equipment for Environmental Pollution Control*, 2003, 4(1): 44-51.
- [4] 余杰, 田宁宁, 王凯军, 等. 中国城市污水处理厂污泥处理、处置问题

探讨分析[J]. 环境工程学报, 2007, 1(1): 82-86.

Yu Jie, Tian Ningning, Wang Kaijun, et al. *Chinese Journal of Environmental Engineering*, 2007, 1(1): 82-86.

- [5] 林山杉, 管运涛. 好氧/厌氧交替与循环工艺用于污泥减量化研究[J]. 工业水处理, 2005, 25(2): 34-37.

Lin Shanshan, Guan Yuntao. *Industrial Water Treatment*, 2005, 25(2): 34-37.

- [6] 高春娣, 袁金萍, 殷波, 等. 基于强化微型动物捕食作用的污泥减量技术研究[J]. 安全与环境工程, 2008, 15(3): 44-46.

Gao Chundi, Yuan Jinping, Yin Bo, et al. *Safety and Environmental Engineering*, 2008, 15(3): 44-46.

- [7] 张峥嵘, 黄少斌. 污泥减量化的分析与研究[J]. 化学与生物工程, 2006, 23(9): 4-6.

Zhang Zhenrong, Huang Shaobin. *Chemistry & Bioengineering*, 2006, 23(9): 4-6.

- [8] 宋襄翎, 张欣, 李继荣, 等. 生物接触氧化法处理生活污水的研究[J]. 化学与生物工程, 2007, 24(2): 66-68.

Song Xiangling, Zhang Xin, Li Jirong, et al. *Chemistry and Bioengineering*, 2007, 24(2): 66-68.

- [9] 陈声贵, 许木启, 曹宏, 等. 活性污泥运转效能的生物监测 [J]. 应用与环境生物学报, 2002, 8(4): 438-442.

Chen Shenggui, Xu Muqi, Cao Hong, et al. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 2002, 8(4): 438-442.

- [10] Madoni P, Davoli D, Chierici E. Comparative analysis of the activated sludge microfauna in several sewage treatment works [J]. *Water Research*, 1993, 27(9): 1485-1491.

- [11] 周凤霞, 陈剑虹. 淡水微型生物图谱 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 282-287.

Zhou Fengxia, Chen Jianhong. *Map of freshwater microbe* [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005: 282-287.

- [12] 徐亚同. 生物膜系统的微生物特征和运行管理 [J]. 上海环境科学, 1997, 20(3): 20-23.

XU Yatong. *Shanghai Environmental Sciences*, 1997, 20(3): 20-23.

(责任编辑 齐志红)

欢迎向“学术聚焦”栏目推荐会议文集

《科技导报》“学术聚焦”栏目旨在围绕当前某一与科技相关的热点问题展开讨论,客观、简洁、集中地发表原创性科技成果或专家的创新言论。每期将从科学会议、学术沙龙的众多科研报告中精选10篇左右,从中提炼成一篇4500字左右的综述性文章,以反映研究者的重要研究成果和主要学术观点。欢迎科技会议、学术沙龙、学术论坛组织者及时提供会议论文集、主要报告材料。栏目责任编辑:陈广仁博士;投稿邮箱:chenguangren@cast.org.cn。