

文章编号:1000-582X(2007)03-0125-03

三级 SBR 除磷脱氮工艺处理生活污水*

蒋山泉¹, 汤琪², 郑泽根¹

(1. 重庆大学 城市建设与环境工程学院, 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400030;

2. 重庆交通大学 理学院, 重庆 400074)

摘要:根据生物除磷和反硝化脱氮的机理, 污水的脱氮除磷存在基质竞争和泥龄方面的矛盾. 为解决该矛盾开发了一种新的污水生物处理反应工艺——三级序批式活性污泥法(三级 SBR 法), 并运用该方法处理了生活污水. 该工艺将具有硝化、聚磷和去碳功能的细菌种群分别控制在三级反应器中优势生长并结合反硝化除磷技术. 实验表明, 处理效果稳定, COD、TN、TP 去除率平均为 87%、80%、86%, 并可以减少能耗, 节约碳源. 该工艺能取得较好的同时脱氮除磷效果, 且操作简便, 运行费用低, 有较好的应用前景.

关键词:三级 SBR; 除磷; 脱氮

中图分类号:X703

文献标识码:A

氮、磷的去除比较复杂, 传统脱氮除磷工艺使用同一混合微生物种群完成有机物氧化、硝化、反硝化和除磷. 但上述每一过程的目的不同, 对微生物组成、基质类型及环境条件的要求也不一样. 多种处理功能的高度关联性限制了处理的效能, 这种生物脱氮除磷工艺存在很多制约因素. 1) 好氧、厌氧与缺氧段污泥量的分配比影响处理效能的发挥. 厌氧段污泥量比例大则磷释放效果好, 但反硝化效果差; 反之, 则反硝化效果好, 而磷释放效果差; 2) 原污水经厌氧段进入缺氧段, 磷释放与硝态氮争夺碳源(易降解的有机物), 当原水碳源不足时磷释放或反硝化不完全. 3) 硝化菌、聚磷菌共存于一体, 硝化菌属专性好氧菌其世代繁殖时间长, 要达到良好的硝化效果求较长的污泥龄, 而磷从系统中被去除主要是通过富磷剩余污泥的排放实现, 要提高除磷效率则要求短泥龄. 因此, 硝化、聚磷存在泥龄之争^[1-3]. 4) 硝化菌是自养型的细菌, 有机浓度并不是它的限制因素, 故在硝化反应中, 混合液中的 C 有机浓度不应过高, 若 BOD 浓度过高, 会使增殖速度较高的异养型细菌迅速增殖, 从而使自养型的硝化菌得不到优势, 不能成为优势种属^[4], 硝化反应难以进行.

为解决上述问题, 采用多级序批式反应器和反硝化除磷技术是不错的选择. 研究表明, 聚磷菌(PAO)

中的一类, 除在好氧条件下超量聚磷外, 在缺氧的条件下, 可以硝酸盐为电子受体超量聚磷同时反硝化. 这一类兼有反硝化作用和除磷作用的兼性厌氧微生物. 称作反硝化除磷菌(DPB)^[5]. 另外反硝化除磷工艺可将硝化和除磷置于 2 个相互独立的系统中进行, 硝化菌和 DPB 可在自身最佳的生长环境进行生物代谢作用, 完成硝化和释磷过程.

SBR 工艺的一个显著特点就是可以在时间上灵活地控制好氧、缺氧和厌氧的环境条件, 达到脱氮除磷的目的^[6]. 因此对于处理氮、磷浓度较高的废水, SBR 已成为理想的工艺. 该研究将 3 个普通 SBR 反应器联合使用, 有机的组合反硝化除磷等技术, 处理有机浓度不高但氮磷浓度高的生活污水.

1 试验装置与方法

1.1 工艺流程

三级 SBR 系统由 3 个序批式反应器组成. SBR₁ 厌氧释磷/缺氧反硝化并聚磷, SBR₂ 好氧去碳、聚磷, SBR₃ 专性硝化. 工艺流程见图 1.

该工艺有三级 4 步, 主要有 4 个操作过程:

1) 厌氧段, 原水流入第 1 个反应器 SBR₁, 缓慢搅拌, 有机质被吸附、降解. 反硝化聚磷菌开始厌氧释磷.

* 收稿日期:2006-10-25

作者简介:蒋山泉(1969-),男,重庆大学博士研究生,主要从事水污染控制的研究,郑泽根,男,博士生导师,主要从事有机化学、环境化学、环境质量检测与评价的研究, E-mail: zegenzhe@online.cq.cn.

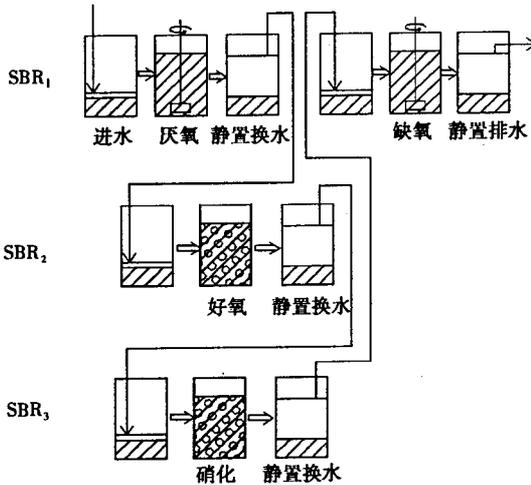


图1 工艺流程图

2)好氧段,第2个SBR接纳SBR₁上清液,在此可去除大部分有机物及P.保持较高的污泥有机负荷,短泥龄和短时曝气.反应结束,处理水排入SBR₃.

3)硝化段,在第3个反应器SBR₃内控制反应条件(曝气,长泥龄)实现硝化.较低的污水有机含量和专性好氧提高了硝化效果.接着,硝化水全部回流SBR₁.

4)缺氧段,富含硝酸盐的处理水回流入第1个反应器SBR₁,缺氧反硝化和聚磷.

1.2 试验材料与方法(见表1,表2)

表1 运行参数

REACTOR	SBR ₁	SBR ₂	SBR ₃
HRT/h	2/2.5*	2	6
SRT/d	18	12	50
MLSS/g · L ⁻¹	2	2.5	1.5
VOLUMN/L	8	8	8

说明: * 厌氧2 h,缺氧反硝化2.5 h.

污水处理时间为12.5 h,中间有3次换水时间(每次0.5 h).处理温度为室温18℃.

处理污水采自某高校生活区.

表2 原水水质及变化范围 mg/L

项目	范围	均值
COD	234.70 ~ 672.30	425.90
NH ₃	25.00 ~ 55.00	36.30
TP	4.00 ~ 12.00	7.73
TN	67.00 ~ 123.0	85.00
PH	7.04 ~ 7.68	7.38

污泥菌种取自试验室活性污泥池,用生活区污水进行连续驯化,待效果稳定后开始试验.

1.3 分析项目及方法(见表3)

表3 分析项目及方法

项目	测定方法
COD	重铬酸钾法
PH	电极法
NH ₃ -N	纳氏试剂分光光度法
NO ₂ ⁻ -N	N-(1-萘基)-乙二胺分光光度法
NO ₃ ⁻ -N	酚二磺酸分光光度法
TN	过硫酸钾消解-酚二磺酸分光光度法
TP	过硫酸钾消解-钼锑抗分光光度法
PO ₄ ³⁻ -P	钼锑抗分光光度法
MLSS	过滤-称重法
SV	量筒法

2 结果与讨论

2.1 处理效果

经过近2个月的污泥培养后系统运行达到稳定,此时的处理效果如图2所示,该系统对COD、TN和TP有较高的去除效果,在进水水质波动较大的情况下出水TN、TP和COD浓度能达到1级排放标准(GB 18918-2002).图2为处理效果图.

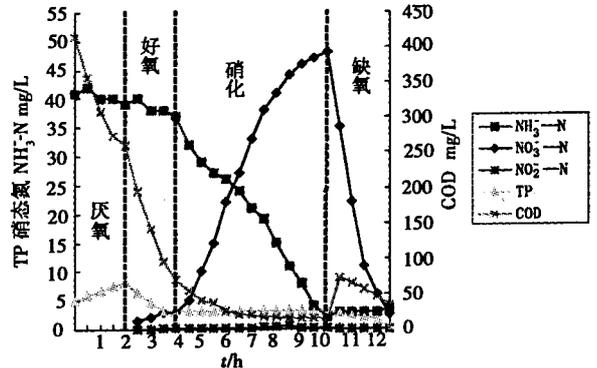


图2 运行效果图

2.2 对COD的去除效果

试验结果表明,在所采用的各种浓度污水下系统对COD的去除率都高于80%,出水COD浓度介于21.5~48.7 mg/L;随着污泥负荷的增高COD去除率有所上升. COD去除主要发生在好氧区,平均进水2/3的COD被好氧曝气除去.还有约1/3 COD在厌氧条件下被转化、截留和吸附以及反硝化聚磷菌的厌氧释磷.经过2 h厌氧处理PH值大幅下降(平均降幅超过0.5)表明水解发酵细菌(由专性厌氧菌与兼性厌氧菌组成)大量繁殖.大量有机物被分解成脂肪酸及其他有机物,增加易降解有机物浓度尤其是挥发性脂肪酸(VFA)为聚磷菌释磷创造了条件,提高了污水的生化特性有利于后续处理.在缺氧阶段随着反硝化的进程, COD继续降低,出水可小于50 mg/L.

2.3 对氮的去除

由图2可知厌氧、好氧段对氨氮的去除不显著,在硝化段氨氮浓度大幅降低,在缺氧反硝化脱氮后氨氮浓度有所上升.原因是污泥在厌氧段吸附了一定量的氨氮以及缺氧反硝化下有机氮的转化.

硝化区专性好氧、长的泥龄和低的COD浓度有利于硝化菌培养,为高效硝化创造了条件.在缺氧段下,反硝化细菌与DPB共同作用实现反硝化,其间硝态氮与总磷的同步减少表明存在反硝化除磷现象.试验结果显示,污水COD的上升未对氮的去除产生明显影响.污水有机质增加,厌氧污泥吸附的有机质也较多,但TN往往也随之上升,缺氧反硝化可在一个合适的基础上进行.所以TN去除率基本保持不变.在一定的范围内(C/N比4~8)出水的TN浓度与进水COD浓度无关,表明该系统可以稳定处理富氮污水,出水TN < 10 mg/L.

2.4 对磷的去除

试验结果表明,该工艺可以在好氧段与缺氧段聚磷.厌氧区始终处于厌氧/缺氧状态有利于厌氧、兼性厌氧菌的培养.图2显示厌氧2h后磷酸盐浓度上升表明DPB厌氧释磷.在缺氧搅拌下DPB以硝酸盐为电子受体超量聚磷(TP减少3.5 mg/L),同时反硝化,提高了进水中易生化降解的有机物利用率.有效缓解释磷与脱氮之间的碳源之争.

由图2可知污水中的TP主要在好氧段去除,SBR₂具备聚磷菌繁殖条件:碳源和厌氧时间(闲置期).SBR₂反应器较短的好氧时间使好氧污泥积聚大量碳源,而沉淀、闲置阶段处于厌氧状态,厌氧好氧的交替使好氧聚磷菌过量聚磷成为可能.

该系统好氧、缺氧两级除磷保证了出水水质磷的低浓度,出水TP < 1 mg/L.

2.5 污泥的沉降性能

该工艺生物相关系错综复杂,各反应器污泥龄区别明显,尤其是SBR₁污泥的沉降性能关系出水水质.通过镜检观察到各反应器污泥絮体凝聚较好且颗粒较大,具有良好的沉降性,在整个运行过程中个反应器污泥的SVI值一直稳定在较低范围内,维持在80~130 mL/g.由于SBR₁悬浮污泥呈厌氧/缺氧循环运

行,这相当于前置有一个厌氧生物选择器,有效抑制了污泥膨胀的发生.

3 结论

1) 为了生物除磷与硝化之间的泥龄冲突,将世代时间不同的细菌种群分别控制在多级反应器中优势生长;同时,也便于灵活调整污泥龄,优化反应条件.

2) 多级SBR反应器使好氧去碳与硝化分离成为可能,进水中的大部分有机物质在SBR₂级好氧曝气除去,防止了高有机负荷对SBR₃级硝化反应的冲击.SBR₃级较低的有机物浓度,较长的泥龄有利于硝化菌的优势生长使之成为真正的“硝化段”,从而大大提高硝化反应效率.

3) 该工艺充分利用原污水碳源反硝化提高了进水中有机物利用率.反硝化除磷的出现“一碳两用”缓解了释磷与脱氮之间的碳源之争,同时也可以减少污泥排放量.

4) 该工艺采用好氧、缺氧两级聚磷弥补了彼此不足,强化了聚磷效率.这在污水水质波动频繁时有重要意义.

5) 除磷、硝化的微生物分别在三级反应器中优势生长,可以克服“混合系统”中存在的厌氧区硝酸盐对厌氧释磷的干扰.

参考文献:

- [1] 周群英,高廷耀.环境工程微生物学[M].北京:高等教育出版社,2001.
- [2] 王亚宜,彭永臻,王淑莹,等.反硝化除磷理论、工艺及影响因素[J].中国给水排水,2003,19(1):33-36.
- [3] 罗固源,罗宁,吉芳英,等.新型双泥生物反硝化除磷脱氮工艺[J].中国给水排水,2002,18(9):4-7.
- [4] 张自杰.排水工程[M].北京:中国建筑工业出版社,2000.
- [5] KUBA T, VAN LARS DRECHT MCM. Phosphorous removal from wastewater by anaerobic-anoxic sequencing batch reactor[J]. Wat Sci Tech, 1993,27(5-6):241-252.
- [6] 龙北生,孙大群.采用两级SBR工艺优化除磷脱氮[J].给水排水,2003,29(11):34-37.

(下转第132页)

BURN LJ, 2002(3): 469.

科技情报开发与经济, 2003(12): 96.

[4] 默里 L 韦登鲍姆. 全球市场中的企业与政府[M]. 张兆安, 译. 上海: 上海三联书店、上海人民出版社, 2002.

[6] 保罗 R 伯特尼, 罗伯特 N 史蒂文斯. 环境保护的公共政策[M]. 穆贤清, 方志伟, 译. 上海: 上海三联书店、上海人民出版社, 2004.

[5] 师莉娟. 从环境经济学原理分析污染交易的必要性[J].

Utility Analysis of Solid Waste Disposing Mechanism Under Market and Public Administration

LIU Yong

(Law School Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

Abstract: Solid waste is one of the major pollution sources of environment. Currently, countries all over the world widely make use of market and public administration to solve the problem. Theories of environmental economics and legal science are fully applied to analyze the effects of these two measures, and conclusions can be made according to their respective traits: market has particular effect and function when dealing with problem of solid waste, but its imperfectness makes it necessary to introduce public administration. However, although it plays an important role in making up imperfectness of market, public administration still has inherent shortcomings and must be limited properly.

Key words: solid waste disposal; market; public administration

(编辑 侯 湘)

(上接第 127 页)

Domestic Sewage Treatment Using Three-stage SBR Denitrification and Phosphorus Removal Process

JIANG Shan-quan¹, TANG Qi², ZHENG Ze-gen¹

(1. College of Urban Construction and Environmental Engineering; Key Laboratory of The Gorges Reservoir Region's Eco-Environment Ministry of Education, Chongqing University, Chongqing 400030, China;

2. College of Science, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

Abstract: Based on the mechanism of biological phosphorus and nitrogen removal, the collision between on nutrient and resident time is given. In order to solve this problem, a new process for wastewater biological treatment- three-stage SBR process has been developed. Three-stage SBR process treat domestic sewage is applied, which controls various kinds of bacteria optimum growth with the different function that responsibility for removal organics, nitrogen and phosphorus existed in the different reactors and combine with the denitrifying phosphorus removing process. The experiment results show that, the three-stage SBR process not only improved the treatment efficiency that COD, TN, and TP average removal efficiency is 87%, 80% and 86%, but also saved the energy cost. removal. The process can make better effect on simultaneous nutrients removal, simple operation and low cost will make a good application prospect for it.

Key words: three-stage SBR process; removal phosphorus; removal nitrogen

(编辑 姚 飞)