

环境科学

低碳源下序列间歇式活性污泥法中反硝化除磷菌培养及驯化研究

廉今兰

(吉林化工学院环境与生物工程学院,吉林 132022)

摘要 采集某城市污水处理厂的 A/O 工艺回流活性污泥作为污泥样品,利用 SBR 反应器,以硝酸盐为电子受体,在低碳源下,培养和驯化反硝化除磷菌。第一阶段采用厌氧/好氧/沉淀/排水的运行方式 10 周期,第二阶段采用厌氧/好氧/缺氧/好氧/沉淀/排水运行方式 40 周期。反硝化脱氮除磷性能的测试结果表明,经培养驯化得到的反硝化除磷菌处理低碳源废水, $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ 的去除率达 96%,出水浓度稳定在 0.4 mg/L 以下; NH_4^+-N 去除率达 78%,出水浓度稳定在 3 mg/L 以下; COD 的去除率达 86%,出水浓度稳定在 20 mg/L 以下; 表明采用 SBR 反应器进行反硝化菌的培养驯化是可行的。

关键词 序列间歇式活性污泥法(SBR) 低碳源 反硝化除磷菌(DPB)

中图法分类号 X703.1; 文献标志码 B

反硝化除磷菌(denitrifying phosphorus removing bacteria, DPB)可以以氧气、亚硝酸盐、硝酸盐作为电子受体,在缺氧条件下进行同步脱氮除磷^[1]。DPB 的菌属特性可以很好地解决目前传统脱氮除磷工艺中的碳源问题和不同菌属在脱氮除磷过程中的竞争问题,碳源发挥了“一碳两用”的功能,能有效地解决传统工艺中出现的泥龄、碳源、硝化和反硝化、释磷和吸磷之间的矛盾,而且还具有节省曝气量、减小污泥产量的优点^[2,3]。

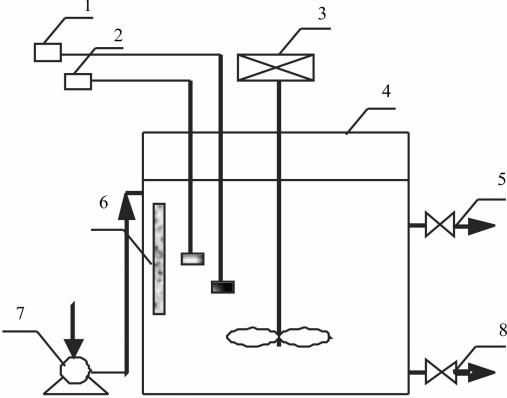
本研究采集吉林省城市污水处理厂的 A/O 工艺回流污泥为污泥样品,利用 SBR 反应器,以硝酸盐为电子受体,在低碳源下,培养和驯化反硝化除磷菌,并考察了污泥的同步反硝化除磷的性能。

1 实验方法

1.1 试验装置及方式

本实验采用按时间顺序进行的 SBR 反应器作为反硝化除磷菌的培养和驯化装置。试验采用的是一个直径 30 cm、高 40 cm 有机玻璃制成的圆柱形 SBR 反应器,有效容积为 25 L。反应器底部设有排泥放空管。试验采用瞬时进水,周期进水量 19~20 L。厌氧与缺氧运行下用机械搅拌器缓慢搅拌保持污泥处于均匀悬浮状态,由恒温加热棒控制温度为

30 °C。缺氧段根据需要加入不同浓度的硝酸钾溶液作为反应所需的电子受体。试验装置如图 1 所示。



1 为 DO 测定仪,2 为 pH 计,3 为搅拌器,4 为 SBR 反应器,
5 为排水口,6 为恒温加热棒,7 为蠕动泵,8 为排泥口

图 1 SBR 反硝化除磷反应器

1.2 分析项目及方法

所取水样经离心机离心后采用国家规定的标准方法测定相关指标,COD_{cr}采用重铬酸钾法; NH_4^+-N 采用纳氏试剂分光光度法; NO_3-N 采用麝香草酚分光光度法; NO_2-N 采用 N-(1-萘基)乙二胺光度法; $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ 采用钼锑抗分光光度法;MLSS 采用重量法。

1.3 主要试剂

污泥培养液人工模拟低碳城市污水配制,向配水中投加无水乙醇、 NH_4Cl 、 KH_2PO_4 获得一定浓度的 COD、 NH_4^+-N 、 $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$,同时加入 CaO 0.014 g/

L; KI 0.030 g/L; MgCl₂ 0.040 g/L; ZnSO₄ 0.050 g/L; CuSO₄ 0.016 g/L; CoCl₂ 0.005 g/L; AlCl₃ 0.010 g/L; FeSO₄ 0.050 g/L; EDTA 0.001 g/L; SnCl₂ 0.001 g/L; NaNO₃ 0.040 g/L, 其水质见表 1。

表 1 原水水质

参数	COD/(mg·L ⁻¹)	NH ₄ ⁺ -N/(mg·L ⁻¹)	PO ₄ ³⁻ -P/(mg·L ⁻¹)	pH
数值	150	50	10	7~8

1.4 反硝化除磷菌的培养和驯化

实验污泥采集吉林省城市污水处理厂 A/O 工艺回流污泥为污泥样品, 分两个阶段进行反硝化除磷菌的培养及驯化。第一阶段采用厌氧/好氧运行方式, 运行 10 周期。第二阶段采用厌氧/好氧/缺氧/好氧运行方式, 运行 40 周期。详见表 2 SBR 运行方式。

表 2 SBR 运行方式

运行阶段	周期	时间/h					
		厌氧	好氧	缺氧	好氧	沉淀	排水
第一	10	3	3			0.5	0.5
第二	40	2.5~3	1.5~0	1.5~4	0.5~0	0.5	0.5

第一阶段 PAOs 培养驯化, 该阶段采用厌氧 3 h/好氧 3 h/沉淀 0.5 h/排水 0.5 h 运行方式, 运行 10 个周期, 详见表 3 的 SBR 运行模式。在该阶段的培养过程中, 厌氧段 DO 为 0.03~0.2 mg/L, 好氧段 DO 为 2~4 mg/L。进水 COD 浓度控制在 150 mg/L 左右, PO₄³⁻-P 浓度为 10 mg/L 左右, MLSS 维持在 3 000 mg/L 左右。取每个周期 PO₄³⁻-P 浓度数据作图, 见图 2 第一阶段系统 PO₄³⁻-P 浓度变化。

第二阶段 DPB 除磷菌的诱导, 在厌氧/好氧/缺氧/好氧/沉淀/排水运行方式下, 逐步缩短好氧运行时间, 逐步延长缺氧和厌氧运行时间, 并相应增加硝酸盐投加量, 运行 40 个周期, 详见表 2 的 SBR 运行方式。厌氧段 DO 为 0.03~0.2 mg/L, 好氧段 DO 为 2~4 mg/L, 缺氧段 DO 为 0.2~0.5 mg/L, 进水 COD 浓度控制在 150 mg/L 左右, PO₄³⁻-P 为 10 mg/L 左右, MLSS 维持在 3 000 mg/L 左右。一次性投加 NO₃⁻-N 40 mg/L, 无水亚硫酸钠 5 mg/L。

常规的 DPB 除磷菌的诱导方法为 A/A/O 方式运行, 这种方法有利于好氧段充分吸磷。然而在进行实验过程中发现: 如果缺氧段 rbcOD 过高, 则容易出现反硝化过程, 从而抑制了反硝化除磷过程。为此, 本实验采用了与常规的 A/A/O 相反的过程, 即 A/O/A 运行方式。该运行方式有效地保证了反硝化过程发生的有利条件, 但是实验过程中发现此方法对下一周期的除磷过程有很大的影响。为解决

这种缺陷我们在缺氧段结束后, 增加了短时间的曝气, 不仅有效地吸收了剩余的磷, 还提高了污泥的沉降性能。

2 结果与讨论

2.1 反硝化除磷菌的培养和驯化分析

图 2 为第一阶段系统 PO₄³⁻-P 浓度变化。由图 2 可知, 经过第一阶段的培养驯化, 出水 PO₄³⁻-P 浓度低于 0.4 mg/L, 去除率达 95.8%, COD 去除率达 90% 以上。由于接种污泥为正常运行的 A/O 工艺回流污泥, 其 PAOs 含量丰富经过 10 个周期培养, PAOs 可在系统中稳定运行, 接种污泥经过 7 个周期即适应了新的生存环境出水 TP 在 1 mg/L 以下。PAOs 好氧吸磷量为厌氧释磷量的 2 倍。释放 1 mg 磷即吸收了 10 mg 左右 COD, 与 Wentzel 指出的“7~10 mg 醋酸盐大约去除 1 mg 磷”比较接近。

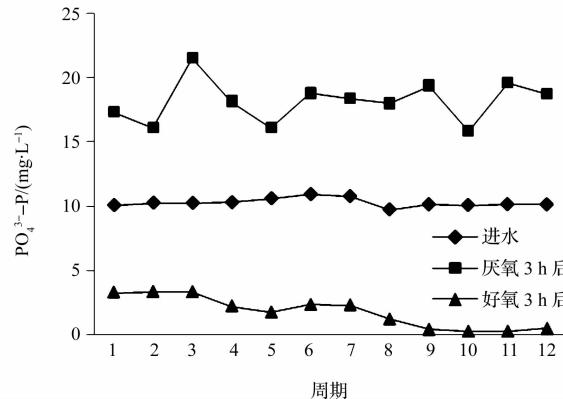


图 2 第一阶段系统 PO₄³⁻-P 浓度变化

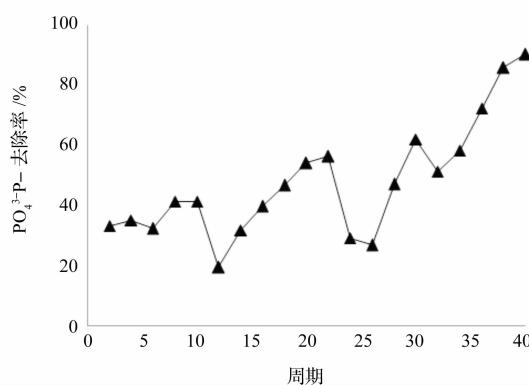
图 3 为第二阶段系统 PO₄³⁻-P 去除率变化。由图 3 可知, 经过第二阶段 DPB 除磷菌的富集, 40 个周期后, PO₄³⁻-P 浓度明显降低, PO₄³⁻-P 去除率保持在 95% 以上。而且基本检测不到 NO₃⁻-N 和 NO₂⁻-N 存在, 表明实现了同步的氮、磷去除^[4], 完成反硝化除磷菌的培养驯化。

2.2 反硝化除磷菌数量测定

试验对污泥中的反硝化除磷菌(DPB)含量进行测定, 根据 Wachtmeister 等^[5]提出的用缺氧吸磷速率(q_{pm})和好氧吸磷速率(q_{po})的比值来计算反硝化除磷菌在全部聚磷菌微生物中所占的比例。取 1 000 mL 充分释磷的活性污泥, 测定 MLSS 为 3 000 mg/L。将其平均分为两份, 一份在好氧条件下吸磷(DO 2 mg/L), 另一份在缺氧条件下吸磷(DO 0.11 mg/L, 一次加入 NO₃⁻-N 50 mg/L), 计算得到 DPB 含量为 94.9 %。

2.3 稳定运行系统的反硝化脱氮除磷性能

反硝化除磷菌经过培养及驯化, 得到有效地富

图3 第二阶段系统 PO₄³⁻-P 去除率变化

集,系统状态稳定。厌氧3 h ~ 缺氧4 h运行,监测一个周期内反硝化除磷系统中 PO₄³⁻-P、COD 和 NO₃⁻-N 的浓度变化,结果如图4所示。

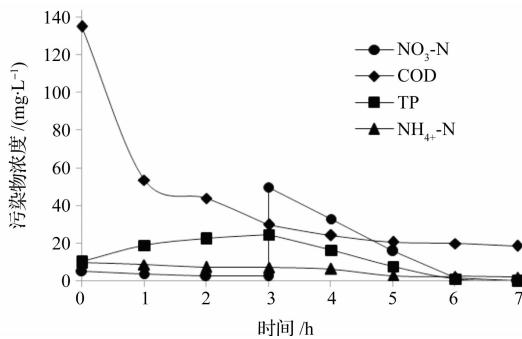


图4 稳定的运行系统对污染物的去除效果

在厌氧段,COD浓度呈迅速下降趋势,PO₄³⁻-P浓度逐渐增加,表现出明显的释磷现象,在厌氧阶段末期,PO₄³⁻-P浓度增加到24.56 mg/L。在缺氧段,COD浓度下降趋势减缓,PO₄³⁻-P浓度迅速降低,表现出强烈的反硝化吸磷现象,经过4 h的缺氧阶段,系统中PO₄³⁻-P浓度和NO₃⁻-N浓度分别下降到0.38 mg/L和0.022 mg/L,系统除磷和脱氮率高达96%和99%。由以上反硝化脱氮除磷性能可以判断,反应系统已经存在大量能以NO₃⁻-N为电子受

体进行吸磷的反硝化聚磷菌,经SBR系统内的培养驯化,DBP成为SBR系统中的优势菌种。

3 结论

(1)采集某城市污水处理厂的A/O工艺回流活性污泥作为污泥样品,利用SBR反应器,以硝酸盐为电子受体,在低碳源下,培养和驯化反硝化除磷菌。第一阶段采用厌氧/好氧/沉淀/排水的运行方式10周期,第二阶段采用厌氧/好氧/缺氧/好氧/沉淀/排水运行方式40周期。

(2)本试验经过两个阶段的培养和驯化,反硝化除磷菌得到了迅速富集,反硝化除磷菌含量达94.9%。

(3)运行稳定的反硝化除磷菌处理低碳源废水,PO₄³⁻-P的去除率达96%,出水浓度稳定在0.4 mg/L以下;NH₄⁺-N去除率达78%,出水浓度稳定在3 mg/L以下;COD的去除率达86%,出水浓度稳定在20 mg/L以下,反硝化除磷菌的同步反硝化除磷性能良好。

参 考 文 献

- Kuba T, Van Loosdrecht M C M, Heijnen J J. Phosphorus and nitrogen removal with minimal COD requirement by integration of denitrifying dephosphatation and nitrification in a two-sludge system. Water Res, 1996;30(7): 1702—1710
- Meinhold J, Filipe C D M, Daigger G T, et al. Characterization of the denitrifying fraction of phosphate-accumulating organisms in biological phosphate removal. Water Sci Technol, 1999;39(1): 31—42
- Lee D S, Jeon C O, Park J M. Biological nitrogen removal with enhanced phosphate uptake in a sequencing batch reactor using single sludge system. Water Res, 2001;35(16): 3968—3976
- Liu Jing-jing, Wang Ping, Ma Jiefeng. An aerobic denitrifies with low levels production of nitrous oxide. Environmental Science & Technology, 2008;31(5): 26—29
- Wachtmeister A, Kuba T, Loosdrecht van M C M, et al. A sludge Characterization Assay for Aerobic and denitrifying phosphorus removing sludge. Wat Res, 1997;31(3): 471—478

Studies on the Low Carbon Source in SBR under Denitrifying Phosphorus Removal Bacteriaculture and Acclimation

LIAN Jin-lan

(College of Environment and Biological Engineering, Jilin Institute of Chemical Technology, Jilin 132022, P. R. China)

[Abstract] Denitrifying phosphorus removing bacteria was enriched and cultured using the A / O process activated sludge from a wastewater treatment plant in a set of sequencing batch reactor (SBR) for wastewater of low carbon. The system was operated under the condition of anaerobic-aerobic-precipitation-discharge for 10 cycles in the first stage, and the condition of anaerobic-aerobic-anoxic-aerobic-precipitation-discharge were used for 40 cycles in the second stage. Results showed removal of PO_4^{3-} -P, NH_4^+ -N and COD was 94%, 78% and 86% respectively when the effluent concentration was below 0.4 mg/L, 3 mg/L and 20 mg/L respectively, which indicated that enrichment and cultivation of denitrifying phosphorus removing bacteria in a set of SBR was feasible.

[Key words] low carbon denitrifying phosphorus accumu-lating bacteria(DPB)

(上接第 297 页)

Study of Airborne Endurance Analyzing Method of Tethered Aerostat

JIANG Wan, SHU Ke-sheng

(China Special Vehicle Research Institute, Jingmen 448035, P. R. China)

[Abstract] Airborne endurance of tethered aerostat is mainly determined by daily average helium leakage. However, the effective method that can measure the real helium leakage of the aerostat directly and accurately has not been found because of huge influencing factors of the helium leakage and limited detecting means, so that the airborne endurance can't be evaluated validity. To solve the problem, a new indirect analyzing method of tethered aerostat airborne endurance is presented. Factorial experiment design is adopted. First, compute the upper limit of daily average helium leakage under different conditions that meet the airborne endurance index. Then take various measures to ensure the daily average helium leakage of the aerostat under the upper limit, in order that the index can meet the tactic and technique requirement, which can effectively avoid the uncertainty of direct solving the real daily average helium leakage. The study finds that under given working circumstances the change of net static buoyancy is actually determined by daily average helium leakage mass, and keeps fluctuating around a certain value within small range when the airborne endurance is given, barely affected by the environment. As long as the daily average helium leakage is lower than 6.31454 kg/m^3 , the 21 days airborne endurance requirement of the tethered aerostat can be achieved no matter what value the working altitude, temperature, wind velocity, humidity and pressure is.

[Key words] tethered aerostat airborne endurance daily average helium leakage factorial experiment design