

进水磷碳比对聚磷菌与聚糖菌竞争生长的影响

郝王娟^{1,2}, 薛涛¹, 黄霞¹

(1. 清华大学 环境模拟与污染控制国家重点联合实验室, 北京 100084; 2 中国矿业大学 化学与环境工程学院, 北京 100083)

摘 要: 以葡萄糖和乙酸盐为混合碳源, 考察了进水磷碳比对 SBR 生物除磷系统中聚磷菌和聚糖菌竞争生长的影响。结果表明, 进水磷碳比较高 (10~100) 时, 会在运行初期导致系统出水磷浓度较高, 但反应器运行 40 d 后, 出水磷浓度可降至 1 mg/L 以下。当进水磷碳比为 2.5~100 时, 单位污泥释磷量、单位污泥吸磷量、污泥含磷量和污泥含糖量分别为 7.5 mg/g、8.3 mg/g、2.3% 和 9.5%; 当进水磷碳比为 10~100 时, 上述各指标值分别为 12.1 mg/g、14.7 mg/g、6.7% 和 7.0%。在高进水磷碳比条件下, 单位污泥释磷量、单位污泥吸磷量和污泥含磷量均较高, 污泥含糖量则较低, 故高进水磷碳比对于聚磷菌的生长更为有利。

关键词: 生物除磷; 进水磷碳比; 聚磷菌; 聚糖菌

中图分类号: X703 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2007)17-0095-04

Effect of Influent P/C Ratio on Competition between Phosphate- and Glycogen-accumulating Organisms

HAO Wang-juan^{1,2}, XUE Tao¹, HUANG Xia¹

(1. State Key Joint Laboratory of Environment Simulation and Pollution Control, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2. School of Chemical and Environmental Engineering, China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China)

Abstract: Using glucose and acetate as the carbon source, the effect of influent P/C ratio on the competition between polyphosphate- and glycogen-accumulating organisms was investigated in lab-scale sequencing batch reactors. The results show that a rise of influent P/C ratio to 10~100 can cause the increase of effluent phosphorus concentration at the initial stage. But after 40 days, the effluent phosphorus concentration can be reduced to less than 1 mg/L. When the influent P/C ratio is 2.5~100, the specific phosphorus release rate, specific phosphorus uptake rate, phosphorus content and glycogen content in activated sludge are 7.5 mg/g, 8.3 mg/g, 2.3% and 9.5% respectively, and when the influent P/C ratio is 10~100, these values are 12.1 mg/g, 14.7 mg/g, 6.7% and 7.0% respectively. Therefore, the phosphorus release rate, phosphorus uptake rate and phosphorus content are higher and the glycogen content is lower under a high influent P/C ratio, indicating that the high influent P/C ratio can favor phosphate-accumulating organisms.

Key words: biological phosphorus removal; influent P/C ratio; phosphate-accumulating organism; glycogen-accumulating organism

污水生物除磷工艺已在世界各地获得了广泛的应用, 该工艺采用厌氧、好氧交替运行的模式来促进

聚磷菌的生长和富集,以去除污水中的磷^[1]。但在实际运行中,生物除磷工艺的除磷效果却难以保持稳定,且易于恶化。近年的研究表明,一类被称为聚糖菌的微生物能通过厌氧分解胞内糖原获得能量而与聚磷菌竞争碳源,是导致生物除磷效果不稳定的主要原因^[2]。因此,提高生物除磷稳定性的关键在于充分提高聚磷菌的竞争优势,抑制聚糖菌的生长。

影响聚磷菌与聚糖菌竞争的因素有很多,就进水磷碳比而言,Liu等人发现在 10 100的高磷碳比条件下,污泥的含磷量明显升高,聚磷菌成为优势菌^[3];Sudiana等人发现高磷碳比(10 100)条件下的污泥含磷量远高于低磷碳比(2 100)条件下的^[4];Schuler等人认为低进水磷碳比有利于聚糖菌的生长,高进水磷碳比有利于聚磷菌的生长^[5]。上述研究均采用乙酸盐或葡萄糖为进水碳源,但 Fuhs和 Nakamura的研究表明,某些聚磷菌只能利用乙酸盐而不能利用葡萄糖,有的则完全相反,因此单一碳源获得的结果存在一定的片面性。笔者采用小试规模的序批式反应器(SBR),考察了以葡萄糖和乙酸盐为混合碳源时,进水磷碳比对聚磷菌与聚糖菌竞争的影响。

1 材料和方法

1.1 试验装置

试验装置采用两组相同的 SBR(分别记为 1[#]和 2[#]),有效容积均为 10 L,接种污泥为某污水处理厂的回流污泥,控制泥龄约为 20 d。SBR按厌氧、好氧交替的模式连续运行,其中厌氧为 90 min,好氧为 180 min,沉淀为 45 min,排水及进水为 45 min,每周运行 6 h,每天运行 4个周期,运行温度控制在(23 ±2)。

1.2 进水水质

两组 SBR同时启动,其中 1[#]SBR的进水磷碳比为 10 100,2[#]SBR的进水磷碳比为 2 5 100。进水采用自配水,每周期进水量为 5 L,以葡萄糖和无水乙酸钠为混合碳源,各提供 TOC为 100 mg/L,进水主要水质指标见表 1。

表 1 进水主要水质指标

Tab 1 Main parameters of influent

指标	1 [#]	2 [#]
TOC/(mg·L ⁻¹)	200	200
TP/(mg·L ⁻¹)	20	5
TN/(mg·L ⁻¹)	55	55
TP TOC	10 100	2 5 100

1.3 分析方法

采用标准方法测定正磷酸盐和总磷^[6],采用 KOH/HCl消解—苯酚法测定糖原^[7]。

2 结果与讨论

2.1 反应器的除磷效果比较

两组 SBR的除磷情况如图 1所示。

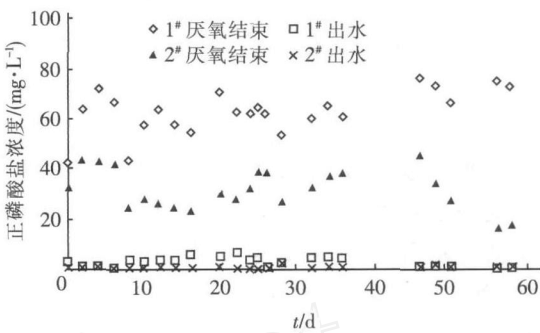


图 1 两组 SBR的除磷情况

Fig 1 Phosphorus removal effect of two SBRs

由图 1可见,两组 SBR启动后均表现出良好的除磷性能。从出水情况来看,2[#]SBR的出水正磷酸盐浓度稳定保持在 1 mg/L 以下,而 1[#]SBR的出水正磷酸盐浓度在启动后的 40 d内基本均高于 2[#]SBR的,这可能是由于 1[#]SBR的进水磷浓度较高所致。反应器运行 40 d后,1[#]SBR的出水正磷酸盐浓度逐渐降低,并最终达到与 2[#]SBR相当的水平,这说明在 10 100的高进水磷碳比条件下,可以实现良好的生物除磷效果。从厌氧释磷情况来看,1[#]SBR在厌氧阶段结束时的溶解性正磷酸盐浓度为(63.3 ±9.0) mg/L,2[#]SBR的则为(31.8 ±8.3) mg/L。考虑到 1[#]SBR的进水磷浓度比 2[#]的高 15 mg/L,如果两者的释磷量相同,则在厌氧阶段末 1[#]SBR的磷浓度应比 2[#]的高 7.5 mg/L(进水体积为反应器有效容积的一半),但实际上两者的磷浓度之差已超过了 30 mg/L,可见 1[#]SBR的释磷量远高于 2[#]SBR的。

2.2 单位污泥释磷量和吸磷量的比较

1[#]和 2[#]SBR的平均污泥浓度分别为 4 190和 3 780 mg/L。试验中采用单位污泥释磷量(w_{rel})和单位污泥吸磷量(w_{upt})来比较污泥的除磷性能,其定义分别如下: w_{rel} =(厌氧结束时溶解性正磷酸盐浓度-厌氧开始时溶解性正磷酸盐浓度)/同周期污泥浓度; w_{upt} =(好氧开始时溶解性正磷酸盐浓度-好氧结束时溶解性正磷酸盐浓度)/同周期污泥

浓度; w_{re} 和 w_{up} 的单位均为 mg/g 。两组 SBR 的 w_{re} 和 w_{up} 分别如图 2、3 所示。

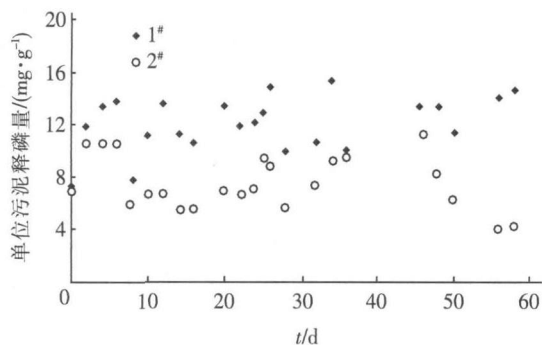


图 2 两组 SBR 的单位污泥释磷量

Fig 2 Specific phosphorus release rate of activated sludge in two SBRs

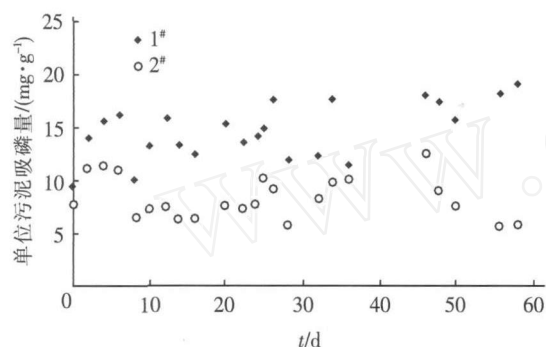


图 3 两组 SBR 的单位污泥吸磷量

Fig 3 Specific phosphorus uptake rate of activated sludge in two SBRs

由图 2、3 可以看出,1[#] SBR 的 w_{re} 和 w_{up} 均明显高于 2[#] SBR 的。经计算,1[#]、2[#] SBR 的平均 w_{re} 分别为 12.1 和 7.5 mg/g ,平均 w_{up} 分别为 14.7 和 8.3 mg/g 。可见 1[#] SBR 中污泥的释磷能力和吸磷能力均优于 2[#] SBR 的,这说明在高进水磷碳比条件下,污泥的生物除磷性能可以得到有效提高。

2.3 污泥含磷量和含糖量的比较

厌氧条件下,聚磷菌和聚糖菌将进水中的碳源转化为胞内 PHAs 储存,其中聚磷菌主要通过分解胞内聚磷获得能量,聚糖菌则通过分解胞内糖原获得能量。好氧条件下,聚磷菌分解 PHAs 过量合成聚磷储存于胞内,聚糖菌则分解 PHAs 在胞内重新合成糖原。所以可以用好氧阶段末的污泥含磷量 w_p 与污泥含糖量 w_g 来大致表征聚磷菌和聚糖菌在污泥中的比例。两组 SBR 的 w_p 和 w_g 变化情况分别如图 4、5 所示。

由图 4 可知,两组 SBR 的初始 w_p 均为 2.1%,

反应器启动后,2[#] SBR 的 w_p 一直维持在 1%~3%,平均为 2.3%;而 1[#] SBR 的 w_p 从启动后就迅速升高,整个运行期间的平均值为 6.7%,接近于 2[#] SBR 的 3 倍。

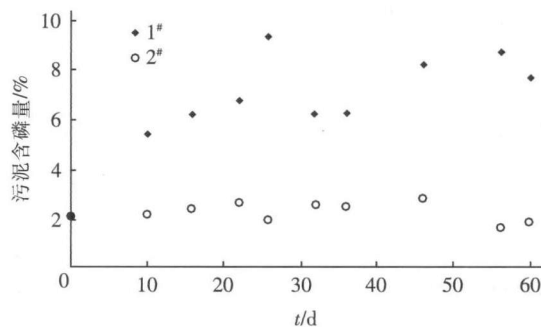


图 4 两组 SBR 的污泥含磷量

Fig 4 Phosphorus content in activated sludge in two SBRs

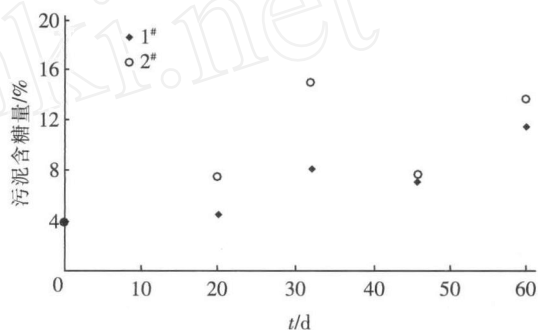


图 5 两组 SBR 的污泥含糖量

Fig 5 Glycogen content in activated sludge in two SBRs

从图 5 可以看出, w_g 的情况与 w_p 的正好相反,反应器运行期间,2[#] SBR 的 w_g 一直高于 1[#] SBR 的,1[#]、2[#] SBR 的平均 w_g 值分别为 7.0%和 9.5%。

综上所述,与 2[#] SBR 相比,1[#] SBR 污泥的 w_p 值更高, w_g 值更低,这说明 1[#] SBR 中的聚磷菌更多,聚糖菌更少。因此进水磷碳比是影响聚磷菌和聚糖菌竞争生长的一个关键因素,高进水磷碳比能促进聚磷菌的生长而抑制聚糖菌的增殖,从而有利于提高生物除磷系统的除磷稳定性。

3 结论

高进水磷碳比 (10~100) 会在运行初期导致 SBR 生物除磷系统的出水磷浓度较高,但反应器运行 40 d 后,出水磷浓度可降低至 1 mg/L 以下,系统的生物除磷效果良好。

当进水磷碳比为 2.5~100 时,单位污泥释磷量、单位污泥吸磷量、污泥含磷量和污泥含糖量分别为 7.5 mg/g 、8.3 mg/g 、2.3%和 9.5%;当进水磷

碳比为 10~100 时,上述各指标值分别为 12.1 mg/g、14.7 mg/g、6.7% 和 7.0%。在高磷碳比条件下,单位污泥释磷量、单位污泥吸磷量和污泥含磷量均较高,而污泥含糖量则较低,因此高进水磷碳比有利于聚磷菌的生长、繁殖,从而有利于提高生物除磷系统的除磷稳定性。

参考文献:

- [1] 姜金生,谢水波,何少华,等. 生物脱氮除磷原理与应用 [M]. 长沙:国防科技大学出版社,2002
- [2] Mino T, Liu W T, Kurisu F, *et al*. Modelling glycogen storage and denitrification capability of microorganisms in enhanced biological phosphate removal processes [J]. Water Sci Technol, 1995, 31 (2): 25 - 34
- [3] Liu W T, Nakamura K, Matsuo T, *et al*. Internal energy-based competition between polyphosphate- and glycogen-accumulating bacteria in biological phosphorus removal reactors: Effect of P/C feeding ratio [J]. Water Sci Tech-

no1, 1997, 31 (6): 1430 - 1438

- [4] Sudiana IM, Mino T, Satoh H, *et al*. Metabolism of enhanced biological phosphorus removal and non-enhanced biological phosphorus removal sludge with acetate and glucose as carbon source [J]. Water Sci Technol, 1999, 39 (6): 29 - 35
- [5] Schuler A J, Jenkins D. Enhanced biological phosphorus removal from wastewater by biomass with different phosphorus contents, Part 1: Experimental results and comparison with metabolic models [J]. Water Environ Res, 2003, 75 (6): 485 - 498
- [6] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法 (第 4 版) [M]. 北京:中国环境科学出版社,2002
- [7] Gerhardt P. Method for General and Molecular Bacteriology [M]. Washington DC: American Society for Microbiology, 1994

E-mail: haowangjiao0927@163.com

收稿日期: 2007 - 04 - 02

(上接第 94 页)

5 结论

UW SPSPES 系统将确定性应变分析法集成于 GIS 平台,使得传统的数学分析方法与 GIS 的空间数据处理及分析功能相集成应用,实现了对城市供水管网抗震能力的空间分析与评价,并得到了可靠的空间评价结果;GIS 的空间数据管理功能的应用,使得评价结果的输出突破了传统二维表格的表现形式,并根据城市供水管网在地域空间上的网络分布状况对抗震能力的评价结果进行空间展示,实现了对抗震能力评价结果、供水管网基础数据和历史震害破坏数据的空间管理与定位查询分析。目前,该系统在龙岩、莆田、廊坊、郓城、青岛、东营以及潍坊等城市供水管网的震害安全性评价中,均取得了良好的应用效果。UW SPSPES 系统的建立,为城市供水管网的震害防御与震害应急相关决策的制定提供

了良好的技术基础和决策依据。

参考文献:

- [1] 赵成刚,冯启民. 生命线地震工程 [M]. 北京:地震出版社,1994
- [2] 孙绍平,韩阳. 新世纪地震工程与防灾减灾 [M]. 北京:地震出版社,2002
- [3] 阎正. 城市地理信息系统标准化指南 [M]. 北京:科学出版社,1998
- [4] 冯启民,熊占璐. 埋地管道震害预测计算研究 [R]. 北京:国家地震局工程力学研究所,1995

电话: 13210021986

E-mail: wangsuzhen2020@163.com

收稿日期: 2007 - 05 - 26