

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第34卷 第3期

Vol.34 No.3

2013

中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版



目次

BP网络框架下MODIS气溶胶光学厚度产品估算中国东部PM _{2.5}	郭建平, 吴业荣, 张小曳, 李小文(817)
北京市近地层颗粒物浓度与气溶胶光学厚度相关性分析研究	林海峰, 辛金元, 张文煜, 王跃思, 刘子锐, 陈传雷(826)
气象因素对长三角背景地区甲烷浓度的影响分析	浦静姣, 徐宏辉, 顾骏强, 马千里, 方双喜, 周凌晔(835)
密闭化填埋作业条件下的场内恶臭污染分布情况与分析	路鹏, 吴世新, 戴志锋, 张晓辉, 苏昭辉, 周小飞, 代占国, 卢旭飞, 郑斌, 沈凯, 卫潘明(842)
冬季中国东海海水中挥发性卤代烃的分布特征和海-气通量	何真, 陆小兰, 杨桂朋(849)
2000~2010年大鹏湾颗粒有机物的年变化和年际变化	李绪录, 周毅频, 夏华永(857)
渤海湾浮游植物与环境因子关系的多元分析	周然, 彭士涛, 覃雪波, 石洪华, 丁德文(864)
青藏高原淡水湖泊水化学组成特征及其演化	王鹏, 尚英男, 沈立成, 伍坤宇, 肖琼(874)
漳卫南运河流域非点源污染负荷估算及最佳管理措施优选	徐华山, 徐宗学, 刘品(882)
面向对象的湖泊污染控制智能工程设计方法	邹锐, 周璟, 刘永, 朱翔, 赵磊, 阳平坚, 郭怀成(892)
九龙江口湿地植物凋落物对沉积物有机质赋存的贡献	罗专溪, 邱昭政, 王振红, 颜昌宙(900)
修复达标土壤回填对地下水环境影响的层次化评估方法应用研究	钟茂生, 姜林, 姚珏君, 樊艳玲, 夏天翔, 李婷婷, 田美影(907)
去除地下水中硝酸盐的渗透性反应墙研究	李秀利, 杨君君, 卢晓霞, 张姝, 侯珍(914)
北京城区雨水管道沉积物污染负荷研究	李海燕, 徐波平, 徐尚玲, 崔爽(919)
城市污水处理厂及其受纳水体中5种典型PPCPs的赋存特征和生态风险	温智皓, 段艳平, 孟祥周, 陈玲(927)
城市景观娱乐水体微生物风险评价	孙傅, 沙婧, 张一帆, 刘彦华(933)
模拟曝气生物滤池去除邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯试验研究	李伟, 赵晶, 余健, 任文辉(943)
膜生物反应器处理工业废水中膜污染及膜过滤特性研究	范举红, 余素林, 张培帅, 兰亚琼, 刘锐, 陈吕军(950)
γ -Al ₂ O ₃ 负载磷钨酸催化强化电化学法处理水中酸性大红3R的研究	岳琳, 王开红, 郭建博, 杨景亮, 刘宝友, 廉静, 王涛(955)
活性炭催化过硫酸钠降解金橙G动力学	杨梅梅, 周少奇, 刘琳, 郑可(962)
ABR反应器处理碱减量印染废水的启动研究	杨波, 钟启俊, 李方, 田晴(968)
O ₃ -BAF深度处理制革废水中沿程污染物降解规律	余彬, 刘锐, 程家迪, 范举红, 李昌湖, 冉坤, 曹国华, 陈吕军(974)
规模化猪场养殖废水UASB-SFSBR-MAP处理工艺中试研究	王亮, 陈重军, 陈英旭, 吴伟祥(979)
连续流态下以城市污水培养好氧颗粒污泥及颗粒特性研究	牛姝, 段百川, 张祚薰, 刘士峰, 张家铭, 王聪, 周丹丹(986)
乙酸/丙酸作为EBPR碳源的动力学模型研究(Ⅰ)——模型的建立	张超, 陈银广(993)
乙酸/丙酸作为EBPR碳源的动力学模型研究(Ⅱ)——动力学模拟	张超, 陈银广(998)
乙酸/丙酸作为EBPR碳源的动力学模型研究(Ⅲ)——模型的应用	张超, 陈银广(1004)
三峡水库两条支流水-气界面CO ₂ 、CH ₄ 通量比较初探	李哲, 白镭, 郭劲松, 方芳, 蒋滔(1008)
不同土地利用方式下土壤呼吸空间变异的影响因素	陈书涛, 刘巧辉, 胡正华, 刘艳, 任景全, 谢薇(1017)
黄土区农田和草地生态系统土壤呼吸差异及其影响因素	周小刚, 张彦军, 南雅芳, 刘庆芳, 郭胜利(1026)
层次化健康风险评估方法在苯污染场地的应用及效益评估	姜林, 钟茂生, 梁竞, 姚珏君, 夏天翔, 樊艳玲, 李敬东, 唐振强(1034)
海州湾潮滩重金属污染的历史记录	张瑞, 张帆, 刘付程, 尹福军, 丁迎军, 高金荣, 陈晶, 邵威(1044)
草海典型高原湿地表层沉积物重金属的积累、分布与污染评价	张清海, 林昌虎, 谭红, 林绍霞, 杨鸿波(1055)
大金山岛土壤重金属污染评价及相关性分析	程芳, 程金平, 桑恒春, 于金莲, 席磊, 皮帅帅(1062)
典型有色金属矿山城市小河流沉积物重金属形态分布及风险评估	李如忠, 姜艳敏, 潘成荣, 陈婧, 徐晶晶(1067)
典型有色金属矿业城市零星菜地蔬菜重金属污染及健康风险评估	李如忠, 潘成荣, 徐晶晶, 陈婧, 姜艳敏(1076)
城市表层土壤磁化率与重金属含量分布的相关性研究	陈秀端, 卢新卫, 杨光(1086)
典型热带林地土壤团聚体颗粒中重金属的分布特征及其环境意义	龚仓, 徐殿斗, 成杭新, 任雅阁, 刘志明, 刘应汉, 刘飞, 聂海峰, 郑祥, 马玲玲(1094)
生态沟渠底泥属性与磷吸附特性研究	张树楠, 贾兆月, 肖润林, 杨凤飞, 余红兵, 刘锋, 吴金水(1101)
三峡库区澎溪河底泥及消落区土壤磷的形态及吸附特性研究	孙文彬, 杜斌, 赵秀兰, 何丙辉(1107)
Triton X-100在黄土上的吸附行为及影响因素	钟金魁, 赵保卫, 朱琨, 钱小龙, 张杰西(1114)
新疆哈密地区有机氯农药大气、土壤残留特征、气-土交换及潜在生态风险	马子龙, 毛蒲萱, 丁中原, 高宏, 黄韬, 田慧, 郭强(1120)
青海省西宁市与天峻县大气中得克隆与十溴联苯醚的水平与来源	何畅, 金军, 马召辉, 王英, 扎西卓玛, 马丽花(1129)
太湖沉积物中多溴联苯醚和类二噁英多氯联苯的水平垂直分布	马召辉, 金军, 元学奎, 王英, 姜霞, 何松洁, 李明圆(1136)
典型电器工业区河涌沉积物中有机污染物特征分析	刘近, 邓代永, 许玫英, 孙国萍(1142)
柴油轿车颗粒多环芳烃的排放特性	谭丕强, 周舟, 胡志远, 楼狄明(1150)
机械炼焦过程生成飞灰中多环芳烃分布特征研究	牟玲, 彭林, 刘效峰, 白慧玲, 张建强(1156)
污泥干化床与芦苇床稳定化污泥中多环芳烃的含量比较	崔玉波, 孙红杰, 冉春秋, 李金凤, 谢瑶(1161)
固体添加剂对污泥焚烧过程中重金属迁移行为的影响	刘敬勇, 孙水裕, 陈涛(1166)
铸造废砂的环境毒性研究	张海凤, 王玉珏, 王劲磷, 黄天佑, 熊鹰(1174)
Cr ⁶⁺ 生物可利用度检测的微生物全细胞传感器CB10的构建及其响应特征	侯启会, 马安周, 庄绪亮, 庄国强(1181)
反硝化脱硫工艺中微生物群落结构及动态分析	于皓, 王爱杰, 陈川(1190)
农业废物好氧堆肥中环境因子对nirK、nirS和nosZ数量的影响	胡春晓, 陈耀宁, 张嘉超, 唐聪, 曾光明(1196)
蚯蚓体内过氧化物还原蛋白PRDX基因对土壤PAHs污染胁迫的转录响应	林康丽, 郑森林, 宋玉芳, 邱晓燕, 薛文玲(1204)
有序介孔碳载金/L-赖氨酸/纳米金修饰电极的制备及其对邻苯二酚、对苯二酚的检测响应研究	周耀渝, 汤琳, 李贞, 刘媛媛, 杨贵德, 伍梦诗, 雷晓霞, 曾光明(1211)
新建核电站风险信息沟通实证研究	贺桂珍, 吕永龙(1218)
《环境科学》征订启事(942) 《环境科学》征稿简则(992) 信息(932, 949, 1061, 1210) 专辑征稿通知(1173)	

乙酸/丙酸作为 EBPR 碳源的动力学模型研究(Ⅲ)——模型的应用

张超^{1,2}, 陈银广²

(1. 石油化工科学研究院, 中国石化水处理中心, 北京 100083; 2. 同济大学环境科学与工程学院, 污染控制与资源化研究国家重点实验室, 上海 200092)

摘要: 采用基于 SCFAs 代谢的动力学模型, 模拟了不同碳源类型和不同 $m(P)/m(COD)$ 对聚磷菌(PAO)和聚糖菌(GAO)竞争的影响。结果表明, 以乙酸作为唯一碳源时, EBPR 中的微生物种群结构基本保持反应器初始状态的生物组成, PAO 或 GAO 都无法取得明显的竞争优势。但是, 在进水中添加丙酸有利于 PAO 成为优势微生物, 当丙酸占总酸的质量分数达到 33% 以上时, EBPR 趋于稳定。当 $m(P)/m(COD) < 0.01$ 时, 即使丙酸作为 EBPR 的碳源, GAO 仍占(PAO + GAO)总量的 95% 以上。为了使 PAO 占有优势, 进水 $m(P)/m(COD)$ 应该控制在 0.04 ~ 0.10 之间。

关键词: 聚磷菌; 聚糖菌; 动力学模拟; 竞争; 优势菌属

中图分类号: X11 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2013)03-1004-04

Kinetic Model of Enhanced Biological Phosphorus Removal with Mixed Acetic and Propionic Acids as Carbon Sources (Ⅲ): Model Application

ZHANG Chao^{1,2}, CHEN Yin-guang²

(1. Water Treatment Center of SINOPEC, Research Institute of Petroleum Processing, Beijing 100083, China; 2. State Key Laboratory of Pollution Control and Resources Reuse, College of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: The kinetic model based on SCFAs metabolism was applied for the prediction of phosphorus- and glycogen-accumulating organisms (PAO and GAO) competition with different carbon sources and $m(P)/m(COD)$ ratios. When acetic acid was used as the sole carbon source, the biomass compositions were almost the same as those before cultivation, and neither PAO nor GAO could be out-competed from EBPR. However, increasing propionic acid in the influent helped PAO to be the predominance organism, and EBPR performance kept excellent when the ratio of propionate to mixed acids (acetate + propionate) was higher than 0.33. It also found that the $m(P)/m(COD)$ ratio should be kept at 0.04-0.10 to avoid phosphorus became a limiting factor for PAO growth. This was because at low $m(P)/m(COD)$ ratios, such as 0.01, GAO would take up 95% of the total (PAO + GAO) biomass.

Key words: phosphorus accumulating organisms (PAO); glycogen accumulating organisms (GAO); kinetic simulation; competition; predominance biomass

建立动力学模型^[1]的目的不仅仅在于模拟 PAO 和 GAO 的代谢过程, 更重要的是模拟和预测不同条件下 PAO-GAO 的竞争关系, 为生物除磷工艺的优化和稳定运行提供指导。为了预测外界条件变化对 PAO 和 GAO 的影响, 本研究以表 1 作为 SBR 工艺的初始条件, 其中进水中丙酸比例如式 (1) 所示 ($\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$, 以 C 计), 模拟了运行 60 d 后 PAO 和 GAO 生物量的分布关系。模拟过程中, 忽略静置阶段微生物的自溶; 由于 PAO 和 GAO 的竞争使好氧 pH 不确定而无法模拟 pH 对 PAO 好氧吸磷的抑制作用, 因此采用全程控制 pH 为 7.0 的控制方式; 此外, 除非特别指出, 模型参数选择均采用本研究已确定的数值^[2]。SBR 中 PAO 和 GAO 占 (PAO + GAO) 的质量分数如式 (2) 所示 ($\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 以

COD 计)。

$$f_{\text{丙酸}} = \frac{n_{\text{丙酸}}}{n_{\text{乙酸}} + n_{\text{丙酸}}} \quad (1)$$

$$f_{\text{PAO}} = \frac{X_{\text{PAO}}}{X_{\text{PAO}} + X_{\text{GAO}}} \quad (2)$$

$$f_{\text{GAO}} = \frac{X_{\text{GAO}}}{X_{\text{PAO}} + X_{\text{GAO}}}$$

1 碳源类型对 PAO-GAO 竞争的影响

图 1 表示了不同碳源条件对 PAO-GAO 竞争的

收稿日期: 2012-06-01; 修订日期: 2012-08-16

基金项目: 国家自然科学基金项目 (50408039); 国家高技术研究发展计划 (863) 项目 (2007AA06Z326); 中国石化基础科研 (311047)

作者简介: 张超 (1981 ~), 男, 博士, 高级工程师, 主要研究方向为废水生物处理与污泥资源化, E-mail: zhangchao_seu@163.com

表 1 模拟 SBR 运行的初始条件
Table 1 Initial parameters for the simulation of SBR process

参数	初始条件
X_{PAO}, X_{GAO} (以 COD 计)/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	1 000
X_{PP}/X_{PAO} (以 COD 计)/ $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	0.32
$X_{GLY, P}/X_{PAO}$ (以 COD 计)/ $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	0.18
$X_{GLY, C}/X_{GAO}$ (以 COD 计)/ $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	0.4
$X_{PHA, P}, X_{GLY, C}$ (以 COD 计)/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	5
进水 SCFAs 浓度(以 COD 计)/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	200
进水 SOP 浓度(以 P 计)/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	20
pH	7.0
溶解氧/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	6
污泥龄/d	8
温度/ $^{\circ}\text{C}$	20
运行方式	每天运行 3 个周期, 每周期包括 2 h 厌氧和 3 h 好氧

影响. Lopez-Vazquez 等^[3] 建议, 当系统中的 PAO (或 GAO) 占 (PAO + GAO) 的 60% 以上时, 则认为 PAO (或 GAO) 占有优势; 当 PAO (或 GAO) 都无法达到 (PAO + GAO) 60% 以上时, 则认为 PAO 和 GAO 在系统中并存而且存在竞争关系. 由图 1 可以看出, 当碳源为纯乙酸时, 运行 60 d 后反应器中的 PAO 无法取得明显的竞争优势, 虽然 $f_{PAO} > f_{GAO}$, 但是这种微弱的优势很容易被外界环境变化 (如高温) 打破^[3~10], 使 GAO 取得竞争优势而造成 EBPR 系统恶化, 这与 Lopez-Vazquez 等^[3] 的研究结果类似. 随着丙酸摩尔分数 (以 C 计) 的增加, 系统中 PAO 的含量也逐渐增加, 当 $f_{丙酸} > 0.33$ 时, f_{PAO} 超过 60% 而占据主导地位, 预示 EBPR 反应器运行稳定, 系统除磷能力进一步增强, 这在课题组之前的研究中得以验证^[11, 12].

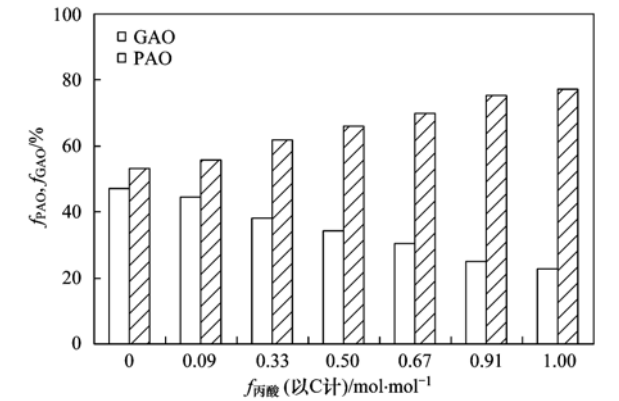


图 1 模拟不同碳源比例对 PAO-GAO 竞争的影响
Fig. 1 Simulation the effect of propionate to SCFAs ratios on the PAO-GAO competition

2 $m(P)/m(COD)$ 比对 PAO-GAO 竞争的影响

大量研究表明, $m(P)/m(COD)$ 比例高有利于

富集 PAO^[13, 14]. 在保持进水 COD 为 $200\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的条件下, 改变进水中 SOP 的含量, 使 $m(P)/m(COD)$ 依次为 0.10、0.05、0.04、0.025、0.02、0.01 这 6 种比例, 模拟反应器运行 60 d 过程中 PAO 和 GAO 的竞争状况. 图 2 给出了部分不同进水酸比例、不同 $m(P)/m(COD)$ 比对 PAO-GAO 竞争的影响. 可以看出, 无论碳源为乙酸、混合酸还是丙酸, 当进水 $m(P)/m(COD)$ 为 0.01 时, 60 d 后反应器中 GAO 的含量可以达到 95% 以上. 这说明, 通过降低进水中的磷含量, 可以培养出纯度很高的 GAO.

当 $m(P)/m(COD)$ 为 0.02 时, 虽然随着丙酸含量的增加, 反应器中 PAO 仍可以在短时间 (20 d) 内取得竞争优势, 但是随着时间的增加, PAO 仍将被洗出、GAO 最终取得竞争优势.

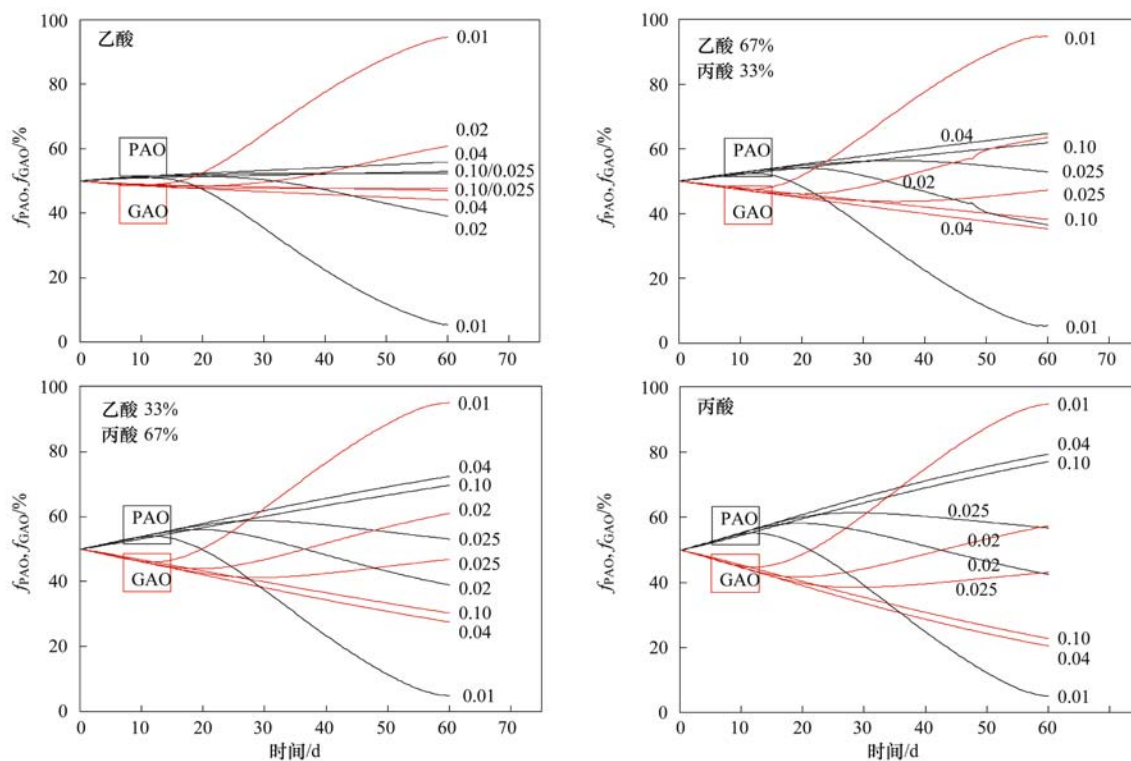
当 $m(P)/m(COD)$ 为 0.025 时, 以乙酸作为碳源的反应器中 PAO 与 GAO 都无法成为系统的优势菌属, 分别维持在 52% 和 48% 左右. 在其它反应器中, 随着丙酸的增加, PAO 可在短时间内占总微生物量的 60% 以上, 但是当时间超过 30 d, PAO 比例又出现下降的趋势, 60 d 后丙酸反应器中 PAO 比例下降到 57% 左右. 这说明当 $m(P)/m(COD)$ 低于 0.025 时, 无论以乙酸、混合酸还是丙酸作为碳源, EBPR 都不稳定. Ren 等^[15] 在 $m(P)/m(COD) = 0.033$ 、乙酸作为碳源、温度为 $(14 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ 的条件下, 发现 PAO 占生物量的 40% 左右, 这与本研究中的模拟数据接近.

当 $m(P)/m(COD)$ 为 0.04 时, 纯乙酸反应器中 PAO 依然维持在 52% 左右. 但是, 随着丙酸含量的增加, PAO 渐渐取得明显的竞争优势, 丙酸含量越高, PAO 成为优势菌属的所需的时间越短. 然而, 在

碳源组分一定条件下,继续增加 $m(P)/m(COD)$, 既不能提高 PAO 取得竞争优势的速度,也不能改善微生物的分布状况,过高的 $m(P)/m(COD)$ 甚至将减小 PAO 的比例. 这表明,在增强生物除磷系统中, $m(P)/m(COD)$ 维持在 0.04 ~ 0.10 有利于 PAO 的生长.

从图 2 中还可以看出,在 $m(P)/m(COD) > 0.025$ 且乙酸作为碳源的 EBPR 系统中,PAO 和

GAO 基本维持反应器初始状态的生物比例,任何一种微生物都无法取得明显优势. 只有在外界环境改变(如温度降低/升高、 $m(P)/m(COD)$ 比例非常低等)的条件下,才能打破乙酸作为碳源的 EBPR 中的生物群落平衡,使其中一种微生物成为优势菌属. 但是,当进水中含有一定量的丙酸,假设运行环境不发生变化,从理论上来说,只要运行足够长的时间,可以使系统中 PAO 含量超过 >80%.



图中数值代表 $m(P)/m(COD)$; 乙酸图中 0.10/0.025 表示当 $m(P)/m(COD)$ 为 0.10 和 0.025 时,曲线几乎重合

图 2 预测 $m(P)/m(COD)$ 比对 PAO-GAO 竞争的影响

Fig. 2 Simulation the effect of influent $m(P)/m(COD)$ ratios on the PAO-GAO competition

图 3 为不同 $m(P)/m(COD)$ 下运行 60 d 后反应器中的微生物分布状况,从中可以更直观地比较 $m(P)/m(COD)$ 和碳源组成对 PAO-GAO 竞争的影响. 由图 3 可以看出,当丙酸含量较低时,EBPR 中 PAO 很难取得竞争优势;随着丙酸含量的增加,系统中 PAO 的比例也逐渐增加.

由图 3 还可以看出, $m(P)/m(COD) = 0.025$ 是 EBPR 能否成功运行的关键比例. 当 $m(P)/m(COD) < 0.025$ 时,PAO 很容易被洗出,GAO 迅速取得竞争优势. 当 $m(P)/m(COD) = 0.04$ 时,最有利于 PAO 的生长. 继续增加 $m(P)/m(COD)$ 比例,PAO 比例反而略有下降,这可能是因为 PAO 无法获得充足的碳源所致.

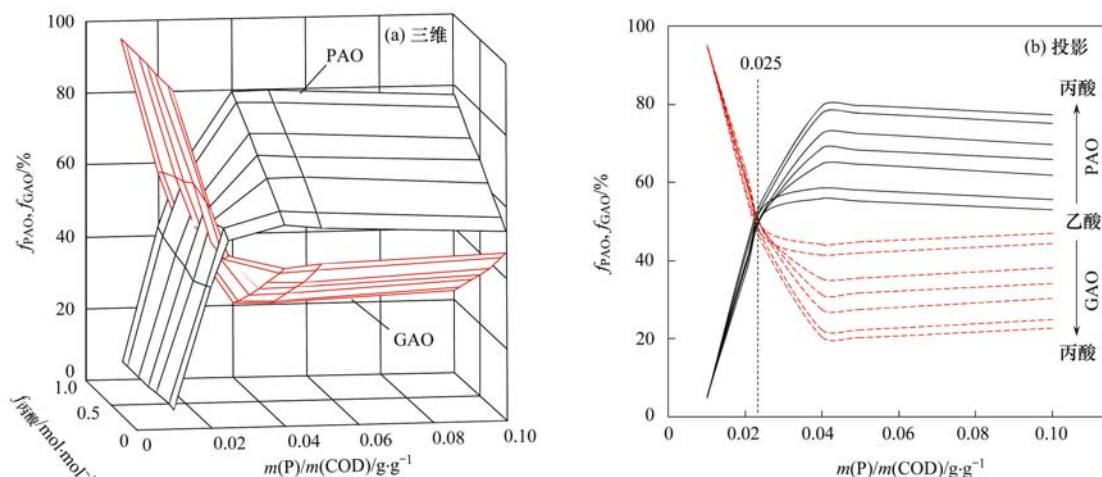
3 结论

(1) 当 EBPR 系统中 PAO 和 GAO 数量相当而且以乙酸作为唯一碳源时,PAO 较难取得优势,但随着丙酸比例的提高,PAO 将逐渐增加并占据主导地位.

(2) 当 $m(P)/m(COD) < 0.02$ 时,PAO 将被洗出,GAO 最终取得竞争优势. 当 $m(P)/m(COD)$ 为 0.01 时,GAO 甚至可以占细菌总量的 95% 以上.

(3) 当 $m(P)/m(COD) = 0.025$ 时,无论以乙酸、混合酸还是丙酸作为碳源,PAO 和 GAO 都无法成为优势菌属.

(4) 当 $m(P)/m(COD) > 0.04$ 时,随着丙酸含



投影图中依箭头方向依次为由乙酸→混合酸→丙酸, 即 $n(\text{丙酸})/n(\text{SCFAs})$ 的摩尔比依次为 0%、9%、33%、50%、67%、91%、100% (以 C 计)

图 3 模拟 $m(\text{P})/m(\text{COD})$ 比运行 60 d 后系统中微生物分布的三维图及投影图

Fig. 3 The 3D-surface plot and projection graph of biomass fraction after 60 d running at different $m(\text{P})/m(\text{COD})$ ratios

量的增加, PAO 渐渐取得明显的竞争优势, 丙酸含量越高, PAO 成为优势菌属的所需的时间越短。

参考文献:

- [1] 张超, 陈银广. 乙酸/丙酸作为 EBPR 碳源的动力学模型研究 (I)——模型的建立[J]. 环境科学, 2013, 34(3): 993-997.
- [2] 张超, 陈银广. 乙酸/丙酸作为 EBPR 碳源的动力学模型研究 (II)——动力学模拟[J]. 环境科学, 2013, 34(3): 998-1003.
- [3] Lopez-Vazquez C M, Oehmen A, Hooijmans C M, *et al.* Modeling the PAO-GAO competition: Effects of carbon source, pH and temperature[J]. Water Research, 2009, 43(2): 450-469.
- [4] Houweling D, Comeau Y, Takács I, *et al.* Comment on “Modelling the PAO-GAO competition: effects of carbon source, pH and temperature” by Lopez-Vazquez, C. M., Oehmen, A., Hooijmans, C. M., Brdjanovic, D., Gijzen, H. J., Yuan, Z., van Loosdrecht, M. C. M. Water Res. (2009)[J]. Water Research, 2009, 43(11): 2947-2949.
- [5] Van Loosdrecht M C M, Oehmen A, Hooijmans C M, *et al.* Response to the comment on “Modelling the PAO-GAO competition: Effects of carbon source, pH and temperature” by Dwight Houweling *et al.* [J]. Water Research, 2009, 43(11): 2950-2951.
- [6] Brdjanovic D, Logemann S, Van Loosdrecht M C M, *et al.* Influence of temperature on biological phosphorus removal: process and molecular ecological studies[J]. Water Research, 1998, 32(4): 1035-1048.
- [7] Brdjanovic D, Van Loosdrecht M C M, Hooijmans C M, *et al.* Temperature effects on physiology of biological phosphorus removal [J]. Journal of Environmental Engineering-ASCE, 1997, 123(2): 144-153.
- [8] Whang L M, Park J K. Competition between polyphosphate-and glycogen-accumulating organisms in biological phosphorus removal systems – effect of temperature [J]. Water Science and Technology, 2002, 46(1-2): 191-194.
- [9] Erdal U G, Erdal Z K, Randall C W. The competition between PAOs (phosphorus accumulating organisms) and GAOs (glycogen accumulating organisms) in EBPR (enhanced biological phosphorus removal) systems at different temperatures and the effects on system performance [J]. Water Science and Technology, 2003, 47(11): 1-8.
- [10] Lopez-Vazquez C M, Song Y, Hooijmans C M, *et al.* Short-term temperature effects on the anaerobic metabolism of glycogen accumulating organisms [J]. Biotechnology and Bioengineering, 2007, 97(3): 483-495.
- [11] Chen Y G, Randall A A, McCue T. The efficiency of enhanced biological phosphorus removal from real wastewater affected by different ratios of acetic to propionic acid [J]. Water Research, 2004, 38(1): 27-36.
- [12] Chen Y G, Liu Y, Zhou Q, *et al.* Enhanced phosphorus biological removal from wastewater—effect of microorganism acclimatization with different ratios of short-chain fatty acids mixture [J]. Biochemical Engineering Journal, 2005, 27(1): 24-32.
- [13] 刘燕. 丙酸/乙酸比例及 pH 对聚磷菌富集的增强生物除磷系统影响[D]. 上海: 同济大学, 2006.
- [14] 马民. 丙酸/乙酸比例及 pH 对聚糖菌富集系统的影响[D]. 上海: 同济大学, 2006.
- [15] Ren N Q, Kang H, Wang X H, *et al.* Short-term effect of temperature variation on the competition between PAOs and GAOs during acclimation period of an EBPR system [J]. Frontiers of Environmental Science and Engineering in China, 2011, 5(2): 277-282.

CONTENTS

Estimation of PM _{2.5} over Eastern China from MODIS Aerosol Optical Depth Using the Back Propagation Neural Network	GUO Jian-ping, WU Ye-rong, ZHANG Xiao-ye, <i>et al.</i> (817)
Comparison of Atmospheric Particulate Matter and Aerosol Optical Depth in Beijing City	LIN Hai-feng, XIN Jin-yuan, ZHANG Wen-yu, <i>et al.</i> (826)
Impacts of Meteorological Factors on Atmospheric Methane Mole Fractions in the Background Area of Yangtze River Delta	PU Jing-jiao, XU Hong-hui, GU Jun-qiang, <i>et al.</i> (835)
Dispersion and Analysis of Odor Pollution in Landfill Area Under the Enclosed Operation Condition	LU Peng, WU Shi-xing, DAI Zhi-feng, <i>et al.</i> (842)
Distribution Characteristics and Sea-Air Fluxes of Volatile Halocarbons in the East China Sea in Winter	HE Zhen, LU Xiao-lan, YANG Gui-peng (849)
Intra- and Inter-annual Variabilities of Particulate Organic Matter in the Mirs Bay from 2000 to 2010	LI Xu-lu, ZHOU Yi-pin, XIA Hua-yong (857)
Phytoplankton Assemblages and Their Relation to Environmental Factors by Multivariate Statistic Analysis in Bohai Bay	ZHOU Ran, PENG Shi-tao, QIN Xue-bo, <i>et al.</i> (864)
Characteristics and Evolution of Hydrochemical Compositions of Freshwater Lake in Tibetan Plateau	WANG Peng, SHANG Ying-nan, SHEN Li-cheng, <i>et al.</i> (874)
Estimation of Nonpoint Source Pollutant Loads and Optimization of the Best Management Practices (BMPs) in the Zhangweinan River Basin	XU Hua-shan, XU Zong-xue, LIU Pin (882)
An Object-Oriented Intelligent Engineering Design Approach for Lake Pollution Control	ZOU Rui, ZHOU Jing, LIU Yong, <i>et al.</i> (892)
Contribution of Plant Litters to Sediments Organic Matter in Jiulong River Estuary Wetland	LUO Zhuan-xi, QIU Zhao-zheng, WANG Zhen-hong, <i>et al.</i> (900)
Application of Tiered Approach to Assess the Impact of Backfilling Remediated Soil on Groundwater	ZHONG Mao-sheng, JIANG Lin, YAO Jue-jun, <i>et al.</i> (907)
Removal of Nitrate from Groundwater Using Permeable Reactive Barrier	LI Xiu-li, YANG Jun-jun, LU Xiao-xia, <i>et al.</i> (914)
Research on Pollution Load of Sediments in Storm Sewer in Beijing District	LI Hai-yan, XU Bo-ping, XU Shang-ling, <i>et al.</i> (919)
Occurrence and Risk Assessment of Five Selected PPCPs in Municipal Wastewater Treatment Plant and the Receiving Water	WEN Zhi-hao, DUAN Yan-ping, MENG Xiang-zhou, <i>et al.</i> (927)
Microbial Risk Assessment of Urban Water Bodies for Aesthetical and Recreational Uses	SUN Fu, SHA Jing, ZHANG Yi-fan, <i>et al.</i> (933)
Study on Removal of Di-(2-Ethylhexyl) Phthalate by Using of Small-Scale Biological Aerated Filter	LI Wei, ZHAO Jing, YU Jian, <i>et al.</i> (943)
Mechanism of Membrane Fouling and Filtration Characteristics in a Membrane Bioreactor for Industrial Wastewater Treatment	FAN Ju-hong, YU Su-lin, ZHANG Pei-shuai, <i>et al.</i> (950)
Enhanced Electro-Chemical Oxidation of Acid Red 3R Solution with Phosphotungstic Acid Supported on γ -Al ₂ O ₃	YUE Lin, WANG Kai-hong, GUO Jian-bo, <i>et al.</i> (955)
Degradation Kinetics of Activated Carbon Catalyzed Persulfate Oxidation Orange G	YANG Mei-mei, ZHOU Shao-qi, LIU Dan, <i>et al.</i> (962)
Study on the Start-up of the Anaerobic Baffled Reactor for Treating Alkali-dewighting and Dyeing-printing Wastewater	YANG Bo, ZHONG Qi-jun, LI Fang, <i>et al.</i> (968)
Study on the Pollutants Removal Performance Along the Advanced Treatment in Tannery Wastewater by O ₃ -BAF	YU Bin, LIU Rui, CHENG Jia-di, <i>et al.</i> (974)
Effect of Pilot UASB-SFSBR-MAP Process for the Large Scale Swine Wastewater Treatment	WANG Liang, CHEN Chong-jun, CHEN Ying-xu, <i>et al.</i> (979)
Cultivation of Aerobic Granular Sludge with Municipal Wastewater and Studies on Its Characteristics Under the Continuous Flow	NIU Shu, DUAN Bai-chuan, ZHANG Zuo-li, <i>et al.</i> (986)
Kinetic Model of Enhanced Biological Phosphorus Removal with Mixed Acetic and Propionic Acids as Carbon Sources (I) : Model Constitution	ZHANG Chao, CHEN Yin-guang (993)
Kinetic Model of Enhanced Biological Phosphorus Removal with Mixed Acetic and Propionic Acids as Carbon Sources (II) : Process Simulation	ZHANG Chao, CHEN Yin-guang (998)
Kinetic Model of Enhanced Biological Phosphorus Removal with Mixed Acetic and Propionic Acids as Carbon Sources (III) : Model Application	ZHANG Chao, CHEN Yin-guang (1004)
Comparative Study on Water-air CO ₂ , CH ₄ Flux in Two Tributaries in the Three Gorges Reservoir, China	LI Zhe, BAI Lei, GUO Jin-song, <i>et al.</i> (1008)
Factors Influencing the Spatial Variability in Soil Respiration Under Different Land Use Regimes	CHEN Shu-tao, LIU Qiao-hui, HU Zheng-hua, <i>et al.</i> (1017)
Differences in Soil Respiration Between Cropland and Grassland Ecosystems and Factors Influencing Soil Respiration on the Loess Plateau	ZHOU Xiao-gang, ZHANG Yan-jun, NAN Ya-fang, <i>et al.</i> (1026)
Application and Benefit Evaluation of Tiered Health Risk Assessment Approach on Site Contaminated by Benzene	JIANG Lin, ZHONG Mao-sheng, LIANG Jin, <i>et al.</i> (1034)
History of Heavy Metal Pollution from Tidal Flat in Haizhou Bay	ZHANG Rui, ZHANG Fan, LIU Fu-cheng, <i>et al.</i> (1044)
Accumulation, Distribution and Pollution Assessment of Heavy Metals in Surface Sediment of Caohai Plateau Wetland, Guizhou Province	ZHANG Qing-hai, LIN Chang-hu, TAN Hong, <i>et al.</i> (1055)
Assessment and Correlation Analysis of Heavy Metals Pollution in Soil of Dajinshan Island	CHENG Fang, CHENG Jin-ping, SANG Heng-chun, <i>et al.</i> (1062)
Fraction Distribution and Risk Assessment of Heavy Metals in Stream Sediments from a Typical Nonferrous Metals Mining City	LI Ru-zhong, JIANG Yan-min, PAN Cheng-rong, <i>et al.</i> (1067)
Contamination and Health Risk for Heavy Metals via Consumption of Vegetables Grown in Fragmentary Vegetable Plots from a Typical Nonferrous Metals Mine City	LI Ru-zhong, PAN Cheng-rong, XU Jing-jing, <i>et al.</i> (1076)
Correlativity Study of the Distribution of Soil Magnetic Susceptibility and the Heavy Metal Contents in Xi'an City	CHEN Xiu-duan, LU Xin-wei, YANG Guang (1086)
Distribution Characteristics and Environmental Significance of Heavy Metals in Soil Particle Size Fractions from Tropical Forests in China	GONG Cang, XU Dian-dou, CHENG Hang-xin, <i>et al.</i> (1094)
Study on Phosphorus Adsorption Characteristic of Sediments in an Ecological Ditch	ZHANG Shu-nan, JIA Zhao-yue, XIAO Run-lin, <i>et al.</i> (1101)
Fractions and Adsorption Characteristics of Phosphorus on Sediments and Soils in Water Level Fluctuating Zone of the Pengxi River, a Tributary of the Three Gorges Reservoir	SUN Wen-bin, DU Bin, ZHAO Xiu-lan, <i>et al.</i> (1107)
Sorption Behavior of Triton X-100 on Loess and Affecting Factors	ZHONG Jin-kui, ZHAO Bao-wei, ZHU Kun, <i>et al.</i> (1114)
Residual Levels in Air, Soil and Soil-Air Exchange of Organochlorine Pesticides in Hami Region of Xinjiang and Its Potential Ecological Risk	MA Zi-long, MAO Xiao-xuan, DING Zhong-yuan, <i>et al.</i> (1120)
Levels and Sources of Decabromodiphenyl Ether and Dechlorane Plus in Xining and Tianjun, Qinghai Province, China	HE Chang, JIN Jun, MA Zhao-hui, <i>et al.</i> (1129)
Vertical Distribution of PBDEs and DL-PCBs in Sediments of Taihu Lake	MA Zhao-hui, JIN Jun, QI Xue-kui, <i>et al.</i> (1136)
Characteristics of Organic Pollutants in the Sediments from a Typical Electronics Industrial Zone	LIU Jin, DENG Dai-yong, XU Mei-ying, <i>et al.</i> (1142)
Emission Characteristics of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Exhaust Particles from a Diesel Car	TAN Pi-qiang, ZHOU Zhou, HU Zhi-yuan, <i>et al.</i> (1150)
Characterization of PAHs in Fly Ashes from Coke Production	MU Ling, PENG Lin, LIU Xiao-feng, <i>et al.</i> (1156)
Comparison of PAHs Distribution in Stabilized Sludge by Sludge Drying Bed and Reed Bed	CUI Yu-bo, SUN Hong-jie, RAN Chun-qiu, <i>et al.</i> (1161)
Effects of Adsorbents on Partitioning and Fixation of Heavy Metals in the Incineration Process of Sewage Sludge	LIU Jing-yong, SUN Shui-yu, CHEN Tao (1166)
Environmental Toxicity of Waste Foundry Sand	ZHANG Hai-feng, WANG Yu-jue, WANG Jin-lin, <i>et al.</i> (1174)
Construction and Properties of a Microbial Whole-cell Sensor CB10 for the Bioavailability Detection of Cr ⁶⁺	HOU Qi-hui, MA An-zhou, ZHUANG Xu-liang, <i>et al.</i> (1181)
Structure and Dynamics of Microbial Community in the Denitrifying Sulfide Removal Process	YU Hao, WANG Ai-jie, CHEN Chuan (1190)
Effects of Physico-chemical Parameters on the Abundance of the Denitrification-associated Genes <i>nirK</i> , <i>nirS</i> and <i>nosZ</i> During Agricultural Waste Composting	HU Chun-xiao, CHEN Yao-ning, ZHANG Jia-chao, <i>et al.</i> (1196)
Impact of PAHs on the Expression of PRDX in Earthworm (<i>Eisenia fetida</i>)	LIN Kang-li, ZHENG Sen-lin, SONG Yu-fang, <i>et al.</i> (1204)
Preparation of OMC-Au/L-Lysine/Au Modified Glassy Carbon Electrode and the Study on Its Detection Response to Hydroquinone and Catechol	ZHOU Yao-yu, TANG Lin, LI Zhen, <i>et al.</i> (1211)
Risk Communication in Construction of New Nuclear Power Plant	HE Gui-zhen, LÜ Yong-long (1218)

《环境科学》第6届编辑委员会

主 编: 欧阳自远

副主编: 赵景柱 郝吉明 田 刚

编 委: (按姓氏笔画排序)

万国江 王华聪 王凯军 王绪绪 田 刚 田 静 史培军
朱永官 刘志培 汤鸿霄 陈吉宁 孟 伟 周宗灿 林金明
欧阳自远 赵景柱 姜 林 郝郑平 郝吉明 聂永丰 黄 霞
黄 耀 鲍 强 潘 纲 潘 涛 魏复盛

环 境 科 学

(HUANJING KEXUE)

(月刊 1976年8月创刊)

2013年3月15日 34卷 第3期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 34 No. 3 Mar. 15, 2013

主 管	中国科学院	Superintended	by	Chinese Academy of Sciences
主 办	中国科学院生态环境研究中心	Sponsored	by	Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences
协 办	(以参加先后为序) 北京市环境保护科学研究院 清华大学环境学院	Co-Sponsored	by	Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection School of Environment, Tsinghua University
主 编	欧阳自远	Editor-in -Chief		OUYANG Zi-yuan
编 辑	《环境科学》编辑委员会 北京市2871信箱(海淀区双清路 18号, 邮政编码:100085) 电话:010-62941102, 010-62849343 传真:010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn	Edited	by	The Editorial Board of Environmental Science (HUANJING KEXUE) P. O. Box 2871, Beijing 100085, China Tel:010-62941102, 010-62849343; Fax:010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn
出 版	科 学 出 版 社 北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717	Published	by	Science Press 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷 装 订	北京北林印刷厂	Printed	by	Beijing Bei Lin Printing House
发 行	科 学 出 版 社 电话:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com	Distributed	by	Science Press Tel:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com
订 购 处	全国各地邮电局	Domestic		All Local Post Offices in China
国外总发行	中国国际图书贸易总公司 (北京399信箱)	Foreign		China International Book Trading Corporation (Guoji Shudian), P. O. Box 399, Beijing 100044, China

中国标准刊号: ISSN 0250-3301
CN 11-1895/X

国内邮发代号: 2-821

国内定价: 90.00元

国外发行代号: M 205

国内外公开发行人