

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第33卷 第11期

Vol.33 No.11

2012

中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版



目次

京津冀与长三角区域大气 NO₂ 污染特征 王英, 李令军, 刘阳 (3685)

2008~2011年夏季京津冀区域背景大气污染变化分析 杨俊益, 辛金元, 吉东生, 朱彬 (3693)

沧州市大气污染特征观测研究 王永宏, 胡波, 王跃思, 刘伟, 张武 (3705)

华北工业城市降水中金属元素污染特征及来源 李月梅, 潘月鹏, 王跃思, 王英锋, 李杏茹 (3712)

广州市交通主干道空气中苯系物的测量 叶丛雷, 谢品华, 秦敏, 凌六一, 郑尼娜, 刘文彬, 黄祖照 (3718)

基于实时交通信息的道路机动车动态排放清单模拟研究 黄成, 刘娟, 陈长虹, 张健, 刘登国, 朱景瑜, 黄伟明, 巢渊 (3725)

柴油轿车燃用煤基 F-T 合成油的排放特性 胡志远, 程亮, 谭丕强, 楼狄明 (3733)

九龙江口滨海湿地生源要素空间分布特征 余小青, 杨军, 刘乐冕, 田原, 余正, 王昌付 (3739)

南四湖水体氮、磷营养盐时空分布特征及营养状态评价 舒凤月, 刘玉配, 赵颖, 吴艳鹏, 李爱华 (3748)

天目湖流域湿地对氮磷输出影响研究 李兆富, 刘红玉, 李恒鹏 (3753)

北京市新建城区不透水地表径流 N、P 输出形态特征研究 李立青, 吕书丛, 朱仁肖, 刘泽权, 单保庆 (3760)

云阳宗海湖的分布与来源 张玉玺, 向小平, 张英, 陈玺, 刘景涛, 王金翠, 张媛静, 孙继朝 (3768)

南方某城市地表水体中粪源性污染指示微生物的分布特征研究 孙傅, 沙婧, 刘彦华 (3778)

三峡库区大宁河藻细胞昼夜垂直迁移研究 张永生, 郑丙辉, 姜霞, 郑浩, 钟娜, 陈春宵 (3787)

江淮农村生态型排水系统构建及截污作用研究 单保庆, 李楠, 唐文忠 (3797)

人工湿地植物床-沟壕系统水质净化效果 汪仲琼, 张荣斌, 陈庆华, 魏宏斌, 王为东 (3804)

潜流人工湿地演变对废水中有机物、氮及磷去除的影响 魏泽军, 谢建平, 黄玉明 (3812)

人工湿地处理含盐生活污水的特性研究 高峰, 杨朝晖, 李晨, 金卫红, 邓一兵 (3820)

催化湿式氧化法降解水中的 β-萘酚 刘杰, 于超英, 赵培庆, 陈革新 (3826)

ZVI/EDDS/Air 体系降解水中 2,4-二氯酚的研究 孙倩, 周海燕, 曹梦华, 吴琳娜, 王琳玲, 陈静, 陆晓华 (3833)

微波改性 MWNTs/TiO₂ 复合材料对 1,2,3-三氯苯的光催化降解研究 施周, 张茜, 张伟, 徐舜开, 张骅 (3840)

腐殖酸对生物炭去除水中 Cr(VI) 的影响机制研究 丁文川, 田秀美, 王定勇, 曾晓岚, 徐茜, 陈健康, 艾小雨 (3847)

臭氧氧化-活性污泥法处理含 PVA 工业废水的试验研究 邢晓琼, 黄程兰, 刘敏, 陈滢 (3854)

复合底物对颗粒化 EBPR 系统除磷特性的影响及优化试验研究 徐少娟, 孙培德, 郑雄柳, 董毅 (3859)

进水比例对水解反应器出水水质的影响研究 梁康强, 熊娅, 戚茂荣, 林秀军, 朱民, 宋英豪 (3868)

厌氧-准好氧联合型生物反应器填埋场渗滤液水质水量变化规律的研究 韩智勇, 刘丹, 李启彬, 陈馨 (3873)

我国城市污水处理回用调查研究 郭宇杰, 王学超, 周振民 (3881)

快雌醇和壬基酚在土壤中的吸附-解吸特征 姜鲁, 王继华, 李建忠, 辛佳, 李森, 刘翔 (3885)

黄土丘陵区刺槐林深层土壤有机碳矿化特征初探 马昕昕, 许明祥, 杨凯 (3893)

半干旱黄土丘陵区土壤结皮的地表水文效应 卫伟, 温智, 陈利顶, 陈瑾, 吴东平 (3901)

广西大石围巨型漏斗土壤中多环芳烃与环境因素 孔祥胜, 祁士华, 蒋忠诚, 黄保健 (3905)

酸性条件下黄铁矿氧化机制的研究 王楠, 易筱筠, 党志, 刘云 (3916)

淋洗条件下砂土和粉土水盐运移过程的监测研究 付腾飞, 贾永刚, 郭磊, 刘晓磊 (3922)

空气注射修复苯污染地下水模拟研究 樊艳玲, 姜林, 张丹, 钟茂生, 贾晓洋 (3927)

不同终点检测 5 种双酚 A 类化合物对 MCF-7 的细胞毒性 张帅帅, 刘堰, 刘树深, 朱祥伟 (3935)

上海世博园后滩湿地糙足类群落特征及其对环境因子的响应 陈立婧, 吴艳芳, 景钰湘, 王聪, 张饮江 (3941)

耐盐石油烃降解菌的筛选鉴定及其特性研究 吴涛, 谢文军, 依艳丽, 李小彬, 王君, 胡相明 (3949)

高效降酚菌株 *Ochrobactrum* sp. CH10 生长动力学和苯酚降解特性的研究 陈晓华, 魏刚, 刘思远, 孙江曼, 王芳芳, 李昊源, 刘宇军 (3956)

四溴双酚 A 好氧降解菌的筛选及其降解特性研究 钱艳园, 刘莉莉, 于晓娟, 丁丛, 王志平, 施玉衡, 李晨君 (3962)

长期施用有机和无机肥对黑土 *nirS* 型反硝化菌种群结构和丰度的影响 尹昌, 范分良, 李兆君, 宋阿琳, 朱平, 彭畅, 梁永超 (3967)

三氯乙烯在不同土壤中的吸附特性及其影响因素研究 何龙, 邱兆富, 吕树光, 逯志昌, 王治立, 隋倩, 林匡飞, 刘勇弟 (3976)

多菌灵在农田土壤中的降解及其影响因子研究 肖文丹, 杨肖娥, 李廷强 (3983)

硫化物对垃圾焚烧污泥焚烧飞灰高温过程中重金属挥发的影响 刘敬勇, 孙水裕 (3990)

关于医疗垃圾飞灰中二噁英在惰性气氛下的低温热脱附研究 纪莎莎, 李晓东, 徐旭, 陈彤 (3999)

第七届环境模拟与污染控制学术研讨会论文

稻田气溶胶 NH₃ 和气体 NO_x 排放在线测定研究 龚巍巍, 栾胜基 (4006)

一种可同时检测挥发性氯代烷烃和氯代烯烃的电子鼻的研制 文晓刚, 刘锐, 蔡强, 万梅, 汤灵容, 陈吕军 (4012)

基于被动采样技术的垃圾焚烧厂及周边大气中 PAHs 分布研究 孙少艾, 李洋, 周轶, 王海蛟, 孙英 (4018)

涪江流域农业非点源污染空间分布及污染源识别 丁晓雯, 沈珍瑶 (4025)

人工湿地不同区域基质磷含量的差异分析 曹雪莹, 种云霄, 余光伟, 仲海涛 (4033)

基于 RT-qPCR 选择性检测水中活性病原菌 林怡雯, 李丹, 吴舒旭, 何苗, 杨天 (4040)

消毒副产物生成的温度影响和动力学模型 张小璐, 杨宏伟, 王小任, 付静, 解跃峰 (4046)

一种厌氧微定量研究新方法 张仲良, 吴静, 蒋剑凯, 姜洁, 李怀志 (4052)

梧桐树叶作为反硝化碳源的研究 熊剑锋, 徐华, 阎宁, 张永明 (4057)

降解嗜盐菌 AD-3 的筛选、降解特性及加氧酶基因的研究 崔长征, 冯天才, 于亚琦, 董斐, 杨昕梅, 冯耀宇, 刘勇弟, 林汉平 (4062)

《环境科学》征订启事 (3711) 《环境科学》征稿简则 (3767) 信息 (3998, 4039, 4045, 4056) 专辑征稿通知 (4051)

进水比例对水解反应器出水水质的影响研究

梁康强^{1,2}, 熊娅^{1,2}, 戚茂荣³, 林秀军^{1,2}, 朱民^{1,2}, 宋英豪^{1,2}

(1. 北京市环境保护科学研究院, 北京 100037; 2. 国家城市环境污染控制工程技术研究中心, 北京 100037; 3. 华中科技大学环境学院, 武汉 430074)

摘要: 针对城镇污水处理厂进水 SS/BOD 偏高、C/N 比偏低的问题, 通过对现有水解池结构进行改造, 设置两层布水器, 两层布水器之间形成污泥水解区, 以强化污泥水解, 改善出水水质。试验通过改变上下层布水器进水比例, 力求最佳进水比例, 使水解反应器起到初沉池作用的同时要提高废水的可生化性, 以指导此类水解反应器的大规模应用。结果表明, 4 种进水比例均对 COD 和 SS 去除有不同的去除效果, 但进水比例为 1:1 较其他 3 种进水比例能够大幅提高出水中 SCOD/COD 比值和挥发性脂肪酸(VFA)浓度。以改善出水可生化性为原则, 进水比例为 1:1 时为最佳进水比例, 即底部布水器进水 50%, 上层布水器处进水 50%, 既能为后续处理减少 COD 和 SS 的处理负担, 又能提高出水的可生化性。

关键词: 进水比例; 水解; 可生化性; 出水水质; VFA

中图分类号: X505 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2012)11-3868-05

Research of Input Water Ratio's Impact on the Quality of Effluent Water from Hydrolysis Reactor

LIANG Kang-qiang^{1,2}, XIONG Ya^{1,2}, QI Mao-rong³, LIN Xiu-jun^{1,2}, ZHU Min^{1,2}, SONG Ying-hao^{1,2}

(1. Beijing Municipal Research Academy of Environmental Protection, Beijing 100037, China; 2. National Engineering Research Centre for Urban Environmental Pollution Control, Beijing 100037, China; 3. Huazhong University of Science and Technology, School of Environmental Science & Engineering, Wuhan 430074, China)

Abstract: Based on high SS/BOD and low C/N ratio of waste water of municipal wastewater treatment plant, the structure of currently existing hydrolysis reactor was reformed to improve the influent quality. In order to strengthen the sludge hydrolysis and improve effluent water quality, two layers water distributors were set up so that the sludge hydrolysis zone was formed between the two layers distribution. For the purpose of the hydrolysis reactor not only plays the role of the primary sedimentation tank but also improves the effluent water biodegradability, input water ratios of the upper and lower water distributor in the experiment were changed to get the best input water ratio to guide the large-scale application of this sort hydrolysis reactor. Results show, four kinds of input water ratio have varying degrees COD and SS removal efficiency, however, input water ratio for 1:1 can substantially increase SCOD/COD ratio and VFA concentration of effluent water compared with the other three input water ratios. To improve the effluent biodegradability, input water ratio for 1:1 was chosen for the best input water ratio. That was the ratio of flow of upper distributor was 50%, and the ratio of the lower one was 50%, at this case it can reduce the processing burden of COD and SS for follow-up treatment, but also improve the biodegradability of the effluent.

Key words: input water ratio; hydrolysis; biodegradability; the quality of effluent water; VFA

在我国南方的城镇污水处理厂普遍存在进水 SS/BOD 偏高、C/N 比偏低的问题, 以及传统初沉池加剧后续生物脱氮除磷系统反硝化碳源不足等难题^[1-4]。如果能通过污泥中有机碳的水解释放大量的碳源, 不仅能够改善生物反应器的进水中无机组分的比例、提高 C/N 比, 还能够减少初沉污泥产量, 降低污水厂的运行费用^[5-7]。根据污水脱氮原理, 有机物含量过低时, 反硝化的电子供体不足, 反硝化反应不能进行^[8-10]。目前常用的解决办法主要有 2 个: 投加碳源和研究污水脱氮新技术^[11]。污水处理厂主要采取的措施是外加低分子有机物, 如甲醇、乙醇等^[12]。就外加碳源而言, 理论上碳源的分子越小, 越有利于反硝化菌的利用, 污水的脱氮效果

越好, 但是也存在一些缺点: 甲醇的脱氮效率虽高但是本身有毒, 会对环境造成潜在危险^[13,14]。针对城镇污水处理厂进水高 SS/BOD 比值污水, 目前的主要措施是增加污水在初沉池的停留时间, 但是传统的初沉池污泥停留时间较长而且底部的污泥容易发生分解使碳源流失, 进一步加剧生物系统碳源不足^[15,16]。为此, 需要对初沉池进行研究, 找到适合现在水质和排放标准的改造措施。

水解反应器能够截留足够的悬浮无机颗粒, 延长

收稿日期: 2012-01-16; 修订日期: 2012-05-15

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863)项目(2009AA063802)

作者简介: 梁康强(1983~), 男, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为城市污水处理, E-mail: liangkangqiang010@foxmail.com

初沉池的停留时间、促进污泥中有机物的分解,产生小分子碳源^[17~19]. 本试验以无锡市某污水处理厂的进水为研究对象,根据已有的水解池的构造进行改造,设计成两层均匀布水器、无搅拌的强化污泥水解反应器,考察不同的进水方式下反应器出水水质特点,以为反应器的实际应用提供技术支持.

1 材料与方法

1.1 试验原理及装置

污水处理厂的进水中含有大量的悬浮颗粒、大分子有机物等,进入初沉池后在重力作用下沉降到池底部形成污泥,上部则为污水. 污泥的厌氧消化主要分 3 个阶段:水解酸化阶段、产氢产乙酸阶段、产甲烷阶段^[20]. 本试验将污泥的停留时间控制在厌氧消化的前 2 个阶段,即水解酸化阶段、产酸阶段,由此产生乙酸、丙酸、丁酸等可溶性挥发性脂肪酸(VFA)随着水流进入后续的生物脱氮除磷系统,为其提供优质的碳源.

强化污泥水解反应器的装置如图 1 所示,反应器的体积为 26.95 m³,在底部 0 m 处、2.5 m 处设有布水器,两者之间以立管连接,进水管上设有 5 根支管,对称地平均分布在给水管所在的平面上,通过阀门控制支管的开启、闭合. 从反应器的底部到 5.5 m 高处每隔 0.5 m 设一个取样口,取样口螺旋上升. 污水处理厂的原水经过沉砂池后直接进入本反应器,两层布水器之间形成污泥层,以促进污泥水解和

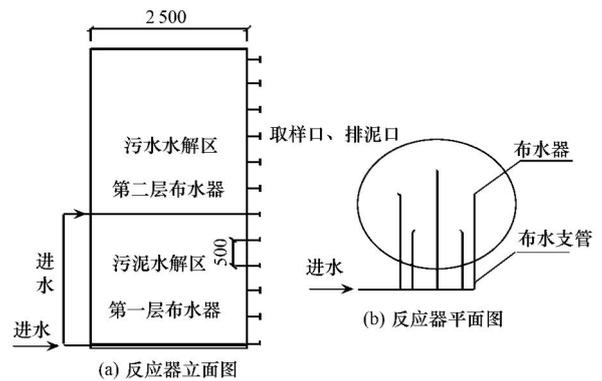


图 1 水解反应器装置示意

Fig. 1 Schematic of the hydrolysis reactor

改善废水生化性.

1.2 装置的启动与运行

1.2.1 装置的启动

试验装置启动初期从无锡市芦村污水处理厂的三期生物池的缺氧段抽取混合液打入反应器内,之后直接开始进水. 进水为芦村污水处理厂三期的沉砂池出水,采用连续进水方式,流量为 5 m³·h⁻¹,出水口高 5 m,采用溢流出水. 运行 10 d 后出水水质与污泥性状基本稳定.

1.2.2 装置的运行

日常运行中,控制污泥高度 4 m,以防管道堵塞、污泥在底部沉积、压缩. 反应器的进水方式如表 1 所示,每个工况的正常运行时间都在 20 d 以上.

表 1 水解反应器进水方式

Table 1 Input water pattern of the hydrolysis reactor

上下层布水器进水方式	V/ m ³ ·h ⁻¹	HRT/h	污泥高度/m	出水高度/m
①底部 100% + 2.5 m 处 0%	5	8.34	4	5
②底部 50% + 2.5 m 处 50%	5	8.34	4	5
③底部 20% + 2.5 m 处 80%	5	8.34	4	5
④底部 10% + 2.5 m 处 90%	5	8.34	4	5

1.3 检测与分析方法

每 3 d 取样进行检测, SCOD、VFA 是经过 0.45 μm 微孔滤膜过滤后取滤液检测,其他指标检测均采用国标. 进水采用无锡市某污水处理厂三期的沉砂池出水,污水的水质及检测方法如表 2 所示.

表 2 进水水质及检测方法

Table 2 Water quality of input water for experiment and methods of determination of indicators

项目	进水均值/mg·L ⁻¹	检测方法
COD	260.80	重铬酸钾法
SCOD	89	重铬酸钾法
VFA	84.50	NaOH 滴定法
SS	224	重量法

2 结果与讨论

水解反应器在污水处理中的作用有 2 个:①对污染物的去除,以降低后续工艺的处理负荷,主要体现在 COD 和 SS 的去除;②提高出水的可生化性,以提高后续工艺的处理效率,降低能耗和处理难度,主要体现在 SCOD 和 VFA 比例的提高,下面就上述指标对水解反应器运行效果进行衡量.

2.1 COD 削减效果

水解反应器可以降低 COD 的含量,主要通过 2 方面作用,一是通过沉淀作用去除废水中的固体 COD,另一个是通过水解作用降解废水中的 COD.

如图 2 所示,反应器对 COD 去除率最高的是第 1 种进水比例,即底部进水 100%,2.5 m 处进水 0%。其 COD 去除率在 52%~77% 之间波动,平均去除率为 65.73%,其次是第 2 种进水比例,平均去除率为 53.74%,第 3 种和第 4 种进水比例的 COD 平均去除率较前 2 种有所降低,分别为 45.61%、39.68%。

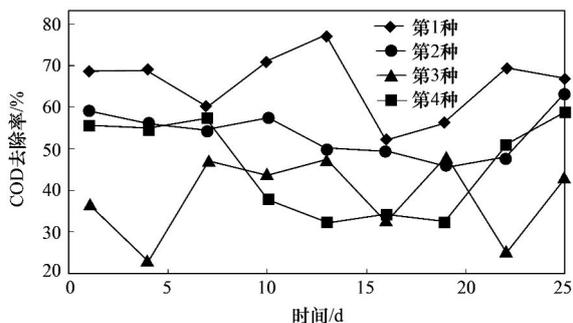


图 2 水解反应器对 COD 去除效果

Fig. 2 Effects of the hydrolysis reactor on COD removal

这主要是因为底部进水比例越大,而这部分废水在反应器内要经过污泥层,污泥层对废水中的悬浮物有截留作用,在结果中表现为 COD 去除率的升高。水解反应器对 COD 的去除对于后续处理是非常有利的,由于有机物的绝对数量减少,与传统的活性污泥工艺相比,停留时间可减少 50%,同时曝气量减少 50%,其基建总投资、能耗和运行费用可分别节省 30% 左右^[21],虽然对 COD 的去除有诸多效果,但是 COD 也是后续生物处理碳源的主要来源,因此水解反应器不能对 COD 有大量的去除以保证后续处理碳源的充足,从这个角度来说,综合比较后续处理的碳源充足性和运行费用,第 2 种进水比例为最佳进水比例。

2.2 SS 削减效果

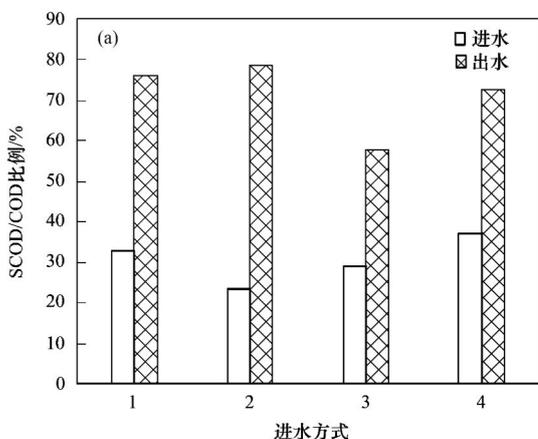


图 4 水解反应器对 SCOD/COD 提高效果对比

Fig. 4 Comparison of SCOD/COD improved by the hydrolysis reactor

水解反应器不仅对 COD 有很高的去除率,对 SS 也具有较高的去除率。由图 3 可看到,不论哪种进水方式,SS 的平均去除率都在 77% 以上,在第 1 种进水比例下对 SS 的截留效果最好,平均去除率达到 90.34%,第 2 种进水比例的去除率比第 3 种、第 4 种方式相对稳定,出水水质也相对稳定,在 36~66 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 之间波动,平均去除率达到 80.38%。

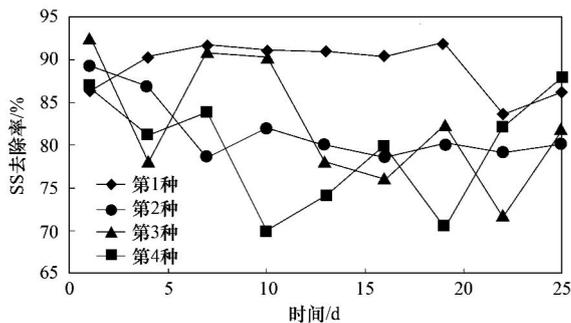


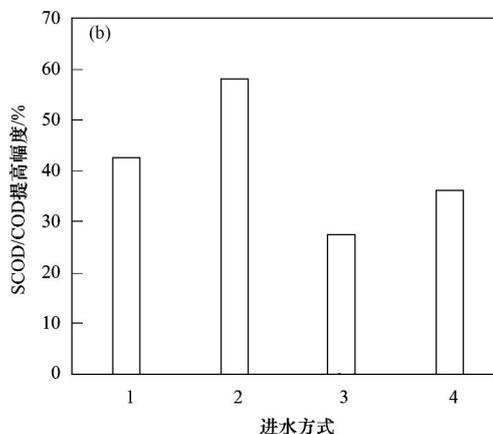
图 3 水解反应器对 SS 截留效果

Fig. 3 Effects of the hydrolysis reactor on SS retention

这主要因为底部进水水量越大,原水从底部上升的过程中有足够的污泥层截留的悬浮物越大,出水的 SS 也随之降低;随着上部进水比例增加,底部进水的比例降低,出水的 SS 值越来越高。相对于初沉池来说,水解池去除的悬浮物中有近 40% 是初沉池无法去除的物质,在水解反应器中悬浮物均匀进入反应器后立即被大量活性微生物包围,污泥龄也较长,在这种条件下,悬浮物被水解或者被污泥层捕获^[6]。

2.3 SCOD/COD 比值提高效果

经水解处理后,溶解性有机物的比例发生了很大变化。如图 4(a) 所示,在 4 种进水比例下,均对 SCOD/COD 比值有大幅提高,反应器对 SCOD 的提升效果最好的是第 2 种进水比例,出水的 SCOD/



COD 值从 23.3% 提高到 78.7%。众所周知,微生物摄取有机物时只有溶解性的小分子物质才可直接进入细胞体内,而不溶解有机大分子物质,首先要通过胞外酶的分解才得以进入微生物体内参与代谢过程。经水解处理,有机物在微生物的代谢途径上减少了一个重要环节,无疑将加速有机物的降解,为后续生化处理提供了可直接利用的优质碳源。

出水 SCOD/COD 的比减去进水 SCOD/COD 比值,可以得到 SCOD/COD 的提高值,如图 4(b) 所示,第 2 种进水比例提高幅度最大,提高幅度为 58.23%。这主要是因为第 1 种进水比例对底部污泥的扰动太大,不利于污泥的水解,而第 3、4 种进水上层的进水比例较大,不利于上部进水污泥的沉降,而底部进水比例太低,不能对污泥水解区污泥形成很好的扰动,影响水解所产生物质的释放。

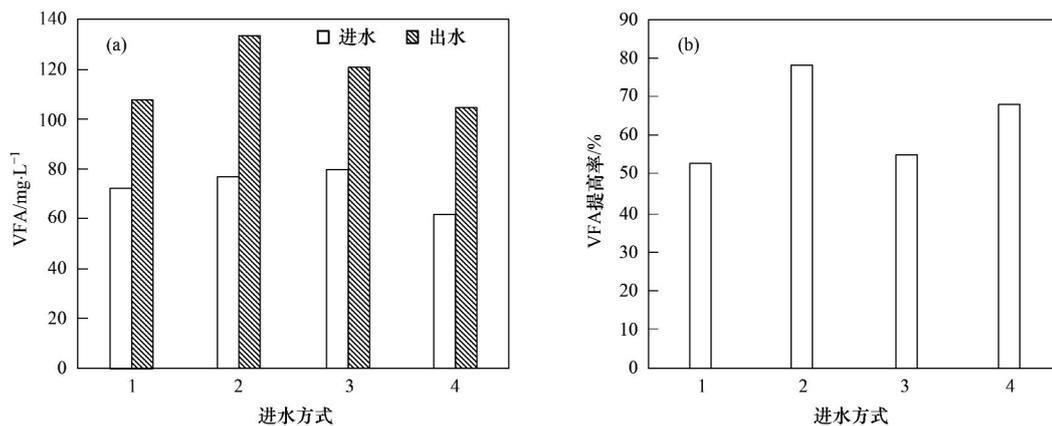


图 5 水解反应器对 VFA 提升效果

Fig. 5 Effect of the hydrolysis reactor on VFA

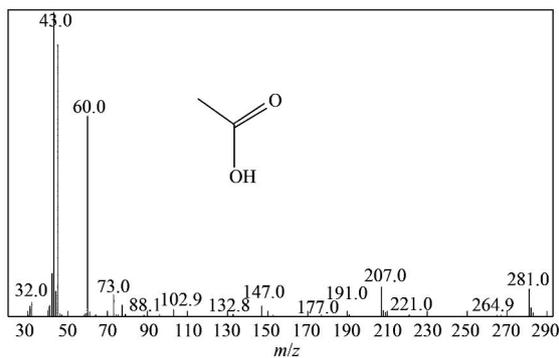


图 6 GC-MS 分析结果

Fig. 6 GC-MS analysis result

3 结论

(1) 4 种进水比例均对 COD 和 SS 有不同程度的削减,以第 1 种进水方式最高,但权衡后续生化处理工艺所需碳源和运行费用,第 2 种进水比例为

2.4 VFA 提高效果

由于 VFA 可以通过自由扩散、主动运输等方式进入细胞内^[22],在厌氧环境下,聚磷菌只能利用污水中的乙酸、丙酸等易生物降解物质^[23],而且微生物更易利用短链碳源^[24-26]。大量增加的 VFA 为后续的生物系统提供优质的碳源,给提高脱氮除磷的效率创造了条件。由图 5(a) 可以看出,4 种进水方式均对反应器出水中的 VFA 有不同幅度的提高,尤其第 2 种进水比例提高幅度最大,从图 5(b) 可以看出,其提高幅度为 78.73%,其次是第 4 种进水比例为 68.24%,第 1 种进水比例和第 3 种进水比例分别为 53.02% 和 55.37%。

对反应器出水进行 GC-MS 成分分析,结果水解产物中 VFA 的主要成分为乙酸,见图 6。

最佳。

(2) 在去除大量的 COD 前提下能够大幅提高出水中 SCOD/COD 比值和 VFA 浓度,以第 2 种进水方式最优,其出水中 SCOD/COD 比值和 VFA 浓度较进水提高 58.23% 和 78.73%。

(3) 综合比较,第 2 种进水是最佳进水比例,即底部进水 50%,2.5 m 处进水 50%。

参考文献:

- [1] 金建华,王夏慧. 武汉城市污水短时曝气生产性试验[J]. 国外建材科技, 2004, 26(3): 100-102.
- [2] 张玲玲,陈立,郭兴芳,等. 南北方污水处理厂进水水质特性分析[J]. 给水排水, 2012, 38(1): 45-49.
- [3] 王佳伟,李伟,曹祥博,等. 利用活性初沉池改善进水水质与强化生物脱氮研究[J]. 中国给水排水, 2010, 26(23): 1-5.
- [4] 温荣平,卢东昱,郭伟,等. 低负荷污水处理厂的运行问题与对策[J]. 中国给水排水, 2010, 26(18): 144-150.

- [5] 杨俊杰. 超声波水解处理污泥作为反硝化碳源的研究[D]. 北京: 北京市环境保护科学研究院, 2009. 4-26.
- [6] 邹胜男, 梅翔, 谢玥, 等. 以剩余污泥水解酸化液为外加碳源的污水生物脱氮[J]. 环境工程学报, 2011, **5**(11): 2519-2525.
- [7] 吴一平, 刘莹, 王旭东, 等. 初沉污泥厌氧水解/酸化产物作为生物脱氮除磷系统碳源的试验研究[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2004, **36**(4): 421-423.
- [8] 彭永臻, 马斌. 低 C/N 比条件下高效生物脱氮策略分析[J]. 环境科学学报, 2009, **29**(2): 225-230.
- [9] 张丹, 胡乐. 污水处理厂中反硝化除磷工艺的应用[J]. 广州化工, 2008, **38**(12): 207-209.
- [10] 王白杨. 废水生物处理脱氮原理与新工艺[J]. 江西师范大学学报(自然科学版), 2006, **30**(4): 399-403.
- [11] 张仲林. 反硝化脱氮外加碳源的选择[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2010. 6-27.
- [12] 邵留, 徐祖信, 尹海龙. 污染水体脱氮工艺中外加碳源的研究进展[J]. 工业水处理, 2007, **27**(12): 11-14.
- [13] 章旻. 污水反硝化脱氮的固态有机碳源选择实验研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2009. 8-32.
- [14] 金赞芳, 李文腾, 潘志彦, 等. 地下水硝酸盐去除方法[J]. 水处理技术, 2006, **32**(8): 34-37.
- [15] 宋锐, 余晓燕, 丁春生. 城市污水处理厂改造工程实践[J]. 能源环境保护, 2011, **25**(6): 31-33.
- [16] 杨敏, 孙永利, 郑兴灿, 等. 初沉池改造为回流污泥反硝化池最佳进水比例研究[J]. 南京理工大学学报, 2011, **35**(2): 279-283.
- [17] 陈鸣. 水解-曝气生物滤池处理生活污水脱氮技术研究[D]. 南京: 东南大学, 2006. 11-19.
- [18] 程磊落. 生物膜水解酸化工艺处理城市污水的研究[D]. 天津: 天津大学, 2010. 5-18.
- [19] 王强, 肖帅, 宋伟. 水解酸化工艺处理城市污水的效果[J]. 中国给水排水, 2011, **27**(18): 87-89.
- [20] 王凤. 不同有机负荷可生化单基质与厌氧污泥混合厌氧实验研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2008. 4-25.
- [21] 张忠祥, 钱易. 废水生物处理新技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003. 379-397.
- [22] 张玲. 强化 AB 工艺脱氮除磷功能实验研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2003. 6-33.
- [23] Comeau Y, Hall K J, Hancock R E W. Biological model for enhanced phosphorus removal[J]. Water Research, 1986, **20**(12): 1511-1521.
- [24] 丁炜, 朱亮, 徐京, 等. 好氧反硝化菌及其在生物处理与修复中的应用研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 2010, **17**(6): 923-929.
- [25] 任中佳, 王亚宜, 耿军军. 活性污泥胞内物质合成影响因素的研究进展[J]. 环境污染与防治, 2011, **33**(4): 74-80.
- [26] 梅翔, 王蓓蕾, 成慧灵, 等. 外加剩余污泥水解酸化液碳源时曝气生物滤池的生物脱氮性能[J]. 水处理技术, 2012, **38**(1): 41-46.

CONTENTS

Characteristics of Atmospheric NO ₂ in the Beijing-Tianjin-Hebei Region and the Yangtze River Delta Analyzed by Satellite and Ground Observations	··· WANG Ying, LI Ling-jun, LIU Yang (3685)
Variation Analysis of Background Atmospheric Pollutants in North China During the Summer of 2008 to 2011	····· YANG Jun-yi, XIN Jin-yuan, JI Dong-sheng, <i>et al.</i> (3693)
Characteristics of Atmospheric Pollutants in Cangzhou	····· WANG Yong-hong, HU Bo, WANG Yue-si, <i>et al.</i> (3705)
Chemical Characteristics and Sources of Trace Metals in Precipitation Collected from a Typical Industrial City in Northern China	····· LI Yue-mei, PAN Yue-peng, WANG Yue-si, <i>et al.</i> (3712)
BTX Monitoring Nearby Main Road Traffic in Guangzhou	····· YE Cong-lei, XIE Pin-hua, QIN Min, <i>et al.</i> (3718)
Dynamic Road Vehicle Emission Inventory Simulation Study Based on Real Time Traffic Information	····· HUANG Cheng, LIU Juan, CHEN Chang-hong, <i>et al.</i> (3725)
Emission Characteristics of a Diesel Car Fueled with Coal Based Fischer-Tropsch (F-T) Diesel and Fossil Diesel Blends	····· HU Zhi-yuan, CHENG Liang, TAN Pi-qiang, <i>et al.</i> (3733)
Spatial Variations of Biogenic Elements in Coastal Wetland Sediments of the Jiulong River Estuary	····· YU Xiao-qing, YANG Jun, LIU Le-mian, <i>et al.</i> (3739)
Spatio-Temporal Distribution of TN and TP in Water and Evaluation of Eutrophic State of Lake Nansi	····· SHU Feng-yue, LIU Yu-pei, ZHAO Ying, <i>et al.</i> (3748)
Impact on Nitrogen and Phosphorous Export of Wetlands in Tianmu Lake Watershed	····· LI Zhao-fu, LIU Hong-yu, LI Heng-peng (3753)
Nitrogen and Phosphorus Composition in Urban Runoff from the New Development Area in Beijing	····· LI Li-qing, LÜ Shu-cong, ZHU Ren-xiao, <i>et al.</i> (3760)
Distribution and Sources of Arsenic in Yangzonghai Lake, China	····· ZHANG Yu-xi, XIANG Xiao-ping, ZHANG Ying, <i>et al.</i> (3768)
Occurrence of Fecal Indicator Bacteria in Urban Surface Water: A Case Study in Southern China	····· SUN Fu, SHA Jing, LIU Yan-hua (3778)
Vertical Migration of Algal Cells in the Daning River Bay of the Three Gorges Reservoir	····· ZHANG Yong-sheng, ZHENG Bing-hui, JIANG Xia, <i>et al.</i> (3787)
Construct of Yangtze-Huai River Rural Areas Ecological Drainage System and Its Retention Effect on Pollutants	····· SHAN Bao-qing, LI Nan, TANG Wen-zhong (3797)
Water Treatment Efficiency of Constructed Wetland Plant-Bed/Ditch Systems	····· WANG Zhong-qiong, ZHANG Rong-bin, CHEN Qing-hua, <i>et al.</i> (3804)
Effect of the Subsurface Constructed Wetland Evolution into Free Surface Flow Constructed Wetland on the Removal of Organic Matter, Nitrogen, and Phosphorus in Wastewater	····· WEI Ze-jun, XIE Jian-ping, HUANG Yu-ming (3812)
Treatment Characteristics of Saline Domestic Wastewater by Constructed Wetland	····· GAO Feng, YANG Zhao-hui, LI Chen, <i>et al.</i> (3820)
Degradation of β -Naphthol by Catalytic Wet Air Oxidation	····· LIU Jie, YU Chao-ying, ZHAO Pei-qing, <i>et al.</i> (3826)
Degradation of 2,4-Dichlorophenol in Aqueous Solution by ZVI/EDDS/Air System	····· SUN Qian, ZHOU Hai-yan, CAO Meng-hua, <i>et al.</i> (3833)
Study on Photocatalytic Degradation of 1,2,3-Trichlorobenzene Using the Microwaved MWNTs/TiO ₂ Composite	····· SHI Zhou, ZHANG Qian, ZHANG Wei, <i>et al.</i> (3840)
Mechanism of Cr(VI) Removal from Aqueous Solution Using Biochar Promoted by Humic Acid	····· DING Wen-chuan, TIAN Xiu-mei, WANG Ding-yong, <i>et al.</i> (3847)
Research on the Treatment of Wastewater Containing PVA by Ozonation-Activated Sludge Process	····· XING Xiao-qiong, HUANG Cheng-lan, LIU Min, <i>et al.</i> (3854)
Effects of Composite Substrates on the Phosphorus Removal in Granule-based EBPR System and Its Optimization Experiment	····· XU Shao-juan, SUN Pei-de, ZHENG Xiong-liu, <i>et al.</i> (3859)
Research of Input Water Ratio's Impact on the Quality of Effluent Water from Hydrolysis Reactor	····· LIANG Kang-qiang, XIONG Ya, QI Mao-rong, <i>et al.</i> (3868)
Evolution of Leachate Quantity and Quality in the Anaerobic-semiaerobic Bioreactor Landfill	····· HAN Zhi-yong, LIU Dan, LI Qi-bin, <i>et al.</i> (3873)
National Survey of Urban Sewage Reuse in China	····· GUO Yu-jie, WANG Xue-chao, ZHOU Zhen-min (3881)
Sorption and Desorption of 17 α -Ethinyl Estradiol and 4-n-Nonylphenol in Soil	····· JIANG Lu, WANG Ji-hua, LI Jian-zhong, <i>et al.</i> (3885)
Soil Organic Carbon Mineralization of Black Locust Forest in the Deep Soil Layer of the Hilly Region of the Loess Plateau, China	····· MA Xin-xin, XU Ming-xiang, YANG Kai (3893)
Effects of Soil Crusts on Surface Hydrology in the Semiarid Loess Hilly Area	····· WEI Wei, WEN Zhi, CHEN Li-ding, <i>et al.</i> (3901)
Environmental Factors on Distribution of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Soils from Dashiwei Karst Giant Doline (Tiankeng) in Guangxi, China	····· KONG Xiang-sheng, QI Shi-hua, JIANG Zhong-cheng, <i>et al.</i> (3905)
Investigation on Mechanism of Pyrite Oxidation in Acidic Solutions	····· WANG Nan, YI Xiao-yun, DANG Zhi, <i>et al.</i> (3916)
Monitoring of Water and Salt Transport in Silt and Sandy Soil During the Leaching Process	····· FU Teng-fei, JIA Yong-gang, GUO Lei, <i>et al.</i> (3922)
Simulation on Remediation of Benzene Contaminated Groundwater by Air Sparging	····· FAN Yan-ling, JIANG Lin, ZHANG Dan, <i>et al.</i> (3927)
Detecting the Cytotoxicities of Five Bisphenol A Analogues to the MCF-7 Human Breast Carcinoma Cell Line Through Different Endpoints	····· ZHANG Shuai-shuai, LIU Yan, LIU Shu-shen, <i>et al.</i> (3935)
Response of Copepod Community Characteristics to Environmental Factors in the Backshore Wetland of Expo Garden, Shanghai	····· CHEN Li-jing, WU Yan-fang, JING Yu-xiang, <i>et al.</i> (3941)
Isolation, Identification and Characterization of Halotolerant Petroleum-degrading Bacteria	····· WU Tao, XIE Wen-jun, YI Yan-li, <i>et al.</i> (3949)
Growth Kinetics and Phenol Degradation of Highly Efficient Phenol-degrading <i>Ochrobactrum</i> sp. CH10	····· CHEN Xiao-hua, WEI Gang, LIU Si-yuan, <i>et al.</i> (3956)
Isolation of Aerobic Degrading Strains for TBBPA and the Properties of Biodegradation	····· QIAN Yan-yuan, LIU Li-li, YU Xiao-juan, <i>et al.</i> (3962)
Influences of Long-term Application of Organic and Inorganic Fertilizers on the Composition and Abundance of <i>nirS</i> -type Denitrifiers in Black Soil	····· YIN Chang, FAN Fen-liang, LI Zhao-jun, <i>et al.</i> (3967)
Characteristics and Influencing Factors of Trichloroethylene Adsorption in Different Soil Types	····· HE Long, QIU Zhao-fu, LÜ Shu-guang, <i>et al.</i> (3976)
Degradation of Carbazim in Paddy Soil and the Influencing Factors	····· XIAO Wen-dan, YANG Xiao-e, LI Ting-qiang (3983)
Effects of Sulphur Compounds on the Volatile Characteristics of Heavy Metals in Fly Ash from the MSW and Sewage Sludge Co-combustion Plant During the Disposal Process with Higher Temperature	····· LIU Jing-yong, SUN Shui-yu (3990)
Low-temperature Thermal Treatment of Dioxin in Medical Waste Fly Ash Under Inert Atmosphere	····· JI Sha-sha, LI Xiao-dong, XU-Xu, <i>et al.</i> (3999)
Hourly Measurement on Aerosol NH ₃ and Gas NO _x Emission in the Rice Field	····· GONG Wei-wei, LUAN Sheng-ji (4006)
Implementation of an Electronic Nose for Rapid Detection of Volatile Chloroalkane and Chloroalkene	····· WEN Xiao-gang, LIU Rui, CAI Qiang, <i>et al.</i> (4012)
Pilot Study on PAHs of the Atmosphere Around the Refuse Incineration Plant Based on the Technology of Passive Sampling	····· SUN Shao-ai, LI Yang, ZHOU Yi, <i>et al.</i> (4018)
Spatial Distribution and Pollution Source Identification of Agricultural Non-Point Source Pollution in Fujiang Watershed	····· DING Xiao-wen, SHEN Zhen-yao (4025)
Difference of P Content in Different Area Substrate of Constructed Wetland	····· CAO Xue-ying, CHONG Yun-xiao, YU Guang-wei, <i>et al.</i> (4033)
Selective Detection of Viable Pathogenic Bacteria in Water Using Reverse Transcription Quantitative PCR	····· LIN Yi-wen, LI Dan, WU Shu-xu, <i>et al.</i> (4040)
Formation of Disinfection By-products; Temperature Effect and Kinetic Modeling	····· ZHANG Xiao-lu, YANG Hong-wei, WANG Xiao-mao, <i>et al.</i> (4046)
A Novel Quantitative Approach to Study Dynamic Anaerobic Process at Micro Scale	····· ZHANG Zhong-liang, WU Jing, JIANG Jian-kai, <i>et al.</i> (4052)
Leaves of <i>Platanus orientalis</i> as the Carbon Source for Denitrification	····· XIONG Jian-feng, XU Hua, YAN Ning, <i>et al.</i> (4057)
Isolation, Characterization of an Anthracene Degrading Bacterium <i>Marteella</i> sp. AD-3 and Cloning of Dioxygenase Gene	····· CUI Chang-zheng, FENG Tian-cai, YU Ya-qi, <i>et al.</i> (4062)

《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)

2012年11月15日 33卷 第11期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 33 No. 11 Nov. 15, 2012

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. sciencecp. com	Distributed	by	Science Press Tel: 010-64017032 E-mail: journal@mail. sciencecp. com
订 购 处	全国各地邮局	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: 70.00 元

国外发行代号: M 205

国内外公开发刊