

不同有机负荷条件下曝气时间对 SBR 系统的影响

金明姬¹, 赵春子², 金承俊³, 金允善⁴, 董巍巍^{1*} (1. 延边大学农学院农业资源与环境系, 吉林延吉 133000; 2. 延边大学理学院地理系, 吉林延吉 133000; 3. 全北大学环境工程专业, 韩国全州 561-756; 4. 延吉市污水处理有限公司, 吉林延吉 133000)

摘要 [目的] 研究不同有机负荷条件下曝气时间对 SBR 系统的影响。[方法] 通过改变进水有机负荷及曝气时间, 了解不同有机负荷运行条件下, 曝气时间对 SBR 系统的影响。[结果] 搅拌/曝气时间分别为 2.5 h/7.5 h 时, COD 与 TP 的去除效果最佳。此时, 在低、中有机负荷运行条件下, COD 和 TP 的出水浓度均达到了《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 B 标准。而高有机负荷运行条件下, COD 和 TP 的出水浓度均未达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 B 标准, 但 COD 和 TP 的去除效果较高。[结论] 不同有机负荷条件下, 曝气时间对 SBR 系统有明显影响。

关键词 有机负荷; SBR; 曝气时间

中图分类号 S273.5 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2013)02-00779-03

Influence of the Aeration Time on SBR Process at Different Organic Loading Conditions

JIN Ming-ji et al (Department of Agricultural Resources and Environment, Agricultural College of Yanbian University, Yanji, Jilin 133000)

Abstract [Objective] The research aimed to study influence of the aeration time on SBR process at different organic loading conditions. [Method] By changing organic loading of the inlet and aeration time, influence of the aeration time on SBR process was understood at different organic loading conditions. [Result] When stirring/aeration time was 2.5 h/7.5 h, removal effects of the COD and TP were the best. At this time, at low and middle organic loading conditions, COD and TP concentrations in effluent both reached Level - one B criteria specified in *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB18918-2002). At high organic loading condition, both COD and TP concentrations in effluent did not reach Level - one B criteria specified in *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB18918-2002). But removal effects of the COD and TP were higher. [Conclusion] At different organic loading conditions, aeration time had obvious influence on SBR process.

Key words Organic loading; SBR; Aeration time

序批式活性污泥法 (Sequencing Batch Reactor, 简称 SBR) 是一种不同于传统活性污泥法的废水处理技术。SBR 并非一种新型的、前所未有的处理工艺, 而是活性污泥法初创时期对充排式反应器进行改进的一种模型^[1-2]。SBR 工艺由于其运行方式的独特性, 使其具有连续流系统无法比拟的优点。该工艺是一种结构形式简单、运行方式灵活、空间上完全混合、时间上理想推流的污水处理技术。一个运行周期依次分为进水、反应、沉淀、排水和闲置等 5 个阶段^[3]。该工艺可根据不同的处理要求, 对反应器内各操作单元的时间进行调整, 实现好氧、厌氧、缺氧等不同的运行状态。以此, 在去除有机物的同时, 也达到脱氮、除磷、抑制污泥膨胀等更复杂的工艺要求。此外, SBR 法具有工艺流程简单、占地面积小、处理效果稳定、耐冲击负荷能力强等优点。因此, 该工艺在世界各国日益受到重视, 并广泛应用于污水处理中。笔者拟通过改变进水有机负荷及曝气时间, 了解不同有机负荷运行条件下, 不同的曝气时间对 SBR 系统的影响。以此, 确定不同有机负荷条件下, 既满足有机物的去除, 也满足除磷效果的最佳搅拌/曝气时间, 同时考察系统在上述最佳运行条件下的处理效果。

1 材料与方法

1.1 试验装置

试验装置如图 1。反应器由聚氯乙烯塑料

圆桶加工制作而成, 其总体积约 4 L, 有效液体容积为 2 L, 在 1 L 处开一个排水口。试验采用空气压缩机曝气, 气体流量计控制曝气量, 搅拌器用于缺氧搅拌。相同的试验装置共制作 4 个, 同时进行了不同曝气时间对污水处理效果的影响试验。试验用活性污泥取自延吉市污水处理厂二沉池的回流污泥。

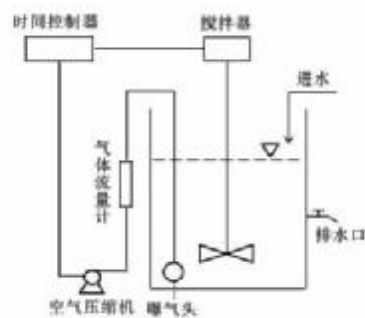


图 1 SBR 试验装置示意图

1.2 试验废水 试验采用自配的模拟污水, 其配方如下: 葡萄糖为 500 mg/L, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 为 50 mg/L, $MnSO_4 \cdot H_2O$ 为 55 mg/L, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 为 2.22 mg/L, KCl 为 7 mg/L, $(NH_4)_2SO_4$ 为 47.1 mg/L, K_2HPO_4 为 13.7 mg/L, $NaHCO_3$ 为 300 mg/L, $CaCl_2$ 为 3.76 mg/L。在运行过程中, 根据不同试验要求, 可按比例改变进水浓度。

1.3 分析方法 测定方法均参照国家环保局《水和废水监测分析方法》, COD 测定采用高锰酸盐指数法; TP 采用钼酸铵分光光度法; MLSS 采用重量法。

1.4 试验方法 试验采用间歇式进水, 运行周期为 12 h, 日处理量为 2 L。处理装置按下列方式进行操作: 进水→搅拌

基金项目 吉林省科技发展计划项目 (20100162); 延边朝鲜族自治州科技发展计划项目 (2011BB29)。

作者简介 金明姬 (1977 -), 女, 吉林延边人, 讲师, 博士, 从事水处理方面研究, E-mail: jinmingji@ybu.edu.cn。* 通讯作者, 讲师, 硕士, 从事水处理方面的研究, E-mail: wwdong@ybu.edu.cn。

收稿日期 2012-12-06

(不曝气)→曝气→沉淀→排水。4组处理装置中的搅拌与曝气时间分别按1:1、1:2、1:3、1:4的比例进行调整。各组处理装置中不同运行阶段的运行时间如表1所示。

表1 各阶段运行时间 h

处理装置	进水	搅拌	曝气	沉淀	出水
SBR1	0.5	5.0	5.0	1.0	0.5
SBR2	0.5	3.3	6.7	1.0	0.5
SBR3	0.5	2.5	7.5	1.0	0.5
SBR4	0.5	2.0	8.0	1.0	0.5

试验将进水有机负荷从0.07 kgCOD/(kgMLSS·d)依次提高到0.60、2.40 kgCOD/(kgMLSS·d)等低、中、高不同的有机负荷工况。以此,研究不同进水有机负荷条件下,不同曝气时间对有机物及TP处理效果的影响。

1.5 评价标准 《城镇污水处理厂污染物排放标准》^[4]一级B标准是城镇污水处理厂出水排入地表水Ⅲ类功能水域时的基本要求。而Ⅲ类水域主要适用于集中式生活饮用水地表水源地二级保护区、鱼虾类越冬场、洄游通道、水产养殖区等渔业水域及游泳区,Ⅲ类以下的水质不宜与人体直接接触^[5]。因此,笔者将COD与TP最终出水浓度与《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级B标准进行了对比。

2 结果与分析

2.1 低有机负荷工况 该阶段进水COD浓度为275 mg/L,反应器内MLSS浓度为3 938.7 mg/L。此时,进水有机负荷为0.07 kgCOD/(kgMLSS·d),处于低有机负荷。

2.1.1 对COD的去除效果。低有机负荷工况下,不同曝气时间对COD的去除效果如图2所示。从图2可知,不同的曝气时间对出水COD保持一个较稳定的范围,即出水浓度保持在5.3~5.7 mg/L,均满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级B标准60 mg/L。4种曝气条件下,COD去除率均较高,为98%左右,其中SBR4较其他SBR1、SBR2、SBR3出水浓度略低,去除率略高。因活性污泥中好氧菌在有机物的去除过程中起主要作用,从而随曝气时间的增加,SBR提高了有机物的去除效率。

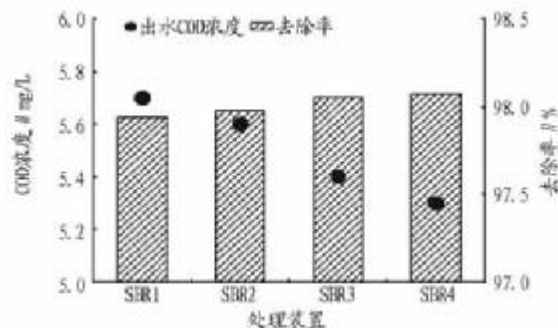


图2 低负荷运行工况下COD的处理效果

2.1.2 对TP的去除效果。低有机负荷工况下,TP的进水浓度为1.71 mg/L,在不同曝气条件下,TP的去除效果如图3所示。从图3可知,随曝气时间的增加,厌氧时间的缩短,TP的出水浓度逐渐增加,去除率逐渐降低。出水浓度从SBR1

运行条件下的0.22 mg/L增加至SBR4运行条件下的0.50 mg/L,4种曝气条件下,TP出水浓度均满足了《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级B标准1 mg/L,处理效果较好。TP的去除率从SBR1运行条件下的87.2%降至SBR4运行条件下的71.0%。

生物除磷过程包括两个步骤^[6-7],即聚磷菌在厌氧条件下的释磷及在好氧条件下的吸磷。聚磷菌厌氧释磷是好氧吸磷的前提,厌氧时间缩短影响聚磷菌的充分释磷。因此,随着厌氧时间的缩短,TP去除效果也呈现降低趋势。此外,有机物浓度低、曝气时间长有利于硝化细菌的生长,而残留在反应器内的硝化反应产物硝态氮抑制下一周期厌氧释磷过程,从而使TP去除效果随曝气时间的增加呈降低趋势^[8]。

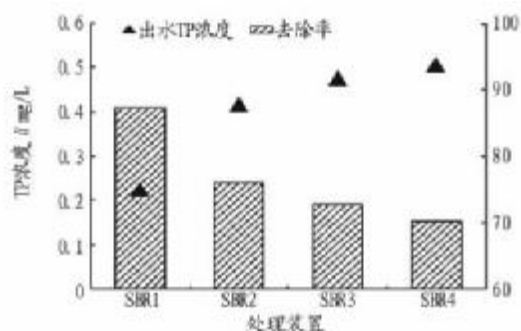


图3 低负荷运行工况下TP的处理效果

2.2 中有机负荷工况 该阶段进水COD浓度为2 510 mg/L,反应器内MLSS浓度为4 183.3 mg/L。此时,进水有机负荷为0.60 kgCOD/(kgMLSS·d),处于中有机负荷。

2.2.1 对COD的去除效果。中有机负荷工况下,不同曝气时间对COD的去除效果如图4所示。从图4可知,随着曝气时间的增加,COD出水浓度逐渐降低,去除率逐渐增加,与低有机负荷条件下的去除效率呈相同趋势。出水浓度从SBR1运行条件下的366.6 mg/L逐渐降至77.4、50.9 mg/L;在SBR4运行条件下,出水浓度降至最低,为44.1 mg/L。SBR3、SBR4运行条件下,COD出水浓度均满足了《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级B标准60 mg/L,处理效果较好。去除率从SBR1运行条件下的85.4%逐渐增加至96.9%、98.0%、98.2%,SBR2、SBR3、SBR4运行条件下,COD的去除率较高,保持在96%以上。

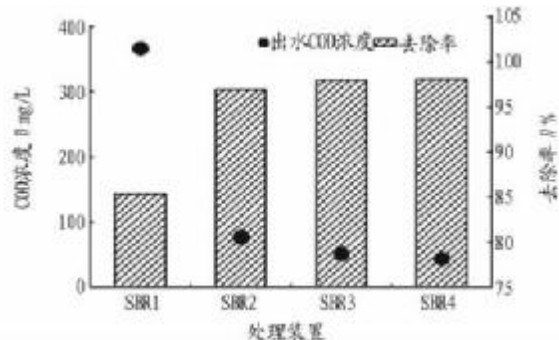


图4 中负荷运行工况下COD的处理效果

2.2.2 对TP的去除效果。中有机负荷工况下,TP的进水

浓度为 16.4 mg/L,在不同曝气条件下,TP 的去除效果如图 5 所示。4 种运行条件下,TP 的出水浓度分别为 1.13、0.43、0.38、0.33 mg/L,除 SBR1 运行条件下的 TP 出水浓度外,其他运行条件下 TP 出水浓度均满足了《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 B 标准 1 mg/L。4 种曝气条件下,TP 的去除率分别为 93.1%、97.4%、97.7%、98.0%,去除率均超过 93%,去除效果良好。

在该工况下,随曝气时间的增加,厌氧时间的缩短,TP 的出水浓度逐渐降低,去除率逐渐增加,这与低有机负荷工况下 TP 的变化呈相反趋势。这主要是由于在中有机负荷工况下,有机物浓度增加,聚磷菌的厌氧水解增多,产生能量也越多,聚磷菌的释磷及 PHB/PHV 的合成在较短的厌氧时间段达到饱和,因而在该工况下聚磷菌的除磷效果主要受生物除磷第二阶段的好氧吸磷过程的影响^[9]。因此,TP 的去除效果随曝气时间的增加而增加。这与 Dong - Seog Kim 等的研究结果相同,在一定曝气时间段内,适当的增加曝气时间会增强聚磷菌的释磷及吸磷过程^[8]。

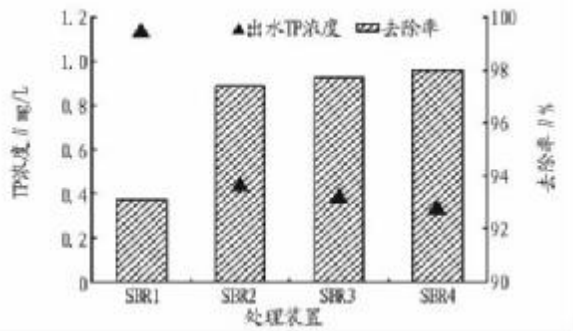


图5 中负荷运行工况下 TP 的处理效果

2.3 高有机负荷工况 该阶段进水 COD 浓度为 9 578.9 mg/L,反应器内 MLSS 浓度为 3 903.3 mg/L。此时,进水有机负荷为 2.40 kgCOD/(kgMLSS · d),处于高有机负荷。

2.3.1 对 COD 的去除效果。高有机负荷工况下,不同曝气时间对 COD 的去除效果如图 6 所示。从图 6 可知,随着曝气时间的增加,COD 出水浓度逐渐降低,去除率逐渐增加,与低、中有机负荷条件下的去除效率呈相同趋势。但除 SBR1 运行条件下的 COD 出水浓度达到最高,为 1 445.6 mg/L 外,SBR2、SBR3、SBR4 运行条件下的 COD 出水浓度保持一个较稳定的范围,即 1 347.6 ~ 1 389.5 mg/L。4 种曝气条件下,COD 的出水浓度均超过了《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 B 标准 60 mg/L。COD 去除率从 SBR1 运行条件下的 84.9% 逐渐增加至 85.5%、85.6%、85.9%,在 SBR2、SBR3、SBR4 运行条件下,COD 的去除率无明显增加趋势。

2.3.2 对 TP 的去除效果。高有机负荷工况下,TP 的进水浓度为 42.9 mg/L,在不同曝气条件下,TP 的去除效果如图 7 所示。SBR1、SBR2、SBR3、SBR4 运行条件下,TP 的出水浓度分别为 5.49、3.14、2.44、3.68 mg/L,4 种曝气条件下的 TP 出水浓度均未满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 B 标准 1 mg/L。TP 的去除率分别为 87.2%、92.7%、94.3%、91.4%,在 SBR1、SBR2、SBR3 运行条件下,随曝气时间的增

加,厌氧时间的缩短,去除效果呈增加趋势。但 SBR4 运行条件下,TP 的去除效果呈下降趋势。

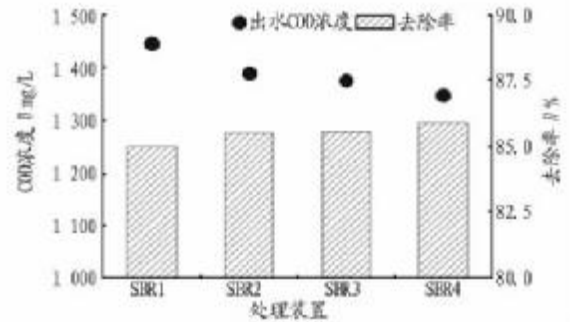


图6 高负荷运行工况下 COD 的处理效果

这与中负荷运行条件下的 TP 变化趋势相似,由于有机物浓度增加,聚磷菌的厌氧水解增多,产生能量也越多,聚磷菌的释磷及 PHB/PHV 的合成在较短的厌氧时间段达到饱和,因而除磷效果主要受生物除磷第二阶段好氧吸磷过程的影响。因此,SBR1、SBR2、SBR3 运行条件下,TP 的去除效果随曝气时间的增加而增加。而在 SBR4 运行条件下,随有机物量的增多,吸磷速率加快,使得 SBR4 的曝气时间过长,摄取的磷又氧化释放到液相中^[10]。因此,在该阶段除磷效果反而下降。

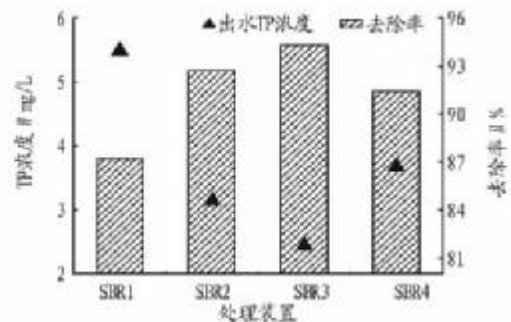


图7 高负荷运行工况下 TP 的处理效果

3 结论

综上所述,综合考虑污水出水浓度及运行费用,利用 SBR 对污水中的 COD 和 TP 同时进行处理时,在不同有机负荷运行条件下,搅拌/曝气时间分别为 2.5 h/7.5 h 时,COD 与 TP 的去除效果最佳。此时,在低、中有机负荷运行条件下,COD 和 TP 的出水浓度均达到了《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 B 标准,COD、TP 去除率在低、中有机负荷运行条件下分别为 98.1%、72.7% 与 98.0%、97.7%。而高有机负荷运行条件下,COD 和 TP 的出水浓度均未达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 B 标准,但 COD 和 TP 去除率较高,分别为 85.6%、94.3%。

参考文献

- [1] 彭永臻. SBR 法的五大优点[J]. 中国给水排水,1993,9(2):29-31.
- [2] 汪慧贞,吴俊奇. 活性污泥数学模型的发展和使用[J]. 中国给水排水,1999,15(5):20-21.
- [3] 陈平,程建光. SBR 法处理焦化废水的有机物降解动力学[J]. 科技情报开发与经济,2006,16(11):169-171.

(下转第 784 页)

柔和舒适的感觉。如萍是浅水植物,小叶四片顶生于叶柄,呈倒三角形,可在水景中的浅水区栽植;魁叶萍是小型浮生植物,无根,叶表面密生小突起,变态叶悬垂于水面中形似须根,叶姿小巧玲珑甚是可爱,漂浮于水面上如同睡美人,在景区公园深水处栽植,植物与水体虚实相对,达到一种意境美。

3.5 切花配叶 有些观赏蕨类植物叶态优美、羽叶纤长细密、色彩素雅淡然。张家界有 23 种可用做花束、花篮等鲜切花装饰配饰的素材,以此衬托出花朵的娇嫩及鲜艳的色彩。如肾蕨株型雅致,根状茎直立,叶簇生,包子群囊呈肾形,是良好的切花材料;石松,茎蔓生,枝条多回分叉、密生针状叶,黄绿色或灰绿色,可用作插花的基础素材。

4 建议

张家界市蕨类植物资源丰富,但是其开发利用目前还处于零阶段,在张家界市园林绿化中没有蕨类的身影,有少量室内盆栽蕨类也是从外地引进,没有自己的研究培养基地。更重要的是当局对珍稀资源的保护力度不够,很多珍贵濒危蕨类总在人们有意无意中被拔除破坏。引起上述的原因主要是①人们对观赏蕨类植物的园林应用缺乏认识;②没有自己的研究、引种培养基地,对观赏蕨类植物的生态学特性和繁殖方法没有研究和试验,在育种栽培中有困难;③蕨类植物本身对环境的要求较高,推广上有困难。而作为一个绿色旅游城市,张家界在走向生态旅游城市的过程中,应该注重本土植物资源的开发与利用,使张家界的观光旅游在经济的基础上更具本土特色。开发观赏蕨类植物资源应用于森林景观,如建立观赏蕨类植物专类园等集科研、教育、观光一体化的景点,可以实现科普性,提高旅游的趣味性,还可以增加旅游植物的多样性,具有丰厚的经济效益。

对于张家界观赏蕨类植物的开发与应用研究,首先可以应用这样一种模式,即林业局与旅游局和高校合作立项成立专家组,对张家界蕨类植物进行全面彻底的调查,并对具有观赏价值的蕨类引种栽培,研究其生态习性和繁殖方法,建立资源基因库;其次要通过举办观赏蕨类展览、蕨类知识讲座等方式加强人们对蕨类的认识和保护意识;最后还要求在城市园林绿化、景区绿化规划时,设计师们能大胆选用观赏蕨类,从而创造出独具一格的风景区。但是,在开发利用的

过程中,不能为了追求最大的经济效益而采用杀鸡取卵一掠而光的方式,而是要在保护其再生能力的前提下适度地开发利用,走可持续发展道路。

参考文献

- [1] 孙起梦,董丽娜,刘兴剑.南京紫金山蕨类观赏植物资源及其园林应用[J].江苏农业科学,2009(5):181-182.
- [2] LI Y M, LIU B, DENG J, et al. Climate characteristics of hail-falling in Zhangjiajie and comparative analysis of multiple cases of hail in 2005[J]. Meteorological and Environmental Research, 2010, 1(3):96-100, 106.
- [3] HUANG J, LIANG M Z, LIU Z L, et al. Contrast and analysis of many times heavy fog processes in Zhangjiajie in December, 2009[J]. Meteorological and Environmental Research, 2010, 1(5):28-31.
- [4] 林建宗,陈三茂,林亲众.湖南植物志:(第1卷)[M].长沙:湖南科学技术出版社,2004.
- [5] 中国科学院中国植物志编辑委员会.中国植物志:(第1卷)[M].北京:科学出版社,2004.
- [6] 贺珊,周厚高.观赏蕨类植物的美学特征与评价标准[J].广州园林, 2003(3):34-37.
- [7] 龚双姣,陈功锡.湘西地区野生观赏植物资源调查及其园林应用[J].吉首大学学报:自然科学版,2006,27(3):82-86.
- [8] 梅笑漫,丁炳阳,朱圣潮.凤阳山自然保护区蕨类植物资源及其园林绿化应用[J].林业科技,2004,24(3):59-62.
- [9] 李策宏,张国珍.峨眉山野生观赏蕨类资源及其开发利用[J].资源开发与市场,2006,22(4):371-374.
- [10] 王发国,陈红锋.广东乡土野生观赏蕨类调查及其开发利用研究[J].中国园林,2007,23(7):56-60.
- [11] 徐成东.云南哀牢山国家级自然保护区蕨类植物资源[J].楚雄师范学院学报,2006,21(9):51-58.
- [12] 朱圣潮,徐晓清.浙西南野生观赏蕨类植物资源及其开发利用[J].资源开发与市场,2003,19(3):162-165.
- [13] 樊智丰,岳锋,彭建松.云南省主要野生观赏蕨类植物资源研究[J].安徽农业科学,2010,38(14):7247-7250.
- [14] 岳锋,樊智丰,杨斌.云南省主要观赏蕨类植物资源及其园林应用[J].北方园艺,2010(11):90-94.
- [15] 胡高鹏,季梦成.龙王山自然保护区观赏蕨类植物资源研究[J].江西农业大学学报,2007,29(6):993-1000.
- [16] 曾汉元.我国的观赏蕨类资源及其开发利用[J].生物学通报,2008,43(5):9-11.
- [17] LI Z L, WANG Y Z, HE Z R, et al. Investigation on the Medicinal Pteridophytes Resources in Yunnan Province[J]. Medicinal Plant, 2012, 3(2):4-7.
- [18] 蒋建军.阳明山蕨类植物多样性及地理区系分析[J].湖南农业科学, 2011(13):93-96.
- [19] DANG H, SHEN J, LUO A C, et al. Classification of partial pteridophytes in Jinyun Mountain of Chongqing City based on SRAP molecular marker[J]. Agricultural Science & Technology, 2011, 12(9):1273-1275.
- [20] 程海涛,杨洪升,田立娟,等.大亮子河国家森林公园药用蕨类植物资源及利用[J].内蒙古农业科技,2012(2):126-127.
- [1] 中国环境科学,2012,32(7):1203-1209.
- [2] DONG-SEOG KIM, YOUNG-SEEK PARK. Nitrogen and Phosphorus Removal Characteristics by the Variation of Aeration Time in SBR[J]. Journal of Environmental Health Sciences, 2009, 35(2):116-123.
- [3] 梁越敢,梁睿. SBR 法对生活污水除磷效果的研究[J].安徽农业大学学报,2008,35(2):280-283.
- [4] 伍小军. SBR 法处理城市污水中最佳曝气时间的探讨[J].广州大学学报:自然科学版,2003,2(3):277-279.

(上接第 781 页)

- [4] 中华人民共和国国家标准.城镇污水处理厂污水综合排放标准(GB18918—2002)[S].北京:中国环境科学出版社,2002:11-12.
- [5] 国家环境保护总局,国家质量监督检验检疫总局.地表水环境质量标准(GB 3838—2002)[S].北京:中国环境科学出版社,2002:354.
- [6] PIJUAN M, GUIASOLA A, BAEZA J A, et al. Aerobic phosphorus release linked to acetate uptake: Influence of PAO intracellular storage compounds[J]. Biochemical Engineering Journal, 2005, 26:184-190.
- [7] 陈洪波,王冬波,李小明,等.单级好氧生物除磷工艺处理生活污水