

我国北方城市河流生态治理——以渭河流域皂河为例

胡梦云, 何国富* (华东师范大学资源与环境科学学院, 上海 200241)

摘要 北方河流多数为季节性河流, 河流支流多, 水量较小, 季节变化大, 丰水期防洪问题十分突出, 且水域内外存在着严重的生态环境问题, 从而极大制约了临河城市经济的可持续发展。作为典型北方河流, 渭河流域皂河水在经过规划的污水处理厂净化后, 出水达到设计中规定的一级 B 排放标准, 但仍然无法满足景观水体的要求。该研究针对皂河的具体情况设计了一套生态治理方案, 以期实现对其生态治理与修复, 最终既满足受纳水体对水质的要求, 又实现水体的生态提升、景观提升功能, 不仅可以对污染严重的皂河进行治理, 同时也为以后更加深入地研究北方河流治理与修复进行有益的探索。

关键词 北方河流; 皂河; 生态治理; 水体修复

中图分类号 X522 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)30-12121-04

Ecological Management of City Rivers in North China——A Case Study in Zaohe River in Weihe Basin

HU Meng-yun et al (School of Resource and Environmental Sciences, East China Normal University, Shanghai 200241)

Abstract Most of rivers are seasonal in North China. There are many features like many tributaries, little water, seasonal changes, the prominent flood control problem of abundant water period, and the serious problem of ecological environment in the waters, which greatly restricts the sustainable development of the city economy. As a typical North River, after the treatment of sewage plant the water of Zaohe River can reach the GB18918-2002 1B discharge standard which is appointed by the design, but still can not meet the requirements of landscape water. This paper designs a set of ecological management scheme according to the specific condition of Zaohe River, in order to realize the ecological management and restoration. Ultimately it can not only meet the water quality requirements of receiving water. Meanwhile the water can get ecological improvement and landscape promotion. It can not only manage the serious pollution of Zaohe River, but also explore and do more in-depth study of ecological management and water restoration in North Rivers.

Key words River in North China; Zaohe River; Ecological management; Water restoration

北方城市河流承担调节地区水量, 保持环境湿度, 提供生活、工业、农业用水的功能, 又因其本身具有的经济和生态价值, 已成为不可再生和替代资源。然而水域内外存在着严重的生态环境问题, 从而极大制约了临河城市经济的可持续发展。目前很多国家都在对破坏河流生态环境进行反思, 逐渐对河流进行修复, 大多数采用生态治理, 它遵循生态学基本原理, 循序渐进, 逐步构建近自然的河道生态系统。笔者针对皂河情况设计了一套生态治理方案, 以实现对其生态治理与修复, 不仅可以对污染严重的皂河进行治理, 同时也为以后更加深入地研究北方河流治理与修复进行有益的探索。

1 北方城市河流的生态治理

1.1 北方河流的特征 城市河流承担调节地区水量, 保持环境湿度, 提供生活、工业、农业用水的功能, 又因其本身具有的经济和生态价值, 已成为不可再生和替代资源。北方和南方城市河流不同, 北方城市河流有以下几个特征^[1]: ①水量相对较小。北方河流支流多、水量较小, 补给水源通常以雨水补给为主, 纬度高的地区有季节性积雪补给。②季节性明显, 枯水期缺水现象严重。北方河流多属季节性河流, 径流量年内变化较大。受地理位置的影响, 北方地区一般 6~9 月进入汛期, 其中 7~8 月为主汛期, 易发生洪涝。其他季节河流水量少, 冬季一般有结冰期。③防洪能力低, 水资源有待开发。河流未治理前, 防洪标准较低, 每到汛期遇暴雨, 常威胁两岸人民生命及财产安全; 而且北方地区洪水历时较短, 许多河流没有调蓄工程, 水资源没有得到开发利用。④

泥沙含量大、流域侵蚀严重。河水中的泥沙主要是流域汇水区域坡面上流水侵蚀作用的产物。北方河流的含沙量远远大于南方河流, 这是由我国南、北方地域及气候差异而导致的。

1.2 北方河流的生态治理

1.2.1 国内外城市河流治理发展新趋势。 20 世纪 90 年代以来, 全球比较发达的国家纷纷大规模拆除了河床上工程措施硬质材料。以建设保护、创造生物良好的生存环境和自然景观为前提, 在考虑一定强度、安全性和耐久性的同时, 充分考虑生态效果, 把河堤建筑材料由过去的混凝土、块石改造成水体和土体, 仿自然生态护坡, 即生态河堤成为了现代城市河流治理发展的趋势。很多国家都在对破坏河流生态环境进行反思, 并逐渐在将河流进行回归自然的改造。目前生态治理越来越广泛, 它遵循生态学基本原理, 循序渐进, 逐步构建近自然的河道生态系统, 实现河道生态系统的自我调节、自我平衡、自我净化功能, 持续改善河道水质, 提升河道生态系统。

1.2.2 北方河流的生态治理技术。 根据北方的河流特征及存在的问题, 有针对性地提出适合北方河流的治理技术, 常见的生态治理技术主要有:

1.2.2.1 生态护坡。 生态护坡是由植物等组成的综合性护坡系统, 不仅具有传统护坡的功能, 包括保证一定强度等, 而且还融入了生态、景观、文化等多方面的内涵, 有助于恢复被破坏的河道生态环境, 促进有机污染物的降解, 甚至调节局部小气候等^[2]。

1.2.2.2 人工生态基。 人工生态基是利用仿生学原理, 模仿沉水植物的形态, 类似于人工填料, 为微生物大量增殖、净化水体提供载体、创造条件, 同时又具有水生植物的某些特

作者简介 胡梦云(1988-), 女, 安徽芜湖人, 硕士研究生, 研究方向: 水资源评价与管理。* 通讯作者, 副教授, 博士, 从事水污染控制及修复研究。

收稿日期 2013-09-26

点,是一种新型的水质净化和修复的方法。外观酷似沉水植物,但是它克服了植物在冬季固有缺点,而且能很好适应北方不同季节水位变化的特点。生态基上生长的微生物群落通过自身的新陈代谢既可分解水中的有机物,还能吸附、降解水体中的营养成分,最终转化成为二氧化碳、水和氮气等,实现净水目的。

1.2.2.3 生态浮岛。生态浮岛是把高等水生植物,以不同类型材料等作为载体,种植到河流中^[3]。水体中比表面积大的基床结构和生长于基床上的植物,以及活跃在他们中间的生物(主要是土著微生物)群落,对水体中的有机污染物产生截留、吸附、降解,在好氧、厌氧(微环境)等环境条件下,进行氧化、硝化、反硝化等生化分解转化作用,从而使水质得到净化,逐步形成自我调节、自我净化的微生物-原生动-后生动物-大型挺水植物的微生态的自净化系统。

2 皂河概况及污染现状

皂河发源于西安市长安区境内,流经长安区,在下塔坡流入西安市,于草滩农场汇入渭河。皂河全长约 32 km,其中西安市城区段长约 27 km,流域面积约 260 km²。皂河既是西安市南郊、西郊及北郊部分地区排水、泄洪通道,又是渭河的重要支流之一^[4]。

笔者仅针对渭河流域的西皂河(东皂河同理)开展研究,以下简称为皂河。皂河是典型的北方河流,具有北方河流的典型特征,又由于沿岸居民生活污水和企业生产废水的排入,使皂河河水常年污臭不堪,直接影响渭河的水质。据调查沿途有 16 条城市雨水管网汇入,一直以来河里流动的几乎全部是生活污水和工业废水^[5]。因此皂河污染较为严重,其特殊的地理位置和严重的环境污染不仅引起当地群众的强烈不满,也成为西安和咸阳两市最突出的环境问题之一。皂河主要接纳生活污水和工业废水(主要是造纸行业排放的工业废水),其特点是有机物含量较高且属于较难于降解的

类型,SS、TP、TN 等含量也较高,因而处理具有一定难度。

根据《中华人民共和国地表水环境质量标准》中规定,依据地表水水域环境功能和保护目标,一般景观水域要满足地表水 V 类水标准,而渭河规划中,渭河水达到地表水 IV 标准。对比《中华人民共和国地表水环境质量标准》V、IV 类水质标准和污水排放标准(GB18918-2002)知,皂河水水质经过污水处理厂处理达标排放后,仍然无法满足景观水和渭河水水质要求,无法适用于景观水体,亦无法满足渭河水环境规划中水质的总体要求,因而必须对其进行生态治理与修复。

3 皂河治理思路及工艺流程

3.1 治理思路 对皂河进行生态治理,应充分利用功能区的功能定位,因地制宜。前段主要采用净化效果强的生态工程措施,如仿生学的人工生态基段、人工湿地段等,后段主要采用近自然的生态工程技术手段,比如河道/塘库水生植物系统恢复构建、河道/塘库水生生物群落构建、河道/塘库生态护坡构建等^[6]。最终实现对皂河水的净化,达到景观水体的要求。

3.2 工艺流程 皂河治理的具体工艺流程如图 1 所示。皂河水经水质净化厂处理后出水进入生态净化系统,主要经过沉淀、吸附、吸收、氧化还原、微生物分解等作用,最终达到无害化、资源化。生态修复种植种类选择依据是具有一定景观效果的土著种,如挺水植物有芦苇、水竹、茭白等;浮水植物有睡莲、菱角等;浮叶植物有荷花、睡莲;沉水植物:金鱼藻、黑藻等十几种。在植物生态系统构建完毕后,一定时间段内投加一定量底栖动物、鱼等,提升食物链级,进行生物操控,同时与自然生长的昆虫和两栖动物等逐步构成良好的广义湿地生态系统。良好的河道生态系统既实现水质净化,生态提升,又具有良好的景观效果和生态展示作用^[7]。主要工艺构成为 1 个调蓄池、6 个调蓄库塘、7 个河流生态廊道(图 2)。

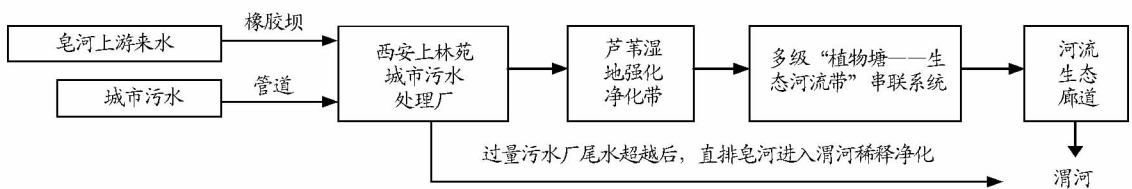


图 1 皂河生态净化工艺流程

4 皂河水生态修复景观工程

(1) 河段 A 段——人工生态基强化带。该段河流主要工艺为人工生态基和生态护坡,为后续景观水体生态系统的构建,改善生境创造条件,截留面源污染,恢复湿生生物生境。污水处理厂出水通常氮磷较高,利用人工生态基上生长的大量微生物进一步降低有机污染,消减来水的氮磷浓度,为生态修复创造条件。在 HRT > 10 d 的条件下,预期处理的去除率 COD 为 5%, BOD₅ 为 10%, 氨氮 30%, TN 28%, TP 20%。

(2) 1 号水域——挺水植物景观塘。以生态浮岛为载体,挑选耐污、净化效果好的土著湿生挺水植物菖蒲、千屈

菜、美人蕉等为先锋植物,进一步消减来水中的碳、氮、磷,同时构建湖库挺水植物系统,为最终的湖库生态系统创造条件。在 HRT 达到 20 d 的条件下,预期对主要水质指标的净化率 COD 为 10%, BOD₅ 为 15%, 氨氮 30%, TN 28%, TP 20%。

(3) 河段 B——芦苇湿地净化生态廊道。芦苇景观效果良好,是土著优势种群。在芦苇湿地中,由于芦苇生命活动具有向根际充氧等作用,湿地水体和底质中微生物丰富,且具备生物脱氮的条件,能够实现生物脱氮全过程,脱氮效果良好、稳定;同时,芦苇湿地对 SS 沉淀和吸附也有促进作用。当 HRT 在 5 d 以上,主要指标污染物的净化效果 COD 为

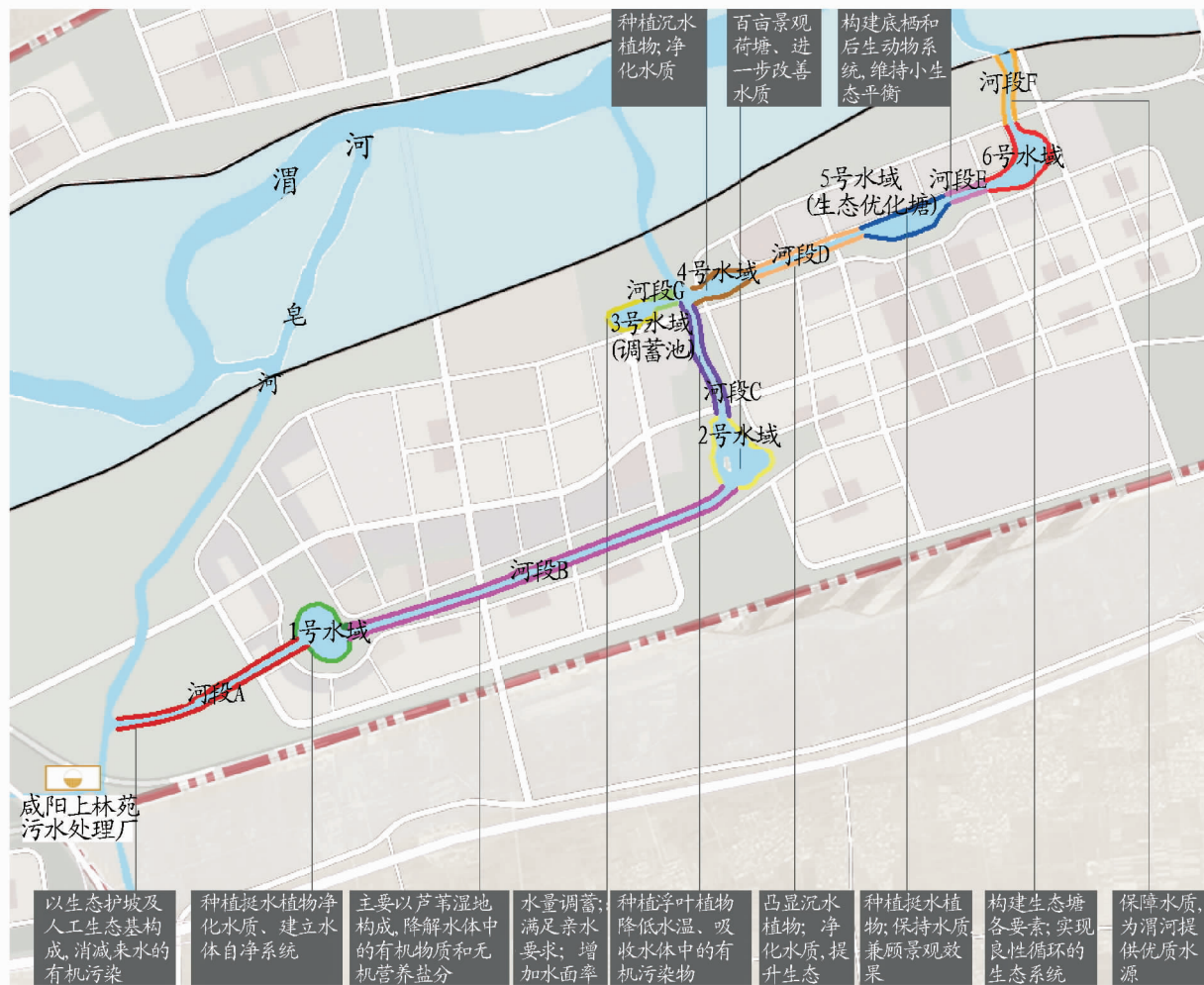


图2 皂河水生态修复景观工程——工艺流程原理示意图

10%, BOD₅ 为 15%, 氨氮 30%, TN 25%, TP 20%。

(4) 2号水域——百亩荷花园。经过芦苇湿地净化的来水, 在调蓄库塘中, 通过荷、莲等生命活动改善生境, 具有较好的水质净化, 生态环境改善的效果; 同时荷、莲还具有良好的景观效果, 也便于在适当的季节, 人们来赏荷、亲水、摘莲等。实现净水的基础上, 实现水体的亲水功能, 成为都市赏景、亲近大自然的良好去处, 同时起到持续改善水质、提升整个生态系统的作用。

(5) 河段 C 段——浮叶植物展示带。浮叶植物对于有效地形成多样化水环境有关键的作用, 它能有效地避免阳光直射, 特别在高温季节能减少光合作用, 对降低水温有非常明显的的作用, 同时它也是土著微生物的有效载体, 能有效地吸收水体中部分有机污染物。延续百亩荷塘的优美环境, 让人置身于优美环境中, 犹如处在南方水乡之中, 忘却自己其实身处北方缺水之都。

(6) 3号水域——调蓄池。补充水源: 北方缺水, 存储部分水源, 为景观生态净化系统枯水期提供部分补充水源; 泄洪削峰: 丰水期洪峰流量大, 为泄洪、削峰有效措施, 保障水安全的有效措施; 休闲亲水: 满足周边高档商业休闲场所的亲水需求; 环境生态: 满足具备调节小气候, 皂河生态净化微系统的要求, 必须达到一定水面率, 取到规模效应。

(7) 4号水域——“水下森林”展示塘。主要选择耐污性较强的品种, 如萍蓬草、菹草、马来眼子菜、狐尾藻、苦草等。

(8) 河段 D 段——突显“沉水植物”为中心的生态廊道构建。进一步展现沉水植物净化效果、环境生态改善功能, 以及表现出不同水环境, 不同品种沉水植物的净化效果和构建条件。

(9) 5号水域——生态优化塘。在设计中选择多种观赏性挺水植物镶嵌种植于岸边消落带, 并建立挺水植物观赏平台; 选取不同生活型、高度有层次性的植物, 具有很好的净化水质的效果和较好的景观视觉; 实现挺水植物、浮叶植物、沉水植物立体配置, 追求净化和景观和谐统一。

(10) 河段 E 段——生物链拓展带。该河段工艺主要为水生植物系统、河道底栖生物和后生动物等系统。根据工艺前段效果, 有效配置该段挺水、浮叶、沉水植物; 底栖生物品种主要选择螺、蚌等; 后生动物品种选择滤食性鱼类, 如鲢鱼与鳙鱼等。

(11) 6号水域——景观强化塘: 控制水质和稳定水生生态系统的重要部分。该系统构建了健全的生态塘各构成要素, 包括挺水植物系统、浮叶植物系统、浮水植物系统; 底栖生物系统; 鱼等后生生物系统。各系统按照一定比例, 实现生物操控, 最终实现湖库的自我调节, 自我净化和自我平衡,

生态系统的良性循环。

(12)河段 F——生态保障带。经过生态净化系统,最终进入渭河,成为渭河优质的补充水源。

(13)河段 G——输水廊道:连接皂河生态净化系统和调蓄库塘的纽带;沿线商住、休闲的良好场所;构建景观小品,展现生态魅力的有力载体。

东皂河的治理原理同西皂河,经过河流生态廊道—生态库塘多级串联系统,大大削减污染负荷。改善河网水质,通过构建河道水生系统并形成良性循环,可提高水文化综合效应,使得河水主要水质指标从污水处理厂一级 B 出水达到优于(GB3838—2002)Ⅳ类标准。

5 结论

笔者设计的工艺对皂河进行生态治理,最终既满足接纳水体对水质的要求,又实现水体的生态提升、景观提升功能。皂河通过生态系统的构建,将增加生物多样性,提升景观水品质,提高清水空间,增加经济效益,为城市居民提供一个更

好的生活环境;同时为北方河流治理提供了更丰富的理论知识储备。对北方河流进行生态治理与修复,使其水体得到修复,实现景观功能,“以河流生态反应器为指导思想,近自然构建河道生态系统,实现水质净化、水质持续改善和生态构件、景观美化相统一”,成为了不二选择。

参考文献

- [1] 郑连合,王瑞玲,赵洪亮,等. 北方河流与毗邻城市相互关系及综合治理[J]. 海河水利,2008(5):18—19.
- [2] 刘黎明,邱卫民,许文年,等. 传统护坡与生态护坡比较与分析[J]. 三峡大学学报:自然科学版,2007,29(6):528—532.
- [3] 童国璋,叶旭红. 生态浮岛技术概述及应用前景[J]. 江西科学,2010,28(4):470—472.
- [4] 董雯,李怀恩,李家科. 西安市皂河氨氮污染特征分析[J]. 黑龙江大学学报,2011,24(6):22—24.
- [5] 赵静,宁有丰,沈冰. 西安市皂河流域降雨径流估算及其特性分析[J]. 黑龙江大学学报,2011,2(2):12—15.
- [6] 董浩平,黄玮. 浅谈城市河流整治与景观设计[J]. 水电站设计,2005,2(6):48—51.
- [7] 金舒丽,袁兴中. 城市河流近自然治理概念构架与治理设计[J]. 资源开发与市场,2005,21(3):190—205.
- [8] SHI Y C, LI S Z, LIU X J. China's bioenergy industry development roadmap[J]. Engineering Sciences, 2009, 7(2): 57—61.
- [9] LIU D, ZENG R J, ANGELIDAKI I. Hydrogen and methane production from household solid waste in the two-stage fermentation process[J]. Water Res, 2006, 40(11): 2230—2236.
- [10] CHENG J, XIE B, ZHOU J, et al. Cogeneration of H₂ and CH₄ from water hyacinth by two-step anaerobic fermentation[J]. Int J Hydrogen Energy, 2010, 35(7): 3029—3035.
- [11] PARK M J, JO J H, PARK D, et al. Comprehensive study on a two-stage anaerobic digestion process for the sequential production of hydrogen and methane from cost-effective molasses[J]. Int J Hydrogen Energy, 2010, 35(12): 6194—6202.
- [12] WANG B, LI Y F, LIU R N, et al. Simultaneous coproduction of hydrogen and methane from sugary wastewater by an "ACSTR_H-UASB_{Met}" system[J]. Int J Hydrogen Energy, 2013, 38: 7774—7779.
- [13] YANG Z, GUO R, XU X, et al. Hydrogen and methane production from lipid-extracted microalgal biomass residues[J]. Int J Hydrogen Energy, 2011, 36(5): 3465—3470.
- [14] 刘文剑, 扬林, 刘淑云. 糖蜜废水处理与资源化研究进展[J]. 中国资源综合利用, 2009, 27(7): 39—40.
- [15] HAN W, WANG B, LIU X Y. Fermentative hydrogen production from molasses in an activated sludge immobilized bioreactor[J]. International Journal of Energy Engineering, 2012, 2(1): 28—31.
- [16] NOOPHAN P L, PAJORN P, SIRIVITHAYAPAKORN S, et al. Nitrogen removal efficiencies for two biological nutrient removal (BNR) plants in thailand: Molasses as an external carbon source for enriched denitrifying culture in a BNR process[J]. Journal of Environmental Science and Engineering, 2011, 5(10): 1245—1251.
- [17] 郭婉茜, 任南琪. 新型生物制氢反应器的运行及产氢特性[J]. 太阳能学报, 2009, 30(3): 397—399.
- [18] RUGGERI B, TOMMASI T, SASSI G. Energy balance of dark anaerobic fermentation as a tool for sustainability analysis[J]. Int J Hydrogen Energy, 2010, 35(19): 10202—10211.
- [19] WANG B, LI Y F, REN N Q. Biohydrogen from molasses with ethanol-type fermentation; Effect of hydraulic retention time[J]. Int J Hydrogen Energy, 2013, 38: 4361—4367.
- [20] 张振家, 王太平, 谷成. 两相 UASB 反应器处理糖蜜酒精糟液的试验研究[J]. 工业用水与废水, 2002, 33(4): 29—30.
- [21] 郑淑文, 王淑莹, 张树军, 等. 两级 UASB 与好氧组合工艺处理城市生活垃圾渗滤液的启动研究[J]. 环境污染治理技术与设备, 2006, 7(10): 88—91.
- [22] LUO G, XIE L, ZOU Z, et al. Anaerobic treatment of cassava stillage for hydrogen and methane production in continuously stirred tank reactor (CSTR) under high organic loading rate (OLR)[J]. Int J Hydrogen Energy, 2010, 35(21): 11733—11737.
- [23] FAN K S, KAN N R, LAY J J. Effect of hydraulic retention time on anaerobic hydrogenesis in CSTR [J]. Int J Hydrogen Energy, 2006, 31: 84—89.
- [24] 李萌, 程丽华, 毕学军. UASB 启动和运行过程中各影响因素分析[J]. 青岛理工大学学报, 2011, 32(6): 72—74.
- [25] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法[M]. 4 版. 北京: 中国环境科学出版社, 2004: 102—226.
- [26] HAN W, CHEN H, LI Y F, et al. Biological fermentative hydrogen and ethanol production using continuous stirred tank reactor[J]. Int J Hydrogen Energy, 2012, 37: 843—847.
- [27] 白羽, 蔡体久, 韩伟. 连续流 BiohydrogenbacteriumR3sp. nov. 菌株糖蜜废水发酵产氢能力分析[J]. 东北林业大学学报, 2011, 39(8): 94—100.
- [28] RUGGERI B, TOMMASI T, SASSI G. Fermentative hydrogen production from molasses wastewater in a continuous mixed immobilized sludge reactor [J]. Bioresource Technology, 2012, 110: 219—223.
- [29] 金浩, 李柏林, 欧杰. 污水处理活性污泥微生物群落多样性研究[J]. 微生物学杂志, 2012, 32(4): 1—4.
- [30] CHANDRA N R, SHEKAR REDDY, RAMARAJ H K. Biomethanisation of municipal solid waste by an aerobic fungi co-culture with methanogens: An approach to energy recovery[J]. Journal of Environmental Science and Engineering, 2010, 4(6): 60—65.

(上接第 12120 页)

参考文献