

广州南沙滨海公园点面源污染调查分析

杨瑞捷^{1,2}, 曾煌煌^{1,2}, 陈步丹^{1,3}, 陈芳^{1,4}, 吴世凯^{1*}

(1. 广州中国科学院先进技术研究所, 广东省膜材料与膜分离重点实验室, 广东广州 511458; 2. 广东工业大学轻工化工学院, 广东广州 510006; 3. 湘潭大学化工学院, 湖南湘潭 411105; 4. 南华大学化学化工学院, 湖南衡阳 421001)

摘要 [目的]了解广州南沙滨海公园及周边点面源污染状况。[方法]对公园湖泊及周边外江水体污染源进行调查, 分析点、面源污染物贡献率, 并设置水体监测点位获取水质相关指标的基础数据, 采用国家水环境质量标准对水体水质作出评价。[结果]滨海公园的点源污染主要来自于园内公厕和南沙资讯园的污水排放, 面源污染主要来自于园区绿化的施肥喷药。公园湖泊与外江水体的 COD、氨氮分别均属于 IV、II 类水质; 湖泊总氮属于地表 III 类, 总磷属于地表 IV 类; 外江总氮为劣 V 类, 总磷为 V 类。[结论]滨海公园湖泊水质受点、面源污染影响很大, 外江水质比公园湖泊差, 需要加强治理。

关键词 点源污染; 面源污染; 南沙滨海公园; 调查分析

中图分类号 X508 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2013)30-12144-03

Investigation and Analysis of Guangzhou Nansha Coast Park Point Source Pollution and Non-point Source Pollution

YANG Rui-jie et al (Guangzhou Institute of Advanced Technology of Chinese Academy of Science, Guangdong Key Laboratory of Membrane Materials and Membrane Separation, Guangzhou, Guangdong 511458)

Abstract [Objective] To find out the situation of Nansha Coast Park point and non-point source pollution. [Method] By investigating the park water environment, analysis of point and non-point source pollutants contribution rate, setting up water quality monitoring sites for basic data related indicators and the then using national water quality standards to evaluate water quality. [Result] The Coast Park point source pollution mainly comes from the Nansha IT Park's waste water and the sewage discharge of park's public toilets, and the non-point source pollution mainly comes from the campus greening fertilizer spraying. The COD of lakes and river outside the park and ammonia mean concentration belong to grade III; the total nitrogen of lake belongs to grade III, the total phosphorus belongs to grade IV; the total nitrogen of river is the worst; the total phosphorus is grade V. [Conclusion] The lake water quality is highly affected by the point and non-point source pollution, the quality of the river is worse than that of the lake in the park, and it needs powerful governance.

Key words Point source pollution; Non-point source pollution; Nansha Coast Park; Investigation and analysis

由于地形、气候、自然条件的特殊性, 城市湖泊型公园一直是城市居民亲近自然、寄情山水的重要场所。随着休闲时代的悄然到来, 我国城市公园逐步实行免费开放制度, 城市湖泊型公园越发受到游憩者的青睐, 是人们休闲游憩的重要场所^[1]。公园湖泊是城市水生态系统的组成部分, 易受到自然因素和人为因素的影响而水质恶化或富营养化, 严重时会造成水域生态系统结构的破坏, 给人们生活和社会经济造成巨大的损失。公园湖泊水体污染包括点源污染和面源污染两种类型。从污染物产生源到进入水体主要有产流、汇流、产污 3 个环节, 其中两个关键是污染物的入水总量和污染物在水环境中的自净能力^[2]。点源污染是指有固定排放点的污染源, 一般指工业废水及城市生活污水, 由排放口集中汇入江河湖泊。面源污染是指工、农业生产等活动中, 溶解的或固体的污染物(如废料、化肥、农药、牲畜粪便等)从非特定的地域, 在降水和径流冲刷作用下, 经过土壤地表径流、农田排水和地下渗漏进入受纳水体所引起的水体污染^[3]。点源主要表现以化学需氧量和氨氮为主, 而面源主要表现以总氮、总磷为主^[4], 且成分多, 形成过程复杂, 时空分布范围广, 与点源污染相比, 治理难度较大而严重。

随着郊区城市化、工业化、农村现代化进程的加快, 点面

源污染问题进一步凸显, 直接影响到景观水域及公园价值, 严重威胁到周边区域的水质安全。目前, 通过公园点面源污染的详细调查和公园湖泊及其外江水质监测相结合的方法, 从而提出具有针对性的污染防治措施, 国内对其的相关报道并不多^[5-6]。因此, 研究公园点面源污染和监测公园湖泊及外江水体, 同时选择合适的评价方法进行合理的评价, 对公园污染防治具有重要的现实指导意义。广州南沙滨海公园地处广州市南沙区大角山脚东侧, 占地总面积近 80 hm²^[7], 其中湖泊面积近 32 hm², 约占园区总面积的 40%, 园区绿化率高达 85% 以上。该研究对南沙滨海公园点面源污染进行详细的调查, 并估算污染物的排放量和入湖量, 有助于认识公园污染的来源和程度, 进而采取有效的方法保护公园生态环境, 对国内其他同类型的公园也具有指导意义。

1 材料与方法

1.1 调查与取样 根据南沙滨海公园周边公共设施、水文条件和水系分布等情况, 于 2013 年 4~9 月对公园周边进行走访与调查, 并在公园内湖泊(1~5#)及其外江区域(6~7#)均匀设置 7 处水体监测点位进行采样分析。采样信息如图 1 所示, 每个水样均采集 3 个平行, 于 24 h 内检测完毕。水样采集方法及储存和运输方式均按照相应的操作规范进行。

1.2 水样分析、测试指标 感官性状和一般化学指标包括 pH、浊度、悬浮物、总氮、总磷、氨氮、COD 以及微生物指标类大肠杆菌群等。

1.3 检测方法与评价标准 水样分析检测指标均按照《水和废水监测分析方法(第四版)》^[8]、《湖泊富营养化调查规

基金项目 淡水生态与生物技术国家重点实验室开放课题(2012-FB12); 粤港关键领域重点突破项目(2012A090200001)。

作者简介 杨瑞捷(1991-), 男, 广东普宁人, 本科生, 专业: 化学工程与工艺。* 通讯作者, 高级工程师, 博士, 从事淡水浮游植物方面的研究。

收稿日期 2013-09-27



图1 采样位置

范》^[9]以及相关国标方法进行分析检测,结果采用《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)II、III类水进行评价,具体评价限值见表1。

表1 地表水环境质量标准限值

水质类别	pH	总氮 mg/L	总磷 mg/L	氨氮 mg/L	COD mg/L	类大肠 菌群//个/L
II	6~9	0.5	0.025	0.5	15	2 000
III	6~9	1.0	0.050	1.0	20	10 000

注:总磷以地表水湖、库为标准。

1.4 数据处理及绘图 使用 Excel 2013 程序和 OriginLab 8.5 软件进行数据处理与绘图。

2 结果与分析

2.1 污染调查情况

2.1.1 点源污染调查分析。南沙滨海公园的点源污染主要来自于园区内的公共厕所及南沙资讯园的污水排放。园区内共有4个公共厕所,厕所向公园湖泊的日排污总量约为9 m³,其中总氮排放量和入湖量均为16 kg/a,总磷排放量和入湖量均为3 kg/a,COD排放量和入湖量均为349 kg/a。南沙资讯园在南横涌和滨海公园均有排污口,生活污水主要来源于厕所、厨房等。据资讯园管理处统计,2013年第二和第三季度分别向外排放生活污水约12 870和17 060 m³。因此,估算南沙资讯园在滨海公园湖泊的日排污总量约为100 m³,其中总氮排放量和入湖量均为182 kg/a,总磷排放量和入湖量均为31 kg/a,COD排放量和入湖量均为3 869 kg/a。

2.1.2 面源污染调查分析。面源污染产生的过程主要有降雨径流过程、土壤侵蚀过程、地表溶质溶出过程和土壤溶质渗透过程^[10]。南沙滨海公园的面源污染主要来自于园区绿化的施肥喷药。园区每年喷药共54次,并在不同时间对不同草木施用不同类别的有机磷、氮农药。农药施用的利用率一般很低,喷施中只有10%~20%附着在植物体上,其余部分约有40%~60%降落在地面,5%~30%漂浮于空气中,落于地面的农药又会随降雨形成地表径流而流入水域或者下渗到土壤中^[11]。因此,估算园区绿化喷淋的农药的总氮排放量为800 kg/a,总氮入湖量为94 kg/a,总磷排放量为1 500

kg/a,总磷入湖量为133 kg/a。滨海公园管理处绿化组对园区植物施用复合肥,施肥频率为2次/a,年施肥总量为15 000 kg。化肥的折存量主要由植物吸收量、土壤残留量、地表径流流失量及氮素的生物化学作用组成。赖力等指出,常用氮肥总氮占施用量的40%左右,常用磷肥总磷占施用量的8%~14%^[12]。施用氮肥中,作物平均利用率为35%,地面径流率为10%;施用磷肥中,植物平均吸收率为11%,地面径流率为7.5%。因此,估算公园绿化施用的化肥的总氮排放量和入湖量分别为1 463和225 kg/a,总磷排放量和入湖量分别为2 025和169 kg/a。

2.1.3 点面源污染物贡献率。依据南沙滨海公园点、面源污染物排放量及入湖量的估算结果,从污染物入湖量结果可知,4个公厕、南沙资讯园、农药、化肥依次分别占总氮贡献率的3.1%、35.2%、18.2%、43.5%,占总磷贡献率的0.9%、9.2%、39.6%、50.3%;4个公厕、南沙资讯园分别占COD贡献率的8.3%和91.7%。

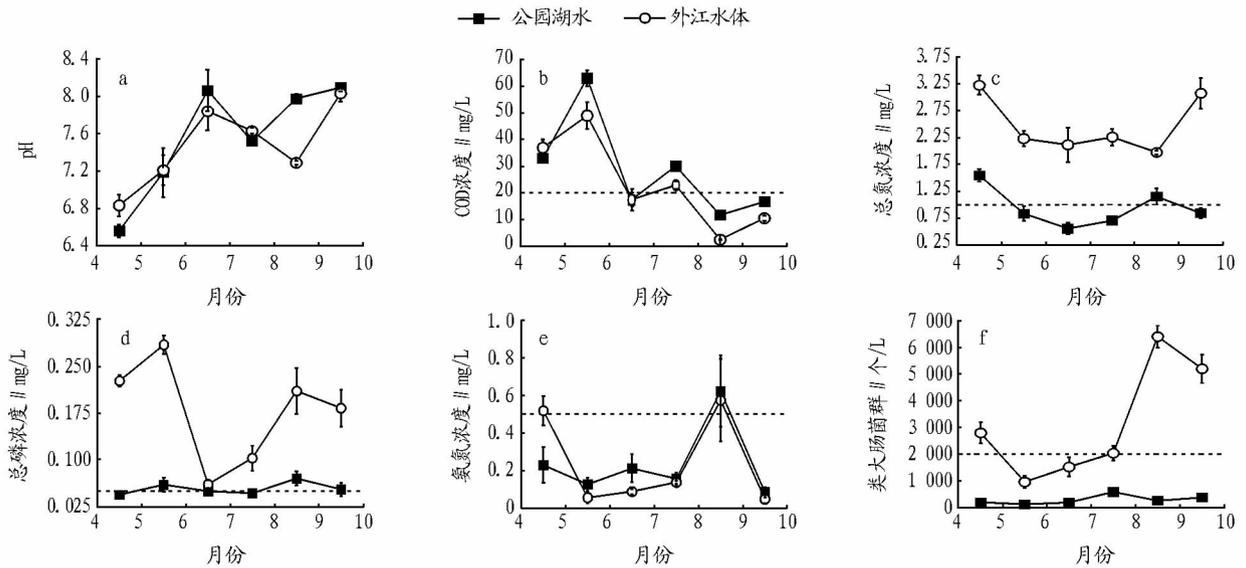
2.2 水体监测情况

2.2.1 水质变化状况。各月份公园、外江水体水质监测情况如图2。从图2可知,公园湖泊与外江水体酸碱变化不强,pH均值均在7.7;广州市近岸海域水质较差,主要污染物为无机氮、活性磷酸盐和COD^[13],外江水体总氮均值高达2.48 mg/L,属于劣V类水质。湖泊区域5、6、7、9月总氮含量均低于地表III类1 mg/L限值;湖泊总磷含量在0.054 mg/L左右波动变化,外江水体总磷浓度范围0.061~0.284 mg/L,各月份变化较大。湖泊氨氮含量除8月均值在0.62 mg/L外,其他月份均低于0.05 mg/L,而外江水体氨氮变化情况基本与湖泊的类似;8月的氨氮浓度总体比7、9月大,可能是由于公园面污染汇入的有机氮、磷农药和化肥或外江水体上游污染源的大量汇入,在8月的平均气温最高的环境状况下,有利于有机物分解产生氨氮。两者COD随时间变化呈现逐渐降低趋势,湖泊水体均值(28.7 mg/L)比外江水体略高。5月的COD浓度为最高,表明该月份的有机物污染特别严重。水环境质量标准III类水质类大肠菌群限值为1万个/L,两种水体均未超标,这里取II类水质作出评价;湖泊水体类大肠菌群数量随时间变化不大,均值在291个/L,远低于变化范围在960~6 400个/L的外江水体。

2.2.2 水质评价与氮磷状况分析。由表2可知,公园湖泊与外江水体的COD、氨氮分别均属于IV、II类水质;湖泊总氮属于地表III类、总磷属于地表IV类;外江总氮为劣V类,总磷为V类。氮磷比(N/P)是考察营养盐的重要指标,用于判断营养盐的相对限制情况,N/P<16表明N相对不足;N/P>16表明P相对不足^[14-15]。通过比较,公园湖区与外江平均N/P分别为17.4、14.0,说明公园湖泊在夏季限制性营养盐为磷,存在氮过剩的情况,而外江水体为氮限制;低N/P有利于蓝藻在水中形成优势^[16],6月已在在外江(6号点位)观测到蓝藻爆发现象,这与实际情况相符。

3 结论与讨论

(1)4个公共厕所作为点污染源对滨海公园湖泊水质影



注:a. pH;b. COD;c. 总氮;d. 总磷;e. 氨氮;f. 粪大肠菌群。

图2 南沙滨海公园水质检测情况

表2 南沙滨海公园水质类别情况

监测点位	总氮		总磷		氨氮		COD		粪大肠菌群	
	平均值 mg/L	类别	平均值 mg/L	类别	平均值 mg/L	类别	平均值 mg/L	类别	平均值 个/L	类别
公园	0.937	III	0.054	IV	0.240	II	28.7	IV	291	II
外江	2.480	劣V	0.177	V	0.238	II	23.3	IV	3 153	III

注:总磷以地表水湖、库为标准。

响较小;南沙资讯园对滨海公园湖泊水质影响很大,需引起重点关注,可委托南沙水务局,将南沙资讯园向滨海公园排污的管道整改到远离公园处。面源污染方面,农药对滨海公园湖泊水质影响很大,应设法提高施药效率从而减少农药用量;滨海公园化肥平均施肥强度为 313 kg/hm^2 ,远远超过发达国家为防止化肥对水体造成污染而设置的 225 kg/hm^2 的安全上限^[17],但低于我国目前化肥平均施肥强度 400 kg/hm^2 。化肥对滨海公园湖泊水质影响很大,应设法改良施肥效果,科学施肥。

(2)通过对公园湖泊及附近外江水体的监测分析可知,两水体 pH 在 7.7 左右,水环境呈中性偏碱;总氮均值属于地表 III 类,总磷均值属于地表 IV 类,并随时间变化不大。这可能在于公园湖泊生态系统稳定,能在一定程度上对于外源污染的汇入起到净化作用,并且水体中氮、磷的地球化学循环能较长时间地维持。近年来珠江口流域污染严重^[18-20],外江为珠江口水域,总氮均值属劣 V 类,总磷为 V 类,氮磷含量高,水体状况较差;此外,外江水体 $N/P < 16$,在夏季有蓝藻水华的生态风险。因此,环境保护部门应加大对珠江流域生产企业排污的监管以及环境治理的力度,防范水华爆发,切实保护珠江口自然生态环境。

该研究对南沙滨海公园点面源污染进行了调查和采样分析,估算污染物的排放量和入湖量并进行水质评价,有助于认识公园污染的来源和污染程度,进而采取有效的方法保护公园生态环境,对国内其他同类型的公园污染调查也具有指导意义。但该研究的水质监测月份为 4~8 月,主要为湖

泊营养盐类指标,不能反映公园湖泊水质全年变化规律和全面的点面源污染情况,因而公园点面源污染调查仍待进一步的探究与完善。

参考文献

- [1] 冒丹. 基于休闲理念的城市湖泊型公园游憩行为研究[D]. 南京:南京林业大学,2012.
- [2] 纪丁愈. 川中丘陵区饮用水源地农村面源污染特征分析[D]. 成都:西南交通大学,2011.
- [3] 穆婧,史明昌,郭宏忠,等. 小流域面源污染防治措施配置模式研究——以重庆市万州区陈家沟小流域为例[J]. 广东农业科学,2013(9):166-170,238.
- [4] 杨坪宏. 滇池水环境污染现状及点面源污染分布特征浅析[J]. 水文,2009(S1):177-180.
- [5] 幸宏伟,龚翠平. 基于园林土壤微量元素的生态修复——以南温泉公园为例[J]. 安徽农业科学,2012(8):4664-4666,4714.
- [6] 张娟,王艳春,田宇. 北京市属公园土壤重金属分布及风险评价[J]. 环境科学与技术,2012(6):161-164.
- [7] 何志芳,黄柳菁,陈红锋,等. 广州南沙滨海公园土壤理化性质评价及改良措施探讨[J]. 广东林业科技,2011,27(6):51-55.
- [8] 国家环保总局. 水和废水监测分析方法[M]. 4版. 北京:中国环境科学出版社,2002.
- [9] 金相灿. 湖泊富营养化调查规范[M]. 2版. 北京:中国环境科学出版社,1990.
- [10] 陶春,高明,徐物,等. 农业面源污染影响因子及控制技术的研究现状与展望[J]. 土壤,2010(3):336-343.
- [11] 方淑荣,刘正库. 论农业面源污染及其防治对策[J]. 农业科技管理,2006(3):22-23.
- [12] 赖力,黄贤金. 中国化肥施用的环境成本估算[J]. 土壤学报,2009,46(1):63-69.
- [13] 广东省海洋与渔业局. 2012年广东省海洋环境状况公报[R]. 广州,2012.
- [14] 蔡真珍,王宪,郑盛华. 湄洲湾水质季节变化特征及评价[J]. 海洋环境科学,2008,27(2):161-164.

(下转第 12149 页)

$$u_i' = \frac{g d_p^2 (p_s - p_g)}{18\mu} \quad (9)$$

将上述参量代入公式,计算得出 $u_i' = 17.41 \text{ m/s}$ 。该次设计选用的是湍流流化床,外部旋风分离器,所以其操作速度的范围是 U 的范围:

$$20u_{mf} < U < 200u_{mf} \quad (10)$$

即 $3.8 \text{ m/s} < U < 38 \text{ m/s}$,结合带出速度 $u_i' = 17.41 \text{ m/s}$,所以 $3.8 \text{ m/s} < U < 17.41 \text{ m/s}$,在该范围内初选操作速度 $U = 6 \text{ m/s}$ 。

3.2 流化床床径和床高的设计 流化床的床径 D_i 的计算公式:

$$D_i = \left(\frac{4Q}{\pi U}\right)^{1/2} \quad (11)$$

式中, U 为流化床操作速度(m/s), Q 为进入床层中的流体流量(m^3/s)。其中, $U = 6 \text{ m/s}$, $Q = 9.39 \text{ m}^3/\text{s}^{[7]}$ (Q 的取值与流化床的需热量和流化气体温度有关,这里不做表述)。将数值带入上式,计算得 $D_i = 1.41 \text{ m}$ 。流化床的床高 H_f 计算公式:

$$H_f = \frac{4W_s t}{\pi D_i^2 p_s (1 - \varepsilon)} \quad (12)$$

式中, W_s 为固体颗粒进料量(kg/s), t 为固相或气相的加工时间(s), ε 为操作条件下的床层空隙度。根据设计要求,此处取 $W_s = 1 \text{ kg/s}$, $D_i = 1.41 \text{ m}$, $p_s = 170 \text{ kg/m}^3$, $\varepsilon = 0.4^{[7]}$,经计算得床高 $H_f = 5.03 \text{ m}$ 。

3.3 流化床的数量与物料粒径对流化床设计的影响 计算所得流化床床径为 1.41 m ,但是这么大的床径难以保证布气均匀性,所以必须将流化床反应器分成多个,以实现布气的均匀性。此外,生物质颗粒的直径也与流化床反应器的设计密切相关。通过编程运算的方法研究出选取的物料颗粒直径与流化床床径、床高之间的关系。

在保证流化反应总相同的前提下,将流化床反应器分成 1~5 个,观察床径的变化情况,以满足布气均匀的需要,同时观察颗粒直径为 0.5、1.0、2.0、3.0、4.0 mm 时流化床尺寸的变化。利用 VB 进行编程,然后计算出对应的床径和床高的数值。由图 4 和表 1 可知,物料颗粒直径越大,则所需要的操作气速越高;随着颗粒直径的增大,流化床床径相对减小但床高增加,外形由短粗向细长变化;随着流化床反应器数量的增加,床径缩小率逐步减小。通过对颗粒加工的难易程度、流化气体的操作速度、反应器的个数及床径、床高等因素进行综合考虑,设计中选用的颗粒直径为 1 mm,操作气速为 6 m/s ,反应器为 4 个,对应床径为 0.71 m ,床高为 5.03 m 。

3 小结

通过对火管锅炉、管式换热器和流化床反应器 3 种装置

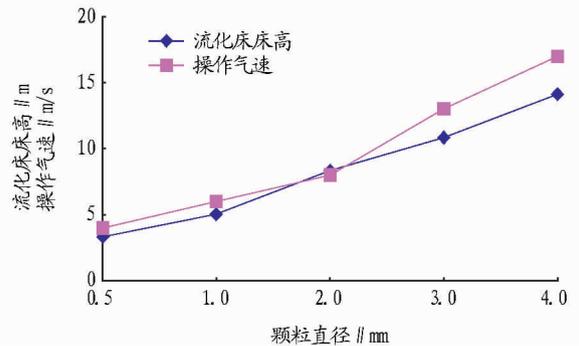


图 4 物料粒径与操作速度、流化床床高间的关系

表 1 不同颗粒直径和反应器数量条件下对应的流化床直径 m

颗粒直径 mm	反应器数量				
	1	2	3	4	5
0.5	1.72	1.22	0.99	0.86	0.77
1.0	1.41	0.99	0.81	0.71	0.63
2.0	1.09	0.77	0.63	0.54	0.48
3.0	0.95	0.67	0.55	0.47	0.42
4.0	0.83	0.59	0.48	0.41	0.37

的设计方法进行研究,最终初步确定了不凝气载热型流化反应装置的设计方法。其中,燃烧加热部分的计算方法主要参照火管锅炉炉膛的计算方法,烟气换热部分需要参照管式换热器的设计方法进行;因为不需要太多的内部构件,所以流化床部分主要考虑的是对床径和床高的设计。笔者尝试对年产 1 万 t 生物质油的生产装置进行设计,经过计算初步设计的基础数据:加热炉直径 1.12 m,加热炉长度 5.21 m,换热管外径 76 mm,换热管根数 19 根,物料颗粒直径 1 mm,流化床反应器数量 4 个,流化床床径 0.71 m,流化床床高 5.03 m。另外,笔者仅对不凝气载热型流化反应装置的设计计算方法进行了初步研究,在实际设计中还应当考虑到不凝气体在不同温度下体积和比热容的变化,同时还要加入分布板、旋风分离器、燃烧器、风机等装置的设计和选型。

参考文献

- [1] 吴鑫干, 王宝珠, 李文生. 气固流化床反应器工艺计算[J]. 石油与天然气化工, 2004(33): 30-33.
- [2] 樊泉桂. 锅炉原理[M]. 北京: 中国电力出版社, 2004: 225-232.
- [3] 潘继红, 田茂诚. 管壳式换热器的分析与计算[M]. 北京: 科学出版社, 1996: 21-50.
- [4] 钱颂文. 换热器设计手册[K]. 北京: 化学工业出版社, 2002: 55-81.
- [5] 吴占松, 马润田, 汪展文. 流态化技术基础及应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 71-78.
- [6] 蔡勇. 不凝气载热型双筒双热快速裂解制油反应器设计[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2012: 4-15.
- [7] 郭慕孙, 李洪钟. 流态化手册[K]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 359-368.

(上接第 12146 页)

- [15] 胡春华, 黄丹, 周文斌, 等. 典型湖泊边缘区丰水期营养状态及其影响因素研究——以蚌湖为例[J]. 水生态学杂志, 2013, 34(3): 32-38.
- [16] SHHINDLER D W. Evolution of phosphorus limitation in lakes[J]. Science, 1977, 195: 260-262.
- [17] 赵永宏, 邓洋征, 战金艳, 等. 我国农业面源污染的现状与控制技术研究[J]. 安徽农业科学, 2010(5): 2548-2552.
- [18] HUANG X P, TIAB L, PENG B, et al. Environmental pollution in the

Pearl River Estuary: a review [J]. Journal of Tropical, 2010, 29(1): 1-7.

- [19] XIAO R, BAI J H, HUANG L B, et al. Distribution and pollution, toxicity and risk assessment of heavy metals in sediments from urban and rural rivers of the Pearl River delta in southern China[J]. Ecotoxicology, 2013, 22(10): 1564-1575.
- [20] 杨婉玲, 赖子尼, 魏泰莉, 等. 2006 年珠江八大入海口 As 含量调查[J]. 广东农业科学, 2011(3): 144-147.