

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第33卷 第9期

Vol.33 No.9

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

我国4个WMO/GAW本底站大气CH ₄ 浓度及变化特征	方双喜,周凌晔,许林,姚波,刘立新,夏玲君,王红阳	(2917)
我国东北地区大气降水稳定同位素特征及其水汽来源	李小飞,张明军,马潜,李亚举,王圣杰,汪宝龙	(2924)
2010年广州亚运期间空气质量与污染气象条件分析	李婷苑,邓雪娇,范绍佳,吴兑,李菲,邓涛,谭浩波,蒋德海	(2932)
厦门市冬春季灰霾期间大气PM ₁₀ 中多环芳烃的污染特征及来源分析	钱冉冉,闫景明,吴水平,王新红	(2939)
气溶胶OCEC切割点确定方法改进及应用	王莉华,董华斌,闫才青,曾立民,郑玫,张延君,刘久萌,Weber R J	(2946)
松花江上游夹皮沟金矿土壤与大气汞污染特征	张刚,王宁,王媛,刘特,艾建超	(2953)
河北农居环境颗粒态汞污染特征及健康评估研究	赵亚娟,龚巍巍,栾胜基	(2960)
印刷电路板(PCB)厂挥发性有机物(VOCs)排放指示物筛选	马英歌	(2967)
烹调油烟中挥发性有机物的排放初探	何万清,田刚,聂磊,曲松,李靖,王敏燕	(2973)
生物滴滤塔降解甲苯废气长期运行生物膜相特性研究	胡俊,郑江玲,吴越新,张丽丽,陈建孟	(2979)
分期布液生物滴滤床净化H ₂ S废气性能研究	刘春敬,李坚,刘佳,彭淑婧,李超,陈英,何洪	(2987)
粉煤灰综合利用过程中汞的二次释放规律研究	孟阳,王书肖	(2993)
太湖、巢湖水体总悬浮物浓度半分析反演模型构建及其适用性评价	刘忠华,李云梅,檀静,郭宇龙,周莉,刘阁	(3000)
巢湖水质与流域农业投入的关联性研究	张燕,高翔,张洪	(3009)
巢湖十五里河水花生长区沉积物及间隙水中营养盐的基本特性	李如忠,李峰,周爱佳	(3014)
巢湖沉积物中磷蓄积时空变化及人为污染定量评价	刘恩峰,杜臣昌,羊向东,沈吉	(3024)
巢湖周边表土中有机质、全氮和全磷空间分布及其相关性	陈书琴,储昭升,胡社荣,刘俊,王长春,王曼	(3031)
丹江口水库典型入库支流氮磷动态特征研究	雷沛,张洪,单保庆	(3038)
水温分层对三峡水库香溪河库湾春季水华的影响	刘流,刘德富,肖尚斌,孔松,陈媛媛,方小凤	(3046)
平水期和丰水期殷村港污染物浓度时空变异比较研究	杨晓英,罗兴章,郑正,方淑波	(3051)
江苏西部湖泊沉积物营养盐赋存形态和释放潜力差异性分析	刘涛,胡志新,杨柳燕,肖琳,席北斗,许其功	(3057)
太湖西岸湖滨带沉积物氮磷有机质分布及评价	甘树,卢少勇,秦普丰,金相灿,焦伟,王佩	(3064)
南四湖流域种植业面源污染氮磷源解析研究	刘静,路风,杨廷钊,徐娜,王田妮	(3070)
珠江水体中有机物分布、组成及与消毒副产物生成的关系	何洪威,周达诚,王保强,梁艳红	(3076)
东江流域典型乡镇饮用水源地重金属污染健康风险评价	王若师,许秋瑾,张炯,魏群山,颜昌宙	(3083)
深圳茅洲河表层沉积物卤代多环芳烃污染研究	孙建林,倪宏刚,丁超,曾辉	(3089)
福建罗源湾潮间带沉积物重金属含量空间分布及其环境质量影响	高文华,杜永芬,王丹丹,高抒	(3097)
渤海湾大型底栖生物群落结构变化及原因探讨	蔡文倩,刘录三,乔飞,林岍璇,周娟	(3104)
地下水污染防治区划体系构建研究	王俊杰,何江涛,陆燕,刘丽雅,张小亮	(3110)
北京市平原区地下水污染防治区划不确定性分析	陆燕,何江涛,王俊杰,刘丽雅,张小亮	(3117)
川东平行岭谷区典型岩溶含水系统中NO ₃ ⁻ 的存储和运移	杨平恒,袁道先,任幼蓉,谢世友,贺秋芳,胡晓风	(3124)
改性活性炭对水中PFOS的吸附去除研究	董锡臻,石宝友,解岳,王东升	(3132)
水溶液中臭氧和溴离子的反应研究	俞潇婷,张家辉,潘循哲,张仁熙,侯惠奇	(3139)
HPSEC-UV-TOC联用技术测定有机物相对分子质量分布	张晗,董秉直	(3144)
不同有机基质诱发的水体黑臭及主要致臭物(VOCs)产生机制研究	卢信,冯紫艳,商景阁,范成新,邓建才	(3152)
不同pH下纳米铁镍颗粒对生物降解苯酚的影响	况烨,周琰,王清萍,陈祖亮	(3160)
多级微氧生物流化床预处理高浓度丙烯酸废水	李莎,郑盛之,宋玉栋,周岳溪,朱长军,刘淑玲,潘玲,蒲文晶	(3167)
三级生物膜深度处理腈纶废水生化出水的脱氮研究	徐少阳,蒋进元,周岳溪,崔俊涛,段妮妮	(3172)
改性花生壳对水中镉的动态吸附研究	龙腾,易筱筠,党志	(3177)
硫氰酸根在粒状镁铝复合氧化物上的吸附性能	王秀娟,王海增,孙宝维,韩文军	(3182)
海水生物滤器氨氮沿程转化规律模型	罗荣强,侯沙沙,沈加正,陈珠,刘鹰	(3189)
营养物质缺乏引起的好氧颗粒污泥膨胀及其恢复	张著,高大文,袁向娟,勾倩倩	(3197)
生物表面活性剂强化污泥水解的研究	易欣,罗琨,杨麒,李小明,邓伟光,张植平	(3202)
厌氧氨氧化菌的富集培养与分子鉴定	刘冬英,邱艳玲,袁宪正,师晓爽,郭荣波	(3208)
阿特拉津降解菌株的分离、鉴定及降解特性研究	李绍峰,朱静,李铁晶	(3214)
农业废物堆肥中高产漆酶菌株的分离鉴定及酶学性质研究	任秀娟,范长征,鲁伦慧,王聪,曾光明	(3220)
糖蜜酒精废水脱色微生物的筛选及鉴定	李必金,刘幽燕,贺锴,滕芳明,何熙璞,李青云	(3228)
餐厨垃圾乳酸发酵过程中的微生物多样性分析	刘建国,汪群慧,王爽,孙晓红,仇天雷,李焕	(3236)
共价功能化对单壁碳纳米管产生DNA损伤和活性氧的影响研究	吴仁人,陶雪琴,党志,李开明,蔡美芳	(3241)
<i>Geobacter sulfurreducens</i> 对汞的甲基化及其影响因素研究	邹嫣,司友斌,颜雪,陈艳	(3247)
单一与复合胁迫下油菜对镉、铅的吸收效应	武文飞,南忠仁,王胜利,赵转军,周婷	(3253)
金铜矿下游农户家养番鸭体内重金属分布特征及其评价	杭小帅,梁斌,王文林,王霞,李维新	(3261)
环境激素氯菊酯对萼花臂尾轮虫繁殖的影响	董学兴,杨家新,吕林兰,赵卫红,於叶兵	(3266)
地聚物固化生活垃圾焚烧飞灰固化体抗氧化硫杆菌腐蚀性能的研究	金漫彤,孙鑫,董海丽,金赞芳	(3272)
焚烧飞灰高温过程中重金属的挥发及其氯化特征	刘敬勇,孙水裕	(3279)
城市废弃物处理温室气体排放研究:以厦门市为例	于洋,崔胜辉,林剑艺,李飞	(3288)
NPEOs及其代谢产物在城市污水处理厂中的归趋分析	连静,刘俊新	(3295)
《环境科学》征订启事(3037)	《环境科学》征稿简则(3151)	信息(2999,3030,3096,3227)

太湖西岸湖滨带沉积物氮磷有机质分布及评价

甘树¹, 卢少勇^{2*}, 秦普丰¹, 金相灿², 焦伟², 王佩²

(1. 湖南农业大学资源环境学院, 长沙 410128; 2. 中国环境科学研究院, 环境基准与风险评估国家重点实验室, 国家环境保护湖泊污染控制重点实验室, 湖泊环境研究中心, 湖泊工程技术中心, 北京 100012)

摘要: 采集了太湖西岸湖滨带的表层沉积物, 研究了沉积物中氮、磷和有机质的空间分布并进行评价。结果表明, 表层沉积物氮、磷和有机质含量基本上呈由近岸向远岸递增的趋势, 各点表层沉积物有机质平均含量 $7\,124.00\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 介于 $2\,261.78 \sim 11\,963.10\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; 总氮平均含量 $819.20\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 介于 $343.20 \sim 1\,390.12\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; 总磷平均含量 $379.39\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 介于 $197.46 \sim 570.85\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。沉积物中 C/N 值为 9.5。沉积物中有机质及营养盐来源于湖中藻类和水生高等植物。采用有机指数和有机氮评价太湖西岸湖滨带沉积物的环境质量, 有机指数平均为 0.037, 有机氮为 0.044%, 总体上属于尚清洁范畴。远岸端点位沉积物有机指数及有机氮含量均较高, 存在转为有机污染的风险。

关键词: 湖滨带; 表层沉积物; 有机指数; 有机氮; 氮; 磷

中图分类号: X131.2 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2012)09-3064-06

Spatial Distribution and Evaluation of Nitrogen, Phosphorus and Organic Matter in Surface Sediments from Western Lakeside Belt of Lake Taihu

GAN Shu¹, LU Shao-yong², QIN Pu-feng¹, JIN Xiang-can², JIAO Wei², WANG Pei²

(1. College of Resources & Environment, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2. Engineering and Technology Centre of Lake, Research Centre of Lake Environment, State Environmental Protection Key Laboratory for Lake Pollution Control, State Key Laboratory of Environmental Criteria and Risk Assessment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China)

Abstract: The surface sediments in western lakeside belt of Taihu Lake were collected. The spatial distribution of nutrients and pollution evaluation were studied. The results showed that concentration of the nitrogen, phosphorus and organic matter in the surface sediments had an increasing tendency from inshore to the far shore. The concentration of organic matter in the sediments ranged from $2\,261.78\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ to $11\,963.10\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, with the average of $7\,124.00\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Total nitrogen concentration in the sediments ranged from $343.20\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ to $1\,390.12\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, with the average of $819.20\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. The total phosphorus concentration in the sediments ranged from $197.46\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ to $570.85\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, with the average of $379.39\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. The C/N ratio in the lake sediment was 9.5. Organic matter and nutrient were from alga and aquatic plant in lake. Based on the organic index and organic nitrogen, we can concluded that the surface sediments in western lakeside belt of Taihu Lake still belong to less clean category. The average values of organic index and organic nitrogen were 0.037% and 0.044%, respectively. The organic index and organic nitrogen in offshore were high, which indicated the risk of organic pollution.

Key words: lakeside belt; surface layer sediment; organic index; organic nitrogen; nitrogen; phosphorus

湖滨湿地是湖泊水生生态系统与陆地生态系统的功能交接区, 是水陆系统间物质循环、能量交换的重要场所, 有显著生态边缘效应^[1,2]。恢复湖滨湿地功能, 可改善湖泊生态状况, 减少水体中氮磷负荷; 还能促进泥沙沉积, 能吸收和吸附水体中多种无机、有机^[3]和重金属污染物^[4,5]; 本研究涉及的湖滨湿地位于太湖西岸防洪大堤内, 其能降低风浪对防洪大堤的侵蚀冲击^[6]。充分利用和保护湖滨湿地是治理太湖富营养化的有效措施之一。近年来, 对湖滨湿地的研究主要集中在湿地保护和开发利用及对受损湿地恢复, 但对太湖湖滨湿地沉积物氮、磷和有机质的分布及评价的研究尚少, 本研究分析了太湖西岸湖滨带表层沉积物中氮、磷和有机质分

布特征并用有机指数和有机氮进行评价, 可供湖滨带相关工作参考。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

研究区位于太湖西岸竺山湾午干涸港至符涑港段, 地理位置为 $N31^{\circ}23'42.10'' \sim 31^{\circ}25'17.85''$, $E119^{\circ}59'37.37'' \sim 120^{\circ}01'23.25''$ 。该区岸带是典型

收稿日期: 2011-09-28; 修订日期: 2012-03-27

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2008ZX07101-001, 2009ZX07101-009); 国家高技术研究发展计划(863)项目(2005AA60101005)

作者简介: 甘树(1987~), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为水污染控制及水环境修复, E-mail: ganshu051101@163.com

* 通讯联系人, E-mail: lushy2000@163.com

的平原河网型岸带。采样点位布置见图1, 平均气温 15.7°C , 夏季最热月平均 28.3°C 。年均无霜期超过240 d, 积温 $5\,418^{\circ}\text{C}$, 日照较足, 7~8月日照时数最多。年均降水量 $1\,177\text{ mm}$, 春夏雨水集中; 夏季主导风向为东南风。该段因风浪较大, 且建有水泥大堤, 基底被严重淘蚀, 不利于水生生物生长, 且威胁已有植物群落, 故用消浪桩等措施抵御风浪, 消浪桩靠大堤侧调整底泥厚度, 使之达一定厚度以适合植物生长。主要植物为芦苇, 伴生少量芦竹、荻、蒿草。

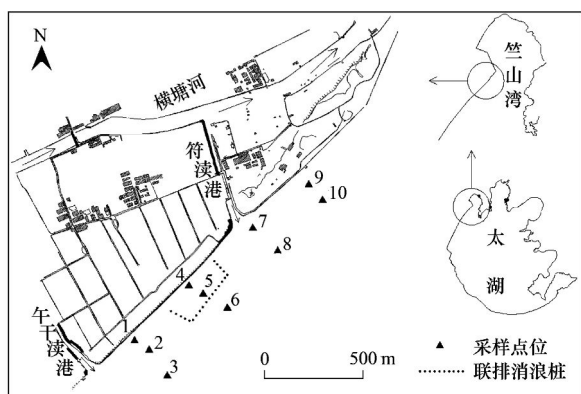


图1 采样点位示意

Fig. 1 Location of sampling sites

1.2 样品采集与分析

2010年8月用彼得森采泥器采集研究区内10个点的表层样^[7], 涉及4类区域: 无消浪桩有植物区(1、2、3号)、有消浪桩有植物区(4、5、6号)、河口区(7、8号)和无消浪桩无植物区(9、10号)。用KCl提取-纳氏比色法、饱和硫酸钙提取-紫外分光光度法测定沉积物鲜样的氨氮、硝氮, 样品经冷冻干燥后用重铬酸钾加热法测有机质, 凯氏法测全氮、硫酸-高氯酸消煮磷钼蓝比色法测全磷^[8], SMT法测磷形态^[9,10], 沉积物粒度用马尔文2000型激光粒度仪测定。藻体用滤网采集, 低温烘干后用 H_2SO_4 - H_2O_2 消煮, 纳氏比色法测定全氮含量, 钼蓝比色法测定全磷含量。所测样品设平行样, 测量分析的相对标准偏差均保持在10%内, 所有结果均以沉积物干重计。

2 结果与讨论

2.1 研究区沉积物有机质含量分布特征

研究区域内各点位表层沉积物有机质含量见图2, 各点表层沉积物有机质平均含量 $7\,124.00\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 介于 $2\,261.78 \sim 11\,963.10\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 间, 低于报道的太湖西岸有机质平均含量($24\,170$

$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)^[11]。1、2、3、7、8号沉积物有机质含量分布规律明显, 均有沿辐射带渐增之势, 1~6点位平均粒径变化趋势也一样。研究显示入湖河流泥沙输移及湖流等水动力作用是影响湖相沉积物空间分布的主要因素^[12,13]。7、8号点位于符渚港河口处, 水流沿7号点向8号点流动, 沉积物平均粒径7号点大于8号点, 河流入湖后, 水流速度突降, 大的沙性颗粒先沉降下来, 而小颗粒、软、有机质含量高的颗粒后沉降。1、2号点位沉积物有机质等的含量均低于其他点, 该区域位于近岸端, 以芦苇为主的水生高等植物生长茂盛, 且有一定微生物生长, 二者共同作用使该区有较高的污染物去除能力。研究区内联排消浪桩抵御水流对泥层冲刷以保障水生植物正常生长, 也减缓消浪桩内水体与桩外太湖水体的交换; 4号点处于消浪桩内, 2010年8月太湖西岸正值蓝藻暴发, 蓝藻被湖流推动着朝下风向湖岸积聚, 大量死亡的蓝藻残体沉积于该区, 是该点有机质含量较1、7号点高的主要原因。

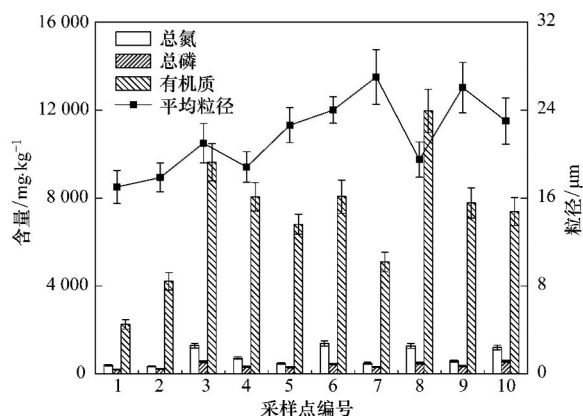


图2 沉积物总氮、总磷、有机质含量及平均粒径的分布

Fig. 2 Distribution of total nitrogen, total phosphorus, organic matter content and average particle diameter in sediments

2.2 研究区沉积物氮含量分布特征

研究区域各点位表层沉积物中氮形态含量见图3, 各点表层沉积物总氮平均含量 $819.20\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 介于 $343.20 \sim 1\,390.12\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 间。稍低于西太湖典型河口区底泥中氮含量($469 \sim 2\,252\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 平均 $1\,049\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)^[11]。研究区域远岸端沉积物总氮平均含量约是近岸端及中间端的2.33倍和3.13倍, 远岸端沉积物总氮含量介于 $1\,202.32 \sim 1\,390.12\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 间, 平均 $1\,289.75\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 最高值在6号点, 近岸端沉积物总氮含量介于 $398.08 \sim 728.32\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 间, 平均 $552.25\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。由图3可知, 表层沉积物中硝氮、氨氮含量分布与总氮一致, 均为

远岸端>近岸端>中间端. 其中, 硝氮含量普遍偏低, 在 $0.34 \sim 1.92 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 间, 与王秋娟等^[14] 对竺山湾沉积物的研究结果 ($0.11 \sim 1.69 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 相近, 氨氮含量在 $244.99 \sim 499.46 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 间, 高于张彦等^[15] 报道的北部湖区沉积物的 $110.3 \sim 199.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 可能因取样时为 8 月, 正值太湖西岸蓝藻暴发, 蓝藻死亡后沉降在湖底, 经微生物降解可产生大量有机质, 湖区沉积物平均粒径 $21.68 \mu\text{m}$, 主要粒径分布在 $64 \mu\text{m}$ 内, 属粉砂型, 说明湖区受风浪搅动较小, 在底层形成了相对厌氧环境, 更利于氨氮形成^[16], 也间接导致氨氮在氮含量中的高比例. 有机氮含量在 $51.62 \sim 947.65 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 间, 其中远岸端点位 (3、6、8、10 号) 有机氮平均含量较高, 达 $834.60 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 与张彦等^[15] 报道的 $801.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 相近. 表层沉积物中各氮形态所占质量分数见图 4, 可知近岸端有机氮含量比例均低于远岸端, 这与湖滨带近岸端植物区内植物-微生物系统有关^[17,18]: ①植物根系为微生物提供附着载体, ②根际为微好氧环境, ③近岸水质较差, 藻密度较高易导

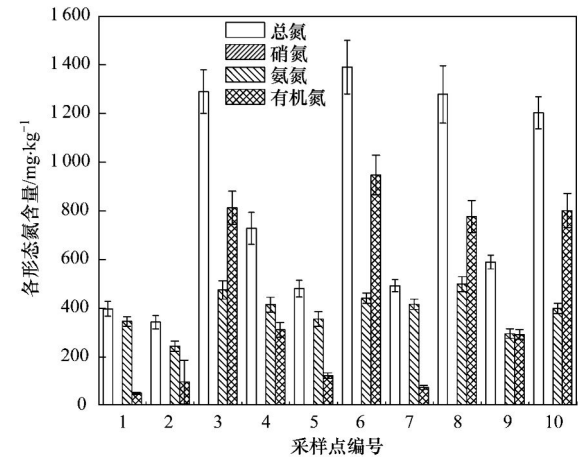


图3 沉积物各形态氮分布

Fig. 3 Distribution of different forms of nitrogen in sediments

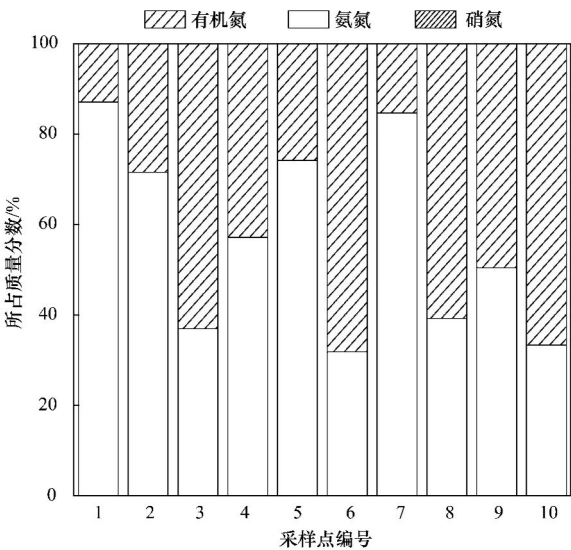


图4 沉积物各形态氮质量分数

Fig. 4 Mass fraction of different forms of nitrogen in sediments

致缺氧和厌氧, ④远岸水深大于近岸, 沉积物更易处于还原环境. 此外, 岸带存在的水生生物残体被微生物分解, 有机氮被分解成为无机氮, 导致近岸带氨氮、硝氮等无机氮离子浓度高于有机氮.

底泥中的 C/N 值在某些程度上反映了营养盐来源. 生物种类不同, C/N 值不同. 有资料显示^[19] 湖泊中不同生物的 C/N 值, 水生高等植物为 $14 \sim 23$, 底栖动物为 $2.8 \sim 3.4$, 浮游动植物平均值约 $6.0 \sim 6.3$, 藻类为 $5 \sim 14$. 由表 1 看出, 研究区域内各点位 C/N 平均 9.5, 最大 14.2, 最小 5.7, 多数集中在 $5 \sim 14$ 间, 藻体 C/N 平均 11.5. 表明底泥中有有机质及营养盐主要源于湖中藻类和水生高等植物. 采样时间正值太湖蓝藻暴发, 东南风导致近岸处聚集大量蓝藻, 而研究区域内植物密集, 截留并使藻沉淀下来, 藻类及区域内的主要植物如芦苇等的凋落物滞留此区后都将成为沉积物的一部分.

表 1 研究区域 C/N 比值

Table 1 C/N ratio in sediments											
点位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	藻体
C/N	5.7	12.3	7.5	11.1	14.2	5.8	13.2	6.1	10.3	9.4	11.5

此外, 底栖生物调查也是反映水生态环境变化的重要内容之一, 底栖动物更是水体环境监测的良好指示生物, 且因其具有可连续监测, 经济且敏感性高的优点而受到越来越多的关注. 本次调查中采得底栖动物样本为霍普水丝蚓 (*Limodrilus hoffmeisteri*), 中国长足摇蚊 (*Tanypus chinensis*), 梨形环棱螺 [*Bellamya purificata* (Heude)], 铜锈环棱螺 (*Bellamya*

aeruginosa), 均是太湖中常见的种类, 且均是耐污种. 铜锈环棱螺的出现表明区域内有机质含量丰富, 适宜螺类的生长和繁殖, 与区域内沉积物有机质含量偏高相印证. 底栖生物调查结果与 2008 年相近区域调查结果^[20] 在种类上相同, 说明该区域污染仍不容乐观.

2.3 研究区沉积物磷含量分布特征

研究区域各点位表层沉积物中磷形态含量见图

5, 各点表层沉积物总磷平均含量为 $379.39 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 介于 $197.46 \sim 570.85 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 间, 与徐德兰等^[21]对梅梁湾湖滨带芦苇湿地研究结果 ($300.52 \sim 449.29 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 相近. 研究区域远岸端沉积物总磷平均含量是近岸端及中间端的 1.73 倍和 1.95 倍, 远岸端沉积物总磷含量介于 $442.65 \sim 570.85 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 间, 平均 $516.67 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 最高点出现在 3 号点, 近岸端沉积物总磷含量介于 $197.46 \sim 352.87 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 间, 平均 $299.25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. 总磷含量最低点出现在 1 号点, 是因该处生长着芦苇等大量植物, 这些植物在生长旺季对生物可利用磷的需求量非常大, 从而间接导致了沉积物中总磷含量的降低. 此外湖滨带沉积物的吸附和沉淀、微生物吸收、泥炭增长等作用^[18,22,23] 改变的各项环境因素都将实现对磷的削减, 且该类水面涨落导致的部分干湿交替变化还可增加对磷的滞留^[21,24].

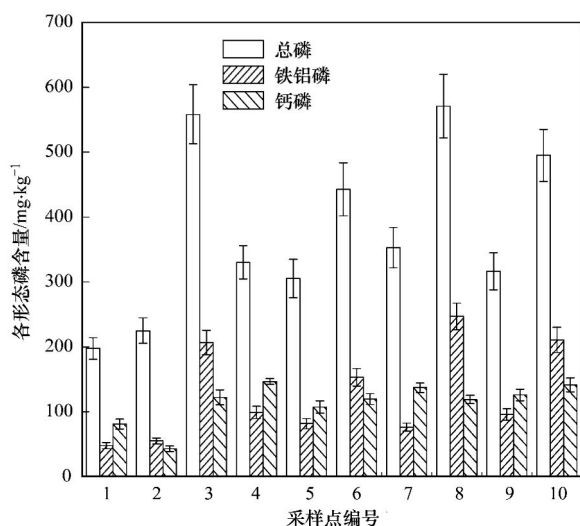


图5 研究区域沉积物各形态磷分布

Fig. 5 Distribution of different forms of phosphorus in sediments

研究区域内各点位沉积物中铁铝磷平均含量为 $127.33 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 介于 $48.05 \sim 246.84 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 间; 钙磷平均含量为 $114.37 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 介于 $43.16 \sim 146.60 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 间, 2 种形态磷含量与袁和忠等^[25]的研究结果相当. 由图 5 可知, 铁铝磷的含量分布规律与总磷基本一致, 为远岸端 > 近岸端; 沉积物中铁铝磷是活性较高的组分, 对上覆水磷含量影响较大, 而钙磷的活性较之铁铝磷低^[26]. 黄清辉等^[27]得出沉积物中铁铝磷和钙磷含量的比值可作为鉴别酸化或碱化引起磷释放的简单指数, 铁铝磷与钙磷的比值小于 0.5 的沉积物在较低 pH 值时可达较高磷释放强度, 由图 6 可知铁铝磷和钙磷含量相当, 铁铝磷与钙磷比在 $0.59 \sim 2.07$ 间, 均大于 0.5, 但是

比值 0.59 和数值 0.5 很接近, 因此理论上也存在酸化释放的风险. 铁铝磷和总磷间的显著相关性说明, 铁铝磷是磷的重要形态, 是太湖除东部外生物可利用活性磷的重要来源, 其在环境条件变化后可释放到水体中为藻类等生物所利用, 而成为太湖北部及西北部藻华多发的重要原因^[28]. 研究区域内铁铝磷占总磷质量分数在 $21.6\% \sim 43.2\%$ 间, 与 Jin 等^[29]对太湖其他湖区沉积物研究结果 (贡湖 46%, 东太湖 24%) 相近, 且上述湖区沉积物存在酸化释放风险, 因此区内磷酸化释放值得关注.

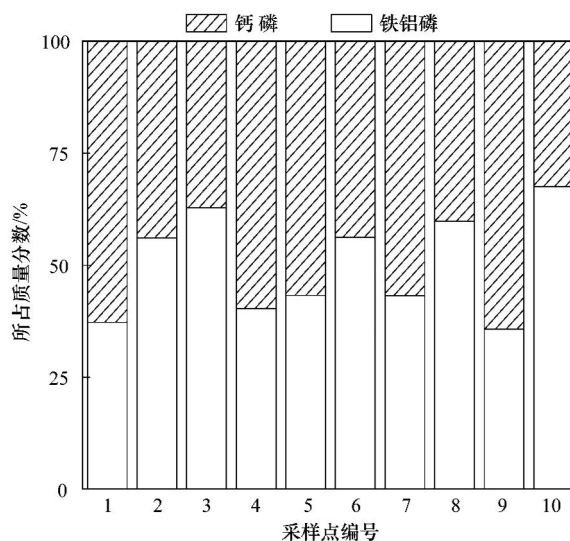


图6 研究区域沉积物各形态磷质量分数

Fig. 6 Mass fraction of different forms of phosphorus in sediments

3 评价

3.1 评价方法与标准的确定

目前, 湖泊生态系统各项健康评价的方法很多, 应用也较广泛^[5,30], 且应用于太湖水生生态系统的健康评价也相继开展^[31,32], 考虑到太湖入湖河流中氮为主要超标污染物^[33,34], 且太湖表层沉积物中有机质含量增速较快的特点, 用有机指数和有机氮^[35,36]评价研究区域沉积物污染状况 (表 2 和 3).

有机指数常用作水域沉积物环境状况, 而有机氮是常用来衡量湖泊表层沉积物受氮污染的重要指标, 计算方法及评价标准如下:

$$\text{有机指数} = \text{有机碳}(\%) \times \text{有机氮}(\%)$$

$$\text{有机碳} = \text{有机质}(\%) / 1.724$$

$$\text{有机氮}(\%) = \text{总氮}(\%) - \text{氨氮}(\%) - \text{硝氮}(\%)$$

沉积物中有机氮评价标准见表 3.

3.2 评价结果

根据有机指数和有机氮评价方法和标准, 太湖西岸湖滨带沉积物污染状况评价结果见表 4.

表 2 沉积物有机指数评价标准

Table 2 Organic index evaluation standard of sediments				
有机指数	<0.05	≥0.05 ~ <0.20	≥0.20 ~ <0.50	≥0.50
类型	清洁	较清洁	尚清洁	有机污染
等级	I	II	III	IV

表 3 沉积物中有机氮评价标准

Table 3 Organic nitrogen evaluation standard of sediments				
有机氮质量分数	<0.0033%	0.0033% ~ 0.066%	0.066% ~ 0.133%	>0.133%
类型	清洁	较清洁	尚清洁	有机污染
等级	I	II	III	IV

表 4 太湖西岸湖滨带沉积物有机指数及有机氮含量

Table 4 Content of organic index and organic nitrogen in the sediments							
点位	有机质质量分数/%	有机碳质量分数/%	总氮质量分数/%	有机氮质量分数/%	有机指数	有机指数等级	有机氮等级
1	0.226	0.131	0.040	0.0052	0.005	I	II
2	0.422	0.245	0.034	0.0098	0.008	I	II
3	0.962	0.558	0.129	0.081	0.068	II	III
4	0.805	0.467	0.073	0.031	0.032	I	II
5	0.681	0.395	0.048	0.012	0.018	I	II
6	0.806	0.468	0.139	0.095	0.062	II	III
7	0.509	0.295	0.049	0.0076	0.014	I	II
8	1.196	0.694	0.128	0.078	0.084	II	III
9	0.777	0.451	0.059	0.029	0.025	I	II
10	0.738	0.428	0.120	0.092	0.049	I	III
平均	0.712	0.413	0.082	0.044	0.037	I	II

由表 4 可见,从研究区内各点位有机指数范围介于 0.005 ~ 0.084, 平均 0.037, 属 I 类等级, 属尚清洁范畴, 优于 2006 年评价结果, 近岸端有机指数平均 0.019, 属 I 类等级; 中间段平均 0.013, 亦属 I 类等级; 远岸端有机指数平均 0.066, 属 II 类等级, 属较清洁范畴。

研究区内各点位有机氮等级属 II 类较清洁等级, 远岸端污染等级普遍高于近岸端及中间端。

评价结果显示, 整个研究区有机指数平均 0.037、有机氮平均 0.044%, 优于 2006 年张雷等^[11]对西太湖典型河口区内湖滨带的评价结果(有机指数 0.305、有机氮 0.100%), 两项评价标准的任何一项均达标准 II 的要求范围, 属较清洁范畴。但远岸端点位有机指数及有机氮含量均较高, 存在转为有机污染的风险。

4 结论

(1) 研究区域内湖滨带表层沉积物中有机质、总氮和总磷的含量有明显分布特征, 大致呈随与岸距离的增加而增大之势。表层沉积物有机质平均含量 7 124.00 mg·kg⁻¹, 介于 2 261.78 ~ 11 963.10 mg·kg⁻¹; 总氮平均含量 819.20 mg·kg⁻¹, 介于 343 ~ 1 390 mg·kg⁻¹; 总磷平均含量 379.39 mg·kg⁻¹, 介于 197.4 ~ 570.85 mg·kg⁻¹。C/N 平均值 9.5, 表明底泥中有机质及营养盐主要源于湖中藻类和水生高等植物。其中有机质、总氮含量较以往研究结果

有下降, 可能和湖滨带对污染的削减作用有关。沉积物中铁铝磷和钙磷含量相当, 铁铝磷与钙磷比值在 0.59 ~ 2.07, 均大于 0.5, 最低比接近 0.5, 理论上存在酸化释放风险。

(2) 用有机指数和有机氮评价沉积物的环境质量, 有机指数平均 0.037, 有机氮 0.044%, 总体属较清洁范畴, 但在远离岸带点位的底泥的有机质和总氮含量均较高, 有机指数 0.066, 有机氮平均含量 0.087%, 具转为有机污染等级的风险。

参考文献:

- [1] Huang G H, Jiang X. Barriers to sustainable water-quality management[J]. Journal of Environmental Management, 2001, 61(1): 1-23.
- [2] 王庆锁, 冯宗炜, 罗菊春. 生态交错带与生态流[J]. 生态学杂志, 1997, 16(6): 52-58.
- [3] Syversen N. Effect of a cold-climate buffer zone on minimising diffuse pollution from agriculture [J]. Water Science and Technology, 2002, 45(9): 69-76.
- [4] 卢少勇, 焦伟, 金相灿, 等. 滇池内湖滨带沉积物中重金属形态分析[J]. 中国环境科学, 2010, 30(4): 487-492.
- [5] 焦伟, 卢少勇, 李光德, 等. 滇池内湖滨带重金属污染及其生态风险评价[J]. 农业环境科学学报, 2010, 29(4): 740-745.
- [6] 柴培宏, 代嫣然, 梁威, 等. 湖滨带生态修复研究进展[J]. 中国工程科学, 2010, 12(6): 32-34.
- [7] 金相灿, 屠清瑛. 湖泊富营养化调查规范[M]. (第二版). 北京: 中国环境科学出版社, 1990. 211-230.
- [8] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. (第三版). 北京: 中国农业出版社, 1981. 30-33.

- [9] Ruban V, Brigault S, Demare D, *et al.* An investigation of the origin and mobility of phosphorus in freshwater sediments from Bort-Les-Orgues Reservoir, France[J]. *Journal of Environmental Monitoring*, 1999, **1**(4): 403-407.
- [10] Ruban V, López-Sánchez J F, Pardo P, *et al.* Harmonized protocol and certified reference material for the determination of extractable contents of phosphorus in freshwater sediments- A synthesis of recent works[J]. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, 2001, **370**(2-3): 224-228.
- [11] 张雷, 郑丙辉, 田自强, 等. 西太湖典型河口区湖滨带表层沉积物营养评价[J]. *环境科学与技术*, 2006, **29**(5): 4-6, 13.
- [12] 沈吉, 袁和忠, 刘恩峰, 等. 太湖表层沉积物的空间分布与层序特征分析[J]. *科学通报*, 2010, **55**(36): 3516-3524.
- [13] 金相灿, 姜霞, 徐玉慧, 等. 太湖东北部沉积物可溶性氮、磷的季节性变化[J]. *中国环境科学*, 2006, **26**(4): 409-413.
- [14] 王秋娟, 李永峰, 姜霞, 等. 太湖北部三个湖区各形态氮的空间分布特征[J]. *中国环境科学*, 2010, **30**(11): 1537-1542.
- [15] 张彦, 张远, 于涛, 等. 太湖沉积物及孔隙水中氮的时空分布特征[J]. *环境科学研究*, 2010, **23**(11): 1333-1342.
- [16] 陈永川, 张德刚, 汤利. 滇池沉积物铵态氮的时空变化特征研究[J]. *土壤学报*, 2010, **47**(6): 1180-1187.
- [17] Pant H K, Reddy K R, Lemon E. Phosphorus retention capacity of root bed media of sub-surface flow constructed wetlands[J]. *Ecological Engineering*, 2001, **17**(4): 345-355.
- [18] Venterink H O, Davidsson T E, Kiehl K, *et al.* Impact of drying and re-wetting on N, P and K dynamics in a wetland soil[J]. *Plant and Soil*, 2002, **243**(1): 119-130.
- [19] 魏景超. 真菌鉴定手册[M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [20] 刘国峰, 张志勇, 刘海琴, 等. 底泥疏浚对竺山湖底栖生物群落结构变化及水质影响[J]. *环境科学*, 2010, **31**(11): 2645-2651.
- [21] 徐德兰, 雷泽湘, 王洪君, 等. 太湖滨岸带芦苇区沉积物磷的特征[J]. *湿地科学*, 2007, **5**(2): 133-139.
- [22] Ribeiro D C, Martins G, Nogueira R, *et al.* Phosphorus fractionation in volcanic lake sediments (Azores-Portugal)[J]. *Chemosphere*, 2008, **70**(7): 1256-1263.
- [23] 李青芹, 霍守亮, 咎逢宇, 等. 我国湖泊沉积物营养盐和粒度分布及其关系研究[J]. *农业环境科学学报*, 2010, **29**(12): 2390-2397.
- [24] Norton S A, Coolidge K, Amirbahman A, *et al.* Speciation of Al, Fe, and P in recent sediment from three lakes in Maine, USA[J]. *Science of the Total Environment*, 2008, **404**(2-3): 276-283.
- [25] 袁和忠, 沈吉, 刘恩峰. 太湖不同湖区沉积物磷形态变化分析[J]. *中国环境科学*, 2010, **30**(11): 1522-1528.
- [26] Xie L Q, Xie P, Tang H J. Enhancement of dissolved phosphorus release from sediment to lake water by *Microcystis blooms*: An enclosure experiment in a hyper-eutrophic, subtropical Chinese lake[J]. *Environmental Pollution*, 2003, **122**(3): 391-399.
- [27] 黄清辉. 浅水湖泊内源释放及其生物有效性——以太湖、巢湖和龙感湖为例[D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2005.
- [28] 袁和忠, 沈吉, 刘恩峰. 太湖重金属和营养盐污染特征分析[J]. *环境科学*, 2011, **32**(3): 649-657.
- [29] Jin X C, Wang S R, Pang Y, *et al.* Phosphorus fractions and the effect of pH on the phosphorus release of the sediments from different trophic areas in Taihu Lake, China[J]. *Environmental Pollution*, 2006, **139**(2): 288-295.
- [30] 余辉, 张文斌, 卢少勇, 等. 洪泽湖表层底质营养盐的形态分布特征与评价[J]. *环境科学*, 2010, **31**(4): 961-968.
- [31] 戈锋, 叶春, 冯冠宇, 等. 基于熵权综合健康指数法的太湖湖滨带水生态系统研究[J]. *内蒙古师范大学学报(自然科学汉文版)*, 2010, **39**(6): 623-626.
- [32] Ye C, Xu Q J, Kong H N, *et al.* Eutrophication conditions and ecological status in typical bays of Lake Taihu in China[J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2007, **135**(1-3): 217-225.
- [33] 崔云霞, 颜润润, 程炜, 等. 太湖主要入湖河流排污控制量研究[J]. *环境监控与预警*, 2010, **2**(5): 34-39.
- [34] 陈雷, 远野, 卢少勇, 等. 环太湖主要河流入湖口表层沉积物污染特征研究[J]. *中国农学通报*, 2011, **27**(1): 294-299.
- [35] 隋桂荣. 太湖表层沉积物中 OM、TN、TP 的现状与评价[J]. *湖泊科学*, 1996, **8**(4): 321-324.
- [36] 孙顺才, 黄漪平. 太湖[M]. 北京: 海洋出版社, 1993. 224-228.

CONTENTS

CH ₄ Concentrations and the Variation Characteristics at the Four WMO/GAW Background Stations in China	FANG Shuang-xi, ZHOU Ling-xi, XU Lin, <i>et al.</i> (2917)
Characteristics of Stable Isotopes in Precipitation over Northeast China and Its Water Vapor Sources	LI Xiao-fei, ZHANG Ming-jun, MA Qian, <i>et al.</i> (2924)
Study on Air Quality and Pollution Meteorology Conditions of Guangzhou During the 2010 Asian Games	LI Ting-yuan, DENG Xue-jiao, FAN Shao-jia, <i>et al.</i> (2932)
Characteristics and Sources of PM ₁₀ -bound PAHs During Haze Period in Winter-Spring of Xiamen	QIAN Ran-ran, YAN Jing-ming, WU Shui-ping, <i>et al.</i> (2939)
Improvement and Application of the Method for Determination of OCEC Split	WANG Li-hua, DONG Hua-bin, YAN Cai-qing, <i>et al.</i> (2946)
Characteristics of Mercury Pollution in Soil and Atmosphere in Songhua River Upstream Jia-pi-gou Gold Mining Area	ZHANG Gang, WANG Ning, WANG Yuan, <i>et al.</i> (2953)
Pollution Characteristics and Health Assessment of Particulate Mercury in Hebei Rural Households	ZHAO Ya-juan, GONG Wei-wei, LUAN Sheng-ji (2960)
Composition and Characteristics of Volatile Organic Chemicals Emission from Printed Circuit Board Factories	MA Ying-ge (2967)
Preliminary Study Concerning Emissions of the Volatile Organic Compounds from Cooking Oils	HE Wan-qing, TIAN Gang, NIE Lei, <i>et al.</i> (2973)
Characteristics of Biofilm Phase During the Long-term Degradation of a Toluene-contaminated Gas Stream Using BTF	HU Jun, ZHENG Jiang-ling, WU Yue-xin, <i>et al.</i> (2979)
Performance of Cross Flow Trickling Filter for H ₂ S Gas Treatment	LIU Chun-jing, LI Jian, LIU Jia, <i>et al.</i> (2987)
Study on Mercury Re-emissions During Fly Ash Utilization	MENG Yang, WANG Shu-xiao (2993)
Construction of Semi-analytical Model for Inversing Total Suspended Matter in Lake Taihu and Assessment of Its Applicability	LIU Zhong-hua, LI Yun-mei, TAN Jing, <i>et al.</i> (3000)
Association Study Between Water Quality of Chaohu Lake and Resources Input in Agriculture of Basin	ZHANG Yan, GAO Xiang, ZHANG Hong (3009)
Sediment and Pore Water Nutrient Characteristics in Growing Zones of <i>Alternanthera philoxeroides</i> in the Shiwuli River, Chaohu Lake	LI Ru-zhong, LI Feng, ZHOU Ai-jia (3014)
Enrichment Characteristic of Phosphorus in Surface and Core Sediments of Chaohu Lake and the Pollution Quantification	LIU En-feng, DU Chen-chang, YANG Xiang-dong, <i>et al.</i> (3024)
Spatial Distribution Characteristics and Correlation Analysis of Organic Matter, Total Nitrogen and Total Phosphorus in Topsoil Around Chaohu Lake	CHEN Shu-qin, CHU Zhao-sheng, HU She-rong, <i>et al.</i> (3031)
Dynamic Characteristics of Nitrogen and Phosphorus in the Representative Input Tributaries of Danjiangkou Reservoir	LEI Pei, ZHANG Hong, SHAN Bao-qing (3038)
Effects of Thermal Stratification on Spring Blooms in Xiangxi Bay of the Three Gorges Reservoir	LIU Liu, LIU De-fu, XIAO Shang-bin, <i>et al.</i> (3046)
Explore the Spatial and Temporal Patterns of Water Pollution in the Yincungang Canal of the Lake Taihu Basin, China	YANG Xiao-ying, LUO Xing-zhang, ZHENG Zheng, <i>et al.</i> (3051)
Analysis on the Forms and Release Potential of Nutrients in Sediments from Lakes in the West Jiangsu Province	LIU Tao, HU Zhi-xin, YANG Liu-yan, <i>et al.</i> (3057)
Spatial Distribution and Evaluation of Nitrogen, Phosphorus and Organic Matter in Surface Sediments from Western Lakeside Belt of Lake Taihu	GAN Shu, LU Shao-yong, QIN Pu-feng, <i>et al.</i> (3064)
Source Apportionment of Nitrogen and Phosphorus from Cropping Non-point Source Pollution in Nansi Lake Basin	LIU Jing, LU Feng, YANG Yan-zhao, <i>et al.</i> (3070)
Relationship Between Dissolved Organic Carbon and DBP in the Pearl River Water	HE Hong-wei, ZHOU Da-cheng, WANG Bao-qiang, <i>et al.</i> (3076)
Health Risk Assessment of Heavy Metals in Typical Township Water Sources in Dongjiang River Basin	WANG Ruo-shi, XU Qiu-jin, ZHANG Xian, <i>et al.</i> (3083)
Halogenated Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Surface Sediments of Maozhou River, Shenzhen	SUN Jian-lin, NI Hong-gang, DING Chao, <i>et al.</i> (3089)
Distribution Patterns of Heavy Metals in Surficial Sediment and Their Influence on the Environment Quality of the Intertidal Flat of Luoyuan Bay, Fujian Coast	GAO Wen-hua, DU Yong-fen, WANG Dan-dan, <i>et al.</i> (3097)
Study on the Changes of Macrobenthos Communities and Their Causes in Bohai Bay	CAI Wen-qian, LIU Lu-san, QIAO Fei, <i>et al.</i> (3104)
Construction of Groundwater Contamination Prevention Mapping System	WANG Jun-jie, HE Jiang-tao, LU Yan, <i>et al.</i> (3110)
Uncertainty Analysis of Groundwater Protection and Control Zoning in Beijing Plain	LU Yan, HE Jiang-tao, WANG Jun-jie, <i>et al.</i> (3117)
Nitrate Storage and Transport Within a Typical Karst Aquifer System in the Paralleled Ridge-valley of East Sichuan	YANG Ping-heng, YUAN Dao-xian, REN You-rong, <i>et al.</i> (3124)
Adsorption of Perfluorooctanesulfonate (PFOS) onto Modified Activated Carbons	TONG Xi-zhen, SHI Bao-you, XIE Yue, <i>et al.</i> (3132)
Investigation of the Oxidation Reaction of O ₃ with Bromide Ion in Aqueous Solution	YU Xiao-ting, ZHANG Jia-hui, PAN Xun-xi, <i>et al.</i> (3139)
Determination of the Distribution of Relative Molecular Mass of Organic Matter by High Pressure Size Exclusion Chromatography with UV and TOC Detectors	ZHANG Han, DONG Bing-zhi (3144)
Black Water Bloom Induced by Different Types of Organic Matters and Forming Mechanisms of Major Odorous Compounds	LU Xin, FENG Zi-yan, SHANG Jing-ge, <i>et al.</i> (3152)
Effect of Fe and Fe/Ni Nanoparticles on the Biodegradation of Phenol by BFN at Different pH Values	KUANG Ye, ZHOU Yan, WANG Qing-ping, <i>et al.</i> (3160)
Pretreatment of High-Concentration Acrylic Acid Wastewater by the Multi-Stage Microaerobic Biological Fluidized Bed Reactor	LI Sha, ZHENG Sheng-zhi, SONG Yu-dong, <i>et al.</i> (3167)
Denitrification on Secondary Effluent of Acrylic Fiber Wastewater by Tri-Stage Biofilm Advanced Reactor	XU Shao-yang, JIANG Jin-yuan, ZHOU Yue-xi, <i>et al.</i> (3172)
Dynamic Adsorption of Cadmium (II) in Water on Modified Peanut Shells	LONG Teng, YI Xiao-yun, DANG Zhi (3177)
Adsorption Properties of Thiocyanate Anion on Granular Mg/Al Mixed Oxides	WANG Xiu-juan, WANG Hai-zeng, SUN Bao-wei, <i>et al.</i> (3182)
Model of Regularity of Ammonia Transformation Along Marine Biological Aerated Filter	LUO Rong-qiang, HOU Sha-sha, SHEN Jia-zheng, <i>et al.</i> (3189)
Aerobic Granular Sludge Bulking Due to the Lack of Nutrient and Its Recovery	ZHANG Zhu, GAO Da-wen, YUAN Xiang-juan, <i>et al.</i> (3197)
Enhanced Hydrolysis of Waste Activated Sludge by Biosurfactant	YI Xin, LUO Kun, YANG Qi, <i>et al.</i> (3202)
Enrichment and Identification of Anaerobic Ammonium Oxidation Bacteria	LIU Dong-ying, QIU Yan-ling, YUAN Xian-zheng, <i>et al.</i> (3208)
Isolation, Identification and Characterization of an Atrazine Degrading Bacterium	LI Shao-feng, ZHU Jing, LI Tie-jing (3214)
Isolation, Identification and Enzymological Characterization of a New Fungal with High Laccase Production from Agricultural Waste Composting	REN Xiu-juan, FAN Chang-zheng, LU Lun-hui, <i>et al.</i> (3220)
Screening and Identification of Microorganisms for Decolorization of Molasses Spent Wash	LI Bi-jin, LIU You-yan, HE Kai, <i>et al.</i> (3228)
Analysis of Microbial Community Structure in Lactic Acid Fermentation from Kitchen Waste	LIU Jian-guo, WANG Qun-hui, WANG Shuang, <i>et al.</i> (3236)
Effect of Covalent Functionalization on DNA Cleavage Activity and ROS Formation of Single-Walled Carbon Nanotubes	WU Ren-ren, TAO Xue-Qin, DANG Zhi, <i>et al.</i> (3241)
Research on Mercury Methylation by <i>Geobacter sulfurreducens</i> and Its Influencing Factors	ZOU Yan, SI You-bin, YAN Xue, <i>et al.</i> (3247)
Uptake Effect of Cd and Pb by Rape Under Single Cd/Pb and Cd-Pb Combined Stress	WU Wen-fei, NAN Zhong-ren, WANG Sheng-li, <i>et al.</i> (3253)
Distribution Characteristics and Risk Assessment of Heavy Metals in Farming Domestic Muscovy Duck Originated from Au/Cu Mining and Smelting Activities	HANG Xiao-shuai, LIANG Bin, WANG Wen-lin, <i>et al.</i> (3261)
Effects of the Environmental Hormone Cypermethrin on the Reproduction of <i>Brachionus calyciflorus</i>	DONG Xue-xing, YANG Jia-xin, LÜ Lin-lan, <i>et al.</i> (3266)
Research on Anti-Corrosion of <i>Thiobacillus</i> for the Geopolymer Solidification MSWI Fly Ash	JIN Man-tong, SUN Xin, DONG Hai-li, <i>et al.</i> (3272)
Chlorination Transformation and Volatilization of Heavy Metals in Fly Ash from the Incineration During the Disposal Process with Higher Temperature	LIU Jing-yong, SUN Shui-yu (3279)
Study on Greenhouse Gas Emissions from Urban Waste Disposal System; A Case Study in Xiamen	YU Yang, CUI Sheng-hui, LIN Jian-yi, <i>et al.</i> (3288)
Fate Analysis of NPEOs and Their Metabolites in Municipal Wastewater Plants	LIAN Jing, LIU Jun-xin (3295)

《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9月15日 33卷 第9期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol.33 No.9 Sep. 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.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: 70.00元

国外发行代号: M 205

国内外公开发行