

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第33卷 第2期

Vol.33 No.2

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

基于人体健康风险的水污染事件污染物安全阈值研究	郑丙辉, 罗锦洪, 付青, 秦延文, 胡林林 (337)
基于人体健康风险的水污染事件遗传性致癌物安全浓度研究	罗锦洪, 郑丙辉, 付青, 黄民生 (342)
湿地水环境健康评价方法及案例分析	李玉凤, 刘红玉, 郝敬峰, 郑因, 曹晓 (346)
北运河下游典型河网区水体中氮磷分布与富营养化评价	单保庆, 菅宇翔, 唐文忠, 张洪 (352)
漳卫南运河流域水质时空变化特征及其污染源识别	徐华山, 徐宗学, 唐芳芳, 于伟东, 程燕平 (359)
黄河三角洲浅层地下水化学特征及形成作用	安乐生, 赵全升, 叶思源, 刘贯群, 丁喜桂 (370)
沉积物扰动持续时间对悬浮物中磷形态数量分布的影响	李大鹏, 黄勇, 李勇, 潘杨 (379)
沉水植物生长期对沉积物和上覆水之间磷迁移的影响	王立志, 王国祥, 俞振飞, 周贝贝, 陈秋敏, 李振国 (385)
长寿湖表层沉积物氮磷和有机质污染特征及评价	卢少勇, 许梦爽, 金相灿, 黄国忠, 胡文 (393)
洪泽湖沉积物中营养盐和重金属的垂向分布特征研究	张文斌, 余辉 (399)
降雨对农家堆肥氮磷流失的影响及其面源污染风险分析	彭莉, 王莉玮, 杨志敏, 陈玉成, 乔俊婧, 赵中金 (407)
浅水湖泊水动力过程对藻型湖区水体生物光学特性的影响	刘笑菡, 冯龙庆, 张运林, 赵林林, 朱梦圆, 时志强, 殷燕, 丁艳青 (412)
基于半分析模型的太湖春季水体漫衰减系数 K_d (490) 估算及其遥感反演	刘忠华, 李云梅, 李瑞云, 吕恒, 檀静, 郭宇龙 (421)
基于 QAA 算法的巢湖悬浮物浓度反演研究	张红, 黄家柱, 李云梅, 徐伟凡, 刘忠华, 徐昕 (429)
好氧/厌氧潜流湿地结构工艺优化	李锋民, 单时, 李媛媛, 李扬, 王震宇 (436)
邻苯二甲酸二丁酯对短裸甲藻活性氧自由基的影响	别聪聪, 李锋民, 李媛媛, 王震宇 (442)
Rac-及 S-异丙甲草胺对 2 种微藻毒性特征影响研究	蔡卫丹, 刘惠君, 方治国 (448)
羟基自由基致死船舶压载水海洋有害生物研究	白敏冬, 张拿慧, 张芝涛, 陈操, 孟祥盈 (454)
天然菱铁矿改性及强化除砷研究	赵凯, 郭华明, 李媛, 任燕 (459)
零价铁降解 4-氯硝基苯动力学研究	廖娣劫, 杨琦, 李俊鎔 (469)
水体中氧氟沙星的光化学降解研究	邵萌, 杨桂朋, 张洪海 (476)
阿替洛尔在硝酸根溶液中的光降解研究	季跃飞, 曾超, 孟翠, 杨曦, 高士祥 (481)
吡啶在紫外光辐射下的生物降解	方苗苗, 阎宁, 张永明 (488)
蜜环菌漆酶对蒽醌类染料的脱色条件优化	朱显峰, 秦仁炳, 余晨晨, 范书军 (495)
ϵ -聚赖氨酸生产废菌体对六价铬吸附影响的研究	曹玉娟, 张杨, 夏军, 徐虹, 冯小海 (499)
丝状菌污泥致密过程的强化条件研究	李志华, 孙玮, 姬晓琴, 王晓昌 (505)
亚硝化颗粒污泥对温度变化的响应特性研究	罗远玲, 杨朝晖, 徐峥勇, 周玲君, 黄兢, 肖勇, 曾光明, 汪理科 (511)
我国典型工程机械燃油消耗量及排放清单研究	李东玲, 吴烨, 周昱, 杜让, 傅立新 (518)
北京市 PM_{10} 自动监测网络优化研究	齐玲, 赵越, 谢绍东 (525)
道路绿化带对街道峡谷内污染物扩散的影响研究	徐伟嘉, 幸鸿, 余志 (532)
Fe^{II} (EDTA) 络合协同 RDB 去除 NO 废气效能及过程分析	陈浚, 杨宣, 於建明, 蒋轶锋, 陈建孟 (539)
UV-B 辐射对亚热带森林凋落叶氮、磷元素释放的影响	宋新章, 张慧玲, 江洪, 余树全 (545)
干热河谷林地燥红土固碳特征及“新固定”碳表观稳定性	唐国勇, 李昆, 孙永玉, 张春华 (551)
九龙江河口表层水体及沉积物中甲烷的分布和环境控制因素研究	郭莹莹, 陈坚, 尹希杰, 孙治雷, 邵长伟 (558)
秋季黄河口滨岸潮滩湿地系统 CH_4 通量特征及影响因素研究	姜欢欢, 孙志高, 王玲玲, 牟晓杰, 孙万龙, 宋红丽, 孙文广 (565)
我国典型非木浆造纸二噁英排放研究	王志芳, 丁琼, 王开祥, 吴昌敏, 曲云欢, 赵晓冬 (574)
典型电器工业区河涌沉积物中的多溴联苯醚空间和垂直分布	邱孟德, 邓代永, 余乐洵, 孙国萍, 麦碧娴, 许玫英 (580)
电子废物拆解区农业土壤中多氯联苯的污染特征	王学彤, 李元成, 张媛, 缪绎, 孙阳昭, 吴明红, 盛国英, 傅家谟 (587)
北京科教园区绿地土壤中多环芳烃的残留特征与潜在风险	彭驰, 王美娥, 欧阳志云, 焦文涛, 陈卫平 (592)
上海城市样带土壤重金属空间变异特征及污染评价	柳云龙, 章立佳, 韩晓非, 庄腾飞, 施振香, 卢小遮 (599)
海河流域北部地区河流沉积物重金属的生态风险评价	尚林源, 孙然好, 王赵明, 汲玉河, 陈利顶 (606)
三峡库区消落带不同水位高程土壤重金属含量及污染评价	王业春, 雷波, 杨三明, 张晟 (612)
超声波促进好氧/缺氧污泥消化过程中细菌群落结构分析	叶运弟, 孙水裕, 郑莉, 刘宝健, 蔡明山, 许燕滨, 占星星 (618)
大庆聚驱后油藏内源微生物群落结构解析与分布特征研究	赵玲侠, 高配科, 曹美娜, 高梦黎, 李国强, 朱旭东, 马挺 (625)
不同碳源刺激对老化污染土壤中 PAHs 降解研究	尹春芹, 蒋新, 王芳, 王聪颖 (633)
应用电致化学发光分子探针技术对微小原甲藻的检测	朱霞, 甄毓, 米铁柱, 于志刚, 池振明, 路兴岚 (640)
软骨藻酸直接竞争 ELISA 方法的建立及优化	王茜, 程金平, 高利利, 董宇, 席磊 (647)
固相萃取-高效液相色谱法同时测定水体中的 10 种磺胺类抗生素	洪蕾洁, 石璐, 张亚雷, 周雪飞, 朱洪光, 林双双 (652)
五氯酚对 HeLa 细胞毒性及 DNA 损伤的研究	金帮明, 王辅明, 熊力, 张晓峰, 刘堰 (658)
建筑陶瓷碳计量与优化模型研究	彭军霞, 赵宇波, 焦丽华, 曾路, 郑为民 (665)
《环境科学》征订启事 (447) 《环境科学》征稿简则 (475) 信息 (524, 586, 605, 624)	

长寿湖表层沉积物氮磷和有机质污染特征及评价

卢少勇¹, 许梦爽^{1,2}, 金相灿^{1*}, 黄国忠², 胡文²

(1. 中国环境科学研究院湖泊工程技术中心, 湖泊环境研究中心, 国家环境保护湖泊污染控制重点实验室, 北京 100012;

2. 北京科技大学土木与环境工程学院, 北京 100083)

摘要: 测定了重庆市长寿湖 62 个采样点表层沉积物中总氮(TN)、总磷(TP)及有机质(OM)的含量, 并与国内其他城市(郊)湖库进行比较, 以揭示其空间分布特征, 分析了 TN、TP、OM 间相关性及其 C/N 变化。结果表明, TN 平均含量 2 255.89 mg·kg⁻¹, TP 平均含量 622.03 mg·kg⁻¹, 湖区氮磷污染严重且空间分布差异明显。OM 含量平均 2.80%, 与其他湖库相比, TN、TP 及 OM 含量均处于中间水平。C/N 的 87.10% 介于 5~14 间(其中 72.58% 同样介于 6~13 间), 3.23% 介于 2.8~3.4 间, 表明长寿湖表层沉积物中 OM 多源于湖中藻类及浮游动植物, 还有少部分源于水生生物。OM 与 TN 间极显著相关(Pearson 系数为 0.849), 含量均为西部与中部水体高于东部水体, 分布特征相似, 但 OM 与 TP 相关性较小。通过有机指数与有机氮评价湖区污染情况, 表明有机指数平均值为 0.386, 处于 III 级, 属尚清洁范畴; 有机氮平均值为 0.214%, 达 IV 级, 属有机氮污染程度, 说明长寿湖受氮污染情况相对严重。

关键词: 长寿湖; 表层沉积物; 氮; 磷; 有机质; 污染特征; 评价

中图分类号: X524 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2012)02-0393-06

Pollution Characteristics and Evaluation of Nitrogen, Phosphorus and Organic Matter in Surface Sediments of Lake Changshouhu in Chongqing, China

LU Shao-yong¹, XU Meng-shuang^{1,2}, JIN Xiang-can¹, HUANG Guo-zhong², HU Wen²

(1. State Environmental Protection Key Laboratory for Lake Pollution Control, Engineering and Technology Centre of Lake, Research

Centre of Lake Environment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China; 2. Civil and

Environmental Engineering School, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract: In order to reveal spatial distribution characteristics of nutrient in the surface sediments of Lake Changshouhu, contents of total nitrogen (TN), total phosphorus (TP) and organic matter (OM) of 62 surface sediments samples were determined and compared with other urban (suburban) lakes in China. C/N and the correlation of TN, TP and OM had also been analyzed. The results showed that the average contents of TN and TP were 2 255.89 mg·kg⁻¹ and 622.03 mg·kg⁻¹ respectively. Nitrogen and phosphorus pollution were very serious all over the lake, with a significantly different spatial distribution. The average content of OM was 2.80%. So the contents of TN, TP and OM were in the middle level compared with other lakes. 87.10% of C/N was between 5 and 14 (72.58% within which was between 6 and 13) and 3.23% of C/N was between 2.8 and 3.4, which showed that OM came from algae, phytoplankton and zooplankton. Besides, a small part of OM came from aquatic organisms. OM and TN were significantly correlated (Pearson coefficient was 0.849), but with less significant correlation to TP. The spatial distribution characteristics of OM were very similar with that of TN. The content of OM in water samples collected from western and middle waterbody was higher than that in eastern waterbody, which was the same as TN. By evaluating pollution situation with organic index and organic nitrogen, the average organic index was 0.386 which was on the III level still belonged to clean category. However, the average number of organic nitrogen was up to 0.214% which was on the IV level indicated the pollution degree. This showed that the lake Changshouhu was in a serious pollution situation especially in nitrogen pollution.

Key words: Lake Changshouhu; surface sediments; nitrogen; phosphorus; organic matter; pollution characteristics; evaluation

近年来湖库富营养化问题日益严重, 成为国内外十分关注的环境问题之一。多数研究认为水体中氮、磷等增加是引起湖泊富营养的主要因素, 碳、氮、磷的过量输入, 长期积累, 使湖泊沉积物成为湖泊营养盐的重要蓄积库及难削减的内负荷^[1,2]。在有效控制外源负荷的情况下, 蓄积在沉积物中的碳、氮、磷在一定条件下仍能通过形态变化、界面特性改变而释放, 严重影响湖泊上覆水体的质量^[3~5]。因此,

沉积物能间接反映出水体污染情况^[6]。研究湖库沉积物中氮、磷、有机质的含量及其分布特征对控制水体富营养化和生态系统状况有重要指导意义。

收稿日期: 2011-01-21; 修订日期: 2011-08-03

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

作者简介: 卢少勇(1976~), 男, 博士, 副研究员, 主要研究方向为水污染防治与生态修复, E-mail: lushy2000@163.com

* 通讯联系人, E-mail: jinxiangcan2004@163.com

长寿湖位于重庆市长寿区境内,北纬 $29^{\circ}50'$ ~ $30^{\circ}04'$,东经 $107^{\circ}15'$ ~ $107^{\circ}25'$,距主城区 100 km,距长寿城区约 20 km,水域面积约 $6\,667\text{ hm}^2$,一般水深 15 m. 湖内港汊纵横交错,有岛屿 203 个,是重庆市最大的湖泊旅游风景区,重要的淡水鱼养殖基地之一. 自 20 世纪 80 年代以来,随旅游业、养殖业蓬勃发展,长寿湖已成为集饮用、灌溉、旅游、养殖、发电为一体的多功能水体^[7,8]. 而近年来,城市污水和工业废水排放量渐增,大部分流入长寿湖区,严重影响其水质. 随养殖业无序发展,千吨以上网箱网栏养殖残留的底泥等内源污染也加剧了长寿湖水体富营养状况^[9,10],湖区“水华”现象引起社会各界广泛重视. 目前,针对长寿湖水体污染特征,许多调研已展开,但国内外对其沉积物研究报道较少见,尤其对长寿湖沉积物碳、氮、磷的污染状况缺乏系统调查. 本

实验研究了长寿湖表层沉积物中氮、磷及有机质含量及分布特征,分析了其相关关系及污染现状,对长寿湖内源污染治理有重要意义,以期制定其水体恢复和保护措施提供基础数据和科学依据.

1 材料与方法

1.1 采样点的布设与样品采集

2010 年 1 月,中国环境科学研究院对重庆市长寿湖实地考察,进行全湖调查采样. 为使调查数据更具代表性,根据长寿湖水域功能情况,将全湖分为西部、中部和东部 3 个区,分别为生态养殖区、生态旅游区 and 湿地保护区. 用麦哲伦 315 型定位仪导航定位,在全湖 3 区内共布设 62 个采样点(1 ~ 24 号属西部水体,25 ~ 46 号属中部水体,47 ~ 62 号属东部水体),具体采样点位见图 1.

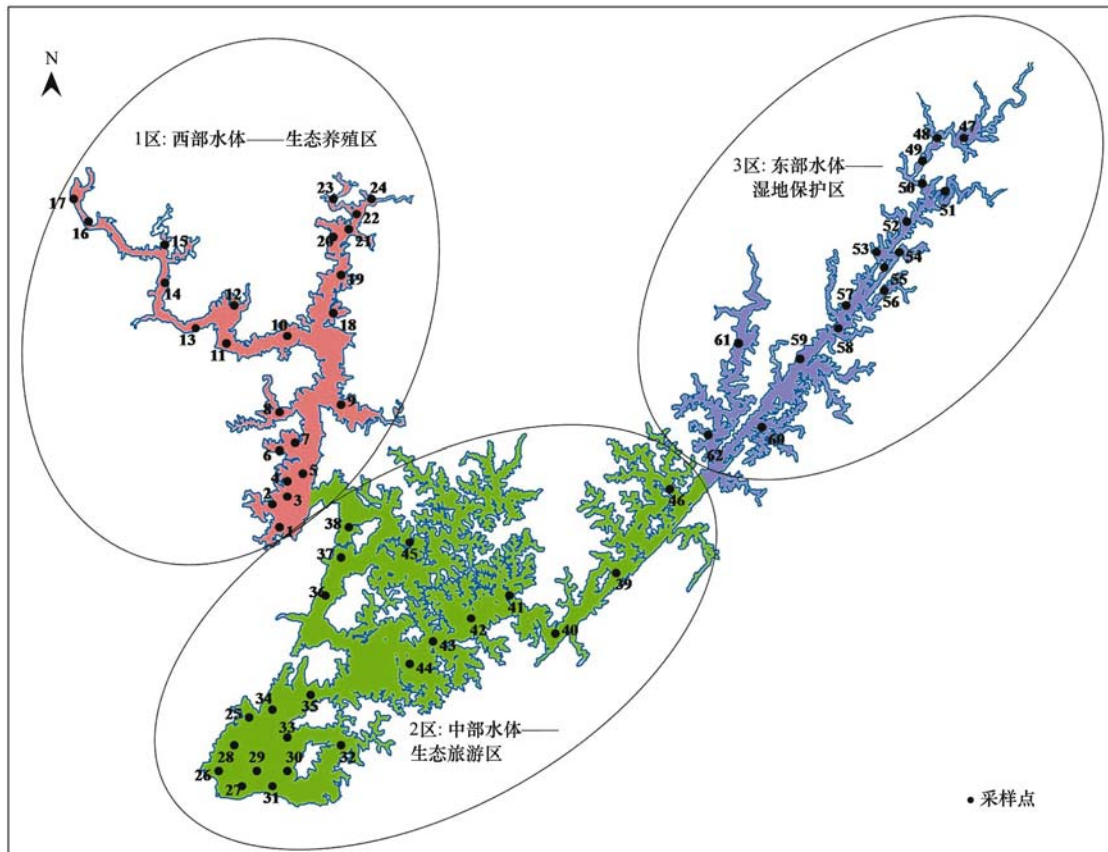


图 1 长寿湖沉积物采样点位布置

Fig. 1 Location of sediment sampling sites of Lake Changshouhu

用彼得森采泥器采集表层沉积物(0 ~ 10 cm)样,现场混匀后装入洁净的聚乙烯自封袋中密封,运回实验室低温保存并处理分析.

1.2 样品处理与分析

所采沉积物样经冷冻干燥机干燥后去除各种杂

质,再经玛瑙研钵研磨处理后过 100 目尼龙筛,分装于塑料袋中密封以备.

针对长寿湖富营养特征,主要分析项目有总氮(TN:半微量凯氏定氮法),总磷(TP:SMT 法),有机质(OM:重铬酸钾容量法).

2 结果与讨论

2.1 表层沉积物中 TN 含量及分布特征

长寿湖表层沉积物 TN 含量及空间分布见图 2。

TN 含量变化范围为 $373.15 \sim 3578.87 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 平均 $2255.89 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 空间分布差异显著。最高值出现在 2 区中部水体的 35 号点位(含量为 $3578.87 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), 而该区内 25 号点位 TN 含量($373.15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)明显低于其他各点, 这种突变性应该与人类活动密切相关, 且由于污染影响范围较小, TN 含量在图 2 中显示为异常突起和下

降, 推测这可能是由点源污染所引起。其中, 1 区水体, TN 平均 $2517.18 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 除 1、4、9、21 号点位, 其余点位含量均在 $2000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以上; 2 区水体, TN 平均 $2227.30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 以靠近南边湖区含量最高; 3 区水体, TN 平均含量也达 $1903.26 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。全湖沉积物 TN 污染非常严重, 内源负荷不容忽视。原因可能在于虽然网箱养殖已经拆除, 然而上游两县(垫江县和梁平县)城市规模扩大, 工业经济发展, 农业种植业等面源污染加大, 上游污染输入加重, 污染反弹使长寿湖下移污染带拉长, 大量营养物沉积所致。

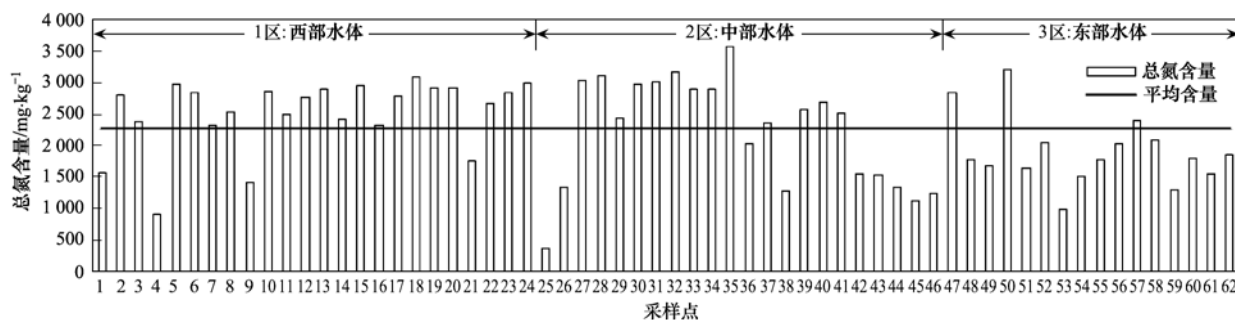


图2 长寿湖表层沉积物总氮的含量及分布

Fig. 2 Content and distribution of total nitrogen (TN) in the surface sediments of Lake Changshouhu

2.2 表层沉积物中 TP 含量及分布特征

长寿湖表层沉积物 TP 含量及空间分布见图 3。

TP 含量变化范围为 $173.94 \sim 1038.25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 平均 $622.03 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 变幅比 TN 较小, 但分布特征明显: 1 区水体, TP 分布较均衡, 平均 $637.36 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 2 区水体, TP 平均 $604.88 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 各点位含量差异明显, 35 号点位含量最

高, 达 $1038.25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 也是全湖含量最高点; 3 区水体, TP 平均 $622.63 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 以近北边湖区最高。全湖 TP 积累相当重, 与 TN 一致, 位于西部生态养殖区各点位 TP 含量多数很高, 分布较均衡, 这与长寿湖大力发展肥水性网箱网栏养殖技术密切相关, 大量营养物入湖, 多年沉积于底泥的氮、磷等各种营养盐释放成为其内源污染物。

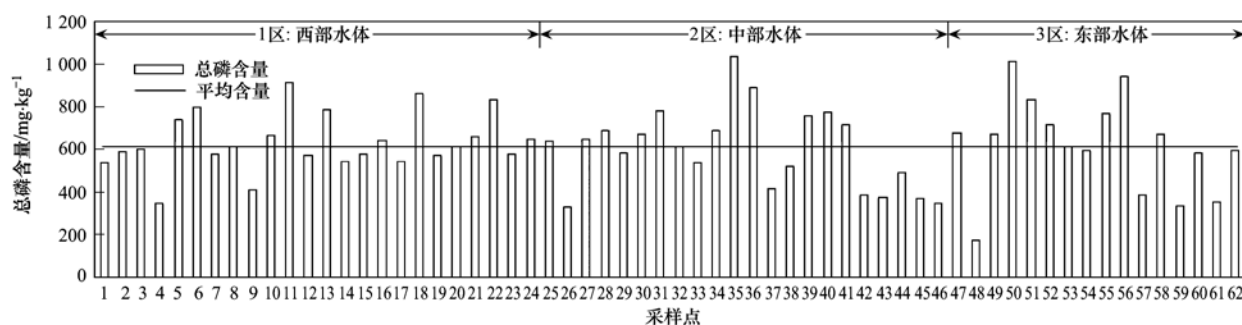


图3 长寿湖表层沉积物总磷的含量及分布

Fig. 3 Content and distribution of total phosphorus (TP) in the surface sediments of Lake Changshouhu

2.3 表层沉积物中 OM 含量及分布特征

长寿湖表层沉积物 OM 含量及空间分布见图 4。

底泥中 OM 是极重要的胶体之一, 是与重金属及有机污染物发生吸附、分配和络合等作用的活性

物质, 也是反映底泥有机营养程度的重要标志^[6,11]。从图 4 可见, 长寿湖表层沉积物 OM 含量(质量分数)的变化范围介于 $0.08\% \sim 4.89\%$ 之间, 平均 2.80% 。各点位含量差异显著, 以 2 区水体的 35 号

点位含量最高 (4.89%), 25 号点位含量最低 (0.08%)。其中,1 区水体,OM 含量平均 3.07%; 2 区水体,OM 含量略低,平均 2.91%; 3 区水体,OM 平均含量最低,但也已达到 2.23%。1、2 两区 OM 含量高于 3 区,这一基本分布特征与 TN 分布相一致,

揭示了 OM 与 TN 间有较强的相关性。与 2、3 两区比,1 区水体因养殖业投放大量饵料所产生的外源 OM 可能是造成该区沉积物 OM 富集的原因之一,加之该区流域性上游污染反弹,内源负荷较大,沉积环境较稳定,利于 OM 赋存。

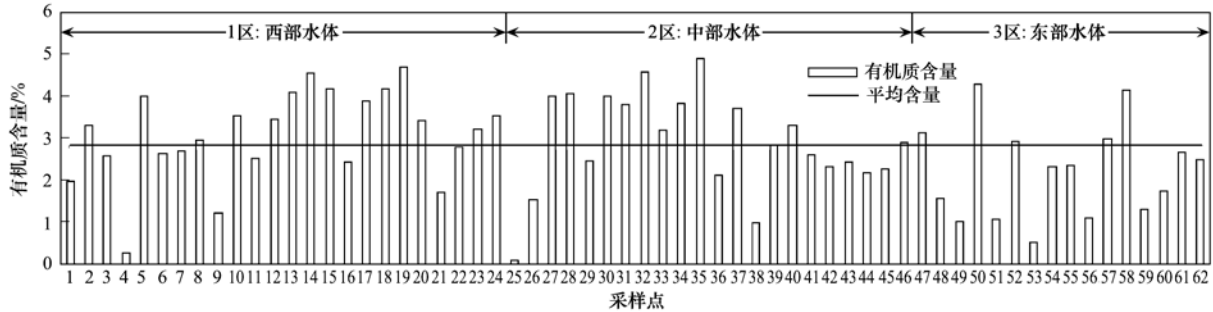


图 4 长寿湖表层沉积物有机质的含量及分布

Fig. 4 Content and distribution of organic matter (OM) in the surface sediments of Lake Changshouhu

2.4 与其他湖库比较

湖泊表层沉积物中 TN、TP 和 OM 的含量,可直接反映其污染状况^[12]。根据文献[2,6,11,13~18],现将长寿湖与同期国内其他湖库进行比较,见表 1。

长寿湖 TN 含量与晋阳湖和密云水库较为接近,比洪泽湖、巢湖、太湖、官厅水库和于桥水库高,比武汉南湖和南京玄武湖低; TP 含量与洪泽湖、巢湖及太湖接近,高于晋阳湖和于桥水库,低于南湖、玄武湖、密云水库和官厅水库; OM 含量则与巢湖和官厅水库接近,高于洪泽湖、太湖和密云水库,低于南湖、晋阳湖、玄武湖和于桥水库。由此可见,长寿湖与国内其他城市(郊)湖库相比,TN、TP 及 OM 含量均处于中间水平,表层沉积物的营养程度属于中等程度,其内源负荷不容忽视。

表 1 长寿湖表层沉积物中 TN、TP 及 OM 平均含量
与其它湖库比较

Table 1 Comparisons of average contents of TN, TP and OM in the surface sediments of Lake Changshouhu and other lakes

湖泊名称	TN/mg·kg ⁻¹	TP/mg·kg ⁻¹	OM/%	文献
重庆长寿湖	2 255.89	622.03	2.80	本研究
武汉南湖	3 972.09	1 711.78	6.58	[13]
江苏洪泽湖	1 020.00	580.00	1.36	[6]
太原晋阳湖	2 810.00	309.00	14.08	[2]
安徽巢湖	1 022.00	605.00	2.13	[11]
江浙太湖	859.66	560.47	1.28	[15]
北京密云水库	1 900.00	895.00	2.00	[16]
北京官厅水库	1 200.00	841.00	2.13	[17]
天津于桥水库	1 364.60	480.30	3.60	[18]

2.5 表层沉积物中 C/N 比值

湖泊沉积物的 C/N 在某种程度上体现了 OM

来源的差异性^[6,19]。生物种类不同,C/N 值不同。高等植物 C/N 值为 14~23,水生生物为 2.8~3.4,而浮游动植物平均值约 6~13,藻类为 5~14。相关资料^[20~22]表明,许多湖泊表层沉积物的 C/N 比为 6~14。故可利用 C/N 定性判别沉积物中有机质的来源。长寿湖表层沉积物中 C/N 空间分布见图 5。

由图 5 可见,长寿湖表层沉积物 C/N 变化范围为 1.29~13.65,平均 7.04,87.10% 的比值介于 5~14 之间(其中 72.58% 同样介于 6~13 之间),3.23% 介于 2.8~3.4 之间,表明长寿湖沉积物中 OM 多源于湖中藻类及浮游动植物,还有少部分源于水生生物,这可能是沉积物中碳、氮、磷等内源污染物释放,使藻类、浮游动植物及水生生物长期大量繁殖所致。某些点位的 C/N 很高,则说明该区可能已受外来因素影响,如陆源 OM 进入水体后不能迅速分解氧化而沉积下来等。

2.6 表层沉积物中营养盐相关性比较

为探明长寿湖表层沉积物各营养盐的相关性,用 SPSS 17.0 软件,计算沉积物 TN、TP、OM 之间的 Pearson 系数及回归方程。结果见表 2。

表 2 长寿湖表层沉积物中有机质、总氮及总磷相关性分析¹⁾

Table 2 Correlations of organic matter(OM),total nitrogen(TN) and total phosphorus(TP) in the surface sediments of Lake Changshouhu

	OM	TN	TP
OM	1		
TN	0.849 **	1	
TP	0.298 *	0.524 **	1

1) ** 表示相关性极显著(样本数 n=62,显著性水平 P<0.01);

* 相关性显著(样本数 n=62,显著性水平 P<0.05)

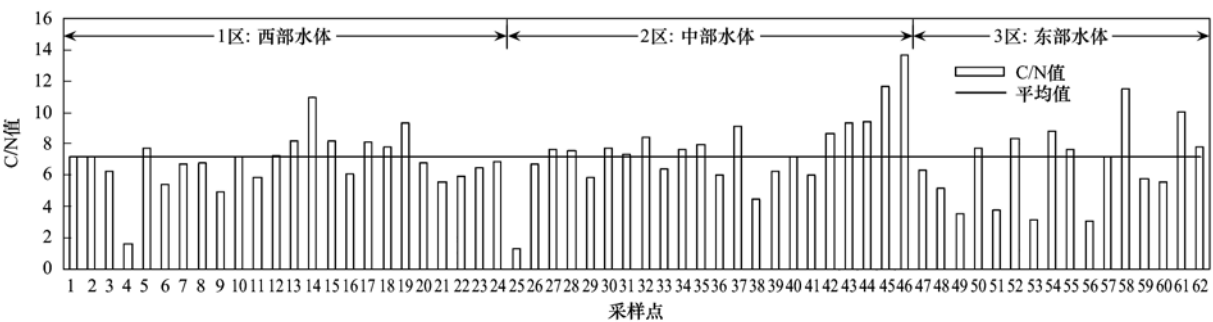


图5 长寿湖表层沉积物中 C/N 空间分布
Fig.5 Distribution of C/N in the surface sediments of Lake Changshouhu

由表2可见,OM与TN的线性回归方程为 $TN = 781.457 + 0.053OM$, Pearson 系数为0.849,两者极显著相关;而OM与TP的相关性相对不明显,线性回归方程为 $TP = 493.717 + 0.005OM$, Pearson 系数为0.298.这可能是因氮磷沉积过程差异所致,也可推断,长寿湖表层沉积物中OM的另一重要来源可能是因湖区各种生物残体的分解,OM在沉积物中的富集可能按一定方式成为整个湖体氮的重要来源,而对磷无很大影响^[6].

3 长寿湖表层沉积物污染状况评价

3.1 评价方法与标准的确定

目前国内外对湖泊沉积物环境尚缺乏统一的评价方法和标准,针对长寿湖表层沉积物的特点及分布特征,参考文献[12,23,24],采用有机指数和有机氮评价长寿湖沉积物污染状况(表3和表4).有机指数常用来评价水域沉积物的环境状况,有机氮则是衡量湖泊表层沉积物是否遭受N污染的重要

指标^[12,23,24],计算方法及评价标准如下:

有机指数 = 有机碳(%) × 有机氮(%)

有机碳(%) = 有机质(%) / 1.724

有机氮(%) = 总氮(%) × 0.95

表3 沉积物有机指数评价标准^[12,23,24]

Table 3 Evaluation standards of organic index in sediments				
项目	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4 沉积物有机氮评价标准^[12,23,24]

Table 4 Evaluation standards of organic nitrogen in sediments				
项目	有机氮/%			
	<0.033	≥0.033 ~ <0.066	≥0.066 ~ <0.133	≥0.133
类型	清洁	较清洁	尚清洁	有机氮污染
等级	I	II	III	IV

3.2 评价结果

根据有机指数和有机氮评价方法和标准,评价长寿湖表层沉积物的污染状况,见表5.

表5 长寿湖表层沉积物有机指数及有机氮的含量

Table 5 Content of organic index and organic nitrogen in the surface sediments of Lake Changshouhu										
分区	有机指数					有机氮				
	最大值	最小值	平均值	类型	等级	最大值/%	最小值/%	平均值/%	类型	等级
1区:西部生态养殖区	0.758	0.012	0.454	尚清洁	III	0.293	0.086	0.239	有机氮污染	IV
2区:中部生态旅游区	0.964	0.002	0.405	尚清洁	III	0.340	0.035	0.212	有机氮污染	IV
3区:东部湿地保护区	0.759	0.029	0.257	尚清洁	III	0.305	0.093	0.181	有机氮污染	IV
全湖	0.964	0.002	0.386	尚清洁	III	0.340	0.035	0.214	有机氮污染	IV

由表5可见,长寿湖全湖有机指数范围介于0.002~0.964间,变幅较大,平均为0.386,有机污染处于III级,属尚清洁范畴,与太湖及洪泽湖^[6,12]等相近;从有机氮指标看,全湖区有机氮变化范围为0.035%~0.340%,平均0.214%,达IV级,属有机氮污染程度,说明全湖氮污染严重,与有机指数相一致,1、2两区平均值高于3区,有机氮污染最重,这

可能与其水域环境功能相关,因西部和中部水体以养殖业和旅游业为主,农田退水、渔场投放大量饵料及旅游观光都能带来大量外源污染物,各种营养盐及生物残留沉积也是其重要原因之一.

4 结论

(1)长寿湖表层沉积物中TN含量变化范围

373.15 ~ 3 578.87 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 平均 2 255.89 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; TP 含量变化范围 173.94 ~ 1 038.25 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 平均 622.03 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 全湖沉积物氮、磷污染严重, 内源负荷高, 已严重威胁整个水生生态系统。其中, 1 区西部生态养殖区 TN、TP 平均含量分别为 2 517.18 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、637.36 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; 2 区中部生态旅游 TN、TP 平均含量分别为 2 227.30 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、1 038.25 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 均高于 3 区东部湿地保护区 (TN 平均 1 903.26 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、TP 平均 622.63 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), 污染尤其突出。因此, 在有效控制外源污染情况下, 必须合理发展旅游、养殖业, 防止大量营养物入湖, 使沉积于湖底的内源污染负荷增加。

(2) 长寿湖表层沉积物 OM 含量变化范围为 0.08% ~ 4.89%, 平均 2.80%, 由于水域环境功能区划, 其基本分布特征与 TN 分布一致, C/N 比的 87.10% 介于 5 ~ 14 之间 (其中 72.58% 同样介于 6 ~ 13 之间), 3.23% 介于 2.8 ~ 3.4 之间, 表明长寿湖沉积物中 OM 多源于湖中藻类及浮游动植物, 还有少部分源于水生生物, 长期富营养导致藻类、浮游动植物及水生生物大量繁殖, 加上生物残体分解, 沉积环境稳定及外源 OM 输入等各种因素, OM 十分容易赋存。

(3) 将长寿湖与国内其他城市 (郊) 湖库相比, 其表层沉积物中 TN、TP 及 OM 含量均处于中间水平, 营养程度属于中等程度, 泥源性内负荷不容忽视。

(4) 对长寿湖表层沉积物的相关性分析表明 OM 与 TN 的 Pearson 系数为 0.849, 两者极显著相关; 而 OM 与 TP 显著相关, Pearson 系数为 0.298。说明氮、磷在沉积行为上有一定差异, 长寿湖沉积物中氮可能主要来自湖中表层沉积物 OM 矿化, 而磷可能主要来自外源。

(5) 通过有机指数与有机氮指标评价表明长寿湖表层沉积物有机指数平均 0.386, 处于 III 级, 属尚清洁范畴; 从有机氮指标看, 全湖平均 0.214%, 达 IV 级, 属有机氮污染程度, 长寿湖受氮污染较重, 后续防治工作中须引起高度重视。

参考文献:

- [1] 卢少勇, 蔡珉敏, 金相灿, 等. 滇池湖滨带沉积物氮形态的空间分布 [J]. 生态环境学报, 2009, 18(4): 1351-1357.
- [2] 丁建华, 王翠红, 周新春, 等. 晋阳湖底泥中氮磷特征的初步研究 [J]. 安全与环境学报, 2008, 8(3): 14-17.
- [3] 黄丽娟, 常学秀, 刘洁, 等. 滇池水-沉积物界面氮分布特点及其对控制蓝藻水华的意义 [J]. 云南大学学报 (自然科学版), 2005, 27(3): 256-260.
- [4] Ting D S, Appan A. General characteristics and fractions of phosphorus in aquatic sediments of two tropical reservoirs [J].

Water Science and Technology, 1996, 34(7-8): 53-59.

- [5] Zhou Q X, Gibson C E, Zhu Y M. Evaluation of phosphorus bioavailability in sediments of three contrasting lakes in China and the UK [J]. Chemosphere, 2001, 42(2): 221-225.
- [6] 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.
- [7] 杨志敏, 熊海灵, 张晟, 等. 重庆长寿湖富营养化评价及氮磷平衡研究 [J]. 水土保持学报, 2005, 19(2): 73-75.
- [8] 金相灿, 周莉萍, 卢少勇, 等. 重庆市长寿湖水体磷空间分布与变化规律 [J]. 环境科学与技术, 2010, 33(6E): 141-143, 149.
- [9] 张晟, 李崇明, 张勇, 等. 长寿湖富营养化调查 [J]. 重庆环境科学, 2003, 25(3): 32-34.
- [10] 周莉萍, 金相灿, 卢少勇, 等. 重庆市长寿湖重金属污染评价 [J]. 农业环境科学学报, 2010, 29(7): 1355-1361.
- [11] 王永华, 刘振宇, 刘伟, 等. 巢湖合肥区底泥污染物分布评价与相关特征研究 [J]. 北京大学学报 (自然科学版), 2003, 39(4): 501-506.
- [12] 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): 319-323.
- [13] 魏明蓉, 姜应和, 张华, 等. 南湖表层沉积物中有机质、氮和磷的污染现状与评价 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38(4): 2004-2005, 2024.
- [14] 朱敏, 王国祥, 王建, 等. 南京玄武湖清淤前后底泥主要污染指标的变化 [J]. 南京师范大学学报 (工程技术版), 2004, 4(2): 66-69.
- [15] 袁和忠, 沈吉, 刘恩峰, 等. 太湖水体及表层沉积物磷空间分布特征及差异性分析 [J]. 环境科学, 2010, 31(4): 954-960.
- [16] 徐清, 刘晓端, 王辉锋, 等. 密云水库沉积物内源磷负荷的研究 [J]. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2005, 35(S1): 281-287.
- [17] 苏德纯, 胡育峰, 宋崇渭, 等. 官厅水库坝前疏浚底泥的理化特征和土地利用研究 [J]. 环境科学, 2007, 28(6): 1319-1323.
- [18] 吴光红, 曹珊珊, 于雅琴, 等. 天津典型水环境表层沉积物中营养盐含量及动态特征 [J]. 环境科学, 2009, 30(3): 726-732.
- [19] 蔡金榜, 李文奇, 刘娜, 等. 洋河水库底泥污染特性研究 [J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(3): 886-893.
- [20] 沈丽丽, 何江, 吕昌伟, 等. 哈素海沉积物中氮和有机质的分布特征 [J]. 沉积学报, 2010, 28(1): 158-165.
- [21] Talbot M R. A review of the palaeohydrological interpretation of carbon and oxygen isotopic ratios in primary lacustrine carbonates [J]. Chemical Geology: Isotope Geoscience Section, 1990, 80(4): 261-279.
- [22] Meyers P A, Ishiwatari R. Lacustrine organic geochemistry: an overview of indicators of organic matter sources and diagenesis in lake sediments [J]. Organic Geochemistry, 1993, 20(7): 867-900.
- [23] 孙顺才, 黄漪平. 太湖 [M]. 北京: 海洋出版社, 1993. 224-228.
- [24] 王永华, 钱少猛, 徐南妮, 等. 巢湖东区底泥污染物分布特征及评价 [J]. 环境科学研究, 2004, 17(6): 22-26.

CONTENTS

Safety Value of Contaminant in Water Pollution Accident Based on Human Health Risk	ZHENG Bing-hui, LUO Jin-hong, FU Qing, <i>et al.</i> (337)
Safety Concentration of Genotoxic Carcinogens in Water Pollution Accident Based on Human Health Risk	LUO Jin-hong, ZHENG Bing-hui, FU Qing, <i>et al.</i> (342)
A Quantitative Method and Case Analysis for Assessing Water Health	LI Yu-feng, LIU Hong-yu, HAO Jing-feng, <i>et al.</i> (346)
Temporal and Spatial Variation of Nitrogen and Phosphorus and Eutrophication Assessment in Downstream River Network Areas of North Canal River Watershed ...	SHAN Bao-qing, JIAN Yu-xiang, TANG Wen-zhong, <i>et al.</i> (352)
Spatiotemporal Variation Analysis and Identification of Water Pollution Sources in the Zhangweinan River Basin	XU Hua-shan, XU Zong-xue, TANG Fang-fang, <i>et al.</i> (359)
Hydrochemical Characteristics and Formation Mechanism of Shallow Groundwater in the Yellow River Delta	AN Le-sheng, ZHAO Quan-sheng, YE Si-yuan, <i>et al.</i> (370)
Impacts of Sediment Disturbance Time on the Distribution of Phosphorus Forms in Suspended Solids	LI Da-peng, HUANG Yong, LI Yong, <i>et al.</i> (379)
Influence of Submerged Macrophytes on Phosphorus Transference Between Sediment and Overlying Water in the Growth Period	WANG Li-zhi, WANG Guo-xiang, YU Zhen-fei, <i>et al.</i> (385)
Pollution Characteristics and Evaluation of Nitrogen, Phosphorus and Organic Matter in Surface Sediments of Lake Changshouhu in Chongqing, China	LU Shao-yong, XU Meng-shuang, JIN Xiang-can, <i>et al.</i> (393)
Vertical Distribution Characteristics of Nutrients and Heavy Metals in Sediments of Lake Hongze	ZHANG Wen-bin, YU Hui (399)
Effects of Rainfall on Nitrogen and Phosphorus Loss from Courtyard Compost and Its Risk of Nonpoint Source Pollution	PENG Li, WANG Li-wei, YANG Zhi-min, <i>et al.</i> (407)
Effects of Hydrodynamic Process on Bio-optical Properties in Algal-Dominated Lake Region of Shallow Lake	LIU Xiao-han, FENG Long-qing, ZHANG Yun-lin, <i>et al.</i> (412)
Estimation and Remote Sensing Inversion of Diffuse Attenuation Coefficient $K_d(490)$ in Lake Taihu in Spring Based on Semi-analytical Model	LIU Zhong-hua, LI Yun-mei, LI Rui-yun, <i>et al.</i> (421)
Monitoring the Total Suspended Matter of Lake Chaohu Based on Quasi-Analytical Algorithm	ZHANG Hong, HUANG Jia-zhu, LI Yun-mei, <i>et al.</i> (429)
Optimization of Aerobic/Anaerobic Subsurface Flow Constructed Wetlands	LI Feng-min, SHAN Shi, LI Yuan-yuan, <i>et al.</i> (436)
Effects of Allelochemical Dibutyl Phthalate on <i>Gymnodinium breve</i> Reactive Oxygen Species	BIE Cong-cong, LI Feng-min, LI Yuan-yuan, <i>et al.</i> (442)
Toxicity Effects of <i>Rac</i> - and <i>S</i> -Metolachlor on Two Algae	CAI Wei-dan, LIU Hui-jun, FANG Zhi-guo (448)
Studies for Killing the Oceanic Harmful Organisms in Ship's Ballast Water Using Hydroxyl Radicals	BAI Min-dong, ZHANG Na-hui, ZHANG Zhi-tao, <i>et al.</i> (454)
Modification of Natural Siderite and Enhanced Adsorption of Arsenic	ZHAO Kai, GUO Hua-ming, LI Yuan, <i>et al.</i> (459)
Kinetic Study of 4-Chloronitrobenzene Degradation by Zero-Valent Iron	LIAO Di-jie, YANG Qi, LEE Chun-chi (469)
Photochemical Degradation of Ofloxacin in Aqueous Solution	SHAO Meng, YANG Gui-peng, ZHANG Hong-hai (476)
Photodegradation of Atenolol in Aqueous Nitrate Solution	JI Yue-fei, ZENG Chao, MENG Cui, <i>et al.</i> (481)
Biodegradation of Pyridine Under UV Irradiation	FANG Miao-miao, YAN Ning, ZHANG Yong-ming (488)
Optimization on Decoloration Conditions of Anthraquinone Dyes by Laccase from <i>Amillariella mellea</i>	ZHU Xian-feng, QIN Ren-bing, YU Chen-chen, <i>et al.</i> (495)
Biosorption of Chromium(VI) by Waste Biomass of ϵ -Poly-L-lysine Fermentation	CAO Yu-juan, ZHANG Yang, XIA Jun, <i>et al.</i> (499)
Investigation on Enhanced Conditions for the Densification of Filamentous Sludge	LI Zhi-hua, SUN Wei, JI Xiao-qin, <i>et al.</i> (505)
Effect of Temperature on the Response Characteristics of Shortcut Nitrification Granular Sludge	LUO Yuan-ling, YANG Zhao-hui, XU Zheng-yong, <i>et al.</i> (511)
Fuel Consumption and Emission Inventory of Typical Construction Equipments in China	LI Dong-ling, WU Ye, ZHOU Yu, <i>et al.</i> (518)
Optimization of PM ₁₀ Monitoring Network in Beijing	QI Ling, ZHAO Yue, XIE Shao-dong (525)
Effect of Greenbelt on Pollutant Dispersion in Street Canyon	XU Wei-jia, XING Hong, YU Zhi (532)
Investigation of Effect and Process of Nitric Oxide Removal in Rotating Drum Biofilter Coupled with Absorption by Fe ^{II} (EDTA)	CHEN Jun, YANG Xuan, YU Jian-ming, <i>et al.</i> (539)
Effect of UV-B Radiation on Release of Nitrogen and Phosphorus from Leaf Litter in Subtropical Region in China	SONG Xin-zhang, ZHANG Hui-ling, JIANG Hong, <i>et al.</i> (545)
Characteristics of Carbon Sequestration and Apparent Stability of New Sequestered Carbon in Forested Torrid Red Soil at Dry-Hot Valley	TANG Guo-yong, LI Kun, SUN Yong-yu, <i>et al.</i> (551)
Spatial Distribution of Methane in Surface Water and Sediment of Jiulongjiang Estuary and the Effect Environment factors of It	GUO Ying-ying, CHEN Jian, YIN Xi-jie, <i>et al.</i> (558)
Methane Fluxes and Controlling Factors in the Intertidal Zone of the Yellow River Estuary in Autumn	JIANG Huan-huan, SUN Zhi-gao, WANG Ling-ling, <i>et al.</i> (565)
Study on Dioxin Emission for Typical Non-Wood Pulp Making in China	WANG Zhi-fang, DING Qiong, WANG Kai-xiang, <i>et al.</i> (574)
Horizontal and Vertical Distribution of Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in River Sediment from a Typical Electrical Equipment Industrial Area	QIU Meng-de, DENG Dai-yong, YU Le-huan, <i>et al.</i> (580)
Characteristics of Polychlorinated Biphenyls in Soils from an Electronic Waste Recycling Area	WANG Xue-tong, LI Yuan-cheng, ZHANG Yuan, <i>et al.</i> (587)
Characterization and Potential Risks of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Green Space Soils of Educational Areas in Beijing	PENG Chi, WANG Mei-e, OUYANG Zhi-yun, <i>et al.</i> (592)
Spatial Variability and Evaluation of Soil Heavy Metal Contamination in the Urban-transect of Shanghai	LIU Yun-long, ZHANG Li-jia, HAN Xiao-fei, <i>et al.</i> (599)
Assessment of Heavy Metal Pollution in Surface Sediments of Rivers in Northern Area of Haihe River Basin, China	SHANG Lin-yuan, SUN Ran-hao, WANG Zhao-ming, <i>et al.</i> (606)
Concentrations and Pollution Assessment of Soil Heavy Metals at Different Water-level Altitudes in the Draw-down Areas of the Three Gorges Reservoir	WANG Ye-chun, LEI Bo, YANG San-ming, <i>et al.</i> (612)
Analysis of Community Structure on Sludge Aerobic/anoxic Digestion After Ultrasonic Pretreatment	YE Yun-di, SUN Shui-yu, ZHENG Li, <i>et al.</i> (618)
Research on Population Structure and Distribution Characteristic of Indigenous Microorganism in Post-polymer-Flooding Oil Reservoir	ZHAO Ling-xia, GAO Pei-ke, CAO Mei-na, <i>et al.</i> (625)
Study on Degradation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) with Different Additional Carbon Sources in Aged Contaminated Soil	YIN Chun-qin, JIANG Xin, WANG Fang, <i>et al.</i> (633)
Detection of <i>Prorocentrum minimum</i> (Pavillard) Schiller with the Electrochemiluminescence-Molecular Probe	ZHU Xia, ZHEN Yu, MI Tie-zhu, <i>et al.</i> (640)
Development of Direct Competitive Enzyme-Linked Immunosorbent Assay for the Determination of Domoic Acid	WANG Qian, CHENG Jin-ping, GAO Li-li, <i>et al.</i> (647)
Simultaneous Determination of 10 Sulfonamide Antibiotics in Water by Solid-phase Extraction and High Performance Liquid Chromatography	HONG Lei-jie, SHI Lu, ZHANG Ya-lei, <i>et al.</i> (652)
Effects of Pentachlorophenol on DNA Damage and Cytotoxicity of HeLa Cells	JIN Bang-ming, WANG Fu-ming, XIONG Li, <i>et al.</i> (658)
Modeling of Carbon Dioxide Measurement and Optimization on Building Ceramic Industry	PENG Jun-xia, ZHAO Yu-bo, JIAO Li-hua, <i>et al.</i> (665)

《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2月15日 33卷 第2期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 33 No. 2 Feb. 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