

# 环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第34卷 第10期

Vol.34 No.10

**2013**

中国科学院生态环境研究中心 主办  
科学出版社 出版



目次

南京地区大气气溶胶 PM<sub>2.5</sub> 中稳定碳同位素组成研究 ..... 吴梦龙, 郭照冰, 刘凤玲, 孙德玲, 卢霞, 姜文娟 (3727)

太原市空气颗粒物中正构烷烃分布特征及来源解析 ..... 胡冬梅, 彭林, 白慧玲, 牟玲, 韩锋, 刘效峰, 冀豪栋, 张鹏九 (3733)

交通与气象因子对不同粒径大气颗粒物的影响机制研究 ..... 罗娜娜, 赵文吉, 晏星, 官兆宁, 熊秋林 (3741)

公交车燃用生物柴油的颗粒物排放特性 ..... 楼狄明, 陈峰, 胡志远, 谭丕强, 胡炜 (3749)

兰州及其周边区域大气降水 δ<sup>18</sup>O 特征及其水汽来源 ..... 陈粉丽, 张明军, 马潜, 李小飞, 王圣杰, 李菲 (3755)

天山乌鲁木齐河源 1 号冰川区气溶胶水溶性离子变化特征及来源分析 ..... 岳晓英, 李忠勤, 张明军, 周平, 樊晋 (3764)

O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 氧化苯乙烯气体性能及机制 ..... 何觉聪, 黄倩茹, 叶杞宏, 罗雨薇, 张再利, 樊青娟, 魏在山 (3772)

马尾松针叶组织稳定硫同位素地球化学特征及来源示踪 ..... 关晖, 肖化云, 朱仁果, 郑能建, 瞿玲露 (3777)

江西省表层土壤和苔藓硫含量及硫同位素组成对比研究 ..... 李男, 肖化云, 陈永忠, 周丹, 罗笠, 吴代敏 (3782)

辽河流域非点源污染空间特征遥感解析 ..... 王雪蕾, 蔡明勇, 钟部卿, 姚延娟, 殷守敬, 吴迪 (3788)

景观带尺度高寒区水文特征时空变化规律研究 ..... 杨永刚, 胡晋飞, 肖洪浪, 邹松兵, 尹振良 (3797)

金普湾海域表层沉积物中基质结合态磷化氢的分布特征 ..... 游丽丽, 宗海波, 张淑芳, 尹国宇, 李涛, 侯立军 (3804)

崇明东滩湿地干湿交替过程脲酶活性变化初探 ..... 韩建刚, 曹雪 (3810)

FDA 水解酶分析法表征近海泥滩微生物活性 ..... 刘叶, 邹立, 刘陆, 高冬梅 (3818)

中国东北主要河流沉积物中多溴二苯醚的含量状况及生态风险分析 ..... 袁海峰, 成杭新, 赵传冬, 刘应汉, 杨柯, 李括, 彭敏, 刘飞 (3825)

深圳大鹏湾海域表层沉积物和生物体中多环芳烃残留及其风险评价 ..... 孙闰霞, 柯常亮, 谷阳光, 卢腾腾, 杜飞雁, 马胜伟, 林钦 (3832)

PMF 和 PCA/MLR 法解析上海市高架道路地表径流中多环芳烃的来源 ..... 边璐, 李田, 侯娟 (3840)

三峡库区蓄水初期大宁河重金属食物链放大特征研究 ..... 余杨, 王雨春, 周怀东, 高博, 赵高峰 (3847)

小型封闭水体环境因子与叶绿素 a 的时空分布及相关性研究 ..... 李飞鹏, 张海平, 陈玲 (3854)

太湖氮、磷自净能力的实验与模型模拟 ..... 韩涛, 翟淑华, 胡维平, 张红举, 李钦钦 (3862)

湖泊疏浚方式对内源释放影响的模拟研究 ..... 陈超, 钟继承, 范成新, 孔明, 余居华 (3872)

水体/底泥生物基城市河道富营养化水体修复试验研究 ..... 周慧华, 宋晓光, 吴革, 谢鑫源 (3879)

底泥调控剂对感潮河涌沉积物中重金属的影响 ..... 区凤荏, 孙国萍, 许玫英 (3888)

区域水化学条件对淮南采煤沉陷区水域沉积物磷吸附特征的影响研究 ..... 易齐涛, 孙鹏飞, 谢凯, 曲喜杰, 王婷婷 (3894)

4 种人工湿地填料的 f2 噬菌体吸附特性 ..... 陈迪, 郑祥, 魏源送, 杨勇 (3904)

稻壳灰对抗生素磺胺的吸附特性研究 ..... 纪营雪, 王凤贺, 张帆, 张艳红, 王国祥, 顾中铸 (3912)

紫外辐射对腐殖酸化学稳定性影响机制研究 ..... 王文东, 周礼川, 丁真真, 王洪平, 孙学军 (3921)

基于石墨烯载体的铁基材料制备及除砷性能比较 ..... 朝木尔乐格, 冯流, 霍艳霞 (3927)

nTiO<sub>2</sub> 在水中的分散沉降行为研究 ..... 陈金媛, 方金凤, 魏秀珍 (3933)

微生物-铁氧化物交互作用对黄土中砷活化迁移的影响 ..... 谢芸芸, 陈天虎, 周跃飞, 谢巧勤 (3940)

两性离子在聚偏氟乙烯 (PVDF) 膜表面接枝改性的研究 ..... 周桂花, 肖峰, 肖萍, 王东升, 段晋明, 石健, 臧莉 (3945)

化粪池排口处土壤对典型农户生活污水氮素污染物的消减测算研究 ..... 周锋, 王文林, 王国祥, 马久远, 万寅婧, 唐晓燕, 梁斌, 季斌 (3954)

珠江三角洲典型集约化猪场废水污染特征及风险评价 ..... 李文英, 彭智平, 于俊红, 黄继川, 徐培智, 杨少海 (3963)

污泥堆肥草坪基质利用对草坪生长及土壤和水环境的影响 ..... 金树权, 周金波, 陈若霞, 林斌, 王德耀 (3969)

活性污泥絮体粒径分布与分形维数的影响因素 ..... 李振亮, 张代钧, 卢培利, 曾善文, 杨永浩 (3975)

不同恢复方式对硝化颗粒污泥活性的影响 ..... 郭秀丽, 高大文, 卢健聪 (3981)

生物陶粒反应器的氨自养反硝化研究 ..... 陈丹, 王弘宇, 宋敏, 杨开, 刘晨 (3986)

亚高山草甸土壤呼吸的空间异质性研究 ..... 严俊霞, 李君剑, 王洪建, 张义辉 (3992)

SiB3 模式对作物区 CO<sub>2</sub> 通量的模拟研究 ..... 张庚军, 卢立新, 蒋玲梅, 蒋磊, Ian Baker (4000)

缙云山土地利用方式对土壤活性有机质及其碳库管理指数的影响 ..... 徐鹏, 江长胜, 郝庆菊, 祝滔 (4009)

典型农业城市街道灰尘重金属特征及其环境风险评价: 以许昌市为例 ..... 闫慧, 陈杰, 肖军 (4017)

苏州、无锡和南通道路灰尘中的多溴联苯醚和多氯联苯 ..... 史双昕, 董亮, 李玲玲, 张辉, 李斯明, 张天野, 黄业茹 (4024)

废旧汽车拆解区土壤中多环芳烃垂向分布特性 ..... 吴彦瑜, 胡小英, 洪鸿加, 彭晓春 (4031)

铬污染土壤的稳定化处理及其长期稳定性研究 ..... 王旌, 罗启仕, 张长波, 谈亮, 李旭 (4036)

典型磺胺类抗生素在土柱中的淋溶规律研究 ..... 李曼, 陈卫平, 魏福祥, 焦文涛 (4042)

3 种金属氧化物纳米材料在不同土壤中运移行为研究 ..... 方婧, 余博阳 (4050)

多孔介质中 NAPLs 流体毛细管指进形态及分形表征 ..... 李慧颖, 杜晓明, 杨宾, 伍斌, 徐竹, 史怡, 房吉敦, 李发生 (4058)

毛竹入侵对常绿阔叶林主要树种的化感作用研究 ..... 白尚斌, 周国模, 王懿祥, 梁倩倩, 陈娟, 程艳艳, 沈蕊 (4066)

珠江口典型水产养殖区抗生素抗性基因污染的初步研究 ..... 梁惜梅, 袁湘平, 施震 (4073)

江苏盐城地区水产品重金属含量与安全评价 ..... 刘洋, 付强, 高军, 徐网谷, 殷波, 曹亚乔, 秦卫华 (4081)

铜胁迫对不同基因型谷子幼苗基因组 DNA 多态性的影响 ..... 张义贤, 付亚萍, 肖志华, 张喜文, 李萍 (4090)

利用高通量测序对封存 CO<sub>2</sub> 泄漏情景下土壤细菌的研究 ..... 田地, 马欣, 李玉娥, 查良松, 伍洋, 邹晓霞, 刘爽 (4096)

酸性矿山水区域废矿石中真核生物多样性分析 ..... 李思远, 郝春博, 王丽华, 吕铮, 张丽娜, 刘莹, 冯传平 (4105)

十溴联苯醚降解菌的特性及功能蛋白初步分析 ..... 常晶晶, 尹华, 秦华明, 叶锦韶, 彭辉, 宋小飞 (4112)

硒对水稻吸收积累和转运锰、铁、磷和硒的影响 ..... 胡莹, 黄益宗, 黄艳超, 刘云霞, 梁建宏 (4119)

外源铁对不同番茄品种生理特性、镉积累及化学形态的影响 ..... 刘俊, 周坤, 徐卫红, 陈惠, 张明中, 江玲, 杨芸, 王崇力, 熊治庭 (4126)

电子废物排放持久性有毒污染物的控制政策分析 ..... 李力, 吕永龙, 王铁宇 (4132)

《环境科学》征稿简则 (3926) 《环境科学》征订启事 (4057) 信息 (3878, 3953, 3999, 4041)

# 湖泊疏浚方式对内源释放影响的模拟研究

陈超<sup>1,2</sup>, 钟继承<sup>1\*</sup>, 范成新<sup>1</sup>, 孔明<sup>1,2</sup>, 余居华<sup>3</sup>

(1. 中国科学院南京地理与湖泊研究所湖泊与环境国家重点实验室, 南京 210008; 2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 重庆市风景园林科学研究院, 重庆 400042)

**摘要:** 通过室内模拟试验, 探讨不同疏浚方式对内源氮磷释放的影响以及不同湖区疏浚后氮磷释放的差异性. 理想式疏浚和绞吸式疏浚沉积物磷的释放速率分别为未疏浚的 20% 和 72%, 并且 A(内湾)湖区沉积物磷的释放速率是 B(外湾)湖区的 80% 左右. 理想式疏浚和绞吸式疏浚后沉积物氨氮的释放速率分别是抓斗式疏浚的 40% 和 83%, 但是这几种疏浚方式对氨氮的释放并没有达到理想的效果, 在短期内对氨氮的释放甚至是起促进作用的, 并且 A 湖区(内湾)氮的释放速率约是 B 湖区(外湾)的 1.5 倍, 这应该看作是湖泊疏浚工程一个潜在的负作用. 研究表明, 理想式和绞吸式疏浚方式对内源释放有较好的控制作用, 在外源输入得到有效控制的前提下, 底泥疏浚可以作为湖泊沉积物污染修复的手段, 并且结合目前的技术手段, 在太湖的疏浚工程中应尽量选择绞吸式疏浚.

**关键词:** 疏浚方式; 绞吸式疏浚; 抓斗式疏浚; 内源释放; 太湖

中图分类号: X524 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2013)10-3872-07

## Simulation Research on the Release of Internal Nutrients Affected by Different Dredging Methods in Lake

CHEN Chao<sup>1,2</sup>, ZHONG Ji-cheng<sup>1</sup>, FAN Cheng-xin<sup>1</sup>, KONG Ming<sup>1,2</sup>, YU Ju-hua<sup>3</sup>

(1. State Key Laboratory of Lake Science and Environment, Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Institute of Landscape Architecture and Gardening, Chongqing 400042, China)

**Abstract:** A simulated experiment was carried out to study release features of internal source under different sediment dredging methods and the difference between two lake areas in Lake Taihu was also studied. The contaminated sediments were sampled from two sites in Meiliang Bay which were the Inner Bay (A) and the Outer Bay (B). Release rates of phosphorus after ideal dredging and suction dredging are about 20% and 72% of the control and the phosphorus release rate in Inner Bay (A) is about 80% of Outer Bay (B). Release rates of ammonia after ideal dredging and suction dredging are about 40% and 83% of the scallop dredging, but dredging process may even promote the release of ammonia in a short time, the ammonia release rate in Inner Bay (A) is about 150% higher than that in Outer Bay (B). Under the microcosm experiment condition, the ideal dredging method and the suction dredging method may have a better control of internal source in contrast with the scallop dredging. Altogether, sediment dredging may be a useful approach to decrease the release of internal source in the selected sites when the external nutrients are effectively controlled. Consider all kinds of dredging projects, the suction dredging should be the ideal option for sediment dredging in Lake Taihu.

**Key words:** dredging methods; suction dredging; scallop dredging; internal source release; Lake Taihu

湖泊富营养化的治理一直是我国湖泊污染治理关注的焦点问题, 研究表明即使外源污染物输入得到很好地控制, 其治理效果也往往达不到预期的目的. 究其原因主要是因为作为入湖污染物主要蓄积库的沉积物和悬浮物在一定条件下会释放或解吸出大量的营养物质<sup>[1~3]</sup>, 通过沉积物-水界面的物质交换使上覆水体的营养盐维持在一个较高的水平, 造成水体在相当长的一段时间内维持富营养化或水质恶化<sup>[4~6]</sup>. 底泥疏浚因能从湖体中将污染底泥永久性去除而成为湖泊沉积物污染治理的重要手段之一<sup>[7,8]</sup>. 但其修复效果却随着疏浚方式、深度和湖泊本身性质的不同而有所差异, 因而国内外在底泥疏浚是否能广泛应用于湖泊污染修复方面仍存在较

大的争议<sup>[9,10]</sup>.

近年来, 关于底泥疏浚对内源的控制效果以及环境的影响国内外已进行了较多的研究<sup>[11~13]</sup>. 一些研究通过实验室模拟和野外监测确定了合适的疏浚深度以及疏浚对沉积物污染物的短时效和长时效的控制效应<sup>[14~17]</sup>. 余居华等<sup>[18]</sup>通过实验室模拟环

收稿日期: 2013-01-06; 修订日期: 2013-01-31

基金项目: 国家自然科学基金项目(41171367, 40901253); 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2012ZX07101-010); 江苏省重大科技支撑与自主创新专项引导资金项目(BY2011165); 江苏省基础研究计划项目(BK2011879); 中国科学院南京地理与湖泊研究所科研启动项目(NIGLAS2011QD09)

作者简介: 陈超(1988~), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为污染控制化学, E-mail: chaochenhc@163.com

\* 通讯联系人, E-mail: jczhong@niglas.ac.cn

浪扰动发现疏浚能够有效控制沉积物再悬浮并减少磷的释放。钟继承等<sup>[19,20]</sup>通过为期 1 a 的实验室模拟发现在外源污染物的输入得到有效控制的前提下,底泥疏浚是湖泊沉积物污染治理的有效手段。但是,这些研究主要关注的是疏浚过程中底泥再悬浮引起营养物质的释放以及疏浚后新生表层沉积物-水界面污染物质交换的界面过程以及疏浚对湖泊生源要素的生物地球化学循环的影响过程及机制<sup>[11,21]</sup>,而不同疏浚作业方式对沉积物-水界面营养盐释放的影响至今还鲜见报道。

由于疏浚后会形成新的沉积物表面,而采用不同的疏浚方式势必会形成差异极大的沉积物表面。表层沉积物是湖泊沉积物中污染物质和上覆水体交换的关键界面,所以研究疏浚后形成的不同沉积物-水界面对污染物质释放的影响具有重要的现实意义。本研究通过模拟 3 种不同的疏浚方式(理想式、抓斗式、绞吸式)来探讨疏浚后不同沉积物界面对内源污染物质释放的影响,以期更好地认识底泥疏浚对湖泊内源污染控制的短期效果,并为湖泊底泥疏浚工程方案的决策和实施提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品采集

本研究所选取的采样点位于太湖梅梁湾内,在内湾和外湾分别设置一个研究点(图 1, A 为内湾,位于著名的风景游览区鼋头渚附近, B 为外湾,位于梅梁湾口)。研究区域近年来水体营养程度维持在一个较高的水平,频繁地暴发蓝藻水华,严重影响水体生态环境功能。在太湖的相关治理方案中,该地区已有疏浚工程正在实施或即将实施。所以该试验样品采集点的选取具有重要现实意义。

试验所用的沉积物柱状样于 2012 年 7 月 26 日用重力式沉积物采泥器(直径 84 mm)采集于太湖梅梁湾两个污染程度不同的湖区(如图 1 所示)。分别采集无扰动沉积物柱状样(50~60 cm 长)各 12 根,同时在取样点用 25 L 的聚乙烯桶采集采样点湖水。采集好的样品于 5 h 内运回实验室分析和培养,在运输过程中尽量避免沉积物柱样的扰动。

### 1.2 试验方法

沉积物柱状样品转移回实验室后,用虹吸法将 3 个沉积物柱状样中的上覆水无扰动移去。然后用上顶法把表层 30 cm 沉积物移入另一洗净的聚乙烯管,无扰动滴注 1 160 mL 过滤后的湖水,制作成未疏浚对照样。每个采样点剩余的 9 根沉积物柱样分

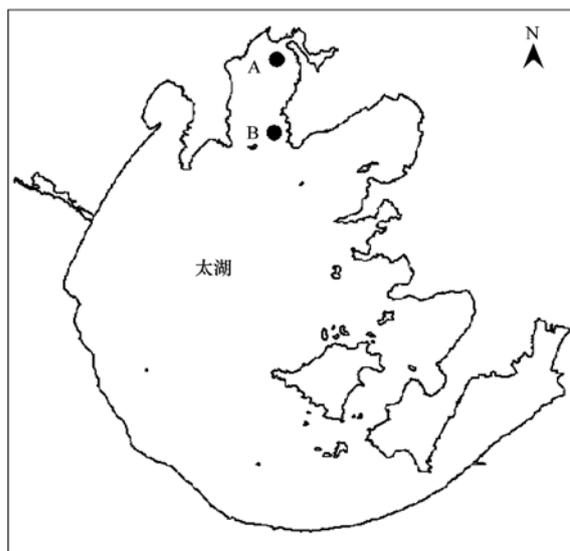


图 1 研究点位置示意

Fig. 1 Sample sites in Lake Taihu

别模拟以下不同的疏浚方式,①理想式:采用切片的方法将表层 30 cm 沉积物移去(根据周小宁等<sup>[16,17]</sup>的研究拟设置疏浚深度为 30 cm),将余下的约 20~30 cm 的沉积物移入另一洗净的聚乙烯管,并无扰动滴注 1 160 mL 过滤后的湖水,制作成理想式疏浚处理;②抓斗式:先将沉积物表层 20 cm 移去,然后采用小型抓斗再移去 10 cm 沉积物(模拟疏浚 30 cm),将余下的约 20~30 cm 沉积物移入另一洗净的聚乙烯管,并无扰动滴注 1 160 mL 过滤后的湖水,制作成抓斗式疏浚处理,该疏浚方式处理后的沉积物表面呈楔形,与实际中采用抓斗式疏浚方式处理后的沉积物表面有较好的吻合;③绞吸式:用小型绞吸泵吸出表层 30 cm 沉积物,将余下的约 20~30 cm 沉积物移入另一洗净的聚乙烯管,并无扰动滴注 1 160 mL 过滤后的湖水,制作成绞吸式疏浚处理。不同处理方式后沉积物表层界面特征如表 1 所示。

表 1 不同处理方式后沉积物表层界面特征

Table 1 Characters of sediment surface after different dredging methods

处理方式	所用工具	新生沉积物界面	淤泥残留量
理想式疏浚	切板	新生表面非常平整	无
绞吸式疏浚	小型绞吸泵	平整度介于理想式疏浚和抓斗式疏浚之间	较少
抓斗式疏浚	小型抓斗	呈楔形(V字型)	较多

以上处理均设置 3 个平行,其柱样下端用橡皮塞塞紧,上端敞口。所有柱状样在稳定 24 h 后开始在距离沉积物-水界面 5 cm 处采集 50 mL 水样供分析,取样后用 50 mL 已过滤的湖水补充于取水柱子

中. 整个试验过程历时 3 d, 采样时间间隔设置为 12 h. 采样结束后采集表层 5 cm 沉积物进行沉积物基本理化性质分析.

### 1.3 样品的测定与分析

水体中营养盐的测定方法参考文献[22], 氨氮( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ )采用纳氏试剂比色法测定, 溶解性活性磷(SRP)采用钼锑抗分光光度法测定(SHIMADZU, UV-2550). 沉积物含水率(% , 质量分数)在 105℃ 条件下烘 24 h 至恒重, 孔隙率和容重的测定方法参考文献[11], 有机质含量用烘干的沉积物放入到马弗炉中在 550℃ 条件下灼烧 6 h 后测定, 总磷(TP)的测定方法参考文献[23], 表层沉积物中 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 的测定方法参考文献[24], 总氮(TN)采用过硫酸钾消解紫外分光光度法测定, 表层沉积物中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的测定方法参考文献[25],

粒度用激光光透式粒度仪(Mastersize 2000, Malvern Instruments Ltd, UK)测定. 数据分析与绘图使用 Excel 2007、SPSS 20 和 Origin 8.5, 释放率计算方法参照文献[26].

## 2 结果与分析

### 2.1 沉积物的基本理化性质

与对照相比, 疏浚后沉积物的容重有所增加并且不同湖区沉积物的容重变化不大, 而 TN、TP、孔隙率、含水率和有机质均减小, 其中总氮和总磷的减少量较为明显. 表层沉积物中可直接被利用的氨氮和磷酸根的含量均不高, 疏浚后的表层沉积物中氨氮和磷酸根含量均要略高于未疏浚对照. 疏浚对表层沉积物粒度组成影响较大, 能明显提高砂粒在沉积物组成中的百分比(表 2).

表 2 疏浚与未疏浚表层 5 cm 沉积物基本理化性质<sup>1)</sup>

Table 2 Physico-chemical characteristics of surface layer (5 cm) of control and dredged sediments

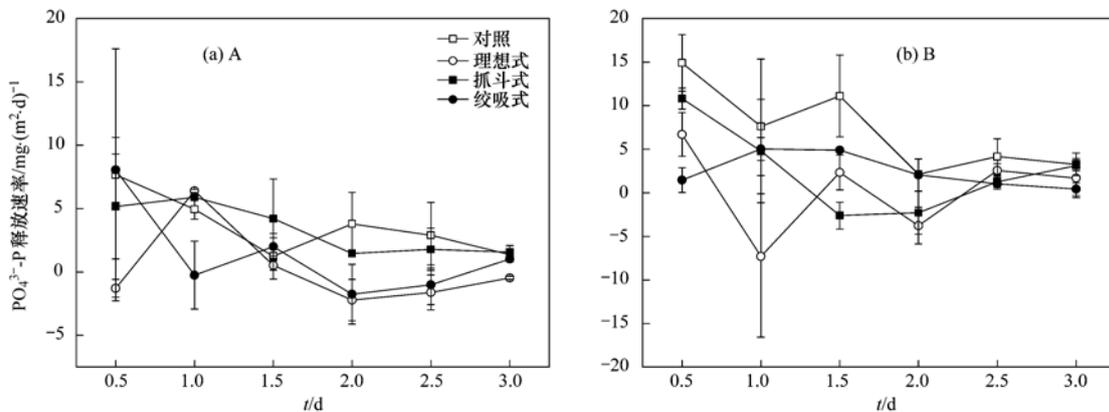
位置	样品	孔隙率 /%	含水率 /%	容重 / $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	有机质 /%	TN / $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$	TP / $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$	黏粒 /%	粉、砂粒 /%	$\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ / $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$	$\text{NH}_4^+\text{-N}$ / $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$
A	对照	73.7 ± 0.03	52.8 ± 0.04	1.46 ± 0.03	5.51 ± 0.77	1.74 ± 0.29	0.54 ± 0.03	5.98 ± 0.04	94.02 ± 1.28	0.0056 ± 0.001	0.073 ± 0.01
	疏浚	70.1 ± 0.08	48.4 ± 1.0	1.50 ± 0.02	4.93 ± 0.19	2.17 ± 0.20	0.38 ± 0.02	5.49 ± 0.52	94.50 ± 3.87	0.0056 ± 0.001	0.082 ± 0.005
B	对照	76.9 ± 4.2	57.3 ± 5.6	1.42 ± 0.04	6.05 ± 0.20	1.62 ± 0.14	0.48 ± 0.01	6.07 ± 0.66	93.92 ± 0.92	0.0053 ± 0.001	0.063 ± 0.006
	疏浚	70.4 ± 4.1	48.9 ± 4.8	1.57 ± 0.09	5.14 ± 0.59	1.26 ± 0.23	0.35 ± 0.06	8.54 ± 0.48	91.47 ± 1.74	0.0063 ± 0.001	0.065 ± 0.005

1) 数据为 3 个平行样的平均值 ± 标准偏差

### 2.2 沉积物磷释放对疏浚方式的响应

图 2 为模拟不同疏浚方式后沉积物溶解性活性磷( $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ )释放速率的短期变化. 总体来说, 在试验开始 1.5 d 后溶解性活性磷的释放速率逐渐趋于稳定. 由图 2 可以看出未疏浚对照处理中的溶解性活性磷的释放速率在试验 1.5 d 后有一个上升的趋势[由  $1.0 \text{ mg}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{d})^{-1}$  上升到  $2.0 \text{ mg}\cdot(\text{m}^2\cdot\text{d})^{-1}$ ], 而

疏浚后的沉积物其溶解性活性磷的释放速率接近零附近甚至是负值(也即出现沉积物吸附现象). 理想式疏浚方式对沉积物磷释放的控制效果最好, 其次是绞吸式疏浚方式, 抓斗式疏浚方式在试验初期甚至对磷的释放是具有积极作用的, 在试验 1.5 d 后其释放速率才逐渐地低于对照.



误差线为标准偏差, 下同

图 2 不同疏浚方式对磷释放的影响

Fig. 2  $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$  release rate under different sediment dredging methods

2.3 沉积物氮释放对疏浚方式的响应

与磷释放不同的是,不同疏浚方式对沉积物氨氮( $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ )释放的控制效果并不明显. 3种疏浚方式处理后的沉积物氨氮( $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ )的释放速率均要高于未疏浚对照样,并且在试验初期氨氮的释放速

率有一个较高的增长,但是疏浚后氨氮释放速率的下降梯度比对照样明显得多. 比较不同疏浚方式对氨氮( $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ )释放的控制效果可以发现,理想式和绞吸式疏浚方式对氨氮( $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ )释放的控制效果较好(图3).

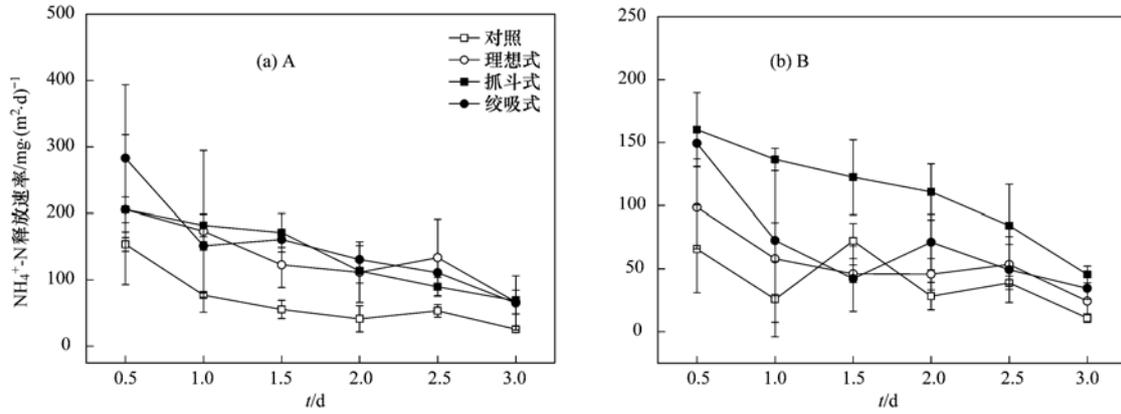


图3 不同疏浚方式对氮释放的影响

Fig. 3  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  release rate under different sediment dredging methods

2.4 不同湖区内源释放对疏浚方式的响应

从图4可以看出不同疏浚方式对沉积物磷的释放具有一定的控制效果(两个湖区未疏浚对照样磷酸根的释放速率均高于不同处理方式),不同湖区在疏浚后其溶解性活性磷的释放速率也存在差异,内湾(A湖区)溶解性磷的最高释放速率为  $3.7 \text{ mg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{d})^{-1}$  (对照样),而外湾(B湖区)溶解性磷的最高释放速率为  $4.7 \text{ mg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{d})^{-1}$  (对照样). 外湾(B湖区)除了绞吸式疏浚方式要略高于内湾(A湖区)的绞吸式疏浚方式外,其余疏浚方式处理情况下外湾(B湖区)溶解性活性磷的释放速率均要

高于内湾(A湖区). 并且可以看出,理想式疏浚方式和绞吸式疏浚方式对磷释放速率的控制明显要优于对照和抓斗式疏浚方式(理想式和绞吸式对磷释放的控制效果与对照和抓斗式存在显著的差异,  $P < 0.05$ ). 由图5可以看出在不同疏浚方式下,不同湖区的氨氮释放速率也存在一定的差异( $P < 0.05$ ). 与磷的释放不同的是,内湾(A湖区)氨氮的释放速率明显高于外湾(B湖区),内湾平均值为  $123 \text{ mg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{d})^{-1}$ , 外湾平均值为  $82.2 \text{ mg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{d})^{-1}$ ,并且3种疏浚方式处理后氨氮的释放速率明显要高于对照.

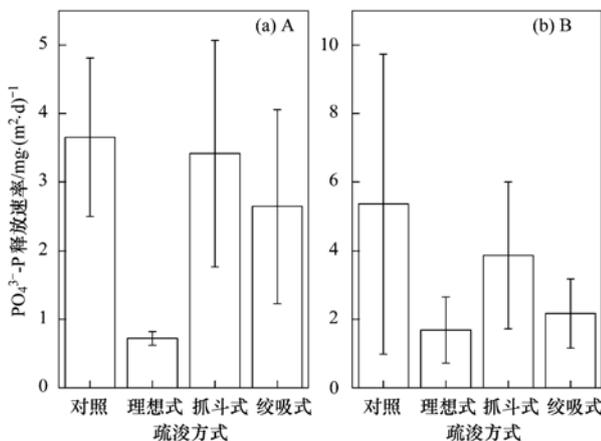


图4 内湾(A)和外湾(B)磷酸根释放速率对疏浚方式的响应

Fig. 4  $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$  release rate between two regions after different sediment dredging methods

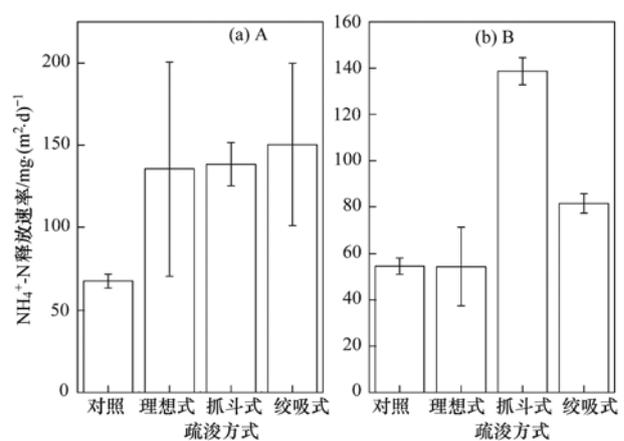


图5 内湾(A)和外湾(B)氨氮释放速率对疏浚方式的响应

Fig. 5  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  release rate between two regions after different sediment dredging methods

### 3 讨论

#### 3.1 疏浚方式对营养盐负荷变化的影响

比较不同疏浚方式可以发现,理想式疏浚方式和绞吸式疏浚方式明显比抓斗式疏浚方式对磷的释放有更好的控制作用(图2)。这是因为经过理想式和绞吸式疏浚方式处理后新生沉积物表面较为平整,孔隙率减小(表2),相应的弯曲度增大从而不利于磷的释放<sup>[20]</sup>。另外疏浚后新生沉积物表层容易形成一层氧化层,阻碍磷的释放, $\text{Fe}^{2+}$ 在氧化条件下转化为 $\text{Fe}^{3+}$ 与孔隙水中的 $\text{PO}_4^{3-}$ -P相结合,导致释放速率减小<sup>[27]</sup>。而抓斗式疏浚方式对沉积物扰动较大,淤泥残留量较多<sup>[28]</sup>,疏浚后新生的水土释放界面要高于其他疏浚方式,较大的释放界面导致疏浚速率的增大,使 $\text{PO}_4^{3-}$ -P的交换更加容易。同时由于氧化还原条件的改变使原本被水合金属氧化物固定的 $\text{PO}_4^{3-}$ -P再次释放出来,这也解释了为何图2(a)抓斗式疏浚方式在试验进行1 d的时候突然出现磷释放速率为 $5.0 \text{ mg} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{d})^{-1}$ 的现象。

由图3可知3种疏浚方式对氨氮释放速率的控制效果并不理想甚至是促进其释放的。这是因为整个试验过程处于夏季高温阶段,而间隙水中氨氮( $\text{NH}_4^+$ -N)受温度驱动较为明显<sup>[29,30]</sup>。温度较高时,微生物活性比较高,新陈代谢较旺盛,有机质分解加速、耗氧量增加,缺氧甚至厌氧氛围渐增,反硝化作用增强导致间隙水中氨氮浓度比其他季节高。间隙水中氨氮( $\text{NH}_4^+$ -N)在垂向分布上通常是随深度增加的,而模拟疏浚30 cm后导致深层含有较高浓度氨氮( $\text{NH}_4^+$ -N)的沉积物层暴露于水土界面,这就形成了较高浓度梯度差,尽管与未疏浚对照沉积物比,疏浚沉积物含水率和孔隙率较低,相应的容重较大(表2),疏浚沉积物较为密实不利于氨氮( $\text{NH}_4^+$ -N)的释放,但是疏浚沉积物水土界面较高浓度梯度差依然导致疏浚的沉积物在短时间内有较高的释放速率。

需要指出的是在我们前期为期1 a的疏浚模拟试验中也发现疏浚后短期内氨氮释放控制效果较差,但是疏浚一段时间后对氨氮( $\text{NH}_4^+$ -N)释放才表现较好的控制效果<sup>[19]</sup>,这是因为刚疏浚以后氨氮( $\text{NH}_4^+$ -N)释放速率取决于水土界面浓度梯度大小,也就是间隙水中氨氮( $\text{NH}_4^+$ -N)“即时库”的大小,而疏浚后长时间内能否对氨氮( $\text{NH}_4^+$ -N)释放具有较好的控制作用取决于沉积物中氨氮( $\text{NH}_4^+$ -N)再生过程。疏浚30 cm对沉积物物理、化学和生物的性质

影响较大,导致疏浚沉积物中的氨氮( $\text{NH}_4^+$ -N)的再生过程明显变缓,也就使疏浚沉积物中氨氮( $\text{NH}_4^+$ -N)释放速率受到抑制,所以疏浚对氨氮( $\text{NH}_4^+$ -N)释放的控制效果在疏浚一段时间后才能显现出来<sup>[19]</sup>。

本研究发现理想式和绞吸式疏浚方式对氨氮释放速率的控制效果明显的优于抓斗式。理想式和绞吸式疏浚方式对沉积物扰动较小并且新形成的沉积物表面具有较高的压实性,不利于水土界面营养物质的扩散;另外抓斗式疏浚方式所形成的楔形表面会增大水土界面的面积,从而有助于水土界面营养物质的释放。在野外实际疏浚工程实践中,绞吸式疏浚所形成的界面其表层沉积物中小颗粒物含量较少,相比未疏浚的表层疏松沉积物和抓斗式疏浚后的楔形表面,其抗风浪扰动的能力更强,不易发生颗粒物悬浮,也会对沉积物-水界面营养物质的交换具有一定的控制作用。抓斗式疏浚方式淤泥残留率较高,并且对沉积物界面扰动较大,容易引起沉积物的再悬浮,通常这些颗粒物的有机质含量较高,当这些颗粒物再次沉降于新生沉积物界面时,会加速微生物对有机质的分解并很快降低沉积物表面的氧化还原电位,从而促进氨氮的释放。

#### 3.2 不同湖区下疏浚方式的差异性

不同湖区的沉积物其营养物质的垂直分布差异性大,而疏浚后深层沉积物将作为新生表面主体暴露于上覆水体,其营养物质含量的不同势必会引起疏浚后释放速率的差异。沉积物的粒径组成对疏浚工程的效果有一定的影响,沉积物中小颗粒含量越高,越有利于沉积物中的营养物向上覆水体的释放<sup>[31]</sup>。外湾(B湖区)沉积物中的黏粒含量明显高于内湾(A湖区)(表2),在风浪扰动的情况下,这些黏粒中被铁锰等金属水合物固定的磷元素有可能再次释放出来。不同湖区其颗粒物的沉降通量及年沉降速率也不尽相同。有研究表明,内湾(A湖区)磷的沉降通量很小 $0.02 \text{ mg} \cdot (\text{cm}^2 \cdot \text{a})^{-1}$ <sup>[32]</sup>,这可能是内湾(A湖区)疏浚后磷的释放速率要低于外湾(B湖区)的重要原因之一。再者,由于内湾(A湖区)水体中含有较多的 $\text{Ca}^{2+}$ 以及其他一些可以和磷结合的金属元素<sup>[33]</sup>,当疏浚后沉积物中的磷放出来后,在一系列物理化学的作用下又会很快地和这些金属元素相结合,降低水体中磷含量。

有研究表明内湾(A湖区)的湖水具有很高的矿化程度,达到了 $173.94 \sim 243.25 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,远高于太湖平均值 $172.65 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ <sup>[33]</sup>。说明该地区的微生物

物活性较高,对有机质的分解速度较快,使间隙水中的氨氮含量较高,在疏浚后由于间隙水和上覆水体存在较高的氨氮浓度差使得氨氮的释放速率较外湾(B湖区)高很多,所以在疏浚前有必要对疏浚地区的沉积物性质做相应的调查研究,以便确定合理的疏浚范围和疏浚深度。

#### 4 结论

疏浚工程对营养盐释放的控制受疏浚方式的影响较大,该试验表明理想式疏浚方式对营养盐释放的控制效果最好,绞吸式次之,抓斗式最差。就短时效而言,疏浚对水体中 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 的控制效果较好;对 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 释放的控制作用较差,甚至在短期可能促进其释放,这应该看作疏浚工程一个潜在的负效应。疏浚后不同湖区营养盐的释放具有显著的差异,这归因于不同湖区沉积物性质的差异,在疏浚方案的制定中应该考虑到这一点。由于室内模拟不能完全重现实地的复杂生态环境并且试验采用的是室内柱状模拟,对颗粒物大气沉降和疏浚后沉积物-水界面的扰动不能较好地反映,故试验精度受到一定的影响,这些问题需要进一步深入研究。

#### 参考文献:

- [ 1 ] 胡春华, 濮培民. 太湖五里湖沉降通量及其有机质分解率研究[J]. 海洋与湖沼, 2000, **31**(3): 327-333.
- [ 2 ] 石晓勇, 史致丽. 黄河口磷酸盐缓冲机制的探讨Ⅲ. 磷酸盐交叉缓冲图及“稳定 pH 范围”[J]. 海洋与湖沼, 2000, **31**(4): 441-447.
- [ 3 ] 张路, 朱广伟, 罗激葱, 等. 风浪作用下太湖梅梁湾水体磷负荷变化及与水体氧化还原特征关系[J]. 中国科学 D 辑, 2005, **35**(增刊): 138-144.
- [ 4 ] Palm A, Cousins I, Gustafsson Ö, *et al.* Evaluation of sequentially-coupled POP fluxes estimated from simultaneous measurements in multiple compartments of an air-water-sediment system[J]. Environmental Pollution, 2004, **128**(1-2): 85-97.
- [ 5 ] Murphy T P, Lawson A, Kumagai M, *et al.* Review of emerging issues in sediment treatment[J]. Aquatic Ecosystem Health and Management, 1999, **2**(4): 419-434.
- [ 6 ] Zoumis T, Schmidt A, Grigorova L, *et al.* Contaminants in sediments; remobilization and demobilization[J]. Science of the Total Environment, 2001, **266**(1-3): 195-202.
- [ 7 ] Moss B, Balls H, Irvine K, *et al.* Restoration of two lowland lakes by isolation from nutrient-rich water sources with and without removal of sediment[J]. Journal of Applied Ecology, 1986, **23**(2): 391-414.
- [ 8 ] Ruliev J E, Rusch K A. An assessment of long-term post-restoration water quality trends in a shallow, subtropical, urban hypereutrophic lake[J]. Ecological Engineering, 2002, **19**(4): 265-280.
- [ 9 ] Fan C X, Zhang L, Wang J J, *et al.* Processes and mechanism of effects of sludge dredging on internal source release in lakes[J]. Chinese Science Bulletin, 2004, **49**(17): 1853-1859.
- [ 10 ] 濮培民, 王国祥, 胡春华, 等. 底泥疏浚能控制湖泊富营养化吗? [J]. 湖泊科学, 2000, **12**(3): 269-279.
- [ 11 ] Graca B, Burska D, Matuszewska K. The impact of dredging deep pits on organic matter decomposition in sediments [J]. Water, Air, and Soil Pollution, 2004, **158**(1): 237-259.
- [ 12 ] 陈荷生. 太湖底泥的生态疏浚工程[J]. 水利水电科技进展, 2004, **24**(6): 34-37, 54.
- [ 13 ] 刘爱菊, 孔繁翔. 底泥疏浚对五里湖沉积物生物毒性的影响[J]. 环境污染与防治, 2006, **28**(12): 881-883.
- [ 14 ] Desprez M. Physical and biological impact of marine aggregate extraction along the French coast of the Eastern English Channel: short-and long-term post-dredging restoration[J]. ICES Journal of Marine Science, 2000, **57**(5): 1428-1438.
- [ 15 ] Falcão M, Gaspar M B, Caetano M, *et al.* Short-term environmental impact of clam dredging in coastal waters (south of Portugal): chemical disturbance and subsequent recovery of seabed[J]. Marine Environmental Research, 2003, **56**(5): 649-664.
- [ 16 ] 王雯雯, 姜霞, 王书航, 等. 太湖竺山湾污染底泥环保疏浚深度的推算[J]. 中国环境科学, 2011, **31**(6): 1013-1018.
- [ 17 ] 周小宁, 姜霞, 金相灿, 等. 太湖梅梁湾沉积物磷的垂直分布及环保疏浚深度的推算[J]. 中国环境科学, 2007, **27**(4): 445-449.
- [ 18 ] 余居华, 钟继承, 张银龙, 等. 湖泊底泥疏浚对沉积物再悬浮及营养盐负荷影响的模拟[J]. 湖泊科学, 2012, **24**(1): 34-42.
- [ 19 ] 钟继承, 刘国锋, 范成新, 等. 湖泊底泥疏浚环境效应: II. 内源氮释放控制作用[J]. 湖泊科学, 2009, **21**(3): 335-344.
- [ 20 ] 钟继承, 刘国锋, 范成新, 等. 湖泊底泥疏浚环境效应: I. 内源磷释放控制作用[J]. 湖泊科学, 2009, **21**(1): 84-93.
- [ 21 ] Zhong J C, Fan C X, Zhang L, *et al.* Significance of dredging on sediment denitrification in Meiliang Bay, China: A year long simulation study[J]. Journal of Environmental Sciences, 2010, **22**(1): 68-75.
- [ 22 ] 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.
- [ 23 ] Ruban V, López-Sánchez J F, Pardo P, *et al.* Selection and evaluation of sequential extraction procedures for the determination of phosphorus forms in lake sediment[J]. Journal of Environmental Monitoring, 1999, **1**(1): 51-56.
- [ 24 ] Rydin E. Potentially mobile phosphorus in Lake Erken sediment [J]. Water Research, 2000, **34**(7): 2037-2042.
- [ 25 ] 何清溪, 张穗, 方正信, 等. 大亚湾沉积物中氮和磷的地球化学形态分配特征. 热带海洋, 1992, **11**(2): 38-45.
- [ 26 ] 范成新, 秦伯强, 孙越. 梅梁湖和五里湖水-沉积物界面的物质交换[J]. 湖泊科学, 1998, **10**(1): 53-58.
- [ 27 ] 范成新, 张路, 王建军, 等. 湖泊底泥疏浚对内源释放影响的过程与机理[J]. 科学通报, 2004, **49**(15): 1523-1528.

- [28] Nichols M, Diaz R J, Schaffner L C. Effects of hopper dredging and sediment dispersion, Chesapeake bay [J]. *Environmental Geology and Water Sciences*, 1990, **15**(1): 31-43.
- [29] Van Luijin F, Boers P C M, Lijklema L, *et al.* Nitrogen fluxes and processes in sandy and muddy sediments from a shallow eutrophic lake[J]. *Water Research*, 1998, **33**(1): 33-42.
- [30] Maksymowska-Brossard D, Piekarek-Jankowska H. Seasonal variability of benthic ammonium release in the surface sediments of the Gulf of Gdańsk (southern Baltic Sea)[J]. *Oceanologia*, 2001, **43**(1): 113-136.
- [31] 刘德启, 李敏, 朱成文, 等. 模拟太湖底泥疏浚对氮磷营养物质释放过程的影响研究[J]. *农业环境科学学报*, 2005, **24**(3): 521-525.
- [32] 华兆哲, 陈坚, 王晓蓉. 太湖无锡湖区沉积物磷含量及其沉积通量[J]. *江南大学学报(自然科学版)*, 2005, **4**(5): 513-525.
- [33] 王苏民, 窦洪身. *中国湖泊志*[M]. 北京: 科学出版社, 1998.

## 《环境科学》编辑部关于启用编辑信息管理系统公告

《环境科学》编辑部已经开通本刊网站并启用编辑信息管理系统(网站地址:<http://www.hjkx.ac.cn>)。该系统能实现在线投稿、在线审稿、期刊浏览检索等功能,欢迎广大作者、读者和审稿专家使用。目前我刊所有来稿都通过网站编辑信息管理系统进行。作者使用编辑信息管理系统投稿时请先进行注册,注册完毕后以作者身份登录,按照页面上给出的提示投稿即可。如果您在使用过程中有问题,请及时与我刊编辑部联系。

邮政地址:北京市海淀区双清路18号《环境科学》编辑部

邮 编:100085

电 话:010-62941102,010-62849343

传 真:010-62849343

E-mail:[hjkx@rcees.ac.cn](mailto:hjkx@rcees.ac.cn)

网 址:[www.hjkx.ac.cn](http://www.hjkx.ac.cn)

## CONTENTS

Stable Carbon Isotopic Composition in PM <sub>2.5</sub> in Nanjing Region .....	WU Meng-long, GUO Zhao-bing, LIU Feng-ling, <i>et al.</i> (3727)
Distribution and Source Apportionment of <i>n</i> -Alkanes in Atmospheric Particle in Taiyuan, China .....	HU Dong-mei, PENG Lin, BAI Hui-ling, <i>et al.</i> (3733)
Study on Influence of Traffic and Meteorological Factors on Inhalable Particle Matters of Different Size .....	LUO Na-na, ZHAO Wen-ji, YAN Xing, <i>et al.</i> (3741)
Particle Emission Characteristics of Diesel Bus Fueled with Bio-diesel .....	LOU Di-ming, CHEN Feng, HU Zhi-yuan, <i>et al.</i> (3749)
Characteristics of δ <sup>18</sup> O in Precipitation and Water Vapor Sources in Lanzhou City and Its Surrounding Area .....	CHEN Fen-li, ZHANG Ming-jun, MA Qian, <i>et al.</i> (3755)
Characteristics and Sources of Soluble Ions in Aerosols from Glacier No. 1 at the Headwater of Urumqi River, Tianshan Mountains, China .....	YUE Xiao-ying, LI Zhong-qin, ZHANG Ming-jun, <i>et al.</i> (3764)
Mechanism and Performance of Styrene Oxidation by O <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	HE Jue-cong, HUANG Qian-ru, YE Qi-hong, <i>et al.</i> (3772)
Sulfur Isotopic Signatures in Leaves of <i>Pinus massoniana</i> Lamb. and Source Apportionment .....	GUAN Hui, XIAO Hua-yun, ZHU Ren-guo, <i>et al.</i> (3777)
Comparisons of Sulfur Contents and Isotopes Between Mosses and Surface Soils in Jiangxi Province .....	LI Nan, XIAO Hua-yun, CHEN Yong-zhong, <i>et al.</i> (3782)
Research on Spatial Characteristic of Non-point Source Pollution in Liaohe River Basin .....	WANG Xue-lei, CAI Ming-yong, ZHONG Bu-qing, <i>et al.</i> (3788)
Spatial and Temporal Variations of Hydrological Characteristic on the Landscape Zone Scale in Alpine Cold Region .....	YANG Yong-gang, HU Jin-fei, XIAO Hong-lang, <i>et al.</i> (3797)
Distribution of Matrix-Bound Phosphine in Surface Sediments of Jinpu Bay .....	YOU Li-li, ZONG Hai-bo, ZHANG Shu-fang, <i>et al.</i> (3804)
Effects of Drying-Rewetting Alternation on Urease Activity in Chongming East Intertidal Flat; Results of a Simulation Study .....	HAN Jian-gang, CAO Xue (3810)
Characterization of Microbial Activities in Marine Mudflat Sediment Using FDA Hydrolase Analysis .....	LIU Ye, ZOU Li, LIU Lu, <i>et al.</i> (3818)
Analysis of Ecological Risk and the Content Situation of Polybrominated Diphenyl Ethers in Sediments from Northeast China River Basin .....	NIE Hai-feng, CHENG Hang-xin, ZHAO Chuan-dong, <i>et al.</i> (3825)
Residues and Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Surface Sediments and Marine Organisms from Dapeng Bay, Shenzhen .....	SUN Run-xia, KE Chang-liang, GU Yang-guang, <i>et al.</i> (3832)
Source Apportionment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Using Two Mathematical Models for Runoff of the Shanghai Elevated Inner Highway, China .....	BIAN Lu, LI Tian, HOU Juan (3840)
Biomagnification of Heavy Metals in the Aquatic Food Chain in Daning River of the Three Gorges Reservoir During Initial Impoundment .....	YU Yang, WANG Yu-chun, ZHOU Huai-dong, <i>et al.</i> (3847)
Temporal and Spatial Distribution of Environmental Factors and Chlorophyll-a and Their Correlation Analysis in a Small Enclosed Lake .....	LI Fei-peng, ZHANG Hai-ping, CHEN Ling (3854)
Experiment and Model Simulation of Self-Purification Capacity of Nitrogen and Phosphorus in Lake Taihu .....	HAN Tao, ZHAI Shu-hua, HU Wei-ping, <i>et al.</i> (3862)
Simulation Research on the Release of Internal Nutrients Affected by Different Dredging Methods in Lake .....	CHEN Chao, ZHONG Ji-cheng, FAN Cheng-xin, <i>et al.</i> (3872)
Research of Urban Eutrophic Water Repair by Water/Sediment Biological Bases .....	ZHOU Hui-hua, SONG Xiao-guang, WU Ge, <i>et al.</i> (3879)
Effects of Regulatory Agent on the Heavy Metal Stability in Tidal Sediments .....	OU Feng-zhuang, SUN Guo-ping, XU Mei-ying (3888)
Impact of Regional Water Chemistry on the Phosphorus Isothermal Adsorption of the Sediments in Three Subsidence Waters of the Huainan Mine Areas .....	YI Qi-tao, SUN Peng-fei, XIE Kai, <i>et al.</i> (3894)
Adsorption Characteristics of f2 Bacteriophages by Four Substrates in Constructed Wetland .....	CHEN Di, ZHENG Xiang, WEI Yuan-song, <i>et al.</i> (3904)
Adsorption Characteristics of the Antibiotic Sulfanilamide onto Rice Husk Ash .....	Ji Ying-xue, WANG Feng-he, ZHANG Fan, <i>et al.</i> (3912)
Study on the Stability Variation Mechanism of Humic Acid Water Solution After Radiated by the UV Light .....	WANG Wen-dong, ZHOU Li-chuan, DING Zhen-zhen, <i>et al.</i> (3921)
Comparison of As Removal Performance by Graphene/Iron-Based Material .....	Chaomuerlege, FENG Liu, HUO Yan-xia (3927)
Studies on the Dispersion and Deposition Behavior of Nano-TiO <sub>2</sub> in Aquatic System .....	CHEN Jun-yuan, FANG Jin-feng, WEI Xiu-zhen (3933)
Effect of the Interaction of Microorganisms and Iron Oxides on Arsenic Releasing into Groundwater in Chinese Loess .....	XIE Yun-yun, CHEN Tian-hu, ZHOU Yue-fei, <i>et al.</i> (3940)
Surface Modification of Polyvinylidene Fluoride (PVDF) Membrane by Using the Zwitterionic Substance .....	ZHOU Gui-hua, XIAO Feng, XIAO Ping, <i>et al.</i> (3945)
Estimate the Abatement Rate of Septic Tank Sewage Outfall Soil on Nitrogen Pollutants of Typical Farmer Household Sewage .....	ZHOU Feng, WANG Wen-lin, WANG Guo-xiang, <i>et al.</i> (3954)
Wastewater Pollution Characteristics from Typical Intensive Pig Farms in the Pearl River Delta and Its Ecological Risk Assessment .....	LI Wen-ying, PENG Zhi-ping, YU Jun-hong, <i>et al.</i> (3963)
Effects of Sludge Compost Used as Lawn Medium on Lawn Growth and Soil and Water Environment .....	JIN Shu-quan, ZHOU Jin-bo, CHEN Ruo-xia, <i>et al.</i> (3969)
Influencing Factors of Floc Size Distribution and Fractal Dimension of Activated Sludge .....	LI Zhen-liang, ZHANG Dai-jun, LU Pei-li, <i>et al.</i> (3975)
Influence of Different Recovery Methods on the Activity of Nitrification Granular Sludge .....	GUO Xiu-li, GAO Da-wen, LU Jian-cong (3981)
Study on Hydrogen Autotrophic Denitrification of Bio-ceramic Reactor .....	CHEN Dan, WANG Hong-yu, SONG Min, <i>et al.</i> (3986)
Studies on Spatial Heterogeneity of Soil Respiration in a Subalpine Meadow .....	YAN Jun-xia, LI Jun-jian, LI Hong-jian, <i>et al.</i> (3992)
Modeling of CO <sub>2</sub> Fluxes at Cropland by Using SIB3 Model .....	ZHANG Geng-jun, LU Li-xin, JIANG Ling-mei, <i>et al.</i> (4000)
Effects of the Different Land Use on Soil Labile Organic Matter and Carbon Management Index in Junyun Mountain .....	XU Peng, JIANG Chang-sheng, HAO Qing-ju, <i>et al.</i> (4009)
Heavy Metal Content in Street Dust and Environmental Risk Assessment of Agricultural City: A Case Study of Xuchang City .....	YAN Hui, CHEN Jie, XIAO Jun (4017)
Polybrominated Diphenyl Ethers and Polychlorinated Biphenyls in Road Dust from Suzhou, Wuxi and Nantong .....	SHI Shuang-xin, DONG Liang, LI Ling-ling, <i>et al.</i> (4024)
Vertical Distribution of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Abandoned Vehicles Dismantling Area Soil .....	WU Yan-yu, HU Xiao-ying, HONG Hong-jia, <i>et al.</i> (4031)
Stabilization and Long-term Effect of Chromium Contaminated Soil .....	WANG Jing, LUO Qi-shi, ZHANG Chang-bo, <i>et al.</i> (4036)
Leaching Characteristics of Sulfadiazine and Sulfamethoxazole in Soil Column .....	LI Man, CHEN Wei-ping, WEI Fu-xiang, <i>et al.</i> (4042)
Transport Behaviors of Metal Oxide Nanomaterials in Various Soils .....	FANG Jing, YU Bo-yang (4050)
Fractal Characteristics of Capillary Finger Flow for NAPLs Infiltrated in Porous Media .....	LI Hui-ying, DU Xiao-ming, YANG Bin, <i>et al.</i> (4058)
Allelopathic Potential of <i>Phyllostachys edulis</i> on Two Dominant Tree Species of Evergreen Broad-leaved Forest in Its Invasive Process .....	BAI Shang-bin, ZHOU Guo-mo, WANG Yi-xiang, <i>et al.</i> (4066)
Preliminary Studies on the Occurrence of Antibiotic Resistance Genes in Typical Aquaculture Area of the Pearl River Estuary .....	LIANG Xi-mei, NIE Xiang-ping, SHI Zhen (4073)
Concentrations and Safety Evaluation of Heavy Metals in Aquatic Products of Yancheng, Jiangsu Province .....	LIU Yang, FU Qiang, GAO Jun, <i>et al.</i> (4081)
Effects of Cu <sup>2+</sup> Stress on DNA Polymorphism of Genome in Foxtail Millet of Different Genotypes .....	ZHANG Yi-xian, FU Ya-ping, XIAO Zhi-hua, <i>et al.</i> (4090)
Research on Soil Bacteria Under the Impact of Sealed CO <sub>2</sub> Leakage by High-throughput Sequencing Technology .....	TIAN Di, MA Xin, LI Yu-e, <i>et al.</i> (4096)
Microeukaryotic Biodiversity in the Waste Ore Samples Surrounding an Acid Mine Drainage Lake .....	LI Si-yuan, HAO Chun-bo, WANG Li-hua, <i>et al.</i> (4105)
Characteristics and Functional Protein Analysis of an Effective Decabromodiphenyl Ether-Degrading Strain .....	CHANG Jing-jing, YIN Hua, QIN Hua-ming, <i>et al.</i> (4112)
Effect of Selenium on the Uptake and Translocation of Manganese, Iron, Phosphorus and Selenium in Rice ( <i>Oryza sativa</i> L.) .....	HU Ying, HUANG Yi-zong, HUANG Yan-chao, <i>et al.</i> (4119)
Effect of Exogenous Iron on Accumulation and Chemical Forms of Cadmium, and Physiological Characterization in Different Varieties of Tomato .....	LIU Jun, ZHOU Kun, XU Wei-hong, <i>et al.</i> (4126)
Analysis of Control Policy for Persistent Toxic Substances from Electronic Wastes in China .....	LI Li, LÜ Yong-long, WANG Tie-yu (4132)

# 《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)

2013年10月15日 34卷 第10期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 34 No. 10 Oct. 15, 2013

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: 90.00元

国外发行代号: M 205

国内外公开发行