

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第36卷 第1期

Vol.36 No.1

2015

中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版



目次

2013年夏季典型光化学污染过程中长三角典型城市O ₃ 来源识别	李浩, 李莉, 黄成, 安静宇, 严茹莎, 黄海英, 王杨君, 卢清, 王倩, 楼晟荣, 王红丽, 周敏, 陶士康, 乔利平, 陈明华(1)
厦门冬春季大气VOCs的污染特征及臭氧生成潜势	徐慧, 张晗, 邢振雨, 邓君俊(11)
近10年海南岛大气NO ₂ 的时空变化及污染物来源解析	符传博, 陈有龙, 丹利, 唐家翔(18)
稻草烟尘中有机碳/元素碳及水溶性离子的组成	洪蕾, 刘刚, 杨孟, 徐慧, 李久海, 陈惠雨, 黄柯, 杨伟宗, 吴丹(25)
气相色谱-脉冲氦离子化检测法(GC-PDHID)分析大气中分子氢(H ₂)浓度	栾天, 方双喜, 周凌晔, 王红阳, 张根(34)
小浪底水库影响下的黄河花园口站和小浪底站pCO ₂ 特征及扩散通量	张永领, 杨小林, 张东(40)
夏季中国东海生源有机硫化物的分布及其影响因素研究	李江萍, 张洪海, 杨桂朋(49)
基于Landsat 8影像估算新安江水库总悬浮物浓度	张毅博, 张运林, 查勇, 施坤, 周永强, 王明珠(56)
温瑞塘河流域水体污染时空分异特征及污染源识别	马小雪, 王腊春, 廖玲玲(64)
人类活动影响下水化学特征的影响: 以西江中上游流域为例	于爽, 孙平安, 杜文越, 何师意, 李瑞(72)
太湖梅梁湾不同形态磷周年变化规律及藻类响应研究	汪明, 武晓飞, 李大鹏, 李祥, 黄勇(80)
鄱阳湖沉积物可转化态氮分布特征及其对江湖关系变化的响应	沈洪艳, 张绵绵, 倪兆奎, 王圣瑞(87)
影响浑太河流域大型底栖动物群落结构的环境因子分析	李艳利, 李艳粉, 徐宗学(94)
水华生消过程对巢湖沉积物微生物群落结构的影响	刁晓君, 李一葳, 王曙光(107)
蓝藻水华聚集对水葫芦生理生态的影响	吴婷婷, 刘国锋, 韩士群, 周庆, 唐婉莹(114)
汞在小浪底水库的赋存形态及其时空变化	程柳, 毛宇翔, 麻冰涓, 王梅(121)
三峡库区典型农田小流域土壤汞的空间分布特征	王娅, 赵铮, 木志坚, 王定勇, 余亚伟(130)
三峡库区农林复合小流域水体汞的时空变化特征	赵铮, 王娅, 木志坚, 王定勇(136)
环境条件对三峡库区消落带土壤中邻苯二甲酸二丁酯向上覆水静态迁移释放的影响	宋娇艳, 木志坚, 王强, 杨志丹, 王法(143)
三峡库区消落带土壤中溶解性有机质(DOM)吸收及荧光光谱特征	高洁, 江韬, 李璐璐, 陈雪霜, 魏世强, 王定勇, 闫金龙, 赵铮(151)
舟山渔场有色溶解有机物(CDOM)的三维荧光-平行因子分析	周倩倩, 苏荣国, 白莹, 张传松, 石晓勇(163)
太原市小店污灌区地下水中多环芳烃与有机氯农药污染特征及分布规律	李佳乐, 张彩香, 王焰新, 廖小平, 姚林林, 刘敏, 徐亮(172)
厦门杏林湾水系表层沉积物中PAHs分析与风险评估	程启明, 黄青, 廖祯妮, 苏丽, 刘兴强, 唐剑锋(179)
两种不同的地下水污染风险评价体系对比分析: 以北京市平原区为例	王红娜, 何江涛, 马文洁, 许真(186)
大冶湖滨岸带重金属水-土迁移特征与风险评价	张家泉, 李秀, 张全发, 李琼, 肖文胜, 王永奎, 张建春, 盖希光(194)
铁盐絮凝法从阳宗海湖水中除砷研究与现场扩大试验	陈景, 张曙, 杨项军, 黄章杰, 王世雄, 王莞, 韦群燕, 张艮林, 肖军(202)
铋银氧化物混合物高效氧化降解四溴双酚A的研究	陈满堂, 宋洲, 王楠, 丁耀彬, 廖海星, 朱丽华(209)
一种纳米级不定形碳对水中四环素的吸附研究	吴亦潇, 李爱民, 汪的华, 张维昊(215)
磁性壳聚糖衍生物对阴离子染料的吸附行为	张聪璐, 胡筱敏, 赵研, 苏雷(221)
腐殖酸-高岭土复合体形成机制及对三氯乙烯的吸附	朱晓婧, 何江涛, 苏思慧(227)
降温过程对ANAMMOX工艺城市污水处理系统中微生物群落的影响	赵志瑞, 苗志加, 李铎, 崔丙健, 万敬敏, 马斌, 白志辉, 张洪勋(237)
FISH-NanoSIMS技术在环境微生物生态学上的应用研究	陈晨, 柏耀辉, 梁金松, 袁林江(244)
微囊藻毒素-LR对恶臭假单胞菌细胞活性和表面特性的影响	邓庭进, 叶锦韶, 彭辉, 刘芷辰, 刘则华, 尹华, 陈烁娜(252)
微生物除臭剂的筛选、复配及其除臭条件的优化	曾苏, 李南华, 盛洪产, 贺琨, 胡子全(259)
舟山青浜岛水体及海产品中有机氯农药的分布和富集特征	张泽洲, 邢新丽, 顾延生, 桂福坤, 祁士华, 黄焕芳, 瞿程凯, 张莉(266)
四川凉山藏彝青少年头发中多氯联苯污染水平的研究	周莹, 孙一鸣, 金军, 雷建容, 秦贵平, 何雪珠, 林允静(274)
铜、毒死蜱单一与复合暴露对蚯蚓的毒性作用	徐冬梅, 王彦华, 王楠, 饶桂维(280)
外源硒对黄瓜抗性、镉积累及镉化学形态的影响	熊仕娟, 刘俊, 徐卫红, 谢文文, 陈蓉, 张进忠, 熊治庭, 王正银, 谢德体(286)
厦门市道路灰尘中铂族元素的污染特征	洪振宇, 洪有为, 尹丽倩, 陈进生, 陈衍婷, 徐玲玲(295)
洋河流域不同土地利用类型土壤硒(Se)分布及影响因素	商靖敏, 罗维, 吴光红, 徐兰, 高佳佳, 孔佩儒, 毕翔, 程志刚(301)
不同钝化剂对重金属污染土壤稳定化效应的研究	吴烈善, 曾东梅, 莫小荣, 吕宏虹, 苏翠翠, 孔德超(309)
畜禽粪便有机肥中Cu、Zn在不同农田土壤中的形态归趋和有效性动态变化	商和平, 李洋, 张涛, 苏德纯(314)
华南某市生活垃圾组成特征分析	张海龙, 李祥平, 齐剑英, 陈永亨, 方建德(325)
生物沥浸耦合类Fenton氧化调理城市污泥	刘昌庚, 张盼月, 蒋娇娇, 曾成华, 黄毅, 徐国印(333)
基于平面波导型荧光免疫传感器的双酚A检测适用性研究	徐玮琦, 张永明, 周小红, 施汉昌(338)
一种新型“Turn-on”荧光探针用于硫化氢可视化检测	刘春霞, 马兴, 魏国华, 杜宇国(343)
典型黄土区油松树干液流变化特征分析	张涵丹, 卫伟, 陈利顶, 于洋, 杨磊, 贾福岩(349)
利用巨藻发酵联产氢气与挥发性有机酸的研究	赵晓娟, 范晓蕾, 郭荣波, 薛志欣, 杨智满, 袁宪正, 邱艳玲(357)
人工纳米颗粒在水体中的行为及其对浮游植物的影响	李曼璐, 姜玥璐(365)
《环境科学》征订启事(251) 《环境科学》征稿简则(294) 信息(236, 243, 273, 300)	

鄱阳湖沉积物可转化态氮分布特征及其对江湖关系变化的响应

沈洪艳¹, 张绵绵^{1,2,3}, 倪兆奎^{2,3}, 王圣瑞^{2,3*}

(1. 河北科技大学环境科学与工程学院, 石家庄 050018; 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, 北京 100012; 3. 中国环境科学研究院湖泊创新基地, 国家环境保护湖泊污染控制重点实验室, 北京 100012)

摘要: 选取不同高程鄱阳湖表层沉积物, 通过研究其总可转化态氮与各形态可转化态氮含量及分布特征, 试图揭示江湖关系变化导致的水位变化对鄱阳湖沉积物氮潜在释放风险的影响。结果表明: ①鄱阳湖表层沉积物总氮(TN)含量在 389 ~ 3 865 mg·kg⁻¹ 之间, 空间分布上呈“五河”入湖尾间区 > 湖心区 > 北部湖区的趋势; 总可交换态氮含量在 319.36 ~ 904.56 mg·kg⁻¹ 之间, 占 TN 的 52%, 空间分布趋势与 TN 相同; ②鄱阳湖 3 个湖区沉积物各形态可转化态氮的含量大小排列次序均为: SOEF-N(强氧化剂可提取态氮) ≈ SAEF-N(强碱可提取态氮) > WAEF-N(弱酸可提取态氮) > IEF-N(离子交换态氮); ③江湖关系变化致使鄱阳湖枯水期沉积物出露时间提前并且延长, 进而导致不同高程沉积物可转化态氮(TTN)含量差异明显, 3 个湖区沉积物可转化态氮含量均表现为枯水期 > 丰水期, 高程越高, 由于其沉积物出露时间较长, 可转化态氮含量较高, 即可转化态氮含量 12 m ~ 13 m 高程沉积物 > 11 m ~ 12 m 高程沉积物 > 10 m ~ 11 m 高程沉积物; ④随着高程的增加, 沉积物各形态可转化态氮含量都呈现增加的趋势, 其中 SAEF-N 和 WAEF-N 含量及其占总可转化态氮的比例变化幅度较小, 而 IEF-N 和 SOEF-N 含量以及其占总可转化态氮比例的增幅均较为显著。如果江湖关系进一步变化, 枯水期水位继续下降, 势必会引起沉积物出露面积增大及出露时间延长, 从而导致沉积物 TN、可转化态氮以及释放风险较高的氮形态 IEF-N 和 SOEF-N 含量的增大, 来年丰水期可能会增加鄱阳湖沉积物氮释放风险。

关键词: 江湖关系变化; 鄱阳湖; 沉积物; 可转化态氮; 分布

中图分类号: X524 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2015)01-0087-07 DOI: 10.13227/j.hj.kx.2015.01.012

Distribution of Transferable Nitrogen in Poyang Lake Sediments and Its Response to the Variation of River-Lake Relationship

SHEN Hong-yan¹, ZHANG Mian-mian^{1,2,3}, NI Zhao-kui^{2,3}, WANG Sheng-rui^{2,3*}

(1. School of Environmental Science and Engineering, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang 050018, China; 2. State Key Laboratory of Environmental Criteria and Risk Assessment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China; 3. State Environmental Protection Key Laboratory for Lake Pollution Control, Research Center of Lake Eco-environment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China)

Abstract: Amounts and distributions of total transferable nitrogen and different transferable nitrogen forms were studied in the sediments of Poyang Lake with different regimen, in order to reveal the influence of the water level change caused by the River-Lake relationship change on the potential release risks of nitrogen. The results showed that: ①the contents of the total nitrogen(TN) were between 389 and 3 865 mg·kg⁻¹, and the spatial distribution showed an overall downward trend in the “Five River”, the “Hu Xin” and the northern regions; the contents of the transferable total nitrogen(TTN) were between 319.36 and 904.56 mg·kg⁻¹ and contributed 52% to the TN, and its spatial distribution trend was the same as that of TN. ②The content of transferable nitrogen followed the order of SOEF-N ≈ SAEF-N > WAEF-N > IEF-N. ③The dry period advanced and the low water level continued to decline as a result of the change in River-Lake relationship of the Poyang Lake, leading to the prolonged outcropped time of sediments and the increased area, causing the different contents of transferable nitrogen in the sediments at different elevations. The transferable nitrogen content of the sediments in the whole lake during the wet period was lower than that during the dry period. The content of transferable nitrogen followed the order of 12-13 m elevation sediment > 11-12 m elevation deposition material > 10-11 m elevation sediments. The higher the elevation, the longer the sediments were exposed, and the higher the transferable nitrogen content. ④With the increase of elevation, all forms of N contents increased. The increase of IEF-N and SOEF-N contents as well as their percentages in total transferable nitrogen was relatively small, while the increase of WAEF-N and SAEF-N contents as well as their percentages in total

收稿日期: 2014-07-01; 修订日期: 2014-08-22

基金项目: 国家自然科学基金项目(41173118); 国家重点基础研究发展规划(973)项目(2012CB417004)

作者简介: 沈洪艳(1971~), 女, 博士, 教授, 主要研究方向为污染物环境行为及效应, E-mail: shy0405@sina.com

* 通讯联系人, E-mail: wangsr@cras.org.cn

transferable nitrogen was relatively large. If the river-lake relationship changes further, the elevation in the dry period will further decrease, which will lead to the enlarged area and prolonged exposure of sediments, resulting in increase of TN, transferable nitrogen, IEF-N and SOEF-N contents in the sediments. At the coming wet period of next year, the nitrogen release risk from sediments of Poyang Lake might increase.

Key words: change of river-lake relationship; Poyang Lake; sediment; transferable nitrogen; distribution

沉积物是湖泊重要的氮储库,对其氮循环具有重要意义^[1]. 在一定条件下,沉积物氮可通过迁移转化等过程进入上覆水,对湖泊水质产生威胁^[2,3]. 而水文状况的变化是导致湖泊沉积物氮含量、组分和释放能力变化的重要影响因素^[4],研究表明,水位变化是驱动氮素在环境中迁移转化的重要因子,能够影响沉积物有机氮素矿化及氮素损失等过程^[5],进而促进沉积物氮释放. 就湖泊沉积物有机氮而言,可转化态氮是氮循环的直接参与者,在沉积环境发生变化时能够被释放^[6]. 外源有机氮进入湖泊后,将和湖泊水体有机氮一起沉降,并发生降解,在一定条件下能被转化成可转化态氮,而可转化态氮则易于在沉积物-水界面间进行迁移、转化和释放,从而可对湖泊水环境造成一定影响. 部分无机态可转化氮可直接被湖泊初级生产者利用,以有机氮的形式进入沉积物. 因此,可转化态氮的定量研究能为揭示湖泊沉积物氮生物地球化学过程提供重要的理论参考^[7]. 而目前对湖泊氮的研究大多主要集中在总氮、无机氮、有机氮含量方面,缺乏对可转化形态氮的深入研究,无法定量揭示湖泊沉积物氮生物地球化学过程及氮循环信息.

鄱阳湖是中国第一大淡水湖,位于长江中下游南岸,三面环山,赣江、抚河、信江、饶河和修水分别由南、东、西向北注入鄱阳湖,集水域面积 16.22 万 km²^[8]. 受长江和五河相互作用,鄱阳湖水位变化较大,年内变幅超过 10 m,年际最大变幅达 16.69 m^[9]. 特别是近年来,受江湖关系变化影响以及流域降雨等多种因素的综合作用,鄱阳湖水位变化较大,具体表现为丰水期水位持续偏低,枯水期时间提前而且出现频率增加,从而使其沉积物出露时间提前并延长,增加了内源氮的释放风险^[5]. 其中可转化态氮是内源氮重要的生物有效性组分,其与上覆水体氮营养水平及富营养化程度关系密切^[10]. 本文选取鄱阳湖表层沉积物,试图通过研究不同高程沉积物可转化态氮含量及组成特征,分析由于江湖关系变化引发的枯水期提前和连续低枯水位对鄱阳湖沉积物可转化态氮形态影响,以期阐明鄱阳湖沉积物内源氮释放机制提供理论支撑.

1 材料与方法

1.1 研究区概况

鄱阳湖是长江流域最大的通江湖泊,介于北纬 28°22′~29°45′,东经 115°47′~116°45′之间. 湖体以松门山为界,南部宽广,为主湖区,水位较浅;北部狭长,为入江水道,水位较深,具有“高水是湖,低水是河”的独特地理特征^[11]. 鄱阳湖是一个过水性吞吐性湖泊,每年汛期,五河洪水入湖而上涨、漫滩,湖面扩大,洪水一片;冬春季节,湖水落槽,滩地显露,水面缩小,年内洪、枯水期间的湖泊形态指标差异悬殊,呈现“洪水一片、枯水一线”的景观^[12].

1.2 样品采集

鄱阳湖与长江之间江湖关系的变化,引起湖泊水位、水动力、泥沙、透明度等发生显著变化. 水位下降是引起水体流速、溶解氧、pH 等水质理化参数发生变化的关键,其中最为直观的表现是不同高程沉积物裸露时间及面积发生变化,即高程越高,沉积物裸露时间越长,面积越大,进而对水体氮含量、组分等造成影响^[3]. 因此,本研究选取不同高程沉积物作为研究对象,对比不同高程沉积物的转化态氮组分差异及含量空间分布特征,试图揭示江湖关系变化对沉积物可转化态氮的影响.

根据相关资料,2001~2010 年鄱阳湖枯水期(10 月下旬~次年 3 月)平均水位为 11.81 m,最高水位为 13.78 m,最低水位为 9.61 m^[13]. 为了初步研究江湖关系变化对鄱阳湖沉积物可转化态氮分布特征的影响,于 2012 年采集北部湖区、“五河”入湖尾间区及湖心区共 20 个(枯水期 14 个,丰水期 6 个)不同高程(10~13 m)的出露表层沉积物样品,对不同高程下鄱阳湖沉积物具有很好的代表性,采样点如图 1 所示,相关数据见表 1. 将样品置于恒温箱内(4℃),带回实验室冷冻干燥、研磨,过 100 目筛备用,每个样品平行测定 3 次.

1.3 实验方法

沉积物各形态可转化态氮采用逐级提取法^[14],该方法将可转化氮分为 IEF-N、WAEF-N、SAEF-N 和 SOEF-N 这 4 部分,提取流程见表 2. 浸取液中的 NH₄⁺-N、NO₃⁻-N 与 NO₂⁻-N 含量均采用重氮偶氮分光

表 1 鄱阳湖沉积物采样点所处区域及高程

项目	北部湖区				湖心区					“五河”入湖尾间区				
	N1	N2	N3	N4	C1	C2	C3	C4	C5	S1	S2	S3	S4	S5
高程(吴淞)/m	12~13	11~12	10~11	10~11	12~13	11~12	11~12	10~11	10~11	12~13	11~12	11~12	10~11	10~11
总氮含量/mg·kg ⁻¹	1 157	847	569	389	1 270	884	1 059	492	694	3 865	1 392	1 117	716	788
特点	航道 无植物	航道 无植物	航道 无植物	航道 无植物	畅水区 有植物	畅水区 有植物	畅水区 有植物	畅水区 有植物	畅水区 沉水植物	畅水区 无植物	畅水区 植物	畅水区 无植物	水产区 无植物	畅水区 无植物

表 2 沉积物可转化态氮(TTN)分级连续浸取流程

形态	提取方法
离子交换态氮(IEF-N)	称取过 100 目筛沉积物样品 0.5 g 左右置于 100 mL 离心管中,加入 1.0 mol·L ⁻¹ KCl 溶液 20 mL,室温下振荡 2 h,离心(5 000 r·min ⁻¹ , 10 min),分别取上层清液测定 NH ₄ ⁺ -N、NO ₃ ⁻ -N 与 NO ₂ ⁻ -N 的含量
弱酸可提取态氮(WAEF-N)	超纯水提取烘干上步残渣后,加入 20 mL HAC-NaAc 溶液(pH = 5),室温下振荡 6 h,离心(5 000 r·min ⁻¹ , 10 min)分别取上层清液测定 NH ₄ ⁺ -N、NO ₃ ⁻ -N 与 NO ₂ ⁻ -N 的含量
强碱可提取态氮(SAEF-N)	超纯水提取烘干上步残渣后,加入 0.1 mol·L ⁻¹ NaOH 20 mL,室温下振荡 17 h,离心(5 000 r·min ⁻¹ , 10 min)取上层清液测定 NH ₄ ⁺ -N、NO ₃ ⁻ -N 与 NO ₂ ⁻ -N 的含量
强氧化剂可提取态氮(SOEF-N)	超纯水提取烘干上步残渣后,加入 20 mL 碱性过硫酸钾氧化剂(NaOH 0.24 mol·L ⁻¹ , K ₂ S ₂ O ₈ 20 g·L ⁻¹),振荡 3 h,放入高压灭菌锅内氧化 1 h. 离心取上层清液测定 NH ₄ ⁺ -N、NO ₃ ⁻ -N 与 NO ₂ ⁻ -N 的含量

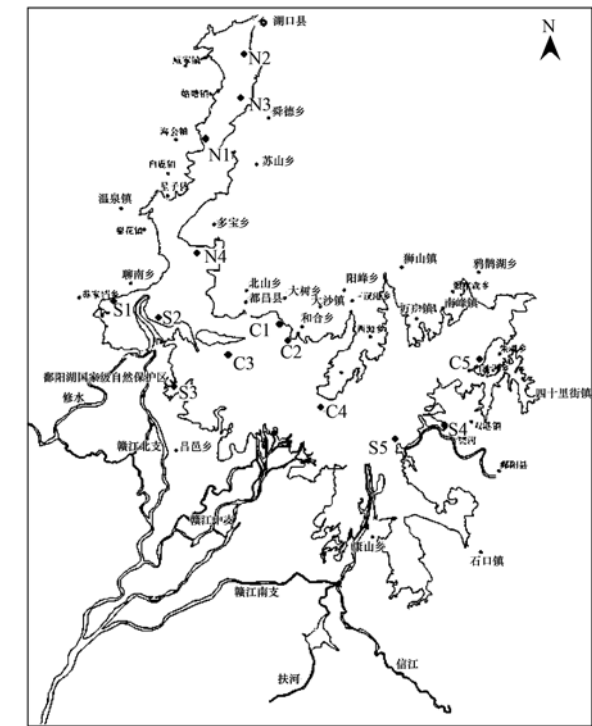


图 1 鄱阳湖采样位点示意
Fig. 1 Map of the sampling sites of Poyang Lake

光度法测定,其中NH₄⁺-N用次溴酸钠氧化法测定,NO₃⁻-N用Zn-Cd还原法测定,NO₂⁻采用N-(1-萘基)-乙二胺光度法^[15]测定,由于NO₂⁻-N含量很低,实验中基本未检出,所以实验结果只包含NO₃⁻-N含量和NH₄⁺-N含量.

1.4 数据处理
数据分析采用 Excel 2007 及 Surfer 8.0 软件进行.

2 结果与分析

2.1 鄱阳湖表层沉积物总氮和总可转化态氮含量及空间分布特征

鄱阳湖表层沉积物 TN 含量在 389 ~ 3 865 mg·kg⁻¹之间,平均值为1 088.50 mg·kg⁻¹,空间分布上“五河”入湖尾间区较高,湖心区和北部湖区含量相对较低. 可转化态氮含量在 319.36 ~ 904.56 mg·kg⁻¹之间,平均值为 564.54 mg·kg⁻¹,占 TN 的 52%,空间分布总体呈“五河”入湖尾间区 > 湖心区 > 北部湖区(图 2),与 TN 分布趋势大体一致^[4]. 王圣瑞等^[16]对鄱阳湖水体氮的研究表明,TN 在“五河”尾间区及湖心区污染较重,北部湖区相对较轻;“五河”来水的工农业污染是鄱阳湖水水质南北分布差异的主要原因,由于受到湖泊对污染物的稀释作用以及鄱阳湖湿地的自净功能,鄱阳湖水污染程度呈现出以南部“五河”入湖尾间区向北部湖区降低的趋势. 鄱阳湖沉积物氮含量空间分布呈现“五河”入湖尾间区较高,主要是因为“五河”是鄱阳湖主要入湖河流,携带的大量外源污染物进入湖泊后,受水动力作用易于沉积所致^[17]. 另外,由于“五河”来水携带的大量污染物随悬浮泥沙由南向北逐渐沉积,在水动力作用下,导致沉积物总氮、可转化态氮浓度由南至北呈现逐渐降低的趋势.

当由于水位下降而沉积物露出水面后,不同高程沉积物可转化态氮含量存在明显差异. 北部湖区、“五河”入湖尾闾区及湖心区可转化态氮含量在不同高程上均表现为 $12 \sim 13 \text{ m} > 11 \sim 12 \text{ m} > 10 \sim 11 \text{ m}$, 其中, 北部湖区和湖心区差异尤为显著; “五河”入湖尾闾区除了 S4 采样点外, 其它区域差异性相对较小, 可能是因为 S4 采样点位于饶河入湖处, 靠近养殖业发达的鄱阳县, 水产养殖产生的大量氮

输入该处沉积所致^[4].

不同高程沉积物可转化态氮含量明显差异, 主要是因为退水后裸露时间不同而导致的, $12 \sim 13 \text{ m}$ 高程沉积物出露最早, 出露时间在三峡水库蓄水期的 9 月 15 日 ~ 10 月 10 日; 10 月 10 日 ~ 10 月 31 日, 水位由 12 m 降至 11 m , $11 \sim 12 \text{ m}$ 高程沉积物出露; $10 \sim 11 \text{ m}$ 高程沉积物出露时间为 11 月 1 日 ~ 1 月 10 日.

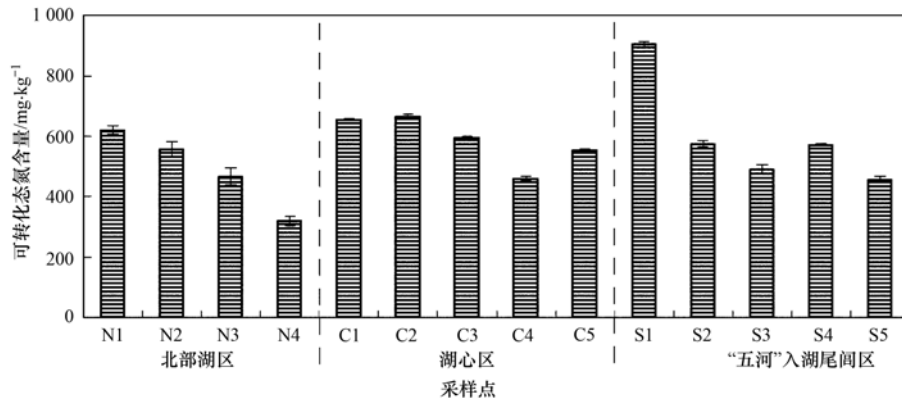


图2 不同高程可转化态氮的分布特征

Fig. 2 Distribution characteristics of transferable nitrogen at different elevations

总体上, 沉积物所处位置的高程越高, 其可转化态氮含量越高, 表明水位下降导致的沉积物出露时间提前和延长, 将会使沉积物总可转化态氮含量升高.

同一采样点, 水位变化对沉积物可转化态氮含量分布特征也有影响. 丰水期高水位时, 采样点 N1、N3、C4、C5、S2、S5 均被水淹没, 可转化态氮含量分别为 519.13 、 401.68 、 432.09 、 504.76 、 498.27 、 $416.37 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. 枯水期低水位时, 6 个采样点均露出水面, 其可转化态氮含量分别为 621.27 、 467.45 、 461.73 、 555.34 、 576.05 、 $458.31 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (图3). 不同水位情境下, 6 个点位沉积物氨基酸含量均表现出低水位(枯水期, 沉积物出露) > 高水位(丰水期, 沉积物淹没). 表明枯水期水位降低引起的沉积物出露, 能够导致可转化态氮含量增大.

2.2 鄱阳湖表层沉积物不同形态氮含量及变化特征

不同高程沉积物各形态可转化态氮含量见图4. 不同湖区沉积物各形态可转化态氮含量均表现为 SOEF-N (强氧化剂可提取态氮) $\approx$ SAEF-N (强碱可提取态氮) > WAEF-N (弱酸可提取态氮) > IEF-N (离子交换态氮). IEF-N 在沉积物中结合能力最弱, 是可转化态氮中最容易释放的氮形态^[18], 鄱阳湖沉积物 IEF-N 含量在 $10.94 \sim 106.72 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间, 占总可转化态氮 $3.43\% \sim 11.80\%$; WAEF-N 为

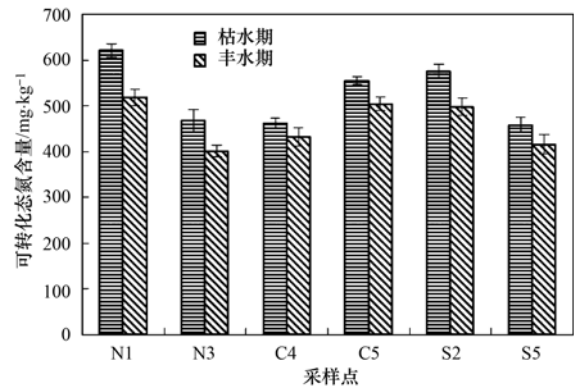


图3 不同水情下可转化态氮分布特征

Fig. 3 Distribution characteristics of transferable nitrogen under different water regimes

沉积物碳酸盐结合态氮、黏土矿物中部分结合态氮, 同样也属于易释放态氮^[19], 鄱阳湖沉积物 WAEF-N 含量在 $59.52 \sim 121.41 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间, 占总可转化态氮 $10.48\% \sim 26.05\%$; SAEF-N 为 NaOH 可浸提的固定态氮及 Fe/Mn/Al 氧化物结合态氮^[14], 鄱阳湖沉积物 SAEF-N 含量范围为 $116.45 \sim 295.01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 占可转化态氮 $25.22\% \sim 46.89\%$; SOEF-N 主要指与有机质和硫化物结合的氮形态, 主要为有机氮, 是可转化态氮中释放能力最弱的氮形态^[20], 鄱阳湖沉积物含量在 $102.73 \sim 443.46 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 占可转化态氮的 $25.95\% \sim 49.03\%$.

当由于水位下降而沉积物露出水面后, 鄱阳湖不同高程沉积物各形态可转化态氮含量存在明显差异. 由图 4 可见, 随着高程升高, 3 个湖区沉积物 4 种形态可转化氮含量均发生了变化. 其中, SOEF-N

和 IEF-N 含量随高程变化较为明显, 随着高程的增加, 其含量表现为增大趋势; WAEF-N 和 SAEF-N 含量变化则较小, 但是总体上表现出随沉积物高程的升高, 其含量呈现增大的趋势.

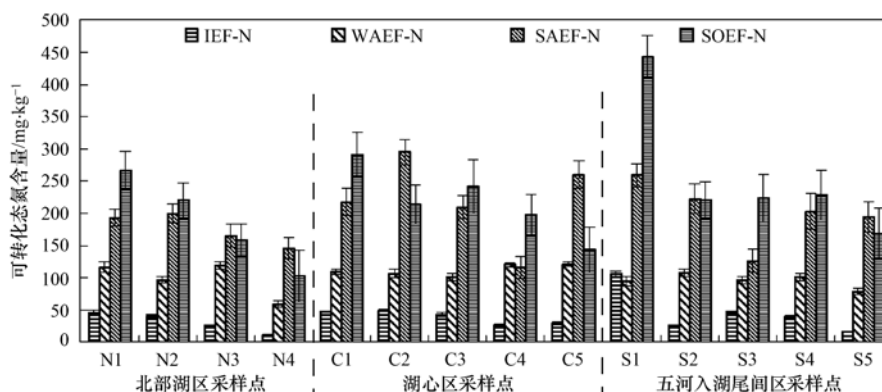


图 4 鄱阳湖沉积物中各形态可转化态氮含量分布

Fig. 4 Distribution of concentrations of different TTN forms in the sediments from Poyang Lake

3 讨论

3.1 江湖关系变化引起的水位变化对沉积物可转化态氮的影响

北部湖区、“五河”入湖尾间区及湖心区可转化态氮含量在不同高程上均表现为 $12 \sim 13 \text{ m} > 11 \sim 12 \text{ m} > 10 \sim 11 \text{ m}$, 而水位下降引起的沉积物出露时间提前和延长是导致这一差异的直接原因之一. 随着水位的降低, 高程较高的沉积物出露时间相对较长, 导致这部分沉积物可转化态氮含量增加. 可能是因为出露沉积物的蒸发作用增大使更多溶解性氮向表层迁移^[21], 使表层沉积物氮的蓄积量增大. 当低水位时, 高程越高, 沉积物出露时间越长, 其可转化态氮含量则随着高程增加表现出增加趋势. 鄱阳湖枯水期表层沉积物可转化态氮含量明显高于丰水期, 这主要与其所处环境条件的变化有关. 枯水期沉积物出露将引起表层沉积物理化性质发生变化, 如沉积物表层环境由厌氧转化为好氧, 溶解氧升高, 反硝化作用减弱^[22], 好氧微生物固氮作用增强^[23], 从而增加沉积物氮含量, 可转化态氮作为总氮的一部分也会增加.

沉积物不同形态氮的分布是污染物进入湖泊后, 在水体动力作用下沉降累积而成; 同时沉积后的氮在水动力下发生再悬浮, 导致沉积物氮在不同的环境因子作用下形成不同的氮形态^[24]. 江湖关系变化导致的鄱阳湖枯水期提前和枯水位持续下降, 引起的沉积物出露时间提前和延长, 使各形态可转化态氮含量受到显著影响. 随着水位降低, 高

程越高的沉积物出露越早, 沉积物出露后, 充分接触氧气, 微生物大量繁殖, 其代谢过程导致作为可转化态氮的主要组成的 SOEF-N 含量增加. 同时, 沉积物出露后, 水分大量蒸发, 藻类等浮游植物死亡, 分解后的残体在沉积物中得到累积, 也会导致 SOEF-N 含量的升高; 而沉积物出露后, 其 DO 含量增加, 铁锰化合物结合态氮向活性氮转化, 导致 SAEF-N 含量降低, 所以高程越高, SAEF-N 含量越低. 由于溶解氧升高, 铁锰化合物结合态氮向活性氮转化, 导致 SAEF-N 含量降低, 所以高程越高, SAEF-N 含量越低. IEF-N 是沉积物中最“活跃”的氮素赋存状态, 极易于在沉积物-水界面间进行迁移、转化和释放^[25]. 随着水位降低, 水体流速加快, 沉积物的扰动相对增强, IEF-N 被释放到上覆水中, 而高程越低的沉积物, 沉积物扰动时间越长, 沉积物 IEF-N 迁移释放时间越长, 导致沉积物 IEF-N 含量越低.

3.2 江湖关系变化引起的水位变化对沉积物氮形态的影响及其环境学意义

随着所处区域高程的增高, 沉积物总氮和可转化态氮含量均呈现升高趋势, 但可转化态氮占总氮的比例却在下降, 即北部湖区、“五河”入湖尾间区及湖心区可转化态氮含量占总氮的比例在不同高程均表现为 $10 \sim 11 \text{ m} > 11 \sim 12 \text{ m} > 12 \sim 13 \text{ m}$ (图 5). 这说明虽然随着高程升高, 总氮、可转化态氮含量都在增加, 但是可转化态氮对总氮含量增加的贡献呈减小趋势, 总氮的增加主要来自非可转化态氮含量的增加. 该结果与李鑫^[26]的研究结果一致, 这

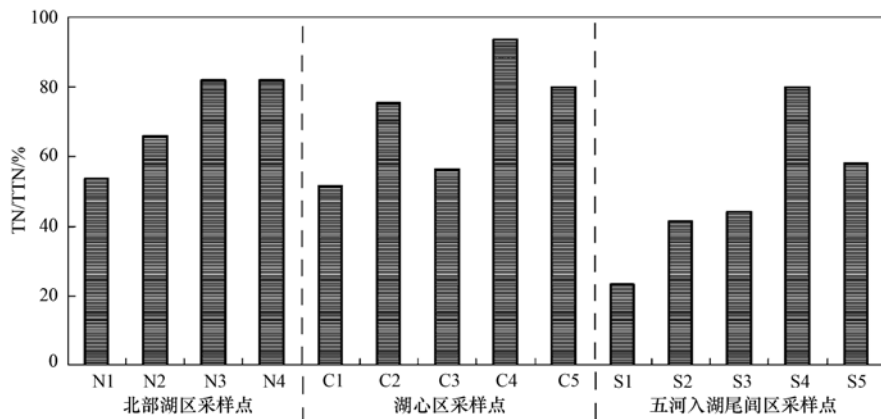


图5 3个湖区可转化态氮(TTN)/总氮(TN)的比值

Fig. 5 Relative contribution of TTN to TN in the three regions of Poyang Lake

是因为随着沉积物污染程度增高,氮会逐渐趋向于稳定性强的形态发展. 对鄱阳湖而言,随着水位的降低,沉积物高程越高,可转化态氮占总氮的比例降低越明显,而使短期内无法参与循环的非可转化态氮占总氮的比重增大,即活泼的氮形态转化逐渐转化成为稳定性较高的形态. 来年进入丰水期,大规模覆水后,水生植物大量生长,促进非可转化态氮向可转化态氮转化^[20],从而使沉积物可转化态氮含量增加,从而对鄱阳湖水质产生一定影响,即在一定程度上增加其富营养化风险.

江湖关系变化引起的水位下降对不同高程沉积物各形态可转化态氮含量变化有显著影响. 随着沉积物高程的升高,各形态氮含量都呈现增加趋势,但是其占总可转化态氮含量的比例有明显不同(图6). 随着水位降低,高程越高的沉积物出露时间越长,IEF-N和SOEF-N占总可转化态氮比例增加趋势明显,而WAEF-N和SAEF-N占总可转化态氮比例却呈现下降趋势. 这可能是因为水位下降引起沉积物出露导致理化因子变化造成的^[27],各形态氮在不同沉积环境中的沉积情况不同. SOEF-N是上覆水体氮的重要来源,高程从10~11 m上升到12~13 m,沉积物SOEF-N占总可转化态氮的比例从20%增加到50%;IEF-N是氮形态中最易释放的形态,沉积物高程从10~11 m上升到12~13 m,IEF-N占总可转化态氮的比例从2%增加到10%. 当来年沉积物覆水后,这部分增加的氮可被释放进入上覆水,从而影响鄱阳湖水质,在一定程度上将增加鄱阳湖富营养化风险.

4 结论

(1) 鄱阳湖表层沉积物总氮(TN)含量在389~3865 mg·kg⁻¹之间,空间分布上呈“五河”入湖尾闾

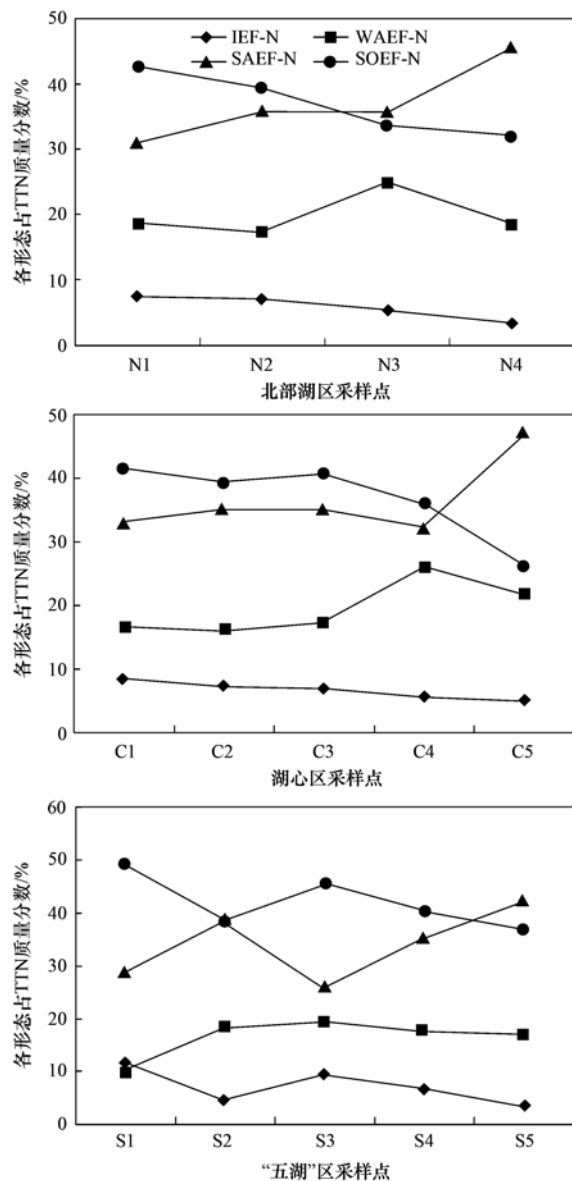


图6 鄱阳湖沉积物中各形态占总可转化态氮含量百分比

Fig. 6 Relative contribution of different forms to TTN in the sediments from Poyang Lake

区 > 湖心区 > 北部湖区的趋势; 总可交换态氮含量在 $319.36 \sim 904.56 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 之间, 占 TN 的 52%, 空间分布趋势与 TN 相同. 沉积物各形态可转化态氮含量大小排列次序为: SOEF-N(强氧化剂可提取态氮) $\approx$ SAEF-N(强碱可提取态氮) > WAEF-N(弱酸可提取态氮) > IEF-N(离子交换态氮).

(2) 江湖关系变化引起的水位下降导致沉积物可转化态氮含量增加, 北部湖区、“五河”入湖尾间区及湖心区沉积物可转化态氮含量在不同高程上均表现为 $12 \text{ m} \sim 13 \text{ m} > 11 \text{ m} \sim 12 \text{ m} > 10 \text{ m} \sim 11 \text{ m}$, 表明水位下降引起沉积物出露, 高程越高的沉积物出露时间越长, 其可转化态氮含量越高; 但 IEF-N 和 SOEF-N 占总可转化态氮的比例有逐渐升高趋势; 而 SAEF-N 和 WAEF-N 含量占总可转化态氮比例则呈小幅下降趋势.

(3) 由此可见, 如果江湖关系进一步变化, 枯水期水位继续下降, 势必引起鄱阳湖沉积物出露面积增大及时间延长, 导致沉积物释放风险较高的可转化态氮含量增大, 来年丰水期可能增加沉积物氮释放风险.

参考文献:

- [1] 金相灿, 王圣瑞, 姜霞. 湖泊水-沉积物界面三相结构模式的初步研究[J]. 环境科学研究, 2004, **17**(增刊): 1-5.
- [2] 吴丰昌, 万国江, 蔡玉蓉. 沉积物-水界面的生物地球化学作用[J]. 地球科学进展, 1996, **11**(2): 191-197.
- [3] 王娟. 浅水湖泊中氮素分布特征与沉积物氮氮吸附释放机理研究[D]. 北京: 中国矿业大学, 2007.
- [4] 何宗健, 吴志强, 倪兆奎, 等. 江湖关系变化对鄱阳湖沉积物氮释放风险的影响[J]. 中国环境科学, 2014, **34**(5): 1277-1284.
- [5] Miller A E, Schimel J P, Meixner T, *et al.* Episodic rewetting enhances carbon and nitrogen release from chaparral soils[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2005, **37**(12): 2195-2204.
- [6] 马红波, 宋金明, 吕晓霞, 等. 渤海沉积物中氮的形态及其在循环中的作用[J]. 地球化学, 2003, **32**(1): 48-54.
- [7] 王圣瑞, 金相灿, 焦立新. 不同污染程度湖泊沉积物中不同粒级可转化态氮分布[J]. 环境科学研究, 2007, **20**(3): 52-57.
- [8] 汪权方, 李家永. 基于时序 NDVI 数据的鄱阳湖流域常绿植被季节性变化特征[J]. 长江流域资源与环境, 2008, **17**(6): 866-871.
- [9] 谢冬明, 邓红兵, 王丹寅, 等. 鄱阳湖湿地生态功能重要性分区[J]. 湖泊科学, 2011, **23**(1): 136-142.
- [10] 朱元荣, 张润宇, 吴丰昌. 滇池沉积物中氮的地球化学特征及其对水环境的影响[J]. 中国环境科学, 2011, **31**(6): 978-983.
- [11] Zhang L L, Yin J X, Jiang Y Z, *et al.* Relationship between the hydrological conditions and the distribution of vegetation communities within the Poyang Lake National Nature Reserve, China[J]. Ecological Informatics, 2012, **11**: 65-75.
- [12] 胡春宏, 阮本清. 鄱阳湖水利枢纽工程的作用及其影响研究[J]. 水利水电技术, 2011, **42**(1): 1-6.
- [13] 闵骞, 占腊生. 1952-2011 年鄱阳湖枯水变化分析[J]. 湖泊科学, 2012, **24**(5): 675-678.
- [14] Ruttenburg K C. Development of a sequential extraction method for different forms of phosphorus in marine sediments[J]. Limnology and Oceanography, 1992, **37**(7): 1460-1482.
- [15] GB 17378. 4-1998, 海洋监测规范: 海水分析[S].
- [16] 王圣瑞, 倪栋, 焦立新, 等. 鄱阳湖表层沉积物有机质和营养盐分布特征[J]. 环境工程技术学报, 2012, **2**(1): 23-28.
- [17] 刘婉清, 倪兆奎, 吴志强, 等. 江湖关系变化对鄱阳湖沉积物重金属分布及生态风险影响[J]. 环境科学, 2014, **35**(5): 1750-1758.
- [18] Wang P F, Zhao L, Wang C, *et al.* Nitrogen distribution and potential mobility in sediments of three typical shallow urban lakes in China[J]. Environmental Engineering Science, 2009, **26**(10): 1511-1521.
- [19] Wang S R, Jin X C, Jiao L X, *et al.* Nitrogen fractions and release in the sediments from the shallow lakes in the middle and lower reaches of the Yangtze River Area, China[J]. Water, Air, and Soil Pollution, 2008, **187**(1-4): 5-14.
- [20] 何桐, 谢建, 余汉生, 等. 大亚湾表层沉积物中氮的形态分布特征[J]. 热带海洋学报, 2009, **28**(2): 86-91.
- [21] De Groot C, Van Wijk C. The impact of desideration of a fresh water marsh on sediment-water vegetation interaction[J]. Ohio Journal of Science, 1992, **3252**: 83-94.
- [22] Sitaula B K, Bakken L R. Nitrous oxide release from spruce forest soil: Relationships with nitrification, methane uptake, temperature, moisture and fertilization[J]. Soil Biology and Biochemistry, 1993, **25**(10): 1415-1421.
- [23] Park E J, Sul W J, Smucker A J M. Glucose additions to aggregates subjected to drying/wetting cycles promote carbon sequestration and aggregate stability[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2007, **39**(11): 2758-2768.
- [24] 赵海超, 王圣瑞, 焦立新, 等. 洱海沉积物中不同形态氮的时空分布特征[J]. 环境科学研究, 2013, **26**(3): 235-242.
- [25] 张亚楠. 东昌湖表层沉积物氮赋存形态及其释放研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2013.
- [26] 李鑫. 浅水湖泊沉积物中氮的迁移转化机制研究[D]. 天津: 天津大学, 2012.
- [27] Wu F C, Tanoue E. Tryptophan in the sediments of lakes from Southwestern China Plateau[J]. Chemical Geology, 2002, **184**(1-2): 139-149.

CONTENTS

Ozone Source Apportionment at Urban Area during a Typical Photochemical Pollution Episode in the Summer of 2013 in the Yangtze River Delta	LI Hao, LI Li, HUANG Cheng, <i>et al.</i> (1)
Pollution Characteristics and Ozone Formation Potential of Ambient VOCs in Winter and Spring in Xiamen	XU Hui, ZHANG Han, XING Zhen-yu, <i>et al.</i> (11)
Temporal and Spatial Characteristics of Atmospheric NO ₂ over Hainan Island and the Pollutant Sources in Recent 10 Years	FU Chuan-bo, CHEN You-long, DAN Li, <i>et al.</i> (18)
Composition of Organic Carbon/Elemental Carbon and Water-soluble Ions in Rice Straw Burning	HONG Lei, LIU Gang, YANG Meng, <i>et al.</i> (25)
Gas Chromatography with a Pulsed Discharge Helium Ionization Detector for Measurement of Molecular Hydrogen(H ₂) in the Atmosphere	LUAN Tian, FANG Shuang-xi, ZHOU Ling-xi, <i>et al.</i> (34)
Partial Pressure of CO ₂ and CO ₂ Degassing Fluxes of Huayankou and Xiaolangdi Station Affected by Xiaolangdi Reservoir	ZHANG Yong-ling, YANG Xiao-lin, ZHANG Dong (40)
Distribution of Biogenic Organic Dimethylated Sulfur Compounds and Its Influencing Factors in the East China Sea in Summer	LI Jiang-ping, ZHANG Hong-hai, YANG Gui-peng (49)
Remote Sensing Estimation of Total Suspended Matter Concentration in Xin'anjiang Reservoir Using Landsat 8 Data	ZHANG Yi-bo, ZHANG Yun-lin, ZHA Yong, <i>et al.</i> (56)
Spatio-temporal Characteristics and Source Identification of Water Pollutants in Wenritang River Watershed	MA Xiao-xue, WANG La-chun, LIAO Ling-ling (64)
Effect of Hydrochemistry Characteristics Under Impact of Human Activity: A Case Study in the upper Reaches of the Xijiang River Basin	YU Shi, SUN Ping-an, DU Wen-yue, <i>et al.</i> (72)
Annual Variation of Different Phosphorus Forms and Response of Algae Growth in Meiliang Bay of Taihu Lake	WANG Ming, WU Xiao-fei, LI Da-peng, <i>et al.</i> (80)
Distribution of Transferable Nitrogen in Poyang Lake Sediments and Its Response to the Variation of River-Lake Relationship	SHEN Hong-yan, ZHANG Mian-mian, NI Zhao-kui, <i>et al.</i> (87)
Effect of Environmental Factors on Macroinvertebrate Community Structure in the Huntai River Basin in the Huntai River Basin	LI Yan-li, LI Yan-fen, XU Zong-xue (94)
Effects of Outbreak and Extinction of Algal Blooms on the Microbial Community Structure in Sediments of Chaohu Lake	DIAO Xiao-jun, LI Yi-wei, WANG Shu-guang (107)
Impacts of Algal Blooms Accumulation on Physiological Ecology of Water Hyacinth	WU Ting-ting, LIU Guo-feng, HAN Shi-qun, <i>et al.</i> (114)
Speciation and Spatial-temporal Variation of Mercury in the Xiaolangdi Reservoir	CHENG Liu, MAO Yu-xiang, MA Bing-juan, <i>et al.</i> (121)
Spatial Distribution of Mercury in Soils of a Typical Small Agricultural Watershed in the Three Gorges Reservoir Region	WANG Ya, ZHAO Zheng, MU Zhi-jian, <i>et al.</i> (130)
Temporal and Spatial Variation of Mercury in Water of Agro-forestry and Livestock Compound Watershed in the Three Gorges Reservoir Area	ZHAO Zheng, WANG Ya, MU Zhi-jian, <i>et al.</i> (136)
Effect of External Condition on the Static Migration and Release of Dibutyl-phthalate in the Soil of the Fluctuating Zone of the Three Gorges Reservoir to the Overlying Water	SONG Jiao-yan, MU Zhi-jian, WANG Qiang, <i>et al.</i> (143)
Ultraviolet-Visible(UV-Vis) and Fluorescence Spectral Characteristics of Dissolved Organic Matter(DOM) in Soils of Water-Level Fluctuation Zones of the Three Gorges Reservoir Region	GAO Jie, JIANG Tao, LI Lu-lu, <i>et al.</i> (151)
Characterization of Chromophoric Dissolved Organic Matter(CDOM) in Zhoushan Fishery Using Excitation-Emission Matrix Spectroscopy(EEMs) and Parallel Factor Analysis(PARAFAC)	ZHOU Qian-qian, SU Rong-guo, BAI Ying, <i>et al.</i> (163)
Pollution Characteristics and Distribution of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Organochlorine Pesticides in Groundwater at Xiaodian Sewage Irrigation Area, Taiyuan City	LI Jia-le, ZHANG Cai-xiang, WANG Yan-xin, <i>et al.</i> (172)
Risk Assessment and Analysis of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Surface Sediments of Xinglin Bay Suburb Rivers of Xiamen	CHENG Qi-ming, HUANG Qing, LIAO Zhen-ni, <i>et al.</i> (179)
Comparative Analysis of Two Different Methods for Risk Assessment of Groundwater Pollution: A Case Study in Beijing Plain	WANG Hong-na, HE Jiang-tao, MA Wen-jie, <i>et al.</i> (186)
Transportation and Risk Assessment of Heavy Metal Pollution in Water-Soil from the Riparian Zone of Daye Lake, China	ZHANG Jia-quan, LI Xiu, ZHANG Quan-fa, <i>et al.</i> (194)
Arsenic Removal by Coagulation Process and the Field Expanding Experiments for Yangzonghai Lake	CHEN Jing, ZHANG Shu, YANG Xiang-jun, <i>et al.</i> (202)
Efficient Oxidative Degradation of Tetrabromobisphenol A by Silver Bismuth Oxide	CHEN Man-tang, SONG Zhou, WANG Nan, <i>et al.</i> (209)
Removal of Tetracycline by a Kind of Nano-Sized Amorphous Carbon	WU Yi-xiao, LI Ai-min, WANG Di-hua, <i>et al.</i> (215)
Adsorption Behavior of Anionic Dyes onto Magnetic Chitosan Derivatives	ZHANG Cong-lu, HU Xiao-min, ZHAO Yan, <i>et al.</i> (221)
Forming Mechanism of Humic Acid-Kaolin Complexes and the Adsorption of Trichloroethylene	ZHU Xiao-jing, HE Jiang-tao, SU Si-hui (227)
Impact on the Microbial Community of Municipal Sewage in the ANAMMOX System During the Cooling Process	ZHAO Zhi-rui, MIAO Zhi-jia, LI Duo, <i>et al.</i> (237)
Application of FISH-NanoSIMS Technique in Environmental Microbial Ecology Study	CHEN Chen, BAI Yao-hui, LIANG Jin-song, <i>et al.</i> (244)
Influence of Microcystin-LR on Cell Viability and Surface Characteristics of <i>Pseudomonas putida</i>	DENG Ting-jin, YE Jin-shao, PENG Hui, <i>et al.</i> (252)
Screening, Combination of Microbial Deodorizer and the Optimization of Its Deodorizing Conditions	ZENG Su, LI Nan-hua, SHENG Hong-chan, <i>et al.</i> (259)
Distribution and Enrichment Characteristics of Organochlorine Pesticides in Water and Halobios from Qingbang Island in Zhoushan, China	ZHANG Ze-zhou, XING Xin-li, GU Yan-sheng, <i>et al.</i> (266)
Levels of Polychlorinated Biphenyls in Tibetan and Yi Adolescents' Hair from Liangshan Prefecture, Sichuan Province	ZHOU Ying, SUN Yi-ming, JIN Jun, <i>et al.</i> (274)
Effects of Single and Co-Exposure of Cu and Chlorpyrifos on the Toxicity of Earthworm	XU Dong-mei, WANG Yan-hua, WANG Nan, <i>et al.</i> (280)
Effect of Exogenous Selenium on Accumulation and Chemical Forms of Cadmium in Cucumber(<i>Cucumis sativus</i> L.)	XIONG Shi-juan, LIU Jun, XU Wei-hong, <i>et al.</i> (286)
Pollution Characteristics of Platinum Group Elements in Road Rust in Xiamen	HONG Zhen-yu, HONG You-wei, YIN Li-qian, <i>et al.</i> (295)
Spatial Distribution of Se in Soils from Different Land Use Types and Its Influencing Factors Within the Yanghe Watershed, China	SHANG Jing-min, LUO Wei, WU Guang-hong, <i>et al.</i> (301)
Immobilization Impact of Different Fixatives on Heavy Metals Contaminated Soil	WU Lie-shan, ZENG Dong-mei, MO Xiao-rong, <i>et al.</i> (309)
Form Tendency and Bio-availability Dynamics of Cu and Zn in Different Farm Soils After Application of Organic Fertilizer of Livestock and Poultry Manures	SHANG He-ping, LI Yang, ZHANG Tao, <i>et al.</i> (314)
Analysis of Composition Characteristics of Municipal Solid Waste in South China	ZHANG Hai-long, LI Xiang-ping, QI Jian-ying, <i>et al.</i> (325)
Sewage Sludge Conditioning by Bioleaching Combined with Fenton-like Oxidation	LIU Chang-geng, ZHANG Pan-yue, JIANG Jiao-jiao, <i>et al.</i> (333)
Applicability of Bisphenol A Detection by a Planar Waveguide Fluorescent Biosensor	XU Wei-qi, ZHANG Yong-ming, ZHOU Xiao-hong, <i>et al.</i> (338)
A New "Turn-on" Fluorescent Probe for Visual Detection of Hydrogen Sulfide	LIU Chun-xia, MA Xing, WEI Guo-hua, <i>et al.</i> (343)
Analysis of Sap Flow Characteristics of the Chinese Pine in Typical Loess Plateau Region of China	ZHANG Han-dan, WEI Wei, CHEN Li-ding, <i>et al.</i> (349)
Simultaneous Production of Hydrogen and Volatile Fatty Acid from <i>Macrocystis pyrifera</i>	ZHAO Xiao-xian, FAN Xiao-lei, GUO Rong-bo, <i>et al.</i> (357)
Behaviors of Engineered Nanoparticles in Aquatic Environments and Impacts on Marine Phytoplankton	LI Man-lu, JIANG Yue-lu (365)

《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)

2015年1月15日 第36卷 第1期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 36 No. 1 Jan. 15, 2015

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: 120.00 元

国外发行代号: M 205

国 内 外 公 开 发 行