

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第35卷 第8期

Vol.35 No.8

2014

中国科学院生态环境研究中心 主办

科学出版社 出版



目次

2012年春季京津冀地区一次沙尘暴天气过程中颗粒物的污染特征分析	刘庆阳, 刘艳菊, 赵强, 张婷婷, 张美根, 王存美 (2843)
杭州灰霾天气超细颗粒浓度分布特征	陈秋方, 孙在, 谢小芳 (2851)
气象因素对广州市大气中二噁英污染特征的影响	杜国勇, 苏原, 任明忠, 张素坤, 青宪 (2857)
龙凤山本底站大气 CO ₂ 数据筛分及浓度特征研究	栾天, 周凌晔, 方双喜, 姚波, 王红阳, 刘钊 (2864)
区域传输对华东森林及高山背景点位大气污染物浓度的影响	苏彬彬, 许榕洋, 张若宇, 纪贤鑫 (2871)
天津市夏季蜂窝状溶蚀器涂层溶液浓度确定的实验研究	张诗建, 姬亚芹, 张雷波, 赵雪艳, 朱振宇, 杨文 (2878)
铅锌冶炼厂不同工艺铅元素粒径分布特征	梁俊宁, 李文慧, 葛毅, 陈洁, 宋丽娜, 刘杰 (2883)
KI 改性黏土脱除烟气中单质汞的研究	沈伯雄, 陈建宏, 蔡记, 何川, 李卓 (2890)
污泥直接干化产生的恶臭及挥发性有机物特征研究	陈文和, 邓明佳, 罗辉, 张婧赢, 丁文杰, 刘俊新, 李琳 (2897)
基于风险管理的区域(流域)地下水污染预警方法研究	白利平, 王业耀, 郭永丽, 周友亚, 刘俐, 颜增光, 李发生 (2903)
1980~2010年浙江某典型河流硝态氮通量对净人类活动氮输入的动态响应	张柏发, 陈丁江 (2911)
南京仙林新市区土地利用结构与格局对湿地水环境氮、磷影响研究	蔡春晓, 刘红玉, 李玉凤, 王聪, 侯明行 (2920)
三江平原典型沼泽湿地养分累积与沉积特征	李瑞利, 柴民伟, 邱国玉, 石福臣, Sasa Kaichiro (2928)
岩溶地下河流域表层土壤多环芳烃污染特征及来源分析	蓝家程, 孙玉川, 师阳, 徐昕, 袁道先, 胡宁 (2937)
亚热带典型岩溶区地表溪流水文地球化学昼夜变化及其影响因素研究	张陶, 蒲俊兵, 袁道先, 章程, 何师意, 于爽, 刘文, 莫雪, 周建超, 杨会, 唐伟 (2944)
藏南干旱区湖泊及地热水体氢氧同位素研究	肖可, 沈立成, 王鹏 (2952)
广西五里峡水库夏季溶解无机碳行为的初步研究	刘文, 蒲俊兵, 于爽, 章程, 区绎如, 袁道先, 杨会, 唐伟 (2959)
铜陵相思河流域重金属分布特征研究	陈莉薇, 徐晓春, 王军, 陈芳 (2967)
不同压力作用下太湖蓝藻气囊体积分数及上浮特性研究	王巍, 丛海兵, 徐亚军, 陈雯婧, 徐思涛, 吴军, 蒋新跃 (2974)
酸性条件下Ti(IV)催化 O ₃ /H ₂ O ₂ 降解邻苯二甲酸二甲酯	高燕, 沈佟栋, 陈尧, 周慧华, 童少平 (2980)
无机离子与胡敏酸对零价铁去除水中Pb(II)、Hg(II)的影响	施秋伶, 周欣, 张进忠, 邱昕凯 (2985)
羟基磷灰石-四氧化三铁-沸石复合材料制备及去除水中刚果红研究	方巧, 林建伟, 詹艳艳, 杨孟娟, 郑雯婧 (2992)
不锈钢 201、304 和 316L 在模拟污水管道反应器中的腐蚀	鲍国栋, 左剑恶, 王雅娟, 千里里 (3002)
微滤过程中腐殖酸与膜表面黏附特性的试验研究	王磊, 王磊, 黄丹曦, 王旭东 (3007)
不同类型 LDHs 对垂直流人工湿地无烟煤基质的覆膜改性及其脱氮效果研究	张翔凌, 郭露, 陈俊杰, 刘小婷, 徐璐, 陈巧珍, 王晓晓 (3012)
SPG 膜曝气-基因工程菌生物膜反应器处理阿特拉津废水研究	刘春, 龚鹏飞, 肖太民, 张明, 年永嘉, 杨景亮, 张晶 (3018)
SPG 膜微气泡曝气生物膜反应器运行性能影响因素研究	张磊, 张明, 刘春, 张静, 刘俊良 (3024)
曝气膜生物反应器运行过程中污泥活性特征变化及其对膜污染的影响	陈烜, 汤兵, 张姿, 宾丽英, 黄绍松, 付丰连, 邱兵 (3031)
限量曝气进水时间对硝化颗粒污泥的影响特性研究	刘文如, 阴芳芳, 王建芳, 沈耀良 (3038)
UASBB 厌氧氨氧化反应器处理污泥脱水液的影响因素研究	李亚峰, 马晨曦, 张驰 (3044)
开封周边地区地表灰尘中汞背景值及其应用	陈彦芳, 马建华, 董运武, 刘德新, 陈星 (3052)
北京市幼儿园地面尘中有毒金属浓度及其健康风险	段恒轶, 吴亚涛, 王珏, 刘兆荣 (3060)
珠三角电子垃圾和城市地区家庭灰尘中多氯联苯的来源及暴露风险	朱智成, 陈社军, 丁南, 王璟, 罗孝俊, 麦碧娴 (3066)
温带典型草原土壤总有机碳及溶解性有机碳对模拟氮沉降的响应	齐玉春, 彭琴, 董云社, 肖胜生, 孙良杰, 刘欣超, 何亚婷, 贾军强, 曹丛丛 (3073)
不同肥料种类对稻田红壤碳氮淋失的影响	刘希玉, 邹敬东, 徐丽丽, 张心昱, 杨风亭, 戴晓琴, 王忠强, 孙晓敏 (3083)
低分子有机酸对土壤中 Cu 化学形态的影响	黄国勇, 付庆灵, 朱俊, 万田英, 胡红青 (3091)
EDTA 与柠檬酸复配洗涤修复多重金属污染土壤效果研究	尹雪, 陈家军, 蔡文敏 (3096)
不同生态系统土壤生化特征及其与土壤呼吸和 N ₂ O 排放的关系	陈玲, 范会, 蒋静艳 (3102)
黄河口不同恢复阶段湿地土壤 N ₂ O 产生的不同过程及贡献	孙文广, 孙志高, 甘卓亭, 孙万龙, 王伟 (3110)
猪粪化肥配施对双季稻田 CH ₄ 和 N ₂ O 排放及其全球增温潜势的影响	王聪, 沈健林, 郑亮, 刘杰云, 秦红灵, 李勇, 吴金水 (3120)
我国北方两地区环境臭氧浓度对矮菜豆生长的影响	袁相洋, 张巍巍, 孙敬松, 胡恩柱, 张玉龙, 张红星, 田媛, 冯兆忠 (3128)
丛枝菌根影响纳米 ZnO 对玉米的生物效应	王卫中, 王发园, 李帅, 刘雪琴 (3135)
丛枝菌根对翅荚木生长及吸收累积重金属的影响	李霞, 彭霞薇, 伍松林, 李志茹, 冯红梅, 江泽平 (3142)
含磷物质对水稻吸收土壤砷的影响	雷鸣, 曾敏, 廖柏寒, 胡立琼, 周航, 龙水波 (3149)
重金属铬(VI)的生态毒性及其土壤环境基准	王晓南, 刘征涛, 王婉华, 张聪, 陈丽红 (3155)
维生素 B ₁₂ 对脱氮功能蓝藻降解 2,4,4'-三氯联苯的促进作用研究	刘嘉裕, 肖文丰, 鲁莉萍, 张杭君 (3162)
己烯雌酚降解菌株沙雷氏菌的分离鉴定及其降解特性	徐冉芳, 孙敏霞, 刘娟, 汪泓, 李欣, 朱雪竹, 凌婉婷 (3169)
多溴联苯醚在市場鲫鱼体内分布和食鱼暴露量	王俊霞, 王春艳, 刘莉莉, 周啸宇, 刘洋成, 林匡飞 (3175)
稀有鮐鲫 HMGR 基因全长克隆及雌鱼经五氯酚暴露基因表达的分析	邓川, 毛思予, 熊力, 张晓峰, 李伟, 高香, 刘秋萍, 陈韵, 刘堰 (3183)
藻细胞和高岭土的存在对病毒 MS2 存活的影响	何强, 吴庆庆, 马红芳, 周真明, 苑宝玲 (3192)
多胺功能化介孔炭对 Pb(II) 的吸附动力学与机制	李坤权, 王艳锦, 杨美蓉, 朱志强, 郑正 (3198)
生物活性炭投加量对垃圾渗滤液处理效果的影响	崔延瑞, 郭焱, 吴青, 马罗丹, 孙剑辉, 崔凤灵 (3206)
经济结构调整的污染减排效应: 以 COD 减排为例	李名升, 周磊, 陈远航, 李茜, 张建辉 (3212)
中国铅流改变原因分析	马兰, 毛建素 (3219)
放牧阉牦牛提前出栏甲烷排放强度减排潜力探讨	汪诗平, Andreas Wilkes, 汪亚运, 白玲 (3225)
中国水体硝酸盐氮氧双稳定同位素溯源研究进展	徐志伟, 张心昱, 于贵瑞, 孙晓敏, 温学发 (3230)
《环境科学》征稿简则 (2936) 《环境科学》征订启事 (3051) 信息 (2882, 2927, 3059, 3218)	

南京仙林新市区土地利用结构与格局对湿地水环境氮、磷影响研究

蔡春晓, 刘红玉*, 李玉凤, 王聪, 侯明行

(南京师范大学地理科学学院, 南京 210046)

摘要:以南京仙林新市区典型湿地为例,综合考虑湿地生态系统特点及其集水区内地利用情况,根据湿地受城市化影响程度,将 10 个典型城市湿地分为农村型、城郊型和城市型三大类,采用 RDA 分析方法,研究城市湿地氮、磷与不同土地利用类型和格局的相互关系。结果表明:①农村型湿地水质最好,城郊型次之,而城市型湿地水质明显劣于农村型与城郊型。②各类型湿地 TP、TN 浓度均表现为湿季大于干季特征。其中,农村型与城郊型湿地 TP 浓度干湿季差异较城市型明显;而 TN 浓度干湿季节变化则呈现相反规律。③湿地水质受到多种土地利用类型和格局的综合影响。在土地利用方面,TP、TN 浓度在干、湿季节均与不透水用地呈显著正相关,与草地、林地和湿地均表现为负相关,并且湿地与水质指标的负相关性较草地、林地显著。在土地利用格局方面,TP、TN 浓度在干、湿季均与平均斑块形状呈负相关,与斑块密度、多样性指数为正相关;在景观相邻性影响方面,土地利用格局与 TN 浓度关系密切,湿季呈负相关,干季为正相关。

关键词:土地利用结构与格局;湿地水环境;氮磷;RDA 分析;南京仙林

中图分类号:X52 文献标识码:A 文章编号:0250-3301(2014)08-2920-08 DOI: 10.13227/j.hjxx.2014.08.012

Research on the Influence of Urban Land Use Structure and Pattern on Nitrogen, Phosphorus of Wetland Water Environment in Xianlin New Town of Nanjing

CAI Chun-xiao, LIU Hong-yu, LI Yu-feng, WANG Cong, HOU Ming-hang

(College of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China)

Abstract: The 10 typical wetlands in Xianlin New Town of Nanjing were classified into three categories, including rural wetland, suburban wetland, and urban wetland according to the influence of urbanization as well as the characteristics of wetland and LUCC of catchment regions. RDA was used to analyse the relationships between nitrogen and phosphorus in urban wetland and various types and patterns of land use. It was found that the water quality of the urban wetlands presented to be worse than that from rural wetlands, followed by sub urban wetlands. Secondly, according to all investigated wetlands, TP and TN turned out to be higher during the wet seasons than dry seasons. In addition, significant differences of TP were observed between wet and dry seasons for rural and suburban wetlands, and it was not so obvious for urban wetlands. However, the differences of TN was opposite to that of TP. Thirdly, factors affecting the water quality of wetlands were comprised of types and patterns of land use, and thus significant positive relationships were found between the concentrations of TN and TP and the impervious land, while negative correlations for meadows, woodlands and wetlands. What's more, higher remarkable differences were found in wetlands than those from meadows and woodlands. Regarding to patterns of land use, TP, TN concentrations were negatively correlated with the average patch shape in the dry and wet seasons, whereas positively relationships were observed for patch density and diversity index; furthermore, with refer to the impact of adjacent landscape, significant relationships were found between the content of TN and the patterns of land use and thus, a negative correlation in the wet season and a positive correlation in the dry season were observed, respectively.

Key words: structure and pattern of land use; water environment of wetland; nitrogen and phosphorus; RDA analysis; Xianlin Nanjing

近十余年来,我国城市化发展十分迅速。土地利用/覆被类型与格局变化是城市化主要表现之一^[1~3]。城市化过程中土地利用变化表现为将原有农业用地为主的类型转变为城市土地利用类型,其结果为城市不透水用地类型快速增加,自然生态系统用地类型大幅度减少^[3~5]。湿地作为重要的生态系统类型受城市化影响极为显著^[6~11]。城市化不仅改变了湿地生态系统周边土地利用结构与格局,而且对其水环境质量产生重要影响^[12~14]。许多研究

表明^[7~9]城市土地利用是导致湿地水环境污染的主要原因,而水质污染主要表现为氮、磷污染^[3]。城市环境中土地利用与湿地水环境质量之间影响关系十分复杂^[15~17],相关研究还处于起步阶段^[18]。从

收稿日期:2014-01-17; 修订日期:2014-03-17

基金项目:江苏省高校自然科学研究重大项目(10KJA170029); 江苏高校优势学科建设工程项目; 江苏省环境演变与生态建设重点实验室项目

作者简介:蔡春晓(1989~),女,硕士研究生,主要研究方向为湿地景观生态学,E-mail:773280276@qq.com

* 通讯联系人,E-mail:liuhongyu@njnu.edu.cn

目前研究现状来看,有关土地利用与湿地水环境质量之间关系研究,非城市区域研究较多^[19~21],而针对复杂城市景观中土地利用问题的研究比较缺乏。

本研究从城市化影响土地利用角度,以南京仙林新市区为例,综合考虑湿地集水区内土地利用类型与格局,利用 3S 技术、地统计分析和野外调查等方法,揭示城市土地利用与湿地水环境之间的关系,以为城市区域水环境保护提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域

研究以快速城市化的南京仙林新市区为案例区域。该区域(32.059°N ~ 32.147°N, 118.867°E ~ 119.013°E)位于南京东北部,紫金山东麓,面积大约为 84.59 km²。自 2003 年以来,南京市对该区进行城市化拓展,土地不断被开发利用。城市化发展使得该区域景观从农村景观逐渐转变为城市景观。其中,建筑用地等人工景观类型不断增加,绿地、湿地、林地等改善生态环境的自然景观类型不断减少。另外,区域城市化过程还导致大量湿地丧失,有些湿地被改造利用,湿地斑块数目和面积呈不断缩小^[3,4,10,11]。城市土地利用的这些变化必然对湿地水环境产生重要影响。

1.2 研究方法

1.2.1 湿地集水区内土地利用类型

相关研究表明,集水区尺度土地利用对湿地水环境影响贡献最大^[7]。为此,本研究选取集水区尺度为研究空间尺度。针对城市区域,由于人为干扰

等因素使得湿地集水区界线提取较为复杂。研究中,对于低山丘陵地区的湿地集水区,根据地形因素对其进行边界信息提取;对于平原内的湿地提取集水区边界时则需要考虑产汇流过程和干扰因素,如排水管网和道路等人为因素影响。因此对城市湿地集水区信息的提取主要采用地形自动提取及人工纠正的方法。具体方法是在 ArcGIS 9.3 水文分析模块的支持下,通过对 1980 年 1:50 000 地形图生成的南京市 23 m 空间分辨率数字高程模型(DEM)进行一系列水文特征分析后生成集水区,同时根据区域实际情况并结合该地形图对集水区边界进行修正。而对于地势较为平坦区域,主要是依据周围道路、水渠作为边界。在集水区边界确定的基础上,将集水区边界与 2010 年景观类型图叠加分析,得到每个集水区内土地利用类型图。

为了反映城市化土地利用影响,选取受城市化影响强度大的区域,并结合已有水质数据,选择 10 个具有代表性城市湿地(图 1):大浦塘(DPT)、西横山(XHS)、大成东(DCD)、大成南(DCN)、南邮(NY)、南财(NC)、阳山南(YSN)、西湖西(XHX)、纪家边(JJB)以及采月湖(CYH)。参照全国土地利用现状分类方法,并结合当地实际情况,将区域内土地利用类型划分为湿地、林地、不透水用地和草地这 4 种类型。其中不透水用地面积包括建筑用地、道路等不透水性土地利用类型。

1.2.2 水质指标

2010 年 3 月~2011 年 2 月对研究区 10 个样点

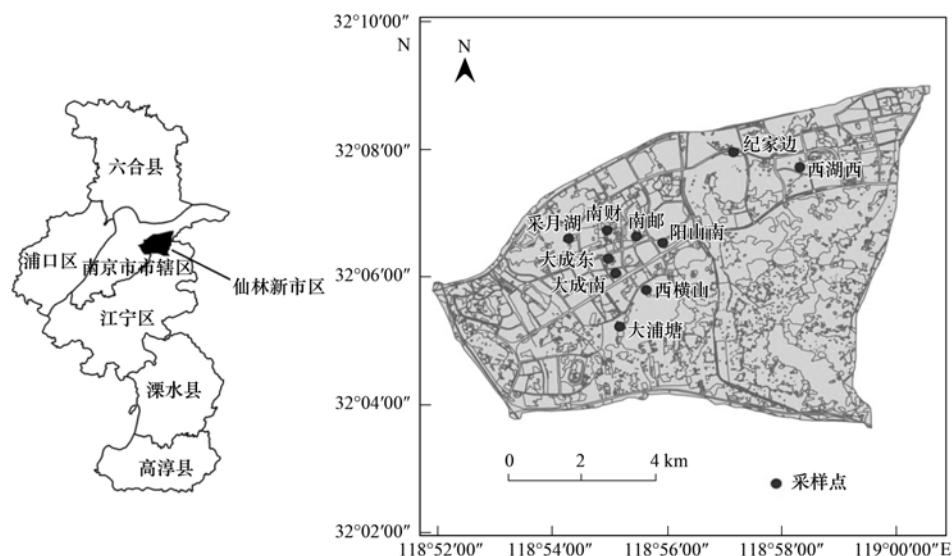


图 1 研究区示意图及采样点空间分布

Fig. 1 Schematic of the study area and the spatial distribution of sampling points

进行每月一次的水质监测. 本研究主要选取的水质指标有:总氮(TN)和总磷(TP). 其中总氮采用碱性过硫酸钾消解-紫外分光光度法、总磷采用碱性过硫酸钾消解-可见分光光度法,每个样品设置 3 个平行,取其平均值.

为了反映水质季节影响的差异性,按气候条件划分为干季和湿季 2 个时期,干季为 2010 年 3 月 ~ 5 月以及 2010 年 9 月 ~ 2011 年 2 月、湿季为 2010 年 6 月 ~ 8 月.

1.2.3 景观指数选择

景观指数是景观空间格局分析的重要方法,它能够高度浓缩景观格局信息,并反映其结构和空间

配置某些方面特征^[9,14]. 相关研究表明,由于城市区域土地利用类型与格局复杂多样,度量其景观特征指数很多. 其中景观类型面积、斑块数量、形状、多样性、分离度、连通性等景观指数对湿地水环境影响较为敏感^[8,10]. 为此,研究通过分析十个景观指数与湿地水环境影响关系,筛选出斑块密度(PD)、平均斑块形状(SHAPE_MN)、香浓多样性指数(SHDI)、散布与并列指数(IJI)以及斑块结合度指数(COHE)等 5 个景观指数,揭示其与湿地水质之间关系. 这些景观指数的生态学意义见表 1. 景观指数获取是在 Arcgis 9.3 中利用软件 Fragstats 3.3 获得各指数值.

表 1 研究中使用的景观指数

Table 1 Landscape metrics used in the study

景观指数	指数描述	范围
斑块密度(PD)	单位面积上的斑块数,反映景观破碎化程度($\times 10^2$ 个 $\cdot\text{hm}^{-2}$)	>0
平均斑块形状(SHAPE_MN)	经过某种数学转化的斑块边长与面积之比,反映斑块形状的复杂性	≥ 1
香农多样性指数(SHDI)	基于信息理论的测量指数,反映景观异质性	≥ 0
散布与并列指数(IJI)	与景观类型相邻的其他类型的多少,反映景观分离度(%)	$0 \sim 100$
斑块结合度指数(COHE)	反映相应斑块类型之间的物理连通性	$0 \sim 100$

2 结果与分析

2.1 湿地集水区土地利用状况

从湿地集水区土地利用类型面积及其所占比例来看,湿地集水区面积都在 100 hm^2 以内,除阳山南的湿地面积为 30.76 hm^2 外,其他监测点的湿地面积都比较小(表 2). 从湿地集区内土地利用类型来看,西横山、纪家边以及采月湖均以林地为主. 其中西横山区域林地面积所占比

例高达 90.67%,而大成东和南邨不含林地类型. 南邨、南财以及阳山南所在区域不透水面积所占比例均超过其总面积的 50%,大浦塘、西横山、西湖西、纪家边、采月湖不透水面积所占比例比较小,均不超过 10%. 大成南和西湖西草地所占比例较大,分别为 65.06% 和 62.19%,南财、阳山南和采月湖草地面积比例较小,均不超过 10%,西横山和纪家边集水区不含草地土地利用类型.

表 2 湿地集水区土地利用状况

Table 2 Status of land use in wetland catchment areas

类型	统计值	DPT	XHS	DCD	DCN	NY	NC	YSN	XHX	JJB	CYH
湿地	面积/ hm^2	8.82	3.05	10.24	3.33	1.37	1.10	30.76	0.64	4.09	2.34
	比例/%	13.57	4.01	37.62	22.50	11.12	2.59	37.69	2.55	14.33	9.53
林地	面积/ hm^2	29.48	69.03	0.00	0.11	0.00	9.46	6.18	3.86	22.62	20.16
	比例/%	45.37	90.67	0.00	0.75	0.00	22.35	7.58	15.23	79.26	81.96
不透水	面积/ hm^2	1.74	4.06	8.71	1.73	7.86	28.51	42.68	1.40	1.83	0.68
	比例/%	2.68	5.33	31.97	11.68	63.58	67.40	52.30	5.54	6.42	2.78
草地	面积/ hm^2	24.94	0.00	8.28	9.64	3.13	3.24	1.98	9.71	0.00	1.41
	比例/%	38.38	0.00	30.40	65.06	25.30	7.66	2.43	62.19	0.00	5.73
集水区	面积/ hm^2	64.97	76.13	27.23	14.82	12.37	42.30	81.61	15.62	28.54	24.60

根据上述土地利用特征分析,结合湿地受城市化影响程度和湿地生态系统本身特点,将 10 个湿地分为农村型、城郊型和城市型湿地三大类. 其中农村型湿地包括大浦塘、西横山和纪家边,其特征为

受城市化及人为干扰影响较小,以林地为主要土地利用类型(林地面积占集水区面积的 45.37% ~ 90.67%,不透水面积仅为 4.50%). 城郊型包括大成东、大成南、阳山南和西湖西,其主要特征为受

一定的城市化影响和人为干扰,集水区内不透水面
积占 39.15%,湿地和草地分别占 32.80% 和
21.26%。南邮、南财以及采月湖为城市型湿地,湿
地集水区受城市化影响较大,以建筑用地、道路等
不透水用地为主要用地类型,占总面积的 46.75%,
湿地面积所占比例最小,仅为 6.07% (表 3)。

表 3 各类湿地集水区内土地利用状况
Table 3 Status of land use in various types of wetland catchment area

类型	统计值	湿地	林地	不透水	草地	总面积
农村型	面积/hm ²	15.96	121.12	7.63	24.94	169.64
	比例/%	9.41	71.40	4.50	14.70	
城郊型	面积/hm ²	44.98	10.15	54.52	29.61	139.27
	比例/%	32.80	7.29	39.15	21.26	
城市型	面积/hm ²	4.81	29.62	37.06	7.78	79.27
	比例/%	6.07	37.36	46.75	9.81	

2.2 湿地水质状况

2.2.1 湿地水质基本特征

从表 4 可以看出,农村型湿地水质最好,城郊型
次之,而城市型湿地水质明显劣于农村型与城郊型。
农村型湿地中,TP、TN 浓度分别为 0.11 mg·L⁻¹和
0.45 mg·L⁻¹,参考地表水环境质量标准(GB 3838-
2002),分别达Ⅲ类和Ⅱ类,表明农村型湿地水质较

优。城郊型 TP 和 TN 浓度为 0.10 mg·L⁻¹和 0.67
mg·L⁻¹,达到Ⅱ类和Ⅲ类水质标准;TP 浓度与农村
型湿地差别不大,而 TN 浓度比农村型湿地高 0.22
mg·L⁻¹,表明城郊型湿地水质良好,但受到一定的
人为干扰。城市型湿地 TP 和 TN 高达 0.32 mg·L⁻¹
和 1.59 mg·L⁻¹,分别为Ⅴ类和Ⅳ水质标准,城市型
湿地水质明显劣于农村型与城郊型。

表 4 不同类型湿地集水区内水质分异特征/mg·L⁻¹
Table 4 Water quality differentiation characteristics of different types of wetland catchment area/mg·L⁻¹

分类	指标	平均值	标准差	变异系数/%	变化范围	水质类别 ¹⁾
农村型	TP	0.11	0.04	40.28	0.04~0.18	Ⅲ
	TN	0.45	0.22	49.13	0.13~0.76	Ⅱ
城郊型	TP	0.10	0.04	37.55	0.05~0.17	Ⅱ
	TN	0.69	0.34	48.54	0.09~1.20	Ⅲ
城市型	TP	0.32	0.10	32.50	0.12~0.49	Ⅴ
	TN	1.59	0.55	34.40	0.96~2.53	Ⅳ

1) 水质类别参考地表水环境质量标准 GB 3838-2002

2.2.2 不同类型湿地水质时间与季节差异

从各类型湿地 TP 和 TN 浓度时间变化来看,具
有明显差异性(如图 2)。农村型湿地水质指标都比
较稳定,TP 和 TN 浓度变化范围分别为 0.04~0.18
mg·L⁻¹和 0.13~0.76 mg·L⁻¹,水质较优,水质波动

较小;城市型湿地水质变化最为显著,TP 浓度变化
在 0.12~0.49 mg·L⁻¹范围内,TN 浓度变化范围为
0.96~2.53 mg·L⁻¹,波动起伏大,且水质最差;而
城郊型湿地水质变化状况居中。

从湿地水质干湿季变化特征来看(图 3),各类

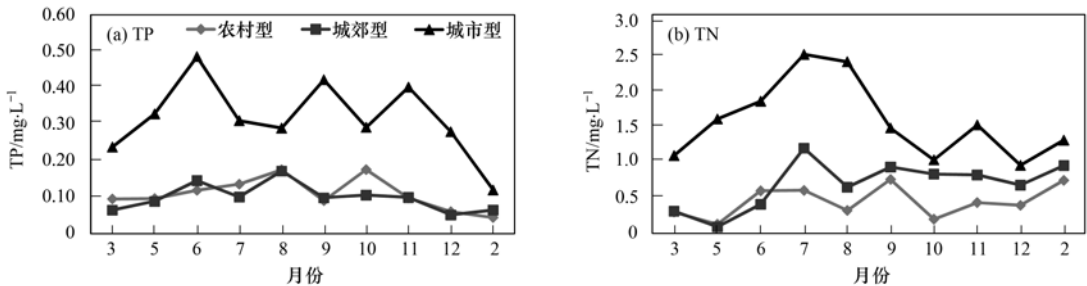


图 2 湿地水质变化趋势
Fig. 2 Quality trends of wetland water

型湿地 TP 和 TN 浓度均表现为湿季大于干季. 对 TP 而言,农村型湿季大于干季为 55.6%,城郊型湿地为 75%,而城市型湿地为 20%,农村型与城郊型湿地 TP 浓度干湿季差异较城市型明显;对 TN 而言,农村型湿地 TN 浓度变化为湿季大于干季 21.43%,城郊型

湿地为 13.64%,农村型与城郊型 TN 浓度干湿季节变化不太明显,而城市型湿地干湿季差异最为突出, TN 浓度湿季大于干季 76.74%,这可能与城市型湿地集水区不透水面积大(其比例达 46.75%),湿地水质主要受城市非点源影响有关.

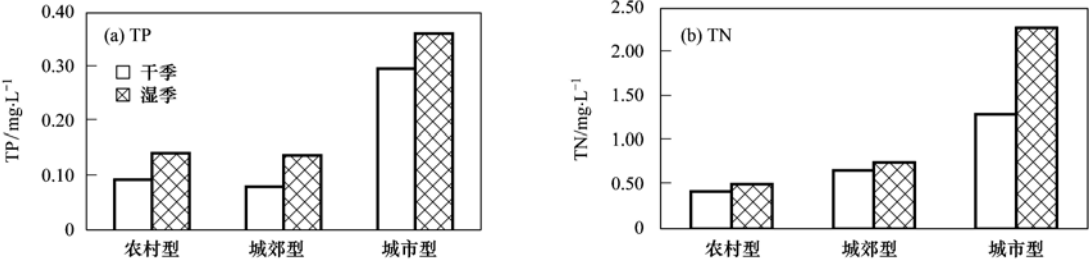


图 3 湿地水质干湿季变化
Fig. 3 Changes of wetlands' water quality in dry and wet seasons

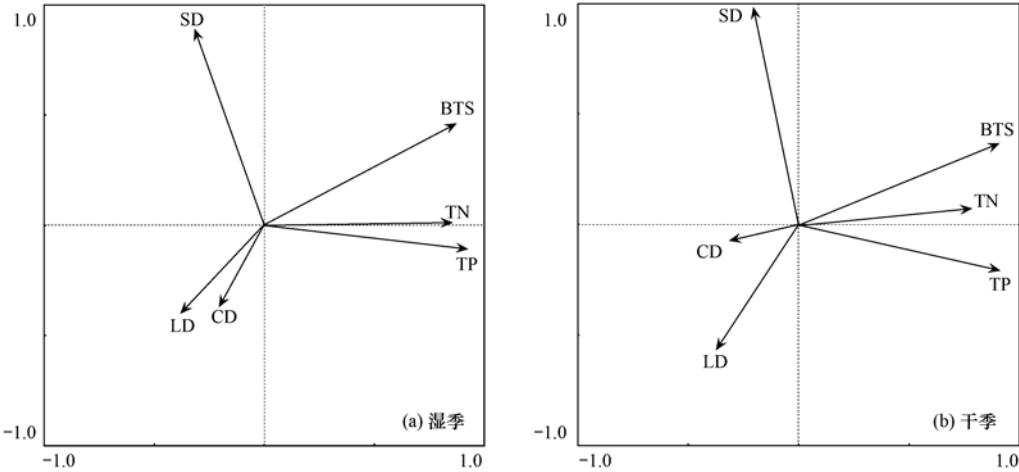
2.3 土地利用类型和格局与湿地水质的关系

2.3.1 土地利用类型与湿地水质的关系

冗余分析是一种基于排序技术的线性分析方法,能够从统计学角度评价一个或一组变量与另一组多变量数据之间的关系,其优势在于能够独立保持各个环境变量(土地利用)对水质变化的贡献率,能有效地对多个解释变量进行统计检验,其二维排

序图直观地展现了水质参数与土地利用类型及构成之间的关系. 因此本研究采用冗余分析法来研究土地利用类型与湿地水质的关系^[22~24].

利用 canoco for windows 软件对 TN、TP 浓度与 4 种土地利用类型进行 RDA 分析,结果见图 4. 可以看出,不同水质指标与土地利用类型相关性及强度与干湿季存在一定的关系.



SD. 湿地; LD. 林地; CD. 草地; BTS. 不透水用地
图 4 土地利用类型与湿地水质的 RDA 分析
Fig. 4 RDA analysis of land use types and wetland water quality

不论湿季和干季,TP 和 TN 浓度均与不透水用地呈显著正相关,与草地、林地和湿地均表现为负相关,表明集水区尺度内不透水性用地是湿地水质污染的主要贡献者. 由于不透水地面阻碍水体下渗,增加地表降雨径流速度,导致径流量增加和污染浓度升高,从而引起水质退化. 林地、湿地和草地与各水质指标呈负相关关系,表明林地、湿地以及

草地的分布有助于净化水质. 湿地水质指标的负相关性较草地、林地显著,表明湿地自身净化水质的能力对改善水质具有显著的正效应.

2.3.2 土地利用格局与水质的关系

从土地利用格局与湿地 TN、TP 浓度关系来看,不同格局指数对湿地水质的影响存在一定的差异性(图 5).

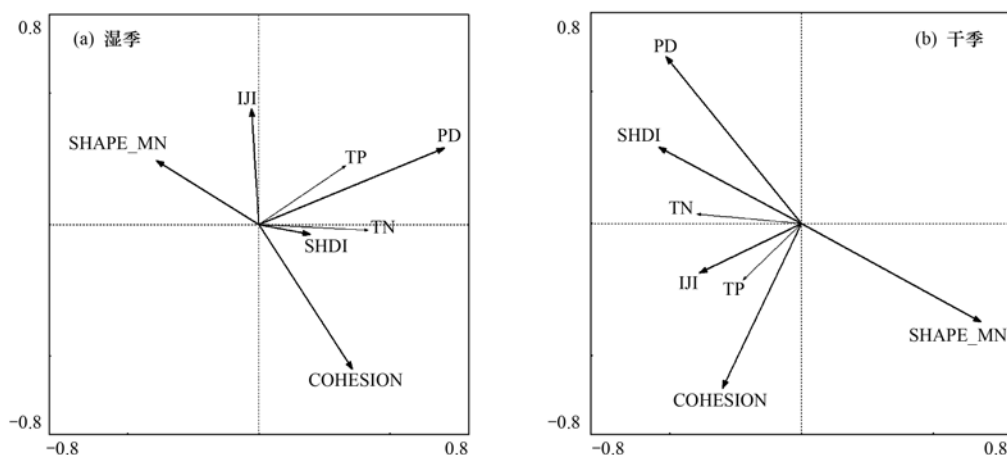


图5 土地利用格局与湿地水质的 RDA 分析

Fig. 5 RDA analysis of land use pattern and water quality in wetlands

在湿季, TP、TN 浓度与平均斑块形状指数 (SHAPE_MN) 呈负相关, 与斑块密度 (PD)、多样性指数 (SHDI) 为正相关。除此之外, TP 浓度和散布与并列指数 (IJI) 为正相关, 与斑块结合度指数 (COHESION) 不相关。而 TN 浓度与 IJI 为负相关, 与 COHESION 为正相关。在干季, TP、TN 浓度与各景观指数的关系跟湿季有所不同。TP、TN 浓度与 SHAPE_MN 呈负相关, 与 PD、SHDI、IJI 以及 COHESION 为正相关。

干湿季土地利用格局对水质的影响主要反映在 IJI 与 TN 浓度的关系。IJI 可以描述景观分离度, 高的 IJI 表明该区域内各斑块类型的空间邻接分布越复杂。湿季降雨丰富, 易形成径流, 污水随径流经过各种土地利用类型时, 复杂的空间邻接分布将有利于对污水的截留, 从而净化水质。

3 讨论

3.1 土地利用类型对水质的影响

土地利用类型与湿地水质之间存在着较为显著的相关关系, 不同土地利用类型对湿地水质的作用有所不同。不透水用地比例与 TP 和 TN 浓度均呈显著正相关, 表明区域不透水用地对湿地水质具有负效应。南京仙林新市区受到城市化影响, 人类干扰不断增强, 随着城市用地面积的扩大, 不透水面逐渐增加, 降低了城市径流的渗透, 增加了径流量, 同时人类活动导致城市生活污水聚集性释放, 径流污染物浓度升高, 最终导致湿地水质的污染和恶化。

林地、湿地和草地与 TP 和 TN 浓度的负相关性表明林地、湿地和草地具有削减污染物的效用。许多研究表明, 林地可以减少降雨径流对土壤的侵蚀

程度, 并降低径流中污染物的浓度, 从而起到净化水质的作用。而湿地本身具有一定的自净能力, 可以降解和转化污染物, 对改善水质具有正效应。湿地集水区内草地一般分布于湖岸边, 数量较小, 且分布不集中, 但对径流产生的污染物具有一定的截留和削减作用。

随着仙林新市区的不断发展, 不透水面仍将继续增加, 并不断减少湿地、林地和草地的面积, 从而造成湿地水质的污染、恶化等问题。因此, 为保护湿地水环境, 促进人类可持续发展, 应尽量增加和保护林地、湿地和草地等净化水质的景观类型, 同时控制不透水用地的面积。

3.2 土地利用格局对水质的影响

湿地水质同时还受土地利用格局影响。本研究中 TP、TN 浓度与平均斑块形状 (SHAPE_MN) 有显著负相关性。SHAPE_MN 反映斑块形状的复杂性, SHAPE_MN 越高, 平均斑块形状越复杂, 越有利于净化湿地水质, 因此对改善水质有正效应。

斑块密度 (PD) 反映了景观的破碎化程度。高的 PD 意味着景观的破碎化程度越严重, 人类干扰程度也越强, 湿地水质污染的风险也越高。多样性指数 (SHDI) 则反映景观的异质性, 高的 SHDI 表明较为丰富的景观多样性和更高强度的人类干扰, 对水质的影响也越大。斑块结合度指数 (COHESION) 反映的是斑块之间的连通性。高的 COHESION 意味着斑块之间良好的连通性, 容易将地面沉积物带入湿地生态系统中, 对湿地水质的影响也就越显著。

散布与并列指数 (IJI) 对湿地可以描述景观分离度, 高的 IJI 表明该区域内各斑块类型的空间邻接分布越复杂, TP、TN 浓度往往较高。但在本研究

中,IJI 在湿季时对 TN 浓度具有负效应,表明湿季时,复杂的空间邻接分布将有利于降低 TN 浓度.这可能与湿季降水较丰富,易形成地表径流,污染物在迁移过程中被其他斑块拦截,从而在一定程度上起到净化水质的作用.

本研究区随着城市化进程的不断发展,人类活动的干扰程度不断加强,改变了湿地生态系统周边的土地利用结构和格局.人类干扰导致景观破碎化程度加强、景观多样性增加,斑块之间连通性也增大,同时各斑块类型分布越复杂,从而对湿地水环境质量产生重要影响.因此,合理配置景观空间格局,科学规划土地利用,减少建筑用地、道路等不透水性土地利用类型的大面积集中分布,可以减少非点源污染物的输出,同时增加设置林地、湿地、草地等的面积,并减少人类的干扰,促进其转化、截留径流污染物,从而改善湿地水质.

4 结论

(1)城市化区域不同类型湿地水质差异明显.农村型湿地受城市化影响最小,TN、TP 浓度低,季节波动较小,水质最优,城郊型次之;而城市型湿地因为受到较强的人为干扰,集水区中不透水用地比例大,其 TN、TP 浓度高,季节波动大,水质最差.

(2)各类型湿地水质受季节差异的影响,农村型湿地 TP、TN 浓度季节变化为湿季大于干季;城郊型湿地 TP 浓度为湿季大于干季,TN 浓度干湿季差异不明显;城市型湿地 TP 和 TN 浓度明显增高,且湿季大于干季.

(3)城市湿地 TN、TP 浓度既受土地利用类型影响,又与土地利用空间格局关系密切.从土地利用类型来看,不论湿季和干季,各水质指标均与不透水用地呈显著正相关,与草地、林地和湿地均表现为负相关,其中湿地与水质指标的负相关性较草地、林地显著.在土地利用格局方面,TP、TN 浓度在干季和湿季均与平均斑块形状呈负相关,与斑块密度、多样性指数为正相关.干湿季土地利用格局对水质的影响主要反映在 IJI 与 TN 浓度的关系,即在湿季为负相关,干季为正相关.

参考文献:

- [1] 张殷俊,陈爽,相景昌.河流近域土地利用格局与水质相关性分析——以巢湖流域为例[J].长江流域资源与环境,2011,20(9):1054-1061.
- [2] 郝敬锋,刘红玉,胡俊纳,等.不同土地利用类型对城市湿地水质的影响——以南京市紫金山山间小流域湿地为例[J].南京师大学报(自然科学版),2010,33(1):125-129.
- [3] 胡和兵,刘红玉,郝敬锋,等.南京市九乡河流域土地利用程度空间异质性分析[J].地球信息科学学报,2012,14(5):627-634.
- [4] 安静,刘红玉,郝敬锋,等.快速城市化对南京东郊景观结构与格局的影响[J].生态学杂志,2012,31(2):421-425.
- [5] 杨柳,马克明,郭青海,等.城市化对水体非点源污染的影响[J].环境科学,2004,25(6):32-39.
- [6] 郝敬锋,刘红玉,胡俊纳,等.南京东郊城市湿地水质多尺度空间分异[J].应用生态学报,2010,21(7):1799-1804.
- [7] 郝敬锋,刘红玉,胡俊纳,等.城市湿地小流域尺度景观空间分异及其对水体质量的影响——以南京市紫金山东郊典型湿地为例[J].生态学报,2010,30(15):4154-4161.
- [8] 郝敬锋,刘红玉,胡和兵,等.南京市湿地水质对城市化影响强度的响应研究[J].环境科学,2012,33(7):2259-2264.
- [9] 胡和兵,刘红玉,郝敬锋,等.南京市九乡河流域景观格局空间分异对河流水质的影响[J].环境科学,2012,33(3):794-801.
- [10] 郝敬锋.城市化区域景观多功能特征与湿地水环境效应研究——以南京仙林新市区为例[D].南京:南京师范大学,2012.
- [11] 胡和兵.城市化背景下流域土地利用变化及其对河流水质影响研究[D].南京:南京师范大学,2013.
- [12] 岳隽,王仰麟,李贵才,等.深圳市西部库区景观格局与水质的关联特征[J].应用生态学报,2008,19(1):203-207.
- [13] 郭青海,马克明,张易,等.城市土地利用异质性对湖泊水质的影响[J].生态学报,2009,29(2):776-787.
- [14] 杨莎莎,汤萃文,刘丽娟,等.流域尺度上河流水质与土地利用的关系[J].应用生态学报,2013,24(7):1953-1961.
- [15] 黄金良,李青生,洪华生,等.九龙江流域土地利用/景观格局-水质的初步关联分析[J].环境科学,2011,32(1):64-72.
- [16] 张大伟,李杨帆,孙翔,等.入太湖河流武进港的区域景观格局与河流水质相关性分析[J].环境科学,2010,31(8):1765-1783.
- [17] 王瑛,张建锋,陈光才,等.太湖流域典型入湖港口景观格局对河流水质的影响[J].生态学报,2012,32(20):6422-6430.
- [18] 赵军,杨凯,邵俊,等.区域景观格局与地表水环境质量关系研究进展[J].生态学报,2011,31(11):3180-3189.
- [19] 刘松波.滇池流域土地利用变化与入湖河流水质关系研究[J].环境科学导刊,2013,32(2):42-44.
- [20] 孙金华,曹晓峰,黄艺.滇池流域土地利用对入湖河流水质的影响[J].中国环境科学,2011,31(12):2052-2057.
- [21] 曹晓峰,孙金华,黄艺.滇池流域土地利用景观空间格局对水质的影响[J].生态环境学报,2012,21(2):264-369.
- [22] 周文,刘茂松,徐驰,等.太湖流域河流水质状况对景观背景的响应[J].生态学报,2012,32(16):5043-5053.
- [23] 宋萍,齐伟,徐柏琪,等.胶东山区景观格局与环境因子关系研究——以山东省栖霞市为例[J].中国生态农业学报,2013,21(3):386-392.
- [24] 董旭辉,羊向东,刘恩峰,等.冗余分析(RDA)在简化湖泊

沉积指标体系中的应用——以太白湖为例[J]. 地理研究, 2007, 26(3): 477-484.

[25] 夏歆, 李云梅, 王桥, 等. 基于遥感的无锡市土地利用与过境水质响应关系的研究[J]. 地理科学, 2010, 30(1): 129-133.

[26] 于兴修, 杨桂山, 王瑶. 土地利用/覆被变化的环境效应研究进展与动向[J]. 地理科学, 2004, 24(5): 627-633.

[27] 权瑞松, 刘敏, 侯立军, 等. 土地利用动态变化对地表径流的影响——以上海浦东新区为例[J]. 灾害学, 2009, 24(1): 44-49.

[28] 黄沈发, 王敏, 车越, 等. 平原河网地区水源地水质对土地利用变化的响应——以黄浦江上游水源地为例[J]. 生态与农村环境学报, 2006, 22(4): 14-19.

[29] 杨柳, 马克明, 郭青海, 汉阳非点源污染控制区划[J]. 环境科学, 2006, 27(1): 31-36.

[30] 岳隽, 王仰麟, 李正国, 等. 河流水质时空变化及其受土地利用影响的研究——以深圳市主要河流为例[J]. 水科学进展, 2006, 17(3): 359-364.

《环境科学》再获“百种中国杰出学术期刊”称号

2013 年 9 月 27 日,中国科技论文统计结果发布会在北京举行,会议公布了“百种中国杰出学术期刊”获奖名单.《环境科学》连续 12 次荣获“百种中国杰出学术期刊”称号.“百种中国杰出学术期刊”是根据中国科技学术期刊综合评价指标体系进行评定.该体系利用总被引频次、影响因子、基金论文比、他引总引比等多个文献计量学指标进行统计分析,对期刊分学科进行评比,其评价结果客观公正,为我国科技界公认,并具有广泛影响.

CONTENTS

Chemical Characteristics in Airborne Particulate Matter (PM ₁₀) During a High Pollution Spring Dust Storm Episode in Beijing, Tianjin and Zhangjiakou, China	LIU Qing-yang, LIU Yan-ju, ZHAO Qiang, <i>et al.</i> (2843)
Distribution of Atmospheric Ultrafine Particles During Haze Weather in Hangzhou	CHEN Qiu-fang, SUN Zai, XIE Xiao-fang (2851)
Effect of Meteorological Factors on Characteristics of PCDD/F Pollution in Guangzhou	DU Guo-yong, SU Yuan, REN Ming-zhong, <i>et al.</i> (2857)
Atmospheric CO ₂ Data Filtering Method and Characteristics of the Molar Fractions at the Longfengshan WMO/GAW Regional Station in China	LUAN Tian, ZHOU Ling-xi, FANG Shuang-xi, <i>et al.</i> (2864)
Influence of Atmospheric Transport on Air Pollutant Levels at a Mountain Background Site of East China	SU Bin-bin, XU Ju-yang, ZHANG Ruo-yu, <i>et al.</i> (2871)
Determining the Concentration of Coating Solution Attaching to Honeycomb Denuder in Summer in Tianjin	ZHANG Shi-jian, JI Ya-qin, ZHANG Lei-bo, <i>et al.</i> (2878)
Characterization of Lead Size Distributions with Different Process in Lead-Zinc Smelter	LIANG Jun-ning, LI Wen-hui, GE Yi, <i>et al.</i> (2883)
Effect of KI Modified Clay on Elemental Mercury Removal Efficiency	SHEN Bo-xiong, CHEN Jian-hong, CAI Ji, <i>et al.</i> (2890)
Characteristics of Odors and VOCs from Sludge Direct Drying Process	CHEN Wen-he, DENG Ming-jia, LUO Hui, <i>et al.</i> (2897)
Research of Early-warning Method for Regional Groundwater Pollution Based on Risk Management	BAI Li-ping, WANG Ye-yao, GUO Yong-li, <i>et al.</i> (2903)
Dynamic Response of Riverine Nitrate Flux to Net Anthropogenic Nitrogen Inputs in A Typical River in Zhejiang Province over the 1980-2010 Period	ZHANG Bai-fa, CHEN Ding-jiang (2911)
Research on the Influence of Urban Land Use Structure and Pattern on Nitrogen, Phosphorus of Wetland Water Environment in Xianlin New Town of Nanjing	CAI Chun-xiao, LIU Hong-yu, LI Yu-feng, <i>et al.</i> (2920)
Profile Nutrient Distribution and Sedimentary Characteristics in Typical Marshes of Sanjiang Plain	LI Rui-li, CHAI Min-wei, QIU Guo-yu, <i>et al.</i> (2928)
Source and Contamination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Surface Soil in Karst Underground River Basin	LAN Jia-cheng, SUN Yu-chuan, SHI Yang, <i>et al.</i> (2937)
Diel Variations of Hydrochemistry and Influencing Factors in a Surface Stream in Subtropical Karst Area, SW China	ZHANG Tao, PU Jun-bing, YUAN Dao-xian, <i>et al.</i> (2944)
Hydrogen and Oxygen Isotopes of Lake Water and Geothermal Spring Water in Arid Area of South Tibet	XIAO Ke, SHEN Li-cheng, WANG Peng (2952)
Preliminary Research on the Feature of Dissolved Inorganic Carbon in Wulixia Reservoir in Summer, Guangxi, China	LIU Wen, PU Jun-bing, YU Shi, <i>et al.</i> (2959)
Distribution of Heavy Metals in Xiangsi River Valley of Tongling, China	CHEN Li-wei, XU Xiao-chun, WANG Jun, <i>et al.</i> (2967)
Volume Fraction of Gas Vesicle and Floating Characteristics of Cyanobacteria in Taihu Lake Under Different Pressures	WANG Wei, CONG Hai-bing, XU Ya-jun, <i>et al.</i> (2974)
Degradation of Dimethyl Phthalate by Ti(IV)-catalyzed O ₃ /H ₂ O ₂ Under Acidic Conditions	GAO Yan, SHEN Tong-dong, CHEN Yao, <i>et al.</i> (2980)
Influence of Inorganic Ions and Humic Acid on the Removal of Pb(II) and Hg(II) in Water by Zero-Valent Iron	SHI Qiu-ling, ZHOU Xin, ZHANG Jin-zhong, <i>et al.</i> (2985)
Synthesis of Hydroxyapatite/Magnetite/Zeolite Composite for Congo Red Removal from Aqueous Solution	FANG Qiao, LIN Jian-wei, ZHAN Yan-hui, <i>et al.</i> (2992)
Corrosion of Stainless Steel 201, 304 and 316L in the Simulated Sewage Pipes Reactor	BAO Guo-dong, ZUO Jian-e, WANG Ya-jiao, <i>et al.</i> (3002)
Experimental Study of Adhesion Properties Between Membrane Surface and Humic Acid During Microfiltration	WANG Lei, WANG Lei, HUANG Dan-xi, <i>et al.</i> (3007)
Coating Modification of Anthracite Substrates in Vertical-flow Constructed Wetlands by LDHs Synthesized from Different Metal Compounds and the Nitrogen Removal Efficiencies	ZHANG Xiang-ling, GUO Lu, CHEN Jun-jie, <i>et al.</i> (3012)
Atrazine Wastewater Treatment in a SPC Membrane-Aerated Genetically Engineered Microorganism Biofilm Reactor	LIU Chun, GONG Peng-fei, XIAO Tai-min, <i>et al.</i> (3018)
Influencing Factors for Operational Performance of a Biofilm Reactor with Microbubble Aeration Using SPG Membrane	ZHANG Lei, ZHANG Ming, LIU Chun, <i>et al.</i> (3024)
Variations in the Active Characteristics of Sludge During the Operation of an Aerobic Membrane Bioreactor and Their Effects on Membrane Fouling	CHEN Xuan, TANG Bing, ZHANG Zi, <i>et al.</i> (3031)
Effects of Anaerobic Feeding Period on Nitrifying Granular	LIU Wen-ru, YIN Fang-fang, WANG Jian-fang, <i>et al.</i> (3038)
Influencing Factors of Sludge Liquor Treatment in UASBB	LI Ya-feng, MA Chen-xi, ZHANG Chi (3044)
Background Values of As and Hg in Surface Dusts in the Vicinity of Kaifeng City and Their Application	CHEN Yan-fang, MA Jian-hua, DONG Yun-wu, <i>et al.</i> (3052)
Concentrations and Health Risks of Toxic Metals in Surface Dust in Kindergartens of Beijing	DUAN Heng-yi, WU Ya-tao, WANG Jue, <i>et al.</i> (3060)
Polychlorinated Biphenyls in House Dust at an E-waste Site and Urban Site in the Pearl River Delta, Southern China; Sources and Human Exposure and Health Risks	ZHU Zhi-cheng, CHEN She-jun, DING Nan, <i>et al.</i> (3066)
Responses of Soil Total Organic Carbon and Dissolved Organic Carbon to Simulated Nitrogen Deposition in Temperate Typical Steppe in Inner Mongolia, China	QI Yu-chun, PENG Qin, DONG Yun-she, <i>et al.</i> (3073)
Effects of Different Fertilizer Species on Carbon and Nitrogen Leaching in a Reddish Paddy Soil	LIU Xi-yu, ZOU Jing-dong, XU Li-li, <i>et al.</i> (3083)
Effects of Low Molecular Weight Organic Acids on Speciation of Exogenous Cu in an Acid Soil	HUANG Guo-yong, FU Qing-ling, ZHU Jun, <i>et al.</i> (3091)
Evaluation of Compounding EDTA and Citric Acid on Remediation of Heavy Metals Contaminated Soil	YIN Xue, CHEN Jia-jun, CAI Wen-min (3096)
Soil Biochemical Characteristics in Different Ecological Systems and Their Relationships with Soil Respiration and N ₂ O Emission	CHEN Ling, FAN Hui, JIANG Jing-yang (3102)
Contribution of Different Processes in Wetland Soil N ₂ O Production in Different Restoration Phases of the Yellow River Estuary, China	SUN Wen-guang, SUN Zhi-gao, GAN Zhuo-ting, <i>et al.</i> (3110)
Effects of Combined Applications of Pig Manure and Chemical Fertilizers on CH ₄ and N ₂ O Emissions and Their Global Warming Potentials in Paddy Fields with Double-Rice Cropping	WANG Cong, SHEN Jian-lin, ZHENG Liang, <i>et al.</i> (3120)
Influence of Ozone on Snap Bean Under Ambient Air in Two Sites of Northern China	YUAN Xiang-yang, ZHANG Wei-wei, SUN Jing-song, <i>et al.</i> (3128)
Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis Influences the Biological Effects of Nano-ZnO on Maize	WANG Wei-zhong, WANG Fa-yuan, LI Shuai, <i>et al.</i> (3135)
Effect of Arbuscular Mycorrhizae on Growth, Heavy Metal Uptake and Accumulation of <i>Zenia insignis</i> Chun Seedlings	LI Xia, PENG Xia-wei, WU Song-lin, <i>et al.</i> (3142)
Effects of Phosphorus-containing Substances on Arsenic Uptake by Rice	LEI Ming, ZENG min, LIAO Bo-han, <i>et al.</i> (3149)
Ecotoxicological Effect and Soil Environmental Criteria of the Heavy Metal Chromium(VI)	WANG Xiao-nan, LIU Zheng-tao, WANG Wan-hua, <i>et al.</i> (3155)
Promotion Effects of Vitamin B ₁₂ on the Degradation of 2,4,4'-Trichlorobiphenyl by <i>Nostoc</i> PD-2	LIU Jia-yu, XIAO Wen-feng, LU Li-ping, <i>et al.</i> (3162)
Isolation, Identification and Characterization of a Diethylstilbestrol-degrading Bacterial Strain <i>Serratia</i> sp.	XU Ran-fang, SUN Min-xia, LIU Juan, <i>et al.</i> (3169)
Distribution of Polybrominated Diphenyl Ethers in Wild Crucian Carp and Exposure Estimation of Dietary Intake	WANG Jun-xia, WANG Chun-yan, LIU Li-li, <i>et al.</i> (3175)
Cloning of Full-length cDNA of HMGR from <i>Gobiocypris rarus</i> and Analysis of Its Expression Profiles in Male Exposed to Pentachlorophenol	DENG Chuan, MAO Si-yu, XIONG Li, <i>et al.</i> (3183)
Effects of Algae and Kaolinite Particles on the Survival of Bacteriophage MS2	HE Qiang, WU Qing-qing, MA Hong-fang, <i>et al.</i> (3192)
Adsorption Kinetics and Mechanism of Lead(II) on Polyamine-Functionalized Mesoporous Activated Carbon	LI Kun-quan, WANG Yan-jin, YANG Mei-rong, <i>et al.</i> (3198)
Influence of Biological Activated Carbon Dosage on Landfill Leachate Treatment	CUI Yan-rui, GUO Yan, WU Qing, <i>et al.</i> (3206)
Effect of Economic Structure Adjustment on Pollution Emission: A Case Study of COD	LI Ming-sheng, ZHOU Lei, CHEN Yuan-hang, <i>et al.</i> (3212)
Reasons for the Changes in Anthropogenic Lead Flows of China	MA Lan, MAO Jian-su (3219)
Discussion on Reduction Potential of CH ₄ Emission Intensity for Early Off-take Practice of Grazing Yak	WANG Shi-ping, Andreas Wilkes, WANG Ya-yun, <i>et al.</i> (3225)
Review of Dual Stable Isotope Technique for Nitrate Source Identification in Surface- and Groundwater in China	XU Zhi-wei, ZHANG Xin-yu, YU Gui-rui, <i>et al.</i> (3230)

《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)

2014年8月15日 第35卷 第8期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 35 No. 8 Aug. 15, 2014

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