

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第34卷 第7期

Vol.34 No.7

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

唐山市大气颗粒物 OC/EC 浓度谱分布观测研究	郭育红, 辛金元, 王跃思, 温天雪, 李杏茹, 封孝信 (2497)
北京东灵山地区主要大气污染物浓度变化特征	于阳春, 胡波, 王跃思 (2505)
奥运前期与奥运期间北京市大气细颗粒物特征比较分析	张菊, 欧阳志云, 苗鸿, 王效科, 任玉芬, 宋文质 (2512)
华东森林及高山背景区域臭氧变化特征及影响因素	苏彬彬 (2519)
北京市居家空气微生物粒径及分布特征研究	方治国, 孙平, 欧阳志云, 刘芄, 孙力, 王小勇 (2526)
民用燃煤源中多环芳烃排放因子实测及其影响因素研究	海婷婷, 陈颖军, 王艳, 田崇国, 林田 (2533)
醇类汽油车醇醛酮、芳香烃和烯烃类排放的试验研究	张凡, 王建海, 王小臣, 王建昕 (2539)
微波解吸-催化燃烧净化甲苯研究	曹晓强, 张浩, 黄学敏 (2546)
生物滴滤池对 BTEX 的去除及相应细菌群落分析	李建军, 廖东奇, 许玫英, 孙国萍 (2552)
炼油厂废水处理站挥发性羰基化合物成分谱研究	周博宇, 刘旺, 王伯光, 周咪, 黄青, 周磊 (2560)
春季东、黄海溶解甲烷的分布和海气交换通量	曹兴朋, 张桂玲, 马啸, 张国玲, 刘素美 (2565)
千岛湖湖泊区水体季节性分层特征研究	董春颖, 虞左明, 吴志旭, 吴春金 (2574)
新安江流域土地利用结构对水质的影响	曹芳芳, 李雪, 王东, 赵越, 王玉秋 (2582)
长江中下游草型湖泊浮游植物群落及其与环境因子的典范对应分析	孟睿, 何连生, 过龙根, 席北斗, 李中强, 舒俭民, 刁晓君, 李必才 (2588)
河口盐度梯度下溶解态核酸的微生物可利用性	杨青青, 李朋辉, 黄清辉 (2597)
水藻暴发的影响因素定量化研究初步	张卓, 宋志尧, 黄昌春, 俞肇元 (2603)
深水型水库藻类功能组时空演替及生境变化的影响	卢金锁, 胡亚潘 (2611)
结合水体光学分类反演太湖总悬浮物浓度	周晓宇, 孙德勇, 李云梅, 李俊生, 龚绍琦 (2618)
Subwet 模型在人工湿地设计中的应用	李慧峰, 黄津辉, 林超 (2628)
白洋淀荷茎叶提取液对铜绿微囊藻及四尾栅藻化感效应	何连生, 孟繁丽, 刁晓君, 李一葳, 孟睿, 席北斗, 舒俭民 (2637)
苦草 (<i>Vallisneria spiralis</i>) 对城市缓流河道黑臭底泥理化性质的影响	许宽, 刘波, 王国祥, 马久远, 曹勋, 周峰 (2642)
铁屑-微生物协同还原去除水体中 Cr(VI) 研究	汤洁, 王卓行, 徐新华 (2650)
铁铜催化剂非均相 Fenton 降解苯酚及机制研究	杨岳主, 李玉平, 杨道武, 段锋, 曹宏斌 (2658)
不同形态无机氮对水中微量药物安替比林光降解效能影响	赵倩, 陈超, 封莉, 张立秋 (2665)
邻苯二甲酸二甲酯的紫外光-H ₂ O ₂ 降解机制研究	刘青, 陈成, 陈泓哲, 杨绍贵, 何欢, 孙成 (2670)
二胺基改性有序多孔 SBA-15 对溶液中 Cd ²⁺ 离子的吸附研究	张萌, 杨亚提, 秦睿, 王力, 张增强, 李忠宏, 李荣华, 孟昭福 (2677)
酸化蛭石的表面有机修饰及其对疏水性微污染物的吸附	蒋争明, 于旭彪, 胡芸, 任源, 李雪辉, 韦朝海 (2686)
基于废陶瓷的多孔陶瓷研制及其对 Ni ²⁺ 的吸附性能	张永利, 王承智, 史册, 尚玲玲, 马瑞, 董婉莉 (2694)
树皮支持的厌氧生物法去除地下水中的高氯酸盐	王蕊, 刘菲, 陈楠, 陈鸿汉 (2704)
Cr(VI) 污染地下水修复的 PRB 填料实验研究	朱文会, 董良飞, 王兴润, 翟亚丽 (2711)
化学沉淀法去除稀土湿法冶炼废水中钙与高浓度氨氮研究	王浩, 成官文, 宋晓薇, 徐子涵, 蒙金结, 董传强 (2718)
镍铁尾矿硫酸浸出动力学研究	陈安安, 周少奇, 黄鹏飞 (2729)
HRT 对 A ² O 工艺中典型多环麝香迁移转化的影响	刘鹏程, 黄满红, 陈东辉, 陈亮 (2735)
发酵液作为 EBPR 碳源的动力学模拟	张超, 陈银广 (2741)
强化污泥利用水解反应器改善碳源与污泥减量作用研究	熊娅, 王强, 宋英豪, 朱民, 林秀军 (2748)
污泥胞外聚合物的提取方法及其对污泥脱水性能的影响	周俊, 周立祥, 黄焕忠 (2752)
不同粒径铁铝泥对砷(Ⅲ)的吸附效果	林璐, 胥嘉瑞, 吴昊, 王昌辉, 裴元生 (2758)
我国畜禽粪便污染的区域差异与发展趋势分析	仇焕广, 廖绍攀, 井月, 栾江 (2766)
浙北平原富硒土壤资源区硒来源的定量分离	徐明星, 潘卫丰, 岑静, 马学文 (2775)
三江平原土地利用方式变化对土壤锰形态影响	张仲胜, 吕宪国, 宋晓林 (2782)
吉林前郭水田土壤有机碳垂直分布规律和储量研究	汤洁, 张雯辉, 李昭阳, 张楠, 胡猛 (2788)
关中地区农田土壤有机碳固存速率及影响因素: 以陕西武功县为例	张晓伟, 许明祥 (2793)
三峡库区不同林草措施土壤活性有机碳及抗蚀性研究	黄茹, 黄林, 何丙辉, 周立江, 于传, 王峰 (2800)
土壤自养微生物同化碳向土壤有机碳库输入的定量研究: ¹⁴ C 连续标记法	史然, 陈晓娟, 吴小红, 简燕, 袁红朝, 葛体达, 隋方功, 童成立, 吴金水 (2809)
西南丘陵区保护性耕作下小麦农田土壤呼吸及影响因素分析	张赛, 张晓雨, 王龙昌, 罗海秀, 周航飞, 马仲炼, 张翠微 (2815)
丹江口水库迁建区土壤有机氯农药的分布特征及风险评价	李子成, 秦延文, 郑丙辉, 张雷, 赵艳民, 时瑶 (2821)
农药企业场地苯系物污染风险及调控对策	庞博, 王铁宇, 杜立宇, 谭冰, 朱朝云, 吕永龙 (2829)
水分管理对硫铁镉在水稻根区变化规律及其在水稻中积累的影响	张雪霞, 张晓霞, 郑煜基, 王荣萍, 陈能场, 卢普相 (2837)
硝酸盐对沉积物中有机物氧化减量及微生物群落结构的影响	刘近, 邓代永, 孙国萍, 刘永定, 许玫英 (2847)
零价铁对脱色希瓦氏菌 S12 偶氮还原的促进作用	周庆, 陈杏娟, 郭俊, 孙国萍, 许玫英 (2855)
2 株好氧反硝化菌的筛选及其强化贫营养生物膜脱氮效果	全向春, 岑艳, 钱殷 (2862)
反硝化聚磷菌快速富集、培养及其荧光原位杂交技术鉴别	刘立, 汤兵, 黄绍松, 付丰连, 张启泰, 黎健彬, 罗建中 (2869)
1 株反硝化除磷菌的鉴定及其反硝化功能基因研究	张倩, 王弘宇, 桑穗姣, 李孟, 杨开, 马放 (2876)
1 株高效 BBP 降解菌的分离与特性研究	陈湖星, 杨雪, 张凯, 钟秋, 郭佳, 王攀, 熊丽, 刘德立 (2882)
微生物-化学水解联合作用下烟嘧磺隆的降解	张小林, 李咏梅, 袁志文 (2889)
扑草净降解菌的分离、筛选与鉴定及降解特性初步研究	周际海, 孙向武, 胡锋, 李辉信 (2894)
固定化 <i>Lysinibacillus cresolovorans</i> 的 PVA-SA-PHB-AC 复合载体制备及间甲酚的降解	李婷, 任源, 韦朝海 (2899)
生物破乳菌 <i>Alcaligenes</i> sp. S-XJ-1 表面活性物质提取与其破乳特性分析	黄翔峰, 张树聪, 彭开彰, 陆丽君, 刘佳 (2906)
A ² O 工艺活性污泥中可培养丝状细菌的多样性	高莎, 金德才, 赵志瑞, 齐嵘, 彭霞薇, 白志辉 (2912)
生活垃圾堆肥渗滤液污染物组成与演化规律研究	李丹, 何小松, 席北斗, 魏自民, 潘红卫, 赵国鹏, 崔东宇 (2918)
专辑征稿通知 (2551) 《环境科学》征稿简则 (2685) 《环境科学》征订启事 (2868) 信息 (2875)	

新安江流域土地利用结构对水质的影响

曹芳芳¹, 李雪¹, 王东², 赵越², 王玉秋^{1*}

(1. 南开大学环境科学与工程学院, 天津 300071; 2. 环境保护部环境规划院, 北京 100012)

摘要:以新安江上游流域为研究区域,用该流域2010年5月TM遥感影像图作为底图,通过实地野外调查获取了新安江流域的土地利用图。运用ArcGIS的水文、空间分析功能,将流域划分为8个子流域,并分析各子流域的土地利用结构。根据2010年1~12月的水质监测数据,分析TN、TP、高锰酸盐指数、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、粪大肠菌群的时空变化特征,以及与土地利用结构之间的定量关系。结果表明,TN和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 有明显的时间变化特征,为枯时期>丰水期>平水期,而其他几种指标没有明显的时间变化。在空间上,整体上呈现出渔梁、浦口污染最为严重。流域内土地利用结构与水质之间的相关关系表现为:耕地、水体、建筑用地起源作用,林地、草地起汇作用。在年度上看,耕地对TN、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、高锰酸盐指数影响最大,草地对TP影响最大;不同水期上,枯水期和丰水期,对各指标影响最大的土地利用类型为耕地,在平水期,对TN、TP、粪大肠菌群影响最大的土地利用类型分别为耕地、草地、林地。

关键词:土地利用结构;水质;聚类分析;时空变化;多元线性回归;新安江流域

中图分类号:X52 文献标识码:A 文章编号:0250-3301(2013)07-2582-06

Effects of Land Use Structure on Water Quality in Xin'anjiang River

CAO Fang-fang¹, LI Xue¹, WANG Dong², ZHAO Yue², WANG Yu-qiu¹

(1. College of Environmental Science and Engineering, Nankai University, Tianjin 300071, China; 2. Chinese Academy for Environmental Planning, Beijing 100012, China)

Abstract: Take Xin'anjiang upstream watershed as a case study. Based on data of interpreting TM orthophoto images and water quality monitoring in May 2010, the land use map of Xin'anjiang River, which was categorized to cultivated land, forestland, grassland, water body, building site, was obtained. Using ArcGIS hydrological and spatial analysis function, Xin'anjiang River was divided into eight sub-watersheds, and its watershed land use structure was analyzed. The water quality parameters such as TN, TP, permanganate index, fecal coliform bacteria were monitored from Jan 2010 to Dec 2010. The relations between water quality and land use were analyzed. The results showed that TN and $\text{NH}_4^+\text{-N}$ had a significant temporal variation: dry season > wet season > normal river flow period, but other parameters did not vary significantly. In the space, Yuliang and Pukou were the most serious pollution sites. Cultivated land, water body, building site had a positive impact on water quality parameters, while there were negative correlation between the forestland and grassland. Annually, cultivated land had the most significantly important effect on TN, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ and permanganate index, and grassland had the most significantly important effect on TP. Cultivated land had the most prominently important impact on water quality parameters in dry season and wet season. What's more, in the normal river flow, cultivated land, grassland and forestland had the most remarkably important influence on TN, TP and fecal coliform bacteria respectively.

Key words: land use structure; water quality; cluster analysis; temporal and spatial variation; multiple linear regression; Xin'anjiang River

土地利用和水质之间的定量关系可以用来表征土地利用发展状况^[1~4]。土地利用方式不仅可以反映人类活动情况,并且还是影响非点源污染的最重要因素^[5,6],水土流失、城市膨胀、农药化肥过量使用等等都可以形成非点源污染,然而大量研究表明土地利用方式不合理是造成非点源污染恶化的关键^[7,8],除此之外,不适当的农田管理模式也会导致土壤侵蚀和过量的氮磷随地表径流流失,最终形成了对地表水的大面积非点源污染^[9,10],非点源污染排放的氮磷,是水体中发生富营养化的主要来源^[11]。受纳水体水质主要受土地利用方式的影响^[12,13],因此,可以通过改变土地利用方式来控制

非点源污染^[6,11,14],这样,不仅可以制定有效的土地管理措施,而且还可以改善水质状况。

2010年中国环境公报表明:全国地表水污染依然较严重,七大水系总体为轻度污染,湖泊(水库)富营养化问题突出,近岸海域水质总体为轻度污染。新安江是目前全国为数不多的健康河流之一^[15]。位于新安江流域下游的新安江水库即千岛湖,其水质备受外界关注,新安江流域上游来水通过街口流

收稿日期:2012-10-17;修订日期:2012-12-06

基金项目:环境保护部环境规划院水污染防治综合项目(2012A012)

作者简介:曹芳芳(1987~),女,硕士研究生,主要研究方向为水污染控制与防治,E-mail:caoff0216@yahoo.cn

* 通讯联系人,E-mail:yqwang@nankai.edu.cn

入位于浙江省杭州西郊淳安县的新安江水库。因此,千岛湖水质在很大程度上取决于上游新安江的来水质量。关注新安江流域水质,改善新安江上游的环境质量,这对千岛湖水质保护至关重要。鉴于此,本研究选取新安江上游流域的 8 个省控监测断面,对其水质进行监测,分析新安江水质指标时空变化情况,以及不同土地利用类型对水质的影响,旨在为水污染防治,优化土地利用方式,有效保护新安江流域的生态和环境,以及非点源污染控制提供可靠依据。

1 研究地区概况

新安江流域位于 117°38′~118°56′E,29°25′~30°16′N 之间,发源于安徽黄山,地跨黄山市屯溪区、徽州区、歙县全部,休宁县、黟县、祁门县和宣城市绩溪县的部分,西北以黄山山脉与长江水系为邻,东南以天目山脉和白际山脉与浙江、江西两省接壤。流域总面积为12 100 km²,全长 373 km,流经安徽和浙江两个省份,在安徽省境内为6 400 km²,浙江境内5 700 km²。新安江源头和主要干流都在黄山市及宣城市绩溪县境内,是新安江的上游区域。该流域属于湿润季风气候,年平均降雨量为1 760 mm,径流量 112.6 亿 m³,大多集中在 4 月和 7 月之间。

新安江水库即千岛湖建于 1959 年,位于浙江西部(29°22′~29°50′N,118°34′~119°15′E),总面积 982 km²,是目前中国最大的国家级森林公园。千岛湖一半以上的入湖水量、58% 的集雨面积都在安徽境内。

2 研究方法

2.1 监测点布置

根据新安江上游流域开发情况,黄山市环境监测站在新安江河道上布设了 8 个监测断面,见表 1,开展了水质监测工作。

表 1 新安江各监测断面

Table 1 Water quality monitoring sections of Xin'anjiang River	
编码	断面名称
1	黄山林校
2	市自来水厂
3	黄口
4	篁墩
5	渔梁
6	浦口
7	南源口
8	街口

2.2 土地利用图获取及各个子流域土地利用结构分析

本研究利用 2010 年 5 月美国陆地卫星 Landsat TM 遥感图获得的研究区土地利用图。在 Erdas Imagine 8.5 和 ArcGIS 9.3 等地理信息系统软件的支持下,以 1:50 000 的地形图为准进行人机交互解译。根据研究目标以及遥感影像的精度,将土地利用类型分为耕地、林地、草地、水体、建筑用地 5 类,最后,通过野外测量和实际调查,对解译结果进行校正,最终获得新安江流域的土地利用类型(图 1)。基于新安江流域的 DEM 图,在 ArcGIS 的 Hydrology 中提取流域的河网水系并以 8 个省控监测站点为基准,将其分割为 8 个子流域,结合全流域土地利用现状图,获得各小流域不同土地利用类型的面积和相应的百分比,作为进一步分析土地利用结构对新安江水质影响的基础。

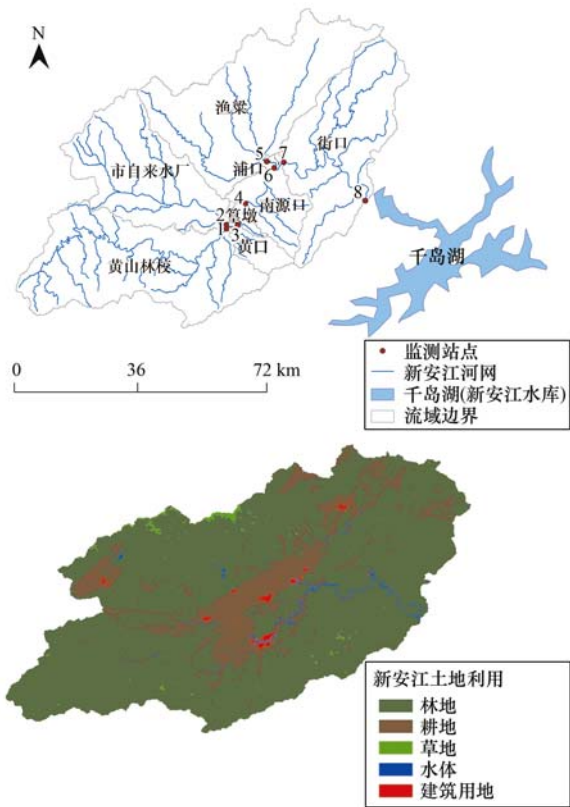


图 1 新安江流域监测站点图和土地利用现状
Fig. 1 Sampling sites and land uses in Xin'anjiang River

2.3 水样的采集和测定

新安江流域土地利用类型以林地和耕地为主,农业非点源污染是决定地表水水质的主要因素^[16, 17]。因此选取 TN、TP、高锰酸盐指数、NH₄⁺-N、粪大肠菌群五大水质指标作为水污染状况的水质指标,采样时间为 2010 年,每月进行一次采

样. 采集的水质指标按照地表水环境质量标准(GB 3838-2002)方法进行测定与分析.

2.4 土地利用类型与水质的相关性分析

土地利用类型和水质指标之间的关系采用 Spearman 相关分析. 土地利用结构影响流域水质, 以新安江流域的土地利用类型为自变量, 以河流水质指标为因变量, 本研究选用指数模型来表征它们之间的关系^[18, 19].

$$NPS_i = \alpha \cdot \exp(\beta_1 \text{耕地}_i + \beta_2 \text{林地}_i + \beta_3 \text{草地}_i + \beta_4 \text{水体}_i + \beta_5 \text{建筑用地}_i)$$

式中, NPS_i 为流域中测定的水质指标; α 为常数; $\beta_1 \sim \beta_5$ 分别表示 5 种土地利用类型面积比例与水质指标之间的相关性, 当 β 为正值时, 表明该土地利用类型对这种污染物起“源”的作用, 如果 β 为负值, 表明此土地利用类型对该污染物起“汇”的作用^[20, 21]. 将水质数据进行 $\ln(x)$ 转化, 运用 SPSS 进行多元逐步回归分析, 计算土地利用结构对水质指标的影响, 在模型中出现的变量都具有统计显著性.

3 结果与讨论

3.1 土地利用结构分析

各个子流域内土地利用类型及其数量统计见图 2. 从中可知, 新安江流域整体土地利用类型以林地和耕地为主, 占总面积的 80% 以上. 而在各个子流域内, 土地利用数量结构几乎没有发生变化, 都是以林地和耕地为主, 土地利用结构单一. 其中, 6 号子流域耕地面积比例最大, 为 35.77%, 8 号子流域耕

地面积百分比最小, 为 5.67%.

3.2 新安江水质指标的不同水期变化特征

各监测站不同水期的水质浓度变化情况见图 3. 从中可知, TN 和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 在枯水期、平水期和丰水期的变化情况一致, 都是枯水期 > 丰水期 > 平水期. 因为在枯水期, 雨量较少, 水流缓慢, 河流自净能力相应降低^[21, 22], 故 TN 和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 在这一时期浓度最高. 高锰酸盐指数、TP 和粪大肠菌群在不同的监测点没有一致的变化规律, 但是, 总体在空间上都表现为 5 和 6 号监测点污染最为严重, 结合图 2 可知, 这可能与当地土地利用面积比例及土地利用的空间分布有关.

3.3 新安江水质指标的空间分布特征

根据新安江 2010 年每月的采样数据进行聚类分析, 聚类方法选用广泛应用的层次聚类法^[23], 采用 Ward 法生成如下聚类树, 以此进行采样点的空间相似性分析, 聚类结果见图 4.

由图 4 可知, 当所有监测站点聚为 3 组时, 8 号组成第一组; 1、2、3、4、7 号组成第二组; 5、6 号是第三组. 结合图 3, 分析可得, 第一组属于低污染区; 第二组为中污染区; 第三组归为高污染区. 8 号位于街口断面, 相对于其他点位而言, 耕地面积最小, 林地面积较大, 植被覆盖率高, 受人类活动干扰较小, 故污染程度较低. 第二组的 5 个采样点中, 其中 3、4 号位于屯溪附近, 受到当地工业和城镇生活污水的影响; 7 号采样点虽然有来自重污染区(5、6 号)的上游来水, 但是由于得益于歙县山区支流水的稀释作用, 改善了下流水质^[24]; 重污染区 5、6 号采样点, 是所有监测点位中耕地面积最大的两个点位, 除此之外, 它们还受到周围工业和城镇生活污水的影响, 导致水质最差, 污染最为严重.

3.4 新安江土地利用结构对水质的影响分析

3.4.1 土地利用类型对水质的影响

土地利用和水质之间的关系, 已经受到广泛关注. 将 8 个子流域中水质指标的年平均浓度与对应流域的土地利用类型面积比例的 Spearson 相关分析结果列于表 2. 从中可以看出, 林地和草地与 TN、TP、高锰酸盐指数、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、粪大肠菌群呈负相关, 这是由于林地和草地一方面可以通过植物根部的截留作用来减少污染物的地表径流, 在这一过程林地、草地对水质指标起汇作用, 另一方面, 林地和草地面积的增加反而引起耕地和建筑用地的减少, 污染物经过陆域传输衰减之后也相应减少^[19, 25~29].

耕地、水体和建筑用地与 TN、TP、高锰酸盐指

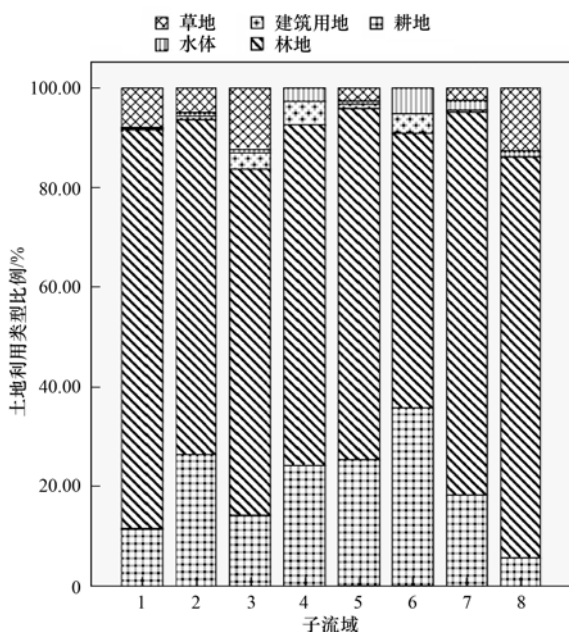


图 2 子流域土地利用所占比例

Fig. 2 Proportion of different land uses in all watershed

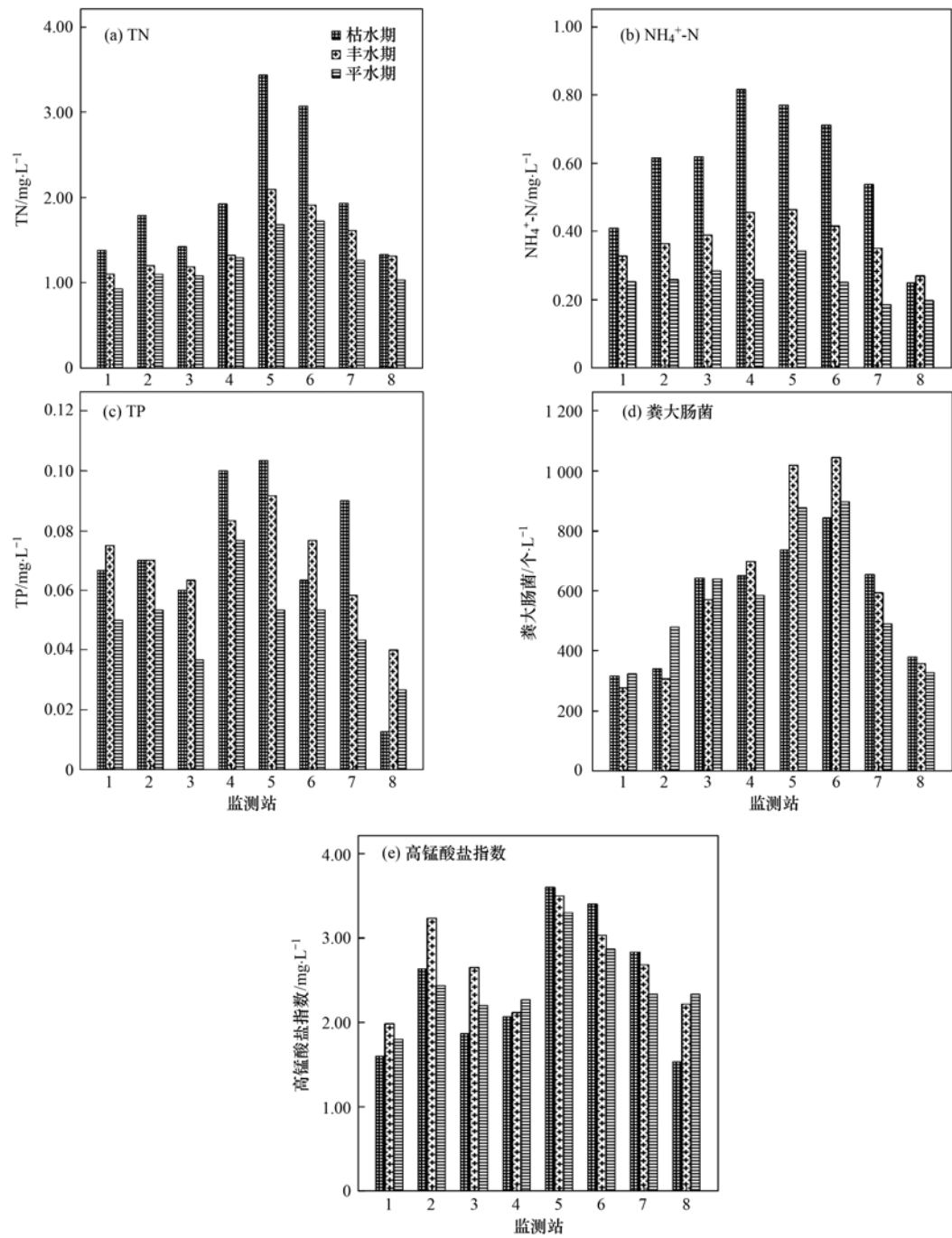


图3 新安江流域水质监测指标柱状分布图

Fig. 3 Column charts of water quality indices in Xin'anjiang River

表2 土地利用类型与水质指标的 Spearman 相关分析¹⁾

Table 2 Spearman correlation analysis between land use types and water quality parameters					
Spearman 相关系数	TN	TP	NH ₄ ⁺ -N	高锰酸盐指数	粪大肠菌群
耕地	0.714 *	0.595	0.690	0.833 *	0.714 *
林地	-0.405	-0.476	-0.643	-0.595	-0.667
草地	-0.719 *	-0.766 *	-0.635	-0.479	-0.695
水体	0.500	0.167	0.286	0.190	0.619
建筑用地	0.429	0.643	0.857 **	0.429	0.833 *

1) *、** 分别表示显著性水平为 0.05、0.01

数、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、粪大肠菌群呈正相关,起到了源的作用. 其中,除 TP 和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 之外,耕地与其他指标显著正相关. 各种农业活动包括农药化肥的施用、降雨冲刷、地表径流,而农药不可能完全被植物吸收,最终通过不同形式进入水体,造成不同程度的污染. 建筑用地与 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、粪大肠菌群显著正相关.

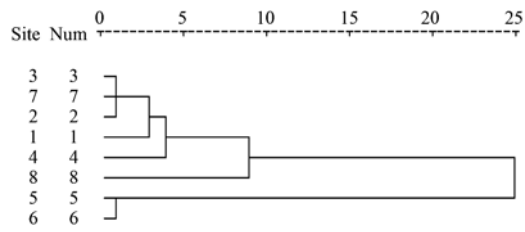


图 4 8 个监测站点水质指标年均值聚类结果
Fig. 4 Dendrogram showing spatial clustering of water quality parameters

3.4.2 土地利用结构对水质的影响

在不同水期,对水质指标浓度与土地利用结构进行逐步多元回归分析,分析结果见表 3.

表 3 土地利用结构与非点源污染输出的逐步多元回归分析
Table 3 Regression analysis between land use structure and water quality index

阶段	回归分析	R	P
全年	$\ln(\text{NH}_4^+\text{-N}) = -1.326 + 1.929 \text{ 耕地}$	0.775	0.024
	$\ln(\text{TN}) = -0.002 + 2.046 \text{ 耕地}$	0.736	0.037
	$\ln(\text{高锰酸盐指数}) = 0.5813 + 0.017 \text{ 耕地}$	0.741	0.035
	$\ln(\text{TP}) = -2.513 - 4.851 \text{ 草地}$	0.748	0.033
枯水期	$\ln(\text{NH}_4^+\text{-N}) = -1.248 + 3.293 \text{ 耕地}$	0.812	0.014
	$\ln(\text{TN}) = 0.034 + 3.062 \text{ 耕地}$	0.823	0.012
	$\ln(\text{高锰酸盐指数}) = 0.264 + 2.878 \text{ 耕地}$	0.839	0.009
丰水期	$\ln(\text{NH}_4^+\text{-N}) = -1.266 + 1.411 \text{ 耕地}$	0.753	0.031
平水期	$\ln(\text{粪大肠菌群}) = 9.009 - 3.817 \text{ 林地}$	0.806	0.029
	$\ln(\text{TN}) = -0.164 + 1.858 \text{ 耕地}$	0.797	0.018
	$\ln(\text{TP}) = -2.782 - 5.045 \text{ 草地}$	0.824	0.012

从表 3 中可知,进入多元逐步回归模型中的,起显著作用的自变量有耕地、林地和草地,这表明,在新安江流域土地利用结构中,耕地、林地和草地对 TN、TP、高锰酸盐指数、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 以及粪大肠菌群的空间影响最大. 所有回归方程中,自变量耕地的系数都为正值,而林地和草地的系数均为负值,这和“源-汇”理论相吻合. 在新安江流域,建筑用地、林地、草地虽然和水质指标有较好的相关性,但是,耕地对流域的污染贡献作用更大. 所以,水体和建筑用地没有进入回归模型,林地、草地也很少进入回归模型.

在土地利用空间结构上,8 个监测点位中,5 和 6 号点位污染最为严重,这是因为 5 和 6 号监测点

位对应的土地利用结构中污染物重要污染源耕地、建筑用地最为集中. 由表 2 可知,耕地、建筑用地等土地利用类型起源的作用,并且它们与各个指标浓度都有较好的相关性,但是建筑用地却没有进入回归模型,这与土地利用的空间结构有关. 在新安江流域,建筑用地多分布在离流域较远的地方,离河流两岸较近的土地利用类型为耕地、林地、草地. 这导致在整个新安江流域土地利用结构中,汇土地利用类型草地、林地和源土地利用类型耕地起主导作用.

在枯水期和丰水期,建立了 TN、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和高锰酸盐指数的回归方程,对它们浓度影响最大的是耕地,这是因为在枯水时期,会种植冬小麦油菜等冬季作物,化肥农药施肥量会有所增加,导致含氮化肥流失;在丰水期,主要来自农田排水的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的受耕地活动影响较大.

而在平水期,只有 TN、TP、粪大肠菌群建立了回归方程,对 TN 起主导作用的土地利用类型为耕地,对粪大肠菌群影响较大的土地利用类型是林地,而 TP 则是草地. 因为在平水期,水量较枯水期大,一些污染物在径流过程中被草地、林地截留吸收.

4 结论

(1)对新安江上游流域进行监测,除了 TN 超标外,TP、高锰酸盐指数、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和粪大肠菌群都达到了二级标准;在不同水期,氮素还有明显的变化特征,枯水期 > 丰、水期 > 平水期,而其他指标则没有明显的变化特征. 在空间上,5 和 6 号监测点位污染严重,故可以根据他们的时空变化特征,对污染物进行控制.

(2)将新安江流域内的土地利用类型分为 5 类,发现新安江流域土地利用类型以林地和耕地为主,其中耕地、水体和建筑用地对水质指标起源作用,其中耕地和建筑用地对一些指标达到显著水平,林地和草地起汇作用.

(3)在不同水期,土地利用结构对水质指标输出浓度影响不同. 在年际尺度上看,对氮素和高锰酸盐指数影响最大的是耕地,对 TP 影响最大的是草地;在枯水期,对氮素和高锰酸盐指数影响最大的土地利用类型还是耕地;在丰水期,耕地对 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 影响最大;在平水期,草地对 TP 影响最大,耕地对 TN 影响最大,林地对粪大肠菌群影响最大,除此之外,土地利用类型的空间分布情况也会影响回归模型的结果.

参考文献:

- [1] Pratt B, Chang H. Effects of land cover, topography, and built structure on seasonal water quality at multiple spatial scales[J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2012, **209-210**: 48-58.
- [2] Reimann C, Finne T E, Nordgulen Φ , *et al.* The influence of geology and land-use on inorganic stream water quality in the Oslo region, Norway [J]. *Applied Geochemistry*, 2009, **24** (10): 1862-1874.
- [3] Cunningham M A, Menking K M, Gillikin D P, *et al.* Influence of open space on water quality in an urban stream[J]. *Physical Geography*, 2010, **31**(4): 336-356.
- [4] Tran C P, Bode R W, Smith A J, *et al.* Land-use proximity as a basis for assessing stream water quality in New York State (USA) [J]. *Ecological Indicators*, 2010, **10**(3): 727-733.
- [5] 张亚丽, 李怀恩. 土地利用关系法在非点源污染负荷预测中的应用[J]. *中国农学通报*, 2009, **25**(17): 270-273.
- [6] 孟晓云, 于兴修, 泮雪芹. 云蒙湖流域土地利用变化对非点源氮污染负荷的影响[J]. *环境科学*, 2012, **33**(6): 1789-1794.
- [7] 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.
- [8] 郑一, 王学军. 非点源污染研究的进展与展望[J]. *水科学进展*, 2002, **13**(1): 105-110.
- [9] 吕唤春, 薛生国, 方志发, 等. 千岛湖流域不同土地利用方式对氮和磷流失的影响[J]. *中国地质*, 2004, **31**(Z1): 112-117.
- [10] 陈利顶, 傅伯杰. 农田生态系统管理与非点源污染控制[J]. *环境科学*, 2000, **21**(2): 98-100.
- [11] 郎海鸥, 王文杰, 王维, 等. 基于土地利用变化的小江流域非点源污染特征[J]. *环境科学研究*, 2010, **23**(9): 1158-1166.
- [12] 郭青海, 马克明, 杨柳. 城市非点源污染的主要来源及分类控制对策[J]. *环境科学*, 2006, **27**(11): 2170-2175.
- [13] Changnon S A, Demissie M. Detection of changes in streamflow and floods resulting from climate fluctuations and land use-drainage changes[J]. *Climatic Change*, 1996, **32**(4): 411-421.
- [14] 王秀娟, 刘瑞民, 何孟常. 土地利用及其变化对松辽流域非点源污染影响研究[J]. *地理科学*, 2009, **29**(4): 555-560.
- [15] 程蔚. 低碳高新让经济发展与生态保护齐头并进——谈新安江流域生态保护[J]. *安徽科技*, 2011, (6): 32-33.
- [16] 李俊然, 陈利顶, 郭旭东, 等. 土地利用结构对非点源污染的影响[J]. *中国环境科学*, 2000, **20**(6): 506-510.
- [17] 鲍全盛, 王华东. 我国水环境非点源污染研究与展望[J]. *地理科学*, 1996, **16**(1): 66-72.
- [18] 王娇, 马克明, 张育新, 等. 土地利用类型及其社会经济特征对河流水质的影响[J]. *环境科学学报*, 2012, **32**(1): 57-65.
- [19] Basnyat P, Lawrence D, Teeter L D, *et al.* Relationships between landscape characteristics and nonpoint source pollution inputs to coastal estuaries [J]. *Environmental Management*, 1999, **23**(4): 539-549.
- [20] 陈利顶, 傅伯杰, 赵文武. “源”“汇”景观理论及其生态学意义[J]. *生态学报*, 2006, **26**(5): 1444-1449.
- [21] 杨峰, 王鹏举, 杨珊珊, 等. 城郊农业区小流域土地利用结构对氮素输出的影响[J]. *环境科学*, 2012, **33**(8): 2652-2658.
- [22] 单保庆, 营宇翔, 唐文忠, 等. 北运河下游典型河网区水体中氮磷分布与富营养化评价[J]. *环境科学*, 2012, **33**(2): 352-358.
- [23] 张旋, 王启山, 于森, 等. 基于聚类分析和水质标识指数的水质评价方法[J]. *环境工程学报*, 2010, **4**(2): 476-480.
- [24] 柯来章, 阎伍玖. 黄山市新安江流域水环境质量评价与管理措施[J]. *资源开发与市场*, 2007, **23**(1): 7-9, 52.
- [25] Slival L, Williams D D. Buffer zone versus whole catchment approaches to studying land use impact on river water quality [J]. *Water Research*, 2001, **35**(14): 3462-3472.
- [26] Moreno J L, Navarro C, De las Heras J. Abiotic ecotypes in south-central Spanish rivers: reference conditions and pollution [J]. *Environmental Pollution*, 2006, **143**(3): 388-396.
- [27] Wang X. Integrating water-quality management and land-use planning in a watershed context [J]. *Journal of Environmental Management*, 2001, **61**(1): 25-36.
- [28] 夏翥, 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.
- [29] 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.

CONTENTS

Observation of Size Distribution of Atmospheric OC/EC in Tangshan, China	GUO Yu-hong, XIN Jin-yuan, WANG Yue-si, <i>et al.</i> (2497)
Changing Characteristics of the Main Air Pollutants of the Dongling Mountain in Beijing	YU Yang-chun, HU Bo, WANG Yue-si (2505)
Characteristic Comparative Study of Particulate Matters in Beijing Before and During the Olympics	ZHANG Ju, OUYANG Zhi-yun, MIAO Hong, <i>et al.</i> (2512)
Characteristics and Impact Factors of O ₃ Concentrations in Mountain Background Region of East China	SU Bin-bin (2519)
Studies on the Size Distribution of Airborne Microbes at Home in Beijing	FANG Zhi-guo, SUN Ping, OUYANG Zhi-yun, <i>et al.</i> (2526)
Emission Factors of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Residential Coal Combustion and Its Influence Factors	HAI Ting-ting, CHEN Ying-jun, WANG Yan, <i>et al.</i> (2533)
Experimental Research on Alcohols, Aldehydes, Aromatic Hydrocarbons and Olefins Emissions from Alcohols Fuelled Vehicles	ZHANG Fan, WANG Jian-hai, WANG Xiao-cheng, <i>et al.</i> (2539)
Combination Process of Microwave Desorption-Catalytic Combustion for Toluene Treatment	CAO Xiao-qiang, ZHANG Hao, HUANG Xue-min (2546)
Removal of BTEX by a Biotrickling Filter and Analysis of Corresponding Bacterial Communities	LI Jian-jun, LIAO Dong-qi, XU Mei-ying, <i>et al.</i> (2552)
Source Profile of Volatile Carbonyl Compounds in Wastewater Treatment Plant of an Oil Refinery	ZHOU Bo-yu, LIU Wang, WANG Bo-guang, <i>et al.</i> (2560)
Distribution and Air-Sea Fluxes of Methane in the Yellow Sea and the East China Sea in the Spring	CAO Xing-peng, ZHANG Gui-ling, MA Xiao, <i>et al.</i> (2565)
Study on Seasonal Characteristics of Thermal Stratification in Lacustrine Zone of Lake Qiandao	DONG Chun-ying, YU Zuo-ming, WU Zhi-xu, <i>et al.</i> (2574)
Effects of Land Use Structure on Water Quality in Xin'anjiang River	CAO Fang-fang, LI Xue, WANG Dong, <i>et al.</i> (2582)
Canonical Correspondence Analysis Between Phytoplankton Community and Environmental Factors in Macrophtic Lakes of the Middle and Lower Reaches of Yangtze River	MENG Rui, HE Lian-sheng, GUO Long-gen, <i>et al.</i> (2588)
Microbial Bioavailability of Dissolved Nucleic Acids Across the Estuarine Salinity Gradient	YANG Qing-qing, LI Peng-hui, HUANG Qing-hui (2597)
Elementary Quantitative Study on Factors of Phytoplankton Bloom	ZHANG Zhuo, SONG Zhi-yao, HUANG Chang-chun, <i>et al.</i> (2603)
Spatiotemporal Succession of Algae Functional Groups and the Influence of Environment Change in a Deep-water Reservoir	LU Jin-suo, HU Ya-pan (2611)
Hyperspectral Remote Sensing of Total Suspended Matter Concentrations in Lake Taihu Based on Water Optical Classification	ZHOU Xiao-yu, SUN De-yong, LI Yun-mei, <i>et al.</i> (2618)
Application of Subwet Model in the Design of Constructed Wetland	LI Hui-feng, HUANG Jin-hui, LIN Chao (2628)
Allelopathic Effect of <i>Nelumbo nucifera</i> Stem and Leaf Tissue Extract on the Growth of <i>Microcystis aeruginosa</i> and <i>Scenedesmus quadricauda</i>	HE Lian-sheng, MENG Fan-li, DIAO Xiao-jun, <i>et al.</i> (2637)
Influence of <i>Vallisneria spiralis</i> on the Physicochemical Properties of Black-odor Sediment in Urban Sluggish River	XU Kuan, LIU Bo, WANG Guo-xiang, <i>et al.</i> (2642)
Removal of Cr(VI) by Iron Filings with Microorganisms to Recover Iron Reactivity	TANG Jie, WANG Zhuo-xing, XU Xin-hua (2650)
Degradation of Phenol with a Fe/Cu-Catalytic Heterogeneous-Fenton Process	YANG Yue-zhu, LI Yu-ping, YANG Dao-wu, <i>et al.</i> (2658)
Effect of Different Forms of Inorganic Nitrogen on the Photodegradation of Antipyrine in Water	ZHAO Qian, CHEN Chao, FENG Li, <i>et al.</i> (2665)
Degradation Mechanisms of Dimethyl Phthalate in the UV-H ₂ O ₂ System	LIU Qing, CHEN Cheng, CHEN Hong-zhe, <i>et al.</i> (2670)
Adsorption of Cd ²⁺ Ions in Aqueous by Diamine-Modified Ordered Mesoporous SBA-15 Particles	ZHANG Meng, YANG Ya-ti, QIN Rui, <i>et al.</i> (2677)
Surface Organic Modification of Acid Vermiculite and Its Adsorption of Hydrophobic Micro Pollutants in Aqueous Solutions	JIANG Zheng-ming, YU Xu-biao, HU Yun, <i>et al.</i> (2686)
Preparation of Porous Ceramics Based on Waste Ceramics and Its Ni ²⁺ Adsorption Characteristics	ZHANG Yong-li, WANG Cheng-zhi, SHI Ce, <i>et al.</i> (2694)
Perchlorate Removal from Underground Water by Anaerobic Biological Reduction with Bark	WANG Rui, LIU Fei, CHEN Nan, <i>et al.</i> (2704)
Experimental Study on the Remediation of Chromium Contaminated Groundwater with PRB Media	ZHU Wen-hui, DONG Liang-fei, WANG Xing-run, <i>et al.</i> (2711)
Removal of Calcium and High-strength Ammonia Nitrogen from the Wastewater of Rare-earth Elements Hydrometallurgical Process by Chemical Precipitation	WANG Hao, CHENG Guan-wen, SONG Xiao-wei, <i>et al.</i> (2718)
Leaching Kinetics of Josephinite Tailings with Sulfuric Acid	CHEN An-an, ZHOU Shao-qi, HUANG Peng-fei (2729)
Effects of HRT on Fate of Typical Polycyclic Musk by A ² O Process	LIU Peng-cheng, HUANG Man-hong, CHEN Dong-hui, <i>et al.</i> (2735)
Kinetic Simulation of Enhanced Biological Phosphorus Removal with Fermentation Broth as Carbon Source	ZHANG Chao, CHEN Yin-guang (2741)
Effluent Carbon Source Improvement and Sludge Reduction by Hydrolysis Reactor with Enhanced Sludge Utilization	XIONG Ya, WANG Qiang, SONG Ying-hao, <i>et al.</i> (2748)
Optimization of Extracellular Polymeric Substance Extraction Method and Its Role in the Dewaterability of Sludge	ZHOU Jun, ZHOU Li-xiang, WONG Woo-chung (2752)
Effectiveness of Arsenite Adsorption by Ferric and Alum Water Treatment Residuals with Different Grain Sizes	LIN Lu, XU Jia-rui, WU Hao, <i>et al.</i> (2758)
Regional Differences and Development Tendency of Livestock Manure Pollution in China	QIU Huan-guang, LIAO Shao-pan, JING Yue, <i>et al.</i> (2766)
Quantitative Partitioning of Soil Selenium in the Selenium-Rich Area of Northern Zhejiang Plain	XU Ming-xing, PAN Wei-feng, CENG Jing, <i>et al.</i> (2775)
Effects of Land Use on Manganese Distribution and Fractions in Wetland Soil of Sanjiang Plain, Northeast China	ZHANG Zhong-sheng, LU Xian-guo, SONG Xiao-lin (2782)
Research on Vertical Distribution Pattern and Reserve of Organic Carbon in Paddy Field Soil of Qianguo, Jilin	TANG Jie, ZHANG Wen-hui, LI Zhao-yang, <i>et al.</i> (2788)
Soil Organic Carbon Sequestration Rate and Its Influencing Factors in Farmland of Guanzhong Plain; A Case Study in Wugong County, Shanxi Province	ZHANG Xiao-wei, XU Ming-xiang (2793)
Effects of Biological Regulated Measures on Active Organic Carbon and Erosion-Resistance in the Three Gorges Reservoir Region Soil	HUANG Ru, HUANG Lin, HE Bing-hui, <i>et al.</i> (2800)
Quantifying Soil Autotrophic Microbes-Assimilated Carbon Input into Soil Organic Carbon Pools Following Continuous ¹⁴ C Labeling	SHI Ran, CHEN Xiao-juan, WU Xiao-hong, <i>et al.</i> (2809)
Analysis of Soil Respiration and Influence Factors in Wheat Farmland Under Conservation Tillage in Southwest Hilly Region	ZHANG Sai, ZHANG Xiao-yu, WANG Long-chang, <i>et al.</i> (2815)
Distribution Characteristics and Risk Evaluation of Organochlorine Pesticides in Soil from Relocation Areas of the Danjiangkou Reservoir	LI Zi-cheng, QIN Yan-wen, ZHENG Bing-hui, <i>et al.</i> (2821)
Risk Assessment and Countermeasure of BTEX in Pesticide Factory	PANG Bo, WANG Tie-yu, DU Li-yu, <i>et al.</i> (2829)
Accumulation of S, Fe and Cd in Rhizosphere of Rice and Their Uptake in Rice with Different Water Managements	ZHANG Xue-xia, ZHANG Xiao-xia, ZHENG Yu-ji, <i>et al.</i> (2837)
Effects of Nitrate on Organic Removal and Microbial Community Structure in the Sediments	LIU Jin, DENG Dai-yong, SUN Guo-ping, <i>et al.</i> (2847)
Zero-Valent Iron-Enhanced Azoreduction by the <i>Shewanella decolorationis</i> S12	ZHOU Qing, CHEN Xing-juan, GUO Jun, <i>et al.</i> (2855)
Isolation, Identification of Two Aerobic Denitrifiers and Bioaugmentation for Enhancing Denitrification of Biofilm Under Oligotrophic Conditions	QUAN Xiang-chun, CEN Yan, QIAN Yin (2862)
Rapid Enrichment and Cultivation of Denitrifying Phosphate-Removal Bacteria and Its Identification by Fluorescence <i>in situ</i> Hybridization Technology	LIU Li, TANG Bing, HUANG Shao-song, <i>et al.</i> (2869)
Identification of a Denitrifying Polyphosphate-accumulating Organism (DPAO) and Study on Its Denitrifying Functional Genes	ZHANG Qian, WANG Hong-yu, SANG Wen-jiao, <i>et al.</i> (2876)
Isolation and Characterization of a Highly Efficient BBP-degrading Bacterium	CHEN Hu-xing, YANG Xue, ZHANG Kai, <i>et al.</i> (2882)
Degradation of Nicosulfuron by Combination Effects of Microorganisms and Chemical Hydrolysis	ZHANG Xiao-lin, LI Yong-mei, YUAN Zhi-wen (2889)
Isolation, Screening and Identification of Prometryne-Degrading Bacteria and Their Degrading Characteristics	ZHOU Ji-hai, SUN Xiang-wu, HU Feng, <i>et al.</i> (2894)
Preparation of PVA-SA-PHB-AC Composite Carrier and <i>m</i> -Cresol Biodegradation by Immobilized <i>Lysinibacillus cresolivorans</i>	LI Ting, REN Yuan, WEI Chao-hai (2899)
Extraction of Surface Active Substance and Analysis of Demulsifying Characteristics for the Demulsifying Strain <i>Alcaligenes</i> sp. S-XJ-1	HUANG Xiang-feng, ZHANG Shu-cong, PENG Kai-ming, <i>et al.</i> (2906)
Diversity of Culturable Filamentous Bacteria in the Activated Sludge from A ² O Wastewater Treatment Process	GAO Sha, JIN De-cai, ZHAO Zhi-rui, <i>et al.</i> (2912)
Composition and Transformation of Leachates During Municipal Solid Waste Composting	LI Dan, HE Xiao-song, XI Bei-dou, <i>et al.</i> (2918)

《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7月15日 34卷 第7期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 34 No. 7 Jul. 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