

# 环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第33卷 第11期

Vol.33 No.11

**2012**

中国科学院生态环境研究中心 主办  
科学出版社 出版



目次

京津冀与长三角区域大气 NO<sub>2</sub> 污染特征 ..... 王英, 李令军, 刘阳 (3685)

2008~2011年夏季京津冀区域背景大气污染变化分析 ..... 杨俊益, 辛金元, 吉东生, 朱彬 (3693)

沧州市大气污染特征观测研究 ..... 王永宏, 胡波, 王跃思, 刘伟, 张武 (3705)

华北工业城市降水中金属元素污染特征及来源 ..... 李月梅, 潘月鹏, 王跃思, 王英锋, 李杏茹 (3712)

广州市交通主干道空气中苯系物的测量 ..... 叶丛雷, 谢品华, 秦敏, 凌六一, 郑尼娜, 刘文彬, 黄祖照 (3718)

基于实时交通信息的道路机动车动态排放清单模拟研究 ..... 黄成, 刘娟, 陈长虹, 张健, 刘登国, 朱景瑜, 黄伟明, 巢渊 (3725)

柴油轿车燃用煤基 F-T 合成油的排放特性 ..... 胡志远, 程亮, 谭丕强, 楼狄明 (3733)

九龙江口滨海湿地生源要素空间分布特征 ..... 余小青, 杨军, 刘乐冕, 田原, 余正, 王昌付 (3739)

南四湖水体氮、磷营养盐时空分布特征及营养状态评价 ..... 舒凤月, 刘玉配, 赵颖, 吴艳鹏, 李爱华 (3748)

天目湖流域湿地对氮磷输出影响研究 ..... 李兆富, 刘红玉, 李恒鹏 (3753)

北京市新建城区不透水地表径流 N、P 输出形态特征研究 ..... 李立青, 吕书丛, 朱仁肖, 刘泽权, 单保庆 (3760)

云阳宗海湖的分布与来源 ..... 张玉玺, 向小平, 张英, 陈玺, 刘景涛, 王金翠, 张媛静, 孙继朝 (3768)

南方某城市地表水体中粪源性污染指示微生物的分布特征研究 ..... 孙傅, 沙婧, 刘彦华 (3778)

三峡库区大宁河藻细胞昼夜垂直迁移研究 ..... 张永生, 郑丙辉, 姜霞, 郑浩, 钟娜, 陈春宵 (3787)

江淮农村生态型排水系统构建及截污作用研究 ..... 单保庆, 李楠, 唐文忠 (3797)

人工湿地植物床-沟壕系统水质净化效果 ..... 汪仲琼, 张荣斌, 陈庆华, 魏宏斌, 王为东 (3804)

潜流人工湿地演变对废水中有机物、氮及磷去除的影响 ..... 魏泽军, 谢建平, 黄玉明 (3812)

人工湿地处理含盐生活污水的特性研究 ..... 高峰, 杨朝晖, 李晨, 金卫红, 邓一兵 (3820)

催化湿式氧化法降解水中的  $\beta$ -萘酚 ..... 刘杰, 于超英, 赵培庆, 陈革新 (3826)

ZVI/EDDS/Air 体系降解水中 2,4-二氯酚的研究 ..... 孙倩, 周海燕, 曹梦华, 吴琳娜, 王琳玲, 陈静, 陆晓华 (3833)

微波改性 MWNTs/TiO<sub>2</sub> 复合材料对 1,2,3-三氯苯的光催化降解研究 ..... 施周, 张茜, 张伟, 徐舜开, 张骅 (3840)

腐殖酸对生物炭去除水中 Cr(VI) 的影响机制研究 ..... 丁文川, 田秀美, 王定勇, 曾晓岚, 徐茜, 陈健康, 艾小雨 (3847)

臭氧氧化-活性污泥法处理含 PVA 工业废水的试验研究 ..... 邢晓琼, 黄程兰, 刘敏, 陈滢 (3854)

复合底物对颗粒化 EBPR 系统除磷特性的影响及优化试验研究 ..... 徐少娟, 孙培德, 郑雄柳, 董毅 (3859)

进水比例对水解反应器出水水质的影响研究 ..... 梁康强, 熊娅, 戚茂荣, 林秀军, 朱民, 宋英豪 (3868)

厌氧-准好氧联合型生物反应器填埋场渗滤液水质水量变化规律的研究 ..... 韩智勇, 刘丹, 李启彬, 陈馨 (3873)

我国城市污水处理回用调查研究 ..... 郭宇杰, 王学超, 周振民 (3881)

快雌醇和壬基酚在土壤中的吸附-解吸特征 ..... 姜鲁, 王继华, 李建忠, 辛佳, 李森, 刘翔 (3885)

黄土丘陵区刺槐林深层土壤有机碳矿化特征初探 ..... 马昕昕, 许明祥, 杨凯 (3893)

半干旱黄土丘陵区土壤结皮的地表水文效应 ..... 卫伟, 温智, 陈利顶, 陈瑾, 吴东平 (3901)

广西大石围巨型漏斗土壤中多环芳烃与环境因素 ..... 孔祥胜, 祁士华, 蒋忠诚, 黄保健 (3905)

酸性条件下黄铁矿氧化机制的研究 ..... 王楠, 易筱筠, 党志, 刘云 (3916)

淋洗条件下砂土和粉土水盐运移过程的监测研究 ..... 付腾飞, 贾永刚, 郭磊, 刘晓磊 (3922)

空气注射修复苯污染地下水模拟研究 ..... 樊艳玲, 姜林, 张丹, 钟茂生, 贾晓洋 (3927)

不同终点检测 5 种双酚 A 类化合物对 MCF-7 的细胞毒性 ..... 张帅帅, 刘堰, 刘树深, 朱祥伟 (3935)

上海世博园后滩湿地糙足类群落特征及其对环境因子的响应 ..... 陈立婧, 吴艳芳, 景钰湘, 王聪, 张饮江 (3941)

耐盐石油烃降解菌的筛选鉴定及其特性研究 ..... 吴涛, 谢文军, 依艳丽, 李小彬, 王君, 胡相明 (3949)

高效降酚菌株 *Ochrobactrum* sp. CH10 生长动力学和苯酚降解特性的研究 ..... 陈晓华, 魏刚, 刘思远, 孙江曼, 王芳芳, 李昊源, 刘宇军 (3956)

四溴双酚 A 好氧降解菌的筛选及其降解特性研究 ..... 钱艳园, 刘莉莉, 于晓娟, 丁丛, 王志平, 施玉衡, 李晨君 (3962)

长期施用有机和无机肥对黑土 *nirS* 型反硝化菌种群结构和丰度的影响 ..... 尹昌, 范分良, 李兆君, 宋阿琳, 朱平, 彭畅, 梁永超 (3967)

三氯乙烯在不同土壤中的吸附特性及其影响因素研究 ..... 何龙, 邱兆富, 吕树光, 逯志昌, 王治立, 隋倩, 林匡飞, 刘勇弟 (3976)

多菌灵在农田土壤中的降解及其影响因子研究 ..... 肖文丹, 杨肖娥, 李廷强 (3983)

硫化物对垃圾焚烧污泥焚烧飞灰高温过程中重金属挥发的影响 ..... 刘敬勇, 孙水裕 (3990)

关于医疗垃圾飞灰中二噁英在惰性气氛下的低温热脱附研究 ..... 纪莎莎, 李晓东, 徐旭, 陈彤 (3999)

**第七届环境模拟与污染控制学术研讨会论文**

稻田气溶胶 NH<sub>3</sub> 和气体 NO<sub>x</sub> 排放在线测定研究 ..... 龚巍巍, 栾胜基 (4006)

一种可同时检测挥发性氯代烷烃和氯代烯烃的电子鼻的研制 ..... 文晓刚, 刘锐, 蔡强, 万梅, 汤灵容, 陈吕军 (4012)

基于被动采样技术的垃圾焚烧厂及周边大气中 PAHs 分布研究 ..... 孙少艾, 李洋, 周轶, 王海蛟, 孙英 (4018)

涪江流域农业非点源污染空间分布及污染源识别 ..... 丁晓雯, 沈珍瑶 (4025)

人工湿地不同区域基质磷含量的差异分析 ..... 曹雪莹, 种云霄, 余光伟, 仲海涛 (4033)

基于 RT-qPCR 选择性检测水中活性病原菌 ..... 林怡雯, 李丹, 吴舒旭, 何苗, 杨天 (4040)

消毒副产物生成的温度影响和动力学模型 ..... 张小璐, 杨宏伟, 王小任, 付静, 解跃峰 (4046)

一种厌氧微定量研究新方法 ..... 张仲良, 吴静, 蒋剑凯, 姜洁, 李怀志 (4052)

梧桐树叶作为反硝化碳源的研究 ..... 熊剑锋, 徐华, 阎宁, 张永明 (4057)

降解嗜盐菌 AD-3 的筛选、降解特性及加氧酶基因的研究 ..... 崔长征, 冯天才, 于亚琦, 董斐, 杨昕梅, 冯耀宇, 刘勇弟, 林汉平 (4062)

《环境科学》征订启事 (3711) 《环境科学》征稿简则 (3767) 信息 (3998, 4039, 4045, 4056) 专辑征稿通知 (4051)

# 江淮农村生态型排水系统构建及截污作用研究

单保庆<sup>1</sup>, 李楠<sup>1,2,3</sup>, 唐文忠<sup>1</sup>

(1. 中国科学院生态环境研究中心环境水质学国家重点实验室, 北京 100085; 2. 山东农业大学资源与环境学院, 泰安 271018; 3. 山东省高校农业环境重点实验室(山东农业大学), 泰安 271018)

**摘要:** 以安徽省巢湖北岸牌坊陈村为例, 构建了一种由沟渠、水塘和湿地组合而成的生态型排水系统, 并研究了该系统对农村降雨径流污染的截控作用. 构建的牌坊陈村生态型排水系统实现了污水排放、收集和处理一体化, 系统通过各组成单元物理、化学和生物综合作用, 对降雨径流中污染物具有较高的截留率, 减少了营养盐对周围水体输出负荷. 3 场降雨监测结果表明, 系统对 TSS、COD、TP 和 TN 的平均截留率分别为 78.2%、57.8%、55.5% 和 64.2%, 系统出水中 TSS、COD、TP 和  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  平均质量浓度分别为 23.5、66.3、0.49 和 3.03  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , 达到《污水综合排放标准》一级标准要求. 水塘作为系统主要截流、纳污以及蓄水单元, 其日常水质指标 TSS、COD、TP 和 TN 平均质量浓度分别为 28.0、31.2、0.47 和 4.65  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , 基本符合《地表水环境质量标准》中 V 类标准要求.

**关键词:** 农村地区; 排水系统; 径流污染; 截留; 水质

中图分类号: X52 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2012)11-3797-07

## Construct of Yangtze-Huai River Rural Areas Ecological Drainage System and Its Retention Effect on Pollutants

SHAN Bao-qing<sup>1</sup>, LI Nan<sup>1,2,3</sup>, TANG Wen-zhong<sup>1</sup>

(1. State Key Laboratory of Environmental Aquatic Chemistry, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China; 2. Resource and Environmental College, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China; 3. Key Laboratory of Agricultural Environment in Universities of Shandong (Shandong Agricultural University), Taian 271018, China)

**Abstract:** Ecological drainage system (EDS) including ditches, ponds and wetland was constructed at the Paifangchen village on the north of Chaohu Lake, Anhui, and its retention effect on pollution was investigated. With the comprehensive function of sewage discharge, collecting and process, the system could intercept runoff pollutants effectively. The results acquired from 3 rainfall events showed that the retention rates of EDS to TSS, COD, TP and TN were 78.2%, 57.8%, 55.5% and 64.2% respectively, and the concentrations at outflow of the system to TSS, COD, TP and  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  were 23.5, 66.3, 0.49 and 3.03  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  separately, met the first standard of "Integrated Wastewater Discharge Standards". Ponds were the important unit of EDS and the daily water quality concentrations of TSS, COD, TP and TN were 28.0, 31.2, 0.47 and 4.65  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  respectively, met the V standard of "Environment Quality Standards for Surface Water" basically.

**Key words:** rural areas; drainage system; runoff pollution; retention; water quality

目前,我国共有 250 多万个自然村,居住近 8 亿人,其中近 96% 村庄无排水渠道和污水处理设施,生活污水随意排放<sup>[1]</sup>. 农村污水普遍存在水质水量变化大、营养元素含量高、可生化性好等特点,降雨产生径流时,污水随之向周围水体传输,成为农村饮用水潜在安全隐患,同时也是农村水体富营养化重要原因之一<sup>[2]</sup>. 我国江淮农村地区,排水管线覆盖率低,部分偏远和落后村庄无排水设施,农村水体普遍污染,构建农村排水系统,以低成本投入、低资源消耗方式改善农村水环境日益迫切<sup>[3]</sup>.

排水系统作为市政基础设施,是污染物由源向汇迁移的主要途径,其设计与运行模式直接影响受纳水体污染程度<sup>[4,5]</sup>. 20 世纪中期以来,国内外学者开展了有关城市排水系统设计、降雨径流污染特

征及其对受纳水体影响等方面研究<sup>[6~11]</sup>,提出了合流制和分流制排水沉淀净化、路边植草沟、植被截污带等技术措施,并建立了多种数学模型<sup>[12~17]</sup>. 有关城市排水系统研究较为常见,而对于人口众多、经济欠发达农村地区排水系统的研究鲜见报道.

在我国江淮农村地区,由于经济欠发达,无法效仿城市铺设污水管网收集污水进行集中处理,但该地区保留了原有的水沟、渠道、水塘等基础排水、蓄水单元,由于缺乏管理和维护,普遍存在沟渠堵

收稿日期: 2012-01-09; 修订日期: 2012-03-21

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2012BAJ24B01); 天津市科技创新专项资金项目(08FDZDSF03200); 水利部公益性行业科研专项(201201027)

作者简介: 单保庆(1969~),男,博士,研究员,主要研究方向为水环境与水生态学, E-mail: bqshan@rcees.ac.cn

塞、水塘淤塞、沟渠与水塘缺乏连通等问题。针对以上问题,本研究基于江淮农村地区基本地形地貌,改造和构建了一种由沟渠、水塘与湿地组合而成的生态型排水系统(ecological drainage system, EDS),并研究了该系统对降雨径流污染的截控作用,以期为我国江淮农村地区排水系统构建及降雨径流污染控制提供新的技术参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域概况

我国江淮地区位于长江、淮河、巢湖等重要流域,该区域内河流交错纵横,水塘星罗密布,村庄众多、人口数量和密度较大,由于农村地区经济欠发达,大量未经处理的污水直接排放,严重影响周围水环境。

本研究选择了江淮地区典型经济欠发达村庄——牌坊陈村作为研究对象,该村位于安徽省巢湖北岸中庙镇附近(图1),多年平均降雨量940 mm,蒸发量1483 mm,平均气温16.1℃<sup>[18]</sup>。牌坊陈村无工业,污染主要来自村民生活、散养禽畜和少量农业面源,该村垃圾随意堆放,加之缺乏排水系统和污水处理设施,当降雨产生径流时,污染物随之汇入周围水体,常造成井水污染,威胁村民饮水安全。因此,构建符合牌坊陈村实际情况的排水系统尤为必要。

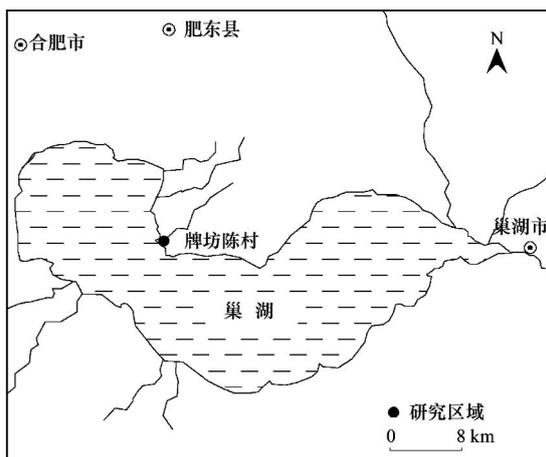


图1 研究区域地理位置示意

Fig. 1 Location of the study area

## 1.2 试验方法

### 1.2.1 监测点设置

在牌坊陈村构建的生态型排水系统如图2所示,共设置13个监测点,其中,沿图2中3条二级生态型排水沟分别设置了1~3号、4~6号以及7号

监测点;恢复湿地进出水口各设置了8号和9号监测点;2个水塘中各设置了2个监测点,分别为一阶塘(P1、P2)和二阶塘(P3、P4)。整个系统平均坡度为1.6%,排水方式为重力流,汇水方向如图2所示。村民日常生活产生的厨房、洗浴污水经连接庭院的多条一级生态型排水沟收集后,一部分自然蒸发和下渗,另一部分随排水沟汇入下游处理单元。



图2 牌坊陈村生态型排水系统构建及监测点示意

Fig. 2 Construct of EDS and sampling station locations

### 1.2.2 监测过程

2011年7~8月共监测降雨3场,监测日期分别为7月27日、8月2日和8月10日,3场降雨基本参数见表1。在降雨事件中,降雨产流后即开始采样,前30 min采样间隔时间为5 min,后30 min采样间隔时间为10 min,以后的采样时间视流量大小变化而定,采样同时测定流速和水深,从而便于计算径流量以及污染负荷。

### 1.2.3 样品分析

水样采集完成后放入冰箱冷藏保存,并于1周内分析完毕。分析项目包括总悬浮物(TSS),化学需氧量(COD),总磷(TP),溶解性总磷(DTP),颗粒态磷(PP),溶解性磷酸盐(SRP),总氮(TN),氨氮( $\text{NH}_4^+$ -N)和硝酸盐氮( $\text{NO}_3^-$ -N),样品分析参考文献[19]的方法。

### 1.2.4 数据处理

由于降雨特征、集水区特征和污染物本身性质影响,一次径流污染过程中污染物浓度变化范围大,随机性强。为了表征一次径流污染事件的污染程度以及对受纳水体的影响,美国EPA提出了一次降雨

表 1 监测降雨事件基本参数

Table 1 Basic parameters of runoff events

降雨事件编号	降雨时间(年-月-日)	降雨量/mm	降雨历时/min	降雨强度(24 h 计)	雨前干燥天数/d
1	2011-07-27	12.5	27	中雨	11
2	2011-08-02	48.5	71	大到暴雨	5
3	2011-08-10	26.0	30	大雨	7

径流污染的平均浓度(event mean concentration, EMC)作为评价径流水质的标准<sup>[20]</sup>, EMC 可表达为:

$$EMC = \frac{M}{V} = \frac{\int_0^{t_r} c_t Q_t dt}{\int_0^{t_r} Q_t dt} \approx \frac{\sum c_t Q_t \Delta t}{\sum Q_t \Delta t} \quad (1)$$

式中, EMC 为降雨径流污染物平均浓度,  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ;  $M$  为一次降雨径流过程中污染物总量,  $\text{g}$ ;  $V$  为径流总量,  $\text{m}^3$ ;  $t_r$  为径流持续时间,  $\text{min}$ ;  $c_t$  为  $t$  时刻污染物浓度,  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ;  $Q_t$  为  $t$  时刻径流流量,  $\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ ;  $\Delta t$  为采样时间间隔,  $\text{min}$ .

系统对污染物截留效率的计算公式如下:

$$PET = (L_i - L_e) / L_i \times 100\% \quad (2)$$

式中, PET 为截留效率;  $L_i$  为系统输入污染物总量,  $\text{kg}$ ;  $L_e$  为系统输出污染物总量,  $\text{kg}$ .

## 2 结果与讨论

### 2.1 农村生态型排水系统构建

#### 2.1.1 理念与工艺

理念: 基于我国江淮农村地区自然地形地貌, 构建以沟渠、水塘和湿地为基础单元的排水体系, 通过各单元物理、化学和生物综合作用, 实现农村污水排放、收集和处理一体化, 满足农村生态排水与水体污染控制需要。

工艺: 基于上述理念, 在充分利用牌坊陈村地形地貌基础上, 依据径流污染源控制-迁移控制-汇控制(S-T-S)模式<sup>[21]</sup>, 构建适用于牌坊陈村的生态型排水系统, 包括生态型排水沟(一级生态型排水沟、二级生态型排水沟)、水塘(一阶塘、二阶塘)和恢复湿地 3 个基础单元, 其构建工艺如图 3 所示。

#### 2.1.2 生态型排水沟

针对牌坊陈村原有排水沟结构单一、分散排放、缺乏连通等问题, 对其进行清淤、疏通和拓宽, 并在沟两侧斜坡铺设碎石加固, 在沟底部铺撒粗砂(约 20 mm)增加促渗。排水沟两侧斜坡和底部自然生长一些植物如水蓼、狗牙根、结缕草等, 具有一定的截流和去污作用。生态型排水沟剖面结构如图 4 所示, 坡度  $\alpha$  根据容纳污水流量大小设定, 一般

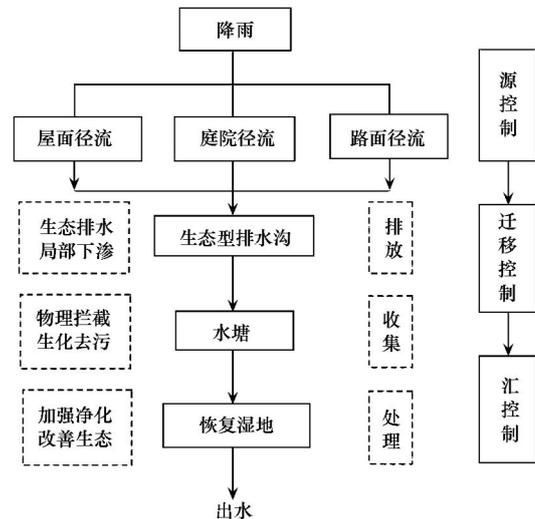


图 3 农村生态型排水系统构建工艺

Fig. 3 Construct process of rural EDS

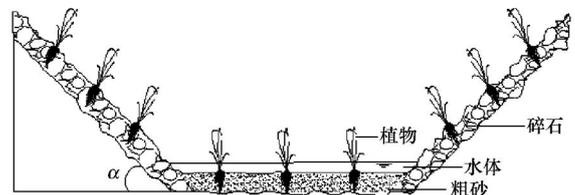


图 4 生态型排水沟剖面示意

Fig. 4 Profile of ecological drainage ditch

$\tan\alpha$  在 1:1 ~ 3:1 之间为宜。

#### 2.1.3 水塘

牌坊陈村原有 2 个水塘, 其中一阶塘面积约 400  $\text{m}^2$ ; 二阶塘面积约 150  $\text{m}^2$ 。由于常年淤积, 水塘旱季干涸, 雨季溢流, 基本丧失了蓄水、截污以及水体景观作用。为了构建农村生态型排水系统, 于 2010 年底对 2 个水塘进行了清淤、疏浚、扩容等一系列改造, 水塘四周用石块加固, 并在其周围分别种植了 20 余株杨树苗和鸢尾, 恢复水塘对径流污染物截留、降解以及水体景观功能。

#### 2.1.4 恢复湿地

二阶塘下游原有一块面积约 650  $\text{m}^2$  荒废农田, 基于农村生态型排水系统设计理念, 于 2010 年底将这块闲置农田改造成恢复湿地, 至 2011 年夏, 恢复湿地自然生长有包括空心莲子草、千屈菜、三棱草

等在内的 13 种植物,能够有效滞留降雨径流中颗粒物、氮、磷等营养物质<sup>[22]</sup>,实现农村水体污染控制与水环境质量改善。

牌坊陈村生态型排水系统由多条一级生态型排水沟(FD),3条二级生态型排水沟(SD),一阶塘(FP),二阶塘(SP)和恢复湿地(WT)构成,各单元结构基本特征见表2。

表2 农村生态型排水系统基本特征  
Table 2 Basic characteristics of rural EDS

单元结构	类型	深度/m	面积/m <sup>2</sup>	植被种类
一级生态型排水沟	FD	0.2	10	3
二级生态型排水沟	SD	0.4	28	4
一阶塘	FP	0.8	495	5
二阶塘	SP	1.6	236	4
恢复湿地	WT	0.1	642	13

## 2.2 农村生态型排水系统截污作用

### 2.2.1 流量、TSS 和 COD 空间变化

2011年3场降雨监测过程中,牌坊陈村生态型排水系统内流量、TSS和COD变化如图5所示。从中可知,流量、TSS和COD变化范围分别为1.61~13.1 L·s<sup>-1</sup>、23.5~215 mg·L<sup>-1</sup>和66.3~316 mg·L<sup>-1</sup>,3个指标空间变化趋势较为一致,整体呈现出先升高后降低的波动变化规律。各指标峰值均出现在二级生态型排水沟汇水口附近(6、7号点),最低值均出现在系统出水口处(9号点)。

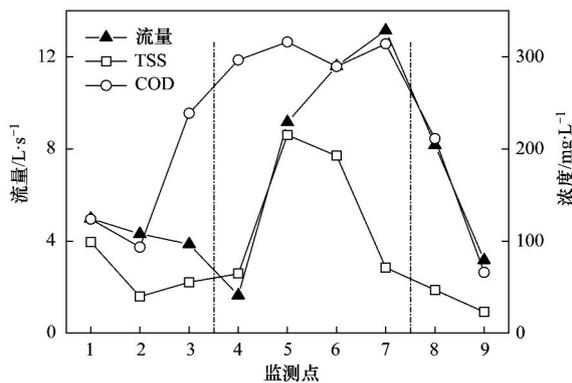


图5 3场降雨径流中流量、TSS和COD空间变化

Fig. 5 Flow, TSS and COD concentration of three rainfall runoffs

牌坊陈村生态型排水系统中,1~3号点,沿径流方向,流量、TSS和COD整体呈降低趋势,这是由于一阶塘对径流具有拦截和缓冲作用,加之2号和3号点之间无径流输入,二级生态型排水沟中基质和植被具有局部促渗和拦截作用<sup>[23~25]</sup>,3号点COD指标显著升高,可能与2、3号点之间存在垃圾倾倒点有关;4~7号点,COD变化幅度不大(297~316 mg·L<sup>-1</sup>),而流量和TSS呈现逐渐升高趋势,这是由

于4号点主要汇集屋面与庭院径流,集水面积较小,随着多条一级生态型排水沟径流不断汇入,在6、7号点达到峰值;8~9号点,3个指标均表现为下降趋势,其中,流量和TSS下降趋势接近同步,且降幅较COD大。有研究表明TSS的输出与流量关系密切,流量越大,降雨对污染物的冲刷作用越明显,TSS的输出对径流的响应也越快<sup>[26]</sup>。

### 2.2.2 氮磷空间变化

#### (1) 磷素

在3场降雨过程中,系统内各个监测点不同磷形态质量浓度变化如图6所示。从中可知,TP质量浓度变化范围为0.49~2.72 mg·L<sup>-1</sup>,TP和PP变化基本一致,DTP和SRP变化接近同步。1~3号点,TP和PP变化波动较DTP和SRP大,一阶塘对前者的截留作用显著(2号点);4~9号点,DTP和SRP变化幅度不大,而二阶塘和恢复湿地对TP和PP具有较好的拦截作用(8、9号点)。3场降雨过程中,PP平均占TP的61.3%,表明在降雨径流中磷素主要是以颗粒态进行迁移和转化的,这与李立青等<sup>[27]</sup>研究结果一致。DTP中73.4%的组分为SRP,易被系统各单元中的植物和微生物吸收利用<sup>[28,29]</sup>。

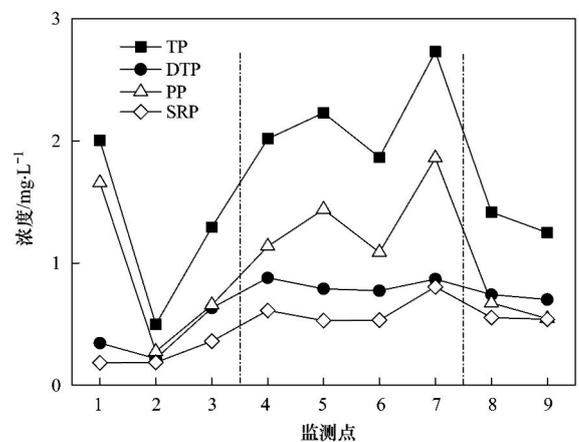


图6 3场降雨径流中磷素空间变化

Fig. 6 Phosphorus concentration of three rainfall runoffs

#### (2) 氮素

3场降雨过程中,TN、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N和NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N质量浓度变化范围分别为8.16~25.9、0.76~12.9和0.010~0.128 mg·L<sup>-1</sup>(图7),3种氮形态变化趋势较为相似,均呈现出先升高后降低的变化规律。水塘对氮素的截留作用较磷素偏低,这是由于降雨径流中磷素主要以PP形式存在,通过水塘的沉淀作用,可以去除大部分颗粒态磷素污染物,而氮素多以NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N形式存在,NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N的去除主要通过植物吸收利用以及微生物反硝化作用<sup>[30,31]</sup>。

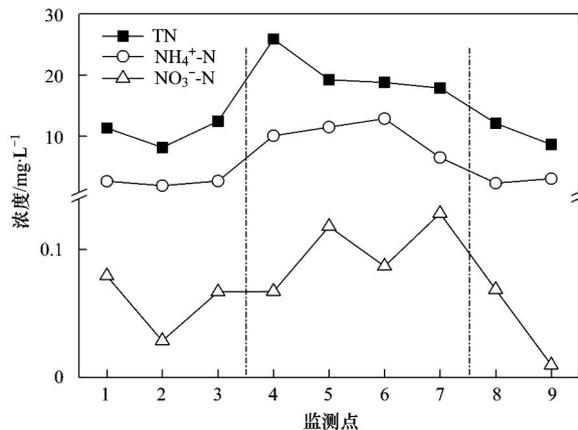


图7 3场降雨径流中氮素空间变化

Fig. 7 Nitrogen concentration of three rainfall runoff

## 2.3 农村生态型排水系统截污率与水质保持

### 2.3.1 截污率

牌坊陈村生态型排水系统各组成单元对降雨径流污染物截留率如表3所示,从中可知,沿汇水方向,系统各单元污染物输入负荷呈增大趋势,在SP达到峰值,TSS、COD、TP和TN输入负荷分别为16.9、13.5、0.078和2.29 kg,经SP沉淀和降解作

表3 农村生态型排水系统各个单元对污染物的截留率

Table 3 Retention rates of pollutants by each part of rural EDS

项目	指标	系统单元输入负荷/kg				系统单元输出负荷/kg				截留率/%				
		SD	FP	SP	WT	SD	FP	SP	WT	SD	FP	SP	WT	EDS
3场降雨均值	TSS	2.70	4.71	16.9	1.85	2.32	1.35	1.85	0.20	14.1	71.4	89.1	89.2	78.2
	COD	7.82	2.01	13.5	3.45	6.56	0.90	3.45	0.58	16.1	55.2	74.4	83.2	57.8
	TP	0.029	0.045	0.078	0.030	0.025	0.015	0.03	0.011	13.8	75	61.6	63.3	55.5
	TN	0.91	0.64	2.29	0.32	0.84	0.23	0.32	0.10	7.6	64.1	86	68.8	64.2

### 2.3.2 水塘中水质保持过程

在牌坊陈村生态型排水系统中,水塘作为系统主要截流、纳污及蓄水单元,降雨前后其水质保持状况如图8所示.从中可知,降雨前后,2个水塘中水质均呈现波动,TSS、COD、TP和TN质量浓度随时间变化趋势基本一致,变化范围分别为10.0~80.0、15.6~66.8、0.28~1.23和3.15~9.05 mg·L<sup>-1</sup>.在降雨期(7月27日、8月2日、8月10日),TSS、COD、TP和TN均呈现不同程度升高,平均质量浓度分别为68.7、44.8、0.77和7.39 mg·L<sup>-1</sup>,而在非降雨期,水塘中各水质指标TSS、COD、TP和TN平均质量浓度分别为28.0、31.2、0.47和4.65 mg·L<sup>-1</sup>,基本符合《地表水环境质量标准》中V类标准要求.

农村生态型排水系统是在充分利用村庄地形地貌基础上改造和构建而成,具有投资省、工程量小、

用,污染物输出负荷显著降低,TSS、COD、TP和TN输出负荷分别为1.85、3.45、0.030和0.32 kg.牌坊陈村生态型排水系统对TSS、COD、TP和TN的平均截留率分别为78.2%、57.8%、55.5%和64.2%,系统出水中TSS、COD、TP和NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N平均质量浓度分别为23.5、66.3、0.49和3.03 mg·L<sup>-1</sup>,达到《污水综合排放标准》一级标准要求.

农村生态型排水系统主要通过生态型排水沟、水塘和恢复湿地这3个基础单元综合作用,实现农村生态排水和降雨径流污染截控目的.系统中3个基础单元作用机制不同,其中,生态型排水沟主要作用是降雨径流的收集与排放,由于生态型排水沟中具有一定的植被覆盖度和入渗量,对径流颗粒态污染物也具有一定的持留能力<sup>[10,13]</sup>;水塘作为系统主要截流、纳污以及蓄水单元,主要通过物理拦截和形成稳定的水沉积环境,使径流中颗粒态污染物在重力作用下逐渐沉积,从而降低径流污染负荷<sup>[32-34]</sup>;恢复湿地由于存储容量较大,水力停留时间较长,植物吸收和利用较强,微生物活动较剧烈,其内部物理、化学和生物过程有利于去除径流中各种污染物<sup>[29,35,36]</sup>.

对环境基本无破坏等特点,在我国江淮经济欠发达的农村地区水体污染控制以及水环境质量改善领域具有良好的应用前景.

## 3 结论

(1)基于我国江淮农村地区原有地形地貌,因地制宜地改造和构建了农村生态型排水系统,包括排放(生态型排水沟)、收集(水塘)和处理(恢复湿地)结构单元,符合农村水体污染控制和水环境质量改善要求.

(2)农村生态型排水系统对降雨径流中污染物具有多重调控作用和较高截留率,对TSS、COD、TP和TN的平均截留率分别为78.2%、57.8%、55.5%和64.2%,系统出水中TSS、COD、TP和NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N平均质量浓度分别为23.5、66.3、0.49和3.03 mg·L<sup>-1</sup>,达到《污水综合排放标准》一级标准

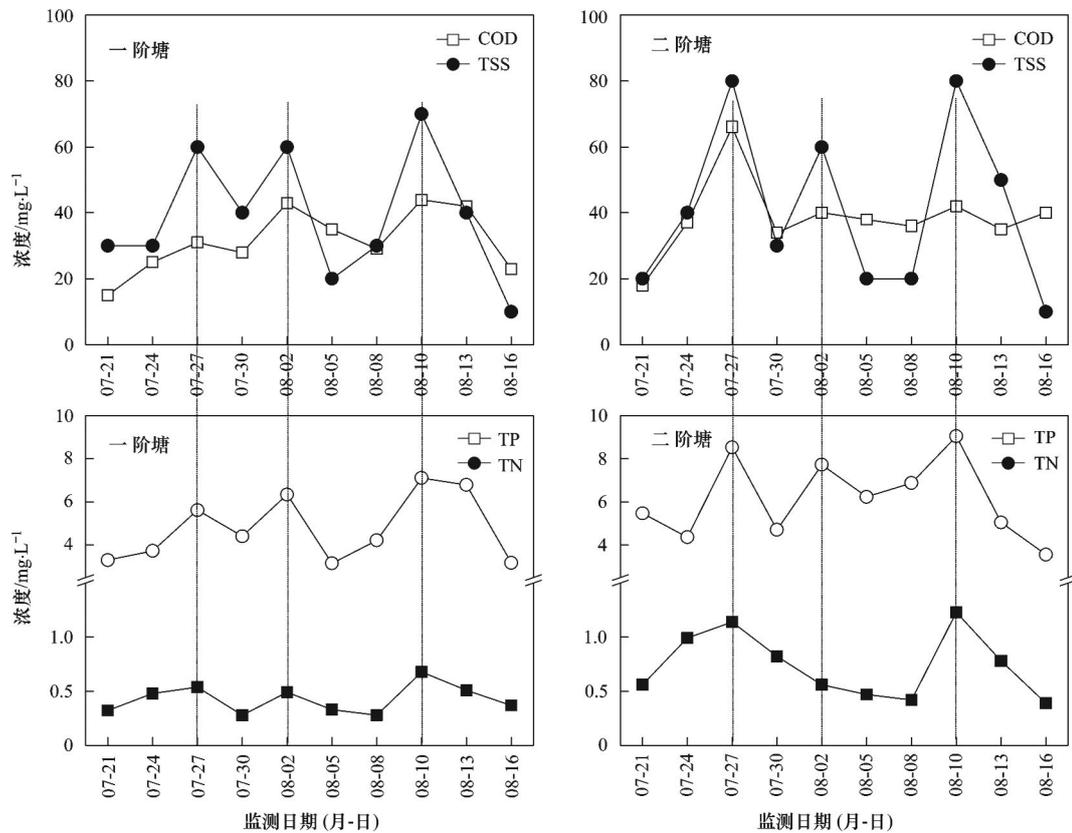


图 8 降雨前后塘中水质变化

Fig. 8 Water quality of ponds during rainfalls

要求。

(3)在降雨期,水塘中污染物浓度会有一定程度升高,但在非降雨期,水塘中各水质指标 TSS、COD、TP 和 TN 平均质量浓度为 28.0、31.2、0.47 和 4.65  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,基本符合《地表水环境质量标准》中 V 类标准要求。

参考文献:

[ 1 ] 嵇欣. 国外农村生活污水分散治理管理经验的启示[J]. 中国环保产业, 2010, 2(5): 57-61.  
 [ 2 ] 李仰斌, 张国华, 谢崇宝. 国内外农村生活排水相关标准编制概况[J]. 中国水利, 2009, 5(2): 56-64.  
 [ 3 ] GB 50445-2008, 村庄整治技术规范[S].  
 [ 4 ] Huang S L, Hsu W L. Materials flow analysis and emergy evaluation of Taipei's urban construction [J]. Landscape and Urban Planning, 2003, 63(2): 61-74.  
 [ 5 ] Blanchard M, Teil M J, Ollivon D, et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorobiphenyls in wastewaters and sewage sludges from the Paris area ( France ) [ J ]. Environmental Research, 2004, 95(2): 184-197.  
 [ 6 ] Ayub K R, Zakaria N A, Abdullah R, et al. Water balance: case study of a constructed wetland as part of the bio-ecological drainage system ( BIOECODS ) [ J ]. Water Science and Technology, 2010, 62(8): 1931-1936.  
 [ 7 ] Vermonden K, Leuven R S, Velde G, et al. Urban drainage

systems: an undervalued habitat for aquatic macroinvertebrates [J]. Biological Conservation, 2009, 142(5): 1105-1115.

[ 8 ] Deletic A, Fletcher T D. Performance of grass filters used for stormwater treatment—a field and modelling study[J]. Journal of Hydrology, 2006, 317(3-4): 261-275.  
 [ 9 ] Gedney N, Cox P M, Betts R A, et al. Detection of a direct carbon dioxide effect in continental river runoff records [ J ]. Nature, 2006, 439(7078): 835-838.  
 [ 10 ] Chen Q F, Shan B Q, Yin C Q, et al. An off-line filtering ditch-pond system for diffuse pollution control at Wuhan city zoo[J]. Ecological Engineering, 2007, 30(4): 373-380.  
 [ 11 ] Huang J L, Du P F, Ao C T, et al. Characterization of surface runoff from a subtropics urban catchment [ J ]. Journal of Environmental Sciences, 2007, 19(2): 148-152.  
 [ 12 ] Rauch W, Bertrand J L, Krebs P, et al. Mathematical modeling of integrated[J]. Water Science and Technology, 2002, 45(3): 81-94.  
 [ 13 ] Ecke F. Drainage ditching at the catchment scale affects water quality and macrophyte occurrence in Swedish lakes [ J ]. Freshwater Biology, 2009, 54(1): 119-126.  
 [ 14 ] Papadopoulos F H, Tsihrintzis V A, Zdragas A G. Removal of faecal bacteria from septage by treating it in a full-scale duckweed-covered pond system [ J ]. Journal of Environmental Management, 2011, 92(12): 3130-3135.  
 [ 15 ] Otero J D, Figueroa A, Munoz F A, et al. Loss of soil and

- nutrients by surface runoff in two agro-ecosystems within an Andean paramo area [J]. *Ecological Engineering*, 2011, **37** (12): 2035-2043.
- [16] Stephens W W, Moore M T, Farris J L, *et al.* Considerations for assessments of wadable drainage systems in the agriculturally dominated deltas of Arkansas and Mississippi [J]. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 2008, **55** (3): 432-441.
- [17] Wagener T, McIntyre N, Lees M J, *et al.* Towards reduced uncertainty in conceptual rainfall-runoff modelling: dynamic identifiability analysis [J]. *Hydrological Processes*, 2003, **17** (2): 455-476.
- [18] 单保庆, 白颖. 小流域磷污染物非点源输出的人工降雨模拟研究[J]. *环境科学学报*, 2000, **20**(1): 33-37.
- [19] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法[M]. (第四版). 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [20] US EPA. National water quality inventory[R]. Washington DC: Office of Water, 2000.
- [21] 尹澄清. 城市面源污染的控制原理和技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009. 91-95.
- [22] Coveney M F, Stites D L, Love E F, *et al.* Nutrient removal from eutrophic lake water by wetland filtration [J]. *Ecological Engineering*, 2002, **19**(2): 141-159.
- [23] Williams P, Whitfield M, Biggs J, *et al.* Comparative biodiversity of rivers, streams, ditches and ponds in an agricultural landscape in Southern England [J]. *Biological Conservation*, 2004, **115**(2): 329-341.
- [24] Rana T, Khan S, Rahimi M. Spatio-temporal optimisation of agricultural drainage using groundwater models and genetic algorithms: an example from the Murray Irrigation Area, Australia [J]. *Hydrogeology Journal*, 2008, **16** (6): 1145-1157.
- [25] Renaud F G, Brown C D. Simulating pesticides in ditches to assess ecological risk (SPIDER): II. Benchmarking for the drainage model [J]. *Science of the Total Environment*, 2008, **394**(1): 124-133.
- [26] 王婧, 单保庆, 张钧. 杭嘉湖水网地区农村面源污染研究 [J]. *农业环境科学学报*, 2007, **26**(增刊): 357-361.
- [27] 李立青, 尹澄清, 孔玲莉, 等. 2次降雨间隔时间对城市地表径流污染负荷的影响 [J]. *环境科学*, 2007, **28**(10): 2287-2293.
- [28] White S A, Taylor M D, Albano J P, *et al.* Phosphorus retention in lab and field-scale subsurface-flow wetlands treating plant nursery runoff [J]. *Ecological Engineering*, 2011, **37** (12): 1968-1976.
- [29] Pant H K, Reddy K R. Potential internal loading of phosphorus in a wetland constructed in agricultural land [J]. *Water Research*, 2003, **37**(5): 965-972.
- [30] Ventura M, Scandellari F, Ventura F, *et al.* Nitrogen balance and losses through drainage waters in an agricultural watershed of the Po Valley (Italy) [J]. *European Journal of Agronomy*, 2008, **29**(2-3): 108-115.
- [31] Blanco-Canqui H, Gantzer C J, Anderson S H, *et al.* Grass barrier and vegetative filter strip effectiveness in reducing runoff, sediment, nitrogen, and phosphorus loss [J]. *Soil Science Society of America*, 2004, **68**(5): 1670-1678.
- [32] Persson J, Wittgren H B. How hydrological and hydraulic conditions affect performance of ponds [J]. *Ecological Engineering*, 2003, **21**(4-5): 259-269.
- [33] Chen D J, Lu J, Wang H L, *et al.* Seasonal variations of nitrogen and phosphorus retention in an agricultural drainage river in East China [J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2010, **17**(2): 312-320.
- [34] Stephens W W, Moore M T, Farris J L, *et al.* Considerations for assessments of wadable drainage systems in the agriculturally dominated deltas of Arkansas and Mississippi [J]. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 2008, **55** (3): 432-441.
- [35] Babbitt K J, Tanner G W. Use of temporary wetlands by anurans in a hydrologically modified landscape [J]. *Wetlands*, 2000, **20** (2): 313-322.
- [36] Burow K R, Constantz J, Fujii R. Heat as a tracer to estimate dissolved organic carbon flux from a restored wetland [J]. *Ground Water*, 2005, **43**(4): 545-556.

## CONTENTS

Characteristics of Atmospheric NO <sub>2</sub> in the Beijing-Tianjin-Hebei Region and the Yangtze River Delta Analyzed by Satellite and Ground Observations	··· WANG Ying, LI Ling-jun, LIU Yang (3685)
Variation Analysis of Background Atmospheric Pollutants in North China During the Summer of 2008 to 2011	····· YANG Jun-yi, XIN Jin-yuan, JI Dong-sheng, <i>et al.</i> (3693)
Characteristics of Atmospheric Pollutants in Cangzhou	····· WANG Yong-hong, HU Bo, WANG Yue-si, <i>et al.</i> (3705)
Chemical Characteristics and Sources of Trace Metals in Precipitation Collected from a Typical Industrial City in Northern China	····· LI Yue-mei, PAN Yue-peng, WANG Yue-si, <i>et al.</i> (3712)
BTX Monitoring Nearby Main Road Traffic in Guangzhou	····· YE Cong-lei, XIE Pin-hua, QIN Min, <i>et al.</i> (3718)
Dynamic Road Vehicle Emission Inventory Simulation Study Based on Real Time Traffic Information	····· HUANG Cheng, LIU Juan, CHEN Chang-hong, <i>et al.</i> (3725)
Emission Characteristics of a Diesel Car Fueled with Coal Based Fischer-Tropsch (F-T) Diesel and Fossil Diesel Blends	····· HU Zhi-yuan, CHENG Liang, TAN Pi-qiang, <i>et al.</i> (3733)
Spatial Variations of Biogenic Elements in Coastal Wetland Sediments of the Jiulong River Estuary	····· YU Xiao-qing, YANG Jun, LIU Le-mian, <i>et al.</i> (3739)
Spatio-Temporal Distribution of TN and TP in Water and Evaluation of Eutrophic State of Lake Nansi	····· SHU Feng-yue, LIU Yu-pei, ZHAO Ying, <i>et al.</i> (3748)
Impact on Nitrogen and Phosphorous Export of Wetlands in Tianmu Lake Watershed	····· LI Zhao-fu, LIU Hong-yu, LI Heng-peng (3753)
Nitrogen and Phosphorus Composition in Urban Runoff from the New Development Area in Beijing	····· LI Li-qing, LÜ Shu-cong, ZHU Ren-xiao, <i>et al.</i> (3760)
Distribution and Sources of Arsenic in Yangzonghai Lake, China	····· ZHANG Yu-xi, XIANG Xiao-ping, ZHANG Ying, <i>et al.</i> (3768)
Occurrence of Fecal Indicator Bacteria in Urban Surface Water: A Case Study in Southern China	····· SUN Fu, SHA Jing, SHI Jun, LIU Yan-hua (3778)
Vertical Migration of Algal Cells in the Daning River Bay of the Three Gorges Reservoir	····· ZHANG Yong-sheng, ZHENG Bing-hui, JIANG Xia, <i>et al.</i> (3787)
Construct of Yangtze-Huai River Rural Areas Ecological Drainage System and Its Retention Effect on Pollutants	····· SHAN Bao-qing, LI Nan, TANG Wen-zhong (3797)
Water Treatment Efficiency of Constructed Wetland Plant-Bed/Ditch Systems	····· WANG Zhong-qiong, ZHANG Rong-bin, CHEN Qing-hua, <i>et al.</i> (3804)
Effect of the Subsurface Constructed Wetland Evolution into Free Surface Flow Constructed Wetland on the Removal of Organic Matter, Nitrogen, and Phosphorus in Wastewater	····· WEI Ze-jun, XIE Jian-ping, HUANG Yu-ming (3812)
Treatment Characteristics of Saline Domestic Wastewater by Constructed Wetland	····· GAO Feng, YANG Zhao-hui, LI Chen, <i>et al.</i> (3820)
Degradation of $\beta$ -Naphthol by Catalytic Wet Air Oxidation	····· LIU Jie, YU Chao-ying, ZHAO Pei-qing, <i>et al.</i> (3826)
Degradation of 2,4-Dichlorophenol in Aqueous Solution by ZVI/EDDS/Air System	····· SUN Qian, ZHOU Hai-yan, CAO Meng-hua, <i>et al.</i> (3833)
Study on Photocatalytic Degradation of 1,2,3-Trichlorobenzene Using the Microwaved MWNTs/TiO <sub>2</sub> Composite	····· SHI Zhou, ZHANG Qian, ZHANG Wei, <i>et al.</i> (3840)
Mechanism of Cr(VI) Removal from Aqueous Solution Using Biochar Promoted by Humic Acid	····· DING Wen-chuan, TIAN Xiu-mei, WANG Ding-yong, <i>et al.</i> (3847)
Research on the Treatment of Wastewater Containing PVA by Ozonation-Activated Sludge Process	····· XING Xiao-qiong, HUANG Cheng-lan, LIU Min, <i>et al.</i> (3854)
Effects of Composite Substrates on the Phosphorus Removal in Granule-based EBPR System and Its Optimization Experiment	····· XU Shao-juan, SUN Pei-de, ZHENG Xiong-liu, <i>et al.</i> (3859)
Research of Input Water Ratio's Impact on the Quality of Effluent Water from Hydrolysis Reactor	····· LIANG Kang-qiang, XIONG Ya, QI Mao-rong, <i>et al.</i> (3868)
Evolution of Leachate Quantity and Quality in the Anaerobic-semiaerobic Bioreactor Landfill	····· HAN Zhi-yong, LIU Dan, LI Qi-bin, <i>et al.</i> (3873)
National Survey of Urban Sewage Reuse in China	····· GUO Yu-jie, WANG Xue-chao, ZHOU Zhen-min (3881)
Sorption and Desorption of 17 $\alpha$ -Ethinyl Estradiol and 4-n-Nonylphenol in Soil	····· JIANG Lu, WANG Ji-hua, LI Jian-zhong, <i>et al.</i> (3885)
Soil Organic Carbon Mineralization of Black Locust Forest in the Deep Soil Layer of the Hilly Region of the Loess Plateau, China	····· MA Xin-xin, XU Ming-xiang, YANG Kai (3893)
Effects of Soil Crusts on Surface Hydrology in the Semiarid Loess Hilly Area	····· WEI Wei, WEN Zhi, CHEN Li-ding, <i>et al.</i> (3901)
Environmental Factors on Distribution of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Soils from Dashiwei Karst Giant Doline (Tiankeng) in Guangxi, China	····· KONG Xiang-sheng, QI Shi-hua, JIANG Zhong-cheng, <i>et al.</i> (3905)
Investigation on Mechanism of Pyrite Oxidation in Acidic Solutions	····· WANG Nan, YI Xiao-yun, DANG Zhi, <i>et al.</i> (3916)
Monitoring of Water and Salt Transport in Silt and Sandy Soil During the Leaching Process	····· FU Teng-fei, JIA Yong-gang, GUO Lei, <i>et al.</i> (3922)
Simulation on Remediation of Benzene Contaminated Groundwater by Air Sparging	····· FAN Yan-ling, JIANG Lin, ZHANG Dan, <i>et al.</i> (3927)
Detecting the Cytotoxicities of Five Bisphenol A Analogues to the MCF-7 Human Breast Carcinoma Cell Line Through Different Endpoints	····· ZHANG Shuai-shuai, LIU Yan, LIU Shu-shen, <i>et al.</i> (3935)
Response of Copepod Community Characteristics to Environmental Factors in the Backshore Wetland of Expo Garden, Shanghai	····· CHEN Li-jing, WU Yan-fang, JING Yu-xiang, <i>et al.</i> (3941)
Isolation, Identification and Characterization of Halotolerant Petroleum-degrading Bacteria	····· WU Tao, XIE Wen-jun, YI Yan-li, <i>et al.</i> (3949)
Growth Kinetics and Phenol Degradation of Highly Efficient Phenol-degrading <i>Ochrobactrum</i> sp. CH10	····· CHEN Xiao-hua, WEI Gang, LIU Si-yuan, <i>et al.</i> (3956)
Isolation of Aerobic Degrading Strains for TBBPA and the Properties of Biodegradation	····· QIAN Yan-yuan, LIU Li-li, YU Xiao-juan, <i>et al.</i> (3962)
Influences of Long-term Application of Organic and Inorganic Fertilizers on the Composition and Abundance of <i>nirS</i> -type Denitrifiers in Black Soil	····· YIN Chang, FAN Fen-liang, LI Zhao-jun, <i>et al.</i> (3967)
Characteristics and Influencing Factors of Trichloroethylene Adsorption in Different Soil Types	····· HE Long, QIU Zhao-fu, LÜ Shu-guang, <i>et al.</i> (3976)
Degradation of Carbazim in Paddy Soil and the Influencing Factors	····· XIAO Wen-dan, YANG Xiao-e, LI Ting-qiang (3983)
Effects of Sulphur Compounds on the Volatile Characteristics of Heavy Metals in Fly Ash from the MSW and Sewage Sludge Co-combustion Plant During the Disposal Process with Higher Temperature	····· LIU Jing-yong, SUN Shui-yu (3990)
Low-temperature Thermal Treatment of Dioxin in Medical Waste Fly Ash Under Inert Atmosphere	····· JI Sha-sha, LI Xiao-dong, XU-Xu, <i>et al.</i> (3999)
Hourly Measurement on Aerosol NH <sub>3</sub> and Gas NO <sub>x</sub> Emission in the Rice Field	····· GONG Wei-wei, LUAN Sheng-ji (4006)
Implementation of an Electronic Nose for Rapid Detection of Volatile Chloroalkane and Chloroalkene	····· WEN Xiao-gang, LIU Rui, CAI Qiang, <i>et al.</i> (4012)
Pilot Study on PAHs of the Atmosphere Around the Refuse Incineration Plant Based on the Technology of Passive Sampling	····· SUN Shao-ai, LI Yang, ZHOU Yi, <i>et al.</i> (4018)
Spatial Distribution and Pollution Source Identification of Agricultural Non-Point Source Pollution in Fujiang Watershed	····· DING Xiao-wen, SHEN Zhen-yao (4025)
Difference of P Content in Different Area Substrate of Constructed Wetland	····· CAO Xue-ying, CHONG Yun-xiao, YU Guang-wei, <i>et al.</i> (4033)
Selective Detection of Viable Pathogenic Bacteria in Water Using Reverse Transcription Quantitative PCR	····· LIN Yi-wen, LI Dan, WU Shu-xu, <i>et al.</i> (4040)
Formation of Disinfection By-products; Temperature Effect and Kinetic Modeling	····· ZHANG Xiao-lu, YANG Hong-wei, WANG Xiao-mao, <i>et al.</i> (4046)
A Novel Quantitative Approach to Study Dynamic Anaerobic Process at Micro Scale	····· ZHANG Zhong-liang, WU Jing, JIANG Jian-kai, <i>et al.</i> (4052)
Leaves of <i>Platanus orientalis</i> as the Carbon Source for Denitrification	····· XIONG Jian-feng, XU Hua, YAN Ning, <i>et al.</i> (4057)
Isolation, Characterization of an Anthracene Degrading Bacterium <i>Marteella</i> sp. AD-3 and Cloning of Dioxygenase Gene	····· CUI Chang-zheng, FENG Tian-cai, YU Ya-qi, <i>et al.</i> (4062)

# 《环境科学》第6届编辑委员会

主 编: 欧阳自远

副主编: 赵景柱 郝吉明 田 刚

编 委: (按姓氏笔画排序)

万国江 王华聪 王凯军 王绪绪 田 刚 田 静 史培军  
朱永官 刘志培 汤鸿霄 陈吉宁 孟 伟 周宗灿 林金明  
欧阳自远 赵景柱 姜 林 郝郑平 郝吉明 聂永丰 黄 霞  
黄 耀 鲍 强 潘 纲 潘 涛 魏复盛

环 境 科 学

( HUANJING KEXUE )

(月刊 1976年8月创刊)

2012年11月15日 33卷 第11期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 33 No. 11 Nov. 15, 2012

主 管	中国科学院	Superintended	by	Chinese Academy of Sciences
主 办	中国科学院生态环境研究中心	Sponsored	by	Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences
协 办	(以参加先后为序) 北京市环境保护科学研究院 清华大学环境学院	Co-Sponsored	by	Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection School of Environment, Tsinghua University
主 编	欧阳自远	Editor-in -Chief		OUYANG Zi-yuan
编 辑	《环境科学》编辑委员会 北京市 2871 信箱(海淀区双清路 18 号, 邮政编码: 100085) 电话: 010-62941102, 010-62849343 传真: 010-62849343 E-mail: hjkx@rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn	Edited	by	The Editorial Board of Environmental Science ( HUANJING KEXUE ) P. O. Box 2871, Beijing 100085, China Tel: 010-62941102, 010-62849343; Fax: 010-62849343 E-mail: hjkx@rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn
出 版	科 学 出 版 社 北京东黄城根北街 16 号 邮政编码: 100717	Published	by	Science Press 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷 装 订	北京北林印刷厂	Printed	by	Beijing Bei Lin Printing House
发 行	科 学 出 版 社 电话: 010-64017032 E-mail: journal@mail. sciencecp. com	Distributed	by	Science Press Tel: 010-64017032 E-mail: journal@mail. sciencecp. com
订 购 处	全国各地邮局	Domestic		All Local Post Offices in China
国外总发行	中国国际图书贸易总公司 (北京 399 信箱)	Foreign		China International Book Trading Corporation (Guoji Shudian), P. O. Box 399, Beijing 100044, China

中国标准刊号: ISSN 0250-3301  
CN 11-1895/X

国内邮发代号: 2-821

国内定价: 70.00 元

国外发行代号: M 205

国内外公开发刊