

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第37卷 第5期

Vol.37 No.5

2016

中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版



目次

2015年12月北京市空气重污染过程分析及污染源排放变化 薛亦峰,周震,聂滕,潘涛,齐璐,聂磊,王占山,李云婷,李雪峰,田贺忠(1593)

北京 APEC 期间大气颗粒物中类腐殖酸的污染特征及来源 周雪明,仝雪娇,项萍,谭吉华,段菁春,何晓明,贺克斌,马永亮(1602)

利用 SPAMS 分析北京市硫酸盐、硝酸盐和铵盐季节变化特征及潜在源区分布 刘浪,张文杰,杜世勇,侯鲁健,韩斌,杨文,陈敏东,白志鹏(1609)

兰州城区大气 PM_{2.5} 污染特征及来源解析 王新,聂燕,陈红,王博,黄韬,夏敦胜(1619)

成都市西南郊区春季大气 PM_{2.5} 的污染水平及来源解析 林瑜,叶芝祥,杨怀金,张菊,殷蔚雯,李晓芬(1629)

中亚热带背景区重庆四面山大气气态总汞含量变化特征 刘伟明,马明,王定勇,孙涛,魏世强(1639)

固定源排放污染物健康风险评价方法的建立 陈强,吴焕波(1646)

北京市典型燃烧源颗粒物排放水平与特征测试 胡月琪,邬晓东,王琛,梁云平,马召辉(1653)

南京公园降尘中重金属污染水平及风险评价 王呈,钱新,李慧明,孙一轩,王金霞(1662)

CoCuMnO₂ 光催化氧化多组分 VOCs 特性及其动力学 孟海龙,卜龙利,刘嘉栋,高波,冯奇奇,谭娜,谢帅(1670)

大辽河感潮河段及近岸河口氮、磷的分布及潜在性富营养化 张雷,曹伟,马迎群,韩超南,秦延文,赵艳民,刘志超,杨晨晨(1677)

典型温冰川区湖泊的稳定同位素空间分布特征 史晓宜,蒲焘,何元庆,陆浩,牛贺文,夏敦胜(1685)

利用 $\delta^{15}\text{N}-\text{NO}_3^-$ 和 $\delta^{18}\text{O}-\text{NO}_3^-$ 示踪北京城区河流硝酸盐来源 赵庆良,马慧雅,任玉芬,王效科,彭剑锋,贺成武,武俊良,刘梦贞,闫苗苗(1692)

柳江盆地浅层地下水硝酸盐分布特征及影响因素分析 王贺,谷洪彪,迟宝明,李海君,姜海宁(1699)

三峡库区小流域不同土地利用类型对氮素流失影响 陈成龙,高明,倪九派,谢德体,邓华(1707)

亚热带农区生态沟渠对农业径流中氮素迁移拦截效应研究 王迪,李红芳,刘锋,王毅,钟元春,何洋,肖润林,吴金水(1717)

平原河网典型污染物生物降解系数的研究 冯帅,李叙勇,邓建才(1724)

沉水植物对沉积物微生物群落结构影响:以洪泽湖湿地为例 张丁予,章婷曦,董丹萍,李德芳,王国祥(1734)

苏南水库硅藻群落结构特征及其控制因素 任杰,周涛,朱广伟,金颖薇,崔扬,许海,朱梦圆,夏明芳,陈伟民(1742)

河北衡水湖湿地汞污染现状及生态风险评价 王乃姗,张曼胤,崔丽娟,马牧源,颜亮,穆泳林,秦鹏(1754)

顺德水道土壤及沉积物中重金属分布及潜在生态风险评价 蔡怡敏,陈卫平,彭驰,王铁宇,肖荣波(1763)

台州电子垃圾拆解区水和沉积物中多溴联苯醚污染特征与生态风险 陈香平,彭宝琦,吕素平,陈强,张勇,黄长江,董巧香(1771)

乌江中上游段河水主要离子化学特征及控制因素 黄奇波,覃小群,刘朋雨,蓝芙宁,张连凯,苏春田(1779)

岩溶流域地下水 TOC 输出及影响因素分析:以重庆丰都雪玉洞地下河流域为例 王巧莲,蒋勇军,陈宇(1788)

广东英德宝晶宫洞穴滴水元素季节变化与影响因素 黄嘉仪,陈琳,陈琼,刘淑华,杨亮,童晓宁,贺海波,米小建,邓肖敏,彭小桃,李汉杰,杨琰,周厚云(1798)

基于 PCR-DGGE 和拟杆菌(*Bacteroides*) 16S rRNA 的岩溶地下水粪便污染源示踪研究:以重庆南山老龙洞地下河系统为例 张弘,蒋勇军,张远瞩,段逸凡,吕现福,贺秋芳(1805)

典型岩溶区地下河中溶解态脂类生物标志物来源解析及其变化特征 梁作兵,孙玉川,李建鸿,王尊波,谢正兰,张媚,廖昱,江泽利(1814)

钴活化过一硫酸盐氧化过程中卤代副产物的生成 刘阔,金浩,董为,季跃飞,陆隽鹤(1823)

天冬氨酸在氯化过程中生成消毒副产物二氯乙腈的研究 丁春生,李乃军,张涛,章梦青(1831)

臭氧氧化饮用水过程中可同化有机碳生成的影响因素 董秉直,张佳丽,何畅(1837)

污水管网典型混流制区域水量水质波动特征解析 程珣,张明凯,刘艳臣,施汉昌(1845)

HDTMA 改性沸石的制备及吸附废水中对硝基苯酚的性能和动力学 郭俊元,王彬(1852)

放射性废水处理中吸附剂的优势藻种筛选 李鑫,胡洪营,余骏一,赵文玉(1858)

微米 Fe₃O₄ 磁粉调理-压力电场污泥脱水工艺过程研究 钱旭,王毅力,赵丽(1864)

间歇曝气 SBR 处理养猪沼液的短程脱氮性能 宋小燕,刘锐,税勇,川岸朋树,占新民,陈吕军(1873)

不同灌溉方式对华北平原冬小麦土壤 CO₂ 和 N₂O 排放通量的影响 郭树芳,齐玉春,尹飞虎,彭琴,董云社,贺云龙,闫钟清(1880)

卫河新乡市区段春季溶解 CH₄ 与 N₂O 浓度特征 侯翠翠,张芳,李英臣,王奇博,刘赛(1891)

模拟气沉降对内蒙古克氏针茅草原 N₂O 排放的影响 杨涵越,张婷,黄永梅,段雷(1900)

土壤呼吸与土壤有机碳对不同秸秆还田的响应及其机制 曹湛波,王磊,李凡,付小花,乐毅全,吴纪华,陆兵,徐殿胜(1908)

黑土丘陵区小流域土壤有机质空间变异及分布格局 高凤杰,马泉来,韩文文,单培明,周军,张少良,张志民,王宏燕(1915)

耕作方式对紫色水稻土团聚体中有机质及重金属的分布特征影响 史琼彬,赵秀兰,常同举,卢吉文(1923)

北京东南郊典型地层重金属分布特征与潜在生态风险 赵倩,马琳,刘翼飞,何江涛,李广贺(1931)

准东煤田露天矿区土壤重金属污染现状评价及来源分析 刘巍,杨建军,汪君,王果,曹月娥(1938)

纳米 TiO₂ 对土壤重金属释放及形态变化的影响 张金洋,王定勇,梁丽,李楚娟,张成,周雄,刘娟(1946)

纳米零价铁铜双金属对铬污染土壤中 Cr(VI) 的还原动力学 马少云,祝方,商执峰(1953)

低分子有机酸对硫杆菌活性的抑制作用及对土壤重金属脱除的影响 宋永伟,王鹤茹,曹艳晓,李飞,崔春红,周立祥(1960)

粒径和包裹物对纳米银在海洋微藻中的毒性影响 黄俊,衣俊,强丽媛,程金平(1968)

萱草修复石油烃污染土壤的根际机制和根系代谢组学分析 王亚男,程立娟,周启星(1978)

高温堆肥过程对猪粪来源抗生素抗性基因的影响 郑宁国,黄南,王卫卫,喻曼,陈晓旻,姚燕来,王卫平,洪春来(1986)

磺胺抗性消长与堆肥进程的交互特征 林辉,汪建妹,孙万春,符建荣,陈红金,马军伟(1993)

《环境科学》征订启事(1830) 《环境科学》征稿简则(1977) 信息(1698,1851,1992)

污水管网典型混流制区域水量水质波动特征解析

程珣, 张明凯, 刘艳臣*, 施汉昌

(清华大学环境学院, 环境模拟与污染控制国家重点实验室, 北京 100084)

摘要: 混流制管网区域的入流渗入等问题致使污水水量水质波动较大, 这给城市污水系统运行管理带来极大挑战. 以某市典型混流制区域为对象, 建立基于物联网的多点同步监测平台, 重点研究了混流制污水管网的运行特点, 识别关键的特征指标和不同情景下的指标变化特征. 结果表明, 旱流正常液位情景下水水量水质日变化规律明显、多点同步性规律较一致; 旱流高液位情景下水水量水质日变化规律依然存在, 但水质多点同步性差异较大; 旱流液位、电导率波动特征受季节降雨量变化影响显著, 且其主分布区间与季节降雨显著相关. 降雨过程对液位变化速率及特征时段内的电导率变化速率分布特征影响较大, 高低液位两种情景下液位、电导率对雨量雨型的响应特征差异显著, 低液位时电导率响应更灵敏, 高液位时液位响应更灵敏. 基于旱季雨季分布规律以及降雨过程水量水质变化特征, 建立了基于多点同步监测的管网运行参数特征库, 为雨污混流管网优化运行管理提供支持.

关键词: 混流制; 污水管网; 水量特征; 水质特征; 降雨

中图分类号: X703 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2016)05-1845-07 DOI: 10.13227/j.hjcx.2016.05.031

Wastewater Quantity and Quality Fluctuation Characteristics of Typical Area of Hybrid Sewage System

CHENG Xun, ZHANG Ming-kai, LIU Yan-chen*, SHI Han-chang

(State Key Joint Laboratory of Environment Simulation and Pollution Control, School of Environment, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: The inflow and infiltration problems cause large fluctuation in wastewater quantity and quality in hybrid sewage system. This seriously challenges the operation and management of sewage system. A multi-point on-line simultaneous monitoring system was established in a typical hybrid sewage system. The key characteristic parameters and their variation features under different circumstances were studied. The result indicated that the daily variation rule was obvious and appeared synchronous among multiple points at normal water level under dry weather flow, but there was no synchronization in conductivity variation among multiple points at high water level under dry weather flow. The statistical distribution range of water level and conductivity was significantly impacted by the seasonal rainfall change under dry weather. The statistical distribution ranges of water level variation rate and conductivity variation rate in specific time were significantly impacted by the rainfall. The response features of water level and conductivity to rainfall intensity and pattern were significantly different under different circumstances. The response sensitivity of conductivity was higher than water level at normal water level and lower at high water level. The database which could support the optimization of operation and management in the hybrid sewage system was proposed based on the distribution law of wastewater quality and quantity fluctuation under dry and wet weather, as well as the variation rate features of wastewater quality and quantity during rainfall obtained using the multi-point on-line simultaneous monitoring system.

Key words: hybrid system; sewage system; wastewater quality feature; wastewater quantity feature; rainfall

我国城市建设早期污水收集多采用合流制, 而新建城区均采用分流制, 但在老城区的分流制改造以及新城区的不断扩建过程中, 由于管网底帐不清、管道私接等原因, 雨污管网混接现象严重, 很多城市污水管网均呈现典型混流制特征^[1,2]. 混流特征污水管网存在着复杂的多源入流渗入、CSO/SSO 等问题, 尤其是在雨季条件下, 污水管网和污水处理厂的运行均要面对极大的挑战.

针对管网混接问题的检测与维护, 目前主要还以人工非连续方法为主, 主要包括直接的人工直观感官排查法^[3,4]和基于 CCTV(闭路电视)视频排查

法^[5], 以及基于特征物质的示踪检测法^[6,7], 如营养盐监测法^[8]、特征有机物监测法^[9-12]、细菌浓度监测法^[13,14]等. 而近年随着计算机技术发展和 GIS 技术的推广应用, 也发展了基于管网模型模拟的诊断评估法^[15,16], 但由于受到成本投入、工作效率及人员要求等因素的限制, 这些技术均还不足以解决我国目前所面临的复杂管网混流问题.

收稿日期: 2015-10-22; 修订日期: 2015-12-24

基金项目: 清华大学自主科研课题项目(2014z21028); 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2011ZX07301-002)

作者简介: 程珣(1991~), 男, 硕士, 主要研究方向为城市污水系统优化运行管理, E-mail: xingyushicx@163.com

* 通讯联系人, E-mail: liuyc@mail.tsinghua.edu.cn

然而,近年随着在线监测技术^[17,18]、物联网技术和大数据分析技术在各个领域的集成发展,其在排水系统的运行管理方面也开始有一些尝试和应用^[19,20],基于物联网的在线监测网络,可以实现多点同步、多指标的在线同步网络监测,大大提高了监测信息的数量和效率;而基于大数据的全样本数据分析方法^[21,22],也能够更有效解析复杂多源排放过程的污水水量水质波动所反映的管网结构和运行问题. 基于物联网高密度在线监测数据的连续分析诊断将会给复杂污水管网混流问题的解决提供一个新的途径.

本研究以某城市典型混流制污水管网区域为对象,通过建立多点同步在线监测系统,实现对污水管网液位、流量等水力指标和电导率等水质指标的多点在线同步监测,并结合连续监测数据的分析,解析混流制污水管网复杂多源漏渗情况下的基本运行特征,识别关键的参数指标和变化规律,以期为污水管网的优化运行管理提供技术基础支持.

1 材料与方 法

1.1 研究区域概况

选择典型混流制污水管网区域,区域服务面积约为 0.63 km²,服务人口约为 0.41 万人,上游有一个一级泵站,下游有一个二级泵站. 该地区多为居住、商业用地,地势较低,区域污水管道干管管径为 600 mm,支管管径为 500 mm,由于管道使用年限长破损程度不明、老城区管道改造混乱等原因,雨污混接情况严重,雨天管道经常处于超载状态.

1.2 污水管网在线监测方案

如图 1 所示,为了获取小区域管网多点同步运行特征,在研究区域管网的污水干管上游、主要支管各设置一个监测点,污水干管下游设置两个监测点,建立了区域小尺度监测系统,对液位、流量 (HACH AV9000)、电导率 (中宜 PLOC-100)、雨量 (HACH 950) 进行实时同步在线监测,液位、流量是直观的水力指标,而电导率受居民用水习惯、降雨初期效应和入流效应影响大,对旱流水质波动和降雨影响有灵敏的响应,并且测量迅速方便,可作为水质表征指标. 数据实时传输,监测时间间隔为 15 min,监测时间 2 a.

1.3 基于连续监测的管网运行特征解析方法

本研究采用了时间序列季节分析法、频率分布统计、相关性分析、多点耦合解析等数据解析方法,对反映管网运行特征的参数波动规律、水量

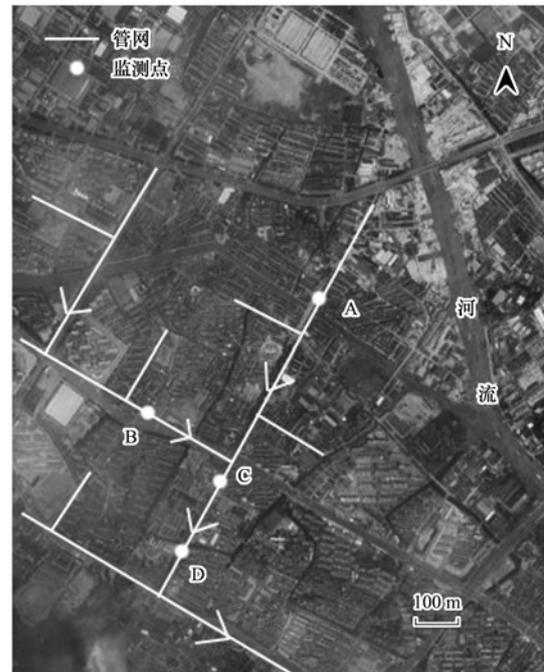


图 1 研究区域及监测点示意

Fig. 1 Location of research area and monitoring points

水质变化速率等进行研究. 季节变动分析法^[21]是对于每一周期相应的单元取平均,即基于时间序列连续变化观察平均值,进而获得一个周期内的季节波动,并以一天为周期,观察日内各时刻液位、流量、电导率的连续变化规律. 同时基于多点同步监测数据,进行参照点位间隔的差值比较分析,挖掘不同监测点的同步特征与管网问题的对应关系. 按照季节特征将一年分为降雨量大、中、小这 3 个时期,分别统计分析管网液位、电导率波动的频率分布特征^[22],比较雨天、晴天分布特征差异.

2 结果与讨论

2.1 污水管网旱流多点同步日变化规律

典型旱季各监测点水量水质变化特征如图 2 所示,结果表明管网不同点位的液位、流量变化规律相似,均在夜间 04:00 左右达到谷值,一天内两个峰值分别位于 10:00 ~ 12:00 和 21:00 ~ 22:00,不同监测点间同步性好,不同位置间的波动传导特征不明显,个别点位波动幅度略有变化. 分析以电导率为代表的水质变化特征,结果表明不同点位间的水质变化特征也呈现较好的同步特征,但峰值谷值时间略有差异,水质浓度谷值出现在夜间 04:00 ~ 06:00,而峰值则与流量波动特征差异较大,最大峰值出现在 12:00 ~ 16:00,夜间小峰值出现在晚间

24:00 左右. 水量水质波动特征的差异主要体现了区域用水规律和排放污水类别特征,与深圳老城区混流制管网的研究结果^[23]相比,水质变化规律一致,本研究水量晚间高峰更为明显. 而与合流制管网相比,旱季水量、水质变化规律相似,均主要受居

民用水习惯影响,而波动幅度则主要受区域用水特性影响,本研究中流量平均时变化系数为 1.42,峰值谷值比为 1.92~5.56,电导率峰值谷值比为 1.18~1.52,与合流制管网研究结果^[24]相比,流量波动幅度相似、水质波动幅度更小.

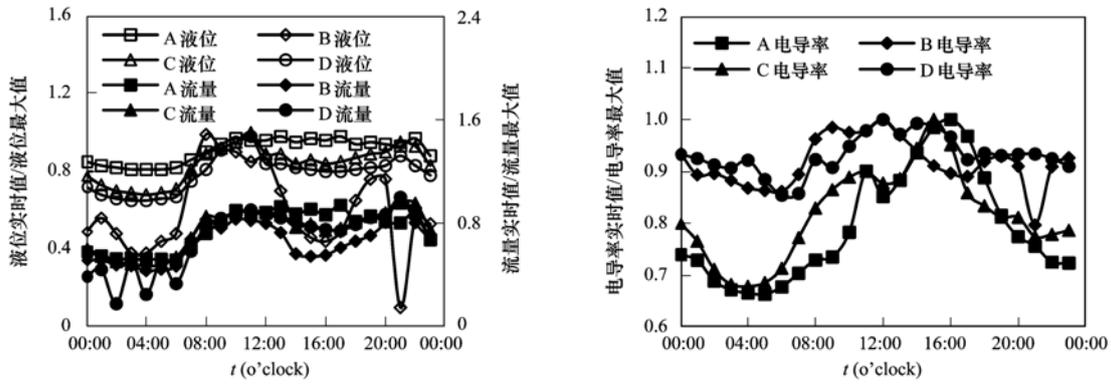


图 2 旱流液位、流量、电导率日变化规律

Fig. 2 Daily variation of water level, flow and conductivity in dry weather

该区域管网经常处于高液位旱流运行状态,高液位旱流日变化规律分析结果如图 3 所示,与正常旱流日变化规律相比,液位谷值和晚高峰值依然明显,但午间液位升高后无退峰变化,液位持续保持较高水平. 高液位旱流状态在高液位时段会出现倒流现象,这是因为液位较高时,由于下游雍水作用,管道过流能力减弱,致使倒流现象发生,当液位降低到一定程度,流量则恢复为正值. 而高液位情况下电导率较正常旱流情景波动范围收窄,规律性变得不明显,这可能是因为高液位情况下管道污水滞留时间长,使得水质变化幅度变小,并且多点同步性降低,A 点全天保持稳定,B 点在早间 08:00 左右达到峰值,晚间 00:00 左右达到谷值,C、D 点全天波动较为频繁.

2.2 旱流波动分布特征

研究全年的旱流波动特征发现,雨季和旱季对旱流均值影响很大,尤其是持续降雨时间和强度对旱流均值影响较大,尤其是持续降雨时间和强度对旱流均值影响较大,雨季持续满管流时间较长,呈现出较显著的合流管网特征. 结合不同季节降雨强度对水量水质波动的影响情况进行统计描述,结果表明各时期的液位均值与降雨量成正比,从图 4 还可以看出若降雨量小,则液位右偏态分布明显,较小液位值出现概率高;若降雨量中等,液位分布集中在左右两侧,较小液位值占比略大于较大液位值;若降雨量大,则左偏态分布明显,较大液位值出现概率高,分布非常集中,这表明降雨量大会导致管网长期处于高液位状态.

从图 4 水质波动变化结果可以看出,降雨量小

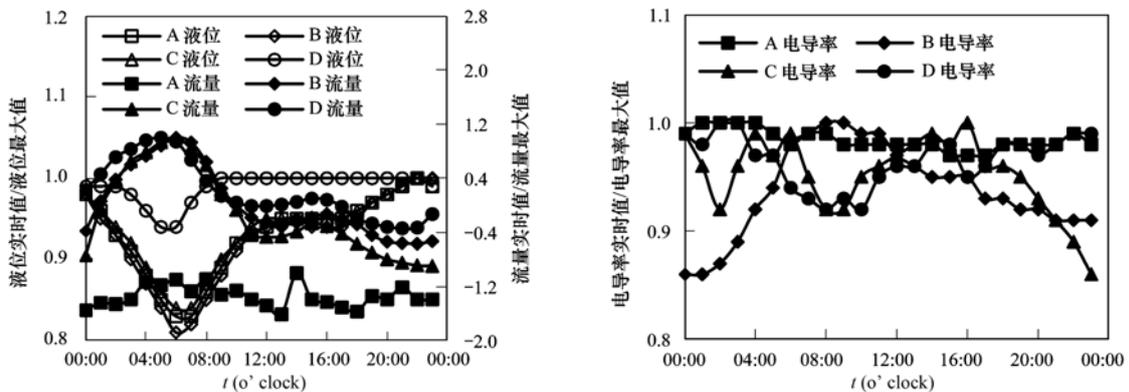


图 3 高液位、流量、电导率旱流日变化规律

Fig. 3 Daily variation of water level, flow and conductivity in dry weather at high water level

时电导率左偏态分布明显,这一特征与管网低液位旱流特征一致,体现了低液位运行情况下生活污水水质波动特征,不存在明显入流问题;降雨量中等时,电导率呈平均分布,说明这种情况下管网既会出现高液位运行状态,也可能保持低液位运行状态,存在较高的入流现象发生概率;降雨量大时,电导率出现主要集中在分布在 $750 \sim 1\,000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ 的现象,这说明此时管道长期高液位状态导致生活污水长期滞留,并且存在高概率管道倒流和溢流问题,而波动较大的现象说明区域管段受到降雨初期冲刷与稀释效应影响显著.

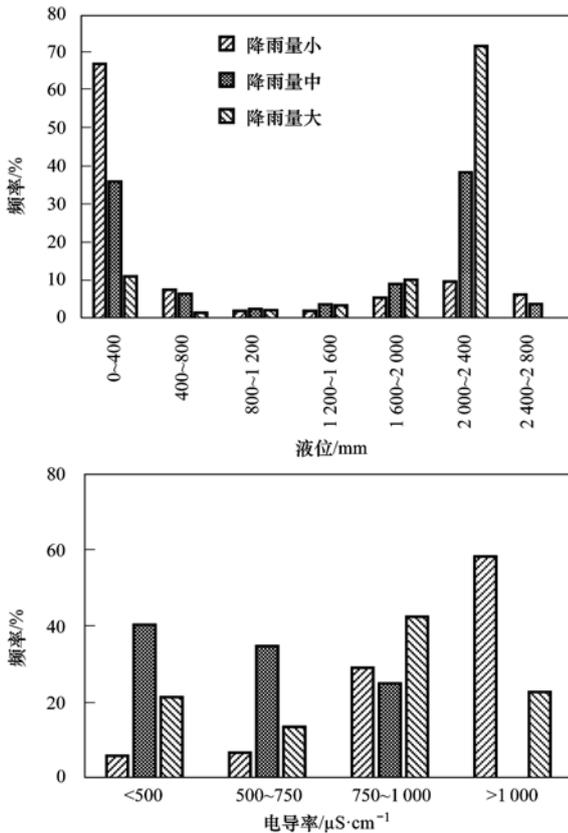


图 4 不同时期液位、电导率统计分布

Fig. 4 Statistical distribution of water level and conductivity at different time

2.3 降雨过程对管网瞬时运行特征影响

降雨过程对管网液位、流速、电导率的瞬时变化特征影响如图 5 所示,可以发现每次降雨事件中,液位都会显著上升,污水流速会显著降低,下游雍水作用明显,甚至会出现倒流现象;电导率正常旱流变化趋势受到影响,由于雨水的稀释作用,使污水电导率下降或者原有上升趋势减弱,这说明该区域雨污混接问题严重,入流、溢流问题发生概率高.对于混流制管网,降雨后整体特征与合流制管网类似,但由于雨污混接点位不确定,导致不同点位的变化

特征存在差异,降雨后 C、D 两点流量梯度变为负值(流量差变为负值),表明两点之间存在雨水入流点,同时水力坡度变为负值(下游 D 点液位反而高于上游 C 点液位),说明两点之间出现倒流情况.此外,降雨中 C、D 点电导率由于雨水稀释作用迅速下降,但是 C 点下降速率高于 D 点,这也同样说明两点之间存在高概率入流问题.

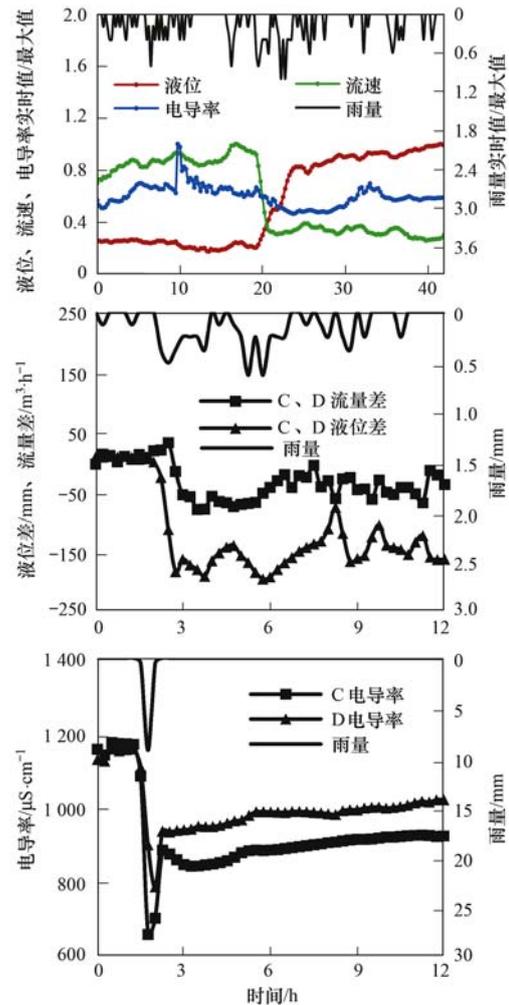


图 5 降雨瞬时影响特征

Fig. 5 Short-term effect characteristics of rainfall

2.4 雨天动态波动分布特征

比较晴天、雨天相邻时刻水量水质的变化率分布差异,结果如图 6 所示.晴天液位变化速率相对平缓,而雨天受雨水入流影响明显,雨后短时间内管网液位迅速变化,因此雨天较高液位变化率出现概率较高,这一结果受降雨过程对管网液位瞬时影响所致.同样选取晴天水质变化率较高的两个最有代表性的时段 14:00 ~ 17:00 和 22:00 ~ 24:00 进行水质变化率分布特征解析,结果表明晴天时的污水电导率变化率较大,这是因为特征时段内电导率常表

现为每日的规律性的波动,而雨天时由于雨水入流稀释效应以及液位升高,使得污水电导率变化速率较慢,这与高液位时电导率波动分布特征一致,体现了雨天比较明显的管网入流问题特征,早流明显的水质波动特征被减弱。

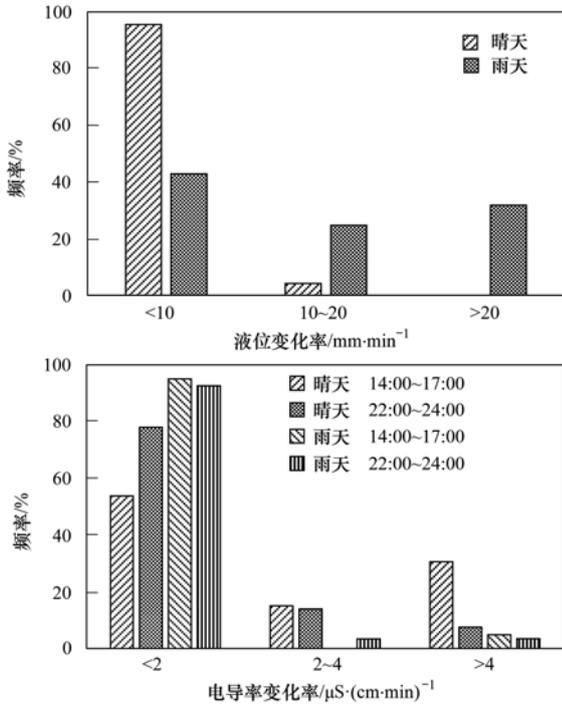


图 6 液位和电导率变化率分布

Fig. 6 Variation rate distribution of water level and conductivity

2.5 雨量雨型对动态波动特征影响

管网工况条件、雨量雨型不同均会对水量水质波动产生显著影响^[25],考察响应液位(液位开始显著

上升时的临界)、响应时间(降雨开始至指标响应的的时间间隔)、累积雨量(降雨开始至指标响应此段时间内的累积降雨总量)之间的相关性,结果如图 7 (监测点 C)所示. 从中可以看出低液位时降雨后响应液位分布集中在 240 mm 附近,响应时间分散,并均在 200 min 以上,主要受雨型影响,而响应累积雨量在 4 mm 以上,主要与降雨强度和雨型有关,结果说明在液位达到 240 mm 之前,管网调蓄能力发挥作用,液位缓步上升,当液位达到 240 mm 临界值时,管网调蓄能力达到极限,如果继续发生入流,液位就会迅速上升,导致雍水、倒流现象发生,雨量雨型直接影响液位上升速率和响应时间的变化. 低液位时电导率响应较灵敏,响应时间也均在 200 min 以下,响应累积雨量介于 2~4 mm 之间,表明低液

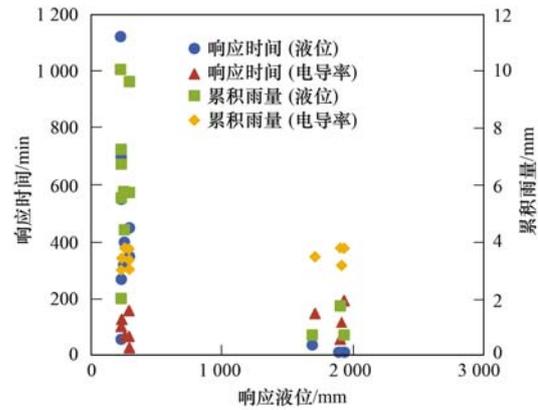


图 7 响应时间、累积雨量与响应液位相关分析

Fig. 7 Correlation analysis of response time, cumulative rainfall and response water level

表 1 混流制管网运行特征库

Table 1 Operation characteristics database of hybrid sewage system

统计分析方法	液位				流速				电导率				运行问题特征
	分布特征	变化值	变化率	多点同步性	分布特征	变化值	变化率	多点同步性	分布特征	变化值	变化率	多点同步性	
早流低液位 日变化规律	—	规律 明显	—	一致	—	规律 明显	—	一致	—	规律 明显	—	较一致	正常运行
早流高液位 日变化规律	—	规律 明显	—	一致	—	规律 明显	—	一致	—	规律 不明显	—	差异较大	雍水运行
早流季节 波动分布特征	季节降雨 影响明显	—	波动 平缓	—	—	—	—	—	—	季节降雨 影响明显	—	波动 较大	—
晴天动态 分布特征	波动平缓	—	较小	—	—	—	—	—	—	特征时段 波动较大	—	特征时段 较大	—
雨天动态 分布特征	波动剧烈	—	较大	—	—	—	—	—	—	特征时段 波动平缓	—	特征时段 较小	入流
降雨过程 瞬时响应	高液位 概率高	增大	增大	点位差异 明显	低流速 概率高	减小	增大	—	—	偏离正常 趋势	受雨量雨型 影响	点位差异 明显	入流、倒流 概率高
雨量雨型动态 波动特征影响	高、低液位 响应特征 不同	受响应 液位、雨 量影响	雨量集中 响应快	—	高、低 液位响应 特征不同	受响应液 位、雨 量影响	雨量集中 响应快	—	—	受降雨发生 时间、前期 干旱天数、 雨量雨型 等影响	受降雨发生 时间、前期 干旱天数、 雨量雨型 等影响	—	入流

位时雨水入流量对水质影响的响应更加灵敏. 而高液位时的液位响应更为灵敏, 响应时间非常短, 均在 30 min 以下, 响应累积雨量分布在 5 mm 以下, 这是因为高液位时管网已超负荷运行, 失去调蓄能力, 发生入流就会很快发生响应. 但高液位状态电导率的响应时间较液位长, 均在 200 min 以下, 响应累积雨量也较液位大, 介于 3 ~ 4 mm 之间, 这表明高液位时管网可入流容量受限, 雨水入流对水质影响也减弱.

2.6 基于大数据解析的管网运行特征库构建

基于长期在线监测, 结合连续数据解析方法处理得到不同指标分布特征、动态波动特征和不同监测点特异性特征, 构建混流制管网运行特征库(表 1), 为管网运行管理和故障诊断工作提供数据和信息支持. 基于多指标、多点协同分析的方法表征了不同情景的特征, 对液位、流速、电导率的变化值、变化率、长期分布特征以及多点同步特征进行了总结, 并据此可以实现对管网存在的入流、倒流问题的定性诊断.

3 结论

基于多点协同连续在线监测的数据解析可以获得更加深入的混流制管网运行特征, 混流制管网旱流低液位时日变化规律明显、多点同步性较好, 旱流高液位时流量日变化规律依然明显, 而水质多点同步性差异较大. 晴雨天液位、电导率变化率分布特征差异明显. 雨天较晴天时的液位变化率显著增大, 而特定时段电导率变化率显著减小. 降雨过程对管网瞬时运行特征影响显著, 多点同步特征差异可以反映出入流位置以及管段倒流发生情况, 低液位时电导率响应更灵敏, 高液位时液位响应更灵敏, 低液位时管网调蓄能力达到极限时的临界液位存在规律性, 雨量雨型、旱季基础流量对降雨时的液位响应时间影响显著. 采用多指标多点协同在线监测, 通过建立混流制管网不同情景下的运行特征库, 能够实现管网运行特征的实时在线诊断.

参考文献:

- [1] 唐鸿亮. 雨污兼合的排水系统体制探讨[J]. 给水排水, 2005, **31**(3): 45-50.
- [2] 汪常青. 武汉市城市排水体制探讨[J]. 中国给水排水, 2006, **22**(8): 12-15.
- [3] Brown E, Caraco D, Pitt R. Illicit discharge detection and elimination: a guidance manual for program development and technical assessments [M]. Washington, D. C.: US Environmental Protection Agency, 2004. 75-86.
- [4] Irvine K, Rossi M C, Vermette S, *et al.* Illicit discharge detection and elimination: low cost options for source identification and trackdown in stormwater systems [J]. Urban Water Journal, 2011, **8**(6): 379-395.
- [5] Butler D, Davies J W. Urban drainage[M]. (Second Edition). London, New York: Spon Press, 2004. 380-388.
- [6] Tuomari D C, Thompson S. "Sherlocks of stormwater" Effective investigation techniques for illicit connection and discharge detection[J]. Proceedings of the Water Environment Federation, 2004, **2004**(16): 1252-1259.
- [7] Nicholas E J, Larsen J P, Garcia-Marquez C. What lies beneath Broward County, Fla., digs deep, launching a successful I/I rehabilitation program [J]. Water Environment & Technology, 2002, **14**(3): 37-42.
- [8] Sankararamakrishnan N, Guo Q Z. Chemical tracers as indicator of human fecal coliforms at storm water outfalls[J]. Environment International, 2005, **31**(8): 1133-1140.
- [9] Buerge I J, Poiger T, Müller M D, *et al.* Caffeine, an anthropogenic marker for wastewater contamination of surface waters [J]. Environmental Science & Technology, 2003, **37**(4): 691-700.
- [10] Ferreira A P. Caffeine as an environmental indicator for assessing urban aquatic ecosystems [J]. Cadernos de Saúde Pública, 2005, **21**(6): 1884-1892.
- [11] Kurissery S, Kanavillil N, Verenitch S, *et al.* Caffeine as an anthropogenic marker of domestic waste: a study from Lake Simcoe watershed [J]. Ecological Indicators, 2012, **23**: 501-508.
- [12] Siegener R, Chen R F. Caffeine in Boston harbor seawater [J]. Marine Pollution Bulletin, 2002, **44**(5): 383-387.
- [13] Peeler K A, Opsahl S P, Chanton J P. Tracking anthropogenic inputs using caffeine, indicator bacteria, and nutrients in rural freshwater and urban marine systems [J]. Environmental Science & Technology, 2006, **40**(24): 7616-7622.
- [14] Scott T M, Rose J B, Jenkins T M, *et al.* Microbial source tracking: current methodology and future directions [J]. Applied and Environmental Microbiology, 2002, **68**(12): 5796-5803.
- [15] Xu Z X, Yin H L, Li H Z. Quantification of non-stormwater flow entries into storm drains using a water balance approach [J]. Science of the Total Environment, 2014, **487**(14): 381-388.
- [16] 李田, 周永潮, 冯仓, 等. 分流制雨水系统雨污混接水量的模型分析 [J]. 同济大学学报(自然科学版), 2008, **36**(9): 1226-1231.
- [17] Schilperoord R P, Gruber G, Flamink C M, *et al.* Temperature and conductivity as control parameters for pollution-based real-time control [J]. Water Science & Technology, 2006, **54**(11-12): 257-263.
- [18] Lacour C, Joannis C, Gromaire M, *et al.* Potential of turbidity monitoring for real time control of pollutant discharge in sewers during rainfall events [J]. Water Science & Technology, 2009, **59**(8): 1471-1478.
- [19] 刘琪. 基于物联网技术的排水管网信息管理系统 [D]. 成

- 都: 西南交通大学, 2014.
- [20] 薛敏, 李大成, 沈晓铃. 基于物联网技术的智慧排水系统构建[J]. 中国给水排水, 2012, **28**(6): 62-64.
- [21] 静贺. 排水管网水量水质变化特性及其运行优化策略的研究[D]. 北京: 清华大学, 2010.
- [22] Piro P, Carbone M, Sansalone J. Delivery and frequency distributions of combined wastewater collection system wet and dry weather loads[J]. Water Environment Research, 2012, **84**(1): 65-75.
- [23] 王昊阳, 管运涛, 水野忠熊, 等. 深圳老城区局部雨污管网水质水量检测[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2008, **48**(6): 987-990.
- [24] 王琨. 巢湖市老城区排水系统水力性能评价[D]. 合肥: 安徽建筑工业学院, 2012.
- [25] 喻晓琴. 滇池流域典型城镇雨水径流特征及截流方法研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2014.

《环境科学》再获“百种中国杰出学术期刊”称号

2015年10月21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14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

Exploring the Severe Haze in Beijing During December, 2015; Pollution Process and Emissions Variation	XUE Yi-feng, ZHOU Zhen, NIE Teng, <i>et al.</i> (1593)
Pollution Characteristics and Source of HULIS in the Fine Particle During the Beijing APEC	ZHOU Xue-ming, QI Xue-jiao, XIANG Ping, <i>et al.</i> (1602)
Seasonal Variation Characteristics and Potential Source Contribution of Sulfate, Nitrate and Ammonium in Beijing by Using Single Particle Aerosol Mass Spectrometry	LIU Lang, ZHANG Wen-jie, DU Shi-yong, <i>et al.</i> (1609)
Pollution Characteristics and Source Apportionment of PM _{2.5} in Lanzhou City	WANG Xin, NIE Yan, CHEN Hong, <i>et al.</i> (1619)
Pollution Level and Source Apportionment of Atmospheric Particles PM _{2.5} in Southwest Suburb of Chengdu in Spring	LIN Yu, YE Zhi-xiang, YANG Huai-jin, <i>et al.</i> (1629)
Variation Characteristics of Total Gaseous Mercury at Simian Mountain Background Station in Mid-subtropical Region	LIU Wei-ming, MA Ming, WANG Ding-yong, <i>et al.</i> (1639)
Establishment of Method for Health Risk Assessment of Pollutants from Fixed Sources	CHEN Qiang, WU Huan-bo (1646)
Testing of Concentration and Characteristics of Particulate Matters Emitted from Stationary Combustion Sources in Beijing	HU Yue-qi, WU Xiao-dong, WANG Chen, <i>et al.</i> (1653)
Pollution Evaluation and Risk Assessment of Heavy Metals from Atmospheric Deposition in the Parks of Nanjing	WANG Cheng, QIAN Xin, LI Hui-ming, <i>et al.</i> (1662)
CoCuMnO ₂ Photocatalyzed Oxidation of Multi-component VOCs and Kinetic Analysis	MENG Hai-long, BO Long-li, LIU Jia-dong, <i>et al.</i> (1670)
Distribution of Nitrogen and Phosphorus in the Tidal Reach and Estuary of the Daliao River and Analysis of Potential Eutrophication	ZHANG Lei, CAO Wei, MA Ying-qun, <i>et al.</i> (1677)
Spatial Distribution of Stable Isotope from the Lakes in Typical Temperate Glacier Region	SHI Xiao-yi, PU Tao, HE Yuan-qing, <i>et al.</i> (1685)
$\delta^{15}\text{N}\text{-NO}_3^-$ and $\delta^{18}\text{O}\text{-NO}_3^-$ Tracing of Nitrate Sources in Beijing Urban Rivers	ZHAO Qing-liang, MA Hui-ya, REN Yu-fen, <i>et al.</i> (1692)
Distribution Characteristics and Influencing Factors of Nitrate Pollution in Shallow Groundwater of Liujiang Basin	WANG He, GU Hong-biao, CHI Bao-ming, <i>et al.</i> (1699)
Nitrogen Losses Under the Action of Different Land Use Types of Small Catchment in Three Gorges Region	CHEN Cheng-long, GAO Ming, NI Jiu-pai, <i>et al.</i> (1707)
Interception Effect of Ecological Ditch on Nitrogen Transport in Agricultural Runoff in Subtropical China	WANG Di, LI Hong-fang, LIU Feng, <i>et al.</i> (1717)
Biodegradation Coefficients of Typical Pollutants in the Plain Rivers Network	FENG Shuai, LI Xu-yong, DENG Jian-cai (1724)
Influence of Submerged Plants on Microbial Community Structure in Sediment of Hongze Lake	ZHANG Ding-yu, ZHANG Ting-xi, DONG Dan-ping, <i>et al.</i> (1734)
Community Structure Characteristics of Diatom in Reservoirs Located in the South of Jiangsu Province, China and Its Control Factors	REN Jie, ZHOU Tao, ZHU Guang-wei, <i>et al.</i> (1742)
Contamination and Ecological Risk Assessment of Mercury in Hengshuihu Wetland, Hebei Province	WANG Nai-shan, ZHANG Man-yin, CUI Li-juan, <i>et al.</i> (1754)
Spatial Distribution and Potential Ecological Risk Assessment of Heavy Metals in Soils and Sediments in Shunde Waterway, Southern China	CAI Yi-min, CHEN Wei-ping, PENG Chi, <i>et al.</i> (1763)
Pollution Characteristics and Ecological Risk of PBDEs in Water and Sediment from an Electronic Waste Dismantling Area in Taizhou	CHEN Xiang-ping, PENG Bao-qi, LÜ Su-ping, <i>et al.</i> (1771)
Major Ionic Features and Their Controlling Factors in the Upper-Middle Reaches of Wujiang River	HUANG Qi-bo, QIN Xiao-qun, LIU Peng-yu, <i>et al.</i> (1779)
Export of Total Organic Carbon (TOC) from Karst Watershed and Its Influencing Factors; An Example from Xueyudong Underground River System, Chongqing	WANG Qiao-lian, JIANG Yong-jun, CHEN Yu (1788)
Seasonal Variations and Controlling Factors of the Element Contents in Drip Waters Collected from the Baojingong Cave in Guangdong Province	HUANG Jia-yi, CHEN Lin, CHEN Qiong, <i>et al.</i> (1798)
Tracing the Fecal Contamination Sources Based on <i>Bacteroides</i> 16S rRNA PCR-DGGE in Karst Groundwater; Taking Laolongdong Underground River System, Nanshan, Chongqing as an Example	ZHANG Hong, JIANG Yong-jun, ZHANG Yuan-zhu, <i>et al.</i> (1805)
Sources and Variation Characteristics of Dissolved Lipid Biomarkers in a Typical Karst Underground River	LIANG Zuo-bing, SUN Yu-chuan, LI Jian-hong, <i>et al.</i> (1814)
Formation of Halogenated By-products in Co ²⁺ Activated Peroxymonosulfate Oxidation Process	LIU Kuo, JIN Hao, DONG Wei, <i>et al.</i> (1823)
Aspartic Acid Generated in the Process of Chlorination Disinfection By-product Dichloroacetonitrile	DING Chun-sheng, LI Nai-jun, ZHANG Tao, <i>et al.</i> (1831)
Influencing Factors of Assimilable Organic Carbon (AOC) Formation in Drinking Water During Ozonation Process	DONG Bing-zhi, ZHANG Jia-li, HE Chang (1837)
Wastewater Quantity and Quality Fluctuation Characteristics of Typical Area of Hybrid Sewage System	CHENG Xun, ZHANG Ming-kai, LIU Yan-chen, <i>et al.</i> (1845)
Preparation of HDTMA-modified Zeolite and Its Performance in Nitro-phenol Adsorption from Wastewaters	GUO Jun-yuan, WANG Bin (1852)
Selection of Suitable Microalgal Species for Sorption of Uranium in Radioactive Wastewater Treatment	LI Xin, HU Hong-ying, YU Jun-yi, <i>et al.</i> (1858)
Magnetic Fe ₃ O ₄ Microparticles Conditioning-Pressure Electro-osmotic Dewatering (MPEOD) of Sewage Sludge	QIAN Xu, WANG Yi-li, ZHAO Li (1864)
Stability of Short-cut Nitrification Nitrogen Removal in Digested Piggery Wastewater with an Intermittently Aerated Sequencing Batch Reactor	SONG Xiao-yan, LIU Rui, SHUI Yong, <i>et al.</i> (1873)
Effect of Irrigation Patterns on Soil CO ₂ and N ₂ O Emissions from Winter Wheat Field in North China Plain	GUO Shu-fang, QI Yu-chun, YIN Fei-hu, <i>et al.</i> (1880)
Characteristics of Dissolved CH ₄ and N ₂ O Concentrations of Weihe River in Xinxiang Section in Spring	HOU Cui-cui, ZHANG Fang, LI Ying-chen, <i>et al.</i> (1891)
Effect of Stimulated N Deposition on N ₂ O Emission from a <i>Stipa krylovii</i> Steppe in Inner Mongolia, China	YANG Han-yue, ZHANG Ting, HUANG Yong-mei, <i>et al.</i> (1900)
Response of Soil Respiration and Organic Carbon to Returning of Different Agricultural Straws and Its Mechanism	CAO Zhan-bo, WANG Lei, LI Fan, <i>et al.</i> (1908)
Spatial Variability and Distribution Pattern of Soil Organic Matter in a Mollisol Watershed of China	GAO Feng-jie, MA Quan-lai, HAN Wen-wen, <i>et al.</i> (1915)
Effects of Tillage on Distribution of Heavy Metals and Organic Matter Within Purple Paddy Soil Aggregates	SHI Qiong-bin, ZHAO Xiu-lan, CHANG Tong-ju, <i>et al.</i> (1923)
Distribution Characteristics and Potential Ecological Hazards Assessment of Soil Heavy Metals in Typical Soil Profiles in Southeast Suburb of Beijing	ZHAO Qian, MA Lin, LIU Yi-fei, <i>et al.</i> (1931)
Contamination Assessment and Sources Analysis of Soil Heavy Metals in Opencast Mine of East Junggar Basin in Xinjiang	LIU Wei, YANG Jian-jun, WANG Jun, <i>et al.</i> (1938)
Effect of Nano-TiO ₂ on Release and Speciation Changes of Heavy Metals in Soil	ZHANG Jin-yang, WANG Ding-yong, LIANG Li, <i>et al.</i> (1946)
Reduction Kinetics of Cr(VI) in Chromium Contaminated Soil by Nanoscale Zerovalent Iron-copper Bimetallic	MA Shao-yun, ZHU Fang, SHANG Zhi-feng (1953)
Inhibition of Low Molecular Organic Acids on the Activity of <i>Acidithiobacillus</i> Species and Its Effect on the Removal of Heavy Metals from Contaminated Soil	SONG Yong-wei, WANG He-ru, CAO Yan-xiao, <i>et al.</i> (1960)
Contribution of Particle Size and Surface Coating of Silver Nanoparticles to Its Toxicity in Marine Diatom <i>Skeletonema costatum</i>	HUANG Jun, YI Jun, QIANG Li-yuan, <i>et al.</i> (1968)
Rhizospheric Mechanisms of <i>Hemerocallis middendorfii</i> Trautv. et Mey. Remediating Petroleum-contaminated Soil and Metabonomic Analyses of the Root Systems	WANG Ya-nan, CHENG Li-juan, ZHOU Qi-xing (1978)
Effects of Thermophilic Composting on Antibiotic Resistance Genes (ARGs) of Swine Manure Source	ZHENG Ning-guo, HUANG Nan, WANG Wei-wei, <i>et al.</i> (1986)
Interaction Between Sulfonamide Antibiotics Fates and Chicken Manure Composting	LIN Hui, WANG Jian-mei, SUN Wan-chun, <i>et al.</i> (1993)

《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 刘 毅 汤鸿霄 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)

2016年5月15日 第37卷 第5期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 37 No. 5 May 15, 2016

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@reces. 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@reces. 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