

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第33卷 第7期

Vol.33 No.7

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

三峡库首秭归地区大气降水硫同位素组成及示踪研究	吴起鑫, 韩贵琳 (2145)
成都春季生物质燃烧和沙尘期间气溶胶散射特征及其重建	岳建华, 陶俊, 林泽健, 朱李华, 曹军骥, 罗磊 (2151)
太湖上空大气气溶胶光学厚度及其特征分析	饶加旺, 马荣华, 段洪涛, 姜广甲, 尚琳琳, 周琳 (2158)
环上海地区干霾气溶胶垂直分布的季节变化特征	徐婷婷, 秦艳, 耿福海, 陈勇航, 张华, 刘琼, 马晓骏 (2165)
南京冬季市区和郊区气溶胶中 PAHs 浓度的昼夜特征及粒径分布	张红亮, 樊曙先, 顾凯华, 朱彬, 范洋, 祖繁, 李红双, 孟庆紫, 何佳宝 (2172)
青岛大气气溶胶水溶性无机离子研究: 季节分布特征	刘臻, 祁建华, 王琳, 陈晓静, 石金辉, 高会旺 (2180)
城市污水处理厂生成的微生物气溶胶的污染特性	邱雄辉, 李彦鹏, 牛铁军, 李美玲, 马智慧, 苗莹, 王湘君 (2191)
基于 WEPS 模型的天津郊区土壤风蚀起尘及对中心城区迁移量估算	陈莉, 韩婷婷, 李涛, 姬亚芹, 白志鹏, 王斌 (2197)
浒苔绿潮与苏北近岸海域营养盐浓度的关系研究	高嵩, 石晓勇, 王婷 (2204)
福建沿海近 10 a 赤潮基本特征分析	李雪丁 (2210)
HSPF 水文水质模型应用研究综述	李兆富, 刘红玉, 李燕 (2217)
城市降雨径流模拟的参数不确定性分析	黄金良, 林杰, 杜鹏飞 (2224)
利用 CDOM 吸收系数估算太湖水体表层 DOC 浓度	姜广甲, 马荣华, 段洪涛 (2235)
嘉善地区水环境敏感点水质影响权重分析及风险等级判定	谢蓉蓉, 逢勇, 张倩, 陈可, 孙明园 (2244)
重庆市盘溪河水质不同季节日变化规律及水质评价	张千千, 王效科, 郝丽岭, 逯非, 欧阳志云, 侯培强, 张烨 (2251)
南京市湿地水质对城市化影响强度的响应研究	郝敬锋, 刘红玉, 胡和兵, 安静, 张小红 (2259)
宁夏沙湖浮游植物与水环境因子关系的研究	邱小琮, 赵红雪, 孙晓雪 (2265)
影响太子河流域鱼类空间分布的不同尺度环境因子分析	丁森, 张远, 渠晓东, 孔维静, 刘思思, 孟伟 (2272)
大型底栖动物生物评价指数比较与应用	耿世伟, 渠晓东, 张远, 林坤德 (2281)
青藏高原纳木错流域水体总汞的时空分布特征	王康, 康世昌, 郭军明, 张强弓, 黄杰, 郑伟 (2288)
青藏高原纳木错湖水主要化学离子的时空变化特征	郭军明, 康世昌, 张强弓, 黄杰, 王康 (2295)
用物理-生态集成技术局部控制富营养化	李秋华, 夏品华, 吴红, 林陶, 张友春, 李存雄, 陈丽丽, 杨帆 (2303)
太湖氮素出入湖通量与自净能力研究	陈小锋, 揣小明, 曾巾, 刘涛, 杨柳燕 (2309)
富营养湖泊沉积物中磷组分对硫酸盐的响应	袁探, 华玉妹, 朱端卫, 赵建伟, 蔡建波 (2315)
巢湖表层沉积物磷的空间分布差异性研究	温胜芳, 单保庆, 张洪 (2322)
南京地区典型有机污染物长距离输送潜力研究	方利江, 吴有方, 丁中原, 马子龙, 柳敏, 高宏 (2330)
东海内陆架沉积物中黑碳分布及其与持久性有机污染物的相关性研究	林田, 方引, 陈颖军, 胡利民, 郭志刚, 张干 (2335)
嘉陵江重庆段表层水体多环芳烃的污染特征	蔡文良, 罗固源, 许晓毅, 杜炯 (2341)
电子废物拆解区河流沉积物中多氯联苯的污染水平、分布及来源	王学彤, 李元成, 缪绎, 张媛, 孙阳昭, 吴明红, 盛国英, 傅家谟 (2347)
基于梯形模糊数的沉积物重金属污染风险评价模型与实例研究	李飞, 黄瑾辉, 曾光明, 唐晓娇, 白兵, 蔡青, 祝慧娜, 梁婕 (2352)
渤海湾海岸带开发对近岸沉积物重金属的影响	秦延文, 郑丙辉, 李小宝, 张雷, 时瑶, 曹伟 (2359)
崇明东滩表层沉积物重金属空间分布特征及其污染评价	李雅娟, 杨世伦, 侯立军, 周菊珍, 刘英文 (2368)
白洋淀底泥重金属形态及竖向分布	李必才, 何连生, 杨敏, 孟睿, 袁冬海, 席北斗, 舒俭民 (2376)
西南涌酸挥发硫化物浓度水平及影响因素研究	刘晓冰, 温琰茂, 利锋, 吴昌华, 段志鹏 (2384)
氨氮在饮用水生物滤池内的去除机制	刘冰, 范辉, 余国忠, 于鑫, 赵承美, 李清飞, 张舒婷, 魏博 (2394)
Cu(II) 印迹壳聚糖交联膜的表征及其吸附热力学特性	张玉红, 张爱丽, 周集体, 孙筱雨 (2403)
声电氧化处理扑热息痛的研究	戴启洲, 马文姣, 沈宏, 陈浚, 陈建孟 (2410)
粉煤灰吸附-Fenton 及热再生处理亚甲基蓝废水的特性研究	白玉洁, 张爱丽, 周集体 (2419)
利用双室微生物燃料电池处理模拟废水的产电特性研究	张永娟, 李永峰, 刘春研, 王艺璇, 李龙, 王籽人, 董义兴 (2427)
Zn/Cr 型阴离子黏土的制备、表征及其对活性艳橙 X-GN 的去除性能研究	王小蓉, 吴平霄 (2432)
核电站低放射性废水在封闭水体中的输移规律研究	武国正, 徐宗学 (2438)
A + OSA 污泥减量工艺碳元素平衡与减量机制研究	翟小敏, 高旭, 张曼曼, 贾丽, 郭劲松 (2444)
系列混合碳源在 EBPR 系统颗粒化进程中的影响研究	蒋涛, 孙培德, 徐少娟 (2451)
氧化还原介体催化强化 <i>Paracoccus versutus</i> 菌株 GW1 反硝化特性研究	李海波, 廉静, 郭延凯, 赵丽君, 杜海峰, 杨景亮, 郭建博 (2458)
1 株转座子插入突变菌株 TB34 的筛选及产氢分析	刘洪艳, 王广策, 侍浏洋, 朱大玲 (2464)
蜜环菌漆酶对氯酚类污染物催化降解条件优化	秦仁炳, 朱显峰, 吴珂, 张晶晶, 赵海康 (2470)
双季稻田 CH ₄ 和 N ₂ O 排放特征及品种筛选研究	傅志强, 朱华武, 陈灿, 黄瑛 (2475)
闽江河口短叶茳苳湿地 CH ₄ 和 N ₂ O 排放对氮输入的短期响应	牟晓杰, 刘兴土, 仝川, 孙志高 (2482)
青海三江源地区退化草地土壤全氮的时空分异特征	彭景涛, 李国胜, 傅瓦利, 易湘生, 蓝家程, 袁波 (2490)
不同降雨条件下侵蚀泥沙黏粒含量的变化规律	吴凤至, 史志华, 方怒放, 岳本江 (2497)
土壤性质对单一及复合污染下外源镉稳定化过程的影响	吴曼, 徐明岗, 张文菊, 武海雯 (2503)
多氯联苯污染农田土壤的原位生态调控修复效应	潘澄, 滕应, 骆永明, 涂晨, 李秀芬, 马婷婷, 张满云, 李振高, 宋静 (2510)
不同作物根系多环芳烃吸收特征差异的比较研究	梁宵, 占新华, 周立祥 (2516)
废气和废渣协同作用脱钠反应特性及机制研究	伊元荣, 韩敏芳 (2522)
中国第三产业能源碳排放影响要素指数分解及实证分析	卢愿清, 史军 (2528)
《环境科学》征稿简则 (2431)	
《环境科学》征订启事 (2532)	
信息 (2157, 2271, 2367, 2418)	

重庆市盘溪河水质不同季节日变化规律及水质评价

张千千¹, 王效科^{1*}, 郝丽岭², 逯非¹, 欧阳志云¹, 侯培强¹, 张烨¹

(1. 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085; 2. 西南大学资源与环境学院, 重庆 400715)

摘要: 在2010年不同季节对盘溪河水质进行了采样监测, 分析了盘溪河水质的季节日变化规律, 运用非参数检验、方差分析和灰色关联度方法评价了盘溪河不同季节的水质日变化情况。结果表明, 在不同季节中, 除了Zn和Cu以外, 其余各污染物都表现出显著性差异。盘溪河各水质指标季节日变化情况差别较大, DO的浓度在冬季最低, 而BOD₅、COD和TOC的浓度在冬季最高; NO₃⁻-N的浓度在夏季最高, 而TN、NH₄⁺-N和TP的浓度在夏季最低; Pb、Cd、Zn和Cu的日变化在不同季节波动都较大。有机污染物(BOD₅、COD和TOC)和营养物质(NO₃⁻-N、TN、NH₄⁺-N和TP)浓度的峰值多数在12:00~16:00之间; 重金属(Pb、Cd、Zn和Cu)浓度的峰值多数在12:00。运用灰色关联度方法评价了盘溪河水质级别: 春季在06:00和08:00为Ⅱ类, 其余各时间段河流水质为劣Ⅴ类; 夏季各时间段河流水质都为Ⅱ类; 秋季在06:00和16:00为劣Ⅴ类, 其余各时间段水质均为Ⅱ类。冬季在08:00为Ⅱ类, 其余各时间段河流水质为劣Ⅴ类。

关键词: 日变化; 水质评价; 非参数检验; 方差分析; 灰色关联度

中图分类号: X143 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2012)07-2251-08

Diurnal Variation and Evaluation of Water Quality in Different Seasons of Panxi River in Chongqing

ZHANG Qian-qian¹, WANG Xiao-ke¹, HAO Li-ling², LU Fei¹, OUYANG Zhi-yun¹, HOU Pei-qiang¹, ZHANG Ye¹

(1. State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China; 2. College of Resources and Environments, Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract: Based on the investigation of water quality of Panxi River in different seasons, 2010, we assessed the diurnal variation of water quality in different seasons and the characteristics of water quality changes within a day by using non-parametric test, analysis of variance and grey relationship analysis. The results showed that the differences were not significant for Zn and Cu ($P > 0.05$), but significant differences existed among the pH, EC, DO, COD, TP, TSS, BOD₅, NO₃⁻-N, TN, NH₄⁺-N, Pb and Cd contents. It showed that the minimum DO concentration occurred in winter, and the maximum of BOD₅, COD and TOC concentrations occurred in winter, and the maximum NO₃⁻-N concentration occurred in summer and the minimum TN, NH₄⁺-N and TP concentrations occurred in summer. The diurnal variation of dissolved heavy metals showed relatively larger fluctuations in different seasons. The diurnal variation of different water quality parameters presented distinct patterns: diurnal variation of organic pollutants and nutrients showed the peak at 12:00 to 16:00 and dissolved heavy metals peaked at 12:00. The results of grey relationship analysis for surface water indicated that the water quality in spring was in the Ⅱ class at 06:00 and 08:00 and was inferior to the V class for the rest hours; and the water quality in summer was in the Ⅱ class; and the water quality in autumn was inferior to the V class at 06:00 and 16:00 and was in the Ⅱ class for the rest hours; and the water quality in winter was in the Ⅱ class at 08:00 and was inferior to the V class for the rest hours.

Key words: diurnal variation; evaluation of water quality; non-parametric test; analysis of variance; grey relationship analysis

水是环境三大要素(即空气、土地、水)之一,是地球上生态系统的重要组成部分,且是生命之源。水质和环境密切相关。近年来,随着城市化和工业化进程的加快,建设用地不断的扩张,来自工业、人类生活、农业生产等多个来源的污染物的增加,与之伴生的区域水体污染加重,水质不断恶化^[1~4]。世界上几乎所有的江河湖泊均遭受氮、磷及泥沙污染的严重影响。因此,治理河流水质是目前亟待解决的问题。

城市河流污染可能来自点源和面源污染。点源污染是指有固定排放点的污染源,包括工业废水、城市生活污水、污水处理厂出水及其他固定排放源由

排放口集中汇入江河湖泊。面源污染包括城市面源污染和农业面源污染,城市面源污染^[5]是指在降水条件下,雨水和径流冲刷城市地面,使溶解的或固体污染物从非特定的地点汇入受纳水体,引起的水体污染。一般城市面源污染物主要来自3个方面:浮

收稿日期: 2011-09-22; 修订日期: 2011-11-24

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2008ZX07315); 国家自然科学基金重点项目(41030744); 城市与区域生态国家重点实验室自主项目(SKLURE2008-1-01); 国家重点基础研究发展规划(973)项目(2010CB955904-03)

作者简介: 张千千(1983~),男,博士研究生,主要研究方向为城市面源污染, E-mail: z_qqian@163.com

* 通讯联系人, E-mail: wangxk@rcees.ac.cn

尘、地表污染物及管道底泥。农业面源污染指在农业生产和生活活动中,氮素和磷素等营养物质、农药及其他污染物,通过农田的地表径流和农田渗漏形成的水环境污染^[6]。

河流综合水质评价是水环境治理中的重要基础性工作,通过对水质监测数据的合理评价,才能制定科学的整治规划,采取有效的措施。目前,在我国河流综合水质评价中,常用的水质评价方法包括单因子评价法、污染指数法、模糊数学评价法、灰色系统评价法等^[7~9]。本研究运用灰色关联度评价法,对盘溪河水质进行了评价。灰色关联分析是在灰色系统理论上发展起来的,是分析系统中各因素关联程度的方法,或者说将关联程度量化的方法^[10]。灰色关联法已经在地表水、地下水和海水等水质综合评价中进行了应用^[11,12],评价结果良好。

目前,有关河流水质变化规律的研究主要集中在河流水质的年变化和季节变化^[13~22],其中,Zhou等^[13]研究了香港东部海域水质的时空变化并解析了污染源。于一雷等^[16]分析了密云水库及其主要河流入库段水质的季节变化。Huang等^[20]运用多元统计技术评价了钱塘江水质的空间变化。关于河流水质日变化的研究还鲜见报道。本研究分析了小流域河流水质的日变化规律及评价盘溪河水质,以期为揭示小流域水体污染物产生的原因、污染途径以及全面开展小流域生态建设和水源保护工作提供基本的数据支持。

1 材料与方法

1.1 盘溪河流域概况

盘溪河是嘉陵江的支流,全长约 11 km,流域地跨重庆市江北区和渝北区,总汇水面积 2 912 hm²,水系包括照母山水库、六一水库、红岩水库、九龙湖共 4 个水库,河流两岸居住了十几万居民。上游主要是几个水库、公园和商业区,中游以商业区为主,下游主要以居民住宅区和工业区为主。近年来,随着城市建设的加快,盘溪河两岸建筑开发越来越多,两岸施工垃圾也随之增多,每次暴雨都会向河堤内冲刷下来大量大块石头、淤泥,杂草也相伴丛生,加之红岩水库、汪家桥暗渠等处涌出的污水日渐污染盘溪河,长期以来排水系统没跟上,河岸两边有些居民将生活污水直接排入河里,严重影响了盘溪河的水质状况。

1.2 样品采集

本实验分别在盘溪河的上游(主要水源)、中游

和下游(出水口)选择了 3 个采样点(图 1),于 2010 年 4、6、9、12 月选择无雨的 1 d 进行同步采样,观察盘溪河水质的季节日变化情况。出于安全考虑,本研究采样时间定于 06:00~20:00,每隔 2 h 采样 1 次,水样立即放入便携式冷藏箱保存,带回实验室分析。

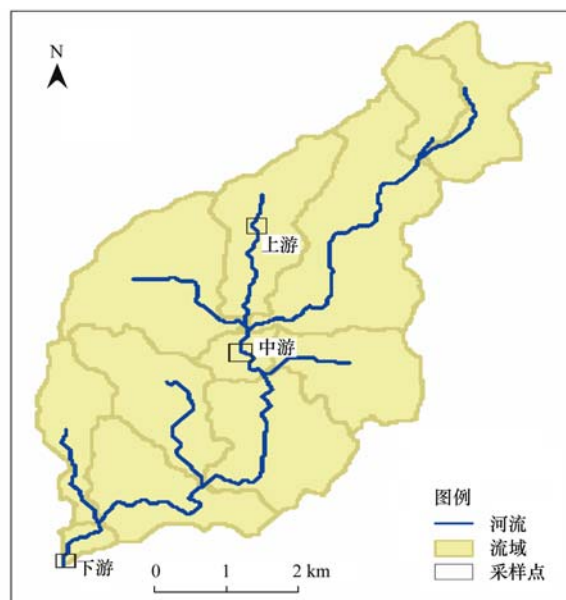


图 1 盘溪河采样点分布示意

Fig. 1 Sketch map of sampling stations in Panxi River

1.3 样品分析

监测指标有:①现场测定指标:pH、EC、DO、 t 。②实验室分析指标:TN、TP、BOD₅、COD、NH₄⁺-N、NO₃⁻-N、TSS 和溶解态重金属(Zn、Pb、Cd 和 Cu)。其中 pH、 t 、TDS 和 EC 分析使用美国 Hach 公司生产的 SenSion156 便携式多参数测量仪;溶解态重金属的测量采用 ICP-MS;其余水质指标均按照标准方法进行测定^[23]。

1.4 数据分析

1.4.1 灰色关联度分析

采用灰色关联分析方法综合评价盘溪河 1 d 内不同时间段的水质级别,其基本原理是:选取河流有代表性的水质指标(包括 DO、BOD₅、COD、TP、TN、NH₄⁺-N、Zn、Pb、Cd 和 Cu)实测值作为参考序列,水质评价标准为比较序列,求出多个关联度,与比较序列关联度最大的参考序列所对应的级别就是河流 1 d 内不同时间段的所属级别^[24]。

笔者根据文献[25]将地表水划分为 6 类标准,即 I 类、II 类、III 类、IV 类、V 类和劣 V 类。采用初值化对原始数据进行无量纲化处理,按照文献[26, 27]提出的方法计算绝对差,最后采用平均值法求

出关联度。

在计算出关联度之后,比较各关联度的大小,按最大关联原则判定某河流水质所属的级别,其优劣排序规则为:①级别不同者,级别越低,品质越好;②级别相同者,比较其次高级别,次高级别越低品质越好;以此类推.如果最后一个级别仍相同,则再比较第Ⅰ级的关联度,关联度越大,品质越好,若关联度相等,则再比较第Ⅱ级,以此类推,直到分出优劣为止。

1.4.2 非参数检验分析

多独立样本的非参数检验是通过分析多组独立样本数据,推断样本来自的多个总体的中位数或分布是否存在显著差异.SPSS提供的多独立样本非参数检验的方法主要包括中位数检验、Kruskal-Wallis 检验、Jonckheere-Terpstra 检验。

本研究选用 Jonckheere-Terpstra 方法对盘溪河上、中、下游之间的各污染物浓度差异性进行显著性分析。

1.4.3 单因素方差分析及多重比较

单因素方差分析(one-way ANOVA):单因素方差分析也称作一维方差分析.它检验由单一因素影响的一个(或几个相互独立的)因变量由因素各水平分组的均值之间的差异是否具有统计意义.还可以对该因素的若干水平分组中哪一组与其他各组均值间具有显著性差异进行分析,即进行均值的多重比较。

多重比较:是方差分析的补充分析,当方差分析结果达到显著水平时,只是表明多个总体从总体上

有显著性差异,但并不能说明各处理两两之间达到显著性差异,后者就要依靠多重比较来完成.常用方法有最小显著性差异法(LSD)和最小显著性极差法(LSR).本研究选用了LSD方法对盘溪河上、中、下游之间的各污染物浓度差异性进行多重比较分析。

2 结果与分析

2.1 盘溪河不同季节各污染物浓度差异性分析

非参数检验结果表明,在不同季节中,除了Zn和Cu以外,其余各污染物都表现出显著性差异(表1)。

多重比较结果表明,t和NO₃⁻-N在四季里都表现出显著差异性;Zn和Cu在四季里都无显著差异性;TN和NH₄⁺-N表现为:春季和夏季有显著性差异,夏季和冬季有显著性差异;DO表现为:冬季与春、夏和秋季都表现出显著差异性,而春、夏和秋季之间无显著差异性;TP表现为:夏季与春、秋和冬季都表现出显著差异性;而春、秋和冬季之间无显著差异性;pH和TOC表现为:夏、秋和冬季之间都存在显著差异性;EC表现为:春、秋和冬季之间都表现出显著差异性;春季和夏季之间存在显著差异性。

各污染物浓度表现为:COD、TP、TN和NH₄⁺-N的浓度在四季中都超出地表水Ⅴ类标准,春季、夏季和冬季BOD₅的浓度超出地表水Ⅴ类标准.EC、Pb和TN的浓度的最大值出现在春季;DO、NO₃⁻-N、Zn和Cu的浓度最大值出现在夏季;BOD₅、COD、TOC、NH₄⁺-N和TP的浓度最大值出现在冬季。

表1 盘溪河4季不同水质指标浓度平均值和多重比较¹⁾
Table 1 Mean concentration and one-way ANOVA analysis of different parameters in different seasons of Panxi River

指标	春季均值 (n=24)	夏季均值 (n=24)	秋季均值 (n=24)	冬季均值 (n=24)	P 值	地表水Ⅴ类标准
pH	7.95±0.15ac	7.97±0.28a	8.24±0.20b	7.83±0.18c	0.000	6~9
t/℃	18.28±0.25a	29.21±0.60b	26.20±1.94c	14.20±0.81d	0.000	—
EC/μS·cm ⁻¹	737.42±78.97a	629.63±29.48bd	470.63±122.15c	584.17±92.45d	0.000	—
DO/mg·L ⁻¹	5.59±1.54a	6.18±0.82a	5.97±1.84a	4.58±1.80b	0.009	2
BOD ₅ /mg·L ⁻¹	10.24±7.21ac	13.62±4.27ab	8.33±7.07c	15.81±11.64b	0.000	10
COD/mg·L ⁻¹	48.61±26.16a	42.08±16.39a	89.37±90.82b	95.25±51.07b	0.000	40
TP/mg·L ⁻¹	0.85±0.48a	0.43±0.17b	0.99±0.86a	1.07±0.65a	0.001	0.4
TN/mg·L ⁻¹	12.72±6.22a	8.33±1.83b	9.73±8.21ab	12.18±7.02a	0.041	2
NH ₄ ⁺ -N/mg·L ⁻¹	9.14±5.86a	4.14±1.24b	7.08±6.19ab	9.15±6.05a	0.001	2
NO ₃ ⁻ -N/mg·L ⁻¹	1.95±0.95a	3.32±0.64b	0.70±0.71c	1.41±0.76d	0.000	—
TOC/mg·L ⁻¹	4.93±1.70ab	4.44±1.07a	5.98±1.90b	10.43±4.13c	0.000	—
Pb/mg·L ⁻¹	0.009 1±0.001 9a	0.006 9±0.004 2bc	0.006 7±0.001 3c	0.008 2±0.001 2ab	0.000	0.1
Cd/mg·L ⁻¹	0.000 6±0.000 3a	0.000 7±0.000 3ab	0.000 8±0.000 1b	0.000 8±0.000 1b	0.000	0.01
Zn/mg·L ⁻¹	0.038 9±0.010 7a	0.041 0±0.021 0a	0.037 2±0.009 9a	0.034 1±0.009 0a	0.392	2
Cu/mg·L ⁻¹	0.017 1±0.009 7a	0.018 3±0.016 5a	0.015 6±0.003 3a	0.016 4±0.005 2a	0.532	1

1) 表中数据为 mean±S.D; n 为样品个数; 相同字母表示各污染物在不同河段不存在显著性的差异(P>0.05); “—”表示无值

2.2 盘溪河不同污染物季节日变化情况

2.2.1 盘溪河 DO、BOD₅、COD 和 TOC 的季节日变化

由图 2 可以看出: DO 的浓度在冬季最低, 而 BOD₅、COD 和 TOC 的浓度在冬季最高. DO 表现出春季和冬季的变化趋势相似, 夏季和秋季的变化趋势相似; 在冬季和春季 DO 的浓度较低, 而夏秋季 DO 的浓度较高; 在不同季节里, DO 日变化呈现出波浪式逐渐降低的趋势, 春、夏和冬季的 DO 浓度的峰值出现在 08:00, 而秋季 DO 浓度的峰值出现在 10:00; 总体上, DO 浓度表现为: 夏季 > 秋季 > 春季 > 冬季. BOD₅ 的日变化在 4 个季节都呈现出波浪式

逐渐升高的趋势; 冬、春和秋季的 BOD₅ 浓度的峰值出现在 16:00, 而秋季 BOD₅ 浓度的峰值出现在 18:00; 总体上, BOD₅ 浓度表现为: 冬季 > 夏季 > 春季 > 秋季. COD 日变化趋势在冬季和春季呈现出“单峰”型, 在夏季和秋季变化趋势基本相同, 都呈“双峰”型变化趋势; 冬季和秋季峰值出现在 16:00, 春季峰值出现在 12:00, 夏季峰值出现在 18:00; 总体上, COD 浓度表现为: 冬季 > 秋季 > 春季 > 夏季. TOC 的日变化在冬季表现为波浪式逐渐上升的趋势, 在春、夏和秋季变化比较小; 总体上, TOC 浓度表现为: 冬季 > 秋季 > 春季 > 夏季.

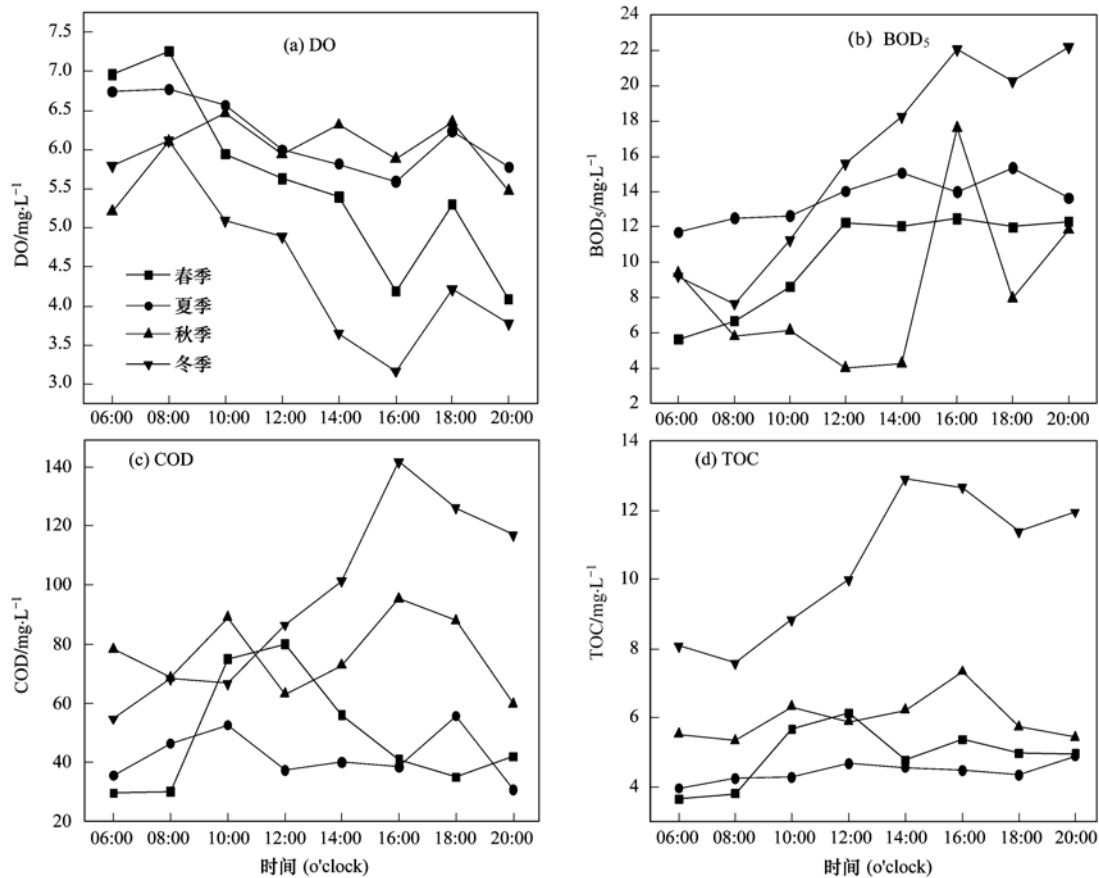


图 2 盘溪河 DO、BOD₅、COD 和 TOC 的季节日变化规律

Fig. 2 Diurnal variation of DO, BOD₅, COD and TOC in different seasons of Panxi River

2.2.2 盘溪河 TN、NH₄⁺-N、NO₃⁻-N 和 TP 的季节日变化

由图 3 可以看出: NO₃⁻-N 的浓度在夏季最高, 而 TN、NH₄⁺-N 和 TP 的浓度在夏季最低. 在不同季节 TN 和 NH₄⁺-N 的日变化趋势基本相同, 春季和冬季 TN 和 NH₄⁺-N 的日变化呈现出波浪式逐渐升高的趋势, 在夏季和秋季 TN 和 NH₄⁺-N 浓度在 1 d 内波动相对较小; 总体上, TN 和 NH₄⁺-N 浓度表现为: 春季 > 冬季 > 秋季 > 夏季. 在不同季节, NO₃⁻-N 的浓度在 1

d 内波动相对较小; 总体上, NO₃⁻-N 浓度表现为: 夏季 > 春季 > 冬季 > 秋季. TP 的日变化在春、夏和冬季呈现出逐渐升高的趋势, 在秋季呈现出单峰型的变化趋势, 峰值出现在 16:00; 总体上, TP 浓度表现为: 冬季 > 春季 > 秋季 > 夏季.

2.2.3 盘溪河 Pb、Cd、Zn 和 Cu 的季节日变化

由图 4 可以看出, Pb、Cd、Zn 和 Cu 的日变化在不同季节波动都较大. Pb 在春、夏和冬季的日变化都呈现出“单峰”型的变化趋势, 峰值都出现在

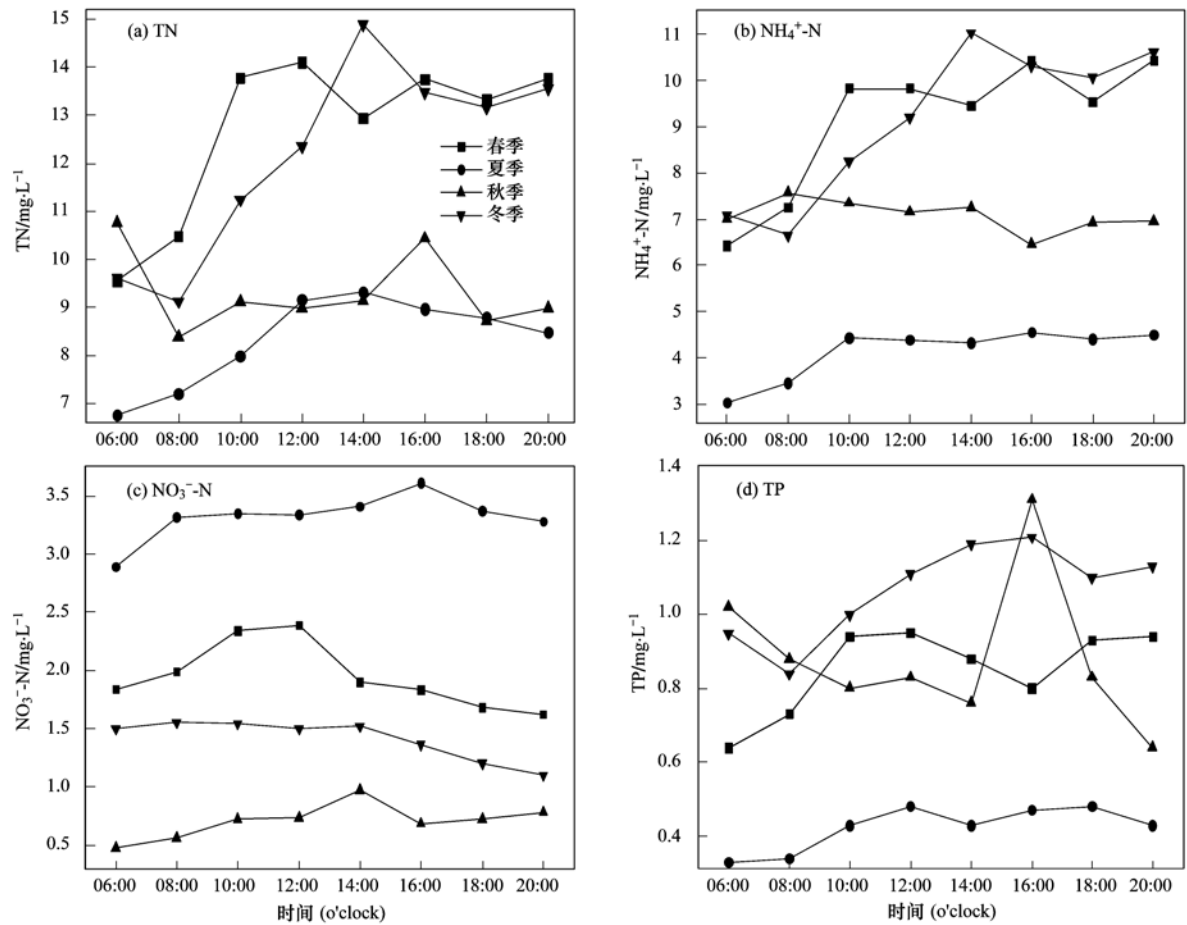


图3 盘溪河 TN、NH₄⁺-N、NO₃⁻-N 和 TP 的季节日变化规律

Fig. 3 Diurnal variation of TN, NH₄⁺-N, NO₃⁻-N and TP in different seasons of Panxi River

12:00,在秋季呈波浪式波动,最大值出现在 14:00. Cd 在春季和夏季的日变化趋势相似,都呈现出“单峰”型变化,峰值出现在 12:00,在秋季和冬季日变化趋势基本相似,且在 1 d 内变化较小. Zn 在春季、夏季和冬季的日变化趋势相似,都呈现出“单峰”型变化,峰值出现在 12:00. Cu 在春季和夏季的日变化趋势相似,都呈现出“多峰”型变化,最高峰值出现在 12:00. 在冬季呈现出“单峰”型变化,峰值出现在 12:00. Zn 和 Cu 在秋季日变化呈现出波浪式

波动.

2.3 灰色关联度分析

根据最大关联原则,盘溪河春季在 06:00 和 08:00 为Ⅱ类,其余各时间段河流水质为劣Ⅴ类;夏季各时间段河流水质都为Ⅱ类;秋季在 06:00 和 16:00 为劣Ⅴ类,其余各时间段水质均为Ⅱ类. 冬季在 08:00 为Ⅱ类,其余各时间段河流水质为劣Ⅴ类;根据水质优劣排序规则,各时间段盘溪河水质优劣排序(表 2~5)为春季:06:00>08:00>20:00>

表2 盘溪河春季不同时间段水质的关联度及所属类型

类型	时间(o'clock)							
	06:00	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00
I 类	0.861 7	0.850 4	0.824 9	0.817 1	0.826 6	0.828 0	0.829 5	0.824 5
II 类	0.866 2	0.855 9	0.828 2	0.824 5	0.832 7	0.831 6	0.832 6	0.826 9
III 类	0.773 7	0.762 2	0.733 2	0.729 5	0.738 2	0.737 7	0.738 2	0.732 5
IV 类	0.777 2	0.764 9	0.733 7	0.730 1	0.739 5	0.739 8	0.739 2	0.734 1
V 类	0.768 9	0.756 1	0.725 0	0.722 0	0.732 0	0.733 3	0.730 9	0.727 0
劣 V 类	0.847 4	0.847 7	0.851 6	0.845 6	0.853 2	0.853 4	0.852 3	0.853 5
水质级别	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	劣 V 类	劣 V 类
水质排序	1	2	7	8	5	4	6	3

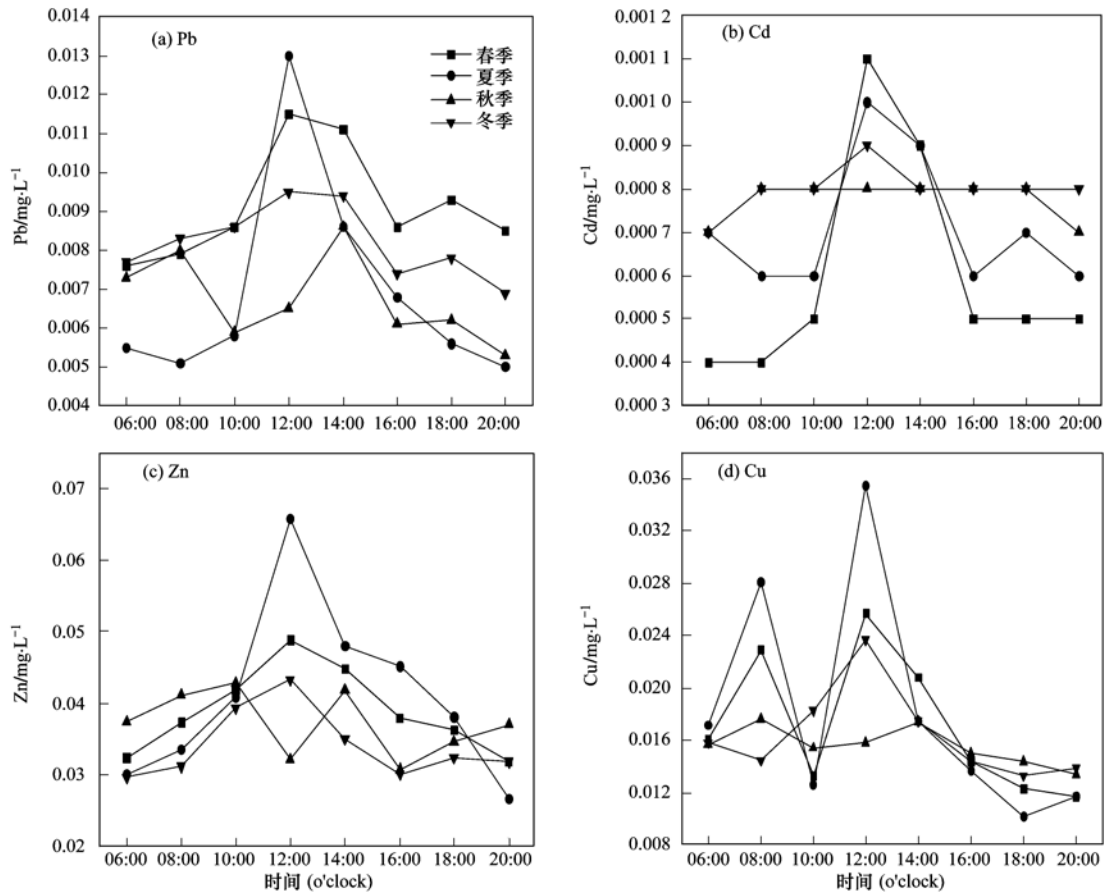


图 4 盘溪河 Pb、Cd、Zn 和 Cu 的季节日变化规律

Fig. 4 Diurnal variation of Pb,Cd,Zn and Cu in different seasons of Panxi River

表 3 盘溪河夏季不同时间段水质的关联度及所属类型

类型	时间 (o'clock)							
	06:00	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00
I 类	0.897 7	0.888 6	0.877 9	0.865 8	0.873 0	0.872 9	0.872 1	0.878 3
II 类	0.905 7	0.898 2	0.884 0	0.878 9	0.881 6	0.879 4	0.877 3	0.883 6
III 类	0.818 3	0.810 1	0.794 1	0.788 9	0.791 6	0.789 3	0.787 2	0.794 2
IV 类	0.828 1	0.819 3	0.801 0	0.795 5	0.798 3	0.795 7	0.793 3	0.801 2
V 类	0.823 6	0.815 4	0.800 8	0.793 9	0.797 8	0.794 3	0.792 2	0.799 7
劣 V 类	0.844 7	0.845 3	0.852 1	0.844 7	0.853 0	0.852 4	0.852 3	0.850 9
水质级别	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	劣 V 类	劣 V 类
水质排序	1	2	3	7	5	6	8	4

表 4 盘溪河秋季不同时间段水质的关联度及所属类型

类型	时间 (o'clock)							
	06:00	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00
I 类	0.825 1	0.847 0	0.846 5	0.850 5	0.850 3	0.806 5	0.847 1	0.853 5
II 类	0.828 8	0.852 3	0.851 1	0.855 0	0.856 1	0.809 2	0.851 3	0.858 1
III 类	0.734 0	0.758 4	0.757 3	0.761 7	0.762 6	0.713 3	0.757 8	0.765 9
IV 类	0.734 7	0.760 3	0.759 6	0.762 7	0.764 1	0.712 6	0.760 2	0.769 7
V 类	0.726 2	0.751 4	0.751 0	0.753 0	0.754 8	0.703 1	0.753 2	0.765 3
劣 V 类	0.852 4	0.849 7	0.849 4	0.848 5	0.848 9	0.852 4	0.850 9	0.852 5
水质级别	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	劣 V 类	劣 V 类
水质排序	8	1	3	6	5	7	2	4

表 5 盘溪河冬季不同时间段水质的关联度及所属类型

类型	时间(o'clock)							
	06:00	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00
I 类	0.843 0	0.849 2	0.830 3	0.815 8	0.802 7	0.800 3	0.808 0	0.804 5
II 类	0.847 1	0.853 7	0.835 3	0.821 9	0.806 6	0.803 0	0.811 0	0.807 2
III 类	0.753 3	0.760 4	0.740 9	0.726 6	0.710 9	0.707 6	0.715 9	0.711 9
IV 类	0.755 0	0.762 8	0.742 1	0.727 0	0.711 6	0.708 9	0.716 6	0.712 8
V 类	0.748 0	0.755 6	0.734 7	0.718 5	0.703 2	0.701 2	0.708 2	0.704 5
劣 V 类	0.851 8	0.851 0	0.853 0	0.853 1	0.854 3	0.854 6	0.853 6	0.853 8
水质级别	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	II 类	劣 V 类	劣 V 类
水质排序	8	1	7	6	3	2	5	4

16:00 > 14:00 > 18:00 > 10:00 > 12:00; 夏季: 06:00 > 08:00 > 10:00 > 20:00 > 14:00 > 16:00 > 12:00 > 18:00; 秋季: 08:00 > 18:00 > 10:00 > 20:00 > 14:00 > 12:00 > 16:00 > 06:00; 冬季: 08:00 > 16:00 > 14:00 > 20:00 > 18:00 > 12:00 > 10:00 > 06:00.

3 讨论

城市河流指发源于城区或流经城市区域的河流或河流段,以及一些历史上虽属人工开挖、但经多年演化已具有自然河流特点的运河和渠系,通常指区别于长江、黄河等大江大河的中小型市内河流、渠系和沟叉等^[27].城市对河流的影响表现为由于位于城市内部,河流容易成为生活、工业点源污染以及城市径流面源污染的排放对象.与其它自然河流相比,城市河流所受到的污染往往更为集中.盘溪河位于重庆市江北区和渝北区,是一典型的山地城市河流.盘溪河不同季节的 COD、TP、TN 和 NH₄⁺-N 的浓度都超出地表水 V 类标准(表 1),说明盘溪河受到有机物和营养物质的污染较重.

盘溪河流域有其独特的水文气候特征,如昼夜温差较小、降雨量充沛、坡降较大、流量与水位变幅很大且季节性明显等.由图 2 得知:DO 日变化表现出春季和冬季的变化趋势相似,夏季和秋季的变化趋势相似.这主要是由于降雨特征和河流自身的特点决定的,盘溪河水源比较少,在枯水季(春季和冬季)水量得不到及时补充,再加上生活污水和工业废水不断地排入盘溪河,导致了污染物增加,从而导致了 DO 降低,而在丰水期(夏季和秋季),降雨量较大,盘溪河水量较大,DO 得到及时补充,所以 DO 日变化表现出春季和冬季的变化趋势相似,夏季和秋季的变化趋势相似.DO 的浓度在冬季最低,而 BOD₅、COD 和 TOC 的浓度在冬季最高.这主要是因为冬季降雨量最少,水量和 DO 得不到及时补充,随

着有机污染物不断输入,导致 BOD₅、COD 和 TOC 的浓度在冬季最高.

盘溪河 NO₃⁻-N 的浓度在夏季最高,而 TN、NH₄⁺-N 和 TP 的浓度在夏季最低(图 3).这主要是因为盘溪河主要受到生活污水和工业废水的污染,污水中含 NO₃⁻-N 的浓度较低,而 TN、NH₄⁺-N 和 TP 的浓度较高,在夏季降雨量较大,雨水中含 NO₃⁻-N 的浓度较高,而 TN、NH₄⁺-N 和 TP 的浓度较低,盘溪河 TN、NH₄⁺-N 和 TP 得到了稀释,所以盘溪河 NO₃⁻-N 的浓度在夏季最高,而 TN、NH₄⁺-N 和 TP 的浓度在夏季最低.由图 3 可以看出,TN、NH₄⁺-N 和 TP 在不同季节的日变化都表现出在 12:00 ~ 14:00 和 18:00 ~ 20:00 浓度都较高,这 2 个时间段都是吃饭的高峰期,进一步说明盘溪河受到生活污水的污染.盘溪河不同季节的 Pb、Cd、Zn 和 Cu 浓度较低(表 1),变化趋势基本相同(图 4),说明它们来自同一污染源.

总体上,盘溪河水质在夏季最好,秋季次之,春季和冬季水质都较差(表 2 ~ 5),这主要是因为夏季和秋季的降雨量较大,雨水对盘溪河污染物起到了稀释作用,而春季和冬季的降雨量较小,稀释作用较小,所以水质较差.在 1 d 中,春季水质最差时段是 12:00 和 10:00,夏季水质最差时段是 18:00 和 12:00,秋季水质最差时段是 06:00 和 16:00,冬季水质最差时段是 06:00 和 10:00,这是因为不同季节水质的最差时段基本上都是吃饭或做饭时段,大量的污水排入盘溪河,导致水质变差的缘故.

4 结论

(1)非参数检验结果表明,在不同季节中,除了 Zn 和 Cu 以外,其余各污染物都表现出显著性差异.多重比较结果表明,*t* 和 NO₃⁻-N 在四季里都表现出显著差异性;其余指标存在不同程度的显著差异性.

(2)COD、TP、TN 和 NH₄⁺-N 的浓度在四季中都

超出地表水 V 类标准,春季、夏季和冬季 BOD_5 的浓度超出地表水 V 类标准. DO 的浓度在冬季最低,而 BOD_5 、COD 和 TOC 的浓度在冬季最高; NO_3^- -N 的浓度在夏季最高,而 TN、 NH_4^+ -N 和 TP 的浓度在夏季最低; Pb、Cd、Zn 和 Cu 的日变化在不同季节波动都较大.

(3) 在 1 d 中,有机污染物 (BOD_5 、COD 和 TOC) 浓度的峰值多数在 12:00 和 16:00; 营养物质 (NO_3^- -N、TN、 NH_4^+ -N 和 TP) 浓度的峰值多数在 12:00 ~ 16:00 之间; 重金属 (Pb、Cd、Zn 和 Cu) 浓度的峰值多数在 12:00.

(4) 盘溪河不同季节水质情况表现为:春季在 06:00 和 08:00 为 II 类,其余各时间段河流水质为劣 V 类;夏季各时间段河流水质都为 II 类;秋季在 06:00 和 16:00 为劣 V 类,其余各时间段水质均为 II 类.冬季在 08:00 为 II 类,其余各时间段河流水质为劣 V 类.

参考文献:

- [1] Tu J, Xia Z G, Clarke K C, *et al.* Impact of urban sprawl on water quality in Eastern Massachusetts, USA[J]. *Environmental Management*, 2007, **40**(2): 183-200.
- [2] Xian G, Crane M, Su J S. An analysis of urban development and its environmental impact on the Tampa Bay watershed [J]. *Journal of Environmental Management*, 2007, **85**(4): 965-976.
- [3] 于兴修, 杨桂山. 典型流域土地利用/覆被变化及对水质的影响——以太湖上游浙江苕溪流域为例[J]. *长江流域资源与环境*, 2003, **12**(3): 211-217.
- [4] 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.
- [5] 林积泉, 马俊杰, 王伯铎, 等. 城市非点源污染及其防治研究[J]. *环境科学与技术*, 2004, **27**(增刊1): 63-65.
- [6] 李斌. 农业面源污染与防治对策[J]. *土壤肥料*, 2005, (8): 24-25.
- [7] 尹海龙, 徐祖信. 河流综合水质评价方法比较研究[J]. *长江流域资源与环境*, 2008, **17**(5): 729-733.
- [8] 徐祖信. 我国河流综合水质标识指数评价方法研究[J]. *同济大学学报 (自然科学版)*, 2005, **33**(4): 482-488.
- [9] 陆卫军, 张涛. 几种河流水质评价方法的比较分析[J]. *环境科学与管理*, 2009, **34**(6): 174-176.
- [10] 邓聚龙. 灰色系统理论教程[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1990.
- [11] Ip W C, Hu B Q, Wong H, *et al.* Applications of grey relational method to river environment quality evaluation in China [J]. *Journal of Hydrology*, 2009, **379**(3-4): 284-290.
- [12] Yeh Y L, Chen T C. Application of grey correlation analysis for evaluating the artificial lake site in Pingtung Plain, Taiwan[J]. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 2004, **31**(1): 56-64.
- [13] Zhou F, Huang G H, Guo H C, *et al.* Spatio-temporal patterns and source apportionment of coastal water pollution in eastern Hong Kong [J]. *Water Research*, 2007, **41**(15): 3429-3439.
- [14] Tudesque L, Gevrey M, Grenouillet G, *et al.* Long-term changes in water physicochemistry in the Adour-Garonne hydrographic network during the last three decades [J]. *Water Research*, 2008, **42**(3): 732-742.
- [15] Ouyang Y, Nkedi-Kizza P, Wu Q T, *et al.* Assessment of seasonal variations in surface water quality[J]. *Water Research*, 2006, **40**(20): 3800-3810.
- [16] 于一雷, 王庆锁. 密云水库及其主要河流入库河段水质的季节变化[J]. *中国农业气象*, 2008, **29**(4): 432-435.
- [17] 王蕾, 杨敏, 郭召海, 等. 密云水库水质变化规律初探[J]. *中国给水排水*, 2006, **22**(13): 45-48.
- [18] 童保铭, 陈添, 徐谦, 等. 北京市北运河系水质有机污染时空变化研究[J]. *首都师范大学学报 (自然科学版)*, 2009, **30**(3): 56-60.
- [19] 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): 1775-1783.
- [20] Huang F, Wang X Q, Lou L P, *et al.* Spatial variation and source apportionment of water pollution in Qiantang River (China) using statistical techniques [J]. *Water Research*, 2010, **44**(5): 1562-1572.
- [21] Su S L, Li D, Zhang Q, *et al.* Temporal trend and source apportionment of water pollution in different functional zones of Qiantang River, China [J]. *Water Research*, 2011, **45**(4): 1781-1795.
- [22] Huang J L, Ho M, Du P F. Assessment of temporal and spatial variation of coastal water quality and source identification along Macau peninsula [J]. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 2011, **25**(3): 353-361.
- [23] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [24] 李祚泳, 丁晶, 彭荔红. 环境质量评价原理与方法[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [25] GB 3838-2002. 地表水环境质量标准[S].
- [26] 沈珍瑶, 谢彤芳. 一种改进的灰关联分析方法及其在水环境质量评价中的应用[J]. *水文*, 1997, (3): 13-15.
- [27] 李炳军, 朱春阳, 周杰. 原始数据无量纲化处理对灰色关联度的影响[J]. *河南农业大学学报*, 2002, **36**(2): 199-202.

CONTENTS

Isotopic Composition and Isotope Tracing of Sulfur in Atmospheric Precipitation at the Head Area of the Three Gorges Reservoir, China	WU Qi-xin, HAN Gui-lin (2145)
Characterization and Reconstruction of Aerosol Light Scattering Coefficient at Chengdu During Biomass Burning and Dust Storm Period in Spring	YUE Jian-hua, TAO Jun, LIN Ze-jian, <i>et al.</i> (2151)
Aerosol Optical Thickness of the Atmospheric Aerosol over Taihu Lake and Its Features; Results of In-site Measurements	RAO Jia-wang, MA Rong-hua, DUAN Hong-tao, <i>et al.</i> (2158)
Seasonal Variations in the Vertical Distribution of Aerosols During Dry Haze Periods in Regions Around Shanghai	XU Ting-ting, QING Yan, GENG Fu-hai, <i>et al.</i> (2165)
Size Distributions and Diurnal Variations in the Concentrations of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Winter in Urban and Suburban Nanjing, China	ZHANG Hong-liang, FAN Shu-xian, GU Kai-hua, <i>et al.</i> (2172)
Seasonal Distribution of Water-Soluble Inorganic Ions in the Atmospheric Aerosol in Qingdao	LIU Zhen, QI Jian-hua, WANG Lin, <i>et al.</i> (2180)
Pollution Characteristics of Microbial Aerosols Generated from a Municipal Sewage Treatment Plant	QIU Xiong-hui, LI Yan-peng, NIU Tie-jun, <i>et al.</i> (2191)
Estimation of the Effect Derived from Wind Erosion of Soil and Dust Emission in Tianjin Suburbs on the Central District Based on WEPS Model	CHEN Li, HAN Ting-ting, LI Tao, <i>et al.</i> (2197)
Variation of Nutrient Concentrations at the Inshore Coastal Area of Northern Jiangsu Province and the Occurrence of Green Tide Caused by <i>Enteromorpha prolifera</i>	GAO Song, SHI Xiao-yong, WANG Ting (2204)
Analysis on Characteristics of Red Tide in Fujian Coastal Waters During the Last 10 Years	LI Xue-ding (2210)
Review on HSPF Model for Simulation of Hydrology and Water Quality Processes	LI Zhao-fu, LIU Hong-yu, LI Yan (2217)
Parameter Uncertainty Analysis for Urban Rainfall Runoff Modelling	HUANG Jin-liang, LIN Jie, DU Peng-fei (2224)
Estimation of DOC Concentrations Using CDOM Absorption Coefficients; A Case Study in Taihu Lake	JIANG Guang-jia, MA Rong-hua, DUAN Hong-tao (2235)
Weight Parameters of Water Quality Impact and Risk Grade Determination of Water Environmental Sensitive Spots in Jianshan	XIE Rong-rong, PANG Yong, ZHANG Qian, <i>et al.</i> (2244)
Diurnal Variation and Evaluation of Water Quality in Different Seasons of Panxi River in Chongqing	ZHANG Qian-qian, WANG Xiao-ke, HAO Li-ling, <i>et al.</i> (2251)
Responses of Wetland Water Quality to Influence the Strengthness of Urbanization in Nanjing, China	HAO Jing-feng, LIU Hong-yu, HU He-bing, <i>et al.</i> (2259)
Studies on Relationship of Phytoplankton and Water Environmental Factors in Shahu Lake	QIU Xiao-cong, ZHAO Hong-xue, SUN Xiao-xue (2265)
Influence on the Spatial Distribution of Fish in Taizi River Basin by Environmental Factors at Multiple Scales	DING Sen, ZHANG Yuan, QU Xiao-dong, <i>et al.</i> (2272)
Comparison and Application of Biological Indices of Macroinvertebrates in River Health Assessment	GENG Shi-wei, QU Xiao-dong, ZHANG Yuan, <i>et al.</i> (2281)
Spatial and Temporal Distribution of Total Mercury (T-Hg) in Different Water Bodies of Nam Co, Tibetan Plateau	WANG Kang, KANG Shi-chang, GUO Jun-ming, <i>et al.</i> (2288)
Temporal and Spatial Variations of Major Ions in Nam Co Lake Water, Tibetan Plateau	GUO Jun-ming, KANG Shi-chang, ZHANG Qiang-gong, <i>et al.</i> (2295)
Eutrophication Control in Local Area by Physic-ecological Engineering	LI Qiu-hua, XIA Pin-hua, WU Hong, <i>et al.</i> (2303)
Nitrogenous Fluxes and Its Self-Purification Capacity in Lake Taihu	CHEN Xiao-feng, CHUAI Xiao-ming, ZENG Jin, <i>et al.</i> (2309)
Response of Phosphorus Components in Sediments from Eutrophic Lake to External Sulfate	YUAN Tan, HUA Yu-mei, ZHU Duan-wei, <i>et al.</i> (2315)
Spatial Distribution Character of Phosphorus Fractions in Surface Sediment from Chaohu Lake	WEN Sheng-fang, SHAN Bao-qing, ZHANG Hong (2322)
Long-range Transport Potential of Typical Organic Pollutants in Nanjing	FANG Li-jiang, WU You-fang, DING Zhong-yuan, <i>et al.</i> (2330)
Distribution of Black Carbon in the Surface Sediments of the East China Sea and Their Correlations with Persistent Organic Pollutants	LIN Tian, FANG Yin, CHEN Ying-jun, <i>et al.</i> (2335)
Contamination Characteristics of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Surface Water from Jialing River in Chongqing	CAI Wen-liang, LUO Gu-yuan, XU Xiao-yi, <i>et al.</i> (2341)
Levels, Distribution and Possible Sources of Polychlorinated Biphenyls in River Sediments from an Electronic Waste Recycling Area	WANG Xue-tong, LI Yuan-cheng, MIAO Yi, <i>et al.</i> (2347)
Assessment Model for Heavy Metal Pollution in Sediment Based on Trapezoidal Fuzzy Numbers and Case Study	LI Fei, HUANG Jin-hui, ZENG Guang-ming, <i>et al.</i> (2352)
Impact of Coastal Exploitation on the Heavy Metal Contents in the Sediment of Bohai Bay	QIN Yan-wen, ZHENG Bing-hui, LI Xiao-bao, <i>et al.</i> (2359)
Spatial Distribution and Contamination Evaluation of Heavy Metals in the Intertidal Surface Sediments of Eastern Chongming	LI Ya-juan, YANG Shi-lun, HOU Li-jun, <i>et al.</i> (2368)
Speciation and Vertical Distribution of Heavy Metals in Sediments of Baiyangdian Lake	LI Bi-cai, HE Lian-sheng, YANG Min, <i>et al.</i> (2376)
AVS Concentrations in Xinan Creek and the Influencing Factors	LIU Xiao-bing, WEN Yan-mao, LI Feng, <i>et al.</i> (2384)
Mechanism of NH_4^+ -N Removal in Drinking Water Biofilter	LIU Bing, FAN Hui, YU Guo-zhong, <i>et al.</i> (2394)
Characterization and Thermodynamic Properties of Cu(II) Imprinted Chitosan Crosslinked Membrane	ZHANG Yu-hong, ZHANG Ai-li, ZHOU Ji-ti, <i>et al.</i> (2403)
Studies on the Degradation of Paracetamol in Sono-electrochemical Oxidation	DAI Qi-zhou, MA Wen-jiao, SHEN Hong, <i>et al.</i> (2410)
Study on Treatment of Methylene Blue Wastewater by Fly Ash Adsorption-Fenton and Thermal Regeneration	BAI Yu-jie, ZHANG Ai-li, ZHOU Ji-ti (2419)
Electricity Generation Performance of Two-Chamber Microbial Full Cell in the Treatment of Simulated Wastewater	ZHANG Yong-juan, LI Yong-feng, LIU Chun-yan, <i>et al.</i> (2427)
Preparation and Characterization of Zn/Cr-LDHs and Their Removal Performances of Reactive Brilliant Orange X-GN	WANG Xiao-rong, WU Ping-xiao (2432)
Transport Processes of Low-level Radioactive Liquid Effluent of Nuclear Power Station in Closed Water Body	WU Guo-zheng, XU Zong-xue (2438)
Analysis of Carbon Balance and Study on Mechanism in Anoxic-Oxic-Settling-Anaerobic Sludge Reduction Process	ZHAI Xiao-min, GAO Xu, ZHANG Man-man, <i>et al.</i> (2444)
Effect of Mixed Carbon Sources in the Granulation Process of EBPR System	JIANG Tao, SUN Pei-de, XU Shao-juan (2451)
Biocatalyst of Redox Mediators on the Denitrification by <i>Paracoccus versutus</i> Strain GW1	LI Hai-bo, LIAN Jing, GUO Yan-kai, <i>et al.</i> (2458)
Isolation of a High Hydrogen-producing Mutant TB34 Generated by Transposon Insertion and Analysis of Hydrogen Production	LIU Hong-yan, WANG Guang-ce, SHI Liu-yang, <i>et al.</i> (2464)
Condition Optimization for Degradation of Chlorophenols Using Laccase from <i>Amillariella mellea</i>	QIN Ren-bing, ZHU Xian-feng, WU Ke, <i>et al.</i> (2470)
Characterization of CH_4 , N_2O Emission and Selection of Rice Cultivars in Double Cropping Rice Fields	FU Zhi-qiang, ZHU Hua-wu, CHEN Can, <i>et al.</i> (2475)
Short-term Effects of Exogenous Nitrogen on CH_4 and N_2O Effluxes from <i>Cyperus malaccensis</i> Marsh in the Min River Estuary	MOU Xiao-jie, LIU Xing-tu, TONG Chuan, <i>et al.</i> (2482)
Temporal-spatial Variations of Total Nitrogen in the Degraded Grassland of Three-River Headwaters Region in Qinghai Province	PENG Jing-tao, LI Guo-sheng, FU Wa-li, <i>et al.</i> (2490)
Temporal Variations of Clay Content in Eroded Sediment Under Different Rainfall Condition	WU Feng-zhi, SHI Zhi-hua, FANG Nu-fang, <i>et al.</i> (2497)
Effects of Soil Properties on the Stabilization Process of Cadmium in Cd Alone and Cd-Pb Contaminated Soils	WU Man, XU Ming-gang, ZHANG Wen-ju, <i>et al.</i> (2503)
<i>In-situ</i> Remediation of Polychlorinated Biphenyls Polluted Soil by Ecological Controlling Measures; A Field Trial	PAN Cheng, TENG Ying, LUO Yong-ming, <i>et al.</i> (2510)
Characterization Comparison of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Uptake by Roots of Different Crops	LIANG Xiao, ZHAN Xin-hua, ZHOU Li-xiang (2516)
Characteristics and Mechanism of Sodium Removal by the Synergistic Action of Flue Gas and Waste Solid	YI Yuan-rong, HAN Min-fang (2522)
Decomposition Model of Energy-Related Carbon Emissions in Tertiary Industry for China	LU Yuan-qing, SHI Jun (2528)

《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7月15日 33卷 第7期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 33 No. 7 Jul. 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. 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: 70.00元

国外发行代号: M 205

国内外公开发行人