ISSN 0250-3301 CODEN HCKHDV

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第33卷 第4期

Vol.33 No.4

2012

中国科学院生态环境研究中心 主办

科学出版社 出版

环境科学
(HUANJING KEXUE)
ENVIRONMENTAL SCIENCE
第33卷 第4期
2012年4月15日

目 次

春季盘溪河水质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]

(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: 2010 年春季对盘溪河水质进行了采样监测, 分析了春季盘溪河水质的日变化规律, 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 1 d 内的水质变化情况. 结果表明, 盘溪河的 t、DO、COD、Pb、Cd、Zn 和 Cu 在上、中、下游都没有显著性差异($P>0.05$), pH、EC、TP、TSS、BOD_5、NO_3^--N、TN 和NH_4^+-N表现出显著性差异; 盘溪河各水质参数日变化情况差别较大, TN、TP 和 EC 的日变化趋势在上游呈波浪式逐渐增加, 中游波动较小, 下游呈"单峰单谷"型, 峰值出现在中午 12:00. COD 变化曲线呈"单峰"型, 上游和中游峰值都出现在 10:00, 下游的峰值在 12:00; 盘溪河 Pb、Cd、Zn 和 Cu 的浓度较低, 中游 Pb、Cd、Zn 和 Cu 浓度的峰值出现在 12:00; 运用灰色关联度方法评价了盘溪河水质级别: 上游在 18:00 和 20:00 为劣Ⅴ类, 其余各时间段河流水质为Ⅱ类; 中游在 12:00 时水质为劣Ⅴ类, 其余各时间段河流水质为Ⅱ类; 下游各时间段水质均为劣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)04-1114-08

Diurnal Variation and Evaluation of Water Quality of Panxi River in Spring

ZHANG Qian-qian[1], WANG Xiao-ke[1], HAO Li-ling[2], LU Fei[1], OUYANG Zhi-yun[1], HOU Pei-qiang[1]

(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 spring, 2010, we assessed the diurnal variation of water quality in spring 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 t, DO, COD, Pb, Cd, Zn and Cu ($P>0.05$) in upstream, midstream and downstream, but significant difference existed among the pH, EC, TP, TSS, BOD_5, NO_3^--N, TN and NH_4^+-N contents. The diurnal variation of different water quality parameters presented distinct patterns: TN, TP and EC increased wavelike with time in upstream, fluctuated less in middle and showed the "single-peak single-valley" pattern in downstream, with the peak at 12:00. The diurnal variation of COD showed that "single-peak" pattern and with the peak at 10:00 in upstream and midstream and peak at 12:00 in downstream. The concentrations of Pb, Cd, Zn and Cu were low and peak at 12:00 in midstream; The grey relationship analysis indicated that the water quality in upstream was inferior to the Ⅴ class of surface water at 18:00 and 20:00 and were in the Ⅱ class of surface water for the rest hours, and the water quality in midstream was inferior to the Ⅴ class of surface water at 12:00 and were in the Ⅱ class of surface water for the rest hours; and the water quality in downstream was inferior to the Ⅴ class of surface water all time during investigation.

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].

收稿日期: 2011-06-08; **修订日期**: 2011-09-26

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2008ZX07315); 国家自然科学重点基金项目(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

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基础上发展起来的，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. 本研究旨在研究小流域河流水质的日变化规律及评价盘溪河水质，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 hm^2，水系包括照母山水库、六一水库、红岩水库、九龙湖等 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. 红岩水库、汪家桥暗渠等处涌出的污水日渐污染盘溪河，加之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 月选择无雨的 1 d 进行同步采样，观察盘溪河水质的日变化情况. 出于安全考虑，本研究采样时间定于早 06:00 至晚上 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

①现场测定指标：pH、EC、DO、t；②实验室分析指标：TN、TP、BOD_5、COD、NH_4^+-N、NO_3^--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、BOD_5、COD、TP、TN、NH_4^+-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-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 盘溪河上、中、下游各污染物浓度差异性分析

非参数检验结果表明, t、DO、COD、Pb、Cd、Zn 和 Cu 在上、中、下游中都没有显著性差异($P>0.05$),其余指标都表现出显著性差异(表 1). 多重比较结果表明,TP 和 EC 在上、中、下游都表现出显著差异性; COD 在上游和下游差异不显著,上游和下游与中游表现出显著差异性; BOD_5、pH、NO_3^--N、TN 和NH_4^+-N在上游和中游无显著差异性,上游和中游与下游表现出显著差异性.

上、中和下游 COD、TP、TN 和NH_4^+-N的浓度都超出地表水 V 类标准,下游 BOD_5 的浓度超出地表水 V 类标准. pH、EC、TP、TN 和NH_4^+-N的浓度表现为上游 < 中游 < 下游; DO 和NO_3^--N的浓度表现为上游 > 中游 > 下游; Pb、Cd 和 Zn 的浓度表现为中游 > 上游 > 下游. 上游和下游污染物 pH、t 和 EC 的变异系数较小,中游 pH、t、EC、NO_3^--N、TN 和NH_4^+-N的变异系数较小,其余指标的变异系数比较大.

表 1 盘溪河上、中、下游的各污染物浓度平均值和变异系数[1)]

Table 1 Mean concentration and coefficient of variation of different pollutants in upstream, midstream and downstream of Panxi River

指标	上游		中游		下游		P 值	地表水 V 类标准 /mg·L^{-1}
	均值 ($n=8$)	变异系数/%	均值 ($n=8$)	变异系数/%	均值 ($n=8$)	变异系数/%		
pH	7.88 ± 0.19^a	2.39	7.89 ± 0.05^a	0.59	8.07 ± 0.08^b	1.02	0.012	6 ~ 9
t/℃	18.28 ± 0.26	1.43	18.21 ± 0.22	1.23	18.36 ± 0.27	1.45	0.469	—
EC/μS·cm^{-1}	665.1 ± 18.1^a	2.73	706.6 ± 4.6^b	0.65	840.5 ± 30.6^c	3.65	0.000	—
DO/mg·L^{-1}	5.86 ± 0.78	13.35	5.82 ± 1.71	29.47	5.10 ± 1.97	38.54	0.711	2
BOD_5/mg·L^{-1}	7.36 ± 2.59^a	35.22	5.03 ± 0.97^a	19.20	18.35 ± 6.90^b	37.61	0.042	10
COD/mg·L^{-1}	47.1 ± 16.20^a	34.41	33.5 ± 16.63^b	49.69	65.3 ± 33.57^a	51.41	0.341	40
TP/mg·L^{-1}	0.45 ± 0.16^a	36.71	0.64 ± 0.07^b	11.49	1.46 ± 0.24^c	16.17	0.000	0.4
TN/mg·L^{-1}	8.19 ± 2.49^a	30.38	9.31 ± 0.43^a	4.63	20.65 ± 3.49^b	16.91	0.000	2
NH_4^+-N/mg·L^{-1}	4.70 ± 2.41^a	51.19	6.05 ± 0.37^a	6.08	16.67 ± 2.95^b	17.71	0.000	2
NO_3^--N/mg·L^{-1}	2.73 ± 0.87^a	31.97	2.25 ± 0.05^a	2.17	0.86 ± 0.18^b	21.52	0.000	—
TSS/mg·L^{-1}	28.7 ± 28.1^a	98.00	17.3 ± 4.0^a	23.45	61.2 ± 32.3^b	52.75	0.006	—
Pb/mg·L^{-1}	0.006 4 ± 0.002 7	41.62	0.009 6 ± 0.006 3	65.99	0.005 9 ± 0.002 9	50.25	0.561	0.1
Cd/mg·L^{-1}	0.000 8 ± 0.000 5	55.64	0.000 9 ± 0.000 5	56.93	0.000 6 ± 0.000 1	12.60	0.427	0.01
Zn/mg·L^{-1}	0.066 1 ± 0.091 5	138.28	0.068 3 ± 0.052 4	76.71	0.038 7 ± 0.025 7	66.54	0.853	2
Cu/mg·L^{-1}	0.014 7 ± 0.013 1	88.95	0.027 6 ± 0.022 5	81.56	0.015 3 ± 0.017 4	113.80	0.916	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 盘溪河水质污染物浓度日变化情况

2.2.1 春季盘溪河水温的日变化

由图 2 可见,盘溪河温度日变化很小, 最高值在下午 14:00,温差最大为 0.9℃,因此,温度对其他水质指标的影响很小. 在上游和下游 18:00 ~ 20:00 的水温高于 16:00 水温,这可能由于 18:00 ~ 20:00 正值吃饭的高峰期,大量生活污水排入盘溪河,导致水温升高的缘故.

2.2.2 春季盘溪河 pH、DO、BOD_5 和 COD 的日变化

由图3可见:pH、DO、BOD_5、COD上、下游的波

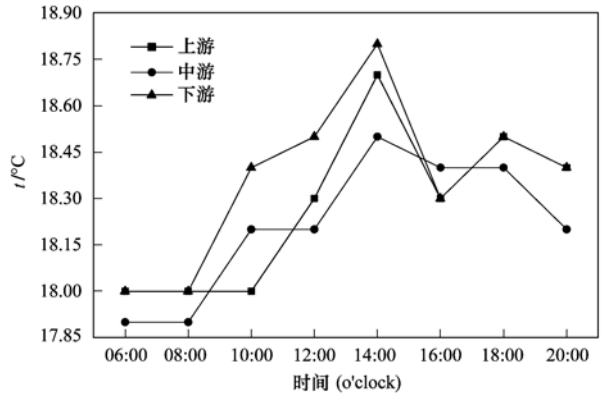

图 2　春季盘溪河温度日变化规律

Fig. 2　Diurnal variation of t in the water of the Panxi River in spring

动大于中游. 其中,COD 变化曲线呈“单峰”型,上游和中游峰值都出现在 10:00,下游的峰值在 12:00;上游最小值在 20:00,中游最小值在 08:00,下游最小值在 06:00. DO 在上游和下游都呈波浪式变动,但总的趋势是降低的,最大值都出现在 08:00 点. 上游 DO 的最小值出现在 16:00 点,下游最小值出现在 14:00 点. 中游 DO 的变化与之不同,在 06:00 ~ 12:00 之间变化较小,12:00 以后逐渐降低,16:00 达到最小值,而后逐渐升高. BOD_5 在 06:00 ~ 10:00 变化较小,主要是因为在此段时间内污水排入较少. 10:00 后逐渐升高,最大值出现在 14:00,而后降低;中游变化幅度较小,最大值出现在08:00;下游变化幅度较大,最大值出现在 12:00,此后浓度出现不同程度的升降,最小值出现在 06:00. pH 值在上游波动较大,最大值出现在 16:00 点,最小值出现在14:00. 中、下游波动较小,且变化趋势基本相同,呈“单峰型”,中、下游的峰值都出现在 08:00,最低值出现在 12:00.

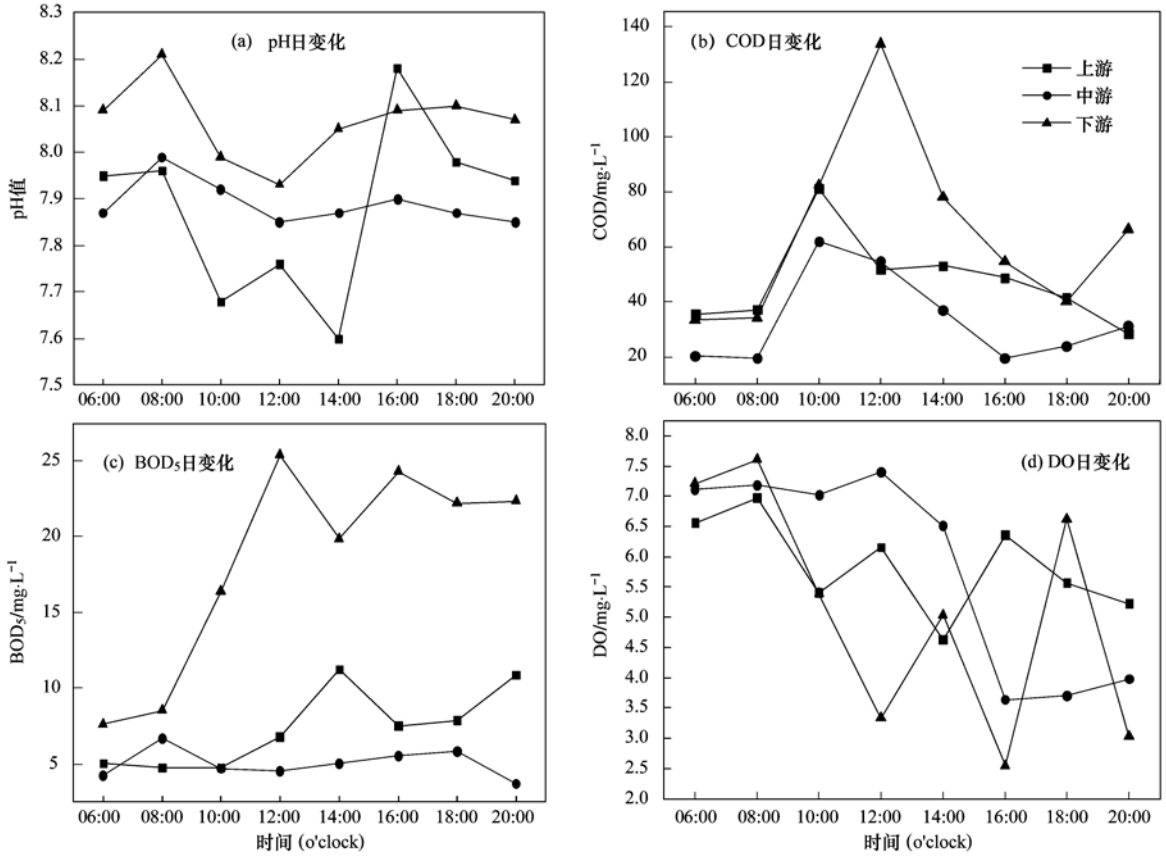

图 3　春季盘溪河 pH、DO、BOD_5 和 COD 的日变化规律

Fig. 3　Diurnal variation of pH, DO, BOD_5 and COD in spring of Panxi River

2.2.3　春季盘溪河 EC、TN、TP 和 TSS 的日变化

由图 4 可见:盘溪河 EC、TN、TP 和 TSS 总体情况是下游 > 中游 > 上游,这主要是因为随着河道的延伸,生活和工业的污水逐渐增多的缘故. 中游波动较小,主要是因为中游采样点前方有一水库,水库蓄水量很大,对污水的缓冲作用较大的缘故. EC、TN 和 TP 上游呈波浪式逐渐增加的趋势,中游波动较小,下游呈“单峰单谷”型,峰值出现在中午 12:00,最小值在 06:00 和 08:00. 盘溪河 TSS 在上、下游变化曲线都呈“单峰单谷”型,上游的峰值出现在 12:00,最小值在 06:00;下游的峰值在 10:00,最小

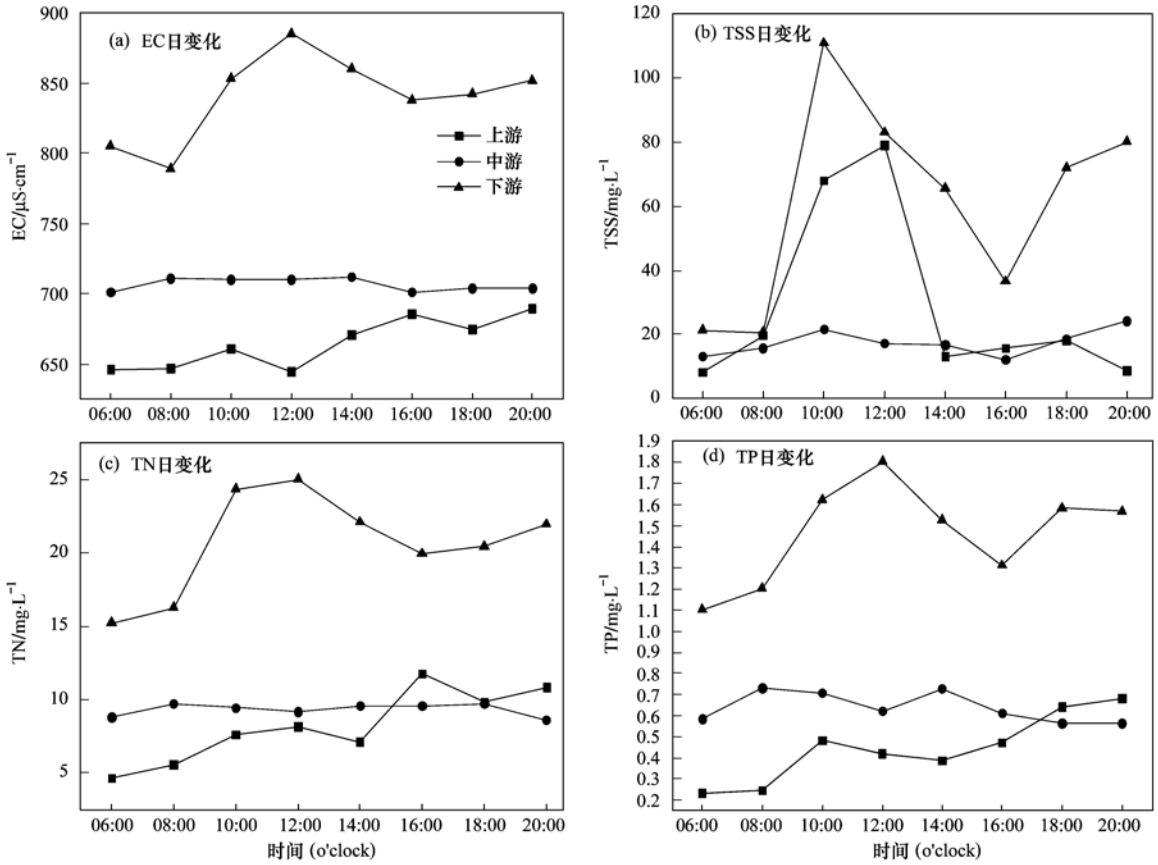

图 4 春季盘溪河 EC、TN、TP 和 TSS 的日变化规律

Fig. 4 Diurnal variation of EC, TN, TP and TSS in spring of Panxi River

值在 08:00；中游 TSS 的波动较小.

2.2.4 春季盘溪河 Pb、Cd、Zn 和 Cu 的日变化

由图 5 可知,上游 Pb、Cd、Zn 和 Cu 的变化趋势基本相同,峰值出现在晚上 20:00,在下午 14:00 时出现一小峰；中游 Pb、Cd、Zn 和 Cu 的变化趋势基本相同,峰值出现在中午 12:00,此后逐渐下降；这主要因为中游以商业区为主,如洗车店、金属加工店等,在中午休息时间将污水排入盘溪河,导致 Pb、Cd、Zn 和 Cu 浓度在 12:00 出现一个峰值. 下游 Pb、Cd、Zn 和 Cu 都呈波浪式变动的趋势,Pb、Cd 和 Zn 的变化趋势基本相同.

2.3 灰色关联度分析

根据最大关联原则,盘溪河上游在 18:00 和 20:00 为劣Ⅴ类,其余各时间段河流水质为Ⅱ类；中游在 12:00 点时水质为劣Ⅴ类,其余各时间段河流水质为Ⅱ类；下游各时间段水质均为劣Ⅴ类(表 2~4). 根据水质优劣排序规则,各时间段盘溪河水质优劣排序为上游:06:00 > 08:00 > 10:00 > 16:00 > 14:00 > 12:00 > 20:00 > 18:00；中游:06:00 > 20:00 > 18:00 > 16:00 > 14:00 > 08:00 > 10:00 > 12:00；下游:10:00 > 06:00 > 20:00 > 12:00 > 14:00 > 18:00 > 08:00 > 16:00.

表 2 盘溪河上游不同时间段水质的关联度及所属类型

Table 2 Grey relationship degrees and the assessment results for water quality of different time periods in upstream of Panxi River

类型	时间(o'clock)							
	06:00	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00
Ⅰ类	0.907	0.905	0.862	0.856	0.852	0.849	0.831	0.724
Ⅱ类	0.923	0.921	0.879	0.870	0.871	0.857	0.847	0.773
Ⅲ类	0.847	0.843	0.797	0.789	0.790	0.769	0.763	0.681
Ⅳ类	0.852	0.849	0.804	0.797	0.800	0.774	0.766	0.683
Ⅴ类	0.845	0.839	0.808	0.803	0.808	0.770	0.771	0.680
劣Ⅴ类	0.846	0.844	0.860	0.864	0.865	0.853	0.864	0.851
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	6	5	4	8	7

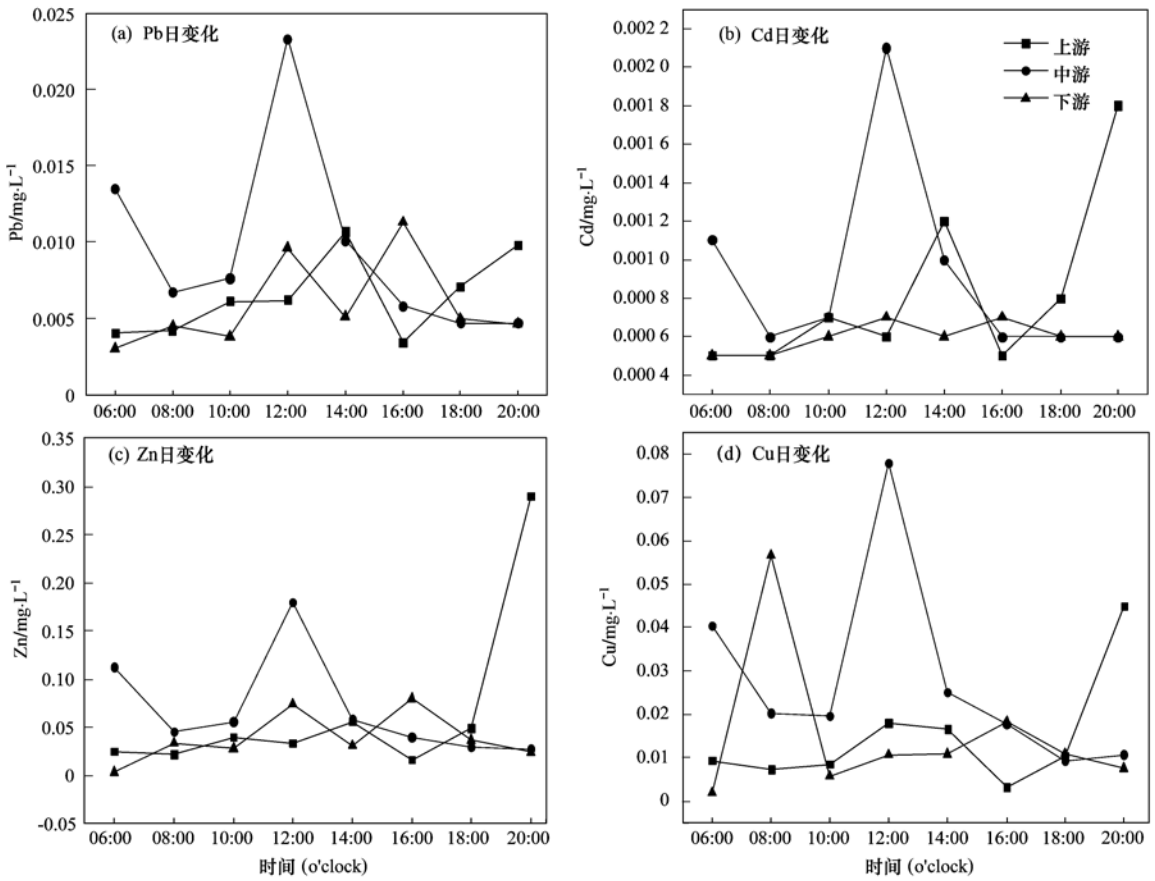

图 5　春季盘溪河 Pb、Cd、Zn 和 Cu 的日变化规律

Fig. 5　Diurnal variation of Pb, Cd, Zn and Cu in spring of Panxi River

表 3　盘溪河中游不同时间段水质的关联度及所属类型

Table 3　Grey relationship degrees and the assessment results for water quality of different time periods in midstream of Panxi River

类型	时间(o'clock)							
	06:00	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00
Ⅰ类	0.862 8	0.857 7	0.855 9	0.805 3	0.855 4	0.862 3	0.866 7	0.870 8
Ⅱ类	0.877 7	0.863 4	0.862 4	0.835 6	0.864 1	0.867 9	0.870 2	0.874 7
Ⅲ类	0.787 5	0.769 8	0.769 2	0.758 5	0.770 8	0.776 2	0.779 5	0.783 9
Ⅳ类	0.790 9	0.771 6	0.771 6	0.769 1	0.773 3	0.780 3	0.784 9	0.788 6
Ⅴ类	0.781 0	0.761 8	0.763 4	0.779 4	0.764 7	0.772 0	0.778 0	0.781 5
劣Ⅴ类	0.846 7	0.846 7	0.848 7	0.879 8	0.849 0	0.847 9	0.848 7	0.847 9
水质级别	Ⅱ类	Ⅱ类	Ⅱ类	劣Ⅴ类	Ⅱ类	Ⅱ类	Ⅱ类	Ⅱ类
水质排序	1	6	7	8	5	4	3	2

表 4　盘溪河下游不同时间段水质的关联度及所属类型

Table 4　Grey relationship degrees and the assessment results for water quality of different time periods in downstream of Panxi River

类型	时间(o'clock)							
	06:00	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00
Ⅰ类	0.821 6	0.801 4	0.799 9	0.786 4	0.798 3	0.792 9	0.794 0	0.793 8
Ⅱ类	0.819 1	0.810 4	0.799 3	0.788 9	0.798 9	0.797 8	0.794 4	0.793 4
Ⅲ类	0.725 4	0.712 6	0.715 4	0.704 6	0.712 0	0.707 1	0.700 3	0.705 1
Ⅳ类	0.725 2	0.711 6	0.714 4	0.704 3	0.711 0	0.708 1	0.698 4	0.705 6
Ⅴ类	0.714 3	0.700 3	0.704 1	0.694 3	0.700 6	0.700 1	0.687 5	0.696 6
劣Ⅴ类	0.849 0	0.846 9	0.873 0	0.875 8	0.868 8	0.865 1	0.857 6	0.867 2
水质级别	劣Ⅴ类	劣Ⅴ类	劣Ⅴ类	劣Ⅴ类	劣Ⅴ类	劣Ⅴ类	劣Ⅴ类	劣Ⅴ类
水质排序	2	7	1	4	5	8	6	3

根据盘溪河的流域特点结合灰色关联度分析得知,上游水质在下午 18:00 和 20:00 最差,其次是中午 12:00. 这些时间段都是吃饭的高峰期,大量的污水排入盘溪河,导致水质从Ⅱ类到劣Ⅴ类. 中游水质相对较好,主要是由于红岩水库蓄水量较大,对污水有很强的缓冲作用. 下游水质很差,主要因为随着河道的延伸,生活和工业的污水逐渐增多的缘故,其次盘溪河下游以居民区和工业区为主,大量的生活污水和工业污水排入盘溪河,因此盘溪河下游不同时段水质都达到劣 V 类.

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[28]. 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. 盘溪河上、中和下游 COD、TP、TN 和NH_4^+-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. 由于盘溪河流域昼夜温差小,导致水温差较小(图 1),所以水温对其它水质指标的影响较小. 盘溪河下游 COD、TP、TN 和 EC 的浓度的峰值都出现在 12:00,此时正值吃饭的高峰期,由于盘溪河下游以居民区和工业区为主,大量生活污水、饭店的污水直接排入了盘溪河,因此导致下游 12:00 时污染物的浓度最高.

盘溪河 Pb、Cd、Zn 和 Cu 的浓度较低(表 1),变化趋势基本相同,说明它们来自同一污染源,值得注意的是中游 Pb、Cd、Zn 和 Cu 浓度的峰值出现在 12:00点,且波动较大,这与其它指标的变化趋势不同,说明它们来自不同的污染源. 中游以商业区为主,如洗车店,金属加工店等,在中午休息时间将污水排入盘溪河,导致 Pb、Cd、Zn 和 Cu 浓度在 12:00 出现一个峰值. 据 Sansalone 等[29]研究,汽车的交通损耗含有很高浓度的 Zn、Cu 和 Pb.

4 结论

(1)非参数检验结果表明,污染物 t、DO、COD、Pb、Cd、Zn 和 Cu 在上、中、下游中都没有显著性差异($P>0.05$),其余指标都表现出显著性差异.

(2)盘溪河上、中和下游 COD、TP、TN 和NH_4^+-N 的浓度都超出地表水 V 类标准,下游 BOD_5 的浓度超出地表水 V 类标准.

(3)盘溪河各水质参数日变化情况差别较大,pH、DO、TSS 和 BOD_5 呈波浪式变动的趋势,上游和下游的波动大于中游. t 在 1 d 内的变化较小. TN、TP 和 EC 的日变化趋势呈现出:上游呈波浪式逐渐增加的趋势,中游波动较小,下游呈“单峰单谷”型,峰值出现在中午 12:00. COD 变化曲线呈“单峰”型,上游和中游峰值都出现在 10:00,下游的峰值在 12:00; 盘溪河 Pb、Cd、Zn 和 Cu 的浓度较低,变化趋势基本相同,中游 Pb、Cd、Zn 和 Cu 浓度的峰值出现在 12:00 点.

(4)盘溪河上游在 18:00 和 20:00 为劣Ⅴ类,其余各时间段河流水质为Ⅱ类; 中游在 12:00 点时水质为劣Ⅴ类,其余各时间段河流水质为Ⅱ类; 下游各时间段水质均为劣Ⅴ类.

(5)盘溪河各时间段水质优劣排序为上游: 06:00 > 08:00 > 10:00 > 16:00 > 14:00 > 12:00 > 20:00 > 18:00; 中游: 06:00 > 20:00 > 18:00 > 16:00 > 14:00 > 08:00 > 10:00 > 12:00; 下游: 10:00 > 06:00 > 20:00 > 12:00 > 14:00 > 18:00 > 08:00 > 16:00.

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. 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——以太湖上游浙江西苕溪流域为例 [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**(S1): 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 H, 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] 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] 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序的影响 [J]. 河南农业大学学报，2002，**36**(2)：199-202.

[28] 宋庆辉，杨志峰. 对我国城市河流综合管理的思考 [J]. 水科学进展，2002，**13**(3)：377-382.

[29] Sansalone J J, Buchberger S G. Partitioning and first flush of metals in ruban roadway storm water [J]. Journal of Environmental Engineering, 1997, **123**(2): 134-143.

HUANJING KEXUE Vol. 33 No. 4
Environmental Science (monthly) Apr. 15, 2012

CONTENTS

《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 4 月 15 日　33 卷　第 4 期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

（Monthly　Started in 1976）

Vol. 33　No. 4　Apr. 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