

文章编号:1674-991X(2013)05-0429-08

## 沈阳细河与白塔堡河水质空间分布特征研究

李蕊,高红杰,宋永会\*,彭剑峰,于会彬,王思宇

中国环境科学研究院城市水环境科技创新基地,北京 100012

**摘要:**为了解辽河流域水污染防治重点区域浑河沈阳段支流河污染特征,采用2012年细河与白塔堡河枯水期18个采样点10个水质指标数据,应用主成分分析(PCA)、聚类分析(CA)、判别分析(DA)和基于GIS平台的克里格插值(Kriging)法,对细河与白塔堡河水质空间分布特征进行研究。主成分分析结果表明,白塔堡河前3个主成分对应的特征值的累积方差贡献率达到85.10%,主要污染物为 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度、Chl-a浓度、pH等;细河前4个主成分对应的特征值的累积方差贡献率达到91.24%,主要污染物为 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度、TN浓度、pH、EC等。空间差异性分析表明,白塔堡河中下游采样点周边区域水质指标数值高于上游采样点周边区域,有机污染突出,重污染区域位于白塔堡河汇入浑河段;细河上游采样点周边区域水质指标数值高于下游采样点周边区域,氨氮污染严重,重污染区域位于细河源头段。

**关键词:**细河;白塔堡河;水质空间分布;主成分分析;聚类分析;克里格插值

中图分类号:X522

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.1674-991X.2013.05.067

## Study on Spatial Distribution Characteristics of Water Quality in Xihe River and Baitapu River of Shenyang

LI Rui, GAO Hong-jie, SONG Yong-hui, PENG Jian-feng, YU Hui-bin, WANG Si-yu

Department of Urban Water Environmental Research, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China

**Abstract:** In order to investigate the pollution characteristics of Shenyang section of Hunhe River, a key zone for Liao River Basin water pollution control, various methods including principal component analysis (PCA), cluster analysis (CA), discriminant analysis (DA) and GIS-based Kriging methods were used to analyze data sets of water quality for 10 parameters monitored at 18 different sites of Xihe River and Baitapu River in the dry season to determine spatial distribution patterns of the water quality. PCA results showed that the eigenvalues of the first three principal components of Baitapu River corresponded to the cumulated variance contribution ratio of 85.10%, with the main pollutants being ammonia nitrogen concentration and chlorophyll-a concentration, pH, etc. The eigenvalues of the first four principal components of Xihe River corresponded to the cumulated variance contribution ratio of 91.24%, and the main pollutants being ammonia nitrogen concentration, total nitrogen concentration, pH, electrical conductivity, etc. Spatical difference analysis showed that the water quality index of sample points in the surrounding area of middle and lower reaches of Baitapu River was higher than that of sample points in the surrounding area of the upstream. The organic pollution of Baitapu River was outstanding, and the heavy pollution areas were located at the section from Baitapu River into Hunhe River. The water quality index of sample points in the surrounding area of upstream of Baitapu River was higher than that of sample points in the surrounding area of the downstream. The ammonia-nitrogen pollution of Xihe River was heavy and the heavy pollution areas were located at the upstream of Xihe River.

收稿日期:2013-03-27

基金项目:国家水体污染控制与治理科技重大专项(2012ZX07202-005)

作者简介:李蕊(1983—),女,工程师,硕士,主要从事水污染治理技术研究, lirui\_zz@163.com

\*责任作者:宋永会(1967—),男,研究员,博士,主要从事水污染控制技术研究, songyh@craes.org.cn

**Key words:** Xihe River; Baitapu River; spatial distribution of the water quality; principal component analysis; cluster analysis; Kriging

河流水质是河流生态系统的重要指标,河流水质的好坏对流域内的工业用水、生活用水、农业灌溉等都有着重要的意义<sup>[1]</sup>。河流水质受气候、地质等自然条件,以及人类生产、生活活动等多因素及多层次的影响,因此其在很大程度上也反映了流域的基本特征。

水质空间分布模式<sup>[2]</sup>主要是利用采样点多指标数据,分析水质在空间尺度上的离散与连续分布特征,包括空间相似性和差异性。将聚类分析(CA)<sup>[3]</sup>、主成分分析(PCA)<sup>[4]</sup>和判别分析(DA)<sup>[5]</sup>等多元统计方法应用于空间模式分析研究,能够更好地说明研究区域的水质空间变化和生态状况。

笔者将多元统计方法和空间插值法<sup>[6]</sup>综合应用于细河与白塔堡河,同时借助GIS平台<sup>[7]</sup>对采样点水质进行空间分布模式研究。以采样点的水质指标为研究对象,在数据统计和预处理的基础上,采用主成分分析法对水质指标进行降维处理,再应用聚类分析法对主成分值进行空间相似性聚类分析,并通过判别分析法判定分类的正确率,得到显著性指标,最后应用克里格插值(Kriging)法进行空间差异性模拟。研究旨在找出细河与白塔堡河水质污染原因,以期对细河与白塔堡河综合治理提供依据,并为辽河流域浑河沈阳段水环境改善与水生态建设提供有效的工具和依据。

## 1 研究区域

### 1.1 基本情况

浑河流域是辽河流域水污染防治重点区域,其主要污染特征之一为支流河污染。作为浑河补水的主要来源,支流河中的 $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 等污染物通过补水方式进入浑河流域,污染水体。

细河和白塔堡河位于辽河流域浑河中游沈阳段,是浑河沈阳段两条重要的支流河,细河和白塔堡河属于季节性河流,并有部分河段为城市段河流,是浑河沈阳段城市水体生态景观建设中的示范河流。

白塔堡河源头平水期径流量 $0.3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,枯水期径流量 $0.17 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。主要支流河有上深河和东沟河,上深河发源于李相镇上水泉村,于白

塔镇汇入白塔堡河,平水期源头径流量 $0.1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,河道长15 km;东沟河发源于祝家屯镇东沟村,在古城子镇施家寨汇入白塔堡河,平水期水量为 $0.43 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

细河<sup>[8]</sup>全长78.2 km,源于铁西区卫工河南端,沿浑河北侧流向西南,流经铁西区、杨士屯、翟家、大潘、宽场、土台子,在辽中县黄腊坨子村汇入浑河。细河河宽8~35 m,水深0.5~1.5 m,河床坡降为0.26‰,河道弯曲系数1.81,年均日排水量约60万t。细河水体由北运河部分水、北部污水处理厂排水、仙女河污水处理厂排水等和各类散排污水构成<sup>[9]</sup>。

### 1.2 采样点位置

在白塔堡河9个断面和1个支流河汇入口(1~10号),细河8个断面(11~18号)上设置采样点,白塔堡河和细河采样点地理位置见表1。采样点分布见图1。

表1 采样点地理位置

Table 1 Description of sampling sites

采样点	断面名称	地理位置
1	曹仲大桥	123°20'54.3"E, 41°43'16.5"N
2	长白路胜利桥	123°23'8.88"E, 41°42'18.54"N
3	白塔公园	123°25'27.3"E, 41°41'52.2"N
4	21世纪湖	123°27'35.7"E, 41°41'56.64"N
5	教场理工大学	123°29'2.1"E, 41°43'33.48"N
6	营城子	123°31'11.04"E, 41°42'29.22"N
7	施家寨支流一	123°34'21.42"E, 41°43'7.5"N
8	永安桥	123°36'5.46"E, 41°41'32.4"N
9	李相桥	123°36'48.14"E, 41°38'46.40"N
10	老塘峪	123°39'29.46"E, 41°38'6.42"N
11	土台子桥	123°00'1.98"E, 41°31'40.92"N
12	大兀拉	123°02'31.98"E, 41°35'55.44"N
13	彰驿桥	123°00'32.58"E, 41°38'54.6"N
14	大潘桥	123°08'7.2"E, 41°41'15.78"N
15	挨金桥	123°12'25.5"E, 41°42'18.96"N
16	甘官桥	123°17'56.1"E, 41°44'17.22"N
17	吉力桥	123°20'45.12"E, 41°45'51.48"N
18	细河源头	123°20'21.48"E, 41°46'20.52"N

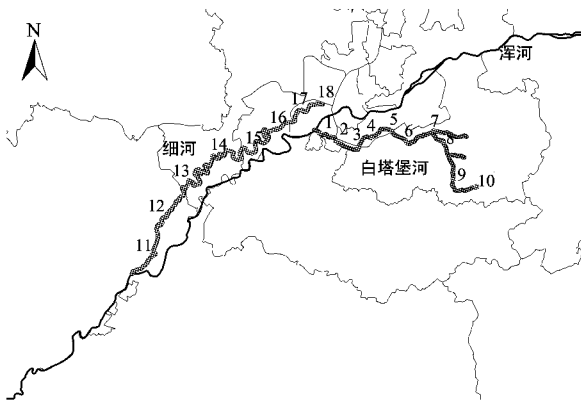


图1 采样点分布示意

Fig.1 Sampling site distribution

## 2 数据与方法

### 2.1 数据来源

水质数据采用中国环境科学研究院 2012 年 4

月(枯水期)细河和白塔堡河 18 个采样点 10 项水质指标的监测数据,采样点水质指标值见表 2。

### 2.2 研究方法

#### 2.2.1 主成分分析法

主成分分析(principal component analysis, PCA)<sup>[10-11]</sup>是在不损失或少损失原有信息的前提下,将多指标问题转化为较少的新指标问题。以累计贡献率 $\geq 85\%$ 确定主因子个数<sup>[12]</sup>。

#### 2.2.2 聚类分析法

聚类分析(cluster analysis, CA)<sup>[13]</sup>是从样本数据出发,自动进行分类。把相似程度较大的数据或属性聚合为一类,把另外彼此之间相似程度较大的样品聚合为另一类,关系密切的聚合到一个小的分类单位,关系疏远的聚合到一个大的分类单位,直到所有数据或属性都聚合完毕,把不同的类型划分出来<sup>[14]</sup>。

表2 采样点水质统计

Table 2 Statistical description of sampling sites' water quality

水质指标	极小值	极大值	均值	标准差	方差
水温/ $^{\circ}\text{C}$	12.100 0	16.150 0	13.778 7	1.170 4	1.370 0
DO 浓度/(mg/L)	0.560 0	7.170 0	3.566 7	2.665 6	7.105 0
pH	7.280 0	8.175 0	7.734 5	0.221 2	0.049 0
EC/(S/m)	0.005 4	0.134 7	0.066 0	0.035 6	0.001 0
COD <sub>Cr</sub> /(mg/L)	18.150 0	122.300 0	48.713 0	30.587 8	935.613 0
BOD <sub>5</sub> /(mg/L)	3.490 0	20.034 0	8.428 1	4.016 4	16.132 0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N 浓度/(mg/L)	0.966 7	28.760 0	12.477 9	9.637 0	92.872 0
Chl-a 浓度/( $\mu\text{g/L}$ )	7.443 0	92.499 7	35.563 8	23.896 7	571.053 0
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N 浓度/(mg/L)	0.000 0	14.295 1	5.672 8	4.591 6	21.083 0
TN 浓度/(mg/L)	2.500 0	22.100 0	10.722 2	5.210 1	27.145 0

注:采样点数为 18 个。

#### 2.2.3 判别分析法

判别分析(discriminant analysis, DA)<sup>[15]</sup>可以用来判别聚类分析结果和识别显著性的污染指标,其基本原理是按照一定的判别准则,建立一个或多个判别函数,用研究对象的大量资料确定判别函数中的待定系数,并计算判别指标。据此即可确定某一样本属于何类。

#### 2.2.4 空间插值法

空间插值法<sup>[16]</sup>是通过已知点的数据推求同一区域其他未知点数据的计算方法<sup>[17]</sup>。其中克里格

插值法<sup>[18]</sup>也称空间局部估计法或空间局部插值法,是地统计学两大主要内容之一。其实质是利用区域化变量的原始数据和变异函数的结构特点,对未采样点的区域化变量的取值进行线形最优估计的方法<sup>[19-20]</sup>。

## 3 结果与讨论

### 3.1 原始数据预处理

用 SPSS 进行探索数据分析,主要是采用偏度和峰度指标对细河和白塔堡河的原始数据进行指标分

布特征检验。白塔堡河偏度和峰度的检验结果分别为  $-1.426 \sim 1.596$  和  $-0.737 \sim 2.867$ ,  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、 $\text{BOD}_5$ 、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  过于偏正,  $\text{DO}$ 、 $\text{EC}$  过于偏负。细河偏度和峰度的检验结果分别为  $0.263 \sim 2.455$  和  $-1.961 \sim 6.432$ , 水温、 $\text{DO}$ 、 $\text{pH}$ 、 $\text{Chl-a}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$  过于偏正。对过于偏正和偏负的数据分别采用自然对数法和平方方法进行转化, 转化后的检验结果近似为  $-1 \sim 1$ , 基本接近正态分布。同时, 在进行主成分和聚类分析时, 考虑到水质指标数量级上的差异, 故需要对数据再进行标准化(均值为 0, 方差为 1)。

### 3.2 主成分分析

在进行主成分分析之前, 分别对细河和白塔堡河采样点的水质指标数据进行 Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) 和 Bartlett's 球形检验, 检验结果表明, 主成分分析可以很好地降低原始数据的维度。

#### 3.2.1 白塔堡河主成分分析

白塔堡河主成分碎石图见图 2。基于特征值大于 1 的评判标准, 由白塔堡河主成分碎石图可以看出, 特征值大于 1 对应的主成分有 3 个。

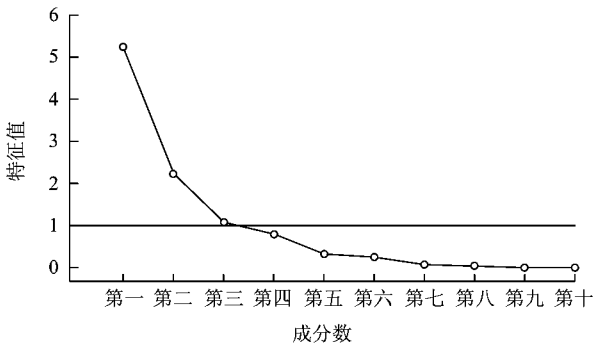


图 2 白塔堡河主成分碎石图

Fig. 2 Principal component scree plot of Baitapu River

白塔堡河水质指标相关矩阵的特征向量和特征值见表 3。从表 3 可以看出, 前 3 个主成分对应的特征值的累积方差贡献率达到 85.10% ( $>85\%$ ), 因此, 它们所对应的主成分可以反映原始指标的信息。

第一主成分方差贡献率为 52.39%, 与  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  浓度、 $\text{Chl-a}$  浓度、 $\text{pH}$  呈正相关性, 与  $\text{BOD}_5$  呈负相关性, 可以看出,  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  浓度与  $\text{Chl-a}$  浓度可代表富营养污染, 因此, 第一主成分主要来自于生活污染; 第二主成分方差贡献率为 22.02%, 与  $\text{DO}$  浓度、 $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、 $\text{TN}$  浓度、水温相关, 可代表有机污染和富营养污染, 因此, 第二主成分主要来自于工业、生活和

面源污染; 第三主成分方差贡献率为 10.69%, 与  $\text{EC}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$  浓度相关, 第三主成分主要来自于面源污染。

表 3 白塔堡河水质指标相关矩阵的特征向量和特征值

Table 3 Eigenvectors and eigenvalues on the correlation matrixes of water quality indexes of Baitapu River

水质指标	第一主成分	第二主成分	第三主成分
水温	-0.29	-0.36	-0.03
DO 浓度	0.10	0.56	-0.46
pH	0.40	0.01	-0.39
EC	-0.28	0.39	0.41
$\text{COD}_{\text{Cr}}$	0.17	0.40	0.40
$\text{BOD}_5$	-0.41	0.10	0.20
$\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度	0.39	-0.25	0.143
$\text{Chl-a}$ 浓度	0.39	-0.01	0.21
$\text{NO}_3^- - \text{N}$ 浓度	0.35	-0.07	0.45
TN 浓度	0.23	0.41	-0.06
特征值	2.29	1.48	1.03
方差贡献率/%	52.39	22.02	10.69
累积方差贡献率/%	52.39	74.41	85.10

#### 3.2.2 细河主成分分析

细河主成分碎石图见图 3。基于特征值大于 1 的评判标准, 由细河主成分碎石图可以看出, 特征值大于 1 对应的主成分有 4 个。

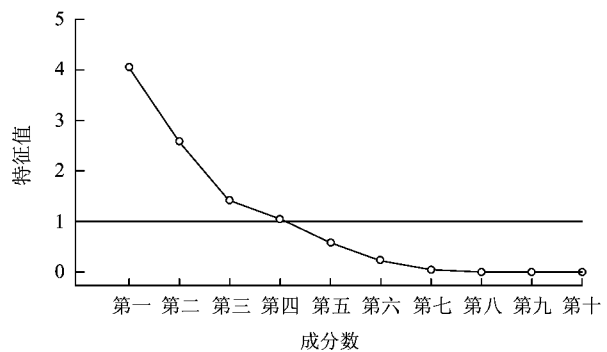


图 3 细河主成分碎石图

Fig. 3 Principal component scree plot of Xihe River

细河水质指标相关矩阵的特征向量和特征值见表 4。从表 4 可以看出, 前 4 个主成分对应的特征值的累积方差贡献率达到 91.24% ( $>85\%$ ), 因此,

它们所对应的主成分可以反映原始指标的绝大部分信息。

表4 细河水质指标相关矩阵的特征向量和特征值

Table 4 Eigenvectors and eigenvalues on the correlation matrixes of water quality indexes of Xihe River

水质指标	第一主成分	第二主成分	第三主成分	第四主成分
水温	-0.09	-0.26	0.66	0.09
DO 浓度	0.31	0.43	0.01	0.31
pH	0.38	-0.15	-0.33	0.28
EC	0.46	-0.14	0.05	-0.14
COD <sub>Cr</sub>	0.17	-0.36	0.30	0.61
BOD <sub>5</sub>	-0.20	0.45	-0.06	0.06
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N 浓度	0.45	-0.11	-0.11	-0.22
Chl-a 浓度	-0.28	-0.10	-0.44	0.57
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N 浓度	0.03	0.53	0.38	0.22
TN 浓度	0.44	0.28	0.03	0.08
特征值	2.02	1.61	1.19	1.03
方差贡献率/%	40.62	25.81	14.25	10.56
累积方差贡献率/%	40.62	66.43	80.68	91.24

第一主成分方差贡献率为 40.62%，与 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 浓度、TN 浓度、pH、EC 相关，可以代表富营养污染，因此，第一主成分主要来自于生活和面源污染；第二主成分方差贡献率为 25.81%，与 DO 浓度、BOD<sub>5</sub>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 浓度相关，可以代表有机污染和富营养污染，因此，第二主成分主要来自于工业、生活和面源污染；第三主成分方差贡献率为 14.25%，与水温相关；第四主成分方差贡献率为 10.56%，与 COD<sub>Cr</sub>、Chl-a 浓度相关，第四主成分主要来自于工业和生活污染。

### 3.3 空间相似性聚类分析

应用 SPSS 对细河和白塔堡河 2012 年枯水期水质指标数据进行系统聚类分析。基于 Ward's 法的采样点空间聚类分析见图 4。

对于空间尺度，存在 2 种选择，即分为 2 组或者 3 组。

由图 4 可知，如果按照 2 组来分，则第 1 组为 1 号、2 号和 11~18 号采样点，第 2 组为 3~10 号采样点，恰好将细河的采样点与白塔堡河的采样点分开。细河主要接纳和输送沈阳市西部污水，以工业废水和生活污水为主，没有天然水补给，NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 污染严重；白塔堡河主要功能为农灌、泄洪和输送浑南新区污水，河流天然补给水量很小，没有混合稀释自净能力，河流有机污染突出，且随着浑南地区开发建设，

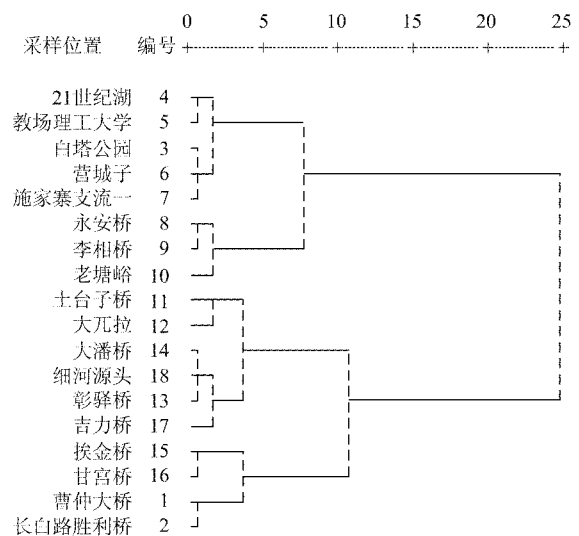


图4 基于 Ward's 法的采样点空间聚类分析  
Fig. 4 Spatial cluster analysis of sampling sites based on Ward's methods

污水量将继续增加，白塔堡河污染有进一步加剧的趋势。

如果按照 3 组来分，则第 1 组为 1 号、2 号、15 号和 16 号采样点，第 2 组为 11~14 号、17 号和 18 号采样点。第 1 组的 1 号和 2 号采样点位于塔堡河下游，随着白塔堡河污染的日益加重，下游水质不断恶化，逐渐与细河水质呈现相似的变化趋势。第 1

组的 15 号和 16 号采样点位于细河中游沈阳市于洪区附近,这 2 个采样点的 Chl-a 浓度偏高,水体有发生富营养化的趋势。

### 3.4 空间判别分析

应用 SPSS 对空间相似性聚类分析结果进行判别分析验证,并进一步识别显著性水质指标。空间判别分析结果见表 5。

表 5 空间判别分析结果  
Table 5 Space discriminant analysis results

分组方式	正确率 /%	第 1 组 样本数/个	第 2 组 样本数/个	第 3 组 样本数/个
2 组 第 1 组	100	10	0	—
2 组 第 2 组	100	0	8	—
3 组 第 1 组	100	4	0	0
3 组 第 2 组	100	0	8	0
3 组 第 3 组	100	0	0	6

由表 5 可知,将采样点分为 2 组或 3 组都是正确的。由实际情况出发,空间相似性聚类分析采用 2 组更为合适,即在空间尺度上将采样点分为细河和白塔堡河 2 部分。

同时,对于空间尺度,显著性水质指标为 DO 浓度、BOD<sub>5</sub> 及 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 浓度,白塔堡河和细河的判别函数(F)分别为:

$$F_1 = -5.297DO - 2.501BOD_5 + 7.428NH_4^+ - N - 5.675$$

$$F_2 = 6.622DO - 3.127BOD_5 - 9.285NH_4^+ - N - 8.759$$

### 3.5 空间差异性分析

为进一步了解白塔堡河与细河各采样点间的空间差异性,采用克里格插值法对显著性指标进行空间差异性模拟(图 5 和图 6)。

由图 5 可知,从空间差异性来看,白塔堡河中下游采样点周边区域水质指标数值高于上游采样点周边区域,其中, BOD<sub>5</sub> 和 COD<sub>Cr</sub> 空间分布比较相似,高浓度地区出现在白塔堡河汇入浑河段,分析其原因可能是由于城市段河道中工业和生活污水大量排放所致。

由图 6 可知,从空间差异性来看,细河与白塔堡河正好相反,细河上游采样点周边区域水质指标数值高于中、下游采样点周边区域,其中, BOD<sub>5</sub> 与 Chl-a 浓度空间分布比较相似,高浓度地区出现在细河源头段,分析其原因可能是由于城市段河道中工业、生活和面源污水大量排放所致。

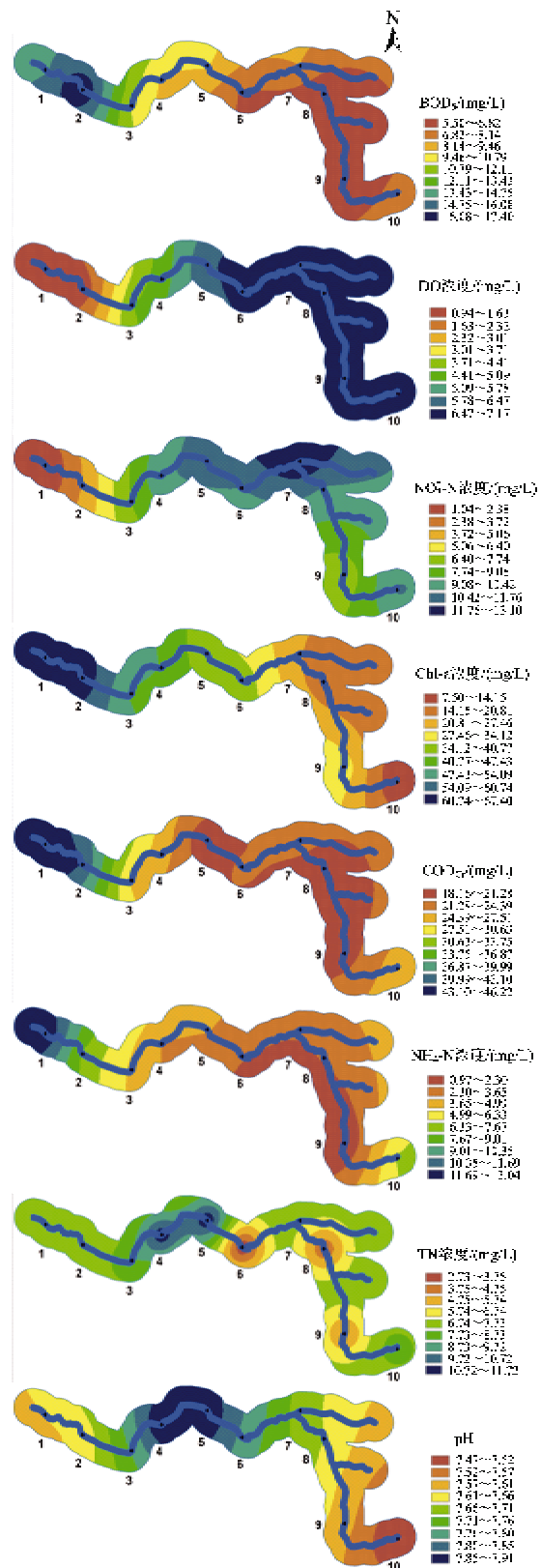


图 5 白塔堡河空间尺度显著性指标的模拟  
Fig. 5 Simulation of significant indexes of the spatial scale of Baitapu River

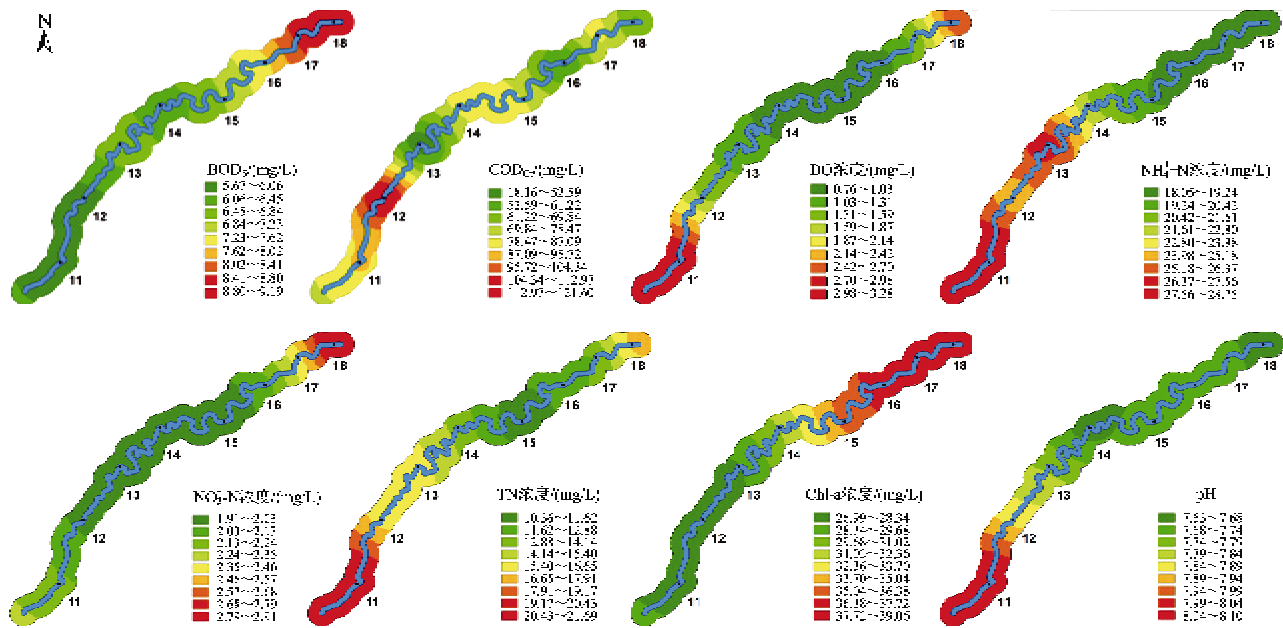


图6 细河空间尺度显著性指标的模拟

Fig. 6 Simulation of significant indexes of the spatial scale of Baitapu River

### 4 结论

(1)白塔堡河与细河作为典型的城市支流河,水体营养水平较高,水质较差,但污染类型存在明显差异。

(2)白塔堡河主要接纳浑南新区污水,径污比低,河流天然补给水量很小,没有混合稀释自净能力,由主成分分析可知,影响水质主要因素主要包括COD<sub>Cr</sub>、Chl-a与NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N,有机污染较为严重;细河主要接纳污水处理厂排水和各类散排污水,以工业废水和生活污水为主,没有天然水补给,主成分分析结果表明,水质深受NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、BOD<sub>5</sub>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N与EC等因素的影响。由于城市段河道接纳了大量的工业废水和生活污水,致使白塔堡河污染严重区域位于河流下游,而细河重污染区域位于河流上游,因此,2条河流间存在明显的空间差异性。建议在遵循因地制宜的原则下,做好城市河道景观建设的同时更应加强河流生态建设。

### 参考文献

[ 1 ] 叶麟,黎道丰,唐涛. 香溪河水水质空间分布特性研究[J]. 应用生态学报,2003,14(11):1959-1962.  
 [ 2 ] 周丰,刘永,黄凯,等. 流域水环境功能区划及其关键问题[J]. 水科学进展,2007,18(2):216-222.

[ 3 ] 陈玉玲. 基于实例的系统聚类分析法在环境空气质量评价中的应用[J]. 环境科学与管理,2010,35(8):159-161.  
 [ 4 ] 李国锋,刘宪斌,刘占广. 基于主成分分析和水质标识指数的天津地区主要河流水质评价[J]. 生态与农村环境学报,2011,27(4):27-31.  
 [ 5 ] 于秀林,任雪松. 多元统计分析[M]. 北京:中国统计出版社,1999:154-162.  
 [ 6 ] 帅方敏,卢进登,王新生. 基于GIS空间插值方法的长湖水质评价[J]. 环境监测管理与技术,2007,19(4):40-43.  
 [ 7 ] ROWLEY R J. A review of "qualitative GIS: a mixed methods approach" [J]. The Professional Geographer, 2011, 63 (1): 155-157.  
 [ 8 ] 张炼. 细河污染特征与整治对策的探讨[J]. 环境保护科学,2009,35(3):23-26.  
 [ 9 ] 宋雪英,孙丽娜,王鑫,等. 细河河水及其沿岸地下水水质的有机污染特征[J]. 生态学杂志,2007,26(12):2057-2061.  
 [ 10 ] 许丛,操勤,袁媛. 基于主成分分析法的安徽省生态环境质量研究[J]. 资源开发与市场,2008,24(2):118-179.  
 [ 11 ] 高惠漩. 应用多元统计分析[M]. 北京:北京大学出版社,2005:265-289.  
 [ 12 ] 吕岩威,孙慧,周好杰. 基于主成分聚类分析的西部地区经济实力评价[J]. 科技管理研究,2009(12):157-160.  
 [ 13 ] 张虎. 主成分聚类分析法的案例教学方法[J]. 统计与决策,2007(20):163-164.  
 [ 14 ] LATTIN J, CARROLL D, GREEN P. Analyzing multivariate data [M]. New York: Duxbury Press, 2003: 264-310.  
 [ 15 ] ZHOU F, LIU Y, GUO H C. Application of multivariate statistical methods to the water quality assessment of the watercourses in the Northwestern New Territories, Hong Kong [J]. Environmental

Monitoring and Assessment, 2007, 132(1/2/3): 1-13.

[16] 秦伟良, 刘悦. 空间插值法在降水分布中的应用[J]. 南京信息工程大学学报: 自然科学版, 2010, 2(2): 162-165.

[17] BARTIER P M, KELLER C P. Multivariate interpolation to incorporate thematic surface data using inverse distance weighting (IDW) [J]. Computer & Geosciences, 1996, 22(7): 795-799.

[18] ZOUBEIDA K B, AFEF C. Comparison of two Kriging interpolation methods applied to spatiotemporal rainfall [J]. Journal of Hydrology, 2009, 365(1/2): 56-73.

[19] 肖斌, 赵鹏大, 侯景儒. 时空域中的指示克里格理论研究[J]. 地质与勘探, 1999, 35(4): 25-28.

[20] 高彦伟, 董德明, 陈殿友, 等. 时域克里格方法在地表水水质预测中的应用[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2008, 38(3): 444-447. ○

### 《环境工程技术学报》投稿须知

文稿应具有创新性、科学性、先进性、实用性, 内容务求论点明确、论证可信、论据充分、数据准确、逻辑推理正确, 文章结构严谨、层次清楚、重点突出、文笔精练、图表规范, 并且是未在其他公开发行人期刊或正式出版的论文集发表的作品。

稿件需要清楚地提出问题。对所研究问题的背景, 研究工作的目的, 主要方法、原理与主要仪器设备, 结果(包括主要数据)与分析以及结论等内容有清楚描述。

稿件涉及的研究项目应具有一定的前沿性, 在已有的环境工程技术研究存量上, 研制出新的技术方法、新系统、新设备、新仪器; 在原有基础上引入新的观点、新的方法或新的改进; 或是重大的新技术推广应用研究。

本刊要求作者注意保持严谨的学风。凡引用他人观点、成果, 必须加以注明。

来稿全文(含图、表)以 8 000 字为宜, 有价值的论文可放宽至 1.5 万字。为保证稿件评审的客观公正, 提高本刊的质量, 本刊实行双向匿名审稿制度。稿件中应注意避免影响匿名审稿的行文或注文出现。

作者进入《环境工程技术学报》网站(www. hjpgcjsxb. org. cn)登录在线投稿系统, 注册用户名后, 在线投递论文。投稿及查看进度等使用方法请查看网站首页的“使用指南”。本刊采用 Word 2003 版本排版。稿件图、表须工整清楚, 不得自造简化字。不符合本投稿须知要求的稿件, 编辑部将不予受理。

来稿的编排顺序: 题目、作者姓名、工作单位及城市、邮编, 中文摘要、关键词, 英文题目、作者姓名汉语拼音、作者单位(英文)、英文摘要、英文关键词(与中文关键词相对应), 正文以及参考文献。

在首页脚注处应注明收稿日期, 基金项目(省部级以上基金资助或其他资助项目及项目批准号), 第一作者简介(姓名、出生年、性别、职称、学位、主要研究领域和 E-mail)及责任作者简介。

参考文献一般不少于 15 篇, 其中外文文献不少于 5 篇。

编辑部收到稿件后即登记送审, 经初、复、终审, 每一审稿程序完成后均可能产生不录用稿。未被录用稿将通过 E-mail 或电话通知作者, 投稿时务必写明 E-mail 和电话, 以利编辑及时处理稿件, 请勿一稿两投。如果超过 3 个月未收到我刊的刊用通知, 作者可自行处理稿件。您的来稿, 无论本刊采用与否, 概不退稿, 请作者务必自留底稿。

文责自负, 但编辑有权对来稿做文字性修改、删节。如作者不同意删改, 请注明。

来稿采用后, 本刊根据文稿质量向作者支付稿酬。特殊稿件按双方协议标准执行。作者论文的著作权(含各种介质)使用费与稿酬一次付清, 不再另付。

文章在《环境工程技术学报》发表后, 编辑部将制作配印刷封面的抽印本 6 本和 2 本样刊赠送给作者。

作者稿件一经录用, 文稿将编入我刊数据库检索系统, 并提供使用功能。如不同意以上投稿须知条款内容及有关版权使用协议的规定, 请作者在来稿时声明, 本刊将视情况做适当处理, 否则视为同意。