

南四湖主要入湖河流水环境质量状况及风险评估

刘莹¹, 董文平², 刘鹏³, 刘晓晖¹, 王炜亮^{1,4}

1. 山东师范大学地理与环境学院, 济南 250358
2. 山东省环境保护科学研究设计院环境工程有限公司, 济南 250013
3. 山东蓝城分析测试有限公司, 济南 250014
4. 山东师范大学环境与生态研究院, 济南 250014

摘要 为研究南四湖入湖河流水环境质量状况及风险程度,于2013年采集14条入湖河流的水样测定了化学需氧量(COD)、氨氮(NH₃-N)、总磷(TP)3种常规指标和Cr、As、Cd、Pb 4种重金属的含量。采用综合污染指数、层次分析法和风险熵评价了入湖河流水质污染程度、空间分布及重金属的风险等级。结果表明,14个监测断面污染最严重的为薛城大沙河、薛城小沙河、城郭河和老运河,综合污染指数分别为1.943、1.744、1.302和1.713,且TP污染突出。层次聚类的结果与之基本相符。重金属的风险熵评价结果显示,重金属铬(六价)、铅和砷的风险较低,而重金属镉有一定的风险。总体来说,南四湖入湖河流水质较好。

关键词 水环境;重金属;污染评价;空间分布;南四湖入湖河流

当前,湖泊水体富营养化、水质恶化等问题十分严重,已成为全球性的环境问题之一。近年来,中国湖泊污染有加重的趋势^[1-2]。据调查,中国太湖、滇池等湖泊^[3-4]虽然经过治理,但是其水质并没有达到理想要求。主要原因有两方面:一是农业面源污染的加剧,即农田中泥沙、营养盐、农药及其他污染物,在降水或灌溉过程中,通过农田地表径流、壤中流、农田排水和地下渗漏,进入水体^[5-6];二是随着其流域周围社会经济高速发展和人口的剧增,工业废水和生活污水等排放量增加,导致湖泊水质污染愈加严重。

南四湖(34°27'N~35°20'N, 116°34'E~117°21'E)位于中国中东部,是南阳湖、独山湖、昭阳湖和微山湖4个由北向南相连而成湖泊的总称,湖区面积1266 km²,南北长126 km,东西宽5~25 km^[7-8]。南四湖汇集山东、江苏、河南、安徽4省32个县、市、区的来水,总流域面积31700 km²,其中上级湖流域面积为27500 km²,占全流域的86.8%;下级湖流域面积为4200 km²,占全流域的13.2%。南四湖流域属于淮河流域,入湖河流共有100多条,其中主要入湖河流有53条,呈辐聚状集中于湖,无直接入海通道。年平均降水量约为700 mm,多年平均入湖径流量29.60×10⁸ m³,出湖径流量19.20×10⁸ m³,年降水多集中在夏季,占全年降水量的61%,而冬季降水量最少^[9]。

对湖泊而言,绝大部分污染物是通过入湖河流进入湖泊的,入湖河流水质与湖泊水质密切相关^[10-11],因此评价入湖河流水质至关重要。南四湖流域工业、农业及城市生活等污染源星罗棋布,各类污染物通过入湖河流汇入南四湖,进而对流域水环境造成威胁。而南四湖是国家南水北调东线工程的必经之地^[12],其水质的好坏,直接关系到南水北调工程的成败。因此,本研究运用综合污染指数、层次分析法和风险熵联用来评价南四湖水质及其空间分布特征,为南四湖后期的污染控制提供科学依据。

1 材料与研究方法

1.1 采样点与检测指标

通过对南四湖流域的全面调查,选取了14个监测点,于2014年4月进行了采样,南四湖流域图及水系分布见图1^[13],样品评价项目与测定方法见表1,分析方法参照《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)。

1.2 研究分析方法

1.2.1 综合污染指数法

综合污染指数(comprehensive pollution index of water quality)是评价水环境质量的一种重要方法,被广泛应用于河流、湖泊水质的评价^[14-15]。此方法可以用1个数值直观地表现

收稿日期:2017-03-20;修回日期:2017-04-01

基金项目:国家自然科学基金项目(41672340)

作者简介:刘莹,硕士研究生,研究方向为水污染控制,电子信箱:2469048282@qq.com;王炜亮(通信作者),副教授,研究方向为水污染控制,电子信箱:sunboyhood@163.com

引用格式:刘莹,董文平,刘鹏,等.南四湖主要入湖河流水环境质量状况及风险评估[J].科技导报,2017,35(9):56-61;doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2017.09.007

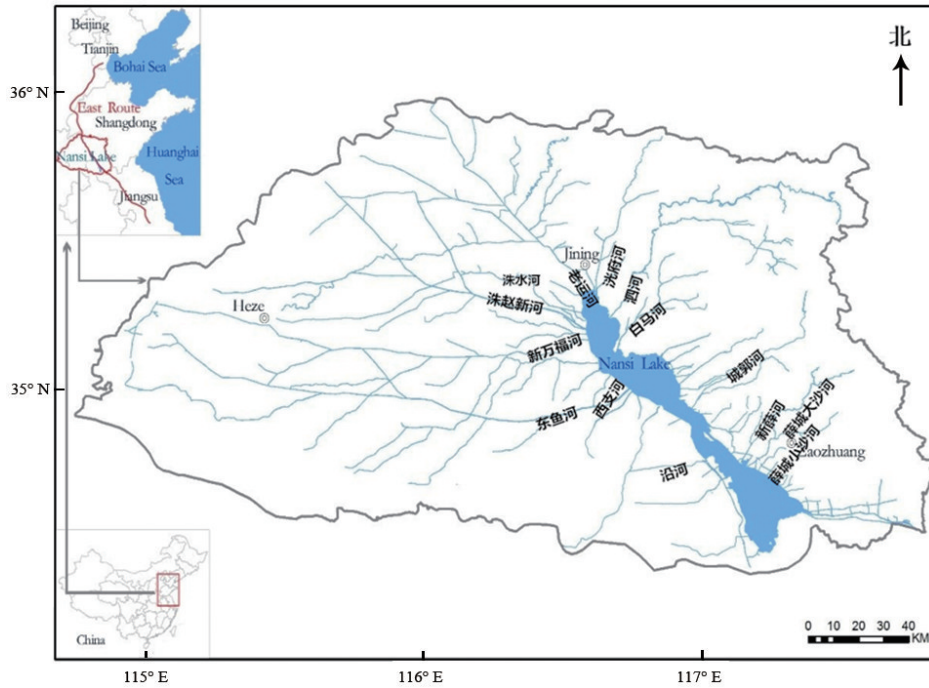


图1 南四湖流域水系分布

Fig. 1 Distribution map of Nansi Lake Basin

表1 水质分析方法

Table1 Analysis methods of water quality

| 编号 | 分析项目 | 分析方法 |
|----|------------------------|------------------|
| 1 | 化学需氧量(COD) | 重铬酸钾法 |
| 2 | 氨氮(NH ₃ -N) | 纳氏试剂比色法 |
| 3 | 总磷(TP) | 钼酸铵分光光度法 |
| 4 | 铬(六价) | 二苯碳酰二肼分光光度法 |
| 5 | 镉 | 原子吸收分光光度法(螯合萃取法) |
| 6 | 砷 | 冷原子荧光法 |
| 7 | 铅 | 原子吸收分光光度法(螯合萃取法) |

出水体的污染程度。综合污染指数的计算是在单项污染指数的基础上计算得到的,可以将断面的污染程度排序,计算公式如下

$$P_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^n P_{ij} \quad (1)$$

$$P_{ij} = \frac{C_{ij}}{C_{i0}} \quad (2)$$

式中, P_j 为 j 断面水污染综合指数; m 为污染物指标总数; P_{ij} 为 i 断面 i 项指标的污染指数; C_{ij} 为 j 断面 i 项指标的环境值; C_{i0} 为 i 项指标评价标准值(文中取 III 类标准限值), 为参与评价指标项数。综合污染指标 (P) 评价分级如表 2 所示。

1.2.2 层次空间聚类分析

聚类分析是根据相似性和差异性来进行的,相似性可以借助相似性系数表征,差异性则可以通过距离反映。本研究

表2 综合污染指标评价分级

Table 2 Classification of comprehensive pollution index

| P | 级别 |
|------------------------|------|
| $P < 0.800$ | 合格 |
| $0.800 \leq P < 1.000$ | 基本合格 |
| $1.000 \leq P < 2.000$ | 污染 |
| $P \geq 2.000$ | 严重污染 |

采用的层次聚类方法是一种应用十分广泛的聚类方法,该法以逐次聚合的方式将距离最近或者最相似的对象聚成一个类簇,直至最后聚成一类^[16-17]。其主要有两种形式:一种是对样本进行分类,为 Q 型聚类;一种是对变量进行分类,为 R 型聚类^[18]。本研究采用 Q 型聚类,即以各采样点为样本将具有

共同特征的采样点分到一个组内,进行空间分析。采用的计算方法是欧氏距离平方和离差平方法。使用分析工具 Spss20.0 进行数据处理和层次聚类分析。

聚类分析要求数据符合正态分布,在进行分析之前,需要利用 K-S 非参数检验对采样点数据组进行正态检验。结果显示,采样点数据组各监测指标均以 95% 或更高的可信度服从正态分布。

1.2.3 风险熵法

风险熵是一种环境危害程度评估的手段^[19-20],作为一种初步的风险表征方法,计算公式如下

$$R = \frac{C_i}{C_0} \quad (3)$$

式中, R 为污染物的环境风险熵, C_i 为第 i 种污染物的环境实测浓度, C_0 为污染物的环境标准浓度。

R 值的表征意义如下, $R < 0.10$,表示没有生态风险; $0.10 \leq R < 1.00$,表示生态风险较低; $1.00 \leq R < 10.00$,表示有一定的生态风险; $R \geq 10$ 时,表示存在较高的生态风险。

2 结果与讨论

2.1 综合污染指数的评价结果

对于南四湖流域的水质选取 COD、NH₃-N 和 TP 作为评价指标,计算结果如表 3。

表 3 南四湖支流断面水质污染指数法评价结果
Table 3 Evaluation results of water pollution indexes in Nansi Lake tributaries

| 序号 | 河流断面 | P 值 | 污染级别 |
|----|-------|-------|------|
| 1 | 洙水河 | 1.043 | 污染 |
| 2 | 洙赵新河 | 0.830 | 基本合格 |
| 3 | 新万福河 | 0.819 | 基本合格 |
| 4 | 西支河 | 0.802 | 基本合格 |
| 5 | 东渔河 | 0.779 | 合格 |
| 6 | 沿河 | 0.779 | 合格 |
| 7 | 薛城小沙河 | 1.744 | 污染 |
| 8 | 薛城大沙河 | 1.943 | 污染 |
| 9 | 新薛河 | 1.142 | 污染 |
| 10 | 城郭河 | 1.713 | 基本合格 |
| 11 | 白马河 | 0.717 | 合格 |
| 12 | 泗河 | 0.509 | 合格 |
| 13 | 洗府河 | 1.112 | 污染 |
| 14 | 老运河 | 1.302 | 污染 |

通过上述数据可以看出,南四湖流域在平水期的水质类别及空间分布的特征。东鱼河、沿河、白马河和泗河的水质较好,均达到合格级别。但是通过综合污染指数 P 值的大小比较发现,水质最好的是泗河,其次是白马河>沿河>东鱼河。洙赵新河、新万福河、西支河的水质级别为基本合格,主

要是由于 COD 超出环境标准值。而洙水河、薛城小沙河、薛城大沙河、新薛河、洗府河和老运河的水质处于污染级别,根据综合污染指数 P 值分析,洙水河、新薛河、洗府河和老运河的超标倍数并不高,最严重的为薛城大、小沙河和城郭河,超标指标为 COD 和 TP,主要原因有两方面:一是枣庄的工业发达,周围的造纸、煤化工等企业较多,产生污染的浓度较高。4 月份采集的水样 COD 含量较高,也有可能是 4 月份降雨开始增多形成的地表径流将大量的地表有机物和土壤中的有机质带入河道,造成含量增高;二是虽然大量研究表明,磷肥施入土壤后磷素在土壤中不易移动^[21],但在施肥量过大,超过土壤最大吸附量时,同样会发生淋溶现象,既浪费资源又污染环境。河流域有大面积的农田和蔬菜、花卉种植地,由于冬季降雨量少,土壤中有效 P 值有所累积,4 月来临,大量有效 P 值随地表径流进入河道,水样中总磷含量明显增高,这也应该引起重视,以防水体的富营养化加剧。

总的来说大部分监测断面的河流水质较好,但是有些断面的河流水质出现超标,超标的河流主要流经济宁市(老运河、洗府河)、菏泽市(洙水河)和枣庄市(薛城大、小沙河)3 市。从这也可以看出:一方面,在非调水期南四湖流域的水质有超标现象,这足以说明虽然南四湖的水质已经得到较好的改善,但是依然应该时刻保持警惕,继续加强某些地域的水质治理;另一方面,通过检测水体的 TP 浓度还是较高,因此在水质改善的同时,应防止水体的富营养化问题,应当建立南四湖流域水体富营养化风险预警机制。

2.2 层次聚类分析

空间尺度聚类分析表明,在空间上可以将采样点分为两组(图 2),第一组为新万福河、东鱼河、新薛河、白马河、沿河、洗府河、泗水、洙赵新河、老运河、西支河、洙水河;第二组为城郭河、薛城大沙河、薛城小沙河。这完全符合综合污染指数的评价结果,总体来说第一组水体污染的程度较低,但是老运河相对而言污染较大,第二组表明枣庄的污染物浓度较高,这与孙灵文等^[22]的研究基本相符。枣庄市人口密集,工业发达,造纸、食品业、煤化工等遍布河流周围,产生大量的污染物,加剧水体污染。因此,枣庄市应在现有的基础上继续严控污水排放,加强监督管理。

2.3 重金属污染风险评估结果

经评估南四湖的入湖河流中砷含量基本无风险,铬(六价)和铅含量的风险较小,而重金属镉存在一定的风险(表 4)。南四湖流域周围化肥、冶金、电镀等行业较多,产生大量的工业废水,而入湖河流是其主要的接纳水体,致使河流中的镉浓度偏高,同时湖区周边农药与化肥的大量使用,也是镉主要的来源之一^[23]。有研究^[24]表明南四湖沉积物中的镉浓度也是较高的,沉积物的再悬浮可能也是致使水体中镉浓度偏高的原因。在平水期镉是入湖河流主要的重金属污染物,因此以后应加强对南四湖入湖河流中镉的治理力度。

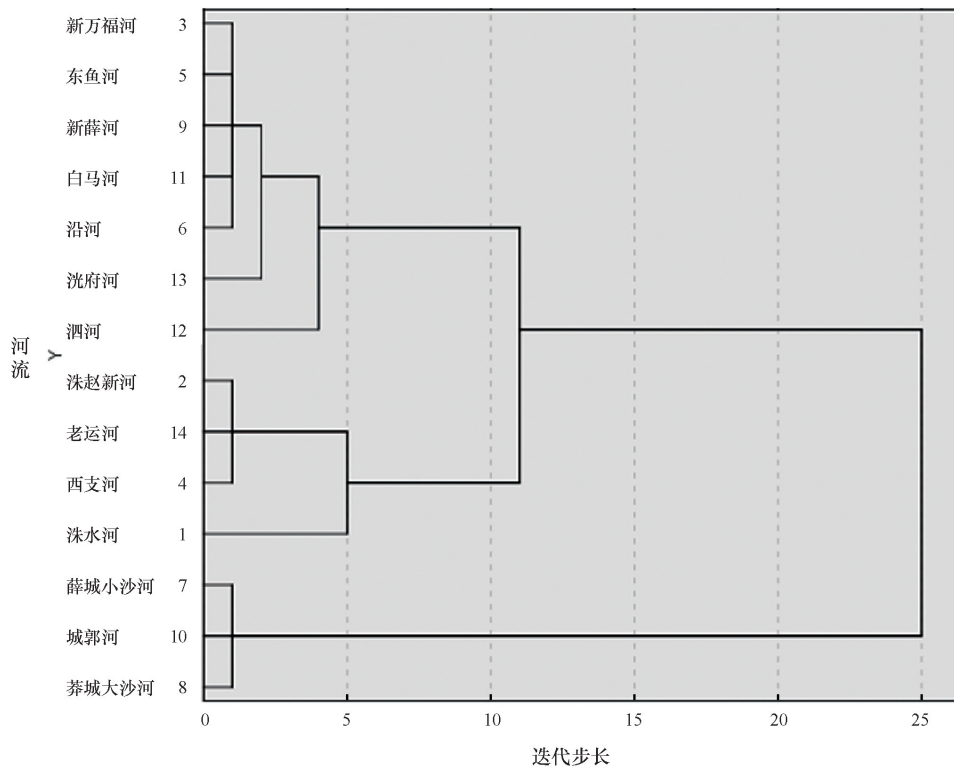


图2 南四湖入湖河流水体污染物的空间尺度聚类分析

Fig. 2 Analysis of spatial clustering of water pollution in Nansi Lake river water pollution

表4 南四湖监测断面重金属铬、镉、砷和铅的风险熵及风险等级

Table 4 Risk entropies and risk levels of chromium, cadmium, arsenic and lead in Nansi Lake tributaries

| 序号 | 入湖河流 | 铬(六价) | | 镉 | | 砷 | | 铅 | |
|----|-------|--------|------|-------|----------|-------|------|-------|------|
| | | R值 | 风险级别 | R值 | 风险级别 | R值 | 风险级别 | R值 | 风险级别 |
| 1 | 洙水河 | 0.891 | 较低 | 1.456 | 有一定的生态风险 | 0.008 | 无 | 0.349 | 较低 |
| 2 | 洙赵新河 | 0.0421 | 无 | 1.649 | 有一定的生态风险 | 0.012 | 无 | 0.527 | 较低 |
| 3 | 新万福河 | 0.3451 | 较低 | 1.618 | 有一定的生态风险 | 0.005 | 无 | 0.148 | 较低 |
| 4 | 西支河 | 0.4061 | 较低 | 1.842 | 有一定的生态风险 | 0.020 | 无 | 0.448 | 较低 |
| 5 | 东鱼河 | 0.164 | 较低 | 1.489 | 有一定的生态风险 | 0.021 | 无 | 0.132 | 较低 |
| 6 | 沿河 | 0.164 | 较低 | 1.287 | 有一定的生态风险 | 0.012 | 无 | 0.339 | 较低 |
| 7 | 薛城小沙河 | 0.164 | 较低 | 0.596 | 较低 | 0.012 | 无 | 0.047 | 无 |
| 8 | 薛城大沙河 | 0.103 | 较低 | 0.370 | 较低 | 0.008 | 无 | 0.044 | 无 |
| 9 | 新薛河 | 0.164 | 较低 | 1.133 | 有一定的生态风险 | 0.035 | 无 | 0.289 | 较低 |
| 10 | 城郭河 | 0.224 | 较低 | 1.113 | 有一定的生态风险 | 0.036 | 无 | 0.076 | 无 |
| 11 | 白马河 | 0.164 | 较低 | 1.140 | 有一定的生态风险 | 0.008 | 无 | 0.128 | 较低 |
| 12 | 泗河 | 0.042 | 无 | 0.991 | 较低 | 0.006 | 无 | 0.168 | 较低 |
| 13 | 洸府河 | 0.224 | 较低 | 1.711 | 有一定的生态风险 | 0.013 | 无 | 0.518 | 较低 |
| 14 | 老运河 | 0.103 | 较低 | 1.107 | 有一定的生态风险 | 0.008 | 无 | 0.152 | 较低 |

3 结论

通过综合污染指数评价结果显示,南四湖入湖河流在平水期的水质大致分为3类,水质合格的河流有东鱼河、沿河、白马河和泗河;水质基本合格的河流有洙赵新河、新万福河、西支河;水质不合格的河流有:水河、薛城小沙河、薛城大沙河、城郭河、新薛河、洸府河和老运河。

南四湖入湖河流重金属的风险熵评价结果显示,铬、砷和铅含量的风险较小,对南四湖水水质影响较小,但是重金属镉含量存在一定的风险。

层次聚类的结果表明,枣庄市应进一步加强排污水质的治理和农业面源的管理,尤其是薛城大沙河。

南四湖入湖河流的水质总体来说较好,但是有些河流的

水质仍不容乐观,这也说明南四湖的治理仍然存在一定缺陷,南水北调的通水并不意味着南四湖水质的彻底改善,加强水质管理依然任重而道远。

参考文献 (References)

- [1] Bu H M, Wei M, Zhang Y. Nitrogen pollution and source identification in the Haicheng River basin in Northeast China[J]. *Science of the Total Environment*, 2011, 409(18): 3394-3402.
- [2] Yu H B, Xi B D, Jiang J Y, et al. Environmental heterogeneity analysis, assessment of trophic state and source identification in Chaohu Lake, China[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2011, 18(8): 1333-1342.
- [3] 成芳, 凌去非, 徐海军, 等. 太湖水质现状与主要污染物分析[J]. *上海海洋大学学报*, 2010, 19(1): 105-110.
Cheng Fang, Ling Qufei, Xu Haijun, et al. Assessment of water quality and the main pollutions of TaihuLake[J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2010, 19(1): 105-110.
- [4] 方红云. 浅析滇池蓝藻暴发原因[J]. *环境科学导刊*, 2010, 29(1): 74-75.
Fang Hongyun. Brief talk on reasons of blue algae bloom in DianchiLake[J]. *Frontiers of Environmental Science & Engineering in China*, 2010, 29(1): 74-75.
- [5] 仓恒瑾, 许炼峰, 李志安, 等. 农业非点源污染控制中的最佳管理措施及其发展趋势[J]. *生态科学*, 2005, 24(2): 173-177.
Cang Hengjin, Xu Lianfeng, Li Zhian, et al. Using best management practices to control agricultural non-point source pollution[J]. *Ecological Science*, 2005, 24(2): 173-177.
- [6] 刘静, 路凤, 杨延钊, 等. 南四湖农业面源污染现状及控制措施[J]. *中国人口资源与环境*, 2011(增刊1): 292-295.
Liu Jing, Lu Feng, Yang Yanzhao, et al. Current status and control measures of agricultural non-point source pollution in Nansi Lake watershed[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2011 (Suppl 1): 292-295.
- [7] An W C, Li X M. Phosphate adsorption characteristics at the sediment-water interface and phosphorus fractions in Nansi Lake, China, and its main inflow rivers[J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2009, 148(1): 173-184.
- [8] Zhang L X, Ulgiati S, Yang Z F, et al. Emergy evaluation and economic analysis of three wetland fish farming systems in Nansi Lake area, China[J]. *Journal of Environmental Management*, 2011, 92(3): 683-694.
- [9] 武周虎, 慕金波, 谢刚, 等. 南四湖及入出湖河流水环境质量变化趋势分析[J]. *环境科学研究*, 2010, 23(9): 1167-1173.
Wu Zhouhu, Mu Jimbo, Xie Gang, et al. Analysis of water environmental quality variation trends in Nansi Lake and its joined rivers[J]. *Research of Environmental Sciences*, 2010, 23(9): 1167-1173.
- [10] 宋海亮, 吕锡武, 李先宁. 太湖西段入湖河流水质模糊综合评价[J]. *安全与环境学报*, 2006, 6(1): 87-91.
Song Hailiang, Lü Xiwu, Li Xianning. Application of fuzzy comprehensive evaluation in water quality assessment for the west inflow of TaihuLake[J]. *Journal of Safety and Environment*, 2006, 6(1): 87-91.
- [11] 陈建军. 滇池主要入湖河流水质分析[J]. *云南农业大学学报*, 2005, 20(4): 569-572.
Chen Jianjun. Analysis of water quality of main into-lake rivers in Dianchi Lake[J]. *Journal of Yunnan Agricultural University*, 2005, 20(4): 569-572.
- [12] Zhou H W, Hai T Q, Sha S F, et al. Effect of south-to-north water transfer on environment of Nansi Lake and defending strategies[J]. *Journal of Qingdao Technological University*, 2006, 27(1): 1-7.
- [13] Wang W L, Liu X H, Wang Y F, et al. Analysis of point source pollution and water environmental quality variation trends in the Nansi Lake basin from 2002 to 2012[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2016, 23(5): 4886-4897.
- [14] 孙涛, 张妙仙, 李苗苗, 等. 基于对应分析法和综合污染指数法的水质评价[J]. *环境科学与技术*, 2014, 37(4): 185-190.
Sun Tao, Zhang Miaoxian, Li Miaomiao, et al. River water quality evaluation based on correspondence analysis and comprehensive pollution index method[J]. *Environmental Science & Technology*, 2014, 37(4): 185-190.
- [15] 张景平, 黄小平, 江志坚, 等. 珠江口海域污染的水质综合污染指数和生物多样性指数评价[J]. *海洋环境科学*, 2010, 29(1): 69-76.
Zhang Jingping, Huang Xiaoping, Jiang Zhijian, et al. Assessment of the Pearl River Estuary pollution by water comprehensive pollution index and biodiversity index[J]. *Journal of Tropical Oceanography*, 2010, 29(1): 69-76.
- [16] 李义禄, 张玉虎, 贾海峰, 等. 苏州古城区水体污染时空分异特征及污染源解[J]. *环境科学学报*, 2014, 34(4): 1032-1044.
Li Yilu, Zhang Yuhu, JiaHaifeng, et al. Spatio-temporal characteristics and source identification of water pollutants in ancient town of Suzhou [J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2014, 34(4): 1032-1044.
- [17] 缪元武, 翟素兰. 基于层次聚类的数据分析[D]. 安徽: 安徽大学, 2013.
Miu Yuanwu, Di sulan. The analysis of data based on the hierarchical clustering[D]. Anhui: Anhui University, 2013.
- [18] 陈怀录, 徐艺涌, 许计平, 等. 层次聚类分析法在甘肃省临夏回族自治州土地利用分区中的应用[J]. *兰州大学学报(自然科学版)*, 2010, 46(5): 19-23.
Chen Huailu, Xu Yisong, Xu Jiping, et al. Application of hierarchical clustering analysis method to land use regionalization in Linxia prefecture, Gansu province[J]. *Journal of Lanzhou University (Natural Sciences)*, 2010, 46(5): 19-23.
- [19] 李丽娜. 上海市河流水体中Ops和PPCPs污染物的环境风险估[D]. 上海: 同济大学, 2010.
Li Lina. Risk assessment of OPs and PPCPs in river of Shanghai[D]. Shanghai: Tongji University, 2010.
- [20] Wang L, Ying G G, Zhao J L, et al. Occurrence and risk assessment of acidic pharmaceuticals in the Yellow River, Hai River and Liao River of north China[J]. *Science of the Total Environment*, 2010, 408(16): 3139-3147.
- [21] 李寿田, 周健民, 王火焰, 等. 不同土壤磷的固定特征及磷释放量和释放率的研究[J]. *土壤学报*, 2003, 40(6): 908-914.
Li Shoutian, Zhou Jianmin, Wang Huoyan, et al. Characteristics of fixation and release of phosphorus in three soils[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2003, 40(6): 908-914.
- [22] 孙灵文, 闫中晓, 邵波, 等. 基于主成分分析法的南四湖流域水污染物排放水平空间布局分析[J]. *科学与管理*, 2013, 33(6): 88-90.
Sun Lingwen, Yan Zhongxiao, Shao Bo, et al. Principal component analysis-based study of the spatial distribution of water pollutant emissions in Nansi Lake Basin[J]. *Science and Management*, 2013, 33(6): 88-90.
- [23] 谢小进, 康建成, 李卫江, 等. 上海宝山区农用土壤重金属分布与来

源分析[J]. 环境科学, 2010, 31(3): 768-774.

Xie Xiaojin, Kang Jiancheng, Li Weijiang. Analysis on heavy metal concentrations in agricultural soils of Baoshan, Shanghai[J]. Environmental Science, 2010, 31(3): 768-774.

[24] 刘良, 张祖陆. 南四湖表层沉积物重金属的空间分布、来源及污染评

价[J]. 水生态学杂志, 2013, 34(6): 7-15.

Liu Liang, Zhang Zulu. Spatial distribution, sources and pollution assesment of heavy metals in the surface sediments of Nansihu Lake [J]. Journal of Hydroecology, 2013, 34(6): 7-15.

Evaluation of water environment quality and risk assessment for main inflow rivers of Nansi Lake

Liu Ying¹, Dong Wenping², Liu Peng³, Liu Xiaohui¹, Wang Weiliang^{1,4}

1. College of Geography and Environment, Shandong Normal University, Jinan 250358, China

2. Shandong Academy of Environmental Science and Environmental Engineering Co.,Ltd., Jinan 250013, China

3. Shandong Blue Town Analysis & Test Co.,Ltd., Jinan 250014, China

4. Institute of Environment and Ecology, Shandong Normal University, Jinan 250014, China

Abstract In order to study the water environment quality and risk of the main inflow rivers of Nansi Lake, water was sampled in fourteen inflow rivers in 2013. Three routine (COD, NH₃-N and TP) indexes and the concentrations of 4 heavy metals (Cr, As, Cd and Pb) were analyzed. Water quality, spatial distribution characteristics and risk of heavy metals were assessed using a combination method of comprehensive pollution index, analytic hierarchy and risk quotient. The results are shown as follows: The most polluted rivers are Xuechengxiaosha river, Xuechengdasha river, Chengguo river and Laoyun river, whose values of comprehensive pollution index are 1.943, 1.744, 1.302 and 1.713, respectively; and attention should be paid to the pollution of TP. The result of analytic hierarchy agrees with the result of comprehensive pollution index. The result of risk quotient for heavy metals shows that the risks of Cr⁶⁺, Pb and As are lower but Cd has a certain risk. The overall water quality of inflow rivers of Nansi Lake is good.

Keywords water environment; heavy metal; pollution assessment; spatial distribution; inflow rivers of Nansi Lake

(责任编辑 傅雪)