

Analysis of Water Quality Characteristics and Spatial Distribution of Rivers in Wanjiang Economic Belt Based on ArcGIS

Lingxi Zhang

School of Resources and Environmental Engineering, Hefei University of Technology, Hefei Anhui
Email: youxi1994@126.com

Received: June 5th, 2019; accepted: June 20th, 2019; published: June 27th, 2019

Abstract

In order to find out the characteristics of river water quality in the Wanjiang Economic Belt, this paper investigated Hg, Cr6+, Cd, Pb, Zn, Cu, As, TOC, TN, TP, pH, and DO content in rivers and its spatial distribution characteristics. The analysis results show that the heavy metal content in the Wanjiang Economic Belt is low and the pollution risk is small. The average TOC of two years is: the concentration of organic matter is higher, and the dyeing is more serious; the average concentration of TN in two years is the average concentration of TP, the concentration of nitrogen and phosphorus. The overall is higher and the pollution is more serious. Both pH and DO are normal river levels. According to the distribution characteristics, the distribution of high-value points of heavy metals is closely related to the distribution of minerals; the distribution of high-value points of organic matter and nitrogen-phosphorus elements is highly similar, and it is mostly distributed in the rivers along the Yangtze River, which may be affected by activities such as cargo transportation along the Yangtze River.

Keywords

Wanjiang Economic Belt, River, Water Characteristics, Spatial Distribution

基于ArcGIS的皖江经济带河流水质特征及空间分布分析

章凌曦

合肥工业大学资源与环境工程学院, 安徽 合肥
Email: youxi1994@126.com

收稿日期: 2019年6月5日; 录用日期: 2019年6月20日; 发布日期: 2019年6月27日

摘要

为了摸清皖江经济带内河流水质特征,本文于2016、2017两年间调查研究了皖江经济带内河流Hg、Cr6+、Cd、Pb、Zn、Cu、As、TOC、TN、TP、pH、DO含量特征,并利用ArcGIS分析其空间分布特征。结果显示,皖江经济带内重金属含量低,污染风险较小;两年TOC平均值为5.45 mg/L,有机物浓度总体处于中等水平,部分区域污染较严重;两年TN平均浓度为1.99 mg/L,TP平均浓度为0.07 mg/L,氮磷浓度总体较高,污染较为严重。pH与DO均为河流正常水平。分布特征来看,重金属高值点分布与矿产分布具有紧密联系;有机物及氮磷元素高值点分布具有高度相似性,且多分布于长江沿岸入江地区,可能受到沿江船只货运等活动的影响。

关键词

皖江经济带, 河流, 水质特征, 空间分布

Copyright © 2019 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

长江经济带是我国重大国家战略发展区域,习近平总书记多次在发展座谈会中突出,推动长江经济带发展必须坚持生态优先、绿色发展的战略定位,而保护和修复长江生态环境作为主要任务已写入《长江经济带发展规划纲要》之中。

皖江,即长江安徽段,对于该区域河流水体水质的监测研究除了国控及省控断面监测数据外,其余均是对某一地区独立的研究[1][2][3][4],在时间与空间上均缺乏一致性,且多数地区存在数据缺失以及数据陈旧等问题。因此,本研究将针对皖江经济带河流水体展开水质调查,掌握区域内水质特征,为区域内水质管理与保护提供重要数据支持。

ArcGIS是ESRI公司所开发的新一代GIS软件,是世界上应用最广泛的GIS软件之一。因其强大的地理信息处理及数据可视化功能,现在环境领域已被广泛用于研究水体、土壤、大气等的污染物或元素空间分布中[5]-[10]。本研究所涉及的皖江经济带范围较大,单纯从数理统计的角度无法掌握区域内水质分布状况。因此,本研究将利用ArcGIS分析水体各监测指标在全区的空间分布情况以便为后续找寻水体重点治理区域提供有力证据。

2. 材料与方法

2.1. 研究区域

皖江经济带行政区划包括合肥、芜湖、马鞍山、铜陵、安庆、池州、滁州、宣城等八市全境和六安市金安区、舒城县,共59个县(市、区),区域面积7.58万km²。区域内地表水资源丰富,水资源总量约480亿立方米/年,水域面积5870 km²,主要包括长江及皖河、滁河、青弋江等一级支流和巢湖、龙肝湖、升金湖等25个湖泊,其中巢湖水域面积825 km²,为全国五大淡水湖之一[11]。

2.2. 数据来源

研究根据全区二级流域分布状况,按照区内二级流域单元进行布设点(如二级流域面积较大,或者在

土壤地球化学调查重金属异常区采样布点适当加密布设),共布置 106 个监测采样点位(部分点位见图 1),于 2016、2017 两年度枯水期进行现场监测和水质分析。水质分析指标包括 Hg、Cr⁶⁺、Cd、Pb、Zn、Cu、As、TN、TP、TOC、pH、DO, TOC 选用燃烧氧化-非分散红外吸收法测定,其余项目参照《地表水环境质量标准》中所推荐的方法进行测定。

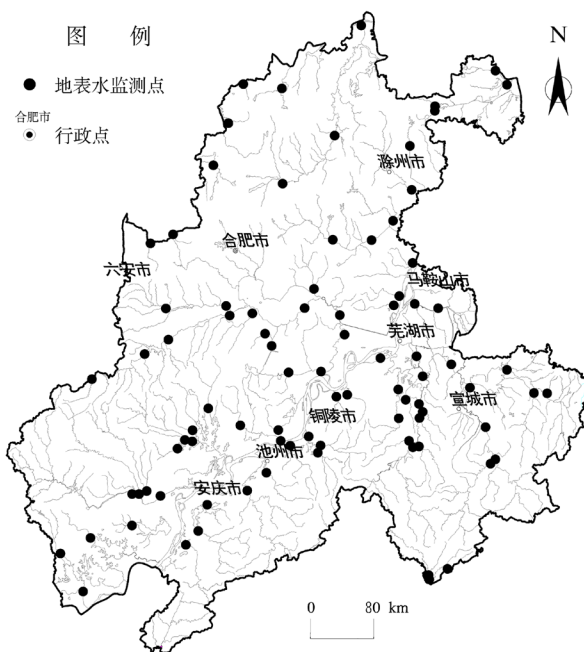


Figure 1. Sampling sites of Wanjiang economic belt
图 1. 皖江经济带监测点位分布图

2.3. 数据分析

数据分析主要采用 SPSS 22、Origin 2018 及 ArcGIS 10.2 等软件。利用 ArcGIS 10.2 符号化功能,分析区域内各指标浓度分布情况。

3. 结果与分析

3.1. 水质特征

3.1.1. 重金属

2016 年与 2017 年监测结果显示(表 1),总体上皖江经济带内各重金属浓度较低。其中 Hg 与 Cr⁶⁺ 在全区内基本无检出;

两年度 Cd 元素绝大多数点位均低于检出限,仅少数点位有数据检出,其中 2016 年浓度范围在 0.03*~3.15 ug/L 之间,变异系数 3.22;2017 年浓度范围在 0.03*~1.17 ug/L 之间,变异系数 2.22。

Pb 元素 2016 年浓度范围在 0.0002~0.0057 mg/L 之间,变异系数 0.74;2017 年浓度范围在 0.0001*~0.0226 之间,变异系数 1.83。

Zn 元素 2016 年浓度范围在 0.0015~0.2062 mg/L 之间,变异系数 1.27;2017 年浓度范围在 0.0004~0.7957 之间,变异系数 3.68。

Cu 元素 2016 年浓度范围在 0.0002~0.0657 mg/L 之间,变异系数 1.77;2017 年浓度范围在 0.0001 mg/L~0.016 mg/L 之间,变异系数 1.04。

As 元素 2016 年浓度范围在 0.0002*~0.0249 mg/L 之间, 变异系数 2.26; 2017 年浓度范围在 0.0002*~0.0143 mg/L 之间, 变异系数 0.93。

对照我国《地表水环境质量标准》来看, 两年度地表水重金属含量多符合 I 类水体标准, 而含量相对较高的点位也均符合 II 类或 III 类水体标准, 因此区域内重金属污染风险较小。

Table 1. Statistical characteristics of typical heavy metals in water in 2016 and 2017 of Wanjiang economic belt
表 1. 皖江经济带 2016、2017 年度地表水典型重金属含量统计特征

年份	统计	Hg	Cr ⁶⁺	Cd	Pb	Zn	Cu	As
2016	最小值	0.025*	0.0015*	0.03*	0.0002	0.0015	0.0002	0.0002*
	最大值	0.1	0.0015*	3.15	0.0057	0.2062	0.0657	0.0249
	中位值	0.025*	0.0015*	0.03*	0.0013	0.0129	0.0023	0.0009
	变异系数	0.31	0	3.22	0.74	1.27	1.77	2.26
	标准差	3.242	0	0.31	0.0012	0.029	0.0068	0.0032
2017	最小值	0.025*	0.0015*	0.03*	0.0001*	0.0004	0.0001	0.0002*
	最大值	0.07	0.0015*	1.17	0.0226	0.7957	0.016	0.0143
	中位值	0.025*	0.0015*	0.03*	0.0008	0.0083	0.0018	0.0014
	变异系数	0.23	0	2.22	1.83	3.68	1.04	0.93
	标准差	0.006	0	0.15	0.0023	0.0768	0.0025	0.0016
标准值(III类)		0.1	0.05	5	0.05	1	1	0.05

3.1.2. 有机物

通常用于反映水体中有机物含量的指标有 COD_{cr}、COD_{Mn}、BOD 和 TOC, 且它们之间均存在这不同程度的显著相关性[12] [13]。TOC 以有机碳作为计量单位表示水中有机物总量的指标, 其反映水体有机物具有更高的准确性, 并且其测试方法简单, 重现性好, 精密度高, 因此本研究以 TOC 为指标对全区开展地表水有机物浓度调查。

全区 TOC 浓度特征见表 2 及图 2。

Table 2. Statistics of TOC concentration in 2016 and 2017

表 2. 2016 年与 2017 年 TOC 浓度统计特征

年份	平均数	中位数	标准差	最小值	最大值
2016	6.12	4.81	4.17	0.61	15.37
2017	6.49	6.08	3.48	0.45	17.15

2016、2017 年 TOC 浓度范围为 0.45~17.15 mg/L, 其中 2016 年的浓度低于 2017 年, 2016 年浓度范围为 0.61 mg/L~15.37 mg/L, 中位值为 4.81 mg/L。2017 年浓度范围为 0.45 mg/L~17.15 mg/L, 中位值为 6.08 mg/L。多数研究表明 COD_{cr} 与 TOC 之间比例系数大多在为 2~4 之间, 当 TOC 低于 6 mg/L 时, 水质较优, 6 mg/L~10 mg/L 水质为良[12] [14]。因此, 区内 TOC 浓度多数断面满足水质良好要求, 但仍有相当部分的断面存在严重的有机污染状况。

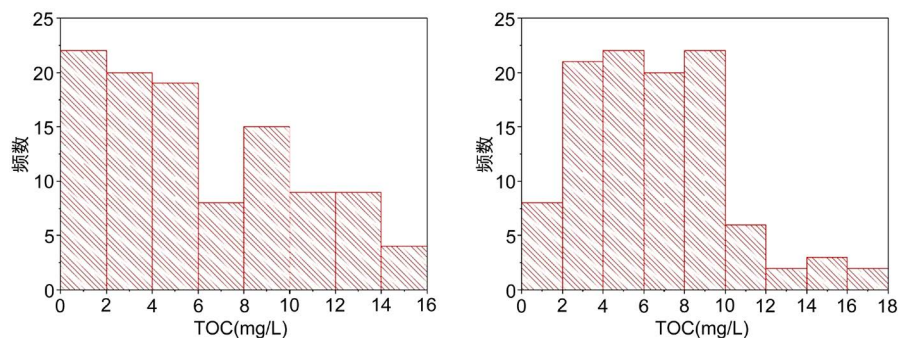


Figure 2. Histogram of TOC concentration in 2016 (left) and 2017 (right)
图 2. 2016 年(左)/2017 年(右)TOC 浓度直方图

3.1.3. 氮磷含量特征

氮磷元素通常与富营养化有着密不可分的关系，本研究以 TN、TP 为指标于 2016 和 2017 两年内对区域内地表水氮磷含量水平进行了监测，监测结果见表 3~4。

Table 3. Statistics of TN concentration (mg/L) in 2016 and 2017

表 3. 2016 年与 2017 年 TN (mg/L)统计特征

年份	平均值	中位值	变异系数	最小值	最大值
2016	2.07	1.78	0.83	0.26	12.16
2017	3.15	2.19	1.15	0.23	30.37

由 TN 统计结果(表 3、图 3)可知，2016 和 2017 年 TN 浓度范围为 0.23 mg/L~30.37 mg/L，总体上 2016 年低于 2017 年，其中 2016 年 TN 浓度范围为 0.26 mg/L~12.16 mg/L，中位值为 1.78 mg/L，变异系数为 0.83；2017 年 TN 浓度范围为 0.23 mg/L~30.37 mg/L，中位值为 2.19 mg/L，变异系数为 1.15。总体来看，2016/2017 两年全区范围内 TN 浓度水平较高，氮污染严重。

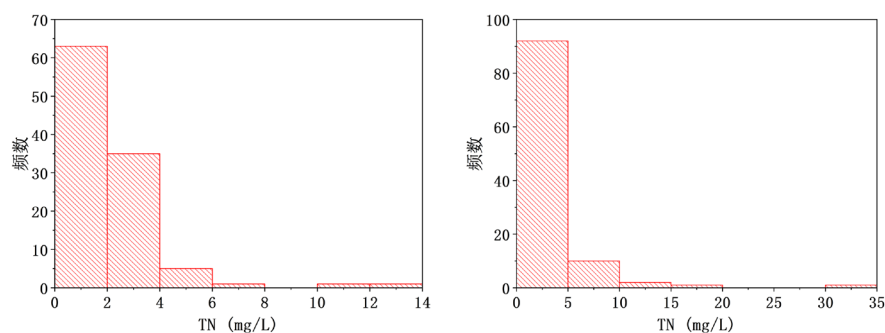
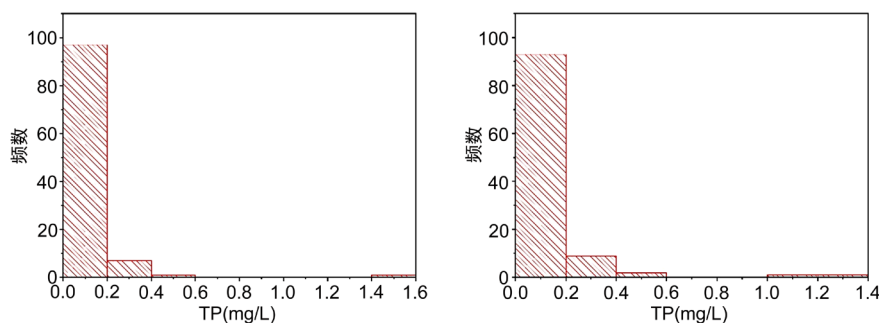


Figure 3. Histogram of TN concentration in 2016 (left) and 2017 (right)
图 3. 2016 年(左)与 2017 年(右)TN 浓度直方图

由 TP 统计结果(表 4、图 4)可知，2016 和 2017 年 TP 浓度范围为 0.00 mg/L~1.42 mg/L，两年度差异不大。其中 2016 年 TP 浓度范围为 0.01 mg/L~1.42 mg/L，中位值为 0.07 mg/L，变异系数 1.49；2017 年 TP 浓度范围为 0.00 mg/L~1.35 mg/L，中位值为 0.06 mg/L，变异系数 1.65。总体来看，全区范围内绝大多数监测点位水体均可满足地表水 III 类水体要求，但仍存在多数点位 TP 浓度较高。

Table 4. Statistics of TP concentration in 2016 and 2017**表 4.** 2016/2017 TP 统计特征

年份	平均值	中位值	变异系数	最小值	最大值
2016	0.10	0.07	1.49	0.01	1.42
2017	0.11	0.06	1.65	0.00	1.35

**Figure 4.** Histogram of TP concentration in 2016 (left) and 2017 (right)**图 4.** 2016 年(左)与 2017 年(右)TP 浓度直方图

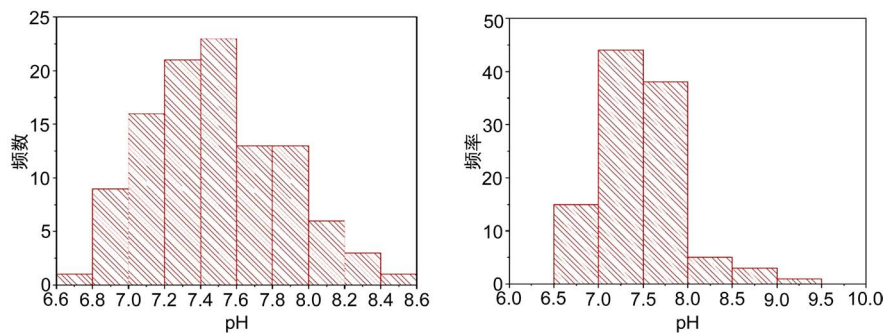
3.1.4. pH

pH 值是衡量水溶液酸碱性的指标，可以反映水的最基本状态。2016、2017 两年度 pH 监测数据见表 5。

Table 5. Statistics of pH in 2016 and 2017**表 5.** 2016 年与 2017 年 pH 统计特征

年份	平均值	变异系数	最小值	最大值
2016	7.47	0.05	6.78	8.41
2017	7.47	0.07	6.53	9.47

由统计结果可知，2016 年区域内水体 pH 范围为 6.78~8.41，均满足 pH 地表水水质要求；2017 年水体 pH 范围为 6.53~9.47，除一个点位 pH 碱性较强外(pH = 9.47)，绝大多数监测点位满足 pH 地表水水质要求。从图 5 可看出，区域内 pH 主要集中于 7~8 之间，说明弱碱性是区域内水体的一般状态。

**Figure 5.** Histogram of pH in 2016 (left) and 2017 (right)**图 5.** 2016 年(左)与 2017 年(右)pH 直方图

3.1.5. DO

DO 是反映水质优劣的重要指标之一，自然水体中污染物的降解反映多数都与水中 DO 有关。2016、2017 两年度 DO 监测数据见表 6。

Table 6. Statistics of DO concentration (mg/L) in 2016 and 2017
表 6. 2016 与 2017 年 DO (mg/L) 统计特征

年份	平均值	中位值	变异系数	最小值
2016	9.44	9.35	0.25	2.5
2017	8.92	8.7	0.27	3.1

由图 6 统计结果可知, 2016 年区域内水体 DO 浓度范围为 2.5 mg/L~15 mg/L, 中位值为 9.35 mg/L, 变异系数为 0.25, 区域内 98.1% 监测点 DO 高于地表水 III 类要求(5 mg/L), 整体情况较好; 2017 年区域内水体 DO 浓度范围为 3.1 mg/L~17.1 mg/L, 中位值为 8.7 mg/L, 变异系数为 0.27, 区域内 97.1% 监测点 DO 高于地表水 III 类要求, 整体情况较好。

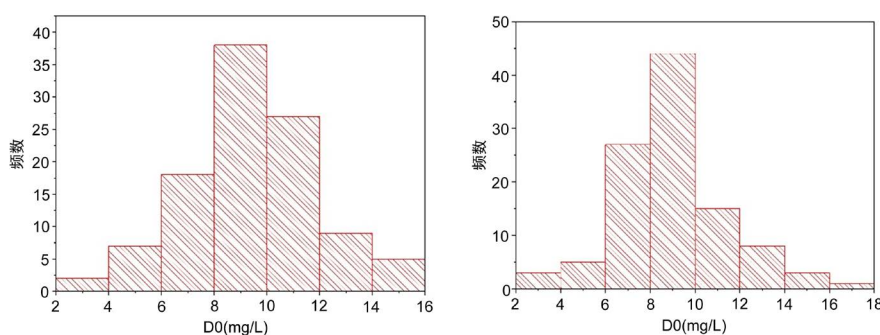
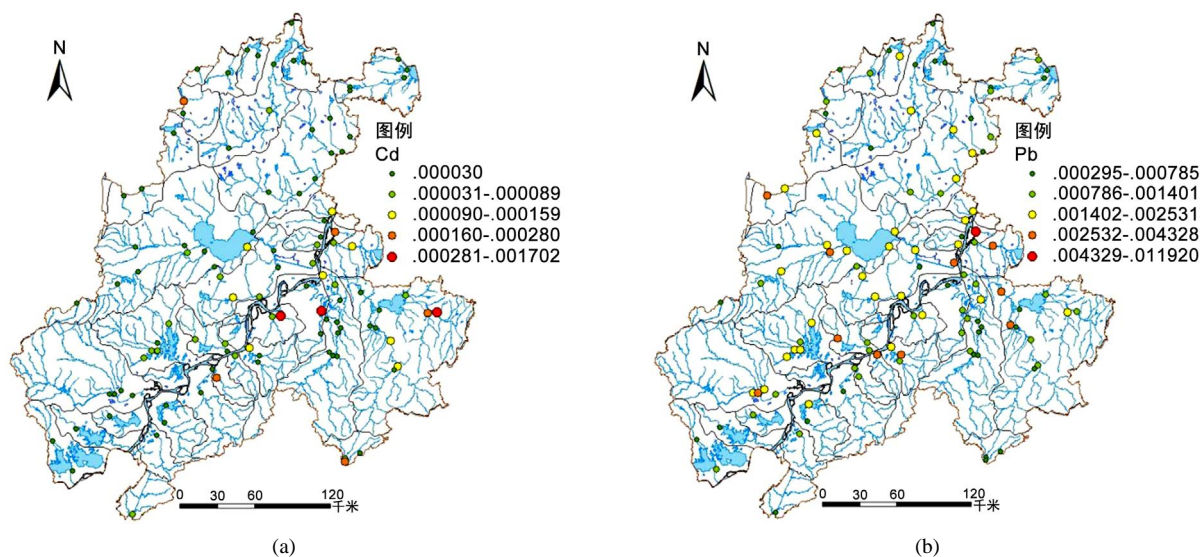


Figure 6. Histogram of DO concentration in 2016 (left) and 2017 (right)
图 6. 2016 年(左)与 2017 年(右)DO 浓度直方图

3.2. 空间分布

除 Hg 和 Cr^{6+} 元素外, 将其余元素两年监测值取平均数并绘制其浓度分布图(图 7(a)~(e))。从图中可看出, 各元素浓度相对高值点位多分布于芜湖、宣城、铜陵等地, 这与皖江经济带内矿产分布密集区有着高度一致性, 说明区域内重金属的偏高多与矿山开采等因素有关。



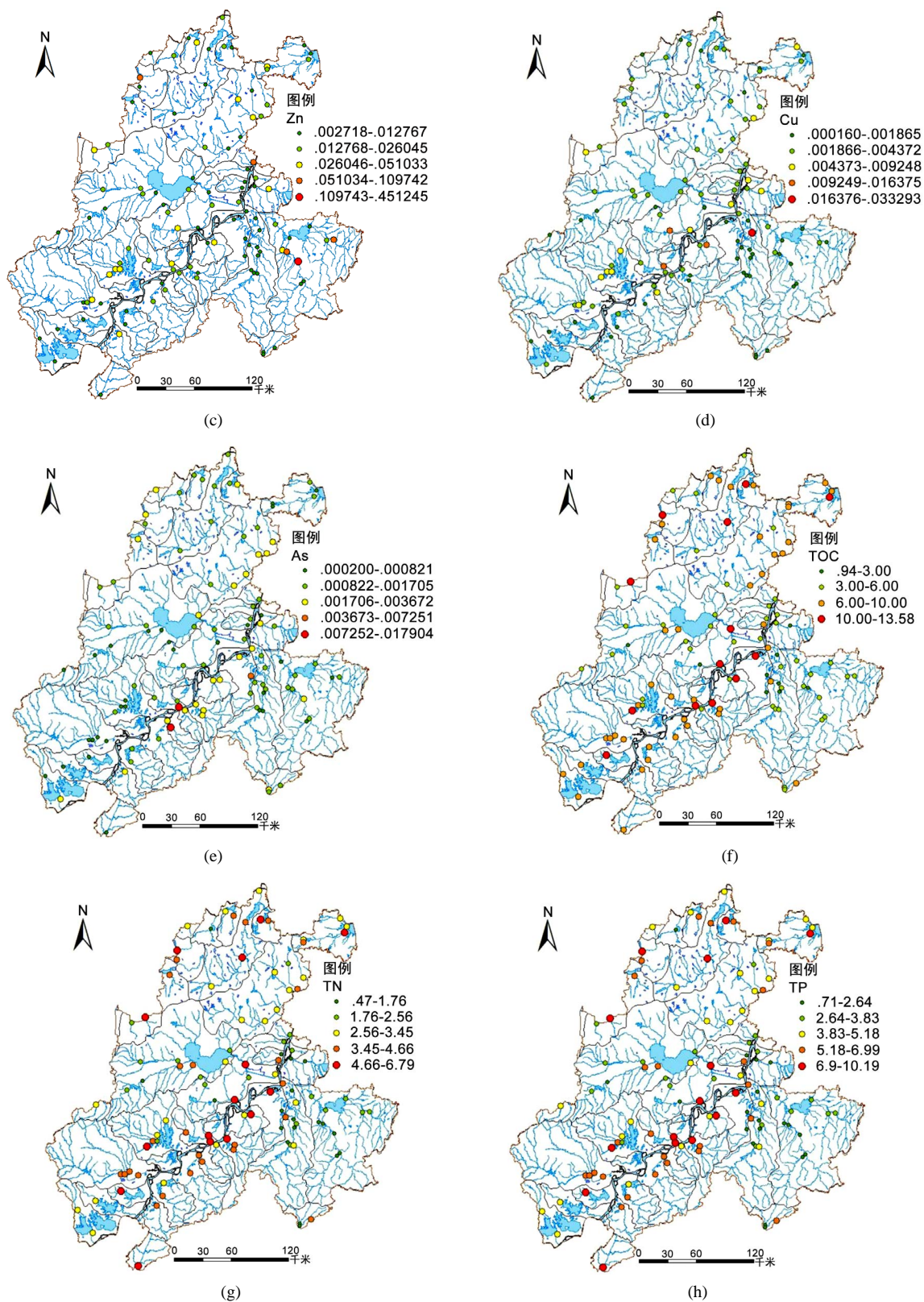


Figure 7. Concentration map of each monitoring indicator
图 7. 各监测指标浓度分布图

由图 7(f)~(h)可看出, TOC、TN、TP 在长江沿岸多个地带浓度较高, 主要分布于长江入江口以及临近的入湖河流等地, 这些地区过往船只繁多, 多个城市均分布于长江沿岸, 其经济发展较快, 人口密集, 因此可能造成了大量的污染物质流入此区域。并且该区域是河流汇入长江的终点, 因此上游地区排放的污染物质也将汇集于此地。而区域北部地区也存在一部分高值点位, 此区域经济发展在全区内相对较慢, 因此其有机物、氮磷的含量的偏高可能与其生活、农业污染物排放管理与处理相对落后有关。

4. 结论

查明了流域内 106 个监测断面的典型重金属、TOC、TN、TP、DO 和 pH 特征。皖江经济带流域的水中重金属 Hg、Cr、Cd、Pb、Zn、Cu 及 As 污染风险较小, 绝大多数监测断面重金属含量均远低于 III 类水体标准限值; TOC 浓度平均为 5.45 mg/L, 处于中等水平; TN、TP 平均浓度分别为 1.99 mg/L 和 0.07 mg/L, 氮相较于磷污染更为严重; 除个别监测断面外, pH 均为 6~9; DO 平均浓度为 9.28 mg/L, 满足 II 类水体水质要求。

典型重金属高值点空间分布与区域矿产密集区分布具有高度一致性, 而有机物、氮磷元素高值区多分布于长江沿岸与北部地区, 受城市发展, 经济活动等因素影响较大。

参考文献

- [1] 章宜洁. 安庆市地表水污染特征分析及防治对策[J]. 安庆师范学院学报(自然科学版), 2012, 18(1): 87-90.
- [2] 杜艳, 袁学华. 滁河全椒段河流水质污染评价及驱动因子解析[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(31): 80-83.
- [3] 张广萍, 周美正, 张延, 等. 安徽派河流域水污染特征及原因分析[J]. 人民长江, 2014, 45(18): 20-24.
- [4] 卢嘉, 王孝生, 张灵. 安徽省马鞍山市内河最近八年污染状况分析[J]. 科技与生活, 2011(17): 211-212.
- [5] Dai, L., Wang, L., Liang, T., et al. (2019) Geostatistical Analyses and Co-Occurrence Correlations of Heavy Metals Distribution with Various Types of Land Use within a Watershed in Eastern Qinghai-Tibet Plateau, China. *Science of the Total Environment*, **653**, 849-859. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.386>
- [6] 郭旻欣. 基于 GIS 的淮南矿区土壤 Cu、Ni、As、Zn 和 Cr 元素空间分布特征及来源分析[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 合肥工业大学, 2016.
- [7] 廖程浩, 曾武涛, 张永波, 等. 多尺度 PM_{2.5} 分布特征的空间插值与遥感反演对比[J]. 环境科学与技术, 2017, 40(12): 145-150.
- [8] Song, W., Jia, H., Li, Z., et al. (2018) Using Geographical Semi-Variogram Method to Quantify the Difference between NO₂, and PM_{2.5}, Spatial Distribution Characteristics in Urban Areas. *Science of the Total Environment*, **631-632**, 688-694. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.040>
- [9] Jung, K.Y., Lee, K.L., Im, T.H., et al. (2016) Evaluation of Water Quality for the Nakdong River Watershed Using Multivariate Analysis. *Environmental Technology & Innovation*, **5**, 67-82. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2015.12.001>
- [10] 周晓虹, 李小娟, 高存荣. 基于 GIS 的地统计分析在区域水质评价中的应用——以内蒙古临河市为例[J]. 首都师范大学学报(自然科学版), 2008, 29(4): 52-58.
- [11] 国土资源部中国地质调查局. 支撑服务皖江经济带发展地质调查报告[R]. 2017.
- [12] 于西龙, 张学典, 潘丽娜, 等. COD 与 TOC、BOD 相关性的研究及其在水环境监测中的应用[J]. 应用激光, 2014, 34(5): 455-459.
- [13] Hua, X., Song, X., Yuan, M., et al. (2011) The Factors Affecting Relationship between COD and TOC of Typical Papermaking Wastewater. *Advances in Intelligent and Soft Computing*, **105**, 239-244. https://doi.org/10.1007/978-3-642-23756-0_39
- [14] 董萍, 胡斯翰, 孙忠. 不同来源废水中 TOC 与 COD 相关性研究[J]. 环境科学与管理, 2018, 43(2): 117-120.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2164-5485，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：aep@hanspub.org