

· 监测技术 ·

基于走航巡测模式的长江重庆—武汉段水质调查与分析

余明星,黄波,周正,张琦,朱圣清,李名扬,王宇霖

(生态环境部长江流域生态环境监督管理局生态环境监测与科学研究中心,湖北 武汉 430010)

摘要:采用走航巡测模式对 2020 年长江重庆—武汉段水质状况开展调查分析,并对 192 个巡测点位 38 项自动监测参数进行统计、评价、分析。结果表明:长江重庆—武汉段水质良好,全部达到或优于Ⅲ类水标准,各参数测定值水平整体不高;部分点位水质参数存在明显测定峰值,在一定程度上反映周边水域受到潜在污染影响;城市江段、产业园区、港口码头、航运频繁水域污染物测定值相对增高,仍须将聚集性区域作为污染防控重点,加大减排力度,降低长江水污染潜在风险。

关键词:走航巡测;水质状况;调查;分析;长江干流

中图分类号:X832 文献标志码:B 文章编号:1006-2009(2023)02-0039-04

Investigation and Analysis of Water Quality in Chongqing-Wuhan Section of Yangtze River Based on Cruise Monitoring Mode

YU Ming-xing, HUANG Bo, ZHOU Zheng, ZHANG Qi, ZHU Sheng-qing, LI Ming-yang, WANG Yu-ling

(Ecological Environment Monitoring and Scientific Research Center, Ecology and Environment Supervision and Administration Bureau of Yangtze Valley, Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China, Wuhan, Hubei 430010, China)

Abstract: The water quality of Chongqing-Wuhan section of the Yangtze River in 2020 was investigated and analyzed by using cruise monitoring mode, and 38 automatic monitoring parameters in 192 monitoring sites were statistically analyzed and evaluated. The conclusion was that the water quality in Chongqing-Wuhan section of the Yangtze River was good, which all met or exceeded class III water quality standards, the concentration of each parameter was not high. The water quality parameters at some sites had obvious peak value, which reflected the impact of potential pollution on surrounding waters to some extent. The concentrations of pollutants in urban river sections, industrial parks, ports, docks and shipping busy waters were relatively high. It was necessary to focus on pollution prevention and control in large urban river sections and other concentrated areas, increase emission reduction efforts, and reduce potential risks of water pollution in the Yangtze River.

Key words: Cruise monitoring; Water quality status; Investigate; Analysis; Main stream of Yangtze River

传统水质监测依托固定断面定期开展人工采样和实验室分析,并利用自动监测弥补人工监测时效性不足的短板,而自动监测面临站点密度不高、监测参数较少的问题^[1]。《“十四五”生态环境监测规划》提出,在重点污染河段开展上下游走航巡测。水质走航巡测作为“十四五”时期监测工作重点发展方向之一,可为固定断面人工监测和自动监测提供有效补充。20 世纪 70 年代起,在长江干流开展了人工模式的以监测船为载体的水质移动监测工作^[2],虽然依托监测船开展了小范围少量自

动监测试验性应用,但自动监测参数有限^[3]。2020 年“中国环监 008”专业水质监测船集成了 17 套水质自动在线分析仪和水样自动采集及数据控制系统,在长江干流重庆—武汉段开展了走航式水质巡测试点工作,将监测船载体、自动监测系统、人

收稿日期:2022-04-10;修订日期:2022-11-28

基金项目:国家重点研发计划“长江经济带典型环境参数跨区域监测应用示范”基金资助项目(2019YFB2102905)

作者简介:余明星(1982—),男,湖北广水人,高级工程师,硕士,主要从事流域水生态环境监测与评估工作。

工监测融为一体。通过此次走航巡测,掌握了重庆—武汉段水环境质量状况和沿江污染物分布特征,为支撑长江精准科学治污及水环境依法监管提供了基础信息和决策依据。

1 试验

1.1 巡测范围与点位

长江干流走航巡测范围由重庆嘉陵江入长江口断面(朝天门)至武汉下游出境控制断面(白浒山),约 1 330 km,跨越 6 个地级(或以上)沿江城市。沿程监测点位分布在监测船航线、国控断面、港口码头及城市江段等水域,共 192 个,各地级(或以上)城市涉及的监测点位数分别为:重庆(88 个)、宜昌(43 个)、荆州(21 个)、岳阳(6 个)、咸宁(5 个)、武汉(29 个)。监测表层水,监测时段为 2020 年 10 月 11 日—12 月 10 日。

1.2 走航巡测模式

走航巡测以自动监测为主,人工监测为辅,结合航线走向对长江干流不同类型水域开展监测。其中,自动监测参数 38 项(见表 1),人工监测参数 6 项(浮游植物种类、浮游植物密度、透明度、照度、可溶性磷、硝酸盐氮),比对监测参数 8 项(水温、pH 值、溶解氧、电导率、高锰酸盐指数、总磷、总氮、氨氮)。自动监测的水样由水泵从江面取水,并经水样控制系统分配到各在线仪器设备分析。走航

巡测采用的自动监测仪器型号及对应的参数和分析方法见表 1。

走航巡测过程中,自动监测系统采用空白样、加标样、平行样、质控样等质量控制手段监控测定值的稳定性和准确性,其中质控样测定相对误差在 10% 以内,满足数据有效性要求。自动监测与人工监测比对的 8 项参数测值总体接近,变化趋势一致。按各参数比对测定值相对偏差在 10% 以内的测次统计,水温、pH 值、电导率、溶解氧均为 100%,总磷、总氮、氨氮在 77.8%~88.9% 之间,高锰酸盐指数为 66.7%,自动监测结果总体在可接受的范围内。

1.3 数据分析方法

参数特征值统计和水质评价:利用 Origin 软件,对不同参数开展最大值、最小值和标准差等特征值统计,并根据《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002),选取 16 项具有水质评价类别限值的参数,进行单因子水质类别评价^[4],铁和微量有机物(15 项)按照特定参数指标限值比对分析。典型参数浓度空间比较:利用 ArcGIS 软件将巡测点位在长江干流上的相对空间位置从上游至下游排列,利用 Origin 软件对每个参数指标开展参数浓度沿程对比分析;利用 Origin 软件绘制箱线图并筛选水质参数异常值^[5],以上四分位值累加 1.5 倍四分位距离作为异常高值判断标准,统计全江段和分江段的异常高值点和参数分布情况。

表 1 走航巡测自动监测仪器型号、参数和分析方法

Table 1 Automatic monitoring instrument model, parameters and analysis methods for cruise monitoring

仪器型号	监测参数	分析方法	检出限	仪器型号	监测参数	分析方法	检出限
LFWCS-2008	水温	传感器法	0.1 °C	LFEC-2006	铜、镉、铅、锌	阳极溶出 伏安法	0.001 mg/L
	pH 值	电极法	0.01				
	电导率	电极法	10 μS/m	LFS-2002(As)	砷	分光光度法	0.002 mg/L
	溶解氧	荧光法	0.001 mg/L	LFS-2002(Hg)	汞	分光光度法	0.05 μg/L
	浊度	光散射法	0.05 NTU	LFS-2002(Cr ⁶⁺)	六价铬	分光光度法	0.005 mg/L
LFWCS-2008(Chla)	叶绿素 a	荧光法	0.05 μg/L	LFS-2002(Phe)	挥发酚	分光光度法	0.001 mg/L
LFWCS-2008(Cyano)	蓝绿藻密度	荧光法	100 个/mL	LFS-2002(LAS)	阴离子活性剂	分光光度法	0.02 mg/L
LFS-2002(NH ₃ -N)	氨氮	分光光度法	0.02 mg/L	LFS-2002(Fe)	铁	分光光度法	0.01 mg/L
LFS-2002(TP)	总磷	分光光度法	0.005 mg/L	LFS-2002(CN)	氰化物	分光光度法	0.005 mg/L
LFS-2002(TN)	总氮	分光光度法	0.05 mg/L	LFS-2002(Oil)	石油类	荧光法	0.01 mg/L
LFS-2002(I _{Mn})	高锰酸盐指数	分光光度法	0.3 mg/L	LFWGC-2012	挥发性有机物(15 种)	GC-FID	0.5 μg/L

2 结果与讨论

2.1 评价结果及参数浓度变化分析

长江干流重庆—武汉段水质总体良好,192 个走航巡测点位中Ⅱ类水占比 90.1%,Ⅲ类水占比 9.9%。走航巡测的 38 项自动监测统计值和单参数

水质评价结果见表 2。由表 2 可知,长江干流重庆—武汉段走航巡测反映出污染物测值总体不高。酚、氰、砷、汞、镉、六价铬及大部分微量有机物全江段未检出;虽然高锰酸盐指数、总磷和锌全部点位检出,但测定值低于Ⅲ类水限值;其他参数部分点位检

出,且大多数低于Ⅱ类水限值或特定参数指标限值。

总磷、氨氮、高锰酸盐指数、铁、石油类和氯苯等 6 项参数检出点位较多,测定值沿程变化具有代表性[见图 1(a)一(f)]。其中,总磷、氨氮、高锰酸盐指数测定值总体呈升高趋势,至武汉江段各测定均值最高;铁虽在部分江段检出,但铁测定值整体不高,岳阳—武汉段测定值明显抬升;石油类虽在全江段普遍检出,但测定值整体不高,自荆州江段起测定值抬升明显;氯苯虽在全江段普遍检出,但测定值较低,岳阳江段均值相对增高。

2.2 水质潜在污染特征分析

对重庆—武汉全江段和分江段开展统计学异常值判断,共筛选出 73 个异常高值点位作为统计学峰值点,见图 1。由图 1 可见,虽然各污染物测定值在可接受的较低水平,但仍反映出相对高值的水域存在岸上点源或面源对水质的潜在污染风险,特别是长江存在岸边污染带及众多入河排污口,多分布于沿江重要城市江段^[6-7]。

氨氮和铁全江段出现统计学峰值点最多,占比分别达 21% 和 19%,表明氨氮和铁受到局部潜在影响相对较大,可作为下一步开展溯源调查的重点关注对象。值得关注的是,氨氮在武汉江段 29 个调查点位全部为统计学峰值点。铁和高锰酸盐指数测定值在武汉江段也较高,分别有 25 个点位和

11 个点位为统计学峰值点。武汉江段 2020 年排放废水约 9.4 亿 t^[8],相对较高的废水排放量是引起高锰酸盐指数和氨氮值水平整体抬高的重要因素。此外,武汉江段布局了大型钢铁冶炼和加工产业^[9],可能会造成局部水域的环境背景值有所升高。大城市江段工业发达,人口聚集,排污量大,形成岸边污染带,造成城市江段局部水体污染^[10],故武汉作为长江中游大型中心城市,仍然是水污染防治的重点,可进一步削减排污负荷,以改善水质。

总磷是长江流域近年来首要水质影响因素^[11],各江段总磷虽然全部点位都检出,但测定均值和标准差相差不大,且高值与低值区域相对集中,故虽在宜昌、荆州、武汉等江段存在高值,但异常值不多。总磷值在三峡大坝以下宜昌开始逐步上升,主要是宜昌和荆州“三磷”产业聚集,点源排放导致局部水域总磷值升高^[10,12]。此外,总磷高值呈现出与城市群分布同向变化的一致性^[13]。石油类在各江段普遍存在,在航运频繁水域、港口码头测定值普遍升高,荆州江段开始显著抬升。2020 年荆州大桥至武汉阳逻大桥日均船流量由 102 艘增加到 252 艘^[14],较大的航运量使得石油类测定值有所上升。港口码头是船舶聚集区,船舶在码头装卸和停泊时造成油污染的比例达 7% 和 5%^[15],港口码头石油类扩散条件相对较差,测定值相对增高。

表 2 参数特征值统计和水质类别评价

Table 2 Statistics of parameter characteristic value and water quality classification evaluation

参数	范围	标准差	评价结果	参数	范围	标准差	评价结果
水温 $\theta/^\circ\text{C}$	12.7~22.7	2.53		镉 $\rho/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	—		I
pH 值	7.3~8.4	0.13	I	铁 $\rho/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	—~0.17	0.034	限值内
电导率 $\sigma/(\text{mS}\cdot\text{m}^{-1})$	24.8~41.7	2.27		砷 $\rho/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	—		I
溶解氧 $\rho/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	6.5~10.0	0.78	I	汞 $\rho/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	—		I
叶绿素 a $\rho/(\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	0.9~9.0	0.77		1,2-二氯乙烷 $\rho/(\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	—~16.62	2.49	限值内
浊度/NTU	2~79	14.38		三氯乙烯 $\rho/(\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	—~6.94	1.13	限值内
高锰酸盐指数 $\rho/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	0.9~3.6	0.46	I~II	苯 $\rho/(\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	—~5.24	0.38	限值内
总磷 $\rho/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	0.03~0.14	0.02	II~III	甲苯 $\rho/(\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	—		限值内
总氮 $\rho/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	1.0~2.7	0.31		乙苯 $\rho/(\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	—~10.45	1.12	限值内
氨氮 $\rho/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	—~0.249	0.04	I~II	邻二甲苯 $\rho/(\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	—		限值内
六价铬 $\rho/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	—		I	氯苯 $\rho/(\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	—~44.61	7.73	限值内
石油类 $\rho/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	—~0.037	0.01	I	1,2-二氯苯 $\rho/(\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	—		限值内
挥发酚 $\rho/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	—		I	1,4-二氯苯 $\rho/(\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	—		限值内
氰化物 $\rho/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	—		I	异丙苯 $\rho/(\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	—		限值内
阴离子表面活性剂 $\rho/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	—~0.13	0.02	I	苯乙烯 $\rho/(\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	—		限值内
蓝绿藻密度/ $(10^6\text{个}\cdot\text{L}^{-1})$	0.16~7.20	0.96		对,间二甲苯 $\rho/(\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	—		限值内
铜 $\rho/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	—~0.049	0.008 5	I~II	四氯乙烯 $\rho/(\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	—		限值内
铅 $\rho/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	—~0.017	0.003 1	I~III	顺-1,2-二氯乙烯 $\rho/(\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	—~23.23	2.53	限值内
锌 $\rho/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	0.04~0.16	0.020 7	I~II	反-1,2-二氯乙烯 $\rho/(\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	—~83.41	14.19	满足~超限值

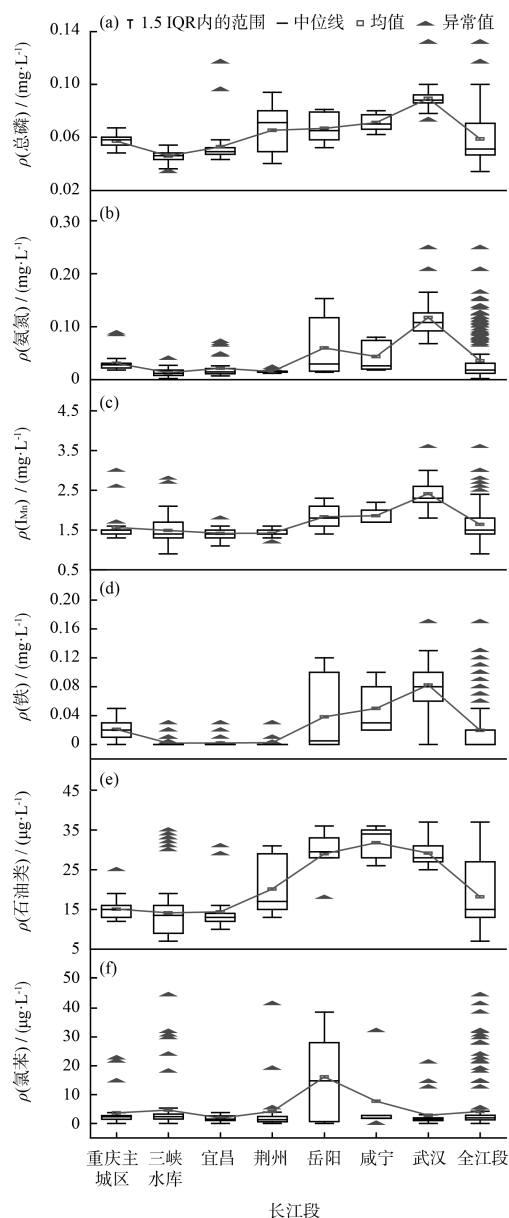


图 1 代表性参数在不同江段的特征值和异常值

Fig. 1 Characteristic and abnormal values of representative parameters in different river sections

氯苯在岳阳江段明显增高,且测定均值在该江段达到最大。石油化工产业是岳阳重要的支柱产业,化工园区产生的废水有机污染物种类和数量较多^[16],而氯苯是重要的有机化工产品,故岳阳江段水域存在特征微量有机物测值升高的可能。

3 结语

走航巡测作为一种新的水质监测模式,应用于长江大范围水质调查具有一定优势,并能发挥较好作用。2020 年长江干流重庆—武汉段水质总体良

好,走航巡测结果表明,水质全部达到或优于Ⅲ类水标准。虽然各参数测值总体不高,但在产业园区、港口码头、城市江段、航运频繁水域部分参数存在明显的浓度峰值。通过统计峰值点临近水域的社会经济和人类活动,初步甄别问题区域,筛查潜在污染风险因素,可以服务于水质目标控制单元管理,为长江水污染溯源整治提供技术支撑。该研究表明,仍须将大城市江段等聚集性区域作为污染防治的重点,优化经济、产业和城镇布局,并进一步加大污染减排力度,降低长江水体的潜在污染风险。

[参考文献]

- [1] 嵇晓燕,刘廷良,孙宗光,等. 国家水环境质量监测网络发展历程与展望[J]. 环境监测管理与技术,2014,26(6):1-4.
- [2] 穆宏强,李欣欣,周绍江. 长江流域水资源保护科技创新与发展[J]. 人民长江,2016,47(12):28-32.
- [3] 刘云兵,刘辉,卓海华,等. 船载水质高密度在线监测系统设计与应用[J]. 人民长江,2012,43(12):71-73.
- [4] 吴岳玲,李世龙,邱小琮,等. 清水河流域水质综合分析与评价[J]. 环境监测管理与技术,2021,33(2):40-45.
- [5] 王怀亮. 箱须图在识别统计数据异常值中的作用及 R 语言实现[J]. 商业经济,2011(3):64-65.
- [6] 汪金成,卞俊杰,陈新国. 2000 年以来长江干流水质变化趋势分析[J]. 湖北水力发电,2009(2):1-3.
- [7] 新华社. 摸清底数长江入河排污口有 6 万多个[N/OL]. (2020-01-17) [2022-03-07]. http://www.gov.cn/xinwen/2020-01/17/content_5470333.htm.
- [8] 武汉市统计局,国家统计局武汉调查队. 武汉统计年鉴(2021)[M]. 北京:中国统计出版社,2021.
- [9] 宋明洁,姚丽芳,王宏艳,等. 武汉工业支柱产业布局研究——以钢铁工业为例[J]. 企业导报,2009(4):135-136.
- [10] 陈善荣,何立环,林兰钰,等. 近 40 年来长江干流水质变化研究[J]. 环境科学研究,2020,33(5):1119-1128.
- [11] 陈善荣,何立环,张凤英,等. 2016—2019 年长江流域水质时空分布特征[J]. 环境科学研究,2020,33(5):1100-1108.
- [12] 湖北日报社. 74 家“三磷”企业环保问题突出 湖北计划两年内完成整治[N/OL]. (2019-07-10) [2022-03-07]. http://www.hubei.gov.cn/zwgk/bmdt/201907/t20190710_1401702.shtml.
- [13] 安堃达,张帅,程继雄,等. 长江干流湖北段沿江城市水质状况及变化趋势研究[J]. 环境科学与管理,2020,45(7):156-160.
- [14] 长江海事局. 辖区主要断面日交通流量统计(2020 年 1 月—12 月)[EB/OL]. (2022-03-08) [2022-03-18]. https://cj.msa.gov.cn/xxgk/xxgkml/jcsj/xhsjsj/202203/t20220308_697887.shtml.
- [15] 卜惠峰. 船舶对长江水域造成的污染及其防治[J]. 水利水电快报,2010,31(4):7-9.
- [16] 邓爱萍. 化工园区集中式污水处理厂有机污染物排放研究[J]. 中小企业管理与科技,2012(13):81-82.