

扬州里下河区水体污染时空分布特征 及污染源解析

刘 平, 吴小伟, 王永东

(江苏省水文水资源勘测局扬州分局, 江苏 扬州 25002)

摘要: 利用 2015 年里下河 33 个监测断面的 6 个水质指标数据, 综合运用单因子水质评价法、综合水质评价法、箱线图法和因子分析法分析了扬州里下河地区水体污染物的时空分布特征及污染源解析。结果表明: 综合水质评价较好的水质占 58.4%, 较差的水质占 34.6%, 极差的水质占 7.0%, 汛期水质差于非汛期; 主要污染物的空间差异较大, 氨氮的差异最为明显; 河流水环境污染物主要有 2 种, 分别是耗氧型有机污染物和氮类、磷类污染物, 对整个里下河污染的贡献率分别为 57.13% 和 16.70%。耗氧型有机污染物主要来源为生活污水和工业废水, 氮磷类污染物主要来源为农业面源和水产养殖。

关键词: 水质; 多元统计分析; 时空分布; 扬州里下河; 污染源识别

中图分类号: X52

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839 (2017) 07-0012-05

Temporal and spatial distribution of water pollution and analysis of pollution source in Lixiahe District of Yangzhou

LIU Ping, WU Xiaowei, WANG Yongdong

(Yangzhou Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Jiangsu Province, Yangzhou 225002, Jiangsu)

Abstract: Using 6 water quality indicators in 33 monitoring sections of Lixiahe during 2015, the temporal and spatial distribution characteristics and pollution sources of Yangzhou Lixiahe region are analyzed in this paper via a comprehensive use of single factor water quality evaluation method; integrated water quality evaluation method; box plot method and factor analysis method. The results show that 58.4% of water quality is moderately good, 34.6% of water quality is poor, and 7.0% of water quality is very poor. Besides, flood season water quality is worse than non-flood season. The main pollutants greatly vary spatially, with the ammonia nitrogen difference being most obvious. There are two kinds of river water pollutants namely oxygen-based organic pollutants and nitrogen, phosphorus pollutants. Their contributions to entire Lixiahe region pollution are 57.13% and 16.70%, respectively. The main sources of oxygen-based organic pollutants are domestic sewage and industrial wastewater while the main sources of nitrogen and phosphorus pollutants are agricultural non-point source and aquaculture.

Key words: water quality; multivariate statistical analysis; temporal and spatial distribution; Lixiahe River in Yangzhou; pollution source identification

收稿日期: 2017-05-08

作者简介: 刘平 (1986-), 女, 硕士, 工程师, 主要从事水环境监测工作。

1 概述

评价区域水质时空分布特征对了解区域的水污染特点、有针对性地开展区域水污染综合治理起到至关重要的作用。聚类分析、主成分分析、因子分析作为传统的多元统计技术,在水质时空分布特征及潜在污染源识别上已得到普遍应用^[1-2]。虽然有关扬州里下河区的洪涝灾害、水量分析等相关的文献较多^[3-4],但关于水质评价方面的报道相对较少,尚未有利用多元统计方法对水环境污染物的分布特征和来源分析的相关研究。本文根据扬州里下河区 2015 年连续 12 个月的水质监测数据,对河网水质进行综合评价,应用因子分析法对主要污染物及其来源进行探索性分析,为扬州里下河区的水环境综合治理提供科学依据。

2 扬州里下河区概况

扬州里下河区域介于东经 119° 13′ ~ 119° 37′, 北纬 32° 29′ ~ 33° 26′ 之间,西起京杭大运河,东与泰州接壤,北至扬州与淮安边界,南抵通扬运河,是典型的平原水网地区。区域境内河网纵横交错、湖荡相连,是江苏沿海江滩湖洼平原的一部分。主要河道有:里运河、新通扬运河、卤汀河、三阳河、小涵河、盐邵河、野田河、南澄子河、北澄子河、东平河、横泾河、新刘安河、子婴河、人字河、小泾沟、澄潼河、潼河、芦汜河、大溪河、宝射河、向阳河、涧沟河和营沙河等。

3 水质参数与分析方法

3.1 水质参数

根据区域近几年水质特点,选取溶解氧(DO)、氨氮(NH₄⁺-N)、高锰酸盐指数(COD_{Mn})、五日生

化需氧量(BOD₅)、化学需氧量(COD_{Cr})和总磷(TP)共 6 项河流水质评价指标。监测范围包括里下河区域内 25 条河流 33 个监测断面。

3.2 水质评价与分析方法

3.2.1 现状水质评价

现状水质评价根据地表水质量标准(GB3838-2002)的三类水质标准进行单因子水质评价和综合水质评价。

3.2.2 多元统计分析

监测数据进行多元统计分析前,采用 Kurtosis 和 Skewness 检验对所有数据组进行正态分布检验。对不同水质参数进行标准化处理以提高分析的可信度。采用描述统计分析和箱线图法进行时空分布探讨,利用典型污染物的因子分析法进行源解析,分析工具为 SPSS 19.0^[5]。

4 结果与讨论

4.1 现状水质评价

单因子水质评价结果显示,2015 年 1 ~ 12 月里下河区域 33 个监测断面 294 次监测结果中到达Ⅲ类水标准的占 55.4%,Ⅳ类水质的占 28.2%,Ⅴ类水质的占 9.2%,劣Ⅴ类水质的占 7.2%。综合水质评价结果显示,较好的水质占 58.4%,较差的水质占 34.6%,极差的水质占 7.0%。

4.2 水质参数的描述统计分析

对 6 个水质指标进行初步的统计分析,结果见表 1。变异系数是用于判断变异性最好的指标,可以减少由于不同数据集的单位差异所带来的影响。由表 1 可知,所有水质参数的变异系数从 36.1% 到 80.7%,说明里下河区的水质参数有较大的变异性,其中氨氮和总磷的变异性最大,表明这两种水质参数在区域内分布很不均匀,受到外界污

表 1 区域水质指标的描述性统计

水质参数	监测个数	最小值	最大值	均值	标准偏差	变异系数(%)
溶解氧(mg·L ⁻¹)	294	2.0	12.6	7.0	2.88	41.1
氨氮(mg·L ⁻¹)	294	0.05	2.82	0.75	0.61	80.7
高锰酸盐指数(mg·L ⁻¹)	294	2.1	15	4.8	1.75	36.1
五日生化需氧量(mg·L ⁻¹)	294	0.5	6	2.8	1.27	45.9
总磷(mg·L ⁻¹)	294	0.05	1.29	0.15	0.116	75.9
化学需氧量(mg·L ⁻¹)	294	0	46.9	14.7	7.2	48.9

染源的影响程度差异较大。

4.3 水质参数的空间分布特征

扬州里下河区域包含了3个行政区,分别为宝应县、高邮市和江都区。上述6类主要水质参数在空间上的差异性分析结果见图1。由图可知溶解氧含量的变异性较大,但是在不同地区的空间分布差异不大;氨氮分布有强烈的空间差异,在宝应县和江都区的分布相似,高邮市的中位值和极值均较高;高锰酸盐指数、化学需氧量和五日生化需氧量这三个指标的空间差异性相对较小,同一地区的变异性也不明显,空间分布相对较均匀;总磷的空间差异性很小,但是变异性较大。综合来

看,高邮市虽然地处宝应县和江都区中间,但是各项指标的差异性较大,尤其是氮磷指标,说明在高邮市境内氮磷污染来源与其他两个地区有所不同。

按行政区对上述各项指标采用方差分析和最小显著差异多元统计,表2给出了不同水质参数在宝应县、高邮市和江都区的均值比较。溶解氧、高锰酸盐指数、五日生化需氧量和化学需氧量在三个行政区均无显著性差异,氨氮和总磷在不同地区间有着显著差异。高邮市的氨氮和总磷均高于宝应县和江都区,高邮市里下河区的鱼虾养殖可能是氨氮指标偏高的一个因素,此外农业面

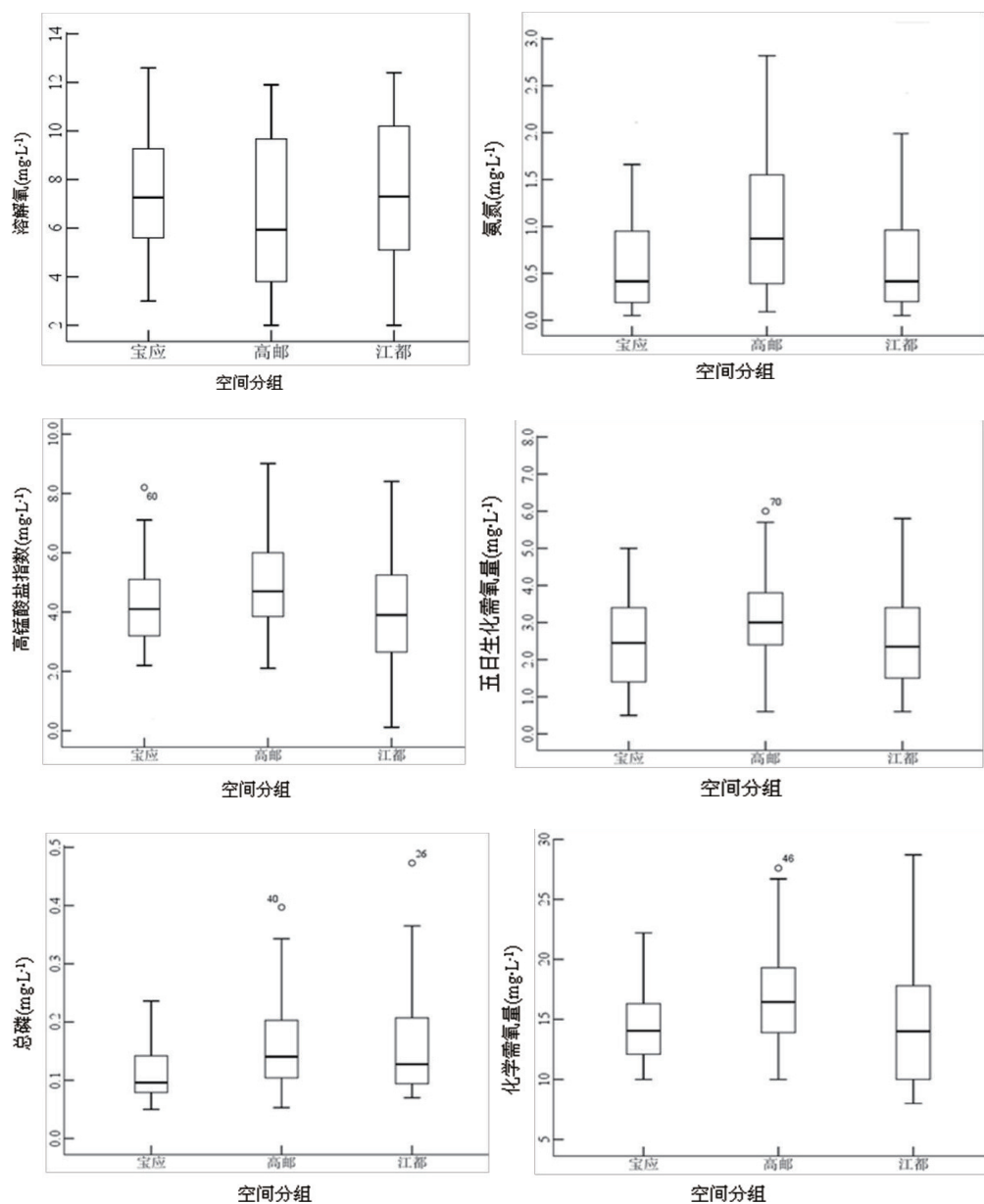


图1 主要水环境污染物质空间差异

表 2 不同行政区水质参数的均值对比

水质参数	行政区	监测个数	平均值	水质参数	行政区	监测个数	平均值
溶解氧 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	宝应县	102	7.17a	五日生化需氧量 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	宝应县	102	2.49a
	高邮市	114	6.52a		高邮市	114	3.20a
	江都区	78	7.52a		江都区	78	2.49a
氨氮 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	宝应县	102	0.59b	总磷 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	宝应县	102	0.116a
	高邮市	114	1.17a		高邮市	114	0.185a
	江都区	78	0.65b		江都区	78	0.164b
高锰酸盐指数 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	宝应县	102	4.53a	化学需氧量 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	宝应县	102	13.87a
	高邮市	114	5.44a		高邮市	114	17.25a
	江都区	78	4.41a		江都区	78	12.24a

备注: 均值后面上标的不同小写字母 a, b 表示 3 个行政区之间的差异显著性, 字母不同表示有显著差异, 同一字母表示无显著差异。

源污染也是里下河区氨氮超标的重要原因。

4.4 水质参数的时间分布特征

为了分析水质参数在时间上的差异, 将全年监测数据分为汛期和非汛期进行统计, 差异性分析结果见图 2。由于水温的影响, 溶解氧在汛期明显差于非汛期, 两者差异性较大。其余各项指标汛期的中位值均大于非汛期, 而且汛期的变异性较大, 受外界污染源的影响较大, 尤其是氨氮和高锰酸盐指数时间分布不均。最主要的原因就是里下河汛期雨水较多, 降雨径流将地表、农田和农村生活等各种来源的污染物带入河中。

4.5 里下河区域水体污染源解析

利用因子分析法对里下河区各断面水质参数进行污染源分析, 共提取了 3 个主成分, 解释了 87.497% 的总方差 (见表 3)。第一主成分高锰酸盐指数、化学需氧量和五日生化需氧量占有较高的因子载荷 (见表 2), 分别为 0.925、0.923 和 0.701, 可归类为耗氧型有机污染物; 第二主成分总磷和氨氮占有较大的因子负荷, 分别为 0.897 和 0.681, 可归类为氮磷类污染物; 第三主成分溶解氧占了较大的负向因子负荷, 为 -0.934, 可归类为水温引起的溶解氧下降。

综合上述分析可得出, 扬州里下河区典型污染物有 2 种, 分别为耗氧有机污染物和化肥农药污染物。此外, 季节性更替引起的水温变化也是里

表 3 因子载荷与总方差解释

参数	主成分 1	主成分 2	主成分 3
溶解氧	-0.630	0.003	0.740
氨氮	0.782	0.378	-0.147
高锰酸盐指数	0.881	-0.412	0.086
五日生化需氧量	0.770	0.069	0.466
总磷	0.552	0.705	0.135
化学需氧量	0.863	-0.433	0.084
特征值	3.429	1.011	1.000
总方差 $I(\%)$	57.129	16.705	13.663
累计方差 $I(\%)$	57.129	73.834	87.497

表 4 旋转因子载荷矩阵

参数	主成分 1	主成分 2	主成分 3
溶解氧	-0.223	-0.155	-0.934
氨氮	0.327	0.681	0.454
高锰酸盐指数	0.925	0.131	0.284
五日生化需氧量	0.701	0.559	-0.109
总磷	0.066	0.897	0.1
化学需氧量	0.923	0.104	0.279

下河水质下降影响因素。耗氧有机物主要来自于

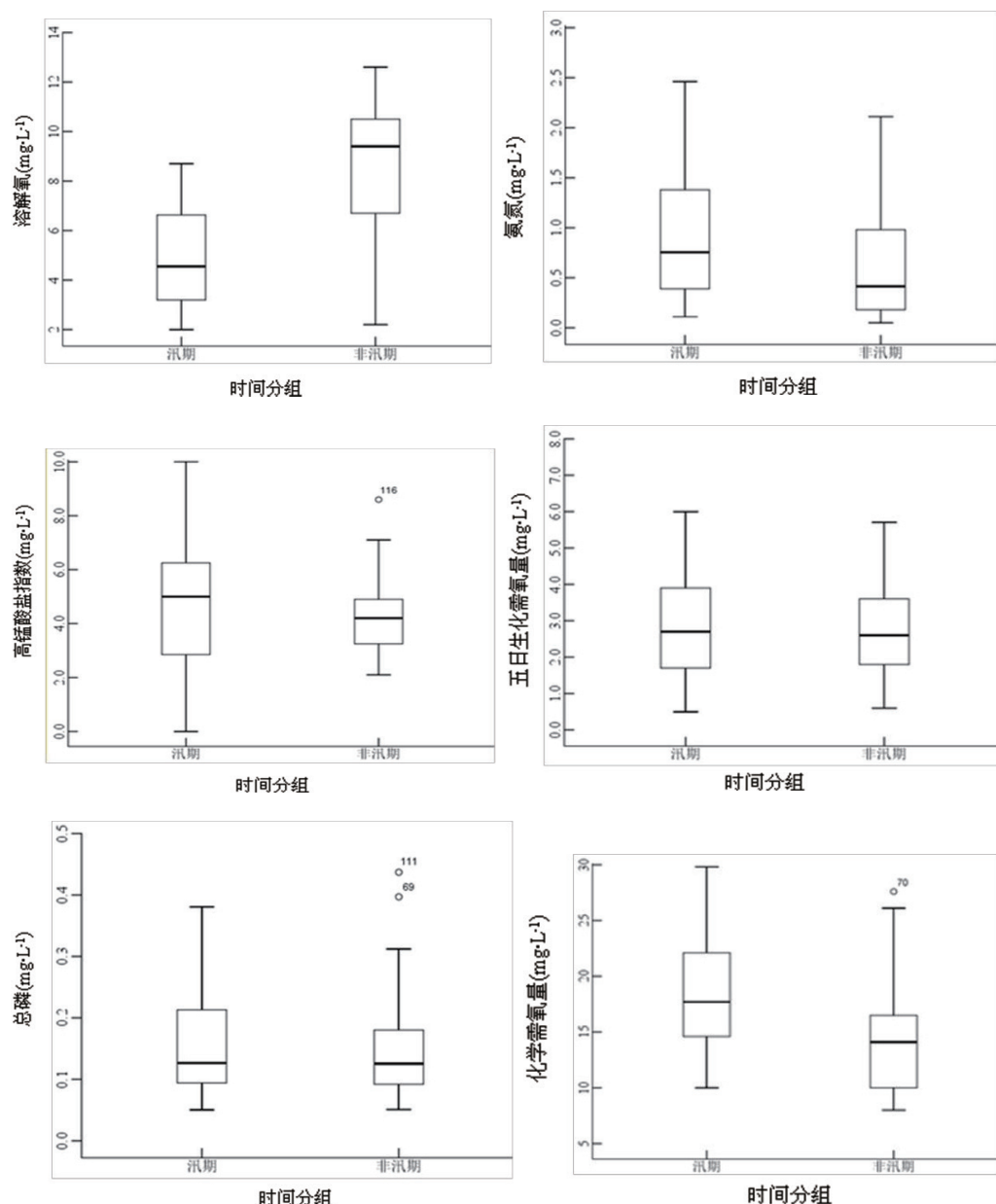


图 2 主要水环境污染因子时间差异

生活污水和工业废水,氮磷类污染物主要来源于农业面源、分散畜禽养殖和水产养殖等^[6]。非汛期,以城市生活污水和工业废水为主的点源污染是里下河区水质超标的主要原因;而在汛期,非点源污染的排放,尤其是降雨径流后河流水质显著下降。

所以,扬州里下河区的水污染治理可以从完善污水管网建设、提高点源污染治理效果着手,重点在于充分发挥乡镇污水处理厂的实用价值,减少耗氧有机物来源;针对里下河区农业种植和渔业养殖现状,采取科学养殖措施有效减少农业面源和渔业养殖等氮磷类污染源;此外,还需要采

取管理措施减少人类活动的干扰。

5 结论

从 2015 年的监测结果来看,扬州里下河区河流水质污染依然不容乐观,综合水质评价结果显示,较好的水质占 58.4%,较差的水质占 34.6%,极差的水质占 7.0%。

部分水质参数有较大的变异性,其中氨氮和总磷的变异性最大,表明这 2 种水质参数在区域内分布很不均匀,受到外界污染源的影响程度差
(下转第 22 页)

扬州里下河区域有 2 种典型污染物, 分别为耗氧有机污染物和氮磷污染物, 对整个区域污染的贡献率分别为 57.13% 和 16.70%。污染物来源分别为生活污水、工业废水和农业面源、分散畜禽养殖和水产养殖等。

[1] 李文赞, 李叙勇, 王慧亮, 等. 滏阳河主要水环境污染
物空间分布特性研究[J]. 环境科学学报, 2012, 32(11):
2814-2819.

- [6] Hulya B, Hayal B. Water pollution sources assessment by multivariate statistical methods in the Tahtali Basin. *Environmental Geology*, 2008, 54 (2) : 275–282 .

(责任编辑:华智睿)