

DOI: 10. 13656/j. cnki. gxkx. 20180801. 001

刘捷, 邓超冰, 黄祖强, 等. 基于综合水质标识指数法的九洲江水质评价[J]. 广西科学, 2018, 25(4): 400-408.

LIU J, DENG C B, HUANG Z Q, et al. Application of comprehensive water quality identification index in water quality evaluation of Jiuzhoujiang River[J]. Guangxi Sciences, 2018, 25(4): 400-408.

基于综合水质标识指数法的九洲江水质评价*

Application of Comprehensive Water Quality Identification Index in Water Quality Evaluation of Jiuzhoujiang River

刘捷^{1,2}, 邓超冰^{1,2**}, 黄祖强¹, 滕云梅²

LIU Jie^{1,2}, DENG Chaobing^{1,2}, HUANG Zuqiang¹, TENG Yunmei²

(1. 广西大学化学化工学院, 广西南宁 530004; 2. 广西壮族自治区环境监测中心站, 广西南宁 530028)

(1. College of Chemistry and Chemical Engineering, Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530004, China; 2. Guangxi Zhuang Autonomous Region Prefecture Environmental Monitoring Centre, Nanning, Guangxi, 530028, China)

摘要:【目的】综合评价水环境质量, 全面把握水环境污染特征是水环境治理中的重要基础性工作。【方法】采用综合水质标识指数评价法对 2016 年九洲江水质进行评价。【结果】九洲江 9 个断面综合水质类别均达到水环境功能区目标, 主要污染物依次为氨氮、总磷、溶解氧。从时间变化上来看, 除了 2 月份、6~9 月份丰水期外, 其余月份均出现超标因子。从空间变化上来看, 综合水质标识指数由高到低依次为 1# 陆川污水处理厂下游 > 2# 大桥坝 > 3# 滩面桥、11# 温水浪 > 7# 文车桥、9# 石角镇蟠龙桥、12# 顺路沙场 > 4# 良田坝、5# 飞蛾岭。其中, 1# 陆川污水处理厂下游指数较高是受到上游干流周边的生活污水、工业废水、畜禽养殖废水未经处理排放的影响, 7# 文车桥、11# 温水浪和 9# 石角镇蟠龙桥指数出现升高, 是由于宁潭河、圭地河、古城河 3 条支流的分别汇入。【结论】综合水质标识指数评价法较之综合污染指数法, 弥补了不能直观判断综合水质类别的缺点, 有既能判断综合水质类别, 说明水质达标情况, 识别单因子水质达标个数, 还能够评价劣 V 类水质的黑臭情况的优点。

关键词: 九洲江 水质评价 标识指数法

中图分类号: X824 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-9164(2018)04-0400-09

Abstract: 【Objective】Comprehensive evaluation of water environment quality and comprehensive understanding the water environment pollution characteristics is an important basic work in water environment governance. 【Methods】The water quality of Jiuzhoujiang River was evaluated in 2016 by comprehensive water quality identification index method. 【Results】The comprehensive water quality of the 9 sections of Jiuzhoujiang River reached the goal of water environment function zone, and the main pollutants were NH₃-N, TP and DO. From the time change point of view, except for the wet season in February and June to September, the exceeding standard factors appeared in the remaining months. From the point of space change, the comprehensive water quality identification index

收稿日期: 2017-08-22

修回日期: 2018-06-20

作者简介: 刘捷(1983-), 女, 在职研究生, 工程师, 主要从事环境监测与保护、建设项目竣工环境保护验收工作。

* 广西自然科学基金重大项目“西江流域水环境重金属污染机制与调控”(2013GXNSFEA053001)资助。

** 通信作者: 邓超冰(1962-), 男, 教授级高级工程师, 博士, 博士生导师, 主要从事环境污染监测技术研究, E-mail: dcb715@ sina.com。

from high to low was:1# Luchuan sewage treatment plant downstream>2# Dam Bridge>3# Tanmian Bridge,11# Beach water wave>7# Wenche Bridge,9# Panlong Bridge,12# Shunlu Battlefield>4# Liangtian Dam,5# Feier Ridge. Among them, the higher index of 1# Luchuan sewage treatment plant downstream was affected by the untreated discharge of domestic sewage, industrial wastewater and livestock and poultry breeding wastewater around the upstream mainstream. Due to the separate flows of the three tributaries of the Ningtan River, the Guidi River and the Gucheng River, the index of 7# Wenche Bridge, 11# Beach water wave and 9# Panlong Bridge are affected by the tributaries of Ningtanhe river, Guidihe River and Guchenghe River. **【Conclusion】**Compared with the comprehensive pollution index method, the comprehensive water quality identification index evaluation method compensates for the lack of intuitive judgment of comprehensive water quality categories. It can judge the comprehensive water quality category, explain the water quality standard, identify the number of single factor water quality standards, and can evaluate the black and foul conditions of the inferior V water quality.

Key words:Jiuzhoujiang River, water quality evaluation, mark index method

0 引言

【研究意义】九洲江是一条跨越广西、广东独流入海的河流,发源于广西陆川县沙坡镇秦镜村的文龙径,流经陆川县、博白县的宁潭、文地等乡镇,在陆川县古城镇盘龙圩流入广东湛江的鹤地水库,最后从湛江安铺镇流入北部湾。九洲江流域在广西境内集水面积1 092 km²,干流长94.8 km,多年平均径流量 1.105×10^{10} m³。九洲江是广西沿江乡镇和广东省湛江市的重要水源地,但由于九洲江水资源有限,加上水量分配时空不匀,随着人口快速增长和经济社会高速发展,各水功能区的承载压力越来越大,水污染也日趋严重^[1-5]。2011—2014年两省区对九洲江开展了大规模的污染防治工作,取得了阶段性成果,部分河段水质有所改善^[6]。但是仍存在污染排放现象,水环境污染还未能从根本上得到解决,人民群众生活环境被破坏,造成了经济损失。因此需对九洲江现状水质量的进一步了解及水环境质量进行综合评价,掌握水环境污染特征,对九洲江的污染防治、流域污染源控制和综合治理的后续工作非常必要。**【前人研究进展】**目前国内的水质评价方法主要有单因子评价法、综合污染指数评价法、模糊数学评价法、层次分析评价法、灰色系统评价法、人工神经网络评价法、单因子水质标识指数评价法、综合水质标识指数评价法等水质评价方法^[5,7-19]。单因子评价法以最差水质指标所属类别作为综合水质类别,评价结论表现为过保护^[19]。综合污染指数评价法的特点是计算原理与过程简单,结果表达简洁,但是目前没有非常完善、比较统一的环境质量分级系统^[7]。模糊数学评价法^[13]、层次分析评价法、灰色系统评价法是基于矩阵运算的评价方法,评价结果较符合实际,但在隶属度矩阵、权重选择方面存在不足^[9-14],人工神经网络法是基于样

本训练的评价方法,其特点是能够很好地反映评价因子与水质类别间复杂的非线性关系,但是评价指标的选择不确定、计算复杂、定性评价结果不直观,在理论和方法上还不成熟^[15-16]。**【本研究切入点】**单因子水质标识指数评价法可以对不同类别的水质指标进行比较,可以完整刻画评价指标的水质类别、水质数据、与水环境功能区类别的比较情况,但是不能对水质进行综合评价^[17]。综合水质标识指数法是由同济大学的徐祖信^[18]在借鉴单因子水质标识指数评价法基础上提出一种全新的河流总体的综合水质评价方法,该方法是一种相对简单且能综合反映河流水质整体水平的方法,适用于一条河流不同断面以及不同河流水质的评价比较,更合理评价河流综合水质类别,当综合水质为劣V类水时,能够对I~V类水、劣V类水不黑臭、劣V类水黑臭进行全面、科学合理的定性与定量评价^[19]。石平超等^[20]使用单因子标识指数和综合水质标识指数评价法对湟水干流水质进行评价,单因子标识指数法评价结果(水质类别)要差于综合水质标识指数法评价结果,而且是以最差的水质类别作为评价结果,不能全面反映水质的整体状况,而综合水质标识指数评价法能综合反映河流水质的整体状况。王海波^[21]使用综合水质标识指数法对图们江干流的水质评价,结果表明单因子指数评价法仅标识水质类别;综合污染指数法综合反映了河流污染状况,可以比较污染程度,但不能说明水质类别。而综合水质标识指数法对水质可以进行定性和定量的评价,并且能解决同类水体及劣V类水质的描述问题。**【拟解决的关键问题】**基于以上认识,本研究采用2016年九洲江9个断面和3个支流断面五项指标的监测数据,运用综合水质标识指数评价法和单因子标识指数评价法,从流域和断面水质变化、各项指标污染水平变化等方面对综合水质级别和水环境功能区

达标情况进行评价,分析九洲江流域水质时空变化规律,并提出建议和措施。

1 材料与方法

1.1 采样点布设

根据地表水监测断面和采样点布设原则,综合考虑调查区域特点、干支流分布、污染物分布等因素,2016年1月至12月沿九洲江河流流向设置9个采样点作为监测断面,分别是1#陆川污水处理厂下游、2#大桥坝、3#滩面桥、4#良田坝、5#飞蛾岭、7#文车桥、11#温水浪、12#顺路沙场、9#石角镇蟠龙桥(以下图表中分别简写为1#—12#),断面设置见图1。



图1 2016年九洲江监测断面布点图

剂、密封保存样品并带回实验室分析。采集全程序空白和10%平行样水样作为质控样。

样品分析:水样的分析方法按照《水和废水监测分析方法》(第4版)^[23]进行。用便携式pH计PHSJ-260现场测定pH值用PRO20溶解氧仪现场测定溶解氧(DO)、温度(T)等指标。采用高锰酸盐指数的测定(GB/T 11892-1989)测定COD_{Mn},采用稀释与接种法(HJ 505-2009)测定BOD₅,纳氏试剂分光光度法(HJ 535-2009)测定NH₃-N,钼酸铵分光光度法(GB/T 11893-1989)测定TP。

1.3 评价方法

1.3.1 综合水质标识指数评价法^[19]

综合水质标识指数Iwq由整数位和三位或四位小数位组成,其结构如下:

$$Iwq = X_1 \cdot X_2 X_3 X_4,$$

式中, X_1 为河流总体的综合水质类别; X_2 为综合水质在 X_1 类水质变化区间所处位置; X_3 为参与综合水质评价指标中,劣于水环境功能区目标的单项指标个数; X_4 为综合水质类别与水体功能区类别的比较结果,视综合水质的污染程度, X_4 为一位或两位有效数字。如果综合水质类别好于或达到功能区类别,则 $X_4=0$;如果 $X_4=1$ 或 $X_4=2$,表明综合水质劣于功能区1或2个类别,以此类推。 X_1 、 X_2 的计算公式如下:

$$X_1, X_2 = (1/m) \sum (P_1^* + P_2^* + \dots + P_m^*),$$

式中, m 为参加综合水质评价的水质单项指标的数目; P_1^* 、 P_2^* 、 \dots 、 P_m^* 分别为第1、2、 \dots 、 m 个水质因子的单因子指数,为对应单因子水质标识指数中的整数位和小数位后第1位(单因子水质标识指数中的 X_1 、 X_2)。通过综合水质标识指数Iwq的整数位和小数点后第一位 X_1 、 X_2 ,可以判定综合水质级别以及综合水质随时间和空间变化评价,判定关系见表1。

表1 基于综合水质标识指数的综合水质级别判定

Table 1 Comprehensive water quality classification based on the comprehensive water quality index

| 判断标准 Judgment standard | 综合水质级别 Comprehensive water quality level |
|------------------------------|--|
| $1.0 \leq X_1, X_2 \leq 2.0$ | I类 Level I |
| $2.0 < X_1, X_2 \leq 3.0$ | II类 Level II |
| $3.0 < X_1, X_2 \leq 4.0$ | III类 Level III |
| $4.0 < X_1, X_2 \leq 5.0$ | IV类 Level IV |
| $5.0 < X_1, X_2 \leq 6.0$ | V类 Level V |
| $6.0 < X_1, X_2 \leq 7.0$ | 劣V类不黑臭 Level sub-V (not black and not foul) |
| $X_1, X_2 > 7.0$ | 劣V类黑臭 Level sub-V (black and foul) |

1.3.2 单因子水质标识指数^[18]

单因子水质指数 P 由一位整数、小数点后二位

Fig. 1 Layout of monitoring section of Jiuzhoujiang River in 2016

1.2 样品采集与分析

根据该河段的主要污染特征,选取具有一定代表性的溶解氧、高锰酸盐指数、五日生化需氧量、氨氮和总磷这5项指标进行评价。

样品采集:水样采集、保存、运输按照《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T 91-2002)^[22]进行。在每个采样断面水面下约0.5 m深处采集水样,采样时先用水样荡洗采样器和采样瓶3次(BOD₅除外),然后再将水样采入采样瓶中,按照分析方法要求加固

或三位有效数字组成,其结构为

$$P_i = X_1 \cdot X_2 X_3,$$

式中, X_1 为第 i 项水质指标的水质类别; X_2 为监测数据在 X_1 类水质标准下限值与 X_1 类水质标准上限值变化区间中所处的位置,按四舍五入的原则计算确定; X_3 为水质类别与功能区划设定类别的比较结果,视评价指标的污染程度,为一位或两位有效数字。

2 结果与分析

2.1 综合水质随时间变化评价

选取 2016 年九洲江 5 项指标监测数据的月均值进行评价,每个月单因子水质标识指数和综合水质标

表 2 2016 年九洲江各月份水质评价结果

Table 2 The result of water quality evaluation on Jiuzhoujiang River in 2016

| 时间 Time | 单因子水质标识指数 (P) Single factor pollution index | | | | | 综合水质标识 指数(Iwq) Integrated water quality identification index | 综合水质级别 Comprehensive water quality level | 水功能区目标 Water function zone target | 水环境功能区 达标评价 Water environ- ment functional area standard e- valuation |
|------------|--|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------|-------------|---|---|---|--|
| | 溶解氧 DO | 高锰酸盐 指数 COD _{Mn} | 五日生化 需氧量 BOD ₅ | 氨氮 NH ₃ -N | 总磷 TP | | | | |
| 2016-1 | 2.30 | 2.10 | 2.00 | 4.50 | 3.50 | 2.910 | Ⅱ类 Level Ⅱ | Ⅲ类 Level Ⅲ | 达标 Reach |
| 2016-2 | 1.00 | 2.10 | 3.10 | 3.40 | 3.40 | 2.600 | Ⅱ类 Level Ⅱ | Ⅲ类 Level Ⅲ | 达标 Reach |
| 2016-3 | 1.00 | 2.10 | 3.10 | 6.12 | 4.51 | 3.420 | Ⅲ类 Level Ⅲ | Ⅲ类 Level Ⅲ | 达标 Reach |
| 2016-4 | 2.30 | 2.10 | 4.21 | 5.71 | 4.71 | 3.830 | Ⅲ类 Level Ⅲ | Ⅲ类 Level Ⅲ | 达标 Reach |
| 2016-5 | 4.51 | 2.10 | 3.10 | 4.62 | 4.61 | 3.830 | Ⅲ类 Level Ⅲ | Ⅲ类 Level Ⅲ | 达标 Reach |
| 2016-6 | 3.40 | 2.10 | 2.00 | 3.50 | 3.40 | 2.900 | Ⅱ类 Level Ⅱ | Ⅲ类 Level Ⅲ | 达标 Reach |
| 2016-7 | 1.20 | 2.10 | 2.00 | 3.20 | 3.40 | 2.600 | Ⅱ类 Level Ⅱ | Ⅲ类 Level Ⅲ | 达标 Reach |
| 2016-8 | 3.30 | 2.10 | 2.00 | 3.30 | 2.20 | 2.600 | Ⅱ类 Level Ⅱ | Ⅲ类 Level Ⅲ | 达标 Reach |
| 2016-9 | 3.40 | 2.10 | 2.00 | 2.10 | 2.20 | 2.400 | Ⅱ类 Level Ⅱ | Ⅲ类 Level Ⅲ | 达标 Reach |
| 2016-10 | 4.51 | 2.10 | 2.00 | 4.50 | 3.50 | 3.320 | Ⅲ类 Level Ⅲ | Ⅲ类 Level Ⅲ | 达标 Reach |
| 2016-11 | 2.30 | 2.10 | 2.00 | 3.30 | 4.61 | 2.910 | Ⅱ类 Level Ⅱ | Ⅲ类 Level Ⅲ | 达标 Reach |
| 2016-12 | 2.20 | 2.10 | 2.00 | 3.30 | 4.71 | 2.910 | Ⅱ类 Level Ⅱ | Ⅲ类 Level Ⅲ | 达标 Reach |

注:表中加粗数值为指标值超水功能区目标

Note: Value in the table is the target of the super water function area

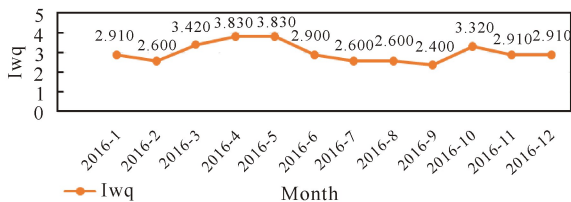


图 2 2016 年九洲江综合水质随时间变化评价

Fig. 2 Evaluation of comprehensive water quality in Jiuzhoujiang River with time in 2016

2.2 综合水质随空间变化评价

选取 2016 年九洲江 9 个断面水质监测数据的年均值进行评价,各断面单因子水质标识指数和综合水质标识指数详见表 3。由表 3 可知,2016 年九洲江综合水质标识指数为 3.820,为Ⅲ类水质,水质状况良

识指数详见表 2。

单因子水质标识指数法对 5 项指标的评价结果推出,除了 2 月份、6~9 月份丰水期外,其余月份均出现超标因子。

从综合水质标识指数法的评价结果看出,2016 年 1~2 月水质为Ⅱ类,3~5 月、10 月水质为Ⅲ类,6~9 月、11~12 月水质平稳为Ⅱ类,全年 12 个月都符合水环境功能区要求。水质优于水环境功能区目标的月份有 8 个,占 66.7%。

2016 年 1~12 月九洲江综合水质随时间变化如图 2 所示。2016 年九洲江综合水质标识指数在 2.000~3.900 波动,呈波浪形变化。

好。监测指标中氨氮污染最严重,其次为总磷,溶解氧,五日生化需氧量和高锰酸盐指数污染较轻,其单因子水质标识指数分别为 5.82,4.71,3.30,3.00,2.10。

1#污水处理厂下游、2#大桥坝水质为Ⅳ类,3#滩面桥、11#温水浪水质为Ⅲ类,4#良田坝到 9#石角镇蟠龙桥、12#顺路沙场水质为Ⅱ类,9 个断面综合水质类别均达到水环境功能区目标。1#污水处理厂下游、2#大桥坝主要污染因子为氨氮和总磷,综合水质标识指数分别为 1#污水处理厂下游 6.03,5.91,2#大桥坝 6.12,5.81,均为达到功能区要求。

九洲江综合水质随空间变化如图 3 所示。九洲江沿程断面污染由上游至下游呈先减轻再加重后减

轻趋势,综合水质标识指数由 4.120 降至 2.600,后增至 3.100,再降到 2.810,呈波浪形变化。1# 污水处理厂下游和 2# 大桥坝指数比较高,主要是上游来水影响,周边的生活污水、工业废水、畜禽养殖废水影响作用明显。3#、4#、5# 断面与上游断面相比水质

有所改善,主要由于水体自净作用。7# 文车桥、11# 温水浪和 9# 石角镇蟠龙桥出现升高,主要原因是宁潭河、圭地河、古城河 3 条支流的分别汇入,支流两岸是居民生活居住,污染来源主要是生活污水和畜禽养殖废水未经处理排放。

Table 3 The result of water quality evaluation on each section of Jiuzhou River in 2016

| 监测断面 Monitoring section | 单因子水质标识指数 (P) Single factor pollution index | | | | | 综合水质标识 指数(Iwq) Integrated water quality identification index | 综合水质级别 Comprehensive water quality level | 水功能区目标 Water function zone target | 水环境功能区 达标评价 Water environ- ment functional area standard e- valuation |
|-------------------------------|--|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------|-------------|---|---|---|--|
| | 溶解氧 DO | 高锰酸盐 指数 COD _{Mn} | 五日生化 需氧量 BOD ₅ | 氨氮 NH ₃ -N | 总磷 TP | | | | |
| 1# | 3.30 | 2.10 | 3.00 | 6.03 | 5.91 | 4.120 | Ⅳ类 Level Ⅳ | Ⅳ类 Level Ⅳ | 达标 Reach |
| 2# | 3.30 | 2.10 | 3.10 | 6.12 | 5.81 | 4.120 | Ⅳ类 Level Ⅳ | Ⅳ类 Level Ⅳ | 达标 Reach |
| 3# | 2.20 | 2.10 | 3.00 | 4.60 | 4.50 | 3.300 | Ⅲ类 Level Ⅲ | Ⅳ类 Level Ⅳ | 达标 Reach |
| 4# | 2.10 | 2.10 | 2.00 | 3.30 | 4.50 | 2.800 | Ⅱ类 Level Ⅱ | Ⅳ类 Level Ⅳ | 达标 Reach |
| 5# | 2.20 | 2.10 | 2.00 | 3.20 | 3.30 | 2.600 | Ⅱ类 Level Ⅱ | Ⅳ类 Level Ⅳ | 达标 Reach |
| 7# | 2.20 | 2.10 | 3.00 | 3.30 | 3.40 | 2.800 | Ⅱ类 Level Ⅱ | Ⅳ类 Level Ⅳ | 达标 Reach |
| 11# | 3.40 | 2.10 | 3.10 | 3.40 | 3.50 | 3.100 | Ⅲ类 Level Ⅲ | Ⅲ类 Level Ⅲ | 达标 Reach |
| 12# | 3.30 | 3.20 | 2.00 | 2.10 | 3.50 | 2.800 | Ⅱ类 Level Ⅱ | Ⅲ类 Level Ⅲ | 达标 Reach |
| 9# | 4.61 | 3.20 | 2.00 | 2.10 | 2.20 | 2.810 | Ⅱ类 Level Ⅱ | Ⅲ类 Level Ⅲ | 达标 Reach |
| 九洲江 Jiuzhoujiang River | 3.30 | 2.10 | 3.00 | 5.82 | 4.71 | 3.820 | Ⅲ类 Level Ⅲ | Ⅲ类 Level Ⅲ | 达标 Reach |

注:表中加粗数值为指标值超水功能区目标

Note: Bold value in the table is the target of the super water function area

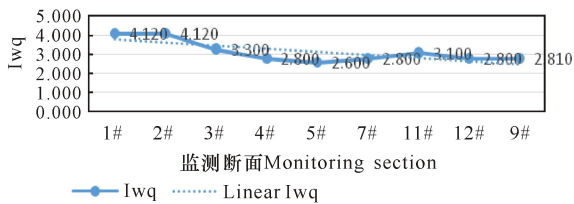


图 3 2016 年九洲江综合水质随空间变化评价

Fig. 3 Spatial variation of comprehensive water quality in Jiuzhoujiang River in 2016

2.3 综合水质标识指数评价结果

选取 2016 年 1~12 月九洲江 9 个断面水质监测数据的月均值进行评价,各断面综合水质标识指数详见表 4,综合水质级别见表 5。

由表 4 可知,2016 年九洲江综合水质标识指数为 2.700,为Ⅱ类水质,水质优。综合水质情况依次

为:1# 陆川污水处理厂下游>2# 大桥坝>3# 滩面桥、11# 温水浪>7# 文车桥、9# 石角镇蟠龙桥、12# 顺路沙场>4# 良田坝、5# 飞蛾岭。除 2# 大桥坝、11# 温水浪个别月份超标外,大部分断面每个月份的水质基本能符合水环境功能区目标。2# 大桥坝 10 月份综合水质标识指数为 7.723,对照表 1, $X_1, X_2 > 7.0$,判断综合水质级别为劣Ⅴ类并黑臭,属于重度污染。结合表 2 可知,10 月份主要超标因子为溶解氧和氨氮;由表 3 可知,2# 大桥坝的主要超标因子为氨氮和总磷。综合以上结论,可判断 2# 大桥坝主要污染因子为氨氮,主要来源是沿岸畜禽养殖废水、生活污水和工业废水。11# 温水浪 3 月份水质为Ⅳ类,属于轻度污染,主要原因是受污染较重的支流圭地河的汇入导致。

表 4 2016 年九洲江综合水质标识指数

Table 4 The comprehensive water quality identification index for the monitoring sections on Jiuzhoujiang River in 2016

| 监测断面 Monitoring section | 2016-1 | 2016-2 | 2016-3 | 2016-4 | 2016-5 | 2016-6 | 2016-7 | 2016-8 | 2016-9 | 2016-10 | 2016-11 | 2016-12 | 2016 |
|----------------------------|--------|--------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------------|---------|---------|-------|
| 1# | 4.120 | 3.300 | 3.720 | 4.120 | 3.620 | 3.310 | 3.310 | 3.710 | 2.600 | 4.110 | 3.610 | 4.220 | 3.810 |
| 2# | 4.120 | 2.900 | 4.110 | 4.620 | 3.920 | 3.410 | 3.300 | 3.700 | 2.400 | 7.723 | 3.510 | 3.720 | 3.720 |
| 3# | 3.100 | 2.600 | 4.110 | 4.000 | 2.900 | 2.800 | 2.300 | 2.800 | 2.100 | 3.000 | 2.000 | 2.400 | 3.100 |
| 4# | 2.600 | 2.600 | 3.310 | 3.100 | 2.900 | 2.600 | 2.300 | 2.400 | 2.100 | 2.800 | 2.100 | 2.500 | 2.600 |
| 5# | 2.900 | 2.600 | 2.800 | 3.000 | 2.900 | 3.400 | 2.600 | 2.300 | 2.300 | 2.100 | 2.100 | 2.300 | 2.600 |
| 7# | 2.600 | 2.400 | 2.800 | 3.600 | 3.100 | 2.600 | 2.800 | 3.300 | 2.600 | 2.600 | 3.000 | 2.400 | 2.800 |
| 11# | 1.900 | 2.300 | 2.300 | 2.300 | 2.910 | 3.410 | 2.600 | 3.520 | 2.600 | 3.110 | 2.800 | 3.100 | 2.800 |
| 12# | 3.310 | 2.810 | 4.311 | 3.620 | 2.910 | 3.100 | 3.520 | 2.820 | 3.520 | 3.210 | 3.120 | 2.400 | 3.100 |
| 9# | 3.110 | 2.500 | 2.800 | 2.410 | 2.810 | 2.800 | 2.800 | 2.300 | 3.510 | 2.810 | 3.110 | 2.900 | 2.800 |
| 九洲江 Jiuzhou River | 3.920 | 3.020 | 3.720 | 4.310 | 4.421 | 3.620 | 3.110 | 3.310 | 3.310 | 3.310 | 3.320 | 3.420 | 2.700 |

注:表中加粗数值为指标值超水功能区目标

Note: Bold value in the table is the target of the super water function area

表 5 2016 年九洲江各断面综合水质级别

Table 5 The comprehensive water quality grade for the monitoring sections on Jiuzhoujiang River in 2016

| 监测断面 Monitoring section | 月份 Month | | | | | | | | | | | | 全年 Year | 水功能区 目标 Water function zone target | 水环境功能区 达标评价 Water environ- ment functional area standard evaluation |
|------------------------------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|-----|-----|------------|---|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | | |
| 1# | IV | III | III | IV | III | III | III | III | II | IV | III | IV | III | IV类 Level IV | 达标 Reach |
| 2# | IV | II | IV | IV | III | III | III | III | II | 劣V类 黑臭 Level sub-V (black and foul) | III | III | III | IV类 Level IV | 达标 Reach |
| 3# | III | II | IV | IV | II | II | II | II | II | III | II | II | III | IV类 Level IV | 达标 Reach |
| 4# | II | II | III | III | II | II | II | II | II | II | II | II | II | IV类 Level IV | 达标 Reach |
| 5# | II | II | II | III | II | III | II | II | II | II | II | II | II | IV类 Level IV | 达标 Reach |
| 7# | II | II | II | III | III | II | II | III | II | II | III | II | II | IV类 Level IV | 达标 Reach |
| 11# | III | II | IV | IV | II | III | III | II | III | III | III | II | III | III类 Level III | 达标 Reach |
| 12# | III | II | II | III | II | II | II | II | III | II | III | II | II | III类 Level III | 达标 Reach |
| 9# | I | II | II | II | II | III | II | III | II | III | II | III | II | III类 Level III | 达标 Reach |
| 九洲江 Jiuzhoujiang River | III | III | III | IV | IV | III | III | III | III | III | III | III | II | III类 Level III | 达标 Reach |

九洲江综合水质变化如图 4 所示,综合水质标识指数除了 2# 大桥坝 10 月份为 7.723 外,其余指数均在 1.900~4.220 变化,变化趋势不显著。

2.4 不同水质评价方法评价结果对比

采用综合污染指数评价法对 2016 年九洲江 9 个断面进行评价,并与综合水质标识指数评价法结果进行对比^[24],详见表 6。结果显示,两种方法评价 1#、2#、3#、11# 共 4 个断面的结果差异不大,综合水质标识指数评价 4#、5#、7#、9#、12# 共 5 个断面的评价结果优于综合污染指数法的评价结果。结果表明,综合污染指数评价法能够直观判断综合水质是否达到水质功能区目标和水质类别的范围,但是不能明确水质类别。而综合水质标识指数评价法较之综合

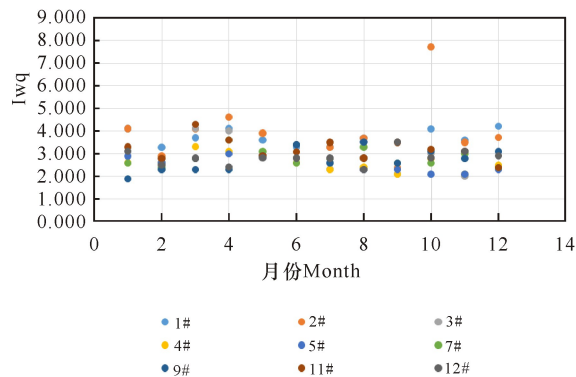


图 4 2016 年九洲江综合水质变化评价

Fig. 4 The comprehensive water quality change of Jiuzhoujiang River during the year 2016

表 6 两种评价方法评价结果对比

Table 6 The result of water quality assessment using two evaluation methods

| 监测断面 Monitoring section | 综合污染指数法 Comprehensive pollution index method | | 综合水质标识指数法 Comprehensive water quality identification index method | | 水功能区目标 Water function zone target | 水环境功能区达标评价 Water environment functional area standard evaluation |
|-------------------------------|--|------------------------------|---|-----------------------------------|---|--|
| | P | 评价结果 Evaluation result | Iwq | 水质类别 Class of water quality | | |
| 1# | 4.4 | >Ⅲ | 3.810 | Ⅲ | Ⅳ类 Level Ⅳ | 达标 Reach |
| 2# | 4.5 | >Ⅲ | 3.720 | Ⅲ | Ⅳ类 Level Ⅳ | 达标 Reach |
| 3# | 3.8 | >Ⅲ | 3.100 | Ⅲ | Ⅳ类 Level Ⅳ | 达标 Reach |
| 4# | 3.4 | >Ⅲ | 2.600 | Ⅱ | Ⅳ类 Level Ⅳ | 达标 Reach |
| 5# | 3.1 | >Ⅲ | 2.600 | Ⅱ | Ⅳ类 Level Ⅳ | 达标 Reach |
| 7# | 3.5 | >Ⅲ | 2.800 | Ⅱ | Ⅳ类 Level Ⅳ | 达标 Reach |
| 11# | 3.6 | >Ⅲ | 3.100 | Ⅲ | Ⅲ类 Level Ⅲ | 达标 Reach |
| 12# | 3.2 | >Ⅲ | 2.800 | Ⅱ | Ⅲ类 Level Ⅲ | 达标 Reach |
| 9# | 2.7 | >Ⅲ | 2.800 | Ⅱ | Ⅲ类 Level Ⅲ | 达标 Reach |

注:表中加粗数值为两种方法评价结果不一致的数值

Note: Bold value in the table are inconsistent with the results of two methods

污染指数法,除了能判断水质类别说水质达标情况,识别单因子水质达标个数。

3 讨论

采用综合水质标识指数评价法评价九州江水质,结果表明,九州江整体水质达水功能区目标。个别断面单个月份出现超标,2#大桥坝10月份综合水质标识指数为7.723,对照表1, X_1 、 $X_2 > 7.0$,判断综合水质级别为劣V类并黑臭,属于重度污染;11#温水浪3月份水质为Ⅳ类,属于轻度污染。评价结果显示,综合水质标识指数评价法对综合水质级别的分类更加详细,在常规水质评价劣V类水质的基础上,再细分为水质劣V类不黑臭和水质劣V类并黑臭,能够表征黑臭水体,更进一步反映河流的污染程度。

采用单因子水质标识指数法对九州江从时空变化上进行分析,结果与综合水质标识指数评价法一致,表明3月、10月份出现污染因子氨氮和总磷,2#大桥坝污染因子主要是氨氮。结合河流沿岸的污染源排放情况分析,可推断2#大桥坝10月份水质为劣V类并黑臭主要原因是沿岸畜禽养殖废水、生活污水和工业废水的污染。11#温水浪超标主要原因是受污染较重的支流圭地河的河水汇入。

在此基础上,将综合水质标识指数评价法与传统的综合污染指数评价法两种方法进行对比,结果表明综合水质标识指数评价法弥补了不能直观判断综合水质类别的不足,并优于综合污染指数评价法,能判断并细分综合水质类别,说明水质达标情况。

4 结论

(1)本文采用综合水质标识指数评价法和单因子水质标识指数评价法对2016年九州江干流进行评价。2016年九州江综合水质标识指数为2.700,为Ⅱ类水质,水质优。综合水质标识指数由高到低依次为1#陆川污水处理厂下游>2#大桥坝>3#滩面桥、11#温水浪>7#文车桥、9#石角镇蟠龙桥、12#顺路沙场>4#良田坝、5#飞蛾岭。九州江主要污染物为氨氮,其次为总磷,2#大桥坝10月份水质为劣V类并黑臭,属于重度污染,主要超标因子为氨氮,主要原因是沿岸畜禽养殖废水、生活污水和工业废水的污染。结果表明,综合水质标识指数评价法对综合水质级别的分类更加详细,在常规水质评价劣V类水质的基础上,再细分为水质劣V类不黑臭和水质劣V类并黑臭,能够表征黑臭水体,更进一步反映河流的污染程度。

(2)从时间变化上来看,九州江全年都符合水环境功能区要求。从空间变化上来看,每个监测断面都符合水环境功能区要求,7#文车桥、11#温水浪和9#石角镇蟠龙桥出现升高,主要原因是宁潭河、圭地河、古城河3条支流的分别汇入,支流的污染来源主要是畜禽养殖废水。

(3)采用综合污染指数评价法与综合水质标识指数评价法两种评价方法进行对比,后者评价结果优于前者。综合污染指数评价法能够直观判断综合水质是否达到水质功能区目标和水质类别的范围。而综合水质标识指数评价法则既能判断综合水质类别,细

分类别的污染程度,说明水质达标情况,识别单因子水质达标个数,更进一步反映水质的污染状况。

参考文献:

- [1] 孟伟. 中国流域水环境污染综合防治战略[J]. 中国环境科学, 2007, 27(5): 712-716.
MENG W. The strategy of comprehensive pollution prevention and cure of water environment in Chinese water shed[J]. China Environmental Science, 2007, 27(5): 712-716.
- [2] 孟伟, 王海燕, 王业耀. 流域水质目标管理技术研究(Ⅳ)——控制单元的水污染物排放限值与削减技术评估[J]. 环境科学研究, 2008, 21(2): 1-9.
MENG W, WANG H Y, WANG Y Y. The study on technique of basin water-quality target management IV: The control-unit-based effluent permit limits and pollutant reduction technology assessment[J]. Research of Environmental Sciences, 2008, 21(2): 1-9.
- [3] 韦利珠. 九洲江广西流域水功能区水环境质量分析及保护治理研究[J]. 人民珠江, 2014(6): 130-133
WEI L Z. Water function area water environmental quality analysis and protection study of Jiuzhou River in Guangxi basin[J]. Pearl River, 2014(6): 130-133.
- [4] 李斌, 谭趣孜, 李蕾鲜, 等. 2014 年北部湾主要河流的污染状况及污染物入海通量[J]. 广西科学, 2018, 25(2): 172-180.
LI B, TAN Q Z, LI L X, et al. The research on contaminative conditions and pollutants fluxing into sea of major rivers in Guangxi Beibu Gulf in 2014[J]. Guangxi Sciences, 2018, 25(2): 172-180.
- [5] 朱静平. 几种水环境质量综合评价方法的探讨[J]. 西南科技大学学报, 2002, 17(4): 62-67.
ZHU J P. Comparison of several comprehensive assessment methods of water environmental quality[J]. Journal of Southwest University of Science and Technology, 2002, 17(4): 62-67.
- [6] 广东省环境保护厅, 广西壮族自治区环境保护厅. 粤桂两省区九洲江流域水污染防治规划[R]. 2015, 11.
Guangdong Provincial Environmental Protection Bureau, the Guangxi Zhuang Autonomous Region Environmental Protection Bureau. The two provinces of Guangdong and Guangxi Jiuzhou River Basin water pollution prevention plan[R]. 2015, 11.
- [7] 刘琰, 郑丙辉, 付青, 等. 水污染指数法在河流水质评价中的应用研究[J]. 中国环境监测, 2013, 29(3): 49-55.
LIU Y, ZHENG B H, FU Q, et al. Application of water pollution in water quality assessment of rivers[J]. Environmental Monitoring in China, 2013, 29(3): 50-55.
- [8] 蒋火华, 朱建平, 梁德华, 等. 综合污染指数评价与水质类别判定的关系[J]. 中国环境监测, 1999, 15(6): 46-48.
JIANG H H, ZHU J P, LIANG D H, et al. The relationship between comprehensive pollution index assessment and water quality type distinguishing[J]. Environmental Monitoring in China, 1999, 15(6): 46-48.
- [9] 卢秋, 邓渠成, 卢苇, 等. 龙江河水体重金属污染状况及健康风险评价[J]. 广西科学, 2016, 23(5): 478-484.
LU Q, DENG Q C, LU W, et al. Assessment on the status health risk of heavy metal pollutions of Longjiang River[J]. Guangxi Sciences, 2016, 23(5): 478-484.
- [10] 邓峰. 大气环境质量综合评价的一种新方法——模糊综合指数法[J]. 干旱环境监测, 1991, 5(2): 118-123.
DENG F. A new method of air quality assessment-fuzzy comprehensive index method[J]. Avid Environmental Monitoring, 1991, 5(2): 118-123.
- [11] 吴运敏, 陈求稳, 李静. 模糊综合评价在小流域河道水质时空变化研究中的应用[J]. 环境科学学报, 2011, 31(6): 1198-1205.
WU Y M, CHEN Q W, LI J. Fuzzy comprehensive assessment on spatio-temporal variation of water quality of a small catchment[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2011, 31(6): 1198-1205.
- [12] 王肖肖, 张妙仙, 徐兵兵. 模糊标识指数与对应分析法在水质评价中的联合应用[J]. 环境科学学报, 2012, 32(5): 1227-1235.
WANG X X, ZHANG M X, XU B B. Combination and application of fuzzy identification index and correspondence analysis method in water quality evaluation[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2012, 32(5): 1227-1235.
- [13] 刘传. 南宁市邕江水水质模糊综合评价[J]. 广西科学院学报, 2011, 27(2): 156-158.
LIU C. Evaluation on water quality of Yongjiang River in Nanning by fuzzy comprehensive assessment method [J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2011, 27(2): 156-158.
- [14] 邓聚龙. 灰色系统基本方法[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1987.
DENG J L. The primary methods of grey system theory [M]. Wuhan: Huazhong Institute of Technology Press, 1987.
- [15] 王莲芬, 许树柏. 层次分析法引论[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1990.
WANG L F, XU S B. An introduction to analytic hierarchy process [M]. Beijing: China Renmin University Press, 1990.
- [16] 李祚泳. 基于 B-P 网络的水质营养状态评价模型及其效果检验[J]. 环境科学学报, 1995, 15(2): 186-191.
LI Z Y. A water quality assessment model for trophic state based on B-P neural network and its verification

- [J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 1995, 15(2): 186-191.
- [17] 李祚泳, 邓新民. 人工神经网络在水环境质量评价中的应用[J]. *中国环境监测*, 1996, 12(2): 36-39.
LI Z Y, DENG X M. Application of artificial neural network to the assessment of water environmental quality [J]. *Environmental Monitoring in China*, 1996, 12(2): 36-39.
- [18] 徐祖信. 我国河流单因子水质标识指数评价方法研究[J]. *同济大学学报: 自然科学版*, 2005, 33(3): 321-325.
XU Z X. Single factor water quality identification index for environmental quality assessment of surface water [J]. *Journal of Tongji University: Natural Science*, 2005, 33(3): 321-325.
- [19] 徐祖信. 我国河流综合水质标识指数评价方法研究[J]. *同济大学学报: 自然科学版*, 2005, 33(4): 482-488.
XU Z X. Comprehensive water quality identification index for environmental quality assessment of surface water [J]. *Journal of Tongji University: Natural Science*, 2005, 33(4): 482-488.
- [20] 石平超, 赵霞, 崔玉香. 基于综合水质标识指数的湟水水质评价[J]. *人民黄河*, 2014, 36(11): 69-73.
SHI P C, ZHAO X, CUI Y X. Application of comprehensive water quality identification index in water quality evaluation of Huangshui River [J]. *Yellow River*, 2014, 36(11): 69-73.
- [21] 王海波. 几种河流水质评价方法的比较分析[J]. *黑龙江科技信息*, 2011(27): 197-198.
WANG H B. A comparative analysis of several river water quality evaluation methods [J]. *Heilongjiang Science and Technology Information*, 2011(27): 197-198.
- [22] 国家环境保护总局. 地表水和污水监测技术规范: HJ/T 91-2002[S]. 北京: 中国环境出版社, 2003.
State Environmental Protection Administration. Technical specifications requirements for monitoring of surface water and waste water: HJ/T 91-2002 [S]. Beijing: China Environment Press, 2003.
- [23] 国家环境保护总局水和废水监测方法编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 第4版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
State Environmental Protection Administration. Methods for monitoring and analysis of water and wastewater [M]. 4th ed. Beijing: China Environmental Science Press, 2002.
- [24] 国家环境保护总局, 国家质量监督检验检疫总局. 地表水环境质量标准: GB 3838-2002[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2003.
State Environmental Protection Administration, General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Environmental quality standards for surface water: GB 3838-2002 [S]. Beijing: Chinese Environmental Science Press, 2003.

(责任编辑: 符支宏)