

## 综合水质标识指数法在衢江渔业水域水质评价中的应用

王雨辰<sup>1</sup>, 徐磊<sup>1</sup>, 叶雪平<sup>1</sup>, 周冬仁<sup>1</sup>, 王俊<sup>1</sup>, 孙博怿<sup>1</sup>, 高晟<sup>1</sup>, 吴琦芳<sup>1</sup>, 叶霆<sup>2\*</sup>, 林锋<sup>1</sup>

(1. 浙江省淡水水产研究所湖州市水产品品质提升与加工技术重点实验室, 浙江湖州 313001; 2. 衢州市水产技术推广中心, 浙江衢州 324000)

**摘要** 为了促进渔业绿色高效发展, 加强对渔业环境监测和治理, 针对衢江段水域环境指标进行长期监测, 并应用综合水质标识指数法对该渔业水域进行评价。结果表明, 衢江渔业水质能够满足不同功能区的需要。2017—2021年衢江水质在波动中提升, 特别是源头水质提升明显, 分析结果与历年衢州渔业水质通报相符, 这一方面说明采用综合水质标识指数法对水体的水质评价效果较好, 另一方面也表明通过加大渔业水域生态调控与治理能够有效地改善区域水环境。

**关键词** 渔业水域; 水质评价; 综合水质标识指数法; 衢江

中图分类号 X824 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2023)02-0060-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.02.016

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Application of Comprehensive Water Quality Identification Index Method in Water Quality Assessment of Fishery Water in Qujiang River

WANG Yu-chen, XU Lei, YE Xue-ping et al (Zhejiang Institute of Freshwater Fisheries, Huzhou Key Laboratory of Aquatic Product Quality Improvement and Processing Technology, Huzhou, Zhejiang 313001)

**Abstract** In order to promote the green and efficient development of fishery, strengthen the monitoring and management of fishery environment, the environmental indicators of Qujiang reach were monitored for a long time, and the comprehensive water quality identification index method was used to evaluate the fishery waters. The results showed that the fishery water quality of Qujiang River could meet the needs of different functional areas. The water quality of Qujiang improved in the fluctuation from 2017 to 2021, especially the water quality of the source improved significantly. The analysis results were consistent with the fishery water quality reports of Quzhou in previous years, which indicated that the comprehensive water quality identification index method had a good effect on water quality evaluation. On the other hand, it also indicated that the regional water environment could be effectively improved by strengthening ecological regulation and management of fishery waters.

**Key words** Fishery water; Water quality assessment; Comprehensive water quality identification index method; Qujiang

积极促进渔业绿色扎实发展, 持续加大水生生物资源养护, 这是“十四五”时期全面推进乡村振兴进程中对渔业发展的要求<sup>[1]</sup>。浙江省衢州市地处钱塘江上游<sup>[2]</sup>, 境内渔业水域资源相对丰富, 随着近年来经济的快速发展, 人口密度也在逐渐增加, 导致区域内渔业水域水体的富营养化程度在呈上升趋势。据调查, “十三五”期间衢州地区渔业水域水库水体总体为中营养, 而兼具养殖功能的水库则表现为水体富营养化<sup>[3]</sup>。因此, 各级政府部门联合科研工作者, 通过对天然水域进行限养、禁养分类规划管理, 对于主要密集养殖区域进行养殖尾水处理系统的实施应用, 进而实现对整个区域的水环境进行改善提升。在富营养化水体中, pH、溶解氧、叶绿素a等常规水质指标之间存在一定的相关性<sup>[4]</sup>, 研究衢州市渔业水域水体中特定指标的变化规律, 能够对水环境的实际状态进行预判, 有利于对水域生态变化进行更准确的评价。

水质评价是解决水体污染和保护水环境的基础, 目前常见的水质评价方法有模糊评价法<sup>[5]</sup>、主成分分析法<sup>[6]</sup>、污染指数评价法<sup>[7]</sup>、灰色系统理论评价法<sup>[8]</sup>、人工神经网络评价法<sup>[9]</sup>等。对比这些评价方法, 综合指数法因其原理简单、易于操作, 能完整表达河流总体的综合水质信息, 使其在水质调查和评价中得到广泛应用。笔者应用综合水质标识指数法评价了2017—2021年衢江渔业水域5个监测点的水质情

况, 以期能客观真实地反映该水域的水质情况。

#### 1 资料与方法

**1.1 研究区域概况** 衢江河段干流长83 km, 是钱塘江主要支流和源头之一, 发源于安徽休宁县的马金溪, 主河上源由常山港、江山港起, 流向东北至衢州市汇合而成, 途经开化县、常山县、江山市、衢江区、龙游县境至金华市兰溪市汇入兰江。

衢江流域位于我国地形的第三阶梯上, 位于金衢盆地以西, 主要是丘陵和山地, 占82%以上, 耕地较少, 河流错综复杂, 以衢江为中心线, 地形由南北对称向两边开展, 海拔也由中心线向两边依次升高, 由河谷平滩、丘陵、山地分别向两边延伸。衢江流域面积1.11万km<sup>2</sup>, 多年平均流量386 m<sup>3</sup>/s。降水年内分配不均, 河川源短流急, 丰枯相差悬殊, 雨季洪水成灾, 汛期多年平均径流量占年径流量的55%以上, 可高达79.3%, 旱季供水不足, 多年平均径流量占年径流量的15.5%~19.8%, 可低至2.8%<sup>[2, 10]</sup>, 在相同气象条件下径流和水量平衡稳定<sup>[11]</sup>。

**1.2 数据收集** 数据来源于衢州市渔业水域水质监测通报和浙江省淡水渔业环境监测站的监测记录。对2017—2021年衢州渔业水域的5个主要监测点(图1)共20个季度的水质监测数据进行了分析, 实际监测指标共计13项。根据综合标识指数法原理, 如果将未检出的指标纳入综合标识指数计算会降低隔断面综合指数之间的差异, 不利于后续的水质对比与分析, 也会总体降低各断面综合指标值使其结论偏离实际情况, 因此评价剔除了10项常年未检出的指标, 选择溶

**基金项目** 浙江省重点研发项目(2017C2026); 浙江省院所专项(2021YSZX007)。

**作者简介** 王雨辰(1982—), 男, 浙江平阳人, 高级工程师, 从事渔业环境保护及评价研究。\*通信作者, 工程师, 从事水产技术推广与渔业环境管理工作。

**收稿日期** 2022-02-21

解氧(DO)、氨氮( $\text{NH}_4^+-\text{N}$ )和总磷(TP)3个指标建立评价体系。历年监测原始数据见表1。根据《地表水环境质量标

准》(GB 3838—2002),此次研究的第1~4个监测点水质考核目标为Ⅱ类,第5个监测点水质考核目标为Ⅲ类。

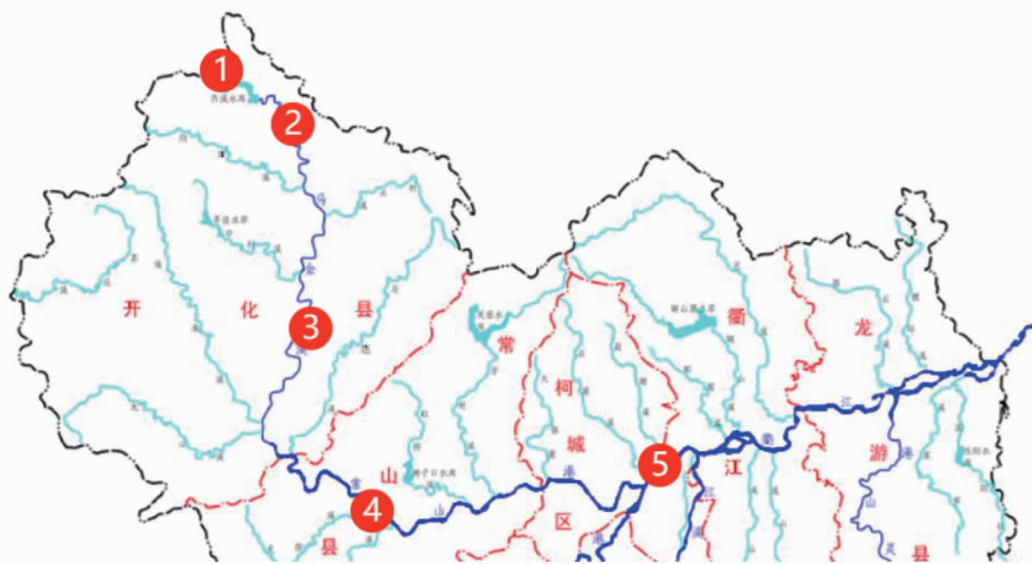


图1 衢江渔业水域监测点分布

Fig.1 Distribution of monitoring points in Qujiang fishery water

表1 衢江渔业水域主要水质污染指标监测数据

Table 1 Monitoring data of main water quality pollution index in Qujiang fishery waters

单位:mg/L

年份 Year	季度 Quarter	齐溪 Qixi			高岭 Gaoling			钱江源 Resource of Qianjiang River			常山港 Port of Changshan			信安湖 Xinan Lake		
		DO	$\text{NH}_4^+-\text{N}$	TP	DO	$\text{NH}_4^+-\text{N}$	TP	DO	$\text{NH}_4^+-\text{N}$	TP	DO	$\text{NH}_4^+-\text{N}$	TP	DO	$\text{NH}_4^+-\text{N}$	TP
2017	Q <sub>1</sub>	10.9	0.12	0.09	11.5	0.09	0.13	13.1	0.06	0.11	14.6	0.13	0.11	13.8	0.57	0.16
	Q <sub>2</sub>	8.7	0.18	0.02	9.3	0.20	0.03	7.9	0.18	0.03	9.6	0.16	0.05	9.2	0.14	0.05
	Q <sub>3</sub>	6.8	0.12	0.02	5.7	0.08	0.03	7.1	0.08	0.04	8.6	0.08	0.02	7.1	0.13	0.06
	Q <sub>4</sub>	8.0	0.11	0.25	8.6	0.03	0.06	8.8	0.03	0.03	8.5	0.03	0.03	4.3	0.05	0.08
2018	Q <sub>1</sub>	6.1	0.18	0.05	5.5	0.09	0.03	7.6	0.12	0.03	5.6	0.11	0.05	6.5	0.17	0.07
	Q <sub>2</sub>	7.1	0.17	0.13	7.9	0.17	0.13	8.1	0.26	0.18	7.0	0.25	0.19	7.6	0.24	0.17
	Q <sub>3</sub>	7.2	—	0.02	6.5	—	0.01	7.3	—	0.03	6.7	0.03	0.02	5.3	0.09	0.07
	Q <sub>4</sub>	7.3	0.90	0.04	7.3	0.03	0.02	7.8	0.03	0.02	6.8	0.08	0.01	6.6	0.04	0.06
2019	Q <sub>1</sub>	8.4	0.37	0.12	8.3	0.16	0.07	8.4	0.13	0.06	6.5	0.17	0.02	7.1	0.26	0.13
	Q <sub>2</sub>	7.3	0.28	0.06	7.3	0.18	0.06	7.8	0.16	0.12	7.4	0.21	0.12	5.6	1.05	0.71
	Q <sub>3</sub>	7.4	0.27	0.05	7.6	0.18	0.05	6.9	0.16	0.07	6.0	0.20	0.07	7.1	0.69	0.10
	Q <sub>4</sub>	7.4	0.22	0.03	7.8	0.19	0.02	8.0	0.18	0.02	7.6	0.21	0.04	7.7	0.28	0.08
2020	Q <sub>1</sub>	9.1	0.12	0.02	9.2	0.11	0.02	8.1	0.16	0.03	8.3	0.14	0.03	8.1	0.17	0.08
	Q <sub>2</sub>	7.4	0.29	0.02	7.9	0.39	0.04	6.8	0.37	0.19	7.2	0.28	0.04	7.2	0.47	0.08
	Q <sub>3</sub>	8.6	0.05	0.02	9.1	0.06	0.02	8.9	0.11	0.04	8.6	0.16	0.03	8.7	0.20	0.06
	Q <sub>4</sub>	8.6	0.10	0.06	8.9	0.13	0.05	5.5	0.19	0.23	9.8	0.97	0.14	9.3	0.37	0.07
2021	Q <sub>1</sub>	8.6	0.16	0.04	8.6	0.13	0.03	8.6	0.08	0.02	7.6	0.16	0.04	8.1	0.19	0.06
	Q <sub>2</sub>	7.1	0.20	0.02	7.6	0.21	0.02	7.5	0.20	0.04	7.5	0.19	0.02	7.3	0.22	0.04
	Q <sub>3</sub>	7.5	0.14	0.01	7.2	0.13	0.01	8.4	0.08	0.14	7.3	0.11	0.02	7.4	0.20	0.01
	Q <sub>4</sub>	7.7	0.05	0.02	8.5	0.06	0.03	8.1	0.08	0.23	9.1	0.04	0.02	8.9	0.32	0.09

**1.3 单因子水质标识指数** 根据各监测点实测数据,利用公式计算得到各监测点单因子水质标识指数。该指数可以反映监测点内各水质指标特征,单因子水质标识指数( $P_i$ )由一位整数、小数点后2位或3位有效数字组成,结构表示为:

$$P_i = X_1 . X_2 X_3 \quad (1)$$

式中, $X_1$ 为第*i*项水质指标的水质类别; $X_2$ 为检测数据在 $X_1$

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; $X_3$ 为该单项水质类别与功能区设定类别的比较结果,表明指标的污染程度<sup>[12]</sup>。

**1.4 综合水质标识指数** 综合水质标识指数评价法是以单因子水质评价为基础,对河流水质进行多因子综合分析评价的方法<sup>[13]</sup>。公式如下:

$$CWQL = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_4 \quad (2)$$

$$X_1 \cdot X_2 = \frac{1}{n} \sum P_i \quad (3)$$

式中,  $X_1$  为河流总体的综合水质类别;  $X_2$  为综合水质在  $X_1$  类水质变化区间内所处位置;  $X_3$  为参与综合水质评价的水质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环境功能区类别的比较结果, 表明综合水质的污染程度;  $P_i$  为第  $i$  个水质因子的单因子水质标识指数。

**1.5 水质指标级别判定** 根据《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) 和徐祖信<sup>[13]</sup> 的研究, 水质指标判定关系如表 2 所示。

表 2 水质指标级别判定

Table 2 Determination of water quality index

判断依据 Basis of judgment	单因子水质指标级别 Single-factor water quality index level	综合水质级别 Comprehensive water quality level
$1.0 \leq X_1 \cdot X_2 \leq 2.0$	I类	I类
$2.0 < X_1 \cdot X_2 \leq 3.0$	II类	II类
$3.0 < X_1 \cdot X_2 \leq 4.0$	III类	III类
$4.0 < X_1 \cdot X_2 \leq 5.0$	IV类	IV类
$5.0 < X_1 \cdot X_2 \leq 6.0$	V类	V类
$6.0 < X_1 \cdot X_2 \leq 7.0$	劣V类	劣V类且不黑臭
$X_1 \cdot X_2 > 7.0$	劣V类	劣V类且黑臭

## 2 结果与分析

**2.1 单因子水质标识指数评价** 运用单因子水质标识指数法对衢州渔业水域 5 个监测点进行评价, 评价结果见图 2~6。从图 2~6 可以看出, 齐溪监测点主要超标指标为氨氮和总磷, 其中氨氮在 2018 年的第 4 季度(Q<sub>4</sub>)有超标情况, 总磷在 2017 年第 4 季度、2018 年第 2 季度(Q<sub>2</sub>)和 2019 年第 1 季度(Q<sub>1</sub>)有超标情况, 在 2019 年第 2 季度之后该监测点无超标项。高岭监测点的水位显著低于齐溪监测点, 该监测点常年水深不足 0.3 m, 该监测点主要超标指标为溶解氧和总磷, 溶解氧在 2017 年第 3 季度(Q<sub>3</sub>)和 2018 年第 1 季度有超标情况, 总磷在 2017 年第 1 季度和 2018 年第 2 季度有超标情况, 自 2018 年第 3 季度后也无超标项。钱江源监测点位于开化县城边, 该监测点主要超标项为溶解氧和总磷, 其中溶解氧在 2020 年第 4 季度有超标情况, 总磷在 2017 年第 1 季度、2018 年第 2 季度、2019 年第 2 季度、2020 年第 2 季度和第 4 季度、2021 年第 3 季度和第 4 季度有超标情况。常山港监测点位于常山县城新区, 该监测点主要超标项为溶解氧和总磷, 其中溶解氧在 2018 年第 1 季度和 2019 年第 3 季度有超标情况, 总磷在 2017 年第 1 季度、2018 年第 2 季度、2019 年第 2 季度和 2020 年第 4 季度有超标情况。信安湖位于衢州市中心城区, 主要超标项为溶解氧、氨氮和总磷, 其中溶解氧在 2017 年第 4 季度有超标情况, 氨氮在 2019 年第 2 季度有超标情况, 总磷在 2017 年第 1 季度、2018 年第 2 季度、2019 年第 1 季度和第 2 季度。

**2.2 综合水质标识指数评价** 采用综合水质标识指数法对衢江 5 个监测点的水质进行评价, 评价结果见表 3。计算结

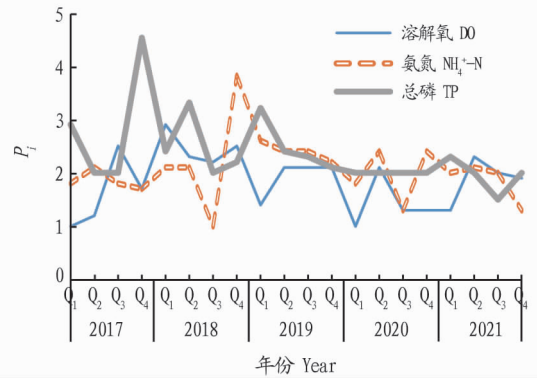


图 2 齐溪监测点单因子水质标识指数 ( $P_i$ )

Fig.2 The single factor water quality identification index ( $P_i$ ) in Qixi monitoring point

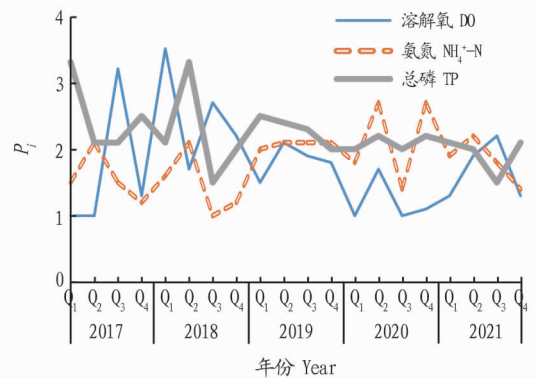


图 3 高岭监测点单因子水质标识指数 ( $P_i$ )

Fig.3 The single factor water quality identification index ( $P_i$ ) in Gaoling monitoring point

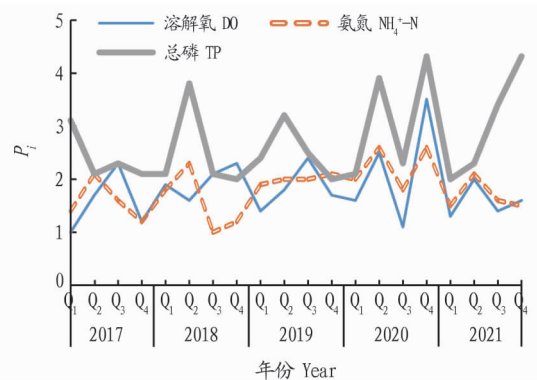


图 4 钱江源监测点单因子水质标识指数 ( $P_i$ )

Fig.4 The single factor water quality identification index ( $P_i$ ) in Resource of Qianjiang River monitoring point

果表明, 衢江渔业水质全部达到水体的功能要求, 齐溪监测点从 2017 年的 II 类在 2021 年提升至 I 类, 高岭监测点、钱江源监测点和常山港监测点在 I~II 类波动, 信安湖监测点在 II~III 类。从时间上看, 5 个监测点水质 2017—2021 年在波动中有所提升; 从空间上看, 源头水质好于其他江段水质; 远离人类聚集区的水域的水质优于人类聚集区的水质。该结果与衢州市渔业水域水质监测通报一致, 说明综合水质标识指数法能够较好地评价河流水体水质。

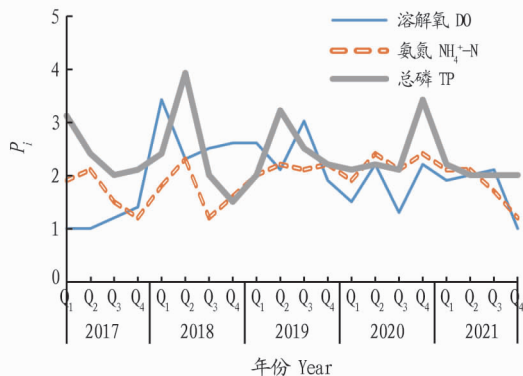


图 5 常山港监测点单因子水质标识指数 ( $P_i$ )

Fig.5 The single factor water quality identification index ( $P_i$ ) in Port of Changshan monitoring point

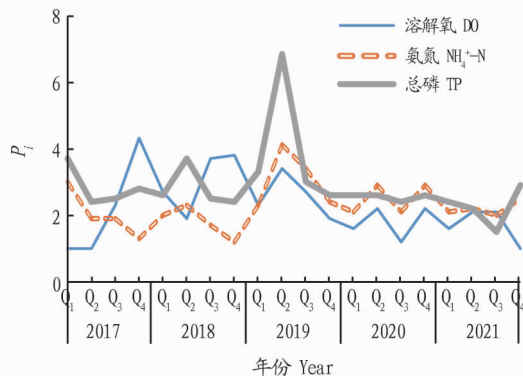


图 6 信安湖监测点单因子水质标识指数 ( $P_i$ )

Fig.6 The single factor water quality identification index ( $P_i$ ) in Xinan Lake monitoring point

表 3 衢州渔业水域年均水质评价结果

Table 3 Results of annual average water quality assessment of fishery waters in Quzhou

年份 Year	齐溪 Qixi		高岭 Gaoling		钱江源 Resource of Qianjiang River		常山港 Port of Changshan		信安湖 Xinan Lake						
	水体功能 类别 Water function category	实测类别 CWQL Measured category	水体功能 类别 Water function category	实测类别 CWQL Measured category	水体功能 类别 Water function category	实测类别 CWQL Measured category	水体功能 类别 Water function category	实测类别 CWQL Measured category	水体功能 类别 Water function category	实测类别 CWQL Measured category					
2017	Ⅱ类	2.100	Ⅱ类	Ⅱ类	Ⅰ.900	Ⅰ类	Ⅱ类	1.800	Ⅰ类	Ⅱ类	1.700	Ⅰ类	Ⅲ类	2.300	Ⅱ类
2018	Ⅱ类	2.400	Ⅱ类	Ⅱ类	2.100	Ⅱ类	Ⅱ类	2.000	Ⅱ类	Ⅱ类	2.300	Ⅱ类	Ⅲ类	2.500	Ⅱ类
2019	Ⅱ类	2.300	Ⅱ类	Ⅱ类	2.100	Ⅱ类	Ⅱ类	2.100	Ⅱ类	Ⅱ类	2.300	Ⅱ类	Ⅲ类	3.210	Ⅲ类
2020	Ⅱ类	1.800	Ⅰ类	Ⅱ类	1.800	Ⅰ类	Ⅱ类	2.530	Ⅱ类	Ⅱ类	2.200	Ⅱ类	Ⅲ类	2.300	Ⅱ类
2021	Ⅱ类	1.900	Ⅰ类	Ⅱ类	1.800	Ⅰ类	Ⅱ类	2.100	Ⅱ类	Ⅱ类	1.900	Ⅰ类	Ⅲ类	2.100	Ⅱ类

3 结论

从单因子水质标识指数可知,氨氮是齐溪的高风险指标,总磷是高岭、钱江源、常山港和信安湖的高风险指标。农业面源污染风险长期存在<sup>[1]</sup>。

该研究应用综合水质标识指数法评价了衢江渔业水域的 5 个监测点的水质情况。衢江水质满足其种质资源保护水域(齐溪、高岭监测点)、产卵索饵场(钱江源、常山港)和增殖放流水域(信安湖)等不同渔业功能区的水质要求,较 20 世纪有本质提高<sup>[14]</sup>,无发黑发臭情况,证明在新一轮“五水共治”下,衢州地区的“海绵城市”建设卓有成效<sup>[15]</sup>。从时间上看,远离人类聚集区的监测点水质提升明显;人类活动聚集区附近的监测点水质波动较大,总磷等富营养元素不定期超标,尤其在钱江源受水流量的影响,在低流量时段超标情况较为凸出。建议增加衢江位于江山港和龙游段水域水质监测,完善衢江全流域的水环境监督和保护。

参考文献

[1] 牛勃,王倩,秦昌波,等.“两山论”理念下环境质量良好地区的水环境质量底线确定方法探索:以衢州市为例[J].环境保护科学,2018,44(1):1-6.  
 [2] 周启宏.衢州市水资源可持续利用和发展研究[J].浙江水利科技,1999

(4):21-23.  
 [3] 施沁璇,郝贵杰,叶霖,等.衢州地区渔业水域水库水体富营养化水平及驱动因子研究[J].渔业科学进展,2021,42(1):18-28.  
 [4] SHI Q X, YE X P, ZHOU D R, et al. Variation laws and influencing factors of pH in fishery waters in Quzhou City [J]. Agricultural biotechnology, 2021, 10(1): 69-73.  
 [5] 秦聪.汾河水质的模糊综合评价与分析[J].水资源开发与管理,2021(5):21-25,30.  
 [6] 林秀珠,饶清华,陈琪,等.基于主成分分析法的闽江口及其近岸水域水质评价[J].海洋科学,2020,44(11):78-86.  
 [7] 费卓越.葫芦岛市沿海地区地表水评价[J].黑龙江水利科技,2021,49(9):195-200.  
 [8] 杨志民.梨谷石水库水质监测评价及水质预测研究[J].中国水能及电气化,2021(11):64-68.  
 [9] 王凤艳,汤玉福.人工神经网络法在大清河水质评价中的应用[J].东北水利水电,2019,37(6):25-26,35.  
 [10] 郑骞,纪碧华,饶桐贵,等.衢江衢州段生态径流计算[J].水电能源科学,2017,35(3):27-29,5.  
 [11] 渠勇建,成向荣,虞木奎,等.基于 SWAT 模型的衢江流域土地利用变化径流模拟研究[J].水土保持研究,2019,26(1):130-134.  
 [12] 陶伟,王乃亮,魏婧.改进的综合水质标识指数法对湟水河红古段的水质时空特征分析[J].甘肃科学学报,2021,33(6):97-102.  
 [13] 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.  
 [14] 朱方旭,翟翠红.钱塘江上游水土流失造成的面源污染及防治措施探讨:以衢州市为例[J].浙江水利科技,2014,42(2):41-43.  
 [15] 李上志,管理,方岚.衢州地区海绵城市建设发展现状研究[J].山西建筑,2019,45(4):8-10.