

浣米河水质状况调查和富营养化评价

王松, 李崇武, 封瑛, 周思宁, 张怡, 黄昕培, 向磊

湖北大学资源环境学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2021年11月1日; 录用日期: 2021年12月2日; 发布日期: 2021年12月10日

摘要

针对松滋浣米河市区段水质调查实验, 采用单因子指数和综合营养指数法对浣米河水质状况和富营养化程度进行分析。结果表明, 除氨氮未超标外, 浣米河各监测点的TN、TP和COD_{Mn}超标明显, 其中COD_{Mn}单因子指数基本满足IV水质标准, TN和TP单因子指数基本满足V类水质标准; 从富营养化评价结果来看, 浣米河水体已呈现中度富营养化。浣米河纵贯浣市镇, 其水质状况关系到当地居民的生活和经济的发展, 需相关部门进行综合整治。

关键词

浣米河, 单因子分析法, 富营养化评价

Water Quality Analysis and Eutrophication Evaluation of Yuanmi River

Song Wang, Chongwu Li, Ying Feng, Sining Zhou, Yi Zhang, Xinpei Huang, Lei Xiang

School of Resources and Environment, Hubei University, Wuhan Hubei

Received: Nov. 1st, 2021; accepted: Dec. 2nd, 2021; published: Dec. 10th, 2021

Abstract

The water quality and eutrophication degree of Yuanmi River were analyzed by using single factor index and comprehensive nutrition index. The results showed that except NH₃-N, TN, TP and COD_{Mn} in each monitoring point of Sumi River exceeded the standard obviously, among which COD_{Mn} single factor index basically met the IV water quality standard, TN and TP single factor index basically met the V water quality standard. According to the eutrophication evaluation results, the Yuanmi River has been moderately eutrophicated. Wumi river runs through Yuanshi Town, and

its water quality is related to the life and economic development of local residents, which needs comprehensive treatment by local government.

Keywords

Yuanmi River, Single Factor Analysis, Eutrophication Evaluation

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

浣米河位于湖北省松滋市东北部，地处长江中游南岸，滨临长江，上接宜昌下连荆州。镇内主要河流——浣米河则南北纵贯本区，是集纳污、灌溉用水及水产养殖为一体的多功能河流。浣米河在浣市镇的河岸线总长 7.5 km，最大水深约为 1.7~1.8 m。浣市镇镇域无污水处理系统(如图 1)，其大部分污水未经处理排入浣米河，导致近 10 年来浣米河污染严重。目前，部分居民以浣米河为取水地，随着浣市镇的人口不断增长和工农渔共同发展，浣米河水体污染和富营养化问题加剧，严重影响了当地居民的生活质量和社会发展。为配合浣米河沿线生态修复与保护项目，初步调查湖区河流——浣米河水体水质现状，调研组对浣市镇浣米河的水体进行采样，并对被调查水体进行水质状况调查，希望能为控制该地区水体污染加剧和保护浣米河水环境提供参考。

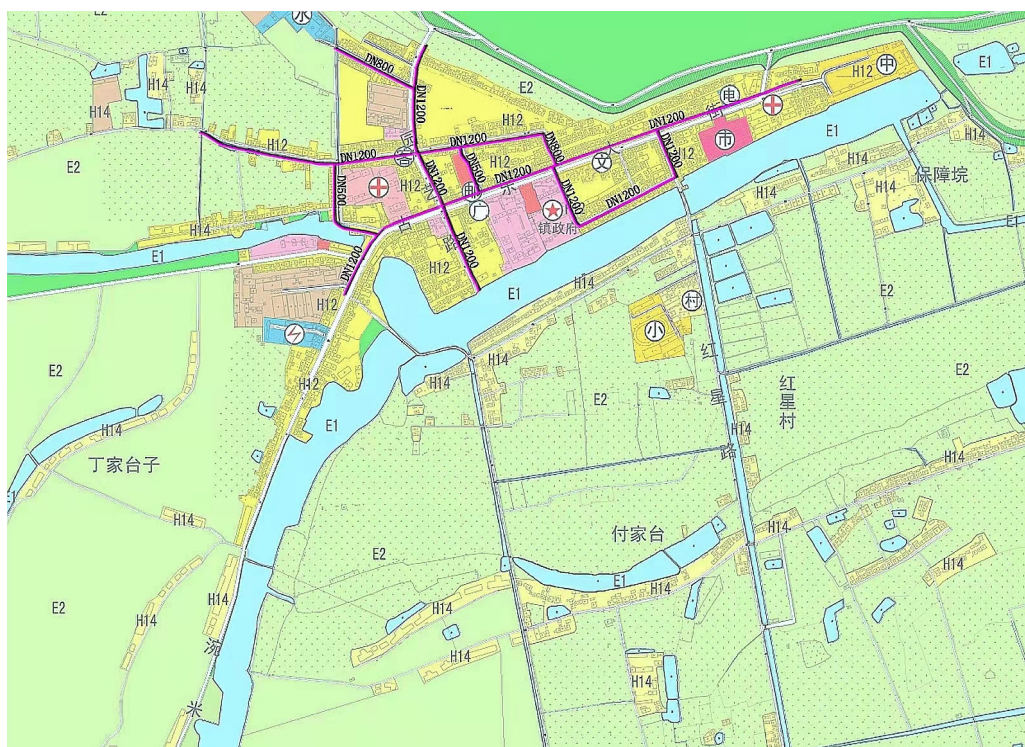


Figure 1. Location map of Yuanmi River

图 1. 浣米河位置图

2. 材料与方法

2.1. 调查布点

调查布点划定在水系密集、人口稠密的区域。由于浣米河纵贯南北，居民多为沿河居住，河岸两边人口较为集中。按照河流取样布点原则，分别在生活区，闸口，河中央及下游鱼塘等进行布点。水质调查及测定的具体采样点为：养猪场、浣市中学、魏家巷、原镇供销社、浣市社区口、江南西街、屠宰场、镇政府堰塘、大众澡堂等 11 个取样点。为使样品均匀、合理，能有效反映河水污染状况，沿着上游到下游，笔者通过河流断面分布在河中采样 4 个点，另在污染严重的河道闸口、桥洞附近、澡堂等处取样(表 1)。

Table 1. The distribution of different monitoring sites

表 1. 不同监测点位置分布

编号	监测点	经度	纬度
A1	江南中街	30°16'04.4"	112°00'20.6"
A3	镇政府堰塘	30°16'00.5"	112°00'11.8"
A4	屠宰场	30°15'58.5"	112°00'07.2"
A5	江南西街	30°15'57.8"	112°00'06.0"
A6	河中央 1	30°15'57.6"	112°00'08.2"
A7	河中央 2	30°16'00.7"	112°00'15.8"
A8	河边 1	30°16'00.6"	112°00'18.0"
B1	养猪场	30°16'08.5"	112°00'37.1"
B2	浣市中学学生宿舍	30°16'13.8"	112°00'43.6"
B3	河中央 3	30°16'12.4"	112°00'42.3"
B4	浣市中学	30°16'11.4"	112°00'37.1"
B5	魏家巷	30°16'10.6"	112°00'34.7"
B6	原供销社	30°16'07.8"	112°00'28.2"
B7	河中央 4	30°16'06.4"	112°00'27.0"
B8	闸口 1	30°16'04.7"	112°00'24.1"
C1	浣潘河	30°16'03.3"	112°00'14.0"
C2	闸口 2	30°15'54.2"	111°59'59.7"
C3	闸口 3	30°15'54.4"	111°59'59.6"
C4	河中央 5	30°15'47.0"	111°59'51.0"
C5	下游鱼塘	30°15'38.1"	111°59'46.7"
C6	河中央 6	30°13'23.8"	111°59'13.5"
C7	桥洞	30°14'54.2"	111°59'44.4"
C8	浣市社区口	30°16'01.3"	111°59'55.4"
C9	大众澡堂	30°16'03.2"	111°59'53.9"

2.2. 水样采集与分析

2.2.1. 水样采集

在各个水样点进行 5 次重复采样。参照《水质采样样品的保存和管理技术规定》[1]用干净聚乙烯瓶,采集河流表面水样 550 ml, 贴好标签并置于阴凉处作暂时保存。

2.2.2. 测试项目与分析方法

于现场 60CSx 定位, 并记录坐标, 在采样点利用便携式仪器, 对该点位水深、温度、pH、溶解氧、叶绿素 a、电导率等进行实地测定[2]。取水样本送往实验室后, 分别对高锰酸盐指数(COD_{Mn})、总氮(TN)、总磷(TP)、氨氮(NH₃-N)等 4 项指标进行测定。现场读数及实验检测结果数据用 5 次重复的平均值。

各项指标的分析方法如下: 电导率在采样时由电导率仪直接测得; 高锰酸盐指数采用酸性高锰酸钾法; 总氮采用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法; 总磷采用钼酸铵分光光度法; 氨氮采用水杨酸分光光度法[3] (表 2)。

Table 2. The analysis methods of water quality

表 2. 水质分析方法

分析项目	分析方法
总磷	钼酸铵分光光度法
总氮	碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法
氨氮	水杨酸分光光度法
高锰酸盐指数	酸性高锰酸钾法

浣米河水质状况分析采用单因子指数分析法进行分析[3], 富营养化计算采用综合营养指数[4] [5] [6] 分析方法进行计算分析。

其中单因子指数分析法, 即以水质最差的单项指标所属类别来确定水体水质类别[3]。该方法简单明了, 可直接了解水质状况与评价标准之间的关系。即:

单项指标污染指数:

$$P_i = \frac{c_i}{c_0} \quad (2-1)$$

或者

$$P_i = \frac{c_i - c_0}{c_0} \quad (2-2)$$

式中: P_i ——某一评价指标的相对污染值

c_i ——某一评价指标的实测浓度值

c_0 ——某一评价指标的最高允许标准值

水质参数的标准指数大于“1”, 表明该水质参数超过了标准的水质标准, 已经不能满足使用功能的要求。水质参数的标准指数小于“1”, 表明水质参数可以满足实用功能的要求, 并且标准指数越小, 说明水质越优。

3. 结果与分析

3.1. 水质调查结果

3.1.1. 总磷

由图 2 可看出,除了 C6 与 C7 两处,其余监测点的总磷含量均超过 0.2 mg/L。江南中街 A1 的 TP 含量明显高于其他监测点,表明其水质相对较差。监测点中,总磷含量最高可达 0.7206 mg/L,对应《地表水水环境质量标准》[3]劣 V 类水质。

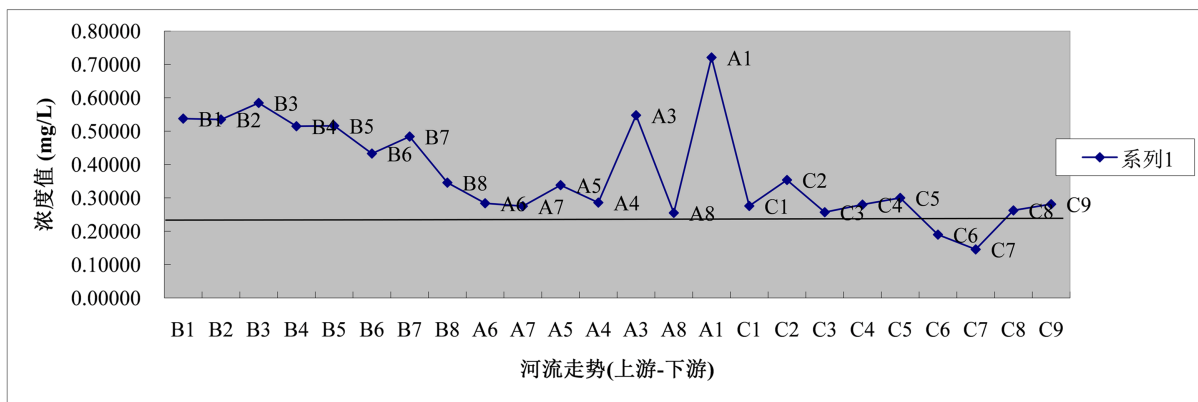


Figure 2. Changing trendence of TP
图 2. 总磷变化趋势图

3.1.2. 总氮

如图 3 所示,各监测点的总氮含量均在 1.5 mg/L 以上,对应《地表水水环境质量标准》[3] V 类水质。从 A1 江南中街开始,总氮含量急剧上升,最高达到 7.0542 mg/L,原因在于该段河流的两岸有澡堂、宾馆等建筑,其所产生的全部生活污水和部分生活垃圾未经处理排入浣米河。

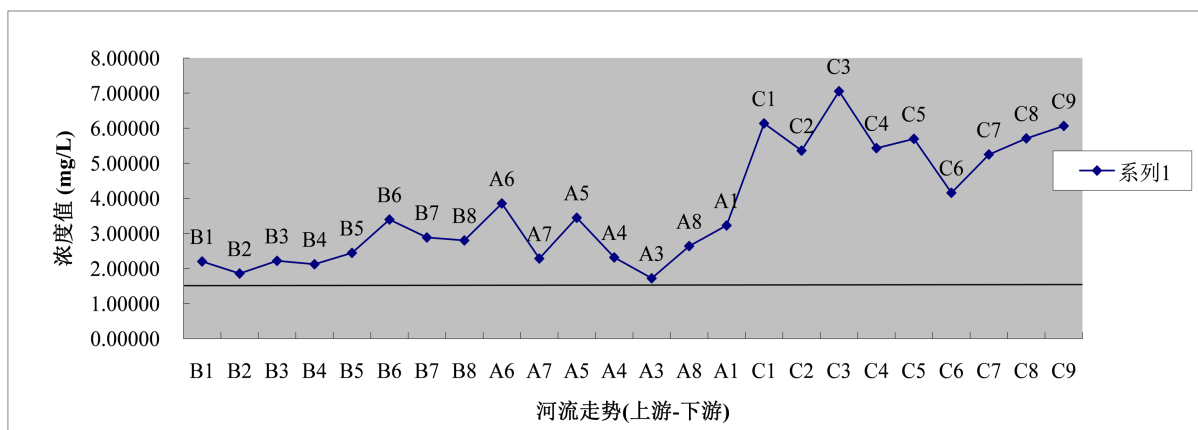


Figure 3. Changing trendence of TN
图 3. 总氮变化趋势图

3.1.3. 氨氮

由图 4 可看出,上游监测点的氨氮含量变化比较平缓,基本在 0.15 mg/L 上下波动,对应《地表水水环境质量标准》[3] II 类水质。从镇政府堰塘开始,氨氮含量波动较大;其中 A3 镇政府堰塘处的氨氮含

量最大, 为 0.4498 mg/L。

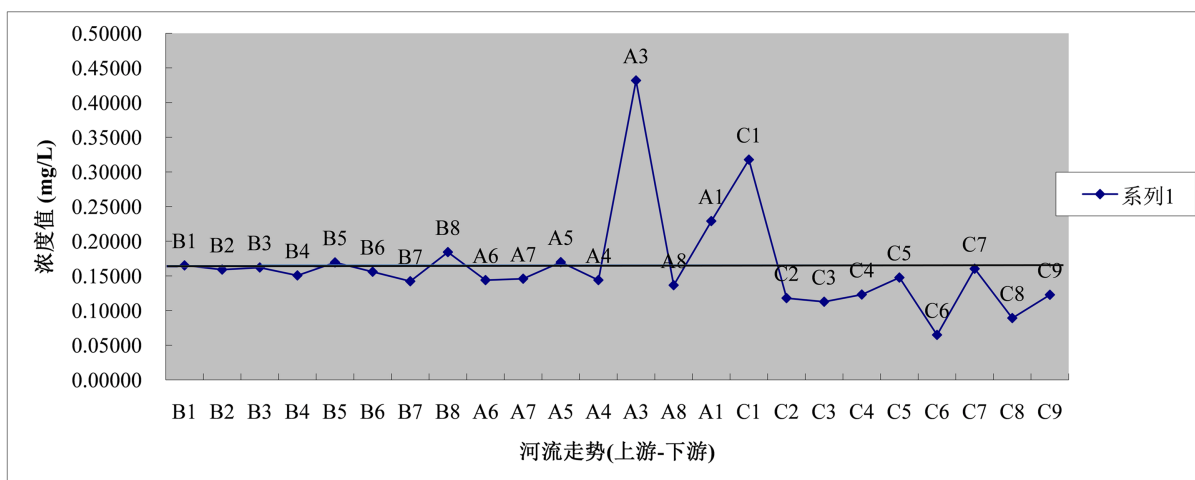


Figure 4. Changing trend of NH₃-N

图 4. 氨氮变化趋势图

3.1.4. 高锰酸盐(COD_{Mn})指数

如图 5 所示, 高锰酸盐指数峰值出现在 A1、C4 和 C6 等点。监测点的高锰酸盐指数在 9.9342 mg/L 上下波动, 且均超过 6 mg/L, 对应《地表水水环境质量标准》[3] IV 水质。A1 的有机物质量浓度明显高于其他点, 表明其水质最差。

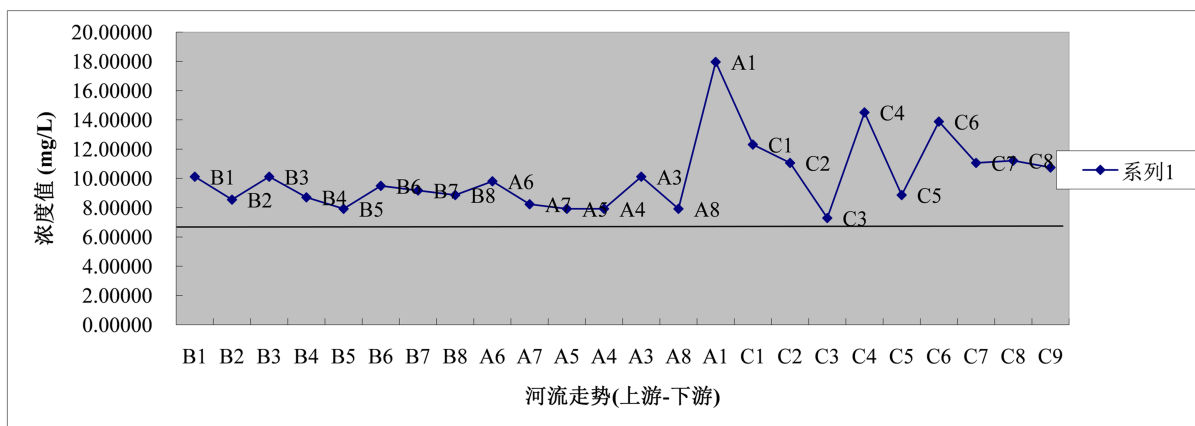


Figure 5. Changing trend of I_{Mn}

图 5. 高锰酸盐指数变化趋势图

3.2. 水质状况分析

各指标单因子标准指数变化见图 6。各监测点氨氮单因子指数均小于 1.0, 基本符合 II 类水质标准。COD_{Mn} 单因子指数为 1.3~2.9, 基本符合 IV 类水质标准; A1、C4 和 C6 COD_{Mn} 单因子指数高是因为河两岸有宾馆、澡堂等, 其所产生的污水直接排入沱米河, 导致河水中还原性物质含量超标。24 个监测点中, 有 22 个监测点总磷单因子指数超过 1, A1 江南中街的总磷单因子指数最大; 上游监测点的总磷单因子指数普遍偏高, 主要由于该段河流有人进行水产养殖, 且两岸分布养猪场。TN 单因子指数变化波动较大, 主要在中游区域; 大部分单因子指数均超过 2, 而下游取样点的指数均超过 4, 该段污染程度明显比上游

严重，这是上游来水水质、下游的植物消长、饵料投放、沿河两岸生活污水直接排入综合作用的结果。夏季水产动物新陈代谢剧烈，相应投饵料与排泄物增多，加上周边生活污水仅经化粪池简单处理后排入附近受纳水体[7]，使水体中有机氮和各种无机氮化合物含量增加，导致生物和微生物大量繁殖。

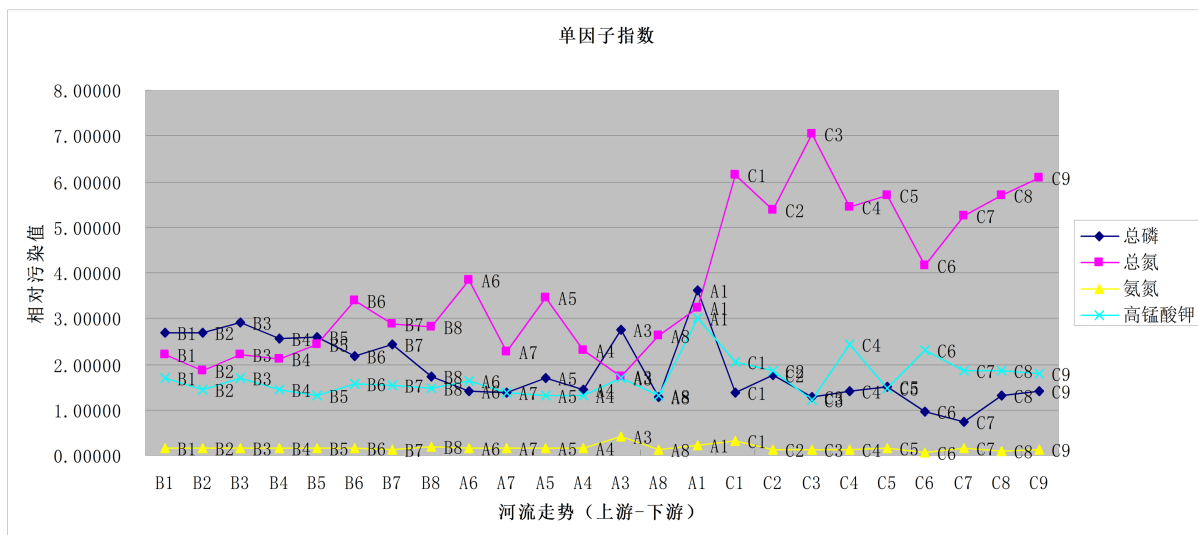


Figure 6. Single factor standard index change every index

图 6. 各指标单因子标准指数变化

一些点位总氮含量高，而氨氮含量不高，可推测洹米河遭受有机污染的时间较长。氨氮是氮元素的不稳定形态，当其在类湖泊自然状态下存在较长时间时，氮元素的自然氧化基本趋于稳定，进而不易氧化的有机氮含量较高。

4. 结论

依据评价富营养化标准，选取 TN、TP 和 I_{Mn} 指标，采用综合营养指数进行富营养化评价[4] [5] [6]。

$$TLI(TN) = 54.53 + 16.94 \ln(TN)$$

$$TLI(TP) = 94.36 + 16.24 \ln(TP)$$

$$TLI(I_{Mn}) = 1.09 + 24.61 \ln(I_{Mn})$$

式中：TLI ≤ 30，贫营养；30 < TLI ≤ 50，中营养；50 < TLI ≤ 60，轻度富营养；60 < TLI ≤ 70，中度富营养；TLI ≥ 70，重度富营养。具体评价结果见表 3。

Table 3. Eutrophication index of different monitoring sites

表 3. 不同监测点富营养指数

监测点	TLI(TN)	TLI(TP)	TLI(I_{Mn})	富营养程度
养猪场	67.89	84.28	58.04	重度富营养
洹市中学学生宿舍	65.02	84.20	53.90	中度富营养
洹市中学	67.28	83.57	54.35	中度富营养
魏家巷	69.68	83.61	52.02	中度富营养
原供销社	75.24	80.76	56.47	重度富营养

Continued

闸口 1	71.98	77.11	54.79	中度富营养
河中央 3	77.39	73.91	57.27	中度富营养
江南西街	75.50	76.75	52.02	中度富营养
屠宰场	68.76	74.02	52.02	中度富营养
镇政府堰塘	63.74	84.58	58.04	中度富营养
江南中街	74.38	89.04	72.17	重度富营养
浣潘河	85.26	73.44	62.88	重度富营养
下游鱼塘	84.00	74.80	54.78	重度富营养
浣市社区口	84.04	72.63	60.58	重度富营养
大众澡堂	85.07	73.76	59.58	重度富营养

由表 3 可见, 浣米河处于中度富营养化状态。不同地段富营养化程度不同, 上游与下游富营养化程度明显高于中游。在湖泊富营养化中, $\rho(\text{TN})/\rho(\text{TP}) > 10$, 主要为磷限制; $\rho(\text{TN})/\rho(\text{TP}) < 10$, 主要为氮限制[8]。浣米河的主要补给水源为雨水, 与湖泊类似; 按上述标准来分析, 上游和中游段水体富营养化主要是氮限制, 在下游段主要为磷限制, 故分不同区域, 重点控制其对应指标, 对减轻浣米河富营养化状况具有重要作用。

综上分析, 浣米河属于劣五类水质, 不满足水产养殖等要求, 且养殖鱼受到污染, 人食用后可能会出现健康问题[9]; 水体 TN、TP 已严重超标, COD_{Mn} 已超标, 表明浣米河水体呈中度富营养化。其中, 水产养殖区因缺乏水草对营养盐的固定吸收作用, 加上鱼类活动使得富营养盐释放加剧, 导致蓝藻大量生长繁殖[10], 生态系统抵抗力减弱; 大量残饵、鱼类排泄物、生产生活污水等长期沉降, 使表层沉积物中的 N、P、有机物增加, 底泥释放成为重要的内源负荷[11] [12] [13]。

5. 建议

加快污水处理厂的建设, 根据污水调查情况制定科学合理处理计划[14]; 合理控制水产养殖规模, 严格控制养殖污染, 加快推进农业面源污染治理[15]; 完善水质检测系统和水系安全预警系统, 限制磷和氮排放; 利用生物浮岛技术[8], 种植芹菜、紫罗兰等植物, 不仅可以净化水质, 还具有观赏价值和经济效益。

参考文献

- [1] 中国环境监测总站, 辽宁省环境监测中心站. HJ493-2009. 水质采样样品的保存和管理技术规定[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2009.
- [2] 许巍, 管硕, 封瑛, 等. 洪湖新堤干渠水质及污染源调查与分析[J]. 环境保护前沿, 2014, 4(5): 180-186.
- [3] 国家环境保护总局, 国家质量监督检验检疫总局. GB 3838-2002. 地表水环境质量标准[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [4] 郑晓红, 汪琴. 淀山湖水质状况及富营养化评价[J]. 环境监测管理与技术, 2009, 21(2): 68-70.
- [5] 张利民, 夏明芳, 王春, 张磊, 陆继来. 江苏省 12 大湖泊水环境现状与污染控制建议[J]. 环境监测管理与技术, 2008, 20(2): 46-50.
- [6] 王明翠, 刘雪芹, 张建辉. 湖泊富营养化评价方法及分级标准[J]. 中国环境监测, 2002, 18(5): 47-49.
- [7] 钱东, 李浓. 广西农村厕所污水处理现状研究[J]. 环境与发展, 2019, 31(11): 32-33.

- [8] 唐林森, 陈进, 黄茁. 人工生物浮岛在富营养化水体治理中的应用[J]. 长江科学院学报, 2008, 25(1): 22-24+39.
- [9] 牛苏会. 环境工程中水污染的危害与治理[J]. 区域治理, 2020(33): 136.
- [10] 孙林丹, 沈建忠, 艾桃山, 等. 放养鱼类对乌梁素海浮游植物群落结构的影响[J]. 广东海洋大学学报, 2019, 39(3): 87-95.
- [11] 罗湘. 农村生活污水污染底泥内源氨氮负荷特征研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南科技大学, 2020.
- [12] 张扬. 不同盐度、底泥及扰动条件下再生水补水景观水体水质变化[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安建筑科技大学, 2017.
- [13] 文帅龙, 吴涛, 杨洁, 等. 冬季大黑汀水库沉积物-水界面氮磷赋存特征及交换通量[J]. 中国环境科学, 2019, 39(3): 1217-1225.
- [14] 崔爽量. 环境工程中水污染的危害与治理[J]. 化工设计通讯, 2021, 47(10): 173-174.
- [15] 张民, 史小丽, 阳振, 陈开宁. 2012-2018 年巢湖水质变化趋势分析和蓝藻防控建议[J]. 湖泊科学, 2020, 32(1): 11-20.