

基于不同水质评价方法的东洞庭湖区重要水库水质评价研究

潘雨齐¹, 李娜^{1*}, 熊文洋², 陈向¹, 邓中元¹, 李康勇¹

¹湖南省水利水电科学研究院, 湖南 长沙

²长沙理工大学人工智能学院, 湖南 长沙

收稿日期: 2025年7月24日; 录用日期: 2025年10月13日; 发布日期: 2025年10月30日

摘要

本文采用单因子指数法、均值综合污染指数法和内梅罗综合污染指数, 以高锰酸盐指数、化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮、总磷5项监测指标作为参评因子, 对东洞庭湖区8个重要水库2020~2022年水质状况进行评价, 结果表明: 单因子指数法水质大部分为I级和II级, 仅个别月份为III级, 主要污染为总磷和氨氮, 且2020年全年水质状况要优于2021、2022年; 均值综合污染指数法水质结果均在0.18~0.69之间, 水质处于“水质好”与“轻度污染”之间, I类水质占比1.6%, II类水质占比62.82%, III类水质占比35.58%; 内梅罗综合污染指数法整体水质状况良好, 均为I类清洁水质, 且季节变化显著, 秋季水质相对较差。单因子指数法可快速准确评价水质类别, 均值综合污染指数法和内梅罗综合污染指数法能定量反映水质的差异, 更全面地反映出水体的整体状况。在实际应用中, 应结合几种评价方法, 以获得更全面、准确的水质评价结果。

关键词

东洞庭湖, 水质评价, 单因子指数法, 均值综合污染指数法, 内梅罗综合污染指数法

Study on Water Quality Evaluation of Important Reservoirs in East Dongting Lake Area Based on Different Water Quality Evaluation Methods

Yuqi Pan¹, Na Li^{1*}, Wenyang Xiong², Xiang Chen¹, Zhongyuan Deng¹, Kangyong Li¹

¹Hunan Institute of Water Resources and Hydropower Research, Changsha Hunan

²School of Artificial Intelligence, Changsha University of Science and Technology, Changsha Hunan

Received: July 24, 2025; accepted: October 13, 2025; published: October 30, 2025

通讯作者。简介: 李娜(1992-), 女, 湖北省荆州市人, 工学博士, 工程师, 主要从事流域(区域)水资源评价与管理、水资源优化配置与调控、水文地球化学及地下水渗流等方面研究。Email: 1531898115@qq.com

文章引用: 潘雨齐, 李娜, 熊文洋, 陈向, 邓中元, 李康勇. 基于不同水质评价方法的东洞庭湖区重要水库水质评价研究[J]. 水资源研究, 2025, 14(5): 487-498. DOI: 10.12677/jwrr.2025.145053

Abstract

This paper adopts the single-factor index method, the mean integrated pollution index method and the Nemero integrated pollution index to evaluate the water quality status of eight important reservoirs in the East Dongting Lake area from 2020 to 2022 with five monitoring indicators, including the permanganate index, chemical oxygen demand, five-day biochemical oxygen demand, ammonia nitrogen, and total phosphorus, as the reference factors. The results show that: most of the water quality of single-factor index method is Class I and Class II except individual months for Class III. The main pollution is total phosphorus and ammonia nitrogen, and the water quality of the whole year 2020 is better than that of 2021, 2022; the results of the mean value of the integrated pollution index method of the water quality are 0.18~0.69 between “good water quality” and “mild pollution”. Class I water quality accounted for 1.6% and Class II 62.82%, and Class III water quality accounted for 35.58%. Nemero integrated pollution index method of the overall water quality is good with all samples meeting Class I clean water standards. Water quality seasonal changes are significant, and the water quality in the fall is relatively poor. Water quality is between “good water quality” and “mildly polluted”; Nemero integrated pollution index method overall water quality is good, and water quality seasonal changes are significant, and water quality in the fall is relatively poor. The single-factor index method can quickly and accurately evaluate the water quality category, and the Mean Composite Index Method and the Nemero Composite Index Method can quantitatively reflect differences in water quality, providing a more comprehensive assessment of the overall condition of water bodies. In practical application, several evaluation methods should be combined to obtain more comprehensive and accurate water quality evaluation results.

Keywords

East Dongting Lake, Water Quality Evaluation, Single Factor Index Method, Mean-Based Integrated Pollution Index Evaluation Method, Nemero Pollution Index Method

Copyright © 2025 by author(s) and Wuhan University & Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission. 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

洞庭湖位于长江中游段荆江南岸, 接纳四水(湘江、资水、沅江、澧水)、吞吐长江, 地跨湖北、湖南两省, 由东洞庭湖、南洞庭湖、西洞庭湖(含目平湖、七里湖)等湖群组成, 是长江洪水分流的重要通道与调蓄场所, 不仅为长江中下游地区防洪减灾发挥着重要作用, 而且担负着长江流域生态安全、饮水安全和国家粮食安全的重大责任。因此, 洞庭湖区的水质状况长期受科研工作者关注, 如朱丹丹等[1]对 1989~2018 年洞庭湖的水质演变特征及驱动因子进行了研究; 郭晶等[2]通过不同评价方法对洞庭湖 2016 年 4 月~2017 年 3 月的水质状况进行了研究。然而, 对洞庭湖平原区的研究大多集中于洞庭湖, 对其周围的重要水库水质状况研究较少。湖区大中型重要水库主要位于东洞庭湖区, 如铁山水库、兰家洞水库等, 且多数为重要饮用水源地, 研究分析重要水库的水环境质量评价是进行优质水资源保护、污染防治的基础性工作, 能为洞庭湖区水资源的合理开发与利用提供科学依据。

目前常用的水质评价方法主要有单因子指数法[3]-[6]、均值综合污染指数法[7] [8]、内梅罗污染指数法[8]-[11]、灰色系统评价法[12]、模糊综合评价法[13], 人工神经网络法[14] [15]和综合水质指数法[16] [17]等。各种水质评价方法在河流与湖库区已有比较成熟的应用。其中, 单因子指数法简便易行主要依据《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002), 但可能忽略其他影响因素, 难以反映水质综合状况[3] [4]; 均值综合污染指数法是在单因子指数法的基础上通过不同污染指标之间的数学关系确定水质情况, 评价更加均衡, 能够较为准确地反映水

质状况,但处理权重较为简单[7][8];人工神经网络法需要大量监测数据对人工神经网络算法进行训练,依据其训练结果开展水质评价,对于训练样本数据较少时,模型难以准确评判水质状况[14][15]。内梅罗综合污染指数通过计算,突出每个时期最大污染物对水质的影响,兼顾其他参评指标,其评价结果相对均值综合污染指数更加平和[8]-[11]。为了更客观、科学地反映水体状况,通常需要将几种方法相结合对水体水质进行评价,这对保护和改善水资源环境具有重要意义。本文基于东洞庭湖区 8 个重要水库 2020~2022 年的水质监测资料,采用单因子指数法、均值综合污染指数法、内梅罗综合污染指数法,分析评价东洞庭湖区 8 个重要水库水质状况以及变化趋势,力求全面、客观地反映水库水质,为洞庭湖区重要水库的水质管理工作提供依据。

2. 研究区概况

洞庭湖(东经 $111^{\circ}14'\sim 113^{\circ}10'$, 北纬 $28^{\circ}30'\sim 30^{\circ}23'$)位于长江荆江河段以南、湖南省北部,湖区总面积为 $45,529\text{ km}^2$,以湘、资、沅、澧四水为主要水系,属于亚热带湿润气候,降水量充沛,多年平均降水量为 $1244.5\sim 1467.9\text{ mm}$,平均 1345.7 mm ,是我国第二大淡水通江湖泊,也是长江流域重要的调蓄湖泊和水源地。洞庭湖区是指荆江河段以南,湘、资、沅、澧四水尾间控制站以下,高程在 50 m 以下跨湘、鄂两省的广大平原、湖泊水网区总面积 $20,109\text{ km}^2$ 。湖区 2022 年统计已建成大中小型水库 3549 座,总库容 119.11 亿,其中大型水库 10 座、中型水库 74 座、小型水库 3490 座。东洞庭湖位于华容县墨山铺、注滋口,汨罗市磊山,益阳市大通湖农场之间,湖泊面积 1327.8 km^2 ,湖区内 8 座重要水库都为县级以上城市集中饮用水水源地,且基本位于岳阳市,分别为双花水库、龙源水库、金凤水库、新墙水库、铁山水库、兰家洞水库、尧塘水库、黄金洞水库,水库分布情况见图 1,水库功能情况见表 1。

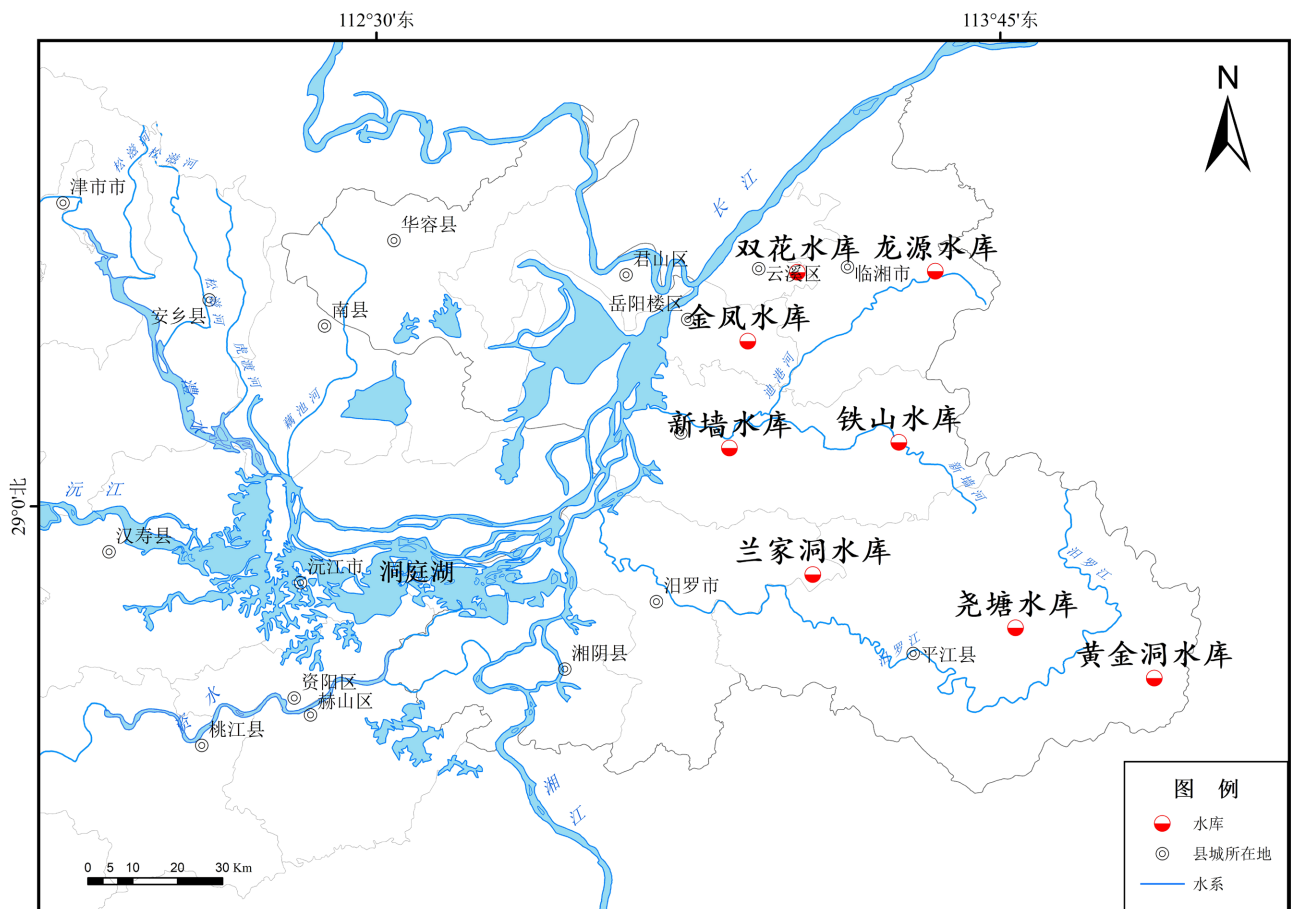


图 1. 东洞庭湖区重要水库分布(来源于《洞庭湖区优质饮用水水源地安全评价研究》2024 年)

表 1. 东洞庭湖区重要水库供水情况表

水库名称	所在行政区划	水系	所在河湖	水库功能	总库容($\times 10^4 \text{ m}^3$)	设计供水人口(万人)	设计年供水能力(亿 m^3)	主要供水区域
尧塘水库	岳阳市 - 平江县	洞庭湖	恩溪河	供水	624	18	0.1825	平江县城
兰家洞水库	岳阳市 - 汨罗市	洞庭湖	兰家洞水	灌溉、供水、防洪	6420	23	0.421	汨罗市城区
龙源水库	岳阳市 - 临湘市	洞庭湖	游港河	供水、灌溉	9613	26	0.438	临湘市城区, 云溪区城区
双花水库	岳阳市 - 云溪区	洞庭湖	太平河	灌溉、供水 (备用水源)	1068	6	0.073	云溪区城区
金凤水库	岳阳市 - 岳阳楼区	洞庭湖	北港河	供水	1172	96	1.5148	岳阳市城区
新墙水库	岳阳市 - 岳阳县	洞庭湖	新墙河	供水	811.6	33.15	0.2454	岳阳县
铁山水库	岳阳市 - 岳阳楼区	洞庭湖	新墙河	供水、灌溉、防洪	69,011	140	1.7148	岳阳市城区, 岳阳县
黄金洞水库	岳阳市 - 平江县	洞庭湖	黄金河	防洪、发电、灌溉、养殖	9600	60	0.365	平江县城

3. 数据来源

岳阳市水文水资源勘测中心于 2020~2022 年对洞庭湖区 8 个重要水库水质站点按月进行水质常规监测, 本文研究以此水质监测数据作为水质评价指标实测数据, 监测水库为双花水库、龙源水库、金凤水库、新墙水库、铁山水库、兰家洞水库、尧塘水库、黄金洞水库。本研究选取高锰酸盐指数(COD_{Mn})、化学需氧量(COD)、五日生化需氧量(BOD_5)、氨氮($\text{NH}_3\text{-N}$)、总磷(TP)共 5 项指标的监测数据作为水质主要评价指标, 其他项目指标未检出或者含量很低, 故不参与评价分析。各监测数据的评价标准限值为 GB3838-2002《地表水环境质量标准》中 II 类水标准[18]。

4. 评价方法

4.1. 单因子指数法

单因子指数法是依据 GB3838-2002《地表水环境质量标准》的单因素评估方法, 根据水体水质的既定标准将监测水质指标数值与相应的标准数值进行对比, 从而判定该水体水质功能, 最终结果采用最不利评价因子的类别作为水质综合类别, 其中 pH 值和溶解氧除外[19], 表达式如下:

$$P_i = \frac{C_i}{S_i} \quad (1)$$

式中: P_i ——第 i 项水质指标的单因子评价指数;

C_i ——第 i 项水质指标的实测浓度数值;

S_i ——第 i 项污染物的评价标准限值;

其中当 $P_i \leq 1$, 表明该项指标达标; 当 $P_i > 1$, 表明该项指标超标, P_i 越大, 表示污染越严重。

单因子指数法简单直接, 以最大的单因子污染指数去评判, 能比较直观看出超标项目和超标倍数, 是目前常用的评价方法[19]。缺点是以单个指标进行评判, 无法全面地反映水质的整体状况。

4.2. 均值综合污染指数法

均值综合污染指数法是在单因子指数法的基础上进行统计分析, 根据所选水质指标 P_i 的算术平均手段得到

的结果,来综合评价水体污染程度[20][21],尽量规避了单一监测项目数据对水质综合评价的影响,同时降低了水质监测数据异常造成的整体评价误差。均值综合污染指数表达式如下:

$$P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (2)$$

式中: n ——参与水质评价的指标个数;

P_i ——单因子指数法计算出来的指数值;

P ——综合指数法的水质指标评价价值。

均值综合污染指数的污染程度划分为: $P \leq 0.20$, 水质好; $0.21 \leq P \leq 0.40$, 水质较好; $0.41 \leq P \leq 0.70$, 轻度污染; $0.71 \leq P \leq 1.00$, 中度污染; $1.01 \leq P \leq 2.00$, 重度污染; $P \geq 2.00$, 严重污染[4]。

4.3. 内梅罗综合污染指数法

内梅罗综合污染指数是根据各检测项目的污染指数,计算综合污染指数。其特点是突出最大值的环境质量指数,兼顾单因子污染指数的平均值和最高值,强调最大污染因子对水质污染的影响[9][10],表达式如下:

$$I = \sqrt{(P^2 + P_{i,max}^2) / 2} \quad (3)$$

式中: I ——内梅罗综合污染指数。

P ——均值综合污染指数法的水质指标评价价值。

$P_{i,max}$ —— n 项评价指标中单因子指数法计算出来的最大值。

内梅罗综合污染指数的污染程度划分为: $I < 1$, 水质清洁; $1 \leq I \leq 2$, 轻度污染; $2 < I \leq 3$, 污染; $3 < I \leq 5$, 重污染; $I > 5$, 严重污染[10]。

5. 研究结果及分析

5.1. 单因子指数评价结果

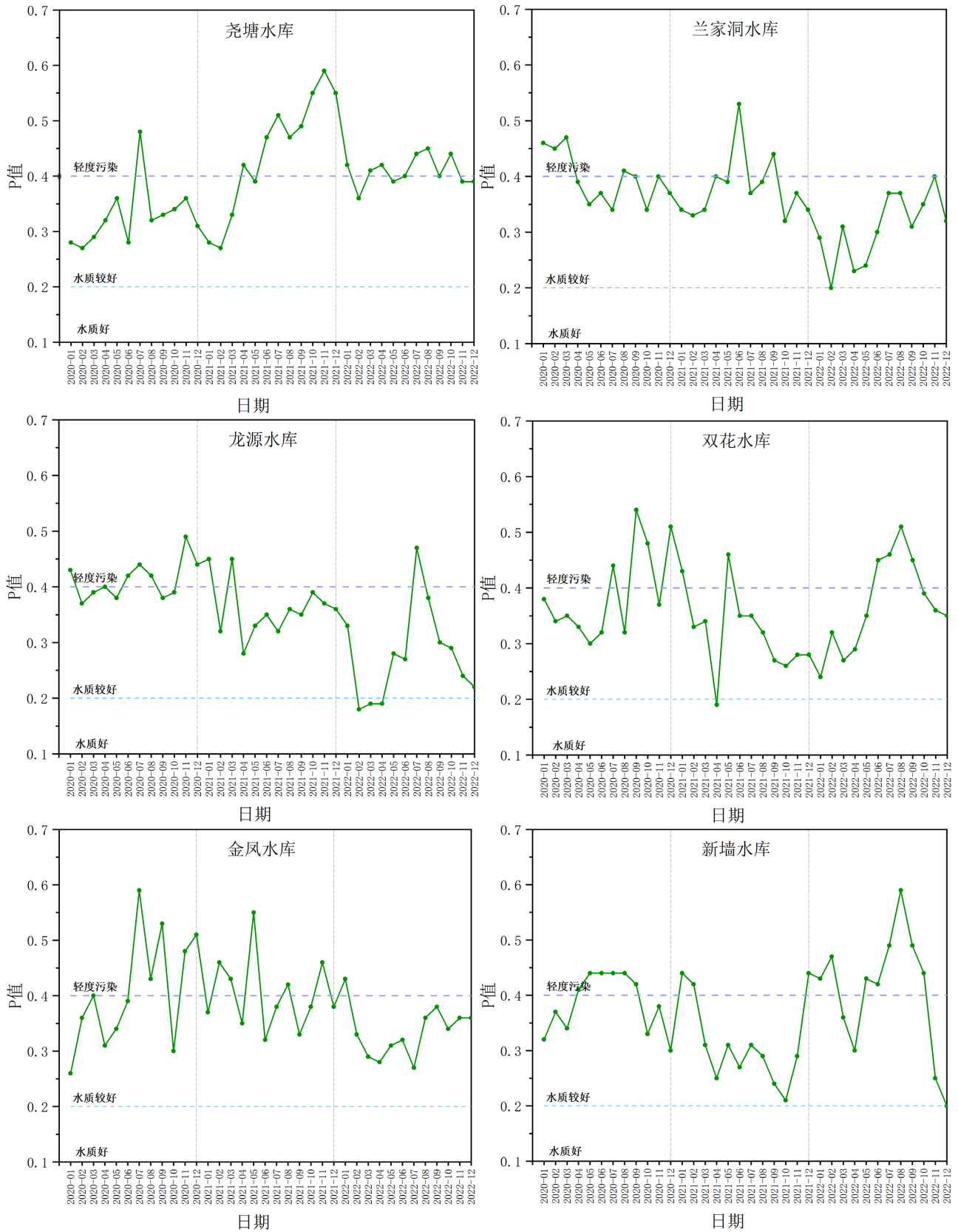
根据单因子指数评价法,东洞庭湖区水库水质评价结果见表2。结果表明,2020年8个大中型水库的每个月水质类别均为II类以上,达标率为100%,且尧塘水库、兰家洞水库全年I类水质达标率最高,均为66.7%,主要集中在汛期;2021年东洞庭湖区水库每个月II类以上水质达标率为91.6%以上,其中,兰家洞水库、龙源水库水质最好,全年I类水质达标率为50%,而尧塘水库12月份和龙源水库6月份水质类别为III类,主要污染物为总磷;2022年洞庭湖大中型水库每个月II类以上水质达标率也为91.6%以上,其中兰家洞水库水质最好,全年I类水质达标率为83.3%,而龙源水库和新墙水库8月份水质类别为III类,主要污染物为氨氮。从年度评价情况来看,2020年水质状况最好,2021年及2022年水质状态相对差些,主要是由于2020年湖南省平均降水量为1726.7mm,较多年平均偏多19.1%,属于丰水年,而2021年、2022年湖南省平均降水量分别为1490mm、1305.3mm,较上年分别偏少13.7%、12.4%,降水逐年减少,干旱频发,造成2021年、2022年属于枯水年份,湖区水质相对较差。

5.2. 均值综合污染指数评价结果

根据湖区水质特点,选取湖区高锰酸盐指数(COD_{Mn})、化学需氧量(COD)、五日生化需氧量(BOD₅)、氨氮(NH₃-N)、总磷(TP)指数共5个监测项目的单因子指数作为均值综合污染指数,8个水库2020~2022年各月份P值结果见图2所示。结果显示,东洞庭湖区重要水库P值均在0.18~0.69之间,处于“水质好”与“轻度污染”中。其中,尧塘水库2020年除7月份水质处于“轻度污染中”,其余月份水质较好,2021年全年C期P值集中在0.27~0.59之间,大部分月份水质为“轻度污染”,2022年全年期P值集中在0.36~0.45之间;兰家洞水库2020

表 2. 东洞庭湖区重要水库水质单因子指数评价法评价结果

年份	月份	尧塘水库	兰家洞水库	龙源水库	双花水库	金凤水库	新墙水库	铁山水库	黄金洞水库
2020	1 月	I	II	II	II	II	I	II	II
	2 月	I	II	I	II	II	I	II	I
	3 月	I	II	II	II	II	II	II	I
	4 月	I	I	I	II	II	II	II	I
	5 月	I	I	II	II	II	II	II	I
	6 月	I	I	I	II	II	II	II	II
	7 月	II	I	I	II	II	II	II	II
	8 月	I	I	II	II	II	II	II	II
	9 月	I	I	II	II	II	II	II	I
	10 月	II	II	I	II	II	II	II	I
	11 月	II	I	II	II	II	II	II	I
	12 月	II	I	I	II	II	II	II	II
2021	1 月	II	II	I	II	II	I	I	I
	2 月	II	I	I	II	II	II	II	II
	3 月	II	I	I	I	II	II	II	I
	4 月	II	I	II	I	II	II	II	II
	5 月	II	I	II	II	II	II	II	I
	6 月	II	II	III	II	II	II	II	II
	7 月	II	I	II	II	I	II	II	II
	8 月	II	II	II	II	II	II	II	II
	9 月	II	II	I	I	II	II	II	II
	10 月	II	I	II	II	II	II	II	II
	11 月	II	II	I	II	I	II	II	II
	12 月	III	II	I	II	II	II	II	I
2022	1 月	II	II	II	II	I	II	II	I
	2 月	I	I	I	I	I	II	II	I
	3 月	I	II	I	II	I	II	II	I
	4 月	II	I	I	II	II	II	II	I
	5 月	II	I	II	II	II	II	II	I
	6 月	II	I	II	II	II	II	II	II
	7 月	II	I	II	II	II	II	II	II
	8 月	II	I	III	II	II	III	I	II
	9 月	I	I	II	II	II	II	II	II
	10 月	II	I	II	II	II	II	II	II
	11 月	II	I	I	I	II	I	II	II
	12 月	I	I	II	II	II	I	I	I



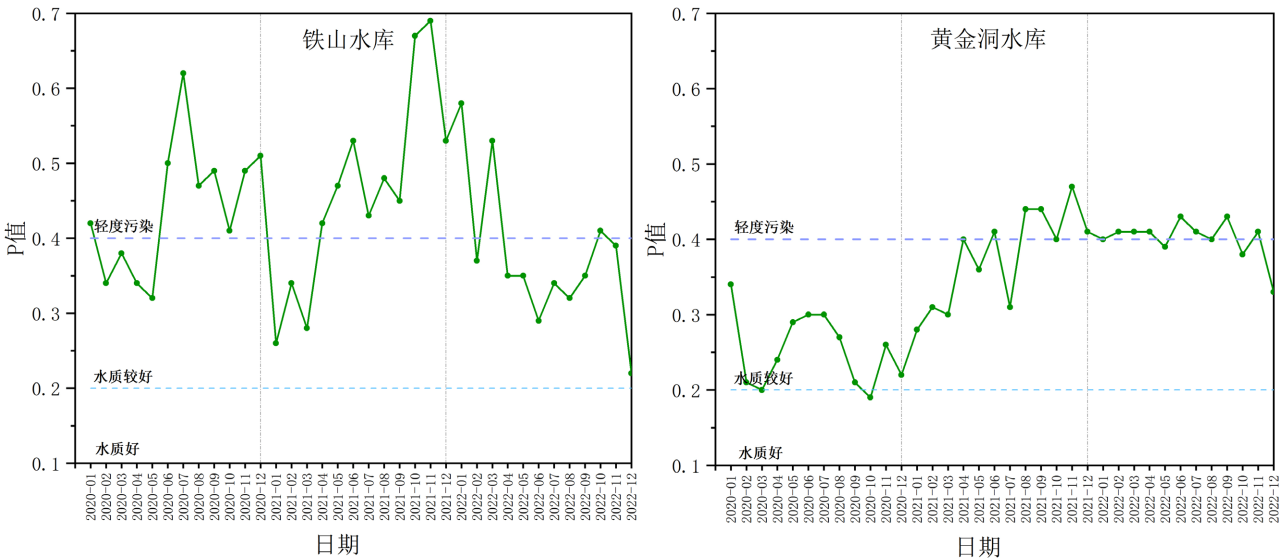


图 2. 东洞庭湖区不同水库均值综合污染指数评价结果图

年全年期 P 值集中在 0.34~0.47 之间，汛期水质为“轻度污染”，除 2021 年 1 月、3 月水质为“轻度污染”外，2021 年其余月份及 2022 年全年水质均为“较好”。龙源水库 2020 年全年期 P 值集中在 0.37~0.49 之间，除 2021 年 1 月、3 月及 2022 年 7 月水质为“轻度污染”外，2021 年至 2022 年其余月份水质状况均在较好以上；双花水库 2020 年全年期 P 值集中在 0.30~0.51 之间，2021 年 4 月水质处于“好”外，其余月份均为“水质较好”或“轻度污染”，2022 年全年期 P 值集中在 0.24~0.51 之间；金凤水库 2020~2022 年 P 值集中在 0.26~0.59 之间，处于“水质较好”与“轻度污染”之间；新墙水库 2020 年 P 值集中在 0.30~0.44 之间，全年波动不大，汛期水质比非汛期相对差些，可能是降水形成的入库径流产生的面源污染造成的，2021~2022 年 P 值集中在 0.21~0.59 之间，全年波动较大；铁山水库 2020~2022 年 P 值集中在 0.22~0.69 之间，水质状况逐年变好；黄金洞水库 2020 年 P 值集中在 0.19~0.34 之间，水质状况较好，2021~2022 年 P 值集中在 0.19~0.34 之间，水质状况逐渐变差。

5.3. 内梅罗综合污染指数法评价结果

根据均值综合污染指数法评价结果，以高锰酸盐指数(COD_{Mn})、化学需氧量(COD)、五日生化需氧量(BOD_5)、氨氮($\text{NH}_3\text{-N}$)、总磷(TP)指数共 5 个监测项目作为内梅罗综合污染指数参评指数， I 值越大，污染越严重，水质越差，2020~2022 年东洞庭湖区重要水库内梅罗水质评价结果见图 3、图 4。由图 3 可知，东洞庭区重要水库 2020 年 I 值范围为 0.23~0.79，2021 年 I 值范围为 0.31~0.81，2022 年 I 值范围为 0.25~0.81，水质评价均为 I 类清洁水质，且三年评价价值相差不大。由图 4 可得，2020~2022 年，兰家洞水库、龙源水库 I 值逐年下降，水质有明显变好的趋势；尧塘水库、黄金洞水库 I 值逐年上升，水质有明显变差的趋势；双花水库和新墙水库 I 值在 2021 年有所提升，但 2022 年又下降至原始值，总体变化不大；金凤水库、铁山水库三年整体水质状况相对稳定。总体来说，8 个重要水库年均值相差不大，水质状况整体良好。其中，双花水库 I 值最低(0.43)，水质状况最好；尧塘水库 I 值最高(0.63)，水质状况相对差些。

通过比较不同季节内梅罗综合污染指数 I 值变化状况(如图 5 所示)发现，尧塘水库、兰家洞水库、龙源水库、新墙水库、铁山水库、黄金洞水库 6 个水库的 I 值随季节变化波动较明显，且秋季 I 值在季节里均较大，除尧塘水库、黄金洞水库外，均明显大于其他季节；而双花水库、金凤水库 2 个水库的 I 值随季节变化出现轻微波动，且双花水库秋季 I 值最大，金凤水库夏季 I 值最小，其余季节相差甚微，这主要是由于双花水库主要用于

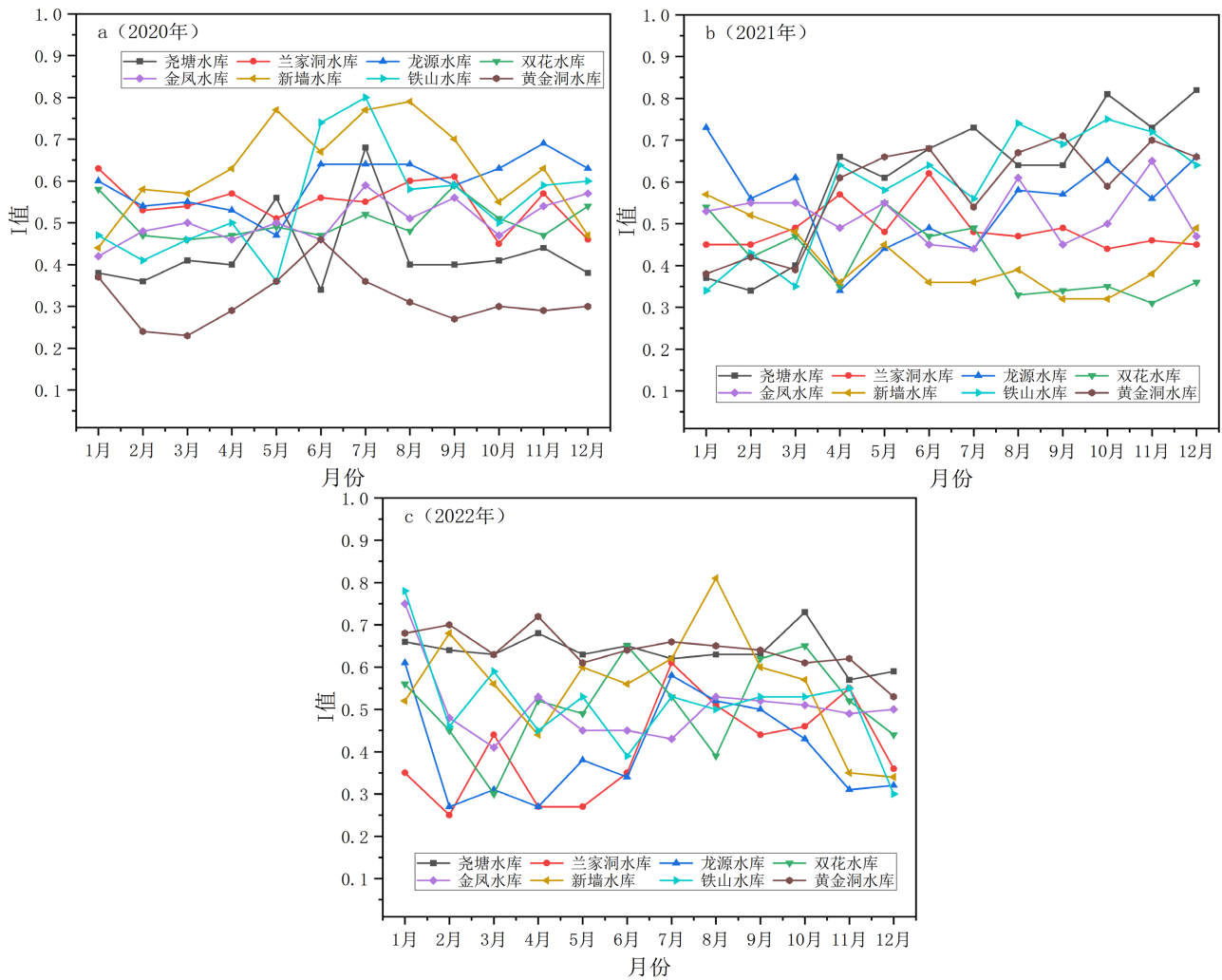


图 3. 东洞庭湖区重要水库内梅罗水质月度评价结果图: (a) 2020 年; (b) 2021 年; (c) 2022 年

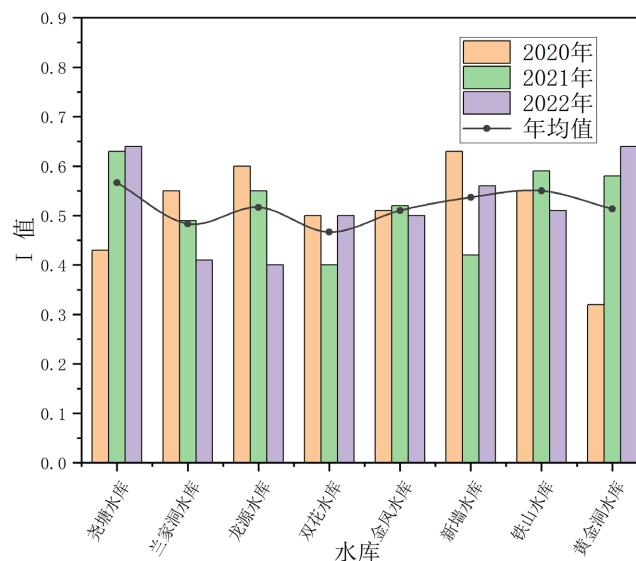


图 4. 东洞庭湖区重要水库内梅罗水质年度评价结果图

供水，且年供水量较小，全年水库水量波动较小，水质相对较稳定，而金凤水库作为铁山水库附属水库，常年接受铁山水库来水，造成库水量相对稳定，水质全年相差不大。东洞庭湖重要水库秋季水质相对较差，这主要是由于水库周边的生活污水在夏季随雨水进入水库，进入秋季后，降水量减少，湖库水体自净能力降低，水中污染物浓度增大，造成水库 *I* 值相对较大。

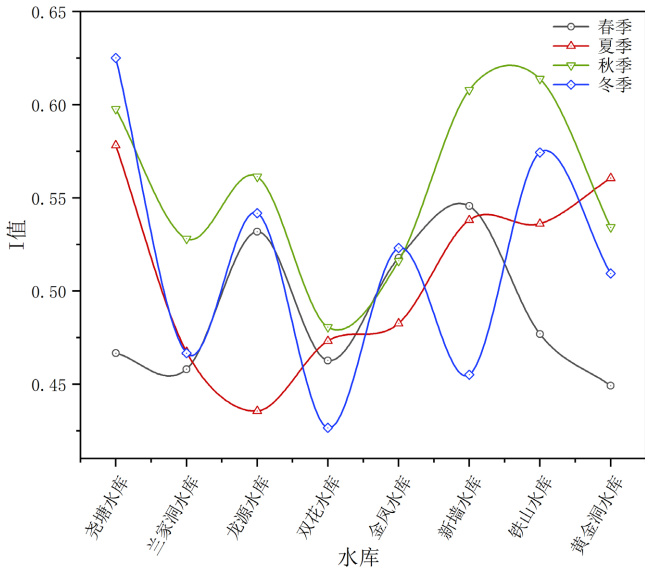


图 5. 东洞庭湖区重要水库不同季节水质变化图

5.4. 三种评价结果的适用性对比分析

为了对比 3 种评价方法的结果，将 3 种不同方法的每月评价结果汇总于图 6。整体来说，内梅罗综合污染指数法评价出的水质等级最优，I 类水质占比 100%；其次为单因子指数法，I 类水质占比 30.21%，II 类水质占比 68.4%，III 类水质占比 1.39%；最后均值综合污染指数法得出的水质等级最差，I 类水质占比 1.6%，II 类水质占比 62.82%，III 类水质占比 35.58%。

单因子指数法概念明确、计算简单，可以直观地体现出水质指标污染程度，快速识别出水体中的主要污染因子，并据此确定水质的大体情况，对于初步了解水质状况以及制定针对性的改善措施具有重要意义。但是单因子指数法只关注污染最严重的因子，忽略了其他污染物的综合影响，只要有一项指标相对污染程度较大，就可能导致整体水质评价等级偏低，这样的评价结果可能无法全面反映水体的整体水质状况，例如尧塘水库、龙源水库和新墙水库个别月份水质为 III 类，造成全年水质都为 III 类，评价结果偏低，且不能定量反映水质污染物的差异。

均值综合污染指数法能对水质给出一定的定性评断，计算结果能定量反映水质的差异，避免了单因子指数法只关注单一污染物的局限性，如 2022 年龙源水库、金凤水库和黄金洞水库整体评价结果均为 II 类水质较好，但其均值综合污染指数分别为 0.28、0.33 和 0.40，可以进一步反映污染程度差异。前人研究指出，可以通过将各种污染物的浓度与标准值进行比较并加权求和，可以更全面地反映水体的整体污染状况。

内梅罗综合污染指数法，在均值综合污染指数法的基础上，考虑了污染指数最大的参评指标对水质类别的影响，使得评价结果比较贴合实际情况。但在有些研究中，过分依赖最大值，忽略了次高值，造成评价结果偏小，结果过于乐观，如东洞庭湖区 8 个重要水库评价结果均处于 I 类水质清洁中，因此可以利用权系数来突出污染最重的污染指标在均值综合污染指数中的权重，同时兼顾各个参评因子对目标水体的不同影响，使得评价

结果更加切合实际情况。

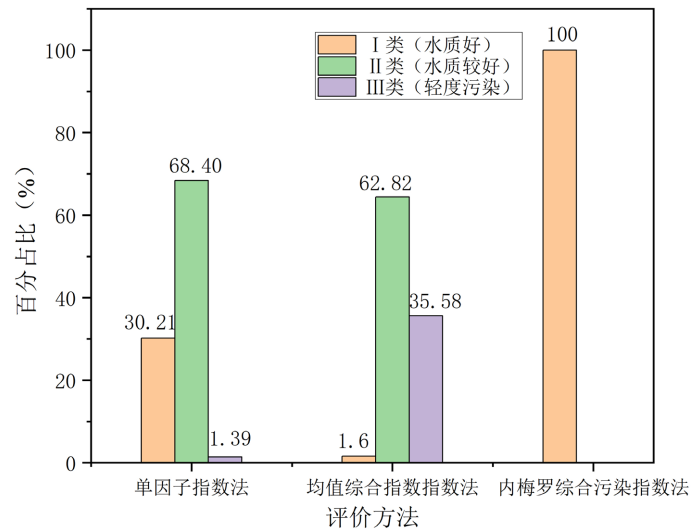


图 6. 不同方法评价结果占比统计

6. 结论

利用单因子指数法、均值综合污染指数法和内梅罗综合污染指数法对东洞庭湖区 8 个重要水库 2020~2022 年水质状况进行评价, 结果表明:

1) 单因子指数法结果表明, 东洞庭湖区重要水库 I 类水质占比 30.21%, II 类水质占比 68.4%, III 类水质占比 1.39%, 主要污染为总磷和氨氮, 且 2020 年全年水质状况要优于 2021、2022 年水质状况; 均值综合污染指数法水质结果均在 0.18~0.69 之间, 水质处于“水质好”与“轻度污染”之间, I 类水质占比 1.6%, II 类水质占比 62.82%, III 类水质占比 35.58%; 内梅罗综合污染指数法整体水质状况良好, 均为 I 类清洁水质, 其中双花水库评价最好, 尧塘水库最低, 且水质季节变化显著, 秋季水质相对较差。

2) 单因子指数法简单明了, 易于操作, 可以直观地体现出水质指标污染程度, 快速识别出水体中的主要污染因子, 但仅代表单个水质的状况, 无法全面反映水体的整体水质状况。均值综合污染指数法避免了单因子指数法只关注单一污染物的局限性, 能对水质给出一定的定性评断, 计算结果能定量反映水质的差异, 使得评价结果更加贴合实际情况。内梅罗综合污染指数法可能过分依赖最大值, 忽略了次高值, 造成评价结果偏小, 结果过于乐观。在实际应用中, 应充分分析监测数据, 通常需要结合几种评价方法, 以获得更全面、准确的水质评价结果。

基金项目

湖南省水利科技重大项目(XSKJ2021000-10, XSKJ2023059-01); 湖南省水利科技一般项目(XSKJ2022068-14, XSKJ2024064-26, XSKJ2025056-23)。

参考文献

- [1] 朱丹丹, 胡琦, 陈兆祺, 等. 洞庭湖水水质演变特征及驱动因子识别研究[J]. 人民长江, 2023, 54(2): 106-111.
- [2] 郭晶, 王丑明, 黄代中, 等. 洞庭湖水污染特征及水质评价[J]. 环境化学, 2019, 38(1): 152-160.
- [3] 刘宇, 吉正元, 刘淑娟, 等. 三种方法在高原湖泊水质评价中的应用与比较[J]. 海洋湖沼通报, 2020(2): 166-174.
- [4] 马京久. 基于不同水质评价方法的长江安庆段水质评价[J]. 陕西水利, 2025(4): 86-88.

- [5] 黄梧琦, 刘晓, 霍利利. 2014-2023 年武汉市北湖水质污染变化评价[J]. 中国农村水利水电, 2025(6): 14-20.
- [6] 李振, 彭毅, 汪驰恒, 等. 洞庭湖区小型湖泊水质状况空间特征及影响因素[J]. 环境科学与技术, 2025, 48(2): 152-160.
- [7] 王一冰, 高鸽, 安洪岩, 等. 基于熵权优化综合污染评价法的河南省典型湖泊水质评价与污染因子识别[J/OL]. 中国地质, 1-26.
https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=BVV9sVd_tjEAqe15bHamWmxuGmBWbbmTFSEnnNQbsu6QZJOfMdywpb-BvsjCEDNBjCwj0_wEsJ40XtWtdoNqUXAsUDY-I8IKnpeUJ78S2eSpSQnhVbvNyFc678gVKe15yips8FtgJceaYa7IJmE6ZdePsM5nBE9JuTiKzcchaRjvXMqEprb-CQ=&uniplatform=NZKPT&language=CHS, 2025-03-11.
- [8] 李志林, 任重琳. 基于均值和内梅罗综合污染指数法的岳城水库水质评价及分析研究[C]//中国水利学会. 中国水利学会 2021 学术年会论文集第一分册. 水利部海河水利委员会漳卫南运河管理局, 2021: 5.
- [9] 许磊. 基于内梅罗综合指数的营口地区主要断面水质综合评价[J]. 黑龙江水利科技, 2025, 53(6): 123-126.
- [10] 周默. 改进的内梅罗污染指数法在河流水质评价中的应用探讨[J]. 水资源开发与管理, 2024, 10(10): 76-80+84.
- [11] 郑利杰, 高红杰, 宋永会, 等. 我国典型城市地表水水质综合评价与分析[J]. 环境工程技术学报, 2016, 6(3): 252-258.
- [12] 郭华. 不同水质评价法在清河水质评价中的应用[J]. 人民长江, 2012, 43(增 1): 132-134.
- [13] 曾永, 樊引琴, 王丽伟, 等. 水质模糊综合评价法与单因子指数评价法比较[J]. 人民黄河 2007(2): 45, 65.
- [14] 杨程, 郭亚昆, 郑兰香, 等. T-S 模糊神经网络模型训练样本构建及其在鸣翠湖水质评价中的应用[J]. 水动力学研究与进展(A 辑), 2020, 35(3): 356-366.
- [15] HURLEY, T., SADIQ, R. and MAZUMDER, A. Adaptation and evaluation of the Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index (CCME WQI) for use as an effective tool to characterize drinking source water quality. Water Research, 2012, 46(11): 3544-3552.
- [16] 田瀚鑫, 王佳俊, 周磊, 等. 西藏拉鲁湿地不同时期水质现状及污染评价[J]. 环境工程, 2021, 39(6): 198-206.
- [17] 汪心雯, 刘子琦, 郭琼琼, 等. 贵州黄洲河流域水质时空分布特征及污染源解析[J]. 环境工程, 2021, 39(9): 69-75.
- [18] 生态环境部. 地表水环境质量标准: GB3838-2002 [S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2002.
- [19] 李慧明, 候林丽, 徐鹏. 不同水质指数法在峡江水库水质评价中的应用[J]. 人民长江. 2020, 12(51): 32-36, 87
- [20] 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.
- [21] 唐哲, 王琪, 申亚兰, 等. 湖库型铁山水库饮用水水源地水资源评价[J]. 人民长江, 2017, 48(S2): 104-107, 192.