

2011—2021年溧水区中型水库 水质状况及富营养化趋势

龚 畅¹, 陈 霞², 芮 峰³, 李香华³, 张 青³

(1. 江苏省水文水资源勘测局宿迁分局, 江苏 宿迁 223899;

2. 江苏省水土保持生态环境监测总站, 江苏 南京 210012; 3. 江苏省水文水资源勘测局南京分局, 江苏 南京 210008)

摘要:对溧水区6座中型水库2011—2021年间的水质状况及富营养化状况作了分析评价。主要污染指标趋势分析表明水库氮磷质量浓度有缓慢下降趋势, $\text{NH}_3\text{-N}$ 质量浓度在2018年前为跳跃式变化, 2018年以后明显下降, 与水环境治理措施的推进、流域内农村生活污染物减少有关, 针对这些情况, 研究提出了有针对性的对策和措施。

关键词:水质; 富营养化; 中型水库; 溧水区

中图分类号: X52

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2022)05-0011-0006

Water quality status and eutrophication trend of medium-sized reservoirs in Lishui district from 2011 to 2021

GONG Chang¹, CHEN Xia², RUI Feng³, LI Xianghua³, ZHANG Qing³

(1. Suqian Branch of Jiangsu Province Hydrology and Water Resources Investigation Bureau, Suqian 223899, China;

2. Jiangsu Soil and Water Conservation Eco-environmental Monitoring Station, Nanjing 210012, China;

3. Nanjing Branch of Jiangsu Province Hydrology and Water Resources Investigation Bureau, Nanjing 210008, China)

Abstract: The water quality and eutrophication status of 6 medium-sized reservoirs in Lishui District from 2011 to 2021 were analyzed and evaluated. The trend analysis on the main pollution indicators indicates that the nitrogen and phosphorus contents in the reservoirs have been decreasing slowly. The ammonia nitrogen content suddenly changed before 2018 and significantly decreased after 2018, which is related to the promotion of water environment management measures and reduction of rural area domestic pollutants within the basins. According to the situation, targeted solutions and measures were proposed.

Key words: water quality; eutrophication; medium reservoir; Lishui district

水库中氮、磷等营养盐过多会造成水体富营养化^[1-5], 本文根据溧水区6座中型水库2011—2021年的水质监测数据, 全面了解水库水质状况和富营养化程度, 通过对水库富营养化进行分析和评价, 为溧水区水库水质安全和富营养化防治提供科学依据。

1 研究方法

1.1 水质类别评价方法

根据溧水区中型水库的特点及主要功能, 确定参评项目为: pH、DO、 COD_{Mn} 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN、TP共6项。

评价标准采用《地表水环境质量标准》(GB3838—

收稿日期: 2022-01-07

作者简介: 龚畅(1997—), 女, 助理工程师, 主要从事水环境监测工作。Email: 1204518377@qq.com

2002),水质类别评价方法采用《地表水资源质量评价技术规程》(SL395—2007)中水质评价方法,即根据各评价指标单项评价结果,取最差水质类别作为评价水体水质综合评价类别。

1.2 水库富营养化评价方法

采用SL395—2007中湖库营养状态评价方法。评价参数为:COD_{mn}、TP、TN、Chl-a、SD。湖库营养状态评价标准及分级方法见表1。

评价方法为水库营养状态评价应采用指数法。根据表1采用指数法进行湖库营养状态评价,包括以下几个步骤:(1)采用线性插值法将水质项目质量浓度值转换为赋分值;(2)按式(1)计算营养状态指数 I_E ;(3)参照表1,根据营养状态指数确定营养状态分级。

$$I_E = \sum_{n=1}^N E_n / N \tag{1}$$

式中: I_E 为营养状态指数; E_n 为评价项目赋分值; N 为评价项目个数。

2 研究区域概况

溧水区域主要分属石臼湖水系和秦淮河水系,区域境内有6座中型水库,分别为方便水库、中山水库、姚家水库、赭山头水库、卧龙水库、老鸦坝水库,除卧龙水库外其他5座水库均为饮用水源区,其中方便水库、中山水库为省级饮用水源地,这些水库为溧水区的气候调节、维持生态平衡、城乡供水、农业灌溉、休闲旅游提供了丰富的资源。6座中型水库基本情况见表2。

3 水质评价

本文选用2011年1月—2021年12月每月资料进行统计和评价。根据常规水质监测资料进行评价,在TP、TN不参评情况下,各水库水质综合评价结果均为Ⅱ~Ⅲ类,达标率为100%;在TP、TN参评情况下,水质综合评价结果为Ⅱ~劣Ⅴ类,2011—2021年水库水质类别评价统计见表3。

表1 湖泊(水库)营养状态评价标准及分级方法

营养状态分级 I_E =营养状态指数		评价项目 赋分值 E_n	$\rho(\text{TP})/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{TN})/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{Chl-a})/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	透明度/ m
贫营养 $0 \leq I_E \leq 20$		10	0.001	0.020	0.0005	0.15	10.00
		20	0.004	0.050	0.0010	0.40	5.00
中营养 $20 < I_E \leq 50$		30	0.010	0.100	0.0020	1.00	3.00
		40	0.025	0.300	0.0040	2.00	1.50
		50	0.050	0.500	0.0100	4.00	1.00
轻度富营养 $50 < I_E \leq 60$		60	0.100	1.000	0.0260	8.00	0.50
富营养	中度富营养 $60 < I_E \leq 80$	70	0.200	2.000	0.0640	10.00	0.40
		80	0.600	6.000	0.1600	25.00	0.30
	重度富营养 $80 < I_E \leq 1000$	90	0.900	9.000	0.4000	40.00	0.20
		100	1.300	16.000	1.0000	60.00	0.12

表2 溧水区各水库基本情况

水库名称	集水面积/ km^2	总库容/ 万 m^3	兴利库容/ 万 m^3	兴利水位/ m
方便水库	77.10	5 070	2 084	26.2
中山水库	32.52	3 367	1 318	26.0
姚家水库	58.11	1 140	538	20.6
赭山头水库	58.10	1 138	413	25.0
卧龙水库	59.03	1 339	756	18.5
老鸦坝水库	58.11	1 163	487	34.8

表3 2011—2021 年水库水质类别(TP、TN 参评)综合评价统计结果

水库名称	Ⅱ类		Ⅲ类		Ⅳ类		Ⅴ类和劣Ⅴ类		备注 (Ⅴ类和劣Ⅴ类出现年份)
	次数	占比/%	次数	占比/%	次数	占比/%	次数	占比/%	
方便水库	19	14.4	90	68.2	22	16.7	1	0.8	2013
中山水库	19	14.4	100	75.8	13	9.8	0	0.0	
姚家水库	20	15.2	79	59.8	31	23.5	2	1.5	2012
赭山头水库	11	8.3	80	60.6	35	26.5	6	4.6	2011,2012,2013
卧龙水库	15	11.5	59	45.4	48	36.9	8	6.2	2011,2013,2014,2015
老鸦坝水库	21	15.9	87	65.9	23	17.4	1	0.8	2012

根据表3统计结果,在TP、TN参评情况下,2011—2021年间除卧龙水库外其他水库Ⅲ类水占比均达50%以上。出现劣于Ⅲ类(不达标)的时段,方便水库比例达到17.5%,中山水库比例达到9.8%,姚家水库比例达到25.0%,赭山头水库比例达到31.1%,卧龙水库比例达到43.1%,老鸦坝水库达到18.2%,主要超标项目为TN、TP。其中方便水库、中山水库、老鸦坝水库水质相对较好,10年间达Ⅲ类比例均在80%以上,所有水库2016年以后均未出现Ⅴ~劣Ⅴ类水质。

4 富营养化评价

本文选用2011年1月—2021年12月资料进行统计和评价。为更直观地表示各水库营养状态变化趋势,按照月度对营养化状态指数(I_E)均值进行统计比较,见图1。由图1可以看出,方便、中山、姚家、赭山头、老鸦坝、卧龙水库大部分时段营养化状态指数为40~50之间,处于中营养水平,仅少数时段为轻度富营养化,年度差异并不显著。

5 主要污染指标变化趋势及与降雨量、水位关系

5.1 主要污染指标变化趋势

以中山水库为例,分析溧水区中型水库10年间主要污染指标变化趋势(图2)。从图2看出,中山水库TP、TN有缓慢下降趋势;NH₃-N呈跳跃式变化,2011—2017年间月度差异较大,2018年以后NH₃-N质量浓度明显下降,未出现反弹;COD_{Mn}变化趋势比较平稳,无明显上升或下降趋势。

5.2 氮磷质量浓度与降水量及水位关系

以中山水库为例,分析水库氮磷质量浓度与降水量及水位的关系(图3~4)。从图3~4可以看出,水质氮磷质量浓度与降水量及水库水位无显著相

关性,降水量增大,水位增高,按常理氮磷质量浓度应降低,但中山水库氮磷质量浓度有时随降水量的增加反而升高。

6 结 语

溧水区中型水库水质绝大部分处于Ⅱ~Ⅳ类,2011—2015年部分时段水库水质欠佳,超标项目主要为TN、TP,2016年以后水质明显好转。

富营养化评价结果表明,各供水水库基本处于中营养水平,且变化趋势平稳,在现有条件不改变的情况下,能维持中营养化水平。

主要污染指标变化趋势显示水库氮磷质量浓度有缓慢的下降趋势;NH₃-N则存在阶段性变化趋势,2018年以前呈跳跃式变化,说明流域范围内可能有生活污染物进入水库,2018年以后NH₃-N质量浓度明显下降,说明2018年以后通过水环境整体治理,水库流域范围内进入水库的农村生活污染物有明显减少,但农药等农田径流污染变化较小。水库主要污染指标与降水量及水位无显著相关关系,这与降雨径流可能带来流域范围内农田径流污染及农村环境污染有关,大的降雨还有可能扰动底泥,加大底泥中溶解性物质的释放。

7 建 议

溧水区的6座中型水库为溧水区提供城市供水、景观等功能,水质的好坏直接影响着全区环境质量的好坏和水生态文明建设的成果,关系着区域内人民的生活质量和身体健康。防止水质污染和水库富营养化是保证提供优质水源、优良水生态环境的根本途径,目前水库水质及富营养化水平总体上较好,但不排除水库有偶发性蓝藻水华的出现。建议主要从以下几个方面采取保护措施:

(1)内控内源污染,破坏水库水体自身富营养

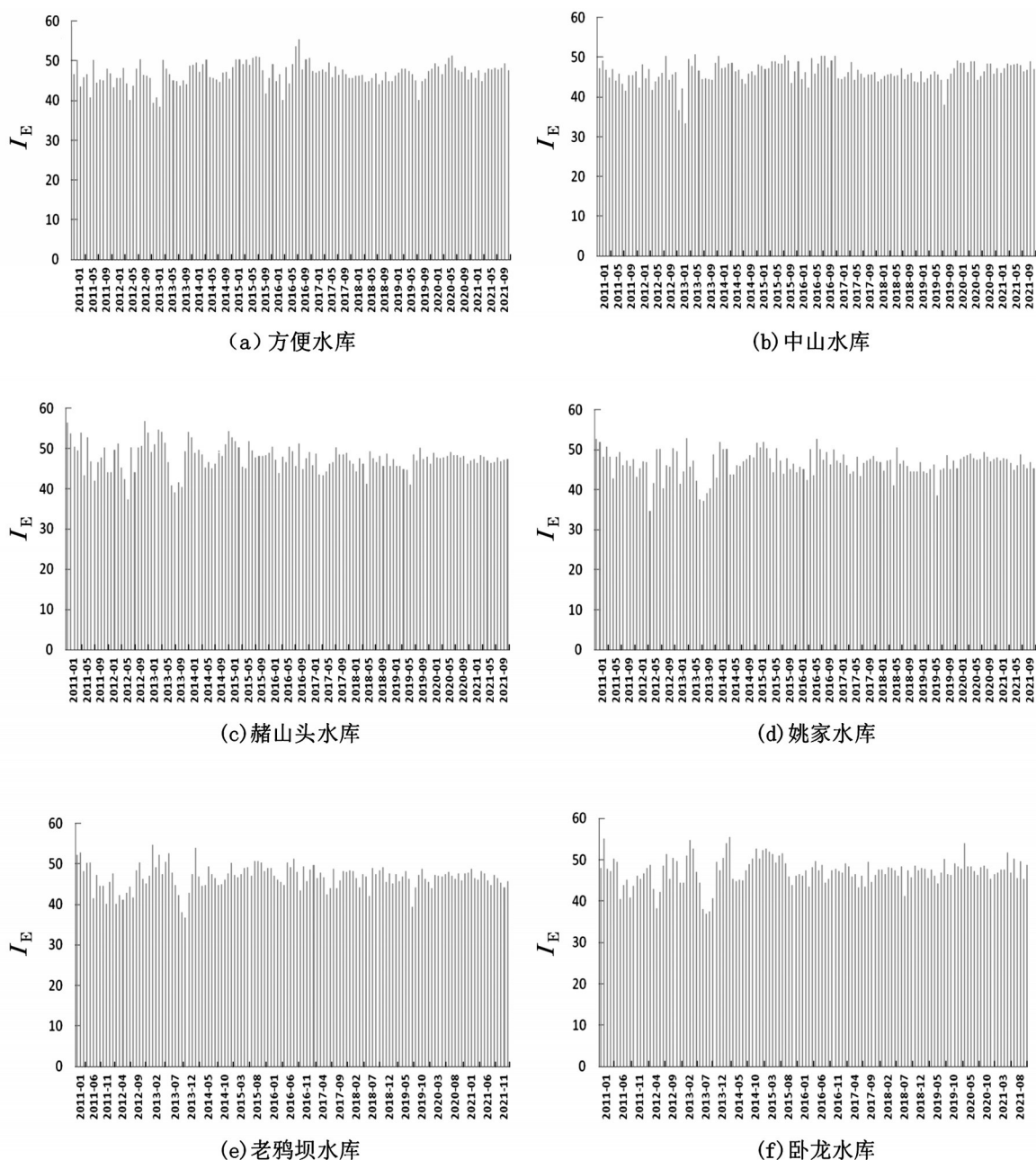


图1 2011—2021年各水库营养状态指数变化趋势

物质的富集,通过人为措施来干预富营养物质的富集。如,可以利用冬季浮游植物的培养和引入掠食性鱼类,以达到控制浮游生物生长的目的。

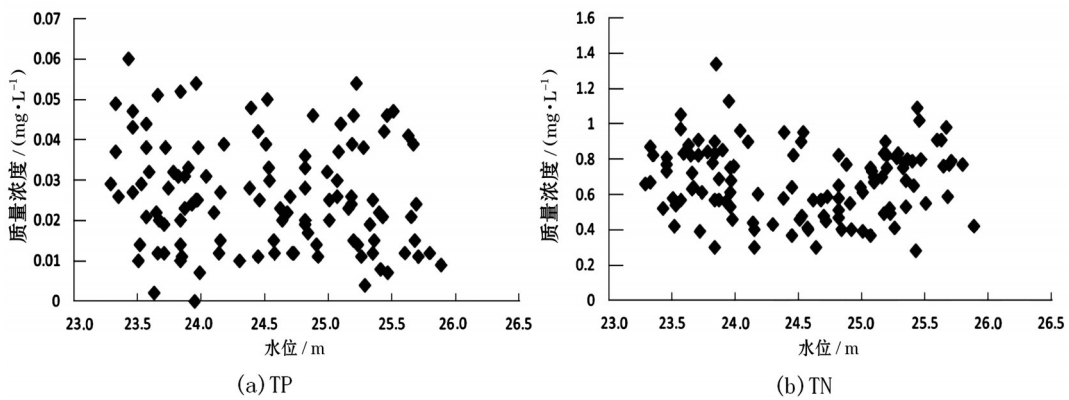
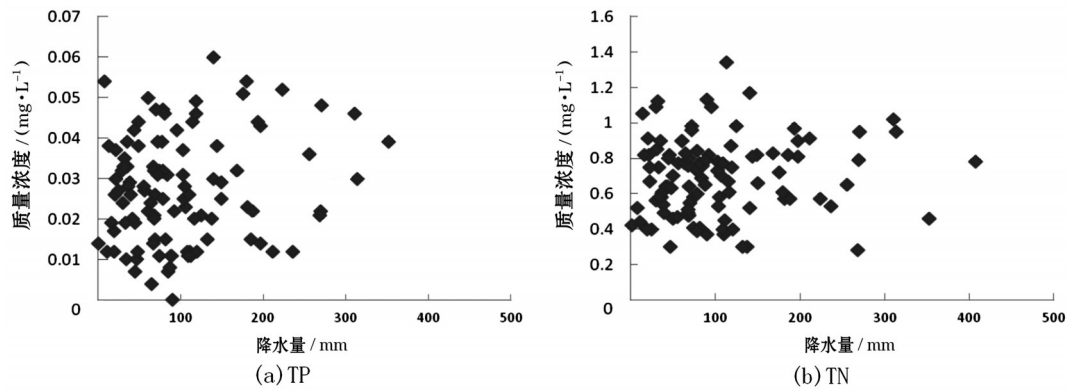
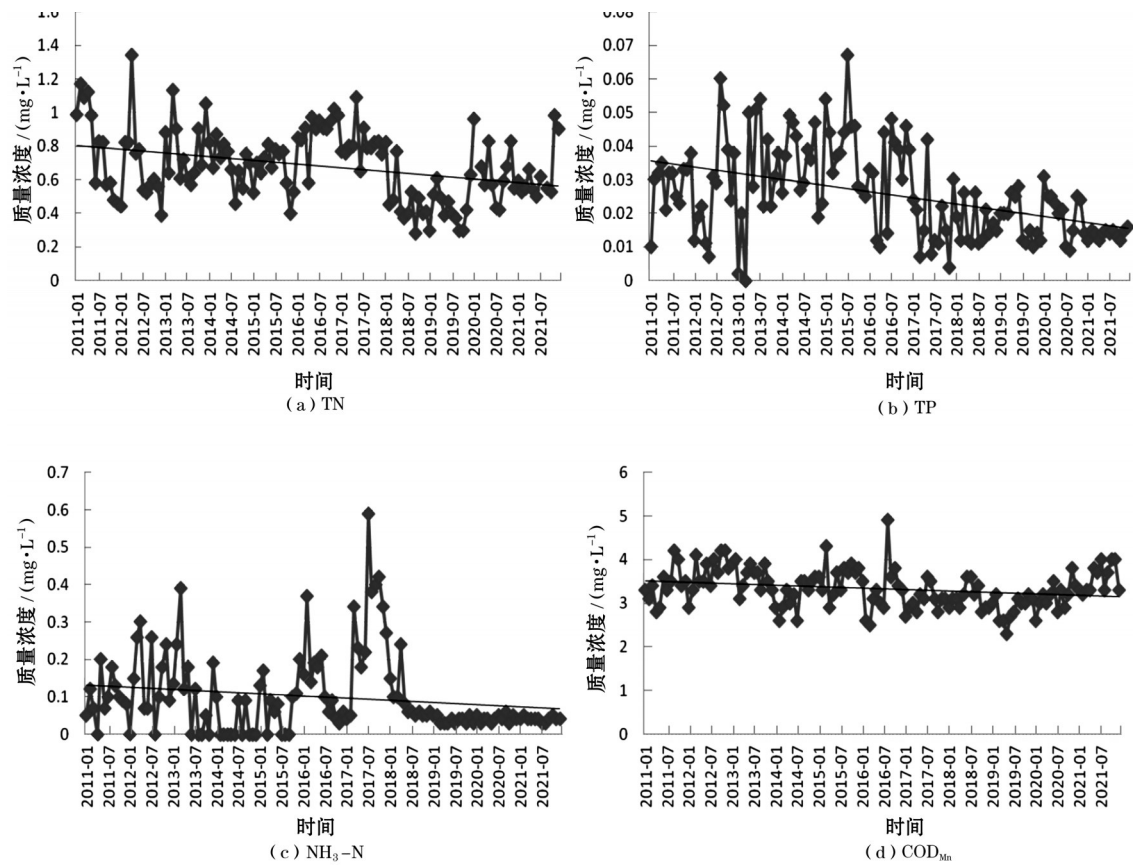
(2)外控外源输入,限制富营养物质输入水库,主要是限制在水库集雨面积内释放富营养物质。包括禁止向水库排放废水,对现有环境进行整治;控制集雨面积内化肥的使用;在水库内禁止使用含极易溶于水的多磷酸盐的洗涤剂;禁止在库中人工盲目养殖;保护生态,多植树造林,营造良性的生态系统。

(3)水库周边沿岸带及入库河流河口区域是污

染物入库和生境改善的重要区域。因此要扩大库区岸带湿地建设,优化水库水位,促进春季水生植被萌发,实施净水渔业,调控食物网,加快推进库区生态系统修复,提升库区生态系统净化能力与环境容量。

(4)水库的富营养化跟水体自净能力关系较大,水质监测是及时掌握水体水质状况的最有效和最科学的办法,管理部门只有依据监测的信息采取措施才会起到事半功倍的效果。

(5)目前6个水库已开展逐月的水质常规监测工作,但是此监测频度尚不能达到预测预警蓝藻水



华的目的。因此,建议在雨季,特别是大雨过后,增加水体氮磷等营养盐要素的监测工作,以辅助对蓝藻水华发生概率的研判工作。

(6)加强宣传。通过积极的宣传,使群众意识到水资源和水环境的重要,提高认识,自觉保护和珍惜水资源。

参考文献:

- [1] 陈小锋.我国湖泊富营养化区域差异性调查及氮素循环研究[D].南京:南京大学,2012.

- [2] 李昂臻,陈思旭,李海燕,等.北方谋省会城市主要水库富营养化程度、特征和防治对策[J].环境化学,2020,39(9):1-11.
- [3] 周坤朋,刘阳春,王崇臣.北京什刹海区域富营养化时空演变特征分析[J].环境化学,2016,35(4):703-712.
- [4] 王亚平,黄廷林,周子振,等.金盆水库表层沉积物中营养盐分布特征与污染评价[J].环境化学,2017,36(3):660-665.
- [5] 吴涛,王建波,杨洁,等.大黑汀水库水质时空变化特征及下游引水策略[J].水资源保护,2020,36(2):65-72.

(上接第5页)

表3 沂北地区水库群3月和9月 Shannon-Wiener 指数(H')与水化学指标相关分析

月份	NH ₃ -N	TOC	TN	COD _{cr}	TP
3月	-0.079	-0.221	-0.010	-0.012	0.107
9月	0.104	-0.039	0.244	-0.487*	0.101

注:*在0.05级别(双尾),相关性显著。

补给的水库的浮游植物密度库首小于库尾;受上游水库补给的水库浮游植物密度库首大于库尾。水库水量补给方式对其库区浮游植物密度空间分布具有决定性影响。

受水库防汛调度的影响,水库泄洪所造成的浮游植物生物量损失使得高温多雨的9月水库浮游植物生物量小于低温干旱的3月。同时,相关性分析表明:随着水力停留时间的缩短,水库浮游植物群落有向大型化发展的趋势。

沂北地区水库群内各水库的早春季浮游植物群落结构变化复杂,但是,初秋季浮游植物群落结构较为一致。各水库数量最多的是蓝藻,生物量占比最大的是硅藻。Shannon-Wiener 指数评价结果表明,水库群内所有水库均处中污染状态,其中羽山水库污染最严重。早春季水库 H' 值呈现库首高于库尾的分布特征,但是汛期水库调度破坏了这种空间分布规律。相关性分析表明:水库 H' 指数与化学需氧量呈显著正相关关系。

参考文献

- [1] 刘凌,朱良珍,叶键,等.张福河浮游植物群落结构及生态位特征[J].水资源保护,2021,37(3):7-12.
- [2] 熊满堂,王普泽,叶少文,等.丹江口水库浮游植物群落

- 时空特征及其鱼产力评估[J].中国水产科学,2021,28(6):13.
- [3] 彭晓丽.连云港市4座水源水库富营养化评价及防治[J].江苏水利,2019(3):36-43.
- [4] 许传行.东海县大石埠水库水生态修复措施探讨[J].安徽农学通报,2013,19(14):103-104.
- [5] 周凤霞.淡水微生物图谱[M].北京:化学工业出版社,2005.
- [6] 胡鸿钧,魏印心.中国淡水藻类[M].北京:科学出版社,2006.
- [7] 金相灿,屠清瑛.湖泊富营养化调查规范[M].2版.中国环境科学出版社,1990.
- [8] 燕文明,钱宝,杨婷婷,等.平水期东洞庭湖主要入湖口藻类群落结构特征对环境因子的响应[J].水文,2020,40(1):6.
- [9] 赵孟绪,韩博平.汤溪水库蓝藻水华发生的影响因子分析[J].生态学报,2005,25(7):1554-1561.
- [10] 胥瑞晨,逢勇,胡祉冰,等.太湖水龄与水力停留时间关系及参数敏感性[J].水资源保护,2020,36(3):34-39.
- [11] 张庆吉,王业宇,王金东,等.骆马湖浮游植物演替规律及驱动因子[J].环境科学,2020,41(4):1648-1656.
- [12] 徐明,许静波,徐剑斌,等.射阳湖浮游植物群落特征及其与环境因子相关性[J].江苏水利,2021(12):20-23.
- [13] 王婕,吴挺峰,丁艳青.富春江水库变动回水区蓝藻水华成因初探[J].水电能源科学,2019,37(2):51-54.