

# 邵伯湖水生态状况及改善建议

樊旭<sup>1</sup>, 吕玲玲<sup>2</sup>

(1. 江苏省江都水利工程项目管理处, 江苏 扬州 225200;

2. 江苏省人民政府国有资产监督管理委员会, 江苏 南京 210008)

**摘要:** 过水型湖泊在承担防洪、保障人民生命财产安全的基本任务前提下, 在用水、航运、旅游及维系区域生态平衡方面也发挥着巨大作用, 通过对常规水质指标以及微生物指标的研究, 探索过水型湖泊富营养化的微生物评价方法, 针对湖泊水生态更替规律开展基础性研究, 提升湖泊水生态管理水平。

**关键词:** 湖泊富营养化; 水生态; 微生物评价; 邵伯湖

**中图分类号:** TV211.1      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1007-7839 (2016) 11-0007-04

## Water ecological situation and improvement suggestion of Shaobo Lake

FAN Xu<sup>1</sup>, LV Lingling<sup>2</sup>

(1. Jiangdu Water Conservancy Project Management Division of Jiangsu province, Yangzhou 225200, Jiangsu; 2. State Owned Assets Supervision and Administration Commission, People's Government of Jiangsu Province, Nanjing 210008, Jiangsu)

**Abstract:** The seasonal impounding and releasing lakes not only undertake the basic tasks of flood control, protect people's lives and property safety of the premise, but also play an important role in water supply, shipping, tourism and maintaining regional ecological balance. Through the study of the conventional water quality indexes and microbial indexes, microbiological evaluation method for Lake Eutrophication of seasonal impounding and releasing lakes is explored. Research on water ecological replacement is carried out for improving the water ecological management of the lake.

**Key words:** lake eutrophication; water ecological; microbial evaluation; Shaobo Lake

## 1 概况

湖泊是水资源的重要载体, 防洪安全、供水安全、生态健康、社会发展和经济建设的保障, 是湖泊管理的最终目标<sup>[1-2]</sup>。根据生态文明建设的要求, 本文以邵伯湖为研究对象, 基于水质、水生态观测数据, 采用水生态评价方法, 研究过水型湖泊生物种群结构、生长潜力、以及生物多样性的变化规律, 分析其对湖泊富营养化的影响, 为提升

过水型湖泊的管理提供必要的基础参考数据<sup>[3-8]</sup>。

邵伯湖位于淮河下游流域、淮河入江水道的中段, 又名棠湖, 形状为长方形, 长约 17 km, 平均宽度 4.53 km, 平均水深 1.87 m, 保护范围面积为 150.34 km<sup>2</sup>, 是淮河入江的主要通道。湖区热带季风气候, 降水丰沛, 渔业资源丰富, 是江苏重要的淡水渔业基地, 也是生产生活重要的水源地。邵伯湖与高邮湖紧邻, 以新民滩上的高邮控制线为界, 以上为高邮湖, 以下为邵伯湖, 行洪期间两湖

收稿日期: 2016-09-20

推荐单位: 江苏省水利学会水利工程及河湖管理专业委员会。

作者简介: 樊旭 (1967-), 男, 本科, 高级工程师, 主要从事河湖管理和水利工程管理工作。

连成一片,行洪后两湖分别用漫水闸及运盐闸、金湾闸、太平闸、万福闸等控制蓄水。同为浅水型湖泊,但是相对于高邮湖,邵伯湖湖面面积小、蓄洪能力少、过水型特征更为显著<sup>[4-7]</sup>。

## 2 邵伯湖主要水体及沉积物理化状况

### 2.1 透明度

透明度是指水样的澄清程度,是湖水的主要物理性质之一。影响湖水透明度大小的因素主要是水中悬浮物质和浮游物质。湖水透明度与生物量间呈双曲线关系,透明度的大小可以指示浮游藻类的多寡,而浮游藻类的多寡又与水质营养状况直接相关。2013年11月至2014年10月的研究表明,邵伯湖湖水全年平均透明度为27.5 cm。2013年11月份至翌年5月份呈逐渐下降趋势,2014年5月至2014年10月呈现波动变化,最小值出现在2014年9月份,为16.3 cm。由于邵伯湖作为淮河经高邮湖入江必经通道,湖水透明度受上游水量调节影响很大,上游来水会稀释原有湖水中的悬浮颗粒物,提高了透明度,同时来水对湖底扰动加强,使沉降在湖底的颗粒物上扬,使透明度降低,导致邵伯湖湖水透明度在汛期呈现波动变化。

### 2.2 溶解氧

湖水溶解氧含量的高低对湖泊水生物的生长发育以及湖水自净能力的影响很大,是水质评价的一个重要依据。影响溶解氧含量的因素主要是温度;其次是湖泊生物(水生高等植物和藻类)在白昼进行光合作用的同时,也增加了湖水中的氧气的含量,夜间则相反;湖中有机物或还原性物质在其分解和氧化过程中需消耗氧气,使溶氧含量下降。

邵伯湖溶解氧年平均值为8.92 mg/L,最大值出现在2013年11月份,为11.08 mg/L,最小值出现在2014年7月份,为5.90 mg/L。随着温度的降低,氧气在湖中的溶解度逐渐增大,11月份时温度最低,溶解氧含量最大;6~9月份温度最高,氧气在湖水中的溶解氧最低,与水温的变化趋势相一致。

### 2.3 底泥营养物质

湖泊营养化是由于湖泊中氮、磷等营养元素过度富集而导致的水生生态系统中初级生产力增高的异常现象,氮和磷的严重超标是导致湖泊富

营养化的直接原因。底泥是湖泊水环境的重要组成部分,在水体污染研究中具有特殊的重要性,一方面湖泊底泥是环境物质输送的宿体,汇集了流域侵蚀、大气沉降以及人为释放等多种来源的环境物质,是各种物质的蓄积库,承接着对上覆水环境的净化功能;另一方面,当外源污染物质得以控制时,湖泊水体环境发生变化,不断向上覆水释放氮磷等营养元素,对二次污染的形成又有贡献作用<sup>[9]</sup>。

邵伯湖底泥总磷平均含量为434 mg/kg,总氮平均值为808.2 mg/kg,邵伯湖有机质平均值为2.17%。由表1可以看出邵伯湖TP、TN和有机质均相对较低,这说明邵伯湖换水率高有利于内源污染传输。

表1 邵伯湖与溧湖、东太湖表层底泥营养物质<sup>[9]</sup>

采样点	TP (mg/kg)	TN (mg/kg)	有机质 (%)
邵伯湖底泥平均值	434	808.2	2.17
溧湖湖底泥平均值	941.3	1216	3.05
东太湖底泥平均值	460.0	1575	2.77

## 3 邵伯湖水生生物状况

### 3.1 水生高等植物

大型水生高等植物是湖泊生态系统结构中的重要组成部分之一,其组成和分布对水域生态系统的结构和功能均有显著影响<sup>[10]</sup>。

2014年5月以及8月调查显示,邵伯湖大型水生植物共计15种,分别隶属于10科,按生活型计,挺水植物2种,沉水植物7种,浮叶植物3种,漂浮植物3种,其中绝对优势种为沉水植物菹草以及挺水植物空心莲子草。金鱼藻频度最高,达到了75.00%;邵伯湖全湖水生植物平均生物量为1.787 kg/m<sup>2</sup>。大型水生植物在邵伯湖沿岸带及湖心水域均有分布,中心水域盖度大于沿岸带。湖心区优势水生植物种类为沉水植物,而沿岸带主要以挺水植物为主。

### 3.2 浮游植物

浮游植物存在于自然界的各种水体之中,是江河湖海中最基本的初级生产者,由于个体小、生活周期短、繁殖速度快,易受环境中各种因素的影响而在较短周期内发生改变。因此浮游植物的变化(种类组成、种群动态、生理生化等)可反映出所处环境的改变,而且相对于理化条件而言,

其生物量、种类组成和多样性能更好地反映出水体的营养水平。因而浮游植物作为生物学监测指标,在水环境评价中得到了广泛的应用<sup>[11]</sup>。

邵伯湖全年共采集到浮游植物 55 属、77 种,其中绿藻门的种类最多,有 24 属 36 种。各门类浮游植物基本呈现冬季最少,春季最多,夏秋季逐渐减少的趋势。根据文献<sup>[12]</sup>,水体污染指数在 1.0 ~ 1.5 之间,为中营养水平(轻度污染),1.5 ~ 2.5 为中-富营养水平(中度污染),2.5 ~ 3.5 为富营养水平(重度污染),3.5 ~ 4.0 为超富营养水平(严重污染)。邵伯湖的平均污染指数级为 2.04,说明邵伯湖整体处于中-富营养(中度污染)状态。另外,邵伯湖浮游植物的多样性指数年平均值约为 2.1,从多样性指数可以判断该水体属于中-富营养(中度污染)水体。

3.3 浮游动物

水体中的浮游动物由原生动物、轮虫、枝角类如桡足类几大类组成,它们是鱼类的天然饲料,是一类可供人们开发利用的水产资源,同时湖泊内的浮游动物在生态环境食物链上也起一定作用,它们的种类组成,数量多少还可以用于表征湖泊的营养状况。

轮虫发育时间快、生命周期短,能较为迅速地反应环境的变化,被认为是很好的指示生物,可根据湖泊中轮虫的数量和种类来推测湖泊营养型的变化。Sladeck 根据臂尾轮虫 *B* 多是属于富营养型种,异尾轮虫 *T* 多是贫营养型种,提出了常用于评价水质营养情况的 *B/T* 指数。

$$B/T=B(\text{臂尾轮虫属的种数})/T(\text{异尾轮虫属的种数}) \quad (5-1)$$

当  $B/T<1$  时,为贫营养型湖泊;当  $B/T$  在 1-2 之间时,为中营养型湖泊;当  $B/T>2$  时,为富营养型湖泊。邵伯湖中臂尾轮虫有 7 种,异尾轮虫有 3 种,  $B/T=7/3=2.3>2$ ,所以邵伯湖属于富营养型湖泊。

3.4 底栖动物

3.4.1 种类组成

邵伯湖 2013 年 11 月至 2014 年 10 月期间共鉴定出底栖动物 9 种(属),其中以摇蚊科幼虫和软体动物种类最多,均为 3 种;寡毛类次之,共 2 种;见多毛类沙蚕一种。从 9 个物种的出现频率来看,苏氏尾鳃蚓、中华河蚓、粗腹摇蚊以及环棱螺等是邵伯湖最常见种类。

3.4.2 应用底栖动物评价邵伯湖水质状况

底栖无脊椎动物个体较大,寿命较长,活动范围小,对环境条件改变反应灵敏,能够准确反映水质状况,是监测污染、评价水质的理想的指示生物。通过对底栖无脊椎动物群落结构调查研究,可以客观地分析和评价湖泊营养状况<sup>[13]</sup>。

Wright 指数,从寡毛类的密度来评价水体水质,认为密度低于 100 ind./m<sup>2</sup> 时无污染;100-999 ind./m<sup>2</sup> 时为轻污染;1000-5000 ind./m<sup>2</sup> 时为中度污染;而在 5000 ind./m<sup>2</sup> 以上时为严重污染。另外,goodnight 生物指数、BPI 生物学指数和 Shannon-Wiener 指数的判别标准如表 2。

表 2 各种生物指数评价标准

Goodnight 指数	BPI 生物学指数	Shannon-Wiener 指数 (bit)
小于 0.1 为清洁		
小于 0.6 为轻污染	[0.1, 0.5] 为轻污染	[0,1.0) 为重污染
[0.6, 0.8] 为中污染	[0.5,1.5] 为 $\beta$ -中污染	[1.0,3.0) 为中污染
(0.8-1.0] 为重污染	[1.5,5.0] 为 $\alpha$ -中污染	大于 3.0 为轻度污染至无污染
大于 5.0 为重污染		

研究结果表明,Wright 指数呈区域变化,Wright 指数高值点主要集中在邵伯湖的北部采样点,南部水域较低,所有采集点的 Wright 指数均低于 75 ind./m<sup>2</sup>。Goodnight 指数在所有污染区间均有出现,说明邵伯湖整体生态环境表现出不均匀性,整体处于中污染-重污染状态。BPI 指数均介于 0.5 ~ 2.5 之间,污染状态呈现地理区域特点,其中邵伯湖北部表现为  $\alpha$ -中污染,邵伯湖南部表现为  $\beta$ -中污染,整体表现为中污染。Shannon-Wiener 指数均在 1 ~ 3 之间,说明邵伯湖水质整体处于中污染状态。可以发现,评价结果显示邵伯湖现状处于中度污染时期,同时有向重污染全面变化的趋势,属于富营养化过程的中期。

4 邵伯湖水生态评价

4.1 水生高等植物结构劣化

上世纪八十年代以来,人类过度的开发利用打破了湖区的生态平衡。大规模的围网养殖,清除了大量的水生植物,加上水质恶化,导致高等水生植物的物种多样性逐渐降低。近期调查显示:高等水生植物共计 15 种,分别隶属于 10 科。其中挺水植物 2 种,沉水植物 7 种,浮叶植物 3 种,漂浮植物 3 种,优势种为沉水植物菹草以及挺水植物



空心莲子草, 平均生物量为  $2.13 \text{ kg/m}^2$ 。指示优质水体的水生植物种类如苔草、黑藻等十分匮乏或者近乎消亡。水生植物物种多样性的减少, 会引发浮游植物、底栖动物、鱼类等水生态系统的结构与功能的变化, 水体净化能力也大幅度下降。

#### 4.2 邵伯湖属于中-富营养型湖泊

1991年邵伯湖浮游植物平均丰度为  $62.4 \times 10^4 \text{ ind./L}$ , 生物量为  $0.0363 \text{ mg/L}$ 。在2013年11月至2014年10月的调查中, 邵伯湖共有浮游植物53属, 77种, 浮游植物的年平均丰度为  $4.93 \times 10^4 \text{ ind./L}$ , 比1991年增加了6.9倍。其中中-富营养化指示种类的藻类种类最多, 有27个种(属)。邵伯湖的平均污染指数约为2.04, 浮游植物的 Shannon-Wiener 多样性指数, 年平均值约为2.1, 表明邵伯湖属于中-富营养(中度污染)水体。

邵伯湖的浮游动物种群相对简单, 主要以轮虫和原生动物为主, 两者数量占总数量的95%以上。与其他湖泊相比, 邵伯湖的浮游动物密度和生物量均较高, 耐污种类较多, 物种丰富度偏低, 生态环境变差, 富营养化加剧。另外, 由于近二十多年来, 人类在湖区渔业生产的加强、放养鱼类及河蟹对底栖动物的摄食, 底栖动物年平均生物量下降明显, 特别是大型底栖动物和瓣鳃类、腹足类等生物量急剧下降, 而小型底栖动物, 主要是一些污染指示种, 如寡毛类中的苏氏尾蚓及摇蚊幼虫等数量有大幅度增加, 生物量也有明显增加。

### 5 改善邵伯湖水生态状况的对策和建议

#### 5.1 完善监测方法

邵伯湖作为典型的过水性湖泊, 有换水率高、汛期水体流速快的特点, 监测其浮游植物、浮游动物、底泥等项目不一定能有效反映过水性湖泊健康特性, 因此, 水生生物监测重点可以考虑加大做生生物、高等水生植物监测和权重, 同时强化湖泊自由水域面积监测。

#### 5.2 加强上游监测与科学调度

减少外源污染邵伯湖影响, 邵伯湖位于淮河下游, 是淮河入江水道的组成部分, 其水质直接受到了淮河水质的影响, 因此, 保障邵伯湖水质安全, 应加强淮河干流(包括洪泽湖、高邮湖)水质监测, 遇突发性水污染事件或上游水质不理想是, 应全面掌握上游水质实时状况、科学调度, 充分发挥

洪泽湖、高邮湖纳污能力强的特点, 必要时启动入海水道调水如海, 以保障邵伯湖水安全。

#### 5.3 强化湖泊内源治理与保护

邵伯湖主要功能是行蓄洪、供水、生态, 开发性功能主要是养殖与景观, 从功能善分析, 目前水产养殖功能已经影响其他功能发挥, 特别是行洪、供水以及生态, 因此内源治理首先要从水产养殖入手, 从总体上控制养殖规模, 优化围网布局, 回避近岸带和主行洪道, 同时合理搭配养殖种类, 改进喂养技术, 采用科学的投饵标准和投喂方法, 推广高质低耗的饵料, 减少残饵以降低对水质的污染; 再次, 利用生态修复技术, 加强邵伯湖近岸带高等水生植物群落进行修复。

#### 参考文献:

- [1] 杨桂山, 马荣华, 张路等. 中国湖泊现状及面临的重大问题与保护策略[J]. 湖泊科学, 2010, 22(6):799-810.
- [2] 舒金华, 黄文钊, 吴延根. 中国湖泊营养类型的分类研究[J]. 湖泊科学, 1996, 8(3):193-200.
- [3] 王伟, 樊祥科, 黄春贵等. 江苏省五大湖泊水体重金属的监测与比较分析[J]. 湖泊科学, 2016, 28(3):494-501.
- [4] 汤正军, 樊旭. 高邮湖、邵伯湖管理体制研究[J]. 江苏水利, 2006(9):22-23.
- [5] 张兴恩, 何燕. 浅析邵伯湖管理与保护工作[J]. 水政水资源, 2013(4):52-53.
- [6] 张晖, 王浩. 浅谈高邮湖、邵伯湖管理与保护基地建设[J]. 治淮, 2013(4):44-45.
- [7] 樊旭, 王浩. 加强高邮湖邵伯湖管理与保护基地建设的探讨[J]. 江苏水利, 2012(12):40-41.
- [8] 丁平, 刘金生, 傅桂明. 浅谈扬州市淮河入江水道整治工程的建设管理[J]. 治淮, 2015(5):49-50.
- [9] 张建华, 郑宾国, 张继彪等. 太湖底泥污染物分布特征分析[J]. 环境化学, 2011, 30(5):1047-1049.
- [10] 曹兆阳, 张松荣, 何小弟等. 扬州高宝邵伯湖湿地高等植物资源与生态保护[J]. 林业实用技术, 2008(12):42-43.
- [11] 吴小伟, 刘平. 扬州境内湖泊浮游植物群落结构及其与环境因子的关系[J]. 水资源保护, 2015, 31(5):47-52.
- [12] 张彤晴. 高、宝、邵伯湖浮游植物资源调查报告[J]. 水产养殖, 1993(6):12-14.
- [13] 刘录三, 李中宇, 孟伟等. 松花江下游底栖动物群落结构与水质生物学评价[J]. 环境科学研究, 2007, 20(3):81-86.

(责任编辑: 华智睿)