

大纵湖高等水生植物与生态环境调查研究

翁松干¹, 许静波², 樊旭³, 吴沛沛¹, 郭刘超¹, 徐季雄¹

(1. 江苏省水利科学研究院, 江苏 南京 210017; 2. 江苏省泰州引江河管理处, 江苏 泰州 225321;
3. 江苏省江都水利工程项目管理处, 江苏 扬州 225200)

摘要: 为探索里下河地区浅水型湖泊高等水生植物群落现状及生态环境影响因素, 以大纵湖为研究对象, 于2016年5月及7月分别对大纵湖高等水生植物群落进行了调查研究, 结合相关水质指标, 分析了里下河地区典型浅水型湖泊大纵湖水生态环境特征, 并提出相应改善水生态环境现状的建议。

关键词: 高等水生植物; 水生态; 浅水型湖泊; 里下河地区

中图分类号: X824 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-7839(2017)12-0011-06

Investigation and research on higher aquatic plants and ecological environment in Dazong Lake

WENG Songgan¹, XU Jingbo², FAN Xu³, WU Peipei¹, GUO Liuchao¹, XU Jixiong¹

(1. Hydraulic Research Institute of Jiangsu Province, Nanjing 210017, Jiangsu;
2. Taizhou Linking River Management Division of Jiangsu Province, Taizhou 225321, Jiangsu;
3. Jiangdu Water Conservancy Project Management Office, Yangzhou 225200, Jiangsu)

Abstract: In order to explore the status of higher aquatic plants and ecological environment influence factors in the shallow lake of lx-river area, Dazong Lake was taken as a research object. In May and July 2016, a survey on the higher aquatic plant communities in Dazong Lake was respectively conducted. Combined with the relevant indicators of water quality, the ecological environment characteristics of the Dazong Lake which was a typical shallow lake in lx-river area were analyzed. Therefore, corresponding suggestions to improve water ecological environment status were put forward.

Key words: higher aquatic plants; water ecology; shallow lakes; lx-river area

0 引言

湖泊是一种重要的淡水水体, 具备提供饮用水、水产养殖、农业灌溉、防洪调蓄和航运等多种功能, 与人类生活、生产活动息息相关。当前淡水湖泊环境面临的问题主要表现为水体富营养化、过度养殖等人类生产活动所导致的水质恶化和水生生态系统破坏^[1]。水生植物不仅是淡水湖泊的初

级生产者和水体净化者, 也是湖泊生态平衡的调控者, 在维持湖泊生态系统结构和功能方面起到十分重要的作用。其变化可以直接或间接地反映湖泊环境的状况及发展趋势^[2-3], 常常被视为湖泊环境变化的指示物^[4]。

里下河地区位于淮河下游、江苏中部, 地处中纬度地带, 东临黄海, 地势低平, 冬夏季风可以横贯全境, 形成丰富的降水。其地势格局是四周高, 中

收稿日期: 2017-07-12

作者简介: 翁松干(1996-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事水生态与水环境工作。

间低,由四周向中心微倾的宽浅的碟形洼地,有“锅底”之称^[5-6]。作为里下河地区最重要的湖泊之一,大纵湖在调节蓄水能力、保持生物多样性、净水等方面起到了不可替代的作用。随着人们对大纵湖不断地开发和利用,湖水水质变差,富营养化程度升高,高等水生植物不断劣化,生态系统遭到严重破坏^[7]。本文以大纵湖为研究对象,基于高等水生植物、水质等研究数据,采用水生态分析方法,研究里下河地区湖泊高等水生植物的生长现状,分析其对湖泊富营养化的指示作用,为提升里下河地区湖泊的管理提供必要的基础参考数据。

1 研究区域

1.1 研究区概况

大纵湖是国家4A级景区、江苏省级规划保护的重点湖泊之一,地处里下河地区洼地中心地带,位于盐城市盐都区大纵湖镇和泰州市中堡镇交界处,南北宽5.5 km,东西长6 km,总面积36.78 km²,其中盐都区境内为19.77 km²,占总面积的53.73%。大纵湖略呈圆形,湖盆呈浅碟型,岸坡平缓,湖底高程大部分在0.1~0.3 m,相当平坦;湖水较浅,多数地方常年水深为1 m,出湖河道水深为2~3 m。大纵湖为过水型湖泊,扬州宝应、泰州兴化诸地客水汇合到湖中,具有调蓄洪水、行洪、渔业养殖、生态环境、旅游等综合功能,是盐城市区重要的饮用水水源地^[7]。

1.2 采样点布设

为了客观反映湖泊水生态环境现状,综合考虑大纵湖湖区的特点,本次调查共布设了6个采样点,编号为dzh-1~dzh-6,具体地理位置见图1所示。其中dzh-1采样点位于湖区北部蟒蛇河、团结河以及横字河的交汇处;dzh-2采样点位于大纵湖旅游度假区附近;dzh-3采样点位于大纵湖西部农业灌溉区附近;dzh-4采样点位于兴盐界河出入湖河口;dzh-5、dzh-6采样点分别位于中引河、鲤鱼河与大纵湖交界的河口处,向南连通蜈蚣湖。

2 调查方法

2.1 水质指标测定及评价方法

于2016年5月及7月对大纵湖水水质指标分别进行采样测定,水样的采集和水质指标测定按GB3838-2002《地表水环境质量标准》进行。使用



图1 大纵湖水生植物采样点示意图

多参数水质检测仪(YSI-EXO₂)测定表层湖水水温、浊度、电导率、TDS(矿化度)、pH、DO(溶解氧);采用塞氏盘测定湖水的SD(透明度);Chl-a(叶绿素a)、总磷(TP)、总氮(TN)水样经预处理后实验室测定。

采用富营养化评价方法TLI评价法^[8]评价湖泊水体富营养状态,营养状态指数计算及评价标准如下表1所示。

营养状态指数计算式:

$$TLI(chl\ a)=10[2.5+1.086\ln(chl\ a)] \quad (1)$$

$$TLI(TP)=10[9.436+1.624\ln(TP)] \quad (2)$$

$$TLI(TN)=10[5.453+1.694\ln(TN)] \quad (3)$$

$$TLI(SD)=10[5.118-1.94\ln(SD)] \quad (4)$$

$$TLI(\Sigma)=\sum_{j=1}^m W_j \cdot TLI(j) \quad (5)$$

式中:TLI(Σ)表示综合营养状态指数;TLI(j)代表第种参数的营养状态指数;W_j为第j种参数的营养状态指数的相关权重。

以Chl-a作为基准参数,则第j种参数的归一化的相关权重计算公式为

$$W_j = \frac{r_{ij}^2}{\sum_{j=1}^m r_{ij}^2} \quad (6)$$

式中:r_{ij}为第j种参数Chl-a与基准参数的相关系数;m为评价参数的个数。中国湖泊的Chl-a与

其他参数之间的相关关系 r_{ij} 及 r_{ij}^2 见表 2。

3 调查结果

表 1 富营养化评价标准

富营养状态	贫营养型	中营养型	轻度富营养型	中度富营养型	重度富营养型
TLI 指数	$TLI < 30$	$30 \leq TLI \leq 50$	$50 < TLI \leq 60$	$60 < TLI \leq 70$	$70 < TLI$

表 2 中国湖泊部分参数与的相关关系及值

参数	Chl-a	TP	TN	SD
r_{ij}	1	0.84	0.82	-0.83
r_{ij}^2	1	0.7056	0.6724	0.6889

2.2 高等水生植物调查方法

于 2016 年 5 月及 7 月对大纵湖高等水生植物群落进行了调查, 调查方法按 SL167-2014《水库渔业资源调查规范》进行。根据各采样点位经纬度坐标, 采用手持式 GPS (SOUTH S740) 进行定位。选取均匀群落采样, 沉水、浮叶植物采集方法为在 1 m×1 m 范围内用采样夹 (面积为 0.2 m²) 将水草连根带泥全部夹取洗净, 除去枯枝烂叶及杂物, 现场鉴别种类, 分类称量植物鲜重, 并换算成每平方米生物量, 挺水植物采集使用边长 1 m 的 pvc 管方框选定范围, 记录群落数量特征并齐根收割称取鲜重。每个采样点上随机采集 2~3 次。

3.1 水质指标调查结果

各采样点表层湖水水质参数如表 3 所示。dzh-5、dzh-6 采样点的湖水溶解氧含量、透明度均明显低于其他 4 个采样点, 而浊度却相对偏高, 水温、pH、电导率、TDS (矿化度) 无明显差别。大纵湖北部水域受清淤的影响, 湖水较深, 湖底淤积层受风浪的影响较小, 水体中悬浮物质浓度低; 而南部水域养殖围网、圈圩较密集, 湖水较浅, 湖底淤积层受风浪易扬起, 透明度较低。

营养盐方面, Chl-a 浓度呈现中部高、南北两端低的趋势, 大纵湖北部受蟒蛇河、横字河、团结河入水的稀释, 南部水体经中引河、鲤鱼河分流, Chl-a 浓度较低; 中部水域 (dzh-3) 水体交换较低,

表 3 大纵湖表层湖水水质参数列表

水质指标	2016 年 5 月						2016 年 7 月					
	dzh-1	dzh-2	dzh-3	dzh-4	dzh-5	dzh-6	dzh-1	dzh-2	dzh-3	dzh-4	dzh-5	dzh-6
水温 /℃	23.4	23.5	24.2	24.0	23.8	23.2	27.6	27.4	27.8	27.2	26.9	26.2
pH	8.44	8.54	8.65	8.32	8.02	7.94	8.01	7.89	8.07	8.11	7.93	7.76
DO/mg/L	9.23	9.08	9.11	8.88	6.73	5.8	6.67	6.82	7.78	7.12	4.33	5.05
SD/cm	45	38	60	50	25	43	65	60	55	70	30	35
浊度 /FUN	28.32	30.27	13.3	23.44	48.13	42.84	9.93	9.68	9.56	8.72	17.55	15.01
电导率 /μS/cm	376	372	368	366	352	331	536.3	554	528	518	505	527
TDS/mg/L	247	249	243	244	236	227	336	358	326	311.4	301.7	335
Chl-a/μg/L	13.28	11.41	15.89	11.62	10.13	8.77	12.25	10.44	18.07	12.89	11.03	10.33
TP/mg/L	0.16	0.14	0.19	0.22	0.30	0.26	0.22	0.23	0.29	0.27	0.34	0.35
TN/mg/L	2.12	2.06	2.58	2.82	3.43	3.32	2.83	2.78	3.02	3.47	3.65	3.61
TLI	64.2	64.0	64.9	65.3	70.0	66.6	64.4	64.2	67.5	65.6	70.1	69.2

同时受周边农田面源影响, Chl-a 浓度较高。TP、TN 监测结果表明, 营养盐浓度呈北部低南部高的趋势, 北部水域基本处于五类水标准甚至劣五类, 而南部水域均处于劣五类状态。

从营养状态指数(TLI)分析, dzh-1、dzh-2、dzh-3、dzh-4 采样点处于中度富营养状态, 而 dzh-5、dzh-6 采样点处于中度-重度富营养型。这既与大纵湖所处地理位置有关, 亦与近年来的围网养殖、农业灌溉以及河湖治理等密切相关。

3.2 高等水生植物调查结果

3.2.1 种类组成及优势种

在 2016 年 5 月以及 7 月两次野外调查中, 大纵湖共采集到水生植物 18 种, 分别隶属于 13 科。其中 2016 年 5 月共采集水生植物 10 种, 分别隶属于 8 科; 按生活型计, 挺水植物 4 种, 沉水植物 2 种, 浮叶植物 2 种, 漂浮植物 2 种, 其中绝对优势种为挺水植物喜旱莲子草和芦苇。2016 年 7 月共采集到 16 种, 分别隶属于 12 科; 按生活型计, 挺水植物 6 种, 沉水植物 5 种, 浮叶植物 2 种, 漂浮植物 3 种, 其中绝对优势种为挺水植物芦苇、菰和喜旱莲子草, 具体参考表 4。

3.2.2 高等水生植物分布及群落结构

表 4 大纵湖水生高等植物名录

水生高等植物种类	2016.5	2016.7	生活型
I. 蕨类植物 Pterodophyte			
1. 槐叶萍科 Salviniaceae			
槐叶萍 <i>Salvinia natans</i>		✓	漂浮
II. 双子叶植物 Dicotyledoneae			
2. 小二仙草科 Haloragidaceae			
穗状狐尾藻 <i>Myriophyllum spicatum</i>	✓	✓	沉水
3. 睡莲科 Nymphaeaceae			
芡实 <i>Euryale ferox</i>	✓		浮叶
4. 茳菜科 Cabombaceae			
水盾草 <i>Cabomba caroliniana</i>		✓	沉水
4. 菱科 Trapaceae			
欧菱 <i>Trapa natans</i>	✓	✓	浮叶
5. 金鱼藻科 Ceratophyllaceae			
金鱼藻 <i>Ceratophyllum demersum</i>		✓	沉水
6. 苋科 Amaranthaceae			
喜旱莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i>	✓	✓	挺水
7. 柳叶菜科 Onagraceae			
水龙 <i>Ludwigia adscendens</i>		✓	挺水
III. 单子叶植物 Monocotyledoneae			
8. 水鳖科 Hydrocharitaceae			
水鳖 <i>Hydrocharis dubia</i>	✓	✓	漂浮
苦草 <i>Vallisneria natans</i>		✓	沉水
伊乐藻 <i>Elodea Canadensis</i>		✓	沉水
9. 眼子菜科 Potamogetonaceae			
菹草 <i>Potamogeton crispus</i>	✓		沉水
10. 禾本科 Graminae			
芦苇 <i>Phragmites australis</i>	✓	✓	挺水
菰 <i>Zizania latifolia</i>	✓	✓	挺水
稗 <i>Echinochloa crus-galli</i>	✓	✓	挺水
11. 浮萍科 Lemnaceae			
浮萍 <i>Lemna minor</i>	✓	✓	漂浮
12. 香蒲科 Typhaceae			
狭叶香蒲 <i>Typha angustifolia</i>		✓	挺水
13. 雨久花科 Pontederiaceae			
凤眼莲 <i>Eichhornia crassipes</i>		✓	浮叶

(1) 高等水生植物分布

高等水生植物现场调查结果表明: 高等水生植物主要分布在大纵湖的沿岸带, 湖心区植物分布较少。由表 5 可以看出, 5 月份大纵湖水生植物在 dzh-3 采样点盖度较高, 达到了 70%; 7 月份水生植物盖度达到了 70% 的采样点的有 dzh-3 和 dzh-6。从两次调查结果可以看出, 2016 年 7 月的大纵湖水生植物的生物量要高于 5 月, 这与水生植物的生长周期相关, 5 ~ 7 月为水生植物的生长旺盛期, 水生植物的生物量与盖度均有所增长。同时, 大纵湖高等水生植物的分布呈现明显的地理特征, 由东北向西南方向呈逐渐递增趋势。历史文献资料^[9]显示大纵湖水生植被覆盖率呈达 95%, 属草型湖泊; 近岸地区以芦苇、蒲、菰、莲藕和菱为主, 在开敞水域沉水植物遍布, 主要种类有苦草、聚草、马来眼子菜、轮叶黑藻等。

表 5 大纵湖水生高等植物盖度

采样点	盖度 /%	
	2016 年 5 月	2016 年 7 月
dzh-1	10	25
dzh-2	15	45
dzh-3	70	70
dzh-4	35	40
dzh-5	45	65
dzh-6	40	70

(2) 群落结构

大型水生植物群落的分类是依据群落的外貌、结构、生态和演替等特征而划分的, 作为分类的基本单位的群落的命名是按照与分类依据有密

切关系的群落的建群种而定, 并按同一群丛中建群种类的高低层次依次排列。建群种的确定原则是他们的生物量、频度和覆盖度都占优势地位。根据以上植被分类原则, 把层片结构相同, 各层片的优势种或共优种相同的植物群落联合为群丛。综合 2015 年 5 月以及 7 月两次调查数据, 大纵湖水生植被可划分为 3 个植被亚型: 挺水植被亚型、浮叶植被亚型、沉水植被亚型, 6 个主要植物从群(表 6)。其中, dzh-1 和 dzh-2 采样点相同, 优势种为芦苇, 主要伴生种为茭草 + 野菱; dzh-3、dzh-5 及 dzh-6 采样点的优势种相同, 为喜旱莲子草 + 芦苇, 主要伴生种均含有茭草 + 苦草; dzh-4 采样点优势种为喜旱莲子草, 主要伴生种为茭草 + 野菱 + 金鱼藻 + 稗。

3.2.3 大纵湖高等水生植物现状分析

通过对 2016 年度水生植物生长现状的分析, 可以发现大纵湖高等水生植物呈现明显的地理特征, 主要表现为北部以沿岸带挺水植物为主, 辅以漂浮植物; 中南部以挺水植物、沉水植物以及漂浮植物伴生为主。

dzh-1、dzh-2 采样点位于大纵湖风景区内, 受湖底底质清淤的影响, 采样点附近湖水较深, 瘀质覆盖层较浅, 不利于水生植物的生长, 特别是沉水植物。光合作用是水生植物最重要的代谢活动, 沉水植物对光的需求可用光补偿点来表示, 光补偿点是沉水植物的光合作用产氧量仅能满足其自身呼吸作用耗氧时的光照强度, 在光补偿点时的水深即是光的补偿深度, 只有在湖泊实际水深小于光补偿深度的水域, 沉水植物才有可能生长^[10]。dzh-1、dzh-2 采样点湖水透明度平均为 40 ~ 60 cm, 与湖水水深达 1.5 ~ 2.0 m 存在不少的差距, 水深过大、透明度较低是大纵湖北部水域沉水植物消亡的主

表 6 大纵湖各采样点水生植物群落优势种和伴生种

点位	群落名称	优势种	主要伴生种
dzh-1	芦苇群丛	芦苇	茭草 + 野菱
dzh-2	芦苇群丛	芦苇	茭草 + 野菱
dzh-3	喜旱莲子草 + 芦苇群丛	喜旱莲子草 + 芦苇	穗状狐尾藻 + 茭草 + 苦草 + 稗
dzh-4	喜旱莲子草群丛	喜旱莲子草	茭草 + 野菱 + 金鱼藻 + 稗
dzh-5	喜旱莲子草 + 芦苇群丛	喜旱莲子草 + 芦苇	茭草 + 狭叶香蒲 + 苦草 + 凤眼莲
dzh-6	喜旱莲子草 + 芦苇群丛	喜旱莲子草 + 芦苇	茭草 + 苦草 + 水鳖 + 凤眼莲

要原因。

dzh-3 ~ dzh-6 采样点位于兴化市境内,湖区内密布圩埂及养殖围网,严重压缩了湖泊的生态水面,阻碍湖内水体交换,营养物质无法顺利扩散,易在附近富集,加剧了水体的富营养化程度,这与水质的调查结果相吻合,其中 dzh-5、dzh-6 采样点处于中度—重度富营养状态。水体的富营养化亦为水生植物的生长提供了养分,特别是入侵种空心莲子草、凤眼莲等,5 ~ 7月呈疯长趋势,占据大部分湖面,抑制了沉水植物的生长。大纵湖南部敞口水域均能采集到沉水植物,以苦草、马来眼子菜及轮叶黑藻居多,相关水域水深较浅,适宜沉水植物的光照要求,同时湖底淤积层较厚,亦为沉水植物的生长提供了充足的养分。

4 结论与建议

4.1 结论

(1) 按照水质营养状态指数分析,大纵湖全湖基本处于中度富营养化状态,且南部区域有向重度富营养化恶化的趋势,特别是 dzh-5、dzh-6 采样点的 TLI 已经超过富营养化的阈值,需引起足够的重视。大纵湖水质具有明显的地理分布特征,由北向南呈变差趋势,主要体现在湖水溶解氧含量、Chl-a、透明度、TP、TN 等水质指标上。

(2) 两次的调查结果均表明,大纵湖高等水生植物主要分布在湖区的沿岸带,湖心区植物分布较少。野外共采集到水生植物 18 种,分别隶属于 13 科,群落结构主要以芦苇群落、喜旱莲子草+芦苇群落、喜旱莲子草群落为主,相较于文献资料,水生植物种类减少,覆盖度降低,群落结构呈现劣化趋势。

(3) 光照条件及富营养化决定了大纵湖高等水生植物的分布格局。北部水域水体过深,光线难以直射湖底,沉水植物的生长条件缺失。中南部水域淤积层厚,水体富营养程度高,漂浮植物呈爆发式生长。

4.2 建议

(1) 完善水质控制体系,外源控制方面应严防湖区周边工农业污染物质经地表径流以及地下水进入大纵湖;内源方面应采取清除措施,包括湖底底泥的清淤,降低营养盐经底泥向湖水迁移的

梯度,或引客水稀释湖水中营养物质浓度等。

(2) 尽快恢复大纵湖高等水生植物生态体系,优化水生植物群落。加强在湖区周边种植芦苇、茭草、香蒲等挺水植物,提升水生植物的临岸截污作用;在开敞水域种植沉水植物,如苦草、聚草、马来眼子菜、轮叶黑藻等,消化湖水中的富营养物质,既改善了大纵湖水质,又优化了水生植物生态种群结构;同时应严控入侵物种(喜旱莲子草、凤尾莲)的大量繁殖。

(3) 湖泊是一个动态的生态系统,应加强对湖区内圈圩以及围网养殖等开发的控制,防止自由水面被进一步的压缩,同时积极开展退圩还湖、退渔还湖等工作,提高大纵湖自由水面率,恢复其湖泊生态功能。

参考文献:

- [1] 张萌,倪乐意,曹特等.太湖上游水环境对植物分布格局的影响机制[J].环境科学与技术,2009,33(3):171-177.
- [2] 彭映辉,简永兴,李仁东等.白莲湖与西凉湖水生植物多样性的比较研究[J].经济林研究,2003,21(1):18-20.
- [3] 武士蓉,徐梦佳,赵彦伟等.白洋淀湿地水质与水生物相关性研究[J].环境科学学报,2013,33(11):3160-3165.
- [4] 雷泽湘,徐德兰,顾继光等.太湖大型水生植物分布特征及其对湖泊营养盐的影响[J].农业环境科学学报,2008,27(2):698-704.
- [5] 柯长青.湿地资源动态变化的分形研究—以苏北里下河地区湿地资源的动态变化为例[J].西北大学学报(自然科学版),2002,32(1):90-92.
- [6] 冯旭松,钱志平.南水北调东线江苏里下河地区水源调整方案研究及有关问题的思考[J].南水北调与水利科技,2008,6(4):46-49.
- [7] 成孝锋,鱼浩.大纵湖退圩(围)还湖功能区划问题[J].中国水利,2012(22):51-52.
- [8] 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.
- [9] 王苏民,窦鸿身,陈克造等.中国湖泊志[M].北京:科学出版社,1998.
- [10] 朱光敏.水体浊度和底光条件对沉水植物生长的影响[D].南京:南京林业大学,2009.

(责任编辑:华智睿)