

## 鄱阳湖边缘湖区水体营养状态分析——以大湖池和沙湖为例

胡倩倩, 梁越\*, 丁新航, 肖浩, 罗笠

(东华理工大学江西省大气污染成因与控制重点实验室, 水资源与环境工程学院, 江西南昌 330013)

**摘要** 以边缘湖区大湖池和沙湖为研究对象, 分析不同月份不同水位条件下这些湖区的水质理化特征, 运用经验频率曲线的湖泊富营养化随机评价方法和《地表水环境质量标准》分析水质营养状态和类型。结果表明, 高锰酸钾指数(COD<sub>Mn</sub>)、总磷(TP)和氨氮(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N)在10月和12月偏高, 而在5月水位上涨时最低。硝酸盐氮(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N)浓度在5月明显偏高, 其他月份差别不大。总氮(TN)浓度在12月最高(两湖分别为2.7±0.4和2.4±0.5 mg/L)。10月鄱阳湖退水后, TN浓度相对其他月份不高(1.2±0.2 mg/L), 但TP浓度较高, 分别为0.27±0.01和0.33±0.02 mg/L, TN/TP为9.2:1和7.4:1, 叶绿素a(Chl-a)浓度最高, 分别为10.4±1.2和15.6±1.7 μg/L。边缘湖区在5月涨水时为Ⅲ类水质, 中营养化; 8月丰水期为Ⅲ~Ⅳ类水质, 初等富营养化; 枯水期为Ⅴ类水质, 富营养化。与鄱阳湖主体湖区相比较, 除5月边缘湖区的水质比鄱阳湖主体好外, 其他月份都是边缘湖区水质比主体水质差, 边缘湖区在秋季更容易藻类富集。

**关键词** 鄱阳湖; 边缘湖区; 水质特征; 营养状态

**中图分类号** S181 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)09-0070-05

## Study on Trophic State of the Edge Lake of Poyang Lake—Taking Dahuchi Lake and Shahu Lake as an Example

HU Qian-qian, LIANG Yue, DING Xin-hang et al (Jiangxi Province Key Laboratory of the Causes and Control of Atmospheric Pollution, State Key Laboratory Breeding Base of Nuclear Resources and Environment, School of Water Resources & Environmental Engineering, East China University of Technology, Nanchang, Jiangxi 330013)

**Abstract** Taking the Dahuchi Lake and Shahu Lake in the marginal lake area as the research object, the physicochemical characteristic and trophic states using the evaluation standard of entrophication and the experience frequency of the water quality index was analyzed, and water quality types with surface water environmental quality standards in different months and water levels in Dahuchi Lake and Shahu Lake was compared. The results showed that concentrations of COD<sub>Mn</sub>, TP and NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N were high in Oct. and Dec., however low when water level rise in May. NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N concentration was high in May but a little different in other months. TN concentrations were highest in Dec. (2.7±0.4 and 2.4±0.5 mg/L). In Oct. after water declined, TN concentrations were not high but TP concentrations were high (0.27±0.01 and 0.33±0.02 mg/L), and TN/TP were 9.2:1 and 7.4:1, and Chl-a concentrations were highest (10.4±1.2 and 15.6±1.7 μg/L). Water quality was Ⅲ type and middle trophic state when water level rise in May, and Ⅲ~Ⅳ type and primary entrophication in wet season in Aug, however Ⅴ type and entrophication in dry season in the two lakes. Comparing with mainstream of Poyang Lake, water quality of the edge lakes were bad except to in May.

**Key words** Poyang Lake; The edge lake; Water quality; Trophic state

富营养化问题一直是国内外湖泊研究的重点之一, 目前我国66%以上的湖泊、水库处于富营养化水平, 其中重富营养和超富营养占22%, 美国的Apopka、George和Okeechobee湖及日本的霞浦湖都是富营养化湖泊, 富营养化问题已成为湖泊相当长一段时期内的重大水环境问题<sup>[1-2]</sup>。随着经济、城镇化、工业和农业的快速发展, 来自于五大河流的鄱阳湖流域的污染源排放呈上升趋势, 鄱阳湖对这些来源的氮、磷具有显著的滞留作用<sup>[3]</sup>。鄱阳湖的过水性湖泊特征, 一定程度上减轻和掩盖了其水体富营养化程度, 同时也出现了丰水期和枯水期水体富营养化程度差异较大的现象。研究表明, 鄱阳湖水体具备发生“水华”现象的营养盐基础, 水体富营养化主要限制因子是化学需氧量(COD)、总氮(TN)、总磷(TP), 同时TN/TP的比值也影响水体富营养化程度, 其中, TP和TN/TP是鄱阳湖水体富营养化的主导因子<sup>[4-5]</sup>。我国

湖泊营养状态评价方法主要采用的是基于经验频率曲线的随机评价方法<sup>[6]</sup>、模糊评价方法<sup>[7]</sup>和灰色评价方法<sup>[8]</sup>, 这些富营养化评价方法的计算精度基本相当<sup>[6]</sup>。

由于鄱阳湖是通江湖泊, 水体交换快, 丰水季节带走了大量营养盐, 而枯水期主航道水流速度快, 水体浑浊不利于蓝藻生长聚集。然而, 鄱阳湖边缘有较多的小湖泊, 丰水期与鄱阳湖主体连成一片, 枯水期几乎是封闭的积水洼地, 营养盐滞留在很浅的小湖内, 容易富营养化, 藻类大量增殖<sup>[9]</sup>。鄱阳湖氮的生物地球化学循环主要发生在边缘缓水湖区, 因此研究边缘湖区营养状态特征有助于对鄱阳湖营养循环过程的深入认识<sup>[10]</sup>。鄱阳湖国家级自然保护区位于赣江支干与修河入湖的尾间地区, 是典型的鄱阳湖边缘湖区, 是冬季候鸟主要栖息地。笔者选取赣江和修河的入湖尾间——大湖池和沙湖为采样地, 监测其水质参数, 运用经验频率曲线的随机评价方法分析不同月份和水位的营养状况, 旨在为鄱阳湖边缘湖区的水生态开发与保护提供科学依据。

## 1 材料与方法

**1.1 研究区域与样品采集** 大湖池和沙湖为鄱阳湖边缘湖区, 位于江西省北部, 永修县境内, 吴城镇的西面, 是鄱阳湖两大支流赣江和修河尾间复合三角洲上的堤间洼地, 水流随江河水位而变, 流向不定。在每年鄱阳湖退水后的枯水季节成为湖滩地上的滞水性湖泊, 在洪水季节与周边河流和鄱阳

**基金项目** 国家自然科学基金项目(41563001); 东华理工大学核资源与环境国家重点实验室培育基地自主基金(Z1610); 东华理工大学江西省大气污染成因与控制重点实验室开放基金(AE1602); 东华理工大学博士科研启动金(DHBK2015326); 东华理工大学科技创新团队科研启动金(DHKT2015101)。

**作者简介** 胡倩倩(1991—), 女, 江西九江人, 硕士研究生, 研究方向: 水资源与环境。\*通讯作者, 讲师, 博士, 从事水资源与环境研究。

**收稿日期** 2017-12-25

湖主体连成一片。湖中苔草茂盛,鱼虾资源丰富,是越冬候鸟觅食和栖息的良好场所,鄱阳湖候鸟主要保护区之一。

大湖池和沙湖的水深随季节的变化而变化,8月是丰水期,水深6.0 m左右,10月至第2年的4月为枯水期,水深0.3~0.8 m,5月为平水期,也是水位上涨时期,水深3.0 m左右,水位的差异主要是由于鄱阳湖流域季节性降雨,5—8

月为汛期。该研究采样时间为2016年12月15日、2017年3月15日、4月15日、5月20日、8月1日及10月1日。水样采集使用有机玻璃采水器,枯水期由于水浅在水面0.1 m以下采集,丰水期在水面下0.5 m处采集,水样数量为8~10个。采样点如图1所示。

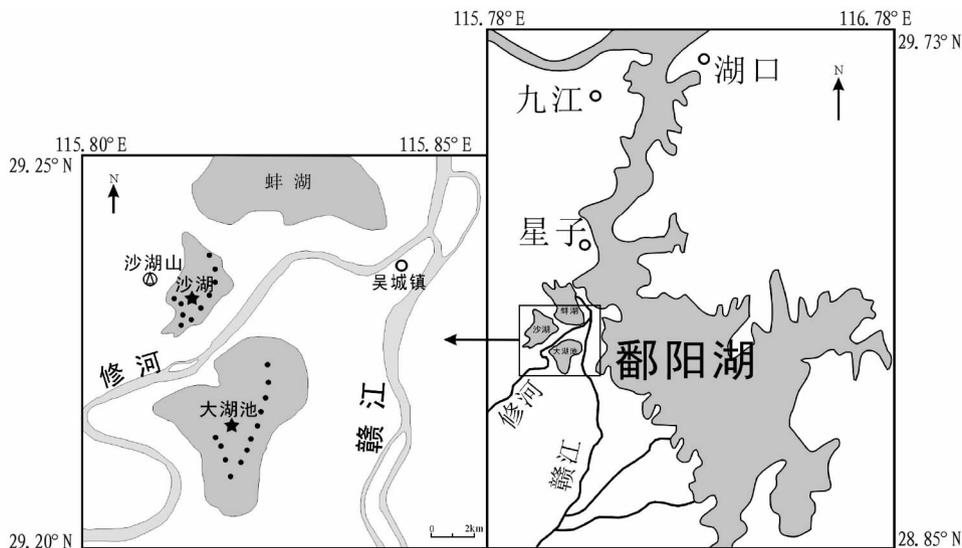


图1 大湖池和沙湖及周围水域采样点

Fig.1 Sampling sites in Dahuchi Lake and Shahu Lake and around its watersheds

**1.2 水体理化参数测定** 水体理化参数 TN、TP、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$  分别采用过硫酸钾氧化紫外分光光度法、过硫酸钾氧化钼锑抗分光光度法、纳氏试剂光度法、酚二磺酸光度法进行测定,具体方法参考《水和废水监测分析方法》<sup>[11]</sup>。用水质分析仪(HACH)现场测定 pH、电位、溶解氧(DO)及叶绿素 a(Chl-a)(HACH HYDROLAB)等参数。

**1.3 湖泊富营养化评价方法** 基于经验频率曲线的湖泊富营养化随机评价方法<sup>[6]</sup>,可以对湖泊的营养状态进行分析。各项水质指标(如 Chl-a、TP、TN、COD、SD 等)及水质评价级别是随机变量,评价级别是样本从大到小的序号,每个评价级别对应的各项水质指标的标准取值是从大到小的样本,这样出现大于或等于某个水质指标浓度以及评价级别的经验频率( $P$ ),由以下公式来计算。

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\%$$

式中, $m$  表示排序后的样本序号; $n$  为样本容量,计算各项随机变量的经验频率  $P_i$ ,根据 Chl-a、TP、TN、COD、SD 评价指标与 Chl-a 的相关系数,得到各项水质指标在富营养化评价中所占的权重  $W_i$ 。根据加权平均公式求出各项水质指标的综合经验频率  $P = \sum W_i \times P_i$ ,即湖泊富营养化评价级别的经验频率,进一步得到湖泊富营养化的评价标准。

**1.4 数据统计** 运用 SPSS 19.0 和 Sigmaplot 12.0 软件进行数据统计分析和作图。

## 2 结果与分析

**2.1 水质参数各月含量特征** 大湖池和沙湖湖水 DO 含量较为丰富(7.2~8.9 mg/L),仅在10月略偏低,分别为  $6.7 \pm$

0.4 和  $6.9 \pm 0.5$  mg/L。湖水偏弱碱性( $\text{pH} = 7.3 \sim 8.9$ )。2个湖泊  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  浓度在10月较高,分别为  $9.4 \pm 0.7$  mg/L 和  $11.2 \pm 0.5$  mg/L,其次是12月较高,其他月份为  $3.9 \sim 7.9$  mg/L(图2、3)。不同月份  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  浓度变化明显,尤其是12月和10月明显偏高,大湖池分别为  $1.19 \pm 0.06$  和  $0.85 \pm 0.06$  mg/L,沙湖分别为  $1.38 \pm 0.06$  和  $1.07 \pm 0.05$  mg/L;5月  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  浓度最低,两湖分别为  $0.34 \pm 0.01$  和  $0.38 \pm 0.02$  mg/L,与其相邻的赣江和修河中的浓度相差不大,尤其与修河中的浓度更接近  $0.37 \pm 0.08$  mg/L(表1、图2、3),两湖泊的  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  浓度在8月比5月明显升高,而河流的  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  浓度在8月比5月也偏高,7、8月经常遇到暴雨,雨水的冲刷带来农业、畜禽、城镇废水进入河流,并进入连通的湖泊。 $\text{NO}_3^- - \text{N}$  浓度在5月明显偏高,其他月份差别不大,这是由于5月是农业第一季水稻种植期,也是汛期,经常雨水不断, $\text{NO}_3^- - \text{N}$  主要来源于农业的面源污染;8月湖泊  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  浓度比河流中低(表1),表明湖泊和河流水体交换不如5月彻底,5月湖水和河水都在上涨,水流速度较快,8月受长江水位的顶托作用,湖水水流较慢。湖泊无机氮除5月  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  浓度超过  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  外,其他月份以  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  为主,而河流无机氮均以  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  为主(表1)。

反映藻类生长量的四大参数为 TN、TP、Chl-a 及 TN/TP, TN 在8月和12月浓度比其他月份高(图2、3),8月大雨的冲刷作用使陆地氮源和土壤有机质进入湖泊,12月由于冬季候鸟栖息使底泥再悬浮以及粪肥作用使得 TN 含量偏高。两湖 TP 浓度在10月最高,分别为  $0.27 \pm 0.01$  和  $0.33 \pm$

0.02 mg/L。两湖的TN/TP(摩尔比)在10月分别为9.2:1和7.4:1,低于16:1,磷供给充足,10月初是秋季,光照和温度25~30℃也有利于藻类形成,两湖泊Chl-a含量在10月显著地比其他月份高,分别为10.4±1.2和15.6±1.7 μg/L, TN/TP结合Chl-a(反映藻类的含量),能够反映此时藻类含量较高,事实上10月秋季湖面可见藻类富集,沙湖更明

显。两湖TP浓度在12月也较高,分别为0.21±0.02和0.25±0.02 mg/L,受到候鸟觅食草根茎,栖息于湖面<sup>[12]</sup>,使底泥悬浮,底泥中的TP释放以及粪肥的影响,12月TN/TP分别为28.4:1和21.3:1,高于16:1,结合Chl-a含量(分别为6.5±0.3、7.7±0.4 μg/L),TN和TP浓度也较高,但是冬季寒冷,光照和温度较低不适合藻类大量形成<sup>[4]</sup>。

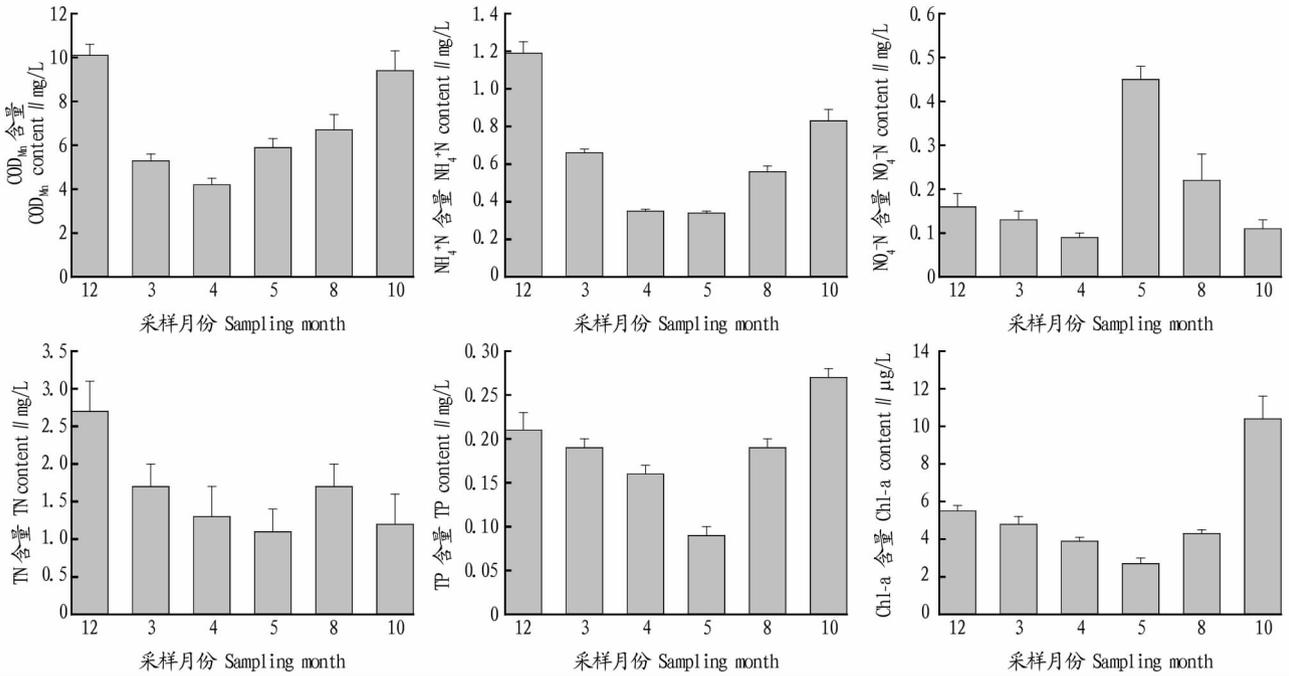


图2 大湖水水质参数特征

Fig. 2 Parameters characteristic of water quality of Dahuchi Lake

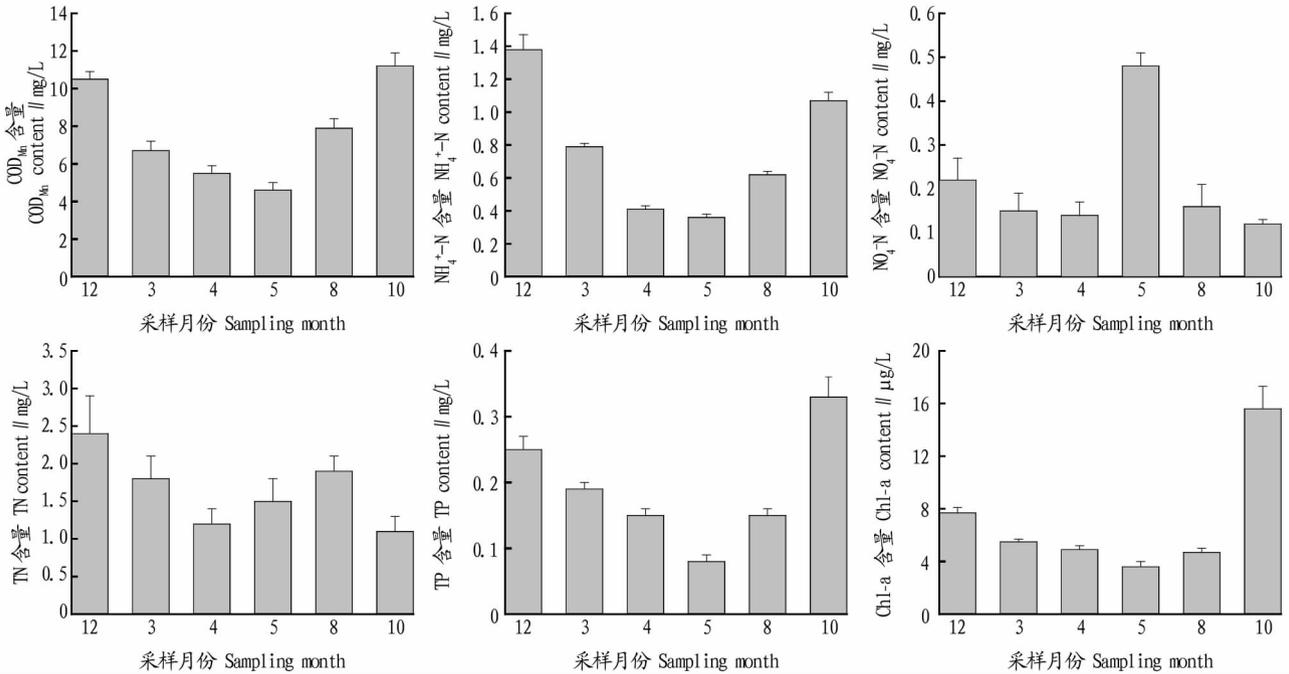


图3 沙湖水水质参数特征

Fig. 3 Parameters characteristic of water quality of Shahu Lake

两湖泊在10月初湖水已退去30d左右,湖泊营养盐浓度总体升高较多,藻类富集,通过分析Chl-a与其他水质参

数的相关性(表2)可知,Chl-a与TN、TP、COD、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N正相关,尤其与COD显著相关,与TP极显著相关;Chl-a与

DO 和  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  负相关, 尤其与  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  显著负相关。藻类从水体中摄取碳元素, 一定浓度范围内 COD 的增大, 会促进藻类生长繁殖, 同时, 藻类的增多会使 COD 上升, 水体中 DO 下降。当氮、磷含量升高时, 极大地促进了藻类的生长,

同时, 藻类生物量的增加, 使氮、磷富集, TN、TP 浓度增加<sup>[10,13]</sup>。秋季湖内矿化、氨化作用较强,  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  浓度升高, 有利于藻类的繁殖<sup>[14]</sup>。藻类生物量的增多会消耗硝酸盐,  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  浓度相对降低。

表 1 赣江和修河水水质参数特征

Table 1 Parameters characteristic of water quality of Gan River and Xiu River

河流 Rivers	月份 Month	$\text{HCO}_3^-$ mg/L	$\text{COD}_{\text{Mn}}$ mg/L	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$ mg/L	$\text{NO}_3^- - \text{N}$ mg/L	TN mg/L	TP mg/L	Chl - a $\mu\text{g/L}$
赣江 Gan River	5	$38.1 \pm 3.2$	$6.9 \pm 0.3$	$0.42 \pm 0.04$	$0.58 \pm 0.12$	$1.8 \pm 0.2$	$0.11 \pm 0.01$	$1.4 \pm 0.3$
	8	$45.5 \pm 5.8$	$8.5 \pm 0.5$	$0.54 \pm 0.05$	$0.64 \pm 0.08$	$2.2 \pm 0.3$	$0.15 \pm 0.02$	$2.1 \pm 0.4$
修河 Xiu River	5	$58.1 \pm 5.2$	$5.8 \pm 0.4$	$0.37 \pm 0.08$	$0.52 \pm 0.06$	$1.1 \pm 0.3$	$0.08 \pm 0.01$	$1.6 \pm 0.4$
	8	$60.1 \pm 4.1$	$7.7 \pm 0.6$	$0.43 \pm 0.03$	$0.47 \pm 0.08$	$1.6 \pm 0.4$	$0.11 \pm 0.01$	$2.5 \pm 0.3$

两湖泊在不同月份各水质参数略有不同, 沙湖的理化参数含量相对于大湖池更高, 是由两湖泊所处的地理位置和周围的环境因素决定<sup>[15]</sup>。但是两湖泊各参数的变化趋势大致相同(图 2、3), 这是由鄱阳湖的水情及两湖的水位变化一致所决定。

表 2 沙湖 10 月 Chl - a 与其他水质参数的相关性

Table 2 Correlation coefficients between Chl - a and environmental factors in October in Shahu Lake

水质参数 Water quality parameters	Chl - a	水质参数 Water quality parameters	Chl - a
COD	0.833 *	$\text{NH}_4^+ - \text{N}$	0.624
TN	0.834	$\text{NO}_3^- - \text{N}$	-0.444 *
TP	0.925 **	DO	-0.623

注: \* 表示  $P < 0.05$  显著相关; \*\* 表示  $P < 0.01$  显著相关

Note: \* stands for significant correlation at 0.05 level; \*\* stands for significant correlation at 0.01 level

## 2.2 水质各月营养状态

**2.2.1 水质富营养化评价结果。**参照湖泊富营养化评价标准及水质指标的经验频率<sup>[6]</sup>(表 3), 以沙湖为例计算综合经验频率  $P$  值, 得到各月的营养化状态, 结果见表 4。由表 4 可知, 沙湖 12 月是枯水期, 水位最低(水深 0.5 m 左右), 营养盐浓度较其他月份高, 处于富营养化, 12 月冬季候鸟栖息于

大湖池和沙湖, 觅食于草根, 使得底泥悬浮, TN 和 TP 释放, 增加水体营养, 加上候鸟粪肥, 铵氮浓度也升高, 但是 Chl - a 浓度不高, 冬季较高的 N/P、持续下降的温度及光照强度已难以维系藻类的大规模增殖<sup>[4]</sup>。3、4 月也是枯水期, 处于中等富营养化, 浓度较 12 月下降, 随着冬季候鸟的迁徙, 底泥悬浮颗粒沉降, 春季雨水也增多, 湖水营养盐进一步稀释。5 月是平水期, 处于中营养化, 鄱阳湖流域汛期, 水位上涨, 大湖池和沙湖与鄱阳湖主体连通, 营养盐随主体水流进入长江, 难以滞留在湖内。8 月是丰水期, 处于初等富营养化, 此时湖水受长江水顶托作用, 水流缓慢, 营养盐在湖内有一定滞留<sup>[3]</sup>, 浓度比 5 月升高。10 月是枯水期, 处于富营养化, 鄱阳湖在 8 月中旬开始退水, 大湖池和沙湖在 8 月底和 9 月初已退水完毕, 基本是封闭区域的湿地, 湖水浓缩, 营养盐浓度升高, 加上秋季充足的光照及较高的温度, 湖内矿化和氨化作用较强, 使得营养盐浓度进一步升高, 容易形成密集的藻类聚集区(Chl - a 浓度最高)<sup>[6,16]</sup>。前人研究也发现, 沙湖区域暴发了秋季蓝藻水华, 位于永修县境内的大汉湖区域出现部分蓝藻富集, 有发生水华的趋势<sup>[15]</sup>。鄱阳湖的边缘湖区在枯水期基本是封闭的湿地, 湖水很浅, 营养盐浓度较高, 容易发生富营养化。

表 3 富营养化评价标准及水质指标的经验频率<sup>[8]</sup>

Table 3 The evaluation standard of eutrophication and the experience frequency of the water quality index

评价标准 Evaluation criterion	Chl - a $\mu\text{g/L}$	TP $\text{mg/m}^3$	TN $\text{mg/m}^3$	$\text{COD}_{\text{Mn}}$ mg/L	评价级别 Evaluation level	经验频率 Experience frequency
贫营养 Poor nutrition	1	2.5	30	0.3	1	14.3
贫中营养 Poor medium nutrition	2	5.0	50	0.4	2	28.6
中营养 Medium nutrition	4	25.0	300	2.0	3	42.9
中富营养 Rich nutrition	10	50.0	500	4.0	4	57.1
富营养 Eutrophication	65	200.0	2 000	10.0	5	71.4
重富营养 Heavy eutrophication	160	600.0	6 000	25.0	6	85.7

**2.2.2 水质类型分类。**从单因子分析, 按照《地表水环境质量标准》(表 5), 两湖泊的  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  月变化为  $3.9 \sim 11.7 \text{ mg/L}$  (图 2), 3—8 月达到 II ~ III 类水质, 10 和 12 月达到 IV 类水质, 8 月是丰水期, COD 相对前 3 个月较高, 是周围村镇的生活污水和农业灌溉用水直接流入河流和湖泊, 夏季较高的温度也导致水体中有机质的降解。湖泊 TP 的月变化范围为  $0.07 \sim 0.33 \text{ mg/L}$  (图 2), 按《地表水环境质量标准》仅 5 月份

达到 III 类水体; 枯水期的 10 月和 12 月, TP 浓度大于  $0.2 \text{ mg/L}$ , 达到 V 类水质, 其他月份为 IV 类水质。TN 月浓度差异较大, 其中 12 月 TN 的月均浓度超过 V 类水质的限值, 8 月也达到 IV 类水质的浓度限值。  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  浓度除 12 月在  $1.0 \sim 1.5 \text{ mg/L}$  达到 III ~ IV 类水质, 沙湖 10 月  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  浓度达到 III 类水质外, 其他月份在 I ~ III 类水质。  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  除 5 月份较高外, 趋势与  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  相似。

表4 沙湖水水质各月营养状态分析

Table 4 Trophic states of water quality in Shahu Lake

月份 Month	P(综合) P(comprehensive)	评价级别 Evaluation level	富营养化程度 Eutrophication degree
12	73.7	5.16	富营养化
3	60.1	4.21	中富营养化
4	56.4	3.94	中富营养化
5	43.6	3.05	中营养化
8	48.9	3.42	初等富营养化
10	76.5	5.31	富营养化

表5 地表水环境质量标准基本项目标准限值(GB 3838—2002)

Table 5 Environmental quality standards of surface water(GB 3838—2002)

参数 Parameter	I	II	III	IV	V
COD <sub>Mn</sub>	2.00	4.000	6.000	10.0	15
TN	0.20	0.500	1.000	1.5	2.0
TP	0.01	0.025	0.050	0.1	0.2
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> - N	0.15	0.500	1.000	1.5	2.0

表6 鄱阳湖主体与边缘湖泊的营养状况对比

Table 6 Comparing trophic states of the edge lake with the mainstream of Poyang Lake

月份 Month	鄱阳湖主体 Poyang Lake				鄱阳湖边缘(沙湖)The edge of Poyang Lake(Shahu Lake)			
	TN//mg/L	TP//mg/L	TN/TP	级别 Level	TN//mg/L	TP//mg/L	TN/TP	级别 Level
3	2.53	0.14	40.0	III	1.8	0.19	21.0	IV
4	2.58	0.14	40.8	III	1.4	0.16	19.2	IV
5	0.43	0.06	15.9	IV	1.5	0.08	41.5	III
8	1.53	0.12	28.2	III	1.6	0.15	23.6	III~IV
10	2.38	0.16	32.9	III	1.1	0.33	7.4	V
12	1.01	2.06	1.1	V	2.4	0.25	21.3	V

注:III. 中营养化;IV. 中富营养化;V. 富营养化

Note: III. Eutrophication; IV. Eutrophic; V. Eutrophication

### 3 结论

鄱阳湖边缘湖泊——大湖池和沙湖由于鄱阳湖的水位变化及自身所处的地理位置,营养盐含量偏高,只在5月水位上涨时期,由于周边河水进入湖泊进行水体交换,处于III类水质,中营养化,丰水期处于III~IV类水质,初等富营养化外,从退水后的秋季枯水期到第2年的春季枯水期都是IV或V类水质,达到中富或富营养化。

### 参考文献

- [1] 孔繁翔,高光. 大型浅水富营养化湖泊中蓝藻水华形成机理的思考[J]. 生态学报,2005,25(3):589-595.
- [2] 吴雅丽,许海,杨桂军,等. 太湖水体氮素污染状况研究进展[J]. 湖泊科学,2014,26(1):19-28.
- [3] 胡春华,楼倩,丁文军,等. 鄱阳湖氮、磷营养盐的滞留效应研究[J]. 环境污染与防治,2012,34(9):1-4.
- [4] 余进祥,刘娅菲,钟晓兰,等. 鄱阳湖水体富营养化评价方法及主导因子研究[J]. 江西农业学报,2009,21(4):125-128.
- [5] 万金保,闫伟伟. 鄱阳湖水水质富营养化评价方法应用及探讨[J]. 江西师范大学学报(自然科学版),2007,31(2):210-214.
- [6] 谢平,黎红秋,叶爱中. 基于经验频率曲线的湖泊富营养化随机评价方

法及其验证[J]. 湖泊科学,2004,16(4):371-376.

[7] 许文杰,陈为国,张晓平. 湿地水体富营养化评价与可持续发展研究[J]. 中国农村水利水电,2007(9):9-11.

[8] 冯玉国. 湖泊富营养化灰色评价模型及其应用[J]. 系统工程理论与实践,1996,16(8):43-47.

[9] 戴国飞,张萌,冯明雷,等. 鄱阳湖南矶湿地自然保护区蓝藻水华状况与成因分析[J]. 生态科学,2015,34(4):26-30.

[10] 胡春华,黄丹,周文斌,等. 典型湖泊边缘区丰水期营养状态及其影响因素研究:以蚌湖为例[J]. 水生态学杂志,2013,34(3):32-38.

[11] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 4版. 北京:中国环境科学出版社,2002.

[12] 胡振鹏. 白鹤在鄱阳湖越冬生境特性及其对湖水水位变化的响应[J]. 江西科学,2012,30(1):30-35,120.

[13] 朱孔贤,毕永红,胡建林,等. 三峡水库神农溪2008年夏季铜绿微囊藻(Microcystis aeruginosa)水华暴发特性[J]. 湖泊科学,2012,24(2):220-226.

[14] 孙晓庆,董树刚,汤志宏. 营养盐和光照对浮游植物群落结构的影响[J]. 南方水产,2008,4(1):1-9.

[15] 张金美,张萌,匡武名,等. 水华条件下鄱阳湖区植物叶片碳氮同位素特性[J]. 环境科学研究,2016,29(5):708-715.

[16] 王艺兵,侯泽英,叶碧碧,等. 鄱阳湖浮游植物时空变化特征及影响因素分析[J]. 环境科学学报,2015,35(5):1310-1317.

## 科技论文写作规范——结果

利用图、表及文字进行合乎逻辑的分析。务求精练通顺。不需在文字上重复图或表中所具有的数据,只需强调或阐述其重要发现及趋势。