

文章编号: 1000-5862(2012)02-0213-05

鄱阳湖不同形态氮的时空分布特征

胡春华^{1,2}, 张 培¹, 曾思苗¹, 周文斌^{1*}

(1. 南昌大学鄱阳湖环境与资源利用教育部重点实验室, 江西 南昌 330029; 2. 江西省水利科学研究院, 江西 南昌 330047)

摘要: 通过调查鄱阳湖 2010 年水体中硝酸盐氮、氨氮及总氮浓度, 分析不同形态氮的时空分布特征, 并采用相关性分析法分析了 2010 年硝酸盐氮、氨氮及总氮三者的关系. 结果表明: 在时间分布上, 2010 年鄱阳湖水体总氮含量年平均值是 1.50 mg/L, 硝酸盐氮含量平均值为 0.84 mg/L, 氨氮含量年平均值是 0.37 mg/L, 丰水期不同形态氮的含量均明显低于枯水期; 在空间分布上, 枯水期硝酸盐氮、氨氮主航道中游含量较高, 上、下游稍低. 用相关性分析法分析知, 2010 年硝酸盐氮与总氮之间有显著的相关性, 关联度分别达到 0.99 和 0.95. 减少硝酸盐氮与氨氮的输入有利于对富营养化的控制.

关键词: 鄱阳湖; 不同形态氮; 时空分布

中图分类号: F 061; X 821

文献标志码: A

0 引言

据报道, 我国有 63.3% 的湖泊已经达到富营养化水平^[1]. 水体富营养化是多种原因共同作用的结果, 其中氮、磷营养盐是公认的重要影响因子^[2]. 当流入湖泊水体中的氮、磷营养盐物质过多时, 会使藻类异常增殖. 导致水体富营养化的营养元素主要来自入湖河流的输入、大气沉降和湖泊沉积物的释放等. 目前, 国内对水体营养盐的迁移研究主要侧重于不同条件(温度、pH 值、盐度、搅动等)下营养盐的释放规律、河流中营养盐的释放通量、营养盐的赋存形态^[3-5]等方面.

据余进祥等^[6]研究发现, 总氮对鄱阳湖的富营养化贡献率超过总磷, 故氮元素是鄱阳湖富营养化的主要原因. 对于富营养化氮营养盐方面的研究, 主要集中在氮磷污染负荷估算^[7]、无机氮组成及分布特征^[8-11]等方面. 本文以鄱阳湖为研究对象, 通过研究鄱阳湖水体不同形态氮的含量和时空分布, 对其不同形态氮的相关性进行分析, 并对氮营养盐的影响因素进行了初步探讨, 旨在解析氮

元素的变化规律, 为解释和预防湖泊富营养化提供理论依据.

1 材料与方法

1.1 研究区域

鄱阳湖位于中国江西省北部, 承接赣江、抚河、信江、饶河、修水 5 条河流, 调蓄后经湖口注入长江, 是中国最大的淡水湖, 也是典型的过水性吞吐型湖泊, 周期性的水位变化是其中一个重要特征^[12]. 鄱阳湖在每年的 6~9 月份为丰水期, 水储量达到最大, 而在 12 月至次年的 2 月份为枯水期, 水储量降至最低水平, 湖区的中央位置出现一条类似于江河的主航道贯穿整个湖区. 鉴于此, 为研究氮的时空分布特征, 采样时间为 2010 年的 1~12 月份, 利用 GIS 布点结合实地考察, 在鄱阳湖主航道线上及其他湖区上定点采集水样. 采样布点见图 1.

1.2 样品采集

到达指定采样点后, 利用聚乙烯材质的采水器采集水样, 在现场用 HACH 便携式水质参数分析仪分别测定溶解氧(DO)、pH 值、TDS、水温、

收稿日期: 2011-11-19

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2008zx07526-008-03), 国际科技合作资助课题(2006DFB91920), “十一五”国家科技支撑计划重点课题(2007BAB23CO2), 国家自然科学基金(40672159, 41040032)和中国经济改革实施技术援助课题(支援期 TCCSjxspyhzhxh09-03)资助项目.

作者简介: 周文斌(1960-), 男, 湖南衡阳人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事水文与水资源研究.

电导率. 水样采集后置于低温避光保存. 对需测定氮、磷的原水样经现场用 $0.45\ \mu\text{m}$ 的 Millipore 滤膜进行抽滤, 并加 H_2SO_4 酸化保存, 运回实验室后立刻进行化学分析.

1.3 样品处理分析

水样运回实验室后, 对水样氮的主要形态进行分析, 总溶解无机氮(TIN)为硝酸盐氮(NO_3^-)、氨氮(NH_4^+)及亚硝酸盐氮(NO_2^-)之和, NO_2^- 在鄱阳湖中含量非常小^[13]. NO_3^- 、 NH_4^+ 、 NO_2^- 、TN 重要指标均按国家标准方法测定: 分别使用紫外分光光度法、纳氏试剂比色法(GB/T 7479—1987)^[14]、IC861+831离子色谱仪、碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法测定.

2 结果与分析

2.1 氨氮、硝氮、总氮含量时间变化特征

2010年 NH_4^+ 、 NO_3^- 、TN 含量变化趋势如图2所示.

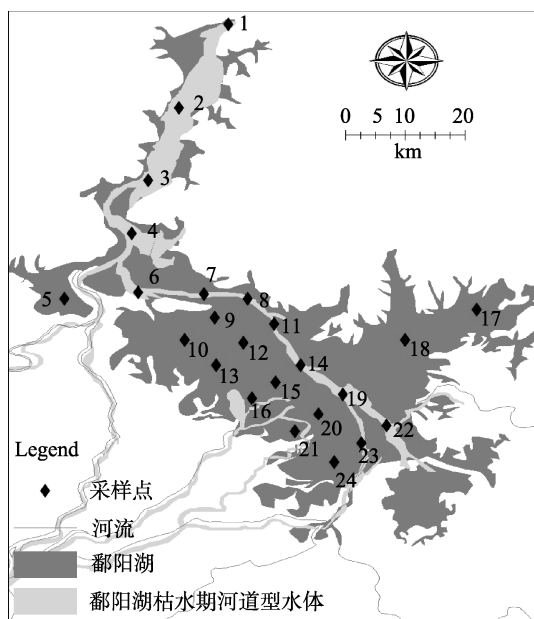


图1 采样布点图

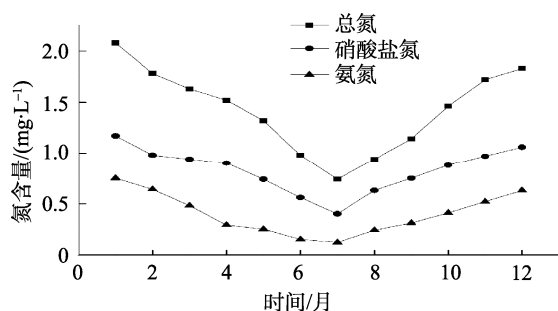


图2 2010年 NH_4^+ 、 NO_3^- 、TN 含量变化

在2010年, 枯水期(1月份)水体氮营养盐中, 硝酸盐氮浓度为 $0.84\sim 1.63\ \text{mg/L}$, 氨氮浓度为 $0.01\sim 1.73\ \text{mg/L}$, TN 含量变化范围为 $0.74\sim 7.30\ \text{mg/L}$, 而亚硝酸盐氮浓度为 $0\sim 0.08\ \text{mg/L}$. 丰水期(7月份)硝酸盐氮浓度为 $0.09\sim 1.77\ \text{mg/L}$, 氨氮浓度为 $0\sim 0.26\ \text{mg/L}$, TN 含量变化范围为 $0.61\sim 2.19\ \text{mg/L}$. 亚硝酸盐氮在24个采样点均未检出. 在同一年中, 1月份3种氮的含量最高, 而7月份含量最低. 与总氮相应, NO_3^- 也在1月份出现峰值.

2.2 氨氮、硝氮、总氮含量空间变化特征

采用2010年丰水期与枯水期鄱阳湖 NH_4^+ 、 NO_3^- 、TN 的数据进行分析, 由图3、图4知, 丰水期, NO_3^- 浓度为 $0.09\sim 1.77\ \text{mg/L}$, 平均值为 $0.40\ \text{mg/L}$; NH_4^+ 浓度为 $0\sim 0.26\ \text{mg/L}$, 平均值为 $0.12\ \text{mg/L}$; TN 含量变化范围为 $0.61\sim 2.19\ \text{mg/L}$, 平均值为 $0.75\ \text{mg/L}$. 丰水期, NO_3^- 、 NH_4^+ 2种氮的分布特征是: 最高值出现在航道中段, 往下游又有降低的趋势, 整体上, 西部湖区水体的 NO_3^- 、 NH_4^+ 含量要高于东部湖区, NH_4^+ 波动相对较大, 丰水期 NO_3^- 在西部湖区较高东部湖区低, 而氨氮呈现相反的分布. 对比2种形态氮变化趋势发现, 氨氮的波动性明显高于硝酸盐氮. 枯水期分布规律与丰水期相似, 硝酸盐氮、氨氮浓度在主航道的上游低, 中游出现最高值, 往下游又有下降趋势.

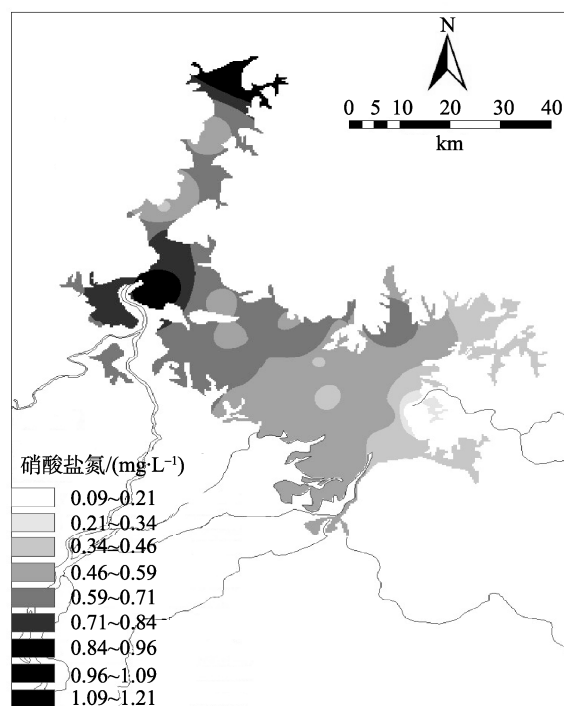


图3 2010年丰水期 NO_3^- 变化

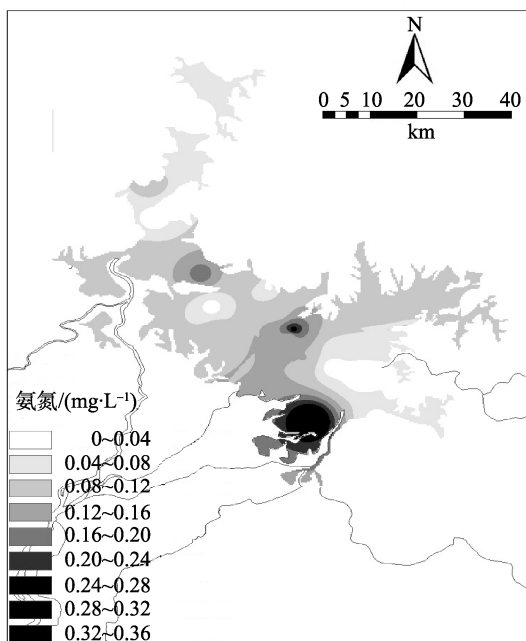


图4 2010丰水期 NH_4^+ 变化

2.3 不同形态氮分布和富营养化程度的关系

从不同的着重点来看,对湖泊富营养化有着许多不同的理解和定义^[15],湖泊富营养化通常被认为是水体的一种状态,即过量的藻类和高等水生植物在水体中富集的一种状态,藻类和水生植物的大量富集,将会导致水质恶化、生物群体的破坏,妨碍了人类对水资源的利用,也可看做是水体营养盐增加引起的一系列征兆变化,其中藻类和大型植物生产力的增加、水质恶化和其他征兆变化破坏了水的利用。据调查,2010年鄱阳湖水体TN平均值为1.50 mg/L,处于富营养级别。营养盐和浮游植物生物量之间是一种相对动态变化关系。藻类对不同形态氮的吸收利用是不同的铵态氮优先被利用^[16],所以 NH_4^+ 含量直接决定着藻类的生长状况。2010年鄱阳湖氨氮含量平均值为0.37 mg/L,其中1月、4月、7月、10月氨氮含量分别为0.31、0.83、0.19、0.12 mg/L。由于夏季是浮游植物生长和繁殖的旺季,所以在4~9月之间是营养盐的消耗时期,1月份低,4月份较高,到7月份其营养盐含量下降。鄱阳湖中营养区的形成很可能是由于浮游植物大量繁殖和生长消耗了大量营养盐所致。

3 讨论

3.1 不同形态氮含量的时间分布特征的影响因素

鄱阳湖在一年里,1月份3种氮的含量最高,7月

份含量最低。从生态因素方面来看,3~7月期间为浮游植物生长和繁殖旺盛时期,需要消耗鄱阳湖中大量的营养盐;枯水期1月份的污染程度都要大于丰水期7月份的污染程度,这主要是由于丰水期湖泊水量大幅度上涨,对水中的各类离子浓度起到了极大的稀释作用,而枯水期水量减少,所以各物质浓度偏大。人为因素方面,围网养殖强度的增大是造成氮元素减少的一个重要方面,鱼类的捕捞促进了氮元素的循环。施炜刚等^[17]在对蟹、鱼围网混养对草型湖泊的氮磷平衡的影响研究中发现,利用围网养殖模式,不仅不会加重水域的氮、磷负荷量,相反还可以从水域环境中吸收一部分氮、磷,所以围网养殖对湖泊富营养化有一定的调控作用,而鄱阳湖繁荣的渔业促使了这种氮分布的形成。

3.2 不同形态氮含量的空间分布特征的影响因素

总体来说,7月份鄱阳湖污染物含量空间分布变化不大,在支流入湖口及近岸浓度值高,向湖区中间值逐渐降低,原因是由于鄱阳湖湖边城区的污染物携带营养盐入湖,湖区中间不仅受人类作用影响小,而且鄱阳湖中间湿地自净作用强。鄱阳湖区总体呈现出湖的上游污染值远小于下游,湖区向出湖口浓度有增高趋势;鄱阳湖主河道氮含量变化受滞留区及赣江和修水补给的影响,所以从上游至下游呈总体上升趋势。沿鄱阳湖地区设有工业园、造船厂、造纸厂等,其污水排入鄱阳湖中污染严重,增加了水体含氮物质;沿鄱阳湖采砂情况较严重,降低了水体透明度,对氮循环有一定影响;而渔业养殖又是鄱阳湖的一个重要行业,在化肥投放过程中,又增加了含氮物质。这些原因导致 NH_4^+ 、 NH_3 、TN这3类氮呈现中游偏高,上、下游较之偏低的空间分布特征。

3.3 3种形态氮的含量的相关性

从氮循环方面来考虑,氮在有氧的条件下经硝化作用,不断脱氢氧化,生成亚硝态氮(NO_2^-)、硝态氮(NO_3^-),会给鄱阳湖水体带来富营养化问题。其过程可表示为 $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \text{NH}_2\text{OH} \rightarrow \text{HNO} \rightarrow \text{HN}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{HNO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3$,此过程可作为湖(库)水体中需氧污染物自净的判断标志。硝氮、氨氮、亚硝酸盐氮三者占总氮中所占比例各不相同,通过各种生化作用相互转化,含量变化规律之间有着必然联

系,通过分析3种形态氮的变化规律来研究水体的富营养化及需氧污染物自净能力。

2010年鄱阳湖TN含量年平均值是1.50 mg/L, NO_3^- 含量平均值0.84 mg/L, NH_4^+ 含量年平均值是0.37 mg/L. 因此,鄱阳湖水体中主要的氮素形式是硝酸盐氮,这与鄱阳湖是浅水湖泊且水动力较强,水体以有利于硝化作用的好氧环境为主有关,说明鄱阳湖氧化态较高. 2010年 NH_4^+ 、 NO_3^- 、TN含量相关性分析如表1所示, NH_4^+ 、 NO_3^- 二者与TN含量之间呈现明显正相关关系,相关性系数分别是0.88、0.99, NO_3^- 与TN之间有显著的相关性,硝氮变化趋势与总氮极为接近, NH_4^+ 、 NO_3^- 在溶解性氮中占了很大比例,是其主要来源,二者含量的变化对TN有很大的影响,从而也是水体中需氧污染物自净判断的主导因素. 总氮在各采样点之间波动较大,这主要是由于氮是不稳定元素,不同形态氮在沉积物-水界面进行循环转变,鄱阳湖各个区域之间自然条件存在差异,造成了氮含量在各个采样点之间不同。

表1 2010年 NH_4^+ 、 NO_3^- 、TN 含量相关性分析

	TN	硝氮	氨氮
TN	1.000	0.993**	0.879*
硝氮		1.000	0.879*
氨氮			1.000

**：在 0.01 水平(双侧)上显著相关, *：在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

4 结论

(1) 在时间分布上,同一年中枯水期鄱阳湖中 NH_4^+ 、 NO_3^- 、TN 的含量高于丰水期,这主要是由于丰水期湖泊水量大幅度上涨,对水中的各类离子浓度起到了极大的稀释作用,而枯水期水量减少,所以各物质浓度偏大。

(2) 在空间分布上,鄱阳湖丰水期 NO_3^- 在西部湖区较高东部湖区低,而氨氮呈现相反的分布,对比2种形态氮的变化趋势发现,氨氮的波动性明显高于硝酸盐氮,硝酸盐氮、氨氮浓度在主航道的上游低,中游出现最高值,往下游又有下降趋势,主要由于鄱阳湖湖边城区的污染物携带营养盐入湖,湖区中间不仅受人类作用影响小,而且中段区域湿地自净作用强。

(3) 相关性分析表明硝氮与总氮之间有显著的相关性,二者变化趋势相似,硝氮含量大于氨氮,鄱阳湖处于氧化状态,氨氮与总氮之间也有一定的相关性. 要控制氮盐含量,首先要控制硝酸盐氮的输入,同时也要控制氨氮的输入,从而对湖泊富营养化起到一定的控制作用。

5 参考文献

- [1] 章茹, 周文斌, 金可礼. 深圳茜坑水库小流域非点源污染负荷估算 [J]. 江西师范大学学报: 自然科学版, 2008, 32(5): 627-630.
- [2] 邱立云. 富营养化湖泊环境影响因子相关性分析研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2009.
- [3] 姜霞, 钟立香, 王书航. 巢湖水华暴发期水-沉积物界面溶解性氮形态的变化 [J]. 中国环境科学, 2009, 29(11): 1158-1163.
- [4] 罗玉兰, 徐颖, 曹忠. 秦淮河底泥及间隙水氮磷垂直分布及相关性分析 [J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(4): 1245-1249.
- [5] 王圣瑞, 金相灿, 庞燕. 不同营养水平沉积物在不同 pH 下对磷酸盐的等温吸附特征 [J]. 环境科学研究, 2005, 18(1): 53-57.
- [6] 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.
- [7] 温海广, 周劲风, 李明, 等. 流溪河水库流域非点源溶解态氮磷污染负荷估算 [J]. 环境科学学报, 2011, 24(4): 387-394.
- [8] 史华明, 王丽莎, 石晓勇. 北黄海溶解无机氮组成、分布及季节变化特征 [J]. 中国海洋大学学报, 2009, 39: 207-211.
- [9] 潘胜军, 沈志良. 长江口及其邻近水域溶解无机氮的分布变化特征 [J]. 海洋环境科学, 2010, 29(2): 205-211.
- [10] 周凯, 姜胜. 粤东柘林湾无机氮的时空分布特征 [J]. 生态科学, 2002, 21(2): 121-125.
- [11] 严登华, 邓伟, 王金达, 等. 吉林省典型湖库中无机氮含量变化规律初探 [J]. 环境科学学报, 2001, 21(1): 89-94.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 胡俊, 刘永定, 刘剑彤. 滇池沉积物间隙水中氮、磷形态及相关性的研究 [J]. 环境科学学报, 2005, 25(10): 1391-1396.

- [15] Waelel R G. Limnology [M]. 2nd ed. Philadelphia: Saunders College Publ Co, 1983.
- [16] 陈永川, 汤利. 沉积物-水体界面氮磷的迁移转化规律研究进展 [J]. 云南农业大学学报, 2005, 20(4): 527-532.
- [17] 周群英, 高庭耀. 环境工程微生物学 [M]. 2 版. 北京: 高等教育出版, 1999.

The Temporal and Spatial Distribution Characteristics of Different Species Nitrogen in Poyang Lake

HU Chun-hua^{1,2}, ZHANG Pei¹, ZENG Si-miao¹, ZHOU Wen-bin^{1*}

(1. Key Lab of Lake Ecology and Bio-Resource Utilization of Poyang Lake, Ministry of Education, Nanchang University, Nanchang Jiangxi 330029, China; 2. School of Environmental and Chemical Engineering, Nanchang University, Nanchang Jiangxi 330047, China)

Abstract: According to analyzing the content of nitrogen (NO_3^-), ammonia nitrogen (NH_4^+) and total nitrogen (TN) in 2010 of Poyang Lake, the temporal and spatial distribution characteristics of three species nitrogen were discussed, based on the correlation analysis, the relationship among NO_3^- , NH_4^+ and TN in 2010 was analyzed. The results showed that the average content of TN was 1.50 mg/L, the value of NO_3^- was 0.84 mg/L, the average content of NH_4^+ was 0.37 mg/L, the content of three species in the wet season was lower than in the dry season for temporal distribution; for spatial distribution characteristic, the NO_3^- and NH_4^+ was higher in the main channel, but lower than it in the upstream and downstream for spatial distribution; based on the correlation analysis, the result showed that the correlation between the NO_3^- and TN was significant with the value 0.99、0.95, the reduction of NO_3^- and NH_4^+ was good for the control of eutrophication.

Key words: Poyang Lake; different species nitrogen; temporal and spatial distribution

(责任编辑: 刘显亮)