

鄱阳湖区水体氮、磷污染状况分析*

王毛兰^{1,2}, 周文斌^{1,2}, 胡春华^{1,2}

(1: 南昌大学鄱阳湖湖泊生态与生物资源利用教育部重点实验室, 南昌 330047)

(2: 南昌大学环境科学与工程学院, 南昌 330031)

摘要: 通过系统测定鄱阳湖湖水、主要入湖口河水及部分农田水、地下水及城市污水氮磷含量, 对其氮、磷污染状况进行了分析, 同时对湖水及河水的氮、磷来源进行了初步讨论. 结果表明, 鄱阳湖区水体已达到一定程度的氮、磷污染, 特别是饶河段氮含量较高(0.89–3.15mg/L), 信江磷含量较高(0.098–0.22mg/L), 而湖体的总氮、总磷含量也分别达到 $1.06\pm 0.28\text{mg/L}$ 和 $0.067\pm 0.042\text{mg/L}$, 已具备富营养化的条件.

关键词: 氮; 磷; 富营养化; 鄱阳湖区

Status of nitrogen and phosphorus in waters of Lake Poyang Basin

WANG Maolan^{1,2}, ZHOU Wenbin^{1,2} & HU Chunhua^{1,2}

(1: *Key Laboratory of Lake Poyang Ecology and Bio-resource Utilization, Ministry of Education, Nanchang University, Nanchang 330047, P.R.China*)

(2: *Institute of Environmental Science and Engineering, Nanchang University, Nanchang 330031, P.R.China*)

Abstract: Based on the systematic measurement of nitrogen (N) and phosphorus (P) concentrations in lake water, the main river water, partial agricultural drainage, groundwater and urban sewage, we analyzed the present situations of N and P pollution at the Lake Poyang Basin, and discussed the sources of the pollution primarily. Lake Poyang Basin was polluted by N and P at some extent, while especially Rao River was polluted by N seriously and Xin River was polluted by P badly. The concentrations of total nitrogen and total phosphorus were $1.06\pm 0.28\text{mg/L}$ and $0.067\pm 0.042\text{mg/L}$ respectively in the Lake Poyang water and the lake has subjected to eutrophication status.

Keywords: Nitrogen; phosphorus; eutrophication; Lake Poyang Basin

长江中下游许多湖泊水体富营养化非常严重^[1-4], 而作为其中下游浅水湖泊之一的鄱阳湖水体富营养化程度相对较低^[5]. 1988 年朱海虹等^[6]的研究结果显示鄱阳湖水体 TP 和 TN 含量平均值分别为 0.076mg/L 和 0.684mg/L , 而李博之^[5]调查表明 1996 年鄱阳湖水体 TP 和 TN 含量最高值分别达到 0.148 和 2.38mg/L . 可见, 随着鄱阳湖流域经济的快速发展, 鄱阳湖水体中 N、P 含量在不断增加. 吕兰军^[7-8]的研究表明, 鄱阳湖水域早在 20 世纪 90 年代初就已面临富营养化的危险, 全湖有半年的时间处于富营养化状态. 2000 年 4–9 月份鄱阳湖水体富营养化评价值为 40, 富营养化程度增加, 表明鄱阳湖正缓慢地向富营养化趋势发展. 虽然鄱阳湖氮磷污染问题已引起人们的关注, 但较为系统的研究报告极少. 本文对鄱阳湖区水体的氮、磷分布特征进行了系统研究, 为鄱阳湖水体富营养化的预防控制提供理论依据.

1 研究方法

1.1 水样的采集

于 2005 年 8 月 18 日至 23 日对鄱阳湖湖水及其主要支流下游的地表水进行系统采集. 同时主要采集

* 国家自然科学基金项目(40672159)及江西省教育厅科学技术研究项目(赣教技字[2005]05 号)联合资助. 2007-03-26 收稿; 2007-07-23 收修改稿. 王毛兰, 女, 1979 年生, 博士; E-mail: mlwang@ncu.edu.cn.

了德安县和修水县排污口排出的城市生活污水; 于部分河流采样点处采集了相对应的地下水(图 1)。地下水通过压水井压出, 在采集前先将滞留在水管中的水压掉, 所采集的地下水水深约为 10m 左右。在部分河流采样点处采集了相对应的水田里的水, 采样时正值双抢季节, 早稻刚割, 晚稻刚栽。

河水和湖水地表水的采样深度为水面 0.5m 以下, 底层水用专门的深水采样器采集距湖底上约 1m 的水样。采样时, 鄱阳湖主湖区水深约为 10m, 主航道水深约 15m。五大支流赣江、抚河、修水、信江、饶河入湖水量所占百分比分别为 55%、12.1%、9.2%、14.4%、9.3%。

1.2 测点布设方法及样品分析方法

鄱阳湖具有“高水是湖, 低水似河”的独特地理特征, 每年汛期, 五河洪水入湖而上涨、漫滩, 湖面扩大, 洪水一片; 冬春季节, 湖水落槽, 滩地显露, 水面缩小。受河水的冲刷, 主河道两边泥沙堆积, 使得在湖中心区的左下方形成一个相对封闭的水区(滞留区), 此区的水体交换速度相对较缓慢。

鄱阳湖采样点分布(图 1): 在流入鄱阳湖各支流的人湖口处设置一个采样点, 以监测河流入湖口水质, 同时在河流入湖口上游处布设一至两个采样点, 以获得各河流水质参数。鄱阳湖湖体主河道沿水流方向每隔约 10km 布设一个采样点, 主湖区湖面比较宽阔(即图中的滞留区), 因此在主湖区也布设了相应的采样点, 同时在主湖区的采样点处采集了表、底层水。

水样采集后现场用 0.45 μ m 的 Millipore 滤膜过滤, 并向水样中加 H₂SO₄ 酸化保存, 立即于实验室进行分析测定。NO₃⁻-N 采用《水和废水监测分析方法》的紫外分光光度法测定^[9], 水样经絮凝共沉淀和吸附分离后, 加入盐酸和氨基磺酸分别于 220nm 和 275nm 波长处测其吸光度; NH₄⁺-N 使用纳氏试剂比色法(GB/T 7479-1987)测定, 所有水样测定前加入一定量的 ZnSO₄ 溶液, 用 NaOH 和 H₂SO₄ 溶液调 pH 值至 10.5, 絮凝沉淀, 静置过夜, 过滤后取滤液测定; TN 采用改进的碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法测定^[10], 于水样中加入纯化过的碱性过硫酸钾, 在 126-127 $^{\circ}$ C 下加热 50min, 自然冷却后以无氨水做参比, 在 220nm 和 275nm 处测其吸光度; TP 含量采用过硫酸钾消解钼酸铵分光光度法进行测定^[9], 水样中加入过硫酸钾在 120 $^{\circ}$ C 下加热 30min, 自然冷却后加入抗坏血酸和钼酸铵于 700nm 波长处测其吸光度, 如水样中色度影响吸光度测定时需进行色度补偿。

2 结果与讨论

2.1 鄱阳湖入湖口河水的氮、磷污染现状

根据已有文献报道, 当水体氮磷营养盐浓度分别达到: 无机氮(NH₄⁺+NO₃⁻)N 0.2mg/L 和无机磷(PO₄³⁻)P 0.015mg/L, 在其他条件具备时, 就会出现水体富营养化的特征——“藻华”现象。表 1 结果表明, 鄱阳湖流域主要河流无机氮(NH₄⁺-N+NO₃⁻-N)的平均浓度已达 1.06mg/L, 总氮浓度已达 1.28mg/L, 可见鄱阳湖流域主要河流入湖口水质已达到一定程度的氮污染。饶河段氮含量(0.89-3.15mg/L)明显比其它河流高出许多, 这与鄱阳县发达的渔业有关, 据统计, 2005 年鄱阳县渔业生产总值高达 87670 万元^[11], 鱼虾的养殖将含有大量悬浮物质和营养盐的水排入河流中, 致使河水氮含量明显偏高。西河其氮含量也较高(0.78-2.06mg/L)。而信江受其上游处上饶市朝阳磷矿(华东第一大磷矿)的影响 TP 含量偏高(0.098-0.22mg/L), 相关资料显示^[12], 朝阳磷矿具有年产 10-15 万吨过磷酸钙的生产能力, 磷矿生产废水的直接排放是信江

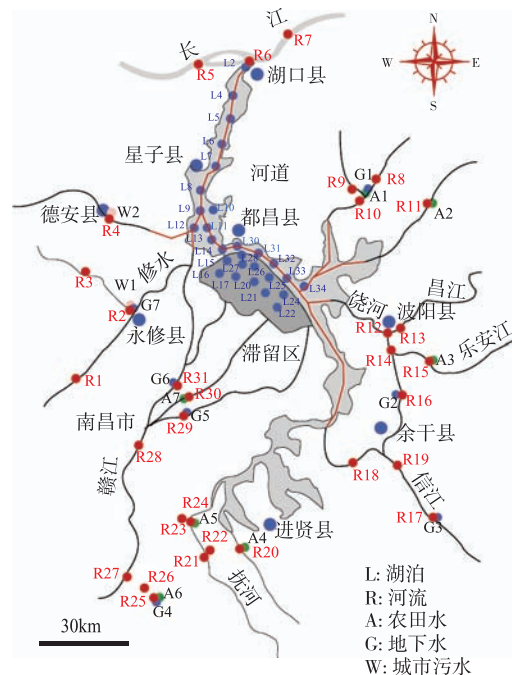


图 1 鄱阳湖采样点位置

Fig.1 The sampling sites in Lake Poyang

下游 TP 含量偏高的主要原因.

表 1 鄱阳湖流域不同河流入湖口水体的氮磷值

Tab.1 Concentrations of nitrogen and phosphorus in different rivers of Lake Poyang basin

河流	采样地点	编号	NO ₃ ⁻ -N (mg/L)	NH ₄ ⁺ -N	TN (mg/L)	TP (mg/L)
赣江	丰城市筱塘乡	R25	0.99	0.04	1.33	*
	丰城小港镇上港村	R26	0.46	0.05	0.84	*
		R27	0.67	*	1.04	*
	南昌大桥	R28	0.81	*	1.10	*
	豫章大桥	R29	0.96	*	1.17	*
	蒋巷	R30	1.11	*	1.17	*
	赣江大桥	R31	0.96	0.13	1.19	*
	银河西路大桥	R24	0.62	0.12	1.11	*
	抚河	进贤张公镇	R20	0.38	0.18	0.65
温圳		R21	0.35	0.13	0.55	*
东赣渠西支		R22	0.66	0.25	1.25	*
向塘东沙潭桥		R23	0.56	0.22	1.44	*
修水	安义万埠大桥	R1	0.76	0.16	1.10	0.038
	永修涂家埠	R2	1.03	0.05	1.45	0.026
	虬津大桥	R3	0.69	*	1.00	*
饶河	饶河(虾场)	R12	1.09	1.77	3.15	*
	义昌村	R13	0.42	0.29	0.89	*
	乐安江鱼堤	R14	1.10	1.30	2.90	*
	饶丰渡口	R15	0.71	0.97	1.81	*
信江	余干县汪家沟	R16	0.51	0.19	0.79	0.220
	梅港水文站	R17	0.46	0.16	0.69	0.098
	信江西支	R18	0.51	0.16	0.75	0.182
	大溪渡口	R19	0.34	0.27	0.67	0.154
西河	鄱阳县桥头镇	R8	0.73	0.36	1.51	0.015
	西河西支	R9	1.64	0.21	2.05	*
	港头村	R10	1.44	0.46	2.06	*
	马尾港(碧山)	R11	0.69	0.08	0.78	*
博阳河	德安北门大桥	R4	1.19	0.19	1.39	0.030
均值			0.78±0.33	0.28±0.41	1.28±0.63	0.027±0.060

*表示低于检测限.

2.2 鄱阳湖水体的氮、磷特征

鄱阳湖水体无机氮的平均浓度为 0.92mg/L, 总氮浓度为 1.06mg/L, 比其入湖河流河水的浓度稍低些, TP 的含量达到 0.067mg/L, 明显高于入湖口水体 TP 的含量(表 2). 湖泊底泥磷的释放是引起鄱阳湖磷含量高的主要原因. 夏季鄱阳湖风浪大, 风浪及采砂产生的动力作用将扰动湖底底泥, 使沉降在湖底的浮游植物悬浮起来, 同时也将沉积物中的可溶性磷(SRP)释放出来^[13]. 近年来鄱阳湖采砂风盛行, 鄱阳湖采砂船、运砂船只已由当初的几百条发展到了目前 160 多条功率强大的“吸砂王”、几千条来回奔波的运输船以及无法统计的小型挖砂船, 据当地人介绍, “吸砂王”一次作业可在水底吸出一个 60m 宽的大坑, 功率大的可将水底 30m 深、100m 范围内的砂石吸个精光.

不同湖区水体的氮含量有所不同, 主河道下游处(L2-L11)其 NO₃⁻-N 浓度为 0.60-1.29mg/L, 平均为 0.74mg/L, 其中都昌至老爷庙段(L8-L11)相对较高, 为 1.05-1.29mg/L, 此处含量比其它地方高的现象与 1983-1988 年期间研究得出的结果一致^[14], 赣江的输入是其含量高的主要原因; 而氨氮只在两处(L8, L9)被

检测到. 中间滞留区(L15-L28)NO₃⁻-N浓度为0.68-1.05mg/L, 平均为0.90mg/L; NH₄⁺-N浓度为0-0.26mg/L, 平均浓度为0.08mg/L. 河道上游(L30-L34)NO₃⁻-N浓度明显偏低(0.33-0.46mg/L), 中间滞留区氮含量高于上游主河道, 因此滞留区沿途氮的不断带入是河道下游氮含量升高的主要原因.

表2 鄱阳湖水体的氮磷值

Tab.2 Concentrations of nitrogen and phosphorus in the water bodies of Lake Poyang

采样编号	NO ₃ ⁻ -N(mg/L)	NH ₄ ⁺ -N(mg/L)	TN(mg/L)	TP(mg/L)
L2	0.86	*	1.37	0.059
L4	0.88	*	1.12	0.060
L5	0.81	*	1.08	0.056
L6	0.79	*	0.91	0.052
L7	0.60	*	0.89	0.036
L8	1.25	0.08	1.35	0.071
L9	1.29	0.15	未检测	0.057
L10	1.05	0.12	1.43	0.063
L11	1.13	0.17	1.32	0.067
L12	0.77	*	1.44	0.061
L13	1.07	0.11	1.17	0.089
L14	0.76	*	未检测	0.045
L15	0.84	0.08	1.03	0.080
L16	0.92	0.05	1.22	0.093
L17	1.05	0.12	1.24	0.138
L20	0.85	*	1.12	0.031
L21	0.91	*	未检测	0.021
L22	0.83	*	0.95	0.030
L24	0.91	0.11	1.00	0.083
L25	0.68	*	未检测	0.054
L26	1.02	0.26	1.31	0.051
L27	1.00	0.18	1.25	0.130
L28	0.88	0.10	未检测	0.059
L29	0.71	*	0.78	0.229
L30	0.46	0.08	1.10	0.073
L31	0.42	0.11	0.72	0.035
L32	0.45	0.04	0.63	0.031
L33	0.34	*	0.53	0.035
L34	0.33	0.06	0.39	0.034
均值	0.82±0.25	0.10±0.06	1.06±0.28	0.067±0.042

*表示低于检测限.

湖体主河道下游 TP 含量分布比较均匀, 而在主湖区 L17、L27、L29 处 TP 含量非常高, 分别达到 0.138、0.13、0.229mg/L, 主湖区 TP 含量较高的现象与 1983-1988 年期间研究得出的结果一致^[14], 引起此几处 TP 含量异常高的原因尚有待进一步研究.

2.3 鄱阳湖区农田水、城市污水及地下水的氮、磷特征

对农田水氮磷含量的分析结果表明(表 3), 农田水含有较高含量的 TN(13.47±18.07mg/L)和 TP (28.63±75.36mg/L). 样品采集于夏季, 正值晚稻插秧季节, 因此农田水中的高氮磷含量是有机氮肥(如农家肥)和磷肥广泛施用的结果. 高含量的 NO₃⁻-N(7.35±3.45mg/L)和 NH₄⁺-N(5.48±7.42mg/L)分别出现在地

下水和城市污水中. 这些高氮磷含量的农田水、城市废水以及地下水将对鄱阳湖流域河流乃至鄱阳湖水体的氮磷负荷产生重要的影响.

表3 鄱阳湖区农田水、城市污水及地下水氮磷含量

Tab.3 Nitrogen and phosphorus concentrations of different forms in agricultural drainage, groundwater and urban sewage in the Lake Poyang basin

	$\text{NO}_3^- \text{-N}(\text{mg/L})$	$\text{NH}_4^+ \text{-N}(\text{mg/L})$	$\text{TN}(\text{mg/L})$	$\text{TP}(\text{mg/L})$
农田水	1.15 ± 1.01	0.90 ± 0.67	13.47 ± 18.07	28.63 ± 75.36
城市污水	0.97 ± 0.72	5.48 ± 7.42	6.55 ± 5.21	1.15 ± 1.44
地下水	7.35 ± 3.45	0.28 ± 0.15	7.80 ± 3.70	0.08 ± 0.11

2.4 鄱阳湖表底层氮、磷含量

在鄱阳湖主湖区采集了水体表层及底层水样, 各采样点水深约 10m 左右. 鄱阳湖水体 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 、 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 、TP 的含量都是底层的偏高. 底层 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 含量平均值为 $1.12 \pm 0.24 \text{mg/L}$, 而表层为 $0.91 \pm 0.11 \text{mg/L}$; TP 底层含量为 $0.13 \pm 0.07 \text{mg/L}$, 而表层为 $0.08 \pm 0.04 \text{mg/L}$ (图 2).

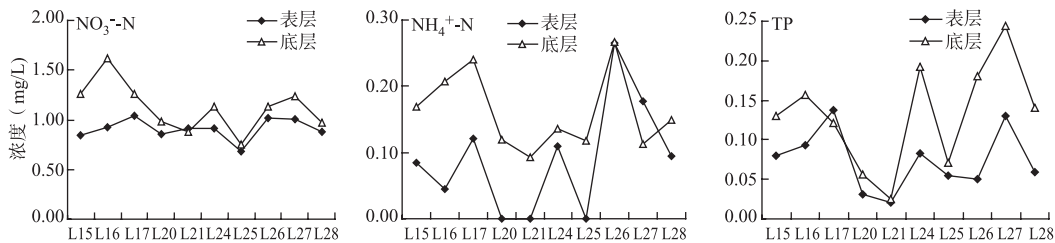


图2 鄱阳湖表底层氮磷含量对比

Fig.2 The comparison of nitrogen and phosphorus concentrations at the surface water and bottom water in Lake Poyang

3 参考文献

- [1] Wang Baodong. Cultural eutrophication in the Changjiang (Yangtze River) plume: History and perspective. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2006, 69(3-4): 471-477.
- [2] Chai Chao, Yu Zhiming, Song Xiuxian *et al.* The status and characteristics of eutrophication in the Yangtze River (Changjiang) estuary and the adjacent East China Sea, China. *Hydrobiologia*, 2006, 563(1): 313-328.
- [3] 秦伯强. 长江中下游浅水湖泊富营养化发生机制与控制途径初探. *湖泊科学*, 2002, 14(3): 193-202.
- [4] 成小英, 李世杰. 长江中下游典型湖泊富营养化演变过程及其特征分析. *科学通报*, 2006, 51(7): 848-855.
- [5] 李博之. 鄱阳湖水体污染现状与水质预测, 规划研究. *长江流域资源与环境*, 1996, 59(1): 60-66.
- [6] 朱海虹, 张本. 鄱阳湖——水文·生物·沉积·湿地·开发整治. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1997: 125-128.
- [7] 吕兰军. 鄱阳湖富营养化调查与评价. *湖泊科学*, 1996, 8(3): 241-247.
- [8] 吕兰军. 鄱阳湖富营养化评价. *水资源保护*, 1994, (3): 47-52.
- [9] 国家环境保护总局、《水和废水监测分析方法》编委会编. 水和废水监测分析方法(第四版). 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 266-268.
- [10] 王毛兰, 胡春华, 周文斌. 碱性过硫酸钾法测定水质总氮的影响因素. *光谱实验室*, 2006, 23(5): 1046-1049.
- [11] 江西省统计局编. 江西统计年鉴 2006. 北京: 中国统计出版社, 2006: 571.
- [12] 张维球. 解决用朝阳磷矿湿法生产过磷酸钙水分超标的问题. *磷肥与复肥*, 2000, 15(1): 22-23.
- [13] 秦伯强, 胡维平, 陈伟民等. 太湖梅梁湾水动力及相关过程的研究. *湖泊科学*, 2000, 12(4): 327-333.
- [14] 江西省科学院, 中国科学院南京地理湖泊研究所, 江西省山江湖开发治理委员会办公室主编. 鄱阳湖地图集. 北京: 科学出版社, 1993: 17.