

武汉东湖沉积物和沉积物间隙水中 氮和磷的含量及其分布

张水元 刘衢霞 华 俐

(中国科学院水生生物研究所, 武汉)

提 要

武汉东湖的沉积物中氮(N)的平均含量上层(0—10厘米)为14.2毫克/克(干重,下同),下层(10—40厘米)为12.0毫克/克。磷(P)的平均含量上层为0.87毫克/克,下层为0.62毫克/克。沉积物中氮和磷的含量均有明显的垂直和平面分布上的差异,上层高于下层,水果湖区高于其它湖区。

沉积物间隙水中总溶解氮的浓度高,平均为11.52毫克/升,主要以氨氮的形态存在,占总溶解氮的61.3%。总溶解磷的浓度较低,平均为0.113毫克/升,其中正磷酸盐占55.8%。间隙水中氮和磷的浓度均有明显的季节变动,夏季和秋季的浓度高,冬季和春季浓度低。除氨氮外,间隙水中氮和磷的浓度比底层湖水中氮和磷的浓度高,但一般不超过5倍,表明沉积物和湖水之间溶解的营养物质交换十分强烈。

关键词 沉积物 间隙水 氮 磷

湖泊水域中氮、磷过多积聚,将会大大促进湖泊的富营养化过程。湖泊中氮和磷的形态和数量主要取决于外源性营养物质的输入(外负荷)。如果外源性营养物质的输入被控制之后,沉积物和间隙水中氮和磷的含量对上覆水中氮和磷的供给或补充(即内负荷)是特别重要的。沉积物是氮和磷的“容纳场所”,并且通过间隙水与上覆水之间进行交换。但只有当沉积物间隙水中氮和磷的浓度超过上覆水中氮和磷的浓度时,溶解的氮和磷才能被释放到上覆水中去^[1]。因此研究沉积物及其间隙水中氮和磷的浓度,对了解和评价淡水渔业水体的营养状况和水生态系统中氮和磷的循环、转移和积累的过程以及在防治富营养化控制“内负荷”方面,都具有十分重要的意义。

武汉东湖是长江中下游的一个中型浅水湖泊,龚伦杰等曾对东湖的底质类型及其分布进行过研究^[2]。通过以往的工作,对武汉东湖的物理、化学特性有所了解(表1)。但东湖富营养化现象近十年来日趋严重,目前虽已采取了一系列措施控制外源性营养物质的输入,并开展了许多防治研究工作^{1,2)},但关于东湖沉积物及其间隙水中氮和磷的含量及其

参加这项工作的还有张红旗、卞湘森、刘瑞秋同志。

郑英同志为本文插图复墨,谨此致谢。

1985年12月11日收到。

1) 胡传林等:利用罗非鱼控制蓝藻“水华”的试验(手稿)。

2) 陈洪达:恢复东湖高等水生植物的试验(手稿)。

表 1 东湖的物理和化学特性

Tab. 1 Physical and chemical characteristics of Lake Donghu

湖面积(平方公里) Surface area (km ²)	27.899	龚伦杰等 1965 ^[4]
容积(立方米) Volume (m ³)	62×10 ⁶	同上
汇水面积(平方公里) Cathment area (km ²)	187	同上
最大深度(米) Maximum depth (m)	4.45	同上
平均深度(米) Mean depth (m)	2.21	同上
透明度(厘米) Transparency (cm)	191	1975 年湖中心 II 站年平均
pH	8.50	1973—1975 年平均
硬度(毫克当量/升) Hardness (me/l)	2.16	同上
硷度(毫克当量/升) Alkalinity (me/l)	1.92	同上
溶解氧(毫克/升) Dissolved oxygen (mg/l)	9.78	同上
二氧化硅(毫克/升) Silica (mg/l)	3.95	同上
钙(毫克/升) Calcium (mg/l)	35.67	1978—1979 年平均
营养状况 Trophic state	富营养	1970 年以后, 营养水平和生物指标均属富营养型

分布,湖泥、湖水间相互作用的研究还开展得很少,本研究将为开展这方面的工作积累些资料。

工 作 方 法

武汉东湖由于多年来人工围堤的结果,已被分划成许多小湖区,郭郑湖是最大的湖区,面积 12.34 平方公里¹⁾。本研究在郭郑湖设三个采样站, I 站位于水果湖湾区, II 站位于郭郑湖中心区, III 站位于郭郑湖北端湖区(图 1)。调查时间从 1982 年 10 月至 1984 年 7 月,每季度采样一次。沉积物用铝制采集器分层采集,分为 0—10 厘米, 10—20 厘米, 20—30 厘米, 30—40 厘米共四层。沉积物中氮的分析采用 CARLO ERBA 元素分析仪,磷的测定采用硫酸-高氯酸消化钼锑抗比色法^[2],氮和磷的含量均以干重计。沉积物间隙水系从彼得生采泥器采集的沉积物,待水沥干后,用压榨器压出间隙水,经离心后用 0.45 微米孔径的滤膜过滤而得。间隙水中总溶解氮的测定采用凯氏定氮法。硝酸盐

1) 武汉测绘学院航测系, 1982 年测定资料。

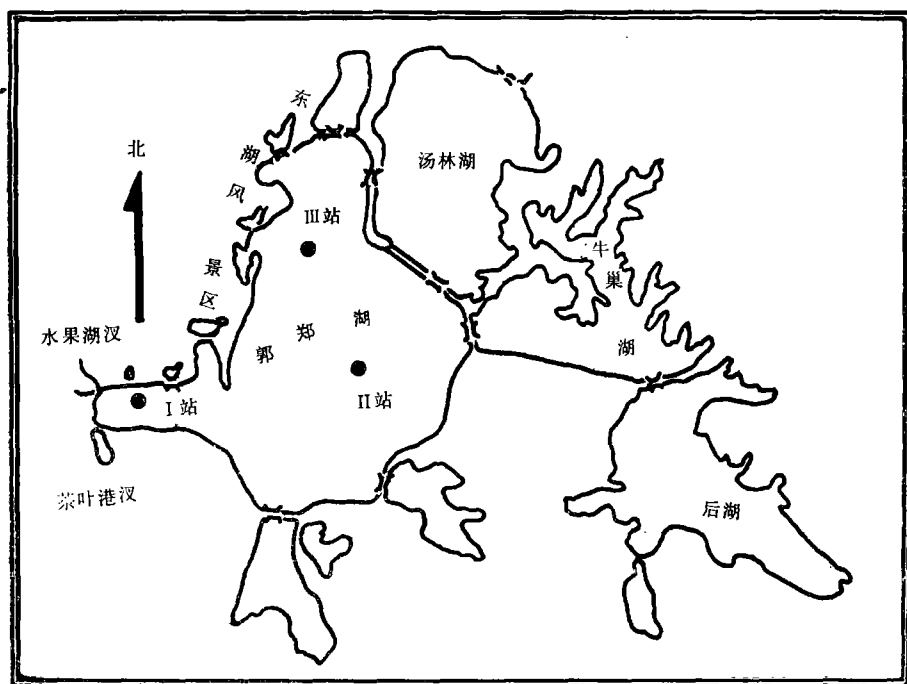


图1 武汉东湖及采样站位置图

Fig. 1 The map of Lake Donghu in Wuhan, showing the location of sampling stations

氮、亚硝酸盐氮、氨氮、总溶解磷和正磷酸盐采用水质分析法与水和废水标准检验法测定^[1,5],仪器采用国产 721 分光光度计。

结果和讨论

(一) 东湖沉积物中氮和磷的含量及其分布

东湖沉积物中氮的含量比较高,上层以 I 站含量最高,下层 II 站含量最高,II 站和 III 站含量差别不大。研究区域的平均含量(按面积加权法计算,下同)上层为 14.2 毫克/克,下层为 12.0 毫克/克。沉积物中磷的含量也比较高,I 站含量最高,上层平均 1.18 毫克/克,下层为 0.66 毫克/克。II 站和 III 站磷的含量差别不大。研究区域磷的平均含量上层为 0.87 毫克/克,下层为 0.62 毫克/克(表 2)。

郭郑湖区沉积物中 N/P 平均比值上层为 16.32,下层为 19.35,约比林婉莲 1985 年资料中的藻体 N/P 比 7.89/0.94 高一倍左右^[3](表 2)。

有关沉积物对于营养物质的吸附和解吸作用已有许多研究^[7-9]。造成东湖沉积物中氮和磷含量较高的原因主要是由于外源性营养物质的输入,特别是生活污水和工业废水的输入,每年有大量的氮和磷沉积于东湖的湖体中^[4]。其次由于严重“水华”,大量藻类死亡后沉积于湖底。并且东湖湖水中钙离子的含量比较高,一般在 30 毫克/升以上,湖水又具有较高的 pH 值,一般在 8.5 以上,因此更容易促使可溶性磷酸盐转化为难溶性的磷酸

表 2 东湖沉积物中氮和磷的含量(毫克/克,干重,括号内平均值)
(a: 上层 0—10cm, b: 下层 10—40cm)

Tab. 2 Concentration (mg/g, d. w. means in brackets) of N and P in the sediments of Lake Donghu (a: upper layer 0—10cm; b: lower layer 10—40cm)

采样站 Sampled station	N		P		N/P	
	a	b	a	b	a	b
I	14.1—16.9 (15.9)	8.5—11.1 (10.5)	0.91—1.46 (1.18)	0.52—0.83 (0.66)	13.47	15.91
II	10.1—16.7 (14.0)	9.3—13.8 (12.4)	0.61—1.07 (0.85)	0.48—0.73 (0.62)	16.47	20.00
III	10.4—15.9 (14.0)	10.9—13.6 (11.9)	0.63—1.29 (0.28)	0.54—0.75 (0.61)	17.07	19.51
平均* Average	14.2	12.0	0.87	0.62	16.32	19.35

* 按面积加权法计算。I 站 1.1km², II 站 6.0km², III 站 5.24km²

盐沉积于淤泥中。

武汉东湖沉积物中氮和磷的含量有明显的垂直变化的特点,其含量随深度的加深而降低(图 2)。I 站 0—10 厘米沉积物中 N 的含量比 10—20 厘米和 20—30 厘米沉积物中 N 的含量分别高 44.5% 和 60.6%。而 II 站和 III 站 N 的含量在 20 厘米以下才明显降低。沉积物中 P 的含量三个站均在 10 厘米以下显著下降, I 站 0—10 厘米沉积物中 P 的含量比 10—20 厘米和 20—30 厘米沉积物中 P 的含量分别高 71.0% 和 87.3%。II 站和 III 站 0—10 厘米沉积物中 P 的含量比 30—40 厘米沉积物中 P 的含量分别高 46.6% 和

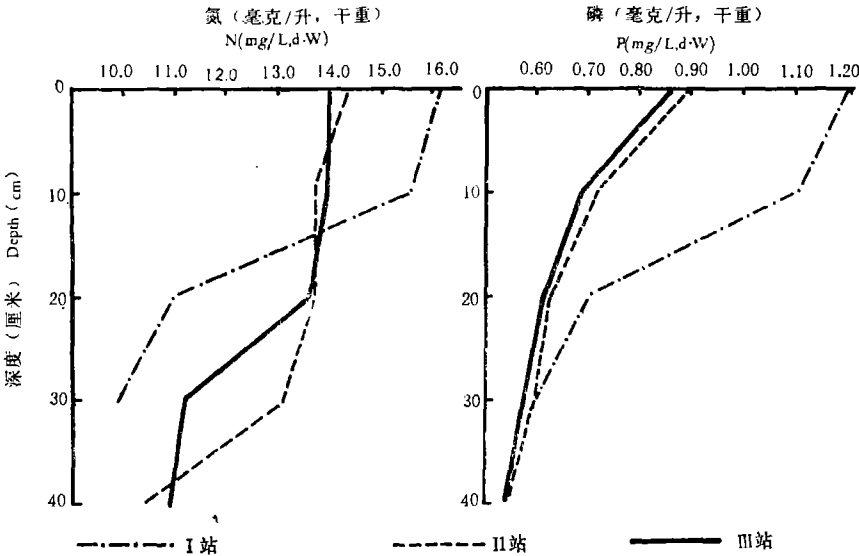


图 2 东湖沉积物中氮和磷含量的垂直分布

Fig. 2 The vertical distributions of N and P concentrations in the sediments of Lake Donghu

41.4%。

(二) 沉积物间隙水中氮和磷的含量及其特性

间隙水中氮和磷含量的高低,直接影响沉积物与上覆水之间氮和磷的交换。 东湖沉积物间隙水中氮和磷的浓度均以 I 站最高,总溶解氮平均为 14.21 毫克/升,总溶解磷平均为 0.214 毫克/升。 II 站和 III 站浓度较低,总溶解氮分别为 10.32 毫克/升和 12.32 毫克/升,总溶解磷分别为 0.096 毫克/升和 0.110 毫克/升。按面积加权法计算,间隙水中总溶解氮的平均浓度为 11.52 毫克/升。 氮的各种形态中,主要以氨氮的形态存在,平均浓

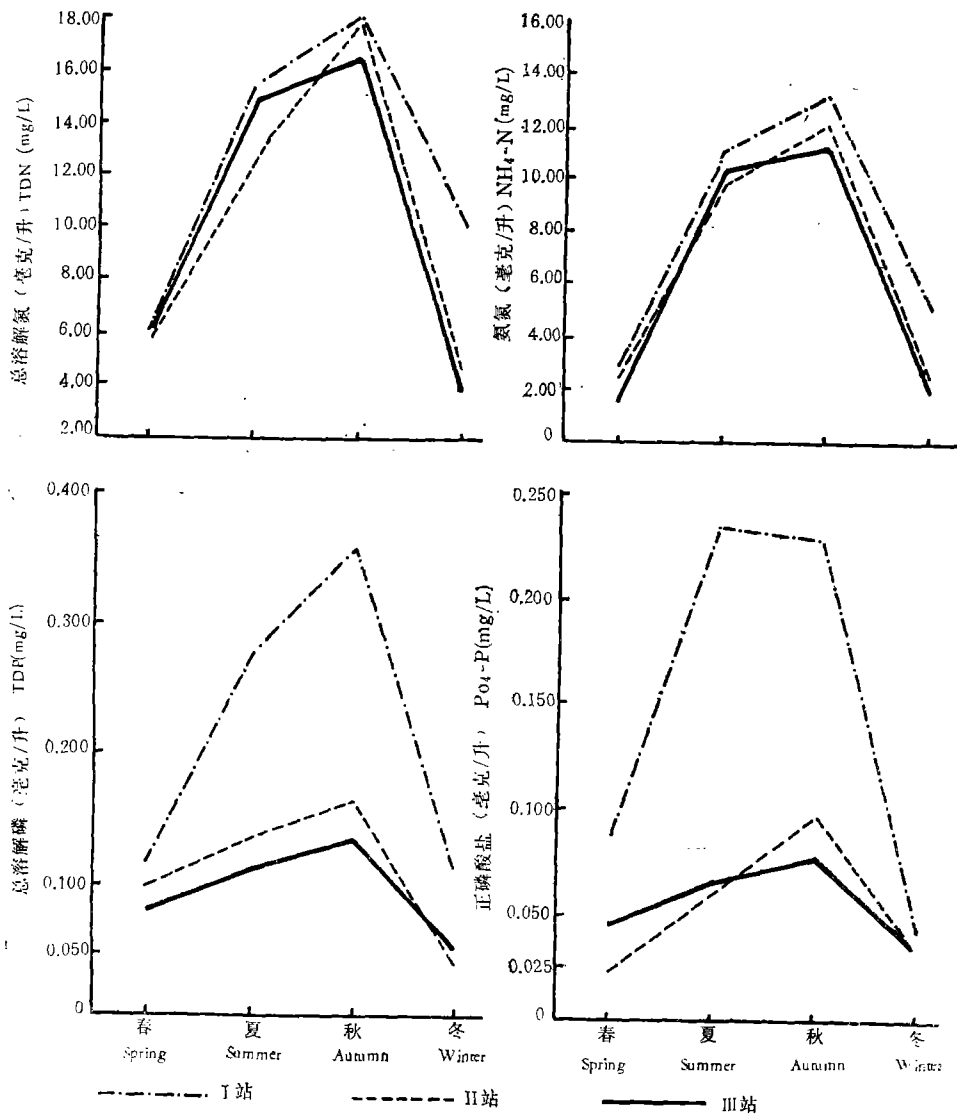


图 3 东湖沉积物间隙水中总溶解氮、氨氮、总溶解磷和正磷酸盐浓度的季节变动
Fig. 3 The seasonal variations of the concentrations of TDN, NH₄-N, TDP and PO₄-P in the interstitial water of Lake Donghu

表 3 东湖沉积物间隙水中氮和磷的含量(毫克/升,括号内为平均值)
Tab. 3 Concentrations (mg/l, means in brackets) of N and P in the
interstitial water of Lake Donghu

采样站 Sampled station	正磷酸盐 Orthophos- phate	总溶解磷 Total dissol- ved phos- phorus	硝酸盐氮 Nitrogen (Nitrate)	亚硝酸盐氮 Nitrogen (Nitrite)	氨 氮 Nitrogen (Ammonia)	总溶解氮 Total dissol- ved nitrogen	N/P
I	0.020—0.362 (0.145)	0.080—0.533 (0.214)	0.011—0.725 (0.153)	0.001—0.039 (0.012)	3.48—20.40 (8.79)	3.77—27.69 (14.21)	66.40
II	0.009—0.099 (0.055)	0.037—0.166 (0.096)	0.018—0.950 (0.166)	0.001—0.057 (0.020)	1.52—22.00 (6.78)	3.66—30.46 (10.32)	107.50
III	0.010—0.136 (0.054)	0.015—0.308 (0.110)	0.022—0.887 (0.168)	0.001—0.036 (0.018)	0.96—19.00 (7.02)	2.25—27.69 (12.32)	112.00
平均* Average	0.063	0.113	0.116	0.019	7.06	11.52	101.95

* 同表 2

度为 7.06 毫克/升, 占总溶解氮的 61.3%。间隙水中总溶解磷的平均浓度为 0.113 毫克/升, 其中正磷酸盐占 55.8%。氮和磷比值均较大, 平均比值为 101.95 (表 3)。

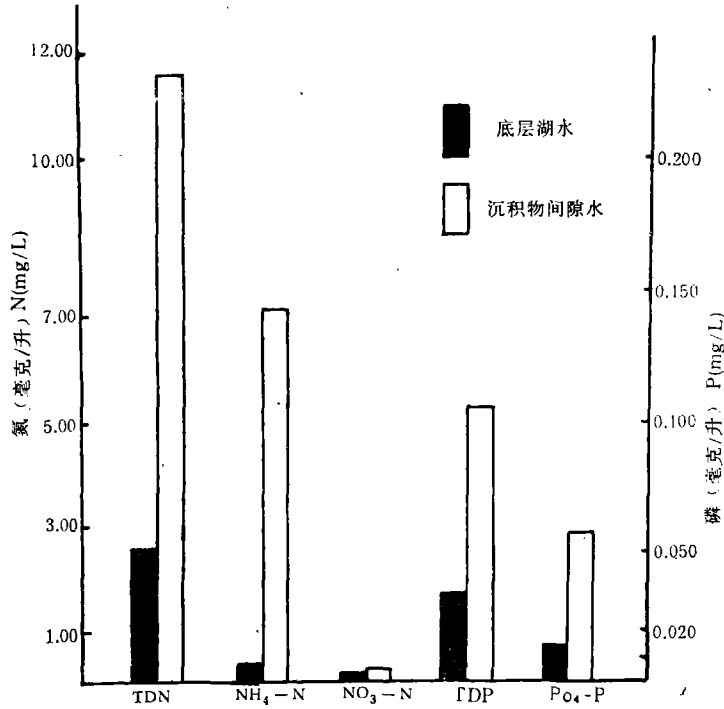


图 4 东湖底层湖水与沉积物间隙水中氮和磷浓度的比较
Fig. 4 Comparison between N and P concentrations in bottom
water and interstitial water of Lake Donghu

间隙水中氮和磷的浓度均有明显的季节变动,夏季和秋季浓度高,冬季和春季的浓度低(图 3)。这可能主要由于东湖富营养化日趋严重,夏季和秋季蓝藻和绿藻大量繁殖,经常出现严重“水华”现象,藻类死亡后大量分解,并沉积于湖底沉积物中,造成明显的季节变化,它与水生生物的生命活动密切相关。

关于东湖沉积物间隙水中氮和磷的浓度与底层湖水中氮和磷的浓度比较,间隙水中总溶解氮的平均浓度为底层湖水中浓度的 4.55 倍,间隙水中硝酸盐氮的浓度和底层湖水中的浓度几乎相等。只有氨氮、间隙水中的浓度为底层湖水中浓度的 21.72 倍。间隙水中总溶解磷的浓度为底层湖水中浓度的 3.18 倍,正磷酸盐的浓度为底层湖水中浓度的 4.38 倍。间隙水较底层湖水中氮和磷的浓度高,除氨氮外一般不超过 5 倍,表明东湖湖水和沉积物之间溶解营养物质交换十分强烈。因此可以认为磷从沉积物向上覆水的释放量小,而氮特别是氨氮的释放量要大些。并且沉积物向上覆水释放氮和磷,主要在夏季和秋季,因这时间隙水中氮和磷的浓度最高,而上覆水中氮和磷的浓度较低。

参 考 文 献

- [1] 中国医学科学院劳动卫生研究所, 1974。水质分析法。112—251 页。人民卫生出版社。
- [2] 中国科学院南京土壤研究所, 1978。土壤理化分析。96—103 页。上海科学技术出版社。
- [3] 林婉莲、刘鑫洲, 1985。武汉东湖浮游植物各种成份分析与沉积物中浮游植物活体碳、氮、磷的测定。水生生物学报, 9(4): 359—364。
- [4] 张水元、刘衢霞、黄耀桐, 1984。武汉东湖营养物质氮、磷的主要来源。海洋与湖沼, 15(3): 203—213。
- [5] 张曾谔等译(美国公共卫生协会、美国自来水协会、水污染控制联合会编), 1978。水和废水标准检验法, 第 13 版。318—378 页。中国建筑工业出版社。
- [6] 龚伦杰、官之和、黄耀桐等, 1965。武昌东湖底质的类型及其分布。海洋与湖沼, 7(2): 181—194。
- [7] Golterman, H. L., 1975. Physiological limnology. pp. 87—123. New York.
- [8] ———, 1976. Interactions between sediments and fresh water. Center for Agricultural Publishing and Documentation Wageningen. pp. 121—293. Publishers The Hague.
- [9] Hwang, C. P., Huang, P. M. and T. H., Lackie, 1975. Phosphorus distribution in Blackstrap Lake sediments. *Journal Water Pollution Control Federation*, 47(5): 1081—1085.

CONCENTRATIONS AND DISTRIBUTIONS OF NITROGEN AND PHOSPHORUS IN SEDIMENT AND INTERSTITIAL WATER OF LAKE DONGHU IN WUHAN

Zhang Shuiyuan, Liu Quxia and Hua Li

(*Institute of Hydrobiology, Academia Sinica, Wuhan*)

Abstract

This paper summarizes the concentrations of nitrogen and phosphorus and their distributions in the sediment and interstitial water in Lake Donghu during the period from October 1982 to July 1984. The mean concentrations of nitrogen (N) and phosphorus (P), in the sediment were 14.2 mg/g and 0.87 mg/g (d.w.) respectively, in the upper layer (0—10 cm), 12.2 mg/g and 0.62 mg/g (d. w.) in the lower layer (10—40 cm). Concentrations of nitrogen and phosphorus in the sediment varied greatly in both vertical and horizontal distributions. In all sampling stations, the concentrations of the mentioned substances at station I were the highest; the concentrations in the upper layer were higher than those in the lower layer as well.

The concentration of total dissolved nitrogen (TDN) in the interstitial water of superficial sediments was high, being 11.52 mg/l in average. TDN existed mainly in the form of ammoniacal nitrogen, which amounted to 61.3% of the total. The concentration of total dissolved phosphorus (TDP) in the interstitial water of sediments was low, being 0.113 mg/l, of which 55.8% was orthophosphate. There were marked seasonal variations in the concentrations of nitrogen and phosphorus in the interstitial water, and the higher concentrations were observed in summer and autumn and while the lower ones, in winter and spring. Except for ammonium nitrogen, concentrations of nitrogen and phosphorus in interstitial water were generally within the range of five times higher than those in the mud. Thus, there is an intensive nutrient exchange between sediment and water in the lake.

Key words Sediment, interstitial water, nitrogen, phosphorus