

东湖主要点源氮、磷负荷的动态变化^{*}

贺 华 中

(武汉测绘科技大学 武汉 430079)

提要 根据 1990~1992 年对武汉东湖水果区几个点源的监测研究,并通过对 1982 年和 1992 年入湖氮、磷量的比较,认为武汉东湖富营养化主要在于含氮、磷生活污水的排入;东湖的氮、磷污染与可溶磷污染较严重。阐述了东湖水质继续向严重富营养化演变的原因,并提出了防治富营养化的建议。

关键词 东湖 富营养化 污染负荷

武汉东湖是一兼有游览、养殖和供水等多功能的浅水型湖泊。自 50 年代以来,中国科学院水生生物研究所、湖北省环境保护研究所对其的理化特征、生物结构进行了系统的研究。80 年代初,开始对其营养物质中氮、磷的收支平衡及其在东湖的积累情况进行了分析。其研究表明^[1]:东湖生活污水的 TP 和 TP 输入量分别占入湖总量的 63.7% 和 60.7%,其中水果湖区入湖的 TN、TP 分别占整个东湖点源入湖的 TN、TP 总量的 61.5% 和 55.1%。近 10 年来,沿湖人口密度不断提高,生活污水的排放量日益增加,东湖富营养化程度日趋严重。选取沿岸人口最为稠密、富营养化最为严重的水果湖区,重点研究几个排污渠的污水流量,氮、磷污染物浓度,污染负荷的变化及 10 年来入湖氮、磷量的增长情况,可为进一步导致东湖水体富营养化加剧的原因及其防治、人为因素对东湖的影响提供重要依据。

1 研究方法

1.1 采样点的布设

样点布设见图 1。样点 1(水果湖渠)和样点 2(茶叶港渠)为生活污水,经较长排污渠后再经有栅栏的坝面漫流入湖,后者流速较大。样点 3(航海俱乐部渠)为生活污水、东湖水厂冲洗水、生化厂和 912 化工厂污水。

1.2 采样方法与污水流量的测定

采样时间为 1990 年 7 月至 1992 年 5 月,其中除前 8 个月每月一次外,其它均为每月两次。每次采集水样 4000mL 左右,室内取 500~700mL。其间为了更详细分析各样点的负荷变化规律,在 1992 年 4、5 两月,每月两次,选取晴天,分设 8:00~9:00、10:00~11:00、14:00~15:00、16:00~17:00、19:00~20:00、21:00~22:00 共 6 个时段,每时段监测流速、水深及过水宽度 3~5 次,同时取水样。

* 国家青年科学基金资助项目。

来稿日期:1994-09-10;接受日期:1996-03-21。

作者简介:贺华中,男,1964 年生,讲师。1989 年毕业于南京大学地理系获硕士学位。

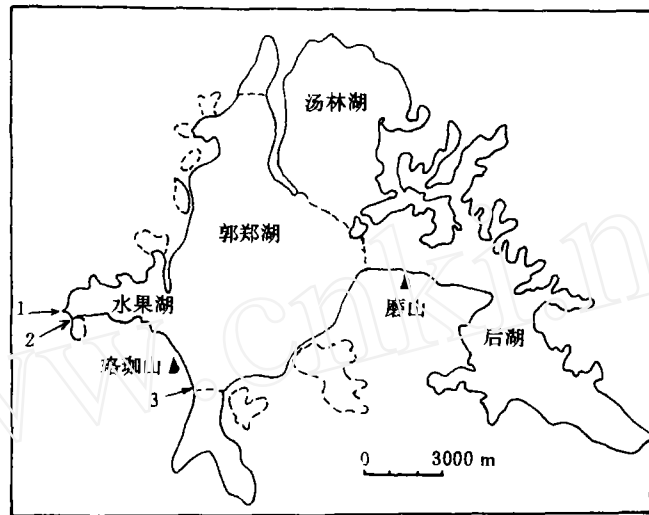


图 1 采样点的位置

Fig. 1 Sampling situation

流量(Q)的测定:根据 $Q=V \cdot A$,测定各排污渠口的流速 V 及过水断面面积 A 。对流速较低的水果湖渠采用旋杯式流速仪测定,流速较大的茶叶港渠、航海俱乐部渠采用旋浆式流速仪测定。以每一时段的平均流量 \bar{Q} 为该时段内的流量 $Q(\text{m}^3/\text{s})$,

$$Q = A \cdot \sum_{i=1}^n v_i t_i / \sum_{i=1}^n t_i$$

其中 v_i 为 t_i 时间间隔时的流速。

1.3 监测项目、测试方法和主要分析仪器

监测项目:总氮(TN)、总磷(TP)、可溶磷($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$)、水解磷、铵氮($\text{NH}_4^+\text{-N}$)。

测试方法:TN、TP用过硫酸钾氧化法^[2]。可溶磷、水解磷用抗坏血酸法^[3]。 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 用苯酚次氯酸盐法^[4]。

分析仪器采用 751 和 721 型分光光度计,高压灭菌锅等。

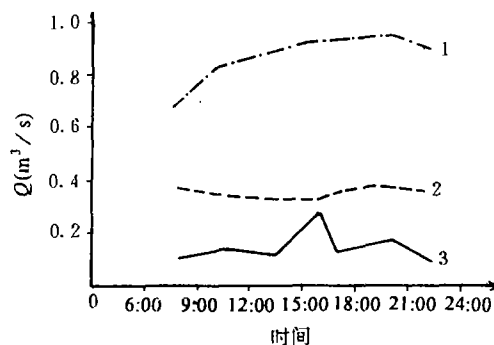


图 2 三排污渠平均流量时变化曲线

Fig. 2 Average sewage flow-time curves of three point sources

2 结果与讨论

2.1 各源流量的变化

在 1992 年 4~5 月 4 次连续监测中,样点 3 的流量时间变化曲线均呈三峰两谷型,峰值基本出现在 9:00~10:00、15:00~17:00、19:00~21:00 左右,其中主峰值出现在 15:00~17:00,这与东湖水厂排放冲洗水有关(图 2)。样点 2 的流量变化不十分明显且无明显峰值出现,曲线在 $0.27 \sim 0.44 \text{m}^3/\text{s}$ 波动,流量基本稳定在 $0.35 \text{m}^3/\text{s}$ 左右。样点 1 的流量变化较小,不存在明显峰值。

2.2 各源氮、磷浓度的变化

各样点 TN、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、TP 和 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 平均浓度的时变化曲线如图 3 所示。样点 2 和样点 1 的氮、磷变化状况表明:武汉市以生活污水占主要成份的点源排放的废水中,10:00~11:00 N 污染含量较高。 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 变化与 TN 变化趋势基本一致;15:00~16:00 TP 含量达到高峰;10:00~15:00 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 含量较高,且处于相对稳定状态。19:00 以后,TP 与 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 、TN 与 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 都略有上升。样点 3 的氮、磷变化主要受制于自来水厂排放冲洗水的时间。

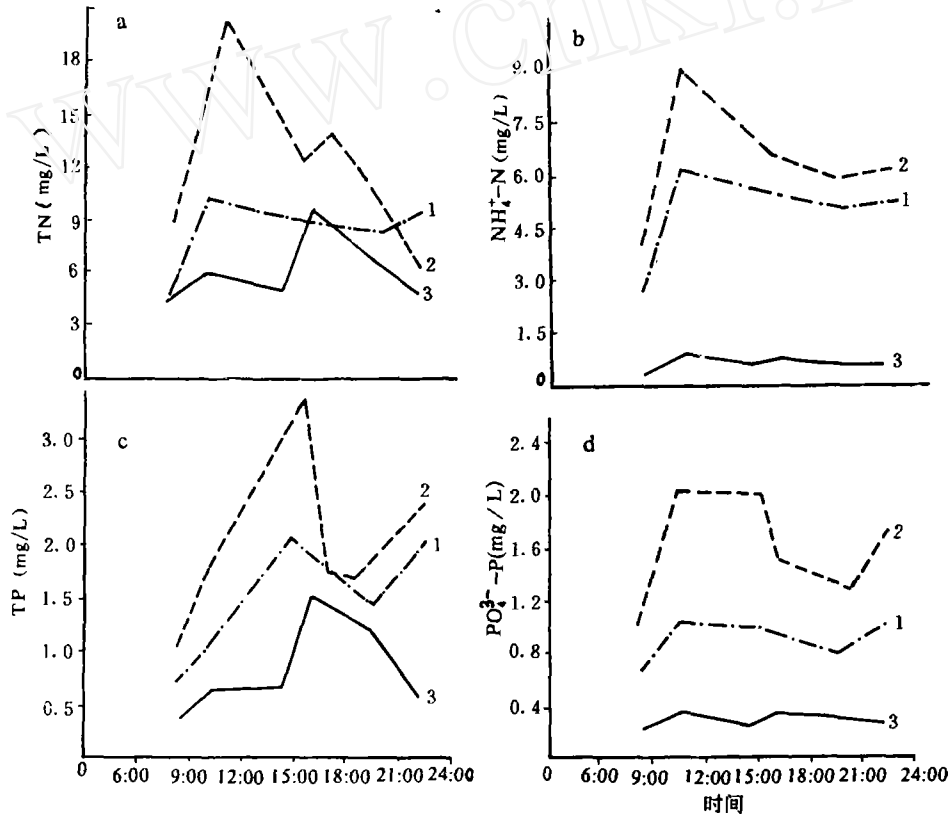


图 3 三排污渠 TN、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、TP、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 平均浓度时变化曲线

Fig. 3 Average TN, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, TP and $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ soluble phosphorus concentration-time curves

2.3 各源 TN、TP 污染负荷的变化

影响 TN、TP 污染负荷的因素主要为其浓度和污水流量。从图 4a 可以看出,样点 3 的 TN 负荷在 15:00~17:00 之间出现一峰值。表明东湖自来水厂的冲洗水对其有较大贡献。样点 2 TN 负荷变化与 TN 浓度变化相吻合,影响其变化的主导因子为 TN 浓度。样点 1 的 TN 负荷的变化为流量和 TN 浓度的共同影响所致。

三个样点的 TP 负荷的变化与 TP 浓度的变化相似,其主导因子均为 TP 浓度。多日监测的平均结果也反映了这一变化(图 4b)。

2.4 10 年来氮、磷输入量增长情况

表 1 给出了 1991 年 7、8、9、11、12 月和 1992 年 3 月每月一次和 1992 年 4、5 月每月两

次共 10 次的晴天径流量推算得到的污水量,以及 1991 年 6 月至 1992 年 5 月共 14 次实测得到的氮、磷浓度的平均值。由表 1 可看出,10 年来 TN、TP 的输入量都有较大幅度的增长,尤其是磷的输入量 10 年来增加了一倍。

表 1 1982~1992 年 N、P 输入量

Tab. 1 Amount of annual TN, TP input of 1982 and 1992

样点	1982 年输入 ^[1]			1992 年输入		总量之比 (1982 : 1992)
	要素	总量(t)	污水量(10 ⁴ t)	浓度(mg/L)	总量(t)	
1	TN	174.46	1594.1	11.76	187.47	1 : 1.07
	TP	15.48		1.58	25.17	1 : 1.63
2	TN	159.15	1481.0	12.80	189.60	1 : 1.19
	TP	0.61		1.94	28.73	1 : 2.62
3	TN	19.44	425.2	5.98	25.43	1 : 1.31
	TP	10.98		0.60	2.55	1 : 4.18
总计	TN	274.31			402.50	1 : 1.47
	TP	27.07			56.45	1 : 2.09

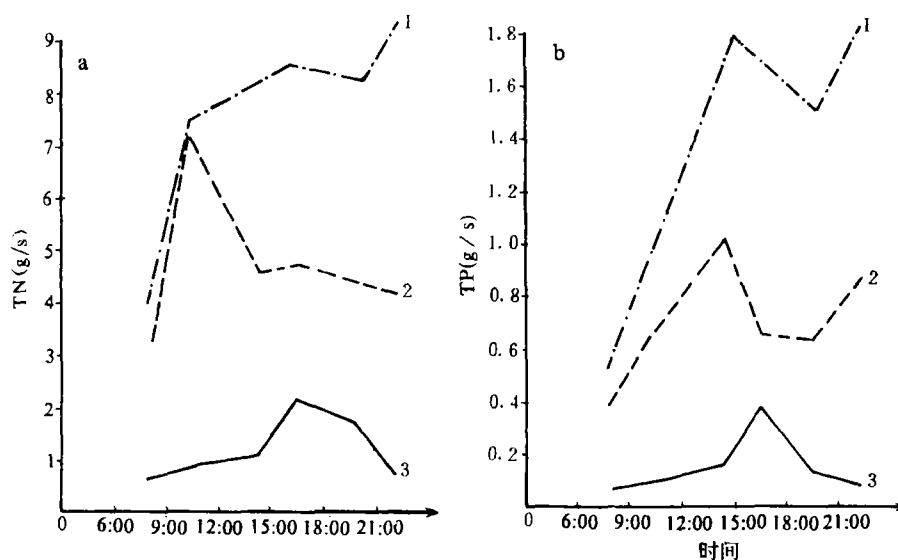


图 4 三排污染 TN、TP 平均负荷时变化曲线

Fig. 4 Average TN and TP load-time curves

3 各源氮、磷污染状况综合比较

从图 3 可以看出,氮、磷污染物浓度,样点 2 > 样点 1 > 样点 3。

各样点氮、磷污染状况见表 2 和表 3。从表 2 可以看出,样点 1、2 氮污染主要为 NH_4^+ -N 污染;磷污染主要为可溶磷污染,其次是有机磷。样点 3 的 NH_4^+ -N 占 TN 的 7.46%(表 2),但只占三源 TN 排放量的 1.05%(表 3);其磷污染从其平均值来看,主要为有机磷,但从各次监测的具体情况来看(表 2),4 月 30 日、5 月 19 日和 5 月 21 日有 75%的可溶磷大于有机磷。

综上所述,可知水果湖区的氮污染中氨氮污染较严重,磷污染中以可溶磷污染为主。

由表 3 知,样点 1 对水果湖区氮、磷营养物质的贡献最大,占 50% 以上,其它两个样点的贡献值较小。

表 2 各源 N,P 负荷状况^{*}

Tab. 2 The situation of N,P load of three point resources

样点	日期	总氮 (kg/d)	氨氮 (kg/d)	百分率 (%)	总磷 (kg/d)	可溶磷 (kg/d)	百分率 (%)	聚合磷 (kg/d)	百分率 (%)	有机磷 (kg/d)	百分率 (%)
1	4. 2	706. 45	466. 27	66. 00	123. 38	82. 46	66. 83				
	4. 27	545. 18			72. 31	59. 08	31. 79	1. 96	2. 71	11. 27	15. 59
	5. 20	450. 11	233. 78	53. 05	105. 49	52. 96	50. 20	2. 47	2. 34	50. 06	47. 45
	5. 21	475. 96	344. 74	59. 93	92. 04	59. 14	64. 25	9. 03	9. 81	23. 87	25. 93
	平均	569. 43	349. 93	61. 45	98. 31	63. 41	64. 50	4. 49	4. 57	28. 40	28. 89
2	4. 4	305. 29	143. 21	46. 91	47. 18	38. 05	80. 65	0	0	9. 13	19. 35
	4. 17	404. 34	176. 19	43. 57	54. 08	41. 12	76. 04	0. 65	1. 20	12. 31	22. 76
	4. 26	381. 26			66. 15	49. 24	74. 44	10. 77	16. 28	6. 14	9. 28
	5. 20	368. 26	204. 96	55. 66	44. 05	37. 62	85. 40	1. 35	3. 06	5. 08	11. 53
	平均	364. 79	174. 79	47. 92	52. 87	41. 51	78. 51	3. 19	6. 03	8. 17	15. 45
3	4. 14	145. 12	10. 52	7. 06	26. 31	6. 05	23. 00	0. 88	3. 34	19. 38	73. 66
	4. 30	84. 23			9. 74	3. 59	36. 86	3. 01	30. 90	3. 14	32. 24
	5. 19	46. 17	2. 59	5. 61	3. 61	2. 44	67. 59	0. 28	7. 76	0. 89	24. 65
	5. 21	24. 14	3. 93	16. 28	3. 21	1. 96	61. 06	0	0	1. 25	38. 94
	平均	24. 92	5. 59	7. 46	10. 72	3. 51	32. 74	1. 04	9. 70	6. 17	57. 56

* 表中百分率是指从 P 分别占同期 TN、TP 的百分比。

表 3 各源 N,P 排放量占总排放量的百分比

Tab. 3 The percentage of N,P contents of every ditch to total contents

样点	总氮 (kg/d)	百分率 (%)	氨氮 (kg/d)	百分率 (%)	总磷 (kg/d)	百分率 (%)	可溶磷 (kg/d)	百分率 (%)	聚合磷 (kg/d)	百分率 (%)	有机磷 (kg/d)	百分率 (%)
1	569. 43	56. 43	349. 93	65. 99	98. 31	60. 72	63. 41	58. 48	3. 83	47. 52	31. 07	68. 42
2	364. 79	36. 15	174. 79	32. 96	52. 87	32. 66	41. 51	38. 28	3. 19	39. 58	8. 17	17. 99
3	74. 92	7. 42	5. 59	1. 05	10. 72	6. 62	3. 51	3. 24	1. 04	12. 90	6. 17	13. 59
总计	1009. 14	100	530. 31	100	161. 90	100	108. 43	100	8. 06	100	45. 41	100

4 结论与建议

(1) 东湖水厂冲洗水对航海俱乐部渠的流量及污染负荷量影响较大。水果湖渠、茶叶港渠流量相对稳定。

(2) 武汉市区以生活污水占主要成份的点源废水,10:00~11:00 氮污染物含量较大,10:00~15:00 可溶磷含量高,且相对稳定,15:00~16:00 TP 含量高。

(3) 东湖氮污染中 NH_4^+-N 污染较严重,磷污染中可溶磷污染较严重。主要污染源为水果湖渠和茶叶港渠。治理东湖,限制外源性营养物质的输入,应首先限制水果湖区污染物质的输入,尤其是外源磷的输入。

(4) 10 年来,氮、磷营养物质的输入量增长较快,尤其是磷的输入量增加了一倍。

参 考 文 献

- 1 东湖水体营养化研究课题组、湖北省环境保护研究所. 武汉东湖水体氮、磷动态平均、分布及磷预测的富营养化研究. 环境科学与技术(增刊), 1983, (1): 10~12
- 2 金相灿, 屠清瑛. 湖泊富营养化调查规范. 北京: 中国环境科学出版社, 1990. 162~164
- 3 美国公共卫生协会等编. 水和废水标准检验法. 第 15 版, 北京: 中国建筑工业出版社, 1985. 327~358
- 4 《环境污染与分析方法》科研协作组编. 环境污染与分析(第一卷): 无机物分析, 第二版. 北京: 科学出版社, 1987. 355~357

VARIATION OF N AND P POLLUTANT LOAD IN PRINCIPAL POINT SOURCES IN DONGHU LAKE, WUHAN

He Huazhong

(Wuhan Technical University of Surveying and Mapping, Wuhan 430070)

Abstract

This paper, being concerned in the sewage discharge of the point pollution sources in Donghu Lake, selects three principal ditches, and mainly deals with the changes of sewage flow, concentration and load of nutrition materials (nitrogen and phosphorus). Studies of development of N and P contents in waste water in ten years (1982—1992), have also been made. The results of studies indicate:

(1) the input of external nutrition materials (N, P), especially in the surrounding resident's domestic demand, has greatly contributed to the eutrophication of Donghu Lake.

(2) the input of total nitrogen and total phosphorus has increased greatly, and the latter's ratio between 1982 and 1992 reaches to 1 : 2.09.

(3) the main pollutants are NH_4^+ -N and soluble phosphorus, which are related to the use of great amount of phosphorus-containing synthetic detergents. So, one of the most practical means of controlling the eutrophication of Donghu Lake is to reduce external nutrient input.

Key Words Donghu Lake(Wuhan), eutrophication, pollutant load