

249-254

武汉东湖不同营养型子湖
的水生生物与水域功能

Q179

况琪军 夏宜璋 李植生 庄德辉 刘保元 詹发萃

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

提要 于1991-1993年研究了武汉东湖4个营养型不同的子湖中水生生物与水域功能,表明各子湖之间各类水生生物的生态特征存在明显差异,茶港湾的HBC和FC的数量、藻类的细胞密度和初级生产量、浮游动物和底栖动物的个体密度等均居4个子湖之首,其水质已达到超富营养水平,将该湖区作为污水天然净化区进行管理,可望对东湖的主体湖区起到缓冲和保护作用;郭郑湖的水质状况仅次于茶港湾湖区,处于富营养阶段,该湖区多项生化指标已不符合饮用水源和养殖水体的要求,以发展水上运动和旅游事业为主要功能较为适宜;后湖的营养水平介于中-富营养和富营养之间,作为饮用水源和水草植被的恢复与保护区,需降低石油类化学指标,严格限制湖周N、P营养和外来污染物排入;牛巢湖是目前东湖最洁净的水体,属中营养型,是理想的饮用水源和风景游览区。

关键词 水生生物, 水质, 水域功能, 武汉东湖, 湖泊

水生生物是湖泊生态系统的主要再生资源,在维持生态平衡中起着极为重要的调节作用,不同季节各种水生生物的种类组成和数量与水体的环境因素及营养状况密切相关。百余年前的东湖是郭郑湖、余家湖、白洋湖和沙湖等4个相通湖泊的总称,现今的东湖仅为原东湖以郭郑湖为主体的残留湖体。从本世纪60年代开始,东湖又被人为分割成9个子湖(湖区),除茶港湾仍与郭郑湖相通外,其他子湖之间均被堤岸阻隔,仅留涵洞或闸门相通。综合评价结果表明,茶港湾、郭郑湖、后湖和牛巢湖的营养水平分别处于超富、富、中-富和中营养型^[1]。本文就这4个不同营养型子湖的水生生物群落结构与数量及水域功能进行探讨。

1 材料和方法

被研究的4个子湖的地理位置和采样点的设置见图1,野外调查工作于1991年1月至1993年8月进行,每季度同步采样一次,按常规方法进行各类水生生物指标的定性定量分析与鉴定^[2],取各子湖4次采样(春、夏、秋、冬)的平均值进行分析。

2 结果与讨论

2.1 浮游藻类概况与光合产氧

表1列举了4个子湖全年所出现的藻类的种类组成及其所占的比例,不难看出,茶港湾和

*“八·五”国家科技攻关项目(85-908-01-03)。

收稿日期:1996-04-22;收到修改稿日期:1996-07-15。

作者简介:况琪军,女,1952年生,高级工程师,1978年毕业于武汉大学生物系,主要从事冷水生物净化和藻类生态学研究,已发表论文20余篇。

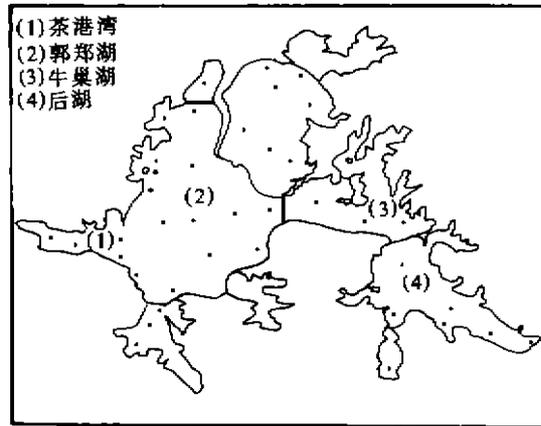


图 1 东湖 4 个子湖位置及采样点分布

Fig. 1 Distribution of 4 lake areas and sampling stations in Donghu Lake (Wuhan)

郭郑湖, 蓝藻和绿藻合计达 70%—80%, 且污染种类占相当比例, 是典型的蓝绿藻型富营养化水体. 后湖和牛巢湖同样以蓝藻、绿藻为主, 2 门藻类合计占 53%—70%, 但其中轻污染种类和喜清洁种类的比例较高, 分别占 40% 左右.

表 1 4 个子湖各门藻类和水质指示藻类的种类数及所占比例(%)

Tab. 1 Species numbers of algae and indicator algae at 4 lake areas

湖 区	茶港湾	郭郑湖	后 湖	牛巢湖
绿 藻	39(60.00%)	45(60.81%)	23(41.07%)	30(49.18%)
蓝 藻	13(20.00%)	9(12.16%)	7(12.50%)	13(21.31%)
硅 藻	8(12.30%)	11(14.87%)	13(23.22%)	8(13.11%)
裸 藻	1(1.55%)	2(2.70%)	6(10.71%)	2(3.28%)
其 它	4(6.15%)	7(9.46%)	7(12.50%)	8(13.11%)
重污染种	3(4.62%)	3(4.05%)	0(/)	0(/)
中污染种	14(21.54%)	16(31.62%)	10(17.85%)	9(14.75%)
轻污染种	12(18.46%)	10(13.51%)	15(26.79%)	14(22.95%)
清洁种类	4(6.15%)	6(8.11%)	12(21.43%)	10(16.40%)
其 它	32(49.23%)	39(52.71%)	19(33.93%)	28(45.90%)
合 计	65(100.0%)	74(100.0%)	56(100.0%)	61(100.0%)

从藻类的总种类数来看, 各子湖之间差异不大, 最多的 74 种(郭郑湖); 最少的 56 种(后湖); 污染最严重的茶港湾, 藻类的总种类数也达 65 种之多, 比中营养型的牛巢湖还多 4 种, 说明该湖区的有机污染对中、轻污染藻类没有产生毒害作用, 反而为其生存提供了足够的营养.

表 2 列举了 4 个子湖浮游藻类细胞密度、生物量、叶绿素 a 的年均值和藻类光合放氧数据, 结果表明, 藻类的生物量及其光合放氧能力(水柱氧的日毛产量)的大小均与水体中的营养浓度呈正相关. 每天直接接纳污水约 90 000t 的茶港湾, 生源物质相当丰富, 其湖区面积小, 湖

湾地形特别,污染物不易扩散,以致浮游植物大量繁殖,藻类的生长量和水柱产氧量均稳居 4 个子湖之首,达超富营养化上限。相反,TN、TP 含量最低的牛巢湖区,各项藻类参数均最低,其水柱产氧量只及茶港湾的 13.7%,该子湖远离排污口,湖岸有水草生长,因而水质较清洁,透明度高,营养水平偏低,对藻类的生长量和水柱产氧量均起到一定的限制作用。

表 2 各子湖浮游藻类的密度与光合放氧年均值比较

Tab. 2 Comparison of annual mean value of algal parameters at 4 lake areas

湖 区	茶港湾	郭郑湖	后 湖	牛巢湖
细胞密度 ($\times 10^3$ ind/mL)	127.6	95.4	49.4	26.7
生物量 (mg/L)	31.4	18.6	6.1	5.5
叶绿素 a (mg/m ³)	106.1	71.7	16.2	15.8
光合放氧 (g/m ² ·d)	7.66	4.59	1.64	1.05

3.2 浮游动物

试验期间,东湖共采集浮游动物 70 种(属),其中原生动物 19 种(属),轮虫 23 种,枝角类 18 种和桡足类 10 种,表明东湖浮游动物的种类仍比较丰富,但与 60 和 80 年代相比,总种类数明显减少,优势种逐渐由寡污型转变为中污型。一些 β -中污-寡污型种类,如汤匙华哲水蚤、透明溞和透明薄皮溞在污染比较严重的茶港湾湖区几乎绝迹,在郭郑湖区偶有出现,而在后湖和牛巢湖区则分布较广。相反,一些 α -中污- β -中污型种类,如近邻剑水溞、多刺裸腹溞则在茶港湾发现最多。一些习居于水丛中的、与水质关系密切的浮游甲壳动物的种类(枝角类盘肠溞科)不断减少,而以细菌和有机碎屑为食的短尾秀体溞和多刺裸溞的种群则得到发展。

对 4 个子湖的浮游动物个体密度和现存生物量的比较发现,茶港湾、郭郑湖、后湖和牛巢湖的浮游动物个体密度和现存生物量分别为 11 202、8 223、2 022、1 749 个/L 和 5.51、6.37、4.00、1.69 mg/L,与各子湖营养水平的高低呈正相关趋势,这和浮游藻类的结果基本吻合。

3.3 底栖动物

4 个子湖底栖动物调查的主要结果详见表 3。各子湖底栖动物的种类数、个体密度以及寡毛类在总种类数中所占的比例差异明显。茶港湾无论是种类数,还是个体密度均以寡毛类占绝对优势,软体动物在该子湖未能采到,以至该子湖在个体密度最大的情况下,生物量却最低,可见茶港湾有机质污染对软体动物的不利影响十分明显。底栖动物的总个体密度和生物量,在以软体动物为主要生物量的郭郑湖、后湖和牛巢湖 3 个子湖中呈逐步降低的趋势。所以从底栖动物分析,也进一步证明 4 个子湖水水质好坏的顺序是牛巢湖、后湖、郭郑湖和茶港湾。

表 3 各子湖底栖动物个体密度(个/m²)与生物量(g/m²)Tab. 3 Density(ind./m²) and biomass(g/m²) of zoobenthos at 4 lake areas

湖 区	种类数 (寡毛类)	寡毛类		水生昆虫		软体动物		合 计	
		密度	生物量	密度	生物量	密度	生物量	密度	生物量
茶港湾	10(8)	1522	7.78	454	1.20			1976	8.98
郭郑湖	22(5)	494	2.82	725	8.13	43	82.43	1260	93.38
后 湖	16(2)	70	0.81	204	0.74	51	48.57	325	50.12
牛巢湖	19(2)	56	0.72	192	1.02	32	43.10	280	44.85

3.4 细菌

对4个子湖异养细菌(HBC)、粪大肠菌(FC)和大肠菌群(TC)的分布及数量的周年观测结果表明,整个东湖均在不同程度上受到人畜粪便污染,不同子湖,HBC、FC和TC的数量随水质状况、沿岸的环境条件和接纳污水多少的不同而各异(表4),接纳污水最多的茶港湾,三项细菌值明显高于其它3个子湖;湖周排污口最多的郭郑湖和附近有养牛场的后湖,三项细菌指标也都显示出比较高的水平;牛巢湖的HBC、FC和TC值在4个子湖中最低,其同期的BOD值也不高,说明进入该子湖的可溶性易同化的有机污染物较少。

表4 各子湖类细菌的数量、生物量(干重)和生产力
Tab.4 Number, biomass(d. w.) and productivity of bacterium at 4 lake areas

湖 区	HBC	TC	FC	生物量		生产力	
	($\times 10^4$ 个/mL)			(mg/m ³)	(mgC/m ³)	(mg/m ³)	(mgC/m ³)
茶港湾	85.00	210.0	76	4250.0	2060.6	1912.5	927.3
郭郑湖	6.30	11.0	1.4	315.0	152.7	141.8	68.7
后 湖	14.00	3.9	1.1	700.0	339.4	315.0	152.7
牛巢湖	2.60	1.1	0.6	100.0	48.5	45.0	21.8

3.5 4个子湖水水质综合评价与水域功能探讨

在对4个子湖的主要理化数据(表5)和各类水生生物进行系统地综合分析的基础上,对它们的营养状态进行了理化和生物多因子的综合评价,结果表明:茶港湾已达到重富营养的水平,郭郑湖处于富营养阶段,后湖正由中富营养向富营养过渡,牛巢湖属中营养型。

表5 东湖4主要子湖的理化特征(年均值)与水质评价结果¹⁾
Tab.5 Physico-chemical characteristics(annual mean value) and water quality of the studied lake areas

项目	茶港湾区	郭郑湖区	后湖区	牛巢湖区
SD(m)	0.57	0.65	0.89	1.05
pH	7.10	7.55	7.67	7.33
NO ₂ -N	0.04	0.03	0.01	0.05
NH ₄ -N	0.694	0.103	0.109	0.055
TN	2.314	1.439	1.143	0.859
PO ₄ -P	0.246	0.052	0.013	0.016
TP	0.183	0.120	0.041	0.027
DO(表/底)	8.80/6.12	8.35/6.18	8.67/7.91	9.13/8.80
COD _{Cr}	27.54	22.73	13.99	13.42
BOD ₅	6.66	4.21	1.42	1.78
石油类	3.2	2.63	2.94	1.73
LAS	0.11	0.08	0.07	0.06
水面面积(km ²)	1.40	11.37	4.85	4.43
水质评价结果	超富营养	富营养	中-富营养	中营养

1) 表内单位除 pH 和注明者外,其余均为 mg/L.

根据4个子湖水生生物特征、水质营养状况和水域功能的历史与现状,特提出它们功能优

化的方案:

茶港湾作为污水天然净化区,在东湖截污工程正式启用之前,以接纳污水为主,定期监测其主要理化参数,密切注意其水质变化动态,及时采取相应措施使其对主体湖区起到缓冲和保护作用。郭郑湖是东湖的主体湖区,目前的主要功能之一是鱼类养殖,为东湖渔场主要产业支柱。由于该湖区的 BOD、N、P、石油类和大肠杆菌等均已超标,不符合饮用水源和养殖水体的要求,故建议该湖区在水质未得到改善之前,淡化养殖功能,以水上运动和旅游事业为主。

后湖可作为饮用水源和水草植被恢复与保护区,严禁放养草食性鱼类。目前该子湖的水质为Ⅲ类水,但石油类指标有所超标(2.94mg/L),对附近的石门河、喻家湖和渔牧场污水进行控制与治理,限制周围农用化肥的施用量,减少农业面源污染,该子湖的水质和生态环境可望得到改善,达到Ⅲ类饮用水质标准。

牛巢湖是整个东湖目前水质最好的水域,以往主要功能也是渔业,但由于水质较清,鱼产量一直不高(150—225kg/km²),今后应进一步控制滤食性鱼类的投放,适当发展名特优水产品,以旅游观光与娱乐事业为主,作为重点旅游区进行管理。

综观以上 4 个子湖的水质与营养状况的分析评价结果可以看出,牛巢湖和后湖目前尚能维持在Ⅲ类水质标准,重污染的茶港湾和大水面的郭郑湖(东湖目前的主体水域)部分指标已达到Ⅳ—Ⅴ类之间或Ⅴ类。造成东湖水质如此恶化与富营养化日趋严重的现状,除去外源污染是主要原因外,东湖湖体的过度分割,尤其是分割之后的过度开发(如渔业上的草鱼灭草、施肥、施药等)也是重要原因。无论是从污染综合治理与生态环境保护考虑,还是从湖泊资源的持续利用出发,东湖湖体不能再行分割,应立法禁止未经科学论证和有关部门批准任意实施的湖体分割工程。在采取截污和治污工程之后,合理调整和优化各子湖的水域功能,是使东湖治污工程的效益得以长久保持和湖泊功能与生态环境协调发展的重要举措。

参 考 文 献

- 1 况琪军,夏宜琮.武汉东湖主要湖区的藻类与营养型评价.湖泊科学,1995,7(4):351—356
- 2 APHA,AWWA & WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 15th ed. Publication office: American Public Health Association, 1980
- 3 刘建康主编.东湖生态学研究(二).北京:科学出版社,1995.36—74

COMPREHENSIVE STUDY ON AQUATIC ORGANISMS AND FUNCTIONS OF WATER BODYS OF 4 LAKE AREAS WITH DIFFERENT TROPHIC STATES IN DONGHU LAKE, WUHAN

Kuang Qijun Xia Yicheng Li Zhisheng
Zhuang Dehui Liu Baoyuan Zhan Facui

(Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072)

Abstract

A comprehensive study on hydrobios and functions of water bodys of four lake areas with different trophic states in Donghu Lake (Wuhan) was carried out during Jan. 1991 – Aug. 1993. The four lake areas differ greatly in the characteristics of aquatic organisms. The maximum values of HBC, FC, algal cell density and primary production, individual density of zooplankton and zoobenthos were found at Chagangwan area, and the minimum values were observed at Niuchaohu area. According to all of the bio-parameters, trophic levels and states of water uses of the studied 4 lake areas, their functions are as follows; Chagangwan area is suitable for receiving and purifying waste-water; Guozhenghu area is suitable for flood control, recreations and tourist trade; Houhu area and Niuchaohu area are suitable for waterworks and tourist trade respectively.

Key Words Aquatic organisms, water quality, functions of water bodies, Donghu Lake (Wuhan)