



洞庭湖底栖动物种类分布及水质生物学评价

戴友芝¹, 唐受印¹, 张建波²

(1. 湘潭大学环境工程系, 湘潭 411105, 2. 湖南省洞庭湖环境保护监测站, 413100)

摘要: 1995 年枯水、平水、丰水期对洞庭湖设 6 个断面进行采样, 共采到底栖动物 58 种; 其密度变幅为 78~544.5 个/m²; 10 种常见种均成聚集分布。采用综合生物污染指数评价水体质量, 结果显示洞庭湖整体水质受到轻度污染, 评价结果与化学污染指数评价结果一致; 各采样断面综合生物污染指数均明显大于 1981~1982 年的测量结果, 表明水体质量变差。

关键词: 水质; 生物评价; 底栖动物; 洞庭湖

The distribution of zoobenthos species and bio-assessment of water quality in Dongting Lake

DAI You-Zhi¹, TANG Shou-Yin¹, ZHANG Jian-Bo² (1. The Environmental Engineering Department of Xiangtan University, Hunan xiangtan 411105, China; 2. Hunan Province Environmental Monitoring Station in Dongting Lake, Hunan 413100, China)

Abstract: The investigations of zoobenthos were carried out in different seasons in 6 sections in Dongting Lake, and 58 species of zoobenthos were observed. Zoobenthos density ranged from 78 to 544.5 ind/m², and 10 common species displayed accumulative distribution. The results of biological assessment of water quality showed that the lake was slightly polluted, its integrated biological indices increased obviously compared with the data in 1981 and 1982, which indicated the water quality changed adversely. These results coincided with that evaluated using chemical pollution indices.

Key words: Water quality; Biological assessment; Zoobenthos; Dongting Lake

文章编号: 1000-0933(2000)02-0277-06 中图分类号: Q178 文献标识码: A

洞庭湖位于湖南省北部, 长江中游南岸。西南有湘、资、沅、澧四水入湖, 北有长江的藕池、松滋、太平口流入, 湖水经北部的城陵矶与长江相通, 为一典型的过水性吞吐型湖泊。由于多年的泥砂淤积和围垦, 洞庭湖被分割为东洞庭湖、南洞庭湖和西洞庭湖。现有天然湖泊面积 2691km², 洪道面积 1307km², 是我国第二大淡水湖泊。

近年来, 随着湖区工农业生产的发展, 居住人口的增多, 尤其是以化工、造纸、印染、食品等为主的工业废水直排入湖, 使洞庭湖水质受到一定程度的污染。据统计, 湖区现有工业污染源 1803 个, 其中重大污染源 141 个, 年排入废水在 3.619×10⁸m³ 以上。

底栖动物是指其生活史的全部或大部分时间生活于水体底部的一类生物, 因此, 水体质量的好坏直接或间接影响到它们的生长、繁殖和种类分布。本文根据 1995 年在不同水期对洞庭湖底栖动物的调查结果, 对其水质状况进行评价, 并与 1981~1982 年评价资料比较, 以判断水质的变化。从而为洞庭湖水域的环境保护和综合整治提供科学依据。

1 研究方法

本研究根据水文状况, 共采集 3 次, 具体时间是枯水期(1995 年 1 月), 丰水期(1995 年 5 月), 平水期(1995 年 9 月)。共布设了 6 个采样断面, 分布于西洞庭湖、南洞庭湖和东洞庭湖各 2 个断面(见图 1)。每断面采左、中、右或左、右点, 每点用 1/16 Peterson 采泥器连续取两次泥样, 混合后经 40 目分样筛筛洗, 按常

规方法检出标本。寡毛类用 4%~10% 福尔马林固定,软体动物、水生昆虫等以 75% 的酒精保存,带回室内镜鉴计数,最后计算底栖动物密度(个/m²),并现场记录环境因素,如底质、水深、水草和透明度等。同时采取水样测定理化指标。

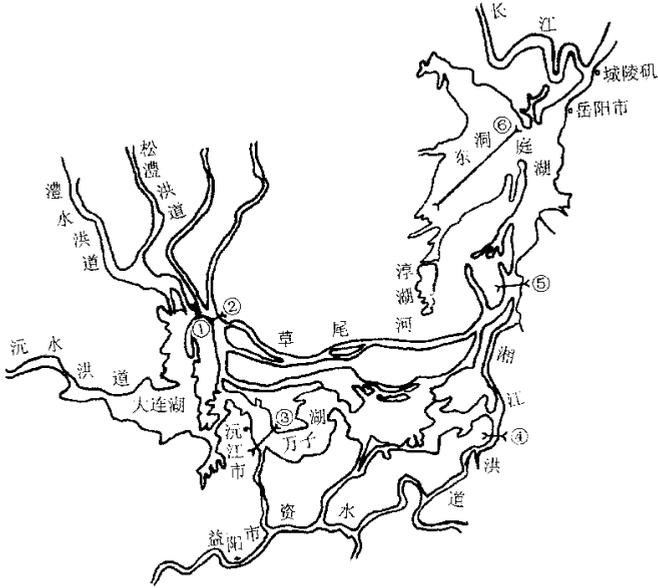


图 1 洞庭湖生物采样断面位置图

Fig. 1 The position of sampling sections in Dongting Lake

断面 Sections: ①南嘴 Nanzui ②茅草街 Maocaojie ③万子湖 Wanzihu ④虞公庙 Yugongmiao ⑤鹿角 Lujiao ⑥湖心 Lake center

底栖动物种类及数量取各断面左、中、右或左、右采样点监测的平均值。根据此平均值确定底栖动物组成、常见种及其分布,并计算出 Trent 生物指数、Chandler 生物类群记分数、Goodnight-Whitley 指数和 Shannon-Weiner 多样性指数等。各断面生物指数均取其在不同水期(枯、平、丰)的平均值。根据拟定的标准,将上述 4 种生物指数按内插法换算成污染分指数,然后利用混合加权模式算出各采样断面的综合生物污染指数,并结合水质理化指标监测数据,对洞庭湖水水质作出综合性评价。

为了定量描述底栖动物常见种的空间分布型式,运用 Morisita 指数公式^[1]计算个体散布指数,公式为:

$$I = N \left[\sum_{i=1}^N n_i(n_i - 1) / x(x - 1) \right]$$

式中, N 为样品数, x 为总个体数, n_i 为第 i 个样品中的个体数。 $I < 1$ 为均匀分布, $I = 1$ 为随机分布, $I > 1$ 为聚集分布。

2 结果与讨论

2.1 底栖动物种类及分布

1995 年 3 次调查共获底栖动物 58 种,其中寡毛类 9 种,占总数的 15.5%;水生昆虫 27 种,占 46.6%;软体动物 20 种,占 34.5%;其它 2 种,占 3.4%,各采样断面底栖动物密度变幅在 78~544.5 个/m² 之间,其名录及分布见表 1。

表 1 说明,底栖动物种类分布直接受到湖区水环境污染的影响,也受水文和底质等自然环境因素影响。如茅草街断面受茅草街镇生活污水和工业废水直接排放的影响,在该断面未发现敏感类群蜉蝣目、毛翅目;南嘴、鹿角、虞公庙为入湖控制断面,寡毛类数量略多。

表 1 洞庭湖底栖生物种类及其分布
Table 1 The species and quantity distribution of zoobenthos in Dongting Lake

种类 Species	密度 Density(个/m ²)															
	西洞庭湖 West of the lake						南洞庭湖 South of the lake						东洞庭湖 East of the lake			
	南嘴 Nanzui			茅草街 Maocaojie			万子湖 Wanzihu			虞公庙 Yugongmiao			鹿角 Lujiao		湖心 Lake center	
	枯 Jan.	丰 May	平 Sept	枯 Jan.	丰 May	平 Sept	枯 Jan.	丰 May	平 Sept	枯 Jan.	丰 May	平 Sept	丰 May	平 Sept	丰 May	平 Sept
水生昆虫 ^①																
隐摇蚊属 ^②		20						4								4
褐附隐摇蚊 ^③	4							20								
指突隐摇蚊 ^④	24	8	8		24		3	4		16		4				
短角多足摇蚊 ^⑤		20			4			4		428	72					
雕翅摇蚊 ^⑥									3							
湖摇蚊属 ^⑦								3								
齿班摇蚊 ^⑧						8			3							
黄带齿班摇蚊 ^⑨					20			4		32						3
菱附摇蚊 ^⑩														4		
巅峰菱附摇蚊 ^⑪																3
环足摇蚊 ^⑫								5	12							
沼摇蚊属 ^⑬								69								
直突摇蚊属 ^⑭								21	8							
二色矮突摇蚊 ^⑮									12							
摇蚊科 ^⑯				3												
摇蚊属 ^⑰								5						4		
摇蚊科未定种 ^⑱				3												
蜉蝣 ^⑲	12		8							3		4			115	388
蜻蜓目 ^⑳				3				3								
箭蜓 ^㉑									3	20						
毛翅目幼虫 ^㉒											8					
原石蛾 ^㉓		4														
低头石蛾 ^㉔						8			3							
纹石蛾 ^㉕									3					4		
多距石蛾科 ^㉖	12			13						140						
蠓蚊 ^㉗	44	12		3				3								
幽蚊 ^㉘					4											
软体类 ^㉙																
铜锈环棱螺 ^㉚			4						16							
梨形环棱螺 ^㉛							32	12	3							
河螺属 ^㉜										101	16	84				
纹沼螺 ^㉝							19	4	3							
短沟蜷属 ^㉞									8			16				56
方格短沟蜷 ^㉟				27			3	4							19	
黑龙江短沟蜷 ^㊱								12								
河蚬 ^㊲	4			69	20	40	5	48	13	12		16	8	104	128	
拉氏蚬 ^㊳			16						24	4		20	12			28
黄蚬 ^㊴									11							64
闪蚬 ^㊵								16								
球蚬 ^㊶			4													
湖球蚬 ^㊷								8								
蚬幼体 ^㊸		52			48											
丽蚌属 ^㊹				3												
巴氏丽蚌 ^㊺												8				4
园顶珠蚌 ^㊻				3												
尖嵴蚌 ^㊼								4								

表 2 洞庭湖底栖动物常见种及分布

Table 2 Species and distribution of common zoobenthos in Dongting Lake

常见种 Common species	分布数 distribution						出现次数 Checkout	出现率 Frequency	Distribution index
	南嘴	茅草街	万子湖	虞公庙	鹿角	湖心			
	Nanzui	Maocaojie	Wanzihu	Yugongmiao	Lujiao	Lake center	number	(%)	I
河蚬 ^①	1	3	3	2	1	2	12	75.0	2.7
苏氏尾鳃蚓 ^②	2	2	2	2	2	1	11	68.8	2.4
拉氏蚬 ^③	1		1	2	1	1	6	37.5	3.1
蜉蝣 ^④	2		1	1		2	6	37.5	9.3
钩虾 ^⑤	2	1	1	1			5	31.3	7.3
短角多足摇蚊 ^⑥	1	1	1	2			5	31.3	10.8
螻蛄 ^⑦	2	1	1				4	25.0	8.6
皮氏管水蚓 ^⑧			1	2	1		4	25.0	5.3
河螺 ^⑨			1	2			3	18.8	6.9
沼摇蚊 ^⑩			1				1	6.3	16

① *Corbicula fluminea*, ② *Branchiura sowerbyi*, ③ *C. largillierti*, ④ *Ephemera*, ⑤ *Gammarus*, ⑥ *Polyped-ilum breviantentum*, ⑦ *Ceratopogonidae*, ⑧ *Aulodrilus pigutti*, ⑨ *Rivulavia auriculata*, ⑩ *Limnophyes* sp.

表 3 1995 年洞庭湖各采样段面生物指数及水质评价

Table 3 The biological index and water assessment of sections in Dongting Lake(1995)

生物指数 Biological index	西洞庭湖 West of the lake		南洞庭湖 South of the lake		东洞庭湖 East of the lake	
	南嘴	茅草街	万子湖	虞公庙	鹿角	湖心
	Nanzui	Maocaojie	Wanzihu	Yugongmiao	Lujiao	Lake center
生物指数 Trent-Index	7	5	8	7	6	8
生物类群记分数 Chandler score system	341	260	496	358	332	482
生物指数 Goodnight-Whitley-Index	32	48	16	27	44	14
多样性指数 Shannon-Weiner-Index	3.25	3.22	4.54	2.80	2.65	2.42
综合生物污染指数 Integrated biological index(BI)	0.50	0.58	0.43	0.47	0.48	0.38
综合评价水质等级 Integrated water quality grade	轻污 slightly	中污 polluted	middle clear-slightly	清洁-轻污 slightly	轻污 slightly	清洁-轻污 clear-slightly
污染程度排序 Pollution strength ordinal	5	6	2	3	4	1

表 4 生物指数与水质等级标准*

Table 4 Biological index and graded standards of water quality

生物指数 Biological pollution index	I	II	III	IV	V
特伦特生物指数 Trent-Index	>9	7	5	3	1
钱德勒生物类群计分数 Chandler score system	>800	700	500	300	50
古德奈特生物指数 Goodnight-Whitley-Index	<20	40	60	80	90
香农多样性指数 Shannon-Weiner-Index	>3.5	2.5	1.5	1	0
生物污染分指数 Biological pollution partial index	0	0.25	0.5	0.75	1

* 水质等级标准参考文献[3~5]

BI 的计算方法以南嘴断面为例。根据表 3 的生物指数值,对照表 4 的分级标准值,用线性插值法得出分指数 $P_i = \{0.25, 0.70, 0.20, 0.06\}$, 则 $BI = \sum P_i^2 / \sum P_i = 0.599/1.21 = 0.50$ 。

由表 3 可见,目前洞庭湖整体水质污染较轻,其中茅草街断面的综合生物污染指数值最高,表示为中污染,因为该断面位于茅草街镇下游 500m 处,左岸有茅草街镇大量生活污水和乡镇工业废水直接排入,右岸有农药生产废水排入,对该水域造成中等污染。万子湖断面为沅江市区污染水质恢复断面,该断面底栖动物种类多,多样性好;湖心断面位于东洞庭湖中心,在该断面每次均能采到大量敏感种的蜉蝣目稚虫。由于这两断面水域面积较大,稀释自净能力较强,水质污染较轻,综合评价为清洁-轻污染;南嘴、虞

公庙、鹿角断面为入湖控制断面(南嘴为松澧洪道、澧水合流水质,虞公庙为湘、资合流水质,鹿角为湘、资、沅、澧及长江来水合流水质),有一定的污染,综合评价均为轻污染。各采样断面污染程度由弱至强的排序是:湖心<万子湖<虞公庙<鹿角<南嘴<茅草街。

各采样断面 1995 年和 1981~1982 年综合生物污染指数^[5]比较见图 2。由图可见,各断面水体质量均有所下降,其原因是在这十几年里,湖区工农业生产发展较快,城镇化加速,人口增多,向湖内排放的污染物增加所致。

2.4 生物评价与理化评价结果比较

为了证实采用上述综合生物污染指数 BI 评价水质的可靠性,对相同断面表层水质的理化指标进行监测和评价。主要理化指标 1995 年平均值如表 5 所示。理化指标评价采用环境质量综合指数的混合加权模式^[6],评价标准采用 GB3838-88 中 III 类水质标准。由表 5 可知,总氮、总磷和有机物是洞庭湖的主要污染因子。以表 5 中前 7 项指标计算环境质量综合指数 PI。比较表 3 与表 5,发现 PI 的排序与 BI 的排序相同,表明应用综合生物污染指数对水质进行生物学评价与按理化指标评价的结果一致。

3 结论

- (1)1995 年对洞庭湖 6 个断面采样共采到底栖动物 58 种,其密度在 78~544.5 个/m² 之间。
- (2)10 种常见种的分布型式均呈聚集分布。
- (3)应用综合生物污染指数可以较准确地评价洞庭湖的水体质量,与相应断面的理化指标评价结果相一致。
- (4)目前洞庭湖整体水质属轻污染,但与 1981~1982 年相比,水体质量有所下降。

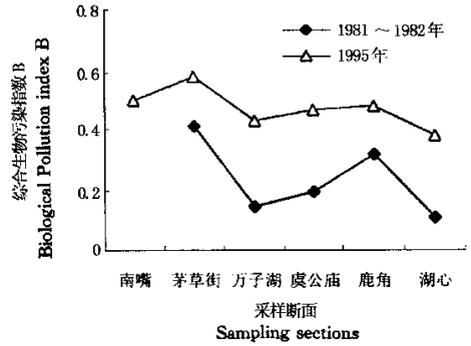


图 2 各采样断面综合生物污染指数比较图

Fig. 2 The comparison of biological pollution index (BI) of sampling sections in Dongting Lake in 1981~1982 with that in 1995

表 5 1995 年洞庭湖各采样断面表层水质监测结果

Table 5 Surface water quality of sampling sections in Dongting Lake (1995)

断面 Sections	BOD ₅ (mg/L)	COD _{Mn} (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	TKN (mg/L)	TP (mg/L)	pH	硬度		电导率 Electric conductivity	Pollution Index PI	排序 Pollution strength ordinal
									DO (mg/L)	Hardness (mg/L)			
①南嘴	0.91	3.26	0.006	0.87	0.025	1.37	0.176	7.59	8.23	7.87	260	2.82	5
②茅草街	1.46	4.67	0.009	0.93	0.018	1.46	0.288	7.79	8.23	7.28	241	4.28	6
③万子湖	1.29	3.81	0.005	0.72	0.026	1.21	0.076	7.54	7.97	5.43	168	2.10	2
④虞公庙	0.87	2.13	0.010	1.09	0.033	1.61	0.073	7.80	8.15	4.85	173	2.58	3
⑤鹿角	0.68	2.07	0.009	1.10	0.037	1.57	0.078	7.79	6.14	5.35	221	2.59	4
⑥湖心	0.69	2.34	0.004	0.87	0.014	1.25	0.093	8.10	6.90	6.25	261	2.00	1

①Nanzui, ②Maocaojie, ③Wanzihu, ④Yugongmiao, ⑤Lujiao, ⑥Lake center.

参考文献

- [1] 邬祥光. 昆虫生态学的数学分析方法. 北京: 农业出版社, 1985.
- [2] 邵国生. 底栖动物在南洞庭湖岸边污染带水质评价中的应用. 环境科学, 1989, 10(1): 77~82.
- [3] 刘保元, 等. 利用底栖动物评价图们江污染的研究. 环境科学学报, 1981, 1(4): 337~348.
- [4] 任淑智. 京津及邻近地区底栖动物群落特征及水质等级. 生态学报, 1991, 11(3): 262~268.
- [5] 陆强国. 利用底栖动物的群落结构进行洞庭湖水质的生物学评价. 环境科学, 1985, 6(2): 59~63.
- [6] 林宗振. 计算环境质量综合指数的混合加权模式. 环境科学, 1985, 6(2): 67~69.