

五、结 语

通过图们江综合防治途径的理论探讨,可以看出区域性综合防治的优越性,这符合我国的国情。企业的综合治理在区域性综合防治的统一规划和指导下才能达到少花钱或

不花钱也能防治污染,改善环境的目的。

参 考 文 献

- [1] 侯然杰等,环境科学学报,1(2),166(1981).
- [2] 侯然杰等,环境科学学报,2(2),113(1982).
- [3] 王宝贞等,中国环境科学,3,10(1981).

利用底栖动物的群落结构进行洞庭湖水质的生物学评价*

陆 强 国

(湖南省洞庭湖环境保护监测站)

洞庭湖位于湖南省的北部,长江中游的南岸。西南有湘、资、沅、澧四水入湖,北有长江的藕池、松滋、太平流入,湖水于北部的城陵矶与长江相通,为一典型的过水性湖泊。由

于多年的泥沙淤积和围垦,洞庭湖被分割为东洞庭湖、南洞庭湖和西洞庭湖,面积约2740平方公里。泥沙的入湖和淤积,工厂废水、生活污水直接倾注入湖,必然影响底栖动物的群落结构。然而目前对洞庭湖底栖动物系统研究较少。张玺等1965年报道过该区双壳类有47种^[1]。我们对洞庭湖部分地区的底栖动物进行了初步的调查,从环境生态的角度出发,试图通过底栖大型无脊椎动物的群落结构,对洞庭湖的水质状况进行生物学评价。

对于应用底栖动物的群落结构监测和评价水质,目前国内外研究较为活跃。因为化学水质分析仅仅表明在取样时的水质状况,而底栖大型无脊椎动物群落结构却能表示现在和过去的环境条件^[2],同时不同的种类对有机污染有不同的忍耐范围^[2],并由此推导了许多生物指数和多样性指数公式^[3]。这些公式在国内也得到了广泛的应用^[4-6]。

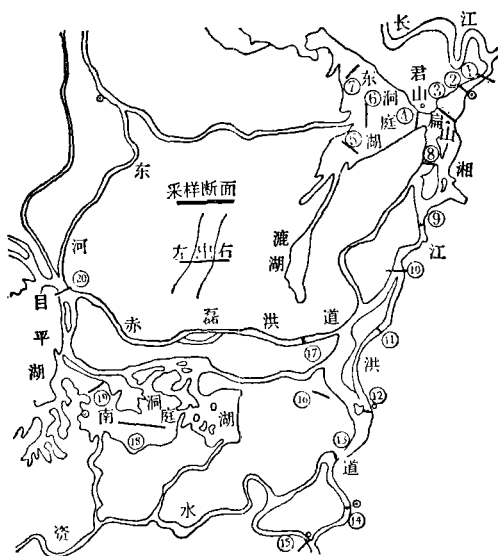


图1 洞庭湖采样断面分布示意图

- ①城陵矶 ②岳阳 ③扁山 ④东洞 IV ⑤东洞 III
- ⑥东洞 II ⑦东洞 I ⑧煤炭湾 ⑨鹿角 ⑩鲢鱼口
- ⑪琴棋望 ⑫推山咀 ⑬芦林潭 ⑭湘阴 ⑮濠河口
- ⑯横岭湖 ⑰茶盘洲 ⑱万子湖 ⑲东南湖 ⑳茅草街

* 本文承蒙中国科学院南京地理研究所颜京松先生审阅;底栖动物种类鉴定为中国科学院水生生物研究所谢翠娴同志;我站刘靖涛、钟全、朱世华、文赛孔、韩孔军等同志参加采样。在此一并致谢。

表 1 洞庭湖底栖动物名录及出现率(100% = 18 个采样断面)

	名 录	出现 次数	出现 率 (%)		名 录	出现 次数	出现 率 (%)
摇 蚊 科	摇蚊 (<i>Chironomus</i> spp.)	7	39	软 体 动 物	大沼螺 (<i>Parafossarulus eximius</i>)	4	22
	拟摇蚊 (<i>Paratendipes</i> sp.)	9	50		纹沼螺 (<i>Parafossarulus striatulus</i>)	3	17
	摇蚊 (<i>Phaenopsectra</i> sp.)	1	6		旋螺 (<i>Gyraulus</i> sp.)	7	39
	隐摇蚊 (<i>Cryptochironomus</i> spp.)	18	100		德氏狭口螺 (<i>Stenothyra dioalis</i>)	7	39
	内摇蚊 (<i>Endochironomus</i> sp.)	14	78		田螺 (<i>Viviparus</i> sp.)	1	6
	恩非氏摇蚊 (<i>Einfeldia</i> sp.)	3	17		螺幼体 (<i>Prosobranchia</i> sp.)	6	33
	多足摇蚊 (<i>Polypedilum</i> spp.)	17	94		萝卜螺 (<i>Radix</i> sp.)	2	11
	长附摇蚊 (<i>Tanytarsus</i> sp.)	2	11		湖球虱 (<i>Sphaerium</i>)	4	22
	斑点摇蚊 (<i>Stictochironomus</i> sp.)	1	6		壳菜 (<i>Limnoperna</i> spp.)	8	44
	粗腹摇蚊 (<i>Pelopia</i> sp.)	1	6		河蚬 (<i>Corbicula flaminea</i>)	16	89
	前突摇蚊 (<i>Procladius</i> sp.)	10	56		豌豆蚬 (<i>Pisidium</i> sp.)	4	22
	菱附摇蚊 (<i>Clinotanypus</i> sp.)	15	83		湖蚌 (<i>Anodonta woodiana</i>)	1	6
	刚毛突摇蚊 (<i>Trichocladius</i> sp.)	1	6		圆顶珠蚌 (<i>Unio douglasiae</i>)	1	6
	直突摇蚊 (<i>Orthocladinae</i> spp.)	1	6		洞穴丽蚌 (<i>Lamprotula caveata</i>)	1	6
	环足摇蚊 (<i>Cricotopus</i> sp.)	1	6		巨角无齿蚌 (<i>Anodonta angula</i>)	1	6
蜉 蝣 目	蜉蝣 (<i>Pentagenia</i> sp.)	1	6		卵形蚌 (<i>Anodonta arcuiformis</i>)	3	17
	纹蜉蝣 (<i>Ephemera</i> sp.)	17	94		圆蚌 (<i>Anodonta pacifica</i>)	1	6
	小蜉 (<i>Ephemera</i> sp.)	1	6		蚌幼体 (<i>Anodonta</i> sp.)	1	6
	四节蜉 (<i>Baetidae</i>)	1	6				
毛 翅 目	毛翅目 (<i>Trichoptera</i> sp.)	11	61	寡 毛 类	苏氏尾鳃蚓 (<i>Branchiura sowerbyi</i>)	18	100
	等翅水蛾 (<i>Philopotamus</i> sp.)	9	50		霍甫水丝蚓 (<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>)	9	50
	纹水蛾 (<i>Hydropsyche</i> sp.)	6	33		巨毛水丝蚓 (<i>Limnodrilus silviani</i>)	14	78
	原水蛾 (<i>Rhyacophila</i> sp.)	8	44		中华河蚓 (<i>Rhyacodrilus sinicus</i>)	15	83
其 他 水 生 昆 虫	螻蛄 (<i>Ceratopogonidae</i> spp.)	13	72		多毛管水蚓 (<i>Aulodrilus pluriseti</i>)	4	22
	大蚊 (<i>Tipulidae</i>)	4	22		管水蚓 (<i>Aulodrilus</i> sp.)	9	50
	牙蛭 (<i>Hydroptilidae</i> sp.)	2	11		带丝蚓 (<i>Lumbricalus</i> sp.)	3	17
	箭蜓 (<i>Gomphus</i> sp.)	9	50		土蠃蚓 (<i>Peloscotes</i> sp.)	2	11
	鞘翅目 (<i>Coleoptera</i>)	3	17		单孔蚓 (<i>Monopylephorus</i> sp.)	3	17
	双翅目 (<i>Diptera</i>)	3	17		拟仙女虫 (<i>Paranais</i> sp.)	5	28
软 体 动 物	钉螺 (<i>Oncomelania</i> sp.)	5	28		仙女虫 (<i>Nais pardalis</i>)	8	44
	中华沼螺 (<i>Parafossarulus sinensis</i>)	1	6	其 他 种 类	尾盘虫 (<i>Dero</i> sp.)	1	6
	耳形河螺 (<i>Rivalaria auriculata</i>)	2	11		线蚓 (<i>Enchytraeidae</i> sp.)	2	11
	乳顶形稜螺 (<i>Bellamyia fujillapicula</i>)	4	22		钩虾 (<i>Gammarus</i> spp.)	14	78
	铜锈环稜螺 (<i>Bellamyia aeruginosa</i>)	2	11		栉水虱 (<i>Asellus</i> sp.)	1	6
	长角涵螺 (<i>Alocinma longicornis</i>)	4	22		等足类 (<i>Isopoda</i>)	2	11
	短沟螺 (<i>Semisulcospira</i> sp.)	4	50		线虫 (<i>Nematoda</i>)	9	50
					蚂蟥 (<i>Hirudinea</i>)	6	33

表 2 洞庭湖与其他湖泊底栖动物的比较

湖 名	洞 庭 湖	东 湖	太 湖
种 类			
寡毛类	13 种	5 种	6 种
软体动物	26 种	15 种	23 种
水生昆虫	35 属	12 属	6 属

一、工作方法

1. 样品采集时间和断面的设置

1981 年 11 月、1982 年 2 月、5 月和 8 月共采样四次, 分别代表四季情况。断面设置 18 个(见图 1), 其中东洞庭湖和万子湖几个断面, 因 11 月和 2 月水位较浅, 未能采集。

2. 采集工具和方法

每个断面分左、中、右, 用面积 1/16 平方米的彼得生采泥器采集泥样, 每点采泥两次, 混合后用 60 目分样筛筛洗泥沙, 然后现场排出底栖动物固定, 带回室内镜鉴分类, 并统计各断面的种类数量和个体数。取四季的平均值, 代表该断面的底栖动物数量和种类。

二、种类组成

这次采集到的种类共计 80 种, 其中蜉蝣目稚虫 4 种, 毛翅目幼虫 4 种, 摇蚊科幼虫 20 种, 其他水生昆虫 7 种; 寡毛类 13 种; 软体动物 26 种, 其他种类 6 种(见表 1)。

从表 1 可以看出, 洞庭湖底栖动物的种类是很丰富的, 与武昌东湖^[7], 江苏太湖相比(见表 2), 体现了洞庭湖底栖动物群落结构的多样性。

水生昆虫是洞庭湖的优势种群, 有 11 个断面水生昆虫占优势。常见种类有隐摇蚊、内摇蚊、多足摇蚊、前突摇蚊、菱跗摇蚊、纹蜉蝣、等翅石蛾、箭蜓等。

寡毛类常见种类有苏氏尾鳃蚓、霍甫水丝蚓、中华河蚓和巨毛水丝蚓。除湘阴断面水丝蚓多度分布为 106 个/米²以外, 其他断面数量都较少。

软体动物的种类采集不多, 双壳类仅采到 11 种, 远不及张玺等(1964)采到的种类。这是由于时间短、面积小和采样的方式不同所致。常见种类有河蚬、短沟螺和壳菜等。有四个断面软体动物占优势。

其他底栖动物中不耐污的钩虾和线虫占优势, 且个体数量为最高, 如推山蛆、岳阳、钩

虾分别为 691 个/米²和 729 个/米²。另外耐有机污染的蚂蟥出现率也占 33%, 东洞庭湖 II 断面达到 52 个/米²。

从以上分析中, 我们可以看出洞庭湖的底栖动物是不耐污、耐污以及较为敏感的种类所组成的混合群落, 体现了环境的复杂性、生物的多样性和稳定性。

三、生物学评价与讨论

本文利用所收集到的资料计算了 Trent 生物指数, Chandler 记分制^[8], Goodnight-Whitley 生物指数^[9], Shannon 多样性指数, Simpon 指数。根据国内外水质生物学评价的标准和洞庭湖的具体情况, 制成表 3。

根据表 3 的标准, 对洞庭湖各断面的水质作以下初步的评价(见表 4)。濠河口断面有三种指数值为中污染, 一种为清洁, 一种为轻污染, 定为中污染。这是因为较为敏感的蜉蝣数量仅为 1 个/米², 以摇蚊和寡毛类占优势, 且周围有一小镇, 生活污水和农村五小企业的废水直接排入水中, 河面较窄。湘阴断面有三种指数值为中污染, 一种值为轻污染, 重有机物污染, 定为中污染兼重有机污染, 其污染源为县城的生活污水和工业废水, 以寡毛类占优势, 较为敏感的种类仅出现一种。芦林潭定为清洁。因为有三种指数值为清洁, 二种轻污染, 但周围没有什么污染源, 蜉蝣目、毛翅目幼虫种类和数量占相当的比重, 因此 Trent 指数和 Chandler 指数值都很高, Goodnight-Whitley 指数很低。由于鲢鱼口水深(平均 10 米以上)流速大, 采样困难, 采到的种类较少, 但据采到的种类分析, 敏感种类占 23%, 寡毛类仅为一种, 不耐污的钩虾占优势, 达 691 个/米², 环境条件与琴棋望相同, 故定为清洁。东南湖有三种指数表示清洁, 一种为轻污染, 一种为中度有机污染。东南湖临近沅江县城, 造纸污水和部分生活污水虽带来一定的影响, 使 Goodnight-Whitley 指数偏高。但由于水域宽广, 与沅水尾闸相

表 3 生物指数及其评价标准

标准 生物指数公式	极 清 洁	清 洁	轻 污 染	中 污 染	重 污 染	严重污染
Trent 生物指数	X	VIII-IX	VI-VIII	III-V	I-II	0
Chandler 记分制	900-1000	700-900	400-700	200-400	50-200	50以下
生物指数 $\frac{\text{寡毛类个体数}}{\text{底栖动物个体数}} \times 100$	0	0-30	30-60	60-70	70-80	80-100
Shanner 多样性指数 $-\sum \frac{ni}{N} \log_2 \frac{ni}{N}$		73	2-3	1-2	0-1	0-0
Simpon 指数 $\frac{N(N-1)}{\sum_{i=1}^s ni(ni-1)}$		6	3-6	2-3	1-2	0

注: s 为种类数; N 为全部样本中个体数; ni 为 i 种的个体数。

表 4 洞庭湖各断面生物指数及水质评价

生物指数 采样断面	濠河口	湘阴	芦林潭	琴棋望	推山咀	鲢鱼口	鹿角	煤炭湾	万子湖	东南湖	茅草街	茶盘洲	东洞 I	东洞 II	东洞 III	东洞 IV	岳阳	城陵矶
Trent 生物指数	IV	IV	IX	IX	IX	IX	IX	IX	VIII	VIII	VI	IX	VI	VIII	VIII	VIII	IX	IX
水质等级	中	中	清	清	清	清	清	清	清	清	轻	清	中	清	清	清	清	清
Chandler 记分制	503	447	694	714	876	709	730	818	735	757	502	770	615	653	605	884	552	748
水质等级	中	中	轻	清	清	清	清	清	清	清	轻	清	轻	轻	轻	清	轻	清
Goodnight-Whitley	60	84	8	4	24	0	3	50	10	61	35	16	34	22	8	5	16	9
水质等级	中	重	清	清	清	极清	清	中	清	中	轻	清	轻	清	清	清	清	清
Shanner 多样性指数	3.24	2.42	2.71	3.27	3.35	1.1	2.07	2.70	3.68	3.09	3.55	3.66	3.04	3.40	2.45	3.37	2.02	2.03
水质等级	轻	轻	轻	清	清	中	轻	轻	清	清	清	清	清	清	轻	清	轻	轻
Simpson 指数	6.34	2.87	6.40	6.12	6.12	1.34	2.18	3.72	7.7	4.40	8.92	7.53	4.79	8.56	2.72	5.72	2.48	2.11
水质等级	清	中	清	清	清	中	轻	轻	清	轻	清	清	轻	清	轻	轻	中	轻
总评价	中	中	清	清	清	清	清	清	清	清	轻	清	轻	清	轻	清	轻	清

注: 表中“中”为中度污染、“轻”为轻度污染、“清”为清洁。

连,水流量大,几种典型流水域敏感种类都能采到,且数量不少,水质分析也属清洁,因此定为清洁兼中度有机污染。茅草街有三种指数为轻污染,二种为清洁。茅草街为一较大集镇,位于松澧洪道交汇处,水运交通发达,定为轻污染。岳阳定为轻污染。城陵矶定为清洁。这两个断面虽然每天承受大量生活污

水和工业废水,但流量大,水深,污水很快沿边缘流入长江,加上水流加换快,自净能力很强,水质分析各指标也属清洁,且底栖动物出现不少敏感种类,其中不耐污的钩虾分别达到 729 个/米²和 555 个/米²。洞庭湖主要断面表层水质分析结果详见表 5。

通过五种生物指数的比较,并根据各断

表 5 洞庭湖主要断面表层水水质理化状况

单位 mg/l

断面 名称	项目 氨氮	硝酸盐氮	亚硝 酸盐氮	电导率 ms/cm	COD	DO	硬度 (德国度)	pH	悬浮物	BOD ₅
万子湖	0.21	0.23	0.009	159	2.26	12.2	5.4	7.6	33	1.74
东南湖	0.27	0.36	0.009	150	2.51	11.6	5.5	7.6	183	1.80
茅草街	0.27	0.37	0.015	207	2.18	10.4	6.5	7.6	26	0.84
鲢鱼口	0.44	0.45	0.025	166	2.37	10.0	5.7	7.5	113	1.20
扁 山	0.42	0.40	0.026	167	2.14	9.8	5.6	7.7	287	1.30
城陵矶	0.42	0.38	0.025	175	2.09	9.9	6.0	7.4	105	1.52
东洞庭湖	0.08	0.43	0.046	171	3.26	8.5	7.1	8.2	167	—
濠河口	0.81	0.50	0.052	156	2.60	10.7	5.9	7.2	74	0.91

注: 数据摘自我站 1984 年 2 月、5 月、1983 年 11 月的水质监测报告。濠河口断面为 6 次平均值、东洞庭湖为 3 次平均值, 其余断面为 9 次平均值。

面的生物组成和环境条件, 认为 Trent 生物指数, Chandler 记分制和 Goodnight-Whitley 指数比较适合于洞庭湖的实际情况。Trent 生物指数以敏感种类的出现和数量来计分, 具有简单明了, 易于掌握。作为底栖动物来说并不是偶然和瞬间的变化, 而是经过相当长的环境演替而形成的群落结构, 以简单的事实, 说明了错综复杂的环境状况。Chandler 记分制对群落中敏感种类、不耐污的和耐污的种类及其个体数量的多少给予记分, 能比较客观和全面地反映情况。这一点和刘保元等(1981年)^[10]的研究结果一致。但也有值得商榷之处, 如对某些种类的分类和记分还不够细, 摇蚊一类仅把溪流摇蚊除开, 这样就把耐污的和不耐污的混为一群, 而影响结果的准确性。用摇蚊幼虫来指示湖泊的环境状况有不少的研究。Thienemann(1954), Lundbeck(1936), 宫地(1937), Bruhlin(1956), 颜京松(1978, 1980)等, 都试图用摇蚊来划分湖泊营养型。因此似宜把耐污的和不耐污的种类分别给以记分, 耐污的记分少, 不耐污的记分多。对某些特别耐污的种类根据个体数量似宜记负分。

Goodnight-Whitley 指数对洞庭湖的有机

污染有良好的指示作用。如湘阴、濠河口、东南湖等点所指示的有机污染等级和实际情况是符合的。

Shanner 多样性指数和 Simpson 指数在大多数情况下, 只能作参考。这两种指数不考虑敏感种类的出现, 只注重种类的多少和数量, 这样如果耐污种类数量与敏感种类相等或少的情况下, 往往得出与事实不符的指数值, 如鲢鱼口等断面。

尽管洞庭湖局部地区受到轻污染和中度污染, 但绝大部分地区仍为清洁水质, 加之水流交换快, 自净能力强, 洞庭湖整个水质是清洁的。

参 考 文 献

- [1] 张玺等, 动物学报, 17(2), 197—213(1965).
- [2] Wilhm, J. L., *J. Water Polluted control Fed.*, 40, 1673 (1967).
- [3] 颜京松, 环境污染与生态学文集, 42 页, 江苏科学技术出版社, 1981 年.
- [4] 刘保元等, 环境科学学报, 1(4), 337(1981).
- [5] 黄玉瑶等, 环境污染与生态学文集, 141 页, 江苏科学技术出版社, 1981 年.
- [6] 中科院动物研究所动物生态室环保组, 环境污染与生态学文集, 7 页, 江苏科学技术出版社, 1981 年.
- [7] 陈其羽等, 水生生物学集刊, 7(1), 41—55(1980).
- [8] Sladeczek, V., *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limno*, 7, 1—218 (1973).