

表 4 模式识别方法与模糊聚类方法对松花江流域 26 个地点污染分类结果对照表

污染分类	模糊聚类方法	模 式 识 别 方 法	
		逐 步 判 别 法	非 线 性 映 射 法
1	饮马河口,桦林大桥	饮马河口,桦林大桥	饮马河口,桦林大桥
2	哨口,新民,肇源,白石,汤旺河口	哨口,新民,肇源,白石,汤旺河口	哨口,新民,肇源,白石,汤旺河口
3	大安,哈达湾,红旗,四方台,依兰,牡丹江口,大米,桦川,富锦,同江	大安,哈达湾,红旗,四方台,依兰,牡丹江口,大米,桦川,富锦,同江	大安,哈达湾,红旗,四方台,依兰,牡丹江口,大米,桦川,富锦,同江,呼兰河口
4	月亮泡,拉林河口,哈下大桥下,宁安大桥,呼兰河口	月亮泡,拉林河口,哈下大桥下,宁安大桥,呼兰河口	月亮泡,拉林河口,哈下大桥下,宁安大桥
5	刘园,大民,迎风急,松花湖	刘园,大民,迎风急,松花湖	刘园,大民,迎风急,松花湖

的未知样本,代入判别函数计算,可按公式(3)方法分类。

2. 非线性映射法

非线性映射见图 1。在图上进行聚类处理,画出 4 条判别线。分类结果与模糊聚类方法比较,除 16 号样本在相邻两类间错分之外,其它完全一致,符合率达到 96.2%。在图上可以看到一个规律,由右上角往左下角,是污染由轻到重的方向。在图上,同类中的各点也能看出污染程度大小,如第 2 类中 22 号比 12 号污染严重,所以能得到较多的有用信息。

最后,模式识别的两种方法与模糊聚类方法对

26 个地点的污染分类结果示于表 4。

综上所述,可以认为模式识别技术是进行水质评价的一种有效方法。它与其它方法相比,有很多特色。当然,也可以用于其它方面的评价。

参 考 文 献

- [1] 于连生,中国环境科学,6,33(1982).
- [2] 中国科学院计算中心概率统计组,概率统计计算,196 页,科学出版社,北京,1983 年.
- [3] Kowalski, B.R. and Bender, C. F., J. A. C.S., 94, 5632(1972).
- [4] 江乃雄等,分子科学学报,1(1), 115(1981).

底栖动物在南洞庭湖岸边污染带水质评价中的应用*

邵 国 生

(湖南省洞庭湖环境监测站)

南洞庭湖是洞庭湖目前存水面积较大的湖泊,现有水面 917km²,它主要受纳澧水、沅水及长江水的一部分,然后注入长江。近年来,由于沿岸造纸、食品、麻纺等乡镇企业的高速发展,大量有机污水排入沿岸水域,如此长期持续排污必使其水生态系统受到严重破坏,直接影响到洞庭湖水体的综合开发利用。

根据水体大型底栖无脊椎动物的特点,利用其群落结构的变化评价水质污染具有较好的效果,能够比较客观地反映污染现状^[1,2,3]。本站 1981—1985 年先后对南洞庭湖的东南洞、万子湖等几个子湖的

断面进行了底栖动物调查,并结合理化监测资料从生态学角度进行了水质评价,为制订区域性废水排放标准提供科学依据。

一、工 作 方 法

本文调查的南洞庭湖主要污染水域位于湖南沅江县塞南湖至沈家湾右岸(以下称沅江岸边带)。该水域全长约 10km,采样点平均水深 2.5m,水流速 0.32m/s。沅江岸边带地形和采样点的分布见图 1。

* 参加工作的还有刘靖涛、刘齐德、黄止其、张建波和李利强等同志。

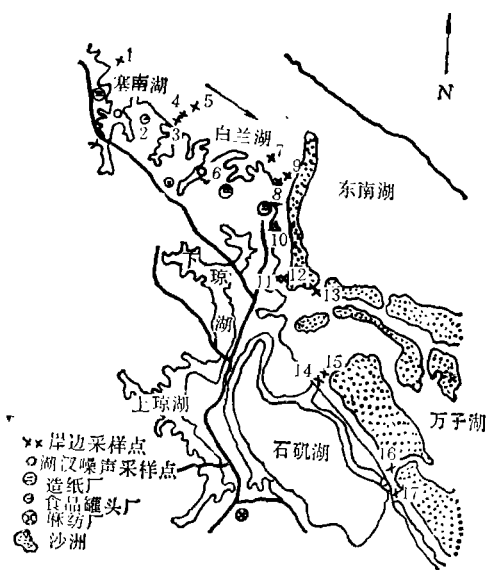


图 1 沅江岸边带采样点分布示意图

1 号点为对照点,距右岸 50—70m,周围无污染源;2、6 号点分别位于南洞庭湖湾塞南湖、白兰湖中心,离污染源约 500m、1000m;7、8 号点分别是建新纸厂,沅江纸厂排污口之下 50m 和距右岸 40~50 m 的点;14、15、16、17 为水质恢复点。

利用彼得生加重采泥器采集底栖动物,每点采二次,60 目尼龙分样筛常规分选,现场固定,回室内镜鉴样品并统计单位面积底栖动物数量、种数,分别于 1985 年 8 月、1985 年 11 月、1986 年 3 月采样三次,并代表丰、平、枯水季节。

二、结 果

(一) 沅江岸边带底栖动物群落结构特点与水质污染

通过采样调查,在该水域共收集到大型底栖无脊椎动物 59 种。其中摇蚊幼虫 19 种,占该区底栖动物总种类数的 32.2%;其它水生昆虫 11 种,占 18.6%;寡毛类 11 种,占 18.6%;软体动物 16 种,占 27.1% (见表 1)。结果表明,该水域底栖动物种类较丰富;从各类组成密度来看,以寡毛类占优势 (见表 2),其密度较所处的东南湖、洞庭湖全湖的平均密度大;软体动物的密度在该区仅次于寡毛类,与东南湖、洞庭湖相比亦和寡毛类的情况类似,但与水体流速较小、水深度较浅的洞庭湖蒋家嘴岸边带相比则密度较小;沅江岸边带水域水生昆虫以摇蚊科幼虫为主要部分,其次为蜉蝣目,毛翅目昆虫。该区底栖动物较所处的东南湖(平均水平)丰富,说明岸边浅水带水域较适于大型底栖动物的生长。

南洞庭湖岸边带水域底栖动物种类分布与该区水质状况有明显的关系。在较清洁水域(A区)污染敏感种类蜉蝣 (*Ephemera* sp.) 钩虾 (*Gammarus* sp.) 毛翅目 (*Trichoptera* spp.) 及不耐缺氧的非红色摇蚊幼虫 (*Chironomus* spp.) 出现的频率与分布密度较大;位于污染源上游的对照点(1号点)其底栖动物种类丰富,并以污染敏感种类蜉蝣形成优势种群。在B区(包括2、6、11、17号点所在水域),寡毛类动物为优势种类,平均密度为 599.4 个/m²,居该水域底栖无脊椎动物之首;Hawkes (1979) 认为寡毛类占优势是有机污染的表现^[4],同时不耐污种类在B区分布密度极低,有的点则消失,理化监测和生物指数评价的结果都说明该水域存在一定程度的有机污染。

沅江岸边带水域底栖动物群落组成、分布特点与该区生境、水质状况具有密切的关系。

(二) 生物指数评价水质

在一定污染环境中,利用不同耐污能力底栖动物类群的适者生存与不适者消亡或丰度变小的生态原理,通过生物群落结构与优势种的调查可以获得环境污染状况的资料。笔者利用在沅江岸边带水域调查所反映的底栖动物种类及其丰度计算了 Shannon-Weiner (1949) 多样性指数(简称为 S. D. I), Chandler (1970) 生物记分 (C. B. D), Goodnight-Whitley (1961) 指数 (G. B. I)。根据本水域底栖动物特点并参考有关文献 [5,6] 得沅江岸边带底栖动物生物指数的六级水质评价标准(见表 3)。

按表 3 标准将各监测点划分污染等级,并结合选用 COD、BOD₅、挥发酚、氰化物、大肠菌群五项指标模糊集理论方法评价的结果*,根据 Kolkwitz-Marsson 污水生物系统得到综合评价的五组水质等级结果(见表 4)。

第一组: 1、3、5、9、12、14、16 号点,理化评价均为 II—III 级水,这些点所在的水域离污染源较远;底栖动物种类丰富,以水生昆虫为主,其次为软体动物。综合评价为寡污。

第二组: 4、10、13、15 号点,为寡污—β-中污。

第三组: 11、17 号点,属 β-中污。这两点分别位于沅江航运码头之下流 100 m 和沈家湾水闸点。前者是因船舶停靠所带来的生活污水与废油污染所致。后者原定为水质恢复点,且理化评价均为 II—III 级水,但从该点生物指数及种类耐污特点来分析

* 由本站中心分析室王利萍同志提供。

表 1 沅江岸边带底栖动物及在不同水质中的分布

种 类 名 录			分 布				
			A* 区		B** 区		
			出现率(%)	密 度 (个/m ²)	出现率(%)	密 度 (个/m ²)	
水生昆虫	摇蚊科	指突隐摇蚊 (<i>Cryptochironomus digitatus</i>)	73	4.5	25	0.8	
		褐附隐摇蚊 (<i>Cryptochironomus tuscimamis</i>)	9	1.0	25	0.8	
		翠绿隐摇蚊 (<i>Cryptochironomus viridulus</i>)	27	1.5	25	1.3	
		隐摇蚊 (<i>Cryptochironomus</i> sp.)	82	23.3			
		湖摇蚊 (<i>Limnochironomus</i> sp.)	54	23.1			
		灰附多足摇蚊 (<i>Polypedilum leucopus</i>)			25	0.8	
		梯形多足摇蚊 (<i>Polypedilum scalaenum</i>)	9	0.3			
		多足摇蚊 (<i>Polypedilum</i> sp.)	9	1.0			
		黑内摇蚊 (<i>Endochironomus nigricans</i>)	55	6.1	25	0.8	
		内摇蚊 (<i>Endochironomus</i> sp.)	9	0.3			
		菱附摇蚊 (<i>Clinotanypus</i> sp.)	45	3.3	75	4.0	
		前突摇蚊 (<i>Procladius</i> sp.)	27	7.2	75	15.0	
		粗腹沼蚊 (<i>Pelopia</i> sp.)	18	0.7	25	0.8	
		斑点摇蚊 (<i>Stictotendipes</i> sp.)	64	4.5	50	2.3	
		毛突摇蚊 (<i>Trichocladius</i> sp.)	9	0.3			
		细长摇蚊 (<i>Tendipes attenuatus walker</i>)			50	2.8	
		环足摇蚊 (<i>Cricotopus</i> sp.)	45	8.7			
		长附摇蚊 (<i>Tanytarsus</i> sp.)	9	0.3			
	摇蚊科 (<i>Tendipedinae</i> spp.)	27	2.2				
	合 计			88.3		29.4	
	幼虫	毛翅目	纹石蚕 (<i>Hydropsyche</i> sp.)	36	3.5		
			石蚕 (<i>Phryganea</i> sp.)	54	13.3	50	2.3
			低头石蚕 (<i>Neureclipsis</i> sp.)	27	2.5	25	5.0
			毛翅目 (<i>Trichoptera</i> sp.)	27	3.2		
		合 计			22.5		7.3
		蜉蝣目	扁蜉 (<i>Redyrus</i> sp.)	9	0.3		
			蜉蝣 (<i>Ephemera</i> sp.)	64	26.6	25	2.0
			合 计			26.9	
其它		箭蜓 (<i>Gomphus</i> sp.)	18	0.5			
		蜻蜓目 (<i>Odonata</i> sp.)	27	0.8			
	蝶蚊 (<i>Ceratopogonidae</i> sp.)	54	3.2	75	20.5		
	鞘翅目 (<i>Hemiptera</i>)	9	0.3				
	半翅目 (<i>Colcoptera</i>)	9	1.5				
	合 计			6.3		20.5	
软体动物	铜锈环棱螺 (<i>Bellamya aeruginosa</i>)		27	0.8	50	3.0	
	梨形环棱螺 (<i>Bellamya purificata</i>)		18	0.7	50	7.0	
	耳形河螺 (<i>Rivulavia auriculata</i>)		9	1.0			
	纹沼螺 (<i>Parafossarulus striatulus</i>)		9	0.4	25	1.0	
	钉螺 (<i>Oncomelania</i> sp.)		18	1.0			
	方格短沟蜷 (<i>Semisulcospira cancellata</i>)		54	3.8	75	8.0	
	壳菜 (<i>Limnoperna lacustris</i>)		54	34.0	100	4.5	
	螺幼体 (<i>Prosobranchia</i> sp.)		9	0.7			

续表 1

种 类 名 录		分 布			
		A [*] 区		B ^{**} 区	
		出现率(%)	密 度 (个/m ²)	出现率(%)	密 度 (个/m ²)
软 体 动 物	圆顶珠蚌 (<i>Unio douglasiae</i>)	9	0.3		
	扭蚌 (<i>Arconaia lanceolata</i>)	9	0.4		
	背瘤丽蚌 (<i>Lamprotula leai</i>)	18	1.0		
	蚌幼体 (<i>Anodonta</i> sp.)	27	2.8		
	拉氏蜆 (<i>Corbicula largillierii</i>)	54	11.3	25	2.8
	河蜆 (<i>Corbicula fluminea</i>)	100	21.3	50	6.5
	湖球蜆 (<i>Sphaerium lacustre</i>)	28	0.5	25	5.3
	蜆幼体 (<i>Corbicula</i> sp.)	45	2.5	50	3.0
	合 计		82.5		41.1
寡 毛 类 动 物	苏氏尾鳃蚓 (<i>Branchiurus sowerbyi</i>)	73	11.8	100	106.3
	霍甫水丝蚓 (<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>)	55	10.5	100	59.0
	巨毛水丝蚓 (<i>Limnodrilus grandisetosus</i>)	9	0.7	75	25.0
	水丝蚓 (<i>Limnodrilus</i> sp.)	9	0.3		
	中华河蚓 (<i>Rhyacodrilus sinicus</i>)	27	2.8	75	7.0
	前囊管水蚓 (<i>Aulodrilus prothecatus</i>)	36	2.5	75	285.5
	多毛管水蚓 (<i>Aulodrilus plurisetia</i>)			50	115.8
	尼氏颤蚓 (<i>Pelosclex nikolskyi</i>)	9	0.3		
	淡水单孔蚓 (<i>Monopylephorus limosus</i>)	9	0.3		
	仙女虫 (<i>Naididae</i> sp.)	9	0.4		
	带丝蚓 (<i>Lumbriculidae</i> sp.)	9	0.7	25	0.8
	合 计		30.3		599.4
其 它	蛭类 (<i>Hirudinea</i> spp.)	27	1.5	25	0.8
	钩虾 (<i>Gammarus</i> spp.)	81	190.0	25	15.3
	合 计		191.5		16.1

* A 指 1、3、4、5、9、10、12、13、14、15、16 号点所在的清洁水域。

** B 指有底栖动物生存的污染水域,包括 2、6、11、17 号点。

表 2 沅江岸边带与洞庭湖其它水域底栖动物群落组成的比较

调查区域	结果 生物类别	水生昆虫幼虫				软体动物		寡毛类		其 它	
		摇蚊幼虫		其 它							
		种类数	密度 (个/m ²)	种类数	密度 (个/m ²)	种类数	密度 (个/m ²)	种类数	密度 (个/m ²)	种类数	密度 (个/m ²)
沅江岸边带		19	74	11	48	16	131	11	177	2	79
蒋家嘴岸边带		18	202	7	120	27	341	8	237	3	6
东南湖*		9	60	7	57	7	44	5	61	1	165
洞庭湖*		18	116	25	124	28	56	11	71	5	171

* 系指本站 1984—1985 年采样调查数据,洞庭湖为全湖平均值。

表 3 底栖动物评价水质的生物指数标准

标准 \ 水质等级	I	II	III	IV	V	VI
生物指数						
S.D.I.	>3.5	2.5—3.5	2.0—2.5	1.0—2.0	<1.0	底栖动物不能生存
G.B.I	<20	20—30	30—50	50—80	>80	
C.B.D.	>800	400—800	300—400	100—300	<100	

表 4 沅江岸边带水域各采样点生物指数与水质评价

采 样 点		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
利用生物指数评价	S.D.I 值	2.5	1.3	2.6	2.5	3.0	2.8	*	*	3.0	1.6	2.8	3.9	1.5	3.3	1.4	3.7	2.9
	污染等级	II	IV	II	II	II	II	VI	VI	II	IV	II	I	IV	II	IV	I	II
	G.B.I 值	15	88	0	0	17	66			0	4	40	5	5	30	4	14	85
	污染等级	I	V	I	I	I	IV	VI	VI	I	I	III	I	I	II	I	I	V
	C.B.D.值	439	319	414	224	506	63			472	519	238	533	752	628	494	571	627
	污染等级	II	III	II	IV	II	V	VI	VI	II	II	IV	II	II	II	II	II	II
理化评价	丰水期	II	IV	II	II	II	III	VI	IV	II	III	III	II	II	III	II	II	III
	平水期	II	VI	II	II	II	VI	VI	III	II	II	II	II	III	II	III	III	I
	枯水期	II	—	—	II	II	II	III	II	II	II	III	II	II	II	II	II	II
综合评价等级		A**	C	A	A-B	A	C	D	D	A	A-B	B	A	A-B	A	A-B	A	B

* 为无底栖动物生存、严重污染区。

** A、B、C、D 分别表示寡污、 β -中污、 α -中污、多污水质。

表 5 无底栖动物严重污染区理化监测数据

采样点	pH	DO(mg/l)	COD(mg/l)	悬浮物 (mg/l)
7#	9.0	7.3	14.40	6.4
8#	9.4	6.6	48.70	276.0

则反映有一定程度的有机污染。究其原因这是由于该点有一间断性排污闸,其污水来自沅江县石矶湖,该湖主要容纳县城三分之一居民生活污水及县麻纺厂、食品厂排放的废水,由于排放到外湖的废水是采取非连续方式排放的,因此目前常规理化监测难以说明。

第四组:2、6号点,为沅江县团山乡造纸厂,县食品罐头厂排污口所在的塞南湖、白兰湖水域,这些

水域溶解氧比外湖沿岸低,水体只随外湖水位的变化而产生较小的流速,有机污水不易扩散,底栖动物以寡毛类动物占优势,生物、理化综合评价为 α -中污。

第五组:7、8号点,为沅江纸厂与建新纸厂排污口所在的水域,它们位于外湖岸边,造纸黑液直排入湖,废渣沉积于湖边,三次采样未采到底栖无脊椎动物,为无底栖动物区。综合评价为多污。该水域

水质理化监测数据如表 5。

三、讨论与小结

1. 利用底栖动物固着生活的特点和群落结构的变化监测流速较大、多因子、非连续排放废水的污染水质具有简单、及时、综合性的优点。从本区域 11、17 号点显示了目前常规理化监测分析难以达到的效果。实践表明,底栖动物适于作类似洞庭湖这样的过水型湖泊和一般江河岸边带水质生物监测的指示生物。

2. 根据生物指数评价水体污染状况时,由于污染与非污染因子综合影响生物群落的结构、功能,特别是对所调查的各水域非污染因子(如水深、底质、水流速度等)的相似性在实际工作中不能得到完全保证,所以单一的生物指数很难准确地反映某一区域的水质状况,必须试用多种生物指数之后,选择能适于调查水域的地方性生物指数^[7],并结合种群、个体生态学、理化监测资料进行环境生物学的综合分析,才能得到满意的评价结果。

不同的生物指数所反映的信息各有所异,它们反映了生物群落特征的某一侧面。图 2 是三种生物指数与水质指标 pH、COD、BOD₅ 按内插法换算成污染分指数,然后利用混合加权模式^[8]得到的主要污染点水化学污染指数与生物污染指数的比较。结果表明,生物污染指数评价结果与水化学污染指数的变化基本一致;本文所用的三种生物指数能基本说明沅江岸边带水域的水质状况,但综合生物污染指数比单一生物指数更能确切、形象地反映水体污染现状。

3. 沅江岸边带水体污染物影响的主要水域其丰水期与枯水期污染程度有差异。位于湖汉的 2、6 号

点,丰水期较枯水期污染强度小,符合水体自净的一般规律;而沿岸其它污染点(7、8、11、17 号点)则相反,这主要是由于丰水期湖泊水位高,水体流场大,采样点正好处于岸边浅水慢流区,而枯水期污染物直排入航道主流区后很快稀释自净。同时各季节水体含泥沙量与沿岸厂家生产、排污状况的不同亦是其中的原因。

4. 洞庭湖属过水吞吐型湖泊,具有湖泊,河流的双重特点,沿岸水域的水文状况一般不利于污染物向湖心扩散,而是顺水流方向在沿岸水域形成污染带。根据 Sladeczek (1965, 1966) 污水体系^[9,10]与沅江岸边带污染源的特点,该岸边带污染水域可以划定为湖沼污水生物带(Limnosa probity)。该区造纸废水、废渣的影响已使局部水域(7、8 号点)成为无底栖动物区;大量未经处理食品加工、麻纺废水的排入使南洞庭湖部分沿岸水域出现严重有机污染,富营养化加剧了沿岸湖汉的老化、消亡,而这些水域正是鱼类等有经济价值水生生物生长、繁殖与工农业用水的重要场所,其污染影响应引起各方关注。同时,根据湖泊水文条件,水体功能及沿岸污染物分布特点,划定湖泊沿岸水质保护区是湖泊环境综合整治尚待研究的课题之一。

致谢: 本文承蒙中国科学院水生生物所王士达同志指导,谨此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 顾京松等,环境科学,4(1),14(1980).
- [2] 王士达等,环境污染与生态学文集,58 页,江苏科技出版社,1981 年.
- [3] 刘保元等,水生生物集刊,8(2),225(1984).
- [4] Hawkes, H. A., *Biological Indicators of Water Quality*, pp. 105—110, John Wiley and Sons, New York, 1979.
- [5] 陆强国,环境科学,6(2),59(1985).
- [6] 谢萃媚,水生生物学报,9(1),40(1985).
- [7] 纪桑,中国环境科学,6(3),64(1986).
- [8] 林宗振,环境科学,6(2),67(1985).
- [9] Sladeczek, V. *Hydrobiol.*, 25(3—4), 58(1965).
- [10] Sladeczek, V., *Verh. Intern. Limnol.*, 16, 809 (1966).

(收稿日期: 1987 年 12 月 17 日)

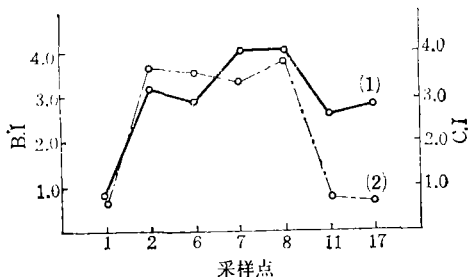


图 2 各采样点水化学污染指数与生物污染指数比较