

调查报告

湘江的水生生物与水质污染*

王士达 刘保元 杨 潼

(中国科学院水生生物研究所)

全长 856 公里的湘江,发源于广西临桂县境,流经桂林地区,进入湖南省后,通过衡阳、株洲、湘潭、长沙等重要工业城市,在湘阴濠河口注入洞庭湖。

由于沿江采矿、冶金、化工等工业废水排入湘江,以及湘江流域农药的广泛应用,也使水和底质中六六六、DDT 的含量不断增加。湘江受到污染,局部江段污染相当严重,直接影响水生生物的群落结构,同时也形成了对渔业资源的危害。

近些年来,国内外重视利用生物监测水质污染。水生生物在正常水体中与其周围的环境形成自然的生态系统。水体被污染后,首先受到影响的是水生生物,使其群落中种类的多样性明显减少,并发生各种变化。有毒物质通过呼吸和食物链富集到体内,亦可反映污染的性质和程度。因此水生生物与水质污染的关系是密切的,生物监测被认为是水质监测的重要组成部分。它可以反映近阶段环境的综合趋势,弥补化学监测方法的不足。

水生生物的区域概况

作为一条河流,湘江的水生生物区系尚无系统的研究资料。据此,本文显然不能反映湘江的水生生物全貌,而仅就我们几年来通过河流污染调查所得结果及参阅其他有关资料,简要地分三个方面(藻类、底栖动物、鱼类)予以介绍,概括湘江主要水生生物类群的组成和特征。

一、藻类: 利用人工基质法采集到的着

生硅藻表明,沿江各采样点出现的优势种是不同的,已鉴定出 13 个优势种,即极小曲壳藻(*Achnanthes minutissima*)、微小异极藻(*Gomphonema parvulum*)、球异极藻(*G. sphacelophorum*)、边缘桥弯藻(*Cymbella affinis*)、微桥弯藻(*C. minuta*)、肘状针杆藻(*Synedra ulna*)、尾针杆藻(*S. rumpens*)、针杆藻(*Synedra* sp.)、钝脆杆藻(*Fragilaria capucina*)、变异直链藻(*Melosira varians*)、菱形藻(*Nitzschia* sp.)、谷皮菱形藻(*N. palea*)、喙头舟形藻(*Navicula rhynchocephala*)。另有水绵(*Spirogyra*)和刚毛藻(*Cladophora*)。丝状藻在下游罕见,或为洪水期由上、中游冲刷而下。

二、底栖动物: 根据两年来应用彼得逊采泥器和人工基质法(装满卵石的铁丝笼)采得底栖动物计 93 种,其中属于蜉蝣目的稚虫有 12 种,分别隶属于花鳃蜉(*Potamanthus*)、扁蜉(*Ecdyonurus*)、小蜉(*Ephemella*)、四节蜉(*Baetis*)、细蜉(*Caenis*)、蜉蝣(*Ephemera*)和拟小裳蜉(*Paraleptophlebia*)等。毛翅目幼虫 8 种,皆属于流水型的种类,如纹石蚕(*Hydropsyche*)、小石蚕(*Hydroptila*)、短尾石蚕(*Orthotrichia*)、管石蚕(*Psychomyia*)和长角石蚕(*Leptocella*)等。摇蚊科幼虫 9 种,分别属于前突摇蚊(*Procladius*)、环足摇蚊(*Cricotopus*)、多足摇蚊(*Polypedilum*)、流水长跗摇蚊(*Rheotanytarsus*)、隐摇蚊(*Cry-*

* 着生藻类引自湖南环保所罗森源、曾生两同志的研究报告。

ptochironomus) 和摇蚊 (*Chironomus*) 等属的种类。其中以前突摇蚊和环足摇蚊的数量为多,出现的频率高。水栖寡毛类前后共计有 12 种,以霍甫水丝蚓 (*Limnodrilus hoffmeisteri*)、巨毛水丝蚓 (*L. silviani*)、中华颤蚓 (*Rhyacodrilus sinicus*)、苏氏尾鳃蚓 (*Branchiura sowerbyi*)、多毛管水蚓 (*Aulodrilus pluriseti*)、印西头鳃虫 (*Branchiodrilus hortensis*)、尖头杆吻虫 (*Stylaria fossularis*)、仙女虫 (*Nais* sp.) 等为常见。

软体动物双壳类有 9 种,它们是圆顶珠蚌 (*Unio douglasiae*)、猪耳丽蚌 (*Lamprotula rochechouarti*)、背瘤丽蚌 (*L. leai*)、鱼尾楔蚌 (*Cuneopsis pisciculus*)、阿氏楔蚌 (*C. heudei*)、褶纹冠蚌 (*Cristaria plicata*)、短褶矛蚌 (*Lanceolaria grayana*)、河蚬 (*Corbicula fluminea*)、淡水壳菜 (*Limnoperna lacustris*);腹足类 18 种,如梨形环棱螺 (*Bellamya purificata*)、硬环棱螺 (*B. lapidea*)、双龙骨河螺 (*Rivularia bicarinata*)、耳形河螺 (*R. auriculata*)、大沼螺 (*Parafoissarulus eximius*)、纹沼螺 (*P. striatulus*)、尖萝卜螺 (*Radix acuminata*)、德氏短沟蜷 (*Semisulcospira gredleri*)、方格短沟蜷 (*S. cancellata*)、白旋螺 (*Gyraulus albus*) 等。其他 25 种。

三、鱼类: 湘江鱼类区系复杂,种类繁多,已记录的种类多达 142 种,比浩瀚的长江所记载的 206 种相差仅 60 余种,占长江种类数的 70%。142 种分别隶属于 11 目 26 科 86 属^[2]。上游多为山溪定居性小型鱼类,以鲤科 (*Cyprinidae*) 的鲃亚科 (*Gobioninae*) 和鲃亚科 (*Barbinae*) 的一些种类占优势,其次是鳅科 (*Cobitidae*) 的一些鱼类。尚有诸如胡子鲶 (*Clarias fuscus*)、珠江拟腹吸鳅 (*Pseudogastromyzon fangi*)、斑鳢 (*Ophiocephalus maculatus*)、四须盘鲈 (*Discogobio tetrabarbat*)、湘江蛇鲈 (*Saurogobio* sp.) 等一些特有的鱼类。中、下游主要以鲤科鱼类为主,其次是属于鲴科 (*Bagridae*) 的鱼类。此外,海淡水洄

游性的中华鲟 (*Acipenser sinensis*)、鲟鱼 (*Hilsa reevesii*)、刀鲚 (*Coilia ectenes*)、鳗鲡 (*Anguilla japonica*) 等也偶有捕获。主要经济鱼类有草鱼 (*Ctenopharyngodon idellus*)、鲢 (*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙 (*Aristichthys nobilis*)、鲤 (*Cyprinus carpio*)、三角鲂 (*Megalobrama terminalis*)、长春鳊 (*Parabramis pekinensis*)、细鳞斜颌鲴 (*Plagiognathops microlepis*)、银鲴 (*Xenocypris argentea*) 黄尾鲴 (*Xenocypris davidi*)、蒙古红鲌 (*Erythroculter mongolicus*)、青梢红鲌 (*Erythroculter dabryi*)、花鲢 (*Hemibarbus maculatus*)、赤眼鲢 (*Squaliobarbus curriculus*)、蛇鲈 (*Saurogobio dabryi*) 等。因此,鱼类资源丰富,且常宁县张河口至衡南县香炉山约 97 公里的江段,是四大家鱼的三大产卵场之一。

污染对水生生物的影响

根据湘江污染源调查和多年化学监测资料,湘江主要受镉、锌、铅、铜等重金属的污染,部分江段还受到汞、砷等不同程度的污染。株洲霞湾港江段所测定的重金属的含量则异常地高。有机污染主要出现在中、下游的部分江段。

水体污染后,生物的种类和数量发生变化,即影响水生生物的群落结构。可用简单的数理统计来反映这种变化。Cairns 连续比较指数多用于藻类,它可不鉴定到种,节约时间,用组数和个体数的比例来表示,便于应用^[2]。Shannon 多样性指数用于底栖动物的监测,反映群落中种类数和个体数之间的关系,它包括了群落结构的大量信息^[3]。所以是侦察和评价污染的一种方法,在发现和测量有毒物质影响方面也很有用途。

由于污染源大都分布在湘江右岸,因此江中污染物质浓度的右高左低的分布对藻类和底栖动物的群落结构有影响,即污染程度的不同,使近右岸和近左岸的种类组成出现明显的差异。断面本身形成对照。

湘江上游的兴安江段藻类的种类多,数量不高。Cairns 的连续比较指数值较高,为 0.77 (表 1), 极小曲壳藻是优势种,它是在含氧高的水中大量生长的种类 (Archibald, 1972)^[4], 对重金属污染的耐受力较低 (Resch, 1972)^[5]。底栖无脊椎动物为 50 种, 多为敏

感种类,如真涡虫 (*Planaria* sp.) 是不能容忍任何感觉到的有机污染 (Haukes, 1979)^[6]。其中蜉蝣目 9 种, 毛翅目 5 种, 皆为流水型好氧种类。多样性指数值最高, 为 3.98 (表 2)。表明兴安江段是清洁水体, 水生生物群落结构处于自然生态系统。

表 1 湘江着生藻类及其 Cairns 的连续比较指数

1980 年 7 月

	兴安	零陵	衡阳	株 洲			湘 潭				长 沙			湘 阴	
	仙人掌	老埠头	松柏	枫溪	霞湾港		公 路 桥		易 家 湾		五 一 桥		三义矶		樟 树 港
	右	右	右	左	左	右	左	右	左	右	左	右	左	左	右
种 类	最多	较多	中	较多	中	最少	较少	较少	中	中	中	中	中	中	中
数量(个/ mm ²)	1260	578	770	"	1190	43	4153	5504	4823	316	6373	2607	630	552	7429
指数值	0.77	0.70	0.57	0.68	0.67	未算出	0.66	0.61	0.56	0.67	0.61	0.58	0.58	0.56	0.38

表 2 湘江底栖动物及其 Shannon 多样性指数

1980 年 7 月和 10 月

种 类	兴 安		零 陵		衡 阳				株 洲				湘 潭				长 沙				湘 阴	
	仙人掌		老埠头		松 柏		合江套		枫 溪		霞湾港		公路桥		易家湾		五一桥		三义矶		樟树港	
	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右
数 量 (个/ 笼子)	42	44	36	26	11	10	33	13	17	19	6	0	22	5	21	20	12	27	25	12	13	9
指数值	3.95	3.98	2.71	3.00	2.97	2.72	3.07	3.08	2.78	3.21	0.73	0	2.11	0.78	2.24	2.65	2.55	2.90	2.84	2.37	2.11	2.27

松柏江段由于水口山铅锌矿和柏坊铜矿以及铅、锌、砷等冶炼厂排放的废水(其中部分废水经过处理)排入湘江,证明有较大危害,水生生物种类明显减少,两种指数值对照上游江段都低。微小异极藻、边缘桥弯藻及较耐污的四节蜉稚虫均为优势种。此江段为典型的重金属污染。待流经衡阳市,则又汇集了各工厂的废水,并有市区生活污水的直接排入,伴随重金属污染的是有机污染,在稍下的合江套左岸出现了水栖寡毛类,如霍甫水丝蚓和中华颤蚓,因颤蚓类除对重金属有较大抗性外,善长适应包括农药污染在内的各种有机污染;摇蚊幼虫的种类也增多。

株洲霞湾港汇集株冶等厂废水而使湘江污染加重,毛翅目幼虫、蜉蝣稚虫旋即消失。由于右岸底泥污染严重,没有采到底栖动物,

多样性指数为 0 (表 2)。藻类异常稀少,仅有菱形藻、球异极藻、微小异极藻等种类,右岸每平方米仅有 43 个,连续比较指数难以计算 (表 1)。

湘潭公路桥和五一桥两个调查江段亦皆因各自汇集湘潭和长沙有关厂的废水而使水体污染加重。如湘潭公路桥断面,底栖动物右岸出现 5 种,左岸为 22 种。多样性指数值为 0.78—2.11 (表 2)。而湘江大桥断面右岸采样点位于长沙市污水排放口以下,底栖动物中的水栖寡毛类数量多,如霍甫水丝蚓、中华颤蚓、仙女虫等,占 53%。表现有机污染较重 (Hawkes, 1980)^[6]。

湘江污染对鱼类的影响亦颇明显。随着工业废水排入量的增加,鱼产量随即作波浪 (下转第 48 页)

然后在前述色谱条件下进行测定。三种工业废水实测的结果列于表 4。

准确度和精密度试验

为了考察方法的重现性,我们对同一样品作了八次分析,结果列于表 5,从表中可见本方法测定三种含硫阴离子时的峰面积变异系数在 0.58%—4.72% 之间。表 6 列出了废水样品添加试验的结果,三种含硫阴离子的平均回收率在 99.8%—107.3% 之间。

干扰试验

我们研究了 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} 、 CO_3^{2-} 、 F^- 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 CN^- 等阴离子对本实验的干扰,结果表明, SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} 、 CO_3^{2-} 、 F^- 、 Cl^- 等阴离子在本实验条件下无响应,因此对三种含硫阴离子的测定无干扰。 NO_2^- 峰的保留时间为 13.21 分,与 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 的保留时间较接近,但 NO_2^- 与 S^{2-} 共存的可能性不大^[6],因

此在废水体系中含有 S^{2-} 时不大可能遇到 NO_2^- 的干扰,若水样中只含有 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 时, NO_2^- 的存在使 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 的分析结果偏高。 CN^- 峰的保留时间为 11.17 分,与硫离子的保留时间相差 2.42 分,当 S^{2-} 含量为 15 $\mu\text{g/ml}$, CN^- 含量为 26 $\mu\text{g/ml}$ 时,其分辨率可达 1.35,干扰不严重。

参 考 文 献

- [1] 工业三废排放试行标准, GBJ₄-73.
- [2] 工业企业设计卫生标准 GBJ₁-73 (送审稿).
- [3] Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 14th edition, A. P. H. A. Washington, p. 502, 508, 1976.
- [4] La'szlo' Szekeres, *Talanta*, 21, 2(1974).
- [5] 高田芳矩,分析機器臨時增刊,液体クロマトグラフィ, 东京, 26, 1974.
- [6] 中国科学院环境化学研究所等编,环境监测标准分析方法, 111 页, 科学出版社, 1980 年.

(上接第 51 页)

式的逐年下降,如五十年代为 20 万担;七十年代只有 8 万担,减少了 60%。同时,湘江的某些名贵鱼类,如胭脂鱼 (*Myxocyprinus asiaticus*)、铜鱼 (*Coreius heterodon*) 等也大为减少。由海洋入湘江生殖洄游的鲢鱼,已近绝迹。从渔获物组成来看,过去大型经济鱼类多,现在小型野杂鱼多,高龄鱼甚少。

这种对渔业的危害在局部江段表现更为明显。上面提及的位于常宁县张河口至衡南香炉山江段的家鱼产卵场,由于污染,产卵场的规模和数量逐渐缩小,影响补充群体的增殖。这些厂矿排出的工业废水中含有镉、铅、锌、铜、汞以及硫化物、氰化物、酚等多种有毒物质,大大超过渔业水质标准的允许浓度,使产卵群体阻隔在产卵场之外,即使进入产卵场,也由于不能适应而急剧回避。这表现为鱼苗产量的减少,根据湖南省鱼类资源调查办公室资料记载七十年代平均捞苗 2.14 亿尾,较六十年代减少 85%,较五十年代则减少 92%。

上述污染对水生生物的影响,多举例于重点污染江段。由于湘江年迳流量大,加以本身的生物净化能力,湘江除上游为清洁水外,中、下游的多数江段的水质按生物指数法计算属于轻污染或中污染。由于中、下游工业城市较多,及流域内农田使用农药量多,污染对湘江水生生物和水产资源带来的威胁不容忽视。

参 考 文 献

- [1] 湖南省水产科学研究所编著,湖南鱼类志,湖南科学技术出版社, (1980).
- [2] Cairns, J. Jr. et al., *JWPCF*, 40(9), 1607—1613 (1968).
- [3] Shannon, C. E. & Weaver, W., The mathematical theory of communication. Univ. of Illinois Press, Urbana, (1963).
- [4] Archibald, R. E. M., *Water Res.*, 6, 1229 (1972).
- [5] Resch, W. K. et al., *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 57, 39 (1972).
- [6] Hawkes, H. A., Invertebrates as indicators of river water quality. In *Biological Indicators of Water Quality* 2—45. John Wiley & Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, (1979).