

松花江污染对浮游生物、着生藻类影响的初步研究

芦 晏 生

(中国水产科学研究院黑龙江水产研究所)

松花江是东北的主要河流,有南北二源,南源第二松花江发源于长白山天池。北源嫩江发源于大兴安岭东坡和伊勒呼里山。松花江全长以南源计为 1839 公里,以北源计为 2317 公里,全流域面积为 546000 平方公里。五十年代末以来,随着工业的发展,排入的大量废水污染了松花江水体。

为了弄清松花江水体污染范围和程度及其对人体健康和渔业资源的影响,1978 年我所进行了松花江污染对鱼类和水生生物影响的研究。本文仅就 1980—1982 年,在松花江不同江段对浮游生物、着生藻类的调查资料加以整理,进行了分析讨论,为水体环境质量的生物学监测提供科学依据。

一、工 作 方 法

调查的生物样品主要在明水期采自嫩江下游,二松下游,肇源江段,哈尔滨江段和佳木斯江段,每断面设三个采样点(见图 1)。

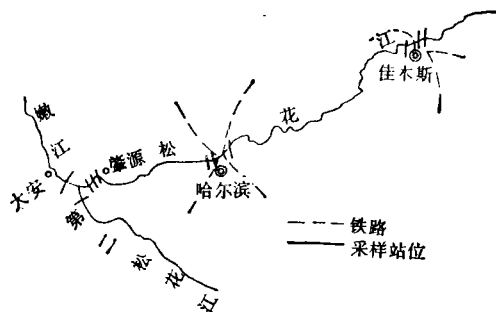


图 1 松花江不同江段生物采样站示意图

浮游生物的定性,分别用 13 号和 25 号筛绢网在水表层采集,用 4% 福尔马林液固定。定量标本,每次一升,用鲁哥氏液固定,沉淀浓缩至 30 毫升。着生藻类用人工基质挂片法采样,挂片时间为 14 天,标本固定液同浮游生物定性标本。浮游生物和着生藻类的计数按常规方法进行,一般鉴定到种,如遇体形发生变化或一些不易辨别的种类,则定到属或大类为止。

根据浮游生物、着生藻类在不同江段的种类和数量,按 Kolkwitz 和 Marsson 提出的污水生物系统划分污染区带,并结合多样性指数和生物指数,综合评价水体污染程度。

二、浮游生物、着生藻类的群落结构

松花江不同江段浮游藻类、着生藻类的组成计有 8 门,共 175 种(名录表略);浮游动物 94 种(名录表亦略)。

(一) 浮游藻类

浮游藻类在各江段的分布反映出以硅藻门最多,有 77 种占总种类数的 44%;绿藻门次之,55 种占总数的 31.4%;蓝藻门 15 种,占总数的 8.6%;至于裸藻门、隐藻门、甲藻门、金藻门和黄藻门等种类较少,所占百分数也较低。由于各江段的水质污染和净化程度不同,种类的分布也有所差异。哈尔滨江段为 139 种,种类最多,其次是肇源江段为 131 种,佳木斯江段由于江桥下游近右岸局部地带污染较为严重,种类较少为 114 种。此

表 1 1980—1982 年各点藻类种类及分布

类别	嫩江下游		二松下游		肇 源		哈 尔 滨		佳 木 斯	
	种类	百分率	种类	百分率	种类	百分率	种类	百分率	种类	百分率
硅藻	38	55	41	53	65	50	58	42	44	38.6
绿藻	17	25	20	26	40	30.5	47	34	38	33
蓝藻	8	11.6	8	10	9	6.9	10	7.2	10	8.8
裸藻			5	6.4	6	4.6	8	6.1	8	7.0
甲藻	1	1.4	3	3.8	3	2.3	2	1.5	2	1.8
隐藻	1	1.4			2	1.5	3	2.2	3	2.6
金藻	4	5.8	1	1.2	4	3.1	7	5.0	7	6.1
黄藻					2	1.5	4	2.9	2	1.8
合 计	69		78		131		139		114	

外,二松下游、嫩江下游分别为78种和69种。总的来说,松花江的浮游藻类种类还是较为丰富的。各江段的浮游藻类种类及分布见表1。

各江段各类藻类的出现情况,以硅藻门分布最广,种类也最多,占38.6—55%。其中直链藻(*Melosira*)、小环藻(*Cyclotella*)、脆杆藻(*Fragilaria*)、针杆藻(*Synedra*)、舟形藻(*Navicula*)、双菱藻(*Surirella*)、星杆藻(*Asterionella*)、桥穹藻(*Cymbella*)和异极藻(*Gomphonema*)等为优势种或一般常见种。绿藻门的属类是仅次于硅藻门的一门藻类,在各江段占25—34%,习见的属类有空球藻(*Eudorina*)、实球藻(*Pandorina*)、栅列藻(*Scenedesmus*)、集星藻(*Actinastrum*)、盘星藻(*Pediastrum*)、纤维藻(*Ankistrodesmus*)、新月鼓藻(*Closterium*)和其它鼓藻类(*Desmids*)、水绵(*Spirogyra*)等。蓝藻仅次于绿藻门的藻类,在各江段占6.9—11.6%。主要有鱼腥藻(*Anabaena*)、微囊藻(*Microcystis*)、束丝藻(*Aphanizomenon*)、颤藻(*Oscillatoria*)、蓝纤维藻(*Dactylococcopsis*)等。裸藻门主要有裸藻(*Euglena*)、扁裸藻(*Phacus*)、囊裸藻(*Trachelomonas*)等。隐藻和甲藻门种类较少,分别见到蓝隐藻(*Chroomonas*)、素隐藻(*Chilomonas*)、隐藻(*Cryptomonas*)和

角甲藻(*Ceratium*)、裸甲藻(*Gymnodinium*)等。金藻门主要种类是棕鞭藻(*Ochromonas*)、单鞭金藻(*Chromulina*)、鱼鳞藻(*Mallomonas*)、黄群藻(*Synura*)、锥囊藻(*Dinobryon*)等。黄藻门极少见到,主要有黄丝藻(*Tribonena*)、胶葡萄藻(*Gloeotrys*)、顶刺藻(*Centritractus*)等。

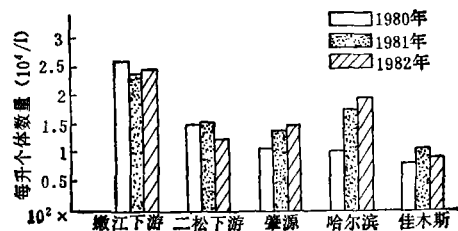


图 2 不同江段各年浮游藻类数量均值比较

从图2可知,1980—1982年各江段浮游藻类数量分布和变动情况。嫩江下游浮游藻类数量三年均值为246.76万个/升。哈尔滨江段次之,为166.6万个/升,二松下游、肇源江段居中,分别为146.6万个/升和132.9万个/升,佳木斯江段为107.4万个/升,形成顺流递减的趋势。分析其原因,是由于江桥下游到松花江渔业队以上局部江段受造纸、农药、化工等废水的污染,尤其是近南岸污染较为严重,抑制了藻类生长之故。

表 2 1980—1982 年各点浮游动物种类及分布

类别	调查点 种类数 (%)		嫩江下游		二松下游		肇 源		哈 尔 滨		佳 木 斯	
	种类	百分率	种类	百分率	种类	百分率	种类	百分率	种类	百分率	种类	百分率
原生动物	10	30.3	14	35	18	29	21	28	15	28		
轮 虫 类	17	51.5	20	50	33	53	40	54	29	54		
枝 角 类	3	9.1	2	5.0	7	11	9	12	6	11		
桡 足 类	3	9.1	4	10	4	6.4	4	5.4	4	7.4		
合 计	33		40		62		74		54			

(二) 浮游动物

浮游动物的种群组成, 各江段共见原生动物 31 种, 占总种数的 33%; 轮虫类 48 种, 占总数的 51%; 甲壳类 15 种, 占总数的 16%。

据 1980—1982 年各江段分布状况, 哈尔滨江段 74 种, 其次为肇源江段 62 种, 佳木斯江段 54 种。此外, 二松下游 40 种, 嫩江下游 33 种。浮游动物种类在各江段的分布与藻类的分布状况基本一致。浮游动物在各江段的分布状况见表 2。

历年来各江段的优势种是轮虫类, 占总数的 50—54%, 主要有臂尾轮虫 (*Brachionus*)、裂足轮虫 (*Schizocerca*)、龟甲轮虫 (*Keratella*)、鬼轮虫 (*Trichotria*)、叶轮虫 (*Notholca*)、多肢轮虫 (*Polyarthra*)、三肢轮虫 (*Filinia*)、晶囊轮虫 (*Asplanchna*)、同尾轮虫 (*Diurella*)、异尾轮虫 (*Trichocerca*)、无柄轮虫 (*Ascomorpna*) 等。原生动物在各江段占总数的 28—35%, 主要有砂壳虫 (*Difflugia*)、表壳虫 (*Arcella*)、筒壳虫 (*Tintinnidium*)、急游虫 (*Strombidium*)、钟形虫 (*Vorticella*)、铃壳虫 (*Tintinnopsis*)、焰毛虫 (*Askenasia*)、草履虫 (*Paramecium*)、匣壳虫 (*Centropyxis*) 等。枝角类和桡足类的种类较少, 主要有蚤属中的大型蚤 (*Daphnia*)、长刺蚤 (*D. Longispina*)、盘肠蚤 (*Chydorus*)、秀体蚤 (*Diaphanosoma*)、裸腹蚤 (*Moina*)、象鼻蚤 (*Bosmina*) 和基合蚤 (*Bosminopsis*) 等,

桡足类则主要是剑蚤 (*Cyclopoida*)、镖蚤 (*Calanoida*)、无节幼体 (*Naupilus*) 和桡足类幼体 (*Copepodid Stage*) 等。

浮游动物数量变动, 亦随水质污染程度不同而异, 污染较轻的嫩江下游均值最高为 3187.7 个/升, 哈尔滨江段为 2529 个/升, 二松下游、肇源江段分别为 2852.7 个/升和 2193 个/升, 佳木斯因局部江段相对比其它江段污染为重, 所以均值最少为 1967.5 个/升, 图 3 示出概况。

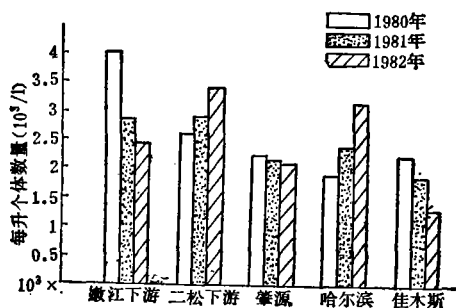


图 3 不同江段各年浮游动物数量均值比较

浮游动物的数量以原生动物最多, 占总数的 73%, 其次是轮虫类占总量的 26%, 甲壳类的数量极少, 仅占总数的 1%。

(三) 着生藻类

着生藻类的材料, 由于野外客观条件限制, 加以挂片有时丢失, 所得资料不够完整。先后鉴定着生藻类 30 种, 各断面生物密度幅值在 21,365—64,130 个/平方厘米之间。主要有硅藻门的异极藻、桥穹藻、针杆藻、脆杆

表 3 1982年各江段着生藻类多样性指数测定值

江 段		总个数 N (个/厘米 ²)	种类数 S	多样性 指数 I
哈尔滨四方台上 (南岸)	7 月	64,130	30	0.118
	9 月	49,210	26	0.117
哈尔滨道里江桥 (北岸)	7 月	59,670	28	0.114
	9 月	41,362	25	0.122
哈尔滨三棵树江 桥下 (南岸)	7 月	31,365	23	0.129
	9 月	26,540	21	0.128
佳木斯江桥 (南岸)	7 月	54,630	27	0.115
	9 月	—	—	—
佳木斯造纸厂下 游(松江近南岸)	7 月	21,365	15	0.102
	9 月	—	—	—

表 4 1982 年各江段硅藻类生物指数测定值

江 段	月份	BI 值	备注
哈尔滨四方台上 (南岸)	7	112.50	
	9	122.72	
哈尔滨道里江桥 (北岸)	7	114.28	
	9	106.25	
哈尔滨三棵树下 (南岸)	7	81.81	
	9	90	
佳木斯江桥 (南岸)	7	111.10	
	9	—	
佳木斯造纸厂下游 (松江近南岸)	7	-66.66	
	9	—	

藻、直链藻、舟形藻、双菱藻、卵形藻 (*Cocconeis*)、等片藻 (*Diatoma*)、星杆藻等属的一些种类,以及蓝藻、绿藻、裸藻门的少数种类。

根据调查取得的资料,采用组成藻类种群的多样性指数和以硅藻种类为基础的生物指数计算,除了个别采样点多样性指数 I 值略有差异外,其它基本与区分污染类型种群和划分水质污染程度一致,监测结果见表 3、表 4 和图 4。

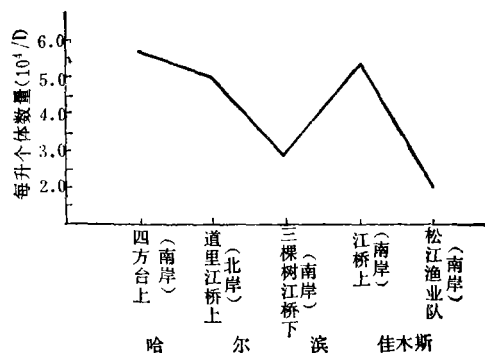


图 4 不同江段各站着生藻类数量均值曲线

三、讨论与评价

水体污染程度的评价,除了进行水质监测以外,结合水体生物的指示种类评价水质很有必要,因为它是反映水体污染程度的良好指标。当前,国内外陆续开展了这方面的研究,不断对 Kolkwitz 和 Marsson (1908、1909) 提出的污水生物系统加以修正改进,并愈来愈为人们所重视。由于不少生物种类具有较广的生态耐性,加以受污染的水体容纳的工业废水成分各不相同,所以各家对污水生物指示种类的划分不完全一致。因此,我们除借鉴他人经验和实际调查资料外,并结合用多样性指数和生物指数综合评价水体的污染程度。多样性指数 $I = \frac{S}{\sqrt{N}}$, N 值越高表明水质污染程度轻,式中 I 为藻类多样性指数, N 为样品中出现的总个体数, S 为出现的种类数。硅藻类生物指数,

$$BI = \frac{2A + B - 2C}{A + B - C} \times 100,$$

BI 值 0—200 为多污带, 0—100 为甲型中污带, 100—150 为乙型中污带, 150—200 为寡污带, 式中 BI 为污染生物的指数, A 为不耐污染的种类数, B 为适应广的种类数, C 为在 $a-ms$ 和 ps 污染带出现的种类数。现在根据国内外描述污染对生物影响的概念和结合调查所得的资料,把松花江不同江段的污染程度划分如下污染级别: 多污带 (ps 表示),

甲型中污带 (α -ms)、乙型中污带 (β -ms), 寡污带 (os)。即多污带生物, 甲型中污带生物、乙型中污带生物, 寡污带生物。

(一) 嫩江、二松下游江段

两江段发现浮游藻类分别为 69 种和 78 种, 总计为 147 种。主要为硅藻、绿藻、蓝藻, 其它藻类种群较少。其中除了蓝藻、裸藻、硅藻门中一些耐污种如颤藻、裸藻、舟形藻、脆杆藻、菱形藻等属的少数种以外, 乙型中污带生物居多, 主要有鱼腥藻、束丝藻、微囊藻、纤维藻、栅藻、集星藻、直链藻、针杆藻、桥穹藻、脆杆藻和布纹藻 (*Gyrosigma*) 等属的一些种类, 寡污或偏向于清水带的主要有具星小环藻 (*Cyclotella stelligera*)、星杆藻、异极藻、角甲藻、锥囊藻等。浮游动物分别为 33 种和 40 种, 共计为 73 种, 除轮虫的少数较耐污种如角突臂尾轮虫 (*Branchionus angularis*) 和枝角类的裸腹蚤以外, 多数种类属乙型中污带生物, 并出现少数乙型中污—寡污带的种类如针簇多肢轮虫 (*Polyarthra trigla*)、三肢轮虫、前节晶囊轮虫 (*Asplanchna priodonta*)、长圆沙壳虫 (*Diffugia dolonga*)、针棘匣壳虫 (*Centropixis aculeata*) 等。由此可见, 随着上述二江流程的增长, 远离污染源的水体有一定的自净能力, 污染程度有所减轻, 为乙型中污带范围。

(二) 肇源江段

松花江干流由第二松花江和嫩江在黑龙江省肇源县境的三岔河汇合而成, 地处上游的肇源江段, 水量大, 流速快, 水体自净能力增强, 使污染程度逐步减轻, 水质进一步好转, 这一江段只有肇源县肇源镇临近江岸, 工厂较少, 除日接纳废水量 0.01 万吨以外, 无其它大型污染源的注入, 有利于生物生长。本江段共发现浮游藻类 131 种, 浮游动物 62 种, 生物的群落组成喜污种基本同第二松花江和嫩江下游, 喜中污尤其是乙型中污带生物如硅藻、绿藻门和轮虫类的多数种类等明显增多, 并有一定数量。寡污型的种类除基

本同上述江段外, 还出现鼓藻属的一些种类、水绵、转板藻 (*Mougeotia*) 等, 生物组合具有喜污、喜清混杂生物相的特点, 但以乙型中污带生物居多。因此, 本江段属乙型中污带。

(三) 哈尔滨江段

本江段各采样点先后发现浮游、着生藻类 139 种, 浮游动物 74 种, 生物相特征因污染程度不同而异。四方台江段离上游污染源较远, 水质污染程度进一步有所改善, 生物种类丰富。除有一些甲型中污带生物以外, 多数为乙型中污带种类, 浮游藻类相除与前述江段基本相同外, 并增加了实球藻、空球藻、盘星藻、鼓藻类、舟形藻、网眼藻、扁裸藻等属的一些种类。浮游动物中的轮虫从肇源江段的 33 种增加到 40 种, 而轮虫中乙型中污带种类的比例也比上述各江段高。同时, 寡污带生物的种类比以上江段也有所增加, 如窗格平板藻 (*Tabellaria fenestrata*)、环状扇形藻 (*Meridion circulare*)、普通黄丝藻 (*Tribonema vulgare*)、鱼鳞藻等。着生藻类也较为丰富, 总数量高, 7 月和 9 月平均为 56,670 个/平方厘米。硅藻类种群的生物指数 *BI* 值高, 7 月和 9 月分别为 112.50 和 122.72, 组成藻类种群的多样性指数 *I* 值也较高。这点与上述浮游生物出现的广适应性指示种基本一致, 说明水质污染较轻, 据此, 本江段应划为乙型中污带范围。四方台以下到道里江桥江段, 南岸水体受到重复污染, 尤以枯水期较为突出。所以浮游生物的生长受到不同程度的抑制, 江桥北岸, 受哈市排放的废水和生活污水干扰小, 加以是主航道, 水体有一定的自净能力, 水质较好, 浮游生物相和着生藻类基本与四方台采集站相似。着生藻类的数量 7 月和 9 月平均为 50,516 个/平方厘米, 仅次于四方台采集站。硅藻类种群的 *BI* 值分别为 114.28 和 106.25, 组成藻类种群的 *I* 值也较高, 说明本江段污染为乙型中污带。三棵树江桥下游近南岸江段 (哈市三水源地), 由于汇入了哈市日排量为 61.51 万吨的大部

分工业废水和生活污水,加以距马家沟、阿什河排污源很近,水质同样受到一定程度的重复污染,除局部地带外,浮游生物种群组成基本同道里江桥以上江段,但是略有差异的是在夏季喜生活于有机质丰富水体中如蓝藻门中念珠藻目的一些属类,绿藻门中团藻目、绿球藻目、四孢藻目的一些属类较为丰富,甚至出现偏向于多污的裂痕龟纹轮虫(*Anuraeopsis fissa*)少数个体。此外,绿藻门中接合藻纲的中带藻目和鼓藻目的种类也较多。着生藻类除出现尺骨针杆藻(*Synedra ulna*)、变异直链藻(*Melosira varians*)等少数乙型中污带生物外,并出现一些耐污种如颤藻、脆杆藻属的种类,喜寡污偏向于清水性的星杆藻少见。7月和9月平均值为28,950个/平方厘米,硅藻类种群的BI值分别为81.81和90,低于四方台和道里江桥北岸江段,接近排污口的局部地带。据生物指数计算结果应划为甲型中污带,但与本江段其它地带生物调查结果对比,不够理想,考虑到汇入主流毒物已逐步分解,乙型中污带生物开始增多,所以本江段大部分水体应同属乙型中污带。

(四) 佳木斯江段

佳木斯江桥以上江段,共见浮游藻类和着生藻类114种,浮游动物54种,生物相基本与四方台以上江段相似,着生藻类也与上述江段相同,但数量稍低于四方台断面,为54,630个/平方厘米。硅藻类种群的生物指数BI值为111.10,藻类的多样性指数值也与四方台类似,为0.115,说明距离大型污染源远,水体污染较轻,应划为乙型中污带范围。江桥以下江段,日接纳废水和生活污水量49万吨左右;同时接近造纸、农药、化工等排污口排出的废水远未混及主流,而形成一条污染带。加以造纸排污口以下不远的范围内江底形成较厚的沉积物及其溶解,使水体受到了重复污染,致使浮游生物和着生藻类等与底栖生物一样不能在这局部地带生存,说明水体污染程度严重,应属多污带。松江渔业

队近南岸江段,虽受上述污染源的影响,但废水逐渐混及江水主流,水质开始好转,相继有一部分硅藻、蓝藻、绿藻、裸藻、轮虫、原生动物等出现,有些生态耐性极为敏感的寡污一清水型的种类如锥囊藻、角甲藻、扇形藻、小环藻的个别种、星杆藻、晶囊轮虫、砂壳虫、甲壳类等罕见或未见。着生藻类乙型中污带生物减少,主要是绿裸藻(*Euglena viridis*)、衣藻(*Chlamydomonas*)及硅藻门的一些耐污种,寡污一清水型的星杆藻、黄丝藻等未见,7月份数量为21,365个/平方厘米,硅藻类种群BI值为-66.66,藻类种群的I值也低,为0.102,表明沿岸局部地带污染较为严重,根据生物指数的BI值应划为多污带,但结合浮游生物出现的种类,在北岸、主航道水体自净能力较强,为乙型中污带。

四、小 结

(一) 1980—1982年总计发现藻类175种,隶属于硅藻、绿藻、蓝藻、裸藻、金藻、甲藻、隐藻、黄藻等8门。浮游动物94种,分隶于轮虫、原生动物、枝角类、挠足类4大类。

(二) 以硅藻类生物指数BI值排列污染程度顺序,佳木斯松江渔业队近南岸江段>哈尔滨三棵树江桥下南岸>哈尔滨道里江桥上北岸>佳木斯江桥上南岸>哈尔滨四方台上南岸。

(三) 按上排列顺序,结合各江段生物的生态类型可知,嫩江、第二松花江下游,肇源—哈尔滨四方台以上江段,四方台以下道里江桥上北岸,三棵树江桥下南岸(主流),佳木斯江桥上江段、松江渔业队北岸、主航道江段为乙型中污带;三棵树江桥南岸近排污口江段为甲型中污带;佳木斯造纸、农药、化工厂近排污口南岸江段为多污带;松江渔业队近南岸江段为甲型中污或近于多污带。

(四) 由于松花江流域幅员广阔,限于人力,本调查所得资料有一定局限性,利用生物监测和评价水体污染程度是初步的,有待进

一步研究充实。

本文承张觉民副研究员审阅并提出宝贵意见,侯莲芳同志提出修改意见,富惠光同志协助生物指数的数理统计,荣秀敏、战培荣、陈会同志参加部分野外工作,并清绘图表,在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 饶钦止等,湖泊调查基本知识,科学出版社,1959年.
- [2] 胡洪钧等,中国淡水藻类,上海科学技术出版社,1979年.
- [3] B. 福迪著,藻类学,上海科学技术出版社,1980年.
- [4] 王家楫,中国淡水轮虫志,科学出版社,1961年.
- [5] 中国医学科学院卫生研究所,水质分析法,人民卫生出版社,1972年.

平原水网地区城市水体的生态分类*

赵荫薇 董雅文 尹 宇

(中国科学院南京地理研究所)

一、平原水网地区城市水体的特点

平原水网地区河湖分布及其水文条件与城市发展和市政建设有着较为密切的关系。平原水网地区的城市水体一般具有过境水的特点,从空间分布看,包括进水河道、市河(包括相沟通的湖泊及内塘)和出水河道三个组成部分。进水河道多位于城市市区的上游,水质较好,为城市给水的水源。出水河道一般位于市区的下游,起防洪和排污作用。市河则具有调节城市居民生活环境、美化景观的功能。但目前由于种种原因,不少河道成为纳污排污的场所。此外,市区外围的河道一般具有农业、渔业和交通运输等多种功能。城市水体受人为主因素影响比外围农作地区大,但又处在外围水域的包围之中,其水文和水利条件不能自成体系,主要由外围水系来调剂。由于人口增长以及某些工业布局不够合理,市河对生活污水和工业废水的负荷有逐年加重的趋势。因此,城市水体的状况比其它地区复杂得多。

城市水体是一个受自然因素和社会因素制约的半自然生态系统,其结果变得复杂,人的干预(主要指对人的使用)使其多种功能的

交叉更为频繁。如果沿用我国目前通常采用的水质评价方法,所得结果的应用范围可能仅仅局限于某一个方面。因此,我们建议,对于城市水体应视其特点把水质评价方法进一步发展为水体的生态分类或生态评价与预测。第一步先进行生态分类的工作,条件具备时再搞评价与预测。从生态方面研究城市水体质量,可为制定城市社会发展规划和市政建设,为水利、航运、环保等部门协调解决城市与小城镇,城市与外围农村水环境污染问题提供科学依据。目前,我国的水环境质量评价对象多是取一个流域或一条江河或河段,其指标是以毒物(有机、无机)评价和生物学评价居多。本项工作试图在上述方法基础上,把研究对象局限于城市,揭示其水体组成、性质及其与水生生物和人类活动的关系,确定地域差异和等级水平。

二、生态分类原则和方法

1. 城市过境水功能的多样性

本研究的城市有三条进水河道,两条出水河道,两条进出不定的河道。三条进水河

* 本工作承蒙苏州市防疫站与苏州环境学会同志参加,谨致谢意。