

# 苏州市养殖类湖泊现状生态系统的调查分析

蒋小欣, 严以新

( 河海大学交通学院、海洋学院, 江苏 南京 210098 )

**摘要** 通过对苏州市 60 个湖泊的浮游生物、底栖动物、水生植物及水质的监测, 分析不同养殖方式下湖泊生态系统的差异。指出合理确定养殖密度、品种结构, 维持湖泊可持续利用的养殖模式, 对维系湖泊健康生命具有重要意义。

**关键词** 水产养殖; 湖泊生态; 浮游生物; 底栖动物; 水质监测

中图分类号: Q178.51+3 文献标识码: A 文章编号: 1004-693X(2008)02-0057-04

## Survey of present ecosystem status of lakes with aquaculture in Suzhou City

JIANG Xiao-xin, YAN Yi-xin

( College of Traffic, College of Ocean, Hohai University, Nanjing 210098, China )

**Abstract:** The effects of different types of aquaculture on lake ecosystems were studied by monitoring plankton, zoobenthos, aquatic plants and water quality in 60 lakes in Suzhou City. It is important to keep the lakes in a healthy state by determining the density and composition of aquaculture and promoting sustainable aquacultural practices.

**Key words:** aquaculture; lake ecology; plankton; zoobenthos; water quality monitoring

湖泊生态系统和其他各类生态系统一样, 存在着生产者、消费者和还原者(分解者)。生产者、消费者、还原者不停地进行着物质和能量的流动与转换, 维持了湖泊生态系统的平衡。水产养殖本质上是在湖泊生态系统中增加了消费者, 它对环境的影响既有正面贡献也有负面影响。经过科学规划, 合理选择养殖品种和容量, 解决好废水和废物处理等关键技术问题, 此类水产养殖可起到保护水域生态环境、控制水体富营养化的作用; 但上述问题若处理不当, 将不仅造成养殖水体生态环境的恶化, 还可能使鱼类种质资源遭到破坏, 对自然生态系统产生不良影响<sup>[1]</sup>。本文通过对苏州市 60 个湖泊养殖情况和生态系统现状的调查分析, 指出不同水产养殖方式条件下湖泊生态系统现状出现差异的原因。

## 1 湖泊概况

### 1.1 湖泊面积及水深

本次调查的湖泊共 60 个, 总面积为 366.00 km<sup>2</sup>。

面积大于 10.00 km<sup>2</sup> 的有 3 个, 占总面积的 57.58%, 其中阳澄湖为 119.50 km<sup>2</sup>; 面积在 5.00 ~ 10.00 km<sup>2</sup> 的有 7 个, 占 16.97%; 面积在 1.00 ~ 5.00 km<sup>2</sup> 的有 28 个, 占 20.98%; 面积在 0.50 ~ 1.00 km<sup>2</sup> 的有 22 个, 占 4.47%。

水深最大的为雒城湖, 平均水深达 8.06 m; 水深最小的为万选湖, 平均水深为 1.44 m; 平均水深在 3.00 m 以上的有 9 个, 占总数的 15.79%; 平均水深在 2.00 ~ 3.00 m 的有 33 个, 占 54.39%; 平均水深在 2.00 m 以下的有 18 个, 占 29.82%。可见, 平均水深在 3.00 m 以下的湖泊占 84.21%, 因此, 绝大多数湖泊为浅水型湖泊。

### 1.2 湖泊养殖类型

水产养殖是湖泊的基本功能。通过实地调查发现, 除杨沙坑、盛泽湖、沙湖、石湖和春申湖没有养殖外, 其余 55 个湖泊都有水产养殖情况。水产养殖的方式大致可分为: 网围养蟹、网围养鱼、网栏养鱼、鱼蚌混养 4 种类型。具体养殖面积见表 1。

作者简介: 蒋小欣(1963—), 男, 江苏苏州人, 教授级高级工程师, 博士研究生, 研究方向为防洪及水环境污染防治。E-mail: xiaoxin@pub.

表 1 湖泊水产养殖分类面积统计

利用类型	特点	湖泊数量/个	面积/km <sup>2</sup>	百分率/%
网围养蟹	投饵	2	141.63	39.57
网栏养鱼	不投或少投	31	179.56	50.17
网围养鱼	投饵	14	31.15	8.70
鱼蚌混养	不投或少投	8	5.58	1.56
合计		55	357.92	100.00

## 2 水生生物状况调查

水生生物评价是湖泊富营养化调查的一个主要内容,水生生物的种群组成、数量变动、生物量及群落结构与功能的变化是反映湖泊富营养化程度的重要指标。各项生物指标,尤其是叶绿素量、初级生产力等,都是评价、预测富营养化状况的关键参数<sup>[2]</sup>。

2005年12月和2006年6月分别对60个湖泊进行了水生生物监测,监测对象为浮游植物、浮游动物、底栖动物和水生植物。

### 2.1 浮游植物

在60个湖泊中,共有浮游植物69种,其中蓝藻门10种,占14.49%;隐藻门2种,占2.90%;甲藻门2种,占2.90%;黄藻门1种,占1.45%;硅藻门20种,占28.99%;裸藻门4种,占5.80%;绿藻门30种,占43.47%。不同养殖方式下湖泊浮游植物的数量和生物量统计情况见表2。

表 2 不同养殖方式下湖泊浮游植物统计

养殖方式	数量/生物量/ (万个·L <sup>-1</sup> )(mg·L <sup>-1</sup> )		养殖方式	数量/生物量/ (万个·L <sup>-1</sup> )(mg·L <sup>-1</sup> )	
	数量/	生物量/		数量/	生物量/
网围养蟹	715	3.140	鱼蚌混养	1605	3.057
网栏养鱼	1810	3.641	无人工养殖	722	5.461
网围养鱼	1831	2.834	平均	1474	3.431

### 2.2 浮游动物

浮游动物共有28种,其中原生动物5种,占17.86%;轮虫15种,占53.57%;枝角类5种,占17.86%;桡足类3种,占10.71%。从数量和生物量来看,各湖平均分别为1113个/L和3.491mg/L,其中原生动物分别为518个/L和0.024mg/L,轮虫分别为565个/L和1.325mg/L;枝角类分别为11个/L和0.835mg/L,桡足类分别为19个/L和1.309mg/L。不同养殖方式下湖泊浮游动物的数量和生物量统计情况见表3。

表 3 不同类型湖泊浮游动物统计

养殖方式	原生动物		轮虫		枝角类		桡足类		合计	
	数量/ (个·L <sup>-1</sup> )	生物量/ (mg·L <sup>-1</sup> )								
网围养蟹	944.0	0.042	628.0	1.853	3.2	0.589	20.6	1.312	1599.0	3.795
网栏养鱼	700.8	0.024	546.3	1.256	13.1	0.829	22.3	1.888	1284.2	3.923
网围养鱼	314.2	0.022	596.7	1.497	2.7	0.073	8.2	0.395	918.2	1.830
鱼蚌混养	368.0	0.024	562.7	1.290	3.0	0.135	7.7	0.504	941.6	1.862
无人工养殖	386.0	0.025	644.0	1.545	53.0	2.790	38.0	3.390	1122.0	8.349
平均	518.0	0.024	565.0	1.325	11.0	0.833	19.0	1.309	1113.0	3.491

况见表3。

### 2.3 底栖动物

调查期间共采集到底栖动物16种,其中摇蚊类2种,寡毛类5种,腹足类4种,瓣鳃类5种。其中,以摇蚊幼虫分布范围最广,出现在40个湖泊中,数量及生物量分别为189个/m<sup>2</sup>和4.47g/m<sup>2</sup>;水蚯蚓其次,在37个湖泊有分布,数量及生物量分别为236个/m<sup>2</sup>和3.891g/m<sup>2</sup>;螺类在22个湖泊有分布,数量及生物量分别为68个/m<sup>2</sup>和84g/m<sup>2</sup>;蚬类仅在澄湖、昆承湖、同里湖、傀儡湖、漕湖、元荡中有分布,数量及生物量分别为6个/m<sup>2</sup>和10g/m<sup>2</sup>,且从历史情况看,总体上呈逐年下降趋势。

### 2.4 水生植物

20世纪80年代初期,金鸡湖、独墅湖、元荡、澄湖等多数湖泊还有丰富的水生植物资源。1982年在澄湖466.67hm<sup>2</sup>湖湾内布满大片苦草资源,透明度达到2.2m,但过量的放养草鱼和团头鲂,致使水草遭到破坏。阳澄东湖和中湖生长有黑藻、苦草等优势种类,平均生物量达到9600~13500kg/hm<sup>2</sup>。本次调查时,野菱和狐尾藻为优势种,仅在东湖中部局部地区见有黑藻、金鱼藻、盪菜,经抽样测定,生物量为1022g/m<sup>2</sup>。阳澄中湖以野菱为优势种,主要分布在航道内,呈块状或条带状分布,还有少量狐尾藻、苦草、伊乐藻、金丝藻漂浮于水面,可能是打捞水草用来喂蟹所致。近几年来,为了养殖河蟹大量投喂海产小杂鱼,使湖体发生严重的有机污染,对上述水生植物的生长起到了促进作用。

另外,白莲湖、杨氏田湖、万选湖、凤仙湖等小型湖荡也有水生植物生长,茭草沿岸边呈条带状分布,白莲湖在网围区外有沉水植物生长,苦草、马来眼子菜生物量达到1700g/m<sup>2</sup>,凤仙湖有茳草分布,但生物量不大。

## 3 分析与讨论

### 3.1 对水质的影响比较

a. 网围养鱼。根据实地调查和网围养鱼的资料分析,一般花白鲢鱼占40%~50%,草、团、鲫鱼

占 50% ~ 60% ,花白鲢年产量为 3 260.25 kg/hm<sup>2</sup> ,草、团、鲫鱼的年产量为 3984.75 kg/hm<sup>2</sup> ;输出的 N、P 分别为 175.77 kg/hm<sup>2</sup>、18.80 kg/hm<sup>2</sup> ;按投饵系数 3.5 计,投饵 929.78 kg ,输出的 N、P 分别为 344.07 kg/hm<sup>2</sup>、35.56 kg/hm<sup>2</sup> ;可计算得到残留在水体中的 N、P 分别为 168.30 kg/hm<sup>2</sup>、16.77 kg/hm<sup>2</sup>。

b. 网围养蟹。以 2003 ~ 2005 年阳澄湖网围养蟹为例,平均投入蟹种为 5 415 只/hm<sup>2</sup> ,平均重量 10 g/只,所含 N、P 分别为 6.45 kg/hm<sup>2</sup>、0.52 kg/hm<sup>2</sup> ;河蟹(包括兼养的鱼)输出的 N、P 分别为 41.61 kg/hm<sup>2</sup>、3.28 kg/hm<sup>2</sup> ;投放饲料所含 N、P 分别为 116.67 kg/hm<sup>2</sup>、17.24 kg/hm<sup>2</sup> ,可得到残留水体(底泥)中的 N、P 分别为 81.51 kg/hm<sup>2</sup>、14.48 kg/hm<sup>2</sup>。

c. 网栏养鱼。网栏养鱼一般不投入人工饵料,而是利用湖体自身丰富的饵料资源,通过水产品的形式将水体中的营养物质带出水体,是一种比较科学合理的养殖方式,但产量相对较低。据估算,一般鲢、鳙鱼产量为 1 206 kg/hm<sup>2</sup>、其他鱼类为 301.50 kg/hm<sup>2</sup> ,则每年输出的 N、P 为 36.39 kg/hm<sup>2</sup>、3.99 kg/hm<sup>2</sup>。

d. 鱼蚌混养。鱼蚌混养类似于网栏养鱼,不投入人工饵料,同样是利用湖体自身丰富的饵料资源,通过水产品的形式将水体中的营养物质带出水体。据资料分析,三角帆蚌的滤水量为 14.1 m<sup>3</sup>/(kg·a),可转化悬浮态氮 9.83 g、悬浮态磷 2.5 g。经 3 年养殖,每只蚌平均体重 0.2 kg,可从水体中直接输出的 N、P 分别为 0.473 g 和 0.225 g。

### 3.2 对浮游植物的影响比较

一般认为,淡水养殖增加了水体外源营养物质的输入,因此增加了水体中浮游植物的生产力。但对于网内与网外生物量相对数量的多少,迄今为止尚无一致结论,有些结果甚至还是互相矛盾的<sup>[3-4]</sup>。本次调查表明,不同养殖方式的各类湖泊中,浮游植物数量和生物量平均值分别为 1 474 万个/L 和 3.43 mg/L,但不同湖泊、不同季节的监测值差异较大。从 60 个湖泊的分类总趋势看,网围养蟹与无人工养殖湖泊的浮游植物总数相当;网栏养鱼、网围养鱼及鱼蚌混养基本相同,但湖泊生物量是有明显差异的。例如,阳澄中湖和东湖浮游植物数量和生物量分别为 1 829.6 万个/L 和 7.117 mg/L,数量以蓝藻最多,为 1 405 万个/L,生物量以硅藻最多,达 4.168 mg/L,属蓝藻-硅藻型;澄湖浮游植物数量和生物量分别达到 3 904 万个/L 和 1.437 mg/L,其中蓝藻中隐杆藻占绝对优势,数量和生物量分别达到 3 838 万个/L 和 0.768 mg/L,属蓝藻型,说明藻类的小型化现象非常明显。而南星湖浮游植物极为丰富,数量和生物量分别达到 11 055 万个/L 和 16.986 mg/L,而冠盘藻占

绝对优势,说明湖泊受有机污染严重,以异养型种类为主,属硅藻型。石湖属天然捕捞湖泊,浮游植物数量和生物量并不高,分别为 1 293.25 万个/L 和 1.303 mg/L,但仍以蓝藻占优势。金鸡湖属旅游湖泊,无人工养殖水产,浮游植物资源未被利用,其数量和生物量分别为 847 万个/L 和 4.05 mg/L,这些藻类呈丝状体,属异养型,不能直接为浮游动物利用,只有通过鲢、鳙鱼的摄食才能得到利用和控制。

### 3.3 对浮游动物和底栖动物的影响比较

水产养殖对浮游动物的影响,也有两种截然不同的结论,但一般研究者认为养殖区的浮游动物会显著减少,原因是浮游动物穿过养殖区时被网箱、网围内的鱼摄食以及网箱阴影对藻类的影响而造成浮游动物的贫乏<sup>[3-4]</sup>。在调查的湖泊中,也发现有不少湖泊由于过量投放鳙鱼种,使浮游动物资源遭到破坏的情况。如澄湖鳙鱼种的放养量达到 735 kg/hm<sup>2</sup>,浮游动物中的枝角类和桡足类分别降到 13 个/L 和 18.5 个/L,而在其他小型湖泊中则更为严重。经统计,有 29 个湖荡采集的水样中未见枝角类出现,有 14 个湖荡未见桡足类出现。而在一些未发展渔业生产的湖泊中,浮游动物的数量和生物量极高,如沙湖枝角类达到 130 个/L,桡足类 65 个/L,浮游动物的生物量达 13.93 mg/L;石湖枝角类达到 70 个/L,桡足类达到 57.5 个/L,浮游动物的生物量达 13.76 mg/L(还有大量的轮虫),所以适度利用湖荡中的浮游动物、植物资源是合理开发利用的关键。

从理论上推测,养殖区一般会增加底栖动物的总量,且不对底栖动物的种类产生明显影响。但事实上,为了追求产量,加速养殖对象的生长,往往会投放过多的饲料。研究表明,投放的饲料有 23% 沉入湖底,用人工配合饲料生产 1 kg 鱼,约有 800 g 有机物、70 g 氮、14 g 磷进入水体<sup>[5]</sup>。未食饲料及养殖对象的排泄物,造成养殖区底部及其邻近区域大量营养物质的堆积,致使溶解氧下降,从而使底栖动物的数量及种类都明显减少。

无论从动物种类,还是从动物数量和生物量来看,都呈现出从网栏养鱼—网围养鱼—鱼蚌混养—网围养蟹逐渐变小的趋势。当然,这与养殖的品种、数量及投放的饲料也有密切的关系。

## 4 结论和建议

### 4.1 更新养殖观念

网栏养鱼、网围养鱼、鱼蚌混养、网围养蟹这 4 种不同的养殖方式,对湖泊生态具有不同的影响。应根据湖泊的水质状况与用途、地域条件和管理水平,采用不同的养殖种类和养殖方式,更新纯粹追求

水产品数量的观念,维护湖泊的健康生命,实现湖泊水产资源的永续利用。

#### 4.2 规范健康养殖

就目前国内的养殖水平和管理手段来说,湖泊内大规模高密度的水产养殖,对湖泊水环境和生态系统将产生不利影响。因此,无论从保护湖泊生态的角度,还是从提高水产品质量及实现水产资源可持续利用的角度,都必须走健康养殖之路。在健康养殖模式思想的指导下,根据湖泊的面积确定合理的养殖密度,根据不同的湖泊水深,科学地确定养殖的品种、结构,并采取适度的投饵方式,维持湖泊可持续利用。

#### 4.3 提倡生态养殖

在合理的水产养殖容量内,采用科学的饲料结构和投喂标准,并尽可能地采用生态养殖方式,使生态系统中各种异养生物的废物能为自养生物有效利用,减少污染物的产生<sup>[5]</sup>。如阳澄湖的生态养蟹区,每年

在清明前后投放 3 000 ~ 3 750 kg/km<sup>2</sup> 的螺丝<sup>[6]</sup>,既满足了螃蟹的生长需要,又有利于生态环境的保护。

#### 参考文献:

- [1] 李辛夫,陈宜瑜.内陆水体生物学研究与淡水渔业的可持续发展[J].水生生物学报,1998,22(2):174-180.
- [2] 舒金华.我国湖泊富营养化程度评价方法的探讨[J].环境污染与防治,1990,12(5):2-7.
- [3] 温志良,张爱军,温琰茂.集约化淡水养殖对水环境的影响[J].水利渔业,2000,20(4):19-20.
- [4] STIRLING H P, DEY T. Impact of intensive cage fish farming on the phytoplankton and periphyton of a Scottish freshwater loch[J]. Hydrobiologia, 1990, 190:19-214.
- [5] 胡家文.网箱养殖体内外的水质变化[J].齐鲁渔业,2005,22(11):17-19.
- [6] 徐盘英.阳澄湖网围标准化生态养蟹技术[J].水产养殖,2004,11(2):18.

(收稿日期 2006-11-22 编辑 徐娟)

(上接第 52 页)

表 6 第二、三层总排序权重

因素	A <sub>11</sub>	A <sub>12</sub>	A <sub>21</sub>	A <sub>22</sub>	A <sub>41</sub>	A <sub>42</sub>	B <sub>11</sub>	B <sub>12</sub>	B <sub>13</sub>	B <sub>21</sub>	B <sub>22</sub>	B <sub>23</sub>	B <sub>24</sub>	C <sub>11</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>13</sub>	C <sub>21</sub>	C <sub>22</sub>	C <sub>31</sub>	C <sub>32</sub>
总权重	0.032	0.066	0.002	0.012	0.035	0.003	0.147	0.045	0.046	0.185	0.062	0.063	0.185	0.033	0.013	0.006	0.003	0.006	0.014	0.006
C <sub>R</sub>	0.000									0.000						0.035				

为 0.185, B<sub>11</sub>(结构)次之,为 0.147。因此,在对城市河流生态健康进行评价时,要以河流物理结构指标和生物指标相结合的方式综合评价,建设健康的城市河流时要尽可能地保持河流形态的多样性,河道防护工程岸坡要采用有利于植物生长的多孔性透水材料,特别注意采用当地天然材料,使用有利于植物生长且具有一定防蚀、抗冲击性的衬砌材料,河道设计应为植物生长、动物栖息、鱼类产卵创造条件,工程措施同完善生物结构的生物措施相结合,充分发挥工程措施在短期内能迅速构建生物生存的环境条件的特性,为生物长期持续地发挥作用、维持河流生态健康创造条件,生物作用初期更依赖于有利于生物生长的工程措施。另外,在完善河流生态系统结构完整性的同时还要加强对排入河流污染物的控制,尽可能以较小的水质扰动来保持生态系统结构的相对稳定。

城市河流生态系统健康是一个生态价值与人类价值相统一的整合性的概念,健康的城市河流生态系统服务功能应体现以人为本的理念,同城市经济、文化与生态服务相协调,应具备生态学意义上的完整性及保证服务功能的持续性<sup>[9-10]</sup>。本文目的不只是从生态建设的认识论入手,通过层次分析法分析各因素对城市河流生态健康影响力的大小,建立一

个合理的城市河流生态健康评价指标体系,更重要的是通过对影响城市河流生态健康各因素权重的计算分析来为如何构建一个健康、稳定的城市河流,从认识论、方法论和技术手段上给予方向性的指导。

#### 参考文献:

- [1] 董哲仁.河流生态恢复的目标[J].中国水利,2004(10):6-9.
- [2] 王沛芳,王超,侯俊.城市河流生态系统建设模式研究及应用[J].河海大学学报:自然科学版,2005,33(1):68-71.
- [3] NORRIS R H, THOMS M C. What is river health? [J]. Freshwater Biology, 1999, 41:197-209.
- [4] 赵彦伟,杨志峰.城市河流生态系统健康评价初探[J].水科学进展,2005,16(3):349-355.
- [5] 董哲仁.河流健康的内涵[J].中国水利,2005(4):15-18.
- [6] 袁鸣鹏,严河.城市生态系统健康评价的层次分析法应用研究[J].科学学与科学技术管理,2003(8):84-86.
- [7] KARR J R. Defining and measuring river health [J]. Freshwater Biology, 1999, 41:221-234.
- [8] 赵焕臣,许树柏,和金生.层次分析法:一种简易的新决策方法[M].北京:科学出版社,1986.
- [9] 刘茂松,张明娟.景观生态学:原理与方法[M].北京:化学工业出版社,2004.
- [10] 杨京平,卢剑波.生态安全的系统分析[M].北京:化学工业出版社,2002.

(收稿日期 2006-12-09 编辑 高渭文)