

# 太湖银鱼资源变动关联因子及 资源测报方法探讨

严小梅

(淡水渔业研究中心, 无锡 214081)

胡绍坤 施须坤

(江苏省太湖渔业管理委员会, 苏州 215000)

**摘 要** 据1989~1994年汛期前后测试结果, 结合实际产量, 运用灰色系统理论关联分析方法, 得知与银鱼资源密切相关因子是水位和捕捞强度。汛后留湖量与捕捞强度呈负相关, 秋汛银鱼产量与春汛留湖量呈指数回归( $r=0.9895$ ); 与太湖新银鱼春群留湖数量呈线性相关( $r=0.9640$ )。食性关系使太湖新银鱼秋群数量与大银鱼数量呈负指数相关( $r=-0.8267$ )。据试捕产量、实际产量和汛后留湖量指数, 用人工神经网络技术计算分析, 初步建成春、秋两汛期银鱼可捕量测报系统。

**关键词** 太湖, 银鱼资源, 变动因子, 测报方法

太湖盛产银鱼, 年平均产量1600吨左右, 占太湖捕捞总产量的10%, 而产值占总产值的60%~70%, 为此, 银鱼是太湖渔民的第一捕捞对象。近年来虽已缩短了捕捞时间, 但船马力的增加和偷捕船只的增多使太湖银鱼资源面临衰退的危机。曾有报导运用灰色系统理论探索太湖渔业资源发展的关联因子[Ni, 1993], 而本研究则是探索与银鱼资源有关的影响因子, 为优化控制银鱼资源提供依据。同时试用人工神经网络技术建立一个银鱼汛期可捕量的测报系统, 为太湖保护和管理银鱼资源提供决策信息。

## 1 材料和方法

### 1.1 取样时间与方法

1989年~1994年, 每年在春汛前的5月上旬、春汛后的6月上旬、秋汛前的9月上旬和秋汛后的12月上旬, 用24马力、10吨渔船双拖网作业采样, 拖速( $3 \pm 0.2$ )公里/时, 春汛前后用银鱼网, 秋汛前后用小兜网。每次调查采样三天, 作业地点为宜兴滩~礁山、三山湖、贡湖三个区域, 每个区域一天连续拖捕6个小时, 每小时取渔获物一次, 在其中随机取样0.5公斤(不足0.5公斤的全部)作样品。记录平均每小时银鱼产量; 大银鱼、太湖新银鱼春群、秋群的重量与数量比; 该三个群体的各平均体长与体重、公斤鱼数量等。春汛与秋汛的产量按渔管会历年统计上报数。

### 1.2 数据处理

用灰色系统数学理论中的灰关联分析法, 先将与太湖银鱼资源有关的、实际测定的大量难以处理的多因素、非线性关系的各种有关因子进行筛选, 找出主因子, 进一步求得1989~1994

年六年内影响银鱼资源的关联程度,再作量化比较分析。用人工神经网络模拟技术,建立银鱼可捕资源量的预测系统。

## 2 结果与分析

### 2.1 影响银鱼资源数量变动的主要因子关联度

据筛选和生产实践的定性分析,影响太湖银鱼数量变动的非生物学因子主要是春季 3~5 月的水位和夏季 6~9 月水位、捕捞强度(以春汛和秋汛捕捞后的留湖量计);生物学方面是相互间竞饵、食与被食关系。因此定量分析是以银鱼类、湖鲚、虾类、鮰类、小杂鱼类等五个分类产量为主系列,取春、夏水位、捕捞船只吨位、劳力、银鱼的春汛留湖量和秋汛留湖量等六项为相关因子,进行关联度计算,原始值见表 1。

表 1 太湖天然鱼类产量与其主要相关因子值

Table 1 Natural fish production and its major correlation factors in Taihu Lake

	1989 年	1990 年	1991 年	1992 年	1993 年	1994 年
主 银鱼(吨)	1 509.069 8	1 479.279 8	2 008.620 0	1 606.929 8	1 763.500 0	1 118.180 0
湖 湖鲚(吨)	7 460.480 0	8 142.349 1	6 634.169 4	4 625.419 4	3 486.509 8	6 706.550 0
数 虾类(吨)	898.220 0	1 122.590 0	751.350 0	560.500 0	523.100 0	879.400 0
列 鮰类(吨)	518.300 0	551.350 0	731.629 9	732.660 0	922.250 0	301.950 0
小杂鱼(吨)	2 039.299 8	1 884.889 9	2 070.889 9	3 102.210 0	4 057.879 9	2 827.570 0
相 船吨位(吨)	31 173.50	31 462.50	31 987.50	43 721.00	45 695.50	38 276.000 0
劳力(人)	11 083.00	11 382.00	11 429.00	11 843.00	12 546.00	12 386.000 0
关春汛留湖量指数	3.48	2.70	5.05	3.45	2.55	4.310 0
数秋汛留湖量指数	0.13	0.50	0.90	0.80	0.13	0.060 0
列 春季水位(米)	3.02	3.14	3.33	3.13	3.08	2.980 0
秋季水位(米)	3.52	3.17	3.96	3.03	3.70	2.932 5

注:留湖量指数单位为公斤/小时。

对表 1 数据进行规范化前处理,输入分辨率  $P=0.55$ 。将两个数列进行关联计算,得表 2,表内数值具有相对比较意义。由表 2 关联度顺序可知,水位对银鱼、湖鲚为第一关联因子,捕捞强度对虾类、鮰类、小杂鱼类为第一关联因子。

表 2 天然鱼类与其相关因子的关联度值及其顺序

Table 2 Natural fish production and the value of major correlation factors and sequence

	捕捞吨位	劳力	春汛留湖量	秋汛留湖量	春季水位	夏季水位
银鱼	0.752 8(4)	0.855 3(2)	0.748 4(5)	0.456 5(6)	0.850 1(3)	0.897 8(1)
梅鲚	0.574 1(5)	0.674 5(3)	0.667 8(4)	0.489 6(6)	0.721 8(2)	0.734 9(1)
虾类	0.560 0(5)	0.666 5(1)	0.6332(4)	0.413 2(6)	0.658 4(2)	0.654 1(3)
鮰类	0.832 8(1)	0.792 7(2)	0.720 8(5)	0.494 5(6)	0.790 0(3)	0.756 5(4)
小杂鱼	0.866 4(1)	0.737 5(2)	0.678 5(5)	0.514 6(6)	0.705 0(3)	0.686 6(4)

注:括号内“1~6”为顺序。

### 2.2 影响银鱼数量变动的单因子量化分析

#### 2.2.1 水位

以 1989~1994 年六年的实测水位与银鱼产量回归分析得知它们几乎为直线相关,尤以夏季 6~9 月水位的影响为大。

- (1) 银鱼全年产量(Y)与全年水位(X)的关系  $Y = 5.88X - 3.99$   $R = 0.7695$   
 (2) 银鱼全年产量(Y)与夏季 6~9 月水位(X)的关系  $Y = 5.86X - 3.88$   $R = 0.7879$   
 (3) 银鱼春汛产量(Y)与春季 3~5 月水位(X)的关系  $Y = 6.78X - 1.24$   $R = 0.5883$   
 (4) 银鱼秋汛产量(Y)与夏季水位(X)的关系  $Y = 5.86X - 1.27$   $R = 0.8798$

### 2.2.2 银鱼留湖量

银鱼留湖量是汛后湖中银鱼的现存资源量,捕捞强度与留湖量呈负相关,留湖量与汛后银鱼密度指数有关,因此我们以汛后银鱼密度指数作留湖量指数来替代,并试作定量分析。1989~1994 年春、秋的二个汛期后的留湖量指数测定结果见表 3。对留湖量与下一个汛期的产量关系作回归分析如下:(1)春汛留湖量指数(X)对秋汛银鱼产量(Y)有较显著的指数回归: $Y = 553e^{0.27X}$   $R = 0.9875$ ; (2)春汛留湖量中的太湖新银鱼春群数量(每公斤尾数所占的%)对秋汛银鱼产量(Y)有较显著的线性回归: $Y = 15.08X - 230.93$   $R = 0.9640$ ; (3)秋汛留湖量指数(X)对次年春汛银鱼产量(Y)无明显相关性( $R = 0.2541$ )。但分析每年秋汛留湖量中各银鱼种群的数量比,表明若太湖新银鱼秋群的数量占 85%以上,则次年的春汛银鱼试捕产量可达每小时 11 公斤以上。而春汛开捕时间距此尚有半月左右,其银鱼产量多寡还受水位、太湖新银鱼春群的生长速度、进入捕捞群体数量大小、捕捞强度等影响,故试捕产量与实际产量也无明显相关性。

表 3 太湖银鱼春汛后和秋汛后的留湖量指数

Table 3 Icefish remaining biomass after the spring and autumn fishing seasons in Taihu Lake

		1989 年	1990 年	1991 年	1992 年	1993 年	1994 年
6 月上旬	网产(公斤/小时)	3.48	2.70	5.05	3.45	2.55	4.31
	春群数量(尾/公斤,%)	54.92	53.90	76.40	60.32	90.09	46.26
12 月中旬	网产(公斤/小时)	0.13	0.50	0.90	0.80	0.13	0.06
	秋群数量(尾/公斤,%)	85.10	52.10	91.95	52.46	93.39	77.78

### 2.3 银鱼群体组成的变动规律

(1)春汛前试捕的银鱼群体重量比,预示当年银鱼资源结构。组成太湖银鱼产量的三个银鱼群体均为一年生鱼类,但其繁殖生长期和起始月龄不同。通过 1989~1994 年同在 5 月初取样表明,此时大银鱼 2 月龄,平均体长为 44~53.65cm,平均体重为 0.28~0.47g;太湖新银鱼的秋群 6 月龄,平均体长为 50.4~54.5cm,平均体重为 0.43~0.50g;春群 1 月龄,平均体长为 25.8~33.5cm,平均体重为 0.07~0.13g。由此可见,除春群偏小外,秋群与大银鱼几乎相同,故群体组成的重量比反映了当年捕捞群体的组成结构,也预示了当年的资源结构。

(2)春汛前试捕的大银鱼重量比,预示当年大银鱼资源结构,连续测定,可观察其资源量的相对变动情况。1989~1994 年对春汛前测试的大银鱼群体重量及数量比见表 4,大银鱼资源比例在下降(图 1)。

(3)大银鱼数量与太湖新银鱼秋群数量的变动呈负相关。6 月后,大银鱼食性转化,主食小型鱼虾类。调查表明,6~9 月大银鱼胃内食物以湖鲢幼体为主,10 以太湖新银鱼秋群为主,据此,以春汛后的大银鱼数量(X)与太湖新银鱼秋群产量(Y)的相关关系为负指数回归: $Y = 6.69e^{-0.00193X}$   $R = -0.8267$ 。可见当大银鱼资源出现衰退时,太湖新银鱼秋群在扩大。

表 4 春汛前测试的三个银鱼群体重量及数量比(%)

Table 4 Percentages of weight and number in the total icefish catch for 3 icefish stocks before the spring fishing season

年份	大银鱼		太湖新银鱼(秋群)		太湖新银鱼(春群)	
	尾数	重量	尾数	重量	尾数	重量
1989	51.35	65.34	18.88	25.38	29.77	9.28
1990	17.80	28.60	38.80	56.60	43.40	14.80
1991	11.70	12.60	54.00	70.50	34.30	7.90
1992	19.44	23.24	47.86	69.26	32.70	7.50
1993	9.31	13.75	44.30	70.93	46.40	15.33
1994	6.87	9.46	52.84	78.77	40.29	4.77

(4)大银鱼数量对提高银鱼产量的影响。春汛银鱼产量主要是依太湖新银鱼秋群及大银鱼幼体的数量而定。此时大银鱼仅 2~3 月龄,而群体重量已与太湖新银鱼秋群群体重量相近;秋汛时银鱼产量由大银鱼、太湖新银鱼春群和秋群数量而定,从春汛后留湖群体增重看,太湖新银鱼春群尾均重由(0.23±0.66)g 到秋汛时为(0.665±0.13)g,增重 289%;秋群尾均重由(0.82±0.07)g 到秋汛时为(1.25±0.18)g,增重 154%,大银鱼尾均重则由(4.79±0.4)g 到秋汛时为(5.82±1.61)g,增重 325%(图 2)。由此可见,仅三个半月时间,大银鱼不仅群体增重倍数大,而且起点高,因此大银鱼资源衰退是不利于太湖渔业生产发展的。

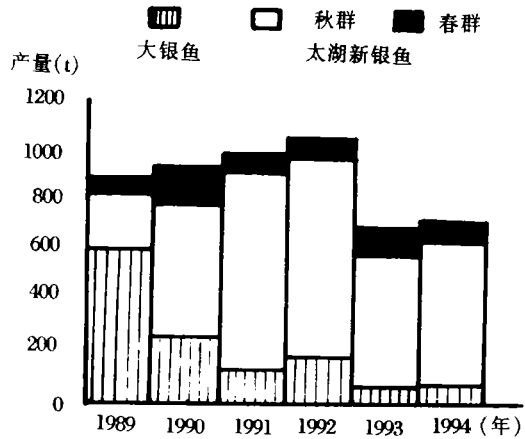


图 1 春汛前银鱼群体结构组成  
Fig.1 The composition of icefish colonies before spring season

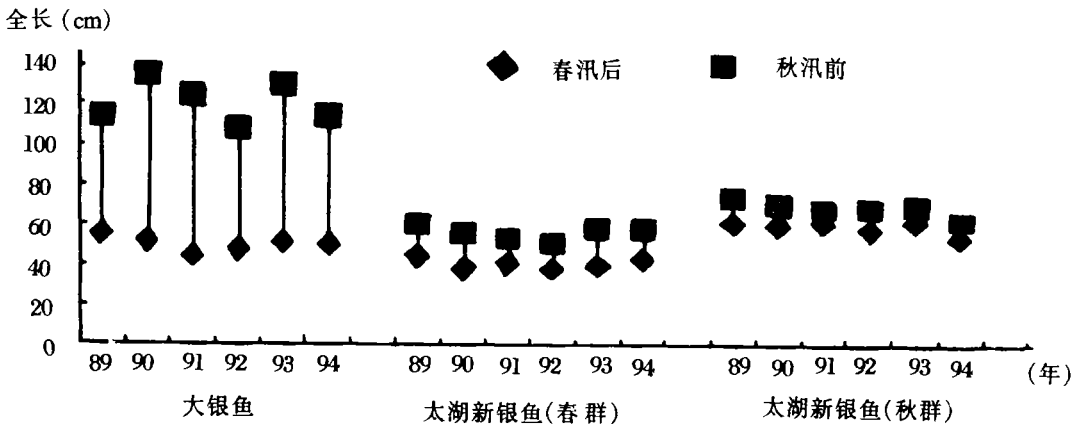


图 2 春汛后至秋汛前三种银鱼群体的增长幅度比较  
Fig.2 Comparison of growth in length for three icefish stocks from June to September

## 2.4 初步建立的银鱼可捕资源测报系统

### 2.4.1 原理

该系统包括由人工定期取样测试和建立电脑模拟计算资料库二大部份。其工作步骤为:(1)利用人工智能的多层前向人工神经网络模拟功能,将银鱼每个汛期前的试捕网小时产量和上个汛期的留湖量作为系统输入,以各个汛期的银鱼实际产量作为系统输出(表 5),建立了两个神经网络结构系统。(2)按照已确定的网络传递特性和输入数据,计算输入层各神经元的输出,并把它们作为隐层单元的输入。(3)由此再分别计算隐层神经元及输出层神经元的输出。如把表 5 的数据输入后,前馈神经网络通过把一组样本的输入/输出问题变为一个非线性映射,对样本进行记忆。由于它有举一反三的学习、推广能力和学会这些例子所包含的一般原则,提取这些例子的基本特征和内部规律,因此可以在输入、输出变量范围内作相关的预测。

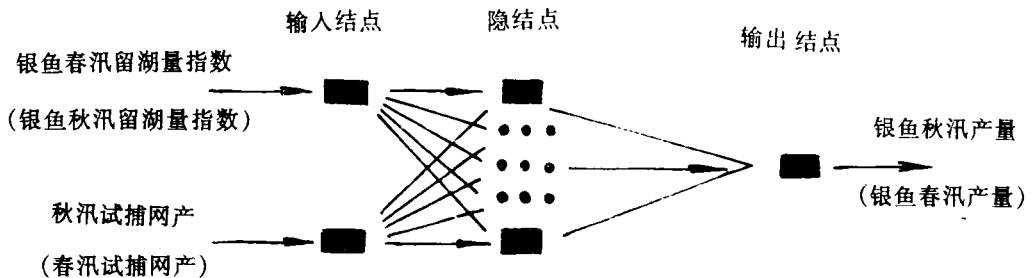
表 5 银鱼可捕资源测报网络的数据

Table 5 The data for setting up the forecasting system for the icefish production

项目(公斤/小时)	1989年	1990年	1991年	1992年	1993年	1994年
输入 春汛留湖量指数	3.84	2.70	5.05	3.45	2.55	4.31
秋汛试捕网产	3.03	4.05	8.15	6.18	5.15	0.86
输出 秋汛实际产量(吨)	618.00	551.30	102.50	640.90	1069.00	392.60
输入 秋汛留湖量指数	0.13	0.50	0.90	0.80	0.13	0.06
次年春汛试捕网产	11.55	8.90	11.25	7.75	11.21	1.65
输出 次年春汛实际产量(吨)	928.00	983.00	1056.00	694.90	726.00	725.58

注:1994年秋汛留湖量未计入网络系统。

### 2.4.2 建立的网络结构系统



### 2.4.3 结果

输入的春汛留湖量指数范围在 2.295 至 5.55;秋汛试捕网产(小时)范围 2.727 至 8.96;模拟出的秋汛银鱼产量结果,通过迭代运算 669 万次后,知理论输出秋汛产量范围为 496.152 至 1175.9。其最大误差为 1.194%,平均误差为 0.904%。输入的秋汛留湖量指数范围在 0.117 至 0.99;春汛试捕网产(小时)范围在 6.975 至 12.70;模拟出春汛银鱼产量结果,是通过迭代运算 1 000 万次后,知理论输出春汛产量范围 625.05 至 1161.60;其最大误差为 5.411%,平均误差为 2.292%(表 6)。

表6 产量测报系统的误差检验

Table 6 Error test for the production forecasting system

年份	1989	1990	1991	1992	1993	
秋汛	实际产量	618.00	551.28	1 025.00	640.93	1 069.00
	理论值	620.36	545.65	1 016.06	649.23	1 062.26
	误差(%)	0.38	-0.02	-0.74	1.29	-0.63
春汛	实际产量	928.00	983.00	1 056.00	694.50	726.00
	理论值	882.98	974.40	1 072.27	692.55	765.28
	误差(%)	-4.85	-0.87	1.54	-0.28	5.41

### 3 讨论

#### 3.1 控制捕捞强度是保护银鱼资源最有效措施

用灰色系统数学理论中的灰关联分析法,无论是 Ni[1993]以太湖 1974 年到 1980 年间的 7 个非生物因子及同期的 8 种鱼产量作分析,还是本次用 1989~1994 年的有关数据分析,影响银鱼资源的主因子均是水位(其中夏季水位影响更为主要)和捕捞强度。由于水位为不可控制因子,故控制捕捞强度对保护银鱼资源尤为重要。

以汛后留湖量为捕捞强度指标值的分析知,春汛留湖量指数对秋汛产量有显著指数相关( $r=0.9875$ );春汛留湖量太湖新银鱼春群的数量,与秋汛产量是线性相关( $r=0.9640$ )。因此控制春汛期间的捕捞强度更有现实意义。

90 年代以来,太湖捕捞特点已转化为渔船动力化、网具小型化,生产作业更具机动灵活。为保护银鱼资源,渔管会已实施了减春汛捕捞 12 天为 5 天。然而,捕捞强度也受资源数量和市场经济影响而自动调节。

#### 3.2 保护大银鱼资源兼有增殖措施

据五年多的测试可知,近二年太湖银鱼资源量的下降主要是大银鱼资源的衰退,除干旱低水位影响外,主要还是过度捕捞之故。因 1992 年起,10cm 以上大银鱼的市场价格高于 4~8cm 的太湖新银鱼价格约 50%~90%,因此秋汛后期渔民对大银鱼的捕捞力度加剧,使大银鱼产卵群体锐减。为保护资源,建议扩大东西山常年繁保区,向南延长至南三山岛附近水域或向北扩大至西山大桥以东水域。在常年繁保区内可捕亲体、人工受精、孵化育苗至平游期后,进行大湖增殖放流,克服因受精卵孵化期长达 40~50 天,天然成活率低的不利因素。

#### 3.3 完善银鱼可捕资源测报系统,强化渔政管理

银鱼类均为一年生鱼类,生殖群体即为补充群体,年资源数量变动大是其特点。控制捕捞强度增多留湖量,使留有足够的生殖群体,就能保持年产量的基本稳定,因此建立银鱼可捕资源量的测报系统具有重要作用。本次所建立的测报系统,仅为探索到一种方法。由于系统中输入的数据还太少(只有六年的数据),适用范围还较窄。如春汛留湖量指数和秋汛试捕量是实测的,其中春汛留湖量指数是最主要的反映资源现存量的指标,而现有测报库的春汛留湖量指数范围在 2.55~5.05 公斤/时已有对应的试捕值,而超过或未达这一密度指数时尚未有对应数据进入测报库。若以这之外的春汛留湖量指数(包括试捕产量)输入,该库尚不能作出相

应的反馈。因此必须积累十余年的基础性资料数据输入,才能进入实用阶段。为了能在生产管理上起到指导作用,该项测试将由太湖渔管会继续进行。

### 3.4 建立大银鱼和太湖新银鱼原种基地,保持优良的种质资源

太湖的大银鱼与太湖新银鱼是向国内其它大中型湖泊(云南滇池等)、水库(河南白龟山、北京海子口水库等)移殖、增殖的原种地,有必要开展其种质资源遗传学的研究,使成为优良的种质资源库。

本研究工作中得到倪如凤副研究员的数理分析指导,太湖渔管会吴林坤、杨建忠的取样测试,在此表示感谢。本研究系国家“八五”攻关项目,编号 85-14-01-03。

## 参 考 文 献

- [1] Ni R. F., 1993. Correlative analysis of environment and fishery resource development in Lake Taihu. *Environmental Protection and Lake Ecosystem*. 307 ~ 309.
- [2] Ni R. F., 1994. Analysis of dominant factors in enhancing the fishery resources in Lake Tai, China. *Fisheries Research*. 19:121 ~ 130.

## A STUDY ON THE FACTORS AFFECTING ICEFISH RESOURCE AND THE FORECASTING OF THE RESOURCES

Yan Xiaomei

Hu Shaokun and Shi Xukun

(*Freshwater Fisheries Research Centre, Wuxi 214081*) (*Lake Tai Fishery Management Commission, Suzou 215000*)

**ABSTRACT** During the peyiod of 1989 to 1994, the relevant factors were measured periodically before and after fishing seasons. The analysis by applying grey system theory and man-made nervous network techniques combining with the actual production indicates the main factors correlated with icefish resources were the water level and the fishing intensity. The correlation between the biomass remaining after fishing seasons and the fishing intensity appeared negative. This quantitative analysis shows that the icefish production in autumn season was in exponential regression with the biomass remaining in spring season ( $r = 0.9895$ ) was in linear correlation with the remaining biomass of spring population of *Neosalanx taihunensis* ( $r = 0.9640$ ). The study indicates that the predator-prey relationships made the autumn population of icefish *Neosalanx taihunensis* in negative exponential correlation with large icefish *Protosalanx hyalocranius* ( $r = -0.8267$ ). On the basis of test-fishing, actual production and remaining biomass, the harvestable biomass forecasting systems have been preliminarily set up for icefish in two seasons with forecast.

**KEYWORDS** Taihu Lake, Icefish resources, Variable factors, Forecasting