

# 长江天鹅洲故道鲢、鳙、草鱼和青鱼 种群特征与数量变动的初步研究

吕国庆 李思发

(上海水产大学水产养殖系, 200090)

**提 要** 本文报道兴建中的长江天鹅洲“四大家鱼”天然种质资源库中鲢、鳙、草鱼与青鱼的生长、死亡特性和资源数量变动规律。对这4种鱼生长参数值的比较分析表明,天鹅洲故道鲢、鳙、草鱼、青鱼基本维持了长江天然群体的优良生长特性。1991年度,故道渔获量为71.8万公斤,其中“四大家鱼”产量8.8万公斤。鲢、鳙、草鱼、青鱼的死亡率分别为0.66、0.77、0.86、0.86。“四大家鱼”的年资源补充量为16.7万尾,平均资源重量为7.28万公斤。目前该故道渔业所存在的主要问题是过度捕捞。为了发挥种质资源库的预期效应,建议将“四大家鱼”的开捕年龄定为3龄,严禁捕捞其当年幼鱼,捕捞强度控制在0.3~0.5间,以期故道鲢、鳙、草鱼、青鱼的持续产量保持在30万公斤左右。

**关键词** 长江, 天鹅洲故道, 鲢, 鳙, 草鱼, 青鱼, 生长, 死亡, 种群, 数量变动

天鹅洲故道自然形成于1972年,位于湖北省石首市境内,距长江“四大家鱼”的最大产卵场(宜昌)200多公里(图1)。故道呈马蹄形,长约21公里,正常水位(33.0 m)时,面积13.7km<sup>2</sup>(合2.06万亩)。上口仅在高水位(36.0 m)时与长江相通,下口全年与长江相连,七、八月份故道与长江大面积相通(图1)。

为了保护长江“四大家鱼”的丰富基因,维持其优良生长特性,为养殖生产提供强大的后劲,国家正在长江天鹅洲故道建设“四大家鱼”天然种质资源库。本文旨在为建库及今后的管理提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品的采集与测定

现场选取鱼样品,进行常规生物学测量并取鳞片3~5片。在台式投影仪下观察年龄,测量鳞径和轮径。

在1991年4~10月和1992年6~10月间,共采集“四大家鱼”样本6720尾,其中绝大部分采于渔业生产的旺季(7~9月)。

于1991年7、8月中旬进行饵料生物采样,各项操作依《内陆水域渔业资源调查规范》进行。

1993-08-04 收到。

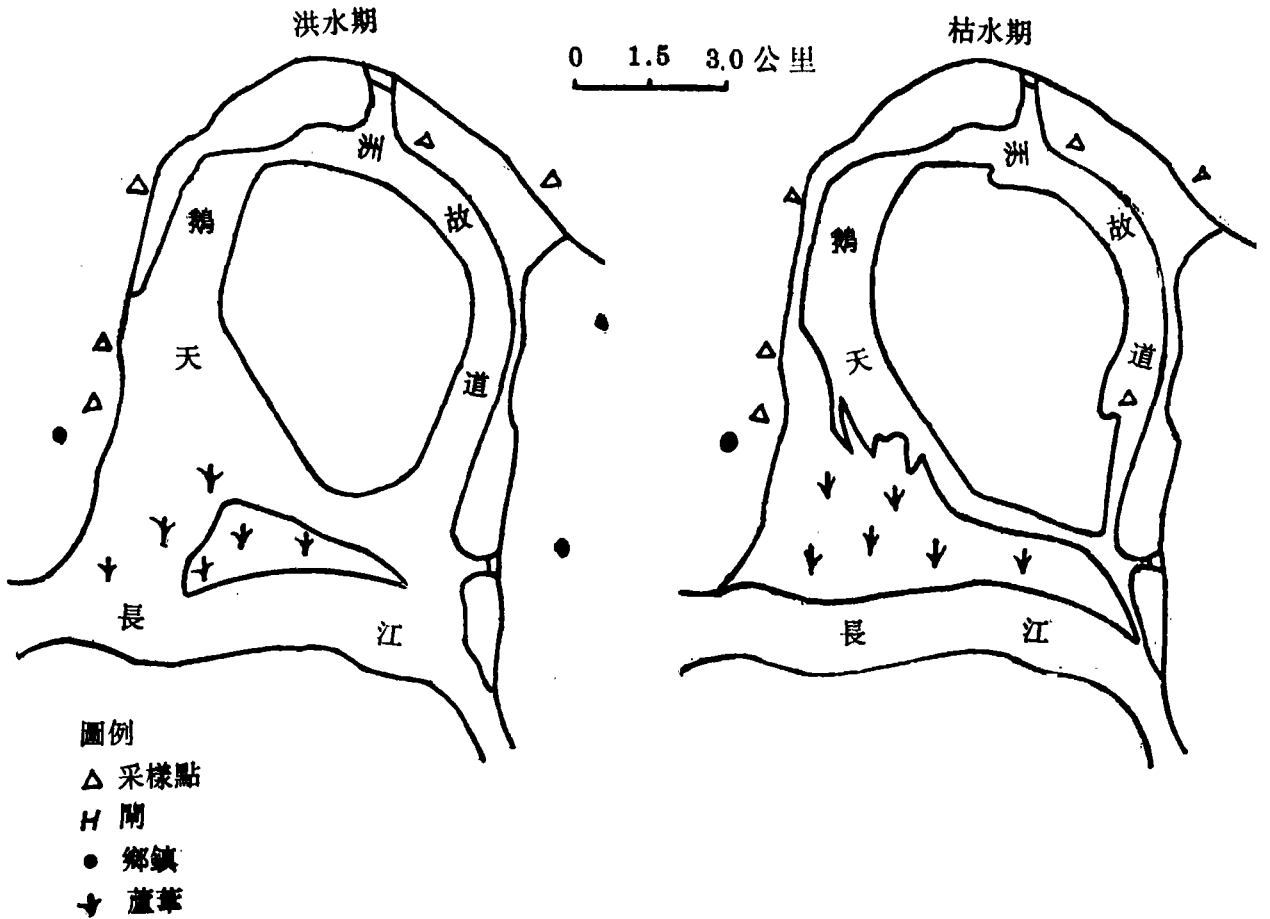
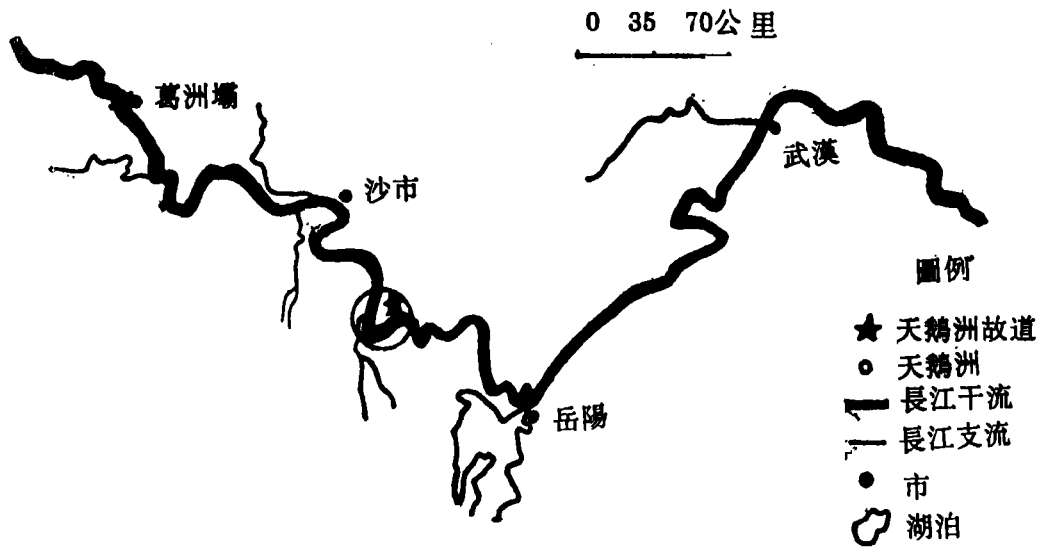


图 1 天鹅洲故道地理位置、洪水期、枯水期示意图

Fig.1 A map of Swan Oxbow showing the location and the topography during the flooding and dring seasons

## 1.2 渔获量统计

在天鹅洲故道设 12 个采样统计点,分别统计规定区域内的网具数量、单位渔具的鱼产量、“四大家鱼”的尾数及重量。参照鱼市场和捕鱼现场的调查资料,统计故道“四大家鱼”产量以及总渔获量。

## 1.3 分析方法与求算公式

### 1.3.1 生长推算

按 Loe 氏法推算各龄鱼的体长,公式为

$$l_n : r_n = L : R$$

式中  $l_n$ ——推算体长;  $L$ 、 $R$ 、 $r_n$ ——分别为实测体长、鳞径、与推算体长相应的年龄的鳞径。

### 1.3.2 体长与体重的关系

$$W = aL^b$$

式中  $W$ ——鱼体重;  $L$ ——鱼体长;  $a$ ——常数;  $b$ ——指数。

### 1.3.3 生长的数学描述

以 von Bertalanffy 生长方程<sup>[5]</sup>表达体长、体重的生长,以生长方程的一阶导数与二阶导数表达生长速度和生长加速度的特点。生长方程为

$$L_t = L_{\infty} [1 - e^{-K(t-t_0)}]$$

$$W_t = W_{\infty} [1 - e^{-K(t-t_0)}]^3$$

式中  $L_{\infty}$ ——最大年龄时鱼的体长;  $W_{\infty}$ ——最大年龄时鱼的体重;  $k$ ——体长趋于  $L_{\infty}$  时,表征生长速度的参数;  $t_0$ ——理论生长起点年龄。

### 1.3.4 生长特性指数

生长特性指数最早应用于海洋鱼类,在淡水鱼类中曾用于罗非鱼<sup>[18]</sup>和鲢、鳙、草鱼<sup>[6]</sup>,用来比较同种鱼的不同群体的生长性能。公式为

$$\varphi' = \log_{10} k + 2 \log_{10} L_{\infty}$$

式中  $\varphi'$ ——生长特性指数;  $k$ 、 $L_{\infty}$ ——von Bertalanffy 生长方程中的两个参数。

### 1.3.5 肥满度

$$K = W/L^3 \cdot 100$$

式中  $K$ ——肥满度;  $W$ ——体重(g);  $L$ ——体长(cm)。

### 1.3.6 死亡参数

(1) 总死亡率和总死亡系数<sup>[4,5]</sup>

$$S = \frac{N_2 + N_3 + \dots + N_r}{N_1 + N_2 + \dots + N_{r-1}}$$

$$A = 1 - S$$

$$Z = -\ln S$$

式中  $N_i$ ——渔获物中  $i$  龄组鱼的数量;  $S$ ——残存率;  $A$ ——年总死亡率;  $Z$ ——年总死亡系数。

(2) 自然死亡率与自然死亡系数

据 Pauly (1980) 依据 175 个种群的自然死亡系数、生长参数和环境温度间的相关关系提出的经验公式:

$$\log_{10} M = -0.0066 - 0.279 \log_{10} L_{\infty} + 0.6543 \log_{10} k + 0.4643 \log_{10} T'$$

式中  $T$ ——水体的平均温度,本文取  $22.5^{\circ}\text{C}$ 。

自然死亡率  $D=M/Z \cdot A$

(3) 捕捞死亡率与捕捞死亡系数

捕捞死亡率  $E=A-D$

捕捞死亡系数  $F=Z-M$

### 1.3.7 资源量与补充量的估算

选用 Beverton-Holt 模式<sup>[4]</sup>

$$P_n = \frac{R e^{-M(t_0-t_r)}}{F+M} \cdot [1 - e^{-(F+M)(t_\lambda-t_0)}] \quad (1)$$

$$Y_n = F \cdot P_n \quad (2)$$

$$P_w = R e^{-M(t_c-t_r)} W_\infty \sum \frac{U_n e^{-nk(t_0-t_0)}}{F+M+nk} [1 - e^{-(F+M+nk)(t_\lambda-t_0)}] \quad (3)$$

$$Y_w = F \cdot P_w \quad (4)$$

式中  $P_n$ ——捕捞对象的平均资源个体数;  $P_w$ ——捕捞对象的年平均资源重量;  $Y_n$ ——捕捞对象的渔获个体数;  $Y_w$ ——捕捞对象的渔获重量;  $R$ ——补充到渔场的个体数;  $t_r$ ——进入渔场的年龄;  $t_c$ ——最初被捕年龄;  $t_\lambda$ ——最大年龄;  $U_n$ —— $U_0, U_1, U_2, U_3$  的值分别为 1, -3, 3, -1。

表 1 天鹅洲故道鲢、鳊、草鱼、青鱼的生长数据(单位:厘米,克)

Table 1 Growth data of silver carp, bighead, grass carp and black carp of Swan Oxbow (Unit: cm, g)

鱼名	龄组	样品数	实 测 体 长		年增长	实 测 体 重		年增重	平均推算体长
			幅 度	均长±SD		幅 度	均重±SD		
鲢	1	72	21.3~30.2	25.8±2.7		200~580	328±97		22.0
	2	52	28.0~43.7	35.2±3.9	9.4	500~1775	828±280	600	34.2
	3	16	35.2~40.8	44.1±4.1	8.9	970~2300	1709±552	881	44.7
	4	4	49.8~57.0	52.6±3.9	8.5	2100~3500	2733±757	1024	53.8
	5	2	57.0~63.0	62.4±2.8	9.8	3500~4200	3975±375	1242	
鳊	1	38	19.8~34.2	24.1±6.3		150~600	324±108		21.4
	2	13	29.0~43.5	33.0±8.9	8.9	550~1350	723±147	399	33.9
	3	11	41.8~48.5	45.0±2.9	12.0	1375~2400	1897±349	1174	45.2
	4	3	51.2~55.5	53.2±2.3	8.2	2100~3750	3000±127	1103	55.1
	5	3	64.0~70.0	66.3±3.2	13.1	4700~7500	5650±1602	2605	
草鱼	1	101	19.5~36.0	27.1±3.7		150~925	452±184		24.7
	2	76	30.0~52.1	37.5±5.8	10.4	500~2550	1310±535	858	36.8
	3	18	41.6~53.5	47.2±4.0	9.7	1300~3550	2000±475	690	47.4
	4	2	57.2~57.4	57.4±1.5	10.2	3100~4100	3550±550	1550	56.8
	5	1	62.0	62.0	4.6	5350	5350	1800	
青鱼	1	52	19.4~32.7	25.1±4.6		150~720	349±166		24.0
	2	27	28.5~45.2	38.4±4.8	13.3	520~1900	1243±394	894	41.7
	3	7	47.7~60.0	53.1±4.4	14.7	2450~4200	3050±637	1807	56.9
	4	2	64.8~76.8	70.9±6.1	17.8	6520~7350	6902±935	3862	69.9
	5	1	81.5	81.5	10.0	11830	11830	4928	

## 2 结果

### 2.1 故道鲢、鳙、草鱼、青鱼的生长特点

#### 2.1.1 故道“四大家鱼”的生长推算

天鹅洲故道鲢、鳙、草鱼、青鱼各龄鱼的体长、体重的实测值、增长量及推算体长如表 1。由表可以看出，推算体长与实测体长相近，无明显的 Lee 氏现象，这与长江青鱼<sup>[8]</sup>和汉江主要鱼类<sup>[1]</sup>的研究结果一致。

#### 2.1.2 故道“四大家鱼”的体长与体重关系

故道鲢、鳙、草鱼、青鱼的体长与体重的关系式为 鲢： $W=0.02465L^{2.6290}$  ( $n=148, r=0.998$ )；鳙： $W=0.02556L^{2.9809}$  ( $n=63, r=0.954$ )；草鱼： $W=0.01865L^{3.0146}$  ( $n=198, r=0.997$ )；青鱼： $W=0.0227L^{2.0001}$  ( $n=89, r=0.998$ )。以上各式相应的关系曲线如图 2。

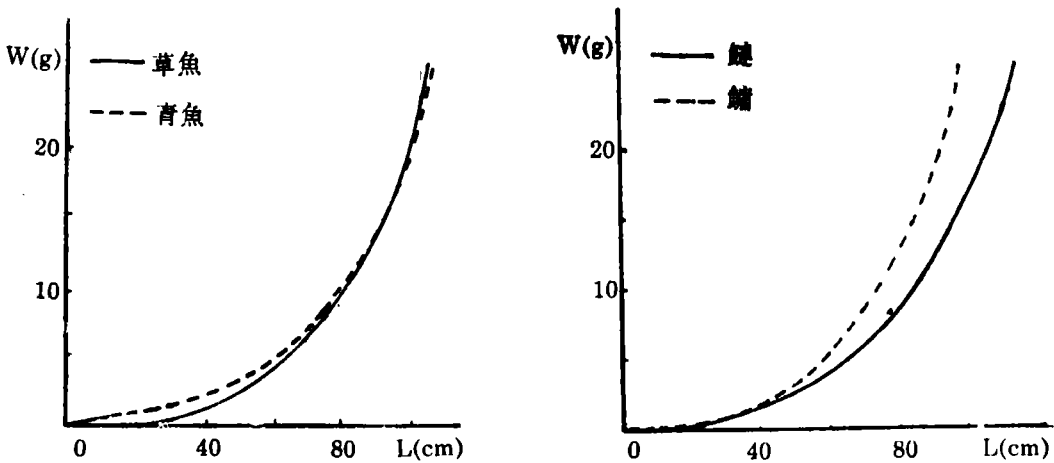


图 2 天鹅洲故道鲢、鳙、草鱼和青鱼的体长、体重关系

Fig. 2 Relationship between the body length and body weight of silver carp, highhead, grass carp and black carp of Swan Oxbow

#### 2.1.3 故道“四大家鱼”的生长特点

##### (1) 故道鲢、鳙、草鱼、青鱼的生长方程

天鹅洲故道“四大家鱼”的生长参数 ( $L_{\infty}$ 、 $W_{\infty}$ 、 $k$ 、 $t_0$ ) 值如表 2。

表 2 天鹅洲故道鲢、鳙、草鱼、青鱼的生长参数

Table 2 Growth parameter of silvers carp, bighead, grass carp and black carp of Swan Oxbow

鱼 名	生 长 参 数				
	$L_{\infty}$ (cm)	$W_{\infty}$ (g)	$k$	$t_0$ (年)	拐点(年)
鲢	110.5	23813.6	0.1483	-0.4965	6.9
鳙	136.5	49453.4	0.1154	-0.4745	9.0
草鱼	126.2	40228.4	0.1268	-0.7199	7.9
青鱼	148.0	68710.0	0.1541	-0.1478	6.9

经  $t$  检验<sup>[10,11]</sup>,未发现故道“四大家鱼”在理论体长、体重和实际体长、体重上有明显差异 ( $t < t_{0.05}$ ),说明用于分析的样品较具代表性,也表明了 von Bertalanffy 生长方程较好地反应了故道“四大家鱼”的生长过程。

拐点是生长速度转折点。从拐点年龄以后,鱼体的生长速度明显减慢,故道鲢、鳙、草鱼、青鱼的拐点年龄分别为 6.9、9.0、7.9、6.9 年,皆比性成熟年龄大 2~3 年。表明故道“四大家鱼”在性成熟后仍继续生长。

### (2) 生长特性指数( $\phi'$ )

故道鲢、鳙、草鱼、青鱼的生长特性指数( $\phi'$ )分别为 3.26、3.33、3.31、3.53。

如表 3 所示,“四大家鱼”在天鹅洲故道中的生长特性指数值同在长江<sup>[5,7,8]</sup>中的相近 ( $t < t_{0.05}$ ),说明在长江和天鹅洲故道两环境下鲢、鳙、草鱼、青鱼生长特性相似。

表 3 天鹅洲故道和长江的鲢、鳙、草鱼、青鱼生长特性指数  
Table 3 Growth characteristic index of silver carp, bighead, grass carp and black carp of Changjiang River and Swan Oxbow

鱼 名	水 体		t 检验
	天 鹅 洲 故 道	长 江	
鲢	3.26	3.35	$t=0.31$
鳙	3.33	3.51	$t < t_{0.05}$
草 鱼	3.30	3.40	
青 鱼	3.53	3.36	

### 2.1.4 肥满度

天鹅洲故道鲢、鳙、草鱼、青鱼的肥满度变幅及均值如表 4。同长江“四大家鱼”的肥满度相比,故道“四大家鱼”的肥满度略高,说明故道的饵料生物相对较为丰富。

表 4 天鹅洲故道及长江的鲢、鳙、草鱼、青鱼的肥满度比较  
Table 4 Comparison of condition factors of silver carp, bighead, grass carp and black carp between Swan Oxbow and Changjiang River

鱼 名	水 体	肥 满 度 幅 度	肥 满 度 均 值	测 定 尾 数
鲢	故道(长江)	1.76~2.62(1.71~2.50)	2.11(2.08)	148(204)
鳙	故道(长江)	1.94~2.37(1.28~2.67)	2.15(2.09)	63(30)
草 鱼	故道(长江)	1.97~3.00(1.33~2.48)	2.36(1.95)	198(79)
青 鱼	故道(长江)	1.93~2.32(1.46~2.23)	2.14(2.00)	80(56)

注: 括号中的数字表示“长江”水体的。

表 5 1991 年度天鹅洲故道鲢、鳙、草鱼、青鱼渔获量(单位: 万公斤)

Table 5 Yield of Silver carp, bighead, grass carp and black carp of Swan Oxbow (1991) Unit: 10<sup>4</sup>kg

项 目	月 份						合 计
	11~5	6	7	8	9	10	
“四大家鱼”		0.3	2.3	2.7	2.8	0.7	8.8
总渔获量	10.43	5.99	9.6	18.02	18.66	9.16	71.76

注: 11~5 月份的部分渔获量资料由天鹅洲渔政站提供。

## 2.2 故道鲢、鳙、草鱼、青鱼的种群结构与数量

### 2.2.1 故道鲢、鳙、草鱼、青鱼的比例

1991年丰水季节“四大家鱼”各月的渔获量如表5。故道鲢、鳙、草鱼、青鱼的重重量比为2.8:1.0:7.0:2.9;尾数比为2.8:1.0:5.6:3.0。反应了长江中游江段草鱼种群数量较大,青鱼、鲢次之,鳙较小的种群组成特点。

### 2.2.2 故道鲢、鳙、草鱼、青鱼的年龄结构

采集样品中,“四大家鱼”各龄组的数量如表6,其中1龄鱼占绝大部分,约为78%,2龄鱼占17%,2龄以上鱼仅占5%。可见故道鲢、鳙、草鱼、青鱼年龄结构简单,高龄鱼少。

表6 天鹅洲故道鲢、鳙、草鱼、青鱼各龄组样品的数量

Table 6 Number of samples of silver carp, bighead, grass carp and black carp of Swan Oxbow

龄 组	鲢	鳙	草 鱼	青 鱼	合 计
1	446	99	714	325	1584
2	205	22	84	32	343
3	19	11	25	6	61
4	8	3	2	2	15
5	1	3	1	1	6
合 计	679	138	826	366	2000

### 2.3 故道鲢、鳙、草鱼、青鱼的死亡率与死亡系数

故道“四大家鱼”的死亡率与死亡系数如表7。据报道,长江长吻鮠<sup>[1]</sup>,广东东江鲤鱼<sup>[2]</sup>,青海湖裸鲤<sup>[4]</sup>的总死亡率分别为0.45、0.52、0.50,年总死亡系数分别为0.59、0.73、0.68;而故道“四大家鱼”的总死亡率和总死亡系数分别为0.77、1.58。文献中未见有“四大家鱼”死亡率与死亡系数的报道。同其他鱼类比较而言,故道“四大家鱼”的死亡率很高。

表7 天鹅洲故道鲢、鳙、草鱼、青鱼的死亡参数

Table 7 Value of death parameters of silver carp, bighead, grass carp and black carp of Swan Oxbow

鱼 名	实 际 死 亡 率			死 亡 系 数		
	总死亡率(A)	自然死亡率(D)	捕捞死亡率(E)	总死亡系数(Z)	自然死亡系数(M)	捕捞死亡系数(F)
鲢	0.66	0.21	0.45	1.0681	0.3329	0.7352
鳙	0.71	0.15	0.56	1.2417	0.2607	0.9810
草鱼	0.86	0.12	0.74	1.9957	0.2833	1.7124
青鱼	0.86	0.15	0.71	1.9980	0.3522	1.6458
平均	0.77	0.16	0.62	1.5750	0.3073	1.2686

### 2.2.4 故道鲢、鳙、草鱼、青鱼种群数量及变动

将捕捞死亡系数(F)及“四大家鱼”的渔获统计数据( $Y_n$ 、 $Y_w$ )代入Beverton-Holt模式(2)、(4),分别算得天鹅洲故道“四大家鱼”的资源数量为16.71万尾,资源重量为7.28万公斤。

由最初被捕年龄 $t_c=1$ ,进入渔场的年龄 $t_r=1$ 及已求算的F、M、 $t_n$ 、 $P_n$ 值一并代入Beverton-Holt模式(1),求得故道“四大家鱼”的种群补充量为26.06万尾,如表8。

1988~1992年,天鹅洲故道鲢、鳙、草鱼、青鱼的产量及总渔获量如表9。长江天鹅洲故道

的总渔获量和“四大家鱼”渔获量在逐年下降。

表 8 丰水期天鹅洲故道鲢、鳙、草鱼、青鱼平均资源量和补充量

Table 8 Mean abundance and number of recruitment of silver carp, bighead, grass carp and black carp during flooding seasons of Swan Oxbow

鱼 名	平 均 资 源 量		资源补充量(万尾)
	资源数量(万尾)	资源重量(万公斤)	
鲢	6.4708	2.6270	6.9116
鳙	1.7127	0.6907	2.1267
草 鱼	5.6500	2.8292	11.2889
青 鱼	2.8685	1.1325	5.7313
合 计	16.7086	7.2794	26.0584

表 9 天鹅洲故道近年总渔获量及鲢、鳙、草鱼、青鱼产量(万公斤)

Table 9 Total fishery yield and production of silver carp, bighead, grass carp and black carp of Swan Oxbow in recent years(10<sup>4</sup>kg)

年 份	鲢	鳙	草 鱼	青 鱼	其 它	合 计
1991	1.83	0.04	4.45	1.88	63.0	71.8
1992	0.30	0.03	4.00	1.60	63.7	70.2

注: 1988年,1990年无分类产量资料,合计分别为84.0万公斤和85.0万公斤。

### 3 讨 论

#### 3.1 天鹅洲故道鲢、鳙、草鱼、青鱼的渔业利用评价

天鹅洲故道鲢、鳙、草鱼、青鱼在6龄之前的体长与体重的生长速度不断增加,在3龄之前的生长加速度不断增大。而天鹅洲故道渔获量中当年幼鱼高达78%,2龄以上的鱼仅5%左右。这表明故道内这四种鱼的绝大多数个体未能度过快速生长阶段就被捕上市,造成了资源的极大浪费。

据我们统计,丰水季节“四大家鱼”及其它鱼类随江水上涨进入故道索饵生长时,在仅1330ha的河道内,渔业人数高达450人,作业渔船200多条,稀大拉网(2a>8cm)3部,密大拉网(麻布网)28部,网簰300多套,其他小型渔具若干,在如此强大的捕捞强度下,不到枯水季节,故道里的中上层鱼就几乎被捕光。这种短期行为的渔业方式,不仅渔业效益低,而且破坏了鱼类资源,还浪费了饵料生物资源,此种情形绝不能满足种质资源库生产与存留亲鱼的需要,应加以纠正。

#### 3.2 天鹅洲故道鲢、鳙、草鱼、青鱼的种群资源管理

由 Beverton-Holt 模式(3)、(4)的推衍式

$$Y/R = F e^{-M(t_c - t_r)} W_{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{U_n e^{-nk(t_c - t_0)}}{F + M + nk} [1 - e^{-(F+M+nk)(t_c - t_0)}]$$

把在不同开捕年龄和捕捞强度下,依据本文求算的参数值代入上式,求得天鹅洲故道鲢、鳙、草鱼、青鱼单位补充量产量(图3)。由图可以看出,无论开捕年龄怎样变化,故道“四大家鱼”的单位补充量产量都在捕捞强度  $F$  为 0.3—0.5 时达到其最大值。当  $F < 0.3$  时,鱼产量



较低, 渔业资源未能得到充分利用; 当  $F > 0.5$  时, 鱼产量几无增加;  $F$  继续增大时, 鱼产量反而稍有下降, 渔业资源处于过度利用状态。由此作者认为, 天鹅洲故道鲢、鳊、草鱼、青鱼的捕捞强度以 0.3—0.5 为宜。

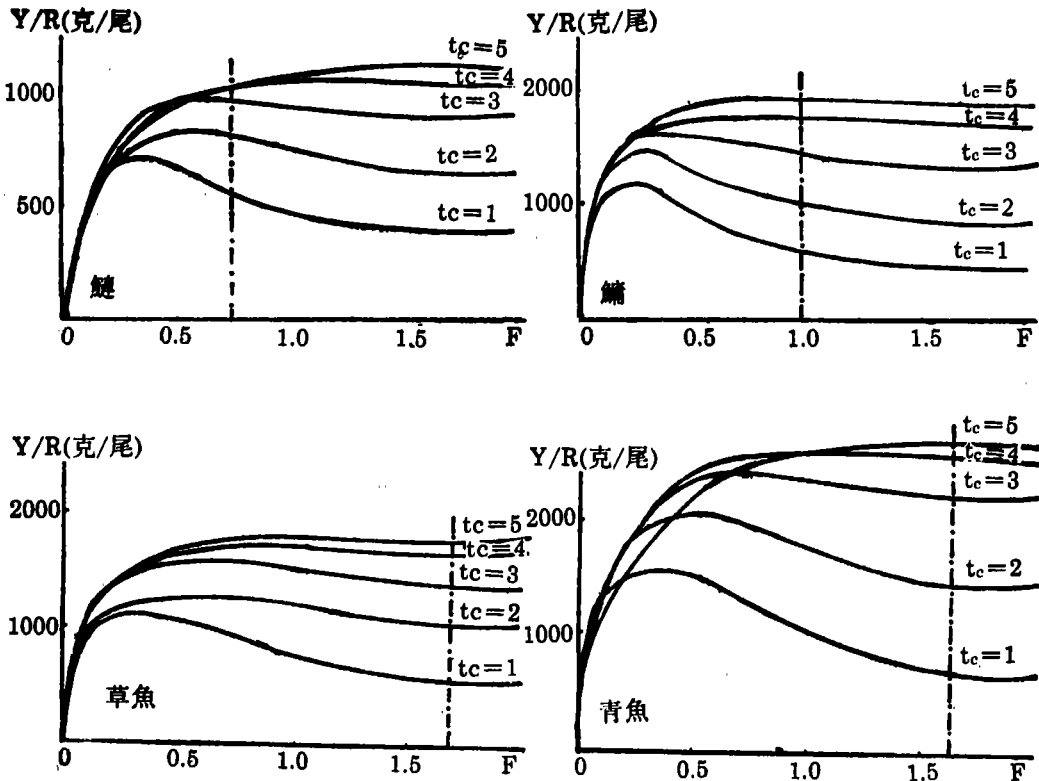


图 3 天鹅洲故道鲢、鳊、草鱼和青鱼在不同的开捕年龄( $t_c$ )与捕捞强度( $F$ )下的单位补充量产量  
 Fig. 3 Yield per recruitment with different ages of first capture( $t_c$ ) and fishing mortality coefficients of silver carp, bighead, grass carp and black carp of Swan Oxbow

表 10 在资源补充量不变及捕捞死亡系数( $F$ )为 0 的情况下, 故道鲢、鳊、草鱼、青鱼不同龄组的资源量  
 Table 10 Fish abundance of different ages of silver carp, bighead, grass carp and black carp of Swan Oxbow under a constant recruitment and fishing mortality equals to 0

鱼 名	鲢	鳊	草 鱼	青 鱼	合 计	
资源补充量(万尾)	6.9115	2.1267	11.2889	5.7313	26.0584	
残存率(A)	0.79	0.85	0.88	0.85		
年 龄	资源量(万公斤)				$\Sigma(\text{数量} \times \text{尾重})$	
1	资源数量(万尾)	5.4601	1.8077	9.934	4.8716	8.574
	平均尾重(公斤)	0.328	0.324	0.453	0.349	
2	资源数量(万尾)	4.3135	1.5365	8.7419	4.1409	21.283
	平均尾重(公斤)	0.823	0.723	1.310	1.2433	
3	资源数量(万尾)	3.4076	1.3061	7.6920	3.5197	37.267
	平均尾重(公斤)	1.709	1.896	2.000	3.350	
4	资源数量(万尾)	2.6920	1.1102	6.7697	2.9918	55.369
	平均尾重(公斤)	2.733	3.000	3.550	6.902	

从开捕年龄看(图 3)。推迟开捕年龄可显著提高故道家鱼的单位补充量产量。表 10 为假定补充量不变且  $F=0$  时, 天鹅洲故道鲢、鳙、草鱼、青鱼 1~4 各龄组鱼的种群资源量。开捕年龄为 2.0、3.0、4.0 时, 故道“四大家鱼”的种群资源量分别为 29.86、67.12、122.49 万公斤。从理论上讲, 开捕年龄越大, 其单位补充量产量、资源量越大。但据我们估算, 故道“四大家鱼”的鱼产潜力仅为 66.57 万公斤(表 11), 正是开捕年龄为 3 龄时的“四大家鱼”种群资源量。所以, 我们建议故道“四大家鱼”的开捕年龄定为 3 龄, 以捕 3 龄后备亲鱼为主。

表 11 天鹅洲故道鲢、鳙、草鱼、青鱼鱼产力的估算

Table 11 Estimated productivity of silver carp, bighead, grass carp and black carp of Swan Oxbow

饵料生物	生物量(kg)	P/B 系数	利用率	饵料系数	鱼产力(kg)
浮游植物	$2.1 \times 10^5$	150	0.7	100	$2.2 \times 10^5$
浮游动物	$1.5 \times 10^5$	50	0.5	10	$3.6 \times 10^5$
水生植物	$6.4 \times 10^6$	1.25	0.6	100	$4.0 \times 10^4$
螺、蚌等	$1.5 \times 10^6$	2.0	0.5	60	$2.5 \times 10^4$
合计					$6.5 \times 10^5$

又依据维持最大持续产量(MSY)的资源水准约等于原始资源量的一半<sup>[3]</sup>的原则, 并考虑到其它鱼类也要利用部分天然饵料, 认为天鹅洲故道鲢、鳙、草鱼、青鱼的年产量以 30 万公斤左右为宜。

当然, 天鹅洲故道鲢、鳙、草鱼、青鱼的补充量有赖于长江内这四种鱼资源的丰歉及故道通江时间的长短, 不是一成不变的, 这就必须对故道和长江的“四大家鱼”进行动态监测, 以制定合理的资源保护与管理措施。

### 3.3 长江“四大家鱼”资源变化趋势

天鹅洲故道为长江中游九曲回肠江段迄今仅存的三个通江水体之一, 是不可多得的观察长江鱼类资源变化的窗口。经过 1991、1992 年对天鹅洲故道渔业的详细调查(表 9), 确认故道鱼产量在逐年下降中, 可以作为长江鱼类资源不断下降的证据之一。

在“四大家鱼”资源下降的总趋势中, 天鹅洲故道草、青鱼的产量变化幅度相对较小(表 9), 但鲢、鳙鱼产量不仅低而且波动大。结合天鹅洲江段张捕的“四大家鱼”鱼苗中鲢、鳙成色逐年降低的事实, 可以认为修闸建坝、围湖造田、污染所造成的水域生态的破坏对鲢、鳙、草鱼、青鱼资源的影响程度不同, 鲢、鳙受影响较大, 因此对鲢、鳙种质资源的保护尤为迫切。

在调查研究中, 得到周碧云副教授的许多帮助及湖北省石首市水产局, 老河亲鱼原种场和天鹅洲广大渔民的大力支持, 特此一并致谢。

### 参 考 文 献

- [1] 邓中舜等, 1981. 汉江主要经济鱼类的年龄与生长. 鱼类学论文集(第一辑), 97-117. 科学出版社(京).
- [2] 叶富良, 1986. 东江鲤鱼种群动态及其最大持续产量的研究. 水生生物学报, 10(2): 109-120.
- [3] 里克, W. F. (费鸿年译), 1984. 鱼类生物统计量的计算与解析. 科学出版社.
- [4] 张玉书, 陈 璠, 1989. 青海湖裸鲤种群数量变动的初步研究. 水产学报, 4(2): 157-177.
- [5] 李思发, 1990. 淡水鱼类种群生态学, 162-170. 农业出版社(京).
- [6] 李思发等, 1990. 长江、珠江、黑龙江鲢、鳙、草鱼种质资源研究, 25-50. 上海科学技术出版社.

- [7] —, 1992. 长江附属水体培育鲢、鳙原种鳊鱼的生长特性. 水产养殖, (4): 10—13.
- [8] 陈佩燕等, 1965. 长江中青鱼的生长速度. 水生生物学集刊, 5(2): 272—292.
- [9] 吴清江, 1975. 长吻鮠的种群生态学及最大持续产量的研究. 水生生物学集刊, 5(3): 386—408.
- [10] 林康生, 1981. 利用  $t$  检验法估量置信区间和确定取样数. 淡水渔业, (5): 32—33.
- [11] 杨纪柯等, 1985. 现代生物统计, 51—54. 安徽教育出版社(合肥).
- [12] Jackson, C. H. N., 1939. The analysis of an animal population. *J. Anim. Ecol.*, 8: 238—246.
- [13] Moreau, J. et al., 1936. Indices of overall growth performance of 100 tilapia (Cichlidae) populations. 201—206. In, J. L. Madeau, L. B. Dizon and L. V. Hocillos (eds). *The First Asian Fisheries Forum*. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines.
- [14] Pauly, D., 1980. On the relationship between natural mortality growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. Int. Exper. Mer.*, 39(2): 175—199.

## PRELIMINARY STUDY ON THE POPULATION GROWTH AND DYNAMICS OF SILVER CARP, BIGHEAD, GRASS CARP AND BLACK CARP IN SWAN OXBOW OF CHANGJIANG RIVER

Lu Guo-qing and Li Si-fa

(Department of Aquaculture, SFU, 200090)

**ABSTRACT** This paper reports the characteristics of growth, mortality and dynamics of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*), bighead (*Aristichthys nobilis*), grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) and black carp (*Mylopharyngodon piceus*) in Swan Oxbow of Changjiang River, where the construction of genetic conservation in situ for Chinese carps has been started. In 1991, the total fish yield of Swan Oxbow was  $7.18 \times 10^5$  kg, in which silver carp, bighead, grass carp and black carp accounted for  $8.8 \times 10^4$  kg. From Dec. 1990 to Dec. 1991, 496 specimens of the four species were collected and analysed. The major results are as follows: (1) It was proved that there were no significant differences in the growth characters of these four species between Swan Oxbow and Changjiang River. (2) The estimated total mortalities of the silver carp, bighead, grass carp and black carp were 0.66, 0.71, 0.86 and 0.86 respectively. (3) The estimated annually recruitment of the four Chinese carps was about  $2.6 \times 10^5$  fish, the average abundance was  $1.6 \times 10^5$  fish, and the average abundance weight was about  $7.28 \times 10^4$  kg. (4) Over-fishing is the main problem of fishery management in Swan Oxbow; catching of one-year-old fish of the four Chinese carps must be prohibited; their ages of first capture are suggested to be three, and their fishing mortality should be controlled at 0.3—0.5; in these cases, their abundance in weight could be maintained at  $3.0 \times 10^5$  kg.

**KEYWORDS** Changjiang River, Swan Oxbow, silver carp, bighead, grass carp, black carp, growth, death, population, dynamics