

# 长吻𬶏 [*Leiocassis longirostris* (Günther)] 的 种群生态学及其最大持续渔获量的研究

吴清江\*

(湖北省水生生物研究所)

## 提要

本文研究长江中下游长吻𬶏的种群生态学特性并进行渔业生物学分析。胸鳍棘、尾舌骨及脊椎骨都可用作年龄鉴定材料。用 Brody-Bertallanffy 的公式表述体长、体重与年龄的关系。调查生殖特性并分析比较产卵力及产卵群体的结构类型。以食物出现率和重量法评价各类食物在食料中的作用。由渔获物统计资料计算种群的自然死亡率和捕捞死亡率。通过比较各种捕捞强度和最小捕捞规格的不同的总渔获量和繁殖群体的相对数量，提出获得最大持续渔获量的捕捞强度和最小捕捞规格。

我国淡水经济鱼类生态学的研究，是解放后才开始的，资料积累尚少。更因为鱼类区系的特点，已有的少数资料大多属于鲤科鱼类，属于鮰派的极少。至于从种群生态学的角度来探讨淡水鱼类资源合理利用的工作，更为缺乏。

长吻𬶏 [*Leiocassis longirostris* (Günther)] 是长江中一种比较重要的属于鮰派的中型食用鱼，最大可达九公斤或更多。因其肉味鲜美，在长江中上游推为上等鱼品。它的鳔，俗称鱼肚，更为名贵，不仅是食用珍品，而且是一种贵重药材。

本文研究长吻𬶏的种群生态学，内容包括年龄鉴定和生长、生殖、食性、死亡率及渔业生物学分析等五个部分。

## 一、材料和工作方法

1963—1965 年作者在江西湖口、湖北武昌和石首以及湖南城陵矶等地搜集了长吻𬶏标本计 728 尾。大部分标本同时用作年龄生长、生殖及食性的材料。这三年间，还在江西湖口统计了若干批渔获物材料<sup>1)</sup>。

每个标本取下胸鳍棘作为年龄鉴别的主要材料，有的还同时取第一枚分离的脊椎骨及尾舌骨 (urohyal) 作年龄鉴别的辅助材料。胸鳍棘的横切片用加拿大树胶粘在载玻片上，阴干后再在磨片机上磨成 0.5 毫米左右的薄片。在这样厚薄的胸鳍棘横切片上，轮纹较为清晰。脊椎骨洗刷净后放在水中煮沸 5—10 分钟，取出待干，在椎体的前后面都显出同

1974 年 2 月 27 日收到。

\* 本项工作始终承伍献文教授的热忱指导，文稿承中国医学科学院李光荫教授审阅，本所梁彦龄同志也对文稿提出宝贵意见。

1) 其中 1963 年的渔获物统计材料是本所第一室的同志提供的。

心的环纹。尾舌骨经相同的处理，阴干后在骨片的中叶上其轮纹也清晰可见。

以 Мейен 氏(1939)<sup>[28]</sup>的分期标准观察并记录性腺发育期。怀卵量是计算 IV 期的卵巢。如卵巢总重在 200 克以下，在卵巢的各部位随机取下 1 克卵子；如总重在 200 克以上，取 2 克计算卵粒数，然后换算成整个卵巢中所含第 III—IV 时相的卵母细胞数。

食物只检查胃含物，因长吻鮠的肠的前端有明确的胃。食物在胃中尚未充分消化，较易辨认。

## 二、主要研究结果

### (一) 年龄鉴定和生长

利用鳞片研究鱼类的年龄及生长的资料很多。Menon 氏(1950)<sup>[11]</sup> 和 Брюзгин 氏(1963)<sup>[24]</sup>曾对这项工作做了综述。至于缺乏鳞片的鯷派鱼类，虽然有人曾利用鳍棘(Snead 氏, 1951)<sup>[18]</sup>、脊椎骨(Appleget 和 Smith 氏, 1951)<sup>[6]</sup>研究过它们的年龄及生长，但总的说来，鯷派鱼类的这项资料还很少。

1. 年轮特征：在长吻鮠的胸鳍棘的切片上可以清楚地看到背部的轮纹比较清楚。把骨片置于黑背景上，用入射光观察，可见白色的宽带及黑色的狭带交替出现。骨片在用透射光观察时，宽带成灰色，狭带变成透明。这些带子一般与骨片的外缘平行。一条宽带和一条狭带构成一个完整的生长年带(图版 A、B)。我们称狭带为年轮。有时，在第一个年轮的里边会出现副轮。它与年轮的区别在于较不清楚，形状也异于骨片的边缘轮廓(一般呈圆形)。有时一个年轮由数条狭的透明带(透射光)组成，同一个年轮的各狭带之间的距离很小，甚至出现重叠的现象。由于胸鳍棘的与空心部分相邻接的实心部分的年轮最清楚，数目也最完整，所以骨片皆取自此处。

长吻鮠的尾舌骨上的年轮特征与胸鳍棘上的没有很大差别，但前者的年轮是由与骨片的后缘平行的横的狭带构成，不象胸鳍棘那样接近于封闭状(图版 C、D)。

椎体的盘面上现出黑白交替的宽狭同心带(入射光)。一条宽带和一条狭带构成一个完整的生长年带(图版 E、F)。黑色的狭带为年轮。有时年轮由数条狭带构成；有时由若干条由细到粗、由疏到密的狭的同心带构成。

骨片上呈现出的年轮是因鱼类在周年的生长过程中钙质沉积量的周期性变化所引起的。把骨片浸于 0.5% 的硝酸溶液中，脱去钙质，骨片上的白色宽带消失，整个骨片成一透明的薄片。可见骨片上的白色宽带是钙质沉积较多的时期形成的。

观察周年的材料，发现骨片上的黑色狭带与白色宽带的出现是以一年为周期的。冬季采集的标本，骨片的边缘全是白色的宽边，未曾发现有黑色的狭边。自三至六月初，骨片上出现狭的黑色边缘。六月中旬以后发现这一狭的黑色边缘的外缘又长出一白色的细环。这就是刚形成的新生长带。可见骨片上的黑色狭带和白色宽带的交界线被认作年轮是正确的，而且年轮的形成时间是六月中旬至七月。

分别把经鉴定的各个龄组及 1964 年夏季的渔获物的体长制成直方图(图 1)。由这两种材料制出的各个龄组的长度频数均数所在地是基本上符合的。从而也证明我们鉴定的年龄是正确的。

同时检查 169 个标本的胸鳍棘切片及脊椎骨的年轮，完全相符的有 150 个。同时检

查 63 个标本的胸鳍棘切片，脊椎骨和尾舌骨的年轮，三者完全相符的 57 个。这证明年龄鉴定是基本无误的。

2. 生长：不分性别计算了 1963、1964 及 1965 年初夏测量的 303 个标本的各个龄组的平均体长、平均体重及每龄的平均增长及增重(表 1)。

由表 1 可看出，体长的增长是随着年龄的增大而逐渐减小的；而体重的增长在 5 龄以前则随年龄的增大而逐渐增大。但是，无论是体长或体重的增长，当鱼达 5 龄后就有下降的趋势。长吻鮠开始大量性成熟的年龄是 4 龄，因而体长和体重的增加速度下降，显然与第一次性成熟后生长速度下降有关。

分别计算 194 个标本的各个龄组的雌鱼和雄鱼的平均体长，发现 4 龄以前各个龄组的雌雄个体间的生长速度没有显著差别，但自 5 龄开始，雄鱼显著比雌鱼快(表 2)。由雌雄个体的长度分布也可看出体长超过 80 厘米的雌鱼很少。

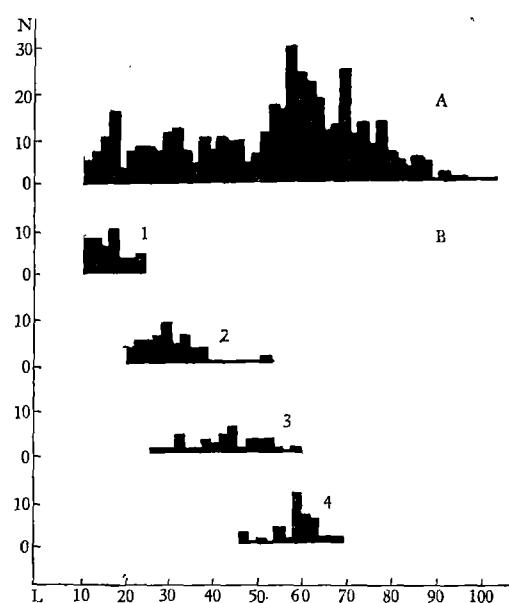


图 1 1964 年夏季长吻鮠渔获物长度分布(A)  
及各龄组长度分布(B)

L——体长(厘米)；N——数量(尾)；

1—4——一至四龄。

表 1 长吻鮠各龄组的平均体长、体重及平均增长量

年 龄	标本数	体 长 (厘 米)			体 重 (克)		
		均 数	标准差	增 长	均 数	标准差	增 重
I	45	18.9	1.9	11.8	71.6	8.3	271.4
II	46	30.7	5.0	16.9	333.0	43.5	517.0
III	44	47.6	8.7	12.3	850.0	105.0	1,600.0
IV	64	59.9	4.6	6.3	2,450.0	383.0	912.0
V	42	66.2	7.0	3.9	3,362.0	360.0	576.0
VI	24	70.1	7.6	8.9	3,938.0	500.5	1,405.0
VII	19	79.0	7.2	5.1	5,343.0	450.0	970.0
VIII	10	84.1	8.1	1.4	6,313.0	620.0	218.0
IX	4	85.5	10.6	1.0	6,531.0	710.0	152.0
X	2	86.5	11.0	1.0	6,683.0	743.0	172.0
XI	3	87.5	8.5	1.0	6,855.0	650.0	

表 2 长吻鮠不同性别的生长速度

年 龄	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
性 别	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
标 本 数	14	17	23	17	10	12	13	9	10	21	4	16	6	8	5	4	1	1
平均体长(厘米)	18.2	18.9	31.3	29.6	38.9	42.2	60.3	59.1	71.5	64.0	78.8	67.8	81.9	78.1	88.5	77.5	93.0	78.0

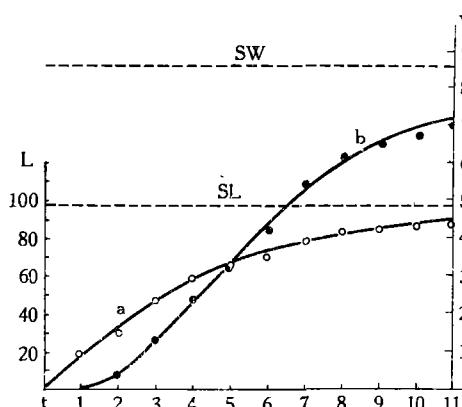


图 2 长吻鮠的体长( $L$ , 厘米)及由体长换算的体重( $W$ , 公斤)与年龄( $t$ )的相关曲线

a——体长与年龄的相关曲线;  
b——由体长换算的体重与年龄的相关曲线;  
SL——体长渐近线; SW——体重渐近线。

我们把体长与年龄的关系制图, 可看出体长按指数曲线的形式增长(图 2)。因此我们用 Brody-Bertallanffy 氏的方程式<sup>[16]</sup>

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

能准确地描述体长与年龄的关系。依照 Ricker 氏(1958)<sup>[16]</sup>的方法计算, 上述方程式的各参数值为

$$L_t = 980 [1 - e^{-0.24(t-0.22)}]$$

由表 3 及图 2 可看出, 由上式计算出的体长的理论值与实测值相当符合。10 龄和 11 龄的理论值稍大于实测值, 其原因可能是这两个龄组的标本数较少。

用 432 个大小不同的标本, 不分性别取其平均重量作体重与体长的相关图(图 3)。可看

表 3 长吻鮠的实测体长、体重与计算值的比较

年 龄	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
实测体长(厘米)	18.9	30.7	47.6	59.9	66.2	70.1	79.0	84.1	85.5	86.5	87.5
计算体长(厘米)	15.5	32.6	47.7	58.5	66.9	73.5	78.8	82.9	86.1	88.6	90.44
估计误差						2.094					
换算体重(克)	76.5	375	1360	2390	3265	3938	5724	6170	6625	6700	7000
计算体重(克)	54.5	460	1254	2293	3429	4540	5504	6177	6621	7026	7366
估计误差					0.2474						

出体重与体长成幂函数关系。但它与一般常见的鱼类的体长与体重的关系不同, 不能以一个函数式表示。长吻鮠的体长达 78.5 厘米之后, 体重的增长就渐趋缓慢。因此, 我们分别求得体长小于 78.5 厘米的个体的体重与体长的关系为

$$W = 0.01186 L^{2.9914} \quad (2)$$

体长大于 78.5 厘米者为

$$W = 0.6124 L^{2.085} \quad (2')$$

引起体重与体长关系变化的原因是体形的不匀称生长, 体长达 78.5 厘米以上的个体(主要为雄鱼)尾柄显著延长。这样, 与体长相较, 体重的增长就相对地变缓慢了。

体长与年龄的关系可改变成体重与年龄的关系

$$W_t = a L_\infty^b [1 - e^{-k(t-t_0)}]^b \quad (3)$$

或  $W_t = W_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]^b \quad (3')$

体长小于 78.5 厘米(1—6 龄)的体重与年龄的关系为

$$W_t = 10,730 [1 - e^{-0.24(t-0.22)}]^{2.9914}$$

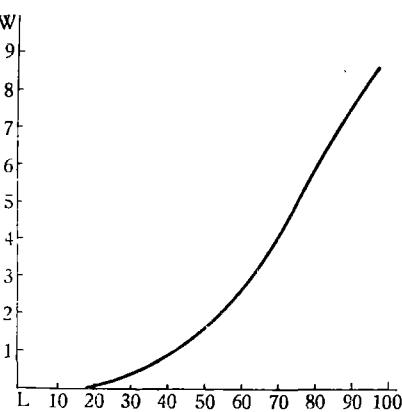


图 3 长吻鮠体重与体长的相关曲线  
L——体长(厘米); W——体重(公斤)。

体长大于 78.5 厘米(6 龄以上)者为

$$W_t = 8,670 [1 - e^{-0.24(t-0.22)}]^{2.085}$$

由表 3 及图 2 可看出计算的体重及由实测体长换算的体重基本上相符。10 龄和 11 龄的实测体长换算的体重偏低，其原因可能是标本数太少。

我们计算了长吻鮠的生长指标及生长常数(表 4)。由表 4 可看出，4 至 5 龄及 8 至 9 龄生长指标及生长常数都比前一阶段有显著的下降。

表 4 长吻鮠各年龄组的生长指标及生长常数

年 龄	体长(厘米)	生长指标	生长常数
I	18.9	9.234	0.733
II	30.7	9.694	0.789
III	47.6	14.811	1.234
IV	59.5	6.582	0.497
V	66.2	3.548	0.293
VI	70.1	8.099	0.751
VII	79.0	5.455	0.520
VIII	84.1	1.411	0.143
IX	85.5	0.996	0.111
X	86.5	1.008	0.122
XI	87.5		

3. 生长推算及反李氏现象：据 Чугунова 氏(1959)<sup>[36]</sup> 报道，Бовк 氏认为鱼体与鳞片半径之间是曲线关系，而且这种曲线相关的形式依不同种类而异。依 Чугунова 氏(1959)<sup>[36]</sup>介绍的 Бовк 氏的方法，我们作长吻鮠的胸鳍棘半径与体长的相关图。图上的点子成直线排列，直线迴归方程为

$$y = 0.6 + 10x \quad (4)$$

式中的  $x$  为放大 21 倍的胸鳍棘半径。由于体长与胸鳍棘半径的生长是直线关系，采用由 Lagler 氏(1959)<sup>[9]</sup>改良的 Lee 的正比例推算公式

$$L_n = (L_T/S_T)S_n + a \quad (5)$$

推算各龄鱼类的体长。推算结果列于表 5。

表 5 由长吻鮠的胸鳍棘上的年轮推算出的各龄组的体长

年 龄	体 长、								标本数
	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$l_5$	$l_6$	$l_7$	$l_8$	
I	19.1								19
II	19.7	30.5							25
III	20.1	31.7	42.3						22
IV	23.9	36.3	48.7	59.9					26
V	26.3	34.2	45.7	56.6	66.3				19
VI	24.9	33.3	43.4	53.0	61.6	70.8			122
VII	28.3	36.9	44.7	52.4	60.1	68.8	77.6		8
VIII	32.1	40.0	47.9	54.8	62.0	70.3	78.0	85.0	5

由表 5 可看出, 1、2 龄的推算长度随推算个体的年龄增长而逐渐增大。这种现象与由鳞片推算经常发生的 1 龄鱼的体长随推算年龄的增长而逐渐变小的李氏现象相反, 称为反李氏现象。关于反李氏现象的报道很少, 其产生原因也不清楚。推算长吻鮠的生长所产生的反李氏现象不可能是因推算公式的错误所致。其原因有二: 1) 体长与胸鳍棘半径保持直线关系, 因而采用直线公式计算是正确的; 2) 用 150 个标本的第一个年轮的半径与相应的体长作相关图, 两者是明显的正相关 ( $r_{xy} = 0.9$ )。这说明第一个年轮的半径随着推算鱼的体长的增长而增大, 同时也说明反李氏现象的产生不可能是因没有正确确定生长中心所引起的。产生反李氏现象的原因可能是生长较快的个体死亡率较低, 因而随年龄的增大, 生长较迅速的个体所占的比例也就逐渐增大。这样, 就产生随着推算年龄的增大, 推算的 1 龄鱼的平均体长也随着增大。

## (二) 生殖特性

1. 性成熟特性: 在长吻鮠的产卵期及产卵前共检查了 668 尾各种大小个体的长吻鮠(体长达 40.0 厘米以上的占 186 个)。观察这些标本的性腺材料表明: 开始性成熟的个体体长变动在 45.5—55.5 厘米之间; 开始性成熟的年龄是 3—5 龄。体长在 51 厘米以下的少部分为达性成熟的个体(占 23.1%), 体长达 55 厘米以上的则大部分为成熟个体(占 91.5%), 体长超过 60 厘米的, 除个别外, 全部是成熟个体(表 6)。

表 6 长吻鮠各龄组及长度组性成熟个体的比例

年 龄	体 长 (厘 米)										成熟比例 (%)	标本数		
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95		
III	0	25	50	52.2									25.6	45
IV	0	0	100	100	100	100	100						94.3	53
V		100	100	100	100	100	100	100					100	33
VI		100	100	100	89	100	100						95	19
VII			100	100	100	100	100	100	100	100			100	21
VIII				100	100	100	100	100	100	100			100	8
IX					100				100	100			100	3
X						100							100	1
XI						100				100			100	3
总计 (%)	0	27	33	92	100	100	95	100	100	100	100	100		
标本数	20	13	15	35	28	14	22	14	14	5	4	2		186

3 龄鱼仅少数生长较迅速的个体开始成熟(占 25.6%), 而 4 龄鱼则除个别生长特别缓慢的个体未成熟外(占 5.7%), 绝大部分都已成熟。

上述材料说明: 同世代的长吻鮠达到第一次性成熟的年龄未必同时, 不同个体之间第一次性成熟的年龄可差 2 龄; 达到性成熟的速度与生长速度有关, 生长迅速的个体成熟较早, 生长缓慢的个体成熟较晚; 生殖群体中除 5 龄鱼全部性成熟外, 还有几个 5 龄以上的龄组, 说明长吻鮠在第一次性成熟后的若干年中还连续成熟。

## 2. 生殖特性

(1) 成熟系数的周年变动及性腺发育周期: 根据四个季节的雌鱼成熟系数制成季节

变化图(图 4)。由图 4 可看出,秋季(8—10 月)的成熟系数最低,以后缓慢上升。冬季(11—1 月)的成熟系数虽略高于秋季,但仍处于较低水平。翌年春夏之交成熟系数迅速上升。夏季(5—7 月)成熟系数达全年最高峰。产卵后成熟系数又下降至最低水平。

长吻鮠的卵巢秋季处于 II 期,冬末春初转入 III 期,夏初大部分是 IV 期,个别停留在 III 期。V 期及 VI 期的性腺发现开始于五月初至五月中旬。

(2) 产卵时间及产卵场: 长吻鮠五月初开始产卵。六月初还发现有部分个体性腺处于 IV 期,表明六月份还是长吻鮠的产卵期。但产卵期至何时结束尚不清楚,因几年来在六月中旬以后都未能取得成鱼的性腺材料。

统计了长吻鮠生殖群体的性比,在 263 个个体中雄鱼占 121,雌鱼占 142,雌雄比例接近 1:1。

据我们数年来在长江中下游各地搜集的性腺材料,长吻鮠的产卵场在监利至鄱阳的荆江河曲一带,比较集中于石首县境内的长江干流中。江西湖口至湖南岳阳一带,鮠鱼汛集中在四月初至四月中,四月下旬数量逐渐减少,五月份极少见。在这一带未曾发现临近产卵或刚产过卵的个体。石首一带长吻鮠大量出现的时间自四月底开始,渔汛盛期一直持续至长江水位高涨渔民停止作业。在这一期间,经常能捕获临产卵或刚产过卵的亲鱼。从各地渔汛及性腺成熟程度的差别来看,长吻鮠在产卵前可能有逆水洄游的习性。

(3) 分批产卵问题: 长吻鮠性成熟的卵巢中已沉积卵黄的卵子大小相差很悬殊。我们推想这可能有两批成熟程度不同的卵子。测量了 18 个卵巢标本的卵径(每个标本取 1 克样品),把测量结果制成卵径分布图。除未充分发育的卵子外,在已沉积卵黄的卵径分布图上都出现两个明显的高峰。这表明长吻鮠的卵子是可能分两批成熟的。1964 年 5 月 7 日、8 日及 21 日在石首县新码头捕获刚产过卵的标本。卵巢中除有透明的 II 时相卵子外,都还有一些 III—IV 时相的卵子。这些卵子在当年可能发育成熟。这些个体的成熟系数处于 0.0154—0.0200 之间,比秋季成鱼的成熟系数为高。同年 5 月 27 日又在石首县采得刚产过卵的标本,卵巢中皆为 II 时相的卵子,成熟系数已降低至 0.0069。同时秋季搜集的成鱼卵巢中的卵子均为未沉积卵黄的 II 时相卵子。上述材料说明,夏季产卵前成鱼卵巢中那批较小的卵子,在第一批卵子排出后可能再发育成熟并排出。

3. 生殖力: 长吻鮠的个体绝对生殖力变动在 1,184—145,410 粒之间,平均为 69,264 粒。

个体绝对生殖力与体长的关系成指数曲线,其曲线方程为

$$R = 0.0003311 L^{2.3613}$$

由曲线方程可明显地看出,个体绝对生殖力随着体长的增长而增长,不仅未发现有体长达到一定长度后绝对生殖力下降的现象,而且个体生殖力的相对增长速度随体长的增长而逐渐加速。

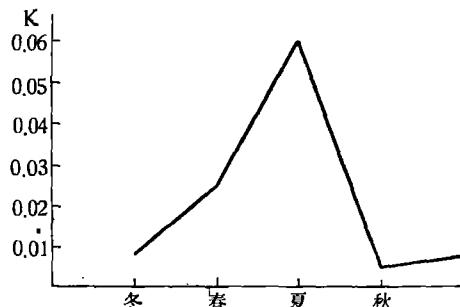


图 4 长吻鮠雌鱼成熟系数(K)的季节变化

个体绝对生殖力与体重(空壳重)也呈指数曲线关系,其曲线方程为

$$R = 2.907W^{0.8461}$$

与体长相关的不同点是指数小于 1,因此随着体重的增长,个体绝对生殖力的增长速度就逐渐下降。

个体绝对生殖力与年龄呈密切的直线相关,其直线方程为

$$R = 1.484t - 0.877$$

个体绝对生殖力随着年龄的增大而不断增长,不仅未发现高龄组的个体绝对生殖力有下降的现象,而且由于年龄与个体绝对生殖力呈直线关系,因而个体绝对生殖力的年增长值也就不会有变化。

4. 生殖群体的年龄组成及比较产卵力: 未受捕捞影响的自然种群的生殖群体的年龄结构及产卵群的类型与受捕捞影响后的生殖群体的年龄结构及产卵群的类型是不相同的。

已知长吻鮠的自然死亡率为 0.28 [详见第(四)部分],因此假使以 2,000 作为一个世代的种群基数来计算,并考虑到雌雄比例为 1:1,则产卵群中各龄组的相对数量即如表 7 第一项所示。由表 6 的各龄组的成熟比例和产卵群中各龄组的相对数可算得整个生殖群体的成熟相对数量及各龄组所占的百分比(表 7)。

渔捞对这样的自然种群的结构起一定的影响。由于长吻鮠的捕捞强度为 0.19 [详见第(四)部分],最小捕捞年龄为 4 龄,因此其生殖群体的年龄结构也就起了一定的变化(表 8)。

表 7 长吻鮠自然种群的产卵群体中各龄组的比例及比较产卵力

年 龄	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
相对数量	519	374	269	194	140	101	73	53	38
成熟比例(%)	25.6	94.3	100	95	100	100	100	100	100
成熟个体占生殖群体(%)	9.9	26.3	20.0	13.7	10.4	7.5	5.4	3.9	2.8
平均生殖力(千粒)	35.7	50.6	65.4	80.3	95.1	109.9	124.8	139.6	154.5
比较产卵力(千粒)	353.1	1,328.5	1,309.3	1,098.9	990.1	825.7	677.6	550.1	435.0
占生殖群体比较产卵力(%)	4.66	17.55	17.29	14.52	13.08	10.91	8.61	6.99	5.53

表 8 长吻鮠受捕捞影响后种群的产卵群体各龄组比例及比较产卵力\*

年 龄	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
相对数量	519	303	189	117	73	45	28	17	10
相对成熟数	133	286	189	111	73	45	28	17	10
成熟个体占生殖群体(%)	14.82	32.02	21.16	12.43	8.17	5.04	3.13	1.90	1.12
比较产卵力	528.95	1,619.9	1,384.5	997.8	777.1	554.1	390.6	265.3	173.0
占生殖群体比较产卵力(%)	7.90	24.20	20.69	14.91	11.61	8.28	5.83	3.96	2.59

\* 以 2000 作为一个世代的种群基数,3 龄鱼的数量按 0.28 的自然死亡率计算,大于 4 龄各龄组的数量按 0.425 的总死亡率计算。

Hickling 氏 (1940)<sup>[8]</sup>曾用比较产卵力 (comparative spawning power) 来估价各个龄组在产卵群体中的作用。长吻鮠的比较产卵力列于表 7。可看出,在产卵群体中起重要作用的龄组是 4 龄(占 17.55%) 和 5 龄组(占 17.29%),其次是 6 龄及 7 龄两龄组。

Монастырский 氏在 1949 年<sup>[29]</sup>提出了产卵群体类型的理论并借鳞片上的产卵标志来划分产卵群体中的补充群及剩余群。在长吻鮠的骨片上未发现产卵标志，但从表 6 可看出，4 龄鱼基本上已完全成熟。该龄组除少部分是剩余群（25.6%）及少数未成熟外（5.7%），其余全为初次成熟的补充群。5 龄鱼除 5.7% 是补充群外，其余全部为剩余群。6 龄以上则全部是剩余群。我们计算出未受捕捞影响的自然种群的产卵群体及受捕捞影响的产卵群体中各龄组补充群与剩余群的比例（表 9）。

由表 9 可以看出，不论是自然种群或受捕捞影响的种群，长吻鮠的产卵群体中剩余群都大于补充群，而且剩余群的年龄组数多达 8 个以上。因此，长吻鮠应属 Монастырский 氏所提出的第三类型的产卵群体。

表 9 长吻鮠的自然种群及经 0.19 捕捞强度影响的种群各龄组补充群及剩余群占整个产卵群体的百分数

年 龄	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
自然种群补充群	9.88	19.12	1.1						
自然种群剩余群		7.14	18.89	13.69	10.41	7.51	5.48	3.94	2.82
经捕捞的种群补充群	14.89.	23.29	1.23						
经捕捞的种群剩余群		8.74	19.93	12.43	8.18	5.04	3.14	1.90	1.12

### （三）食性

检查了 522 个标本的胃含物。由于这些标本都是用钩捕获的，一般取样距钩获的时间较长，因此空胃的个体所占的比例相当大。在 522 个标本中，胃中含有食物的只有 238 个，它们的体长分配见表 10。

表 10 长吻鮠具有胃含物的个体体长分配表

体长(厘米)	0.8—10—20—30—40—50—60—70—80—100	总 计
标本数(个)	3 95 49 34 10 15 16 13 3	238

在长吻鮠的胃中发现食物 40 种以上。现将食物的名称，出现率及其在一个胃中出现最多的个数列于表 11。

由表 11 可看出，甲壳类及鱼类是长吻鮠的主要食物。甲壳类中以日本沼虾，鱼类中以光泽黄颡占绝对优势。在各种长度的长吻鮠的胃中，这两种食物不仅出现率高而且每次吞食的数量也多。胃中的水生植物、旱草及树叶等应该是偶然吞食的食物。因为每次发现的数量都很少，估计是随同其它动物一起被吞食的。

由表 11 还可看出，不同体长的长吻鮠的食性有一定变化。体长在 20.0 厘米以下的个体，从食物的出现率来看，主要是吞食甲壳类的钩虾、日本沼虾以及各类水生昆虫的稚虫。在这一长度组中，鱼类在食物中所占的比例很小。体长在 30.0—40.0 厘米之间的个体，主要食物为十足目及鱼类，昆虫占少数。十足目又以日本沼虾占优势，鱼类以光泽黄颡占优势，昆虫则以异翅类的稚虫占优势。体长 40.0 厘米以上的个体主要食物为日本沼虾及各种鱼类，其它甲壳类及昆虫几乎没有发现。

食物出现率只能表示食物的种类及经常吞食的种类，但不能有量的表示。显而易见，出现率相同，而生物量不同的两种食物在整个食物中的作用显然是不同的。仅用食物出

表11 长吻𬶏的食物名称及出现率

食 物 名 称	体 长 (厘 米)									
	8 I	10 II	12 I	14 II	16 I	18 II	20 I	22 II	24 I	26 II
眼子菜 <i>Potamogeton</i> spp.					3.0					
轮叶黑藻 <i>Hydrilla verticillata</i>					3.0					
旱草	1.0	6.1	8.8	10.0	33.3					
种子	1.0	2.0	3.0	10.0	13.3					
双翅目 Diptera(larva)	11.6	5	4.0	1						
毛翅目 Trichoptera (larva)	33.3	1	7.4	3						
鞘翅目 Coleoptera (larva)	2.1	1	2.0	1	3.0	1				
蜉蝣目 Ephemeroptera (larva)	66.6	1	5.2	1	2.0	2				
鳞翅目 Lepidoptera (larva)										
异翅目 Anisoptera (larva)	3.1	1	2.0	3	14.7	5				
蜻蜓目 Coleoptera (adult)					3.0	3				
革翅目 Dermaptera (adult)					2.0	1				
蝗科 Acriidae (adult)										
钩虾科 Gammaridae	36.8	226								
等足类 Isopoda	33.3	2	5.3	2	2.0	3	3.0	2		
中华新米虾 <i>Neocaridina denticulata sinensis</i>			1.0	1			8.8	2		
细足米虾 <i>Caridina nilotica gracilipes</i>			9.5	8	8.2	28	5.9	5		
中华小长臂虾 <i>Palamoneutes sinensis</i>			1.0	1			5.9	2		

秀丽白虾 <i>Palaemon modestus</i>	1.0	1	4.0	2	32.3	64	30.0	6	13.3	1	25.0	1	36.3	3	33.3	6
日本沼虾 <i>Macrobrachium nipponensis</i> (被严重消化的十足目) Decapoda	33.3	1	28.4	8	38.8	19	32.3	64	30.0	5	13.3	1	6.3	1	27.2	1
(被严重消化的昆虫) Hexapoda	3.1	1	22.4	20	20.6	14	30.0	5	13.3	1	6.3	1	9.1	2		
长颌鲚 <i>Colia ectenes</i>	5.3	1	4.0	1	2.0	1	3.0	2	6.6	1	12.5	2	9.1	3		
短颌鲚 <i>Colia brachygnathus</i>											6.3	1	9.1	1	33.3	1
银鮈 <i>Xenocypris argentea</i>																
贝氏餐条 <i>Hemiculter bleekeri bleekeri</i>	2.0	1	10.0	2	6.3	14										
杜氏蛇𬶋 <i>Sauvagobio dumerili</i>																
戴氏蛇𬶋 <i>Sauvagobio dabryi</i>	2.0	2	3.0	1	13.3	1										
鲤 <i>Cyprinus carpio</i>																
鱂 <i>Rhodeus</i> sp.	2.1	1	10.2	2	14.7	19	40.0	55	26.0	55	6.3	2	9.1	19	66.7	61
铜鱼 <i>Corvina ceropsis</i>															33.3	1
光泽黄颡 <i>Pseudobagrus nitidus</i>																
黄颡 <i>Pseudobagrus fulvidraco</i>																
大眼黄颡 <i>Pseudobagrus eupogon</i>	2.1	1	3.0													
叉尾黄颡 <i>Pseudobagrus vachellii</i> (被严重消化的黄颡)	2.1		8.2	3.0	3											
鳜 <i>Siniperca chuatsi</i>	5.2		4.0		8.8	20.0										

注：表中的 I 为食物出现率，II 为在一个胃中出现最多的个数。

现率很难得到各类食料生物在食物中作用的评价。为了正确估价，我们采用重量法来计算各类食料生物在长吻鮠的食物中所占的比例。

计算各类食料生物的重量时都以活重为标准。个体较小的水生昆虫稚虫、甲壳类的鉤虾、等足类等是测定每个个体的平均重量。对于在食物中出现较多、体长范围较大的种类，如日本沼虾及光泽黄颡等，则事先测制体长与体重的相关曲线，计算时根据相关曲线把胃含物中的每个个体的体长换算成活重。在食物中较少出现的其他十足目及鱼类，则测量长江中长度相同的标本的平均重量。

各类食物重量的比例列于表 12。由表 12 可清楚地看出，在长吻鮠的食物中占主要地位的是十足类及鱼类。这两类中又以日本沼虾及黄颡属占绝对优势。在小个体的长吻鮠的食物中，鉤虾的出现率虽然相当高，但由于本身重量小，所以重量比例还是相当小。

表 12 长吻鮠食料中各类食物的重量比例 (%)

食 物 种 类	体 长 (厘 米)									
	8.0	10	20	30	40	50	60	70	80	100
水生昆虫稚虫	8	6.1	1.43	3.59					0.08	
鉤虾			8.9							
等足类	92	1.6	0.28							
日本沼虾		51.7	45.7	33.4	5.9	2.7	0.41	2.57	2.75	
其他虾类		25.0	19.66	8.97	8.55				0.23	
光泽黄颡		2.28	7.27	37.6	30.91	69.79	1.53	6.87	67.58	
其他黄颡			20.44	1.01	22.43		34.25	46.46		
其他鱼类		0.45		11.22	13.19	27.54	64.52	43.85	29.64	

由表 12 还可看出，体长不同的长吻鮠的主要食物有明显的变化。从出现率来看，日本沼虾在各种长度的长吻鮠的食物中的变化不大，但从重量比例来看却有显著的变化。个体较小的长吻鮠以日本沼虾为主要食物。随着长吻鮠体长的增长，日本沼虾在食物中所占的比例逐渐减小，而黄颡属及其他鱼类的比例逐渐增大。

尽管长吻鮠的食物种类相当多，但每次吞食的种类却很少。在一个胃中只有一种食物的占绝大多数（占实胃数的 62.2%）。一个胃中同时含有两种食物的胃数比较少（占 24.8%）。一个胃中同时含有 3 种以上食物者更少。只有个别情况，一个胃中最多含 6 种不同食物。

#### （四）死亡率

1. 总死亡率：在长江中捕捞长吻鮠的成鱼并在鮠鱼生产上成为主要渔具的是滚钩，因此我们以滚钩的渔获物为材料。

采用下述 3 种较为简便易行的办法计算长吻鮠的总死亡率。

(1) 把 1965 年长吻鮠的渔获物统计中的各龄组的相对数量制成数量与年龄的分布曲线图(图 5)。由图 5 可看出，长吻鮠自 4 龄开始完全进入渔具的选择。计算存活率应自 4 龄开始。这样，把渔获物样品中各龄组的数量代入 Ricker 氏(1958)<sup>[16]</sup>求存活率  $S$  的公式

$$S = \frac{N_2 + N_3 + N_4 + \dots + N_r}{N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_{r-1}}$$

得

$$S = \frac{161 + 83 + 38 + 16 + 10 + 7 + 3}{261 + 161 + 83 + 38 + 16 + 10 + 7} \\ = 0.552.$$

则总死亡率  $\phi = 1 - 0.552 = 0.448$

(2) Баранов 氏(1918)<sup>[21]</sup>提出鱼类的自然死亡率是按自然数的负指数形式递减的。这一理论在 Северцов 氏(1951)<sup>[34]</sup>及其他学者的工作中得到了证实<sup>[7,35]</sup>。依这一理论, 种群各龄组的数量与年龄的关系可以

$$N_t = N_0 e^{-k_0 t} \quad (6)$$

表示。式中  $N_0$  为年龄接近于零时种群的数量,  $k_0$  为种群自然死亡系数。已开发的种群的递减形式也同式(6), 不过式中的  $k_0$  应为自然死亡系数与捕捞死亡系数之和。Баранов 氏(1918)根据此理论, 提出求  $N_0$  及  $k_0$  的公式:

$$k_0 = \frac{\lg n_1 - \lg n_2}{t_2 - t_1} \quad (7)$$

把长吻鮠渔获物样品中 4 龄及 10 龄的数量代入上式求得

$$k_0 = \frac{\lg 261 - \lg 7}{10 - 4} = 0.603$$

再求得

$$261 = N_0 e^{-0.603(4)} \\ N_0 = 261 e^{0.603(4)} \\ = 2918 \\ N_t = 2918 e^{-0.603t}$$

则总死亡率  $\phi = 0.452$ 。

(3) Тюрин 氏(1963)<sup>[35]</sup>根据 Баранов 氏(1925)由捕捞强度求极限年龄的方法作相反的应用——由渔获物中的极限年龄求总死亡率。Тюрин 氏列成在 100, 250, 500, 1,000 个样品中的最大年龄与总死亡率的关系表并作成图, 以备作内插法用。应用 Тюрин 氏的图表, 知道样品数及样品中的最大年龄就很容易算出总死亡率  $\phi$ 。

在长吻鮠的随机取样中, 728 个样品中最大的年龄为 11 龄。在 Тюрин 氏的表及图上查得总死亡率  $\phi$  在 0.40 左右。

用上述三种方法计算出的总死亡率相当接近 ( $\phi = 0.40—0.45$ )。我们采用平均值 0.425 作为长吻鮠的总死亡率。

2. 自然死亡率: 确定鱼类的自然死亡率是件较困难的事。目前解决这一问题还没有十分可靠的办法。用下面两种办法求得的数值仅在没有更精确的方法之前暂作参考的资料。

(1) Тюрин 氏(1963)<sup>[35]</sup>根据 Баранов 氏的种群递减理论, 提出由极限年龄确定自然

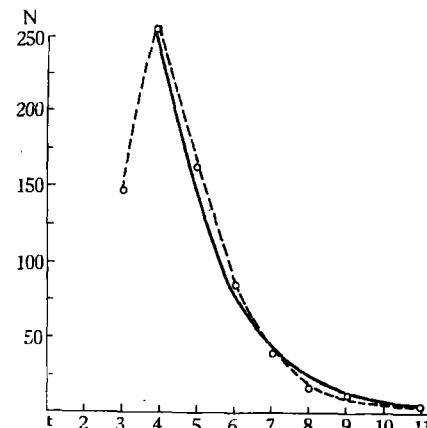


图 5 长吻鮠渔获物样品中各龄组的数量分布  
虚线为实测值; 实线为理论值。  
N——数量; t——年龄。

死亡率的方法。其原理及方法大致与确定总死亡率相同，所不同的是再按自样品中求得的递减率来推算当整个种群在水体中的相对数量只剩一个个体的理论极限年龄，再把此理论极限年龄作为 1,000 个个体中出现的最大年龄，依式(6)来计算死亡率，求得的死亡率就是自然死亡率。

上面已算得长吻鮠的总死亡率  $\phi = 0.425$ 。长吻鮠在长江中为数量中等的种类，按相对数量为 25,000 个，依 0.425 的死亡率计算，当年龄组中的个体数只剩 1 时，其年龄应为 19 龄。以 19 龄作为 1,000 个个体中的最大年龄，死亡率应是 0.28，这就是自然死亡率。

(2) Рукашов 氏(1964)<sup>[33]</sup>根据第一次性成熟年龄( $t_m$ )与极限年龄( $t_\lambda$ )的关系，提出了求极限年龄  $t_\lambda$  的公式：

$$t_\lambda = \left[ \lg \frac{1 - e^{-k(t_m + 1 - t_0)}}{1 - e^{-k(t_m - t_0)}} \right]^{-1} \quad (8)$$

依上式求得极限年龄( $t_\lambda$ )后再依 Баранов 氏的种群递减理论，由极限年龄求自然死亡率。长吻鮠第一次大量达性成熟的年龄是 4 龄， $k$  值如第(一)节所述，按 Ricker 氏方法计算为 0.24， $t_0 = 0.22$ 。把上述参数代入式(8)得

$$t_\lambda = \left[ \lg \frac{1 - e^{-0.24(4+1-0.22)}}{1 - e^{-0.24(4-0.22)}} \right]^{-1}$$

$$t_\lambda = 17.5$$

计算结果，自然死亡率为 0.30 弱。

由上面两种方法计算出的极限年龄较接近，自然死亡率也相近。我们采用 0.28 作为长吻鮠的自然死亡率。

3. 捕捞死亡率：上面已指出，总死亡率为自然死亡率与捕捞死亡率( $P$ )之和。这样，已知总死亡率及自然死亡率，要求捕捞死亡率似乎很容易。但问题并不那么简单，上述的自然死亡率是假定在没有捕捞影响下的数值。捕捞强度对自然死亡率有一定影响。捕捞强度增大，自然死亡率必然会减小。因此，上面所算出的捕捞死亡率只能说是初步的捕捞死亡率，必须经过矫正。长吻鮠的总死亡率  $\phi = 0.425$ ，自然死亡率  $M = 0.28$ ，初步的捕捞死亡率为 0.145。经在 Тюрин 氏(1963)<sup>[33]</sup>的半对数坐标图上矫正，捕捞死亡率应为 0.19。在这样的捕捞强度的影响下，自然死亡率应为 0.235。

### (五) 渔业生物学分析

毛主席在《实践论》中教导我们：“马克思主义的哲学认为十分重要的问题，不在于懂得了客观世界的规律性，因而能够解释世界，而在于拿了这种对于客观规律性的认识去能动地改造世界。”对鱼类生态学工作者来说，问题不仅是了解鱼类适应其生活环境的规律性，更重要的是有目的地去探索在渔业过程中能起重要作用的规律，并用它服务于生产实践。

天然水体中捕捞业向渔业科学工作者提出最主要的问题是：如何在保证不降低资源蕴藏量的前提下，向水体索取最高的渔产量。为解决这一问题，鱼类学及渔业工作者做了不少工作。Никольский 氏 (1950, 1958)<sup>[31,32]</sup>，从理论上有过阐述。但他未能提出切实的、具体的措施。

规定最小的捕捞规格及合理的捕捞强度是保证渔业高产稳产的重要措施之一。尽管我国及印度在古代就有捕捞规格的限制，十八世纪的英、俄等国甚至有具体的法令规定，但到目前为止，人们对于如何具体运用这一措施才是真正有益于渔业生产还各有议论。主要有两种不同的观点：从种群补充的观点出发及从合理利用最高生物量的观点出发。Holt 氏(1900)是前一种观点的代表<sup>[17]</sup>。他的观点不但没有考虑到种群生物量的动态，而且仅从种群补充的角度看来，根据也是不够充分的。从合理利用最高生物量的观点出发的有 Баранов (1918)<sup>[21]</sup>、Russell (1942)<sup>[17]</sup>、Ricker (1945)<sup>[15]</sup>、Тюрин (1963)<sup>[35]</sup> 和 Рукашов (1964)<sup>[33]</sup>等氏。

Ricker 氏(1945)<sup>[15]</sup>正确地分析了鱼类世代生物量的消长因素。Рукашов 氏(1964)<sup>[33]</sup>提出获得最大渔获量的最小捕捞规格的较为简便的计算方法。他比较相邻龄组的生物量，得生物量的增减系数  $K_t$  值

$$K_t = \frac{N_{t+1}W_{t+1}}{N_tW_t} \quad (9)$$

当  $K_t > 1$  时，世代生物量还继续增长； $K_t < 1$  时，世代生物量已下降；而当  $K_t = 1$  时，世代生物量达最高点， $t$  就应该是开始捕捞的年龄。因自然死亡是按自然数的负指数形式递减的，故

$$K_t = \frac{W_{t+1}}{W_t} e^{-k_0 t} \quad (9')$$

假使  $K_t = 1$ ，又依体重与年龄的关系，故

$$k_0 t = 2.32 \lg \frac{[1 - e^{-k(t+1-t_0)}]^b}{[1 - e^{-k(t-t_0)}]^b} \quad (10)$$

假使以  $k_0$  为纵坐标，以  $t$  为横坐标，把坐标系中  $K_t = 1$  的各  $k_0 t$  点连起来，就形成所谓边界曲线。

Рукашов 氏的计算方法，只有当捕捞强度达到 1 时，而且在  $K_t = 1$  时开始捕捞才能充分利用鱼类的生物量。实际上，在天然渔业条件下，这样大的捕捞强度不仅不可能，而且不合理。因此，如果在一般的渔业条件下采用以上作者的意见，对于某些种类来说，可能有很多鱼类生物量因未及时捕取而受自然死亡的影响而损耗；而对另一些种类来说，可能由于没有正确地考虑种群的合理补充而破坏了种群的再生产能力。

下面我们将讨论长江中长吻鮠的最大持续渔获量，亦即分析在各种不同的捕捞强度的条件下获得最高渔获量的最小捕捞规格及种群补充量。

依 Рукашов 氏(1964)<sup>[33]</sup>，求得长吻鮠的边界曲线（图 6）。长吻鮠的自然死亡率为 0.28，由纵坐标上  $S = 0.72$  处引一条与横坐标的平行线，交曲线于点 A，点 A 的横坐标 B 就是世代生物量达到最高峰的年龄。由图 6 可看出点 B 的  $t$  值为 4.5。依 Рукашов 氏，这就是最小的捕捞年龄。

应用 Рукашов 氏的这种方法未必能合理地利用鱼群的生物量。我们分别以 0.19、0.25、0.30、0.50 及 1.0 等数种捕捞强度来计算长吻鮠在各种不同最小捕捞规格的情况下总渔获重量，从渔获重量的角度来比较在各种不同捕捞强度下的最合适的小捕捞规格。

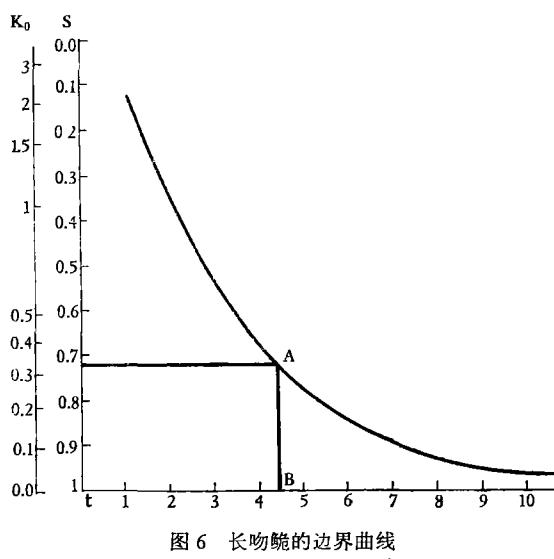


图 6 长吻𬶏的边界曲线  
t——年龄；S——存活率； $k_0$ ——自然死亡系数。

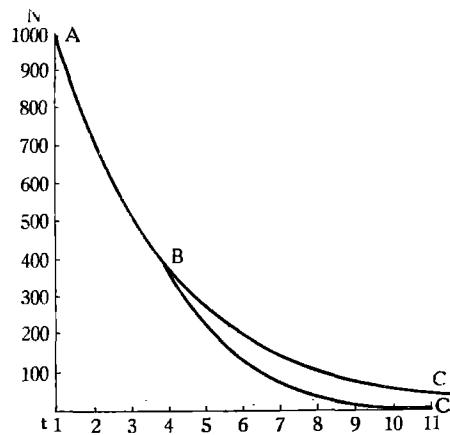


图 7 长吻𬶏自然种群及以 0.19 的捕捞强度影响后的种群曲线

N——数量；t——年龄；ABC——自然种群曲线；ABC'——以 0.19 的捕捞强度自 4 龄开始捕捞的种群曲线。

由图 7 可看出, 当自然死亡率为 0.28 时, 未经捕捞影响的种群曲线为  $ABC$ 。如果自 4 龄开始以 0.19 的强度进行捕捞, 种群的曲线就变成  $ABC'$  (图 7)。

设每个世代开始时的数量是恒定的, 每年鱼群中因自然死亡及捕捞死亡而损失的总量  $R$  就等于每年达到最小捕捞年龄的鱼群量。即

$$R = N_0 e^{-k_0 t'} \quad (11)$$

式中的  $t'$  为开始捕捞的年龄,  $k_0$  为自然死亡系数。而捕捞的个体数  $C$  为

$$C = R \frac{P}{M + P} \quad (12)$$

式中的  $P$  为捕捞死亡率,  $M$  为自然死亡率。渔获总重量  $Y$  为捕捞个体数 ( $C$ ) 与个体平均重量 ( $\bar{W}$ ) 的乘积, 即

$$Y = R \frac{P}{M + P} \cdot \bar{W} \quad (13)$$

个体平均重量  $\bar{W}$  为总损耗个体 (包括捕捞及自然死亡) 的重量和除以总损耗的个体数。

$$\bar{W} = \frac{\sum_{t=t'}^{t=t_\lambda} N_0 e^{-(k_0+m)t} W_t}{\sum_{t=t'}^{t=t_\lambda} N_0 e^{-(k_0+m)t}} \quad (14)$$

式中的  $(k_0 + m)$  为自然死亡系数及捕捞死亡系数之和。

设世代开始的相对数量为 1,000, 用上式 (13) 可计算在不同捕捞强度的条件下各不同最小捕捞年龄的渔获总重量 (表 13, 图 8)。图 8 的横坐标为最小捕捞年龄, 纵坐标为渔获总重量。由图 8 及表 13 可看出, 获得最高渔获量的最小捕捞年龄随着捕捞强度的增强而逐渐向后移, 同时最大的渔获量也随着捕捞强度的增强而增大。捕捞强度达到最大值时 ( $P = 1$ ), 获得最大渔获量的最小捕捞年龄为 4.5, 即与 Рукашов 氏计算的最小捕捞年

龄相符。我们暂把这一年龄称作临界年龄。如果最小捕捞年龄小于临界年龄，适当地提高最小捕捞年龄及调整捕捞强度，可望获得较高的渔获量。如果最小捕捞年龄已大于临界年龄，在一定捕捞强度下，越增大最小捕捞年龄渔获量就越低。

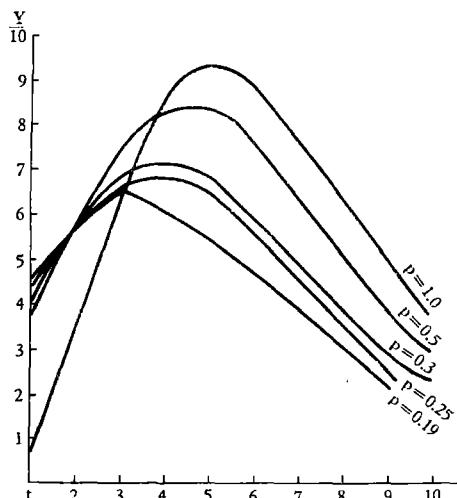


图 8 长吻𬶏各种不同的最小捕捞年龄及  
捕捞强度的相对渔获总量( $Y$ )  
 $P$ ——捕捞强度； $t$ ——年龄。

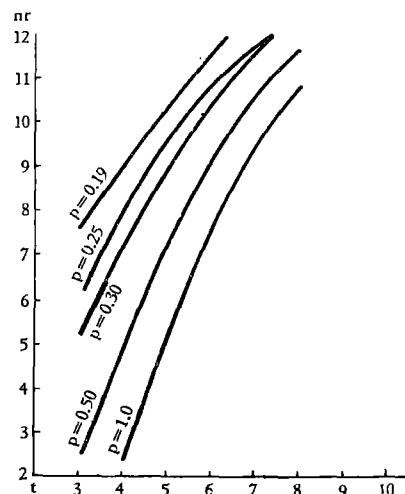


图 9 长吻𬶏各种不同的最小捕捞年  
龄及捕捞强度的生殖群体相对数量  
 $nr$ ——相对数量； $t$ ——年龄；  
 $P$ ——捕捞强度。

表 13 长吻𬶏各不同捕捞强度及最小捕捞年龄的相对总渔获量  
(设世代数量为 1,000, 单位万克)

捕 捞 强 度	最 小 捕 捞 年 龄								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
0.19	43.86	56.58	65.65	59.38	54.52	46.30	38.59	29.91	21.74
0.25	43.64	56.85	66.76	67.69	65.04	55.20	45.71	35.63	23.58
0.30	39.53	56.75	68.15	71.86	67.71	59.48	49.30	38.39	29.13
0.50	37.80	53.56	74.84	84.53	83.72	75.67	63.13	50.64	38.39
1.00	5.45	33.12	65.08	85.76	92.24	88.07	77.05	62.39	48.33

捕捞长吻𬶏的主要季节是初夏，而且绝大多数是在生殖之前。因此，我们计算生殖群体的数量时，当年被捕捞的数量就可不必计算。生殖期正是每龄开始的时候，因此计算生殖群体的数量就不必考虑当年的自然死亡数。我们以 1,000 个个体作为世代开始的数量，生殖群体的相对总数为各龄组在受捕捞及自然死亡影响后的成熟个体的总和。计算结果列于表 14 及图 9。

由表 14 及图 9 可看出，在一定的捕捞强度下，生殖群体的总数量随着最小捕捞年龄的增大而增多；在一定的最小捕捞年龄的条件下，生殖群体的总数随着捕捞强度的增强而减少。

由总渔获量及生殖群体总数量的讨论结果可得以下结论：变更各种不同的捕捞强度与最小捕捞年龄的组合可以获得特定的总渔获量及生殖群体的总数量。例如，以 0.25 的捕捞强度、4 龄为最小捕捞年龄比以 0.30 的捕捞强度、5 龄为最小捕捞年龄的总渔获量

表 14 长吻鮠不同捕捞强度及最小捕捞年龄的生殖群体的相对数量

捕捞强度	最 小 捕 捞 年 龄					
	III	IV	V	VI	VII	VIII
0.19	758	893	1027	1162	1223	1261
0.25	612	771	944	1082	1170	1239
0.30	526	689	894	1038	1149	1221
0.50	256	448	717	916	1058	1164
1.00	0	133	486	755	939	1079

稍低,而后一种组合的生殖群体的相对总数量却增多 1/7 左右;以 0.19 的捕捞强度、4 龄为最小捕捞年龄和以 0.30 的捕捞强度、5 龄为最小捕捞年龄的生殖群体的总数量相当,而后一种组合的总渔获量显然比前一种的高。因此,我们可以变更捕捞强度与最小捕捞年龄的组合以增加生殖群体的总数量或提高渔获总量。

从以上的情况也可以看出,前述诸学者<sup>[17,32,35]</sup>对于最小捕捞规格方面的意见是不全面的。规定最小捕捞规格的目的在于保证有足够的种群补充的条件下获取最高的渔获量。如上所述,在同一最小捕捞规格的情况下,不论渔获量或生殖群体的总数量都与捕捞强度有密切的关系。因此,不考虑捕捞强度而制订最小捕捞规格是不合理的。我们认为,规定最小捕捞规格必须同时考虑种群的自然死亡率、捕捞强度、个体的生长以及成熟速度等四个因素。

从长吻鮠渔获物的选样中的各相邻龄组的比例来看,生殖群体与补充群体之间的数量是保持稳定的平衡的。也就是说,生殖群体的相对总数量保持在 893 左右(世代开始数量以 1,000 个计算)就不致于发生种群补充不足的现象。从生物量的观点来看,目前的最小捕捞年龄(4 龄)如改为 3 龄,虽总渔获量稍有提高,但生殖群体的总数量却减少很多。这样,生殖群体的数量很难保证生产出足够的补充种群。因此,我们应该保证生殖群体的相对数量稳定在原有水平的前提下,变更捕捞强度及最小捕捞年龄以达获得高渔获量的目的。例如,我们可以把目前的捕捞强度增至 0.30,而把 5 龄规定为最小捕捞年龄,其总渔获量将提高 14%,而生殖群体的总数量保持不变。

每年进入捕捞年龄的种群的补充量保持衡定并不足以说明这种渔业是完全合理的。因为进入捕捞年龄的补充种群的绝对数量可保持于各种不同的水平。众所周知,在一定的捕捞强度的情况下,补充群的绝对数量越大,绝对总渔获量就越大。

长吻鮠的产卵群体的剩余群大大地超过补充群,而且剩余群是由为数较多的年龄组构成,是属于结构较复杂的类型。研究长吻鮠的比较产卵力就更加清楚地了解到,剩余群所起的作用比补充群大得多。要保证长吻鮠的资源量不受严重破坏,捕捞时必须考虑留有足够的生殖群体。假如捕捞强度过大,剩余群受严重破坏,资源就长期难于恢复。在把渔获量保证稳定在某一定水平上的前提下,尽量少捕生殖群体中的低龄个体,改变补充群与剩余群的原有比例,可以提高长吻鮠的资源恢复速度。要想获得较高的渔产量还得尽量保证不捕小于最小捕捞年龄的个体。但在长江中的小钩、旋网和挟篱网等渔具对当年幼鱼及 1、2 龄幼鱼的损害相当严重。应该严禁上述渔具滥捕幼鱼,以保证水体中有更多的个体达到捕捞年龄,从而提高资源量。

## (六) 小结

长吻鮰是长江中的中型重要经济鱼类。本文研究其种群生态学特性并通过渔业生物学分析提出合理渔业利用意见。

长吻鮰的胸鳍棘，尾舌骨和脊椎骨可用作年龄鉴定材料。其中以胸鳍棘最方便，效果亦佳。年轮的形成时间为6月中至7月。采用Brody-Bertallanfy的公式来表述体长与年龄的关系：

$$L_t = 980[1 - e^{-0.24(t-0.22)}]$$

体重与年龄的关系分别为体长小于78.5厘米：

$$W_t = 10730[1 - e^{-0.24(t-0.22)}]^{2.9914}$$

体长超过78.5厘米：

$$W_t = 8670[1 - e^{-0.24(t-0.22)}]^{2.085}$$

用胸鳍棘上的年轮来推算各龄鱼的体长与实测值基本上相符，但出现所谓“反李氏现象”。

长吻鮰第一次性成熟的体长为45.5—55.5厘米，年龄为3—5龄。第一次性成熟后在以后的若干年还能连续成熟。繁殖季节为5—6月。长江中下游的繁殖场集中在监利至郝穴的荆江河曲一带。个体绝对繁殖力变动在1,184—145,410之间(平均69,264)。个体绝对繁殖力与体长的关系为

$$R = 0.0003311 L^{2.3613}$$

4龄和5龄的比较产卵力最高。产卵群体的结构较复杂，其剩余群大于补充群。

长吻鮰为肉食性鱼，食物种类在40种以上，主要为甲壳类及小型鱼类。采用重量法来评价各类食物在长吻鮰食料中的作用。

长吻鮰的总死亡率为0.425，自然死亡率为0.28，捕捞死亡率为0.19。受捕捞影响后自然死亡率为0.235。

计算了不同捕捞强度和不同最小捕捞规格的总渔获量和繁殖群体的相对数量，说明不考虑捕捞强度而规定最小捕捞规格是不够合理的。对最大的持续渔获量的讨论结果表明，如把捕捞强度增强至0.30，最小捕捞年龄增大至5龄，长吻鮰的渔获总量将提高14%，同时保持繁殖群体的原有相对数量。

## 参 考 文 献

- [1] 刘瑞玉，1955。中国北部的经济虾类。科学出版社。
- [2] 中国淡水养鱼经验总结委员会编，1973。中国淡水鱼类养殖学（第二版），第16—17页。科学出版社。
- [3] 邱望春、蒋定和，1965。东海带鱼 *Trichiurus haumela* (Forskal) 个体生殖力的研究。水产学报，2(2): 13—25。
- [4] 郑文莲、徐恭昭，1962。浙江岱衢洋大黄鱼个体生殖力的研究。海洋科学集刊，(2): 59—78。
- [5] 津田松苗，1958。水生昆虫学。北隆馆。
- [6] Applegate, J. and L. L. Smith, Jr., 1951. The determination of the channel catfish, *Ictalurus lacustris*. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 80:119—139.
- [7] Beverton, R. J. H. and S. J. Holt, 1957. On the dynamics of exploited fish populations. *Min. Agric., Fish. and Food. (Gt. Brit.) Fish Invest. Ser.*, 2(19):5—533.
- [8] Hickling, C. F., 1940. The fecundity of the herring of the southern north sea. *Journ. Mar. Biol. Assoc.*, 24:619—632.
- [9] Lagler, K. F., 1959. Freshwater fishery biology. Dubuque, Iowa.
- [10] LeCren, E. D., 1947. The determination of the age and growth of the perch (*Perca fluviatilis*) from the opercular bone. *Journ. Anim. Ecol.*, (16):188—204.

- [11] Menon, M. D., 1950. The use of bones, other than otoliths, in determining the age and growth rate of fishes. *Journ. Conseil Intern. Pour L'Exp. de la Mer.*, 16(3):312—335.
- [12] Norval, F. N. & A. Witt, 1962. Contribution to the life history of the long nose gar (*Lepidosteus osseus*) in Missouri (The part of age and growth). *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 91(3): 251—261.
- [13] Parker, R. R. & P. A. Larkin, 1959. A concept of growth in fishes. *Journ. Fish. Res. Bd. Canada*, 16(5):721—745.
- [14] Pennak, Robert W., 1953. Fresh-water invertebrates of the United States. New York.
- [15] Ricker, W. E., 1945. A method of estimating minimum size limits for obtaining maximum yield. *Copeia*, 2:84—94.
- [16] Ricker, W. E., 1958. Handbook of computations for biological statistics of fish populations. *Fish. Res. Board of Canada Bull.*, (119):4—300.
- [17] Russell, E. S., 1942. The overfishing problem. Cambridge University Press.
- [18] Sneed, K. E., 1951. A method for calculating the growth of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 80:174—183.
- [19] Walford, L. A., 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. *Biol. Bull.*, 90:141—146.
- [20] Абакумов, В. А., 1964. Методика изучения динамики весового и линейного проста рыб. *Труд. ВНИРО*, Л:179—192.
- [21] Баранов, Ф. И., 1918. К вопросу о биологических основаниях рыбного хозяйства. Очерки по биологическим основам рыбного хозяйства. 1961, стр. 69—94. Изд. АН СССР, Москва.
- [22] Боруцкий, Е. В., 1961. Руководство по изучению питания рыб в естественных условиях. Изд. АН СССР, Москва.
- [23] Брюзгин, В. А., 1961. Феномен Ли. *Вопр. ихтиол.*, 17:140—1497.
- [24] Брюзгин, В. А., 1963. О методах изучения роста рыб по чешуе, костям и отолитам. *Вопр. ихтиол.*, том 3, вып. 2(27):347—365.
- [25] Дрягин, П. А., 1952. О полевых исследованиях размножения рыб. *Известия ВНИОР*, XXX: 3—70.
- [26] Замахаев, Д. Ф., 1964. К вопросу о влиянии роста первых лет жизни рыбы на последующий её рост. *Труд. ВНИОР*, Л:109—142.
- [27] Кузнецов, В. В., 1957. О так называемом феномене Ли. *Вопр. ихтиол.*, вып. 8:143—154.
- [28] Мейен, В. А., 1939. К вопросу о годовом цикле изменений яичников костистых рыб. *Известия АН СССР*, (3):389—4207.
- [29] Монастырский, Т. Н., 1949. О типах веретенных популяций у рыб. *Зоол. журн.*, 28(6): 535—544.
- [30] Никольский, Г. В., 1950. О некоторых закономерностях динамики полововитости рыб. *Зоол. журн.*, 29(6):489—500.
- [31] Никольский, Г. В., 1950. О биологическом обосновании констингента вылова и путях управления численностью стада рыб. *Зоол. журн.*, 29(1):16—26.
- [32] Никольский, Г. В., 1958. О биологических основах регулирования рыболовства. *Вопр. ихтиол.*, вып. II:3—15.
- [33] Рукашов, В. Н., 1964. О наименьшей промысловой мере на рыбу. *Рыбн. хозяйств.*, 11:27—30.
- [34] Северцов, С. А., 1951. Проблемы экологии животных. Изд. АН СССР, стр. 160—170.
- [35] Тюрик, П. В., 1963. Биологические обоснования регулирования рыболовства на внутренних водоемах. стр. 55—94. Пищ.-изд. Москва.
- [36] Чугунова, Н. И., 1959. Руководство по изучению возраста и роста рыб. Изд. АН СССР, Москва.
- [37] Шентякова, Л. Ф., 1962. О Феномене Роза-Ли. *Вопр. ихтиол.*, том 2, вып. 3(24):480—486.

# POPULATION ECOLOGY OF [*LEIOCASSIS LONGIROSTRIS* (GÜNTHER)] (PISCES, BAGRIDAЕ) WITH REFERENCE TO THE PROBLEM OF MAXIMUM SUSTAINED YIELD

WOO CHING-JIANG

*(Institute of Hydrobiology, Hupei)*

## ABSTRACT

The long-snout catfish—*Leiocassis longirostris* (Günther) has long been a valuable commercial fish in the Yangtze valley, yet practically no information on its biological features can be obtained from the literature. Age-composition, growth, spawning, feeding and the problem of maximum sustained yield of this fish have recently been investigated for the first time.

As material for age-determination, the pectoral spine, urohyal and vertebra have been used for comparison, and the first-named structure is found to be more suitable for this purpose. Formation of annulus in the pectoral spine occurs in the middle of June to July.

The relationship between the age and the body length can be expressed by the equation  $L_t = 980 [1 - e^{-0.24(t-0.22)}]$ .

Owing to the fact that individuals of *L. longirostris* over 78.5 cm in length have a body form much more elongated than those under this length, the weight-length relationship is better denoted by separate equations:

For individuals under 78.5 cm in length:

$$W_t = 10730 [1 - e^{-0.24(t-0.22)}]^{2.9914};$$

For those over 78.5 cm in length:

$$W_t = 8670 [1 - e^{-0.24(t-0.22)}]^{2.085}.$$

The relationship between the radius in the section of the pectoral spine and the length of body is in linear regression. The length back-computed from the radius of the annulus generally coincides with the actual measurement of the body length, although there is indication of the so-called "anti-Lee phenomenon" in such backcomputations.

First maturity of *L. longirostris* occurs in individuals varied from 45.5 to 55.5 cm in length and from 3 to 5 years of age. After the first maturity, reproduction recurs in the successive years. It is found that the region from Chiengli to Hoshui in the Yangtze River is the regular spawning ground.

The individual absolute fecundity varies from 1,184 to 145,410 (69,264 on the average). Its relation to body length is expressed as

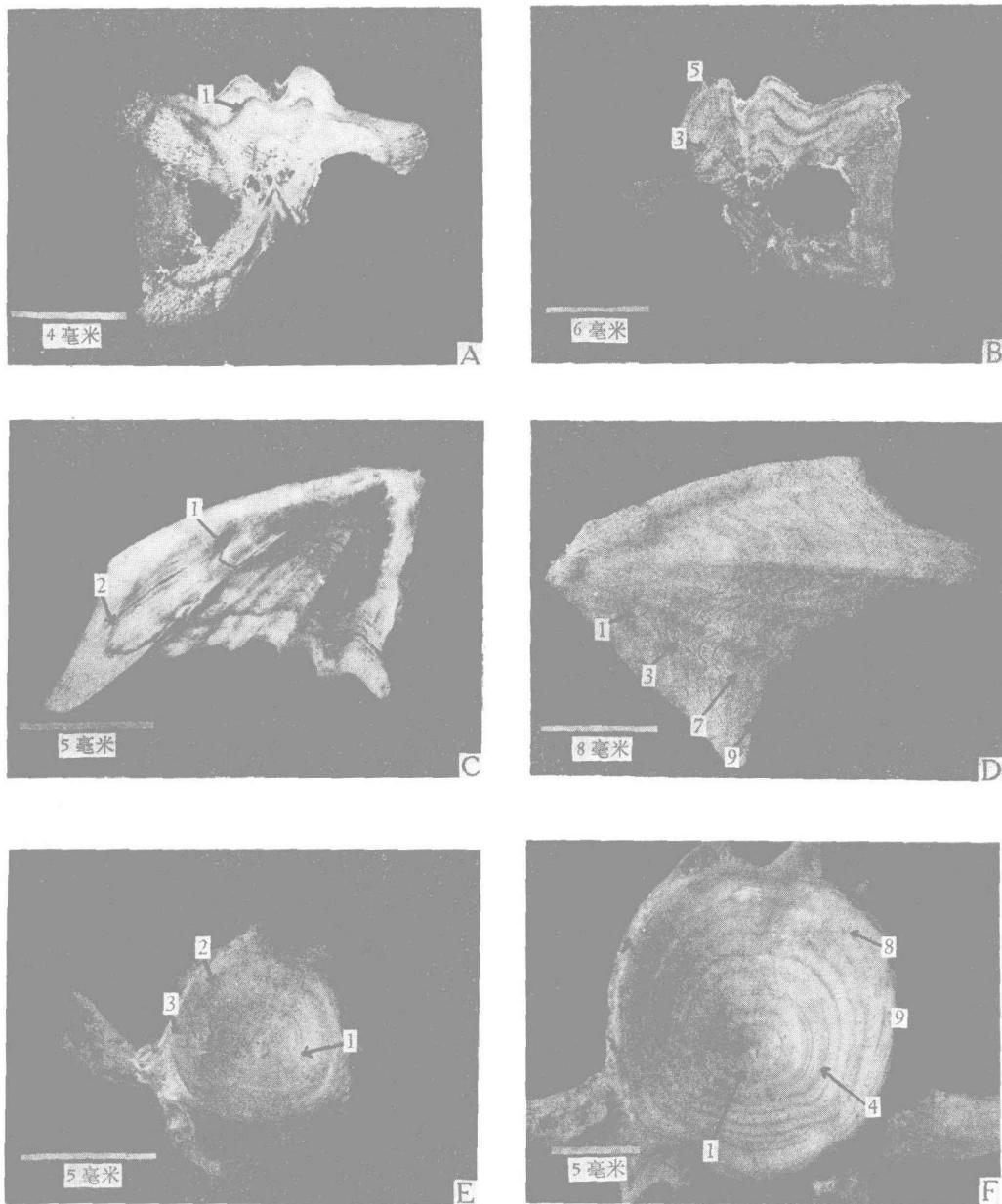
$$R = 0.0003311 L^{2.3613}.$$

The comparative spawning power is highest at 4 and 5 years old. The reproductive stock is composed of many age-classes, but the re-spawners are always dominant over

the new spawners in number.

*L. longirostris* is a predacious fish with a broad recipe, over 40 kinds of animals being recovered from stomach contents. Small fishes of various kinds and shrimps form the chief components.

The total mortality of *L. longirostris* is calculated to be 0.425, with a natural mortality of 0.235 and a catching mortality of 0.19. The actual harvestable age at present is from 4-years old onwards. The problem of maximum sustained yield is discussed. If the minimum harvestable age is to be raised to 5 years old and at the same time fishing effort be intensified so as to elevate the fishing mortality to 0.30, the total yield of this fish might be expected to increase by 14 per cent, while the size of the reproductive stock might still maintain a state of stability.



长吻𬶏骨片上的年轮

A,B——脊椎骨；C,D——尾舌骨；E,F——脊椎骨；

图中箭头所指处为年轮。