

DOI: 10.5846/stxb201403100406

熊飞, 刘红艳, 段辛斌, 刘绍平, 陈大庆. 长江上游朱杨溪江段圆筒吻鮰种群参数和资源量. 生态学报, 2015, 35(22): - .  
Xiong F, Liu H Y, Duan X B, Liu S P, Chen D Q. Population parameters and population abundance of *Rhinogobio cylindricus* in Zhuyangxi section of the upper Yangtze River. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(22): - .

## 长江上游朱杨溪江段圆筒吻鮰种群参数和资源量

熊 飞<sup>1</sup>, 刘红艳<sup>1</sup>, 段辛斌<sup>2, \*</sup>, 刘绍平<sup>2</sup>, 陈大庆<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 江汉大学生命科学学院, 武汉 430056

<sup>2</sup> 中国水产科学研究院长江水产研究所, 武汉 430223

**摘要:**圆筒吻鮰为长江上游特有种,三峡、向家坝、溪洛渡等梯级水利工程的建设,可能对其物种生存产生较大影响。为了解三峡工程蓄水后、金沙江一期工程蓄水前该物种的种群动态,2007—2009 年对长江上游朱杨溪江段的圆筒吻鮰进行了调查,利用体长频率数据对其种群参数和资源量进行了估算。长江上游朱杨溪江段圆筒吻鮰渔获群体体长范围为 69.0—268.0 mm,体重范围为 3.9—230.4 g,平均体长为(181.4±26.9) mm,平均体重为(78.5±33.0) g;优势体长组为 125.0—225.0 mm,约占总数的 93.0%。圆筒吻鮰体长体重关系为:  $W = 1.58 \times 10^{-5} L^{2.95}$  ( $R^2 = 0.94, P < 0.01, n = 401$ ), 为匀速生长类型,可用 Von Bertalanffy 生长方程描述其生长规律。圆筒吻鮰生长参数为  $L_{\infty} = 361$  mm、 $k = 0.21 \text{ a}^{-1}$ 、 $t_0 = -0.68$ ; 死亡系数为  $Z = 1.70$ 、 $M = 0.50$ 、 $F = 1.20$ 。其开捕体长为 163.4 mm,资源开发率为 0.70,超过了其资源最适开发率(0.60)而接近最大开发率(0.75)。2007—2009 年朱杨溪江段圆筒吻鮰年渔获量分别为 6716 尾(0.50 t)、22772 尾(1.87 t)和 16139 尾(1.20 t),平均值为 15209 尾(1.19 t)。由体长股分析法估算出 2007—2009 年朱杨溪江段圆筒吻鮰年资源量分别为 16361 尾/km(1.25 t/km)、13922 尾/km(1.74 t/km)和 26836 尾/km(1.93 t/km),均值为 19040 尾/km(1.64 t/km)。目前圆筒吻鮰资源开发率偏高,建议提高开捕体长至 193.5 mm,降低其开发率。建议逐步引导渔民转产转业,实施全年禁渔措施,加强圆筒吻鮰等特有鱼类的保护。

**关键词:**种群参数;生长;死亡;资源评估;圆筒吻鮰

## Population parameters and population abundance of *Rhinogobio cylindricus* in Zhuyangxi section of the upper Yangtze River

XIONG Fei<sup>1</sup>, LIU Hongyan<sup>1</sup>, DUAN Xinbin<sup>2, \*</sup>, LIU Shaoping<sup>2</sup>, CHEN Daqing<sup>2</sup>

<sup>1</sup> School of Life Sciences, Jiangnan University, Wuhan 430056, China

<sup>2</sup> Yangtze River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science, Wuhan 430223, China

**Abstract:** The upper Yangtze River supports many rare and endemic fish species and plays a critical role in biodiversity conservation in China. However, the fish fauna is under serious threat from large cascaded hydroelectric projects, including damming in Three Gorges, Xiangjiaba, and Xiluodu. The state of the endemic species is a major ecological concern. Estimates of population abundance and demography are needed for assessing fish population dynamics and effective fisheries management. A traditional method of estimating population parameters is based on the age-length relationship, which requires detailed age determination. A simpler alternative method is based on length-frequency data. We employed the second method and used the software FiSATII (FAO-ICLARM Stock Assessment Tools) to estimate the growth rate and mortality of *Rhinogobio cylindricus*, an endemic species of the upper Yangtze River, based on a survey in the Zhuyangxi section conducted in 2007—2009, a period after the Three Gorges Reservoir was impounded, but before the Xiangjiaba and Xiluodu reservoirs were. Growth and mortality parameters of the fish were estimated based on length-frequency data. *R.*

基金项目:国家自然科学基金(51109091,51310105036)

收稿日期:2014-03-10; 网络出版日期:2015-04-20

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: duan@yfi.ac.cn

*cylindricus* ranged from 69.0 to 268.0 mm in length and 3.9 to 230.4 g in weight, with an average length of  $181.4 \pm 26.9$  mm and an average weight of  $78.5 \pm 33.0$  g. The length group of 125.0—225.0 mm dominated the catches (93.0% of the total number). The length-weight relationship was well fitted with a power function,  $W = 1.58 \times 10^{-5} L^{2.95}$  ( $R^2 = 0.94$ ,  $P < 0.01$ ,  $n = 401$ ), a result that means that the growth of the fish is isometric and adequately described by the Von Bertalanffy growth equation. Three growth-related population parameters,  $L_{\infty}$ ,  $k$ , and  $t_0$ , were estimated as 361 mm, 0.21  $a^{-1}$ , and  $-0.68$ , respectively. The three mortality-related parameters,  $Z$ ,  $M$ , and  $F$ , were estimated as 1.70, 0.50, and 1.20, respectively. The minimum catchable size was 163.4 mm, and the exploitation rate observed was 0.70, higher than the estimated optimum exploitation rate (0.60), but lower than the maximum exploitation rate (0.75). The annual yield of *R. cylindricus* in Zhuyangxi section was 6,716 ind. (0.50 t) in 2007, 22,772 ind. (1.87 t) in 2008, and 16,139 ind. (1.20 t) in 2009, with an average of 15,209 ind. (1.19 t). Population abundance was estimated by applying Length-structured Virtual Population Analysis to length-frequency and annual yield data. The estimated annual-average abundance of *R. cylindricus* in Zhuyangxi was 16,361 ind./km (1.25 t/km) in 2007, 13,922 ind./km (1.74 t/km) in 2008, and 26,836 ind./km (1.93 t/km) in 2009, respectively, with an average of 19,040 ind./km (1.64 t/km). The estimated growth-related population parameters of *R. cylindricus* by length-frequency data in this study are consistent with previous studies based on age-length data, which indicates that the result is reliable. Considering the current high exploitation rate for *R. cylindricus*, we recommend a minimum catchable length of 193.5 mm to decrease its exploitation rate. We further suggest that management authorities establish a closed period for fishing and assist commercial fishermen with alternative career options to reduce harvesting pressure on the endemic species.

**Key Words:** population parameters; growth; mortality; stock assessment; *Rhinogobio cylindricus*

长江上游拥有丰富的珍稀、特有鱼类资源,是我国生物多样性保护的关键区域之一。三峡大坝等大型水利工程建设,将阻碍鱼类洄游通道、改变鱼类栖息生境,对长江上游鱼类群落产生显著影响。三峡水库蓄水后,使长江上游约 600 km 干流江段形成河谷型水库,水流变缓,原来栖息于此的多种特有鱼类将逐渐从库区消失,其栖息生境大范围萎缩<sup>[1]</sup>。溪洛渡、向家坝等更多梯级电站的建设,将加剧这种影响,长江上游特有鱼类的种群生存令人担忧,其种群动态颇受关注<sup>[2]</sup>。

鱼类的生长参数和死亡系数是渔业资源评估和管理的关键参数,是了解鱼类种群数量变动的重要因素,亦是合理开发利用鱼类资源及制定鱼类资源保护策略的基础。以往鱼类种群参数和资源量估算主要依据鱼类的年龄-体长数据,需要进行年龄鉴定<sup>[3]</sup>。而利用体长频率数据来进行种群参数和资源量估算可以避免年龄鉴定,具有一定的优势<sup>[4]</sup>。随着 FiSAT II 渔业评估软件的不断发展和完善,可以依据鱼类的体长频率数据估算鱼类的生长参数、死亡系数和资源量等,从而提高了鱼类资源评估的效率和精度<sup>[5]</sup>,该方法在鱼类种群参数和资源量估算方面正在逐步得到推广应用<sup>[6-7]</sup>。我国这方面的研究和应用主要集中在海洋鱼类方面<sup>[8-9]</sup>,对河流鱼类的研究相对较少<sup>[10]</sup>,远远不能满足河流鱼类资源管理和保护的需求。

圆筒吻鮡(*Rhinogobio cylindricus*)隶属于鲤科(Cyprinidae)鮡亚科(Gobioninae)吻鮡属(*Rhinogobio*),主要分布于长江上游干、支流,是长江上游的特有种。目前已有一些关于圆筒吻鮡年龄和生长的报道<sup>[11-13]</sup>,但对其生长参数的估算主要依据年龄-体长数据。本研究根据 2007—2009 年长江上游江津朱杨溪江段的渔业调查资料,利用体长频率数据对其种群参数和资源量进行估算,以了解三峡工程蓄水后、金沙江一期工程蓄水前其种群动态和资源利用状况,为其资源管理和物种保护提供依据,也可为大型水利工程的生态学效应评估积累资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 渔业调查

2007—2009 年对长江上游江津朱杨溪江段的圆筒吻鮡进行渔业资源调查与取样,调查时间主要集中在 5—

12 月。调查范围为朱杨镇上游至石门镇约 15 km 的江段,主要调查站点包括朱杨、塘河口和罗湾坝(图 1)。调查渔具主要包括流刺网(网目 3—6 cm)和百袋网(网目 2 cm)。物种鉴定主要参考《四川鱼类志》<sup>[14]</sup>。对圆筒吻鮡的体长和体重进行测量,体长从吻端测量到尾部前端的最后一枚鳞片,精确到 1 mm,体重测量精确到 1 g。对调查江段的捕捞船只及单位捕捞努力量渔获量进行统计,根据作业江段捕捞的平均强度,流刺网和百袋网每天作业网次按 10 网的标准计算单位捕捞努力量渔获量。

### 1.2 种群参数估算

体长体重关系依据 Keys 公式  $W=aL^b$  进行拟合,用  $t$  检验法检验幂指数  $b$  值与 3 的偏离程度,判断其生长是否属于匀速生长类型<sup>[15]</sup><sup>[6]</sup>。利用 Von Bertalanffy 生长方程描述生长规律,渐近体长( $L_{\infty}$ )、生长系数( $k$ )和生长特征指数( $\varphi$ )根据鱼类体长频率的时间系列数据借助 FiSAT II 渔业评估软件中的体长频率分析法(ELEFAN I)模块进行估算,总死亡系数( $Z$ )、开捕体长( $L_{50}$ )由体长转渔获物曲线(Converted-length catch curve)模块进行估算<sup>[3]</sup>。理论生长起点年龄( $t_0$ )、自然死亡系数( $M$ )根据 Pauly 经验公式获得<sup>[17]</sup>:

$$\ln(-t_0) = -0.3922 - 0.2752(L_{\infty}) - 1.038\ln(k)$$

$$\ln M = -0.0152 - 0.279\ln(L_{\infty}) + 0.6543\ln k + 0.463\ln T$$

式中  $T$  表示栖息江段的平均水温,本研究中参考相关文献取 18.4 °C<sup>[18]</sup>。鱼类的资源开发率  $E=F/Z$ 。采用 Beverton-Holt 动态综合模型的相对单位补充量产量( $Y'/R$ )和相对单位补充量生物量( $B'/R$ )曲线评价圆筒吻鮡的资源利用情况, $E_{\max}$ 表示能获得最大产量时的开发率, $E_{10}$ 表示资源群体边际产量减少到理论原始资源边际产量 1/10 时的开发率,被认为是“最适”开发率, $E_{50}$ 表示资源量下降到原始水平 50%时的开发率<sup>[3]</sup>。

### 1.3 渔获量计算

圆筒吻鮡年渔获量( $Y$ )由各种渔具的年渔获量及其比例推算,计算公式为:

$$Y = \sum (Y_i \times P_i)$$

式中  $P_i$  为圆筒吻鮡在渔具  $i$  渔获物中所占的数量百分数, $Y_i$  为渔具  $i$  的年渔获量,计算公式为:

$$Y_i = x_i \times f_i \times t_i$$

式中  $x_i$  为渔具  $i$  的单位捕捞努力量渔获量(尾/(船·天)), $f_i$  为渔具  $i$  的作业船只数, $t_i$  为渔具  $i$  的年作业时间(天),除去春季禁渔时间(2—4 月)和洪水季节(7—8 月)及节假日休息,本研究中各渔具的作业天数统一按 200 天计算。

### 1.4 资源量估算

资源量估算借助 FiSAT II 中的体长股分析(Length-structured VPA)模块进行分析<sup>[5]</sup>。将圆筒吻鮡的年渔获量按体长分组录入模块中,输入  $L_{\infty}$ 、 $k$ 、 $M$ 、 $a$ 、 $b$  及  $F_1$ (最大体长组捕捞死亡系数)等参数,运算后即可得各体长组的捕捞死亡系数和资源量。其中, $F_1$ 采用迭代法确定,初始值取 0.5<sup>[19]</sup>。各体长组资源量之和即为圆筒吻鮡的年资源量。

## 2 结果与分析

### 2.1 群体结构

长江上游朱杨溪江段圆筒吻鮡渔获群体体长范围为 69.0—268.0 mm,平均体长为(181.4±26.9) mm。优势体长组为 125.0—225.0 mm,约占总数的 93.0%,125.0 mm 体长以下和 225.0 mm 体长以上的个体分别只占 3.4%和 3.7%(图 2)。圆筒吻鮡体重范围为 3.9—230.4 g,平均体重为(78.5±33.0) g。个体体重主要集中在

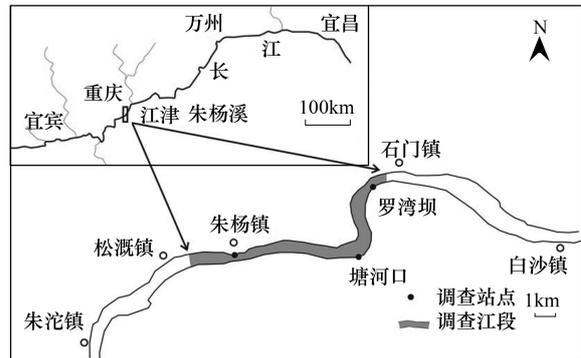


图 1 长江上游朱杨溪江段位置及样点设置  
Fig. 1 Location of Zhuyangxi section in the upper Yangtze River and sampling sites

130 g 以下,约占个体总数的 93.5%,150 g 以上个体仅占 3.7%。

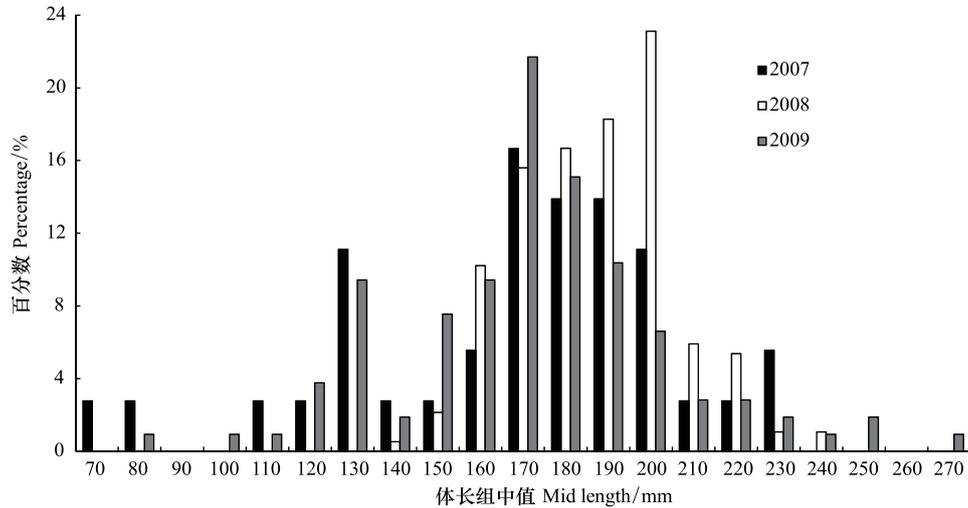


图 2 长江上游朱杨溪江段圆筒吻鲈体长组成

Fig. 2 Length composition of *Rhinogobio cylindricus* in Zhuyangxi section of the upper Yangtze River

## 2.2 生长参数

圆筒吻鲈体长( $L$ )与体重( $W$ )呈显著幂函数关系(图 3): $W=1.58\times 10^{-5}L^{2.95}$  ( $R^2=0.94, P<0.01, n=401$ )。体长与体重关系的幂指数与 3 均无显著性差异( $t=1.14<t_{0.05}(400)=1.97$ ),表明圆筒吻鲈的生长为匀速生长类型。

由 ELEFAN I 拟合圆筒吻鲈的生长参数,当  $L_{\infty}=361$  mm,  $k=0.21$  a $^{-1}$  时拟合效果最佳,此时  $t_0=-0.68$ ,  $\varphi=4.44$ 。拐点年龄为 4.48 a,对应的体长和体重为分别为 238.8 mm 和 166.6 g。由 ELEFAN I 估计的圆筒吻鲈生长曲线见图 4,其体长和体重的 Von Bertalanffy 生长方程为:

$$L_t = 361[1 - e^{-0.21(t+0.68)}]$$

$$W_t = 564.8[1 - e^{-0.21(t+0.68)}]^{2.95}$$

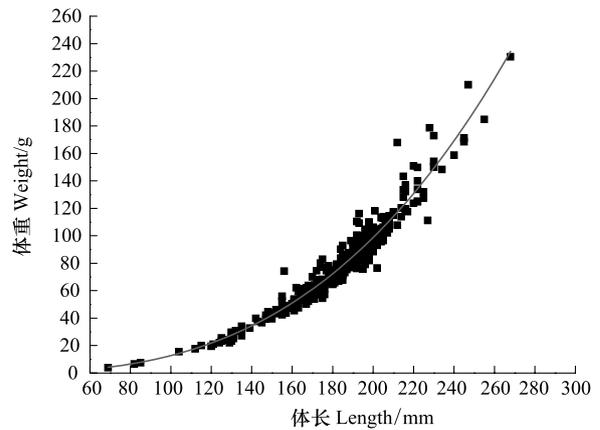


图 3 长江上游朱杨溪江段圆筒吻鲈长度和体重的关系

Fig. 3 Relationship between length and weight of *Rhinogobio cylindricus* in Zhuyangxi section of the upper Yangtze River

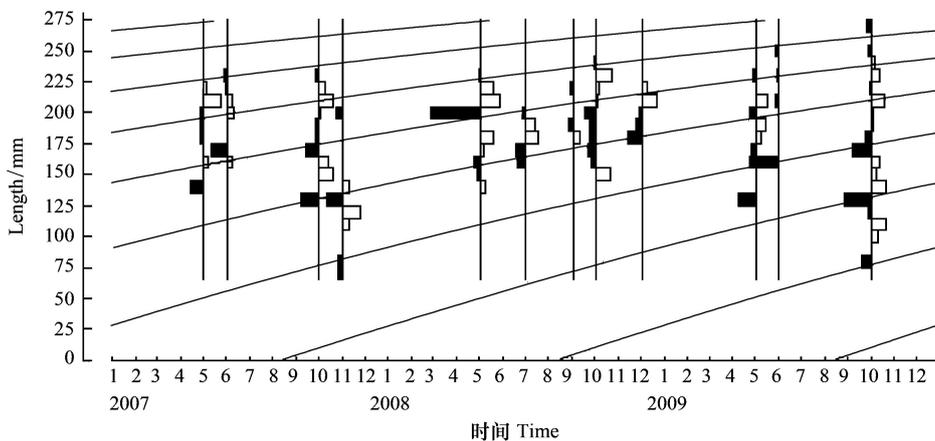


图 4 圆筒吻鲈的体长频率序列数据及应用 ELEFAN I 估计的生长曲线

Fig. 4 Length frequency of *Rhinogobio cylindricus* and growth curve estimated by ELEFAN I

### 2.3 死亡系数和开发率

圆筒吻鮡的长度转渔获物曲线见图 5, 据此估算出其总死亡系数  $Z = 1.70$ 。其自然死亡系数  $M = 0.50$ , 捕捞死亡系数  $F = 1.20$ , 开发率  $E = 0.70$ 。不同年份的死亡系数和开发率见表 1。由长度转渔获物曲线估算出圆筒吻鮡的开捕体长  $L_{50} = 163.4 \text{ mm}$ 。由 Beverton-Holt 动态综合模型的相对补充量产量(生物量)曲线估算出, 开捕体长为  $163.4 \text{ mm}$  时,  $E_{10} = 0.60$ 、 $E_{50} = 0.35$ 、 $E_{\max} = 0.75$ (图 6)。圆筒吻鮡目前的资源开发率超过了其最适开发率(0.60)而接近其最大开发率(0.75)。

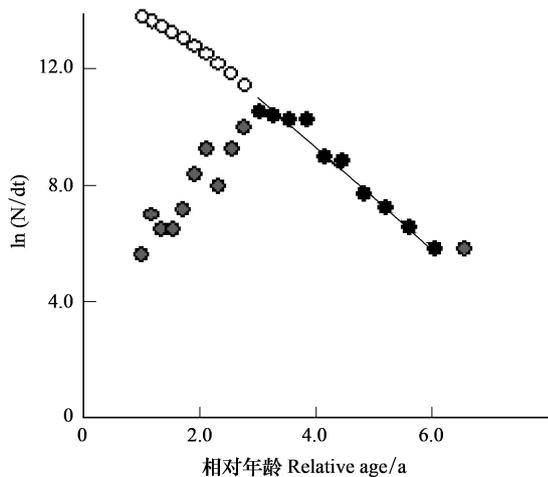


图 5 根据长度转渔获物曲线估算圆筒吻鮡的总死亡系数

Fig. 5 Length-converted catch curves of *Rhinogobio cylindricus*

表 1 长江上游朱杨溪江段圆筒吻鮡的死亡系数和开发率

Table 1 Mortality rates and exploitation rates of *Rhinogobio cylindricus* in Zhuyangxi section of the upper Yangtze River

年份 Year	Z	M	F	E
2007	1.61	0.50	1.11	0.69
2008	1.87	0.50	1.37	0.73
2009	1.63	0.50	1.13	0.69
总体 Total	1.70	0.50	1.20	0.70

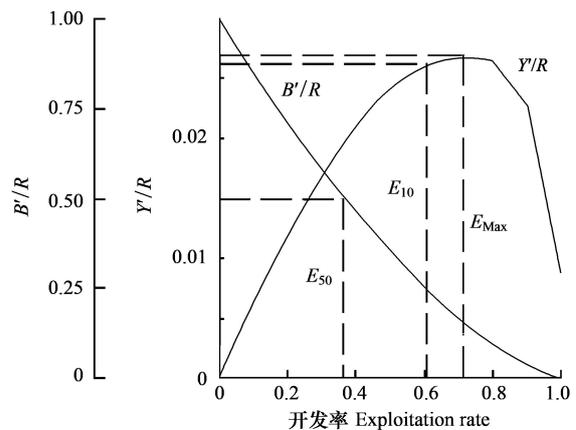


图 6 圆筒吻鮡的相对单位补充量产量 ( $Y'/R$ ) 和相对单位补充生物量 ( $B'/R$ ) 曲线

Fig. 6 Relative yield per recruit ( $Y'/R$ ) and Relative biomass per recruit ( $B'/R$ ) curve of *Rhinogobio cylindricus*

### 2.4 资源量

渔获物分析表明, 圆筒吻鮡在流刺网和百袋网渔获物中的数量百分数平均值分别为 12.8% 和 2.6%。根据单位捕捞努力量渔获量和圆筒吻鮡的比例估算出 2007—2009 年朱杨溪江段圆筒吻鮡年渔获量分别为 6716 尾(0.50 t)、22772 尾(1.87 t) 和 16139 尾(1.20 t), 年均值为 15209 尾(1.19 t)。

利用 Length-structured VPA 模块估算圆筒吻鮡的资源量, 通过迭代法计算出 2007—2009 年其最大体长组的捕捞死亡系数  $F_l$  分别为 0.1194、0.5030 和 0.1818。结果表明(图 7), 个体体长在 160 mm 以下时, 资源群体的损失以自然死亡为主, 而在 160 mm 以上时, 资源群体的损失以捕捞死亡为主。2007—2009 年朱杨溪江段圆筒吻鮡年资源量分别为 245411、208836 和 402537 尾, 年均值为 285594 尾; 以生物量计, 年资源量分别为 18.80、26.09 和 28.94 t, 年均值为 24.61 t。以单位长度河段来表示, 2007—2009 年圆筒吻鮡资源量分别为 16361 尾/km(1.25 t/km)、13922 尾/km(1.74 t/km) 和 26836 尾/km(1.93 t/km), 平均值为 19040 尾/km(1.64 t/km)。

## 3 讨论

### 3.1 种群参数和资源量估算

根据体长频率数据进行鱼类种群参数和资源量估算, 可以避免年龄鉴定的主观误差而影响参数评估的准确性, 特别适合年龄鉴定比较困难的评估对象, 在渔业资源评价中取得了较好的应用效果<sup>[20-22]</sup>。ELEFAN 技术估算鱼类生长参数主要根据鱼类体长频率的时间系列数据进行体长频率样品重构, 将体长频率形成的波峰和波谷放大, 以拟合最佳生长曲线, 从而估算出合适的生长参数, 该方法对采样频率和样品容量要求较高<sup>[23]</sup>。

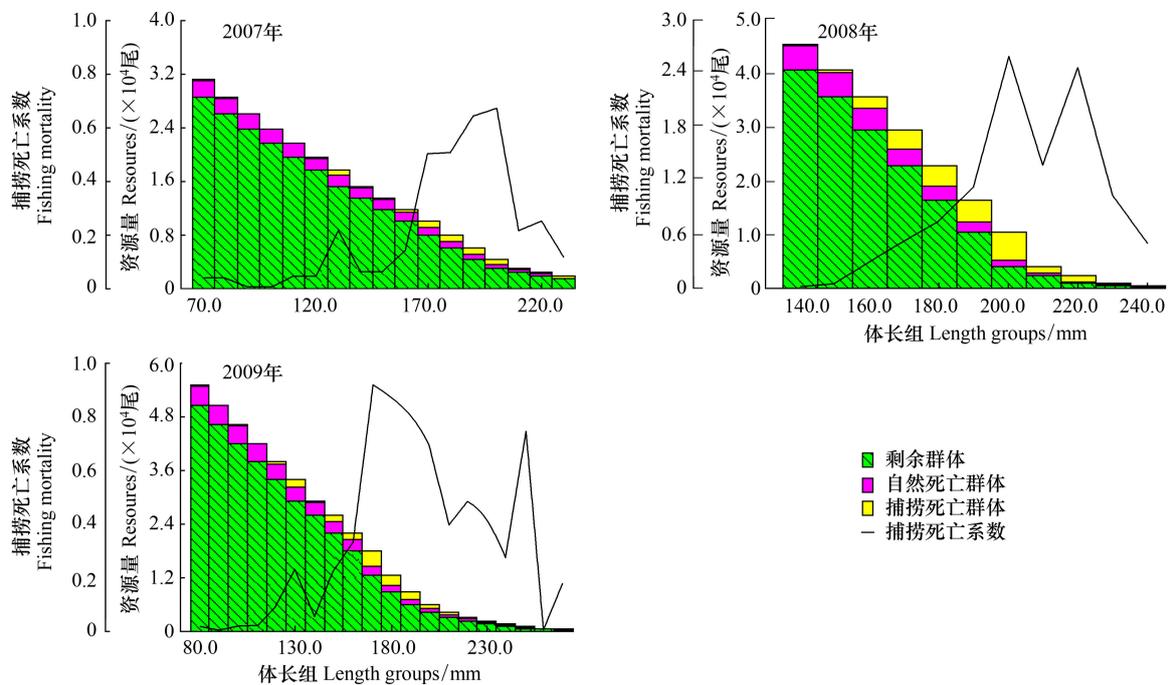


图7 2007—2009年圆筒吻鲈的体长结构实际种群分析

Fig. 7 Length structured VPA for *Rhinogobio cylindricus* in 2007—2009

本研究由于春季禁渔和鱼类种群数量偏少等原因,采样频率和样品容量都受到了一定限制,但圆筒吻鲈体长数据(69.0—268.0 mm)基本包括了从小到大的各个体长段的个体,具有一定的代表性。以往对圆筒吻鲈生长参数的估算主要依据体长-年龄数据,估算结果表明,长江上游圆筒吻鲈的  $L_{\infty}$  为 336—389 mm,  $k$  为 0.18—0.21  $a^{-1}$ ,  $\varphi$  为 4.37—4.44。本研究利用 FISAT II 软件中的 ELEFAN I 方法估算出  $L_{\infty}$ 、 $k$ 、 $\varphi$  分别为 361 mm、0.21  $a^{-1}$  和 0.44,  $L_{\infty}$  值位于以往研究结果范围之内,  $k$  和  $\varphi$  值与以往研究结果接近,两种方法估算的结果较为一致(表 2)。自然死亡系数  $M$  值估算结果的准确性受评估模型的影响较大,考虑到本研究中已由 ELEFAN 技术估算出了  $L_{\infty}$  和  $k$  值,直接采用了比较通用的 Pauly 经验公式进行估算<sup>[17]</sup>。一般认为  $M/k$  值应在 1.5—2.5 范围内<sup>[3]</sup>,本研究中  $M/k$  值为 2.4,在合理范围之内。

表 2 圆筒吻鲈种群参数估算结果比较

Table 2 Comparison of estimated population parameter of *Rhinogobio cylindricus*

群体 Stock	体长 Length/mm	$L_{\infty}$ /mm	$k/a^{-1}$	$\varphi$	$b$	$Z$	$M$	$F$	样本数 Number	估算方法 Method	文献 Reference
木洞 Mudong (2000—2001)	125—268	336	0.21	4.37	2.73	—	—	—	551	年龄-体长法 Age-length	[11]
合江、木洞 Mudong-Hejiang (2008—2010)	96—275	349	0.18	4.34	3.10	—	—	—	397	年龄-体长法 Age-length	[12]
长江上游 Upper Yangtze (2010—2012)	72—294	389	0.18	4.44	2.98	1.42	0.37	1.05	547	年龄-体长法 Age-length	[13]
朱杨溪 Zhuyangxi (2007—2009)	69—268	361	0.21	4.44	2.95	1.70	0.50	1.20	401	ELEFAN I	本研究 This study

鱼类资源量评估有多种方法,如标志放流法、初级生产力估算法、鱼卵仔鱼调查法、水声学探测法、年龄结构股分析法和体长结构股分析法等<sup>[3]</sup>,其中,体长股分析法不需要鉴定研究对象的年龄,具有采样工作量小和数据结构简单等优点而受到青睐<sup>[2, 95]</sup>。传统的体长股分析中,各体长组的  $F_t$  值是根据最大体长组的开发

率估算的,不存在迭代过程,一般将最大体长组开发率定为 0.5,但实际上最大体长组的开发率可能与 0.5 差异较大,从而影响估算结果的准确性;而通过 FiSAT II 中的体长股分析模块可以轻松使用迭代法确定最大体长组的捕捞死亡系数  $F_L$ ,从而提高了鱼类资源量估算的效率和精度<sup>[10,19]</sup>。本研究通过该方法,在种群参数估算的基础上,对长江上游圆筒吻鮡的资源量进行了评估,结果表明,2007—2009 年圆筒吻鮡资源量分别为 16361 尾/km(1.25 t/km)、13922 尾/km(1.74 t/km)和 26836 尾/km(1.93 t/km),该结果可为今后评估圆筒吻鮡的种群数量长期变化规律提供基础。

### 3.2 资源利用与保护

开捕体长和捕捞死亡系数是影响渔业资源量和渔获量的两个重要因素,也是制定渔业管理措施的两个主要依据<sup>[1]</sup>。本研究表明,圆筒吻鮡生长拐点对应的体长为 238.8 mm,即生长速度在该体长以前逐渐增加,之后呈下降趋势,而圆筒吻鮡的开捕体长为 163.4 mm,表明其还未充分生长就被捕捞。Froese 和 Binohlan 提出能获得最大相对渔获量的最适捕捞体长 ( $L_{opt}$ ) 可由其最小性成熟体长 ( $L_m$ ) 估算获得:  $\log L_{opt} = 1.053L_m - 0.0565$ <sup>[26]</sup>,圆筒吻鮡最小性成熟年体长约为 168.0 mm<sup>[11]</sup>,由此估算出最适开捕体长为 193.5 mm。因此,将圆筒吻鮡的开捕体长由目前的 163.4 mm 提高到 193.5 mm,可让圆筒吻鮡充分生长,获得较高的相对渔获量。

由鱼类的死亡系数可以计算出鱼类的开发率  $E$ ,该参数反映了种群资源的利用程度。本研究表明,圆筒吻鮡现有开发率为 0.70,与熊星等的研究结果一致<sup>[13]</sup>。一般认为鱼类的最适开发率为 0.5<sup>[27]</sup>,若按此标准,圆筒吻鮡资源处于过度利用状态。在目前的开捕体长 ( $L_{50} = 163.4$  mm) 下,圆筒吻鮡的开发率已接近其最大开发率 ( $E_{max} = 0.75$ ),理论上在此开发率下可获得较大的产量,但从生物学和经济学等多方面考虑,应该以最适产量和最适开发率为管理目标,可考虑降低其现有开发率至最适开发率 ( $E_{10} = 0.60$ ) 以下。

随着三峡、向家坝和溪洛渡等大型梯级水利工程建设,长江上游鱼类栖息生境已支离破碎,适应流水生境的圆筒吻鮡的栖息生境萎缩,其坝上和坝下种群也得不到有效交流。圆筒吻鮡为产漂流性卵鱼类<sup>[28]</sup>,其产出的卵随水漂流发育,必须要保证足够的漂流距离才能发育成具有主动游泳能力的鱼苗,这些梯级电站的建设,将影响其产卵场的分布和卵、苗的发育,从而影响其种群生存。因此,应采取补救措施,加强对圆筒吻鮡的保护力度。目前,江津至宜宾干流江段仍保持着适宜圆筒吻鮡等特有鱼类生存的流水生境,在长江上游特有鱼类保护中具有重要意义。从珍稀、特有种资源保护的角度考虑,应逐步引导渔民转产转业,实施全年禁渔措施,加强长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区的建设和管理,促进对圆筒吻鮡等特有种的有效保护。

### 参考文献 (References):

- [ 1 ] Park Y S, Chang J B, Lek S, Cao W X, Brosse S. Conservation strategies for endemic fish species threatened by the Three Gorges Dam. *Conservation Biology*, 2003, 17(6): 1748-1758.
- [ 2 ] 曹文宣. 长江上游特有鱼类自然保护区的建设及相关问题的思考. *长江流域资源与环境*, 2000, 9(2): 131-132.
- [ 3 ] 詹秉义. 渔业资源评估. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [ 4 ] Wang Y G, Ellis N. Maximum likelihood estimation of mortality and growth with individual variability from multiple length-frequency data. *Fishery Bulletin*, 2005, 103: 380-391.
- [ 5 ] Gayanilo F C Jr, Sparre P, Pauly D. FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II (User's Guide). Worldfish Center, FAO, Rome, 2005.
- [ 6 ] Ghosh S, Sivasdas M, Abdussamad E M, Rohit P, Koya K P S, Joshi K K, Chellappan A, Rathinam M M, Prakasan D, Sebastine M. Fishery, population dynamics and stock structure of frigate tuna *Auxis thazard* (Lacepede, 1800) exploited from Indian waters. *Indian Journal of Fisheries*, 2012, 59(2): 95-100.
- [ 7 ] Johnson M G, Tamatamah A R. Length frequency distribution, mortality rate and reproduction biology of Kawakama (*Euthynnus affinis-Cantor*, 1849) in the coastal waters of Tanzania. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 2013, 16(21): 1270-1278.
- [ 8 ] 陈作志, 邱永松, 黄梓荣. 南海北部白姑鱼生长和死亡参数的估算. *应用生态学报*, 2005, 16(4): 712-716.
- [ 9 ] 刘元文, 薛莹, 魏邦福, 任一平. 海州湾 5 种主要鱼类种群参数估算. *中国水产科学*, 2014, 21(1): 125-133.
- [ 10 ] 吴金明, 娄必云, 赵海涛, 黎良, 陈永祥, 王剑伟. 赤水河鱼类资源量的初步估算. *水生态学杂志*, 32(3): 99-103.
- [ 11 ] 马惠钦. 长江干流圆筒吻鮡生物学的初步研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2001.
- [ 12 ] 王美荣, 杨少荣, 刘飞, 黎明政, 但胜国, 刘焕章. 长江上游圆筒吻鮡年龄与生长的研究. *水生生物学报*, 2012, 36(2): 262-269.

- [13] 熊星. 圆筒吻鮡 (*Rhinogobio cylindricus* Günther) 基础生物学及资源量研究 [D]. 重庆: 重庆师范大学, 2013.
- [14] 丁瑞华. 四川鱼类志. 成都: 四川科学技术出版社, 1994.
- [15] Richer W E. Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations (Bulletin 191 of the Fisheries Research Board of Canada). Caldwell, New Jersey: Blackburn Press, 1975.
- [16] Pauly D. Fish Population Dynamics in Tropical Waters: A Manual for Use with Programmable Calculators (ICLARM Studies and Reviews 8). Manila, Philippines: International Center for Living Aquatic Resources Management, 1984.
- [17] Pauly D. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. ICES Journal of Marine Science, 1980, 39(2): 175-192.
- [18] 田辉伍, 段辛斌, 熊星, 罗宏伟, 刘绍平, 陈大庆. 长江上游长薄鳅生长和种群参数的估算. 长江流域资源与环境, 2013, 22(10): 1305-1312.
- [19] 吴斌, 方春林, 贺刚, 傅培峰. FiSAT II 软件支持下的体长股分析法探讨. 南方水产科学, 2013, 9(4): 94-98.
- [20] 陈国宝, 李永振, 陈丕茂, 舒黎明. 鱼类最佳体长频率分析组距研究. 中国水产科学, 2008, 15(4): 659-666.
- [21] Wang X H, Qiu Y S, Du F Y, Lin Z J, Sun D R, Huang S L. Population parameters and dynamic pool models of commercial fishes in the Beibu Gulf, northern South China Sea. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2012, 30(1): 105-117.
- [22] Liu Q, Xu B D, Ye Z J, Ren Y P. Growth and mortality of small yellow croaker (*Larimichthys polyactis*) inhabiting Haizhou Bay of China. Journal of Ocean University of China, 2012, 11(4): 1672-5182.
- [23] 李壮, 刘群. 应用渔业体长分析方法 ELEFAN 和 SLCA 估算鱼类生长参数的研究. 海洋湖沼通报, 2007, (3): 81-87.
- [24] 刘军, 王剑伟, 苗志国, 曹文宣. 长江上游宜宾江段长鳍吻鮡种群资源量的估算. 长江流域资源与环境, 2010, 19(3): 276-280.
- [25] 周永东, 徐汉祥, 潘国良, 贺舟挺. 东海区鲳鱼、小黄鱼资源量及其持续渔获量的估算. 浙江海洋学院学报: 自然科学版, 2013, 32(1): 1-5.
- [26] Froese R, Binohlan C. Empirical relationships to estimate asymptotic length, length at first maturity and length at maximum yield per recruit in fishes, with a simple method to evaluate length frequency data. Journal of Fish Biology, 2000, 56(4): 758-773.
- [27] Gulland J A. The Fish Resources of the Ocean. London: Fishing News (Books), Ltd., 1971.
- [28] 李修峰, 黄道明, 谢文星, 谢山, 常秀岭, 杨汉运, 张友谦, 何家庆. 汉江中游产漂流性卵鱼类产卵场的现状. 大连水产学院学报, 2006, 21(2): 105-111.