

长江上游长鳍吻鮡的种群特征及其物种保护*

辛建峰^{1,2,3} 杨宇峰¹ 段中华^{2,3} 刘焕章^{2,3**}

(¹ 暨南大学水生生物研究所, 广州510632; ² 中国科学院水生生物研究所, 武汉430072; ³ 中国科学院水生生物多样性与保护重点实验室, 武汉 430072)

摘要 根据2005—2007年对长江上游攀枝花、宜宾、合江、木洞、万州江段渔业资源调查资料, 运用体长频率分析法(FiSAT II软件)对长鳍吻鮡的生长、死亡参数进行估算。结果表明: 长鳍吻鮡的体质量与体长的关系式为 $W=8 \times 10^{-6} L^{3.1577}$; 用Shepherd技术拟合 von Bertalanffy 生长方程的各参数为 $L_{\infty}=530.5 \text{ mm}$, $K=0.21 \text{ a}^{-1}$, $t_0=-0.5 \text{ a}$; 根据Pauly经验公式得出自然死亡系数 $M=0.24$, 以长度变换渔获曲线法估算总死亡系数 $Z=2.67$, 捕捞死亡系数 $F=2.43$; 种群补充模式表明, 长鳍吻鮡每年5—9月为主要补充期, 开发率 $E=91.2\%$, 长鳍吻鮡处于资源过度利用状态。

关键词 长江; 长鳍吻鮡; 生长; 死亡; 开发率

中图分类号 S965.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2010)7-1377-05

Population characteristics and species conservation of *Rhinogobio ventralis* in upper reaches of Yangtze River. XIN Jian-feng^{1,2,3}, YANG Yu-feng¹, DUAN Zhong-hua^{2,3}, LIU Huan-zhang^{2,3} (¹*Institute of Hydrobiology, Jinan University, Guangzhou 510632, China*; ²*Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China*; ³*The Key Laboratory of Aquatic Biodiversity and Conservation of Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China*). *Chinese Journal of Ecology*, 2010, 29(7): 1377–1381.

Abstract: Based on the 2005–2007 investigation data of fishery resources in Panzhihua, Yibin, Hejiang, Mudong, and Wanzhou of the upper reaches of Yangtze River, and by using length-frequency method (FiSAT II package), this paper estimated the growth and mortality of *Rhinogobio ventralis*. The regression equation of the body weight and body length of *R. ventralis* could be expressed as $W=8 \times 10^{-6} L^{3.1577}$, and the parameters in von Bertalanffy formula estimated by Shepherd's method were $L_{\infty}=530.5 \text{ mm}$, $K=0.21 \text{ a}^{-1}$, and $t_0=-0.5 \text{ a}$. The natural mortality coefficient calculated with Pauly's empirical equation was $M=0.24$, the total mortality coefficient estimated by the length-converted catch curve was $Z=2.67$, and the fishing mortality coefficient was $F=2.43$. Recruitment pattern analysis indicated that *R. ventralis* had a recruitment period from May to September, its exploitation rate in recent years was 91.2%, and its resource was at the state of overexploitation.

Key words: Yangtze River; *Rhinogobio ventralis*; growth; mortality; exploitation level.

长鳍吻鮡(*Rhinogobio ventralis*)隶属鲤科(Cyprinidae)、鮡亚科(Gobioninae), 是长江上游江段中特有的底栖小型经济鱼类(湖北省水生生物研究所鱼类研究室, 1976), 广泛分布于金沙江、乌江下游、长江上游干流及其主要支流(丁瑞华, 1994; 伍献文等, 1997)。据中国科学院水生生物研究所 1997 年

以来的统计资料, 长鳍吻鮡在上游的渔业资源重量百分比中约占 10%。正在逐步抬升蓄水位的三峡水利枢纽及后续的一系列长江上游梯级水利工程将导致长鳍吻鮡栖息地范围缩小和生境片段化, 阻断了长鳍吻鮡的种质交流通道(邱顺林等, 1998; 张志英和袁野, 2001); 且大坝建成后形成的水库、湖泊缓流或静水环境, 完全改变了原有河道的水文条件, 在库尾残存的长鳍吻鮡亲本即使能完成自然产卵, 但缓流或静水环境难以满足其受精卵漂流发育所需

* 中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-YW-08-01)和国务院三峡工程建设委员会办公室生态环境资助项目(SX2007-019)。

** 通讯作者 E-mail: hzliu@ihb.ac.cn

收稿日期: 2009-12-15 接受日期: 2010-04-09

的环境条件,造成早期发育阶段存活率下降,种群补充量减少,再加上过度捕捞等因素,长鳍吻鮡资源状况前景堪忧。因此,其保护问题亟待解决(曹文宣, 2000)。

近年来,有关长鳍吻鮡基础生物学研究已有一些报道(段中华等,1991;周启贵和何学福,1992;张松,2003;邓辉胜和何学福,2005; Silva & Stewart, 2006),但尚缺少对上游主要江段长鳍吻鮡的种群生长、死亡特征的研究。本文依据 2005—2007 年长江上游攀枝花至万州江段渔业资源调查中取得的长鳍吻鮡资料,估算其生长与死亡各参数,探讨长鳍吻鮡的种群补充情况,并对资源利用情况进行了评估,为合理利用和管理长鳍吻鮡种质资源提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料来源

选用材料为 2005—2007 年每年的 4—6 月及 9—11 月在长江上游攀枝花、宜宾、合江、木洞、万州间长约 1060 km 江段各采样点采集的长鳍吻鮡样本。渔获物调查时对每尾长鳍吻鮡新鲜样本都进行生物学测量,全长、体长和体质量分别精确到 1.0 mm 和 0.1 g。3 年共采集到长鳍吻鮡样本 3249 尾,总生物量 246.558 kg。

1.2 参数估算

1.2.1 生长参数 运用 FiSAT II 分析软件对长鳍吻鮡的生长参数 L_{∞} 、 K 进行估算,理论生长起点年龄 t_0 根据 Pauly(1980)经验公式获得。

$$\ln(-t_0) = -0.3922 - 0.2752\ln L_{\infty} - 1.038\ln K \tag{1}$$

式中: t_0 为理论生长起点年龄; L_{∞} 为渐进体长; K 为生长系数。

1.2.2 死亡参数 总死亡系数 Z 通过体长变换捕捞曲线(Pauly & Morgan,1987)估计。

$$\ln\left(\frac{N_i}{\Delta t_i}\right) = a + bt_i \tag{2}$$

式中: N_i 为第 i 体长组中捕捞的个体数; a 和 b 为通过对捕捞曲线中已经开发部分进行回归分析得到的参数, $-b$ 为估计 Z 的估计值; t_i 为第 i 体长组的相对年龄; Δt_i 为从第 i 体长组下限生长到该体长组上限所需要的时间。

自然死亡系数 M 通过 Pauly(1980)经验公式计算。

$$\lg M = -0.0066 - 0.279\lg L_{\infty} + 0.6543\lg K + 0.4634\lg T \tag{3}$$

式中: M 为自然死亡系数; T 为平均水温(本文选用原始记录的平均温度,18.5℃)。

由于式(3)中的 L_{∞} 为全长,故需将所使用的体长生长参数的 L_{∞} 换算为全长。为此,依据调查数据随机选取了 177 尾长鳍吻鮡全长(L_T)和体长(L_B)的数据拟合得到以下直线方程。

$$L_T = 1.18L_B + 8.585 \quad (R^2 = 0.995) \tag{4}$$

捕捞死亡系数 F 和开发率 E 通过以下公式估算。

$$F = Z - M \tag{5}$$

$$E = \frac{F}{Z} \times 100\% \tag{6}$$

文中数据统计分析与图形绘制,采用 MS EXCEL, SPSS 17.0, FiSAT II (Pauly, 1983; Moreau & Cuende, 1991) 软件。

2 结果与分析

2.1 体长与体质量关系

测量的 3249 尾长鳍吻鮡样本,体长范围为 56.0~241.0 mm,体质量范围为 3.2~258.0 g。将全部长鳍吻鮡样本的体质量(W ,g)和体长(L ,mm)的关系作散点图(图 1)与回归分析。结果表明:长鳍吻鮡的体质量、体长符合幂指数关系;经检验,幂指数 b 值接近 3,符合匀速生长类型(图 1)。

2.2 生长和生长方程

2.2.1 生长参数、方程及生长曲线 长鳍吻鮡为匀速生长的鱼类($b \approx 3$),因此可以用 von Bertalanffy 生长方程(费鸿年和张诗全,1990)来描述它的生长规律。

依据 Shepherd 方法求得其各生长参数为:

$$L_{\infty} = 530.5 \text{ mm}, K = 0.21 \text{ a}^{-1}, t_0 = -0.5 \text{ a}.$$

长鳍吻鮡的生长方程为:

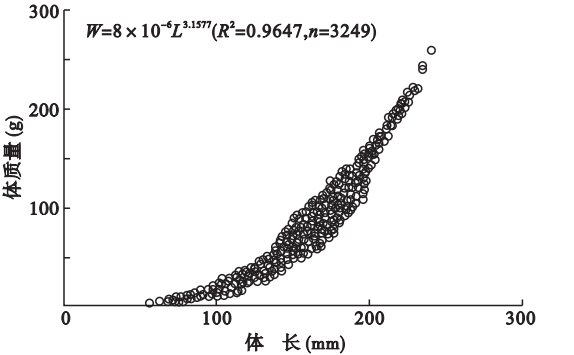


图 1 长鳍吻鮡的体长与体质量关系
Fig. 1 Length-weight relationship of *Rhinogobio ventralis*

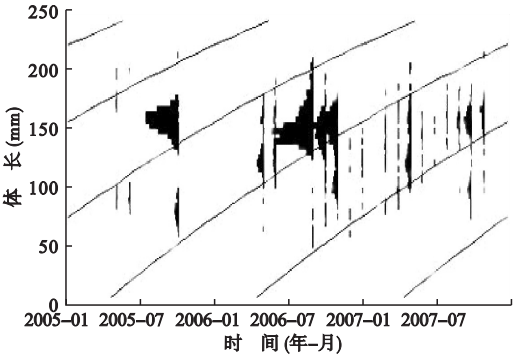


图2 依据体长频率应用 Shepherd 方法估计的生长曲线
Fig.2 Growth curve estimated by Shepherd's method from the length-frequency data

$$L=530.5(1-e^{-0.21(t+0.5)})$$
$$W=3212.4(1-e^{-0.21(t+0.5)})^{3.1577} \tag{7}$$
长鳍吻鲈的生长曲线见图 2。

2.2.2 生长速度和生长加速度 生长曲线只反映了生长过程的总和,为了进一步研究生长过程随时间变化的特征,分别对 von Bertalanffy 生长方程中 t 求一阶导数,得到体长、体质量的生长速度方程:

$$dL/dt=111.4e^{-0.21(t+0.5)}$$
$$dW/dt=2130.2e^{-0.21(t+0.5)}[1-e^{-0.21(t+0.5)}]^{2.1577}$$

将 von Bertalanffy 生长方程对 t 求二阶导数,得到体长、体质量生长加速度方程:

$$d^2L/dt^2=-23.4e^{-0.21(t+0.5)}$$
$$d^2W/dt^2=447.3e^{-0.21(t+0.5)}[1-e^{-0.21(t+0.5)}]^{1.1577}[3.1577e^{-0.21(t+0.5)}-1]$$

根据上述 4 个方程,分别作出体长和体质量生长速度(图 3、图 4)、生长加速度曲线(图 5、图 6)。

由图 3、4 可知,长鳍吻鲈体长生长不具有拐点。生长速度随年龄增加而呈递减趋势,开始降低较快,逐渐减缓最终趋向于零;体长增长加速度始终为负值,随着年龄的增加而逐渐递增,表明体长生长速度

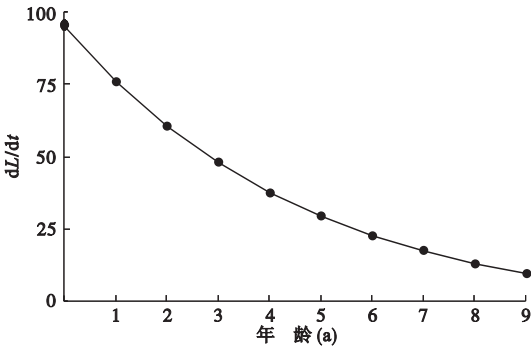


图3 长鳍吻鲈体长生长速度
Fig.3 Growth rates of body length of *Rhinogobio ventralis*

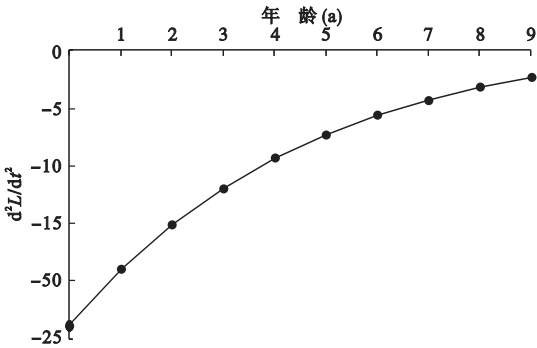


图4 长鳍吻鲈体长生长加速度
Fig.4 Acceleration growth rates of body length of *Rhinogobio ventralis*

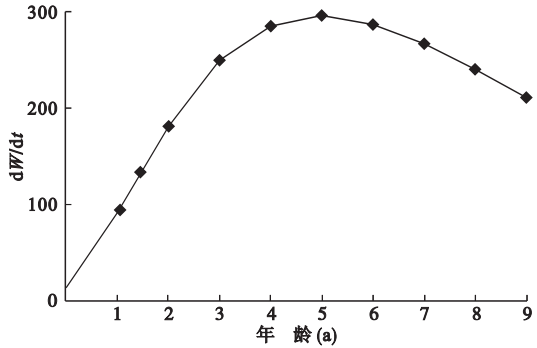


图5 长鳍吻鲈体质量生长速度
Fig.5 Growth rates of total weight of *Rhinogobio ventralis*

的递减率逐渐降低,但加速度一直小于零,表明长鳍吻鲈的体长生长速度出生时最高,年龄越大,体长生长越慢。

由图 5、6 可知,体质量生长速度和加速度都具有拐点,当体质量生长速度达到最大值时,此为体质量生长拐点;拐点年龄 $t_r=\ln(3.1577/0.21)-0.5=4.97$ a,拐点处对应体长和体质量分别为: $L_r=362.3$ mm, $W_r=963.8$ g。拐点年龄前体质量增长速度为递增阶段,但递增速度逐渐下降;当到达拐点 4.97 a

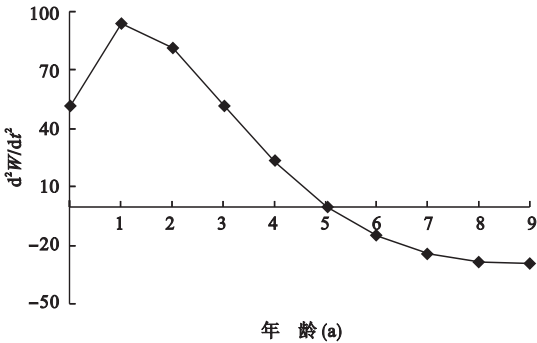


图6 长鳍吻鲈体质量生长加速度
Fig.6 Acceleration growth rates of total weight of *Rhinogobio ventralis*

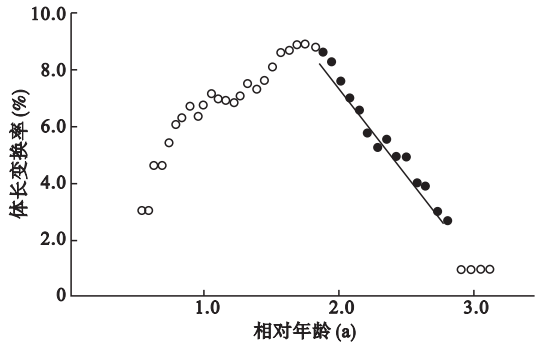


图 7 长鳍吻鮡的体长变换渔获曲线
Fig. 7 Estimation of mortality from length-converted catch curve of *Rhinogobio ventralis*

龄时,体质量增长速度达最大值,生长加速度为零;拐点年龄以后体质量生长速度和加速度随年龄增加逐渐下降,且递减速度增加;约 9 a 龄时,体质量生长加速度降至最低点,后逐渐上升,表明体质量增长速度进一步下降,递减率渐缓,个体进入衰亡期。此后,体长和体质量趋向渐近值,而生长速度和加速度渐趋于零。

2.3 死亡参数

2.3.1 总死亡系数 根据长度变换渔获曲线法作图(图 7),以体长变换捕捞曲线模型计算所得总死亡系数为 $Z=2.67$,95% 置信区间为 2.18 ~ 3.25。

2.3.2 自然死亡系数 将 $L_{\infty}=530.5\text{ mm}$ 代入式(4),求得渐进全长为 634.5 mm。

由公式(3),计算得自然死亡系数 $M=0.24$ 。

2.3.3 捕捞死亡系数 由式(5),计算得捕捞死亡系数 $F=2.43$ 。

2.3.4 开发率 根据式(6),得出长鳍吻鮡的开发率 $E=91.2\%$ 。

2.4 长鳍吻鮡的种群补充模式

由种群补充模式表明:长鳍吻鮡的种群补充连

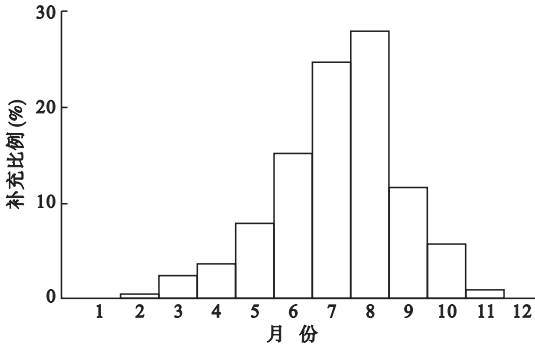


图 8 长鳍吻鮡的种群补充月动态
Fig. 8 Monthly recruitment pattern of *Rhinogobio ventralis*

续(图 8),5—9 月为主要补充期,占全年总补充量的 87.56%。

3 讨论

3.1 长鳍吻鮡体长与体质量的关系

体长、体质量是鱼类的重要生物学指标,在资源评估时常用体长和体质量进行换算。因此,体长-体质量关系成为鱼类生物学研究中经常涉及的主要内容之一。目前应用较多的是将鱼类的体长-体质量关系描述为 $W=aL_b$, b 值反映不同发育阶段和生长环境中生长发育的特征参数。本文所得长江上游的长鳍吻鮡的 b 值为 3.1577,比段中华等(1991)与邓胜辉和何学福(2005)所得的长鳍吻鮡 b 值 3.0251、3.0736 略高,而与张松(2003)所得的长鳍吻鮡的 b 值 3.1509 较为接近,表明鱼体生长状况良好,体内营养物质能够正常积累。

Shepherd 技术是以鱼类及无脊椎动物的体长组为主分析,与上述学者选用鳞片等钙化组织对年龄鉴定相比,消除外界因素对年轮形态特征的影响导致年龄鉴定时的困难,克服了在推算体长和生长参数中存在的主观差异。

3.2 死亡参数

结果表明,长江上游地区长鳍吻鮡的总死亡系数(Z)值较高。栖息于江河的底层长鳍吻鮡,喜在流水中生活,在涨水季节并伴有雷雨天气时,成熟雌、雄个体集群在浅水滩上进行繁殖产大量漂流性卵,受精后随水顺江而下漂流发育,最后进入三峡库区生长,度过其生活史过程中最为关键的一段时期(施白南,1990;邓辉胜和何学福,2005)。随着个体的发育,由于食性改变和对激流生境的要求,又洄游到上游江段繁殖生长,长鳍吻鮡大范围洄游的过程可能会高估其总死亡系数(Z)(张松,2003)。

近年来,随着上游地区渔业捕捞量逐年加大,使长鳍吻鮡捕捞死亡系数(F)越来越大。较高的捕捞死亡系数(F)也是导致其总死亡系数(Z)过高的另一个原因。

3.3 长鳍吻鮡的种群补充

2007 年监测结果表明,按渔获物组成推算,上游江段长鳍吻鮡群体质量共计 170 t,占上游库区渔获物总重量的 8%(国家环境保护总局,2007);由于过度捕捞,鱼类的群体结构趋于简单,幼鱼和补充群体已成为渔业生产的主要捕捞对象(国家环境保护总局,2008)。我国渔业法规定葛洲坝以上的长江

干支流每年从2月1日起至4月30日止,开始进入为期3个月的禁渔期。在禁渔期期间禁止包括各类型刺网、抄网和饵钓等在内的一切渔业捕捞行为。

由种群补充模式图可以看出,长鳍吻鮡每年有一个主要的种群补充期为5—9月,7、8月份为补充高峰期。在这一补充期,当年各产卵场繁殖的长鳍吻鮡新个体补充到上游各江段,使得长鳍吻鮡种质资源得以更好的扩充与延续。但长鳍吻鮡种群补充期与长江上游禁渔期不相符合,因此,需进一步加强长江上游禁渔期管理工作,使各措施落到实处,力求取得实效,为遏制长鳍吻鮡资源衰退奠定基础。

3.4 长鳍吻鮡的资源保护

三峡工程的建成蓄水,大坝以上长约600 km的江段变为库区,使得水位大幅抬升,水面扩大,水体加深,流速减缓,使单一的河流型生态系统变为兼有流水和微流水的复合型“静水”生态系统。对于适应流水生活,在急流水中产卵,并以淡水壳菜等流水底栖动物为食物的长鳍吻鮡来说,栖息环境的变化对其生存影响很可能是致命的(邓辉胜和何学福,2005)。

长鳍吻鮡体质量生长的拐点年龄为4.97 a,年增积量高峰在5龄以前。因此,从最大程度利用资源的角度考虑,最佳捕捞期应该在5龄左右。从捕捞强度来看,按照Gulland(1971)提出的关于一般鱼类最适利用率为0.5来判断,本研究中长江上游长鳍吻鮡的资源开发率为91.2%。由此可以判断,目前对长鳍吻鮡的利用处于过度捕捞的危险状况,上游江段长鳍吻鮡的保护已迫在眉睫。为保证长江上游江段长鳍吻鮡有足够的天然补充群体,建议渔政部门强化对自然捕捞的管理,严格控制捕捞数量和规格,尤其是渔具的种类和规格,以利于长鳍吻鮡鱼群资源的恢复和增殖。

参考文献

- 曹文宣. 2000. 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, (9): 131-132.
- 邓辉胜, 何学福. 2005. 长江干流长鳍吻鮡的生物学研究. 西南农业大学学报(自然科学版), 27(5): 704-708.
- 丁瑞华. 1994. 四川鱼类志. 成都: 四川科学技术出版社.

- 段中华, 常剑波, 孙建贻. 1991. 长鳍吻鮡年龄和生长的研究. 淡水渔业, (2): 12-14.
- 费鸿年, 张诗全. 1990. 水产资源学. 北京: 中国科学技术出版社.
- 国家环境保护总局. 2007. 长江三峡工程生态与环境监测公报. 北京.
- 国家环境保护总局. 2008. 长江三峡工程生态与环境监测公报. 北京.
- 湖北省水生生物研究所鱼类研究室. 1976. 长江鱼类. 北京: 科学出版社.
- 邱顺林, 陈大庆, 黄木桂, 等. 1998. 三峡工程截流前长江渔业资源状况初析. 淡水渔业, 28(2): 3-6.
- 施白南. 1990. 四川江河渔业资源和区划. 重庆: 西南师范大学出版社.
- 伍献文, 罗云林, 乐佩琦, 等. 1997. 中国鲤科鱼类志(下卷). 上海: 上海人民出版社.
- 张松. 2003. 长江上游合江江段渔业现状评估及长鳍吻鮡的资源评估. 武汉: 华中农业大学.
- 张志英, 袁野. 2001. 溪落渡水利工程对长江上游珍稀特有鱼类的影响探讨. 淡水渔业, 31(2): 62-63.
- 周启贵, 何学福. 1992. 长鳍吻鮡生物学的初步研究. 淡水渔业, (5): 11-14.
- Gulland JA. 1971. Fish Stock Assessment: A Manual of Basic Methods (Food & Agriculture). New York: Wiley.
- Moreau J, Cuende FX. 1991. On improving the resolution of the recruitment patterns of fishes. *ICLARM Fishbyte*, 9: 45-46.
- Pauly D, Morgan GR. 1987. Length-based methods in fisheries research. *ICLARM Conference Proceedings*, 13: 468.
- Pauly D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameter, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *Journal du Conseil*, 39: 175-192.
- Pauly D. 1983. Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. *FAO Fisheries Technical Paper*, 234: 52.
- Silva Eddy A, Stewart Donald J. 2006. Age structure, growth and survival rates of the commercial fish *Prochilodus nigricans* (bocachico) in North-eastern Ecuador. *Environmental Biology of Fishes*, 77: 63-77.

作者简介 辛建峰,男,1984年生,硕士研究生。主要从事水生生物与鱼类生态学研究。E-mail: jfxin007@sina.com

责任编辑 李凤芹