第 43 卷第 1 期　　水 生 态 学 杂 志　　Vol.43, No.1
2022 年　1 月　　Journal of Hydroecology　　Jan.　2022
DOI:10.15928/j.1674-3075.202001220023

洱海西太公鱼和太湖新银鱼生长特性及种群调控效果研究

公　莉[1,2],过龙根[1,3],尹成杰[1,2],杨姣姣[1,2],杨雅兰[1,2]

(1. 中国科学院水生生物研究所,湖北 武汉 430072;
2. 中国科学院大学,北京 100049;
3. 滇西应用技术大学 洱海研究院,云南 大理 671000)

摘要:洱海先后人为引入太湖新银鱼(*Neosalanx taihuensis*)和西太公鱼(*Hypomesus nipponensis*),其生长速度快、繁殖率高的生物学特性已对洱海生态环境造成影响,通过捕捞调控可降低其生物量。为了掌握其生长特性,评估人工调控效果,2017年1月至2018年12月在洱海采集2种鱼标本,通过测量体长与体重数据,对种群参数(L_∞、W_∞、k、t_0、Z、M、E)进行估算,并调查分析其年产量变化。结果显示:(1)西太公鱼和太湖新银鱼体长与体重关系回归参数b值分别为3.2148和2.8770,均属于等速生长。西太公鱼 von Bertalanffy 生长方程为L_t=13.65[1-e$^{-1.80(t+0.17)}$],W_t=28.09[1-e$^{-1.80(t+0.17)}$]$^{3.2148}$,生长拐点年龄为0.48,相应体重为8.51 g,体长为9.41 cm;太湖新银鱼生长方程为L_t=9.45[1-e$^{-0.92(t+0.38)}$],W_t=2.69[1-e$^{-0.92(t+0.38)}$]$^{2.8770}$,生长拐点年龄为0.75龄,相应体重为0.78 g,体长为6.11 cm。(2)西太公鱼总死亡系数、自然死亡系数、捕捞死亡系数和开发率分别为10.20、2.56、7.64和0.75,太湖新银鱼为4.66、1.84、2.82和0.61。(3)西太公鱼资源量2015-2018年呈逐年递增,但上升幅度逐年降低,而太湖新银鱼资源量2015-2018年逐年降低。研究表明,洱海西太公鱼和太湖新银鱼个体发育正常,生长周期相差一个月左右,西太公鱼的生长速度高于太湖新银鱼,人工调控取得了良好的效果。

关键词:洱海;西太公鱼;太湖新银鱼;种群调控;生长参数
中图分类号:Q145　　**文献标志码:**A　　**文章编号:**1674-3075(2022)01-0117-07

鱼类在水生态系统中扮演着非常重要的角色,其群落结构组成直接影响着湖泊生态系统。西太公鱼(*Hypomesus nipponensis*)是鲑形目(Salmoniforms)、胡瓜鱼科(Osmeridae)、公鱼属(*Hypomesus*)的一种小型经济鱼类,主要分布于北太平洋亚洲和北美洲沿岸(史为良等,1987;龚小玲等,2012)。由于公鱼性成熟时间短、繁殖力强、肉味鲜美,在我国多个省、市、区的水库和湖泊引入,并在大多数水域中形成了较大规模(解玉浩和李勃,1988;李胜忠等,1995;田永胜等,1997)。根据相关资料(严晖,2011;周兴安等,2016)及走访调查的结果显示,2012年前后西太公鱼因增殖放流被引入洱海,并在几年时间内迅速成为洱海主要经济鱼类之一。太湖新银鱼(*Neosalanx taihuensis*)是鲑形目、银鱼科(Salangidae)、新银鱼属(*Neosalanx*)的一种小型经济鱼类,生长快而且经济价值高,在我国多处水体中引入(龚世园等,2004),于20世纪80年代中后期被成功引入洱海,90年代之后形成了捕捞群体(王云飞等,1999;杜宝汉和李永安,2001)。

有研究指出,太湖新银鱼的引入使洱海浮游动物密度明显减少,直接影响了洱海营养水平,导致洱海水质变差(王云飞等,1999;吴庆龙和王云飞,1999;卢慧斌等,2016);池沼公鱼产量过高导致博斯腾湖哲水蚤的密度降低,甚至消失(赖英,2009)。为了保护生态环境,洱海相关部门组织开展针对这两种鱼的捕捞活动,以降低其密度,达到增加浮游动物密度、改善水质的目的。目前,关于西太公鱼和太湖新银鱼在洱海的生长特性及人工调控效果还缺乏系统报道。本研究运用FiSAT II中的相关分析方法对这两种鱼的生长参数和死亡参数等进行估算,分析其生长特性,并结合年产量的变化情况,评估洱海西太公鱼和太湖新银鱼的人工调控效果,为进一步的生态调控提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　样品采集

2017年1月至2018年12月,每月中旬在洱海采用丝网或拖网捕捞西太公鱼和太湖新银鱼,捕捞银鱼所用的丝网是含光诱捕银鱼丝网,根据捕捞的西太公鱼和太湖新银鱼数量,各随机抽取30~100尾进行统计调查。2006-2010年太湖新银鱼的产量数据引自胡翠林(2014);2011-2018年西太公鱼和太湖新

收稿日期:2020-01-22　　**修回日期:**2021-07-29
基金项目:云南省大理市委托项目—洱海西太公鱼入侵的生态学效应、种群调控及管理策略研究项目(大市政批[2018]9号)。
作者简介:公莉,1993年生,女,硕士研究生,研究方向为渔业资源调控与环境修复。E-mail:1754552160@qq.com
通信作者:过龙根,1974年生,男,博士,副研究员,主要从事渔业资源调控与环境修复研究。E-mail:longgen@ihb.ac.cn

银鱼的产量数据引自洱海保护管理局每年增殖放流项目年捕捞量调查数据。

1.2 样品处理

1.2.1 生长参数估算 每月采集到的西太公鱼和太湖新银鱼，当场测量其体重（精确到0.01g）、全长和体长（精确到0.1cm）。体长与体重关系采用Keys公式 $W=aL^b$ 进行拟合，其中 W 为体重，L 为体长，a 和 b 为回归参数（Liu, 1990；Koutrakis & Tsikliras, 2003；战培荣等，2005）。将西太公鱼和太湖新银鱼每月所采集样本均按1 cm的间隔（四舍五入）进行体长分组，利用FiSAT II中的长度频率分析法ELEFAN Ⅰ（electronic length frequency analysis）对体长频率分布进行分析，并估算了其渐近体长（L_∞）和生长系数（k）（刘元文等，2014；Pauly, 1980；Wang et al, 2013），根据体长与体重关系式求出渐近体重（W_∞）（郭峻宏，2019）。采用Von Bertalanffy生长方程（詹秉义，1995）表示这2种鱼的生长：

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

$$W_t=W_\infty[1-e^{-k(t-t_0)}]^b \quad ②$$

式中：L_t 为 t 龄鱼的平均体长，W_t 为 t 龄鱼的平均体重，t_0 为理论初始年龄。理论初始年龄 t_0 采用Pauly & Munro（1984）的经验公式计算：

$$\ln(-t_0)=-0.3992-0.2752\ln L_\infty-1.038\ln k \quad ③$$

由于在Pauly经验公式中，L_∞ 代表渐近全长，因此本研究根据全长和体长的关系式将西太公鱼和太湖新银鱼的渐近体长值转换为渐近全长值，再代入经验公式进行计算。

为了掌握西太公鱼和太湖新银鱼的生长状况，本研究计算了生长表现指数（φ'）（顾洪静等，2013），其计算公式如下：

$$\varphi'=\lg k+2\lg L_\infty \quad ④$$

根据西太公鱼和太湖新银鱼的体长、体重生长方程，将体长生长速度（dL_t/dt）和加速度（d^2L_t/dt^2）与体重生长速度（dW_t/dt）和加速度（d^2W_t/dt^2）以及生长拐点年龄（t_{tp}）表示为：

$$dL_t/dt=kL_\infty e^{-k(t-t_0)} \quad ⑤$$

$$d^2L_t/dt^2=-k^2L_\infty e^{-k(t-t_0)} \quad ⑥$$

$$dW_t/dt=bkW_\infty e^{-k(t-t_0)}[1-e^{-k(t-t_0)}]^{b-1} \quad ⑦$$

$$d^2W_t/dt^2=bk^2W_\infty e^{-k(t-t_0))}[1-e^{-k(t-t_0)}]^{b-2}[be^{-k(t-t_0)}-1] \quad ⑧$$

$$t_{tp}=\ln b/k+t_0 \quad ⑨$$

1.2.2 死亡系数和开发率 死亡系数可以分为总死亡系数（Z）、捕捞死亡系数（F）和自然死亡系数（M）（詹秉义，1995；顾洪静等，2013；郭峻宏，2019），三者关系可以表示为：

$$Z=F+M \quad ⑩$$

总死亡系数（Z）采用FiSAT II软件中的长度转换渔获曲线法估算，自然死亡系数（M）采用Pauly & Munro（1984）的经验公式计算：

$$\ln M=-0.0066-0.279\ln L_\infty+0.6543\ln k+0.4634\ln T \quad ⑪$$

式中：T 为鱼类研究群体栖息环境的年平均温度。根据同步测量水温数据显示，洱海的年平均水温为18.2℃。

开发率（E）指捕捞死亡占总死亡的比例，常被用来指示渔业资源的开发状态（顾洪静等，2013）；本研究将开发率的结果作为评估人工调控效果的关键指标之一，开发率采用总死亡系数和捕捞死亡系数计算：

$$E=F/Z \quad ⑫$$

1.3 数据处理

本研究采用Excel 2016对体长与体重关系进行非线性回归分析，对年产量数据进行统计。运用FiSAT II的长度频率分析法ELEFAN Ⅰ对体长频率分布进行分析，并估算西太公鱼和太湖新银鱼的生长参数；利用长度转换渔获曲线法对西太公鱼和太湖新银鱼的死亡参数进行估算。

2 结果

2.1 生长参数

2.1.1 体长与体重关系 采集的西太公鱼体长为1.90~13.30 cm，体重为0.04~25.34 g；太湖新银鱼体长为2.00~9.20 cm，体重为0.04~2.63 g。根据Keys公式将西太公鱼和太湖新银鱼的体长（L；cm）与体重（W；g）关系分别进行拟合（图1），关系式如下：

$$W_H=0.0063L^{3.2148}\ (R^2=0.9777, n=1\,410)$$

$$W_N=0.0044L^{2.8770}\ (R^2=0.9247, n=1\,353)$$

2.1.2 生长方程 通过ELEFAN I拟合洱海西太公鱼和太湖新银鱼的生长曲线如图2所示。结果表明，西太公鱼和太湖新银鱼均为一年生鱼类，西太公鱼在洱海的生长阶段在4月至次年4月，太湖新银鱼生长阶段在3月至次年3月。经估算，西太公鱼 L_∞ 值为13.65 cm，k值为1.80，t_0 值为−0.17，W_∞ 值为28.09 g；太湖新银鱼 L_∞ 值为9.45 cm，k值为0.92，t_0 值为−0.38，W_∞ 值为2.69 g。

洱海西太公鱼体长与体重生长方程分别为：

$$L_t=13.65[1-e^{-1.80(t+0.17)}]$$

$W_t = 28.09[1-e^{-1.80(t+0.17)}]^{3.2148}$

洱海太湖新银鱼体长与体重生长方程分别为：

$L_t = 9.45[1-e^{-0.92(t+0.38)}]$

$W_t = 2.69[1-e^{-0.92(t+0.38)}]^{2.8770}$

经过计算，西太公鱼和太湖新银鱼在洱海的生长表现指数（φ'）为2.53和1.91。

2.1.3　生长速度、加速度和生长拐点年龄　根据西太公鱼和太湖新银鱼的生长参数，得出体长、体重生长速度和加速度曲线（图3、图4）。从图3可以看出，西太公鱼和太湖新银鱼的体长生长速度都随着月龄的增大而逐渐减小，体长生长加速度随着月龄增大逐渐减缓。从图4可以看出，西太公鱼的体重生长速度从第1个月龄（4月）至第6个月龄逐渐递增，第6个月龄开始逐渐递减，加速度随着月龄的增大逐渐减小，但减小的趋势逐渐减缓。体重生长速度由快变慢的时间节点即为生长拐点年龄，经计算，西太公鱼的生长拐点年龄为0.48龄，相应体重为8.51 g，体长为9.41 cm，生长加速度为0。太湖新银鱼体重生长速度从第1个月龄（3月）至第9个月龄是逐渐递增的，第9个月龄开始逐渐递减，加速度在一直处于逐渐递减趋势。经计算，太湖新银鱼的生长拐点年龄为0.75龄，相应体重为0.78 g，体长为6.11 cm，生长加速度为0。

2.2　死亡系数和开发率

依据长度转换渔获曲线法估算的洱海西太公鱼总死亡系数（Z）为10.20，太湖新银鱼为4.66（图5）。经计算，西太公鱼的自然死亡率（M）为2.56，捕捞死亡率为7.64，开发率为0.75；太湖新银鱼自然死亡率为1.84，捕捞死亡率为2.82，开发率为0.61。

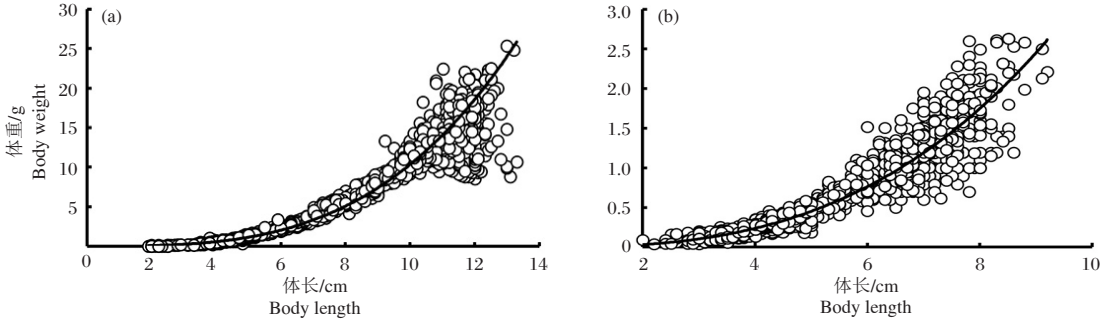

图1　洱海西太公鱼（a）与太湖新银鱼（b）体长与体重关系曲线

Fig.1　Body length-weight relationship curves for *H. nipponensis* (a) and *N. taihuensis* (b) in Erhai Lake

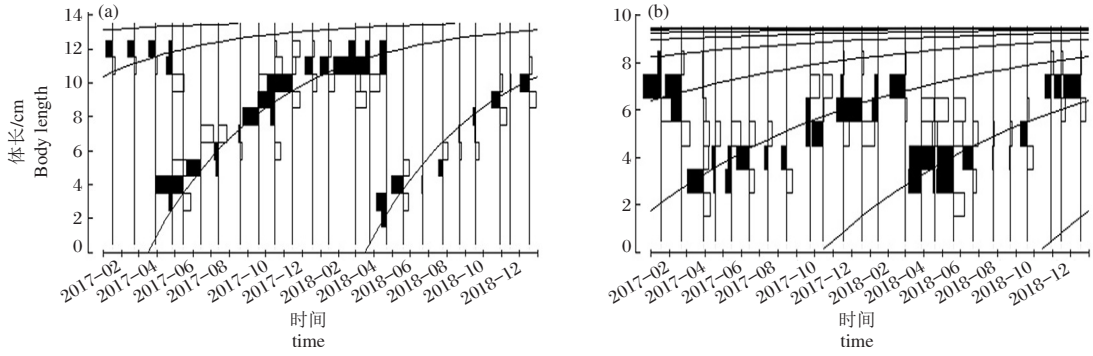

图2　西太公鱼（a）和太湖新银鱼（b）体长频率时间序列及拟合生长曲线

Fig.2　Body length frequency and fitted growth curves for *H. nipponensis* (a) and *N. taihuensis* (b) in Erhai Lake

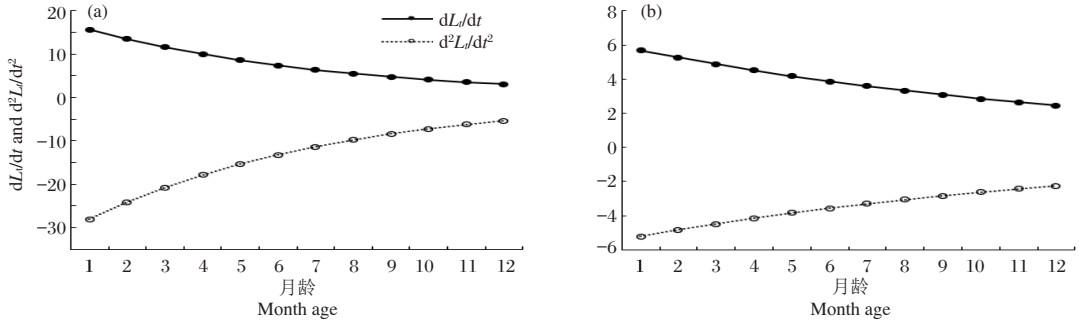

图3　西太公鱼（a）和太湖新银鱼（b）体长生长速度与加速度曲线

Fig.3　Crowth rate and growth acceleration rate of body length for *H. nipponensis* (a) and *N. taihuensis* (b) in Erhai Lake

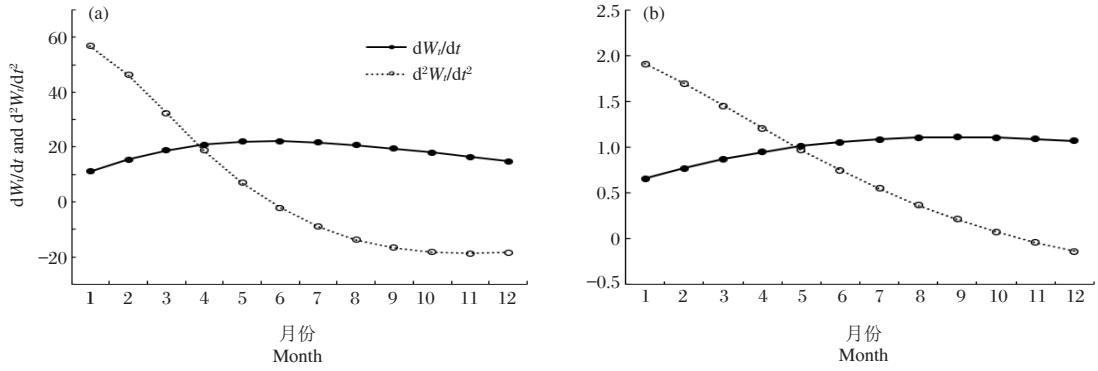

图4 西太公鱼(a)和太湖新银鱼(b)体重生长速度与加速度曲线

Fig.4 Growth rate and growth acceleration rate of body weight for *H. nipponensis* (a) and *N. taihuensis* (b)

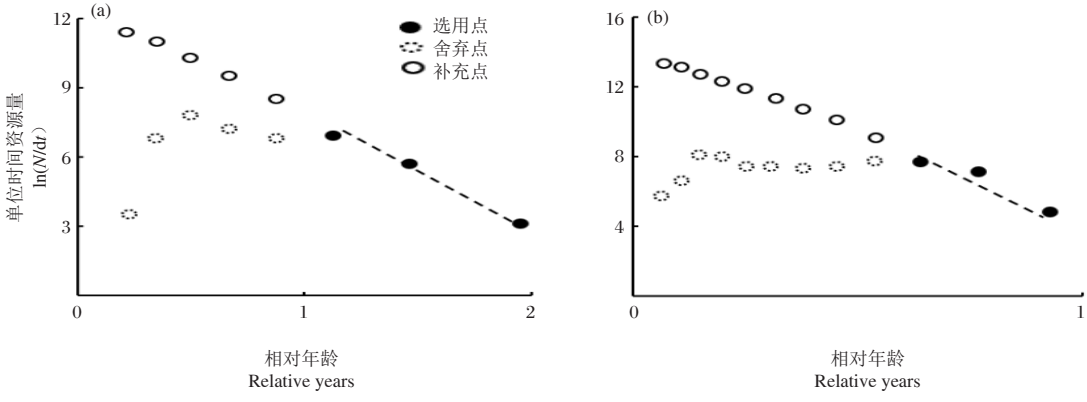

图5 西太公鱼(a)和太湖新银鱼(b)总死亡系数

Fig.5 Total mortality for *H. nipponensis* (a) and *N. taihuensis* (b) based on length-converted catch curves

2.3 年产量变化

西太公鱼和太湖新银鱼的年产量变化如图6所示。2012年西太公鱼年产量为2.5 t,2013年为 7.7 t,2015 年初步形成捕捞产量120 t,2015-2018年,西太公鱼年产量从120 t增长至2120.5t,但增长趋势逐年减缓。2015年之前,太湖新银鱼年产量一直处于缓慢上升趋势,2015-2018年,年产量由1 300 t下降至150 t。

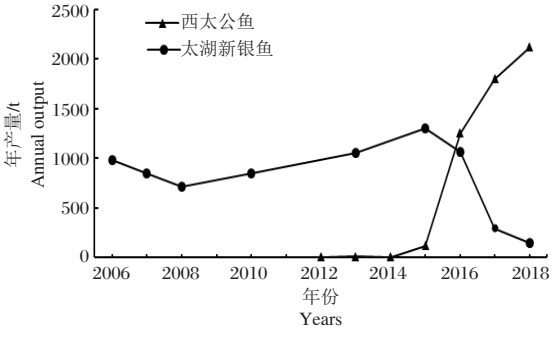

图6 洱海西太公鱼和太湖新银鱼的年产量变化

Fig.6 Annual yield of *H. nipponensis* and *N. taihuensis* in Erhai Lake (2006-2018)

3 讨论

自20世纪50年代起,大量外来鱼类引入洱海,导致鱼类群落结构发生了巨大变化(杜宝汉和李永安,2001;胡翠林,2014;周兴安等,2016),其中太湖新银鱼的引入与洱海浮游动物密度降低和以浮游动物为食的土著鲤等鱼类大量锐减密切相关(何彦敏等,2010)。2014-2015年的洱海鱼类调查中,浮游生物食性的小型鱼类较多,其中作为优势种的太湖新银鱼占总尾数的77.4%,占总生物量的7.3%(周兴安等,2016)。目前,西太公鱼已成为洱海小型优势鱼类。有研究表明,西太公鱼对水体中浮游动物密度及土著鱼类生存存在较大影响(赖英,2009;Zhou et al,2013)。因此,掌握这2种鱼在洱海的生长特性及其捕捞调控效果对保护洱海生态至关重要。

3.1 洱海西太公鱼的生长速率快于太湖新银鱼

研究鱼类的个体生长规律是弄清其资源群体数量变动与合理利用的基础,在渔业资源评估中最需要了解其生长规律,且生长参数是最容易测得的指

标之一（詹秉义，1995）。通过拟合体长与体重关系，得出的回归参数 b 值可用来判断鱼类是否处于等速生长，国内外研究学者通过大量数据统计，得出大多数鱼类 b 值在2.5~3.5，b 值接近3的种类被认为是等速生长（詹秉义，1995）。本研究通过拟合西太公鱼和太湖新银鱼的体长与体重关系，得出其 b 值分别为3.2148和2.8770，因此认为西太公鱼和太湖新银鱼在洱海为等速生长。鱼类的生长受到其生长潜能以及生存环境因子共同作用的影响。因此，同一种鱼的生长特性也会随其分布水域环境的不同而发生变化（殷名称，1995；李加儿等，1996；刘元文等，2014）。在日本霞浦湖（Kudo & Mizuguchi，2001）西太公鱼的研究中，其渐近体长 L_∞ 为10.89 cm；赵丽爽等（2018）对洪泽湖太湖新银鱼的研究表明，其渐近体长 L_∞ 为6.68 cm；与本研究所得的西太公鱼渐近体长 L_∞ 为13.65 cm以及太湖新银鱼的 L_∞ 为9.45 cm有所不同，生活环境不同是导致这一结果的主要原因之一。已有研究表明，西太公鱼和太湖新银鱼为一年生的鱼类（王卫民等，1996；胡庆杰，2001），本研究结果也证实了这一点。本研究表明，西太公鱼和太湖新银鱼在洱海具有相近的生长阶段，西太公鱼生长期是4月至次年4月，太湖新银鱼生长期是3月至次年3月，这两种鱼的生长阶段仅相差1个月。从生长系数 k 值看，西太公鱼的生长系数是太湖新银鱼的2倍，说明西太公鱼的生长速率快于太湖新银鱼。从其体重生长速度结果看，4–9月，西太公鱼体重生长速度逐渐增大，3–11月，太湖新银鱼体重生长速度逐渐增大，时间有重叠。

3.2　以生长拐点年龄和开发率调控洱海鱼类资源

在渔业管理和生产实践中，生长拐点年龄通常用作确定起捕年龄的参考（殷名称，1995）。本研究得出西太公鱼的生长拐点年龄为0.48龄，太湖新银鱼为0.75龄。因此提出西太公鱼的开捕时间应在其年龄为0.48龄时，即对应时间为9月，太湖新银鱼的开捕时间应在其年龄为0.75龄时，即对应时间为11月。Gulland（1984）提出采用开发率来判断渔业资源的开发程度，一般认为0.5为最适开发率。本研究将开发率作为评估生态调控力度的依据之一，估算出本研究期间西太公鱼的开发率为0.75，太湖新银鱼的开发率为0.61。从结果来看，西太公鱼和太湖新银鱼的人工调控力度是足够的。

3.3　人工调控与食物竞争是导致资源变动的主因

从西太公鱼和太湖新银鱼的年产量变化看，近几年在洱海的产量波动较大。2015–2018年，西太公鱼的年产量一直处于上升趋势，但上升趋势逐渐减缓，而太湖新银鱼的年产量从2015年开始呈逐年递减的趋势。综合分析认为，引起西太公鱼和太湖新银鱼产量变化较大的原因：一是人工调控。从本次估算的开发率看，在洱海针对这两种鱼的人工调控力度是足够的，因此导致了西太公鱼产量增长趋势逐渐减缓，太湖新银鱼产量逐渐降低；二是西太公鱼和太湖新银鱼均以浮游动物为主要食物（刘恩生等，2007；Zhou et al，2013；胡翠林等，2014），因此这两种鱼之间存在食物竞争关系，结合这两种鱼的生长特性，其体重生长速度逐渐增大阶段是有重叠，西太公鱼的个体较大，对食物需求更多，在竞争中更占优势，食物不足导致太湖新银鱼的年产量逐年降低。

从目前看，太湖新银鱼在洱海的密度已经很低，但鉴于其生长繁殖较快，在我国多个湖泊引入且能迅速形成产量的情况（陈海丽和陈健光，2002），建议依旧要对其进行适量捕捞，不让其密度过高；而西太公鱼目前在洱海产量依然很高，但鉴于目前的人工调控力度过大，建议适度降低其捕捞强度，以达到合理调控的目的。

参考文献

陈海丽，陈健光，2002. 太湖新银鱼移植增殖研究进展及展望[J]. 水产科技，(4):14–15.

杜宝汉，李永安，2001. 洱海鱼类多样性危机及解危对策[J]. 环境科学研究，14(3):42–44.

龚世园，张训蒲，何绪刚，等，2004. 湖北省水库与湖泊银鱼移植与增殖试验[J]. 湖泊科学，16(2)：185–191.

龚小玲，吴颖，崔忠凯，等，2012. 7处移植公鱼种类的分子鉴定[J]. 水产学报，36(12):1802–1808.

顾洪静，黄良敏，李军，等，2013. 九龙江口鳡亚科两种鱼类生长和死亡参数的估算[J]. 集美大学学报(自然科学版)，18(6):401–407.

郭峻宏，2019. 闽江口四种优势鱼类的生长特性及资源动态研究[D]. 厦门:集美大学.

何彦敏，杨堂亮，刘杰，等，2010. 洱海鱼类资源现状调查研究[J]. 楚雄师范学院学报，25(3):53–58.

胡翠林，2014. 洱海外来鱼类摄食及浮游生物生态学研究[D]. 武汉:华中农业大学.

胡翠林，王圣瑞，过龙根，等，2014. 洱海鲢、鳙的食物组成及与太湖新银鱼的食性重叠研究[J]. 水生生物学报，38(4):706–713.

胡庆杰，2001. 北京密云水库池沼公鱼自然繁殖情况调查[J]. 水产科技情报，28(6):269–271.

解玉浩，李勃，1988. 北方地区水库移殖池沼公鱼的效果和前景[J]. 黑龙江水产，(1):15–19.

赖英，2009. 博斯腾湖哲水蚤种群消失与池沼公鱼的关系[J]. 水生态学杂志，30(4):136-139.

李加儿，区又君，王仕宏，等，1996. 珠江口东岸池养鲻鱼的年龄与生长[J]. 热带海洋，(4):31-37.

李胜忠，田水胜，王国英，1995. 柴窝堡湖池沼公鱼引种试验[J]. 新疆农业大学学报，(1):72-76.

刘恩生，鲍传和，吴林坤，2007. 太湖新银鱼、鲚鱼的食性比较及相互影响分析[J]. 湖泊科学，19(1)：103-110.

刘元文，薛莹，魏邦福，等，2014. 海州湾5种主要鱼类种群参数估算[J]. 中国水产科学，21(1)：125-133.

卢慧斌，陈光杰，蔡燕凤，等，2016. 近百年来枝角类群落响应洱海营养水平、外来鱼类引入以及水生植被变化的特征[J]. 湖泊科学，28(1):132-140.

史为良，毋全富，樊全胜，1987. 我国池沼公鱼(*Hypomesus olidus*)和西太公鱼(*H. nipponensis*)的来源和比较[J]. 水利渔业，(2):5-9,42.

田永胜，张发昌，李兴玖，等，1997. 池沼公鱼在新疆大水面的移植推广研究[J]. 新疆农业大学学报，(3):60-64.

王卫民，杨干荣，张家波，等，1996. 徐家河水库陆封近太湖新银鱼的生长特性及其渔业利用[J]. 水产学报，(1):18-24.

王云飞，潘红玺，吴庆龙，等，1999. 人类活动对洱海的影响及对策分析[J]. 湖泊科学，(2):123-128.

吴庆龙，王云飞，1999. 洱海生物群落的历史演变分析[J]. 湖泊科学，(3):267-273.

严晖，2011. 洱海土著鱼类调查研究[C]//中国水利技术信息中心. 第三届全国现代生态渔业可持续发展交流研讨会论文集：84-91.

殷名称，1995. 鱼类生态学[M]. 北京:中国农业出版社.

詹秉义，1995. 渔业资源评估[M]. 北京:中国农业出版社.

战培荣，赵吉伟，董崇智，等，2005. 兴凯湖翘嘴鲌(*Culter albarnus*)的生长特性[J]. 海洋与湖沼，36(2)：146-151.

赵丽爽，程飞，张磊，等，2018. 洪泽湖大银鱼和太湖新银鱼的生长、死亡参数及资源利用状况[J]. 水生生物学报，42(2):240-249.

周兴安，乔永民，王赛，等，2016. 洱海鱼类群落结构特征及其与环境因子关系[J]. 生态学杂志，35(6)：1569-1577.

Gulland J A，1984. Fish Stock Assessment: A Manual of Basic Methods Marine Policy[J]. Marine Policy，8(1):68-69.

Koutrakis E T, Tsikliras A C, 2003. Length-weight relationships of fishes from three northern Aegean estuarine systems (Greece)[J]. Journal of Applied Ichthyology, 19(4):258-260.

Kudo T，Mizuguchi K，2000. Growth of large and small forms of pond smelt *Hypomesus nipponensis* in Lake Kasumigaura，Japan[J]. Fisheries Science，66(3):432-441.

Liu C A，1990. Biological concepts of the growth parameters[J]. Transactions of Oceanology and Limnology，(4): 71-94.

Pauly D，1980. ELEFAN Ⅰ: User's instruction and program listings[M]. ICLARM，Manila (Mimeo).

Pauly D，Munro J L，1984. Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates[J]. Fishbyte，The World-Fish Center，2(1):1-21.

Wang T，Huang D，Zhao Y，et al，2013. Age，growth and mortality of invasive sharpbelly，*Hemiculter leucisculus* (Basilewski，1855) in Erhai Lake，China[J]. Journal of Applied Ichthyology，29(6):1279-1285.

Zhou X Y，Hu Z J，Liu Q G，et al，2013. Feeding ecology of the non-indigenous fish Hypomesus nipponensis in Lake Ulungur，China: insight into the relationship between its introduction and the collapse of the native Eurasian perch population[J]. Marine and Freshwater Research，64(6): 549-557.

（责任编辑 万月华）

Growth Characteristics and Population Regulation of *Hypomesus nipponensis* and *Neosalanx taihuensis* in Erhai Lake

GONG Li[1,2], GUO Long-gen[1,3], YIN Cheng-jie[1,2], YANG Jiao-jiao[1,2], YANG Ya-lan[1,2]

(1. Hydrobiology of Institute, Chinese Academy of Sciences, Wuhan　430072, P.R.China;
2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing　100049, P.R.China;
3. Erhai Research Institute, West Yunnan University of Applied Sciences, Dali　671000, P.R.China)

Abstract: For the economic benefit, *Hypomesus nipponensis* and *Neosalanx taihuensis* were introduced into Erhai Lake, but at different times. However, the fast growth and high reproduction rate of the two fish populations produced negative impacts on the ecology of Erhai Lake. So, the management departments of Erhai Lake used fishing to regulate their biomass, consequently increasing zooplankton density and improving water quality. In this study, we explored the growth characteristics of the *H. nipponensis* and *N. taihuensis* in Erhai Lake and evaluated the effects of population regulation based on the variation in annual yields of the two populations. The aim was to provide theoretical evidence for further ecological management. *H. nipponensis* and *N. taihuensis* samples were collected from January 2017 to December 2018 in Erhai Lake. The population parameters (L_∞, W_∞, k, t_0, Z, M, E) were estimated based on the measurements of the body length and weight, and the changes in fishery yield were analyzed. Results show that: (1) The ranges of body length and body weight of *H. nipponensis* and *N. taihuensis* were, respectively, 1.90−13.30 cm, 2.00−9.20 cm and 0.04−25.34 g, 0.04−2.63 g. The regression coefficient slopes (b) of the body length−weight relationship for *H. nipponensis* and *N. taihuensis* were 3.2148 and 2.8274, respectively, both displaying isometric growth. The von Bertalanffy growth equations for *H. nipponensis* were, L_t=13.65[1−e$^{-1.80(t+0.17)}$] and W_t=28.09[1−e$^{-1.80(t+0.17)}$]$^{3.2148}$, and the growth inflection point age was 0.48 yr, with a corresponding weight of 8.51g and body length of 9.41cm. The von Bertalanffy growth equations for *N. taihuensis* were, L_t=9.45[1−e$^{-0.92(t+0.38)}$] and W_t= 2.69 [1−e$^{-0.92(t+0.38)}$]$^{2.8274}$, and the growth inflection point age was 0.75, with a corresponding weight of 0.78g and body length of 6.11cm. (2) The total mortality coefficient, natural mortality coefficient, fishing mortality coefficient and exploitation rate of *H. nipponensis* and *N. taihuensis* were, respectively, 10.20 and 4.66, 2.56 and 1.84, 7.64 and 2.82, 0.75 and 0.61. (3) From 2015 to 2018, the *H. nipponensis* population increased each year from 2015 to 2018, but at a declining rate, while the *N. taihuensis* decreased each year. This indicates that ontogenetic development of *H. nipponensis* and *N. taihuensis* are normal in Erhai Lake, and the growth cycle of the two species is approximately one month. The growth rate of the *H. nipponensis* was higher than that of the *N. taihuensis*, and the goal of regulating their populations has been achieved.

Key words: Erhai Lake; *Hypomesus nipponensis*; *Neosalanx taihuensis*; population control; growth parameters