

唐山海洋牧场口虾蛄生长特征与资源量评估

崔久儒^{1,2}, 杨济淞^{1,2}, 李佳星³, 孙珮琦^{1,2}, 尹增强^{1*}

¹大连海洋大学海洋科技与环境学院, 辽宁 大连

²大连海洋大学水产与生命学院, 辽宁 大连

³中国水产科学研究院营口增殖实验站, 辽宁 营口

收稿日期: 2024年3月4日; 录用日期: 2024年4月3日; 发布日期: 2024年4月11日

摘要

口虾蛄是我国沿海城市的重要渔业资源之一, 颇受大众喜爱。根据2014年的9月、2015年的9月、2016年的9月、12月以及2017年3月、4月、5月和6月的资源采样调查, 分析了雄性与雌性口虾蛄体重和体长数据, 计算了口虾蛄体长体重的生长关系式, 求得了体长体重生长方程。估算了雌雄口虾蛄总死亡率、捕捞死亡率和自然死亡率, 使用体长股分析法对口虾蛄的资源量进行了评估, 结果为: (1) 雄性口虾蛄体长体重关系式 $W = 0.0012 L^{2.114}$, 雌性 $W = 0.0028 L^{1.909}$; (2) 雄性体长生长方程 $L_t = 211.5 \times [1 - e^{-0.77(t + 0.203)}]$, 雌性 $L_t = 220 \times [1 - e^{-0.86(t + 0.179)}]$; (3) 雄性体重生长方程 $W_t = 98.99 \times [1 - e^{-0.77(t + 0.203)}]^{2.114}$, 雌性体重生长方程 $W_t = 82.82 \times [1 - e^{-0.86(t + 0.179)}]^{1.909}$; (4) 雄性口虾蛄总瞬时死亡率 Z 为3.92、自然瞬时死亡率 M 为0.71、捕捞瞬时死亡率 F 为3.21。雌性口虾蛄总瞬时死亡率为4.93、瞬时自然死亡率 M 为0.76、瞬时捕捞死亡率 F 为4.17。根据体长股分析式估算出了唐山海洋牧场雄性口虾蛄资源量为358.89 t, 雌性口虾蛄资源量为289.48 t, 总资源量为648.37 t。提出了管理建议。

关键词

口虾蛄, 生长方程, 体长股分析, 唐山海洋牧场

Growth Characteristics and Resource Assessment of *Oratosquilla oratoria* of Tangshan Marine Ranch

Jiuru Cui^{1,2}, Jisong Yang^{1,2}, Jiaying Li³, Peiqi Sun^{1,2}, Zengqiang Yin^{1*}

¹College of Marine Science and Environment, Dalian Ocean University, Dalian Liaoning

²College of Fisheries and Life Science, Dalian Ocean University, Dalian Liaoning

³Yingkou Enhancement Experimental Station, China Academy of Fisheries Science, Yingkou Liaoning

Received: Mar. 4th, 2024; accepted: Apr. 3rd, 2024; published: Apr. 11th, 2024

*通讯作者。

文章引用: 崔久儒, 杨济淞, 李佳星, 孙珮琦, 尹增强. 唐山海洋牧场口虾蛄生长特征与资源量评估[J]. 农业科学, 2024, 14(4): 407-415. DOI: 10.12677/hjas.2024.144052

Abstract

Oratosquilla oratoria is an essential fishing species in China's coastal regions, where it is both popular and delicious. The weight and body length data of the male and female *Oratosquilla oratoria* were analyzed based on survey data from September 2014, September 2015, September and December 2016, and March, April, May and June 2017; the relationship formula for body length and weight of *Oratosquilla oratoria* were calculated, and the VBGF of body length and body weight were solved. The total mortality, the natural mortality and the fishing mortality were estimated for both sexes, and the resource size of *Oratosquilla oratoria* was assessed using the body length frequency analysis method, with the following results: (1) body length-weight relationship formula was $W = 0.0012 L^{2.114}$ for male and $W = 0.0028 L^{1.909}$ for female *Oratosquilla oratoria*; (2) the VBGF of body length is $L_t = 211.5 \times [1 - e^{-0.77(t+0.203)}]$ for males and $L_t = 220 \times [1 - e^{-0.86(t+0.179)}]$ for females; (3) the VBGF of weight length is $W_t = 98.99 \times [1 - e^{-0.77(t+0.203)}]^{2.114}$ for males and $W_t = 82.82 \times [1 - e^{-0.86(t+0.17907)}]^{1.909}$ for females; (4) the total mortality (Z) was $3.92 a^{-1}$, the natural mortality (M) was $0.71 a^{-1}$, and the fishing mortality (F) was $3.21 a^{-1}$ for males; the total mortality (Z) was $4.93 a^{-1}$, the natural mortality (M) was $0.76 a^{-1}$, and the fishing mortality (F) was $4.17 a^{-1}$ for females. Based on length cohort analysis (LCA), we estimated that the biomass of male *Oratosquilla oratoria* from Tangshan Marine Ranch was 358.89 t, while the biomass of female *Oratosquilla oratoria* was 289.48 t and the total biomass was 648.37 t, and management recommendations were proposed.

Keywords

Oratosquilla oratoria, Von Bertalanffy Growth Functions (VBGF), Length Cohort Analysis (LCA), Tangshan Marine Ranch

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

海洋渔业为我国沿海城市经济的支柱产业[1]。近年来,渔业资源正在逐渐衰退,出现了个体小型化、种群低龄化、性成熟提前、海洋污染愈发严重以及栖息地遭到严重破坏等许多问题,这些问题都不利于近海渔业可持续发展。在最近十几年的时间里,因为新兴的海港项目、越来越频繁的捕捞活动和大量的工业废水排放等问题,导致唐山海域和周边海洋生境条件恶化,造成了唐山近海传统经济鱼类资源急剧衰退。口虾蛄因味道鲜美,颇受大众喜爱,已成为支柱渔业之一,其产量在我国沿海渔业生产中占有较大比例[2]。

口虾蛄(*Oratosquilla oratoria*)属节肢动物门(Arthropoda)软甲纲(Malacostraca)口足目(Stomatopoda)虾蛄科(Squillidae)口虾蛄属(*Oratosquilla*) [3], 俗称琵琶虾、虾爬子、皮皮虾、螳螂虾等,是一种常见于中国沿海城市的甲壳类动物[4]。

但有相关研究表明,我国沿海城市的口虾蛄资源已呈小型化趋势[5],口虾蛄资源正在严重衰退。为避免口虾蛄资源重蹈其他优质渔业资源覆辙,制定科学的捕捞方案,为实现口虾蛄资源可持续发展提供依据。目前关于口虾蛄的研究主要集中于基础生物学研究等方面。例如耿玉玲[6]等对山东沿海口虾蛄的生长参数进行了估算;徐海龙[7]等对雌性口虾蛄初次性成熟体长进行了估算;于卓良[8]等对口虾蛄肌肉与副产物脂质特征进行研究,发现口虾蛄副产物有较高的营养价值;刘海映[9]等对大连沿海口虾蛄幼体

进行研究,发现其与日本口虾蛄存在差异;吴强[10]等对莱州湾的口虾蛄生物学特征和时空分布进行研究,发现10月份时口虾蛄肥满度最高且口虾蛄密度与表层海水温度相关性最高;宁加佳[11]等通过稳定同位素对口虾蛄的食性进行研究,研究结果表明口虾蛄为杂食性,其摄食选择性较大;刘海映[12]等对口虾蛄的繁殖进行了相关研究,发现3月时繁殖个体卵巢逐渐发育,至6月份发育成熟;许莉莉[3]等对海州湾附近海域的口虾蛄进行研究,发现口虾蛄主要生活在砂石与黏土底质中。目前还未发现关于唐山海域口虾蛄生长特征与资源评估的研究报道。本研究根据唐山海洋牧场口虾蛄的现场调查数据,分析口虾蛄的个体生长特征,评估资源量,为相关部门管理口虾蛄资源提供理论依据。

2. 材料与方法

2.1. 数据来源

本研究所用的口虾蛄分析资料来自于2014~2017年唐山海洋牧场海域共9次现场调查数据,共调查60个样本,分别对每一个样本进行了生物学测定,包括性别鉴定、体长和体重的测量。调查网具主要采用地笼网(网目尺寸35 mm,长10 m,宽300 mm,高190 mm)、底置刺网(网目尺寸50 mm,长50 m,高1.6 m)和浮刺网(网目尺寸80 mm,长50 m,高1.4 m)。

2.2. 实验方法

(1) 唐山海洋牧场口虾蛄资源群体组成(体长和体重组成、平均体长和体重);

(2) 体长-体重的关系表达式:本文选择用幂函数关系表示口虾蛄体长与体重间关系[13],具体关系式为: $W = a \cdot L^b$ (W 、 L 为口虾蛄的体重和体长, a 、 b 为相关参数);

(3) 口虾蛄体长与体重的生长方程:本研究采用 von Bertalanffy 生长方程进行模拟。依据资源调查数据分析,可知唐山海洋牧场口虾蛄样本年龄组成比较简单,因此使用 FISAT II 软件中的体长频率分析法 ELEFAN I 对口虾蛄生长速率 K 和渐进体长 L_∞ 的参数估算;对于 t_0 (理论初始年龄)的计算,本研究采用 Pauly 公式[14], $\ln(-t_0) = -0.392 - 0.275 \ln L_\infty - 1.038 \ln K$; 渐进体重 W_∞ 运用体长体重关系式($W_\infty = a \cdot L_\infty^b$)求得。

(4) 评估唐山海洋牧场口虾蛄群体的生物资源量:使用体长股分析法(LCA)进行计算,公式如下[15]:

$$N_t = C_t \cdot (M + F_t) / F_t$$

$$C_t = N_{i+\Delta t} \cdot (F_i / M + F_i) \cdot (e^{(M+F_i)\Delta t} - 1)$$

$$\Delta t_i = (t_{i+1} - t_i), t_i = t_0 - (1/K) \cdot \ln(1 - (L_i / L_\infty))$$

$$N_i = N_{i+\Delta t} \cdot e^{M+F_i}$$

以上公式中 N_t 、 C_t 和 F_t 分别表示口虾蛄最大体长时对应的资源量、渔获量和瞬时捕捞死亡率, N_i 、 C_i 和 F_i 分别表示口虾蛄在 i 龄时的资源生物量、渔获量和瞬时捕捞死亡率, $N_{i+\Delta t}$ 表示口虾蛄在 $i + \Delta t$ 龄时的资源生物量, M 表示口虾蛄群体的瞬时自然死亡率,可根据 Pauly 公式[16]: $\ln M = -0.007 - 0.279 \ln L_\infty + 0.654 \ln K + 0.463 \ln T$ 计算求得, T 为调查海区的平均温度,本文选取 20°C。

3. 结果与分析

3.1. 群体组成分析

根据唐山海洋牧场现场采样数据求得唐山海域口虾蛄群体体长范围为:雄性虾蛄在 88 mm~211.5 mm,平均体长 110.9 mm;而雌性口虾蛄在 70 mm~220 mm,平均体长为 102.9 mm;唐山海域口虾蛄群体体重范围:雄性口虾蛄大约在 11.58 g~98.99 g,平均体重为 25.2 g,雌性口虾蛄群体为 8.57 g~82.82 g,

平均体重为 20.0 g。

3.2. 体长 - 体重函数关系式

对口虾蛄的 60 尾样本鉴定性别, 运用协方差分析(ANCOVA)可知, 雌雄口虾蛄间的体重与体长关系有明显差异($P = 0.001, < 0.05$), 因此将雌雄分别拟合体重与体长的幂函数关系(见图 1 和图 2), 函数式为:

$$W_t = 1.2 \times 10^{-3} L_t^{2.114} \quad (R^2 = 0.5333, n = 33)$$

$$W_t = 2.8 \times 10^{-3} L_t^{1.909} \quad (R^2 = 0.6221, n = 27)$$

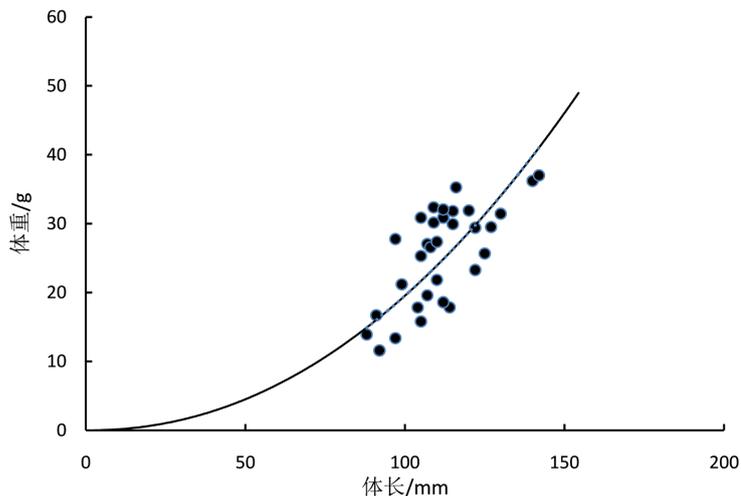


Figure 1. Relationship between body weight and body length of male *Oratosquilla oratoria*

图 1. 雄性口虾蛄体重和体长的关系

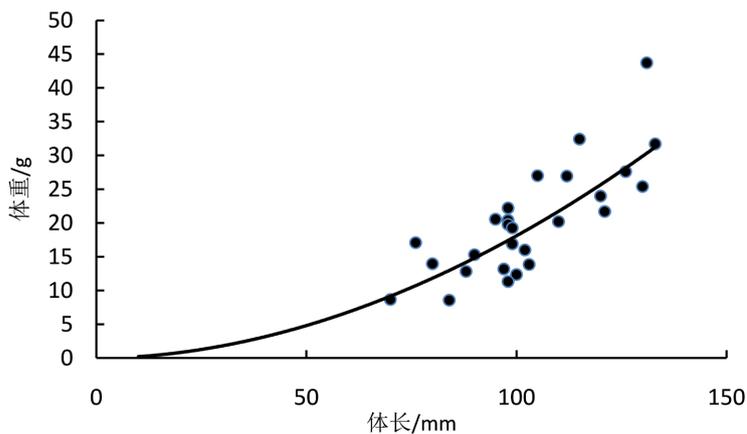


Figure 2. Relationship between body weight and body length of female *Oratosquilla oratoria*

图 2. 雌性口虾蛄体重和体长的关系

3.3. 体长生长和体重生长

3.3.1. 体长生长方程和体重生长方程

根据 2014~2017 年口虾蛄群体的资源调查数据, 将体长数据资料按 10 mm 的间隔进行统计, 求得体

长分布频率数据，运用 FISAT II 软件中的 Shepherds Method 方法，可得雌雄口虾蛄的 von Bertalanffy 生长方程参数：

雄性口虾蛄 K 值为 0.77， t_0 为 -0.203， L_∞ 为 211.5 mm， W_∞ 为 98.989 g。唐山海洋牧场的雄性口虾蛄的体长生长方程为 $L_t = 211.5 \times [1 - e^{-0.77(t+0.203)}]$ ，体重生长方程为 $W_t = 98.989 \times [1 - e^{-0.77(t+0.203)}]^{2.114}$ 。

雌性口虾蛄 K 值为 0.86， t_0 为 -0.18， L_∞ 为 220 mm， W_∞ 为 82.821 g。唐山海洋牧场的雌性口虾蛄的体长生长方程 $L_t = 220 \times [1 - e^{-0.86(t+0.18)}]$ ，体重生长方程为 $W_t = 82.821 \times [1 - e^{-0.86(t+0.179)}]^{1.909}$ 。

3.3.2. 体长长速度方程与体重增长速度方程

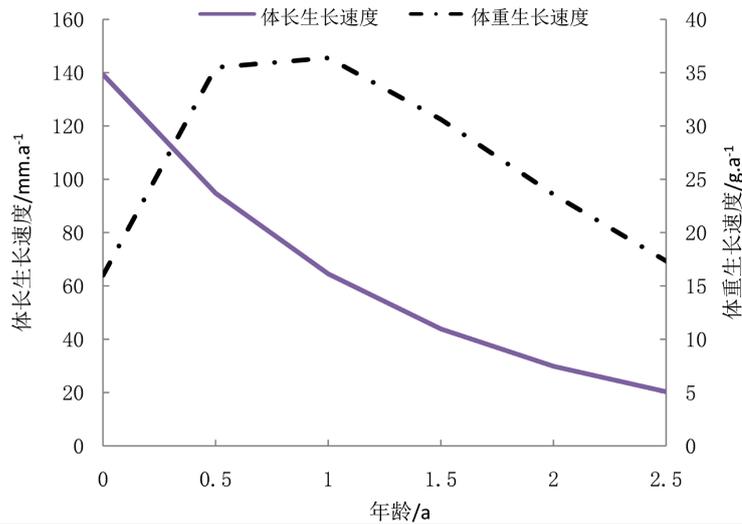


Figure 3. Body length growth rate and body weight growth rate curves of male *Oratosquilla oratoria*

图 3. 雄性口虾蛄体长长速度与体重增长速度曲线

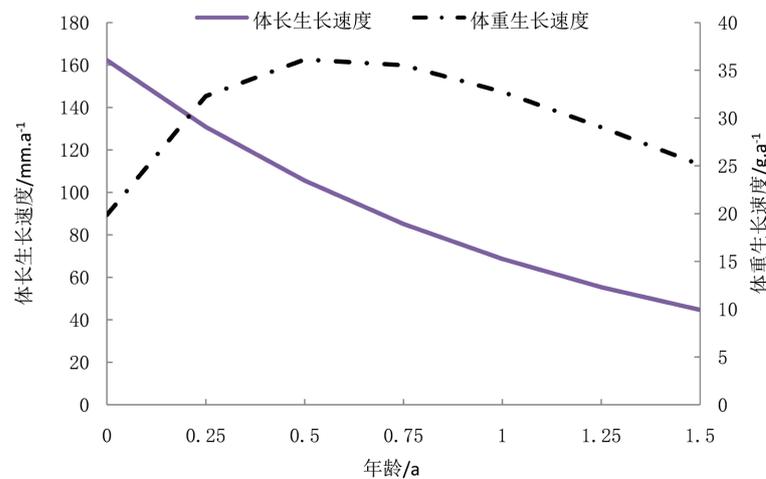


Figure 4. Body length growth rate and body weight growth rate curves of female *Oratosquilla oratoria*

图 4. 雌性口虾蛄体长长速度与体重增长速度曲线

由唐山海洋牧场口虾蛄的调查数据可以得出体长与体重生长方程，分别对 t 求导求出相应的生长速度方程：(1) 体长长速度方程：雄性口虾蛄为 $dL_t/dt = 0.77 \times 211.5e^{-0.77(t+0.203)}$ ，雌性口虾蛄为 $dL_t/dt = 0.86$

$\times 220.0e^{-0.86(t+0.179)}$; (2) 体重生长速度方程: 雄性口虾蛄为 $dW_i/dt = 3 \times 0.77 \times 98.99e^{-0.77(t+0.203)} \times [1 - e^{-0.77(t+0.203)}]^2$; 雌性口虾蛄为 $dW_i/dt = 3 \times 0.86 \times 82.82e^{-0.86(t+0.179)} \times [1 - e^{-0.86(t+0.179)}]^2$ 。根据图 3 和图 4 可得, 口虾蛄资源群体的体长生长速度随年龄的增加而逐渐减小, 体重生长速度随年龄的增加先增大后减小。由公式 $d^2W_i/dt^2 = 0$ 可得, 雄性口虾蛄的体重生长拐点年龄为 0.769 (龄), 雌性口虾蛄的拐点年龄为 0.573 (龄), 代入体长和体重的生长方程, 求出相应的拐点体长和体重, 雄性口虾蛄分别为 111.5 mm 和 25.6 g, 雌性口虾蛄分别为 104.7 mm 和 20.1 g。

3.4. 瞬时总死亡率、瞬时捕捞死亡率和瞬时自然死亡率

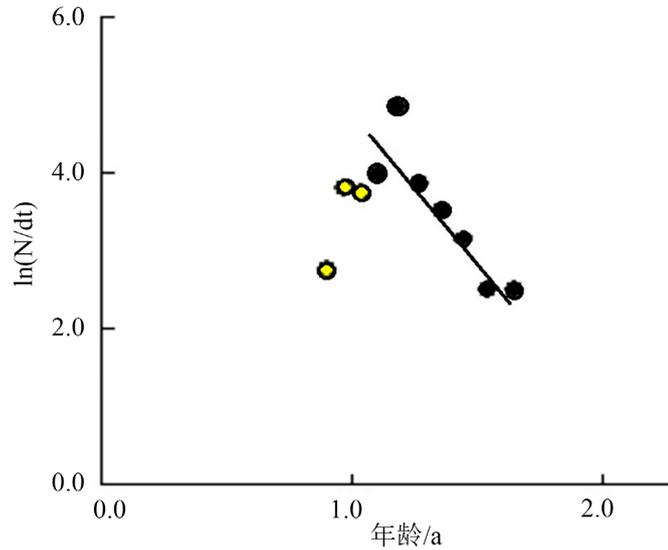


Figure 5. Male catch curve
图 5. 雄性渔获量曲线图

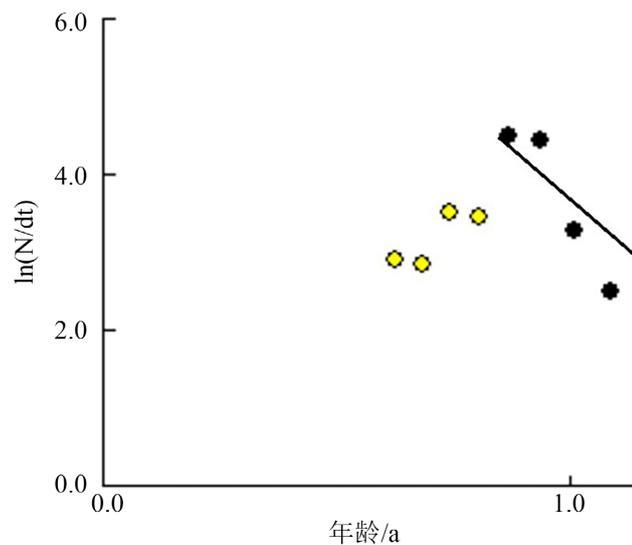


Figure 6. Female catch curve
图 6. 雌性渔获量曲线图

根据雄性口虾蛄体长频率数据, 求得转换渔获量曲线(图 5), 经线性回归可得方程(去掉不能用于分

析的黄点): $\ln(N/\Delta t) = -3.919t + 8.822$ ($R = -0.9044$)。由于拟合方程的斜率是-3.919, 因此将 3.919 为雄性口虾蛄瞬时总死亡率; 根据渐近体长 (L_∞)、生长曲率 (K) 以及 Pauly 经验公式: $\ln M = -0.007 - 0.279 \ln L_\infty + 0.654 \ln K + 0.463 \ln T$ (T 表示栖息海域年均温度, 本文为 20°C), 可得 M 约为 0.71; 所以瞬时捕捞死亡率 $F = Z - M = 3.21$; 同理可得雌性口虾蛄转换渔获量曲线(图 6)方程为 $\ln(N/\Delta t) = -4.933t + 8.649$ ($R = -0.7097$), 瞬时总死亡率 Z 为 4.93, 瞬时自然死亡率 M 为 0.76, 瞬时捕捞死亡率为 $F = 4.17$ 。

3.5. 临界年龄

临界年龄, 是指在同一时期渔业资源种群在尚未完全被人类利用的条件下, 当资源种群生物量达到最大时的年龄, 又或者资源个体重量相对增长速率和资源种群瞬时自然死亡率相当时的年龄[17]。通过口虾蛄的体重生长方程和 M 值, 可以计算得雄性口虾蛄的临界年龄 1.68 (龄), 雌性口虾蛄的临界年龄 1.54 (龄), 代入体长生长方程和体重生长方程, 求出临界体长和临界体重, 雄性口虾蛄分别为 161.9 mm 和 56.2 g, 雌性口虾蛄分别为 169.8 mm 和 50.5 g。

3.6. 资源生物量

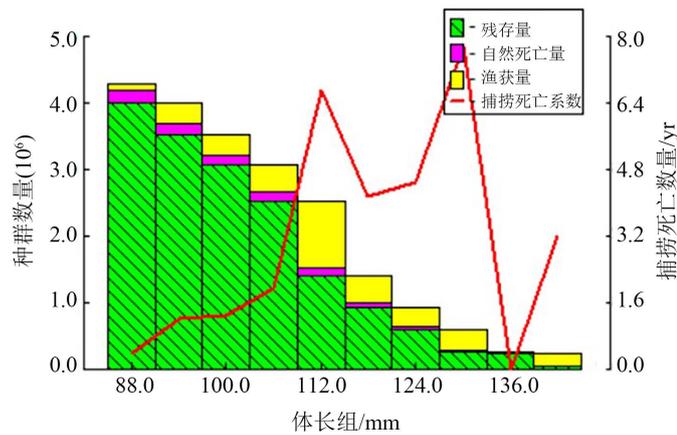


Figure 7. Calculation result of male length based cohort analysis (LCA)
图 7. 雄性资源量计算结果图

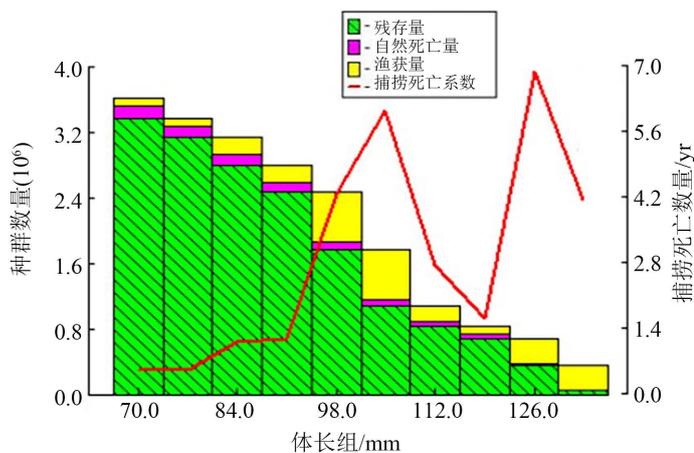


Figure 8. Calculation result of female length based cohort analysis (LCA)
图 8. 雌性体长股分析资源量计算结果图

根据口虾蛄资源群体的体长频率分布数据, 设口虾蛄群体的雄性和雌性最大体长的瞬时捕捞死亡系数 F_i 分别为 3.21 和 4.17, 使用体长股分析(LCA)法, 运用 FISAT II 软件进行口虾蛄资源量估算, 可得唐山海洋牧场水域口虾蛄资源群体的雄性口虾蛄的资源生物量(图 7)为 358.89 t, 雌性口虾蛄的资源量(图 8)为 289.48 t, 总资源量为 648.37 t。

4. 结论与讨论

4.1. 个体生长特征

所研究资源群体的体长和体重是海洋动物生长特点的重要表征指标[18]。根据唐山海洋牧场现场采样数据求得唐山海域口虾蛄群体体长范围: 雄性虾蛄在 88 mm~211.5 mm, 平均体长 110.9 mm; 而雌性口虾蛄在 70 mm~220 mm, 平均体长为 102.9 mm; 唐山海域口虾蛄群体体重范围: 雄性口虾蛄大约在 11.58 g~98.99 g, 平均体重为 25.2 g, 雌性口虾蛄群体为 8.57 g~82.82 g, 平均体重为 20.0 g。然而口虾蛄的个体生长拐出的体长和体重分别为: 雄性为 111.5 mm 和 25.6 g, 雌性为 104.8 mm 和 20.1 g。可知目前唐山海洋牧场海域口虾蛄捕捞的平均体长和平均体重均小于拐点体长和体重, 处于生长型捕捞过度状态。

4.2. 资源管理建议

本研究从开捕规格、年可捕量两方面探讨了管理措施。(1) 开捕规格。从充分发挥口虾蛄个体生长潜力角度, 可将拐点体长作为口虾蛄的开捕体长。从口虾蛄世代生物量角度, 为了使世代的瞬间生物量最大, 可将临界体长作为口虾蛄开捕体长; 基于资源群体生物量变化角度, 科学捕捞年龄应选临界年龄, 此时口虾蛄种群的生物量最大[19]。根据本研究可知, 雄性口虾蛄资源捕捞年龄为 0.77~1.68 龄, 雌性口虾蛄为 0.57~1.54 龄比较合理。相应的口虾蛄体长为: 雄性 111.5 mm~161.9 mm, 雌性 104.7 mm~169.8 mm。基于资源可持续利用角度, 为便于管理, 建议口虾蛄开捕体长为 111.5 mm~169.8 mm。(2) 年可捕量: 实际捕捞产量可在综合考虑口虾蛄的现有资源量以及实际情况后决定。本研究估算的唐山海洋牧场口虾蛄资源量约为 648.37 t, 最大持续产量 MSY (即 $0.5 B_0$, B_0 为口虾蛄资源量) [20] 约为 237.4 t, 可作为监管单位在管理口虾蛄资源时的参考依据。

基金项目

国家重点研发项目(2019YFD0901302); 大连市科创基金项目(2021JJ11CG001)。

参考文献

- [1] 王泽宇, 崔正丹, 孙才志, 等. 中国海洋经济转型成效时空格局演变研究[J]. 地理研究, 2015, 34(12): 2295-2308.
- [2] 秦玉雪, 陈雷, 尹增强, 等. 基于碳、氮稳定同位素的黄海北部口虾蛄食性分析[J]. 水产学杂志, 2023, 36(1): 59-64.
- [3] 许莉莉, 薛莹, 焦燕, 等. 海州湾及邻近海域口虾蛄群体结构及资源分布特征[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2017, 47(4): 28-36.
- [4] 关丽莎, 单秀娟, 杨涛等. 渤海口虾蛄仔虾季节性分布及其早期补充模式[J]. 渔业科学进展, 2022, 43(6): 168-178.
- [5] 谷德贤, 刘茂利. 天津海域口虾蛄群体结构及资源量分析[J]. 河北渔业, 2011(8): 24-26.
- [6] 耿玉玲, 张崇良, 韩东燕, 等. 基于科学调查与渔业生产数据的山东近海口虾蛄生长参数估算[J]. 中国水产科学, 2019, 26(4): 756-764.
- [7] 徐海龙, 赵荣荣, 梁茜, 等. 基于性腺发育阶段估算渤海湾雌性口虾蛄初次性成熟体长[J]. 上海海洋大学学报, 2022, 31(3): 721-728.
- [8] 于卓良, 李德阳, 阴法文, 等. 口虾蛄肌肉与副产物脂质特征分析[J]. 大连工业大学学报, 2021, 40(3): 157-163.
- [9] 刘海映, 谷德贤, 李君丰, 等. 口虾蛄幼体的早期形态发育特征[J]. 大连水产学院学报, 2009, 24(2): 100-103.

-
- [10] 吴强, 陈瑞盛, 黄经献, 等. 莱州湾口虾蛄的生物学特征与时空分布[J]. 水产学报, 2015, 39(8): 1166-1177.
- [11] 宁加佳, 杜飞雁, 王雪辉, 等. 基于稳定同位素的口虾蛄食性分析[J]. 水产学报, 2016, 40(6): 903-910.
- [12] 刘海映, 谷德贤, 姜玉声, 等. 口虾蛄繁殖周期及生殖细胞发育的研究[J]. 大连海洋大学学报, 2013, 28(3): 269-272.
- [13] 费鸿年, 张诗全. 水产资源学[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1990: 114-825.
- [14] Pauly, D. (1984) *Fish Population Dynamics in Tropical Waters: A Manual for Use with Programmable Calculators*. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, 325.
- [15] Pauly, D. (1984) *Fish Population Dynamics in Tropical Waters: A Manual for Use with Programmable Calculators*. *ICLARM Studies and Reviews*, **8**, 325.
- [16] Pauly, D. (1980) On the Interrelationships between Natural Mortality, Growth Parameters and Mean Environmental Temperature in 175 Fish Stocks. *ICES Journal of Marine Science*, **39**, 175-192.
<https://doi.org/10.1093/icesjms/39.2.175>
- [17] 林龙山, 程家骅. 东海区小黄鱼渔业生物学现状的分析[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2004, 34(4): 565-570.
- [18] 唐国彬. 生态弹性与渔业资源可持续利用——以我国大黄鱼资源为例[D]: [硕士学位论文]. 湛江: 广东海洋大学, 2017.
- [19] 尹增强, 章守宇, 汪振华, 等. 浙江嵊泗人工鱼礁区小黄鱼生长特征与资源合理利用的初步研究[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(3): 588-594.
- [20] 尹增强, 许传才, 陈勇, 等. 獐子岛鱼礁海域许氏平鲉生长特征与资源评估[J]. 农村经济与科技, 2015, 26(10): 71-72, 56.