

文章编号: 1674-5566(2025)02-0434-09

DOI: 10.12024/jsou.20241104692

## 剑尖枪乌贼生长与死亡参数的估算

吴嘉敏<sup>1</sup>, 李楠<sup>1</sup>, 方舟<sup>1,2,3</sup>

(1. 上海海洋大学 海洋生物资源与管理学院, 上海 201306; 2. 大洋渔业资源可持续开发教育部重点实验室, 上海 201306; 3. 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306)

**摘要:** 为了深入探究东海剑尖枪乌贼(*Uroteuthis edulis*)的生物学特征及其资源状况, 利用2020—2024年东海海域拖网渔船采集的剑尖枪乌贼样本, 进行生物学测定与分析, 使用ELEFAN方法与长度渔获曲线法对生长与死亡参数进行估算。结果显示, 剑尖枪乌贼的雌雄个体的胴长和体质量组间存在极显著差异( $P < 0.001$ ); 个体幂指数系数 $b$ 值小于3, 表现出负异速生长特征; 雌性个体胴长和体质量关系均有显著性差异( $P < 0.05$ ); 生长曲线曲率 $K$ 值反映出东海海域更适合雌性个体生长; 雌性和雄性的死亡系数差别不大, 表明开发程度较为一致。研究表明, 东海剑尖枪乌贼的生长存在年间和性别间差异, 相比北部湾海域, 东海海域更适合剑尖枪乌贼生长。此外, 资源开发率大于0.5, 种群资源有过度开发风险。本研究可为东海剑尖枪乌贼的资源评估提供参考依据, 并为其可持续发展与利用提供支持。

**关键词:** 剑尖枪乌贼; 生物学; 生长参数; 生长方程; 渔业管理

**中图分类号:** S 932.4 **文献标志码:** A

剑尖枪乌贼(*Uroteuthis edulis*)是一种不作长距离洄游的物种, 适合在温度12~27℃、盐度32.0~34.7的海水中生存, 仅在近海进行洄游移动, 主要分布在西太平洋海域, 集中分布在黄海、东海、日本海中部和南部以及菲律宾群岛等海域<sup>[1]</sup>, 其中以东海的资源丰度最高<sup>[2]</sup>。剑尖枪乌贼作为我国重要的海洋捕捞对象, 在我国近海渔业中有着重要地位<sup>[3]</sup>。东海海域剑尖枪乌贼的资源较为稳定<sup>[4]</sup>, 2004年, 东海区头足类产量为48.6万t, 剑尖枪乌贼则占66%~75%<sup>[5]</sup>。研究<sup>[6]</sup>表明, 在东海海域, 剑尖枪乌贼已取代曼氏无针乌贼(*Sepiella maindroni*)成为优势种。相对于其他过度开发的经济鱼类, 东海的头足类资源有一定的开发利用潜力。

为了更好地开发东海剑尖枪乌贼资源, 需要进行资源和管理策略评估, 评估的首要前提是确定其生长和死亡参数。CHEMBIAN等<sup>[7]</sup>使用长度转换渔获曲线(Length-converted catch curve, LCCC)法对西北海域印度洋鳶乌贼

(*Sthenoteuthis oualaniensis*)的死亡系数进行估算; WANG等<sup>[8]</sup>利用LCCC方法估算了南海北部鳶乌贼生长参数和死亡系数; 招春旭等<sup>[9]</sup>利用Fisat II软件中ELEFAN I和LCCC方法估计了南海鳶乌贼的VB方程参数和死亡系数。李永振等<sup>[10]</sup>分析了包括剑尖枪乌贼在内的南海不同海域4种枪乌贼种群参数。李楠等<sup>[11]</sup>利用生物学特征和耳石分析了剑尖枪乌贼的生长关系, 确定了最佳胴长和体质量生长模型。关于东海剑尖枪乌贼的种群系数, 目前国内外还未见有相关研究, 在有关其资源评估的研究中都是使用假设值。本研究利用2020—2024年东海底拖网渔获数据的生物学测定结果, 拟合了剑尖枪乌贼的种群参数, 为后续的资源评估奠定了基础。

### 1 材料与方法

#### 1.1 数据来源

样本采集自拖网渔船“浙岭渔23860号”的作业渔获, 采样时间为2020—2024年, 采集海域为

收稿日期: 2024-11-11 修回日期: 2025-01-15

基金项目: 国家自然科学基金(42306117); 农业农村部外海渔业开发重点实验室开放基金(LOF 2021-01)

作者简介: 吴嘉敏(2000—), 女, 硕士研究生, 研究方向为渔业资源评估。E-mail: 1142885612@qq.com

通信作者: 方舟, E-mail: zfang@shou.edu.cn

版权所有 ©《上海海洋大学学报》编辑部(CC BY-NC-ND 4.0)

Copyright © Editorial Office of Journal of Shanghai Ocean University (CC BY-NC-ND 4.0)

<http://www.shhydx.com>

东海北部(123°E~127°E, 27.5°N~31.5°N)。样本经过冷冻保存后运回实验室进行研究。

研究海域的平均环境温度( $T$ )来自哥白尼海洋环境观测服务中心(The Copernicus Marine Environment Monitoring Service, CMEMS)官方网站(<https://marine.copernicus.eu/>)最近5年海面温度(Sea surface temperature, SST)的平均值,为21.98 °C。

## 1.2 研究方法

### 1.2.1 生物学测定

按照《海洋调查规范-海洋生物调查》对样本进行生物学测量,包括体质量(Body mass, BM)、胴长(Mantle length, ML)、性别和性腺成熟度等。体质量使用电子秤测量,精确至1 g;胴长采用软尺测量,精确至0.1 cm。性腺成熟度根据性腺的发育情况划分为I、II、III、IV和V期,其中IV期和V期为性成熟阶段。

### 1.2.2 数据分析

将样本根据性别分为雌性和雄性两组,利用胴长和体质量数据进行幂函数方程的拟合以估算生长参数。胴长组成分布采用2 cm组距进行频度分析,体质量组成分布采用40 g组距进行频度分析。性别间及年间的胴长和体质量差异通过Wilcoxon秩和检验法进行分析。采用线性回归法分析雌雄个体体质量与胴长关系的年间变化,年间体质量与胴长关系的差异通过协方差分析法(Analysis of covariance, ANCOVA)进行比较。

胴长和体质量的幂函数方程为

$$W = a \times L^b \quad (1)$$

式中: $W$ 为剑尖枪乌贼体质量,g; $L$ 为剑尖枪乌贼胴长,cm; $a$ 为生长所需的条件因子; $b$ 为幂指数系数,当 $b < 3$ 时表示负异速生长。

生长曲线曲率( $K$ )与极限胴长( $L_{\infty}$ )通过R软件中的ELEFAN方法估算。死亡系数基于生物学指标间接估算。开发率( $E$ )和3个死亡系数通过LCCC方法估算。东海剑尖枪乌贼属于已开发的渔业资源且年龄数据缺失,自然死亡系数( $M$ )根据JENSEN<sup>[12]</sup>和MOHAMED<sup>[13]</sup>经验公式估算。

$$M_1 = 1.5K \quad (2)$$

$$M_2 = 0.4603 + 1.4753K \quad (3)$$

$$\lg M_3 = -0.0152 - 0.2790 \lg L_{\infty} + 0.6543 \lg K + 0.4630 \lg T \quad (4)$$

式中: $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ 分别为采用不同经验公式计算的自然死亡率; $K$ 为生长曲线曲率; $L_{\infty}$ 为极限胴长; $T$ 为平均环境温度。

本研究中数据分析和图表绘制通过Microsoft Excel 2016和R 4.2.3“TroFishR”包完成,统计分析通过SPSS Statistics 27.0完成。

## 2 结果

### 2.1 胴长、体质量组成分布

2020年度至2023年度,个体胴长和体质量范围与组成分布见表1和图1。经Wilcoxon秩和检验分析结果表明,2020年度至2022年度的胴长组年间差异显著( $P < 0.05$ ),2021年度与2023年度个体胴长组年间无显著差异( $P > 0.05$ )。2020年度与其他3个年度的个体体质量组年间有极显著差异( $P < 0.001$ ),2021年度至2023年度的体质量组年间无显著差异( $P > 0.05$ )。4年的个体胴长和体质量的性别间有极显著差异( $P < 0.001$ )。雌性胴长组在2020年度与2022年度间,2021年度与2023年度间无显著差异( $P > 0.05$ ),其余年度间有极显著差异( $P < 0.001$ ),体质量组在2020年度与2021年度、2022年度间无显著差异( $P > 0.05$ )。雄性胴长组在2021年度与2023年度间无显著差异( $P > 0.05$ ),体质量组在2020年度与2021年度、2022年度间差异极显著( $P < 0.001$ )。

### 2.2 胴长与体质量关系

经协方差检验分析结果可知,2020年度与2021年度个体胴长和体质量关系无显著差异( $P > 0.05$ ),其余年间均存在显著差异( $P < 0.05$ )。雌性个体胴长和体质量关系存在显著差异( $P < 0.05$ );雄性个体中2020年度与2022年度、2023年度的胴长和体质量关系无显著差异( $P > 0.05$ )。因此,将雌雄个体4年的胴长和体质量关系进行拟合,关系见图2、表2。

表 1 2020—2024 年剑尖枪乌贼样品信息表  
Tab. 1 Basic information of *Uroteuthis edulis* samples for 2020—2024

采样时间 Sample time	采样 数量 Number/尾	雌性 Female				雄性 Male			
		胴长 ML/cm	优势胴长 Dominant ML/cm	体质量 BM/g	优势 体质量 Dominant BM/g	胴长 ML/cm	优势胴长 Dominant ML/cm	体质量 BM/g	优势 体质量 Dominant BM/g
2020.9—2021.3 (2020 年度)	370	6.9~22.0	8~20	24~348	40~200	5.5~22.0	6~18	12~281	0~160
2021.9—2022.3 (2021 年度)	386	5.1~24.2	8~16	17~940	0~160	4.6~23.1	6~14	7~840	0~120
2022.9—2023.3 (2022 年度)	498	5.1~20.4	8~18	12~295	40~120	6.2~21.3	6~14	2~287	0~120
2023.9—2024.3 (2023 年度)	510	5.3~25.0	8~14	20~512	40~120	5.4~21.5	8~12	19~288	0~120

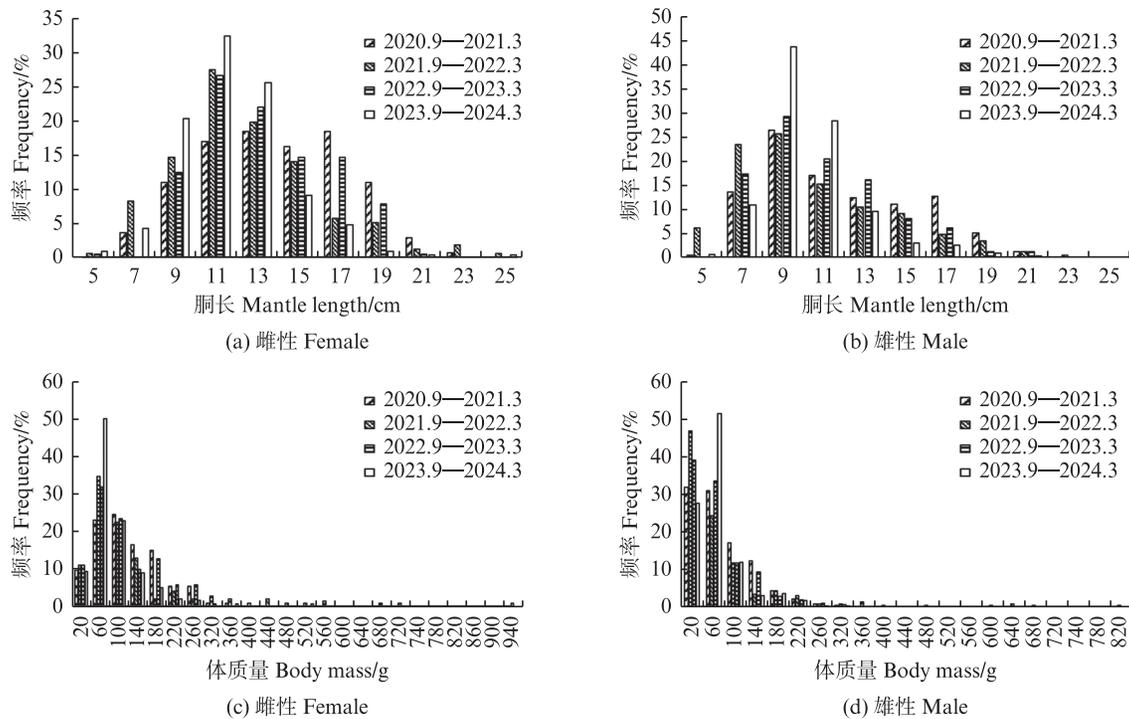


图 1 剑尖枪乌贼胴长与体质量组成频率分布  
Fig. 1 Frequency distribution of ML and BM composition of *Uroteuthis edulis*

2.3 生长参数与死亡参数估算

根据 ELEFAN 方法估算极限胴长 ( $L_{\infty}$ ) 为 28~29 cm, 生长曲线曲率 ( $K$ ) 为 0.52~0.61。自然死亡系数用 Jensen 方法估算的  $M_1$  为 0.78~0.91, 用 Mohamed 方法估算的  $M_2$  为 1.22~1.36, 用 Pauly 方

法估算的  $M_3$  为 1.06~1.16, 平均值 ( $M_{mean}$ ) 为 1.02~1.14 (表 3)。利用 LCCC 方法计算总死亡系数 ( $Z$ ) 为 2.63~2.84, 捕捞死亡系数 ( $F$ ) 为 1.61~1.70, 开发率 ( $E$ ) 为 0.59~0.61, 结果见表 4。性别间各值差别不大。

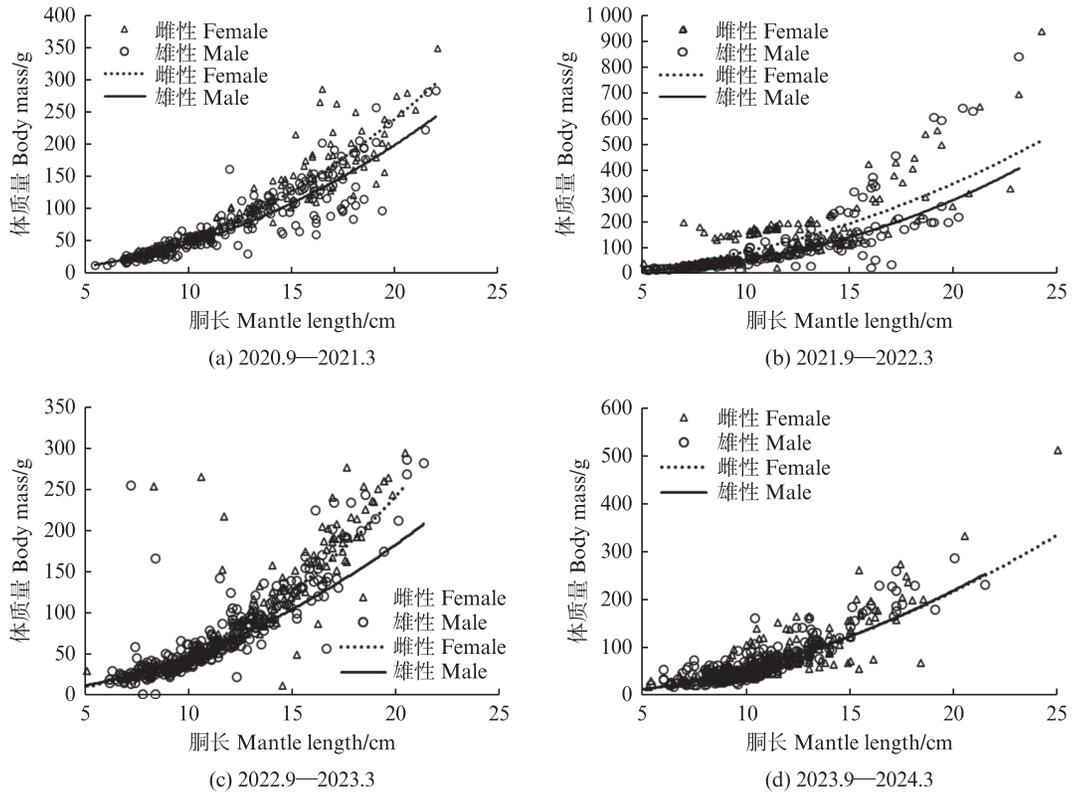


图2 2020—2024年剑尖枪乌贼胴长-体质量关系

Fig. 2 ML- BM relationship of *Uroteuthis edulis* from 2020 to 2024

表2 2020—2024年剑尖枪乌贼胴长-体质量关系参数

Tab. 2 Parameters of *Uroteuthis edulis* ML- BM relationship from 2020 to 2024

采样时间 Sample time	雌性 Female			雄性 Male			总计 Total		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>R</i> <sup>2</sup>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>R</i> <sup>2</sup>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>R</i> <sup>2</sup>
2020年度	0.316 3	2.211 8	0.827 7	0.361 4	2.105 6	0.830 8	0.304 2	2.195 7	0.829 9
2021年度	0.782 7	2.037 4	0.645 8	0.191 1	2.441 1	0.709 3	0.202 0	2.487 2	0.695 9
2022年度	0.278 4	2.261 3	0.757 9	0.544 0	1.944 9	0.800 3	0.393 6	2.098 7	0.800 3
2023年度	0.664 3	1.935 4	0.726 0	0.586 9	1.979 8	0.821 9	0.600 2	1.972 9	0.781 5
总计 Total	0.562 7	2.034 3	0.602 4	0.410 4	2.090 5	0.662 8	0.373 6	2.157 1	0.655 7

表3 不同经验公式估算的东海剑尖枪乌贼*M*值

Tab. 3 Natural mortality coefficient of *Uroteuthis edulis* in East China Sea estimated by different empirical formulas

方法 Method	雌性 Female	雄性 Male	参考文献 Reference
<i>M</i> <sub>1</sub>	0.91	0.78	[12]
<i>M</i> <sub>2</sub>	1.36	1.22	[13]
<i>M</i> <sub>3</sub>	1.16	1.06	[14]
<i>M</i> <sub>mean</sub>	1.14	1.02	

表4 剑尖枪乌贼生长参数与死亡系数

Tab. 4 Growth parameters and mortality coefficient of *Uroteuthis edulis*

性别 Sex	极限胴长 <i>L</i> <sub>∞</sub> /cm	生长曲线曲率 <i>K</i>	自然死亡系数 <i>M</i> <sub>mean</sub>	总死亡系数 <i>Z</i>	捕捞死亡系数 <i>F</i>	开发率 <i>E</i>
雌性 Female	29	0.61	1.14	2.84	1.70	0.59
雄性 Male	28	0.52	1.02	2.63	1.61	0.61

### 3 讨论

#### 3.1 胴长、体质量组成分布

孙典荣等<sup>[1]</sup>和马超等<sup>[15]</sup>研究显示,北部湾和闽东北外海优势胴长组为7.1~13和6~11 cm,优势体质量组为11~60和10~50 g。李楠等<sup>[16]</sup>和薛薇等<sup>[17]</sup>的研究表明,2017—2020年东海海域剑尖枪乌贼的优势胴长组为8~18、6~18、8~16、6~18 cm,优势体质量组均为10~170 g。本研究结果发现,2020年度至2023年度东海剑尖枪乌贼的优势胴长和体质量与前几年相比偏小。可以看出,该海域的剑尖枪乌贼种群结构发生了改变,个体变小可能是与环境因子影响<sup>[1]</sup>、饵料不足<sup>[18]</sup>或过度捕捞有关,体型大的被优先捕捞<sup>[19]</sup>。与其他海域的个体相比,东海海域的个体更大。可能原因是东海区海洋伏季休渔时间比南部海域更长<sup>[20]</sup>,使剑尖枪乌贼产卵群体和幼体得到更长时间的保护。且东海的中南部渔场受黑潮暖流和大陆沿岸冷水系的影响,初级生产力较高<sup>[21-23]</sup>。同时也可能与各海域所采用的作业方式与网具网目大小不同有关<sup>[1]</sup>。

#### 3.2 生长关系及参数

幂指数系数 $b$ 是用于判断鱼类个体在整个生长过程中3个线度方向生长的速度是否相等。同一种类在不同海域或同一种群在不同年份也存在差异。本研究结果发现,2020年度至2023年度东海剑尖枪乌贼个体 $b$ 值存在差异但均小于3,为负异速生长,可能是由于个体的生活阶段不一致或营养条件不同。李建柱等<sup>[24]</sup>研究显示,南海北部剑尖枪乌贼个体表现为负异速生长,这说明不同海域的剑尖枪乌贼个体均为负异速生长。薛薇等<sup>[17]</sup>对2017—2021年东海剑尖枪乌贼个体研究发现,其也为负异速生长,说明不同年份的同一种群的个体也均表现为负异速生长。生长条件因子 $a$ 是反映饲料基础、水文等环境状况的指标, $a$ 值越大,环境条件越好<sup>[25]</sup>。北部湾海域个体 $a$ 值均小于东海海域,这说明东海海域更适合剑尖枪乌贼个体生长<sup>[1]</sup>。生长曲线曲率 $K$ 表示个体趋近极限胴长的相对速度<sup>[25]</sup>。本研究中雌性个体的 $K$ 值大于雄性个体,说明东海海域更适合雌性个体生长。生长参数的不同也可能是因为南海剑尖枪乌贼与东海南海剑尖枪乌贼属于不同的地理种群,因此表现出了不同的生长曲线曲

率 $K$ 、生长条件因子 $a$ 与幂指数系数 $b$ 等生活史特征。

#### 3.3 死亡参数的估算

生长和死亡是影响渔业资源群体数量变动的重要因素,其含义是个体从资源群体中消失的状况,同时死亡系数在研究种群动态变化、资源评估、渔情预报和采取管理措施时都起着关键作用<sup>[25]</sup>。这一系数的准确估算对于可持续渔业管理至关重要。头足类的死亡系数估算与鱼类有相似的部分,但由于其特殊的生活史,一些鱼类死亡系数估算的方法并不适合于头足类的死亡系数估算。本研究利用3个不同的鱿鱼的经验公式计算 $M$ 值,Jensen公式适合快速生长的物种,但没有考虑环境因子的影响,而剑尖枪乌贼种群受环境的影响较大,因此该公式仍具有一定的局限性。Mohamed公式也较为简单,依赖 $K$ 值的准确性,缺点也是忽略了环境的影响,可通过调整系数进一步提高精度。Pauly公式主要基于鱼类的数据库,但在头足类的应用中有一定的参考价值。由于剑尖枪乌贼生活在相对稳定的近海环境中,温度对其影响显著,因此该公式适合应用在考虑水温变化时使用,但Pauly公式可能会低估实际的 $M$ 值,需结合物种的具体生物学特性进行修正。研究结果发现,剑尖枪乌贼雌性个体和雄性个体的死亡系数基本一致。许语婕<sup>[26]</sup>在评估东海南部的剑尖枪乌贼资源时,假设捕捞期间其死亡主要来源于捕捞行为,假设 $M$ 值为0.03,远小于本研究中计算的 $M$ 值,这说明剑尖枪乌贼的死亡不仅来源于捕捞行为,还包括自然死亡。GULLAND<sup>[27]</sup>认为资源开发率在0.5时可保证资源的可持续利用。本研究中雌性和雄性个体的开发率均大于0.5,这说明东海剑尖枪乌贼资源已过度开发,这一现象可能与近年来剑尖枪乌贼捕捞压力持续增大有关,尤其是随着渔业技术的进步和捕捞能力的提高,资源利用率接近或超过了可持续开发的极限<sup>[28]</sup>。

#### 3.4 管理措施

目前针对头足类等短生命周期物种可运用的方法主要包括传统(数据充足)评估方法<sup>[29-32]</sup>、数据有限性评估方法<sup>[33]</sup>、生态系统模型<sup>[34]</sup>和专门为头足类开发的资源评估模型<sup>[35-36]</sup>。谢恩阁等<sup>[37]</sup>建立基于SST因子的剩余产量模型,认为太平洋褶柔鱼(*Todarodes pacificus*)索饵场的SST主要影响

了其冬生群体资源量及渔获量,而其产卵场 SST 对资源量和渔获量影响不明显。鲁红月等<sup>[38]</sup>将内禀增长率 $r$ 、最大环境容纳量 $K$ 与 SST 结合,构建 4 种剩余产量模型,用于研究太平洋褶柔鱼在 SST 影响下资源量变动情况,当太平洋褶柔鱼资源受到环境影响时, $r$ 、 $K$ 会发生变化,提醒相关管理人员及时调整捕捞强度。PARK 等<sup>[39]</sup>根据 1986—1999 年中 8 个拖网调查数据集来估计每个渔场的最小生物量,利用回归分析估计了种群数量与补充数量、渔获量捕捞努力量之间的关系,得到给定种间关系的最大可持续产量 (Maximum sustainable yield, MSY) 和相应的捕捞努力量,研究表明,需要调整捕捞努力量以保护鱿鱼渔业资源。国内外学者主要对硬骨鱼类进行过较全面的管理策略评价 (Management strategy evaluation, MSE), 而针对头足类的管理策略评价相关研究较少,尤其是在近海头足类的种群动态、丰度变化及资源开发利用方面的研究仍显不足,目前有研究显示东海剑尖枪乌贼资源可能处于过度开发状态<sup>[40]</sup>,过度开发不仅会导致种群数量的下降,还可能使生态系统失衡。因此,需对资源进行合理、系统地资源评估并采取有效的管理措施,以控制捕捞强度并保护剑尖枪乌贼的栖息环境。例如,可以通过设定捕捞配额、设置禁渔期等措施,以促进资源的恢复和可持续利用。此外,需进一步加强对捕捞活动的监管。如规定拖网的最小网目尺寸避免捕获过多未成熟的体型较小的个体,依据《中华人民共和国渔业法》及地方性渔业管理条例,明确拖网渔业的法律约束,严厉打击 IUU 捕捞活动。确保捕捞行为在科学的基础上进行,是保护剑尖枪乌贼渔业资源的关键。剑尖枪乌贼的死亡系数与生长速率、捕捞压力等多重因素密切相关。对这些因素的深入研究和分析,将为合理管理和保护东海的渔业资源提供科学依据。

作者声明本文无利益冲突。

#### 参考文献:

- [1] 孙典荣, 李渊, 王雪辉, 等. 北部湾剑尖枪乌贼生物学特征及资源状况变化的初步研究[J]. 南方水产科学, 2011, 7(2): 8-13.  
SUN D R, LI Y, WANG X H, et al. Biological characteristics and stock changes of *Loligo edulis* in Beibu Gulf, South China Sea [J]. South China Fisheries Science, 2011, 7(2): 8-13.
- [2] 凌建忠, 郑元甲. 东海黄海头足类资源量的评估[J]. 海洋渔业, 2000, 22(2): 60-62.  
LIN J Z, ZHENG Y J. Stock assessment of cephalopoda in East China Sea and Yellow Sea [J]. Marine Fisheries, 2000, 22(2): 60-62.
- [3] 杜腾飞, 李昂, 戴芳群, 等. 2006-2013 年黄海秋季头足类资源状况调查与分析[J]. 中国水产科学, 2016, 23(4): 955-964.  
DU T F, LI A, DAI F Q, et al. Survey and analysis of the autumnal Cephalopod distribution in the Yellow Sea during 2006-2013 [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2016, 23(4): 955-964.
- [4] 凌建忠, 严利平, 李建生. 应用资源密度面积法估算东海区头足类资源量[J]. 海洋渔业, 2008, 30(1): 56-61.  
LING J Z, YAN L P, LI J S. Application of resources density/area method to estimate Cephalopod stock of the East China Sea [J]. Marine Fisheries, 2008, 30(1): 56-61.
- [5] 宋海棠, 丁天明, 徐开达. 东海头足类的数量分布与可持续利用[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2008, 38(6): 911-915.  
SONG H T, DING T M, XU K D. The quantity distribution and sustainable use of Cephalopod in the East China Sea [J]. Periodical of Ocean University of China, 2008, 38(6): 911-915.
- [6] 蔡研聪, 孙铭帅, 许友伟, 等. 南海北部近海头足类优势种及其生态位特征[J]. 应用生态学报, 2020, 31(8): 2793-2803.  
CAI Y C, SUN M S, XU Y W, et al. Dominant species of cephalopods and their niche characteristics in offshore of northern South China Sea [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2020, 31(8): 2793-2803.
- [7] CHEMBIAN A J, MATHEW S. Growth and mortality of the oceanic squid *Sthenoteuthis oualaniensis* (Lesson, 1830) off south-west coast of India [J]. Indian Journal of Fisheries, 2016, 63(1): 27-34.
- [8] WANG X H, QIU Y S, ZHANG P, et al. Natural mortality estimation and rational exploitation of purpleback flying squid *Sthenoteuthis oualaniensis* in the southern South China Sea [J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2017, 35(4): 902-911.
- [9] 招春旭, 吴文秀, 邱星宇, 等. 南海不同海域鸢乌贼生长与死亡参数比较[J]. 上海海洋大学学报, 2021, 30(2): 294-300.  
ZHAO C X, WU W X, QIU X Y, et al. Comparison of growth and mortality parameters for purpleback flying squid in different sea areas of the South China Sea [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2021, 30(2): 294-300.
- [10] 李永振, 舒黎明, 陈国宝, 等. 南海北部海域重要鱼类

- 种群数值生物学[M]. 北京: 海洋出版社, 2019.
- LI Y Z, SHU L M, CHEN G B, et al. The Biological population numerical value of important fishes in northern South China Sea[M]. Beijing: Ocean Press, 2019.
- [11] 李楠, 俞骏, 方舟, 等. 基于耳石日龄信息的东海海域剑尖枪乌贼日龄、生长及种群结构研究[J]. 水产学报, 2021, 45(6): 887-898.
- LI N, YU J, FANG Z, et al. Age, growth and population structure of swordtip squid (*Uroteuthis edulis*) in the East China Sea based on statolith age information[J]. Journal of Fisheries of China, 2021, 45(6): 887-898.
- [12] JENSEN A L. Beverton and Holt life history invariants result from optimal trade-off of reproduction and survival [J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1996, 53(4): 820-822.
- [13] MOHAMED S K. Estimates of growth, mortality and stock of the Indian squid *Loligo duvauceli* Orbigny, exploited off Mangalore, southwest coast of India [J]. Bulletin of Marine Science, 1996, 58(2): 393-403.
- [14] PAULY D. Population dynamics of short-lived species, with emphasis on squids [J]. NAFO Scientific Council Studies, 1985, 9: 143-154.
- [15] 马超, 沈长春, 刘勇, 等. 钓鱼岛北部海域光诱敷网渔业资源调查[J]. 福建水产, 2014, 36(1): 55-61.
- MA C, SHEN C C, LIU Y, et al. Investigation on fisheries resources of light-liftnet in northern region of Diaoyu Island[J]. Journal of Fujian Fisheries, 2014, 36(1): 55-61.
- [16] 李楠, 方舟, 陈新军. 东海北部外海剑尖枪乌贼渔业生物学特征[J]. 上海海洋大学学报, 2020, 29(4): 622-631.
- LI N, FANG Z, CHEN X J. Fisheries biology characteristics of *Uroteuthis edulis* off the northern East China Sea [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2020, 29(4): 622-631.
- [17] 薛薇, 李楠, 方舟. 剑尖枪乌贼个体生长年间差异及其影响因素[J]. 上海海洋大学学报, 2022, 31(3): 658-669.
- XUE W, LI N, FANG Z. Interannual variability of the swordtip squid (*Uroteuthis edulis*) and its relevant impact factors[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2022, 31(3): 658-669.
- [18] JACKSON G D, DOMEIER M L. The effects of an extraordinary El Niño/La Niña event on the size and growth of the squid *Loligo opalescens* off Southern California[J]. Marine Biology, 2003, 142(5): 925-935.
- [19] JACKSON G D, FORSYTHE J W. Statolith age validation and growth of *Loligo plei* (Cephalopoda: Loliginidae) in the north-west Gulf of Mexico during spring/summer [J]. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 2002, 82(4): 677-678.
- [20] 农业农村部调整海洋伏季休渔制度[J]. 中国水产, 2023(4): 29-30.
- The Ministry of Agriculture and Rural Affairs adjusts summer moratorium of marine fishing [J]. China Fisheries, 2023(4): 29-30.
- [21] 李楠, 方舟, 陈新军. 剑尖枪乌贼渔业研究进展[J]. 大连海洋大学学报, 2020, 35(4): 637-644.
- LI N, FANG Z, CHEN X J. Fishery of swordtip squid *Uroteuthis edulis*: a review [J]. Journal of Dalian Ocean University, 2020, 35(4): 637-644.
- [22] OTTMANN D, ANDERSEN K H, VAN DENDEREN P D. Biomass and trait biogeography of cephalopods on the European and North American continental shelves [J]. Global Ecology and Biogeography, 2024, 33(3): 439-449.
- [23] 王友喜. 东海南部剑尖枪乌贼渔业生物学特性[J]. 海洋渔业, 2002, 24(4): 169-172.
- WANG Y X. Fishery biological characteristics of swordtip squid *Loligo edulis* in the southern part of the East China Sea [J]. Marine Fisheries, 2002, 24(4): 169-172.
- [24] 李建柱, 陈丕茂, 贾晓平, 等. 中国南海北部剑尖枪乌贼资源现状及其合理利用对策[J]. 中国水产科学, 2010, 17(6): 1309-1318.
- LI J Z, CHEN P M, JIA X P, et al. Resources status and conservation strategy of *Loligo edulis* Hoyle in the northern South China Sea [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(6): 1309-1318.
- [25] 詹秉义. 渔业资源评估[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- ZHAN B Y. Fish stock assessment [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1995.
- [26] 许语婕. 东海南部剑尖枪乌贼管之资源评估[D]. 基隆, 中国: 台湾海洋大学, 2015.
- XU Y J. Stock assessment of swordtip squid (*Uroteuthis edulis*) in the southern East China Sea [D]. Keelung, China: Taiwan Ocean University, 2015.
- [27] GULLAND J A. The fish resources of the ocean [M]. West Byfleet: Fishing News, 1971.
- [28] GUO R P, LI N, FANG Z. The fecundity characteristics and spawning strategy of *Uroteuthis edulis* in the East China Sea [J]. Animals, 2023, 13(17): 2786.
- [29] PRAGER M H. A suite of extensions to a nonequilibrium surplus-production model [J]. Fishery Bulletin, 1994, 92(2): 374-389.
- [30] 方舟, 陈洋洋, 陈新军, 等. 基于不同环境因子的中西太平洋鳕鱼资源丰度灰色预测模型构建[J]. 海洋学研究, 2018, 36(4): 60-67.
- FANG Z, CHEN Y Y, CHEN X J, et al. The grey predict model construction of abundance forecasting for

- skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the Western and Central Pacific Ocean based on different environmental factors [J]. *Journal of Marine Sciences*, 2018, 36(4): 60-67.
- [31] 成枢,周龙飞,高秀明. 基于灰色关联GM(1,N)-Markov修正模型的应用[J]. *勘察科学技术*, 2019(3): 43-48.  
CHENG S, ZHOU L F, GAO X M. Application of GM(1,N)-Markov correction model based on grey correlation [J]. *Site Investigation Science and Technology*, 2019(3): 43-48.
- [32] 高雪,陈新军,余为. 基于灰色系统的西北太平洋柔鱼冬春生群资源丰度预测模型[J]. *海洋学报*, 2017, 39(6): 55-61.  
GAO X, CHEN X J, YU W. Forecasting model of the abundance index of winter-spring cohort of neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in the Northwest Pacific Ocean based on grey system theory[J]. 2017, 39(6): 55-61.
- [33] CARRUTHERS T R, HORDYK A R. The data-limited methods toolkit (DLMtool): an R package for informing management of data-limited populations [J]. *Methods in Ecology and Evolution*, 2018, 9(12): 2388-2395.
- [34] GASALLA M A, ROSSI-WONGTSCHOWSKI C L D B. Contribution of ecosystem analysis to investigating the effects of changes in fishing strategies in the South Brazil Bight coastal ecosystem [J]. *Ecological Modelling*, 2004, 172(2/4): 283-306.
- [35] GRAS M, ROEL B A, COPPIN F, et al. A two-stage biomass model to assess the English Channel cuttlefish (*Sepia officinalis* L.) stock [J]. *ICES Journal of Marine Science*, 2014, 71(9): 2457-2468.
- [36] ROEL B A, DE OLIVEIRA J A A, BEGGS S. A two-stage biomass model for Irish Sea herring allowing for additional variance in the recruitment index caused by mixing of stocks [J]. *ICES Journal of Marine Science*, 2009, 66(8): 1808-1813.
- [37] 谢恩阁,陈新军,汪金涛,等. 基于水温因子的太平洋褶柔鱼冬生群剩余产量模型研究[J]. *海洋学报*, 2019, 41(12): 71-77.  
XIE E G, CHEN X J, WANG J T, et al. Study on residual yield model of winter fishes of *Todarodes pacificus* based on water temperature factors [J]. *Haiyang Xuebao*, 2019, 41(12): 71-77.
- [38] 鲁红月,汪金涛,张畅. 基于产卵场海表面温度的太平洋褶柔鱼冬生群资源评估[J]. *上海海洋大学学报*, 2022, 31(3): 650-657.  
LU H Y, WANG J T, ZHANG C. Stock assessment of winter-spawning cohort for *Todarodes pacificus* based on the sea surface temperature in the spawning ground [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2022, 31(3): 650-657.
- [39] PARK Y C, YODA M, HIYAMA Y. Stock assessment for swordtip squid, *Loligo edulis*, in the East China Sea and the southwest sea of Japan [J]. *Fisheries Science*, 2002, 68(S1): 89-92.
- [40] 吴嘉敏,李楠,方舟. 基于贝叶斯剩余产量模型的东海剑尖枪乌贼资源评估[J/OL]. *大连海洋大学学报*, (2025-01-08). <http://kns.cnki.net/kcms/detail/21.1575.S.20250108.1252.004.html>.
- WU J M, LI N, FANG Z. Stock assessment for *Uroteuthis edulis* in the East China Sea based on JABBA [J/OL]. *Journal of Dalian Ocean University*, (2025-01-08). <http://kns.cnki.net/kcms/detail/21.1575.S.20250108.1252.004.html>.

## Estimation of growth and mortality parameters of *Uroteuthis edulis*

WU Jiamin<sup>1</sup>, LI Nan<sup>1</sup>, FANG Zhou<sup>1,2,3</sup>

(1. College of Marine Living Resource Sciences and Management, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai 201306, China; 3. National Engineering Research Center for Oceanic Fisheries, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** In order to further explore the biological characteristics and resource status of *Uroteuthis edulis* in the East China Sea, this study conducted biological measurement and analysis on samples collected by trawlers in the East China Sea from 2020 to 2024, and estimated the growth and mortality parameters using ELEFAN method and length-converted catch curve method. The results showed that there were significant differences in ML and BM between genders at 4 years ( $P < 0.001$ ). The  $b$  value was less than 3, indicating negative allometry. There were significant differences in the relationship between ML and BM of female ( $P < 0.05$ ). The  $K$  value reflects that the East China Sea is more suitable for female growth. There was little difference in the coefficient of mortality between male and female. The degree of development is more consistent. The results show that there are years and sex differences in the growth of the East China Sea, and the East China Sea is more suitable for the growth of *Uroteuthis edulis* in the East China Sea than the Beibu Gulf. In addition, the resource exploitation rate is greater than 0.5, and the stock resources have the risk of overexploitation. This study can provide a reference for stock assessment and support for its sustainable development and utilization in the East China Sea.

**Key words:** *Uroteuthis edulis*; biology; growth relationship; growth equation; fishery management