



## 2018年春季拉尼娜发生期东海太平洋褶柔鱼的渔业生物学特性

宁欣<sup>1</sup>, 陆化杰<sup>1,2,3,4,5,6\*</sup>, 刘凯<sup>1</sup>, 陈子越<sup>1</sup>, 陈新军<sup>1,2,3,4,5,6</sup>

(1. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306;

2. 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋渔业科学与食物产出过程功能实验室, 山东 青岛 266071;

3. 上海海洋大学, 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306;

4. 上海海洋大学, 大洋渔业资源可持续开发省部共建教育部重点实验室, 上海 201306;

5. 上海海洋大学, 农业农村部大洋渔业开发重点实验室, 上海 201306;

6. 上海海洋大学, 农业农村部大洋渔业资源环境科学观测实验站, 上海 201306)

**摘要:** 根据拉尼娜发生期春季(2018年1—3月)在东海采集的1 840尾太平洋褶柔鱼样本, 对其渔业生物学特性进行了研究。结果显示, 不同性别间太平洋褶柔鱼的胴长和体质量组成不同, 雌、雄胴长范围分别为92~270 mm和103~267 mm, 优势胴长组分别为180~240 mm和140~220 mm, 分别占样本总数的71.44%和89.31%; 雌、雄体质量范围分别为21~453 g和21~465 g, 优势体质量组分别为120~270 g和60~180 g, 分别占样本总数的66.54%和81.26%。太平洋褶柔鱼体型瘦小, 净重比例介于21.89%~87.76%, 平均为49.14%。太平洋褶柔鱼的胴长与体质量、胴长与净重的生长不存在性别间显著性差异, 且均最适合用幂函数表示。样本的雌、雄比例为1:1.255, 且性成熟明显, III期及以上个体分别占雌雄样本总数的50.86%和54.78%。样本胃饱满度以0~2级为主, 占样本总数的64.24%, 胃含物主要由鱿鱼类、甲壳类和仔鱼组成。研究表明, 拉尼娜发生期春季东海太平洋褶柔鱼个体稍小、生长稍快、性成熟度提前。

**关键词:** 太平洋褶柔鱼; 渔业生物学特性; 性成熟; 性别比例; 拉尼娜; 东海

**中图分类号:** S 931

**文献标志码:** A

太平洋褶柔鱼(*Todarodes pacificus*)属头足纲、枪形目、柔鱼科(Ommastrephidae)、褶柔鱼属(*Todarodes*), 为暖温带大洋性浅海种, 分布于西北太平洋和东太平洋的阿拉斯加湾等海域<sup>[1]</sup>, 渔场主要集中于21°N~50°N海域, 即日本海、日本太平洋沿岸以及我国的东黄海, 最高年产量超过 $40 \times 10^4$  t<sup>[2]</sup>, 是日本和韩国的重要经济头足类资源<sup>[3]</sup>, 也是我国东黄海重要的头足类资源<sup>[4-5]</sup>。拉尼娜(La Niña)事件是指赤道太平洋东部和中

部海面温度持续异常偏冷的现象, 与全球气候异常变化密切相关<sup>[6-7]</sup>, 也会对我国东海海洋环境和渔业资源产生一定的影响<sup>[8]</sup>。近年来, 国内外学者分别对太平洋褶柔鱼的资源分布<sup>[9]</sup>、年龄与生长<sup>[9-11]</sup>、种群结构<sup>[4, 12]</sup>、洄游路线<sup>[13-14]</sup>和资源评估<sup>[15-16]</sup>等开展了研究, 但针对气候变化和海洋环境对其渔业生物学影响的研究尚有欠缺<sup>[17-18]</sup>, 而专门针对拉尼娜年间东海太平洋褶柔鱼渔业生物学特性及其所受影响的研究尚未见报道。鉴

收稿日期: 2019-12-12 修回日期: 2020-05-20

资助项目: 国家重点研发计划(2019YFD090402, 2019YFD0901404); 国家自然科学基金(41506184, 41876141); 浙江省科学技术厅重点研发计划(2018C02026)

通信作者: 陆化杰, E-mail: hjlu@shou.edu.cn

于此, 本实验根据拉尼娜发生期春季(2018 年 1—3 月)在我国东海采集的太平洋褶柔鱼样本, 对其渔业生物学特性进行了研究, 为充分认识极端气候对其渔业生物学特性的影响, 科学管理和合理开发该资源提供了基础, 也为维护我国渔业权益提供了科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 调查时间和海域

调查时间为 2018 年 1 月 13 日—3 月 27 日, 海域为 24°09′~29°44′N、122°28′~127°07′E, 共计采样 36 个点。

### 1.2 生物学采样

从每天的渔获中随机抽取太平洋褶柔鱼样本 20 尾, 对其渔业生物学数据进行测定, 包括胴长 (mantle length, ML)、体质量 (body weight, BW)、头重 (head weight, HW)、净重 (somatic body weight, SBW), 并对其性别、性腺成熟度、胃饱满度、胃含物进行目测和鉴定。其中胴长使用量鱼板进行测量, 精确至 1 mm; 重量使用电子弹簧秤测定, 精确至 1 g。性成熟度划分参照头足类的性成熟度分期标准<sup>[16]</sup>, 摄食等级采用 5 级标准<sup>[15-16]</sup>。

### 1.3 拉尼娜事件的确立和表温数据的获取

依据 NOAA 对拉尼娜事件的定义 ([https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_v5.php](https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php)), 若 Nino 3.4 区海表温度距平指数 (SSTA) 连续 3 个月低于 0.5 °C, 则认为发生 1 次拉尼娜事件<sup>[19]</sup>。

海表面温度 (sea surface temperature, SST) 及其距平均值的数据来源于网站: <http://apdrc.soest.hawaii.edu/las/v6/constrain?var=13049>。海域范围为 10°~20°N、110°~116°E, 时间为 2017 年 1—3 月 (正常年份)、2018 年 1—3 月 (拉尼娜年份) 和 2019 年 1—3 月 (厄尔尼诺)<sup>[20]</sup>, 空间分辨率均为 0.01°×0.01°。

### 1.4 分析方法

(1) 按照样本个体实际组成, 采用频度分析法研究 ML 和 BW 的组成, 组间距分别为 20 mm 和 30 g<sup>[21]</sup>; 利用频度分析法分别对样本的性别比例、性腺成熟度和胃饱满度组成进行分组和研究<sup>[20]</sup>。

(2) 采用幂函数、线性、对数和指数函数

模型分别拟合 ML 与 BW, ML 与 SBW 的生长方程<sup>[20-21]</sup>; 采用最大似然法估计模型参数<sup>[22-25]</sup>, 应用赤池信息准则 (Akaike's information criterion, AIC) 比较和选择最佳生长模型<sup>[22, 25]</sup>, 4 个生长模型中, 取得最小 AIC 值的模型为最佳生长模型<sup>[20-21]</sup>。

(3) 按月份分别计算采样海域的平均 SST, 作为验证拉尼娜对采样海域海洋环境影响的参考因子, 并对比 2017 年 (正常年份) 和 2018 年 (拉尼娜年份) 的平均 SST<sup>[20]</sup>。

## 2 结果

### 2.1 胴长与体质量组成

整个生产调查期间, 共采集太平洋褶柔鱼样本 1 840 尾, 其中雌性 816 尾, 雄性 1 024 尾。方差分析表明, 不同性别间样本的胴长分布存在显著性差异 ( $F=8.932, P=0.013<0.05$ ): 雌性样本胴长范围为 92~270 mm, 优势胴长组为 180~240 mm, 占样本总数的 71.44%, 其次为 140~160 mm, 占样本总数的 9.56%, 其余依次分别为 240~260 mm、160~180 mm、120~140 mm 和其他胴长范围, 分别占样本总数的 7.11%、6.74%、3.67% 和 1.48% (图 1-a); 雄性样本胴长范围为 103~267 mm, 优势胴长组为 140~220 mm, 占样本总数的 89.31%, 其次为 120~140 mm, 占样本总数的 4.22%, 其余依次分别为 220~240 mm、240~260 mm 和其他胴长范围, 分别占样本总数的 3.63%、2.25% 和 0.59% (图 1-a)。

不同性别间样本的体质量分布也存在显著性差异 ( $F=10.579, P=0.029<0.05$ ): 雌性样本体质量范围为 21~453 g, 优势体质量组为 120~270 g, 占样本总数的 66.54%, 其次为 60~90 g, 占样本总数的 10.05%, 其余依次分别为 90~120 g、270~300 g、30~60 g、330~360 g、360~390 g、300~330 g 和其他体质量范围, 分别占样本总数的 5.39%、3.79%、3.67%、3.18%、2.69%、2.57% 和 2.08% (图 1-b); 雄性样本体质量范围为 21~465 g, 优势体质量组为 60~180 g, 占样本总数的 81.26%, 其次为 180~210 g, 占样本总数的 5.99%, 其余依次分别为 30~60 g、210~240 g、240~270 g、270~300 g 和其他体质量范围, 分别占样本总数的 4.08%、2.75%、1.47%、1.17% 和 2.55% (图 1-b)。

### 2.2 胴长与体质量、净重关系

拉尼娜发生期 (2018 年) 春季东海太平洋褶

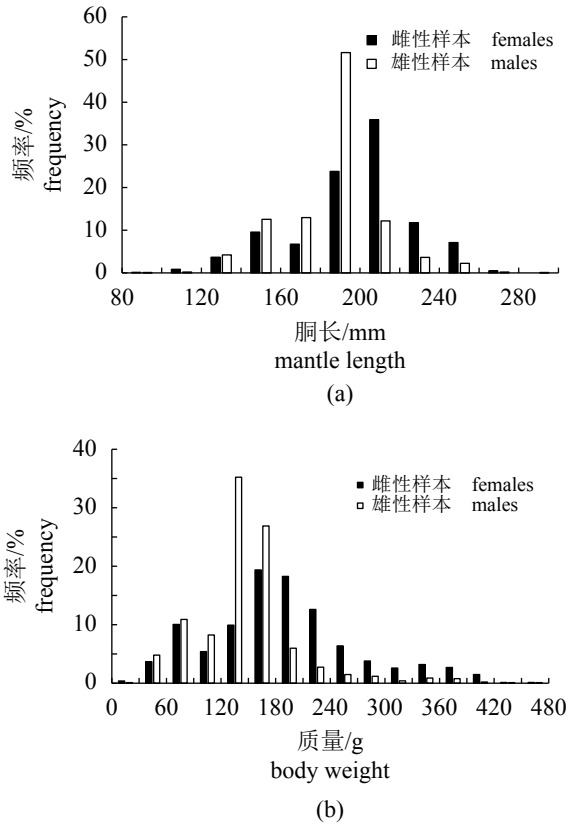


图 1 太平洋褶柔鱼胴长 (a) 和体质量组成 (b)  
**Fig. 1 Mantle length (a) and body weight (b) composition of *T. pacificus***

柔鱼的净重比例介于 21.89%~87.76%，平均为 49.14%。协方差分析表明，不同性别间胴长和体质量 ( $F=9.329, P=0.053 > 0.05$ )、胴长和净重 ( $F=8.697, P=0.058 > 0.05$ ) 的生长均不存在显著性差异，因此将雌、雄样本混合研究胴长与体质量、胴长与净重的生长关系。通过方程拟合、最大似然法则的优化及 AIC 的比较 (表 1)，太平洋褶柔鱼

胴长与体质量、胴长与净重的生长均最适合幂函数来表示 (图 2)。

胴长与体质量:  $BW=3.0 \times 10^{-5} ML^{2.9631}$   
 $(R^2=0.9534, n=1840, \text{图 2-a})$

胴长与净重:  $SBW=3.0 \times 10^{-5} ML^{2.8265}$   
 $(R^2=0.9383, n=1840, \text{图 2-b})$

**2.3 繁殖特性**

**性别比例** 调查期间，共采集太平洋褶柔鱼样本 1 840 尾，其中雌性样本 816 尾，雄性样本 1 024 尾，雌雄比例 1 : 1.255。

**性腺成熟度** 不同性别间太平洋褶柔鱼的性腺成熟度组成不同 (表 2)。雌性 I 期、II 期、III 期和 IV 期样本的个数分别为 375、26、68 和 347，分别占雌性样本的 45.96%、3.18%、8.33% 和 42.52%；雄性 I 期、II 期、III 期和 IV 期样本的个数分别为 422、41、108 和 453，分别占该样本总数的 41.21%、4.01%、10.55% 和 44.23%。两个性别均未出现 V 期样本，III 期以上样本分别占雌雄样本总数的 50.86% 和 54.78%。

**2.4 胃饱满度组成**

全部样本胃饱满度以 0~2 级为主，占样本总数的 64.24%，但不同性别间样本的胃饱满度组成不同 (图 3)：雌性样本胃饱满度以 1 级最多，占全部样本的 34.48%，其余依次为 4 级、2 级和 3 级，分别占全部样本 22.69%、22.09% 和 20.74%；雄性样本 1 级也占绝对优势，占总数的 44.58%，其余依次为 2 级、4 级和 3 级，分别占 25.65%、16.11% 和 13.66% (图 4)。初步分析表明，拉尼娜发生期春季东海太平洋褶柔鱼主要以甲壳类和

表 1 太平洋褶柔鱼胴长与体质量、胴长与净重生长模型的生长参数与 AIC 值比较

Tab. 1 Comparison of parameters and AIC for mantle length growth models of *T. pacificus*

		生长方程	growth model	a	b	AIC	r <sup>2</sup>
胴长与体质量	ML-BW	线性	linear	2.433	-301.71	2836.971	0.8862
		幂函数	power	$3 \times 10^5$	2.9631	2786.348	0.9534
		指数函数	exponential	6.8278	0.016	2900.317	0.9457
		对数	logarithm	430.91	-2095.9	2858.379	0.8275
胴长与净重	ML-SBW	线性	linear	1.165	-143.42	2483.387	0.8651
		幂函数	power	$3 \times 10^5$	2.8265	2338.524	0.9383
		指数函数	exponential	3.7973	0.0154	2358.638	0.9281
		对数	logarithm	205.62	-998.62	2400.982	0.8071

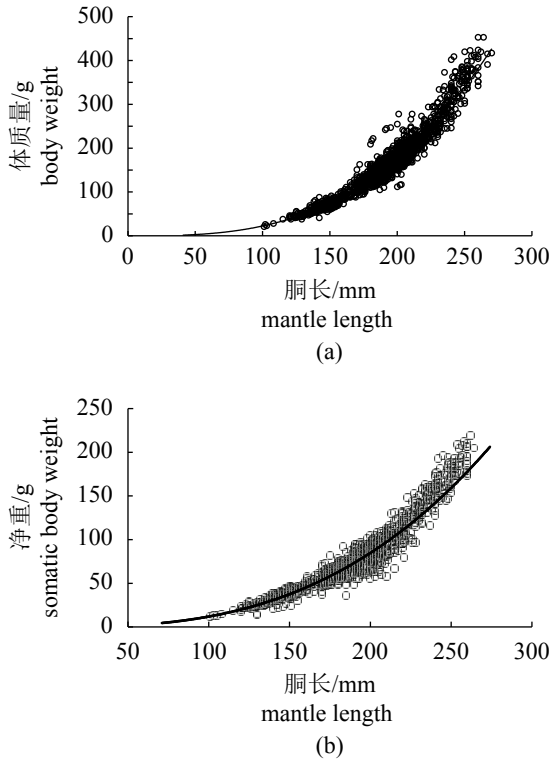


图2 太平洋褶柔鱼胴长与体质量 (a)、胴长与净重 (b) 关系

Fig. 2 Relationship between mantle length and body weight(a), mantle length and somatic body weight(b) for *T. pacificus*

表2 太平洋褶柔鱼性腺成熟度组成

Tab. 2 Composition of maturity stages of *T. pacificus*

		性腺成熟度/% maturity stage				
		I	II	III	IV	V
雌性	females	45.96	3.18	8.33	42.53	0
雄性	males	41.21	4.01	10.55	44.23	0

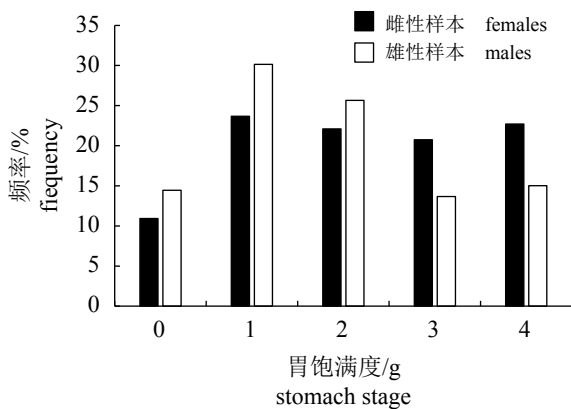


图3 太平洋褶柔鱼胃饱满度组成

Fig. 3 Stomach fullness stage composition of *T. pacificus*

仔鱼为食, 同时许多太平洋褶柔鱼的胃里包含残碎的头足类个体, 包括太平洋褶柔鱼本身。

### 2.5 拉尼娜发生期采样海域 SST 验证

最近3年, 采样海域的SST变化如图4所示。经计算, 2018年1月、2月和3月采样海域的平均SST分别为22.09℃、21.23℃和20.83℃, 比2017年(正常年份)对应月份的22.02℃、20.98℃和20.59℃分别高0.07℃、0.25℃和0.24℃, 而比2019年(厄尔尼诺)对应月份的21.57℃、21.11℃和21.37℃, 分别高0.52℃、0.12℃和0.46℃(图4)。比强厄尔尼诺发生年2015和2016年对应的19.82℃、19.03℃、20.27℃和21.01℃、20.00℃、20.34℃分别高1.21℃、0.98℃、0.26℃和0.02℃、0.01℃、0.19℃。总体而言, 拉尼娜发生期1—3月SST比正常年份和厄尔尼诺发生年偏高, 这与张守文<sup>[6]</sup>和曹丛华<sup>[7]</sup>的研究结果相似, 而SST的升高可能会对头足类渔业生物学特性产生一定影响<sup>[20]</sup>。

## 3 讨论

### 3.1 拉尼娜发生期太平洋褶柔鱼胴长与体质量组成特性

本研究表明, 拉尼娜发生期春季太平洋褶柔鱼胴长和体质量组成均存在性别间显著性差异, 雌性优势胴长组(180~240 mm)大于雄性优势胴长组(140~220 mm), 雌性优势体质量组(120~270 g)大于雄性优势体质量组(60~180 g)。杨林林<sup>[26]</sup>对同属于拉尼娜发生期(1999年)东海太平洋褶柔鱼个体大小进行了研究, 认为雌雄样本的优势胴长组分别为180~220 mm和160~210 mm, 这与本研究的结果基本相同。也有研究表明, 不同气候变化年东海太平洋褶柔鱼的优势胴长与体质量存在差异: 2009年(拉尼娜)、2010年(厄尔尼诺)、2011年(拉尼娜)和2012年(拉尼娜), 优势胴长分别为140~190 mm、150~200 mm、120~160 mm和150~180 mm<sup>[4]</sup>, 即厄尔尼诺发生年(2010年)太平洋褶柔鱼优势胴长明显大于拉尼娜发生年(2009年、2011年、2012年和本研究中的2018年)。相同海域、不同气候发生年(拉尼娜和厄尔尼诺)太平洋褶柔鱼优势胴长和体质量存在差异, 很大程度上证明了拉尼娜和厄尔尼诺对该鱼种个体生长的影响, 即拉尼娜发生期个体稍小, 厄尔尼诺发生期则个体

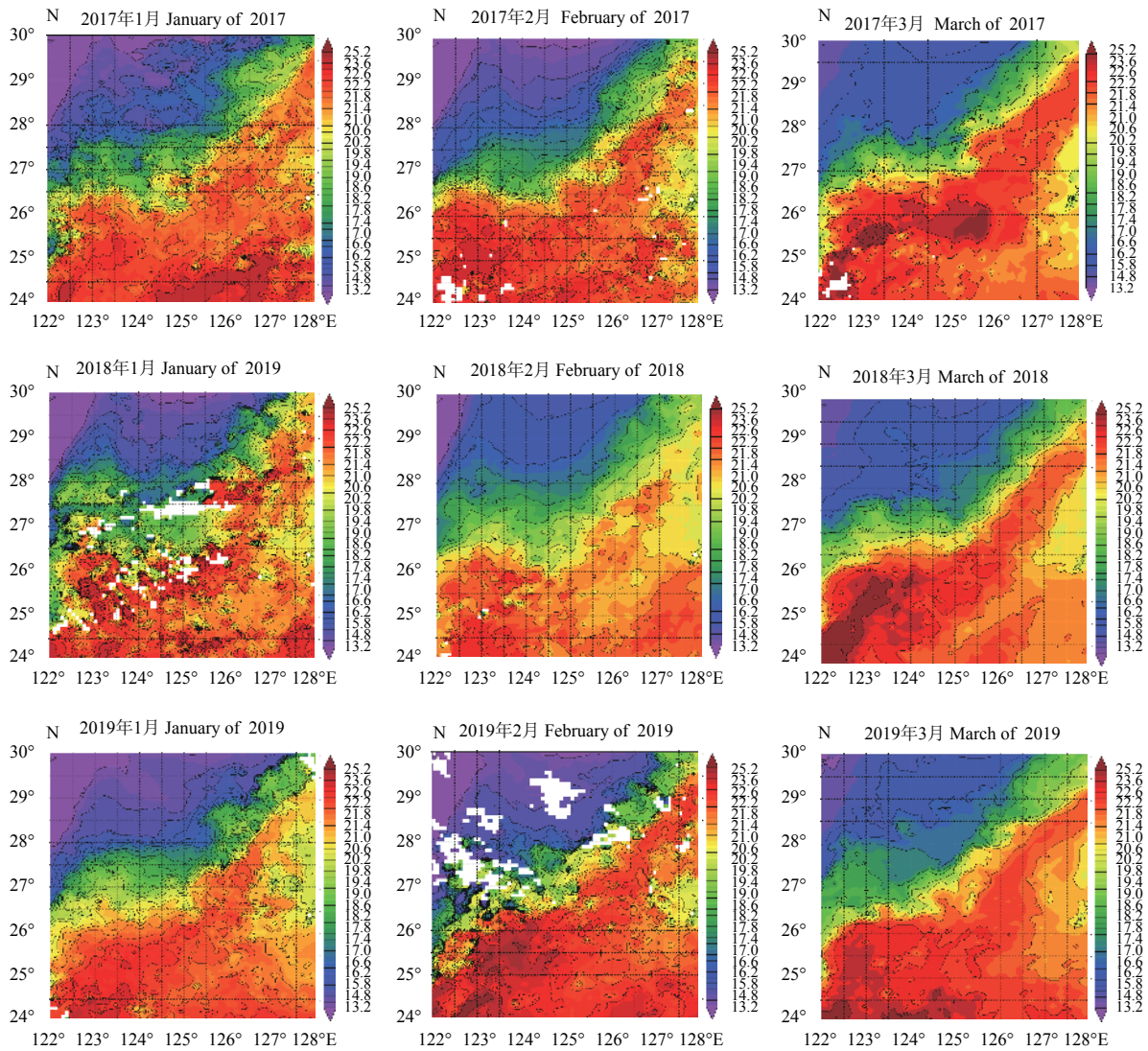


图 4 采样海域相同月份 2017 年 (正常年份)、2018 年 (拉尼娜年份) 与 2019 年 (厄尔尼诺年) 海表面温度分布对比图

Fig. 4 Comparison of SST in the sampling area during the same months among the common year 2017, La Niña year 2018 and El Niño year 2019

稍大。不同年间个体大小的差异也可能受其它因素的影响,如不同的生长环境<sup>[17]</sup>,不同群体结构等<sup>[27]</sup>,在后续的研究中应结合硬组织(耳石、角质颞、内壳等)的微结构、微化学、同位素等相关信息,深入研究太平洋褶柔鱼的生长特性及其影响因素。

### 3.2 拉尼娜发生期太平洋褶柔鱼胴长与体质量、净重关系

本研究表明,拉尼娜发生期春季东海太平洋褶柔鱼净重比例平均为 49.14%,不同性别间胴长和体质量、胴长和净重的生长关系不存在显著性差异,且均最适合幂函数来表示。本研究中,2018 年 (拉尼娜) 东海太平洋褶柔鱼生长

参数  $b$  为 2.963 1, 小于但接近 3, 大于 2009 年 (正常年份) 的 2.773 4<sup>[4]</sup>、2010 年 (厄尔尼诺) 的 2.890 5<sup>[4]</sup>、2011 年 (拉尼娜) 的 2.757 6<sup>[4]</sup> 和 2013 年 (正常年份) 的 2.835<sup>[28]</sup>, 但小于 2012 年 (强拉尼娜) 的 3.289 5<sup>[4]</sup>。综上所述,拉尼娜发生期东海太平洋褶柔鱼的生长速度似比正常年份和厄尔尼诺发生年份稍快。当然,头足类的生长受到的影响因素很多,包括饵料环境<sup>[14]</sup>,头足类自身的生物学特性等<sup>[29]</sup>,后续还需要进一步的研究。

### 3.3 拉尼娜发生期太平洋褶柔鱼繁殖特性

本研究表明,拉尼娜发生期春季太平洋褶柔鱼的性别比例 1 : 1.255, 雄性个体数量明显多于雌性。杨林林等<sup>[29]</sup> 通过研究认为 1997—1999

年间东海太平洋褶柔鱼雌雄比例小于 1:1, 雄性也多于雌性, 但其后在 2009—2012 年调查中发现, 雌雄比例接近于 1:1<sup>[4]</sup>, 相对而言, 本研究中雌雄个体比例相对较小。本研究还表明 III 期以上的个体较多, 而 2009 年(拉尼娜)雌雄太平洋褶柔鱼以 II 期为主; 2010 年(厄尔尼诺)则以 I 期为主; 2011 年(拉尼娜)同样主要为性未成熟个体, 其中雌性 II 期个体的比例为 56.00%, 但 2012 年(拉尼娜)雌雄太平洋褶柔鱼达到性成熟个体的比例较高, 雌性以 III 期为主, 占 42.42%, 雄性则以 IV 期为主, 占 50.85%<sup>[4]</sup>。拉尼娜发生年太平洋褶柔鱼性成熟度较厄尔尼诺发生年(2010 年, 主要以 I 期为主)性成熟早, 这可能由于拉尼娜发生年东海海域温度比正常年份偏高所引起<sup>[6-7]</sup>, 此外群体的复杂性也可能造成性成熟的多变化性<sup>[26]</sup>, 后续应结合耳石和角质颚微结构等方法加以群体鉴定, 继而深入研究极端气候变化对其繁殖特性的影响。

### 3.4 拉尼娜发生期太平洋褶柔鱼胃饱满度组成

拉尼娜发生期春季东海太平洋褶柔鱼胃饱满度以 0~2 级为主, 占总样本的 64.24%, 雌雄样本的胃饱满度均以 1 级为主, 分别占对应总数的 34.61% 和 44.58%。胃含物初步分析表明, 该海域太平洋褶柔鱼主要以甲壳类、头足类和仔鱼为食, 也存在自相残食现象<sup>[20-21]</sup>。太平洋褶柔鱼作为一种机会主义捕食者, 随着个体的生长, 摄食对象大小和捕食种类也发生变化, 前期包括如介形类(Ostracods)和毛颚类(Chaetognaths), 后续捕食包括桡足类(Copepods)、端足类(Amphipods)、磷虾类(Euphausiids)和甲壳类(Crustaceans)等浮游动物, 随着个体发育, 捕食能力的增加, 还会捕食一些小型鱼类如日本鳀(*Engraulis japonicus*)、秋刀鱼(*Cololabis saria*)和狭鳕(*Theragra chalcogramma*)等<sup>[29-30]</sup>, 本研究没有发现明显差异性。

### 3.5 小结

本研究探讨了拉尼娜发生期(2018 年)东海太平洋褶柔鱼的个体大小、个体生长、性成熟度和胃饱满度等渔业生物学变化特性, 并通过与正常年份和厄尔尼诺发生年份的生物学特性进行比较和分析, 探明了拉尼娜年份东海太平洋褶柔鱼呈现个体偏小、生长速度偏快、性成熟提前的现象, 初步验证了大气候变化(拉尼娜)对太平洋褶柔鱼渔业生物学特性的影响。今

后将扩大采样时间序列, 并结合硬组织信息(耳石、角质颚、内壳等), 深入开展气候变化对其个体生长、繁殖变化等影响的研究。

### 参考文献 (References):

- [1] Bower J R, Nakamura Y, Mori K, *et al.* Distribution of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) paralarvae near the Kuroshio off southern Kyushu, Japan[J]. *Marine Biology*, 1999, 135(1): 99-106.
- [2] Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT statistics database[R]. Rome: FAO, 2016.
- [3] 董正之. 黄海太平洋褶柔鱼资源现状与开发[J]. *海洋科学*, 1996(6): 34-38.  
Dong Z Z. On the present status and exploratory problems of resource of *Todarodes pacificus* in the Yellow Sea[J]. *Marine Sciences*, 1996(6): 34-38(in Chinese).
- [4] 杨林林, 姜亚洲, 刘尊雷, 等. 夏季东海太平洋褶柔鱼群体结构的年际变化[J]. *中国水产科学*, 2014, 21(3): 593-601.  
Yang L L, Jiang Y Z, Liu Z L, *et al.* Annual variability in population structure of *Todarodes pacificus* in the East China Sea in summer[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2014, 21(3): 593-601(in Chinese).
- [5] 王尧耕, 陈新军. 世界大洋性经济柔鱼类资源及其渔业[M]. 北京: 海洋出版社, 2005: 30-33.  
Wang Y G, Chen X J. The world ocean economic cephalopods resources and fisheries[M]. Beijing: Ocean Press, 2005: 30-33 (in Chinese).
- [6] 张守文, 王辉, 姜华, 等. 厄尔尼诺和台风共同影响下的 7 月份黄、东海海温变化[J]. *海洋学报*, 2017, 39(12): 32-41.  
Zhang S W, Wang H, Jiang H, *et al.* Sea surface temperature variations of the Yellow Sea and East China Sea influenced by both ENSO and typhoons in July[J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2017, 39(12): 32-41(in Chinese).
- [7] 曹丛华, 曲如美, 张惠滋. 东中国海海温场对厄尔尼诺与反厄尔尼诺事件的响应[J]. *海洋预报*, 1999, 16(4): 39-45.  
Cao C H, Qu R M, Zhang H Z. Response of sea surface temperature in Eastern China Sea to El Niño and La Nina event[J]. *Marine Forecasts*, 1999, 16(4): 39-45(in Chinese).
- [8] 洪华生, 何发祥, 杨圣云. 厄尔尼诺现象和浙江近海鲈

- 鲭鱼渔获量变化关系——长江口ENSO渔场学问题之二[J]. 海洋湖沼通报, 1997(4): 8-16.
- Hong H S, He F X, Yang S Y. EL-NINO phenomenon and variation of catch of *Scomber Japonicus* and *Decapterus maruadsi* in offshore waters of Zhejiang province[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 1997(4): 8-16(in Chinese).
- [9] Rosa R, O'Dor R, Pierce G. Advances in Squid Biology, Ecology and Fisheries. Part II -Oegopsid Squids[M]. New York: Nova Science Publishers, 2013: 262.
- [10] Kidokoro H, Uji R. Estimation on the age of Japanese common squid *Todarodes pacificus* cannibalized by their own species[J]. Bulletin of the Japan Sea National Fisheries Research Institute, 1999(49): 123-127.
- [11] 菅原美和子, 山下紀生, 坂口健司, 等. 太平洋を回遊するスルメイカ冬季発生系群の成長に及ぼす孵化時期と性差の影響[J]. 日本水産学会誌, 2013, 79(5): 823-831.
- Sugawara M, Yamashita N, Sakaguchi K, *et al.* Effects of hatch timing and sex on growth of the winter-spawning stock of Japanese common squid *Todarodes pacificus* migrating in the Pacific Ocean[J]. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 2013, 79(5): 823-831.
- [12] Boyle P R. Cephalopod Life Cycles, Volume 1. Species Accounts[M]. London: Academic Press, 1983: 201-214.
- [13] Choi K, Lee C L, Hwang K, *et al.* Distribution and migration of Japanese common squid, *Todarodes pacificus*, in the southwestern part of the East (Japan) Sea[J]. *Fisheries Research*, 2008, 91(2-3): 281-290.
- [14] 郑元甲, 凌建忠, 严利平, 等. 东海区头足类资源现状与合理利用的探讨[J]. 中国水产科学, 1999, 6(2): 52-56.
- Zheng Y J, Ling J Z, Yan L P, *et al.* Cephalopod resources and rational utilization in East China Sea[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 1999, 6(2): 52-56(in Chinese).
- [15] 木所英昭, 後藤常夫, 高原英生, 等. 平成 27(2015) 年度スルメイカ秋季発生系群の資源評価 [R]. 平成 27 年度我が国周辺漁業資源調査資源評価, 水産庁・水産総合研究センター, 2016: 663-669.
- Kisho H, Goto T, Hideo T, *et al.* Stock assessment of the autumn-spawning stock of Japanese common squid, *Todarodes pacificus* in 2015. Fishery resource survey and resource evaluation around Japan[R]. Fisheries Agency • Fisheries Research Agenc, 2016, 663-669 (in Japanese).
- [16] 加賀敏樹, 岡本俊, 山下紀生, 等. 平成 27 年度スルメイカ冬季発生系群の資源評価 [R]. 平成 27 年度我が国周辺漁業資源調査資源評価, 水産庁・水産総合研究センター, 2016: 627-662.
- Toshiki Kaga, Okamoto Jun, Yamashita N, *et al.* Stock assessment of the winter-spawning stock of Japanese common squid, *Todarodes pacificus* in 2015. Fishery resource survey and resource evaluation around Japan[R]. Fisheries Agency • Fisheries Research Agenc, 2016, 627-662 (in Japanese).
- [17] Yu W, Zhang Y, Chen X J, *et al.* Response of winter cohort abundance of Japanese common squid *Todarodes pacificus* to the ENSO events[J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2018, 37(6): 61-71.
- [18] Puneeta P, Vijai D, Yamamoto J, *et al.* Orientation patterns of Japanese flying squid *Todarodes pacificus* embryos within egg masses and responses of paralarvae to light[J]. *Zoological Science*, 2018, 35(4): 293-298.
- [19] Chen X J, Zhao X H, Chen Y. Influence of *El Niño/La Niña* on the western winter-spring cohort of neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in the northwestern Pacific Ocean[J]. *ICES Journal of Marine Science*, 2007, 64(6): 1152-1160.
- [20] 陆化杰, 童玉和, 刘维, 等. 厄尔尼诺年春季中国南海中沙群岛海域鸢乌贼的渔业生物学特性[J]. 水产学报, 2018, 42(6): 912-921.
- Lu H J, Tong Y H, Liu W, *et al.* Fisheries biological characteristics of *Sthenoteuthis oualaniensis* in the Spring Season in the El Nino year of 2016 in the Zhongsha islands waters of South China Sea[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2018, 42(6): 912-921(in Chinese).
- [21] 陆化杰, 王从军, 陈新军. 4-6月东太平洋赤道公海鸢乌贼生物学特性初步研究[J]. 上海海洋大学学报, 2014, 23(3): 441-447.
- Lu H J, Wang C J, Chen X J. Preliminary study on the biological characteristics of *Sthenoteuthis oualaniensis* in the high seas nearby the equator of eastern Pacific during April to June[J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2014, 23(3): 441-447(in Chinese).
- [22] Haddon M. Modeling and quantitative methods in fisheries[M]. Boca Raton: CRC Press, Florida, 2001: 227-232.
- [23] Hiramatsu K. Application of maximum likelihood
- 中国水产学会主办 sponsored by China Society of Fisheries

- method and AIC to fish population dynamics[M]//Matsumiya Y. Fish Population Dynamics and Statistical Models. Tokyo: Koseisha Koseikaku, 1993: 13-14.
- [24] Cerrato R M. Interpretable statistical tests for growth comparisons using parameters in the von Bertalanffy equation[J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1990, 47(7): 1416-1426.
- [25] Imai C, Sakai H, Katsura K, *et al.* Growth model for the endangered cyprinid fish *Tribolodon nakamurai* based on otolith analyses[J]. *Fisheries Science*, 2002, 68(4): 843-848.
- [26] 杨林林, 姜亚洲, 严利平, 等. 东海区太平洋褶柔鱼生殖群体结构特征的季节差异[J]. *海洋渔业*, 2009, 31(4): 376-383.
- Yang L L, Jiang Y Z, Yan L P, *et al.* Seasonal differences in the stock structure of mature *Todarodes pacificus* in the East China Sea Region[J]. *Marine Fisheries*, 2009, 31(4): 376-383(in Chinese).
- [27] 陈新军. 浅析日本海中南部海域太平洋褶柔鱼的一些生物学特性[J]. *中国水产科学*, 1997, 4(5): 29-32.
- Chen X J. Studies on some biological parameters of *Todarodes pacificus* in the central-southern Japan Sea[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 1997, 4(5): 29-32(in Chinese).
- [28] 唐峰华, 刘尊雷, 黄洪亮, 等. 日本海太平洋褶柔鱼生物学特征的年际变化[J]. *动物学杂志*, 2015, 50(3): 381-389.
- Tang F H, Liu Z L, Huang H L, *et al.* Interannual variability of biology characteristics of Japanese common squid (*Todarodes pacificus*) in the Sea of Japan[J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2015, 50(3): 381-389(in Chinese).
- [29] 杨林林, 姜亚洲, 程家骅. 东海太平洋褶柔鱼生殖群体的空间分布及其与环境因子的关系[J]. *生态学报*, 2010, 30(7): 1825-1833.
- Yang L L, Jiang Y Z, Cheng J H. Spatial distribution of mature stock of Pacific squid, *Todarodes pacificus* and its relation to environmental factors in the East China Sea[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(7): 1825-1833(in Chinese).
- [30] Rosa R, O'Dor R, Pierce G. Advances in squid Biology, ecology and fisheries. Part II - *Todarodes pacificus*, Japanese common squid[M]. New York: Nova Science Publishers, 2013: 257-260.



## Fisheries biological characteristics of Japanese common squid (*Todarodes pacificus*) in spring in the La Niña year of 2018 in the East China Sea

NING Xin<sup>1</sup>, LU Huajie<sup>1,2,3,4,5,6\*</sup>, LIU Kai<sup>1</sup>, CHEN Ziyue<sup>1</sup>, CHEN Xinjun<sup>1,2,3,4,5,6</sup>

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Processes, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266071, China;

3. National Distant-water Fisheries Engineering Research Center, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

4. Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

5. Key Laboratory of Oceanic Fisheries Exploration, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai 201306, China;

6. Scientific Observing and Experimental Station of Oceanic Fishery Resources, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai 201306)

**Abstract:** Based on 1840 samples of Japanese common squid (*Todarodes pacificus*) collected from January to March in the spring in the La Niña year of 2018 in the East China Sea, the fisheries biological characteristics of *T. pacificus* were studied. The result indicated that the mantle length (ML) ranges from 92 mm to 270 mm and 103 mm to 267 mm with a dominated concentration in 180 mm to 240 mm and 140 mm to 220 mm accounting for 71.44 and 89.31 % for females and males, the body weight (BW) ranges from 21 g to 453 g and 21 g to 465 g with a dominated concentration in 120 g to 270 g and 60 g to 180 g, accounting for 66.54 and 81.26 % for females and males, respectively. The ratio of the somatic body weight (SBW) to BW ranged from 21.89 to 87.76 % with an average of 49.14 %. There was no significant difference between BW and SBW growth in sex, and the relationships between ML to BW and ML to SBW were both best described by the power functions by the result of Akaike's information criterion (AIC). The ratio of females to males was 1 : 1.255, and the samples were mostly composed of maturity individuals, accounting for 50.86 and 54.78 % for females and males. The feeding stage were mainly in 1 and 2 grade accounting for 64.24 %. All of the specimens and the prey were mainly composed of squids, pelagic fishes, mollusc and crustacean and so on. Our study showed that the fisheries biological features of *T. pacificus* were affected by La Niña in terms of a decrease in the body size, a faster growth speed and advanced gonad maturity stages.

**Key words:** *Todarodes pacificus*; fisheries biological characteristics; gonad maturity stage; sex ratio; the La Niña year; the East China Sea

**Corresponding author:** LU Huajie. E-mail: hjlu@shou.edu.cn

**Funding projects:** National Key R&D Program of China (2019YFD090402, 2019YFD0901404); National Natural Science Foundation of China (41506184, 41876141); Key R & D Project of Science and Technology Department of Zhejiang Province (2018C02026)