

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

陆化杰^{1,2,3,4,5}, 童玉和⁶, 刘维⁶, 刘凯¹,
董增祥¹, 程馨¹, 陈新军^{1,2,3,4,5*}

(1. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306;

2. 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海海洋大学, 上海 201306;

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

4. 农业部大洋渔业开发重点实验室, 上海海洋大学, 上海 201306;

5. 农业部大洋渔业资源环境科学观测实验站, 上海海洋大学, 上海 201306;

6. 海南省海洋与渔业科学研究院, 海南海口 570100)

摘要: 根据厄尔尼诺年春季(2016年3—5月)我国灯光罩网渔船在中国南海中沙群岛海域生产调查期间采集的572尾鸢乌贼样本, 对其渔业生物学特性进行了研究, 初步探讨了厄尔尼诺现象对鸢乌贼渔业生物学特性的影响。结果显示, 厄尔尼诺年间雌性鸢乌贼胴长范围为59.5~207.5 mm, 优势胴长组为90~150 mm, 占样本总数的66.24%; 雄性胴长范围为56.5~236.5 mm, 优势胴长组为60~120 mm, 占样本总数的78.81%, 雌雄样本优势胴长存在显著性差异。雌性样本体质量范围为7~318 g, 优势体质量组为20~140 g, 占样本总数的70.18%; 雄性体质量范围为7~381 g, 优势体质量组为0~80 g, 占样本总数的92.14%。雌性鸢乌贼净重比例范围为46.59%~86.67%, 平均为70.19%; 雄性为42.86%~91.11%, 平均为73.12%。不同性别间鸢乌贼胴长与体质量、胴长与净重的生长关系存在显著性差异: 雌性胴长与体质量、净重的生长均最适合用幂函数表示, 而雄性则均适合用指数函数表示。全部鸢乌贼样本的性别比例为41.43:58.57, 雄性样本多于雌性样本; 雌雄样本的性成熟度主要以Ⅰ期和Ⅱ期为主, 分别占样本总数的61.7%和85.79%。样本胃饱满度以0~2级为主, 胃含物主要包括头足类、中上层鱼类、软体动物以及甲壳动物等。厄尔尼诺年间中沙群岛海域的平均表温较上一年度偏低0.213℃, 可能会对该海域鸢乌贼的渔业生物学特性产生影响, 使其个体变小。

关键词: 鸢乌贼; 渔业生物学特性; 厄尔尼诺; 中沙群岛海域; 南海

中图分类号: S 931.1

文献标志码: A

鸢乌贼(*Sthenoteuthis oualaniensis*), 头足纲(Cephalopoda), 柔鱼科(Ommastrephidae), 鸢乌贼属(*Sthenoteuthis*), 大洋性浅海种, 广泛分布于中国南海、西北印度洋等海域^[1], 资源丰富^[2], 是中国南海最为重要的经济头足类, 支撑着我国广

东、广西和海南三省灯光罩网和灯光围网渔业^[2]。开展南海鸢乌贼渔业生物学研究有助于深入了解其生物学特性, 为资源的合理开发和可持续利用提供科学依据。目前为止, 国内外一些学者分别对赤道附近公海^[3]、西北印度洋^[4-5]、夏威夷

收稿日期: 2017-07-21 修回日期: 2018-01-15

资助项目: 国家自然科学基金(41506184); 国家科技支撑计划(2013BAD13B06); 海南省省属科研院所技术开发研究专项; 公益性行业(农业)科研专项(201403008)

通信作者: 陈新军, E-mail: xjchen@shou.edu.cn

夷群岛^[6]等海域鳶乌贼的年龄与生长^[7-9]、种群结构^[10-11]、洄游分布^[12]、繁殖^[3]和摄食^[13-14]等渔业生物学特性进行了研究。鳶乌贼作为短生命周期的种类,其生长、死亡和资源补充量等易受到海洋环境的影响^[2],2016年是厄尔尼诺年,中国南海中沙群岛海域鳶乌贼的渔业生物学特性是否会受到厄尔尼诺影响尚不明确,国内外也未见相关报道。鉴于此,本实验根据我国灯光罩网渔船于厄尔尼诺年春季(2016年3—5月)在中国南海中沙群岛海域调查期间采集的鳶乌贼样本,对其渔业生物学特性及其是否受到厄尔尼诺的影响开展了研究,为后续深入研究其洄游分布、群体结构等奠定基础。

1 材料与方法

1.1 调查时间和海域

调查时间为2016年3月3日—5月30日,海域为13°58′~19°30′N、110°~116°40′E(图1)。

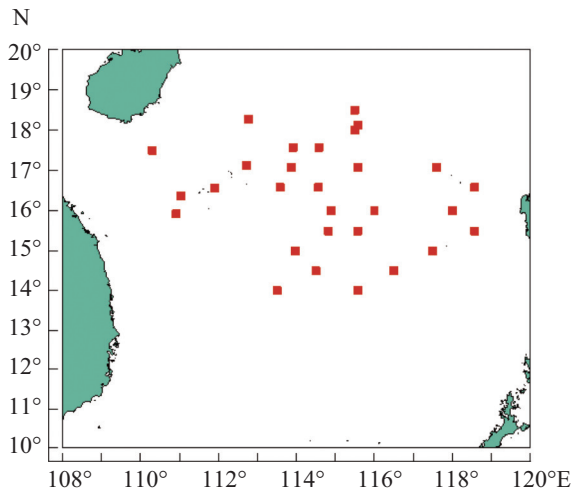


图1 鳶乌贼采样分布图

1.2 调查船

调查渔船为海南省三亚榆丰渔业公司所属的灯光罩网渔船“琼三亚72057”和“琼三亚72068”,两船为同一船型:总长33.0 m,型宽6.2 m,总吨430 t,主机功率237 kW,副机功率163 kW,发电机功率200 kW,平均航速9 kn。

1.3 生物学采样

每天从每个调查站位的渔获中随机抽取鳶乌贼样本20尾,测定样本的胴长(mantle length,

ML)、体质量(body weight, BW)、净重(somatic body weight, SBW),头重(head weight, HW)、并对性别、性腺成熟度、胃饱满度、胃含物进行目测和鉴定。其中:胴长测量使用量鱼板,精确至1.0 mm;重量测定使用电子弹簧称,精确至1.0 g。性成熟度划分参照头足类的性成熟度分期标准^[10],摄食等级采用5级标准^[3]。

海表面温度(sea surface temperature, SST)及其距平均值的数据来源于网站:http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/IGOSS/data_products.html。海域范围为10°~20°N、110°~116°E,时间为2015年3—5月和2016年3—5月。

1.4 数据分析

采用频度分布法研究鳶乌贼样本胴长和体质量的组成,组间距分别为30 mm和20 g^[3]。

利用频度分析法对样本的性别比例、性腺成熟度组成和胃饱满度组成进行研究^[3]。

按月份分别计算采样海域的平均SST,作为验证厄尔尼诺是否引起海域海洋环境变化的参考因子,并对比2016年(厄尔尼诺发生年)和2015年(正常年份)的平均SST。

采用线性生长模型、幂函数生长模型、指数生长模型、对数函数模型^[3, 15]分别拟合ML与BW, ML与SBW的生长方程。

采用最大似然法^[16-17]估计模型生长参数,公式:

$$L(\tilde{L} | L_{\infty}, K, t_0, \sigma^2) = \prod_{i=1}^N \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{[L_i - f(L_{\infty}, K, t_0, t_i)]^2}{2\sigma^2}\right\}$$

式中, σ^2 为误差项方差^[18],其初始值设定为总体样本平均体长的15%^[19]。最大似然法取自然对数后估算求得^[20],生长参数在Excel 2010中拟合求得。

应用(Akaike's information criterion, AIC)进行生长模型比较^[16, 19],计算公式:

$$AIC = -2\ln L(p_1, \dots, p_m, \sigma^2) + 2m$$

式中, $L(p_1, \dots, p_m)$ 为胴长或重量数据的最大似然值,为模型参数的最大似然估计值, m 为模型中待估参数的个数。4个生长模型中,取得最小AIC值的模型为最适生长模型。

2 结果

2.1 胴长与体质量组成

探捕期间共采集鳶乌贼样本572尾,其中雌

性样本237尾，雄性样本335尾。方差分析表明，不同性别样本间胴长组成存在显著性差异($F=3.858, P=0.003<0.05$)。因此分不同性别研究鳓乌贼的胴长组成。

全部样本的胴长范围为56.5~236.5 mm，其中雌性样本的胴长范围为59.5~207.5 mm，优势胴长组为90~150 mm，占样本总数的66.24%，其次为150~180 mm，占样本总数的21.52%，再次为60~90 mm，占样本总数的8.87%，其余依次为180~210 mm和30~60 mm，分别占样本总数的2.95%和0.43%(图2-a)；雄性样本胴长范围为56.5~236.5 mm，优势胴长组为60~120 mm，占样本总数的78.81%，其次为120~150 mm，占样本总数的16.72%，其余依次为150~180 mm、30~60 mm和180~210 mm，分别占样本总数的1.79%、1.49%和0.89%(图2-a)。

方差分析表明，不同性别间样本的体质量组成存在显著性差异($F=3.87, P=0.012<0.05$)，因此分不同性别研究鳓乌贼的体质量组成。全部样本的体质量范围为7~381 g，其中雌性样本体质量范围为7~318 g，优势体质量组为20~140 g，占样本总数的68.08%，其次为140~160 g，占样本总数的7.66%，其余依次分别为160~180、0~10、180~200和200~220 g，分别占样本总数的6.81%、6.81%、2.97%和2.55%，其他少量样本总占5.11%(图2-b)；雄性样本体质量范围为7~381 g，优势体质量组为0~80 g，占样本总数的92.64%，其余依次为80~100、100~120、120~140和140~160 g，分别占样本总数的3.82%、1.47%、1.17%和0.29%，其他少量样本约占0.88%(图2-b)，雌雄样本的优势胴长存在显著性差异。

2.2 胴长与体质量、净重的关系

研究表明，雌性鳓乌贼的净重比例为46.59%~86.67%，平均为70.19%；雄性为42.86%~91.11%，平均为73.12%。

协方差分析表明，不同性别间鳓乌贼胴长与体质量的生长关系存在显著性差异($F=7.89, P=0.006<0.05$)，因此分不同性别研究胴长与体质量的生长关系。通过方程拟合、最大似然法则的优化及AIC的比较(表1)，雌性鳓乌贼胴长与体质量的生长最适合用幂函数表示，雄性则最适合用指数函数表示(图3)：

雌性胴长与体质量： $BW=1.92 \times 10^{-3} ML^{3.2709}$
($R^2=0.9113, n=237$, 图3-a)

雄性胴长与体质量： $SBW=3.6121 \times e^{0.2278 ML}$
($R^2=0.8854, n=335$, 图3-b)

协方差分析表明，不同性别间鳓乌贼胴长与净重的生长关系也存在显著性差异($F=9.861, P=0.003<0.05$)，因此分不同性别研究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2)，雌性鳓乌贼胴长与净重的生长最适合用幂函数表示，雄性则最适合用指数函数表示(图4)：

雌性胴长与净重： $SBW=1.18 \times 10^{-3} ML^{3.3628}$
($R^2=0.9269, n=237$, 图4-a)

雄性胴长与净重： $SBW=2.5931 \times e^{0.2352 ML}$
($R^2=0.8221, n=335$, 图4-b)

2.3 繁殖特性

性别比例 调查期间，共采集鳓乌贼样本572尾，其中雌性样本237尾，雄性样本

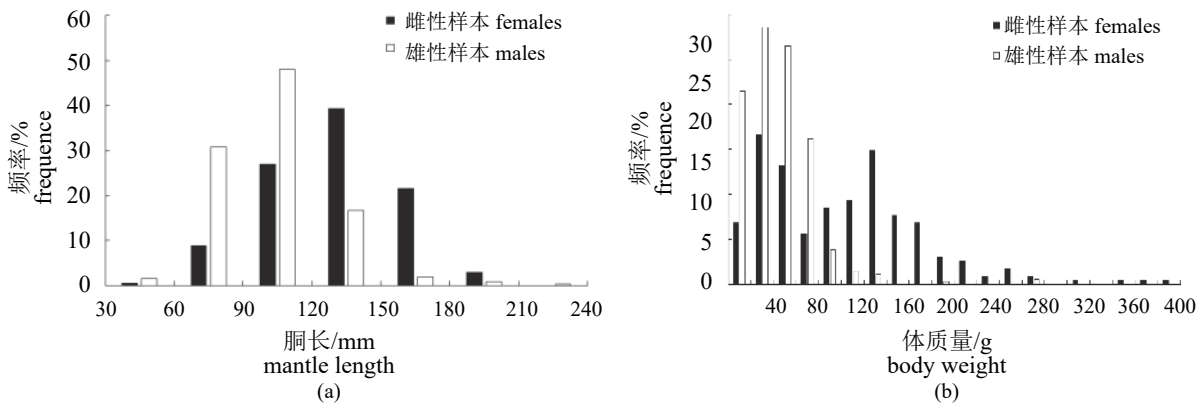


图2 鳓乌贼胴长(a)和体质量组成(b)

Fig. 2 Mantle length (a) and body weight (b) composition of *S. oualaniensis*

表 1 鸢乌贼胴长与体质量、胴长与净重生长模型的生长参数(a和b)与AIC值比较

Tab. 1 Comparison of parameters (a and b) and AIC for mental length growth models of *S. oualaniensis*

内容 content	生长方程 growth model	a	b	AIC	R ²
雌性 female	线性 linear	22.538	-191.22	2 967.923	0.850 8
	幂函数 power	1.92×10 ⁻³	2.971 3	2 906.005	0.911 3
	指数函数 exponential	2.314 3	0.270 5	2 970.901	0.909 4
	对数 logarithm	257.33	-551.61	3 057.204	0.758 9
	线性 linear	11.576	-71.804	2 557.042	0.722 3
雄性 male	幂函数 power	4.07×10 ⁻¹	1.968 9	2 285.323	0.790 5
	指数函数 exponential	3.612 1	0.227 8	2 260.497	0.885 4
	对数 logarithm	89.869	-159.72	2 696.919	0.542 3

335尾, 整个调查期间鸢乌贼的性别比例为41.43 : 58.57, 雄性样本数多于雌性样本数。

性腺成熟度 样本中不同性别鸢乌贼的性腺成熟度组成不同(表3)。雌性样本本性成熟度以 I 期为主, 占全部样本的40.85%, II 期和 V 期次之, 分别占20.85%和16.17%, 再次为 III 期, 占12.34%, IV 最少, 只有9.78%; 雄性样本则以 I 期为主, 占全部样本的59.26%, II 期和 III 期次之, 分别占26.54%和13.58%, 再次为 IV 期, 占0.61%, 未出现 V 级样本。

2.4 胃饱满度组成

雌性样本胃饱满度以1级和2级为主, 分别占全部样本的32.91%和25.21%, 3级和4级所占比

例相同, 都为20.94%; 而雄性样本, 1级占绝对优势, 占样本总数的74.15%, 其余依次为2级、4级和3级, 分别占17.84%、4.31%和3.69%(图5)。初步分析表明, 鸢乌贼样本胃含物主要由头足类、小型中上层鱼类、软体动物以及甲壳动物的虾类、桡足类、介形类和端足类组成, 同时观察也发现许多鸢乌贼的胃中也包含残碎的鸢乌贼个体。

2.5 厄尔尼诺年间SST对比

经计算、验证, 2016年间3月、4月和5月采样海域的平均SST分别为25.63、27.01和29.29 °C, 2015年间则分别为25.85、27.2和29.52 °C, 非厄尔尼诺发生年(2016年)3月、4月和5月平均SST分别低于正常年份2015年对应月份0.22 °C、0.19 °C和0.23 °C, 3个月平均低0.213 °C(图6)。

3 讨论

3.1 胴长与体质量组成

结果显示, 中沙群岛海域鸢乌贼优势胴长的分布存在性别间差异: 雌、雄性样本优势胴长范围分别为90~150 mm和60~120 mm, 雌性个体大于雄性个体。颜云榕等^[21]通过研究认为, 2012年西中沙群岛海域鸢乌贼样本优势胴长为101~160 mm; 张鹏等^[2]认为南沙群岛海域雌、雄鸢乌贼样本优势胴长分别为110~140 mm和100~130 mm; 陆化杰等^[3]通过对赤道附近公海鸢乌贼的研究, 得到其优势胴长为160~220 mm, 均大于本研究中鸢乌贼的优势胴长。Chen等^[10]认

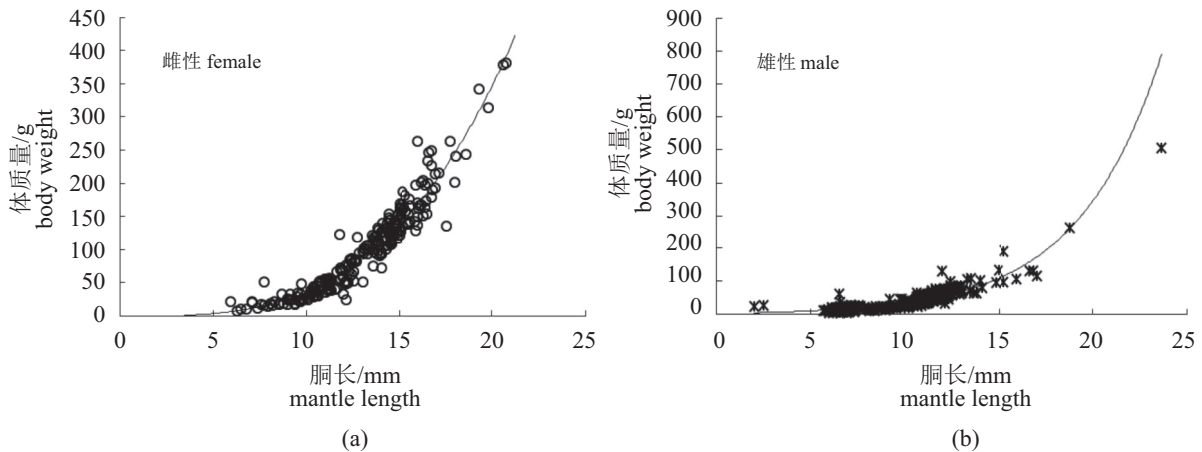


图 3 鸢乌贼胴长与体质量的关系

Fig. 3 Relationship between mantle length and body weight for *S. oualaniensis*

表2 鸢乌贼胴长与体质量、胴长与净重生长模型的生长参数(a和b)与AIC值比较

Tab. 2 Comparison of parameters (a and b) and AIC for mental length growth models of *S. oualaniensis*

内容 content	生长方程 growth model	a	b	AIC	R ²
胴长与体质量 ML-BW	线性 linear	17.318	-146.34	2 967.923	0.877 9
	幂函数 power	1.18×10^{-3}	3.362 8	2 906.005	0.926 9
	指数函数 exponential	136 469	0.276 7	2 970.901	0.916 1
	对数 logarithm	198.51	-425.26	3 057.204	0.790 7
	线性 linear	8.789 9	-53.981	2 557.042	0.693 2
胴长与净重 ML-SBW	幂函数 power	0.170 1	2.236 9	2 285.323	0.787 3
	指数函数 exponential	2.457 5	0.240 1	2 260.497	0.822 1
	对数 logarithm	73.984	-133.81	2 696.919	0.542 1
	幂函数 power	0.170 1	2.236 9	2 285.323	0.787 3
	指数函数 exponential	2.457 5	0.240 1	2 260.497	0.822 1

为西北印度洋鸢乌贼胴长范围跨度较大(106~612 mm),并根据胴长大小将其初步划分为3个不同的群体;Nesis^[22]也将鸢乌贼分为3个主要种群:大型群,仅出现在北印度洋的红海、亚丁湾和阿拉伯海(在阿拉伯海一般ML为400~500 mm,最大胴长650 mm);中型群(雌、雄性成熟ML分别为190~250 mm和120~150 mm),所有鸢乌贼分布海域都存在该种群;微小群(雌性成熟ML为90~120 mm,最大为140~150 mm;雄性性成熟ML为90~100 mm)。

3.2 胴长与体质量、净重的关系

结果表明,厄尔尼诺年间中沙群岛海域雌性鸢乌贼的净重比例为46.59%~86.67%,平均为

70.19%;雄性为42.86%~91.11%,平均为73.12%。陆化杰等^[3]通过研究,得到赤道附近海域鸢乌贼的净重比例为40.57%~87.76%,平均为59.43%。其他学者分别研究了西北印度洋^[5]、夏威夷^[6]和阿拉伯海域^[7]鸢乌贼净重比,结果并不相同,这种差异性可能是属于不同群体所致,也可能是鸢乌贼本身对大环境变化(如厄尔尼诺)在形体上的反映,具体原因需要后续深入研究。

本研究认为,不同性别间鸢乌贼胴长与体质量、胴长与净重的生长关系存在显著性差异:雌性胴长与体质量、净重的生长均最适合用幂函数来表示,雄性则均最适合用指数函数表示。相关学者通过研究,认为阿拉伯海域鸢乌贼最佳生长方程为von-Bertalanffy生长方程^[6];日本学者则认为不同生长阶段的鸢乌贼生长方程不同^[23];还有一些学者认为赤道附近公海^[3]、西北印度洋^[10]和夏威夷海域^[24]鸢乌贼最佳生长方程都是幂函数生长方程,这与本研究的结果相同。本研究表明,中国南海中沙群岛海域鸢乌贼生长参数b为3.270 9,大于3,比赤道附近鸢乌贼的2.971 3^[3]和西北印度洋的2.911 5^[10]都要大,说明该海域鸢乌贼生长稍快。

3.3 繁殖特性

调查期间鸢乌贼的性别比例为41.43:58.57,雄性样本多于雌性样本。而赤道附近公海和西北印度洋海域鸢乌贼雌雄样本比例分别为76:1和30.5:1^[3],菲律宾海域则为4:1^[9],与本研究的結果差异较大。一些学者观察到不同生命阶段鸢乌贼的性别比例存在变化,幼鱼时接近1:1,

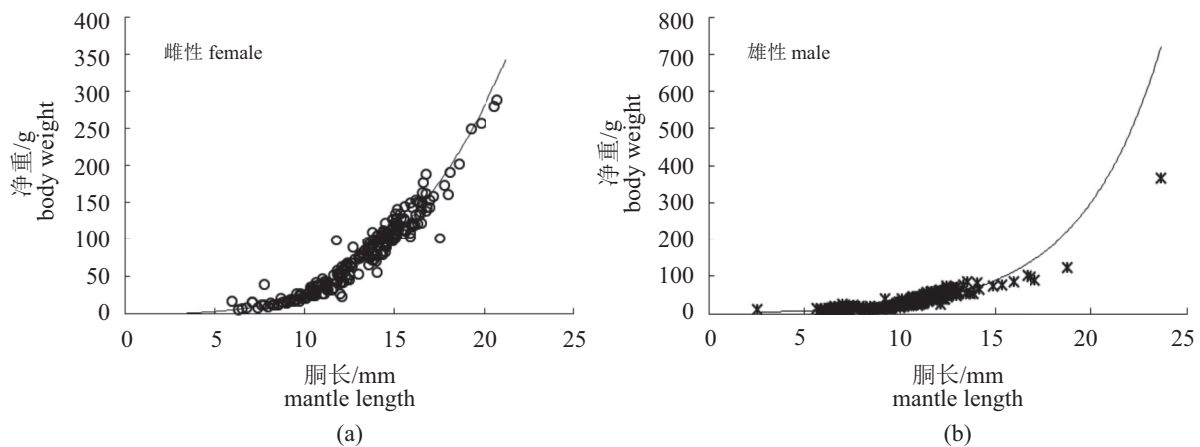


图4 鸢乌贼胴长与净重的关系

Fig. 4 Relationship between mantle length and somatic body weight for *S. oualaniensis*

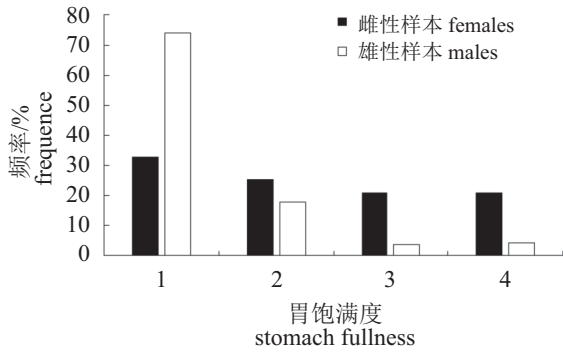


图 5 鳶乌贼胃饱满度组成

Fig. 5 Stomach fullness composition of *S. oualaniensis*

表 3 鳶乌贼性腺成熟度组成

Tab. 3 Composition of maturity stages of *S. oualaniensis*

内容 content	性腺成熟度/% maturity stage				
	I	II	III	IV	V
雌性 female	40.85	20.85	12.34	9.78	16.17
雄性 male	59.26	26.54	13.58	0.61	0

而成鱼后, 雌性高于雄性^[22], 如在夏威夷海域, 胴长大于100 mm时, 雌雄比例为1.2 : 1; 胴长为140~150 mm时, 雌雄比例则变为1.6 : 1^[24], 在台湾和冲绳群岛附近海域也发现类似现象^[25]。中沙群岛海域鳶乌贼雄性样本高于雌性样本的现象很不常见, 形成机制还需要进一步研究。

本实验中鳶乌贼的性腺成熟度以 I 期和 II 期为主, 雌性 I 期和 II 期共占全部样本比例的 61.7%, 雄性则为 85.79%。如果以 III 期作为鳶乌贼性成熟标准, 则样本主要以未成熟样本为主, 这也可能是雌雄比例不同于其他海域鳶乌贼样本的潜在原因^[2]。在目前的研究中, 西北太平洋^[10]、赤道附近公海^[3]和夏威夷海域^[24]采样的鳶乌贼样本都以未成熟样本为主, 但性别比例存在明显差异, 具体原因还需要进一步研究。

3.4 胃饱满度组成

本实验中, 不同性别间鳶乌贼的胃饱满度存在差异, 雌性样本胃饱满度为 1 级、2 级的样本数分别占全部样本的 32.91% 和 25.21%; 而雄性样

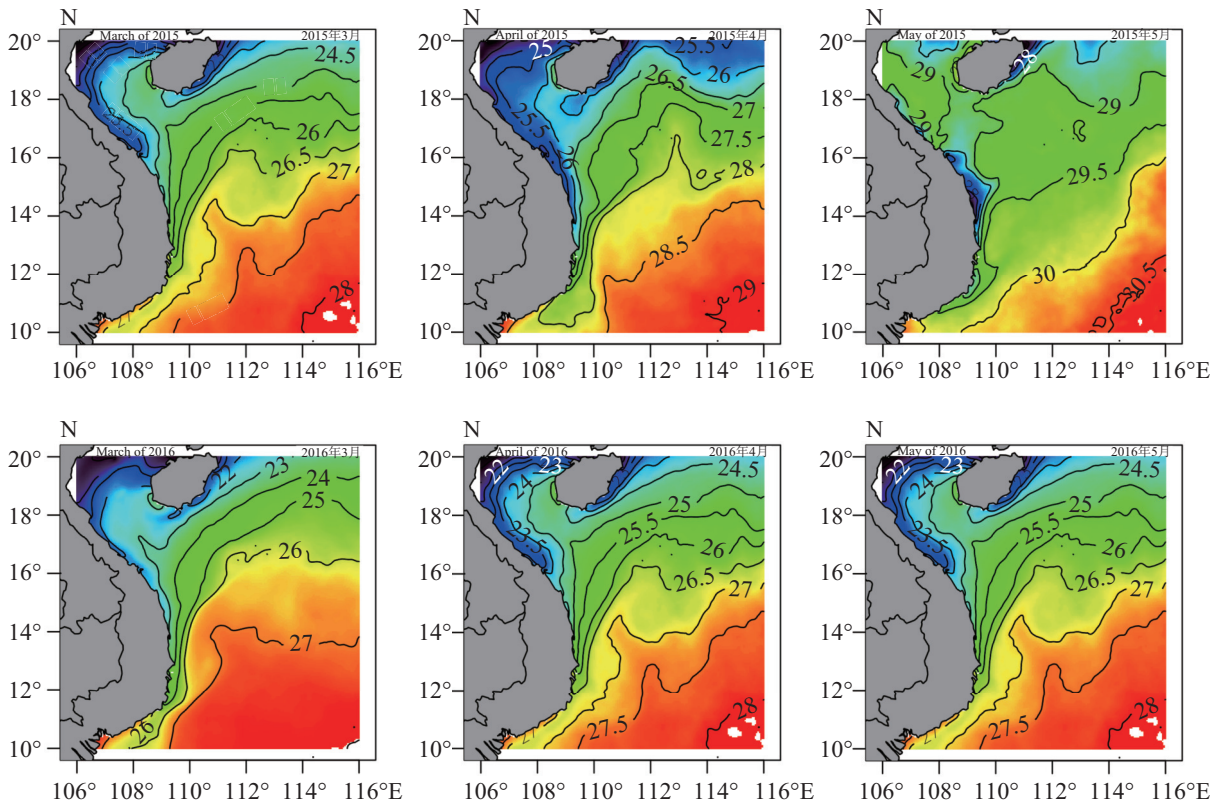


图 6 采样海域相同月份 2015 年与 2016 年(厄尔尼诺年)海表面温度分布对比图

Fig. 6 Comparison of SST in the sample area during the same months between the El Niño year 2016 and the common year 2015

本胃饱满度1级占样本总数的74.15%，其余为2级，占7.84%。这种现象可能与相同生命周期，个体大小的性别间差异性有关，一般个体越大，捕食能力也越大^[22]。不同海域，鸢乌贼捕食种类也存在差异：台湾岛海域主要以鱼类和头足类为主、冲绳群岛海域则主要以甲壳类为主^[25]，东太平洋夏威夷群岛海域以鱼类和头足类为主，甲壳类所占较少，印度洋西北部海洋^[10]鸢乌贼则主要摄食糠虾类和桡足类等甲壳动物。

3.5 厄尔尼诺现象对鸢乌贼生长的影响

本实验表明，厄尔尼诺期间，鸢乌贼较正常年份个体偏小，这可能与厄尔尼诺引起的海洋环境变化有关。正常年份(以2015年为例)和厄尔尼诺发生年份(2016年)海表面温度分布如图6所示。很明显，相同月份、相同海域，厄尔尼诺年份(2016年)中沙海域SST较正常年份(2015年)温度偏低(3月、4月和5月，平均偏低0.213 °C)^[26-27]。相关研究表明，头足类的生长受海洋环境影响明显^[28]，尤其是受到温度的影响^[29]：一般温度越高，头足类生长速率越快^[28-29]。朱凯等^[30]研究认为，2013年春季南海中部海域只存在一个鸢乌贼群体，其雌、雄个体平均胴长分别为(138±26.25)和(121±9.96) mm，比本实验中的(113.01±2.81)和(101.17±2.65) mm大20 mm左右。经计算，2013年3月、4月和5月，相同海域平均SST分别为26.53、28.12和29.45 °C，比2016年对应月份的25.63、27.01和29.29 °C分别高0.91、1.11和0.16 °C。颜云榕等^[21]通过研究得到在相同作业方式下，2010年南沙群岛北部的鸢乌贼优势胴长为101~150 mm，大于本实验中个体较大的雌性样本的优势胴长(90~150 mm)，而2010年3月、4月和5月相同海域SST分别为25.85、27.27和29.52 °C，比2016年相同月份分别高0.22、0.26和0.23 °C。相同季节、相似海域、不同气候条件(2013年和2010年都非厄尔尼诺发生年)，鸢乌贼个体大小不同，可能验证了厄尔尼诺对南海中沙群岛海域鸢乌贼的生长造成了影响：由于厄尔尼诺造成中沙群岛海域SST偏低，鸢乌贼生长受到影响，导致了个体偏小。但是由于采样时间短，相同海域相关研究少，本研究得到的推论还需要进一步验证。

参考文献：

[1] 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: 190-194.

Wang Y G, Chen X J. The resource and biology of economic oceanic squid in the world[M]. Beijing: China Ocean Press, 2005: 190-194 (in Chinese).

[2] 张鹏, 杨齐, 张旭丰, 等. 南海金枪鱼和鸢乌贼资源开发现状及前景[J]. 南方水产, 2010, 6(1): 68-74.

Zhang P, Yang L, Zhang X F, et al. The present status and prospect on exploitation of tuna and squid fishery resources in South China Sea[J]. South China Fisheries Science, 2010, 6(1): 68-74(in Chinese).

[3] 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).

[4] 陈新军, 刘金立. 利用形态学方法分析印度洋西北部海域鸢乌贼种群结构[J]. 上海水产大学学报, 2007, 16(2): 174-179.

Chen X J, Liu J L. Morphological analysis on population structure of *Sthenoteuthis oualaniensis* in the northwestern Indian Ocean[J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2007, 16(2): 174-179(in Chinese).

[5] 陈新军, 邵峰. 印度洋西北部公海鸢乌贼资源特征及其与海况的关系[J]. 中国海洋大学学报, 2006, 36(4): 611-616.

Chen X J, Shao F. Study on the resource characteristics of *Symlectoteuthis oualaniensis* and their relationships with the Sea Conditions in the High Sea of the Northwestern Indian Ocean[J]. Periodical of Ocean University of China, 2006, 36(4): 611-616(in Chinese).

[6] Young R E, Hirota J. Description of *Ommastrephes bartramii* (Cephalopoda: Ommastrephidae) paralarvae with evidence for spawning in Hawaiian waters[J]. Pacific Science, 1990, 44(1): 71-80.

[7] Snyder R. Aspects of the biology of the giant form of *Sthenoteuthis oualaniensis* (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Arabian Sea[J]. Journal of Molluscan Study, 1998, 64: 21-34.

[8] Bigelow K. Age and growth of three species of squid paralarvae from Hawaiian waters, as determined by statolith microstructures[D]. Hawaii: University of

- Hawaii, 1991.
- [9] Siriraksophon S, Nakamura Y. Ecological aspects of the purpleback flying squid, *Sthenoteuthis oualaniensis* (Lesson) in the South China Sea, West Coast of Philippines[C]//Proceedings of International Conference on the International Oceanographic Data and Information Exchange in the Western Pacific. Los Angeles: Oceanographic Data Center, 1999: 187-194.
- [10] Chen X J, Liu B L, Tian S Q, *et al.* Fishery biology of purpleback squid, *Sthenoteuthis oualaniensis*, in the northwest Indian Ocean[J]. Fisheries Research, 2007, 83(1): 98-104.
- [11] 刘连为, 周永东, 陆化杰, 刘必林, 陈新军. 西北太平洋鳃乌贼种群遗传结构[J]. 水产学报, 2017, 41(9): 1355-1364.
Liu L W, Zhou Y D, Lu H J, *et al.* Genetic structure of *Sthenoteuthis oualaniensis* population in the northwest Pacific Ocean[J]. Journal of Fisheries of China, 2017, 41(9): 1355-1364(in Chinese).
- [12] 徐红云, 崔雪森, 周为峰, 等. 基于海洋遥感的南海外海鳃乌贼最适栖息环境分析[J]. 生态学杂志, 2016, 35(1): 3080-3085.
Xu H Y, Cui X S, Zhou W F, *et al.* Analysis on optimal habitats of purpleback flying squid in the open South China Sea based on remote sensing data[J]. Chinese Journal of Ecology, 2016, 35(1): 3080-3085(in Chinese).
- [13] 邱月, 曾少葵, 章超桦, 等. 鳃乌贼和杜氏枪乌贼营养成分分析与比较[J]. 广东海洋大学学报, 2016, 36(1): 19-24.
Qiu Y, Zeng S K, Zhang C H, *et al.* Nutritional component analysis and quality evaluation of *Symplectoteuthis oualaniensis* and *Loligo duvauceli*[J]. Journal of Guangdong Ocean University, 2016, 36(1): 19-24(in Chinese).
- [14] 张俊, 陈国宝, 陈作志, 等. 南沙南部陆架海域渔业资源声学评估[J]. 南方水产科学, 2015, 11(5): 1-10.
Zhang J, Chen G B, Chen Z Z, *et al.* Acoustic estimation of fishery resources in southern continental shelf of Nansha area[J]. South China Fisheries Science, 2015, 11(5): 1-10(in Chinese).
- [15] 陆化杰, 陈新军. 利用耳石微结构研究西南大西洋阿根廷滑柔鱼的日龄、生长与种群结构[J]. 水产学报, 2012, 36(7): 1049-1056.
Lu H J, Chen X J. Age, growth and population structure of *Illex argentinus* based on statolith microstructure in Southwest Atlantic Ocean[J]. Journal of Fisheries of China, 2012, 36(7): 1049-1056(in Chinese).
- [16] Haddon M. Modelling and Quantitative Methods in Fisheries[M]. Boca Raton, Florida: Chapman and Hall/CRC, 2001: 227-232.
- [17] Hiramatsu K. Application of maximum likelihood method and AIC to fish population dynamics[M]//Matsumiya Y. Fish population dynamics and statistical models. Tokyo: Koseisha Koseikaku, 1993: 9-21 (in Japanese).
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] Buckland S T, Anderson D R, Burnham K P, *et al.* Distance sampling: Estimating abundance of biological populations[M]. London: Chapman and Hall, 1993.
- [21] 颜云榕, 冯波, 卢伙胜, 等. 南沙群岛北部海域鳃乌贼 (*Sthenoteuthis oualaniensis*) 夏季渔业生物学研究[J]. 海洋与湖沼, 2012, 43(6): 1177-1186.
Yan Y R, Feng B, Lu H S, *et al.* Fishery biology of Purpleback flying squid *Sthenoteuthis oualaniensis* in northern sea areas around Nansha Islands in summer[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2012, 43(6): 1177-1186(in Chinese).
- [22] Nesis K N. Population structure of oceanic ommastrephids, with particular reference to *Sthenoteuthis oualaniensis*: A review[M]//Okutani T, O'Dor R K, Kubodera T. Recent Advances in Fisheries Biology. Tokyo: Tokai University Press, 1993: 375-383.
- [23] Takagi K, Kitahara T, Suzuki N, *et al.* The age and growth of *Sthenoteuthis oualaniensis* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in the Pacific Ocean[J]. Bulletin of Marine Science, 2002, 71(2): 1105-1108.
- [24] Suzuki T, Yamamoto S, Ishii K, *et al.* On the flying Squid *Stenoteuthis oualaniensis* (Lesson) in Hawaiian waters[J]. Bulletin of the Faculty of Fisheries, Hokkaido University, 1986, 37(2): 111-123.
- [25] Okutani T, Tung I H. Reviews of biology of commercially important squids in Japanese and adjacent waters. I. *Symplectoteuthis oualaniensis* (Lesson)[J]. The Veliger, 1987, 21(1): 87-94.

- [26] 李娟, 左军成, 李艳芳, 等. 南海海表温度的低频变化及影响因素[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2011, 39(5): 575-582.
- Li J, Zuo J C, Li Y F, *et al.* Low-frequency variation and influence factors of sea surface temperature in South China Sea[J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2011, 39(5): 575-582(in Chinese).
- [27] 刘成程, 张文超, 晏宏. 南海西沙海域温度异常对厄尔尼诺-南方涛动活动的响应[J]. 地球环境学报, 2017, 8(2): 148-156.
- Liu C C, Zhang W C, Yan H. Relationship between El Niño-Southern Oscillation events and regional sea surface temperature anomalies around the Xisha Islands, South China Sea[J]. Journal of Earth Environment, 2017, 8(2): 148-156(in Chinese).
- [28] 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.
- [29] Ichii T, Mahapatra K, Watanabe T, *et al.* Occurrence of jumbo flying squid *Dosidicus gigas* aggregations associated with the countercurrent ridge off the Costa Rica Dome during 1997 El Niño and 1999 La Niña[J]. Marine Ecology Progress Series, 2002, 231: 151-166.
- [30] 朱凯, 杜飞雁, 王雪辉, 等. 南海中南部鸢乌贼中型群体结构[J]. 应用生态学报, 2017, 28(4): 1370-1376.
- Zhu K, Du F Y, Wang X H, *et al.* Morphological variations and discrimination of medium form of the purple flying squid *Sthenoteuthis oualaniensis* in the central and southern South China Sea[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2017, 28(4): 1370-1376(in Chinese).

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

LU Huajie^{1,2,3,4,5}, TONG Yuhe⁶, LIU Wei⁶, LIU Kai¹,
DONG Zengxiang¹, CHENG Xin¹, CHEN Xinjun^{1,2,3,4,5*}

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

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

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

4. Key Laboratory of Oceanic Fishery Exploration, Shanghai Ocean University, Ministry of Agriculture, Shanghai 201306, China;

5. Scientific Observing and Experimental Station of Oceanic Fishery Resources, Shanghai Ocean University, Ministry of Agriculture, Shanghai 201306, China;

6. Hainan Academy of Ocean and Fishery Sciences, Haikou 570100, China)

Abstract: Based on the 572 samples of *Sthenoteuthis oualaniensis* collected by light falling-net fishery during March to May in the spring season in the El Nino year of 2016 in the Zhongsha Islands waters of the South China Sea, the fisheries biological characteristics and the influence of El Nino were studied. The result indicated that the mantle length (ML) range was from 59.5 mm to 207.5 mm with a high concentration in 90 mm to 150 mm accounting for about 66.24 percent for females and from 56.5 mm to 236.5 mm with a high concentration in 60 mm to 120 mm accounting for about 78.81 percent for males, respectively. The body weight (BW) ranged from 7 g to 318 g with a dominative weight from 20 g to 140 g accounting for about 70.18 percent for females and ranged from 7 g to 381 g with a dominative weight from 0 g to 80 g accounting for about 92.14 percent for males, respectively. The ration of the somatic body weight (SBW) to BW ranged from 46.59 to 86.67 percent with an average of 70.19 percent and from 42.86 to 91.11 percent with an average of 73.12 percent for females and males, respectively. There were significant differences between the BW and SBW growth, and the relationships between the ML to BW and ML to SBW were best described by the power function for females and exponential function for males by the Akaike's information criterion (AIC), respectively. The ratio of females to males was 41.43:58.57, and the samples were most composed of immature individuals accounting for about 61.7 and 87.79 percent for females and males. The feeding stage was mainly in 0, 1 and 2 grade accounting for 89.42 percent and all of the samples and the food was mainly composed of squids, pelagic fishes, mollusc and crustacean. The result indicated that the average sea surface temperature of the sample waters of the El Nino year of 2016 was 0.213 degrees centigrade lower than the common year of 2015, and the fisheries biological feature of *S. oualaniensis* was affected by El Nino with a decrease in the body size probably.

Key words: *Sthenoteuthis oualaniensis*; biological characteristics; the El Nino year; Zhongsha Islands waters; South China Sea

Corresponding author: CHEN Xinjun. E-mail: xjchen@shou.edu.cn

Funding projects: National Natural Science Foundation of China (41506184); National Science-technology Support Plan Projects (2013BAD13B06); Special Fund for Technical Development of Scientific Research Institutes in Hainan Province; Profession Scientific Research Special Item of Agricultural Public Welfare, Ministry of Agriculture (201403008)