

文章编号: 1000-0615(2019)02-0454-13

DOI: 10.11964/jfc.20171211089

南海海域鸢乌贼中型群与微型群渔业生物学比较

江艳娥^{1,2}, 陈作志², 林昭进², 邱永松², 张鹏², 方展强^{1*}

(1. 华南师范大学生命科学学院, 广东省高等学校生态与环境科学重点实验室, 广东广州 510631;

2. 中国水产科学研究院南海水产研究所,

农业农村部外海渔业资源开发重点实验室, 广东广州 510300)

摘要: 根据2012年9—10月采集的780尾鸢乌贼样本, 对比研究了中型群和微型群两个种群的渔业生物学特征, 为南海海域鸢乌贼渔业资源的管理、保护等提供基础资料。按海洋调查规范测定样本的胴长、体质量、性腺指数和摄食指数等生物学指标, 通过磨片测定耳石生长纹数。结果显示, 中型群胴长范围79~266 mm, 优势胴长为111~145 mm, 平均胴长随纬度的变化不明显; 微型群胴长范围56~118 mm, 优势胴长为66~95 mm, 平均胴长随纬度的升高略呈上升趋势。中型群体质量分布范围17.47~957.20 g, 优势体质量为45.01~120.00 g; 微型群体质量分布范围5.81~76.56 g, 优势体质量为5.01~50.00 g; 中型群和微型群平均体质量随纬度的升高均有上升的趋势。中型群和微型群两个群体雌性和雄性样本的胴长和体质量之间的关系均适合幂函数。中型群雌雄比例为0.80:1, 未成熟与成熟个体比例为1.12:1; 微型群雌雄比例为3:1, 未成熟与成熟个体比例为0.83:1。中型群雌性的性腺指数为1.71, 雄性为3.31; 微型群雌性的性腺指数为4.07, 雄性为4.11。中型群雌性的摄食指数为5.07, 雄性为3.54; 微型群雌性的摄食指数为1.89, 雄性为2.75。中型群耳石日龄范围为30~135 d, 微型群耳石日龄范围为44~81 d。根据样本捕捞日期, 推测微型群和中型群的产卵高峰分别为7月和8月。南海海域鸢乌贼秋季样本中型群个体规格大于微型群个体, 2个群体的性成熟和孵化存在错峰现象, 微型群雌性性成熟和产卵略早于中型群的雌性。推断7°、14°和16°N海域是鸢乌贼群体在南海的摄食场。

关键词: 鸢乌贼; 渔业生物学; 日龄; 孵化; 南海

中图分类号: S 931.1

文献标志码: A

鸢乌贼(*Sthenoteuthis oualaniensis*)属于枪形目(Idiosepiida), 柔鱼科(Ommastrephidae), 是一种大洋性头足类, 广泛分布于印度洋和太平洋的热带和亚热带海域^[1-2], 是外海生态系统的重要种类^[3]。鸢乌贼分布广、生活周期短、生长迅速的特点^[2], 使其成为南海一个值得关注的物种。鸢乌贼栖息于水温14~31℃的水层, 具有垂直迁移性^[4], 白天栖息水层水深约150 m, 夜间在海面活动^[5]。鸢乌贼寿命约1年^[6], 雌雄形态存在差异, 雌性体型较雄性大^[7]。在南海西部海域,

调查所采集鸢乌贼的性别比为1:1, 雌性的性腺指数为2.97, 雄性的性腺指数为1.89^[8]。颜云榕等^[9]研究显示, 鱿钓渔获的鸢乌贼雌雄性比为32.0:1, 而灯光罩网(LAFN)渔获的鸢乌贼雌雄性比为1.4:1, 推测渔获鸢乌贼雌雄性比的差异与渔获方式存在一定的关系, 认为灯光罩网是更适合鸢乌贼研究的捕捞方式。有研究表明, 头足类耳石周期性生长的轮纹是研究头足类群体年龄结构可靠而准确的方法^[10-13], 并已应用于印度洋和南海海域鸢乌贼的年龄和生长的研究^[6, 14]。

收稿日期: 2017-12-13 修回日期: 2018-04-07

资助项目: 农业农村部财政专项(NFZX2013); 国家“九七三”重点基础研究发展计划(2014CB441505); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(2017YB21)

通信作者: 方展强, E-mail: fangzhang@scnu.edu.cn

目前关于鳶乌贼种群组成的研究在太平洋、印度洋水域均有报道。Nesis^[15]将鳶乌贼分为大型群、中型单轴群、中型双轴群、小型群和微型群, 后3个种群出现在太平洋水域。陈新军等^[16]通过对印度洋西北海域鳶乌贼胴长、触腕长等形态特征的分析, 依据优势胴长, 将该海域的鳶乌贼分为大型群(胴长460~520 mm)、中型群(胴长300~360 mm)、小型群(胴长200~240 mm)。李建华等^[17]的研究发现, 印度洋、太平洋等海域的鳶乌贼均为混合群体, 印度洋海域主要为大型群, 中东太平洋赤道海域和中西太平洋海域主要为中型群。Chembian等^[18]通过对印度西南近海水域鳶乌贼的胴长、触腕长、发光器等特征的研究, 将该水域的鳶乌贼分为中型群(medium form, M-form)和微型群(dwarf form, D-form)。江艳娥等^[19]通过分析南海外海鳶乌贼耳石形态, 认为南海海域主要为中型群和微型群2个种群。李敏等^[20]发现南海海域鳶乌贼中型群和微型群之间存在显著的遗传分化, 2个群体之间的基因交流极少($N_m=0.015$), 可能产生了一定的生殖隔离。目前, 对于南海海域鳶乌贼中型群和微型群的渔业生物学特征、年龄与生长等方面的详细研究尚未见报导。因此, 本研究拟通过对南海鳶乌贼中型群和微型群的胴长与体质量、性别比与性成熟度、日龄与孵化等方面的研究, 为鳶乌贼渔业资源的管理、保护等提供研究资料。

1 材料与方法

1.1 实验材料

于2012年9—10月在南海外海海域($5^{\circ}43' \sim 16^{\circ}20'N$, $109^{\circ}40' \sim 117^{\circ}31.42'E$)(图1)采集鳶乌贼样本780尾, 采用灯光罩网作业(主尺度为281.60 m × 80.18 m, 网口网目尺寸为35 mm, 网囊最小网目尺寸为17 mm), 海上采集的头足类样本立刻冰冻保存。

1.2 实验方法

样本于实验室解冻后, 按海洋调查规范(GB12763.3-91)测定, 进行生物学测量: 胴长(mantel length, ML), 精确至0.1 cm; 体质量(body weight, BW), 精确至0.01 g; 鳶乌贼性腺发育可划分为I、II、III、IV、V 5个等级, 同时细分为性未成熟(I级和II级)、性成熟(III级、IV级、V级)2个等级^[21]。采用SPSS 13.0对鳶乌贼中型群和微型群样本胴长和体质量的群体差异、雌雄

差异进行检验。胴长与体质量关系采用幂函数生长模型^[2, 22]: $W=aL^n$, 式中 W 、 L 、 a 、 n 分别为体质量、胴长、常数、参数。

性腺质量(gonad weight, GW)精确至0.01 g: 雌性测量卵巢(ovary weight, OW)、输卵管(oviducal gland)、缠卵腺(nidamental gland); 雄性测量精巢(testis weight, TW)、输精管(prostate)、精荚囊(spermatophoric sac)。性腺指数(gonadosomatic index, GSI)^[23]与摄食指数(feeding factor, FF)^[24]依据BW、胃质量(stomach weight, SW)、GW进行统计。性腺指数: 雄性, $GSI_m = \frac{GW_m}{BW - SW} \times 100\%$; 雌性, $GSI_f = \frac{GW_f}{BW - SW} \times 100\%$, 式中 GW_m : 精巢、输精管、精荚囊等性腺总质量; GW_f : 卵巢、输卵管、缠卵腺等性腺总质量。摄食指数: $FF = \frac{SW}{BW - SW} \times 100\%$ 。成熟率为性腺成熟个体(性腺成熟度III~V)占样本总数的百分比。

耳石从头足类头部平衡囊中取出后, 置于75%酒精保存。耳石样本采用金相镶嵌丙烯酸树脂包埋, 包埋后样本模块静置24 h, 待其硬化后沿纵轴方向进行切割。切割好的样本薄片封胶于载玻片上。样本薄片分别先后采用240、600和1 200 grits水磨砂纸沿纵轴方向研磨至核心。待一面研磨完成后, 另一面重复以上操作研磨至核心。最后在织物绒毛上, 采用0.05 μm氧化铝悬浮液抛光^[25]。研磨好的耳石切片(图2)置于显微镜(Olympus, SZ61)下放大400倍, 通过软件Mshot-MD50拍摄, 运用Photoshop CS2软件对图像进行叠加处理。耳石生长纹计数采用较为清晰的侧区的生长纹^[25], 计数时重复3次读取生长纹^[26], 3次读数中2次读数的值与平均值的差异小于10%, 则认为数据可信^[27]。胴长和体质量与年龄数据通过以下生长模型进行拟合^[7]: 线性生长模型 $Y_t=a+bt$, 指数生长模型 $Y_t=ae^{bt}$, 幂函数生长模型 $Y_t=at^b$, 式中, Y_t 为 t 时刻的胴长(mm)或体质量(g); t 为日龄(d); a 、 b 为估算参数。本研究假定鳶乌贼耳石生长纹具日周期性^[6]。依据鳶乌贼样本的捕捞日期和耳石生长纹数, 推算其孵化日期^[24]。

2 结果

2.1 胴长、体质量分布

本次调查于南海采集鳶乌贼中型群样本

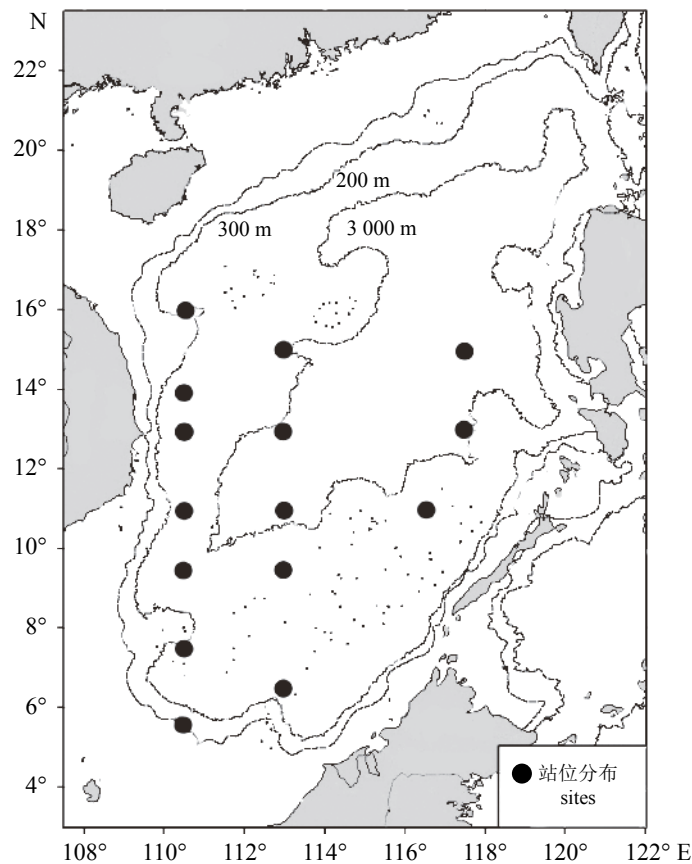


图1 南海鳶乌贼样本采集站位示意图

Fig. 1 Sampling sites of *S. oualaniensis* in the South China Sea

713尾, 胴长范围79~266 mm, 优势胴长为111~145 mm, 优势个体数占样本总尾数的75.18% (图3)。其中雌性胴长范围79~266 mm, 性成熟个体胴长范围138~266 mm; 雄性胴长范围84~157 mm, 性成熟个体胴长范围108~157 mm (表1)。鳶乌贼微型群样本64尾, 胴长范围56~118 mm, 优势胴长为66~95 mm, 优势个体数占样本总尾数的64.06% (图3)。其中雌性胴长范围59~118 mm, 性成熟个体胴长范围88~118 mm; 雄性胴长范围56~93 mm, 性成熟个体胴长范围82~93 mm (表1)。

鳶乌贼中型群平均胴长随纬度的变化不明显。其中雌性样本在5°、14°、16°N海域的平均胴长略高。而雄性样本仅在14°N海域表现出略高的平均胴长水平 (图4)。鳶乌贼微型群平均胴长随纬度的升高有上升的趋势, 其中雌性样本在5°N附近海域的平均胴长约56 cm, 最大胴长的样本位于14°N附近海域, 在更高纬度, 即15°、16°N海域, 平均胴长并未随纬度继续升高, 而是略有下降 (图4)。雄性样本随纬度的升高而增

加的趋势不明显, 但总体为低纬度海域个体的平均胴长略小于高纬度个体平均胴长。

鳶乌贼中型群体质量分布范围17.47~957.20 g, 优势体质量为45.01~120.00 g, 优势个体数占样本总数的70.96% (图5)。其中雌性体质量范围17.47~957.20 g, 性成熟个体体质量范围94.83~957.20 g; 雄性体质量范围25.54~207.48 g, 性成熟个体体质量范围54.83~207.48 g (表2)。鳶乌贼微型群体质量分布范围5.81~76.56 g, 优势体质量为5.01~50.00 g, 优势个体数占样本总数的92.42% (图5)。其中雌性体质量范围7.17~55.83 g, 性成熟个体体质量范围26.22~55.83 g; 雄性体质量范围5.81~28.84 g, 性成熟个体体质量范围19.11~28.84 g (表2)。

鳶乌贼中型群平均体质量随纬度的升高有上升的趋势; 其雌性样本的体质量随纬度上升的趋势明显, 在7°、14°、15°、16°N海域的平均体质量略高, 其中最高的平均体质量较最低值升高了87.16%; 而雄性样本仅在14°N海域表现出略高的平均体质量 (图6)。鳶乌贼微型群平均

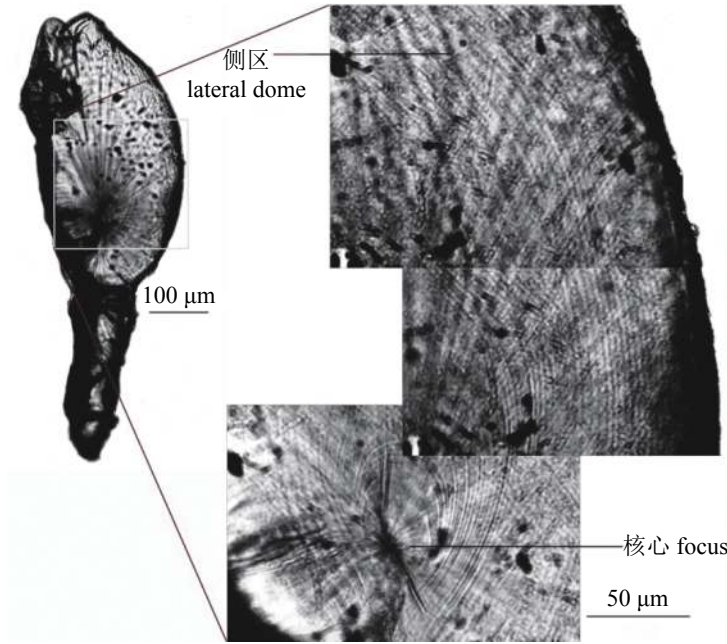


图 2 鸢乌贼耳石生长纹

样本胴长81 mm, 生长纹67

Fig. 2 Growth increments of *S. oualaniensis* statolith

ML=81 mm; total number of growth increments=67

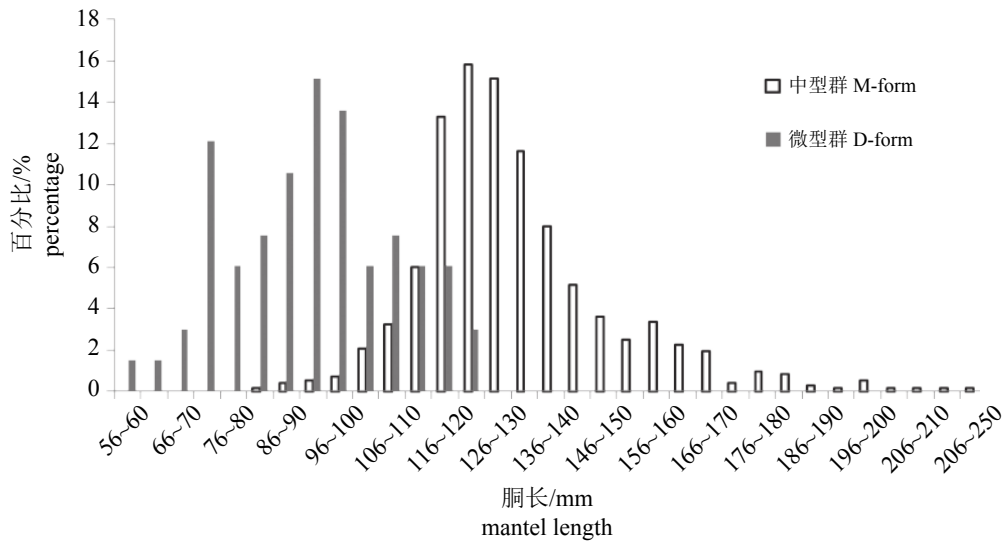


图 3 鸢乌贼中型群和微型群胴长频度分布

Fig. 3 Mantle length distribution of M-form and D-form of *S. oualaniensis*

表 1 鸢乌贼中型群和微型群的胴长

Tab. 1 Mantle length of M-form and D-form of *S. oualaniensis*

种群 population	雌性 female				雄性 male			
	数量/尾 number	范围/mm range	平均值/mm mean	标准差/mm SD	数量/尾 number	范围/mm range	平均值/mm mean	标准差/mm SD
中型群 M-form	317	79~266	138	24.05	396	84~157	120	9.61
微型群 D-form	48	59~118	93	14.97	16	56~93	77	10.38

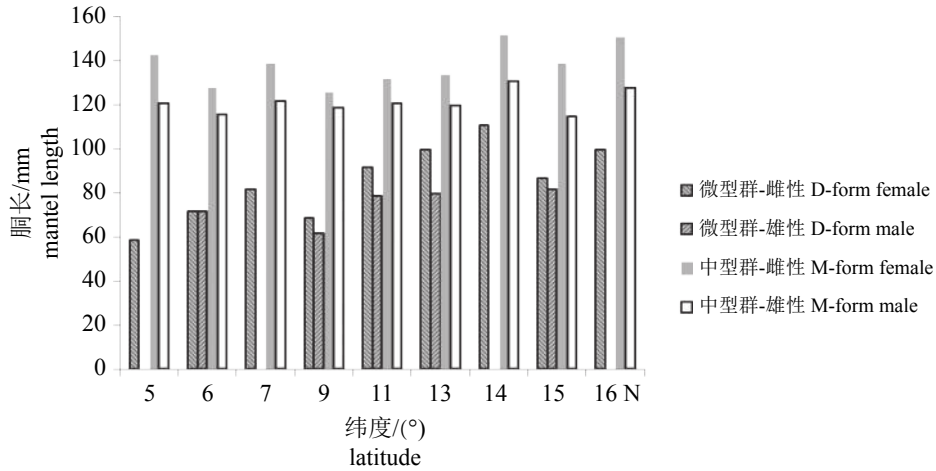


图 4 鸢乌贼中型群和微型群胴长纬度变化

Fig. 4 Mantle length of M-form and D-form of *S. oualaniensis* vary with latitude

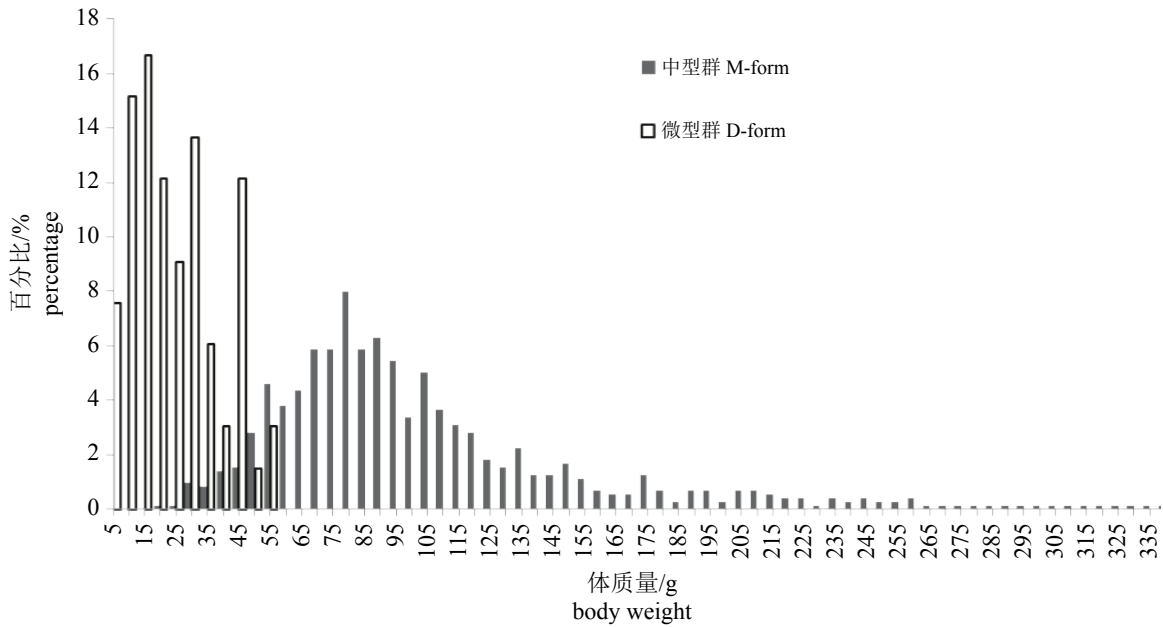


图 5 鸢乌贼中型群和微型群体质量频度分布

Fig. 5 Body weight distribution of M-form and D-form of *S. oualaniensis*

表 2 鸢乌贼中型群和微型群的体质量

Tab. 2 Body weight of M-form and D-form of *S. oualaniensis*

种群 population	雌性 female				雄性 male			
	数量/尾 number	范围/g range	平均值/g mean	标准差/g SD	数量/尾 number	范围/g range	平均值/g mean	标准差/g SD
中型群 M-form	317	17.47~957.20	136.00	95.32	396	25.54~207.48	80.84	23.02
微型群 D-form	48	7.17~55.83	30.22	13.67	16	5.81~28.84	15.98	6.17

体质量随纬度的升高有明显的上升趋势；其雌性样本随纬度升高而增加的趋势明显，最高的平均体质量较最低值升高了562.34%(图6)；而雄

性样本随纬度的升高而增加的趋势不明显，但总体为低纬度海域个体的平均体质量略小于高纬度个体平均体质量。从胴长和体质量分析，

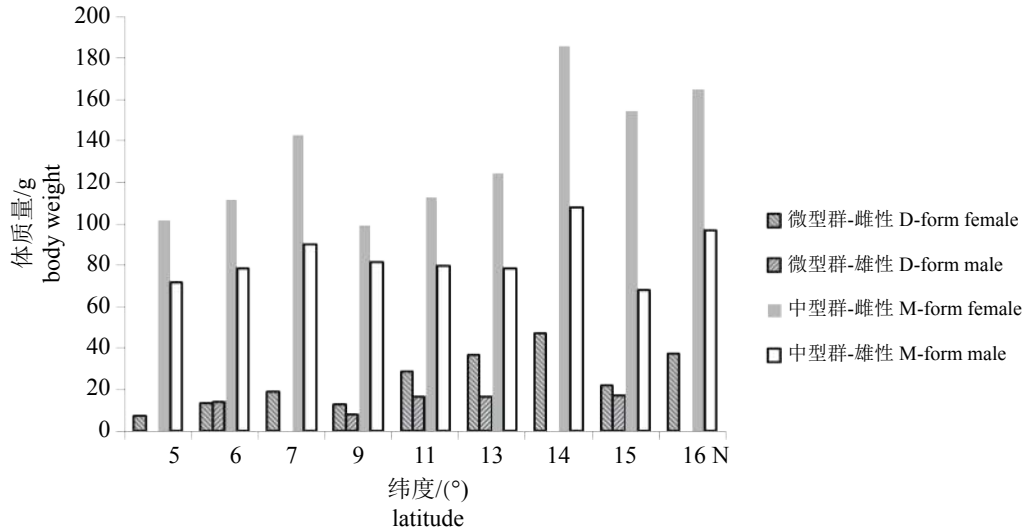


图 6 鳶乌贼中型群和微型群体质量纬度变化

Fig. 6 Body weight of M-form and D-form of *S. oualaniensis* varying with latitude

南海采集的鳶乌贼样本, 在胴长和体质量上中型群大于微型群, 雌性大于雄性。鳶乌贼中型群平均胴长随纬度的变化不明显, 而微型群平均胴长则随纬度的升高略有上升的趋势(表3)。

表 3 鳶乌贼中型群与微型群体型

Tab. 3 Body size of M-form and D-form of *S. oualaniensis*

种群 population	胴长/mm mantle length	体质量/g body weight	日龄/d age
中型群 M-form	131~193	88.66~258.03	30~135
微型群 D-form	59~103	6.28~37.47	43~80

2.2 胴长与体质量关系

鳶乌贼样本经差异性检验, 发现中型群和微型群之间胴长、体质量差异极显著(P<0.001); 鳶乌贼中型群雌雄样本之间胴长、体质量差异极显著(P<0.001); 鳶乌贼微型群雌雄样本之间胴长、体质量差异极显著(P<0.001)。鳶乌贼中型群和微型群的雌性和雄性样本的胴长与体质量的关系依据幂函数生长模型, 关系式如下, $BW_{Mf}=6 \times 10^{-6} ML^{3.4080}$ (n=317; $R^2=0.97$); $BW_{Mm}=3 \times 10^{-6} ML^{3.5793}$ (n=396; $R^2=0.91$); $BW_{Df}=2 \times 10^{-5} ML^{3.0833}$ (n=48; $R^2=0.97$); $BW_{Dm}=4 \times 10^{-5} ML^{2.9461}$ (n=16; $R^2=0.96$)。

2.3 性别组成与性腺成熟度

本次调查于南海采集鳶乌贼中型群雌雄比例为0.80 : 1。鳶乌贼中型群未成熟与性成熟个体比例为1.12 : 1; 其中雌性未成熟与性成熟个

体比例为4.66 : 1, 雌性样本性腺成熟度多为II期, 占雌性样本总尾数的70.98%; 雄性未成熟与性成熟个体比例为0.41 : 1, 雄性样本性腺成熟度多为III期, 占雄性样本总尾数的63.22% (图7)。鳶乌贼微型群雌雄比例为3 : 1。鳶乌贼微型群未成熟与性成熟个体比例为0.83 : 1; 其中雌性未成熟与性成熟个体比例为0.66 : 1, 雌性样本性腺成熟度多为III期, 占雌性样本总尾数的58.33%; 雄性未成熟与性成熟个体比例为1.67 : 1, 雄性样本性腺成熟度多为II期, 占雄性样本总尾数的50.00% (图7)。

2.4 性腺指数和摄食指数

鳶乌贼中型群的平均GSI中雄性在各纬度几乎均高于雌性。雌性的平均GSI为1.71, 雄性为3.31。鳶乌贼中型群雌性GSI值随纬度变化而出现明显的波动, 在7°和15°N存在较高的GSI值。鳶乌贼中型群雄性GSI值在各纬度均处于较高水平, 仅在15°N水域略低于雌性(图8)。鳶乌贼微型群的平均GSI, 雌性为4.07, 雄性为4.11。鳶乌贼微型群雌性GSI值随纬度变化而出现明显的波动, 在11°、13°、14°和16°N水域存在较高的GSI值。鳶乌贼微型群雄性GSI值在各纬度波动较小, 但GSI值均处于较高水平(图8)。

鳶乌贼中型群的平均FF, 雌性在各纬度几乎均高于雄性。雌性的平均FF为5.07, 雄性为3.54。鳶乌贼中型群雌性FF值随纬度升高略呈降低趋势, 但在13°和14°N海域出现转折, 略有上

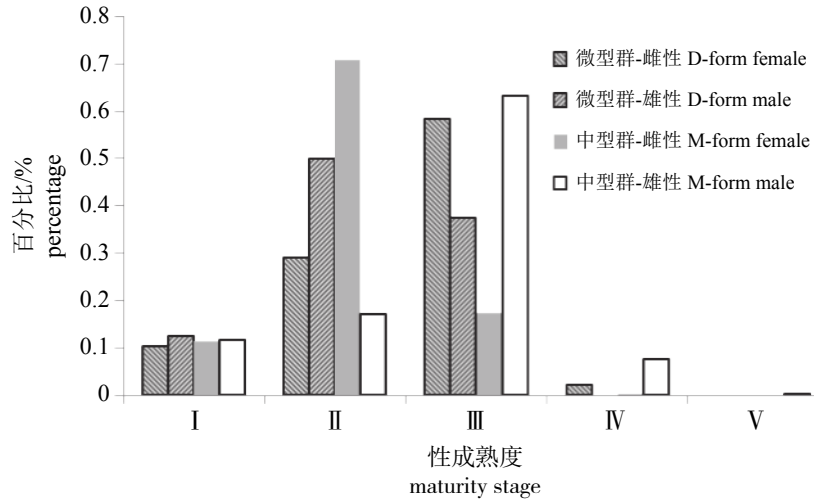


图 7 鸢乌贼中型群和微型群性腺成熟度分布

Fig. 7 Maturity distribution of M-form and D-form of *S. oualaniensis*

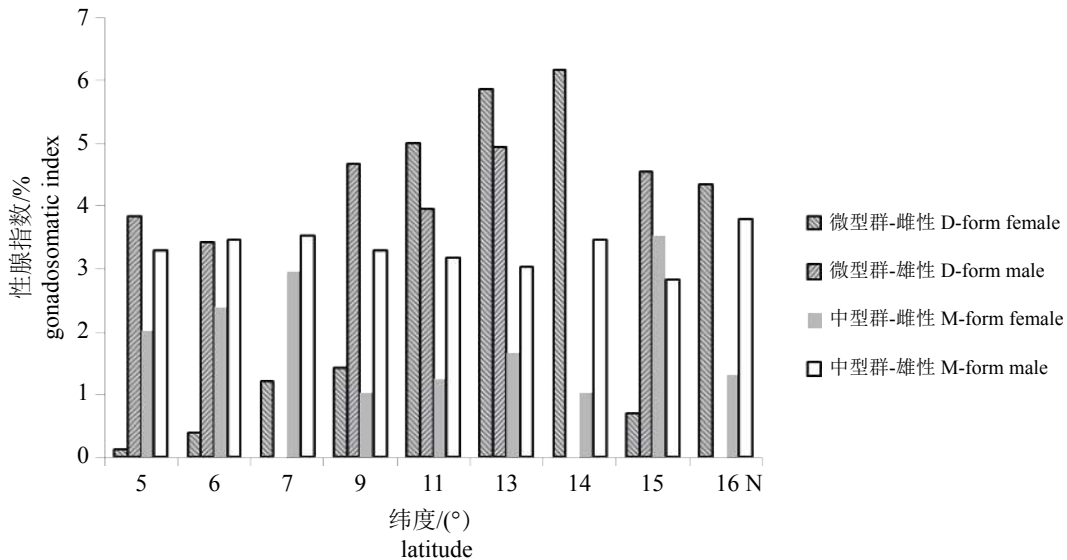


图 8 鸢乌贼中型群和微型群性腺指数纬度分布

Fig. 8 Gonadosomatic index of M-form and D-form of *S. oualaniensis* varying with latitude

升, 但之后继续降低。鸢乌贼中型群雄性FF值随纬度变化的趋势与雌性一致, 最高值出现在5°和6°N海域, 随着纬度的升高而降低, 在13°和14°N海域略上升, 之后继续降低(图9)。鸢乌贼微型群的平均FF, 雌性为2.75, 雄性为1.89。鸢乌贼微型群雌性FF值随纬度变化而出现较大波动, 在7°、14°和16°N海域存在较高的FF值。鸢乌贼微型群雄性FF值在各纬度波动较小, 并处于较低水平(图9)。

2.5 日龄、生长与孵化

在鸢乌贼中型群成功提取并读取耳石日龄

的样本共365尾。样本日龄分布范围为30~135 d, 其中87.40%的样本日龄分布于41~70 d (图10)。最小日龄30 d样本的胴长为131 mm, 体质量88.66 g; 最大日龄135 d样本胴长193 mm, 体质量258.03 g。鸢乌贼微型群成功提取并读取耳石日龄的样本共15尾。样本日龄分布范围为43~91 d, 其中33%的样本日龄分布于41~50 d, 40%的样本日龄分布于61~80 d (图10)。其中43 d样本的胴长59 mm, 体质量6.28 g; 91 d样本胴长103 mm, 体质量37.47 g。

在线性、指数、幂函数生长模型中, 鸢乌贼胴长-日龄关系适合对数函数模型, 体质量-日龄关系适合二次函数模型: $ML_{Mf}=68.2611n$

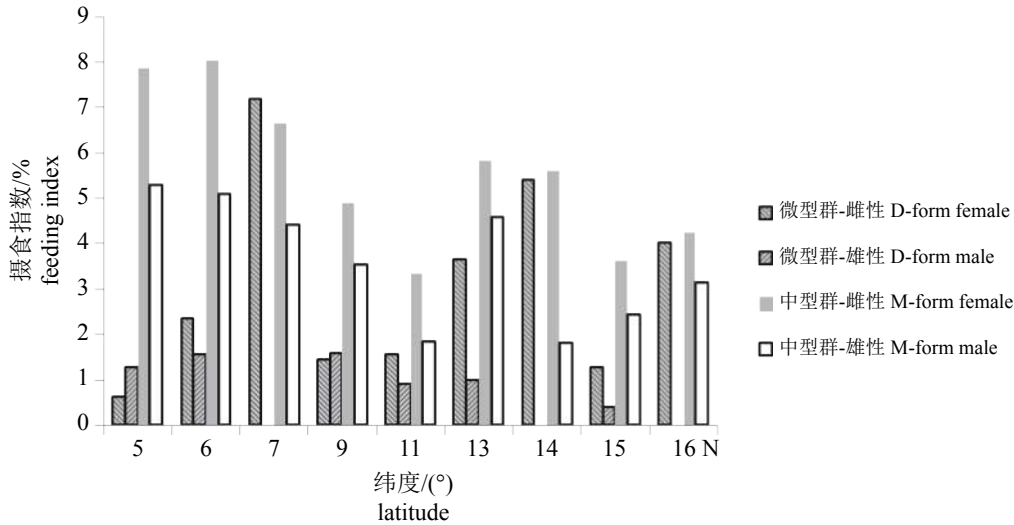


图 9 鳶乌贼中型群和微型群摄食指数纬度分布

Fig. 9 Feeding index distribution of medium form and dwarf form of *S. oualaniensis* varying with latitude

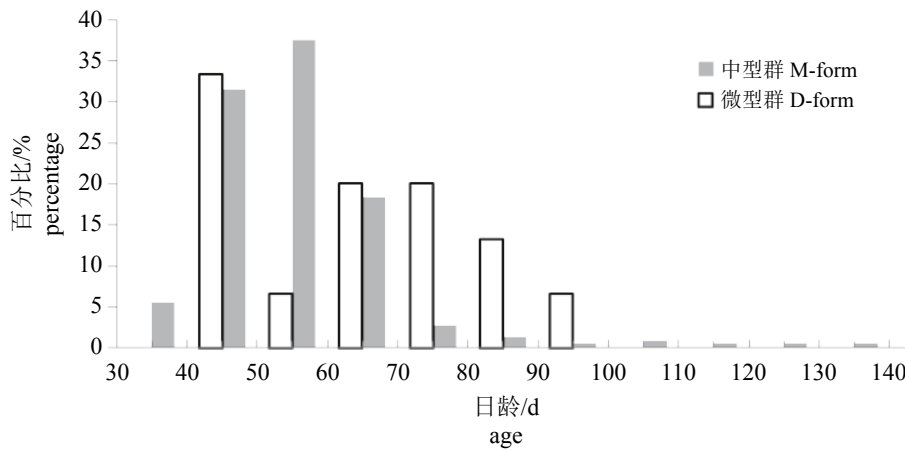


图 10 鳶乌贼中型群和微型群日龄分布

Fig. 10 Age-frequency distribution of M-form and D-form of *S. oualaniensis*

(A)–183.88($R^2=0.895$, $n=174$, $P<0.001$); $ML_{Mm}=51.311\ln(A)-112.92$ ($R^2=0.671$, $n=206$, $P<0.001$); $BW_{Mf}=-0.002\ 6A^2+2.384A-103.29$ ($R^2=0.946$, $n=174$, $P<0.001$); $BW_{Mm}=-0.000\ 9A^2+1.503A-52.34$ ($R^2=0.773$, $n=206$, $P<0.001$); $ML_{Df}=54.006\ \ln(A)-142.14$ ($R^2=0.979\ 6$, $n=8$, $P<0.001$); $ML_{Dm}=47.958\ln(A)-116.05$ ($R^2=0.941\ 1$, $n=7$, $P<0.001$); $BW_{Df}=0.010\ 1A^2-0.735\ 2A+20$ ($R^2=0.989\ 2$, $n=8$, $P<0.001$); $BW_{Dm}=0.007\ 6A^2-0.420\ 2A+11.701$ ($R^2=0.987\ 7$, $n=7$, $P<0.001$)。式中A代表日龄。依据鳶乌贼样本的捕捞日期, 结合耳石日龄, 推测中型群的产卵期为4—9月, 其中产卵59.18%分布于8月, 35.07%分布于7月; 推测微型群的产卵期为6—8月, 其中产卵60.00%分布于7月,

33.33%分布于8月, 6.67%分布于6月(图11)。

3 讨论

3.1 胴长与体质量的关系

南海海域鳶乌贼胴长-体质量关系式 $W=aL^n$, 从a值可以看出^[27], 此次调查鳶乌贼的肥满度中型群低于微型群, 中型群的肥满度雌性高于雄性, 而微型群的肥满度雌性低于雄性。Chembian等^[18]在印度西南近海海域采集的鳶乌贼生长方程显示, 其a值远远高于南海海域所采集的鳶乌贼样本。与本次南海调查结果不同的是, 在印度洋西南近岸海域鳶乌贼中型群中, 肥满度雄性(0.046 6)高于雌性(0.029 6); 在微型群

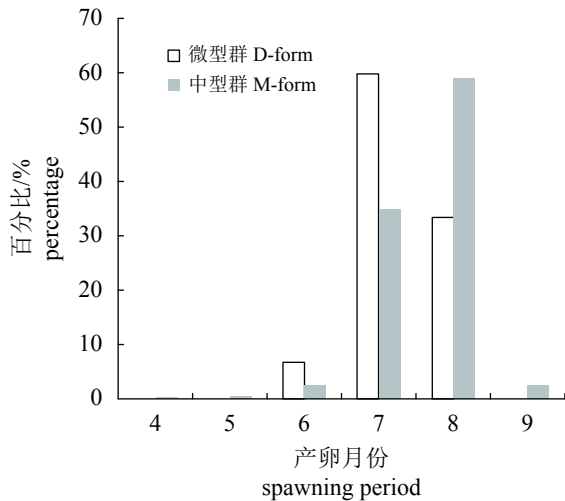


图 11 鸢乌贼中型群和微型群产卵期分布

Fig. 11 Frequency distribution of back-calculated spawning period of M-form and D-form *S. oualaniensis*

中则相反, 肥满度雌性(0.071 7)高于雄性(0.069 9)。

本次调查发现南海鸢乌贼中型群在胴长和体质量上均大于微型群个体; 中型群和微型群的胴长雌性均略大于雄性; 中型群和微型群的体质量雌性亦大于雄性。南海海域采集的鸢乌贼中型群个体的胴长(79~266 mm)与Chembian等^[18]在印度西南近海水域采集的鸢乌贼中型群个体的胴长(98~270 mm)相当, 而西北印度洋^[16]采集到的鸢乌贼中型群个体的胴长(300~360 mm)则远远大于南海海域和印度西南近海水域鸢乌贼中型群个体。鸢乌贼微型群在不同海域个体差异略大, 其中南海海域采集的个体的胴长(56~118 mm)最小, 印度洋西南近岸海域所采集的微型群个体的胴长(91~165 mm)略大于南海海域个体, 而西北印度洋水域的鸢乌贼微型群个体的胴长(200~240 mm)则远大于南海海域和印度西南近海水域鸢乌贼微型群个体。总体看来, 印度洋西北水域采集的鸢乌贼样本中型群和微型群个体的胴长和体质量均大于印度洋西南近岸水域和南海海域所采集的中型群和微型群样本。南海海域鸢乌贼中型群平均胴长随纬度的变化不明显, 微型群平均胴长则随纬度的升高略有上升。而陈新军等^[16]发现西北印度洋海域的鸢乌贼个体随着纬度的增加而逐渐增大的趋势明显。从南海和西北印度洋海域鸢乌贼中型群和微型群个体大小与纬度的相关性分析, 这2个海域的鸢乌贼样本总体上呈个体大小随着纬度的升高

而增加的趋势, 但南海海域的鸢乌贼个体大小随纬度的升高而增加的趋势弱于印度洋鸢乌贼样本。

3.2 性别比与性成熟度

本次调查发现南海采集鸢乌贼中型群雌雄比例为0.80 : 1, 微型群雌雄比例为3 : 1。而印度西南近岸海域^[18]的鸢乌贼中型群雌雄比例为1.38 : 1, 微型群雌雄比例为4.84 : 1。这2个海域所采集的鸢乌贼样本的性比存在较小的差异, 这可能与采样方法的不同有关系。南海海域鸢乌贼采用灯光罩网采集, 而印度西南近岸海域的采样方法为小帆船、刺网渔船、延绳钓、拖网船、手钓等多种方法。南海采集鸢乌贼中型群雌性样本中未成熟个体的比例特别高, 而雄性的则是性成熟个体比例略高。在微型群则相反, 雌性性成熟个体比例略高, 而雄性未成熟个体比例略高。其中中型群雄性成熟比例高于雌性, 这可能是由于雄性的性成熟略早于雌性^[7]所造成的。

3.3 性腺指数与摄食指数

南海所采集的鸢乌贼其GSI中型群低于微型群, 而鸢乌贼中型群的平均GSI雄性则高于雌性; 鸢乌贼微型群的平均GSI雄性略高于雌性。本研究发现南海海域鸢乌贼中型群GSI雌性随纬度变化明显, 在7°和15°N海域, GSI出现峰值; 雄性则较为平稳, 随纬度变化没有明显的波动。微型群GSI雌性随纬度的升高而增加, 峰值出现在11°~13°N和16°N海域, 而雄性随纬度变化不明显。与之相反, 南海海域鸢乌贼的FF中型群高于微型群。鸢乌贼中型群FF随纬度升高而略呈降低趋势, 但在13°和14°N水域出现高值, 表明该海域存在中型群的摄食场。鸢乌贼微型群的平均FF均较低, 但本研究发现雌性的FF在7°、14°和16°N海域非常高, 这可能表明不仅是微型群的摄食场, 也是鸢乌贼群体在南海的摄食场。

3.4 年龄与产卵

南海海域鸢乌贼胴长为56~266 mm, 相对西北印度洋鸢乌贼(142~575 mm)^[6]体型略小。南海海域鸢乌贼中型群的体型较微型群大, 日龄范围较微型群更大。南海海域鸢乌贼的日龄与印度洋西北海域鸢乌贼的日龄差异较大。在南海海域(本次)、南沙群岛北部海域^[9]、菲律宾西部

海域^[4-5]、印度洋西北海域^[2]调查中,鳶乌贼耳石样本的最小日龄记录分别为30、95、95和88 d,最大日龄记录分别为135、146、275和363 d。根据鳶乌贼样本采集日期,基于耳石日龄,推算该调查(5°~16°20'N)采集的鳶乌贼产卵高峰期为7—8月。Sukramongkol等^[28]调查显示采集于孟加拉湾的鳶乌贼样本产卵期为7—10月,这与本研究结果相同,可以推测位于相同纬度海域的鳶乌贼有可能具有相同或相近的产卵期。但是目前有关鳶乌贼年龄与产卵方面的调查仍存在许多不同的结果:如刘必林等^[6]根据孵化日期,将印度洋西北海域鳶乌贼分为春季和秋季产卵群;而杨德康^[29]则通过对亚丁湾鳶乌贼的研究认为存在春、夏、秋3个产卵群;Bower等^[30]根据夏威夷海域鳶乌贼的研究发现鳶乌贼仔鱼呈现明显的“岛屿相关性”;太平洋海域鳶乌贼仔鱼分布海域为夏威夷、日本至中国台湾近海、东太平洋的热带海域;1983年1—5月澳大利亚东海岸28~34°S海域曾有仔鱼出现^[31]。鳶乌贼喙乌贼期个体在南海北部有被采到;鳶乌贼仔稚期个体夏季大量聚集于南海、琉球群岛的八重山群岛海域黑潮内侧^[1]。因此这方面的研究仍需要继续进行。

4 小结

南海海域秋季鳶乌贼样本中型群个体规格大于微型群个体;而中型群和微型群样本的个体规格都小于印度洋海域捕获的鳶乌贼样本,其肥满度也低于印度洋所采集的鳶乌贼样本。总体看来,南海海域的鳶乌贼微型群较中型群的个体更小,生长和性成熟更快。而南海海域的鳶乌贼与印度洋的鳶乌贼相比较,其个体更小,肥满度更低。

南海水域鳶乌贼中型群和微型群的产卵场在空间分布上不重叠,占据不同的空间生态位,中型群的产卵场位于7°和15°N及其邻近海域,微型群的产卵场位于11°~13°N和16°N水域。南海海域鳶乌贼中型群和微型群的性成熟和孵化在时间上亦不重叠,存在错峰现象,微型群雌性性成熟略早于中型群雌性的性成熟,微型群的孵化高峰期在7月,而中型群的孵化高峰期则在8月。推断7°、14°和16°N海域可能不仅是微型群的摄食场,也是鳶乌贼群体在南海的摄食场。

在鳶乌贼或头足类的资源调查中,建议在采用灯光罩网的基础上尽量结合使用多种其他采集方法,如刺网、金枪鱼钩、鱿鱼钩、手钩等,其采集的样本能够更加客观地反映所调查对象的胴长、体质量分布、雌雄性比等渔业生物学特征。

参考文献:

- [1] 董正之. 中国动物志: 软体动物门. 头足纲[M]. 北京: 科学出版社, 1988: 77-80.
Dong Z Z. Fauna Sinica: Phylum Mollusca: Class Cephalopode[M]. Beijing: Science Press, 1988: 77-80(in Chinese).
- [2] 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.
- [3] Roper C F E, Sweeney M J, Nauen C E. FAO species catalogue, Vol. 3. Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries[R]. FAO Fisheries Synopsis No. 125. Rome, Italy: FAO, 1984, 3: 277.
- [4] Basir S. Biological feature of an oceanic squid, *Sthenoteuthis oualaniensis* in the South China Sea, Area III: Western Philippines[C]//Proceedings of the SEAFDEC Seminar on Fishery Resources in the South China Sea, Area III: Western Philippines. Malaysia: Southeast Asian Fisheries Development Center, 2000: 135-147.
- [5] Siriraksophon S, Nakamura Y, Pradit S, *et al.* Ecological aspects of oceanic squid, *Sthenoteuthis oualaniensis* (Lesson) in the South China Sea, Area III: Western Philippines[C]//Proceedings of the SEAFDEC Seminar on Fishery Resources in the South China Sea, Area III: Western Philippines. Bangkok: SEAFDEC, 2000: 101-117.
- [6] 刘必林, 陈新军, 钟俊生. 采用耳石研究印度洋西北海域鳶乌贼的年龄、生长和种群结构[J]. *大连水产学院学报*, 2009, 24(3): 206-212.
Liu B L, Chen X J, Zhong J S. Age, growth and population structure of squid *Sthenoteuthis oualaniensis* in northwest Indian Ocean by statolith microstructure[J]. *Journal of Dalian Fisheries University*, 2009, 24(3): 206-212(in Chinese).

- [7] Snýder R. Aspects of the biology of the giant form of *Sthenoteuthis oualaniensis* (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Arabian Sea[J]. *Journal of Molluscan Studies*, 1998, 64(1): 21-34.
- [8] 张宇美, 颜云榕, 卢伙胜, 等. 西沙群岛海域鸢乌贼摄食与繁殖生物学初步研究[J]. *广东海洋大学学报*, 2013, 33(3): 56-64.
Zhang Y M, Yan Y R, Lu H S, *et al.* Study on feeding and reproduction biology of purple flying squid, *Sthenoteuthis oualaniensis* in the western South China Sea[J]. *Journal of Guangdong Ocean University*, 2013, 33(3): 56-64(in Chinese).
- [9] 颜云榕, 冯波, 卢伙胜, 等. 南沙群岛北部海域鸢乌贼 (*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).
- [10] Villanueva R. Interannual growth differences in the oceanic squid *Todarodes angolensis* Adam in the northern Benguela upwelling system, based on statolith growth increment analysis[J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 1992, 159(2): 157-177.
- [11] Arkhipkin A. Statolith microstructure and maximum age of *Loligo gahi* (Myopsida: Loliginidae) on the Patagonian Shelf[J]. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1993, 73(4): 979-982.
- [12] Bigelow K A. Age and growth of the oceanic squid *Onychoteuthis borealijaponica* in the North Pacific[J]. *Fishery Bulletin*, 1994, 92(1): 13-25.
- [13] Jackson G D. Application and future potential of statolith increment analysis in squids and sepioids[J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1994, 51(11): 2612-2625.
- [14] 招春旭, 陈昭澎, 何雄波, 等. 基于耳石微结构的南海春季鸢乌贼日龄、生长与种群结构的研究[J]. *水生生物学学报*, 2017, 41(4): 884-890.
Zhao C X, Chen Z P, He X B, *et al.* Age, growth and population structure of purple back flying squid, *Sthenoteuthis oualaniensis* in the South China Sea in spring based on statolith microstructure[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2017, 41(4): 884-890(in Chinese).
- [15] 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 Cephalopod Fishery Biology*. Tokyo: Tokai University Press, 1993: 375-383.
- [16] 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).
- [17] 李建华, 陈新军, 方舟, 等. 3个不同海区鸢乌贼渔业生物学的初步比较[J]. *海洋渔业*, 2016, 38(6): 561-569.
Li J H, Chen X J, Fang Z, *et al.* Comparison of fishery biology of *Sthenoteuthis oualaniensis* in three fishing areas[J]. *Marine Fisheries*, 2016, 38(6): 561-569(in Chinese).
- [18] Chembian A J, Mathew S. Population structure of the purpleback squid *Sthenoteuthis oualaniensis* (Lesson, 1830) along the south-west coast of India[J]. *Indian Journal of Fisheries*, 2014, 61(3): 20-28.
- [19] 江艳娥, 张鹏, 林昭进, 等. 南海外海鸢乌贼耳石形态特征分析[J]. *南方水产科学*, 2015, 11(5): 27-37.
Jiang Y E, Zhang P, Lin Z J, *et al.* Statolith morphology of purpleback flying squid (*Sthenoteuthis oualaniensis*) in the offshore South China Sea[J]. *South China Fisheries Science*, 2015, 11(5): 27-37(in Chinese).
- [20] 李敏, 张鹏, 陈作志. 南海鸢乌贼中型群与微型群的遗传差异分析[C]//2014年中国水产学会学术年会论文摘要集. 长沙: 中国水产学会, 2014.
Li M, Zhang P, Chen Z Z. Genetic differentiation between medium form and dwarf form of *Sthenoteuthis oualaniensis* in the South China Sea[C]//Annual Conference of China Society of Fisheries. Changsha: China Society of Fisheries, 2014(in Chinese).
- [21] Lipiński M R, Underhill L G. Sexual maturation in squid: Quantum or continuum?[J]. *South African Journal of Marine Science*, 1995, 15(1): 207-223.
- [22] 苏锦祥. 鱼类学与海水鱼类养殖[M]. 第2版. 北京: 中

- 国农业出版社, 1995: 287.
- Su J X. Ichthyology and Marine Fish Culture[M]. 2nd ed. Beijing: China Agriculture Press, 1995: 287(in Chinese).
- [23] Perez J A A, de Aguiar D C, Oliveira U C. Biology and population dynamics of the long-finned squid *Loligo plei* (Cephalopoda: Loliginidae) in southern Brazilian waters[J]. *Fisheries Research*, 2002, 58(3): 267-279.
- [24] Markaida U, Sosa-Nishizaki O. Reproductive biology of jumbo squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, 1995-1997[J]. *Fisheries Research*, 2001, 54(1): 63-82.
- [25] 刘必林, 陈新军, 陆化杰, 等. 头足类耳石[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 36-38.
- Liu B L, Chen X J, Lu H J, *et al.* Statolith of Csephalopods[M]. Beijing: Science Press, 2011: 36-38(in Chinese).
- [26] Dimmlich W F, Hoedt F E. Age and growth of the myosid squid *Loliolus noctiluca* in western port, Victoria, determined from statolith microstructure analysis[J]. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1998, 78(2): 577-586.
- [27] Yatsu A, Midorikawa S, Shimada T, *et al.* Age and growth of the neon flying squid, *Ommastrephes bartrami*, in the North Pacific Ocean[J]. *Fisheries Research*, 1997, 29(3): 257-270.
- [28] Sukramongkol N, Promjinda S, Prommas R. Age and reproduction of *Sthenoteuthis oualaniensis* in the Bay of Bengal[C]//The Ecosystem-Based Fishery Management in the Bay of Bengal. Thailand: Department of Fisheries, 2009: 195-205.
- [29] 杨德康. 两种鱿鱼资源和其开发利用[J]. 上海水产大学学报, 2002, 11(2): 176-179.
- Yang D K. The resources and its exploitation and utilization of two species of squid[J]. *Journal of Shanghai Fisheries University*, 2002, 11(2): 176-179(in Chinese).
- [30] Bower J R, Seki M P, Young R E, *et al.* Cephalopod paralarvae assemblages in Hawaiian Islands waters[J]. *Marine Ecology Progress Series*, 1999, 185: 203-212.
- [31] Dunning M C, Wormuth J H. The ommastrephid squid genus *Todarodes*: a review of systematics, distribution, and biology (Cephalopoda: Teuthoidea)[J]. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 1998, 586: 385-391.

Comparison of fishery biology between medium-form and dwarf-form of *Sthenoethis oualaniensis* in South China Sea

JIANG Yan'e^{1,2}, CHEN Zuozhi², LIN Zhaojin², QIU Yongsong²,
ZHANG Peng², FANG Zhanqiang^{1*}

(1. Key Laboratory of Ecology and Environmental Science in Guangdong Higher Education, College of Life Science, South China Normal University, Guangzhou 510631, China;

2. Key Laboratory of Open-sea Fishery Development, Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China; South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China)

Abstract: Based on 780 *Sthenoethis oualaniensis* samples collected from September to October 2012, the fishery biological characteristics of medium form and dwarf form populations were compared and studied, which provided basic data for the management and protection of squid fishery resources in the South China Sea. The mantle length (ML), body weight (BW), gonadosomatic index (GSI) and feeding factor (FF) of the samples were determined according to the marine survey standard, and the number of growth increments of statolith was determined by grinding. The results showed that the ML range of medium form is 79–266 mm, dominant in 111–145 mm, and vary with latitude insignificantly; ML range of dwarf form group is 56–118 mm, dominant in 66–95 mm, and increases slowly with latitude. BW range of medium form is 17.47–957.20 g, dominant in 45.01–120.00 g; BW range of dwarf form is 5.81–76.56 g, dominant in 5.01–50.00 g; BW of medium form and dwarf form both increase with latitude. All of the relationships between ML and BW of female and male of medium form and dwarf form could be described by power functions. Sex ratio (female/male) of medium form is 0.80 : 1 and maturity ratio (immature/mature) is 1.12 : 1; sex ratio (female/male) of dwarf form is 3 : 1, and maturity ratio (immature/mature) is 0.83 : 1. GSI of medium form is 1.71 and 1.31 in female and male, respectively; GSI of dwarf form is 4.07 and 4.11 in female and male, respectively. FF of medium form is 5.07 and 3.54 in female and male, respectively; FF of dwarf form is 1.89 and 2.75 in female and male, respectively. The range of statolith age of medium form is 30–135 d, and that of dwarf form is 44–81 d. Based on the captured date, hatching periods of medium form and dwarf form are dominant in July and August, respectively. Results indicate that the size of medium form is bigger than that of dwarf form, maturing and hatching are not in synchronization in medium form and dwarf form, and maturing and hatching of female of dwarf form are earlier than those of medium form. The results also indicate that the sea areas at 7°, 14° and 16° north latitude are the feeding grounds of squid populations in the South China Sea.

Key words: *Sthenoethis oualaniensis*; fishery biology; age; hatch; South China Sea

Corresponding author: FANG Zhanqiang. E-mail: Fangzqh@sca.cn

Funding projects: Financial Fund of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the Peoples' Republic of China (NFZX2013); National Key Basic Research Development Plan (2014CB441505); Central Public-interest Scientific Institution Basal Research Fund, South China Sea Fisheries Research Institute, CAFS (2017YB21)