

文章编号: 1674 - 5566(2016)03 - 0445 - 09

DOI:10.12024/jsou.20150101319

## 秘鲁外海茎柔鱼繁殖生物学研究

刘必林<sup>1</sup>, 陈新军<sup>1</sup>, 陈海刚<sup>2</sup>, 胡贯中<sup>1</sup>, 李建华<sup>1</sup>

(1. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306; 2. 广东省渔业生态环境重点实验室, 广东 广州 510300)

**摘要:** 根据我国鱿钓渔船 2008 年 1 月至 2010 年 10 月在秘鲁外海采集的 2 489 尾茎柔鱼样本, 对其繁殖生物学内容进行了分析。结果表明, 渔获以雌性个体为主, 雌雄比例为 3.99:1。渔获物成熟个体所占比例较小, 雌、雄分别为 10.4% 和 21.3%, 但各月均有成熟雌性个体出现, 说明茎柔鱼全年产卵。茎柔鱼 I ~ IV 期性腺指数随着性腺成熟度等级增加而不断增大 ( $P < 0.05$ ), V 期时随着生殖作用的进行性腺指数较 IV 期有所下降。缠卵腺重与缠卵腺长呈明显的幂函数关系。茎柔鱼 I ~ IV 期缠卵腺指数随着性腺成熟度等级增加而不断增大 ( $P < 0.05$ ), V 期时随着排卵作用进行缠卵腺指数较 IV 期有所下降。成熟个体比率与胴长拟合 Logistic 曲线显示, 雌性茎柔鱼性成熟胴长为 539 mm, 雄性为 507 mm。

**关键词:** 茎柔鱼; 秘鲁外海; 繁殖生物学; 种群; 产卵场

**中图分类号:** S 931.5      **文献标志码:** A

茎柔鱼 (*Dosidicus gigas*), 为大洋性浅海种, 广泛分布于东太平洋加利福尼亚北部至智利南部, 是世界上最重要的头足类资源之一, 尤其在秘鲁沿岸及外海资源丰富<sup>[1-3]</sup>。1991 年, 日本和韩国在秘鲁水域进行试捕与调查工作, 并取得了成功。我国于 2001 年开始在秘鲁专属经济区以外公海海域生产, 2011 年产量达到 25 万吨, 渔船超过 179 艘。不仅如此, 茎柔鱼在海洋生态系统也扮演着重要角色, 它是许多海洋鱼类、哺乳动物以及海鸟等重要饵料<sup>[4]</sup>。近些年来, 国内外学者对茎柔鱼的繁殖生物学内容展开了广泛研究, 研究结果认为茎柔鱼繁殖力强, 单个母体最高怀卵可达 3.2 亿枚; 产卵周期长, 全年产卵; 产

卵场位置及产卵高峰期随地理区域不同而不同<sup>[5]</sup>。然而研究主要集中在加利福尼亚海湾和秘鲁近岸海域<sup>[6-8]</sup>, 对秘鲁外海的研究报道很少<sup>[9]</sup>。本文根据我国鱿钓渔船在秘鲁外海生产期间采集的茎柔鱼样本, 对其繁殖生物学进行研究, 旨在弥补相关研究的空白, 同时为该海域茎柔鱼资源的合理开发和利用提供基础。

### 1 材料与方法

#### 1.1 样本采集

茎柔鱼样本为 2008 年 1 月至 2010 年 10 月采集于秘鲁专属经济区外 79°12' ~ 88°48'W 10°21' ~ 18°16'S 公海海域(表 1, 图 1)。

表 1 样本信息

Tab.1 Summary information of collected squid off Peru

鱿钓船 jigging vessels	采样地点 sampling location	采样日期 sampling date	样本数/尾 sample size
新世纪 52 Xinshiji 52	82°48' - 83°37'W 12°43' - 15°55'S	2008 年 1 - 2 月	381
浙远渔 807 Zheyuanyu 807	82°05' - 85°30'W 10°32' - 13°32'S	2008 年 9 月 - 2009 年 2 月	311
丰汇 16 Fenghui 16	-	2009 年 8 - 10 月	387
丰汇 16 Fenghui 16	79°22' - 84°29'W 10°21' - 18°16'S	2009 年 9 月 - 2010 年 11 月	1394
新吉利 8 Xinjili 8	79°12'W 16°18'S, 85°51'W 17°32'S	2010 年 4 月 6 日, 6 月 29 日	16

收稿日期: 2015-01-17      修回日期: 2015-09-25

基金项目: 国家自然科学基金(NFSC41306127, NSFC41276156); 上海市自然科学基金(13ZR1419700); 上海市教育委员会创新项目(13YZ091); 教育部博士点基金(20133104120001); 广东省生态环境重点实验室开放基金(LFE-2014-1)

作者简介: 刘必林(1980—), 男, 副教授, 研究方向为头足类基础生物学和生态学。E-mail: bl-liu@shou.edu.cn

通信作者: 陈新军, E-mail: xjchen@shou.edu.cn

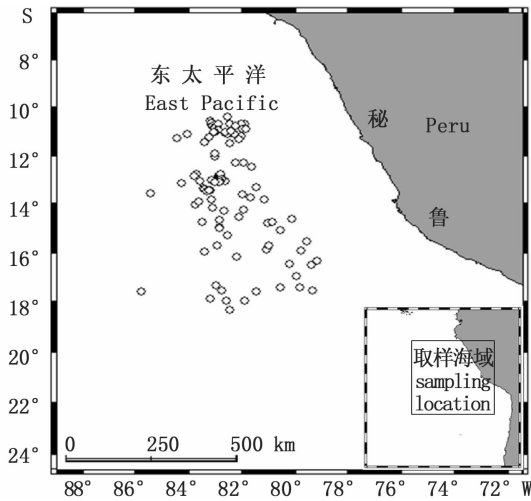


图1 秘鲁外海茎柔鱼样本采集站点

Fig.1 Sampling locations of *D. gigas* off Peru

## 1.2 生物学测定

样本生物学测定内容包括胴长、性别、性腺成熟度、性腺重和雌性缠卵腺长等。胴长用量鱼板测定,精确至 1 mm;雌性缠卵腺长用游标卡尺测定,精确至 0.01 mm;缠卵腺重量采用电子天平称量,精确至 1 mg。依据茎柔鱼性腺成熟度划分标准<sup>[10]</sup>将其划分为 I、II、III、IV、V 等 5 期和性未成熟(I、II 期)、性成熟(III、IV 期)、繁殖后(雄性为交配后,雌性为产卵后,V 期)3 个等级。

## 1.3 数据分析

(1)将样本分雌、雄,并按不同月份和胴长组统计分析性腺成熟度,对不同胴长组内性成熟个体的比例和胴长组数据采用线性回归,拟合逻辑斯蒂曲线,推算不同性别茎柔鱼的性成熟胴长<sup>[8]</sup>:

$$p_i = \frac{1}{1 + e^{-r(x_i - x_{50\%})}} \quad (1)$$

式中: $p_i$ 为成熟个体占组内样本的百分比; $x_i$ 为各胴长组; $r$ 为截距; $x_{50\%}$ 为性成熟胴长。

(2)幂函数拟合缠卵腺生长:

$$N_{CW} = a \times N_{CL}^b \quad (2)$$

式中: $N_{CW}$ (nidamental gland weight)为缠卵腺重(g); $N_{CL}$ (nidamental gland length,  $N_{CL}$ )为缠卵腺长(mm); $a$ 和 $b$ 为参数。

(3)缠卵腺指数(Nidamental gland index,  $N_{GI}$ )<sup>[8]</sup>:

$$N_{GI} = \frac{N_{CL}}{M_L} \times 100 \quad (3)$$

式中: $N_{GI}$ 为缠卵腺指数; $N_{CL}$ 为缠卵腺长(mm); $M_L$ (mantle length)为胴长(mm)。

(4)性腺指数(Gonad somatic index,  $G_{SI}$ )<sup>[11]</sup>:

$$G_{SI} = \frac{G_W}{B_W} \times 100 \quad (4)$$

式中: $G_{SI}$ 为性腺指数; $G_W$ (gonad weight)为性腺重(g); $B_W$ (body weight)为体重(g)。

## 1.4 统计分析与检验

$\chi^2$ 拟合优度检验(Chi-Square Goodness-of-Fit test)检验各月雌雄比例是否等于 1:1;非参数曼-惠特尼 U 检验(Mann-Whitney U-test)检验不同性腺成熟度等级茎柔鱼的缠卵腺和性腺指标的差异性。以上统计检验采用 SPSS 15.0 统计软件进行分析。

运用  $F$  分布检验比较茎柔鱼性成熟胴长的性别差异<sup>[12]</sup>:

$$F = \frac{\frac{RSS_p - \sum RSS_i}{DF_p - \sum DF_i}}{\frac{\sum RSS_i}{\sum DF_i}} = \frac{\frac{RSS_p - \sum RSS_i}{(m+1)(k-1)}}{\frac{\sum_{i=1}^k RSS_i}{-k(m+1)}} \quad (5)$$

式中: $RSS_p$ 为整体拟合 Logistic 方程所得残差平方和; $RSS_i$ 为每个群体分别拟合 Logistic 方程所得残差平方和; $DF_p$ 为整体的自由度; $DF_i$ 为每个群体的自由度; $m$ 为估算参数数量; $k$ 为用来比较的群体个数; $n_i$ 为每个群体的样本数。

## 2 结果

### 2.1 性别比例

研究共采集样本 2 489 尾,其中雌性 1 985 尾(性未成熟 1 772 尾,性成熟 213 尾),雄性 497 尾(性未成熟 380 尾,性成熟 116 尾,未鉴定成熟度 1 尾),未鉴定性别的 7 尾,整体雌、雄比例为 3.99:1,未成熟个体雌、雄比例为 4.66:1,成熟个体雌、雄比例为 1.84:1。

按月份分析发现:1~12 月(7 月除外),各月雌、雄比例分别为 4.76:1、4.42:1、2.43:1、4.63:1、3.00:1、6.31:1、2.55:1、3.97:1、3.57:1、5.35:1、2.68:1(图 2),雌性个体数量大于雄性( $P < 0.05$ );成熟个体雌、雄比例分别为 3.57:1、1.40:1、2.00:0、0:0、0:1、0.88:1、0.86:1、2.09:1、1.43:1、5.75:1、1.14:1(图 2),雌性个体数量较接近雄性。

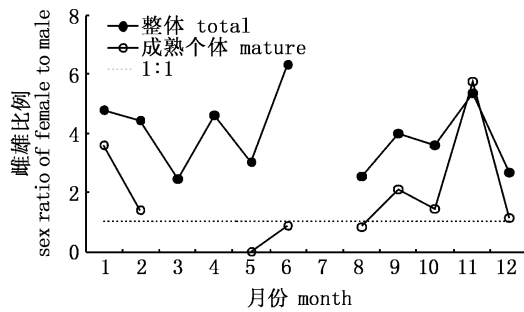


图 2 秘鲁外海茎柔鱼不同月份总体和性成熟个体雌、雄性比例

Fig.2 Monthly sex ratios for all squids and for mature individuals of *D. gigas* off Peru

2.2 性腺指标

2.2.1 性腺成熟度

从整体上分析:样本以未成熟个体为主,成熟个体所占比例很低,雌、雄分别为 10.4% 和 21.3%,并出现少量繁殖后个体。按不同月份分析:各月份均以未成熟个体(I、II期)为主,雌性

除了 2 月和 4 月份以外,其他各月均有成熟个体出现,出现比例较高的为 3 月份(21.1%)、6 月份(19.7%)、9 月份(19.9%)、10 月份(13.8%)和 11 月份(16.5%);雄性除了 3 月和 4 月份以外,其他各月也均有成熟个体出现,出现比例较高的为 6 月(50.0%)、9 月(37.6%)和 10 月(34.4%),其中 6 月份出现较大比例的交配后 V 期个体(表 2)。

2.2.2 性腺指数

按不同性腺成熟度等级分析雌性性腺指数显示, I ~ IV 期茎柔鱼性腺指数随着性腺成熟度增加而不断增大( $P < 0.05$ ), V 期时随着排卵作用进行性腺指数较 IV 期有所下降(图 3)。性腺成熟 I、II、III、IV、V 期性腺指数分别为 0.003 ~ 0.50(平均  $0.18 \pm 0.07$ )、0.007 ~ 1.04(平均  $0.26 \pm 0.16$ )、0.18 ~ 7.64(平均  $2.16 \pm 1.85$ )、0.66 ~ 13.32(平均  $5.96 \pm 3.12$ )、1.49 ~ 9.68(平均  $4.92 \pm 2.54$ ),见表 3。

表 2 不同月份茎柔鱼性腺成熟度组成

Tab.2 Composition of sex maturity for *D. gigas* in different months

性别 sex	月份 month	样本数/尾 sample size	性腺成熟度/% sex maturity				
			未成熟 immature		成熟 mature		繁殖后 spent
			I	II	III	IV	
雌性 female	1	192	88.5	6.3	1.6	3.6	0
	2	171	89.5	10.5	0	0	0
	3	19	52.6	26.3	15.8	5.3	0
	4	17	29.4	58.8	11.8	0	0
	5	297	3.7	87.9	4.7	2.4	1.3
	6	178	25.8	54.5	11.8	7.9	0
	8	84	65.5	27.4	3.6	3.6	0
	9	369	39.3	40.9	13.6	6	0.3
	10	239	58.6	27.6	10	3.8	0
	11	139	44.6	38.8	6.5	8.6	1.4
	12	91	63.7	27.5	3.3	5.5	0
	雄性 male	1	58	67.2	20.7	8.6	3.4
2		53	75.5	15.1	7.5	1.9	0
3		28	53.6	46.4	0	0	0
4		8	50	50	0	0	0
5		8	87.5	0	0	12.5	0
6		16	50	0	6.3	12.5	31.3
8		33	75.8	3	0	12.1	9.1
9		93	45.2	17.2	7.5	30.1	0
10		67	55.2	10.4	4.5	28.4	1.5
11		26	65.4	19.2	0	15.4	0
12		34	76.5	2.9	5.9	14.7	0

按不同性腺成熟度等级分析雄性性腺指数发现, I ~ IV 茎柔鱼性腺指数随着性腺成熟度增加而不断增大 ( $P < 0.05$ ), V 期时随着精荚的释放性腺指数较 IV 期有所下降(图 3)。性腺成熟 I、II、III、IV、V 期性腺指数分别为 0.003 ~ 0.52 (平均  $0.07 \pm 0.07$ )、0.03 ~ 1.00 (平均  $0.24 \pm 0.21$ )、0.48 ~ 2.87 (平均  $1.39 \pm 0.74$ )、0.89 ~ 4.18 (平均  $1.95 \pm 0.81$ )、1.33 ~ 2.78 (平均  $2.31 \pm 0.46$ ), 见表 3。

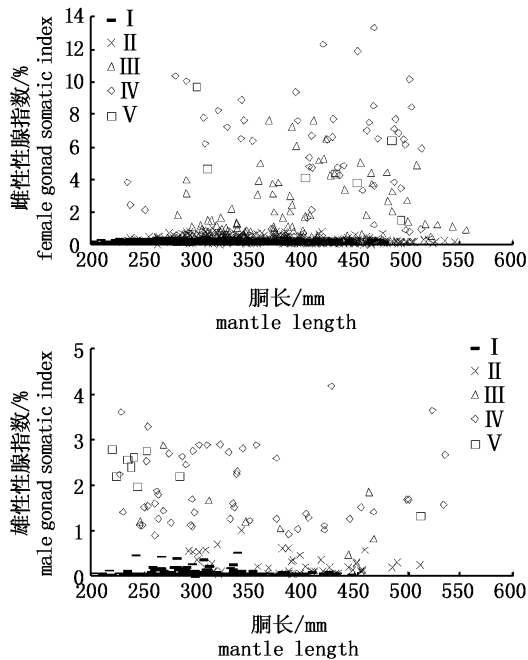


图 3 秘鲁外海茎柔鱼性腺指数与胴长关系  
Fig. 3 Relationship between gonad somatic index and mantle length of *D. gigas* off Peru

### 2.3 缠卵腺指标

#### 2.3.1 缠卵腺长与质量

缠卵腺质量与缠卵腺长呈明显的幂函数关系(图 4):

$$N_{GW} = 0.000006 \times N_{GL}^{3.2208} \quad (r^2 = 0.921, n = 1358) \quad (6)$$

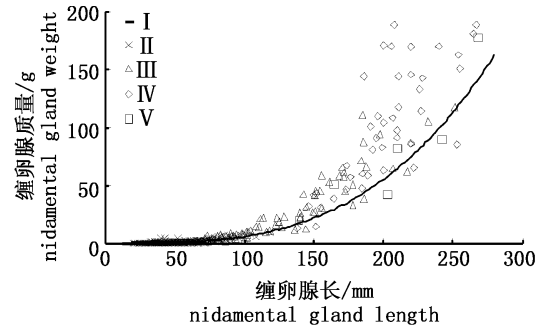


图 4 秘鲁外海缠卵腺长与缠卵腺质量关系  
Fig. 4 Relationship between nidamental gland length and weight for female *D. gigas* off Peru

按不同性腺成熟度等级分析缠卵腺长发现, I ~ IV 茎柔鱼缠卵腺长随着性腺成熟度增加而不断增大 ( $P < 0.05$ ), V 期随着产卵事件发生, 缠卵腺开始萎缩, 其长度也随之减小(图 4)。在秘鲁外海, 性腺成熟 I、II、III、IV、V 期缠卵腺长度分别为 15.0 ~ 65.5 (平均  $30.3 \pm 7.8$ )、20.3 ~ 118 (平均  $49.5 \pm 18.1$ )、65.0 ~ 252 (平均  $128 \pm 44.0$ )、138 ~ 280 (平均  $201 \pm 43.0$ )、139 ~ 268 (平均  $204 \pm 47.8$ ) mm (表 4)。

表 3 秘鲁外海茎柔鱼性腺指数

Tab. 3 Gonad somatic index of *D. gigas* off Peru

性腺等级 sex maturity	雌性 female			雄性 male		
	样本数/尾 sample size	范围 range	均值 mean	样本数/尾 sample size	范围 range	均值 mean
I	742	0.003 ~ 0.50	0.18 ± 0.07	228	0.003 ~ 0.52	0.07 ± 0.07
II	512	0.007 ~ 1.04	0.26 ± 0.16	51	0.03 ~ 1.00	0.24 ± 0.21
III	84	0.18 ~ 7.64	2.16 ± 1.85	8	0.48 ~ 2.87	1.39 ± 0.74
IV	52	0.66 ~ 13.32	5.96 ± 3.12	57	0.89 ~ 4.18	1.95 ± 0.81
V	7	1.49 ~ 9.68	4.92 ± 2.54	9	1.33 ~ 2.78	2.31 ± 0.46

按不同性腺成熟度等级分析缠卵腺重发现, I ~ IV 茎柔鱼缠卵腺重随着性腺成熟度增加而不断增大 ( $P < 0.05$ ), V 期随着产卵作用发生, 缠卵腺开始萎缩, 其质量也随之减小(图 4)。秘鲁外海, 性腺成熟 I、II、III、IV、V 期缠卵腺质量分

别为 0.01 ~ 1.60 (平均  $0.16 \pm 0.17$ )、0.03 ~ 9.25 (平均  $0.81 \pm 1.48$ )、1.92 ~ 118 (平均  $27.7 \pm 28.8$ )、13.5 ~ 226 (平均  $108 \pm 57.4$ )、19.2 ~ 179 (平均  $77.0 \pm 55.8$ ) g (表 4)。

表 4 雌性茎柔鱼缠卵腺长和缠卵腺质量  
Tab.4 Nidamental gland length and weight of female *D. gigas* off Peru

性腺等级 sex maturity	样本数/尾 sample size	缠卵腺长/mm nidamental gland length		缠卵腺重/g nidamental gland weight	
		范围 range	均值 mean	范围 range	均值 mean
I	730	15.0 ~ 65.5	30.3 ± 7.8	0.01 ~ 1.60	0.16 ± 0.17
II	502	20.3 ~ 118	48.3 ± 14.1	0.03 ~ 9.25	0.74 ± 1.07
III	74	65.0 ~ 252	128 ± 44.0	1.92 ~ 118	27.7 ± 28.8
IV	46	138 ~ 280	201 ± 43.0	13.5 ~ 226	108 ± 57.4
V	6	139 ~ 268	204 ± 47.8	19.2 ~ 179	77.0 ± 55.8

2.3.2 缠卵腺指数

按不同性腺成熟度等级分析缠卵腺指数发现, I ~ IV 茎柔鱼缠卵腺指数随着性腺成熟度增加而不断增大 ( $P < 0.05$ ), V 期时随着排卵作用进行缠卵腺指数较 IV 期有所下降 (图 5)。在秘鲁外海, 性腺成熟 I、II、III、IV、V 期缠卵腺指数分别为 5.3% ~ 16.5% (平均 10.1% ± 1.5%)、6.9% ~ 32.2% (平均 12.7% ± 3.5%)、18.8% ~ 49.4% (平均 32.2% ± 8.2%)、37.1% ~ 62.2% (平均 49.1% ± 5.6%)、44.7% ~ 56.0% (平均 51.3% ± 4.8%), 见表 5。

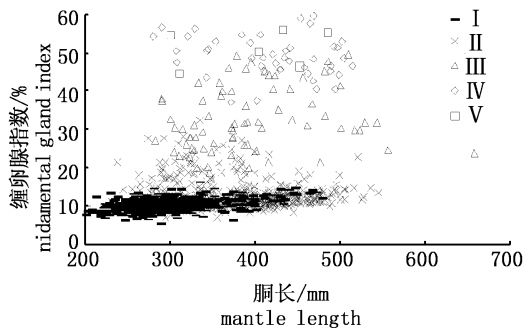


图 5 秘鲁外海雌性茎柔鱼缠卵腺指数与胴长关系  
Fig.5 Relationship between nidamental gland index and mantle length for female *D. gigas* off Peru

表 5 雌性茎柔鱼缠卵腺指数  
Tab.5 Nidamental gland index of female *D. gigas* off Peru

性腺等级 sex maturity	样本数/尾 sample size	范围 range	均值 mean
I	730	5.3 ~ 16.5	10.1 ± 1.5
II	502	6.9 ~ 32.2	12.7 ± 3.5
III	74	18.8 ~ 49.4	32.2 ± 8.2
IV	46	37.1 ~ 62.2	49.1 ± 5.6
V	6	44.7 ~ 56.0	51.3 ± 4.8

2.4 性成熟胴长

利用 Logistic 曲线分别拟合雌、雄性成熟个体比率与胴长关系, 结果显示, 雌性茎柔鱼性成熟胴长为 539 mm, 雄性为 507 mm (图 6), 拟合方程式如下:

$$\text{雌性: } p_i = \frac{1}{1 + e^{-0.01856x(ML_i - 539)}} \quad (r^2 = 0.992)$$

$$\text{雄性: } p_i = \frac{1}{1 + e^{-0.01042x(ML_i - 507)}} \quad (r^2 = 0.995)$$

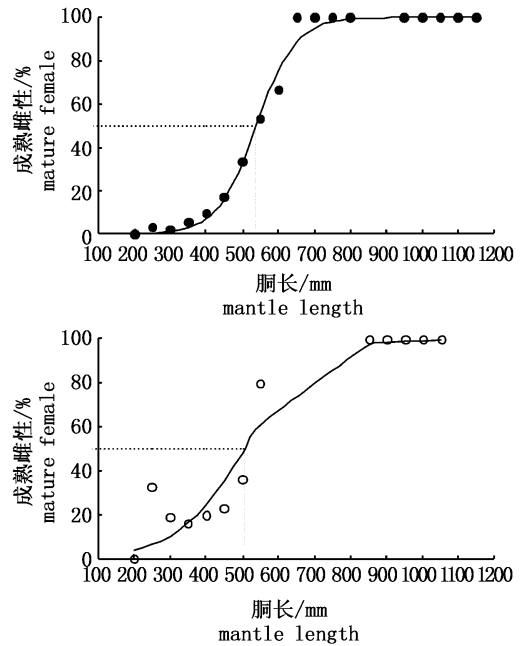


图 6 秘鲁外海茎柔鱼性成熟胴长  
Fig.6 Mantle length at first maturity of *D. gigas* off Peru

F 分布检验显示 (表 6): 茎柔鱼性成熟胴长数据拟合 Logistic 曲线性别差异明显, 雌性茎柔鱼性成熟胴长均明显大于雄性 ( $F_{3,27} = 3.94, P = 0.0188 < 0.05$ )。

表 6 雌雄茎柔鱼性成熟胴长数据拟 Logistic 曲线  $F$  分布检验  
Tab. 6  $F$ -test of size at maturity data fitted to Logistic curve by sex

	均值 mean		标准误 SD		$R^2$	残差平方和 RSS	残差平方和均值 RMS
	$r$	$X_{50}$	$r$	$X_{50}$			
雌性 female	0.018 56	539	0.001 56	5.15	0.992	262	16
雄性 male	0.010 42	507	0.002 93	25.9	0.995	1 490	135
总体 total	0.015 68	523	0.002 17	9.3	0.963	2 263	78

### 3 讨论

以往研究显示,在特定的时间和空间内,茎柔鱼的雌性数量通常多于雄性,但是雌、雄的性别比例随时空波动显著,从 1:1 至 24:1(表 7)。

本研究也发现,雌性个体数量明显高于雄性,其比例为 3.99:1,这一结果大于秘鲁海域的 2.8:1<sup>[8]</sup>。TAFUR 等<sup>[8]</sup>认为,雄性个体先于雌性个体成熟并发生交配且交配后雄性个体先行死亡,是导致较高的雌雄性比的主要原因。

表 7 太平洋茎柔鱼雌雄比例及性成熟胴长  
Tab. 7 Sex ratio of female to male and size at maturity of *D. gigas*

采样时间 sampling date	采样地点 sampling station	性成熟胴长/mm mature mantle length	雌雄比例 sex ratio	信息来源 reference
1986	秘鲁寒流	♀ >400 ♂ < 250	2:1	[13]
1971	加利福尼亚湾 下加利福尼亚半岛太平洋海域	♀ 200 200 ~ 480	1.5 ~ 5.2:1	[14]
1980	加利福尼亚湾和下加利福尼亚 半岛太平洋海域	♀ 300 ~ 400 ♂ 180 ~ 250		[15 - 17]
1981 年 5 ~ 9 月	加利福尼亚湾	♀ 300	1.5 ~ 3:1	[18]
1981 年 6 月		♀ 200 ~ 400	1.82:1	
1989 年 11、12 月	秘鲁	♀ 150 ~ 470 ♂ 170 ~ 450	7.34:1	[19]
1989、1990 年	加利福尼亚湾	500 ~ 700	1 ~ 24:1	[20]
1990 年 3 月	加利福尼亚湾	♀ 600 ~ 800 ♂ 550 ~ 730	7.62:1	[21 - 22]
1990 年 3 月	加利福尼亚湾	♀ 600 ~ 800 ♂ 550 ~ 730	7.62:1	[21 - 22]
1991 年	加利福尼亚湾	300 ~ 750	2.6:1	[23]
1996 年 5、6 月	加利福尼亚湾	♀ 420 ♂ 510	3.3 ~ 14.3:1	[24]
1991 ~ 1995 年	秘鲁专属经济区	-	2 ~ 8:1	[8]
1993 年冬季	智利中部	-	9:1	[25]
1993 年春季		-	3:1	
1993 年冬季	智利中部	♀ 890	12.4:1	[26]
1993 年春季		♀ 470 ♂ 471	2.5:1	
1995 ~ 1996	瓜伊马斯 Sta. Rosalia	♀ 420	1.1 ~ 4.9:1	[7]
1996		♂ 600		
1996 ~ 1997	瓜伊马斯			
1999 年 5 月	加利福尼亚湾	♀ 310 ~ 458	2.3:1	[6]
2001 年	秘鲁专属经济区外海	♀ 327 ♂ 228	2.52:1	[9]
2001 ~ 2002 年	加利福尼亚湾	♀ 740	4:1	[27]
2001 ~ 2002 年	加利福尼亚湾 Sta. Rosalia	♂ 720	1:3 ~ 9:1	[28]
2003 ~ 2004 年夏季	智利中南部	♀ > 710	最小 1.3:1	[29]
2003 年冬季		♂ > 660	最大 4.5:1	
2003 年	加利福尼亚湾 Sta. Rosalia	♀ 770, ♂ 570	1.45:1	[30]
2004 年		♂ 690, ♂ 590	1.72:1	
2005 年冬季	智利中南部	♀ 763 ♂ 796	1.25:1	[31]
2007 ~ 2009 年 1 ~ 6 月	智利专属经济区外海	♀ 638 ♂ 565	2.65:1	[32]

秘鲁外海,样本以未成熟个体为主,成熟个体所占比例较低,雌、雄分别为 10.4% 和 21.3%,

说明该海域不是茎柔鱼的主要产卵场,或者无明显的产卵高峰期,而根据耳石日龄和捕捞日期逆算得出秘鲁外海的样本存在明显的产卵高峰期<sup>[33]</sup>,因此可推断秘鲁外海不是茎柔鱼的主要产卵场,其产卵场可能位于秘鲁沿岸<sup>[5]</sup>。尽管成熟雌性个体比例不高,但是除了2月、4月和7月(该月没有取样)外,其他月份均有成熟雌性个体出现,这说明茎柔鱼为全年产卵,此结论与利用耳石微结构得出的结果一致<sup>[34]</sup>。而在秘鲁海域各月也均有成熟雌性个体出现,且比例明显较高,并由此推断秘鲁沿岸海域是茎柔鱼的主要产卵场<sup>[8]</sup>。

缠卵腺和性腺是柔鱼类雌性繁殖系统的重要组织<sup>[34]</sup>,缠卵腺和性腺指数是性成熟的重要指标。I~IV期茎柔鱼缠卵腺和性腺指数随着性腺成熟度增加而不断增大( $P < 0.05$ ),成熟个体的缠卵腺指数明显大于未成熟个体。秘鲁外海成熟个体缠卵腺和性腺指数分布分散,说明可能存在2个体型群。RICARDO等<sup>[35]</sup>通过缠卵腺指数分析认为,1991和1993年秘鲁外海茎柔鱼存在两个产卵群体。

茎柔鱼的性成熟胴长随其栖息的物理和生物环境的变化而变化<sup>[13,36-37]</sup>并与遗传因素有关<sup>[13,36]</sup>,因此,过去的研究显示茎柔鱼的性成熟胴长随时间和空间变化波动(表7)。NESIS认为,在其分布范围内存在3种不同性成熟胴长的体型群体:小型群位于热带海域,中型群在整个分布范围内都有,而大型群则分布在南北半球茎柔鱼分布的边缘处。在南半球秘鲁海域,20世纪90年代以性成熟早的小型群为主,而21世纪初则以性成熟晚的大型群为主<sup>[38]</sup>。在北半球,茎柔鱼性成熟胴长通常较大,而只有在1997/1998年厄尔尼诺事件发生时,性成熟胴长才减小至秘鲁海域20世纪90年代水平<sup>[6,30]</sup>。然而,有报道称墨西哥海域20世纪70和80年代也出现性成熟早的小型群。KEYL等<sup>[37]</sup>根据性成熟大小将秘鲁寒流海域茎柔鱼划分为大小2个群。而加利福尼亚湾茎柔鱼则被划分为1个大型雌性群和2个中型雄性群<sup>[7]</sup>。

本文研究结果显示秘鲁外海雌雄茎柔鱼性成熟胴长分别为539 mm和507 mm,当属中型群。因此,结合秘鲁的地理位置,推测中型群的分布符合NESIS提出的分布特点。然而在秘鲁

外海,根据性成熟胴长推测的1个中型群与缠卵腺和性腺指数分布推测的2个群体似乎不符,其实不然,因为鱿钓作业的选择性强,捕获的大型成熟个体较少,不足以拟合逻辑斯蒂曲线,因此进一步分析认为,秘鲁外海存在1个中型群和1个大型群。雌雄对比研究发现,雌性茎柔鱼性成熟胴长明显高于雄性,这符合头足类雄性生长快的特性。例如,北太平洋柔鱼(*Ommastrephes bartramii*)雌雄性成熟胴长分别为332 mm和299 mm<sup>[39]</sup>,西南大西洋阿根廷滑柔鱼雌雄性成熟胴长分别为265 mm和209 mm<sup>[40]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] TAIBE A, YAMASHIRO C, MARIATEGUI L, et al. Distribution and concentrations of jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) off the Peruvian coast between 1991 and 1999[J]. Fisheries Research, 2001, 54(1): 21-32.
- [2] WALUDA C M, YAMASHIRO C, ELVIDGE C D, et al. Quantifying light-fishing for *Dosidicus gigas* in the Eastern Pacific using satellite remote sensing[J]. Remote Sensing of Environment, 2004, 91(2): 129-133.
- [3] 陈新军, 赵小虎. 秘鲁外海茎柔鱼产量分布及其与表温关系的初步研究[J]. 上海水产大学学报, 2006, 15(1): 65-70.  
CHEN X J, ZHAO X H. Preliminary study on the catch distribution of *Dosidicus gigas* and its relationship with sea surface temperature [J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2006, 15(1): 65-70.
- [4] ROSAS-LUIS R, SALINAS-ZAVALA C A, KOCH V, et al. Importance of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835) in the pelagic ecosystem of the central Gulf of California[J]. Ecological Modelling, 2008, 218(1/2): 149-161.
- [5] NIGMATULLIN C M, NESIS K N, ARKHIPKIN A I. A review of the biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae)[J]. Fisheries Research, 2001, 54(1): 9-19.
- [6] MARKAIDA U. Population structure and reproductive biology of jumbo squid *Dosidicus gigas* from the Gulf of California after the 1997-1998 El Niño event[J]. Fisheries Research, 2006, 79(1/2): 28-37.
- [7] 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.
- [8] TAFUR R, VILLEGAS P, RABÍ M, et al. Dynamics of maturation, seasonality of reproduction and spawning grounds of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in Peruvian waters [J]. Fisheries Research, 2001, 54(1): 33-50.
- [9] 叶旭昌, 陈新军. 秘鲁外海茎柔鱼胴长组成及性成熟初

- 步研究[J]. 上海水产大学学报, 2007, 16(4): 347 - 350.
- YE X C, CHEN X J. Study of mantle length composition and sex maturity of jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) in fishing ground off Peru [J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2007, 16(4): 347 - 350.
- [10] LIPINSKI M R, UNDERHILL L G. Sexual maturation in squid: quantum or continuum? [J]. South African Journal of Marine Science, 1995, 15(1): 207 - 223.
- [11] 陈新军. 渔业资源与渔场学[M]. 北京: 海洋出版社, 2004: 1 - 382.
- CHEN X J. Fisheries resource and fishing ground [M]. Beijing: Ocean Press, 2004: 1 - 382.
- [12] ARKHIPKIN A I, JEREB P, RAGONESE S. Growth and maturation in two successive groups of the short-finned squid, *Illex coindetii* from the Strait of Sicily (Central Mediterranean) [J]. ICES Journal of Marine Science, 2000, 57(1): 31 - 41.
- [13] NESIS K N. The biology of the giant squid of Peru and Chile, *Dosidicus gigas* [J]. Oceanology, 1970, 10(1): 108 - 118.
- [14] SATO T. Results of exploratory fishing for *Dosidicus gigas* (D'Orbigny) off California and Mexico [R]. Washington D. C. : FAO Fisheries Reports, 1976, 170: 61 - 67.
- [15] EHRHARDT N M, JACQUEMIN P S, SOLÍS N A, et al. Crecimiento del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Golfo de California, Mexico, Durante 1980 [J]. Ciencia Pesquera, 1982, 3: 33 - 39.
- [16] EHRHARDT N M, SOLÍS N A, JACQUEMIN P S, et al. Análisis de la biología y condiciones del stock del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Golfo de California, México, durante 1980 [J]. Ciencia Pesquera, 1986, 5: 63 - 76.
- [17] EHRHARDT N M, JACQUEMIN P S, GARCÍA B F, et al. On the fishery and biology of the giant squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, Mexico [M]//CADDY J F. Advances in Assessment of World Cephalopod Resources. Washington, D. C. : FAO Fisheries Technical Paper, 1983, 231: 306 - 339.
- [18] RAMÍREZ M, KLETT-TRAULSEN A. Composición de tallas de la captura de calamar gigante en el Golfo de California durante 1981 [J]. Transactions CIBCASIO, 1985, 10: 123 - 137.
- [19] RUBIO R J, SALAZAR C C. Prospección pesquera del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) a bordo del buque japonés Shinko Maru 2 [J]. Information IMARPE, 1992, 103: 3 - 32.
- [20] MORÁN-ANGULO J O. Proyecto de investigación biológica pesquera de calamar gigante (*Dosidicus gigas*, D'Orbigny 1835) de la zona suroccidental del Golfo de California [R]. La Paz, Mexico; CRIP La Paz, INP, 1990: 1 - 104.
- [21] SÁNCHEZ P. Biological aspects of *Dosidicus gigas* in Mexican Pacific Ocean [R]. Brisbane, Brisbane, Australia; Abstract of the Tropical Cephalopods Fisheries Biology and Ecology, 1996: 21 - 22.
- [22] SÁNCHEZ P. Cephalopods from off the Pacific coast of Mexico: biological aspects of the most abundant species [J]. Scientia Marina, 2003, 67(1): 81 - 90.
- [23] GUERRERO-ESCOBEDO F J, GALVÁN-MAGAÑA F, LEÓN-CARBALLO G, et al. Abundancia relativa y composición de tallas del calamar gigante *Dosidicus gigas*, D'Orbigny (1935), en la costa oriental de Baja California Sur, México. Unpubl. Manu. IV [R]. Ensenada, B. C., México; Congreso de la Asociación de Investigadores del Mar de Cortés, 1992: 1 - 14.
- [24] HERNÁNDEZ H A, MORALES B E, NEVARES-MARTÍNEZ M O, et al. Distribución de tallas y aspectos reproductivos del calamar gigante (*Dosidicus gigas*, D'Orbigny, 1835) en el Golfo de California, México, en 1996 [J]. Ciencia Pesquera, 1996, 12: 85 - 89.
- [25] CHONG J, OYARZÚN C, GALLEGUILLAS R, et al. Parametros biológico-pesqueros de la jibia, *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835) (Cephalopoda; Ommastrephidae), frente a la costa de Chile Central (29°S - 40°S) durante 1993 - 1994 [J]. Gayana (Zool), 2005, 69(2): 319 - 328.
- [26] GONZÁLEZ P, CHONG J. Biología reproductiva de *Dosidicus gigas* D'Orbigny 1835 (Cephalopoda, Ommastrephidae) en la Zona Norte-Centro de Chile [J]. Gayana (Zool), 2006, 70: 237 - 244.
- [27] DIAZ-URIBE J G, HERNÁNDEZ-HERRERA A, MORALES-BOJÓRQUEZ E, et al. Histological validation of the gonadal maturation stages of female jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the Gulf of California, Mexico [J]. Ciencias Marinas, 2006, 32(1): 23 - 31.
- [28] MARTÍNEZ-AGUILAR S, MORALES-BOJÓRQUEZ E, DIAZ-URIBE J G. La pesquería del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el Golfo de California [R]. La Paz, Mexico; Recomendaciones de investigación y tácticas de regulación, Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca y Instituto Nacional de la Pesca, 2004.
- [29] IBÁÑEZ C M, CUBILLOS L A. Seasonal variation in the length structure and reproductive condition of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) off central-south Chile [J]. Scientia Marina, 2007, 71(1): 123 - 128.
- [30] BAZZINO G, GILLY W F, MARKAIDA U, et al. Horizontal movements, vertical-habitat utilization and diet of the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the Pacific Ocean off Baja California Sur, Mexico [J]. Progress in Oceanography, 2010, 86(1/2): 59 - 71.
- [31] ULLOA P, FUENTEALBA M, RUIZ V. Feeding habits of *Dosidicus gigas* (D'Orbigny, 1835) (Cephalopoda; Teuthoidea) in the central-south coast off Chile [J]. Revista Chilena de Historia Natural, 2006, 79(4): 475 - 479.
- [32] 刘必林, 陈新军, 马金, 等. 头足类耳石的微化学研究进展 [J]. 水产学报, 2010, 34(2): 315 - 321.



- LIU B L, CHEN X J, MA J, et al. Review of studies of the microchemical structure of cephalopod statoliths[J]. Journal of Fisheries of China, 2010, 34(2): 315 - 321.
- [33] LIU B L, CHEN X J, CHEN Y, et al. Age, maturation, and population structure of the Humboldt squid *Dosidicus gigas* off the Peruvian Exclusive Economic Zones[J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2013, 31(1): 81 - 91.
- [34] 刘必林, 陈新军. 头足类生殖系统及其在分类学上的应用[J]. 水产学报, 2010, 34(8): 1219 - 1226.
- LIU B L, CHEN X J. Cephalopods reproductive system and its application to taxonomy[J]. Journal of Fisheries of China, 2010, 34(8): 1219 - 1226.
- [35] RICARDO T, PIERO V, MIGUEL R, et al. Dynamics of maturation, seasonality of reproduction and spawning grounds of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in Peruvian waters [J]. Fisheries Research, 2001, 54(1): 33 - 50.
- [36] NESIS K N. *Dosidicus gigas*[M]//BOYLE P R. Cephalopod Life Cycles. London: Academic Press, 1983: 215 - 231.
- [37] KEYL F, ARGÜELLES J, MARIÁTEGUI L, et al. A hypothesis on range expansion and spatio-temporal shifts in size-at-maturity of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the Eastern Pacific Ocean[J]. CCOFI Report, 2008, 49: 119 - 128.
- [38] ARGÜELLES J, TAFUR R, TAIPE A, et al. Size increment of jumbo flying squid *Dosidicus gigas* mature females in Peruvian waters, 1989 - 2004 [J]. Progress in Oceanography, 2008, 79(2/4): 308 - 312.
- [39] 李思亮, 刘必林, 陈新军, 等. 西北太平洋柔鱼(*Ommastrephes bartramii*)繁殖生物学初步研究[J]. 海洋与湖沼, 2011, 42(2): 179 - 185.
- LI SL, LIU B L, CHEN X J, et al. Reproductive biology of neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in Northwest Pacific Ocean[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2011, 42(2): 179 - 185.
- [40] 刘必林, 陈新军, 田思泉, 等. 西南大西洋公海阿根廷滑柔鱼性成熟的初步研究[J]. 上海水产大学学报, 2008, 17(6): 721 - 726.
- LIU B L, CHEN X J, TIAN S Q, et al. Sex maturity of *Illex argentinus* in the high sea waters of Southwest Atlantic[J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2008, 17(6): 721 - 726.

## Reproduction of the Humboldt squid (*Dosidicus gigas*) off Peru

LIU Bilin<sup>1</sup>, CHEN Xinjun<sup>1</sup>, CHEN Haigang<sup>2</sup>, HU Guanzhong<sup>1</sup>, LI Jianhua<sup>2</sup>

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Guangdong Key Laboratory of Fishery Ecology and Environment, Guangzhou 510300, Guangdong, China)

**Abstract:** In this study, we analyzed the reproduction of the Humboldt squid (*Dosidicus gigas*) based on 2 489 individuals collected off the Peruvian waters during January 2008 to October 2010 by Chinese jigging vessels. The number of females of *D. gigas* was significantly greater than that of males in the study area and the ratio of female to male was 3.99:1. The occurrence of mature individuals in each month showed that *D. gigas* spawn all the year round, although only 10.4% females and 21.3% males matured among the total samples. Nidamental length showed significant power correlations with nidamental weight. Nidamental gland and gonad somatic index increased with gonad maturity gradually from gonad maturity Stage I to IV, but slightly decreased at Stage V due to mating and spawning ( $P < 0.05$ ). The relative frequency distribution for mantle length classes fitted Logistic model. This showed that mantle length at maturity of *D. gigas* was 539 mm for females, and 507 mm for males.

**Key words:** *Dosidicus gigas*; off Peru; reproduction; population; spawning ground