

文章编号: 1674-5566(2010)01-0068-06

智利外海茎柔鱼繁殖生物学初步研究

刘必林^{1, 2, 3}, 陈新军^{1, 2, 3}, 钱卫国^{1, 2, 3}, 陆化杰¹, 李思亮¹

(1 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306

2 上海海洋大学大洋生物资源开发和利用上海市高校重点实验室, 上海 201306

3 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)

摘要: 对 2007 年—2009 年我国鱿钓船在东南太平洋智利外海生产期间所采集的 1 374 个茎柔鱼样品性成熟度进行观察, 初步研究了其繁殖生物学特性。结果表明: 智利外海茎柔鱼为大型群体, 常年产卵, 无明显产卵高峰期。渔获物雌雄比例约为 2.65:1。雌、雄个体性腺成熟度差异不明显, 其中成熟个体所占比例小, 分别占总量的 3.9% 和 6.7%。缠卵腺长和缠卵腺重随着性腺成熟度增加逐步增大, 成熟个体性腺指数明显大于未成熟个体。雌、雄个体性腺指数存在差异, 雌性个体 IV 期性腺指数与胴长成正比, 而雄性则成反比。雌性和雄性茎柔鱼的初次性成熟胴长 ($ML_{50\%}$) 分别为 638.3 mm 和 565.3 mm。

关键词: 茎柔鱼; 智利外海; 性比; 性成熟; 缠卵腺指数; 性腺指数

中图分类号: S 932.4 **文献标识码:** A

Preliminary study on reproductive biology of *Dosidicus gigas* in the high seas off Chile

LIU Bilin^{1, 2, 3}, CHEN Xinjun^{1, 2, 3}, QIAN Weiguod^{1, 2, 3}, LU Hua jie¹, LISi liang¹

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

2. The Key Laboratory of Shanghai Education Commission for Oceanic Fisheries Resources Exploitation, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

3. The Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Based on the samples for *Dosidicus gigas* collected by Chinese jigging vessel in the high seas off Chile from 2007 to 2009, the sex maturity of the squid was studied. The result indicated that the individuals captured were large sized group, there is a reproductive cycle throughout the year without peak. The ratio of females to males was about 2.65:1. No significant difference of sex maturity between females and males was determined, however only a small part of matured individuals existed, which accounted for 3.9 and 6.7 percent of the total for females and males respectively. Nidamental gland length and weight increase with sex maturity growth gradually. There was difference of gonad somatic index (GSI) between females and males, and GSI of individuals in stage IV for the females showing positive linear correlation with mantle length, but for males showing negative correlation. The mantle length of first maturity for females and males was 638.3 mm.

收稿日期: 2009-08-27

基金项目: 国家自然科学基金 (NSFC40876090); 上海市曙光跟踪计划 (08GG14); 上海市教委优秀青年基金 (SSC-07012); 上海市教委科研创新计划 (10YZ127); 上海市重点学科建设 (S3702)

作者简介: 刘必林 (1980—), 男, 硕士, 讲师, 主要从事头足类生物学和分类方面的研究。E-mail: bilin@shou.edu.cn

通讯作者: 陈新军, Tel: 021-61900306, E-mail: xjchen@shou.edu.cn

and 565.3 mm respectively

Key words: *Dosidicus gigas*; high seas off Chile; sex ratio; sex maturity; nidamental gland index; gonad somatic index

茎柔鱼 (*Dosidicus gigas*) 为大洋性浅海种类, 广泛分布在中部太平洋 125°W 以东的加利福尼亚半岛北部 (30°N) 至智利南部 (30°S) 海域, 资源丰富^[1]。茎柔鱼渔业始于 20 世纪 70 年代的地方性手钓渔业, 到 20 世纪 90 年代, 日本、韩国在秘鲁外海开展了大规模商业性鱿钓捕捞。21 世纪初开始, 我国也加入到开发秘鲁外海茎柔鱼渔场的行列。近年来, 茎柔鱼在我国远洋鱿钓渔业中所占比例越来越高, 到 2004 年渔获产量达到历史最高值, 超过 2×10^5 t, 占鱿钓总产量的 70% 以上^[2]。2006 年开始, 我国对智利以西、东南太平洋的公海海域茎柔鱼资源进行了探捕调查和小规模商业化生产。

20 世纪 60 年代以来, 许多学者对分布在加利福尼亚和秘鲁外海的茎柔鱼的生物学、资源评估等方面进行了大量研究^[3-6]; 而对智利外海茎柔鱼生物学的研究则相对不足^[7-8]。繁殖是渔业生物学的重点研究内容, 更是资源评估的基础。为此, 本文根据我国鱿钓渔船在智利外海探捕调查期间采集的样本, 分析智利外海茎柔鱼的繁殖生物学, 为合理开发利用和管理该资源提供基础资料。

1 材料和方法

1.1 材料

样本采集时间为 2007 年—2009 年。调查船为浙江丰汇远洋渔业有限公司所属的“新世纪 52 号”和“岱远渔 807”鱿钓渔船, 调查海域为东南太平洋 75°00'~85°30'W, 10°32'~40°57'S 海域。样本共 1 374 尾。

1.2 方法

1.2.1 生物学测定

测定内容为: 胴长、性别、性腺成熟度、性腺重和雌性缠卵腺长。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; 缠卵腺重采用万分之一电子天平称重, 精确至 0.001 g。依据茎柔鱼性腺成熟度划分^[1]法将其划分为 5 期 (I、II、III、IV 和 V), 并根据其性成熟状况划分为性未成熟 (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。

1.2.2 数据分析

(1) 将样本分雌、雄, 并按不同月份和胴长组 (组间距为 50 mm) 统计分析性腺成熟度。

(2) 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 Logistic 曲线, 推算不同性别茎柔鱼的初次性成熟胴长^[9]:

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{-(a+bl)}} \quad (1)$$

式中: P_i 为成熟个体占组内样本的百分比; l 为各胴长组; 初次性成熟胴长 ($MI_{50\%}$) = $-a/b$

(3) 缠卵腺指数 (Nidamental gland index, NGI)^[10]:

$$I_{NG} = \frac{I_{NG}}{I_M} \times 100 \quad (2)$$

式中: I_{NG} 为缠卵腺指数; I_{NG} 为缠卵腺长 (Nidamental gland length), 单位 mm; I_M 为胴长 (Mantle length), 单位 mm。

(4) 性腺指数 (Gonad somatic index, GSI)^[11]:

$$I_S = \frac{W_G}{W_B} \times 100 \quad (3)$$

式中: I_S 为性腺指数; W_G 为性腺重 (Gonad weight), 单位 g; W_B 为体重 (Body weight), 单位 g。

(5) 运用 SPSS 15.0 统计软件进行分析。 χ^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的缠卵腺和性腺指标差异性^[12]。

2 结果

2.1 性别比例

在随机采集的 1 374 尾茎柔鱼样本中, 雌性个体 997 尾, 雄性个体 377 尾, 雌雄比例约为 2.65:1。其中, 成熟雌性个体 25 尾, 成熟雄性个体 34 尾, 成熟个体雌雄比例为 0.74:1。按不同月份分析发现: 1 月份雌雄性比最大, 为 9.38:1; 2 月份性比迅速减小为 3.82:1; 之后的 3 月、5 月、6

月、9月、11月和12月维持在2:1至4:1之间,其中6月份性比最小为1.81:1(图1)。统计检验表明,各月雌性个体数量明显大于雄性(χ^2 检验 $P < 0.001$),但在成熟个体中,各月雌雄比例基本接近1:1(χ^2 检验 $P > 0.05$)。

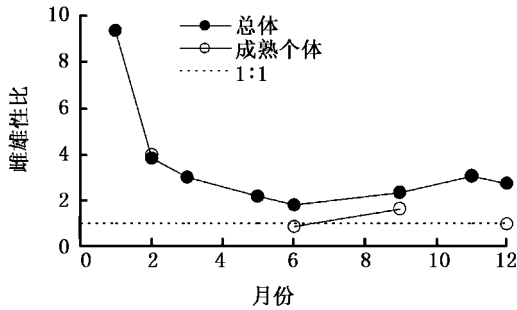


图1 茎柔鱼不同月份总体和性成熟个体雌雄性别比例

Fig. 1 Monthly sex ratios for all squid and mature individuals of *D. gigas*

2.2 性腺成熟度

从总体上分析,雌性和雄性个体的性腺成熟度无明显差异。雌、雄样本均以未成熟个体为主

体,分别占总数的96.1%和93.3%;性成熟个体极少,分别占总数的3.9%和6.7%;均未发现繁殖后个体(表1)。

表1 智利外海不同性别茎柔鱼性腺成熟度组成
Tab. 1 Composition of sex maturity of *D. gigas* for different sex squid in the high seas off Chile

性别	总尾数	性腺成熟度(%)				
		I	II	III	IV	V
雌性	997	88.7	7.4	2.1	1.8	0.0
雄性	377	88.4	4.9	4.0	2.7	0.0

按不同月份分析,各月雌、雄个体均以I期未成熟个体为主,无繁殖后个体出现(表2)。对雌性个体,除3月和5月外其余各月均有成熟个体出现;1月成熟个体极少,占总样本的比例不到1%;2月、6月、9月、11月和12月成熟个体也较少,均占总数的6%左右,其中9月和12月有较多比例的IV期个体(表2)。对雄性个体,除1月、3月和11月外其余各月均有成熟个体出现;2月为少量的III期成熟个体,约占总样本的5%;5月、6月、9月和12月有较多比例的成熟个体出现,占总样本的比例在10%以上,其中9月和12月IV期的成熟个体比例较大(表2)。

表2 智利外海茎柔鱼性腺成熟度月组成

Tab. 2 Monthly composition of sex maturity of *D. gigas* in the high seas off Chile

性别	月份	样本数(尾)	性腺成熟度(%)					
			性未成熟		性成熟		繁殖后	
			I	II	III	IV	V	
雌性	1月	122	99.2	0.0	0.0	0.8	0.0	
	2月	149	83.9	10.7	5.4	0.0	0.0	
	3月	45	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	5月	416	81.3	18.7	0.0	0.0	0.0	
	6月	116	88.8	6.0	5.2	0.0	0.0	
	9月	68	72.1	20.6	1.5	5.9	0.0	
	11月	34	91.2	2.9	2.9	2.9	0.0	
	12月	47	93.6	0.0	2.1	4.3	0.0	
	雄性	1月	13	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		2月	39	94.9	0.0	5.1	0.0	0.0
		3月	15	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		5月	189	77.8	12.2	8.5	1.6	0.0
6月		64	87.5	1.6	9.4	1.6	0.0	
9月		29	82.8	6.9	3.4	6.9	0.0	
11月		11	81.8	18.2	0.0	0.0	0.0	
12月		17	82.4	0.0	5.9	11.8	0.0	

2.3 初次性成熟胴长

雌性和雄性个体的性成熟度—胴长曲线分别为(图2)

$$\text{雌性: } P_1 = \frac{1}{1 + e^{-(12.222 + 0.019148L_1)}} \quad R^2 = 0.9564$$

$$\text{雄性: } P_1 = \frac{1}{1 + e^{-(6.67935 + 0.011817L_1)}} \quad R^2 = 0.60179$$

初次性成熟胴长 ($ML_{50\%}$) 分别为

$$\text{雌性: } ML_{50\%} = 638.3 \text{ mm}; \text{ 雄性: } ML_{50\%} = 565.3 \text{ mm}$$

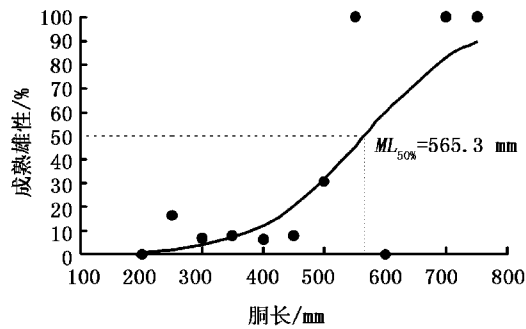
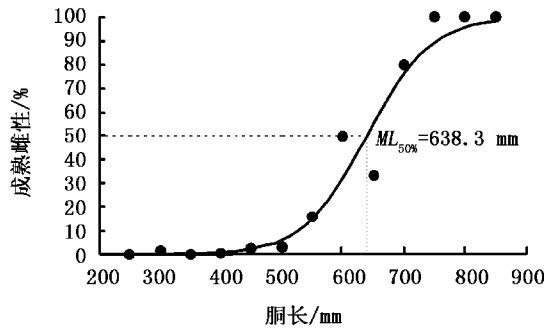


图2 智利外海茎柔鱼初次性成熟胴长

Fig.2 Mantle length at first maturity of *D. gigas* in the high seas off Chile

2.4 缠卵腺指数与性腺指数

对549尾雌性个体缠卵腺进行测定,其缠卵腺长为0.10~253.00 mm,缠卵腺重为0.017~170.400 g,缠卵腺长与缠卵腺重呈指数关系(图3),其关系式如下:

$$W_{NG} = 0.0492 e^{0.881 L_{NG}} \quad (R^2 = 0.7414, n = 549) \quad (4)$$

式中: W_{NG} 为缠卵腺重,单位为g; L_{NG} 为缠卵腺长,单位为mm。

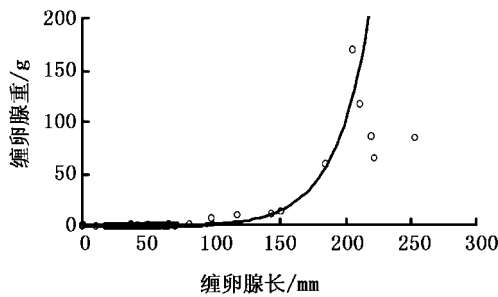


图3 茎柔鱼缠卵腺长与缠卵腺重关系

Fig.3 Relationship between nidamental gland length and weight for *D. gigas*

不同性腺成熟度分析显示,随着性腺成熟度的增加茎柔鱼个体的缠卵腺长与缠卵腺重均不断增大 ($U\text{-test } P < 0.05$)。性成熟I期的个体缠卵腺长为0.10~71.52 mm,平均为(39.73±10.11) mm; II期的缠卵腺长为19.77~81.39 mm,平均为(50.57±9.49) mm; II期的缠卵腺长

为98.18~144.00 mm,平均为(119.99±22.99) mm; IV期的缠卵腺长为150.80~253.00 mm,平均为(206.84±32.07) mm(表3)。I期的缠卵腺重为0.017~1.778 g,平均为(0.266±0.189) g; II期的缠卵腺重为0.115~1.777 g,平均为(0.519±0.347) g; II期的缠卵腺重为7.37~12.61 g,平均为(10.19±2.65) g; IV期的缠卵腺重为14.21~170.4 g,平均为(85.67±48.94) g(表3)。

未成熟个体的缠卵腺指数在0~20%间波动,集中于10%左右(图4)。成熟个体中,除1尾胴长为300 mm的个体外,其余成熟个体胴长均在375~462 mm间,其缠卵腺指数大于30%(图4),因此初步判断此次采集样本可能来自一个群体。

性成熟为I、II、III、IV的雌性个体,其性腺指数范围分别为0.016~0.436%、0.033~0.433%、0.543~0.764%、4.217~6.973%。性成熟为I、II期的性腺指数随胴长增加无明显变化 ($U\text{-test } P > 0.05$), IV期的性腺指数明显大于I、II和III期 ($U\text{-test } P < 0.05$),并随胴长增长呈线性增加(图5)。雄性个体随着性腺成熟度的增加,其性腺指数逐步增大 ($U\text{-test } P < 0.05$),性成熟I、II、III、IV期的雄性个体,其性腺指数范围分别为0.003~0.564%、0.031~0.774%、0.083~1.661%、0.786~3.253%, IV期的个体随胴长增加呈线性减小(图5)。

表 3 不同性腺等级的缠卵腺长和缠卵腺重

Table 3 Nidamental gland length and weight in different maturity stages of *D. gigas*

性腺等级	缠卵腺长 (mm)				缠卵腺重 (g)			
	最小值	最大值	平均值	标准差	最小值	最大值	平均值	标准差
I	0.10	71.52	39.73	10.11	0.017	1.778	0.266	0.189
II	19.77	81.39	50.57	9.49	0.115	1.777	0.519	0.347
III	91.18	144.00	119.99	22.99	7.37	12.61	10.19	2.65
IV	150.80	253.00	206.84	32.07	14.21	170.4	85.67	48.94

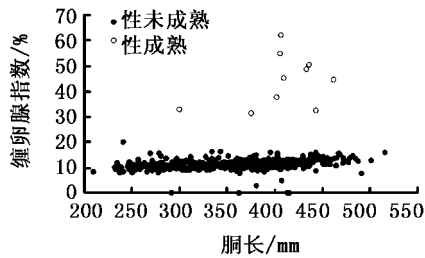


图 4 智利外海茎柔鱼缠卵腺指数与胴长关系
Fig. 4 Relationship between nidamental gland index and mantle length for *D. gigas* in the high seas off Chile

3 分析与讨论

3.1 性别比例

智利外海茎柔鱼雌性个体的数量明显多于雄性个体的数量,雌雄性别比例为 2.65:1,与加

利福尼亚湾^[4]的 2.30:1、秘鲁外海^[9]的 2.85:1 基本接近,大于西南大西洋阿根廷滑柔鱼^[13]的 1.1:1 和北太平洋柔鱼^[14]的 1.15:1。而成熟茎柔鱼个体雌雄比例接近 1:1,符合头足类接近性成熟时,雌雄比例接近 1:1 的观点^[13]。茎柔鱼未成熟雌雄比例大于 1:1 究其原因尚不了解,可能与其幼年期环境适应性差异有关。

3.2 性成熟

在本次研究采集的茎柔鱼渔获物中,雌、雄个体性成熟所占比例很小,分别为 3.9% 和 6.7%。但多数月份都有成熟个体出现,各月的成熟个体比例差异不大,这说明该海域茎柔鱼常年产卵且无明显的产卵高峰期,其结果与加利福尼亚海湾相同^[4]。与秘鲁外海茎柔鱼相比,虽然同为常年产卵,但在后者海域有明显的繁殖高峰期,这可能由于作业位置位于产卵场所致^[9]。

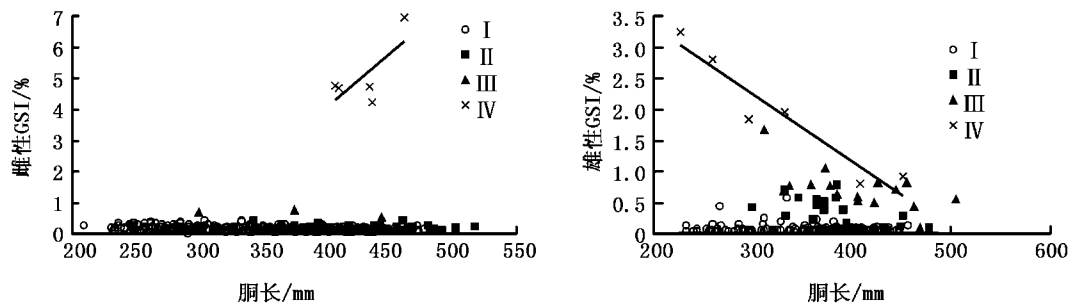


图 5 不同性成熟度茎柔鱼性腺指数与胴长关系
Fig. 5 Relationship between gonad somatic index and mantle length for *D. gigas* by different maturity stages

研究认为,雌性和雄性个体均只符合单个 Logistic 曲线,雌雄初次成熟胴长分别为 638.3 mm 和 565.3 mm,因此可能只存在一个大型群体。研究结果接近加利福尼亚海湾大型群体,其雌、雄初次性成熟胴长分别为 750 mm 和 530 ~ 670 mm。Ricardo 等^[9]分析秘鲁外海茎柔鱼得出,小型群体雌、雄初次性成熟胴长分别为 282 ~

327 mm 和 214 ~ 300 mm,中型群体雌、雄初次性成熟胴长分别为 482 mm 和 475 mm。

缠卵腺是柔鱼类雌性繁殖系统的重要组织,缠卵腺指标是性成熟的重要指标之一。研究结果显示,茎柔鱼缠卵腺长和缠卵腺重随着性腺成熟度增加逐步增大,成熟个体性腺指数明显大于未成熟个体。由成熟个体缠卵腺指数分布比较

集中,推断采集样本可能只属于一个群体。

Ricardo等^[9]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。

分析显示茎柔鱼雌性、雄性性腺指数存在差异,雌性个体IV期性腺指数与胴长成正比,而雄性则成反比,这可能由于雌性个体性成熟后停止摄食,机体能量用于卵子发育,体重增加缓慢所致。

3.3 种群结构

茎柔鱼分布广泛,种群结构复杂,不同学者观点有异。Ehardt等^[15]认为分布在加利福尼亚海湾的茎柔鱼可分为5个群体;Niñanullin等^[16]、Argüelles等^[3]分别将分布在秘鲁水域的茎柔鱼分成大、中、小3个群体和大、小两个群体。Nesis^[17]将茎柔鱼的成体分成3个不同的体型群,小型群胴长范围为200~230 mm,中型群胴长范围为340~450 mm,大型群胴长大于460 mm。根据本研究NG和MI_{30%}的分析,认为智利外海茎柔鱼存在一个大型群体。

3.4 问题探讨

本研究所采集的样本中,成熟个体尤其雄性成熟个体数量少,这可能是取样区没有覆盖产卵场所致,因此在没有了解智利外海茎柔鱼产卵场前,今后的研究须要扩大取样区。鱿钓生产期间均采用钓钩作业,这种作业方式的选择性导致取样时缺乏小、中型个体样本,以后的研究中希望能够通过围网、灯光敷网等其它作业方式来获取样本。此外,由于缺乏4月、7月和8月的数据,可能给本文得出的一些结论带来偏差,希望在以后的研究中得到完善与补充。

参考文献:

- [1] Roper C F E, Sweeney M J, Nauen C E. Cephalopods of the world [J]. FAO Fisheries Synopsis 125(3): 1-277.
- [2] 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
- [3] Argüelles J P, Rodhouse P, Villegas G, et al. Age, growth and population structure of the Jumbo flying squid *Dosidicus gigas* in Peruvian waters [J]. Fish Res, 2001, 54: 51-61
- [4] Unai M, Oscar S N. Reproductive biology of Jumbo squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, 1995-1997 [J]. Fish Res, 2001, 54: 63-82
- [5] Marjaida U, Sosa-Nishizaki Q. Food and feeding habits of Jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Gulf of California, Mexico [J]. J Mar Biol Ass UK, 2003, 83: 1-16
- [6] Enrique M B, Miguel A C M, Manuel O N M, et al. Review of stock assessment and fishery biology of *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, Mexico [J]. Fish Res, 2001, 54: 83-94
- [7] 钱卫国, 陈新军, 郑波, 等. 智利外海茎柔鱼资源密度分布与渔场环境的关系 [J]. 上海水产大学学报, 2008 17(1): 98-104
- [8] 刘必林, 陈新军, 钱卫国. 智利外海茎柔鱼生物学特性的初步研究 [J]. 广东海洋大学学报, 2009, 29(1): 1-5.
- [9] 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]. Fish Res, 2001, 54: 33-50
- [10] Soeda J, Akiya H, Otsuki T, et al. Investigations on squid resources [R]. Survey Report Marine Resource in Hokkaido Region, 1959, 15: 1-106.
- [11] 陈新军. 渔业资源渔场学 [M]. 北京: 海洋出版社, 2004: 58-59
- [12] 刘大海, 李宁, 晁阳. SPSS 15.0 统计分析从入门到精通 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2008: 217-241
- [13] 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
- [14] 黄宏亮, 郑元甲, 程家骅. 北太平洋海区柔鱼生物学特征研究 [J]. 海洋渔业, 2003, (3): 126-135.
- [15] Ehardt N M, Jacquelin P S, Garza F, et al. On the fishery and biology of the giant squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, Mexico [R] // Caddy J E. Advances in assessment of world cephalopod resources. FAO Fisheries Paper 231, 1983: 306-340
- [16] Niñanullin Ch M, Nesis K N, Arkhipkin A. A review of the biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) [J]. Fish Res, 2001, 54: 9-19.
- [17] Nesis K N. *Dosidicus gigas* [C] // Boyle P R. Cephalopod life cycles. London: Academic Press, Academic Press, 1983: 375-383