

东太平洋赤道附近海域茎柔鱼(*Dosidicus gigas*) 渔业生物学的初步研究*

陈新军^{1, 2, 3} 李建华¹ 易倩¹ 刘必林^{1, 2, 3} 杨铭霞¹ 陆化杰^{1, 2, 3}

(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)

提要 根据 2011 年东太平洋赤道附近海域探捕期间采集的 1178 尾茎柔鱼样本, 进行了茎柔鱼的生物学特性研究。结果表明: 茎柔鱼胴长范围为 201—421mm, 平均胴长为 290mm, 优势胴长为 260—320mm; 体重范围为 200—2650g, 平均体重为 1000g, 优势体重为 600—1000g; 胴长与体重关系呈幂指数关系; 雌、雄性比为 2.59 : 1; 性腺成熟度以 I、II 期为主; 缠卵腺长和缠卵腺重随着性腺的成熟而逐步增大; 雌性初次性成熟胴长为 397.2mm; 摄食等级以 0—1 级为主; 与其它海域相比, 该海域茎柔鱼个体差异明显, 主要为小型群体。

关键词 茎柔鱼, 渔业生物学, 东太平洋赤道海域
中图分类号 Q955

茎柔鱼(*Dosidicus gigas*)隶属柔鱼科(Ommastrephidae)、茎柔鱼属(*Dosidicus*), 广泛分布于东太平洋北美洲北部 40°N 至智利南部 47°S, 在赤道附近向西延伸至 125°W。近 10 年来发现, 其分布向北已延伸至阿拉斯加附近海域, 向南延伸至智利南部高纬度海区(Gilly *et al.*, 2006; Zeidberg *et al.*, 2007)。自 20 世纪 90 年代大规模开发以来, 茎柔鱼现已成为东太平洋最重要的捕捞对象。其主要作业渔场分布在加利福尼亚湾(Nevárez-Martínez *et al.*, 2000; Morales-Bojórquez *et al.*, 2001)、哥斯达黎加冷水涡(Ichii *et al.*, 2002)、秘鲁沿岸和外海(Taipe *et al.*, 2001; Waluda *et al.*, 2004; 陈新军等, 2006)以及智利沿岸和外海(Rocha *et al.*, 2003; Zúñiga *et al.*, 2008; Liu *et al.*, 2010)等, 相关学者对上述海域的茎柔鱼渔业生物学特性均做了一定的研究。2012 年初, 我国鱿钓船首次发现了东太平洋赤道公海附近海域的茎柔鱼渔场, 渔汛持续时间长, 产量稳定。国内外对该海域的茎柔鱼渔业生物学研究还没有报道。为全面了解茎柔鱼在东太平洋海域的群体组成及其特性, 需要掌握东太平洋赤道附近海域茎

柔鱼渔业生物学特性, 科学分析其渔获物群体组成, 并与其他海域茎柔鱼进行比较分析。

1 材料与方法

1.1 采样时间和海域

茎柔鱼样本采集于 2011 年 12 月—2012 年 4 月, 鱿钓船为“宁泰 1 号”和“宁泰 2 号”, 作业海域为 114°—120°W、3°N—5°S。每天从渔获物中随机采集 15 尾以上的茎柔鱼, 累计样本 1178 尾, 样本冷冻后带回实验室分析测定。

1.2 生物学测定

将茎柔鱼样品解冻后, 对其生物学参数进行测定, 包括胴长、体重、性别、性腺成熟度、雌性卵巢重、雄性精巢重及雌、雄附属性腺重等。胴长测定精确至 1mm, 重量精确至 1g。参考 Linpinski 等(1995)和 Ehrhardt 等(1983)将性腺成熟度划分为 5 级。

1.3 研究方法

(1) 采用频度分析法分析渔获物胴长、体重组成, 组间距分别为 30mm、200g。

* 国家“863”高技术研究发展计划, 2012AA092303 号; 国家发改委产业化专项, 2159999 号; 上海市科技创新行动计划, 12231203900 号。陈新军, 教授, E-mail: xjchen@shou.edu.cn。同等贡献第一作者: 李建华, E-mail: 243621744@qq.com; 易倩, E-mail: qianyiqian1986@126.com

收稿日期: 2012-07-06, 收修改稿日期: 2012-08-27

(2) 采用线性回归法, 求取胴长与体重之间的关系:

$$W = bL^a \quad (1)$$

式中: W 为体重(g), L 为胴长(mm), a 、 b 为估算参数。

(3) 采用线性回归法拟合 Logistic 曲线, 推算柔鱼初次性成熟的胴长(Ricardo *et al*, 2001):

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{-(c+dl_i)}} \quad (2)$$

式中, P_i 为成熟个体占组内样本的百分比; l_i 为各组胴长(mm); 初次性成熟胴长($ML_{50\%}$) = $-c/d$ 。

2 结果

2.1 胴长组成

茎柔鱼渔获物胴长范围为 201—421mm, 平均胴长为 290mm, 优势胴长为 260—320mm, 占总数的 68.25%。雌性个体胴长范围为 201—421mm, 平均胴长为 291mm, 雄性个体胴长范围为 207—368mm, 平均胴长为 287mm。雌、雄性个体的优势胴长组均比较接近 260—320mm(图 1), 无显著性差异($P>0.05$)。样本中茎柔鱼最大体重为 2650g, 最小为 200g, 平均体重为 1000g。优势体重组为 600—1000g, 占总数的 81.49%, 小于 600g 的仅占总数的 8.40%, 大于 1000g 的占 10.10%(图 2)。

2.2 胴长与体重的关系

经拟合分析, 体重与胴长的关系式为(图 3):

$$\text{雌性: } W = 2.0 \times 10^{-5} L^{3.0651} \quad (R^2 = 0.8867, n = 853)$$

$$\text{雄性: } W = 1.0 \times 10^{-5} L^{3.1011} \quad (R^2 = 0.9557, n = 325)$$

2.3 繁殖生物学与摄食等级

2.3.1 性比 渔获样本中, 雌性个体为 853 尾, 雄性为 325 尾。分析表明, 雌、雄个体的性比为 2.59 1; 成熟个体的性别比为 9.75 1。统计检验表明: 雌性个体显著大于雄性($P<0.05$)。

2.3.2 性腺成熟度与胴长关系 分析表明, 样本中雌、雄性个体主要为未成熟个体, 分别占总数的 95.43% 和 98.77%, 样本中未出现繁殖后个体。见图 4。

性成熟 I 期中雌、雄性个体的胴长范围均为 200—350mm, 优势胴长分别为 230—290mm、230—320mm;

期雌、雄性个体的胴长范围均为 230—380mm, 优势胴长分别为 290—320mm、290—350mm; 、 期雌、雄性个体的胴长范围均为 290—410mm。雌、雄个体各期平均胴长均随着性腺成熟度的增加而增大。在相同性腺成熟度下, 雄性个体的茎柔鱼胴长大于雌性。

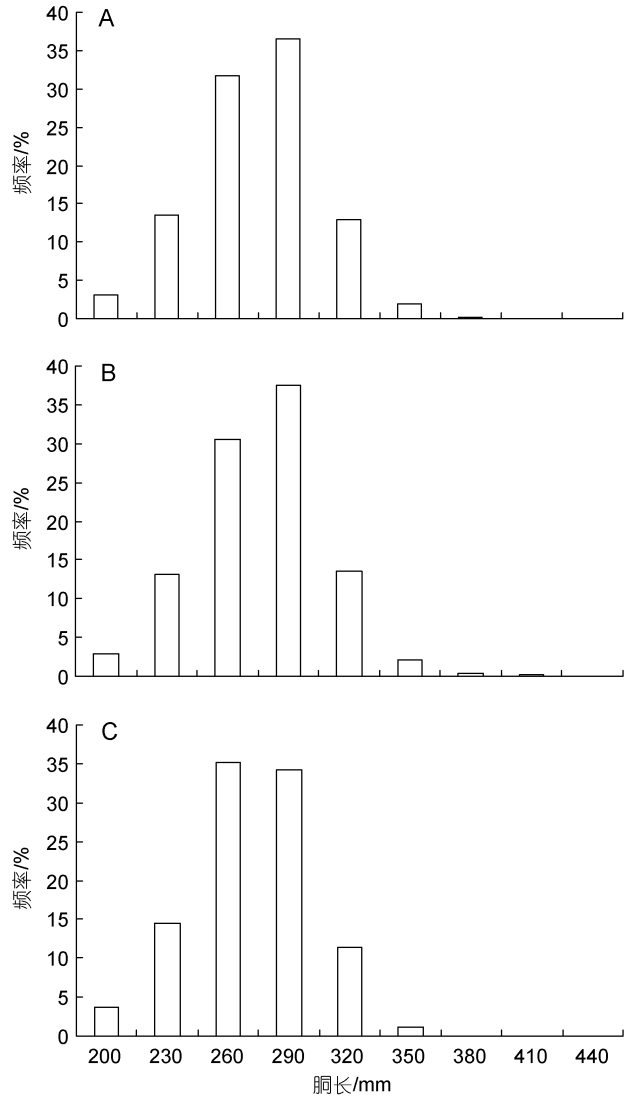


图 1 茎柔鱼的胴长组成
Fig.1 Distribution of mantle length of *D. gigas*
注: A. 总体; B. 雌性; C. 雄性

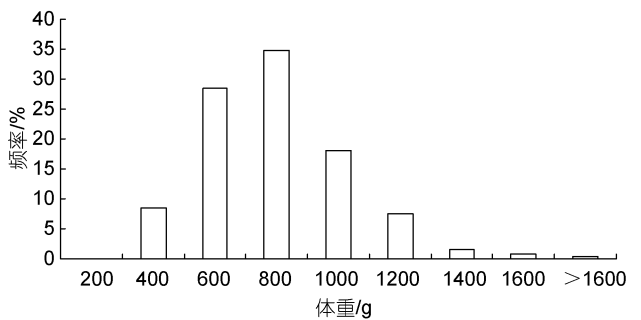


图 2 茎柔鱼的体重组成
Fig.1 Distribution of body weight of *D. gigas*

2.3.3 产卵腺指数 分析认为, 样本中柔鱼缠卵腺长为 14.13—68.99mm, 缠卵腺重为 0.015—2.22g,

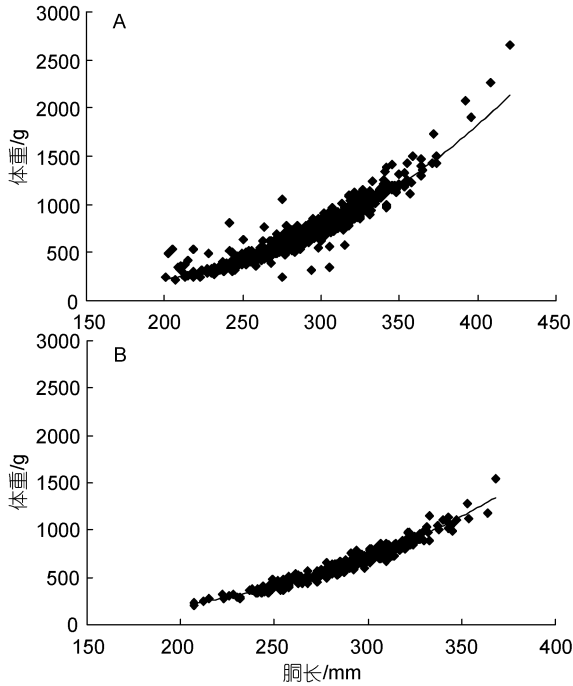


图 3 茎柔鱼胴长与体重的关系

Fig.3 Relationships between mantle length and body weight of *D. gigas*

注: A. 雌性; B. 雄性

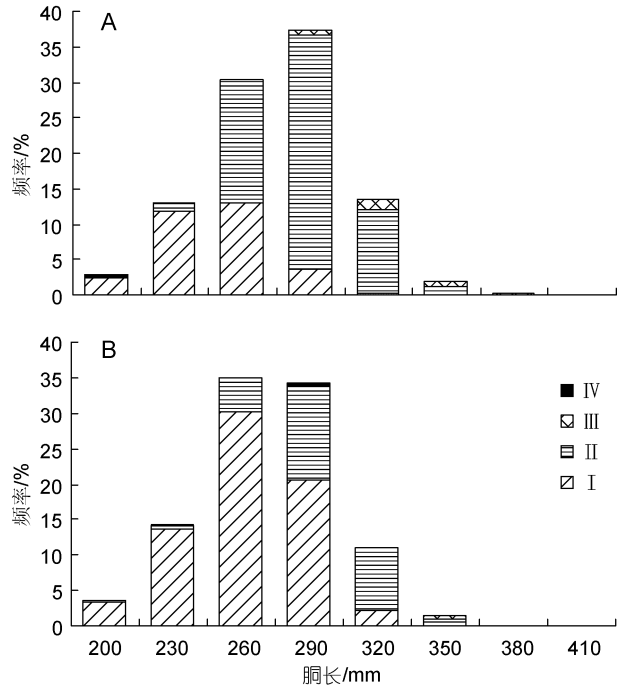


图 4 茎柔鱼性成熟度与胴长关系

Fig.4 Relationships between sexual maturity and mantle length of *D. gigas*

注: A. 雌性; B. 雄性

缠卵腺长与缠卵腺重呈指数关系(图 5), 其关系式如下:

$$W_{NG} = 0.0233 e^{0.0553L_{NG}} \quad (R^2 = 0.6048, n = 853)$$

式中, W_{NG} 为缠卵腺重(g); L_{NG} 为缠卵腺长(mm)。

不同性腺成熟度分析显示, 随着性腺成熟度的增加, 茎柔鱼缠卵腺长与缠卵腺重均不断增大($P < 0.05$) (表 1)。

2.3.4 初次性成熟的胴长估算 由于样本中雄性个体性成熟个体较少, 因此无法拟合雄性个体的初次性成熟与胴长的关系, 雌性个体性成熟度/胴长之间的关系为(图 6):

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{-(-29.2010 + 0.077042l_i)}} \quad (R^2 = 0.9773, n = 39, P < 0.001)$$

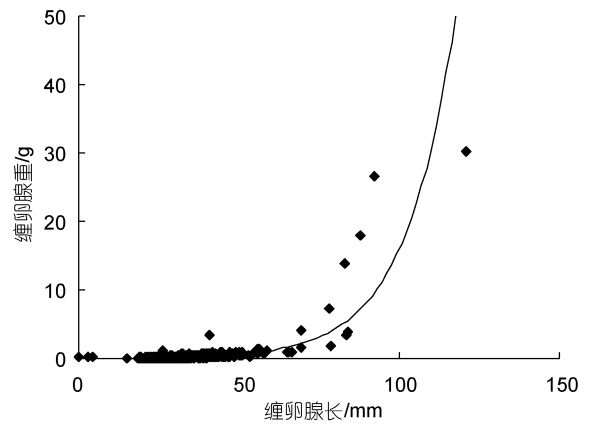


图 5 雌性茎柔鱼缠卵腺长与缠卵腺重关系

Fig.5 Relationships between nidamental gland length and its weight of female in *D. gigas*

表 1 雌性茎柔鱼不同性腺等级的缠卵腺长和缠卵腺重
Tab.1 Nidamental gland length and body weight in different maturity stages of female squid *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
	2.93	46.45	26.74	4.92	0.01	1.21	0.14	0.10
	4.27	65.12	36.08	5.54	0.02	3.35	0.30	0.20
	32.94	84.09	53.29	13.14	0.19	3.83	0.92	3.83
	69.24	120.95	90.64	19.00	13.76	26.50	22.10	7.54

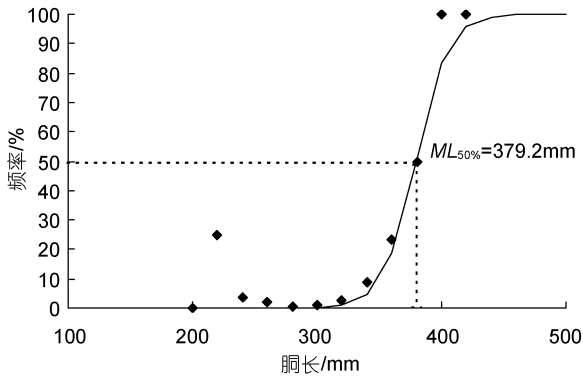


图6 茎柔鱼雌性个体初次性成熟的胴长

Fig.6 Mantle length at first maturity of female squid *D. gigas*

初次性成熟胴长 $ML_{50\%} = 397.2\text{mm}$ 。

2.3.5 摄食等级 摄食等级以0级为主, 占总数的46.86%, 其次是1级, 占总数的33.96%, 2级占总数的16.38%, 3级占总数的2.63%, 4级所占比重仅为0.17%。

3 分析与讨论

3.1 群体组成

本次探捕采集的茎柔鱼样本, 其渔获物中雌、雄个体的优势胴长组均为230—320mm, 雄性个体的平均胴长小于雌性个体。Markaida等(2001)报道: 加利福尼亚湾海域茎柔鱼雌、雄性胴长范围分别为108—875mm、245—505mm, 优势胴长540—740mm、440mm; 叶旭昌等(2001)调查表明, 秘鲁外海茎柔鱼胴长范围为200—880mm, 优势胴长为240—480mm; 智利外海胴长范围为287—702mm, 优势胴长为380—430mm, 体重范围为0.63—11.3kg, 优势体重为0.5—2.0kg(刘必林等, 2009); 哥斯达黎加外海茎柔鱼胴长范围为205—429mm, 优势胴长为260—360mm, 体重范围为0.17—1.69kg, 优势体重为0.2—1.0kg(李纲等, 2011)。由此可见, 东太平洋赤道海域茎柔鱼个体明显小于加利福尼亚湾、秘鲁和智利外海的茎柔鱼, 与哥斯达黎加外海的茎柔鱼较接近, 其群体组成在地理上差异及其原因需要进一步深入研究。

关于东南太平洋茎柔鱼的种群结构, 各国学者一般根据个体大小来划分为大小不同的群体。比如, Nigmatullin等(2001)、叶旭昌等(2001)认为, 按个体大小可将秘鲁专属经济区内的茎柔鱼分为大、中、小三个群体。Argüelles等(2001)根据1992年秘鲁水域鱿钓船调查的资料, 将茎柔鱼分为两个群体, 分别为胴长小于490mm的小群体和胴长大于520mm的大群

体。Nesis(1983)将茎柔鱼成体分为小型群(胴长200—300mm)、中型群(胴长340—450mm)和大型群(胴长大于460mm)。刘必林等(2009)认为, 在智利外海茎柔鱼也可能存在大、中、小3个群体。从胴长组成及达到性成熟的个体大小来看, 东太平洋赤道海域茎柔鱼应属于小型群体。

样本中茎柔鱼的胴长与体重存在明显的幂指数关系, 雌、雄性胴长与体重关系参数 a 和 b 分别为 2.0×10^{-5} 、 1.0×10^{-5} 和 3.07、3.10, 而在哥斯达黎加外海茎柔鱼生长参数 a 、 b 分别为 2.35×10^{-7} 和 2.59(李纲等, 2011), 秘鲁外海茎柔鱼生长参数 a 、 b 分别为 6×10^{-6} 和 3.26(叶旭昌等, 2001), 智利外海分别为 4×10^{-6} 和 3.34(刘必林等, 2009)。显然, 东太平洋赤道海域茎柔鱼的体型明显不同于哥斯达黎加外海, 而与秘鲁和智利外海茎柔鱼群体较为相似。

3.2 繁殖生物学

东太平洋赤道海域茎柔鱼雌、雄个体的性比为2.59:1, 远高于智利外海茎柔鱼性成熟时的1:1和加利福尼亚湾的0.62:1(Markaida *et al.*, 2001), 低于哥斯达黎加外海茎柔鱼雌、雄性比为3.76:1(李纲等, 2011)。成熟个体的雌、雄比为9.75:1, 成熟个体中, 雌性的数量显著大于雄性($P < 0.05$), 这与Markaida等(2001)研究中茎柔鱼的雄性成熟个体占总数的77%—84%不同, 与头足类繁殖时期成熟个体雄性比率高的观点也不同(王尧耕等, 2005), 由此可以推测, 在东太平洋赤道海域生产期间成熟个体的雄性个体已离开渔场, 结合样本中没有V期的样本, 未成熟个体达到95%以上, 因此作者推测该海域为索饵渔场, 生产期间1—4月大批茎柔鱼已开始产卵洄游。

本次渔获物中, 茎柔鱼性腺成熟度均以I、II期为主, 雌、雄性未成熟个体分别占总数的95.43%和98.77%。智利外海茎柔鱼性成熟度以III期为主, 比例为92%(刘必林等, 2009)。在加利福尼亚湾, 茎柔鱼为全年繁殖, 几乎每个月都有性成熟个体出现, 不存在特殊的繁殖峰期(Markaida *et al.*, 2004)。而该海域主要以未成熟个体为主, 可见探捕期间不是茎柔鱼的繁殖峰期。缠卵腺是茎柔鱼雌性繁殖系统的重要组织, 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。此外, Markaida等(2001)报道, 在加利福尼亚湾, 大型群体的茎柔鱼雌性在730mm时性成熟, 中型群体雌性在370mm时性成熟。本研究中雌性个体初次性成熟的胴长分别为397.2mm, 与秘鲁外海茎柔鱼的374mm(叶旭昌等,

2001)接近, 但明显小于 Tafur 等(2001)的研究结果(482.4mm)。

3.3 摄食

探捕期间, 哥斯达黎加外海茎柔鱼的摄食等级较低, 其中空胃率为 46.86%, 1 级占总数的 33.96%, 茎柔鱼是一种主动捕食的肉食性动物, 过高的空胃率可从 2 个方面来分析, 一是东太平洋赤道海域缺乏食物, 饵料丰度较为贫瘠, 但该海域由于赤道附近存在诸多的上升流, 饵料较为丰富; 其次是茎柔鱼处在生长阶段, 快速生长与消耗使得其空胃率较高。

东太平洋茎柔鱼分布极为广泛, 可供作业的海域也较多。但是, 目前从系统角度对茎柔鱼的基础生物学研究还较为缺乏, 今后应通过长时间各海域的资源调查, 结合耳石等硬组织的材料, 对其群体组成、生活史过程等进行系统研究, 全面掌握东太平洋茎柔鱼渔业生物学。

致谢 本研究得到国家远洋渔业工程技术研究中心(National Engineering Research Center for Oceanic Fisheries)和农业部大洋渔业资源环境科学观测实验站(Scientific Observing and Experimental Station of Oceanic Fishery Resources, Ministry of Agriculture, P. R. China)的资助, 谨致谢忱。

参 考 文 献

- 王尧耕, 陈新军, 2005. 世界大洋性经济柔鱼类资源及其渔业. 北京: 海洋出版社, 124—159
- 叶旭昌, 陈新军, 2001. 秘鲁外海茎柔鱼胴长组成及性成熟初步研究. 上海海洋大学学报, 16(4): 347—350
- 刘必林, 陈新军, 钱卫国, 2009. 智利外海茎柔鱼生物学特性的初步研究. 广东海洋大学学报, 29(1): 1—5
- 李 纲, 贾 涛, 刘必林等, 2011. 哥斯达黎加外海茎柔鱼生物学特性初步研究. 上海海洋大学学报, 20(2): 270—274
- 陈新军, 赵小虎, 2006. 秘鲁外海茎柔鱼产量分布及其与表温关系的初步研究. 上海水产大学学报, 15(1): 65—70
- Argüelles J, Rodhouse P G, Villegas P *et al*, 2001. Age, growth and population structure of the jumbo flying squid *Dosidicus gigas* in Peruvian waters. *Fisheries Research*, 54: 51—61
- Ehrhardt N M, Jacquemin P, Garcia F *et al*, 1983. On the fishery and biology of the giant squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, Mexico. FAO. *Advances in assessment of world cephalopod resources*. FAO Fisheries Technical Paper No.231, Rome: 306—320
- Gilly W F, Markaida U, Baxter C H *et al*, 2006. Vertical and horizontal migrations by the jumbo squid *Dosidicus gigas* revealed by electronic tagging. *Mar Ecol Prog Ser*, 324: 1—17
- Ichii T, Mahapatra K, Watanabe T *et al*, 2002. 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. *Mar Ecol Prog Ser*, 231: 151—166
- Linpinski M R, Underhill L G, 1995. Sexual maturation in squid: quantum or continuum. *South Africa Journal of Marine Science*, 15(1): 207—223
- Liu B L, Chen X J, Lu H J, Chen Y *et al*, 2010. Fishery biology of the jumbo flying squid *Dosidicus gigas* off the Exclusive Economic Zone of Chilean waters. *Scientia Marina*, 74(4): 687—695
- Markaida U, Quiñónez-Velázquez C, Sosa-Nishizaki O, 2004. Age, growth and maturation of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Gulf of California, Mexico. *Fisheries Research*, 66: 31—47
- Markaida U, Sosa-Nishizaki O, 2001. Reproductive biology of jumbo squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, 1995—1997. *Fisheries Research*, 54: 63—82
- Morales-Bojórquez E, Cisneros-Mata M A, Nevárez-Martínez M O *et al*, 2001. Review of stock assessment and fishery biology of *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, Mexico. *Fisheries Research*, 54: 83—84
- Nesis K N, 1983. *Dosidicus gigas*. In: Boyle P R ed. *Cephalopod Life*. Cycle Academic Press, London, 215—231
- Nevárez-Martínez M O, Hernández-Herrera A, Morales-Bojórquez E *et al*, 2000. Biomass and distribution of the jumbo squid (*Dosidicus gigas*; d'Orbigny, 1835) in the Gulf of California, Mexico. *Fisheries Research*, 49: 129—140
- Nigmatullin Ch M, Nesis K N, Arkhipkin A I, 2001. A review of the biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae). *Fisheries Research*, 54: 9—19
- Ricardo T, Piero V, Miguel R *et al*, 2001. Dynamics of maturation, seasonality of reproduction and spawning grounds of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in Peruvian waters. *Fisheries Research*, 54: 33—50
- Rocha F, Vega M, 2003. Overview of cephalopod fisheries in Chilean waters. *Fisheries Research*, 60: 151—159
- Tafur R, Villegas P, Rabi M *et al*, 2001. Dynamics of maturation, seasonality of reproduction and spawning ground of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda Ommastrephidae) in Peruvian waters. *Fisheries Research*, 54: 33—50
- Taipe A, Yamashiro C, Mariategui L *et al*, 2001. Distribution and concentration of jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) off the Peruvian coast between 1991 and 1999. *Fisheries Research*, 54: 21—32
- Waluda C M, Yamashiro C, Elvidge C D *et al*, 2004. Quantifying light-fishing for *Dosidicus gigas* in the Eastern Pacific using satellite remote sensing. *Remote Sens Environ*, 91: 129—133
- Zeidberg L D, Robison B H, 2007. Invasive range expansion by the Humboldt squid, *Dosidicus gigas*, in the eastern North Pacific. *Proc Natl Acad Sci USA*, 104: 12948—12950

- Zúñiga M J, Cubillos L A, Ibáñez C, 2008. A regular pattern of periodicity in the monthly catch of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) along the Chilean coast (2002—2005). *Cien Mar*, 34: 91—99

PRELIMINARY STUDY ON FISHERIES BIOLOGY OF *DOSIDICUS GIGAS* IN THE WATERS NEAR THE EQUATOR OF EASTERN PACIFIC OCEAN

CHEN Xin-Jun^{1,2,3}, LI Jian-Hua¹, YI Qian¹, LIU Bi-Lin^{1,2,3}, YANG Ming-Xia¹, LU Hua-Jie^{1,2,3}

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai, 201306; 2. The Key Laboratory of Oceanic Fisheries Resources Exploitation of Shanghai Education Commission, Shanghai Ocean University, Shanghai, 201306; 3. The Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources (Shanghai Ocean University), Ministry of Education, Shanghai, 201306)

Abstract Based on the samples of 1178 squids in total from Chinese squid jigging vessels near the equator of the eastern Pacific in 2011, the biological characteristics of *Dosidicus gigas* were studied. The results showed that the range of mantle length was from 201 to 421mm and the average attained 290mm, the dominant mantle length ranged from 260 to 320mm. Body weight was from 200g to 2650g and the average attained 1000g, the dominant body weight ranged from 600 to 1000g. The equation of the relationship between mantle length and body weight was fitted by power exponent. The sexual ratio of female to male was 2.59 : 1. The sexual maturity stage dominated I and II. The length and weight of nidamental gland of *D. gigas* increased with the growth of gland maturity. And the mantle length of first maturity of females was 397.2mm. The feeding stage dominated 0—1. It can be found that *D. gigas* near the equator is obvious different from that in the Gulf of California and waters off Chile, Peru and Costa Rica. We can conclude that the population of *D. gigas* near the equator of the eastern Pacific belongs to small group.

Key words *Dosidicus gigas*, Fisheries biology, Near the equator of eastern Pacific Ocean