

文章编号: 1674 - 5566(2012)05 - 0878 - 06

海洋水温对茎柔鱼资源补充量影响的初探

徐冰¹, 陈新军^{1,2,3}, 李建华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: 茎柔鱼是短生命周期种类,其资源量极易受到海洋环境变化的影响。根据2003-2010年我国鱿钓船队在东南太平洋公海的生产统计和海洋表面温度(SST)、Nino 1+2 SSTA等资料,利用灰色关联度方法,分析了茎柔鱼作业渔场和产卵场最适表层水温范围占总面积的比例(分别用 P_F 和 P_S 来表示),以及它们与Nino 1+2 SSTA的关系,进而探讨了 P_F 和 P_S 与单位捕捞努力量渔获量(CPUE)的关系,研究海洋环境变化对茎柔鱼资源补充量(用CPUE来表示)的影响。结果表明,2003-2010年 P_F 和 P_S 比值最大的分别集中在9-11月和12月-翌年1月。 P_S 与Nino 1+2 SSTA的灰色关联度要高于 P_F 与Nino 1+2 SSTA的值,由此推测厄尔尼诺等事件对 P_S 的影响较为显著。同时,分析结果表明 P_S 与CPUE的灰色关联度较高,在时间上呈现连续性,11月至翌年2月均在0.4左右。研究认为,拉尼娜事件会增大作业渔场最适表层水温面积比例,并形成广泛的上升流,从而有利于茎柔鱼索饵与生长,也利于茎柔鱼资源补充量的增加;反之则不利于茎柔鱼资源补充量的发生。

研究亮点: 根据我国鱿钓船在东南太平洋公海的生产统计和海洋表面温度等资料,分析了作业渔场和产卵场海洋环境变化对茎柔鱼资源补充量的影响。研究认为,拉尼娜事件可能促进了上升流,从而扩大了最适表层水温面积比例,有利于茎柔鱼索饵与生长,也利于茎柔鱼资源补充量的增加,造成渔场范围拓展;反之,适宜水温面积降低,不利于茎柔鱼资源补充量的发生。

关键词: 茎柔鱼;产卵场;索饵场;表温;资源补充量

中图分类号: S 931.4

文献标志码: A

茎柔鱼(*Dosidicus gigas*)广泛分布在加利福尼亚(37°N~40°N)至智利(45°S~47°S)的东太平洋海域^[1-2],是这一区域重要的经济捕捞对象。20世纪90年代以来,一些国家的鱿钓渔船在秘鲁、智利等外海海域钓捕茎柔鱼^[3-6],导致其产量急剧增加^[4-5]。但统计资料反映,20世纪90年代茎柔鱼年产量波动较大,例如1994年秘鲁外海茎柔鱼年产量达到16.4万吨,但1998年却只有0.6万吨^[4,7],而随后又有较大增长。茎柔鱼属于短生命周期种类,栖息环境的变化对其资源和分布影响十分明显^[4-5,7-8],条件适宜时,具有很强的恢复能力。

东太平洋海域受两个低速东部边界流(秘鲁海流和加利福尼亚海流)影响,并在信风作用下产生上升流。同时,当发生厄尔尼诺事件时会导致上升流减弱,相反当发生拉尼娜事件时会使上升流增强。产卵场是海洋动物重要的栖息地,直接影响资源补充群体的数量。ANDERSON和RODHOUSE^[9]、WALUDA等^[10]研究认为,厄尔尼诺和拉尼娜事件会影响茎柔鱼幼体和成熟体的生长、栖息等生活史过程。陈新军和赵小虎^[11]指出,茎柔鱼资源状况与海洋环境关系密切,特别是厄尔尼诺和拉尼娜事件。胡振明等^[12]研究认为,秘鲁沿岸的上升流对茎柔鱼渔场的形成和

收稿日期: 2012-02-22 修回日期: 2012-04-01

基金项目: 国家高技术研究发展计划(2012AA092301;2012AA092303);教育部博士点基金(20093104110002);曙光计划跟踪项目(08GG14);上海市捕捞学重点学科建设项目(S30702)

作者简介: 徐冰(1985—),男,硕士研究生,研究方向为渔业资源学。E-mail: xubingtc@126.com

通讯作者: 陈新军, E-mail: xjchen@shou.edu.cn

分布具有重要影响。为此,本文应用灰色关联分析方法,根据 2003 - 2010 年我国鱿钓船在秘鲁外海的生产统计数据、茎柔鱼作业渔场和产卵场 SST 数据、以及 Nino 1 + 2 SSTA 等资料,分析产卵场海洋环境变化对茎柔鱼种群的资源补充和分布的影响,了解其变化规律,为茎柔鱼资源的养护和可持续利用提供依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

生产数据来自中国远洋渔业协会鱿钓技术组,为 2003 年 1 月 - 2010 年 12 月我国东南太平洋海域的鱿钓生产统计数据,内容包括日期、经度、纬度、日产量和渔船数。通常用来表征 El Nino 和 La Nina 现象的指标有 Nino 1 + 2、Nino 3.4 等指标,本研究中采用 Nino 1 + 2 SSTA 指标来表达。其数据来自美国国家海洋大气局 (NOAA) 气候预报中心网站 (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>),时间范围为 2003 - 2010 年,时间分辨率为月。海洋表面温度 (SST) 数据来自美国哥伦比亚海洋环境数据库 (<http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/CARTON2GIESE/SODA/>),范围为 20°N ~ 20°S, 70°W ~ 110°W,时间分辨率为月,空间分辨率分别为 1° × 1°。

1.2 研究方法

(1) 根据中国远洋渔业协会鱿钓技术组提供的 2003 - 2010 年中国鱿钓船船队生产统计数据,计算各鱿钓船年平均日产量 (CPUE, 单位为 t/d),以作为资源量的相对密度。由于茎柔鱼是短生命周期的种类,因此当年的 CPUE 可作为反映其资源补充量的指标。

(2) WALUDA 等^[10]根据卫星遥感确定了鱿钓船队的作业范围,以此为依据将作业渔场规定在 20°N ~ 20°S、70°W ~ 110°W 范围,并将 SST 为 17 ~ 22 °C 定义为其渔场最适表温^[2,7],同时计算最适表层水温范围占总面积的比例 (P_F),以此来表达其栖息环境的适宜程度;有关文献表明^[9-10],茎柔鱼推测的产卵场可能为 0°N ~ 15°N、85°W ~ 100°W, SST 24 ~ 28 °C 为其产卵的最适水温^[5],为此我们计算其产卵场最适表层水温范围占总面积的比例 (P_S),以表征茎柔鱼产卵时栖息环境的适宜程度。因为茎柔鱼是短生命周期的种类,其产卵场海洋环境直接影响到茎柔

鱼资源补充量的情况。

(3) 利用灰色关联度方法分析 2003 - 2010 年各月茎柔鱼作业渔场 P_F 和产卵场 P_S 与 Nino 1 + 2 SSTA 的关系,以此探讨厄尔尼诺现象对茎柔鱼产卵场和作业渔场适宜环境的影响。

(4) 利用灰色关联度方法分析 2003 - 2010 年各月茎柔鱼作业渔场 P_F 和产卵场 P_S 与当年 CPUE 及前一年 CPUE 的关系,以此探讨 2 个海域渔场环境变化对其资源补充量的影响或者滞后影响。

(5) 灰色关联度计算方法见陈新军^[13]。

2 结果

2.1 各年 CPUE 及产量关系

2003 - 2010 年中 CPUE 最高为 2004 年的 7.1 t/d,最低为 2006 年的 4.08 t/d。产量最高为 2004 年的 126.6×10^3 t,最低为 2007 年的 22.2×10^3 t (图 1)。由图 1 可知,茎柔鱼年产量和年 CPUE 在 2004 年达到最高值,而 2005 - 2010 年产量明显下降,基本稳定在 $20.0 \times 10^3 \sim 30.0 \times 10^3$ t 范围内,CPUE 则保持在 4.0 ~ 6.0 t/d 范围内。

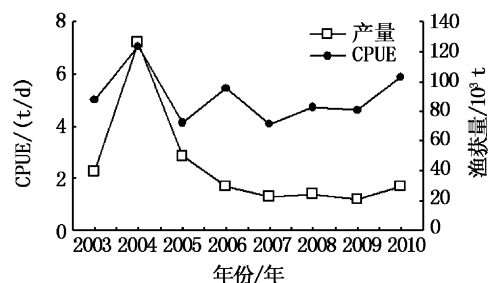


图 1 2003 - 2010 年茎柔鱼产量和年 CPUE 分布图
Fig.1 Annual catch per unit effort (CPUE) and catch of *Dosidicus gigas* from 2003 to 2010

2.2 作业渔场和产卵场最适表温范围分析

2003 - 2010 年作业渔场 (20°N ~ 20°S, 70°W ~ 110°W) 各月表层水温基本保持在 14 ~ 31 °C,产卵场 (0°N ~ 15°N, 85°W ~ 100°W) 表层水温基本保持在 19 ~ 31 °C,但是它们最适表温范围变化较大 (表 1)。以 2010 年为例,1 - 12 月作业渔场 P_F 最大为 46.4%,最小为 2.00%;1 - 12 月产卵场 P_S 最大为 84.0%,最小为 9.9% (如表 1)。

表 1 2003-2010 年作业渔场和产卵场最适表温范围

Tab.1 The range of PFSSTA in fishing ground and spawning ground from 2003 to 2010		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
作业渔场	最小值	1.3	0.5	1.8	0.5	0.5	0.7	0.3	2.0
	最大值	31.5	37.3	40.4	25.3	46.6	32.6	28.3	46.4
产卵场	最小值	10.8	22.4	17.5	25.2	15.7	11.2	21.6	9.9
	最大值	76.9	87.1	90.7	94.3	80.5	91.6	93.9	84.0

2003-2010 年各月作业渔场 P_F 最大的月份集中在 9 月、10 月和 11 月,最大为 46.6%;最小的月份集中在 2 月和 3 月,最小为 0.3% (图 2)。产卵场 P_S 最大的月份集中在 1 月和 12 月,最大为 94.3%;最小的月份集中在 3 月、4 月和 5 月,最小为 9.0% (图 2)。

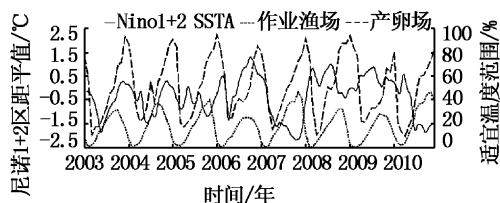


图 2 2003-2010 年 Nino 1+2 SSTA 与作业渔场、产卵场的最适表温范围之间关系

Fig.2 The distribution of Nino 1+2 SSTA and PFSSTA in fishing ground and spawning ground from 2003 to 2010

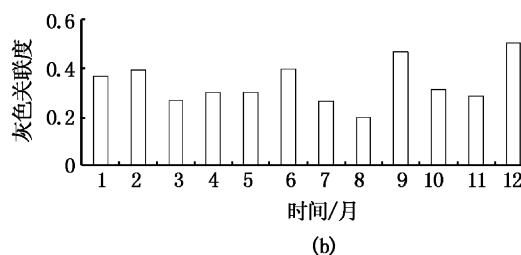
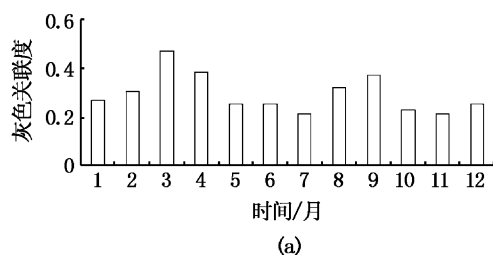


图 3 2003-2010 年茎柔鱼年 CPUE 与当年 (a) 及前一年 (b) 渔场各月最适表温范围的灰色关联度

Fig.3 Grey correlation between CPUE and proportion of favorable SST for *Dosidicus gigas* in fishing ground (a) during the fishing period and (b) the season prior to recruitment

分别将 2003-2010 年各月产卵场 P_S 与当年以及前一年 CPUE 作灰色关联分析,经统计得出关联度最高为前一年 2 月份的 0.56,最低为当年 10 月份的 0.17 (图 4)。从图 4 中可看出,2003-2010 年茎柔鱼 CPUE 与当年和次年产卵场 P_S 的灰色关联度在 11、12 月份和当年 1、2 月份都保持在 0.40 及其以上,在所有月份中位居最高的 4 个

2.3 各年 Nino 1+2 SSTA 与作业渔场及产卵场最适表温范围之间的关系

2003-2010 年 Nino 1+2 SSTA 与作业渔场 P_F 及产卵场 P_S 的关系如图 2 所示。灰色关联分析认为,Nino 1+2 SSTA 与作业渔场 P_F 的灰色关联度为 0.31,低于 Nino 1+2 SSTA 与产卵场 P_S 的灰色关联度 0.37。由此认为,Nino 1+2 SSTA 对产卵场 P_S 的影响较为明显。

2.4 作业渔场和产卵场的最适表温范围与 CPUE 之间的关系

分别将 2003-2010 年各月作业渔场 P_F 与当年以及前一年 CPUE 作灰色关联分析,经统计得出,关联度最高为前一年 12 月份的 0.50 (图 3b),最低为前一年 8 月份的 0.20 (图 3b)。由此可见,2003-2010 年茎柔鱼 CPUE 与当年作业渔场 P_F 的灰色关联度最高月份连续出现在 3-4 月 (图 3a),而与次年作业渔场 P_F 的灰色关联度最高月份连续出现在 12 月-翌年 2 月 (图 3b)。

月。

3 讨论

3.1 产卵场 P_S 与厄尔尼诺和拉尼娜的关系

由灰色关联分析得出,产卵场 P_S (24~28℃) 与 Nino 1+2 SSTA 的灰色关联度高于作业渔场 P_F (17~22℃) 与 Nino 1+2 SSTA 的灰色关联

度,由此可知厄尔尼诺等事件对产卵场 P_s 的影响较为明显。其中产卵场 P_s 最大的月份集中在 1 月和 12 月,最高为 94.3%,同时 2003 - 2010 年间 1 月和 12 月多伴随有拉尼娜事件发生。产生

这种现象的原因可能是发生厄尔尼诺事件时,由于沿海离岸风的减弱,使得上升流范围下降,使原先产卵场 P_s 减小;反之受拉尼娜事件影响时,上升流范围扩大,产卵场 P_s 增大。

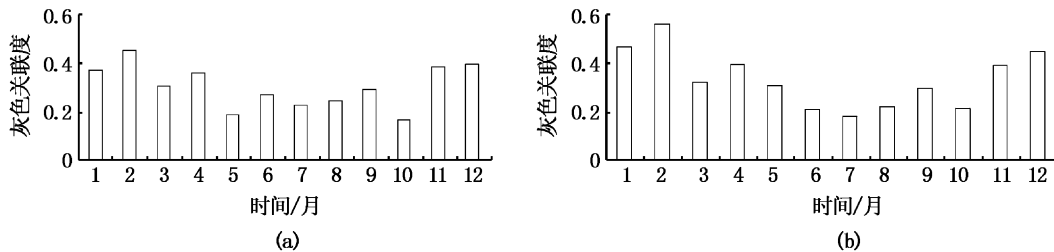


图 4 2003 - 2010 年茎柔鱼年 CPUE 与当年 (a) 及前一年 (b) 产卵场各月最适表温范围的灰色关联度

Fig. 4 Grey correlation between CPUE and proportion of favorable SST for *Dosidicus gigas* in spawning ground (a) during the fishing period and (b) the season prior to recruitment

3.2 产卵场 P_s 与茎柔鱼资源补充量的关系

受拉尼娜事件影响,产卵场 P_s 在 1 月和 12 月较大,基本维持在 63.0% ~ 94.0% (图 2),并且与 CPUE 的灰色关联度较高。研究认为, P_s 增大可反映出秘鲁外海海水表面温度降低,同时形成较为强劲的上升流使海水中的营养盐更为丰富。所以在东南太平洋海域,上升流和初级生产力的变化对茎柔鱼资源补充量的影响是比海水温度变化更为重要的环境影响因子^[10],例如 1997 年和 1998 年由于受厄尔尼诺事件影响秘鲁外海上升流减弱,茎柔鱼产量显著减少^[10]。NENARZ-MZRTINEZ 等^[3]和 ICHII 等^[5]也同样指出在加州海湾海域,SST 并非影响柔鱼资源量和分布的主要限制因子,而是更容易受上升流影响^[14]。

另外受拉尼娜事件影响,导致海域内初级生产力和次级生产力发生变化,即茎柔鱼的捕食对象资源量的变化^[2]。在拉尼娜事件发生时,受上升流影响秘鲁外海海域的浮游生物量显著增加^[15],为茎柔鱼的捕食对象提供了一个丰富的营养基础,间接地为茎柔鱼自身的生长和繁殖提供了一个良好的物质基础。同时,以捕食茎柔鱼的掠食者,其数量下降或分布海域的转移都可为茎柔鱼生长繁殖提供一个较好的栖息环境,有助于在这一海域茎柔鱼资源量增加。例如在秘鲁外海以捕食茎柔鱼为主的黄鳍金枪鱼在拉尼娜事件发生时数量明显减少^[2,16]。在东南太平洋海域,抹香鲸是捕食茎柔鱼的主要掠食者之一,它

们活动的变化情况被认为对加利福尼亚湾的茎柔鱼资源变化有重要影响^[17]。在信风和上升流的影响下,东南太平洋茎柔鱼个体生长会加快^[2],这也会导致茎柔鱼产量增加。

3.3 产卵场 P_s 与 CPUE 的关系

从图 4 中得出,2003 - 2010 年茎柔鱼产卵场 P_s 与年 CPUE 的灰色关联度在前一年的 11 月、12 月和当年的 1 月、2 月较高且在时间上具有连续性,这表明当这四个月 P_s 较高时,对作业渔船捕捞茎柔鱼具有积极的影响作用。分析认为,由于柔鱼是短周期生命种类,其资源变动极易受环境变化影响^[18],且茎柔鱼产卵高峰期为当年 10 月至翌年 1 月^[7],因此 P_s 越大越可以为茎柔鱼产卵繁殖提供一个较好的生活环境,提高了柔鱼幼体的存活率,有利于柔鱼幼体的孵化和生长,为来年茎柔鱼资源补充量的增加提供可能。

本文以茎柔鱼作业渔场及产卵场最适表层水温范围面积数据和鱿钓产量数据为基础,分析得出茎柔鱼资源量与厄尔尼诺和拉尼娜事件及上升流的关系,但数据较为单一,所以在今后的研究工作中仍需进一步的验证,包括对茎柔鱼捕食与被捕食的关系在内的生活史阶段进行深入研究,并在研究中加入如叶绿素浓度、盐度和其他影响产卵场环境的海洋气候变化。

感谢国家远洋渔业工程技术研究中心和农业部大洋渔业资源环境科学观测实验站对本研究提供的资助。

参考文献:

- [1] WALUDA C M, YAMASHIRO C, ELVIDGE C D. Quantifying light-fishing for *Dosidicus gigas* in the eastern Pacific using satellite remote sensing [J]. Remote Sensing of Environment, 2004, 91(2): 129-133.
- [2] 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, 54:9-19.
- [3] NENAREZ-MARTINEZ M O, HERNANDEZ-HERRERA A, MORALES-BOJORQUEZ E, et al. Biomass and distribution of the jumbo squid (*Dosidicus gigas*; dOrbigny 1835) in the Gulf of California, Mexico [J]. Fisheries Research, 2000, 49(2):129-140.
- [4] YAMASHIRO C, MARIATEGUI L, RUBIO J, et al. Jumbo flying squid fishery in Peru. In: Okutani T (ed) Large pelagic squids[R]. Tokyo: Japan Marine Fishery Resources Research Center, 1998:119-125.
- [5] 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.
- [6] ROCHA F, VEGA M A. Overview of cephalopod fisheries in Chilean waters [J]. Fisheries Research, 2003, 60(1): 151-159.
- [7] TAIPE 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.
- [8] KUROIWA M. Exploration of the jumbo squid, *Dosidicus gigas*, resources in the Southeastern Pacific Ocean with notes on the history of jigging surveys by the Japan marine fishery resources research center[R]//OKUTANI T. Large pelagic squids. Tokyo: Japan Marine Fishery Resources Research Center, 1998:89-105.
- [9] ANDERSON C I H, RODHOUSE P G. Life cycles, oceanography and variability: ommastrephid squid in variable oceanographic environments [J]. Fisheries Research, 2001, 54(1):133-143.
- [10] WALUDA C M, YAMASHIRO C, RODHOUSE P G. Influence of the ENSO cycle on the light-fishery for *Dosidicus gigas* in the Peru Current: An analysis of remotely sensed data [J]. Fisheries Research, 2006, 79(1/2):56-63.
- [11] 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.
- [12] 胡振明, 陈新军, 周应祺. 秘鲁外海茎柔鱼渔场分布和水温结构的关系[J]. 水产学报, 2009, 33(5):770-777.
- [13] 陈新军. 灰色系统在渔业科学中应用[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [14] O'DOR R K. Big squid in big currents [J]. South African Journal of Marine Science, 1992, 12(1):225-235.
- [15] ALHEIT J, NIQUEN M. Regime shifts in the Humboldt current ecosystem[J]. Progress In Oceanography, 2004, 60(2/4): 201-222.
- [16] CHAVEZ F P, RYAN J, LLUCH-COTA S E, et al. From anchovies to sardines and back: multidecadal change in the Pacific Ocean [J]. Science, 2003, 299(5604):217-221.
- [17] JAQUET N, GENDRON D, COAKES A. Sperm whales in the Gulf of California: residency, movements, behavior, and the possible influence of variation in food supply [J] Marine Mammal Science, 2006, 19(3):545-562.
- [18] WALUDA C M, RODHOUSE P G. Remotely sensed mesoscale oceanography of the Central Eastern Pacific and recruitment variability in *Dosidicus gigas* [J]. Marine Ecology Progress Series, 2006, 310: 25-32.

Preliminary study on the influence of water temperature on the recruitment of *Dosidicus gigas*

XU Bing¹, CHEN Xin-jun^{1,2,3}, LI Jian-hua¹

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

Abstract: *Dosidicus gigas* is a short-lived species and its recruitments would be affected by change of environmental conditions. Based on the fishing data collected by Chinese squid jigger fleets, and sea surface temperature (SST) and Nino 1 + 2 SSTA data, in the high sea waters of Southeastern Pacific Ocean from 2003 to 2010, the grey correlations between the proportion of favorable SST in the fishing ground and spawning ground (indicated by P_F and P_S , respectively) are analyzed, and the relationship between P_F , P_S and CPUE are also analyzed to evaluate the effect of changable environment on recruitment of *D. gigas* respectively. The results indicated that the largest proportions of favorable SST in fishing ground are from September to November, and from December to January of the next year for the spawning ground. The grey correlation between the P_S and Nino 1 + 2 SSTA is higher than that between the P_F and Nino 1 + 2 SSTA, which shows that the effect of Nino 1 + 2 SSTA on spawning ground is significant. Meanwhile, the correlation between P_S and CPUE is higher with the value of above 0.4 and exhibits continuity in time from November to February of the next year. The results indicated that the La Nina condition could increase the proportion of favorable SST in the fishing ground and form the wide upwelling, which is beneficial to *D. gigas*' feeding and growth, and improve the recruitment of *D. gigas*. Otherwise, the adverse environmental condition will be not helpful to the recruitment of *D. gigas*.

Key words: *Dosidicus gigas*; spawning ground; feeding ground; sea surface temperature; recruitment