

文章编号: 1674 - 5566(2015)02 - 0280 - 07

2003 - 2012 年秘鲁外海茎柔鱼资源丰度年间变化分析

许骆良^{1,2}, 陈新军^{1,2,3,4}, 汪金涛^{1,2,3,4}

(1. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306; 2. 远洋渔业协同创新中心, 上海 201306; 3. 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; 4. 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306)

摘要: 茎柔鱼是世界上重要的经济头足类, 也是我国大陆鱿钓渔业最重要的捕捞对象之一。根据中国大陆鱿钓船 2003 - 2004 年、2006 - 2012 年 9 年的渔业生产统计数据和卫星遥感获得的海洋环境数据, 利用广义线性模型 (generalized linear model, GLM) 和广义加性模型 (generalized additive model, GAM) 对秘鲁外海茎柔鱼的资源丰度进行 CPUE 标准化, 分析秘鲁外海茎柔鱼资源丰度年际变化。经显著性检验, 得到最终选择加入模型的自变量有年、月、纬度、经度、叶绿素浓度、年与经度交互项、年与纬度交互项、月与经度交互项、月与纬度交互项共 9 个自变量。GAM 结果表明, 模型自变量对因变量的决定系数高达 42.3%。标准化后 CPUE 与名义 CPUE 变化趋势相同, 年平均略低于名义 CPUE, 2003 - 2012 年秘鲁外海茎柔鱼资源丰度年间变化较大, 资源丰度最高的年份为 2004 年, GLM 标准化后的平均 CPUE 为 7.94 t/d; 资源丰度最低的年份为 2007 年, GLM 标准化后的平均 CPUE 为 3.28 t/d。

研究亮点: 充分利用了中国远洋渔业协会鱿钓技术组近十年来积累的秘鲁外海茎柔鱼渔业生产数据, 对其资源量年间变化进行比较分析, 时间跨度长, 数据珍贵, 研究方法科学有效, 研究结果参考价值高, 可成为资源评估和管理的依据。

关键词: 秘鲁; 茎柔鱼; 广义线性模型; 广义加性模型; 资源丰度

中图分类号: S 932.4

文献标志码: A

茎柔鱼 (*Dosidicus gigas*) 是大洋性浅海种, 资源量大, 广泛分布于东太平洋的加利福尼亚 (37°N) 到智利 (47°S) 一带海域^[1-3]。秘鲁外海作为茎柔鱼的重要渔场之一, 于 20 世纪 90 年代开始被开发, 我国于 2001 年首次在秘鲁外海对这一资源进行开发利用, 目前已经成为我国大陆鱿钓渔业最重要的捕捞对象之一。茎柔鱼属于短生命周期种类, 其资源丰度与海洋环境因子之间联系紧密, 并且极易受到厄尔尼诺 (El Niño) 和拉尼娜 (La Niña) 现象的影响^[4], 资源量年间差异大。如何使用合理的方法对其进行资源评估是重要的研究内容。

单位捕捞努力量渔获量 (CPUE) 是表达资源量丰度的指标, 影响名义 CPUE 因素有很多, 如时

间和空间要素 (年、月、经度、纬度)、捕捞效率 (渔船吨位和马力、渔具、助渔设备等) 及海洋环境条件 (如海表温 SST) 等。标准化后的 CPUE, 排除了其他因素对其值的影响, 可以更好地反映资源量丰度值和其变化情况。CPUE 标准化的常用方法是使用广义线性模型进行多元线性回归^[5]。某些影响因子与 CPUE 的关系可能是非线性的^[6-7], 广义加性模型被用来处理非线性关系^[8]。本文根据中国大陆鱿钓船 2003 - 2004 年、2006 - 2012 年 9 年在秘鲁外海的渔业生产统计数据和卫星遥感获得的渔场环境数据, 利用 GLM 和 GAM 模型对秘鲁外海茎柔鱼 CPUE 进行标准化, 分析了秘鲁外海茎柔鱼资源丰度年间变化, 为准确了解茎柔鱼资源变动和评估管理茎柔

收稿日期: 2014-09-17 修回日期: 2014-10-19

基金项目: 国家高技术研究发展计划 (2012AA092303); 国家发改委产业化专项 (2159999); 上海市科技创新行动计划 (12231203900); 国家科技支撑计划 (2013BAD13B01)

作者简介: 许骆良 (1990—), 男, 硕士研究生, 研究方向为渔业资源学。E-mail: xllxxxly@yeah.net

通信作者: 陈新军, E-mail: xjchen@shou.edu.cn

鱼资源提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 渔业数据

渔业数据来源于中国远洋渔业协会鱿钓技术组,数据的时间跨度为2003-2004年、2006-2012年。数据字段包括时间、经度、纬度、产量和平均产量。时间分辨率为天,空间分辨率为 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 。本研究忽略渔船之间的差异。

1.2 海洋环境数据

选择作为影响因子的海洋环境数据包括海表面温度(SST)、海平面高度(SSH)、叶绿素(Chl-a)浓度、和海表面温度水平梯度(GSST)。SST、SSH和Chl-a的数据来自于网站 http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.IGOSS/.data_products.html。 k 经度 j 纬度的 GSST 的计算公式如下^[9]:

$$GSST_{j \cdot k} = \frac{\sqrt{(SST_{j+1 \cdot k} - SST_{j-1 \cdot k})^2 + (SST_{j \cdot k+1} - SST_{j \cdot k-1})^2}}{2} \quad (1)$$

所有数据的时间分辨率为月,空间分辨率为 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 。

1.3 统计模型

GLM模型:本研究假设CPUE数据服从对数正态分布^[10],模型表达式为:

$$\ln(\text{CPUE} + \sigma) = k + \sum (a_i \times x_i) + \varepsilon \quad (2)$$

式中: σ 为CPUE总平均值的10%,加入这个常数项是为了解决CPUE为0的情况,在本研究中, $\sigma = 0.47$; k 为模型的截距; x_i 为第 i 个自变量,是对CPUE有显著影响的因子, a_i 为第 i 个显著因子的偏斜系数。 ε 是误差项,假设其服从均值为零的正态分布。

GAM模型:GAM模型是GLM模型的拓展,可以更好地描述自变量与因变量之间的非线性关系,模型表达式为^[11]:

$$\ln(\text{CPUE} + \sigma) = k + \sum f_i(x_i) + \varepsilon \quad (3)$$

式中: σ 、 ε 、 k 、 x_i 的含义和GLM模型一样, f_i 为平滑函数,它描述了第 i 个因子与因变量之间的线性(当 f_i 为线性函数时)或非线性关系。

本研究的统计分析由SPSS,S-plus和R语言软件处理。

2 结果

2.1 自变量 $\ln(\text{CPUE} + \sigma)$ 的分布检验

频率分布图显示, $\ln(\text{CPUE} + \sigma)$ 趋向于服从正态分布($\mu = 1.40, \sigma^2 = 0.61$;图1),在正态Q-Q图中(图2),数据点集中在对角线上, $\ln(\text{CPUE} + \sigma)$ 服从正态分布的假设是合理的。

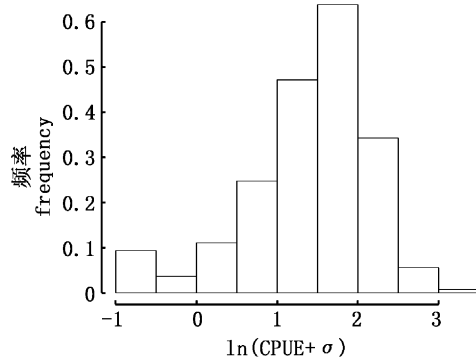


图1 $\ln(\text{CPUE} + \sigma)$ 频次分布

Fig. 1 Frequency distribution of $\ln(\text{CPUE} + \sigma)$

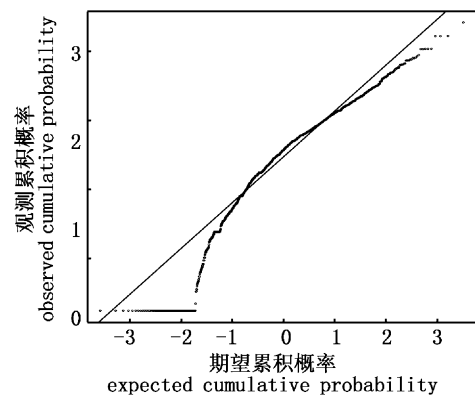


图2 正态Q-Q图

Fig. 2 Normal Q-Q figure

2.2 GLM模型分析和回归诊断

将所有的变量加入GLM模型,并且加入时间与空间的交互项即年和经度($\text{year} * \text{lon}$),年和纬度($\text{year} * \text{lat}$),月和经度($\text{month} * \text{lon}$),月和纬度($\text{month} * \text{lat}$),见表1。

以 $P \leq 0.05$ 来确认因变量具有显著性。最终选择加入GLM模型的自变量有年($\text{year}, P = 0.050$),月($\text{month}, P = 0.005$),纬度($\text{lat}, P = 0.022$),经度($\text{lon}, P = 0.037$),叶绿素浓度($\text{chl}, P < 0.001$),年与经度交互项($\text{year} * \text{lon}, P = 0.037$),年与纬度交互项($\text{year} * \text{lat}, P = 0.022$),

月与经度交互项 ($\text{month} * \text{lon}$, $P=0.016$), 月与纬度交互项 ($\text{month} * \text{lat}$, $P < 0.001$), 一共 9 个自变量, 包括 5 个解释变量和 4 个交互项。将选出的自变量加入 GLM 模型。对 GLM 模型进行回归诊断, 绘制残差诊断图。

残差正态 Q-Q 图表明残差趋向服从均值为 0 的正态分布 (图 3), 残差拟合图中的点大多数呈随机分布, 残差与拟合值之间没有明显的关系 (图 4), 这表明 GLM 模型较好地拟合了数据。

表 1 自变量显著性检验

Tab. 1 The significant test of variables

自变量 independent variable	估计系数 estimated coefficient	标准差 SD	t 值 t-value	P 值 P-value
截距 intercept	569.600	295.100	1.930	0.054
年 year	-0.284	0.147	-1.932	0.050
月 month	0.360	0.127	2.831	0.005
纬度 lat	4.648	2.027	2.293	0.022
经度 lon	-7.080	3.399	-2.083	0.037
叶绿素浓度 chl	-0.107	0.025	-4.306	0.000
海表面温度 sst	-0.001	0.001	-0.607	0.544
海表面高度 ssh	0.001	0.002	0.464	0.643
海表面温度水平梯度 gsst	0.006	0.014	0.418	0.676
年 * 纬度 year * lat	-0.002	0.001	-2.285	0.022
年 * 经度 year * lon	0.004	0.002	2.091	0.037
月 * 纬度 month * lat	-0.004	0.001	-3.846	0.000
月 * 经度 month * lon	-0.004	0.001	-2.411	0.016

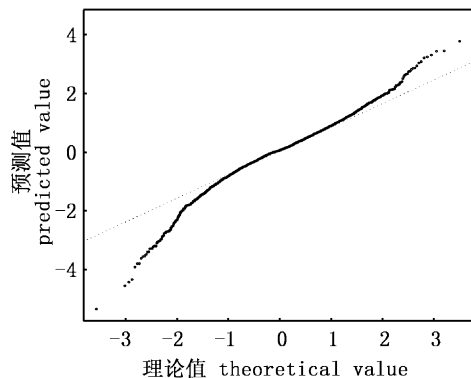


图 3 残差正态 Q-Q 图

Fig. 3 Normal Q-Q figure of residue

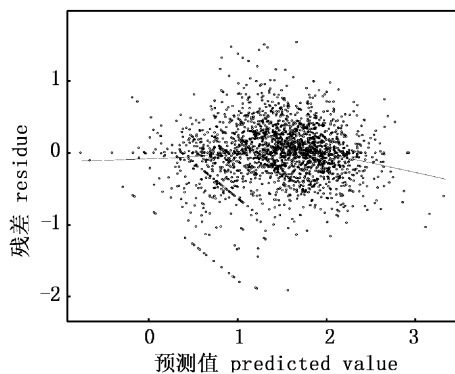


图 4 残差图

Fig. 4 Residue figure

2.3 GAM 模型分析和回归诊断

将 GLM 模型挑选出的 9 个自变量按显著性由大到小的顺序依次加入 GAM 模型中去, 比较 AIC 值 (表 2)。加入 9 个自变量的 AIC 值最高, 并且 R^2 值最大, 在赤池信息准则下为最优模型。

表 2 GAM 模型的 R^2 和 AIC 值

Tab. 2 R^2 and AIC value of GAM model

加入的自变量 joined independent variable	决定系数 R^2	AIC 值 AIC-value
叶绿素浓度 chl	0.033	1 568.3
月 * 纬度 month * lat	0.201	1 116.3
月 month	0.236	1 097.2
月 * 经度 month * lon	0.376	1 088.6
年 * 纬度 year * lat	0.382	507.5
经度 lon	0.394	486.9
纬度 lat	0.401	451.1
年 * 经度 year * lon	0.412	447.9
年 year	0.423	440.8

由图 5 的残差 Q-Q 分布图显示, 模型的残差趋向服从均值为零的正态分布。图 6 为模型拟合值和实际观测值的拟合图, 大部分点集中在图形的对角线上, 说明模型较好地拟合了数据, 图形中 $y = -0.79$ 处有一系列连续的点, 这是 CPUE 观测值为 0 的数据在模型中的体现 [$\sigma =$

0.47, $\ln(0 + \sigma) = -0.79$]。

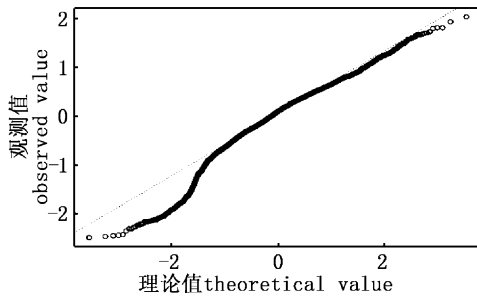


图 5 残差正态 Q-Q 图

Fig. 5 Normal Q-Q figure of residue

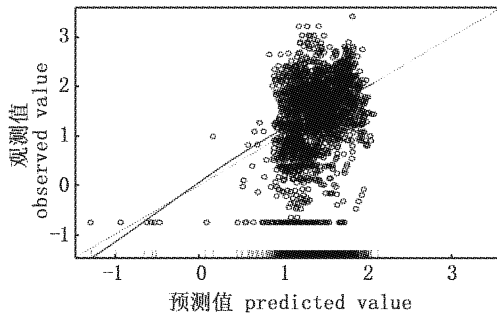


图 6 模型拟合值与实际观测值散点图

Fig. 6 Scatter diagram of predicted value and observed value

2.4 空间对 $\ln(\text{CPUE} + \sigma)$ 的影响

经度和纬度都与 $\ln(\text{CPUE} + \sigma)$ 成线性关系, 从 $75^\circ\text{W} \sim 90^\circ\text{W}$, $\ln(\text{CPUE} + \sigma)$ 呈线性下降趋势, 从 $6^\circ\text{S} \sim 20^\circ\text{S}$, $\ln(\text{CPUE} + \sigma)$ 呈线性上升趋势, 图 7 中直线的斜率大于图 8 中直线的斜率, 这表明在空间上, 东西方向上的差异对 CPUE 造成的影响要大于南北方向。

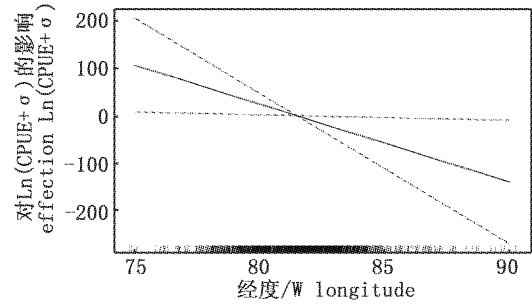


图 7 经度对 $\ln(\text{CPUE} + \sigma)$ 的影响

Fig. 7 Effect on $\ln(\text{CPUE} + \sigma)$ by longitude

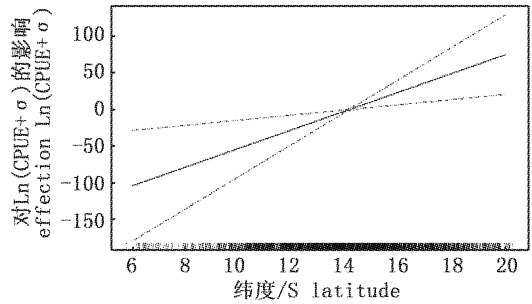


图 8 纬度对 $\ln(\text{CPUE} + \sigma)$ 的影响

Fig. 8 Effect on $\ln(\text{CPUE} + \sigma)$ by latitude

2.5 资源丰度年间变化和月间差异

在年间变化上, 标准化后的 CPUE 比名义 CPUE 略低, GAM 和 GLM 两种方法标准化后的结果基本一致。2004 年的 CPUE 为 9 年来最高, 2004 年到 2007 年 CPUE 呈快速下降趋势, 2007 年到 2010 年 CPUE 缓慢上升, 略有波动, 2010 年后开始下降。GLM 标准化后的 CPUE 最高值为 2004 年的 7.94 t/d , 最低值为 2007 年的 3.28 t/d 。

表 3 名义 CPUE 和标准化后 CPUE

Tab. 3 Nominal CPUE and standardized CPUE

年份 year	名义 CPUE(t/d) nominal CPUE	GAM 标准化后 CPUE(t/d) standardized CPUE by GAM	GLM 标准化后 CPUE(t/d) standardized CPUE by GLM
2003	4.605	4.253	4.230
2004	8.336	7.943	7.939
2006	5.749	5.623	5.631
2007	3.368	3.271	3.282
2008	4.482	4.388	4.395
2009	4.456	4.227	4.232
2010	5.837	5.511	5.516
2011	3.912	3.494	3.474
2012	3.997	3.554	3.536

在 CPUE 的月间变化上,名义 CPUE 和 GLM 标准化的 CPUE 趋势大体一致,呈现明显的波动性,标准化后的 CPUE 波动性较小。最低名义月均 CPUE 出现在 2007 年的 4 月,其值为 1.57 t/d

d,最高名义月均 CPUE 出现在 2010 年 12 月,值为 11.16 t/d。经 GLM 模型标准化后,最低月均 CPUE 为 2011 年 4 月的 1.76 t/d,最高月均 CPUE 为 2004 年 1 月的 9.58 t/d。

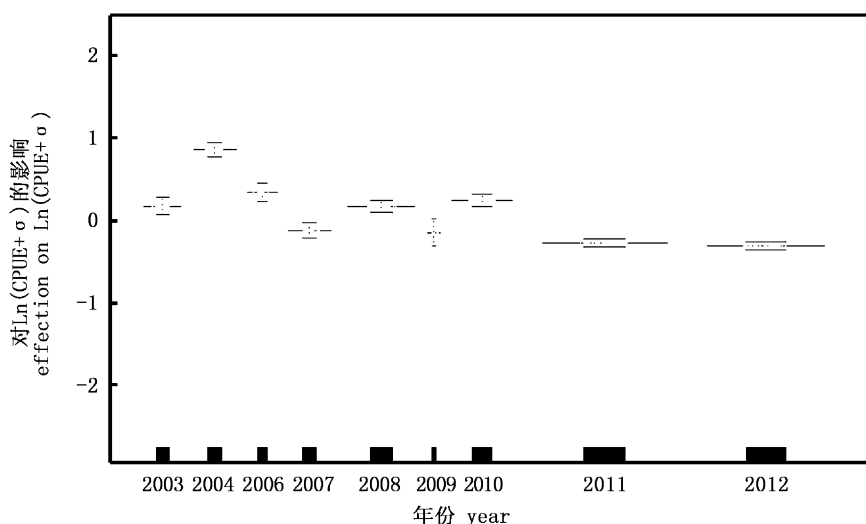


图 9 茎柔鱼资源丰度年间变化

Fig. 9 Inter-annual variation of *Dosidicus gigas* abundance

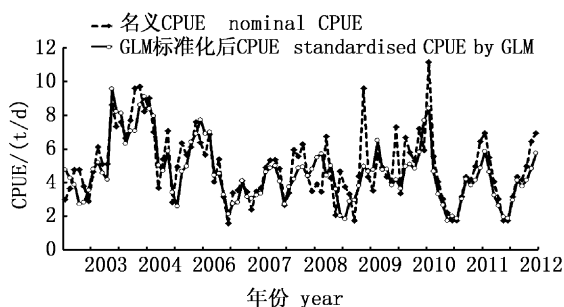


图 10 月平均名义 CPUE 和 GLM 标准化后 CPUE

Fig. 10 Average month nominal CPUE and standardized CPUE by GLM

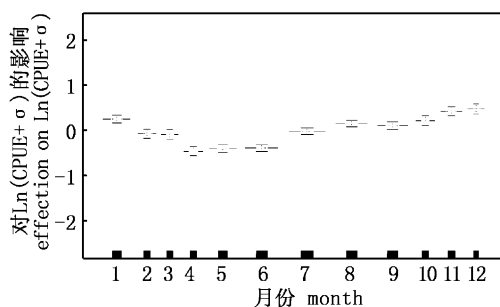


图 11 茎柔鱼资源丰度月间差异

Fig. 11 Monthly variation of *Dosidicus gigas* abundance

3 讨论与分析

根据 GLM 标准化的 CPUE 数据显示(图 12),秘鲁外海茎柔鱼全年各月皆有产量,CPUE 最高的月份为 12 月达 6.33 t/d,CPUE 最低的月份为 4 月份,仅有 3.00 t/d。3-6 月 CPUE 低于全年平均值,为生产淡季。茎柔鱼全年产卵,TAIPE 等^[2]根据 1991-1999 年秘鲁外海茎柔鱼研究表明,秘鲁外海的茎柔鱼产卵高峰期 10 月到翌年 1 月,主要为 11 月。ARGÜELLES 等^[12]根据 1992 年生产调查资料,分析认为:茎柔鱼一般小型群的年龄在 115~220 d,大型群在 200~354 d。造成生产淡季的原因可能是头一年的主要补充量到达寿命极限大量死亡而导致资源量锐减。

研究认为,2003-2004 年,秘鲁外海茎柔鱼资源量显著上升,2004-2007 年间,资源量持续下降,2007 年到 2010 年资源量缓慢上升,略有波动,2010 年后开始下降。茎柔鱼的资源量与全球海洋的气候显著相关,尤其受到厄尔尼诺(El Niño)和拉尼娜(La Niña)的影响^[13-14],发生厄尔尼诺的年份,信风减弱,秘鲁沿岸上升流减弱,导致水温较往年升高,使得秘鲁外海茎柔鱼资源量

下降,厄尔尼诺和拉尼娜事件的发生可采用 Nino 3.4 SSTA 指标来表征,2006 年 8-12 月和 2009 年 6-12 月发生过厄尔尼诺事件,GLM 标准化后 2009 年平均 CPUE 为 4.23 t/d,低于历史平均值,2006 年的厄尔尼诺事件发生月份较晚,持续时间较短,对于全年平均资源量的影响减弱,标准化后 2006 年平均 CPUE 为 5.63 t/d,随后的 2007 年资源量持续减弱,CPUE 达到历史最低的 3.28 t/d。

在资源量空间分布上,GAM 模型显示经度和纬度都与 $\ln(\text{CPUE} + \sigma)$ 呈线性关系,从 75°W 到 90°W , $\ln(\text{CPUE} + \sigma)$ 呈线性下降趋势,从 6°S 到 20°S , $\ln(\text{CPUE} + \sigma)$ 呈线性上升趋势。根据叶旭昌对秘鲁和哥斯达黎加外海茎柔鱼资源探捕发现,随着当地海洋环境变化,茎柔鱼渔场类型也发生转变,1-4 月和 9-12 月为流隔渔场,5-8 月则为上升流渔场^[15]。上升流是由离岸风引起的一种补偿流,离秘鲁沿岸较远时,补偿流减弱,这可能是造成 $\ln(\text{CPUE} + \sigma)$ 在经度上东高西低的原因,在纬度上的差异可能与赤道逆流(暖流)、秘鲁海流形成流隔渔场的位置有关。

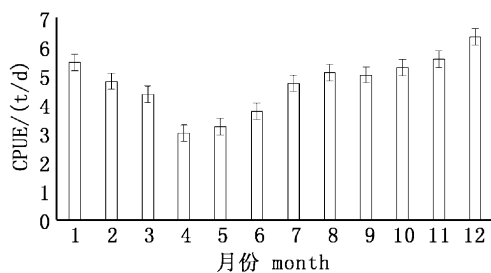


图 12 秘鲁外海茎柔鱼资源月平均 CPUE

Fig. 12 Monthly average CPUE of *Dosidicus gigas* off Peru

经过显著性分析,环境因子中只有叶绿素浓度对 $\ln(\text{CPUE} + \sigma)$ 有显著性影响,而通常被认为对渔场形成起关键影响的 SST 为非显著因子,这可能与数据的来源和渔民捕捞行为有关。在秘鲁外海生产的中国鱿钓渔船都配备表温探测仪,有经验的船长会选择拥有合适表温范围的区域进行生产,这使得生产行为的发生集中在一定的表温范围内(图 13)。已有认为,在秘鲁外海,茎柔鱼渔场的最适 SST 为 $17 \sim 23^{\circ}\text{C}$ ^[15]。本研究的所有有效数据中,SST 处在 $17 \sim 23^{\circ}\text{C}$ 范围内的占 69%,使得 SST 对 $\ln(\text{CPUE} + \sigma)$ 的影响不显著。

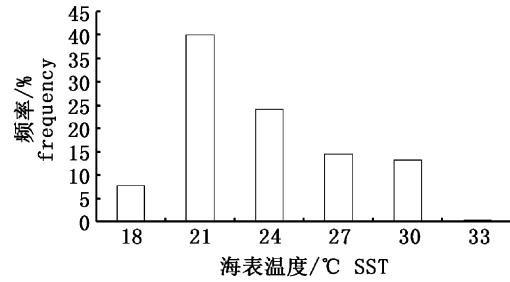


图 13 秘鲁外海茎柔鱼渔场不同表温下作业次数频率分布

Fig. 13 Frequency distribution of fishing times in different SST in fishing ground of *Dosidicus gigas* in Peru

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 王尧耕,陈新军. 世界大洋性经济柔鱼类资源及其渔业 [M]. 北京:海洋出版社,2005.
WANG Y G, CHEN X J. The resource and fishery of world oceanic economic squid [M]. Beijing: Ocean Press, 2005.
- [4] 徐冰,陈新军,田思泉,等. 厄尔尼诺和拉尼娜事件对秘鲁外海茎柔鱼渔场分布的影响 [J]. 水产学报, 2012, (5):696-707.
XU B, CHEN X J, TIAN S Q, et al. Effects of El Nino/La Nina on distribution of fishing ground off Peru water [J]. Journal of Fishery of China, 2012(5):696-707.
- [5] VENABLES W N, DICHMONT C M. GLMs, GAMs and GLMMs: an overview of theory for applications in fisheries research [J]. Fisheries Research, 2004, 70(2/3):319-337.
- [6] BIGELOW K A, BOGGS C H, HE X. Environmental effects on swordfish and blue shark catch rates in the US North Pacific longline fishery [J]. Fisheries Oceanography, 1999, 8(3):178-198.
- [7] DAMALAS D, MEGALOFONOPOULOU P, APOSTOLOPOULOU M. Environmental, spatial, temporal and operational effects on swordfish (*Xiphias gladius*) catch rates of eastern Mediterranean Sea longline fisheries [J]. Fisheries Research, 2007, 84(2):233-246.
- [8] M C J, J H T. Statistical Models [M]. London: Chapman and Hall, 1997.
- [9] 陈新军,刘必林,田思泉,等. 利用基于表温因子的栖息

- 地模型预测西北太平洋柔鱼 (*Ommastrephes bartramii*) 渔场[J]. 海洋与湖沼, 2009(6):707-713.
- CHEN X J, LIU B L, TIAN S Q, et al. Forecasting the fishing ground of *Ommastrephes bartramii* with SST-based habitat suitability modelling in northwestern Pacific[J]. *Oceanologia et limnologia sinica*, 2009(6):707-713.
- [10] GUI SAN A, EDWARDS T C, HASTIE T. Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene[J]. *Ecological Modelling*, 2002, 157(2/3):89-100.
- [11] 陆化杰, 陈新军, 曹杰, 等. 中国大陆阿根廷滑柔鱼鱿钓渔业 CPUE 标准化[J]. 水产学报, 2013(6):951-960.
- LU H J, CHEN X J, CAO J, et al. CPUE standardization of *illex argentinus* for Chinese Mainland squid-jigging fishery in the southwest Atlantic Ocean [J]. *Journal of fisheries of China*, 2013(6):951-960.
- [12] ARGUËLLES J, RODHOUSE P G, VILLEGAS P, et al. Age, growth and population structure of the jumbo flying squid *Dosidicus gigas* in Peruvian waters [J]. *Fisheries Research*, 2001, 54(1):51-61.
- [13] CHEN X J, ZHAO X H, CHEN Y. Influence of El Nino/La Nina on the wester winter-spring cohort of neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in the northwestern Pacific Ocean [J]. *Ices Journal of Marine Science*, 2007, 64(6):1152-1160.
- [14] 胡振明, 陈新军, 周应祺. 东南太平洋茎柔鱼渔业生物学研究进展[J]. 广东海洋大学学报, 2009(3):98-102.
- HU Z M, CHEN X J, ZHOU Y Q. The study progress of biology of *Dosidicus gigas* in southeast Pacific [J]. *Journal of Guangdong Ocean University*, 2009(3):98-102.
- [15] 叶旭昌. 2001 年秘鲁外海和哥斯达黎加外海茎柔鱼探捕结果及其分析[J]. 海洋渔业, 2002(4):165-169.
- YE X C. Conclusion and analysis on the experimental fishing of *Dosidicus gigas* in the offlying sea of Peru and Costa Rica in 2001 [J]. *Marine Fisheries*, 2002(4):165-169.

Inter-annual variation in abundance index of *Dosidicus gigas* off Peru during 2003 to 2012

XU Luoliang^{1,2}, CHEN Xinjun^{1,2,3,4}, WANG Jintao^{1,2,3,4}

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Collaborative Innovation Center for Distant-water Fisheries, Shanghai 201306; 3. The Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 4. National Distant-water Fisheries Engineering Research Center, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: *Dosidicus gigas* is one kind of important economic fish in the world and also one of the most important squid jigging species of Chinese Mainland. According to the fishery-dependent data of 2003-2004 and 2006-2012 by squid jigging boats of Chinese Mainland and the environment data from satellite remote sense, we standardised the CPUE of *Dosidicus gigas* off Peru by generalized linear model (GLM) and generalized additive model (GAM). We analysed the inter-annual variation of *Dosidicus gigas* off Peru. By significant testing, the 9 variables chosen into the model are year, month, latitude, longitude, concentration of chlorophyll-a, interaction of year and longitude, interaction of year and latitude, interaction of month and longitude and interaction of month and latitude. The results of GAM indicate that coefficient of determination (R^2) is 42.3% which is high. The standardized CPUE has the same trends with nominal CPUE and the average value is a little lower than nominal CPUE. The inter-annual variation of *Dosidicus gigas* abundance off Peru during 2003-2012 is severe, the highest value of abundance appeared in 2004, the average CPUE after standardizing by GLM was 7.94t/d; the lowest value of abundance appeared in 2007, the average CPUE after standardizing by GLM was 3.28t/d.

Key words: Peru; *Dosidicus gigas*; GLM; GAM; abundance index