

文章编号: 1674-5566(2017)01-0113-08

DOI:10.12024/jsou.20160601795

厄尔尼诺/拉尼娜现象对中西太平洋鲣鱼资源丰度的影响

陈洋洋¹, 陈新军^{1,2,3,4}

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

摘要: 鲣鱼是中西太平洋重要经济种类, 其资源丰度与渔场易受海洋环境的影响。根据 1995—2010 年中西太平洋金枪鱼围网鲣鱼的资源丰度(单位网次产量, CPUE), 结合厄尔尼诺/拉尼娜事件(以 Nino 3.4 指数来表示), 利用时间序列分析, 研究厄尔尼诺和拉尼娜事件对中西太平洋鲣鱼资源丰度的影响。研究认为, 16 年间中西太平洋鲣鱼资源丰度年间和季节变化幅度较大, 其中月 CPUE 最大值出现在 1995 年 2 月, 为 30.37 t/网, 最小值出现在 1997 年 10 月, 为 5.35 t/网; Nino 3.4 区指数对 CPUE 的影响滞后 0~2 个月, 但同步(滞后 0 月)时相关性最高, 两者呈显著负相关关系。根据 16 年资源丰度变化趋势与 Nino 3.4 指数的高低, 以每年 8—12 月 CPUE 值来表征厄尔尼诺/拉尼娜事件, 以 2000 年为界分为 2 个时间段: 第一个时间段为 2000 年以前, 这段时间中有强厄尔尼诺(SSTA > 1.0 °C)、强拉尼娜(SSTA < -1.0 °C)与正常年份(-0.5 °C < SSTA < 0.5 °C); 在发生强厄尔尼诺年份(1997 年)时, 鲣鱼的资源丰度处在较低的水平, 为 7.05 t/网; 强拉尼娜(1998 年)发生时, 其资源丰度较高, 为 19.61 t/网。第二个时间段为 2000 年以后, 包含了弱厄尔尼诺(0.5 °C < SSTA < 1.0 °C)、弱拉尼娜(-1.0 °C < SSTA < -0.5 °C)与正常年份(-0.5 °C < SSTA < 0.5 °C); 发生弱厄尔尼诺时, 鲣鱼资源丰度(如 2002、2006 年 CPUE 分别为 15.27 t/网、16.81 t/网)在总平均 CPUE 值(15.73 t/网)左右浮动, 但低于拉尼娜事件年份的月平均 CPUE 值(19.90 t/网), 两者均高于正常年份的月平均 CPUE (14.16 t/网)。整体比较来看在发生拉尼娜事件时, 鲣鱼资源丰度增高, 但是拉尼娜事件的强弱对增高的程度并没有直接影响关系。研究认为, 由于厄尔尼诺/拉尼娜现象引起的海洋环境变化使得初级生产力发生变化, 进而使得鲣鱼资源时空分布产生差异。

关键词: 厄尔尼诺/拉尼娜; 中西太平洋; 鲣鱼; 资源丰度

中图分类号: S 931.4 **文献标志码:** A

鲣鱼(*Katsuwonus pelamis*)广泛分布于太平洋、大西洋、印度洋的热带、亚热带以及亚寒带海域中, 在世界金枪鱼渔业中占有极其重要的地位^[1]。中西太平洋海域是世界金枪鱼围网的主要作业渔场, 主捕鲣鱼, 兼捕黄鳍金枪鱼和大眼金枪鱼等^[2]。我国于 2000 年开始在该海域进行金枪鱼围网作业, 至 2006 年已发展到围网船只 8 艘、年渔产量约 5 万吨的规模^[2]。国内外已有很多学者对中西太平洋鲣鱼资源渔场分布及其与海洋环境的关系做了大量研究^[3-6]。研究表明, 厄尔尼诺/拉尼娜事件与中西太平洋鲣鱼资源渔场分布关系密切。HAMPTON 等^[3-4]通过研究认

为, 大尺度海洋异常环境对鲣鱼资源波动与渔场分布的影响都非常明显, 鲣鱼的分布会随 ENSO 发生产生相应的迁移, 表明鲣鱼对温度的变化非常敏感。周甦芳^[5]对中西太平洋鲣鱼围网渔场受厄尔尼诺-南方涛动现象的影响进行研究, 结果表明厄尔尼诺发生时, 鲣鱼围网单位捕捞努力量渔获量经度重心较正常年份向东偏 10~20 个经度, 拉尼娜年则向西偏 10~20 个经度。汪金涛和陈新军等^[6]对中西太平洋鲣鱼渔场的重心变化研究结果表明, 当 Nino 3.4 区海表温度异常值从低到高变化时, 鲣鱼渔场重心也逐渐由西向东偏。以上研究均为针对厄尔尼诺/拉尼娜现象对

收稿日期: 2016-06-03 修回日期: 2016-09-30

基金项目: 海洋局公益性行业专项(20155014); 上海市科技创新计划(15DZ1202200)

作者简介: 陈洋洋(1991—), 女, 硕士研究生, 研究方向为渔业资源。E-mail: 601812855@qq.com

通信作者: 陈新军, E-mail: xjchen@shou.edu.cn

中西太平洋鲑鱼的渔场分布变化的研究,而渔场的变化与鱼类资源丰度的变化有着密切关系,但是对于中西太平洋鲑的资源丰度变化与 ENSO 事件关系的研究还未见报道。为此,本研究根据 1995—2010 年 16 年来的中西太平洋鲑鱼生产统计数据 and Nino 3.4 海表温温度距平数据(SSTA)进行研究,以期得到厄尔尼诺/拉尼娜事件对中西太平洋鲑鱼资源量的影响规律,以利于更好开发利用中西太平洋鲑鱼渔业资源。

1 材料与方 法

1.1 材料来源

(1)中西太平洋鲑鱼围网渔获生产统计数据来源于南太平洋渔业委员会。研究区域为 20°S—20°N,120°E—160°W。时间为 1995—2010 年。空间分辨率为 5°×5°,时间分辨率为月,数据内容包括年、月、经度、纬度、作业次数及渔获量。

(2)ENSO 指标拟用 Nino 3.4 区海表温度距平值(SSTA)来表示。其数据来自美国 NOAA 气候预报中心(<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>),时间单位为月。

(3)中西太平洋海域 SST 资料来源于美国 NOAA 气候预报中心(<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>)。

noaa.gov)。空间分辨率为 0.5°×0.5°,时间分辨率为月。

1.2 研究方法

已有研究表明^[7-8],单位捕捞努力量渔获量[catch per unit effort,CPUE(t/网)]可以作为表征金枪鱼资源密度的指标。本文定义 5°×5°为一个渔区,计算每个渔区的 CPUE,计算公式为:

$$CPUE = \frac{Catch_{ymij}}{Effort_{ymij}}$$

式中:CPUE 为单位捕捞努力量渔获量(t/网); $Catch_{ymij}$ 为一个渔区的渔获量; $Effort_{ymij}$ 为一个渔区的捕捞努力量(即一个渔区内累计的作业总网次);y 为年;m 为月;i、j 为 5°×5°渔区的经纬度标号。

本文拟采用美国 NOAA 气候预报中心的标准定义推断厄尔尼诺/拉尼娜事件^[9-11],Nino 3.4 区的温度距平值连续 3 个月超过 +0.5 °C 时,则认为发生了厄尔尼诺现象;连续 3 个月低于 -0.5 °C 时,则认为发生了拉尼娜现象;其他的情况则为正常情况。本文根据以上定义推断 1995—2010 年发生的异常环境事件(表 1)。并通过时间序列分析,绘制 SSTA 时间序列变化图。

表 1 1995—2010 年发生 El Nino 和 La Nina 事件

Tab.1 The occurrences of El Nino and La Nina events during 1995—2010

年份 Year	月份 Month											
	1 月 Jan.	2 月 Feb.	3 月 Mar.	4 月 Apr.	5 月 May	6 月 Jun.	7 月 Jul.	8 月 Aug.	9 月 Sep.	10 月 Oct.	11 月 Nov.	12 月 Dec.
1995	E	E	E	N	N	N	N	L	L	L	L	L
1996	L	L	L	N	N	N	N	N	N	N	N	N
1997	N	N	N	N	E	E	E	E	E	E	E	E
1998	E	E	E	E	E	L	L	L	L	L	L	L
1999	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
2000	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
2001	L	L	L	N	N	N	N	N	N	N	N	N
2002	N	N	N	N	N	E	E	E	E	E	E	E
2003	E	E	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
2004	N	N	N	N	N	N	E	E	E	E	E	E
2005	E	E	E	E	N	N	N	N	N	N	N	N
2006	N	N	N	N	N	N	N	N	E	E	E	E
2007	E	N	N	N	N	N	N	L	L	L	L	L
2008	L	L	L	L	L	L	N	N	N	N	N	N
2009	N	N	N	N	N	N	E	E	E	E	E	E
2010	E	E	E	E	N	N	L	L	L	L	L	L

注:E、L 和 N 分别代表发生 El Nino、La Nina 事件以及正常气候的月份

Note: N. El Nino; L. La Nina; N. normal

对鲑鱼月 CPUE 与尼诺指数(SSTA)进行相

关性分析,并检验厄尔尼诺/拉尼娜事件对资源

量的影响过程是否可能存在滞后性。

由于在一年中每个月的温度变化有差异,即一年中可能同时存在厄尔尼诺月和拉尼娜月的情况,所以不能笼统地对某一年进行概括,但是根据表 1 可知,每年的 8—12 月 5 个月的趋势大致是一致的,即全为厄尔尼诺月或全为拉尼娜月或全为正常月份,所以本文对 1995—2010 年 16 年均取 8—12 月来表征当年,结合厄尔尼诺/拉尼娜事件的定义,将 1995—2010 年中西太平洋的海况分为以下几种类型(表 2)。

表 2 极端气候定义与对应年份
Tab.2 Definition of extreme climate and corresponding year

SSTA	类型 Type	年份 Year
$-0.5^{\circ}\text{C} < \text{SSTA} < 0.5^{\circ}\text{C}$	正常年份 Normal year	1996, 2001, 2003, 2005, 2008
$0.5^{\circ}\text{C} < \text{SSTA} < 1^{\circ}\text{C}$	弱厄尔尼诺 El Nino year	2002, 2004, 2006, 2009
$\text{SSTA} > = 1^{\circ}\text{C}$ (8—12 月 SSTA 均大于 1)	强厄尔尼诺 Strong El Nino year	1997
$-1^{\circ}\text{C} < \text{SSTA} < = -0.5^{\circ}\text{C}$	弱拉尼娜 La Nina year	1995, 2000, 2007
$\text{SSTA} < = -1^{\circ}\text{C}$	强拉尼娜 Strong La Nina year	1998, 1999, 2010

根据厄尔尼诺与拉尼娜发生的强弱以及出现的频率,将 1995—2010 年分为 2 个时间段研究,第一时间段为 2000 年以前,这段时间中有强厄尔尼诺、强拉尼娜与正常年份;第二段时间为 2000 年以后,这段时间中包含弱厄尔尼诺、拉尼娜与正常年份(表 3)。

表 3 不同时间段年份对应的环境情况
Tab.3 Environmental conditions in different time periods

1995—2000 正常年份(1996)	2001—2010 正常年份(2001/2003/2005/2008)
强厄尔尼诺 (1997)	弱厄尔尼诺 (2002/2004/2006/2009)
强拉尼娜 (1998, 1999)	拉尼娜 (2007/2010)

2 结果

2.1 CPUE 月变动

从图 1 中可以看出,1995—2010 年中西太平洋鲣鱼的 CPUE 月平均值为 15.73 t/网,各月 CPUE 的最大值出现在 1995 年 2 月,为 30.37 t/网;最小值出现在 1997 年 10 月,为 5.35 t/网。

同时在 1995—2010 年 16 年中月 CPUE 波动程度也是不均匀的,在 1995—1999 年间 CPUE 波动剧烈,16 年的月 CPUE 的最大值与最小值都出现在这 5 年中;2000—2005 年间月 CPUE 值变化主要围绕总 CPUE 月平均值上下波动且最大值没有超过 20 t/网,最小值虽稍低于 10 t/网,但这样的月份在 6 年中仅有 4 个月份;2006—2010 年月 CPUE 值又发生较大波动。

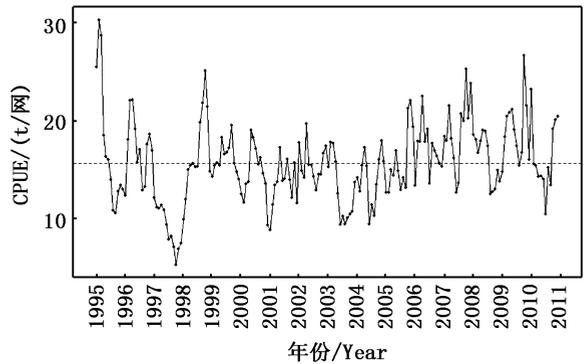


图 1 1995—2010 年各月鲣鱼 CPUE 值及总体平均值

Fig.1 Skipjack CPUE value of every month between 1995 to 2010 and overall average

黑色虚线为总体平均值

Black dotted line is the overall average

2.2 SSTA 与月 CPUE 的时间序列分析

由时间序列图的变化趋势可以观测尼诺指数与月 CPUE 的变化存在一定的负相关的趋势(图 2)。对 SSTA 与月 CPUE 进行相关性检验,为了验证厄尔尼诺/拉尼娜事件对资源量的影响有无滞后性,对 SSTA 与月 CPUE 分别进行滞后 1 个月、滞后 2 个月、滞后 3 个月、滞后 4 个月的相关性检验,检验结果表明厄尔尼诺/拉尼娜事件对 CPUE 的影响可能滞后 0~2 个月,且在同步(滞后 0 月)时相关性最高,呈显著负相关(表 2)。

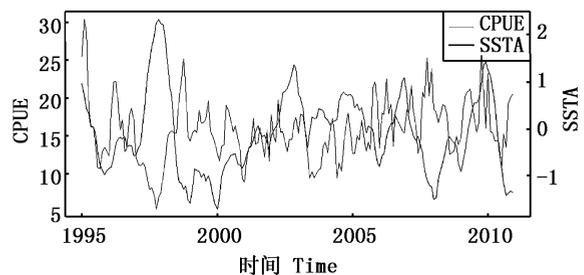


图 2 CPUE 与 SSTA 的时间序列图

Fig.2 The relationship between time series of CPUE and SSTA

表4 SSTA 与 CPUE 的相关关系
Tab.4 Relationship between SSTA and CPUE

时间 Time	<i>r</i>	<i>P</i>
滞后 0 个月 lag 0 month	-0.215 **	0.003
滞后 1 个月 lag 1 month	-0.206 **	0.004
滞后 2 个月 lag 2 months	-0.193 **	0.008
滞后 3 个月 lag 3 months	-0.185 *	0.11
滞后 4 个月 lag 4 months	-0.132	0.071

2.3 厄尔尼诺-拉尼娜事件发生月份(8—12月) 鲑鱼资源量变化情况

2000 年以前鲑鱼相对资源量变化波动剧烈, 1995—2010 年 16 年中月 CPUE 最大值与最小值均出现在这段时间内(图 1)。1996 年 8—12 月均为正常月份, 月平均 CPUE 值为 15.32 t/网; 1997 年 8—12 月均为强厄尔尼诺月份, 月平均 CPUE 值为 7.05 t/网; 1998、1999 年 8—12 月均为强拉尼娜月份, 平均月 CPUE 值分别为 19.61 t/网、16.31 t/网(图 3)。

2000 年以后鲑鱼总资源量变化相比于 2000 年以前稍显平缓, 但对于每年 8—12 月份月平均 CPUE 变化较大(图 3)。2001、2003、2005、2008 年 8—12 月均为正常月份, 月平均 CPUE 值分别为 13.95、10.93、18.08 和 13.68 t/网; 2002、2004、2006、2009 年 8—12 月均为弱厄尔尼诺月份, 月平均 CPUE 值分别为 15.27、14.45、16.80 和 19.34 t/网; 2007、2010 年 8—12 月分别为弱拉尼娜月份和强拉尼娜月份, 月平均 CPUE 值分别为 22.07、17.73 t/网。

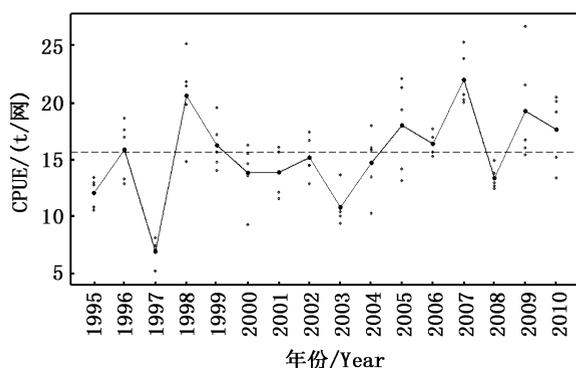


图3 不同年份 CPUE 的平均值(折线加粗点) 与各月 CPUE 的分布

Fig.3 Average value of CPUE in different years and the distribution of CPUE in each month

黑色点表示每年 8—12 月各个月的 CPUE 平均值, 虚线为总平均 CPUE

Black dot is the average CPUE value during August to December in each year, the dotted line is the total average CPUE

针对以上鲑鱼资源丰度变化以及厄尔尼诺-拉尼娜事件发生的情况, 在 2000 年以前分别挑选 1996(正常年份)、1997(强厄尔尼诺)和 1998(强拉尼娜)3 个年份, 在 2000 年以后分别挑选 2006(弱厄尔尼诺)、2007(弱拉尼娜)和 2008(正常年份)3 个年份, 同时选取 8 月为例对鲑鱼 CPUE 的空间分布以及资源丰度的变化进行分析(图 4)。图 4 中的 a、b、c 分别为正常年份、强厄尔尼诺和强拉尼娜, 明显可以看出在资源丰度上强厄尔尼诺年最低, 强拉尼娜最高; d、e、f 分别为正常年份、弱厄尔尼诺和弱拉尼娜, 和 a、b、c 相比可以看出弱厄尔尼诺的资源丰度比强厄尔尼诺年资源丰度增高, 且高于正常年份, 但仍低于拉尼娜年份, 且整体比较来看在发生拉尼娜事件时, 鲑鱼资源丰度增高, 但是拉尼娜事件的强弱和增高的程度并没有直接关系。

LEHODEY 等研究认为^[20], 中西太平洋鲑鱼渔场主要分布于中西太平洋赤道暖池, 厄尔尼诺/拉尼娜事件发生引起鲑鱼资源渔场发生变动, 其实质即为厄尔尼诺/拉尼娜事件引起暖池在经度方向发生移动, 导致厄尔尼诺事件发生时, 渔场随暖池的东扩而东移, 拉尼娜发生时则随着暖池向西收缩^[9], 本研究的结果与之前的研究结果一致(图 3)。

3 讨论与分析

中西太平洋鲑鱼资源丰度变化波动较大, 月 CPUE 的最大值与最小值都出现在 1995—1999 年之间, 2000—2005 年间月 CPUE 值变化主要围绕总 CPUE 月平均值上下波动且最大值没有超过 20 t/网; 2006—2010 年月 CPUE 值又发生较大波动。鲑鱼的资源丰度出现如此明显的大幅度变化与波动, 与海洋环境条件的变化存在一定的关系^[12]。在发生厄尔尼诺或拉尼娜现象期间, 赤道太平洋的气压、海面高度、海流、温跃层、营养盐、碳循环和初级生产力等渔场的环境发生明显改变^[13-15], 从而引起鱼类资源密度的空间变化以及空间分布结构的变化。根据本研究的结果, 也可以认定厄尔尼诺/拉尼娜事件是影响太平洋鲑鱼资源丰度变化不可忽视的因素。

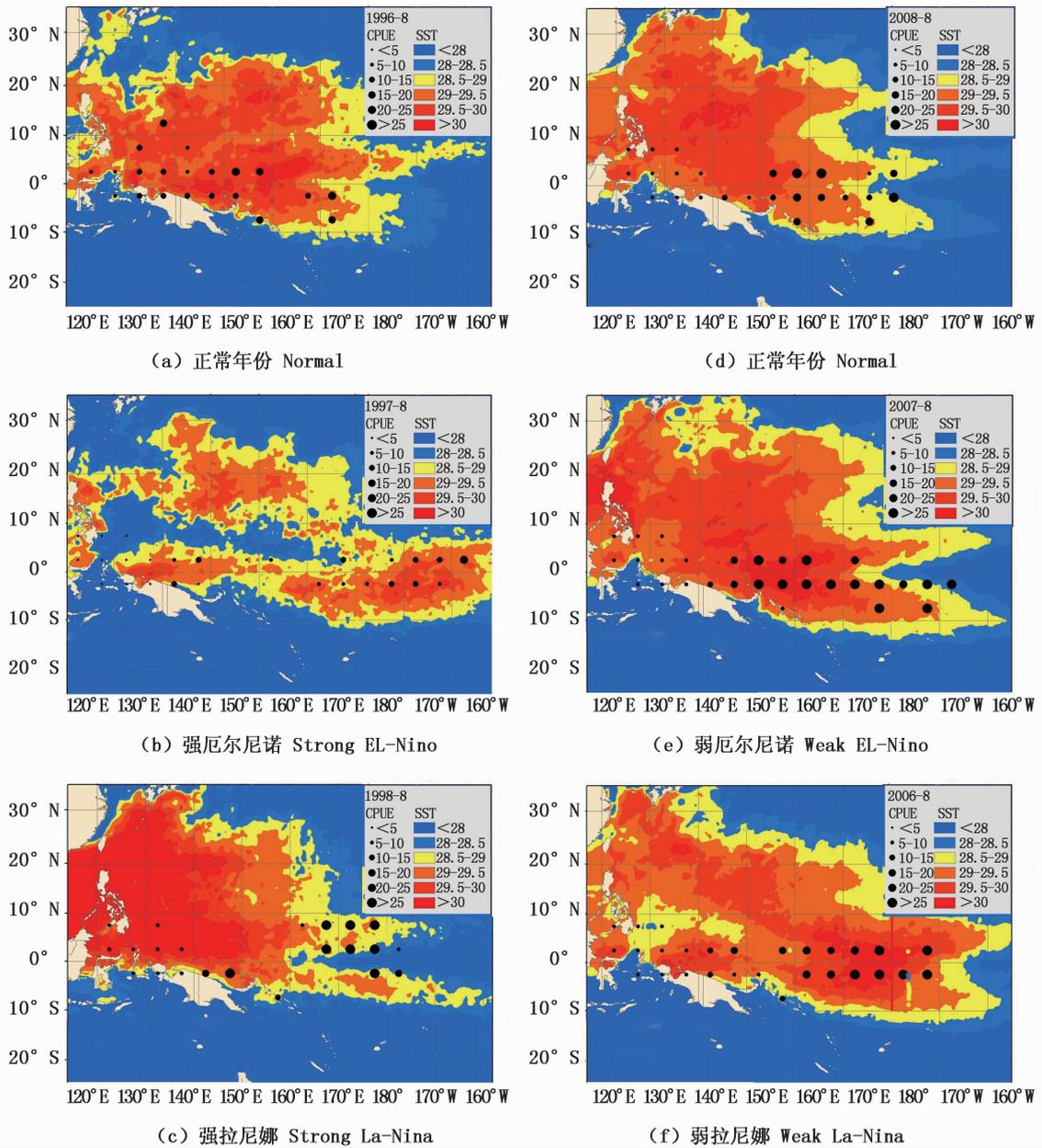


图4 不同年份气候条件下鲣鱼 CPUE 与 SST 分布图

Fig.4 The distribution of skipjack CPUE and related SST under different climatic conditions in different years

对 1995—2010 年 16 年鲣鱼 CPUE 与 SSTA 进行相关性检验,结果表明厄尔尼诺/拉尼娜事件对 CPUE 的影响可能滞后 0~2 个月,且在同步(滞后 0 月)时相关性最高,呈显著负相关关系。研究表明,在发生强厄尔尼诺年份(1997 年)时,鲣鱼的资源丰度处在较低的水平;强拉尼娜(1998 年)发生时,其资源丰度较高;发生弱厄尔尼诺时,鲣鱼资源丰度在总平均 CPUE 值左右浮动,但低于拉尼娜事件年份的月平均 CPUE 值,两者均高于正常年份的月平均 CPUE。

LONGHURST 等^[16]发现鲣鱼分布在赤道混合层与亚热带太平洋,但是在西赤道太平洋暖池的渔获量最高,西赤道太平洋暖池虽然初级生产力较低但其海表温却是全球海域最高的。很多研究表明^[17-19],西赤道太平洋暖池是厄尔尼诺-南方涛动(ENSO)以及全球气候变化的基础,同时暖池为喜温的鲣鱼提供了一个良好的栖息环境。周魁芳^[9]认为,厄尔尼诺-南方涛动现象对中西太平洋鲣鱼围网渔场的空间分布有显著影响,厄尔尼诺发生时,鲣鱼围网单位捕捞努力量渔获量经

度重心随着暖池的东扩而东移,拉尼娜发生时则随着暖池向西收缩。相关研究认为,在正常年份,太平洋赤道的上升流海域蕴藏着丰富的饵料生物,受到季风的影响,西南赤道海流将这些丰富的饵料生物向西输送^[20],距离可达1 800~2 500 km^[21]。这些伴随输送过程成长的饵料生物(浮游生物和浮游动物),为分布在中西太平洋暖水池附近海域的鲣鱼提供了丰富的饵料。郭爱和陈新军^[22]的研究认为,ENSO 指数 Nino 3.4区海表温度距平值与鲣鱼资源丰度关系显著,灰色关联度达 0.781。在气候正常年份,CPUE 值相对偏低;厄尔尼诺年份金枪鱼 CPUE 值增加,拉尼娜年份 CPUE 值稍有下降,但仍高于正常年。其研究结果与本文结果稍有差异,共同之处在于都认为发生一般的厄尔尼诺与拉尼娜时,鲣鱼资源丰度均高于正常年份,但本文研究结果为拉尼娜事件发生时鲣鱼资源丰度比厄尔尼诺事件发生时高,且在强厄尔尼诺发生时鲣鱼资源丰度下降。导致差异的原因可能是本文只单一研究了鲣鱼的资源丰度,而郭爱的文章中全面讨论了中西太平洋金枪鱼的资源丰度,可能是由于鱼种的差异而导致研究结果的不一致;另一方面郭爱和陈新军^[22]文章中的渔业数据时间为1990—2001年,而本文的研究数据为1995—2010年,数据比较而言时间序列更长,数据更新,也可能造成研究结果的差异。本研究着重分析了年间资源丰度变化与厄尔尼诺/拉尼娜事件之间的关系,但是在研究中发现年内鲣鱼资源量变化也较明显,但本研究只考虑了厄尔尼诺/拉尼娜事件对鲣鱼资源丰度的影响,在后续的研究中需要着手于鲣鱼资源丰度的年内变化或季节性变化,同时需要考虑其他环境因子对鲣鱼资源丰度的影响,以期能够更好地预报鲣鱼资源。

参考文献:

- [1] COLLETTE B B, NAUEN C E. FAO species catalogue. Vol. 2. Scombrids of the World-an annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos, and related species known to date [R]. FAO Fisheries Synopsis No. 125. Rome: FAO, 1983: 83-86.
- [2] 陈新军, 郑波. 中西太平洋金枪鱼围网渔业鲣鱼资源量的时空分布[J]. 海洋学研究, 2007, 25(2): 13-22.
- CHEN X J, ZHENG B. Study on the temp-spatial distribution of skipjack resources for tuna purse seine in the west-central Pacific Ocean[J]. Journal of Marine Sciences, 2007, 25(2): 13-22.
- [3] HAMPTON J, LEWIS A, WILLIAMS P. The western and central Pacific tuna fishery: overview and status of stocks [C]//Oceanic Fisheries Programme. New Caledonia: Secretariat of the Pacific Community, 1999: 39.
- [4] HAMPTON J. Estimates of tag-reporting and tag-shedding rates in a large-scale tuna tagging experiment in the western tropical Pacific Ocean[J]. Fishery Bulletin, 1997, 95(1): 68-97.
- [5] 周魁芳. 厄尔尼诺-南方涛动现象对中西太平洋鲣鱼围网渔场的影响[J]. 中国水产科学, 2005, 12(6): 739-744.
- ZHOU S F. Impacts of the El Niño Southern Oscillation on skipjack tuna purse-seine fishing grounds in the Western and Central Pacific Ocean[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2005, 12(6): 739-744.
- [6] 汪金涛, 陈新军. 中西太平洋鲣鱼渔场的重心变化及其预测模型建立[J]. 中国海洋大学学报, 2013, 43(8): 44-48.
- WANG J T, CHEN X J. Changes and prediction of the fishing ground gravity of skipjack (*Katsuwonus pelamis*) in Western-Central Pacific[J]. Periodical of Ocean University of China, 2013, 43(8): 44-48.
- [7] YEN K W, LU H J, CHANG Y, et al. Using remote sensing data to detect habitat suitability for yellowfin tuna in the western and central Pacific Ocean[J]. International Journal of Remote Sensing, 2012, 33(23): 7507-7522.
- [8] 唐峰华, 崔雪森, 杨胜龙, 等. 海洋环境对中西太平洋金枪鱼围网渔场影响的 GIS 时空分析[J]. 南方水产科学, 2014, 10(2): 18-26.
- TANG F H, CUI X S, YANG S L, et al. GIS analysis on effect of temporal and spatial patterns of marine environment on purse seine fishery in the western and central Pacific[J]. South China Fisheries Science, 2014, 10(2): 18-26.
- [9] 周魁芳, 沈建华, 樊伟. ENSO 现象对中西太平洋鲣鱼围网渔场的影响分析[J]. 海洋渔业, 2004, 26(3): 167-172.
- ZHOU S F, SHEN J H, FAN W. Impacts of the El Niño Southern Oscillation on skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) purse-seine fishing grounds in the Western and Central Pacific Ocean[J]. Marine Fisheries, 2004, 26(3): 167-172.
- [10] 张启龙, 翁学传, 侯一筠, 等. 西太平洋暖池表层暖水的纬向运移[J]. 海洋学报, 2004, 26(1): 33-39.
- ZHANG Q L, WENG X C, HOU Y J, et al. Zonal movement of surface warm water in the western Pacific warm pool[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2004, 26(1): 33-39.
- [11] 钟姗姗, 何金海, 刘宣飞, 等. ENSO 十年际尺度变率的机制初探[J]. 热带海洋学报, 2004, 23(2): 28-36.
- ZHONG S S, HE J H, LIU X F, et al. Possible mechanisms of ENSO' S decadal variability [J]. Journal of Tropical Oceanography, 2004, 23(2): 28-36.
- [12] 李国添. 海洋渔场: 上册[M]. 台北: 华香园出版社,

- 1997: 145.
- LI G T. Ocean fishing ground: (1) [M]. Taipei: Huaxiangyuan Press, 1997: 145.
- [13] FEDOROV A V, PHILANDER S G. Is El Niño changing[J]. *Science*, 2000, 288(5473): 1997-2002.
- [14] TURK D, MCPHADEN M J, BUSALACCHI A J, et al. Remotely sensed biological production in the Equatorial Pacific[J]. *Science*, 2001, 293(5529): 471-474.
- [15] CHAVEZ F P, STRUTTON P G, FRIEDERICH G E, et al. Biological and chemical response of the equatorial Pacific Ocean to the 1997 - 98 El Niño [J]. *Science*, 1999, 286(5447): 2126-2131.
- [16] LONGHURST A, SATHYENDRANATH S, PLATT T, et al. An estimate of global primary production in the ocean from satellite radiometer data [J]. *Journal of Plankton Research*, 1995, 17(6): 1245-1271.
- [17] MCPHADEN M J, PICAUT J. El Niño-southern oscillation displacements of the Western Equatorial Pacific warm pool [J]. *Science*, 1990, 50(4986): 1385-1388.
- [18] JIN F F. Tropical ocean-atmosphere interaction, the Pacific cold tongue, and the El Niño-Southern Oscillation [J]. *Science*, 1996, 274(5284): 76-78.
- [19] PICAUT J, IOUALALEN M, MENKES C, et al. Mechanism of the zonal displacements of the Pacific warm pool: implications for ENSO [J]. *Science*, 1996, 274(5292): 1486-1489.
- [20] LEHODEY P, BERTIGNAC M, HAMPTON J, et al. El Niño southern oscillation and tuna in the western Pacific [J]. *Nature*, 1997, 389(6652): 715-718.
- [21] HANSEN D V, SWENSON M S. Mixed layer circulation during EqPac and some thermochemical implications for the equatorial cold tongue [J]. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 1996, 43(4/6): 707-724.
- [22] 郭爱, 陈新军. ENSO 与中西太平洋金枪鱼围网资源丰度及其渔场变动的关系 [J]. *海洋渔业*, 2005, 27(4): 338-342.
- GUO A, CHEN X J. The relationship between ENSO and tuna purse-seine resource abundance and fishing grounds distribution in the Western and Central Pacific Ocean [J]. *Marine Fisheries*, 2005, 27(4): 338-342.

Influence of El Nino/La Nina on the abundance index of skipjack in the Western and Central Pacific Ocean

CHEN Yangyang¹, CHEN Xinjun^{1,2,3,4}

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

Abstract: Skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, is an important economic species in the central-west Pacific Ocean, and this species is vulnerable to the change of marine environment. In this paper, according to the abundance index (unit net yield, CPUE) of skipjack tuna collected from the tuna large purse seine fisheries in the central-west Pacific Ocean from 1995 to 2010, combined with the El Nino/La Nina events (expressed by NINO 3.4 index), the influence of El Nino/La Nina on the abundance index of skipjack was studied with the time series analysis. The results showed that the yearly and seasonal abundance index of skipjack varied greatly in 16 years, in which the maximum monthly CPUE appeared in February 1995 with 30.37 t/net, and the minimum occurred in October 1997 with 5.35 t/net. The effect of Nino 3.4 index on monthly CPUE lagged 0–2 months in time, but the synchronization (lag 0 month) had the highest correlation. The Nino 3.4 index and monthly CPUE had significant negative correlation. According to the level of 16 years abundance index of skipjack and Nino 3.4 index, we chose four months (August to February of the next year) of CPUE values as studying object, and divided 16 years into two periods: 1) First period was before 2000, this time period had a strong El Nino ($SSTA > 1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$), strong La Nina ($SSTA < -1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$) and normal years ($-0.5\text{ }^{\circ}\text{C} < SSTA < 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$). When the strong El Nino year occurred (1997), the abundance index of skipjack was at a lower level with monthly CPUE of 7.05 t/net. When a strong La Nina (1998) occurs, the abundance index was high with monthly CPUE of 19.61 t/net. 2) The second period was after 2000, which contains weak El Nino ($0.5\text{ }^{\circ}\text{C} < SSTA < 1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$), weak La Nina ($-1.0\text{ }^{\circ}\text{C} < SSTA < -0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$) and normal years ($-0.5\text{ }^{\circ}\text{C} < SSTA < 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$). In the years of weak El Nino, the abundance index of skipjack (such as, the average CPUEs in 2002 and 2006 are 15.27 t/net and 16.81 t/net respectively) fluctuated around the mean CPUE value (15.73 t/net), but still lower than that in the La Nina year's (19.90 t/net). Both the CPUEs during weak El Nino and weak La Nina were higher than that in the normal year (14.16 t/net). In conclusion, the temporal and spatial abundance index of skipjack varied with both the changes of marine environment and the primary productivity caused by the El Nino/La Nina phenomenon.

Key words: El Nino/La Nina; Central-west Pacific; skipjack; abundance index