

文章编号: 1674-5566(2019)04-0616-10

DOI:10.12024/jsou.20180702366

东南太平洋智利竹筴鱼资源渔场时空分布

李媛洁¹, 陈新军^{1,2,3,4,5}, 汪金涛^{1,2,3,4,5}, 陈作志⁶

(1. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306; 2. 农业农村部大洋渔业开发重点实验室, 上海 201306; 3. 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306; 4. 大洋渔业资源可持续开发教育部重点实验室, 上海 201306; 5. 农业农村部大洋渔业资源环境科学观测实验站, 上海 201306; 6. 中国水产科学院南海水产研究所, 广东 广州 510300)

摘要: 根据 2003—2011 年东南太平洋智利竹筴鱼生产统计数据, 利用灰色关联评价等数理方法对东南太平洋智利竹筴鱼资源和渔场的时空分布特征进行分析。结果表明, 2003—2011 年间东南太平洋智利竹筴鱼渔场重心主要分布在 80°W ~ 95°W、40°S ~ 45°S 范围内, 随着月份的增加逐步向西北方向移动, 并从 8 月份渔场开始分为两个区域, 其渔场重心逐渐向西北和东北两个方向偏移, 到 10 月份逐渐偏移到最北端。在产量比重上, 东南太平洋智利竹筴鱼渔场分布具有明显的季节变化: 秋季渔场分布纬度处于最南端, 变化范围相对集中, 主要分布在 80°W ~ 95°W、40°S ~ 45°S 区域内; 冬季渔场纬度逐渐北移, 春季渔场处于最北端, 且变化范围较大。这种变化与渔场重心的分布相一致。经度上集中分布于 79°W ~ 101°W 区域, 纬度上集中分布于 30°S ~ 45°S 区域。79°W ~ 101°W 和 30°S ~ 45°S 这一区域作业次数也相对较高。灰色关联度表明, 9 年间东南太平洋智利竹筴鱼的资源状况较好, 研究竹筴鱼的资源时空分布为其今后的可持续开发与管理提供科学依据。

关键词: 东南太平洋; 竹筴鱼; 时空分布; 灰色关联评价

中图分类号: S 931.4 **文献标志码:** A

智利竹筴鱼 (*Trachurus murphyi*) 是当前世界上比较重要的海洋经济鱼类之一, 各国也对此鱼种竞相捕捞。智利竹筴鱼大多分布在南太平洋, 智利、秘鲁、厄瓜多尔等国的海洋专属经济区则密集分布, 而邻近公海海域也有大面积集中分布。智利竹筴鱼渔获量多年来长期居于世界前列, 因此在太平洋竹筴鱼渔获量中, 东南太平洋智利竹筴鱼显得尤为重要^[1]。智利竹筴鱼摄食的季节性变化较小, 且具有昼沉夜浮的习性, 夜间索饵上浮, 翌日清晨六点到七点鱼群则开始下潜^[2-3]。由于智利竹筴鱼为中上层高度洄游物种, 其洄游模式目前还没有定论。SERRA^[4] 研究认为智利竹筴鱼的迁移是以环形的洄游轨迹进行的, 也有研究^[5] 发现智利竹筴鱼主要以集群模式洄游。前苏联学者研究表明智利竹筴鱼在洄游过程中有大量的越冬场、产卵场和索饵场, 洄游模式自东向西沿着“竹筴鱼带”以螺旋式方式

进行, 并且不再返回^[6]。

研究渔场时空分布可以分析智利竹筴鱼渔场变动并进行渔情预报^[7]。对此国内外专家学者也进行了研究, 如牛明香等^[7-8] 分析了 2005 年智利外海竹筴鱼中心渔场的时空变动以及中心渔场与海洋环境的关系, 并研究了渔获量与海表面温度的分布特征。邵帼瑛等^[9] 分析了智利竹筴鱼渔场每月的海表面温度特征值, 以及渔场分布与海表面温度之间的关系。黄洪亮等^[10] 根据调查资料研究了智利竹筴鱼渔场与气象和水文之间的关系。由于智利竹筴鱼具有高度的洄游性, 分布范围较广, 渔场资源及中心渔场变动的年际差异较大, 因此对其时空变化规律也难以掌握。由于不同年份间的海洋环境有着很大的差异, 因此研究长时间序列的智利竹筴鱼渔场变化也显得至关重要。本文根据 2003—2011 年东南太平洋捕捞数据, 运用灰色关联评价等数理方法

收稿日期: 2018-07-20 修回日期: 2019-04-24

基金项目: 国家海洋局公益性行业专项(20155014); 上海市科技创新行动计划(14DZ1205000)

作者简介: 李媛洁(1994—), 女, 硕士研究生, 研究方向为渔业资源。E-mail: liyuanjedl@163.com

通信作者: 汪金涛, E-mail: jtawang@shou.edu.cn

对各年的资源状况进行分析和评价,并研究东南太平洋资源和渔场时空分布及变化规律,为东南太平洋智利竹筴鱼渔情预报和资源可持续利用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料来源

2003—2011 年东南太平洋智利竹筴鱼生产统计数据由上海海洋大学鱿钓技术组提供,数据包括作业次数、作业位置、作业日期和渔区总产量(t),空间分辨率为 1° × 1°。

1.2 研究方法

(1) 分别统计各年度每一经度和纬度的产量,并求其所占比重,利用相关分析方法对各年度每一经度和纬度渔获量占总渔获量的比重,以及作业次数占总的作业次数的比重进行分析,来比较各年度资源渔场空间分布的差异。

(2) 作业渔场重心的计算公式为

$$X = \frac{\sum_{i=1}^k X_i (C_i/N_i)}{\sum_{i=1}^k (C_i/N_i)} \quad (1)$$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^k Y_i (C_i/N_i)}{\sum_{i=1}^k (C_i/N_i)} \quad (2)$$

式中: X, Y 分别表示渔场重心的经度和纬度; C_i 为第 i 个渔区的产量; N_i 为第 i 个渔区的放网次数; X_i 为第 i 个渔区中心点的经度; Y_i 为第 i 个渔区中心点的纬度; K 为渔区的总个数。

对各年各月作业渔场重心进行计算和分析,以比较其渔场空间分布的差异性。

(3) 分别统计各年每一纬度和经度的总产

量。利用灰色关联评价方法对各年度竹筴鱼资源状况进行评价。灰色关联评价方法是根据系统各因素间或各系统行为间发展态势的相似或相异程度,来衡量关联程度的方法。在系统发展过程中,若两个因素变化的趋势具有一致性,即同步变化程度较高,即可谓二者关联程度较高;反之,则较低。本文选取 2003—2011 年间每一经(纬)度竹筴鱼总产量的最大值作为最优向量,建立母序列,各年度每一经(纬)度的总产量组成向量作为子序列,将子序列和母序列进行灰色关联度分析^[11]。其分辨系数取 0.5,并采用均值初值化^[11]。综合关联度取经度和纬度关联度的平均值。关联度越大,说明该年资源状况越好,反之则越差^[4]。

2 结果

2.1 产量比重、平均网次产量和作业次数比重的时空分析

2.1.1 纬度方向的空间分布

2003—2011 年各纬度方向上均有生产,但主要作业区集中在 35°S ~ 42°S(图 1)。较为突出的年份为 2010 年和 2011 年。2010 年产量主要分布在 43°S ~ 44°S,其产量比重占年总产量的 33%。2011 年产量主要分布在 43°S ~ 44°S,其产量比重占年总产量的 33%。46°S ~ 48°S 上无产量。总体上看,产量比重在纬度上的分布存在年间差异。

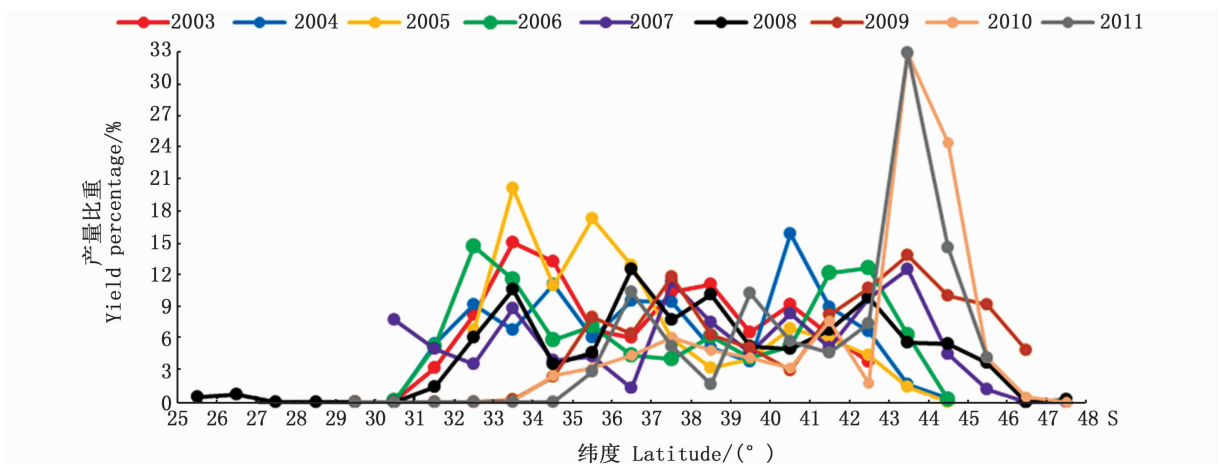


图 1 2003—2011 年各纬度(S)产量所占比重

Fig. 1 Percentages of catch at each latitude (S) from 2003 to 2011

2003—2011 年平均网次产量总体上呈现出先降低后升高再降低的趋势(图 2)。主要作业区域 30°S ~ 45°S 的平均网次产量占总体的 50%，产量相对稳定，年间幅度变化也较小，说明该区

域资源状况具有稳定性。2008 年的 25°S ~ 26°S 海域平均网次产量呈现最大值，其值超过 60 t/net(图 2)，但该海域年产量仅 545 t。

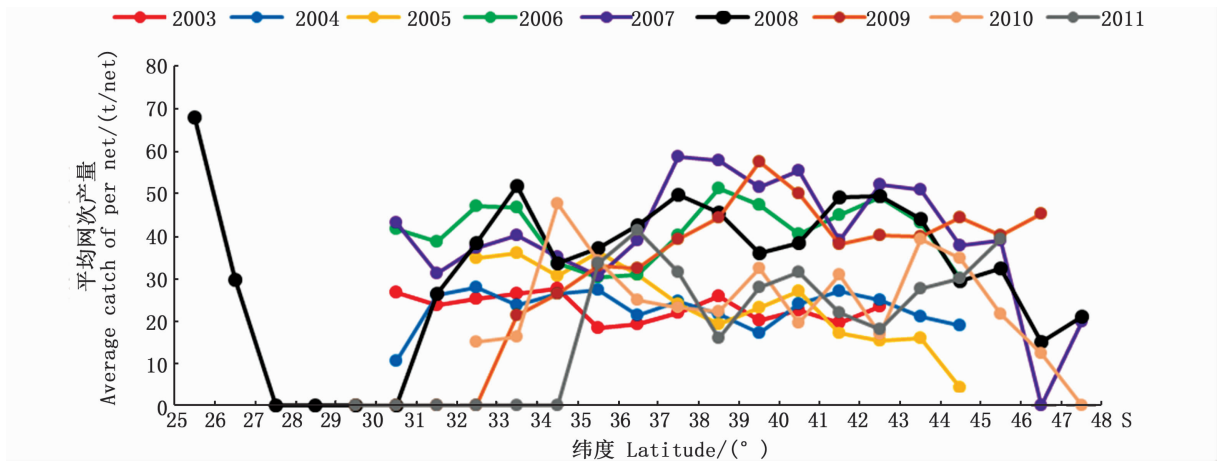


图 2 2003—2011 年平均网次产量按纬度(S)分布

Fig. 2 Distribution of production per net by latitude (S) from 2003 to 2011

2003—2011 年各纬度均有作业次数，基本呈现出先升高后降低的趋势。2010 和 2011 年作业位置主要集中在 43°S ~ 44°S(图 3)，这与产量比

重的集中分布区域一致，说明作业次数与渔获量之间存在着一定关联。

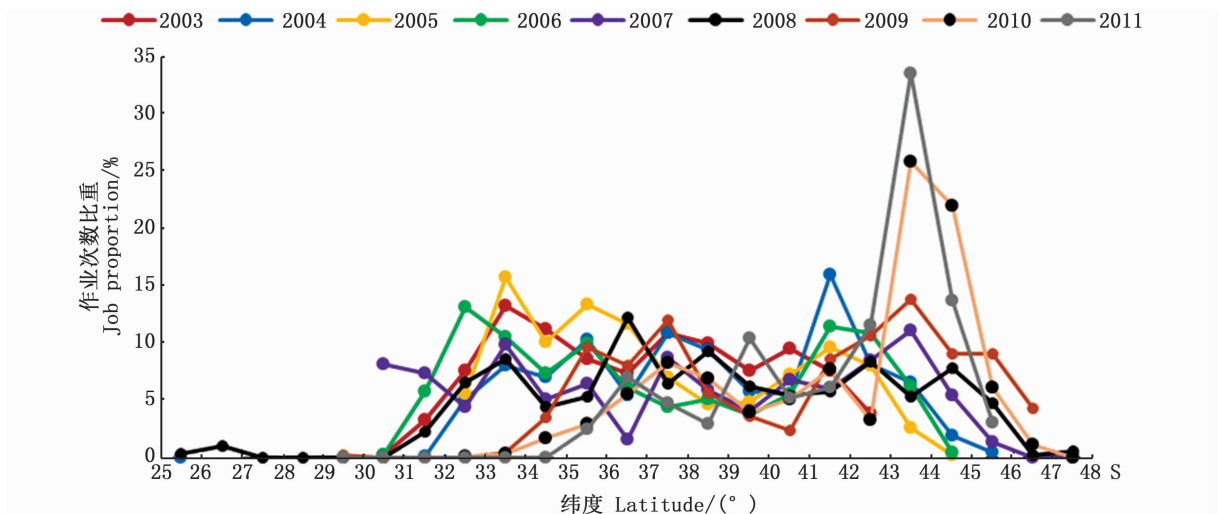


图 3 2003—2011 年各纬度(S)作业次数所占比重

Fig. 3 Proportion of operations at various latitudes (S) from 2003 to 2011

2.1.2 经度方向的空间分布

2003—2011 年，东南太平洋智利竹筴鱼产量比重在经度上基本呈现出由东向西先增加再减小的趋势(图 4)。产量比重最大的区域大致为

82°W ~ 89°W，占总体的 47%。其中 2006、2010 和 2011 年最大产量比重均分布在 88°W ~ 89°W，但产量比重值均低于 20%。

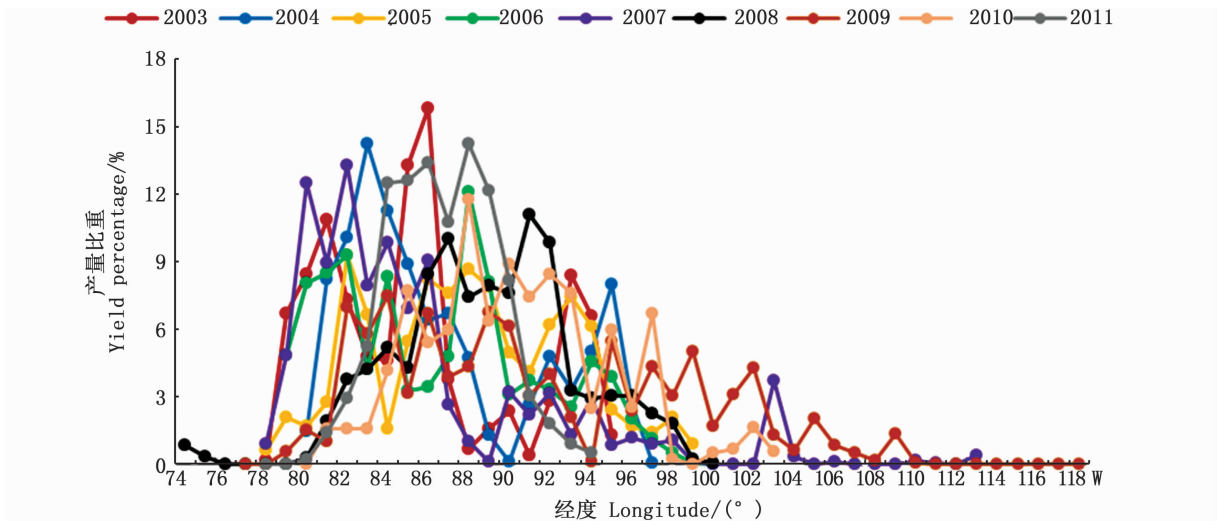


图 4 2003—2011 年各经度 (W) 产量所占比重

Fig. 4 Percentages of catch at each longitude from 2003 to 2011

2003—2011 年平均网次产量随经度的变化呈现明显的区域性(图 5),且波动范围较大。从图 5 可以看出,渔场主要分布在 79°W ~ 101°W 区域,平均达到 39 t/net,且平均网次产量年间变

化幅度较小,说明该区域资源状况也比较稳定。但 2007、2009 年在 100°W ~ 119°W 海域内放网次数较少,平均网次产量波动范围较大。

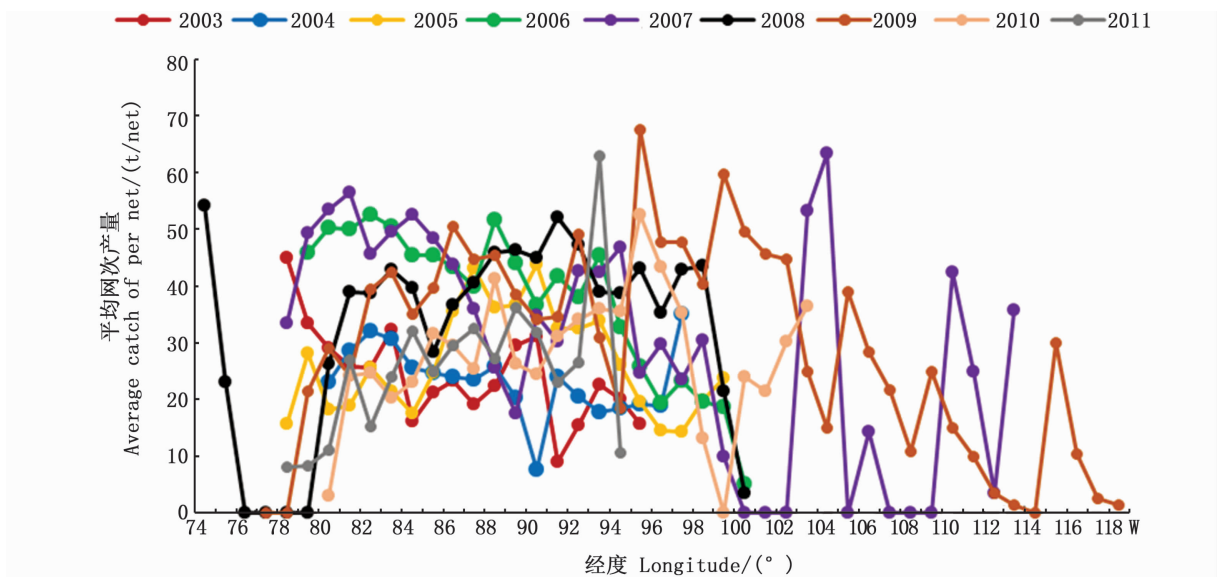


图 5 2003—2011 年平均网次产量按经度 (W) 分布

Fig. 5 Distribution of production per net by longitude (W) from 2003 to 2011

2003—2011 年作业次数比重在经度上基本呈现出由东向西先增加再减小的趋势(图 6),这

与经度产量所占比重的趋势大致一致。

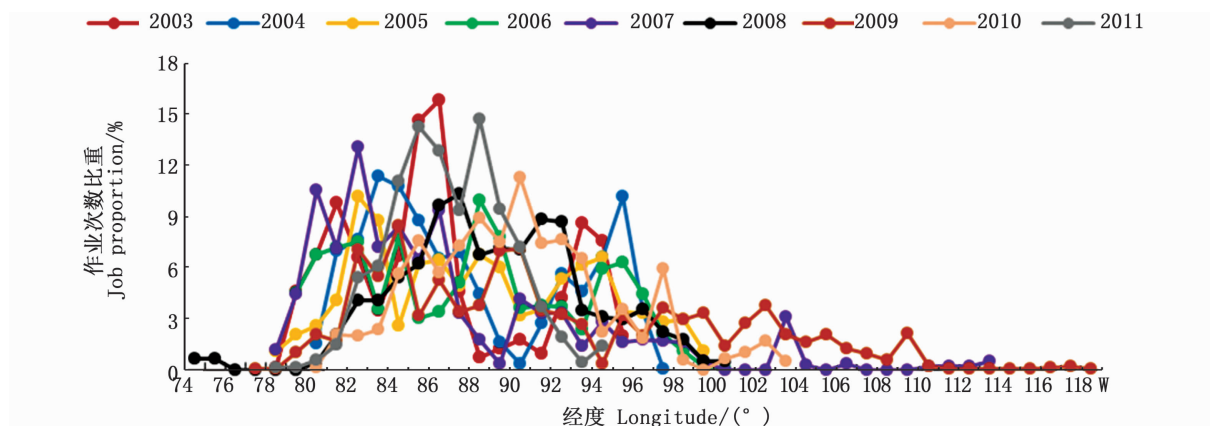


图6 2003—2011年各经度(W)作业次数所占比重

Fig. 6 Proportion of operations at various longitude (W) from 2003 to 2011

2.2 作业渔场重心的空间分布和比较

2003年1—12月均有生产,2004—2006年除2月份外其他各月均有生产,2007—2008年作业主要在3—11月,2009年作业主要在3—10月,2010年作业主要在2—10月,2011年作业主要在2—8月。根据统计得到2003—2011年的主要作业渔场(表1),并利用Arcgis软件对各年各月渔场重心进行分析(图7),结果表明:2003—2011年3—5月渔场主要分布在 $80^{\circ}\text{W} \sim 95^{\circ}\text{W}$ 、 $40^{\circ}\text{S} \sim 45^{\circ}\text{S}$ 范围内;6月份渔场主要分布在 $80^{\circ}\text{W} \sim 88^{\circ}\text{W}$ 、 $39^{\circ}\text{S} \sim 43^{\circ}\text{S}$ 范围内;7月份渔场主要分布在 $82^{\circ}\text{W} \sim 88^{\circ}\text{W}$ 、 $36^{\circ}\text{S} \sim 40^{\circ}\text{S}$;8月份渔场主要分布在 $84^{\circ}\text{W} \sim 94^{\circ}\text{W}$ 、 $34^{\circ}\text{S} \sim 38^{\circ}\text{S}$;6~8月份渔场重心逐渐向北移动,并且从8月份起,渔场开始分为2个区域,渔场重心逐渐向西北和东北2个方向偏移(图7);9月份渔场主要分布在 $86^{\circ}\text{W} \sim 102^{\circ}\text{W}$ 、 $32^{\circ}\text{S} \sim 36^{\circ}\text{S}$;10月份渔场主要分布在 $85^{\circ}\text{W} \sim 94^{\circ}\text{W}$ 、 $31^{\circ}\text{S} \sim 35^{\circ}\text{S}$;11月份渔场主要分布在 $92^{\circ}\text{W} \sim 97^{\circ}\text{W}$ 、 $32^{\circ}\text{S} \sim 36^{\circ}\text{S}$;12月份渔场,主要分布在 $92^{\circ}\text{W} \sim 96^{\circ}\text{W}$ 、 $36^{\circ}\text{S} \sim 40^{\circ}\text{S}$,相对于9—11月份又逐渐向南移动。由此可得,渔场重心从3月份开始由南逐渐向北移动,并随着月份的增加,8月份开始渔场分为2个部分,渔场重心逐渐向西北和东北2个方向移动,到10月份逐渐偏移到最北端,12月以后逐渐向东南方向移动。

2.3 东南太平洋智利竹筴鱼资源状况评价与比较

分别找出2003—2011年在 $25^{\circ}\text{S} \sim 48^{\circ}\text{S}$ 、 $74^{\circ}\text{W} \sim 119^{\circ}\text{W}$ 海域每一纬(经)度竹筴鱼产量的最优向量,并利用最优向量与2003—2011年9年间

各纬(经)度竹筴鱼产量进行灰色关联分析。

经计算,2003—2011年各年度的综合关联度依次为0.8103、0.8404、0.8473、0.8480、0.8324、0.8636、0.8396、0.8331和0.8035(表2),则其各年度资源丰度次序为2008、2006、2005、2004、2009、2007、2010和2011年。

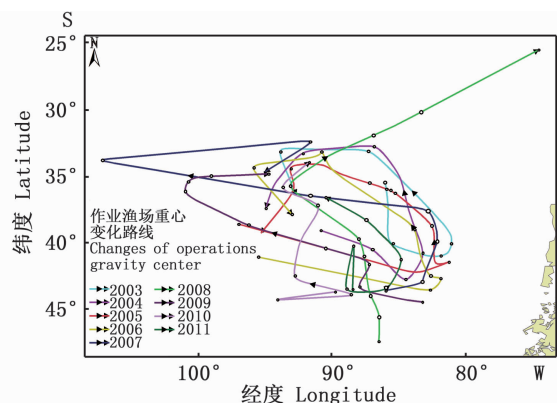


图7 2003—2011年智利竹筴鱼作业渔场重心的时空变化

Fig. 7 Temporal and spatial changes of operations gravity center of Chilean mackerel fishery in Chile from 2003 to 2011

资源量状况在一定程度上也可以通过平均网次产量的高低来显示。2003—2011年间各纬度(经度)平均网次产量年间变化较大,且空间分布有所差异。本研究表明,平均网次产量超过 45 t/net 以上的高产海域见表3。其中,2008年分别有6个纬度和5个经度区域的平均网次产量超过 45 t/net ,且分布较为集中,表明这一年的资源状况良好,这与灰色关联度的结果一致。总体上看,

表 1 2003—2011 年东南太平洋智利竹筴鱼主要作业渔场及其产量比重

Tab. 1 Percentages of *Trachurus murphyi* catch in main fishing areas from 2003 to 2011

年份 Year	纬度范围 Latitude range	产量比重 Yield percentage/%	经度范围 Longitude range	产量比重 Yield percentage/%
2003	32°S ~ 35°S, 37°S ~ 39°S	57.86%	80°W ~ 87°W	65.26
2004	32°S ~ 38°S, 40°S ~ 42°S	76.89	81°W ~ 88°W	65.86
2005	33°S ~ 37°S	61.30	85°W ~ 95°W	66.72
2006	32°S ~ 36°S, 41°S ~ 43°S	63.93	79°W ~ 85°W, 88°W ~ 90°W	58.66
2007	37°S ~ 44°S	59.38	79°W ~ 87°W	73.50
2008	33°S ~ 43°S	76.16	83°W ~ 93°W	76.11
2009	37°S ~ 38°S, 41°S ~ 46°S	63.73	82°W ~ 91°W, 95°W ~ 100°W	71.52
2010	43°S ~ 45°S	57.25	85°W ~ 94°W	69.67
2011	42°S ~ 46°S	54.95	83°W ~ 91°W	89.06

表 2 2003—2011 各年度各经纬度关联值

Tab. 2 Latitude and longitude associated values for each year from 2003 to 2011

年份 Year	各纬度关联值 Latitude associated values	各经度关联值 Longitude associated values	综合关联值 Composite associated values
2003	0.824 3	0.796 3	0.810 3
2004	0.857 8	0.823 0	0.840 4
2005	0.810 5	0.884 1	0.847 3
2006	0.847 0	0.848 9	0.848 0
2007	0.859 9	0.804 9	0.832 4
2008	0.894 9	0.832 2	0.863 6
2009	0.850 3	0.828 8	0.839 6
2010	0.830 5	0.835 7	0.833 1
2011	0.816 6	0.790 4	0.803 5

较高平均网次产量的海域主要集中分布于 79°W ~ 101°W、30°S ~ 45°S 区域,与高产量比重

分布的海域基本一致。邹晓荣^[12]认为,平均网次产量值纬度方向上 39°S ~ 43°S 处较高,而 33°S 以北海域很低,经度方向上分布以 79°W ~ 82°W 和 86°W ~ 88°W 海域较高。这与本研究结果稍有差异,可能与两者调查范围、作业次数以及渔场变动有关。

灰色关联度与渔获量的变化趋势显著相关 ($R=0.55, P<0.05$, 图 8), 灰色关联度与平均网次产量 (CPUE) 的变化趋势则差异显著 ($R=0.27, P>0.05$, 图 9)。灰色关联评价表明, 2003—2011 年间, 2008 年资源状况最好, 最差为 2011 年, 这可能与作业次数及竹筴鱼的周期性波动有关, 2003—2006 年, 灰色关联度与渔获量均呈缓慢增长趋势, 2007—2008 年间增长最快, 2009—2011 年资源状况不断下降。

表 3 2003—2011 年平均网次产量超过 45 t/net 的海域

Tab. 3 Areas with catch per net >45 t/net from 2003 to 2011

年份 Year	纬度 Latitude	经度 Longitude
2003	-	-
2004	-	-
2005	-	-
2006	32°S ~ 34°S, 38°S ~ 39°S, 41°S ~ 43°S	79°W ~ 86°W
2007	37°S ~ 41°S, 42°S ~ 44°S	79°W ~ 86°W, 103°W ~ 105°W
2008	37°S ~ 39°S, 41°S ~ 43°S	89°W ~ 93°W
2009	39°S ~ 41°S, 46°S ~ 47°S	86°W ~ 89°W, 92°W ~ 93°W, 95°W ~ 98°W, 99°W ~ 102°W
2010	34°S ~ 35°S, 52°S ~ 53°S	-
2011	-	-

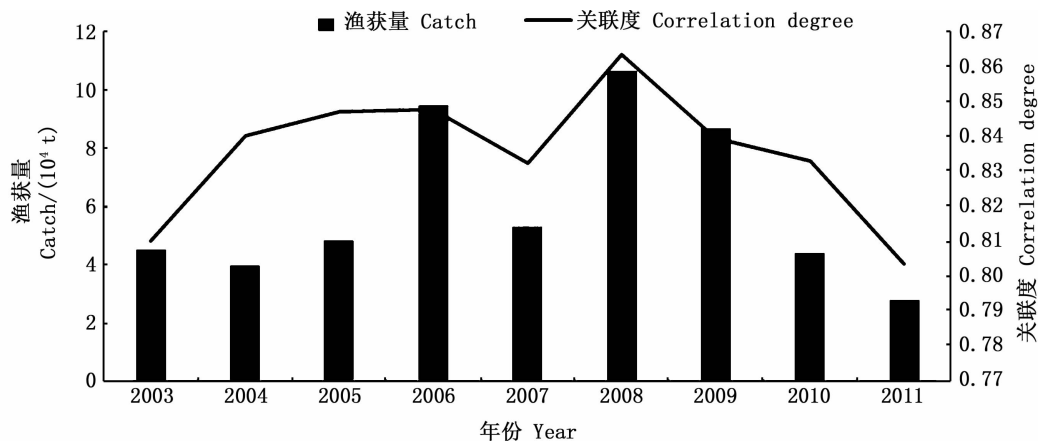


图 8 2003—2011 年东南太平洋智利竹筴鱼渔获量与灰色关联度

Fig. 8 Catch of *Trachurus murphyi* and values of grey correlation degree from 2003 to 2011

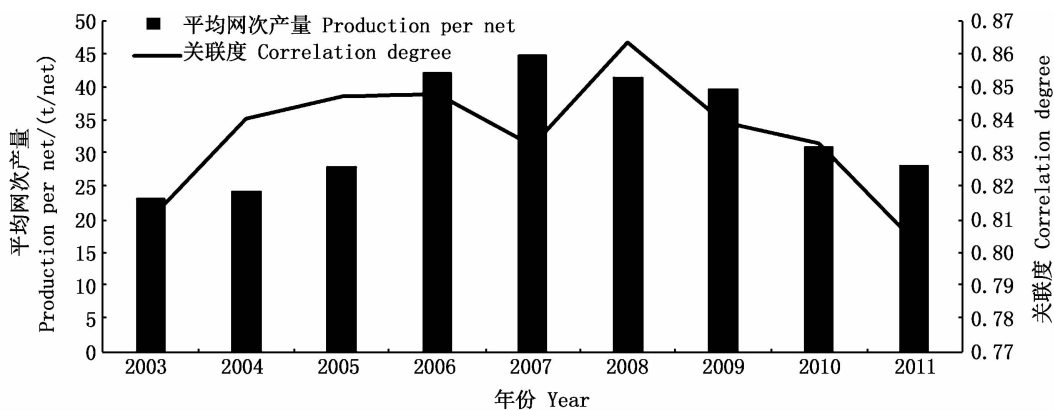


图 9 2003—2011 年东南太平洋智利竹筴鱼平均网次产量与灰色关联度

Fig. 9 Production per net of *Trachurus murphyi* and values of grey correlation degree from 2003 to 2011

3 讨论

智利竹筴鱼渔场分布的时空变化可以通过渔场重心的变动较为直接地反映出来。魏广恩等^[13]研究认为渔场重心也是表征渔场位置的重要参数。经过对各年各纬度(经度)产量比重和渔场重心情况分析,本研究发现 2003—2011 年的渔场重心均在 45°S 以北,渔场重心在 45°S 以南的仅 2008 年 3 月,而且放网次数较少。邹晓荣^[12]研究认为,西风漂流带是该渔场分布的南部屏障(45°S ~ 60°S),这与本文的研究结论相符合。但本研究也发现了在 2009 年渔场甚至到达了 119°W,表明西部海域也存在渔场(但作业网次数和平均网次产量相对较低,图 5~6),为今后的西部渔场探捕提供了一定的可行性。

在时间变化趋势上,研究发现灰色关联度与鱼类资源丰度变化趋势差异显著,主要表现在 2006—2008 年,作业渔船以及作业时间的影响可能导致 2006 年智利竹筴鱼平均网次产量增高。首先,2006 年渔业公司淘汰了部分旧船并增加了新船数量,生产规模随之扩大;其次,2006 年从 3 月中旬开始进行渔业生产,避开了生产淡季 1—2 月^[14]。2006 年为弱厄尔尼诺年^[15],海表面温度(SST)相对较高,资源量丰富。

2007 年较 2006 年相比渔获量较低。2007 年本身资源状况比较差,这可能与 2006 年捕捞产量过高造成亲鱼量急剧下降有关,而探捕调查表明生产时间也缩短了,导致产量降低^[14]。且 2007 年处于弱拉尼娜年^[15-16],海洋环境变化较大。有研究认为厄尔尼诺/拉尼娜现象会引发海洋环境

变化使得初级生产力发生改变,进而使得资源时空分布产生差异^[15]。

2008 年为正常年份,但 SST 处于较高水平,其产量较丰富^[15-16]。化成君等^[1]研究发现从 2008 年 8 月起渔场继续向东移动,11 月渔场重心到达 74.51°W,相比 2006 年前的移动方向变化较大,这可能受到了智利竹筴鱼渔场资源分布或渔场环境改变的影响,作业次数增多。因此,2008 年资源状况最好,平均网次产量也较高。

随着年份的增加,从 2009 年到 2011 年渔获量与作业次数不断下降,平均网次产量也呈现逐渐下降的趋势。文中的平均网次产量是总渔获量与总作业次数的比值,每年的气候变化、海洋环境、作业船只的船型、作业位置的影响均有可能使年际平均网次产量发生变化。有研究表明,气候模态变化驱动渔场环境的变化,进而对鱼类资源丰度产生显著影响^[16]。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^[17-19],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。也有研究认为厄尔尼诺—南方涛动(ENSO)与智利竹筴鱼资源丰度存在着显著性关系^[20],这对智利竹筴鱼时空分布也会产生相应的影响。

东南太平洋智利竹筴鱼渔场的分布是多种因素综合作用的结果,海表温度、洋流、叶绿素、海面高度和饵料状况等都是渔场形成机制中的重要因素,温度是影响渔场形成的最重要的海洋环境因素,水温的变化能够影响到鱼类空间集群、洄游以及资源量的分布等。除此之外,海表温度也是渔场渔情分析应用中相对重要的环境因子^[9]。本文仅对年际变化作出具体分析,对于海表温度、海面高度等未能与渔场之间建立相应的模型。若想获得精确的渔场重心,今后还可以做进一步的研究。

参考文献:

- [1] 化成君,张衡,樊伟. 东南太平洋智利竹筴鱼资源和渔场的时空变化[J]. 生态学报, 2011, 31(19): 5676-5681.
- HUA C J, ZHANG H, FAN W. Spatial-temporal patterns of fishing grounds and resource of Chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*) in the Southeast Pacific Ocean[J]. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(19): 5676-5681.
- [2] 李显森,陈聚法,周立凯,等. 东南太平洋智利竹筴鱼渔业生物学的初步调查研究[J]. 海洋水产研究, 2002, 23(2): 19-24.
- LI X S, CHEN J F, ZHOU L K, et al. Preliminary studies on fishery biology of horse mackerel (*Trachurus murphyi*) in the Southeast Pacific Ocean[J]. Marine Fisheries Research, 2002, 23(2): 19-24.
- [3] 许永久,张敏. 东南太平洋智利竹筴鱼渔场浮游生物数量分布及与渔场关系[J]. 海洋渔业, 2007, 29(4): 289-295.
- XU Y J, ZHANG M. Distribution of plankton on *Trachurus murphyi* fishing grounds of the Southeast Pacific and its relationship with fishing grounds [J]. Marine Fisheries, 2007, 29(4): 289-295.
- [4] SERRA J R. Important life history aspects of the Chilean jack mackerel, *Trachurus symmertricus murphyi*[J]. Investigacion Pesquera (Chile), 1991, 36: 67-83.
- [5] U. S. Fish and Wildlife Service. Standards for development of HSI models; USDI fish and wildlife service[R]. Division of Ecological Services, ESM 103, 1980.
- [6] 张敏,邹晓荣. 大洋性竹筴鱼渔业[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011: 46-47.
- ZHANG M, ZOU X R. Oceanic jack mackerel fishery[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2011: 46-47.
- [7] 牛明香,李显森,戴芳群,等. 智利外海西部渔场智利竹筴鱼资源与海表温度分布特征[J]. 海洋环境科学, 2010, 29(3): 373-377.
- NIU M X, LI X S, DAI F Q, et al. Characteristics of Chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*) resource and surface temperature in west fishing ground offshore waters of Chile[J]. Marine Environmental Science, 2010, 29(3): 373-377.
- [8] 牛明香,李显森,徐玉成. 智利外海竹筴鱼中心渔场时空变动的初步研究[J]. 海洋科学, 2009, 33(11): 105-109.
- NIU M X, LI X S, XU Y C. Preliminary study on spatio-temporal change of central fishing ground of Chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*) in the offshore waters of Chile [J]. Marine Sciences, 2009, 33(11): 105-109.
- [9] 邵帼瑛,张敏. 东南太平洋智利竹筴鱼渔场分布及其与海表温关系的研究[J]. 上海水产大学学报, 2006, 15(4): 468-472.
- SHAO G Y, ZHANG M. A study on correlation of fishing ground distribution of jack mackerel (*Trachurus murphyi*) versus SST in the southeast Pacific Ocean[J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2006, 15(4): 468-472.
- [10] 黄洪亮,沈新强. 智利竹筴鱼渔场与海洋环境因子的关系分析[J]. 海洋渔业, 2003, 25(1): 15-18.
- HUANG H L, SHEN X Q. Analysis on the relationship between Chilean jack mackerel *Trachurus murphyi* fishing grounds and marine environmental factors [J]. Marine Fisheries, 2003, 25(1): 15-18.

- [11] 陈新军, 许柳雄, 田思泉. 北太平洋柔鱼资源与渔场的时空分析[J]. 水产学报, 2003, 27(4): 334-342.
CHEN X J, XU L X, TIAN S Q. Spatial and temporal analysis of *Ommastrephes bartrami* resources and its fishing ground in North Pacific Ocean [J]. Journal of Fisheries of China, 2003, 27(4): 334-342.
- [12] 邹晓荣. 东南太平洋智利竹筴鱼资源、渔场和捕捞技术的研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2003.
ZOU X R. Study on Chilean carp resource, fishery and fishing technology in the Southeast Pacific [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2003.
- [13] 魏广恩, 陈新军, 李纲. 西北太平洋柔鱼洄游重心年际变化及预测[J]. 上海海洋大学学报, 2018, 27(4): 573-583.
WEI G N, CHEN X J, LI G. Interannual variation and forecasting of *Ommastrephes bartramii* migration gravity in the northwest Pacific Ocean [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2018, 27(4): 573-583.
- [14] 牛明香, 李显森, 徐玉成. 基于广义可加模型的时空和环境因子对东南太平洋智利竹筴鱼渔场的影响[J]. 应用生态学报, 2010, 21(4): 1049-1055.
NIU M X, LI X S, XU Y C. Effects of spatiotemporal and environmental factors on the fishing ground of *Trachurus murphyi* in Southeast Pacific Ocean based on generalized additive model [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2010, 21(4): 1049-1055.
- [15] 陈洋洋, 陈新军. 厄尔尼诺/拉尼娜现象对中西太平洋鳀资源丰度的影响[J]. 上海海洋大学学报, 2017, 26(1): 113-120.
CHEN Y Y, CHEN X J. Influence of El Nino/La Nina on the abundance index of skipjack in the Western and Central Pacific Ocean [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2017, 26(01): 113-120.
- [16] 余为, 陈新军, 易倩. 不同气候模态下西北太平洋柔鱼渔场环境特征分析[J]. 水产学报, 2017, 41(4): 525-534.
YU W, CHEN X J, YI Q. Analysis of variations in the environmental conditions on the fishing ground of neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in the Northwestern Pacific Ocean under different climate modes [J]. Journal of Fisheries of China, 2017, 41(4): 525-534.
- [17] FEDOROV A V, PHILANDER S G. Is El Niño changing [J]. Science, 2000, 288(5473): 1997-2002.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] 杨香帅, 邹晓荣, 徐香香, 等. ENSO 现象对东南太平洋智利竹筴鱼资源丰度及其渔场变动的影响[J]. 上海海洋大学学报, 2019, 28(2): 290-297.
YANG X S, ZOU X R, XU X X, et al. Effects of ENSO on abundance index and spatial-temporal change of Chilean jack mackerel in the Southeast Pacific [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2019, 28(2): 290-297.

Spatio-temporal distribution of mackerel in Southeast Pacific Ocean

LI Yuanjie¹, CHEN Xinjun^{1,2,3,4,5}, WANG Jintao^{1,2,3,4,5}, CHEN Zuozhi⁶

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Key Laboratory of Oceanic Fisheries Exploration, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai 201306, China; 3. National Engineering Research Center for Oceanic Fisheries, Shanghai 201306, China; 4. Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai 201306, China; 5. Scientific Observing and Experimental Station of Oceanic Fishery Resources, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai 201306, China; 6. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, Guangdong, China)

Abstract: Based on the fishery data of Chilean jack mackerel in the southeast Pacific from 2003 to 2011, the spatio-temporal distribution of Chilean mackerel in the southeastern Pacific was analyzed by grey correlation evaluation. The results showed that the center of gravity of fishing ground in the southeastern Pacific Ocean was mainly distributed in the range of 80°W – 95°W and 40°S – 45°S from 2003 to 2011. It gradually moved to the northwest with the increase of the month and started from August. The fishing ground began to divide into two areas. The center of fishing gradually shifted to the northwest and northeast, and shifted to the northernmost in October. From the perspective of the distribution of catch in the southeastern Pacific Chile has a significant seasonal variation. The fishing ground was distributed at the southernmost, and its range was also relatively small in the autumn, mainly located in 80°W – 95°W, 40°S – 45°S. The fishing ground moved to north in the winter; whereas the fishing ground was at northernmost, with a wide range. This was similar to the distribution of the center of gravities. The average catch per net was distributed in 79°W – 101°W, 30°S – 45°S. The fishing activities in the area of 79°W – 101°W, 30°S – 45°S were also relatively high. The grey correlation indicated that the status of the Chilean jack mackerel in the Southeast Pacific Ocean had been good for 9 years. Understanding the spatio-temporal distribution of mackerel is beneficial to sustainable development and management for mackerel resources in the future.

Key words: Southeastern Pacific Ocean; mackerel; spatio-temporal distribution; grey relevance evaluation