

## 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

徐 冰<sup>1</sup>, 陈新军<sup>1,2,3\*</sup>, 田思泉<sup>1,2,3</sup>, 钱卫国<sup>1,2,3</sup>, 刘必林<sup>1,2,3</sup>

(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:** 研究大范围环境变化对茎柔鱼渔场分布的影响, 对指导渔业科学生产、掌握资源变动规律具有重要意义。根据 2005—2009 年我国鱿钓船鱿钓生产数据, 结合表温(SST)、0~200 m 垂直水温(15 m 水层温度  $T_{15}$ , 50 m 水层温度  $T_{50}$ , 100 m 水层温度  $T_{100}$ , 200 m 水层温度  $T_{200}$ ) 等资料, 研究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。结果表明, 2006 和 2009 年 10—12 月受厄尔尼诺影响, 作业渔场分布在  $79^{\circ}\text{W}\sim 84^{\circ}\text{W}$ 、 $10^{\circ}\text{W}\sim 17^{\circ}\text{S}$  海域, 最适 SST 为  $19\sim 22^{\circ}\text{C}$ ; 2007 年 10—12 月受拉尼娜影响, 作业渔场分布在  $81^{\circ}\text{W}\sim 85^{\circ}\text{W}$ 、 $10^{\circ}\text{W}\sim 14^{\circ}\text{S}$  海域, 最适 SST 为  $17\sim 20^{\circ}\text{C}$ , 中心渔场作业范围相比厄尔尼诺年份向北偏移  $1^{\circ}\sim 2^{\circ}$ , 平均 SST 降低  $2^{\circ}\text{C}$ 。各层水温分布表明, 2007 年 10—12 月  $T_{15}$  和  $T_{50}$  水温均明显高于 2006 年 10—12 月, 最大温度差值为  $6\sim 9^{\circ}\text{C}$ ;  $T_{100}$  和  $T_{200}$  温度差别较小, 最大温度差值为  $1^{\circ}\text{C}$ 。水温垂直结构结果表明, 2006 年 10—12 月作业渔场未形成明显的上升流, 主要分布在外洋水与沿岸水交汇处; 2007 年 10—12 月的沿岸一侧形成了势力强劲的上升流, 作业渔场主要分布在上升流等温线密集交汇处。此外, 由于受上升流的加强使栖息水层营养盐丰富, 更有利于茎柔鱼索饵, 导致茎柔鱼渔场分布也出现一定转移。研究表明, 秘鲁外海中心渔场位置的变化与厄尔尼诺和拉尼娜事件具有密切关系。

**关键词:** 茎柔鱼; 渔场分布; 表温; 水温垂直结构; 厄尔尼诺和拉尼娜

**中图分类号:** S 931

**文献标志码:** A

茎柔鱼(*Dosidicus gigas*)资源丰富, 广泛分布于东太平洋的加利福尼亚( $37^{\circ}\text{N}$ )到智利( $47^{\circ}\text{S}$ )的海域<sup>[1-3]</sup>, 是这一区域重要的经济捕捞对象。自 20 世纪 90 年代开始, 日本和韩国等国家的鱿钓船对茎柔鱼资源进行了大规模的开发, 产量急剧增加, 年最高产量超过 80 万 t<sup>[4-5]</sup>。我国于 2001 年对秘鲁外海茎柔鱼资源进行了开发, 至今一直是我国鱿钓渔船的重要捕捞对象, 年最高产量超过了 20 万 t。

作为短生命周期的的柔鱼类, 其资源量变动对环境变化极为敏感<sup>[3, 6]</sup>。全球气候异常也会使其资源和渔场发生波动, 特别是厄尔尼诺(El Niño)和

拉尼娜(La Niña)事件<sup>[7-10]</sup>。有研究认为, El Niño 现象将会导致茎柔鱼资源量的减少, 捕捞产量的下降<sup>[3]</sup>, 如 1997 年和 1998 年由于 El Niño 现象的发生, 使得茎柔鱼资源量出现下降, 导致秘鲁外海茎柔鱼产量剧减<sup>[11]</sup>, 但有关 El Niño 和 La Niña 事件对茎柔鱼渔场空间分布影响机理的研究目前还没有报道。因此, 本研究拟利用我国鱿钓船生产统计数据, 选取海洋表面温度(SST)和深层水温(0~200 m)作为环境影响因子, 并结合 El Niño 和 La Niña 事件发生时段, 分析茎柔鱼渔场分布及其环境状况, 掌握其资源空间分布的变化规律, 为合理开发

收稿日期: 2011-03-13 修回日期: 2011-11-17

资助项目: 上海市优秀学科带头人计划(10XD1402000); 曙光计划跟踪项目(08GG14); 国家“八六三”高技术研究发展计划(2007AA092201; 2007AA0 92202); 上海市教委优秀青年基金(B-8101-080-0024); 上海市捕捞学重点学科资助(S30702)

通讯作者: 陈新军, E-mail: xjchen@shfu.edu.cn

和利用茎柔鱼资源提供依据。

### 1 材料与方 法

#### 1.1 材 料

**生产数据** 生产数据来自上海海洋大学鱿 钓技术组, 时间为 2005 年 1 月—2009 年 12 月。统 计对象为我国在秘鲁外海生产的鱿钓船。统计内容 包括日期、经度、纬度、日产量和渔船数。

**环境数据** El Niño 和 La Niña 事件采用 Nino 3.4 SSTA 指标来表征, 资料来自美国国家海 洋大气局(NOAA)气候预报中心网站(<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>), 时间范围为 2005—2009 年。水温数据来自美国哥伦比亚海洋环境数据库 (<http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.CARTO-N2GIESE/SODA/>), 其中包括海洋表面温度(SST)和 垂直水温数据(0~200 m), 时间范围为 2005—2009 年, 时间分辨率为月, 空间分辨率分别为 1°×1°和 0.5°×0.5°。

#### 1.2 分析方 法

(1) 定义经、纬度 0.5°×0.5°为一个渔区, 按月 计算一个渔区内的单位捕捞力量渔获量(catch per unit effort, CPUE), 单位为 t/d。

(2) 依据 NOAA 对 El Niño/La Niña 事件定义, Nino 3.4 区 SSTA 连续 3 个月滑动平均值超过+0.5 °C, 则认为发生一次 El Niño 事件; 若连续 3 个月低于

-0.5 °C, 则认为发生一次 La Niña 事件<sup>[12]</sup>, 然后选 出相应月份进行分析比较。

(3) 利用 Marine Explore 4.8 绘制 El Niño 和 La Niña 发生月份的 CPUE 和 SST 叠加分布图, 分析 CPUE 空间分布与 SST 的关系。

(4) 由于茎柔鱼个体夜晚上游至 0~200 m 的水 层活动<sup>[3]</sup>, 所以选取 15 m 水层温度(T<sub>15</sub>)、50 m 水层 温度(T<sub>50</sub>)、100 m 水层温度(T<sub>100</sub>)和 200 m 水层温度 (T<sub>200</sub>)作为垂直水温的研究指标, 分析 CPUE 空间分 布与各层水温的关系。

(5) 利用 Sufer8.0 绘制 El Niño 和 La Niña 发生 月份的高产区域水温垂直剖面图, 分析中心渔场 的垂直水温结构。

### 2 结 果

#### 2.1 El Niño 和 La Niña 事件的确定

2005 年 1 月—2009 年 12 月间共发生 El Niño 事件 2 次, 分别是 2006 年 8—12 月和 2009 年 6—12 月; 发生 La Niña 事件 3 次, 分别是 2006 年 1—3 月、2007 年 10 月—2008 年 5 月和 2009 年 1—3 月(图 1 和表 1)。

考虑到研究资料的同步性, 本研究分别选取 2006 年、2007 年和 2009 年的 10—12 月份作为研 究时段, 分析 El Niño 和 La Niña 事件对茎柔鱼渔场 空间分布的影响。

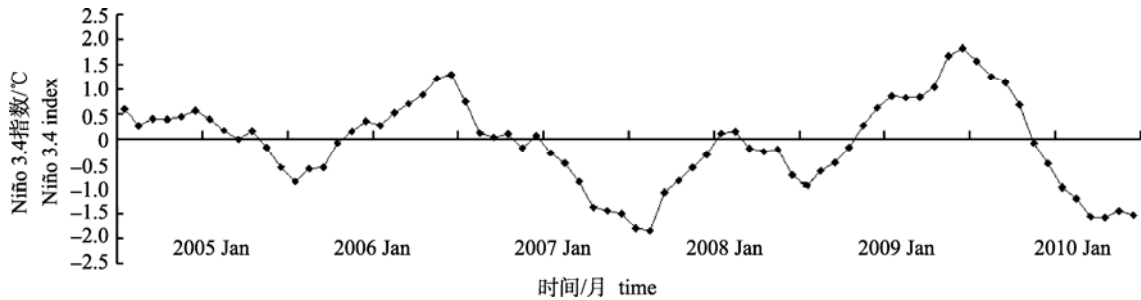


图 1 2005 年 1 月—2009 年 12 月 Niño 3.4 区 SSTA 时间序列分布图

Fig. 1 The time series distribution of SSTA in the area Niño 3.4 from January of 2005 to December of 2009

表 1 2005—2009 年 El Niño 和 La Niña 事件确认

Tab. 1 The information of El Niño and La Niña conditions from 2005 to 2009

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
2005	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
2006	LN	LN	LN	N	N	N	N	EN	EN	EN	EN	EN
2007	N	N	N	N	N	N	N	N	LN	LN	LN	LN
2008	LN	LN	LN	LN	LN	N	N	N	N	N	N	N
2009	LN	LN	LN	N	N	EN	EN	EN	EN	EN	EN	EN

注: EN、LN 和 N 分别代表受 El Niño、La Niña 事件影响的月份, 以及正常月份。

Notes: EN, LN and N represent El Niño month, La Niña month and normal month, respectively..

### 2.2 El Niño 和 La Niña 事件下 CPUE 与 SST 的空间分布

空间叠加分析认为, 2006 年 10—12 月在 El Niño 事件影响下, 其 10 月中心渔场(高 CPUE)分布在 82.08°~83.15°W、10.85°~11.97° S 海域, 平均 SST 为 20.6 °C; 11 月分布在 81.30°~82.20° W、11.95°~12.82° S, 平均 SST 为 20.6 °C; 12 月分布在 81.15°~81.60°W、13.67°~13.92° S, 平均 SST 为 21.9 °C(图 2)。2009 年 10—12 月同样在受 El Niño 事件影响下, 10 月中心渔场分布在 82.45°~83.38° W、10.90°~11.36° S, 平均 SST 为 19.2 °C; 11 月分布在 81.98°~83.21° W、11.13°~13.40° S, 平均 SST 为 20.0 °C; 12 月分布在

80.01°~82.01° W、13.01°~15.31° S, 平均 SST 为 21.0 °C(图 2)。由此说明, 在 El Niño 事件影响下, 2006 年和 2009 年 10—12 月 2 年间的中心渔场空间分布及其平均 SST 基本相同。

2007 年 10—12 月在 La Niña 事件影响下, 10 月中心渔场分布在 82.60°~83.20° W、10.45°~10.68° S, 平均 SST 为 17.7 °C; 11 月分布在 82.33°~82.43° W、11.42°~11.47° S, 平均 SST 为 18.3 °C; 12 月分布在 81.40°~82.98° W、12.48° S~13.48° S, 平均 SST 为 19.8 °C(图 3)。其中心渔场的平均 SST

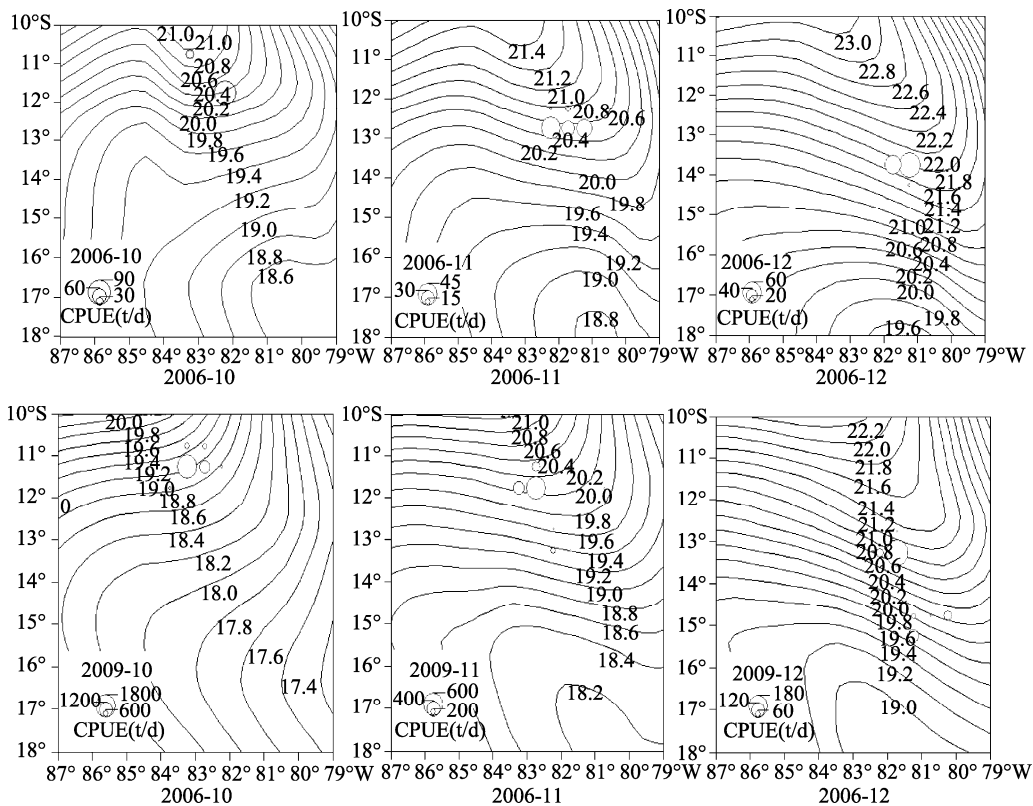


图 2 2006 年和 2009 年 10—12 月秘鲁外海茎柔鱼 CPUE 空间分布及其与 SST 的关系  
Fig. 2 CPUE distribution of *D. gigas* and its relationship with SST off Peru from Oct. to Dec. in 2006 and 2009

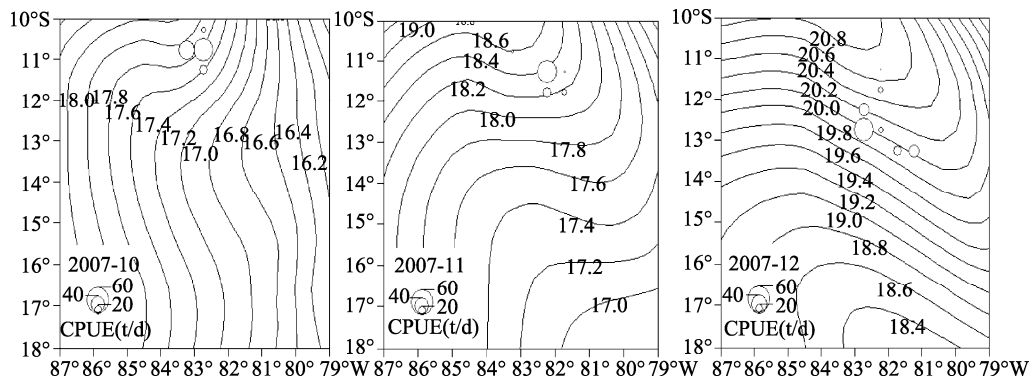


图 3 2007 年 10—12 月秘鲁外海茎柔鱼 CPUE 空间分布及其与 SST 的关系

Fig. 3 CPUE distribution of *D. gigas* and its relationship with SST off Peru from Oct. to Dec. in 2007

比受 El Niño 事件影响的 2006 年和 2009 年低 1~2 °C, 且偏北 1~2 个纬度。

2.3 El Niño 和 La Niña 事件下中心渔场与各水层温度空间分布的关系

统计发现, 2006 年、2007 年和 2009 年 10—12 月份中心渔场基本分布在 80°~85° W、10°~15° S 的海域。由于篇幅所限, 本节仅对 2006 年和 2007 年 10—12 月份进行 El Niño 和 La Niña 事件下中心渔场分布与各水层水温(T<sub>15</sub>, T<sub>50</sub>, T<sub>100</sub>, T<sub>200</sub>) 之间关系的分析。

分析认为, 2006 年 10 月中心渔场主要位于 81.13°~83.33°W、10.03°~11.97°S 海域(图 4-a), 相应的 T<sub>15</sub>、T<sub>50</sub>、T<sub>100</sub> 和 T<sub>200</sub> 分别为 19.4~21.5 °C、16.2~18.4 °C, 14.0~14.8 °C 和 12.3~13.5 °C(图 4-a~d)。2006 年 11 月中心渔场主要位于 81.30°~82.57°W、11.93°~13.83° S 海域(图 5a), 相应的 T<sub>15</sub>、T<sub>50</sub>、T<sub>100</sub> 和 T<sub>200</sub> 分别为 19.8~21.5 °C、17.8~18.8 °C、14.3~15.5 °C 和 12.2~12.4 °C(图 5-a~d)。2006 年 12 月中心渔场主要位于 80.75°~81.85°W、13.62°~14.05°S 海域(图 6-a), 相应的 T<sub>15</sub>、T<sub>50</sub>、T<sub>100</sub>、T<sub>200</sub>

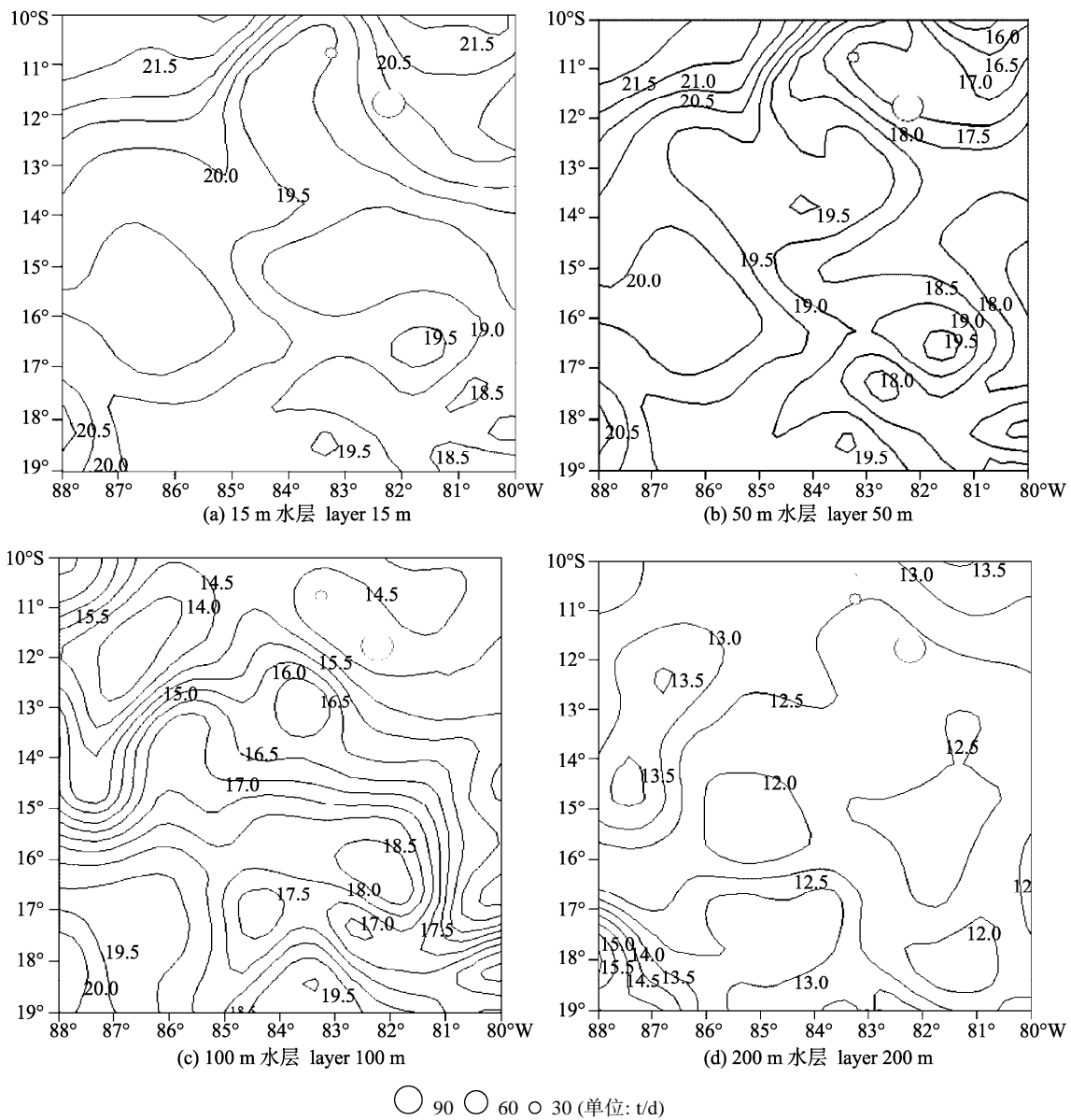


图 4 2006 年 10 月秘鲁外海茎柔鱼 CPUE 与各水层温度分布图

Fig. 4 Relationship between CPUE of *D. gigas* and water temperatures at layer 5 m, layer 50 m, layer 100 m and layer 200 m off Peru in Oct. of 2006

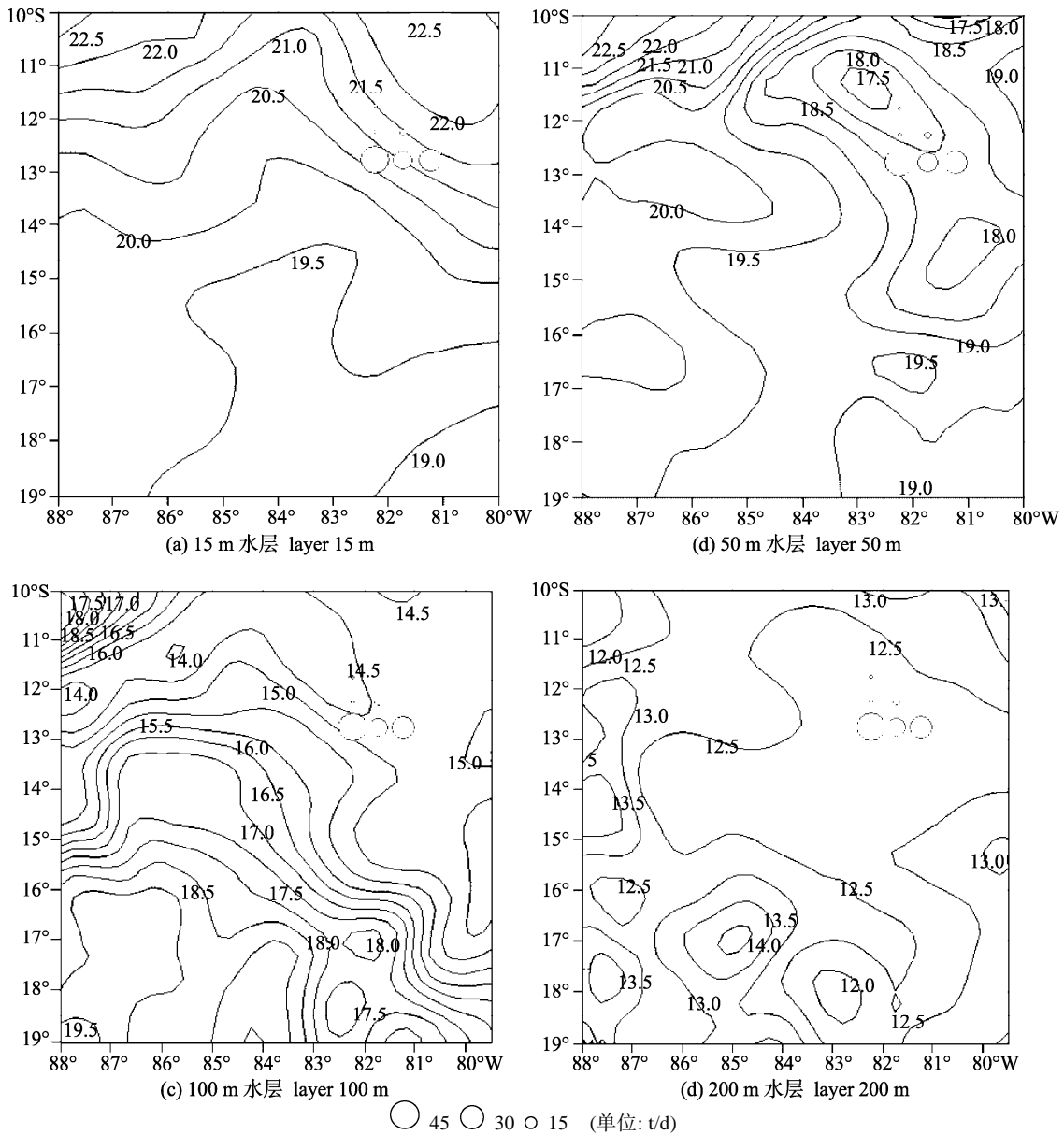


图 5 2006 年 11 月秘鲁外海茎柔鱼 CPUE 与各水层温度分布图

Fig. 5 Relationship between CPUE of *D. gigas* and water temperatures at layer 5 m, layer 50 m, layer 100 m and layer 200 m off Peru in November of 2006

分别为 21.4~22.2 °C、18.3~18.5 °C、14.5~15.1 °C 和 12.2~12.4 °C(图 6-a~d)。

2007 年 10 月中心渔场主要位于 82.60°~83.30°W、10.23°~11.20°S 海域(图 7-a), 相应的  $T_{15}$ 、 $T_{50}$ 、 $T_{100}$ 、 $T_{200}$  分别为 25.5~26.2 °C、25.3~26.1 °C、12.5~13.1 °C 和 11.0~11.2 °C(图 7-a~d)。2007 年 11 月中心渔场主要位于 81.60°~84.23°W、10.50°~11.67°S 海域(图 8-a), 相应的  $T_{15}$ 、 $T_{50}$ 、 $T_{100}$  和  $T_{200}$  分别为 25.5~26.1 °C、25.1~26.1 °C、12.4~13.8 °C 和 11.0~11.6 °C(图 8-a~d)。2007 年 12 月中心渔场主要位于 81.40°~82.98°W、11.45°~13.50°S 海域(图 9-a), 相

应的  $T_{15}$ 、 $T_{50}$ 、 $T_{100}$  和  $T_{200}$  分别为 25.5~25.9 °C、24.5~25.7 °C、12.4~14.7 °C 和 11.1~11.6 °C(图 9-a~d)。

### 2.4 El Niño 和 La Niña 事件下中心渔场与水温垂直结构的关系

本节以 2006 年 12 月和 2007 年 12 月为例进行水温垂直结构的分析与比较。2006 年 12 月中心渔场分布在 80.75°~81.85° W、13.62°~14.05° S 海域, 高产区在 81.15°~81.60° W、13.67°~13.92° S 海域; 2007 年 12 月中心渔场分布在 81.40°~82.98° W、11.45°~13.50° S 海域, 高产区在 81.40°~82.98° W、12.48°~13.48° S 海域。因此选取 2006 年 12 月 13.75°S

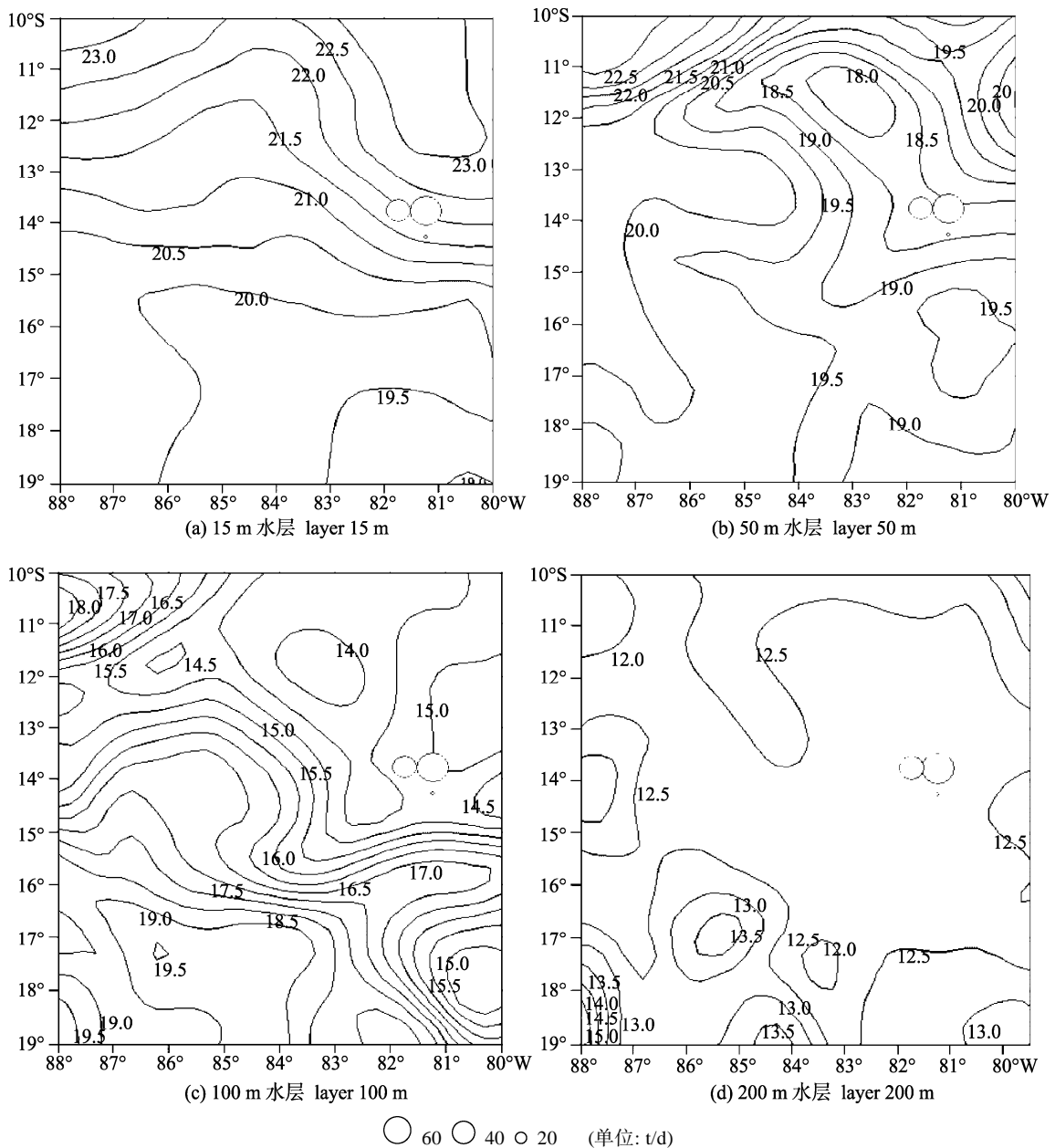


图 6 2006 年 12 月秘鲁外海茎柔鱼 CPUE 与各水层温度分布图

Fig. 6 Relationship between CPUE of *D. gigas* and water temperatures at layer 5 m, layer 50 m, layer 100 m and layer 200 m off Peru in Dec. of 2006

和 14.25°S 两个断面, 2007 年 12 月 12.75°S 和 13.25°S 两个断面, 分别作水温垂直结构剖面图, 比较高产海域水温结构的差异。同时, 以 13 °C 等温线作为上升流强度的指标, 20 °C 等温线作为暖水团势力的指标。

从图 10-a~b 可以发现, 2006 年 12 月中心渔场附近海域 13°C 等温线略向下弯曲, 高度只达到 150 m 水深左右, 并未形成明显的上升流。中心渔场等温线密集区集中在 40~100 m 水深处。此时, 暖水势力达到 30 m 水层处。而 2007 年 12 月中心渔场

附近海域的 13 °C 等温线向上弯曲明显(图 10-c~d), 向上到达 60 m 的水层, 形成了较为强盛的上升流。同时, 等温线密集区集中在 20~70 m 水深处, 其等温线密集程度远高于 2006 年 12 月份。作业海域 50 m 以上均为 20 °C 以上的暖水团(图 10-c~d)。

### 3 讨论

#### 3.1 年间 SST 变化与 CPUE 分布的关系

茎柔鱼属于短生命周期种类, 其资源渔场变动极易受到环境因子的影响<sup>[8]</sup>。研究显示, 2006 年

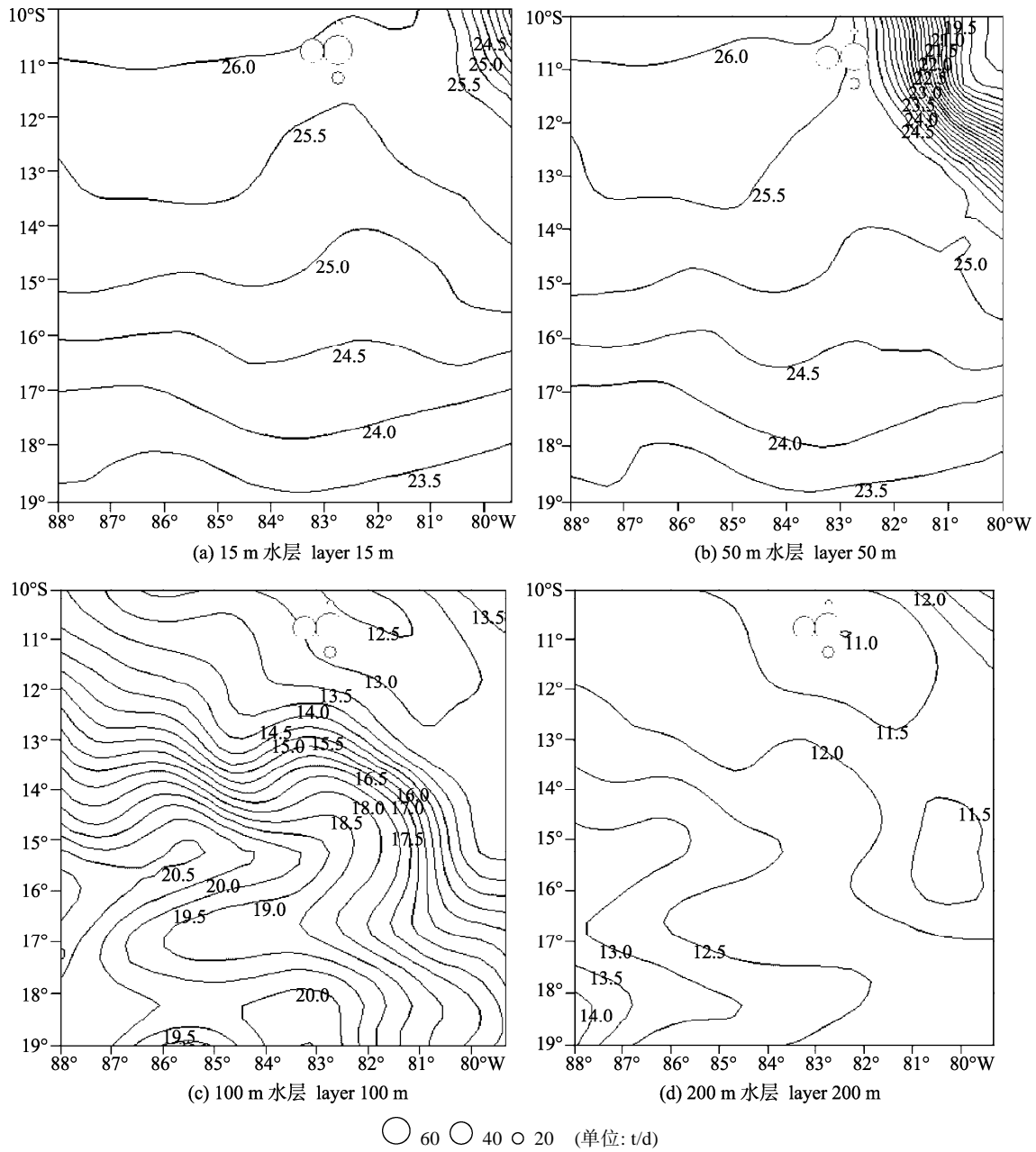


图 7 2007 年 10 月秘鲁外海茎柔鱼 CPUE 与各水层温度分布图

Fig. 7 Relationship between CPUE of *D. gigas* and water temperatures at layer 5 m, layer 50 m, layer 100 m and layer 200 m off Peru in Oct. of 2007

10—12 月份受 El Niño 事件影响, 秘鲁外海茎柔鱼渔场随着时间逐渐向东南方向移动, 其中经度方向最大偏移为 2°W, 纬度方向变化较大, 最大偏移为 3.07°S; 最大 CPUE 所处范围的平均 SST 逐渐升高, 由 10 月的 20.5 °C 升至 12 月的 21.9 °C。2009 年 10—12 月份同样也受到 El Niño 事件影响, 茎柔鱼渔场逐渐向东南方向偏移, 其中经度方向最大偏移为 3.37°W, 纬度方向变化较大, 最大偏移为 4.41°S; 最大 CPUE 所处范围的平均 SST 逐渐升高, 由 10 月的 19.2 °C 升至 12 月的 20.6 °C。

2007 年 10—12 月份受 La Niña 事件影响, 茎柔鱼渔场也随着时间向东南方向偏移, 但相比 2006 年和 2009 年同期偏移相对较小, 经度方向最大偏移为 1.80°W, 纬度方向最大偏移为 3.03°S; 最大 CPUE 海域的平均 SST 也逐渐升高, 由 10 月的 17.7 °C 升至 12 月的 20.0 °C, 相比 2006 年和 2009 年的 10—12 月差别较大, 中心渔场的最低 SST 分别减小 2.87 °C 和 1.5 °C, 最高 SST 分别减小 1.91 °C 和 0.63°C, 这与 Mariategu 等<sup>[13]</sup>的研究结果相似。可见, El Niño 和 La Niña 事件不仅使作业海域的

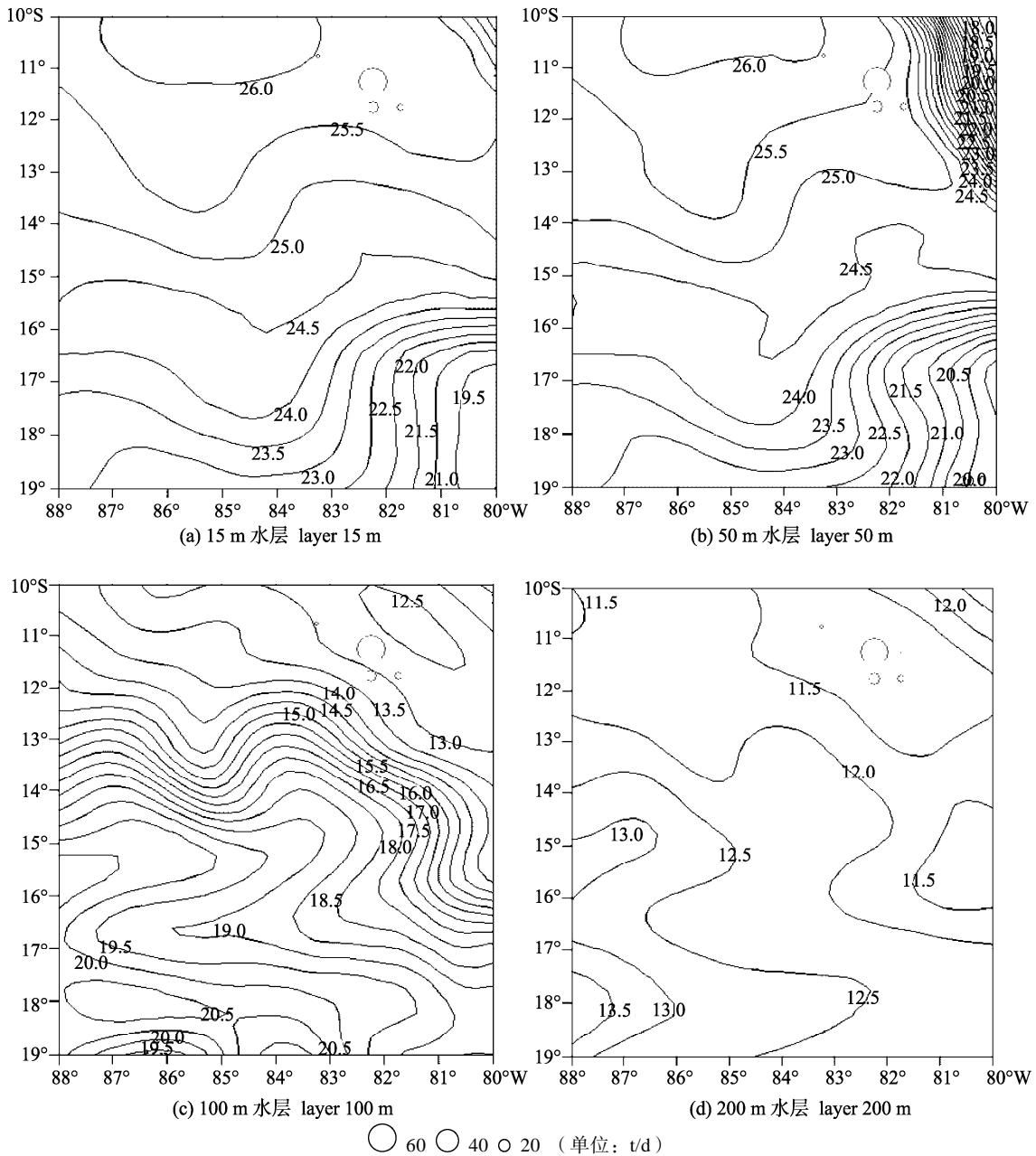


图 8 2007 年 11 月秘鲁外海茎柔鱼 CPUE 与各水层温度分布图

Fig. 8 Relationship between CPUE of *D. gigas* and water temperatures at layer 5 m, layer 50 m, layer 100 m and layer 200 m off Peru in Nov. of 2007

SST 发生了较大变化, 同时也影响着茎柔鱼作业渔场的空间变化。Niquen 等<sup>[14]</sup>研究也指出, El Niño 和 La Niña 事件等大范围海洋环境变化, 会改变秘鲁外海茎柔鱼的生存环境, 进而导致其生活习性和分布的变化。本研究也进一步指出, 在 El Niño 和 La Niña 这两种截然不同的海洋环境条件影响下, 茎柔鱼渔场分布表现出两种不同适应状况, 从 2007 年 10 月份(La Niña 事件)最低的 SST(17℃) 到 2006 年 12 月份(El Niño 事件)最高温的 SST(22℃), 由此也可以看出, 茎柔鱼对表温的适

应范围较广。

### 3.2 中心渔场与各水层水温及其垂直结构的关系

分析认为, 中心渔场分布与各水层水温及其垂直结构的关系密切, 但是不同水层的差异性不一样。2006 年 10—12 月(El Niño 事件)的  $T_{15}$  和  $T_{50}$  分别由 19.3~21.5℃、16.2~18.4℃ 升至 21.4~22.2℃、18.3~18.4℃; 2007 年 10—12 月(La Niña 事件)的  $T_{15}$ ~ $T_{50}$  的变化趋势则相反, 分别由 25.5~26.2℃、25.3~26.1℃ 略降低至 25.5~25.9℃、24.5~25.7℃。可见, 由于 El Niño 和 La Niña 事件的影响, 两个年



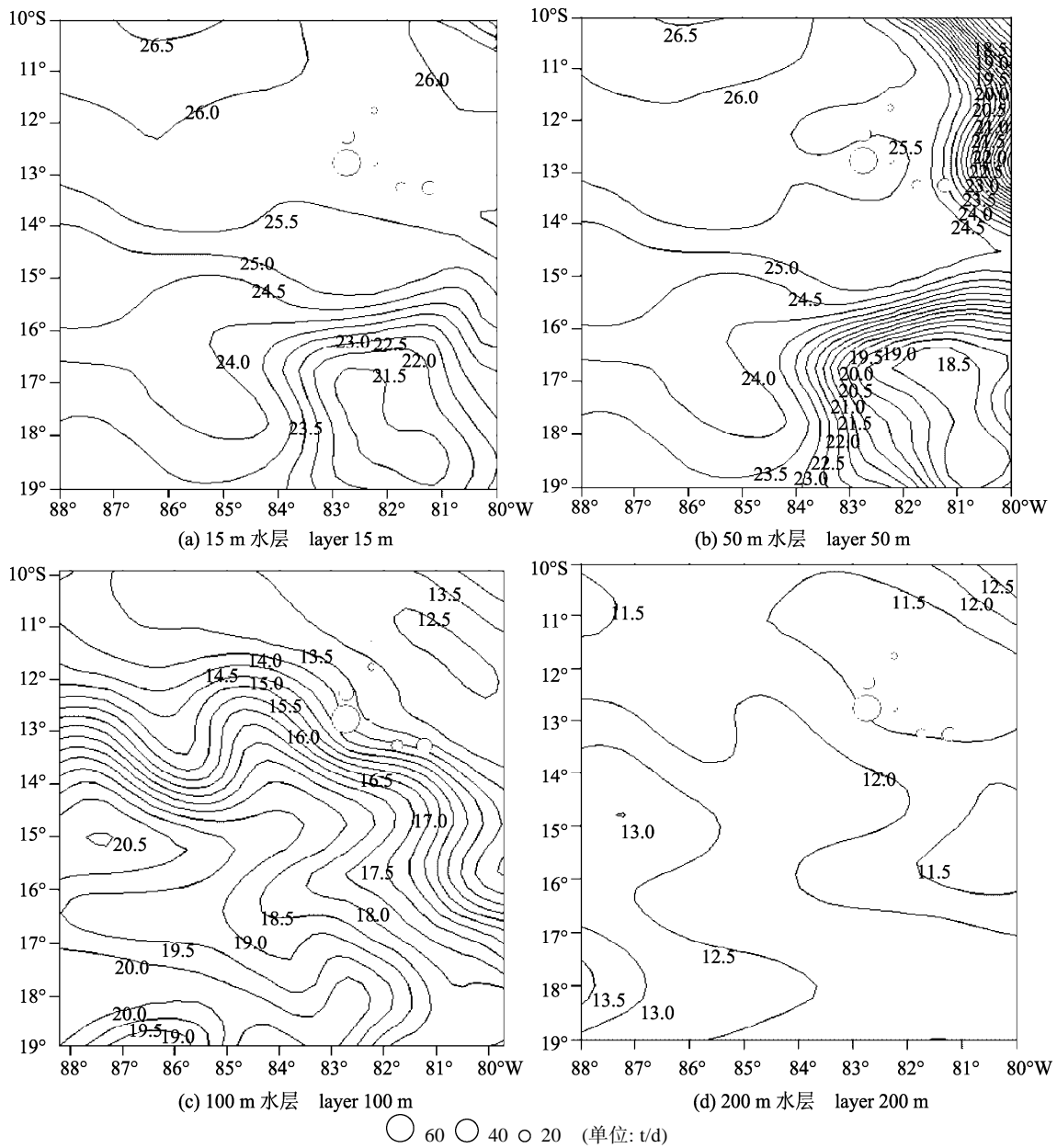


图9 2007年12月秘鲁外海茎柔鱼CPUE与各水层温度分布图

Fig. 9 Relationship between CPUE of *D. gigas* and water temperatures at layer 5 m, layer 50 m, layer 100 m and layer 200 m off Peru in Dec. of 2007

份当中  $T_{15}$  和  $T_{50}$  表现出较大差异,  $T_{15}$  和  $T_{50}$  的最大温度差分别为  $6.77\text{ }^{\circ}\text{C}$  和  $9.84\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。而2006年10—12月的  $T_{100}$  和  $T_{200}$  与2007年10—12月相比则变化较小, 最大温度差分别为  $0.69\text{ }^{\circ}\text{C}$  和  $0.51\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

从渔业海洋学角度分析, 2006年12月因El Niño事件的影响, 赤道附近出现西风气流, 使原堆积在西部的暖海水向东回流, 吹拂着水温较高的赤道逆流海水向秘鲁寒流来的方向逆流南下形成了厄尔尼诺暖流, 造成了中东太平洋深层冷水涌升大大减弱, 导致上升流明显减弱, 茎柔鱼渔

场主要分布在外洋水与沿岸水交汇处, 其高产位置所处的等温线平稳且较为稀疏, 从  $13\text{ }^{\circ}\text{C}$  等温线开始水层厚度随水深增大而变大。2007年12月则与2006年相反, 因受La Niña事件影响, 信风持续加强, 赤道太平洋东侧表面暖水被刮走, 深层的冷水上翻作为补充, 海表温度进一步变冷, 导致涌升势力增强, 形成强劲的上升流, 将下层海水中的硝酸盐类和磷酸盐类等营养物质带到水面, 茎柔鱼渔场主要分布在上升流等温线密集交汇处, 其高产位置所处等温线发生倾斜,  $13\text{ }^{\circ}\text{C}$  以上等温线较

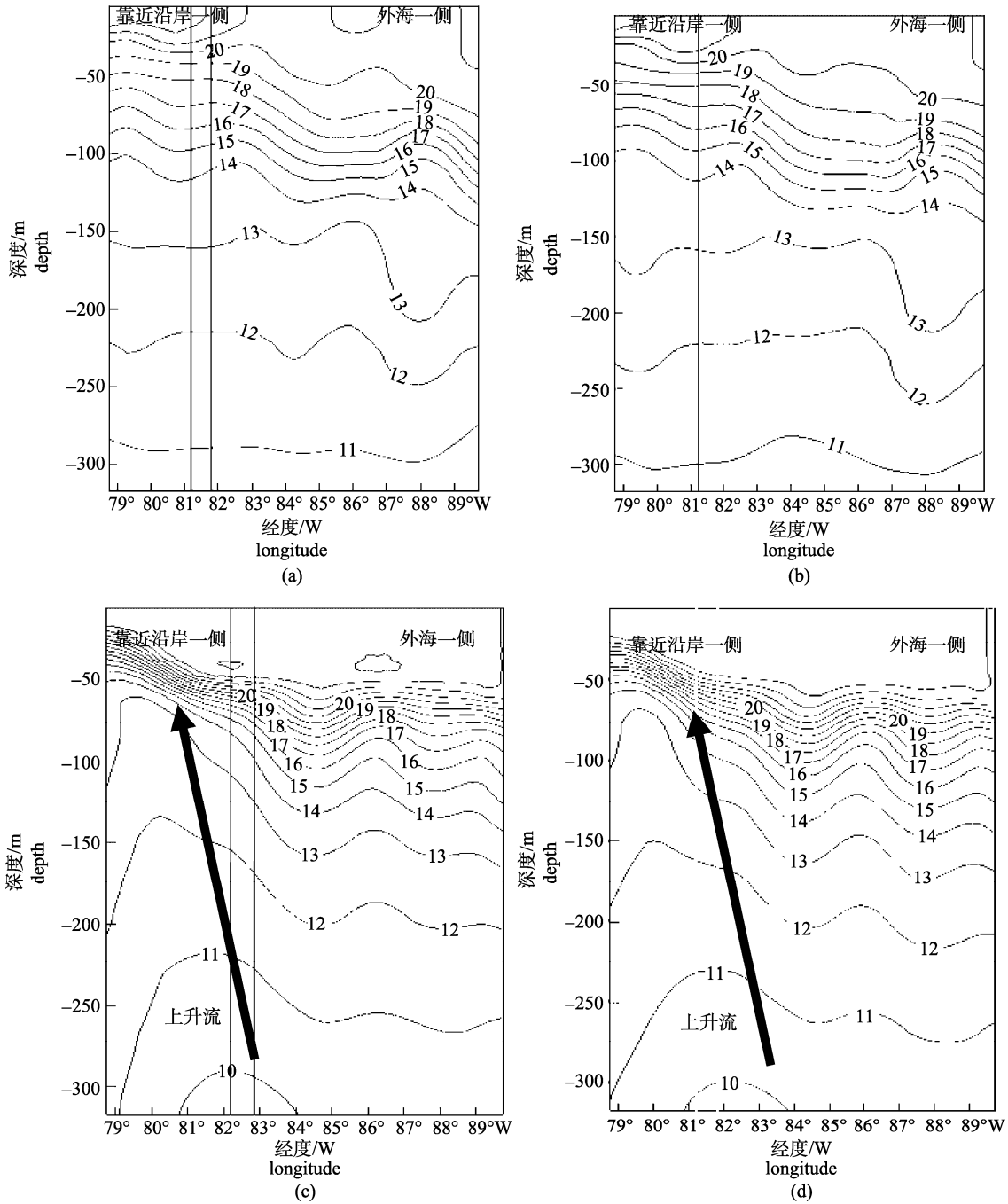


图 10 2006 年和 2007 年 12 月茎柔鱼作业渔场和水温垂直结构的关系

(a) 13.75°S 断面; (b) 14.25°S 断面; (c) 12.75°S 断面; (d) 13.25°S 断面; 红线表示作业位置。

Fig. 10 Relationship between fishing ground of *D. gigas* and vertical temperature structure in Dec. of 2006 and 2007 (a) section of 13.75°S; (b) section of 14.25°S; (c) section of 12.75°S; (d) section of 13.25°S; The red line represents fishing location.

为密集。Nevárez-Martínez 等<sup>[15]</sup>也研究指出, El Niño 事件会造成茎柔鱼资源量的下降, 而在发生 La Niña 事件的月份, 当沿海上升流势力增强时, 其资源量则会增加。

此外, Nesis<sup>[16]</sup>研究指出, 茎柔鱼分布与初级生产力和次级生产力关系密切, 茎柔鱼会因初级生

产力等变化而影响到其资源的空间分布。Moron<sup>[17]</sup>研究认为, El Niño 和 La Niña 现象会对东南太平洋海域初级和次级生产力造成巨大影响, 例如当海洋环境受 La Niña 影响时秘鲁外海形成强劲的上升流, 导致海水营养盐丰富, 初级生产力和次级生产力极为丰富, 这更有利于茎柔鱼的索饵, 也会造成

茎柔鱼资源空间分布的转移。

本研究仅仅采用我国鱿钓船在公海生产的统计数据,缺少了沿海国秘鲁和智利的生产数据,需要在今后的研究中,通过南太平洋渔业管理组织进行整合,并从生态系统角度开展全球海洋环境变化对茎柔鱼资源补充量、资源空间分布影响的研究。

#### 参考文献:

- [1] 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: 240-264.
- [2] Anatolio T, Carmen Y, 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] 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.
- [4] Yamashiro C, Mariategui L, Rubio J, *et al.* Jumbo flying squid fishery in Peru [R]. Japan Marine Fishery Resources Research Center, 1998, 269: 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] Murphy E J, Rodhouse P G. Rapid selection in a short-lived semelparous squid species exposed to exploitation: inferences from the optimisation of life-history functions [J]. *Evolutionary Ecology*, 1999, 13(6): 517-537.
- [7] Rodhouse P G. Managing and forecasting squid fisheries in variable environments[J]. *Fisheries Research*, 2001, 54(1): 3-8.
- [8] 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.
- [9] Arguelles J, Rodhouse P G, Villegas P, *et al.* Age, growth and population structure of jumbo flying squid *Dosidicus gigas* in Peruvian waters [J]. *Fisheries Research*, 2001, 54(1): 51-60.
- [10] Yamagata T, Shibao Y, Umatani S. Interannual variability of the Kuroshio extension and its relation to the Southern Oscillation/El Niño[J]. *Journal of Oceanographic Society*, 1985, 41(4): 274-281.
- [11] Waluda C M, Carmen Y, 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.
- [12] Chen X J, Zhao X H, Chen Y. Influence of El Niño/La Niña on the western 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.
- [13] Mariategui L, Tafur R, Dominguez N, *et al.* Distribution, capture and CPUE of Big Squid *Dosidicus gigas* on squid ships: July 27th to August 26th, 1997[R]. Informe Progresivo - Instituto del Mar del Peru, 1998, 75: 25-50.
- [14] Niquen M, Bouchon M, Cahuin S, *et al.* Efectos del fenomeno El Niño 1997-1998 sobre los principales recursos pelagicos en la costa peruana, 1999[J]. *Peruvian Journal of Biology*, 1999, (Volumen Extraordinario): 85-96.
- [15] Nevárez-Martínez M O, Hernández-Herrera A, Morales-Bojórquez E, *et al.* Biomass and distribution of the jumbo squid (*Dosidicus gigas*; d'Orbigny, 1983) in the Gulf of California, Mexico[J]. *Fisheries Research*, 2000, 49(2): 129-140.
- [16] Nesis K N. *Dosidicus gigas* [M]// Boyle P R, edn. *Cephalopod life cycles*. Elsevier: Academic Press, 1983: 213-231.
- [17] Moron O. Características del ambiente marino frente a la costa Peruana [J]. *Boletín de la Sociedad Chilena de Química*, 2000, 19(1-2): 179-204.

## Effects of El Niño/La Niña on distribution of fishing ground of *Dosidicus gigas* off Peru waters

XU Bing<sup>1</sup>, CHEN Xin-jun<sup>1,2,3\*</sup>, TIAN Si-quan<sup>1,2,3</sup>, QIAN Wei-guo<sup>1,2,3</sup>, LIU Bi-lin<sup>1,2,3</sup>

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. Key Laboratory of Shanghai Education Commission for Oceanic Fisheries Resources Exploitation, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

3. Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Shanghai Ocean University, Ministry of Education, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** Jumbo flying squid, *Dosidicus gigas*, which is distributed in the waters off Peru, and is an important economic squid, has been caught by many countries in the world. The study on large-scale environmental change on distribution of *D. gigas* is important for scientifically fishing and mastering the changing regularity. In this study, the fishing data from Chinese squid jigging fleets, sea surface temperature (SST) and the water temperatures data from 0 to 200 m (sea temperature at 15 meters layer,  $T_{15}$ ; sea temperature at 50 meters layer,  $T_{50}$ ; sea temperature at 100 meters layer,  $T_{100}$ ; sea temperature at 200 meters layer,  $T_{200}$ ) are used to analyze the large-scale environmental changes on distribution of *D. gigas* under the different conditions of El Niño and La Niña. The result indicated that under El Niño, the fishing ground was around 79°–84°W and 10°–17°S with the optimal SST range of 19–22 °C during October to December in 2006 and 2009, while under La Niña during October to December in 2007, the fishing ground was located around 81°–85°W and 10°–14°S with the optimal SST range of 17–20 °C. The main fishing ground in the year of La Niña moved to further northward for 1–2° latitude and its average SST decreased 2 °C compared with that in the years of El Niño. The distribution of water layers temperature indicated that  $T_{15}$  and  $T_{50}$  in 2007 was significantly higher than that in 2006 with the maximum temperature difference of 6~9 °C, and but  $T_{100}$  and  $T_{200}$  in 2007 was little higher than that in 2006 with the maximum temperature difference of 1 °C. The vertical temperature structure indicated that the upwelling is not formed in fishing ground from October to December in 2006, and the fishing ground was distributed at the mixed region between oceanic water and coastal water. But the strong upwelling is formed in coastal waters from October to December in 2007, and the fishing ground was distributed at the intensive isotherm around the upwelling area. Moreover, the strong upwelling will lead to producing more nutrients in the squid habitat layer, which will be useful for squid to feed and make change of the distribution of *D. gigas*. It is concluded that El Niño/La Niña events are closely related to the change of distribution of fishing ground of *D. gigas*.

**Key words:** *Dosidicus gigas*; distribution of fishing ground; sea surface temperature (SST); vertical temperatures; El Niño/La Niña

**Corresponding author:** CHEN Xin-jun. E-mail: xjchen@shou.edu.cn