

文章编号: 1674-5566(2015)05-0773-10

2013年北太平洋公海秋刀鱼渔场与海洋环境的关系

张孝民¹, 朱清澄^{1,2,3}, 花传祥^{1,2,3}

(1. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306; 2. 上海海洋大学 国家远洋渔业工程技术研究中心, 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: 根据2013年7-12月北太平洋公海秋刀鱼生产调查数据和海洋环境数据, 利用渔业地理信息系统软件和数理统计方法, 对秋刀鱼渔场的时空分布和海洋环境因子: 海表面温度(SST)、叶绿素浓度(*Chl. a*)和海表面高度(SSH)的关系进行研究。结果表明: (1) 在调查海域40°N~47°N, 147.5°E~162°E内, 9-11月份是北太平洋公海秋刀鱼生产的盛渔期, 渔获量为全年中最高。(2) 北太平洋公海秋刀鱼作业渔场重心的变化分为3个阶段, 7-8月渔场重心由南向北移动; 8-10月渔场重心西北向东南移动; 10-12月渔场重心由西向东移动。(3) 7-12月秋刀鱼渔场的SST、*Chl. a*、SSH的范围分别为10~15℃、0.5~1.0 mg/m³、0~±20 cm, 最适范围分别为: 11~13℃、0.6~0.8 mg/m³、5~±15 cm。(4) K-S检结果($P < 0.01$), 表明各月作业渔场的SST、*Chl. a*、SSH范围是合适的, 可以用SST、*Chl. a*、SSH作为选择秋刀鱼渔场的指标。

研究亮点: 根据2013年蓬莱京鲁渔业有限公司“鲁蓬远渔018”船在北太平洋公海的生产统计数据 and 海洋遥感数据, 使用渔业地理信息系统软件和数理统计方法对渔场分布和海洋环境关系进行分析, 获得了渔场分布状况、渔场重心分布及其与海洋环境因子(SST、*Chl. a*、SSH)关系的规律, 本文研究内容可为我国秋刀鱼渔船在北太平洋公海的作业提供帮助。
关键词: 秋刀鱼; 渔场; 海表面温度; 叶绿素 a 浓度; 海表面高度
中图分类号: S 932.8
文献标志码: A

秋刀鱼(*Cololabis saira*), 属颌针鱼亚目, 秋刀鱼科, 秋刀鱼属, 又称竹刀鱼, 是冷水性洄游类中上层鱼类^[1,2], 适温范围为10~24℃^[1]。生命周期较短, 一般为2年左右, 对环境变化非常敏感, 渔获量受环境因素影响变化较大^[3]。为此, 主要秋刀鱼捕捞国家和地区, 包括日本^[4-6]、俄罗斯、韩国、中国台湾省^[7]和中国大陆, 都对秋刀鱼渔场分布与环境的关系进行过相关研究。我国大陆对秋刀鱼渔场分布与环境关系的研究开始于2006年, 朱清澄等^[8]分析了2003-2005年西北太平洋公海7-9月秋刀鱼渔场分布与表温及水温结构的关系, 认为表温是渔区月产量的重要因子之一。花传祥等^[9]和晏磊等^[3]分别对2005年和2010年的秋刀鱼渔场和表温的关系作了研究, 认为作业渔场的最适表温在10~13℃之间。

针对秋刀鱼渔场和海洋环境因子的研究目前还只集中在表温及水温结构的研究上, 根据鲐鱼^[10-13]、金枪鱼^[14-15]以及竹筴鱼^[16]等的研究经验, 应进一步深入研究秋刀鱼渔场和其他海洋环境因子的关系。因此, 本文采用2013年7-12月全渔期的调查数据, 在分析秋刀鱼渔场的时空分布, 以及与海表面温度(SST)关系的基础上, 研究了秋刀鱼渔场的时空分布与叶绿素浓度(*Chl. a*)和海表面高度(SSH)的关系, 并运用非参数统计K-S检验法对CPUE与海洋环境因子(SST、*Chl. a*、SSH)的关系进行显著性检验。本文较为全面分析了北太平洋公海秋刀鱼渔场分布变动以及和海洋环境因子关系, 以期对秋刀鱼渔场的渔情预报提供参考。

收稿日期: 2014-12-27 修回日期: 2015-05-26

基金项目: 国家科技支撑计划(2013BAD13B05)

作者简介: 张孝民(1991—), 男, 硕士研究生, 研究方向为秋刀鱼渔业资源。E-mail: 1119673677@qq.com

通信作者: 朱清澄, E-mail: qczhu@shou.edu.cn

1 材料与方法

1.1 数据来源

1.1.1 生产调查数据

生产调查数据来自蓬莱京鲁渔业有限公司“鲁蓬远渔 018”船,数据内容包括日期、经纬度、放网次数、日产量等。生产调查海域为 40°N ~ 47°N, 147.5°E ~ 162°E。探捕调查站点分布(图 1)。

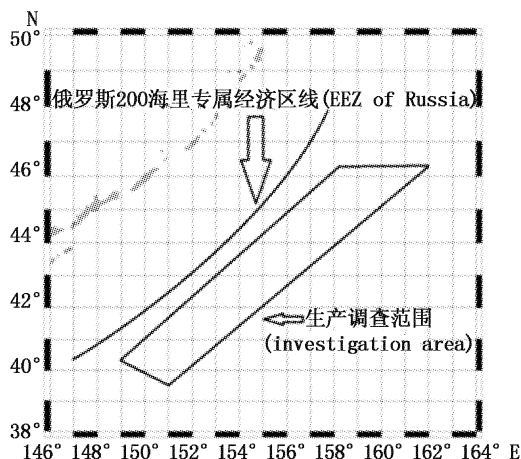


图 1 2013 年北太平洋公海秋刀鱼
渔场探捕调查范围分布

Fig. 1 Investigation area of Pacific saury fishing
ground in the high seas of Northern
Pacific Ocean in 2013

1.1.2 海洋环境数据

海洋环境数据来源于美国国家海洋和大气管理局网站 (<http://oceanwatch.pifsc.noaa.gov/thredds/catalog.html>),数据内容包括海表面温度(SST)、叶绿素浓度(*Chl. a*)和海表面高度(SSH),时间范围是 2013 年 7 - 12 月,其中时间分辨率为月,空间分辨率为 0.5° × 0.5°。

1.2 数据分析

1.2.1 产量和 CPUE 的分布

将经纬度 0.5° × 0.5° 空间定义为一个渔区,计算 CPUE 值,本文所采用的 CPUE 定义^[17]为:

$$CPUE = \frac{U}{f} \quad (1)$$

式中: U 表示一月内经纬度 0.5° × 0.5° 空间内的产量(t); f 表示一月内经纬度 0.5° × 0.5° 空间内一天的作业网次(net); $CPUE$ 表示单位捕捞努力量渔获量(t/net)。分析各月产量、网次和 CPUE

的分布情况。

1.2.2 产量重心和 CPUE 重心的计算

分别以产量和 CPUE 为基础计算秋刀鱼渔场的分布重心,计算公式^[18]为:

$$LONG_j = \sum LONG_i \times CNC_{ij} / \sum CNC_{ij} \quad (2)$$

$$LATG_j = \sum LATG_i \times CNC_{ij} / \sum CNC_{ij} \quad (3)$$

式中: $LONG_j$ 为渔场重心的经度; $LATG_j$ 为渔场重心的纬度; $LONG_i$ 为第 i 个渔区中心点的经度; $LATG_i$ 为第 i 个渔区中心点的纬度; CNC_{ij} 分别代表第 i 个渔区中第 j 个月的产量或者 CPUE。

1.2.3 渔场分布与海洋环境因子的关系

CPUE 较高的海域为高产海域,高产海域对应的海洋环境因子即为各个海洋环境因子的最适范围。利用 Marine Explorer 4.0 分别绘制 CPUE 与 SST、SSH、*Chl. a* 叠加的空间分布图,分析作业渔场与各个海洋环境因子的关系,找出秋刀鱼渔场的最适海表面温度(最适 SST)、最适叶绿素浓度(最适 *Chl. a*)和最适海表面高度(最适 SSH)。

1.2.4 K-S 检验

利用非参数统计 K-S (Kolmogorov-Smirnov) 对 CPUE 与海洋环境因子 SST、SSH、*Chl. a* 的关系进行显著性检验^[19-21],求出统计量 D ,并与临界值 P 作比较。检验公式如下:

$$fY_tY = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n lY_{x_i}Y$$

$$gY_tY = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{y_i}{\bar{y}} lY_{x_i}Y$$

式中: n 为样本个数, t 为分组 SST 值(以 0.5° 为组距), x_i 为第 i 个月 SST 观察值, y_i 为第 i 个月的 CPUE 值, \bar{y} 为各月的平均 CPUE 值,若 $x < t$ 时, $lY_{x_i}Y$ 为 1,否则为 0。

2 结果

2.1 产量和 CPUE 的时间分布

从产量上来看,整个调查期间 11 月份产量最高,达到 668.22 t,10 月份产量次之,为 647.91 t,7 月份和 12 月份作业天数较少,产量较低(图 2)。从 CPUE 上来看,11 月份最高,为 5.26 t/net,9 月份和 10 月份次之,分别为 4.38 和 4.64 t/net。分析全年调查状况,可以看出各月渔获量呈先增加后减少的趋势,在 11 月达到最高。

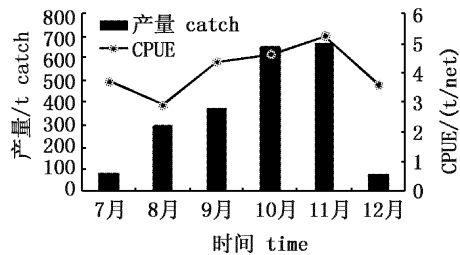


图2 各月产量和 CPUE 分布

Fig. 2 Monthly catch and CPUE distribution

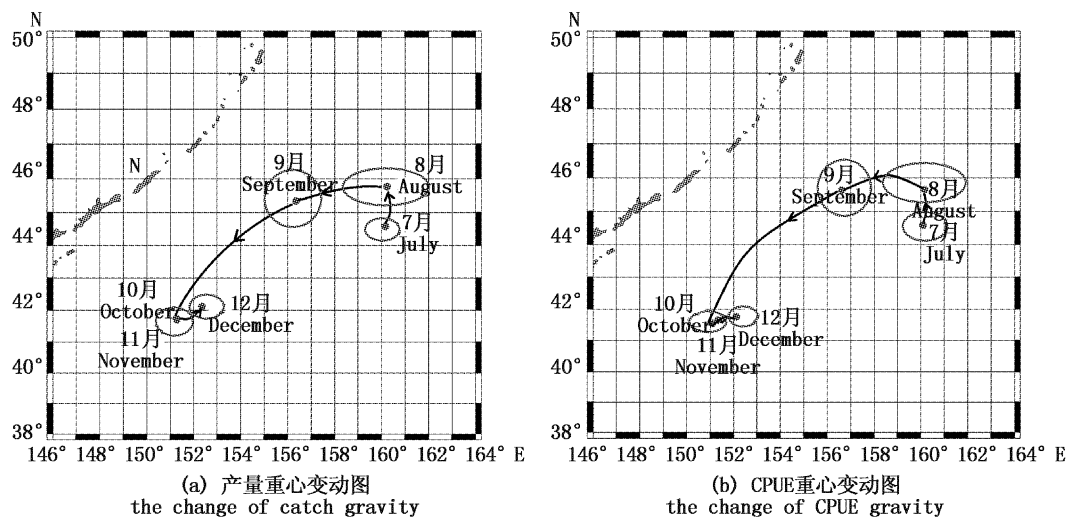


图3 渔场重心变动

Fig. 3 The change of fishing ground gravity

2.3 渔场分布与海洋环境因子的关系

2.3.1 渔场分布与 SST 的关系分析

从图4可以看出2013年北太平洋公海秋刀鱼渔场的SST范围为 $10 \sim 15^{\circ}\text{C}$,最适SST为 $11 \sim 13^{\circ}\text{C}$,其中7-12月的SST范围分别为 $10 \sim 14$ 、 $13 \sim 16$ 、 $11 \sim 13$ 、 $10 \sim 12$ 、 $9 \sim 13$ 、 $9 \sim 12^{\circ}\text{C}$ 。

2.3.2 渔场分布与 *Chl. a* 的关系分析

从图5可以看出2013年北太平洋公海秋刀鱼渔场的*Chl. a*范围为 $0.5 \sim 1.0 \text{ mg/m}^3$,最适*Chl. a*为 $0.6 \sim 0.8 \text{ mg/m}^3$,其中7-12月的*Chl. a*范围分别为 $0.2 \sim 0.8$ 、 $0.5 \sim 1.2$ 、 $0.7 \sim 1.4$ 、 $0.8 \sim 1.5$ 、 $0.4 \sim 1.0$ 、 $0.2 \sim 0.7 \text{ mg/m}^3$ 。

2.3.3 渔场分布与 SSH 的关系分析

从图6可以看出2013年北太平洋公海秋刀

2.2 渔场重心

图3中圆圈代表各月份调查作业主要区域,黑点代表各月渔场重心。两个图所反映的渔场重心变化规律大体一致。可分为3个阶段,7-8月渔场重心在纬度上由南向北移动 1.5° 左右,在经度上变化不大;8-10月渔场重心在纬度上由北向南移动 4° 左右,在经度上由东向西移动 9° 左右;10-12月渔场重心在纬度上变化不大,在经度上由西向东移动 1° 左右。

鱼渔场的SSH范围为 0 cm 到 $\pm 20 \text{ cm}$,最适SSH为 5 cm 到 $\pm 15 \text{ cm}$,其中7-12月的SSH范围分别为 $-15 \sim 5$ 、 $-8 \sim 1$ 、 $-23 \sim -3$ 、 $-4 \sim 15$ 、 $-13 \sim 17$ 、 $-4 \sim 15 \text{ cm}$ 。

2.4 K-S 检验结果

对各月CPUE与海洋环境因子SST、SSH、*Chl. a*的关系K-S检验所得的统计量D以及临界值P,见表1。检验结果表明,在显著水平 $\alpha = 0.10$ 的水平下,假设检验条件 $F(t) = G(t)$ 成立,没有显著性差异,可以认为各月作业渔场的SST、SSH、*Chl. a*范围是合适的,可作为选择秋刀鱼渔场的指标^[22]。

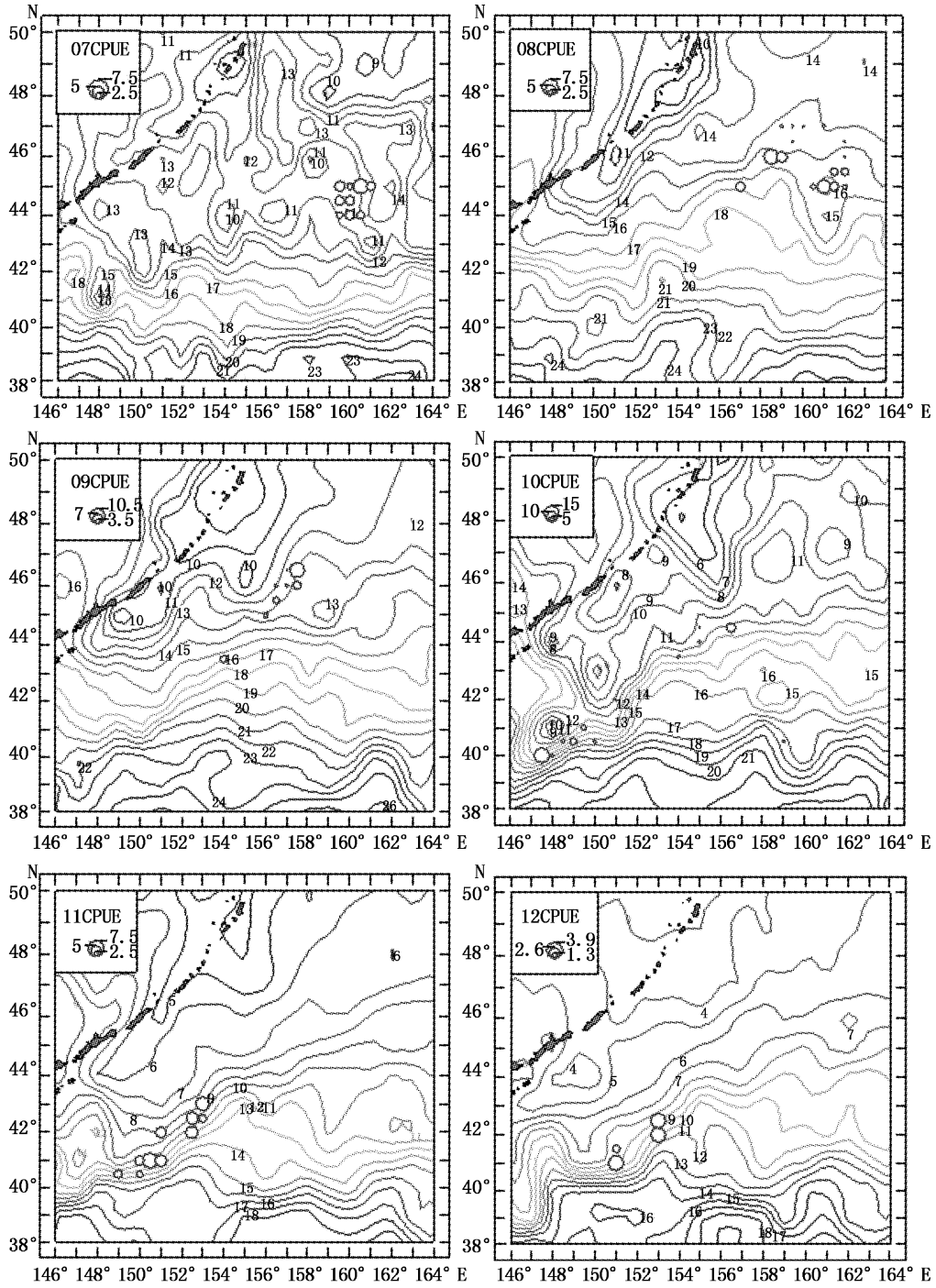


图4 CPUE 与 SST 空间叠加图
Fig.4 SST map with CPUE matched up

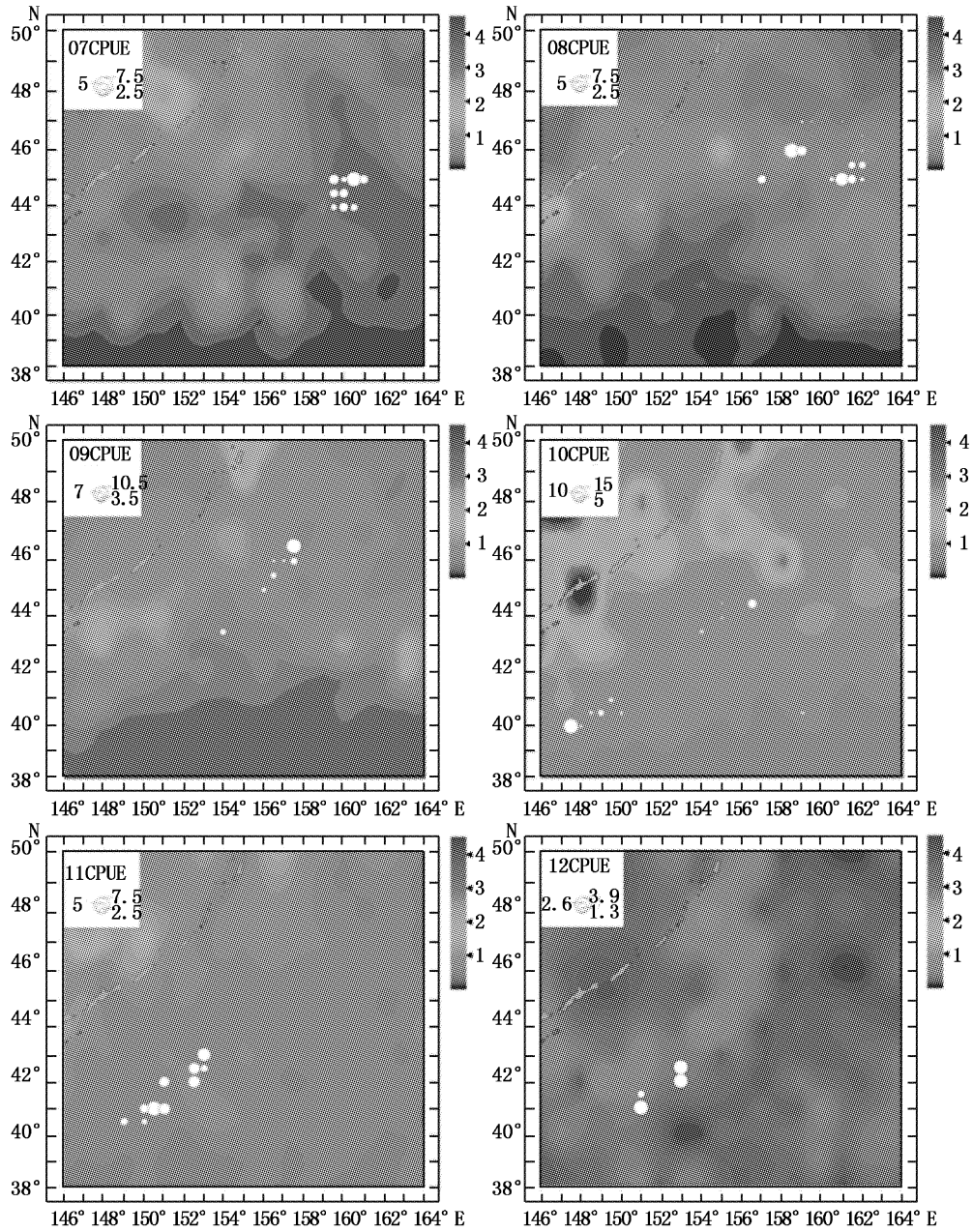


图 5 CPUE 与 Chl. a 空间叠加图

Fig. 5 Chl. a map with CPUE matched up

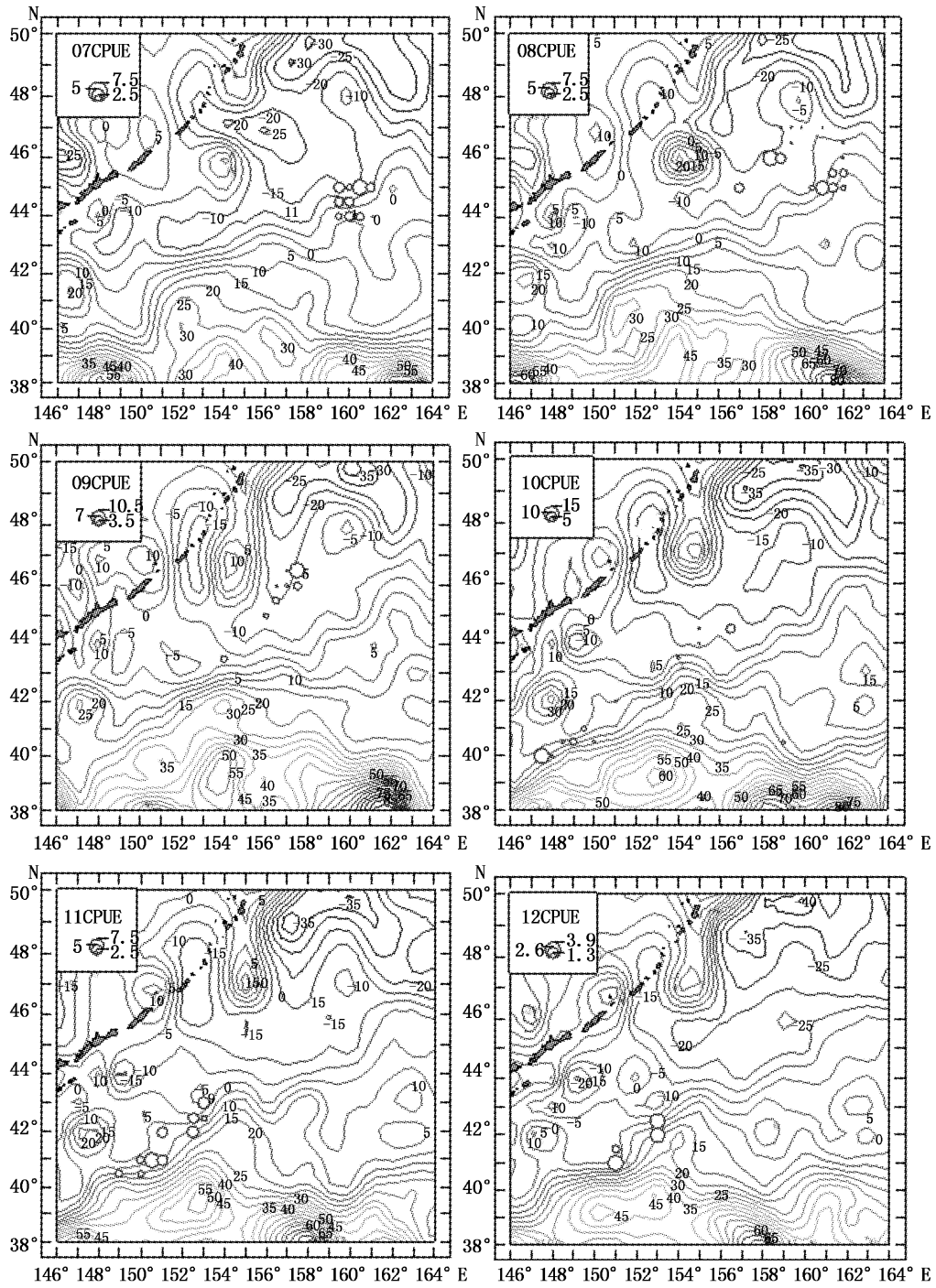


图6 CPUE 与 SSH 空间叠加图
Fig.6 SSH map with CPUE matched up

表 1 K-S 检验统计表
 Tap.1 The statistic table of Kolmogorov-Smirnov test

| 海洋环境因子 marine environment factor | 月份 month | 样本数 sample number | D | P($\alpha/2$) | 结果 result |
|-------------------------------------|-------------|----------------------|-------|-----------------|--------------|
| SST | 7 月 | 9 | 0.049 | 0.388 | 成立 |
| | 8 月 | 17 | 0.153 | 0.286 | 成立 |
| | 9 月 | 10 | 0.164 | 0.368 | 成立 |
| | 10 月 | 14 | 0.108 | 0.314 | 成立 |
| | 11 月 | 10 | 0.061 | 0.368 | 成立 |
| | 12 月 | 4 | 0.057 | 0.564 | 成立 |
| Chl. a | 7 月 | 9 | 0.052 | 0.388 | 成立 |
| | 8 月 | 17 | 0.163 | 0.286 | 成立 |
| | 9 月 | 10 | 0.244 | 0.368 | 成立 |
| | 10 月 | 14 | 0.199 | 0.314 | 成立 |
| | 11 月 | 10 | 0.036 | 0.368 | 成立 |
| | 12 月 | 4 | 0.099 | 0.564 | 成立 |
| SSH | 7 月 | 9 | 0.036 | 0.388 | 成立 |
| | 8 月 | 17 | 0.087 | 0.286 | 成立 |
| | 9 月 | 10 | 0.059 | 0.368 | 成立 |
| | 10 月 | 14 | 0.040 | 0.314 | 成立 |
| | 11 月 | 10 | 0.061 | 0.368 | 成立 |
| | 12 月 | 4 | 0.057 | 0.564 | 成立 |

3 分析与讨论

3.1 生产调查期间产量和 CPUE 分布

秋刀鱼的稳定渔期为 8-11 月份^[7], 渔期的前半段, 鱼体以中、小型为主, 混有大型鱼, 后半段以中小型为主^[1]。2013 年生产调查期间, 11 月份产量最高, 达到 668 t, 12 月由于生产时间短, 产量较小。11 月份 CPUE 最高, 为 5.3 t/net, 9 月和 10 月的 CPUE 也在 4 t/net 以上, 可以看出 9-11 月份北太平洋公海秋刀鱼渔场资源丰富, 是秋刀鱼生产的盛渔期, 与大陆^[1,7]和台湾省^[23]研究结果相符: 渔获量和 CPUE 在全年中较高。从全年调查时间来看, 各月渔获量先增加后减少, 在 11 月份达到最高, 各月 CPUE 呈先减小后增大, 最后又减小的趋势, 7-8 月减小, 8-11 月增大, 11-12 月又减小。由于本文采用的调查数据仅限 2013 年, 还不能准确判断产量和 CPUE 在各月的分布规律, 在以后的研究中, 应该通过数据的长年积累, 来掌握其准确规律, 为北太平洋公海秋刀鱼生产提供依据。

3.2 洄游路线与渔场重心变动

秋刀鱼的洄游路线很长, 从亚热带穿过环境状况极其复杂的黑潮-亲潮混合区直到亚寒带^[24]。在春季随着水温的逐渐上升秋刀鱼开始

北上索饵洄游^[25], 7 月至 8 月渔场重心是由南向北移动; 夏季到达千岛群岛沿岸亲潮区得到充足的饵料, 当鱼逐步成长和开始成熟后, 鱼群开始南下^[25], 8 月至 10 月渔场重心由北向南移动。本文研究的 2013 年北太平洋公海秋刀鱼渔场重心的变化规律与已有文献研究结果^[3,8,17]相符, 并与秋刀鱼洄游路线一致。

3.3 渔场分布与环境因子的关系

分析 CPUE 和海洋环境因子的叠加图, 可以看出秋刀鱼渔场的 SST、SSH、Chl. a 的范围分别是: 10~15 °C、0~±20 cm、0.5~1.0 mg/m³, 10~15 °C 的表温作业范围与之前学者^[3,8-9]的研究结论基本相同。最适范围为: 11~13 °C、5~±15 cm、0.6~0.8 mg/m³。通过对渔场分布和海洋环境因子关系的研究可以为下一步秋刀鱼渔场的渔情预报模型的建立提供帮助, 但由于对 SSH 和 Chl. a 的研究还较少, 数据相对不准确, 还有待于进一步深入准确分析。在显著水平 $\alpha = 0.10$ 的水平下, 对各月 CPUE 与 SST、SSH 和 Chl. a 进行的 K-S 检验显示各月作业渔场的 SST、SSH 和 Chl. a 范围是合适的, 本次调查区域内海洋环境因子数据可以为以后秋刀鱼生产时渔场的选择提供依据。

北太平洋公海秋刀鱼渔场的分布受 SST、

SSH 和 *Chl. a* 的影响。SST 能影响秋刀鱼的饵料生物的丰度和分布^[25], 进而影响秋刀鱼渔场的分布, 此外, SST 还能影响秋刀鱼的洄游和产卵位置。SSH 反映的是海水流向、流速等海洋动力环境状况, SSH 大于平均海面意味着海流的辐合或涌升, 海流的辐合及涌升使海域营养盐丰富^[26], 使得秋刀鱼渔场浮游生物数量增加, 从而促进秋刀鱼的生长和发育, 影响秋刀鱼渔场的分布。*Chl. a* 是估算海洋生产力的基本指标, 其含量通常用于表征浮游植物生物量^[11], 从食物链的角度看, 作为秋刀鱼饵料的浮游植物生物量的变动, 会影响秋刀鱼渔场的分布, 故 *Chl. a* 与渔场分布存在间接相关关系。

北太平洋公海秋刀鱼资源受环境因子影响较大, 根据过去的研究^[3,8] 可以确定 SST 是影响秋刀鱼的资源变动和渔场分布的重要因子。本文分析了 SSH 和 *Chl. a* 对秋刀鱼资源的影响, 并初步确定各个因子的适宜范围, 认为 SSH 和 *Chl. a* 是影响秋刀鱼的资源变动和渔场分布的因子。本研究得出的 SST、SSH、*Chl. a* 最适范围 (11 ~ 13 °C、5 ~ ±15 cm、0.6 ~ 0.8 mg/m³) 可以作为渔船判断中心渔场的环境因子指标, 并为以后的研究提供参考。

由于本文所采用的渔业数据仅限于 2013 年, 研究结果有一定的局限性, 在以后应继续搜集更多渔业数据, 深入研究北太平洋公海秋刀鱼渔场分布与海洋环境因子 (SST、SSH 和 *Chl. a*) 的关系。

参考文献:

- [1] 孙满昌, 叶旭昌, 张健, 等. 西北太平洋秋刀鱼渔业探析 [J]. 海洋渔业, 2003, 25(3): 112-115.
SUN M C, YE X C, ZHANG J, et al. Probe into pacific saury fisheries in the Northwest Pacific [J]. Marine Fisheries, 2003, 25(3): 112-115.
- [2] 黄洪亮, 张勋, 徐宝生, 等. 北太平洋公海秋刀鱼渔场初步分析 [J]. 海洋渔业, 2005, 27(3): 206-212.
HUANG H L, ZHANG X, XU B S, et al. Preliminary analysis on the fishing grounds of *Cololabis saira* in the North Pacific Ocean [J]. Marine Fisheries, 2005, 27(3): 206-212.
- [3] 晏磊, 朱清澄, 张阳, 等. 2010 年北太平洋公海秋刀鱼渔场分布及其与表温的关系 [J]. 上海海洋大学学报, 2012, 21(4): 609-615.
YAN L, ZHU Q C, ZHANG Y, et al. Fishing ground distribution of saury and its correlation with SST in the Northern Pacific high sea in 2010 [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2012, 21(4): 609-615.
- [4] 松宫義晴, 田中昌. 东北北海道海区の表面水温分布の数量化とサンマ漁場との 结 [J]. 水产海洋研究会报, 1976(29): 30-40.
- [5] 宇田道隆. 千叶以北の秋刀鱼渔场的移动について [J]. 水产物理谈话会报, 1930, (23): 1-43.
- [6] 相川广秋. 太平洋沿岸における鯧及び秋刀魚の鱼况 [J]. 水产学会报, 1933, 5(4): 54-69.
- [7] 林龙山. 台湾秋刀鱼舷提网渔业概况 [J]. 海洋渔业, 2003, 25(4): 200-203.
LIN L S. Pacific saury stick-held dip net fisheries in Taiwan [J]. Marine Fisheries, 2003, 25(4): 200-203.
- [8] 朱清澄, 花传祥, 许巍, 等. 西北太平洋公海 7~9 月秋刀鱼渔场分布及其与水温的关系 [J]. 海洋渔业, 2006, 28(3): 228-233.
ZHU Q C, HUA C X, XU W, et al. The fishing ground distribution of *Cololabis saira* and its relationship with water temperature factors in the Northwestern Pacific from July to September [J]. Marine Fisheries, 2006, 28(3): 228-233.
- [9] 花传祥, 朱清澄, 吴永辉, 等. 2005 年西北太平洋公海秋刀鱼渔场分布及其与表温之间的关系 [J]. 中国农业科技指导, 2006, 8(5): 90-94.
HUA C X, ZHU Q C, WU Y H, et al. Fishing ground distribution of *cololabis saira* and its correlation with SST in the Northwestern Pacific from July to September 2005 [J]. Review of China Agricultural Science and Technology, 2006, 8(5): 90-94.
- [10] CHEN X J, LIU B L. The catch distribution of *Ommastrephes batramii* squid jigging fishery and the relationship between fishing ground and SST in the North Pacific Ocean in 2004 [J]. Marine Science Bulletin, 2006, 8(2): 83-91.
- [11] 沈新强, 王云龙, 袁骥, 等. 北太平洋鱿鱼渔场叶绿素 a 分布特点及其与渔场的关系 [J]. 海洋学报, 2004, 26(6): 118-123.
SHEN X Q, WANG Y L, YUAN Q, et al. Distributional characteristics of chlorophyll a and relation to the fishing ground in the squid fishing ground of the northern Pacific Ocean [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2004, 26(6): 118-123.
- [12] 唐峰华, 靳少非, 张胜茂, 等. 北太平洋柔鱼渔场时空分布与海洋环境要素的研究 [J]. 中国环境科学, 2014, 34(8): 2093-2100.
TANG F H, JIN S F, ZHANG S M, et al. Study for marine environmental elements on spatio-temporal distribution of neon flying squid in the north Pacific fishing ground [J]. China Environmental Science, 2014, 34(8): 2093-2100.
- [13] 张炜, 张健. 西南大西洋阿根廷滑柔鱼渔场与主要海洋环境因子关系探讨 [J]. 上海水产大学学报, 2008, 17(4): 471-475.
ZHANG W, ZHANG J. A discussion about relationship

- between the distribution of production of *Illex argentinus* and marine environmental factors in the Southwest Atlantic Ocean [J]. *Journal of Shanghai Fisheries University*, 2008, 17 (4): 471 - 475.
- [14] 樊伟, 崔雪森, 周甦芳. 太平洋大眼金枪鱼延绳钓渔获分布及渔场环境浅析[J]. *海洋渔业*, 2004, 26(4): 261 - 265.
FAN W, CUI X S, ZHOU T F. Preliminary study on the catch distribution of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) longline and fishing grounds environment in the Pacific Ocean [J]. *Marine Fisheries*, 2004, 26(4): 261 - 265.
- [15] 樊伟, 张晶, 周为峰. 南太平洋长鳍金枪鱼延绳钓渔场与海水表层温度的关系分析[J]. *大连水产学院学报*, 2007, 22(5): 366 - 371.
FAN W, ZHANG J, ZHOU W F. The relationship between longline albacore *Thunnus alalunga* and sea surface temperature in the South Pacific Ocean [J]. *Journal of Dalian Fisheries University*, 2007, 22(5): 366 - 371.
- [16] 邵幅瑛, 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.
- [17] 花传祥, 朱清澄, 许巍. 夏季西北太平洋公海秋刀鱼渔场时空分布[J]. *齐鲁渔业*, 2010, 27(10): 10 - 13.
HUA C X, ZHU Q C, XU W. Fishing ground distribution of *cololabis saira* in the Northwestern Pacific [J]. *Shandong Fisheries*, 2010, 27(10): 10 - 13.
- [18] 陈新军, 钱卫国, 许柳雄, 等. 北太平洋 150° E ~ 165° E 海域柔鱼重心渔场的年间变动[J]. *湛江海洋大学学报*, 2003, 23(3): 26 - 32.
CHEN X J, QIAN W G, XU L X, et al. Comparison among annual positions of fishing grounds for *Ommastrepe bartrami* from 150° E to 165° E in the North Pacific [J]. *Journal of Zhanjiang Ocean University*, 2003, 23(3): 26 - 32.
- [19] PERRY R I, SMITH S J. Identifying habitat associations of marine fishes using survey data: an application to the northwest Atlantic [J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1994, 51(3): 589 - 602.
- [20] 颜月珠. 商用统计学[M]. 台北: 三民书局, 1985: 787.
YAN Y Z. *Commercial Statistics* [M]. Taipei: San Min Book Co, 1985: 787.
- [21] 魏季璋. 数理统计基础及其应用[M]. 成都: 四川大学出版社, 1991: 184 - 185.
WEI J X. *The Basis of Mathematical Statistics and Its Application* [M]. Chengdu: Sichuan University Press, 1991: 184 - 185.
- [22] 晏磊. 北太平洋公海秋刀鱼渔场分布特征及其环境关系[D]. 上海: 上海海洋大学, 2012.
YAN L. *The relationship between the distribution of saury fishing ground and its environment factors* [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2012.
- [23] 曾振德. 卫星影像应用于台湾秋刀鱼渔业之渔海况变动研究[D]. 台北: 台湾大学, 2012.
ZENG Z D. *Studies on the fishing and oceanographic conditions of *Cololabis saira* fishery using multi-sensor satellite images* [D]. Taipei: College of Science Taiwan University, 2012.
- [24] TIAN Y, UENO Y, SUDA M. Climate-ocean variability and the response of Pacific saury (*Cololabis saira*) in the northwestern Pacific during the last half century [J]. *Fisheries Science*, 2002, 68(S1): 158 - 161.
- [25] 沈建华, 韩士鑫, 樊伟, 等. 西北太平洋秋刀鱼资源及其渔场[J]. *海洋渔业*, 2004, 26(1): 61 - 65.
SHEN J H, HAN S X, FAN W, et al. Saury resource and fishing grounds in the Northwest Pacific [J]. *Marine Fisheries*, 2004, 26(1): 61 - 65.
- [26] 樊伟, 崔雪森, 沈新强. 西北太平洋巴特柔鱼渔场与环境因子关系研究[J]. *高技术通讯*, 2004, 14(10): 84 - 89.
FAN W, CUI X S, SHEN X Q. Study on the relationship between the Neon Flying Squid, *Ommastrephes bartrami*, and ocean environment in the Northwest Pacific Ocean [J]. *High Technology Letters*, 2004, 14(10): 84 - 89.

Fishing ground distribution of saury and its correlation with marine environment factors in the Northern Pacific high sea in 2013

ZHANG Xiaomin¹, ZHU Qingcheng^{1,2,3}, HUA Chuanxiang^{1,2,3}

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

Abstract: Based on the catch data collected by Chinese Pacific saury fishing vessels from July to December 2013 and sea surface temperature (SST), chlorophyll-a concentration (*Chl. a*) and sea surface height (SSH) data derived from satellites, this paper analyzed the distribution of fishing ground of Pacific saury and their relationship with marine environmental factors by using the method of fisheries geographic information system software and mathematical statistics. The results indicated that the production varies with the season, and it was the highest between September and November in the waters near 40°N – 47°N, 147.5°E – 162°E. The movement of barycenter of catch could be divided into three stages: first, it had a tendency to move from south to north in July and August; afterwards, it moved from northwest to southeast in August and October; finally, it moved from west to east from October to December. The range of SST, *Chl. a*, SSH in the fishing grounds were 10 – 15 °C, 0.5 – 1.0 mg/m³, 0 – ±20 cm respectively, and the optimum ranges of above three factors were 11 – 13 °C, 0.6 – 0.8 mg/m³, 5 – ±15 cm respectively. According to K-S test ($P < 0.01$), the ranges of SST, *Chl. a*, SSH in each month are reasonable, and SST, *Chl. a*, SSH can be chosen as indicators to predict the fishing ground of saury.

Key words: *Cololabis saira*; fishing ground; sea surface temperature; chlorophyll a concentration; sea surface height