

中西太平洋长鳍金枪鱼(*Thunnus alalunga*) 延绳钓渔场分布的时空变化*

唐衍力 徐 湛

(中国海洋大学水产学院 青岛 266003)

摘要 为提高中西太平洋金枪鱼延绳钓渔业作业效率和应对多变的渔业政策等提供参考,本研究根据 2011 年 2 月–2012 年 1 月间中水集团远洋渔业股份有限公司的 10 艘延绳钓渔船的作业数据,结合海洋表层水温(SST)等环境因子,统计分析了单位努力量渔获量(CPUE)、渔获量和 SST 之间的关系并利用频度累加法分析了该海域长鳍金枪鱼渔场分布的时空变化。结果显示,中西太平洋海域,深度为 200 m 和 150 m 的水温全年基本维持不变,但 SST 变动较大并对渔场分布和 CPUE 有较大影响。渔场的周年变动是由 14°S 左右向 26°S 转移再回归 14°S 的一个往复过程;20°S 以北的渔场全年连续存在,高渔获量和高产 CPUE 主要分布于 SST 为 28–29°C 的水域;23°S 以南的渔场,因为受到复杂天气状况的限制,只有 5–8 月适合生产作业,高渔获量和高产 CPUE 主要分布于 SST 为 22–24°C 的水域,被调查船只在南部渔场,在此期间,被调查作业船只以全年 14.4% 的作业天数,捕获了占全年总渔获量 27.6% 的长鳍金枪鱼渔获物。若加强作业船只和渔具的抗风浪性,则可以在 25°S 以南的海域探索新的全年稳定存在的长鳍金枪鱼渔场。

关键词 中西太平洋;长鳍金枪鱼;延绳钓;CPUE;SST

中图分类号 S932.4 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2015)03-0022-08

长鳍金枪鱼(*Thunnus alalunga*)广泛分布于太平洋、印度洋、大西洋的热带、亚热带及温带海域(苗振清等, 2003)。根据中西太平洋渔业委员会(WCPFC)的数据,我国金枪鱼船队于 1988 年进入中西太平洋海域捕捞金枪鱼,但该地区的金枪鱼资源已经被日本、韩国和中国台湾等国家和地区进行了持续开发(戴小杰等, 2002a、b; 谷兵等, 2002; Iliapi, 2000)。大目金枪鱼(*Thunnus obesus*)、黄鳍金枪鱼(*Thunnus albacares*)等渔业资源的开发利用正趋于饱和并越来越受到国际社会的关注(姜润林等, 2007; 朱江峰等, 2009; Williams *et al.*, 2006),而中西太平洋海域的长鳍金枪鱼仍具有开发潜力(陈锦淘等, 2005);延绳钓相对于围网和拖网作业来说,是一种被动式的捕捞作业方式,对渔业资源的影响较小,因此,近年来,该海域的金枪鱼围网和拖网作业被中西太平洋渔业委员

会逐步限制并逐渐被延绳钓作业方式所取代,以长鳍金枪鱼作为主捕鱼种的延绳钓得到一定发展并主导该地区的渔业经济。中西太平洋的长鳍金枪鱼渔获量分别于 2003 年和 2009 年达到高峰,同时中国籍作业船只的数量也随之达到两个峰值,2003 年单船长鳍金枪鱼年渔获量为 34.77 t、作业船只 179 艘,2009 年单船长鳍金枪鱼年渔获量为 92.00 t、作业船只 219 艘。随着延绳钓渔具渔法的改进,对长鳍金枪鱼渔业资源的利用愈加充分,该鱼种总渔获量在逐年攀升的情况下随着渔业资源的变化而浮动。国内外学者对长鳍金枪鱼基础生物学(陈峰等, 2012; Fournier *et al.*, 1998)、资源状况及环境因子等方面进行了一些研究,但因空间分辨率偏大、调查渔场涵盖面积局限等原因,使得中西太平洋海域长鳍金枪鱼渔场分布的研究结果在生产实践中应用比较困难。本研究旨在通过对

* 公益性行业(农业)科技专项(201203018)资助。唐衍力, E-mail: tangyanli@ouc.edu.cn

收稿日期: 2014-05-14, 收修改稿日期: 2014-09-17

10 艘金枪鱼延绳钓渔船的跟踪调查, 以这些船只的渔捞数据为基础, 结合卫星遥感水温数据, 进行中西太平洋金枪鱼延绳钓渔业的长鳍金枪鱼渔场的时空分布变化研究, 以期为指导我国在该地区的实际渔业作业和多变的渔业政策的应对等方面提供一定的参考。

1 材料与方法

1.1 调查渔船、调查区域与时间

调查船只为 10 艘冷冻能力为 -50°C 左右的半超低温金枪鱼延绳钓渔船, 其中, “中水 801”至“中水 804”共 4 艘, 总长 29.8 m, 型宽 6.4 m, 型深 3 m, 排水量为 305.7 t, 主机功率为 447 kW, 定员为 15 人; “中水 805”至“中水 810”共 6 艘, 总长 38.6 m, 型宽 6.8 m, 型深 3.5 m, 排水量为 392.7 t, 主机功率为 447 kW, 每条船定员为 15 人。调查海域为 5° – 30°S , 155° – 180°E 。

调查时间为 2011 年 2 月–2012 年 1 月, 延绳钓作业每天 1 次, 10 船作业共计 2564 船次, 平均每船次作业放钩 3300 枚, 放钩时船速 7–8 节, 主线速度 10–11 节, 浮子绳长 20–25 m, 钓钩支线总长 22–23 m, 钓钩处水深 100–350 m, 调查投放总钩数约 8461200 枚。

1.2 调查材料

调查材料为 10 艘以长鳍金枪鱼为主要捕捞对象的延绳钓渔船 1 年期间的渔捞日志, 包括放钩位置

(经、纬度)、放钩数量、渔获量(重量与尾数)。不同水深的温度数据为卫星遥感数据(来自日本气象海洋有限公司卫星遥感水温等值线分布图), 空间分辨率为经度 0.5° ×纬度 0.5° , 时间分辨率为月度, 选择每月中旬的一天为代表。

1.3 数据处理

以年平均 CPUE 为分界点, 分别记录高产 CPUE(即大于全年平均值的 CPUE)和低产 CPUE(即小于全年平均值的 CPUE)的作业位置(经纬度坐标)和海表水温(SST), 以经度 0.5° ×纬度 0.5° 为单元, 利用频度分析法, 分别统计每个单元内高产和低产 CPUE 的出现次数, 将结果与海表水温(SST)结合, 逐月分析 CPUE 与海水温度的关系与变化规律。

2 结果与分析

2.1 CPUE 的月变化

2011 年 2 月–2012 年 1 月期间, 渔汛旺季为 6–11 月, 其中, 8 月渔获量最高, 为 206419 t, CPUE 为 283.04 kg/千钩; 渔汛淡季为 12 月–翌年 5 月, 其中, 3 月渔获量最低, 为 63444 t, CPUE 为 105.06 kg/千钩(表 1)。

调查时间内, CPUE 与渔获量变化趋势基本相符, 但 2 月, CPUE 与 6 月相近, 渔获量却与 4、5 月相近, 仅达到 6 月的 2/3, CPUE 相对来说偏高(图 1)。

表 1 中西太平洋海域长鳍金枪鱼的渔获量

Tab.1 The monthly catch of *T. alalunga* in the western and central Pacific Ocean

年-月 Year-month	投钩数量 Total hooks	总渔获量 Total catch		单位努力量渔获量 CPUE	
		重量 Weight (t)	尾数 Number(ind)	每千钩渔获量 kg /1000 hooks	每千钩渔获尾数 ind /1000 hooks
2011-02	534600	111.092	6736	207.81±75.12	12.60±4.55
2011-03	603900	63.444	4024	105.06±51.34	6.66±2.75
2011-04	732600	111.766	6973	152.56±30.81	9.52±1.81
2011-05	742500	110.326	7290	148.59±53.14	9.82±3.57
2011-06	755700	168.285	10708	222.69±96.48	14.17±6.02
2011-07	706200	185.200	12049	262.25±110.51	17.06±6.58
2011-08	729300	206.419	13372	283.04±128.46	18.34±8.00
2011-09	669900	102.415	6730	152.88±42.27	10.05±2.29
2011-10	798600	167.158	11029	209.31±49.10	13.81±3.16
2011-11	742500	162.342	10358	218.64±68.78	13.95±4.02
2011-12	669900	91.271	6166	136.25±28.76	9.20±2.00
2012-01	775500	98.844	6132	127.46±34.01	7.91±2.08
总计(平均) Total(average)	8461200	1578.562	101567	186.57±56.19	12.00±3.64

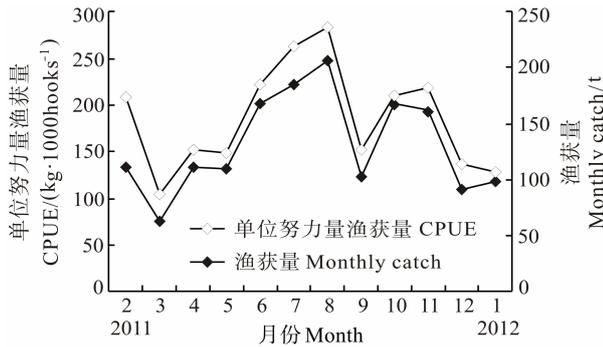


图1 CPUE与渔获量的月变化情况

Fig.1 The monthly change in the CPUE and the total catch

2.2 不同深度水温的月度变化

根据以往研究,长鳍金枪鱼的最适水温为18–22℃,栖息水深在200–150 m左右(苗振清等,2003)。调查海域内,水深200 m和150 m的水温各月基本不变(如表2和表3)。200 m水深的两条20℃等温线分别稳定在5°S和21°S左右;150 m水深的25℃等温线稳定在13°S左右,而20℃等温线也稳定在25°S左右。因此,被调查海域内,深度分别为200 m和150 m的水温基本处于比较稳定的状态,全年变化极小。所以,该海域内长鳍金枪鱼栖息水层水温不是影响渔场变动的主要因素。

2011年2月–翌年1月为期1年的时间内,中西太平洋海域的海表水温(SST)随洋流变化和季节的更替而产生了较大的变动(表4)。以25℃等温线为例,在南半球的夏季,即10月–翌年3月,25℃等温线从

表2 2011年2月–2012年1月中西太平洋海域200 m水深20℃等温线纬度月变化

Tab.2 The monthly change of the latitude of 20℃ isotherms of 200 m depth in WCPO from Feb.2011 to Jan.2012

年-月 Year-month	偏北20℃等温线 所在纬度 Latitude of the northern 20℃ isotherm	偏南20℃等温线 所在纬度 Latitude of the southern 20℃ isotherm
2011-02	4°S	20°S
2011-03	3°S	19°S
2011-04	4°S	21°S
2011-05	6°S	21°S
2011-06	5°S	20°S
2011-07	6°S	22°S
2011-08	5°S	22°S
2011-09	5°S	22°S
2011-10	5°S	21°S
2011-11	4°S	22°S
2011-12	4°S	22°S
2012-01	3°S	21°S

表3 2011年2月–2012年1月中西太平洋海域150 m水深25℃与20℃等温线纬度月变化
Tab.3 The monthly change of the latitude of 25℃ and 20℃ isotherms of 150m depth in WCPO from Feb.2011 to Jan.2012

年-月 Year-month	25℃等温线 所在纬度 Latitude of the 25℃ isotherm	20℃等温线 所在纬度 Latitude of the 20℃ isotherm
2011-02	11°S	25°S
2011-03	12°S	25°S
2011-04	12°S	25°S
2011-05	13°S	25°S
2011-06	13°S	26°S
2011-07	14°S	26°S
2011-08	14°S	25°S
2011-09	15°S	25°S
2011-10	13°S	24°S
2011-11	12°S	25°S
2011-12	12°S	25°S
2012-01	13°S	24°S

表4 2011年2月–2012年1月中西太平洋海域海表温度30℃、25℃与20℃等温线纬度月变化

Tab.4 The monthly change of the latitude of 30℃, 25℃ and 20℃ isotherms of SST in WCPO from Feb.2011 to Jan.2012

年-月 Year-month	30℃等温线 所在纬度 Latitude of the 30℃ isotherm	25℃等温线 所在纬度 Latitude of the 25℃ isotherm	20℃等温线 所在纬度 Latitude of the 20℃ isotherm
2011-02	8°S	30°S	–
2011-03	10°S	26°S	–
2011-04	12°S	25°S	–
2011-05	12°S	23°S	–
2011-06	–	22°S	29°S
2011-07	–	20°S	29°S
2011-08	–	19°S	27°S
2011-09	–	18°S	27°S
2011-10	–	20°S	28°S
2011-11	6°S	21°S	30°S
2011-12	12°S	25°S	–
2012-01	11°S	26°S	–

20°S不断南移,2月,调查海域水温达到全年最高值,25℃等温线移动至30°S;而南半球的冬季,即4–9月,25℃等温线又从30°S不断北移,9月,调查海域水温达到全年最低值,25℃等温线移动至18°S。25℃等温线一年之内,在12°的纬度差上进行显著的往复移动。

综上所述,长鳍金枪鱼栖息水层水温几乎不变,SST与其他水层(深度为200 m和150 m)的温度相比较,变化剧烈;SST同时影响着浮游生物的生长

(唐世林等, 2006), 间接影响长鳍金枪鱼的索饵和集群等行为。

2.3 渔获量、CPUE 与 SST 的关系

如图 2 所示, 2-4 月, 高产 CPUE 出现在北部渔

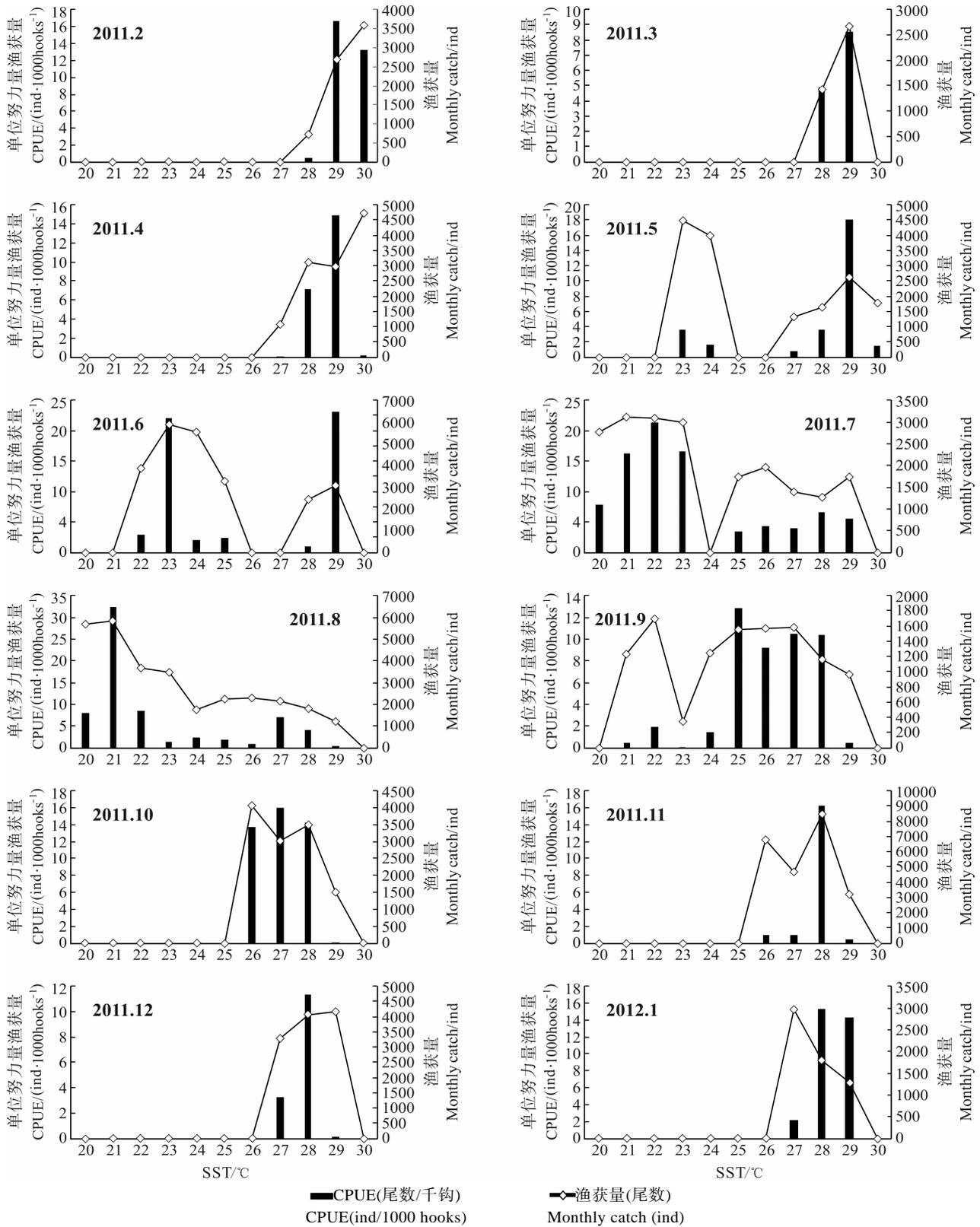


图 2 CPUE、渔获量与 SST 的关系

Fig.2 The monthly change in the CPUE and the catch with SST

场 SST 为 28–30°C 水域，高渔获量也主要分布于此；5–6 月，高产 CPUE 分别出现于南部渔场 SST 为 23°C 和北部渔场 SST 为 29°C 的水域，而 SST 为 23°C 的 CPUE 明显偏高，两处水域的渔获量接近；7–8 月，高产 CPUE 主要集中在南部渔场 SST 为 21–23°C 水域，渔获量也以该水域为主；9–11 月，南部渔场因天气条件限制而被放弃，高产 CPUE 和渔获量集中于北部渔场 SST 为 25–28°C 水域；12 月–翌年 1 月，渔获量减少，高产 CPUE 主要分布于北部渔场 SST 为 27–29°C 的水域。

2.4 作业渔场分布与 SST 的关系

如图 3，从作业渔场分布来看，1–4 月渔场相对比较分散，主要分布于 13–15°S，158–172°E 的广阔水域中；5 月开始，渔场分布趋于集中，其中，位于 15°S，170°E 附近的北部渔场继续存在，位于 26°S，173°E 附近的南部渔场开始出现渔汛，北部渔场的 CPUE 略高于南部渔场；6–8 月，渔场分布相对集中，主要渔场是南部渔场 26–27°S，171–175°E 的水域；

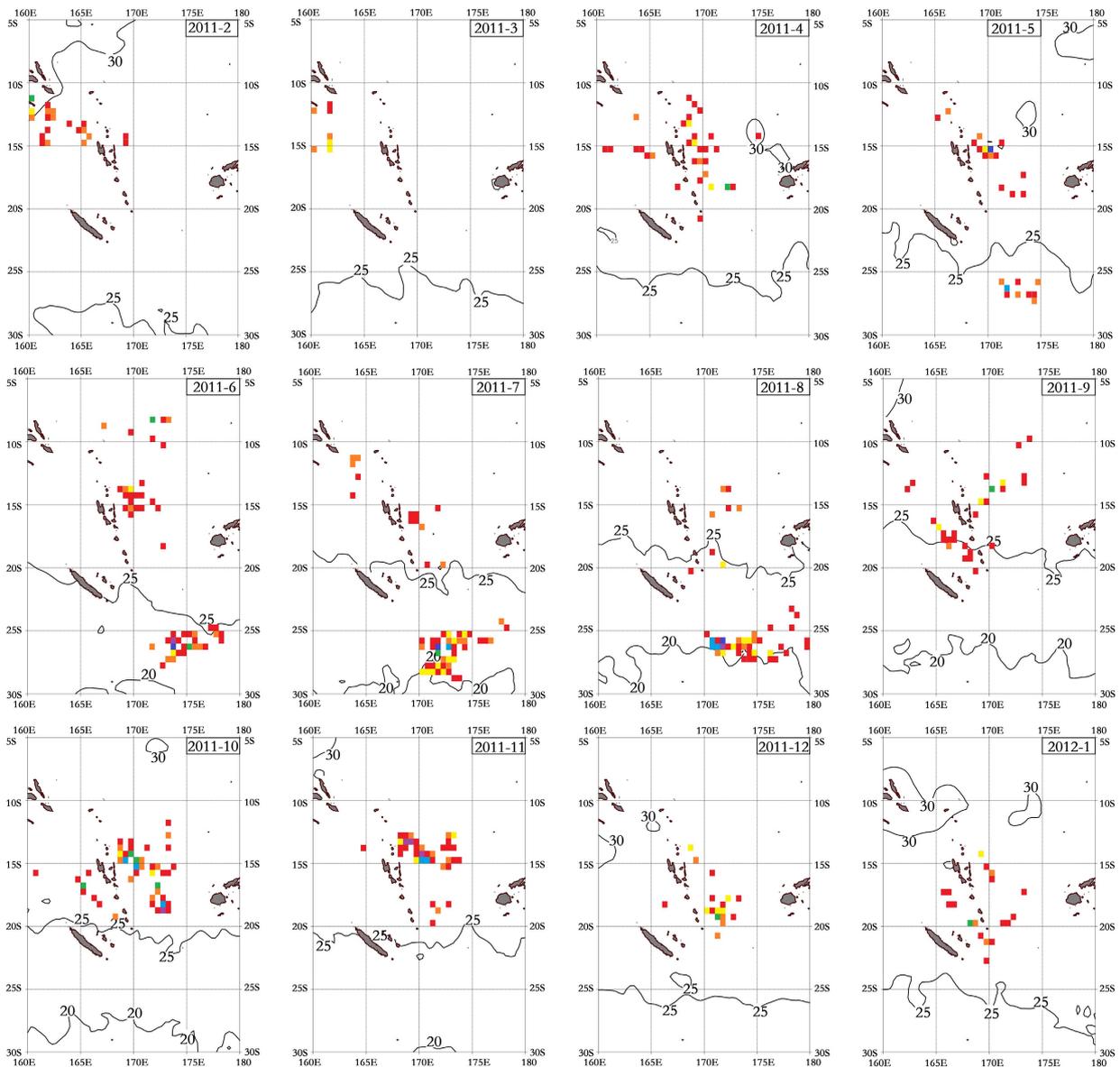


图 3 月度高产 CPUE 频度分布

频度：低 高

Fig.3 The monthly distribution of high CPUE frequentness

frequentness: low high

(白色为 0 次，红色为 1 次，橙色为 2 次，以此类推，深蓝色为 6 次，紫色为 7 次及 7 次以上)

(White, none; red, once; orange, twice; accordingly, dark blue represented 6 times and purple 7 times or higher)

9-11 月, 南部渔场因天气原因, 船只无法作业而放弃, 北部渔场分布趋于分散, 分布于 13-19°S, 165-173°E 的广阔水域; 12 月, 渔场分布相对分散, 中心渔场主要分布于 16-18°S、170-172°E 周边水域。

如图 4, 与图 3 的高产 CPUE 分布比较, 从全年来看, 北部渔场的高产 CPUE 分布区域的水温比低产 CPUE 分布区域的水温低 1-2°C; 5-9 月, 南部渔场的高产 CPUE 分布区域的水温比低产 CPUE 分布区域的水温高 1-2°C。

整体来看, 低产 CPUE 分布于高产 CPUE 的周围, 在 2-5 月和 12 月-翌年 1 月的渔汛淡季, 低产 CPUE 的范围远较高产为大, 在 6-10 月的渔汛旺季, 低产与高产 CPUE 的分布几乎相等。

中西太平洋地区位于南半球, 夏季水温偏高, 且南部渔场因天气原因无法作业, 北部渔场为渔汛淡季, 12 月-翌年 5 月, 渔场主要分布于 SST 为 28-29°C 的水域, 并且从 171°E, 18°S 转移至 162°E, 13°S, 接着向 170°E, 15°S 为中心的水域转移, 该时段渔获

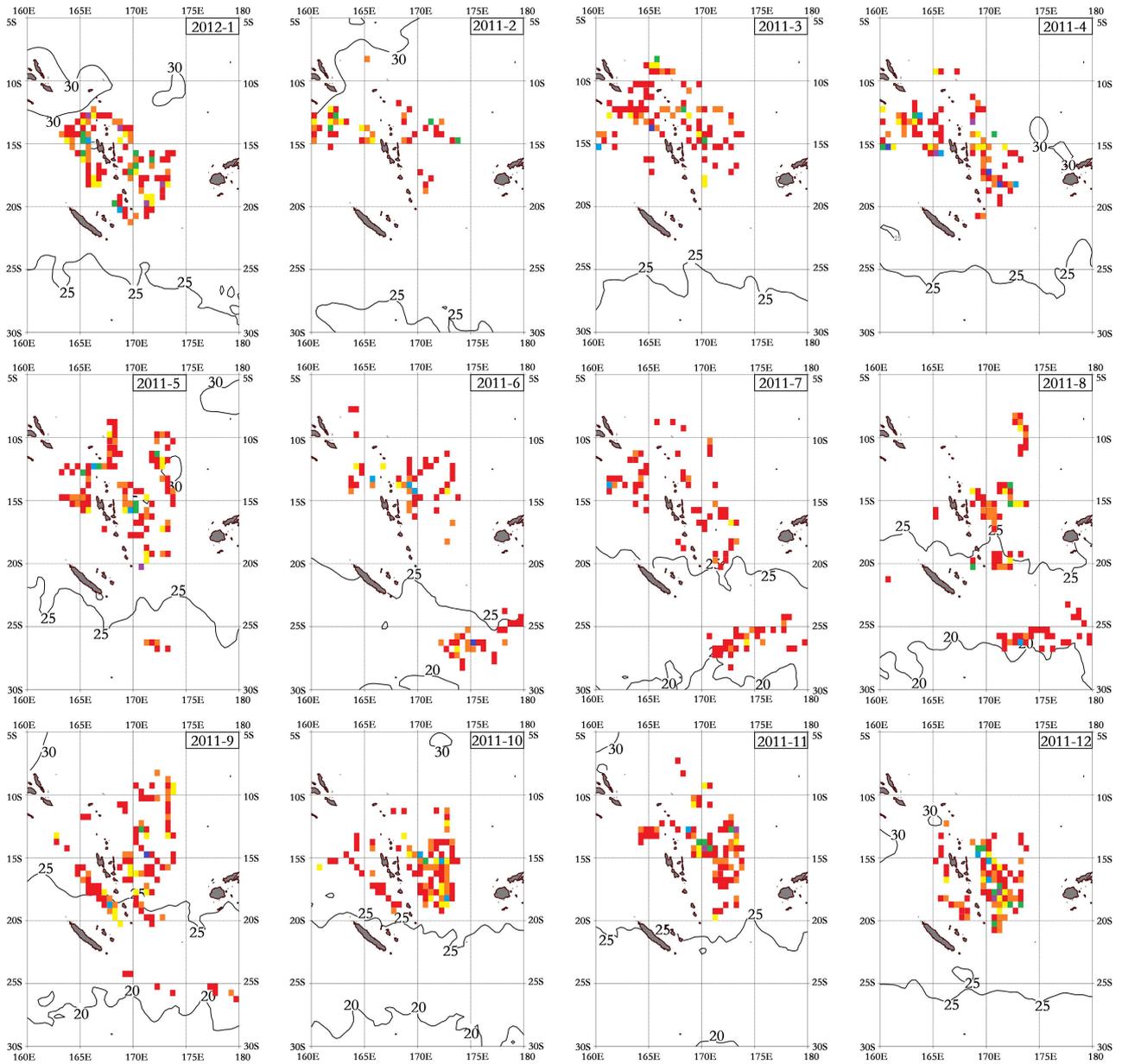


图 4 月度低产 CPUE 频度分布

频度: [低] [高]

Fig.4 Monthly distribution of low CPUE frequentness

frequentness: [low] [high]

(白色为 0 次, 红色为 1 次, 橙色为 2 次, 以此类推, 深蓝色为 6 次, 紫色为 7 次及 7 次以上)

(White, none; red, once; orange, twice; accordingly, dark blue represented 6 times and purple 7 times or higher)

量占全年渔获量的37%;冬季水温偏低,为渔汛旺季,6-11月,渔场主要分布于SST为28-29℃的水域和SST为21-24℃的水域,北部渔场从170°E,15°S向172°E,18°S为中心的水域转移,该时段渔获量占全年渔获量的63%,其中,8月渔获量最高,占全年的13%。如结果所示,北部海域形成高产渔场的相应SST为28-29℃,南部海域为21-24℃。

3 讨论

非生物环境因子与生物的活动之间有着密不可分的关系,温度是其中的重要影响因子之一。温度影响着海洋生物的集群、洄游等行为,是渔业生产的导向性非生物因子之一(苗振清等,2003;樊伟等,2007)。

3.1 作业渔场、CPUE的变动与SST的关系

中西太平洋海域长鳍金枪鱼资源的分布随水温的季节变化性强,本研究对中西太平洋海域金枪鱼延绳钓主捕对象长鳍金枪鱼的渔场、CPUE与SST水温因子之间的关系进行了分析,得出了该海域渔场时空分布的初步规律。中西太平洋海域中,20°S以北的渔场全年连续存在,高渔获量和高产CPUE主要分布于SST为28-29℃的水域,鱼群旺发时间为5-11月,这一结果与范江涛(2011a)、樊伟等(2007)的研究结果基本一致;23°S以南的渔场,高渔获量和高产CPUE主要分布于SST为22-24℃的水域,因天气条件限制,作业时间为6-9月且此时渔获量大,这一结果与郭爱(2010)等的研究结果基本一致,但由于风浪过大等天气原因,适于作业船只生产作业的时段只限于5-8月,因此,数据难以全面描述南部渔场,但就已获得的数据统计,该时段内,被调查船只在南部渔场,以全年14.4%的作业天数,捕获了占全年总渔获量27.6%的长鳍金枪鱼渔获物。

3.2 北部渔场与南部渔场的异同

北部渔场每年从年初开始,分布趋势为:从所罗门群岛海域不断向西南移动至瓦努阿图海域和公海,然后向东和东北方向的斐济海域和图瓦卢海域移动;南部渔场在5-8月集中出现在26°S附近并稳定持续,从数据统计的结果来看,时间和空间的分布上,与北部渔场基本不存在连续性。南渔场和北渔场之间存在纬度上接近3°的空白水域。南北渔场各自的最适SST之间也存在5-6℃的明显差别。以实际生产经验来看,当南部渔场集中出现大规模渔汛时,渔获个体的生物

学特征方面,与北渔场的渔获之间存在明显差异,南部渔场的渔获个体重量明显偏小。

鉴于国内外鲜有对本研究所调研海域南北渔场的长鳍金枪鱼生物学特征的调查和研究,根据南北两渔场的水温差别大、地理分布不连续、渔获个体重量差异大,作者初步推测认为,在该调查海域内可能存在两个相对独立的长鳍金枪鱼捕捞群体,遵循各自群体的不同洄游路线进行洄游。若加强我国金枪鱼延绳钓作业船只的抗风浪性,则有可能在25°S以南的海域开发出持久性较强的具有较大潜力的长鳍金枪鱼渔场,是为具有突破性的渔获增长点。25°S以南的海域仍需要更多的研究工作,来探讨新的渔场的可能性。

此外,中西太平洋海域长鳍金枪鱼的渔获量年度差异也比较显著,国内外研究也认为,其年度变化与厄尔尼诺、拉尼娜等现象相关(范江涛等,2011b; Lu *et al.*, 1998)。因此,本研究仅限于2011年2月-翌年1月的时间,分析了渔场的月度变化情况。中西太平洋海域长鳍金枪鱼渔场的年度变化规律还需要在以后的研究中进一步展开。

参 考 文 献

- 朱江峰,戴小杰. 中西太平洋金枪鱼围网渔业现状及我国发展对策. 中国渔业经济, 2009, 27(1): 115-119
- 谷兵,戴小杰. 斐济金枪鱼渔业概况. 海洋渔业, 2002, 24(1): 45-46
- 陈峰,郭爱,周永东,等. 南太平洋所罗门群岛海域长鳍金枪鱼的生物学特征. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2012, 31(2): 123-128
- 陈锦淘,戴小杰,谷兵. 中国南太平洋长鳍金枪鱼业发展对策的分析. 中国渔业经济, 2005(2): 49-50, 55
- 范江涛,陈新军,钱卫国,等. 瓦努阿图周边海域长鳍金枪鱼渔场分布及其与表温关系. 海洋湖沼通报, 2011a, (1): 71-78
- 范江涛,陈新军,钱卫国,等. 南太平洋长鳍金枪鱼渔场预报模型研究. 广东海洋大学学报, 2011b, 31(6): 61-67
- 苗振清,黄锡昌. 远洋金枪鱼渔业. 上海: 上海科学技术文献出版社, 2003
- 郭爱,林显鹏,张洪亮,等. 南太平洋公海长鳍金枪鱼延绳钓捕捞技术及生产分析. 浙江水产学院学报(自然科学版), 2010(3): 246-253
- 姜润林,戴小杰. 密克罗尼西亚联邦金枪鱼渔业现状与我国发展前景. 中国渔业经济, 2007(3): 24-26
- 唐世林,陈楚群,詹海刚. 海洋初级生产力的遥感研究进展. 台湾海峡, 2006, 25(4): 591-598
- 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. 大连水产学院学报, 2007, 22(5): 366-371

- 戴小杰, 谷兵. 密克罗尼西亚海域金枪鱼延绳钓生产比较. 中国渔业经济, 2002a, (4): 50, 43
- 戴小杰, 谷兵. 密克罗尼西亚联邦海域的金枪鱼渔业近况. 海洋渔业, 2002b, 24(3): 151–152
- Fournier DA, Hampton J, Sibert JR. MULTIFAN-CL: a length-based, age-structured model for fisheries stock assessment, with application to South Pacific albacore, *Thunnus alalunga*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1998, 55(9): 2105–2116
- Iliapi L. Tuwai National Tuna Fisheries Report of Fiji as of 1999. Ministry of Agriculture, Fisheries and Forests. 13th Meeting of the Standing Committee on Tuna and Billfish. Jul, 2000
- Lu, HJ, Lee KT, Liao CH. On the relationship between El Niño/Southern oscillation and South Pacific albacore. Fisheries Research, 1998, 39(1): 1–7
- Williams P, Reid C. Overview of tuna fisheries in the western and central Pacific Ocean. Scientific committee, Second regular session, 2006, 8

(编辑 江润林)

The Spatio-Temporal Changes in the Long-Line Fishing Grounds of Albacore (*Thunnus alalunga*) in Western and Central Pacific Ocean

TANG Yanli^①, XU Zhan

(College of Fisheries, Ocean University of China, Qingdao 266003)

Abstract Albacore (*Thunnus alalunga*) is an important economic fish species in the long-line tuna fisheries in western and central Pacific Ocean, and it is also one of the major species that the Chinese long-line fleets target in this area. To explore the spatio-temporal changes in the fishing grounds of albacore and provide guidance to the long-line fishery practice, we studied the relationship between the catch per unit effort (CPUE), the monthly catch and the sea surface temperature (SST), and analyzed the geographical changes in the fishing grounds using the frequentness accumulation method. The statistical analysis was based on the data collected from 10 albacore long-line fishing vessels of China National Fisheries Corporation (CNFC) from Feb. 2011 to Jan. 2012, combined with the environmental factors such as the SST. The results showed that in western and central Pacific Ocean, the temperature at the depth of 200 m and 150 m remained stable in a year but SST fluctuated dramatically and thus had great effects on the distribution of fishing grounds and CPUE. In a year (Feb. 2011 to Jan. 2012) the fishing ground moved periodically from 14°S to 26°S then back to 14°S. To the north of 20°S the fishing ground existed all year long, and the high catch and high CPUE were present in the area where SST was 28–29°C. To the south of 23°S the fishing ground only existed from May to August because the adverse weather conditions in other months imperiled the fishing vessels, and the high catch and high CPUE were present in the area where SST was 22–24°C. In this time window the catch accounted for 27.6% of the yearly total catch while the fishing vessels worked for only 14.4% of the yearly total fishing days. Given the enhanced anti-wind and anti-wave features of fishing vessels and gears, a new sustainable fishing ground of albacore could be explored and exploited to the south of 25°S.

Key words Western and Central Pacific Ocean; *Thunnus alalunga*; Long-line; CPUE; SST

① Corresponding author: TANG Yanli, E-mail: tangyanli@ouc.edu.cn