

doi: 10.3969/j.issn.2095-0780.2014.02.003

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

唐峰华^{1,2}, 崔雪森^{1,2}, 杨胜龙^{1,2}, 周为峰^{1,2}, 程田飞², 吴祖立², 张衡^{1,2}

(1. 中国农业部东海与远洋渔业资源开发利用重点实验室, 上海 200090; 2. 中国水产科学研究院
渔业资源与遥感信息技术重点开放实验室, 上海 200090)

摘要: 根据 2008 年~2012 年中西太平洋金枪鱼(*Thynnus*) 围网的渔获生产数据, 并结合利用遥感信息技术手段同期获取的海表温度、次表层和温跃层温度、叶绿素等海洋环境数据, 分析了围网主要捕获品种渔获量、资源丰度与渔场重心的时空变化及其与主要环境因子之间的关系。结果显示, 目前中西太平洋金枪鱼围网渔获量分布在 10°N~10°S、140°E~180°E, 中心渔场经度重心集中在 150°E~165°E, 大体走向是由西向东; 纬度重心在 1°N~3°S, 呈现先南后北的走向。渔场主要适温在 28~32 °C, 最适海表温度为 29~31 °C, 次表层 50 m, 适温为 26.84~29.47 °C, 100 m 适温为 24.71~28.57 °C, 温跃层上界深度在 54.09~121.49 m, 对应的海水温度为 27.10~29.18 °C; 主要渔获产量集中在叶绿素质量浓度 0.02~0.35 mg·m⁻³ 内, 叶绿素质量浓度处于 0.04~0.18 mg·m⁻³ 时渔获产量出现频次最高, 为渔场的最适叶绿素质量浓度范围。

关键词: 中西太平洋; 金枪鱼围网; 渔场重心; 海表温度; 次表层

中图分类号: S 931.41

文献标志码: A

文章编号: 2095-0780-(2014)02-0018-09

GIS analysis on effect of temporal and spatial patterns of marine environment on purse seine fishery in the western and central Pacific

TANG Fenghua^{1,2}, CUI Xuesen^{1,2}, YANG Shenglong^{1,2}, ZHOU Weifeng^{1,2},
CHENG Tianfei², WU Zuli², ZHANG Heng^{1,2}

(1. Key Lab. of East China Sea & Oceanic Fishery Resources Exploitation and Utilization, Ministry of Agriculture, P. R. China, Shanghai 200090, China; 2. Key and Open Lab. of Remote Sensing Information Technology in Fishing Resource, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China)

Abstract: According to the fishery production data of the western and central Pacific tuna purse seine from 2008 to 2012, in addition to the main marine environmental data such as sea surface temperature, subsurface and thermocline temperature and chlorophyll obtained by remote sensing technology, we analyzed the relationship between fish catches of the main purse seine species, resource abundance, time-space changes of fishing ground gravity and the main environmental factors. Results show that tuna purse seine catches distributed in the western and central Pacific from 10°N to 10°S and 140°E to 180°E. The longitude of fishing ground gravity concentrated from 150°E to 165°E from west to east. Latitude center concentrated from 1°N to 3°S and presented in the direction of north after south. The optimum temperature for fishing ground ranged from 28 °C to 32 °C, the best sea surface temperature ranged from 29 °C to 31 °C. The suitable temperatures at subsurface depths of 50 m and 100 m were 26.84~29.47 °C and 24.71~28.57 °C, respectively. The upper and lower bound of the thermocline depth was 54.09~121.49 m, and the corresponding seawater temperature was 27.10~29.18 °C. The main fishing production distributed in chlorophyll concentration of 0.02~0.35 mg·m⁻³. The highest catch

收稿日期: 2013-11-13; 修回日期: 2013-12-30

资助项目: 上海市科技创新行动计划项目(12231203901); 远洋支撑项目南海课题(2013BAD13B06); 国家科技支撑计划项目(2013BAD13B01)

作者简介: 唐峰华(1982-), 男, 助理研究员, 从事海洋生态学和渔业遥感研究。E-mail: f-h-tang@163.com

通信作者: 张衡(1979-), 男, 博士, 副研究员, 从事渔业遥感与渔业资源学研究。E-mail: zhangzhiqian0601@163.com

frequency occurred in chlorophyll concentration of $0.04 \sim 0.18 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ which was the most appropriate chlorophyll concentration range for fishing ground.

Key words: the western and central Pacific; tuna purse seine; fishing ground gravity; sea surface temperature; subsurface

中西太平洋海域是世界金枪鱼围网的主要作业渔场, 其大范围为 $15^{\circ}\text{N} \sim 15^{\circ}\text{S}$ 、 $130^{\circ}\text{E} \sim 180^{\circ}\text{E}$, 一年四季均可作业, 海水温度常年保持在 $27 \sim 32^{\circ}\text{C}$ 之间, 主要捕捞品种是鲣 (*Katsuwonus pelamis*) 和黄鳍金枪鱼 (*Thunnus albacare*)^[1]。国内外学者已对中西太平洋金枪鱼围网渔业的渔场、资源变动及其与海洋环境关系等进行了探讨, 其中 LEHODEY 等^[2]发现中西太平洋金枪鱼围网渔获量重心的分布变化趋势与 29°C 等温线的分布变化趋势几乎一致; LANGLEY 等^[3]曾对中西太平洋黄鳍金枪鱼资源进行了评估; 大陆学者林龙山等^[4]、沈建华等^[5-6]、刘勇和陈新军^[7]、陈新军和郑波^[8]对中西太平洋金枪鱼围网渔业状况进行了分析, 同时台湾学者^[9-10]研究表明中西太平洋金枪鱼围网渔业中心渔场的分布规律与海表温度及赤道海流间的消长都有密切关系。而目前次表层及温跃层的水温与该渔场的关系研究鲜见, 且随着时间变化和捕捞强度的提高, 渔场中心及海洋环境都有所变动。该研究利用 2008 年~2012 年中西太平洋金枪鱼围网的生产数据结合遥感信息技术手段获取的同期主要海洋环境数据, 分析了主要捕获品种产量、资源丰度的时空变化及其与主要环境因子之间的关系, 弥补了渔场的变化与水温在次表层 50 m 和 100 m 及温跃层范围分布关系的空白。研究渔场的最新变动规律有助于中国渔船寻找目标鱼群, 并可为金枪鱼围网渔业的生产作业及渔情预报提供参考。

1 材料与方法

1.1 作业海域和生产数据来源

生产资料由上海开创远洋渔业公司提供, 内容包括作业日期、经纬度、日产量(每年渔船数为 6~10 艘)。图 1 为中西太平洋金枪鱼围网渔场的主要作业海域, 多集中在密克罗尼西亚、巴布亚新几内亚及基里巴斯等岛国的专属经济区水域及其邻近的公海内, 大致范围为 $10^{\circ}\text{N} \sim 10^{\circ}\text{S}$ 、 $140^{\circ}\text{E} \sim 180^{\circ}\text{E}$ 。

1.2 海洋环境数据来源

中西太平洋金枪鱼围网海域海表温度(sea surface temperature, SST)、叶绿素数据来源于 NASA 水色遥感网站(<http://oceans.gsfc.nasa.gov>), 空间

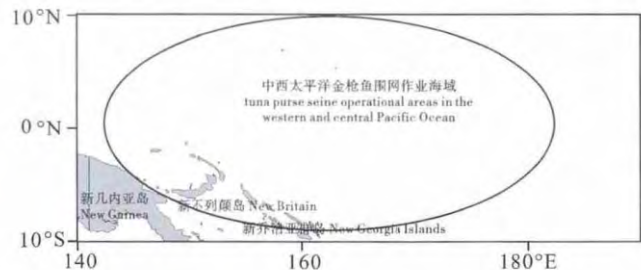


图 1 中西太平洋金枪鱼围网作业区域

Fig. 1 Operational areas of tuna purse seine in the western and central Pacific Ocean

分辨率为 9 km; 次表层 50 m 和 100 m 及温跃层温度数据来源 Argo 实时数据中心 (<http://www.argo.org.cn>), 数据覆盖的空间范围为 $10^{\circ}\text{N} \sim 10^{\circ}\text{S}$ 、 $140^{\circ}\text{E} \sim 180^{\circ}\text{E}$, 经抽取后统一为 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 的网格数据, 时间跨度范围为 2008 年~2012 年。

1.3 模型及数据处理方法

1) 单位捕捞努力渔获量 [catch per unit effort, CPUE, $t \cdot (d \cdot \text{网})^{-1}$], 表示金枪鱼的资源丰度^[11]:

$$\text{CPUE} = \frac{1}{n \times m} \sum_{i=1}^n C_i \quad (1)$$

式中 CPUE 为单位捕捞努力量渔获量; C_i 为第 i 天的产量; n 为总天数, m 为总网次。

2) 利用产量重心法研究中心渔场的空间变化^[12]。对生产统计资料进行数据标准化处理, 按下式计算月产量重心。

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i \times X_i)}{\sum_{i=1}^n C_i} \quad (2)$$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i \times Y_i)}{\sum_{i=1}^n C_i} \quad (3)$$

式中 X 、 Y 分别为产量重心的经、纬度; X_i 为第 i 天中心点的经度, Y 为第 i 天中心点的纬度; C_i 为第 i 天的产量。

3) 将渔获量与海洋环境因子(海表温度、叶绿素)关系用 SPSS 16.0 进行统计处理; 将次表层温度(50 m 和 100 m)和温跃层上界深度、温度等剖

面数据按经纬度分组,采用地统计方法^[13]将其插值到网格节点上($1^{\circ} \times 1^{\circ}$),再以填色等值线作图方式显示。

2 结果与分析

2.1 渔获量的分布概况

渔获量分布范围在 $10^{\circ}\text{N} \sim 10^{\circ}\text{S}$ 、 $140^{\circ}\text{E} \sim 180^{\circ}\text{E}$ 之间,但渔获量分布密集区域主要在密克罗尼西亚、巴布亚新几内亚及基里巴斯等岛国的专属经济区水域及其邻近的公海内。总渔获量 CPUE 主要集中在 $21 \sim 80 \text{ t} \cdot (\text{d} \cdot \text{网})^{-1}$,平均为 $27.45 \text{ t} \cdot (\text{d} \cdot \text{网})^{-1}$;其中鲣鱼渔获量 CPUE 集中在 $15 \sim 65 \text{ t} \cdot (\text{d} \cdot \text{网})^{-1}$,平均为 $24.78 \text{ t} \cdot (\text{d} \cdot \text{网})^{-1}$;黄鳍金枪鱼渔获量 CPUE 集中在 $0 \sim 15 \text{ t} \cdot (\text{d} \cdot \text{网})^{-1}$,平均仅为 $3.17 \text{ t} \cdot (\text{d} \cdot \text{网})^{-1}$ 。

2008年~2012年分月渔获量的分布见图2,总渔获量最高为12月($20.87 \times 10^3 \text{ t}$);鲣鱼渔获量最高的也是12月($18.25 \times 10^3 \text{ t}$);而黄鳍金枪鱼渔获量最高的是1月($2.63 \times 10^3 \text{ t}$)。12月至次年6月一直是产量的高产期,而7月~11月渔获产量明显下降,其中11月总渔获量及鲣、黄鳍金枪鱼渔获量都为最低。

2.2 渔场重心的变化

中西太平洋围网渔场重心的月变化状况反映了金枪鱼渔获量集中区域的月变化状况(图3)。可以看出总渔获量经度重心随着月份推移逐渐向东扩展,到11月又向西折回,一年内渔场重心主要集中在 $150^{\circ}\text{E} \sim 160^{\circ}\text{E}$;纬度重心走向趋势是先北后南,除11月其重心在 5°S 的位置外,主要集中在

$1^{\circ}\text{N} \sim 3^{\circ}\text{S}$ 。由于总渔获量中鲣占90%以上,鲣渔场重心趋势基本与总渔获量重心一致。而黄鳍金枪鱼渔获量重心除了10月(165°E 附近)摆动较大外,其他月比较平稳,主要集中在 155°E 的经度线附近的位置;纬度重心波动更大,整体上是先往北再往南,从9月~12月又一次先北后南的曲线变动,重心全年主要集中在 $0 \sim 2^{\circ}\text{S}$ 内。

2.3 渔获量与海表温度的分布

海表温度是影响海洋鱼类资源时空分布最重要的环境因子,也是渔场渔情分析中应用最广泛的海洋环境要素^[14]。中西太平洋金枪鱼围网渔业中渔获量(包括鲣与黄鳍金枪鱼)的适温均在 $28 \sim 32^{\circ}\text{C}$,最适温度为 $29 \sim 31^{\circ}\text{C}$,以SST在 30°C 为轴的渔场出现频次呈明显的正态分布特点(图4)。相应产量比较高的渔区也主要集中在 $29 \sim 31^{\circ}\text{C}$ 内的海域,其累计产量可达到总渔获量的90%以上(图5)。

2.4 渔获量与次表层分布

中西太平洋金枪鱼围网平均 CPUE 和次表层50 m处水温的空间叠加图(图6)显示,渔场次表层50 m的海水温度在 $26.84 \sim 29.47^{\circ}\text{C}$,平均温度为 28.92°C ,且等温线在 5°N 的位置上呈一个自西向东的舌状突出。赤道附近范围为主要中心渔场,其次表层50 m的海水温度集中在 $28.60 \sim 29.40^{\circ}\text{C}$,其中黄鳍金枪鱼绝大部分都分布在该温度范围内,而鲣另外一个主要集中的渔获在 $160^{\circ}\text{E} \sim 170^{\circ}\text{E}$ 、 $3^{\circ}\text{N} \sim 8^{\circ}\text{N}$,50 m处为 $28.20 \sim 28.60^{\circ}\text{C}$ 水温稍低的区域内,说明鲣在50 m处的适温范围更广。

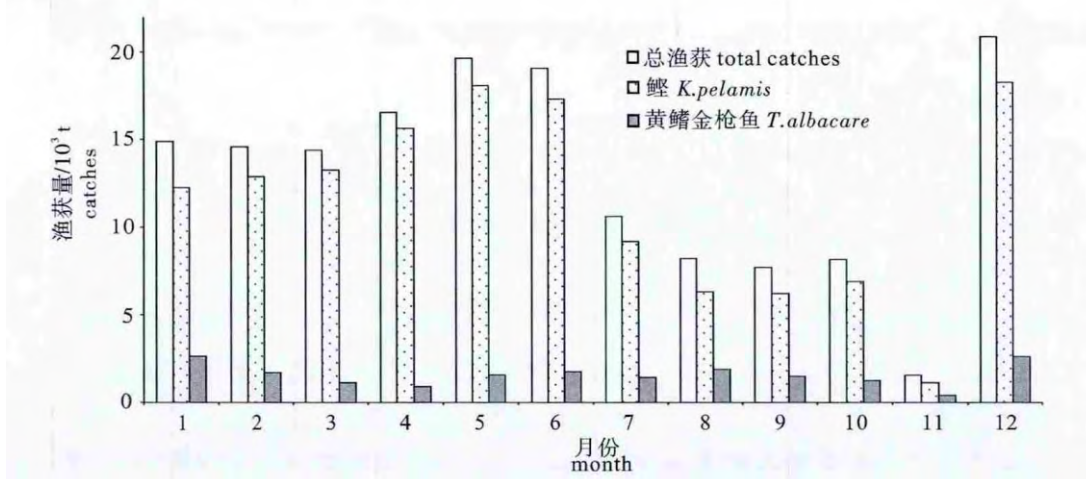


图2 2008年~2012年每月渔获量的分布

Fig. 2 Distribution of monthly catches during 2008 ~ 2012

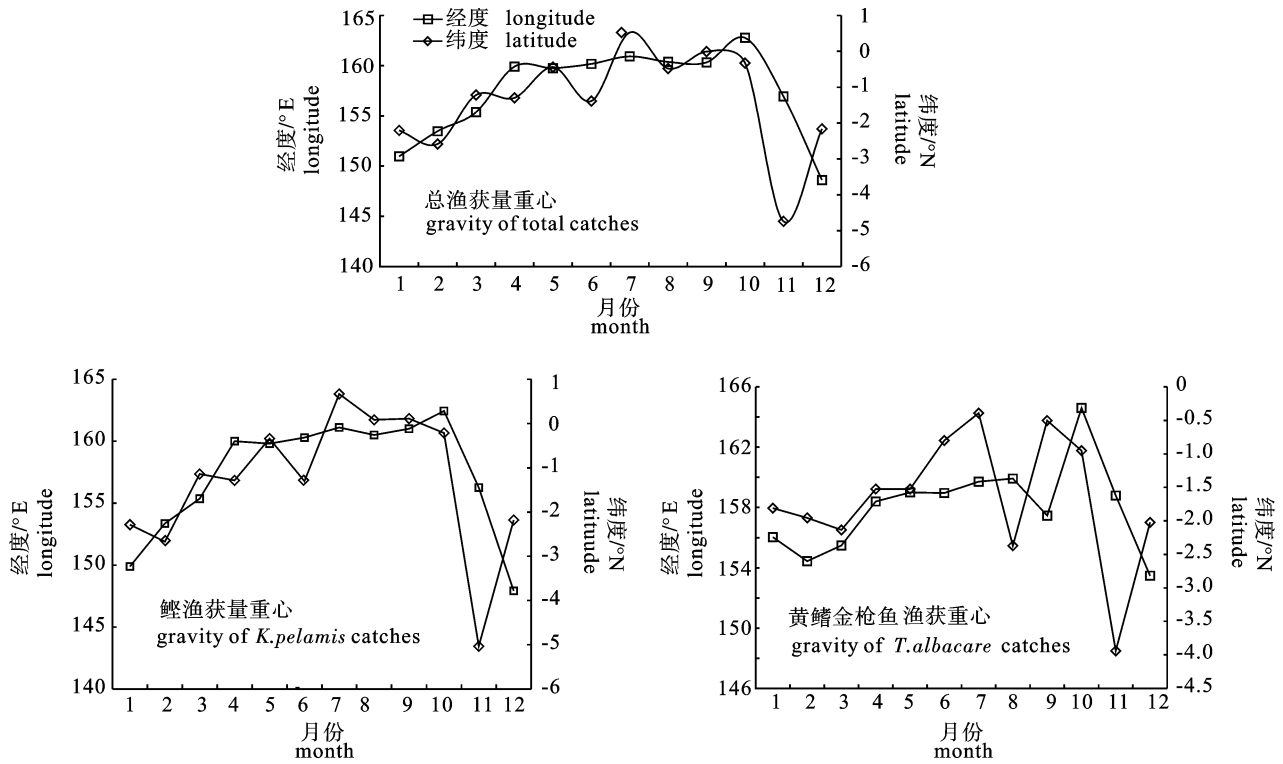


图 3 金枪鱼围网分月渔场重心的变化

Fig. 3 Monthly change of fishing ground gravity of tuna purse seine

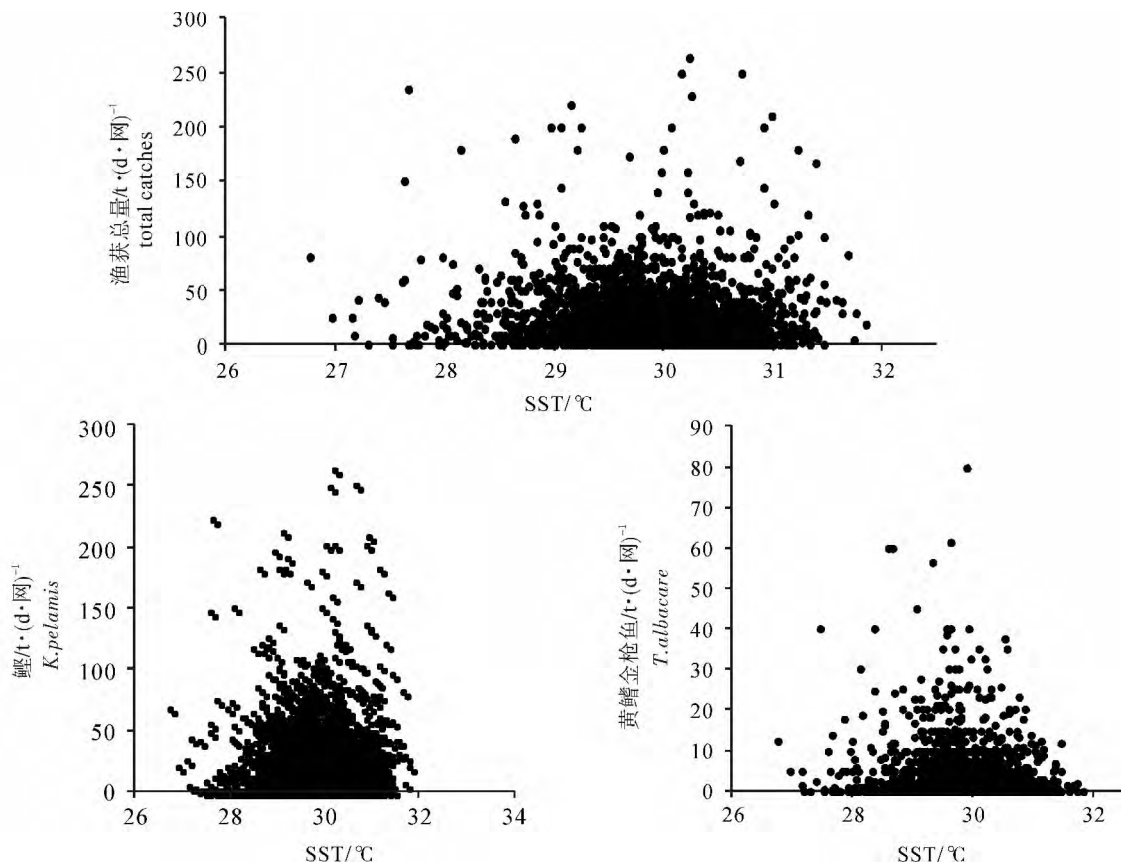


图 4 单位捕捞努力渔获量的海表温度分布范围

Fig. 4 Distribution of sea surface temperature of CPUE

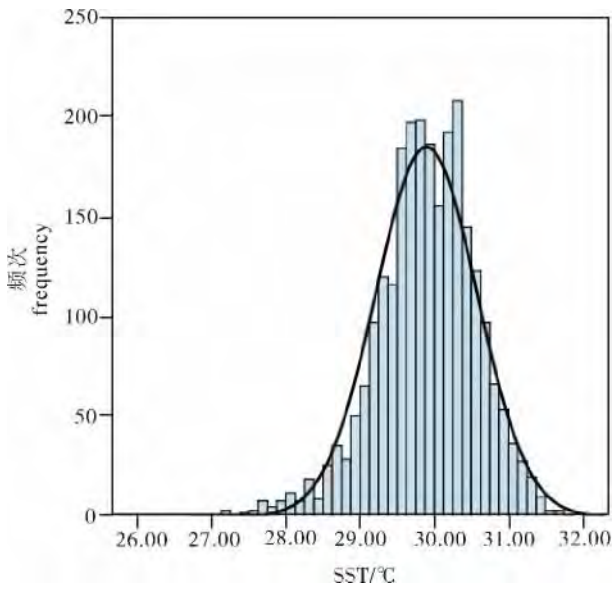


图 5 渔获频次与海域表面温度的直方分布

Fig. 5 Histogram of catch frequency and sea surface temperature

中西太平洋金枪鱼围网平均 CPUE 和次表层 100 m 处水温的空间叠加图(图 7)显示,渔场次表层 100 m 的海水温度在 24.71 ~ 28.57 °C,平均温度为 27.52 °C。同时在新几内亚岛、新不列颠岛及新乔治亚群岛到赤道附近范围为主要中心渔场,其

次表层 100 m 的海水温度集中在 27.6 ~ 28.4 °C,其中黄鳍金枪鱼绝大部分都分布在该温度范围内,而鲣渔获则是部分分布,另外一部分则在 24.71 ~ 27.62 °C 稍低的区域内,说明鲣在 100 m 处的适温范围更广。

2.5 渔获量与温跃层的分布

利用 Argo 标志获取了中西太平洋金枪鱼围网整个渔场海域温跃层上界深度在 54.09 ~ 121.49 m 的海水温度,可以看出其对应的温跃层上界的海水温度范围在 27.10 ~ 29.18 °C,平均温度为 28.52 °C(图 8)。发现等温线在 5°N 附近呈现一个自西向东的舌状突起,而等温线在赤道(0°N)附近反向,呈现一个向内凹陷的现象,鲣和黄鳍金枪鱼 CPUE 与温跃层上界温度分布基本显示一致的分布规律。

2.6 渔获量与叶绿素的分布

海水叶绿素的渔情分析是基于海洋食物链原理,即浮游植物的丰富使其为食的浮游动物资源丰富,进而促使以浮游动物为饵料的海鱼类资源丰富^[15]。中西太平洋金枪鱼主要渔获产量分布在叶绿素质量浓度 0.02 ~ 0.35 mg·m⁻³,叶绿素质量浓度处于 0.04 ~ 0.18 mg·m⁻³时渔获产量出现频次最高(图 9)。鲣与黄鳍金枪鱼渔场的叶绿素质量浓

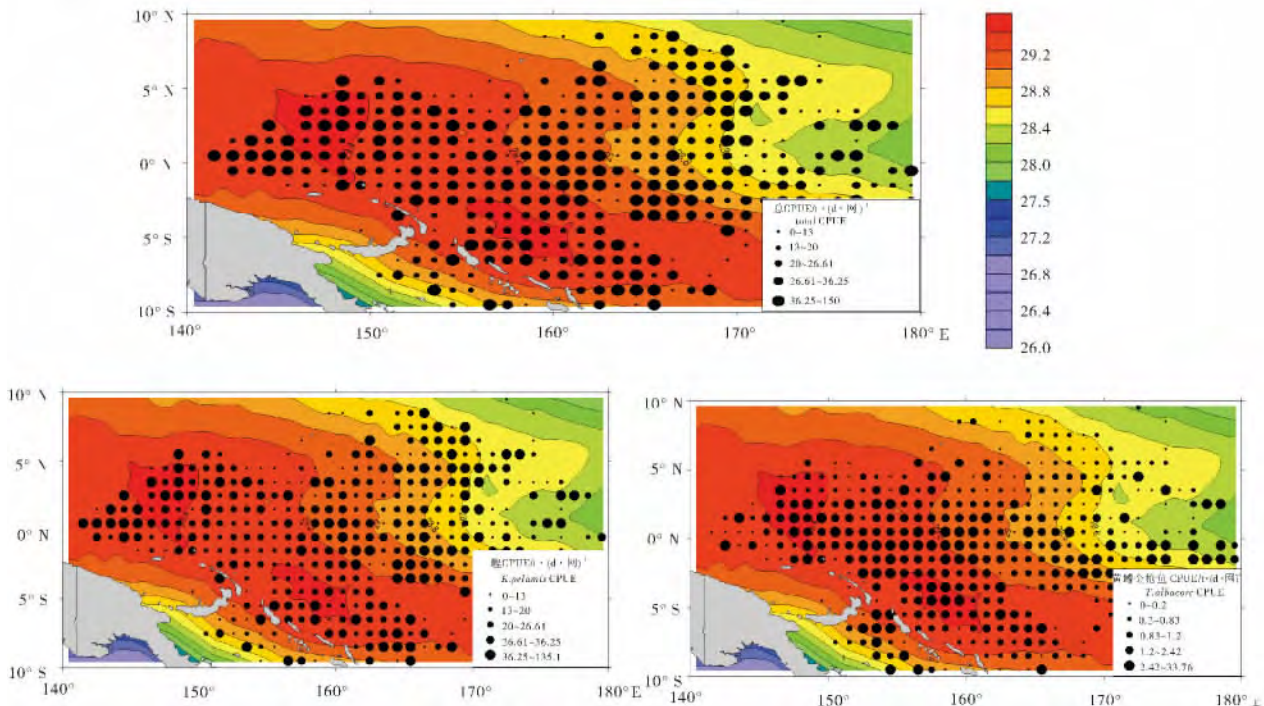


图 6 单位捕捞努力渔获量与 50 m 次表层温度的叠加分布

Fig. 6 Distribution of CPUE and temperature at subsurface depth of 50 m

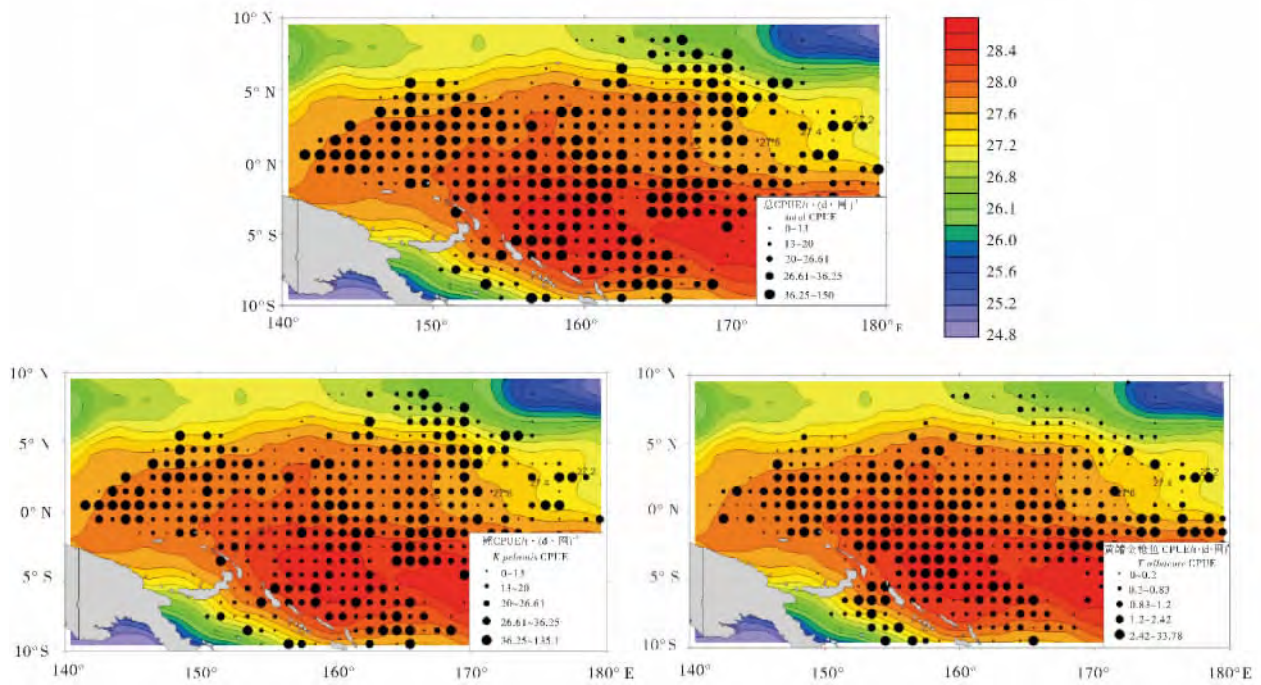


图 7 单位捕捞努力渔获量与 100 m 次表层温度的叠加分布
 Fig. 7 Distribution of CPUE and temperature at subsurface depth of 100 m

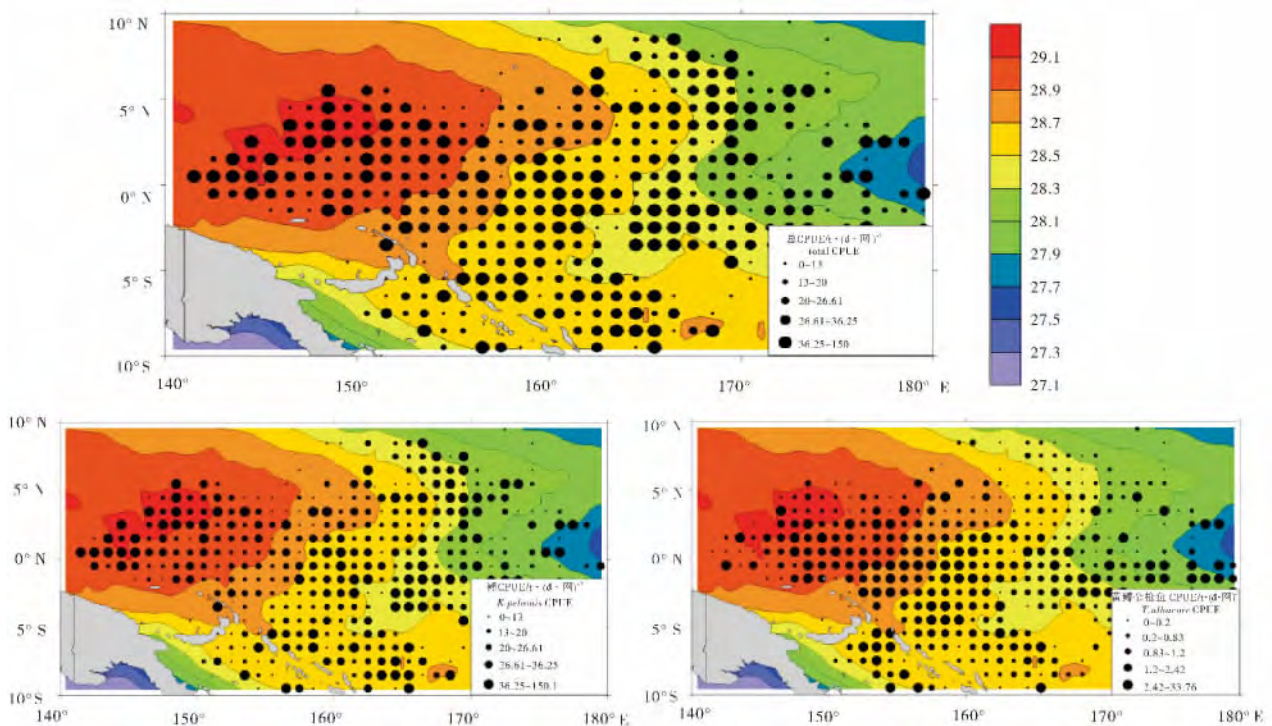


图 8 单位捕捞努力渔获量与温跃层上界温度的叠加分布
 Fig. 8 Distribution of CPUE and temperature at upper and lower bounds of thermocline

度范围大致一样,且通过渔获频次与叶绿素的直方分布图来看,虽然渔场出现的频次与叶绿素分布并没有呈现正态或偏态分布,但是当叶绿素质量浓度处于 $0.04 \sim 0.18 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 时渔场出现频率至少在 50

次,可视其为中西太平洋金枪鱼围网渔业的最适叶绿素浓度范围(图 10)。

3 讨论

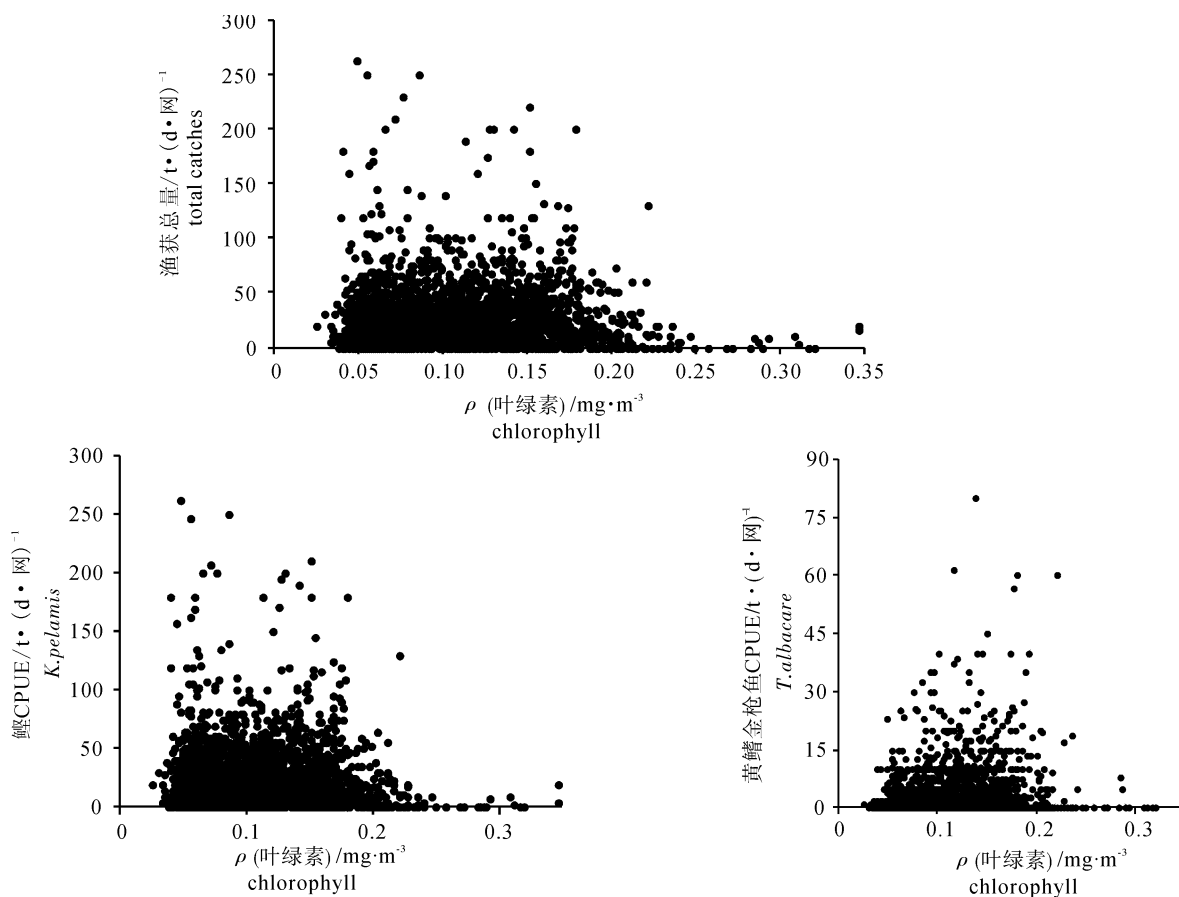


图9 单位捕捞努力渔获量的叶绿素分布范围

Fig. 9 Distribution of chlorophyll of CPUE

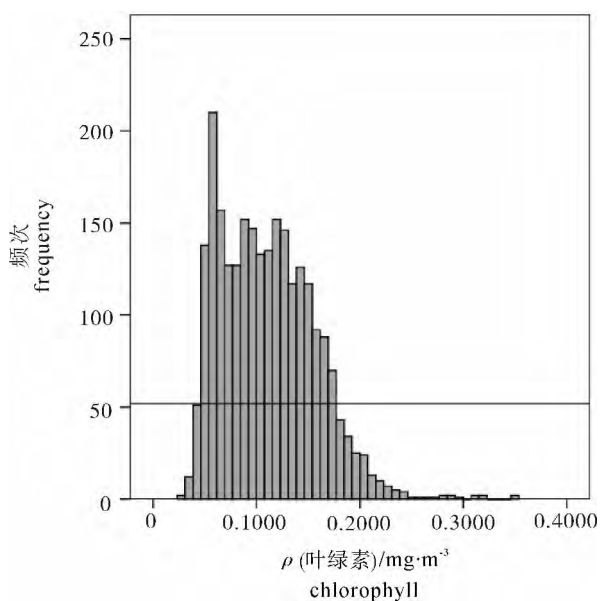


图10 渔获频次与叶绿素的直方分布

Fig. 10 Histogram of catch frequency and chlorophyll

3.1 CPUE 与渔场重心的变化

根据渔获量重心的定义实际是渔获量分布在东

西和南北分量上的加权平均值,所用的权重因子就是渔获量,反映的是渔获量分布的中心位置^[16]。结合图4可看出,在经度上渔获量重心随着时间的推进,从太平洋岛屿沿岸海域逐渐沿赤道在1月~9月先向东,10月~12月又向西移动;在纬度上1月~8月总体向北,8月达到最北,又往南移动,11月到达最南,12月向北扩展,月季波动较大,这种趋势的形成一方面与金枪鱼的分布有关,另一方面很可能与渔船的捕捞强度变化有关^[5]。此外在研究渔业资源时,CPUE 一般都被作为渔业资源丰度的表征^[17]。渔获物中的鲣与黄鳍金枪鱼所占比例相差悬殊,其中鲣的丰度占90%,而黄鳍金枪鱼占10%,总渔获量 CPUE 集中在 21 ~ 80 t·(d·网)⁻¹,鲣渔获量 CPUE 集中在 15 ~ 65 t·(d·网)⁻¹,黄鳍金枪鱼则集中在 0 ~ 15 t·(d·网)⁻¹。

在分析金枪鱼围网的渔场资源分布时,不但利用 CPUE 来分析其资源的丰度,同时结合渔场重心的变化情况进行研究,发现 155°E ~ 165°E 的范围内是目前中西太平洋金枪鱼围网渔业 CPUE 较高的

区域,与以往报道^[5-7]不同,这是由于近年中心渔场比 2000 年前要往西偏移,而且最高产量 12 月渔场重心在 147°E、2°S 附近;而 10 月~11 月是渔场变动最大的时期,重心从 10 月的 163°E、0.5°S 移到了 11 月的 145°E、1°S 位置,跨度之大,初步猜测期间渔场外部环境有一定变化。另外黄鳍金枪鱼的渔场重心波动比鳀更明显,其重心先南后北,到 8 月再往南向北,基本在 2°S 纬度线上来回摆动。因为黄鳍金枪鱼对水温的要求更敏感,而鳀渔场相对稳定,巴布亚新几内亚以及密克罗尼西亚一带海域,正是鳀的主要稳定分布海域^[18]。

3.2 海洋环境因子对渔场的影响

大洋中鱼类聚群分布变化主要由 2 种因素引起: 1) 鱼类生物的本能如产卵、越冬、索饵等驱使因素; 2) 生物对海洋环境因素如温度、地貌、海流变动、盐度的适应性和选择性所诱导^[19],其中温度是影响鱼类活动的最重要的环境因子之一。水温包括海表层、次表层及温跃层等水层温度,不仅对鱼类的产卵、仔鱼发育、成活率、生长代谢产生影响,还直接或间接影响资源量、洄游路线和集群等^[20]。中西太平洋黄鳍金枪鱼渔获量随时间的变化,除了捕捞力量变化的影响外,同时受外部海洋环境因子的影响,这也是决定鱼群分布变化的主要因素。由于中西太平洋围网渔场主要位于太平洋赤道附近的热带海域,黄鳍金枪鱼在海域内不需要越冬,且产卵活动不分季节,几乎全年都可进行生产,环境因素中以海水温度的影响最大^[21]。

中西太平洋金枪鱼围网渔业中渔获量包括鳀与黄鳍金枪鱼的适温范围基本一致,海表最适温度范围大致为 29~31 °C,这与以往大多数的研究结果一致^[9];而在次表层 50 m 处海水温度集中在 26.84~29.47 °C,渔场次表层 100 m 处海水温度在 24.71~28.57 °C,渔场温跃层上界深度在 54.09~121.49 m 的海水温度范围为 27.10~29.18 °C。目前国内外关于次表层温度与中西太平洋围网渔业的研究很少,而对大西洋和印度洋金枪鱼延绳钓方面的报道较多^[22-24]。由于太平洋赤道附近的热带海域海水温度受季节变化的影响比较小,研究也显示了海表温度一般在 25~33 °C 间变化,相应的次表层 50 m 和 100 m 及温跃层上界温度同时变化,虽然变化范围不大,但鱼群对海水温度的适应和反应比较敏感,垂直水温影响了鱼群结构的变化,直接导致了渔获量空间分布的变化,所以每月

的渔获重心分布明显不一样,其中黄鳍金枪鱼比鳀的海表温度、次表层 50 m 及 100 m 处范围更小更集中,初步分析黄鳍金枪鱼的渔场形成除受到海水温度影响更敏感之外,还与溶解氧含量、海流及饵料生物等环境因子密切相关^[25]。

叶绿素分布和海流的变化情况对渔场也有密切的影响,金枪鱼作业渔场主要分布在中西太平洋的西部和赤道南部海域,这与赤道海流分布关系密切。据报道,中西太平洋渔场海域是世界大洋海洋表面温度最高的海域,号称西太平洋暖池,在信风的作用下,东太平洋会产生巨大的涌升流,从而会形成具有低温、高盐等特性的冷舌区域,暖池和冷舌的交汇区拥有丰富的浮游植物和微型的浮游动物,是鳀和黄鳍金枪鱼理想的索饵场^[26]。

3.3 后期工作

笔者研究仅对中西太平洋海区 2008 年~2012 年的金枪鱼围网渔业的渔获量统计资料进行研究和分析,发现其中心渔场的分布与时空的经纬度、海水温度、叶绿素等有一定的联系,特别是对次表层 50 m 和 100 m 及温跃层海水温度与渔场变化趋势的研究弥补了国内外在这方面的空白,其他如浮游生物、海底地貌、上升流、营养盐分布等是今后研究的主要方向。

4 结论

1) 2008 年~2012 年中西太平洋金枪鱼围网渔获量分布范围在 10°N~10°S、140°E~180°E,主要密集在密克罗尼西亚、巴布亚新几内亚及基里巴斯等岛国的专属经济区水域及其邻近的公海内,总渔获量 CPUE 平均为 27.45 t·(d·网)⁻¹;鳀渔获量 CPUE 平均为 24.78 t·(d·网)⁻¹;而黄鳍金枪鱼渔获量 CPUE 平均仅为 3.17 t·(d·网)⁻¹。

2) 中西太平洋金枪鱼围网渔场重心,包括鳀和黄鳍金枪鱼的分月重心变化趋势大体一致,经度重心主要集中在 150°E~160°E,走向是由西向东扩张;纬度重心在 1°N~3°S,呈现先南后北的走向。而黄鳍金枪鱼的渔场重心波动频率更明显,经度重心范围 155°E~165°E 区域更往东;纬度重心则集中在 0~2°S 的小范围内。

3) 渔场最适海表温度范围大致为 29~31 °C,次表层 50 m 适温范围为 26.84~29.47 °C,100 m 适温范围为 24.71~28.57 °C,温跃层上界深度在 54.09~121.49 m 对应的海水温度范围为 27.10~

29. 18 °C; 主要渔获产量集中在 0.04 ~ 0.18 mg·m⁻³ 叶绿素质量浓度范围内, 渔获产量出现频次最高, 为渔场的最适叶绿素质量浓度范围。

参考文献:

- [1] 王宇. 中西太平洋金枪鱼渔业[J]. 世界农业, 2002(12): 23-25.
- [2] LEHODEY P M, BERTIBANAC J, HAMPTON A, et al. El Niño Southern Oscillation and tuna in the western Pacific [J]. Nature, 1997, 389(10): 715-718.
- [3] LANGLEY A, HARLEY S, HOYLE S, et al. Stock assessment of yellowfin tuna in the western and central Pacific Ocean, WCPFC-SC5-2005/SA-WP-03 [R]. Port Vila, Vanuatu: Western and Central Pacific Fisheries Commission, 2009.
- [4] 林龙山, 丁峰元, 程家骅. 中西太平洋金枪鱼围网渔获物组成分析[J]. 海洋渔业, 2005, 27(1): 10-14.
- [5] 沈建华, 陈雪冬, 崔雪森. 中西太平洋金枪鱼围网渔获量时空分布分析[J]. 海洋渔业, 2006, 28(1): 13-19.
- [6] 沈建华, 崔雪森. 中西太平洋金枪鱼围网黄鳍金枪鱼渔获时空分析[J]. 海洋渔业, 2006, 28(2): 129-135.
- [7] 刘勇, 陈新军. 中西太平洋金枪鱼围网黄鳍金枪鱼产量的时空分布及与表温的关系[J]. 海洋渔业, 2007, 29(4): 296-271.
- [8] 陈新军, 郑波. 中西太平洋金枪鱼围网渔业资源的时空分布[J]. 海洋学研究, 2007, 25(2): 13-22.
- [9] 黄逸宜. 中西太平洋金枪鱼围网渔业渔获分布及其与水温之关系[D]. 台北: 台湾海洋大学, 1995.
- [10] 黄易德. 中西太平洋金枪鱼围网渔获时空分析[D]. 台北: 台湾海洋大学, 1989.
- [11] KUO Weiyeen, HSUEH Junglu, YI Chang, et al. Using remote-sensing data to detect habitat suitability for yellowfin tuna in the western and central Pacific Ocean [J]. Int J Remote Sens, 2012, 33(23): 7507-7522.
- [12] 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.
- [13] 杨胜龙, 马军杰, 伍玉梅, 等. 基于 Kriging 方法 Argo 数据重构太平洋温度场研究[J]. 海洋渔业, 2008, 30(1): 13-18.
- [14] 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(10): 84-89.
- [15] 沈新强, 王云龙, 袁骥, 等. 北太平洋鲑鱼渔场叶绿素 a 分布特点及其与渔场的关系[J]. 海洋学报, 2004, 26(6): 118-123.
- [16] 曹晓怡, 周为峰, 樊伟, 等. 印度洋大眼金枪鱼、黄鳍金枪鱼延绳钓渔场重心变化分析[J]. 上海海洋大学学报, 2009, 18(7): 466-471.
- [17] 田思泉, 陈新军. 不同名义 CPUE 算法对 CPUE 标准化的影响[J]. 上海海洋大学学报, 2010, 19(2): 240-245.
- [18] 胡奎伟, 朱国平, 王学昉, 等. 中西太平洋鲷丰度的时空分布及其与表温的关系[J]. 海洋渔业, 2011, 33(4): 417-422.
- [19] 苗振清, 黄锡昌. 远洋金枪鱼渔业[M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 2003: 1-242.
- [20] 龙华. 温度对鱼类生存的影响[J]. 渔业现代化, 2005(2): 20-22.
- [21] ADAM L, KARINE B, DAVID S, et al. Influence of oceanographic variability on recruitment of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the western and central Pacific Ocean [J]. Can J Fish Aquat Sci, 2009, 66(9): 1462-1477.
- [22] 杨胜龙, 张胜茂, 蒋兴伟, 等. 热带大西洋大眼金枪鱼和黄鳍金枪鱼渔场温跃层的时空变化特征[J]. 应用海洋学学报, 2013, 32(3): 349-357.
- [23] 宋利明, 张禹, 周应祺. 印度洋公海温跃层与黄鳍金枪鱼和大眼金枪鱼渔获率的关系[J]. 水产学报, 2008, 32(3): 369-378.
- [24] 陈雪忠, 杨胜龙, 张禹, 等. 热带印度洋大眼金枪鱼垂直分布空间分析[J]. 中国水产科学, 2013, 20(3): 660-671.
- [25] 孟晓梦, 叶振江, 王英俊. 世界黄鳍金枪鱼渔业现状和生物学研究进展[J]. 南方水产, 2007, 3(4): 74-80.
- [26] SUND P N, BLACKBURN M, WILLIAM F. Tunas and their environment in the Pacific Ocean, a review [J]. Oceanogr Mar Biol Ann Rev, 1981, 19(3): 443-512.