

文章编号: 1674 - 5566(2014)04 - 0602 - 06

中西太平洋长鳍金枪鱼渔场与海温的关系

刘洪生¹, 蒋汉凌¹, 戴小杰^{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 大洋生物资源开发和利用上海市高校实验室, 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:长鳍金枪鱼渔业是我国远洋渔业的重要发展对象, 根据 2008 至 2010 年中西太平洋长鳍金枪鱼延绳钓渔业数据和海表温度(SST)数据, 研究了长鳍金枪鱼(ALB)渔获量和单位捕捞努力量渔获量(CPUE)的主要分布区域及其海表温度特征。结果表明: 以尾数统计时, 长鳍金枪鱼渔场主要分布纬度位置为 15° ~ 40°N 和 10° ~ 45°S, 该区域渔获尾数占总渔获 80% 以上。高 CPUE 渔区主要位于 25° ~ 40°N 和 10° ~ 40°S, 其南北分布与季节有一定关系, 北半球冬季时多分布于北太平洋, 夏季时多分布于南太平洋。2008 - 2010 三年间渔业资源丰度分布状况基本一致, 2009 年在北太平洋以及 2010 年在南太平洋的高 CPUE 渔区数相比另两年减幅较大。北太平洋主要渔场表层水温为 16 ~ 22 °C, 南太平洋主要渔场表层水温为 16 ~ 24 °C 及 26 °C 左右的海域。

研究亮点:以往关于长鳍金枪鱼延绳钓渔场的研究多以产量高低作为标准。本文使用较近年份长鳍金枪鱼延绳钓渔业数据, 范围包括了中西太平洋渔业委员会管辖范围内的全部海域。根据 CPUE 的高低, 主要对高 CPUE 渔区的变动状况和对应适宜海表温度范围进行分析。

关键词:中西太平洋; 长鳍金枪鱼; 延绳钓; 海水表层温度

中图分类号: S 931.4

文献标志码: A

金枪鱼渔业是世界上远洋渔业国家和地区发展的重点, 也是我国远洋渔业的支柱之一^[1]。长鳍金枪鱼(*Thunnus alalunga*)广泛分布于三大洋的温带和热带以及地中海水域, 是金枪鱼延绳钓渔业重要的捕捞种类之一^[2]。长鳍金枪鱼渔获物主要被加工成罐头产品。由于长鳍金枪鱼的经济价值相对大眼和黄鳍金枪鱼低, 但其资源量较高, 国际渔业管理上也没有前述两种金枪鱼严格, 是我国金枪鱼延绳钓渔船的重要捕捞对象, 具有较好的发展前景。长鳍金枪鱼的分布与温度密切相关^[1], 温度也是用来寻找其渔场的主要依据。

本文利用长鳍金枪鱼的延绳钓渔业数据和海表温度(sea surface temperature, SST)数据, 分析了 2008 - 2010 年中西太平洋长鳍金枪鱼渔获量、单位捕捞努力量渔获量(Catch per Unit Effort, CPUE)与 SST 的关系, 以期得到中西太平洋长鳍

金枪鱼资源的变动规律, 为长鳍金枪鱼渔业生产提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 数据来源

1.1.1 长鳍金枪鱼渔业数据

本文分析使用的长鳍金枪鱼延绳钓渔业数据来自中西太平洋渔业委员会(Western and Central Pacific Fisheries Commission, WCPFC, <http://www.wcpfc.int/node/4648>)。数据内容包括: 作业的时间(年份和月份)、作业渔区经纬度(渔区西南角位置)、投放钩数和各鱼种产量(重量和尾数), 数据的空间分辨率为 5° × 5°(一个渔区)。数据范围为 WCPFC 管辖区域(图 1)。本文选取了 2008 - 2010 年间 36 个月的数据(每月统计渔区数共计 5 153 记录), 计算长鳍金枪鱼在所有渔获物中所占尾数比例和对应 CPUE 值

收稿日期: 2014-02-20 修回日期: 2014-04-28

基金项目: 农业部金枪鱼渔业科学观察员项目(08 - 54)

作者简介: 刘洪生(1963—), 男, 硕士, 研究方向为海洋环境与渔业资源。E-mail: hslu@shou.edu.cn

通信作者: 戴小杰, E-mail: xjdai@shou.edu.cn

(尾/百钩)。

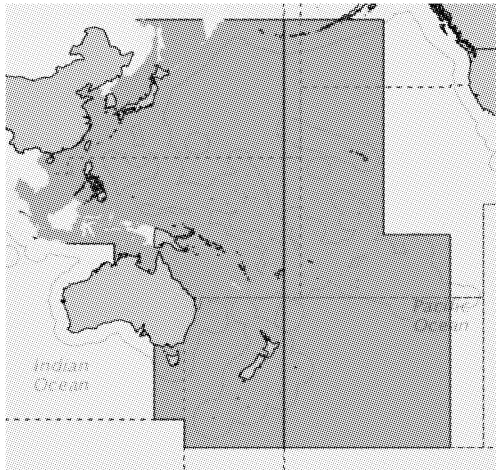


图1 WCPFC 区域范围(深蓝色区域)
Fig.1 The distribution of WCPFC area
(navy blue area)

1.1.2 海表温度数据

SST 数据来自美国国家海洋和大气管理局(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA, http://www.class.ncdc.noaa.gov/saa/products/search?datatype_family=SST100)。为匹配渔业数据,下载了2008-2010年间36个月每月海表温度数据。下载数据为NetCDF格式,空间分辨率为 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 。根据秦昆等^[3]的方法,使用ArcGIS 9.3软件(ERSI),将SST数据读取显示为栅格图层。由于渔业数据分辨率受限制,在匹配温度数据的时候选择添加间隔为 2°C 的等值线,得到如图2所示每月SST图。

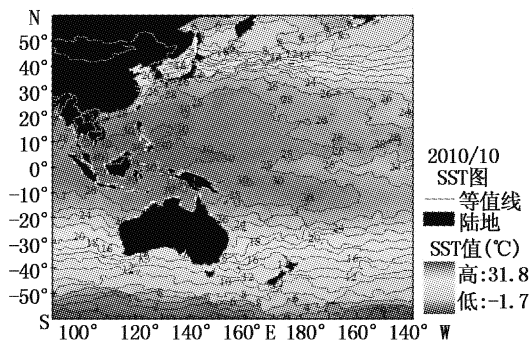


图2 2010年10月添加等值线后的SST栅格图层
Fig.2 Raster layers of SST after adding contours, October 2010

1.2 数据分析

1.2.1 长鳍金枪鱼主要渔区分析

根据各统计渔区内长鳍金枪鱼尾数占所有

渔获物的百分比,来判断长鳍金枪鱼主要渔场。以10%为间隔,把所有5153个渔区项由小到大划分到10个区间中。如图3,除去了长鳍金枪鱼所占比例最小的0~10%区间,对应渔区数在70%~80%区间达到最大。然后筛选出尾数比例大于80%的渔区,对经纬度进行整理,其纬度位置范围为 $15^{\circ}\text{N} \sim 40^{\circ}\text{N}$ 和 $10^{\circ}\text{S} \sim 45^{\circ}\text{S}$ 。

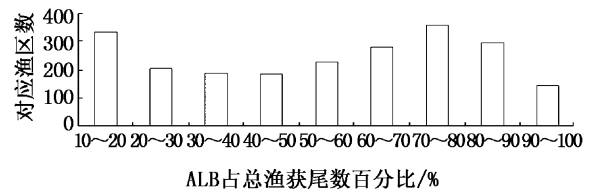


图3 长鳍金枪鱼尾数百分比区间对应渔区数量
Fig.3 Numbers of fishing areas corresponding to the ranges of the percentage of albacore number

根据在各渔区范围内每月放钩数和长鳍金枪鱼钩获尾数,计算得到各渔区各月CPUE(fish/100 hooks)。参照LAN等^[4],这里选择了不同标准,按CPUE值的大小,将其分为以下四类(C1-C4): $\text{CPUE} < 1$ (C1)、 $1 < \text{CPUE} < 2$ (C2)、 $2 < \text{CPUE} < 3$ (C3)、 $\text{CPUE} > 3$ (C4)。本文仅对 $\text{CPUE} > 3$ 的渔区位置情况进行了分析。渔业专家一般认为太平洋海域以赤道为界存在南北两个独立的种群,而南太平洋是否存在多个种群共存的现象还未有充分证据^[5-8]。因此本文以赤道南北进行划分,分别分析南、北太平洋的渔区状况。

1.2.2 CPUE和SST的关系分析

使用ArcMap把每月CPUE数据和每月SST图层进行空间叠加(图4)得到高CPUE渔区单元所处的SST区间,作为该月最适SST范围。对所得36个月的结果综合分析,分别得到WCPFC水域中北太平洋和南太平洋长鳍金枪鱼渔场的最适SST范围。

2 结果

2.1 高CPUE渔区分布

根据统计的各渔区CPUE情况,北太平洋海域的高CPUE渔区集中出现在1-3月与10-12月(图5a);而南太平洋海域的高CPUE渔区在1-3月出现很少,在10-12月的数量也远不如4-8月(图5b)。由此可以得出,高CPUE渔区

的南北分布与季节有一定关系,北半球冬季时多分布于北太平洋,夏季时多分布于南太平洋。

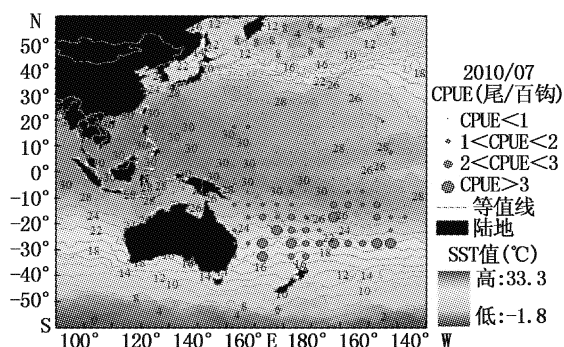


图4 2010年7月CPUE与SST叠加所得分布状况图

Fig. 4 SST map with CPUE matched up for July 2010

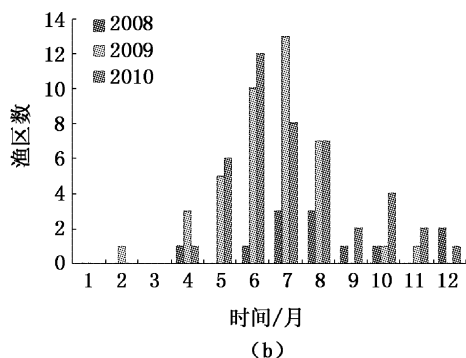
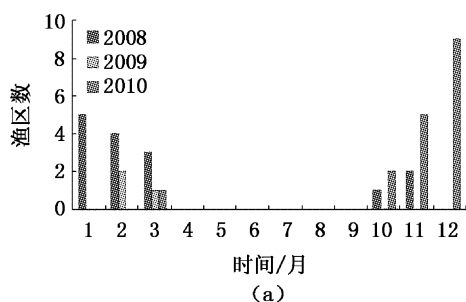


图5 2008-2010年间北太平洋(a)和南太平洋(b)高CPUE渔区数的每月变动情况

Fig. 5 Monthly changes of the number of "high catch" (C4) CPUE fishing areas in North (a) and South (b) Pacific Ocean from 2008 to 2010, respectively

结合渔业数据中对渔区位置的记录,高CPUE渔区主要位于 $25^{\circ}\text{N} \sim 40^{\circ}\text{N}$ 和 $10^{\circ}\text{S} \sim 40^{\circ}\text{S}$,纬向分布特征十分突出。出现过高CPUE (CPUE > 3, C4)的渔区数(一年内多次出现仍记

为一次),2008年南北太平洋分别有8个和11个,2009年为26个和2个,2010年为24个和15个。3年间长鳍金枪鱼资源丰度分布状况总体来看保持稳定。

2.2 CPUE与SST的关系

将2008-2010年间36个月的每月CPUE信息分别叠加到对应月份的SST图上,通过观察属于C4的渔区所处位置附近的等温线情况,大致可以了解其对应的适宜温度范围。图6是2010年7月南太平洋海域各渔区的分布状况,可以发现,该月C4渔区所处的位置SST范围是 $16 \sim 22^{\circ}\text{C}$ 及 26°C 附近。图7是2010年12月在北太平洋海域的分布状况,该月份在北太平洋出现较多的C4渔区,SST范围在 $20 \sim 22^{\circ}\text{C}$ 。在所有36个月份的记录(表1,表2)中,部分月份未出现CPUE > 3的渔区, 16°C 是适温下限, 30°C 是适温上限。另外很明显发现在 26°C 等温线附近C4 CPUE出现较多,这在南太平洋表现较为明显。

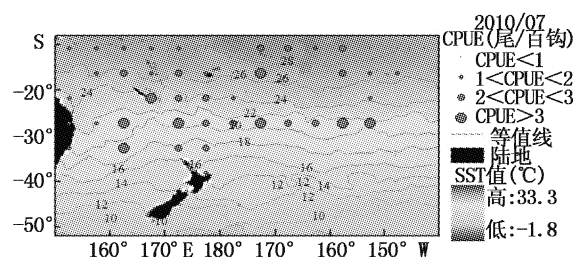


图6 2010年7月南太平洋海域高CPUE渔区位置分布
Fig. 6 The "high catch" CPUEs superimposed on SST map for July 2010 in South Pacific area

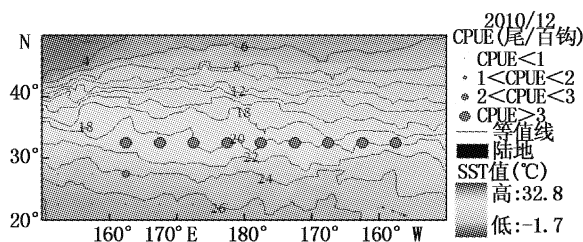


图7 2010年12月北太平洋海域高CPUE渔区位置分布
Fig. 7 The "high catch" CPUEs superimposed on SST map for December 2010 in North Pacific area

3 讨论

3.1 高CPUE渔区分布特征

北太平洋海域的高CPUE渔区多集中于同一

相近纬度海域(图 7),而南太平洋海域的高 CPUE 渔区分布较广(图 3 和 6),这与周甦芳^[9]根据产量确定的太平洋长鳍金枪鱼主要渔场纬度位置基本一致。南北太平洋的差异在于较低纬度海域高 CPUE 渔区出现的次数。反映在 SST 上则是南太平洋 SST 为 26 °C 左右(26 ~ 30 °C)海域出现高 CPUE 渔区次数较多,相比之下,在北太平洋 SST 为 26 °C 左右海域出现高 CPUE 的次数

就很少,3 年中仅记录了 1 次。张衡等^[10]的研究认为北太平洋长鳍金枪鱼渔获量分布于温度 16 ~ 23 °C 和 24 ~ 27 °C 海域,且主要集中于 16 ~ 23 °C。KIMURA^[11]等研究表明,北太平洋长鳍金枪鱼秋冬季节从东北太平洋向西洄游,其位置和时间正好对应了北太平洋长鳍金枪鱼的生产高峰月份。

表 1 2008 - 2010 年南太平洋海域高 CPUE 渔区 SST 范围

Tab. 1 SST range of the "high catch" CPUEs in South Pacific area from 2008 to 2010

年份	月份	适温/ °C	年份	月份	适温/ °C	年份	月份	适温/ °C
2008	1	-	2009	1	-	2010	1	-
	2	-		2	28 - 30		2	-
	3	-		3	-		3	-
	4	26 ~ 28		4	16 ~ 20		4	18 ~ 20
	5	-		5	16 ~ 20		5	20 ~ 26, 30
	6	28		6	16 ~ 18, 20 ~ 22, 26		6	16 ~ 24, 26 ~ 30
	7	18 ~ 22		7	16 ~ 24, 26		7	16 ~ 24
	8	18 ~ 20, 24 ~ 26		8	18 ~ 24, 26		8	20 ~ 24
	9	26 ~ 28		9	-		9	16 ~ 18
	10	24 ~ 26		10	26		10	16 ~ 18, 26 ~ 28
	11	-		11	26		11	18 ~ 20, 26 ~ 28
	12	26 ~ 28		12	-		12	26

表 2 2008 - 2010 年北太平洋海域高 CPUE 渔区 SST 范围

Tab. 2 SST range of the "high catch" CPUEs in North Pacific area from 2008 to 2010

年份	月份	适温/ °C	年份	月份	适温/ °C	年份	月份	适温/ °C
2008	1	16 ~ 20	2009	1	-	2010	1	-
	2	16 ~ 22		2	18 ~ 22		2	-
	3	16 ~ 24		3	18 ~ 22		3	26
	4	-		4	-		4	-
	5	-		5	-		5	-
	6	-		6	-		6	-
	7	-		7	-		7	-
	8	-		8	-		8	-
	9	-		9	-		9	-
	10	18 ~ 20		10	-		10	-
	11	16 ~ 18		11	-		11	16 ~ 22
	12	-		12	-		12	20 ~ 22

IATTC^[12]的报告表明,北半球长鳍金枪鱼最大捕捞量区域可能出现在表层水温为 16 ~ 19 °C 区域,南半球长鳍金枪鱼主要位于副热带辐合区。根据 POLOVINA 等^[13]和 YASUDA^[14],北太平洋长鳍金枪鱼渔场分布主要受黑潮暖水和亲潮冷水控制,位于亚极锋区和亚热带锋区之间的过渡区。相关研究者^[9,15]均指出,热带东太平洋在信风作用下形成的涌升流为自东向西扩展的

低温、高盐、高初级生产力的条带冷水舌,冷舌同暖水混合形成强烈的辐合区,是浮游生物的富集区域,其发展变化对南太平洋长鳍金枪鱼渔场有着重要影响。

戴芳群等^[16]研究发现,在中东太平洋海域,SST 为 15 ~ 20 °C 时,长鳍金枪鱼的 CPUE 较高,而 SST 为 24 ~ 30 °C 时,CPUE 仅为前者的一半。樊伟等^[15]研究表明,南太平洋长鳍金枪鱼产量高

密度区主要有两个纬度带,分布为 10°S 两侧附近和澳大利亚以东海域的 $25\sim 30^{\circ}\text{S}$,分别对应 $25\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间的相对高温海域和 $16\sim 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间的相对低温海域。这与本文根据 CPUE 得出的结果相似。同时,樊伟^[15]等还指出了南太平洋长鳍金枪鱼捕捞群体在高温海域和低温海域平均体重与叉长的差别。而通过 2012 年 8 月我国渔业观察员记录的数据,SST 为 $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右的海域钓获的长鳍金枪鱼平均体长为 87 cm,SST 为 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右海域的平均体长为 78 cm,在同样的捕捞努力量情况下,SST 为 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右海域的单日最高渔获尾数为 268 尾,而在 SST 为 $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右海域仅为 34 尾。这与上述研究结果^[15-16]基本相符。在实际生产作业中,考虑到受益更大程度上取决于捕获总重量,在作业海域的选择上,还是需要多加考虑的。

3.2 分析数据的选择

温度作为影响海洋鱼类活动的重要环境因素,在研究中总是作为首要考虑的对象。除了 SST 以外,不同深度的水温以及 SST 的变化^[4,17-20]也是可以进一步考虑的。当要进一步研究渔场形成和分布规律时,其他一些环境因素,如盐度、叶绿素浓度、水色、海面高度等,也就成为必须考虑的对象了。

本文使用的渔业数据为渔业组织统计所得,覆盖范围广。 $5^{\circ}\times 5^{\circ}$ 的空间分辨率,使得一个渔区单元的 CPUE 所代表的区域范围较大,因此在判断适宜 SST 的时候并不能得到较精确的范围,数据叠加得到的图中 CPUE 点所在位置实际为渔区中心位置,对整个渔区而言,SST 变化范围是比较大的,选择间隔为 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的等温线,基本上能够适应渔区范围的大小。张衡等^[10]、樊伟等^[15]在研究中使用的均为此分辨率的渔业数据。进一步研究应当考虑使用更高分辨率的 CPUE 数据,配合使用 SST 等环境数据,可以得到更加精确的适宜温度范围。

大范围的渔业统计数据由于同时包含了主捕多个鱼种的延绳钓作业海域,而不同主捕对象的栖息水层存在差异,主捕对象影响钓钩深度分布,从而影响其他鱼种的上钩率,由此直接计算获得的 CPUE 并不能十分科学地反映出某个鱼种的资源状况。因此针对研究对象对 CPUE 进行标准化处理也是十分必要的。TIAN 等^[21]对不同空间尺度对 CPUE 标准化的影响进行了研究,认为

不同空间尺度会极大地影响 CPUE 标准化,而 $0.5^{\circ}\times 0.5^{\circ}$ 是最佳的尺度。在渔业组织无法直接提供更高分辨率数据的情况下,就需要在现有条件下对收集的数据进行整理,配合分辨率一致的环境数据,做出更加精确的分析。

3.3 展望

有关长鳍金枪鱼渔场分布与环境之间关系的研究结果要应用到实际生产中去,需要精确度更高的分析。因此,一方面可以考虑更多的影响因素,丰富数据来源,另一方面,可以针对不同数据的特点,探讨合适的分析方法。

中西太平洋渔业委员会(WCPFC)和美国 NOAA 为本研究提供了渔业和 SST 数据,谨致谢忱!

参考文献:

- [1] 陈新军. 渔业资源与渔场学[M]. 北京:海洋出版社, 2004:289-306.
- [2] 戴小杰,许柳雄. 世界金枪鱼渔业渔获物物种原色图鉴[M]. 北京:海洋出版社,2007:88.
- [3] 秦昆,孔令桥,刘瑶. 最优插值全球海表温度数据格式分析及显示方法[J]. 测绘信息与工程, 2010,35(4):42-44.
- [4] LAN K W, KAWAMURA H, LEE M A, et al. Relationship between albacore (*Thunnus alalunga*) fishing grounds in the Indian Ocean and the thermal environment revealed by cloud-free microwave sea surface temperature [J]. Fisheries Research. 2012, 113(1): 1-7.
- [5] DAGOM L, PETIT M, STRETTA J M. Simulation of large-scale tropical tuna movements in relation with daily remote sensing data: the artificial life approach [J]. Biosystems, 1997, 44(3):167-180.
- [6] LAURS R M, LYNN R J. Seasonal migration of North Pacific albacore, *Thunnus alalunga*, into North American coastal waters: distribution, relative abundance, and association with Transition Zone waters[J]. Fishery Bulletin, 1977, 75(4):795-822.
- [7] ROBERTS P E. Surface distribution of albacore tuna, *Thunnus alalunga* Bonnaterre, in relation to the Subtropical Convergence Zone east of New Zealand [J]. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 1980, 14(4): 373-380.
- [8] WANG C H, WANG S B. Assessment of South Pacific albacore stock (*Thunnus alalunga*) by improved Schaefer model[J]. Journal of Ocean University of China, 2006, 5(2):106-114.
- [9] 周楚芳,樊伟. 太平洋延绳钓长鳍金枪鱼及渔场水温分析[J]. 海洋湖沼通报,2006,2(2):38-43.
- [10] 张衡,樊伟,崔雪森. 北太平洋长鳍金枪鱼延绳钓渔场分

- 布及其与海水表层温度的关系[J]. 渔业科学进展, 2011,32(6):1-6.
- [11] KIMURA S, NAKAI M, SUGIMOTO T. Migration of albacore, *Thunnus alalunga*, in the North Pacific Ocean in relation to large oceanic phenomena [J]. Fisheries Oceanography, 1997, 6(2): 51-57.
- [12] IATTC. Status of albacore tuna in the Pacific Ocean[R]. IATTC Stock Assessment Report 1, 2001: 255-283.
- [13] POLOVINA J J, HOWELL E, KOBAYASHI D R. The transition zone chlorophyll front, a dynamic global feature defining migration and forage habitat for marine resources [J]. Progress in Oceanography, 2001, 49(1): 469-483.
- [14] YASUDA I. Hydrographic structure and variability in the Kuroshio-Oyashio transition area [J]. Journal of Oceanography, 2003, 59(4): 389-402.
- [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.
- [16] 戴芳群,李显森,王凤臣,等. 中东太平洋长鳍金枪鱼延绳钓作业分析[J]. 海洋水产研究, 2006,27(6):37-42.
- [17] VAZQUEZ D P, ATAE-ALLAH C, LUQUE-ESCAMILLA P L. Entropic approach to edge detection for SST images[J]. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 1999, 16(7): 970-979.
- [18] SHIMADA T, SAKAIDA F, KAWAMURA H, et al. Application of an edge detection method to satellite images for distinguishing sea surface temperature fronts near the Japanese coast[J]. Remote Sensing of Environment, 2005, 98(1): 21-34.
- [19] HOSODA K, KAWAMURA H, LAN K W, et al. Temporal scale of sea surface temperature fronts revealed by microwave observation [J]. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters. 2011,9(1): 1-5.
- [20] 孙根云,郭敏,汪晓龙,等. 边缘检测在中国东部海域海表温度锋中的应用研究[J]. 遥感信息,2012,27(5):61-66.
- [21] TIAN S, CHEN Y, CHEN X, et al. Impacts of spatial scales of fisheries and environmental data on CPUE standardization [J]. Marine and Freshwater Research, 2009, 60(12):1273-1284.

Relationship between albacore (*Thunnus alalunga*) fishing grounds in the Western and Central Pacific and sea surface temperature

LIU Hong-sheng¹, JIANG Han-ling¹, DAI Xiao-jie^{1,2,3}

(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, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: The albacore *Thunnus alalunga* longline fishery is one of the important fisheries in the Pacific Ocean. According to the public domain catch and effort data of longline fishery from Western Central Pacific Fisheries Commission and the sea surface temperature data from NOAA, the distribution of albacore longline fishery grounds from 2008 to 2010 and its relationship with SST were analysed quantitatively or qualitatively. The results showed that the fishing grounds in which albacore's numbers accounted for over 80% were mainly located in the areas of 15°N-40°N and 10°S-45°S, while high CPUE fishing grounds were in 25°N-40°N and 10°S-40°S. In Northern Hemisphere summer the fishing grounds were distributed mainly in South Pacific while in winter mainly in the North. The distributions in the three years were similar. The numbers of high CPUE fishing grounds of North Pacific in 2009 and South Pacific in 2010 reduced substantially compared to the other two years respectively. The analysis of the relationship between CPUE and SST indicated that the monthly SST of the albacore tuna longline fishing grounds is 16-22 °C in North Pacific and 16-24 °C and around 26 °C in South Pacific.

Key words: Western and Central Pacific; *Thunnus alalunga*; longline fishery; sea surface temperature