

文章编号: 1674-5566(2009)04-0466-06

印度洋大眼金枪鱼、黄鳍金枪鱼 延绳钓渔场重心变化分析

曹晓怡^{1,2}, 周为峰¹, 樊伟¹, 李圣法¹

(1. 中国水产科学研究院渔业资源遥感信息技术重点开放实验室;
中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090;
2. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306)

摘要:大眼金枪鱼和黄鳍金枪鱼是印度洋金枪鱼延绳钓的主要渔获种类。通过计算以渔获量为权重的经度和纬度的加权平均值即渔场重心和利用空间距离分析方法, 分别对 1967—1987 年、1988—2004 年两个时间段的印度洋大眼金枪鱼、黄鳍金枪鱼延绳钓渔场重心的年内、年际变化规律和各月渔场重心空间聚类情况进行研究。研究表明, 渔场重心在年内呈现出规律性变化, 大眼金枪鱼月重心变化 1—4 月向西北移动, 5—8 月向东南方向移动, 9—12 月向东北方向移动; 黄鳍金枪鱼月渔场重心变化 1 月向西北移动, 2—4 月向西移动, 5—8 月份向东南移动, 9—12 月份向东北移动, 这在一定程度上反映了印度洋大眼金枪鱼、黄鳍金枪鱼的洄游规律。渔场重心的年间变化受到了海洋环境条件变化所引起的南方涛动现象 (ENSO) 的影响, 大部分发生 El Niño 的当年或次年, 年渔获量分布重心会向南、向西移; 发生 La Niña 的年份前后渔获量分布重心会向北、向东移。同时捕捞行为也对渔场重心的年间变化产生影响。

关键词:大眼金枪鱼; 黄鳍金枪鱼; 渔场重心; 印度洋; 延绳钓

中图分类号: S 973.3 **文献标识码:** A

Analysis on barycenter of fishing ground for bigeye tuna and yellow fin tuna by longlining in the Indian Ocean

CAO Xiao-yi^{1,2}, ZHOU Wei-feng¹, FAN Wei¹, LI Sheng-fa¹

(1. Key and Open Laboratory of Fisheries Resources Remote Sensing and Information Technology
East China Sea Fisheries Research Institute Chinese Academy of Fishery Sciences Shanghai 200090, China;
2. College of Marine Sciences Shanghai Ocean University Shanghai 201306, China)

Abstract: Bigeye tuna (*Thunnus obesus*) and yellow fin tuna (*Thunnus albacares*) are major fishing targets by longline in the Indian Ocean. Through the weighted average of catch in latitude and longitude (barycenter of fishing ground) and analysis of spatial distribution, it is studied on the laws of annual and inter-annual change of barycenter of fishing ground and the analysis of barycenter of fishing ground in each month by cluster of bigeye tuna and yellow fin tuna longline fisheries in the Indian Ocean during 1967—1987 and 1988—2004. The barycenter of fishing ground for bigeye tuna turns to the northwest from January to April to the southeast from May to August to the northeast from September to December and the barycenter of fishing ground for

收稿日期: 2008-09-21

基金项目: 国家科技支撑计划项目资助 (2006BAD09A05); 国家“八六三”高科技研究发展计划 (2007AA092202)

作者简介: 曹晓怡 (1984—), 女, 上海市人, 硕士研究生, 专业方向为海洋渔业遥感和海洋渔业 GIS

通讯作者: 周为峰, E-mail: zhwfzhw@163.com

yellowfin tuna turns to the northwest in January; to the west from February to April; to the southeast from May to August; to the northeast from September to December which show that the change law of barycenter during the year to a certain extent reflects the migratory pattern of bigeye tuna and yellowfin tuna in the Indian Ocean. The change law of barycenter inter-annually moving to the west and the south in the same year or in the next year of the El Niño and moving to the east and the north in the same year or in the next year of the La Niña had been influenced by the effect of Southern Oscillation (ENSO) caused by the changes of marine environment conditions and the fishing practice is another factor.

Key words: *Thunnus obesus*; *Thunnus albacares*; barycenter of fishing ground; Indian Ocean; long-line

金枪鱼类为大型的大洋性洄游鱼类,其洄游分布、栖息等与周围海洋环境因素有密切关系。在印度洋金枪鱼延绳钓渔业中,大眼金枪鱼 (*Thunnus obesus*) 和黄鳍金枪鱼 (*Thunnus albacares*) 是产量居前的两种金枪鱼种类^[1-4],冯波等^[5]对印度洋大眼金枪鱼的渔场与环境等方面作了研究,但是目前还没有发现有关金枪鱼渔场年间变化与空间变化的报道。围网是专门围捕分布比较密集的金枪鱼鱼种,如黄鳍金枪鱼和鲹 (*Katsuwonus pelamis*)^[6-8],它的作业海域和时间受到很大的局限性。延绳钓捕捞金枪鱼的平均渔获量分布图对于渔场资源具有较好的代表性,能体现出印度洋金枪鱼鱼类的分布状况^[9]。通过计算以渔获量为权重的经度和纬度的加权平均值即渔场重心和利用空间距离分析方法,对 1967—2004 年间印度洋大眼金枪鱼、黄鳍金枪鱼延绳钓渔场重心的年内、年际变化规律和各月渔场重心空间聚类情况进行研究,以期今后印度洋金枪鱼资源的合理利用和开展渔情预报提供依据。

1 材料与方法

1.1 数据来源

印度洋黄鳍金枪鱼数据来自印度洋管理委员会 (Indian Ocean Tuna Commission, IOTC) 的数据库及其所出版的报告。数据项内容包括年、月、作业区域的经度、纬度、各渔区产量,时间自 1967 年 1 月—2004 年 12 月。渔获产量统计单元简称为渔区,原始数据渔区的经纬度网格大小不一,分为 1° 格网和 5° 格网,根据渔区所处南北纬,渔业作业区域的经度、纬度分别为格网的左上角和左下角。为了分析的需要,对产量数据进行分类汇总的数据整理和转换,所有数据统计的空间格网大小为 5°×5°,渔区的位置以格网的中心经纬度来表示。

1.2 处理方法

原来数据处理过程中忽略数据库中只有捕获尾数没有产量的数据 (约占 65%),或是针对只有捕获尾数没有产量的数据,现将既有捕捞尾数又有产量的数据进行回归,大眼金枪鱼的回归方程为

$$y = 0.0332x^{1.0248} \quad (R^2 = 0.9811) \quad (1)$$

黄鳍金枪鱼的回归方程为

$$y = 0.0334x^{0.999} \quad (R^2 = 0.9834) \quad (2)$$

式中: y : 大眼金枪鱼和黄鳍金枪鱼的产量; x : 大眼金枪鱼和黄鳍金枪鱼的尾数。

通过回归方程补全省缺的大眼金枪鱼和黄鳍金枪鱼尾数及产量。

分别计算 1—12 月 (1967—1987 年和 1988—2004 年 2 个时间段) 大眼金枪鱼和黄鳍金枪鱼渔场重心,计算公式为^[10]

$$X = \frac{\sum_{i=1}^k (C_i \cdot X_i)}{\sum_{i=1}^k C_i}; \quad Y = \frac{\sum_{i=1}^k (C_i \cdot Y_i)}{\sum_{i=1}^k C_i} \quad (3)$$

式中: X 、 Y 分别为渔场重心的经度和纬度; C_i 为渔区 i 的产量; X_i 为渔区 i 中心点的经度; Y_i 为渔区 i 中心点的纬度; k 为渔区的总个数。

各月(1—12月)平均渔场重心计算公式为

$$X = \frac{\sum_{i=1}^k X_i}{k}; \quad Y = \frac{\sum_{i=1}^k Y_i}{k} \quad (4)$$

式中: X、Y分别为某一月份平均渔场重心的经度和纬度; X_i 为年份 i 某一月份的渔场经度; Y_i 为年份 i 某一月份的渔场纬度; k 为总年数。

计算每一月份(1—12月)各年间的空间距离,根据最短距离法进行聚类,并比较各年度作业渔场的重心变化。其计算公式为^[11]

$$R_{xy} = \sqrt{((X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2) / 2} \quad (5)$$

式中: R_{xy} 为 x 年与 y 年渔场重心之间的距离; X、Y分别为某一年度渔场重心的经、纬度。

2 结果

从20世纪70年代起,印度洋大眼金枪鱼延绳钓渔业迅速发展,在最初的十年间,渔船较少,船只规模较小,到20世纪80年代,大型渔船急剧增加,随着船只数量的增加,在1987年,印度洋金枪鱼渔业趋于稳定^[12]。因此将研究时间分为1967—1988年和1988—2004年2段。

2.1 大眼金枪鱼渔场月产量重心变化分析

根据大眼金枪鱼1967—1987年各月渔场重心变化情况,印度洋大眼金枪鱼延绳钓渔场重心在经度上主要分布在 $55^{\circ}\text{E} \sim 95^{\circ}\text{E}$ 海域,1—4月渔场重心由东向西变化;5—7月存在由西向东变化的趋势,8—9月略向西移动,10—12月又向东移动。印度洋大眼金枪鱼延绳钓渔场重心在纬度上主要分布在 $4^{\circ}\text{N} \sim 23^{\circ}\text{S}$ 海域,1—4月渔场重心略向北移动,5—7月渔场重心向南变化,8—12月渔场重心由南向北变化(图1)。

大眼金枪鱼1988—2004年各月渔场重心变化情况,印度洋大眼金枪鱼延绳钓渔场重心在经度上主要分布在 $40^{\circ}\text{E} \sim 85^{\circ}\text{E}$ 海域,1—4月渔场重心由东向西变化;5—9月位置较稳定,没有明显的东西移动,10—12月开始向东移动。印度洋大眼金枪鱼延绳钓渔场重心在纬度上主要分布在 $17^{\circ}\text{N} \sim 30^{\circ}\text{S}$ 海域,2—3月渔场重心向南移动,4—5月由南向北变化,6—8月存在由北向南变化的趋势,10—12月开始向北移动(图2)。

2.2 黄鳍金枪鱼渔场月产量重心变化分析

根据黄鳍金枪鱼1967—1987年各月渔场重心变化情况,经度重心分布在 $60^{\circ}\text{E} \sim 72^{\circ}\text{E}$ 之间海域,1—5月渔场重心没有明显的东西方向地移动,6—7月向东移动,8—12月略向西移动;纬度重心分布在 $4^{\circ}\text{N} \sim 9^{\circ}\text{S}$ 之间海域,1—4月渔场重心由南向北移动,5—8月向南移动,9—12月又向北移动(图3)。

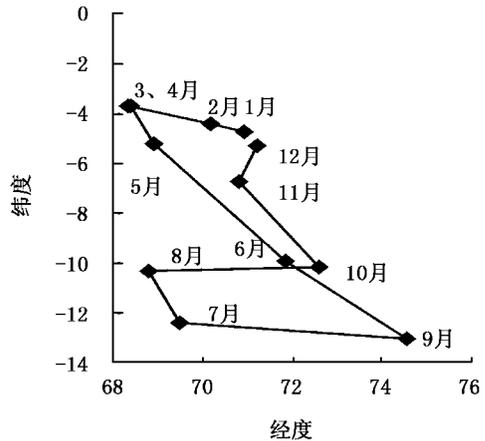


图1 1967—1987年大眼金枪鱼渔场重心的月变化

Fig 1 The changes of barycenter of bigeye tuna in months during 1967—1987

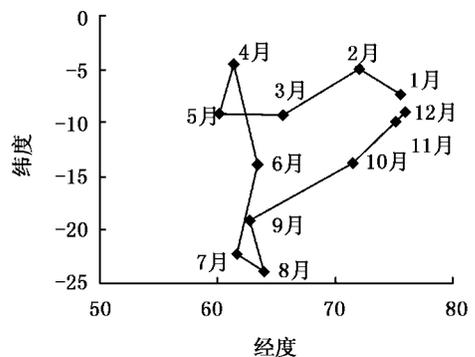


图2 1988—2004年大眼金枪鱼渔场重心的月变化

Fig 2 The changes of barycenter of bigeye tuna in months during 1988—2004

根据黄鳍金枪鱼 1988—2004年各月渔场重心变化情况,经度重心分布在 $61^{\circ}\text{E}\sim 68^{\circ}\text{E}$ 之间海域,8—11月渔场重心向西移动,12月至翌年7月向东移动。纬度重心分布在 $7^{\circ}\text{N}\sim 9^{\circ}\text{S}$ 之间海域,1—8月渔场重心向南移动,9—12月又向北移动(图4)。

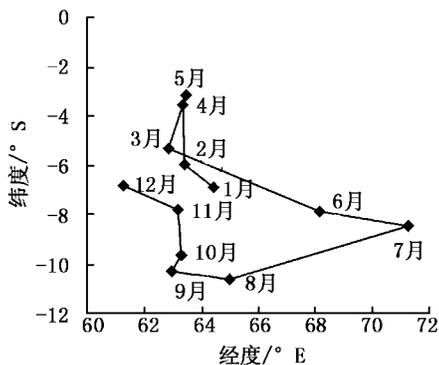


图3 1967—1987年黄鳍金枪鱼渔场重心的月变化

Fig 3 The changes of barycenter of yellow fin tuna in months during 1967—1987

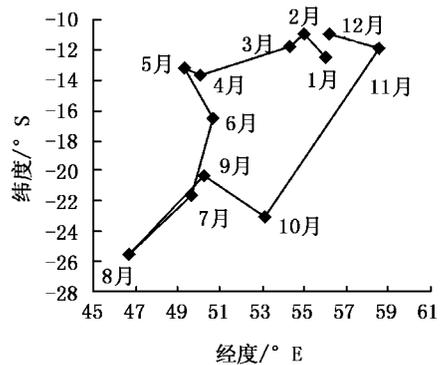


图4 1988—2004年黄鳍金枪鱼渔场重心的月变化

Fig 4 The changes of barycenter of yellow fin tuna in months during 1988—2004

2.3 大眼金枪鱼渔场重心各月聚类结果

通过聚类分析,1967—1987年1—12月大眼金枪鱼渔场重心可分3类:

- I: 1981、1982年,分布在 $60^{\circ}\text{E}\sim 65^{\circ}\text{E}$ 、 $3^{\circ}\text{E}\sim 6^{\circ}\text{S}$
- II: 1968—1970、1971、1972、1973、1977—1987年,分布在 $65^{\circ}\text{E}\sim 75^{\circ}\text{E}$ 、 $4^{\circ}\text{E}\sim 14^{\circ}\text{S}$
- III: 1967、1974、1975、1976、1970年,分布在 $75^{\circ}\text{E}\sim 85^{\circ}\text{E}$ 、 $5^{\circ}\text{E}\sim 14^{\circ}\text{S}$

1988—2004年1—12月大眼金枪鱼渔场重心可分3类:

- I: 1992、1988、1989、2003、2004年,分布在 $60^{\circ}\text{E}\sim 65^{\circ}\text{E}$ 、 $8^{\circ}\text{E}\sim 11^{\circ}\text{S}$
- II: 1990、1993、1991、1998、1997、1994年,分布在 $65^{\circ}\text{E}\sim 70^{\circ}\text{E}$ 、 $8^{\circ}\text{E}\sim 18^{\circ}\text{S}$
- III: 1995、1996、1999、2000、2001、2002年,分布在 $70^{\circ}\text{E}\sim 75^{\circ}\text{E}$ 、 $12^{\circ}\text{E}\sim 18^{\circ}\text{S}$

2.4 黄鳍金枪鱼渔场重心各月聚类结果

通过聚类分析,1967—1987年1—12月黄鳍金枪鱼渔场重心可分3类:

- I: 1968、1969、1972、1976—1979、1981—1983、1986、1987年,分布在 $55^{\circ}\text{E}\sim 60^{\circ}\text{E}$ 、 $5^{\circ}\text{N}\sim 11^{\circ}\text{S}$
- II: 1967、1971、1973、1974、1975、1980、1984、1985年,分布在 $60^{\circ}\text{E}\sim 65^{\circ}\text{E}$ 、 $3^{\circ}\text{S}\sim 15^{\circ}\text{S}$
- III: 1970年,分布在 $65^{\circ}\text{E}\sim 70^{\circ}\text{E}$ 、 7°S

1988—2004年1—12月黄鳍金枪鱼渔场重心可分3类:

- I: 1992、1993、1994年,分布在 $40^{\circ}\text{E}\sim 50^{\circ}\text{E}$ 、 $13^{\circ}\text{S}\sim 23^{\circ}\text{S}$
- II: 1989、1991、1995—1999、2001—2004年,分布在 $50^{\circ}\text{E}\sim 55^{\circ}\text{E}$ 、 $11^{\circ}\text{S}\sim 23^{\circ}\text{S}$
- III: 1990、1988、2000年,分布在 $55^{\circ}\text{E}\sim 65^{\circ}\text{E}$ 、 $11^{\circ}\text{E}\sim 14^{\circ}\text{S}$

3 讨论

3.1 重心时空年内变化的洄游解释

金枪鱼属大洋暖水性洄游鱼类,其作业渔场的变化受季节的影响较大。因年间季节的不同,洋区各海区的气象,水文要素和渔场环境也发生不同的变化,金枪鱼为了寻求适应的环境条件,或者由于金枪鱼生理变化的需要,必须作相应的洄游。大眼金枪鱼的详细洄游路线,现下尚不清楚,渔获物统计分析法是重要的鱼类洄游的研究方法。

通过大眼金枪鱼和黄鳍金枪鱼的渔场重心计算及印度洋金枪鱼延绳钓渔业发展进程,我们发现,大

眼金枪鱼在 1967—1987 年与 1988—2004 年的渔场重心在纬度上有明显差异, 前者的重心主要分布在 8°S 以北海域, 后者分布在 8°S 以南海域; 在经度上没有明显的区别。黄鳍金枪鱼在 1967—1987 年与 1988—2004 年的渔场重心有明显差异, 在纬度上前者主要分布在 11°S 以北海域, 后者分布在 11°S 以南海域; 在经度上前者的重心分布在 55°E 以东海域, 后者分布在 55°E 以西海域。前者主要处于起步阶段, 因此通过计算 1988—2004 年的渔场重心计算发现, 印度洋大眼金枪鱼月渔场重心的总体变化趋势从 1 月份开始向西北移动到 4 月份达到最西, 5—8 月份向东南方向移动, 9—12 月份东北方向移动。印度洋大眼金枪鱼的主要索饵是在南半球的温带水域, 这里是西风海流 (寒流) 和南赤道暖流交汇之处, 索饵期为 4~9 月。

印度洋黄鳍金枪鱼月渔场重心的总体变化趋势从 1 月份开始往西北, 2—4 月份逐渐往西移动, 5—8 月份往东南移动, 9—12 月份往东北移动。在印度洋赤道以北的北半球因受地形的影响几乎没有温带水域。从经度上看, 印度洋北赤道流从 11 月到翌年 3 月盛行东北季风时向西流动, 其他时间受西南季风影响向东流动。在热带水域出生后的幼鱼随着海流向南半球的温带水域进行索饵洄游, 当其性腺达到成熟后便向北洄游返回热带水域。渔场重心年内的规律性变化在一定程度上反映了印度洋大眼金枪鱼和黄鳍金枪鱼的产卵、索饵的洄游规律^[13-14]。

3.2 重心时空年间变化的环境变化解释

根据定义, 渔场重心是以渔获量为权重的经度和纬度的加权平均值, 反映的是渔获量分布的中心位置。渔场重心的年变化状况, 反映了渔获量集中区域的年际变化状况。从图中可看出随着时间的推移, 大眼金枪鱼和黄鳍渔场重心的位置逐渐向东、向南移动, 也即随着时间的推移, 渔获重心逐渐向东、向南移动。这种趋势的形成一方面与金枪鱼的分布有关, 另一方面主要与船只的捕捞行为有关^[7]。

从图还可看出印度洋金枪鱼渔场重心随时间的变化, 除了上述提到的捕捞努力量变化的影响外, 还受到 ENSO 现象的影响。已有的研究表明, 太平洋和大西洋的金枪鱼渔业受到了 ENSO 事件的影响^[15-16]。ENSO 现象是有规律的海—气相互影响作用下的海洋和大气变暖厄尔尼诺 (El Niño) 或变冷拉尼娜 (La Niña) 的缓慢变动现象。气象海洋学的研究已经表明, ENSO 对全球气候的影响广泛。ENSO 现象也影响到印度洋海域及金枪鱼渔业, 不仅直接影响到渔获能力, 也间接影响到渔业资源^[17-18]。

厄尔尼诺年: 1969、1972/1973、1976、1982/1983、1986/1987、1991/1992、1993、1994、1995、1997/1998; 拉尼娜年份: 1970/1971、1974/1976、1983/1984、1984/1985、1988/1989、1995/1996、1998/2000^[19]。通过印度洋大眼和黄鳍金枪鱼延绳钓渔场重心变化研究发现, 大部分发生 El Niño 的当年或次年, 年渔获量分布重心会向南、向西移 (图 5、图 6); 发生 La Niña 的年份前后渔获量分布重心会向北、向东移。

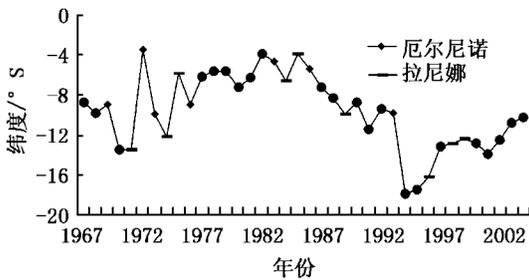


图 5 1967—2004 年大眼金枪鱼纬度方向上年际变化

Fig 5 The shift of barycenter of bigeye tuna in latitude from 1967—2004

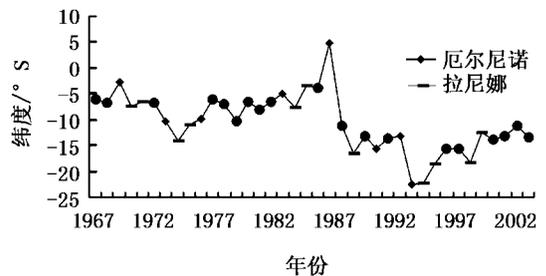


图 6 1967—2004 年黄鳍金枪鱼纬度方向上年际变化

Fig 6 The shift of barycenter of yellowfin tuna in latitude from 1967—2004

印度洋表层水是由季风驱动的。强季风会产生海流, 这有利于渔业, 例如夏季在西南季风作用下产生的索马里沿海上升流和马达加斯加西北部的洋流汇聚水域。在厄尔尼诺期间, 季风状况发生了改变, 特别是在赤道附近。由于覆盖印度尼西亚的高压引起的强劲东风带取代了原先复杂的赤道季风, 导致

沿海和赤道的上升流。海表温度(SST)上升、等温线深度从东向西加深^[20]。在印度洋表层暖池中的暖水(暖池——常年温度保持在28℃以上),与印度洋东部的冷水之间通过大气的Walker循环产生空气对流。在El Niño期间西印度洋冷池中的冷水也显著偏高;La Niña期间西印度洋冷池中的冷水也显著偏低。有研究表明这种冷池海水温度的变化,影响了鱼群的分布,从而导致了渔场空间分布的变化。印度洋金枪鱼延绳钓渔获量重心变动最主要的是渔业发展的影响^[21],其次是受气候变动引起的印度洋表面水温的影响。事实上除了上述的原因之外,还有诸如饵料生物分布、海流等也是重要的因素;细究起来原因复杂,是今后渔业海洋学的重要课题之一。

参考文献:

- [1] 王 宇. 世界金枪鱼渔业资源开发利用研究 [M]. 北京:海洋出版社, 2000, 1—15.
- [2] 朱国平, 许柳雄, 周应祺, 等. 印度洋中西部和太平洋西部水域大眼金枪鱼的食性比较 [J]. 生态学报, 2007, 27(1): 135—141.
- [3] 许柳雄, 朱国平. 印度洋黄鳍金枪鱼生物学特性的初步研究 [J]. 水产学报, 2006, 30(2): 211—218.
- [4] 叶振江, 梁振林, 邢智良, 等. 印度洋东部黄鳍金枪鱼的渔业生物学 [J]. 海洋水产研究, 2001, 22(3): 37—41.
- [5] 冯 波, 许柳雄, 田思泉. 印度洋大眼金枪鱼延绳钓适宜渔获环境的初步研究 [J]. 海洋渔业, 2004, 26(3): 163—165.
- [6] 沈建华, 陈雪冬, 崔雪森. 中西太平洋金枪鱼围网鳕鱼渔获量时空分布分析 [J]. 海洋渔业, 2006, 28(1): 15—18.
- [7] 沈建华, 崔雪森. 中西太平洋金枪鱼围网黄鳍金枪鱼渔获量时空分布分析 [J]. 海洋渔业, 2006, 28(2): 131—135.
- [8] 姜浪波, 许柳雄, 黄金玲. 印度洋大眼金枪鱼垂直分布与水温的关系 [J]. 上海水产大学学报, 2005, 14(3): 334—336.
- [9] 黄锡昌, 苗振清. 远洋金枪鱼渔业 [M]. 上海:上海科学技术文献出版社, 2003, 8—34, 60—63, 110.
- [10] Lehode P, Bertignac M, Hampton J A, et al. El Niño Southern oscillation and tuna in the western Pacific [J]. Nature 1997, 389: 715—718.
- [11] 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.
- [12] IOTC. Report of the seventh session of the scientific committee [R]. Victoria: IOTC, 2004.
- [13] 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): 75—79.
- [14] Masahiko M, Yasuaki T. Vertical distribution and optimum temperature of bigeye tuna in the eastern tropical Indian Ocean based on regular and deep tuna longline catches [J]. Journal of National Fisheries University 1997, 46 (1): 13—20.
- [15] 周甦芳. 厄尔尼诺 南方涛动现象对中西太平洋鳕鱼围网渔场的影响 [J]. 中国水产科学, 2005, 12(6): 739—743.
- [16] 郭 爱, 陈新军. ENSO 与中西太平洋金枪鱼围网资源丰度及其渔场变动的关系 [J]. 海洋渔业, 2005, 27(4): 338—342.
- [17] 敬 林. 厄尔尼诺与海洋渔业 [J]. 海洋渔业, 1987, 9(4): 177.
- [18] 徐亚敏. 厄尔尼诺现象对全球气候的影响 [J]. 贵州水利发电, 1998, 12(3): 9—10.
- [19] 宋家喜. ENSO 知识讲座 [J]. 海洋预报, 2001, 18(1): 79—81.
- [20] Blanc J L, Marsac F. Climate information and prediction services for fisheries WMO/TD [R] Geneva: WHO, 1994.
- [21] 朱国平, 许柳雄. 印度洋金枪鱼渔业概况及中国金枪鱼船队发展对策分析 [J]. 中国渔业经济, 2006(2): 10—12.