

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

中国生态学会 2013 年学术年会专辑



第 33 卷 第 19 期 Vol.33 No.19 **2013**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第33卷第19期

2013年10月 (半月刊)

目次

中国生态学会 2013 年学术年会专辑 卷首语

- 生态系统服务研究文献现状及不同研究方向评述 马凤娇, 刘金铜, A. Egrinya Eneji (5963)
- 非人灵长类性打搅行为研究进展 杨 斌, 王程亮, 纪维红, 等 (5973)
- 密度制约效应对啮齿动物繁殖的影响 韩群花, 郭 聪, 张美文 (5981)
- 食物链长度远因与近因研究进展综述 王玉玉, 徐 军, 雷光春 (5990)
- AM 真菌在植物病虫害生物防治中的作用机制 罗巧玉, 王晓娟, 李媛媛, 等 (5997)
- 保护性耕作对农田碳、氮效应的影响研究进展 薛建福, 赵 鑫, Shadrack Batsile Dikgwatlhe, 等 (6006)
- 圈养大熊猫野化培训期的生境选择特征 张明春, 黄 炎, 李德生, 等 (6014)
- 利用红外照相技术分析野生白冠长尾雉活动节律及时间分配 赵玉泽, 王志臣, 徐基良, 等 (6021)
- 风速和持续时间对树麻雀能量收支的影响 杨志宏, 吴庆明, 董海燕, 等 (6028)
- 白马雪山自然保护区灰头小鼯鼠的巢址特征 李艳红, 关进科, 黎大勇, 等 (6035)
- 生境片段化对千岛湖岛屿上黄足厚结猛蚁遗传多样性的影响 罗媛媛, 刘金亮, 黄杰灵, 等 (6041)
- 基于 28S, COI 和 Cytb 基因序列的薛荔和爱玉子传粉小蜂分子遗传关系研究
..... 吴文珊, 陈友铃, 孙伶俐, 等 (6049)
- 高榕榕果内 *Eupristina* 属两种榕小蜂的遗传进化关系 陈友铃, 孙伶俐, 武蕾蕾, 等 (6058)
- 镉胁迫下杞柳对金属元素的吸收及其根系形态构型特征 王树凤, 施翔, 孙海菁, 等 (6065)
- 邻苯二甲酸对萝卜种子萌发、幼苗叶片膜脂过氧化及渗透调节物质的影响
..... 杨延杰, 王晓伟, 赵 康, 等 (6074)
- 极端干旱区多枝怪柳幼苗对人工水分干扰的形态及生理响应 马晓东, 王明慧, 李卫红, 等 (6081)
- 贝壳砂生境酸枣叶片光合生理参数的水分响应特征 王荣荣, 夏江宝, 杨吉华, 等 (6088)
- 陶粒覆盖对土壤水分、植物光合作用及生长状况的影响 谭雪红, 郭小平, 赵廷宁 (6097)
- 不同林龄短枝木麻黄小枝单宁含量及养分再吸收动态 叶功富, 张尚炬, 张立华, 等 (6107)
- 珠江三角洲不同污染梯度下森林优势种叶片和枝条 S 含量比较 裴男才, 陈步峰, 邹志谨, 等 (6114)
- AM 真菌和磷对小马安羊蹄甲幼苗生长的影响 宋成军, 曲来叶, 马克明, 等 (6121)
- 盐氮处理下盐地碱蓬种子成熟过程中的离子积累和种子萌发特性 周家超, 付婷婷, 赵维维, 等 (6129)
- CO₂ 浓度升高条件下内生真菌感染对宿主植物的生理生态影响 师志冰, 周 勇, 李 夏, 等 (6135)
- 预处理方式对香蒲和芦苇种子萌发的影响 孟 焕, 王雪宏, 佟守正, 等 (6142)
- 镉在土壤-金丝垂柳系统中的迁移特征 张 雯, 魏 虹, 孙晓灿, 等 (6147)
- 马尾松人工林近自然化改造对植物自然更新及物种多样性的影响 罗应华, 孙冬婧, 林建勇, 等 (6154)
- 濒危海草贝克喜盐草的种群动态及土壤种子库——以广西珍珠湾为例
..... 邱广龙, 范航清, 李宗善, 等 (6163)
- 毛乌素沙地南缘沙丘生物结皮对凝结水形成和蒸发的影响 尹瑞平, 吴永胜, 张 欣, 等 (6173)
- 塔里木河上游灰胡杨种群生活史特征与空间分布格局 韩 路, 席琳乔, 王家强, 等 (6181)
- 短期氮素添加和模拟放牧对青藏高原高寒草甸生态系统呼吸的影响 宗 宁, 石培礼, 蔺 婧, 等 (6191)
- 松嫩平原微地形下土壤水盐与植物群落分布的关系 杨 帆, 王志春, 王云贺, 等 (6202)

广州大夫山雨季林内外空气 TSP 和 PM _{2.5} 浓度及水溶性离子特征	肖以华, 李 炯, 旷远文, 等 (6209)
马鞍列岛岩礁生境鱼类群落结构时空格局	汪振华, 赵 静, 王 凯, 等 (6218)
黄海细纹狮子鱼种群特征的年际变化	陈云龙, 单秀娟, 周志鹏, 等 (6227)
三种温带森林大型土壤动物群落结构的时空动态	李 娜, 张雪萍, 张利敏 (6236)
笔管榕榕小蜂的群落结构与物种多样性	陈友铃, 陈晓倩, 吴文珊, 等 (6246)
海洋生态资本理论框架下的生态系统服务评估	陈 尚, 任大川, 夏 涛, 等 (6254)
中国地貌区划系统——以自然保护区体系建设为目标	郭子良, 崔国发 (6264)
生态植被建设对黄土高原农林复合流域景观格局的影响	易 扬, 信忠保, 覃云斌, 等 (6277)
华北农牧交错带农田-草地景观镶嵌体土壤水分空间异质性	王红梅, 王仲良, 王 堃, 等 (6287)
中国北方春小麦生育期变化的区域差异性与气候适应性	俄有浩, 霍治国, 马玉平, 等 (6295)
中国南方喀斯特石漠化演替过程中土壤理化性质的响应	盛茂银, 刘 洋, 熊康宁 (6303)
气候变化对东北沼泽湿地潜在分布的影响	贺 伟, 布仁仓, 刘宏娟, 等 (6314)
内蒙古不同类型草地土壤氮矿化及其温度敏感性	朱剑兴, 王秋风, 何念鹏, 等 (6320)
黑河中游荒漠绿洲区土地利用的土壤养分效应	马志敏, 吕一河, 孙飞翔, 等 (6328)
成都平原北部水稻土重金属含量状况及其潜在生态风险评价	秦鱼生, 喻 华, 冯文强, 等 (6335)
大西洋中部延绳钓黄鳍金枪鱼渔场时空分布与温跃层的关系	杨胜龙, 马军杰, 张 禹, 等 (6345)
夏季台湾海峡南部海域上层水体的生物固氮作用	林 峰, 陈 敏, 杨伟锋, 等 (6354)
北长山岛森林乔木层碳储量及其影响因子	石洪华, 王晓丽, 王 媛, 等 (6363)
植被类型变化对长白山森林土壤碳矿化及其温度敏感性的影响	王 丹, 吕瑜良, 徐 丽, 等 (6373)
油松遗传结构与地理阻隔因素的相关性	孟翔翔, 狄晓艳, 王孟本, 等 (6382)
基于辅助环境变量的土壤有机碳空间插值——以黄土丘陵区小流域为例	文 雯, 周宝同, 汪亚峰, 等 (6389)
基于生命周期视角的产业资源生态管理效益分析——以虚拟共生网络系统为例	施晓清, 李笑诺, 杨建新 (6398)
生态脆弱区贫困与生态环境的博弈分析	祁新华, 叶士琳, 程 煜, 等 (6411)
“世博”背景下上海经济与环境的耦合演化	倪 尧, 岳文泽, 张云堂, 等 (6418)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 464 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 55 * 2013-10



封面图说: 毛乌素沙地南缘沙丘的生物结皮——生物土壤结皮广泛分布于干旱和半干旱区, 它的形成和发育对荒漠生态系统生态修复过程产生重要的影响。组成生物结皮的藻类、苔藓和地衣是常见的先锋植物, 它们不仅能在严重干旱缺水、营养贫瘠恶劣的环境中生长、繁殖, 并且能通过其代谢方式影响并改变环境。其中一个重要的特点是, 生物结皮表面的凝结水显著大于裸沙。研究表明, 凝结水是除降雨之外最重要的水分来源之一, 在水分极度匮乏的荒漠生态系统, 它对荒漠生态系统结构、功能和过程的维持产生着重要的影响。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201304250812

杨胜龙, 马军杰, 张禹, 化成君, 戴阳. 大西洋中部延绳钓黄鳍金枪鱼渔场时空分布与温跃层的关系. 生态学报, 2013, 33(19): 6345-6353.

Yang S L, Ma J J, Zhang Y, Hua C J, Dai Y. Relationship between the temporal-spatial distribution of longline fishing grounds of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and the thermocline characteristics in the Central Atlantic Ocean. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(19): 6345-6353.

大西洋中部延绳钓黄鳍金枪鱼渔场 时空分布与温跃层的关系

杨胜龙^{1,2}, 马军杰³, 张禹¹, 化成君¹, 戴阳^{1,*}

(1. 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; 3. 同济大学法学院/知识产权学院, 上海 200092)

摘要: 为了解大西洋延绳钓黄鳍金枪鱼 (*Thunnus albacares*) 渔场适宜的温跃层参数分布区间, 采用 Argo 浮标水温信息和大西洋金枪鱼会委员 (International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas ICCAT) 的黄鳍金枪鱼延绳钓渔获数据, 绘制了大西洋中部月平均温跃层特征参数和月平均单位捕捞努力量渔获量 (Catch per unit effort CPUE) 的空间叠加图, 用于分析大西洋中部延绳钓黄鳍金枪鱼中心渔场时空分布和温跃层特征参数关系。分析结果表明: 大西洋中部温跃层上界深度、温度具有明显的季节性变化, 而温跃层下界深度、温度没有明显的季节变化特征。空间叠加图显示, 1—6 月份在赤道地区中心渔场主要分布在温跃层上界深度为 20—60 m 之间。7—9 月份在 60—80 m, 同期在纳米比亚外海, 中心渔场区域温跃层上界深度超过 100 m。10—12 月份, 中心渔场区域温跃层上界深度下降到 60 m 左右。全年在赤道区域, 中心渔场 CPUE 主要分布在温跃层上界温度 26—29 °C, 低于 24 °C 区域渔获率很低; 温跃层下界深度在 160—250 m, 集中在 230 m; 温跃层下界温度在 12—14 °C 之间, 在此区间外 CPUE 值都比较低。7—11 月份, 在纳米比亚外海的中心渔场区域上界温度会低至 20 °C, 下界深度分布在 140—160 m, 下界温度在 14—15 °C 左右。数值计算得出大西洋中部黄鳍金枪鱼适宜的温跃层上界温度是 26—28.9 °C; 适宜的温跃层下界温度和深度分别是 12—14.9 °C 和 150—249 m, 而上界深度和中心渔场 CPUE 关系不明显。研究得出大西洋延绳钓黄鳍金枪鱼中心渔场温跃层各特征参数的适宜分布区间及季节变化特征, 为延绳钓黄鳍金枪鱼实际生产作业和资源管理提供理论参考。

关键词: 黄鳍金枪鱼; 大西洋中部; 温跃层; Argo

Relationship between the temporal-spatial distribution of longline fishing grounds of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and the thermocline characteristics in the Central Atlantic Ocean

YANG Shenglong^{1,2}, MA Junjie³, ZHANG Yu¹, HUA Chengjun¹, DAI Yang^{1,*}

1 Key Laboratory of East China Sea & Oceanic Fishery Resources Exploitation and Utilization, Ministry of Agriculture, China, Shanghai 200090, China

2 Key and Open Laboratory of Remote Sensing Information Technology in Fishing Resource, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China

3 School of Law & School of Intellectual Property, Tongji University, Shanghai 200092, China

Abstract: We evaluated the isoline distribution of thermocline characteristics (the upper and lower boundary temperatures and depths) in the yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) fishing grounds in the tropical Atlantic Ocean. We plotted the thermocline characteristics contour on a spatial overlay map using data collected on a monthly basis from Argo buoys and monthly CPUE (catch per unit effort) from yellowfin tuna longlines from the International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas (ICCAT). In addition, frequency analysis and the empirical cumulative distribution function (ECDF) were used to calculate the optimum ranges for the thermocline characteristics of the central fishing grounds. Our analysis

基金项目: 科技支撑计划项目 (2013BAD13B01, 2013BAD13B06); 资源与环境信息系统国家重点实验室开放基金 (2010KF0005SA); 中国水产科学研究院基本科研业务费资助 (2012A1201, 2013A0201); 中央级基本科研业务费 (2012T07); 上海市科技创新行动计划 (12231203901)

收稿日期: 2013-04-25; **修订日期:** 2013-07-15

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: daiyangbox@163.com

suggested that there were significant seasonal variations in the upper boundary temperature and depth of the thermocline in the central fishing grounds, which significantly influenced the temporal and spatial distribution of the yellowfin tuna population. However, the lower boundary temperature and depth of thermocline has little seasonal variation. The lower boundary depth of the thermocline isotherm depth showed that the higher depth area (>250 m) was shaped like the letter 'W'. Similarly, the lower boundary temperature of the thermocline isotherm depth suggests that the temperature is higher besides the equator and lower around the equatorial Zonal. The overlay map suggest that the upper boundary of the thermocline in the fishing grounds of the yellowfin tuna ranges from 20 to 60 m in the equatorial zone during January to June. It is between 60 and 80 m from July to September, but increases to 100 m offshore of Namibia during July to September. The upper boundary of the thermocline in the fishing grounds decreases to about 60 m from October to December. The fishing grounds are distributed where the upper boundary temperature of the thermocline is between 26 and 29 °C all year in the equator zonal, whereas the hooking rates are low where the temperature falls below 24 °C. The lower boundary depth of the thermocline of the fishing grounds in the equatorial zone ranges from 160 to 250 m and concentrates on 230 m. The lower boundary temperature of the thermocline in the fishing grounds is between 12 and 14 °C all year in the equatorial zone. Conversely, if the temperature is outside this range, the hooking rates are very low. The upper boundary of the temperature thermocline in the fishing grounds extends to 20 °C offshore of Namibia during July to November, and the lower boundary of the temperature and depth of the thermocline lies between 14 and 15 °C and 140 and 160 m, respectively. Frequency analysis and the empirical cumulative distribution function (ECDF) were used to calculate the optimum range of thermocline characteristics. The optimum depth range of the upper boundary temperature was 26—28.9 °C. The optimum depth range of the lower boundary and the lower boundary temperature were 150—249 m and 12—14.9 °C, respectively. The results were confirmed by using the Kolmogorov—Smirnov test. However, the upper boundary temperature was shown as insignificant from the statistical results. A preliminary indication of the optimum distribution interval and seasonal change characteristics of each thermocline in the longline central fishing ground of yellowfin tuna was obtained in this paper. The conclusion could provide a reference for improving the efficiency of yellowfin tuna longline fishing and aid tuna resource management in the Atlantic Ocean.

Key Words: *Thunnus albacares*; The Central Atlantic Ocean; thermocline; Argo

黄鳍金枪鱼 (*Thunnus albacares*) 具有非常高的商业价值, 是我国远洋金枪鱼渔业的主要捕捞对象之一。标志放流和声学遥测表明黄鳍金枪鱼具有高速游泳的能力, 白天下潜到很深的水域觅食^[1-4], 水温的垂直结构分布, 尤其是温跃层分布特征在黄鳍金枪鱼渔场的形成中是极为重要的关键因素^[5-7]。Zagaglia 等^[5]认为黄鳍金枪鱼这种高速移动, 尤其是垂直方向的远涉会减少金枪鱼捕捞和海表温度关系。Lan 等^[6]研究表明相比海表温度, 大西洋黄鳍金枪鱼延绳钓单位捕捞努力量渔获量 (Catch per unit effort CPUE) 和次表层的水温关系更密切, 并推断较高的次表层水温会导致温跃层垂直分布更深, 从而产生较高的黄鳍金枪鱼延绳钓 CPUE。Maury 等^[7]研究认为温跃层深度越深, 日本黄鳍金枪鱼延绳钓 CPUE 值越大, 而围网 CPUE 与温跃层深度分布成反比, 与温跃层强度分布成正比。上述研究结果表明在大西洋, 温跃层分布对黄鳍金枪鱼的垂直分布有直接影响, 从而直接或间接影响延绳钓黄鳍金枪鱼 CPUE, 即延绳钓捕捞效率。因此分析温跃层时空分布, 并结合延绳钓数据得出黄鳍金枪鱼适宜的垂直和水平空间分布非常重要, 然在大西洋, 专门有关温跃层及其和黄鳍金枪鱼的关系报道不多。受索马里海盗的影响, 近年中国很多延绳钓渔船都转移到大西洋进行作业, 因此了解大西洋中部黄鳍金枪鱼延绳钓主要作业渔场温跃层时空分布, 分析其对延绳钓黄鳍金枪鱼中心渔场分别的影响以指导中国延绳钓实际投钩作业非常重要。本文采用 Argo 浮标数据, 绘制热带中大西洋温跃层特征参数, 分析大西洋中部温跃层时空分布和延绳钓黄鳍金枪鱼中心渔场时空分布关系, 通过数值方法计算延绳钓黄鳍金枪鱼适宜的温跃层特征参数范围, 为金枪鱼实际生产作业提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 研究区域

黄鳍金枪鱼是暖水性鱼类, 延绳钓作业主要在热带区域, 本文确定 (60°W — 20°E , 30°S — 30°N) 作为研究区域 (图 1)。采用大西洋金枪鱼委员会 (International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas ICCAT) (<http://www.iccat.es/en/>) 数据, 统计计算 $5^{\circ}\times 5^{\circ}$ 空间精度渔获信息, 在 2007—2011 期间该区域内的黄鳍金枪鱼占整个大西洋黄鳍金枪鱼延绳钓总尾数的 77.1%, 产量是 77.4%。我国黄鳍金枪鱼延绳钓作业渔场主要分布在这个区域内。

1.2 研究数据

1.2.1 Argo 浮标数据

Argo 是“全球海洋观测网”计划设想在全球大洋中每隔 3 个经纬度布放 1 个卫星跟踪浮标,组成一个由 3000 个浮标构成的庞大的 Argo 全球海洋观测网,至 2007 年正式完成^[8]。因此本文采用 2007—2011 年 Argo 浮标剖面水温和深度数据进行温跃层特征分析,数据来自于中国 Argo 实时数据中心 (<http://www.argo.org.cn/>)。这期间研究区域各月有效月平均浮标个数是 644 个,各月有效浮标平均数量见图 1。

1.2.2 渔获量数据

采用 ICCAT2007—2011 年按年、月份统计的黄鳍金枪鱼渔获量和捕捞努力量数据,空间分辨率采用国际金枪鱼官方统计精度 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ 。渔业数据有投放钩数、渔获产量、渔获尾数和作业日期、地点(经度、纬度)等参数。按 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ 统计方格内的渔获率(CPUE,尾/千钩)计算公式为:

$$CPUE_{(i,j)} = \frac{N_{fish(i,j)} \times 1000}{N_{hook(i,j)}} \quad (1)$$

式中, $CPUE_{(i,j)}$ 、 $N_{fish(i,j)}$ 和 $N_{hook(i,j)}$ 分别是第 i 个经度、第 j 个纬度处方格的月平均 CPUE,月钓获总尾数和月总投钩数。公式(1)可以消除投影后低纬度和高纬度网格大小不同带来的影响^[9]。

1.3 研究方法

由于研究海域海流年变化不大^[10],因此采用 2007—2011 年各月 CPUE 月平均值和温跃层参数月平均值来研究大西洋大眼金枪鱼渔场时空分布与温跃层关系,该方法已经被国外文献用来中尺度月平均角度的金枪鱼环境习性研究^[5-7]。

1.3.1 温跃层等值线数据计算

采用周燕遐^[11]的温跃层判别方法,取大洋温跃层强度最低标准值为 $0.05^{\circ}C/m$,对温度剖面逐层判断。把连续满足跃层标准的作为一个跃层段;对不连续者,如果跃层段之间的间隔小于 10 m(当上界深度小于 50 m)或小于 30 m(当上界深度大于 50 m),则将两段合并进行跃层标准值判定。合并后,如果温度梯度大于或等于标准值,则合并为一个温跃层段;否则以上界深度 50 m 为界,分别在 50 m 以浅、以深,选取跃层强度强者,如强度相等,则选跃层厚度厚者为温跃层段。要求合并后的跃层厚度不小于 10 m(当上界小于 50 m)或不小于 20 m(上界大于 50 m)。具体的网格化计算参考文献^[12]。按照 Levitus^[13]的季节划分,将北半球的季节划分如下:1—3 月为冬季,4—6 月为春季,7—9 月为夏季,10—12 月为秋季。

1.3.2 黄鳍金枪鱼中心渔场定义

按(1)式计算 2007—2011 年各月网格内 CPUE 月平均值,共 1080 个。计算 1080 个 CPUE 的平均值、均方差和四分位数($Q1-Q4$)。大于 $Q3$ 的 CPUE 称为中心渔场 CPUE,即认为 CPUE 较高,而其所属渔区定义为黄鳍金枪鱼中心渔场。

1.3.3 适宜温跃层参数空间分析

把 CPUE 数据按月分别和温跃层上界深度、温度和温跃层下界深度、温度进行匹配,在空间上进行数据叠加,绘制 CPUE 和温跃层特征参数空间叠加后的月分布图,并分析 CPUE、温跃层特征参数时空分布特征。最后定量分析黄鳍金枪鱼渔场和温跃层特征参数关系,找出黄鳍金枪鱼中心渔场温跃层参数变化范围。

1.3.4 适宜温跃层参数数值计算

黄鳍金枪鱼最适温跃层特征参数分别通过频次分析和经验累积分布函数(ECDF)得到^[14]。计算与中心渔场 CPUE 对应温跃层特征参数的平均值和均方差,及适宜温跃层特征参数区间;采用非数统计 K-S(Kolmogorov-Smirnov)检验方法进行显著性检验,检验方法为分别计算温跃层 4 个特征变量和中心渔场 CPUE 累积频度曲线,求出 K-S 检验的统计量 D ,并作显著性检验。累积分布曲线方程式(ECDF)和统计量计算公式如下:

$$f(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n l(x_i) \quad (2)$$

其中分段函数 $l(x_i)$ 表达式为:

$$l(x_i) = \begin{cases} 1 & \text{if } x_i \leq t \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (3)$$

$$g(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{\bar{y}} l(x_i) \quad (4)$$

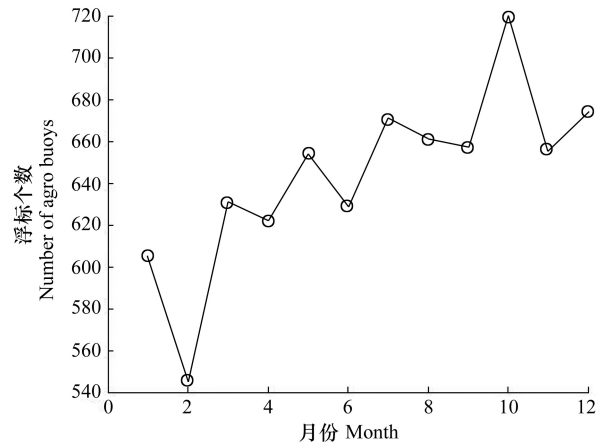


图 1 各月浮标数量

Fig.1 The number of buoys in each month

$$D(t) = \max |g(t) - f(t)| \quad (5)$$

式中, $f(t)$ 是温跃层特征参数经验累计频率分布函数, $l(x_i)$ 是分段函数, $g(t)$ 是中心渔场 CPUE 权重经验累计分布函数。 n 为资料个数; t 为分组环境因子值, x_i 为第 i 月温跃层特征参数值; y_i 为第 i 月月平均 CPUE; $\bar{y}$ 为月平均 CPUE 的平均值; 根据给定的显著水平 α , 采用 K-S 检验统计量。

1.3.5 软件工具: 空间分析、数值计算和图片绘制均采用 Matlab2010(a) 软件及相关工具包。

2 结果与分析

2.1 CPUE 时空分布

2007—2011 年黄鳍金枪鱼延绳钓月平均 CPUE 均值是 1.35 尾/千钩 ($SE = 3.23, n = 1080$), Q3 是 1.14 尾/千钩, 统计数据显示这期间黄鳍金枪鱼钓获率不高。从空间上整体看, 中心渔场主要分布在 5°S — 10°N 低纬度区域。此外在纳米比亚外海及邻近海域, 除产卵季节外也能形成较好中心渔场。在北半球 45°W 以西海域和南半球 10°S 以南, CPUE 值常年很低。12 月份至翌年 6 月份, 在几内亚湾钓获率都很高。从时间上看, 上半年中心渔场, 在赤道地区从西向东延伸, 7—9 月份迁移到 15°W 以西的巴西外海, 此时非洲的毛里塔尼亚和纳米比亚外海, 形成较好的中心渔场, 之后赤道地区中心渔场渐渐又向东迁徙, 而非洲南部沿岸外海中心渔场渐渐向赤道迁徙。

2.2 温跃层上界深度

黄鳍金枪鱼月平均 CPUE 和温跃层上界深度空间叠加图(图 2)表明, 温跃层上界深度月平均空间分布呈现出明显的冬深夏浅的季节性特征, 空间上大致呈纬向带状分布。1—6 月份在赤道地区高值 CPUE 分布区域, 温跃层上界深度为 20—60 m。7—9 月份, 赤道地区, 高值 CPUE 所在区域温跃层上界深度变深, 在 60—80 m, 高值 CPUE 大多分布在温跃层上界深度的高值和低值交界处, 同期在纳米比亚外海, CPUE 所在区域温跃层上界深度超过 100 m。10 月份开始, 中心渔场向低纬度产卵场迁徙, 高值 CPUE 分布区域上界深度渐渐变浅, 由最深的 100 m 降至 70 m 左右。

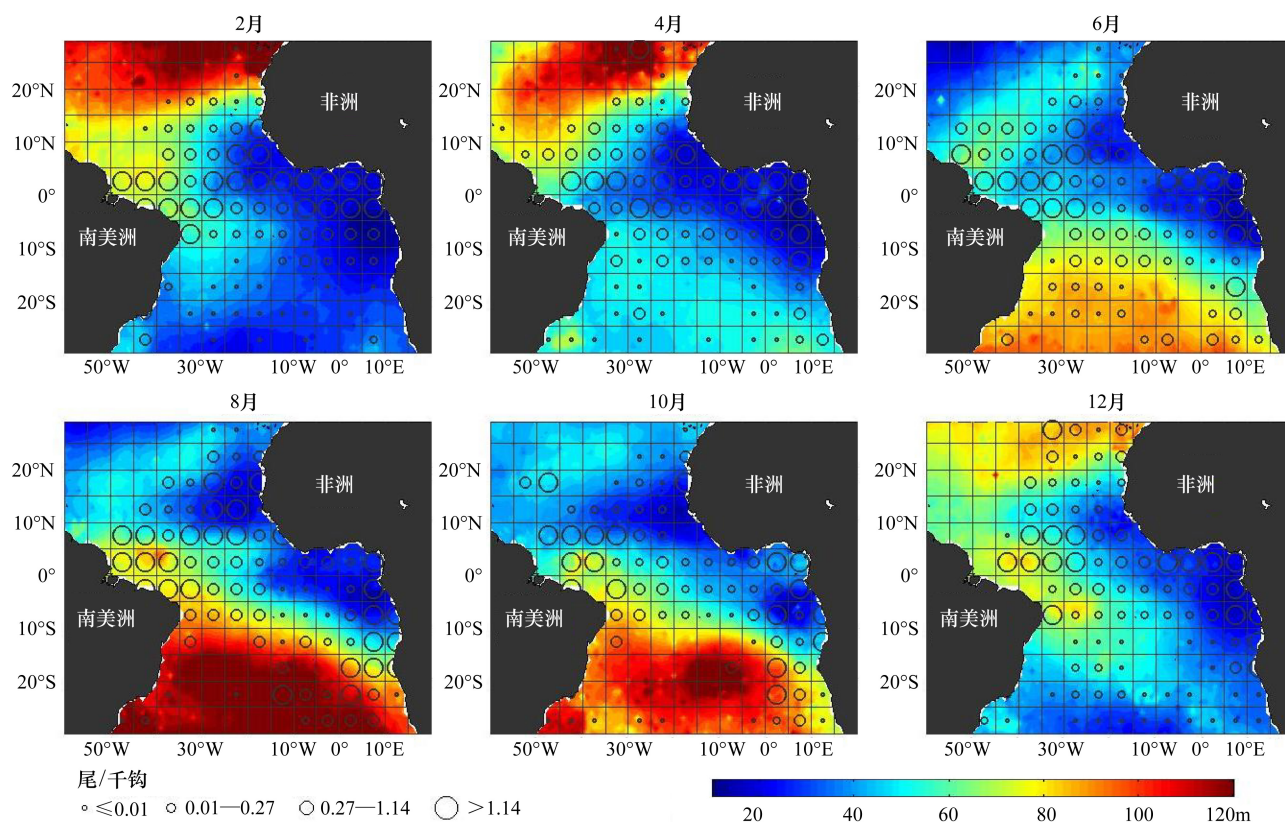


图 2 温跃层上界深度和 CPUE 空间叠加图

Fig.2 The overlay map of CPUE and the upper boundary depth of thermocline

2.3 温跃层上界温度

黄鳍金枪鱼月平均 CPUE 和温跃层上界温度空间叠加图(图 3)显示, 温跃层上界温度月平均空间分布同样表现出季节性变化特征, 在赤道区域温跃层上界温度常年在 27°C 以上, 从赤道向南北两侧 30°S 和 30°N 区域, 温跃层上界温度值依次递减。相比南半球, 北半球在夏秋季 20°N 以北更多是高温区域控制, 与此同时赤道以南低温区域加强, 大部分区域在 22°C 以下。6—

11 月份,赤道以北区域几乎都在 23 °C 以上,与此相反,南半球夏秋季节高温区域得到加强,相应的北半球冷水区域得到加强。在赤道区域,高值 CPUE 分布在 25 °C 以上水域,主要集中在 26—29 °C,低于 24 °C 区域渔获率很低。7—11 月份,高值 CPUE 所在区域的上界温度分布区间变大,在纳米比亚外海的中心渔场区域上界温度会低至 20 °C。非洲几内亚湾和临近海域是黄鳍金枪鱼主要产卵区域^[5],1—3 月份产卵季节该海域上界温度在 25 °C 以上。

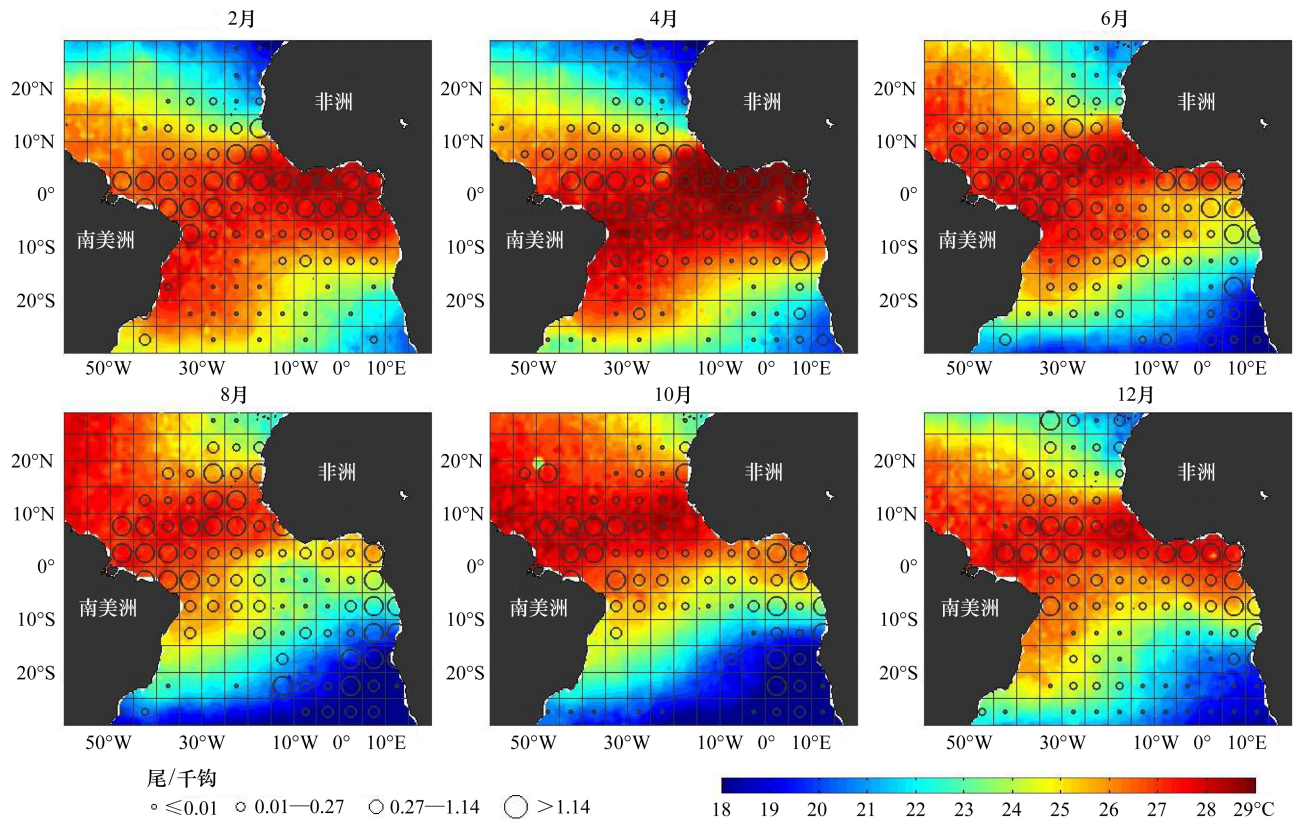


图3 温跃层上界温度和 CPUE 空间叠加图

Fig.3 The overlay map of CPUE and the upper boundary temperature of thermocline

2.4 温跃层下界深度

黄鳍金枪鱼月平均 CPUE 和温跃层下界深度空间叠加图(图4)表明,在空间上高值 CPUE 主要分布在下界深度 160 m 以上区域,下界深度低于 140 m 时,CPUE 都很低。温跃层下界深度没有明显的季节变化特征,在赤道纬向区域,常年存在一条细长的温跃层下界深度较深的区域,从南美洲延伸到非洲西海岸,深度值在 160—250 m 左右,区域内温跃层下界深度的梯度值大。在该区域常年能形成较好的中心渔场,从低值区域边界的 150 m 深度值向 250 m 处都有高值 CPUE 分布,在赤道局部区域深度可到 280 m。从纳米比亚延伸到安哥拉外海,一年大部分月份里,温跃层下界深度浅于 180 m,在 7—11 月份,该区域内高值 CPUE 所在区域的下界深度分布在 140—160 m。

2.5 温跃层下界温度

黄鳍金枪鱼月平均 CPUE 和温跃层下界温度空间叠加图(图5)显示,温跃层下界温度各月月分布没有明显的季节性差异,主要分布特征为在赤道两侧的 15°S 以南和 15°N 以北区域下界温度值高,从南北纬 30°S 和 30°N 向赤道区域,下界温度值递减。赤道以北 15°—30°N 下界温度在 17 °C 以上,赤道以南 15°—30°S 下界温度低于北半球,在 15—17 °C,两处 CPUE 普遍偏低,甚至没有渔获,表明下界温度超过 15 °C 难以形成中心渔场。在赤道东部区域下界温度多低于 14 °C,赤道西部区域多低于 12 °C。空间上中心渔场 CPUE 多分在 12—14 °C 之间,在此区间外 CPUE 值都比较低。在纳米比亚外海的中心渔场区域的下界温度在 14—15 °C 左右。在赤道纬向一些区域下界温度低于 11 °C 难以形成中心渔场。

2.6 中心渔场适宜温跃层参数范围

2007—2011 年黄鳍金枪鱼延绳钓中心渔场所在区域,上界温度分布在 20—29.9 °C 之间,72.6% 的中心渔场 CPUE 分布在 26—28.9 °C 之间,中心渔场 CPUE 趋向于集中在 27 °C。中心渔场的下界温度分布在 10—18.9 °C 之间,80.3% 的中心渔场 CPUE 分布在 12—14.9 °C 之间,中心渔场 CPUE 趋向于集中在 13 °C(图6)。中心渔场的上界深度分布在 10—129 m 之间,79.9% 的中心渔场 CPUE 分布在 10—59.9 m 之间,中心渔场 CPUE 趋向于集中在 20—30 m。中心渔场的下界深度在 100—289 m 之间,呈

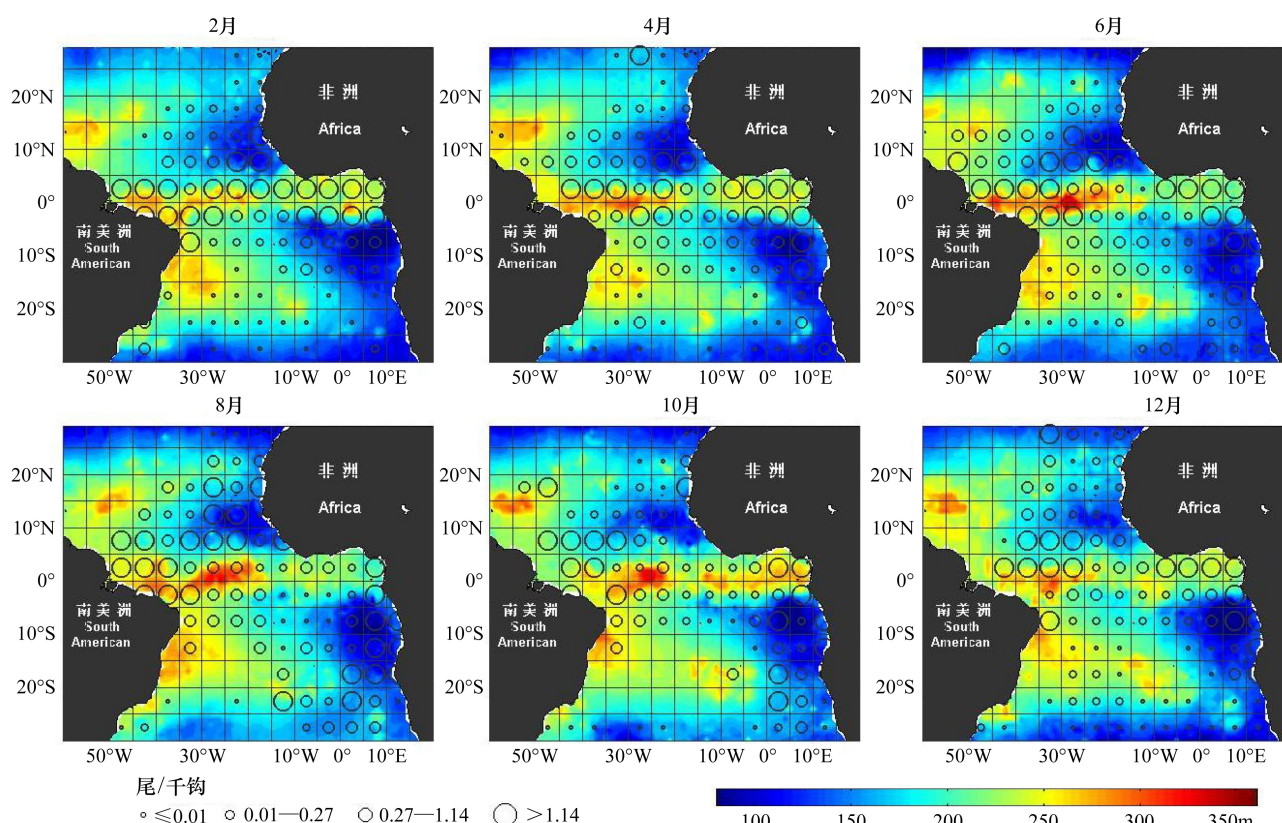


图4 温跃层下界深度和 CPUE 空间叠加图

Fig.4 The overlay map of CPUE and the lower boundary depth of thermocline

现明显的双峰,分布时 160 m 和 230 m。77.4%的中心渔场 CPUE 分布在 150—249 m 之间(图 6)。

ECDF 分析结果表明,在显著性水平 $\alpha = 0.05$ 的水平下, $D_{0.05} = 0.086$ 。K-S 检验得到温跃层 4 个参数对应的 D 值分别是 0.053、0.14、0.034 和 0.044,除上界深度,其余的温跃层参数 D 值都小于 $D_{0.05}$,均落在拒绝域之外,因此接受原假设。检验结果表明中心渔场 CPUE 和温跃层上界温度,以及温跃层下界深度、温度有密切关系,而与温跃层上界深度关系不密切,说明大西洋温跃层上界深度分布对黄鳍金枪鱼延绳钓中心渔场分布影响不大。

3 讨论

3.1 延绳钓黄鳍金枪鱼空间分布

CPUE 空间分布图表明,大西洋黄鳍金枪鱼中心渔场 1—3 月份分布在赤道中东地区,从东向西延伸,3—5 月份中心渔场开始向赤道西部迁徙,7—9 月份迁移到 15°W 以西的巴西外海,同时在纳米比亚外海也形成中心渔场,之后赤道地区和纳米比亚外海中心渔场渐渐又向几内亚湾和临近区域迁徙,上述迁徙路线和前人的研究基本吻合^[5-6]。1—3 月份在热带东大西洋表现为温跃层上界温度高($>27^{\circ}\text{C}$)和弱上升流,此时黄鳍金枪鱼在几内亚湾和临近区域产卵。在暖水季节(2—5 月),该地区季节性出现的串光鱼(*Vinciguerriani mbaria*,深水散射层 deep scatter layer DSL 组成部分)为黄鳍金枪鱼提供了大量饵料。在局部上升流区域,浮游植物和浮游动物丰富。在上升流之外区域,由于温跃层较浅,光线充足,水层稳定,适合浮游植物生长,产生季节性深水叶绿素最大值区域(Deep Chlorophyll Maximum, DCM),此时串光鱼聚集在 DCM 附近区域^[15]。此外,由于温跃层较浅,这里也是围网黄鳍金枪鱼良好渔场。在热带中西大西洋温跃层较深而且厚度大,使得该区域的叶绿素浓度 a 较低,但是由于南北赤道流和赤道逆流产生的赤道辐散而伴随的上升流和巴西大陆的淡水冲击,使得该区域全年初级生产力高,同时一季度飞鱼(*Cypselurus cyanopterus*)在巴西外海圣彼得和圣保罗群岛产卵,使得第一季度该区域出现中心渔场^[5]。在第二季度,此时热带辐合带(ITCZ)在最南端,信风相对夏季较弱,赤道以南温跃层上界温度出现全年高值区域。此时中心渔场分成两部分,一部分出现在迁徙到大西洋西部赤道附近,另一部分仍在几内亚湾及附近区域,中心渔场区域温跃层下界深度相对较高,在 220—240 m 之间。

研究报道,大西洋赤道区域,与黄鳍金枪鱼密切的水温区间是 $26.5—28^{\circ}\text{C}$ ^[5-7]。7 月底到 9 月份,由于赤道信风季节性加强,强 ITCZ 出现在全年最北端,此时赤道东部地区出现季节性强上升流^[16],加之水平对流和垂直混合导致温跃层上界温度变低,表层水温降低,减少了赤道黄鳍金枪鱼表层水的适宜分布范围,最终赤道东部中心渔场几乎消失^[5]。这期间赤道中西部区

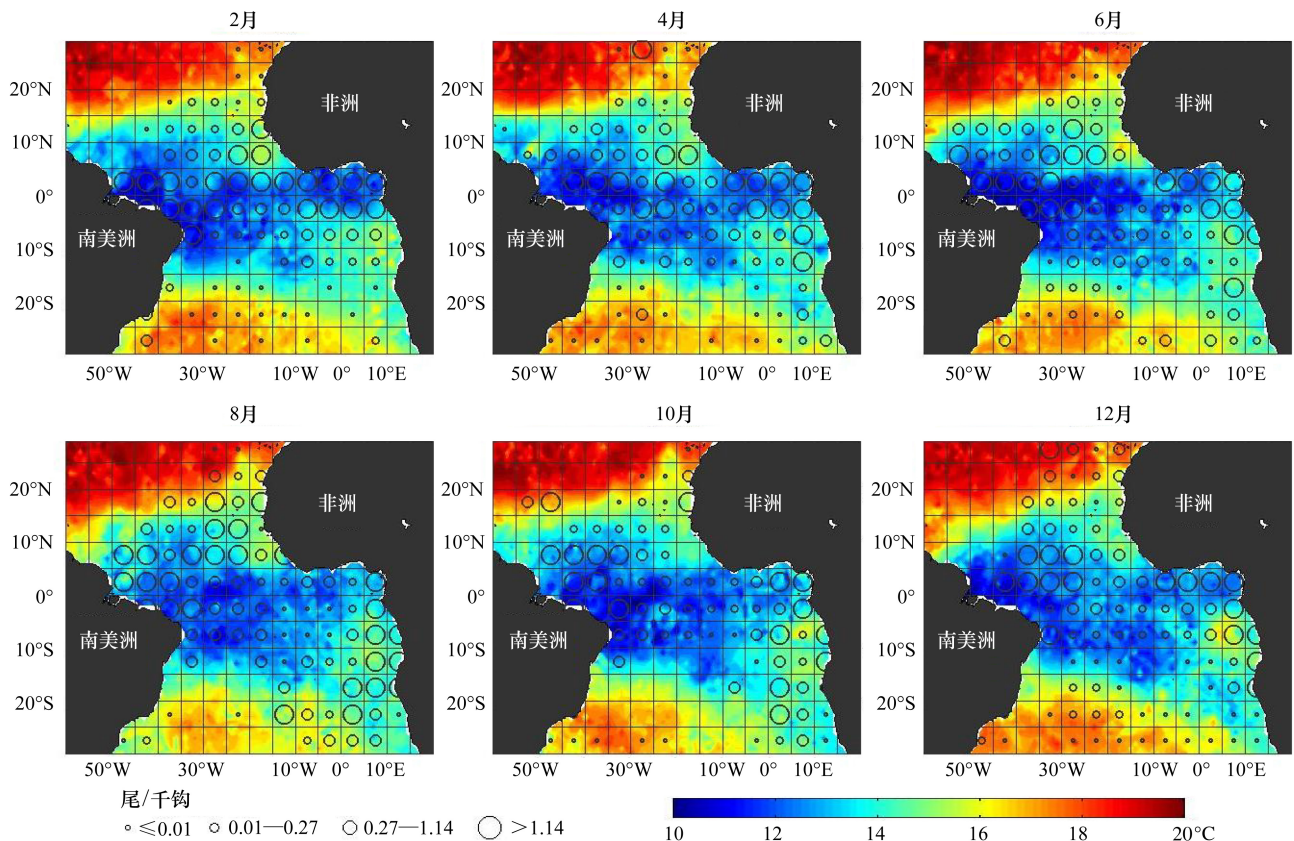


图5 温跃层下界温度和 CPUE 空间叠加图

Fig.5 The overlay map of CPUE and the lower boundary temperature of thermocline

域中心渔场和强 ITCZ 比较吻合^[5-7],温跃层上界温度都在 27 °C 以上。强 ITCZ 的影响会使金枪鱼垂直分布更深,图 4 表明中心渔场赤道部分区域,温跃层下界深度相对变深。在纳米比亚外海的沿岸上升流使得温跃层上移,表现为较低温跃层上界温度和相对较高的温跃层下界温度。由于上升流使得区域生产力高,在上升流外围形成季节性黄鳍金枪鱼中心渔场,这部分黄鳍金枪鱼群体可能是 2 季度分布在几内亚湾附近的黄鳍金枪鱼。10—12 月份,大西洋赤道东部地区,温跃层上界温度上升,深度变浅,此时赤道东部辐散非常微弱,但仍有活动。中心渔场从非洲西海岸南部向几内亚湾迁徙,热带西大西洋中心渔场向东迁徙,到 1 月份中心渔场完全分布在热带中东大西洋。

3.2 大西洋中部温跃层和延绳钓黄鳍金枪鱼垂直分布关系

黄鳍金枪鱼是暖水性鱼类,栖息和产卵需要在一定的水温之上。温跃层上界会影响黄鳍金枪鱼垂直分布和空间分布,垂直分布习性会影响到延绳钓作业投钩的深度和效率^[3]。档案标志放流研究结果证实黄鳍金枪鱼呈现明显的白天和夜晚深度分布不同,在夜晚超过 93% 的时间分布在温跃层以上水域,多浅于是 50 m,水温在 24 °C 以上^[1-4]。Marchal 等^[17]调查指出声音散射层(Sound Scattering Layer SSL,和前面 DSL 都表示海洋中层生物)的密度和金枪鱼捕捞分布一致,夜间 SSL 生物分布与温跃层深度分布一致,分布在温度垂直梯度最大处。在东赤道大西洋暖水季节,最大的 SSL 在赤道南部的穹顶状处;在冷水季节,最大 SSL 在北部辐集处,此处温跃层非常显著,水团传声差。本文研究表明黄鳍金枪鱼中心渔场集中在 26—28.9 °C,表明夜间大西洋黄鳍金枪鱼栖息在温跃层以上暖水区域,因此夜间作业投钩深度在温跃层上界深度附近水域。

白天黄鳍金枪鱼,尤其是成年的金枪鱼会频繁潜到深水区域进行索饵,觅食深水散射层生物。显然,黄鳍金枪鱼白天这种生物习性会影响到延绳钓作业投钩的深度和作业效率。Mohri 等^[18]指出,在热带印度洋,黄鳍金枪鱼适宜的温度范围是 13—24 °C,15—17 °C 渔获率最高。Song 等^[19]研究得出在印度洋公海,黄鳍金枪鱼活动密集的水层为 100—179 m,与渔获率最密切的水温是 120—140 m,水温为 16—17 °C。可以认为热带印度洋黄鳍金枪鱼的高渔获率分布在 16 °C 等温线附近。宋利明^[20]报道,在大西洋中部区域,黄鳍金枪鱼的最适水层是 150—179 m,最适水温则是 13—14 °C。相比热带印度洋区域,大西洋黄鳍金枪鱼分布更深层冷水中,表明黄鳍金枪鱼可以进入更深的冷水去索饵。虽然黄鳍在暖水的分布要比在冷水的分布深,但在相似的纬度区域,同一种鱼在不同大洋垂直分布差异如此之大,值得探讨。本文计算了温跃层下界深度和温度,在文献^[20]调查期间的 3 个调查地点,温跃层下界深度值和温度值分别约是 160—180 m 和 12—13 °C。这表明大西洋中部黄鳍高渔获率水温分布的深度在温跃层下界以上区域附近,即热带印度洋和大西洋中部黄鳍金枪鱼延绳钓高渔获率水层都分布在温跃层下界及以上

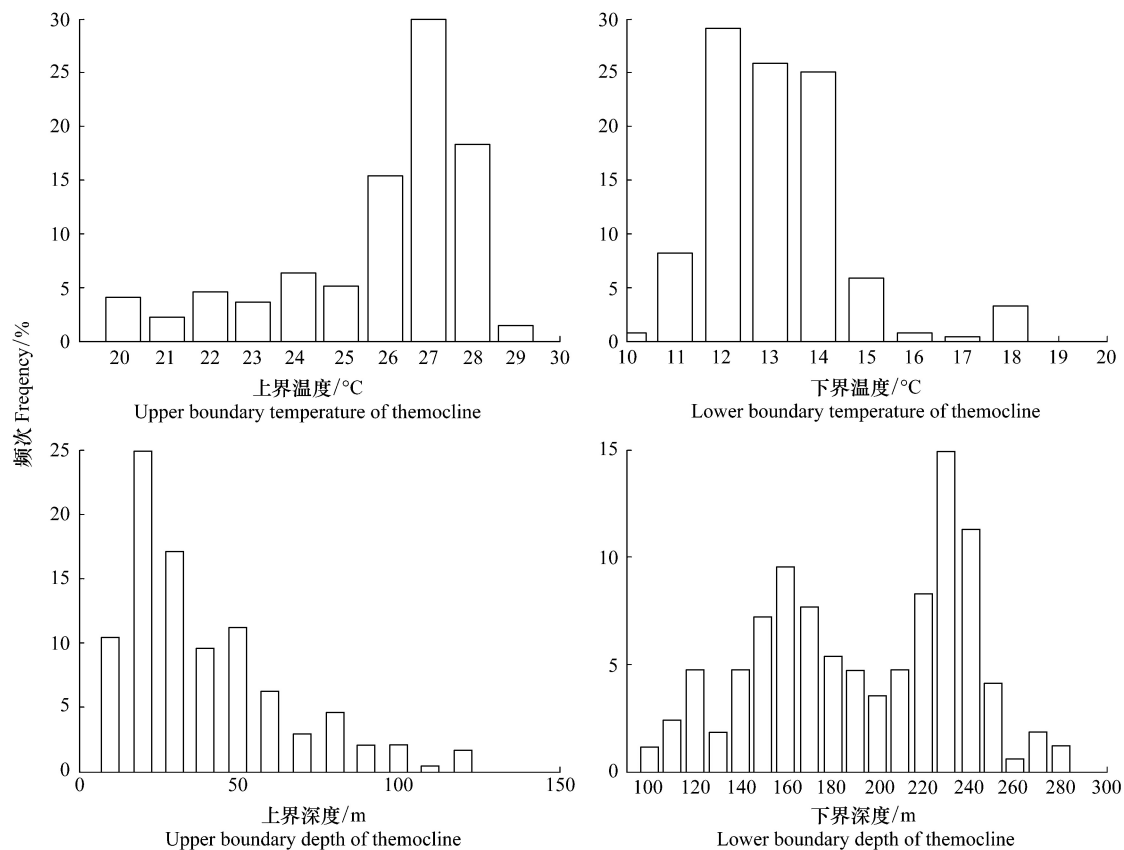


图 6 2007—2011 年,黄鳍金枪鱼高产 CPUE 频数和温跃层变量关系图

Fig.6 Relationship between thermocline variables and fishing frequency of high CPUE data for yellowfin tuna CPUE during 2007—2011

区域附近,据此推断影响大西洋中部和热带印度洋黄鳍金枪鱼索饵时垂直分布的环境因子是温跃层下界深度和温度值。大西洋中部和印度洋不同的温跃层下界深度值和温度值导致两大洋延绳钓黄鳍金枪鱼高渔获率分布水层和水温差异。

3.3 纬度对黄鳍金枪鱼垂直分布影响

在纳米比亚外海中心渔场对应的温跃层下界深度在 150—180 m, 浅于低纬度热带区域中心渔场分布的深度值;下界温度分布在 14—14.9 °C 左右, 高于低纬度热带区域中心渔场分布的下界温度值。这表明纬度较高的区域黄鳍金枪鱼的垂直分布深度要浅于低纬度(无论白天和晚上), 这和 Weng 等^[4]人对大西洋黄鳍金枪鱼标志放流的结果类似, 该文指出黄鳍金枪鱼在暖水分布的深度比冷水深, 这和延绳钓生产实际相吻合。在赤道热带区域, 应采用深水延绳钓作业, 而在中高纬度则采用浅水延绳钓作业^[6]。

4 结论

本文分析得出大西洋中部黄鳍金枪鱼适宜的温跃层上界温度和深度分别是 26—28.9 °C 和 10—50 m; 适宜的温跃层下界温度和深度分别是 12—14.9 °C 和 150—249 m。海上作业时, 可以参考本文绘制的月平均温跃层参数空间分布图寻找中心渔场, 并选择投钩的深度, 以提高黄鳍金枪鱼的捕捞效率。如在赤道附近海域, 应该在温跃层下界深度为 230 m 区域投钩, 投钩深度为 230 m 左右, 在纳米比亚外海在过 160 m 左右, 水温都要低于本文绘制的下界参数。具体投钩深度, 有待于进一步分析大西洋中部黄鳍金枪鱼高渔获率水温的等温线时空分布特征, 得出黄鳍金枪鱼适宜的水平和垂直深度三维空间分布范围。

References:

- [1] Schaefer K M, Fuller D W, Block B A. Movements, behavior, and habitat utilization of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the northeastern Pacific Ocean, ascertained through archival tag data. *Marine Biology*, 2007, 152(3): 503-525.
- [2] Schaefer K M, Fuller D W, Block B A. Vertical movements and habitat utilization of skipjack (*Katsuwonus pelamis*), yellowfin (*Thunnus albacares*), and bigeye (*Thunnus obesus*) tunas in the equatorial eastern Pacific Ocean, as ascertained through archival tag data // Nielsen J L, Arribabalaga H, Fragoso N, Hobday A, Lutcavage M, Sibert J, eds. *Reviews: Methods and Technologies in Fish Biology and Fisheries, Tagging and Tracking of Marine Animals with Electronic Devices*. Berlin: Springer, 2009, 9: 121-144.
- [3] Yokawa K, Saito H, Kanaiwa M, Takeuchi Y. Vertical distribution pattern of CPUE of atlantic billfishes and associated species estimated using

- longline research data. *Bulletin of Marine Science*, 2006, 79(3): 623-634.
- [4] Weng K C, Stokesbury M J W, Boustany A M, Seitz A C, Teo S L H, Miller S K, Block B A. Habitat and behaviour of yellowfin tuna *Thunnus albacares* in the Gulf of Mexico determined using pop-up satellite archival tags. *Journal of Fish Biology*, 2009, 74(7): 1434-1449.
- [5] Zagaglia C R, Lorenzetti J A, Stech J L. Remote sensing data and longline catches of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the equatorial Atlantic. *Remote Sensing of Environment*, 2004, 93(1/2): 267-281.
- [6] Lan K W, Lee M A, Lu H J, Shieh W J, Lin W K, Kao S C. Ocean variations associated with fishing conditions for yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the equatorial Atlantic Ocean. *Journal of Marine Science*, 2011, 68(6): 1063-1071.
- [7] Maury O, Gascuel D, Marsac F, Fonteneau A, de Rosa A L. Hierarchical interpretation of nonlinear relationships linking yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) distribution to the environment in the Atlantic Ocean. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2001, 58(3): 458-469.
- [8] China Argo Real-Time Data Center, Argo Newsletter. Hangzhou: The Second Institute of Oceanography, SOA, 2012, 28(4): 7-9.
- [9] Lee P F, Chen I C, Tzeng W N. Spatial and temporal distribution patterns of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the Indian Ocean. *Zoological Studies*, 2005, 44(2): 260-270.
- [10] Qiu Y, Hu J Y. Monthly variation of surface currents in the tropical Atlantic derived from TOPEX/ Poseidon altimeter data. *Acta Oceanologica Sinica*, 2004, 26(6): 1-12.
- [11] Zhou Y X, Li B L, Zhang Y J, Ba L C. World oceanic thermocline characteristics in winter and summer. *Marine Science Bulletin*, 2002, 21(1): 16-22.
- [12] Yang S L, Ma J J, Wu Y M, Tang F H, Zhang H, Zhou S F. Seasonal variability of temperature profile in *Thunnus obesus* and *Thunnus albacares* fishing ground in the Indian Ocean. *Marine Sciences*, 2012, 36(7): 97-103.
- [13] Levitus S. Climatological atlas of the world ocean. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 1983, 64(49): 962-963.
- [14] Mainuddin M, Saiton K, Saiton S I. Albacore (*Thunnus alalunga*) fishing ground in relation to oceanographic conditions in the western North Pacific Ocean using remotely sensed satellite data. *Fisheries Oceanography*, 2008, 17(2): 61-73.
- [15] Lebourges-Dhaussy A, Marchal É, Menkés C, Champalbert G, Biessy B. *Vinciguerria nimbaria* (micronekton), environment and tuna: their relationships in the Eastern Tropical Atlantic. *Oceanologica Acta*, 2000, 34(4): 515-572.
- [16] Picaut J. Propagation of the Seasonal Upwelling in the Eastern Equatorial Atlantic. *Journal of Physical Oceanography*, 1983, 13(1): 18-37.
- [17] Marchal E, Gerlotto F, Stequert B. On the relationship between scattering layer thermal structure and tuna abundance in the Eastern Atlantic equatorial current system. *Oceanologica Acta*, 1993, 16(3): 261-272.
- [18] Mohri M, Nishida T. Consideration on distribution of adult yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the Indian Ocean based on Japanese tuna longline fisheries and survey information. *IOTC Proceedings*, 2000, 3: 276-282.
- [19] Song L M, Zhang Y, Xu L X, Jiang W X, Wang J Q. Environmental preferences of longlining for yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the tropical high seas of the Indian Ocean. *Fisheries Oceanography*, 2008, 17(4): 239-253.
- [20] Song L M, Xu L X, Chen X J. Relationship between bigeye tuna vertical distribution and the temperature, salinity in the Central Atlantic Ocean. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2004, 11(6): 561-566.

参考文献:

- [8] 中国 Argo 实时资料中心. Argo 简讯. 杭州: 海洋二所, 2012, 28(4): 7-9.
- [10] 邱云, 胡建宇. 热带大西洋表层环流及其月变化特征的分析. *海洋学报*, 2004, 26(6): 1-12.
- [11] 周燕遐, 李炳兰, 张义钧, 巴兰春. 世界大洋冬夏季温度跃层特征. *海洋通报*, 2002, 21(1): 16-22.
- [12] 杨胜龙, 马军杰, 伍玉梅, 唐峰华, 张衡, 周甦芳. 印度洋大眼金枪鱼和黄鳍金枪鱼渔场水温垂直结构的季节变化. *海洋科学*, 2012, 36(7): 97-103.
- [20] 宋利明, 许柳雄, 陈新军. 大西洋中部大眼金枪鱼垂直分布与温度, 盐度的关系. *中国水产科学*, 2004, 11(6): 561-566.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.19 Oct., 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

A review of ecosystem services and research perspectives	MA Fengjiao, LIU Jintong, A. Egrinya Eneji (5963)
Sexual interference in non-human primates	YANG Bin, WANG Chengliang, JI Weihong, et al (5973)
Density-dependent effect on reproduction of rodents; a review	HAN Qunhua, GUO Cong, ZHANG Meiwen (5981)
Proximate and ultimate determinants of food chain length	WANG Yuyu, XU Jun, LEI Guangchun (5990)
Mechanism of biological control to plant diseases using arbuscular mycorrhizal fungi	LUO Qiaoyu, WANG Xiaojuan, LI Yuanyuan, et al (5997)
Advances in effects of conservation tillage on soil organic carbon and nitrogen	XUE Jianfu, ZHAO Xin, Shadrack Batsile Dikgwatlhe, et al (6006)
Habitat selection of the pre-released giant panda in Wolong Nature Reserve	ZHANG Mingchun, HUANG Yan, LI Desheng, et al (6014)
Activity rhythm and behavioral time budgets of wild Reeves's Pheasant (<i>Syrnaticus reevesii</i>) using infrared camera	ZHAO Yuze, WANG Zhichen, XU Jiliang, et al (6021)
The energy budget of tree sparrows <i>Passer montanus</i> in wind different speed and duration	YANG Zhihong, WU Qingming, DONG Haiyan, et al (6028)
Nest site characteristics of <i>Petaurista caniceps</i> in Baima Snow Mountain Nature Reserve	LI Yanhong, GUAN Jinke, LI Dayong, HU Jie (6035)
Effects of habitat fragmentation on the genetic diversity of <i>Pachycondyla luteipes</i> on islands in the Thousand Island Lake, East China	LUO Yuanyuan, LIU Jinliang, HUANG Jiuling, et al (6041)
The molecular genetic relationship between the pollinators of <i>Ficus pumila</i> var. <i>pumila</i> and <i>Ficus pumila</i> var. <i>aukeotsang</i>	WU Wenshan, CHEN Youling, SUN Lingli, et al (6049)
The genetic evolutionary relationships of two <i>Eupristina</i> species on <i>Ficus altissima</i>	CHEN Youling, SUN Lingli, WU Leilei, et al (6058)
Metal uptake and root morphological changes for two varieties of <i>Salix integra</i> under cadmium stress	WANG Shufeng, SHI Xiang, SUN Haijing, et al (6065)
Effects of phthalic acid on seed germination, membrane lipid peroxidation and osmoregulation substance of radish seedlings	YANG Yanjie, WANG Xiaowei, ZHAO Kang, et al (6074)
The morphological and physiological responses of <i>Tamarix ramosissima</i> seedling to different irrigation methods in the extremely arid area	MA Xiaodong, WANG Minghui, LI Weihong, et al (6081)
Response characteristics of photosynthetic and physiological parameters in <i>Ziziphus jujuba</i> var. <i>spinosa</i> seedling leaves to soil water in sand habitat formed from seashells	WANG Rongrong, XIA Jiangbao, YANG Jihua, et al (6088)
Effects of ceramsite mulching on soil water content, photosynthetic physiological characteristics and growth of plants	TAN Xuehong, GUO Xiaoping, ZHAO Tingning (6097)
Dynamics of tannin concentration and nutrient resorption for branchlets of <i>Casuarina equisetifolia</i> plantations at different ages	YE Gongfu, ZHANG Shangju, ZHANG Lihua, et al (6107)
Sulfur contents in leaves and branches of dominant species among the three forest types in the Pearl River Delta	PEI Nancai, CHEN Bufeng, ZOU Zhijin, et al (6114)
Impacts of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus on growth dynamics of <i>Bauhinia faberi</i> seedlings	SONG Chengjun, QU Laiye, MA Keming, et al (6121)
Characteristics of ion accumulation and seed germination for seeds from plants cultured at different concentrations of nitrate nitrogen and salinity	ZHOU Jiachao, FU Tingting, ZHAO Weiwei, et al (6129)
Physio-ecological effects of endophyte infection on the host grass with elevated CO ₂	SHI Zhibing, ZHOU Yong, LI Xia, et al (6135)
Effects of pretreatment on germination of <i>Typha domingensis</i> and <i>Phragmites australis</i>	MENG Huan, WANG Xuehong, TONG Shouzheng, et al (6142)
Transfer characteristics of cadmium from soil to <i>Salix × aureo-pendula</i>	ZHANG Wen, WEI Hong, SUN Xiaocan, et al (6147)
Effect of Close-to-Nature management on the natural regeneration and species diversity in a masson pine plantation	LUO Yinghua, SUN Dongjing, LIN Jianyong, et al (6154)
Population dynamics and seed banks of the threatened seagrass <i>Halophila beccarii</i> in Pearl Bay, Guangxi	QIU Guanglong, FAN Hangqing, LI Zongshan, et al (6163)
Effects of biological crusts on dew deposition and evaporation in the Southern Edge of the Mu Us Sandy Land, Northern China	YIN Ruiping, WU Yongsheng, ZHANG Xin, et al (6173)
Life history characteristics and spatial distribution of <i>Populus pruinosa</i> population at the upper reaches of Tarim River	HAN Lu, XI Linqiao, WANG Jiaqiang, et al (6181)
Interactive effects of short-term nitrogen enrichment and simulated grazing on ecosystem respiration in an alpine meadow on the Tibetan Plateau	ZONG Ning, SHI Peili, JIANG Jing, et al (6191)

- The correlation between soil water salinity and plant community distribution under micro-topography in Songnen Plain YANG Fan, WANG Zhichun, WANG Yunhe, et al (6202)
- Comparison of TSP, PM_{2.5} and their water-soluble ions from both inside and outside of Dafushan forest park in Guangzhou during rainy season XIAO Yihua, LI Jiong, KUANG Yuanwen, et al (6209)
- Fish community ecology in rocky reef habitat of Ma'an Archipelago II. Spatio-temporal patterns of community structure WANG Zhenhua, ZHAO Jing, WANG Kai, et al (6218)
- Interannual variation in the population dynamics of snailfish *Liparis tanakae* in the Yellow Sea CHEN Yunlong, SHAN Xiujuan, ZHOU Zhipeng, et al (6227)
- Spatial and temporal variation of soil macro-fauna community structure in three temperate forests LI Na, ZHANG Xueping, ZHANG Limin (6236)
- Community structure and species biodiversity of fig wasps in syconia of *Ficus superba* Miq. var. *japonica* Miq. in Fuzhou CHEN Youling, CHEN Xiaoqian, WU Wenshan, et al (6246)
- Marine ecological capital: valuation methods of marine ecosystem services CHEN Shang, REN Dachuan, XIA Tao, et al (6254)
- Geomorphologic regionalization of China aimed at construction of nature reserve system GUO Ziliang, CUI Guofa (6264)
- Impact of ecological vegetation construction on the landscape pattern of a Loess Plateau Watershed YI Yang, XIN Zhongbao, QIN Yunbin, et al (6277)
- Spatial heterogeneity of soil moisture across a cropland-grassland mosaic: a case study for agro-pastoral transition in north of China WANG Hongmei, WANG Zhongliang, WANG Kun, et al (6287)
- The regional diversity of changes in growing duration of spring wheat and its correlation with climatic adaptation in Northern China E Youhao, HUO Zhiguo, MA Yuping, et al (6295)
- Response of soil physical-chemical properties to rocky desertification succession in South China Karst SHENG Maoyin, LIU Yang, XIONG Kangning (6303)
- Prediction of the effects of climate change on the potential distribution of mire in Northeastern China HE Wei, BU Rencang, LIU Hongjuan, et al (6314)
- Soil nitrogen mineralization and associated temperature sensitivity of different Inner Mongolian grasslands ZHU Jianxing, WANG Qiufeng, HE Nianpeng, et al (6320)
- Effects of land use on soil nutrient in oasis-desert ecotone in the middle reach of the Heihe River MA Zhimin, LÜ Yihe, SUN Feixiang, et al (6328)
- Assessment on heavy metal pollution status in paddy soils in the northern Chengdu Plain and their potential ecological risk QIN Yusheng, YU Hua, FENG Wenqiang, et al (6335)
- Relationship between the temporal-spatial distribution of longline fishing grounds of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and the thermocline characteristics in the Central Atlantic Ocean YANG Shenglong, MA Junjie, ZHANG Yu, et al (6345)
- Biological nitrogen fixation in the upper water column in the south Taiwan Strait during summer 2011 LIN Feng, CHEN Min, YANG Weifeng, et al (6354)
- Storage and drivers of forests carbon on the Beichangshan Island of Miaodao Archipelago SHI Honghua, WANG Xiaoli, WANG Ai, et al (6363)
- Impact of changes in vegetation types on soil C mineralization and associated temperature sensitivity in the Changbai Mountain forests of China WANG Dan, LÜ Yuliang, XU Li, et al (6373)
- Analysis of relationship between genetic structure of Chinese Pine and mountain barriers MENG Xiangxiang, DI Xiaoyan, WANG Mengben, et al (6382)
- Soil organic carbon interpolation based on auxiliary environmental covariates: a case study at small watershed scale in Loess Hilly region WEN Wen, ZHOU Baotong, WANG Yafeng, et al (6389)
- Eco-management benefit analysis of industrial resources from life cycle perspective: a case study of a virtual symbiosis network SHI Xiaoqing, LI Xiaonuo, YANG Jianxin (6398)
- The game analysis between poverty and environment in ecologically fragile zones QI Xinhua, YE Shilin, CHENG Yu, et al (6411)
- The coupling development of economy and environment under the background of World Expo in Shanghai NI Yao, YUE Wenzhe, ZHANG Yuntang, et al (6418)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 陈利顶

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 33 卷 第 19 期 (2013 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 19 (October, 2013)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发刊

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元