

文章编号: 1674-5566(2017)04-0570-10

DOI:10.12024/jsou.20161101910

## 热带大西洋拟锥齿鲨资源动态和空间分布研究

王浩展<sup>1</sup>, 戴小杰<sup>1,2,3</sup>, 高春霞<sup>1,2,3</sup>, 王家启<sup>1</sup>

(1. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306; 2. 上海海洋大学 大洋渔业可持续开发教育部重点实验室, 上海 201306; 3. 上海海洋大学 农业部大洋渔业资源环境科学观测实验站, 上海 201306)

**摘要:** 拟锥齿鲨是热带大西洋金枪鱼延绳钓渔业中较为常见的兼捕物种, 处于海洋生态系统的顶端, 对维持海洋生态系统的稳定性和多样性起着非常重要的作用。根据我国金枪鱼渔业国家观察员 2010—2015 年在热带大西洋海域调查时收集的 1 561 尾拟锥齿鲨数据, 对其资源动态和空间分布进行了初步分析, 结果表明: 在研究的海域内(6.33°S~17.43°N, 18.25°W~42.03°W), 拟锥齿鲨 CPUE 高的区域为 5°N~10°N, 20°W~30°W; 2010—2015 年 CPUE 呈现波动, 整体有上升的趋势, 但不显著; 软骨鱼类占总渔获物的比例整体呈下降趋势; 拟锥齿鲨兼捕数量占总渔获的 5.8%, 占兼捕软骨鱼类的 22.5%; 拟锥齿鲨在 12 月—3 月的平均 CPUE 较高。拟锥齿鲨最大叉长组(叉长范围在 85~90 cm)的个体多分布在 5°N~7.5°N, 27.5°W~37.5°W 和 5°N~0°, 25°W~30°W 这两个区域。拟锥齿鲨理论钩获深度范围为 140~313 m, 平均深度为 221 m。1、2、3 钩位(140~212 m)的上钩频率最大, 占总上钩率的 55.59%。10 月至次年 4 月不同月份拟锥齿鲨的钩位分布没有显著性的差异。妊娠期拟锥齿鲨明显分布于较浅的水层。不同钩位拟锥齿鲨的摄食等级无显著性差异。

**关键词:** 拟锥齿鲨; 热带大西洋; 空间分布; CPUE; 钩位

**中图分类号:** S 913.3

**文献标志码:** A

拟锥齿鲨(*Pseudocarcharias kamoharai*, PSK) 隶属于鼠鲨目(Lamniformes)、拟锥齿鲨科(Pseudocarchariidae)、拟锥齿鲨属(*Pseudocarcharias*), 异名鳄鲨(Crocodile shark)<sup>[1]</sup>, 属洄游性鱼类, 广泛分布于大西洋、印度洋和太平洋的热带和亚热带近岸及公海海域, 垂直洄游深度可达 590 m<sup>[2]</sup>。该鱼种主要栖息于海洋光合层, 觅食范围在近岸和远离陆地的公海海域。拟锥齿鲨是远洋金枪鱼延绳钓渔业较为常见的兼捕鱼种<sup>[3]</sup>, 在热带大西洋以金枪鱼和剑鱼为目标鱼种的延绳钓渔业中, 拟锥齿鲨已成为热带大西洋兼捕量最多的两种软骨鱼类之一, 占软骨鱼类兼捕量的 5%, 仅次于另一种软骨鱼类大青鲨(*Prionace glauca*)<sup>[4]</sup>。与其他延绳钓兼捕鱼种相比, 拟锥齿鲨的经济价值较低, 常被丢弃, 但其肝脏中含角鲨烯<sup>[5]</sup>, 具有较高的潜在经济价值和重要的生态价值, 因此不乏学者对其进行

研究, 但国内外对拟锥齿鲨的相关研究主要集中在体长-体质量分析, 肝重指数、繁殖生物学等基础生物学研究<sup>[6-9]</sup>, 由于大洋性鱼类数据和样本收集的困难性, 对于拟锥齿鲨的资源动态、地理分布和垂直分布等的研究相对较少。本文根据我国延绳钓科学观察员 2010—2015 年采集的拟锥齿鲨数据, 对热带大西洋拟锥齿鲨的时空分布和资源变动进行了初步的研究和分析, 以期为进一步评估该鲨鱼的资源状况和管理提供参考。

### 1 数据来源

#### 1.1 作业时间和区域

数据来自我国金枪鱼延绳钓渔业观察员 2010—2015 年共 6 个航次(共观察 843 钩次)在热带大西洋海域(6.33°S~17.43°N, 18.25°~42.03°W, 表 1, 图 1) 调查时采集的 1 561 尾拟锥齿鲨。

收稿日期: 2016-11-26 修回日期: 2017-04-02

基金项目: 农业部公海渔业研究财政专项(08-54)

作者简介: 王浩展(1991—), 男, 硕士研究生, 研究方向为渔业资源。E-mail: hoganwang@126.com

通信作者: 戴小杰, E-mail: xjdai@shou.edu.cn

表 1 2010—2015 年热带大西洋中国延绳钓渔业观察员观察航次信息表  
Tab.1 The observer trips information in the tropical Atlantic longline fishery of China

观察开始日期 Start date	观察结束日期 End date	经度范围 Longitude ranges	纬度范围 Latitude ranges	观察钩次 Observed trips	样本数量 Sample size/ind
2010/10/22	2011/03/08	22.00°W ~ 39.93°W	6.08°S ~ 13.98°N	166	147
2011/11/38	2012/03/14	27.00°W ~ 38.63°W	4.58°N ~ 15.17°N	188	507
2012/11/12	2013/02/06	26.55°W ~ 42.03°W	5.00°N ~ 17.43°N	133	132
2013/11/11	2014/04/15	18.57°W ~ 38.58°W	6.33°S ~ 13.30°N	226	552
2014/10/29	2014/12/21	21.03°W ~ 29.97°W	2.48°S ~ 06.38°S	50	40
2015/09/04	2015/12/18	18.25°W ~ 32.88°W	5.98°S ~ 09.42°N	80	156

## 1.2 研究方法

将我国金枪鱼延绳钓科学观察员收集到的拟锥齿鲨的叉长 (cm)、性别、摄食等级、钩位、繁殖信息和其他相关的渔业信息进行收集整理和分类汇总。主要研究方法如下:

(1) 以单位捕捞努力量渔获量 (Catch Per Unit of Effort, CPUE) 作为资源指标, CPUE 定义为:

$$CPUE = (C/E) 1000 \quad (1)$$

式中:  $C$  (尾) 为一个钩次的产量,  $E$  (钩) 为一个钩次的投钩数量, CPUE 单位为尾/1000 钩。根据拟锥齿鲨的分布和 CPUE 的大小, 选择将拟锥齿鲨 CPUE 的空间分布以  $2.5^\circ \times 2.5^\circ$  的小渔区进行划分, 再分别计算各个小渔区的平均 CPUE, 相比其他研究使用的  $5^\circ \times 5^\circ$  更为合适<sup>[10]</sup>。先计算出 2010—2015 年全部数据的累积 CPUE, 并绘制分布图, 以了解拟锥齿鲨 CPUE 在热带大西洋的整体分布。

(2) 分别绘制出各年份拟锥齿鲨的 CPUE 分布图, 根据每一年的 CPUE 平均值, 对 2010—2015 年拟锥齿鲨的资源变动做初步了解, 并根据线性趋势卡方检验, 判断其有无显著上升或下降的趋势。

(3) 根据 2010—2015 年观察员数据, 计算出总渔获的 CPUE 和总软骨鱼类渔获 CPUE, 计算各年份拟锥齿鲨 CPUE 占总渔获 CPUE 的比例、拟锥齿鲨 CPUE 占总软骨鱼类渔获 CPUE 的比例和软骨鱼类 CPUE 占总渔获 CPUE 的比例, 以初步了解拟锥齿鲨在整个热带大西洋金枪鱼延绳钓渔业渔获物的比例和软骨鱼类资源动态。

(4) 对拟锥齿鲨 CPUE 按月份进行汇总, 通过单因素方差分析和多重比较检验 (LSD) 方法检验月份对其 CPUE 的变化有无显著性影响和各个月份之间的差异是否显著。

(5) 将样本中的妊娠母鲨的位置信息和拟锥

齿鲨的雄雌分布信息绘制成分布图, 定性了解妊娠个体的分布和雄雌个体分布是否随机、有无直观差异。

(6) 拟锥齿鲨叉长分布以 5 cm 为组距, 绘制拟锥齿鲨不同叉长个体的地理分布和比例图, 以初步了解不同个体拟锥齿鲨的分布情况。

(7) 在本研究中, 延绳钓渔船钓钩的理论深度可以根据悬链线公式进行计算<sup>[11-12]</sup>, 在延绳钓作业中, 将每枚钓钩在浮球间干线上的顺序进行编号, 即为钓钩的钩号, 通过钓钩理论深度计算公式计算该枚钓钩的理论深度, 公式如下:

$$D_j = h_f + h_b + \frac{L}{2} \left\{ (1 + \cot^2 \alpha^\circ)^{\frac{1}{2}} - \left[ \left( 1 - \frac{2j}{n+1} \right)^2 + \cot^2 \alpha^\circ \right]^{\frac{1}{2}} \right\} \quad (2)$$

式中:  $D_j$  为钩位  $j$  的深度,  $h_f$  和  $h_b$  为浮绳长度和支绳长度,  $L$  为单筐的主绳自然长度 (等于主绳投绳速度乘以单筐投放的时间),  $n$  为单筐支绳数,  $\alpha^\circ$  为主绳和浮绳交接点的水平线与切线的夹角。每一筐两端最接近浮球的钩位均为第 1 钩位。由于  $\alpha^\circ$  难以直接测量, 因此通过以下公式计算<sup>[12]</sup>:

$$k = v_2/v_1 \cot \alpha^\circ \ln \left[ \tan \left( 45^\circ + \frac{\alpha^\circ}{2} \right) \right] \quad (3)$$

式中:  $k$  为缩短率, 定义为单筐两浮球间的水平距离/单筐主绳的长度, 可以由下钩船速  $v_2/v_1$  主绳投速得到<sup>[12]</sup>。本次观察期间主绳投速和下钩船速变化较小,  $k$  位于 0.609 5 ~ 0.752 6 之间, 求解以上方程, 可得到  $\alpha^\circ$  的范围为  $(60.7^\circ \sim 70.9^\circ)$ 。

实际作业过程中, 风力、海流速率和方向等海洋环境因子均将会影响到钓钩深度, 实际观测各个钩位的深度稍浅于悬链线公式计算得到的理论深度, 这一现象称为钓钩上浮<sup>[13-14]</sup>。在实际应用中, 常用百分比来表示钓钩上浮率<sup>[14]</sup>, 又称为上浮修正因子, 经常被作为修正理论计算钩深

的经验值使用<sup>[15-16]</sup>,但是不同海区和海洋环境条件的上浮率差别较大。根据已往研究,一般的上浮率处于 10% ~ 30% 之间<sup>[13,17-18]</sup>。参照与本文取样站点相近海域的相关试验,本文采用 10% 作为上浮率对理论钩钩深度进行修正<sup>[17]</sup>,本研究中两浮球之间支线均为 16 个,故将同深度的钩位合并为 1 ~ 8 钩位进行描述和计算。

(8)按月份对拟锥齿鲨 CPUE 的垂直分布进行研究,用单因素方差分析检验月份对 CPUE 的垂直分布的影响是否显著。

(9)对雌雄拟锥齿鲨垂直分布进行对比,初步了解不同性别个体在垂直分布上的差异。

(10)对妊娠期鲨鱼的垂直分布进行研究,初步了解妊娠期鲨鱼在分布上的偏好习性。

(11)按钩位汇总拟锥齿鲨的叉长数据,研究每个钩位拟锥齿鲨的叉长分布,并用单因素方差分析比较不同钩位不同个体拟锥齿鲨的分布,以了解不同个体拟锥齿鲨在垂直分布上有无特征。

(12)摄食等级采用 5 级制,分为 0、I、II、III、IV 5 级,其中 0 级为空胃, I 级为摄食量少于胃的 1/2; II 级为摄食量大于胃的 1/2; III 级为充满但不膨胀; IV 级为饱满、胃壁膨胀突出<sup>[19]</sup>。通过协方差(ANOVA)分析,检验钩位深浅与拟锥齿鲨的摄食等级比例分布有无显著性差异。

数据分析软件为 ArcGIS 10.2、Microsoft Excel 2013、SPSS 22.0。

## 2 结果

### 2.1 热带大西洋拟锥齿鲨地理分布和资源动态

#### 2.1.1 热带大西洋拟锥齿鲨 CPUE 地理分布

我国大西洋金枪鱼延绳钓渔业中拟锥齿鲨的捕获位置范围为 6.38° S ~ 15.17° N, 18.53° W ~ 42.02° W,在以大眼金枪鱼和剑鱼为目标鱼种的延绳钓渔业作业范围内共观察 843 钩次,其中 70.21% 的钩次均兼捕到拟锥齿鲨, CPUE 值较高的区域主要集中在 5° N ~ 10° N, 20° W ~ 30° W 和 5° S ~ 0°, 22.5° W ~ 25° W 的区域(图 1), CPUE 值范围为 0 ~ 3.94 尾/每千钩,平均值为  $0.83 \pm 1.24$  尾/每千钩。

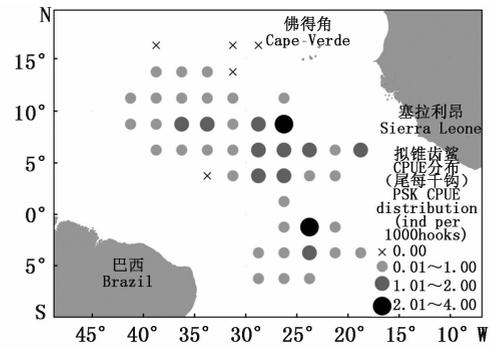


图 1 2010—2015 年热带大西洋中国延绳钓渔业中拟锥齿鲨 CPUE 累积分布  
Fig. 1 2010—2015 CPUE cumulative distribution of *Pseudocarcharias kamoharai* in tropical Atlantic longline fishery of China

#### 2.1.2 2010—2015 年热带大西洋拟锥齿鲨 CPUE 地理分布年变化

热带大西洋 2010—2015 年各年平均 CPUE 分别为 0.50、0.91、0.36、1.25、0.65、1.20,其作业区域的分布如图 2 所示,各年的 CPUE 呈现波动,但经线性趋势卡方检验,年平均 CPUE 并没有显著上升的趋势( $P = 0.242 > 0.05$ )。

#### 2.1.3 热带大西洋拟锥齿鲨兼捕比例及变化

本研究分析了 2010—2015 年各年拟锥齿鲨占总渔获物和软骨鱼类渔获物的比例和变化,结果显示拟锥齿鲨总兼捕数量占总渔获物数量的 5.8%,占软骨鱼类数量的 22.5%,仅次于大青鲨数量在软骨鱼类的比例 59.0% (图 3)。拟锥齿鲨占总渔获物的比例在 2010—2015 年维持在 5% 上下,总体没有显著的上升或者下降的趋势;其占软骨鱼类的比例在 2010—2012 年呈现下降的趋势,随后再上升和下降( $20\% \pm 5\%$ ),整体上没有显著的上升或者下降的趋势;而软骨鱼类占总渔获物的比例在 2011 年达最大值 39.33%,相比 2010 年(19.14%)急速上升,之后缓慢下降直到 2014 年的 16.77%,在 2015 年稍有回升(22.40%),整体呈下降的趋势(图 4)。假设延绳钓渔船的渔获和兼捕等因素都是随机的,则样本的 CPUE 变化和比例在一定程度上代表了热带大西洋拟锥齿鲨总体资源的状况。

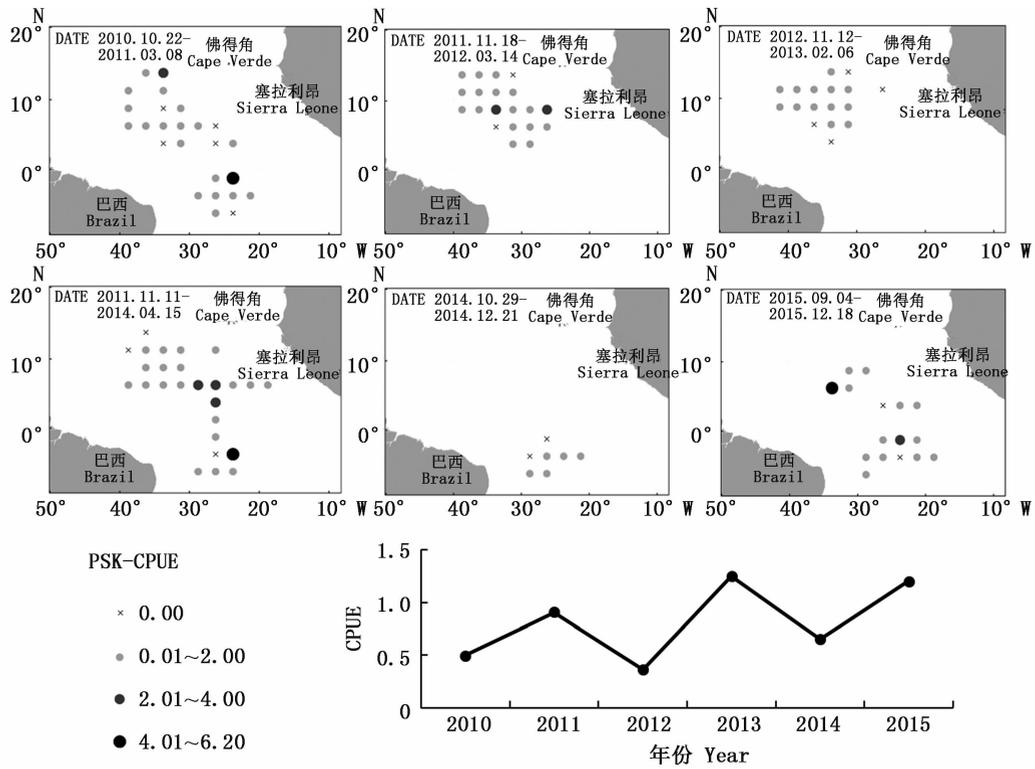


图2 2010年—2015年热带大西洋延绳钓渔业中拟锥齿鲨的CPUE年度分布及趋势图  
 Fig.2 2010—2015 CPUE of the *Pseudocarcharias kamoharai* distribution and trends in tropical Atlantic longline fishery of China

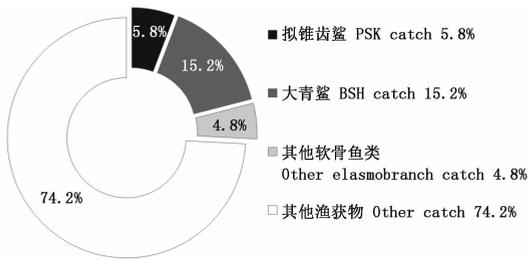


图3 热带大西洋中国延绳钓渔业中拟锥齿鲨及其他渔获物比例  
 Fig.3 The proportion of *Pseudocarcharias kamoharai* and other catch in tropical Atlantic longline fishery of China

2.1.4 拟锥齿鲨 CPUE 月份分布

2010—2015年我国延绳钓渔业在热带大西洋各航次时间一般为当年的10月至次年的4月,分析2010—2015年不同月份拟锥齿鲨的平均CPUE值,结果显示10月—4月各月份的平均CPUE分别为0.58、0.55、1.03、0.88、0.82、1.09、0.34,其中12月、1—3月的平均CPUE较高。经单因素方差检验,月份之间的CPUE均值有显著性差异( $F = 4.226, P < 0.05$ ),经多重比较检验

(LSD),11月份和12月份之间有显著性差异( $P < 0.05$ ),3月份和4月份之间有显著性差异( $P < 0.05$ ),见图5。

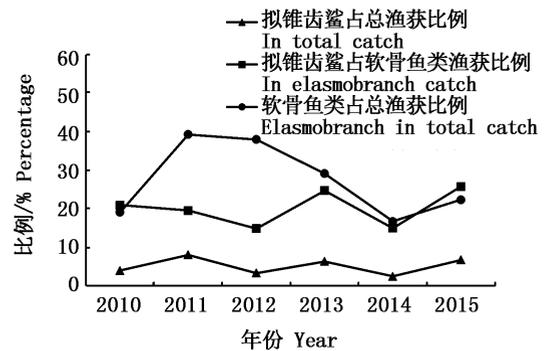


图4 2010—2015年热带大西洋中国延绳钓渔业中拟锥齿鲨渔获比例变化图  
 Fig.4 2010—2015 *Pseudocarcharias kamoharai* by-catch percentage variation in tropical Atlantic longline fishery of China

2.1.5 拟锥齿鲨雄雌及妊娠个体地理分布

根据观察员的样本观察数据分析拟锥齿鲨性别的地理分布状况,结果显示雌雄拟锥齿鲨在大西洋热带海域中国金枪鱼延绳钓作业区域的

分布基本一致,妊娠期拟锥齿鲨基本上分布在拟锥齿鲨较为集中的区域(5°N~10°N,35°W~30°W)(图6)。

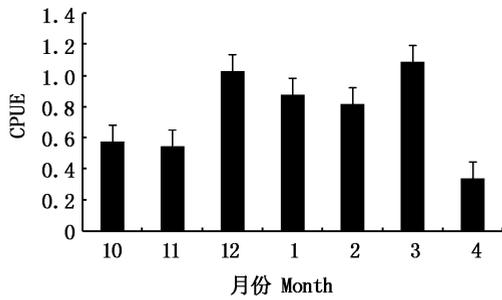


图5 2010—2015年热带大西洋中国延绳钓渔业中不同月份拟锥齿鲨的平均CPUE变化图  
Fig.5 Average CPUE of the *Pseudocarcharias kamoharai* changes in different months in tropical Atlantic longline fishery of China

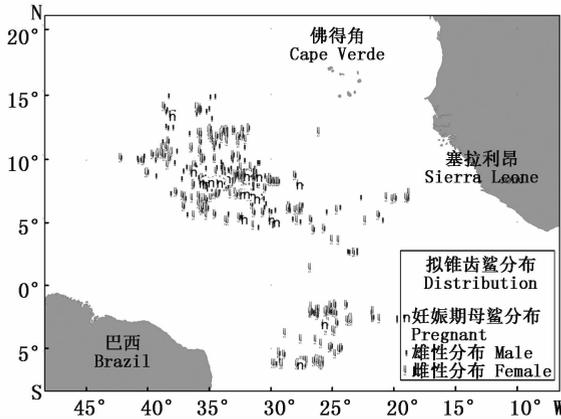


图6 2010—2015年热带大西洋中国延绳钓渔业中拟锥齿鲨雄雌及妊娠个体分布  
Fig.6 The distribution of pregnancy, male and female individuals of *Pseudocarcharias kamoharai* in tropical Atlantic longline fishery of China

### 2.1.6 拟锥齿鲨叉长的地理分布差异

拟锥齿鲨的优势叉长为80~85 cm,占总样本量的42.11%,其次为75~80 cm和85~90 cm,分别占28.95%和21.05%(图7);根据观察员的叉长数据分析拟锥齿鲨叉长的地理分布情况,发现叉长范围在80~85 cm和75~80 cm的拟锥齿鲨分布均较为广泛和分散,而叉长范围在85~90 cm的最大叉长组个体集中分布在5°N~7.5°N,27.5°W~37.5°W和5°S~7.5°S,25°W~30°W的区域(图8)。

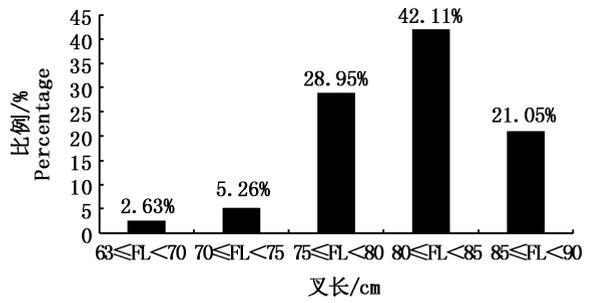


图7 热带大西洋拟锥齿鲨叉长频率分布图  
Fig.7 Fork length frequency distributions for *Pseudocarcharias kamoharai* caught in tropical Atlantic longline fishery of China

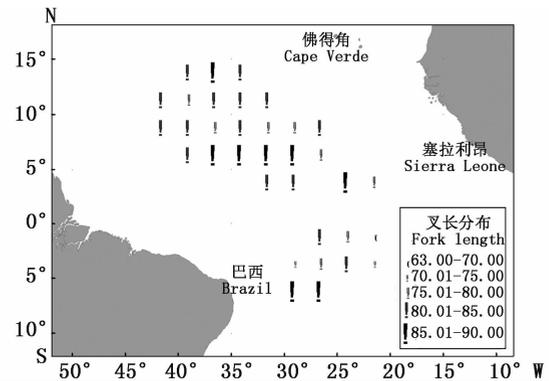


图8 2010—2015年热带大西洋中国延绳钓渔业中拟锥齿鲨叉长分布  
Fig.8 The distribution of *Pseudocarcharias kamoharai* fork length in tropical Atlantic longline fishery of China

## 2.2 垂直分布

### 2.2.1 钩位频率和钩深分布

根据热带大西洋金枪鱼延绳钓的渔具参数和下钩时的信息,用悬链线公式计算出修正后的理论深度范围为140~313 m(表2),其中1、2钩位的上钩频率最大,分别为19.34%和21.45%,占总上钩率的40.79%。拟锥齿鲨的垂直分布的平均深度为221 m(图9)。

### 2.2.2 平均钩位的月分布

利用SPSS软件统计分析不同月份的拟锥齿鲨的钩位分布(图10),11月份、12月份和1月份的平均钩位均为3钩位;2月份平均钩位为4,但上下四分位数之间的范围较大,说明钩位分布较为分散;2月份—4月份钩位分布成上升趋势,至4月份的平均钩位最浅,为2钩位。经单因素方差分析,结果显示不同月份拟锥齿鲨的钩位分布

没有显著性的差异( $P > 0.05$ )。

表 2 热带大西洋中国延绳钓渔业中拟锥齿鲨不同钩位兼捕频率和理论钩深分布表

Tab. 2 *Pseudocarcharias kamoharai* bycatch frequency and the theoretical depth in each hook position in tropical Atlantic longline fishery of China

钩位 Hook position	频率 Frequency	理论深度/m Theoretical Depth	10%上浮率修正深度/m Corrected Depth
1	19.34%	156	140
2	21.45%	197	177
3	14.80%	236	212
4	11.18%	269	242
5	10.27%	299	269
6	6.34%	322	290
7	9.06%	339	305
8	7.55%	348	313

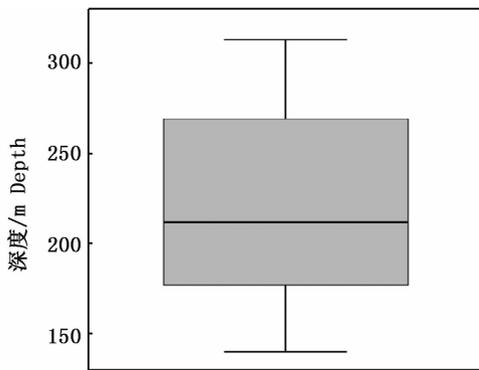


图 9 热带大西洋中国延绳钓渔业中拟锥齿鲨理论垂直分布箱线图  
Fig. 9 Theoretical vertical distribution of *Pseudocarcharias kamoharai* in tropical Atlantic longline fishery of China

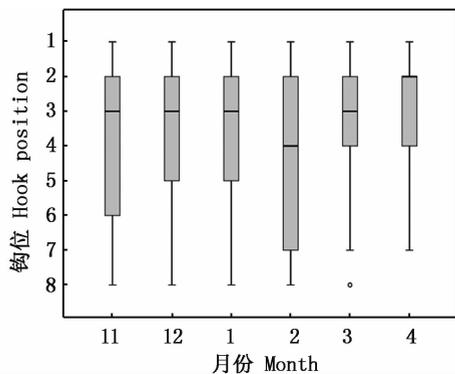


图 10 不同月份兼捕拟锥齿鲨的钩位分布  
Fig. 10 Distribution of *Pseudocarcharias kamoharai* by catch hook position of each month

### 2.2.3 钩位与性别关系

对 118 尾雌性拟锥齿鲨和 177 尾雄性拟锥齿鲨的钩位分布频率进行了分析,结果显示 4、5 钩位雌性比雄性渔获比例大,1 钩位雌雄渔获比例相等,其余钩位兼捕雄性拟锥齿鲨的比例均大于雌性(图 11)。经 F 检验,拟锥齿鲨雌雄个体上钩钩位并没有显著性的差异( $P = 0.45 > 0.05$ )。

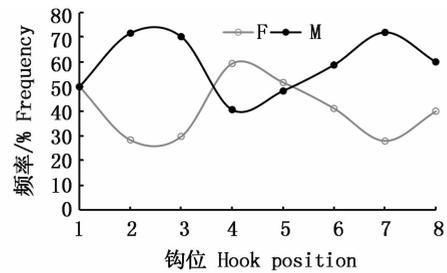


图 11 不同钩位拟锥齿鲨雌雄分布频率  
Fig. 11 The proportion of male and female *Pseudocarcharias kamoharai* distribution in each hook position

### 2.2.4 妊娠期鲨鱼的垂直分布

分析了 33 尾妊娠期拟锥齿鲨的垂直分布,在 140 ~ 240 m (1 ~ 4 钩位)分布的妊娠期拟锥齿鲨占 74.2%,在 270 ~ 320 m (5 ~ 8 钩位)分布的妊娠期拟锥齿鲨占 25.8%。妊娠期拟锥齿鲨明显分布于较浅的水层。

### 2.2.5 拟锥齿鲨叉长的垂直分布差异

分析了不同钩位拟锥齿鲨的叉长分布,发现不同钩位拟锥齿鲨的叉长分布及平均叉长并没有明显的趋势和规律,仅 5、6 钩位拟锥齿鲨的平均叉长相对较小,但上下四分位数之间的范围较大,说明不同叉长个体的分布较为分散(图 12),经单因素方差分析显示不同钩位拟锥齿鲨叉长的分布没有显著性差异( $P > 0.05$ )。

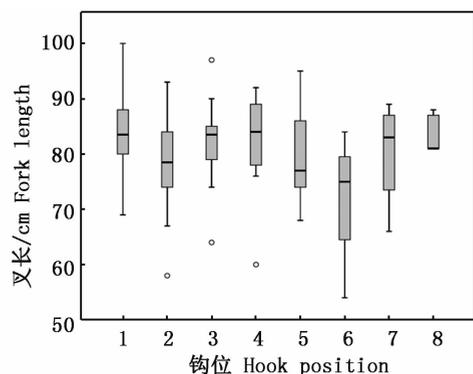


图 12 不同钩位兼捕拟锥齿鲨的叉长分布  
Fig. 12 Fork length distribution of *Pseudocarcharias kamoharai* in each hook position

### 2.2.6 钩位与摄食等级

通过对不同钩位拟锥齿鲨摄食等级的频率分析,发现较浅钩位(1~4)摄食等级为0的比例比较深钩位(5~8)稍高,而摄食等级为IV的比例比较深钩位稍低,摄食等级为I、II和III的比例变化没有明显的趋势,经协方差(ANOVA)检验,钩位深浅与拟锥齿鲨的摄食等级比例分布没有显著性差异( $P=0.996>0.05$ ,图13)。

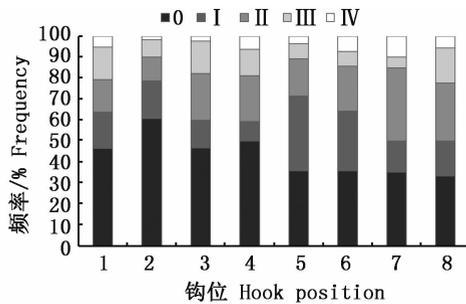


图13 不同钩位兼捕的拟锥齿鲨的摄食等级分布  
Fig. 13 Proportional distribution of *Pseudocarcharias kamoharai* feeding level at each hook position

## 3 讨论

### 3.1 拟锥齿鲨的地理分布和垂直分布

拟锥齿鲨广泛分布于各大洋的热带和亚热带沿岸和公海海域<sup>[2]</sup>。FERRETTE等<sup>[4]</sup>、JOUNG

等<sup>[20]</sup>和COELHO等<sup>[21]</sup>的研究均认为拟锥齿鲨的空间分布纬度范围为:20°N~30°S;而ROMANOV等<sup>[22]</sup>认为其分布范围为44°S~37°N。本研究的结果认为拟锥齿鲨在中国金枪鱼延绳钓渔业作业范围内的分布为:6.33°S~17.43°N,18.25°~42.03°W,而拟锥齿鲨实际的分布范围要接近以上学者的研究结果甚至更广。拟锥齿鲨的分布机制与环境因子等相关,需要进一步结合渔业、环境和卫星数据进行研究。

COMPAGNO等<sup>[2]</sup>认为拟锥齿鲨的垂直分布范围为0~590m,本研究依赖于延绳钓钩深所获得的垂直分布深度范围为140~313m(以上浮率为10%修正),与之前许友伟、庄之栋等<sup>[23-24]</sup>认为拟锥齿鲨钩获分布范围为107~311m(分别以15%、20%、25%上浮率计算)较为接近。本研究进一步精确了拟锥齿鲨的理论垂直分布范围,可为今后在渔具选择上减少拟锥齿鲨的兼捕提供一定的参考。

### 3.2 拟锥齿鲨的CPUE和资源变动

本研究中拟锥齿鲨的平均CPUE为0.83,与其他研究和记载有所差异(表3)。究其原因,可能是由不同渔获时间资源的变动、样本数量的大小、渔业数据的质量差异以及各国延绳钓渔船作业方式的差异等所导致,具体原因还需进一步地深入研究。

表3 其他对拟锥齿鲨的研究或报告中CPUE信息对比表  
Tab. 3 The comparison between this study and other researches or reports about *Pseudocarcharias kamoharai* CPUE information

数据来源 Data sources	日期 Year	数量 No.	CPUE	参考文献 References
South-western Atlantic off Brazil	1983—1988	73	0.01~0.05	HAZIN et al. 1990 <sup>[25]</sup>
US Atlantic swordfish	1992—2003	157	0.116	EVGENY et al. 2008 <sup>[22]</sup>
South Atlantic (5N~15S)	1999—2003	242	2.42	JOUNG et al. 2005 <sup>[20]</sup>
South-eastern Atlantic(Namibia, South Africa)	2000—2005	91	0.0~0.2	BASSON et al. 2007 <sup>[26]</sup>
Portuguese Marine and Atmospheric Institute	2008—2011	1621	1.5	COELHO et al. 2012 <sup>[21]</sup>
中国金枪鱼延绳钓渔业(大西洋) Chinese longline fishery(Tropical Atlantic)	2010—2015	1561	0.83	本研究, 2016 This study, 2016

本研究中拟锥齿鲨的平均CPUE在出现波动的同时,整体呈现微小的上升趋势,这与ROMANOV等<sup>[22]</sup>的结果基本一致。究其原因,可能是大型掠食者资源下降后的释放效应(Predator Release)<sup>[22]</sup>、延绳钓作业技术和经验的提高,亦或者是海洋环境的改变使其更容易被捕获。从

2010年到2015年,拟锥齿鲨的平均CPUE呈现波动,可能受其自身繁殖周期、生活史等影响,或者受目标鱼种资源波动的影响,深入地分析有待于进一步调查生物学及环境数据和进行时间序列分析等研究。

研究中拟锥齿鲨占总渔获量的5.8%,占软

骨鱼类的 22.5%。FERRETTE 等研究结果显示拟锥齿鲨兼捕数量占软骨鱼类的 5%,仅次于大青鲨(*Prionace glauca*)<sup>[4]</sup>;JOUNG 等<sup>[20]</sup>研究结果认为拟锥齿鲨占总渔获的 1.95%,占软骨鱼类的 16.4%。前者与本研究结果差异较大,但拟锥齿鲨的渔获量仅次于大青鲨的结果和本研究一致;后者与本研究结果较为接近。不同研究的结果出现差异在于作业时间不同,作业方式存在差异以及资源量的变动等。热带大西洋拟锥齿鲨兼捕中比例的提高,说明了金枪鱼延绳钓渔业对其影响的不断加大,而软骨鱼类占总渔获比例的下降,说明了金枪鱼延绳钓渔业在一定程度上导致了软骨鱼类资源的衰退和软骨鱼类种类结构的改变。随着热带大西洋金枪鱼延绳钓渔业技术的提高和持续高强度的兼捕,生活史较长、繁殖能力较弱的大中型软骨鱼类的资源堪忧。

### 3.3 拟锥齿鲨时空分布与钩位及性别的关系

(1)本研究中不同月份拟锥齿鲨平均 CPUE 不同,如 12 月和 1—3 月份的平均 CPUE 较高,10、11 月份和 4 月份的平均 CPUE 较低,可能受环境因素如 SST 等<sup>[27]</sup>的影响;而不同月份拟锥齿鲨的钩位分布虽有变化但不构成显著性的差异,可能是因为钩位数据量( $n = 331$ )较小,不同月份钩位数据量大小不一样,且因为数据有限,本研究没有考虑不同月份作业的位置的差异。(2)妊娠期的拟锥齿鲨分布在较浅的水层和 CPUE 较高的地区可能因为其觅食需求较大和便于繁殖的原因;(3)对钩位和拟锥齿鲨性别的分布关系进行分析时,发现仅 4、5 钩位水层雌性拟锥齿鲨比雄性拟锥齿鲨多,而其他水层雄性拟锥齿鲨均比雌性拟锥齿鲨多,其原因可能为雌性拟锥齿鲨较喜欢在中层水域活动,或者由于数据量不够大造成的误差;(4)拟锥齿鲨叉长的地理分布差异结果中,最大叉长组个体集中分布在南北纬 6 度左右,可能因为这些个体的生活习性与此纬度附近的环境因素有关系;而深度在 5、6 钩位的拟锥齿鲨平均叉长较小,但整体上不同钩位深度拟锥齿鲨的叉长分布并不构成显著性差异,深入的研究需要采集更多的数据按性别对其比较分析。

### 3.4 不足和展望

由于大洋性数据采集的困难性导致热带大西洋拟锥齿鲨的渔获数据相对比较少,使得对其空间分布和资源随时间变动的趋势研究非常有

限,本文虽通过研究发现拟锥齿鲨 CPUE 呈现年度波动现象,但其出现波动的具体原因尚不清楚,有待于进一步调查研究;另外研究发现在 10 月至次年 4 月拟锥齿鲨 CPUE 出现波动的同时其兼捕钩位也会发生变化,这可能与月份平均 SST 的变化有关系,但尚待进一步的考证。本研究首次对热带大西洋金枪鱼延绳钓渔业重要的兼捕鱼种进行了资源变动和垂直分布研究,旨在为拟锥齿鲨的资源评估和管理提供参考,使热带大西洋拟锥齿鲨资源保持可持续发展,积极承担我国作业渔业大国的责任。

### 参考文献:

- [1] 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,2007:132.  
DAI X J, XU L X. Primary Color Guide of the World Tuna Fishery Catches Species[M]. Beijing: Ocean Press, 2007: 132.
- [2] COMPAGNO L J V. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Volume 2. Bullhead, mackerel and carpet sharks (Heterodontiformes, Lamniformes and Orectolobiformes) [R]. FAO Species Catalogue for Fishery Purposes. Rome: FAO, 2001.
- [3] 姜润林. 热带中东大西洋鲨鱼生物学及其渔获分析[D]. 上海:上海海洋大学,2009.  
JIANG R L. Analysis on the biology of shark and its catch in the tropical eastern central Atlantic Ocean[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2009.
- [4] DA SILVA FERRETTE B L, MENDON A F F, COELHO R, et al. High connectivity of the Crocodile Shark between the Atlantic and southwest Indian Oceans: highlights for conservation[J]. PLoS One, 2015, 10(2): e0117549.
- [5] CASTRO J I, WOODLEY C M, BRUDEK R L. A preliminary evaluation of the status of shark species[M]. FAO Fisheries Technical Paper. Rome: FAO, 1999: 566-568.
- [6] 戴小杰,姜润林,许柳雄,等. 东大西洋热带海域拟锥齿鲨繁殖生物学特征调查[J]. 水生生物学报,2010,34(4): 890-892.  
DAI X J, JIANG R L, XU L X, et al. Study on the fecundity of crocodile shark in the tropical eastern central Atlantic ocean[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2010, 34(4): 890-892.
- [7] 刘维,戴小杰. 热带东太平洋海域拟锥齿鲨的繁殖生物学特性[J]. 南方水产,2008,4(2): 21-25.  
LIU W, DAI X J. Reproductive biology characteristics of *Pseudocarcharias kamoharai* in the tropical eastern Pacific Ocean[J]. South China Fisheries Science, 2008, 4(2): 21-25.

- [8] 高春霞, 田思泉, 戴小杰, 等. 热带中大西洋拟锥齿鲨生物学的初步研究[J]. 上海海洋大学学报, 2013, 22(2): 289-294.  
GAO C X, TIAN S Q, DAI X J, et al. Preliminary analysis of the biology of the crocodile shark, *Pseudocarcharias kamoharai* in the tropical Eastern-central Atlantic Ocean[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2013, 22(2): 289-294.
- [9] FUJITA K. Oviparous embryos of the pseudocarchariid shark, *Pseudocarcharias kamoharai*, from the central Pacific [J]. Japanese Journal of Ichthyology, 1981-1982, 28(1): 37-44.
- [10] TOLOTTI M T, TRAVASSOS P, FRÉDOU F L, et al. Size, distribution and catch rates of the oceanic whitetip shark caught by the Brazilian tuna longline fleet [J]. Fisheries Research, 2013, 143: 136-142.
- [11] YOSHIHARA T. Distribution of fishes caught by the long line. II. Vertical distribution [J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1950-1951, 16(8): 370-374.
- [12] YOSHIHARA T. Distribution of catches of tuna long line-IV. Relation between  $\kappa$  and  $\rho$  with a table and diagram [J]. Bull Jap Soc Sci Fish, 1954, 19(8): 1012-1014.
- [13] BIGELOW K, MUSYL M K, POISSON F, et al. Pelagic longline gear depth and shoaling [J]. Fisheries Research, 2006, 77(2): 173-183.
- [14] BACH P, GAERTNER D, MENKES C, et al. Effects of the gear deployment strategy and current shear on pelagic Longline Shoaling [J]. Fisheries Research, 2009, 95(1): 55-64.
- [15] SUZUKI Z, WARASHINA Y, KISHIDA M. The comparison of catches by regular and deep tuna longline gears in the western and central equatorial Pacific [J]. Bull Far Seas Fish Res Lab, 1977, 15: 51-89.
- [16] HINTON M G. Status of blue marlin in the Pacific Ocean [R]. Inter, 1977.
- [17] YOKAWA K, TAKUCHI Y. Estimation of abundance index of white marlin caught by Japanese longliners in the Atlantic Ocean [R]. Madrid, Spain: ICCAT, 2003.
- [18] 韩晓乐, 戴小杰, 朱江峰, 等. 中部大西洋剑鱼栖息深度分布特征 [J]. 上海海洋大学学报, 2012, 21(4): 616-620.  
HAN X L, DAI X J, ZHU J F, et al. Characteristics of the habitat depth for swordfish in the central Atlantic Ocean [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2012, 21(4): 616-620.
- [19] MEJUTO J, DE LA SERNA J M, GARCIA B, et al. An overview of the sex-ratio at size of the swordfish (*Xiphias gladius* L.) around the world; Similarity between different strata [J]. ICCAT Collective Volume of Scientific Papers, 1995, 44(3): 197-205.
- [20] JOUNG S J, LIU K M, LIAO Y Y, et al. Observed by-catch of Taiwanese tuna longline fishery in the South Atlantic Ocean [J]. Journal of the Fisheries Society of Taiwan, 2005, 32(1): 69-77.
- [21] COELHO R, FERNANDEZ-CARVALHO J, LINO P G, et al. An overview of the hooking mortality of elasmobranchs caught in a swordfish pelagic longline fishery in the Atlantic Ocean [J]. Aquatic Living Resources, 2012, 25(4): 311-319.
- [22] ROMANOV E V, WARD P, LEVESQUE J C, et al. Preliminary analysis of Crocodile shark (*Pseudocarcharias kamoharai*) distribution and abundance trends in pelagic longline fisheries [R]. IOTC Working Party on Environment and Bycatch. Thailand: IOTC, 2008. )
- [23] 许友伟, 戴小杰, 庄之栋, 等. 大西洋金枪鱼延绳钓主要兼捕鱼种垂直分布结构研究 [J]. 海洋湖沼通报, 2012, (4): 55-63.  
XU Y W, DAI X J, ZHUANG Z D, et al. Vertical distribution of bycatch species captured by tuna longline fishery in the Atlantic Ocean [J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2012, (4): 55-63.
- [24] 庄之栋. 大西洋金枪鱼延绳钓重要兼捕种类的生物学研究 [D]. 上海: 上海海洋大学, 2011.  
ZHUANG Z D. Study on the biological characteristics of bycatch by tuna longline fishery in the Atlantic Ocean [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2011.
- [25] HAZIN F H V, COUTO A A, KIHARA K. Distribution and abundance of pelagic sharks in the south-western equatorial Atlantic [J]. Journal of the Tokyo University of Fisheries, 1990, 77: 51-64.
- [26] BASSON J, PETERSEN S, DUARTE A, et al. The impact of longline fisheries on pelagic and demersal sharks in the Benguela Current Large Marine Ecosystem [R]//PETERSEN S, NEL D, OMARDIEN A. Towards an Ecosystem Approach to Longline Fisheries in the Benguela; An assessment of impacts on seabirds, sea turtles and sharks. WWF South Africa Report Series-2007/Marine/001, WWF, 2007 48-58.
- [27] 戴小杰, 马超, 田思泉. 印度洋中国大眼金枪鱼延绳钓渔业 CPUE 标准化 [J]. 上海海洋大学学报, 2011, 20(2): 275-283.  
DAI X J, MA C, TIAN S Q. CPUE standardization of Chinese longline fishery for targeting bigeye tuna, *Thunnus obesus* in the Indian Ocean [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2011, 20(2): 275-283.

## Preliminary analysis of crocodile shark (*Pseudocarcharias kamoharai*) resources information and spatial distribution in the tropical Atlantic Ocean

WANG Haozhan<sup>1</sup>, DAI Xiaojie<sup>1,2,3</sup>, GAO Chunxia<sup>1,2,3</sup>, WANG Jiaqi<sup>1</sup>

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Minister of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. Scientific Observing and Experimental Station of Oceanic Fishery Resources, Ministry of Agriculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** Crocodile shark (*Pseudocarcharias kamoharai*) is a common bycatch species in tropical Atlantic tuna longline fishery. This species is mostly distributed at the topmost parts of the marine ecosystem and plays a very important role in the stability and diversity of the marine ecosystem. A total of 1 561 ind. crocodile sharks were recorded according to the biological data collected by Chinese longline fishery observers in the tropical Atlantic Ocean from 2010 to 2015 and the preliminary analyses about its resource information and spatial distribution were made. The results were summarized as follows: In the study area (6.33°S-17.43°N, 18.25°W-42.03°W), the highest concentration of the CPUE area was in the zone 5°N-10°N, 20°W-30°W; the CPUE value was in the range: 0.00-3.94, and the average was 0.83. From 2010 to 2015, CPUE showed a variation trend, but the upward trend was not significant. The Chondrichthyes percentage in total proportion of the catch decreased; the total number of crocodile sharks accounted for 5.8% of total number of fish caught, accounting for 22.5% of the total number of Chondrichthyes bycatch. The higher average CPUE values of the tropical Atlantic crocodile sharks were recorded in December, and from January to March. The largest fork length class (fork length range of 85-90 cm) of the crocodile sharks were distributed in the regions 5°N-7.5°N, 27.5°W-37.5°W and 5°N-0°, 25°W-30°W. Crocodile shark hook depth ranges between 140 – 313 m, the average observed depth was 221 m. The frequency of 1-3 hooks (140 – 212 m) is the largest, accounting for 55.59% of the total catch rate. There was no significant difference in the hook position of the crocodile shark in different months from October to April. Crocodile sharks were obviously distributed in the shallow water layer during pregnancy. There was no significant difference between feeding level and hook position of crocodile sharks.

**Key words:** *Pseudocarcharias kamoharai*; the tropical Atlantic Ocean; resource distribution; CPUE; hook depth range