

# 印度洋中西部和太平洋西部水域 大眼金枪鱼的食性比较

朱国平,许柳雄\*,周应祺,姜文新

(上海水产大学海洋学院,上海 200090)

**摘要** 根据 2004 年 8 月至 2005 年 3 月大西洋西部水域及 2003 年 12 月份至 2004 年 5 月份在印度洋中西部水域金枪鱼延绳钓渔业所获取的大眼金枪鱼数据,对两个调查区域内的大眼金枪鱼食性进行了研究。结果表明,印度洋中西部水域大眼金枪鱼的食物组成包括沙丁鱼、鲑鱼、乌贼等 13 个饵料类群,其中主要摄食鲑鱼和沙丁鱼;大西洋西部水域大眼金枪鱼主要摄食沙丁鱼、鲑鱼、虾类等 13 种饵料类群,主要以沙丁鱼为饵,其次为鲑鱼。印度洋中西部水域大眼金枪鱼空胃率非常高,基本上维持在 60% 以上;大西洋西部水域大眼金枪鱼空胃率相对较低,基本上都在 30% 以下。印度洋中西部水域大眼金枪鱼平均饱满指数变化不大,基本上维持在 0.40~0.55 之间。大西洋西部水域大眼金枪鱼平均饱满指数变化也不太大。印度洋中西部水域大眼金枪鱼各月平均饱满指数高于大西洋西部水域,且各月空胃率高于后者。印度洋中西部和太平洋西部水域大眼金枪鱼 Shannon-Weiner 多样性指数  $H'$  基本上都 1.50~2.00 之间变化。相同调查月份内,印度洋中西部水域大眼金枪鱼食物 Pielou 均匀度指数  $J'$  均高于大西洋西部水域。

**关键词** 大西洋西部;印度洋中西部;大眼金枪鱼;食性

文章编号:1000-0933(2007)01-0135-07 中图分类号:Q178.1958.8;Q959.4;S917.4;S931.1 文献标识码:A

## A comparative study of feeding behavior of *Thunnus obesus* in the west-central Indian Ocean and the western Atlantic Ocean

Zhu Guoping, Xu Liuxiong\*, Zhou Yingqi, Jiang Wenxin

College of Marine Science and Technology, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China

Acta Ecologica Sinica 2007 27 (1) 0135~0141.

**Abstract**: Bigeye tuna, *Thunnus obesus*, is a large marine pelagic fish species and highly valuable. It mainly feeds on fishes and cephalopods. The bigeye tuna is increasingly important to fisheries in recent years in the Atlantic, Indian, and Pacific Ocean. We only have limited information about their trophic dynamics. Studies on its feeding behavior can provide basic information on trophic structure and dynamics in the pelagic marine ecosystem. A comparative analysis of feeding behavior of *Thunnus obesus* in different waters can highlight spatial variation of trophic dynamics of *Thunnus obesus* and provides insights on the function and position of *Thunnus obesus* in the pelagic marine ecosystem.

基金项目:上海市科技重点学科资助项目(T1101);国家农业部渔业局渔业观察员资助项目(上海水产大学科03-133)

收稿日期:2005-11-08;修订日期:2006-05-11

作者简介:朱国平(1976~),男,安徽池州人,博士生,主要从事金枪鱼生物学及生态学、金枪鱼渔业开发及渔业GIS应用研究。E-mail:tunagis@126.com

\*通讯作者 Corresponding author. E-mail:Lxxu@shfu.edu.cn

致谢:非常感谢陈勇教授和 John Annala 博士对本文写作给予的帮助,感谢“丰顺3号”和“顺昌1号”及“金丰3号”全体船员的合作。

**Foundation item**: The project was financially supported by Shanghai Leading Academic Project (No. T1101), Fishery Observer Programme of Fishery Bureau, Agriculture Department of China (No. SHFU 03-133)

**Received date** 2005-11-08; **Accepted date** 2006-05-11

**Biography** Zhu Guoping, Ph. D. candidate, mainly engaged in biology and ecology of tuna, tuna fishery exploitation and utilization and application of fishery GIS. E-mail: tunagis@126.com

*In situ* stomach content method is a commonly used approach for collecting basic data of fish trophic dynamics. Because trophic data are collected real time at sampling sites, parameters estimated using the method for feeding behavior tend to more realistically reflect what occurs in the field. The parameters often used to evaluate the importance of different food items include the percentage of food item in weight, the percentage of food item in number, the percentage of occurrence frequency in the food item and relative importance index. Stomach fullness index is used to describe feeding of fishes. Both stomach fullness index and percent of empty stomach should be used to describe feeding intensity of fishes. The dietary niche breadth of food item is another important parameter for studying feeding behavior. Shannon-Wiener diversity index  $H'$  and Pielou evenness index  $J'$  are often used to describe the breadth of fish dietary niche.

Based on the data collected in the tuna longline fishery in the western Atlantic Ocean from August 2004 to March 2005 and the west-central Indian Ocean from December 2003 to May 2004, we studied the feeding ecology of *Thunnus obesus*. The results indicated that the prey species of *Thunnus obesus* in the west-central Indian Ocean included sardine, squid, cuttlefish and other species with the main preys being squid and sardine. In the western Atlantic Ocean, the prey species of *Thunnus obesus* included sardine, squid, shrimp and other small species with the main preys being sardine and squid. The percentage of empty stomachs in the west-central Indian Ocean was high, reaching up to 60%. The percentage of empty stomachs is, however, below 30% in the western Atlantic Ocean. The mean fullness stomach index fluctuated between 0.40–0.55 in the western Atlantic Ocean among all the months except for September 2004. Small monthly fluctuation in mean stomach fullness index also occurred in the west-central Indian Ocean. Monthly mean stomach fullness index of *Thunnus obesus* in the west-central Indian Ocean was higher than that of *Thunnus obesus* in the western Atlantic Ocean. The percentage of empty stomachs of *Thunnus obesus* in the west-central Indian Ocean were, however, higher. Shannon-Weiner diversity index  $H'$  to the diet of *Thunnus obesus* varied between 1.50–2.00 in the west-central Indian Ocean and the western Atlantic Ocean. In a given month, Pielou evenness index  $J'$  to the diet of *Thunnus obesus* in the west-central Indian Ocean were higher than those in the western Atlantic Ocean.

**Key words:** the western Atlantic Ocean; the west-central Indian Ocean; bigeye tuna; *Thunnus obesus*; feeding behavior; trophic dynamics

鱼类食物关系的研究是海洋生态学研究的主要组成部分,是了解海洋生态系统,提高水域生产力和实施多种渔业管理的基础<sup>[1]</sup>,还能为研究鱼类群落的结构和功能及其变化提供科学依据<sup>[2,3]</sup>,因此具有较高的理论研究价值和现实意义。对关键鱼种食性的研究,有助于确定该鱼种在海洋生态系统中的功能和地位<sup>[4-6]</sup>。作为高度洄游鱼种,金枪鱼在海洋生态系统和食物网结构中扮演着非常重要的角色。目前,国内还没有学者就大眼金枪鱼(*Thunnus obesus*)的食性作过研究,国内外也没有学者就大西洋和印度洋大眼金枪鱼的食性进行过比较研究,因此本文利用2004年9月份至2005年3月份大西洋调查及2003年12月份至2004年5月份在印度洋中西部水域调查所获得的数据首次对两个大洋大眼金枪鱼食性进行了初步的比较研究,旨在为深入了解大西洋西部及印度洋中西部水域大眼金枪鱼的生物学特性,并为研究大西洋西部及印度洋中西部水域大眼金枪鱼类食性及其变动提供一定的基础资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品收集

(1)大西洋西部 样品取自2004年9月~2005年3月在大西洋西部海域(18°30'W 09°35'N~39°12'W, 05°46'S)(图1)。调查船为中国水产总公司下属金丰金枪鱼渔业有限公司所属的“丰顺3号”和“顺昌1号”。调查期间,共测量780尾大眼金枪鱼,其中雌性315尾,雄性465尾。样品的体长(下颌尾叉长)范围为50~206cm,其中雄性体长范围为85~206cm,雌性体长范围为90~189cm。

(2)印度洋中西部 样品取自2003年12月~2004年5月在印度洋中西部水域(00°24'N~02°19'S, 69°

19°E ~ 76°56'E)。调查船为广东远洋渔业公司“金丰3号”。调查期间,共测量205尾大眼金枪鱼,其中雌性100尾,雄性105尾。样品的体长(下颌尾叉长)范围为54.8 ~ 179.2 cm,其中雄性体长范围为54.8 ~ 179.2 cm,雌性体长范围为95.4 ~ 164.7 cm。

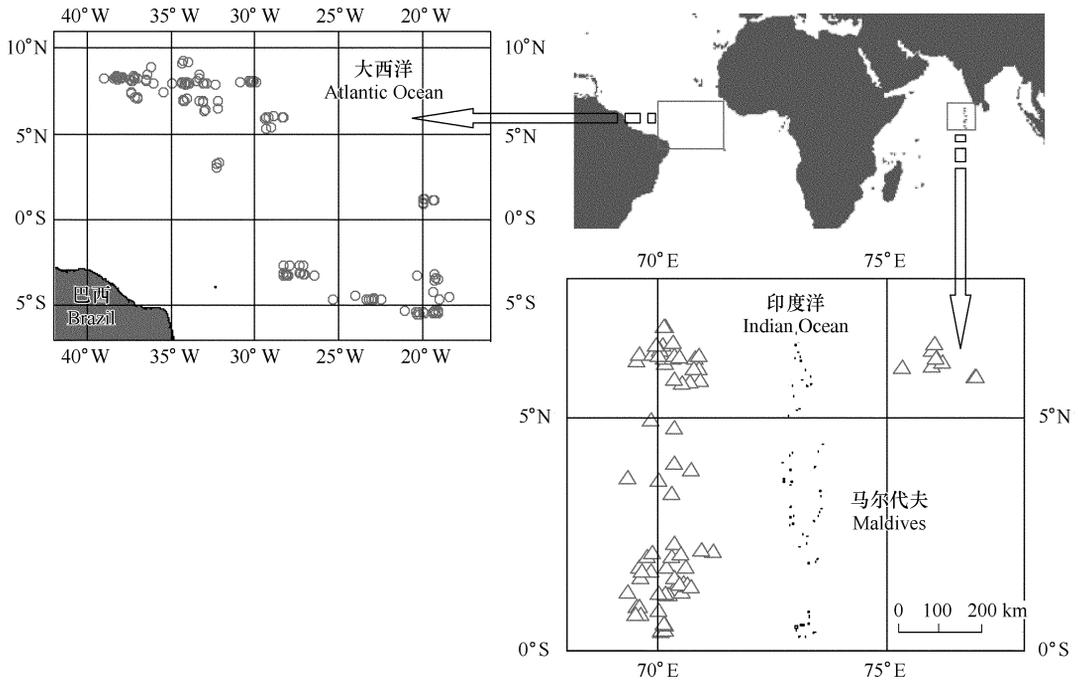


图1 取样位置

Fig. 1 Sampling locations

以上两个航次的样品限于现场条件,胃含物分析通过肉眼并参照鱼类分类学进行识别,并尽量鉴定到最低分类单元。

## 1.2 数据处理

用于评价饵料重要性的指标包括重量百分比( $W\%$ )、个数百分比( $N\%$ )、出现频次( $F\%$ )<sup>[7]</sup>和相对重要性指标( $IRI$ ),其计算公式如下(1)~(6):

$$\text{重量百分比}(\%) = \frac{\text{某种饵料生物的重量}}{\text{所有饵料生物的总重量}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{个数百分比}(\%) = \frac{\text{某种饵料生物的个数}}{\text{所有饵料生物的总个数}} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{出现频次}(\%) = \frac{\text{某种饵料生物出现的频次}}{\text{有食物的胃的个数}} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{出现频次百分比组成}(\%) = \frac{\text{某成分的出现频次}}{\text{各成分出现频率的总和}} \times 100 \quad (4)$$

$$IRI = (\text{重量百分比} + \text{个数百分比}) \times \text{出现频次} \times 10^4 \quad (5)$$

$$IRI\% = \frac{IRI \times 100}{\sum IRI} \quad (6)$$

鱼类的食物重量与鱼体体长之间有较好的相关性<sup>[8]</sup>,因此利用饱满指数这个指标反映鱼类的摄食情况,但Cortés<sup>[9]</sup>指出仅用饱满指数不能准确地反映出鱼类摄食强度的变化情况。因此,本文在研究大眼金枪鱼摄食强度的变化情况时,采用了饱满指数和空胃率两个指标,其计算公式如下(7)~(8):

$$\text{饱满指数} = \frac{\text{食物团实际重量}(\text{kg})}{\text{鱼体体长}(\text{cm})} \times 100 \quad (7)$$

$$\text{空胃率} (\%) = \frac{\text{空胃数}}{\text{总胃数}} \times 100 \quad (8)$$

食物生态位宽度用 Shannon-Wiener 多样性指数  $H'$  和 Pielou 均匀度指数  $J'$  [10] 研究, 计算公式如下 (9):

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \cdot \ln P_i \quad (9)$$

$$J' = \frac{H'}{\ln(S)} \quad (10)$$

式中  $S$  为饵料生物种数,  $P_i$  为饵料生物  $i$  在食物中所占的个数百分比。Shannon-Wiener 指数对于稀有饵料很敏感, 因此适合描述鱼类总的食物生态位宽度 [11]。

## 2 结果

### 2.1 食物组成

分析发现, 印度洋中西部水域大眼金枪鱼的食物组成包括沙丁鱼、鱿鱼、乌贼、蟹类、竹筴鱼、蛇鲭、乌鲂、刺鲷、虾类、帆蜥、鳞鲀、水母和杂鱼等 13 个饵料类群, 其中主要食物为鱿鱼 ( $IRI\% = 65.53$ ) 和沙丁鱼 ( $IRI\% = 19.19$ ); 杂鱼包括未辨认的鱼类和其他种群 (表 1)。大西洋西部水域大眼金枪鱼主要摄食沙丁鱼、鱿鱼、虾类、乌鲂、魴蜥、鲱鳅、鲑鱼、秋刀鱼、乌贼、飞鱼、海蜘蛛、七星鱼及杂鱼等 13 种饵料类群, 沙丁鱼为主要饵料 ( $IRI\% = 72.78$ ), 其次为鱿鱼 ( $IRI\% = 11.47$ ), 帆蜥鱼也占一定的比例 ( $IRI\% = 8.93$ ); 杂鱼包括未辨认鱼类或其他种群 (表 1)。印度洋中西部水域大眼金枪鱼食物中以鱿鱼占优, 而大西洋西部水域大眼金枪鱼食物中则以沙丁鱼占优。

### 2.2 摄食强度

#### 2.2.1 空胃率

调查期间, 在大西洋西部水域共测量出 108 尾雌性大眼金枪鱼空胃, 65 尾雄性大眼金枪鱼空胃; 在印度洋中西部共测量 63 尾雌性大眼金枪鱼空胃, 64 尾雄性大眼金枪鱼空胃。

表 1 大西洋西部和印度洋中西部水域大眼金枪鱼的食物组成比较

Table 1 Comparison on the prey items of *Thunnus obesus* in the western Atlantic Ocean and the west-central Indian Ocean

饵料种类 Prey items	大西洋西部 Western Atlantic Ocean				印度洋中西部 west-central Indian Ocean			
	W (%)	N (%)	F (%)	IRI (%)	W (%)	N (%)	F (%)	IRI (%)
沙丁鱼 <i>Sardina antipa</i>	56.98	37.59	81.95	72.78	23.15	18.18	44.44	19.19
鱿鱼 <i>Loligo pealei</i>	11.70	18.53	40.40	11.47	39.39	34.66	84.72	65.53
刺鲷 <i>Sparus</i>	-	-	-	-	1.02	1.70	4.17	0.12
对虾 <i>Penaeus</i>	2.43	6.91	15.07	1.32	0.64	4.55	11.11	0.60
乌贼 <i>Sepia officinalis</i> Linnaeus	1.65	2.35	5.13	0.15	12.75	6.25	15.28	3.03
蟹类 <i>Portunus trituberculatus</i>	-	-	-	-	7.17	7.95	19.44	3.07
其他鱼类 Other fishes	5.33	7.90	17.22	2.14	4.87	13.07	31.94	5.98
蛇鲭 <i>Gempylus Cuvier</i>	-	-	-	-	2.66	7.39	18.06	1.90
水母 <i>Physalia</i>	-	-	-	-	0.05	0.57	1.39	0.01
乌鲂 <i>Brama</i>	7.48	9.26	20.20	3.18	2.56	0.57	1.39	0.05
帆蜥 <i>Alepisaurus Lowe</i>	12.45	15.57	33.94	8.93	0.20	3.98	9.72	0.42
竹筴鱼 <i>Trachurus rafinesque</i>	-	-	-	-	5.33	0.57	1.39	0.09
鳞鲀 <i>Balistes Linnaeus</i>	-	-	-	-	0.20	0.57	1.39	0.01
鲑鱼 <i>Scomber japonicus</i>	1.31	0.46	0.99	0.02	-	-	-	-
海蜘蛛 <i>Pycnogonids</i>	0.28	0.76	1.66	0.02	-	-	-	-
七星鱼 <i>Scomberomorus sinensis</i>	0.14	0.30	0.66	+	-	-	-	-
飞鱼 <i>Exocoetus Linnaeus</i>	0.18	0.23	0.50	+	-	-	-	-
鲱鳅 <i>Coryphaena Linnaeus</i>	0.04	0.08	0.17	+	-	-	-	-
秋刀鱼 <i>Cololabis gill</i>	0.03	0.08	0.17	+	-	-	-	-

“+”表示  $<0.01\%$ , “-”表示无 “+” indicates  $<0.01\%$ , “-” indicates none

印度洋中西部水域大眼金枪鱼月空胃率较高,基本上在 60% 以上(除 4 月份外);大西洋西部水域大眼金枪鱼月空胃率相对较低,基本上都在 30% 以下,3 月份为最低(8.1%) (图 3)。由图 3 可知,在调查月份相同(12 月份~翌年 3 月份)情况下,两个调查海域内大眼金枪鱼的空胃率变化较为一致,均呈下降趋势,但印度洋中西部大眼金枪鱼月空胃率均高于大西洋西部水域大眼金枪鱼的月空胃率。

### 2.2.2 平均饱满指数

印度洋中西部水域大眼金枪鱼平均饱满指数月变化不大,其变化幅度在 0.40~0.55 之间,且随月份稍呈下降趋势。除 9 月份以外,大西洋西部水域大眼金枪鱼平均饱满指数变化也不太大。根据调查的结果可知,相同调查月份以内(12 月份~翌年 3 月份),大西洋西部大眼金枪鱼的月平均饱满指数均低于印度洋中西部水域,但大西洋西部水域大眼金枪鱼平均饱满指数变化趋势较印度洋中西不明显。

### 2.3 食物生态位宽度

印度洋中西部和太平洋西部水域大眼金枪鱼 Shannon-Weiner 多样性指数  $H'$  基本上都在 1.50~2.00 之间变化,而且都随月份呈波型变化。相同调查月份(12 月份~次年 3 月份)内,大西洋西部水域大眼金枪鱼各月份 Shannon-Weiner 多样性指数  $H'$  值高于或接近印度洋中西部水域。对于 Pielou 均匀度指数  $J'$ ,相同调查月份内,印度洋中西部水域均高于大西洋西部水域。

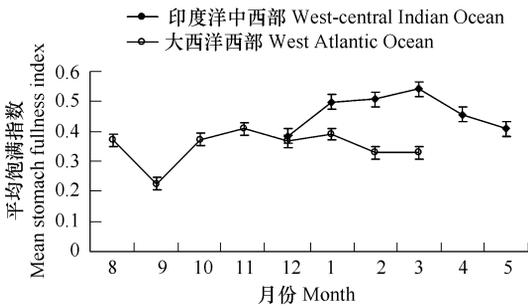


图 3 印度洋中西部和太平洋西部水域大眼金枪鱼平均饱满指数月变化

Fig. 3 Monthly fluctuation of mean stomach fullness index of *Thunnus obesus* in the west-central Indian Ocean and the western Atlantic Ocean 竖线表示标准误差 Vertical bars indicate S. E.,下同 the same below

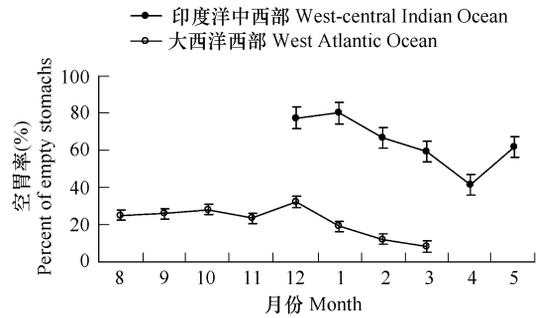


图 2 印度洋中西部和太平洋西部水域大眼金枪鱼空胃率月变化  
Fig. 2 Monthly fluctuation of the percentage of empty stomachs of *Thunnus obesus* in the west-central Indian Ocean and the western Atlantic Ocean

竖线表示标准误差 Vertical bars indicate S. E.

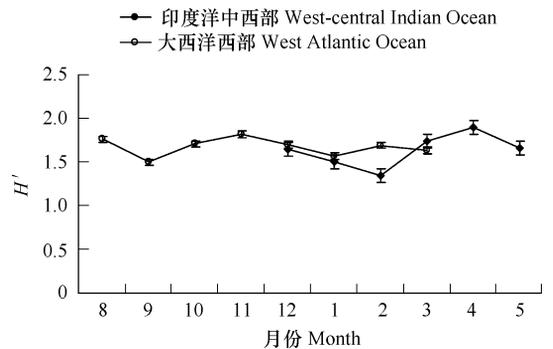


图 4 印度洋中西部和太平洋西部水域大眼金枪鱼 Shannon-Weiner 多样性指数  $H'$  月变化

Fig. 4 Monthly fluctuation of Shannon-Weiner diversity index  $H'$  of *Thunnus obesus* in the west-central Indian Ocean and the western Atlantic Ocean

## 3 讨论

### 3.1 食物组成

通常情况下,研究者利用饵料生物的生态类群的出现频次百分比组成来划分鱼类的食性类型,但并没有给出一定的划分标准<sup>[12,13]</sup>。采用一般多数原则,本研究以出现百分比组成的 60% 为标准,即饵料生物的出现频次百分比组成超过 60% 即为主要的摄食对象。由表 2 可知,大西洋西部大眼金枪鱼的主要摄食对象为鱼类(占 63.57%),而印度洋中西部水域大眼金枪鱼的摄食对象主要为头足类(占 41.48%)和鱼类(占 32.96%)。大西洋大眼金枪鱼以沙丁鱼、鲭科鱼类、甲壳类和头足类为食饵<sup>[14]</sup>,Keisuke Satoh<sup>[15]</sup>根据日本调查船昭丸 2002 年 7~10 月在大西洋北部的调查结果得出,大西洋大眼金枪鱼的饵料生物以鱼类为主

( $IRI\% = 68.5$ ) ,其次是头足类 ( $IRI\% = 23.1$ ) 和甲壳类 ( $IRI\% = 8.2\%$ ) 。Richard Sabatié 等<sup>[16]</sup> 根据日本调查船昭和丸 2000 年 10 ~ 12 月间在大西洋中东部水域的调查结果表明 ,大眼金枪鱼的饵料生物重要性依次为鱼类 ( $IRI\% = 83.48$ ) 、头足类 ( $IRI\% = 9.28$ ) 和甲壳类 ( $IRI\% = 7.23$ ) 。本文得出大西洋西部水域大眼金枪鱼饵料重要性依次为鱼类 ( $IRI\% = 84.90$  ,不包括杂鱼类) 、头足类 ( $IRI\% = 11.62$ ) 和甲壳类 ( $IRI\% = 1.34$ ) (表 2) ,由此可以看出大西洋西部大眼金枪鱼饵料生物基本上以鱼类为主 ,其次为头足类和甲壳类。

### 3.2 研究大眼金枪鱼食性的重要性

大眼金枪鱼以及其他金枪鱼类作为中上层捕食鱼类 ,在海洋生态系统及海洋食物网中有着非常重要的地位 ,研究其食性 ,一方面可以了解到大眼金枪鱼在海洋生态系统中的作用以及其在海洋食物网的营养传递功能 ,另一方面也可以了解海洋生态系统的架构。Potier M<sup>①</sup> 认为 ,赤道大西洋和赤道印度洋西部水域金枪鱼类在食物链结构上具有明显的差异 ,这与本研究的结果具有一致性。

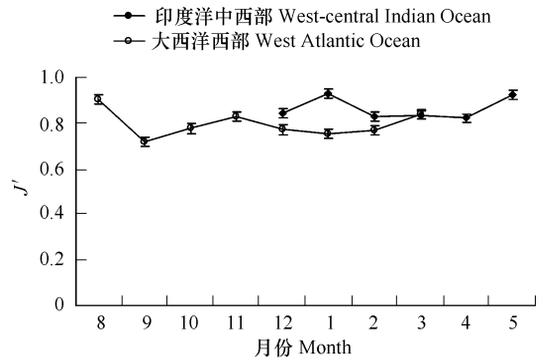


图 5 印度洋中西部和太平洋西部水域大眼金枪鱼 Pielou 均匀度指数  $J'$  月变化

Fig.5 Monthly fluctuation of Pielou evenness index  $J'$  of *Thunnus obesus* in the west-central Indian Ocean and the western Atlantic Ocean

表 2 印度洋中西部和太平洋西部水域大眼金枪鱼食物的生态类群 (出现频次百分比组成)

Table 2 Ecological groups of the food items of *Thunnus obesus* in the Western Atlantic Ocean

饵料种类 Prey items	出现频次百分比组成 Percentage of frequency		生态类群 Ecological group
	大西洋西部 Western Atlantic Ocean	印度洋中西部 West-central Indian Ocean	
	%		
沙丁鱼 <i>Sardina pilchardus</i>	37.59	18.18	鱼类 Pisces
鱿鱼 <i>Loligo pealei</i>	18.53	34.66	头足类 Cephalopods
帆蜥 <i>Alepisaurus ferox</i> Lowe	15.57	3.98	鱼类 Pisces
乌鲂 <i>Brama brama</i>	9.26	0.57	鱼类 Pisces
杂鱼 <i>Other fishes</i>	7.90	13.07	未辨认 Unidentified
虾类 <i>Penaeus</i>	6.91	4.55	甲壳类 Crustacean
乌贼 <i>Sepia officinalis</i> Linnaeus	2.35	6.25	头足类 Cephalopods
鲈鱼 <i>Scomber japonicus</i>	0.46	-	鱼类 Pisces
海蜘蛛 <i>Pycnogonids</i>	0.76	-	甲壳类 Crustacean
七星鱼 <i>Scomberomorus sinensis</i>	0.30	-	鱼类 Pisces
飞鱼 <i>Exocoetus volitans</i> Linnaeus	0.23	-	鱼类 Pisces
麒麟 <i>Coryphaena hippurus</i>	0.08	-	鱼类 Pisces
秋刀鱼 <i>Cololabis saira</i>	0.08	-	鱼类 Pisces
蟹类 <i>Portunus pelagicus</i> Linnaeus	-	7.95	甲壳类 Crustacean
蛇鲭 <i>Gemphlus serpens</i> Cuvier	-	7.39	鱼类 Pisces
刺鲷 <i>Acanthopagrus lerdia</i>	-	1.70	鱼类 Pisces
竹筴鱼 <i>Trachurus japonicus</i>	-	0.57	鱼类 Pisces
鳞鲷 <i>Balistoides conspicillum</i>	-	0.57	鱼类 Pisces
水母 <i>Phyllorhiza punctata</i>	-	0.57	头足类 Cephalopods

“-”表示无 “-” indicates none

在辨认食物种类时 ,尽量将种类鉴别到最低分类单元 ,这有助于了解捕食者与被捕食者之间相互作用和

① Potier M ,Lucas V ,Marsac F *et al.* On-going research activities on tropic ecology of tuna in equatorial ecosystems of Indian Ocean. *WPTT/02/24 Indian Ocean Tuna Commission* ,3 -11 June 2002 ,Shanghai ,China

影响,本研究限于现场条件,只是将食物进行了初步的辨认,这会产生较大的误差,因此这部分研究还需要进一步深入和加强。

#### Reference :

- [1] Deng J Y, Meng T X, Ren S M. Food web of fishes in BoHai Sea. *Acta Ecologica Sinica* ,1986 4 :151 — 172.
- [2] Dou S Z. The method of studying population ecology of fishes by food web. *Marine Sciences* ,1992 5 :12 — 14.
- [3] Tang Q S, Su J L. The study of Chinese marine ecosystem dynamics I. Key science problems and developmental strategies. Beijing :Chinese Science Press 2000. 1 — 252.
- [4] Amundsen P A, Gabler H M, Staldvik F J. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data—modification for the Costello (1990) method. *Journal of Fish Biology* ,1996 (48) :607 — 614.
- [5] Duarte L O, Garcia C B. Diet of the mutton snapper *Lutjanus analis* (Cuvier) from the Gulf of Salamanca, Colombia, Caribbean Sea. *Buttetin of Marine Science* ,1999 65 (2) :453 — 465.
- [6] Wootton R J. *Ecology of teleost fishes*. London :Chapman & Hall ,1990. 33 — 41.
- [7] Hyslop E J. Stomach contents analysis — a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology* ,1980 (17) :411 — 429.
- [8] de Vlaming V, Grossman G D, Chapman F. On the use of the gonadosomatic index. *Comp Biochem Physiol* ,1982 (73) 31 — 41.
- [9] Cortés E. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents :application to elasmobranch fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* ,1997 (54) :729 — 738.
- [10] Krebs C J. *Ecological methodology*. New York :Harper Collins Publishers ,1989. 654.
- [11] Marshall S, Elliott M. A comparison of univariate and multivariate numerical and graphical techniques for determining inter-and intraspecific feeding relationship in estuarine fish. *Journal of Fish Biology* ,1997 (51) :526 — 545.
- [12] Zhang Q Y, Jin Q M, Lin Y T, et al. Food web of fishes in Minnan-Taiwancheientan fishing ground. *Acta Oceanologica Sinica* ,1981 3 (2) :275 — 290.
- [13] Wei S, Jiang W M. Study on food web of fishes in the Yellow Sea. *Oceanol et Limnol Sin* ,1992 23 (2) :182 — 192.
- [14] Miao Z Q, Huang X C. *Distant Waters Tuna Fishery*. Shanghai :Shanghai Science and Technology Press 2003. 24 — 28
- [15] Keisuke S, Kotaro Y, Hirokazu S et al. Preliminary stomach contents analysis of pelagic fishes collected by Shoyo-Maru 2002 research cruise in the Atlantic Ocean. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT 2004 56 (3) :1096 — 1114.
- [16] Richard S, Michel P, Caroline B et al. Preliminary analysis of some pelagic fish diet in the eastern central Atlantic Ocean. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT 2003 55 (1) :292 — 302.

#### 参考文献 :

- [1] 邓景耀, 孟田湘, 任胜民. 渤海鱼类的食物关系. *生态学报* ,1986 4 :151 ~ 172.
- [2] 窦硕增. 依食物关系研究鱼类群落生态学的方法. *海洋科学* ,1992 5 :12 ~ 14.
- [3] 唐启升, 苏纪兰. 中国海洋生态系统动力学研究 I. 关键科学问题与研究发展战略. 北京 :科学出版社 2000. 1 ~ 252.
- [12] 张其永, 林秋眠, 林尤通, 等. 闽南-台湾浅滩渔场鱼类食物网研究. *海洋学报* ,1981 3 (2) :275 ~ 290.
- [13] 韦晟, 姜卫民. 黄海鱼类食物网研究. *海洋与湖沼* ,1992 23 (2) :182 ~ 192.
- [14] 苗振清, 黄锡昌. 远洋金枪鱼渔业. 上海 :上海科学技术出版社 2003. 24 ~ 28.