

文章编号: 1000-0615(2008)05-725-08

印度洋中西部水域黄鳍金枪鱼的食性及其季节性变化

朱国平, 许柳雄, 周应祺, 宋利明

(上海市高校大洋生物资源开发和利用重点实验室, 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 200090)

摘要: 根据 2003 年 12 月至 2004 年 6 月及 2005 年 9 月至 12 月在印度洋中西部水域调查所获得的数据, 利用两因子列联表及单因子方差分析等统计分析方法, 对印度洋中西部水域黄鳍金枪鱼的食物组成及其随月份和体长的变化、摄食强度及食物组成的生态位宽度进行了初步研究。结果表明, 印度洋中西部水域黄鳍金枪鱼食物组成包括帆蜥、鲣、鳞鲀、沙丁鱼、鲑鱼、虾、蟹、鱿鱼、章鱼、竹筴鱼及未辨认甲壳类等饵料类群, 其中主要食物为鱿鱼、鲑鱼以及蟹。大部分月份黄鳍金枪鱼摄食率相对较高, 基本上维持在 70% 以上; 除 2 月和 6 月外, 其余月份黄鳍金枪鱼饵料种类数更替率均低于 50%。各叉长组黄鳍金枪鱼摄食率基本维持在 70% 以上; 当叉长在 106~155 cm 之间, 饵料种类数更替率低于 40%。黄鳍金枪鱼摄食强度各月差异显著, 但各叉长组摄食强度并不存在显著性差异。各月饱满指数存在显著性差异。黄鳍金枪鱼的食物组成随月份和叉长有明显变化。鱿鱼、鲑鱼和蟹基本上为不同叉长组黄鳍金枪鱼所摄食。黄鳍金枪鱼食物组成各月 Shannon-Weiner 多样性指数 H' 波动较大, 且存在显著性差异; Pielou 均匀度指数 J' 基本上维持在 0.80~1.00 之间, 但各月间存在显著性差异。印度洋中西部水域黄鳍金枪鱼各叉长组食物组成 Shannon-Weiner 多样性指数 H' 变化较大, 但在 106~145 cm 期间相对保持稳定, 而 Pielou 均匀度指数 J' 波动较大。印度洋中西部黄鳍金枪鱼食物组成各月和各叉长组均存在显著性差异。

关键词: 黄鳍金枪鱼; 食物组成; 食性; Shannon-Weiner 多样性指数; Pielou 均匀度指数; 印度洋中西部

中图分类号: S 931.1

文献标识码: A

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。黄鳍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, 研究其黄鳍金枪鱼食性, 一方面可以了解到其黄鳍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。国外一些学者对印度洋水域黄鳍金枪鱼 (*T. albacares*) 食性进行了研

究^[1-5]。但目前国内还没有学者就黄鳍金枪鱼的食性作过研究。近年来, 西印度洋的捕食问题日趋严重, 因此印度洋金枪鱼委员会 (IOTC) 科学委员会分别于 1998 和 1999 年建议开展有关金枪鱼捕食状况的调查工作^[6]。为此, 作为 IOTC 成员国, 我国于 2001 年开始向在印度洋作业的中国金枪鱼延绳钓渔船派遣了科学观察员, 并在该海域开展金枪鱼资源探捕项目。本文利用 2003 年 12 月份至 2004 年 5 月份及 2005 年 9 月至 12 月中

收稿日期: 2007-06-29

资助项目: 上海市重点学科建设项目 (T1101); 三大洋金枪鱼科学观察员计划 (SFU 06472); 上海海洋大学博士启动基金 (B-8202-07-0279); 上海高校选拔培养优秀青年教师科研专项基金 (B-8101-08-0022)

作者简介: 朱国平 (1976-), 男, 安徽池州人, 博士, 从事渔业生物学与生态学及海洋信息工程研究。E-mail: gpzhu@shou.edu.cn

通讯作者: 许柳雄, E-mail: lxxu@shou.edu.cn

国金枪鱼延绳钓渔船在印度洋中西部水域调查所获得的数据首次对印度洋中西部水域黄鳍金枪鱼食性进行了初步的研究,旨在为深入了解印度洋中西部水域黄鳍金枪鱼的生物学特性并为研究印度洋中西部水域黄鳍金枪鱼食性变动提供一定的基础资料,同时也从生态系统角度为印度洋公海渔业管理提供参考。

1 材料与方法

1.1 样品收集

样品取自两个航次,第一个航次为2003年12月至2004年5月,调查船为广东远洋渔业公司“金丰3号”;调查期间,共测量67尾黄鳍金枪鱼,其中雌性30尾,雄性37尾;样品的叉长范围为114~168 cm,其中雄性叉长范围为115~168 cm,雌性叉长范围为114~155 cm。第二个航次为2005年9月至12月,调查船为广东远洋渔业公司“华远渔18号”和“华远渔19号”;调查期间,共测量289尾黄鳍金枪鱼,其中雌性109尾,雄性180尾;样品的叉长范围为94~150 cm,其中雄性叉长范围为94~150 cm,雌性叉长范围为96~142 cm。调查范围见图1。

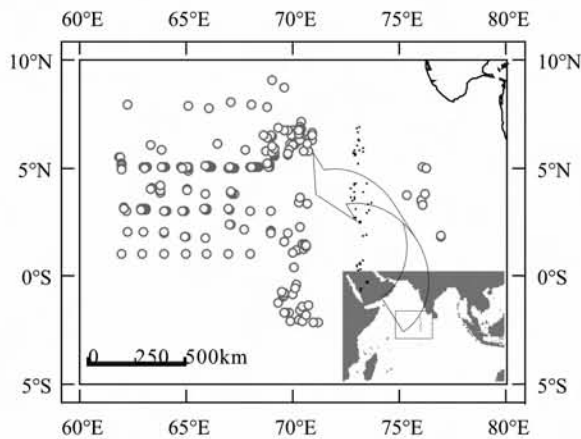


图1 取样位置

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。生物学测定按《海洋调查规范》^[7]进行。

1.2 数据处理

胃饱满度参考 Breiby 和 Jobling^[8] 的划分。

胃含物重量估算到1 g。利用两因子列联表分析胃饱满度月变化及各叉长组胃饱满度是否存在显著性差异。

饱满指数(SFI)利用 Rasero 等^[9]的公式:

$$SFI = SCW \times 100 / (BW \times 1000 - SCW)$$

其中,SCW为胃含物重量(g),BW为加工后重(kg)。在对饱满指数进行反正弦变换之后,利用单因子方差分析(ANOVA)分析各月平均饱满指数是否存在显著性差异^[10]。

用于评价饵料重要性的指标包括个数百分比(%N)、出现频次(%F)、优势指数(I_p)、摄食率和饵料种类数更替率,其计算公式可参见 Hyslop^[11]、张雅芝^[12]和 Grubert 等^[13]。

鱼类食物组成的多样性,即食物生态位宽度用 Shannon-Wiener 多样性指数 H' 和 Pielou 均匀度指数 J' 研究,其计算公式见 Krebs^[14]。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^[15]。

2 结果

2.1 食物组成

分析发现,印度洋中西部水域黄鳍金枪鱼的食物组成包括帆蜥、甲壳类、鲣、鳞鲀、沙丁、鲐、虾、蟹、鸚鵡螺、鱿鱼、杂鱼、章鱼、竹筴鱼等13个饵料类群,其中主要食物为鱿鱼(I_p = 48.31)、鲐鱼(I_p = 16.66)以及蟹(I_p = 12.86);杂鱼包括未辨认的鱼类和其他种群(表1)。

2.2 摄食强度

除1月(53%)外,其余月份黄鳍金枪鱼摄食率相对较高,基本上都维持在70%以上;除2月和6月外,其余月份黄鳍金枪鱼饵料种类数更替率均低于50%(图2)。两因子列联表分析表明,黄鳍金枪鱼摄食强度各月差异显著($\chi^2 = 76.47$, $P < 0.0001$, $df = 32$)。

从各叉长组摄食率分布来看,除个别叉长组(156~160 cm)外,印度洋中西部黄鳍金枪鱼摄食率基本维持在70%以上;当叉长在106~155 cm之间,饵料种类数更替率低于40%(图3)。两因子列联表分析表明,黄鳍金枪鱼各叉长组摄食强度并不存在显著性差异($\chi^2 = 70.99$, $P > 0.1$, $df = 60$)。

印度洋中西部黄鳍金枪鱼各月饱满指数波动较大,最高为3月($SFI = 0.43 \pm 0.16$),最低为6月($SFI = 0.16 \pm 0.06$)(图3)。ANOVA分析表

表 1 印度洋中西部黄鳍金枪鱼的食物组成

Tab. 1 The diet composition of *T. albacares* in the west-central Indian Ocean

饵料种类 prey items	个数百分比(%) N	出现频次(%) F	优势指数 I_p
帆蜥 <i>Alepisaurus</i>	8.85	12.76	4.17
鲈 <i>Scomber</i>	17.70	25.52	16.66
鹦鹉螺 <i>Nautilus</i>	0.24	0.34	+
虾 shrimp	5.02	7.24	1.34
蟹 crab	15.55	22.41	12.86
鱿鱼 squid	30.14	43.45	48.31
杂鱼 other fishes	17.46	25.17	16.22
鲹 <i>Katsuwonus pelamis</i>	0.48	0.69	0.01
沙丁鱼 <i>Sardina</i>	2.63	3.79	0.37
章鱼 Octopus	0.96	1.38	0.05
鳞鲀 <i>Balistoides</i>	0.24	0.34	+
竹筴鱼 <i>Trachurus</i>	0.48	0.69	0.01
未辨认甲壳类 unidentified crustacean	0.24	0.34	+

注：“+”表示<0.01%

Notes：“+”indicates<0.01%

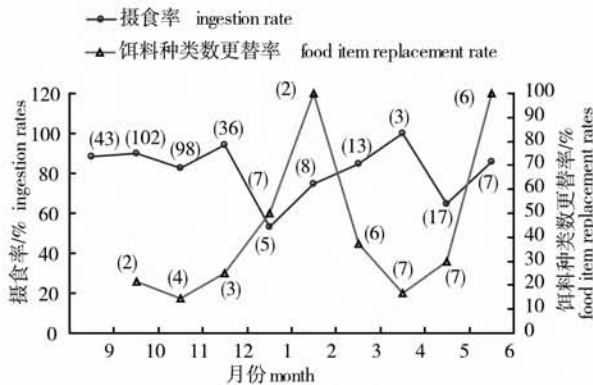


图 2 印度洋中西部黄鳍金枪鱼摄食率(括号内为总胃数)及饵料种类数更替率(括号内饵料种类总数)月变化

Fig. 2 Monthly ingestion rate (total stomach in the bracket) and food item replacement rate (total food item in the bracket) of *T. albacares* in the west-central Indian Ocean

明,各月饱满指数存在显著性差异 ($F = 22.92, P < 0.001, df = 19$)。1-6月,标准误差值较大

也说明这期间印度洋中西部黄鳍金枪鱼摄食强度存在较大的个体差异,尤其是3-5月(图4)。

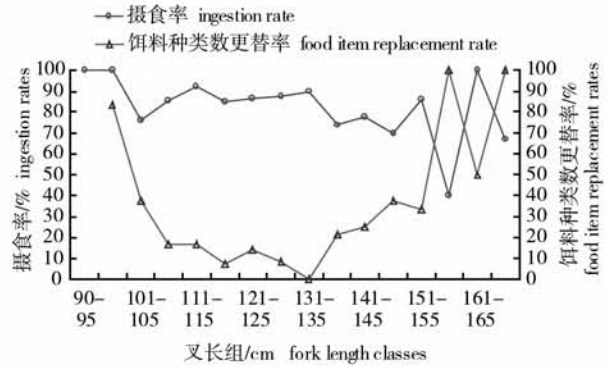


图 3 印度洋中西部黄鳍金枪鱼摄食率及饵料种类数更替率随叉长的变化

Fig. 3 The relationship of fork length on ingestion rate and food item replacement rate of *T. albacares* in the west-central Indian Ocean

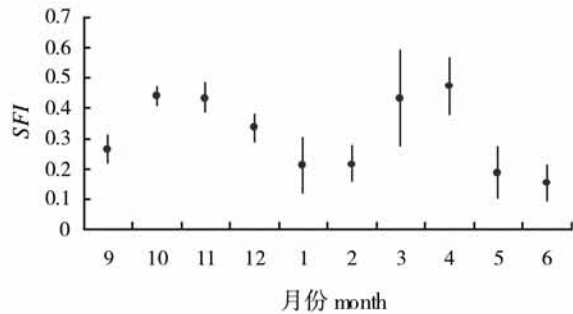


图 4 印度洋中西部黄鳍金枪鱼饱满指数月变化(竖线为标准误差)

Fig. 4 Monthly stomach fullness index of *T. albacares* in the west-central Indian Ocean (Vertical line indicates standardized error)

2.3 食物组成月变化及随叉长的变化

黄鳍金枪鱼的食物组成随月份有明显变化 ($\chi^2 = 338.88, P < 0.001, df = 108$)。由饵料种类出现频次(表 2)的数据显示,鱿鱼为黄鳍金枪鱼的主要饵料鱼种,各月黄鳍金枪鱼食物中鱿鱼所占比重均较大,其次是鲈、沙丁鱼、蟹以及虾。

从黄鳍金枪鱼食物出现频次的叉长分布可以看出,鱿鱼、鲈和蟹类基本上为不同叉长组黄鳍金枪鱼所摄食。而帆蜥和虾则为叉长小于 145 cm 的黄鳍金枪鱼所摄食。其它,如鲹、鳞鲀等食物则多零星地出现在不同叉长组黄鳍金枪鱼胃含物中

表2 黄鳍金枪鱼主要饵料类群出现频次的月变化

Tab. 2 Monthly variations in the percentage weight for major prey groups to the diets of *T. albacares* in the west-central Indian Ocean

饵料种类 food items	月份 month										
	1	2	3	4	5	6	9	10	11	12	
帆蜥 <i>Alepisaurus</i>	+	+	+	+	+	+	2.6	21.7	11.1	20.6	
鳀 <i>Katsuwonus pelamis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	2.5	+	
鳞鲀 <i>Balistoides</i>	+	+	+	+	9.1	+	+	+	+	+	
沙丁鱼 <i>Sardina</i>	12.5	+	36.4	33.3	18.2	+	5.3	+	+	2.9	
鲈 <i>Scomber</i>		+	9.1	+	+	+	26.3	26.1	33.3	35.3	
虾 shrimp	25.0	+	+	+	+	+	21.1	6.5	4.9	2.9	
蟹 crab	+	33.3	27.3	66.7	+	+	13.2	38.0	1.2	50.0	
鹦鹉螺 <i>Nautilus</i>	+	+	+	+	+	16.7	+	+	+	+	
鱿鱼 squid	62.5	83.3	72.7	66.7	27.3	33.3	28.9	38.0	53.1	35.3	
杂鱼 other fishes	12.5	+	45.5	66.7	45.5	83.3	55.3	16.3	21.0	5.9	
竹筴鱼 <i>Trachurus</i>	+	+	+	+	18.2	+	+	+	+	+	
章鱼 Octopus	+	+	+	+	+	+	+	3.3	1.2	+	
未辨认甲壳类 unidentified crustacean	+	+	+	+	+	+	+	1.1	+	+	
胃含食物的黄鳍金枪鱼 YFTs with food in the stomachs	8	6	11	3	11	6	38	92	81	34	

注：“+”表示<0.01%或无

Notes: “+”indicates <0.01% or none

(表3)。两因子列联表分析表明,印度洋中西部黄鳍金枪鱼食物组成有明显的叉长变化($\chi^2 = 303.76, P < 0.001, df = 180$)。

2.4 食物组成的生态位宽度

印度洋中西部水域黄鳍金枪鱼各月 Shannon-Weiner 多样性指数 H' 波动较大,且存在显著性差异($F = 15.63, P < 0.001, df = 19$)。对于 Pielou 均匀度指数 J' ,各月 J' 值基本上维持在 0.80~1.00 之间,但存在显著性差异($F = 19.04, P < 0.001, df = 19$) (图5)。

印度洋中西部水域黄鳍金枪鱼各叉长组 Shannon-Weiner 多样性指数 H' 变化较大,但在 106~145cm 期间相对保持稳定,而 Pielou 均匀度指数 J' 波动较大(图6)。ANOVA 分析表明,印度洋中西部黄鳍金枪鱼食物组成各月($F = 34.93, P < 0.001, df = 27$)和各叉长组($F = 28.37, P < 0.001, df = 27$)均存在显著性差异。

3 讨论

黄鳍金枪鱼主要以上层或中上层鱼类为摄食对象^[1, 16-22]。Roger^[23]报道,热带印度洋西部水域黄鳍金枪鱼食物中主要为鱼类,而且几乎所有的食物均栖息在上层,这与本研究的结论相一致(表

4)。由表4可知,印度洋中西部水域黄鳍金枪鱼饵料生物中头足类和鱼类相当,而甲壳类所占比重相对较低,之所有出现鱼类和头足类比重相当,在很大程度上是由于一部分鱼类未辨认所造成。

与大眼金枪鱼(*Thunnus obesus*)^[24]和剑鱼(*Xiphias gladius*)及旗鱼(*Istiophorus platypterus*)^[2]食物组成相比,印度洋中西部水域黄鳍金枪鱼的食物组成中蟹类的比重相对较大。Nishida等^[25]报告,在40~50°E及10°S~5°N热带印度洋西部水域黄鳍金枪鱼胃含物中包括大量的蟹类。Zamorov等^[26]认为,由于海流的作用,蟹类从东非沿岸被带到热带水域,这些蟹类在印度洋西部以东水域产卵。幼蟹又被海流带回东非沿岸,这也导致每年10月至次年2月黄鳍金枪鱼胃含物中蟹类所占比重较大。

本研究得出,除个别叉长组(156~160cm)较低外,印度洋中西部黄鳍金枪鱼摄食率基本维持在70%以上,从一个角度来看,即印度洋中西部水域黄鳍金枪鱼空胃率相对较低,且各叉长组保持稳定;但胃含物中鱿鱼个数所占的比例随叉长的增加而呈现增加的趋势。本研究空胃率与Potier等^[1]产生差异的原因可能是本研究的样本量较少。

表 3 印度洋中西部黄鳍金枪鱼主要饵料类群重量百分比随叉长的变化

饵料种类 food items	叉长组 (cm) fork length classes																%
	166~ 170	90~ 95	96~ 100	101~ 105	106~ 110	111~ 115	116~ 120	121~ 125	126~ 130	131~ 135	136~ 140	141~ 145	146~ 150	151~ 155	156~ 160	161~ 165	
帆蜥 <i>Alepisaurus</i>	+	12.5	+	20.7	15.0	9.8	10.5	28.6	16.7	7.1	14.3	+	+	+	+	+	
鲷 <i>Katsuwonus pelamis</i>	+	+	+	+	1.7	2.0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
鳞鲷 <i>Balistoides</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	33.3	+	
沙丁鱼 <i>Sardina</i>	+	+	+	+	+	2.0	7.9	9.5	11.1	7.1	7.1	+	+	+	+	50.0	
鲭鱼 <i>Scomber</i>	100.0	+	37.5	27.6	31.7	37.3	23.7	28.6	5.6	7.1	7.1	28.6	+	+	33.3	+	
虾 shrimp	+	12.5	12.5	3.4	5.0	13.7	5.3	9.5	11.1	+	7.1	+	+	+	+	+	
蟹 crab	+	25.0	25.0	37.9	2+	15.7	28.9	19.0	22.2	14.3	21.4	28.6	33.3	+	+	+	
鹦鹉螺 <i>Nautilus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	16.7	+	+	+	
鱿鱼 squid	+	+	5+	48.3	38.3	47.1	36.8	33.3	61.1	28.6	57.1	71.4	33.3	100.0	66.7	100.0	
杂鱼 other fishes	+	62.5	6.3	17.2	13.3	27.5	34.2	23.8	33.3	42.9	28.6	28.6	50.0	+	33.3	+	
竹荚鱼 <i>Trachurus</i>	+	+	+	6.9	+	+	5.3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
章鱼 Octopus	+	+	+	+	+	+	+	+	+	7.1	+	+	+	+	33.3	+	
未辨认甲壳类 unidentified crustacean	+	+	+	+	+	+	+	+	+	7.1	+	+	+	+	+	+	

注：“+”表示<0.01%或无
Notes：“+”indicates <0.01% or none

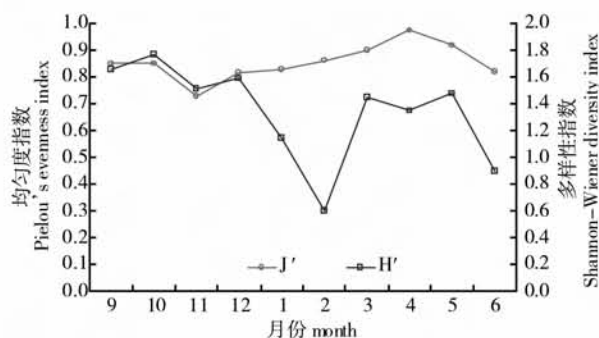


图5 印度洋中西部黄鳍金枪鱼食物组成各月 Shannon-Wiener 多样性指数 H' 及 Pielou 均匀度指数 J'
Fig. 5 Food items' monthly Shannon-Wiener diversity index H' and Pielou's evenness index J' of *T. albacares* in the west-central Indian Ocean

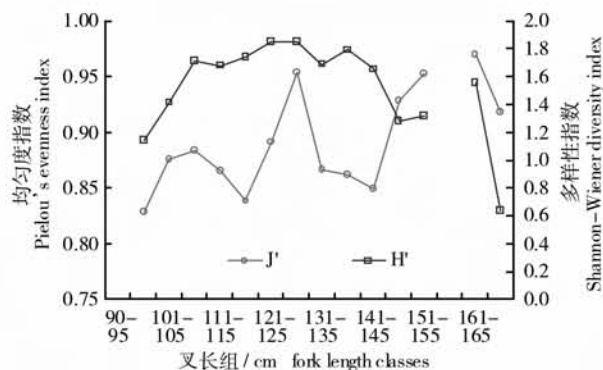


图6 印度洋中西部各叉长组黄鳍金枪鱼食物组成的 Shannon-Wiener 多样性指数 H' 及 Pielou 均匀度指数 J'
Fig. 6 Food items' Shannon-Wiener diversity index H' and Pielou's evenness index J' calculated for each fork length class of *T. albacares* in the west-central Indian Ocean

表4 印度洋中西部黄鳍金枪鱼食物的生态类群(出现频次百分比组成)

Tab. 4 Ecological groups of the food items of *T. albacares* in the west-central Indian Ocean

饵料种类 prey items	出现频次百分比组成(%) percentage of frequency	栖息水层 (m) vertical class	生态类群 ecological group
帆蜥 <i>Alepisaurus</i>	8.85	400~1000	鱼类 pisces
未辨认甲壳类 unidentified crustacean	0.24	-	甲壳类 crustacean
鲹 <i>Katsuwonus pelamis</i>	0.48	表层~200	鱼类 pisces
鳞鲀 <i>Balistoides</i>	0.24	表层~200	鱼类 pisces
沙丁鱼 <i>Sardina</i>	2.63	表层~200	鱼类 pisces
鲷 <i>Scomber</i>	17.70	200~500	鱼类 pisces
虾 shrimp	5.02	200~500	未辨认 unidentified
蟹 crab	15.55	表层~200	甲壳类 crustacean
鹦鹉螺 <i>Nautilus</i>	0.24	400~1000	甲壳类 crustacean
鱿鱼 Squid	30.14	200~500	头足类 cephalopods
杂鱼 other fishes	17.46	-	未辨认 unidentified
竹筴鱼 <i>Trachurus</i>	0.96	200~500	鱼类 pisces
章鱼 Octopus	0.48	200~500	头足类 cephalopods

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,这会产生一定的误差,因此这部分研究还需要进一步深入和加强。

感谢广东远洋渔业公司“金丰3号”、“华远渔18号”和“华远渔19号”船长及全体船员在海上工作的大力支持和配合。感谢农业部渔业局金枪鱼渔业科学观察员姜浪波、王家樵和姜文新等辛勤的海上调查及数据的收集工作。

参考文献:

- [1] Potier M, Sabatié R, Ménard F, et al. Preliminary results of tuna diet studies in the West equatorial Indian Ocean[R]. IOTC Proceedings, 2001, 4: 273-278.
- [2] Potier M, Lucas V, Marsac F, et al. On-going research activities on trophic ecology of tuna in equatorial ecosystems of the Indian Ocean[R]. IOTC Proceedings, 2002, 5: 368-374.
- [3] Bashmakov V F, Zamorov V V and Romanov E V. Diet composition of tunas caught with long lines and purse seines in the western Indian Ocean[R]. TWS/91/31 Workshop on stock assessment of yellowfin

- tuna in the Indian Ocean. 7 - 12 October 1991, Colombo, IPTP, 1992; 53 - 59.
- [4] Potier M, Marsac F, Lucas V, *et al.* Feeding partitioning among tunas taken in surface and mid-water layers; the case of yellowfin (*T. albacares*) and bigeye (*Thunnus obesus*) in the western tropical Indian Ocean[J]. Western Indian Ocean Journal of Marine Science, 2004, 3(1): 51 - 62.
- [5] Kornilova G N. Feeding of yellowfin tuna, *T. albacares*, and bigeye tuna, *Thunnus obesus*, in the equatorial zone of the Indian Ocean[J]. J Ichthyol, 1980, 20: 111 - 119.
- [6] Nishida T, Tanio M. Summary of the predation surveys for the tuna longline catch in the Indian and the Pacific Ocean based on the Japanese investigation cruises (1954, 1958 and 1966 - 1981) [R]. IOTC Proceedings, 2001, 4: 442 - 460.
- [7] 国家技术监督局. 海洋调查规范 (GB12763. 6 - 1991)[S]. 北京: 标准出版社, 1992.
- [8] Breiby A, Jobling M. Predatory role of the flying squid (*Todarodes sagittatus*) in North Norwegian Waters [J]. NAFO Sci Coun Studies, 1985, 9: 125 - 132.
- [9] Rasero R, Macchi E, Giaccone P, *et al.* Electrophoretic analysis of the polymorphic epithelial mucin PAS-1 in four Sicilian goat populations[J]. Agricultura Mediterranea, 1996, 126 (3 - 4): 270 - 274.
- [10] Sokal R R, Rohlf F J. Biometry[M]. San Francisco: Freeman W H & Company, 1981.
- [11] Hyslop E J. Stomach contents analysis-a review of methods and their application[J]. Journal of Fish Biology, 1980, 17(4): 411 - 429.
- [12] 张雅芝. 东山湾叫姑鱼食性研究[J]. 厦门水产学院学报, 1996, 18(1): 25 - 32.
- [13] Grubert M A, Wadley V A, White W G. Diet and feeding strategy of *Octopus maorum* in southeast Tasmania[J]. Bull Mar Sci, 1999, 65(2): 441 - 451.
- [14] Krebs C J. Ecological methodology[M]. New York: Harper Collins Publishers, 1989: 654.
- [15] Marshall S, Elliott M. A comparison of univariate and multivariate numerical and graphical techniques for determining inter- and intraspecific feeding relationship in estuarine fish[J]. Journal of Fish Biology, 1997, 51(3): 526 - 545.
- [16] Borodulina O D. Food composition of yellowfin tuna *T. albacares*[J]. J Ichthyol, 1982, 21 (6): 38 - 46.
- [17] Dragovich A. The food of skipjack and yellowfin tunas in the Atlantic Ocean[J]. Fish Bull, 1970, 68 (3): 445 - 460.
- [18] Dragovich A, Potthoff T. Comparative study of food of skipjack and yellowfin tunas off the coast of West Africa [J]. Fishery Bulletin, 1972, 70 (4): 1087 - 1110.
- [19] Grandperrin R. Structure trophiques aboutissant aux thons de longue ligne dans la Pacifique sud-ouest tropical[D]. Thèse de doctorat d'Etat, Aix Marseille II, ORSTOM, 1975, 296.
- [20] Legand M, Bourret P, Fourmanoir P, *et al.* Relations trophiques et répartitions verticales en milieu pélagique dans l'océan Pacifique intertropical[J]. Cah. ORSTOM, Sér Océanogr., 1972, X(4): 303 - 393.
- [21] Nakamura E L. Food and feeding habits of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) from the Marquesas and Tuamotu Islands[J]. Trans Fish Soc, 1965, 94 (3): 236 - 242.
- [22] Pelczarski W. Examination of food of yellowfin tuna (*T. albacares*) and bigeye tuna (*Thunnus obesus*) from the open waters of the Central Atlantic[R]. ICCAT XXVIII, SCRS 87/55, 1988, 58 - 73.
- [23] Roger C. Relationships among yellowfin and skipjack tuna, their prey-fish and plankton in the tropical western Indian Ocean[J]. Fish Oceanogr, 1994, 3(2): 133 - 141.
- [24] 朱国平, 许柳雄, 周应祺, 等. 印度洋中西部和大西洋西部水域大眼金枪鱼摄食生态的比较研究[J]. 生态学报, 2007, 27(1): 135 - 141.
- [25] Nishida T, Matsuura H, Shiba Y, *et al.* Did ecological anomalies cause 1993 and 2003 - 2004 high catches of yellowfin tuna (*T. albacares*) in the western Indian Ocean[R]. Seventh working party on the tropical tuna meeting (WPTT) (July, 18 - 22, 2005), Phuket, Thailand. IOTC-WPTT-2005027. 2005.
- [26] Zamorov V V, Spiridinov V A, Napadovsky G V. On the role of the swimming crab *Charybdis smithi* (McLeay) in the feeding habit of yellowfin tuna *T. albacares* (Bonnaterre) [R]. Workshop on stock assessment of yellowfin tuna in the Indian ocean, 7 - 12 October, 1991, Colombo, Sri Lanka, 70 - 75.

Feeding habits and its seasonal variations of *Thunnus albacares* in the west-central Indian Ocean

ZHU Guo-ping, XU Liu-xiong, ZHOU Ying-qi, SONG Li-ming

(The Key Laboratory of Shanghai Education Commission for Oceanic Fisheries Resources Exploitation,
College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 200090, China)

Abstract: Based on the data collected by National Tuna Scientific Observer's Program in the west-central Indian Ocean during the period from December 2003 to June 2004 and September to December 2005, the paper preliminarily analyzed diet composition and its variation over months and fork length, feeding intensity and food items' niche breadth of yellowfin tuna *Thunnus albacares* by using the two-way contingency table test and one-way Analysis of Variance. The results indicated that diet compositions of *T. albacares* included *Alepisaurus*, *Scomber*, *Nautilus*, *Katsuwonus pelamis*, *Sardinaa*, *Octopus*, *Trachurus*, shrimp, crab, squid and other fishes, with squid, *Scomber* and crab as the main diet item according to the percentage of occurrence. Over 70% of ingestion rates for all fork length classes of *T. albacares* sampled were found during most months of a year. Food item replacement rates of *T. albacares* were below 50% year round excluding February and June and below 40% for 106–155 cm fork length class. Significant difference in feeding intensity of *T. albacares* appeared between months, but non-significant difference occurred among the fork length classes. Significant difference also indicated between monthly stomach fullness indexes. Significant changes in diet compositions of *T. albacares* were found among both months and fork length classes. Squid, *Scomber*, and *Nautilus* were fed as the main food by all fork length classes *T. albacares*. Monthly Shannon-Weiner diversity index of diet composition of *T. albacares* varied greatly and significant difference between the indexes was showed. Monthly Pielou's evenness index of diet composition of *T. albacares* maintained at the level of 0.80–1.00 and a significant difference between the indexes appeared. Big variation of Shannon-Weiner diversity index of diet composition of *T. albacares* occurred to all fork length classes, but stable situation can be observed for 106–155 cm fork length class. Pielou's evenness index had a large variation to all fork length classes. Significant differences can be found in Shannon-weiner diversity index and Pielou's evenness index of diet compositions of *T. albacares* among both months and fork length classes. It is the first time for our Chinese scientists to attempt the feeding habits analysis of *T. albacares* in the western and central Indian Ocean due to the limitation of sample size, sampling period (less than one year) and lack of experience in identifying food items, the authors only focused on the feeding habits analysis of *T. albacares* in the western and central Indian Ocean in preliminary way, further research should be carried out on the position of *T. albacares* in the marine ecosystem and the food relations between *T. albacares* and other tuna species and pelagic species.

Key words: *Thunnus albacares*; diet composition; feeding habit; Shannon-Weiner diversity index; Pielou evenness index; west-central Indian Ocean