

文章编号: 1000-0615(2008)03-0387-08

## 印度洋中西部水域大眼金枪鱼的食性

许柳雄, 朱国平, 宋利明

(上海水产大学海洋学院, 上海 200090)

**摘要:** 根据 2005 年 9 月至 2005 年 12 月及 2003 年 12 月至 2004 年 5 月在印度洋中西部水域调查所获得的数据, 对大眼金枪鱼食性进行了初步研究。结果表明, 印度洋中西部水域大眼金枪鱼食物组成包括鲷、鲈、沙丁鱼、乌贼、蟹、竹荚鱼、蛇鲭、乌鲂、刺鲷、虾、帆蜥、鳞鲀、水母和杂鱼等饵料, 其中主要食物为鲷 ( $IRI = 50.84\%$ )、鲈 ( $IRI = 17.70\%$ ) 以及虾类 ( $IRI = 9.49\%$ )。空胃率较高, 雄性大眼金枪鱼的空胃率高达  $52.2\%$ , 而雌性大眼金枪鱼的空胃率则为  $47.7\%$ 。食物组成有明显的月份变化, 各月大眼金枪鱼食物中鲷所占比重均较大, 其次是鲈、沙丁鱼、虾以及蟹。食物中平均饵料重量及平均饵料个数的月变化较为显著, 且趋势较为一致。各体长组大眼金枪鱼食物中鲷重量均占有一定的比例, 鲈和沙丁鱼所占比重也较大, 蟹类以及虾类在大眼金枪鱼的食物中也占有一定的比重。各体长组大眼金枪鱼食物中平均饵料重量及平均饵料个数的变化显著, 且趋势较为一致,  $110\sim 140\text{ cm}$  体长范围内的大眼金枪鱼摄食量较大。各月 Shannon-Weiner 多样性指数  $H'$  基本上都在  $1.50\sim 2.00$  之间变化, 各月 Pielou 均匀度指数  $J'$  均在  $0.80\sim 1.00$  之间。各体长组 Shannon-Weiner 多样性指数  $H'$  变化较大, 各体长组 Pielou 均匀度指数  $J'$  均在  $0.85\sim 1.00$  之间。

**关键词:** 印度洋中西部; 大眼金枪鱼; 食性; Shannon-Weiner 多样性指标; Pielou 均匀度指数  $J'$

**中图分类号:** S931.1      **文献标识码:** A

金枪鱼渔业是我国远洋渔业的重要组成部分。大眼金枪鱼 (*Thunnus obesus*) 是金枪鱼及类金枪鱼中的重要鱼种, 是各国金枪鱼延绳钓渔业的主要捕捞对象之一。随着负责任渔业观念的深入, 大洋性捕捞业对生态环境可能造成的影响日益受到国际社会的关注。作为重要的高度洄游鱼种之一, 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。而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鱼种渔业管理的基础<sup>[1]</sup>, 并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>, 尤其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>, 因此具有较高的理论研

究价值和现实意义。国外一些学者对印度洋水域大眼金枪鱼食性进行了研究<sup>[7-11]</sup>。但除朱国平等<sup>[12]</sup>对大西洋西部大眼金枪鱼的食性做过研究外, 目前国内还没有学者对大眼金枪鱼的食性做过专门的研究, 近年来国内外也没有学者就印度洋中西部大眼金枪鱼的食性进行过研究, 因此本文利用 2005 年 9 月至 2005 年 12 月及 2003 年 12 月至 2004 年 5 月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大眼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大眼金枪鱼的生物学特性并为研究印度洋中西部水域大眼金枪鱼食性变动提供一定的基础资料。

收稿日期: 2007-06-04

资助项目: 上海市重点学科建设项目资助(T1101); 农业部渔业局渔业观察员项目(SFU 06472); 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: 许柳雄(1956-), 男, 浙江台州人, 教授, 主要从事远洋渔业资源开发、渔具力学等研究。E-mail: lxxu@shfu.edu.cn

## 1 材料与方法

### 1.1 样品收集

2003年12月至2004年5月样品取自站位①(图1);调查船为广东远洋渔业公司“金丰3号”。调查期间,共测量201尾大眼金枪鱼,其中雌性100尾,雄性101尾。样品的体长(叉长)范围为95.4~179.2 cm,其中雄性体长范围为99.1~179.2 cm,雌性体长范围为95.4~164.7 cm。2005年9月至12月样品取自站位②(图1);调查船为广东远洋渔业公司“华远渔19号”;调查期间,共测量107尾大眼金枪鱼,其中雌性49尾,雄性58尾;样品的体长(叉长)范围为95~181 cm,其中雄性体长范围为100~181 cm,雌性体长范围为95~167 cm。

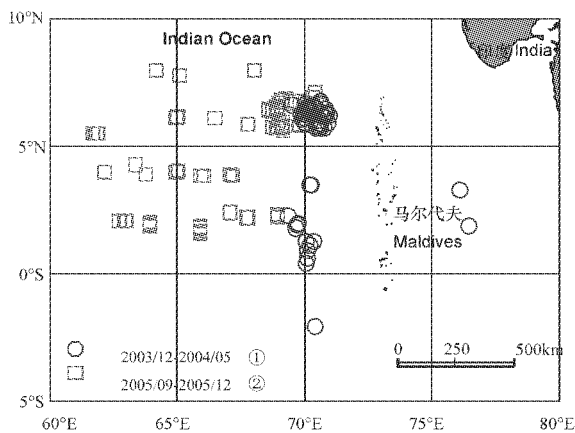


图1 取样站位

Fig.1 Sampling sites

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》<sup>[13]</sup>进行。

### 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>[14]</sup>和相对重要性指标(IRI),其计算公式如下(1)~(6):

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

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

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

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

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

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

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  $J'$ <sup>[15]</sup>研究,计算公式如下:

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \cdot \ln P_i \quad (7)$$

$$J' = \frac{H'}{\ln(s)} \quad (8)$$

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<sup>[16]</sup>。

本研究使用的统计软件为 SPSS 13.0,该软件具有较强的统计功能,在许多领域有着非常广泛的应用<sup>[17]</sup>。

## 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鱿、鲐、沙丁鱼、乌贼、蟹、竹荚鱼、蛇鲭、乌鲂、刺鲷、虾、帆蜥、鳞鲀、水母和杂鱼等饵料,其中主要食物为鱿( $\text{IRI} = 50.84\%$ )、鲐( $\text{IRI} = 17.70\%$ )以及虾类( $\text{IRI} = 9.49\%$ );杂鱼包括未辨认的鱼类和其他种群(表1)。

### 2.2 摄食强度和食物组成的月变化

调查期间,在印度洋中西部共测量71尾雌性大眼金枪鱼空胃,83尾雄性大眼金枪鱼空胃。印度洋中西部水域大眼金枪鱼空胃率较高,雄性大眼金枪鱼的空胃率高达52.2%,而雌性大眼金枪鱼的空胃率则为47.7%。

大眼金枪鱼的食物组成随月份有明显变化。由重量百分比的数据显示(表2),鱿为大眼金枪鱼的主要饵料鱼种,各月大眼金枪鱼食物中鱿所占比重均较大,2月份甚至达到了66.25%,平均为33.40%,其次是鲐、沙丁鱼、对虾以及蟹类。

图 2 显示了大眼金枪鱼平均饵料重量及平均饵料个数月变化。食物中平均饵料重量 (ANOVA,  $P < 0.05$ ,  $F = 1.07$ ) 及平均饵料个数 (ANOVA,  $P < 0.05$ ,  $F = 2.29$ ) 的月变化较为显

著,且趋势较为一致,12 月份达到最高,1 月份为最低,且 1-5 月份的平均饵料重量基本上都小于 9-12 月份的平均饵料重量,平均饵料个数也有类似的变化。

表 1 印度洋中西部大眼金枪鱼的食物组成

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

饵料种类 prey items	重量 百分比(%) W	个数 百分比(%) N	出现 频次(%) F	相对重要性 指标(%) IRI	出现频次百分比组成 percentage of frequency	生态类群 ecological group
帆蜥 <i>Alepisaurus</i>	6.78	8.56	18.67	4.59	8.56	鱼类 pisces
鲈 <i>Scomber</i>	14.00	16.57	36.14	17.70	16.57	鱼类 pisces
乌鲂 <i>Brama</i>	1.65	1.66	3.61	0.19	1.66	鱼类 pisces
对虾 <i>Penaeus</i>	6.53	13.54	29.52	9.49	13.54	甲壳类 crustacean
蟹 <i>Portunus trituberculatus</i>	7.82	5.52	12.05	2.58	5.52	甲壳类 crustacean
鱿 <i>Loligo</i>	29.21	26.24	57.23	50.84	26.24	头足类 cephalopods
杂鱼 other fishes	5.51	11.33	24.70	6.66	11.33	未辨认 unidentified
蛇鲭 <i>Gempylus</i>	1.54	3.04	6.63	0.49	3.04	鱼类 pisces
沙丁鱼 <i>Sardina</i>	14.30	8.01	17.47	6.24	8.01	鱼类 pisces
乌贼 <i>Sepia officinalis</i>	8.06	2.49	5.42	0.92	2.49	头足类 cephalopods
鳞鲀 <i>Balistes</i>	0.13	0.28	0.60	+	0.28	鱼类 pisces
刺鲷 <i>Sparus</i>	1.95	1.10	2.41	0.12	1.10	鱼类 pisces
水母 <i>Physalia</i>	0.03	0.28	3.01	+	0.28	头足类 cephalopods
竹荚鱼 <i>Trachurus</i>	2.48	1.38	3.01	0.19	1.38	鱼类 pisces

注: + 表示  $< 0.01\%$

Notes: + indicates  $< 0.01\%$

表 2 大眼金枪鱼主要饵料类群重量百分比的月变化

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

饵料种类 prey items	采样月份 sampling months									
	9	10	11	12	1	2	3	4	5	
帆蜥 <i>Alepisaurus</i>	11.69	10.71	12.17	16.28	+	+	+	1.33	+	
鲈 <i>Scomber</i>	39.39	27.55	42.33	20.66	+	+	+	+	+	
乌鲂 <i>Brama</i>	2.60	+	1.06	0.31	+	+	+	+	+	
对虾 <i>Penaeus</i>	14.29	25.51	23.02	2.97	1.64	+	0.74	1.33	+	
蟹 <i>Portunus trituberculatus</i>	6.06	+	+	17.68	22.95	+	+	7.33	2.37	
鱿 <i>Loligo</i>	10.39	15.82	16.14	13.46	42.62	66.25	57.51	38.33	45.45	
杂鱼 Other fishes	15.58	20.41	5.29	2.66	+	10.42	0.31	7.67	3.16	
蛇鲭 <i>Gempylus</i>	+	+	+	0.63	8.20	0.83	8.97	0.67	+	
沙丁鱼 <i>Sardina</i>	+	+	+	12.83	24.59	20.83	14.22	30.00	11.86	
乌贼 <i>Sepia officinalis</i>	+	+	+	15.52	+	+	+	13.33	7.91	
鳞鲀 <i>Balistes</i>	+	+	+	+	+	1.67	+	+	+	
刺鲷 <i>Sparus</i>	+	+	+	+	+	+	17.93	+	+	
水母 <i>Physalia</i>	+	+	+	+	+	+	0.31	+	+	
竹荚鱼 <i>Trachurus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	29.25	

注: + 表示  $< 0.01\%$  或无

Notes: + indicates  $< 0.01\%$  or none

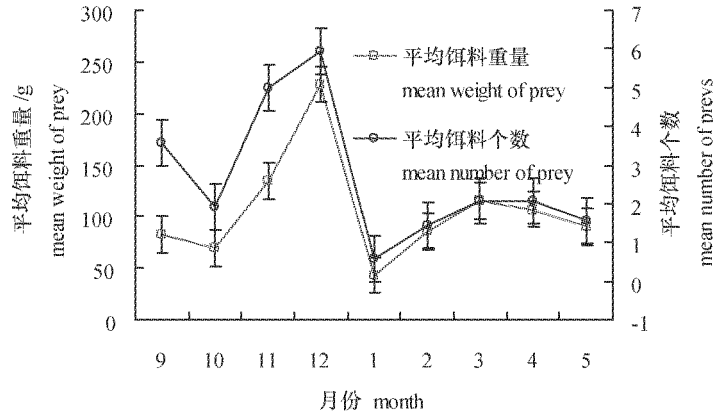


图2 印度洋中西部大眼金枪鱼平均饵料重量及平均饵料个数月变化(竖线表示标准误差)  
 Fig.2 Monthly mean number of prey per stomach and mean weight of prey per stomach of *T. obesus* in the west-central Indian Ocean (vertical bars indicate S.E.)

2.3 摄食强度和食物组成的体长变化

大眼金枪鱼的食物组成基本上以鱿、鲐和沙丁鱼为主,其中调查月份内各体长组鱿重量均占有一定的比例,说明鱿为不同规格大眼金枪鱼的主要饵料之一。鲐和沙丁鱼所占比重也较大,蟹

类以及虾类在大眼金枪鱼的食物中也占有一定的比重。值得注意的是,各体长组大眼金枪鱼食物中帆蜥也有一定的比重,161~170 cm 体长组大眼金枪鱼食物中帆蜥的比例达到了 46.30%。

表3 大眼金枪鱼主要饵料类群重量百分比随叉长的变化

Tab. 3 Variation in the percentage weight for major prey groups to the diets of each fork length class of *T. obesus* in the west-central Indian Ocean %

饵料种类 prey items	叉长 (cm) fork length									
	91~100	101~110	111~120	121~130	131~140	141~150	151~160	161~170	171~180	
帆蜥 <i>Alepisaurus</i>	1.96	10.42	4.02	4.99	5.51	10.98	8.26	46.30	+	
鲐 <i>Scomber</i>	21.57	20.85	20.55	8.57	5.93	15.85	4.96	+	+	
乌鲂 <i>Brama</i>	1.96	0.65	0.36	6.39	+	+	+	+	+	
对虾 <i>Penaeus</i>	7.84	9.12	6.97	4.43	20.34	1.83	0.83	+	+	
蟹 <i>Portunus trituberculatus</i>	+	+	1.52	3.74	16.95	31.71	33.06	14.81	5.56	
鱿 <i>Loligo</i>	21.57	24.10	31.01	39.91	22.03	37.20	5.79	10.19	27.78	
杂鱼 other fishes	1.96	8.79	6.88	7.02	2.12	+	5.79	0.93	+	
蛇鲭 <i>Gempylus</i>	+	8.47	0.54	0.94	1.69	2.44	+	+	+	
沙丁鱼 <i>Sardina</i>	39.22	4.56	17.52	14.03	12.71	+	8.26	27.88	11.11	
乌贼 <i>Sepia officinalis</i>	+	+	4.47	6.24	12.71	+	33.06	+	55.56	
鳞鲀 <i>Balistes</i>	3.92	+	+	+	+	+	+	+	+	
刺鲷 <i>Sparus</i>	+	13.03	1.25	0.62	+	+	+	+	+	
水母 <i>Physalia</i>	+	+	0.09	+	+	+	+	+	+	
竹筴鱼 <i>Trachurus</i>	+	+	4.83	3.12	+	+	+	+	+	

注: + 表示 <0.01% 或无

Notes: + indicates <0.01% or none

图3显示了各体长组大眼金枪鱼平均饵料重量及平均饵料个数变化。各体长组大眼金枪

鱼食物中平均饵料重量(ANOVA,  $P < 0.05$ ,  $F = 4.25$ )及平均饵料个数(ANOVA,  $P < 0.05$ ,  $F =$

7.17)的变化显著,且趋势较为一致:从91~100 cm 体长组开始增加,至111~120 cm 体长组达

到最高,然后开始下降,初步说明110~140 cm 体长范围内的大眼金枪鱼摄食量较大。

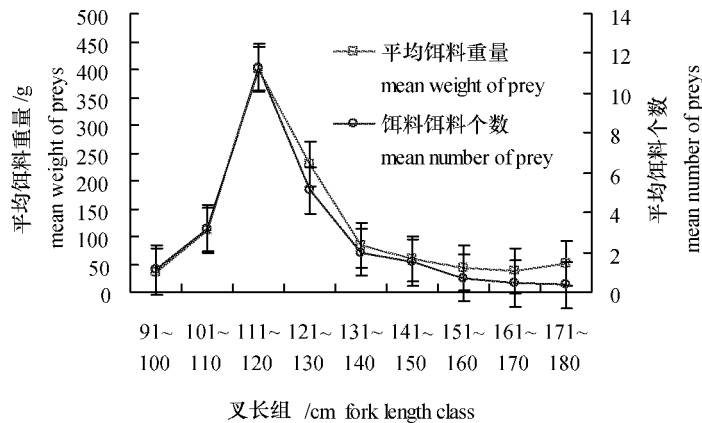


图3 印度洋中西部大眼金枪鱼平均饵料重量及平均饵料个数的体长变化(竖线表示标准误差)

Fig.3 Mean number of prey per stomach and mean weight of prey per stomach for each fork length class of *T. obesus* in the west-central Indian Ocean (vertical bars indicate S.E.)

#### 2.4 饵料食物的生态位宽度

印度洋中西部水域大眼金枪鱼各月 Shannon-Weiner 多样性指数  $H'$  基本上都 1.50~2.00 变化,而且都随月份呈波型变化。对于 Pielou 均匀度指数  $J'$ ,各月  $J'$  值均在 0.80~1.00(图4)。

印度洋中西部水域大眼金枪鱼各体长组

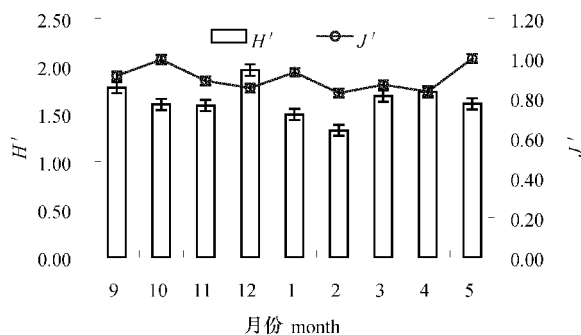


图4 印度洋中西部大眼金枪鱼各月 Shannon-Weiner 多样性指数  $H'$  及 Pielou 均匀度指数  $J'$ (竖线为标准误差)

Fig. 4 Monthly Shannon-Weiner diversity index  $H'$  and Pielou evenness index  $J'$  of *T. obesus* in the west-central Indian Ocean (Vertical bars indicate S.E.)

### 3 讨论

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>[18-19]</sup>。采用一般多数原则,本研究以出现百分比组成的 60%

Shannon-Weiner 多样性指数  $H'$  变化较大,最低为 1.33(171~180 cm 体长组),最高为 2.13(121~130 cm 体长组);当体长达到 150 cm 之后  $H'$  开始下降。对于 Pielou 均匀度指数  $J'$ ,各体长组  $J'$  值均在 0.85~1.00(图5)。

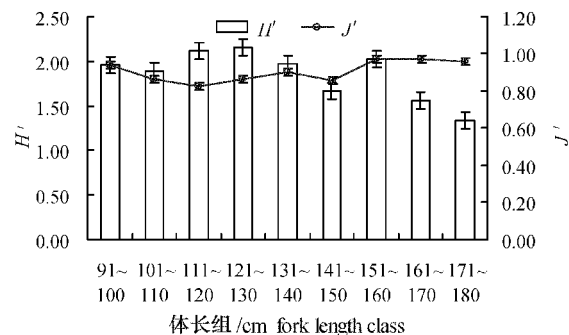


图5 印度洋中西部大眼金枪鱼各体长组的 Shannon-Weiner 多样性指数  $H'$  及 Pielou 均匀度指数  $J'$ (竖线表示标准误差)

Fig. 5 Shannon-Weiner diversity index  $H'$  and Pielou evenness index  $J'$  calculated for each fork length class of *T. obesus* in the west-central Indian Ocean (Vertical bars indicate S.E.)

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<sup>[20]</sup>。由表 1 可知,印度洋中西部水域大眼金枪鱼的摄食对象主要为头足类(29.01%)和鱼类(40.96%),甲壳类也占有一定的比重(19.06%)。从大眼金枪鱼食物对象所栖息的水层可知,大眼金枪鱼主要摄食表层

(表层至水下 200 m)生物(如沙丁鱼、鳞鲷、棘鲷、竹筴鱼和蟹等)及中层(mesopelagic)(水下 200~500 m)鱼类(如鲈、乌鲂、乌贼、魃及虾等),饵料食物中只有帆蜥为栖息在 400~1 000 m 水层且夜间洄游到上层的半深海鱼类,由此可以初步判断大眼金枪鱼的摄食水层约在 100~300 m 之间,即在表层与中层之间的水层。Borodulina<sup>[21]</sup>发现,几内亚湾内大眼金枪鱼主要摄食上中层(epi-mesopelagic)及中层鱼类和魃,表层(epipelagic),中深层(mesobathpelagic)和底层海洋动物则很少。Kornilova<sup>[22]</sup>对印度洋赤道水域大眼金枪鱼的食性分析之后得出,大眼金枪鱼最偏爱的摄食水层为 218~265 m 之间,而这个水层也是渔获量最高的水层<sup>[23]</sup>。

有关金枪鱼摄食习性的研究较多。苗振清等<sup>[24]</sup>认为,大眼金枪鱼以沙丁鱼、鲭科鱼类、甲壳类和头足类为食饵。Potier 等<sup>[7]</sup>利用 2000 年 5-7 月在塞舌尔西北部水域金枪鱼围网调查所获得数据对大眼金枪鱼的食物进行了分析,结果表明,大眼金枪鱼主要食物为头足类( $IRI = 94.47\%$ ),其次为鱼类( $IRI = 5.53\%$ )。大眼金枪鱼的空胃率非常高(75%)。Potier 等<sup>[8]</sup>利用 2000 年 5 月-2002 年 3 月在热带印度洋西部水域调查所获得的数据对渔获中大眼金枪鱼的食物进行了分析,结果表明,与其他金枪鱼类(如黄鳍金枪鱼和剑鱼等)相比,大眼金枪鱼食物中鱼类所占比重较高。将其结果作简单归类,可知印度洋水域大眼金枪鱼饵料生物主要以头足类为主,其次为鱼类和甲壳类。本研究所得结论与上述研究结论较为相似,饵料重要性依次为头足类( $IRI = 51.76\%$ )、鱼类( $IRI = 29.52\%$ )和甲壳类( $IRI = 12.07\%$ )(表 1)。

根据 SHOYO-MARU 号调查船 2002 年在大西洋的调查结果得出,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( $IRI = 8.2\%$ )<sup>[25]</sup>。宋利明等<sup>[26]</sup>利用大西洋中部水域金枪鱼延绳钓所捕大眼金枪鱼数据得出,杂鱼和头足类出现频率最高,分别占 38.05%和 30.48%,其次是沙丁鱼类和虾类,分别占 19.32%和 11.75%,而其它甲壳类仅占 0.40%。朱国平等<sup>[12]</sup>认为,大西洋西部水域大眼金枪鱼食物主要为鱼类( $IRI = 84.9\%$ )、头足类( $IRI = 11.6\%$ )和甲壳类( $IRI =$

1.4%)。Legand 等<sup>[27]</sup>及 Grandperrin<sup>[28]</sup>对南太平洋中部水域大眼金枪鱼的食性进行了研究,结果表明大眼金枪鱼主要以鱼类为饵料。Bertrand 等<sup>[29]</sup>利用 1995 年 10 月-1997 年 8 月在法属波利尼西亚水域( $4^{\circ}S \sim 20^{\circ}S, 134^{\circ}W \sim 154^{\circ}W$ )调查所获得的数据对渔获中大眼金枪鱼的食物进行了分析,得出大眼金枪鱼胃含物中鱼类所占比重较大(约 75%),其次是头足类(约 22%)和甲壳类(约 1%)。通过比较可知,大西洋和印度洋水域大眼金枪鱼主要以鱼类为食物,而印度洋水域大眼金枪鱼则以头足类为主要饵料。

分析金枪鱼的胃含物至少有两个优点,其一是分析结果可提供有关金枪鱼摄食方面的信息,从而为更好地理解各鱼种的摄食习性提供基础数据;其二,有关饵料的内在差异有助于更好地理解鱼类空间分布的策略及种间的相互关系<sup>[29]</sup>。但金枪鱼是机会型捕食者,其饵料在时空上存在很大的变数<sup>[11, 30-31]</sup>。而另一方面,延绳钓为被动性渔具,只有金枪鱼食饵时才有被捕的机会<sup>[32]</sup>,因此本研究的分析结果并不代表整个研究区域内的大眼金枪鱼的食性。同时,对于大眼金枪鱼摄食的研究还应该拓展到其它水域,甚至其它大洋(太平洋和大西洋),通过比较不同水域间大眼金枪鱼的摄食差异,这对于从生态和生理角度分析大眼金枪鱼食性的地域差异有着深远的意义。

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,这会产生较大的误差,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] 邓景耀,孟田湘,任胜民. 渤海鱼类的食物关系[J]. 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[J]. 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[M].北京:科学出版社,2000:1-252.
- [4] Amundsen P A, Gabler H M, Staldivik F J. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data- modification for the Costello (1990) method [J]. *Journal of Fish Biology*, 1996, (48): 607-614.
- [5] Duarte L O, García C B. Diet of the mutton snapper *Lutjanus analis* (Cuvier) from the Gulf of Salamanca, Colombia, Caribbean Sea [J]. *Buttletin of Marine Science*, 1999, 65 (2): 453-465.
- [6] Wootton R J. Ecology of teleost fishes [M]. London: Chapman & Hall, 1990: 33-41.
- [7] Potier M, Sabatié R, Ménard F. Preliminary results of tuna diet studies in the West equatorial Indian Ocean [R]. 3<sup>rd</sup> session of the IOTC working party on tropical tunas, Seychelles, 19-27/06/2001. WPTT/01/03. IOTC Proceedings, 2001, 4: 273-278.
- [8] 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]. 4<sup>th</sup> session of the IOTC working party on tropical tunas, Shanghai, China, 3-11/06/2002. WPTT/02/24. IOTC Proceedings, 2002, 5: 368-374.
- [9] Bashmakov V F, Zamorov V V, 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.
- [10] Potier M, Marsac F, Lucas V, *et al.* Feeding partitioning among tunas taken in surface and mid-water layers: the case of yellow fin (*Thunnus albacares*) and big eye (*Thunnus obesus*) in the western tropical Indian Ocean [J]. *Western Indian Ocean Journal of Marine Science*, 2004, 3(1): 51-62.
- [11] Kornilova G N. Feeding of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, and big eye tuna, *Thunnus obesus*, in the equatorial zone of the Indian Ocean [J]. *J Ichthyol*, 1980, 20: 111-119.
- [12] 朱国平,周应祺,许柳雄,等.大西洋西部大眼金枪鱼摄食生态的初步研究[J]. *水产学报*, 2007, 31(1): 23-30.
- [13] GB12763.6-1991.海洋调查规范[S]. 1992.
- [14] Hyslop E J. Stomach contents analysis-a review of methods and their application [J]. *Journal of Fish Biology*, 1980, (17): 411-429.
- [15] Krebs C J. Ecological methodology [M]. New York: Harper Collins Publishers, 1989: 654.
- [16] 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: 526-545.
- [17] 余建英,何旭宏. 数据统计分析与 SPSS 应用 [M]. 北京:人民邮电出版社,2003.
- [18] 张其永,林秋眠,林允通,等. 闽南-台湾浅滩渔场鱼类食物网研究 [J]. *海洋学报*, 1981, 3(2): 275-290.
- [19] 韦 晟,姜卫民. 黄海鱼类食物网研究 [J]. *海洋与湖沼*, 1992, 23(2): 182-192.
- [20] 张 波,唐启升. 东、黄海六种鳗的食性 [J]. *水产学报*, 2003, 27(4): 307-314.
- [21] Borodulina O D. The feeding of bigeye tuna, *Thunnus obesus* (Lowe), in the Gulf of Guinea and its place in the trophic system of the pelagial [J]. *Voprosy Ikhtologii*, 1974, 14(5): 765-775.
- [22] Solov'yev B S. Distribution and biology of bigeye tuna in the Indian Ocean [R]. *Rybn Kh-vo*, 3. 1970.
- [23] Kornilova G N. Feeding of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, and bigeye tuna *Thunnus obesus*, in the equatorial zone of the Indian Ocean [J]. *J Ichthyol*, 1980, 20: 111-119.
- [24] 苗振清,黄锡昌. 远洋金枪鱼渔业 [M]. 上海:上海科学技术出版社,2003: 24-28.
- [25] Satoh K, Yokawa K, Saito H, *et al.* Preliminary stomach contents analysis of pelagic fishes collected by Shoyo-Maru 2002 research cruise in the Atlantic Ocean [C]. *Col Vol Sci Pap ICCAT*, 2004, 56(3): 1096-1114.
- [26] 宋利明,陈新军,许柳雄. 大西洋中部金枪鱼延绳钓渔场大眼金枪鱼的生物学特性 [J]. *水产学报*, 2004, 28(2): 216-220.
- [27] Legand M, Bourret P, Fourmanoir P, *et al.* Relations trophiques et distributions verticales en milieu pélagique dans l'Occéan Pacifique intertropical [J]. *Cah ORSTOM Ser Oceanogr*, 1972, 10: 303-393.
- [28] Grandperrin R. Structures trophiques aboutissant aux thons de longue ligne dans le Pacifique sud-

- ouest tropical [D]. Thèse, Université d'Aix-Marseille II, ORSTOM, Paris, 1975.
- [29] Bertrand A, Bard F X, Josse E. Tuna food habits related to the micronekton distribution in French Polynesia [J]. *Marine Biology*, 2002, 140: 1023–1037.
- [30] Young J W, Lamb T D, Le D, *et al.* Feeding ecology and interannual variations in diet of southern bluefin tuna, *Thunnus maccoyii*, in relation to coastal and oceanic waters off eastern Tasmania, Australia [J]. *Environ Biol Fishes*, 1997, 50: 275–291.
- [31] Young J W, Bradford R, Lamb T D, *et al.* Yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) aggregations along the shelf break off south-eastern Australia: links between inshore and offshore processes [J]. *Mar Freshwat Res*, 2001, 52: 463–474.
- [32] Bard F X. Apparent effect of stomach repletion on catchability of large tunas to longline gear, comparison with other fishing gears [C]. *Collect Vol Sci Pap ICCAT*, 2001, 52: 452–465.

## Feeding behavior of *Thunnus obesus* in the west-central Indian Ocean

XU Liu-xiong, ZHU Guo-ping, SONG Li-ming

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

**Abstract:** Based on the data collected in the west-central Indian Ocean from September 2005 to December 2005 and December 2003 to May 2004, the paper analyzed feeding behaviors of bigeye tuna *Thunnus obesus* preliminarily. The results indicated that diet composition of *Thunnus obesus* included *Loligo*, *Sardina*, *Scomber*, *Penaeus*, *Portunus trituberculatus*, *Alepisaurus*, *Brama*, *Gempylus*, *Sepia officinalis*, *Balistes*, *Sparus*, *Physalia*, *Trachurus*, and other fishes, in which *Loligo* (IRI=50.84%), *Scomber* (IRI=17.70%), *Penaeus* (IRI=9.49%) are the main diets. The percentage of empty stomachs of *T. obesus* is high relatively, 52.2% and 47.7% were corresponded to male and female *T. obesus* respectively. Monthly fluctuation occurred in the diet compositions. *Loligo* was dominant in the diet of *T. obesus* monthly, the following were *Scomber*, *Sardina*, *Penaeus*, and *Portunus trituberculatus*. Significant monthly fluctuations occurred in mean weight and mean number of diet, similar tendency of fluctuation existed in mean weight and mean number of diet. *Loligo* existed in diet compositions to each fork length class and had a high proportion, *Scomber*, *Sardina*, *Penaeus*, and *Portunus trituberculatus* were also main diets. Significant fluctuations occurred in mean weight and mean number of diet of *T. obesus* to each fork length class, similar tendency of fluctuation existed in mean weight and mean number of diet of *T. obesus* to each fork length class. *T. obesus*, whose fork length range were in 110–140 cm, had a high predation rate. Monthly Shannon-Weiner diversity index  $H'$  and monthly Pielou evenness index  $J'$  of *T. obesus* fluctuated from 1.50 to 2.00 and from 0.80 to 1.00 respectively. Shannon-Weiner diversity index  $H'$  of *T. obesus* to each fork length class had a significant variation and Pielou evenness index  $J'$  fluctuated from 0.85 to 1.00.

**Key words:** west-central Indian Ocean; *Thunnus obesus*; feeding behavior; Shannon-Weiner diversity index  $H'$ ; Pielou evenness index  $J'$