

doi: 10.12131/20180141

热带西太平洋帆蜥鱼胃含物组成分析

刘 攀¹, 戴小杰^{1,2,3,4}, 王 杰¹, 高春霞^{1,2,3,4}, 吴 峰^{1,2,3,4}, 王学昉^{1,2,3,4}

(1. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306; 2. 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306; 3. 大洋渔业资源可持续开发省部共建教育部重点实验室, 上海 201306; 4. 远洋渔业协同创新中心, 上海 201306)

摘要: 根据中国金枪鱼延绳钓渔业观察员于 2017 年 9 月至 2018 年 1 月在热带西太平洋 (165°45'E~178°00'W, 03°02'S~18°34'S) 采集的 138 尾帆蜥鱼 (*Alepisaurus ferox*) 样本, 对其胃含物组成进行了研究。结果显示, 帆蜥鱼胃含物中共鉴定出 61 种 (类) 生物, 分属鱼类、软体动物、甲壳类、多毛类、刺胞动物和海樽类等 6 大类 44 科。此外, 还观察到了同类相食现象以及塑料垃圾。胃含物的 Shannon-Wiener 多样性指数 (H') 为 2.71, Pielou 均匀度指数 (J') 为 0.67, 饵料优势指数 (D) 为 0.12。相对重要性指数 (IRI) 分析结果显示软体动物为帆蜥鱼的主要食物, 其 IRI 为 7 573.31, 占 IRI 总和百分比 (IRI%) 为 53.11%。在科一级水平上, 褶胸鱼科、帆蜥鱼科、龙骨螺科、翼管螺科、单盘蛸科、爪乌贼科、刺虾科、宽腿蛸科、Eurytheneidae 和浮沙蚕科为其优势饵料。

关键词: 帆蜥鱼; 胃含物; 延绳钓; 兼捕; 热带西太平洋

中图分类号: S 931.1

文献标志码: A

文章编号: 2095 - 0780 - (2019) 01 - 0020 - 11

Composition of stomach contents of longnose lancetfish (*Alepisaurus ferox*) in western tropical Pacific Ocean

LIU Pan¹, DAI Xiaojie^{1,2,3,4}, WANG Jie¹, GAO Chunxia^{1,2,3,4}, WU Feng^{1,2,3,4}, WANG Xuefang^{1,2,3,4}

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. National Engineering Research Center for Distant-Water Fisheries, Shanghai 201306, China; 3. Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 4. Collaborative Innovation Center for Distant-Water Fisheries, Shanghai 201306, China)

Abstract: We investigated the composition of the stomach contents of 138 longnose lancetfish (*Alepisaurus ferox*) collected from September 2017 to January 2018 by the Chinese Longline Fisheries Observer Programme in the western tropical Pacific Ocean (165°45'E–178°00'W, 03°02'S–18°34'S). A total of 61 species from 44 families, belonging to six prey groups (Fish, Mollusca, Crustacea, Polychaeta, Cnidaria and Thaliacea) were identified. Cannibalism and plastic debris ingestion were also observed. The obtained values of Shannon-Wiener diversity index (H'), Pielou evenness index (J') and dominance index (D) of *A. ferox*'s diet composition were 2.71, 0.67 and 0.12, respectively. The result of index of relative importance (IRI) analysis indicates that Mollusca was the dominant prey with IRI of 7 573.31 which accounted for 53.11% of total IRI. At family level, Sternoptychidae, Alepisauridae, Carinariidae, Pterotracheidae, Bolitaenidae, Onychoteuthidae, Oplophoridae, Platyscelidae, Eurytheneidae and Alciopidae were the most important preys of *A. ferox*.

Key words: *Alepisaurus ferox*; stomach content; longline; bycatch; western tropical Pacific Ocean

收稿日期: 2018-06-25; 修回日期: 2018-08-16

资助项目: 农业农村部远洋渔业观察员项目 (08-25); 国家自然科学基金项目 (41506151)

作者简介: 刘 攀 (1993—), 男, 硕士研究生, 从事渔业资源研究。E-mail: 1311656194@qq.com

通信作者: 戴小杰 (1966—), 男, 教授, 从事渔业资源研究。E-mail: xjdai@shou.edu.cn

帆蜥鱼 (*Alepisaurus ferox*) 又名长吻帆蜥鱼, 隶属辐鳍鱼纲、仙女鱼目、帆蜥鱼科、帆蜥鱼属, 是一种大洋性中上层鱼类, 广泛分布于太平洋、印度洋和大西洋的热带、亚热带和温带海域。性凶猛, 为肉食性鱼类, 常栖息于表层至 1 400 m 以浅的海域。晚上能游至海洋表层觅食和活动^[1]。在金枪鱼延绳钓渔业中, 帆蜥鱼是最常见的兼捕对象之一, 但其经济价值偏低, 捕获后常被丢弃^[2]。

由于帆蜥鱼拥有特殊的消化机制, 胃含物消化程度较低, 容易鉴定种类^[3], 因而可作为研究远洋生态系统的重要生物样本。国内学者对帆蜥鱼的研究较少, Wu 等^[4]对西北太平洋公海水域帆蜥鱼的体长与体质量关系做了研究; 国外学者已对印度洋^[5-6]、大西洋^[7]及东太平洋^[8]等海域的帆蜥鱼食性进行了研究, 显示出较大的食物多样性; 此外, Portner 等^[9]通过帆蜥鱼胃含物对北太平洋的微型自游生物群落进行了大时空尺度的监测; Jantz 等^[10]利用帆蜥鱼胃含物研究分析了北太平洋的海洋塑料污染。目前对热带西太平洋海域帆蜥鱼的研究较少, 但该海域是中西太平洋渔业委员会管辖区域内主要的金枪鱼延绳钓渔业生产作业海域之一^[11], 并且有研究认为帆蜥鱼是中西太平洋和西南太平洋海域食物网中的关键物种^[12]。因此, 本文利用中国金枪鱼延绳钓渔业观察员在热带西太平洋海域采集的帆蜥鱼样本, 对其胃含物组成进行了研究分析, 以期探究该海域内帆蜥鱼的摄食特征并加深对该海域内天然饵料生物的了解, 为今后远洋生态系统食物网的组建和基于生态系统的渔业管理提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 样本来源

帆蜥鱼胃含物样本由中国金枪鱼延绳钓渔业观察员于 2017 年 9 月至 2018 年 1 月在热带西太平洋海域 (165°45'E~178°00'W, 03°02'S~18°34'S) 采集 (图 1)。观察员在船上观测期间, 延绳钓作业所用钓饵为日本鲭 (*Scomber japonicus*)、颌圆鲂 (*Decapterus macarellus*)、拟沙丁鱼 (*Sardinops sagax*) 和金色小沙丁鱼 (*Sardinella aurita*), 这 4 种鱼在作业海域无分布, 因此帆蜥鱼胃含物中的钓饵不被包含在本研究中。

起钩时观察员对钓获的帆蜥鱼叉长进行测量, 精确至 1 cm。随机解剖了 138 尾帆蜥鱼, 非空胃

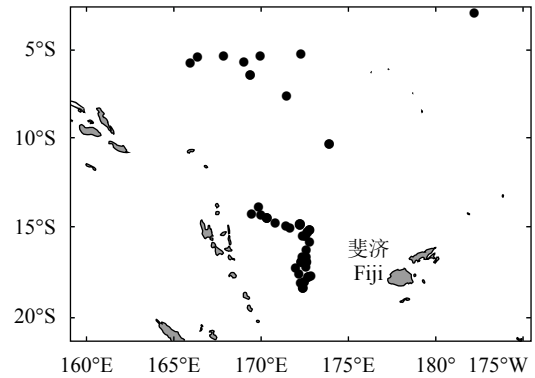


图1 帆蜥鱼胃含物样本采集点

Fig.1 Sampling sites for stomach contents of longnose lancetfish

92 尾 (66.7%), 其中 35 尾仅含钓饵或少量食物残渣, 最终取得 57 尾帆蜥鱼的胃含物样本, 其叉长范围为 51~160 cm, 平均叉长为 120 cm。帆蜥鱼雌雄同体, 因此不区分性别。观测期间, 帆蜥鱼的平均上钩率为 0.105%, 3 种金枪鱼 [大眼金枪鱼 (*Thunnus obesus*)、黄鳍金枪鱼 (*T. albacares*) 和长鳍金枪鱼 (*T. alalunga*)] 的平均上钩率为 0.813%。观察员在船上对胃含物的种类进行初步鉴定和拍照, 记录不同食物种类的数量, 结束后将样本装袋于 -40 °C 保存。样本被带回实验室解冻后, 先用吸水纸将表面的水分吸干, 再用分度值为 0.01 g 的电子天平测定总质量。依据相关资料^[1-2,13-17]对胃含物种类进行仔细鉴定, 尽量将胃含物种类鉴定至最低分类阶元。对不同种类分别计数和称质量, 并对部分类群的长度进行测量, 精确至 0.1 mm。帆蜥鱼胃中积累的未消化的头足类喙和鱼类耳石等未被包含在本研究中, 因为这会过度强调头足类和鱼类的重要性^[9]。

1.2 数据处理

利用数量百分比 ($N\%$)、质量百分比 ($W\%$)、出现频率 ($F\%$) 和相对重要性指数 (IRI)^[18]来描述胃含物中不同生物种类 (或类群) 的重要性, IRI 越高, 饵料生物的重要性越高。将 IRI 用百分比的形式表示, 即百分比相对重要性指数 ($IRI\%$)。计算公式为:

$$\text{数量百分比 } (N\%) = \frac{\text{某种饵料生物个数}}{\text{所有饵料生物个数}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{质量百分比 } (W\%) = \frac{\text{某种饵料生物质量}}{\text{所有饵料生物质量}} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{出现频率 } (F\%) = \frac{\text{某种饵料出现频次}}{\text{有效的胃的个数}} \times 100\% \quad (3)$$

$$IRI = F\% \times (N\% + W\%) \quad (4)$$

$$IRI\% = \frac{IRI}{\sum IRI} \times 100\% \quad (5)$$

利用 Shannon-Wiener 多样性指数 (H')、Pielou 均匀度指数 (J') 和饵料优势指数 (D)^[19]对胃含物的生态位宽度进行分析。 H' 越高,表示帆蜥鱼的摄食宽度越大。 J' 用于将 H' 的值标准化为 0~1,显示饵料生物的多样性。计算公式如下:

$$H' = -(\sum P_i \times \ln P_i) \quad (6)$$

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}} = \frac{H'}{\ln S} \quad (7)$$

$$D = \sum P_i^2 \quad (8)$$

式中 S 为饵料生物种类数, P_i 为第 i 种饵料生物在饵料组成中的数量百分比。

2 结果

2.1 胃含物生物种类组成和多样性

本研究显示,帆蜥鱼胃含物中的生物共 6 大类 61 种(类),分属 44 科,包括未鉴定到具体种的生物种类(表 1,部分胃含物生物种类见图 2)。鱼类 23 种,主要有褶胸鱼 (*Sternoptyx diaphana*)、拟暗色褶胸鱼 (*S. pseudobscura*)、异菱的鲷 (*Xenolepidichthys dalgleishi*)、裸蜥鱼 (*Lestidium* spp.)、无耙蛇鲭 (*Nesiarchus nasutus*)、布氏叉齿龙膳 (*Chiasmodon braueri*) 和长剃刀带鱼 (*Assurger anzac*) 等;软体类 21 种,主要有龙骨螺 (*Carinaria cristata*)、翼管螺 (*Pterotrachea* sp.)、水母蛸 (*Amphitretus pelagicus*) 和乍波蛸 (*Japetella diaphana*) 等;甲壳类 11 种,主要有典型刺虾 (*Oplophorus typus*) 和卵形宽腿蛾 (*Platyscelus ovoides*) 等;多毛类 1 种;刺胞动物 1 种;海樽类 2 种。此外,在帆蜥鱼胃含物中还发现了塑料垃圾、植物种子和鸟类羽毛等杂物。帆蜥鱼胃含物多样性分析结果显示 H' 为 2.71, J' 为 0.67, D 为 0.12。

2.2 主要类群分布

帆蜥鱼胃含物中的软体动物、甲壳动物和多毛类在数量 ($N\%$) 上占优势,分别为 33.43%、27.29% 和 26.26%;鱼类位列第四 (9.58%);而海樽类、刺胞动物和其他类数量较少(表 2)。

软体动物在质量上 ($W\%$) 所占比例最高 (58.34%);鱼类次之 (34.29%);而数量较多的甲壳动物 $W\%$ 仅为 4.83%;多毛类、刺胞动物、海樽类和其他类的 $W\%$ 总和为 2.55%,所占比例较低。

软体动物不仅在数量和质量上占优势,出现频率 ($F\%$) 也最高 (82.46%);鱼类和甲壳动物皆为 68.42%;多毛类次之 (52.63%);刺胞动物、海樽类和其他类的 $F\%$ 相对较低,分别为 7.02%、28.07% 和 12.28%。

分析 IRI 和 IRI% 可知,软体动物、鱼类、甲壳动物和多毛类为帆蜥鱼最重要的食物类群,IRI 分别为 7 573.31、3 001.90、2 201.50 和 1 464.02,IRI% 分别为 53.11%、21.07%、15.42% 和 10.25%。而刺胞动物、海樽类和其他类的 IRI 和 IRI% 均较低。

胃含物生物种类分属 44 科,分析不同分科的结果可知,褶胸鱼科、帆蜥鱼科、龙骨螺科、翼管螺科、单盘蛸科、爪乌贼科、刺虾科、宽腿蛾科、Eurytheneidae 和浮沙蚕科为优势饵料,IRI 均超过 100 且 IRI% 均大于 1%。浮沙蚕科的 $N\%$ 最高 (26.26%)。在质量上占优的是帆蜥鱼科, $W\%$ 为 25.68%。而龙骨螺科的 $F\%$ 、IRI 和 IRI% 均为最高,分别为 57.89%、1 881.99 和 31.37%。

不同海域帆蜥鱼胃含物组成对比见表 3,每一类群取 $N\%$ 和 $W\%$ 较高的前三科(多毛类仅一科)。

2.3 被食者个体大小

帆蜥鱼胃含物中的头足类、甲壳类和鱼类的胴长、体长和叉长的测量与分析结果见表 4。受测头足类、甲壳类和鱼类生物个体消化程度较低,仅有皮肤或少部分肌肉缺失。受测头足类平均胴长为 45.5 mm,甲壳类平均体长为 30.1 mm,鱼类平均叉长为 70.0 mm。鱼类叉长的标准差较大,头足类和甲壳类的标准差较小。

在帆蜥鱼胃含物中观测到了体型较大的生物个体。在 2 尾叉长为 130 cm 和 160 cm 的帆蜥鱼胃中分别观测到叉长 702.5 mm 和 550.0 mm 的帆蜥鱼。另有 2 尾帆蜥鱼胃分别含叉长为 545.2 mm 和 413.5 mm 的长剃刀带鱼。此外还有 1 尾帆蜥鱼胃含 1 只胴长 110.5 mm、质量为 856.00 g 的相模帆乌贼 (*Histioteuthis hoylei*)。

3 讨论

3.1 不同海域帆蜥鱼胃含物组成差异

除珊瑚海的研究^[6]外,其余各研究中褶胸鱼科均为优势种类。褶胸鱼类作为海洋中、深层鱼类,分布较广,常具有昼夜垂直洄游习性^[20],使得夜间游至表层索饵的帆蜥鱼对其有较强的捕食能力。本

表1 帆蜥鱼食物种类组成

Tab.1 Food composition of longnose lancetfish

食物种类 food species	数量 number	质量/g mass	出现频次 occurrence frequency
鱼类 Fish	131	1 855.07	39
褶胸鱼科 Sternoptychidae	76	303.26	31
拟暗色褶胸鱼 <i>Sternoptyx pseudobscura</i>	22	155.21	13
褶胸鱼 <i>Sternoptyx diaphana</i>	47	108.97	21
棘银斧鱼 <i>Argyropelecus aculeatus</i>	4	32.38	3
巨银斧鱼 <i>Argyropelecus gigas</i>	3	6.70	3
灯笼鱼科 Myctophidae	4	9.33	4
灯笼鱼 <i>Myctophum</i> spp.	4	9.33	4
线鳞鲷科 Grammicolepididae	6	6.27	3
异菱的鲷 <i>Xenolepidichthys dalgleishi</i>	6	6.27	3
副海鲂科 Parazenidae	1	4.60	1
红腹棘海鲂 <i>Cyttopsis rosea</i>	1	4.60	1
帆蜥鱼科 Alepisauridae	6	1 389.35	5
帆蜥鱼 <i>Alepisaurus ferrox</i>	3	1 310.00	3
锤颌鱼 <i>Omosudis lowii</i>	3	79.35	2
魬蜥鱼科 Paralepididae	7	11.61	4
裸蜥鱼 <i>Lestidium</i> spp.	7	11.61	4
粗鳍鱼科 Trachipteridae	1	5.00	1
多斑扇尾鱼 <i>Desmodema polystictum</i>	1	5.00	1
双鳍鲷科 Nomeidae	1	4.88	1
玻璃玉鲷 <i>Psenes cyanophrys</i>	1	4.88	1
乌鲂科 Bramidae	5	5.90	2
乌鲂 <i>Brama</i> spp.	4	4.70	2
彼氏高鳍鲂 <i>Pterycombus petersii</i>	1	1.20	1
蛇鲭科 Gempylidae	10	35.99	7
无耙蛇鲭 <i>Nesiarchus nasutus</i>	6	28.55	6
三棘若蛇鲭 <i>Nealotus tripes</i>	2	4.74	1
东方新蛇鲭 <i>Neopinnula orientalis</i>	2	2.70	2
带鱼科 Trichiuridae	2	48.50	2
长剃刀带鱼 <i>Assurger anzac</i>	2	48.50	2
叉齿龙膳科 Chiasmodontidae	2	7.21	2
布氏叉齿龙膳 <i>Chiasmodon braueri</i>	2	7.21	2
黑犀鱼科 Melanocetidae	2	1.88	1
黑犀鱼 <i>Melanocetus</i> sp.	2	1.88	1
高体金眼鲷科 Anoplogastridae	1	10.50	1
短角高体金眼鲷 <i>Anoplogaster brachycera</i>	1	10.50	1
翻车鲀科 Molidae	3	0.42	1

续表 1

to be continued

食物种类 food species	数量 number	质量/g mass	出现频次 occurrence frequency
长体翻车鲀 <i>Ranzania laevis</i>	1	0.20	1
翻车鲀 <i>Mola mola</i>	2	0.32	1
鲆科幼体 <i>Bothidae larva</i>	1	5.60	1
未鉴定鱼类 <i>unidentified fish</i>	3	4.77	3
软体动物 <i>Mollusca</i>	457	3 155.95	47
龙骨螺科 <i>Carinariidae</i>	264	711.46	33
龙骨螺 <i>Carinaria cristata</i>	29	89.20	9
<i>Carinaria lamarckii</i>	190	509.06	30
<i>Carinaria</i> sp.	45	113.20	7
翼管螺科 <i>Pterotracheidae</i>	108	533.72	22
<i>Pterotrachea</i> sp.	108	533.72	22
龟螺科 <i>Cavoliniidae</i>	14	12.60	7
<i>Cavolinia</i> spp.	14	12.60	7
水母蛸科 <i>Amphitretidae</i>	6	148.50	6
水母蛸 <i>Amphitretus pelagicus</i>	6	148.50	6
单盘蛸科 <i>Bolitaenidae</i>	17	269.58	11
单盘蛸 <i>Bolitaena pygmaea</i>	2	9.20	2
乍波蛸 <i>Japetella diaphana</i>	15	260.38	9
僧头乌贼科 <i>Sepiolidae</i>	3	11.80	3
夏威夷异鱿乌贼 <i>Heteroteuthis hawaiiensis</i>	3	11.80	3
圆乌贼科 <i>Cycloteuthidae</i>	2	4.00	2
圆盘乌贼 <i>Discoteuthis discus</i>	2	4.00	2
帆乌贼科 <i>Histioteuthidae</i>	1	856.00	1
相模帆乌贼 <i>Histioteuthis hoylei</i>	1	856.00	1
小头乌贼科 <i>Cranchiidae</i>	5	57.56	4
太平洋塔乌贼 <i>Leachia pacifica</i>	1	52.00	1
履乌贼 <i>Sandalops melancholicus</i>	4	5.56	3
手乌贼科 <i>Chiroteuthidae</i>	7	9.63	5
古洞乌贼 <i>Grimalditeuthis bonplandi</i>	7	9.63	5
爪乌贼科 <i>Onychoteuthidae</i>	16	390.60	12
缩手乌贼 <i>Walvisteuthis virilis</i>	1	85.00	1
<i>Callimachus rancureli</i>	13	232.30	9
南太平洋爪乌贼 <i>Onychoteuthis meridiopacifica</i>	2	73.30	2
柔鱼科 <i>Ommastrephidae</i>	2	32.78	2
夏威夷双柔鱼 <i>Nototodarus hawaiiensis</i>	2	32.78	2
狼乌贼科 <i>Lycoteuthidae</i>	1	0.82	1
灯乌贼 <i>Lampadioteuthis megaleia</i>	1	0.82	1
火乌贼科 <i>Pyroteuthidae</i>	2	2.70	2

续表 1 to be continued

食物种类 food species	数量 number	质量/g mass	出现频次 occurrence frequency
芽翼乌贼 <i>Pterygioteuthis gemmata</i>	2	2.70	2
未鉴定头足类 unidentified Cephalopods	9	114.20	7
甲壳动物 Crustacea	373	261.26	39
礁螯虾科 Enoplometopidae	1	0.65	1
礁螯虾 <i>Enoplometopus</i> sp.	1	0.65	1
刺虾科 Oplophoridae	143	146.18	8
典型刺虾 <i>Oplophorus typus</i>	143	146.18	8
对虾科 Penaeidae	2	6.20	2
未鉴定对虾科 unidentified Penaeidae	2	6.20	2
樱虾科 Sergestidae	20	1.50	1
樱虾 <i>Sergestes</i> sp.	20	1.50	1
未鉴定虾类 unidentified shrimps	4	9.59	2
蟹类幼体 crab larvae	3	0.77	2
虾蛄科 Squillidae	1	0.50	1
未鉴定虾蛄 unidentified Squillidae	1	0.50	1
慎蜆科 Phronimidae	14	7.00	10
定居慎蜆 <i>Phronima sedentaria</i>	14	7.00	10
小矛蜆科 Lanceolidae	25	11.43	11
中间小矛蜆 <i>Lanceola intermedia</i>	25	11.43	11
宽腿蜆科 Platyscelidae	77	47.52	17
卵形宽腿蜆 <i>Platyscelus ovoides</i>	77	47.52	17
Eurytheneidae	81	29.02	15
<i>Eurythenes</i> sp.	81	29.02	15
多毛类 Polychaeta	359	80.96	30
浮沙蚕科 Alciopidae	359	80.96	30
刺胞动物 Cnidaria	8	3.40	4
未鉴定双生水母科 unidentified Diphyidae	8	3.40	4
海樽类 Thaliacea	26	33.85	16
未鉴定火体虫科 unidentified Pyrosomatidae	9	24.21	6
未鉴定纽鳃樽科 unidentified Salpidae	17	9.64	11
其他 other	13	19.31	7
总和 total	1 364	5 409.38	57

研究中软体动物在数量和质量上均占优势，尤其是翼管螺、龙骨螺和龟螺类数量较多，与西印度洋^[5]、北太平洋^[9]等海域的研究结果差异明显。相关研究表明此类浮游软体动物的分布及丰度受海流、海水

温度和盐度等环境因素影响较大^[21-23]，此类生物可能适宜栖息于本研究海域环境条件下、或是受海流作用而汇集于此，从而使得帆蜥鱼容易捕获此类生物。在对西印度洋的研究中^[5]甲壳类为帆蜥鱼的优

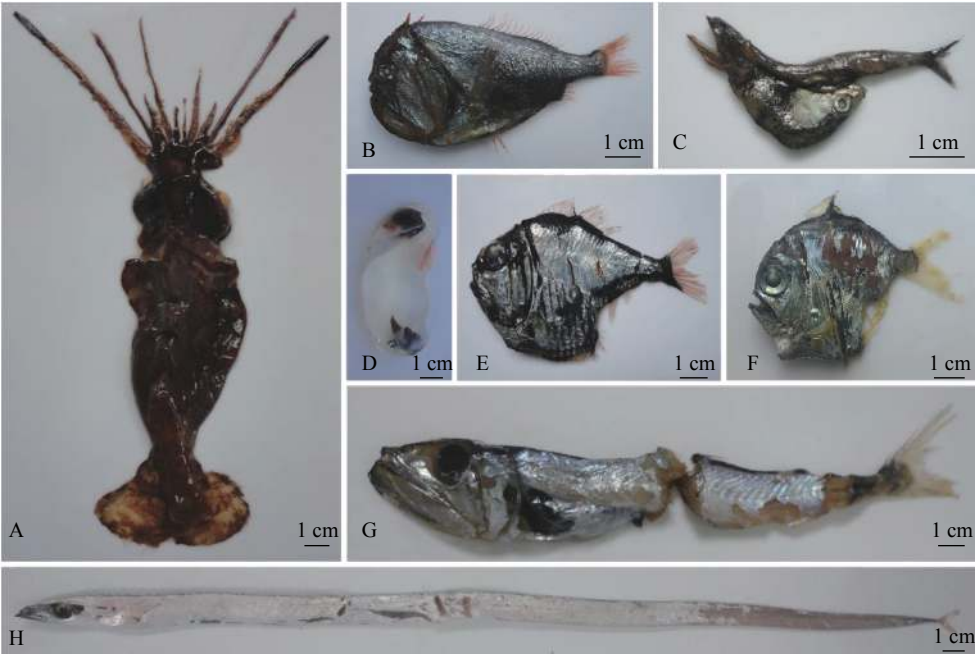


图2 部分帆蜥鱼胃含物

A. 太平洋塔乌贼; B. 短角高体金眼鲷; C. 布氏叉齿龙𩚰; D. *Carinaria lamarckii*; E. 棘银斧鱼;
F. 拟暗色褶胸鱼; G. 锤颌鱼; H. 长刺刀带鱼

Fig.2 Stomach contents of some longnose lancetfish

A. *Leachia pacifica*; B. *Anoplogaster brachycera*; C. *Chiasmodon braueri*; D. *Carinaria lamarckii*; E. *Argyropelecus aculeatus*;
F. *Sternopyx pseudobscura*; G. *Omosudis lowii*; H. *Assurger anzac*

表2 帆蜥鱼胃含物主要类群分布

Tab.2 Major groups of stomach contents of longnose lancetfish

类群 group	数量百分比 N%	质量百分比 W%	出现频率 F%	相对重要性指数 IRI	百分比相对重要性指数 IRI%
鱼类 Fish	9.58	34.29	68.42	3 001.90	21.07
褶胸鱼科 Sternoptychidae	5.56	5.61	54.39	607.24	10.13
灯笼鱼科 Myctophidae	0.29	0.17	7.02	3.26	0.05
线鳞鲷科 Grammicolepididae	0.44	0.12	5.26	2.93	0.05
副海鲂科 Parazenidae	0.07	0.09	1.75	0.28	*
帆蜥鱼科 Alepisauridae	0.44	25.68	8.77	229.16	3.82
魬蜥鱼科 Paralepididae	0.51	0.21	7.02	5.11	0.09
粗鳍鱼科 Trachipteridae	0.07	0.09	1.75	0.29	*
双鳍鲷科 Nomeidae	0.07	0.09	1.75	0.29	*
乌鲂科 Bramidae	0.37	0.11	3.51	1.67	0.03
蛇鲭科 Gempylidae	0.73	0.67	12.28	17.17	0.29
带鱼科 Trichiuridae	0.15	0.90	3.51	3.66	0.06
叉齿龙𩚰科 Chiasmodontidae	0.15	0.13	3.51	0.98	0.02
黑犀鱼科 Melanocetidae	0.15	0.03	1.75	0.32	0.01
高体金眼鲷科 Anoplogastridae	0.07	0.19	1.75	0.47	0.01
翻车鲀科 Molidae	0.22	0.01	1.75	0.40	0.01

续表 2

to be continued

类群 group	数量百分比 N%	质量百分比 W%	出现频率 F%	相对重要性指数 IRI	百分比相对重要性指数 IRI%
鲆科 Bothidae	0.07	0.10	1.75	0.31	0.01
未鉴定鱼类 unidentified fish	0.22	0.09	5.26	1.62	0.03
软体动物 Mollusca	33.43	58.34	82.46	7 573.31	53.11
龙骨螺科 Carinariidae	19.31	13.15	57.89	1 881.99	31.37
翼管螺科 Pterotracheidae	7.90	9.87	38.60	686.42	11.44
龟螺科 Cavoliniidae	1.02	0.23	12.28	15.47	0.26
水母蛸科 Amphitretidae	0.44	2.75	10.53	33.53	0.56
单盘蛸科 Bolitaenidae	1.24	4.98	19.30	120.23	2.01
僧头乌贼科 Sepiolidae	0.22	0.22	5.26	2.31	0.04
圆乌贼科 Cycloteuthidae	0.15	0.07	3.51	0.77	0.01
帆乌贼科 Histoteuthidae	0.07	15.82	1.75	27.89	0.47
小头乌贼科 Cranchiidae	0.37	1.06	7.02	10.04	0.17
手乌贼科 Chiroteuthidae	0.51	0.18	8.77	6.06	0.10
爪乌贼科 Onychoteuthidae	1.17	7.22	21.05	176.71	2.95
柔鱼科 Ommastrephidae	0.15	0.61	3.51	2.64	0.04
狼乌贼科 Lycoteuthidae	0.07	0.02	1.75	0.16	*
火乌贼科 Pyroteuthidae	0.15	0.05	3.51	0.69	0.01
未鉴定头足类 unidentified Cephalopod	0.66	2.11	12.28	34.03	0.57
甲壳动物 Crustacea	27.29	4.83	68.42	2 201.50	15.42
礁螯虾科 Enoplometopidae	0.07	0.11	1.75	0.15	*
刺虾科 Oplophoridae	10.46	2.70	14.04	185.07	3.08
对虾科 Penaeidae	0.15	0.11	3.51	0.92	0.02
虾蛄科 Squillidae	0.07	0.01	1.75	0.14	*
樱虾科 Sergestidae	1.46	0.03	1.75	2.62	0.04
蟹类幼体 crab larvae	0.22	0.01	3.51	0.82	0.01
螯蛄科 Phronimidae	1.02	0.13	17.54	20.28	0.34
小矛螯蛄科 Lanceolidae	1.83	0.21	19.30	39.45	0.66
宽腿螯蛄科 Platyscelidae	5.63	0.88	29.82	194.56	3.24
Eurytheneidae	5.93	0.54	26.32	170.39	2.84
未鉴定甲壳类 unidentified Crustacea	0.44	0.19	5.26	3.34	0.06
多毛类 Polychaeta	26.26	1.50	52.63	1 464.02	10.25
浮沙蚕科 Alciopidae	26.26	1.50	52.63	1 464.02	24.38
刺胞动物 Cnidaria	0.59	0.06	7.02	4.56	0.03
双生水母科 Diphyidae	0.59	0.06	7.02	4.56	0.08
海樽类 Thaliacea	1.90	0.63	28.07	71.07	0.50
火体虫科 unidentified Pyrosomatidae	0.66	0.45	10.53	11.66	0.19
纽鳃樽科 Salpidae	1.24	0.18	19.30	27.49	0.46
其他 other	0.95	0.36	12.28	16.09	0.11

注: *. IRI%<0.01

势饵料,这与此海域中分布较多的史氏鲟(*Charybdis smithii*)密切相关,而史氏鲟的优势度在印度洋大眼金枪鱼^[24]和黄鳍金枪鱼^[25]的胃含物中同样得以显现。本研究中作为优势种类之一的刺虾科,在邻近海域的拖网调查中同样较多^[26]。本研究采样海域与珊瑚海相距较近,但两者的多毛类数量占比差异较大,而本研究与北太平洋的研究结果相近,这可能与珊瑚海的研究中样本较少有关。

同一种鱼类的食物组成随栖息水域而变化是非常普遍的现象,因为不同水域内的饵料生物群落组成不尽相同^[27]。通过不同海域帆蜥鱼胃含物组成的对比研究可以了解各海域饵料生物组成的差异性,本研究结果在一定程度上反映了热带西太平洋海域生物群落的独特性,可为后续的食物网构建等研究提供依据。

3.2 帆蜥鱼的摄食习性

依据相关资料^[1]并结合实际观察,帆蜥鱼口大且口裂长,上下颌具剑状齿,胃大而富有弹性,这使得帆蜥鱼能够控制并吞下较大的食物,包括同类。而在贫营养水域,帆蜥鱼同类相食现象更加普遍^[28]。由于帆蜥鱼不具备长时间快速游泳的能力,Romanov和Zamorov^[5]认为帆蜥鱼是伏击型捕食者,能够有机会捕获个体较大、游泳能力较强的鱼类,如黄鳍金枪鱼^[29]。然而Romanov和Zamorov^[29]在其研究中并未分析黄鳍金枪鱼在被帆蜥鱼捕食前已受其他海洋生物攻击致死的可能性,只排除了其他商业捕捞丢弃的可能性。个体较小、游泳能力较弱的生物仍然是帆蜥鱼胃含物中的优势种类,如本研究中的褶胸鱼类、龙骨螺类和端足类,此类生物逃逸能力弱,帆蜥鱼捕食成功率高。

表3 不同海域帆蜥鱼胃含物组成比较

Tab.3 Comparison of stomach contents of longnose lancetfish from different sea areas

研究海域 survey sea area	西印度洋 ^[5] western Indian Ocean			东印度洋 ^[6] eastern Indian Ocean			珊瑚海 ^[6] Coral Sea			热带西太平洋 (本研究) western tropical Pacific Ocean (this paper)			北太平洋 ^[9] North Pacific Ocean		
样本量 sample size	106			28			7			57			1 022		
类群 group	W%		N%	W%		N%	W%		N%	W%		N%	W%		N%
鱼类 Fish		58.02	22.42		—	21.73		—	40.12		34.29	9.58		66.67	25.56
	帆蜥鱼科	21.42	3.44	乌鲂科	—	5.49	乌鲂科	—	7.56	褶胸鱼科	5.61	5.56	褶胸鱼科	13.18	12.53
	鲟蜥鱼科	6.25	4.26	褶胸鱼科	—	2.44	鲷科	—	4.07	帆蜥鱼科	25.68	0.44	帆蜥鱼科	27.56	2.46
	褶胸鱼科	2.65	4.42	鲷科	—	2.32	大眼鲷科	—	2.33	蛇鲭科	0.67	0.73	高体金眼鲷科	11.59	6.12
软体动物 Mollusca		8.18	12.27		—	26.37		—	23.26		58.34	33.43		21.33	10.05
	单盘蛸科	1.74	1.31	龙骨螺科	—	15.75	翼管螺科	—	3.49	龙骨螺科	13.15	19.31	水母蛸科	6.66	1.46
	柔鱼科	1.03	2.29	爪乌贼科	—	3.17	龙骨螺科	—	2.33	翼管螺科	9.98	7.90	龙骨螺科	1.98	6.27
	蛸科	0.89	2.62	龟螺科	—	1.10	龟螺科 (爪乌贼科、蛸科*)	—	1.74	爪乌贼科	7.22	1.17	爪乌贼科	2.31	0.44
甲壳动物 Crustacean		32.59	49.92		—	47.37		—	31.98		4.83	27.29		7.94	34.15
	梭子蟹科	31.16	16.04	喜蛾科	—	25.89	喜蛾科	—	12.21	刺虾科	2.70	10.46	喜蛾科	3.99	18.38
	宽腿蛾科	0.64	17.51	宽腿蛾科	—	17.70	宽腿蛾科	—	9.30	宽腿蛾科	0.88	5.63	慎蛾科	2.30	7.23
	海精蛾科	0.25	9.98	慎蛾科	—	1.22	慎蛾科	—	2.33	Eurythe-neidae	0.54	5.93	宽腿蛾科	0.98	4.34
多毛类 Polychaetes		0.41	9.82		—	4.52		—	4.65		1.50	26.26		4.08	30.26
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	浮沙蚕科	1.50	26.26	浮沙蚕科	4.08	30.26

注: —, 无数据; *, 龟螺科、爪乌贼科和蛸科 N% 相同

Note: —, no data; *, Cavoliniidae, Onychoteuthidae and Octopodidae are with the same N%.

表4 帆蜥鱼胃含物中主要被捕食者的大小

Tab.4 Size of principal preys recorded in stomachs of longnose lancetfish

被捕食者 prey	头足类 ($n=67$, 94.37%)* Cephalopoda	甲壳动物 ($n=355$, 95.17%) Crustacea	鱼类 ($n=126$, 96.18%) Fish
	胴长/mm mantle length	体长/mm body length	叉长/mm fork length
长度范围 length range	12.6~125.1	17.1~84.1	8.3~702.5
平均值±标准差 $\bar{X}\pm SD$	45.5±23.1	30.1±10.4	68.6±97.8

注: *. 受测的被捕食者个体数量及受测比例
Note: *. number and percentage of individuals measured for each prey

本研究在海上采样过程中,于帆蜥鱼胃中观察到了活体定居慎蛭 (*Phronima sedentaria*) 和棘银斧鱼 (*Argyropelecus aculeatus*), 这可能是因为帆蜥鱼在捕食天然饵料生物后不久即被钓获, 并且在捕食过程中吞入了一定量的海水, 从而导致个别生物能够存活。帆蜥鱼胃含物中出现活体生物的情况在以往相关研究中^[3,5-9,25,28]未被报道, 这可能与其它研究在采样过程中直接保存整个帆蜥鱼胃体而未在现场进行解剖观察有关。此外, 本研究中作为帆蜥鱼优势食物种类的龙骨螺类的贝壳都比较完整, 这进一步说明了帆蜥鱼具有整体吞咽被食者的摄食习性。

3.3 海洋生态系统潜在模式生物

通过对鱼类胃含物的研究可了解其栖息水域内的物种组成情况, 并可作为对传统海洋生物调查方法的补充^[30]。其他大型远洋鱼类如大眼金枪鱼和大青鲨 (*Prionace glauca*) 等, 其胃含物种类偏少且消化程度较高, 难以鉴定具体种类^[31-32]。而帆蜥鱼摄食范围广且胃含物消化程度低, 是典型的机会型捕食者^[25], 具有作为海洋生态系统研究模式生物的潜能, 是潜在的生物采样器和海洋污染物研究样本^[5,9-10,33]。本研究中帆蜥鱼胃含物的 H' 为 2.71, 显示出较大的摄食宽度。并取得了保存较完好的太平洋塔乌贼 (*Leachia pacifica*)、水母蛸、相模帆乌贼、布氏叉齿龙躄和短角高体金眼鲷 (*Anoplogaster brachycera*) 等大洋性深海物种样本。在传统的拖网调查中难以获得这些大洋性物种, 因此可通过帆蜥鱼来获得此类珍贵的生物样本。相关研究认为帆蜥鱼与其他大型远洋鱼类的食物重叠度较低, 在海洋中上层占有非常独特的生态位^[8,34], 对其胃含物组成的长期监测可以增加对一定时空尺度内海洋中上层微型自游生物群落组成变动的了解^[9]。此外, 帆蜥鱼胃含物中会出现一定量的塑料垃圾碎片, 如

本研究中出现的塑料纸和塑料编织绳等, 这可为海洋生态系统污染状况的研究提供依据。

由于渔船捕捞生产的限制, 本研究只收集了同一片海域中 4 个月间的帆蜥鱼样本, 总体上样本量偏少。今后可在不同海域的金枪鱼延绳钓渔业中将帆蜥鱼作为模式生物, 加强样本的收集工作, 分析其胃含物种类的组成和时空变化情况, 从而更全面地了解渔业生产海域的生态系统。

致谢: 感谢“金祥 7 号”和“金祥 6 号”金枪鱼延绳钓船的全体船员对观察员(刘攀、王杰)采集样本的协助和配合, 感谢上海海洋大学王家启、Richard Kindong、张亚男、刘书荣和陈子越在帆蜥鱼胃含物种类鉴定和实验上给予的帮助!

参考文献:

[1] 陈素芝. 中国动物志硬骨鱼纲灯笼鱼目鲸口鱼目骨舌鱼目[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 133-256.

[2] 戴小杰. 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: 204-205.

[3] POTIER M, MENARD F, CHEREL Y. Role of pelagic crustaceans in the diet of the longnose lancetfish (*Alepisaurus ferox*) in the Seychelles waters[J]. Afr J Mar Sci, 2007, 29(1): 113-122.

[4] WU F, KINDONG R, TIAN S Q, et al. The development of length-weight relationships for four pelagic fish species in the tropical northwest Pacific Ocean[J]. J Appl Ichthyol, 2018, 34(3): 717-719.

[5] ROMANOV E V, ZAMOROV V V. Regional feeding patterns of the longnose lancetfish (*Alepisaurus ferox* Lowe, 1833) of the western Indian Ocean[J]. J Mar Sci, 2007, 6(1): 37-56.

[6] FUJITA K, HATTORI J. Stomach content analysis of longnose lancetfish, *Alepisaurus ferox* in the eastern Indian Ocean and the Coral Sea[J]. Jap J Ichthyol, 1976, 23(3): 133-142.

[7] MATTHEWS F D, DAMKAER D M, KNAPP L W, et al. Food of western North Atlantic tunas (*Thunnus*) and lancetfishes (*Alepisaurus*)[R]. NOAA Tech Rep NMFS SSRF, 1977, 706: 1-

- 19.
- [8] MOTEKI M, ARAI M, TSUCHIYA K, et al. Composition of piscine prey in the diet of large pelagic fish in the eastern tropical Pacific Ocean[J]. Fish Sci, 2001, 67(6): 1063-1074.
- [9] PORTNER E J, POLOVINA J J, CHOY C A. Patterns in micronekton diversity across the North Pacific Subtropical Gyre observed from the diet of longnose lancetfish (*Alepisaurus ferox*)[J]. Deep Sea Res Pt I, 2017, 125: 40-51.
- [10] JANTZ L A, MORISHIGE C L, BRULAND G L, et al. Ingestion of plastic marine debris by longnose lancetfish (*Alepisaurus ferox*) in the North Pacific Ocean[J]. Mar Pollut Bull, 2013, 69: 97-104.
- [11] WCPFC. Tuna Fishery Yearbook 2016[R]. Pohnpei, Federated States of Micronesia: Western and Central Pacific Fisheries Commission, 2016: 142.
- [12] DAMBACHER J M, YOUNG J W, OLSON R J, et al. Analyzing pelagic food webs leading to top predators in the Pacific Ocean: a graph-theoretic approach[J]. Prog Oceanogr, 2010, 86(1/2): 152-165.
- [13] 陈清潮. 中国动物志无脊椎动物第二十八卷节肢动物门甲壳动物亚门端足目蜚亚目[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 82-170.
- [14] 陈新军, 刘必林, 王尧耕. 世界头足类[M]. 北京: 海洋出版社, 2009: 132-588.
- [15] 董正之. 世界大洋经济头足类生物学[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1991: 38-131.
- [16] 东海水产研究所《东海深海鱼类》编写组. 东海深海鱼类[M]. 上海: 学林出版社, 1988: 95-336.
- [17] OKUTANI T. Cuttlefishes and squids of the world (new edition)[M]. Tokyo, Japan: Tokai University Press, 2015: 73-227.
- [18] CORTES E. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes[J]. Can J Fish Aquat Sci, 1997, 54: 726-738.
- [19] KREBS C J. Ecological methodology[M]. 2nd ed. Petaluma: Addison Wesley Longman, 1999: 620-620.
- [20] ROBERTS D C, STEWART L A, STRUTHERS D C. The fishes of New Zealand Volum Two[M]. Wellington, New Zealand: Te Papa Press, 2015: 446-468.
- [21] 徐兆礼. 东海浮游翼足类 (pteropods) 种类组成和多样性研究[J]. 生物多样性, 2005, 13(2): 168-173.
- [22] 徐兆礼. 东海浮游翼足类环境适应分析[J]. 中国水产科学, 2007, 14(6): 932-938.
- [23] BURRIDGE A K, GOETZE E, WALL P D, et al. Diversity and abundance of pteropods and heteropods along a latitudinal gradient across the Atlantic Ocean[J]. Prog Oceanogr, 2017, 158: 213-223.
- [24] 林璟翔. 西印度洋大目鲔食性之研究[D]. 台北: 国立中山大学, 2012: 8-18.
- [25] POTIER M, MARSAC F, CHEREL Y, et al. Forage fauna in the diet of three large pelagic fishes (lancetfish, swordfish and yellowfin tuna) in the western equatorial Indian Ocean[J]. Fish Res, 2007, 83(1): 60-72.
- [26] HIDAKA K, KAWAGUCHI K, TANABE T, et al. Biomass and taxonomic composition of micronekton in the western tropical-subtropical Pacific[J]. Fish Oceanogr, 2003, 12(2): 112-125.
- [27] 殷名称. 鱼类生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007: 64-71.
- [28] ROMANOV E V, MENARD F, ZAMOROV V V. Variability in conspecific predation among longnose lancetfish *Alepisaurus ferox* in the western Indian Ocean[J]. Fish Sci, 2008, 74(1): 62-68.
- [29] ROMANOV E V, ZAMOROV V V. First record of a yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) from the stomach of a longnose lancetfish (*Alepisaurus ferox*)[J]. Fish Bull, 2002, 100(2): 386-389.
- [30] BERTRAND A, BARD F X, JOSSE E, et al. Tuna food habits related to the micronekton distribution in French Polynesia[J]. Mar Biol, 2002, 140: 1023-1037.
- [31] 耿喆, 朱江峰, 戴小杰. 东太平洋公海大青鲨的胃含物组成研究[J]. 南方水产科学, 2016, 12(6): 68-75.
- [32] 郑晓春, 戴小杰, 朱江峰, 等. 太平洋中东部海域大眼金枪鱼胃含物分析[J]. 南方水产科学, 2015, 11(1): 75-80.
- [33] MENARD F, POTIER M, JAQUEMET S, et al. Pelagic cephalopods in the western Indian Ocean: new information from diets of top predators[J]. Deep Sea Res Pt II, 2013, 95: 83-92.
- [34] CHOY C A, PORTNER E, IWANE M, et al. Diets of five important predatory mesopelagic fishes of the central North Pacific[J]. Mar Ecol Prog Ser, 2013, 492: 169.