

DOI: 10.12264/JFSC2023-0170

## 舟山渔场鮸的摄食习性

兰丹<sup>1,2</sup>, 郝辉擘<sup>1,2</sup>, 蒋日进<sup>2</sup>, 杨凡<sup>1,2</sup>, 李霞芳<sup>1,2</sup>, 赵芃<sup>1,2</sup>, 刘明智<sup>1,2</sup>, 印瑞<sup>2</sup>

1. 浙江海洋大学海洋与渔业研究所, 浙江 舟山 316021;

2. 浙江省海洋水产研究所, 农业农村部重点渔场渔业资源科学观测实验站; 浙江省海洋渔业资源可持续利用技术研究重点实验室, 浙江 舟山 316021

**摘要:** 为了研究鮸(*Miichthys miiuy*)在舟山渔场生态系统食物网结构中的地位和作用, 本研究于2021年8月至2023年6月在舟山渔场逐月采集鮸样品共计727尾, 结合胃含物分析法和碳、氮稳定同位素技术, 分析鮸的摄食习性。结果表明, 舟山渔场鮸的主要饵料生物类群有鱼类(Pisces)、虾类(Decapoda)、口足类(Stomatopoda)、头足类(Cephalopoda)、双壳类(Lamellibranchia)、蟹类(Brachyura), 优势饵料种为龙头鱼(*Harpodon nehereus*)、棘头梅童鱼(*Collichthys lucidus*)、凤鲚(*Coilia mystus*)、黄鲫(*Setipinna taty*)和六丝钝尾虾虎鱼(*Amblychaeturichthys hexanema*)。其  $\delta^{13}\text{C}$  值范围为  $-19.09\text{\textperthousand} \sim -13.04\text{\textperthousand}$ , 平均值为  $(-16.74 \pm 1.03)\text{\textperthousand}$ , 与体长呈显著负相关( $P < 0.01$ );  $\delta^{15}\text{N}$  值范围为  $10.72\text{\textperthousand} \sim 15.96\text{\textperthousand}$ , 平均值为  $(12.44 \pm 1.36)\text{\textperthousand}$ , 与体长呈显著正相关( $P < 0.01$ )。根据  $\delta^{15}\text{N}$  值计算出舟山渔场鮸的营养级范围为 3.93~4.92, 平均营养级为  $4.30 \pm 0.39$ , 营养级与其体长呈显著正相关( $P < 0.01$ )。稳定同位素分析结果显示, 口足类对鮸的营养贡献率最高(20.6%), 其次是头足类(18.3%)、虾类(16.4%), 双壳类的食源贡献率最低, 为 13.7%。鮸全年均摄食, 摄食强度随季节、体长变化显著, 从不同季节来看, 冬季的胃饱满指数最高, 秋季最低; 从不同体长来看, 大个体胃饱满指数低, 小个体胃饱满指数高。空胃率则为秋季最高, 冬季最低; 空胃率随体长变化不明显。本研究有助于深入了解舟山渔场鮸的摄食习性, 为研究食物网动态变化和营养动力学提供基础资料和科学依据。

**关键词:** 鮸; 舟山渔场; 胃含物; 稳定同位素; 摄食习性

中图分类号: S931

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2023)09-1155-11

舟山渔场是世界上最著名的渔场之一, 舟山群岛东部的上升流和内陆河流为舟山渔场带来了大量营养物质, 且海域内有众多的岛屿和港湾, 是鱼类繁殖、索饵、生长的优良场所<sup>[1-2]</sup>。近年来, 受环境因素(水温、盐度、冲淡水等)和人为因素(污染和捕捞等)的影响, 舟山渔场鱼类的多样性和群落结构发生了变化, 鱼类组成由大个体、性成熟晚的种类向小个体、性成熟早、年龄结构简单的种类转变, 鱼类群落平均营养级下降, 渔获物种类更替明显, 主要经济种类资源衰退, 少数鱼种已到了资源枯竭的境况, 舟山渔场渔业资源的利

用在向处于食物链较低位置的种类及生命周期较短的种类发展<sup>[3-4]</sup>。在水生生态系统中, 顶级捕食者通常处于食物链的顶端, 它们在食物网中通过下行效应对食物网产生巨大影响。例如, 高级消费者的资源变动会直接影响其饵料生物的生物量和种群结构, 同时这些饵料生物的资源变动也势必会影响更低等级的生物群落<sup>[5-6]</sup>。因此, 顶级捕食者直接或间接地控制着整个生态系统。

鮸(*Miichthys miiuy*)又称米鱼、黑鮸, 属鲈形目(Perciformes)石首鱼科(Sciaenidae)鮸属(*Miichthys*), 为近海中下层鱼类<sup>[7]</sup>。鮸是舟山渔场大型鱼类之

收稿日期: 2023-07-20; 修订日期: 2023-08-14.

基金项目: 长江口及其邻近海域水生生物资源动态监测项目(HYS-CZ-202312); 浙江近海重要经济种产卵场调查与评价项目(HYS-CZ-202217).

作者简介: 兰丹(1997-), 女, 硕士研究生, 研究方向为渔业资源. E-mail: 1318369236@qq.com

通信作者: 蒋日进, 高级工程师, 研究方向为渔业资源生态学. E-mail: jiangridge@163.com

一，在海洋生态系统中具有重要地位，其资源的变动对所处海域的营养级具有联动效应。鮸处于食物链顶端，主要以小型鱼类和虾、蟹等甲壳类(Crustacea)为食。因此，对鮸摄食习性的研究有助于了解其与下行食物链鱼种之间的数量关系及所在海域生态系统中的地位和作用。目前，针对鮸食性的研究仅见于江苏近海海域<sup>[8]</sup>和韩国南部海域<sup>[9]</sup>，舟山渔场鮸的摄食习性尚未见报道。因此本研究通过胃含物分析和碳、氮稳定同位素技术，探索舟山渔场鮸的摄食习性，为研究食物网动态变化和营养动力学提供基础资料和科学依据。

表1 样本采集信息  
Tab. 1 Sample collection information

年份 year	春季 spring		夏季 summer		秋季 autumn		冬季 winter	
	样本量 number	体长范围/mm range	样本量 number	体长范围/mm range	样本量 number	体长范围/mm range	样本量 number	体长范围/mm range
2021	0	0	53 (43)	180~798	61 (48)	250~536	108 (25)	260~404
2022	86 (29)	280~391	45 (30)	352~710	145 (104)	133~760	128 (39)	312~571
2023	71 (24)	262~580	30 (17)	300~795	0	0	0	0

注：括号内数字表示空胃数。

Note: Figures in the brackets indicate empty stomach numbers.

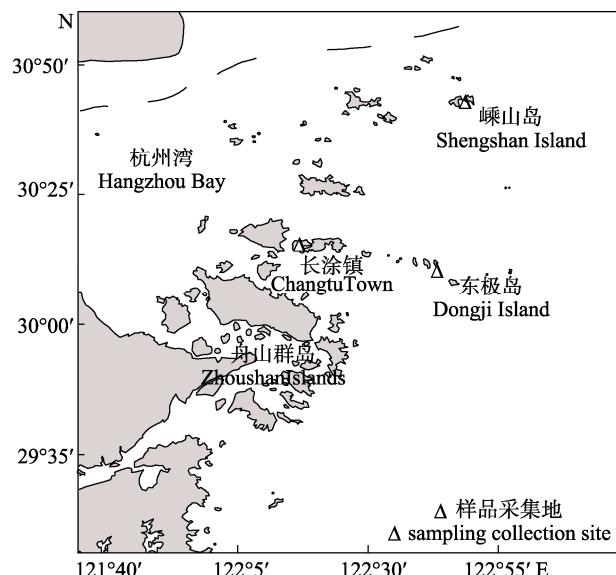


图1 鮸采样地点

Fig. 1 Sampling sites of *Miichthys miuy*

## 1.2 胃含物分析

鮸的胃含物用95%乙醇保存在样品瓶中。对

## 1 材料与方法

### 1.1 样品采集

2021年8月至2023年6月对鮸进行了周年逐月采样，其中2022年1—3月、5月、7月未进行采样，采集方式为渔业资源底拖网调查和渔民渔获物，渔民作业方式主要为底拖网、刺网和钓具，并同步采集了可能的饵料生物。采集地点主要为舟山长涂镇(122°18'E, 30°15'N)、东极岛(122°43'E, 30°10'N)、嵊山岛(122°48'E, 30°43'N)附近海域(图1)。共采集鮸样本727尾，具体采集信息如表1所示，其中用于碳、氮稳定同位素检测的鮸样本为44尾。

保存的胃含物进行分析，在双筒解剖显微镜下将饵料生物鉴定到最小分类单元。使用电子天平(精度0.001 mg)称重，称重前将饵料表面的水分用吸水纸尽量吸干。

通过出现频率( $F\%$ )、个数百分比( $N\%$ )、重量百分比( $W\%$ )、百分比相对重要性指数(IRI%)分析鮸的饵料组成<sup>[10]</sup>，计算公式<sup>[11]</sup>如下：

$$W\% = \text{某饵料生物重量} / \text{饵料生物总重量} \times 100\%$$

$$N\% = \text{某饵料生物个数} / \text{饵料生物总个数} \times 100\%$$

$$F\% = \text{某饵料性物出现次数} / \text{非空胃个数} \times 100\%$$

$$\text{IRI} = (N\% + W\%) \times F\%$$

$$\text{IRI}\% = \text{IRI} / \sum \text{IRI} \times 100\%$$

### 1.3 稳定同位素分析

鱼类样品取背部肌肉，虾类样品取腹部肌肉，蟹类样品取鳌足肌，双壳类样品取闭壳肌。取好的肌肉用锡纸包裹，置于Alpha 1-2 L Dplus冷冻干燥机(-42 °C)中干燥24 h，干燥完成后进行充分研磨，将得到的肌肉粉末放入样品袋保存在干

燥条件下。所有样品通过 DELTA V Advantage 同位素质谱仪(isotope ratio mass spectrometer)测定稳定碳、氮同位素比值, 计算公式为<sup>[12]</sup>:

$$\delta X = [(R_{sa}/R_{st}) - 1] \times 1000\%$$

式中,  $X$  为  $\delta^{13}\text{C}$  或  $\delta^{15}\text{N}$ ,  $R_{sa}$  和  $R_{st}$  分别为测定样品和标准样品的  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  或  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ 。 $\delta^{13}\text{C}$  值的测定精度  $< \pm 0.1\text{\%}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  值的测定精度  $< \pm 0.2\text{\%}$ 。

营养级的计算公式<sup>[13]</sup>为:

$$TL_{fish} = [(\delta^{15}\text{N}_{fish} - \delta^{15}\text{N}_{baseline}) / \Delta^{15}\text{N}] + 2$$

式中,  $TL_{fish}$  表示营养级;  $\delta^{15}\text{N}_{fish}$  为鮸的氮稳定同位素比值,  $\delta^{15}\text{N}_{baseline}$  为选取的基线生物氮稳定同位素平均比值, 基线生物应选择在研究海域分布广泛、食性较简单、活动范围小的物种, 能够反映初级生产者的同位素特征, 因此本研究选取紫贻贝(*Mytilus galloprovincialis*)为基线生物( $\delta^{15}\text{N}$  平均值为  $5.42\text{\%}$ )。 $\Delta^{15}\text{N}$  表示一个营养级的氮富集度, 本研究选取  $3.4\text{\%}$ <sup>[14]</sup>; 2 为基准生物的营养级。

#### 1.4 摄食强度分析

用空胃率(vacuity coefficient, VC)、胃饱满指数(repletion index, RI)来研究鮸的摄食强度<sup>[15]</sup>。计算公式<sup>[16]</sup>为:

胃饱满度指数=食物团实际重量/鱼体纯重×100

空胃率(%)=空胃数/总胃数×100%

#### 1.5 数据处理

基于鮸和其饵料生物类群的  $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  值, 采用 Iso Source 多元混合模型计算不同饵料生物

类群对鮸的食源贡献率<sup>[17]</sup>, 结合胃含物分析中的相对重要性指数百分比, 将鮸的可能食物来源分为鱼类、虾类、口足类、头足类、双壳类和蟹类, 作为 Iso Source 多源线性混合模型中的源项。用 Iso Source 模型计算时将消费者的  $\delta^{13}\text{C}$  分馏减去  $1\text{\%}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  分馏减去  $3.4\text{\%}$ , 来估算各饵料生物类群对鮸的摄食贡献<sup>[12]</sup>。数据处理使用 Excel 2019 和 SPSS 23 软件。采样区域图绘制采用 Arcgis 10.8 软件。

## 2 结果与分析

### 2.1 鮸的食物组成

胃含物分析结果表明, 舟山渔场鮸摄食的饵料生物共 44 种(表 2), 其中能鉴定到种的有 41 种, 隶属于 7 个大类, 占比最大的为鱼类(48.89%), 其次为虾类(26.67%)、头足类(8.89%); 棘皮类(Echinodermata)和双壳类最少, 均只占 2.22% (图 2)。根据重量百分比( $W\%$ )可以看出, 占鮸饵料重量比例最大的食物来源是鱼类(85.34%), 其次是虾类(8.10%)、头足类(3.58%)及口足类(2.10%); 其中棘头梅童鱼的重量百分比最高, 为 21.24%, 龙头鱼为 14.31%, 黄卿为 9.49%。而在个数百分比( $N\%$ )中, 数量最多的是鱼类(67.24%), 其中出现频率( $F\%$ )最高的为龙头鱼(27.45%), 其次为棘头梅童鱼(20.92%)和凤鲚(12.42%)。根据其相对重要性指数百分比来看, 龙头鱼、棘头梅童鱼、凤鲚、黄卿和六丝钝尾虾虎鱼是鮸的优势饵料。

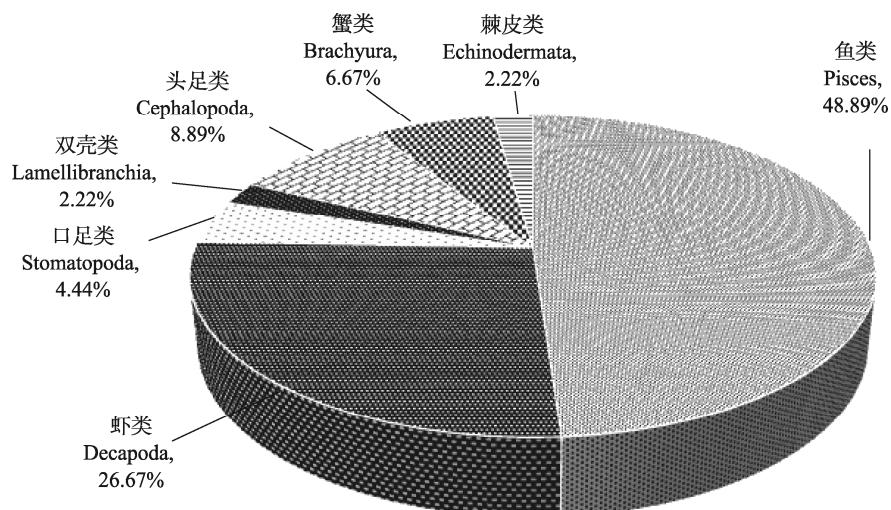


图 2 鮸饵料生物类群组成  
Fig. 2 Prey groups composition of *Miichthys miiuy*

表2 鲱的食物组成  
Tab. 2 Diet composition of *Micichthys miiuy*

饵料种类 prey type	重量百分比 W%	个数百分比 N%	出现频率 F%	相对重要性指数百分比 IRI%
鱼类 Pisces	85.34	67.82	135.94	84.70
日本鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	0.14	0.31	1.31	0.02
星康吉鳗 <i>Conger myriaster</i>	0.00	0.16	0.65	0.00
细条天竺鲷 <i>Apogonichthys lineatus</i>	0.52	0.47	1.96	0.07
黄卿 <i>Setipinna taty</i>	9.49	2.80	7.84	3.58
棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>	21.24	11.49	20.92	25.45
中华栉孔虾虎鱼 <i>Ctenotrypauchen chinensis</i>	1.80	3.42	7.84	1.52
鳄齿鱼 <i>Champsodon capensis</i>	0.20	0.31	0.65	0.01
龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i>	14.31	18.79	27.45	33.78
带鱼 <i>Trichiurus japonicas</i>	0.49	0.62	1.31	0.05
凤鲚 <i>Coilia mystus</i>	7.28	5.75	12.42	6.01
皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belengerii</i>	5.78	2.80	9.15	2.92
银鲳 <i>Pampus argenteus</i>	3.84	0.62	2.61	0.43
拉氏狼牙虾虎鱼 <i>Odontamblyopus lacepedii</i>	0.51	0.47	1.96	0.07
鳓 <i>Ilisha elongata</i>	2.48	1.24	3.92	0.54
赤鼻棱鳀 <i>Thryssa kammalensis</i>	0.79	0.78	1.31	0.08
矛尾虾虎鱼 <i>Chaemrichthys stigmatias</i>	0.42	1.09	3.92	0.22
六丝钝尾虾虎鱼 <i>Amblychaeturichthys hexanema</i>	2.78	7.61	8.50	3.28
刀鲚 <i>Coilia nasus</i>	1.28	0.16	0.65	0.03
多鳞鱚 <i>Sillago sihama</i>	2.31	0.62	1.96	0.21
刺鲳 <i>Psenopsis anomala</i>	1.39	0.31	1.31	0.08
黄鮟鱇 <i>Lophius litulon</i>	4.84	2.02	1.31	0.33
不可辨认鱼类 unidentified Pisces	3.47	6.02	16.99	5.99
虾类 Decapoda	8.10	24.69	54.25	12.17
中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>	0.04	1.09	2.61	0.11
安氏白虾 <i>Exopalaemon annandalei</i>	0.15	0.62	2.61	0.07
哈氏仿对虾 <i>Parapenaeopsis hardwickii</i>	0.56	3.11	3.92	0.53
鲜明鼓虾 <i>Alpheus distinguendus</i>	0.64	1.55	5.88	0.48
周氏新对虾 <i>Metapenaeus joyneri</i>	0.85	0.62	1.96	0.11
中华管鞭虾 <i>Solenocera crassicornis</i>	2.34	1.55	4.58	0.66
细巧仿对虾 <i>Parapenaeopsis tenella</i>	0.10	0.31	1.31	0.02
葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>	0.57	0.62	1.96	0.09
东海红虾 <i>Plesionika izumiae</i>	0.83	5.59	6.54	1.56
日本鼓虾 <i>Alpheus japonicus</i>	0.12	0.62	1.96	0.05
不可辨认虾类 unidentified shrimp	1.90	9.01	20.92	8.48
头足类 Cephalopoda	3.58	0.93	3.92	0.17
枪乌贼 <i>Loligo</i> sp.	1.73	0.31	1.31	0.10
曼氏无针乌贼 <i>Sepiella japonica</i>	0.15	0.31	1.31	0.02
金乌贼 <i>Sepia esculenta</i>	0.01	0.16	0.65	0.00
剑尖枪乌贼 <i>Uroteuthis edulis</i>	1.70	0.16	0.65	0.04

(待续 to be continued)

(续表2 Tab. 2 continued)

饵料种类 prey type	重量百分比 W%	个数百分比 N%	出现频率 F%	相对重要性指数百分比 IRI%
蟹类 Brachyura	0.73	3.11	11.11	0.76
三疣梭子蟹 <i>Portunus trituberculatus</i>	0.12	0.31	1.31	0.02
蟹类 Brachyura	0.73	3.11	11.11	0.76
双斑蟳 <i>Charybdis bimaculata</i>	0.23	0.78	2.61	0.10
不可辨认蟹类 unidentified crabs	0.37	2.02	7.19	0.64
口足类 Stomatopoda	2.10	3.58	11.77	2.18
无刺口虾蛄 <i>Oratosquilla inornata</i>	0.24	0.16	0.65	0.01
口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>	1.86	3.42	11.12	2.17
双壳类 Lamellibranchia	0.08	0.16	0.65	0.01
毛蚶 <i>Scapharca subcrenata</i>	0.08	0.16	0.65	0.01
棘皮类 Echinodermata	0.06	0.16	0.65	0.01
海星 <i>Asteroidea</i> sp.	0.06	0.16	0.65	0.01

**2.1.1 食物组成随体长变化** 以100 mm为组距, 将鮸根据体长划分为6个体长组。由表3中可知, 不同体长组鮸摄食的生物饵料类群差异不明显, 200~699 mm各体长组均以摄食鱼类为主, 且摄食鱼类的重量百分比呈现出先增加后减少的趋势, 700~799 mm体长组的鮸以摄食虾类为主, 占84.97%, 鱼类仅占13.33%。这与其他体长组有较大差异, 导致这一结果的原因可能是700~799 mm体长组的鮸样本量较少(仅有4尾), 后续会进行补充完善。

**2.1.2 食物组成随季节变化** 鮸的主要饵料类群重量百分比随季节的变化如表4所示, 春季主要摄食鱼类(85.69%), 其次是虾类(12.72%)、口足类(1.59%), 而头足类、蟹类均未摄食。夏季主要摄食鱼类(64.05%), 其次是虾类(18.51%)、头足类(15.53%), 其余类群摄食较少。秋季摄食的饵料种类仍以鱼类为主, 占90.82%, 其次是虾类(5.47%), 头足类占比最少, 仅0.06%。冬季鱼类占比全年最高, 为95.40%, 其次为口足类, 为2.71%, 未摄食蟹类(表4)。

表3 鮸主要饵料类群的重量百分比随体长的变化

Tab. 3 Variation of weight percentage for major prey groups of *Miichthys miiuy* with body length %

体长组/mm size class	鱼类 Pisces	虾类 Decapoda	口足类 Stomatopoda	头足类 Cephalopoda	蟹类 Brachyura
200~299	88.20	8.59	1.29	0.17	1.75
300~399	93.56	3.22	2.86	0.00	0.35
400~499	93.31	4.94	0.00	0.92	0.00
500~599	87.57	9.48	1.94	0.25	0.76
600~699	58.48	5.55	0.00	35.97	0.00
700~799	13.33	84.97	0.00	0.00	1.69

表4 鮸主要饵料类群的重量百分比随季节的变化

Tab. 4 Variation of weight percentage for major prey groups of *Miichthys miiuy* with seasons %

季节 season	鱼类 Pisces	虾类 Decapoda	口足类 Stomatopoda	头足类 Cephalopoda	蟹类 Brachyura
春季 spring	85.69	12.72	1.59	0.00	0.00
夏季 summer	64.05	18.51	1.56	15.53	0.35
秋季 autumn	90.82	5.47	2.23	0.06	1.30
冬季 winter	95.40	1.04	2.71	0.45	0.00

## 2.2 鮸的稳定同位素值

**2.2.1 鮸各体长组碳、氮稳定同位素比值** 稳定同位素分析结果表明, 鮸的 $\delta^{13}\text{C}$ 平均值为 $(-16.74\pm1.03)\text{\textperthousand}$ , 范围为 $-19.09\sim-13.04\text{\textperthousand}$ , 最大差值为 $6.05\text{\textperthousand}$ ;  $\delta^{15}\text{N}$ 平均值为 $(12.44\pm1.36)\text{\textperthousand}$ , 范围为 $10.72\sim15.96\text{\textperthousand}$ , 最大差值为 $5.24\text{\textperthousand}$ 。随着体长的增加, 鮸的 $\delta^{13}\text{C}$ 值呈下降趋势,  $\delta^{15}\text{N}$ 的值呈上升趋势。Pearson 相关性分析结果显示, 鮸的 $\delta^{15}\text{N}$ 值与其体长呈显著正相关( $P<0.01$ ),  $\delta^{13}\text{C}$ 值与体长呈显著负相关( $P<0.01$ ) (表5、图3)。

**2.2.2 鮸各季节碳、氮稳定同位素比值** 单因素方差分析结果显示, 舟山渔场鮸的 $\delta^{15}\text{N}$ 值在不同季节之间差异极显著( $P<0.01$ ),  $\delta^{13}\text{C}$ 值在不同季节之间差异不显著( $P>0.05$ )。

**2.2.3 鮸及其主要饵料生物的碳、氮稳定同位素比值** 鮸的主要饵料生物 $\delta^{13}\text{C}$ 值范围是 $-20.91\text{\textperthousand}\sim-13.32\text{\textperthousand}$ , 最大差值 $7.59\text{\textperthousand}$ ;  $\delta^{15}\text{N}$ 值范围是 $5.94\text{\textperthousand}\sim12.89\text{\textperthousand}$ , 最大差值 $6.95\text{\textperthousand}$ 。其中, 黄卿的 $\delta^{13}\text{C}$ 值最低, 为 $(-19.48\pm1.13)\text{\textperthousand}$ , 哈氏仿对虾的 $\delta^{13}\text{C}$ 值最高, 为 $(-15.27\pm0.91)\text{\textperthousand}$ ; 毛蚶的 $\delta^{15}\text{N}$ 值最低, 为 $(6.40\pm0.40)\text{\textperthousand}$ , 六丝钝尾虾虎鱼的 $\delta^{15}\text{N}$ 值最高, 为 $(12.15\pm0.72)\text{\textperthousand}$ (表7)。

表5 舟山渔场鮸各体长组的碳、氮稳定同位素比值

Tab. 5  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  signatures of *Miichthys miiuy* of each body length group in Zhoushan fishing ground

体长组/mm size class	样品数 number	$\delta^{13}\text{C}/\text{‰}$		$\delta^{15}\text{N}/\text{‰}$	
		范围 range	平均值±标准差 mean±SD	范围 range	平均值±标准差 mean±SD
200~299	8	-17.68~-14.97	-16.24±0.94	10.95~13.07	11.97±0.72
300~399	13	-19.09~-13.04	-16.82±0.68	10.85~15.96	11.95±1.36
400~499	11	-17.85~-15.44	-16.63±1.02	10.72~14.71	12.12±0.63
500~599	8	-17.67~-16.24	-16.86±0.68	11.54~15.36	13.11±0.70
600~699	3	-17.71~-17.22	-17.47±0.35	13.47~14.68	14.08±0.85
700~799	2	-17.66~-17.38	-17.52±0.20	13.78~14.62	14.20±0.59
800~899	2	-17.69~-17.38	-17.54±0.22	15.22~15.46	15.34±0.17

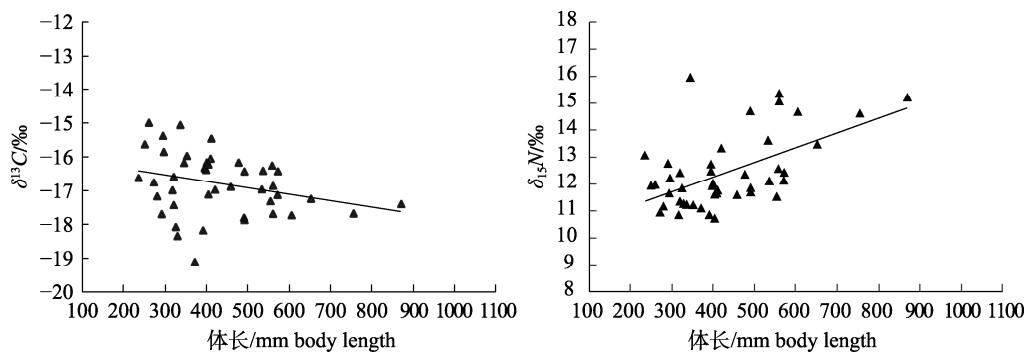
图3 舟山渔场鮸  $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  随体长的变化Fig. 3 Variations of  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  values with body length of *Miichthys miiuy* in Zhoushan fishing ground

表6 舟山渔场鮸各季节碳、氮稳定同位素比值

Tab. 6  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  signatures of *Miichthys miiuy* in Zhoushan fishing ground in each season

季节 season	样品数 number	$\delta^{13}\text{C}/\text{‰}$		$\delta^{15}\text{N}/\text{‰}$	
		范围 range	平均值±标准差 mean±SD	范围 range	平均值±标准差 mean±SD
春季 spring	9	-18.16~-15.83	-17.33±0.70	10.86~12.42	11.72±0.50
夏季 summer	14	-17.78~-16.03	-16.94±0.65	11.66~15.96	13.93±1.35
秋季 autumn	12	-17.68~-15.36	-16.35±0.68	10.85~13.07	11.89±0.64
冬季 winter	9	-19.09~-13.04	-16.35±1.75	10.72~12.57	11.56±0.65

表7 鮸及其主要饵料生物的碳、氮稳定同位素比值

Tab. 7 The  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  value of *Miichthys miiuy* and its main prey species

种类 category	样品量 number	$\delta^{13}\text{C}/\text{‰}$		$\delta^{15}\text{N}/\text{‰}$	
		范围 range	平均值±标准差 mean±SD	范围 range	平均值±标准差 mean±SD
鮸 <i>Miichthys miiuy</i>	44	-19.09~-13.04	-16.74±1.03	10.72~15.96	12.44±1.36
龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i>	18	-20.83~-15.35	-18.05±1.51	7.82~12.16	10.11±1.25
棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>	17	-19.64~-16.24	-17.88±1.07	7.97~11.91	9.54±1.47
黄卿 <i>Setipinna taty</i>	5	-20.91~18.28	-19.48±1.13	9.81~11.75	10.45±0.78
六丝钝尾虾虎鱼 <i>Amblychaetrichthys hexanema</i>	4	-16.62~16.21	-16.36±0.18	11.15~12.89	12.15±0.72
中华管鞭虾 <i>Solenocera crassicornis</i>	10	-18.42~-15.59	-16.75±1.00	8.55~11.50	9.87±1.04
哈氏仿对虾 <i>Parapenaeopsis hardwickii</i>	7	-15.93~-13.32	-15.27±0.91	9.86~11.27	10.45±0.42
曼氏无针乌贼 <i>Sepiella japonica</i>	12	-18.21~-16.01	-17.23±0.73	8.19~11.74	9.99±1.07

(待续 to be continued)

(续表7 Tab. 7 continued)

种类 category	样品量 number	$\delta^{13}\text{C}/\text{‰}$		$\delta^{15}\text{N}/\text{‰}$	
		范围 range	平均值±标准差 mean±SD	范围 range	平均值±标准差 mean±SD
三疣梭子蟹 <i>Portunus trituberculatus</i>	6	-18.30--16.56	-17.24±0.58	9.54--11.72	10.38±0.73
双斑蟳 <i>Charybdis bimaculata</i>	5	-17.84--16.56	-17.14±0.53	9.55--10.64	10.19±0.50
口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>	10	-18.74--15.35	-16.62±1.09	9.33--11.84	11.00±0.87
毛蚶 <i>Scapharca subcrenata</i>	5	-19.80--18.30	-19.04±0.58	5.94--6.94	6.40±0.40

**2.2.4 食源贡献率** 采用 IsoSource 混合模型计算了不同饵料生物类群对鮸的食源贡献率。结果显示, 食源贡献率最大的是口足类(20.6%), 其次是头足类(18.3%)、虾类(16.4%), 双壳类的食源贡献率最小, 为 13.7%(表 8)。

表 8 舟山渔场鮸各饵料生物类群的食源贡献率

Tab. 8 Contribution rate of the major prey groups to *Miichthys miuy* in Zhoushan fishing ground %

饵料 prey	范围 range	平均 mean
鱼类 Pisces	0~78	15.4
虾类 Decapoda	0~82	16.4
口足类 Stomatopoda	0~97	20.6
双壳类 Lamellibranchia	0~69	13.7
头足类 Cephalopoda	0~92	18.3
蟹类 Brachyura	0~31	15.7

### 2.3 鮸的营养级

选取紫贻贝为基线生物, 依据营养级公式计算得出鮸的各体长组营养级范围为 3.93~4.92, 平均值为  $4.30\pm0.39$ 。Pearson 相关性分析结果显示, 营养级与体长呈显著正相关( $P<0.01$ , 图 4)。

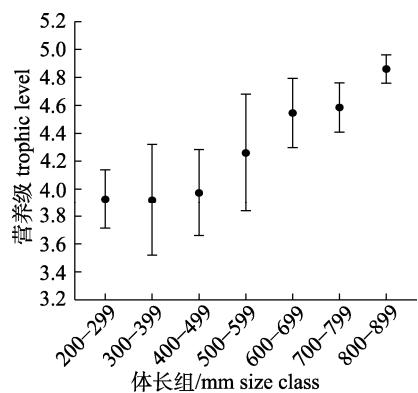


图 4 舟山渔场各体长组鮸的营养级

Fig. 4 Trophic level of each body length group of *Miichthys miuy* in Zhoushan fishing ground

### 2.4 鮸的摄食强度

鮸全年均有摄食, 全年空胃率范围为 27.12%~73.79%, 平均为 51.25%; 不同季节之间差异显著( $P<0.01$ ), 冬季空胃率最低, 为 27.12%, 秋季空胃率最高, 为 73.79%, 全年胃饱满指数范围为 3.18~5.69, 平均为 3.80; 不同季节之间存在显著性差异( $P<0.01$ ), 冬季胃饱满指数最大, 为 5.69, 夏季最小, 为 1.74(图 5)。以 100 mm 为组距, 将其分为 6 组, 其中体长组 300~399 mm 鮸的空胃率最高, 为 47.42%, 体长组 700~799 mm 鮸的空胃率最低, 为 28.57%。体长组 200~299 mm 鮸的胃饱满指数最高, 为 4.72, 体长组 700~799 mm 鮸的胃饱满指数最低, 为 0.80。胃饱满指数随着体长的增加逐渐减小(图 6)。

### 3 讨论

#### 3.1 鮸的饵料组成

本研究发现鱼类是舟山渔场鮸最主要的食物来源, 这与王储庆等<sup>[8]</sup>、Jeong 等<sup>[9]</sup>的研究结果一

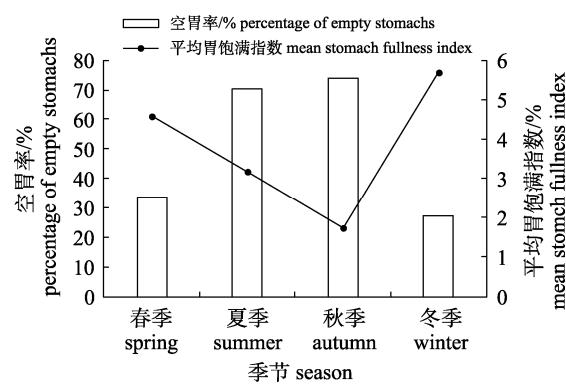


图 5 舟山渔场鮸空胃率和平均胃饱

满指数的季节变化

Fig. 5 Percentage of empty stomachs and mean stomach fullness index of *Miichthys miuy* in each season in Zhoushan fishing ground

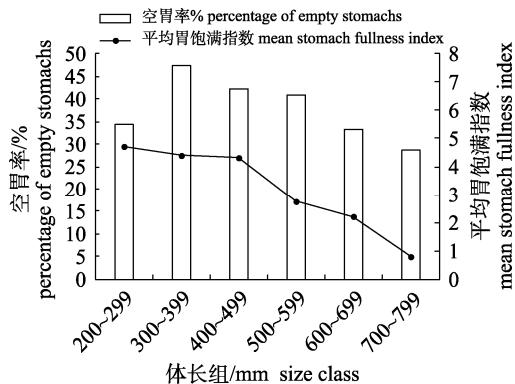


图 6 舟山渔场鮸空胃率和平均胃饱满指数的体长变化

Fig. 6 Percentage of empty stomachs and mean stomach fullness index of *Miichthys miuy* in each size class in Zhoushan fishing ground

致。研究表明,舟山渔场鮸的优势饵料种为龙头鱼、棘头梅童鱼、凤鲚、黄鲫和六丝钝尾虾虎鱼,而江苏近海水域鮸以矛尾虾虎鱼、凤鲚、棘头梅童鱼、小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)、细鳞鮰(*Terapon jarbua*)作为重要的食物来源<sup>[8]</sup>;韩国南部海域鮸主要摄食的鱼种是凤鲚、黑鳃梅童鱼(*Collichthys niveatus*)、黄鲫和赤鼻棱鳀<sup>[9]</sup>。这表明鱼类的优势饵料生物会随着该海域中饵料生物数量或组成的变化而变化,也反映出鱼类摄食习性具有空间差异<sup>[18]</sup>。

鱼类的摄食会随着体长的变化而改变<sup>[19]</sup>。Jensen 等<sup>[20]</sup>研究褐鳟(*Salmo trutta*)食性时,提出了鱼类食性转变的临界体长这一概念,即鱼类所摄食的饵料生物在食物组成中的比例会随着体长的增加而增加,当比例超过 50%时的体长则为食性转变的临界体长。研究发现,石首鱼科中大黄鱼(*Larimichthys crocea*)<sup>[21]</sup>、小黄鱼<sup>[22]</sup>、棘头梅童鱼<sup>[23]</sup>、白姑鱼(*Pennahia argentata*)<sup>[24]</sup>等均发现了食性转换现象。本研究中并未出现浮游动、植物等饵料生物,这可能是由于鮸属于广食性鱼类,随着其体长的增加,会相对应地减少浮游动、植物的摄入<sup>[25]</sup>。同时,所有体长组(200~899 mm)鮸的胃含物中鱼类饵料占比远高于 50%,可能是由于鮸的捕食能力较强,在小个体时已经具备了捕食鱼类的能力。加之本研究采集的鮸个体较大(>200 mm),因此本研究中并未发现鮸有明显

的食性转换,有关鮸食性转变的临界体长还需进一步研究。

### 3.2 鮸的稳定同位素特征

$\delta^{13}\text{C}$  可以用来指示食物来源,  $\delta^{15}\text{N}$  可以用来指示生物所处的营养级<sup>[26-27]</sup>。本研究中鮸的  $\delta^{13}\text{C}$  范围为  $-19.09\text{\textperthousand} \sim -13.04\text{\textperthousand}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$  值跨度范围达到  $6.05\text{\textperthousand}$ , 体长与  $\delta^{13}\text{C}$  呈显著负相关,说明鮸摄食的饵料生物来源广泛,是一种“广食性”鱼类。 $\delta^{15}\text{N}$  范围为  $10.72\text{\textperthousand} \sim 15.96\text{\textperthousand}$ , 最大差值为  $5.24\text{\textperthousand}$ , 体长与  $\delta^{15}\text{N}$  呈显著正相关,鮸在小个体时由于摄食器官发育不全、捕食能力有限,会摄食营养级较低的饵料生物,随着体长的增加,捕食能力增强,摄食器官发育趋于完善,大个体鮸开始摄食高营养级的饵料生物,使得其营养级也随着体长的增加而增加。

稳定同位素分析结果显示,口足类对鮸的食源贡献率最高,为 20.6%,其次是头足类(18.3%)、虾类(16.4%)。而胃含物中占比最大的鱼类(48.49%)贡献率则较低,为 15.4%。两者结果具有较大差异,这可能是因为稳定同位素反映的是鱼类长期的摄食情况,而胃含物反映的是短期内的摄食结果,受环境条件等影响较大<sup>[11]</sup>。另外鮸具有新陈代谢率高、消化能力强的特性<sup>[28]</sup>,因此胃含物分析得到的饵料生物多为不易被消化,其余易被消化的饵料生物则难以鉴定,并且鱼类对不同饵料生物的消化吸收率是不同的,这也可能是两者结果产生差异的原因<sup>[29]</sup>。

### 3.3 鮸的摄食强度及营养级

鮸的摄食强度随季节变化显著。研究表明,鱼类在产卵期,由于性腺发育会占据一定的体腔空间,其摄食强度会有一定程度的减少<sup>[30]</sup>,鮸的繁殖期为 8—10 月,产卵开始后,其摄食活动会迅速减少;冬季鮸进入产卵后恢复阶段,摄食强度逐渐上升。每年 4—5 月鮸进行生殖洄游时需要大量的能量来源,这可能是造成春、冬季摄食强度高,夏、秋季摄食强度低的原因。同时鮸的摄食强度与体长存在明显差异,本研究中,小个体鮸摄食强度较高,并随着体长的增加逐渐减弱,体长 700~799 mm 时摄食强度最低。这表明鱼类在小个体时会不断地摄食,以此来满足自身发育

所需的能量,因此其摄食强度会逐渐增强。

$\delta^{15}\text{N}$  可以指示鱼类在生态系统中的营养位置<sup>[31]</sup>。经计算得出舟山渔场鮸各体长组的营养级范围为 3.93~4.92, 平均营养级为(4.30±0.39), 营养级与体长呈显著正相关, 即随着体长的增加, 鮸的营养级呈上升趋势, 这主要是由于随着体长的增加, 鮸的摄食能力也随之增加, 摄食的饵料生物也逐渐倾向于高营养级。

顶级捕食者处在食物链顶端和营养结构的边界, 其能量摄入稳定, 不易受到环境变化的影响, 可以通过营养级联调控食物网, 有着稳定生态系统结构的重要作用<sup>[32-33]</sup>。根据学者们对舟山海域食物网的研究, 舟山海域中高营养级消费者有黄鮟鱇(*Lophius litulon*)、蓝点马鲛(*Scomberomorus niphonius*)等<sup>[34]</sup>。本研究中鮸的营养级范围为 3.93~4.92, 平均营养级为 4.30, 属于较高水平, 且根据东海区渔业资源调查<sup>[35]</sup>显示, 鮸的资源量和平均体长均超过了舟山渔场绝大多数鱼类, 可见其在舟山渔场食物网中独一无二的地位。本研究中发现各体长组和各季节的鮸主要摄食种类均以龙头鱼、棘头梅童鱼、黄鲫等为主, 说明鮸在食物网中的功能主要是通过控制龙头鱼、棘头梅童鱼、黄鲫等中高营养级鱼类的种群结构稳定, 进而控制整个食物网, 若鮸在该海域发生较大资源波动, 则食物网稳定性将受到一定影响<sup>[36]</sup>。

## 参考文献:

- [1] Wang Y L, Wang J, Zhou Y D, et al. Spatial and temporal distribution characteristics of *Larimichthys polyactis* in Zhoushan fishing ground and the adjacent waters based on two-stage GAM[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2022, 29(4): 633-641. [王雅丽, 王晶, 周永东, 等. 基于 two-stage GAM 的舟山渔场及邻近海域小黄鱼时空分布特征[J]. 中国水产科学, 2022, 29(4): 633-641.]
- [2] Wang Y L, Hu C L, Li Z H, et al. Population structure and resource change of *Larimichthys polyactis* in spring in Zhoushan fishery spawning ground protection area, China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2021, 32(9): 3349-3356. [王雅丽, 胡翠林, 李振华, 等. 舟山渔场产卵场保护区春季小黄鱼群体结构及资源动态[J]. 应用生态学报, 2021, 32(9): 3349-3356.]
- [3] Ni H E, Lu J H. Present utilization situation of main fishery resources in Zhoushan fishing ground[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(4): 569-572. [倪海儿, 陆杰华. 舟山渔场主要渔业资源利用现状[J]. 应用生态学报, 2003, 14(4): 569-572.]
- [4] Zhao S J, (Lü/Lv/Lu/Lyu) B Q, Li R W, et al. Cause analysis of fishery resources decline in the East China Sea under the background of species extinction[J]. Scientia Sinica (Terra), 2015, 45(11): 1628-1640. [赵淑江, 吕宝强, 李汝伟, 等. 物种灭绝背景下东海渔业资源衰退原因分析[J]. 中国科学: 地球科学, 2015, 45(11): 1628-1640.]
- [5] Carpenter S R, Kitchell J F, Hodgson J R. Cascading trophic interactions and lake productivity[J]. BioScience, 1985, 35(10): 634-639.
- [6] Power M E. Effects of fish in river food webs[J]. Science, 1990, 250(4982): 811-814.
- [7] Zhao S L, Xu H X, Zhong J S. Marine ichthyology of Zhejiang Province[M]. Hangzhou: Zhejiang Science & Technology Press, 2016. [赵盛龙, 徐汉祥, 钟俊生. 浙江海洋鱼类志[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 2016.]
- [8] Wang C Q, Tang J H, Xiong Y, et al. Feeding habits of *Miichthys miiuy* in Jiangsu coastal waters[J]. Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science), 2020, 39(4): 372-378. [王储庆, 汤建华, 熊瑛, 等. 江苏近海鮸胃含物初步分析[J]. 浙江海洋大学学报(自然科学版), 2020, 39(4): 372-378.]
- [9] Jeong J M, Kim Y, Song S H, et al. Feeding patterns of brown croaker, *Miichthys miiuy* (Basilewsky, 1855) from the south-western waters off Korea: Size-related and seasonal trends[J]. Thalassas: an International Journal of Marine Sciences, 2019, 35(2): 413-420.
- [10] Hyslop E J. Stomach contents analysis-a review of methods and their application[J]. Journal of Fish Biology, 1980, 17(4): 411-429.
- [11] Cortés E. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: Application to elasmobranch fishes[J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1997, 54(3): 726-738.
- [12] Wang J, Jiang R J, Hu C L, et al. Feeding ecology of *Engraulis japonicus* based on stomach contents and stable isotope[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2021, 32(6): 2035-2044. [王静, 蒋日进, 胡翠林, 等. 基于胃含物分析和稳定同位素技术研究鳀的摄食生态[J]. 应用生态学报, 2021, 32(6): 2035-2044.]
- [13] Jake Vander Zanden M, Fetzer W W. Global patterns of aquatic food chain length[J]. Oikos, 2007, 116(8): 1378-1388.
- [14] Minagawa M, Wada E. Stepwise enrichment of  $^{15}\text{N}$  along food chains: Further evidence and the relation between  $\delta^{15}\text{N}$  and animal age[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1984,

- 48(5): 1135-1140.
- [15] Letourneur Y, Galzin R, Harmelin-Vivien M. Temporal variations in the diet of the damselfish *Stegastes nigricans* (Lacepède) on a Réunion fringing reef[J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 1997, 217(1): 1-18.
- [16] Wang R F, Liu S D, Ren Y P, et al. Study on spatial heterogeneity in feeding habits of *Chelidonichthys spinosus* in Haizhou Bay during autumn[J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(17): 6433-6442. [王荣夫, 刘淑德, 任一平, 等. 海州湾秋季小眼绿鳍鱼摄食习性的空间异质性[J]. 生态学报, 2019, 39(17): 6433-6442.]
- [17] Phillips D L, Gregg J W. Source partitioning using stable isotopes: Coping with too many sources[J]. Oecologia, 2003, 136(2): 261-269.
- [18] Yan L P, Li J S, Shen D G, et al. Variations in diet composition and feeding intensity of small yellow croaker *Larimichthys polyactis* Bleeker in the southern Yellow Sea and northern East China Sea[J]. Marine Fisheries, 2006, 28(2): 117-123. [严利平, 李建生, 沈德刚, 等. 黄海南部、东海北部小黄鱼饵料组成和摄食强度的变化[J]. 海洋渔业, 2006, 28(2): 117-123.]
- [19] Zhang B, Jin X S, Dai F Q. Feeding habits and their variation of seasnail (*Liparis tanakae*) in the central and southern Yellow Sea[J]. Journal of Fisheries of China, 2011, 35(8): 1199-1207. [张波, 金显仕, 戴芳群. 黄海中南部细纹狮子鱼的摄食习性及其变化[J]. 水产学报, 2011, 35(8): 1199-1207.]
- [20] Jensen H, Kiljunen M, Amundsen P A. Dietary ontogeny and niche shift to piscivory in lacustrine brown trout *Salmo trutta* revealed by stomach content and stable isotope analyses[J]. Journal of Fish Biology, 2012, 80(7): 2448-2462.
- [21] Yang F, Liu M Z, Jiang R J, et al. Study on the Feeding ecology of *Larimichthys crocea* in the Ma'an Archipelago based on biomarker and stomach content analysis[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2023, 30(2): 247-258. [杨凡, 刘明智, 蒋日进, 等. 基于生物标志物和胃含物分析法的马鞍列岛海域大黄鱼摄食习性研究[J]. 中国水产科学, 2023, 30(2): 247-258.]
- [22] Guo B, Zhang B, Jin X S. Diet composition and ontogenetic variation in feeding habits of juvenile small yellow croaker *Pseudosciaena polyactis* Bleeker in the Yellow Sea[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(2): 289-297. [郭斌, 张波, 金显仕. 黄海海州湾小黄鱼幼鱼的食性及其随体长的变化[J]. 中国水产科学, 2010, 17(2): 289-297.]
- [23] Chen S X, Yu W W, Zhang H, et al. Research on fatty acid composition and feeding habits of *Larimichthys polyactis* and *Collichthys lucidus* from Lyusi fishing ground during autumn[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2020, 27(8): 943-952. [陈仕煊, 于雯雯, 张虎, 等. 吕泗渔场小黄鱼和棘头梅童鱼秋季脂肪酸组成及食性研究[J]. 中国水产科学, 2020, 27(8): 943-952.]
- [24] Chen G, Xu W, Gao C X, et al. Feeding habits and diet overlap of two Sciaenidae species in the southern coastal waters of Zhejiang[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2022, 29(9): 1337-1348. [陈淦, 徐雯, 高春霞, 等. 浙江南部近海两种石首鱼科鱼类的摄食习性及其食性重叠[J]. 中国水产科学, 2022, 29(9): 1337-1348.]
- [25] Zhang B. Diet composition and ontogenetic variation in feeding habits of *Cleithenes herzensteini* in central Yellow Sea[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2007, 18(8): 1849-1854. [张波. 黄海中部高眼鲽的摄食及随体长的变化[J]. 应用生态学报, 2007, 18(8): 1849-1854.]
- [26] Peterson B J, Fry B. Stable isotopes in ecosystem studies[J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 1987, 18: 293-320.
- [27] Kong Y F, Wu Z X, Yan Y R, et al. Trophic structure of pelagic fishery organism assemblage in the central and western South China Sea in spring revealed by carbon and nitrogen stable isotope analysis[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2020, 31(10): 3559-3567. [孔业富, 吴忠鑫, 颜云榕, 等. 基于碳氮稳定同位素的南海中西部海域春季中上层渔业生物群落营养结构[J]. 应用生态学报, 2020, 31(10): 3559-3567.]
- [28] Shan L Z, Yan M C, Wu H X, et al. The effect of starvation and refeeding on the growth, respiration and excretion of *Miichthys mijuy* juvenile[J]. Journal of Fisheries of China, 2007, 31(S1): 45-51. [单乐州, 回茂仓, 吴洪喜, 等. 饥饿及恢复投喂对鱼兔幼鱼生长、耗氧率和排氨率的影响[J]. 水产学报, 2007, 31(S1): 45-51.]
- [29] Xu W, Yang R, Chen G, et al. Feeding ecology of *Decapterus maruadsi* in the southern coastal area of Zhejiang based on stomach contents and stable isotope analysis[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2022, 33(11): 3097-3104. [徐雯, 杨蕊, 陈淦, 等. 基于胃含物和碳、氮稳定同位素研究浙江南部近海蓝圆鲹的摄食生态[J]. 应用生态学报, 2022, 33(11): 3097-3104.]
- [30] Olaso I, Rauschert M, De Broyer C. Trophic ecology of the family Artedidraconidae (Pisces: Osteichthyes) and its impact on the eastern Weddell Sea benthic system[J]. Marine Ecology Progress Series, 2000, 194: 143-158.
- [31] Davenport S R, Bax N J. A trophic study of a marine ecosystem off southeastern Australia using stable isotopes of carbon and nitrogen[J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 2002, 59(3): 514-530.
- [32] Newsome S D, Martinez del Rio C, Bearhop S, et al. A niche

- for isotopic ecology[J]. Frontiers in Ecology and the Environment, 2007, 5(8): 429-436.
- [33] Yu D D, Song J J, Liu K K, et al. An ecosystem perspective on fisheries conservation based on the importance of the big old fish[J]. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(18): 7432-7439. [于道德, 宋静静, 刘凯凯, 等. 大型年长鱼类对海洋生态系统生物资源养护的作用[J]. 生态学报, 2021, 41(18): 7432-7439.]
- [34] Froese R, Pauly D. World Wide Web electronic publication [EB/OL]. FishBase, (2014-01-02)/ [2023-07-10]. <http://www.fishbase.se/search.php>.
- [35] Xu H X. Investigation report on the major fishing grounds of fishery resources in the East China Sea Region from 2007 to 2010[R](Unpublished). Zhejiang Marine Fisheries Research Institute Scientific Report, 2007-2010. [徐汉祥. 2007-2009年东海区主要渔场渔业资源的调查与评估报告[R](未公开发表). 浙江省海洋水产研究所调查报告, 2007-2010.]
- [36] Rouyer T, Sadykov A, Ohlberger J, et al. Does increasing mortality change the response of fish populations to environmental fluctuations?[J]. Ecology Letters, 2012, 15(7): 658-665.

## Feeding habits of *Miichthys miiuy* in Zhoushan fishing ground

LAN Dan<sup>1,2</sup>, HAO Huibo<sup>1,2</sup>, JIANG Rijin<sup>2</sup>, YANG Fan<sup>1,2</sup>, LI Xiafang<sup>1,2</sup>, ZHAO Peng<sup>1,2</sup>, LIU Mingzhi<sup>1,2</sup>, YIN Rui<sup>2</sup>

1. Marine and Fisheries Research Institute, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316021, China;  
 2. Zhejiang Marine Fisheries Research Institute; Scientific Observing and Experimental Station of Fishery Resources for Key Fishing Grounds, Ministry of Agriculture and Rural Affairs; Key Laboratory of Sustainable Utilization of Technology Research for Fishery Resources of Zhejiang Province, Zhoushan 316021, China

**Abstract:** To study the position and role of *Miichthys miiuy* in the food web of Zhoushan fishing ground ecosystem, we collected a total of 727 *Miichthys miiuy* samples monthly from August 2021 to June 2023 on Zhoushan fishing ground, and examined the feeding habits based on both stomach content analysis method and carbon and nitrogen stable isotope techniques. The results indicated that the main prey species of *Miichthys miiuy* in Zhoushan fishing ground were Pisces, Decapoda, Stomatopoda, Lamellibranchia, Cephalopoda, and Brachyura. *Harpodon nehereus*, *Collichthys lucidus*, *Coilia mystus*, and *Amblychaeturichthys hexanema* were the dominant prey species. The  $\delta^{13}\text{C}$  of *Miichthys miiuy* ranged from  $-19.09\text{\textperthousand}$  to  $-13.04\text{\textperthousand}$ , with an average value of  $-(16.74\pm1.03)\text{\textperthousand}$ , which was negatively correlated with body length ( $P<0.01$ ). The value of  $\delta^{15}\text{N}$  was between  $10.72\text{\textperthousand}$  and  $15.96\text{\textperthousand}$ , with an average value of  $(12.44\pm1.36)\text{\textperthousand}$ , which was significantly positively correlated with body length ( $P<0.01$ ). The trophic level of *Miichthys miiuy* on the Zhoushan fishing ground, calculated from  $\delta^{15}\text{N}$  values, ranged from 3.93 to 4.92, with an average trophic level of  $4.30\pm0.39$ , and the trophic level was significantly positively correlated with body length ( $P<0.01$ ). The stable isotope analysis revealed that Stomatopoda made the highest contribution to *Miichthys miiuy* trophic level (20.6%), followed by Cephalopoda (18.3%), Decapoda (16.4%), and Lamellibranchia (13.7%). *Miichthys miiuy* fed throughout the year, and feeding intensity varied significantly with season and body length. Seasonally, the stomach fullness index was the highest in winter and the lowest in autumn; in terms of body length, the stomach fullness index was low for large individuals and high for small individuals. The empty stomach rate was the highest in autumn and the lowest in winter. The empty stomach rate did not significantly vary with body length. These results will help to understand the feeding habits of *Miichthys miiuy* on Zhoushan fishing ground and provide basic information and scientific basis for the study of food web dynamics and trophic dynamics.

**Key words:** *Miichthys miiuy*; Zhoushan fishing ground; stomach content; stable isotope; feeding habit

**Corresponding author:** JIANG Rijin. E-mail: jiangridge@163.com