

黄海主要经济无脊椎动物摄食特征 及其营养层次的研究

程济生 朱金声

(中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛)

摘要 本文对黄海14种主要经济无脊椎动物的胃含物进行了分析, 结果表明: (1) 它们均为食性较杂的广食性种类, 对饵料生物并无明显的选择性; (2) 根据其饵料生物的生态类群, 可将其划分为, 底栖动物和浮游动物食性、游泳动物和浮游动物食性、底栖动物食性、游泳动物和底栖动物食性、游泳动物食性等5种类型; (3) 经计算, 长尾类的脊腹褐虾、葛氏长臂虾、对虾、鹰爪糙对虾和戴氏赤虾, 短尾类的三疣梭子蟹和双斑蜆, 口足类的口虾蛄, 头足类的针乌贼、火枪乌贼和日本枪乌贼, 这11种的营养级为2.30~2.72, 可划为低级肉食性动物(2.0~2.8级); 头足类的金乌贼、曼氏无针乌贼和太平洋褶柔鱼, 这3种的营养级为2.86~2.97, 可划为中级肉食性动物(2.9~3.4级)。

关键词 黄海 无脊椎动物 摄食特征 营养级

前言

黄海渔业资源种类繁多, 除鱼类外, 还有着丰富的无脊椎动物资源, 其中许多是经济价值较高的种类, 它们在黄海渔业中占有较重要的位置. 该海域拖网调查中捕获的主要经济无脊椎动物有甲壳类和头足类两大类. 甲壳类有中国对虾 (*Penaeus orientalis*)、鹰爪糙对虾 (*Trachypenaeus curvirostris*)、脊腹褐虾 (*Crangon affinis*)、戴氏赤虾 (*Metapenaeopsis dalei*)、葛氏长臂虾 (*Palaemon gravieri*)、三疣梭子蟹 (*Portunus trituberculatus*)、双斑蜆 (*Charybdis bimaculata*)、口虾蛄 (*Oratosquilla oratoria*) 等, 头足类有火枪乌贼 (*Loligo beka*)、日本枪乌贼 (*Loligo japonica*)、太平洋褶柔鱼 (*Todarodes pacificus*)、针乌贼 (*Sepia andreana*)、金乌贼 (*Sepia esculenta*) 和曼氏无针乌贼 (*Sepiella maindroni*) 等. 对这些种类的食物组成、食性类型、摄食强度、营养等级及其在黄海食物网中的地位进行研究, 为进一步探讨黄海渔业生态系的机制, 黄海食物网的特征和今后资源增殖工作的开展, 均具有重要

的意义.

1 材料和方法

无脊椎动物胃含物分析样品, 系1985~1988年进行黄海渔业生态系调查时, 从底拖网渔获物中取得的. 摄食强度的鉴别按4级(空胃、少胃、半胃、饱胃)以目测其饱满度, 并将半胃和饱胃留出, 置于10%福尔马林中保存, 然后借助双筒解剖镜和显微镜进行观察, 先后共分析了14种生物的3 001个胃含物样品.

本文用下列各式计算胃含物组成、摄食强度和营养等级的有关指标:

$$\text{出现频率}(\%) = \frac{\text{含有某成分的实胃数}}{\text{总胃数}} \times 100.$$

$$\text{出现频率百分组成}(\%) = \frac{\text{某成分的出现频率}}{\text{各成分出现频率的总和}} \times 100.$$

$$\text{摄食率}(\%) = \frac{\text{实胃数}}{\text{总胃数}} \times 100.$$

$$\text{营养级}(\%) = 1 + \sum (\text{某种饵料生物类群的营养级} \times \text{其出现频率百分组成}\%).$$

2 结果与分析

2.1 食物组成

2.1.1 中国对虾(对虾)

其胃含物主要类别是甲壳类(Crustacea)[以钩虾类(Gammaridea)、介形类(Ostracoda)、桡足类(Copepoda)、涟虫类(Cumacea)和糠虾类(Mysidacea)为主, 另外, 长尾类(Macrura)的细螯虾(*Leptochela gracilis*)、脊腹褐虾、戴氏赤虾和鹰爪糙对虾, 枝角类(Cladocera)和磷虾类(Euphausiacea)也有出现], 多毛类(Polychaeta)、瓣鳃类(Lamellibranchia)和腹足类(Gastropoda). 其次为蛇尾类(Ophiuroidea)、幼鱼、棘刺锚参(*Protankyra bidentata*)和海绵(*Spongia*). 耳乌贼(Sepiolinae)偶有出现. 此外, 有机碎屑、砂粒、圆筛硅藻(*Coscinodiscus* sp.)和曲舟硅藻(*Pleurosigma* sp.)也常有出现.

2.1.2 鹰爪糙对虾

其胃含物主要类别是多毛类、瓣鳃类和甲壳类[以桡足类、端足类(Amphipoda)、涟虫类、长尾类的细螯虾和脊腹褐虾为主, 糠虾类也有出现]. 其次为蛇尾类、稚幼鱼、腹足类、耳乌贼和棘刺锚参. 海绵和圆筛硅藻偶有出现. 此外, 有机碎屑和砂粒也常出现.

2.1.3 脊腹褐虾

其胃含物主要类别是多毛类、瓣鳃类和腹足类. 其次为甲壳类(以钩虾类、糠虾类、涟虫类和介形类为主), 蛇尾类和稚幼鱼. 棘刺锚参、箭虫(*Sagitta* sp.)、有孔虫(Foraminites)和圆筛硅藻偶有出现. 此外, 有机碎屑和砂粒也常出现.

2.1.4 葛氏长臂虾

其胃含物主要类别是多毛类, 甲壳类(以糠虾类、端足类、桡足类和介形类为主)和瓣

鳃类. 其次为腹足类、蛇尾类、稚幼鱼、箭虫和棘刺锚参. 耳乌贼和有孔虫偶有出现. 此外, 有机碎屑和砂粒常有出现.

2.1.5 戴氏赤虾

其胃含物主要类别是多毛类, 甲壳类(以端足类、涟虫类、糠虾类和桡足类为主), 蛇尾类和瓣鳃类. 其次为稚幼鱼、棘刺锚参和箭虫. 圆筛硅藻和曲舟硅藻常有出现.

2.1.6 三疣梭子蟹

其胃含物主要类别是瓣鳃类, 腹足类, 多毛类和甲壳类[以长尾类, 歪尾类(*Anomura*)和短尾类(*Brachyura*)为主]. 其次为幼鱼、蛇尾类、耳乌贼和枪乌贼(*Loligo* sp.). 有机碎屑、海藻碎片和砂粒也有出现.

2.1.7 双斑蛭

其胃含物主要类别是瓣鳃类和多毛类. 其次为腹足类、蛇尾类、甲壳类(以长尾类、歪尾类和介形类为主)和稚幼鱼. 有机碎屑和砂粒也有出现.

2.1.8 口虾蛄

其胃含物主要类别是瓣鳃类, 甲壳类(以钩虾类、介形类、歪尾类为主, 其次为长尾类的脊腹褐虾和细螯虾, 糠虾类, 底栖桡足类和短尾类)和多毛类. 其次为蛇尾类、腹足类、稚幼鱼、棘刺锚参、耳乌贼和枪乌贼. 此外, 水螅类(*Hydrozoa*)和有孔虫也常有出现.

2.1.9 火枪乌贼

其胃含物主要类别是甲壳类(以磷虾类、桡足类和糠虾类为主, 另外还有端足类和介形类)和稚幼鱼. 其次为箭虫、耳乌贼和枪乌贼. 此外, 蕨枝螭(*Obelia*)也有出现.

2.1.10 日本枪乌贼

其胃含物主要类别是幼鱼和甲壳类[以磷虾类、桡足类、糠虾类和端足类为主, 另外还有毛虾(*Acetes*)和介形类]. 其次为枪乌贼、耳乌贼和箭虫. 此外, 蕨枝螭也有出现.

2.1.11 太平洋褶柔鱼

其胃含物主要类别是幼鱼和小型鱼类. 其次为头足类(*Cephalopoda*) (枪乌贼)和甲壳类[以太平洋磷虾(*Euphausia pacifica*)和细长脚螯(*Themisto gracilipes*)为主, 另外还有长尾类], 蕨枝螭也有出现. 此外, 种内相残食的情况也常有发生.

2.1.12 针乌贼

其胃含物主要类别是甲壳类(以磷虾类、糠虾类、端足类、介形类和长尾类的细螯虾、脊腹褐虾和葛氏长臂虾等为主), 其次为稚幼鱼. 此外, 箭虫、短尾类和头足类的耳乌贼与枪乌贼也有出现.

2.1.13 曼氏无针乌贼

其胃含物主要类别是幼鱼和小型鱼类(先后发现20多种鱼的鳞片). 其次为甲壳类[以樱虾类(*Sergestidae*)的毛虾, 长尾类的细螯虾、脊腹褐虾和鹰爪糙对虾等, 口足类(*Stomatopoda*)的口虾蛄和短尾类的双斑蛭等为主], 头足类(枪乌贼和耳乌贼)和箭虫. 此外, 蕨枝螭也有出现.

2.1.14 金乌贼

其胃含物主要类别是甲壳类(以长尾类的戴氏赤虾、鹰爪糙对虾、葛氏长臂虾和细螯虾, 樱虾类的毛虾、短尾类的双斑蛭和口足类的口虾蛄等为主), 幼鱼和小型鱼类(先后发现20多

种鱼的鳞片)。

2.2 食性类型

从以上14种无脊椎动物的胃含物组成来看, 它们均为食性较杂的广食性种类。其饵料生物按生态类群可归纳为浮游动物、底栖动物和游泳动物3大类别, 各类别出现频率占组成的百分比见表1。根据这些无脊椎动物胃含物中主要饵料生物生态类群的比重, 可将它们的食性划分为5种类型。

表1 黄海主要经济无脊椎动物胃含物的生态类群组成 [出现频率 (%)]

类别	种类	浮游动物		底栖动物		游泳动物	
		主要类别	(%)	主要类别	(%)	主要类别	(%)
甲壳类	对虾	钩虾类、介形类、桡足类、涟虫类、糠虾类	24.0	多毛类、瓣腮类、腹足类、蛇尾类、海参类	69.4	稚幼鱼、长尾类	8.6
	鹰爪糙对虾	桡足类、端足类、涟虫类	25.5	多毛类、瓣腮类、蛇尾类、腹足类	66.6	稚幼鱼、长尾类	7.9
	脊腹褐虾	钩虾类、糠虾类、涟虫类、介形类	5.3	多毛类、瓣腮类、腹足类、蛇尾类	93.5	稚幼鱼	1.2
	葛氏长臂虾	糠虾类、端足类、桡足类、介形类	27.3	多毛类、瓣腮类、腹足类、蛇尾类、海参类	67.9	稚幼鱼	4.8
	戴氏赤虾	端足类、涟虫类、糠虾类、桡足类	22.8	多毛类、蛇尾类、瓣腮类、海参类	68.3	稚幼鱼	8.9
	三疣梭子蟹	端足类、涟虫类	3.5	瓣腮类、腹足类、多毛类、蛇尾类、歪尾类、短尾类	86.6	稚幼鱼、头足类、长尾类	9.9
	双斑蛭	介形类	2.9	瓣腮类、多毛类、腹足类、蛇尾类、歪尾类	92.7	稚幼鱼、长尾类	5.3
头足类	口虾蛄	钩虾类、介形类、糠虾类、桡足类	21.2	瓣腮类、多毛类、蛇尾类、腹足类、歪尾类、海参类	65.5	稚幼鱼、长尾类、头足类	13.3
	火枪乌贼	磷虾类、桡足类、糠虾类、毛颚类、端足类、介形类	41.9	水螅类	0.6	稚幼鱼、头足类	57.5
	日本枪乌贼	磷虾类、桡足类、糠虾类、毛颚类、端足类、毛虾	38.4	水螅类	1.7	稚幼鱼、头足类	59.9
	太平洋褶柔鱼	磷虾类、端足类	12.8	水螅类	1.3	幼鱼、小型鱼类、头足类、长尾类	85.9
	针乌贼	磷虾类、糠虾类、端足类、介形类、毛颚类	49.1	短尾类	1.8	稚幼鱼、长尾类、头足类	49.1
	曼氏无针乌贼	毛虾、毛颚类	6.3	短尾类、口足类、水螅类	13.2	幼鱼、小型鱼类、长尾类、头足类	80.5
	金乌贼	毛虾	3.0	短尾类、口足类	40.4	幼鱼、小型鱼类、长尾类	56.6

2.2.1 底栖动物和浮游动物食性

其胃含物中底栖动物为主要类群,出现频率占组成的60%以上,浮游动物为次要类群,出现频率占组成的20%以上.属该食性种类有对虾、鹰爪糙对虾、葛氏长臂虾、戴氏赤虾和口虾蛄.

2.2.2 游泳动物和浮游动物食性

其胃含物中游泳动物和浮游动物为主要类群,出现频率一般都占组成的40%以上.属该食性种类有火枪乌贼、日本枪乌贼和针乌贼.

2.2.3 底栖动物食性

其胃含物中底栖动物占绝对优势,出现频率占组成的85%以上.属于该食性的种类有脊腹褐虾、双斑蛭和三疣梭子蟹.它们的游泳能力较弱,主要捕食埋栖或爬行的种类.

2.2.4 游泳动物和底栖动物食性

其胃含物中游泳动物和底栖动物为主要类群,出现频率均占组成的40%以上.属该食性的种类有金乌贼.它的游泳速度快,捕捉能力强.

2.2.5 游泳动物食性

其胃含物中游泳动物占绝对优势,出现频率占组成的80%以上.属该食性的种类有曼氏无针乌贼和太平洋褶柔鱼.它们的游泳能力很强,能捕捉游泳速度较快的动物.

2.3 摄食强度

从季节来看,春季摄食强度最高的种类是鹰爪糙对虾,摄食率为88.2%,最低的是火枪乌贼,为22.7%;夏季摄食强度最高的种类仍是鹰爪糙对虾,摄食率为96.7%,最低的是日本枪乌贼,为40.0%;秋季摄食强度最高的种类是戴氏赤虾,摄食率为98.7%,最低的是火枪乌贼,为13.4%;冬季摄食强度最高的种类是葛氏长臂虾,摄食率为78.5%,最低的是脊腹褐虾,为14.9%.

从全年来看,甲壳类的摄食强度一般较高,平均摄食率为78.6%,头足类一般较低,平均为51.0%.若按全年平均摄食率的高低顺序排列,甲壳类是:戴氏赤虾(86.6%)、葛氏长臂虾(85.7%)、口虾蛄(80.8%)、双斑蛭(80.6%)、对虾(79.8%)、三疣梭子蟹(77.8%)、鹰爪糙对虾(73.1%)、脊腹褐虾(64.5%).头足类是:曼氏无针乌贼(80.3%)、太平洋褶柔鱼(72.8%)、针乌贼(50.1%)、日本枪乌贼(29.7%)、火枪乌贼(22.3%).

2.4 营养级

鱼类的营养级,国内已有多人进行过研究,如张其永等^[1]、邓景耀等^[2]、韦晟等^[3].但是,对于经济无脊椎动物营养级的研究,至今未见报道.为了探讨它们在食物网中的营养层次,本文对黄海14种主要经济无脊椎动物的营养级进行初步估算¹⁾,将结果列于表2.

需要说明是,某些虾类胃含物样品中,常有硅藻出现.笔者认为:这可能是摄食偶有带入,或是饵料生物的胃中食物,计算时,不做为食料组成考虑.此外,磷虾的营养级是根据康元德^[4]的资料估算的,为1.1级;箭虫的营养级是根据李明德^[5]的资料估算为1.8级.

1) 各饵料生物类群的营养级,主要是参照张其永的数据,仔、幼鱼是参照李明德的数据.

计算结果表明：长尾类的脊腹褐虾、葛氏长臂虾、对虾、鹰爪糙对虾和戴氏赤虾的营养级为2.30~2.37级；短尾类的三疣梭子蟹和双斑蜆均为2.37级；口足类的口虾蛄为2.38级；头足类的针乌贼、火枪乌贼和日本枪乌贼为2.38~2.72级。以上11种是以草食性动物和杂食性动物为主要饵料，在营养层次上，可划为低级肉食性动物（2.0~2.8级）。头足类的金乌贼、曼氏无针乌贼和太平洋褶柔鱼的营养级为2.86~2.97，它们是以低等肉食性动物为主要饵料，这3种在营养层次上，可划为中级肉食性动物（2.9~3.4级）。

表2 黄海主要经济无脊椎动物的营养级

类别	种类	营养级	类别	种类	营养级
甲壳类	脊腹褐虾	2.30	头足类	针乌贼	2.38
	葛氏长臂虾	2.32		火枪乌贼	2.59
	对虾	2.32		日本枪乌贼	2.72
	鹰爪糙对虾	2.33		金乌贼	2.86
	戴氏赤虾	2.37		曼氏无针乌贼	2.90
	三疣梭子蟹	2.37		太平洋褶柔鱼	2.97
	双斑蜆	2.37			
	口虾蛄	2.38			

2.5 食物关系

黄海主要经济无脊椎动物之间，存在着竞食或捕食与被捕食的关系（图1）。

对虾、鹰爪糙对虾、脊腹褐虾、葛氏长臂虾、戴氏赤虾、口虾蛄、双斑蜆和三疣梭子蟹之间；火枪乌贼、日本枪乌贼和针乌贼之间；曼氏无针乌贼、金乌贼和太平洋褶柔鱼之间，它们的主要饵料基本相同或部分相同，因而存在不同程度的食物竞争关系。

此外，鹰爪糙对虾、葛氏长臂虾、戴氏赤虾、火枪乌贼和日本枪乌贼等，都是金乌贼、曼氏无针乌贼和太平洋褶柔鱼的主要饵料，因此，它们之间存在着捕食与被捕食的关系。

3 讨论

Odum 和 Heald 将海洋食物网中的动物划为1、2、3、4级^[6]，无脊椎动物在网络中基本处于前3个营养级，它们是营养级别较高的鱼类从海洋食物最初生产者浮游植物那里取得营养的桥梁，也是能量在海洋生物中进行传递和转换的重

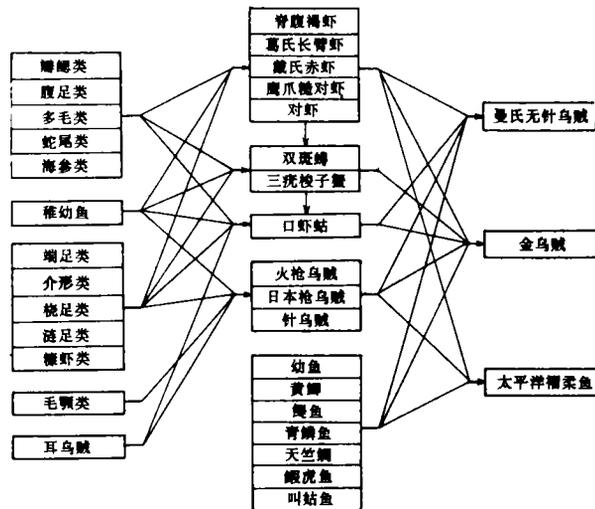


图1 黄海主要经济无脊椎动物的营养关系

要通道. 因此它们在海洋食物链中的作用是至关重要的.

这14种主要经济无脊椎动物既是某些低、中级肉食性鱼类的竞食者甚至捕食者, 又是一些中、高级肉食性鱼类的主要掠食对象. 如脊腹褐虾、双斑蛄、对虾、鹰爪糙对虾、葛氏长臂虾、戴氏赤虾、口虾蛄和三疣梭子蟹等, 在黄海生物群落中与其营养级(2.30~2.38)相近, 食性又基本相似的低级肉食性鱼类有多鳞鳕(*Sillago sihama*)、绵鲷(*Enchelyopus elongatus*)、木叶鲷(*Pleuronichthys cornutus*)、油鲷(*Microstomus achne*)、绿鳍马面鲀(*Navodon modestus*)、赤鼻棱鲷(*Thrissa kammalensis*)、玉筋鱼(*Ammodytes personatus*)、小杜父鱼(*Cottiusculus gonz*)等(营养级为2.2~2.5)^[3]. 如火枪乌贼、日本枪乌贼和针乌贼, 与它们营养级(2.38~2.72)接近且食性相似的低级肉食性鱼类有黑鳃梅童(*Collichthys niveatus*)、棘头梅童(*Collichthys lucidus*)、细条天竺鲷(*Apogonichthys lineatus*)、青鳞鱼、日本鳀、黄鲫、刀鲚(*Coilia ectenes*)等(营养级为2.2~2.7)^[3]. 太平洋褶柔鱼、曼氏无针乌贼和金乌贼, 与它们处于同一营养级水平(2.86~2.97), 又有类似食料的中级肉食性鱼类有孔鲷(*Raja porosa*)、白姑鱼(*Argyrosomus argentatus*)、黄姑鱼(*Nibea albiflora*)、鲷(*Platycephalus indicus*)、矛尾虾虎鱼(*Chaeturichthys stigmatias*)、中华团扇鲷(*Discobatus sinensis*)、虫鲷(*Eopsetta grigorjewi*)、石鲷(*Platichthys bicoloratus*)、赤鲷(*Dasyatis akajei*)、斜带髯鲷(*Hapalogenys nitens*)、花尾胡椒鲷(*Plectorhinchus cinctus*)、绿鳍鱼(*Chelidomichthys kumu*)等(营养级为2.9~3.1)^[3].

本文承蒙邓景耀、唐启升两位研究员提出修改意见, 深表谢忱.

参考文献

- 1 张其永等. 闽南-台湾浅滩渔场鱼类食物网研究. 海洋学报, 1981, 3(2): 275~290
- 2 邓景耀等. 渤海鱼类的食物关系. 海洋水产研究, 1988, (9): 151~171
- 3 韦 晟等. 黄海鱼类食物网的研究. 海洋与湖沼, 1992, 23(2): 182~192
- 4 康元德. 黄海中部太平洋磷虾(*Euphausia pacifica* Hansen)食料的初步研究. 太平洋西部渔业研究委员会第九次全体会议论文集. 北京: 科学出版社, 1966, 68~75
- 5 李明德等. 渤海鱼类生物学. 北京: 中国科学技术出版社, 1991, 101~102
- 6 Odum W E and E J Heald. The detritusbased food web of an estuarine mangrove community. Estuarine Research, 1975, 1, 265~289