

长江口鱼类食物网与营养结构的研究*

罗秉征** 韦 晟*** 窦硕增**

** (中国科学院海洋研究所) *** (中国水产科学研究院黄海水产研究所)

鱼类食物网是海洋生态系统中物质循环与能量流动的重要途径,营养结构则是表明能量流动过程中不同消费者的营养水平以及消费者之间的营养关系,二者对研究海洋生态系统中鱼类捕食与被捕食、种间竞争、种群调节以及数量变动等都具有重要意义。但国内、外关于长江口鱼类食物网及营养结构的研究尚未见详细报道。

为探讨三峡工程对河口生态系统的影响,中国科学院海洋研究所于 1985 年 9 月至 1986 年 8 月对长江口及邻近海域进行了周年综合性本底调查,并对长江口鱼类食物类型作了简单的描述(刘瑞玉、罗秉征等,1987),本文根据以上资料对长江口 60 种主要鱼类的食物组成、摄食生态类型、食物网与营养结构进行了分析,以期研究长江口生态系统的功能、生物生产过程以及合理开发利用长江口渔业资源提供科学依据。

一、材料与方法

本研究的主要资料取自 1985—1988 年长江口及邻近海域,部分系 1991—1993 年长江口补充采集的标本,共分析了 60 种鱼(13 目 35 科)的 6183 个消化道样本。现场用 10% 的福尔马林溶液固定胃含物,以备室内种类鉴定及定量分析。本文所用指标及其计算方法见有关文献(窦硕增,1996;Dou Shuozeng,1995)。

鱼类营养级根据 Odum 和 Heald(1975)提出的某种生物的平均营养级等于各种食物成分的营养级的平均值与其出现频率乘积之和加 1 的原则估算,并以 Yang Jiming(1982)及 Dou Shuozeng(1995)第一营养级为自养营养级,全部是浮游植物(平均值为 1);第二至第五营养级是异养营养级,植食性浮性动物位于第二营养级(2 级),低级肉食性鱼类为第三级(3.0—3.5),中级肉食性鱼类为第四级(3.6—4.0),高级肉食性鱼类为鱼类食物链营养级的最高级——五级(4.0—4.5)之规定。

二、结 果

1. 鱼类的食物组成

(1) 尖头斜齿鲨 主要摄食底栖虾类,如口虾蛄及周氏新对虾及黑鳃梅童、棘头梅

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 2935 号。
本课题为国家自然科学基金资助项目,39170167 号。
黄颂芳、李文龙等参加样本收集与资料统计。
收稿日期:1996 年 5 月 31 日。

童、皮氏叫姑鱼、小黄鱼幼鱼等小型鱼类。

(2) 孔鳐 主要摄食底栖虾类,如细螯虾、日本鼓虾、细巧仿对虾、葛氏长臂虾、口虾蛄等,并兼食一些小型鱼类,如焦氏舌鳎、黑鳃梅童等。

(3) 中国鲇 主要摄食底栖虾类,如口虾蛄、细螯虾、葛氏长臂虾等,并兼食一些小型底栖鱼类,如皮氏叫姑鱼。

(4) 光鲇 主要摄食底栖虾类,如细螯虾、江湖独眼钩虾、安氏白虾,并兼食一些小型底栖鱼类,偶尔摄食一些多毛动物(如沙蚕等)。

(5) 赤鲇 主要摄食日本鼓虾、鹰爪虾等底栖虾类,另外还摄食日本鳀、黄鲫等小型鱼类。

(6) 青鳞鱼 主要摄食真刺唇角水蚤、中华哲水蚤和太平洋纺锤水蚤,另外还摄食一些肥胖箭虫、中国毛虾以及精致真刺水蚤等。

(7) 斑鲽 主要摄食圆筛藻、角刺藻、根管藻、肥胖箭虫、中华哲水蚤、太平洋纺锤水蚤及剑水蚤等。

(8) 鰕 主要摄食圆筛藻、近邻剑水蚤、双刺纺锤水蚤及甲壳类幼体和仔鱼。

(9) 日本鳀 主要摄食中华哲水蚤、真刺唇角水蚤和肥胖箭虫,另外还摄食一定数量的火腿许水蚤及甲壳类幼体。

(10) 康氏小公鱼 主要摄食哲水蚤、磷虾及大眼端足类。

(11) 赤鼻棱鳀 主要摄食中华刺糖虾、中华假磷虾及中国毛虾,其次摄食一定数量的甲壳类幼体及仔鱼。

(12) 黄鲫 主要摄食真刺唇角水蚤、中国毛虾、中华哲水蚤、糠虾等,另外还摄食一定数量的肥胖箭虫及近邻剑水蚤等。

(13) 刀鲚 主要摄食鲜明鼓虾、安氏白虾、脊尾白虾、葛氏长臂虾、口虾蛄,兼食一些小拟哲水蚤、真刺唇角水蚤等。

(14) 凤鲚 主要摄食中华哲水蚤、双刺纺锤水蚤、大眼许水蚤、背针胸刺水蚤,另外兼食一些小拟哲水蚤、真刺唇角水蚤等。

(15) 长蛇鲻 主要摄食小型鱼类,如青鳞鱼、日本鳀、黑鳃梅童、叫姑鱼等,另外兼摄食一些底栖虾类,如口虾蛄。

(16) 龙头鱼 主要摄食长额刺糠虾、对虾及长臂虾等底栖虾类,另外还摄食一定量的小型鱼类,如日本鳀及黑鳃梅童等。

(17) 星鳎 主要摄食小型鱼、虾、蟹类,如双斑蛭、方氏云鳎、玉筋鱼等,另外还捕食一些日本枪乌贼等。

(18) 海鳎 主要摄食中小型鱼类,如日本鳀、黑鳃梅童、叫姑鱼等,另外兼食一些底栖虾类,如口虾蛄及幼蟹(三疣梭子蟹、双斑蛭等)。

(19) 长吻鲛 主要摄食小型底栖鱼类,如凤鲚、日本鳀、赤鼻棱鳀、细条天竺鲷、焦氏舌鳎及中华绒螯蟹、豆形短眼蟹、中国毛虾、钩虾等底栖虾、蟹类。

(20) 中华海鲶 主要摄食一些底栖虾类,如葛氏长臂虾、口虾蛄等,另外兼食一些幼蟹及中小型鱼类。

(21) 油鲶 主要摄食小型鱼类,如日本鳀、黑鳃梅童、叫姑鱼及细螯虾、钩虾等底

栖虾类,另外还摄食一定数量的日本枪乌贼。

(22) 鲈鱼 主要摄食中、小型鱼类,如日本鳊、方氏云鳊、黄鲫、刀鲚、黑鳃梅童、绵鳊等。

(23) 短尾大眼鲷 主要摄食底栖生物,如细螯虾、端足类、双斑蛭、涟虫类及多毛类,兼捕食一些小型底栖鱼类和日本鳊、赤鼻棱鳊及日本枪乌贼等。

(24) 细条天竺鲷 主要摄食中国毛虾、细螯虾、中华哲水蚤、钩虾等。

(25) 多鳞鳊 主要摄食多毛类,如沙蚕及底栖虾类,如鹰爪虾、细螯虾、口虾蛄、日本鼓虾等。

(26) 乌鳊 主要摄食底栖虾类,如长额刺糠虾、樱虾及口虾蛄等,另外还摄食一定数量的桡足类。

(27) 皮氏叫姑鱼 主要摄食小型底栖鱼、虾类,如细螯虾、褐虾、日本鼓虾及日本鳊、黄鲫等,另外还兼食一定量的浮游动物。

(28) 黄姑鱼 食性广,主要摄食中、小型鱼类及底栖虾类,如日本鳊、方氏云鳊、黄鲫、虾虎鱼、赤鼻棱鳊、日本鳊、鹰爪虾、褐虾、鼓虾、口虾蛄等,另外兼捕食一些日本枪乌贼。

(29) 白姑鱼 主要摄食底栖虾类,如鹰爪虾、戴氏赤虾、日本鼓虾、葛氏长臂虾及鳊鱼、日本鳊、赤鼻棱鳊、黄鲫、刀鲚、细条天竺鲷等中、小型鱼类。

(30) 大黄鱼 大黄鱼食谱广泛,有鱼类、甲壳类、多毛类、头足类、双壳类、腹足类、棘皮类等7个食物类群,近100种,其中以鱼类,如日本鳊、黄鲫、青鳞鱼、叫姑鱼、凤鲚、赤鼻棱鳊及细螯虾、口虾蛄、日本鼓虾等底栖虾类为主要食物。

(31) 小黄鱼 小黄鱼食谱较广,主要摄食底栖虾类,如细螯虾、戴氏赤虾及日本鳊、黑鳃梅童、细条天竺鲷等中、小型底栖鱼类。

(32) 黑鳃梅童 主要摄食小型底栖虾类,如中国毛虾、细螯虾、戴氏赤虾、葛氏长臂虾及日本鳊、赤鼻棱鳊、细条天竺鲷、虾虎鱼等小型鱼类。

(33) 棘头梅童 主要摄食小型底栖鱼、虾类,如细螯虾、日本鼓虾、葛氏长臂虾、口虾蛄、日本鳊、赤鼻棱鳊、细条天竺鲷、黄鲫、青鳞鱼等。

(34) 黑鳊 主要摄食中、小型鱼类,如青鳞鱼、日本鳊、黄鲫、赤鼻棱鳊、凤鲚、黑鳃梅童、方氏方鳊、丝虾虎鱼、焦氏舌鳎幼鱼等,并兼捕食日本枪乌贼及底栖虾类,如鼓虾、褐虾、长臂虾及口虾蛄等。

(35) 横带髭鲷 主要摄食小型鱼类,如黄鲫、青鳞鱼、日本鳊、细条天竺鲷等,兼捕食一些底栖虾类,如鹰爪虾、长臂虾及日本枪乌贼等。

(36) 斜带髭鲷 主要摄食小型鱼类,如赤鼻棱鳊、日本鳊、黄鲫、凤鲚、叫姑鱼等,兼捕食一些底栖虾、蟹类及日本枪乌贼。

(37) 日本鳊 主要摄食中、小型鱼类,如日本鳊、细条天竺鲷、白姑鱼、叫姑鱼、玉筋鱼、鲮等,另外还捕食一定量的日本枪乌贼及底栖虾类,如口虾蛄、鹰爪虾等。

(38) 绵鳊 主要摄食多毛类(如沙蚕)及底栖虾类,如鼓虾、褐虾、长臂虾、鹰爪虾、口虾蛄等,兼捕一些小型底栖鱼类,如钝尖尾虾虎鱼、细条天竺鲷、焦氏舌鳎、玉筋鱼等。

(39) 带鱼 主要摄食中、小型鱼类,如日本鳊、黄鲫、凤鲚、细条天竺鲷、叫姑鱼、黑

鳃梅童、焦氏舌鳎等,另外还大量摄食底栖虾类,如细螯虾、太平洋磷虾、口虾蛄等,兼捕食日本枪乌贼等。

(40) 蓝点马鲛 主要摄食中、小型鱼类,如日本鳀、赤鼻棱鳀、凤鲚、黄鲫、青鳞鱼、叫姑鱼、黑鳃梅童、小黄鱼等,兼捕食日本枪乌贼。

(41) 银鲳 主要摄食太平洋磷虾、中华哲水蚤、真刺唇角水蚤、大眼端足类、钩虾、箭虫、仔虾、幼鱼等,另外还摄食少量的浮游植物,如角毛藻、根管藻及骨条藻等。

(42) 燕尾鲷 主要摄食中华哲水蚤、纺锤水蚤、剑水蚤、仔鱼等,另外还摄食一定数量的浮游植物,如根管藻、圆筛藻及角毛藻等。

(43) 虎鲂 主要摄食底栖虾、蟹类,如细螯虾、褐虾、鹰爪虾、口虾蛄、周氏新对虾、双斑蛸等,兼食一定量的小型底栖鱼类,如钝尖尾虾虎鱼、焦氏舌鳎、方氏云鳎等。

(44) 蜂鲂 主要摄食底栖虾、蟹类,如褐虾、鼓虾、新对虾、口虾蛄、鹰爪虾、双斑蛸等,兼食小型底栖鱼类,如日本鳀、方氏云鳎等。

(45) 鲷 主要摄食底栖生物,如多毛类(沙蚕)、双壳类、长尾类(细螯虾、鹰爪虾、日本鼓虾、口虾蛄等)、短尾类(中华绒螯蟹)、蛇尾类及幼鱼。

(46) 细纹狮子鱼 主要摄食小型鱼类,如焦氏舌鳎、棘头梅童、钝尖尾虾虎鱼、黑鳃梅童、凤鲚等,兼捕食一些底栖虾、蟹类,如褐虾、仿对虾、长臂虾及口虾蛄、双斑蛸等。

(47) 带纹条鳎 主要摄食鱼类、多毛类、十足类及口足类。主要食物种类有口虾蛄、日本鼓虾、戴氏赤虾、吻沙蚕、青鳞鱼、日本鳀、黄鲫、黑鳃梅童、钝尖尾虾虎鱼及仔、幼鱼等。

(48) 半滑舌鳎 其食性广泛,以底栖虾、蟹类、双壳类及部分中、下层小型鱼类为主要食物,兼食一些多毛类、头足类、腹足类、棘皮类及海葵。主要食物种类有日本鼓虾、口虾蛄、鹰爪虾、隆线强蟹、泥足隆背蟹、钝尖尾虾虎鱼等。

(49) 短吻舌鳎 其食性广泛,以十足类、鱼类、头足类、双壳类为主要食物类群。主要食物种类有日本枪乌贼、口虾蛄、吻沙蚕、小刀蛭、长蛸、日本鼓虾、棘刺锚参、青鳞鱼、黄鲫、日本鳀等。

(50) 焦氏舌鳎 以幼鱼、日本枪乌贼、褐虾、戴氏赤虾、葛氏长臂虾为主要饵料,兼捕食吻沙蚕、日本鼓虾、小刀蛭及海蛇尾等。

(51) 宽体舌鳎 主要摄食多毛类(如沙蚕)及底栖虾类,如脊腹褐虾、双眼钩虾、口虾蛄等,兼食一些蛇尾类及幼鱼。

(52) 木叶鲷 以多毛类、腹足类、十足类、口足类及鱼类为主要食物类群,兼捕食一些海葵类、双壳类、头足类及棘皮类。主要食物种类有口虾蛄、吻沙蚕、经氏壳蛞蝓、日本枪乌贼、戴氏赤虾等。

(53) 斑鲆 以短尾类(中华绒螯蟹、双斑蛸)、长尾类(鼓虾、褐虾、长臂虾、鹰爪虾)、口足类(口虾蛄)、钩虾等为主要食物类群,另外还兼食一些头足类(日本枪乌贼)、鱼类(日本鳀、赤鼻棱鳀、钝尖尾虾虎鱼、细条天竺鲷等)及腹足类。

(54) 绿鳍马面鲀 以腹足类、口足类、十足类、棘皮动物为主要食物,兼捕食一些鱼类及头足类,如日本枪乌贼。主要食物种类有口虾蛄、海蛇尾、长臂虾、褐虾、鼓虾及吻沙蚕等。

(55) 铅点东方鲀 以底栖虾、蟹类为主要食物类群,兼捕食一些中、小型底栖鱼类。主要食物种类有三疣梭子蟹、双斑蜆、葛氏长臂虾、脊腹褐虾、口虾蛄、日本鼓虾等。

(56) 暗色东方鲀 以底栖虾、蟹类为主要食物类群。主要食物种类有双斑蜆、三疣梭子蟹、褐虾、鼓虾、长臂虾、口虾蛄等。兼捕食一定数量的中、小型鱼类,如日本鯷、黄鲫、黑鳃梅童等。

表 1 长江口鱼类食物类群的组成(%)^{*}

序号	种 名	浮游生物	底栖生物	游泳生物
1	尖头斜齿鲨 <i>Scoliodon sorrakowah</i>	2.8	33.4	63.8
2	孔鳐 <i>Raja porosa</i>	—	70.9	29.1
3	中国鲟 <i>Dasyatis sinensis</i>	1.2	68.3	30.5
4	光鲟 <i>D. laevigatus</i>	—	64.3	35.7
5	赤鲟 <i>D. akajei</i>	3.2	60.1	36.7
6	青鳞鱼 <i>Harengula zunasi</i>	87.3	12.2	0.5
7	斑鲽 <i>Clupanodon punctatus</i>	75.3	22.7	2.0
8	鳓鱼 <i>Ilisha elongata</i>	70.3	18.2	11.5
9	日本鳓鱼 <i>Engraulis japonicus</i>	80.3	18.5	1.2
10	康氏小公鱼 <i>Anchoviella commersonii</i>	75.3	24.7	—
11	赤鼻棱鲷 <i>Thrissa kammalensis</i>	86.3	13.7	—
12	黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	89.9	10.1	—
13	凤鲚 <i>Coilia mystus</i>	92.8	7.2	—
14	刀鲚 <i>C. ectenes</i>	34.6	42.5	22.9
15	长蛇鲻 <i>Saurida elongata</i>	2.1	11.2	86.7
16	龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i>	—	16.7	83.3
17	星鳎 <i>Astroconger myriaster</i>	5.2	53.2	41.6
18	海鳎 <i>Muraenesox cinereus</i>	—	27.3	72.7
19	长吻鲩 <i>Leiocassis longirostris</i>	0.8	75.0	24.2
20	中华海鲩 <i>Arius sinensis</i>	2.4	63.2	34.4
21	油鲚 <i>Sphyræna pinguis</i>	4.6	17.8	77.6
22	鲈鱼 <i>Lateolabrax japonicus</i>	2.1	15.4	82.5
23	短尾大眼鲷 <i>Priacanthus macrocanthus</i>	—	78.3	21.7
24	细条天竺鲷 <i>Apogonichthys lineatus</i>	10.2	80.4	9.4
25	多鳞鲱 <i>Sillago sihama</i>	31.3	53.2	15.5
26	乌鲳 <i>Formio niger</i>	13.2	80.5	6.3
27	叫姑鱼 <i>Johnius belongerii</i>	8.7	60.2	31.1
28	黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	—	55.2	44.8
29	白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i>	5.2	58.3	36.5
30	大黄鱼 <i>Pseudosciaena crocea</i>	6.2	50.1	43.7

续表 1

序号	种 名	浮游生物	底栖生物	
31	小黄鱼 <i>P. Polyactis</i>	13.3	40.4	46.3
32	黑鳃梅童 <i>Collichthys niveatus</i>	5.2	60.1	34.7
33	棘头梅童 <i>C. lucidus</i>	10.1	51.3	38.6
34	黑鲷 <i>Sparus macrocephalus</i>	5.3	58.4	36.3
35	横带髭鲷 <i>Haplogeny mucronatus</i>	1.2	50.9	47.9
36	斜带髭鲷 <i>H. nitens</i>	7.3	53.2	39.5
37	日本鳢 <i>Uranoscopus japonicus</i>	8.2	11.5	80.3
38	绵鳚 <i>Enchelyopus elongatus</i>	3.0	57.2	39.8
39	带鱼 <i>Trichiurus haumela</i>	1.0	31.5	67.5
40	蓝点马鲛 <i>Scomberomorus niphonius</i>	1.2	5.4	93.4
41	银鲳 <i>Pampus argenteus</i>	92.5	7.5	—
42	燕尾鲳 <i>P. nozawae</i>	88.3	11.7	—
43	虎鲂 <i>Minous monodactylus</i>	8.2	46.2	45.6
44	蜂鲂 <i>Erisphex pottii</i>	1.7	58.6	39.7
45	鲳 <i>Platycephalus indicus</i>	—	61.2	38.8
46	细纹狮子鱼 <i>Liparis tanakae</i>	1.6	52.9	45.5
47	带纹条鳎 <i>Zebrias zebra</i>	—	58.1	41.9
48	半滑舌鳎 <i>Cynoglossus semilaevis</i>	6.9	49.9	43.2
49	短吻舌鳎 <i>C. abbreviatus</i>	2.7	57.2	40.1
50	焦氏舌鳎 <i>C. joyneri</i>	—	64.3	35.7
51	宽体舌鳎 <i>C. robustus</i>	3.7	57.3	39.0
52	木叶鲽 <i>Pleuronichthys cornutus</i>	5.2	48.3	46.5
53	斑鲆 <i>Pseudorhombus arsius</i>	10.1	48.6	41.3
54	绿鳍马面鲀 <i>Navodon modestus</i>	—	63.2	36.8
55	铅点东方鲀 <i>Fugu alboplumberus</i>	—	54.3	45.7
56	暗色东方鲀 <i>F. oscurus</i>	3.5	49.4	47.1
57	菊黄东方鲀 <i>F. flavidus</i>	1.2	52.3	46.5
58	双斑东方鲀 <i>F. bimaculatus</i>		61.2	38.8
59	条纹东方鲀 <i>F. xanthopterus</i>		56.3	43.7
60	黄鲛鲷 <i>Lophius litulon</i>	4.4	13.5	82.1

* (1) 浮游生物类群包括浮游藻类、水母类、桡足类、磷虾类、樱虾类(毛虾属、莹虾属)、介形类、浮游端足类(蛱亚目)、毛颚类、浮游腹足类(翼足类、异足类)、甲壳类幼体、鱼卵、仔、稚鱼等。

(2) 底栖生物类群包括底栖藻类、海绵类、水螅类、珊瑚类、海葵类、多毛类、星虫类、苔藓类、腹足类、掘足类、蔓足类、涟虫类、底栖端足类(钩虾亚目、麦杆虫亚目)、糠虾类、等足类、口足类、长尾类、歪尾类、短尾类、蛇尾类、海胆类、海百合类、海参类等。

(3) 游泳动物类群包括鱼类和头足类(十腕目、八腕目)(张其永等, 1981)。

(57) 菊黄东方鲀 主要以短尾类, 如三疣梭子蟹, 双斑蛭、日本蛭和周氏新对虾以及口虾蛄等长尾类为主要食物, 兼食一些日本枪乌贼及小型鱼类。

(58) 双斑东方鲀 主要以短尾类, 如三疣梭子蟹、双斑蛭及长尾类如鹰爪虾、仿对虾、戴氏赤虾及十足类(如口虾蛄)等为主要食物, 兼捕食一定量的日本枪乌贼及中、小型鱼类。

(59) 条纹东方鲀 主要摄食底栖虾、蟹类, 如双斑蛭、鹰爪虾、细螯虾, 兼食一些十足类(如日本枪乌贼)及中、小型鱼类, 如日本鲷、赤鼻棱鲷、玉筋鱼等。

(60) 黄鲛鲷 主要摄食中、小型鱼类, 如黄鲫、凤鲚、叫姑鱼及黑鳃梅童等, 另外还捕食一定数量的底栖虾类, 如周氏新对虾及口虾蛄等。

2. 食性类型 根据长江口 60 种主要鱼类食物类群出现频率组成的百分比(表 1), 将它们划分成浮游生物食性鱼类、底栖生物食性鱼类、游泳生物食性鱼类及混合食性鱼类四大摄食生态类群。

(1) 浮游动物食性鱼类 该类型大多是中、上层鱼类, 颌齿细小或退化, 鳃耙细密而发达, 用以滤食个体细小的食物, 胃呈 Y 型。

以桡足类, 如哲水蚤、剑水蚤及猛水蚤等为主要食物, 兼滤食一些较大型的浮游生物, 如中国毛虾、甲壳类幼体及仔稚鱼。

包括青鳞鱼、斑鰭、鳙、日本鲷、康氏小公鱼、赤鼻棱鲷、黄鲫、凤鲚、银鲳、燕尾鲳等 10 种。

(2) 底栖生物食性鱼类 该类群鱼类性情较温和, 游动速度较慢, 多属底栖或近底层鱼类, 颌齿形态差异较大, 胃型也多样化, 鳃耙的形态结构介于浮游生物食性鱼类与游泳生物食性鱼类之间。

以底栖虾、蟹类, 如褐虾、鼓虾、仿对虾、长臂虾、钩虾、鹰爪虾、戴氏赤虾、口虾蛄等为主要饵料, 兼捕食一些多毛类, 如沙蚕、双壳类如小刀蛭、棘皮类如海蛇尾等。

包括孔鳐、刀鲚、细条天竺鲷, 多鳞鳢、乌鳢、叫姑鱼, 宽体舌帽、焦氏舌鳎、木叶鳎、绿鳍马面鲀、斑鲆、中国鲆、光鲆、赤鲆等 14 种。

(3) 游泳生物食性鱼类 属凶猛鱼类, 游泳速度快, 口裂大, 颌齿强而锐利, 鳃耙稀疏, 粗短或退化, 胃亦多呈 Y 型。主要摄食中、小型鱼类及十足类, 主要食物种类有青鳞鱼、黄鲫、赤鼻棱鲷、日本鲷、细条天竺鲷、黑鳃梅童、玉筋鱼、钝尖尾虾虎鱼、方氏云鳎、凤鲚、焦氏舌鳎、日本枪乌贼等。

包括长蛇鲻、油鲚、蓝点马鲛、长吻鲛、鲈鱼、日本鳎、黄鲛鲷、龙头鱼、海鳗、带鱼、尖头斜齿鲨等 11 种。

(4) 混合(底栖生物和游泳生物)食性鱼类 该食性鱼类食谱很广, 在长江口鱼类中种类最多, 其食物类群包括底埋生物(如多毛类、双壳类、腹足类)、底面层生物(如海藻、海蛇尾)、底层生物(如十足类、口足类)及游泳生物, 如中、小型鱼类及十足类, 偶尔还捕食一些大型的浮游生物, 如中国毛虾等。

包括中华海鲶、短尾大眼鲷、黄姑鱼、白姑鱼、大黄鱼、小黄鱼、黑鳃梅童、棘头梅童、星鳗、横带髯鲷、斜带髯鲷、黑鲷、绵鲷、虎鲷、蜂鲷、鲷、细纹狮子鱼、带纹条鲷、半滑舌鲷、短吻舌鲷、条纹东方鲀、铅点东方鲀、双斑东方鲀、暗纹东方鲀、菊黄东方鲀等 25 种。

3. 营养级和食物网 长江口 60 种主要鱼类的营养级平均估算值列于表 2。12 种低级肉食性鱼类(3.0—3.5)多属浮游动物食性鱼类,以桡足类为主要食物,并兼食一些浮游植物及小型底栖动物(如糠虾)。11 种高级肉食性鱼类(4.1—4.5)多属游泳生物食性鱼类,主要摄食日本枪乌贼及小型底栖鱼类,如日本鳀、黄鲫、黑鳃梅童等。中级肉食性鱼类(3.6—4.0)最多,计 37 种,多属混合型肉食性鱼类及底栖生物食性鱼类,以底栖无脊椎动物,如虾、蟹类及中、小型鱼类、枪乌贼等为主要食物。

长江口鱼类的食物关系主要由浮游植物→浮游动物→低级肉食性鱼类→中级肉食性鱼类→高级肉食性鱼类这一基本的海洋食物链构成。一些低级肉食性鱼类,如日本鳀、黄鲫、赤鼻棱鳀、青鳞鱼、凤鲚等既以浮游植物(如圆筛藻)及浮游动物(如桡足类)为主要食物,同时又被大型凶猛鱼类,如长蛇鲻、油鲳、鲈鱼、蓝点马鲛等大量捕食。底栖虾、蟹类,如日本鼓虾、鹰爪虾、口虾蛄、日本蛄等,既捕食小型底栖饵料生物,如沙蚕、糠虾、钩虾,甚至幼鱼,同时又成为其它鱼类捕食的重要食物。各种海洋食物链相互紧密地连接在一起,构成了长江口错综复杂的鱼类食物网(图 1)。

表 2 长江口鱼类营养级平均估测值

低级肉食性鱼类		中级肉食性鱼类				高级肉食性鱼类	
鱼种	平均值	鱼种	平均值	鱼种	平均值	鱼种	平均值
青鳞鱼	3.2	孔鳐	3.7	绵鳚	3.7	尖头斜齿鲨	4.2
斑鲈	3.4	中国虹	3.7	虎鲈	3.8	长蛇鲻	4.3
		光虹	3.7				
鳓鱼	3.4	赤虹	3.6	蜂鲈	3.8	龙头鱼	4.3
鳀鱼	3.3	中华海鲈	3.7	鲷	3.8	海鳗	4.2
康氏小公鱼	3.4	多鳞鲈	3.6	细纹狮子鱼	4.0	油鲳	4.2
黄鲫	3.2	刀鲚	3.6	带纹条鳎	3.7	鲈鱼	4.4
凤鲚	3.1	乌鳊	3.6	半滑舌鳎	3.8	日本鳀	4.3
短尾大眼鲷	3.5	叫姑鱼	3.6	短吻舌鳎	3.8	带鱼	4.3
细条天竺鲷	3.5	白姑鱼	3.7	焦氏舌鳎	3.6	蓝点马鲛	4.5
银鲷	3.1	小黄鱼	3.8	宽体舌鳎	3.6	长吻鲈	4.1
燕尾鲷	3.2	黑鳃梅童	3.6	木叶鲷	3.6		
赤鼻棱鳀	3.2	棘头梅童	3.6	斑鲆	3.7	黄鲛鲷	4.4
		黑鲷	3.9	绿鳍马面鲀	3.6		
		斜带髯鲷	4.0	铅点东方鲀	3.7		
		横带髯鲷	4.0	暗色东方鲀	3.8		
		星鳗	4.0	菊黄东方鲀	3.8		
		黄姑鱼	3.8	双斑东方鲀	3.6		
		大黄鱼	3.9	条纹东方鲀	3.7		

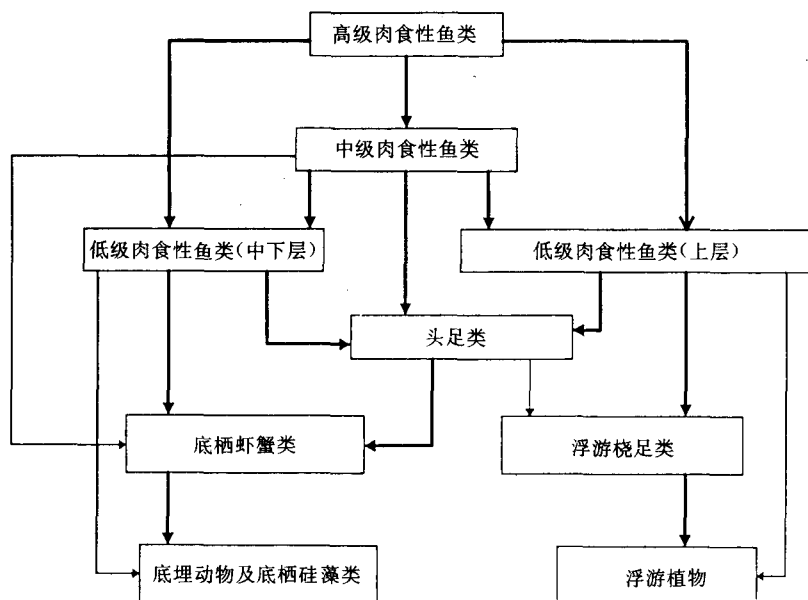


图1 长江口主要鱼类的食物关系

图中底埋动物主要指多毛类等小型无脊椎动物；底栖虾、蟹类包括日本鼓虾、鹰爪虾、口虾蛄、葛氏长臂虾、脊腹褐虾、日本鲟等；头足类主要指日本枪乌贼；浮游桡足类主要包括中华哲水蚤、太平洋纺锤水蚤、真刺唇角水蚤等。

三、讨 论

长江源源不断地向河口输送大量的营养物质,使长江口及其邻近水域成为我国近海生产力最高的水域之一,孕育了长江口这一环境因子复杂多变、生态多样性高、生物资源丰富的独特生态系统。该水域既是众多鱼类的产卵场、育幼场和索饵场,又是一些洄游性鱼类重要的过路渔场,对鱼类的繁殖和资源的补充起着重要作用。而各鱼类之间的联系主要是通过营养结构进行能量传递而实现的。所以,开展长江口鱼类的食物网及营养结构的研究对鱼类资源的保护、增殖和合理利用,以及维持该水域的生态平衡等具有重大意义。

根据1985年9月至1986年8月长江口及其近邻海域游泳生物资源的逐月定点底拖网调查,共获鱼类167种(罗秉征等,1994)。本文研究的60种鱼类为长江口及邻近水域的常见种,包括了该地区的所有优势种。从分析结果看,浮游动物食性鱼类、底栖生物食性鱼类及游泳动物食性鱼类种类较少,分别为10种、14种及11种,而大多数(25种)属混合食性鱼类,主要捕食底栖生物和游泳生物,少数种类尚摄食一定量的浮游动物。

就营养级而言,在60种鱼类中,低级肉食性鱼类及高级肉食性鱼类种类较少,分别为12种及11种,其余的37种属中级肉食性鱼类。一般来说,鱼类捕食能力越强,其营养水平越高,隶属营养级越大。10种浮游生物食性鱼类均属低级肉食性鱼类。细条天竺鲷及短尾大眼鲷主要捕食小型底栖生物,如糠虾、钩虾及沙蚕等,亦属低级肉食性鱼类。11种游

泳生物食性的鱼类均属高级肉食性鱼类,而绝大多数底栖生物食性鱼类及混合食性鱼类属中级肉食性鱼类。

鱼类的营养生境的大小与鱼类的活动能力及捕食水平有关。行动迟缓的底栖鱼类,如鲾形目(除牙鲆科)及鲆形目鱼类一般捕食底埋、底面及近底层饵料生物,其捕食的空间不一定很大,但它的饵料种类选择范围较广。而游泳动物食性鱼类的食物组成比较单一,主要是该水域的头足类及鱼类等游泳生物,这类捕食者须在较大的空间范围内迅猛活动,才有可能捕到充足的食物。浮游动物食性鱼类的选择饵料能力更小,主要取决于浮游生物团块的时空分布,并与它们趋于一致。混合食性是近岸浅海或河口区鱼类食性的一个重要特征,鱼类食物组成复杂,其食物选择范围最大,营养生境也较大,这类捕食者甚至可根据环境中饵料生物的组成分布大幅度地调节其主次食物的组成比例。

桡足类、中国毛虾等是长江口浮游动物食性鱼类的主要食物;口足类及十足类是底栖鱼类的主要食物;而头足类和鱼类则是游泳生物食性鱼类的主要食物。以上这些底栖无脊椎动物及中、小型鱼类既是低级肉食性动物,如糠虾、毛虾、桡足类及沙蚕等的主要消费者,同时也是中、高级肉食鱼类的主要食物,它们在长江口鱼类食物网及营养结构中起到举足轻重的作用。在本研究的50种非浮游生物食性鱼类的食物组成中,它们的出现频率依次为日本鳀(82%)、黄鲫(74%)、黑鳃梅童(68%)、细天竺鲷(62%)、凤鲚(60%)、钝尖尾虾虎鱼(60%)、青鳞鱼(50%)、叫姑鱼(50%)、焦氏舌鳎(48%)、日本枪乌贼(40%)、口虾蛄(82%)、鹰爪虾(78%)、细螯虾(74%)、戴氏赤虾(62%)、葛氏长臂虾(62%)、日本鼓虾(62%)、周氏新对虾(60%)、脊腹褐虾(48%)、双斑蛭及日本蛭各(40%)。由于它们大多数是长江口及其邻近水域的优势生物种,在该地区数量多、分布广,栖息时间长,所以为该地区经济鱼类的繁衍及持续提供了可靠的食物保证(罗秉征等,1994)。同时,由于它们本身又是重要的可开发经济渔业资源,所以合理利用和保护这些渔业资源对保护该水域渔业生产力及其生物多样性具有重要意义。

总之,长江口鱼类一方面通过摄食空间及摄食方式的相对隔离,在一定程度上避免了鱼类对空间和食物的竞争;另一方面则通过营养生境的交叠及捕食与被捕食关系把鱼类群落通过复杂的食物链网连接起来,从而保证了该水域鱼类群落的持续、稳定发展。

参 考 文 献

- 韦晟、姜伟民,1992,黄海鱼类食物网的研究,海洋与湖沼,23(2):182—191。
邓景耀等,1986,渤海鱼类食物关系的初步研究,生态学报,6(4):356—364。
刘瑞玉、罗秉征等,1987,三峡工程对河口生物及渔业资源的影响,长江三峡工程对生态与环境的影响及其对策研究论文集,科学出版社,403—446。
李军,1990,渤海蓝点马鲛食物链结构的研究,海洋科学集刊,31:93—107。
张其永等,1981,闽南—台湾浅滩渔场鱼类食物网研究,海洋学报,3(2):275—290。
罗秉征等,1994,长江口及邻近海域游泳动物与渔业资源,三峡工程与河口生态环境,科学出版社,253—343。
窦硕增,1996,鱼类摄食生态研究的理论与方法,海洋与湖沼,27(5):556—563。
三尾真一等,1984,東シナ海・黄海における底層魚類の食物關係に基づく群集生態学的研究,西水研报,61:1—221。
Dou Shuozeng,1995,Food utilization patterns of 12 species of flatfish co-occurring in the Bohai Sea of China, *Neth. J.*

- Sea. Res.*, **34**(1-3):183-193.
- Hyslop, E. J. 1980, Stomach contents analysis—a review of methods and their application, *J. Fish Biol.* 17:411-429.
- Odum, W. E. and E. J. Heald, 1975, The detritus based food web of an estuarine mangrove community. *Estuarine Research*, 1:265-286.
- Yang Jiming, 1982, A tentative analysis of the trophic levels of North Sea fish, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 7:247-252.

STUDY ON FOOD WEB AND TROPHIC STRUCTURE OF FISH IN THE CHANGJIANG RIVER ESTUARY*

Luo Bingzheng**, Wei Sheng*** and Dou Shuozeng**

(*Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences*)**

(*Yellow Sea Research Institute, Chinese Fishery Academy*)***

ABSTRACT

Analysis of 6183 stomach contents of 60 fish species collected from the Changjiang River Estuary during 1985-1988 and 1991-1993 showed that 10 species of the fish were planktophagic with pelagic copepod as their main food items, 14 species were benthophagic, mainly feeding on benthic crabs and shrimps, 11 species were nektophagic, mainly preying on cuttlefish and small fish, other 25 species were mixed feeding fish with crabs, shrimps, cuttlefish and small fish as their main prey items.

Among the 60 fish species, 12 species belong to the low trophic level group (3.0-3.5, photoplankton is 1.0); and most of them were planktophagic; 11 species belong to the high trophic level group (4.1-4.5) and all of them were nektophagic, other 37 species belong to the middle trophic level group (3.6-4.0). Two main food chains found in the food web of fish in the Changjiang River Estuary were; one is infauna and benthic diatom → benthic crabs and shrimps → low trophic level fish (small benthic fish) → middle trophic level fish → high trophic level fish, the other is photoplankton → zooplankton → low trophic level fish (small pelagic fish) → middle trophic level fish → high trophic level fish.

The main food items such as crabs shrimps, cuttlefish and small fish are abundantly distributed in the Changjiang River Estuary and supply sufficient food for the predators, which is favourable to the stability of the fish populations in this area.

* Contribution No. 2935 from Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences.