

• 研究简报 •

泉州湾海域鱼类多样性及营养级变化

杜建国¹ 陈彬^{1*} 卢振彬² 宋普庆¹ 许章程¹ 俞炜炜¹ 宋希坤³

1 (国家海洋局第三海洋研究所, 厦门 361005)

2 (福建水产研究所, 厦门 361002)

3 (福建省海洋环境与渔业资源监测中心, 福州 350003)

摘要: 利用2008年5月和10月在泉州湾进行的拖网渔业资源调查资料, 探讨了该海域鱼类群落结构和物种多样性特征。结果表明, 两次拖网调查共鉴定鱼类54种, 隶属于2纲13目32科。其中中上层鱼类12种, 近底层鱼类19种, 底层鱼类23种; 暖水性鱼类40种, 暖温性鱼类14种, 未发现冷温性和冷水性种类; 杂食性鱼类4种, 低级肉食性鱼类37种, 中级肉食性鱼类8种, 高级肉食性鱼类5种。白姑鱼(*Argyrosomus argentatus*)和叫姑鱼(*Johnius belengerii*)是5月份最主要的优势种, 凤鲚(*Coilia mystus*)和龙头鱼(*Harpodon nehereus*)是10月份最主要的优势种。与1985年的调查资料相比, 泉州湾鱼类组成和优势种发生了很大的变化, 多样性指数由3.05下降到2.32, 均匀度指数由0.76下降到0.58, 营养级指数由2.79下降到2.54。泉州湾鱼类多样性下降的主要原因可能是过度捕捞、水域污染和栖息地丧失等。

关键词: 泉州湾, 群落结构, 优势种, 营养级指数

Changes of fish diversity and trophic levels in Quanzhou Bay

Jianguo Du¹, Bin Chen^{1*}, Zhenbin Lu², Puqing Song¹, Zhangcheng Xu¹, Weiwei Yu¹, Xikun Song³

1 Third Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Xiamen 361005

2 Fisheries Research Institute of Fujian, Xiamen 361002

3 Monitoring Centre of Marine Environment and Fishery Resources of Fujian Province, Fuzhou 350003

Abstract: The composition and diversity of fish species in Quanzhou Bay waters are analyzed based on 2 seasonal surveys in 2008. A total of 54 fish species belonging to 32 families, 13 orders and 2 classes are recorded. According to their living environment, the fishes can be grouped into 3 types, among them 12 species are pelagic fish, 19 are near demersal fish and 23 demersal fish. According to temperature adaptation, the fishes can be divided into 2 types, i.e. 40 species are warm water and the rest 14 are temperate warm water fish. In terms of food habit, they can be grouped into 4 types, of which 4 species of omnivores, 37 lower carnivorous, 8 middle carnivorous and 5 higher carnivorous. *Argyrosomus argentatus* and *Johnius belengerii* were the first dominant species in May. Then, they were replaced by *Coilia mystus* and *Harpodon nehereus* in October. Comparing with a survey in 1985, we find that the species composition and the dominant species of the bay have changed obviously. The Shannon-Wiener index decreased from 3.05 to 2.32, the Pielou evenness decreased from 0.76 to 0.58, the trophic index decreased from 2.79 to 2.54. It is suggested that factors such as overfishing, water pollution and habitat loss may have reduced the fish diversity of the bay.

Key words: Quanzhou Bay, species composition, dominant species, trophic index

生物多样性是人类赖以生存的物质基础。由于全球自然环境变化和人类活动影响加剧, 地球上生物多样性正在受到严重威胁。当前, 海洋生物多样

性的保护受到临海国家的高度重视, 政府领导和科学家正在采取种种措施, 进行调查研究和有效保护(黄宗国, 2006)。河口和海湾是近岸典型的海洋生态

收稿日期: 2010-05-17; 接受日期: 2010-07-24

基金项目: 海洋公益性行业科研专项经费项目(200705029 和 200805064)和国家 908 专项资助项目(908-02-04-08)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: chenbin910@yahoo.com.cn

系统, 其独特的地理位置和水动力条件有利于海洋生物的生存和繁衍, 是许多海洋生物与鸟类的重要栖息地, 也是鱼类、虾类与蟹类等主要海洋经济生物的产卵、育幼和索饵场所, 在国际上被普遍称为“海洋哺育场”, 具有重要的生态价值和经济价值(Hobbie, 2000)。

泉州湾(24°46'18"-24°51'33"N, 118°46'51"-118°50'03"E)地处福建省东南沿海, 东临台湾海峡, 总面积136.42 km²; 湾内浅湾、滩涂、岛屿、礁石众多, 有年径流量达1.63×10⁶ m³的晋江和洛阳江等河流注入大量有机质和营养盐, 因此水质十分肥沃, 是贝、藻、虾、蟹、鱼等海产动植物的理想栖息地(黄宗国, 2004)。但是近年来, 随着泉州湾沿岸经济的发展和人口的增加, 人类对泉州湾海域资源与环境的利用越来越多, 给泉州湾海域的生态和环境造成了巨大压力。生物栖息生境的改变、渔业资源的过度开发以及海域的污染将会导致鱼类群落结构、优势种和平均营养级等多样性特征发生很大变化。

我国有关鱼类多样性的研究, 大多集中在50 m等深线以外的海域, 如对黄海底层鱼类群落结构的研究(徐宾铎等, 2003), 以及对东海和黄海鱼类群落结构多样性的研究(刘勇等, 2006)等。而对沿海各河口和港湾的海洋生物调查, 则大多集中在浮游生物和底栖生物, 较少有鱼类的专题调查和生物多样性的研究报告, 且主要集中在莱州湾及黄河口(邓景耀和金显仕, 2000; 金显仕和邓景耀, 2000)、长江口(李建生等, 2007; 张衡等, 2009)、瓯江口(徐兆礼, 2008)和厦门东海域(张雅芝和黄良敏, 2009)等, 而其他海湾和河口的研究文献较少。本文根据2008年两个季度航次的调查资料, 结合文献, 分析泉州湾海域鱼类群落的生物多样性现状及其变化趋势, 以为泉州湾渔业资源管理与生物多样性保护提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 调查地点和方法

国家海洋局第三海洋研究所于2008年5月和10月在泉州湾进行了2个航次的渔业资源调查。在湾内共设3个站位(图1), 以闽狮渔6701[#]为调查船, 采用单拖网(9 m×4 m), 网目大小2.8-5.0 cm, 每网拖

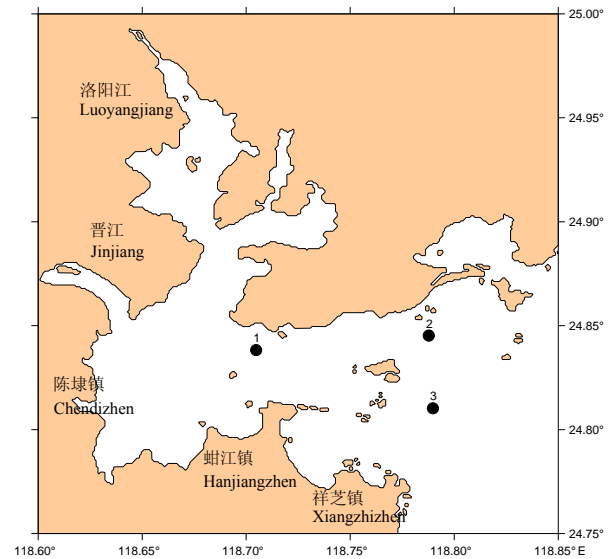


图1 泉州湾鱼类群落结构调查站位图

Fig. 1 Study area and survey stations of fish in Quanzhou Bay

曳40 min, 平均拖速3.0 kn, 各种鱼类样品的种类鉴定、称重、计数及生物学测量均按照《海洋调查规范第6部分: 海洋生物调查》(GB12763.6-2007)的有关规定进行。

1.2 数据处理

1.2.1 资源密度

鱼类资源密度(R_i)采用扫海面积法估算。在拖网渔获物鉴定分析的基础上, 计算各站位重量密度和尾数密度, 公式为:

$$R_i = C_i / a_i q \quad (1)$$

其中: R_i 为第*i*站的鱼类资源密度, 重量按kg/km²计, 尾数按ind./km²计; C_i 为第*i*站的每小时拖网鱼类数量, 重量按kg/h计, 尾数按ind./h计; a_i 为第*i*站的网具每小时扫海面积(km²/h), 按网口水平扩张宽度乘以拖曳距离计; q 为网具捕获率(可捕率 = 1-逃逸率), 根据《建设项目对海洋生物资源影响评价技术规程》(SC/T 9110-2007), 本拖网网具的鱼类逃逸率取0.4。

1.2.2 鱼类多样性

鱼类优势种的优势度用Pinkas相对重要性指数(IRI)表示(Pinkas, 1971):

$$IRI = (W\% + N\%) \times F\% \quad (2)$$

其中: $W\%$ 为该类鱼占总鱼类重量的百分比, $N\%$ 为该类鱼尾数占鱼类总尾数的百分比, $F\%$ 为该类鱼

出现的站数占调查总站数的百分比。

鱼类群落多样性分析采用以下公式(Ludwig & Reynolds, 1988; 马克平, 1994):

Shannon-Wiener多样性指数(H'):

$$H' = -\sum P_i \ln P_i \quad (3)$$

Pielou均匀度指数(J'):

$$J' = H' / \ln S \quad (4)$$

Margalef物种丰富度指数(D'):

$$D' = (S-1) \ln N \quad (5)$$

其中, P_i 为种类的生物量(个数)占总生物量(或总个数)的百分比, S 为种类数, N 为总个体数。在鱼类生态学研究, 重量多样性指数和尾数多样性指数具有不同的生物学含义, 因此本研究不同站位鱼类多样性指数分别采用重量百分比和尾数百分比计算。

1.2.3 鱼类平均营养级指数计算

鱼类平均营养级指数(\overline{TL}_k)分析采用以下公式(Pauly *et al.*, 1998):

$$\overline{TL}_k = \frac{\sum_{i=1}^m TL_i Y_{ik} / Y_k}{m} \quad (6)$$

式中 TL_i 为生物*i*的营养级, Y_{ik} 表示*i*种类在*k*年的生物量, Y_k 表示*k*年*m*个种类的总生物量。

按照鱼类的营养级分类, 营养级大小在1.4–1.9之间的为杂食性鱼类, 在2.0–2.8之间的为低级肉食性鱼类, 在2.9–3.4之间的为中级肉食性鱼类, 大于3.5的为高级肉食性鱼类(张其永等, 1981)。由于鱼类的营养级近几十年来有变少的趋势(张波和唐启升, 2004), 而且我国北海域和南海域的营养级也有差别(黄良敏等, 2008), 所以2008年泉州湾鱼类的营养级计算主要参考福建近海鱼类营养级的研究(卢振彬和黄美珍, 2004), 特别是厦门东海域鱼类食物网的研究(黄良敏等, 2008)。1985年泉州湾鱼类营养级的计算主要参考闽南一台湾浅滩渔场食物网的研究(张其永等, 1981; 洪华生等, 1991)以及东山湾鱼类食物网研究(张雅芝等, 1994)等。红狼牙鰕虎鱼(*Odontobutys rubicundus*)和硬头鲷(*Mujil stronglylocephalus*)的营养级(生物量百分比分别为0.17%和0.07%)参考渤海鱼类营养级的研究(杨纪明, 2001)。

2 结果

2.1 鱼类种类组成

2008年5月和10月泉州湾鱼类2个航次调查共

捕获鱼类54种(表1), 隶属于2纲13目32科。其中软骨鱼纲中鳐形目和鲼形目物种数最多, 分别为2科2种和1科2种, 其他种类还有须鲨目1科1种、真鲨目1科1种。硬骨鱼纲中鲈形目物种数量最多, 12科20种; 其次是鲱形目, 2科9种; 鲉形目3科5种; 鲷形目3科3种; 其他种类还有蝶形目2科3种、鲈形目1科3种、鳊鲃目2科2种、灯笼鱼目1科2种、鲑形目1科1种。

按生态型来分, 泉州湾中上层鱼类12种, 占22.22%; 近底层鱼类19种, 占35.19%; 底层鱼类23种, 占42.59%, 泉州湾鱼类以近底层和底层种为主。按适温性来分, 泉州湾暖水性种类40种, 占74.07%; 暖温性种类14种, 占25.93%; 未发现冷温性种和冷水性种。

另外, 泉州湾鱼类全年优势度最大的是凤鲚(*Coilia mystus*), 其尾数占总尾数的64%以上, 重量占39%以上。其次是龙头鱼(*Harpodon nehereus*)和白姑鱼(*Argyrosomus argentatus*), 其重量百分比分别为11.05%和7.90%, 尾数百分比分别为9.69%和2.57%。

2.2 鱼类营养级

泉州湾鱼类中杂食性有4种, 占7.41%; 低级肉食性有37种, 占68.52%; 中级肉食性有8种, 占14.82%; 高级肉食性有5种, 占9.26%。可见泉州湾鱼类以低级肉食性鱼类为主。另外, 2008年泉州湾鱼类的平均营养级指数为2.54。

2.3 鱼类密度平面分布

调查水域10月的鱼类重量密度均值和尾数密度均值分别为885.20 kg/km²和69,250 ind./km², 远大于5月(表2)。5月, 3号站鱼类重量密度和尾数密度最高, 分别为418.01 kg/km²和13,265 ind./km², 主要种类为白姑鱼和叫姑鱼(*Johnius belengerii*)。10月, 2号站鱼类重量密度和尾数密度最高, 分别为2,052.40 kg/km²和168,053 ind./km², 远远大于1号站和3号站, 这主要是与2号站位出现大量的凤鲚有关。可见, 泉州湾湾口的鱼类重量密度和尾数密度大于湾内。

2.4 鱼类优势种

从2008年5月和10月泉州湾鱼类的相对重要性指数(*IRI*)可以看出(表3), 5月份白姑鱼和叫姑鱼 IRI 最高, 为主要优势种, 其重量百分比和尾数百分比都在20%以上, 重量密度和尾数密度也是最高; 其次是黄鲫(*Setipinna taty*)、孔鰕虎鱼(*Trypauchen*)。

表1 2008年泉州湾鱼类组成

Table 1 Composition of fish species in Quanzhou Bay in 2008

营养级 Trophic level	重量百分比 Weight Percentage	尾数百分比 Individual Percentage	适温性 Temperature		生态型 Habitat		
			暖水性 Warm water species	暖温性 Warm temperature species	中上层 Pelagic fish	近底层 Near demersal fish	底层 Demersal fish
杂食性 Omnivores							
鲮鱼 <i>Mugil cephalus</i>	0.03	0.03	√		√		
丽叶鲷 <i>Caranx kalla</i>	0.14	0.11	√		√		
青鳞小沙丁鱼 <i>Sardinella zunasi</i>	0.05	0.04	√		√		
斑鲷 <i>Clupanodon punctatus</i>	0.53	0.14	√		√		
低级肉食性 Lower carnivorous							
康氏小公鱼 <i>Stolephorus commersonii</i>	0.02	0.19	√		√		
拟矛尾鰕虎鱼 <i>Parachaeturichthys polynema</i>	0.01	0.06	√				√
矛尾鰕虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>	0.02	0.03		√			√
鳓鱼 <i>Ilisha elongate</i>	0.46	0.23	√		√		
赤鼻棱鲷 <i>Thrissa kammalensis</i>	0.20	0.23	√		√		
黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	2.74	2.26	√		√		
鹿斑鲷 <i>Leiognathus ruconius</i>	1.67	6.88	√			√	
裘氏小沙丁鱼 <i>Sardinella jussieu</i>	0.07	0.06	√		√		
多鳞鱧 <i>Sillago sihama</i>	0.07	0.06	√			√	
白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i>	7.90	2.57	√			√	
棕腹刺鲀 <i>Gastrophysus spadiceus</i>	1.22	0.20	√			√	
横纹东方鲀 <i>Fugu oblongus</i>	0.53	0.17	√			√	
中国鲳 <i>Pampus chinensis</i>	0.82	0.03		√	√		
刺鲳 <i>Psenopsis anomala</i>	0.19	0.13		√		√	
汉氏棱鲷 <i>Thrissa hamiltonii</i>	0.01	0.06	√		√		
凤鲆 <i>Coilia mystus</i>	39.78	64.06	√		√		
短棘银鲈 <i>Gerres lucidus</i>	0.16	0.10	√			√	
倒棘鲷 <i>Rogadius asper</i>	0.11	0.03	√				√
日本瞳鲷 <i>Inegocia japonica</i>	0.08	0.09		√			√
鲷 <i>Platycephalus indicus</i>	0.05	0.03	√				√
圆鳞鲷 <i>Liachirus melanospilus</i>	0.01	0.03	√				√
斑头舌鲷 <i>Cynolossus puncticeps</i>	0.02	0.03	√				√
焦氏舌鲷 <i>C. joyneri</i>	0.72	0.21		√			√
铅点东方鲀 <i>Fugu alboplumbeus</i>	0.03	0.04		√		√	
龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i>	11.05	9.69	√			√	
中华海鲷 <i>Arius sinensis</i>	2.03	2.55	√				√
叫姑鱼 <i>Johnius belengerii</i>	6.83	2.70	√			√	
团头叫姑鱼 <i>J. amblycephalus</i>	0.40	0.14	√				√
鲷鱼 <i>Therapon theraps</i>	0.04	0.23	√			√	
褐菖鲈 <i>Sebastiscus marmoratus</i>	0.14	0.07	√				√
黄魮 <i>Dasyatis bennetti</i>	1.25	0.06	√				√
尖尾鳐 <i>Uroconger lepturus</i>	0.18	0.21	√				√
红狼牙鰕虎鱼 <i>Odontamblyopus rubicundus</i>	0.17	0.43		√			√
孔鰕虎鱼 <i>Trypauchen vagina</i>	1.36	1.45	√				√
六指马鲛 <i>Polydactylus sextarius</i>	2.50	2.07	√			√	
尖头黄鳍牙鲷 <i>Chrysochir aureus</i>	0.10	0.03	√			√	
凯氏红娘鱼 <i>Lepidotrigla kishinouyei</i>	0.02	0.09	√				√
中级肉食性 Middle carnivorous							

表1 (续) Table 1 (continued)

营养级 Trophic level	重量百分比 Weight Percentage	尾数百分比 Individual Percentage	适温性 Temperature		生态型 Habitat		
			暖水性 Warm water species	暖温性 Warm tem- perature species	中上层 Pelagic fish	近底层 Near demersal fish	底层 Demersal fish
条纹斑竹鲨 <i>Chiloscyllium plagiosum</i>	0.04	0.03	√				√
中国团扇鲛 <i>Platyrrhina sinensis</i>	0.46	0.03		√		√	
尖嘴魮 <i>Dasyatis zugei</i>	9.71	0.11	√				√
大黄鱼 <i>Larimichthys crocea</i>	0.18	0.03		√		√	
舌鰕虎鱼 <i>Glossogobius giuris</i>	0.05	0.13		√			√
日本单鳍电鳐 <i>Narke japonica</i>	0.08	0.03		√			√
长蛇鲻 <i>Saurida elongata</i>	0.10	0.07		√			√
海鳗 <i>Muraenesox cinereus</i>	3.07	0.09	√				√
高级肉食性 Higher carnivorous							
油鲟 <i>Sphyraena pinguis</i>	0.28	0.07	√			√	
日本金线鱼 <i>Nemipterus japonicus</i>	0.03	0.03	√				√
带鱼 <i>Trichiurus lepturus</i>	0.63	1.22		√		√	
小带鱼 <i>Euplerogrammus muticus</i>	1.20	0.37		√		√	
黑印真鲨 <i>Carcharhinus menisorrhah</i>	0.48	0.03	√			√	

表2 2008年泉州湾鱼类资源密度(重量密度, kg/km²; 尾数密度, ind./km²)

Table 2 Fish density of Quanzhou Bay in 2008

月份 Month	1号站 Station 1		2号站 Station 2		3号站 Station 3		平均 Average	
	重量密度 Weight density	尾数密度 Individual density	重量密度 Weight density	尾数密度 Individual density	重量密度 Weight density	尾数密度 Individual density	重量密度 Weight density	尾数密度 Individual density
5月 May	115.13	3,566	332.78	10,299	418.01	13,265	288.64	9,044
10月 Oct.	370.09	10,599	2,052.40	168,053	233.11	29,098	885.20	69,250

表3 2008年泉州湾鱼类优势种

Table 3 Dominant fish species of Quanzhou Bay in 2008

时间 Time	优势种 Dominant species	重量密度 Weight density	尾数密度 Individual density	重量百分比 weight per- centage	尾数百分比 Individual percentage	出现频率 Occurrence fre- quency	优势度 Dominance
5月 May	白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i>	92.35	1,989	31.99	21.99	100	53.98
	叫姑鱼 <i>Johnius belengerii</i>	79.31	2,022	27.48	22.36	100	49.84
	黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	28.39	1,611	9.84	17.81	66.67	18.43
	孔鰕虎鱼 <i>Trypauchen vagina</i>	14.80	1,067	5.13	11.79	100	16.92
	龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i>	19.55	400	6.77	4.42	66.67	7.46
10月 Oct.	凤鲟 <i>Coilia mystus</i>	461.00	49,807	52.08	71.92	100	124.00
	龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i>	10.10	7,188	12.44	10.38	100	22.82
	尖嘴魮 <i>Dasyatis zugei</i>	111.99	67	12.65	9.63	66.67	14.85
	中华海鲗 <i>Arius sinensis</i>	23.88	2,000	2.70	2.89	100	5.59
	鹿斑鲷 <i>Leiognathus ruconius</i>	19.33	5,333	2.18	7.70	33.33	3.29

vagina)和龙头鱼。10月, 凤鲟 IRI 高达 124.00, 明显大于其他优势种, 是泉州湾最重要的鱼类; 其重量百分比占到总鱼类的 52.08%, 尾数百分比占到总鱼

类的 71.92%, 重量密度和尾数密度分别高达 461.00 kg/km² 和 49,807 ind./km²; 其次是龙头鱼和尖嘴魮 (*Dasyatis zugei*), 其重量百分比和尾数百分比都占

总鱼类的10%左右。另外, 中华海鲈(*Arius sinensis*)和鹿斑鲳(*Leiognathus ruconius*)的尾数密度也比较高, 在2,000 ind./km²以上。

2.5 鱼类多样性指数

2008年5月份和10月份泉州湾鱼类重量多样性指数分别为2.12和1.83, 尾数多样性指数分别为2.30和1.16。5月份, 鱼类重量多样性指数和尾数多样性指数最高水域均为1号站, 分别为2.24和2.38。10月份, 鱼类重量多样性指数和尾数多样性指数最高水域也是均为1号站, 分别为2.26和2.23。由此可见, 泉州湾内的重量多样性指数和尾数多样性指数均大于湾口。另外, 10月份2号站的重量多样性指数和尾数多样性指数远小于1号站和3号站, 同样是由于2号站位出现大量的凤鲚有关。

另外, 2008年各站位鱼类多样性指数 H' 平均为2.32, 均匀度指数 J' 平均为0.58, 丰富度指数 D' 平均为7.62。

3 讨论

3.1 种类组成的变化

1985年5月和10月福建省海岸带鱼类调查在泉州湾两次拖网调查中共鉴定出鱼类54种(张澄茂等, 1985)。分析发现其中杂食性鱼类1种, 占1.85%; 低级肉食性鱼类40种, 占74.07%; 中级肉食性鱼类9种, 占16.67%; 高级肉食性鱼类4种, 占7.41%。暖水性种类33种, 占61.11%; 暖温性种类21种, 占38.89%。中上层鱼类20种, 占37.04%; 近底层鱼类20种, 占37.04%; 底层鱼类12种, 占22.22%; 岩礁鱼类2种, 占3.70%。由此可见, 杂食性种类由1985年的1.85%增加到2008年的7.41%; 暖水性种类由1985年的61.11%增加到2008年的74.07%; 底层鱼类由1985年的22.22%增加到2008年的42.59%, 这主要是与多种鰕虎鱼的出现有关; 1985年有两种岩礁型鱼类出现, 而在2008年则没有, 可能与栖息环境的变化有关。

泉州湾两个年度总共鉴定85种鱼类, 而其中在两年都出现的鱼类仅有23种, 占26.74%。在1985年出现而2008年没有出现的种类有31种, 主要为赤鲳(*Dasyatis akajei*)、日本燕鲳(*Gymnura japonica*)、双斑东方鲀(*Takifugu bimaculatus*)、中华舌鲷(*Cynoglossus sinicus*)、朝鲜马鲛(*Scomberomorus koreanus*)、斑点马鲛(*S. guttatus*)、绒纹线鳞鲀

(*Paramonacanthus sulcutus*)和斑纹犁头鲷(*Rhinobatos hynnicephalus*)等。2008年出现而1985年没有出现的种类也为31种, 主要为红狼牙鰕虎鱼、康氏小公鱼(*Stolephorus commersonii*)、孔鰕虎鱼、拟矛尾鰕虎鱼(*Parachaeturichthys polynema*)、矛尾鰕虎鱼(*Chaeturichthys stigmatias*)、斑鲷(*Clupanodon punctatus*)、舌鰕虎鱼(*Glossogobius giuris*)和凯氏红娘鱼(*Lepidotrigla kishinouyei*)等, 说明24年来泉州湾鱼类群落的种类组成发生了很大的变化。

3.2 优势种变化

2008年泉州湾鱼类主要优势种为凤鲚、龙头鱼、尖嘴鲳、白姑鱼和叫姑鱼, 分别占总重量的39.78%、11.04%、9.71%、7.90%和6.83%。1985年泉州湾鱼类主要优势种为条纹斑竹鲨(*Chiloscyllium plagiosum*)、圆腹鲱(*Dussumieria hasseltii*)、带鱼(*Trichiurus lepturus*)、鰺鱼(*Ilisha elongate*)和尖嘴鲳, 分别占总重量的16.94%、14.20%、8.87%、6.04%和5.44%。由此可见, 泉州湾鱼类主要优势种由大型的条纹斑竹鲨和带鱼逐渐衰退到小型的凤鲚和龙头鱼, 质量呈下滑趋势。

3.3 平均营养级变化

海洋营养级指数是《生物多样性公约》缔约方大会评估2010年生物多样性目标的八个指标之一(Convention on Biological Diversity, 2004)。在海洋生态系统中, 鱼类的营养级在食物网中处于相对较高的层次, 但近几十年来过度捕捞已经使大型高价值捕食性鱼类的资源衰竭, 导致渔获物的平均营养级降低, 同时供人们消费的渔获物的总量也相应减少(European Environment Agency, 2007)。泉州湾鱼类的营养级指数由1985年的2.79下降到2008年的2.54, 说明其鱼类资源处于衰退状态, 整个生态系统结构发生了较大的变化。

3.4 鱼类多样性的影响因素

泉州湾鱼类重量多样性指数由1985年的3.05下降到2008年的2.32, 均匀度指数由1985年的0.76下降到2008年的0.58, 说明近20多年来泉州湾鱼类的生物多样性降低了。

捕捞是鱼类生物多样性下降的主要影响因素(Pauly et al., 1998)。根据福建省惠安县、丰泽区、晋江市和石狮市海洋与渔业局提供的统计资料, 2008年在泉州湾内从事海洋捕捞生产的小型渔船

总数量有1,479艘, 渔船总功率24,482 kw, 海洋捕捞年产量4,255吨 (张澄茂, 2009)。泉州湾海域渔业的快速发展, 捕捞渔具的现代化和捕捞技术的逐步改良使得捕捞强度逐年增大, 远远超过了资源的补充能力, 使群落结构发生了改变, 甚至一些经济种类在该区域内消失。

其次, 环境污染也是影响鱼类生物多样性的因素之一(潘怀剑和田家怡, 2001)。随着现代工业和农业的发展, 泉州湾海域人类活动日益加剧, 大量的工业废水和生活污水排入泉州湾。对泉州湾的调查显示, 海湾周边的产业以电子、食品、轻纺工业等为主, 仅晋江沿岸便有从事漂染、制革、电镀、再生纸、水洗业等企业240余家, 晋江河口区已成为泉州湾严重污染区域。泉州湾海域的活性磷酸盐含量已从1989年的0.0075 mg/L上升到2008年的0.046 mg/L, 底质硫化物含量由204.35 mg/kg上升到301.41 mg/kg (俞炜炜和陈彬, 2010)。1985年出现的一些对栖息环境敏感的种类, 如圆腹鲱、赤鲷、日本燕鲷、双斑东方鲀、羽鳃鲐(*Rastrelliger kanagurta*)、竹筴鱼(*Trachurus japonicus*)、朝鲜马鲛、绒纹线鳞鲀、银鲳(*Pampus argenteus*)、断斑石鲈(*Pomadasys hasta*)、印度无齿鲳(*Ariomma indica*)和斑纹犁头鲷等在2008年不复出现。2008年却出现了一些1985年没出现的、对环境适应力较强的中小型种类, 如红狼牙鰕虎鱼、康氏小公鱼、孔鰕虎鱼、拟矛尾鰕虎鱼、小带鱼(*Euplerogrammus muticus*)、青鳞小沙丁鱼(*Sardinella zunasi*)、铅点东方鲀(*Fugu alboplumbeus*)、褐菖鲉(*Sebastiscus marmoratus*)、鲷鱼(*Mugil cephalus*)、短棘银鲈(*Gerres lucidus*)、矛尾鰕虎鱼、鲷(*Platycephalus indicus*)和斑鲷等。

另外, 栖息地环境的改变也能引起鱼类生物多样性改变(刘淑德和线薇薇, 2009)。通过对1989年landsat TM影像数据和2008年SPOT5影像数据的提取分析发现, 沿岸建设用地占整个海域面积的百分比从1989年的3.43%增加到2008年的6.28%(俞炜炜和陈彬, 2010)。泉州湾周围大量工程建设使得泉州湾及邻近海域水动力作用发生变化, 改变了鱼类原有的栖息环境, 从而影响鱼类的多样性。如1985年出现的两种岩礁型鱼类, 到2008年则没有出现; 另外, 由于底质的改变, 2008年出现多种鰕虎鱼类。

泉州湾鱼类大多数为沿岸、内湾地方性种类, 整个生命过程的主要阶段包括索饵生长和生殖活

动等均在沿岸、内湾水域度过, 不作长距离洄游, 因此捕捞和栖息环境的变化对其影响很大。属于这一类型的种类主要有凤鲚、中华海鲢、白姑鱼、斑鲷等, 这些鱼类资源补充迅速, 恢复能力强, 通常可承受较大的捕捞强度。但由于几乎没有剩余群体, 其资源易受当年过度捕捞影响。尤其值得注意的是, 泉州湾内的鳙鱼和大黄鱼(*Larimichthys crocea*)等属于生命周期较长、资源补充量少的优质种类, 目前资源量很低, 应予以特别保护。

参考文献

- Cheng JS (程济生) (2000) The structure and diversity of demersal fish communities in winter in the East China Sea and the Yellow Sea. *Marine Fisheries Research* (海洋水产研究), **21**(3), 1–8. (in Chinese with English abstract)
- Convention on Biological Diversity (CBD) (2004) *Provisional Indicators for Assessing Progress Towards the 2010 Biodiversity Target*. <http://www.cbd.int/doc/decisions/cop-07/full/cop-07-dec-en.pdf> (accessed September 2009)
- Deng JY (邓景耀), Jin XS (金显仕) (2000) Study on fishery biodiversity and its conservation in Laizhou Bay and Yellow River Estuary. *Zoological Research* (动物学研究), **21**, 76–82. (in Chinese with English abstract)
- European Environment Agency (EEA) (2007) *Halting the loss of biodiversity by 2010: proposal for a first set of indicators to monitor progress in Europe*. http://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2007_11 (accessed September 2009)
- Hobbie JE (2000) *Estuarine Science: a Synthetic Approach to Research and Practice*. Island Press, Washington, D. C.
- Hong HS (洪华生), Qiu SY (丘书院), Ruan WQ (阮五崎), Hong GC (洪港船) (1991) *Minnan-Taiwan Bank Fishing Ground Upwelling Ecosystem Study* (闽南—台湾浅滩渔场上升流区生态系研究). Science Press, Beijing. (in Chinese)
- Huang LM (黄良敏), Zhang YZ (张雅芝), Pan JJ (潘佳佳), Cui YX (崔裕侠), Wu YJ (吴亚娟) (2008) Food web of fish in Xiamen eastern waters. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait* (台湾海峡), **27**, 64–73. (in Chinese with English abstract)
- Huang ZG (黄宗国) (2004) *Biodiversity on Marine Estuarine Wetland* (海洋河口湿地生物多样性). China Ocean Press, Beijing. (in Chinese)
- Huang ZG (黄宗国) (2006) *Diversity of Species in Xiamen Bay, China* (厦门湾物种多样性). China Ocean Press, Beijing. (in Chinese)
- Jin XS (金显仕), Deng JY (邓景耀) (2000) Variations in community structure of fishery resources and biodiversity in the Laizhou Bay, Shandong. *Biodiversity Science* (生物多样性), **8**, 65–72. (in Chinese with English abstract)
- Li JS (李建生), Li SF (李圣法), Ding FY (丁峰元), Cheng JH

- (程家骅) (2007) Analysis on annual change of fish diversity in Yangtze estuary offshore water area. *Journal of Fishery Sciences of China* (中国水产科学), **14**, 637–643. (in Chinese with English abstract)
- Liu SD (刘淑德), Xian WW (线薇薇) (2009) Temporal and spatial patterns of the ichthyoplankton community in the Yangtze Estuary and its adjacent waters. *Biodiversity Science* (生物多样性), **17**, 151–159. (in Chinese with English abstract)
- Liu Y (刘勇), Li SF (李圣法), Cheng JH (程家骅) (2006) A study on seasonal changes of the fish communities in the East China Sea and the Huanghai Sea. *Acta Oceanologica Sinica* (海洋学报), **28**(4), 108–114. (in Chinese with English abstract)
- Ludwig JA, Reynolds JF (1988) *Statistical Ecology*. John Wiley & Sons, New York.
- Lu ZB (卢振彬), Huang MZ (黄美珍) (2004) Studies on trophic level and organic carbon contents of main economic nekton in Fujian coastal waters. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait* (台湾海峡), **23**, 153–158. (in Chinese with English abstract)
- Ma KP (马克平) (1994) The measurement of community diversity. In: *Principles and Methodologies of Biodiversity Studies* (生物多样性研究的原理与方法) (eds Qian YQ (钱迎倩), Ma KP (马克平)). China Science and Technology Press, Beijing. (in Chinese)
- Pan HJ (潘怀剑), Tian JY (田家怡) (2001) Water pollution in the Yellow River Delta and its effects on fresh water fish species diversity. *Fisheries Science* (水产科学), **20**(4), 17–20. (in Chinese with English abstract)
- Pauly D, Christense V, Dalagaard J, Froese R, Torres F (1998) Fishing down marine food webs. *Science*, **279**, 860–863.
- Pinkas ER (1971) Ecology of the Agamid lizard *Amphibolurus isolepis* in western Australia. *Copeia*, **118**, 527–536.
- Xu BD (徐宾铎), Jin XS (金显仕), Liang ZL (梁振林) (2003) Changes of demersal fish community structure in the Yellow Sea during the autumn. *Journal of Fishery Sciences of China* (中国水产科学), **10**, 148–154. (in Chinese with English abstract)
- Xu ZL (徐兆礼) (2008) Analysis of fish diversity in the waters off the Oujiang estuary in summer and autumn. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **28**, 5948–5956. (in Chinese with English abstract)
- Yang JM (杨纪明) (2001) A study on food and trophic levels of Bohai Sea fish. *Modern Fisheries Information* (现代渔业信息), **16**(10), 10–19. (in Chinese with English abstract)
- Yu WW (俞炜炜), Chen B (陈彬) (2010) *Study on Marine Biodiversity Assessment* (海洋生物多样性评价研究报告). Third Institute of Oceanography, Xiamen. (in Chinese)
- Zhang B (张波), Tang QS (唐启升) (2004) Study on trophic level of important resources species at high trophic levels in the Bohai Sea, Yellow Sea and East China Sea. *Advances in Marine Science* (海洋科学进展), **22**, 392–404. (in Chinese with English abstract)
- Zhang CM (张澄茂) (2009) *Assessment Report on Impact of Channel Project to the Fisheries Resources in the Adjacent Waters of Quanzhou Bay* (泉州湾跨海通道工程邻近海域渔业资源调查与影响评价报告). Fisheries Research Institute of Fujian, Xiamen. (in Chinese)
- Zhang CM (张澄茂), Zhang ZL (张壮丽), Lian ZS (连珍水) (1985) *Report on Necton Resources Survey of Coastal Zone in Fujian Province* (福建省海岸带游泳生物资源调查报告). Fisheries Research Institute of Fujian, Xiamen. (in Chinese)
- Zhang H (张衡), Zhu GP (朱国平), Lu JJ (陆健健) (2009) Fish species composition and diversity of Yangtze River estuarine wetlands. *Biodiversity Science* (生物多样性), **17**, 76–81. (in Chinese with English abstract)
- Zhang QY (张其永), Lin QM (林秋眠), Lin YT (林尤通), Zhang YP (张月平) (1981) Food web of fishes in Minnan-Taiwan Chientan Fishing Ground. *Acta Oceanologica Sinica* (海洋学报), **3**, 275–290. (in Chinese with English abstract)
- Zhang YZ (张雅芝), Huang LM (黄良敏) (2009) A study on fish species diversity and community structure in eastern waters of Xiamen. *Journal of Tropical Oceanography* (热带海洋学报), **28**(2), 66–76. (in Chinese with English abstract)
- Zhang YZ (张雅芝), Li FZ (李福振), Liu XY (刘向阳), Lan XW (蓝晞文), Chen JK (陈锦坤) (1994) Food web of fishes in Dongshan Bay, Fujian. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait* (台湾海峡), **13**, 52–61. (in Chinese with English abstract)

(责任编辑: 李新正 责任编辑: 闫文杰)