

# 长江口中华鲟自然保护区潮间带鱼类群落结构<sup>\*</sup>

杨刚<sup>1,2</sup> 洪巧巧<sup>1,3</sup> 张涛<sup>1</sup> 侯俊利<sup>1</sup> 智玉龙<sup>1,2</sup> 庄平<sup>1</sup> 章龙珍<sup>1\*\*</sup>

(<sup>1</sup>农业部海洋与河口渔业资源及生态重点开放实验室, 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090; <sup>2</sup>上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306; <sup>3</sup>华东理工大学, 上海 200237)

**摘要** 为深入了解鱼类对潮间带水域的利用, 2010年5月、8月、11月在长江口中华鲟自然保护区潮间带水域进行了插网调查。结果表明: 调查期间共出现28种鱼类, 隶属于10目16科, 鲤形目种类最多, 其次为鲈形目; 群落优势种为中国花鲈(*Lateolabrax maculatus*)、鲈(*Liza haematocheila*)和窄体舌鲷(*Cynoglossus gracilis*); 长江口中华鲟自然保护区潮间带鱼类群落可以分为河口定居鱼类、海洋偶见鱼类、降海洄游鱼类、溯河洄游鱼类、海洋洄游鱼类和淡水鱼类6种生态类群, 其中河口定居鱼类和海洋洄游鱼类占据明显优势。对调查水域鱼类群落进行聚类分析, 结果表明秋季和春夏季差异显著, 鲈、中国花鲈、斑尾刺虾虎鱼(*Acanthogobius ommaturus*)是对季节差异贡献最大的3种鱼类。主成分分析结果表明, 夏季鱼类群落主要受到海洋洄游鱼类的影响, 而秋季主要受到河口定居鱼类的影响, 这2种鱼类的幼鱼在不同季节利用潮间带水域索饵肥育可能是造成季节差异的主要原因。

**关键词** 长江口; 群落结构; 生态类群; 季节变化; 相似性分析

**中图分类号** S968.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2012)5-1194-08

**Fish community structure in intertidal area of *Acipenser sinensis* Natural Reserve in Yangtze River estuary.** YANG Gang<sup>1,2</sup>, HONG Qiao-qiao<sup>1,3</sup>, ZHANG Tao<sup>1</sup>, HOU Jun-li<sup>1</sup>, ZHI Yu-long<sup>1,2</sup>, ZHUANG Ping<sup>1</sup>, ZHANG Long-zhen<sup>1\*\*</sup> (<sup>1</sup>Key and Open Laboratory of Marine and Estuarine Fisheries Resources and Ecology, Ministry of Agriculture of China, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China; <sup>2</sup>College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; <sup>3</sup>East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2012, 31(5): 1194–1201.

**Abstract:** In order to understand the utilization of intertidal water area by fishes, an investigation with fyke was conducted on the fish community structure in the intertidal area of *Acipenser sinensis* Natural Reserve in Yangtze River estuary in May, August and November 2010. A total of 28 fish species belonging to 16 families and 10 orders were collected, among which, *Lateolabrax maculatus*, *Liza haematocheila*, and *Cynoglossus gracilis* were the dominant species. Cypriniformes had the largest species number, followed by Perciformes. The fish communities could be classified into 6 ecological groups, *i. e.*, estuarine species, marine stragglers, catadromous species, anadromous species, marine migrants, and freshwater species, and the estuarine species and marine migrants took up distinct advantage. Cluster analysis showed that there was a significant difference in the fish communities in autumn and in spring-summer, and *L. haematocheila*, *L. maculatus*, and *Acanthogobius ommaturus* contributed greatest to the seasonal difference. PCA indicated that the fish communities in summer were mainly determined by marine migrants, while those in autumn were mainly determined by estuarine species. The differences in the feeding and growth of the juveniles of the marine migrants and estuarine fishes could be the main reason for the significant seasonal difference in the fish communities in the study area.

**Key words:** Yangtze River estuary; community structure; ecological guilds; seasonal variation; similarity analysis.

\* 公益性行业(农业)科研专项(201203065)、长江口中华鲟自然保护区专项、上海市青草沙水库临近水域生态修复专项和国家重点基础研究发展计划(2010CB429005)资助。

\*\* 通讯作者 E-mail: longzhen2885@hotmail.com

收稿日期: 2011-12-02 接受日期: 2012-01-21

河口的潮间带水域是鱼类重要的栖息生境,不仅是多种溯河和降海洄游鱼类的必经通道,也是多种鱼类的育幼索饵场所 (Mcclusky & Elliott, 2004)。由于潮间带水域特殊的生态环境和丰富的饵料,导致多种鱼类在生活史中阶段性的进入潮间带进行育幼肥育 (Gibson, 1982; Beukema, 1992)。通常认为,河口区的潮间带水域是多种鱼类进行索饵、产卵以及躲避敌害的重要场所 (Gibson, 1982; van der Veer, 1986; Barletta *et al.*, 2003; Krumme, 2004)。但是,由于不同鱼类对潮间带的利用具有时空尺度上的差异,以致鱼类的群落组成在潮间带水域具有特殊的时空分布格局 (Brazner & Beals, 1997)。

目前国外对于河口区潮间带鱼类的研究已经较为全面和深入 (Gibson, 1982; Amara & Paul, 2003; Krumme, 2004),而国内对于长江口鱼类的研究多集中在鱼类分类、物种组成以及物种多样性等方面上 (陈渊泉等, 1999; 庄平等, 2006; 张衡等, 2009; 张涛等, 2009),只有较少的研究涉及潮间带鱼类群落结构及其在时空尺度上的变化 (张衡, 2007; Jin *et al.*, 2007; 沈新强等, 2011)。长江口中华鲟自然保护区所处的潮间带水域,不仅是中华鲟幼鱼溯河洄游和入海前生理调节的重要场所,同时也是多种鱼类的繁殖育幼场所,是重要的渔业水域 (庄平等, 2006; 罗刚等, 2008)。本文根据 2010 年在该水域的插网调查数据,分析了长江口中华鲟自然保护区潮间带鱼类的群落组成,以及鱼类群落结构的时间分布差异,以期了解潮间带鱼类的群落结构及季节变动,更深入地了解鱼类对潮间带水域的利用,为鱼类资源的保护和可持续利用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域与采样时间

采样点位于长江口中华鲟自然保护区 (121°59.802'E, 31°28.417'N) 的潮间带水域,采样网具为插网,网长 1200 m,网高 1.2 m,网目 2 cm。于 2010 年的 5 月 (春)、8 月 (夏)、11 月 (秋) 进行采样,分别在每月上旬、中旬、下旬各采样一次,每次采样持续进行 24 h。

### 1.2 数据处理

渔获物鉴定到种,计数测量体长、体重,体长精确至 0.1 cm,体重精确至 0.01 g。为了便于比较以及计算,将每次采样渔获鱼类的数量换算成拦截面积为 100 m<sup>2</sup> 的丰度 (ind · 100m<sup>-2</sup>) 和生物量

(g · 100m<sup>-2</sup>)。利用 Pinkas 等 (1971) 提出的相对重要性指数 *IRI* 确定群落优势种。

$$IRI = (N + W) \times F \times 100\%$$

式中,*N*、*W*、*F* 分别为某一种类的数量百分比、重量百分比和相对出现频率。

为了更全面地评估鱼类群落结构,本研究采用 Elliott 等 (2007) 的定义,把长江口潮间带鱼类分为河口定居鱼类 (ES)、海洋偶见鱼类 (MS)、降海洄游鱼类 (CA)、溯河洄游鱼类 (AN)、海洋洄游鱼类 (MM) 和淡水鱼类 (FW) 6 种生态类群。

### 1.3 统计分析

考虑到稀有种对群落结构分析的影响,对丰度数据进行四次方根转换 (周和张志南, 2003),然后通过计算 Bray-Curtis 相似性指数建立样本间的等级相似矩阵 (Bray & Curtis, 1957)。采用等级聚类 (组平均法) 的分类方法和非度量多维标序 (non-metric multidimensional scaling, MDS) 的排序方法共同分析潮间带鱼类的群落结构特征,并且互相验证其结果的准确性。应用相似性分析 (analysis of similarities, ANOSIM) 检验季节间的差异显著性 (*R* 值接近 1,表示组内样本间的相似性高于任何组间样本的相似性;*R* 值接近 0,表示组内与组间相似性显著)。通过相似性百分比 (similarity percentages, SIMPER) 分析季节变化特征,计算对样本组内相似性和组间相异性贡献较大的种类,从而确定造成样本差异的关键物种。利用主成分分析 (principal components analysis, PCA) 展现季节与生态类群的相关性。

PCA 通过 Canoco 4.5 软件进行计算,其他各项分析利用 Primer 5.2 (Clarke & Warwick, 2001) 软件完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 群落组成及优势种

2010 年长江口中华鲟自然保护区潮间带插网调查共渔获鱼类 28 种,分别属于 10 目 16 科 (表 1)。从种类数上看,鲤形目 (Cypriniformes) 最多,为 1 科 8 种,占总数的 28.57%;其次为鲈形目 (Perciformes),4 科 6 种,占总数的 21.43%,其余 8 目种类仅为 1~3 种。从丰度上看,鲈形目最高,占总丰度的 40.30%;其次依次为鲻形目 (Mugiliformes)、鲷形目 (Pleuronectiformes)、鲱形目 (Clupeiformes) 和鲤形目,分别占总丰度的 28.38%、16.81%、10.76% 和

表 1 长江口潮间带鱼类的生态类群、相对重要性指数、平均丰度、平均生物量、平均体长、平均体重和出现频率  
Table 1 Ecological guilds, index of relative importance, mean abundance, mean biomass, mean length, mean weight and occurring frequency of intertidal fish in Yangtze River estuary

| 种类                                    | 生态类群 | 相对重要性指数 | 平均丰度<br>(ind · 100m <sup>-2</sup> ) | 平均生物量<br>(g · 100m <sup>-2</sup> ) | 平均体长<br>(cm) | 平均体重<br>(g) | 出现频率<br>(%) |
|---------------------------------------|------|---------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------|-------------|-------------|
| 中华鲟 <i>Acipenser sinensis</i>         | 溯河洄游 | 0.153   | 0.023                               | 11.728                             | 37.500       | 506.667     | 33.333      |
| 日本鳗鲡 <i>Anguilla japonica</i>         | 降海洄游 | 0.018   | 0.008                               | 4.244                              | 54.000       | 550.000     | 11.111      |
| 星康吉鲷 <i>Conger myriaster</i>          | 海洋偶见 | 0.006   | 0.008                               | 0.703                              | 45.000       | 91.120      | 11.111      |
| 刀鲚 <i>Coilia ectenes</i>              | 溯河洄游 | 12.773  | 2.662                               | 115.895                            | 24.800       | 56.321      | 88.889      |
| 草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>    | 淡水鱼类 | 0.027   | 0.015                               | 5.787                              | 22.300       | 375.000     | 11.111      |
| 青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i>      | 淡水鱼类 | 0.012   | 0.008                               | 2.539                              | 24.700       | 329.000     | 11.111      |
| 鳊 <i>Parabramis pekinensis</i>        | 淡水鱼类 | 0.073   | 0.031                               | 2.988                              | 20.800       | 108.822     | 33.333      |
| 翘嘴鲌 <i>Culter ilishaeformis</i>       | 淡水鱼类 | 0.010   | 0.008                               | 1.749                              | 28.100       | 226.700     | 11.111      |
| 鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>  | 淡水鱼类 | 5.882   | 0.309                               | 385.012                            | 44.133       | 1062.837    | 44.444      |
| 鳙 <i>Aristichthys nobilis</i>         | 淡水鱼类 | 1.064   | 0.039                               | 97.531                             | 40.475       | 3406.667    | 33.333      |
| 长蛇鮈 <i>Saurogobio dumerili</i>        | 淡水鱼类 | 0.550   | 0.193                               | 6.731                              | 16.533       | 47.634      | 55.556      |
| 鲫 <i>Cyprinus auratus</i>             | 淡水鱼类 | 0.322   | 0.108                               | 9.229                              | 13.600       | 120.588     | 44.444      |
| 光泽黄颡鱼 <i>Pelteobagrus nitidus</i>     | 淡水鱼类 | 0.031   | 0.062                               | 1.011                              | 10.975       | 16.375      | 11.111      |
| 长吻鮠 <i>Leiocassis longirostris</i>    | 河口定居 | 0.199   | 0.046                               | 13.139                             | 23.300       | 226.954     | 33.333      |
| 中华海鲇 <i>Arius sinensis</i>            | 海洋洄游 | 0.040   | 0.023                               | 2.807                              | 16.425       | 180.950     | 22.222      |
| 鲮 <i>Platycephalus indicus</i>        | 海洋偶见 | 0.004   | 0.008                               | 0.138                              | 14.100       | 17.850      | 11.111      |
| 鲎 <i>Liza haematocheila</i>           | 河口定居 | 52.394  | 6.883                               | 999.610                            | 23.700       | 296.422     | 88.889      |
| 鲢 <i>Mugil cephalus</i>               | 河口定居 | 1.848   | 0.108                               | 119.527                            | 40.125       | 821.953     | 44.444      |
| 多鳞四指马鲛 <i>Eleutheronema rhadinum</i>  | 海洋洄游 | 0.016   | 0.031                               | 0.601                              | 10.500       | 19.473      | 11.111      |
| 中国花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>     | 海洋洄游 | 67.907  | 8.156                               | 1122.222                           | 23.167       | 332.138     | 100.000     |
| 鲢 <i>Müchthys miiuy</i>               | 海洋洄游 | 0.042   | 0.031                               | 8.113                              | 23.850       | 262.875     | 11.111      |
| 棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>      | 海洋洄游 | 1.121   | 0.502                               | 15.861                             | 12.095       | 31.748      | 44.444      |
| 斑尾刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i> | 河口定居 | 4.193   | 1.196                               | 87.112                             | 11.317       | 55.397      | 55.556      |
| 黑棘鲷 <i>Sparus macrocephalus</i>       | 海洋偶见 | 0.189   | 0.077                               | 8.215                              | 8.900        | 84.959      | 33.333      |
| 白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i>     | 海洋洄游 | 0.004   | 0.008                               | 0.163                              | 11.000       | 21.070      | 11.111      |
| 窄体舌鲷 <i>Cynoglossus gracilis</i>      | 河口定居 | 22.536  | 4.159                               | 183.853                            | 21.733       | 39.172      | 100.000     |
| 暗纹东方鲀 <i>Takifugu obscurus</i>        | 溯河洄游 | 0.024   | 0.023                               | 0.426                              | 7.433        | 23.798      | 22.222      |
| 黑鳃兔头鲀 <i>Lagocephalus inermis</i>     | 海洋偶见 | 0.025   | 0.015                               | 5.160                              | 18.600       | 334.400     | 11.111      |

2.87% ,其余各目均不到 1% 。  
将 IRI 值大于 20 的种类定为优势种,则本调查中共有优势种 3 种,按 IRI 值依次是中国花鲈( *Lateolabrax maculates* ) 67.907、鲎( *Liza haematocheila* ) 52.394 和窄体舌鲷( *Cynoglossus gracilis* ) 22.536。河口定居鱼类和海洋洄游鱼类在本水域鱼类群落中占据明显优势地位。

2.2 群落结构的季节变化

在本研究调查的时间范围内,鱼类种类数出现了明显的季节变动。夏季种类数最多,共 24 种,其次为春季 12 种,秋季仅有 11 种。三个季节鱼类丰度与生物量的平均值分别为 24.74 ind · 100m<sup>-2</sup>和 3212.09 g · 100m<sup>-2</sup>,季节之间也有较大变化。从丰度来看,秋季(35.69 ind · 100m<sup>-2</sup>)最高,其次为夏季(31.88 ind · 100m<sup>-2</sup>),春季最低(6.64 ind · 100m<sup>-2</sup>);生物量夏季(6527.31 g · 100m<sup>-2</sup>)最高,秋季(2106.01 g · 100m<sup>-2</sup>)次之,同样是春季(1002.96

g · 100m<sup>-2</sup>)最低。  
图 1 为基于鱼类丰度百分比构建的生态类群的季节分布图。其中河口定居鱼类所占比重最大,

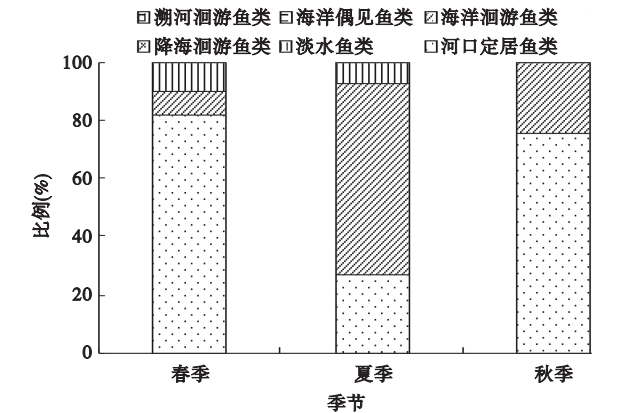


图 1 长江口潮间带鱼类生态类群结构的时间分布  
Fig.1 Temporal variation of the relative composition of each ecological guild of intertidal fish in Yangtze River estuary

其次为海洋洄游鱼类和淡水鱼类,降海洄游鱼类的比重最小,仅出现在夏季。从季节变化上看,河口定居鱼类在春、秋季处于明显优势地位,海洋洄游鱼类多集中于夏季,淡水鱼类在春、夏季占有一定的比例,各生态类群的分布存在明显的季节差异。

2.3 优势种丰度和体长的季节变化

中国花鲈夏季丰度最高,其平均丰度高达  $17.71 \text{ ind} \cdot 100 \text{ m}^{-2}$ ,春季丰度最低,仅为  $0.42 \text{ ind} \cdot 100 \text{ m}^{-2}$ ;春季体长最长,平均为  $33.6 \text{ cm}$ ,夏季却仅为  $18.5 \text{ cm}$ 。鲃秋季丰度明显高于其他季节,为  $15.95 \text{ ind} \cdot 100 \text{ m}^{-2}$ ,春季最低,平均仅为  $0.49 \text{ ind} \cdot 100 \text{ m}^{-2}$ ;秋季体长却明显小于其他季节,仅为  $17.3 \text{ cm}$ ,夏季最长,达到  $28.4 \text{ cm}$ (图2)。窄体舌鲷秋季丰度和体长均略高于其他季节,分别为  $6.23 \text{ ind} \cdot 100 \text{ m}^{-2}$ 和  $23.3 \text{ cm}$ ,季节间没有明显差异。由图2可以看出,丰度较高的季节,体长反而却较小,这说明小型个体对鱼类丰度具有较大影响,所以鱼类丰度的季节差异必然伴随着体长的季节变化。

2.4 群落相似性分析

通过对鱼类种类丰度进行等级聚类,鱼类群落

在 49% 的相似性水平上分为 A、B 两组,A 组包括秋季的 3 个样本,其中中旬和下旬在所有样本中相似性最高。B 组包括春夏季的所有样本,其中,春季样本聚为一类,夏季样本聚为另一类(图3)。以相似性指数为基础对鱼类群落进行 MDS 排序(图4),其 stress 为 0.06,说明 MDS 图能较好地反映季节间的相似关系(Clarke & Warwick,2001),排序图进一步支持了聚类分析的结果。对 A、B 组进行 ANOSIM 分析, $R = 0.568$ , $P = 0.012$ ,说明两组之间差异显著。

SIMPER 分析结果表明,A、B 组间平均相异性为 53.32,共有 13 种鱼类对相异性累积贡献率大于 90%。A 组组内平均相似性为 71.59,5 种鱼类的累积贡献率超过 90%,按贡献率由高到低依次为窄体舌鲷、鲃、中国花鲈、斑尾刺虾虎鱼(*Acanthogobius ommaturus*)和棘头梅童鱼(*Collichthys lucidus*)。B 组组内平均相似性为 50.09,窄体舌鲷、刀鲚(*Coilia ectenes*)、中国花鲈、鲃、长蛇鲇(*Saurogobio dumerili*)和鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)共 6 种鱼类累积贡献率达到 90%。

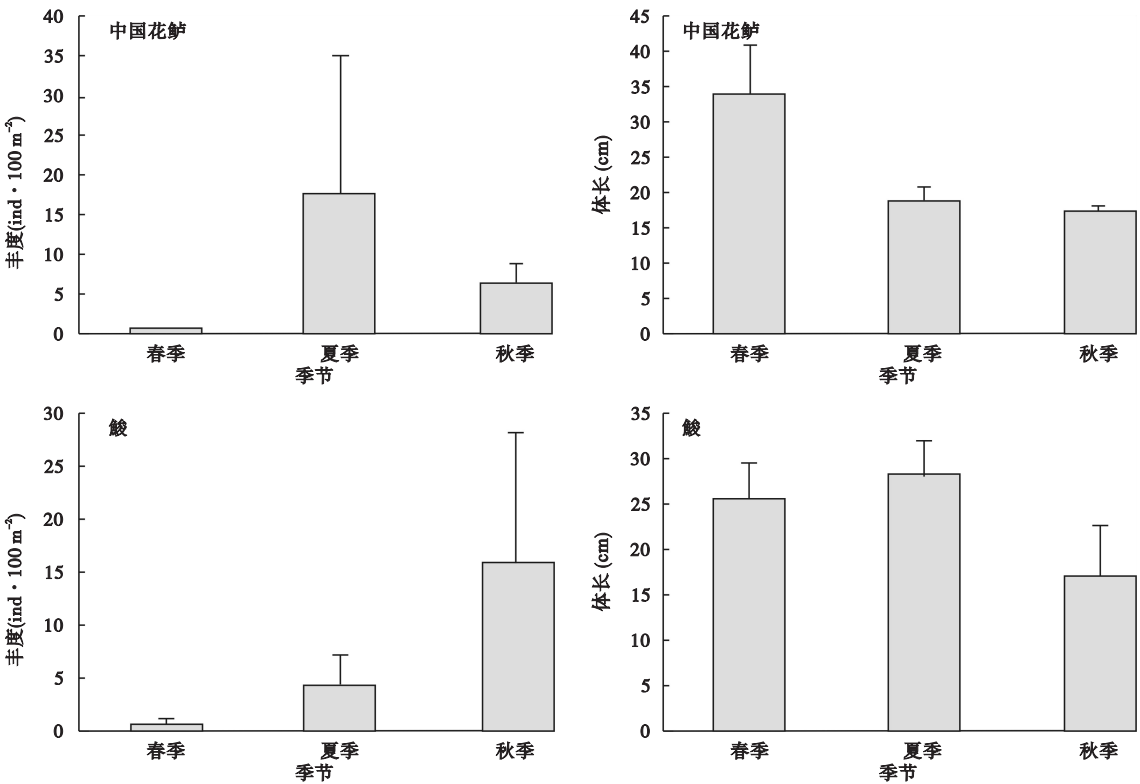


图2 优势种丰度和体长的时间分布  
Fig.2 Temporal variation in fish abundance and length for the dominant species



表 2 A、B 组内相似性和组间相异性及种类贡献率(总贡献率 90% 以上)

| 种类                                    | A 组平均相似性: 71.59 |       | B 组平均相似性: 50.09 |       | A-B 组平均相异性: 53.32 |       |
|---------------------------------------|-----------------|-------|-----------------|-------|-------------------|-------|
|                                       | 相似性             | 贡献率   | 相似性             | 贡献率   | 相似性               | 贡献率   |
| 鲃 <i>Liza haematocheila</i>           | 16.45           | 22.98 | 5.92            | 11.82 | 11.39             | 21.36 |
| 中国花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>     | 16.10           | 22.49 | 9.81            | 19.59 | 7.68              | 14.40 |
| 斑尾刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i> | 9.73            | 13.60 |                 |       | 6.67              | 12.52 |
| 刀鲚 <i>Coilia ectenes</i>              | 5.89            | 8.23  | 10.52           | 21.00 | 4.66              | 8.75  |
| 棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>      |                 |       |                 |       | 4.66              | 8.74  |
| 窄体舌鲷 <i>Cynoglossus gracilis</i>      | 18.29           | 25.55 | 15.74           | 31.42 | 3.62              | 6.80  |
| 鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>  |                 |       | 1.62            | 3.23  | 1.93              | 3.62  |
| 长蛇鮈 <i>Saurogobio dumerili</i>        |                 |       | 2.59            | 5.17  | 1.90              | 3.56  |
| 黑棘鲷 <i>Sparus macrocephalus</i>       |                 |       |                 |       | 1.65              | 3.09  |
| 鲫 <i>Cyprinus auratus</i>             |                 |       |                 |       | 1.36              | 2.54  |
| 鲮 <i>Mugil cephalus</i>               |                 |       |                 |       | 1.25              | 2.33  |
| 长吻鮠 <i>Leiocassis longirostris</i>    |                 |       |                 |       | 0.69              | 1.30  |
| 鳊 <i>Aristichthys nobilis</i>         |                 |       |                 |       | 0.67              | 1.25  |

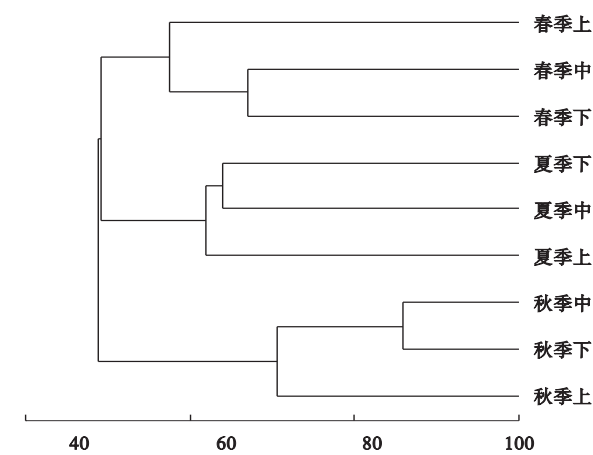


图 3 长江口潮间带不同季节鱼类丰度的 Bray-Curtis 相似性聚类图  
Fig. 3 Bray-Curtis similarity cluster analysis on intertidal fish abundance from three seasons in Yangtze River estuary

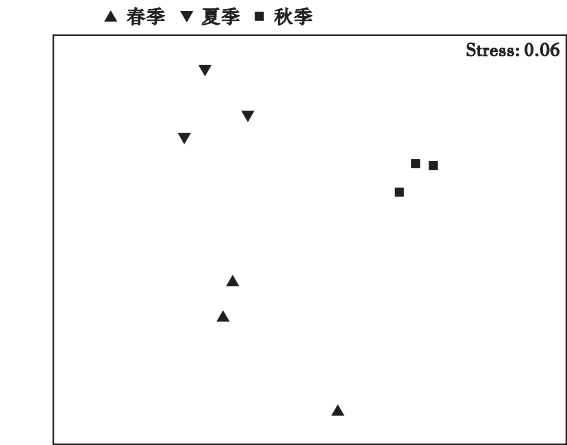


图 4 长江口潮间带不同季节鱼类丰度的 MDS 排序图  
Fig. 4 MDS ordination plot on intertidal fish abundance from three seasons in Yangtze River estuary

利用鱼类各生态类群的丰度进行 PCA 分析,结果前两个主成分的方差累积贡献率达到 100%。第一主成分的方差贡献率达到 62.2%,主要受到海洋洄游鱼类和河口定居鱼类的影响;第二主成分的方差贡献率为 37.8%,主要受到河口定居鱼类和海洋洄游鱼类的影响(图 5)。图 5 中 3 个季节明显分成 3 个类群,可以看出,夏季鱼类群落受到海洋洄游鱼类的影响远大于河口定居鱼类,秋季则正好相反,而春季受二者影响大体相当,河口定居鱼类略高。另外,淡水鱼类和海洋偶见鱼类分别对于夏季和秋季鱼类群落有一定的影响。

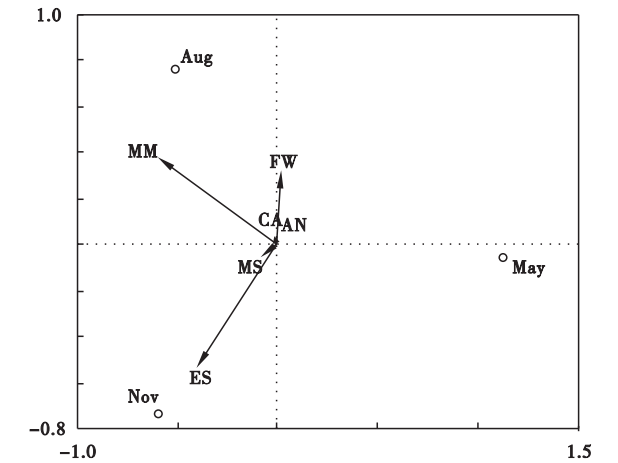


图 5 基于生态类群丰度的主成分分析  
Fig. 5 PCA based on fish abundance of ecological guilds  
ES:河口定居鱼类;MM:海洋洄游鱼类;FW:淡水鱼类;MS:海洋偶见鱼类;CA:降海洄游鱼类;AN:溯河洄游鱼类

### 3 讨论

#### 3.1 采样方法的选择

水域内鱼类种类的多样性通常取决于水域生境的大小及其中适宜鱼类生活的小生境数量(Wootton, 1990),其次则主要受限于采样方法和采样目的(Jump *et al.*, 2008)。长江口是西太平洋地区最大的河口,具有独特的自然条件和多样的生境,形成了丰富的鱼类栖息地(庄平等, 2006),鱼类种类多样性历来高于同纬度其他河口(张衡, 2007),所以采样方法对本研究的鱼类种类组成起到关键的作用。不同采样方法的选择对于特定的鱼类或生态类群可能导致特定的偏好(Butcher *et al.*, 2005),例如,采用底拖网通常能够很好的评估底栖鱼类,但是可能会低估某些海洋鱼类(Thiel *et al.*, 2003)。本研究采用插网作业,可以渔获潮间带水域各个水层鱼类,但是由于网目限制(2 cm),可能会低估一些小型鱼类(如鲤科和虾虎鱼科鱼类),总体上能反映调查水域的鱼类群落情况。渔获物的种类组成中鲤形目鱼类最多,鲈形目海洋洄游鱼类次之,显现出长江下游向东海鱼类区系过渡水域鱼类组成的特点,符合河口鱼类区系的特征(唐文乔等, 2003)。但是张涛等(2009)对崇明东滩和刘凯等(2005)对崇明北滩鱼类种类组成的研究结果显现出鲈形目种类最多,推测这是由于本研究水域更接近长江口南支水域,水体受到长江冲淡水影响较大,所以鲤形目种类较多,但从丰度上看,依然是鲈形目占有绝对优势,所以本调查的种类组成基本上可以代表长江口中华鲟自然保护区潮间带鱼类群落的特征。

#### 3.2 潮间带鱼类的群落组成

2010 年对长江口中华鲟自然保护区潮间带的调查中共出现了 28 种鱼类包括 6 种生态类群,从种类数上看,其中仅有 5 种河口定居鱼类,显然少于淡水鱼类(9 种)和海洋鱼类(10 种),说明只有少数种类可以利用河口作为固定产卵场或定居水域(Elliott *et al.*, 2007; Franco *et al.*, 2008),同时说明很少有种类可以完全适应河口复杂多变的环境条件。但是,河口定居鱼类却明显具有很高的丰度(占总丰度的 50.09%),而且从 *IRI* 值上来看,5 种河口定居种的总 *IRI* 值占有所有鱼类总 *IRI* 值的 47.34%(海洋洄游鱼类 *IRI* 值占总 *IRI* 值的 40.32%),远高于其他种类(表 1),说明一旦鱼类具有了可以完全适应河口环境的生理机制,其在种群数量上就能占据明显优

势,成为河口区的优势种类。比较近年来本研究调查水域的优势种组成,发现长江口潮间带水域的优势种出现了一定程度的变化,2004—2006 年,长蛇鲻为该水域的第一优势种(张涛等, 2009),而在本次调查期间,长蛇鲻的 *IRI* 值仅占鱼类总 *IRI* 值的 0.32%,已经不占明显优势。与张涛等(2009)的调查相比长蛇鲻的平均体长和平均体重均有所增加,但平均丰度明显下降,推测是由于长江口每年的鳗苗捕捞等原因对渔业资源造成了极大破坏,导致长江口的生态系统结构发生变化(庄平等, 2010)。张衡(2007)的研究表明,长江口每年的鳗苗捕捞作业会对幼鱼群落造成严重破坏,这可能影响了长蛇鲻的生长和种群补充,从而导致了长蛇鲻优势地位的改变。但是从群落组成上来看,中国花鲈、鲮、窄体舌鲷依然是重要的优势种,说明河口水域的优势种一旦形成,就不会轻易发生剧烈变化。

张衡(2007)和沈新强等(2011)推测,长江口潮间带是幼鱼的重要保育场。因为大型河口通常与海洋有更大范围的物质交换,而且具有多种梯度的盐度、深度和底质,因而更容易形成适宜幼鱼生活的生境(Roy *et al.*, 2001)。本研究中出现 3 种优势种平均体长均未超过 24.0 cm,其中中国花鲈夏秋两季的平均体长仅为 18.0 cm,而这两季的丰度却占总丰度的 98.30%,鲮秋季平均体长最短,仅为 17.3 cm,丰度比例却达到 77.24%,而且渔获物中广盐性海洋鱼类的幼鱼占有较大比例(表 1),说明长江口潮间带鱼类以幼鱼为主,这与以上学者的研究结果一致。

#### 3.3 潮间带鱼类群落季节变化

本研究发现,长江口中华鲟自然保护区潮间带鱼类群落存在明显的季节差异。目前多数研究认为,盐度、浊度对于空间尺度和温度对于时间尺度来说,是对河口种类丰度和群落结构的时空分布最具影响的环境因子(Selleslagh *et al.*, 2009)。同时 Costa 等(2007)指出,淡水径流会影响河口生物的分布和丰度,所以对海洋洄游鱼类有重要的影响;张涛等(2011)认为,长江径流量对盐度的季节变化影响显著,从春季开始,丰水期期间盐度逐渐下降,秋季枯水期后盐度回升。该水域受长江南支冲淡水影响较大,采样期间盐度变动范围在 1.01‰ ~ 12.67‰,季节变化趋势表现为秋季 > 春季 > 夏季,温度变动范围在 12.29 ~ 26.35 °C,季节变化趋势为夏季 > 春季 > 秋季。由此可以推断,8 月开始,长江

径流注入减少,盐度回升,温度适宜,潮间带利于海洋洄游鱼类幼鱼索饵肥育,大量海洋洄游幼鱼在夏秋季进入河口,11月之后,温度降低,多数鱼类进入深水区越冬,潮间带鱼类减少。所以,春秋季基本上是河口定居鱼类占据优势,而夏季却是海洋洄游鱼类占据优势,也导致了季节间种类、丰度和生物量的差异。

对长江口潮间带鱼类的相似性分析表明,该水域秋季鱼类群落与春夏季具有显著差异,ANOSIM分析进一步验证了这一结论。SIMPER分析的结果表明,鲛、中国花鲈、斑尾刺虾虎鱼是对季节差异贡献最大的3种鱼类。其中,中国花鲈是典型的海洋洄游鱼类,每年11月至翌年1月在盐度较高(22‰~26‰)的近海区进行繁殖产卵,次年春季仔稚鱼开始进入近岸浅水区索饵,夏季在河口水域肥育,直到秋季游向深水区越冬(庄平等,2006)。所以春季只有少量多年龄成鱼被渔获,而大量去年繁殖的小个体不能被插网渔获,于是春季丰度最低而体长最长;夏季大量幼鱼在河口水域索饵肥育,以致丰度最高而体长较短;秋季多数个体开始向深水区洄游越冬或产卵,渔获的基本上为幼鱼,所以丰度较低体长较短。鲛属于典型的河口定居鱼类,每年4—6月在长江口水域产卵(庄平等,2006),所以春夏季渔获的多是成鱼,丰度相对较低而体长较长,秋季大量幼鱼开始在潮间带索饵肥育,所以丰度较高而体长却较短。斑尾刺虾虎鱼也是典型的河口种类,每年春季产卵(庄平等,2006),秋季当年幼鱼大量进入潮间带索饵。这种繁殖和索饵策略造成秋季与春夏季的群落差异。

本研究不同于以往只从种群和丰度角度来考虑群落季节差异的研究,而从生态类群的角度出发,利用生态类群丰度进行PCA分析,发现各个季节间具有明显差异,其中夏季受到海洋洄游鱼类影响远大于河口定居鱼类,而秋季正好相反。Gibson(1994)、McIlushy和Elliott(2004)认为,食物可能是决定幼鱼生境质量的主要因素,河口生境给鱼类提供了大量的饵料生物和其他食物,并且水体浊度较高从而利于躲避捕食,而与河口相邻的浅海区却具有大量的潜在食鱼性捕食者(Paterson & Whitfield,2000)。所以多种海洋洄游幼鱼在夏季大量进入河口索饵肥育,秋季之后入海越冬。这种生存策略直接导致了海洋洄游鱼类和河口定居鱼类在长江口不同季节的优势地位,也造成了长江口潮间带鱼类群落的季节

差异,同时也说明了生态类群对群落结构的分析具有一定的意义。尽管多数研究者已经意识到河口的重要育幼作用,但是目前还有一些争议,关于海洋洄游鱼类是完全依赖还是仅选择性的利用河口生境肥育和躲避敌害,这将是未来研究需要解决的问题。

## 参考文献

- 陈渊泉,龚群,黄卫平,等. 1999. 长江河口区渔业资源特点,渔业现状及其合理利用的研究. 中国水产科学, **6**(5): 48–51.
- 刘凯,徐东坡,张敏莹,等. 2005. 崇明北滩鱼类群落生物多样性初探. 长江流域资源与环境, **14**(4): 418–421.
- 罗刚,庄平,章龙珍,等. 2008. 长江口中华鲟幼鱼的食物组成及摄食习性. 应用生态学报, **19**(1): 144–150.
- 沈新强,史赞荣,晁敏,等. 2011. 夏、秋季长江口鱼类群落结构. 水产学报, **35**(5): 700–710.
- 唐文乔,诸廷俊,陈家宽,等. 2003. 长江口九段沙湿地的鱼类资源及其保护价值. 上海水产大学学报, **12**(3): 193–200.
- 张衡. 2007. 长江河口湿地鱼类群落的生态学特征(硕士学位论文). 上海:华东师范大学.
- 张衡,朱国平,陆健健. 2009. 长江河口湿地鱼类的种类组成及多样性分析. 生物多样性, **17**(1): 76–81.
- 张涛,庄平,刘健,等. 2009. 长江口崇明东滩鱼类群落组成和生物多样性. 生态学杂志, **28**(10): 2056–2062.
- 张涛,庄平,章龙珍,等. 2011. 长江口中华鲟自然保护区底层鱼类的群落结构特征. 生态学报, **31**(6): 1687–1694.
- 周红,张志南. 2003. 大型多元统计软件PRIMER的方法原理及其在底栖群落生态学中的应用. 青岛海洋大学学报, **33**(1): 58–64.
- 庄平,王幼槐,李圣法,等. 2006. 长江口鱼类. 上海:上海科学技术出版社.
- 庄平,罗刚,张涛,等. 2010. 长江口水域中华鲟幼鱼与6种主要经济鱼类的食性及食物竞争. 生态学报, **30**(20): 5544–5554.
- Amara R, Paul C. 2003. Seasonal patterns in the fish and epibenthic crustaceans community of an intertidal zone with particular reference to the population dynamics of plaice and brown shrimp. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **56**: 807–818.
- Barletta M, Barletta-Bergan A, Saint-Paul U, et al. 2003. Seasonal changes in density, biomass, and diversity of estuarine fishes in tidal mangrove creeks of the lower Caeté Estuary (northern Brazilian coast, east Amazon). *Marine Ecology Progress Series*, **256**: 217–228.
- Beukema JJ. 1992. Dynamics of juvenile shrimp *Crangon crangon* in a tidal-flat nursery of the Wadden Sea after mild

- and cold winters. *Marine Ecology Progress Series*, **83**: 157–165.
- Bray JR, Curtis JT. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, **27**: 325–349.
- Brazner JC, Beals EW. 1997. Patterns in fish assemblages from coastal wetland and beach habitats in Green Bay, Lake Michigan: A multivariate analysis of abiotic and biotic forcing factors. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **54**: 1743–1761.
- Butcher A, Mayer D, Smallwood D, *et al.* 2005. A comparison of the relative efficiency of ring, fyke, fence nets and beam trawling for estimating key fishery populations. *Fisheries Research*, **73**: 311–321.
- Clarke KR, Warwick RM. 2001. Changes in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation, 2nd Edition. PRIMER-E, Plymouth.
- Costa MJ, Vasconcelos R, Costa JL, *et al.* 2007. River flow influence on the fish community of the Tagus estuary (Portugal). *Hydrobiologia*, **587**: 113–123.
- Elliott M, Whitfield AK, Potter IC, *et al.* 2007. The guild approach to categorizing estuarine fish assemblage: A global review. *Fish and Fisheries*, **8**: 241–268.
- Franco A, Elliott M, Franzoi P, *et al.* 2008. Life strategies of fishes in European estuaries: The functional guild approach. *Marine Ecology Progress Series*, **354**: 219–228.
- Gibson RN. 1982. Recent studies on the biology of intertidal fishes. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, **20**: 363–414.
- Gibson RN. 1994. Impact of habitat quality and quantity on the recruitment of juvenile flatfishes. *Netherlands Journal of Sea Research*, **32**: 191–206.
- Jin BS, Fu CZ, Zhong JS, *et al.* 2007. Fish utilization of a salt marsh intertidal creek in the Yangtze River estuary, China. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **73**: 844–852.
- Jump CM, Duffy-Anderson JT, Mier KL. 2008. Comparison of the Sameoto, Manta, and MARMAP neustonic ichthyoplankton samplers in the Gulf of Alaska. *Fisheries Research*, **89**: 222–229.
- Krumme U. 2004. Patterns in tidal migration of fish in a Brazilian mangrove channel as revealed by a split-beam echosounder. *Fisheries Research*, **70**: 1–15.
- Mcclusky DS, Elliott M. 2004. The Estuarine Ecosystem: Ecology, Threats and Management (3rd edition). Oxford University Press, USA.
- Paterson AW, Whitfield AK. 2000. Do shallow-water habitats function as refugia for juvenile fishes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **51**: 359–364.
- Pinkas L, Oliphant MS, Iverson ILK. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. *Fish Bulletin*, **152**: 1–105.
- Roy PS, Williams RJ, Jones AR, *et al.* 2001. Structure and function of South-East Australian estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **53**: 351–384.
- Selleslagh J, Amara R, Laffargue P, *et al.* 2009. Fish composition and assemblage structure in three Eastern English Channel macrotidal estuaries: A comparison with other French estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **81**: 149–159.
- Thiel R, Cabral H, Costa MJ. 2003. Composition, temporal changes and ecological guild classification of the ichthyofaunas of large European estuaries: A comparison between the Tagus (Portugal) and Elbe (Germany). *Journal of Applied Ichthyology*, **19**: 330–342.
- van der Veer HW. 1986. Immigration, settlement, and density-dependent mortality of a larval and early postlarval 0-group plaice (*Pleuronectes platessa*) population in the western Wadden Sea. *Marine Ecology Progress Series*, **29**: 223–236.
- Wootton RJ. 1990. Ecology of Teleost Fishes. London: Chapman and Hall.

---

作者简介 杨 刚,男,1987年生,硕士,主要从事河口生态学研究。E-mail: yanggang8708@163.com  
责任编辑 李凤芹

---