

文章编号: 1674-5566(2010)05-0654-09

# 长江下游近岸渔业群落多样性时空特征

刘 凯, 段金荣, 徐东坡, 张敏莹, 施炜纲

(农业部长江下游渔业资源环境重点野外科学观测试验站, 中国水产科学研究院内陆渔业生态环境和资源重点开放实验室, 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 江苏 无锡 214081)

**摘 要:** 2001至 2008年对安庆、常熟和崇明 3个断面的插网渔获物进行了连续调查, 以此研究长江下游近岸渔业群落多样性的时空特征。研究期内共计采集鱼类 80种, 甲壳类 14种, 水母类 1种, 分别隶属于 15目 34科 74属。安庆共记录 52个物种, 隶属于 7目 14科 39属, 常熟共记录 55个物种, 隶属于 12目 23科 46属, 崇明共记录 31个物种, 隶属于 9目 18科 28属。安庆和常熟淡水物种比例分别为 92.31%和 70.91%, 崇明咸水物种比例为 90.32%。各断面均为底栖物种占优势, 比例为 38.18%~64.52%; 肉食性和杂食性物种所占比例接近, 合并为 88.46%~100%。长江下游水域渔业群落多样性表现出逐渐由淡水型向咸水型过渡的空间特征, 季节特征则表现为夏季和秋季物种数较多, 春秋两季的渔获规格及多样性指数较大。年间变动趋势表明实施春季禁渔后安庆和常熟断面群落多样性水平显著提升并趋于稳定, 渔获量大幅增加, 崇明断面各项指标波动剧烈, 尚无好转迹象。

**关键词:** 长江下游; 近岸群落; 生物多样性; 时空特征; 资源密度

**中图分类号:** S 932.4; Q 958.1 **文献标识码:** A

## Temporal and spatial diversity characteristics of nearshore fishery community in the lower reaches of Yangtze River

LIU Kai DUAN Jin-rong XU Dong-po ZHANG Min-ying SHI Wei-gang

(Key Field Station of Observation and Research for Fishery Resources and Environment of

the Lower Reaches of Yangtze River Ministry of Agriculture

Key Laboratory of Ecological Environment and Resources of Inland Fisheries

Freshwater Fisheries Research Center CAFS Wuxi 214081, China)

**Abstract:** Based on the sustained investigation on sampling catch in stow net of Anqing Changshu and Chongming sections studies on temporal and spatial diversity characteristics of nearshore fishery community in the lower reaches of Yangtze River were carried out during 2001-2008. In this period eighty fish species fourteen crustacean species and one jellyfish species belonging to 15 orders 34 families and 74 genera were collected. A total of 52 species belonging to 7 orders 14 families and 39 genera were recorded in Anqing section, 55 species belonging to 12 orders 23 families and 46 genera in Changshu section and 31 species belonging to 9 orders 18 families and 28 genera in Chongming section. Proportion of freshwater species in community of Anqing and Changshu were 92.31% and 70.91% respectively, while marine water species

**收稿日期:** 2010-02-25

**基金项目:** 国家科技基础条件平台项目 (2007DKA30470); 公益性行业 (农业) 科研专项 (200903048-03); 中央级公益性科研院所基本科研业务专项项目 (2009JBFB08, 2007JBFA05)

**作者简介:** 刘 凯 (1980-), 男, 硕士, 助理研究员, 主要从事渔业生态学方面的研究。E-mail: liuk@ffrc.cn

**通讯作者:** 施炜刚, E-mail: shiwg@ffrc.cn

proportion of Chongming was 90.32%. Fishery communities in three sections were all dominated by benthic species which occupied 42.31–54.84% of aforesaid communities and proportion of carnivorous species was close to that of omnivorous species with the combination ranged from 88.46% to 100%. The significant difference in water ecological environment determined the spatial diversity characteristic of fishery community in the lower reaches of the Yangtze River which showed a gradual transition from freshwater community to marine water community. On the other hand, it showed that species collected in summer and autumn were more than those in spring and winter at the same time bigger size and diversity indexes could also be observed in spring and autumn. Yearly fluctuation of main indexes indicated that after the Spring no-fishing diversity level of fishery communities of Anqing and Changshu rose significantly with a smooth trend. But in Chongming section, the same indexes fluctuated in a wide range without uptrend.

**Key words:** the lower reaches of Yangtze River; nearshore community; biodiversity; temporal and spatial characteristics; resource density

长江干流自江西湖口以下为下游段,该江段流速减缓,流量增大,江阴以东江面迅速扩展,至南通附近江段宽约 18 km,入海口处则已宽达 91 km<sup>[1]</sup>。作为典型的感潮河段,长江下游受径流和潮汐的双重影响,潮波最远可达安徽大通<sup>[2]</sup>。在潮水的顶托作用下,水流平缓,沙洲众多,大量草滩和洄水区蕴含了丰富的有机物和营养盐。良好的水文环境和饵料生物促使长江下游成为水生动物优良的栖息和育肥场所,加之特殊的地理位置又使得该江段成为众多鱼类的洄游通道,因此历史上长江下游水生动物种类丰富,据记载仅鱼类就有 142 种<sup>[3]</sup>。在长期的过度捕捞以及各类水利工程所形成的生态胁迫之下,长江下游渔业资源日趋衰退,而近年来该地区经济快速发展所带来的环境污染更是加剧了这一趋势。施炜纲等<sup>[4]</sup>报道 1990—1999 年在安庆至南通江段共计捕获水生动物 70 种,经济鱼类数量趋减,群落多样性正逐步丧失。自 2001 年农业部实施长江春季禁渔后,长江下游渔业资源现状有所改观,各断面物种数量和群落多样性水平整体呈上升趋势<sup>[5-6]</sup>。在此期间,调查研究的重点为春禁期内群落多样性指标的变动趋势,并据此评价春季禁渔的实施效果<sup>[7-9]</sup>,未见有关长江下游渔业群落时空差异的系统研究报道。本文对实施春季禁渔后长江下游具有代表性的安庆、常熟和崇明断面的插网渔获物进行连续调查,研究该水域近岸渔业群落多样性的时空特征,以为管理部门实施进一步的渔业资源增殖保护提供决策依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 站位设置及数据采集

从 2001 年 1 月至 2008 年 12 月,在安庆、常熟和崇明江段各设监测断面一处,地理位置分别为沙漠洲、铁黄沙和北八澳(图 1)。采样网具均为设于近岸江边的定置网,网宽 50 m,网高 3 m,截拦面积 150 m<sup>2</sup>,囊网网目尺寸 1 cm。各断面采样期有所差异,安庆和常熟为全年采样,由于受到台风和大潮等因素的影响,崇明采样期基本为 4—10 月。采样频率为每月 2 次,间隔大于 10 天,每次采样前下网 24 h 采集的渔获物全数分类并按种类统计数量和生物量。

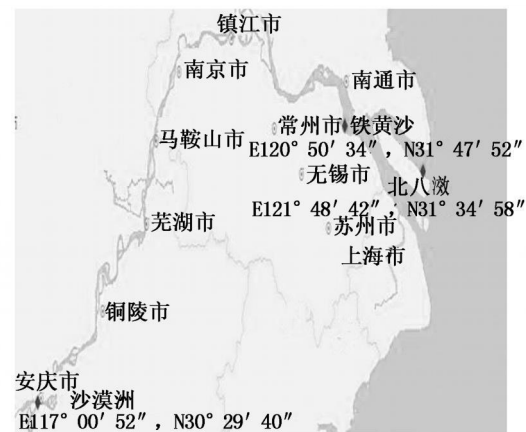


图 1 调查站位示意图

Fig 1 Sketch of investigating stations

## 1.2 研究方法

参照陈小华等<sup>[10]</sup>和郑颖等<sup>[11]</sup>的研究报道,根据相关文献[2-3, 12],从栖息类型、活动水层和食物组成等3个方面对长江下游近岸渔业群落生态类型进行划分;选用相对重要性指数描述群落生态优势度<sup>[13-15]</sup>,并将安庆、常熟和崇明断面各年份相对重要性指数排序前三位的物种定为年度优势种。

$$I_r = (N+W)F \quad (1)$$

式中:  $I_r$ 为相对重要性指数;  $N$ 为渔获物各种类数量分数;  $W$ 为渔获物各种类生物量分数;  $F$ 为各种类在各断面所有抽样次数中出现的频率。选用 Margalef指数 ( $R$ )<sup>[16]</sup>、Shannon指数 ( $H'$ )<sup>[17]</sup>、Simpson指数 ( $D$ )<sup>[18]</sup>和 Pielou指数 ( $E$ )<sup>[19]</sup>对群落物种多样性进行描述。以上各指数计算公式为:

$$R = (S-1) / \ln N \quad (2)$$

$$H' = -\sum (N_i / N) \ln (N_i / N) \quad (3)$$

$$D = \sum (N_i / N)^2 \quad (4)$$

$$E = H / \ln S$$

式中:  $S$ 为群落中物种数量;  $N$ 为群落中所有物种个体数量;  $N_i$ 为第  $i$ 个物种个体数量。

## 1.3 数据处理

应用 Excel和 SPSS 15.0对采集数据进行汇总统计。

## 2 结果与分析

### 2.1 群落结构

#### 2.1.1 物种组成

长江下游近岸插网中共计出现渔业生物 95种,分属于 15目 34科 74属,包含鱼类 80种,甲壳类 14种,水母类 1种(表 1)。安庆断面共记录 52种,分属于 7目 14科 39属,包含鱼类 48种,甲壳类 4种,其中有国家水生野生保护动物 1种(胭脂鱼 *Myxocyprinus asiaticus*)和外来种 2种(革胡子鲶 *Clarias leather*和克氏原螯虾 *Procambarus clarkii*);常熟断面共记录 55种,分属于 12目 23科 46属,包含鱼类 50种,甲壳类 5种,其中有国家水生野生保护动物 3种(中华鲟 *Acipenser sinensis*胭脂鱼和松江鲈 *Trachidemus fasciatus*)和外来种 3种(露斯塔野鲮 *Labeo rohita*罗氏沼虾 *Macrobrachium rosenbergii*和克氏原螯虾);崇明断面共记录 31种,分属于 9目 18科 28属,包

含鱼类 21种,甲壳类 9种,水母类 1种。安庆和常熟断面均为鲤形目物种占优势,物种数比例分别为 55.77%和 43.64%,该目渔获物数量和生物量占总渔获物的比例均大于 60%;崇明物种数以及鲈形目和十足目占优势,鲈形目渔获物数量和生物量显著高于其余各目(表 2)。

#### 2.1.2 生态类型

按栖息习性将渔获物种划分为江海洄游型、江湖半洄游型、淡水定居型和河口近海型等 4种生态类型,各断面的栖息类型差异显著,安庆淡水定居型物种数比例为 76.92%,崇明河口近海型物种数比例为 90.32%,常熟则介于两者之间,上述两种类型物种数比例分别为 56.36%和 16.36%。江海洄游型物种数量依次为常熟 > 崇明 > 安庆,江湖半洄游型与淡水定居型物种数量均为安庆 > 常熟 > 崇明。按活动水层将渔获物种分为上层、中上层、中下层和底层等 4种生态类型。各断面均为底层物种占优势,比例依次为崇明 > 安庆 > 常熟,其后依次为中下层物种和中上层物种,比例均为常熟 > 安庆 > 崇明,上层物种所占比例则为安庆 > 常熟 > 崇明。按食物组成将渔获物种分为肉食性、杂食性、植食性和滤食性等 4种生态类型,各断面均为肉食性和杂食性种类占优势,且两种类型的比例接近,植食性和滤食性种类数量很少。安庆、常熟和崇明肉食性种类所占比例基本相同,依次为 46.15%, 47.27%和 45.16%,杂食性种类则依次为 42.31%, 45.45%和 54.84%。

#### 2.2 物种数的时空特征

各断面近岸插网中出现的物种数依次为常熟 > 安庆 > 崇明。2001—2008年安庆和常熟物种数呈上升趋势,新增物种主要为小型鱼类和洄游性鱼类,前者包括黑鳍鳊、沙鳊、长蛇鲃、光泽黄颡鱼和长江银鱼等,后者则包含了暗纹东方鲀、中华鲟、松江鲈和凤鲚等。崇明 2001—2004年间物种数也持续上升,群落组成中出现了孔鲷虎鱼、髯鰕虎鱼和蝌蚪鰕虎鱼等河口定居型鱼类以及中华虎头蟹、端正关公蟹和红线黎明蟹等罕见蟹类,2005年以后物种数明显下降且变动趋于平稳,渔获物主要为小黄鱼、凤鲚、狭颏绒螯蟹和紅狼牙鰕虎鱼等常见种类(图 2)。各断面渔获物种数具有明显的季节特征,常熟和安庆均为夏季(6—8月) > 秋季(9—11月) > 春季(3—5月) >

冬季(12—2月),2月开始物种数逐步上升,于6—7月出现全年高点后又持续下降。安庆物种数的高峰区间为4—6月,常熟则为7—10月。崇明

冬季未进行调查,其余季节同样为夏季>秋季>春季,物种数高点出现于7月(图3)。

表1 长江下游近岸渔业群落名录及分布

Tab. 1 List and distribution of nearshore fishery community in the lower reaches of Yangtze River

物种	安庆	常熟	崇明	物种	安庆	常熟	崇明
中华鲟 <i>Acipenser sinensis</i>		+		胡子鲶 <i>Clarias fuscus</i>	+		
斑鲮 <i>Konosius punctatus</i>			+	黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	+	+	
鳊 <i>Engaulis japonicus</i>			+	光泽黄颡鱼 <i>Pelteobagrus nitidus</i>	+	+	
黄鲫 <i>Setipinna taty</i>			+	江黄颡鱼 <i>Pelteobagrus vachelli</i>	+	+	
凤鲚 <i>Coilia mystus</i>		+	+	岔尾黄颡鱼 <i>Pelteobagrus eupogon</i>	+		
短颌鲚 <i>Coilia brachygnathus</i>	+	+		长吻鮠 <i>Leiostassis longirostris</i>	+	+	+
长颌鲚 <i>Coilia ectenes</i>	+	+	+	鲮 <i>Mugil cephalus</i>		+	
大银鱼 <i>Potosalanx hyalocranius</i>		+		鮠 <i>Liza haematochila</i>		+	
长江银鱼 <i>Hemisa lanx brachyrostralis</i>		+		中国花鲂 <i>Laetolabrax maculatus</i>		+	
龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i>			+	长身鳊 <i>Siniperca roulei</i>	+		
日本鳊 <i>Anguilla japonica</i>	+	+		鳊 <i>Siniperca chuatsi</i>	+	+	
海鲢 <i>Muraenesox cinereus</i>			+	大眼鳊 <i>Siniperca kneri</i>	+		
鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	+	+		斑鳊 <i>Siniperca scherzeri</i>	+		
鲫 <i>Carassius auratus</i>	+	+		黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>			+
麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>		+		黑姑鱼 <i>Atrobucca nibe</i>			+
华鳊 <i>Sarcocheilichthys sinensis</i>	+	+		棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>		+	+
蛇鲻 <i>Saurogobio dabryi</i>	+	+		小黄鱼 <i>Pseudosciaena polyactis</i>			+
长蛇鲻 <i>Saurogobio dumerili</i>	+	+		斑尾复鰱虎鱼 <i>Synechogobius amnatus</i>		+	+
黑鳍鳊 <i>Sarcocheilichthys nigripinnis</i>	+	+		蝌蚪鰱虎鱼 <i>Lophiogobius ocellicauda</i>			+
吻鲻 <i>Rhinogobio typus</i>		+		髯鰱虎鱼 <i>Triaenopogon barbatus</i>			+
铜鱼 <i>Coreius heterodon</i>	+	+		红狼牙鰱虎鱼 <i>Odontoblyptus rubicundus</i>			+
银色颌须鲻 <i>Gnathopogon argentatus</i>	+			孔鰱虎鱼 <i>Trypauchen vagina</i>			+
花鲂 <i>Hemibarbus maculatus</i>		+		带鱼 <i>Trichiurus lepturus</i>			+
鳊 <i>Elopichthys bambusa</i>	+	+		香鲞 <i>Callionymus olidus</i>		+	
赤眼鳟 <i>Squaliobarbus curriculus</i>	+	+		银鲳 <i>Pampus argenteus</i>		+	+
青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i>	+	+		乌鳢 <i>Ophiocephalus argus</i>	+	+	
草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>	+	+		沙鳢 <i>Odonobutis obscura</i>	+	+	
长春鳊 <i>Parabramis pekinensis</i>	+	+		六带鲈 <i>Caranx sexfasciatus</i>		+	
三角鲂 <i>Megalobrama terminalis</i>	+			松江鲈 <i>Trachidemus fasciatus</i>		+	
油鲈条 <i>Hemiculter bleekeri bleekeri</i>	+			焦氏舌鲷 <i>Cynoglossus joyneri</i>			+
鲈条 <i>Hemiculter leucisculus</i>	+	+		窄体舌鲷 <i>Cynoglossus gracilis</i>	+	+	+
红鳍原鲃 <i>Cultrichthys erythropterus</i>	+	+		暗纹东方鲀 <i>Takifugu obscurus</i>		+	
翘嘴鲃 <i>Culter alburnus</i>	+	+		秀丽白虾 <i>Exopalaemon modestus</i>	+	+	
达氏鲃 <i>Culter dabryi</i>	+			脊尾白虾 <i>Exopalaemon carinicauda</i>			+
蒙古鲃 <i>Culter mongolicus</i>	+	+		安氏白虾 <i>Exopalaemon annandalei</i>			+
银鲃 <i>Pseudolaubuca sinensis</i>	+			葛氏长臂虾 <i>Palaeomon gravieri</i>			+
圆吻鲃 <i>Distoechodon turostris</i>	+			日本沼虾 <i>Macrobrachium nipponense</i>	+	+	
黄尾鲃 <i>Xenocypris davidi</i>	+			罗氏沼虾 <i>Macrobrachium rosenbergii</i>		+	
银鲃 <i>Xenocypris argentea</i>	+			中华绒螯蟹 <i>Eriocheir sinensis</i>	+	+	
兴凯刺螯蟹 <i>Acanthodius chankaensis</i>	+			狭额绒螯蟹 <i>Eriocheir leptognathus</i>			+
高体螯蟹 <i>Rhodeus ocellatus</i>	+	+		红线黎明蟹 <i>Matura planipes</i>			+
鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	+	+		中华虎头蟹 <i>Oriithya sinica</i>			+
鳙 <i>Aristichthys nobilis</i>	+	+		端正关公蟹 <i>Dorippe polita</i>			+
露斯塔野鲮 <i>Labeo rohita</i>		+		三疣梭子蟹 <i>Portunus trituberculatus</i>			+
胭脂鱼 <i>Myxocyprinus asiaticus</i>	+	+		克氏原螯虾 <i>Procambarus clarkii</i>	+	+	
鲟 <i>Parsinus asotus</i>	+	+		口虾蛄 <i>Omosquilla orientalis</i>			+
大口鲈 <i>Silurus meridionalis</i>	+			海蜇 <i>Rhopilema esculentum</i>			+
草胡子鲶 <i>Clarias leather</i>	+						

注:上述名录参考“长江鱼类”、“上海鱼类志”和“浙江动物志”。

表 2 长江下游近岸渔业群落结构

Tab 2 Structure of nearshore fishery community in the lower reaches of Yangtze River

目名	安庆			常熟			崇明		
	种类	个体数	生物量	种类	个体数	生物量	种类	个体数	生物量
鲟形目 Acipenseriformes	—	—	—	1.82%	0.11%	0.21%	—	—	—
鲱形目 Clupeiformes	3.85%	2.87%	1.69%	5.45%	9.26%	4.02%	16.13%	5.73%	10.67%
灯笼鱼目 Myctophiformes	—	—	—	—	—	—	3.23%	4.97%	19.46%
鲑形目 Salmoniformes	—	—	—	3.64%	0.01%	0.00%	—	—	—
鳗鲡目 Anguilliformes	1.92%	0.02%	0.19%	1.82%	0.04%	0.15%	3.23%	0	0.19%
鲤形目 Cypriniformes	55.77%	60.74%	70.74%	43.64%	68.55%	78.26%	—	—	—
鲶形目 Siluriformes	17.31%	31.06%	20.60%	9.09%	10.24%	3.50%	3.23%	0	0.01%
鲻形目 Mugiliformes	—	—	—	3.64%	3.64%	9.14%	—	—	—
鲈形目 Perciformes	11.54%	4.59%	6.51%	16.36%	0.83%	1.86%	35.48%	84.11%	59.14%
鲉形目 Scorpaeniformes	—	—	—	1.82%	0	0	—	—	—
鲽形目 Pleuronectiformes	1.92%	0.09%	0.10%	1.82%	4.49%	1.82%	6.45%	0.18%	0.87%
鲀形目 Tetraodontiformes	—	—	—	1.82%	0.02%	0.01%	—	—	—
十足目 Decapoda	7.69%	0.64%	0.18%	9.09%	2.80%	1.02%	25.81%	5.00%	8.59%
口足目 Stomatopoda	—	—	—	—	—	—	3.23%	0	0.01%
根口水母目 Rhizostomaeae	—	—	—	—	—	—	3.23%	0.01%	1.07%

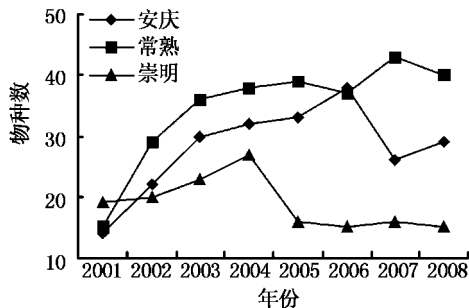


图 2 长江下游近岸群落物种数年间变动  
Fig 2 Yearly fluctuation of species number of nearshore community in the lower reaches of Yangtze River

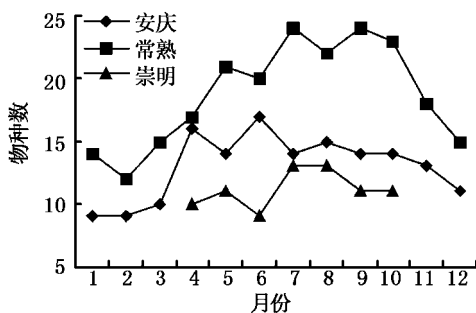


图 3 长江下游近岸群落物种数季节变动  
Fig 3 Seasonal fluctuation of species number of nearshore community in the lower reaches of Yangtze River

### 2.3 优势种的时空特征

安庆断面共出现年度优势种 8 个, 分别隶属

于鲤形目和鲶形目, 均为经济鱼类。按年间重现率高低依次为鲫 (75.0%), 黄颡鱼 (62.5%), 鲤 (50.0%), 江黄颡鱼 (37.5%), 鲶 (25.0%), 长春鳊 (25.0%), 黄尾鲴 (12.5%) 和鲢 (12.5%)。2001—2005 年间鲤和鲫占据优势, 2006 年以后长春鳊的渔获生物量及出现频度均显著上升, 其相对优势度从 2006 的 4.95% 剧增至 2008 年的 28.60%, 同期江黄颡鱼的渔获数量大幅增加, 相对优势度也维持在 10% 以上。常熟断面共出现优势种 6 个, 分别隶属于鲤形目和鲱形目, 除鳊条外也均为经济鱼类。按年间重现率高低依次为长春鳊 (100.0%), 鲫 (62.5%), 鲢 (62.5%), 鳊条 (50.0%), 铜鱼 (12.5%) 和长颌鲢 (12.5%)。长春鳊的优势度一直居前, 相对优势度维持在 20% 以上, 2008 年高达 35.88%。2005—2008 年鳊条数量持续增加, 其占总渔获数量的比例平均为 14.80%, 而 2001—2004 年仅为 5.69%, 因此优势度也明显上升。崇明断面共出现优势种 6 个, 分别隶属于鲈形目、鲱形目、灯笼鱼目和十足目, 按年间重现率高低依次为小黄鱼 (100.0%), 凤鲚 (50.0%), 龙头鱼 (50.0%), 狭颌绒螯蟹 (50.0%), 棘头梅童鱼 (37.5%) 和红狼牙鰕虎鱼 (12.5%), 该断面经济鱼类物种数所占比例为 62.50%, 小黄鱼占绝对优势, 2005 年以后棘头梅童鱼和凤鲚等经济鱼类优势度明显下降, 狭颌绒螯蟹则持续上升。

### 2.4 渔获规格的时空特征

生态优势度居前的物种往往占有较大的渔

获数量或生物量,并具有较高的出现频率,因此这些物种的规格往往决定了群落整体渔获规格。安庆和常熟断面优势种主要为小型鲤科鱼类,崇明则为小黄鱼和棘头梅童鱼,因此长江下游近岸渔业群落的整体规格偏小。2001—2008年安庆渔获物尾均重变幅为 59.9~110.5 g 均值为 79.9 g 常熟和崇明分别为 59.5~144.4 g和 1.8~7.2 g 均值为 80.8 g和 2.6 g 常熟和崇明断面渔获尾均重年间变动呈上升趋势,安庆则趋于下降。安庆和常熟断面群落结构相似度较高,共有种占两断面渔获物种数的比例分别为 69.23%和 65.45%,因此渔获规格也相对接近,崇明渔获物中鱼苗占据很高的比重,因此其平均渔获规格极小。与此同时,由于受到水温和饵料因素的影响,多数种类在不同季节的渔获量差异显著,这使得各断面渔获规格具有明显的季节特征。安庆和常熟春秋两季的渔获规格大于夏季和冬季,出现了 5—6月和 10月至次年 2月两个下降区间,前者主要是由于定居性的小型鲤科和鳊科鱼类如餐条、鲫、长春鳊和黄颡鱼等数量激增,后者则是四大家鱼等大规模物种渔获量明显下降所致。崇明渔获规格自 5月起逐步增大,至 9月出现全年高点,其后开始下降。

### 2.5 物种多样性的时空特征

安庆和常熟断面主要指数相对接近,其中丰富度指数(R)、信息指数(H')和均匀度指数(E)均明显高于崇明断面,优势度指数(D)则低于后者。2001—2008年安庆和常熟丰富度指数和信息指数均持续上升,均匀度指数在较高的水平趋于平稳,优势度指数则明显回落(图 4、5);崇明各指数均大幅波动,年间变动趋势不明显(图 6)。与年间变化趋势相似,安庆和常熟断面各指数的季节变化趋势也基本一致,丰富度指数和信息指数夏、秋季显著高于春、冬季,低点均出现于 1月,夏、秋季两指数均持续上升,直至 8—9月出现全年高点,随后又逐月下降,同期优势度指数的变动趋势正好相反(图 7、8);崇明丰富度指数和信息指数的低点以及优势度指数的高点均出现于 6月,各指数季节变化剧烈,特征不明显(图 9)。

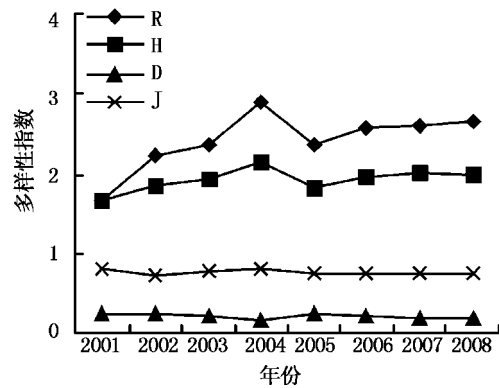


图 4 安庆断面多样性指数的年间变动

Fig 4 Yearly fluctuation of diversity indexes of Anqing section in the lower reaches of Yangtze River

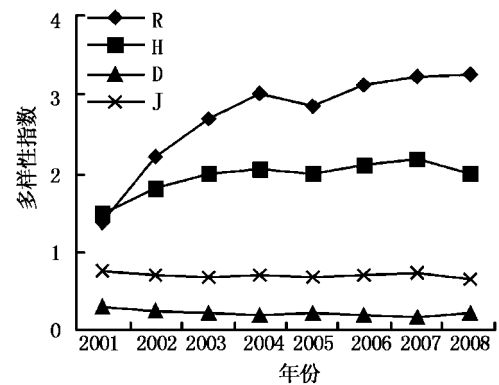


图 5 常熟断面多样性指数的年间变动

Fig 5 Yearly fluctuation of diversity indexes of Changshu section in the lower reaches of Yangtze River

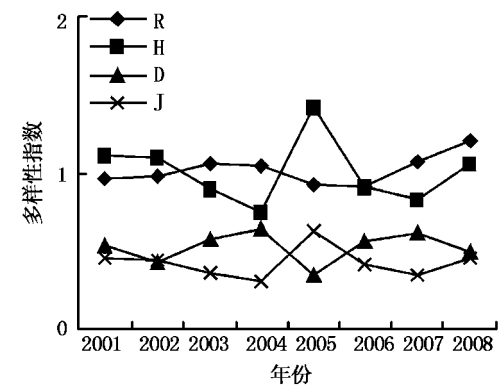


图 6 崇明断面多样性指数的年间变动

Fig 6 Yearly fluctuation of diversity indexes of Chongming section in the lower reaches of Yangtze River

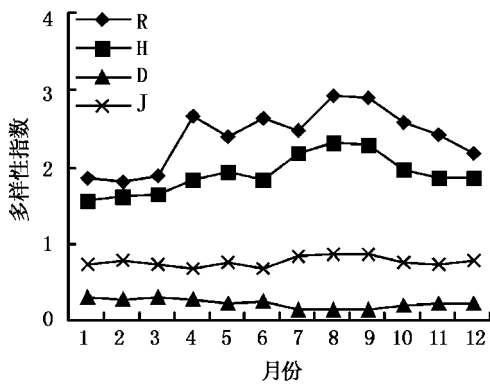


图 7 安庆断面多样性指数的季节变动  
Fig. 7 Seasonal fluctuation of diversity indexes of Anqing section in the lower reaches of Yangtze River

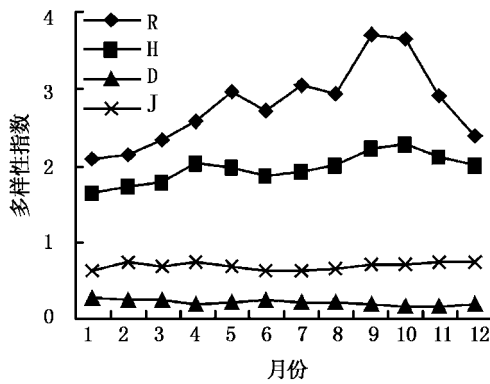


图 8 常熟断面多样性指数的季节变动  
Fig. 8 Seasonal fluctuation of diversity indexes of Changshu section in the lower reaches of Yangtze River

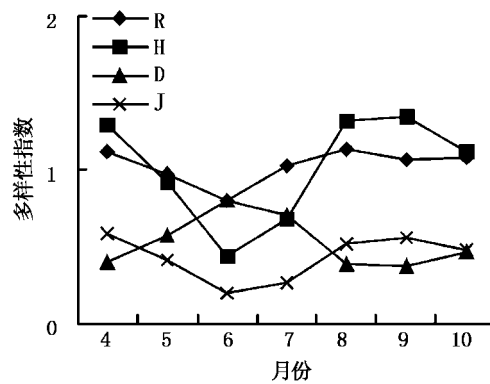


图 9 崇明断面多样性指数的季节变动  
Fig. 9 Seasonal fluctuation of diversity indexes of Chongming section in the lower reaches of Yangtze River

### 2.6 资源密度的时空特征

统计研究期内各监测断面所有采样日的总渔获数量和生物量,计算各断面单次采样的平均渔获数量和生物量。结果显示,崇明断面平均渔获数量和生物量为 40 838尾和 104.3 kg,安庆和常熟断面分别为 102尾和 8.2 kg以及 382尾和 30.9 kg。其中安庆与崇明断面的同口径(4—10月)统计数据为 126尾和 10.9 kg,常熟断面则为 507尾和 40.6 kg,两项指标均为崇明 >常熟 >安庆。长江下游各断面渔获数量和生物量同时还存在显著的季节差异,均表现为夏季 >春季 >秋季 >冬季,其中常熟夏季渔获数量集中度最高(占全年渔获物的比例为 62.12%),崇明夏季渔获生物量集中度最高(占全年渔获物的比例为 59.28%),安庆季节性差异相对较小(两指标分别为 39.83%和 39.87%)。安庆和常熟断面渔获物数量和生物量的低点均出现于 2月,高点则出现于 6—7月,崇明两指标高点均出现于 6月(图 10, 11)。

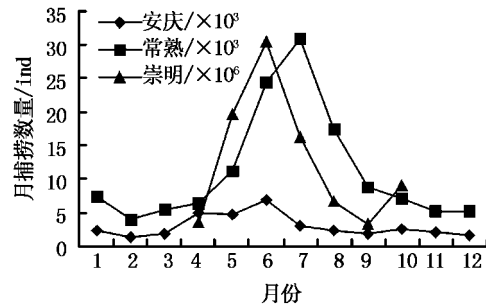


图 10 长江下游各断面捕捞数量季节变动  
Fig. 10 Seasonal fluctuation of catching number of three sections in the lower reaches of Yangtze River

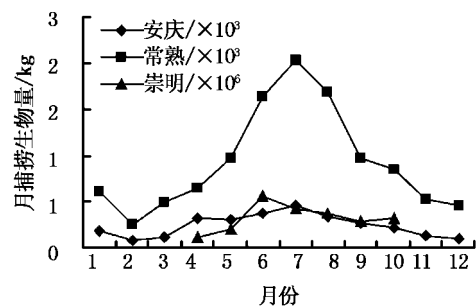


图 11 长江下游各断面捕捞生物量季节变动  
Fig. 11 Seasonal fluctuation of catching number of three sections in the lower reaches of Yangtze River

### 3 讨论

随着潮汐作用的强度自河口向上逐渐减弱,长江下游水域形成了由咸水向淡水逐步演变的复杂生境,这是形成群落多样性空间特征的主要原因。季节特征则主要取决于渔业生物剩余群体和补充群体的数量变动以及在不同生活史阶段对环境因子的需求差异,而这种差异主要表现为繁殖期、洄游期和越冬期等关键节点上。安庆断面为典型的淡水型群落,常熟断面江海洄游种类和咸水种类数量明显增多,至崇明断面时群落结构已转变为咸水型。安庆和常熟断面优势种主要为鲤形目和鲶形目的经济鱼类,规格相对较大,而崇明则以鲈形目和十足目的小型鱼、蟹类为主,这使得崇明断面整体渔获规格显著小于安庆和常熟。同时少数种类优势度偏高,降低了群落多样性水平,因此其相关多样性指数均低于安庆和常熟断面,这与张敏莹等<sup>[20-21]</sup>和刘凯等<sup>[22]</sup>的报道结果相似。长江下游鱼类的产卵盛期主要在春季,产卵水域多为水草茂盛的浅水区,此时近岸插网中的渔获物种数和渔获量开始上升,渔获群体主要为规格较大的剩余群体,个体集中度较低,群落多样性水平较高;夏季补充群体数量大幅增加,整体渔获规格显著减小,群落优势度迅速向少数优势种集中,因而群落多样性水平也趋降;秋冬两季随着水温逐渐降低,许多种类迁徙至深水区越冬,渔获物种数和渔获量均趋于下降,整体渔获规格迅速下滑,群落多样性水平也再度趋降。

研究期内长江春季禁渔行动得以顺利实施,沿江省份对违规网具进行了集中清理整治,因此长江下游渔业群落的捕捞压力大幅减轻。在此有利背景之下,安庆和常熟断面的渔获物种数和渔获量均大幅增加,群落多样性水平显著提升,相关指标呈现出恢复性上升的年间变化特征,对比分析明显优于施炜纲等<sup>[4]</sup>的报道结果。相比之下,崇明断面的相关指标仍未出现好转趋势,该结果与施炜纲等<sup>[5]</sup>和刘凯等<sup>[9]</sup>的研究一致,其原因可能是由于崇明江面宽度远大于安庆和常熟,恶劣的气象和水文条件又缩短了有效监测期,从而增大了该断面渔获群落与实际群落间的差异。同时北八淤临近入海口,渔获物基本为河口近海种类,随潮汐上溯的海水鱼类对群落结

构的影响极大,加之启东嘴和南汇嘴线外并不实施禁捕,因此春季禁渔对其保护的效果甚微。

崇明断面的群落结构和优势种组成与张衡等<sup>[23]</sup>、张涛等<sup>[24]</sup>和冯广朋等<sup>[25]</sup>在东旺沙和团结沙的研究结果较为接近,但是上述报道中的部分常见种如鲻和鲢在本研究调查中未曾出现,除了调查网具存在差异外,其原因可能还有以下两点:(1)崇明断面主要监测期内(4-10月)鲻和鲢的资源密度较低。据张国祥等<sup>[26]</sup>报道,鲻科鱼类在河口区的分布并不均衡,且季节差异显著,如3月份长江北支插网中鲻占总渔获数量的比例为68.4%,而4月和7月仅分别占2.4%和2.8%,其余月份则未见;(2)水文条件差异较大。东旺沙和团结沙在崇明岛最东端,周围均为开阔水域,而北八淤靠近口内,附近的圈围工程使得该水域水位下降,水流减缓,因此该断面的物种数量相对较少<sup>[23-24]</sup>,而盐度和水流等关键水文因子的差异可能对鲻和鲢的分布具有较大影响。

### 参考文献:

- [1] 刘建康,曹文宣.长江流域的鱼类资源及其保护对策[J].长江流域资源与环境,1992,1(1):17-23.
- [2] 庄平,王幼槐,李圣法,等.长江口鱼类[M].上海:上海科学技术出版社,2006:1-2.
- [3] 湖北省水生生物研究所鱼类研究室.长江鱼类[M].北京:科学出版社,1976:16-217.
- [4] 施炜纲,王博,王利民.长江下游水生动物群落生物多样性变动趋势初探[J].水生生物学报,2002,26(6):654-661.
- [5] 施炜纲,刘凯,张敏莹,等.春季禁渔期间长江下游鱼虾蟹类物种多样性变动(2001-2004年)[J].湖泊科学,2005,17(2):169-175.
- [6] 刘凯,徐东坡,段金荣,等.长江下游江段渔业群落多样性现状[J].长江流域资源与环境,2007,16(S1):25-30.
- [7] 徐东坡,张敏莹,刘凯,等.长江安庆江段春禁前后渔业生物多样性变化[J].安徽农业大学学报,2006,33(1):76-80.
- [8] 张敏莹,刘凯,徐东坡,等.春季禁渔对常熟江段渔业群落结构及物种多样性影响的初步研究[J].长江流域资源与环境,2006,15(4):442-446.
- [9] 刘凯,张敏莹,徐东坡,等.长江春季禁渔对崇明北滩渔业群落的影响[J].中国水产科学,2006,13(5):834-839.
- [10] 陈小华,李小平,程曦.黄浦江和苏州河上游鱼类多样性组成的时空特征[J].生物多样性,2008,16(2):192-196.
- [11] 郑颖,戴小杰,朱江峰.长江河口定置张网渔获物组成及其多样性分析[J].安徽农业科技,2009,37(20):9510-9513.



- [12] 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海市水产研究所. 上海鱼类志 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1990: 93—384.
- [13] Pianka E R. Ecology of the agamid lizard *Amphibolus isolepis* in Western Australia [J]. *Copeia* 1971; 527—536.
- [14] 邓景耀, 金显仕. 莱州湾及黄河口水域渔业生物多样性及其保护研究 [J]. *动物学研究*, 2000, 21(1): 76—82.
- [15] 程济生. 黄海无脊椎动物资源结构及多样性 [J]. *中国水产科学*, 2005, 12(1): 68—75.
- [16] Margalef D R. Information theory in ecology [J]. *Gen Syst* 1957, 3: 36—71.
- [17] Shannon C E, Weaver W. The mathematical theory of communication [M]. Urbana: University of Illinois Press 1949: 117.
- [18] Simpson E H. Measurement of Diversity [J]. *Nature* 1988, 233: 204—205.
- [19] Pielou E C. Ecological diversity [M]. New York: Wiley 1975: 1—165.
- [20] 张敏莹, 徐东坡, 段金荣, 等. 长江常熟江段渔业群落结构及物种多样性初步研究 [J]. *生态科学*, 2007, 26(6): 525—530.
- [21] 张敏莹, 徐东坡, 刘凯, 等. 长江安庆江段鱼类调查及物种多样性初步研究 [J]. *湖泊科学*, 2006, 18(6): 670—676.
- [22] 刘凯, 徐东坡, 张敏莹, 等. 崇明北滩鱼类群落生物多样性初探 [J]. *长江流域资源与环境*, 2005, 14(4): 418—421.
- [23] 张衡, 朱国平, 陆健健. 长江河口湿地鱼类的种类组成及多样性分析 [J]. *生物多样性*, 2009, 17(1): 76—81.
- [24] 张涛, 庄平, 刘健, 等. 长江口崇明东滩鱼类群落组成和生物多样性 [J]. *生态学杂志*, 2009, 28(10): 2056—2062.
- [25] 冯广朋, 庄平, 刘健, 等. 崇明东滩团结沙鱼类群落多样性与生长特性 [J]. *海洋渔业*, 2007, 29(1): 38—43.
- [26] 张国祥, 张雪生. 长江口定置张网渔业调查 [J]. *水产学报*, 1985, 9(2): 185—198.