

## 长江近口段近岸段鱼类群落多样性现状

田佳丽, 王银平, 李佩杰, 代培, 刘思磊, 胡敏琦, 刘凯

## Species diversity of fish in the section near the Yangtze River estuary

TIAN Jiali, WANG Yinping, LI Peijie, DAI Pei, LIU Silei, HU Minqi, LIU Kai

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12024/jsou.20200202921>

### 您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

#### [长江安庆段春季鱼类群落结构特征及多样性研究](#)

Spring Community Structure and Species Diversity of Fish in the Anqing Section of Yangtze River

水生态学杂志. 2017, 38(6): 64 <https://doi.org/10.15928/j.1674-3075.2017.06.009>

#### [长江近口段沿岸亚科鱼类的数量动态及其影响因子](#)

Quantity dynamics of subfamily fishes Gobioninae and related environmental factors in tidal coastal waters of the Yangtze River

上海海洋大学学报. 2020, 29(3): 364 <https://doi.org/10.12024/jsou.20190502631>

#### [长江下游镇江和畅洲北汊江段鱼类群落多样性研究](#)

Study on Fish Community Diversity in the North of Hechangzhou Section of the Lower Yangtze River

水生态学杂志. 2018, 39(6): 73 <https://doi.org/10.15928/j.1674-3075.2018.06.011>

#### [海南岛近岸海域鱼类物种组成和多样性的季节变动](#)

Seasonal changes of species composition and diversity of fishes in coastal waters of Hainan Island, China

南方水产科学. 2012, 8(1): 1 <https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-0780.2012.01.001>

#### [长江近口段鳗苗捕捞量的时间格局及其与生态因子的GAM模型分析](#)

Temporal pattern of *Anguilla japonica* glass eels catches at Jingjiang section of the Yangtze River in fishing season in relation to ecological factors using a generalized additive model (GAM)

水产学报. 2017, 41(4): 547 <https://doi.org/10.11964/jfc.20160510419>

#### [长江口海域夏季鱼卵、仔稚鱼种类组成及多样性连续观测](#)

The continuous observation of ichthyoplankton species composition and diversity in summer in Yangtze River estuary

渔业研究. 2020, 42(1): 10 <https://doi.org/10.14012/j.cnki.fjsc.2020.01.002>

文章编号: 1674-5566(2021)02-0320-11

DOI:10.12024/jsou.20200202921

## 长江近口段近岸段鱼类群落多样性现状

田佳丽<sup>1,2</sup>, 王银平<sup>1</sup>, 李佩杰<sup>1</sup>, 代培<sup>1</sup>, 刘思磊<sup>1</sup>, 胡敏琦<sup>1,2</sup>, 刘凯<sup>1,2</sup>

(1. 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心 农业农村部长江下游渔业资源环境科学观测实验站, 江苏 无锡 214081;  
2. 上海海洋大学 水产科学国家级实验教学示范中心, 上海 201306)

**摘要:** 为掌握长江近口段近岸段鱼类群落多样性现状, 2017年在南通和常熟江段近岸水域开展了鱼类周年调查, 统计分析了鱼类群落主要参数及时空特征。结果显示, 本次调查共采集到鱼类62种, 隶属于8目17科。就鱼类食性、洄游习性及栖息水层等3个生态类型归类, 该鱼类群落的优势类群依次为杂食性鱼类、淡水定居性鱼类及底层鱼类。渔获规格上以小于50g的小型鱼类占优势, 物种数及渔获尾数占比分别为37种、67.77%。Margalef丰富度指数( $D$ )、Shannon-Wiener多样性指数( $H'$ )、Simpson单纯度指数( $C$ )和Pielou均匀度指数( $E$ )的变化幅度分别为3.73~6.26、2.44~2.98、0.07~0.15和0.64~0.76, 均值为5.03、2.62、0.12、0.73, 群落多样性水平时间特征表现为春夏季高于秋冬季, 空间特征则表现为常熟采样点高于南通采样点。长江近口段近岸段渔获尾数同样呈现出季节性差异, 夏季的渔获尾数最多, 冬季最少。聚类分析结果表明鱼类群落在相似度为44.34%时被划分为2个类群, 该江段鱼类群落差异更多地来自季节变化。研究结果补充了长江近口段近岸段鱼类的基础数据, 为该江段乃至长江流域渔业资源评估和保护提供了科学依据。

**关键词:** 长江近口段; 群落结构; 鱼类生物多样性; 生态类群

**中图分类号:** S 932.4

**文献标志码:** A

长江口为太平洋西岸的第一大河口, 是我国鱼类生物多样性最丰富且渔业潜力最高的河口<sup>[1]</sup>。长江口作为一个典型的咸淡水交替作用的河口生态系统<sup>[2]</sup>, 受长江径流和潮汐的交互影响, 陆海物质交汇、咸淡水混合, 形成了长江口独特的自然条件和多样性的生境。同时河口环境的复杂性影响着鱼类群落的分布<sup>[3]</sup>。长江口范围上至徐六泾, 下至入海口50号灯浮, 全长约167 km。长江近口段为大通至徐六泾之间的河段, 是长江干流和长江口的过渡段, 以强烈的径潮相互作用为主要特征, 对径流和潮汐的变化敏感。

近年来, 我国学者对长江干流鱼类群落展开了大量调查研究工作, 调查范围覆盖了长江中上游<sup>[4-7]</sup>、下游<sup>[8-9]</sup>及河口<sup>[10-11]</sup>等多个江段, 相比而言, 针对长江近口段鱼类群落的研究罕有报道。20世纪后期至今, 随着大型涉水工程的建设, 在

过度捕捞及水域污染加剧的影响下, 长江流域渔业资源持续衰退, 渔业捕捞量大幅下降, 珍稀物种濒危程度加剧, 生物多样性趋于丧失<sup>[12]</sup>。长江近口段渔业资源同样面临着巨大的威胁, 主要表现为生物多样性低, 渔业捕捞产量下降等资源衰退特征<sup>[13]</sup>。

基于以上科学问题和研究背景, 本研究选取长江近口段南通和常熟2个江段进行近岸鱼类群落多样性现状的周年调查, 以期这一敏感水域渔业资源的合理利用与管理提供科学依据, 也为长江下游鱼类生态学研究积累基础资料。

### 1 材料与方法

#### 1.1 采样方法

2017年春季(5月)、夏季(7月)、秋季(9月)和冬季(12月)对长江近口段鱼类群落进行周年调查, 共设置2个调查样点(图1), 其中江北

收稿日期: 2020-02-05

修回日期: 2020-04-22

基金项目: 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心基本科研业务费项目(2019JBFZ05); 农业财政专项(CJDC-2017-22)

作者简介: 田佳丽(1995—), 女, 硕士研究生, 研究方向为鱼类生态学。E-mail: 574331597@qq.com

通信作者: 刘凯, E-mail: liuk@ffrc.cn

岸南通采样点(N1)的中心经纬度为 120°52'39"E 和 31°55'59"N,江南岸常熟采样点(N2)的中心经纬度为 120°50'00"E 和 31°47'25"N,2 个采样点的直线距离为 15.9 km。每个采样点各设置 1 张插网(网长 150 m,网高 5 m,网目 3 cm)、4 条多目刺网(网长 125 m,网高 1.5 m,网目从小到大分别为 1.2、2、4、6、8、10、14 cm)、3 条虾笼网(网长

10 m,网高 40 cm,网宽 40 cm,网目 1.6 cm)进行鱼类样品采集,每个采样季节进行 1 次调查,各采样点均调查 2 d,每天各网具均放置约 24 h 后收集渔获物。渔获物收集后立即放置于带冰的保温箱保存,依据文献<sup>[14-15]</sup>分类鉴定,利用数显游标卡尺和电子天平抽样测定鱼类的体长和体质量,体质量精确至 0.1 g,体长精确至 0.01 mm。

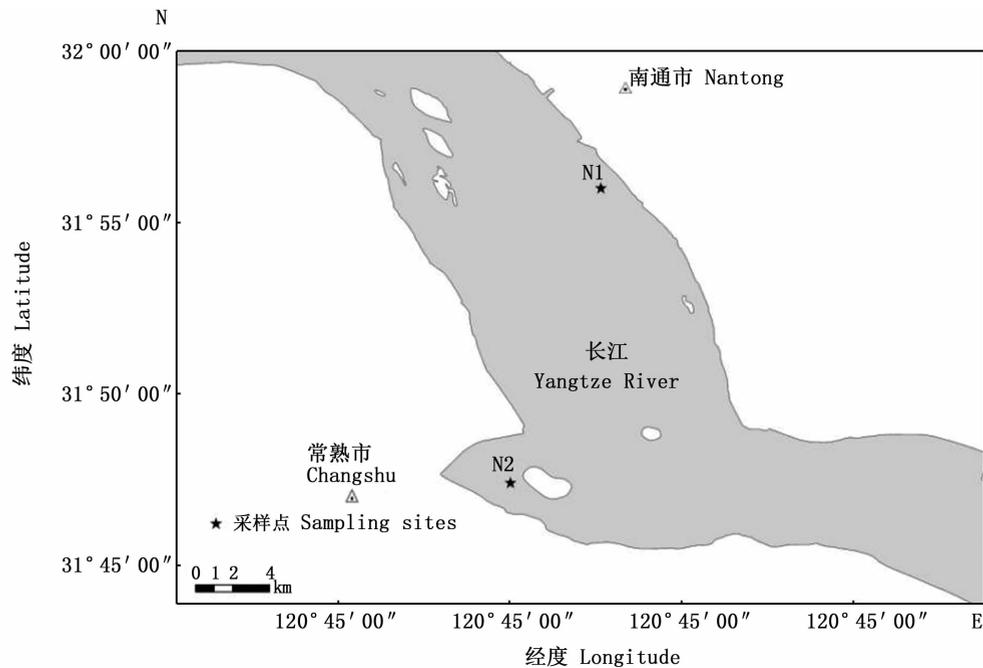


图 1 长江近口段鱼类采样点设置

Fig. 1 Location of sampling sites on fish resources near the Yangtze River estuary

## 1.2 数据分析与处理

### 1.2.1 相对重要性指数

相对重要性指数(index of relative importance, IRI)<sup>[16]</sup>计算公式为

$$I_{IRI} = (N_i + W_i) \times F_i \times 10\ 000 \quad (1)$$

式中: $I_{IRI}$ 为相对重要性指数; $N_i$ 为某一物种的渔获尾数占总渔获尾数的百分比,%; $W_i$ 为某一物种的生物量占总生物量的百分比,%; $F_i$ 为某一物种出现的频率,%。

根据 IRI 对鱼类的生态优势度进行分类,分为优势种( $IRI \geq 1\ 000$ )、重要种( $100 \leq IRI < 1\ 000$ )、常见种( $10 \leq IRI < 100$ )、一般种( $1 \leq IRI < 10$ )和偶见种( $IRI < 1$ )<sup>[17]</sup>。

### 1.2.2 生物多样性指数

鱼类物种多样性:Shannon-Wiener 多样性指数( $H'$ )<sup>[18]</sup>、Margalef 丰富度指数( $D$ )<sup>[19]</sup>、Pielou

均匀度指数( $E$ )<sup>[20]</sup>和 Simpson 单纯度指数( $C$ )<sup>[21]</sup>计算公式为

$$H' = - \sum (n_i/N) \ln(n_i/N) \quad (2)$$

$$D = (S - 1) / \ln S \quad (3)$$

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

$$C = \sum (n_i/N)^2 \quad (5)$$

式中: $S$ 为鱼类群落中总物种数,种; $N$ 为鱼类群落中总渔获尾数,尾; $n_i$ 为第  $i$  种物种的渔获尾数,尾。

### 1.2.3 生态类型

根据鱼类食性差异划分为肉食性、杂食性、植食性和浮游生物食性 4 类<sup>[22-23]</sup>;根据鱼类洄游习性差异划分为江海洄游性、江湖洄游性、淡水定居性和河口性 4 类<sup>[24]</sup>;根据鱼类栖息水层差异划分为中上层、中下层和底层等 3 类<sup>[13]</sup>。

### 1.2.4 群落聚类分析

构建各采样点/季节各物种渔获尾数原始矩阵,对各物种的渔获尾数进行平方根转换后计算 Bray-Curtis 相似性系数,采用 Primer 5 软件进行聚类分析(cluster analysis)得出树状图<sup>[25-26]</sup>。

采用单因素方差法(One-Way analysis of variance, ANOVA)对鱼类物种数、生物多样性指数的差异进行检验分析,利用 Excel 2019、SPSS 22 进行数据基础统计分析。

## 2 结果

### 2.1 物种组成和优势种分析

调查期内共采集鉴定鱼类 62 种,隶属于 8 目 17 科(表 1),其中:鲤形目(Cypriniformes)鱼类共 37 种,占总渔获尾数的 77.38%;鲈形目

(Perciformes)鱼类共 12 种,占总渔获尾数的 17.62%;其余各目物种数相对较少,共占总渔获尾数的 5.00%。采集到珍稀濒危物种和外来种各 1 种,分别为胭脂鱼(*Myxocyprinus asiaticus*)和德国镜鲤(*Cyprinus capio* L.)。分别根据食性、洄游习性和栖息水层对鱼类群落生态类型进行划分,3 种生态类型的优势类群依次为杂食性鱼类、淡水定居性鱼类和底层鱼类,物种占总物种数的比例依次为 59.67%、72.58%、46.77%。

根据相对重要性指数统计,共出现 6 种优势种,其中鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)为第一优势种(表 2),优势种渔获尾数和生物量占总渔获物的比例分别为 46.85% 和 83.82%。四季共有的优势种为鲢、鳙(*Hypophthalmichthys nobilis*)、鲫(*Carassius auratus*)。

表 1 长江近口段鱼类物种组成和生态类型  
Tab. 1 Species composition and ecological guilds of fish community near the Yangtze River estuary

物种 Species	生态类型 Ecological types		
	食性 Feeding habits	洄游习性 Migratory habits	栖息水层 Depth range
鲈形目 Pleuronectiformes			
窄体舌鳎 <i>Cynoglossus gracilis</i> *	O	EF	D
鲱形目 Clupeiformes			
刀鲚 <i>Coilia nasus</i> *	C	RS	U
鲤形目 Cypriniformes			
胭脂鱼 <i>Myxocyprinus asiaticus</i> *	O	SF	L
花斑副沙鳅 <i>Parabotia fasciata</i> *	O	SF	D
大鳞副泥鳅 <i>Paramisgurnus dabryanus</i> *	O	SF	D
泥鳅 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i> *	O	SF	D
方氏鲃 <i>Rhoseus fangi</i> *	O	SF	D
高体鲃 <i>Rhoseus ocellatus</i> *	O	SF	U
中华鲃 <i>Rhodeus sinensis</i>	O	SF	D
大鳍鲃 <i>Acheilognathus macropterus</i> *	O	SF	U
兴凯鲃 <i>Acheilognathus chankaensis</i> *	O	SF	U
贝氏鲃 <i>Hemiculter bleekeri</i> *	P	SF	U
鲃 <i>Hemiculter leucisculus</i> *	P	SF	U
鳊 <i>Parabramis pekinensis</i>	H	SF	L
飘鱼 <i>Pseudolaubuca sinensis</i> *	O	SF	U
团头鲂 <i>Megalobrama amblycephala</i>	O	SF	D
达氏鲂 <i>Chanodichthys dabryi</i>	C	SF	L
蒙古鲂 <i>Chanodichthys mongolicus</i>	C	SF	U
翘嘴鲂 <i>Culter alburnus</i>	C	SF	U
红鳍原鲂 <i>Cultrichthys erythropterus</i>	C	SF	U
鲫 <i>Carassius auratus</i>	O	SF	L
德国镜鲤 <i>Cyprinus capio</i> L.*	O	SF	L
鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	O	SF	D
麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i> *	O	SF	U
棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i> *	O	SF	D
蛇鲂 <i>Saurogobio dabryi</i> *	O	SF	L
长蛇鲂 <i>Saurogobio dumerili</i> *	C	RS	D
银鲂 <i>Squalidus argentatus</i> *	O	SF	L
铜鱼 <i>Coreius heterodon</i>	O	SF	D

· 续表 1 ·

物种 Species	生态类型 Ecological types		
	食性 Feeding habits	洄游习性 Migratory habits	栖息水层 Depth range
草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>	H	RL	L
赤眼鲮 <i>Squaliobarbus curriculus</i>	O	SF	U
青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i>	C	RL	L
鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	P	RL	U
鳙 <i>Hypophthalmichthys nobilis</i>	P	RL	U
似鳊 <i>Pseudobrama simoni</i> *	P	SF	L
黄尾鲮 <i>Xenocypris davidi</i>	H	SF	D
细鳞鲮 <i>Xenocypris microlepis</i>	O	SF	L
银鲮 <i>Xenocypris argentea</i>	H	SF	L
鳊 <i>Elopichthys bambusa</i>	C	RL	U
鲈形目 Perciformes			
圆尾斗鱼 <i>Macropodus ocellatus</i> *	O	SF	L
大眼鳊 <i>Siniperca kneri</i>	C	SF	D
鳊 <i>Siniperca chuatsi</i>	C	SF	D
中国花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	C	RS	U
河川沙塘鳢 <i>Odontobutis potamophila</i> *	C	SF	D
小黄鲈 <i>Micropercops swinhonis</i> *	O	SF	L
乌鳢 <i>Channa argus</i>	C	SF	D
尖头塘鳢 <i>Eleotris oxycephala</i> *	O	EF	D
波氏吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius cliffordpopei</i> *	O	SF	D
子陵吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i> *	C	RS	D
粘皮鲯虾虎鱼 <i>Mugilogobius myxodermus</i> *	O	EF	D
矛尾复虾虎鱼 <i>Synechogobius hasta</i> *	O	RS	D
鳗鲡目 Anguilliformes			
鳗鲡 <i>Anguilla japonica</i>	O	RS	L
鲇形目 Siluriformes			
光泽黄颡鱼 <i>Pelteobagrus nitidus</i> *	O	SF	D
黄颡鱼 <i>Tachysurus fulvidraco</i> *	O	SF	D
瓦氏黄颡鱼 <i>Pelteobagrus vachelli</i> *	O	SF	D
长须黄颡鱼 <i>Pelteobagrus eupogon</i> *	O	SF	D
圆尾拟鲿 <i>Pseudobagrus tenuis</i>	O	SF	D
长吻鲿 <i>Leiocassis longirostris</i>	C	RL	D
鲇 <i>Silurus asotus</i>	C	SF	D
鲇形目 Tetraodontoidei			
暗纹东方鲀 <i>Takifugu obscurus</i> *	O	RS	L
鲻形目 Mugiliformes			
鲻 <i>Planiliza haematocheila</i>	O	EF	D
鲻 <i>Mugil cephalus</i>	O	EF	L

注: \*. 小型鱼类; C. 肉食性; O. 杂食性; H. 植食性; P. 浮游生物食性; RS. 江海洄游性; RL. 江湖洄游性; SF. 淡水定居性; EF. 河口性; U. 中上层; L. 中下层; D. 底层。

Notes: \*. Small fish; C. Carnivore; O. Omnivore; H. Herbivore; P. Planktonic; RS. River-sea migratory; RL. River-lake migratory; SF. Sedentary fish; EF. Estuarine fish; U. Upper; L. Lower; D. Demersal.

表 2 长江近口段鱼类优势种组成

Tab. 2 Dominant species composition of fish near the Yangtze River estuary

物种 Species	相对重要性指数 IRI	渔获尾数百分比 N/%	生物量百分比 W/%	频率 F/%
鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	5 301.85	2.48	50.54	100
鳙 <i>Hypophthalmichthys nobilis</i>	1 849.45	0.94	17.56	100
中国花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	1 753.42	9.98	7.55	100
鳊 <i>Parabramis pekinensis</i>	1 373.05	7.76	5.97	100
鲫 <i>Carassius auratus</i>	1 217.38	10.78	1.39	100
贝氏鲮 <i>Hemiculter bleekeri</i>	1 178.74	14.91	0.81	75

## 2.2 渔获规格的时空变化

汇总统计所有渔获物,平均规格小于 50 g、50~500 g 以及大于 500 g 的鱼类物种数分别为 37 种、18 种、7 种;汇总统计抽样生物学测定的渔获物,个体生物量小于 50 g、50~500 g 以及大于 500 g 的渔获尾数占总渔获尾数的比例分别为 67.77%、27.33%、4.90%。

就季节而言,大规格鱼类(>500 g)的物种数春秋季节(均为 7 种)高于夏冬季(均为 5 种),渔获

尾数则为春季最多(292 尾)、秋季最少(71 尾);规格小于 50 g 的鱼类物种数为夏季(32 种)高于秋季(10 种),渔获尾数则为春季(4 775 尾)最多、秋季(96 尾)最少。见图 2。

就采样点而言,南通采样点上述 3 种规格鱼类物种数及渔获尾数占总渔获尾数比例两项指标统计结果分别为 34 种、13 种、6 种及 88.10%、8.00%、3.90%,常熟采样点分别为 38 种、16 种、6 种及 66.89%、27.44%、5.67%,见图 3。

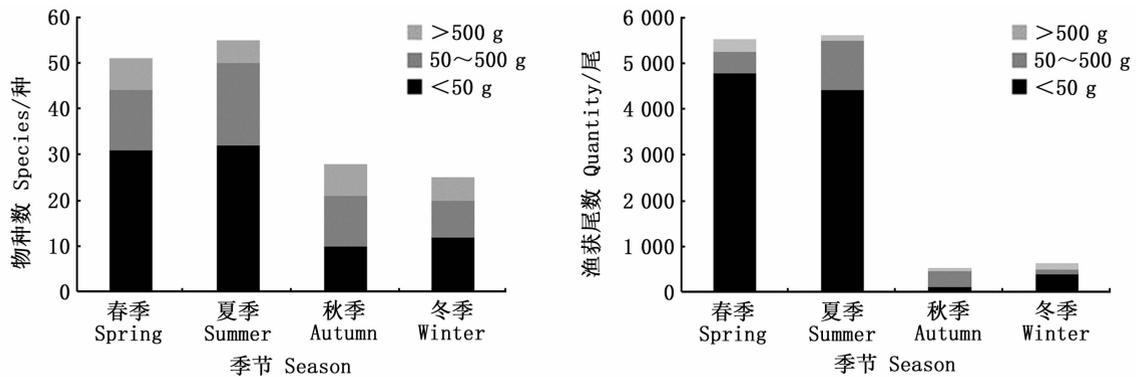


图 2 长江近口段渔获物规格的时间变化

Fig. 2 Temporal variations of fish specification near Yangtze River estuary

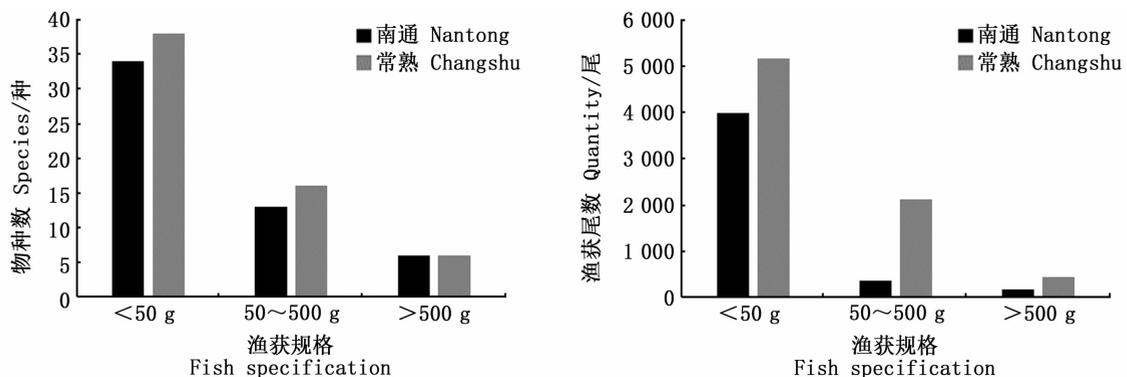


图 3 长江近口段渔获物规格的空间变化

Fig. 3 Spatial variations of fish specification near Yangtze River estuary

## 2.3 渔获尾数和生物量的时空变化

调查期内共采集鱼类 12 283 尾、1 465.42 kg。南通采样点的渔获尾数在春季最多(2 935 尾),秋季最少(199 尾);生物量在春季最高(129.94 kg),夏季最低(39.04 kg)。常熟采样点

的渔获尾数在冬季最多(4 618 尾),夏季最少(209 尾),生物量则为春季最高(518.19 kg),秋季最低(85.22 kg)。总体上,渔获尾数和生物量的季节变化趋势相近,2 个采样点间的渔获尾数和生物量变化趋势亦相似。见图 4。

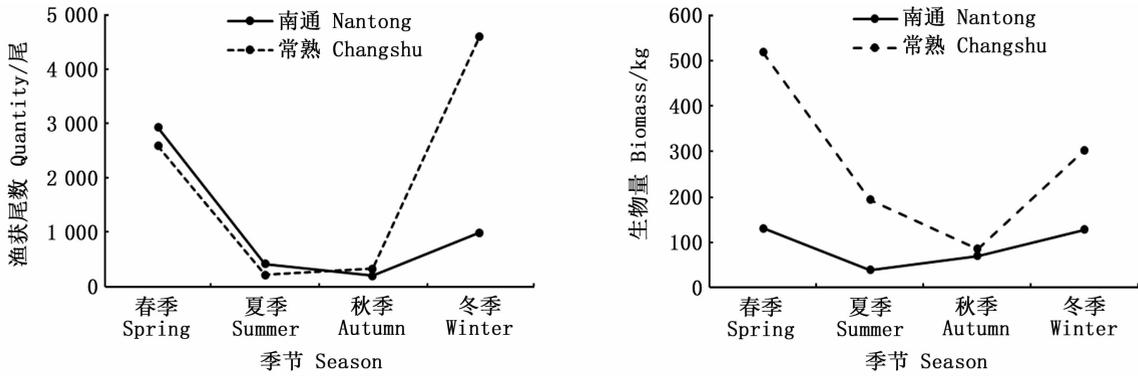


图 4 长江近口段渔获尾数和生物量的变化

Fig. 4 Variations of fish quantity and biomass in the coast of Yangtze River estuary

2.4 群落多样性的时空变化

调查江段鱼类物种数季节变化特征明显,表现为春夏季显著高于秋冬季,物种数峰值均出现于夏季(常熟采样点 47 种),谷值均出现于冬季(常熟采样点 20 种)。其中南通采样点和常熟采样点各季节平均物种数分别为 31 和 36 种,南通采样点略低于常熟采样点,见图 5。

就季节而言,长江近口段鱼类群落 Margalef 丰富度指数 ( $D$ )、Shannon-Wiener 多样性指数 ( $H'$ )、Simpson 单纯度指数 ( $C$ ) 和 Pielou 均匀度指数 ( $E$ ) 的变幅分别为 3.73 ~ 6.26、2.44 ~ 2.98、0.07 ~ 0.15 和 0.64 ~ 0.76,均值为 5.03、2.62、0.12、0.73。总体上 Margalef 丰富度指数 ( $D$ ) 和 Shannon-Wiener 多样性指数 ( $H'$ ) 表现为春夏季高于秋冬季,Simpson 单纯度指数 ( $C$ ) 和 Pielou 均匀度指数 ( $E$ ) 窄幅波动。就采样点而言,常熟采样点的 Margalef 丰富度指数 ( $D$ )、Shannon-Wiener

多样性指数 ( $H'$ ) 和 Simpson 单纯度指数 ( $C$ ) 均略高于南通采样点,Pielou 均匀度指数 ( $E$ ) 则表现为南通采样点(0.74)略高于常熟采样点(0.72)。见图 6。

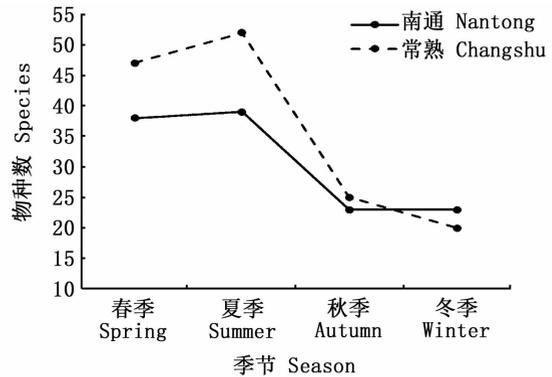


图 5 长江近口段鱼类物种数的季节变化  
Fig. 5 Seasonal variations of fish species near Yangtze River estuary

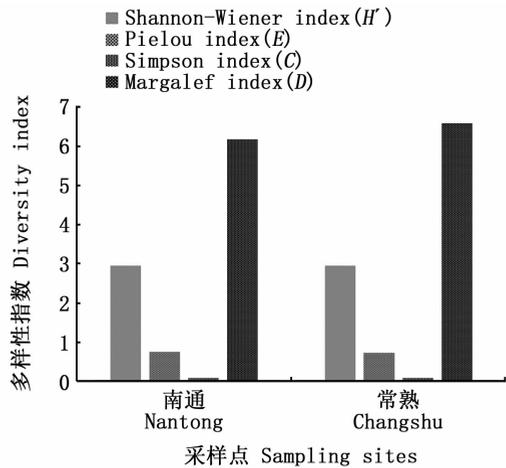
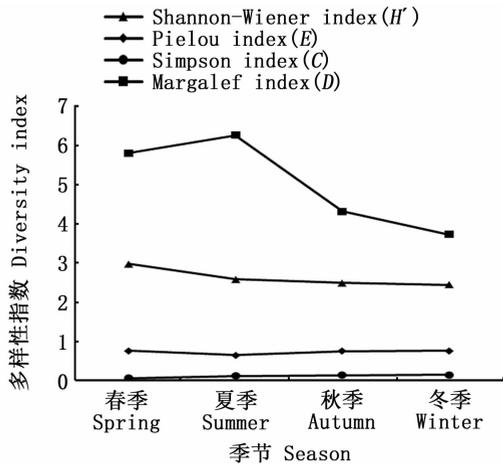


图 6 长江近口段鱼类群落多样性指数时空特征

Fig. 6 Temporal-spatial variations of diversity index of fish community near Yangtze River estuary

## 2.5 鱼类群落结构的时空变化

就季节而言,夏季采集的鱼类物种数最多(55种),春季次之(51种),秋冬季最少(均为23种);就采样点而言,南通和常熟采样点分别采集到鱼类53种和60种,共有种为51种。

对4个季节和2个采样点的各物种渔获尾数结果进行聚类分析,结果表明该江段鱼类群落在相似度为44.34%时被划分为2个类群(图7):类群1是以春季为主的南通和常熟采样点,鱼类群落结构特征比较相似;类群2则以其他3个季节为主。

## 3 讨论

### 3.1 长江口近岸段鱼类群落结构现状

长江口历来是鱼类生物多样性最为丰富的水域之一<sup>[1]</sup>,使得长江近口段拥有多样化的生境

条件和丰富的饵料资源,为该水域鱼类等众多水生生物提供了优良的栖息条件。本次周年调查共采集到鱼类62种,远高于长江安庆段(35种)<sup>[9]</sup>和芜湖段(54种)<sup>[27]</sup>,同样也高于该江段的历史调查结果(55种)<sup>[28]</sup>。该江段鱼类生态类群构成与其他水域的研究结果相近<sup>[29-31]</sup>,均以杂食性鱼类和淡水定居性鱼类为主,有所区别的是,因近口段的水域位置特点及鱼类环境适应性,洄游性鱼类和河口性鱼类的物种数多于长江下游其他江段<sup>[32]</sup>。就渔获规格而言,该江段渔获物以规格小于50g的小型鱼类占优势,这与长江下游多数江段的研究结果一致<sup>[33-34]</sup>;同时规格大于500g的鱼类占比高于长江安庆江段和铜陵江段<sup>[35-36]</sup>,鱼类群落中鲢、鳙等大规格鱼类的优势度显著提升。

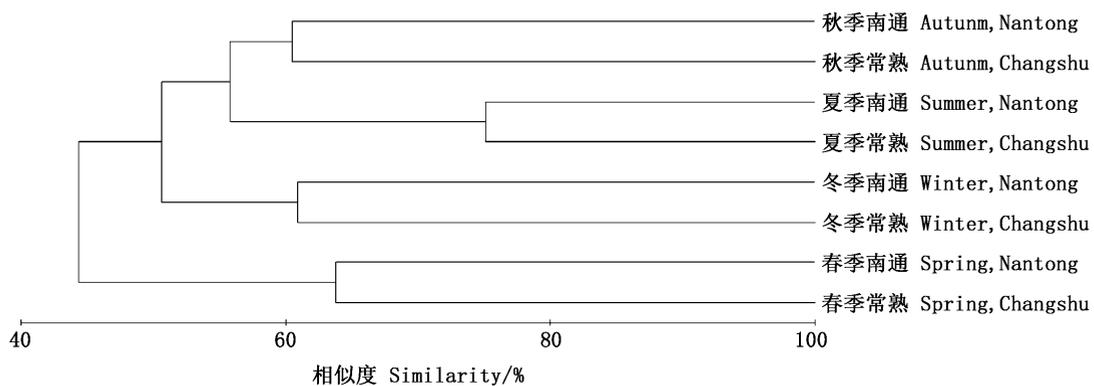


图7 长江近口段鱼类群落聚类分析图

Fig.7 Cluster dendrogram of fish community near Yangtze River estuary

与2000—2006年常熟江段的调查结果<sup>[8]</sup>相比,该江段鱼类群落结构发生了显著变化,原先刀鲚、铜鱼、翘嘴鲌等名贵经济鱼类的生态优势度下降,而鲢、鳙等显著上升。前者的下降符合长江流域鱼类资源急剧衰退的大趋势,而鲢、鳙等鱼类优势度的上升则缘于春季禁渔制度及打击非法渔具渔法等措施的实施,有效降低了长江下游的捕捞压力,再加上近年来长江下游持续实施资源增殖放流,鲢、鳙作为主要的放流对象,在鱼类群落中的生态优势度显著提升<sup>[37]</sup>。本研究中鲢、鳙渔获尾数及生物量占总渔获物的比例分别为3.42%和68.10%,显著高于以往该江段的研究结果<sup>[38-39]</sup>,这与徐东坡等<sup>[33]</sup>的研究结论一致。调查发现中国花鲈作为该江段鱼类群落的

主要优势种,生态优势度显著高于长江下游其他江段<sup>[28]</sup>,一方面同样是得益于渔业主管部门的保护措施及执法管理,另一方面有研究表明中国花鲈喜栖息于河口咸淡水交界区域<sup>[40]</sup>,入江河流与该江段洲滩之间形成的缓流等水文条件及该江段丰富的小型鱼类资源为其提供了良好的索饵育肥条件,因此中国花鲈在长江近口段分布相对集中。

### 3.2 长江口近岸段鱼类群落多样性时空特征

调查结果显示,该江段鱼类群落多样性水平表现出显著的时空特征。

就时间特征而言,表现为春夏季较高,秋冬季较低。群落多样性的季节性差异主要来自于鱼类生活史的周期变化,及其带来的鱼类剩余群

体和补充群体的数量变动<sup>[28]</sup>。本研究中春季鱼类群落多样性水平较高,这主要因为春季是大多数鱼类的产卵繁殖季节,产卵群体中有较多体格较大的成鱼<sup>[41]</sup>,因此,相比其他季节渔获尾数和生物量分布较均匀,群落生态优势度相对均衡:夏季,随着水温的升高鱼类活动增强,补充群体数量大幅增加,因此鱼类物种丰富度及生物量显著高于其他季节,但数量分布不均匀,优势种集中明显,导致 Pielou 均匀度指数( $E$ )较低<sup>[42]</sup>;冬季鱼类物种数和渔获尾数均显著下降,反映物种丰富度指标的 Margalef 丰富度指数( $D$ )显著低于其他季节,群落多样性整体水平也再度趋降,这是因为随着水温逐渐降低,鱼类逐渐迁徙至深水区越冬<sup>[28]</sup>。鱼类群落的聚类分析表明该江段春季 2 个采样点鱼类群落结构相似,这与生物多样性水平呈现的结果一致,表明该江段鱼类群落差异更多的来自于季节变化,这与鱼类的生活习性以及环境因子密切相关。

就空间特征而言,常熟采样点鱼类物种数及群落多样性水平均高于南通采样点,渔获物中鲢、鳙占比也高于后者。研究<sup>[43]</sup>表明河流鱼类物种组成及其数量的空间差异取决于栖息地有效性和物种的生物学特征。本研究中常熟和南通采样点均位于长江下游近口段范围内,位置相邻,受径流和潮汐的影响总体差异不大,采样强度也基本相同。但就水域生态环境而言有所不同的是,常熟采样点位于长江和太湖的连接通道——望虞河河口,河口通常是营养条件良好、生产力较高的水域,往往是鱼类的产卵场和索饵场,因此生物多样性水平也相对较高<sup>[33]</sup>。

## 参考文献:

- [1] FU C Z, WU J H, CHEN J K, et al. Freshwater fish biodiversity in the Yangtze River basin of China: patterns, threats and conservation[J]. *Biodiversity and Conservation*, 2003, 12(8): 1649-1685.
- [2] 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.  
ZHANG T, ZHUANG P, LIU J, et al. Species composition and biodiversity of fish community in Chongming Dongtan of Yangtze River estuary[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2009, 28(10): 2056-2062.
- [3] 洪巧巧.长江口中国花鲈的食性及分子生物学在食性分析上的应用[D].上海:华东理工大学,2012.  
HONG Q Q. Feeding habits of *Lateolabrax maculatus* in Yangtze River estuary[D]. Shanghai: East China University of Science and Technology, 2012.
- [4] 熊飞,刘红艳,段辛斌,等.长江上游江津江段鱼类群落结构及资源利用[J]. *安徽大学学报(自然科学版)*, 2014, 38(3): 94-102.  
XIONG F, LIU H Y, DUAN X B, et al. Community structure of fish and resources utilization in Jiangjin section of the upper Yangtze River[J]. *Journal of Anhui University (Natural Sciences Edition)*, 2014, 38(3): 94-102.
- [5] 杨志,唐会元,朱迪,等.三峡水库 175 m 试验性蓄水期库区及其上游江段鱼类群落结构时空分布格局[J]. *生态学报*, 2015, 35(15): 5064-5075.  
YANG Z, TANG H Y, ZHU D, et al. Spatiotemporal patterns of fish community structures in the Three Gorges Reservoir and its upstream during the 175-m-deep impoundment[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2015, 35(15): 5064-5075.
- [6] 范振华,巴家文,段辛斌.长江宜昌至城陵矶江段鱼类资源现状及物种多样性研究[J]. *淡水渔业*, 2012, 42(4): 20-25.  
FAN Z H, BA J W, DUAN X B. Studies on fish resources and species diversity in the middle reaches of the Yangtze River from Yichang to Chenglingji section[J]. *Freshwater Fisheries*, 2012, 42(4): 20-25.
- [7] 刘绍平,段辛斌,陈大庆,等.长江中游渔业资源现状研究[J]. *水生生物学报*, 2005, 29(6): 708-711.  
LIU S P, DUAN X B, CHEN D Q, et al. Studies on status of fishery resources in the middle reach of the Yangtze river[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2005, 29(6): 708-711.
- [8] 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.  
ZHANG M Y, XU D P, DUAN J R, et al. Primary studies on structure of fishery community and species diversity in Changshu section of the Yangtze River[J]. *Ecological Science*, 2007, 26(6): 525-530.
- [9] 张晓可,于道平,王慧丽,等.长江安庆段江豚主要栖息地鱼类群落结构[J]. *生态学报*, 2016, 36(7): 1832-1839.  
ZHANG X K, YU D P, WANG H L, et al. Fish community structure in main habitat of the finless porpoise, the Anqing section of Yangtze River[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2016, 36(7): 1832-1839.
- [10] 汤昌盛,张芳,冯颂,等.2015 年夏季长江口及其邻近海域渔业生物群落结构分析[J]. *海洋渔业*, 2017, 39(5): 490-499.  
TANG C S, ZHANG F, FENG S, et al. Biological community of fishery resources in the Yangtze River Estuary and adjacent sea areas in the summer of 2015[J]. *Marine Fisheries*, 2017, 39(5): 490-499.
- [11] 张衡,全为民,陈渊戈,等.长江口口门区潮下带水域鱼

- 类群落组成的季节变化[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(11): 1534-1539.
- ZHANG H, QUAN W M, CHEN Y G, et al. Seasonal changes of fish community composition in the subtidal water in the mouth area of Yangtze estuary [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2014, 23(11): 1534-1539.
- [12] 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.
- SHI W G, WANG B, WANG L M. Preliminary studies on the trend of change in biodiversity of aquatic animal community in the lower reaches of the Changjiang river [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2002, 26(6): 654-661.
- [13] 茹辉军, 王海军, 赵伟华, 等. 黄河干流鱼类群落特征及其历史变化[J]. 生物多样性, 2010, 18(2): 169-174.
- RU H J, WANG H J, ZHAO W H, et al. Fishes in the mainstream of the Yellow River: assemblage characteristics and historical changes [J]. Biodiversity Science, 2010, 18(2): 169-174.
- [14] 朱松泉. 中国淡水鱼类检索表[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1995.
- ZHU S Q. Chinese freshwater fish index [M]. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 1995.
- [15] 倪勇, 朱成德. 太湖鱼类志[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2005.
- NI Y, ZHU C D. Fishes of Taihu lake [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2005.
- [16] PINKAS L, OLIPHANT M S, IVERSON I L K. Fish Bulletin 152. Food Habits of Albacore, Bluefin Tuna, and Bonito in California Waters [R]. University of California, 1970.
- [17] 董婧, 刘海映, 许传才, 等. 黄海北部近岸鱼类的群落结构[J]. 大连水产学院学报, 2004, 19(2): 132-137.
- DONG J, LIU H Y, XU C C, et al. Community structure of fish in the coast of northern Yellow Sea [J]. Journal of Dalian Fisheries University, 2004, 19(2): 132-137.
- [18] SHANNON C E. The mathematical theory of communication [J]. Bell Labs Technical Journal, 1950, 3(9): 31-32.
- [19] MARGALEF D R. Information theory in ecology [J]. General System, 1957, 3: 36-71.
- [20] PIELOU E C, LEVANDOWSKY M. Ecological diversity [J]. Quarterly Review of Biology, 1975, 51(2): 336-340.
- [21] 陈国宝, 李永振, 陈新军. 南海主要珊瑚礁水域的鱼类物种多样性研究[J]. 生物多样性, 2007, 15(4): 373-381.
- CHEN G B, LI Y Z, CHEN X J. Species diversity of fishes in the coral reefs of South China Sea [J]. Biodiversity Science, 2007, 15(4): 373-381.
- [22] TANG J F, YE S W, LI W, et al. Status and historical changes in the fish community in Erhai Lake [J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2013, 31(4): 712-723.
- [23] YE S W, LI Z J, LEK-ANG S, et al. Community structure of small fishes in a shallow macrophytic lake (Niushan Lake) along the middle reach of the Yangtze River, China [J]. Aquatic Living Resource, 2006, 19(4): 349-359.
- [24] 陈宜瑜. 中国动物志: 硬骨鱼纲, 鲤形目(中卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- CHEN Y Y. Fauna sinica (Osteichthyes) Cypriniformes [M]. Beijing: Science Press, 1998.
- [25] CLARKE K R, WARWICK R M. Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation [M]. 2nd ed. Plymouth: Primer-E Ltd, 2001: 100-172.
- [26] 周红, 张志南. 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[J]. 青岛海洋大学学报, 2003, 33(1): 58-64.
- ZHOU H, ZHANG Z N. Rationale of the multivariate statistical software PRIMER and its application in benthic community ecology [J]. Journal of Ocean University of Qingdao, 2003, 33(1): 58-64.
- [27] 邓朝阳, 朱仁, 严云志. 长江芜湖江段鱼类多样性及其群落结构的时空格局[J]. 淡水渔业, 2013, 43(1): 28-36.
- DENG Z Y, ZHU R, YAN Y Z. Spatial and temporal patterns of fish diversity and assemblage structures in the Wuhu section of the Yangtze River [J]. Freshwater Fisheries, 2013, 43(1): 28-36.
- [28] 刘凯, 段金荣, 徐东坡, 等. 长江下游近岸渔业群落多样性时空特征[J]. 上海海洋大学学报, 2010, 19(5): 654-662.
- LIU K, DUNA J R, XU D P, et al. Temporal and spatial diversity characteristics of nearshore fishery community in the lower reaches of Yangtze River [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2010, 19(5): 654-662.
- [29] 张涛, 庄平, 章龙珍, 等. 长江口近岸鱼类种类组成及其多样性[J]. 应用与环境生物学报, 2010, 16(6): 817-821.
- ZHANG T, ZHUANG P, ZHANG L Z, et al. Composition and diversity of fish species in the coast of the Yangtze River Estuary [J]. Chinese Journal of Applied & Environmental Biology, 2010, 16(6): 817-821.
- [30] 吴金明, 赵海涛, 苗志国, 等. 赤水河鱼类资源的现状与保护[J]. 生物多样性, 2010, 18(2): 162-168.
- WU J M, ZHAO H T, MIAO Z G, et al. Status and conservation of fish resources in the Chishui River [J]. Biodiversity Science, 2010, 18(2): 162-168.
- [31] 李捷, 李新辉, 谭细畅, 等. 广东肇庆西江珍稀鱼类省级自然保护区鱼类多样性[J]. 湖泊科学, 2009, 21(4): 556-562.
- LI J, LI X H, TAN X C, et al. Species diversity of fish community of Provincial Xijiang River Rare Fishes Natural Reserve in Zhaoqing City, Guangdong Province [J]. Journal of Lake Sciences, 2009, 21(4): 556-562.
- [32] 严云志, 郭丽丽, 李国龙. 长江铜陵段老洲水域鱼类资源的初步调查研究[J]. 安徽师范大学学报(自然科学版), 2006, 29(6): 575-578.

- YAN Y Z, GUO L L, LI G L. Primary investigation of the fish resources in Laozhou, Tongling Region of Yangtze River [J]. Journal of Anhui Normal University (Natural Science), 2006, 29(6): 575-578.
- [33] 徐东坡, 范立民, 刘凯, 等. 长江徐六泾河段渔业群落结构(2005—2006年)及多样性初探[J]. 湖泊科学, 2007, 19(5): 592-598.
- XU D P, FAN L M, LIU K, et al. Preliminary study on the community structure and biodiversity of fishery resources in Xuliujing reach of Yangtze River, 2005 - 2006 [J]. Journal of Lake Sciences, 2007, 19(5): 592-598.
- [34] 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.
- LIU K, XU D P, ZHANG M Y, et al. Preliminary studies on biodiversity of fish community on north beach of Chongming island [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2005, 14(4): 418-421.
- [35] 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.
- ZHANG M Y, XU D P, LIU K, et al. Ichthyologic survey and primary studies on diversity of fishery species in Anqing section of the Yangtze River [J]. Journal of Lake Sciences, 2006, 18(6): 670-676.
- [36] 于道平, 董明利, 王江. 铜陵江段豚类资源与保护措施的研究[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版), 2002, 21(3): 236-241.
- YU D P, DONG M L, WANG J. Study on resource status and conservational measure for dolphins in Tongling Section [J]. Journal of Zhejiang Ocean University (Nature Science), 2002, 21(3): 236-241.
- [37] 徐东坡, 刘凯, 张敏莹, 等. 2003—2010年长江下游两江段鱼类群落结构特征的年际变动[J]. 长江流域资源与环境, 2013, 22(9): 1156-1164.
- XU D P, LIU K, ZHANG M Y, et al. Interannual variation of the fish community composition in Anqing and Changshu section in the lower reaches of the Changjiang river [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2013, 22(9): 1156-1164.
- [38] 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.
- SHI W G, LIU K, ZHANG M Y, et al. Changes of biodiversity of fishery species in the lower reaches of the Yangtze River during the spring closed season [J]. Journal of Lake Sciences, 2005, 17(2): 169-175.
- [39] 张敏莹, 刘凯, 段金荣, 等. 长江常熟段定置张网渔获物组成及多样性季节变化分析[J]. 中国农学通报, 2011, 27(26): 92-96.
- ZHANG M Y, LIU K, DUAN J R, et al. Study on catch composition and diversity seasonal change of set net in Changshu section of the Yangtze River [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011, 27(26): 92-96.
- [40] 陈大刚, 高天翔, 曾晓起, 等. 莱州群体花鲈渔业生物学特征的研究[J]. 海洋学报, 2001, 23(4): 81-86.
- CHEN D G, GAO T X, ZENG X Q, et al. Study on the fishery biology of Laizhou population of *Lateolabrax* sp. [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2001, 23(4): 81-86.
- [41] 徐捷, 王晨, 徐兆礼, 等. 苏北浅滩南部海域鱼类资源密度季节变化特征[J]. 上海海洋大学学报, 2014, 23(1): 108-116.
- XU J, WANG C, XU Z L, et al. On the seasonal quantitative changes of the fish resources in the south area of northern Jiangsu shoal [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2014, 23(1): 108-116.
- [42] 常国芳, 黄良敏, 李军, 等. 福建九龙江河口区定置网渔业的鱼类群落结构研究[J]. 上海海洋大学学报, 2013, 22(2): 295-305.
- CHANG G F, HUANG L M, LI J, et al. Study on fish community structure of set-net catches in Jiulong River Estuary, Fujian [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2013, 22(2): 295-305.
- [43] MATTHEWS W J. Patterns in freshwater fish ecology [M]. New York: Chapman & Hall, 1998.
- [44] 程济生, 邱盛尧, 李培军, 等. 黄、渤海近岸水域生态环境与生物群落[M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2004: 209-392.
- CHENG J S, QIU S Y, LI P J, et al. Ecological environment and biocenosis in coastal waters of yellow and Bohai seas [M]. Qingdao: Ocean University of China Press, 2004: 209-392.
- [45] GREENWOOD M F D, HILL A S. Temporal, spatial and tidal influences on benthic and demersal fish abundance in the Forth estuary [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2003, 58(2): 211-225.

## Species diversity of fish in the section near the Yangtze River estuary

TIAN Jiali<sup>1,2</sup>, WANG Yinping<sup>1</sup>, LI Peijie<sup>1</sup>, DAI Pei<sup>1</sup>, LIU Silei<sup>1</sup>, HU Minqi<sup>1,2</sup>, LIU Kai<sup>1,2</sup>

(1. Scientific Observing and Experimental Station of Fishery Resources and Environment in the Lower Reaches of the Yangtze River, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Freshwater Fisheries Research Center, CAFS, Wuxi 214081, Jiangsu, China; 2. National Demonstration Center for Experimental Fisheries Science Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** In order to understand the fish community structure and diversity in the section near the Yangtze River estuary, the temporal and spatial characteristics of fish community structure, dominant species, quantity and biomass were investigated in 2017. The results showed that 62 species of fishes were collected, belonging to 8 orders 17 families. In terms of the ecological types, omnivore fish, sedentary fish and demersal fish were dominant. In terms of fish catching specifications, small-sized fishes (<50 g) were dominant in quantity and species (67.77% and 37), and quantity of fishes with average mass less than 50 g was 59.68% and 37.59%. Analysis of the diversity index showed that: the range of Margalef index ( $D$ ) was 3.73 to 6.26, Shannon-Wiener index ( $H'$ ) was 2.44 to 2.98, Simpson index ( $C$ ) was 0.07 to 0.15 and Pielou index ( $E$ ) was 0.64 to 0.76, and the average value of them was 5.03, 2.62, 0.12 and 0.73. As a whole, the community diversity index in spring and summer was higher than that in autumn and winter; the community diversity index in Changshu sampling site was higher than that in Nantong sampling site. Significant seasonal variations showed that fish quantity was highest in summer and lowest in winter. The clustering results showed that the fish community was divided into 2 groups when the similarity was 44.34%. Community differences are mainly due to the seasonal variation. The research supplemented the basic data of fish and provided a scientific basis for the assessment and protection of fishery resources in Yangtze River basin.

**Key words:** section near the Yangtze River estuary; community structure; fish diversity; ecological type