

## 钱塘江西湖段鱼类群落结构特征

刘鹏飞, 张婉平, 徐东坡, 周彦锋, 凡迎春, 詹政军, 童奇烈

## Current situation of fish community structure in West Lake section of Qiantang River

LIU Pengfei, ZHANG Wanping, XU Dongpo, ZHOU Yanfeng, FAN Yingchun, ZHAN Zhengjun, TONG Qilie

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12024/jsou.20200503027>

### 您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

#### [大渡河乐山段鱼类群落结构特征研究](#)

Fish Community Structure in the Leshan Section of Dadu River

水生态学杂志. 2020, 41(2): 53 <https://doi.org/10.15928/j.1674-3075.2020.02.008>

#### [淮河江苏段鱼类群落结构特征](#)

Characteristics of the fish community structure in Jiangsu reach of the Huaihe River

中国水产科学. 2020, 27(2): 224 <https://doi.org/10.3724/SP.J.1118.2020.19118>

#### [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>

#### [钱塘江杭州段表层沉积物中重金属的生态风险及其生物累积](#)

Ecological risk and bioaccumulation of heavy metals in the surface sediments in Qiantang River

上海海洋大学学报. 2018, 27(5): 710 <https://doi.org/10.12024/jsou.20171102176>

#### [钱塘江流域鱼肉中重金属含量特征及食用安全性评价](#)

Study on heavy metal concentration and their food safety assessment in the muscle of fishes in Qiantang River

上海海洋大学学报. 2017, 26(4): 536 <https://doi.org/10.12024/jsou.2017010194>

#### [渭河陕西段鱼类群落结构组成及变化研究](#)

CHARACTERISTICS OF FISH COMMUNITY STRUCTURE IN THE WEIHE RIVER OF SHAANXI SECTION

水生生物学报. 2019, 43(6): 1311 <https://doi.org/10.7541/2019.155>

文章编号: 1674-5566(2021)03-0525-11

DOI:10.12024/j.sou.20200503027

## 钱塘江西湖段鱼类群落结构特征

刘鹏飞<sup>1</sup>, 张婉平<sup>2</sup>, 徐东坡<sup>1,3</sup>, 周彦锋<sup>3</sup>, 凡迎春<sup>3</sup>, 詹政军<sup>3</sup>, 童奇烈<sup>2</sup>

(1. 南京农业大学 无锡渔业学院, 江苏 无锡 214128; 2. 杭州市渔政渔港渔船监督管理总站, 浙江 杭州 310008; 3. 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站, 江苏 无锡 214081)

**摘要:** 2016—2018 年对钱塘江西湖段鱼类进行分季节采样调查, 共采集到鱼类 31 种, 隶属 7 目 9 科 27 属, 其中鲤科 (Cyprinidae) 鱼类最多, 有 21 种, 占总物种数的 67.74%; 按生态类群划分则以淡水定居性、中下层、杂食性鱼类为主; 优势种为鲫 (*Carassius auratus*)、鲢 (*Hypophthalmichthys molitrix*)、刀鲚 (*Coilia nasus*)、鳊 (*Aristichthys nobilis*)、窄体舌鳎 (*Cynoglossus gracilis*)。与历史记录相比, 鱼类资源衰退较为明显, 仅江海洄游性鱼类及河口性鱼类就减少了 16 种, 且存在资源小型化、物种单一化的问题。Jaccard 相似性系数显示任意两年之间的鱼类物种组成均处于中等不相似水平, ABC 曲线也显示 2016 和 2018 年鱼类群落较稳定而 2017 年处于受干扰状态。鲢、鲫和鳊为该江段目前最主要的鱼类资源, 分别占渔获物总质量的 49.65%、20.14% 和 16.19%, 其中鲢和鳊完全依靠增殖放流补充。绝大多数钱塘江传统土著经济鱼类虽有长期增殖放流的补充, 但未在该江段形成优势种群。鱼类多样性指数虽有一定的季节及年际波动, 但其变化未达到显著水平, 鱼类群落结构的季节变化则与鱼类自身生活习性及其水域内水文地理特征均有一定程度的关系。建议对钱塘江河口段持续开展全面的鱼类群落及鱼类生境调查, 为制定细化的鱼类保护措施提供科学依据。

**关键词:** 钱塘江西湖段; 鱼类群落结构; 鱼类资源保护

**中图分类号:** S 932      **文献标志码:** A

钱塘江西湖段即钱江一桥至闻堰段, 历史记载该江段为鲢 (*Hypophthalmichthys molitrix*) 和鳊 (*Aristichthys nobilis*) 的良好索饵及越冬场<sup>[1]</sup>。该段水域面积为 18.88 km<sup>2</sup>, 位于钱塘江下游河口段(闻堰-澉浦)最上游部分, 上与钱塘江富阳段相接<sup>[2]</sup>(图 1)。钱塘江河口段为感潮江段, 水域内径、潮流交汇形成一个广阔的盐度梯度带, 饵料资源丰富, 渔业条件优越<sup>[3]</sup>。但自 20 世纪 50 年代以来频繁的涉水工程(如新安江水库、富春江水库以及多达 10 座跨江桥梁的建设)、水域污染、采砂等原因使钱塘江鱼类生存及繁殖环境发生了很大改变, 渔业资源受到很大影响, 洄游鱼类及土著经济鱼类的资源量有较大幅度的下降<sup>[4]</sup>。自 1983 年钱塘江下游渔业资源实行统一增殖保护<sup>[5]</sup>以来, 杭州市采取了一系列恢复渔业资源及保护水生态环境的措施, 包括规范渔业行为, 减小采砂规模, 改善水质条件, 加强鱼类增殖

放流工作, 推进实行禁渔区、禁渔期制度等<sup>[6]</sup>。然而关于钱塘江鱼类的调查研究相对滞后, 对钱塘江下游干流的鱼类调查主要集中在种属记录<sup>[7]</sup>、渔业生产及渔业资源开发等方面<sup>[1,3,4]</sup>, 关于鱼类群落结构的调查分析则寥寥无几<sup>[8-9]</sup>。

郝雅宾等<sup>[8]</sup>对钱塘江下游鱼类资源的调查中涉及到了西湖区部分江段, 并对鱼类资源保护提出了部分建议, 其采样方式为多目刺网结合定制串联笼壶, 所使用的刺网最小网目为 7 cm, 对较小规格的鱼类个体捕获能力较差, 且部分鱼类物种来源于走访市场及渔民, 无法确定其在鱼类群落中的数量及质量占比, 并不能较为完整且客观地反映江段内的鱼类群落结构情况, 对于季节差异的原因也未进行分析。

鱼类群落结构不仅可反映水域内鱼类资源的情况, 且因鱼类在水域食物链和食物网中处于较高营养层, 鱼类群落结构的情况也可反映内源

收稿日期: 2020-05-03      修回日期: 2020-06-16

基金项目: 富春江水库和钱塘江(七里泷大坝以下江段)水生生物和水环境资源监测及分析项目(ZJLT-2016-03-31-02)

作者简介: 刘鹏飞(1996—), 男, 硕士研究生, 研究方向为水域生态学。E-mail: 2019813052@njau.edu.cn

通信作者: 徐东坡, E-mail: xudp@ffrc.cn

性、外源性因素对鱼类的影响以及水域生态系统的状况<sup>[10-11]</sup>。同时,近 40 年来的各种人类干扰包括保护政策、污染排放和增殖放流等对钱塘江鱼类资源有较大影响,鱼类群落结构现状是对这些影响所造成结果的最直观体现,如根据调查结果可以很直观地看出增殖放流效果是否显著。

本研究基于 2016—2018 年对西湖段鱼类季节性调查的结果,从物种组成、季节变化和生物多样性等多方面分析了鱼类群落结构现状,为今后研究该水域鱼类资源状况提供了可对比的基础资料,也可为渔业资源保护、修复和科学利用提供参考建议。

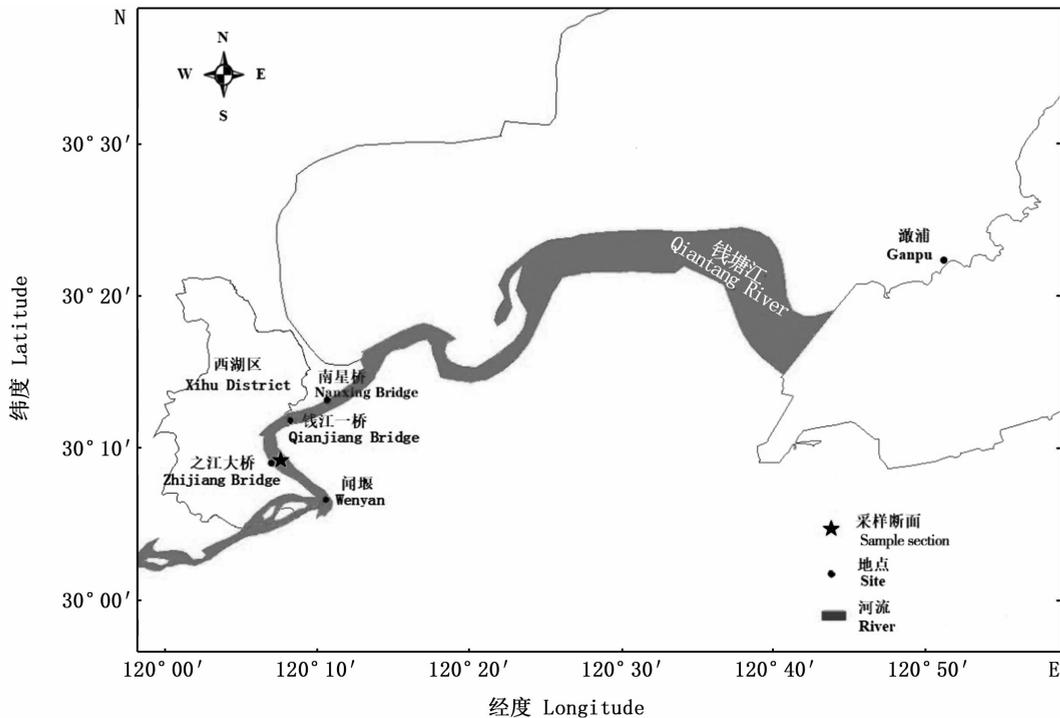


图 1 采样点位图

Fig. 1 Sampling site map

## 1 材料与方法

### 1.1 采样方法

采样断面位于西湖区之江大桥(30°9′31.84″N 和 120°7′32.24″E)。于 2016—2018 年每年 3、7、10、12 月进行鱼类采样。使用网具为定制多目刺网(长 125 m,高 1.5 m,网目尺寸有 1.2、2、4、6、8、10 和 14 cm)和定制串联笼壶(长 10 m,高 30 cm,宽 30 cm,网目 1 cm),每次调查在采样断面放置多目刺网及定制串联笼壶各 3 条,于下午 6 时左右放网,12 h 后收集所有渔获物。将鱼类鉴定到种,并用游标卡尺和电子天平测定所有鱼类的体长和体质量,体长精确至 0.01 mm,体质量精确至 0.01 g。种类鉴定依据《浙江动物志:淡水鱼类》<sup>[12]</sup>与《中国淡水鱼类检索》<sup>[13]</sup>。

### 1.2 数据处理

#### 1.2.1 鱼类生态类群划分

为了更有效地概括、分析鱼类群落特征及与影响因子的关系,将鱼类分为若干个生态类群<sup>[14]</sup>。依据 FishBase 网站并结合相关资料<sup>[12]</sup>确定每种鱼类的生态习性,共划分出 11 种生态类群;根据迁徙习性分为河湖洄游性、江海洄游性、淡水定居性和河口性鱼类;按食性分为杂食性、植食性、浮游生物食性和肉食性;按对水体垂直空间的利用分为中上层、中下层和底层鱼类。此外,将初次性成熟小于 2 龄、最大体长小于 24 cm 的鱼类划分为小型鱼类<sup>[14]</sup>。

#### 1.2.2 鱼类物种多样性指数及优势度指数

参考相关研究<sup>[15]</sup>,采用 Margalef 丰富度指数(D)、Shannon-Wiener 指数(H′)和 Pielou 均匀度

指数( $J'$ )对鱼类生物多样性进行评价,采用相对重要性指数(index of relative importance, IRI)衡量不同物种的优势度<sup>[16]</sup>,上述指数计算公式为

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

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

$$J' = H' / \ln S \quad (3)$$

$$I_{\text{IRI}} = (N_i + W_i) F_i \times 10\ 000 \quad (4)$$

式中: $S$ 、 $n_i$ 和 $N$ 分别为总物种数、某物种的个体数和鱼类总个体数; $I_{\text{IRI}}$ 为相对重要性指数; $N_i$ 、 $W_i$ 和 $F_i$ 分别代表某种鱼类占总捕捞量的数量百分比、质量百分比及在调查中的出现频率。参照环保部发布的国家环境保护标准(HJ 442—2008)<sup>[17]</sup>,将 Shannon-Wiener 指数( $H'$ )按照数值大小划分为4个等级:极差( $H' < 1$ )、差( $1 \leq H' < 2$ )、一般( $2 \leq H' < 3$ )、优良( $H' \geq 3$ )。IRI 划分标准<sup>[18]</sup>: $\text{IRI} \geq 500$ 为优势种, $100 \leq \text{IRI} < 500$ 为常见种, $10 \leq \text{IRI} < 100$ 为一般种, $\text{IRI} < 10$ 为少见种。

使用 IBM SPSS 22.0 进行双因素方差分析(Two-way ANOVA),对 $D$ 、 $H'$ 、 $J'$ 在年际、季节间的差异程度进行检验。

### 1.2.3 鱼类群落物种相似性及稳定性分析

采用 Jaccard 相似性系数( $C$ )分析不同采样年份之间物种组成的相似性<sup>[19]</sup>,公式为

$$C = \frac{A \times B}{A + B - E} \times 100\% \quad (5)$$

式中: $A$ 、 $B$ 分别为两个不同年份出现的鱼类物种数; $E$ 为两个不同年份出现的共有物种数。 $0 \leq C < 25\%$ ,群落之间极不相似; $25\% \leq C < 50\%$ ,群落之间为中等不相似; $50\% \leq C < 75\%$ ,群落之间为中等相似; $75\% \leq C < 100\%$ ,群落之间为极相似。

采用 Primer 5.0 软件绘制数量与生物量累积曲线(abundance biomass comparison curves, ABC 曲线), $x$ 轴为物种序号, $y$ 轴为物种生物量或数量的累积百分比。根据曲线情况及 $W$ 统计值判断鱼类群落受干扰程度:生物量优势度曲线在数量优势度曲线之上表示群落结构比较稳定,此时 $W$ 值为正;生物量优势度曲线与数量优势度曲线相交表示群落相对稳定;生物量优势度曲线位于

数量优势度曲线之下表示群落处于干扰状态,此时 $W$ 值为负<sup>[20]</sup>。计算公式为

$$W = \sum_{i=1}^{S_y} \frac{B_i - A_i}{50(S_y - 1)} \quad (6)$$

式中: $S_y$ 为当年鱼类总物种数,种; $B_i$ 和 $A_i$ 为 ABC 曲线中种类序号对应的生物量和数量的累积百分比,%。

## 2 结果

### 2.1 鱼类种类组成

共采集到鱼类样本 1 705 尾,总质量为 38.87 kg,共计 31 种,隶属 7 目 9 科 27 属。鲢科(Engraulidae)和鳗鲡科(Anguillidae)鱼类均仅有 1 种,分别占总物种数的 3.23%;鲤科(Cyprinidae)鱼类最多,有 21 种,占总物种数的 67.74%;鲢科(Bagruidae)和鲮科(Mugilidae)鱼类均为 2 种,分别占总物种数的 6.44%;马鲛科(Scombridae)、鲈科(Serranidae)、虾虎鱼科(Gobiidae)和舌鳎科(Cynoglossidae)均仅有 1 种,分别占总物种数的 3.23%。2016、2017、2018 年分别采集到鱼类 23、13 及 23 种。2016 和 2017 两年的 Jaccard 相似性系数为 44.00%,2017 和 2018 两年的 Jaccard 相似性系数为 38.46%,2016 和 2018 两年的 Jaccard 相似性系数为 48.39%,均为中等不相似水平。

根据 IRI,鲫(*Carassius auratus*)、鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)、刀鲚(*Coilia nasus*)、鲮和窄体舌鳎(*Cynoglossus gracilis*)为该江段内优势种。常见种有 4 种,包括似鳊(*Pseudobrama simoni*)、鲮(*Hemiculter leucisculus*)、中国花鲈(*Lateolabrax maculatus*)和鲤(*Cyprinus carpio*)。斑尾刺虾虎鱼(*Acanthogobius ommaturus*)、三角鲂(*Megalobrama terminalis*)、花鲢(*Hemibarbus maculatus*)和草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)等 7 种鱼类为一般种。少见种最多,占总物种数的 48.39%,包括鲮(*Liza haematocheilus*)、鲮(*Mugil cephalus*)、长蛇鳎(*Saurogobio dumerili*)和团头鲂(*Megalobrama amblycephala*)等 15 种鱼类。见表 1。

表 1 调查区域内鱼类捕获名录  
Tab. 1 Fish species captured in the survey regions

种类 Species	生态类群 Ecological group	数量百分比 $N_i/\%$	体质量百分比 $W_i/\%$	IRI
<b>鲱形目 Clupeiformes</b>				
<b>鳀科 Engraulidae</b>				
刀鲚 <i>Coilia nasus</i> *	C、L、RS	18.59	2.02	1 373.99
<b>鳗鲡目 Osteichthyes</b>				
<b>鳗鲡科 Anguillidae</b>				
日本鳗鲡 <i>Anguilla japonica</i>	C、L、RS	0.18	0.10	2.30
<b>鲤形目 Cypriniformes</b>				
<b>鲤科 Cyprinidae</b>				
草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>	H、L、RL	0.18	2.34	41.91
翘嘴鲌 <i>Culter alburnus</i>	C、U、SF	0.29	0.27	18.81
红鳍原鲌 <i>Cultrichthys erythropterus</i>	C、U、SF	0.29	0.01	2.54
鲮 <i>Hemiculter leucisculus</i> *	O、U、SF	7.04	0.39	247.57
团头鲂 <i>Megalobrama amblycephala</i>	H、L、SF	0.12	0.23	5.77
三角鲂 <i>Megalobrama terminalis</i>	O、L、SF	0.70	0.72	71.10
寡鳞飘鱼 <i>Pseudolaubuca engraulis</i> *	O、U、SF	0.18	0.01	3.16
似鲃 <i>Pseudobrama simoni</i> *	O、L、SF	7.86	1.35	306.95
黄尾鲴 <i>Xenocypris davidi</i>	H、D、SF	0.47	0.19	5.49
细鳞斜颌鲴 <i>Xenocypris microlepis</i>	O、L、SF	0.12	0.03	2.50
鳊 <i>Aristichthys nobilis</i>	P、U、RL	1.64	16.19	1 188.95
鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	P、U、RL	7.33	49.65	5 223.06
棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i> *	O、D、SF	0.12	<0.01	0.99
花鲢 <i>Hemibarbus maculatus</i>	C、L、SF	0.59	0.47	43.92
麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i> *	O、D、SF	0.18	0.01	1.52
蛇鲻 <i>Saurogobio dabryi</i> *	O、L、SF	0.06	0.01	0.59
长蛇鲻 <i>Saurogobio dumerili</i> *	H、L、RL	0.70	0.15	7.10
银鲻 <i>Squalidus argentatus</i> *	O、L、SF	0.12	0.01	1.07
大鳍鱮 <i>Acheilognathus macropterus</i>	O、U、SF	0.06	0.01	0.57
鲫 <i>Carassius auratus</i>	O、D、SF	39.82	20.14	5 996.21
鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	O、D、SF	0.41	2.09	104.18
<b>鲇形目 Siluriformes</b>				
<b>鲇科 Bagridae</b>				
黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	O、D、SF	0.65	0.48	28.19
光泽黄颡鱼 <i>Pelteobagrus nitidus</i> *	C、L、SF	0.64	0.06	17.65
<b>鲮形目 Mugiliformes</b>				
<b>鲮科 Mugilidae</b>				
鲮 <i>Mugil cephalus</i>	O、D、EF	0.23	0.22	7.53
鲮 <i>Liza haematocheilus</i>	O、D、EF	0.23	0.30	8.97
<b>马鲛科 Scombridae</b>				
多鳞四指马鲛 <i>Eleutheronema rhadinum</i>	C、D、EF	0.41	0.15	4.70
<b>鲈形目 Perciformes</b>				
<b>鲈科 Serranidae</b>				
中国花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i> *	C、L、EF	1.99	0.65	219.93
<b>虾虎鱼科 Gobiidae</b>				
斑尾刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i> *	C、D、EF	3.70	0.25	98.79
<b>鲽形目 Pleuronectiformes</b>				
<b>舌鲽科 Cynoglossidae</b>				
窄体舌鲽 <i>Cynoglossus gracilis</i> *	O、L、EF	5.10	1.50	604.87

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

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

### 2.2 鱼类生态类群

从洄游习性来看,以淡水定居鱼类为主(19种),兼有部分江海洄游性鱼类(2种)、河湖洄游性鱼类(4种)及河口性鱼类(6种)。按食性划分,杂食性鱼类最多(17种),其次为肉食性鱼类(9种),浮游生物食性与植食性鱼类分别仅有2种和3种。按栖息水层来看,中下层鱼类最多,有14种,中上层鱼类及底层鱼类分别有7种和10种。见表1。

由图2可知,按照不同生态类群鱼类个体数占比,春季以江海洄游性、肉食性、中上层鱼类为主。河湖洄游性、浮游生物食性鱼类在夏季占比最高。肉食性鱼类在春、夏、秋三季的占比显著高于冬季,河口性鱼类在夏、秋两季的占比则显著高于春、冬两季。冬季淡水定居性、杂食性、底层鱼类的个体数量优势远大于其他生态类群的鱼类。

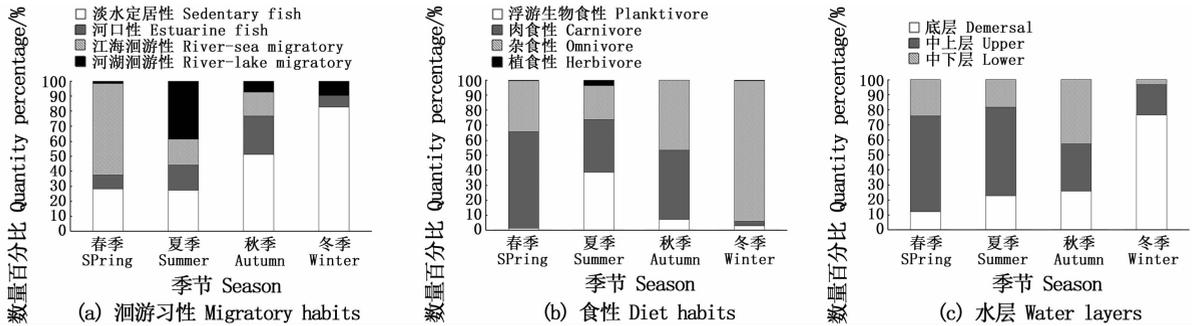


图2 各季节不同生态类群鱼类个体数占比

Fig. 2 Proportion of individual numbers of fish in different ecological groups in different seasons

### 2.3 鱼类群落结构的数量生物量曲线

从2016—2018年鱼类数量与生物量的ABC曲线图(图3)可知,2016年和2018年钱塘江西湖段鱼类群落的生物量优势度曲线位于数量优

势度曲线之上, $W$ 值大于零,群落结构比较稳定;2017年生物量优势度曲线与数量优势度曲线多次相交,且 $W$ 值小于零,群落处于受干扰状态。

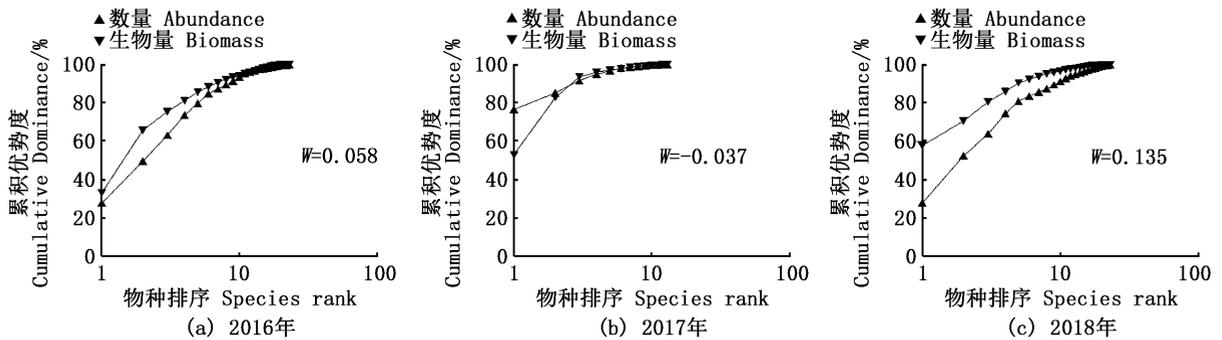


图3 2016—2018年鱼类群落结构的数量生物量曲线

Fig. 3 Abundance biomass comparison curves of fish community from 2016 to 2018

### 2.4 鱼类物种多样性指数

Shannon-Wiener 指数( $H'$ )四季波动范围为1.14~1.72,秋季最高,春季最低。Margalef 丰富度指数( $D$ )四季波动范围为1.72~2.01,冬季最高、夏季最低。Pielou 均匀度指数( $J'$ )四季波动

范围为0.49~0.79,夏季最高、冬季最低(表2)。整体显示这3项指数均有一定程度的季节波动,但根据双因素方差分析的结果,这3项指数的季节差异及年际差异均未达到显著水平( $P > 0.05$ )。

表 2 鱼类物种多样性指数(均值 ± 标准误)  
Tab. 2 Species diversity indices of fish communities (mean ± SE)

季节 Seasons	Shannon-Wiener 指数 $H'$	Margalef 丰富度指数 $D$	Pielou 均匀度指数 $J'$
春季 Spring	1.37 ± 0.20	1.94 ± 0.14	0.59 ± 0.11
夏季 Summer	1.62 ± 0.32	1.72 ± 0.65	0.79 ± 0.09
秋季 Autumn	1.72 ± 0.14	1.95 ± 0.41	0.74 ± 0.13
冬季 Winter	1.14 ± 0.74	2.01 ± 0.62	0.49 ± 0.33

## 2.5 主要经济鱼类

经济鱼类是渔业资源的重要组成部分。涉水工程的建设除了影响鱼类洄游,还对钱塘江原有的鱼类产卵场造成破坏<sup>[5]</sup>,采砂及水污染也对鱼类栖息繁殖环境有较大影响<sup>[21-22]</sup>。1995—2001 年的调查显示,很多土著经济鱼类如三角鲂、花鲢等的自繁能力急剧下降,产量大幅减少<sup>[4]</sup>,四大家鱼则早已完全丧失自繁能力<sup>[5]</sup>。为加强渔业资源保护并进行生态修复,钱塘江下游各区县从 20 世纪 80 年代便开始定期进行鱼类增

殖放流<sup>[5]</sup>,在桐庐及富阳设有专门的鱼类增殖放流区<sup>[9,23]</sup>。至 21 世纪初,增殖放流品种的产量已占总产量的半数以上<sup>[6]</sup>。参考历史捕捞情况<sup>[3]</sup>,鲢、鳙、鲫、黄尾鲮、三角鲂等 13 种鱼类为本次调查水域内的主要经济鱼类(表 3),除红鳍原鲌、鲫、鲤、刀鲚外均有增殖放流进行补充,且补充量较大,近年来仅桐庐县每年放流的夏花及冬片就达数千万尾<sup>[24]</sup>。鲤、鲫、黄尾鲮、细鳞斜颌鲮、翘嘴鲌、花鲢、三角鲂和团头鲂等 8 种属于钱塘江土著经济鱼类<sup>[3]</sup>。

表 3 西湖段主要经济鱼类生物学指标  
Tab. 3 Biological indicators of major regional economic fishes

种类 Species	平均体长 Average body length/mm	平均体质量 Average body mass/g	出现频率 Frequency/%
草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i> **	636.00	3 030.50	16.67
红鳍原鲌 <i>Cultrichthys erythropterus</i>	110.87	9.40	8.33
花鲢 <i>Hemibarbus maculatus</i> *	266.92	181.73	41.67
黄尾鲮 <i>Xenocypris davidi</i> *	180.04	92.19	8.33
鲫 <i>Carassius auratus</i>	200.55	115.28	100.00
鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	403.59	1 160.43	41.67
鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> **	500.96	1 543.86	91.67
翘嘴鲌 <i>Culter alburnus</i> *	328.32	210.72	33.33
三角鲂 <i>Megalobrama terminalis</i> *	227.60	232.64	50.00
团头鲂 <i>Megalobrama amblycephala</i> *	320.57	445.00	16.67
细鳞斜颌鲮 <i>Xenocypris microlepis</i> *	174.70	63.94	16.67
鳊 <i>Aristichthys nobilis</i> **	562.96	2 247.82	66.67
刀鲚 <i>Coilia nasus</i>	203.08	25.73	66.67

注:\*.增殖放流鱼类;\*\*.完全依靠增殖放流进行补充的鱼类。

Notes:\*.Proliferative release fish; \*\*.Fish completely dependent on proliferative release to replenish.

鲢、鲫、鳊为西湖段最主要的鱼类资源,分别占渔获物总质量的 49.65%、20.14% 及 16.19%,在调查中出现频率也较高。鲢、鳊体质量小于 1 kg 的个体分别仅占其总个体数的 19.61% 及 10.71%,而在相邻的富阳段分别高达 65.26% 及 52.49%<sup>[9]</sup>,这说明西湖段作为鲢、鳊良好的索饵场和越冬场,水域内鲢、鳊长势较好。

## 3 讨论

### 3.1 鱼类物种组成及生物多样性

本次共采集到鱼类 31 种,隶属 7 目 9 科 27 属,包括淡水鱼类、江海洄游性鱼类及河口性鱼

类,呈现出河口区渔业资源的部分特征<sup>[25]</sup>。与 20 世纪 50 年代闻堰至南星桥段的调查<sup>[7]</sup>相比,减少了江海洄游性鱼类及河口性鱼类 16 种,包括鲢 (*Tenulosa reevesii*)、银鱼 (*Protosalanx hyalocranius*)、弓斑东方鲀 (*Takifugu ocellatus*) 等。21 世纪初的研究显示江海洄游性鱼类中鲢已几乎绝迹,日本鳊也已无法形成苗汛<sup>[4]</sup>,仅刀鲚尚可成汛<sup>[26]</sup>。本次仅调查到刀鲚与日本鳊这两种江海洄游性鱼类,且日本鳊数量极少,仅 3 尾。富春江水库、新安江水库等涉水工程的建设导致洄游通道阻塞,造成钱塘江生境碎片化<sup>[27-28]</sup>,这可能是钱塘江鲢、日本鳊等江海洄

游性鱼类资源衰退甚至灭绝的主要原因。

部分鱼类会因生殖、越冬、索饵等原因进行洄游,时长均不超过一个自然年,因此本研究以年为单位绘制 ABC 曲线,可消除迁移对鱼类群落结构的影响。ABC 曲线显示鱼类群落稳定性呈现出年际差异:2017 年鱼类群落处于受干扰状态,而 2016 及 2018 年处于较稳定状态,同时发现 2017 年鱼类物种数(13 种)远少于 2016 及 2018 年(均为 23 种)。Jaccard 相似性系数计算结果显示,两两年度间的相似性均处于中等不相似水平,体现出该江段鱼类物种组成有一定的年际差异。鱼类群落稳定性和物种组成呈现年际差异的原因可能与钱塘江河口段特殊的时空异质性有关,感潮河段的水文条件受到径流和潮汐的共同影响,有显著的年际、季节乃至月相动态<sup>[29]</sup>,因此鱼类群落结构的动态变化也比湖泊、水库等静水水域更为明显<sup>[30]</sup>。

多样性指数在一定程度上能反映鱼类群落结构的复杂度和稳定性,且与鱼类栖息地复杂程度呈正相关,生境复杂性是影响鱼类群落多样性的重要因素<sup>[31]</sup>。按照环保部发布的国家环境保护标准(HJ 442—2008)<sup>[17]</sup>,4 个季节的 Shannon-Wiener 指数( $H'$ )均处于“差”这一级别,Margalef 丰富度指数( $D$ )及 Pielou 均匀度指数( $J'$ )也较低,说明本江段鱼类群落结构复杂度及稳定性较低。鱼类生态类群的调查结果与之一致:敏感种、植食性及昆虫食性等主要栖息于清洁水体和复杂生境的鱼类仅占鱼类总个体数的 0.76%<sup>[32]</sup>;鲫、棒花鱼、矛尾复虾虎鱼(*Chaemrichthys stigmatias*)等多分布于浑浊水体和单一生境的鱼类占鱼类总个体数的 64.92%<sup>[32]</sup>。与本江段上游的富阳段<sup>[9]</sup>相比,物种数少了 17 种,未能调查到青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)、马口鱼(*Opsariichthys bidens*)、大眼华鳊(*Sinibrama macrops*)等 22 种鱼类;比富阳段多出鲮、长蛇鮈、多鳞四指马鲛、日本鳗鲡这 5 种鱼类,其中 4 种为江海洄游性或河口性鱼类。富阳段分布有许多江心沙洲<sup>[2]</sup>,为不同繁殖和栖息类型鱼类提供了良好的生长和繁殖环境<sup>[33-35]</sup>,这可能是富阳段鱼类物种数量远多于西湖段的原因。但富阳段处于钱塘江的中游,已不具备河口特征,因此捕获到的江海洄游性鱼类及河口性鱼类种类数不及西湖段。

优势种中鲢与鲫的优势度最高,远大于其余鱼类,且数量百分比( $N_i$ )排名前 5 的 5 种鱼类占鱼类总个体数的 78.83%,说明该水域存在鱼类物种单一化的问题。西湖段还存在鱼类小型化的问题,小型鱼类占总个体数的 40.41%。初步推测与缺乏凶猛掠食性鱼类有关,本次调查到的 9 种肉食性鱼类中,仅有翘嘴鲌、红鳍原鲌、中国花鲈 3 种以鱼为主食的凶猛掠食性鱼类,其种群规模较小,仅占鱼类总个体数的 2.58%。且与 1984—1986 年的调查<sup>[36]</sup>相比,未能调查到鳊(*Siniperca chuatsi*)、鳅(*Elopichthys bambusa*)这 2 种凶猛掠食性鱼类。自然水域中的小型鱼类会通过占据其他鱼类生态位从而加剧鱼类群落的不稳定性,导致鱼类群落结构趋向小型化和单一化<sup>[37]</sup>。本次调查到的部分繁殖力强的野杂鱼如蟹、麦穗鱼等还有吞食鱼卵的习性,其种群的扩大可能对其他鱼类的繁殖产生不利影响<sup>[3]</sup>。

### 3.2 鱼类生态类群的季节变化

春季鱼类的生态类群结构与刀鲚在春季溯河洄游的习性有显著关系,钱塘江为刀鲚的洄游场所之一<sup>[38]</sup>。刀鲚洄游期集中于春季,且占春季鱼类总个体数的 59.73%,所以春季江海洄游性、肉食性、中上层鱼类占优势。河湖洄游性生态类群与浮游生物食性生态类群的构成基本一致,均为鲢和鳊。这 2 种生态类群在夏季占比显著高于其他季节,与作为鲢、鳊食物的浮游生物在夏季最丰富有关<sup>[39]</sup>。肉食性鱼类在春、夏、秋三季的占比显著高于冬季,则与河海洄游性鱼类及河口性鱼类的季节分布<sup>[40]</sup>有关。江海洄游性鱼类主要聚集于春季,河口性鱼类则主要聚集于夏、秋两季,这 2 种生态类群鱼类分别占肉食性鱼类总个体数的 53.32% 及 35.24%。冬季淡水定居性、杂食性、底层鱼类的个体数量占比远大于其他生态类群的鱼类,这主要是因为鲫占冬季鱼类总个体数的 75.20%。钱塘江下游的鲤、鲫、鳊等鱼类在 4—6 月上溯至流速大、水位差大的桐庐江段产卵,而冬季则大量集中于流速缓、水位稳定的桐庐以下江段育肥<sup>[36]</sup>。可见,鱼类群落结构的季节变化与鱼类自身生活习性及水域内水地理特征均有一定程度的关系。

### 3.3 鱼类资源现状

本次调查到的钱塘江传统土著经济鱼类中,除鲫与鲤外的花鲢、翘嘴鲌、黄尾鲌、三角鲂、团

头鲂及细鳞斜颌鲷占渔获物总个体数的比例均小于1.00%，占渔获物总质量的比例也均小于1.00%。整体显示虽有定期的大规模增殖放流进行补充，西湖段绝大部分土著经济鱼类的种群规模仍较小，且增殖放流物种中仅有鲢、鳙在西湖段形成了优势种群。究其原因，与鱼类生活习性、西湖段鱼类生境状况等内、外源因素均有一定程度的联系。鲢、鳙属大型鱼类，钱塘江中下游鲢1龄个体的平均体质量便可达571.5 g，鳙则为765.3 g<sup>[41]</sup>。较快的生长速度可显著提高其避害能力<sup>[41]</sup>，且鲢、鳙主要饵料为各种浮游生物，易于获取，西湖段凶猛掠食性鱼类稀少，鲢、鳙鱼种面临的捕食压力较小，这些均是鲢、鳙形成优势种群的重要原因。黄尾鲷、细鳞斜颌鲷、三角鲂和团头鲂均喜于底质为黏土（淤泥、游泥质土等）、生长有沉水植物的水体中栖息和摄食<sup>[42]</sup>。西湖段底质为潮汐带来的粉砂及砂质粉砂，相邻的富阳段底质则为黏土质粉砂<sup>[43]</sup>。因此，这4种鱼类可能更偏好于在富阳段栖息和摄食，在西湖段则分布较少。此外，花鲢、翘嘴鲌、黄尾鲷、三角鲂、团头鲂及细鳞斜颌鲷等鱼类的生长对水质的要求较高，西湖段沿岸的西湖区及萧山区污水排放强度较大<sup>[22]</sup>，可能对这些鱼类在西湖段的生存造成不利影响。

有研究表明，钱塘江桐庐段对花鲢的捕捞强度已经过大，大部分花鲢种苗放流1年后即被捕捞，若无增殖放流补充，花鲢种群在当前捕捞强度下极有可能走向灭绝。年龄结构则显示作为低龄组的2龄组占绝对优势，且多数2龄个体来源于增殖放流而非自然繁殖补充<sup>[23]</sup>。可见不合理的渔业捕捞方式在钱塘江仍然存在，对鱼类自然繁殖造成不利影响，进而影响鱼类种群的恢复。目前西湖段的渔船密度与桐庐段大致相同<sup>[8]</sup>，花鲢等经济鱼类面临的捕捞强度可能同样较高。除了放流工作本身，还需跟进其余配套措施，如设置最小起捕规格、规定最小网目尺寸、设置禁渔区及禁渔期等，才能更有效地促进渔业资源的恢复。钱塘江流域于2019年才首次全面实行禁渔期制度，因此后续需要进一步跟踪研究，以观察其成效。

#### 4 结论与展望

受涉水工程等的影响，钱塘江西湖段鱼类资

源相比历史上有明显的衰退，且本江段鱼类存在小型化及单一化的问题。因为生境差异等原因，本江段鱼类群落与相邻的富阳段有较大差异。钱塘江鱼类增殖放流工作时间跨度长、地域跨度广，且放流规模较大，对鱼类群落有较大影响，人工增殖放流已成为钱塘江部分鱼类如四大家鱼、花鲢等维持种群数量的主要途径。但目前对于钱塘江增殖放流效果的跟踪调查与科学评估较少<sup>[23,40]</sup>，相关研究有待进一步跟进。在渔业管理上，除了增殖放流，将来还需采取规范渔业行为、改善水质条件等配套措施，才能更有效地促进渔业资源的恢复。

钱塘江河口段（闻堰-激浦）的部分水文地理特征呈现明显的梯度：径流的影响与距富春江水库的距离呈负相关，盐水入侵的影响与距入海口距离呈负相关<sup>[2]</sup>，河床高度与距入海口距离呈正相关<sup>[44]</sup>，而水体流速、盐度、深度的不同是造成河流鱼类群落结构空间差异的重要原因<sup>[15]</sup>。因此，仅调查河口段最上游部分的西湖段（图1）并不能完整反映整个河口段的鱼类生境及鱼类群落结构情况。本次调查仅可作为新时期钱塘江河口段鱼类群落调查的起点，将来还应开展更全面、详细的调查，从而确定河口段内不同区域鱼类群落结构及其动态变化情况，为制定细化的鱼类保护措施提供科学依据。

#### 参考文献：

- [1] 周少翌, 曹富康, 杜建明. 钱塘江的渔业评价及合理利用渔业资源的初步设想[J]. 水利渔业, 1989(6): 21-23.  
ZHOU S Y, CAO F K, DU J M. Fishery evaluation of Qiantang River and the preliminary idea of rational utilization of fishery resources[J]. Reservoir Fisheries, 1989(6): 21-23.
- [2] 钱塘江志编纂委员会. 钱塘江志[M]. 北京: 方志出版社, 1998.  
Compilation Committee of Records of Qiantang River. Records of Qiantang River[M]. Beijing: Local Records Press, 1998.
- [3] 王振槐. 钱塘江渔业资源保护与开发[J]. 水产学杂志, 1995, 8(2): 9-17, 8.  
WANG Z H. Protection and development of fishery resources in Qiantang River[J]. Chinese Journal of Fisheries, 1995, 8(2): 9-17, 8.
- [4] 葛亚非. 钱塘江中下游鱼类资源及其增殖途径[J]. 海洋渔业, 2005, 27(2): 164-168.  
GE Y F. The fish resources and their propagational

- approaches in the middle and lower reaches of the Qiantangjiang River[J]. *Marine Fisheries*, 2005, 27(2): 164-168.
- [5] 张之群. 钱塘江七里垄坝下江段水产资源开发利用概况[J]. *水利渔业*, 1993(1): 22-24.  
ZHANG Z Q. Development and utilization of aquatic resources in the lower section of Qililong dam in Qiantang River[J]. *Reservoir Fisheries*, 1993(1): 22-24.
- [6] 郭未央, 张婉平, 童奇烈, 等. 加强渔业资源增殖管理促进钱塘江渔业持续发展[J]. *杭州农业与科技*, 2010(3): 16-18, 21.  
GUO W Y, ZHANG W P, TONG Q L, et al. Strengthening the management of fishery resources multiplication to promote the sustainable development of fishery in Qiantang River[J]. *Hangzhou Agricultural Science and Technology*, 2010(3): 16-18, 21.
- [7] 毛节荣. 杭州钱塘江鱼类的调查[J]. *杭州大学学报*, 1959(2): 25-43.  
MAO J R. Investigation of the Qiantang River fishes in Hangzhou[J]. *Journal of Hangzhou University*, 1959(2): 25-43.
- [8] 郝雅宾, 刘金殿, 张爱菊, 等. 钱塘江下游江段鱼类资源现状[J]. *浙江农业学报*, 2017, 29(10):1620-1629.  
HAO Y B, LIU J D, ZHANG A J, et al. Current status of fishery resources in downstream section of Qiantang River [J]. *Acta Agriculture Zhejiangensis*, 2017, 29(10): 1620-1629.
- [9] 郝雅宾, 刘金殿, 郭爱环, 等. 钱塘江富阳段鱼类资源现状[J]. *淡水渔业*, 2017, 47(3): 45-51.  
HAO Y B, LIU J D, GUO A H, et al. Current status of fishery resources in Fuyang section of Qiantang River[J]. *Freshwater Fisheries*, 2017, 47(3): 45-51.
- [10] BELYEA L R, LANCASTE R J. Assembly rules within a contingent ecology[J]. *OIKOS*, 1999, 86(3): 402-416.
- [11] SCHEFFER M, CARPENTER S, FOLEY J A, et al. Catastrophic shifts in ecosystems [J]. *Nature*, 2001, 413(6856): 591-596.
- [12] 浙江动物志编辑委员会. 浙江动物志: 淡水鱼类[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1991.  
Compilation committee of Fauna of Zhejiang. Fauna of Zhejiang: freshwater fishes [M]. Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Press, 1991.
- [13] 朱松泉. 中国淡水鱼类检索[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1995.  
ZHU S Q. Synopsis of fresh water fishes of China [M]. Nanjing: Phoenix Science Press, 1995.
- [14] 王银平, 匡箴, 蔺丹清, 等. 长江安庆新洲水域鱼类群落结构及多样性[J]. *生态学报*, 2020, 40(7):2417-2426.  
WANG Y P, KUANG Z, LIN D Q, et al. Community structure and species diversity of fish around the Xinzhou shoal in the Anqing section of the Yangtze River, China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2020, 40(7): 2417-2426.
- [15] 冯广朋. 鱼类群落多样性研究的理论与方法[J]. *生态科学*, 2008, 27(6): 506-514.  
FENG G P. A review on the fish community diversity: theories and methods[J]. *Ecological Science*, 2008, 27(6): 506-514.
- [16] PINKAS L, OLIPHANT M S, IVERSON I K L. Food habits of albacore, Bluefin tuna, and bonito in California waters [J]. *Fish Bulletin*, 1971, 152: 1-105.
- [17] 毛志刚, 谷孝鸿, 龚志军, 等. 洪泽湖鱼类群落结构及其资源变化[J]. *湖泊科学*, 2019, 31(4): 1109-1119.  
MAO Z G, GU X H, GONG Z J, et al. The structure of fishcommunity and changes of fishery resources in LakeHongze[J]. *Journal of Lake Sciences*, 2019, 31(4): 1109-1119.
- [18] 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.
- [19] 马克平, 刘灿然, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 II  $\beta$  多样性的测度方法[J]. *生物多样性*, 1995, 3(1): 38-43.  
MA K P, LIU C R, LIU Y M. Measurement of biotic community diversity: II  $\beta$  diversity [J]. *Biodiversity Science*, 1995, 3(1): 38-43.
- [20] WARWICK R M. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities [J]. *Marine Biology*, 1986, 92(4): 557-562.
- [21] 郭扬明, 胡飞宝. 钱塘江采砂造成的危害与河道保护措施探讨[J]. *浙江水利科技*, 2002(4): 85-86.  
WU Y M, HU F B. Discussion on the harm caused by sand mining in Qiantang River and the measures for river protection [J]. *Zhejiang Hydrotechnics*, 2002(4): 85-86.
- [22] 江蓝. 钱塘江流域经济发展与环境污染关系研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2014.  
JIANG L. Relationship between economic development and environmental pollution at Qiantang River Basin [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2014.
- [23] 孙露, 刘金殿, 杨元杰. 钱塘江桐庐段水域花鳍鱼种群结构特征的初步研究[J]. *生物学杂志*, 2014, 31(6): 46-50.  
SUN L, LIU J D, YANG Y J. Primarily study on fish community structure of *Hemibarbus maculatus* in Tonglu area of Qiantang River[J]. *Journal of Biology*, 2014, 31(6): 46-50.
- [24] 桐庐县地方志编纂委员会. 桐庐年鉴[M]. 北京: 方志出版社, 2015-2018.  
Compilation Committee of Tonglu County Local Chronicles. Tongluyearbook[M]. Beijing: Local Records Press, 2015-2018.
- [25] 张芮, 徐宾铎, 薛莹, 等. 黄河口及其邻近水域鱼类生物完整性评价[J]. *中国水产科学*, 2017, 24(5):946-952.

- ZHANG R, XU B D, XUE Y, et al. Evaluation of the biotic integrity of fish assemblages in the Yellow River estuary and its adjacent waters [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2017, 24(5): 946-952.
- [26] 童勇义. 钱塘江下游渔业资源开发利用现状及制约因素浅析[J]. *中国水产*, 2001(4): 18-19.
- TONG Y Y. A brief analysis of the development and utilization of fishery resources in the lower reaches of Qiantang River and its restricting factors [J]. *China Fisheries*, 2001(4): 18-19.
- [27] 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 & Conservation*, 2003, 12(8): 1649-1685.
- [28] 邓风云, 张春光, 赵亚辉, 等. 东江源头区域鱼类物种多样性及群落组成的特征[J]. *动物学杂志*, 2013, 48(2): 161-173.
- DENG F Y, ZHANG C G, ZHAO Y H, et al. Diversity and community structure of the fishes in the headstream region of the Dongjiang River [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2013, 48(2): 161-173.
- [29] 李若华, 夏冬梅, 姚凯华. 钱塘江河口七堡段氯度时空变化及与水文的关系[J]. *水利水电科技进展*, 2019, 39(2): 21-25.
- LI R H, XIA D M, YAO K H. Temporal and spatial variation of chlorinity and its relationship with hydrology in Qibao section of Qiantang estuary [J]. *Advances in Science and Technology of Water Resources*, 2019, 39(2): 21-25.
- [30] GROSSMAN G D, MOYLE P B, WHITAKER JR J O. Stochasticity in structural and functional characteristics of an Indiana stream fish assemblage: a test of community theory [J]. *The American Naturalist*, 1982, 120(4): 423-454.
- [31] 王生, 段辛斌, 陈文静, 等. 鄱阳湖湖口鱼类资源现状调查[J]. *淡水渔业*, 2016, 46(6): 50-55.
- WANG S, DUAN X B, CHEN W J, et al. Status and changes of fish resources in the Hukou area of Poyang Lake [J]. *Freshwater Fisheries*, 2016, 46(6): 50-55.
- [32] 李丽娟, 张吉, 吴丹, 等. 太子河流域鱼类功能群结构与多样性对土地利用类型的响应[J]. *生态学报*, 2017, 37(20): 6863-6874.
- LI L J, ZHANG J, WU D, et al. Relationships between structure and diversity of fish functional groups and land use in the Taizi River [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2017, 37(20): 6863-6874.
- [33] 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.
- [34] 杜浩, 班璇, 张辉, 等. 天然河道中鱼类对水深、流速选择特性的初步观测; 以长江江口至浼市段为例[J]. *长江科学院院报*, 2010, 27(10): 70-74.
- DU H, BAN X, ZHANG H, et al. Preliminary observation on preference of fish in natural channel to water velocity and depth: case study in reach of Yangtze River from Jiangkou town to Yuanshi town [J]. *Journal of Yangtze River Scientific Research Institute*, 2010, 27(10): 70-74.
- [35] 于道平, 黄敏毅, 赵凯, 等. 长江东流河道整治对长江江豚种群数量的影响[J]. *兽类学报*, 2012, 32(4): 330-334.
- YU D P, HUANG M Y, ZHAO K, et al. Impact of river training on the population abundance of Yangtze finless porpoises in Dongliu section of the Yangtze River [J]. *Acta Theriologica Sinica*, 2012, 32(4): 330-334.
- [36] 夏文才, 谢雷宁, 童勇义, 等. 钱塘江下游主要经济鱼类和饵料生物资源的调查研究[J]. *水利渔业*, 1989(2): 32-35.
- XIA W C, XIE L N, TONG Y Y, et al. Investigation on the main economic fish and bait biological resources in the lower reaches of Qiantang River [J]. *Reservoir Fisheries*, 1989(2): 32-35.
- [37] ROCHET M J, TRENKEL V M. Which community indicators can measure the impact of fishing? A review and proposals [J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2003, 60(1): 86-99.
- [38] 杨金权, 胡雪莲, 唐文乔, 等. 长江口邻近水域刀鲚的线粒体控制区序列变异与遗传多样性[J]. *动物学杂志*, 2008, 43(1): 8-15.
- YANG J Q, HU X L, TANG W Q, et al. mtDNA control region sequence variation and genetic diversity of *Coilia nasus* in Yangtze River estuary and its adjacent waters [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2008, 43(1): 8-15.
- [39] 俞建, 于海燕, 姚建良, 等. 钱塘江流域浮游甲壳动物的分布与季节变化[J]. *海洋湖沼通报*, 2010(4): 61-71.
- YU J, YU H Y, YAO J L, et al. The seasonal variation and distribution of planktonic crustaceans in Qiantang River [J]. *Transactions of Oceanology and Limnology*, 2010(4): 61-71.
- [40] 张永正, 郑善坚, 张婉萍. 钱塘江鱼类资源人工增殖放流效果评价[J]. *浙江师范大学学报(自然科学版)*, 2018, 41(1): 97-101.
- ZHANG Y Z, ZHENG S J, ZHANG W P. The assessment of releasing and enhancement of fishery resources in the Qiantang River [J]. *Journal of Zhejiang Normal University (Natural Sciences)*, 2018, 41(1): 97-101.
- [41] 申玉春, 杨景峰, 祁保霞, 等. 孟家段水库鲢、鳙的生长及提高鱼产量措施[J]. *水利渔业*, 2001, 21(5): 26-28.
- SHEN Y C, YANG J F, QI B X, et al. Growth of the silver carp *Hypophthalmichthys molitrix* and the bighead carp *Aristichthys nobilis* in Mengjiaduan reservoir and measurements for increasing fish yields [J]. *Reservoir Fisheries*, 2001, 21(5): 26-28.

- [42] 陈宜瑜, 褚新洛, 罗云林. 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, CHU X L, LUO Y L. Fauna Sinica Osteichthyes Cypriniformes II [M]. Beijing: Science Press, 1998.
- [43] 刘朝. 钱塘江流域河流表层沉积物特征及物源分析[D]. 上海: 华东师范大学, 2016.  
LIU Z. Study on the characteristics of surface sediment in the Qiantang River and analysis of provenance [D]. Shanghai: East China Normal University, 2016.
- [44] 曾剑, 孙志林, 潘存鸿, 等. 钱塘江河口径流长周期特性及其对河床的影响[J]. 浙江大学学报(工学版), 2010, 44(8): 1584-1588.  
ZENG J, SUN Z L, PAN C H, et al. Long-periodic feature of runoff and its effect on riverbed in Qiantang estuary [J]. Journal of Zhejiang University (Engineering Science), 2010, 44(8): 1584-1588.

## Current situation of fish community structure in West Lake section of Qiantang River

LIU Pengfei<sup>1</sup>, ZHANG Wanping<sup>2</sup>, XU Dongpo<sup>1,3</sup>, ZHOU Yanfeng<sup>3</sup>, FAN Yingchun<sup>3</sup>, ZHAN Zhengjun<sup>3</sup>, TONG Qilie<sup>2</sup>

(1. Wuxi Fisheries College of Nanjing Agriculture University, Wuxi 214128, Jiangsu, China; 2. Hangzhou Fishery Port Fishing Boat Supervision and Management Terminal, Hangzhou 310008, Zhejiang, China; 3. 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, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081, Jiangsu, China)

**Abstract:** The seasonal sampling was conducted in the West Lake section of Qiantang River from 2016 to 2018. A total of 31 species of fish belonging to 27 genera, 9 families and 7 orders were collected, among which the most species were Cyprinidae (21 species), accounting for 67.74% of the total species. According to ecological types, freshwater settlement, middle and lower layers, omnivorous fish are the main species. The dominant species were *Carassius auratus*, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Coilia nasus*, *Aristichthys nobilis*, and *Cynoglossus gracilis*. Compared with the historical records, the decline of fish resources is more obvious, only the river and sea migratory fish and estuarine fish species decreased by 16 species, and there is the problem of fish miniaturization and singularity. The Jaccard similarity coefficient shows that the fish species composition is at a moderate dissimilarity level between any two years. The ABC curve also shows that the fish community was stable in 2016 and 2018, while it was disturbed in 2017. The *Hypophthalmichthys molitrix*, *Carassius auratus* and *Hypophthalmichthys nobilis* are the most important fish resources in this section, accounting for 49.65%, 20.14% and 16.19% of the total catch weight respectively. Although most of the traditional indigenous economic fishes in the Qiantang River are supplemented by long-term breeding and releasing, no dominant population has been formed in this section. Although the fish diversity index fluctuated seasonally and annually, the changes did not reach a significant level, and the seasonal changes of the fish community structure were related to the living habits of the fishes and the hydrogeological characteristics in the water to a certain extent. It is suggested to strengthen the protection of fish resources in this section of the river from the aspects of strengthening law enforcement, scientific breeding and releasing, improving habitat conditions and so on. In view of the lack of investigation into the fish community structure in the Qiantang River estuary section, it is suggested to carry out a comprehensive survey on the fish community and fish habitat in the Qiantang River estuary section continuously, so as to provide scientific basis for the formulation of detailed fish protection measures.

**Key words:** West Lake section of Qiantang River; fish community structure; protection of fish resources