

文章编号: 1674-5566(2020)03-0364-10

DOI:10.12024/jsou.20190502631

长江近口段沿岸鮡亚科鱼类的数量动态及其影响因子

叶亚蒙¹, 郭弘艺^{1,2}, 唐文乔^{1,2,3}, 张 亚^{1,2}

(1. 上海海洋大学 海洋动物系统分类与进化上海高校重点实验室, 上海 201306; 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; 3. 上海海洋大学 水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室, 上海 201306)

摘要: 为了解长江近口段沿岸水域中鮡亚科(Gobioninae)鱼类的数量动态及其影响因子, 于 2003—2017 年在靖江段沿岸设置一顶定置张网, 每月定期收集 2~3 份渔获样本, 对鮡亚科鱼类的丰度动态与环境因子的相关性进行分析。结果显示, 15 年共采集渔获样本 499 份, 其中, 鮡亚科鱼类有 23 668 尾、65.6 kg, 隶属于 9 属 19 种。鮡亚科均占鱼类总种数和总个体数的 14.6%, 是这一水域占优势的鱼类类群之一。鮡亚科的平均体质量仅为 2.8 g, 幼体为主。相对重要性指数(Relative Importance Index, IRI)分析表明, 麦穗鱼(*Pseudorasbora parva*)、棒花鱼(*Abbotina rivularis*)、银鮡(*Squalidus argentatus*)、光唇蛇鮡(*Saurogobio gymnocheilus*)是这一水域的常见种, 亮银鮡(*Squalidus nitens*)、长蛇鮡(*Saurogobio dunerili*)、蛇鮡(*Saurogobio dabryi*)为一般种。但鮡亚科占总渔获数量的比例在不同年份间波动很大, 占比最高的年份是占比最低年份的 7 倍。CCA 排序分析显示, 气压和温度是影响鮡亚科物种丰度的重要因素。水温越高、气压越低, 则种组 I 的 5 个物种出现数量越多, 而种组 II 的 2 个物种出现数量越少。Spearman 分析显示, 鮡亚科的数量丰度与气压呈显著的负相关性($P=0.0461 < 0.05$)。与浊度的相关性也十分明显, 当浊度小于 100 NTU 时, 鮡亚科的数量丰度与浊度呈极显著的负相关性($P=0.0092 < 0.01$)。研究表明, 靖江沿岸水域是鮡亚科幼体的重要栖息地, 多个环境因子的变动均会对其种类和数量产生影响。

关键词: 长江靖江段; 沿岸水域; 鮡亚科; 资源动态; 环境因子影响

中图分类号: S 932.4 **文献标志码:** A

鮡亚科(Gobioninae)是鲤科(Cyprinidae)鱼类中种类数较多的一个亚科, 全世界有近 30 属 190 余种, 我国有 22 属 99 种, 约占我国土著淡水鱼类的 7.3%^[1]。鮡亚科多数为中小型鱼类, 集中分布于东亚各水系, 仅个别种类跨欧亚大陆分布^[1-2]。鮡亚科大多栖息在江河、湖泊等的水体底层, 以底栖无脊椎动物、水生昆虫幼虫、高等植物碎屑以及藻类等为食。鮡亚科鱼类虽为小型鱼类, 但有些种类如麦穗鱼、棒花鱼等在浅水型江河、湖泊中具有较大的种群数量, 在维护水域生态系统平衡中具有重要作用^[3-6]。

大河河口的沿岸水域由于具有独特的自然资源特征和生态系统过程, 具有很高的生态服务价值^[7]。长江口是西太平洋地区生态服务功能最为重要的河口之一, 在维持鱼类多样性和渔业

资源上具有独特的作用^[8]。但长江河口地区经济高速发展, 河口两岸码头林立, 沿岸生境已严重片断化。近年码头建设正在向近口段快速延伸, 沿岸生态系统深受人类干扰, 生态服务功能正经历着深刻的变化。有关长江河口及其邻近海域的鱼类多样性、渔业资源、群落结构、仔幼鱼时空分布等受到了学者们的广泛关注^[9-15], 但涉及沿岸生境鱼类群聚结构与功能的研究相对较少^[16-17]。

长江自安徽大通(枯季潮区界)至水下三角洲前缘全长近 700 km 均属于河口区, 其中:大通至江阴(洪季潮流界)长约 400 km 为近口段; 江阴至口门长 220 km 为河口段; 口门向外至 30~50 m 等深线处为口外海滨。江苏靖江市处于长江近口段下游的北岸, 具有 52.3 km 的长江岸

收稿日期: 2019-05-05 修回日期: 2019-06-04

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFD0900802); 国家自然科学基金(31472280)

作者简介: 叶亚蒙(1994—), 女, 硕士研究生, 研究方向为渔业生物学。E-mail: yeyameng@163.com

通信作者: 唐文乔, E-mail: wqtang@shou.edu.cn

线,长期保持着未开发的原始状态。但最近十余年来,码头建设明显加快沿岸景观变化剧烈。为监测长江河口区沿岸水域鱼类资源的变化状况,本研究自 2002 年起对靖江沿岸鱼类作了连续多年的监测和采集。作为我国淡水鱼类的一个重要类群,以鮡亚科作为整体开展数量动态分析的研究报道还很少^[5,18]。本文对鮡亚科的数量动态与环境因子的相关性作了分析,旨在弄清这一水域在鮡亚科鱼类养护中的作用,为生态保护提供依据。

1 材料与方法

1.1 样本采集和保存

采样点位于江苏省靖江市的长江沿岸(31°56'N,120°01'E),是当地渔民设置定置张网的代表性近岸滩地。采样点沿岸上缘为混凝土堤坝,下缘堤脚为宽约 30 m 的大型石块带。堤脚下是宽阔的淤泥质江岸(坡度约为 20°)。石块带下缘至泥质江岸内侧有宽约 100 m 的芦苇(*Phragmites australis*)带,夏秋季芦苇植株平均高约 3 m,冬季枯萎后割除。石块带与芦苇之间,散布有稀疏的蘆草(*Scirpus triquetter*)。采样水域受长江径流和不规则半日潮的双重影响,每次涨落潮约有 1.1~2.9 m 的水位波动^[19]。

垂直于江岸设置一部丁字形定置张网,拦网长约 40 m,网片露出江底高约 1.8 m,在拦网下缘近江心处布置 2 个笼式网袋。拦网网目为 1.9 cm,网袋网目为 0.9 cm,张网布置的位置随水位涨落而上下移动,一般控制在平水期与拦网上纲齐平。当网片出现破损或附着较多藻类时,及时更换规格相同的张网,从而保证采样的一致性。

每天凌晨至上午退潮时收集一次渔获物。2003 年,每月保存 1 日和 15 日的 2 份渔获物样本,2004—2017 年每月保存 1 日、11 日、21 日的 3 份样本。每日保存的 1 个样本是 1 个单位捕捞努力渔获量(catch per unit effort, CPUE), ind. (尾)/样。所有样本均用 10% 的福尔马林溶液固定。

1.2 环境因子收集

从江苏省靖江市气象局获得靖江当地的气象因子,包括降水量(PR, mm)、平均气压(P, hPa)和光照时长(SS, h)。水体环境因子来自靖江市水务局,包括最高水位(HW, m)、最低水位(LW, m)、潮差(TB, m)、氨氮(AN, mg/L)、水温

(T, °C)、浊度(TB, NTU)和化学需氧量(COD, mg/L)。水体环境因子的监测点位于采样点上游约 1 km,为一个自来水管的原水进口处。径流量(RO, 亿 m³)采用长江水文网(<http://www.cjh.com.cn/>)公布的大通站数据。

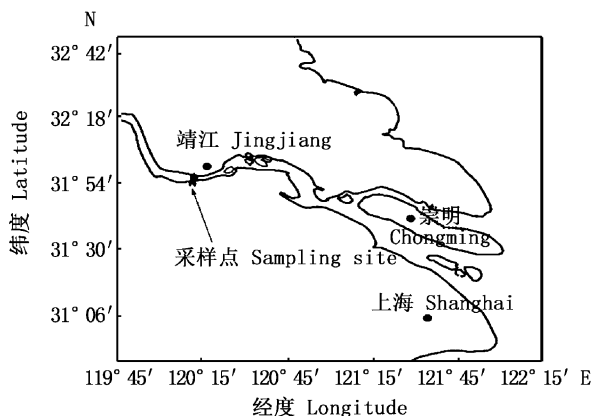


图 1 长江靖江段沿岸鱼类样本采集点

Fig. 1 Sampling site of fish assemblages of the coastal waters in the Jingjiang section of the Yangtze River

1.3 样本处理与数据分析

将保存好的渔获样本带回实验室,依据《江苏鱼类志》^[20]、《中国动物志·硬骨鱼纲·鲤形目(中卷)》^[21]、《中国鱼类系统检索》^[21]等进行分类鉴定。用量鱼板逐尾测量体长(L),精确到 0.01 cm;吸干表面水分后用电子称称量体质量(W),精确到 0.01 g。

采用 Pinkas 相对重要性指数(Relative Importance Index, IRI)研究鱼类群聚的优势度^[22-23]。计算公式:

$$I_{Ri} = (W_i + N_i) \times F_i \quad (1)$$

式中: I_{Ri} 为相对重要性指数; W_i 表示某一物种占全部样本总重量的百分比; N_i 表示该物种占全部样本总数量的百分比; F_i 为该物种在全部样本中出现的频率。分类标准: $IRI \geq 1000$ 的物种为优势种, $100 \leq IRI < 1000$ 的物种为常见种, $10 \leq IRI < 100$ 的物种为一般种, $IRI < 10$ 的物种为少见种^[24-25]。

使用 GraphPad Prism 7 软件包对鮡亚科的 IRI 值变化进行热图分析,R 3.5.1 软件进行物种丰度与环境因子的典范对应分析(canonical correspondence analysis, CCA),SPSS 22 对鮡亚科总生物量与环境因子进行 Spearman 相关检验。

2 结果

2.1 鮡亚科种类及其生物量变化

台风、洪水等原因造成计划中 28 份渔获样本缺失。2003—2017 年间共收集到渔获物样本 499 份, 鱼类共 162 140 尾。经逐尾分析鉴定, 发现鮡亚科有 9 属 19 种, 其中: 以鯮属 (*Sarcocheilichthys*) 的种类最多, 有 4 种; 蛇鮡属 (*Saurogobio*) 和银鮡属 (*Squalidus*) 各 3 种; 鳊属 (*Hemibarbus*)、吻鳊属 (*Rhinogobio*) 和小鳊属

(*Microphysogobio*) 各 2 种; 铜鱼属 (*Coreius*)、棒花鱼属 (*Abbotina*) 和麦穗鱼属 (*Pseudorasbora*) 各 1 种。

499 份渔获物样本中有鮡亚科 23 668 尾, 占所有鱼类个体数量的 14.6%, 但各个年份所占比例很不相同。最高的年份为 2009 年和 2008 年, 分别占总数量的 28.1% 和 27.6%; 最低的 2003 年仅占总数量的约 4%, 可见这一水域的鮡亚科鱼类相对数量随年份呈现出很大的波动性 (图 2)。

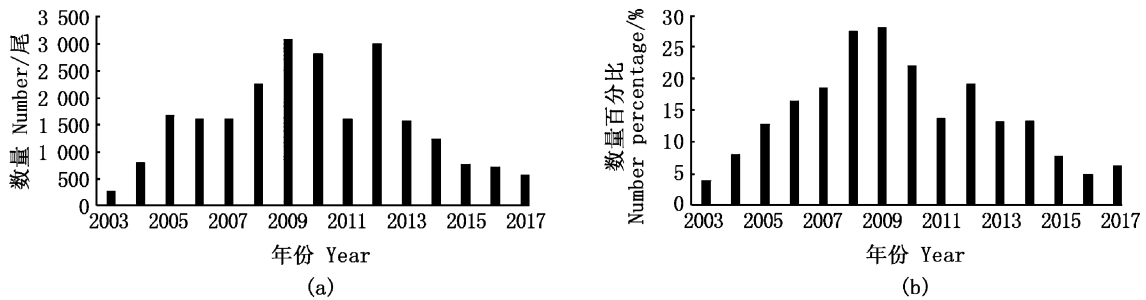


图 2 2003—2017 年长江靖江沿岸鮡亚科个体数量 (a) 及占比 (b) 的年变化

Fig. 2 Interannual variation of the number (a) and percentage (b) of Gobioninae in coastal waters of Jingjiang section of the Yangtze River from 2003 to 2017

鮡亚科鱼类数量占比, 以麦穗鱼 (*Pseudorasbora parva*) 的数量最多, 共 10 204 尾, 占 43.1%; 棒花鱼 (*Abbotina rivularis*) 次之, 共 5 410 尾, 占 22.9%; 银鮡 (*Squalidus argentatus*) 第 3, 共 3 241 尾, 占 13.7%; 光唇蛇鮡 (*Saurogobio gymnocheilus*) 有 2 137 尾, 占 9.0%; 亮银鮡 (*Squalidus nitens*)、长蛇鮡 (*Saurogobio dumerili*)、蛇鮡 (*Saurogobio dabryi*) 分别占 5.1%、2.7% 和 2.4%, 其他 12 种鱼类的数量都很少, 合计占

1.1%。见图 3a。

499 份渔获物样本中共有鮡亚科鱼类 65.6 kg, 占所有鱼类生物量的 5.7%。其中: 麦穗鱼和棒花鱼共 17.0 kg 和 15.7 kg, 分别占总质量的 25.9% 和 23.9%; 银鮡、长蛇鮡和光唇蛇鮡分别占总质量的 14.4%、11.7% 和 11.3%; 蛇鮡和亮银鮡占总质量的 5.1% 和 3.9%; 其他 12 种鱼类合计占总质量的 3.8%。见图 3b。

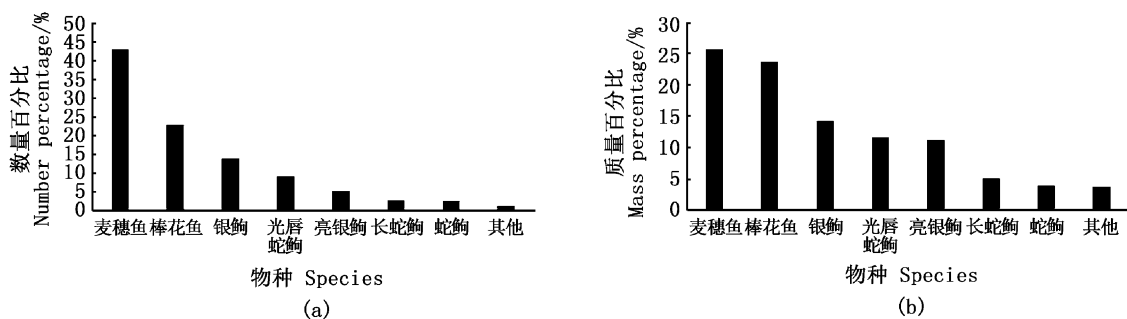


图 3 2003—2017 年长江靖江沿岸鮡亚科鱼类的数量 (a) 和质量 (b) 百分比组成

Fig. 3 Percentage composition of abundance (a) and biomass (b) of Gobioninae in coastal waters of Jingjiang section of the Yangtze River from 2003 to 2017

2.2 几个主要种的单位努力捕捞量(CPUE)变化

2.2.1 年际变化

由图4列出的7个主要种CPUE数据可知:除了亮银鮡在2005年和2014年没有捕获,其他6种每年均有捕获;麦穗鱼的年平均CPUE为(19.9 ± 2.3) ind./样,最大值为2008年的(51.7 ± 20.4) ind./样,最小值为2017年的(2.3 ± 0.9) ind./样,总体呈现先上升后下降的趋势;棒花鱼的年平均CPUE为(10.5 ± 1.1) ind./样,最大值为2009年的(19.8 ± 8.0) ind./样,最小值为2017年的(2.1 ± 0.8) ind./样,总体呈现先上升后下降的趋势;银鮡的年平均捕捞量CPUE为(6.4 ± 0.6) ind./样,最大值为2012年的(15.6 ± 2.8) ind./样,最小值为2004年的(0.8 ± 0.2) ind./样,总体呈现先上升后下降的

趋势;光唇蛇鮡的年平均捕捞量CPUE为(4.3 ± 0.8) ind./样,最大值为2012年的(17.6 ± 9.1) ind./样,最小值为2006年的(0.1 ± 0.0) ind./样,总体呈现先上升后下降的趋势;亮银鮡的年平均捕捞量CPUE为(2.4 ± 0.4) ind./样,最大值为2010年的(10.7 ± 2.8) ind./样,最小值为2007年的(0.1 ± 0.1) ind./样,总体呈现先上升后下降的趋势;长蛇鮡的年平均捕捞量CPUE为(1.3 ± 0.1) ind./样,最大值为2011年(2.9 ± 1.1) ind./样,最小值为2013年的(0.2 ± 0.1) ind./样,总体呈现不规则波动趋势;蛇鮡的年平均捕捞量CPUE为(1.2 ± 0.2) ind./样,最大值为2005年的(3.4 ± 1.9) ind./样,最小值为2010年的(0.0 ± 0.0) ind./样,总体呈现不规则波动趋势。

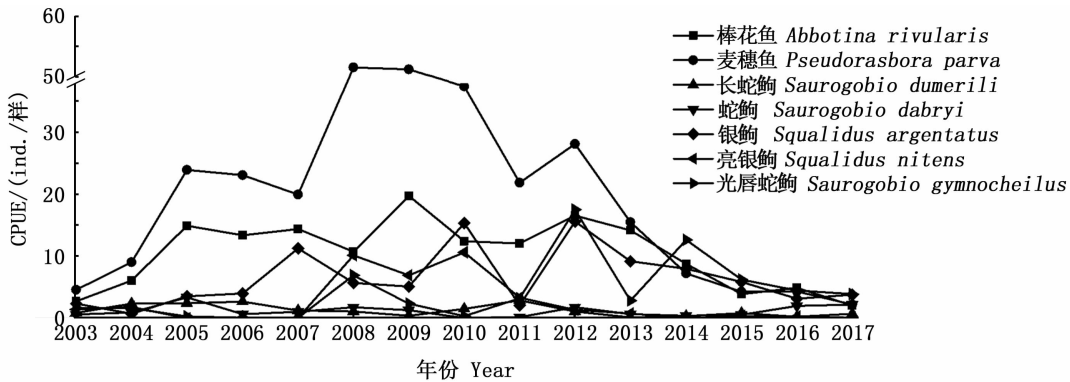


图4 7种重要鮡亚科鱼类单位捕捞努力量渔获量(CPUE)值的年际变化

Fig. 4 Interannual variation of CPUE values of the 7 important species of Gobioninae

2.2.2 季节变化

由图5可见:麦穗鱼和棒花鱼的较高CPUE出现在春、冬两个季节,最大季节分别为最小季节的5.3和5.6倍;相反,银鮡、光唇蛇鮡、亮银鮡、长蛇鮡和蛇鮡的较高CPUE则都出现在夏、秋两季,最大季节分别为最小季节的1.7、13.9、4.2、3.0和5.2倍。对数据进行独立样本Kruskal-Wallis检验,发现麦穗鱼、棒花鱼、光唇蛇鮡和蛇鮡的CPUE在季节间的差异显著。

2.3 主要种的IRI指数时间变化

表1列出了7种重要鮡亚科鱼类的年度相对重要性指数(IRI),可见麦穗鱼、棒花鱼、银鮡和光唇蛇鮡的年平均IRI为730.4、397.6、245.5和112.8,总体上是这一江段的常见种,亮银鮡、长蛇鮡和银鮡蛇鮡的年平均IRI为70.9、65.9、

23.9,为该江段的一般种。

各物种在不同年份的优势度各不相同(图6)。麦穗鱼在2006年和2008—2010年为优势种,有9年为常见种,2016—2017年为一般种;麦穗鱼以优势种和常见种出现的年份频率为0.9(13/15);棒花鱼只在2003年和2017年为一般种,其余13年均作为常见种出现,其以常见种出现的频率也为0.9(13/15);银鮡有11年为常见种,4年为一般种;光唇蛇鮡有6年为常见种,5年为一般种,4年为少见种;亮银鮡有4年为常见种,3年为一般种,其余8年为少见种;长蛇鮡有3年为常见种,9年为一般种,3年为少见种;蛇鮡有10年为一般种,5年为少见种。由此可见,麦穗鱼和棒花鱼是长江近口段出现频率最高的两个鮡亚科物种。

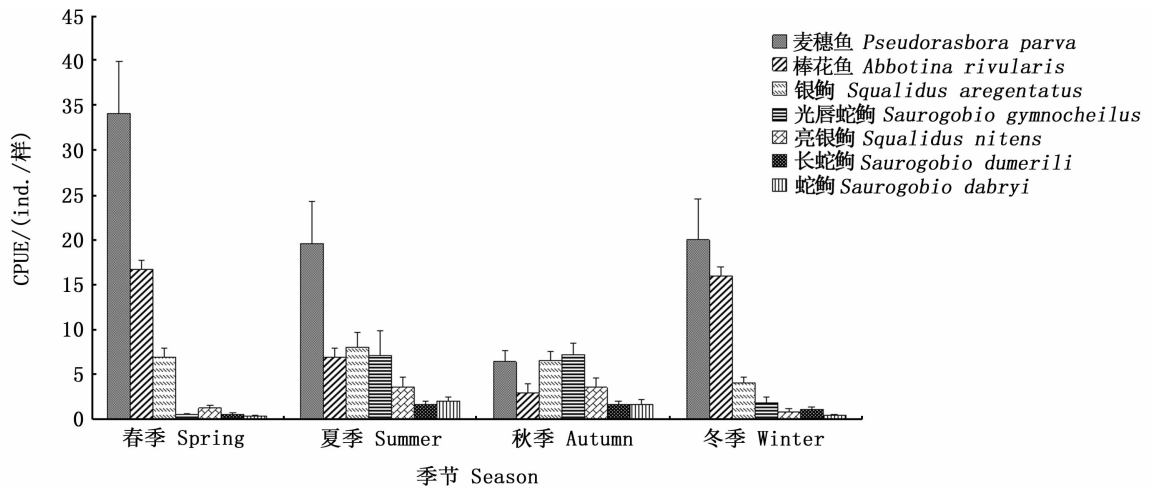


图 5 7 种重要鲃亚科鱼类单位捕捞努力量 (CPUE) 的季节变化
Fig.5 Seasonal CPUE value of the 7 important species of Gobioninae

表 1 7 种重要鲃亚科鱼类相对重要性指数 (IRI) 的年度变化
Tab.1 Interannual IRI value of the 7 important species of Gobioninae

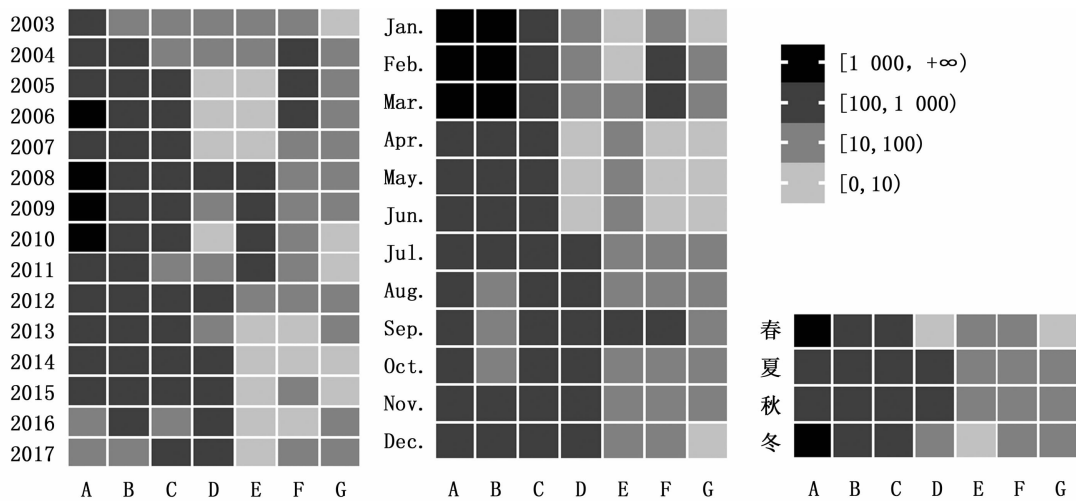
年份 Year	麦穗鱼 <i>P. parva</i>	棒花鱼 <i>A. rivularis</i>	银鲃 <i>Squalidus argentatus</i>	光唇蛇鲃 <i>Saurogobio gymnocheilus</i>	亮银鲃 <i>Squalidus nitens</i>	长蛇鲃 <i>Saurogobio dumerili</i>	蛇鲃 <i>Saurogobio dabryi</i>
2003	137.6	82.6	38.8	41.6	12.9	39.4	4.8
2004	382.3	238.6	13.8	37.3	39.4	198.9	25.1
2005	832.1	605.1	120.6	2.5	0.0	179.5	24.0
2006	1 099.4	657.1	169.3	0.4	0.4	249.8	12.8
2007	933.6	706.0	606.5	0.1	0.1	82.0	21.2
2008	1 650.6	389.2	265.1	135.5	329.2	50.7	52.7
2009	1 983.3	743.5	210.5	37.6	219.6	10.5	55.6
2010	1 246.2	334.2	597.8	4.6	336.0	52.7	0.1
2011	818.7	475.9	43.8	47.5	100.1	55.4	4.0
2012	693.7	384.3	408.5	380.0	14.2	10.2	17.2
2013	565.0	567.5	392.7	81.5	7.8	3.1	13.7
2014	305.8	463.8	360.6	500.7	0.0	5.6	8.6
2015	154.1	155.9	233.2	192.7	2.0	20.0	7.7
2016	88.1	111.6	74.4	106.0	0.9	4.5	40.8
2017	65.9	49.0	147.7	124.7	0.2	26.1	70.9
平均值 Mean	730.4	397.6	245.5	112.8	70.9	65.9	23.9

表 2 列出了 7 种重要鲃亚科鱼类的季度相对重要性指数 (IRI), 可见: 麦穗鱼在春冬两季为优势种, 夏秋两季均为常见种; 棒花鱼和银鲃全年均为常见种; 光唇蛇鲃夏秋两季为常见种; 冬季为一般种, 春季为少见种; 亮银鲃冬季为少见种,

其余 3 个季节为一般种; 长蛇鲃全年为一般种; 蛇鲃春季为少见种, 其余 3 个季节为一般种; 7 种重要鲃亚科鱼类的相对重要性指数 (IRI) 及其在靖江所有鱼类群聚中的优势度分析结果见图 6。

表 2 7 种重要鲃亚科鱼类重要相对重要性指数 (IRI) 的季节变化
Tab.2 Seasonal IRI value of the 7 important species of Gobioninae

季节 Season	麦穗鱼 <i>P. parva</i>	棒花鱼 <i>A. rivularis</i>	银鲃 <i>Squalidus argentatus</i>	光唇蛇鲃 <i>Saurogobio gymnocheilus</i>	亮银鲃 <i>Squalidus nitens</i>	长蛇鲃 <i>Saurogobio dumerili</i>	蛇鲃 <i>Saurogobio dabryi</i>
春 Spring	1 063.9	596.3	230.6	5.9	11.9	13.1	3.9
夏 Summer	536.6	174.7	213.0	126.6	46.6	42.5	32.4
秋 Autumn	257.9	110.4	312.1	272.8	84.2	85.9	53.1
冬 Winter	1 003.0	967.1	189.5	51.4	8.1	80.7	12.7



A. 麦穗鱼 (*P. parva*); B. 棒花鱼 (*A. rivularis*); C. 银鮡 (*Squalidus argentatus*); D. 光唇蛇鮡 (*Saurogobio gymnocheilus*); E. 亮银鮡 (*Squalidus nitens*); F. 长蛇鮡 (*Saurogobio dunerili*); G. 蛇鮡 (*Saurogobio dabryi*)

图 6 7 种重要鮡亚科鱼类相对重要性指数 (IRI) 的年际、月际和季节变化热图

Fig. 6 Heat map of yearly, monthly and seasonal IRI value of the 7 important species of Gobioninae

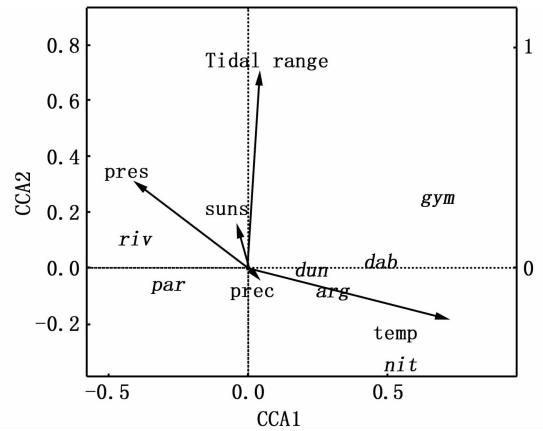
2.4 主要种的丰度和环境因子 CCA 排序

对 2007—2017 年采集的 365 份样品的 7 种重要鮡亚科鱼类的尾数,与采样当日 5 个环境因子数据进行 CCA 排序分析,结果见图 7,可见:潮差、水温和气压均为长箭头,而光照时长和降水量均为短箭头,表明前面 3 个环境因子对 7 种鮡亚科鱼类尾数的关系大,后 2 个环境因子对所关注的 7 种鱼类尾数的关系小;第一排序轴与水温、降水量和潮差呈正相关,与气压和光照时长呈负相关;第二排序轴与潮差、光照时长和气压呈正相关,与水温和降水量呈负相关。根据 5 个主要环境因子的分布特征,可将 7 个物种分为 2 个组。种组 I 包括蛇鮡、长蛇鮡、银鮡、亮银鮡和光唇蛇鮡,与温度有很大的正相关关系,与气压呈负相关;种组 II 只包括棒花鱼和麦穗鱼,与温度呈负相关,与气压有较大的正相关。

CCA 排序分析结果表明,气压和温度是影响鮡亚科物种丰度的重要因素。水温越高,气压越低,则种组 I 的 5 个物种出现数量越多,而种组 II 的 2 个物种出现数量越少。另外,潮差作为影响鮡亚科鱼类物种丰度的重要因素,与光唇蛇鮡和棒花鱼呈正相关,与亮银鮡呈负相关,而与其他种类无明显相关趋势。

2.5 鮡亚科数量丰度与环境因子相关性分析

对所有 19 种鮡亚科鱼类的数量丰度与 11 个环境因子进行 Spearman 相关检验分析,结果见图 8,可见:鮡亚科作为一个整体,其数量丰度与气



par. 麦穗鱼 (*P. parva*); riv. 棒花鱼 (*A. rivularis*); arg. 银鮡 (*Squalidus argentatus*); gym. 光唇蛇鮡 (*Saurogobio gymnocheilus*); nit. 亮银鮡 (*Squalidus nitens*); dun. 长蛇鮡 (*Saurogobio dunerili*); dab. 蛇鮡 (*Saurogobio dabryi*); Temp. 水温 (temperature); pres. 气压 (pressure); Tidal range. 潮差; suns. 光照时长 (sunshine time); prec. 降水量 (precipitation)

图 7 7 种重要鮡亚科鱼类与环境因子的 CCA 排序
Fig. 7 CCA diagram showing the relationship between abundance of 7 important Gobioninae species and environmental factors

压呈显著的负相关性 ($P = 0.0461 < 0.05$);与浊度的相关性也十分明显,当浊度小于 100 NTU 时,鮡亚科的数量丰度与浊度呈极显著的负相关性 ($P = 0.0092 < 0.01$);鮡亚科的数量丰度与潮差 (TR)、氨氮 (AN)、最高水位 (HW)、最低水位 (LW)、降水量 (PR) 呈弱的正相关 ($P > 0.05$),与化学需氧量 (COD) 呈弱的负相关 ($P > 0.05$),与降水量 (PR)、光照时长 (SS)、水温 (T) 无明显

相关趋势($P > 0.05$)。

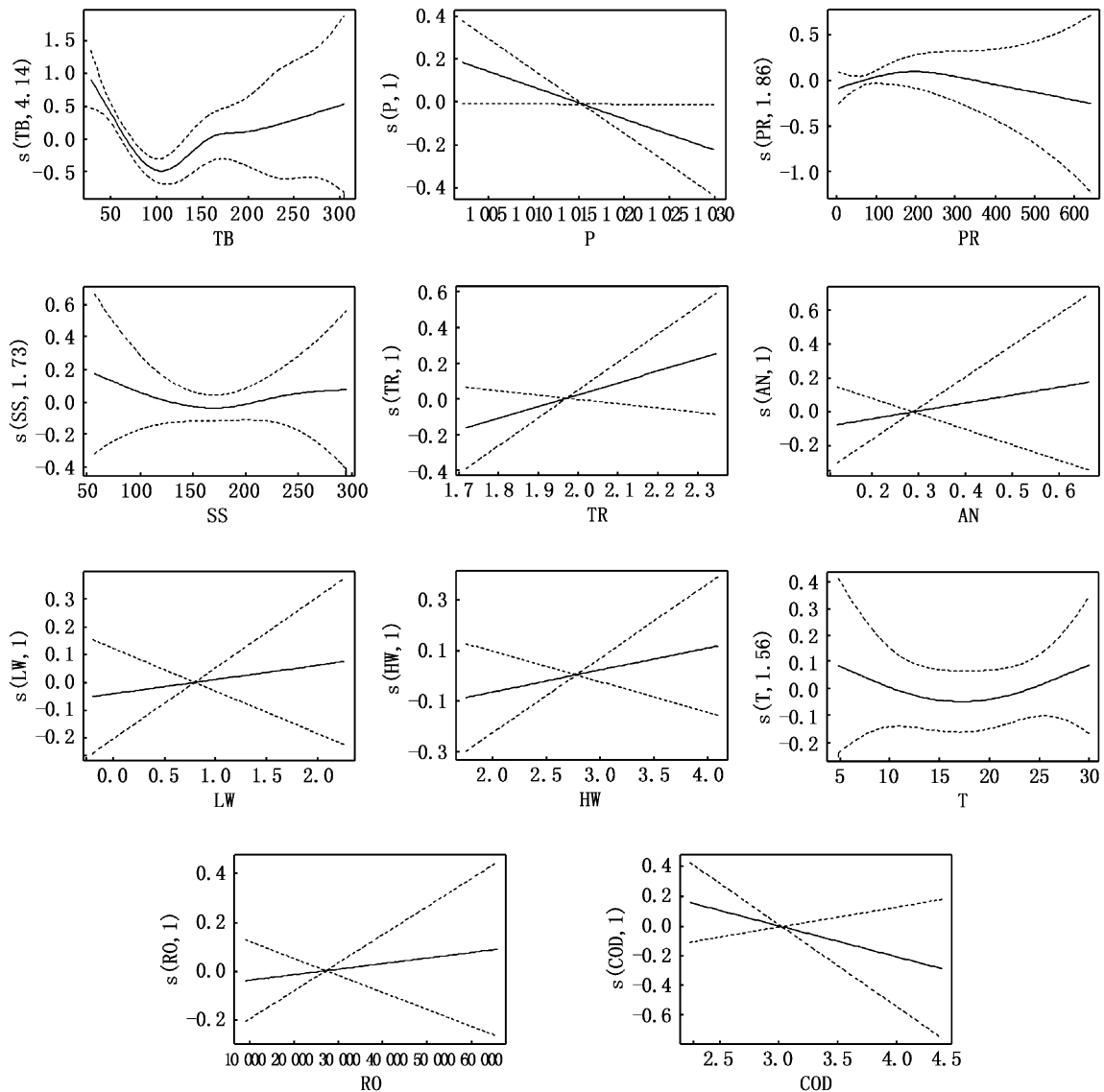


图 8 长江靖江沿岸鮡亚科生物量与环境因子的相关性图

Fig. 8 Correlation map of Gobioninae biomass and environmental factors in coastal waters of Jingjiang section of the Yangtze River

3 讨论

3.1 鮡亚科在长江近口段沿岸鱼类群聚中的地位

在长江近口段沿岸 2003—2017 年间采集的 499 份渔获物样本中有鱼类 130 种, 隶属于 14 目 30 科 81 属。其中鮡亚科有 9 属 19 种, 占鱼类总物种数的 14.6%, 个体数量也占有所有个体数量的 14.6%。这表明, 不论是种类或数量, 鮡亚科都是在长江近口段沿岸鱼类群聚中占优势的类群之一。比较发现, 这一水域的鮡亚科种类比太湖

水域的 8 种明显要多, 但在鱼类总个体数量中所占的比例 (18.3%) 则相对要少^[5]。本研究捕获的鮡亚科种类数也多于长江上游 (17 种), 但数量占比 (37.9%) 和质量占比 (32.8%) 则相对较小^[18]。

分析发现, 长江靖江段沿岸鮡亚科的生物量仅占鱼类总生物量的 5.7%, 明显低于个体数量 14.6% 的占比, 表明其体质量明显小于该鱼类群聚的平均值。孙莎莎等^[3]分析发现, 长江靖江段沿岸鱼类群聚以贝氏鲮、似鳊等小型鱼类以及

鳊、光泽黄颡鱼、刀鲚等经济鱼类的幼鱼为主,个体均质量仅 7.0 g。本研究分析显示,长江靖江段沿岸鮡亚科鱼类的平均体质量仅为 2.8 g,显著小于太湖水域的 16.9 g^[5]。

从年平均相对重要性指数(*IRI*)看,麦穗鱼、棒花鱼、银鮡和光唇蛇鮡总体上是这一江段的常见种,亮银鮡、长蛇鮡和蛇鮡为一般种。其中,4个常见种的前3个为极小型鱼类,3个一般种的前1个也为小型鱼类^[26],极小型和小型种类的幼体是长江靖江段沿岸鮡亚科鱼类的主要成分。因此,这类沿岸水域在维持极小型鱼类和小型鮡亚科鱼类幼体的多样性上具有重要意义。

3.2 鮡亚科鱼类丰度的波动性

分析发现,鮡亚科鱼类占总渔获数量的比例,最高年份可达 28%,是最低年份 4% 的 7 倍,年际波动性很大。特别是几个主要物种的 CPUE,在不同年份之间的波动性更大。如:光唇蛇鮡 2012 年为 17.6 ind./样,2006 年仅有 0.1 ind./样,最高年份是最低年份的 176 倍;麦穗鱼最高年份(2009 年,51.7 ind./样)是最低年份(2017 年,2.3 ind./样)的 22.5 倍;银鮡最高年份(2012 年,15.6 ind./样)是最低年份(2004 年,0.8 ind./样)的 19.5 倍;棒花鱼最高年份(2009 年,19.8 ind./样)是最低年份(2007 年,2.1 ind./样)的 9.4 倍。上述 4 个物种的 CPUE 在不同季节之间的变化也很大,15 年合计的最大值与最小值分别为 13.9 倍(秋/春)、5.3 倍(春/秋)、1.7 倍(夏/冬)和 5.6 倍(春/秋)。

河流的沿岸水域是开放性的栖息环境,由于环境因子的变动,鮡亚科的种类和数量与整个江段之间发生着复杂的生态过程。环境因子 CCA 排序分析表明,几个主要种的丰度与潮差、水温、气压、潮差和光照时长等均有一定的关系,其中气压和温度是影响鮡亚科物种丰度的重要因素。水温越高,气压越低,则种组 I 的 5 个物种出现数量越多,而种组 II 的 2 个物种出现数量越少。对环境因子所作的 Spearman 相关性分析,鮡亚科的数量丰度与气压呈显著的负相关性($P = 0.0461 < 0.05$)。与浊度的相关性也十分明显,当浊度小于 100 NTU 时,鮡亚科的数量丰度与浑浊度呈极显著的负相关性($P = 0.0092 < 0.01$)。当然,由于鮡亚科鱼类对栖息环境的选择不仅受多种环境因子的影响,本身也具有一定程度的随

机性,仅从相关性数值去辨析影响其种类和数量的主要影响因子,可能存在一定的不确定性。

这些分析表明,沿岸鮡亚科鱼类对多个环境因子的变动均十分敏感。除了水温、气压、光照等自然因子,人类截流大坝建设产生的水位和水位差变化、挖沙和河流疏浚等产生的浊度变化、生产和生活产生的水质变化等,都会对沿岸鮡亚科鱼类的种类和数量产生一定程度的变化。因此,为了维护沿岸水域的独特生态服务价值,应该减少对沿岸生态系统乃至整个流域的人为干扰,保持生境的自然状态。

参考文献:

- [1] 张春光,赵亚辉. 中国内陆鱼类物种与分布[M]. 北京: 科学出版社, 2016.
ZHANG C G, ZHAO Y H. Species diversity and distribution of inland fishes in China [M]. Beijing: Science Press, 2016.
- [2] 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) II [M]. Beijing: Science Press, 1998.
- [3] 孙莎莎,唐文乔,郭弘艺,等. 靖江沿岸秋季鱼类群落的组成特点及其丰度生物量变化[J]. 生物多样性, 2013, 21(6): 688-698.
SUN S S, TANG W Q, GUO H Y, et al. Composition and changes in abundance and biomass of fish assemblages along the Jingjiang section of the Yangtze river over the last decade [J]. Biodiversity Science, 2013, 21(6): 688-698.
- [4] 徐东坡,杨彦平,周彦锋,等. 太湖水域鮡亚科鱼类的时空分布[J]. 长江流域资源与环境, 2018, 27(2): 371-379.
XU D P, YANG Y P, ZHOU Y F, et al. Spatial-temporal feature of Gobioninae fishes in lake Taihu[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2018, 27(2): 371-379.
- [5] 张堂林,崔奕波,方榕乐,等. 保安湖麦穗鱼种群生物学 IV. 种群动态[J]. 水生生物学报, 2000, 24(5): 537-545.
ZHANG T L, CUI Y B, FANG R L, et al. Population biology of topmouth gudgeon (*Pseudorasbora parva*) in the Bao'an Lake IV. Population dynamics [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2000, 24(5): 537-545.
- [6] 刘凯,景丽,陈永进,等. 太湖麦穗鱼生长、死亡和利用状况评估[J]. 大连海洋大学学报, 2016, 31(4): 368-373.
LIU K, JING L, CHEN Y J, et al. Growth and mortality of topmouth gudgeon *Pseudorasbora parva* and evaluation on resource utilization in Taihu Lake [J]. Journal of Dalian Ocean University, 2016, 31(4): 368-373.
- [7] BLABER S J M. Fishes and fisheries in tropical estuaries: the last 10 years[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science,

- 2013, 135: 57-65.
- [8] 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.
ZHUANG P, WANG Y H, LI S F, et al. Fishes of the Yangtze estuary [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 2006.
- [9] 王幼槐, 倪勇. 上海市长江口区渔业资源及其利用[J]. 水产学报, 1984, 8(2): 147-159.
WANG Y H, NI Y. On the fisheries resources and their exploitation of the Changjiang (Yangtze) river estuary in Shanghai region[J]. Journal of Fisheries of China, 1984, 8(2): 147-159.
- [10] 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.
ZHANG G X, ZHANG X S. A survey on the fisheries of set stow net in the Chang Jiang estuary[J]. Journal of Fisheries of China, 1985, 9(2): 185-198.
- [11] 陈渊泉. 长江口河口锋区及邻近水域渔业[J]. 中国水产科学, 1995, 2(1): 91-103.
CHEN Y Q. Fisheries status in estuarine front zone of Changjiang (Yangtze) river and adjacent waters[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 1995, 2(1): 91-103.
- [12] 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.
- [13] 顾树信, 沈林宏, 戴玉红, 等. 长江靖江段鱼虾资源调查与分析[J]. 淡水渔业, 2006, 36(4): 34-36.
GU S X, SHEN L H, DAI Y H, et al. Resource investigation and analysis of fishes and shrimps in Jingjiang section of Yangtze river[J]. Freshwater Fisheries, 2006, 36(4): 34-36.
- [14] 张枫, 张保卫, 唐文乔, 等. 长江口江豚的遗传多样性现状及种群动态[J]. 上海海洋大学学报, 2018, 27(5): 656-665.
ZHANG F, ZHANG B W, TANG W Q, et al. Analysis of genetic diversity and population dynamics of the narrow-ridged finless porpoise in the Yangtze River Estuary[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2018, 27(5): 656-665.
- [15] 钟俊生, 吴美琴, 练青平. 春、夏季长江口沿岸碎波带仔稚鱼的种类组成[J]. 中国水产科学, 2007, 14(3): 436-443.
ZHONG J S, WU M Q, LIAN Q P. Composition of fish larvae and juveniles in spring and summer in surf zone of Yangtze river estuary [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2007, 14(3): 436-443.
- [16] 李辉华, 郭弘艺, 唐文乔, 等. 长江下游靖江段沿岸贝氏渔获量的时间格局及 ARIMA 模型预测[J]. 中国水产科学, 2009, 16(3): 357-364.
LI H H, GUO H Y, TANG W Q, et al. Temporal pattern of *Hemiculter bleekeri* catches at Jingjiang section of the Yangtze river and catch forecast by using ARIMA model[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2009, 16(3): 357-364.
- [17] 程兴华, 唐文乔, 郭弘艺, 等. 长江靖江段沿岸似鳊的时间格局及生长特征[J]. 上海海洋大学学报, 2012, 21(1): 97-104.
CHENG X H, TANG W Q, GUO H Y, et al. Temporal pattern and growth characteristics of *Pseudobrama simoni* at Jingjiang reach of the Yangtze river[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2012, 21(1): 97-104.
- [18] 高天珩. 长江上游鮡亚科鱼类资源及生境选择策略研究[D]. 重庆: 西南大学, 2016.
GAO T H. Studies on Gobioninae fish resources and habitat selections in the upper Yangtze river [D]. Chongqing: Southwest University, 2016.
- [19] 李辉华, 郭弘艺, 唐文乔, 等. ARIMA 模型在预测长江靖江段沿岸鱼类渔获量时间格局中的应用[J]. 水产学报, 2008, 32(6): 899-905.
LI H H, GUO H Y, TANG W Q, et al. ARIMA model application to predict temporal pattern of fish catches of coastal area at Jingjiang reach of the Yangtze river [J]. Journal of Fisheries of China, 2008, 32(6): 899-905.
- [20] 倪勇, 伍汉霖. 江苏鱼类志[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
NI Y, WU H L. Fishes of Jiangsu Province [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2006.
- [21] 成庆泰, 郑葆珊. 中国鱼类系统检索[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
CHENG Q T, ZHENG B S. Chinese fish system search [M]. Beijing: Science Press, 1987.
- [22] KURIAN A. Index of relative importance: a new method for assessing the food habits of fishes [J]. Indian Journal of Fisheries, 1977, 24(1/2): 217-219.
- [23] 郁尧山, 张庆生, 陈卫民, 等. 浙江北部岛礁周围海域鱼类优势种及其种间关系的初步研究[J]. 水产学报, 1986, 10(2): 137-149.
YU Y S, ZHANG Q S, CHEN W M, et al. A preliminary study on dominant fish species and their interspecific relations in waters of islands off the northern Zhejiang [J]. Journal of Fisheries of China, 1986, 10(2): 137-149.
- [24] 程济生, 俞连福. 黄、东海冬季底层鱼类群落结构及多样性变化[J]. 水产学报, 2004, 28(1): 29-34.
CHENG J S, YU L F. The change of structure and diversity of demersal fish communities in the Yellow Sea and East China Sea in winter [J]. Journal of Fisheries of China, 2004, 28(1): 29-34.
- [25] 吴强, 王俊, 金显仕, 等. 中国北部海域主要无脊椎动物群落结构及多样性[J]. 中国水产科学, 2011, 18(5): 1152-1160.
WU Q, WANG J, JIN X S, et al. Community structure and diversity of invertebrates in northern region of China Sea [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2011, 18(5): 1152-1160.

- [26] 唐文乔, 诸廷俊, 陈家宽, 等. 长江口九段沙湿地的鱼类资源及其保护价值[J]. 上海水产大学学报, 2003, 12(3): 193-200.
TANG W Q, ZHU T J, CHEN J K, et al. Resources and

conservation valuation of fishes of Jiuduansha wetland in Changjiang river estuary[J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2003, 12(3): 193-200.

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

YE Yameng¹, GUO Hongyi^{1,2}, TANG Wenqiao^{1,2,3}, ZHANG Ya^{1,2}

(1. Shanghai Universities Key Laboratory of Marine Animal Taxonomy and Evolution, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. National Demonstration Center for Experimental Fisheries Science Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: To understand the role of the tidal reach coastal waters of the Yangtze River in subfamily Gobioninae conservation, a stow net was set up along the Jingjiang section to collect 2 or 3 samples each month from 2003 to 2017. The correlation between the abundance dynamics of Gobioninae and the environmental factors was analyzed. 23 668 fish individuals (65.6 kg) of Gobioninae subfamily were collected from 499 sampling times and categorized into 9 genera and 19 species. The subfamily accounted for 14.6% of the total catch quantity, one of the dominant groups in this watershed. The average weight of the subfamily individual was 2.8 g, and most were the juveniles. The Relative Importance Index (*IRI*) analysis indicated that *Pseudorasbora parva*, *Abbotina rivularis*, *Squalidus argentatus*, and *Saurogobio gymnocheilus* were commonly found and species *S. nitens*, *S. dunerili*, and *S. dabryi* were general species in this water area. However, the proportion of the subfamily in the total catch varied with seven fold changes in different years. According to the CCA ranking analysis, the high water temperature and lower air pressure led to the increase of 5 species in the group I, and the decrease of two species in the group II. Spearman analysis showed a significant negative correlation between the abundance of the subfamily and the air pressure ($P = 0.0461 < 0.05$). When the turbidity was less than 100 NTU, the abundance of the subfamily was negatively correlated with the turbidity ($P = 0.0092 < 0.01$). Altogether, the waters along Jingjiang section are important habitats for the larvae of Gobioninae, and affect their species diversity and quantity with multiple environmental factors.

Key words: Jingjiang section of the Yangtze River; coastal waters; Gobioninae; resource dynamics; environmental factor