

DOI: 10.12264/JFSC2021-0018

瓯江口海域鱼类群落结构及优势种 RDA 分析

陈伟峰^{1,2}, 叶深^{1,2}, 秦松^{1,2}, 范青松^{1,2}, 陈少波^{1,2,3}, 倪勇⁴, 彭欣^{1,2}

1. 浙江省海洋水产养殖研究所, 浙江 温州 325005;
2. 浙江省近岸水域生物资源开发与保护重点实验室, 浙江 温州 325005;
3. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306;
4. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090

摘要: 根据 2018—2019 年的底拖网季度调查数据, 运用资源密度、相对重要性指数、多样性指数等生态指标, 对调查海域鱼类群落结构动态变化及其与环境因子的关系进行分析。结果表明, 调查海域共捕获鱼类 84 种, 隶属于 2 纲、14 目、39 科、69 属。优势种为龙头鱼(*Harpadon nehereus*)、日本带鱼(*Trichiurus japonicus*)、银姑鱼(*Pennahia argentata*)、黄鲫(*Setipinna tenuifilis*)、七星底灯鱼(*Benthosema pterotum*)、康氏侧带小公鱼(*Stolephorus commersonnii*)和六丝钝尾虾虎鱼(*Amblychaeturichthys hexanema*)等 7 种, 与往年相比发生较大变化。生物量指数平均值最高出现在夏季, 为 3.25×10^3 kg/km²; 丰度指数平均值最高出现在秋季, 为 6.64×10^5 ind/km²。各季节多样性指数 H' 、均匀度指数 J' 最高值出现在冬季, 分别为 1.92 和 0.71。日本带鱼和七星底灯鱼的分布与水深和盐度呈较强的正相关, 银姑鱼的分布与水温成较强正相关, 与 pH 呈负相关, 康氏侧带小公鱼、黄鲫和龙头鱼对环境因子的偏好性较低, 分布较均匀。本研究通过探索瓯江口鱼类群落结构的时空变化, 旨在为保护河口海域渔业资源, 改善渔业环境质量与功能提供科学依据。

关键词: 鱼类群落结构; 优势种; 多样性指数; 瓯江口

中图分类号: S931

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2021)12-1536-12

河口水域具有独特的自然资源特征和生态系统过程, 在维持生物多样性上具有独特的作用^[1], 是海洋生物多样性保护研究的主要场所^[2]。河口区域内, 海洋与陆地相互作用的影响受到国内外生态学界高度重视^[3], 是生态系统健康状况研究的重要内容^[4]。河口作为生产力最高的生态系统, 不仅是多种经济鱼类的育幼场^[5], 也是洄游性鱼类的洄游通道^[6]。然而, 河口生态系统是极为敏感和脆弱的, 鱼类群落结构的改变将会直接影响着生态系统的健康^[7]。

瓯江口地处浙南沿海, 是台湾暖流和浙闽沿岸流等多种海流、水团的交汇区, 水质肥沃、饵料生物丰富, 生产力及生物多样性水平较高, 是

温州渔场的重要组成部分^[8]。近年来单拖网渔获物的计算结果也表现出鱼类资源量的下降趋势, 长期高强度拖网捕捞是造成东海近海渔业资源种群结构变化的重要原因^[9], 以往常见的大型经济种类带鱼(*Trichiurus* spp.)、大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*)等衰退明显, 取而代之的是低龄化、低值化、小型化的鱼类, 鱼类群落结构中的营养层次下降的趋势日益明显^[10-11]。但随着社会经济的高速发展, 瓯江口岸线被开发的力度越来越大, 码头林立, 浮筏养殖、港口运输、沿海工业和滩涂围垦开发等人类活动影响, 致使生态系统处于亚健康或不健康状态^[12], 海洋生物多样性退化严重, 生态功能正逐步丧失, 鱼类生境已严重片段化^[13]。

收稿日期: 2021-01-17; **修订日期:** 2021-02-25.

基金项目: 国家重点研发计划项目(2020YFD0900805); 温州市科技计划项目(N20190009).

作者简介: 陈伟峰(1993-), 男, 硕士, 研究方向为渔业生态学. E-mail: wmuchenwf@yeah.net

通信作者: 彭欣, 博士, 研究方向为海洋生态学. E-mail: pengxin_1128@163.com

近年来有关瓯江口鱼类研究主要集中在鱼类群落组成和生物多样性角度^[14-15], 且研究时间主要集中在春、夏、秋三季^[10,13], 研究仍存在一定的空缺。本研究根据 2018—2019 年在瓯江口开展的 4 个航次的渔业资源调查项目数据, 利用相对重要性指数、Shannon-Wiener 多样性指数和 Pielou 均匀度指数等对该海域的鱼类群落结构进行了研究分析, 并利用环境数据对本区域鱼类分布进行了冗余分析, 研究了鱼类与环境因子的相关性。这将为该海域鱼类资源的养护修复、可持续利用和有效管理提供科学依据, 为维系生物群落多样性和实现海域的生态平衡提供理论支持。

1 材料与方法

1.1 调查站位和调查方法

数据来自 2018 年 5 月(春季)、8 月(夏季)、11 月(秋季)和 2019 年 2 月(冬季)进行的“瓯江口海域渔业资源本底调查”项目。共调查站位 11 个(121°00'~121°54'E; 27°45'~28°06'N), 站位布设如图 1 所示。调查船为“浙洞渔 10109”号底拖网渔船, 船长 47 m, 总吨位 300 t, 主机功率为 396 kW。调查网具网口规格为 80 目×2000 mm, 囊网网目尺寸 20 mm。各站位以 2~3 kn 的速度拖曳 1 h 左右。调查所获的样品随机取样 40 kg, 对其鱼类样品鉴定至最小分类单元, 并记录每种的生物量和尾数。

温度、盐度和水深采样(Cstaway-CTD)测定, pH 采样水质分析仪 WTW (Multi-3630)现场测得。

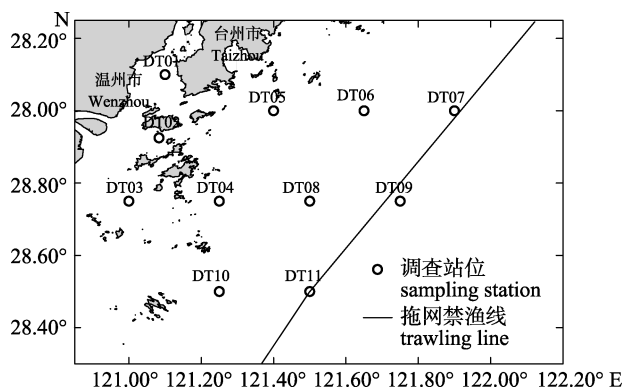


图 1 瓯江口海域渔业资源调查站位

Fig. 1 Sampling stations in Ouhang River estuary

1.2 实验方法

底拖网各站位调查数据用扫海面积法^[16]进行标准化处理, 计算公式为:

$$\rho_{ij} = C_{ij} / D(1-E) v_{ij} t_{ij}$$

式中, ρ_{ij} 为 i 月 j 站位的资源密度(kg/km² 或 10³ ind/km²); C_{ij} 为 i 月 j 站位的渔获量(kg)或尾数(ind); D 为网口水平扩张宽度(km) v_{ij} 为 i 月 j 站位的平均拖速(km/h); t_{ij} 为 i 月 j 站位的作业时间(h); E 为逃逸率(取 0.5)^[17]。

鱼类优势种主要根据相对重要性指数(index of relative importance, IRI)^[18]来确定, 其计算公式为:

$$IRI = (W_i + P_i) F$$

式中, W_i 为某种渔获物的重量占总渔获重量的百分数(%); P_i 为某种渔获物的尾数占总渔获尾数的百分数(%); F 为某种渔获物在各航次拖网总次数中出现的频率, 即出现次数与总拖网次数之百分比(%). 本研究将相对重要性指数(IRI)大于 1000 的定为优势种, 100~1000 (含)的定为常见种^[17]。

Shannon-Wiener 多样性指数(H')^[19]、Pielou 均匀度指数(J')^[20]的计算式分别为:

$$H' = -\sum_{i=1}^S (P_i) \log_2(P_i)$$

$$J' = H' / \log_2 S$$

式中, S 为鱼类总种数; P_i 为第 i 种鱼类个体数或生物量占鱼类总个体数或总生物量的比例。

运用 Canoco4.5 软件对鱼类与环境因子之间的关系进行分析, 以解释各环境因子对鱼类分布的影响。对物种进行趋势对应分析(DCA), 根据每个轴的梯度长度(LGA)选择适宜的排序方法。当 $LGA < 3$, 采用冗余分析; $LGA > 4$, 采用典范对应分析; $3 \leq LGA \leq 4$, 两种分析方法均可采用^[21]。

对鱼类种类的鉴定主要参照《东海鱼类志》^[22]、《长江口鱼类》^[23]和《福建鱼类志》^[24]等, 分类系统参照 Nelson^[25]分类系统, 种名参照《拉汉世界鱼类系统名典》^[26]。

2 结果与分析

2.1 种类组成季节变化

在调查海域共捕获鱼类 84 种, 隶属于 2 纲、14 目、39 科、69 属(表 1)。其中鲈形目(Perciformes)

表 1 瓯江口海域鱼类组成及优势度季节变化

Tab. 1 Seasonal variation of fish composition and dominance in Oujiang River estuary

序号 code	分类地位 taxonomy	种 species	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter
	软骨鱼纲 Chondrichthyes		IRI			
	真鲨目 Carcharhiniformes					
	真鲨科 Carcharhinidae					
1	斜齿鲨属 <i>Scoliodon</i>	宽尾斜齿鲨 <i>Scoliodon laticaudus</i>	25.30	11.35	5.52	—
	魮科 Dasyatidae					
2	半魮属 <i>Hemistrygon</i>	赤半魮 <i>Hemistrygon akajei</i>	—	—	1.70	—
	辐鳍鱼纲 Actinopterygii					
	鳗鲡目 Anguilliformes					
	合鳃鳗科 Synbranchidae					
3	前肛鳗属 <i>Dysomma</i>	前肛鳗 <i>Dysomma anguillare</i>	—	—	0.73	1.12
	海鳗科 Muraenesocidae					
4	海鳗属 <i>Muraenesox</i>	海鳗 <i>Muraenesox cinereus</i>	4.95	80.48	1.74	—
	鲱形目 Clupeiformes					
	锯腹鳉科 Pristigasteridae					
5	鳉属 <i>Ilisha</i>	鳉 <i>Ilisha elongata</i>	105.83	17.45	253.51	13.17
	鳀科 Order Engraulidae					
6	鲚属 <i>Coilia</i>	凤鲚 <i>Coilia mystus</i>	10.42	—	2.03	26.41
7		刀鲚 <i>Coilia nasus</i>	28.05	23.58	11.65	245.24
8	半棱鳀属 <i>Encrasicholina</i>	尖吻半棱鳀 <i>Encrasicholina heteroloba</i>	—	5.41	—	—
9	鳀属 <i>Engraulis</i>	日本鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	442.34	—	—	—
10	黄鲫属 <i>Setipinna</i>	黄鲫 <i>Setipinna tenuifilis</i>	2131.72	1364.56	523.19	279.26
11	侧带小公鱼属 <i>Stolephorus</i>	康氏侧带小公鱼 <i>Stolephorus commersonii</i>	—	—	3593.03	0.41
12	梭鳀属 <i>Thryssa</i>	杜氏梭鳀 <i>Thryssa dussumieri</i>	64.27	5.89	0.55	—
13		芝茛梭鳀 <i>Thryssa chefuensis</i>	—	5.00	101.00	54.51
14		中颌梭鳀 <i>Thryssa mystax</i>	—	1.38	17.71	—
15		黄吻梭鳀 <i>Thryssa vitrirostris</i>	—	—	—	21.49
	鲱科 Clupeidae					
16	斑鲚属 <i>Konosirus</i>	斑鲚 <i>Konosirus punctatus</i>	—	—	1.48	18.72
17	小沙丁鱼属 <i>Sardinella</i>	黄泽小沙丁鱼 <i>Sardinella lemuru</i>				
	鲱形目 Siluriformes					
	鳗鲡科 Plotosidae					
18	鳗鲡属 <i>Plotosus</i>	线纹鳗鲡 <i>Plotosus lineatus</i>	—	—	0.28	—
	海鲢科 Ariidae					
19	海鲢属 <i>Arius</i>	丝鳍海鲢 <i>Arius arius</i>	—	—	0.30	—
	仙女鱼目 Aulopiformes					
	狗母鱼科 Synodontidae					
20	龙头鱼属 <i>Harpadon</i>	龙头鱼 <i>Harpadon nehereus</i>	1353.60	5336.22	12369.33	1119.95
21	蛇鲻属 <i>Saurida</i>	多齿蛇鲻 <i>Saurida tumbil</i>	173.82	24.52	—	—
	灯笼鱼目 Myctophiformes					
	灯笼鱼科 Myctophidae					
22	底灯鱼属 <i>Benthosema</i>	七星底灯鱼 <i>Benthosema pterotum</i>	852.73	432.38	12847.49	374.28
	鳕形目 Gadiformes					
	犀鳕科 Bregmacerotidae					

(待续 to be continued)

(续表 1 Tab. 1 continued)

序号 code	分类地位 taxonomy	种 species	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter
23	犀鲂属 <i>Bregmaceros</i>	拟尖鳍犀鲂 <i>Bregmaceros pseudolanceolatus</i>	4.37	0.35	13.06	79.87
	鲛鲂目 Lophiiformes					
	鲛鲂科 Lophiidae					
24	鲛鲂属 <i>Lophius</i>	黄鲛鲂 <i>Lophius litulon</i>	—	—	—	108.22
	鲷形目 Mugiliformes					
	鲷科 Mugilidae					
25	粗唇鲷属 <i>Planiliza</i>	前鳞粗唇鲷 <i>Planiliza affinis</i>	—	0.20	—	—
	海龙目 Syngnathiformes					
	海龙科 Syngnathidae					
26	海马属 <i>Hippocampus</i>	克氏海马 <i>Hippocampus kelloggi</i>	0.16	—	—	—
27	海龙属 <i>Syngnathus</i>	舒氏海龙 <i>Syngnathus schlegeli</i>	—	—	—	5.67
	烟管鱼科 Fistulariidae					
28	烟管鱼属 <i>Fistularia</i>	鳞烟管鱼 <i>Fistularia petimba</i>	0.15	—	—	—
	鲷形目 Scorpaeniformes					
	鲷科 Scorpaenidae					
29	莼鲷属 <i>Sebastiscus</i>	褐莼鲷 <i>Sebastiscus marmoratus</i>	0.37	—	—	—
	绒皮鲷科 Aploactidae					
30	虹鲷属 <i>Erisphex</i>	虹鲷 <i>Erisphex pottii</i>	0.19	—	—	15.75
	鲂鲷科 Triglidae					
31	绿鳍鱼属 <i>Chelidonichthys</i>	棘绿鳍鱼 <i>Chelidonichthys spinosus</i>	0.21	—	—	0.13
32	红娘鱼属 <i>Lepidotrigla</i>	翼红娘鱼 <i>Lepidotrigla alata</i>	—	0.26	—	2.74
	鲈形目 Perciformes					
	发光鲷科 Acropomatidae					
33	发光鲷属 <i>Acropoma</i>	日本发光鲷 <i>Acropoma japonicum</i>	—	14.87	7.04	0.57
34	尖牙鲈属 <i>Synagrops</i>	菲律宾尖牙鲈 <i>Synagrops philippinensis</i>	—	—	—	1.49
	花鲈科 Lateolabracidae					
35	花鲈属 <i>Lateolabrax</i>	中国花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	—	—	—	218.45
	大眼鲷科 Priacanthidae					
36	大眼鲷属 <i>Priacanthus</i>	短尾大眼鲷 <i>Priacanthus macracanthus</i>	—	5.48	—	—
	天竺鲷科 Apogonidae					
37	鹦天竺鲷属 <i>Ostorhinchus</i>	宽条鹦天竺鲷 <i>Ostorhinchus fasciatus</i>	—	—	0.14	—
38		半线鹦天竺鲷 <i>Ostorhinchus semilineatus</i>	—	0.16	—	—
39	银口天竺鲷属 <i>Jaydia</i>	截尾银口天竺鲷 <i>Jaydia truncata</i>	—	—	0.14	—
40		细条银口天竺鲷 <i>Jaydia lineata</i>	0.72	8.05	438.61	—
	鲷科 Carangidae					
41	圆鲷属 <i>Decapterus</i>	长体圆鲷 <i>Decapterus macrosoma</i>	0.49	—	—	—
42		红背圆鲷 <i>Decapterus maruadsi</i>	309.76	240.26	14.35	—
43	乌鲷属 <i>Parastromateus</i>	乌鲷 <i>Parastromateus niger</i>	—	0.44	—	—
44	竹筴鱼属 <i>Trachurus</i>	日本竹筴鱼 <i>Trachurus japonicus</i>	2.28	284.93	0.55	—
	髯鲷科 Hapalogenyidae					
45	髯鲷属 <i>Hapalogenys</i>	华髯鲷 <i>Hapalogenys analis</i>	—	—	0.13	—
	鲷科 Sparidae					
46	棘鲷属 <i>Acanthopagrus</i>	黑棘鲷 <i>Acanthopagrus schlegelii</i>	24.22	—	4.44	—

(待续 to be continued)

(续表 1 Tab. 1 continued)

序号 code	分类地位 taxonomy	种 species	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter
47	犁齿鲷属 <i>Eyynniss</i>	二长棘犁齿鲷 <i>Eyynniss cardinalis</i>	13.65	10.50	—	—
	马鲛科 Polynemidae					
48	多指马鲛属 <i>Polydactylus</i>	六指多指马鲛 <i>Polydactylus sextarius</i>	—	136.48	9.29	—
	石首鱼科 Sciaenidae					
49	黑姑鱼属 <i>Atrobucca</i>	黑姑鱼 <i>Atrobucca nibe</i>	27.54	604.13	0.32	—
50	黄鳍牙鲷属 <i>Chrysochir</i>	尖头黄鳍牙鲷 <i>Chrysochir aureus</i>	—	3.95	81.08	0.19
51	梅童鱼属 <i>Collichthys</i>	棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>	43.70	—	387.94	385.06
52	叫姑鱼属 <i>Johnius</i>	鳞鳍叫姑鱼 <i>Johnius distinctus</i>	5.68	—	—	—
53		屈氏叫姑鱼 <i>Johnius trewavasae</i>	—	0.46	12.72	27.38
54	黄鱼属 <i>Larimichthys</i>	大黄鱼 <i>Larimichthys crocea</i>	0.41	5.40	253.60	—
55		小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	37.70	495.32	46.27	1.23
56	鲩属 <i>Miichthys</i>	鲩 <i>Miichthys miiuy</i>	—	—	152.73	—
57	黄姑鱼属 <i>Nibea</i>	黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	2.28	—	11.57	—
58	银姑鱼属 <i>Pennahia</i>	截尾银姑鱼 <i>Pennahia anea</i>	—	—	0.50	—
59		银姑鱼 <i>Pennahia argentata</i>	—	1519.04	21.95	—
60		大头银姑鱼 <i>Pennahia macrocephalus</i>	67.09	894.07	278.03	34.92
	鲷科 Terapontidae					
61	鲷属 <i>Terapon</i>	鲷 <i>Terapon theraps</i>	—	—	1.04	—
	鳄齿鱼科 Champsodontidae					
62	鳄齿鱼属 <i>Champsodon</i>	短鳄齿鱼 <i>Champsodon snyderi</i>	—	0.20	1.30	30.29
	鲷科 Callionymidae					
63	斜棘鲷属 <i>Repomucenus</i>	香斜棘鲷 <i>Repomucenus olidus</i>	—	—	—	0.27
	虾虎科 Gobiidae					
64	钝尾虾虎鱼属 <i>Amblychaeturichthys</i>	六丝钝尾虾虎鱼 <i>Amblychaeturichthys hexanema</i>	0.18	1788.16	12.52	77.50
65	矛尾虾虎鱼属 <i>Chaeturichthys</i>	矛尾虾虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>	0.18	—	2.48	0.50
66	狼牙虾虎鱼属 <i>Odontamblyopus</i>	拉氏狼牙虾虎鱼 <i>Odontamblyopus lacepedii</i>	13.21	188.88	44.55	94.25
67	缟虾虎鱼属 <i>Tridentiger</i>	髯缟虾虎鱼 <i>Tridentiger barbatus</i>	—	—	—	0.37
68	孔虾虎鱼属 <i>Trypauchen</i>	孔虾虎鱼 <i>Trypauchen vagina</i>	3.56	—	1.82	0.00
	鲷科 Sphyraenidae					
69	鲷属 <i>Sphyraena</i>	油鲷 <i>Sphyraena pinguis</i>	—	1.22	—	—
	带鱼科 Trichiuridae					
70	小带鱼属 <i>Eupleurogrammus</i>	小带鱼 <i>Eupleurogrammus muticus</i>	—	—	10.02	39.97
71	沙带鱼属 <i>Lepturacanthus</i>	沙带鱼 <i>Lepturacanthus savala</i>	9.71	—	17.77	0.23
72	带鱼属 <i>Trichiurus</i>	日本带鱼 <i>Trichiurus japonicus</i>	5121.56	4014.08	269.25	10.42
	鲭科 Scombridae					
73	鲭属 <i>Scomber</i>	日本鲭 <i>Scomber japonicus</i>	104.04	102.14	—	—
74	马鲛属 <i>Scomberomorus</i>	蓝点马鲛 <i>Scomberomorus niphonius</i>	—	—	36.08	—
	长鲳科 Centrolophidae					
75	刺鲳属 <i>Psenopsis</i>	刺鲳 <i>Psenopsis anomala</i>	62.19	252.52	76.96	—
	鲳科 Stromateidae					
76	鲳属 <i>Pampus</i>	中国鲳 <i>Pampus chinensis</i>	0.75	—	—	—

(待续 to be continued)

(续表 1 Tab. 1 continued)						
序号 code	分类地位 taxonomy	种 species	春季 spring	夏季 summer	秋季 autumn	冬季 winter
77		镰鲷 <i>Pampus echinogaster</i>	890.57	820.82	989.54	348.71
	鲷形目 Pleuronectiformes					
	舌鲷科 Cynoglossidae					
78	舌鲷属 <i>Cynoglossus</i>	短舌鲷 <i>Cynoglossus abbreviatus</i>	—	0.48	0.37	1.08
79		长吻舌鲷 <i>Cynoglossus lighti</i>	0.91	—	0.54	—
	鲷形目 Tetraodontiformes					
	单角鲷科 Monacanthidae					
80	细鳞鲷属 <i>Stephanolepis</i>	丝背细鳞鲷 <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	—	0.61	—	—
	鲷科 Tetraodontidae					
81	兔头鲷属 <i>Lagocephalus</i>	黑鳃兔头鲷 <i>Lagocephalus inermis</i>	2.35	2.67	1.10	—
82		月尾兔头鲷 <i>Lagocephalus lunaris</i>	0.74	2.19	20.10	—
83	多纪鲷属 <i>Takifugu</i>	横纹多纪鲷 <i>Takifugu oblongus</i>	—	—	1.65	—
84		黄鳍多纪鲷 <i>Takifugu xanthopterus</i>	—	40.75	7.39	412.49

注: “—”表示该物种在对应季节中没有出现。
Note: “—” means that the species does not appear in the corresponding season.

种类数最为多, 为 18 科 45 种, 占总种类数的 53.57%; 鲱形目(Clupeiformes)次之, 为 3 科 13 种, 占总种类数的 15.48%; 鲷形目(Tetraodontiformes)第三, 为 2 科 5 种, 占总种类数的 5.95%。

春季共捕获鱼类 43 种, 黄鲫(*Setipinna tenuifilis*)、龙头鱼(*Harpadon nehereus*)和日本带鱼(*Trichiurus japonicus*)为春季优势种; 夏季共捕获鱼类 43 种, 黄鲫、龙头鱼、日本带鱼、银姑鱼(*Pennahia argentata*)和六丝钝尾虾虎鱼(*Amblychaeturichthys hexanema*)为夏季优势种; 秋季共捕获鱼类 55 种, 康氏侧带小公鱼(*Stolephorus commersonnii*)、龙头鱼和七星底灯鱼(*Benthosema pterotum*)为秋季优势种; 冬季共捕获鱼类 37 种, 龙头鱼为冬季优势种。4 个季节均有捕获的种类为鳓(*Ilisha elongate*)、刀鲚(*Coilia nasus*)、黄鲫、龙头鱼、七星底灯鱼、小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)、大头银姑鱼(*Pennahia microcephalus*)、六丝钝尾虾虎鱼、拉氏狼牙虾虎鱼(*Odontamblyopus lacepedii*)、日本带鱼和镰鲷(*Pampus echinogaster*)等 11 种。

2.2 鱼类资源时空变动

调查海域各季节平均资源量指数如图 2 所示。平均生物量最大出现在夏季, 为 $3.25\times10^3\text{ kg/km}^2$, 最小值出现在冬季, 为 $0.39\times10^3\text{ kg/km}^2$, 春秋两

季数值较为接近, 分别为 $2.14\times10^3\text{ kg/km}^2$ 和 $2.25\times10^3\text{ kg/km}^2$; 丰度指数平均值最高出现在秋季, 为 $6.64\times10^5\text{ ind/km}^2$, 其次为夏季($3.39\times10^5\text{ ind/km}^2$)和春季($2.24\times10^5\text{ ind/km}^2$), 冬季平均值最低, 为 $0.42\times10^5\text{ ind/km}^2$ 。

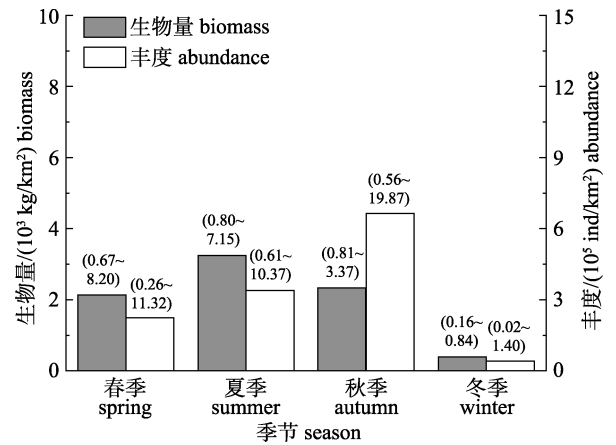


图 2 瓯江口海域生物量/丰度季节变化
Fig. 2 Seasonal variation of biomass and abundance in Oujiang River estuary

生物量和丰度的时空分布如图 3 所示。春季生物量和丰度最高的站点是 DT07 站点, 分别为 8198.57 kg/km^2 和 $1131\times10^3\text{ ind/km}^2$, 生物量最低值出现在 DT11 站点(670.78 kg/km^2), 丰度最低出现在 DT03 站点($11.80\times10^3\text{ ind/km}^2$); 夏季生物量

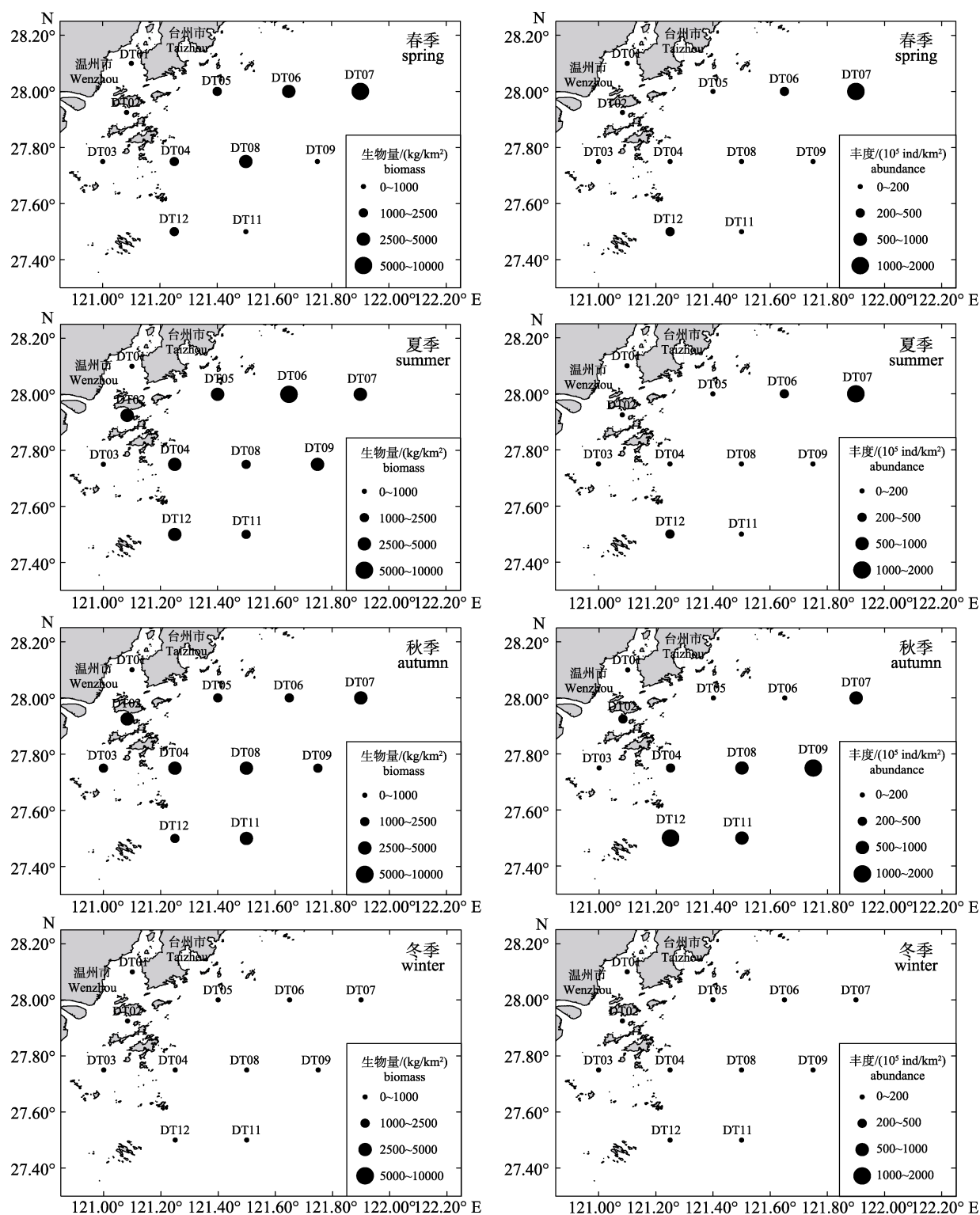


图3 瓯江口海域生物量/丰度时空分布

Fig. 3 Spatial and temporal distribution of biomass and abundance in Oujiang River estuary

和丰度最高值出现在 DT07 站位, 分别为 7153.89 kg/km^2 和 $1037.32 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$, 两者最低值出现在 DT03, 分别为 $798.76 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 和

$61.10 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$; 秋季生物量最高值出现在 DT08 (3373.30 kg/km^2), 丰度最高值出现在 DT12 ($1987.63 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$), 两者最低值出现在 DT01,

分别为 813.71 kg/km² 和 56.05×10³ ind/km²; 冬季生物量最高值出现在 DT07 (836.96 kg/km²), 最低值出现在 DT05 (163.00 kg/km²), 丰度最高值出现在 DT09 (139.68×10³ ind/km²), 最低值出现在 DT06 (0.65×10³ ind/km²)。

2.3 多样性指数季节变化

各季节多样性指数 H' 、均匀度指数 J 及水温平均值如图 4 所示。多样性指数 H' 平均值最高值出现在冬季, 为 1.92, 其次依次为夏季(1.88)、秋季(1.57)和春季(1.56); 均匀度指数 J 平均值最高值出现在冬季, 为 0.71, 其次为夏季(0.60)和春季(0.56), 秋季平均值最低, 为 0.51。夏季水温最高, 为 30.43 ℃, 其次为春季 (23.86 ℃) 和秋季 (18.81 ℃), 冬季水温最低, 为 12.34 ℃。

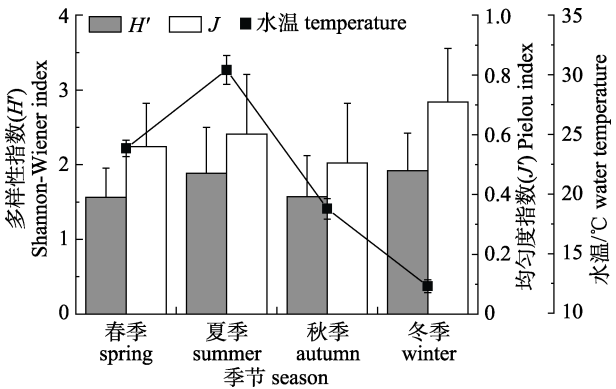


图 4 瓯江口海域多样性指数/水温季节变化
Fig. 4 Seasonal variation of diversity index and water temperature in Oujiang River estuary

2.4 优势种 RDA 分析

根据 DCA 分析结果, LGA=2.1<3, 本研究采用线性模型的 RDA 分析, 其结果显示, 调查海域水温、盐度、水深和 pH 等 4 项指标可解释该海域鱼类 39.71% 的变异情况(表 2), 轴 1 和轴 2 的特征值分别为 0.2724 和 0.0900, 分别解释了数据方差变化的 27.24% 和 9.00%; 经蒙特卡洛检验, 第一排序轴($F=6.4$, $P=0.002$)和所有排序轴($F=14.6$, $P=0.002$)均显示差异显著($P<0.05$), 即表示环境数据与鱼类种类的分布存在线性关系。其中每个环境因子单独解释量最大是水深, 解释了变异的 23.0% ($P=0.002$), 盐度次之, 为 17.1% ($P=0.002$), 温度也解释了 11.5% 的变异($P=0.002$)。在 RDA 分

析排序图中(图 5), 对轴 1 影响较大的是水深 ($r^2=0.7459$), 对轴 2 影响较大的是温度 ($r^2=-0.6252$)。带鱼、黄鲫和七星底灯鱼的分布与水深和盐度呈较强的正相关, 银姑鱼的分布与水温成较强正相关, 康氏侧带小公鱼、黄鲫和龙头鱼对以上 4 种环境因子的选择性较低。

表 2 鱼类丰度与环境因子的关系
Tab. 2 Relationship between fish abundance and environment factors

环境因子 environmental factor	相关系数 index of correlation	
	排序轴 1 Axis1 27.24%	排序轴 2 Axis2 9.00%
温度 temperature	0.3539	-0.6252
盐度 salinity	0.6517	-0.0817
pH	-0.0676	0.0004
水深 depth	0.7459	0.3196

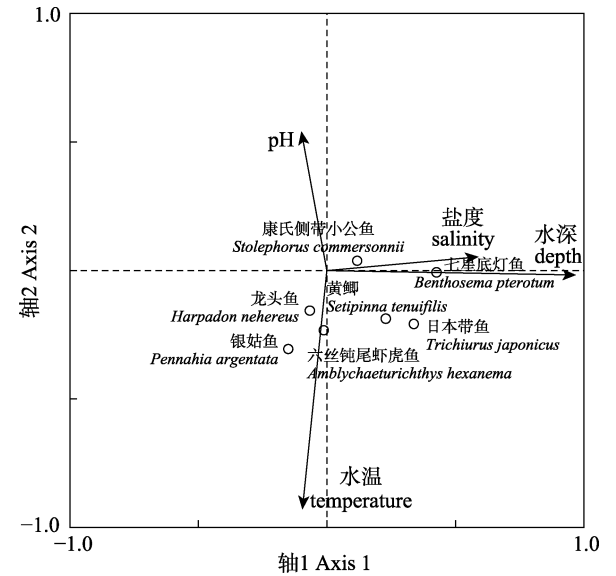


图 5 瓯江口海域优势种 RDA 分析
Fig. 5 RDA analysis of dominant species in Oujiang River estuary

3 讨论

3.1 鱼类种类组成

鱼类是海洋渔业资源中最重要的组成部分, 也是海洋生物中密不可分的一部分, 是表现海洋生命力的象征^[27]。瓯江口海域作为温州渔场的重要组成部分, 历来被众多学者所关注, 徐兆礼^[8]和沈益绿等^[14]在 2007 年夏、秋两季对瓯江口海域研究中分别发现鱼类 64 种和 72 种; 闫丽娜等^[15]、

夏陆军等^[10]在 2012 年报道了乐清湾口春、秋两季鱼类种类数均为 49 种; 颜文超等^[28]在 2013 年研究发现, 瓯江口春秋两季共有鱼类 66 种; 刘志坚等^[13]在 2015 年春、夏季对瓯江口海域的调查中共发现鱼类 40 种。本次调查共发现鱼类 84 种, 种类数多于以往研究结果, 主要是因为本次调查的时间、空间尺度均大于历史研究。本次调查未发现淡水鱼类, 主要是因为调查站位整体靠外, 离江口最近的站位为大门岛与洞头岛间的 DT02 站位, 平均盐度为 22.43。

本研究发现, 秋季为瓯江口海域鱼类种类数的高值期, 共发现鱼类 55 种, 其中七星底灯鱼(IRI=12847.49)、龙头鱼(IRI=12369.33)、康氏侧带小公鱼(IRI=3593.03)和镰鲷(IRI=1589.54)为优势种, 优势种的组成相对于 2007 年同期^[8,28]发生了较大改变。鱼类种类数的低值期出现在冬季, 为 37 种, 优势种为龙头鱼(IRI=1119.95)。受浙闽沿岸流的影响, 水温盐度相对较低, 包括红背圆鲷(*Decapterus macarellus*)、细条天竺鲷(*Apogon lineatus*)和日本竹筴鱼等暖水种^[29], 由近海向外侧海域进行越冬洄游, 导致了鱼类种类数降低。陈佳杰等^[30]根据 1971—1982 年的统计资料研究发现, 春季银姑鱼分布于禁渔线外侧海域。本次调查春季未发现银姑鱼, 而夏季银姑鱼(IRI=1519.04)却为优势种。笔者推测, 瓯江口外侧禁渔线以东海域为银姑鱼的产卵场, 瓯江口海域为银姑鱼的索饵场。根据徐兆礼等^[31]的研究发现, 瓯江口外侧禁渔线附近海域为日本带鱼的产卵场, 同时也是索饵的洄游通道。本次调查中, 日本带鱼为调查海域春季和夏季的优势种, IRI 指数分别为 5121.56 和 4014.08。研究海域内同时分布大量的黄鲫和七星底灯鱼(*Benthosema pterotum*)等小型鱼类, 均为日本带鱼的优势摄食饵料^[32], 说明瓯江口海域为带鱼良好的索饵场。

3.2 鱼类群落结构特征

鱼类作为生态系统中的重要类群, 群落结构对于维持生态系统结构与功能的稳定至关重要。按季节看, 平均生物量及丰度由高到低依次分别为夏季、秋季、春季、冬季和秋季、夏季、春季、冬季。生物量与丰度的季节变化趋势同梁海^[27]

研究结果相一致。从鱼类资源密度分析, 春季生物量及丰度的最高值出现在研究海域北侧禁渔线附近的 DT07 站位, 主要渔获物为日本带鱼、龙头鱼和七星底灯鱼。春季台湾暖流逐渐增强, 水温升高, DT07 站位的水温为 25.1 °C, 为所有站位最高值, 七星底灯鱼等优质饵料鱼多聚集于此, 龙头鱼和日本带鱼等肉食性鱼类^[33]为补充生长所需的能量和蛋白质, 向该区域进行索饵洄游, 因此 DT07 站位资源密度相对较高。夏季资源密度较高的站位集中在洞头列岛附近海域, 靠近禁渔线附近的 DT07、DT09 和 DT11 站位生物量和丰度均较低。究其原因, 夏季为瓯江的丰水期^[34], 大量的陆地淡水输入给洞头列岛附近海域带来充足的养分, 饵料生物生长迅速, 满足了大部分鱼类的索饵需求。秋季淡水输入减少, 台湾暖流逐渐减弱^[35], 水温降低, 近海的部分鱼类向东南侧深水区进行越冬洄游。调查发现, 秋季鱼类丰度值最高的分别为 DT10、DT11 和 DT12 站位, 主要渔获物为龙头鱼、镰鲷和康氏侧带小公鱼。冬季受浙闽沿岸流的影响, 水温持续降低, 各调查站位平均水温为 12.34 °C, 生物量和丰度指数均为全年最低。

多样性指数 H' 平均值最高值出现在冬季, 为 1.92; Pielou^[20]的研究结果表明种类的数量和分布的均匀度对群落的多样性指数有重要影响, 均匀度指数越高则生物多样性指数越高。本研究在冬季共发现鱼类 37 种, 各站位平均生物量和丰度指数较低, 方差值较小, 因此, 多样性指数 H' 相对较高。多样性指数 H' 平均值最低值出现在春季, 为 1.56, 低于 2013 年春季^[28]的平均值。春季大部分鱼类有洄游至近岸或是朔河性产卵的生殖特性, 近海岛礁可以给鱼类产卵提供天然的避敌场所, 而本研究调查站位多为开阔水域, 渔获物种类相对较低, 可能是春季多样性指数较低的原因。此外, 鱼类群体繁殖后产生单一种类分布的斑块化和高度集中, 这也会导致站位分布不均匀从而导致 H' 变小, 本次调查 DT06 和 DT08 站位捕获大量日本带鱼幼鱼, 平均肛长为 13.35 cm, 推测该区域为日本带鱼幼体索饵场。有研究显示, H' 可用于水体受人为影响程度的评价^[36-37], 本研究显示调

查海域 H' 平均值为 1.73, 认为其受到人为活动中度扰动。

3.3 鱼类分布与环境因子的相关性

研究表明, 鱼类的群落结构及分布与水深、温度和盐度等环境因子密切相关^[38-40]。本研究发现水温、盐度、水深及 pH 等环境因子与鱼类优势种的分布存在线性关系。RDA 分析结果显示, 七星底灯鱼位于排序轴的右侧, 与水深呈正相关。本次调查水深较深的站位集中在禁渔线附近, DT07、DT09 和 DT11 站位的平均水深为 43.5 m, 4 个航次共捕获七星底灯鱼 18380 尾, 占总渔获数量的 58.04%, 数量呈现沿岸少, 外侧较多的趋势, 与李建生等^[41]调查结果相一致。水温对鱼类的分布具有显著影响^[42], 六丝钝尾虾虎鱼位于排序轴的下方, 其分布受水温影响较大。调查海域夏季水温最高, 各站位平均水温为 30.43 °C, 六丝钝尾虾虎鱼(IRI=1788.16)在各站位分布较为均匀, 而到了冬季多分布于南侧站位。究其原因, 六丝钝尾虾虎鱼属于暖温性鱼类, 其分布与水温程正相关。龙头鱼和康氏侧带小公鱼对环境偏好相对较低, 在研究海域内分布较为均匀。

本研究结果表明, RDA 排序中的环境因子水温、盐度、水深和 pH 共反映了该区域鱼类群落组成 39.71% 的总变异, 剩余的 60.29% 可能由未调查到的其他生物和非生物因素所引起的, 需做进一步调查和研究。

参考文献:

- [1] Ross S T. Resource partitioning in fish assemblages: a review of field studies[J]. *Copeia*, 1986(2): 352-388.
- [2] Lie U. Marine ecosystems: research and management[J]. *Impact of Science on Society*, 1983, 33: 277-292.
- [3] Sonstegard R A. Great lakes coho salmon as an indicator organism for ecosystem health[J]. *Marine Environmental Research*, 1984, 14(1): 480.
- [4] Vassallo P, Fabiano M Vezzulli L. Assessing the health of coastal marine ecosystems: A holistic approach based on sediment micro and meio-benthic measures[J]. *Ecological Indicators*, 2006, 6(3): 525-542.
- [5] Shenker J M, Dean J M. The utilization of an intertidal salt and juvenile fishes: abundance, diversity and temporal variation[J]. *Estuaries*, 1997(2): 154-163.
- [6] McLusky D S, Elliott M. The Estuarine Ecosystem: ecology, threats and management(ed)[M]. Oxford: Oxford University Press, 2004.
- [7] Shi Y M, Chao M, Quan W M, et al. Fish community diversity analyses in the Yangtze River estuary, China[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2012, 19(6): 1051-1059. [史赞荣, 晁敏, 全为民, 等. 长江口鱼类群落的多样性分析[J]. *中国水产科学*, 2012, 19(6): 1051-1059.]
- [8] Xu Z L. Spatial-temporal distribution of fish density in the Oujiang estuary during summer and autumn[J]. *Acta Zoologica Sinica*, 2008, 54(6): 981-987. [徐兆礼. 夏秋季瓯江口海域鱼类数量的时空分布[J]. *动物学报*, 2008, 54(6): 981-987.]
- [9] Fan W, Zhou S F, Cui X S, et al. Impact of trawl fishing on fisheries population components in East China Sea[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(10): 1697-1700. [樊伟, 周甦芳, 崔雪森, 等. 拖网捕捞对东海渔业资源种群结构的影响[J]. *应用生态学报*, 2003, 14(10): 1697-1700.]
- [10] Xia L J, Zhou Q S, Yu C G, et al. Study on fish community diversity in Yueqing Bay mouth during spring and autumn[J]. *Fishery Modernization*, 2016, 43(2): 68-75. [夏陆军, 周青松, 俞存根, 等. 乐清湾口海域春秋季节鱼类群落多样性研究[J]. *渔业现代化*, 2016, 43(2): 68-75.]
- [11] Sun P, Wang Y X, Tian K, et al. Taxonomic diversity of fish species in five bays in Zhejiang province[J]. *Oceanologia Et Limnologia Sinica*, 2018, 49(6): 1325-1333. [孙鹏, 王咏雪, 田阔, 等. 浙江 5 个海湾鱼类分类多样性研究[J]. *海洋与湖沼*, 2018, 49(6): 1325-1333.]
- [12] Ye X R, Zhang R B, Xu H T, et al. Analysis and evaluation of environmental quality in Oujiang estuary[J]. *Science and Technology Innovation Herald*, 2014, 11(28): 120-123. [叶新荣, 张荣保, 许恒韬, 等. 瓯江口海域环境质量现状分析与评价[J]. *科技创新导报*, 2014, 11(28): 120-123.]
- [13] Liu Z J, Li D W, Guo A T, et al. Species composition and diversity of fishery organisms in Oujiang Estuary in spring and summer[J]. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 2016, 57(8): 1325-1327. [刘志坚, 李德伟, 郭安托, 等. 瓯江口春夏季渔业生物种类组成及多样性[J]. *浙江农业科学*, 2016, 57(8): 1325-1327.]
- [14] Shen A L, Xu Z L. Preliminary investigation on the fishes of Oujiang river estuary[J]. *Marine Fisheries*, 2008, 30(3): 285-290. [沈盎绿, 徐兆礼. 瓯江口海域夏秋季鱼类初步调查[J]. *海洋渔业*, 2008, 30(3): 285-290.]
- [15] Yan L N, Ye S, Li D W, et al. Species composition and quantitative distribution of fishes in spring and autumn in the Yueqing Bay mouth[J]. *Oceanologia Et Limnologia Sinica*, 2013, 44(4): 1062-1067. [闫丽娜, 叶深, 李德伟, 等. 乐清

- 湾口海域春、秋季鱼类种类组成和数量分布[J]. 海洋与湖沼, 2013, 44(4): 1062-1067.]
- [16] Zhan B Y. Fisheries resource assessment[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1995. [詹秉义. 渔业资源评估[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.]
- [17] Zhang H L, Xu K D, Zhu Z J, et al. Seasonal variations of fish resources and its community diversity in Daiquyang[J]. Journal of Fisheries of China, 2012, 36(4): 601-607. [张洪亮, 徐开达, 朱增军, 等. 岱衢洋鱼类资源及其群落多样性的季节变化[J]. 水产学报, 2012, 36(4): 601-607.]
- [18] Pinkas E R. Ecology of the agamid lizard *Amphibolurus isolepis* in western Australia[J]. Copeia, 1971(3): 527-536.
- [19] Shannon C E, Weaver W, Blahut R E, et al. The Mathematical Theory of Communication[M]. Champaign: University of Illinois Press, 1963.
- [20] Pielou E C. An Introduction to Mathematical Ecology[M]. New York: Wiley-Interscience, 1969.
- [21] Fan Z W, Jiang R J, Zhang H L, et al. Community structure of ichthyoplankton and its relationship with environmental factors in Daiquyang spawning ground[J]. Journal of Fisheries of China, 2020, 44(4): 606-620. [樊紫薇, 蒋日进, 张洪亮, 等. 岱衢洋产卵场鱼卵、仔稚鱼群落结构及其与环境因子的关系[J]. 水产学报, 2020, 44(4): 606-620.]
- [22] Zhu Y D. Fishes of East China Sea[M]. Beijing: Science Press, 1963. [朱元鼎. 东海鱼类志[M]. 北京: 科学出版社, 1963.]
- [23] Zhuang P. Fishes of Yangtze Estuary, 2nd Edition[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2018. [庄平. 长江口鱼类(第2版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2018.]
- [24] Zhu Y D. Fishes of Fujian[M]. Fujian province: Fujian Science and Technology Press, 1985. [朱元鼎. 福建鱼类志上下卷[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1985.]
- [25] Nelson J S. Fishes of the World 4th Edition[M]. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2006.
- [26] Wu H L. Latin-Chinese Dictionary of Fish Names by Classification system[M]. Qingdao: China Ocean University Press, 2017. [伍汉霖. 拉汉世界鱼类系统名典[M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2017.]
- [27] Liang H. Studies on fish community structure and species diversity of fish in Dongtou outside sea area[D]. Zhoushan: Zhejiang Ocean University, 2019. [梁海. 洞头外侧海域鱼类群落结构及物种多样性研究[D]. 舟山: 浙江海洋大学, 2019.]
- [28] Yan W C, Song W H, Yu C G, et al. Study on fish diversity and community structure in spring and autumn in Oujiang estuary[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2018(6): 132-141. [颜文超, 宋伟华, 俞存根, 等. 甬江口海域春秋季节鱼类多样性及群落结构研究[J]. 海洋湖沼通报, 2018(6): 132-141.]
- [29] He J N, Xu Y J, Zhang H L, et al. Study on the Relationship between Fish Diversity, Quantity and Environmental Factors in the Middle Area of Zhejiang Offshore[J]. Journal of Zhejiang Ocean University: Natural Science Edition, 2017, 36(4): 283-288. [何江楠, 许永久, 张洪亮, 等. 浙江中部近海鱼类多样性及生物量与环境因子的关系研究[J]. 浙江海洋大学学报: 自然科学版, 2017, 36(4): 283-288.]
- [30] Chen J J, Xu Z L. Spatial-temporal Pattern to Fishing Ground of White Croaker in Bohai, Yellow and East China Seas[J]. Journal of Natural Resources, 2011, 26(4): 666-673. [陈佳杰, 徐兆礼. 东黄渤海白姑鱼(*Argyrosomus argentatus*)渔场空间格局的研究[J]. 自然资源学报, 2011, 26(4): 666-673.]
- [31] Xu Z L, Chen J J. Migratory routes of *Trichiurus lepturus* in the East China Sea, Yellow Sea and Bohai Sea[J]. Journal of Fisheries of China, 2015, 39(6): 824-835. [徐兆礼, 陈佳杰. 东、黄渤海带鱼的洄游路线[J]. 水产学报, 2015, 39(6): 824-835.]
- [32] Lin L S, Zhang H Y, Li H Y, et al. Study on Seasonal Variation of Feeding Habit of Hairtail (*Trichiurus japonicus*) in the East China Sea[J]. Periodical of Ocean University of China, 2006, 36(6): 932-936. [林龙山, 张寒野, 李惠玉, 等. 东海带鱼食性的季节变化[J]. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 2006, 36(6): 932-936.]
- [33] Lin X P, Zhu Z J, Li P F. Feeding habits of *Harpadon nehereus* in the East China Sea region[J]. Marine fisheries, 2010, 32(3): 290-296. [林显鹏, 朱增军, 李鹏飞. 东海区龙头鱼摄食习性的研究[J]. 海洋渔业, 2010, 32(3): 290-296.]
- [34] Gu J Q, Shi N, Xue Y G. Climatic variation of rainfall and wet days in Zhejiang[J]. Journal of Applied Meteorological Science, 2002(3): 322-329. [顾骏强, 施能, 薛根元. 近40年浙江省降水量、雨日的气候变化[J]. 应用气象学报, 2002(3): 322-329.]
- [35] Li W, Wang Y H, Wang J N, et al. Distributions of water masses and hydrographic structures in the Yellow Sea and East China Sea in spring and summer 2011[J]. Oceanologia Et Limnologia Sinica, 2012, 43(3): 615-623. [李伟, 王玉衡, 汪嘉宁, 等. 2011年春、夏季黄、东海水团与水文结构分布特征[J]. 海洋与湖沼, 2012, 43(3): 615-623.]
- [36] Zhang C C. Study on community characteristics and diversity of swimming animals in sea area of Qixing Archipelago[D]. Zhoushan: Zhejiang Ocean University, 2017. [张春草. 七星列岛海域游泳动物群落特征及多样性研究[D]. 舟山: 浙江海洋大学, 2017.]
- [37] Environmental protection agency of China. Manual for

- monitoring aquatic organisms[M]. Nanjing: Southeast University Press, 1993. [国家环保局. 水生生物监测手册[M]. 南京: 东南大学出版社, 1993.]
- [38] Hiddink J G, ter Hofstede R. Climate induced increases in species richness of marine fishes[J]. *Global Change Biology*, 2008, 14: 453-460.
- [39] Cardoso I, França S, Pais M P, et al. Fish assemblages of small estuaries of the Portuguese coast: A functional approach[J]. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 2011, 93: 40-46.
- [40] Johnson C M, Johnson L B, Richards C, et al. Predicting the occurrence of amphibians: an assessment of multiple scale models[M]. Washington, D C: Island Press, 2002.
- [41] Li J S, Hu F, Li S F, et al. Quantity distribution of *Benthosema pterotum* and in relationship with surface layer water temperature and salinity in the East China Sea region[J]. *Marine fisheries*, 2006, 28(2): 105-110. [李建生, 胡芬, 李圣法, 等. 东海区七星底灯鱼数量分布以及与温盐度的关系[J]. *海洋渔业*, 2006, 28(2): 105-110.]
- [42] Fisher J A D, Frank K T, Petrie B, et al. Temporal dynamics within a contemporary latitudinal diversity gradient[J]. *Ecology Letters*, 2008, 11: 883-897.

Assessment of fish community structure and redundancy analysis of dominant species in the Oujiang River estuary

CHEN Weifeng^{1,2}, YE Shen^{1,2}, QIN Song^{1,2}, FAN Qingsong^{1,2}, CHEN Shaobo^{1,2,3}, NI Yong⁴, PENG Xin^{1,2}

1. Zhejiang Mariculture Research Institute, Wenzhou 325005, China;

2. Zhejiang Key Laboratory of Exploitation and Preservation of Coastal Bioresource, Wenzhou 325005, China

3. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

4. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China

Abstract: Based on quarterly bottom trawl survey data from 2018 to 2019, we analyzed the dynamic changes in fish community structure and their relationship with environmental factors in the survey area using ecological indicators, such as resource density, relative importance index, and diversity index. Results showed that there are 84 fish species in the survey area, belonging to two classes, 14 orders, 39 families, and 69 genera. There were seven dominant species, including *Harpadon nehereus*, *Trichiurus japonicus*, *Pennahia argentata*, *Setipinna tenuifilis*, *Benthosema pterotum*, *Stolephorus commersonnii*, and *Amblychaeturichthys hexanema*, whose composition has changed dramatically. The highest biomass index value was in summer, at 3.25×10^3 kg/km². The highest abundance index value was in autumn, which was 6.64×10^5 ind/km². The highest diversity index values of H' and J' were in winter, at 1.92 and 0.71. The distribution of *T. japonicus* and *B. pterotum* is positively correlated with depth and salinity. The distribution of *P. argentata* is strongly positively correlated with temperature and negatively correlated with pH. *S. commersonnii*, *S. tenuifilis*, and *H. nehereus* have a low preference for environmental factors. By exploring the spatial and temporal changes of fish community structure in the Oujiang River Estuary, the results of this study provide scientific evidence for protecting fishery resources and improving the quality and function of fishery environments in the estuary area.

Key words: fish community structure; dominant species; diversity index; Oujiang River estuary

Corresponding author: PENG Xin. E-mail: pengxin_1128@163.com