

于南京, 俞存根, 许永久, 等. 舟山群岛外海域鱼类数量分布与环境因子的关系[J]. 海洋学报, 2020, 42(10): 80–91, doi:10.3969/j.issn.0253-4193.2020.10.008

Yu Nanjing, Yu Cungen, Xu Yongjiu, et al. The relationship between distribution of fish abundance and environmental factors in the outer waters of the Zhoushan Islands[J]. Haiyang Xuebao, 2020, 42(10): 80–91, doi:10.3969/j.issn.0253-4193.2020.10.008

舟山群岛外海域鱼类数量分布与环境因子的关系

于南京¹, 俞存根^{1*}, 许永久¹, 陈立红², 许恒涛², 王慧君¹, 张佩怡¹, 刘坤¹

(1. 浙江海洋大学 水产学院, 浙江 舟山 316022; 2. 自然资源部第二海洋研究所, 浙江 杭州 310012)

摘要: 根据 2018 年 4 月 (春季) 和 10 月 (秋季) 在舟山群岛外海域进行的渔业资源调查资料, 分析了鱼类的种类组成、数量分布和优势种, 并用典范对应分析方法分析了其与水文环境之间的关系。结果表明, 舟山群岛外海域鱼类有 106 种, 隶属于 12 目 47 科 80 属, 春、秋季鱼类质量密度分别为 210.50 kg/km^2 和 829.06 kg/km^2 , 尾数密度分别为 $8.08 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 和 $165.94 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 。春季鱼类资源密度在调查海域的西北部较高, 东部较低, 而秋季鱼类资源密度在东部海域较高, 西北部海域较低。两个季节的鱼类优势种更替明显, 春季优势种为黄鲛鲷 (*Lophius litulon*)、日本红娘鱼 (*Lepidotrigla japonica*)、细条天竺鲷 (*Apogon lineatus*), 秋季为细条天竺鲷、日本发光鲷 (*Acropom japonicum*)。鱼类种数呈现显著的季节和空间变化, 但是都以西部以及西北部靠近近岸岛屿的海域种类数较高, 大部分鱼类栖息在 50~80 m 水深海域。典范对应分析结果表明, 表层温度、底层温度、表层盐度是影响调查海域鱼类种类组成和数量分布的主要环境因子。

关键词: 种类组成; 环境因子; 资源密度; 典范对应分析

中图分类号: S932.4

文献标志码: A

文章编号: 0253-4193(2020)10-0080-12

1 引言

舟山渔场是我国重要的渔场之一, 受台湾暖流、江浙沿岸流及黄海冷水团的影响, 形成了独特的环境类型, 是多种经济渔业生物的产卵场和索饵场^[1]。由于多年来捕捞强度的加大以及海洋环境的日益恶化, 经济价值高、个体大的鱼类群落逐渐被小型低值鱼类群落所取代, 鱼类群落结构发生显著变化^[2-4]。

目前, 针对东海区和舟山渔场沿岸海域渔业资源及其群落结构的相关研究有很多^[5-15], 而对舟山群岛外海域鱼类资源的调查研究还不多见。本文主要根据 2018 年 4 月 (春季) 和 10 月 (秋季) 在舟山群岛外侧海域进行的定点底拖网调查得到的鱼类数据以及

水文环境数据, 分析了该海域鱼类数量分布与环境因子的关系等, 并且收集该海域以往调查资料, 与本次调查结果进行对比分析, 目的是为了了解舟山群岛外海域鱼类资源状况、空间分布与水文环境因子的关系等, 为该海域鱼类资源可持续发展利用提供科学依据。

2 材料与方法

2.1 采样方法

2018 年 4 月 (春季) 和 10 月 (秋季) 浙江海洋大学的“浙渔科 2”科考船在 $29^{\circ}10' \sim 30^{\circ}45' \text{N}$, $122^{\circ}47' \sim 124^{\circ}21' \text{E}$ 范围内进行渔业资源定点底拖网调查, 共设置 14 个站位, 水深为 28~87 m, 如图 1。底拖网网

收稿日期: 2019-10-11; 修订日期: 2020-05-05。

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31270527)。

作者简介: 于南京 (1996—), 男, 河南省周口市人, 研究方向为渔业资源及种群变动。E-mail: 1350035628@qq.com

* 通信作者: 俞存根, 男, 教授, 主要从事渔业资源研究。E-mail: cgyu@zjou.edu.cn

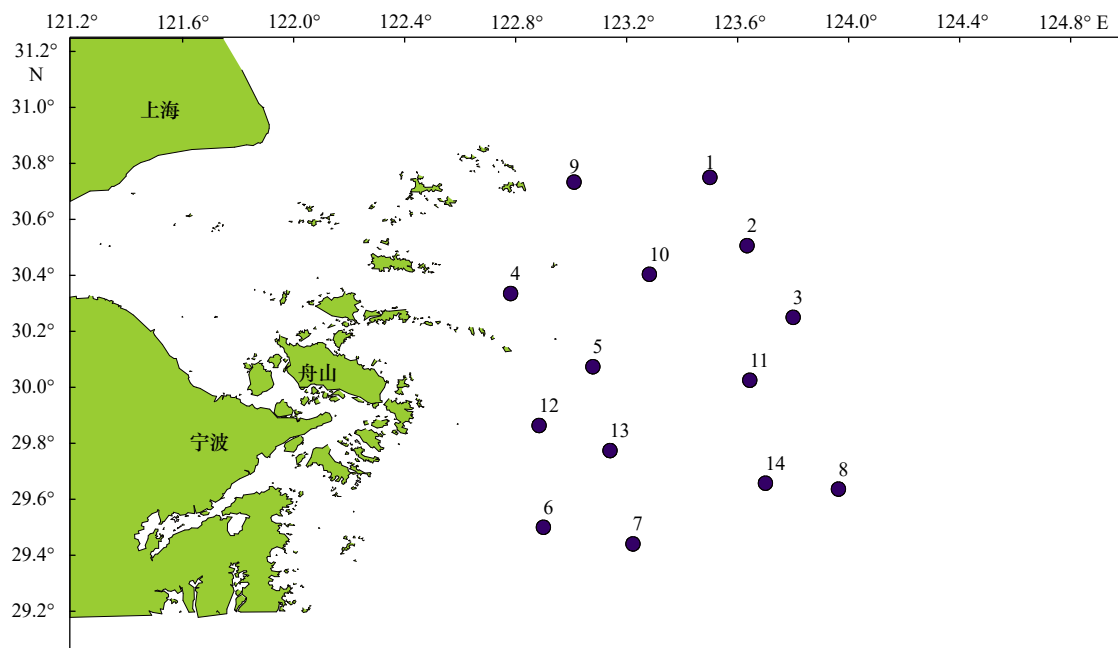


图 1 渔业资源调查站位

Fig. 1 The survey stations of fishery resources

具规格为 1 020 目×80 mm。每个站位拖曳时间约为 1 h, 拖速约为 3 kn。渔业资源的调查方法按照我国《海洋渔业资源调查规范》(SC/9 403-2012)^[16] 进行。每站渔获物全部取样装入样品袋, 并进行编号、记录后保存, 带回实验室进行分析处理, 并对主要渔获种类进行生物学测定。拖网调查同步使用 CTD 仪测定每个调查站位的温度、盐度、水深等环境因子。

2.2 数据处理方法

2.2.1 鱼类资源密度

运用扫海面积法^[17] 估算鱼类的资源密度, 公式如下:

$$\rho_i = C_i / a_i q, \quad (1)$$

式中, ρ_i 为第 i 站的鱼类资源密度 (质量密度单位: kg/km^2 ; 尾数密度单位: ind/km^2); C_i 为第 i 站的每小时拖网渔获物中鱼类数量 (以质量计单位: kg/h ; 以尾数计单位: ind/h); a_i 为第 i 站的网具每小时扫海面积 (km^2/h), 扫海面积为网口水平扩张宽度 (本网具为 0.010 7 km) × 拖曳距离 (km), 拖曳距离为拖网速度 (km/h) 和实际拖网时间 (h) 的乘积; q 为网具捕获率 (可捕系数 = 1 - 逃逸率), 其中 q 取 0.5^[18]。

2.2.2 优势种

本研究使用相对重要性指数 (Index of Relative Importance, IRI) 表征群落中鱼类种类优势度^[19-20]:

$$\text{IRI} = [(n_i/N + w_i/W) \cdot f_i/m] \times 10^5, \quad (2)$$

式中, w_i 、 n_i 表示第 i 种生物的生物量和个体数; f_i 表示第 i 种生物通过 m 次取样时表现出的频率; m 表示取

样次数。将 $\text{IRI} \geq 1\,000$ 的种类定义为优势种, $100 \leq \text{IRI} < 1\,000$ 的种类定义为常见种^[21]。

2.2.3 CCA 分析

生物量和环境之间的关系采用典范对应分析 (canonical correspondence analysis, CCA) 方法^[22-23], 用软件 CANOCO 5.0 进行运算, 排序结果用物种—环境因子关系的双序图表示。

CCA 是一种非线性多元直接梯度分析方法^[24], 将对应分析与多元分析结合起来, 每一步计算结果都与环境因子进行回归, 以确定鱼类群落与环境因子的对应关系。在 CCA 排序图 2a (春) 和图 2b (秋) 中, 环境因子用带有箭头的线段表示, 连线的长短表示站位 (或鱼类种类) 分布与该环境因子关系的相关性大小。箭头连线与排序轴的夹角表示该环境因子与排序轴相关性大小, 夹角越小, 相关性越高, 反之越低, 箭头所指方向表示该环境因子的变化趋势。箭头连线与某一站位 (或种类) 的垂线距离表示其相关性大小, 垂线距离越小, 正相关性越高, 反之越低, 处于另一端的则表示与该类环境因子具有负相关性。

3 结果

3.1 种类组成

根据春、秋 2 个季度调查采集样品, 共鉴定鱼类 106 种, 隶属于 12 目 47 科 80 属, 其中春季 63 种, 隶属于 12 目 34 科 49 属, 秋季 84 种, 隶属于 12 目 45 科 72 属, 种类组成见表 1。鲈形目种类最多, 共 20 科

表 1 舟山群岛外海域春、秋季鱼类组成及优势种

Table 1 The composition and dominant species of fish in spring and autumn in the outer waters of the Zhoushan Islands

种类	春季				秋季			
	N/%	W/%	F/%	IRI	N/%	W/%	F/%	IRI
星康吉鳗 <i>Conger myriaster</i>	—	—	—	—	—	0.02	14.29	0.27
拟穴奇鳗 <i>Alloconger anagoides</i>	—	—	—	—	0.03	0.25	28.57	5.8
短吻吻鳗 <i>Phynchoconger brevirostris</i>	0.02	0.04	7.14	0.32	—	—	—	—
黑尾吻鳗 <i>Phynchoconger ectenurus</i>	0.06	0.12	7.14	0.92	0.58	0.06	14.29	6.55
海鳗 <i>Muraenesox cinereus</i>	0.13	2.18	28.57	47.21	0.06	1.02	64.29	49.52
网纹裸胸鳝 <i>Gymnothorax reticularis</i>	—	—	—	—	0.61	—	7.14	3.1
野鲮鳗 <i>Saurenchelys fierasfer</i>	0.22	0.25	21.43	7.14	—	—	—	—
丝尾草鳗 <i>Chlopsis fierasfer</i>	—	—	—	—	—	—	7.14	0.02
前肛鳗 <i>Dysomma anguillaris</i>	0.61	1.4	14.29	20.48	0.01	0.03	7.14	0.17
尖尾蛇鳗 <i>Ophichthus apicalis</i>	—	—	—	—	—	—	7.14	0.01
食蟹豆齿鳗 <i>Pisoodonophis cancrivorus</i>	0.26	0.23	14.29	5.02	1.91	2.92	78.57	271.26
鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	—	—	—	—	0.01	0.02	14.29	0.32
黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	0.17	0.11	14.29	2.9	0.01	0.08	35.71	2.34
赤鼻棱鳀 <i>Thrissa kammakensis</i>	0.43	0.09	28.57	10.74	—	—	—	—
凤鲚 <i>Coilia mystus</i>	1.65	0.53	21.43	33.25	—	—	—	—
花斑蛇鲻 <i>Saurida undosquamis</i>	—	—	—	—	0.17	0.03	21.43	3.03
长蛇鲻 <i>Saurida elongate</i>	0.19	0.71	21.43	13.91	0.01	0.36	7.14	1.89
龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i>	7.97	5.68	64.29	626.89	2.95	4.21	57.14	292.32
七星底灯鱼 <i>Benthosema pterotum</i>	1.10	0.03	35.71	28.85	0.22	0.02	57.14	9.91
仙融鲷 <i>Siremba imberbis</i>	—	—	—	—	0.01	0.04	7.14	0.26
新鲷 <i>Neobythites sivicola</i>	0.02	—	7.14	0.12	0.23	—	7.14	1.18
日本犀鲷 <i>Bregmaceros japonicas</i>	0.24	0.01	21.43	3.86	—	—	—	—
麦氏犀鲷 <i>Bregmaceros macclellandii</i>	—	—	—	—	0.7	0.12	50	29.3
多棘腔吻鲷 <i>Coelorinchus multispinulosus</i>	—	—	—	—	—	0.02	7.14	0.1
中间腔吻鲷 <i>Coelorinchus intermedius</i>	0.02	—	7.14	0.13	—	—	—	—
黄鲛鲷 <i>Lophius litulon</i>	1.3	25.05	71.43	1 344.4	—	—	—	—
黑鲛鲷 <i>Lophiomus setigerus</i>	2.51	1.79	71.43	219.53	—	—	—	—
带纹躄鱼 <i>Antennarius striatus</i>	—	—	—	—	0.07	0.16	35.71	5.76
刺冠海龙 <i>Corythoichthys crenulatus</i>	0.26	0.01	35.71	6.99	—	—	7.14	0.01
刺海马 <i>Hippocampus histrix</i>	—	—	—	—	0.01	0.01	14.29	0.11
褐菖鲉 <i>Sebastes marmoratus</i>	0.11	0.01	7.14	0.61	0.02	0.03	21.43	0.69
日本红娘鱼 <i>Lepidotrigla japonica</i>	17.42	1.32	78.57	1 051.64	0.06	0.25	14.29	3.18
短鳍红娘鱼 <i>Lepidotrigla microptera</i>	—	—	—	—	—	0.02	7.14	0.12
绿鳍鱼 <i>Chelidonichthys kumu</i>	—	—	—	—	0.03	0.39	21.43	6.41

续表 1

种类	春季				秋季			
	N/%	W/%	F/%	IRI	N/%	W/%	F/%	IRI
大泷六线鱼 <i>Hexagrammos otakii</i>	—	—	—	—	0.3	0.03	7.14	1.65
虹鲆 <i>Erisphex pottii</i>	2.77	0.3	92.86	204.14	—	—	7.14	0.01
单指虎鲆 <i>Minous monodactylus</i>	0.3	0.24	35.71	13.96	0.23	0.4	78.57	35.54
小杜父鱼 <i>Cottiusculus gonez</i>	—	—	—	—	0.02	—	14.29	0.29
六指马鲛 <i>Polynemus sextarius</i>	—	—	—	—	—	0.01	7.14	0.07
小口多指马鲛 <i>Polydactylus microstoma</i>	—	—	—	—	—	0.02	7.14	0.11
六带石斑鱼 <i>Epinephelus sexfasciatus</i>	—	—	—	—	0.06	—	7.14	0.33
日本发光鲷 <i>Acropom japonicum</i>	0.06	0.01	14.29	0.77	13.1	11.2	64.29	1 115.76
斑鳍天竺鲷 <i>Apogon carinatus</i>	—	—	—	—	0.4	0.08	21.43	7.39
细条天竺鲷 <i>Apogon lineatus</i>	16.96	4.2	71.43	1 079.7	61.15	29.41	92.86	6 007.1
四线天竺鲷 <i>Apogon quadrfasciatus</i>	—	—	—	—	0.04	0.01	7.14	0.23
少鳞鲳 <i>Sillago japonica</i>	0.43	0.53	35.71	24.54	—	—	—	—
多鳞鲳 <i>Sillago sihama</i>	—	—	—	—	0.1	0.19	57.14	11.9
蓝圆鲹 <i>Decapterus maruadsi</i>	0.02	0.03	7.14	0.25	0.57	1.28	64.29	85.1
竹荚鱼 <i>Trachurus japonicus</i>	0.02	—	7.14	0.11	1.06	0.67	14.29	17.6
乌鲷 <i>Formio niger</i>	—	—	—	—	0.01	0.16	7.14	0.87
尖头黄鳍牙鲷 <i>Chrysochir aureus</i>	0.06	0.34	14.29	4.16	0.2	2.05	50	80.27
棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>	1	0.86	21.43	28.41	0.13	0.4	28.57	10.82
皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belengerii</i>	7.54	13.79	64.29	979.5	—	—	—	—
鳞鳍叫姑鱼 <i>Johnius distincta</i>	0.04	0.12	7.14	0.86	—	—	—	—
叫姑鱼 <i>Johnius grypotus</i>	10.46	22.2	21.43	499.95	0.9	2.53	85.71	210.02
白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i>	—	—	—	—	4.57	7.33	85.71	728.48
鲷鱼 <i>Miichthys miuy</i>	0.04	1.27	14.29	13.44	0.33	13.8	92.86	937.34
黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	0.15	0.36	14.29	5.25	—	—	—	—
鲷状黄姑鱼 <i>Nibea miichthioides</i>	—	—	—	—	0.42	0.23	21.43	9.93
日本黄姑鱼 <i>Nibea japonica</i>	0.02	0.02	7.14	0.24	—	—	—	—
大黄鱼 <i>Larimichthys crocea</i>	—	—	—	—	—	0.02	7.14	0.13
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	4.25	5.2	85.71	578.26	0.34	1.75	85.71	128.44
二长棘犁齿鲷 <i>Eynniss cardinalis</i>	—	—	—	—	—	0.01	14.29	0.14
横带髯鲷 <i>Haplogenyus mucronatus</i>	—	—	—	—	0.04	0.09	35.71	3.09
日本绯鲤 <i>Upeneus japonicus</i>	—	—	—	—	0.02	0.05	28.57	1.46
黄斑蓝子鱼 <i>Siganus oramin</i>	0.04	0.02	14.29	0.61	—	—	—	—
带鱼 <i>Trichiurus haumela</i>	1.99	1.09	57.14	125.72	1.37	0.58	71.43	99.43
鲐 <i>Pneumatophorus japonicus</i>	—	—	—	—	0.02	0.57	14.29	5.97
蓝点马鲛鱼 <i>Scomberomorus niphonius</i>	2.3	0.88	7.14	16.22	—	—	—	—

续表 1

种类	春季				秋季			
	N/%	W/%	F/%	IRI	N/%	W/%	F/%	IRI
银鲷 <i>Pampus argenteus</i>	0.06	0.15	21.43	3.29	0.08	2.03	21.43	32.21
灰鲷 <i>Pampus cinereus</i>	0.3	0.85	50	41.27	0.61	—	7.14	3.13
刺鲷 <i>Psenopsis anomala</i>	—	—	—	—	0.46	6.34	35.71	173.27
小笠原钝塘鳢 <i>Amblyeleotris ogasawarensis</i>	—	—	—	—	—	—	7.14	0.01
舌虾虎鱼 <i>Glossogobius giuris</i>	—	—	—	—	0.02	0.01	35.71	0.67
长丝虾虎鱼 <i>Cryptocentrus filifer</i>	0.71	0.05	28.57	15.52	0.07	0.04	28.57	2.34
六丝钝尾虾虎鱼 <i>Amblychaeturichthys hexanema</i>	10.14	0.85	92.86	729.12	1.33	0.63	100	139.76
红鳢虾虎鱼 <i>Taenioides rubicundus</i>	0.26	0.05	28.57	6.29	0.96	0.61	7.14	8.02
孔虾虎鱼 <i>Trypauchen vagina</i>	—	—	—	—	0.07	0.04	35.71	2.74
六带拟鲈 <i>Parapercis sexfasciata</i>	—	—	—	—	0.13	0.06	28.57	3.76
项鳞鲷 <i>Zalescopus tosae</i>	—	—	—	—	0.1	0.19	57.14	11.9
鳄齿鱼 <i>Champsodon capensis</i>	0.78	0.05	71.43	42.58	—	—	—	—
短鳄齿鱼 <i>Champsodon snyderi</i>	—	—	—	—	0.69	0.24	42.86	28.59
扁鲷 <i>Callionymus planus</i>	0.04	0.01	7.14	0.25	—	—	7.14	0.03
五眼斑鲆 <i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>	0.02	0.01	7.14	0.18	—	—	—	—
桂皮斑鲆 <i>Pseudorhombus cinnamomeus</i>	0.04	0.2	7.14	1.24	0.08	1.93	42.86	61.41
纤羊舌鲆 <i>Arnoglossus tenuis</i>	0.22	0.03	21.43	3.73	0.06	0.09	35.71	3.69
北原左鲆 <i>Laeops kitaharae</i>	0.11	0.12	21.43	3.47	—	—	—	—
木叶鲽 <i>Pleuronichthys cornutus</i>	0.93	1.77	50	96.64	0.03	0.2	28.57	4.67
黑光鲽 <i>Liopsetta obscurus</i>	—	—	—	—	—	0.01	7.14	0.07
峨眉条鳎 <i>Zebrias quagga</i>	0.04	0.12	14.29	1.65	0.02	0.14	21.43	2.4
缨鳞条鳎 <i>Zebrias crossolepis</i>	0.06	0.09	7.14	0.8	—	0.01	7.14	0.09
栉鳞鳎 <i>Aseraggodes kobensis</i>	—	—	—	—	0.01	0.02	7.14	0.14
少鳞舌鳎 <i>Cynoglossus oligolepis</i>	0.09	0.33	14.29	4.27	—	—	—	—
窄体舌鳎 <i>Cynoglossus gracilis</i>	0.78	0.55	64.29	61.1	0.15	0.07	28.57	4.58
半滑舌鳎 <i>Cynoglossus semilaevis</i>	0.41	0.29	35.71	17.9	—	—	—	—
焦氏舌鳎 <i>Cynoglossus joyneri</i>	—	—	—	—	0.45	1.17	78.57	90.89
短吻三线舌鳎 <i>Cynoglossus abbreviatus</i>	0.32	0.32	28.57	13.21	1.52	1.94	85.71	211.37
短吻红舌鳎 <i>Cynoglossus joyneri</i>	0.09	0.02	7.14	0.55	—	—	—	—
断线舌鳎 <i>Cynoglossus interruptus</i>	0.19	0.09	21.43	4.43	0.03	0.05	14.29	0.77
大鳞舌鳎 <i>Cynoglossus macrolepidotus</i>	0.42	1.66	35.71	52.78	0.04	0.87	42.86	27.77
双线舌鳎 <i>Cynoglossus bilineatus</i>	0.15	0.13	7.14	1.43	—	—	—	—
宽体舌鳎 <i>Cynoglossus robustus</i>	0.61	1.1	57.14	69.57	0.07	0.41	28.57	9.84
棕斑兔头鲷 <i>Lagocephalus spadiceus</i>	0.02	0.09	7.14	0.59	0.04	0.1	64.29	6.51
淡鳍兔头鲷 <i>Lagocephalus wheeleri</i>	—	—	—	—	—	—	7.14	0.02
暗鳍兔头鲷 <i>Lagocephalus gloveri</i>	—	—	—	—	0.01	0.02	7.14	0.16
暗纹东方鲀 <i>Takifugu fasciatus</i>	—	—	—	—	—	—	7.14	0.03

注: W为生物量所占比例; N为尾数所占比例; F为出现率; —为0。

35属45种,占鱼类总种数的42.45%,其次是鲷形目,共5科9属20种,占鱼类总种数的18.87%。春、秋季调查所获鱼类中都出现且生物量比例大于0.01%、出现率大于7.14%的鱼类共33种。春季生物量所占比例最高的种类是黄鲛鲷(*Lophius litulon*)(25.05%),其次是叫姑鱼(*Johnius grypotus*)(22.20%)、皮氏白姑鱼(*Johnius belangerii*)(13.79%)和龙头鱼(*Harpodon nehereus*)(5.68%),其余种类生物量所占比例均小于5%。秋季生物量所占比例最高的种类是细条天竺鲷(*Apogon lineatus*)(29.41%),其次是鲷鱼(*Miichthys miiuy*)(13.80%)、日本发光鲷(*Acropom japonicum*)(11.20%)、白姑鱼(*Argyrosomus argentatus*)(7.33%)和刺鲳(*Psenopsis anomala*)(6.34%),其余种类所占比例均低于5%。通过以上数据可以看出,春、秋季鱼类群体数量集中在少数种类上,大多数种类群体生物量较小,并且两个季节群体数量较大的鱼种全部不同。

春季出现率最高的种类是虹鲷(*Erisphex pottii*)和

六丝钝尾虾虎鱼(*Amblychaeturichthys hexanema*),均为92.86%,其次是小黄鱼(*Larimichthys polyactis*)85.71%、日本红娘鱼78.57%等,秋季各种类的出现率与春季相比差别不大,六丝钝尾虾虎鱼出现率最高,为100%,其次是鲷鱼、细条天竺鲷,出现率都是92.86%,接着是白姑鱼、短吻三线舌鲷(*Cynoglossus abbreviatus*)、叫姑鱼,出现率同为85.71%。

3.2 数量分布

3.2.1 鱼类密度分布

该调查海域春季和秋季鱼类质量密度分别为210.50 kg/km²和829.06 kg/km²,尾数密度分别为8.08×10³ ind/km²和165.94×10³ ind/km²。调查海域不同站位鱼类资源密度(质量、尾数)如图3和图4所示。

春季,调查海域鱼类的重量密度较低,各站位的质量密度分布范围为26.43~794.68 kg/km²,以调查海域北部1、10号站位和西南部的6、12、13、7号站位鱼类质量密度较高,而位于123.6°E以东的站位质量

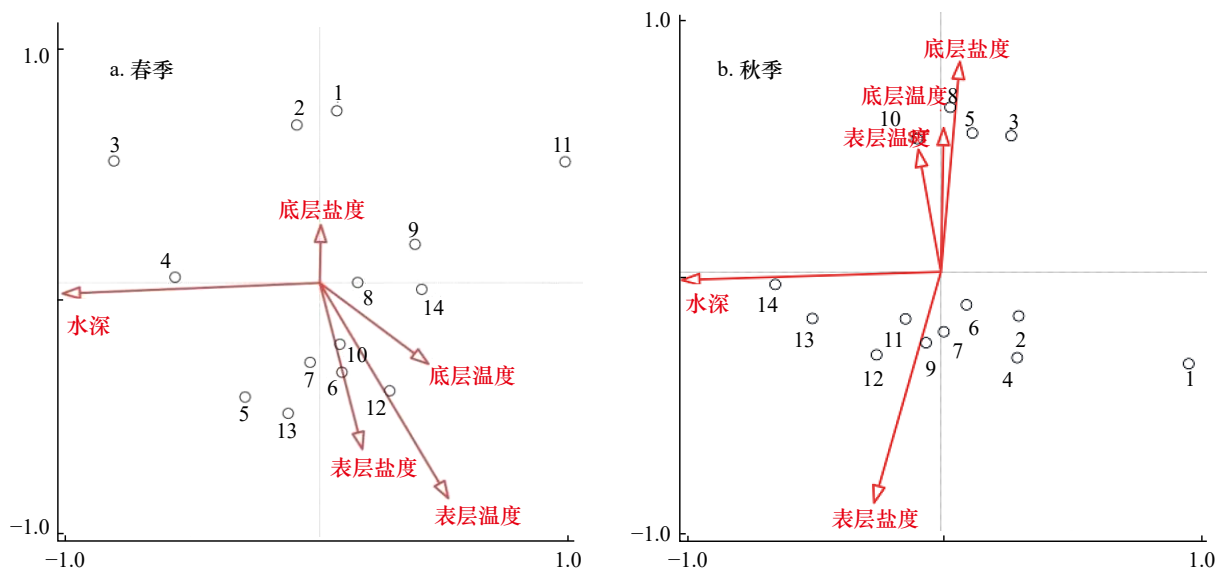


图2 舟山外海域春(a)、秋(b)季鱼类站位环境因子的CCA排序

Fig. 2 The distribution CCA sort of fish stance and environmental factors in the outer waters of the Zhoushan Islands in spring (a) and autumn (b)

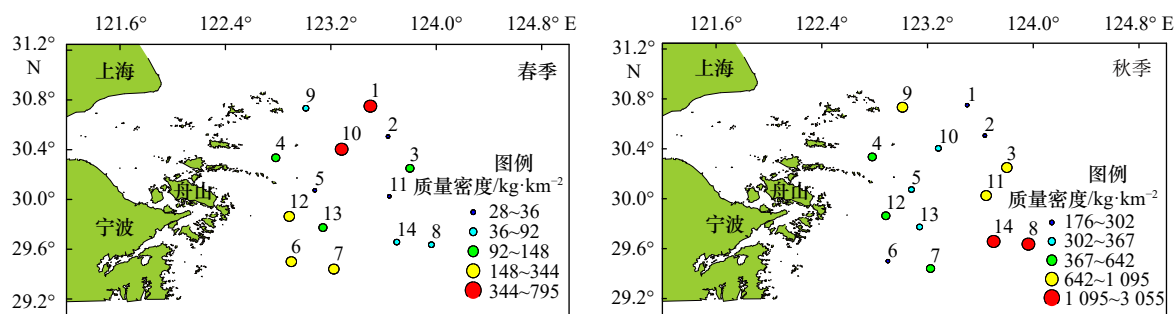


图3 舟山群岛外海域春、秋季鱼类质量密度分布

Fig. 3 Distribution of fish by weight density in the outer waters of the Zhoushan Islands in spring and autumn

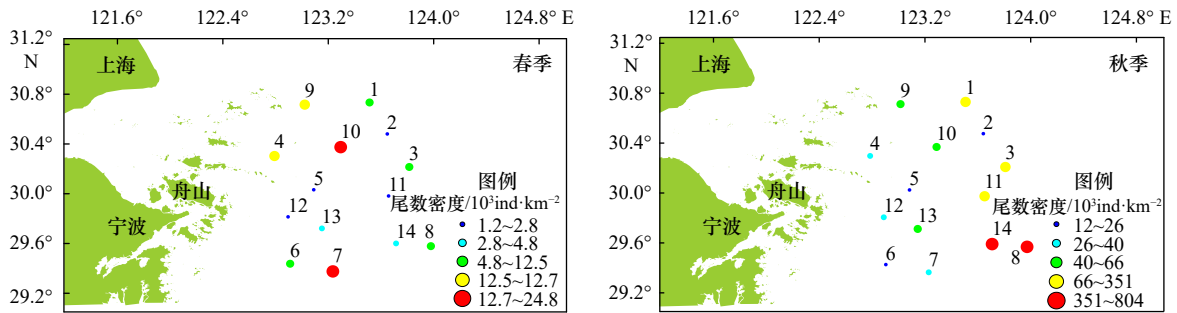


图4 舟山群岛外海域春、秋季鱼类尾数密度分布

Fig. 4 Distribution of fish by individual density in the outer waters of the Zhoushan Islands in spring and autumn

密度较低, 超过 80% 站位的质量密度在 100 kg/km^2 以内。尾数密度分布情况与质量密度分布情况有所不同, 数值较高的是位于调查海域西北部的 10、4、9、1 号站位, 而数值较低的是 123.6°E 以东的站位。10 号站位质量密度最高为 794.68 kg/km^2 , 主要种类是鲷鱼, 而 7 号站位尾数密度最高为 $24.74 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$, 主要种类是细条天竺鲷。

春、秋季鱼类资源重量密度、尾数密度较高和较低的海域皆不相同。秋季, 8 号站位鱼类质量密度最高, 为 3054.49 kg/km^2 , 2 号站位最低, 为 176.88 kg/km^2 ; 质量密度较高站位主要在 $123.4 \sim 124.0^\circ\text{E}$ 区域, 该海域距离舟山沿岸海域相对较远。14 号站位尾数密度最高, 为 $801.7 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$, 6 号站位最低, 为 $12.7 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 。

3.2.2 优势种及其数量时空分布

春季, 优势种是黄鲛鲷、细条天竺鲷和日本红娘鱼

(表 1), 其平均质量密度和尾数密度分别为 61.52 kg/km^2 、 10.31 kg/km^2 、 3.24 kg/km^2 和 $0.12 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 、 $1.60 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 、 $1.64 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$, 分别占春季总密度的 25.05%、4.20%、1.32% 和 1.30%、16.99%、17.41%; 黄鲛鲷的尾数密度以调查海域的北部和东南部海域最高, 西南部海域较低; 细条天竺鲷的尾数密度以南部海域较高, 北部以及西北部海域较低; 日本红娘鱼的尾数密度以北部和东北部海域较高, 南部和西南部海域较低(图 5); 秋季, 优势种是细条天竺鲷和日本发光鲷, 其平均质量密度和尾数密度分别为 284.42 kg/km^2 、 108.27 kg/km^2 和 $118.37 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$ 、 $25.36 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$, 分别占秋季总密度的 29.41%、11.19% 和 61.14%、13.10%, 均以 $123.2 \sim 123.8^\circ\text{E}$ 区间海域质量密度较高, 调查海域的西部靠近舟山沿岸海域尾数密度较低(图 6)。

3.2.3 鱼类种数的空间分布和季节变化

春、秋季平均每个站位出现的鱼类种数分别为

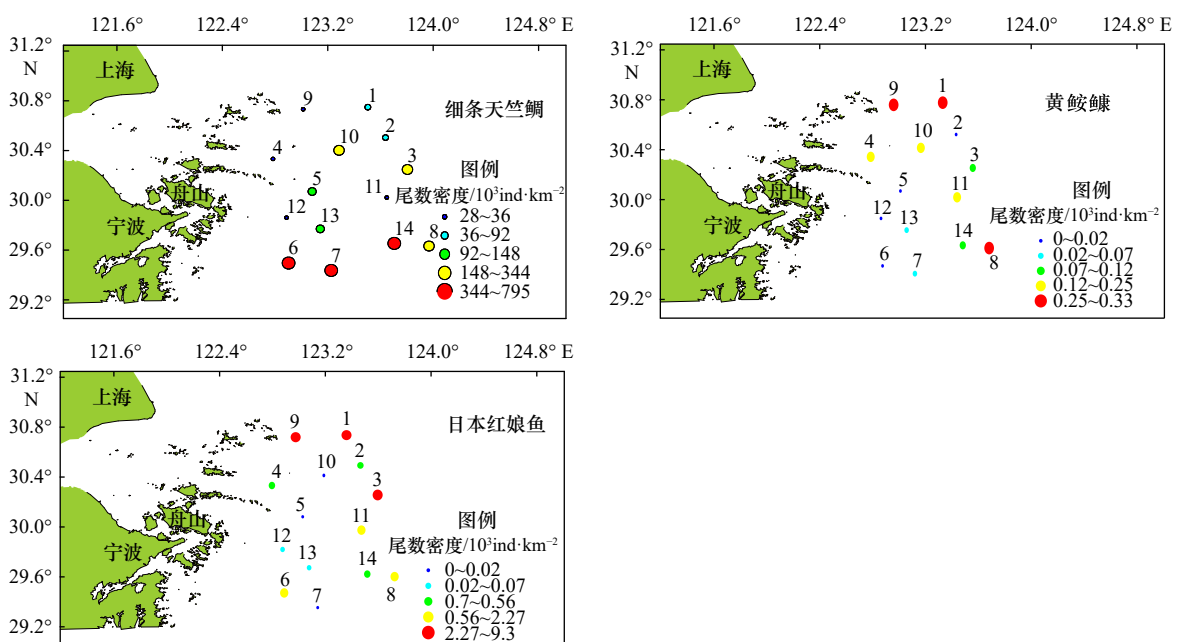


图5 舟山群岛外海域春季优势种尾数密度分布

Fig. 5 Distribution of fish by individual density in the outer waters of the Zhoushan Islands in spring

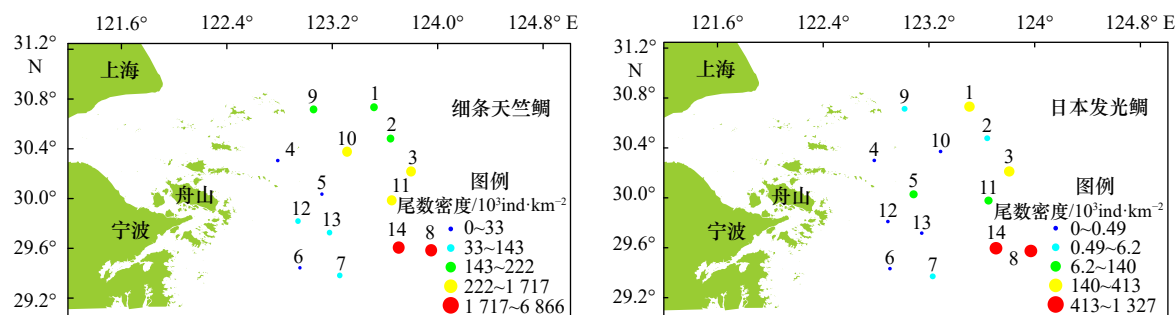


图6 舟山群岛外海域秋季鱼类优势种尾数密度分布

Fig. 6 Distribution of fish by in the outer waters of the Zhoushan Islands in autumn

19种和26种,空间分布情况如图7所示,图中等值线中的数值代表种类数。

根据图7可知,春季,各站位鱼类种类数最低为11种,最高为31种,鱼类种数较高的站位集中在调查海域西部海域,最高的是东极岛附近的海域,最低的是1号和11号站位,均为11种,位于距离岛屿较远的开阔海域;秋季,种类数最高的是1号站位,为41种,比春季最高种数多10种,集中在调查海域西北部靠近岛屿的近岸海域,种类数最低的4号站位,为16种,主要分布在嵊泗列岛以东的开阔海域。

将调查海域按水深分为小于50 m、50~80 m、大于80 m 3个水深带,不同水深带站位分布如表2所示,说明水深50~80 m区域站位最多,水深>80 m区域站位最少。不同水深鱼类种类数如表2表示,春、秋季均是水深50~80 m之间区域的鱼类种类最多,水深<50 m区域的鱼类种类次之,水深>80 m区域鱼类种类数最少;水深<50 m区域鱼类种类数秋季比春季多19种,分别为50种、31种;水深50~80 m之间区域鱼类种类数秋季比春季多18种,分别为75种、57种;水深>80 m区域秋季比春季多8种,分别为28种、20种;春、秋季水深<50 m区域共有鱼类种类数64种,水深50~80 m之间区域共有鱼类种类数96种,水深>80 m区域共有鱼类种类数40种。说明

鱼类种类受水深分布明显,不同水深区域鱼类种类数均是秋季比春季多。由于水深>80 m站位数只有1个,因此缺少代表性。

3.3 鱼类群落与水文环境因子的关系

调查海域平均表层温度秋季比春季高,春季为16.97℃(14.00~18.44℃),秋季为22.89℃(21.89~23.27℃);平均底层温度秋季比春季高,春季为16.72℃(14.96~18.05℃),秋季为22.46℃(21.50~23.36℃);平均表层盐度春季比秋季略高,春季为33.77(31.69~34.17),秋季为33.36(32.89~33.76);平均底层盐度秋季比春季高,春季为31.44(30.16~32.72),秋季为33.74(33.15~34.26)。

调查海域鱼类群落与表层温度、底层温度、表层盐度、底层盐度和水深5个水文环境因子用CANOCO5.0软件进行运算。CCA排序结果如图2所示。

CCA排序结果如图2所示,春季,调查海域群落结构受表层温度、底层温度、表层盐度影响显著,表层温度与第一、第二排序轴的相关性分别为0.494 6、-0.853 9,12号站位受其影响较大;底层温度与第一、第二排序轴的相关性分别为0.417 9、-0.321 2,8号站位受其影响较大;表层盐度与第一、第二排序轴的相关性分别为0.163 9、-0.659 0,龙头鱼和叫姑鱼受其影响较大。秋季,调查海域群落结构受底层盐度、底

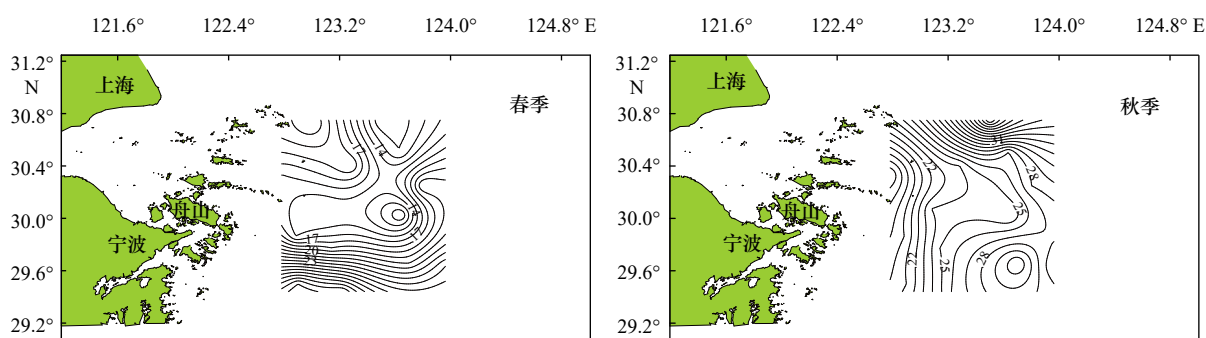


图7 舟山群岛外海域春、秋季鱼类种数分布

Fig. 7 The distribution of fish species in the outer waters of the Zhoushan Islands in spring and autumn

表 2 舟山群岛外海域不同水深鱼类种类组成和站点分布

Table 2 Different water depths with fish species composition and survey stations in the outer waters of the Zhoushan Islands

季节	水深		
	<50 m	50~80 m	>80 m
春季	31	57	20
秋季	50	75	28
合计	64	96	40
站位	9、11、14	1、2、5、6、7、8、9、10、12、13	3

层盐度影响显著,表层盐度与第二轴负相关性显著,底层盐度与第一、第二排序轴的相关性分别为 0.072 3、0.824 0,细条天竺鲷、日本发光鲷、龙头鱼受其影响较大;底层温度与第一、第二排序轴的相关性分别为 0.010 4、0.564 5,细条天竺鲷和日本发光鲷受其影响较大;表层盐度与第一、第二排序轴的相关性分别为 -0.255 4、-0.906 1,7、9、11 号站位受其影响较大。

4 讨论

4.1 鱼类群落种类组成

本次调查共鉴定出鱼类 106 种,春季 63 种,秋季 85 种,相对于邓小艳等^[10]对舟山渔场近岸海域鱼类资源调查结果,本次调查海域鱼类的种类数相对较多,同样出现了秋季鱼类种类数多于春季的情况。与 20 世纪 60 年代初成庆泰等^[25]及 2006 年和 2007 年俞存根等^[26]在舟山渔场附近海域调查结果比较分析,两次调查秋季鱼类种类数分别为 89 种、79 种,春季鱼类种类数分别为 39 种、75 种,低于秋季鱼类种类数,主要是由群体数量大并且经济价值相对较高的一些鱼类组成,本次调查结果与前两次调查结果相同,鱼类种类数都是秋季大于春季,这个结果与李圣法等^[27]2005 年研究东海中部海域鱼类组成颇为相似。本次调查鱼类种类数总体与俞存根等调查结果相比春季明显减少,而秋季却略有增加,可能是因为之前使用的是桁杆拖虾网,而本次调查使用的是底拖网,网具的不同可能会引起主要捕捞对象的不同,也有可能是因为调查站位的布设不同等。

4.2 优势种及分布分析

春季优势种为黄鲛鲷、细条天竺鲷和日本红娘鱼,秋季优势种为细条天竺鲷和日本发光鲷,春、秋季优势种更替率为 66.67%。细条天竺鲷、黄鲛鲷、日本红娘鱼、日本发光鲷都是经济价值不高的鱼类,却是本次调查海域春季和秋季的优势种,2006 年和 2007

年俞存根等^[26]在该海域调查优势种为黑鲛鲷、星康吉鲷、皮氏叫姑鱼、绿鳍鱼、小黄鱼、龙头鱼、海鳗、日本红娘鱼、细条天竺鲷等,由此可见,多数体型小、价值低的种群已取代了体型较大经济价值较高的鱼类,这种趋势与其他学者的研究结果较一致^[28-29],可能是因为海洋环境污染和过度捕捞造成的鱼类优势种群演替。细条天竺鲷在春、秋季都是优势度最高的鱼类,可能是因为细条天竺鲷为底栖性小型鱼类,主要栖息于泥沙质海底^[30],而本次调查采用底拖网调查,并且该渔场属于泥沙质海底,适合其繁殖栖息,因此渔获量高。春季另一优势种黄鲛鲷,同样为底栖性鱼类,在东黄海主要鱼虾类食物网中营养等级最高,并且 4 月为黄鲛鲷产卵盛期^[31],该海域底质为泥沙层适合其栖息,又是优良产卵场,因此用底拖网能捕获相当高的渔获量的黄鲛鲷。日本发光鲷是近海较深海区暖温性鱼类,以浮游动物为食,为近底层鱼类^[32],该调查海域秋季水温和水深皆适宜其栖息,且该海域属于近海较深海区,因此日本发光鲷在秋季渔获量较高。

4.3 鱼类数量时空分布特征

秋季鱼类的质量密度高于春季,这可能是因为春季是鱼类主要的产卵季节^[33],春季渔获物中鱼类幼体居多,而秋季是鱼类的索饵肥育季节^[34],很多鱼类生长发育为成鱼,鱼的体型、体长、体重等相对于春季都有不同程度的增加。春季和秋季鱼类质量密度和尾数密度较高的海域都在东部以及东南部海域,其原因可能是调查海域受到来自台湾暖流的高温高盐水和江浙沿岸水的共同影响^[35],使该区域水温和营养盐相对其他区域较高,并且有上升流等流态的海流,使得营养物质较丰富,同时该区域离沿岸海域较远,人类活动干扰相对较小,因此大多数鱼类在此栖息生存。

从鱼类物种数的平面分布来看,春季调查海域西部靠近沿岸海域的物种数高于其他海域,其原因可能是春季大多数鱼类进行生殖洄游,由外海向近岸进行洄游^[36],并且外海适合幼鱼生长的营养物质相对近岸海域较少,因此吸引了相当数量的鱼类在靠近近岸海域的位置产卵。秋季调查海域西北部嵊泗列岛附近海域鱼类种类数高于其他海域,可能是因为这里靠近岛屿,属于著名的风景区,该海域水环境相应的保护政策比较完善,水质较好并且人为干扰因素较少,是鱼类良好的栖息生存地。从不同水深来看,春、秋季皆是水深 50~80 m 站位数和鱼类种类数最高,水深大于 80 m 站位数和鱼类种类数最少,说明春、秋季大部分鱼类栖息在水深 50~80 m 处,可能是因为该水

深范围饵料生物、水温环境更适宜,由于水深>80 m 站位数较少,缺少代表性,因此是影响鱼类种类组成的因素之一。

4.4 鱼类群落与水文环境因子的关系

对鱼类群落与水文环境因子相关性进行分析,结果表明:春、秋季捕获的鱼类中,2个季节均出现的种类有37种,其中60%以上鱼类是洄游性鱼类,鱼类的洄游对鱼类的分布情况有直接的影响。通过CCA分析,可能是因为调查海域距离岛屿较远,水深相对较深,台湾暖流以及浙江沿岸流对其影响较小等原因,春、秋两个季节表层温度和底层温度皆变化较大,表层温度变化分别为4.44℃、1.38℃,底层温度变化分

别为3.09℃、1.86℃,因此温度是影响舟山群岛外侧海域鱼类分布主要的环境因子之一。表层盐度对春、秋两个季节鱼类分布影响较为显著,可能是因为春、秋季大量鱼类到该海域索饵,饵料生物主要分布在表层,造成表层盐度对鱼类分布影响较大,也可能是因为本次调查采用的是底拖网方式,捕获的主要是中下层鱼类,而底层盐度仅在秋季对鱼类分布影响较显著。

致谢: 颜文超、菅康康等同志参加海上样品采集和室内种类鉴定,刘惠、戴冬旭、张佩怡、辛艺、张文璐、张文俊等同志参加室内种类鉴定和数据处理,谨致谢忱。

参考文献:

- [1] 王垚,卢占晖,张亚洲,等.春季舟山渔场鱼类种类组成研究[J].浙江海洋学院学报(自然科学版),2012,31(2):129-132.
Wang Yao, Lu Zhanhui, Zhang Yazhou, et al. The species composition of fish communities in spring in the Zhoushan Fishing ground[J]. Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science Edition), 2012, 31(2): 129-132.
- [2] 王迎宾,俞存根,陈全震,等.春、夏季舟山渔场及其邻近海域鱼类群落格局[J].应用生态学报,2012,23(2):545-551.
Wang Yingbin, Yu Cungen, Chen Quanzhen, et al. Community structure of fish in Zhoushan Fishing Ground and its adjacent waters in spring and summer[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2012, 23(2): 545-551.
- [3] 赵洪强,卢占晖,徐汉祥.舟山渔场及其邻近水域春、夏季鱼类群落结构的时空特征[J].浙江海洋学院学报(自然科学版),2014,33(2):109-114.
Zhao Hongqiang, Lu Zhanhui, Xu Hanxiang. The spatial pattern of the fish assemblage structure in spring and summer in Zhoushan Fishing ground and adjacent region waters[J]. Journal of Zhejiang Ocean University (Natural Science), 2014, 33(2): 109-114.
- [4] 倪海儿,陆杰华.舟山渔场主要渔业资源利用现状[J].应用生态学报,2003,14(4):569-572.
Ni Haier, Lu Jiehua. Present utilization situation of main fishery resources in Zhoushan fishing ground[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(4): 569-572.
- [5] 戴小杰,杨志金,田思泉,等.浙江南部近海鱼类分类多样性研究[J].海洋学报,2019,41(8):43-51.
Dai Xiaojie, Yang Zhijin, Tian Siqun, et al. Taxonomic diversity of fish species in the off southern Zhejiang, East China Sea[J]. Haiyang Xuebao, 2019, 41(8): 43-51.
- [6] 易炜,郭爱,陈新军,等.不同环境因子权重对东海鲈鱼栖息地模型的影响研究[J].海洋学报,2017,39(12):90-97.
Yi Wei, Guo Ai, Chen Xinjun. A study on influence of different environmental factors weights on the habitat model for *Scomber japonicus*[J]. Haiyang Xuebao, 2017, 39(12): 90-97.
- [7] Huang L M, Wang Jiaqiao, Li Jun, et al. Length-weight relationships of 15 fish species in the Amoy Bay, East China Sea[J]. Journal of Applied Ichthyology, 2018, 34(6): 1381-1383.
- [8] Zhang Feng, Wang Xiaohui, Xu Jiayi, et al. Food-web transfer of microplastics between wild caught fish and crustaceans in East China Sea[J]. Marine Pollution Bulletin, 2019, 146: 173-182.
- [9] 刘惠,郭朋军,陈洲杰,等.舟山近岸海域主要甲壳类的生态位及其与种间联结性[J].海洋学报,2019,41(4):83-93.
Liu Hui, Guo Pengjun, Chen Zhoujie, et al. Niche and interspecific association of main crustaceans in the nearshore waters of Zhoushan[J]. Haiyang Xuebao, 2019, 41(4): 83-93.
- [10] 邓小艳,俞存根,水玉跃,等.舟山近岸海域春秋季节鱼类种类组成及其数量时空分布[J].生态科学,2018,37(1):10-19.
Deng Xiaoyan, Yu Cungen, Shui Yuyue, et al. Spatial and temporal variation in fish species composition and abundance in Zhoushan coastal waters during spring and autumn[J]. Ecological Science, 2018, 37(1): 10-19.
- [11] 陈小庆,俞存根,胡颖琰,等.舟山渔场及邻近海域浮游动物数量分布特征[J].生态学报,2010,30(7):1834-1844.
Chen Xiaoping, Yu Cungen, Hu Jingyan, et al. Distribution characteristic of zooplankton quantitative in Zhoushan Fishing Ground and its adjacent area[J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(7): 1834-1844.
- [12] Yong Xu, Lin Ma, Yue Sun, et al. Spatial variation of demersal fish diversity and distribution in the East China Sea: Impact of the bottom branches of the Kuroshio Current[J]. Journal of Sea Research, 2019, 144: 22-32.
- [13] 邓小艳,刘建国,郭朋军,等.小洋山邻近海域主要游泳动物生态位及种间联结性[J].海洋学报,2018,40(1):96-105.
Deng Xiaoyan, Liu Jianguo, Guo Pengjun, et al. Niche and interspecific association of major nekton in Xiao Yangshan adjacent waters[J]. Haiyang Xuebao, 2018, 40(1): 96-105.

- [14] 叶深, 俞存根, 周青松, 等. 舟山嵛头洋海域春秋季节鱼类种类组成及数量分布[J]. *福建水产*, 2014, 36(1): 35–46.
Ye Shen, Yu Cungen, Zhou Qingsong, et al. Species composition and quantitative distribution of fishes in the Qitou Sea, Zhoushan[J]. *Journal of Fujian Fisheries*, 2014, 36(1): 35–46.
- [15] 苗露, 俞存根, 周青松, 等. 舟山渔场普陀山附近海域鱼类群落结构特征研究[J]. *水产科技情报*, 2017, 44(3): 131–137.
Miao Lu, Yu Cungen, Zhou Qingsong, et al. Study on the structure characteristics of fish community in the sea near Putuo Mountain in Zhoushan Fishing Ground[J]. *Fisheries Science & Technology Information*, 2017, 44(3): 131–137.
- [16] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 12763. 6-2007, 海洋调查规范第6部分: 海洋生物调查[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 1–157.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, China National Standardization Administration. GB/T 12763. 6-2007, Specifications for oceanographic survey—Part 6: Marine biological survey[S]. Beijing China Standards Press, 2008: 1–157.
- [17] 詹秉义. 渔业资源评估[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
Zhan Bingyi. Fish Stockassessment[M]. Beijing: China Agricultural Press, 1995.
- [18] 唐峰华, 沈新强, 王云龙. 海州湾附近海域渔业资源的动态分析[J]. *水产科学*, 2011, 30(6): 335–341.
Tang Fenghua, Shen Xinqiang, Wang Yunlong. Dynamics of fisheries resources near Haizhou Bay waters[J]. *Fisheries Science*, 2011, 30(6): 335–341.
- [19] 孙儒泳, 李庆芬, 牛翠娟, 等. 基础生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
Sun Ruyong, Li Qingfen, Niu Cuijuan, et al. Foundations in Ecology[M]. Beijing: Higher Education Press, 2002.
- [20] Clarke K R, Warwick R M. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation[M]. 2nd ed. Plymouth: Primer-E, 2001.
- [21] 俞存根, 宋海棠, 姚光展. 东海蟹类群落结构特征的研究[J]. *海洋与湖沼*, 2005, 36(3): 213–220.
Yu Cungen, Song Haitang, Yao Guangzhan. Crab community structure in the East China Sea[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2005, 36(3): 213–220.
- [22] Ter Braak C J F. Canonical correspondence analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis[J]. *Ecology*, 1986, 67(5): 1167–1179.
- [23] Ter Braak C J F, Prentice I C. A theory of gradient analysis[J]. *Advances in Ecological Research*, 1988, 18: 271–317.
- [24] 刘淑德, 钱薇薇, 刘栋. 春季长江口及其邻近海域鱼类浮游生物群落特征[J]. *应用生态学报*, 2008, 19(10): 2284–2292.
Liu Shude, Xian Weiwei, Liu Dong. Characteristics of ichthyoplankton assemblages in Yangtze Estuary and adjacent waters in spring[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2008, 19(10): 2284–2292.
- [25] 成庆泰, 郑葆珊. 中国鱼类系统检索[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
Cheng Qingtai, Zheng Baoshan. Systematic Synopsis of China Fishs[M]. Beijing: Science Press, 1987.
- [26] 俞存根, 陈全震, 陈小庆, 等. 舟山渔场及邻近海域鱼类种类组成和数量分布[J]. *海洋与湖沼*, 2010, 41(3): 410–417.
Yu Cungen, Chen Quanzhen, Chen Xiaoqing, et al. Species composition and quantitative distribution of fish in the Zhoushan fishing ground and its adjacent waters[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2010, 41(3): 410–417.
- [27] 李圣法, 程家骅, 李长松, 等. 东海中部鱼类群落多样性的季节变化[J]. *海洋渔业*, 2005, 27(2): 113–119.
Li Shengfa, Cheng Jiahua, Li Changsong, et al. Seasonal changes on fish community diversity in the middle part of the East China Sea[J]. *Marine Fisheries*, 2005, 27(2): 113–119.
- [28] 徐宾铎, 金显仕, 梁振林. 秋季黄海底层鱼类群落结构的变化[J]. *中国水产科学*, 2003, 10(2): 148–154.
Xu Bingduo, Jin Xianshi, Liang Zhenlin. Changes of demersal fish community structure in the Yellow Sea during the autumn[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2003, 10(2): 148–154.
- [29] 卢占晖, 苗振清, 林楠. 浙江中部近海及其邻近海域春季鱼类群落结构及其多样性[J]. *浙江海洋学院学报: 自然科学版*, 2009, 28(1): 51–56.
Lu Zhanhui, Miao Zhenqing, Lin Nan. The structure and diversity fish communities in spring in the middle sea area of Zhejiang Province and adjacent region[J]. *Journal of Zhejiang Ocean University: Natural Science*, 2009, 28(1): 51–56.
- [30] 金海卫, 薛利建, 朱增军, 等. 东海和黄海南部细条天竺鲷的摄食习性[J]. *海洋渔业*, 2012, 34(4): 361–370.
Jin Haiwei, Xue Lijian, Zhu Zengjun, et al. Feeding habits of *Apogon lineatus* in the East China Sea and southern Yellow Sea[J]. *Marine Fisheries*, 2012, 34(4): 361–370.
- [31] 林龙山, 郑元甲. 东海区黄鲛资源状况的初步探讨[J]. *海洋渔业*, 2004(3): 179–183.
Lin Longshan, Zheng Yuanjia. Preliminary research on stock of *Lophius litulon* in the East China Sea region[J]. *Marine Fisheries*, 2004(3): 179–183.
- [32] 杨璐, 曹文清, 林元尧, 等. 夏季北部湾九种经济鱼类的食性类型及营养生态位初步研究[J]. *热带海洋学报*, 2016, 35(2): 66–75.
Yang Lu, Cao Wenqing, Lin Yuanshao, et al. Preliminary study on feeding habits and trophic niche of nine economic fish species in Beibu Gulf in summer[J]. *Journal of Tropical Oceanography*, 2016, 35(2): 66–75.
- [33] 陈华, 徐兆礼. 舟山渔场衢山岛海域春夏季鱼类数量变化[J]. *海洋渔业*, 2009, 31(2): 179–185.
Chen Hua, Xu Zhaoli. On the quantitative change of the fish in the sea area of Qushan island during spring and summer[J]. *Marine Fish-*

- eries, 2009, 31(2): 179–185.
- [34] 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.
Xu Zhaoli. Spatial-temporal distribution of fish density in the Oujiang estuary during summer and autumn[J]. Acta Zoologica Sinica, 2008, 54(6): 981–987.
- [35] 徐兆礼. 瓯江口海域夏秋季鱼类多样性[J]. 生态学报, 2008, 28(12): 5948–5956.
Xu Zhaoli. Analysis of fish diversity in the waters off the Oujiang estuary in summer and autumn[J]. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(12): 5948–5956.
- [36] 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.
Xia Lujun, Zhou Qingsong, Yu Cungen, et al. Study on fish community diversity in Yueqing Bay mouth during spring and autumn[J]. Fishery Modernization, 2016, 43(2): 68–75.

The relationship between distribution of fish abundance and environmental factors in the outer waters of the Zhoushan Islands

Yu Nanjing¹, Yu Cungen¹, Xu Yongjiu¹, Chen Lihong², Xu Hengtao², Wang Huijun¹, Zhang Peiyi¹, Liu Kun¹

(1. School of Fishery, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316022, China; 2. Second Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, Hangzhou 310012, China)

Abstract: Based on the fishery resources survey data in the outer waters of the Zhoushan Islands in April (spring) and October (autumn) 2018, the composition, quantity distribution and dominant species of fishes were analyzed, and the relationship between them and hydrological environment was analyzed by the CCA method. The results showed that there were 106 species of fish in the waters outside Zhoushan Islands, belonging to 12 orders, 47 families and 80 genera. The fish mass densities in spring and autumn are 210.50 kg/km² and 829.06 kg/km² respectively, and the abundance densities are 8.08×10^3 ind/km² and 165.94×10^3 ind/km² respectively. The density of fish resources in spring is higher in the northwest sea area and lower in the east sea area of the investigated sea area, while the density of fish resources in autumn is higher in the east sea area and lower in the northwest sea area. The dominant species of fish change substantially between the two seasons. The dominant species in spring and autumn were *Lophius litulon*, *Lepidotrigla japonica*, *Apogon lineatus* and *Apogon lineatus*, *Acropom japonicum*. The number of fish species showed significant seasonal and spatial changes, and the number of fish species is higher in the west and northwest near the coastal islands, with most fishes inhabiting in waters with water depth of 50–80 m. The results showed that the spatial and temporal separations of fish communities were obtained from CCA analysis. Surface temperature, bottom temperature and surface salinity were the key environmental factors that affected the composition and quantity distribution of fish species in the sea area under investigation. The strong correlation between fish community and environmental factors reflected the climate change effect on the separation of fish species.

Key words: species composition; environmental factors; resource density; CCA