

DOI: 10.12264/JFSC2021-0545

珠江口万山群岛海域春季渔业资源群落结构特征及其与环境因子的关系

唐广隆^{1,2,3}, 刘永^{2,3}, 吴鹏^{2,3}, 孙典荣², 肖雅元^{2,3}, 王腾^{2,3}, 谢雨芳^{2,3},
李纯然^{2,3}, 石娟^{2,3}, 钟智辉², 李纯厚^{2,3}

1. 浙江海洋大学国家海洋设施养殖工程技术研究中心, 浙江 舟山 316022;
2. 农业农村部南海渔业资源开发利用重点实验室, 广东珠江口生态系统野外科学观测研究站, 广东省渔业生态环境重点实验室, 中国水产科学研究院南海水产研究所, 广东 广州 510300;
3. 南方海洋科学与工程广东省实验室(广州), 广东 广州 511458

摘要: 万山群岛海域是我国传统渔场之一, 但目前对于该海域的渔业资源状况缺乏深入了解, 特别是岩礁性渔业资源数据非常缺乏。本研究于 2021 年春季在该海域开展了底拖网和三重刺网作业调查, 对渔业资源群落组成、优势种及数量分布、生物多样性进行了分析, 结果显示: 调查共鉴定出渔业生物 220 种(三重刺网 187 种, 底拖网 52 种), 隶属于 15 目 72 科 137 属, 其中, 鱼类和甲壳类分别为 176 种和 38 种, 分别占总种类数的 80.0%和 17.3%; 相对重要性指数(IRI)分析表明(IRI $\geq$ 1000 为优势种), 三重刺网调查优势种为云斑海猪鱼(*Halichoeres nigrescens*)和黄斑篮子鱼(*Siganus canaliculatus*), 而底拖网调查优势种为竹筴鱼(*Trachurus japonicus*)、短吻鲷(*Leiognathus brevirostris*)和赤鼻棱鲷(*Thryssa kammalensis*); 三重刺网与底拖网作业渔获的 Shannon-Wiener 多样性指数(H')平均值分别为 2.50 和 1.35, Margalef 丰富度指数(D)平均值分别为 5.85 和 2.52, Peilou 均匀度指数(J')平均值分别为 0.77 和 0.54; 渔业资源群落特征与水温 and 硅酸盐浓度呈不同程度的正相关性。总体而言, 万山群岛三重刺网调查发现的渔业资源种类数和多样性要明显高于底拖网, 两种调查方式的渔业资源种类组成差异也较大, 万山群岛岩礁性渔业资源丰富, 但经济价值较高的岩礁性渔业资源量较少。

关键词: 三重刺网; 底拖网; 渔业资源; 群落结构; 岩礁鱼类

中图分类号: S931

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2022)08-1198-12

珠江口位于粤港澳大湾区, 是中国三大河口之一, 也是亚热带众多重要水生生物的栖息地, 具有极其重要的渔业生态保护价值^[1]。其岛礁海域处于咸淡水交界处又受洋流交汇影响, 其上升流把海底大量沉积的营养物质带入水体中, 导致初级生产力高, 饵料生物丰富, 是海洋生物觅食和栖息的理想场所^[2-3]。万山群岛水域位于珠江口的南部, 有岛屿 70 多个, 分布密集, 纵横交错,

构成独特的岛链结构, 其邻近港澳, 是珠江三角洲乃至华南腹地海上出入的咽喉, 也是珠江咸淡水的主要交汇区^[4], 其万山渔场是全国六大渔场之一, 有经济价值的鱼类达 200 多种, 贝类 68 种, 虾蟹 61 种, 海藻 18 种^[5-6]。

渔业资源群落作为空间尺度的一个重要生态单元, 从物质循环和能量转化两个方面反映了渔业生态系统的特征, 生物多样性的维护和渔业资

收稿日期: 2021-11-10; 修订日期: 2021-12-10.

基金项目: 国家重点研发计划课题(2019YFD0901204; 2019YFD0901201); 南方海洋科学与工程广东省实验室(广州)人才团队引进重大专项(GML2019ZD0605); 广东省基础与应用基础研究基金项目(2019B1515120065); 广东省科技计划项目(2019B121201001); 中国水产科学研究院中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(2020TD16); 中国水产科学研究院南海水产研究所中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(2021SD04).

作者简介: 唐广隆(1997-), 男, 硕士研究生, 专业方向为农业渔业设施化. E-mail: 394445810@qq.com

通信作者: 李纯厚, 研究员, 从事水生生物学研究. E-mail: chunhou@scsfri.ac.cn

源群落的稳定对于水生生态系统的平衡至关重要^[7], 1986–1987 年詹海刚^[8]在珠江口及邻近海域底拖网调查发现鱼类 207 种, 其中海水鱼(142 种), 咸淡水(58 种), 淡水(7 种); 1997–1998 年李永振等^[9]在珠江口水域采用尖尾罟网和掺缯网调查发现 268 种游泳生物其中鱼类 167 种; 2009–2010 年李开枝等^[10]在珠江口伶仃洋海域采用底拖网进行了游泳动物 4 个季节的调查, 共鉴定游泳动物 92 种, 其中鱼类 54 种, 甲壳类 32 种和头足类 6 种; 2014 年秋季晏磊等^[11]在三门岛使用不同网目尺寸(40 mm、50 mm、60 mm)的三重刺网捕获渔业资源 57 种, 其中鱼类 4 种; 2015–2016 年黄吉万等^[12]在珠江口中华白海豚自然保护区海域底拖网调查发现鱼类 57 种; 2013–2016 年 Zhou 等^[13]在珠江口海域采用流刺网和地笼方式调查发现鱼类 285 种, 反映了珠江口较高的渔业资源多样性和时空差异性。以往对珠江口流域的渔业资源底拖网调查相对较多, 但缺乏全面对珠江口万山群岛毗邻海域的渔业资源调查, 特别是岛礁的岩礁性鱼类的资料。因此, 本研究于 2021 年春季在珠江口万山群岛海域, 采用底拖网与三重刺网采样相结合的方式, 开展了渔业资源调查, 分析并比较了两种调查方式下珠江口万山群岛海域的渔业资源种类组成、优势种与数量分布、多样性等群落结构特征, 以期丰富该海域渔业资源的数据资料, 同时为该海域渔业资源的保护、管理和合理利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究站点与调查方法

2021 年 3 月至 4 月采用三重刺网和底拖网调查作业在珠江口万山群岛海域(主要在桂山岛、外伶仃岛、东澳岛、大万山岛海域, 补加经纬度范围)开展鱼类资源调查, 调查共设置了 18 个三重刺网(A1—A18)和 6 个底拖网(D1—D6)调查站点(图 1), 其中 A1—A5, D1 和 D2 归属于桂山岛水域; A6—A9 和 D3 归属于外伶仃岛水域; A10—A13, A18, D4 和 D5 归属于东澳岛水域; A14—A17 和 D6 归属于大万山岛水域。底拖网调查网具尺寸为 8 m×33 m (高×宽), 每站拖拽 30 min, 拖速为 3 kn。三重刺网调查单片网衣的宽度为 1.5 m, 长度为 40 m, 内网

目尺寸有 40 mm 和 60 mm 两种, 每个站点分别放置两种不同内网目尺寸的网衣各 3 张, 放置时间约为 16 h。渔获物鉴定到种, 样品分析按《海洋调查规范》(GB/T12763.6-2007)^[14]进行, 记录捕获渔获物种类、尾数、体长、体重数据。使用 YSI 便携式温盐深仪同步监测捕捞作业水层的水温、盐度、pH、溶解氧、水深等环境因子。营养盐分析按《海洋调查规范》(GB/T12763.4-2007)^[15]进行, 亚硝酸盐测定采用萘乙二胺分光光度法; 硝酸盐测定采用锌镉还原法; 氨氮测定采用次溴酸盐氧化法; 活性磷酸盐测定采用磷钼蓝分光光度法; 活性硅酸盐测定采用硅钼黄分光光度法。

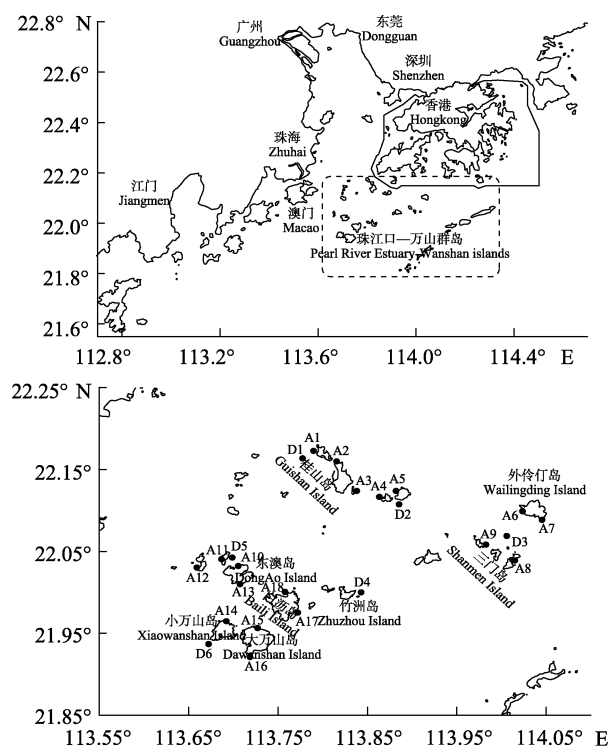


图 1 珠江口万山群岛地理区域位置图(上图)以及珠江口万山群岛调查站点图(下图)

Fig. 1 Geographical location map of Wanshan islands in the Pearl River Estuary (above), sampling sites from the Wanshan islands of the Pearl River Estuary (below)

1.2 数据分析

(1) 优势度分析

利用 Pianka 的相对重要性指数(index of relative importance, IRI)来分析珠江口万山群岛海域的物种优势度^[16]。公式如下:

蜆 (*Charybdis japonica*)、细纹鳐 (*Leiognathus berbis*)、长毛对虾 (*Penaeus penicillatus*)、中颌棱鳀 (*Thryssa mystax*)、周氏新对虾 (*Metapenaeus joyneri*)、竹筴鱼 (*Trachurus japonicus*)、棕腹刺鲀 (*Gastrophysus spadiceus*), 共 19 种, 进一步分析两种调查方式中共有物种的相对丰度, 相对丰度为某渔业物种数量占该调查方式渔获总数量的比值, 分析发现共有物种在底拖网调查中以短吻鳐、赤鼻棱鳀和竹筴鱼相对丰度较高, 而在三重刺网调查中以短吻鳐和细纹鳐相对丰度较高 (图 2)。

万山群岛不同岛礁间的渔业资源群落结构具有差别, 在渔业资源种类数上, 东澳岛 > 桂山岛 > 外伶仃岛 > 大万山岛; 在个体数量上, 桂山岛 > 东澳岛 > 大万山岛 > 外伶仃岛; 在质量上, 大万山岛 > 桂山岛 > 东澳岛 > 外伶仃岛 (图 3)。

2.2 渔获物优势种

根据各渔业生物的 IRI 值发现, 三重刺网调查结果中优势种有 2 种 (IRI ≥ 1000), 分别是云斑海猪鱼 (*Halichoeres nigrescens*) (IRI=1232) 和黄斑蓝子鱼 (*Siganus canaliculatus*) (IRI=1014) (表 2),

常见种有 13 种 (100 ≤ IRI < 1000), 其中鱼类为 12 种, 甲壳类为 1 种, 分别是细棘海猪鱼 (*Halichoeres tenuispinis*) (IRI=996)、紫红笛鲷 (*Pristipomoides flavipinnis*) (IRI=833)、短吻鳐 (*L. brevirostris*) (IRI=406)、卵形鲳鲹 (*Trachinotus ovatus*) (IRI=233)、条尾光鳃鱼 (*Chromis ternatensis*) (IRI=222)、线纹鳀鲷 (*Plotosus lineatus*) (IRI=215)、三线矶鲈 (*Parapristipoma trilineatum*) (IRI=186)、长圆银鲈 (*Gerres oblongus*) (IRI=183)、四带牙鲷 (*Pelates quadrilineatus*) (IRI=156)、褐菖鲈 (*Sebastiscus marmoratus*) (IRI=123)、须拟鲈 (*Scorpaenopsis cirrosa*) (IRI=122)、斑点鸡笼鲷 (*Drepane punctata*) (IRI=112) 和香港蜆 (*Charybdis hongkongensis*) (IRI=240)。

底拖网作业调查结果中优势种有 3 种, 分别是竹筴鱼 (*T. japonicus*) (IRI=5696)、短吻鳐 (*L. brevirostris*) (IRI=3453) 和赤鼻棱鳀 (*T. kammalensis*) (IRI=2219) (表 2), 常见种有 5 种, 其中 3 种为鱼类, 2 种为头足类, 分别是鹿斑鳐 (*S. ruconius*) (IRI=769)、杜氏枪乌贼 (*U. duvauceli*) (IRI=660)、刺鲷 (*Psenopsis anomala*) (IRI=376)、剑尖枪乌贼 (*U. edulis*) (IRI=213)、丽叶鲷 (*C. kalla*) (IRI=108)。

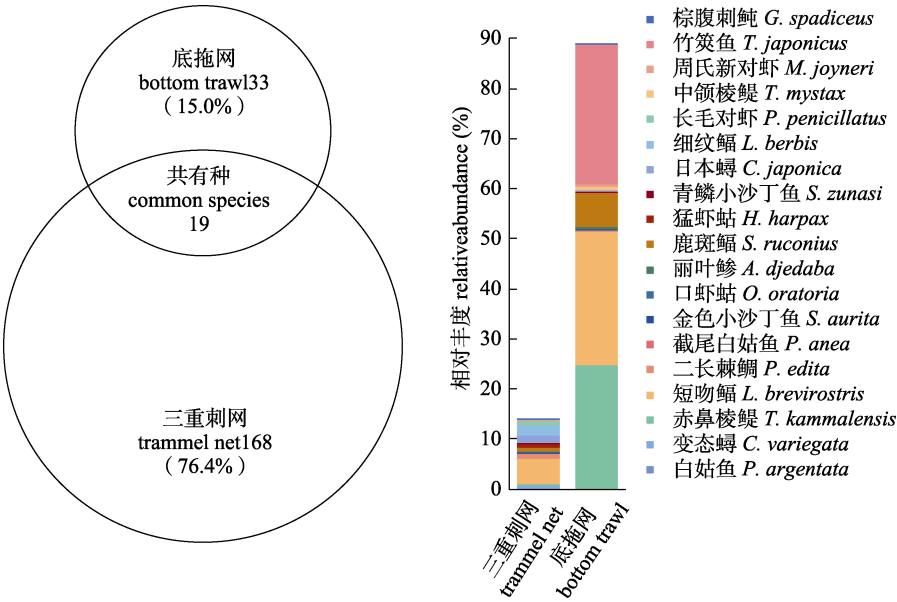


图 2 两种调查作业渔获物种类数的韦恩图(左图)及其共有物种占相应调查方式总数量的相对丰度(右图)

Fig. 2 Venn diagram of the number of catch species in the two survey operations (left) and diagram of relative abundance of common species (right)

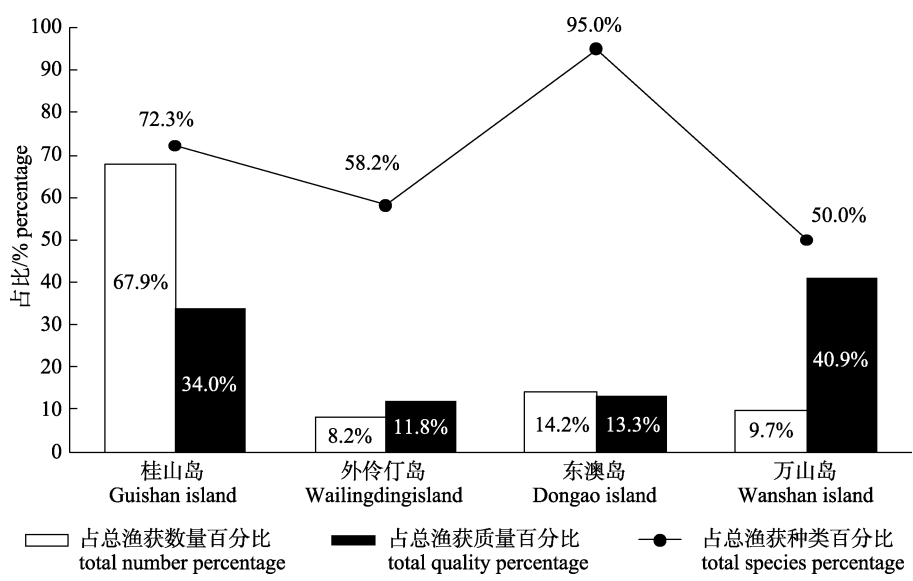


图 3 万山群岛不同岛礁海域的渔获物组成差异
Fig. 3 Catch composition in adjacent waters of Wanshan Islands

表 2 底拖网和三重刺网中的渔获物优势种组成
Tab. 2 The composition of dominant species in bottom trawl and trammel net

调查方式 investigation method	优势种 dominant species
三重刺网 trammel net	云斑海猪鱼 <i>Halichoeres nigrescens</i> (IRI=1232) 黄斑蓝子鱼 <i>Siganus canaliculatus</i> (IRI=1014)
底拖网 bottom trawl	竹筴鱼 <i>Trachurus japonicus</i> (IRI=5696) 短吻鲷 <i>Leiognathus brevirostris</i> (IRI=3453) 赤鼻棱鳀 <i>Thryssa kammalensis</i> (IRI=2219)

其优势种分布都具有明显的区域性,云斑海猪鱼主要分布在万山群岛的北部和东北部(桂山岛和外伶仃岛邻近海域);黄斑蓝子鱼主要分布在万山群岛的北部和西部(桂山岛和东澳岛邻近海域);竹筴鱼主要分布在万山群岛的中部和西部(桂山岛和东澳岛邻近海域);短吻鲷主要分布在万山群岛的北部和西北部(桂山岛和东澳岛邻近海域);赤鼻棱鳀主要分布在万山群岛的中部和北部(桂山岛和竹洲岛邻近海域)(图 4)。

2.3 渔获物多样性特征

分析珠江口万山群岛渔业资源群落的多样性,结果显示,春季该海域内各站位的平均 D 值变化范围是 0.91~8.89,平均值为 5.02。平均 H' 值变化范围是 0.61~2.99,平均值为 2.21。平均 J' 值变化范围是 0.22~0.96,平均值为 0.71。其中 D 最高的

站位是东澳岛的 A12, H' 最高的站位是外伶仃的 A8, J' 最高的站位是外伶仃的 A9, D 最低的站位是 D3, H' 和 J' 最低的站位均是 D2。

比较两种调查方式的多样性指数发现,通过三重刺网作业发现万山群岛各站位的 D 、 H' 、 J' 平均值分别是 5.85、2.50、0.77,底拖网作业各站位的 D 、 H' 、 J' 平均值分别是 2.52、1.35、0.54,三重刺网作业渔业资源多样性要高于底拖网作业。比较不同岛礁间的多样性差异发现,外伶仃岛毗邻水域渔业资源多样性指数 H' 、丰富度指数(D)和均匀度指数(J')相对较高,而桂山岛相对较低(图 5)。

2.4 群落特征与环境因子的关系

水环境调查结果中各个站位的盐度为 19.54~34.19,平均为 31.7,盐度最低值和最高值分别出现在 A12 (东澳岛西北部)和 A16 (万山岛南部),盐度分布呈喇叭状近大陆岸站点向远岸站点逐渐增加的趋势;各站位的水温为 22.2~25.9 ℃,平均为 24.0 ℃,A3 (桂山岛东南部)、A12 和 A11 的水温相对较高,其中 A3 表底层水温相差最大为 1.9 ℃,并且水温和盐度呈极显著负相关($P < 0.01$)。

从多样性指数与环境因子的相关性分析结果来看(表 3),丰富度指数 D 、多样性指数 H' 与表层温度、底层温度和表底层海水硅酸盐呈极显著正

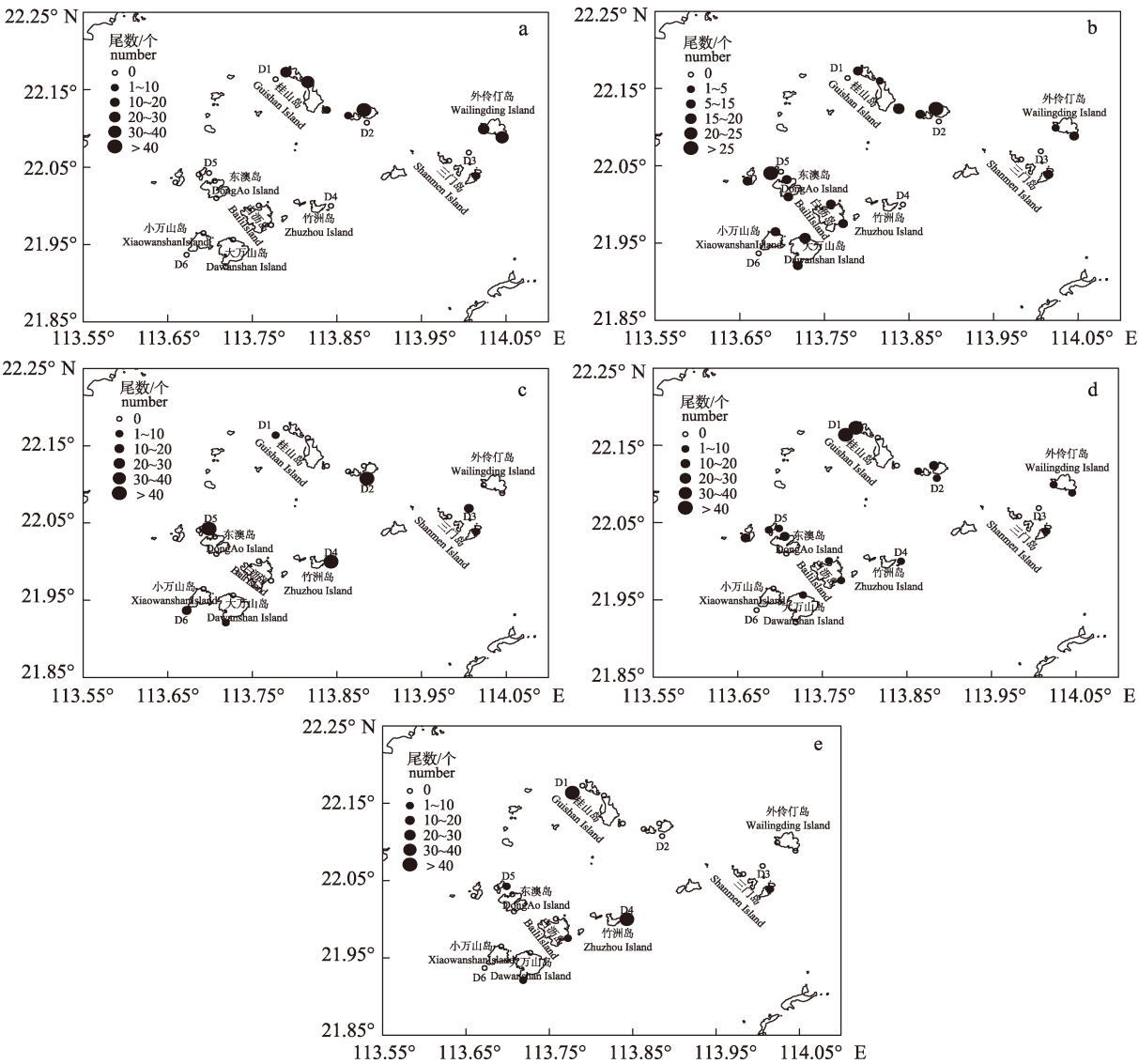


图 4 万山群岛春季各站位优势种的数量平面分布图
a. 云斑海猪鱼; b. 黄斑篮子鱼; c. 竹筴鱼; d. 短吻鲷; e. 赤鼻棱鲷。
Fig. 4 Quantitative distribution map of dominant species at various stations in Wanshan Islands in spring
a. *Halichoeres nigrescens*; b. *Siganus canaliculatus*; c. *Trachurus japonicas*; d. *Leiognathus brevirostris*;
e. *Thryssa kammalensis*.

相关($P<0.01$); 均匀度指数 J' 与表层温度和底层海水硅酸盐呈显著正相关($P<0.05$)与底层温度呈极显著正相关($P<0.01$); 渔业生物种类数与表底层海水硅酸盐呈显著正相关($P<0.05$)。

3 讨论

3.1 种类组成分析

根据本研究运用三重刺网和底拖网 2 种网具的调查结果表明, 珠江口万山群岛海域各站位渔获种类数差异较大, 其中三重刺网调查站位(187

种, 其中鱼类 153 种)远大于底拖网调查站位(52 种, 其中鱼类 36 种), 但是后者的渔获物占总渔获数量的百分比(63%)高于前者(37%), 可见采用底拖网和三重刺网相结合的调查方式能尽量覆盖各水层, 调查结果可体现岛礁水域渔业资源真实状况。与其他海域相比(表 4), 万山群岛海域渔业生物种类数高于珠江口内的非岛礁海域, 但底拖网渔获种类较低于其他岛礁海域, 三重刺网渔获物种类高于西沙群岛主要岛礁, 其可能是因为万山群岛特殊的地理学和水环境特征导致其渔业生物

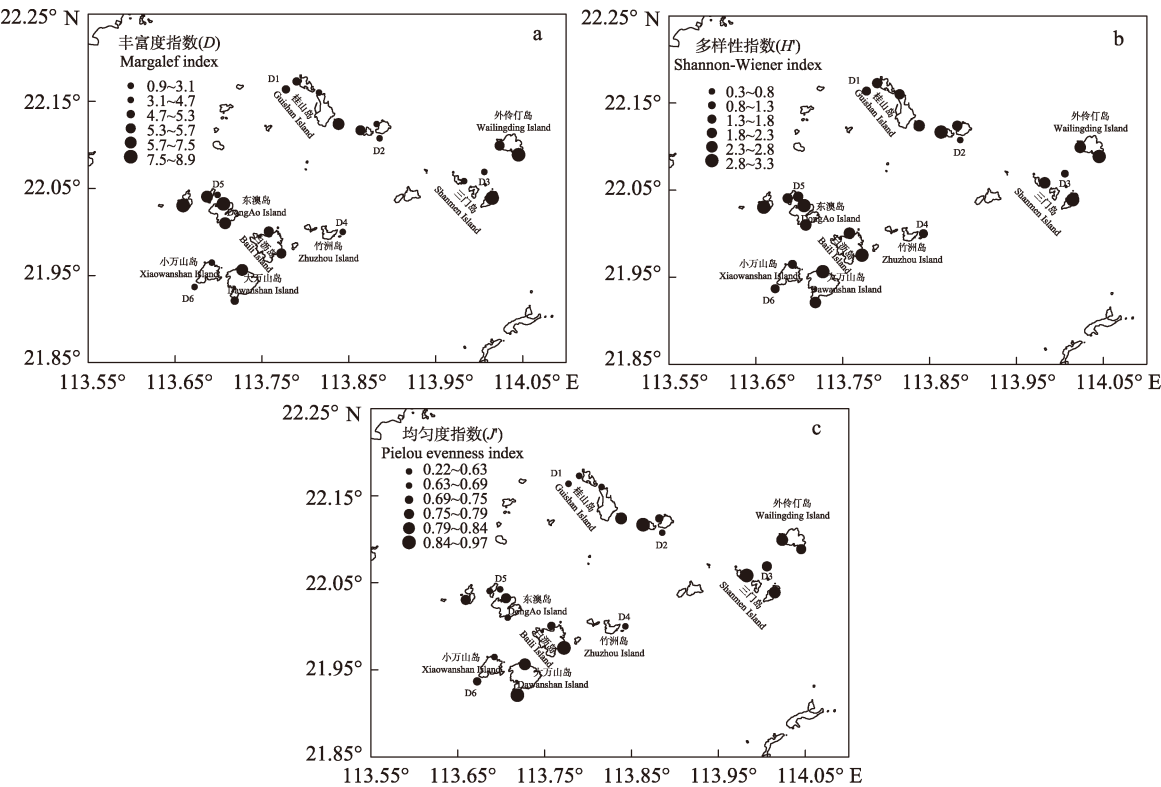


图 5 万山群岛不同岛礁海域的多样性指数分布图
Fig. 5 Distribution map of index in the waters of Wanshan Islands

表 3 万山群岛邻近海域各站位物种多样性指数与环境因子间的相关性

Tab. 3 Correlation between species diversity indices and environmental factors in adjacent waters of Wanshan Islands				
站位 station	种类数 species	丰富度指数(D) Margalef index	多样性指数(H') Shannon-Wiener index	均匀度指数(J') Pielou evenness index
S1	0.378	0.559**	0.604**	0.443*
S2	-0.318	-0.329	-0.220	-0.060
S3	0.392	0.594**	0.676**	0.517**
S4	-0.248	-0.262	-0.208	-0.091
S5	0.491*	0.598**	0.542**	0.308
S6	0.201	0.233	0.176	0.069
S7	0.375	0.209	-0.036	-0.226
S8	0.213	0.203	0.094	-0.066
S9	0.004	0.014	-0.014	-0.107
S10	0.454*	0.608**	0.660**	0.494*
S11	0.272	0.175	0.022	-0.121
S12	0.111	0.088	0.048	-0.030
S13	0.209	0.200	0.176	0.092
S14	-0.026	0.120	0.264	0.399

注: *: $P < 0.05$; **: $P < 0.01$. S1: 表层温度; S2: 表层盐度; S3: 底层温度; S4: 底层盐度; S5: 表层海水 $\text{SiO}_4^{3-}\text{-Si}$; S6: 表层海水 $\text{NO}_2\text{-N}$; S7: 表层海水 $\text{NO}_3\text{-N}$; S8: 表层海水 $\text{NH}_4\text{-N}$; S9: 表层海水 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$; S10: 底层海水 $\text{SiO}_4^{3-}\text{-Si}$; S11: 底层海水 $\text{NO}_2\text{-N}$; S12: 底层海水 $\text{NO}_3\text{-N}$; S13: 底层海水 $\text{NH}_4\text{-N}$; S14: 底层海水 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$.
Note: *: $P < 0.05$; **: $P < 0.01$. S1: sea surface temperature; S2: sea surface salinity; S3: sea bottom temperature; S4: sea bottom salinity; S5: sea surface $\text{SiO}_4^{3-}\text{-Si}$; S6: sea surface $\text{NO}_2\text{-N}$; S7: sea surface $\text{NO}_3\text{-N}$; S8: sea surface $\text{NH}_4\text{-N}$; S9: sea surface $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$; S10: sea bottom $\text{SiO}_4^{3-}\text{-Si}$; S11: sea bottom $\text{NO}_2\text{-N}$; S12: sea bottom $\text{NO}_3\text{-N}$; S13: sea bottom $\text{NH}_4\text{-N}$; S14: sea bottom $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$.

组成较为复杂^[18]。

本次调查中, 优势种皆为鱼类, 不同的是三重刺网调查的优势种为小型热带趋礁性鱼类, 云斑海猪鱼为肉食性; 黄斑蓝子鱼为杂食偏植食性, 而底拖网调查的优势种为栖息于中层和中上层的近海河口群聚集性咸淡水洄游性鱼类, 竹筴鱼为肉食性摄食强度以春、秋最高; 短吻鲷为小型肉食性; 赤鼻棱鲷为滤食性以浮游动物为主, 其中短吻鲷和赤鼻棱鲷为万山群岛内的一般经济种^[19], 两种调查方式的优势种基本不同。根据历史文献记载的优势种与本研究结果有较大差异(表 4), 而且本次调查优势种鱼类群落结构具有鱼类小型化和低质化的特点, 无论是底拖网还是三重刺网作业, 中小型一般经济种已逐渐替代传统的大型优质经济种成为优势种, 所以需要进一步加快该海域的岛礁鱼类资源的保护, 加大鱼类生境修复步伐, 进行岛礁性经济鱼类的修复和养护。

3.2 群落多样性分析

多样性指数在一定程度上能反映渔业资源群落结构的复杂度和稳定性, 且与渔业生物栖息地复杂程度呈正相关^[25]。群落物种越丰富, 各种类个体数分布越均匀, H' 和 J' 越高; 当水域生态系统受环境胁迫时, 种类数和个体数均会减少, 最终导致 H' 降低^[12]。本次调查中外伶仃岛附近水域渔业资源多样性指数 H' 相对较高, 其可能原因是其特殊的造礁石珊瑚生境为许多种类的海洋生物提供了产卵、繁殖、栖息和躲避敌害的场所^[26]。在本次三重刺网调查中多样性指数 H' 为 1.63~2.99, 均值为 2.50。晏磊等^[11]报道秋季万山岛刺网渔业生物多样性指数 H' 为 2.46, 王雪辉等^[22]报道春季西沙群岛七连屿刺网渔业种类多样性指数 H' 为 2.81。王学锋等^[27]报道雷州半岛刺网游泳生物多样性指数 H' 为 3.12。虽然刺网种类规格与时间空间上有所不同, 但是结合这次的调查结果来看, 春季万山群岛海域的渔业资源多样性水平相对较低。在本次底拖网调查中多样性指数 H' 为 0.61~1.82, 均值为 1.35。梁君等^[28]报道舟山中街山列岛底拖网游泳动物多样性指数 H' 为 1.22。于

南京等^[29]报道舟山嵎泗列岛底拖网渔业资源多样性指数 H' 为 1.57。李渊等^[30]报道南沙群岛西南部底拖网渔业资源多样性指数 H' 为 2.68。相比之下发现万山群岛海域渔业资源多样性指数低于大多数其他岛礁水域, 可见于蕾^[31]在 2012 年报道的万山群岛海域各种渔业资源出现明显的衰退现象仍未出现改善, 渔业资源可持续利用状况较差, 仍应加强该海域生态环境和渔业资源保护。

3.3 群落特征与环境因子的关系分析

温度、盐度、营养盐等对于海洋生物群落结构来说都是重要的影响因子^[32-34]。从群落特征与环境因子的相关性分析结果来看, 渔业生物种类数与表底层海水硅酸盐呈显著正相关, 丰富度指数 D' 、多样性指数 H' 和均匀度指数 J' 也与海水中硅酸盐浓度呈正相关性, 而该海域多年来浮游植物群落中硅藻门丰度占优势且也与表底层海水硅酸盐浓度显著正相关^[35], 硅藻作为浮游植物是水生态系统中的初级生产者, 又是水生动物的直接或间接的饵料对象^[36-37], 所以很有可能说明了万山群岛春季渔业生物分布与硅藻门的浮游植物群落有着紧密的联系。此外, 丰富度指数 D' 、多样性指数 H' 和均匀度指数 J' 都与表底层水温呈正相关性, 水温也是影响鱼类生长的主要因子, 水温能改变代谢过程的速度^[38], 在鱼类生理限制的范围内, 水温的适当提升有利于浮游动、植物和底栖生物等饵料生物的快速生长和繁殖, 这为渔业生物提供了充足和多样的食物而有利于渔业生物的存活和快速生长^[35, 39-40]。可见万山群岛海域渔业生物群落结构存在明显的环境梯度特征, 与珠江口其他水域乃至其他岛礁海域的群落结构和环境因子的关系相比, 该海域的群落结构更复杂。虽然其渔业资源生物量有所下降, 物种丰富度较高, 但是我们三重刺网与底拖网的调查结果来看, 应该加强万山群岛海域渔业资源的养护和生物多样性的管理, 建议相关管理部门实行限捕、加强打击非法网具等渔业捕捞管理措施来对当地的渔业资源进行养护, 以改善人为对优质经济物种带来的生存压力与提高渔业生物总资源量。

表 4 不同区域渔业资源的种类组成与优势种
Tab. 4 The species composition and dominant species of fishery resources in different regions

时间 time	区域 area	采样方式 sampling method	种类组成 species composition	优势种 dominant species	参考文献 reference
1986— 1987	珠江口海域 Pearl River Estuary	底拖网 bottom trawl	鱼类 207 种, 其中海水鱼 142 种, 咸淡水鱼 58 种, 淡 水鱼 7 种	七丝鲚(<i>Coilia grayi</i>)、中华海鲈(<i>Arius sinensis</i>)、棘头梅童鱼(<i>Collichthys lucidus</i>)等	[8]
2010.04	珠江口伶仃洋 Lingding Bay of Pearl River Estuary	底拖网 bottom trawl	渔获种类 36 种, 其中鱼类 18 种, 甲壳类 15 种, 头足类 3 种	黑斑口虾蛄(<i>Oratosquilla kemp</i>)、日本蟳 (<i>C. japonica</i>)、周氏新对虾、皮氏叫姑鱼 (<i>Johnius belengerii</i>)、短吻鲷(<i>L. brevirostris</i>)	[10]
2014.09	三门岛海域 Sanmen island waters	三重刺网 trammel net	渔获种类 57 种, 其中鱼类 45 种, 甲壳类 11 种, 头足类 1 种	深水金线鱼(<i>Nemipterus bathybius</i>)、白姑 鱼(<i>P. argentata</i>)、皮氏叫姑鱼(<i>J. belangerii</i>)等	[11]
2015.11	珠江口南沙海域 Nansha waters of Pearl River Estuary	底拖网 bottom trawl	渔获种类 40 种, 其中底层 鱼类 21 种, 中上层鱼类 3 种, 甲壳类 16 种	亨氏仿对虾(<i>Parapenaeopsis hungerfordi</i>)、锐齿蟳(<i>Charybdis acuta</i>)	[20]
2019.10	桂山岛海域 Guishan Island waters	底拖网 bottom trawl	渔获种类 72 种, 其中鱼类 38 种, 甲壳类 31 种, 头足类 3 种	黄斑蓝子鱼(<i>S. canaliculatus</i>)、鲻(<i>Mugil cephalus Linnaeus</i>)、黄斑鲷(<i>Leiognathus bindus</i>)等	[21]
2021.04	万山群岛海域 Wanshan Islands waters	底拖网 bottom trawl	渔获种类 52 种, 其中鱼类 36 种, 甲壳类 12 种, 头足类 4 种	竹筴鱼(<i>T. japonicus</i>)、短吻鲷(<i>L. brevirostris</i>)、赤鼻棱鳀(<i>T. kammalensis</i>)	本次调查
2021.04	万山群岛海域 Wanshan Islands waters	三重刺网 trammel net	渔获种类 187 种, 其中鱼类 153 种, 甲壳类 32 种, 头足 类 2 种	云斑海猪鱼(<i>H. nigrescens</i>)、黄斑蓝子鱼 (<i>S. canaliculatus</i>)	本次调查
2003.05	西沙群岛主要岛礁 coral reefs of the Xisha Islands	三重刺网 trammel net	鱼类 146 种, 以典型的热带 种类为主	白边锯鳞鲷(<i>Myripristis murdjan</i>)、四带 笛鲷(<i>Lutjanus kasmira</i>)等	[22]
2015.04	大亚湾中央列岛海域 central archipelago of Daya Bay	底拖网 bottom trawl	渔获种类 71 种, 其中鱼类 34 种, 甲壳类 34 种, 头足类 3 种	短吻鲷(<i>L. brevirostris</i>)、变态蟳 (<i>Charybdis variegata</i>)、远海梭子蟹 (<i>Portunus pelagicus</i>)、隆线强蟹(<i>Eucrata crenata</i>)等	[23]
2017.05	马鞍列岛海域 Ma'an Archipelago	底拖网 bottom trawl	鱼类 51 种	刺鲷(<i>Psenopsis anomala</i>)、黑鳃梅童鱼 (<i>Collichthys niveatus</i>)、宽体舌鲷 (<i>Cynoglossus robustus</i>)	[24]

参考文献:

[1] Yu J, Chen Z Z, Xu S N. Land reclamation and its impact on fisheries resources in the Nansha wetland of Pearl River Estuary[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2016, 23(3): 661-671. [于杰, 陈作志, 徐姗楠. 围填海对珠江口南沙湿地资源与生物资源的影响[J]. 中国水产科学, 2016, 23(3): 661-671.]

[2] Ke S T, Yang L, Ju P L, et al. Community structure characteristics of fishery stock in the sea of Taishan Islands in Fujian Province[J]. Journal of Applied Oceanography, 2020, 39(4): 531-541. [柯舒婷, 杨璐, 鞠培龙, 等. 福建省台山列岛周边海域的渔业资源群落结构特征[J]. 应用海洋学学报, 2020, 39(4): 531-541.]

[3] Wang Y X, Zeng J S, Chen L, et al. The character of chlorophyll-a and its grey relationship with nitrate in the Pearl River Estuary in summer[J]. Aquatic Ecosystem Health & Management, 2016, 19(3): 296-302.

[4] Xu P, Xie M J, Zhou W G, et al. Community structure characteristics of commercial netkon in the Pearl River

- Estuary in recent 30 years[J]. Journal of Applied Oceanography, 2021, 40(2): 239-250. [徐鹏, 谢木娇, 周卫国, 等. 近 30 年珠江口海域游泳动物经济物种群落结构变化特征[J]. 应用海洋学学报, 2021, 40(2): 239-250.]
- [5] Chen Y Z. Study on the Industrial Development Positioning of Wanshan Islands in Zhuhai[D]. Chengdu: Southwest Petroleum University, 2014. [陈元志. 珠海万山群岛产业发展定位研究[D]. 成都: 西南石油大学, 2014.]
- [6] Zhong X Q, He Z C. Marine aquaculture survey of Wanshan District in Zhuhai[J]. Current Fisheries, 2020, 45(7): 84-85. [钟小庆, 何志超. 珠海万山区海水养殖调查[J]. 当代水产, 2020, 45(7): 84-85.]
- [7] Chen Y L, Shan X J, Jin X S, et al. Changes in fish diversity and community structure in the central and southern Yellow Sea from 2003 to 2015[J]. Journal of Oceanology and Limnology, 2018, 36(3): 805-817.
- [8] Zhan H G. Study on fish community structure in the Zhujiang Estuary and adjacent waters[J]. Acta Oceanologica Sinica, 1998, 20(3): 13-19. [詹海刚. 珠江口及邻近水域鱼类群落结构研究[J]. 海洋学报(中文版), 1998, 20(3): 13-19.]
- [9] Li Y Z, Chen G B, Sun D R, et al. Multivariate analysis of nekton composition in Pearl River Estuary waters[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2002, 9(4): 328-334. [李永振, 陈国宝, 孙典荣, 等. 珠江口游泳生物组成的多元统计分析[J]. 中国水产科学, 2002, 9(4): 328-334.]
- [10] Li K Z, Yin J Q, Huang L M, et al. Seasonal variations of bottom nekton in the Lingding Bay of Pearl River Estuary, China[J]. Ecological Science, 2012, 31(1): 2-8. [李开枝, 尹健强, 黄良民, 等. 珠江口伶仃洋海域底层游泳动物的季节变化[J]. 生态科学, 2012, 31(1): 2-8.]
- [11] Yan L, Tan Y G, Yang L, et al. Catch composition and diversity of gillnet fishery in the Pearl River Estuary coastal waters of the South China Sea in autumn[J]. South China Fisheries Science, 2016, 12(1): 111-119. [晏磊, 谭永光, 杨吝, 等. 珠江口水域秋季刺网的渔获组成及多样性分析[J]. 南方水产科学, 2016, 12(1): 111-119.]
- [12] Huang J W, Sun D R, Liu Y, et al. Diversity of fish community in *Sousa chinensis* nature reserve of Pearl River Estuary[J]. Journal of Southern Agriculture, 2018, 49(5): 1000-1007. [黄吉万, 孙典荣, 刘岩, 等. 珠江口中华白海豚自然保护区鱼类群落多样性分析[J]. 南方农业学报, 2018, 49(5): 1000-1007.]
- [13] Zhou L, Wang G P, Kuang T X, et al. Fish assemblage in the Pearl River Estuary: Spatial-seasonal variation, environmental influence and trends over the past three decades[J]. Journal of Applied Ichthyology, 2019: jai.13912.
- [14] General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. National Standard (Recommended) of the People's Republic of China: Specifications for oceanographic survey—Part 6: Marine biological survey, GB/T 12763.6-2007[S]. Beijing: Standards Press of China, 2008. [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. 中华人民共和国推荐性国家标准: 海洋调查规范第 6 部分: 海洋生物调查 GB/T 12763.6-2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.]
- [15] General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. National Standard (Recommended) of the People's Republic of China: Specifications for oceanographic survey—Part 4: Survey of chemical parameters in sea water, GB/T 12763.4-2007[S]. Beijing: Standards Press of China, 2008. [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. 中华人民共和国推荐性国家标准: 海洋调查规范第 4 部分: 海水化学要素调查 GB/T 12763.4-2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.]
- [16] Pinkas L, Oliphant M S, Iverson I L K. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters[J]. California Department of Fish and Game Fish Bulletin, 1971, 152(1): 1-105.
- [17] Guo J Z, Chen Z Z, Xu Y W, et al. The effects of anthropogenic activities on the diversity and succession of fish community in Daya Bay[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2018, 25(3): 595-607. [郭建忠, 陈作志, 许友伟, 等. 人类活动对大亚湾海域鱼类群落多样性及其演替的影响[J]. 中国水产科学, 2018, 25(3): 595-607.]
- [18] Chen H R, Li Y S, Tan G D, et al. The Causes and Local Features of the Sea Wind in Wanshan Islands[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2010, 162(18): 153-154. [陈厚荣, 李衍森, 谭庚大, 等. 万山群岛海面风形成原因与局地特征[J]. 科技创新导报, 2010, 162(18): 153-154.]
- [19] Zhou W G, Ding D W, Suo A N, et al. Key functional groups selection in marine ranching fishery resources from the Pearl River Estuary[J]. Journal of Fisheries of China, 2021, 45(3): 433-443. [周卫国, 丁德文, 索安宁, 等. 珠江口海洋牧场渔业资源关键功能群的遴选方法[J]. 水产学报, 2021, 45(3): 433-443.]
- [20] Yuan M, Tang Y, Xu S N, et al. Community structure of fishery resources from the Nansha waters of Pearl River Estuary in autumn[J]. South China Fisheries Science, 2017, 13(2): 18-25. [袁梦, 汤勇, 徐姗楠, 等. 珠江口南沙海域秋季渔业资源群落结构特征[J]. 南方水产科学, 2017, 13(2): 18-25.]

- [21] Wang T, Huang H H, Zhang P, et al. Acoustic survey of fisheries resources and spatial distribution in the Guishan wind farm area[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2020, 27(12): 1496-1504. [王腾, 黄洪辉, 张鹏, 等. 珠海桂山风电场水域渔业资源声学评估与空间分布[J]. *中国水产科学*, 2020, 27(12): 1496-1504.]
- [22] Wang X H, Du F Y, Lin Z J, et al. Fish species diversity and community pattern in coral reefs of the Xisha Islands, South China Sea[J]. *Biodiversity Science*, 2011, 19(4): 463-469, 501. [王雪辉, 杜飞雁, 林昭进, 等. 西沙群岛主要岛礁鱼类物种多样性及其群落格局[J]. *生物多样性*, 2011, 19(4): 463-469, 501.]
- [23] Zhou Z G, Nie Y K, Huang Z Q. Investigation of fishery resources in the spring and autumn of the central archipelago of Daya Bay[J]. *Ocean and Fishery*, 2017, 279(7): 56-57. [周治刚, 聂永康, 黄泽强. 大亚湾中央列岛海域春秋两季渔业资源调查[J]. *海洋与渔业*, 2017, 279(7): 56-57.]
- [24] Han X D, Zhang S Y, Wang Z H, et al. Fish community structure and its relationship with environmental factors in the Ma'anshan Archipelago and its eastern waters[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2019, 43(6): 1483-1497. [韩旭东, 章守宇, 汪振华, 等. 马鞍列岛及其东部海域鱼类群落格局与环境因子之间的关系[J]. *水产学报*, 2019, 43(6): 1483-1497.]
- [25] 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. [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.]
- [26] Huang H, You F, Lian J S, et al. Status and conservation strategies of the scleractinian coral community in the Wanshan Islands at Pearl River Estuary[J]. *Marine Science Bulletin*, 2012, 31(2): 189-197. [黄晖, 尤丰, 练健生, 等. 珠江口万山群岛海域造礁石珊瑚群落分布与保护[J]. *海洋通报*, 2012, 31(2): 189-197.]
- [27] Wang X F, Lü S L, Huang Y P, et al. Community structure of nekton in Leizhou Bay using gillnetting[J]. *South China Fisheries Science*, 2017, 13(3): 1-8. [王学锋, 吕少梁, 黄一平, 等. 基于流刺网调查的雷州湾游泳生物群落结构分析[J]. *南方水产科学*, 2017, 13(3): 1-8.]
- [28] Liang J, Wang W D, Yu B C, et al. Seasonal variations of fish resources and community diversity of reef habitat in marine protected area of Zhongjieshan Islands[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2014, 45(5): 979-989. [梁君, 王伟定, 虞宝存, 等. 中街山列岛海洋保护区岛礁生境鱼类资源及群落多样性季节变化[J]. *海洋与湖沼*, 2014, 45(5): 979-989.]
- [29] Yu N J, Yu C G, Xu Y J, et al. Fish community structure and biodiversity in the offshore waters of Zhoushan Islands in spring and autumn[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2021, 45(8): 1374-1383. [于南京, 俞存根, 许永久, 等. 舟山群岛外海域春秋两季鱼类群落结构及生物多样性[J]. *水产学报*, 2021, 45(8): 1374-1383.]
- [30] Li Y, Zhang J, Zhang R, et al. Fish diversity in southwestern seas of Nansha Islands and the mouth of Beibu Bay[J]. *Biodiversity Science*, 2016, 24(2): 166-174. [李渊, 张静, 张然, 等. 南沙群岛西南部和北部湾口海域鱼类物种多样性[J]. *生物多样性*, 2016, 24(2): 166-174.]
- [31] Yu L. Research on the problem of production and occupation shift for fishermen of da Wanshan Island in Zhuhai[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2012. [于蕾. 珠海市大万山岛渔民转产转业问题研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2012.]
- [32] Liu Z L, Yang L L, Yan L P, et al. Fish assemblages and environmental interpretation in the northern Taiwan Strait and its adjacent waters in summer[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2016, 23(6): 1399-1416. [刘尊雷, 杨林林, 严利平, 等. 夏季台湾海峡北部及邻近海域鱼类群落结构及环境解释[J]. *中国水产科学*, 2016, 23(6): 1399-1416.]
- [33] An L N, Wang L, Huang H, et al. Population dynamics of *Acetes chinensis* and its response to environmental factors in western Daya Bay[J]. *Journal of Applied Oceanography*, 2021, 40(3): 403-412. [安丽娜, 王磊, 黄浩, 等. 大亚湾西部海域中国毛虾种群动态变化及其对环境要素的响应[J]. *应用海洋学学报*, 2021, 40(3): 403-412.]
- [34] Carrier-Belleau C, Drolet D, McKindsey C W, et al. Environmental stressors, complex interactions and marine benthic communities' responses[J]. *Scientific Reports*, 2021, 11: 4194.
- [35] Dai M, Liu H X, Wu F X, et al. Net-phytoplankton community and its relationship with environmental factors in the Wanshan Islands adjacent sea[J]. *Marine Environmental Science*, 2019, 38(4): 540-547, 554. [戴明, 刘华雪, 吴凤霞, 等. 万山群岛海域网采浮游植物与环境因子的关系[J]. *海洋环境科学*, 2019, 38(4): 540-547, 554.]
- [36] Gao Y H, Liang J R, Chen C P, et al. Studies on biodiversity and ecological importance of marine diatoms[J]. *Journal of Xiamen University (Natural Science)*, 2011, 50(2): 455-464. [高亚辉, 梁君荣, 陈长平, 等. 海洋硅藻多样性与生态作用研究[J]. *厦门大学学报(自然科学版)*, 2011, 50(2): 455-464.]
- [37] Chen C P. Ecological distribution of diatoms in some mangrove areas along the coast of Fujian and Guangdong

- Province and influence of six heavy metals on extracellular polymeric substances secreted by benthic diatoms[D]. Xiamen: Xiamen University, 2004. [陈长平. 闽粤沿海几个红树林区硅藻的生态分布和 6 种重金属对底栖硅藻胞外产物的影响[D]. 厦门: 厦门大学, 2004.]
- [38] Oikawa J, Nakamura S, Kaneko N, et al. Effects of fasting and water temperatures during transition from freshwater to seawater on juvenile chum salmon growth and metabolism[J]. Fisheries Science, 2021, 87(4): 579-588.
- [39] Yuan D N. Zooplankton community structure and environmental characteristics in Guangzhou-Zhuhai waters of the Pearl River Estuary[D]. Guangzhou: Jinan University, 2014. [袁丹妮. 珠江口广州—珠海水域浮游动物群落结构及其环境特征[D]. 广州: 暨南大学, 2014.]
- [40] Peng S Y, Lai Z N, Jiang W X, et al. Study on community structure of macrozoobenthos and impact factors in Pearl River Estuary[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2010, 34(6): 1179-1189. [彭松耀, 赖子尼, 蒋万祥, 等. 珠江口大型底栖动物的群落结构及影响因子研究[J]. 水生生物学报, 2010, 34(6): 1179-1189.]

Community structure of fishery resources and its relationship to environmental factors in the Wanshan Islands Sea of the Pearl River Estuary in spring

TANG Guanglong^{1,2,3}, LIU Yong^{2,3}, WU Peng^{2,3}, SUN Dianrong², XIAO Yayuan^{2,3}, WANG Teng^{2,3}, XIE Yufang^{2,3}, LI Chunran^{2,3}, SHI Juan^{2,3}, ZHONG Zhihui², LI Chunhou^{2,3}

1. National Engineering Research Center for Marine Aquaculture of Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316022, China;
2. Key Laboratory of South China Sea Fishery Resources Exploitation & Utilization, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Observation and Research Station of Pearl River Estuary Ecosystem of Guangdong Province, Guangdong Provincial Key Laboratory of Fishery Ecology and Environment, South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300, China;
3. Southern Marine Science and Engineering Guangdong Laboratory (Guangzhou), Guangzhou 511458, China

Abstract: The waters of the Wanshan Islands are one of the traditional fishing grounds in China, but there is currently a lack of in-depth understanding of its fishery resources, particularly the reef fishery resources. Gillnetting and trawl surveys were conducted in the Wanshan Islands reef waters from March to April 2021, and the community structure, dominant species quantitative distribution, and diversity of fishery resources were analyzed. We captured 220 fishery species; 187 species were collected through gillnets and 52 species were collected through bottom trawl nets, affiliated with 16 orders, 72 families, and 137 genera, of which 176 species of fish and 38 species of crustaceans accounted for 80.0% and 17.3% of the total number of species, respectively. The index of relative importance (IRI) showed that the dominant species were *Halichoeres nigrescens* and *Siganus canaliculatus* in drift-net fishing and *Trachurus japonicus*, *Leiognathus brevirostris*, *Thryssa kammalensis* in trawl fishing, whose IRIs were higher than 1,000. The Shannon-Wiener diversity index (H'), Pielou evenness index (J') value, and Margalef richness index (D) in gill net fishing were 2.50, 0.77, and 5.85, and in trawl fishing were 1.35, 0.54, and 2.52, respectively. The community characteristics of fishery resources have varying degrees of positive correlation with water temperature and silicate concentration. In general, the number and diversity of fishery resources found in the trammel net survey of Wanshan Islands is significantly higher than that of bottom trawl. The composition of fishery resources between the two survey methods is also quite different. Wanshan Islands are rich in rock fishery resources. However, there are fewer reef fishery resources with higher economic value.

Key words: trammel net; bottom trawl; fishery resources; community structure; reef fish

Corresponding author: LI Chunhou. E-mail: scslch@vip.163.com