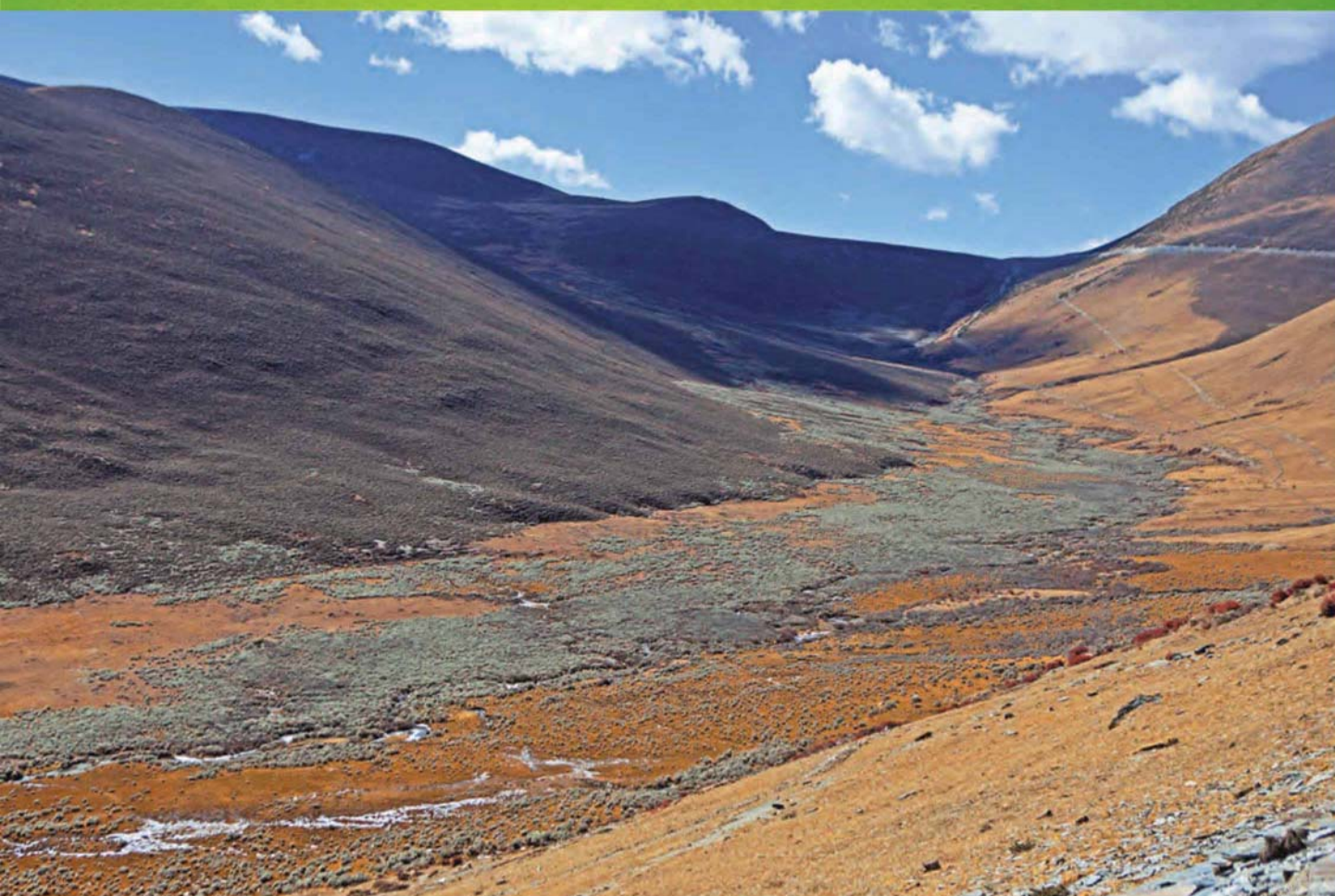


ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

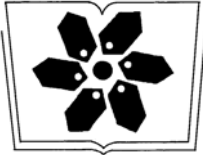
中国生态学会 2013 年学术年会专辑



第 33 卷 第 18 期 Vol.33 No.18 **2013**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 18 期 2013 年 9 月 (半月刊)

目 次

中国生态学会 2013 年学术年会专辑 卷首语

美国农业生态学发展综述	黄国勤, Patrick E. McCullough (5449)
水足迹研究进展	马 晶, 彭 建 (5458)
江西省主要作物(稻、棉、油)生态经济系统综合分析评价	孙卫民, 欧一智, 黄国勤 (5467)
植物干旱胁迫下水分代谢、碳饥饿与死亡机理	董 蕾, 李吉跃 (5477)
生态化学计量学特征及其应用研究进展	曾冬萍, 蒋利玲, 曾从盛, 等 (5484)
三峡库区紫色土植被恢复过程的土壤团粒组成及分形特征	王轶浩, 耿养会, 黄仲华 (5493)
城市不同地表覆盖类型对土壤呼吸的影响	付芝红, 呼延佼奇, 李 锋, 等 (5500)
华南地区 3 种具有不同入侵性的近缘植物对低温胁迫的敏感性	王宇涛, 李春妹, 李韶山 (5509)
沙丘稀有种准噶尔无叶豆花部综合特征与传粉适应性	施 翔, 刘会良, 张道远, 等 (5516)
水浮莲对水稻竞争效应、产量与土壤养分的影响	申时才, 徐高峰, 张付斗, 等 (5523)
珍稀药用植物白及光合与蒸腾生理生态及抗旱特性	吴明开, 刘 海, 沈志君, 等 (5531)
不同温度及二氧化碳浓度下培养的龙须菜光合生理特性对阳光紫外辐射的响应	杨雨玲, 李 伟, 陈伟洲, 等 (5538)
土壤氧气可获得性对双季稻田温室气体排放通量的影响	秦晓波, 李玉娥, 万运帆, 等 (5546)
免耕稻田氮肥运筹对土壤 NH ₃ 挥发及氮肥利用率的影响	马玉华, 刘 兵, 张枝盛, 等 (5556)
香梨两种树形净光合速率特征及影响因素	孙桂丽, 徐 敏, 李 疆, 等 (5565)
沙埋对沙米幼苗生长、存活及光合蒸腾特性的影响	赵哈林, 曲 浩, 周瑞莲, 等 (5574)
半干旱区旱地春小麦全膜覆土穴播对土壤水热效应及产量的影响	王红丽, 宋尚有, 张绪成, 等 (5580)
基于 Le Bissonnais 法的石漠化区桑树地埂土壤团聚体稳定性研究	汪三树, 黄先智, 史东梅, 等 (5589)
不同施肥对雷竹林径流及渗漏水中氮形态流失的影响	陈裴裴, 吴家森, 郑小龙, 等 (5599)
黄土丘陵区不同植被土壤氮素转化微生物生理群特征及差异	邢肖毅, 黄懿梅, 安韶山, 等 (5608)
黄土丘陵区植被类型对土壤微生物量碳氮磷的影响	赵 彤, 闫 浩, 蒋跃利, 等 (5615)
林地覆盖对雷竹林土壤微生物特征及其与土壤养分制约性关系的影响	郭子武, 俞文仙, 陈双林, 等 (5623)
降雨对草地土壤呼吸季节变异性的影响	王 旭, 闫玉春, 闫瑞瑞, 等 (5631)
基于土芯法的亚热带常绿阔叶林细根空间变异与取样数量估计	黄超超, 黄锦学, 熊德成, 等 (5636)
4 种高大树木的叶片性状及 WUE 随树高的变化	何春霞, 李吉跃, 孟 平, 等 (5644)
干旱荒漠区银白杨树干液流动态	张 俊, 李晓飞, 李建贵, 等 (5655)
模拟增温和不同凋落物基质质量对凋落物分解速率的影响	刘瑞鹏, 毛子军, 李兴欢, 等 (5661)
金沙江干热河谷植物叶片元素含量在地表凋落物周转中的作用	闫帮国, 纪中华, 何光熊, 等 (5668)
温带 12 个树种新老树枝非结构性碳水化合物浓度比较	张海燕, 王传宽, 王兴昌 (5675)
断根结合生长素和钾肥施用对烤烟生长及糖碱比、有机钾指数的影响	吴彦辉, 薛立新, 许自成, 等 (5686)
光周期和高脂食物对雌性高山姬鼠能量代谢和产热的影响	高文荣, 朱万龙, 孟丽华, 等 (5696)
绿原酸对凡纳滨对虾抗氧化系统及抗低盐度胁迫的影响	王 芸, 李 正, 李 健, 等 (5704)

基于盐分梯度的荒漠植物多样性与群落、种间联接响应	张雪妮, 吕光辉, 杨晓东, 等 (5714)
广西马山岩溶植被年龄序列的群落特征	温远光, 雷丽群, 朱宏光, 等 (5723)
戴云山黄山松群落与环境的关联	刘金福, 朱德煌, 兰思仁, 等 (5731)
四川盆地亚热带常绿阔叶林不同物候期凋落物分解与土壤动物群落结构的关系	王文君, 杨万勤, 谭波, 等 (5737)
中亚热带常绿阔叶林不同演替阶段土壤活性有机碳含量及季节动态	范跃新, 杨玉盛, 杨智杰, 等 (5751)
塔克拉玛干沙漠腹地人工植被及土壤 C N P 的化学计量特征	李从娟, 雷加强, 徐新文, 等 (5760)
鄱阳湖小天鹅越冬种群数量与行为学特征	戴年华, 邵明勤, 蒋丽红, 等 (5768)
营养盐加富和鱼类添加对浮游植物群落演替和多样性的影响	陈纯, 李思嘉, 肖利娟, 等 (5777)
西藏达则错盐湖沉积背景与有机沉积结构	刘沙沙, 贾沁贤, 刘喜方, 等 (5785)
西藏草地多项供给及调节服务相互作用的时空演变规律	潘影, 徐增让, 余成群, 等 (5794)
太湖水体溶解性氨基酸的空间分布特征	姚昕, 朱广伟, 高光, 等 (5802)
基于遥感和 GIS 的巢湖流域生态功能分区研究	王传辉, 吴立, 王心源, 等 (5808)
近 20 年来东北三省春玉米物候期变化趋势及其对温度的时空响应	李正国, 杨鹏, 唐华俊, 等 (5818)
鄱阳湖湿地景观恢复的物种选择及其对环境因子的响应	谢冬明, 金国花, 周杨明, 等 (5828)
珠三角河网浮游植物生物量的时空特征	王超, 李新辉, 赖子尼, 等 (5835)
南京市景观时空动态变化及其驱动力	贾宝全, 王成, 邱尔发 (5848)
川西亚高山-高山土壤表层有机碳及活性组分沿海拔梯度的变化	秦纪洪 王琴 孙辉 (5858)
城市森林碳汇及其抵消能源碳排放效果——以广州为例	周健, 肖荣波, 庄长伟, 等 (5865)
基于机器学习模型的沙漠腹地地下水含盐量变化过程及模拟研究	范敬龙, 刘海龙, 雷加强, 等 (5874)
干旱区典型绿洲城市发展与水资源潜力协调度分析	夏富强, 唐宏, 杨德刚, 等 (5883)
海岸带区域综合承载力评估指标体系的构建与应用——以南通市为例	魏超, 叶属峰, 过仲阳, 等 (5893)
中街山列岛海洋保护区鱼类物种多样性	梁君, 徐汉祥, 王伟定 (5905)
丰水期长江感潮河口段网采浮游植物的分布与长期变化	江志兵, 刘晶晶, 李宏亮, 等 (5917)
基于生态网络的城市代谢结构模拟研究——以大连市为例	刘耕源, 杨志峰, 陈彬, 等 (5926)
保护区及周边居民对野猪容忍性的影响因素——以黑龙江凤凰山国家级自然保护区为例	徐飞, 蔡体久, 琚存勇, 等 (5935)
三江源牧户参与草地生态保护的意愿	李惠梅, 张安录, 王珊, 等 (5943)
沈阳市降雨径流初期冲刷效应	李春林, 刘森, 胡远满, 等 (5952)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 514 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 59 * 2013-09



封面图说: 川西高山地带土壤及植被——青藏高原东缘川西的高山地带坡面上为草地, 沟谷地带由于低平且水分较充足, 生长有很多灌丛。川西地区大约在海拔 4000m 左右为林线, 以下则分布有亚高山森林。亚高山森林是以冷、云杉属为建群种或优势种的暗针叶林为主体的森林植被。作为高海拔低温生态系统, 高山-亚高山地带土壤碳被认为是我国重要的土壤碳库。有研究表明, 易氧化有机碳含量与海拔高度呈显著正相关, 显示高海拔有利于土壤碳的固存。因而, 这里的表层土壤总有机碳含量随着海拔的升高而增加。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201304100665

梁君, 徐汉祥, 王伟定. 中街山列岛海洋保护区鱼类物种多样性. 生态学报, 2013, 33(18): 5905-5916.

Liang J, Xu H X, Wang W D. Fish species diversity in Zhongjieshan Islands Marine Protected Area (MPA). Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(18): 5905-5916.

中街山列岛海洋保护区鱼类物种多样性

梁 君, 徐汉祥, 王伟定*

(浙江省海洋水产研究所, 农业部重点渔场渔业资源科学观测实验站, 浙江省海洋渔业资源可持续利用技术研究重点实验室, 舟山 316100)

摘要: 基于 2010—2012 年中街山列岛海洋保护区进行的 8 个航次底拖网调查数据资料, 从鱼类分类学和生态类群等方面, 结合多样性、资源密度和相对重要性指数, 对该保护区鱼类物种多样性特征进行了分析。调查海域共采集鱼类 55 种, 隶属 2 纲 12 目 32 科 44 属。其中, 鲈形目鱼类 26 种, 占 47.3%; 趋礁性鱼类 41 种, 占 74.5%; 暖温性、暖水性和冷温性鱼类分别为 30、24 和 1 种, 其中暖水种约占所有偶见种的 70%; 定居种、近海洄游种和季节性种分别为 27、24 和 24 种; 底层、近底层和中上层鱼类分别占 40.0%、36.4% 和 23.6%, 其中矛尾鰕虎鱼 (*Chaeturichthys stigmatias*)、龙头鱼 (*Harpodon nehereus*) 和鳀科鱼类分别成为各水层的绝对优势种。所有调查站点鱼类平均生物量指数夏季最高 (1043.7 kg/km²), 春季最低; 尾数密度指数春季最高 (122×10³ 尾/km²), 冬季最低; 生物量与尾数密度指数最高与最低季节之间均存在显著性差异 ($P < 0.05$)。对多样性的分析显示, Margalef 丰富度 (D) 冬季最高, 秋季最低, Shannon-Wiener 多样性 (H') 与 Pielou 均匀度 (J') 均为夏季最高, 秋季最低。聚类和 NMDS 方法分析显示不同季节鱼类群落组成格局差异极显著 ($P < 0.01$)。研究结果表明, 中街山列岛海洋保护区鱼类资源结构受近海季节性洄游种类影响较大, 鱼类分布季节动态多呈现洄游性更替节律, 保护区内虽已出现鱼类多样性下降趋势和生态系统功能退化现象, 传统经济种类的优越性在逐渐下降或边缘化, 但独特的岛礁生境仍能很好地发挥着维持固有种类和提供良好栖息场所的优势, 随着海洋牧场建设与一系列资源保护与修复措施, 石首鱼科幼体已形成优势群体, 而且保护区内出现大量小型饵料鱼类。
关键词: 中街山列岛; 种类组成; 多样性; 生态类群; 优势种

Fish species diversity in Zhongjieshan Islands Marine Protected Area (MPA)

LIANG Jun, XU Hanxiang, WANG Weiding

Key Research Station for Fisheries Resources of Main Fishing Ground, Ministry of Agriculture; Key Research Station of Sustainable Utilization for Marine Fisheries Resources, Zhejiang Province; Marine Fisheries Research Institute of Zhejiang Province, Zhoushan 316100, China

Abstract: The Zhongjieshan Islands Marine Protected Area (MPA) is located in the central area of the Zhoushan fishing ground. It lies to the east of Zhoushan Islands District in Zhejiang Province and is historically known as the “fish warehouse” of the East China Sea. Fish community taxonomy and eco-group data from eight bottom trawl surveys in Zhongjieshan Islands MPA, carried out from 2010 to 2012, were used to examine species composition in detail. Indices such as Margalef's species richness index, Shannon-Wiener's species diversity index, Pielou's species evenness index, resource density index as well as Pinkas's IRI were used to analyze the status of fish diversity in the protected area. A total of 55 fish species belonging to 2 classes, 12 orders, 32 families and 44 genera were collected during the survey. 26 species from the order Perciformes (accounting 47.3% of the total species) and 41 reef species (74.5% of the total species) were captured. There were 30 warm temperate species, 24 warm water species and 1 cold temperate species, and nearly 70% of total rare species were warm temperate species. There were 27 local species, 24 offshore migrating species and 24 seasonal species. Forty percent of the fish caught were demersal, 36.4% were meso-demersal and 23.6% were pelagic. The dominant species in each habitat layer was examined, *Chaeturichthys stigmatias* was the most abundant demersal fish, *Harpodon nehereus* was the most dominant meso-demersal fish. Fish in the family Engraulidae dominated the surface waters. The mean

基金项目: 海洋公益性行业科研专项经费项目 (200905019, 201005013); 公益性行业 (农业) 科研专项经费项目 (201003068, 201303047); 浙江省海洋经济和渔业新兴产业补助项目 (浙海渔计 [2012] 146 号)

收稿日期: 2013-04-10; 修订日期: 2013-06-27

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wdwang@sohu.com

biomass index of the study area was highest in summer (1043.7 kg/km^2) and lowest in spring. The abundance density index was highest in spring ($122 \times 10^3 \text{ ind/km}^2$), but lowest in winter. Both the biomass index and the abundance density index in the highest season were significantly different from that in the lowest season ($P < 0.05$). The average Margalef's species richness index was highest in winter, but lowest in autumn, while the highest and lowest of both Shannon-Wiener's species diversity index and Pielou's species evenness index were in summer and autumn, respectively. Hierarchical clustering and further non-metric multidimensional scaling (NMDS) analysis indicated extremely significant seasonal changes in the fish community structure ($P < 0.01$). The structure of fish resources in Zhongjieshan Islands MPA was significantly influenced by offshore seasonal migrating species, and the seasonal dynamic of fish distributions showed alternate migratory rhythm. Although the diversity of the protected area showed a downward trend, and the dominance of traditional economic species gradually declined or marginalized, the unique reef habitat still played an important role in both maintaining the local species and offering more bio-available habitat. With the development of marine ranching and implementation of a range of resource protection and restoration measures, the family Sciaenidae became a dominant group, and a large number of small forage fish appeared in the protected area.

Key Words: Zhongjieshan Islands; species composition; diversity; eco-group; dominant species

中街山列岛海洋保护区位于舟山群岛新区东部,处于舟山渔场的中心区域,历史上素有“鱼仓”之美誉。该海域流系复杂,一方面为长江、钱塘江径流所控制,另一方面受南下的黄海水团和北上的台湾暖流的交汇影响,大陆径流和长江口的“丛生流”给海区带来了大量的营养物质,其水体交换快,饵料充裕,是众多海洋生物繁殖、摄食和生长的重要栖息地^[1]。继 2006 年 5 月中街山列岛国家级海洋特别保护区的成立,该海域逐渐成为渔业管理部门和相关科研单位关注的焦点,并一致希望通过多方努力来保护并维持这一特殊海域的生态系统多样性,近年海洋牧场暨碳汇渔业实验区建设项目正在该保护区内实施。

对于该海域的相关研究多见于海藻^[2-3]、产卵场^[4]、水质环境^[5]的调查与分析,而基于群落生态学的系统研究依然少见,徐开达等^[1]和姚海峰等^[6]分别对甲壳动物和底栖动物群落进行了报道,对于鱼类群落,仅在张龙等^[7]对渔业动物群落结构季节变化中有所提及。本文基于 2 周年 8 个航次底拖网调查数据,对中街山列岛海洋保护区鱼类物种多样性进行研究,以丰富我国鱼类群落生态学内容,为保护区渔业资源的可持续利用和管理及海洋牧场建设提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域和站点布设

2010 年 5 月(春)、8 月(夏)、11 月(秋),2011 年 2 月(冬)、5 月、8 月、11 月和 2012 年 2 月进行了 8 个航次的底拖网调查,调查范围如图 1 所示。该海域海洋性气候明显,四季分明,常年为正规半日潮。本研究中,采取均匀布位和捕捞干扰最小化原则,沿潮流主轴(东南—西北)共设置了 10 个站点。

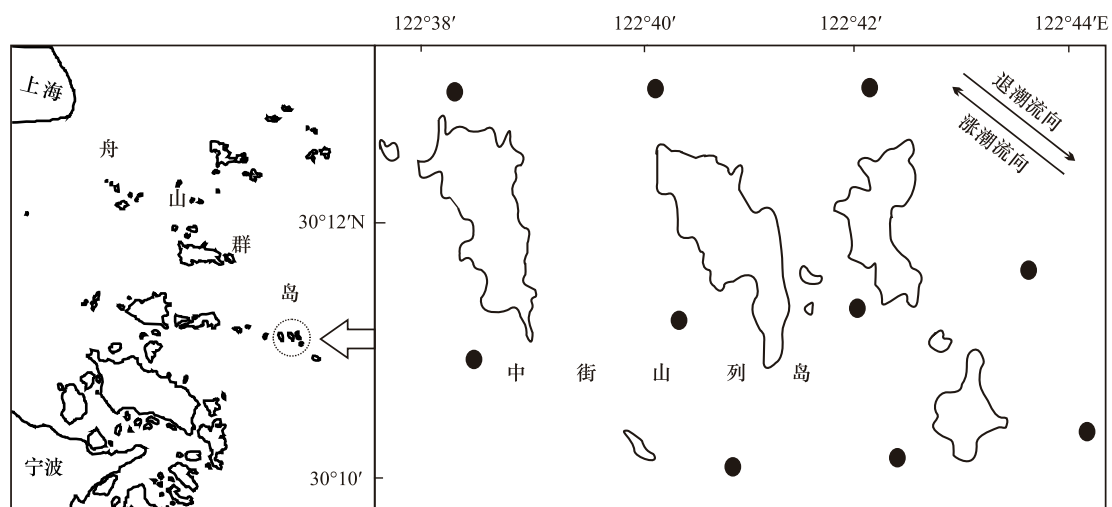


图 1 采样区域和站点分布

Fig.1 Location of study area and distribution

1.2 采样方法和样品处理

调查船为浙渔渔 4126 号,该船长 19 m、宽 3.3 m,主机功率 58.8 kW;调查时间为每航次(大潮汛来临前)3 d;底拖网网口拉紧周长 25 m,囊网网目尺寸 3.0 cm,各站点分别调查 1 次,平均拖速 5.19 km/h,每次拖曳 1 h。同时,采用 CTD 仪(SEB-37SM)采集温度与盐度数据,每航次每站位各 1 次。采样及样品分析均按《海洋调查规范》(GB/T 12763.6—2007)^[8]进行,体质量与体长精度分别为 0.1 g 和 1 mm。

1.3 数据处理和分析方法

1.3.1 生态类群特征划分

为全面了解鱼类组成的功能群特征,所有鱼类按适温性分为暖温种、暖水种和冷温种;按其分布水层,分为底层、近底层(或中下层,下同)和中上层^[9];依据其利用栖息生境的空间尺度大小,划分为定居性、近海洄游性(包括来回近海与外海和近海南北向洄游的所有种类)和河口洄游性(包括近海与河口间和河口与淡水间洄游的所有种类)^[10-11];依据其利用栖息生境的时间跨度和出现率,将所有鱼类划分为常年种、季节性种和偶见种(或稀有种,下同)^[12]。

1.3.2 资源密度指数

底拖网资源密度的估算采用扫海面积法^[13]:

$$\rho_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n C_j / D(1 - E) V_j T_j \quad (1)$$

式中, ρ_i 为第 i 季节平均资源密度(kg/km²或 10³尾/km²); n 为第 i 季节总拖网数(站位数); C_j 为第 i 季节 j 站位的网次产量(kg)或尾数(尾); D 为网口水平扩张宽度(km)(在拖速相同的情况下通过网具网口几何相似原理求得^[14],当拖速为 5.19 km/h 时本网具网口宽度为 5.20×10^{-3} km); V_j 为第 i 季节 j 站位的平均拖速(km/h); T_j 为第 i 季节 j 站位的作业时间(h); E 为逃逸率(取 0.5)^[15]。

1.3.3 生态优势度

利用 Pinkas 相对重要性指数(IRI)^[16]确定鱼类在群落中的重要性。按鱼类分布水层,依次对底层,近底层和中上层优势鱼类进行分析。本文将 $IRI \geq 100$,且在 ≥ 5 个航次捕获的鱼类定为优势种。

1.3.4 Margalef 丰富度指数、Shannon-Wiener 多样性指数和 Pielou 均匀度指数

采用 Margalef 丰富度指数(D)、Shannon-Wiener 多样性指数(H')和 Pielou 均匀度指数(J')来研究调查站点出现鱼类的多样性^[17-19]:

$$\text{Margalef 丰富度指数} \quad D = (S-1)/\ln N \quad (2)$$

$$\text{Shannon-Wiener 多样性指数} \quad H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i \quad (3)$$

$$\text{Pielou 均匀度指数} \quad J' = H'/\ln S \quad (4)$$

式中, S 为种类数, N 为总尾数, P_i 为第 i 种占总尾数的比例。

1.3.5 鱼类组成格局分析

采用非参数多变量分析鱼类组成格局,为减少机会种对鱼类组成格局的干扰,数据分析时去除生物量占总生物量比例 < 0.1% 且出现频率 < 10% 的种类,并对生物量进行二次方根转换,以平衡优势种和偶见种在群落中的作用^[20]。由于保护区核心区的经纬度跨度不大,各站点均围绕岛礁密集铺设,拖网过程中部分站点间有交叉,按站位分析鱼类组成格局意义不大,因此将图 1 所示保护区范围视为 1 个区域,建立“种类×航次”生物量矩阵^[21],计算 8 个航次间的 Bray-Curtis 相似性系数以形成相似性矩阵,在此基础上采用等级聚类(UPGMA)和非度量多维标度(NMDS)作为鱼类群聚的分类和排序方法,结合两者分析各航次的鱼类组成格局。NMDS 分析结果的优劣根据胁迫系数(stress)来衡量,0 < stress < 0.01,完全可信;0.01 < stress < 0.05,可信;0.05 < stress < 0.1,基本可信;0.1 < stress < 0.2,仍有参考价值,具有一定意义,但某些细节不可信;0.2 < stress < 0.3,几乎是任意的,不可信。应用相似性分析(ANOSIM)检验不同格局间差异的显著性。

上述聚类、标序及多样性分析均在 PRIMER v6 软件中实现。显著性检验与相关性分析分别采用 SPSS 19.0 的方差分析法(ANOVA)和曲线回归分析法(CURVE ESTIMATION)。以上统计显著水平为 0.05,极显著水平为 0.01。

2 结果与分析

2.1 种类组成

中街山列岛海洋保护区采集到各种鱼类 34210 尾,总生物量为 239109 g,隶属 2 纲 12 目 32 科 44 属,共计 55 种(表 1,附录 I)。其中软骨鱼纲采集到 3 种,而硬骨鱼纲共采集到 10 目 52 种。硬骨鱼纲中鲈形目鱼类共计 26 种,占有种类的 47.3%,成为绝对优势门类;其次是鲷形目和鲱形目,均占 10.9%;其他目中,除了灯笼鱼目的龙头鱼(*Harpodon nehereus*)维持较大的捕获量外,其他种类均较为单一,且数量稀少(附录 I)。

表 1 中街山列岛海洋保护区鱼类数量组成

Table 1 Composition of number of fish in Zhongjieshan Islands MPA

目 Order	科 Family	属 Genus	种 Species	目 Order	科 Family	属 Genus	种 Species
鲭形目 Myliobatiformes	1	1	2	鳐形目 Rajiformes	1	1	1
灯笼鱼目 Myctophiformes	2	3	3	鲽形目 Pleuronectiformes	1	1	6
鲱形目 Clupeiformes	1	5	6	海龙目 Syngnathiformes	1	1	1
鲑形目 Siluriformes	1	1	1	鲈形目 Perciformes	15	22	26
鲉形目 Scorpaeniformes	4	4	4	鳗鲡目 Anguilliformes	2	2	2
鲀形目 Tetraodontiformes	1	1	1	鮫鱈目 Lophiiformes	2	2	2

从不同生态类群来看(表 2,附录 I),中街山列岛海洋保护区全年捕获暖温性鱼类 30 种、暖水性 24 种和冷温性鱼类 1 种(奈氏鲷(*Dasyatis navarrae*)),其中暖温种占有所有种类的 54.5%;暖水种具有明显季节变化特征,与水温同步,而春季是季节性近海洄游种类的重要季节,暖温种在春季优势明显。

表 2 保护区各种生态类群鱼类数量的季节变化

Table 2 Seasonal variations of fish species number for each eco-group in the protected area

生态类群 Eco-group	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter	总计 Total
暖温种 Warm temperate species	23	19	17	17	30
暖水种 Warm water species	11	14	12	9	24
冷温种 Cold temperate species	1	0	0	1	1
底层种 Demersal species	15	13	12	15	22
近底层种 Meso-demersal species	12	10	11	8	20
中上层种 Pelagic species	8	10	6	4	13
定居种 Local species	17	16	14	18	27
近海洄游种 Offshore migrating species	16	15	13	6	24
河口洄游种 Estuary species	2	2	2	3	4
常年种 Common species	15	15	13	15	15
季节性种 Seasonal species	19	13	9	8	24
偶见种 Rare species	1	5	7	4	16
趋礁种 Reef species	26	24	22	22	41
总种类数 Total species	35	33	29	27	55
平均表温 Average sea surface temperature/°C	19.0	25.8	17.8	8.1	
平均底温 Average sea bottom temperature/°C	18.2	20.3	19.7	8.7	

在栖息水层上,底层鱼类居多,占总种类数的 40.0%,其次是近底层鱼类,占 36.4%;底层鱼类的季节变化较为稳定,始终维持在 12—15 种;而近底层鱼类由于近海洄游的鳀科、鲱科和长鲷科等的出现,春、夏季种类数明显高于秋、冬季;随着以刀鲛(*Coilia ectenes*)和凤鲛(*Coilia nasus*)为代表的中上层鱼类结束了淡水域的生殖洄游而返回入海,使保护区夏季种类为四季最高。

在对栖息生境利用的空间尺度上,8 个航次共捕获定居性鱼类 27 种(占 49.1%),近海洄游性鱼类略少于定居性鱼类,河口洄游种类仅 4 种(占 7.3%);定居种以营底层生息的鱼类为主(占 60.9%),主要以鲭形目、鳐形目、鲽形目的种类和鲈形目的鳗虎鱼科和鳗鲡鱼科的鱼类为主,鲈形目营近底层活动的鲷科鱼类也成为岛礁生境的重要定居种;近海洄游性鱼类呈现了明显的季节特征变化,除冬季外,其余月份均在 12 种以上;河口洄游性种类中凤鲛为保护区内常年出现的种类,刀鲛为典型的季节性种,多出现在春季和冬季,窄体舌鳎(*Cynoglossus gracilis*)和海鲷(*Arius thalassinus*)因其摄食和生殖习性而多在河口域活动,是保护区内偶见种类。

从鱼类对栖息生境利用的时间尺度上看,保护区内以季节性鱼类为主,占总种类数的 43.6%;偶见种和常年种数量相当,但是不同点在于常年种基本维持在 15 种,以定居性鱼类为主,而偶见种具有明显的季节性特征,除了冬季和春季共捕获 3 尾赤鲷(*Dasyatis akajei*)外,其余种类均不重复;此外,偶见种在秋季最多,此时主要由于一些保护区内极为少见的暖水性种类的到来,暖水种约占所有偶见种的 70%,如单棘躑鱼(*Chaunax fimbriatus*)和斑鳍天竺鲷(*Apogon carinatus*)等。

所有种类中,趋礁性鱼类为 41 种,占 74.5%。趋礁性种类构成中,除了 95% 以上的定居性鱼类外,还包括季节性近海洄游

的 8 个种类(如海鳗(*Muraenesox cinereus*)和黄姑鱼(*Nibea albiflora*)等),以及具有观赏性、偶尔出现的暖水种(横纹东方鲀(*Takifugu oblongus*)、单棘躄鱼、丝鳍躄鱼(*Callionymus virgis*)、江口小公鱼(*Stolephorus commersonii*)、发光鲷(*Acropoma japonicum*)以及天竺鲷属的鱼类),同时,岛礁环境还吸引了深水层种类,如青鳉(*Gnathagnus elongatus*)、虹鲃(*Erispex pottii*)和黄鮫鱈(*Lophius litulon*)等。

2.2 资源量指数

中街山列岛海洋保护区平均生物量指数夏季最高(1043.7 kg/km²),秋季次之,春季最低,生物量指数最大值为最小值的 4.70 倍(图 2)。尾数密度指数春季最高(122×10³尾/km²),夏季次之,冬季最低,尾数密度指数最大值为最小值的 4.98 倍。调查结果发现,2010 年春季航次调查总共捕获矛尾鰕虎鱼(*Chaeturichthys stigmatias*)11,228 尾,占本航次调查总尾数的 91.3%,为春季调查总尾数的 76.0%,直接导致尾数密度指数在春季出现高值。若不计矛尾鰕虎鱼对生物量和尾数密度指数的贡献,则出现春季生物量指数仍为最低,指数降低 23.6%,而尾数密度指数则仅仅略高于冬季。ANOVA 分析结果表明,生物量指数夏季与春季具有显著性差异($P=0.011<0.05$),而尾数密度指数春季和夏季差异不显著($P=0.620>0.05$),但春季和冬季差异显著($P=0.038<0.05$)。对保护区各季节生物量与尾数密度指数与该海域平均底温、平均盐度之间的关系进行分析,CURVE ESTIMATION 分析结果显示,资源量指数与温度、盐度之间没有相关性($P>0.05$)。

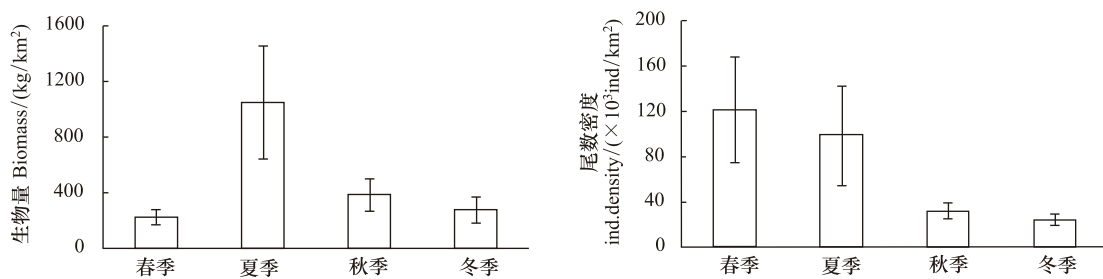


图 2 保护区鱼类资源量指数的季节变化

Fig.2 Seasonal variations of the resource indices of fish in the protected area

2.3 主要优势种

8 航次按季节分组共采集优势鱼类 21 种,其中底层鱼类 8 种,近底层 8 种,中上层 5 种(表 3)。从 2 年度总优势度来看,保护区出现 11 种优势鱼类,其中底层 4 种,近底层 4 种,中上层 3 种(表 3,附录 I)。

表 3 保护区优势种的季节变化

Table 3 Seasonal variations of dominant species in the protected area

季节 Season	底层 Demersal fishes	近底层 Meso-demersal fishes	中上层 Pelagic fishes
春季 Spring	矛尾鰕虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i> (11355)	龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i> (1740)	黄鲫 <i>Setipinna taty</i> (190)
	长吻红舌鲷 <i>Cynoglossus lighti</i> (1216)	石首鱼科幼鱼 <i>Sciaenidae</i> spp. (236)	凤鲚 <i>Coilia nasus</i> (138)
	中华栉孔鰕虎鱼 <i>Ctenotrypauchen chinensis</i> (555)	棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i> (216)	
	红狼牙鰕虎鱼 <i>Odontamblyopus rubicundus</i> (418)	绿鳍鱼 <i>Chelidonichthys kumu</i> (195)	
	海鳗 <i>Muraenesox cinereus</i> (365)	鲢鱼 <i>Müichthys müiyu</i> (108)	
夏季 Summer	矛尾鰕虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i> (319)	小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i> (7152)	银鲳 <i>Pampus argenteus</i> (1160)
	长吻红舌鲷 <i>Cynoglossus lighti</i> (121)	龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i> (1397)	鳀 <i>Engraulis japonicus</i> (689)
		棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i> (525)	刺鲳 <i>Psenopsis anomala</i> (561)
		石首鱼科幼鱼 <i>Sciaenidae</i> spp. (377)	凤鲚 <i>Coilia nasus</i> (493)
		带鱼 <i>Trichiurus lepturus</i> (283)	黄鲫 <i>Setipinna taty</i> (355)
		白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i> (114)	
秋季 Autumn	长吻红舌鲷 <i>Cynoglossus lighti</i> (270)	龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i> (12066)	黄鲫 <i>Setipinna taty</i> (730)
	矛尾鰕虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i> (222)	棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i> (2769)	凤鲚 <i>Coilia nasus</i> (249)
	中华栉孔鰕虎鱼 <i>Ctenotrypauchen chinensis</i> (160)	鲢鱼 <i>Müichthys müiyu</i> (280)	
冬季 Winter	长吻红舌鲷 <i>Cynoglossus lighti</i> (614)	棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i> (2930)	凤鲚 <i>Coilia nasus</i> (6855)
	红狼牙鰕虎鱼 <i>Odontamblyopus rubicundus</i> (489)	龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i> (424)	黄鲫 <i>Setipinna taty</i> (2176)
	矛尾鰕虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i> (292)	鲢鱼 <i>Müichthys müiyu</i> (159)	

续表

季节 Season	底层 Demersal fishes	近底层 Meso-demersal fishes	中上层 Pelagic fishes
	赤鲷 <i>Dasyatis akajei</i> (235)	小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i> (110)	
	中华栉孔鰕虎鱼 <i>Ctenotrypauchen chinensis</i> (201)		
	奈氏鲷 <i>Dasyatis navarrae</i> (140)		
	孔鲷 <i>Raja porosa</i> (111)		
2 年度 Two-year	矛尾鰕虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i> (3298)	龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i> (2715)	凤鲚 <i>Coilia nasus</i> (850)
	长吻红舌鲷 <i>Cynoglossus lighti</i> (340)	小黄鱼 (2022)	黄鲫 <i>Setipinna taty</i> (547)
	中华栉孔鰕虎鱼 <i>Ctenotrypauchen chinensis</i> (160)	棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i> (1010)	银鲳 <i>Pampus argenteus</i> (180)
	红狼牙鰕虎鱼 <i>Odontamblyopus rubicundus</i> (105)	石首鱼科幼鱼 <i>Sciaenidae</i> spp. (231)	

底层优势鱼类中,以鰕虎鱼科、鰕虎鱼科和鲽形目的长吻红舌鲷 (*Cynoglossus lighti*) 为主。矛尾鰕虎鱼为全年“极端”优势种^[22],尤其在春季所占比重最大,相对重要性指数高达 11355。长吻红舌鲷和中华栉孔鰕虎鱼 (*Ctenotrypauchen chinensis*) 分别在 4 个季节均形成了一定的优势群体,成为仅次于矛尾鰕虎鱼的 2 种重要底层优势鱼类。红狼牙鰕虎鱼 (*Odontamblyopus rubicundus*) 是季节性优势种,在春季和冬季集群出现,而营底层生息的赤鲷、奈氏鲷和孔鲷 (*Raja porosa*) 因个体体质量的绝对优势,成为冬季的偶见优势种。

近底层鱼类中,龙头鱼成为全年“极端”优势种,石首鱼科的小黄鱼 (*Larimichthys polyactis*)、棘头梅童鱼 (*Collichthys lucidus*)、鲩鱼 (*Müichthys miiuy*) 以及大量幼鱼分别或共同成为保护区各季节近底层常见优势种,尤其是小黄鱼和棘头梅童鱼分别在夏季和冬季超过龙头鱼成为该季节的“极端”优势种。带鱼 (*Trichiurus lepturus*)、白姑鱼 (*Argyrosomus argentatus*) 和绿鳍鱼 (*Chelidonichthys kumu*) 是保护区季节性优势种,除了冬季外,其他月份均能捕获带鱼,尤其是夏季成为带鱼的优势季节,而白姑鱼和绿鳍鱼则是具有典型季节特点鱼类,仅分别在夏季和春季形成优势群体。

中上层优势鱼类常年以鲷科鱼类为主,凤鲚与黄鲫 (*Setipinna taty*) 成为春季、秋季和冬季仅有的优势种,而在夏季呈现多元化,鲳科的银鲳 (*Pampus argenteus*) 成为夏季“极端”优势种,其次是具有典型春、夏季特征的鳀 (*Engraulis japonicus*),长鲳科的刺鲳 (*Psenopsis anomala*) 夏季也大量在保护区内聚集,亦成为优势群落的重要组成部分。

2.4 多样性特征

对保护区鱼类的 Margalef 丰富度 (D)、Shannon-Wiener 多样性 (H') 和 Pielou 均匀度 (J') 进行分析,结果如图 3。从图 3 可以看出, D 值冬季最高,秋季最低,ANOVA 分析结果表明,秋季与冬季之间差异显著 ($P=0.018<0.05$),但与夏季没有显著性差异 ($P=0.116>0.05$);而 H' 与 J' 值均为夏季最高,秋季最低,最大值分别为最小值的 1.98 倍和 1.82 倍。

2.5 鱼类群落聚类分析及多维度排序

保护区各航次进行聚类分析结果显示 (图 4),NMDS 分析结果的胁强系数为 0.04,表明该图能较好地反映群落间的相似性程度。各航次鱼类群落 NMDS 分析和聚类分析结果基本一致,按季节可分为三大格局,分别为温度适中的秋季 (A) 鱼类组成格局、温度偏低的冬、春季 (B) 鱼类组成格局和温度较高的夏季 (C) 鱼类组成格局。ANOSIM 检验表明,各季节鱼类群落组成呈极显著差异 ($R=0.818, P<0.01$)。其中,格局 B 和格局 C 之间差异明显 ($R=0.873, P<0.05$),但是两者均与格局 A 没有显著差异 ($R=0.680$ 和 $R=0.998, P>0.05$)。

3 讨论

3.1 鱼类组成特征

鱼类种类组成受海洋环境多因子的长期影响,其中,水温、盐度和水系的影响尤为重要^[23-24]。中街山列岛海洋保护区除了受径流、水团和暖流的影响外,还受沿岸低盐水系与外海高盐水系交汇混合消长变化的影响,从而形成了保护区鱼类组成结构的特色。从本文研究结果可以看出,保护区内捕获的 55 种鱼类中,在四季均出现的鱼类有 13 种,仅占 23.6%,但生物量却约占总生物量的 70%;高达 21 种鱼类 (占 38.2%) 只在一个季度中出现,但它们的生物量仅占 4%,从中可发现保护区鱼类种类组成中偶见种和季节性洄游种占有较大的比例,而对鱼类群落生物量起主导作用的种类不到 1/4。在对栖息生境利用的空间尺度

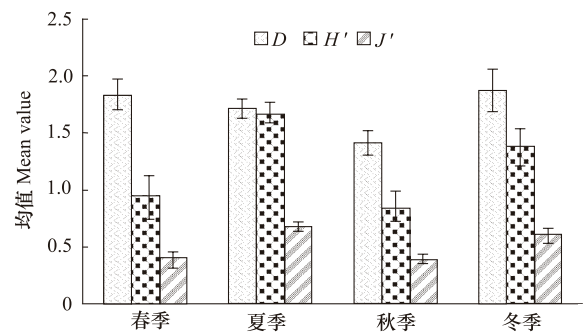


图 3 保护区鱼类多样性指数均值的季节变化
Fig.3 Seasonal variations of mean values of the diversity indices in the protected area

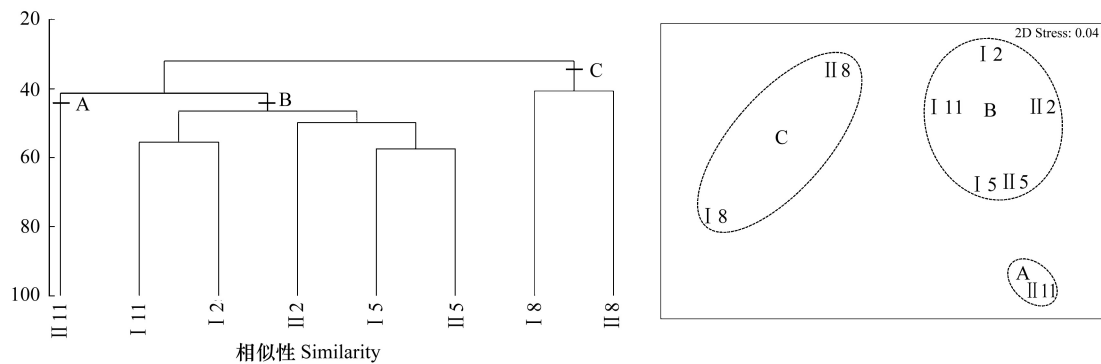


图4 基于生物量数据的各航次鱼类群落组成多元分析(罗马数字表示年度,阿拉伯数字表示月份)

Fig.4 Multivariate analysis of fish community structures in each voyage based on fish biomass date (Roman numeral represent year, Arabic numeral represent month)

上,捕获的鱼类中近海洄游性种类比例高达43.6%,而在时间尺度上,常年在该海域活动的鱼类虽维持在15种左右,但季节种比常年种多60%,且各季节种类数、生物量指数和尾数密度指数变化均较大,聚类和NMSD排序结果也反映季节造成鱼类组成格局的差异,说明保护区的鱼类资源结构受近海季节性洄游种类影响较大,使得这个区域内的鱼类分布季节动态多呈现洄游性更替节律,导致鱼类群落结构的时序相对不稳定性^[25]。

定居性鱼类中,黑鳍天竺鲷(*Apogonichthyoides nigripinnis*)只能在《台湾鱼类志》上检索到,舒氏海龙(*Syngnathus schlegeli*)仅在《东海鱼类志》中检索到;而在舟山海域鱼类名录^[26]中提及的奈氏鲷、大鳞舌鲷(*Cynoglossus macrolepidotus*)、江口小公鱼和蛇鲶等虽有记载但未采集到标本,却在本研究中均有捕获,其中,蛇鲶为常年种,奈氏鲷为冷温种,其他均为暖水种。这可能是受台湾暖流的影响,上述种类从南方热带水域进入保护区,成为偶见种;从更大尺度上,由于全球升温和气候变化的影响,一些近岸海洋栖息地中由原先温带主导的鱼类群落逐渐演变为亚热带种所主导的群落^[27],从而致使在渤海和黄海数量较多的奈氏鲷有南迁的趋势,而且其温度属性存在分歧(《台湾鱼类志》和《福建鱼类志》划归冷温种,徐兆礼^[28]和相关官方搜索网站均纳为暖温种),由于本研究仅在冬季和春季捕获到该种,固将该种列为冷温种。

本研究结果发现保护区内捕获的趋礁性鱼类比例高达74.5%,验证了该海域为典型的岛礁区^[29]。岛礁区种类构成中,除了定居性鱼类和季节性近海洄游鱼类外,还吸引了大量暖水性观赏鱼类(比如喜生活在珊瑚礁干净水域的六指马鲛(*Polynemus sextarius*)和常栖息于珊瑚丛的单棘魮鱼)和深水层种类,说明岛礁生境既在维持固有种类的同时,又提供了良好的栖息场所,体现了岛礁环境聚集和养护鱼类资源的重大作用。

3.2 多样性特征

国内外学者对用生物量和个体数计算的2种多样性指数(H')做过对比研究^[18,30]。朱鑫华等^[31]指出在游泳动物群落内,除了物种间空间分布非均匀性外,个体数与生物量生态密度组成差异悬殊,仅选用个体数指标计算多样性,则过分向小型种倾斜,若仅利用重量指标,其结果则偏重于较大个体。本文利用生物量和个体数2种方法计算多样性指数,经ANOVA检验,结果表明各项均值间没有显著性差异($P=0.513>0.05$),考虑到调查过程中渔获种类个体普遍偏小,故采用个体数计算各多样性指数。

将本研究多样性结果从空间和时间跨度上与其他海域进行了比较,见表4。从空间跨度上来看, D 值呈现东海最高,黄海其次,南海最低的特点,与东海的舟山渔场为我国最大的近海渔场的事实相吻合,而刘勇等^[32]研究结果发现,同属东海区的北部和南部也存在差异,南部丰富度要高于北部,中街山列岛海洋保护区位于刘勇等^[32]研究区域内,本研究结果与李圣法等^[33]计算的 D 值相近;均匀度指数(J')在不同纬度之间相差不大(处于0.52—0.77之间,表4),即与不同鱼种的多度分布的均匀程度在区域间没有较大区别^[31-32]的观点相符;而多样性指数(H')呈现2个特点:(1)纬度越低, H' 值越高,南海明显高于东海和黄海,本研究 H' 值略低于东海中部海域,研究结论与王雪辉等^[30]的将西沙群岛海域鱼类多样性指数与国内其他纬度较高海域和国外纬度较高海域得出的结论相同;(2)大陆架到深水区, H' 值随水深增加而增大,本研究结果发现 H' 值略小于刘勇等^[32]研究结果(本保护区接近其调查区域经度的起始边界),却远小于东海深海底层鱼类群落^[34]的 H' 值(平均值介于2.0—3.0),此研究结论与张洪亮等^[35]和邱永松^[36]的研究结论一致。从时间跨度上来看,与2000年相比,丰富度(D)、多样性(H')和均匀度(J')均有不同程度下降,其中丰富度指数(D)下降最为明显,说明在不断加剧的人为干扰下,包含保护区在内的东海北部群落面临的威胁进一步增加;将本研究不同季节的多样性结果进行比较,夏季 H' 与 J' 值均为最高,其次是冬季,分析原因可能是8月是长江口径流量最大的季节,于是形成了高盐和低盐性的2种水系锋带,有助于饵料生物的繁殖生长,包括中街山列岛海洋保护区在内的河口延伸带为重要的受益区,加之 H' 与温度呈显著正相关^[31],使得该海域成为夏季近底层鱼类集群和幼鱼成育的良

好场所,本研究结果(将本文 H' 的计算公式转化成以 2 为底进行对比,各季 H' 分别为春季 1.36,夏季 2.43,秋季 1.22,冬季 2.00)与珠江口近海区夏季多样性最高的结论一致^[37];而 2 月虽为枯季,长江径流量下降到极小值,由此形成的沿岸流系扩展有限,但是冬季由黑潮暖流主支及其分支(台湾暖流)以及沿岸流与黑潮暖流之间的陆架混合水占据主导^[38],暖水种的补充和常年底层定居种、待进行生殖洄游的刀鲚和凤鲚、小型低值鱼(龙头鱼和鰕虎鱼科鱼类)及以小型低值鱼为食的石首科鱼类(小黄鱼、黄姑鱼和棘头梅童鱼等)^[39]等共同构成保护区冬季群体。此外,春季和秋季的 H' 与 J' 值相对较低,分析原因可能与矛尾鰕虎鱼和龙头鱼分别成为这 2 个季节的“极端优势种”有关,推测还可能是导致生物量指数与温度、盐度没有相关性,以及导致以生物量矩阵进行聚类和 NMDS 排序从而形成第 I 年度和第 II 年度秋季相似性低的重要原因之一。

表 4 与其他海域空间和时间上的多样性比较

Table 4 Comparison of the fish diversity indices among different regions on space and time

区域 Region	数据年份 Data year	指数 Index	春季 Spring	夏季 summer	秋季 Autumn	冬季 Winter	平均值 Mean value	文献 Reference
黄海南部 Southern Yellow Sea	2000	D	2.30	1.88	1.26	1.56	1.75	[32]
		H'	1.62	1.50	1.20	1.45	1.44	
		J'	0.56	0.58	0.50	0.56	0.55	
东海北部(含本保护区) Northern East China Sea (including the protected area)	2000	D	2.78	2.29	2.47	3.10	2.66	[32]
		H'	1.58	1.45	1.83	1.91	1.69	
		J'	0.54	0.51	0.59	0.61	0.56	
东海中部 Central East China Sea	2000	D	2.45	2.39	3.24	3.00	2.77	[32]
		H'	1.60	1.53	1.72	1.88	1.68	
		J'	0.58	0.55	0.53	0.62	0.57	
东海中部 Central East China Sea	2001	D	1.54	1.38	1.84	2.00	1.70	[33]
		H'	1.27	1.09	1.31	1.62	1.32	
		J'	0.58	0.52	0.55	0.63	0.57	
南海大陆架 shelf of South China Sea	1964—1965	H'	3.16	3.42	3.08	3.28	3.24	[37]
		J'	0.70	0.70	0.64	0.69	0.68	
南沙群岛 Islands of South China Sea	2006	D	0.88	0.91	0.90	0.92	0.90	[40]
		H'	3.34	3.57	3.52	3.84	3.57	
		J'	0.79	0.75	0.73	0.80	0.77	
中街山列岛 Islands of East China Sea	2010—2012	D	1.83	1.72	1.42	1.88	1.71	本文 This paper
		H'	0.94	1.68	0.85	1.39	1.22	
		J'	0.39	0.69	0.38	0.60	0.52	

3.3 保护区资源保护与可持续利用

中街山列岛海洋保护区是传统经济种类如小黄鱼、带鱼、银鲳的主产区,历史上还曾是曼氏无针乌贼(*Sepiella maindroni*)的重要产卵场之一,且每年各季鱼汛期都有大量经济鱼类洄游经过^[7]。从本文调查结果来看,仅小黄鱼尚形成一定优势群体,银鲳和带鱼资源优势性已逐渐边缘化(附录 I),取而代之的是矛尾鰕虎鱼、龙头鱼和棘头梅童鱼等小型低质鱼类,反映了目前保护区渔业资源利用结构正在向低值和低营养层次鱼种转化^[41],这种资源衰退趋势和生态系统功能退化现象已成普遍现象^[42]。不过,可喜的是保护区内发现大量石首鱼科幼体,并在春、夏季已形成优势群体,此外,在这 2 个重要季节出现大量小型饵料鱼类(如七星底灯鱼(*Benthosema pterotum*)、发光鲷、细条天竺鲷(*Apogon lineatus*)、虹鲷等),这些种类对维系该海域物种多样性和保护重要渔业资源群体起着不可忽视的生态作用,从源头上讲,这不仅仅是得益于实施的伏季全面休渔制度,更得益于近年来在该保护区内规划并实施的海洋牧场建设;依托天然岛礁优势,加之具有理想的海域功能、优越的水质环境以及较高的初级生产力^[43],通过一系列人工礁体的投放和连续 7a 乌贼卵和幼体的修复放流,曼氏无针乌贼的资源保护与恢复已取得了骄人的成绩,濒临绝迹 20a 的曼氏无针乌贼在浙江海域的年产量又恢复到 1000 t 的水平,且这种修复模式具有可复制性。因此,针对目前中街山保护区物种多样性现状,笔者期待有关部门加快保护区内海洋牧场建设步伐,加大岛礁开发力度,进行岛礁性经济鱼类的修复,并开展针对性的管理措施,以构建可持续性岛礁渔业和独特的海岛经济。

致谢:张洪亮高级工程师提供部分数据,资源室同事在调查和实验环节做了大量工作,上海海洋大学赵静博士帮助写作,特此致谢。

References:

- [1] Xu K D, Zhang H L, Xie H Y, Liang J, Zhang L, Zhu W B. Resource density and community diversity of crustaceans in the waters of Zhongjieshan Islands. *Marine Fisheries*, 2012, 34(2): 308-315.
- [2] Wang Z Z, Zhang Y H, Wu C W, Yan S Q. Resource survey of the benthic algae in Zhongjieshan Islands. *Journal of Fisheries of China*, 2002, 26(2): 189-192.
- [3] Sun J Z, Yu H, Chen W D, Jiang X O. The records of the benthic seaweeds in Zhejiang Province. *Journal of Zhejiang Ocean University: Natural Science*, 2006, 25(3): 312-321.
- [4] Tang Y M, Zhen P Y, Li Y M, Wu C W, Miao Z Q, Xu H X. The ecological environment of cuttlefish's spawning ground and the resource conservation in Zhongjieshan islands. *Journal of Zhejiang College of Fisheries*, 1984, 3(2): 132-140.
- [5] Yang D, Chen Y H, Wu C W. Assessment of seawater quality status in Zhongjieshan Archipelago waters and its neighborhood. *Journal of Zhejiang Ocean University: Natural Science*, 2012, 31(1): 49-53.
- [6] Yao H F, Xue W, Zou G M, Zhu J M, Zhu S X, Zhang J M. Community structure of macrobenthos in the rocky intertidal zone of Zhongjieshan archipelago in spring. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2012, 40(7): 9282-9284.
- [7] Zhang L, Xu K D, Zhang H L, Chen F. Seasonal variety of fishery biology community structure in Zhongjieshan Sea. *Journal of Zhejiang Ocean University: Natural Science*, 2012, 31(4): 290-294.
- [8] General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Specifications for Oceanographic Survey-Part 6: Marine Biological Survey. Beijing: Standards Press of China, 2007.
- [9] Wang Z H, Zhang S Y, Chen Q M, Xu Q, Wang K. Fish community ecology in rocky reef habitat of Ma'an Archipelago. I. Species composition and diversity. *Biodiversity Science*, 2012, 20(1): 41-50.
- [10] Elliott M, Whitfield A K, Potter I C, Blaber S J M, Cyrus D P, Nordlie F G, Harrison T D. The guild approach to categorizing estuarine fish assemblages: a global review. *Fish and Fisheries*, 2007, 8(3): 241-268.
- [11] Nicolas D, Lobry J, Lepape O, Boët P. Functional diversity in European estuaries: relating the composition of fish assemblages to the abiotic environment. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 2010, 88(3): 329-338.
- [12] Nakamura Y, Tsuchiya M. Spatial and temporal patterns of seagrass habitat use by fishes at the Ryukyu Islands, Japan. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 2008, 76(2): 345-356.
- [13] Xu Z L. Comparison of fish density between the Minjiang Estuary and Xinghua Bay during spring and summer. *Journal of Fisheries of China*, 2010, 34(9): 1395-1403.
- [14] Feng C L, Huang H L, Chen X C. Significance analysis on the main parameters of single boat mid-water trawl. *Marine Fisheries*, 2007, 29(1): 8-12.
- [15] Yang L, Zhang X F, Tan Y G, Zhang P. Selectivity study on minimum mesh size of bottom trawl codend in South China Sea. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2003, 10(4): 325-333.
- [16] Pinkas L, Oliphant M S, Iverson I L K. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. *Fish Bulletin*, 1971, 152: 1-105.
- [17] Margalef R. *Perspectives in Ecological Theory*. Chicago: University of Chicago Press, 1968.
- [18] Whil M J L. Use of biomass units in Shannon's formula. *Ecology*, 1968, 49(1): 153-156.
- [19] Pielou E C. The use of information theory in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology*, 1966, 10: 370-383.
- [20] Wang X H, Lin Z J, Du F Y, Qiu Y S, Sun D R, Wang Y Z, Liang X, Huang S L. Fish species composition and community pattern in the continental shelf of northwestern South China Sea. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(7): 2225-2235.
- [21] Zhang T, Zhuang P, Zhang L Z, Hou J L, Wang Y L, Liu J Y, Feng G P, Zhao F, Luo M B, Liu J. Community structure of demersal fish in Nature Reserve of *Acipenser sinensis* in Yangtze River estuary. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(6): 1687-1694.
- [22] Zhang S Y, Liang J, Wang Z H, Wang K. Distribution characteristics of benthic algae in intertidal zone of Ma'an Archipelago of Zhejiang Province. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2008, 19(10): 2299-2307.
- [23] Song P Q, Zhang J, Lin L S, Xu Z C, Zhu X M. Nekton species composition and biodiversity in Taiwan Strait. *Biodiversity Science*, 2012, 20(1): 32-40.
- [24] Gibson R N. Impact of habitat quality and quantity on the recruitment of juvenile flatfishes. *Netherlands Journal of Sea Research*, 1994, 32(2): 191-206.
- [25] Zhu X H, Yang J M, Tang Q S. Study on characteristics of fish community structure in Bohai Sea. *Oceanologia et limnologia Sinica*, 1996, 27(1): 6-13.
- [26] Zhao S L, Zhong J S. Revision on the list of fishes in the Zhoushan sea area. *Journal of Zhejiang Ocean University: Natural Science*, 2005, 24(4): 364-376.
- [27] Henriques M, Gonçalves E J, Almada V C. Rapid shifts in a marine fish assemblage follow fluctuations in winter sea conditions. *Marine Ecology Progress Series*, 2007, 340: 259-270.

- [28] Xu Z L. Comparison of fish fauna of two different waters (Minjiang Estuary and Xinghua Bay) of the East China Sea during spring and summer. *Biodiversity Science*, 2011, 19(1): 79-84.
- [29] Wu C W, Lü Y L, Yu S C. The ideas about the comprehensive exploitation of the fishery in the island and rock district, Zhongjieshan islands. *Ocean Development and Management*, 1995, 12(1): 68-71.
- [30] Wang X H, Du F Y, Lin Z J, Sun D R, Qiu Y S, Huang S L. Fish species diversity and community pattern in coral reefs of the Xisha Islands, South China Sea. *Biodiversity Science*, 2011, 19(4): 463-469.
- [31] Zhu X H, Wu H Z, Xu F S, Ye M Z, Zhao Z J. Nekton community diversity and its associated factors of Yellow Sea and Bohai Sea coastal waters. *Acta Oceanologica Sinica*, 1994, 16(3): 102-112.
- [32] Liu Y, Li S F, Cheng J H. A study on seasonal changes of the fish communities in the East China Sea and the Huanghai Sea. *Acta Oceanologica Sinica*, 2006, 28(4): 108-114.
- [33] Li S F, Cheng J H, Li C S, Li J S. Seasonal Changes on fish community diversity in the middle part of the East China Sea. *Marine Fisheries*, 2005, 27(2): 113-119.
- [34] Shen J A, Cheng Y H. A study on the deep sea demersal fish communities and their structures in the East China Sea. *Journal of Fisheries of China*, 1987, 11(4): 293-306.
- [35] Zhang H L, Xu K D, Zhu Z J, Wang W D, Zhou Y D. Seasonal variations of fish resources and its community diversity in Daiqiyang. *Journal of Fisheries of China*, 2012, 36(4): 601-607.
- [36] Qiu Y S. The regional changes of fish community on the northern continental shelf of South China Sea. *Journal of Fisheries of China*, 1988, 12(4): 303-313.
- [37] Fei H N, He B Q, Chen G M. The regional and seasonal variations of diversity and dominant species of demersal fish communities in continental shelf of Northern Nanhai. *Journal of Fisheries of China*, 1981, 5(1): 1-20.
- [38] Li S F, Cheng J H, Yan L P. Spatial structures of fish communities on the continental shelf of the East China Sea. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(1): 4377-4386.
- [39] Liang J, Wang W D, Pan G L, Yu B C. Preliminary study on changes of fish and macroinvertebrate community structure in Zhujiajian artificial reef area. *South China Fisheries Science*, 2010, 6(4): 13-19.
- [40] Chen W H, Liu X D, Lu H S. Research on seasonal changes of the fish structure community in Nansha Islands waters. *Journal of Tropical Oceanography*, 29(4): 118-124.
- [41] Lin L S, Cheng J H, Ling J Z. Analysis on recent status of the bottom trawl fishery resources in the East China Sea region. *Marine Fisheries*, 2007, 29(4): 371-374.
- [42] Zheng Y J, Chen X Z, Cheng J H, Wang Y L, Shen X Q, Chen W Z, Li C S. *Biology Resource and Environment in the East China Sea Continental Shelf*. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Press, 2003.
- [43] Xu Q, Liu S B, Xu M, Zhang S Y. Preliminary study on sites selection of marine ranching-take Zhoushan as an example. *Fishery Modernization*, 2011, 38(2): 27-31.

参考文献:

- [1] 徐开达, 张洪亮, 谢汉阳, 梁君, 张龙, 朱文斌. 中街山列岛水域甲壳类资源及其群落多样性. *海洋渔业*, 2012, 34(3): 308-315.
- [2] 王志铮, 张义浩, 吴常文, 严世强. 中街山列岛底栖海藻的资源调查. *水产学报*, 2002, 26(2): 189-192.
- [3] 孙建璋, 余海, 陈万东, 江晓鸥. 浙江底栖海藻记录. *浙江海洋学院学报: 自然科学版*, 2006, 25(3): 312-321.
- [4] 唐逸民, 郑佩玉, 李永明, 吴常文, 苗振清, 徐汉祥. 中街山曼氏无针乌贼产卵场生态环境及其资源保护. *浙江水产学院学报*, 1984, 3(2): 132-140.
- [5] 阳丹, 陈应华, 吴常文. 中街山列岛及其邻近海域海水质量结构. *浙江海洋学院学报: 自然科学版*, 2012, 31(1): 49-53.
- [6] 姚海峰, 薛巍, 邹广明, 朱静敏, 朱四喜, 张建明. 中街山列岛岩礁潮间带春季大型底栖动物的群落格局. *安徽农业科学*, 2012, 40(7): 9282-9284.
- [7] 张龙, 徐开达, 张洪亮, 陈峰. 中街山海域渔业动物群落结构的季节变化. *浙江海洋学院学报: 自然科学版*, 2012, 31(4): 290-294.
- [8] 国家质检总局, 国家标准化委员会. *海洋调查规范第6部分: 海洋生物调查*. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [9] 汪振华, 章守宇, 陈清满, 许强, 王凯. 马鞍列岛岩礁生境鱼类群落生态学. I. 种类组成和多样性. *生物多样性*, 2012, 20(1): 41-50.
- [13] 徐兆礼. 春夏季闽江口和兴化湾鱼类数量特征的研究. *水产学报*, 2010, 34(9): 1395-1403.
- [14] 冯春雷, 黄洪亮, 陈雪忠. 主要作业参数对单船中层拖网性能的显著性分析. *海洋渔业*, 2007, 29(1): 8-12.
- [15] 杨齐, 张旭丰, 谭永光, 张鹏. 南海区拖网网囊最小网目尺寸选择性研究. *中国水产科学*, 2003, 10(4): 325-333.
- [20] 王雪辉, 林绍进, 杜飞雁, 邱永松, 孙典荣, 王跃中, 梁新, 黄硕琳. 南海西北部陆架区鱼类的种类组成与群落格局. *生态学报*, 2013, 33(7): 2225-2235.
- [21] 张涛, 庄平, 章龙珍, 候俊利, 王云龙, 刘鉴毅, 冯广朋, 赵峰, 罗民波, 刘健. 长江口中华鲟自然保护区底层鱼类的群落结构特征. *生态学报*, 2011, 31(6): 1687-1694.

[22] 章守宇, 梁君, 汪振华, 王凯. 浙江马鞍列岛海域潮间带底栖海藻分布特征. 应用生态学报, 2008, 19(10): 2299-2307.

[23] 宋普庆, 张静, 林龙山, 许章程, 朱小明. 台湾海峡游泳动物种类组成及其多样性. 生物多样性, 2012, 20(1): 32-40.

[25] 朱鑫华, 杨纪明, 唐启升. 渤海鱼类群落结构特征的研究. 海洋与湖沼, 1996, 27(1): 6-13.

[26] 赵盛龙, 钟俊生. 舟山海域鱼类名录新考. 浙江海洋学院学报: 自然科学版, 2005, 24(4): 364-376.

[28] 徐兆礼. 兴化湾和闽江口海域春夏季鱼类区系特征. 生物多样性, 2011, 19(1): 79-84.

[29] 吴常文, 吕永林, 虞顺成. 中街山岛礁区渔业综合开发建议. 海洋开发与管理, 1995, 12(1): 68-71.

[30] 王雪辉, 杜飞燕, 林昭进, 孙典荣, 邱永松, 黄硕琳. 西沙群岛主要岛礁鱼类物种多样性及其群落格局. 生物多样性, 2011, 19(4): 463-469.

[31] 朱鑫华, 吴鹤洲, 徐凤山, 叶懋中, 赵紫晶. 黄渤海沿岸水域游泳动物群落多样性及其相关因素的研究. 海洋学报, 1994, 16(3): 102-112.

[32] 刘勇, 李圣法, 程家骅. 东海、黄海鱼类群落结构的季节变化. 海洋学报, 2006, 28(4): 108-114.

[33] 李圣法, 程家骅, 李长松, 李建生. 东海中部鱼类群落多样性的季节变化. 海洋渔业, 2005, 27(2): 113-119.

[34] 沈金鳌, 程炎宏. 东海深海底层鱼类群落及其结构的研究. 水产学报, 1987, 11(4): 293-306.

[35] 张洪亮, 徐开达, 朱增军, 王伟定, 周永东. 岱衢洋鱼类资源及其群落多样性的季节变化. 水产学报, 2012, 36(4): 601-607.

[36] 邱永松. 南海北部大陆架鱼类群落的区域性变化. 水产学报, 1988, 12(4): 303-313.

[37] 费鸿年, 何宝全, 陈国铭. 南海北部大陆架底栖鱼群聚的多样性以及优势种区域和季节变化. 水产学报, 1981, 5(1): 1-20.

[38] 李圣法, 程家骅, 严利平. 东海大陆架鱼类群落的空间结构. 生态学报, 2007, 27(1): 4377-4386.

[39] 梁君, 王伟定, 潘国良, 虞宝存. 朱家尖人工鱼礁区鱼类和大型无脊椎动物群落结构变动初探. 南方水产, 2010, 6(4): 13-19.

[40] 陈文河, 刘学东, 卢伙胜. 南沙群岛海域鱼类群落结构的季节性变化研究. 热带海洋学报, 29(4): 118-124.

[41] 林龙山, 程家骅, 凌建忠. 东海区底拖网渔业资源变动分析. 海洋渔业, 2007, 29(4): 371-374.

[42] 郑元甲, 陈雪忠, 程家骅, 王云龙, 沈新强, 陈卫忠, 李长松. 东海区大陆架生物资源与环境. 上海: 上海科学技术出版社, 2003.

[43] 许强, 刘舜斌, 许敏, 章守宇. 海洋牧场建设选址的初步研究——以舟山为例. 渔业现代化, 2011, 38(2): 27-31.

附录 I 中街山列岛海洋保护区鱼类名录、相对丰度的季节分布及生态类群和总优势度

Appendix I The species composition, seasonal variation of relative abundance, eco-group and total dominance in Zhongjieshan Islands MPA

物种 Species	各季度相对丰度				生态类群 Eco-group	总优势度 Total IRI
	Relative abundance within each season(尾/网)					
	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter		
鲭形目						
奈氏鲷 <i>Dasyatis navarrae</i>	0.17			0.25	CT ■ ● ★	13.43
赤鲷 <i>Dasyatis akajei</i>			0.10	0.20	WW ■ ● ☆	17.10
鳐形目						
孔鳐 <i>Raja porosa</i>	0.25	0.30	0.10	0.63	WT ■ ● ◆	27.07
灯笼鱼目						
七星底灯鱼 <i>Benthoosema pterotum</i>	2.34		0.40	0.10	WW ○ ◎ ★	0.49
龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i>	34.42	130.60	302.50	9.23	WT ▲ ◎ ◆	2715.03
叉斑狗母鱼 <i>Synodus macrops</i>		1.10			WW ■ ● ☆	0.40
鲽形目						
半滑舌鳎 <i>Cynoglossus semilaevis</i>	0.17	9.63		0.48	WT ■ ● ◆	11.16
长吻红舌鳎 <i>Cynoglossus lighti</i>	32.42	11.43	8.70	10.75	WT ■ ● ◆	339.56
短吻三线舌鳎 <i>Cynoglossus abbreviatus</i>			0.10		WT ■ ● ☆	0.16
大鳞舌鳎 <i>Cynoglossus macrolepidotus</i>	2.84				WW ■ ● ☆	1.12
宽体舌鳎 <i>Cynoglossus robustus</i>	0.34	2.00	0.10		WT ■ ● ★	13.05
窄体舌鳎 <i>Cynoglossus gracilis</i>				0.40	WT ■ △ ☆	0.50
鲱形目						
黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	4.75	15.15	16.20	46.38	WW ○ ◎ ◆	546.56
刀鲚 <i>Coilia ectenes</i>	0.67		0.20	2.73	WT ○ △ ★	12.28
凤鲚 <i>Coilia nasus</i>	8.33	91.75	7.90	176.43	WW ○ △ ◆	850.37
鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	19.34	102.70			WT ○ ◎ ★	86.91
赤鼻棱鳀 <i>Thrissa kammlensis</i>	0.09		1.50		WW ○ ◎ ★	1.24

续表

物种 Species	各季度相对丰度				生态类群 Eco-group	总优势度 Total IRI
	Relative abundance within each season(尾/网)					
	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter		
江口小公鱼 <i>Stolephorus commersonii</i>		0.30			WW ○ ◎ ☆	0.03
海龙目						
舒氏海龙 <i>Syngnathus schlegeli</i>	3.42			1.35	WW ▲ ● ★	2.39
鲇形目						
海鲇 <i>Arius thalassinus</i>		1.10			WW ■ △ ☆	5.55
鲈形目						
青鲢 <i>Gnathagnus elongatus</i>			0.50		WT ■ ◎ ☆	0.16
灰鲳 <i>Pampus cinereus</i>		0.13			WT ○ ◎ ☆	0.05
银鲳 <i>Pampus argenteus</i>	0.09	25.38	0.30		WW ○ ◎ ★	180.43
刺鲳 <i>Psenopsis anomala</i>	0.09	33.40			WT ○ ◎ ★	78.85
带鱼 <i>Trichiurus lepturus</i>	0.58	11.18	0.90		WT ▲ ◎ ★	79.04
中华栉孔鰕虎鱼 <i>Ctenotrypauchen chinensis</i>	44.5	5.28	7.20	7.08	WW ■ ● ◆	160.08
红狼牙鰕虎鱼 <i>Odontamblyopus rubicundus</i>	18.92	4.38	0.80	16.78	WT ■ ● ◆	104.98
矛尾鰕虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>	1198.00	55.38	10.10	7.80	WT ■ ● ◆	3297.83
蓝圆鲹 <i>Decapterus maruadsi</i>		10.10			WW ○ ◎ ★	9.43
白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i>	0.09	63.88			WT ▲ ◎ ★	15.92
黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	0.09				WT ▲ ◎ ★	0.20
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	0.75	421.03	0.80	1.08	WT ▲ ◎ ◆	2021.99
皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belengerii</i>	0.67	2.00	0.30	0.13	WT ▲ ● ◆	13.38
棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>	8.50	130.63	77.70	46.15	WT ▲ ● ◆	1009.84
鲩鱼 <i>Miichthys miiuy</i>	0.42		0.60	0.40	WT ▲ ◎ ★	66.19
石首鱼科幼鱼 <i>Sciaenidae</i> spp.	28.58	189.63	0.70		WT ▲ ◎ ★	231.38
六指马鲛 <i>Polynemus sextarius</i>			0.20		WW ▲ ● ☆	0.04
横带髯鲷 <i>Hapalogenys mucronatus</i>				0.20	WT ▲ ● ★	0.31
发光鲷 <i>Acropoma japonicum</i>		11.50			WT ▲ ● ★	5.13
细条天竺鲷 <i>Apogon lineatus</i>	0.34	5.10			WW ▲ ● ★	0.99
斑鳍天竺鲷 <i>Apogon carinatus</i>		1.40			WW ▲ ● ☆	0.13
黑鳍天竺鲷 <i>Apogonichthyoides nigripinnis</i>				0.13	WW ▲ ● ☆	0.01
鳄齿鱼 <i>Champsodon capensis</i>			0.30		WT ▲ ◎ ☆	0.03
蓝点马鲛 <i>Scomberomorus niphonius</i>		0.38			WW ○ ◎ ★	0.49
日本鲭 <i>Scomber japonicus</i>		0.38			WW ○ ◎ ★	0.20
丝鳍鲷 <i>Callionymus virgis</i>				0.50	WW ■ ● ☆	0.04
鲉形目						
褐菖鲉 <i>Sebastes marmoratus</i>	0.84	1.10		1.75	WT ■ ● ◆	1.41
虹鲉 <i>Erisphex pottii</i>	0.42	3.88	3.80	0.75	WW ■ ● ◆	7.41
绿鳍鱼 <i>Chelidonichthys kumu</i>	23.09				WT ▲ ◎ ★	13.58
鲷 <i>Platycephalus indicus</i>	0.09			0.40	WT ■ ◎ ★	1.07
鳗鲡目						
海鳗 <i>Muraenesox cinereus</i>	1.75	1.00	0.50		WW ■ ◎ ★	55.43
星康吉鳗 <i>Conger myriaster</i>	0.17	0.10	0.10	0.25	WT ■ ● ◆	8.16
鲟形目						
横纹东方鲟 <i>Takifugu oblongus</i>			0.20		WW ▲ ◎ ☆	0.02
鮫鱈目						
黄鮫鱈 <i>Lophius litulon</i>	0.59			0.13	WT ■ ● ★	3.73
单棘躄鱼 <i>Chaunax fimbriatus</i>			0.30		WW ▲ ● ☆	0.12

(1) 相对丰度指各季度每一网次的平均渔获数量;

(2) WT: 暖温种, WW: 暖水种, CT: 冷温种, ■: 底层鱼类, ▲: 近底层鱼类, ○: 中上层鱼类, ●: 定居性鱼类, ◎: 近海洄游型鱼类, △: 河口洄游型鱼类, ◆: 常年种, ★: 季节性种, ☆: 偶见种

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33 ,No.18 Sep. ,2013 (Semimonthly)
CONTENTS

Development of agroecology in USA	HUANG Guoqin, McCullough Patrick E. (5449)
Research progress on water footprint	MA Jing, PENG Jian (5458)
Analysis and evaluation of the eco-economic systems of the main crops (rice, cotton and rapeseed) in Jiangxi Province, China	SUN Weimin, OU Yizhi, HUANG Guoqin (5467)
Relationship among drought, hydraulic metabolic, carbon starvation and vegetation mortality	DONG Lei, LI Jiyue (5477)
Reviews on the ecological stoichiometry characteristics and its applications	ZENG Dongping, JIANG Liling, ZENG Congsheng, et al (5484)
Composition and fractal features of purple soil aggregates during the vegetation restoration processes in the Three Gorges Reservoir Region	WANG Yihao, GENG Yanghui, HUANG Zhonghua (5493)
Impacts of different surface covers on soil respiration in urban areas	FU Zhihong, HUYAN Jiaoqi, LI Feng, et al (5500)
Chilling sensitivities of three closely related plants with different invasiveness in South China	WANG Yutao, LI Chunmei, LI Shaoshan (5509)
The flower syndrome and pollination adaptation of desert rare species <i>Eremosparton songoricum</i> (litv.) Vass.(Fabaceae)	SHI Xiang, LIU Huiliang, ZHANG Daoyuan, et al (5516)
Competitive effect of <i>Pistia stratiotes</i> to rice and its impacts on rice yield and soil nutrients	SHEN Shicai, XU Gaofeng, ZHANG Fudou, et al (5523)
Photosynthetic physiological ecology characteristics of rare medicinal plants <i>Bletilla striata</i>	WU Mingkai, LIU Hai, SHEN Zhijun, et al (5531)
Photosynthetic responses to Solar UV radiation of <i>Gracilaria lemaneiformis</i> cultured under different temperatures and CO ₂ concentrations	YANG Yuling, LI Wei, CHEN Weizhou, et al (5538)
The effect of soil oxygen availability on greenhouse gases emission in a double rice field	QIN Xiaobo, LI Yu'e, WAN Yunfan, et al (5546)
Effects of nitrogen management on NH ₃ volatilization and nitrogen use efficiency under no-tillage paddy fields	MA Yuhua, LIU Bing, ZHANG Zhisheng, et al (5556)
Study on characteristics of net photosynthetic rate of two kinds of tree shape and Impact Factors in Korla fragrant pear	SUN Guili, XU Min, LI Jiang, et al (5565)
Effects of sand burial on growth, survival, photosynthetic and transpiration properties of <i>Agriophyllum squarrosum</i> seedlings	ZHAO Halin, QU Hao, ZHOU Ruilian, et al (5574)
Effects of using plastic film as mulch combined with bunch planting on soil temperature, moisture and yield of spring wheat in a semi-arid area in drylands of Gansu, China	WANG Hongli, SONG Shangyou, ZHANG Xucheng, et al (5580)
Study on soil aggregates stability of mulberry ridge in Rocky Desertification based on Le Bissonnais method	WANG Sanshu, HUANG Xianzhi, SHI Dongmei, et al (5589)
Effects of fertilization on nitrogen loss with different forms via runoff and seepage under <i>Phyllostachy praecox</i> stands	CHEN Peipei, WU Jiasen, ZHENG Xiaolong, et al (5599)
Characteristics of physiological groups of soil nitrogen-transforming microbes in different vegetation types in the Loess Gully region, China	XING Xiaoyi, HUANG Yimei, AN Shaoshan, et al (5608)
Effects of vegetation types on soil microbial biomass C, N, P on the Loess Hilly Area	ZHAO Tong, YAN Hao, JIANG Yueli, et al (5615)
Influence of mulching management on soil microbe and its relationship with soil nutrient in <i>Phyllostachys praecox</i> stand	GUO Ziwu, YU Wenxian, CHEN Shuanglin, et al (5623)
Effect of rainfall on the seasonal variation of soil respiration in Hulunber Meadow Steppe	WANG Xu, YAN Yuchun, YAN Ruirui, et al (5631)
Spatial heterogeneity of fine roots in a subtropical evergreen broad-leaved forest and their sampling strategy based on soil coring method	HUANG Chaochao, HUANG Jinxue, XIONG Decheng, et al (5636)
Changes of leaf traits and WUE with crown height of four tall tree species	HE Chunxia, LI Jiyue, MENG Ping, et al (5644)
Sap flow dynamics of <i>Populus alba</i> L.× <i>P.talassica</i> plantation in arid desert area	ZHANG Jun, LI Xiaofei, LI Jianguo, et al (5655)
Effects of simulated temperature increase and vary little quality on litter decomposition	LIU Ruipeng, MAO Zijun, LI Xinghuan, et al (5661)
The effects of leaf stoichiometric characters on litter turnover in an arid-hot valley of Jinsha River, China	YAN Bangguo, JI Zhonghua, HE Guangxiong, et al (5668)
Comparison of concentrations of non-structural carbohydrates between new twigs and old branches for 12 temperate species	ZHANG Haiyan, WANG Chuankuan, WANG Xingchang (5675)
Combined effects of root cutting, auxin application, and potassium fertilizer on growth, sugar, nicotine ratio, and organic potassium index of flue-cured tobacco	WU Yanhui, XUE Lixin, XU Zicheng, et al (5686)
Effects of photoperiod and high fat diet on energy intake and thermogenesis in female <i>Apodemus chevrieri</i>	GAO Wenrong, ZHU Wanlong, MENG Lihua, et al (5696)
Effects of dietary chlorogenic acid supplementation on antioxidant system and anti-low salinity of <i>Litopenaeus vannamei</i>	WANG Yun, LI Zheng, LI Jian, et al (5704)

- Responses of desert plant diversity, community and interspecific association to soil salinity gradient ZHANG Xueni, LÜ Guanghui, YANG Xiaodong, et al (5714)
- Community characteristics in a chronosequence of karst vegetation in Mashan county, Guangxi WEN Yuanguang, LEI Liqun, ZHU Hongguang, et al (5723)
- Association between environment and community of *Pinus taiwanensis* in Daiyun Mountain LIU Jinfu, ZHU Dehuang, LAN Siren, et al (5731)
- The dynamics of soil fauna community during litter decomposition at different phenological stages in the subtropical evergreen broad-leaved forests in Sichuan basin WANG Wenjun, YANG Wanqin, TAN Bo, et al (5737)
- Seasonal dynamics and content of soil labile organic carbon of mid-subtropical evergreen broadleaved forest during natural succession FAN Yuexin, YANG Yusheng, YANG Zhijie, et al (5751)
- The stoichiometric characteristics of C, N, P for artificial plants and soil in the hinterland of Taklimakan Desert LI Congjuan, LEI Jiaqiang, XU Xinwen, et al (5760)
- A preliminary investigation on the population and behavior of the Tundra Swan (*Cygnus columbianus*) in Poyang Lake DAI Nianhua, SHAO Mingqin, JIANG Lihong, et al (5768)
- Effects of nutrient enrichment and fish stocking on succession and diversity of phytoplankton community CHEN Chun, LI Sijia, XIAO Lijuan, HAN Boping (5777)
- The depositional environment and organic sediment component of Dagze Co, a saline lake in Tibet, China LIU Shasha, JIA Qinxian, LIU Xifang, et al (5785)
- Spatiotemporal variation of interacting relationships among multiple provisioning and regulating services of Tibet grassland ecosystem PAN Ying, XU Zengrang, YU Chengqun, et al (5794)
- Spatial distribution of dissolved amino acids in Lake Taihu, China YAO Xin, ZHU Guangwei, GAO Guang, et al (5802)
- RS- and GIS-based study on ecological function regionalization in the Chaohu Lake Basin, Anhui Province, China WANG Chuanhui, WU Li, WANG Xinyuan, et al (5808)
- Trends of spring maize phenophases and spatio-temporal responses to temperature in three provinces of Northeast China during the past 20 years LI Zhengguo, YANG Peng, TANG Huajun, et al (5818)
- Species selection for landscape rehabilitation and their response to environmental factors in Poyang Lake wetlands XIE Dongming, JIN Guohua, ZHOU Yangming, et al (5828)
- Temporal and spatial pattern of the phytoplankton biomass in the Pearl River Delta WANG Chao, LI Xinhui, LAI Zini, et al (5835)
- Spatio-temporal dynamics of land use/land cover and its driving forces in Nanjing from 1995 to 2008 JIA Baoquan, WANG Cheng, QIU Erfa (5848)
- Changes of organic carbon and its labile fractions in topsoil with altitude in subalpine-alpine area of southwestern China QIN Jihong, WANG Qin, SUN Hui (5858)
- The carbon sink of urban forests and efficacy on offsetting energy carbon emissions from city in Guangzhou ZHOU Jian, XIAO Rongbo, ZHUANG Changwei, et al (5865)
- Groundwater salt content change and its simulation based on machine learning model in hinterlands of Taklimakan Desert FAN Jinglong, LIU Hailong, LEI Jiaqiang, et al (5874)
- Analysis of coordination degree between urban development and water resources potentials in arid oasis city XIA Fuqiang, TANG Hong, YANG Degang, et al (5883)
- Constructing an assessment indices system to analyze integrated regional carrying capacity in the coastal zones: a case in Nantong WEI Chao, YE Shufeng, GUO Zhongyang, et al (5893)
- Fish species diversity in Zhongjieshan Islands Marine Protected Area (MPA) LIANG Jun, XU Hanxiang, WANG Weiding (5905)
- Distribution and long-term changes of net-phytoplankton in the tidal freshwater estuary of Changjiang during wet season JIANG Zhibing, LIU Jingjing, LI Hongliang, et al (5917)
- Study of urban metabolic structure based on ecological network: a case study of Dalian LIU Gengyuan, YANG Zhifeng, CHEN Bin, et al (5926)
- Factors influencing of residents' tolerance towards wild boar in and near nature reserve: Taking the Heilongjiang Fenghuangshan Nature Reserve as the example XU Fei, CAI Tiju, JU Cunyong, et al (5935)
- Herdsmen's willingness to participate in ecological protection in Sanjiangyuan Region, China LI Huimei, ZHANG Anlu, WANG Shan, et al (5943)
- Analysis of first flush in rainfall runoff in Shenyang urban city LI Chunlin, LIU Miao, HU Yuanman, et al (5952)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 陈利顶 编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 33 卷 第 18 期 (2013 年 9 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 18 (September, 2013)

编 辑 《生态学报》编辑部
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085
电话:(010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

主 编 王如松

主 管 中国科学技术协会

主 办 中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂

发 行 科 学 出 版 社
地址:东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717
电话:(010)64034563
E-mail: journal@cspg.net

订 购 全国各地邮局

国外发行 中国国际图书贸易总公司
地址:北京 399 信箱
邮政编码:100044

广告经营 京海工商广字第 8013 号
许 可 证

Edited by Editorial board of
ACTA ECOLOGICA SINICA
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
Tel: (010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

Editor-in-chief WANG Rusong

Supervised by China Association for Science and Technology

Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel: (010)64034563
E-mail: journal@cspg.net

Domestic All Local Post Offices in China

Foreign China International Book Trading
Corporation
Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元