

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 19 期 Vol.33 No.19 **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19期

2013年10月 (半月刊)

目次

中国生态学会 2013 年学术年会专辑 卷首语

- 生态系统服务研究文献现状及不同研究方向评述 马凤娇, 刘金铜, A. Egrinya Eneji (5963)
- 非人灵长类性打搅行为研究进展 杨 斌, 王程亮, 纪维红, 等 (5973)
- 密度制约效应对啮齿动物繁殖的影响 韩群花, 郭 聪, 张美文 (5981)
- 食物链长度远因与近因研究进展综述 王玉玉, 徐 军, 雷光春 (5990)
- AM 真菌在植物病虫害生物防治中的作用机制 罗巧玉, 王晓娟, 李媛媛, 等 (5997)
- 保护性耕作对农田碳、氮效应的影响研究进展 薛建福, 赵 鑫, Shadrack Batsile Dikgwatlhe, 等 (6006)
- 圈养大熊猫野化培训期的生境选择特征 张明春, 黄 炎, 李德生, 等 (6014)
- 利用红外照相技术分析野生白冠长尾雉活动节律及时间分配 赵玉泽, 王志臣, 徐基良, 等 (6021)
- 风速和持续时间对树麻雀能量收支的影响 杨志宏, 吴庆明, 董海燕, 等 (6028)
- 白马雪山自然保护区灰头小鼯鼠的巢址特征 李艳红, 关进科, 黎大勇, 等 (6035)
- 生境片段化对千岛湖岛屿上黄足厚结猛蚁遗传多样性的影响 罗媛媛, 刘金亮, 黄杰灵, 等 (6041)
- 基于 28S, COI 和 Cytb 基因序列的薛荔和爱玉子传粉小蜂分子遗传关系研究
..... 吴文珊, 陈友铃, 孙伶俐, 等 (6049)
- 高榕榕果内 *Eupristina* 属两种榕小蜂的遗传进化关系 陈友铃, 孙伶俐, 武蕾蕾, 等 (6058)
- 镉胁迫下杞柳对金属元素的吸收及其根系形态构型特征 王树凤, 施翔, 孙海菁, 等 (6065)
- 邻苯二甲酸对萝卜种子萌发、幼苗叶片膜脂过氧化及渗透调节物质的影响
..... 杨延杰, 王晓伟, 赵 康, 等 (6074)
- 极端干旱区多枝桤柳幼苗对人工水分干扰的形态及生理响应 马晓东, 王明慧, 李卫红, 等 (6081)
- 贝壳砂生境酸枣叶片光合生理参数的水分响应特征 王荣荣, 夏江宝, 杨吉华, 等 (6088)
- 陶粒覆盖对土壤水分、植物光合作用及生长状况的影响 谭雪红, 郭小平, 赵廷宁 (6097)
- 不同林龄短枝木麻黄小枝单宁含量及养分再吸收动态 叶功富, 张尚炬, 张立华, 等 (6107)
- 珠江三角洲不同污染梯度下森林优势种叶片和枝条 S 含量比较 裴男才, 陈步峰, 邹志谨, 等 (6114)
- AM 真菌和磷对小马安羊蹄甲幼苗生长的影响 宋成军, 曲来叶, 马克明, 等 (6121)
- 盐氮处理下盐地碱蓬种子成熟过程中的离子积累和种子萌发特性 周家超, 付婷婷, 赵维维, 等 (6129)
- CO₂ 浓度升高条件下内生真菌感染对宿主植物的生理生态影响 师志冰, 周 勇, 李 夏, 等 (6135)
- 预处理方式对香蒲和芦苇种子萌发的影响 孟 焕, 王雪宏, 佟守正, 等 (6142)
- 镉在土壤-金丝垂柳系统中的迁移特征 张 雯, 魏 虹, 孙晓灿, 等 (6147)
- 马尾松人工林近自然化改造对植物自然更新及物种多样性的影响 罗应华, 孙冬婧, 林建勇, 等 (6154)
- 濒危海草贝克喜盐草的种群动态及土壤种子库——以广西珍珠湾为例
..... 邱广龙, 范航清, 李宗善, 等 (6163)
- 毛乌素沙地南缘沙丘生物结皮对凝结水形成和蒸发的影响 尹瑞平, 吴永胜, 张 欣, 等 (6173)
- 塔里木河上游灰胡杨种群生活史特征与空间分布格局 韩 路, 席琳乔, 王家强, 等 (6181)
- 短期氮素添加和模拟放牧对青藏高原高寒草甸生态系统呼吸的影响 宗 宁, 石培礼, 蔺 婧, 等 (6191)
- 松嫩平原微地形下土壤水盐与植物群落分布的关系 杨 帆, 王志春, 王云贺, 等 (6202)

广州大夫山雨季林内外空气 TSP 和 PM _{2.5} 浓度及水溶性离子特征	肖以华, 李 炯, 旷远文, 等 (6209)
马鞍列岛岩礁生境鱼类群落结构时空格局	汪振华, 赵 静, 王 凯, 等 (6218)
黄海细纹狮子鱼种群特征的年际变化	陈云龙, 单秀娟, 周志鹏, 等 (6227)
三种温带森林大型土壤动物群落结构的时空动态	李 娜, 张雪萍, 张利敏 (6236)
笔管榕榕小蜂的群落结构与物种多样性	陈友铃, 陈晓倩, 吴文珊, 等 (6246)
海洋生态资本理论框架下的生态系统服务评估	陈 尚, 任大川, 夏 涛, 等 (6254)
中国地貌区划系统——以自然保护区体系建设为目标	郭子良, 崔国发 (6264)
生态植被建设对黄土高原农林复合流域景观格局的影响	易 扬, 信忠保, 覃云斌, 等 (6277)
华北农牧交错带农田-草地景观镶嵌体土壤水分空间异质性	王红梅, 王仲良, 王 堃, 等 (6287)
中国北方春小麦生育期变化的区域差异性与气候适应性	俄有浩, 霍治国, 马玉平, 等 (6295)
中国南方喀斯特石漠化演替过程中土壤理化性质的响应	盛茂银, 刘 洋, 熊康宁 (6303)
气候变化对东北沼泽湿地潜在分布的影响	贺 伟, 布仁仓, 刘宏娟, 等 (6314)
内蒙古不同类型草地土壤氮矿化及其温度敏感性	朱剑兴, 王秋风, 何念鹏, 等 (6320)
黑河中游荒漠绿洲区土地利用的土壤养分效应	马志敏, 吕一河, 孙飞翔, 等 (6328)
成都平原北部水稻土重金属含量状况及其潜在生态风险评价	秦鱼生, 喻 华, 冯文强, 等 (6335)
大西洋中部延绳钓黄鳍金枪鱼渔场时空分布与温跃层的关系	杨胜龙, 马军杰, 张 禹, 等 (6345)
夏季台湾海峡南部海域上层水体的生物固氮作用	林 峰, 陈 敏, 杨伟锋, 等 (6354)
北长山岛森林乔木层碳储量及其影响因子	石洪华, 王晓丽, 王 媛, 等 (6363)
植被类型变化对长白山森林土壤碳矿化及其温度敏感性的影响	王 丹, 吕瑜良, 徐 丽, 等 (6373)
油松遗传结构与地理阻隔因素的相关性	孟翔翔, 狄晓艳, 王孟本, 等 (6382)
基于辅助环境变量的土壤有机碳空间插值——以黄土丘陵区小流域为例	文 雯, 周宝同, 汪亚峰, 等 (6389)
基于生命周期视角的产业资源生态管理效益分析——以虚拟共生网络系统为例	施晓清, 李笑诺, 杨建新 (6398)
生态脆弱区贫困与生态环境的博弈分析	祁新华, 叶士琳, 程 煜, 等 (6411)
“世博”背景下上海经济与环境的耦合演化	倪 尧, 岳文泽, 张云堂, 等 (6418)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 464 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 55 * 2013-10



封面图说: 毛乌素沙地南缘沙丘的生物结皮——生物土壤结皮广泛分布于干旱和半干旱区, 它的形成和发育对荒漠生态系统生态修复过程产生重要的影响。组成生物结皮的藻类、苔藓和地衣是常见的先锋植物, 它们不仅能在严重干旱缺水、营养贫瘠恶劣的环境中生长、繁殖, 并且能通过其代谢方式影响并改变环境。其中一个重要的特点是, 生物结皮表面的凝结水显著大于裸沙。研究表明, 凝结水是除降雨之外最重要的水分来源之一, 在水分极度匮乏的荒漠生态系统, 它对荒漠生态系统结构、功能和过程的维持产生着重要的影响。

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/stxb201306081445

汪振华, 赵静, 王凯, 章守宇. 马鞍列岛岩礁生境鱼类群落结构时空格局. 生态学报, 2013, 33(19): 6218-6226.

Wang Z H, Zhao J, Wang K, Zhang S Y. Fish community ecology in rocky reef habitat of Ma'an Archipelago II. Spatio-temporal patterns of community structure. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(19): 6218-6226.

马鞍列岛岩礁生境鱼类群落结构时空格局

汪振华, 赵 静, 王 凯, 章守宇*

(上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306)

摘要: 基于 2009 年马鞍列岛潮下带岩礁生境的多网目三层组合刺网逐月调查数据, 对鱼类群落月相和季度间的变化、区域尺度上的空间差异和群落的稳态进行了探讨, 应用优势种相对丰度和生物量、定居性鱼类和洄游种的季节动态、非度量多维标度 (nMDS) 和生物量丰度曲线 (ABC) 分析方法对群落时空格局进行了分析。结果显示: 季节性洄游种集中出现在夏秋季, 但对岩礁生境的利用表现出不同区域的强度差异; 小黄鱼 *Larimichthys polyactis* 和黄姑鱼 *Nibea albiflora* 周年利用岩礁生境, 但强度有别, 尤其在冬季; 定居性鱼类褐菖鲉 *Sebastiscus marmoratus*、斑头鱼 *Agrammus agrammus* 和大泷六线鱼 *Hexagrammos otakii* 在春末夏初的种群密度最高, 同样表现出某些或大部分月份的区域差异; 而河口种中国花鲈 *Lateolabrax maculatus* 则更多地选择秋冬季出现在岩礁生境。多元分析结果揭示了当地岩礁生境鱼类群落格局上显著的季节和区域差异, 这是定居性鱼类对岩礁生境利用的阶段性变化和区域差异、结合洄游种季节迁移和选择性分布等因素作用下共同形成的格局。ABC 分析进一步发现, 丰富的鱼类生态类型形成了夏季岩礁生境更为稳定的群落状态, 而冬季相反; 同时各季度 A 区的群落干扰明显强过 B 区。研究表明, 产卵季节海域西北部的岩礁生境很可能起着主要的产卵场功能, 而东南部区域各季度皆侧重于幼鱼育肥场的功能表达。丰富的种类区系加之优势种的季节性交替出现, 共同塑造了岩礁生境极具动态的鱼类群落格局, 对维持岛礁海域鱼类多样性以及局部区域生态系统的稳定性起着非常重要的作用。

关键词: 岩礁生境; 鱼类群落; 时空格局; 马鞍列岛

Fish community ecology in rocky reef habitat of Ma'an Archipelago II. Spatio-temporal patterns of community structure

WANG Zhenhua, ZHAO Jing, WANG Kai, ZHANG Shouyu*

College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

Abstract: Spatio-temporal pattern in fish community structure is an important topic for fish community ecologists. In order to better understand fish community characteristics in rocky reef habitats (RR) of the Ma'an Archipelago, we analyzed monthly data from 21 randomly selected sites sampled with multi-mesh trammel nets in 2009. This study reveals spatial and temporal variation in fish community composition, and specifically focuses on seasonal variation in the relative population density of dominant fishes, species richness and diversity, fish community composition, disturbance-related fish community dynamics, and regional differences in fish community patterns based on these indices. Regional differences can be explained by gradients in water turbidity and salinity along tidal currents, so sites set in the southeast were allocated to area A, and sites set in the northwest were allocated to area B. We test the assumption that fish communities in RR habitat within the study area are a function not only of seasonal variations, but also of spatial differences between areas A and B. We use indices of abundance catch per unit effort (A-CPUE) to specify relative population density and community abundance density. Multivariate analysis such as multidimensional scaling (MDS), similarity percentage (SIMPER), analysis of similarity (ANOSIM) and abundance biomass curves (ABC) were introduced to explain spatial differences and temporal variation in fish community composition. Seasonally migrating species such as *Thrissa mystax* and *Stephanolepis cirrifer* were

基金项目: 国家重点基础研究发展计划资助项目 (2011CB111608); 国家自然科学基金资助项目 (41176110)

收稿日期: 2013-06-08; **修订日期:** 2013-08-26

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: syzhang@shou.edu.cn

collected only in summer and autumn, and habitat use by both differs between areas A and B. *Larimichthys polyactis* and *Nibea albiflora* can be found in RR habitat all year, but they choose different microhabitats in different seasons. *Sebastes marmoratus*, *Agrammus agrammus* and *Hexagrammos otakii* reach their highest population density during late spring and early summer, but they can be found most months in areas A and B, though their densities are time- and space-dependent. The estuarine fish *Lateolabrax maculatus* appears frequently during autumn and winter but is less abundant in other seasons. SIMPER, ANOSIM and MDS analyses reveal obvious seasonal variations in fish community composition and significant spatial differences between areas A and B ($P < 0.001$). The population rise and fall of the local species mixed with the immigration and emigration of migrating species both contribute to this pattern. The ABC analysis further indicates that the most stable communities can be found in summer, while the opposite is true in winter. Much more disturbance exists in area A compared to area B during each of the four seasons. We conclude that abundant eco-types and obvious seasonal variations in population density of dominant fishes, which relates to habitat use tendency, contribute together to the spatio-temporal patterns of fish communities in the RR habitat of the Ma'an archipelago. A comprehensive understanding of this is vital to the protection and sustainable use of living resources in the study area.

Key Words: rocky reef habitat; fish community; spatio-temporal pattern; Ma'an Archipelago

鱼类组成在不同时间尺度上的变化及不同空间尺度上的差异共同形成了其在特定生境或区域的群落格局。探索这种格局形成的过程和机制是生态学研究的重要内容^[1-2]。20 世纪 80 年代以后,随着生态学尺度研究的深入,对岩礁生境鱼类群落不同时空格局的成因探讨得到进一步的拓展和深入^[3-4]。在站点尺度或小尺度上研究格局,研究者认为需重点考虑种类的竞争、捕食和避敌等问题^[5],同时不能忽略人类捕捞的影响^[6]。在区域尺度上探讨群落格局则需把握研究区域的底质、水文水质和物理空间异质性等信息^[7-9]。但在景观或更大的尺度上探讨这种格局时,认为温度、盐度、深度和流系等是群落差异形成的主导因子^[5,10-12]。在特定生境中,鱼类群落格局在昼夜^[13]、月相和季度^[7,14]以及年际间^[15]都会发生变化。这些变化的产生除了各种环境的影响之外,群落的特征种或优势种随着生活史的变化而迁入迁出亦成为格局变化的关键原因^[2,15]。如能充分了解一种栖息地的鱼类时空格局,则可为特定资源群体的保护和管理提供积极参考^[16]。

马鞍列岛海域是鱼类优良的产卵和育肥场,但该海域所有栖息地是否皆起到上述功能?其空间差异是否存在?区域功能是否有侧重?……这些问题一直不得而知。对于保护区而言,应该突出对产卵场的持续保护和育幼所的阶段性的封闭管理,而前提是必须查清海域资源的栖息地利用格局。本文目的即在前期阐述马鞍列岛岩礁生境鱼类组成和多样性特征^[14]的基础上,进一步探究其群落结构的季节变化和空间差异,丰富当地岩礁生境鱼类群落特征基础数据,为海洋特别保护区鱼类资源的利用和管理提供参考。研究区域地处亚热带海区,水温和透明度等水文因子具有明显的季节差异,同时受长江和钱塘江冲淡水的周期性影响,这些环境因子亦呈现出空间上的梯度变化特征。基于此,研究区域的鱼类群落不仅仅会呈现季节上的变化,而且会表现出海域环境梯度方向上的空间差异。本文将从优势种的数量变化、群落组成时空格局和群落稳定性的变化 3 个方面来验证上述假设。

1 材料与方法

1.1 研究区域和站点布设

研究区域在浙江省舟山群岛北部马鞍列岛海洋特别保护区。在列岛的西北部岩礁以外的区域,其底质以粉砂质软泥为主;在东南部岩礁以外区域以硬相沙石泥底质为主。相应的,两个区域的年平均透明度和盐度分别为(1.11 ± 0.67) m 和(29.04 ± 1.52)以及(2.43 ± 1.29) m 和(30.11 ± 1.58),存在较大差别。根据所有采样站点的分布情况结合当地冲淡水和潮汐共同影响下的环境梯度分布特征,将 S01—S11 共 11 个站点所在区域划为 A 区,而 S12—S21 共计 10 个站点所在区域划为 B 区(图 1)。本文研究区域 21 个站点的具体采样信息参见文献^[14]。

1.2 采样方法和样品处理

本文采样方法和样品处理同^[14]。蟹笼渔获星康吉鳗 *Conger myriaster* 仅在丰度和生物量曲线分析中出现。

1.3 数据处理和统计分析

以丰度 CPUE (Catch Per Unit Effort, 个/d) 表示各采样站点鱼类的相对密度。优势种相对丰度和群落组成排序时,不包含蟹笼渔获。采用单因素方差分析(One-Way ANOVA)检验相同月份不同区域间优势种的丰度 CPUE 差异。显著性水平为 $\alpha = 0.05$ 。

利用非度量多维标度(Nonmetric Multidimensional Scaling, nMDS)对不同区域和不同季节间的鱼类群落结构进行排序,同时结合 ABC (Abundance-Biomass Curve) 曲线进行群落扰动和变化分析。首先对所有站点的渔获丰度和生物量进行标准化,即将

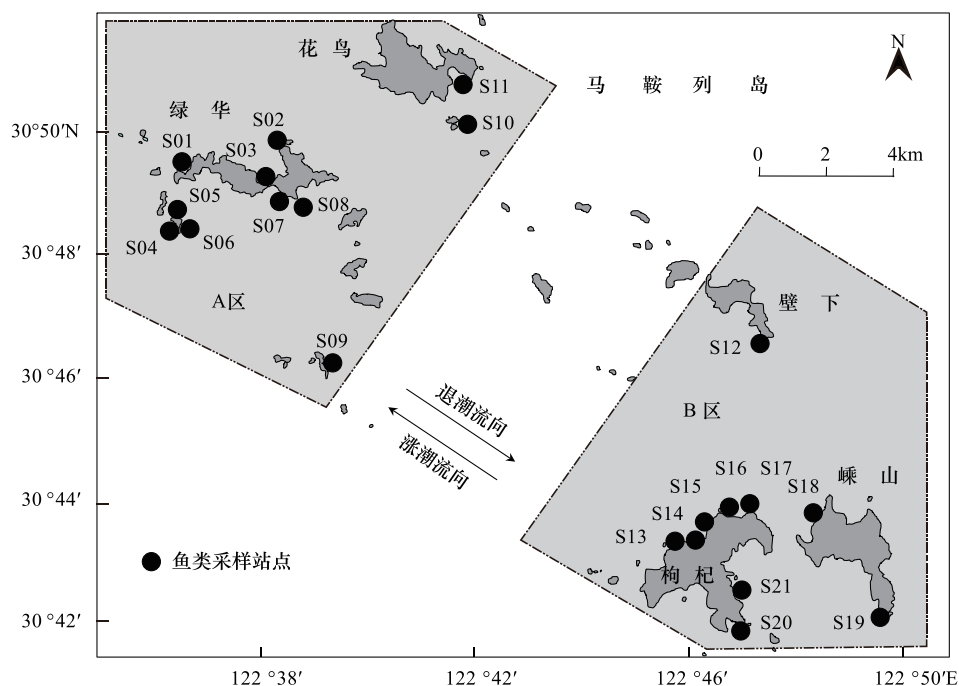


图1 采样区域和站点分布

Fig.1 Location of study area and distribution of sampling sites

渔获尾数和重量转化为 24 h 对应的丰度和生物量,以此建立丰度和生物量矩阵,计算任意两站点间的 Bray-curtis 相似性系数值,以此形成相似性矩阵,进行进一步的排序分析。MDS 图的可解释程度根据其压力系数(stress)来确定,通常当 $\text{stress} < 0.2$ 时,该图具有一定的可信度。利用相似性百分比(Similarity Percentage, SIMPER)分析来确定群落差异形成的主要贡献物种。利用相似性分析(Analysis of Similarities, ANOSIM)检验不同季节和区域群落组成的差异性^[17],置换数皆为 1000。在做 nMDS 分析时将出现率小于 5% 的种类剔除^[18]。以上分析皆使用 PRIMER5.0 完成。

2 结果

2.1 优势种丰度 CPUE 时空变化

分别对赤鼻棱鳀 *Thrisa mystax*, 丝背细鳞鲷 *Stephanolepis cirrhifer*, 小黄鱼 *Larimichthys polyactis*, 黄姑鱼 *Nibea albiflora*, 褐菖鲷 *Sebastiscus marmoratus*, 斑头鱼 *Agrammus agrammus*, 大泷六线鱼 *Hexagrammos otakii* 和中国花鲈 *Lateolabrax maculatus* 等共 8 种主要优势种类的丰度 CPUE 进行统计(上述优势种占全年总渔获尾数的 67.8% 和渔获重量的 53.5%),由图 2 可以看出,上述优势种在相同时间尺度上对马鞍列岛岩礁生境的空间利用存在不同程度的差异。

季节性洄游种方面(图 2):赤鼻棱鳀在 B 区停留的月份多于 A 区,进入 8 和 9 月后两区域表现出类似的变化趋势。虽然 AB 两区 8、9 月的丰度 CPUE 月均值并不相同,但之间尚无显著差异($F_{8,AB} = 1.037$; $F_{9,AB} = 1.633$, $P > 0.05$)。丝背细鳞鲷大量出现的月份在 AB 两区基本吻合,差别在于 5、6 月它首先在 B 区出现,直到 7 月才出现在 A 区。10 月份开始,赤鼻棱鳀逐渐消失于 B 区,而 A 区一直持续到 11 月,且捕获的量也明显大于 B 区。

近海洄游种方面(图 2):小黄鱼在 B 区岩礁生境出现的月份数明显多于 A 区。除 1、3 月份小黄鱼在 A 区的丰度 CPUE 显著高于 B 区外,其他月份两区间的差异并不明显。在时间尺度上,全年 12 个月在 B 区皆采捕到黄姑鱼,而 2 月份和 8 月份的 A 区未能捕获。AB 两区域的黄姑鱼丰度 CPUE 在冬、春和夏季的多数月份皆无显著差异。进入夏末和秋季,两区的丰度 CPUE 逐渐从相似转变为 A 区小于 B 区,到了 12 月份则显著低于 B 区。

定居性鱼类方面(图 2):褐菖鲷表现出 AB 两区岩礁生境较大的数量差异。全年 B 区的丰度 CPUE 除了 9 月略大于、10 月略小于 A 区外,其他月份皆显著高于 A 区,1 月份则达到了 A 区的 12.9 倍。除 9、10 月份外,其他月份 B 区的丰度 CPUE 是 A 区的 4.4 倍。斑头鱼在 A 区只有少数月份被少量捕获,而 B 区不仅各月均有较多数量的出现,且量上皆显著高于相同月份的 A 区。斑头鱼在 B 区的丰度 CPUE 变化并未表现出上述其他种类的波浪形特征,进入夏秋季节,多数月份都有着较高的丰度 CPUE。大泷六线鱼在岩礁生境的 AB 两区出现模式类似于褐菖鲷,但 B 区出现的月份数显然多于 A 区。3、5 和 11 月份,大泷六线鱼在 A 区的渔获率显著低于 B 区,而到了 9 月份,则显著高于 B 区。

河口性鱼类方面(图 2):中国花鲈对岩礁生境时间尺度上的利用呈现了秋冬季高、春夏季低的特征。同样该鱼在 B 区出现的月份要多于 A 区,8 月份在两区皆未采获该鱼种。1、4、9 和 11 月份仅在 B 区采获一定量的中国花鲈。除了 3 月份 A 区的中

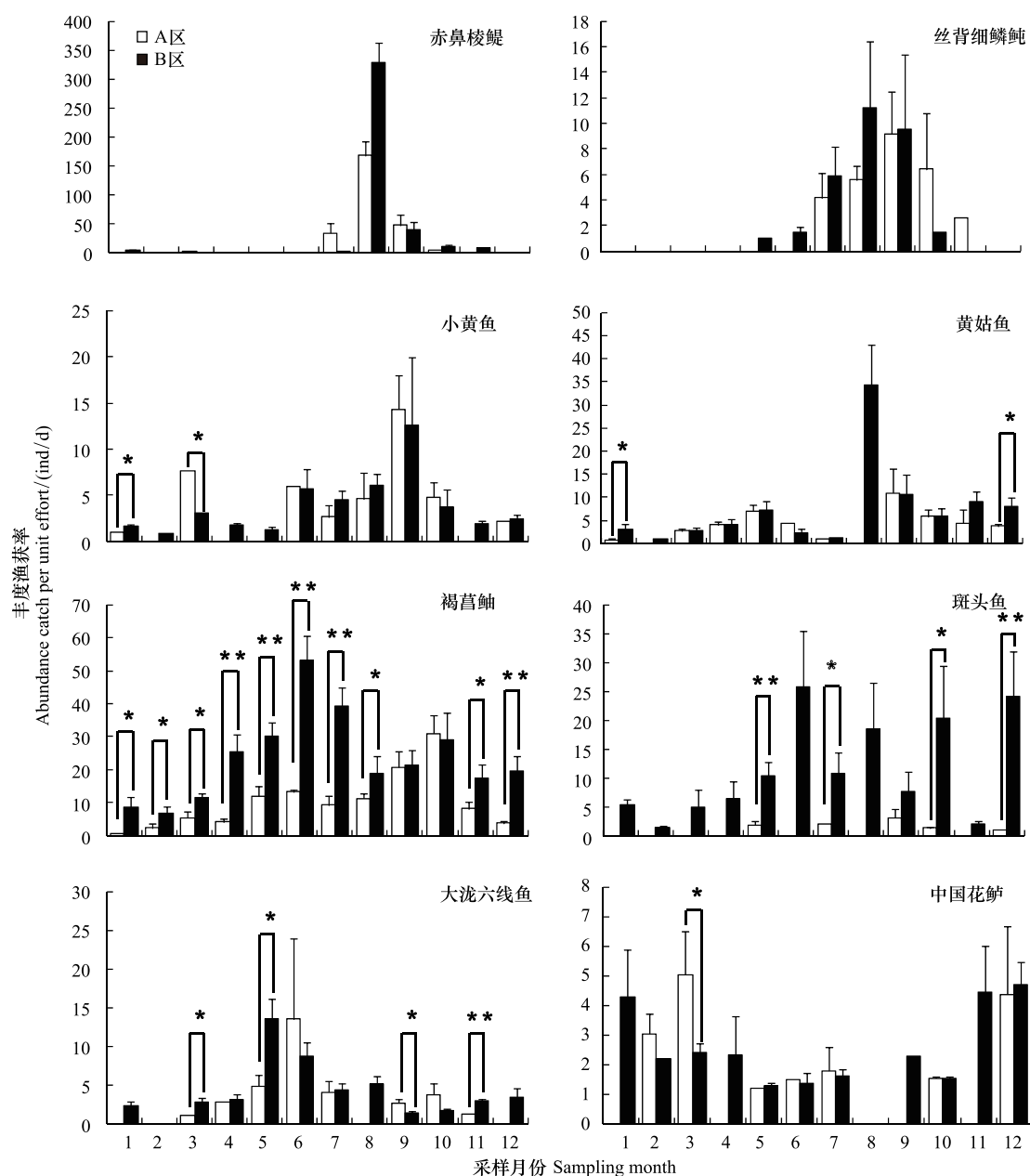


图2 岩礁水域 AB 两区岩礁生境主要优势鱼类的丰度渔获率月变化

Fig.2 Monthly variation of abundance catch per unit effort for dominant fishes in two rocky reef areas

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

国花鲈丰度 CPUE 显著高于 B 区外,其他共同出现的月份或季节的差异并不显著。

2.2 鱼类群落组成时空变化

nMDS 分析显示(图 3),鱼类群落组成的季节变化夏季和冬季皆明显区别于春秋 2 季,而春秋两季间的交叠较为强烈。进一步的 SIMPER 分析揭示,春夏、春秋、春冬、夏秋、夏冬和秋冬间的群落组成平均相异性百分比分别为 81.38%、67.4%、76.84%、80.41%、88.69%和 73.62%。结合表 1 可以看出,夏季中上层鱼类赤鼻棱鲷和蓝圆鲷 *Decapterus maruadsi* 以及石首鱼科小黄鱼和皮氏叫姑鱼 *Johnius belengerii* 幼鱼的加入,使得该季节的群落组成明显区别于其他季节。其他季节间的差异主要是由于定居性鱼类褐菖鲉、斑头鱼以及河口性鱼类中国花鲈和黄姑鱼的密度变化而引起(表 1)。ANOSIM 分析表明,岩礁生境鱼类群落组成的季节差异极为显著(Global Test, $R = 0.305$, $P < 0.001$),各季节间除了春季-秋季间的群落差异达到显著水平外(Pairwise Test, $R = 0.073$, $P = 0.002 > 0.001$),其他两两季节间的差异皆达到了极为显著的水平(成对检验 Pairwise Tests: $R_{冬季-春季} = 0.304$, $P < 0.0001$; $R_{冬季-夏季} = 0.57$, $P < 0.0001$; $R_{冬季-秋季} = 0.195$, $P < 0.0001$; $R_{春季-夏季} = 0.376$, $P < 0.0001$; $R_{夏季-秋季} = 0.333$, $P < 0.0001$).

0.0001),其中冬季和夏季间的群落差异是最大的。

对岩礁生境的鱼类群落组成进行 4 个季节间的 AB 区域比较,也表现出区域间的明显差别。nMDS 分析显示(图 4)4 个季度两个区域的鱼类群落格局皆有着不同程度的明显差异。结合 SIMPER 分析,AB 两区春、夏、秋和冬季的群落组成平均相异性百分比分别为 70.23%、76.74%、69.97%和 74.84%。进一步结合表 1,春季 A 区是以底层褐菖鲉和近底层黄姑鱼占绝对优势的群落格局,而 B 区是以底层恋礁鱼类褐菖鲉、斑头鱼和大泷六线鱼为优势群体的群落格局;夏季优势鱼类小黄鱼和皮氏叫姑鱼更多地出现在 A 区,而蓝圆鲹和丝背细鳞鲷则更多地出现在 B 区;秋季在 B 区出现了更多的斑头鱼和黄姑鱼;而冬季的 B 区除了继续保持斑头鱼群体的优势度外,该区域的黑鲷群体却没有 A 区那样密集。ANOSIM 分析表明:AB 两区的鱼类群落在 4 个季度间皆存在显著的差异(Global Tests: $R_{\text{春季}}=0.351, P<0.0001$; $R_{\text{夏季}}=0.183, P=0.002<0.01$; $R_{\text{秋季}}=0.311, P<0.0001$; $R_{\text{冬季}}=0.263, P=0.004<0.01$)。

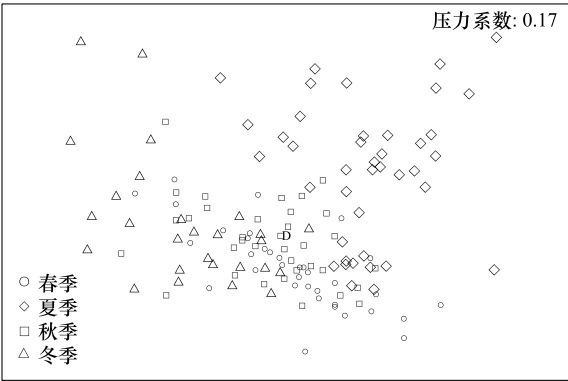


图 3 基于丰度数据的岩礁生境全年鱼类群落组成的多维排序分析

Fig.3 The multidimensional scaling analysis of fish community composition based on abundance data in rocky reef habitat throughout the year

表 1 不同季节和区域中岩礁生境鱼类群落主要鱼种的相似性贡献度(%)

Table 1 Contributions to the similarity percentage of essential species of fish community within different seasons and areas (%)												
种类 Species	春 Spring			夏 Summer			秋 Autumn			冬 Winter		
	全区	A 区	B 区	全区	A 区	B 区	全区	A 区	B 区	全区	A 区	B 区
褐菖鲉 <i>Sebastes marmoratus</i>	66.35	65.50	63.90	30.94	20.67	42.17	59.24	63.25	52.82	64.16	40.49	71.83
斑头鱼 <i>Agrammus agrammus</i>	6.11	—	12.20	—	—	8.39	7.08	—	14.19	—	—	7.71
大泷六线鱼 <i>Hexagrammos otakii</i>	9.84	—	10.46	—	—	—	—	—	—	—	—	—
黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	11.50	25.43	—	—	—	—	16.47	10.85	19.11	11.26	18.60	5.99
中国花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12.39	27.95	5.11
黑鲷 <i>Acanthopagrus schlegelii</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9.24	—
赤鼻棱鲷 <i>Thryssa kammalensis</i>	—	—	—	30.56	43.37	14.52	—	—	—	—	—	—
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	—	—	—	7.23	6.35	—	—	—	—	—	—	—
皮氏叫姑鱼 <i>Johnius grypotus</i>	—	—	—	6.51	12.01	—	—	—	—	—	—	—
蓝圆鲹 <i>Decapterus maruadsi</i>	—	—	—	5.96	—	5.70	—	—	—	—	—	—
丝背细鳞鲷 <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	—	—	—	5.83	—	5.64	—	—	—	—	—	—

表中仅罗列各群落中贡献值大于 5% 的种类

2.3 鱼类群落稳态变化

ABC 曲线的季节变化方面:春秋两季的曲线模式类似,夏季的丰度曲线在更高位上变化,而到了冬季,丰度和生物量曲线出现了交叉,最终形成了生物量曲线在上、丰度曲线在下的变化模式(图 5)。褐菖鲉、鲷和斑头鱼主导了春季岩礁生境丰度曲线 70.1% 的累积优势度,褐菖鲉、黄姑鱼和大泷六线鱼则占据了生物量曲线累积优势度的 52%(表 2)。到了夏季,无论是丰度线还是生物量线,赤鼻棱鲷都占据了绝对优势地位,成为累积优势度曲线的最大主导者,而褐菖鲉、蓝圆鲹和皮氏叫姑鱼所占比例相应要小得多,因此形成了丰度线高位发展、生物量线低位延伸的 ABC 模式。秋季的丰度和生物量曲线前三位皆由趋礁性鱼类所控制,虽然褐菖鲉的数量优势处在第 1 位,但生物量累积率的第 1 位由黄姑鱼所替代,斑头鱼和中国花鲈紧随其后,共同形成了秋季底层和近底层鱼类主导的鱼类群落。褐菖鲉占据了冬季丰度线累积值的 40.5%,在数量上是绝对的优势种,其次是

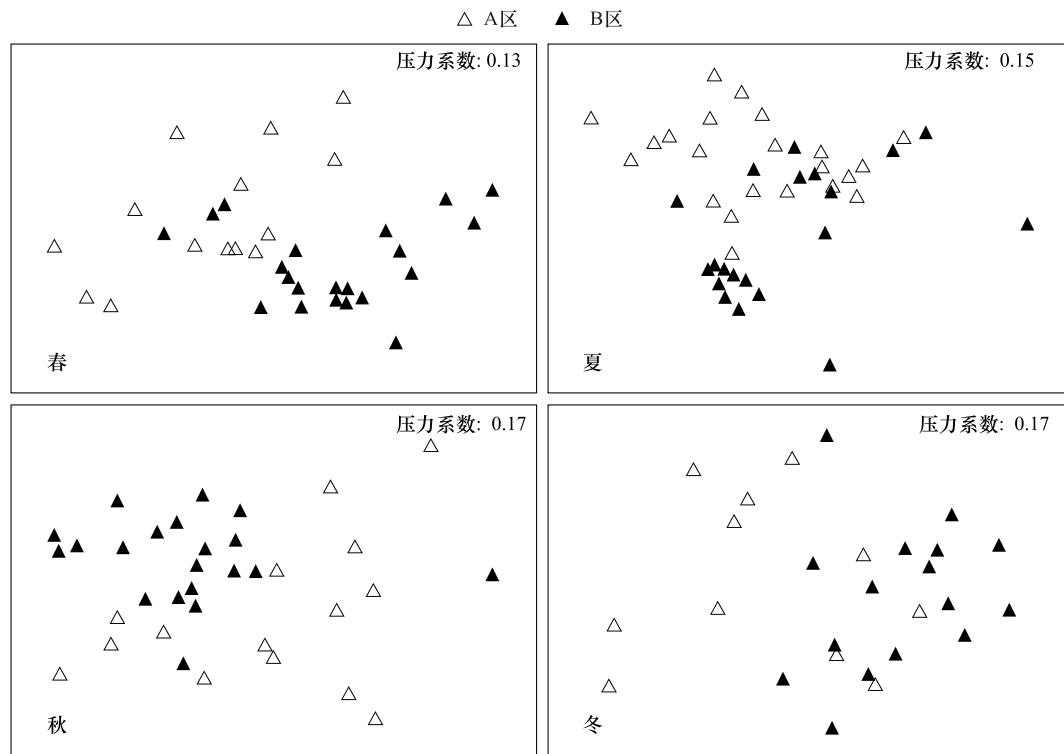


图 4 基于丰度数据的岩礁生境 AB 两区鱼类群落组成四个季度的多维排序分析

Fig.4 Seasonal multidimensional scaling of fish community composition comparisons between area A and area B based on abundance data

中国花鲈和黄姑鱼, 体型较大的中国花鲈, 黄姑鱼和黄鲛鳔 *Lophius litulon* 依次成为冬季生物量曲线的前 3 位累积率贡献者 (表 2)。ABC 曲线的季节变化上, 同样表现出了和月份变化模式类似的特点, 即有中上层鱼类成为优势种的季节, A 线和 B 线的变化更加平缓, 而缺乏该类型鱼类时, 两曲线表现出突然收紧或交叉的不稳定变化 (图 5)。可以看出, 研究区域的鱼类群落总体上以幼小鱼类个体为主, 仅在冬季有相对较多的大型成鱼出现。

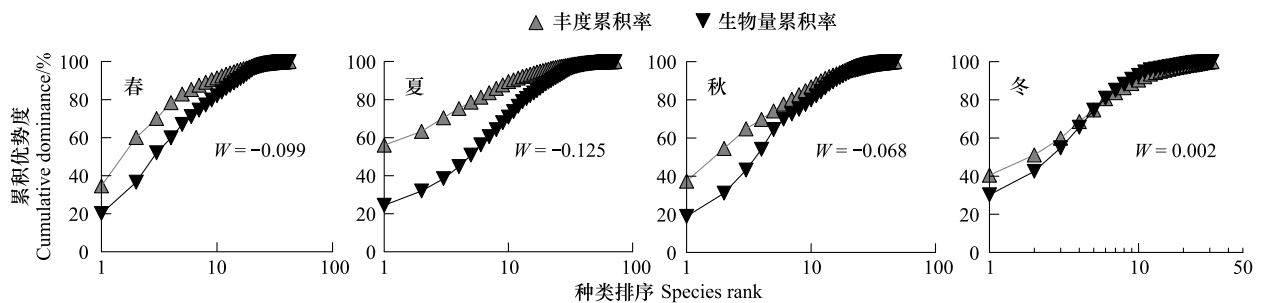


图 5 岩礁生境 4 个季度的丰度生物量曲线

Fig.5 The seasonal abundance and biomass curves in rocky reef habitat

对 AB 两区的 ABC 曲线进行比较, 可以发现, 除夏季外, 其他季节的曲线变化模式都有着明显的差异。春季 A 区的生物量曲线从第 3 个种类开始, 就基本和丰度曲线在一个累积率上变化, 并在近末尾发生了明显交叉, 而 B 区的生物量和丰度曲线呈现始终分开、最后重合的变化特点 (图 6)。秋季的 A 区生物量丰度比较曲线发生了明显的交叉, 而 B 区几乎是一个重合的渐近变化。到了冬季 A 区的生物量曲线完全在丰度曲线之上, 而 B 区优势种丰度累积率依旧在生物量累积率之上, 在优势种之后呈现一个重合和微弱的交叉变化过程。导致这些明显差异的一个重要原因是 AB 两区生物量百分比占优势的种类组成有着显著不同, 尤其是春季和秋季, 第 1 生物量优势种种类不同, 而且体型较大的趋礁鱼类中国花鲈、黑鲷 *Acanthopagrus schlegelii* 和黄姑鱼, 以及底层鱼类黄鲛鳔更多地出现在 A 区。虽然两个区域的群落皆以幼小鱼类为主导, 但 AB 两区的幼-成鱼比例并不相同, 因此 B 区的群落相对比较稳定, 而 A 区相对要剧烈一些。

表 2 岩礁生境 AB 两区域四个季度丰度和生物量百分比位于前 3 位的种类
Table 2 The list of top three species ranked by abundance and biomass percentage during four seasons in two areas

季度 Season	排位 Ranking	丰度 Abundance		生物量 Biomass	
		A 区 Area A	B 区 Area B	A 区 Area A	B 区 Area B
春季 Spring	No.1	褐菖鲉 38.6	褐菖鲉 33.9	黄姑鱼 24.3	褐菖鲉 23.3
	No.2	黄姑鱼 14.4	鳀 27.8	黑鲷 21.1	大泷六线鱼 15.7
	No.3	鳀 12.5	斑头鱼 11.6	大泷六线鱼 14.9	黄姑鱼 13.1
夏季 Summer	No.1	赤鼻棱鳀 48.2	赤鼻棱鳀 59	赤鼻棱鳀 15.7	赤鼻棱鳀 29.6
	No.2	褐菖鲉 8.8	蓝圆鲹 8.2	褐牙鲷 12.9	褐菖鲉 6.7
	No.3	皮氏叫姑鱼 6.1	褐菖鲉 6.6	皮氏叫姑鱼 12.1	蓝圆鲹 5.7
秋季 Autumn	No.1	褐菖鲉 38.7	褐菖鲉 36.8	星康吉鳗 17	黄姑鱼 25.3
	No.2	星康吉鳗 11	斑头鱼 24.3	黄姑鱼 11.9	斑头鱼 19.8
	No.3	黄姑鱼 6.6	黄姑鱼 12	中国花鲈 11.6	褐菖鲉 13.9
冬季 Winter	No.1	褐菖鲉 30.6	褐菖鲉 43.5	中国花鲈 35.7	中国花鲈 23.9
	No.2	中国花鲈 20.3	斑头鱼 11.4	黄鲛鲷 23	褐菖鲉 17.6
	No.3	黄姑鱼 15.2	星康吉鳗 7.6	黑鲷 16.1	星康吉鳗 12.9

种类后面数字表示其对应的丰度或生物量百分比

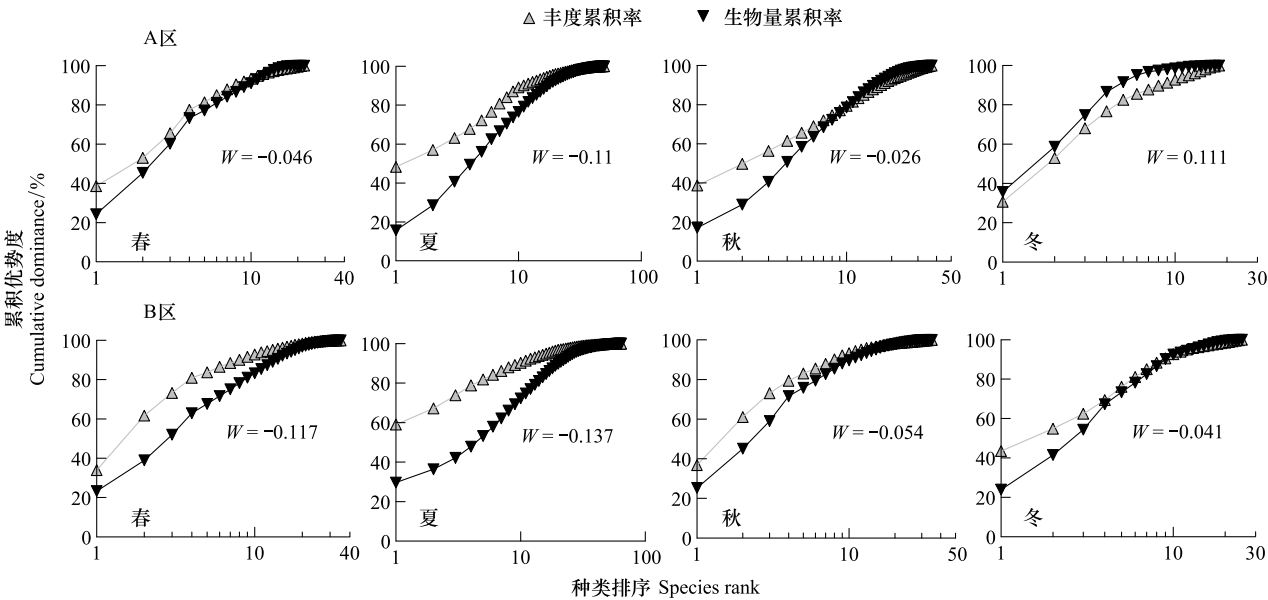


图 6 AB 两区岩礁生境 4 个季度的丰度生物量曲线
Fig.6 The seasonal abundance and biomass curves of fish community composition in area A and area B

3 结论和讨论

3.1 优势种利用岩礁生境的时空动态

研究表明鱼类利用岩礁生境的时间跨度及区域差异随生态类型的不同而不同。对于季节性洄游种在岩礁生境出现,其主导因子很可能是水温及耦合的暖流^[5,14]。而造成它们在 AB 区间的差异,则与环境因子在区域尺度上的梯度分布有关^[8],如食物竞争和躲避敌害等^[5]。通过同步的环境和栖息地特征调查,发现马鞍列岛海藻的丰度、密度及规模在 A 区皆要低于 B 区,这很可能在 B 区形成了更多适宜饵料生物生存的条件,从而吸引更多的洄游种类趋向出现在 B 区。

以小黄鱼和黄姑鱼为代表的石首鱼科鱼类在研究区域都能被周年采集到,这说明这些近海洄游性鱼类不同阶段都有利用岩礁生境的需求,而随着生命史的变化其需求强度发生变化^[2,15],从而共同形成秋季集群最高而其他季节群体密度较低的特征。

对于定居性种类而言,这种时间尺度上的波动和空间上的差异,可以用集合种群和集合群落的相关概念进行解释^[2,19]。在马鞍列岛跨度约 30 km 的区域尺度上,褐菖鲉等的繁殖和补充往往因为温度、盐度和饵料条件的梯度性而不能同步进行;另一

方面很可能出于种群繁殖的需要,不同区域在作为繁殖场所和育幼场所的功能被区分化^[15]。

对于河口性鱼类而言,由于其本身对温盐的适应性较强,该类型鱼类的时空格局则主要受栖息地在提供其生长、摄食和繁殖等需求方面的功能所影响。

当然,形成上述种类时间变化和空间差异的另一个原因很可能是捕捞^[6]。本文研究选择的 21 个站点,除了在 A 区的 4 个数站位,其他大部分站点周年受捕捞的干扰都比较小,而且某些种类并非经济种(如赤鼻棱鳀和丝背细鳞鲷),所以人为捕捞对这些种类时空格局的形成,其影响相对其他自然环境而言是比较小的。

3.2 鱼类群落组成的时空变化

本研究揭示了当地岩礁生境鱼类群落组成不仅存在显著的季节变化特征,而且在相同季节有着明显的区域差异。一定程度上表明鱼类利用不同区域中相同生境的机制是有差别的。

从时间变化上来看,这种显著差异的贡献主要来源于春季的恋礁鱼类、夏季近底层石首鱼科鱼类和中上层鳀科鲹科鱼类、秋季除了大泷六线鱼之外的恋礁鱼类以及冬季恋礁和近礁鱼类(中国花鲈和黑鲷集群出现)。由于这些主要鱼类对岩礁生境的季节性利用模式存在差异,过程中形成了种类的迁移和群体密度的波动状态,从而主导了该生境鱼类群落显著的季节动态^[7]。

从空间差异上来看,各季度两个区域的群落格局皆有着显著的不同。这种差异的贡献源主要来自除褐菖鲉之外的其他恋礁性鱼类(如斑头鱼和大泷六线鱼)、趋礁性鱼类(黑鲷、中国花鲈和黄姑鱼)、部分石首鱼科鱼类(小黄鱼和皮氏叫姑鱼)以及中上层鳀科和鲹科鱼类。它们在不同区域岩礁生境的相对丰度往往有着显著差异,这一方面与栖息环境本身的差异有关,另一方面某些洄游性种类利用两个区域岩礁生境存在明显的时差。

空间上的差异实际上反映的是岛礁水域的集合群落状态。有研究指出,可以通过生物的个体大小和扩散模式来确定集合群落状态^[2]。比较两个区域主要贡献鱼种的个体大小差异,并结合前期报道^[14],发现在近河口一侧的 A 区捕获的黑鲷和黄姑鱼通常都是个体较大的成体,很多都在产卵阶段;而外侧 B 区的个体相应要小,且大多数为幼鱼^[14]。这和可能与这些种类对产卵场和育幼场的选择性利用有关。

对上述鱼类而言,本研究可以初步揭示 A 区更侧重于产卵场功能的体现,而 B 区作为育幼场所的功能则更为突出。这与两区域该生境的水文条件和饵料基础密切相关^[5]。

3.3 岩礁生境鱼类群落稳态特征

马鞍列岛岩礁生境鱼类群落总体上以幼小鱼类为主导,波动性较大,且不同区域和季节间有着明显差别。其抵抗捕捞干扰、污染和栖息地破坏的能力很可能较差,群落较脆弱。

当特定区域的鱼类群落以数量优势为主导时,往往能反映出该栖息空间内的幼小鱼类数量比较多^[20]。对于岩礁生境而言,高密度幼小鱼类的存在是其庇护和育幼功能的最好体现。从 ABC 曲线的分析结果可以看出,马鞍列岛岩礁生境的春、夏和秋季的主要功能在于对幼小鱼类的养护。这些鱼类不局限于当地趋礁种类,还包括季节性洄游的鳀科、鲹科和石首鱼科鱼类^[14]。另一方面,更多的幼鱼预示着补充群体的基础状况较好,因此对该生境而言,其鱼类群落的年龄结构就更为稳定^[20]。

但这种群落稳态在 AB 区域又有差异。在阐述群落组成格局的基础上,结合本分析结果,可以进一步揭示两个区域在幼鱼、成鱼比例上的一个显著差异。在不考虑捕捞干扰在情况下,两个区域的不同 ABC 模式并不能得出 A 区群落稳态比 B 区差的结论,因为两个区域本身的功能可能明显不同。但更多的成鱼出现在 A 区(如黄姑鱼和黑鲷等)对其种群本身而言会非常不利。调查期间,春秋季整个马鞍列岛大部分的刺网生产船都集中在河口侧的 A 区,尤其在春季,可以捕获大量性成熟的黄姑鱼和鲷鱼个体。强烈的捕捞干扰,必然降低了该区域岩礁生境同期的鱼类群落稳定状态,从而不利于资源的持续利用和多样性的维持。

References:

- [1] Lekve K, Bouludier T, Stenseth N C, Gjørsæter J, Fromentin J M, Hines J E, Nichols J D. Spatio-temporal dynamics of species richness in coastal fish communities. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2002, 269(1502): 1781-1789.
- [2] De Bie T, De Meester L, Brendonck L, Martens K, Goddeeris B, Ercken D, Hampel H, Denys L, Vanhecke L, Van der Gucht K, Van Wichelen J, Vyverman W, Declercq S A J. Body size and dispersal mode as key traits determining metacommunity structure of aquatic organisms. *Ecology Letters*, 2012, 15(7): 740-747.
- [3] Sale P F. Appropriate spatial scales for studies of reef-fish ecology. *Australian Journal of Ecology*, 1998, 23(3): 202-208.
- [4] Chesson P. Spatial scales in the study of reef fishes: A theoretical perspective. *Australian Journal of Ecology*, 1998, 23(3): 209-215.
- [5] Martino E J, Able K W. Fish assemblages across the marine to low salinity transition zone of a temperate estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2003, 56(5/6): 969-987.
- [6] Ordines F, Moranta J, Palmer M, Lerycke A, Suau A, Morales-Nin B, Grau A M. Variations in a shallow rocky reef fish community at different spatial scales in the western Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 2005, 304: 221-233.

- [7] Gelwick F P, Matthews W J. Temporal and spatial patterns in littoral-zone fish assemblages of a reservoir (Lake Texoma, Oklahoma-Texas, U. S. A.). *Environmental Biology of Fishes*, 1990, 27(2): 107-120.
- [8] Roeda M, Defeo O. Spatial structure of fish assemblages in a tropical estuarine lagoon: combining multivariate and geostatistical techniques. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2003, 296(1): 93-112.
- [9] Wang Z S, Chen M H, Lü K, Xu C R, Lei G C. Species diversity and spatio-temporal distribution patterns of icefishes (Salangidae) in Poyang Lake. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(5): 1337-1344.
- [10] Jaureguizar A J, Menni R, Lasta C, Guerrero R. Fish assemblages of the northern Argentine coastal system: spatial patterns and their temporal variations. *Fisheries Oceanography*, 2006, 15(4): 326-344.
- [11] 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(11): 4377-4386.
- [12] Valle C, Bayle-Sempere J T. Effects of a marine protected area on fish assemblage associated with *Posidonia oceanica* seagrass beds: temporal and depth variations. *Journal of Applied Ichthyology*, 2009, 25(5): 537-544.
- [13] Wang Z H, Wang K, Zhang S Y. Diel variations of fish assemblages in multiple habitats of Ma'an archipelago, Shengsi, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(22): 6912-6925.
- [14] 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.
- [15] Holbrook S J, Kingsford M J, Schmitt R J, Stephens J S Jr. Spatial and temporal patterns in assemblages of temperate reef fish. *American Zoologist*, 1994, 34(3): 463-475.
- [16] Denny C M, Babcock R C. Do partial marine reserves protect reef fish assemblages?. *Biological Conservation*, 2004, 116(1): 119-129.
- [17] Clarke K R, Clarke R K, Gorley R N. PRIMER v6; User Manual-Tutorial. Plymouth; Plymouth Marine Laboratory, 2006.
- [18] McCune B, Grace J. Analysis of Ecological Communities. Gleneden Beach; Mjm Software Design, 2002.
- [19] Hanski I. Metapopulation Ecology. New York; Oxford University Press, 1999.
- [20] Wang Z H, Wang K, Zhao J, Zhang S Y. Fish community structure and its seasonal change in subtidal sandy beach habitat off southern Gouqi Island. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2011, 22(5): 1332-1342.

参考文献:

- [9] 王忠锁, 陈明华, 吕偲, 许崇任, 雷光春. 鄱阳湖银鱼多样性及其时空格局. *生态学报*, 2006, 26(5): 1337-1344.
- [11] 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(11): 4377-4386.
- [13] 汪振华, 王凯, 章守宇. 马鞍列岛多种生境中鱼类群落的昼夜变化. *生态学报*, 2011, 31(22): 6912-6925.
- [14] 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.
- [20] 汪振华, 王凯, 赵静, 章守宇. 枸杞岛潮下带沙地生境鱼类群落结构和季节变化. *应用生态学报*, 2011, 22(5): 1332-1342.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.19 Oct., 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

A review of ecosystem services and research perspectives	MA Fengjiao, LIU Jintong, A. Egrinya Eneji (5963)
Sexual interference in non-human primates	YANG Bin, WANG Chengliang, JI Weihong, et al (5973)
Density-dependent effect on reproduction of rodents; a review	HAN Qunhua, GUO Cong, ZHANG Meiwen (5981)
Proximate and ultimate determinants of food chain length	WANG Yuyu, XU Jun, LEI Guangchun (5990)
Mechanism of biological control to plant diseases using arbuscular mycorrhizal fungi	LUO Qiaoyu, WANG Xiaojuan, LI Yuanyuan, et al (5997)
Advances in effects of conservation tillage on soil organic carbon and nitrogen	XUE Jianfu, ZHAO Xin, Shadrack Batsile Dikgwatlhe, et al (6006)
Habitat selection of the pre-released giant panda in Wolong Nature Reserve	ZHANG Mingchun, HUANG Yan, LI Desheng, et al (6014)
Activity rhythm and behavioral time budgets of wild Reeves's Pheasant (<i>Syrnaticus reevesii</i>) using infrared camera	ZHAO Yuze, WANG Zhichen, XU Jiliang, et al (6021)
The energy budget of tree sparrows <i>Passer montanus</i> in wind different speed and duration	YANG Zhihong, WU Qingming, DONG Haiyan, et al (6028)
Nest site characteristics of <i>Petaurista caniceps</i> in Baima Snow Mountain Nature Reserve	LI Yanhong, GUAN Jinke, LI Dayong, HU Jie (6035)
Effects of habitat fragmentation on the genetic diversity of <i>Pachycondyla luteipes</i> on islands in the Thousand Island Lake, East China	LUO Yuanyuan, LIU Jinliang, HUANG Jiuling, et al (6041)
The molecular genetic relationship between the pollinators of <i>Ficus pumila</i> var. <i>pumila</i> and <i>Ficus pumila</i> var. <i>aukeotsang</i>	WU Wenshan, CHEN Youling, SUN Lingli, et al (6049)
The genetic evolutionary relationships of two <i>Eupristina</i> species on <i>Ficus altissima</i>	CHEN Youling, SUN Lingli, WU Leilei, et al (6058)
Metal uptake and root morphological changes for two varieties of <i>Salix integra</i> under cadmium stress	WANG Shufeng, SHI Xiang, SUN Haijing, et al (6065)
Effects of phthalic acid on seed germination, membrane lipid peroxidation and osmoregulation substance of radish seedlings	YANG Yanjie, WANG Xiaowei, ZHAO Kang, et al (6074)
The morphological and physiological responses of <i>Tamarix ramosissima</i> seedling to different irrigation methods in the extremely arid area	MA Xiaodong, WANG Minghui, LI Weihong, et al (6081)
Response characteristics of photosynthetic and physiological parameters in <i>Ziziphus jujuba</i> var. <i>spinosa</i> seedling leaves to soil water in sand habitat formed from seashells	WANG Rongrong, XIA Jiangbao, YANG Jihua, et al (6088)
Effects of ceramsite mulching on soil water content, photosynthetic physiological characteristics and growth of plants	TAN Xuehong, GUO Xiaoping, ZHAO Tingning (6097)
Dynamics of tannin concentration and nutrient resorption for branchlets of <i>Casuarina equisetifolia</i> plantations at different ages	YE Gongfu, ZHANG Shangju, ZHANG Lihua, et al (6107)
Sulfur contents in leaves and branches of dominant species among the three forest types in the Pearl River Delta	PEI Nancai, CHEN Bufeng, ZOU Zhijin, et al (6114)
Impacts of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus on growth dynamics of <i>Bauhinia faberi</i> seedlings	SONG Chengjun, QU Laiye, MA Keming, et al (6121)
Characteristics of ion accumulation and seed germination for seeds from plants cultured at different concentrations of nitrate nitrogen and salinity	ZHOU Jiachao, FU Tingting, ZHAO Weiwei, et al (6129)
Physio-ecological effects of endophyte infection on the host grass with elevated CO ₂	SHI Zhibing, ZHOU Yong, LI Xia, et al (6135)
Effects of pretreatment on germination of <i>Typha domingensis</i> and <i>Phragmites australis</i>	MENG Huan, WANG Xuehong, TONG Shouzheng, et al (6142)
Transfer characteristics of cadmium from soil to <i>Salix × aureo-pendula</i>	ZHANG Wen, WEI Hong, SUN Xiaocan, et al (6147)
Effect of Close-to-Nature management on the natural regeneration and species diversity in a masson pine plantation	LUO Yinghua, SUN Dongjing, LIN Jianyong, et al (6154)
Population dynamics and seed banks of the threatened seagrass <i>Halophila beccarii</i> in Pearl Bay, Guangxi	QIU Guanglong, FAN Hangqing, LI Zongshan, et al (6163)
Effects of biological crusts on dew deposition and evaporation in the Southern Edge of the Mu Us Sandy Land, Northern China	YIN Ruiping, WU Yongsheng, ZHANG Xin, et al (6173)
Life history characteristics and spatial distribution of <i>Populus pruinosa</i> population at the upper reaches of Tarim River	HAN Lu, XI Linqiao, WANG Jiaqiang, et al (6181)
Interactive effects of short-term nitrogen enrichment and simulated grazing on ecosystem respiration in an alpine meadow on the Tibetan Plateau	ZONG Ning, SHI Peili, JIANG Jing, et al (6191)

- The correlation between soil water salinity and plant community distribution under micro-topography in Songnen Plain YANG Fan, WANG Zhichun, WANG Yunhe, et al (6202)
- Comparison of TSP, PM_{2.5} and their water-soluble ions from both inside and outside of Dafushan forest park in Guangzhou during rainy season XIAO Yihua, LI Jiong, KUANG Yuanwen, et al (6209)
- Fish community ecology in rocky reef habitat of Ma'an Archipelago II. Spatio-temporal patterns of community structure WANG Zhenhua, ZHAO Jing, WANG Kai, et al (6218)
- Interannual variation in the population dynamics of snailfish *Liparis tanakae* in the Yellow Sea CHEN Yunlong, SHAN Xiujuan, ZHOU Zhipeng, et al (6227)
- Spatial and temporal variation of soil macro-fauna community structure in three temperate forests LI Na, ZHANG Xueping, ZHANG Limin (6236)
- Community structure and species biodiversity of fig wasps in syconia of *Ficus superba* Miq. var. *japonica* Miq. in Fuzhou CHEN Youling, CHEN Xiaoqian, WU Wenshan, et al (6246)
- Marine ecological capital: valuation methods of marine ecosystem services CHEN Shang, REN Dachuan, XIA Tao, et al (6254)
- Geomorphologic regionalization of China aimed at construction of nature reserve system GUO Ziliang, CUI Guofa (6264)
- Impact of ecological vegetation construction on the landscape pattern of a Loess Plateau Watershed YI Yang, XIN Zhongbao, QIN Yunbin, et al (6277)
- Spatial heterogeneity of soil moisture across a cropland-grassland mosaic: a case study for agro-pastoral transition in north of China WANG Hongmei, WANG Zhongliang, WANG Kun, et al (6287)
- The regional diversity of changes in growing duration of spring wheat and its correlation with climatic adaptation in Northern China E Youhao, HUO Zhiguo, MA Yuping, et al (6295)
- Response of soil physical-chemical properties to rocky desertification succession in South China Karst SHENG Maoyin, LIU Yang, XIONG Kangning (6303)
- Prediction of the effects of climate change on the potential distribution of mire in Northeastern China HE Wei, BU Rencang, LIU Hongjuan, et al (6314)
- Soil nitrogen mineralization and associated temperature sensitivity of different Inner Mongolian grasslands ZHU Jianxing, WANG Qiufeng, HE Nianpeng, et al (6320)
- Effects of land use on soil nutrient in oasis-desert ecotone in the middle reach of the Heihe River MA Zhimin, LÜ Yihe, SUN Feixiang, et al (6328)
- Assessment on heavy metal pollution status in paddy soils in the northern Chengdu Plain and their potential ecological risk QIN Yusheng, YU Hua, FENG Wenqiang, et al (6335)
- Relationship between the temporal-spatial distribution of longline fishing grounds of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and the thermocline characteristics in the Central Atlantic Ocean YANG Shenglong, MA Junjie, ZHANG Yu, et al (6345)
- Biological nitrogen fixation in the upper water column in the south Taiwan Strait during summer 2011 LIN Feng, CHEN Min, YANG Weifeng, et al (6354)
- Storage and drivers of forests carbon on the Beichangshan Island of Miaodao Archipelago SHI Honghua, WANG Xiaoli, WANG Ai, et al (6363)
- Impact of changes in vegetation types on soil C mineralization and associated temperature sensitivity in the Changbai Mountain forests of China WANG Dan, LÜ Yuliang, XU Li, et al (6373)
- Analysis of relationship between genetic structure of Chinese Pine and mountain barriers MENG Xiangxiang, DI Xiaoyan, WANG Mengben, et al (6382)
- Soil organic carbon interpolation based on auxiliary environmental covariates: a case study at small watershed scale in Loess Hilly region WEN Wen, ZHOU Baotong, WANG Yafeng, et al (6389)
- Eco-management benefit analysis of industrial resources from life cycle perspective: a case study of a virtual symbiosis network SHI Xiaoqing, LI Xiaonuo, YANG Jianxin (6398)
- The game analysis between poverty and environment in ecologically fragile zones QI Xinhua, YE Shilin, CHENG Yu, et al (6411)
- The coupling development of economy and environment under the background of World Expo in Shanghai NI Yao, YUE Wenzhe, ZHANG Yuntang, et al (6418)

《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 19 期 (2013 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 19 (October, 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	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
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
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	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
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	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
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	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发刊

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元