

西沙群岛珊瑚礁鱼类多样性及分布格局

邱书婷^{1,2}, 刘昕明³, 陈彬^{1,2}, 王彦国¹,
廖建基¹, 杜建国^{1,2}

(1.自然资源部第三海洋研究所, 福建 厦门 361005; 2.福建省海洋生态保护与修复重点实验室, 福建 厦门 361005; 3.广西中医药大学, 广西 南宁 530200)

摘要: 为了解西沙群岛珊瑚礁鱼类多样性、营养级特征及其分布格局, 本研究于 2019 年 5 月在西沙群岛 6 座主要岛礁 (北礁、赵述岛、西沙洲、玉琢礁、华光礁、晋卿岛) 采用水下录像方式进行了原位监测, 对该海域鱼类的种类组成、优势种和群落格局等进行了分析。结果表明, 调查海域共记录珊瑚礁鱼类 116 种, 隶属 3 目 21 科; 主要优势种为栉齿刺尾鱼 (*Ctenochaetus striatus*)、燕尾光鳃雀鲷 (*Chromis fumea*)、日本鹦嘴鱼 (*Chlorurus japanensis*) 和福氏鹦哥鱼 (*Scarus forsteni*); 全海域鱼类的 Shannon-Wiener 多样性指数 (H') 为 1.57~2.58, 平均为 2.07; 大型鱼类指数 ($LRFI$) 为 0~0.86, 平均为 0.40; 平均营养级 (MTL) 为 2.24~3.17, 平均为 2.74; 该海域珊瑚礁鱼类可划分为 3 个群落, 即由珊瑚礁和草床镶嵌生境组成的潟湖群落、永乐群岛群落和宣德群岛群落。

关键词: 珊瑚礁鱼类; 群落格局; 西沙群岛; 平均营养级; 大型鱼类指数

中图分类号: X176 文献标识码: A 文章编号: 1007-6336(2022)03-0395-07

Reef fish diversity and community pattern of the Xisha Islands, South China Sea

QIU Shu-ting^{1,2}, LIU Xi-ming³, CHEN Bin^{1,2}, WANG Yan-guo¹,
LIAO Jian-ji¹, DU Jian-guo^{1,2}

(1.Third Institute of Oceanography, MNR, Xiamen 361005, China; 2.Fujian Provincial Key Laboratory of Marine Ecological Conservation and Restoration, Xiamen 361005, China; 3.Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning 530200, China)

Abstract: In order to explore the diversity, trophic level characteristics and distribution pattern of coral reef fishes in Xisha Islands, the fish communities were monitored using diving surveys in 6 coral reefs (Beijiao Reef, Zhaoshu Island, Xishazhou Reef, Yuzhuo Reef, Huaguang Reef, Jinjin Island) of the Xisha Islands in May 2019, and the species composition, dominant species, and community pattern were analyzed. A total of 116 fish species which belong to 3 families and 21 orders were recorded during the survey. The four most dominant species were *Ctenochaetus striatus*, *Chromis fumea*, *Chlorurus japanensis*, and *Scarus forsteni*. Shannon-Wiener diversity indices (H') ranged from 1.57 to 2.58 among the six reefs, with an average of 2.07. Large reef fish indexes ($LRFI$) ranged from 0 to 0.86 among the six reefs, with an average of 0.4. Mean trophic level (MTL) ranged from 2.24 to 3.17 among the six reefs, with an average of 2.74. Three major groups were identified based on fish assemblages, with group A located in the lagoon composed of coral reef and seagrass bed, group B located in the Yongle Islands and Group C in the Xuande Islands.

Key words: reef fish; community pattern; Xisha Islands; mean trophic level; large reef fish index

收稿日期: 2020-09-03, 修订日期: 2020-12-15

基金项目: 科技部重点研发计划项目(2018YFC1406503); 国家自然科学基金项目(41676096)

作者简介: 邱书婷 (1997-), 女, 福建三明人, 硕士研究生, 主要研究方向为海洋生物学, E-mail: shutingqiu1124@gmail.com

珊瑚礁生态系统作为地球上物种最丰富、生产力最高的生态系统之一,为当地的社会经济发展和沿海区域生态安全作出了巨大贡献。珊瑚礁鱼类是珊瑚礁生态系统的重要组成部分,影响着整个生态系统的物质循环和能量流动,在维持珊瑚礁食物网以及珊瑚礁整体健康等方面起到了至关重要的作用。西沙群岛地处中国南海中部偏西的海域,该海域位于世界生物多样性最高的“珊瑚三角区”的北缘。西沙群岛的珊瑚礁是世界珊瑚礁的大洋典型分布区,也是我国已知最古老、最珍贵的珊瑚礁^[1]。此外,西沙群岛也是我国主要的热带渔场之一,已调查到的珊瑚礁鱼类有 643 种,高于南海其他岛礁^[2-4]。该海域珊瑚礁鱼类研究多采用传统的手钓、延绳钓、流刺网等渔具进行取样,分析评估其物种多样性和开发潜力等^[2, 5-7]。这些传统方法虽然能够采集到鱼类样品,但由于珊瑚礁生态系统的特殊性和采样网具的限制,通过原位观测所获取的数据往往比试捕数据更能反映出珊瑚礁生态系统现状^[8]。近年来,学者们开始采用潜水调查的方法研究该海域的珊瑚礁鱼类多样性^[1, 9-10]。但现有研究尚缺乏玉琢礁和晋卿岛等海域的珊瑚礁鱼类原位监测数据,有关西沙群岛珊瑚礁鱼类营养级特征的研究也还未见报道。目前,西沙群岛珊瑚礁环境质量下降以及频繁的人类活动对该海域鱼类多样性造成了很大影响^[10],因此,获取科学且全面的珊瑚礁鱼类调查数据显得尤为重要。

本研究根据 2019 年 5 月在西沙群岛主要岛礁(北礁、华光礁、玉琢礁、赵述岛、西沙洲和晋卿岛)的水下原位调查,评估了上述 6 个岛礁珊瑚礁鱼类的种类组成、优势种、多样性、营养级特征以及大型鱼类指数,旨在为西沙群岛珊瑚礁鱼类的保护和珊瑚礁生态系统的修复提供基础数据和科学依据。

1 材料与方法

1.1 调查位置与方法

本研究在北礁、晋卿岛、华光礁、玉琢礁、西沙洲和赵述岛 6 个岛礁的珊瑚礁区布设 11 个调查站位,在每个站位水下 5 m 布设 1 条样带。每条样带长 50 m,宽 2 m。样带布设完毕等待 15 min

后再下水,实验人员手持录像机,从样带的一端匀速(游速控制在 2.5 ~ 5.0 m/min)游向另一端,录像记录样带调查面积内的珊瑚礁鱼类,用于后续鱼类种类鉴定和个体数计算。

将录像数据带回实验室,在电脑上进行影像重复慢速播放。从鱼类录像中截取鱼类出现的画面,并将每个画面中在样带调查面积内出现的鱼类全部标出,然后进行鱼类鉴定和尾数统计。鱼类种类鉴定主要参考《Reef Fishes of the East Indies》^[11]《西沙群岛珊瑚礁生物图册》^[12]及世界鱼类资料库(www.fishbase.de)。

由于本文使用的是水下样带调查法,无法获得鱼类样品,故通过估算将视频中的鱼类长度分为 < 5 cm、5~10 cm、10~20 cm、20~30 cm 及 30~40 cm 5 个范围。每种鱼的重量采用异速生长方程 $W = aL^b$ (W 为重量, L 为体长,常数项 a 和 b 从 FishBase 中获取)计算得到。

1.2 鱼类多样性计算

(1) 相对重要性指数

采用相对重要性指数(index of relative importance, IRI)对研究区域内鱼类的优势种进行划分,反映的是某鱼类在群落中的优势度,其公式为:

$$IRI = (N + W) \times F \quad (1)$$

式中: N 为某一种鱼的尾数与总鱼类尾数的百分比; W 为某一种鱼的重量与鱼类总重量的百分比; F 为某一种鱼出现的站数与调查总站数的百分比。

(2) Margalef 丰富度指数

Margalef 丰富度指数描述的是群落中物种数目的多寡,其公式为:

$$D = (S - 1) / \ln N \quad (2)$$

式中: S 为样带鉴定后的鱼类总数; N 为鉴定的鱼类总个体数。

(3) Shannon-Wiener 多样性指数

Shannon-Wiener 多样性指数指的是用于调查生物群落局域生境内多样性(α -多样性)的指数。

$$H'N = - \sum_{i=1}^S (N_i/N) \ln(N_i/N) \quad (3)$$

式中: S 为样本中的种类总数; N_i 为第 i 种鱼类的尾数; N 为鱼类样本的总尾数。

(4) Pielou 均匀度指数

Pielou 均匀度指数为实测多样性与最大多样性的比率,表示一个群落或环境中的全部物种数目个体数目的分配状况,其公式为:

$$J = H' B / H_{\max} \quad (4)$$

式中: $H' B$ 为实测多样性, $H_{\max}$ 为最大多样性。

(5) 大型鱼类指数

大型鱼类指数 (LFI) 是近年来提出并用于反映鱼类群落结构变化的指标,为体长大于某一阈值的鱼类质量与所有鱼类总质量的比值,可以准确地评估捕捞压力下鱼类群落的结构特征。其公式为:

$$LFI = \frac{D_L > L_{LF}}{D_L > L_{LF} + L \leq L_{LF}} \quad (5)$$

珊瑚礁鱼类一般取体长等于和大于 20 cm 的鱼类为大型鱼类 (LFI_{20})。式中, L 为体长 (cm); D 为相对资源量。

(6) 平均营养级 (MTL)

营养级 (trophic level, TL) 是指生物在食物链或食物网中的位置,以营养级为基础的平均营养级能准确地反映渔获物及其营养层次的变化趋势,其公式为:

$$MTL = \frac{\sum_{i=1} (D_i \times TL_i)}{\sum_{i=1} D_i} \quad (6)$$

式中: MTL 为鱼类群落的平均营养级; D_i 为鱼种 i 的相对资源量; TL_i 为鱼种 i 的营养级。

营养级的计算主要参考 FishBase。根据鱼类营养级分类,杂食性鱼类为 1.4 ~ 1.9,低级肉食性鱼类为 2.0 ~ 2.8,中级肉食性鱼类为 2.9 ~ 3.4,大于 3.5 的则为高级肉食性鱼类^[13]。

1.3 群落格局分析

为了平衡优势种与稀有种在群落中的作用,本文在数据处理时运用四次方根转换,然后计算岛礁间 Bray-Curtis 相似性系数,构建相似性矩阵。结合温度、盐度、深度、叶绿素 a 、悬浮颗粒物、 NH_4^+ 、 NO_3^- 、 NO_2^- 、 SiO_3^- 、 PO_4^- 、溶性无机氮等一系列环境参数,采用非度量多维标度 (nonmetric multi-dimensional scaling, NMDS) 和平均聚类分析 (group average clustering) 研究各调查

岛礁之间鱼类组成的异质性^[14]。鉴于这两种方法的互补性,同时使用可有效地展示群落格局,并可互相验证分析结果^[15]。NMDS 分析结果采用胁强系数 (stress) 来衡量,通常认为,当 $\text{stress} < 0.05$ 时,具有很好的代表性^[16]。应用相似性分析 (analysis of similarities, ANOSIM) 检验不同岛礁间群落组成差异的显著性。群落间的相关性检验用 RELATE 进行分析,通过 SIMPER (species contributions to similarity) 方法计算各种类对站位组内相似性和组间相异性的平均贡献率。以上分析过程和图件的绘制使用 Rver.3.5.2 (R Development Core Team) 中的 “vegan” 软件包进行。

2 结果与讨论

2.1 鱼类种类组成

本次调查布设 11 条样带,共观测到鱼类 116 种 5250 尾,隶属 3 目 21 科。各岛礁中赵述岛北部出现的鱼类种类最多,为 3 目 14 科 38 种;其次是西沙洲南部和北礁北部,均为 2 目 11 科 32 种。其余的岛礁鱼类种类数相差不大 (见表 1)。在各岛礁中鲈形目均占绝对优势,其中隆头鱼科的种类数最多 (31 种),雀鲷科 (23 种) 和鹦嘴鱼科 (10 种) 次之。

有学者分别于 1998 年、1999 年和 2003 年 5 月采用底层刺网在西沙群岛主要岛礁海域 (北礁、华光礁、金银岛、东岛、浪花礁、玉琢礁和永兴岛 7 个岛礁) 调查并记录鱼类 14 目 48 科 261 种^[5];此外,2003 年 5 月王雪辉等采用底层刺网在上述岛礁记录鱼类 10 目 31 科 146 种^[7]。2006 年 5 月—6 月,研究者采用潜水调查法在东岛、永兴岛、羚羊礁、金银岛、华光礁和中建岛 6 个岛礁记录到珊瑚礁鱼类 29 科 71 属 119 种^[1]。2005—2013 年,学者采用潜水调查法在永兴岛及七连屿浅水礁区记录珊瑚礁鱼类 4 目 25 科 61 属 131 种。2015 年 10 月—2016 年 9 月,有研究者采用三重刺网结合潜水、垂钓对涠洲岛珊瑚礁鱼类进行调查,记录到珊瑚礁鱼类 2 纲 12 目 49 科 84 属 114 种^[17]。对比以往的研究可以发现,潜水调查法所记录鱼类种类数略少于底层刺网,这可能和潜水调查每次作业时间比较短

表 1 西沙群岛主要岛礁鱼类的目/科/种类组成
Tab.1 Composition of the fish species/family/order of the major coral reefs in Xisha Islands

站位号	岛礁	目	科	种
1	北礁	2	11	32
2	赵述岛北	2	14	38
3	赵述岛南	3	13	29
4	西沙洲潟湖	1	6	17
5	西沙洲南	2	11	32
6	西沙洲北	2	9	28
7	玉琢礁潟湖	2	8	23
8	玉琢礁北	2	14	31
9	晋卿岛	1	8	29
10	华光礁北	2	13	27
11	华光礁南	2	12	23

有关(每条样带为 10 ~ 20 min),也可能与近年来渔业活动频繁导致的种类数减少有关。本文调查的珊瑚礁鱼类种类与上述潜水调查到的种类数大体一致,所观察到的鱼类均为礁栖性鱼类,且鲈形目都占绝对优势。

2.2 优势种

以 $IRI>500$ 为优势种的划分标准,西沙群岛主要岛礁鱼类的优势种主要为栉齿刺尾鱼(*Ctenochaetus striatus*)(IRI : 1756)、燕尾光鳃雀鲷(*Chromis fumea*)(IRI : 1562)、日本鹦嘴鱼(*Chlorurus japanensis*)(IRI : 1542)和福氏鹦哥鱼(*Scarus forsteni*)(IRI : 558)。优势度介于 500 ~ 100 的有金带鲷(*Gnathodentex aurolineatus*)(IRI : 444)、双斑光鳃鱼(*Chromis margaritifer*)(IRI : 299)、日本刺尾鱼(*Acanthurus japonicus*)(IRI : 193)等 9 种鱼类。

王雪辉等^[7]在西沙海域(北礁、华光礁、金银岛、东岛、浪花礁、玉琢礁和永兴岛)采用底层刺网的调查方式,发现其优势种为白边锯鳞鲷(*Myripristis murdjan*)、四带笛鲷(*Lutjanus kasmira*)、灰若梅鲷(*Paracaesio sordidus*)、双带梅鲷(*Caesio diagramma*)、单板盾尾鱼(*Axinurus thynnoides*)和灰六鳃鲨(*Hexanchus griseus*)等。邹琦等^[17]采用三重刺网结合潜水、垂钓的调查方式,发现涠洲岛的优势种为云斑海猪鱼

(*Halichoeres nigrescens*)、线尾锥齿鲷(*Pentapodus setosus*)、褐篮子鱼(*Siganus fuscescens*)、横带九棘鲈(*Cephalopholis boenak*)、八带蝴蝶鱼(*Chaetodon octofasciatus*)、五带豆娘鱼(*Abudefduf vaigiensis*)、黑新箭齿雀鲷(*Neoglyphidodon melas*)等。高永利等^[1]使用潜水调查法记录到西沙群岛珊瑚礁鱼类为 29 科 71 属 119 种。优势度超过 1000 的有 3 种鱼,分别是二色光鳃鱼(*Chromis margaritifer*)、栉齿刺尾鱼和黑缘丝隆头鱼;优势度为 500 ~ 1000 的有 2 种鱼,是金带鲷和条尾光鳃鱼(*Chromis ternatensis*)。综上可以看出,本文的研究结果与上述潜水调查得到的优势种较为一致,与使用底层刺网的调查结果差别较大。由此可见,调查方式对调查结果有较大的影响。

2.3 多样性指数

如表 2 所示,西沙群岛主要岛礁鱼类丰富度指数为 3.28 ~ 6.63,平均值为 5.01;其中赵述岛北部的物种丰富度最高,西沙洲南部次之,玉琢礁北部、北礁、晋卿岛丰富度水平基本相当,西沙洲潟湖丰富度最低。6 座岛礁的均匀度指数为 0.46 ~ 0.74,平均为 0.61;其中,晋卿岛和西沙洲潟湖均匀度最高,均为 0.74,西沙洲北部的均匀度最低。多样性指数为 1.57 ~ 2.58,平均值为 2.09;其中,晋卿岛最高,西沙洲南部和北礁北部位列第二、第三位,玉琢礁潟湖最低。

与其他海域相比,2019 年西沙群岛的鱼类多样性指数明显高于纬度较高的海域,例如黄海和东海,但低于中沙群岛、南沙群岛和同纬度西沙群岛的其他岛礁(表 3);调查结果的差异一方面是调查方式不同造成的,2003 年王雪辉等^[7]采用底层刺网的调查方法;2006 年高永利等^[1]与本文采用的是潜水调查法;2000 年刘勇等^[20]采用底层拖网的调查方法。另一方面,从历年对西沙群岛鱼类多样性的研究可以看出,该海域内的鱼类多样性是逐年减少的,可能是由于是渔业资源被过度开采。随着海洋渔业的快速发展,捕捞渔具变得更加现代化,捕捞强度逐年增大,远远超过当地海洋资源的补充能力,使鱼类群落结构发生了改变^[18]。

表 2 西沙群岛主要岛礁的鱼类多样性指数

Tab.2 Fish diversity indices of the coral reefs in the Xisha Islands

站位号	岛礁	丰富度指数(<i>D</i>)	均匀度指数(<i>J'</i>)	多样性指数(<i>H' N</i>)	大型鱼类指数(<i>LFI</i> ₂₀)	平均营养级(<i>MTL</i>)
1	北礁	5.50	0.62	2.24	0.36	2.50
2	赵述岛北	6.63	0.57	2.17	0.86	2.25
3	赵述岛南	5.28	0.48	1.70	0.32	3.01
4	西沙洲潟湖	3.28	0.74	2.18	0.00	3.01
5	西沙洲南	5.67	0.69	2.45	0.79	2.24
6	西沙洲北	4.75	0.46	1.60	0.68	2.63
7	玉琢礁潟湖	3.82	0.49	1.57	0.07	2.75
8	玉琢礁北	5.60	0.64	2.30	0.50	3.17
9	晋卿岛	5.31	0.74	2.58	0.56	2.97
10	华光礁北	4.86	0.63	2.17	0.14	3.00
11	华光礁南	4.35	0.63	2.03	0.12	2.65
平均(Mean)		5.01	0.61	2.09	0.40	2.74

表 3 不同区域、时间鱼类多样性指数的比较

Tab.3 Comparison of the fish diversity index among different time and different areas.

区域	调查年份	调查方式	<i>H'N</i>		文献
			范围	平均	
黄海	-	底拖网	0.40~2.34	1.58	[19]
东海	-	底拖网	0.31~3.15	1.79	[19]
黄海南部	2000	底拖网	0.36~2.14	1.29	[20]
东海北部	2000	底拖网	0.55~2.33	1.81	[20]
东海中部	2000	底拖网	0.34~2.75	1.56	[20]
西沙群岛	2003	底层刺网	2.18~3.51	2.94	[7]
西沙群岛	2006	潜水调查	1.65~2.86	2.35	[1]
西沙群岛	2019	潜水调查	1.57~2.58	2.09	本文

2.4 平均营养级

六座岛礁的平均营养级在 2.24~3.17, 平均值为 2.74(表 2)。玉琢礁北部的平均营养级最高, 为 3.17; 西沙洲南部平均营养级最低, 仅为 2.24。研究发现, 西沙群岛各个岛礁鱼类中低级肉食性鱼类为 39 种, 中级肉食性鱼类为 30 种, 高级肉食性鱼类为 47 种。由此可见, 虽然西沙群岛鱼类中高级肉食性鱼类的种类数最多, 但低级肉食性鱼类在个体数量上仍占大多数。

目前, 国内外已有许多关于渔获物平均营养级长期变化的研究, 如杜建国等^[21] 分析了我国海域 129 种渔获物的营养级指数变化特征, 总的

趋势是先降后升; 焦敏等^[22] 研究认为, 东北大西洋鱼类的平均营养级处于下降趋势。但上述研究都是基于世界粮农组织(FAO)等渔获统计数据或底拖网渔获调查, 而本研究采用了 2019 年西沙群岛主要岛礁水下样带的原位考察数据, 分析了这六座岛礁鱼类群落的平均营养级, 更客观地反映了该海域鱼类群落的营养结构。2019 年西沙群岛平均营养级为 2.74, 低于国内其他海域, 一方面可能是由于调查方式的不同, 其他区域的数据为渔获数据或实地捕捞的调查数据, 而本文采用的是水下样带观察法, 原位观察所见多为栉齿刺尾鱼等体型较大且营养等级较低($TL=2.0$)的杂食性鱼类。另一方面, 这一结果可能是过度捕捞造成的, 主要渔获物由原来的长寿命、高营养级的鱼类变为现在的短寿命、低营养级的鱼类。此外, 鱼类个体体长大小的变化和摄食的食物种类组成的变化也会造成营养级的变化^[20]。

2.5 大型鱼类指数

本次调查中, 有 4076 尾(77.6%)鱼类的体长小于 20 cm。 LFI_{20} 范围为 0~0.86, 最高值出现在赵述岛北部, 为 0.86; 其次是西沙洲南部和西沙洲北部, 分别为 0.79 和 0.68; 最低的两个值则出现在西沙洲潟湖和玉琢礁潟湖, 仅为 0 和 0.07。

国际海洋考察理事会(ICES)认为, 鱼类的大小组成对捕捞压力的体现有较高的灵敏度。

《奥斯陆巴黎保护东北大西洋海洋环境公约》(OSPAR)也将大型鱼类指数列为衡量鱼类群落生态质量的指标之一,并提出一个健康的海洋生态系统大型鱼类指数必须保持在 0.30 以上。但截至目前,将大型鱼类指数作为海洋生态系统健康程度评判标准的研究在国内并不多见。根据本次调查结果,2019 年西沙群岛的平均大型鱼类指数为 0.40,其中西沙洲潟湖和玉琢礁潟湖的大型鱼类指数几乎为零,造成这一结果的原因是这两个海域均为珊瑚礁和海草床的镶嵌生境,而海草床是多种海洋生物的育幼场,所以该海域的大型鱼类较少^[18, 23]。此外,华光礁北部和华光礁南部大型鱼类指数仅为 0.14 和 0.12,面临着较大的捕捞压力。其余岛礁的大型鱼类指数皆在 0.30 以上,捕捞压力较小,基本处于健康水平。2005—2015 年,澳大利亚 9 个调查点的大型鱼类指数平均为 0.52^[24]。由此可见,西沙群岛的捕捞压力大于澳大利亚,珊瑚鱼类的保护工作仍有待加强。

2.6 群落格局

根据各岛礁的聚类分析结果,按鱼类种类和数量可以分为三个群落(图 1),群落 1 包括玉琢礁潟湖、西沙洲潟湖和晋卿岛潟湖,其采样站位均为珊瑚礁和海草床镶嵌生境,代表优势种为黑缘丝隆头鱼(*Cirrhitilabrus melanomarinatus*)等。群落 2 包括华光礁、玉琢礁以及北礁,均位于永乐群岛,代表优势种为燕尾光鳃雀鲷等。群落 3 包括西沙洲和赵述岛,均位于宣德群岛,代表优势种为栉齿刺尾鱼等。基于群落进行物种间的 ANOVA 分析,结果显示永乐群岛和宣德群岛的群落物种组成差异不显著,潟湖作为镶嵌生境,群落的种群组成与单纯的珊瑚礁生境有一定的差距。

西沙群岛 2003 年鱼类群落结构分为两个,群落 I 分布在金银岛、华光礁、北礁和玉琢礁,群落 II 分布在浪花礁、永兴岛和东岛^[7]。本研究因布设了潟湖的样带,因此增加了由珊瑚礁和海草床镶嵌生境组成的潟湖群落。SMIPER 分析结果表明,潟湖鱼类群落种类组成的平均相似性为 15.54%,主要特征种为宅泥鱼(*Dascyllus aruanus*)、岛屿眶锯雀鲷(*Stegastes insularis*)、三

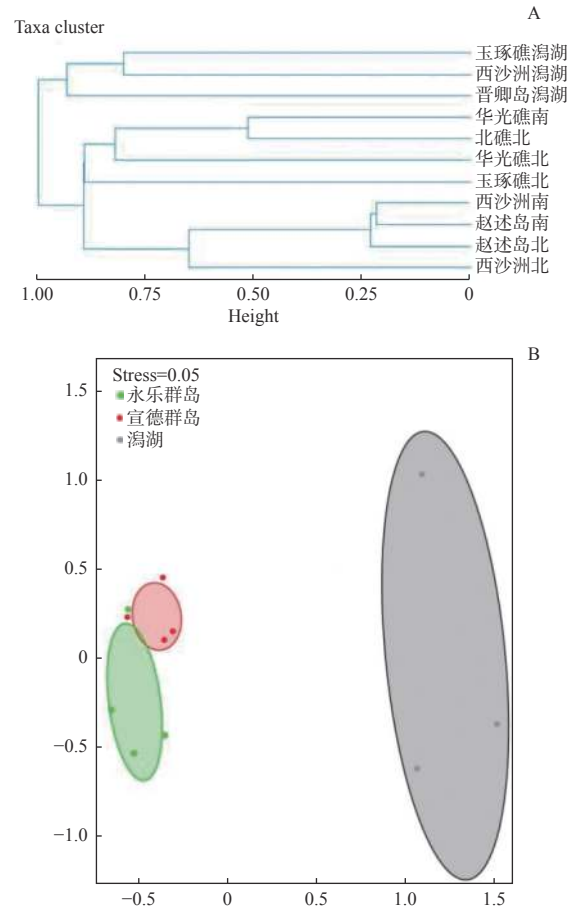


图 1 西沙群岛各采样岛礁鱼类群落的等级聚类分析图(A)和 NMDS 排序图(B)

Fig. 1 Group average clustering (A) and NMDS ordination (B) of sampling coral islands/reefs in the Xisha Islands

斑海猪鱼(*Halichoeres trimaculatus*)、网纹宅泥鱼(*Dascyllus reticulatus*)、双斑金翅雀鲷(*Chrysiptera biocellata*)和黑缘丝隆头鱼。永乐群岛鱼类群落种类组成的平均相似性为 20.63%,以贡献率 3% 为划分标准,主要特征种为栉齿刺尾鱼、金带鲷、日本刺尾鱼、青唇栉齿刺尾鱼(*Ctenochaetus cyanocheilus*)、日本鹦嘴鱼和双斑光鳃鱼。宣德群岛鱼类群落的种类组成相似性为 52.92%,主要特征种为燕尾光鳃雀鲷、栉齿刺尾鱼、双斑光鳃鱼和日本鹦嘴鱼。

在三个群落的 17 种特征种中,永乐群岛与宣德群岛的特征种较为相似。潟湖与其余两个群落无相同特征种,但有黑缘丝隆头鱼、盖斑海猪鱼(*Halichoeres melasmapomus*)、克氏蝴蝶鱼

(*Chaetodon kleinii*)等共有种,表明珊瑚礁和海草床共同组成的镶嵌生境与单纯的珊瑚礁生境差异较大,但仍有连通性。本文建议,在保护西沙群岛珊瑚礁的同时,也要加强珊瑚礁与海草床之间生态连通性的保护。

3 结论

(1)西沙群岛海域共记录珊瑚礁鱼类116种,隶属3目21科;栉齿刺尾鱼、燕尾光鳃雀鲷、日本鹦嘴鱼和福氏鹦哥鱼为主要优势种。

(2)西沙群岛海域鱼类的Shannon-Wiener多样性指数(H')为1.57~2.58,平均为2.07;大型鱼类指数平均为0.40;平均营养级为2.74。

(3)西沙群岛海域的鱼类可划分为三个群落,即由珊瑚礁和海草床镶嵌生境组成的潟湖群落、永乐群岛群落和宣德群岛群落。

参考文献:

- [1] 高永利,黄晖,练健生,等.西沙群岛礁栖鱼类物种多样性及其食性特征[J].生物多样性,2014,22(5): 618-623.
- [2] 李永振,史赞荣,艾红,等.南海珊瑚礁海域鱼类分类多样性大尺度分布格局[J].中国水产科学,2011,18(3): 619-628.
- [3] 陈国宝,李永振,陈新军.南海主要珊瑚礁水域的鱼类物种多样性研究[J].生物多样性,2007,15(4): 373-381.
- [4] 李媛洁,陈作志,张俊,等.西沙群岛七连屿礁栖鱼类物种和分类多样性[J].中国水产科学,2020,27(7): 815-823.
- [5] 孙典荣,林昭进,邱永松.西沙群岛重要岛礁鱼类资源调查[J].中国海洋大学学报,2005,35(2): 225-231.
- [6] 史赞荣,李永振,艾红,等.西沙群岛珊瑚礁海域鱼类分类学多样性[J].水产学报,2010,34(11): 1753-1761.
- [7] 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.
- [8] EDGAR G J, STUART-SMITH R D. Systematic global assessment of reef fish communities by the Reef Life Survey program[J]. *Scientific Data*, 2014, 1(1): 140007.
- [9] 李元超,吴钟解,陈石泉,等.永兴岛及七连屿浅水礁区珊瑚礁鱼类多样性探讨[J].海洋环境科学,2017,36(4): 509-516.
- [10] 杨位迪,胡俊彤,林柏岸,等.西沙群岛海域珊瑚礁鱼类物种多样性[J].厦门大学学报:自然科学版,2018,57(6): 819-826.
- [11] ALLEN G R, ERDMANN M V. Reef Fishes of the East Indies[M]. Honolulu: University of Hawaii Press, 2012: 1-1292.
- [12] 黄晖.西沙群岛珊瑚礁生物图册[M].北京:科学出版社,2018: 1-409.
- [13] 张其永,林秋眠,林尤通,等.闽南-台湾浅滩渔场鱼类食物网研究[J].海洋学报,1981(2): 275-290.
- [14] FIELD J G, CLARKE K R, WARWICK R M. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns[J]. *Marine Ecology Progress Series*, 1982, 8: 37-52.
- [15] BRAZNER J C, BEALS E W. Patterns in fish assemblages from coastal wetland and beach habitats in Green Bay, Lake Michigan: a multivariate analysis of abiotic and biotic forcing factors[J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1997, 54(8): 1743-1761.
- [16] KHALAF M A, KOCHZIUS M. Changes in trophic community structure of shore fishes at an industrial site in the Gulf of Aqaba, Red Sea[J]. *Marine Ecology Progress Series*, 2002, 239: 287-299.
- [17] 邹琦,吴志强,黄亮亮,等.广西涠洲岛珊瑚礁海域鱼类物种组成的调查分析[J].南方农业学报,2020,51(1): 1-10.
- [18] 杜建国,陈彬,卢振彬,等.泉州湾海域鱼类多样性及营养级变化[J].生物多样性,2010,18(4): 420-427.
- [19] 程济生,俞连福.黄、东海冬季底层鱼类群落结构及多样性变化[J].水产学报,2004,28(1): 29-34.
- [20] 刘勇,李圣法,陈学刚,等.东、黄海2000年冬季底层鱼类群落结构及其多样性[J].海洋科学,2007,31(10): 19-24.
- [21] 杜建国,叶观琼,陈彬,等.中国海域海洋生物的营养级指数变化特征[J].生物多样性,2014,22(4): 532-538.
- [22] 焦敏,高郭平,陈新军.东北大西洋海洋捕捞渔获物营养级变化研究[J].海洋学报,2016,38(2): 48-63.
- [23] XIE M L, LOH K H, CHEN Z H, et al. Length-weight relationships of eight fish from seagrass meadows in Wenchang, China[J]. *Journal of Applied Ichthyology*, 2020, 36(3): 361-363.
- [24] STUART-SMITH R D, EDGAR G J, BARRETT N S, et al. Assessing national biodiversity trends for rocky and coral reefs through the integration of citizen science and scientific monitoring programs[J]. *Bioscience*, 2017, 67(2): 134-146.