

# 西沙群岛主要岛礁鱼类物种多样性及其群落格局

王雪辉<sup>1,2\*</sup> 杜飞雁<sup>1,3</sup> 林昭进<sup>1</sup> 孙典荣<sup>1</sup> 邱永松<sup>1</sup> 黄硕琳<sup>2</sup>

1 (中国水产科学研究院南海水产研究所, 广州 510300)

2 (上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306)

3 (厦门大学海洋与环境学院, 厦门 361005)

**摘要:** 为了解珊瑚礁海域鱼类物种多样性及其群落特征, 作者2003年5月在西沙群岛7座主要岛礁(北礁、华光礁、金银岛、东岛、浪花礁、玉琢礁和永兴岛)采用底层刺网进行了调查, 运用聚类分析和非度量多维标度(NMDS)等多元统计分析方法, 对7个岛礁鱼类的种类组成、优势种、多样性和群落格局进行了分析。调查海域共记录鱼类146种, 隶属10目31科; 各主要岛礁的鱼类以典型的热带种类为主, 如鹦嘴鱼科、蝴蝶鱼科、笛鲷科等珊瑚礁鱼类; 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*)为主要优势种; 全海域鱼类的Shannon-Wiener多样性指数( $H'$ )在1.91–3.33之间, 平均为2.81, 明显高于纬度较高的东海和黄渤海海域; 该海域鱼类可划分为两个群落, 即永乐群岛群落(群落I)和宣德群岛群落(群落II)。ANOSIM和RELATE检验表明, 两个群落间鱼类组成的差异显著( $R=0.685$ ,  $P=0.029<0.05$ ), 且群落格局较为稳定( $R=0.958$ ,  $P=0.003<0.01$ )。

**关键词:** 鱼类, 物种多样性, 群落格局, 底层刺网, 珊瑚礁, 西沙群岛

## Fish species diversity and community pattern in coral reefs of the Xisha Islands, South China Sea

Xuehui Wang<sup>1,2\*</sup>, Feiyan Du<sup>1,3</sup>, Zhaojin Lin<sup>1</sup>, Dianrong Sun<sup>1</sup>, Yongsong Qiu<sup>1</sup>, Shuolin Huang<sup>2</sup>

1 South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Guangzhou 510300

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

3 College of Oceanography and Environmental Science, Xiamen University, Xiamen, Fujian 361005

**Abstract:** We assessed fish communities using bottom gillnet surveys in 7 coral reefs (Beijiao Reef, Huangguang Reef, Jinyin Island, Dongdao Island, Langhua Reef, Yuzhuo Reef and Yongxing Island) of the Xisha Islands in May, 2003 and analyzed species composition and diversity, dominant species, and community pattern using the software Primer. A total of 146 fish species belonging to 31 families and 10 orders were collected during the survey. Fishes in the coral reefs were dominated by the typical tropical species, including members of the families Scaridae, Chaetodontidae and Lutjanidae. According to the Index of Relative Importance (IRI), the six most dominant fish species were *Myripristis murdjan*, *Lutjanus kasmira*, *Paracaesio sordidus*, *Caesio diagramma*, *Axinurus thynnoides* and *Hexanchus griseus*, respectively. Shannon-Wiener diversity indices ( $H'$ ) ranged from 1.91 to 3.33 among reefs, with an average of 2.81. Overall, diversity indices for the Xisha Islands were higher than those found in the East China Sea, the Yellow Sea and the Bohai Sea, all of which are found at a higher latitude. The spatial pattern of fish communities was analyzed using hierarchical clustering and non-metric multidimensional scaling. Two major groups based on fish assemblages were identified, with group I located in the Yongle Islands and Group II in the Xuande Islands. ANOSIM and RELATE tests showed significant differences ( $R=0.685$ ,  $P=0.029<0.05$ ) in fish assemblages between these groups and the community pattern were quite stable ( $R=0.958$ ,  $P=0.003<0.01$ ).

**Key words:** fish, species diversity, community pattern, bottom gillnet, coral reef, Xisha Islands

收稿日期: 2010-11-03; 接受日期: 2011-01-20

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(2010YD10、2009TS08)和农业部近海渔业资源调查项目(070404)

\* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: wxhscs@163.com

西沙群岛位于 $15^{\circ}46'-17^{\circ}08' N$ ,  $111^{\circ}11'-112^{\circ}50' E$ , 由宣德群岛和永乐群岛组成, 北起北礁, 南至嵩焘滩, 东到西渡滩, 西至中建岛, 共有29个岛屿、沙洲和4个高潮适淹的环礁。西沙群岛大部分是由造礁珊瑚所构成的珊瑚礁, 为海洋中一类特殊的生态系统, 蕴藏着丰富的资源(陈清潮, 1997)。珊瑚礁生态系统有极高的生物多样性和生产力水平, 也是受全球气候变化及人类活动等影响最为明显的生态系统之一, 其生物多样性下降和生态系统功能退化现象已引起广泛关注(沈国英等, 2010)。有关西沙群岛珊瑚礁方面的调查研究较多(邹仁林, 1980; 王国忠等, 1986; 李颖虹等, 2004; 时小军等, 2008), 对西沙群岛主要岛礁鱼类的区系和分布也有过研究(孙典荣等, 2005a, b; 陈国宝等, 2007), 而有关西沙群岛附近海域鱼类的群落格局却未见报道。本研究根据2003年5月在西沙群岛主要岛礁(北礁、华光礁、金银岛、东岛、浪花礁、玉琢礁和永兴岛)的底层刺网调查数据, 运用多元统计分析软件Primer分析了7个岛礁鱼类的种类组成、优势种、多样性和群落格局, 以期为西沙群岛岛礁区鱼类资源的合理开发利用及保护提供科学依据, 同时为进一步研究该海域海洋生态系统打下基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料来源

2003年5月, 中国水产科学研究院南海水产研究所科研人员采用底层刺网(单层高网, 下同)在西沙群岛主要岛礁水域进行了专项调查, 采样岛礁为北礁、华光礁、金银岛、东岛、浪花礁、玉琢礁和永兴岛, 地理位置见图1。

采样船只长期在调查海域附近作业的渔船“粤阳东19001”和“粤阳东19008”, 渔船总吨位均为75 t, 总功率分别为201 kW和204 kW。采样网具为底层刺网, 网衣尺寸为 $40\text{ m} \times 5.0\text{ m}$ , 网目为6.2 cm。放网时用主纲将多张网衣串起作为一组网进行采样。采样地点主要是在礁缘的浅水区。一般于傍晚(17:00前后)放网, 次日清晨(06:00前后)收网, 放置时间约为12 h。每个岛礁放一组网, 放网长度视岛礁的地形而定, 在400–1,200 m之间。作业水深为8.0–86.0 m。采样方法及过程均按《海洋调查规范》(GB/T 12763.6-2007)进行, 长度测量精确到1 mm, 体重精确到0.1 g。

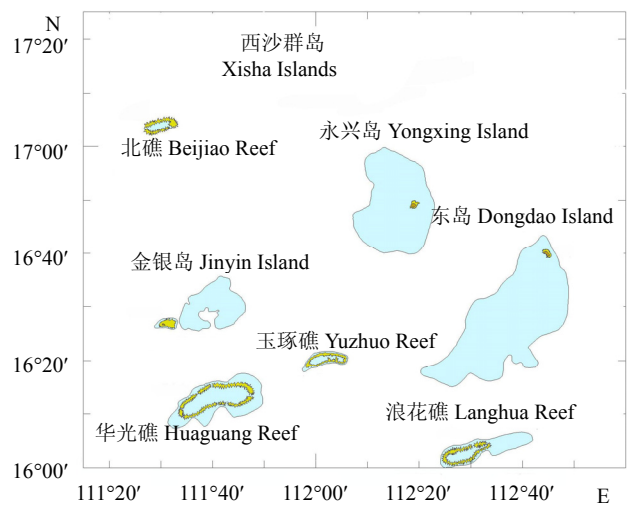


图1 西沙群岛7个调查岛礁位置

Fig. 1 Locations of the seven coral reefs in Xisha Islands

### 1.2 渔获数据标准化

用单位捕捞努力量渔获量(catch per unit effort, CPUE)对渔获物进行标准化。本文将每一次作业投入的捕捞努力量的单位取1 km, 按重量计算CPUE的单位为g/km。

### 1.3 群落重要性和多样性分析

采用以下指数计算群落的重要性和多样性:

相对重要性指数(index of relative importance, IRI)(Pinkas *et al.*, 1971):

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

式中,  $N$ 为某一种鱼的尾数占鱼类总尾数的百分比;  $W$ 为某一种鱼的重量占鱼类总重量的百分比;  $F$ 为某一种鱼出现的站数占调查总站数的百分比。

Margalef丰富度指数(Margalef, 1968):

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

式中,  $S$ 为底层刺网捕获的鱼类总数;  $N$ 为捕获的鱼类总个体数。

Shannon-Wiener多样性指数(Wilhm, 1968):

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

以生物量代替鱼尾数来计算Shannon-Wiener多样性指数, 公式为:

$$H'_B = - \sum_{i=1}^s (W_i / W) \ln(W_i / W) \quad (4)$$

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;  $W_i$ 为第 $i$ 种鱼类的重量;  $W$ 为鱼类样本的总重量。

Pielou均匀度指数(Pielou, 1975):

$$J = H'_B / H_{\max} \quad (5)$$

#### 1.4 群落格局分析

为平衡优势种和稀有种在群落中的作用, 运用四次方根转换后的数据计算岛礁间Bray-Curtis相似性系数, 构建相似性矩阵。采用组平均聚类分析(group average clustering)和非度量多维标度(non-metric multi-dimensional scaling, NMDS)排序分析各调查岛礁间的鱼类组成的异质性(Field & Beals, 1982)。由于这两种方法的互补性, 一起使用可更有效地阐明群落格局, 并互相验证分析结果(Brazner & Beals, 1997; 李圣法等, 2005)。检验NMDS分析结果的优劣用肋强系数(stress)来衡量, 通常认为当stress<0.2时, 可用NMDS的二维点图表示, 其图形有一定的解释意义; 当stress<0.1时, 可以认为是一个好的排序; 当stress<0.05时, 具有很好的代表性(马藏允等, 1997; Khalaf & Kochzius, 2002)。

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分析进行, 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(Clarke & Warwick, 2001)。

以上分析过程和图件的绘制使用Primer 5.2软件进行。

## 2 结果与讨论

### 2.1 种类组成

西沙群岛远离南海北部大陆架, 地处热带区域, 该海域珊瑚丛生、生境独特, 鱼类种类繁多、形态多样、生态类型也较为复杂。本次调查共放网28网次, 累计放网长度为14,480 m, 采集鱼类标本3,623尾, 隶属10目31科146种, 重量1,055.45 kg (附录I)。各岛礁中以玉琢礁出现的种类最多, 为7目24科74种; 浪花礁和金银岛分列第二、三位, 分别为4目19科63种和3目18科51种; 其余岛礁出现的种类数大致相当(表1)。各岛礁的种类数均以鲈形目占绝对优势, 其中以鹦嘴鱼科的种类最多, 为18种; 蝴蝶鱼科(16种)和笛鲷科(15种)次之。

### 2.2 优势种及其数量分布

以 $IRI > 500$ 为优势种的划分标准(陈国宝等, 2007), 西沙群岛主要岛礁鱼类的优势种主要有白边锯鳞鲷(*Myripristis murdjan*)( $IRI: 4,390$ )、四带笛鲷(*Lutjanus kasmira*)(1,281)、灰若梅鲷(*Paracaesio sordidus*)(1,121)、双带梅鲷(*Caesio diagrapha*)(949)、单板盾尾鱼(*Axinurus thynnoides*)(655)和灰六鳃鲨(*Hexanchus griseus*)(525)等6种, 它们的渔获量占渔获总量的51.55%。

表2列出了西沙群岛7个主要岛礁CPUE前10位的鱼类组成。由于生境的差异, 各岛礁主要鱼类的组成及其在7个岛礁的CPUE也有所差异。北礁以四带笛鲷占绝对优势, 其CPUE高达205.5 g/km, 占渔获生物量的58.21%。东岛优势种的数量较为均衡, 位居前三位的鱼类为灰六鳃鲨(18.3 g/km)、白边锯鳞鲷(17.7 g/km)和三色鹦嘴鱼(*Scarus tricolor*)(14.6 g/km), 分别占生物量的13.8%、13.5%和11.0%。华光礁以灰若梅鲷数量最大, CPUE为14.7 g/km, 占渔获生物量的11.1%; 双带梅鲷(10.3 g/km)和大魮(*Sphyaena barracuda*)(7.8 g/km)分列第二、三位, 分别占生物量的13.7%和10.3%。金银岛则以灰六鳃鲨数量最高, CPUE为425.0 g/km, 占生物量的56.3%, 其他种类相对较少。浪花礁CPUE居前三位鱼类为灰若梅鲷(30.4 g/km)、棕吻鹦嘴鱼(*Scarus psittacus*)(25.7 g/km)和尖头斜齿鲨(*Scoliodon sorrakowah*)(17.7 g/km), 分别占生物量的15.0%、12.7%和8.7%。永兴岛以尖头斜齿鲨的CPUE最大, 为25.0 g/km, 占生物量的18.5%; 宽尾鳞鲀(*Abalistes stellatus*)(13.9 g/km, 10.3%)和金带齿颌鲷(*Gnathodentex*

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

岛礁 Island/Reef	目 Order	科 Family	种 Species
北礁 Beijiao Reef	6	20	45
东岛 Dongdao Island	7	22	50
华光礁 Huaguang Reef	6	20	48
金银岛 Jinyin Island	3	18	51
浪花礁 Langhua Reef	4	19	63
永兴岛 Yongxing Island	5	19	50
玉琢礁 Yuzhuo Reef	7	24	74
合计 Total	10	31	146

表2 西沙群岛主要岛礁单位捕捞努力量渔获量(CPUE)前10位的鱼类

Table 2 Top 10 fish species in catch per unit effort (g/km) of the major coral reefs in Xisha Islands

种名 Species	北礁 Beijiao Reef	东岛 Dongdao Island	华光礁 Huaguang Reef	金银岛 Jinyin Island	浪花礁 Langhua Reef	永兴岛 Yongxing Island	玉琢礁 Yuzhuo Reef	合计 Total
灰六鳃鲨 <i>Hexanchus griseus</i>	0.0	18.3	0.0	425.0	0.0	0.0	0.0	443.3
四带笛鲷 <i>Lutjanus kasmira</i>	205.5	7.5	2.1	1.8	1.4	0.2	5.2	223.7
白边锯鳞鲷 <i>Myripristis murdjan</i>	22.9	17.7	5.5	12.3	2.6	9.3	103.4	173.6
灰若梅鲷 <i>Paracaesio sordidus</i>	0.0	0.0	14.7	15.3	30.4	0.0	50.1	110.4
双带梅鲷 <i>Caesio diagramma</i>	45.3	0.0	13.7	3.1	0.0	0.0	26.0	88.0
黄尾紫鱼 <i>Pristipomoides multidens</i>	0.0	0.0	0.0	86.5	0.0	0.0	0.0	86.5
若梅鲷 <i>Paracaesio xanthurus</i>	0.0	0.0	0.0	65.3	0.0	0.0	10.4	75.7
金目大眼鲷 <i>Priacanthus hamru</i>	2.4	4.7	4.2	3.4	4.2	6.0	39.0	63.9
黑鳍蛇鲭 <i>Thyrsitoides marleyi</i>	0.0	0.0	0.0	56.8	0.0	0.0	0.0	56.8
单板盾尾鱼 <i>Axinurus thynnoides</i>	9.9	2.4	6.2	2.4	0.3	3.5	20.8	45.5
尖头斜齿鲨 <i>Scoliodon sorrakowah</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	17.7	25.0	0.0	42.7
大眼鲷 <i>Sphyaena forsteri</i>	5.0	0.0	2.6	1.6	0.0	3.1	23.4	35.8
黄线紫鱼 <i>Pristipomoides multidens</i>	1.0	0.0	1.1	10.8	3.7	0.0	14.2	30.7
棕吻鹦嘴鱼 <i>Scarus psittacus</i>	0.1	4.1	0.0	0.3	25.7	0.0	0.4	30.6
三色鹦嘴鱼 <i>S. tricolor</i>	0.0	14.6	8.2	0.4	2.1	0.8	0.9	27.0
长体圆鲷 <i>Decapterus macrosoma</i>	5.5	0.0	2.6	1.7	3.2	5.0	8.0	26.0
条斑副绯鲤 <i>Parupeneus barberinus</i>	3.1	0.0	3.0	0.0	2.5	0.0	16.9	25.5
杂色裸颊鲷 <i>Lethrinus variegatus</i>	10.1	3.2	1.4	1.4	4.8	4.2	0.0	25.1
棘鳞蛇鲭 <i>Ruvettus tydemani</i>	0.0	0.0	0.0	24.3	0.0	0.0	0.0	24.3
五带鹦嘴鱼 <i>Scarus venosus</i>	6.1	1.5	5.8	0.3	2.5	2.7	4.2	23.1
叉尾鲷 <i>Aphareus furcatus</i>	4.1	0.0	4.1	0.5	3.8	1.5	7.3	21.4
蓝颊鹦嘴鱼 <i>Scarus janthochir</i>	0.0	1.8	2.9	0.0	15.8	0.0	0.3	20.7
条腹鹦嘴鱼 <i>S. aeruginosus</i>	1.2	7.5	1.6	1.5	5.4	2.0	1.2	20.4
金带齿颌鲷 <i>Gnathodentex aurolineatus</i>	0.4	0.6	1.0	0.8	1.2	11.5	3.3	18.9
纵带裸颊鲷 <i>Lethrinus leutjanus</i>	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.1	16.0
灰裸顶鲷 <i>Gymnocranius griseus</i>	0.0	0.0	4.9	1.6	0.0	8.9	0.0	15.4
宽尾鳞鲷 <i>Abalistes stellatus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.9	0.0	13.9
侧斑副绯鲤 <i>Parupeneus heptacanthus</i>	5.6	1.1	1.6	0.0	0.1	1.7	3.4	13.5
侧条真鲨 <i>Carcharhinus pleurotaenia</i>	0.0	13.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.0
大鲷 <i>Sphyaena barracuda</i>	0.0	0.7	10.3	0.0	0.8	0.0	1.2	13.0
绿牙鹦嘴鱼 <i>Scarus chlorodon</i>	1.8	0.7	0.0	0.0	2.1	5.8	2.5	12.9
黄纹鲷 <i>Adioryx furcatus</i>	0.0	1.0	2.1	6.9	0.0	0.0	2.5	12.4
灰鹦嘴鱼 <i>Scarus sordidus</i>	0.0	0.0	0.0	2.1	9.2	0.4	0.0	11.7
黄鞍鹦嘴鱼 <i>S. oviceps</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	11.6	0.0	0.0	11.6
新月梅鲷 <i>Caesio lunaris</i>	0.0	2.0	0.0	0.7	5.0	0.4	0.0	8.1
脂眼凹肩鲷 <i>Selar crumenophthalmus</i>	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	6.7	0.0	7.5
双板盾尾鱼 <i>Prionurus scalprus</i>	0.0	0.0	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8
散鲷 <i>Carangoides sansun</i>	0.0	0.0	0.0	6.5	0.0	0.0	0.0	6.5
小齿双板盾尾鱼 <i>Callicanthus hexacanthus</i>	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6
合计 Total	334.0	105.7	106.2	733.1	156.0	112.4	357.1	1,904.4

*aurolineatus*)(11.5 g/km, 8.5%)次之。玉琢礁以白边锯鳞鲷占优势, CPUE为10.3 g/km, 占该站渔获生物量的24.1%; 灰若梅鲷(5.0 g/km, 占生物量的24.1%)

和金目大眼鲷(*Priacanthus hamru*)(3.9 g/km, 占生物量的9.1%)居第二、三位。

以前10位鱼类CPUE之和计, 金银岛CPUE最

高, 为709.4 g/km; 北礁和玉琢礁分列第二、三位, 其CPUE分别为320.0 g/km和316.5 g/km; 华光礁的CPUE最低, 仅为79.9 g/km。

2.3 多样性

如表3所示, 西沙群岛主要岛礁鱼类丰富度指数在3.67–5.93之间, 平均为4.63。玉琢礁的物种丰富度最高, 浪花礁次之, 东岛、华光礁、金银岛和永兴岛的丰富度水平基本相当, 北礁最低; 均匀度指数在0.48–0.86之间, 平均为0.70, 华光礁均匀度最高, 依次为永兴岛、浪花礁和东岛, 金银岛均匀度最低; 平均多样性指数为2.81, 各岛礁在1.91–3.33之间, 仍以华光礁最高, 浪花礁和永兴岛列第二、三位, 金银岛最低。总体而言, 华光礁鱼类多样性水平最高, 北礁最低。

与其他海域相比, 西沙群岛海域鱼类多样性指

数高于纬度较高的渤海、黄海和东海海域, 也高于国外纬度较高的大堡礁、墨西哥和地中海沿岸等礁区(表4)。

2.4 群落格局

各岛礁的聚类分析和NMDS分析结果表明, 西沙群岛的鱼类可分为群落I和群落II两个群落(图2)。ANOSIM检验表明, 群落间差异显著( $R=0.685$ ,  $P=0.029<0.05$ )。群落I包括金银岛、华光礁、北礁和玉琢礁, 群落II包括浪花礁、东岛和永兴岛。通过RELATE检验, CPUE的相似性矩阵进行Spearman相关分析表明, 西沙群岛主要岛礁鱼类群落结构较为稳定( $R=0.958$ ,  $P=0.003<0.01$ )。

王雪辉等(2010)调查南海北部的北部湾海域鱼类群落结构时发现, 北部湾海域鱼类可划分为5个群落。与北部湾相比, 西沙群岛主要岛礁鱼类群

表3 西沙群岛主要岛礁的鱼类多样性指数

Table 3 Fish diversity indices of the coral reefs in the Xisha Islands

岛礁 Island/Reef	丰富度指数 Margalef richness index ( <i>D</i> )	均匀度指数 Pielou's evenness index ( <i>J'</i> )	多样性指数 Shannon-Wiener diversity index ( <i>H'</i> <sub>w</sub> )
北礁 Beijiao Reef	3.67	0.53	2.00
东岛 Dongdao Island	4.58	0.79	3.11
华光礁 Huaguang Reef	4.32	0.86	3.33
金银岛 Jinyin Island	4.03	0.48	1.91
浪花礁 Langhua Reef	5.51	0.79	3.28
永兴岛 Yongxing Island	4.41	0.80	3.13
玉琢礁 Yuzhuo Reef	5.93	0.67	2.89
平均 Mean	4.63	0.70	2.81

表4 不同区域鱼类多样性指数的比较

Table 4 Comparison of the fish diversity index among different regions

区域 Region	<i>H'</i> <sub>N</sub>		<i>H'</i> <sub>w</sub>		文献 Reference
	范围 Range	平均 Average	范围 Range	平均 Average	
大堡礁 Great Barrier Reef			1.56–2.98	2.31	David & Annamarie (1983)
墨西哥湾 Gulf of Mexico			1.31–1.86	1.56	George & Thomas (1988)
地中海沿岸水域 Coastal waters of Mediterranean	1.00–2.40				Margalef (1968)
黄海南部 Southern Yellow Sea	0.36–2.14	1.29	0.82–1.99	1.45	刘勇等 (2007)
黄海 Yellow Sea	0.40–2.34	1.58			程济生和俞连福 (2004)
莱州湾 Laizhou Bay			1.32–2.27	1.93	金显仕和邓景耀 (2000)
东海北部 Northern East China Sea	0.55–2.33	1.81	0.54–2.74	1.84	刘勇等 (2007)
东海中部 Central East China Sea	0.34–2.75	1.56	0.31–2.78	1.88	刘勇等 (2007)
东海 East China Sea	0.31–3.15	1.79			程济生和俞连福 (2004)
西沙群岛 Xisha Islands, South China Sea	2.18–3.51	2.94	1.91–3.33	2.81	本文

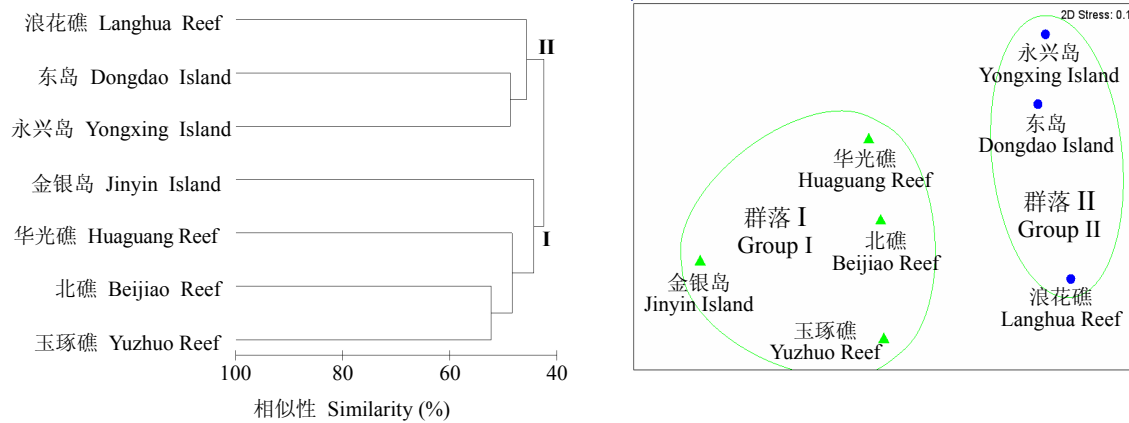


图2 西沙群岛各采样岛礁鱼类群落的等级聚类分析图(左)和NMDS排序图(右)

Fig. 2 Group average clustering (left) and NMDS ordination (right) of sampling coral islands/reefs in the Xisha Islands

落格局相对较为简单,反映出西沙海域生态环境较北部湾稳定。

## 2.5 群落的特征种

SIMPER分析结果表明,永乐群岛鱼类群落(群落I)种类组成的平均相似性为47.03%。以贡献率>3%为划分标准,主要特征种为白边锯鳞鲷、双带梅鲷、单板盾尾鱼、金目大眼鲷、大眼鲟(*Sphyrna forsteri*)、长体圆鲂(*Decapterus macrosoma*)、四带笛鲷、五带鹦嘴鱼(*Scarus venosus*)、叉尾鲷(*Aphareus furcatus*)、黄线紫鱼(*Pristipomoides multidentis*)、条腹鹦嘴鱼(*Scarus aeruginosus*)、黑边石斑鱼(*Epinephelus fasciatus*)、点蓝子鱼(*Siganus guttatus*)、线点鳃棘鲈(*Plectropomus oligacanthus*)和金带齿颌鲷等。

宣德群岛群落(群落II)鱼类的平均相似性为46.71%,其主要特征种有杂色裸颊鲷(*Lethrinus variegatus*)、条腹鹦嘴鱼、金目大眼鲷、白边锯鳞鲷、五带鹦嘴鱼、三色鹦嘴鱼、绿牙鹦嘴鱼(*Scarus chlorodon*)、双斑刺尾鱼(*Acanthurus nigrofuscus*)、鳃棘鲈(*Plectropomus leopardus*)、单板盾尾鱼、褐梅鲷(*Caesio coeruleus*)、新月梅鲷(*Caesio lunaris*)、金带齿颌鲷和黑边石斑鱼等。

西沙群岛鱼类群落23种特征种中,两个群落共有的特征种仅有白边锯鳞鲷、单板盾尾鱼、黑边石斑鱼、金带齿颌鲷、金目大眼鲷、条腹鹦嘴鱼和五带鹦嘴鱼7种,表明两个群落栖息的生态环境有较大的差异。而群落I和群落II的特征种分别为14和15

种,表明西沙群岛鱼类群落的特征种组成较为复杂,也体现了西沙群岛鱼类生物多样性水平高的特点。

**致谢:** 中国水产科学研究院南海水产研究所钟智辉和舒黎明同志参加外业采样,特致谢忱。

## 参考文献

- Brazner JC, Beals EW (1997) Patterns in fish assemblages from coastal wetland and beach habitats in Green Bay, Lake Michigan: a multivariate analysis of abiotic and biotic forcing factors. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **54**, 1743–1761.
- Chen GB (陈国宝), Li YZ (李永振), Chen XJ (陈新军) (2007) Species diversity of fishes in the coral reefs of South China Sea. *Biodiversity Science* (生物多样性), **15**, 373–381. (in Chinese with English abstract)
- Chen QC (陈清潮) (1997) Current status and prospects of marine biodiversity in China. *Chinese Biodiversity* (生物多样性), **5**, 142–146. (in Chinese with English abstract)
- Cheng JS (程济生), Yu LF (俞连福) (2004) The change of structure and diversity of demersal fish communities in the Yellow Sea and East China Sea in winter. *Journal of Fisheries of China* (水产学报), **28**, 29–34. (in Chinese with English abstract)
- Clarke KR, Warwick RM (2001) *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*, 2nd edn. PRIMPER-E Ltd, Plymouth.
- Field JG, Clarke KR, Warwick RM (1982) A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Marine Ecology Progress Series*, **8**, 37–52.
- George DD, Thomas JB (1988) Reef fish assemblages on hard

- banks in the northwestern Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science*, **43**, 280–307.
- Jin XS (金显仕), Deng JY (邓景耀) (2000) Variations in community structure of fishery resources and biodiversity in the Laizhou Bay, Shandong. *Chinese Biodiversity* (生物多样性), **8**, 65–72. (in Chinese with English abstract)
- Khalaf MA, Kochzius M (2002) Changes in trophic community structure of shore fishes at an industrial site in the Gulf of Aqaba, Red Sea. *Marine Ecology Progress Series*, **239**, 287–299.
- Li SF (李圣法), Cheng JH (程家骅), Yan LP (严利萍) (2005) The spatial pattern of the fish assemblage structure in the mid-southern East China Sea. *Acta Oceanologica Sinica* (海洋学报), **27**(3), 110–118. (in Chinese with English abstract)
- Li XZ (李新正), Li BQ (李宝泉), Wang HF (王洪法), Wang SQ (王少青), Wang JB (王金宝), Zhang BL (张宝琳) (2007) Macrobenthic community characters of Zhubi Reef, Nansha Islands, South China Sea. *Acta Zoologica Sinica* (动物学报), **53**, 83–94. (in Chinese with English abstract)
- Li YH (李颖虹), Huang XP (黄小平), Yue WZ (岳维忠), Lin YT (林燕棠), Zou RL (邹仁林), Huang H (黄晖) (2004) Ecological study on coral reef and intertidal benthos around Yongxing Island, South China Sea. *Oceanologia et Limnologia Sinica* (海洋与湖沼), **35**, 176–182. (in Chinese with English abstract)
- Liu Y (刘勇), Li SF (李圣法), Chen XG (陈学刚), Cheng JH (程家骅) (2007) The structure and diversity of demersal fish communities in winter 2000 in the East China Sea and the Yellow Sea. *Marine Sciences* (海洋科学), **31**(10), 19–24. (in Chinese with English abstract)
- Ma ZY (马藏允), Liu H (刘海), Wang HQ (王惠卿), Wang SQ (王世权) (1997) Multivariate analysis of community structure on macrobenthos. *China Environmental Science* (中国环境科学), **17**, 297–300. (in Chinese with English abstract)
- Margalef R (1968) *Perspectives in Ecological Theory*. University of Chicago Press, Chicago.
- Pielou EC (1975) *Ecological Diversity*. John Wiley & Sons, New York.
- Pinkas L, Oliphant MS, Iverson ILK (1971) Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. *California Department of Fish and Game, Fish Bulletin*, **152**, 1–105.
- Shen GY (沈国英), Huang LF (黄凌风), Guo F (郭丰), Shi BZ (施并章) (2010) *Marine Ecology* (海洋生态学), 3rd edn. Science Press, Beijing. (in Chinese)
- Shi XJ (时小军), Liu YB (刘元兵), Chen TG (陈特固), Yu KF (余克服) (2008) The potential threats of global warming on corals living in the Xisha Islands and Nansha Islands. *Tropical Geography* (热带地理), **28**, 342–368. (in Chinese with English abstract)
- Sun DR (孙典荣), Lin ZJ (林昭进), Qiu YS (邱永松) (2005a) Survey of coral reef fish resources of the Xisha Islands. *Periodical of Ocean University of China* (中国海洋大学学报 (自然科学版)), **35**, 225–231. (in Chinese with English abstract)
- Sun DR (孙典荣), Lin ZJ (林昭进), Qiu YS (邱永松), Wang XH (王雪辉) (2005b) Fish fauna of coral reef waters of the Xisha Islands. *South China Fisheries Science* (南方水产), **1**(5), 18–25. (in Chinese with English abstract)
- Wang GZ (王国忠), Lü BQ (吕炳全), Quan SQ (全松青) (1986) The sedimentary environments and characteristics of the coral reef of the Yongxing Island. *Oceanologia et Limnologia Sinica* (海洋与湖沼), **17**, 36–44. (in Chinese with English abstract)
- Wang XH (王雪辉), Qiu YS (邱永松), Du FY (杜飞雁), Lin ZJ (林昭进), Sun DR (孙典荣), Huang SL (黄硕琳) (2010) Fish community pattern and its relation to environmental factor in the Beibu Gulf. *Journal of Fisheries of China* (水产学报), **34**, 1579–1586. (in Chinese with English abstract)
- Wilhm JL (1968) Use of biomass units in Shannon's formula. *Ecology*, **49**, 153–156.
- Williams DM, Hatcher AI (1983) Structure of fish communities on out slopes of inshore, mid-shelf and outer shelf reefs of the Great Barrier Reef. *Marine Ecology Progress Series*, **10**, 239–250.
- Zou RL (邹仁林) (1980) Further analysis on the community structure of the hermatypic corals of the Xisha Qundao (Hsisha Islands), Guangdong Sheng (Kwangtung Province), China. *Acta Oceanologica Sinica* (海洋学报), **2**(3), 98–110. (in Chinese with English abstract)

(责任编辑: 闫文杰)

#### 附录I 西沙群岛主要岛礁鱼类分布

Appendix I Distribution of fish in the coral islands/reefs of the Xisha Islands, South China Sea

(<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/w2010-267-1.pdf>)

附录I 西沙群岛主要岛礁鱼类分布

Appendix I Distribution of fish in the coral islands/reefs of the Xisha Islands, South China Sea

种名 Species	IRI	分布区域 Distribution region						
		北礁 Beijiao Reef	东岛 Dongdao Island	华光礁 Huaguang Reef	金银岛 Jinyin Island	浪花礁 Langhua Reef	永兴岛 Yongxing Island	玉琢礁 Yuzhuo Reef
六鳃鲨目 HEXANCHIFORMES								
六鳃鲨科 Hexanchidae								
灰六鳃鲨 <i>Hexanchus griseus</i>	525		+		+			
真鲨目 CARCHARHINIFORMES								
真鲨科 Carcharhinidae								
尖头斜齿鲨 <i>Scoliodon sorrakowah</i>	68					+	+	
侧条真鲨 <i>Carcharhinus pleurotaenia</i>	8		+					
灯笼鱼目 MYCTOPHIFORMES								
狗母鱼科 Synodidae								
花斑狗母鱼 <i>Synodus jaculum</i>	21			+				+
鳗鲡目 ANGUILLIFORMES								
海鳗科 Muraenidae								
异纹裸胸鳗 <i>Gymnothorax richardsoni</i>	10							+
白斑裸胸鳗 <i>G. leucostingmus</i>	1							+
花斑裸胸鳗 <i>G. pictus</i>	1							+
金眼鲷目 BERYCIFORMES								
鲷科 Holocentridae								
骨鲷 <i>Ostichthys sheni</i>	1			+				
少鳞骨鲷 <i>O. kaianus</i>	6				+	+		
灯眼鱼科 Anomalopidae								
白边锯鳞鲷 <i>Myripristis murdjan</i>	4,390	+	+	+	+	+	+	+
纵带锯鳞鲷 <i>M. vittata</i>	3				+			+
白纹棘鳞鲷 <i>Sargocentron diadema</i>	21	+	+	+			+	
尾斑棘鳞鲷 <i>S. caudimaculatus</i>	30							+
尖吻棘鳞鲷 <i>S. spiniferum</i>	1				+			
条长颈鲷 <i>Flammeo sammara</i>	29	+	+	+			+	
斑尾鲷 <i>Adioryx caudimaculatus</i>	15						+	
赤鲷 <i>A. tiere</i>	3							+
黄纹鲷 <i>A. furcatus</i>	173		+	+	+			+
棘鲷 <i>A. spinifer</i>	89		+	+	+		+	+
红双棘鲷 <i>Dispinus ruber</i>	53	+		+		+	+	+
刺鱼目 GASTEROSTEIFORMES								
烟管鱼科 Fistulariidae								
鳞烟管鱼 <i>Fistularia petimba</i>	1	+						
鲷形目 MUGILIFORMES								
鲷科 Sphyraenidae								
大眼鲷 <i>Sphyraena forsteri</i>	252	+		+	+		+	+
大鲷 <i>S. barracuda</i>	47		+	+		+		+
鲈形目 PERCIFORMES								
鲈科 Serranidae								
鳃棘鲈 <i>Plectropomus leopardus</i>	55		+	+	+	+	+	
线点鳃棘鲈 <i>P. oligacanthus</i>	57	+		+	+			+
豹纹九棘鲈 <i>Cephalopholis leopardus</i>	1				+			
尾纹九棘鲈 <i>C. urodelus</i>	35	+					+	+
白线光腭鲈 <i>Anyperodon leucogrammicus</i>	1					+		
蜂巢石斑鱼 <i>Epinephelus merra</i>	4					+		



种名 Species	IRI	分布区域 Distribution region						
		北礁 Beijiao Reef	东岛 Dongdao Island	华光礁 Huaguang Reef	金银岛 Jinyin Island	浪花礁 Langhua Reef	永兴岛 Yongxing Island	玉琢礁 Yuzhuo Reef
黑边石斑鱼 <i>E. fasciatus</i>	140	+	+	+	+	+	+	+
大眼鲷科 Priacanthidae								
金目大眼鲷 <i>P. hamrur</i>	468	+	+	+	+	+	+	+
方头鱼科 Branchiostegidae								
侧条弱棘鱼 <i>Malacanthus latovittatus</i>	1	+						
鲹科 Carangidae								
星点鲹 <i>Carangoides stellatus</i>	109	+	+	+	+		+	+
散鲹 <i>C. sansun</i>	4				+			
长体圆鲹 <i>Decapterus macrosoma</i>	237	+		+	+	+	+	+
脂眼凹肩鲹 <i>Selar crumenophthalmus</i>	57		+				+	
笛鲷科 Lutjanidae								
红钻鱼 <i>Etelis carbunculus</i>	2				+			
细鳞紫鱼 <i>Pristipomoides microlepis</i>	5				+			
黄尾紫鱼 <i>P. auricilla</i>	284				+			
黄线紫鱼 <i>P. multidentis</i>	242	+		+	+	+		+
绿短臂鱼 <i>Aprion virescens</i>	2						+	
叉尾鲷 <i>A. furcatus</i>	149	+		+	+	+	+	+
若梅鲷 <i>Paracaesio xanthurus</i>	366				+			+
灰若梅鲷 <i>P. sordidus</i>	1,121			+	+	+		+
四带笛鲷 <i>Lutjanus kasmira</i>	1,281	+	+	+	+	+	+	+
五带笛鲷 <i>L. spilurus</i>	6			+				
千年笛鲷 <i>L. sebae</i>	1			+				
双带梅鲷 <i>Caesio diagramma</i>	949	+		+	+		+	+
褐梅鲷 <i>C. coeruleus</i>	24		+			+	+	+
新月梅鲷 <i>C. lunaris</i>	46		+		+	+	+	
裸颊鲷科 Lethrinidae								
短吻裸颊鲷 <i>Lethrinus ornatus</i>	6					+		+
丽鳍裸颊鲷 <i>L. kalloperus</i>	1		+					
纵带裸颊鲷 <i>L. leutjanus</i>	152	+						+
杂色裸颊鲷 <i>L. variegatus</i>	264	+	+	+	+	+	+	
星斑裸颊鲷 <i>L. nebulosus</i>	1	+						
松鲷科 Lobotidae								
松鲷 <i>Lobotes surinamensis</i>	7		+					+
锥齿鲷科 Pentapodidae								
金带齿颌鲷 <i>Gnathodentex aurolineatus</i>	342	+	+	+	+	+	+	+
灰裸顶鲷 <i>Gymnocranius griseus</i>	156			+	+		+	
眶棘鲈科 Scolopsidae								
条纹眶棘鲈 <i>Scolopsis taeniopterus</i>	7			+		+		
石鲈科 Pomadasyidae								
条纹胡椒鲷 <i>Plectorhynchus lineatus</i>	2							+
斜纹胡椒鲷 <i>P. goldmanni</i>	4		+				+	
羊鱼科 Mullidae								
三带副绯鲤 <i>Parupeneus trifasciatus</i>	1						+	
条斑副绯鲤 <i>P. barberinus</i>	96	+		+		+		+
二带副绯鲤 <i>P. bifasciatus</i>	6	+			+			+
侧斑副绯鲤 <i>P. heptacanthus</i>	188	+	+	+		+	+	+
头带副绯鲤 <i>P. chryserdros</i>	70	+		+		+		+
纵条副绯鲤 <i>P. fraterculus</i>	1							+

种名 Species	IRI	分布区域 Distribution region						
		北礁 Beijiao Reef	东岛 Dongdao Island	华光礁 Huaguang Reef	金银岛 Jinyin Island	浪花礁 Langhua Reef	永兴岛 Yongxing Island	玉琢礁 Yuzhuo Reef
黑斑副绯鲤 <i>P. pleurostigma</i>	2			+				
金带拟羊鱼 <i>Mulloidichthys suriflamma</i>	1					+		
单鳍鱼科 Pempheridae								
黑边单鳍鱼 <i>Pempheris oualensis</i>	91	+	+		+	+	+	+
蝴蝶鱼科 Chaetodontidae								
镊口鱼 <i>Forcipiger longirostris</i>	0					+		
四带马夫鱼 <i>Heniochus singularius</i>	1				+			
三带马夫鱼 <i>H. permutatus</i>	24			+		+	+	+
马夫鱼 <i>H. acuminatus</i>	3	+			+			
霞蝶鱼 <i>Hemitaurichthys zoster</i>	1							+
双条蝴蝶鱼 <i>Chaetodon bennetti</i>	1			+				
点带蝴蝶鱼 <i>C. guttatissimus</i>	0			+				
魏氏蝴蝶鱼 <i>C. vagabundus</i>	2		+				+	
项斑蝴蝶鱼 <i>C. adiergastus</i>	1	+						
羽纹蝴蝶鱼 <i>C. strigangulus</i>	1					+		
密点蝴蝶鱼 <i>C. citrinellus</i>	3		+			+		
蓝斑蝴蝶鱼 <i>C. plebeius</i>	1	+						
橙带蝴蝶鱼 <i>C. ornatissimus</i>	7		+					+
川纹蝴蝶鱼 <i>C. trifascialis</i>	1		+					
单斑蝴蝶鱼 <i>C. unimaculatus</i>	1							+
斑带蝴蝶鱼 <i>C. punctatofasciatus</i>	0						+	
隆头鱼科 Labridae								
尖头普提鱼 <i>Bodianus oxycephalus</i>	2				+			
普提鱼 <i>B. bilunulatus</i>	3			+		+		
尾斑阿南鱼 <i>Anampses melanurus</i>	2					+		
黑鳍厚唇鱼 <i>Hemigymnus melapterus</i>	3					+		+
横带粗唇鱼 <i>H. fasciatus</i>	11		+					+
胸斑海猪鱼 <i>Halichoeres melanochir</i>	1					+		
云斑海猪鱼 <i>H. nigrescens</i>	1					+		
方斑海猪鱼 <i>H. centiquadrus</i>	1							+
狭带细鳞盔鱼 <i>Hologymnosus semidiscus</i>	12			+		+		
花尾连鳍鱼 <i>Novaculichthys taeniourus</i>	77	+	+			+	+	+
伸口鱼 <i>Epibulus insidiator</i>	47				+	+	+	+
横带唇鱼 <i>Cheilinus fasciatus</i>	42	+			+			+
红唇鱼 <i>C. rhodochrous</i>	6					+	+	
鹦嘴鱼科 Scaridae								
凹尾绚鹦嘴鱼 <i>Calotomus spinidens</i>	58	+	+		+	+		+
二色大鹦嘴鱼 <i>Bolbometopon bicolor</i>	1					+		
棕吻鹦嘴鱼 <i>Scarus psittacus</i>	188	+	+		+	+		+
新月鹦嘴鱼 <i>S. lumula</i>	3		+					
五带鹦嘴鱼 <i>S. venosus</i>	222	+	+	+	+	+	+	+
条腹鹦嘴鱼 <i>S. aereginosus</i>	189	+	+	+	+	+	+	+
带纹鹦嘴鱼 <i>S. fasciatus</i>	21							+
长头鹦嘴鱼 <i>S. longiceps</i>	15		+			+		
弧带鹦嘴鱼 <i>S. dimidiatus</i>	9					+		+
灰鹦嘴鱼 <i>S. sordidus</i>	79				+	+	+	
黄鞍鹦嘴鱼 <i>S. oviceps</i>	53					+		
截尾鹦嘴鱼 <i>S. rivulatus</i>	22		+			+	+	

种名 Species	IRI	分布区域 Distribution region						
		北礁 Beijiao Reef	东岛 Dongdao Island	华光礁 Huaguang Reef	金银岛 Jinyin Island	浪花礁 Langhua Reef	永兴岛 Yongxing Island	玉琢礁 Yuzhuo Reef
蓝颊鹦嘴鱼 <i>S. janthochir</i>	103		+	+		+		+
绿唇鹦嘴鱼 <i>S. forsteri</i>	108	+	+		+	+		+
绿牙鹦嘴鱼 <i>S. chlorodon</i>	129	+	+			+	+	+
三色鹦嘴鱼 <i>S. tricolor</i>	233		+	+	+	+	+	+
青点鹦嘴鱼 <i>S. ghobban</i>	15	+				+		
黑斑鹦嘴鱼 <i>S. globiceps</i>	2						+	
雀鲷科 Pomacentridae								
三斑宅泥鱼 <i>Dascyllus trimaculatus</i>	8	+			+		+	+
金豆娘鱼 <i>Abudefduf aureus</i>	5				+			+
弧带豆娘鱼 <i>A. dickii</i>	1							+
蓝子鱼科 Siganidae								
狐蓝子鱼 <i>Siganus vulpinus</i>	9					+		+
褐蓝子鱼 <i>S. fuscescens</i>	34					+	+	+
带蓝子鱼 <i>S. virgatus</i>	16				+	+		+
点蓝子鱼 <i>S. guttatus</i>	105	+	+	+	+		+	+
镰鱼科 Zanclidae								
镰鱼 <i>Zanclus cornutus</i>	2					+		+
刺尾鱼科 Acanthuridae								
黄高鳍刺尾鱼 <i>Zebrasoma flavescens</i>	1						+	
橙斑刺尾鱼 <i>Acanthurus olivaceus</i>	14	+	+	+		+		
灰额刺尾鱼 <i>A. glaucopareius</i>	28	+	+			+	+	
双斑刺尾鱼 <i>A. nigrofuscus</i>	225		+	+	+	+	+	+
双板盾尾鱼 <i>Prionurus scalprus</i>	4			+				
单板盾尾鱼 <i>Axinurus thynnoides</i>	655	+	+	+	+	+	+	+
剑角鼻鱼 <i>Naso herrei</i>	9							+
短吻鼻鱼 <i>N. brevirostris</i>	4				+	+		
丝尾鼻鱼 <i>N. vlamingi</i>	3							+
颊纹双板盾尾鱼 <i>Callicanthus lituratus</i>	3		+					+
小齿双板盾尾鱼 <i>C. hexacanthus</i>	2		+					
蛇鲭科 Gempylidae								
棘鳞蛇鲭 <i>Ruvettus tydemani</i>	15				+			
黑鳍蛇鲭 <i>Thyrsitoides marleyi</i>	124				+			
短蛇鲭 <i>Rexea prometheoides</i>	1							+
鲂科 Cybiidae								
双线鲂 <i>Grammatorcynus bicarinatus</i>	6		+	+				
鲉形目 SCORPAENIFORMES								
鲉科 Scorpaenidae								
斑鳍鲉 <i>Scorpaena neglecta</i>	3		+					+
须拟鲉 <i>Scorpaenopsis cirrhosa</i>	2	+						
翱翔衰鲉 <i>Pterois volitans</i>	1			+				
鲉形目 TETRAODONTIFORMES								
鳞鲉科 Balistidae								
褐副鳞鲉 <i>Pseudobalistes fuscus</i>	43	+	+			+	+	+
黑边角鳞鲉 <i>Melischthys vidua</i>	3			+				+
宽尾鳞鲉 <i>Abalistes stellatus</i>	9						+	