

doi: 10.7541/2023.2022.0008

永兴岛附近海域珊瑚礁鱼类群落结构特征

王 腾^{1,2} 刘 永^{1,2} 李纯厚^{1,2} 肖雅元¹ 林 琳¹ 李纯然¹ 谢雨芳¹ 吴 鹏¹

(1. 中国水产科学研究院南海水产研究所, 农业农村部南海渔业资源开发利用重点实验室, 广东珠江口
生态系统野外科学观测研究站, 广东省渔业生态环境重点实验室, 广州 510300;

2. 南方海洋科学与工程广东省实验室(广州), 广州 511458)

摘要: 为更好地保护和管理西沙永兴岛附近海域珊瑚礁鱼类, 于2020—2021年对永兴岛上岸渔获物进行了调查研究, 分析了鱼类群落结构组成及其变化和演替特征。结果表明: 调查共发现永兴岛附近海域珊瑚礁鱼类101种, 隶属于5目21科, 以鲈形目鱼类最多, 占总种类的84.16%, 生物量超总渔获物的90%; 科级水平鹦嘴鱼科鱼类最多, 达21种, 生物量超总渔获物的45%。28种珊瑚礁鱼类是永兴岛附近海域主要捕捞对象, 占总渔获物的80%以上。永兴岛附近海域珊瑚礁鱼类呈现过度捕捞, 一是主要渔获物中的中大型鱼类均重偏小; 二是本海域个体体型最大的鱼类出现较多消亡; 三是肉食性鱼类大量消亡; 四是植食性鱼类生物量占比超过了肉食性鱼类。永兴岛附近海域珊瑚礁鱼类已经演替到以植食性鱼类为主导的生态系统; 大量海胆的出现, 表明了这一珊瑚礁生态系统在进一步衰退, 向以海胆为主导的生态系统演变。保护西沙永兴岛附近海域珊瑚礁鱼类已经刻不容缓, 需要严格地控制本海域的捕捞强度。

关键词: 珊瑚礁鱼类; 种类组成; 食性类型; 个体大小; 过度捕捞; 演替; 永兴岛

中图分类号: S932.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2023)04-0674-10



永兴岛(16°49'31"—16°50'36"N, 112°19'48"—112°21'13"E) 位于西沙群岛东北部宣德群岛的一个礁盘上, 是西沙群岛中面积最大的岛屿, 面积约2.0 km²。永兴岛是三沙市政府所在地, 西南中沙群岛开发的主要基地。目前永兴岛与石岛已经连接成为一体, 岛屿由珊瑚礁礁盘环绕, 礁盘面积约4.3 km²。珊瑚礁生态系统不仅拥有极高的生物多样性, 同时也有极高的生产力^[1, 2]。健康的珊瑚礁生态系统固碳量超过2500 g C/m²·year^[3], 每年的渔业产量高达35000 kg/km², 支持着全球10%的渔业捕捞量^[4], 每平方千米珊瑚礁能够满足300多人的蛋白质需求^[5]。全球有大约110个国家拥有珊瑚礁, 珊瑚礁为超过5亿人提供了关键的服务^[6], 有超过

600万人从事珊瑚礁渔业捕捞^[7]。

珊瑚礁渔业是数以百万计人(特别是发展中国家)的主要经济来源, 同时珊瑚礁渔业也面临着严重的过度捕捞。Newton等^[8]对49个岛屿国家的珊瑚礁渔业进行分析表明, 55%的国家被评估为珊瑚礁渔业不可持续; 珊瑚礁渔业的总上岸量超出了总渔业可持续量的64%。过度捕捞是珊瑚礁生物多样性、结构、功能和恢复力的最主要的影响之一^[9, 10]。过度捕捞特别是对珊瑚礁中的关键物种, 如植食性鱼类, 可能会导致珊瑚礁生态系统发生相变(珊瑚礁为主的生态系统向藻类为主的生态系统转变), 植食性鱼类是控制珊瑚礁生态系统中藻类的关键种, 藻类与珊瑚竞争生存空间, 占据珊瑚幼

收稿日期: 2022-01-06; 修订日期: 2022-03-21

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFD0900803和2018YFC1406502); 南方海洋科学与工程广东省实验室(广州)人才团队引进重大专项(GML2019ZD0605); 农业农村部财政专项(NFZX2021); 中国水产科学研究院基本科研业务费(2020TD16); 中国水产科学研究院南海水产研究所中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(2021SD04和2019TS28)资助 [Supported by the National Key Research and Development Program of China (2018YFD0900803 and 2018YFC1406502); Key Special Project for Introduced Talents Team of Southern Marine Science and Engineering Guangdong Laboratory (Guangzhou) (GML2019ZD0605); Financial Fund of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs, P. R. of China (NFZX2021); Central Public-interest Scientific Institution Basal Research Fund, CAFS (2020TD16); Central Public-interest Scientific Institution Basal Research Fund, South China Sea Fisheries Research Institute, CAFS (2019TS28 and 2021SD04)]

作者简介: 王腾 (1986—), 男, 博士, 副研究员; 主要从事海洋鱼类保护生物学研究。E-mail: wt3074589@163.com

通信作者: 李纯厚 (1963—), 男, 研究员; 主要从事水生生物学研究。E-mail: chunhou@scsfri.ac.cn

虫的附着基底^[11]。

渔业捕捞是所有永兴岛原始居民唯一直接的经济来源。李元超等^[12]对永兴岛浅水礁区2005—2013年的珊瑚礁鱼类研究表明, 鱼类平均密度从2005年的1.90 ind./m²下降到2013年1.60 ind./m², 渔业呈现过度捕捞。同时, 永兴岛珊瑚礁鱼类赖以生存的珊瑚礁生境呈现显著的衰退, 造礁石珊瑚平均覆盖率呈现显著下降趋势^[13]。吴莹莹等^[14]对2011—2018年西沙群岛珊瑚礁生态系统健康评价表明, 健康指数从2011年起年均下降 2.3%—2.4%, 整体为亚健康状态。

保护和修复永兴岛附近海域的珊瑚礁生态系统已经刻不容缓, 而鱼类是珊瑚礁系统的重要关键组成部分。目前有关永兴岛附近海域珊瑚礁鱼类的研究较少^[12, 15–20], 关于群落结构特征的研究几乎属于空白。本研究从2020—2021年的渔获物种组成、大小组成和摄食类型等特征分析永兴岛附近海域珊瑚礁鱼类群落结构特征, 并结合历史资料, 揭示永兴岛附近海域渔业捕捞情况, 鱼类的衰退和演替特征, 为今后的珊瑚礁鱼类的保护和管理、珊瑚礁修复和保护提供理论参考依据。

1 材料与方法

1.1 调查方法

于2020年9月和2021年4月进行了两次永兴岛渔获物的调查, 每次调查均为海况和天气好、大量渔民集中出海的时间段(永兴岛上渔民每年出海捕鱼时间在100d左右, 甚至更少。休渔期5月1日至8月16日, 休渔期后为季风转换季节, 同时秋冬季节是海况较差时节, 出海捕鱼时间较少, 且很不稳定, 所以主要出海时节是春节过后)。永兴岛上捕捞渔船较小, 一般10 m左右, 这也限制了渔民作业区域主要为永兴岛附近海域珊瑚礁礁盘区域, 岛上捕捞方式主要有两种, 一种是潜水作业, 这种作业方式主要是傍晚6点左右出海, 夜晚11点左右回港; 另一种作业方式是钓业作业, 这种作业时间一般是白天, 作业物种主要是蜂巢石斑鱼(*Epinephelus merra*), 也会存在其他一些肉食性的鱼类, 如裸颊鲷类(*Lethrinidae*)等; 同时也存在少部分的刺网作业。将上岸鱼类和我们能够监测到的渔获物全部测量, 体长精确到1 mm, 体质量精确到0.01 g。对于现场无法鉴定的鱼类, 我们进行拍照或者购买, 回到实验室后, 对照相关鱼类志、图谱及Fishbase和台湾鱼类资料库等进行鉴定。

1.2 鱼类食性及营养级

参考Peter^[21]将鱼类食性分成3组, 分别是植食

性(Herbivores)、肉食性(Carnivore)和杂食性(Omnivores)。鱼类的食性组成信息参考Peter^[21]、Fishbase及《南海诸岛海域鱼类志》^[16]综合进行分析, 每种鱼类的食性信息首先参考Peter^[21]进行区分, 其次是参考Fishbase, 由于Fishbase中的碎屑食性与Peter^[21]中的植食性分类基本重叠, 同时我们的解剖中也发现Fishbase归类的碎屑食性也是植食性, 故将Fishbase中的碎屑食性全部归类为植食性, 其他食性信息不一致, 参考《南海诸岛海域鱼类志》^[16]描述进行判定。

鱼类的营养级参考Fishbase数据库, 对于Fishbase数据库中不存在的, 以研究中同属鱼类的平均营养级为准。同时将鱼类营养级划分为3个等级, [2, 2.5]、(2.5, 3] 和 >3。

1.3 鱼类个体大小划分

研究从Fishbase中获取鱼类的最大全长, 依据最大全长, 参考王腾等^[22]研究将永兴岛附近海域珊瑚礁鱼类划分为3种类型, 小型鱼类: 最大全长<35 cm; 中型鱼类: 65 cm>最大全长≥35 cm; 大型鱼类: 最大全长≥65 cm。

1.4 相似性分析

Jaccard 相似性系数: $J_s = c/(a+b-c)$

式中, a 为调查季度 a 的鱼类种类数或者目、科、属的数量, b 为调查季度 b 的鱼类种类数或者目、科、属的数量, c 为两季度调查的鱼类共有种类数或者目、科、属的数量。

2 结果

2020—2021年在永兴岛共测量1579.07 kg, 2950尾渔获物鱼类。其中2020年9月份测量348.85 kg, 645尾渔获物鱼类; 2021年4月份测量1230.22 kg, 2305尾渔获物鱼类。

2.1 种类组成

研究共发现鱼类物种101种(附录1), 全部隶属于硬骨鱼纲Osteichthys, 共由5个目组成, 分别是鲈形目(Perciformes)、鳗鲡目(Anguilliformes)、鲉形目(Tetraodontiformes)、金眼鲷目(Beryciformes)和鲉形目(Scorpaeniformes)。其中鲈形目鱼类最多, 为85种, 占总种类的84.16%, 其次是鳗鲡目、鲉形目、金眼鲷目和鲉形目(表1)。永兴岛附近海域鱼类由21个科组成, 其中, 鹦嘴鱼科(Scaridae)鱼类最多, 达21种, 其次是鲷科(Serranidae)、羊鱼科(Mullidae)、海鲳科(Muraenidae)、裸颊鲷科(Lethrinidae)、隆头鱼科(Labridae)、笛鲷科(Lutjanidae)、篮子鱼科(Siganidae)和刺尾鱼科(Acanthuridae), 其余科的种类数均低于5种。

2.2 生物量分布特征

从目和科级层面分析永兴岛附近海域珊瑚礁鱼类的尾数和重量百分比表明, 鲈形目占绝对优势, 占比均超过90%, 其余目级鱼类不到10%(表 1)。鹦嘴鱼科尾数和重量百分比均超过45%, 是生物量最多的科; 其次只有鲷科和羊鱼科的占比超过10%; 笛鲷科和裸颊鲷科在尾数或者重量百分比超过了5%; 这五大科的渔获量占永兴岛上岸渔获量的80%以上, 是永兴岛最重要的渔获物; 其余尾数或者重量百分比超过1%的科分别是刺鲀科、隆头鱼科、海鲢科、刺尾鱼科、单角鲀科、篮子鱼科、仿石鲈科和鲹科(Carangidae)(表 2)。

永兴岛附近海域珊瑚礁鱼类尾数和重量百分比大于1%的物种均有23种, 均以绿唇鹦嘴鱼

(*Scarus forsteni*)最多。尾数或者重量百分比超过1%的鱼类共有28种合计占总渔获物的尾数和重量84.37%和83.33%。这些鱼类均重最小的是蜂巢石斑鱼92.32 g, 最大的是蓝短鳍笛鲷(*Aprion virescens*) 3234.88 g; 主要渔获物鱼类仅有3种是小型鱼类, 分别是日本绿鹦嘴鱼(*Chlorurus japanensis*)、蓝臀鹦嘴鱼(*Scarus chameleon*)和蜂巢石斑鱼, 其他鱼类均为中大型鱼类; 大型鱼类有9种, 仅有蓝短鳍笛鲷、密斑刺鲀(*Diodon hystrix*)和单角鼻鱼(*Naso unicornis*) 3种个体均重大于1000 g, 其他个体均重均小于1000 g, 条斑胡椒鲷(*Plectorhinchus vittatus*)均重甚至小于500 g; 中型鱼类有16种, 仅有绿唇鹦嘴鱼、长头马鹦嘴鱼(*Hipposcarus longiceps*)、棘尾前孔鲀(*Canthathines dumerilii*)和黑鳍厚唇鱼(*Hemigymnus*

表 1 永兴岛附近海域珊瑚礁鱼类目级水平组成特征

Tab. 1 The composition characteristics at the order level of coral reef fishes in the waters adjacent to Yongxing Island

目Order	物种数 Number of species	重量百分比 Weight percentage (%)	尾数百分比 Individual percentage (%)
鲈形目Perciformes	85	91.54	95.71
鳗鲡目Anguilliformes	9	2.38	0.93
鲀形目Tetraodontiformes	4	5.59	3.13
金眼鲷目Beryciformes	2	0.02	0.06
鲉形目Scorpaeniformes	1	0.47	0.17

表 2 永兴岛附近海域珊瑚礁鱼类科级水平组成特征

Tab. 2 The composition characteristics at the family level of coral reef fishes in the waters adjacent to Yongxing Island

科名Family	物种数 Number of species	重量百分比 Weight percentage (%)	尾数百分比 Individual percentage (%)
鹦嘴鱼科Scaridae	21	47.86	47.12
鲷科Serranidae	15	10.59	18.14
羊鱼科Mullidae	8	10.04	13.39
笛鲷科Lutjanidae	6	8.86	2.20
裸颊鲷科Lethrinidae	8	4.83	5.79
刺鲀科Diodontidae	2	3.91	1.60
隆头鱼科Labridae	6	2.32	1.76
海鲢科Muraenidae	8	2.3	0.86
刺尾鱼科Acanthuridae	5	2.07	1.23
单角鲀科Monacanthidae	2	1.68	1.53
篮子鱼科Siganidae	5	1.39	2.24
仿石鲈科Haemulidae	2	1.16	1.67
鲹科Carangidae	2	1.09	0.46
鲷科Sphyraenidae	1	0.62	0.37
鲉科Scorpaenidae	1	0.47	0.17
舵科Kyphosidae	2	0.4	0.36
乌尾鲂科Caesionidae	1	0.16	0.63
康吉鳗科Congridae	1	0.08	0.07
大眼鲷科Priacanthidae	2	0.06	0.17
金鳞鱼科Holocentridae	2	0.02	0.06
鲷科Cirrhitidae	1	0.02	0.13

melapterus)4种个体均重大于500 g, 说明中大型鱼类存在过度捕捞(表 3)。

2.3 食性及营养级特征

永兴岛附近海域珊瑚礁鱼类以肉食性最多, 达64种, 植食性34种, 杂食性最少; 个体类型以中型鱼类最多57种, 大型鱼类次之31种, 小型鱼类最少, 这也符合有选择性渔业捕捞特点(图 1)。无论是尾数还是重量百分比均是植食性鱼类最多, 超过50%, 肉食性稍少, 略低于50%, 杂食性几乎只有1%左右的占比(图 2)。从营养级方面来看, [2, 2.5]的营养级鱼类尾数和重量百分比分别是50.75%和51.59%; 营养级>3的鱼类尾数和重量百分比分别是48.82%和47.88%; 营养级(2.5, 3]的个体占比不到1%。营养级的方法进一步验证了食性分析的准

确性, 并说明了渔获物中植食性鱼类占比高于肉食性。

2.4 相似性特征

两次调查鱼类目、科、属相似性指数分别为80.00%、71.43%和64.44%; 鱼类相似性指数为57.43%。春季调查到了92种鱼类, 明显多于秋季的67种, 仅有9种鱼类只在秋季出现, 分别是黑斑副鲱鲤(*Parupeneus pleurostigma*)、叉尾鲷(*Aphareus furca*)、太平洋裸颊鲷(*Lethrinus atkinsoni*)、丝尾鼻鱼(*Naso vlamingii*)、横带高鳍刺尾鱼(*Zebra-soma velifer*)、瓜氏鹦嘴鱼(*Scarus quoyi*)、翼鳂(*Cirrhi-tus pinnulatus*)、纺锤鲷(*Elagatis bipinnulata*)和鞍斑裸胸鳔(*Gymnothorax rueppelliae*), 这些鱼类在渔获中占比很少, 也不是洄游性鱼类, 同时横带高鳍

表 3 永兴岛附近海域珊瑚礁鱼类组成特征
Tab. 3 The composition characteristics coral reef fishes in the waters adjacent to Yongxing Island

种名Species	重量百分比 Weight percentage (%)	尾数百分比 Individual percentage (%)	体长范围 Body length range (mm)	体质量范围 Weight range (g)	尾均重 Average weight (g)
绿唇鹦嘴鱼 <i>Scarus forsteni</i>	21.02	21.09	160—390	127—1790	525.19
蓝短鳍笛鲷 <i>Aprion virescens</i>	7.37	1.20	340—800	800—8748	3234.88
条斑副鲱鲤 <i>Parupeneus barberinus</i>	6.03	6.94	170—400	83—1296	457.68
许氏鹦嘴鱼 <i>Scarus schlegeli</i>	5.37	6.74	160—300	139—750	420.12
长头马鹦嘴鱼 <i>Hipposcarus longiceps</i>	5.25	2.54	190—460	209—2550	1091.13
灰鹦嘴鱼 <i>Chlorurus sordidus</i>	3.60	5.61	160—270	148—659	338.16
斑点九棘鲈 <i>Cephalopholis argus</i>	3.58	7.34	120—500	21—818	256.72
密斑刺鲀 <i>Diodon hystrix</i>	3.47	1.37	215—500	579—4980	1337.85
钝头鹦嘴鱼 <i>Scarus rubroviolaceus</i>	3.19	1.70	180—420	183—3902	987.35
侧牙鲈 <i>Variola louti</i>	2.20	1.34	180—450	161—2670	868.86
圆口副鲱鲤 <i>Parupeneus cyclostomus</i>	1.94	2.24	190—350	170—896	457.45
红裸颊鲷 <i>Lethrinus rubrioperculatus</i>	1.70	2.64	183—300	167—699	340.65
日本绿鹦嘴鱼 <i>Chlorurus japanensis</i>	1.67	1.57	210—290	284—732	562.66
白边侧牙鲈 <i>Variola albimarginata</i>	1.64	1.47	170—360	115—1100	590.33
单角鼻鱼 <i>Naso unicornis</i>	1.64	0.77	190—540	192—4196	1123.42
黄唇裸颊鲷 <i>Lethrinus xanthochilus</i>	1.45	0.77	163—576	106—4075	993.07
小鼻绿鹦嘴鱼 <i>Chlorurus microrhinos</i>	1.32	0.90	175—430	172—3451	773.95
横条石斑鱼 <i>Epinephelus fasciatus</i>	1.30	3.54	130—290	50—710	193.27
黑鹦嘴鱼 <i>Scarus niger</i>	1.30	1.47	175—273	202—759	466.36
棘尾前孔鲀 <i>Cantherhines dumerilii</i>	1.28	1.30	180—290	221—754	520.09
蓝臀鹦嘴鱼 <i>Scarus chameleon</i>	1.23	0.90	190—340	182—1565	718.57
黑鳍厚唇鱼 <i>Hemigymnus melapterus</i>	1.19	0.87	220—380	395—1715	723.15
条斑胡椒鲷 <i>Plectorhinchus vittatus</i>	1.14	1.64	180—340	150—991	366.05
金带拟羊鱼 <i>Mulloidichthys vanicolensis</i>	0.96	1.84	170—270	117—491	275.56
桔带裸颊鲷 <i>Lethrinus obsoletus</i>	0.77	1.54	140—287	91—564	262.74
银色篮子鱼 <i>Siganus argenteus</i>	0.68	1.27	170—275	109—615	284.13
二带副鲱鲤 <i>Parupeneus trifasciatus</i>	0.58	1.17	165—260	101—482	263.28
蜂巢石斑鱼 <i>Epinephelus merra</i>	0.46	2.60	100—175	45—136	92.32
其他Other	16.67	15.63			

刺尾鱼属于无经济价值的误捕鱼类。

3 讨论

本研究共发现永兴岛附近海域珊瑚礁鱼类 101 种, 但是占生物量 80% 以上的捕捞鱼类仅为 20 多种, 这符合太平洋区域珊瑚礁鱼类的捕捞特征,

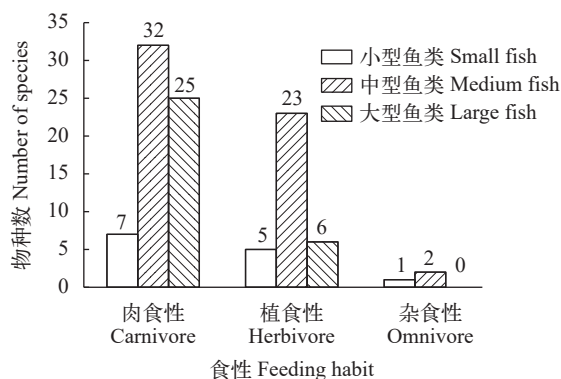


图 1 永兴岛附近海域不同大小和食性类型珊瑚礁鱼类的分布特征

Fig. 1 Distribution characteristics of coral reef fishes with different sizes and feeding habits in the waters adjacent to Yongxing Island

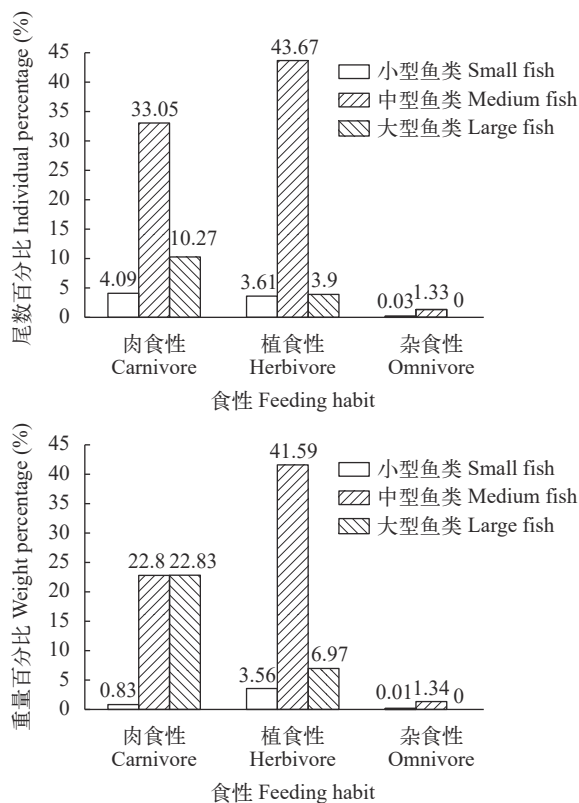


图 2 永兴岛附近海域不同大小和食性类型珊瑚礁鱼类的尾数和重量百分比

Fig. 2 Individual and weight percentage of coral reef fishes with different sizes and feeding habits in the waters adjacent to Yongxing Island

虽然有 200—300 珊瑚礁鱼类在渔业捕捞中出现, 但是一般只有 20 种左右是常见的捕捞对象, 占总捕捞量的 75%^[23]。

3.1 种类组成及历史变迁

永兴岛附近海域珊瑚礁鱼类多样性高, 种类较多。成庆泰和王存信^[15]基于 1956—1958 年的调查研究统计了 119 种, 《南海诸岛海域鱼类志》^[16]汇总了西沙前期的研究, 记录了永兴岛附近海域珊瑚礁鱼类 341 种。20 世纪 80、90 年代, 出现了西沙岛礁渔业研究的空档期。20 世纪 90 年代末, 中国水产科学研究院南海水产研究所开启了近年来西沙岛礁渔业研究, 1998—1999 年和 2003 年, 采用手钓、流刺网、底层刺网和延绳钓等 4 种作业方式, 共发现永兴岛附近海域 62 种鱼类^[17-19]。随后研究开始采用了水下潜水摄影技术, 高永利等^[20]在永兴岛附近海域发现了 57 种鱼类, 李元超等^[12]在 2005—2013 年持续监测了永兴岛及七连屿浅水礁区珊瑚礁鱼类, 共发现 131 种。结合以上研究资料, 永兴岛附近海域截止到目前共发现珊瑚礁鱼类 438 种, 有近 337 种本次没有发现。造成这一原因一方面是与本研究调查区域的捕捞方式有关, 渔民主要是潜水作业, 对目标鱼类的选择性较强, 为经济价值高的鱼类, 大量的非经济价值或者低经济价值鱼类不会被捕捞, 所以大量如蝴蝶鱼科 (Chaetodontidae)、雀鲷科 (Pomacentridae)、鰺科 (Uranoscopidae)、鰕虎鱼科 (Gobiidae)、飞鱼科 (Exocoetidae)、鲈科 (Scorpaenidae) 和隆头鱼科 (Labridae) 等小型, 非食用经济价值的鱼类不会被捕捞, 从而未被本研究监测到; 另一方面是人类活动和气候变化导致了鱼类的历史变迁和演替, 如海鲳科 (Muraenidae) 在 20 世纪 80 年代之前发现有 15 种^[15, 16], 而本次调查仅发现 8 种, 且白缘裸胸鲳 (*Gymnothorax albimarginatus*)、爪哇裸胸鲳 (*Gymnothorax javanicus*)、云纹裸胸鲳 (*Gymnothorax chilospilus*) 和豆点裸胸鲳 (*Gymnothorax favagineus*) 4 种为首次发现, 说明永兴岛附近海域出现过 19 种裸胸鲳。裸胸鲳为典型的穴居性鱼类, 对珊瑚礁的三维立体结构有一定要求, 大量的消亡一是说明珊瑚礁立体结构破坏, 生境衰退。李元超等^[13]的研究验证了这一观点, 永兴岛海域附近的活造礁石珊瑚平均覆盖率由 2007 年的 46.67% 下降到 2016 年的 5.00%, 珊瑚礁生境严重退化; 二是可能由于过度捕捞导致了其消亡。

3.2 大个体鱼类演替特征

随着捕捞压力的增加首先就是大个体鱼类, 特别是肉食性鱼类减少^[23, 24]。本研究刚好也验证了这一理论, 本海域历史出现的个体体型最大的鱼类

如侧条真鲨(*Carcharhinus limbatus*)、尖吻斜锯牙鲨(*Rhizoprionodon acutus*)及达尖犁头鳐(*Rhynchobatus djiddensis*)、波纹唇鱼(*Cheilinus undulatus*)、豹纹鳃棘鲈(*Plectropomus leopardus*)和驼背大鹦嘴鱼(*Bolbometopon muricatum*)等在本次研究均未被发现,而这些鱼类除了驼背大鹦嘴鱼为植食性鱼类外,其他鱼类均为顶级肉食性鱼类。海鳚科和鲹科是珊瑚礁鱼类中典型的大型肉食经济性鱼类,是渔业的重点捕捞对象,海鳚科鱼类在本海域共发现19种,有11种在本次调查中未出现;鲹科鱼类在本海域共发现11种,本次研究仅发现2种,绝大部分种类处于消亡或者数量稀少。以上均说明永兴岛附近海域鱼类处于过度捕捞状态。同时大中型鱼类的均重大小过小也展现出本海域鱼类可能过度捕捞。这表明本海域大型年长鱼类数量较少,这一类群的减少会对鱼类种群产生较大影响。首先大型年长鱼类在繁殖方面处于主导、引领地位,且繁殖力的贡献率更大;其次大型年长鱼类占据更高的营养级和更宽的生态位,对环境适应性更强,利于基因交流;因此大型年长鱼类更利于鱼类种群的快速恢复和稳定^[25]。

3.3 肉食—植食性鱼类演替特征

珊瑚礁鱼类过度捕捞,最早出现下降的类群是大型肉食性鱼类,而植食性鱼类则在捕捞量中普遍出现增加^[24, 26]。珊瑚礁早期(即原始珊瑚礁生态系统)的研究表明,珊瑚礁鱼类主要以肉食性为主,肉食性的生物量是植食性的3—4倍^[27, 28]。而本研究植食性鱼类生物量却略高于肉食性,说明了永兴岛附近海域处于严重的过度捕捞状态,珊瑚礁鱼类生态系统处于由肉食性为主导的系统向植食性为主导的演替^[24]。根据本研究及珊瑚礁渔业特点,将重要的食用经济价值的科级鱼类进行对比分析。这些科分别是海鳚科、鲹科(*Sphyrnidae*)、鲹科、裸颊鲷科、乌尾鲷科(*Caesionidae*)、笛鲷科、羊鱼科、仿石鲈科(*Haemulidae*)、鲈科、鹦嘴鱼科、篮子鱼科和舵科(*Kyphosidae*)等,不包含隆头鱼科和刺尾鱼科,因为这两个科非食用的鱼类物种较多。这些鱼类共有143种,其中肉食性鱼类102种,植食性鱼类41种(鹦嘴鱼科、篮子鱼科、舵科为植食性鱼类,其他科为肉食性鱼类),有45个共有物种,有32个是本次首次发现物种,有近66个物种本次未发现,未发现物种中植食性有13种,肉食性有53种,分别占各自种类数的31.71%和51.97%。这些鱼类在本次调查中共发现77种,历史调查发现111种,本次调查的植食性鱼类为28种,历史调查的为32种;肉食性鱼类本次调查为49种,历史调查为79种。以

上均说明肉食性鱼类的种类变化较大,出现了大量的物种消亡;植食性鱼类也出现了一定的物种消亡,但是较肉食性比例明显为小,且种类数几乎没有变化。这些鱼类植食性的占比也由28.83%升高到了36.36%,低营养级的鱼类被捕捞,说明高营养级的鱼类已经过度捕捞^[29]。珊瑚礁生态系统降解会导致植食性鱼类的增加,渔业捕捞转向植食性发展在短期内对渔业发展价值显著,但是长期的过度捕捞就会直接影响生态系统的功能及其恢复^[30]。

3.4 演替新特征及保护

过度捕捞会导致海胆的捕食者减少,导致其数量增加,珊瑚礁衰退的后期演替趋势就是海胆为主的植食性珊瑚礁生态系统^[24]。在永兴岛附近海域,我们也发现了大量的白棘三列海胆(*Tripneustes gratilla*)存在。虽然海胆也能够吃珊瑚礁中的藻类(利于珊瑚礁生态系统的恢复),但是海胆属于破坏型的生物侵蚀性类型生物^[24, 28]。而生物侵蚀型鹦嘴鱼主要会摄食死珊瑚和凸起的珊瑚,不会进食平的珊瑚^[31]。目前本海域鹦嘴鱼类的捕捞占比高达47%以上,这一占比远超其他珊瑚礁海域20%左右的捕捞占比^[32, 33]。以上说明本海域的渔业资源在进一步衰退,有向海胆为主的植食性珊瑚礁生态系统演替趋势。同时,三沙市的成立,永兴岛作为行政中心,人类活动逐年加剧,人们对水产品的需求也是不断增加,甚至出现供不应求的局面。因此永兴岛附近海域渔业资源已经处于较为危险的状态,需要马上进行保护。控制捕捞压力,甚至可以实行部分海域的全面休渔,是实现对这一特殊且南方特有的典型生态系统的有力保护手段。

参考文献:

- [1] Connell J H. Diversity in tropical rain forests and coral reefs [J]. *Science*, 1978, **199**(4335): 1302-1310.
- [2] Brandl S J, Rasher D B, Côté I M, *et al.* Coral reef ecosystem functioning: eight core processes and the role of biodiversity [J]. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2019, **17**(8): 445-454.
- [3] Crossland C J, Hatcher B G, Smith S V. Role of coral reefs in global ocean production [J]. *Coral Reef*, 1991, **10**(2): 55-64.
- [4] Smith S V. Coral-reef area and the contributions of reefs to processes and resources of the world's oceans [J]. *Nature*, 1978(273): 225-226.
- [5] Jennings S, Polunin N V C. Impacts of fishing on tropical reef ecosystems [J]. *Ambio*, 1996: 44-49.
- [6] Spalding M, Burke L, Wood S A, *et al.* Mapping the global value and distribution of coral reef tourism [J]. *Marine Policy*, 2017(82): 104-113.
- [7] Teh L S L, Teh L C L, Sumaila U R. A Global Estimate

- of the Number of Coral Reef Fishers [J]. *PLoS One*, 2013, **8**(6): e65397.
- [8] Newton K, Côté I M, Pilling G M, *et al.* Current and future sustainability of island coral reef fisheries [J]. *Current Biology*, 2007, **17**(7): 655-658.
- [9] McClanahan T R. The near future of coral reefs [J]. *Environmental Conservation*, 2002, **29**(4): 460-483.
- [10] Fenner D. Challenges for managing fisheries on diverse coral reefs [J]. *Diversity*, 2012, **4**(1): 105-160.
- [11] Bellwood D R, Hoey A S, Hughes T P. Human activity selectively impacts the ecosystem roles of parrotfishes on coral reefs [J]. *Proceedings Biological Sciences*, 2012, **279**(1733): 1621-1629.
- [12] Li Y C, Wu Z J, Chen S Q, *et al.* Discussion of the diversity of the coral reef fish in the shallow reefs along the Yongxing and Qilianyu Island [J]. *Marine Environmental Science*, 2017, **36**(4): 509-516. [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.]
- [13] Li Y C, Chen S Q, Zheng X Q, *et al.* Analysis of the change of hermatypic corals in Yongxing Island and Qilianyu Island in nearly a decade [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2018, **40**(8): 97-109. [李元超, 陈石泉, 郑新庆, 等. 永兴岛及七连屿造礁石珊瑚近10年变化分析 [J]. 海洋学报, 2018, **40**(8): 97-109.]
- [14] Wu Y Y, Lei X M, Huang H, *et al.* Study on the health assessment method of typical coral reef ecosystem in the South China Sea [J]. *Journal of Tropical Oceanography*, 2021, **40**(4): 84-97. [吴莹莹, 雷新明, 黄晖, 等. 南海典型珊瑚礁生态系统健康评价方法研究 [J]. 热带海洋学报, 2021, **40**(4): 84-97.]
- [15] Cheng C T, Wang T H. A preliminary study of the fish fauna of the sisha Islands, China [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1966, **8**(1): 29-36. [成庆泰, 王存信. 中国西沙群岛鱼类区系的初步研究 [J]. 海洋与湖沼, 1966, **8**(1): 29-36.]
- [16] South China Sea Fisheries Institute, China National Bureau of Aquatic Products, Xiamen Fisheries College, Institute of Oceanology, Academia Sinica, *et al.* The Fishes of the Islands in the South China Sea [M]. Beijing: Science Press, 1979: 1-573. [国家水产总局南海水产研究所, 厦门水产学院, 中国科学院海洋研究所, 等. 南海诸岛海域鱼类志 [M]. 北京: 科学出版社, 1979: 1-573.]
- [17] Sun D R, Lin Z J, Qiu Y S, *et al.* Fish fauna of coral reef waters of the Xisha Islands [J]. *South China Fisheries Science*, 2005, **1**(5): 18-25. [孙典荣, 林昭进, 邱永松, 等. 西沙群岛重要珊瑚礁海域鱼类区系 [J]. 南方水产, 2005, **1**(5): 18-25.]
- [18] Sun D R, Lin Z J, Qiu Y S. Survey of coral reef fish resources of the Xisha Islands [J]. *Periodical of Ocean University of China (Natural Science)*, 2005, **35**(2): 225-231. [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(自然科学版), 2005, **35**(2): 225-231.]
- [19] Wang X H, Du F Y, Lin Z J, *et al.* Fish species diversity and community pattern in coral reefs of the Xisha Islands, South China Sea [J]. *Biodiversity Science*, 2011, **19**(4): 463-469, 501-504. [王雪辉, 杜飞雁, 林昭进, 等. 西沙群岛主要岛礁鱼类物种多样性及其群落格局 [J]. 生物多样性, 2011, **19**(4): 463-469, 501-504.]
- [20] Gao Y L, Huang H, Lian J S, *et al.* The species diversity and trophic structure of reef fishes in the waters of the Xisha Archipelago [J]. *Biodiversity Science*, 2014, **22**(5): 618-623. [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.]
- [21] Peter F S. The Ecology of Fishes on Coral Reefs [M]. California: Academic Press, 1991: 47-51.
- [22] Wang T, Liu Y, Quan Q M, *et al.* Species composition characteristics analysis of Qilianyu reef fishes of Xisha Islands [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2022, **29**(1): 102-117. [王腾, 刘永, 全秋梅, 等. 七连屿珊瑚礁鱼类种类组成特征分析 [J]. 中国水产科学, 2022, **29**(1): 102-117.]
- [23] Cochran J K, Bokuniewicz H J, Yager P L. Encyclopedia of Ocean Sciences [M]. New York: Academic Press, 2019: 1-784.
- [24] Bellwood D R, Hughes T P, Folke C, *et al.* Confronting the coral reef crisis [J]. *Nature*, 2004, **429**(6994): 827-833.
- [25] Yu D D, Song J J, Liu K K, *et al.* An ecosystem perspective on fisheries conservation based on the importance of the big old fish [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2021, **41**(18): 7432-7439. [于道德, 宋静静, 刘凯凯, 等. 大型年长鱼类对海洋生态系统生物资源养护的作用 [J]. 生态学报, 2021, **41**(18): 7432-7439.]
- [26] Pauly D, Christensen V, Guénette S, *et al.* Towards sustainability in world fisheries [J]. *Nature*, 2002, **418**(6898): 689-695.
- [27] Grigg R W, Polovina J J, Atkinson M J. Model of a coral reef ecosystem [J]. *Coral Reefs*, 1984, **3**(1): 23-27.
- [28] Valentine J F, Heck K L. Perspective review of the impacts of overfishing on coral reef food web linkages [J]. *Coral Reefs*, 2005, **24**(2): 209-213.
- [29] Pauly D, Dalsgaard J, Dalsgaard J, *et al.* Fishing down marine food webs [J]. *Science*, 1998, **279**(5352): 860-863.
- [30] Mumby P J, Steneck R S, Adjeroud M, *et al.* High resilience masks underlying sensitivity to algal phase shifts of Pacific coral reefs [J]. *Oikos*, 2016, **125**(5): 644-655.
- [31] Bellwood D R, Choat J H. A Functional Analysis of Grazing in Parrotfishes (Family Scaridae): the Ecological Implications [J]. *Environmental Biology of Fishes*, 1990, **28**(1-4): 189-214.
- [32] Bonaldo R M, Hoey A S, Bellwood D R. The ecosystem roles of parrotfishes on tropical reefs [J]. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 2014(52): 81-

132.

[33] Ohta I. Catches of principal coastal fishes of the Yaeyama

waters [J]. *Annu Rep Okinawa Fish Ocean Res Cent*, 2008(69): 95-102.

CHARACTERISTICS OF FISH COMMUNITY STRUCTURE IN CORAL REEFS ADJACENT TO YONGXING ISLAND OF XISHA ISLANDS

WANG Teng^{1,2}, LIU Yong^{1,2}, LI Chun-Hou^{1,2}, XIAO Ya-Yuan¹, LIN Lin¹, LI Chun-Ran¹,
XIE Yu-Fang¹ and WU Peng¹

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

Abstract: The coral reef ecosystem has extremely high biodiversity and are known as the “tropical rainforests in the ocean”. There are more than 6 million people engaged in coral reef fishing in the world, supporting 10% of the global fisheries catch. Coral reef fisheries are the main source of income and livelihoods for millions of people (especially in developing countries). At the same time, coral reef fisheries are also facing serious overfishing. Yongxing Island is a typical coral reef ecosystem coral island, and fishing was the only direct source of income for the original residents here. Relevant studies in recent years have shown that the fishery of Yongxing Island was overfishing. In order to better understand, protect and manage coral reef fishes in the waters adjacent to Yongxing Island of Xisha Islands, a survey was carried out on the shore catches on Yongxing Island from 2020 to 2021, and the composition of fish community structure and its changes and succession characteristics were analyzed. The results showed that: a total of 101 species of coral reef fish were found, belonging to 5 orders and 21 families. Perciformes accounted for 84.16% of the total species, and their biomass exceeded 90% of the total catch. At the family level, parrotfish have the largest number of species, reaching 21 species, with the biomass exceeds 45% of the total catch. Twenty-eight species fishes were the main fishing targets in this sea area, accounting for more than 80% of the total catch. The fishes in this sea area were overfished. First, the average weight of medium-sized and large-sized fishes in the main catch was too small, there were 9 species of large-sized fish, only 3 species had an average weight of more than 1000 g, and the average weight of other species was less than 1000 g, there were 16 species of medium-sized fish, and only 4 species had an average weight of more than 500 g. Second, most of the largest fishes in this sea area had disappeared, the largest fishes that had appeared in this sea area in the past (such as *Carcharhinus limbatus*, *Rhizoprionodon acutus*, *Rhynchobatus djiddensis*, *Cheilinus undulatus*, *Plectropomus leopardus*, *Bolbometopon muricatum*, etc.) were not found in present research. Third, a large number of carnivorous fish had disappeared. Based on present research and the characteristics of coral reef fisheries, we had compared and analyzed the family-level fish with important edible economic value. These families were Muraenidae, Sphyrnidae, Carangidae, Lethrinidae, Caesionidae, Lutjanidae, Mullidae, Haemulidae, Serranidae, Scaridae, Siganidae, Kyphosidae. There were 28 species of herbivorous fishes in this survey and 32 species in the historical survey; 49 species of carnivorous fishes in this survey and 79 species in the historical survey. Fourth, the biomass of herbivorous fish exceeds that of carnivorous fish. Early studies of coral reef ecology (i.e. primitive coral reef ecosystem) showed that coral reef fishes were mainly carnivorous, and the biomass of carnivorous was 3—4 times that of herbivorous. The coral reef fishes in this sea area had succeeded to an ecosystem dominated by herbivorous fishes. The emergence of a large number of sea urchins indicated that this coral reef ecosystem was further declining and evolving to an ecosystem dominated by sea urchins. Therefore, it is urgent to protect coral reef fishes in the waters adjacent to Yongxing Island of Xisha Islands, and it is necessary to strictly control the fishing intensity in this water.

Key words: Coral reef fish; Species composition; Feeding type; Individual size; Overfishing; Succession; Yongxing Island

附表 1 永兴岛附近海域珊瑚礁鱼类名录

Attached table 1 List of coral reef fishes in the waters adjacent to Yongxing Island

目 Oder	科 Family	物种 Species	春季 Spring	秋季 Autumn
鲈形目 Perciformes	鲈科 Serranidae	白边侧牙鲈 <i>Variola albimarginata</i>	+	+
		侧牙鲈 <i>Variola louti</i>	+	+
		斑点九棘鲈 <i>Cephalopholis argus</i>	+	+
		尾纹九棘鲈 <i>Cephalopholis urodeta</i>	+	+
		红九棘鲈 <i>Cephalopholis miniata</i>	+	
		青星九棘鲈 <i>Cephalopholis sonnerati</i>	+	
		蜂巢石斑鱼 <i>Epinephelus merra</i>	+	+
		六角石斑鱼 <i>Epinephelus hexagonatus</i>	+	
		巨石斑鱼 <i>Epinephelus tauvina</i>	+	
		花点石斑鱼 <i>Epinephelus maculatus</i>	+	+
		横条石斑鱼 <i>Epinephelus fasciatus</i>	+	
		吻斑石斑鱼 <i>Epinephelus spilotoceps</i>	+	
		鞍带石斑鱼 <i>Epinephelus lanceolatus</i>	+	
		黑鞍带棘鲈 <i>Plectropomus laevis</i>	+	+
		红嘴烟鲈 <i>Aethaloperca Rogaa</i>	+	+
	舵科 Kyphosidae	短鳍舵 <i>Kyphosus vaigiensis</i>	+	+
		长鳍舵 <i>Kyphosus cinerascens</i>	+	+
	羊鱼科 Mullidae	二带副鲱鲤 <i>Parupeneus trifasciatus</i>	+	+
		条斑副鲱鲤 <i>Parupeneus barberinus</i>	+	+
		黑斑副鲱鲤 <i>Parupeneus pleurostigma</i>		+
		多带副鲱鲤 <i>Parupeneus multifasciatus</i>	+	+
		圆口副鲱鲤 <i>Parupeneus cyclostomus</i>	+	+
		印度副鲱鲤 <i>Parupeneus indicus</i>	+	+
		金带拟羊鱼 <i>Mulloidichthys vanicolensis</i>	+	+
		黄带拟羊鱼 <i>Mulloidichthys flavolineatus</i>	+	+
	篮子鱼科 Siganidae	眼带篮子鱼 <i>Siganus puellus</i>	+	
		黑身篮子鱼 <i>Siganus punctatissimus</i>	+	+
		银色篮子鱼 <i>Siganus argenteus</i>	+	+
		斑篮子鱼 <i>Siganus Punctatus</i>	+	
		蠕纹篮子鱼 <i>Siganus vermiculatus</i>	+	
		斑点羽鳃笛鲷 <i>Macolor macularis</i>	+	
	笛鲷科 Lutjanidae	紫红笛鲷 <i>Lutjanus argentimaculatus</i>	+	+
		隆背笛鲷 <i>Lutjanus gibbus</i>	+	
		四线笛鲷 <i>Lutjanus kasmira</i>	+	
		蓝短鳍笛鲷 <i>Aprion virescens</i>	+	+
		叉尾鲷 <i>Aphareus furca</i>		+
		黑带鳞鳍梅鲷 <i>Pterocaesio tile</i>	+	+
	仿石鲈科 Haemulidae	斑胡椒鲷 <i>Plectorhinchus chaetodonoides</i>	+	
		条斑胡椒鲷 <i>Plectorhinchus vittatus</i>	+	
	大眼鲷科 Priacanthidae	金目大眼鲷 <i>Priacanthus hamrur</i>	+	
		灰鳍异大眼鲷 <i>Heteropriacanthus cruentatus</i>	+	
	裸颊鲷科 Lethrinidae	桔带裸颊鲷 <i>Lethrinus obsoletus</i>	+	+
		太平洋裸颊鲷 <i>Lethrinus atkinsoni</i>		+
		赤鳍裸颊鲷 <i>Lethrinus erythropterus</i>	+	+
		红裸颊鲷 <i>Lethrinus rubrioperculatus</i>	+	+
		黄唇裸颊鲷 <i>Lethrinus xanthurus</i>	+	+
		单列齿鲷 <i>Monotaxis grandoculis</i>	+	+
		金带齿颌鲷 <i>Gnathodentex aureolineatus</i>	+	+
		小齿裸顶鲷 <i>Gymnocranius microdon</i>	+	+
	隆头鱼科 Labridae	三叶唇鱼 <i>Cheilinus trilobatus</i>	+	
		横带唇鱼 <i>Cheilinus fasciatus</i>	+	

续附表

目 Oder	科 Family	物种Species	春季 Spring	秋季 Autumn	
金眼鲷目 Beryciformes	刺尾鱼科 Acanthuridae	单带尖唇鱼 <i>Oxycheilinus unifasciatus</i>	+		
		西里伯斯尖唇鱼 <i>Oxycheilinus celebicus</i>	+		
		黑鳍厚唇鱼 <i>Hemigymnus melapterus</i>	+	+	
		双带普提鱼 <i>Bodianus bilunulatus</i>	+	+	
		单角鼻鱼 <i>Naso unicornis</i>	+	+	
		丝尾鼻鱼 <i>Naso vlamingii</i>		+	
		颊吻鼻鱼 <i>Naso lituratus</i>	+	+	
		横带高鳍刺尾鱼 <i>Zebrasoma velifer</i>		+	
		栉齿刺尾鱼 <i>Ctenochaetus striatus</i>	+		
	鹦嘴鱼科 Scaridae	刺鹦嘴鱼 <i>Scarus spinus</i>	+	+	
		绿唇鹦嘴鱼 <i>Scarus forsteni</i>	+	+	
		黄鞍鹦嘴鱼 <i>Scarus oviceps</i>	+	+	
		弧带鹦嘴鱼 <i>Scarus dimidiatus</i>	+	+	
		截尾鹦嘴鱼 <i>Scarus rivulatus</i>	+	+	
		青点鹦嘴鱼 <i>Scarus ghobban</i>	+		
		钝头鹦嘴鱼 <i>Scarus rubroviolaceus</i>	+	+	
		黑鹦嘴鱼 <i>Scarus niger</i>	+	+	
		许氏鹦嘴鱼 <i>Scarus schlegeli</i>	+	+	
		蓝臀鹦嘴鱼 <i>Scarus chameleon</i>	+	+	
		黑斑鹦嘴鱼 <i>Scarus globiceps</i>	+	+	
		绿颌鹦嘴鱼 <i>Scarus prasiognathos</i>	+	+	
		瓜氏鹦嘴鱼 <i>Scarus quoyi</i>		+	
		网纹鹦嘴鱼 <i>Scarus frenatus</i>	+		
		棕吻鹦嘴鱼 <i>Scarus psittacus</i>	+	+	
		日本绿鹦嘴鱼 <i>Chlorurus japanensis</i>	+		
	小鼻绿鹦嘴鱼 <i>Chlorurus microrhinos</i>	+	+		
	灰鹦嘴鱼 <i>Chlorurus sordidus</i>	+	+		
	长头马鹦嘴鱼 <i>Hipposcarus longiceps</i>	+	+		
	双色鲸鹦嘴鱼 <i>Cetoscarus bicolor</i>	+	+		
星眼绚鹦嘴鱼 <i>Calotomus carolinus</i>	+	+			
金眼鲷目 Beryciformes	鲷科 Cirrhitidae	翼鲷 <i>Cirrhitus pinnulatus</i>		+	
	鲹科 Carangidae	黑尻鲹 <i>Caranx Melampygus</i>	+		
金眼鲷目 Beryciformes	金鳞鱼科 Holocentridae	纺锤鲷 <i>Elagatis bipinnulata</i>		+	
		大眼鲷 <i>Sphyraena forsteri</i>	+		
		尖吻棘鳞鱼 <i>Sargocentron spiniferum</i>	+		
鲈形目 Tetraodontiformes	刺鲀科 Diodontidae	黑鳍新东洋鲷 <i>Neoniphon opercularis</i>	+		
		密斑刺鲀 <i>Diodon hystrix</i>	+	+	
		大斑刺鲀 <i>Diodon liturosus</i>	+	+	
单角鲀科 Monacanthidae	单角鲀科 Monacanthidae	棘尾前孔鲀 <i>Cantherhines dumerilii</i>	+	+	
		拟态革鲀 <i>Aluterus scriptus</i>	+	+	
		玫瑰毒鲀 <i>Synanceia verrucosa</i>	+	+	
鲈形目 Scorpaeniformes	鲀科 Scorpaenidae				
鳗鲡目 Anguilliformes	海鲷科 Muraenidae	白缘裸胸鲷 <i>Gymnothorax albimarginatus</i>	+	+	
		波纹裸胸鲷 <i>Gymnothorax undulatus</i>	+	+	
		爪哇裸胸鲷 <i>Gymnothorax javanicus</i>	+	+	
		细斑裸胸鲷 <i>Gymnothorax fimbriatus</i>	+		
		密点裸胸鲷 <i>Gymnothorax thyrsoideus</i>	+		
		鞍斑裸胸鲷 <i>Gymnothorax rueppelliae</i>		+	
		豆点裸胸鲷 <i>Gymnothorax favagineus</i>	+		
		云纹裸胸鲷 <i>Gymnothorax chilospilus</i>	+		
		康吉鳗科 Congridae			
		日本康吉鳗 <i>Conger japonicus</i>	+		

注: +表示有这种鱼的记载

Note: + indicates that there is the record of this fish