

广东 10 个海岛潮间带大型经济海藻调查

薛 姣^{1,2}, 李 婷², 苏家齐², 朱长波³, 张 博², 陈素文²

1. 大连海洋大学 水产与生命学院, 辽宁 大连 116023

2. 中国水产科学研究院南海水产研究所/农业农村部海洋牧场重点实验室, 广东 广州 510300

3. 内蒙古农业大学 动物科学学院, 内蒙古 呼和浩特 010001

摘要: 为摸清广东省海岛潮间带大型经济海藻的种类和优势种生物量, 并为其资源保护、开发利用以及海洋牧场建设提供参考依据, 于 2021 年 1 月—2023 年 2 月, 采用定性和定量方法对 10 个海岛共 46 个站位开展了调查。结果显示: 广东省 10 个海岛共采集到大型经济海藻 55 种, 其中绿藻门 14 种, 红藻门 30 种, 褐藻门 11 种。半叶马尾藻 (*Sargassum hemiphyllum*) 和小珊瑚藻 (*Corallina pilulifera*) 为大部分海岛的主要优势种; 其中, 半叶马尾藻最高生物量达 $40.72\sim 55.25\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, 小珊瑚藻最高生物量达 $4.32\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 。海萝 (*Gloiopeltis furcata*) 和鹿角海萝 (*G. tenax*) 的生物量大幅减少, 已非优势种类。研究表明广东海岛大型经济海藻优势种资源状况已发生了较大变化, 对资源量明显减少的大型海藻经济种类, 有必要进行增殖保护。

关键词: 大型经济海藻; 潮间带; 种类组成; 优势种; 生物量; 广东省海岛

中图分类号: S 917.3

文献标志码: A

开放科学 (资源服务) 标识码 (OSID):



Survey of economic marine macroalgae on intertidal areas of ten islands in Guangdong Province

XUE Jiao^{1,2}, LI Ting², SU Jiaqi², ZHU Changbo³, ZHANG Bo², CHEN Suwen²

1. College of Fisheries and Life Science, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China

2. South China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences/Key Laboratory of Marine Ranching, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Guangzhou 510300, China

3. College of Animal Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China

Abstract: In order to find out the economic species and biomass of dominant species of marine macroalgae on intertidal areas of ten islands in Guangdong Province, and to provide references for the conservation and development of economic marine macroalgae and construction of marine ranching in Guangdong Province, we conducted a survey on 46 stations of these islands by qualitative and quantitative methods from January 2021 to February 2023. The results show that a total of 55 species of economic marine macroalgae including 14 species of Chlorophyta, 30 species of Rhodophyta and 11 species of Phaeophyta were collected from these ten islands. *Sargassum hemiphyllum* and *Corallina pilulifera* were the main dominant species. The highest biomass of *S. hemiphyllum* was $40.72\sim 55.25\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ and that of *C. pilulifera* was $4.32\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$. *G. furcata* and *G. tenax*, whose biomass decreased significantly, were no longer the dominant species in these islands. The results demonstrate that the resource status of dominant species of economic microalgae in Guangdong islands has undergone significant changes. It is needed to pro-

收稿日期: 2024-02-22; 修回日期: 2024-04-26

基金项目: 广东省重点领域研发计划 (2020B1111030002); 海南省自然科学基金 (323QN329); 深圳市科技计划项目 “双碳专 2023034 海洋碳汇渔业模式构建研究与应用示范” (KCXST20221021111206015)

作者简介: 薛 姣 (1998—), 女, 硕士研究生, 研究方向为养殖水域生态学。E-mail: 179402823@qq.com

通信作者: 陈素文 (1968—), 女, 研究员, 研究方向为海藻生物学及养殖。E-mail: chensuwen407@163.com

tect the economic species of macroalgae whose resources have decreased significantly.

Keywords: Economic marine macroalgae; Intertidal zone; Species composition; Dominant species; Biomass; Guangdong Province islands

大型海藻是海洋生态系统中重要的初级生产者^[1], 主要分布于潮间带及潮间带以下的渐深带^[2], 其不仅可为多种生物提供栖息地和食物^[3-4], 还对近岸水体富营养化起到了一定的修复作用^[5]。此外, 大部分海藻具有药用和食用价值^[6-9], 可作为海洋药物^[10-12]、食品^[13] 及工业原料^[14]。在当前大力发展现代海洋牧场的产业背景下, 大型海藻资源开发利用的重要性日益突显^[4], 而摸清海藻资源现状, 则是其开发利用的前提和基础。

1989—1991 年, 广东省开展了全省海岛生物资源调查, 对沿海大部分海岛的大型经济海藻种类及其分布进行了摸底调查^[15]。然而, 自 1992 年以来, 广东近海环境变化巨大, 30 多年前的调查数据与当前的海岛生物资源状况相去甚远。赵素芬等^[16] 于 2003—2005 年春季对硇洲岛 3 个站位开展大型海藻种类组成和生物量调查; 张才学等^[17] 于 2011 年 4 月—2012 年 1 月对硇洲岛 6 个站位的大型海藻种类组成及生物量与环境相关性开展调查。上述调查距今已超过 10 年, 难以反映该岛大型海藻资源现状。柳林青等^[18] 于 2020 年开展了外伶仃岛和

下川岛潮间带大型海藻调查, 但仅进行了多样性分析, 未具体列出种类的生物量。

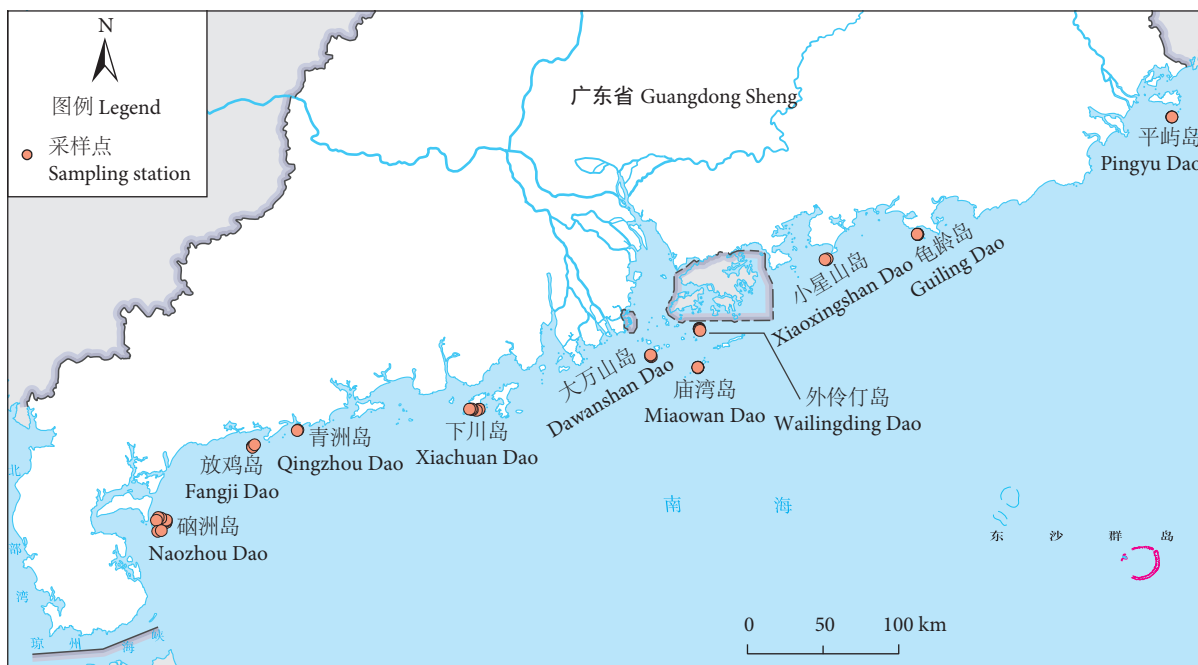
为摸清广东海岛大型海藻的资源现状, 对汕头南澳平屿岛、汕尾龟龄岛、惠东小星山、珠海外伶仃岛、大万山岛和庙湾岛、江门下川岛、阳江青洲岛、茂名放鸡岛和湛江硇洲岛共 10 个海岛开展了大型经济海藻种类及优势种生物量调查, 为广东省大型经济海藻资源保护与开发利用以及海洋牧场建设提供参考依据。

1 材料与方法

2021 年 1 月—2023 年 2 月对广东省 10 个海岛进行大型经济海藻调查和采集, 每个海岛至少设 3 个站位, 共设置站位 46 个, 每个海岛调查 1~2 次。采样时间、站位等相关信息分别见图 1 和表 1。

1.1 样品采集方法

选择退大潮的时段, 在各站位约 0.05~1.00 km 范围内的高、中、低潮带分别采集所见的大型经济海藻, 带回实验室进行定性分析。同时, 用自制



审图号: GS粤(2024)999号

图1 广东 10 个海岛大型经济海藻采样站位

Fig. 1 Sampling stations for economic marine macroalgae on ten islands in Guangdong Province

表1 广东 10 个海岛大型经济海藻调查时间及站位信息

Table 1 Sampling time and survey stations for economic marine macroalgae on ten islands in Guangdong Province

海岛名称 Name of island	调查时间 Sampling time	站位 Station	经纬度 Longitude and latitude
平屿岛 (汕头) Pingyu Dao (Shantou)	2022-01-23; 2022-09-23	1	117.083 842°E, 23.330 933°N
		2	117.084 131°E, 23.329 889°N
		3	117.084 657°E, 23.329 219°N
		4	117.085 698°E, 23.329 929°N
龟龄岛 (汕尾) Guiling Dao (Shanwei)	2021-03-30	1	115.433 284°E, 22.655 185°N
		2	115.435 548°E, 22.655 413°N
		3	115.435 999°E, 22.655 730°N
		4	115.433 949°E, 22.658 433°N
		5	115.431 932°E, 22.656 997°N
小星山岛 (惠东) Xiaoxingshan Dao (Huidong)	2021-03-31; 2023-02-24	1	114.848 146°E, 22.507 826°N
		2	114.852 071°E, 22.513 978° N
		3	114.838 467°E, 22.510 558°N
外伶仃岛 (珠海) Wailingding Dao (Zhuhai)	2022-03-21; 2023-02-24	1	114.031 268°E, 22.103 230°N
		2	114.028 521°E, 22.103 151°N
		3	114.029 036°E, 22.098 777°N
		4	114.029 809°E, 22.095 596°N
		5	114.034 701°E, 22.091 858°N
大万山岛 (珠海) Dawanshan Dao (Zhuhai)	2021-01-16	1	113.723 715°E, 21.934 697°N
		2	113.717 793°E, 21.939 236°N
		3	113.719 853°E, 21.944 530°N
庙湾岛 (珠海) Miaowan Dao (Zhuhai)	2023-02-23	1	114.020 483°E, 21.867 929°N
		2	114.021 513°E, 21.870 179°N
		3	114.021 920°E, 21.871 792°N
		4	114.020 418°E, 21.872 330°N
		5	114.020 118°E, 21.870 896°N
下川岛 (江门) Xiachuan Dao (Jiangmen)	2021-03-02—2021-03-03	1	112.624 248°E, 21.619 474°N
		2	112.608 971°E, 21.611 974°N
		3	112.581 848°E, 21.615 804°N
		4	112.575 153°E, 21.620 432°N
		5	112.564 854°E, 21.618 996°N
青洲岛 (阳江) Qingzhou Dao (Jiangmen)	2022-01-07	1	111.469 981°E, 21.482 558°N
		2	111.465 530°E, 21.479 297°N
		3	111.473 302°E, 21.488 053°N
放鸡岛 (茂名) Fangji Dao (Maoming)	2021-03-01	1	111.182 313°E, 21.380 894°N
		2	111.181 841°E, 21.379 455°N
		3	111.182 184°E, 21.378 256°N
		4	111.181 755°E, 21.374 700°N
		5	111.195 101°E, 21.389 965°N
礮洲岛 (湛江) Naozhou Dao (Zhanjiang)	2022-01-05—2022-01-06; 2023-02-20—2023-02-21	1	110.641 133°E, 20.915 946°N
		2	110.644 567°E, 20.927 330°N
		3	110.643 880°E, 20.931 940°N
		4	110.609 076°E, 20.942 962°N
		5	110.592 424°E, 20.946 089°N
		6	110.581 781°E, 20.929 976°N
		7	110.590 193°E, 20.863 342°N
		8	110.613 281°E, 20.869 357°N

的 10 cm×10 cm 样框放于优势种类生长较密集的地方，采集框里的海藻，每个站位、每个优势种各取 5 框，带回实验室进行定量分析。采集样品的判断依据：经济种类为藻体高约 0.5 cm 以上的大型海藻；优势种类为数量多，分布普遍的种类^[19]。

样品采集后带回实验室，清除表面杂质。根据外部形态进行初步的分类编号并拍照记录，对优势

种类称质量。优势种生物量^[20] 的计算公式为：

$$Q = M/S \tag{1}$$

式中：Q 为某优势种的生物量；M 为采样框内优势种的质量；S 为采样框的面积。

1.2 鉴定方法及标本存放

对采集的样品进行外部形态观测，并采用切片观察内部结构，种类鉴定主要参照中国海藻志系列

图书^[21-30]以及《南海常见大型海藻图鉴》^[31]、《海南岛珊瑚礁区大型海藻图鉴》^[32]和《Commo seaweeds of China》^[33]。

采集的样品部分存放于中国水产科学研究院南海水产研究所藻类学实验室,部分制作成标本存放于研究所标本馆。

2 结果

2.1 平屿岛

经 2 次调查,在平屿岛采集到大型经济海藻 13 种(表 2)。

2022 年 1 月,4 号站大型经济海藻种类较多,其中长紫菜(*Porphyra dentata*)、坛紫菜(*P. haitanensis*)、绉紫菜(*P. crispata*)、半叶马尾藻(*Sargassum hemiphyllum*)和小珊瑚藻(*Corallina pilulifera*)的生物量较高,还有少量的海萝(*Gloiopeltis furcata*)、冻沙菜(*Hypnea japonica*)、冈村凹顶藻(*Laurencia okamurai*)和羊栖菜(*S. fusiforme*)等。除 4 号站外,其他站位的大型经济海藻种类组成比较单一,均为长紫菜、半叶马尾藻和小珊瑚藻。1 月,平屿岛高潮带的优势种类为长紫菜,低潮带则为小珊瑚藻和半叶马尾藻,最高生物量分别为 0.90、0.45 和 9.12 kg·m⁻²(表 2)。

2022 年 9 月,岛屿潮间带大型经济海藻资源匮乏,仅 1 号站存在少量羊栖菜和半叶马尾藻幼体。

2.2 龟龄岛

2021 年 3 月,在龟龄岛采集到大型经济海藻 17 种(表 2)。其中,1 号站的海藻种类丰富且生物量较高,并在此处首次发现了蓝子藻(*Spyridia filamentosa*)、鹿角海萝(*G. tenax*)和海萝在此也有分布;4 号和 5 号站的大型经济海藻种类最少,主要为中间软刺藻(*Chondracanthus intermedius*)和马氏拟伊藻(*Ahnfeltiopsis masudai*)。1 号站高潮带的优势种为裂片石莼(*Ulva fasciata*),低潮带的为半叶马尾藻和小珊瑚藻,最高生物量分别约为 2.08、5.41 和 1.96 kg·m⁻²。

2.3 小星山岛

对惠东小星山岛的 2 次调查共采集到大型经济海藻 17 种(表 2)。

2021 年 3 月,在 1 号站低潮带发现了长枝栅凹藻(*Palisada longicaulis*)和异枝栅凹藻(*P. intermedia*)等,在 2 号站中低潮带发现了裂片石莼和

舌状蜈蚣藻(*Grateloupia livida*)等,同时发现在 2 个站位的中高潮带还分布有皮丝藻(*Dermonema virens*),该岛低潮带的大型经济海藻优势种为半叶马尾藻和小珊瑚藻,最高生物量分别约为 40.72 和 1.64 kg·m⁻²。

2023 年 2 月,在 2 号站发现有少量海萝,3 号站的高潮带有大量圆紫菜(*P. suborbiculata*);优势种为半叶马尾藻和圆紫菜,最高生物量分别约为 55.25 和 0.81 kg·m⁻²。

2.4 外伶仃岛

对珠海外伶仃岛的 2 次调查共采集到大型经济海藻 15 种(表 2)。

2022 年 3 月,外伶仃岛 1—5 号站海域的大型经济海藻优势种均为马氏石花菜(*Gelidium masudai*),其最高生物量约为 0.98 kg·m⁻²。2 号站有蛎菜(*U. conglobata*)、石莼(*U. lactuca*)和少量蜈蚣藻属幼苗;3 号站有少量海萝(约 1 cm 高)和鹅肠菜(*Petalonia binghamiae*);5 号站有一定量的三列凹顶藻(*Laurencia tristicha*)分布(表 2)。

2023 年 2 月仅在 2 号和 3 号站之间的礁石区发现少量马氏石花菜,其他站位基本未见大型经济海藻。此次调查到的优势种为半叶马尾藻(最高生物量约为 15.3 kg·m⁻²)和小珊瑚藻(最高生物量约为 4.32 kg·m⁻²)。

2.5 大万山岛

在珠海大万山岛调查采集到大型经济海藻 6 种(表 2)。1 号和 2 号站的大型经济海藻种类比较单一,以马氏石花菜为主,兼有少量马氏拟伊藻分布;3 号站分布有半叶马尾藻苗、囊藻(*Colpomenia sinuosa*)、珊瑚藻(*C. officinalis*)、鹅肠菜等。马氏石花菜在该岛潮间带的最高生物量约为 0.95 kg·m⁻²。

2.6 庙湾岛

在珠海庙湾岛采集到大型经济海藻 7 种(表 2)。因该岛东面及南面为悬崖,较难抵达,故调查站点集中在岛屿西北面。1 号站海藻种类和生物量较低,主要种类为礁膜(*Monostroma nitidum*);2 号站以半叶马尾藻和紫菜为主;3 号站的海藻种类和生物量最高,有皮丝藻、圆紫菜、半叶马尾藻等;4 号站高潮带以圆紫菜和礁膜为优势种;5 号站以马氏石花菜为主。庙湾岛海域大型经济海藻的优势种类及其最高生物量分别为礁膜 0.59 kg·m⁻²、圆紫菜 1.61 kg·m⁻²、小珊瑚藻 2.10 kg·m⁻²、半叶马尾藻 8.05 kg·m⁻²。

2.7 下川岛

在下川岛采集到大型经济海藻 15 种 (表 2)。1 号和 2 号站的海藻种类较多, 有海萝、舌状蜈蚣藻、鲎生蜈蚣藻 (*G. doryphora*)、皮丝藻、马氏石花菜和长枝栅凹藻, 优势种类为马氏拟伊藻、硬毛藻 (*Chaetomorpha antennina*) 和小珊瑚藻, 最高生物量分别为 0.19、0.13 和 1.72 kg·m⁻²; 3 号站主要有礁膜、石莼和浒苔 (*U. prolifera*); 4 号站未发现大型经济海藻; 5 号站低潮带有小珊瑚藻分布。

2.8 青洲岛

本次调查中, 阳江青洲岛的大型经济海藻种类

及生物量均很少, 仅采集到 4 种海藻 (表 2)。其中, 1 号站有少量礁膜和石莼; 2 号站有少量绉紫菜; 3 号站的大型经济海藻生物量相对较多, 高、中、低潮带生物量最高的分别是绉紫菜、礁膜、小珊瑚藻。

2.9 放鸡岛

在茂名放鸡岛采集到大型经济海藻 15 种 (表 2)。1 号站海藻生物量及种类较少, 主要为浒苔; 2 号站有少量莫氏马尾藻 (*S. Maclurei*) 和已溃烂的紫菜, 以囊藻为优势种; 3 号站主要为半叶马尾藻; 4 号站有少量舌状蜈蚣藻、马氏拟伊藻和马

表2 广东 10 个海岛大型经济海藻种类及优势种生物量
Table 2 Species of economic marine macroalgae and biomass of dominant species on ten islands in Guangdong Province

海岛名称 Name of island	种类 Species	优势种最高生物量 Maximum biomass of dominant species/(kg·m ⁻²)
平屿岛 (汕头) Pingyu Island (Shantou)	石莼、蛎菜、长紫菜、坛紫菜、绉紫菜、海萝、小珊瑚藻、冻沙菜、冈村凹顶藻、中间软刺藻、矮小拟伊藻 (<i>Ahnfeltiopsis pygmaea</i>)、羊栖菜、半叶马尾藻	长紫菜约 0.93; 半叶马尾藻约 9.12; 小珊瑚藻约 0.45
龟龄岛 (汕尾) Guiling Island (Shanwei)	裂片石莼、蛎菜、硬毛藻、羽藻 (<i>Bryopsis plumosa</i>)、小珊瑚藻、鹿角海萝、海萝、冻沙菜、裸干沙菜 (<i>Hypnea chordacea</i>)、密毛沙菜 (<i>Hypnea boergesenii</i>)、蓝子藻、长枝栅凹藻、马氏拟伊藻、中间软刺藻、羊栖菜、鹅肠菜、半叶马尾藻	裂片石莼 2.08; 半叶马尾藻约 5.41; 小珊瑚藻约 1.96
小星山岛 (惠东) Xiaoxingshan Island (Huidong)	裂片石莼、蛎菜、绉紫菜、圆紫菜、小珊瑚藻、舌状蜈蚣藻、海萝、冻沙菜、长枝栅凹藻、异枝栅凹藻、皮丝藻、马氏拟伊藻、中间软刺藻、南方团扇藻 (<i>Padina australis</i>)、羊栖菜、半叶马尾藻、拟乌黑马尾藻 (<i>Sargassum fuliginosoides</i>)	半叶马尾藻 40.72~55.25; 小珊瑚藻约 1.64; 皮丝藻 0.24; 广东紫菜 0.81
外伶仃岛 (珠海) Wailingding Island (Zhuhai)	裂片石莼、石莼、蛎菜、礁膜、绉紫菜、圆紫菜、小珊瑚藻、舌状蜈蚣藻苗、海萝、马氏拟伊藻、马氏石花菜、中间软刺藻、鹅肠菜、囊藻、半叶马尾藻	马氏石花菜约 0.98; 半叶马尾藻 15.30; 小珊瑚藻 4.32
大万山岛 (珠海) Dawanshan Island (Zhuhai)	马氏石花菜、马氏拟伊藻、半叶马尾藻苗、小珊瑚藻、鹅肠菜、囊藻	马氏石花菜 0.95
庙湾岛 (珠海) Miaowan Island (Zhuhai)	礁膜、绉紫菜、圆紫菜、皮丝藻、马氏石花菜、小珊瑚藻、半叶马尾藻	礁膜 0.59; 广东紫菜 1.61; 小珊瑚藻 2.10; 半叶马尾藻 8.05;
下川岛 (江门) Xiachuan Island (Jiangmen)	礁膜、石莼、蛎菜、硬毛藻、浒苔、绉紫菜、海萝、皮丝藻、长枝栅凹藻、马氏拟伊藻、马氏石花菜、舌状蜈蚣藻、鲎生蜈蚣藻、中间软刺藻、小珊瑚藻	马氏拟伊藻 0.19; 硬毛藻 0.13; 小珊瑚藻 1.72
青洲岛 (阳江) Qingzhou Island (Jiangmen)	礁膜、石莼、绉紫菜、小珊瑚藻、囊藻、半叶马尾藻	皱紫菜 0.09; 小珊瑚藻 0.32
放鸡岛 (茂名) Fangji Island (Maoming)	礁膜、石莼、蛎菜、硬毛藻、浒苔、绉紫菜、皮丝藻、马氏拟伊藻、马氏石花菜、舌状蜈蚣藻、中间软刺藻、小珊瑚藻、囊藻、半叶马尾藻、莫氏马尾藻	硬毛藻 0.16; 皮丝藻 0.51; 半叶马尾藻 31.24
硇洲岛 (湛江) Naozhou Island (Zhanjiang)	缘管浒苔、石莼、蛎菜、藓羽藻、硬毛藻、囊状法囊藻、法囊藻 (<i>Valonia aegagropila</i>)、指枝藻 (<i>Valoniopsis pachynema</i>)、盾叶蕨藻、杉叶蕨藻 (<i>Caulerpa taxifolia</i>)、圆紫菜、细基江蓠繁枝变种 (<i>Gracilariaceae. tenuistipitata</i> v.)、真江蓠、异枝江蓠、小沙菜、长枝沙菜 (<i>Hypnea charoides</i>)、马氏石花菜、蜈蚣藻、圆锥凹顶藻、中间软刺藻、紫杉状海门冬、蓝子藻、小珊瑚藻、冈村石叶藻 (<i>Lithophyllum okamurai</i> Fosl.)、脆弱网地藻 (<i>Dictyota friabilis</i>)、树状团扇藻 (<i>Padina arborescens</i>)、囊藻、羊栖菜、半叶马尾藻、瓦氏马尾藻、灌丛马尾藻	石莼和缘管浒苔 1.75; 硬毛藻 0.11; 小珊瑚藻 0.21; 半叶马尾藻 38.93; 囊藻 0.34

氏石花菜, 优势种为半叶马尾藻; 5 号站高潮带优势种为紫菜(已溃烂), 中高潮带为皮丝藻和硬毛藻, 低潮带为半叶马尾藻, 最高生物量介于 $0.32\sim 15.5\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

2.10 碓洲岛

对碓洲岛的 2 次调查共采集大型经济海藻 31 种(表 2)。

2022 年 1 月, 1—3 号站的海藻种类和生物量均较多, 其中, 在潭井海域水面采到漂浮状态的细基江蓠(*G. tenuistipitata*); 潭井往南区域分布有紫杉状海门冬(*Asparagopsis taxiformis*)、小沙菜(*Hypnea spinella*)、马氏石花菜、圆锥凹顶藻(*Laurencia paniculata*)、藓羽藻(*Bryopsis hypnoides*)、硬毛藻、囊状法囊藻(*Valonia utricularis*)、盾叶蕨藻(*Caulerpa peltata*)、羊栖菜、半叶马尾藻和瓦氏马尾藻(*S. vachellianum*)等, 且以半叶马尾藻的生物量最大($38.93\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$)。4—6 号站的大型海藻种类和生物量均较少, 分布有少数灌丛马尾藻(*S. frutescens*)和藓羽藻, 囊藻和小珊瑚藻是该区域的优势种, 生物量分别约为 0.34 和 $0.21\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 。7 号站大型经济海藻种类和生物量最少, 仅有少数小珊瑚藻。8 号站大型经济海藻的种类和生物量均相对较少, 主要为藓羽藻、硬毛藻、半叶马尾藻和马氏石花菜, 硬毛藻的生物量约为 $0.11\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

2023 年 2 月, 1—3 号站高潮带有少量紫菜和蛎菜分布, 中低潮带因涨潮未能采集; 4—5 号站高潮带有大量石莼和缘管浒苔(*U. linza*), 两者的生物量约为 $1.75\text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$; 6 号站有少量真江蓠(*G. vermiculophylla*)、异枝江蓠(*G. bailinae*), 优势种亦为石莼和缘管浒苔。

3 讨论

3.1 种类鉴定

本研究的种类鉴定主要采取外部形态观测和切片观察结构的方法, 但实际操作中也用到了分子测序。2023 年之前调查采集的样品均有提取 DNA, 进行了 *rbcL*、*UPA* 和 *COI* (*GazF1R1*) 序列比较。因测序方法不同, 同一种比对的结果有差异, 出现了某些种类的测序比对结果为同属不同种, 如冻沙菜(*Hypnea japonica*)的 *UPA* 序列比对结果是 *Hypnea nigrescens* (98.53%)、*H. indica* (98.04%)。这可能是由于大型经济海藻基因库的种类有限, 找不到

同种相匹配的。由于分子测序比对结果最终仍要通过形态鉴定来定种, 分子测序和形态鉴定相一致的一些种类将另文发表, 因此本研究在种类鉴定中未列出分子测序方法。

本次调查进行种类形态鉴定的主要依据是《中国海藻志》等^[21-30], 各种大型经济海藻的学名均以其为标准。对历史资料中的一些大型经济海藻名称部分有改动, 如李伟新^[34]描述的鸡毛菜(*Pterocladia tenuis*), 本研究改为拟鸡毛菜(*Pterocladia capillacea*)。需要说明的是, 本文中未出现拟鸡毛菜, 是因为将其鉴定为马氏石花菜。根据《中国海藻志》对这 2 种红藻的形态描述: 两者均有匍匐茎, 鸡毛菜的下部分枝较长, 上部分枝较短, 成金字塔形, 分枝末端略尖; 而马氏石花菜的末端分枝略钝。通过对比海南采集的拟鸡毛菜与广东各海岛采集的拟鸡毛菜, 笔者发现两者形态差别较大, 内部结构也有一些差异(图 2)。因此, 本研究将各岛采集的该种类鉴定为马氏石花菜。

3.2 调查时间和对象

根据以往的调查资料, 广东海岛的大型经济海藻资源生物量和种类在春、冬季较丰富, 而在夏、秋季较稀少^[16-17,35-38]。在本次调查之前, 笔者曾于 2019 年 4 月 19 日在碓洲岛的大浪和潭井进行了大型海藻采集, 在波浪仅见到囊藻和半叶马尾藻; 在潭井, 高、中潮带未见到大型经济海藻, 低潮带因潮位上涨, 也未见海藻; 2019 年 12 月 18 日, 在外伶仃岛进行的大型海藻采集, 只见生长茂盛的马氏石花菜, 而石莼属和蜈蚣藻属藻类等才刚萌发。因此, 借鉴以往的资料和调查经验, 本研究选择在海藻的生长盛期(1—3 月)进行 10 个海岛的调查。对汕头南澳平屿岛的调查结果也表明, 9 月海藻的种类和资源量远低于 1 月(1 月有海藻 13 种, 9 月仅有 2 种)。尽管调查是在海藻生长盛期进行的, 但同一地点在不同年份, 甚至仅相隔 1 个月, 海藻的种类也存在差异, 因此, 对同一站位在不同月份开展调查是必要的。由于本次调查覆盖的海岛数量较多, 且需在退大潮时进行, 导致无法对部分岛屿进行多次调查。

目前对大型经济海藻尚未见确切的定义。大型经济海藻通常指具有经济价值的海洋藻类, 其确切定义可能因研究领域和应用目的不同而有差异。对大型海藻有无经济价值的界定也较为困难。例如浒苔, 在泛滥成灾时是害藻, 不能列为经济种类, 但

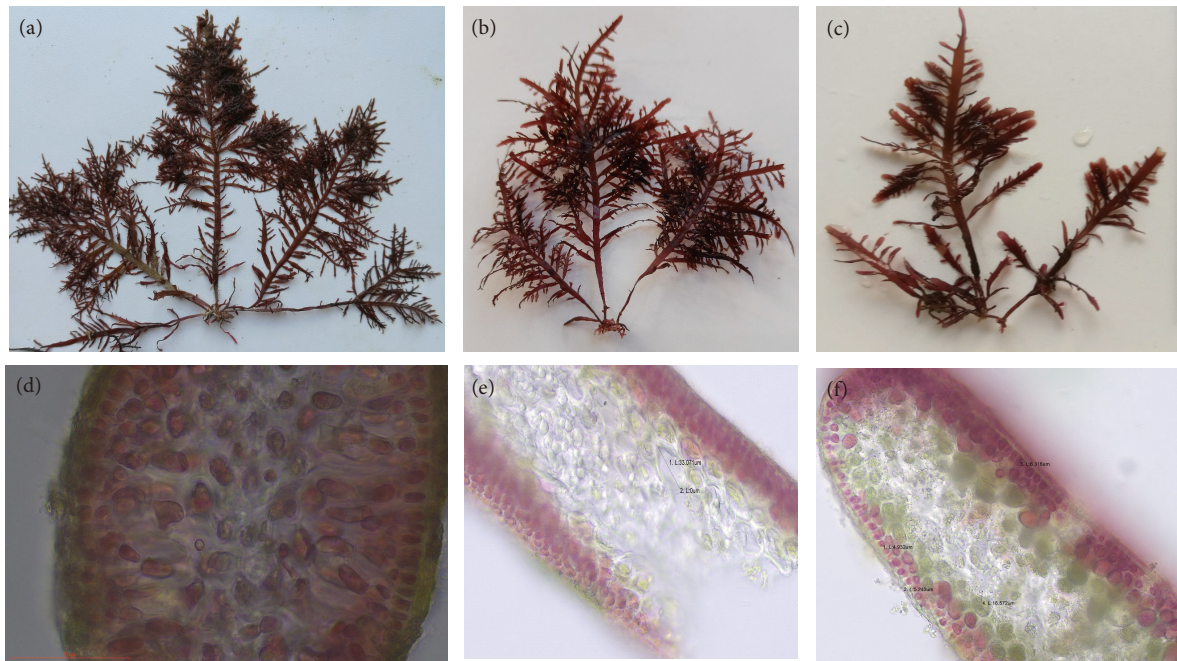


图2 2种石花菜科藻类及其横切面图

注: a. 海南拟鸡毛菜; b. 硇洲岛马氏石花菜; c. 珠海马氏石花菜;
d. 海南鸡毛菜横切面; e. 硇洲岛马氏石花菜横切面; f. 珠海马氏石花菜横切面。

Fig. 2 Two species of family Gelidiaceae and their cross sections

Note: a. *P. capillacea* of Hainan; b. *G. masudai* of Naozhou; c. *G. masudai* of Zhuhai; d. Transverse section of *P. capillacea* of Hainan;
e. Transverse section of *G. masudai* of Zhuhai; f. Transverse section of *G. masudai* of Zhuhai.

有研究表明其藻体中的多糖具有抗菌、抗氧化、降血脂和降血糖等作用,将其开发为药物就能体现其经济价值^[39-40]。有些大型海藻可以作为肥料或饲料添加剂原料,有些可作为观赏品,大型海藻的经济价值取决于人们对它的利用方式。本次调查中的大型经济海藻是指可供利用开发的大型海藻,而对于一些藻体较小、难以利用的种类则未列为采集对象。也许由于这一原因以及采样次数有限,与硇洲岛的历史调查资料^[16-17]相比,本次调查采集到的种类(硇洲岛仅有31种)明显较少。赵素芬等^[16]在2003—2005年春季对硇洲岛潮间带大型海藻进行调查,共采集到87种;张才学等^[17]在2011年4月—2012年1月对硇洲岛潮间带大型海藻的调查,共采集到64种。本次调查10个海岛共采集到大型经济海藻55种(其中绿藻门14种,红藻门30种,褐藻门11种),比1989—1991年的调查结果(主要大型经济海藻共32种)^[15]要多,这可能与后者仅列出了广东海岛的优势种有关。

3.3 优势种类及其生物量

本次调查结果显示,除江门下川岛外,其他9个海岛的优势种类均有半叶马尾藻,其最高生物量为5.41~55.25 kg·m⁻²;除茂名放鸡岛外,其他

9个海岛的优势种类均有小珊瑚藻,其最高生物量为0.21~4.3 kg·m⁻²。1989—1991年广东省海岛调查结果也表明优势种为半叶马尾藻,其在汕尾市海岛、万山群岛、川山群岛、阳江市海岛以及茂名、湛江市海岛的最高生物量介于3.2~9.6 kg·m⁻²^[15],而小珊瑚藻并不是优势种。蒋福康和吴进锋^[41]调查指出半叶马尾藻在下川岛有分布,而本次调查发现下川岛从东南面的米岩到南面白沙湾5个站位的低潮带大部分均被小珊瑚藻占据,未见半叶马尾藻。吴进锋和蒋福康^[15]报道的一些优势种类如铁钉菜、海萝和鹿角海萝在本次调查中均非优势种。以往的资料表明,1990年铁钉菜在小星山的生物量为264 g·m⁻²,鹿角海萝在小星山的生物量为406.4 g·m⁻²,在大万山岛的生物量为480 g·m⁻²^[15];20世纪80年代,海萝在外伶仃岛、庙湾岛和大万山岛均有大量分布^[34];1991年海萝在龟龄岛的生物量为74.49 g·m⁻²^[35],在下川岛王府洲的生物量为224.8~640 g·m⁻²^[36],在青洲岛也有分布^[37];本世纪的调查表明硇洲岛也有海萝分布^[16-17]。本次调查未采集到铁钉菜,鹿角海萝仅在龟龄岛有少量分布;海萝在平屿岛、龟龄岛、小星山、外伶仃岛和下川岛仅有零星分布,非优势种类;在庙湾岛、大

万山岛和硇洲岛均未采集到海萝。这些结果表明, 广东海岛大型经济海藻优势种类资源状况已发生了较大变化。因此, 对于资源量明显减少的经济种类, 有必要进行增殖保护。

3.4 经济海藻资源开发利用建议

本调查显示, 半叶马尾藻和小珊瑚藻是大部分海岛的优势种类, 其生物量均较高, 表明这 2 种海藻具备较高的开发利用潜力。关于半叶马尾藻提取物的药用效果已有较多报道^[42-44], 可将其作为海洋药物资源进行开发利用。现阶段对小珊瑚藻活性物质的报道较少, 需进一步研究才能开发利用。小珊瑚藻生长于低潮带, 一年四季都有, 调查发现其基本覆盖了成片的礁石, 如不开采利用, 也会影响其他海藻的附着生长。

本研究表明, 经济价值较高的海萝和鹿角海萝(干品每千克 1 000~1 500 元)的生物量已经大幅减少。由于这 2 种海萝用途广(不仅可直接食用, 其提取物还广泛应用于化工、医药和食品等领域), 但受过度采摘及海岸改造工程的影响, 其生物量已大幅减少^[45-46]。目前, 对这 2 种经济红藻孢子萌发合适条件^[47]、海萝人工苗种繁育和潮间带养殖^[48-50]研究已取得一定成果, 有必要应用这些研究成果进行增殖, 实现海萝资源的可持续开发利用。

参考文献:

- [1] 杨超杰, 严定龙, 冯育智, 等. 西沙海域晋卿岛大型海藻种类组成和生物量[J]. 海南热带海洋学院学报, 2023, 30(5): 1-7, 37.
- [2] 李岩, 付秀梅. 中国大型海藻资源生态价值分析与评估[J]. 中国渔业经济, 2015, 33(2): 57-62.
- [3] 赵旭. 枸杞岛海藻场大型海藻光合生理及生态效应研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2023: 10-15.
- [4] 章守宇, 刘书荣, 周曦杰, 等. 大型海藻生境的生态功能及其在海洋牧场应用中的探讨[J]. 水产学报, 2019, 43(9): 2004-2014.
- [5] 韩秋影, 尹相博, 刘东艳. 烟台养马岛潮间带大型海藻分布特征及环境影响因素[J]. 应用生态学报, 2014, 25(12): 3655-3663.
- [6] NIKOOGHOFAR-SEDGHI M, RABIEI V, RAZAVI F, et al. The effect of foliar application of *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. seaweed extract on biochemical traits related to abiotic stresses in pistachio (*Pistacia vera* L. cv. Kaleh-Ghoochi)[J]. BMC Plant Biol, 2023, 23: 635.
- [7] 秦雕, 李聪, 秦宇. 中国海藻产业发展与应用现状[J]. 科技和产业, 2021, 21(3): 104-110.
- [8] 彭欣, 黄晓林, 南海函, 等. 浙南潮间带大型底栖藻类的分布及药用价值[J]. 浙江农业学报, 2011, 23(4): 818-824.
- [9] 秦益民. 海藻活性物质在功能食品中的应用[J]. 食品科学技术学报, 2019, 37(4): 18-23.
- [10] 王登峰, 张露, 梁萍, 等. 海藻酶解物对体外培养大黄鱼肠道菌群结构和短链脂肪酸合成的影响[J]. 动物营养学报, 2023, 35(10): 6560-6573.
- [11] 冯鹏霏, 潘传燕, 马华威, 等. 饲料中添加马尾藻多糖对杂交黄颡鱼生长性能、血清生化指标、消化酶活性和抗氧化能力的影响[J]. 动物营养学报, 2023, 35(7): 4485-4494.
- [12] 杨正飞. 海藻及其提取物对克氏原螯虾抗白斑综合征病毒(WSSV)的影响[D]. 上海: 上海海洋大学, 2021: 20-32.
- [13] 陈素文, 冯彬, 李婷, 等. 蜈蚣藻属生物学与养殖研究进展[J]. 南方水产科学, 2019, 15(1): 119-123.
- [14] KUMAR K K, ANNA G, JOLANTA T S, et al. Design of innovative hybrid biochar prepared from marine algae and magnetite: insights into adsorption performance and mechanism[J]. Chem Engin Res Des, 2023, 201: 218-227.
- [15] 吴进锋, 蒋福康. 广东海岛主要经济海藻及其分布的研究[M]//广东海岛调查研究文集(II). 广州: 广东科技出版社, 1994: 126-136.
- [16] 赵素芬, 孙会强, 袁振江, 等. 硇洲岛春季底栖海藻资源[J]. 上海水产大学学报, 2006, 13(6): 321-327.
- [17] 张才学, 周伟男, 孙省利, 等. 硇洲岛大型海藻群落季节演替[J]. 热带海洋学报, 2020, 39(1): 74-84.
- [18] 柳林青, 刘之威, 何泉, 等. 粤港澳大湾区潮间带大型海藻多样性与生物量分布格局[J]. 生态学杂志, 2023, 42(3): 677-684.
- [19] 赵素芬. 海藻与海藻栽培学[M]. 北京: 国防工业出版社, 2017: 16.
- [20] 王腾飞, 蒋霞敏, 王稼瑞, 等. 渔山列岛潮间带大型海藻的分布特征[J]. 海洋环境科学, 2013, 32(6): 836-840.
- [21] 郑宝福. 中国海藻志. 第二卷, 红藻门. 第一册[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 65-104.
- [22] 曾呈奎. 中国海藻志. 第二卷, 红藻门. 第二册[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 48-150.
- [23] 夏邦美. 中国海藻志. 第二卷, 红藻门. 第三册[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 1-158.
- [24] 夏邦美, 王永强. 中国海藻志. 第二卷, 红藻门. 第四册[M]. 北京: 科学出版社, 2013: 7-47.
- [25] 夏邦美. 中国海藻志. 第二卷, 红藻门. 第五册, [M]. 北京: 科学出版社, 1999: 8-112.
- [26] 郑柏林. 中国海藻志. 第二卷, 红藻门. 第六册[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 92-98.
- [27] 夏邦美. 中国海藻志. 第二卷, 红藻门. 第七册, [M]. 北京: 科学出版社, 2015: 3-120.
- [28] 栾日孝. 中国海藻志. 第三卷, 褐藻门. 第一册. [M]. 北京: 科学出版社, 2013: 120-163.
- [29] 曾呈奎. 中国海藻志. 第三卷, 褐藻门. 第二册, [M]. 北京: 科学出版社, 2000: 6-210.
- [30] 丁兰平. 中国海藻志. 第四卷, 绿藻门. 第一册. [M]. 北京: 科学出版社, 2013: 37-123.
- [31] 刘涛. 南海常见大型海藻图鉴[M]. 北京: 海洋出版社, 2017: 38-

- 142.
- [32] TITLYANOV, E. A. ET. 海南岛珊瑚礁区大型海藻图鉴 [M]. 北京: 科学出版社, 2017: 102-109.
- [33] TSENG C K. Common seaweeds of China[M]. 北京: 科学出版社, 1983: 44-282.
- [34] 李伟新, 刘思俭. 万山群岛的经济海藻[J]. 湛江水产学院学报, 1980(2): 11-17.
- [35] 余勉余. 红海湾-碣石湾海岛资源综合调查报告[M]. 广州: 广东科技出版社, 1992: 74-75.
- [36] 余勉余. 川山群岛海资源综合调查报告[M]. 广州: 广东科技出版社, 1994: 78.
- [37] 马应良. 阳江海区海岛资源综合调查报告[M]. 广州: 广东科技出版社, 1994: 171-174.
- [38] 林幸青. 湛江—茂名海区海岛资源综合调查报告[M]. 广州: 广东科技出版社, 1994: 157-174.
- [39] 赵士峰. 浒苔多糖的分离、纯化及活性研究[D]. 南京: 东南大学, 2020: 8-12.
- [40] ZHU R Y, OUYANG Y Z, CHEN Y H. The therapeutic potential for senescence-associated diabetes of green alga *Enteromorpha prolifera* polysaccharide[J]. *Biol Macromol*, 2023, 232: 1-11.
- [41] 蒋福康, 吴进锋. 川山群岛海藻资源的研究. 广东海岛调查研究文集 (II)[M]. 广州: 广东科技出版社, 1994: 137-141.
- [42] 吴进锋, 张汉化, 梁超愉, 等. 红海湾海藻资源的研究[J]. 湛江海洋大学学报, 2002, 22(1): 31-33.
- [43] 陈润智. 半叶马尾藻 (*Sargassum hemiphyllum*) 化学成分及其生物活性的初步研究 [D]. 广州: 暨南大学, 2006: 14-21.
- [44] 史欣仪, 殷浩文, 胡传银, 等. 半叶马尾藻岩藻聚糖硫酸酯改善环磷酸腺苷诱导的小鼠卵巢早衰的作用研究[J]. 广东药科大学学报, 2022, 38(6): 13-18.
- [45] 罗宝滨, 陈建平, 李佳睿, 等. 半叶和亨氏马尾藻岩藻聚糖理化性质及其抗氧化抗肿瘤活性[J]. 广东海洋大学学报, 2022, 42(5): 134-140.
- [46] 郭永坚, 张文文, 李俊伟, 等. 海萝属藻类繁殖生物学及增殖研究进展[J]. 生态学杂志, 2015, 34(8): 2339-2343.
- [47] ZHANG W W, ZHU C B, CHEN S W. Effects of light quality and photoperiod on growth and photosynthetic pigment content of a Rhodophyta, *Gloiopeltis furcata*[J]. *Fish Sci*, 2020, 86: 367-373.
- [48] CHEN S W, WU J F, CHEN L X, et al. Effects of light and temperature on the attachment and development of *Gloiopeltis tenax* and *Gloiopeltis furcata* tetraspores[J]. *J Appl Phycol*, 2011, 23(6): 1045-1051.
- [49] CHEN S W, CHEN L X, ZHU C B, et al. Spore culture of red seaweed, *Gloiopeltis furcata*[J]. *J World Aquac Soc*, 2014, 45(4): 487-492.
- [50] 陈素文, 张文文, 李俊伟, 等. 海萝苗种繁育与养殖[M]. 南宁: 广西科学技术出版社, 2020: 91-97.