

Doi: 10.11840/j.issn.1001-6392.2019.05.006

海南岛沿岸海域砗磲资源调查及保护前景展望

崔丹¹, 王辉¹, 刘君¹, 陈家炜^{1,2}, 刘合露¹, 张海滨¹

1. 中国科学院深海科学与工程研究所, 海南 三亚 572000; 2. 中国科学院大学, 北京 100049

摘 要: 砗磲是珊瑚礁海域的重要贝类之一, 对维护珊瑚礁生态系统平衡起着重要作用。然而, 近年来海洋的大力开发和利用给我国沿海砗磲资源造成严重威胁。本研究通过截线样带法对海南岛沿岸海域砗磲的种类和分布进行实地调查, 结果表明, 海南岛沿岸海域砗磲覆盖度呈现南北差异, 东南沿岸海域砗磲覆盖度明显高于西北沿岸海域, 这种差异可能是由自然因素和人为因素共同造成。调查海域共发现 3 种砗磲: 诺亚砗磲 (*Tridacna noae*) 最多, 占砗磲样品总数的 58.6 %; 其次是番红砗磲 (*T. crocea*), 占 34.3 %; 鳞砗磲 (*T. squamosa*) 最少, 仅占 7.1 %。海洋管理部门应该加强对砗磲多样性的保护力度, 合理开发和可持续利用并重, 从而有效保护砗磲、珊瑚礁乃至海洋生态系统。

关键词: 海南岛; 砗磲; 资源分布; 多样性保护

中图分类号: P735; Q-9

文献标识码: A

文章编号: 1001-6932(2019)05-0527-06

The resources survey and conservation prospects of the giant clams in the coastal waters at Hainan Island

CUI Dan¹, WANG Hui¹, LIU Jun¹, CHEN Jia-wei^{1,2}, LIU He-lu¹, ZHANG Hai-bin¹

(1. Institute of Deep-sea Science and Engineering, Chinese Academy of Science, Sanya 572000, China;

2. University of Chinese Academy of Science, Beijing 100049, China)

Abstract: Giant clams are one of the most important bivalves in coral reefs, and perform a significant ecological role in maintaining the balance of coral reef ecosystem. However, in recent years, giant clam resources are seriously threatened by the over-exploitation in coastal areas. In this study, field investigations were carried out to determine the species and distribution of the giant clams along the coastline of Hainan Island. The results showed that the coverage of giant clam was different between the northern and southern coast of Hainan Island, and the coverage on the southeast coast was higher than that on the northwest coast. The distributional difference might be caused by both natural and human factors. Three species of giant clams were found in sampling areas, including *Tridacna noae*, *T. crocea* and *T. squamosa*. *Tridacna noae*, account for 58.6 % of all sample giant clams, was the most abundant specie, followed by *T. crocea* (34.3 %) and *T. squamosa* (7.1 %). In order to protect giant clams, coral reefs and marine ecosystem, marine management should focus on the sustainable development and biodiversity conservation of giant clams.

Keywords: Hainan Island; giant clams; resource distribution; diversity conservation

砗磲隶属于软体动物门, 瓣鳃纲, 帘蛤目, 是砗磲科贝类的统称, 目前共包括 2 属 10 种 (周勤等, 2014), 广泛分布于印度洋和西太平洋的热带和亚热带珊瑚礁海域, 在我国台湾和南海各岛礁也均

有分布 (王秀卫, 2016)。作为珊瑚礁生态系统中重要贝类之一, 其独特之处在于发育初期与虫黄藻建立了稳定的共生关系, 对维护珊瑚礁生态系统的健康稳定具有十分重要的生态学意义 (周勤等, 2014)。

收稿日期: 2018-11-21; 修订日期: 2019-04-20

基金项目: 海南省重大科技计划项目 (ZDKJ2016009); 三亚市重点实验室项目 (L1501); 海南省自然科学基金项目 (20164176)。

作者简介: 崔丹 (1991-), 硕士, 科研助理, 主要从事海洋生物生态与进化研究。电子邮箱: cuidan@idsse.ac.cn。

通讯作者: 张海滨, 博士, 研究员。电子邮箱: hzhang@idsse.ac.cn。

近年来,随着海洋渔业的发展,海洋生物资源经济价值越发凸显,砗磲贝壳市场的繁荣,贝雕工艺品的热销,促进了砗磲产业的蓬勃发展。受经济利益的驱使,渔民通过挖礁、炸礁等手段大肆捕捞活体砗磲,非法采挖愈演愈烈。此外,海洋资源的过度开发,全球气候变暖,生态环境的不断恶化,加速了珊瑚礁生态系统破坏,影响砗磲的生存,使得砗磲资源遭到严重破坏而处于濒危状态,因此,开展砗磲资源调查、建立监测和可持续保护机制迫在眉睫。20 世纪 60 年代,广东省水产厅对西沙群岛砗磲资源的调查进行了首次系统描述(周勤等, 2014),发现砗磲具有可观的丰度,之后逐年下降,但仍具有一定保有量,90 年代以后,基本很难看到大型砗磲(李元超等, 2015)。目前,砗磲资源调查主要围绕西沙群岛、中沙群岛及南沙群岛展开,对海南岛沿岸及周边海域的调查较为缺乏(黄晖等, 2012),此次环海南岛砗磲资源调查不仅可以弥补海南岛周边海域砗磲数据的空白,进一步了解砗磲的分布情况、生存环境等,还可以对砗磲资

源的保护提供数据支撑(牛文涛等, 2010)。

1 研究区域概况

1.1 研究区域和站点概况

调查区域为环海南岛沿岸有珊瑚礁分布的海域。西岸、北岸选址珊瑚礁生长较好的昌江海尾海域和临高角,但由于地理位置特殊,夏冬季受热带季风推动形成环流(牛文涛等, 2010),海域风浪大,水体浑浊,虽珊瑚礁生长良好,但调查过程中并没有发现砗磲存在。东岸文昌、万宁、陵水等地是海南岛规模最大的珊瑚礁区,有大量珊瑚礁及活珊瑚分布,所以东岸调查区域以云龙湾、七洲列岛、石梅湾、大洲岛、洲仔岛等近海海域为主。南岸西起西岛,东至海棠湾均有珊瑚礁分布,其中以鹿回头东、西两侧海湾的珊瑚礁发育良好(于登攀等, 1996; 赵美霞等, 2010),所以南岸的调查区域则以牛车湾、亚龙湾、鹿回头、西岛等附近海域为主,各区域的调查站点具体见图 1 和表 1。

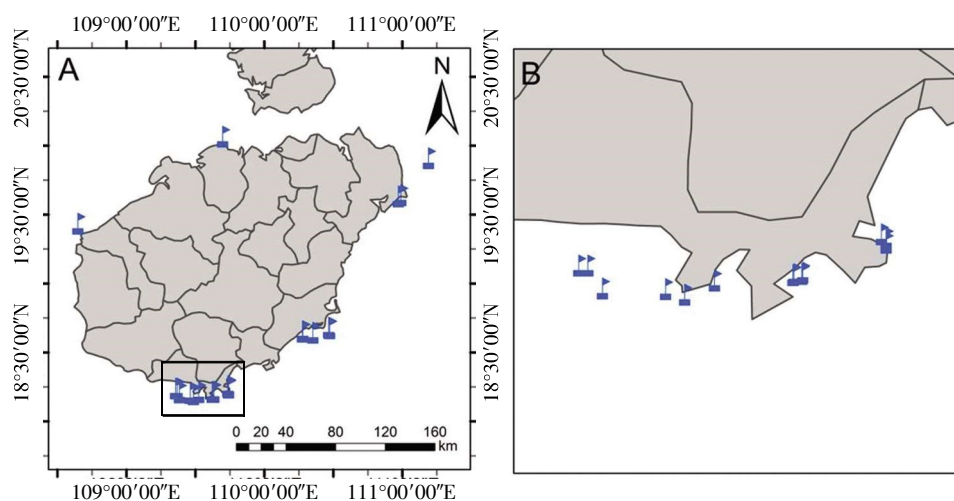


图 1 海南岛沿岸海域砗磲资源调查站点

2 研究方法

2.1 沿岸海域站点调查

调查在 2016 年 8–10 月进行,采用截线样条法(梁文等, 2010; 2012),即每一调查站点布设一条长 50 m,宽 1 m 的条带状断面,断面平行于海岸线,并根据调查站点沿岸环境、海底地形及海流波动等因素,选择 1–3 m 浅水区或 4–6 m 深水

区布设,尽可能较详细和准确地评估每一站点砗磲生态现状。采用水下高清摄影机和照相机对布设站点进行拍摄和照相,现场观察记录,进行室内影像资料判读。

2.2 取样方式

采用国际上砗磲研究非常成熟的外套膜取样法(Macaranas et al, 1992),该方法对砗磲的危害较小,不会造成砗磲死亡。在水下利用解剖刀迅速割取少量的外套膜组织,保存于 50 mL 无菌离心管

中, 带回船上后用 95 % 的酒精进行固定, 用于后续样品的分子种类鉴定。

2.3 物种分子鉴定

待鉴定的组织样品, 利用 DNA 提取试剂盒对样品进行基因组 DNA 提取, 得到的 DNA 用 1 % 琼脂糖凝胶电泳进行质量鉴定, 并利用 Nanodrop2000 分光光度计 (Thermo Scientific) 测定浓度。稀释后的 DNA ($50\sim 100\text{ ng}\cdot\mu\text{L}^{-1}$) 进行线粒体 COI 片段扩增和双向测序。PCR 扩增使用了 2 对引物: 1) COI-Tricro-Frwd 5' GGG TGA TAA TTC GAA CAG AA-3' 和 COI-Tricro-Rev 5'TAG TTA AAG CCC CAG CTA AA-3' (Kochzius et al, 2008); 2) SQUA-F3 5'-CAT CGT TTA GAG TAA TAA TTC G-3' 和 SQUA-R1 5'-ATG TAT AAA CAA AAC AGG ATC-3' (DeBoer, 2010)。所得序列 (MF969178-MF969247) 在 GenBank 数据库 (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) 中进行 BLAST 比对分析。与所研究序列全长的相似度达到 98 % 或更高, 则可被归到一个确定种, 如果有多个匹配的种 (相似度 98 %~100 %), 则选择具有最高匹配度的一个。

2.4 数据分析

根据海南岛沿岸调查海域生态特征和所获取数据的具体情况, 本文采用 Simpson 多样性指数 (D) (Simpson EH, 1949)、Shannon-Wiener 多样性指数 (H) (Krebs, 1989)、Pielou 均匀度指数 (E) (Pielou, 1966) 对调查海域砗磲的物种多样性和物种分布的均匀性进行分析研究。主要公式如下:

$$\text{Simpson 多样性指数 (D): } D = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2$$

Shannon-wiener 多样性指数 (H):

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Pielou 均匀度指数 (E): $E = H/\ln S$

式中, S 代表物种数目; p_i 为属于种 i 的个体在全个体中的比例。

3 结果与分析

3.1 砗磲分布和覆盖度

根据水下观察及影像资料确定, 砗磲主要集中在东南沿岸海域, 沿着海岸线由东岸中部到南岸海域呈带状分布。北岸的临高角与文昌云龙湾海域之

间, 海底贫瘠, 多为沙砾, 珊瑚死亡严重, 砗磲及珊瑚礁底栖生物较少, 但是在调查过程中发现了一对砗磲外壳, 观察认为该砗磲刚死亡不久, 说明在此海域还是存在砗磲, 由于环境破坏严重使得珊瑚礁底栖生物没有生存空间。西岸昌江海域因其独特地理位置及季风气候影响, 导致水体浑浊, 透光性差, 虽然存在活体珊瑚, 但是在调查样带内及附近海域并未发现砗磲存在。在东岸中部及南岸海域, 珊瑚礁生长良好, 砗磲覆盖度较好, 其中万宁-大洲岛断面二 ($110^{\circ}28'24.22''\text{E}$, $18^{\circ}40'52.42''\text{N}$) 砗磲覆盖度达到 0.343, 其次是三亚-亚龙湾西排西面断面一 ($109^{\circ}37'48''\text{E}$, $18^{\circ}12'47''\text{N}$), 砗磲覆盖度为 0.300, 是此次调查中砗磲状况及覆盖度最好的两个区域 (表 1)。

3.2 砗磲种类组成

由于砗磲往往与珊瑚礁共存, 而且外壳多附着藻类或其他底栖生物, 导致活体砗磲在现场观察时较难分辨。另外, 一些砗磲种类形态较相似, 从外形上难以区分, 因此需要借助分子分类学进行种类鉴定。通过序列相似性比对分析及视频资料分析, 88 个砗磲样品共鉴定出 3 个种, 分别为: 诺亚砗磲 (*Tridacna noae*)、番红砗磲 (*T. crocea*)、鳞砗磲 (*T. squamosa*)。其中诺亚砗磲 52 只, 占砗磲样品总数的 58.6 %, 番红砗磲 30 只, 占 34.3 %, 鳞砗磲 6 只, 占 7.1 %。

通过对调查海域砗磲种类进行统计分析 (图 2), 发现牛车湾、西岛、石梅湾、大洲岛砗磲分布呈现诺亚砗磲、番红砗磲、鳞砗磲依次递减趋势, 三亚大东海调查海域只存在诺亚砗磲和鳞砗磲两种且数量较少, 亚龙湾砗磲种类分布和数量存在明显差异, 诺亚砗磲、番红砗磲数量明显高于鳞砗磲, 是调查海域砗磲数量之最。

3.3 砗磲物种多样性分析

为了更好地研究海南岛沿岸海域砗磲的群落结构特征, 选取 26 个调查断面分析了海南岛沿岸海域砗磲物种多样性 (表 2)。结合调查断面覆盖度, 发现亚龙湾砗磲物种多样性指数相对较高, Simpson's 指数为 0.563 8, Shannon-wiener 指数为 0.901 0; 其次是牛车湾, 砗磲物种多样性指数仅低于亚龙湾, 说明这两个海域的砗磲种类较为丰富, 生物间的关系也较为密切。但是, 相较于其他调查海域, 大东海砗磲物种多样性指数都非常低,

表 1 调查站点及砗磲数量、覆盖度信息

编号	断面 (站位)	经度/E	纬度/N	深度/m	砗磲数量/个	砗磲覆盖度 ^a /(ind·m ⁻²)
1	临高-美夏村	109°42'21"	20°00'56"	2.5	0.0	0.000
2	文昌-云龙湾断面一	110°59'52"	19°38'27"	3.5	0.0	0.000
3	文昌-云龙湾断面二	110°58'46"	19°37'55"	2.3	0.0	0.000
4	文昌-七洲列岛	111°11'52"	19°54'32"	3.5	0.0	0.000
5	万宁-石梅湾断面一	110°17'15"	18°39'13"	3.0	0.0	0.000
6	万宁-石梅湾断面二	110°17'40"	18°39'30"	5.9	3.0	0.060
7	万宁-大洲岛断面一	110°28'52"	18°40'32"	4.6	3.0	0.061
8	万宁-大洲岛断面二	110°28'24"	18°40'52"	3.3	12.0	0.343
9	陵水-洲仔岛断面一	110°21'33"	18°38'35"	3.8	2.0	0.042
10	三亚-牛车湾断面一	109°44'38"	18°14'47"	3.3	1.0	0.020
11	三亚-牛车湾断面二	109°44'80"	18°14'47"	5.3	1.0	0.020
12	三亚-牛车湾断面三	109°44'14"	18°15'25"	3.3	3.0	0.061
13	三亚-亚龙湾东排东北角断面一	109°38'33"	18°12'55"	3.3	3.0	0.060
14	三亚-亚龙湾东排西南角断面二	109°38'28"	18°12'50"	4.6	1.0	0.020
15	三亚-亚龙湾西排西面断面一	109°37'48"	18°12'47"	3.1	15.0	0.300
16	三亚-亚龙湾西排东北角断面二	109°37'53"	18°12'51"	5.9	1.0	0.020
17	三亚-大东海及鹿回头断面一	109°29'39"	18°11'50"	2.3	4.0	0.080
18	三亚-大东海及鹿回头断面二	109°28'15"	18°12'19"	2.5	1.0	0.020
19	三亚-大东海及鹿回头断面三	109°31'55"	18°12'43"	2.1	1.0	0.022
20	三亚-西岛断面一	109°21'52"	18°14'20"	3.1	2.0	0.040
21	三亚-西岛断面二	109°21'39"	18°13'40"	2.4	0.0	0.000
22	三亚-西岛断面三	109°21'48"	18°13'39"	2.3	1.0	0.020
23	三亚-西岛断面四	109°23'33"	18°12'37"	2.5	0.0	0.000
24	三亚-西岛断面五	109°22'44"	18°13'547"	2.1	1.0	0.020
25	三亚-西岛断面六	109°22'30"	18°13'40"	2.3	0.0	0.000
26	三亚-西岛断面七	109°22'33"	18°14'18"	1.8	4.0	0.040
27	临高-美夏村	109°42'21"	20°00'56"	2.5	0.0	0.000

注：^a 砗磲覆盖度，是指断面内砗磲总数与断面面积的比值。

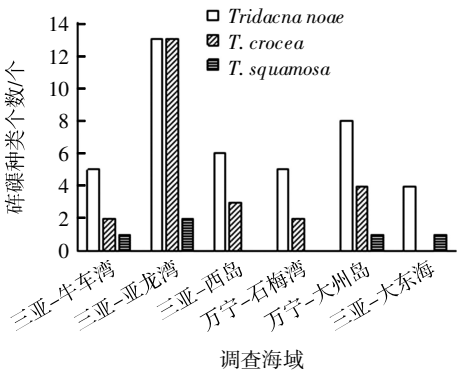


图 2 调查海域砗磲种类个数图

Simpson's 指数仅为 0.320 0，Shannon-wiener 指数仅为 0.721 9，说明该海域砗磲种类较少，砗磲群落遭到严重破坏。此外，除大东海、大洲岛均匀度指数较低外，其他海域砗磲的均匀度指数都相对较高，说明这些海域不同种类砗磲之间的数量差异不大，不同砗磲种类分布较为均匀。

表 2 调查海域砗磲物种多样性指数

群落位置	Simpson's 指数	Shannon-wiener 指数	Pielou 均匀度
三亚-牛车湾	0.531 3	0.900 3	0.819 4
三亚-亚龙湾	0.563 8	0.901 0	0.820 1
三亚-西岛	0.444 4	0.636 5	0.918 3
万宁-石梅湾	0.408 2	0.598 3	0.863 1
万宁-大洲岛	0.520 7	0.858 7	0.781 7
三亚-大东海	0.320 0	0.500 4	0.721 9

4 讨论

4.1 影响海南岛东南、西北沿岸海域砗磲覆盖度明显差异的因素分析

根据调查结果显示，环海南岛砗磲资源覆盖度存在一定空间梯度，变化趋势为：西北沿岸海域砗磲覆盖度低于东南沿岸海域，南岸海域砗磲覆盖度

略低于东岸中部海域。从整体空间分布看, 砗磲分布呈现由南到北逐渐递减趋势(蔡泽富等, 2015), 这与海水温度变化趋势一致(张乔民, 2001)。而受地理位置和季风气候影响, 西北部临高角至昌江海域受季风推动形成局部环流, 冬夏季风浪大, 温度低, 水质差, 不利于珊瑚礁的生长和砗磲生存(牛文涛等, 2010)。其次, 海南岛北部与内陆相邻, 海域受到生活垃圾、工业垃圾污染, 加之利益驱使渔民无节制捕捞(董杨等, 2015), 海域环境质量下降, 砗磲数量减少。此外, 大量调查记录显示, 在西北部海域中、低潮间带存在大量的马尾藻, 文献资料证明, 马尾藻密度过大会遮蔽光线, 争夺养分进而抑制珊瑚的生长以及砗磲的生存(卢伙胜等, 2003)。从局部空间看, 南岸砗磲覆盖度略低于东岸中部海域, 人为干扰占主导因素。南部的三亚海域作为著名旅游景点吸引大批国内外游客休闲度假, 潜水观赏、海上垂钓等海上项目的发展, 均不同程度的破坏岛礁生物栖息环境(杜飞雁等, 2009; 吴姗姗等, 2017)。

4.2 海南岛砗磲多样性保护

砗磲作为现存最大的双壳贝, 在珊瑚礁生态系统中具有较重要的生态学价值(Neo et al 2017)。然而, 近几年, 由于砗磲无度开发利用使得砗磲数量剧减, 严重破坏了珊瑚礁生态系统, 砗磲保护工作迫在眉睫(李元超等, 2015)。目前世界自然保护联盟(IUCN)和濒危野生动植物种国际贸易公约附录 II (CITES Appendix II) 已经将砗磲科所有物种列为保护动物。中国《国家重点保护野生动物名录》将库氏砗磲列为 I 类保护动物。2017 年开始实施的《海南省珊瑚礁和砗磲保护规定》则将上述名录中的所有砗磲物种纳入保护范围。这些名录和法规的制定实施为砗磲的保护和可持续开发利用提供了强有力的政策支持。而对海南岛砗磲资源的调查则从科学角度为砗磲资源的保护提供科学数据。

根据记载, 海南岛分布有长砗磲、鳞砗磲和番红砗磲(张素萍 2008; 李晓梅等 2010; 杨文等 2012)。本研究通过对海南岛周边海域砗磲资源的调查, 结果发现了 3 种砗磲, 即诺亚砗磲、鳞砗磲和番红砗磲, 其中诺亚砗磲是首次记录的一个物种。该物种长期被认为是长砗磲, 直到 Su 等(2014)利用分子标记和外套膜特征将其从长砗磲中重新独立出来。目前关于海南岛沿岸砗磲资源分

布的报道极少, 最近对海南西瑁洲岛贝类资源(李晓梅等, 2010)的调查发现了数量较多的长砗磲, 其次是番红砗磲和鳞砗磲。根据我们的研究结果, 该报道中的长砗磲实际应该是诺亚砗磲。本研究结果表明诺亚砗磲是海南岛砗磲中的优势种类, 分布广泛且数量较多; 鳞砗磲数量最少、分布有限, 应该在保护实践中予以优先关注。

在本调查中发现三亚周边海域的砗磲资源在种类和数量上远远超过海南岛其他海域。但是, 对西瑁洲砗磲的调查发现该岛砗磲数量已经远远少于 2010 年调查时(李晓梅等, 2010)。另外, 调查发现亚龙湾在物种数量及生物量上明显高于其他调查区, 该结果与来自三亚珊瑚礁大型底栖动物群落的研究结果一致(董栋等, 2015), 说明该地区珊瑚礁生态系统更优良, 有利于砗磲的生长, 是实施珊瑚礁修复的理想场所, 从而为砗磲的保育提供保障。

参 考 文 献

- DeBoer T S, 2010. Evolution and conservation genetics of giant clams across the Coral Triangle. Boston University.
- Kochzius M, Nuryanto A, 2018. Strong genetic population structure in the boring giant clam, *Tridacna crocea*, across the Indo-Malay Archipelago: implications related to evolutionary processes and connectivity. *Molecular Ecology*, 17: 3775–3787.
- Krebs C J, 1989. *Ecological Methodology*. Harper Collins Publishers, New York.
- Mearanas JM, Ablan CA, Pante MJR, et al, 1992. Genetic structure of giant clam (*Tridacna derasa*) populations from reefs in the Indo-Pacific. *Marine Biology*, 13: 231–238.
- Neo ML, Wabnitz CC, Braley RD, et al, 2017. Giant clams (Bivalvia: Cardiidae: Tridacninae): a comprehensive update of species and their distribution, current threats and conservation status. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 55: 87–388.
- Pielou EC, 1966. The use of information theory in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology*, 10, 370–383.
- Simpson EH, 1949. Measurement of diversity. *Nature*.
- Su Y, Hung J H, Kubo H, et al, 2014. *Tridacna noae* (Röding, 1798)—a valid giant clam species separated from *T. maxima* (Röding, 1798) by morphological and genetic data. *Raffles Bulletin of Zoology*, 62, 124–135.
- 蔡泽富, 陈石泉, 吴钟解, 等, 2015. 海南岛东北部沿岸造礁石珊瑚时空分布特征. *海洋湖沼通报*, (3): 78–86.
- 陈丹丹, 吴瑞, 2016. 海南省海岸与海岛生物多样性保护战略与行动计划. *海洋开发与管理*, (1): 45–51.
- 董栋, 李新正, 王洪法, 等, 2015. 海南岛三亚珊瑚礁区大型底栖动物

- 群落特征. 海洋科学, (3): 83–91.
- 董杨, 李向民, 2015. 砗磲资源保护、开发及其产业化发展前景. 水产科学, (3): 195–200.
- 杜飞雁, 王雪辉, 李纯厚, 等, 2009. 大亚湾大型底栖动物的群落结构. 生态学报, (3): 1091–1098.
- 黄晖, 尤丰, 练健生, 等, 2012. 海南岛西北部海域珊瑚礁造礁石珊瑚种类组成与分布. 海洋科学, (9): 64–74.
- 李晓梅, 杜宇, 林炽贤, 2010. 海南西瑁洲岛潮间带的底栖贝类组成与数量分布. 安徽农业科学, 38(5): 2406–2408.
- 李元超, 韩有定, 陈石泉, 等, 2015. 砗磲采挖对珊瑚礁生态系统的破坏——以西沙北礁为例. 应用海洋学学报, (4): 518–524.
- 梁文, 黎广钊, 谭趣孜, 等, 2012. 一种适合珊瑚礁生态区用海项目的礁系生物群落调查方法. 广西科学院学报, 28(3): 212–215.
- 梁文, 黎广钊, 张春华, 等, 2010. 20 年来涠洲岛珊瑚礁物种多样性演变特征研究. 海洋科学, (12): 78–87.
- 刘沫茹, 姜涛, 2012. 我国海洋生物多样性的保护现状及法律对策. 黑龙江政法管理干部学院学报, (2): 126–128.
- 卢伙胜, 何秀玲, 陈春亮, 等, 2003. 广东徐闻西部沿岸海区“珊瑚类”的物种及其分布. 台湾海峡, (4): 445–448.
- 牛文涛, 张潇娴, 林荣澄, 等, 2010. 海南昌江沿岸海域石珊瑚的物种多样性及其分布. 台湾海峡, (3): 389–393.
- 王秀卫, 2016. 我国野生砗磲保护机制之完善. 新东方, (02): 19–22.
- 吴姗姗, 曹可, 张凤成, 2017. 资源环境保护视角下海岛旅游发展策略研究. 海洋开发与管理, (3): 45–48.
- 吴钟解, 张光星, 陈石泉, 等, 2015. 海南西瑁洲岛周边海域造礁石珊瑚空间分布及其生态系统健康评价. 应用海洋学学报, (1): 133–140.
- 杨文, 蔡英亚, 邝雪梅, 2013. 中国南海经济贝类原色图谱. 北京: 中国农业出版社.
- 于登攀, 邹仁林, 1996. 鹿回头造礁石珊瑚群落多样性的现状及动态. 生态学报, (6): 559–564.
- 张乔民, 2001. 我国热带生物海岸的现状及生态系统的修复与重建. 海洋与湖沼, (4): 454–464.
- 张素萍, 2008. 中国海洋贝类图鉴. 北京: 海洋出版社.
- 赵美霞, 余克服, 张乔民, 等, 2010. 近 50 年来三亚鹿回头岸礁活珊瑚覆盖率的动态变化. 海洋与湖沼, (3): 440–447.
- 周勤, 王玉芬, 姜秀凤, 2014. 砗磲研究现状及在我国南海开展养殖的前景. 热带海洋学报, (2): 87–93.

(本文编辑: 袁泽轶)