

海南儋州海域造礁石珊瑚种类组成及动态变化研究

廖宝林¹,肖宝华^{1,2},覃业曼¹,谢子强^{1,3},谢勇琪¹,朱鸣^{1,3}

(1. 广东海洋大学深圳研究院 深圳 518108;2. 广东海洋大学 湛江 524025;

3. 深圳市碧海蓝天海洋科技有限公司 深圳 518108)

摘要:文章通过断面法调查分析了儋州海域海花岛沿岸、南华墟沿岸和磷枪石岛沿岸造礁石珊瑚的种类组成与群落分布,结果表明:儋州海域造礁石珊瑚共有12科25属55种,相较于此前的研究增加了10个种,优势种为斯氏角孔珊瑚、澄黄滨珊瑚、柱角孔珊瑚;活造礁石珊瑚覆盖率急剧下降,由2012年的42.92%下降至现在的22.24%,降幅高至48.18%;造礁石珊瑚死亡率高居不下,长期维持在35%左右;初级群落以团块状造礁石珊瑚为优势种的趋势愈发明显,且单一绝对优势种的情况频繁出现,说明该海域造礁石珊瑚群落受到了较为严重的破坏,导致群落退化演替,分析认为这种破坏是由自然因素和人为活动共同造成的。

关键词:造礁石珊瑚;种类组成;动态变化;珊瑚礁生态系统修复;儋州

中图分类号:P76;P71

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2020)07-0055-07

Species Composition and Dynamic Change of Scleractinia Coral in Danzhou Sea Area of Hainan Island

LIAO Baolin¹,XIAO Baohua^{1,2},QIN Yeman¹,XIE Ziqiang^{1,3},XIE Yongqi¹,ZHU Ming^{1,3}

(1. Shenzhen Research Institute of Guangdong Ocean University, Shenzhen 518108, China; 2. Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524025, China; 3. Shenzhen Ocean Hyaline Marine Science and Technology Co., Ltd., Shenzhen 518108, China)

Abstract: The species composition and community distribution of scleractinia coral along the coast of Haihua Island, Nanhuaxu Island and Linqiangshi Island in Danzhou sea area were investigated and analyzed by cross-section method. The results showed that there were 55 species of scleractinia coral in 25 genera, 12 families in Danzhou sea area, 10 species more than the previous studies, and the dominant species were *Goniopora stutchburyi*, *Porites lutea*, *Goniopora columna*. The coverage rate of living scleractinia coral dropped sharply, from 42.92% (2012) to 22.24% (now), with a drop rate as high as 48.18%; the mortality rate of scleractinia coral remained high,

收稿日期:2020-03-26;修订日期:2020-06-12

基金项目:渔港建设和渔业产业发展专项(A201708D06);广东省促进经济高质量发展专项资金(GDOE[2019]A01);深圳市科技研发资金(KJYY20180213182720347)。

作者简介:廖宝林,高级工程师,硕士,研究方向为珊瑚礁生态学

通信作者:肖宝华,高级工程师,硕士,研究方向为珊瑚礁生态学

around 35% for a long time; the trend of dominant species in primary community was block scleractinia coral, and the situation of single absolute dominant species appeared frequently, which indicated that the scleractinia coral community in the sea area had been seriously damaged. It is believed that the degradation succession of the community was caused by both natural factors and human activities.

Key words: Scleractinia coral, Species Composition, Synamic change, Coral reef ecosystem restoration, Danzhou

珊瑚礁生态系统是地球上生物种类最丰富和生产力最高的生态系统之一,然而,当前受全球气候变化和人类活动干扰的影响,珊瑚礁处于持续锐减的状态^[1-3]。海南岛西北部海域珊瑚礁是南海珊瑚礁的重要组成,但是历年来针对该区珊瑚礁的研究较少,目前仅有王道儒等^[4]于2002年对西北沿岸的昌江海尾镇造礁石珊瑚群落进行了种类定性调查研究,牛文涛等^[5]2009年调查分析了昌江沿岸海域造礁石珊瑚的物种多样性及其分布,黄晖等^[6]2012年在临高角、磷枪石岛等海域设置了12个调查站位以调查该区的造礁石珊瑚种类组成。与此同时,以海花岛为代表的超大型海洋工程项目近年来在儋州海域全力展开,为了更好地实现建设与生态的协同发展,深入了解儋州海域珊瑚礁、甚至整个海南岛西北部海域珊瑚礁的珊瑚群落组成与分布是至关重要的。本次调查旨在反映儋州海域珊瑚礁资源现状,以便为该区域各类建设工程的顺利实施和相关珊瑚礁生态系统修复工作提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 调查站位

通过实地考察及文献查阅初步掌握儋州海域珊瑚礁资源分布的基本情况,随后于2018年9月白马井沿岸—海花岛2号岛—海花岛1号岛—海花岛3号岛—南华墟沿岸—磷枪石岛沿岸开展珊瑚礁资源调查,总计布设12个站位(图1和表1),并依据每个站位的实际海域条件布设1~2条60m的调查断面。

1.2 造礁石珊瑚的鉴定

通过现场观测、拍摄、记录和后期判读进行综合分析,并参照《中国动物志》^[7]《Coral of the World》^[8]

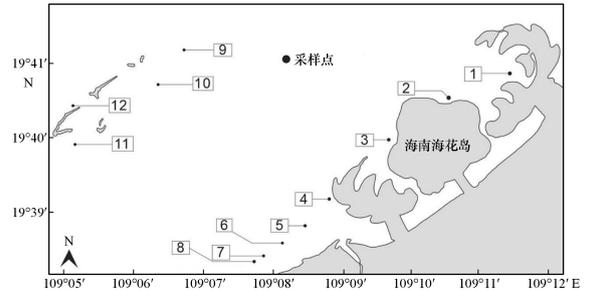


图1 儋州海域珊瑚礁资源站位分布

表1 调查站位经纬度

站位名称	站位编号	经度	纬度
2号岛1号站位	1	109°11'22.86"E	19°40'57.08"N
1号岛2号站位	2	109°10'30.95"E	19°40'36.07"N
1号岛3号站位	3	109°09'45.21"E	19°40'02.08"N
3号岛4号站位	4	109°08'52.07"E	19°39'21.26"N
排浦5号站位	5	109°08'21.71"E	19°38'58.77"N
排浦6号站位	6	109°07'52.85"E	19°38'45.32"N
排浦7号站位	7	109°07'39.13"E	19°38'39.86"N
排浦8号站位	8	109°07'29.77"E	19°38'32.05"N
磷枪石岛9号站位	9	109°06'47.57"E	19°41'21.41"N
磷枪石岛10号站位	10	109°06'33.04"E	19°40'46.45"N
磷枪石岛11号站位	11	109°05'12.17"E	19°39'54.62"N
磷枪石岛12号站位	12	109°05'05.19"E	19°40'29.28"N

《香港石珊瑚图鉴》^[9],依据珊瑚群体形态、珊瑚杯大小及间隔、共骨结构等来进行珊瑚种类鉴定。

1.3 造礁石珊瑚的覆盖度、死亡率、补充量和优势种

1.3.1 造礁石珊瑚覆盖度

对处理过的调查样条录像进行影像判读,记录调查断面样条下活珊瑚、死珊瑚的总长度,得到各

断面活造礁石珊瑚、死造礁石珊瑚的覆盖度。

$$C_L = X_1 / L_1 \times 100\% \quad (1)$$

式中: C_L 代表活造礁石珊瑚覆盖度; X_1 代表活造礁石珊瑚在断面样条中所占的总长度; L_1 代表断面样条总长度。

$$C_D = X_2 / L_2 \times 100\% \quad (2)$$

式中: C_D 代表死亡造礁石珊瑚覆盖度; X_2 代表死亡造礁石珊瑚在断面样条中所占的总长度; L_2 代表断面样条总长度。

1.3.2 造礁石珊瑚死亡率

$$D = C_D / (C_L + C_D) \times 100\% \quad (3)$$

1.3.3 造礁石珊瑚补充量

造礁石珊瑚补充量为单位面积内高度和直径都不大于 5 cm 的珊瑚个数,通过影像资料进行判读并统计。

1.3.4 优势种分析

计算每种造礁石珊瑚的相对多度(Relative Abundance, RA),即某种珊瑚的群体个数占所有种珊瑚的群体总数的比例;相对覆盖度(Relative Coverage, RC)即某种珊瑚的覆盖面积占所有种珊瑚总覆盖面积的比例;相对频度(Relative Frequency, RF)即某种珊瑚的频度占所有种珊瑚的频度总和的比例,其中频度为一个种出现的样方数目与调查样方总数之比。3 个数值之和(RA+RC+RF)即为重要值,通过重要值百分比的高低则可判断珊瑚优势种,重要值百分比前三的珊瑚分别为第一优势种、第二优势种、第三优势种。

2 结果

2.1 儋州海域造礁石珊瑚主要种类、优势种及群落结构

本次调查共记录儋州海域造礁石珊瑚 12 科 25 属 55 种,未定种 1 种(表 2)。整个儋州海域,斯氏角孔珊瑚(*Goniopora stutchburyi*)、柱角孔珊瑚(*Goniopora columna*)、大角孔珊瑚(*Goniopora djiboutiensis*)、澄黄滨珊瑚(*Porites lutea*)、稀杯盔形珊瑚(*Galaxea astreata*)、多孔同星珊瑚(*Plesias-trea versipora*)、团块滨珊瑚(*Porites lobata*)、五边角蜂巢珊瑚(*Favites pentagona*)、紫小星珊瑚(*Leptastrea purpurea*)、美丽鹿角珊瑚(*Acropora*

muricata)、霜鹿角珊瑚(*Acropora pruinosa*)、指形鹿角珊瑚(*Acropora digitifera*)是常见珊瑚品种,尤其是柱角孔珊瑚(*Goniopora columna*)和澄黄滨珊瑚(*Porites lutea*),在 9 个有造礁石珊瑚分布的站位(1 号站位、2 号站位、3 号站位 3 个站位无造礁石珊瑚分布)均有存在。

表 2 儋州海域造礁石珊瑚种类名录

种类	本研究	2012 年
蜂巢珊瑚科		
角蜂巢珊瑚属		
小五边角蜂巢珊瑚 <i>Favites micropentagona</i>	+	
中国角蜂巢珊瑚 <i>Favites chinensis</i>	+	
五边角蜂巢珊瑚 <i>Favites pentagona</i>	+	
多弯角蜂巢珊瑚 <i>Favites flexuosa</i>	+	+
秘密角蜂巢珊瑚 <i>Favites abidita</i>	+	+
尖丘角蜂巢珊瑚 <i>Favites acuticollis</i>	+	
角蜂巢珊瑚 <i>Favites</i> sp.		+
板叶角蜂巢珊瑚 <i>Favites complanata</i>		+
蜂巢珊瑚属		
标准蜂巢珊瑚 <i>Favia speciosa</i>	+	+
神龙岛蜂巢珊瑚 <i>Favia lizardensis</i>	+	
黄癣蜂巢珊瑚 <i>Favia favus</i>	+	
罗图马蜂巢珊瑚 <i>Favia rotumana</i>	+	
海洋蜂巢珊瑚 <i>Favia maritima</i>	+	
帛琉蜂巢珊瑚 <i>Favia palauensis</i>		+
圆菊珊瑚属		
简短圆菊珊瑚 <i>Montastrea curt</i>	+	
菊花珊瑚属		
粗糙菊花珊瑚 <i>Goniastrea aspera</i>	+	+
梳状菊花珊瑚 <i>Goniastrea pectinata</i>		+
网状菊花珊瑚 <i>Goniastrea retiformis</i>		+
菊花珊瑚 <i>Goniastrea</i> sp.		+
扁脑珊瑚属		
肉质扁脑珊瑚 <i>Platygyra carnosus</i>	+	
尖边扁脑珊瑚 <i>Platygyra acuta</i>	+	
交替扁脑珊瑚 <i>Platygyra crosslandi</i>	+	+
精巧扁脑珊瑚 <i>Platygyra daedalea</i>	+	
琉球扁脑珊瑚 <i>Platygyra ryukyensis</i>	+	
中华扁脑珊瑚 <i>Platygyra sinensis</i>		+
扁脑珊瑚 <i>Platygyra</i> sp.		+

续表

种类	本研究	2012年
刺星珊瑚属		
锯齿刺星珊瑚 <i>Cyphastrea serailia</i>	+	+
日本刺星珊瑚 <i>Cyphastrea japonica</i>	+	
同星珊瑚属		
多孔同星珊瑚 <i>Plesiastrea versipora</i>	+	+
小星珊瑚属		
白斑小星珊瑚 <i>Leptastrea pruinosa</i>	+	
紫小星珊瑚 <i>Leptastrea purpurea</i>	+	
黑星珊瑚属		
卷曲黑星珊瑚 <i>Oulastrea crispata</i>	+	
滨珊瑚科		
滨珊瑚属		
澄黄滨珊瑚 <i>Porites lutea</i>	+	+
团块滨珊瑚 <i>Porites lobata</i>	+	
滨珊瑚 <i>Porites</i> sp.		+
角孔珊瑚属		
柱角孔珊瑚 <i>Goniopora columna</i>	+	
大角孔珊瑚 <i>Goniopora djiboutiensis</i>	+	
斯氏角孔珊瑚 <i>Goniopora stutchburyi</i>	+	+
二异角孔珊瑚 <i>Goniopora duofasciata</i>		+
褶叶珊瑚科		
棘星珊瑚属		
大棘星珊瑚 <i>Acanthastrea echinata</i>	+	
联合棘星珊瑚 <i>Acanthastrea hemprichii</i>	+	
叶状珊瑚属		
伞房叶状珊瑚 <i>Lobophyllia corymbosa</i>	+	
褶曲叶状珊瑚 <i>Lobophyllia flabelliformis</i>	+	
赫氏叶状珊瑚 <i>Lobophyllia hemprichii</i>	+	
合叶珊瑚属		
辐射合叶珊瑚 <i>Symphyllia radians</i>		+
菌状合叶珊瑚 <i>Symphyllia agaricia</i>		+
木珊瑚科		
陀螺珊瑚属		
盾形陀螺珊瑚 <i>Turbinaria peltata</i>	+	
皱折陀螺珊瑚 <i>Turbinaria mesenterina</i>	+	+
丁香珊瑚科		
真叶珊瑚属		
联合真叶珊瑚 <i>Euphyllia cristata</i>	+	

续表

种类	本研究	2012年
星群珊瑚科		
柱群珊瑚属		
罩柱群珊瑚 <i>Stylocoeniella guentheri</i>	+	+
梳状珊瑚科		
刺叶珊瑚属		
粗糙刺叶珊瑚 <i>Echinophyllia aspera</i>	+	
铁星珊瑚科		
筛珊瑚属		
吞噬筛珊瑚 <i>Coscinaraea exesa</i>	+	
筛珊瑚(未定种) <i>Coscinaraea</i> sp.	+	
沙珊瑚属		
浅薄沙珊瑚 <i>Psammocora superficialis</i>	+	
深室沙珊瑚 <i>Psammocora profundacella</i>		+
菌珊瑚科		
牡丹珊瑚属		
十字牡丹珊瑚 <i>Pavona decussata</i>	+	+
叶形牡丹珊瑚 <i>Pavona frondifera</i>		+
厚丝珊瑚属		
标准厚丝珊瑚 <i>Pachyseris speciosa</i>		+
裸肋珊瑚科		
刺柄珊瑚属		
腐蚀刺柄珊瑚 <i>Hydnophora exesa</i>	+	
邻基刺柄珊瑚 <i>Hydnophora contignatio</i>		+
枇杷珊瑚科		
盔形珊瑚属		
稀杯盔形珊瑚 <i>Galaxea astreata</i>	+	
丛生盔形珊瑚 <i>Galaxea fascicularis</i>	+	+
鹿角珊瑚科		
鹿角珊瑚属		
粗野鹿角珊瑚 <i>Acropora humilis</i>	+	+
美丽鹿角珊瑚 <i>Acropora muricata</i>	+	
霜鹿角珊瑚 <i>Acropora pruinosa</i>	+	
指形鹿角珊瑚 <i>Acropora digitifera</i>	+	
单独鹿角珊瑚 <i>Acropora glauca</i>	+	
鹿角珊瑚 <i>Acropora</i> sp.		+
多孔鹿角珊瑚 <i>Acropora millepora</i>		+
鼻形鹿角珊瑚 <i>Acropora nasuta</i>		+
风信子鹿角珊瑚 <i>Acropora hyacinthus</i>		+

续表

种类	本研究	2012 年
壮实鹿角珊瑚 <i>Acropora valida</i>		+
蔷薇珊瑚属		
膨胀蔷薇珊瑚 <i>Montipora turgescens</i>	+	+
翼形蔷薇珊瑚 <i>Montipora peltiformis</i>	+	+
弯柔蔷薇珊瑚 <i>Montipora mollis</i>	+	
蔷薇珊瑚 <i>Montipora</i> sp.		+
单星蔷薇珊瑚 <i>Montipora monasteriat</i>		+
繁锦蔷薇珊瑚 <i>Montipora efflorescens</i>		+
星孔珊瑚属		
多星孔珊瑚 <i>Asteropora myriophthalma</i>	+	
杯形珊瑚科		
杯形珊瑚属		
多曲杯形珊瑚 <i>Pocillopora meandrina</i>		+
疣状杯形珊瑚 <i>Pocillopora verrucosa</i>		+
鹿角杯形珊瑚 <i>Pocillopora damicornis</i>		+
埃氏杯形珊瑚 <i>Pocillopora eydouxi</i>		+
石芝珊瑚科		
足柄珊瑚属		
壳形足柄珊瑚 <i>Podabacia crustacea</i>		+

同时,优势种珊瑚分析结果显示(图 2),在 9 个有造礁石珊瑚分布的站点,斯氏角孔珊瑚占据了其中 4 个站点(4 号、5 号、6 号、8 号站点)第一优势种的位置,澄黄滨珊瑚占据了另外 3 个站点(9 号、11 号、12 号站点)第一优势种的位置,柱角孔珊瑚占据了剩余 2 个站点(7 号、10 号站点)第一优势种的位置;另外,除了 8 号站位的优势种不是单一绝对优势种,且优势度都在 35% 以下,剩余 8 个站点(4 号、5 号、6 号、7 号、9 号、10 号、11 号、12 号站点)的优势种都是单一绝对优势种,尤其是 4 号、5 号、9 号、11 号站点,其第一优势种的优势度都在 50% 以上。

2.2 儋州海域造礁石珊瑚的群落覆盖率、死亡率 and 补充量

12 个站位的活造礁石珊瑚覆盖度在 0% ~ 38.34%, 平均活造礁石珊瑚覆盖度为 22.24%。最高活造礁石珊瑚覆盖度出现在排浦 6 号站点和磷枪石岛 10 号站点(图 3),活造礁石珊瑚覆盖度均为 38.34%, 最高活造礁石珊瑚覆盖度的断面线出现

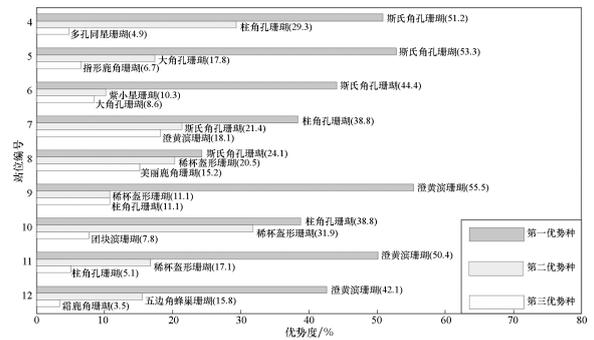


图 2 儋州海域各站点造礁石珊瑚优势种

在排浦 6 号站点 3 m 样带,活造礁石珊瑚覆盖度为 54.00%; 最低活造礁石珊瑚覆盖度出现在 2 号岛 1 站点、1 号岛 2 站点和 1 号岛 3 站点,其活造礁石珊瑚覆盖度均为 0%。此次调查中,海花岛沿海岸海域活造礁石珊瑚覆盖度为 0% ~ 24.67%, 平均活造礁石珊瑚覆盖度 6.17%; 南华墟—排浦沿海岸海域活造礁石珊瑚覆盖度为 14.34% ~ 38.34%, 平均造礁石珊瑚覆盖度为 30.89%; 磷枪石岛海域活造礁石珊瑚覆盖度为 6.00% ~ 38.34%, 平均造礁石珊瑚覆盖度为 29.67%。9 个有活造礁石珊瑚分布的站点石珊瑚平均死亡率 34.59%, 变化范围 22.22% ~ 72.55%, 最低死亡率和最高死亡率分别对应 11 号站点和 9 号站点。

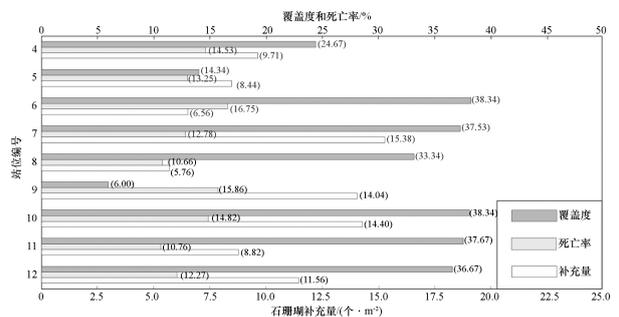


图 3 儋州海域活造礁石珊瑚覆盖度(L)、死造礁石珊瑚覆盖度(D)和造礁石珊瑚补充量

整个儋州海域 9 个有活造礁石珊瑚分布的站位的造礁石珊瑚平均补充量为 10.52 个/m², 其中 5 个站点(4 号、5 号、6 号、8 号、11 号站点)造礁石珊瑚补充量低于平均值, 4 个站点(7 号、9 号、10 号、12 号站点)的造礁石珊瑚补充量 ≥ 10 个/m², 造礁石珊瑚补充量最低的 8 号站点也 ≥ 5 个/m²。

3 讨论

3.1 造礁石珊瑚群落组成变化分析

在对整个海南岛的造礁石珊瑚资源进行调查的过程中,部分研究在儋州海域进行了站位设置。周红英等^[10]于2014年9月至2015年5月在儋州磷枪石岛对该区的造礁石珊瑚资源进行了分析研究,结果显示磷枪石岛海域造礁石珊瑚群落活石珊瑚覆盖率为23.7%,死亡率为5%,确种13种,以大型团块状滨珊瑚和蜂巢珊瑚为主,其次为分枝状鹿角与蔷薇珊瑚;吴钟解等^[11]通过分析2007年的珊瑚样品得出儋州市活造礁石珊瑚覆盖率为19.75%。此类研究由于覆盖面较广,具体到每个小区域设置的站位相对较少,因而实际确定的造礁石珊瑚种数偏少,且数据较为单一。

黄晖等^[6]此前对海南岛西北部海域的珊瑚礁做了较为详细的研究,并在儋州磷枪石岛进行了站位设置,于该海域确种造礁石珊瑚45种。本次共计调查造礁石珊瑚12科25属55种,相较于此前研究整整增加了10个种,通过详细的属种对比(表2)可以发现,团块状造礁石珊瑚种类增加较多,主要集中在蜂巢珊瑚科、滨珊瑚科,而分枝状造礁石珊瑚(鹿角珊瑚科)则有所减少;同时,相较于2012年的数据,虽然造礁石珊瑚种数的增加率达到了22.22%,但是未判读到杯形珊瑚科和石芝珊瑚科,这有可能是站位设置差异所产生的,也有可能是实际珊瑚礁群落演替的结果。此前研究指出磷枪石岛海域珊瑚群落的优势种为澄黄滨珊瑚、蔷薇珊瑚和丛生盔形珊瑚,且第一优势种和第二优势种的优势度差异全部在6%以内;本研究发现目前该海域以斯氏角孔珊瑚、澄黄滨珊瑚、柱角孔珊瑚为主,且大多数站位的优势种都是单一绝对优势种,尤其是4号、5号、9号、11号站位,其第一优势种的优势度都在50%以上。

3.2 造礁石珊瑚群落退化原因分析

儋州海域造礁石珊瑚群落目前状况不容乐观,基本处于退化演替状态。①活造礁石珊瑚覆盖率大幅度下降,由2012年的42.92%下降至现在的22.24%,降幅高至48.18%;②造礁石珊瑚死亡率高居不下,长期维持在35%左右;③珊瑚礁群落演

替过程中,初级群落以团块状造礁石珊瑚为优势种的趋势愈发明显,且单一绝对优势种的情况频繁出现,说明该海域造礁石珊瑚群落受到了较为严重的破坏,导致群落退化演替。

一般造成造礁石珊瑚群落退化的原因是多方面的,与水质状况、环境因子、海流作用、人类活动等众多因素关系密切^[12-13]。目前珊瑚礁所面临的威胁可分为两大类,一是全球气候变化,如海水升温导致的珊瑚白化、海水酸化、风暴现象;二是人类活动干扰,如陆源沉积物的输入、过多营养物质和化学物质带来的水污染、破坏性的海岸带开发。首先,自20世纪末期起,全球范围内活造礁石珊瑚覆盖率持续下降,珊瑚礁退化日趋严重,珊瑚白化被广泛认为是珊瑚礁退化最主要的原因^[14],异常高温、极端低温、强紫外线辐射、疾病等^[15]都被证实是导致珊瑚白化的因素。其次,海南儋州海域虽然整体气候适宜,利于珊瑚的生长,但是整个海南省受风暴影响较为明显,仅2013年,侵袭海南境内的台风就高达31次^[16],伴随台风产生的强降雨和风浪,会使得大量浮沙覆盖在珊瑚礁上,直接影响珊瑚的生长和发育。最后,随着人类活动的干扰,蕴含大量营养盐的污水被排入海洋中,受富营养化影响的珊瑚礁海域面积大量增加;而且随着儋州经济的不断发展,海洋工程项目逐渐增多,临海工业建设、港口码头建设、海滩景点建设等,都不同程度地导致海湾淤积、沉积物和悬浮物增加、水质下降,对海洋环境造成了显著的破坏,进而对珊瑚的生长发育产生巨大影响,导致造礁石珊瑚死亡率上升和群落退化。

4 结论

通过断面法调查分析了儋州海域海花岛沿岸、南华墟沿岸和磷枪石岛沿岸共计12个站位的造礁石珊瑚的种类组成和群落分布,结果表明:

(1)儋州海域造礁石珊瑚共有12科25属55种,相较于此前的研究增加了10个种,优势种为斯氏角孔珊瑚、澄黄滨珊瑚、柱角孔珊瑚。

(2)活造礁石珊瑚覆盖率急剧下降,由2012年的42.92%下降至现在的22.24%,降幅高达48.18%;海花岛沿岸海域平均活造礁石珊瑚覆盖

度 6.17%;南华墟一排浦沿岸海域平均活造礁石珊瑚覆盖度为 30.89%;磷枪石岛海域平均活造礁石珊瑚覆盖度为 29.67%。

(3)造礁石珊瑚死亡率为 34.59%,相较于 2012 年的 35.17%下降了 0.58%,仍然处于严重水平;石珊瑚平均补充量为 10.52 个/m²。

(4)团块状造礁石珊瑚种类增加较多,主要集中在蜂巢珊瑚科、滨珊瑚科,而分枝状造礁石珊瑚(鹿角珊瑚科)则有所减少,初级群落以团块状造礁石珊瑚为优势种的趋势愈发明显,且单一绝对优势种的情况频繁出现,说明该海域造礁石珊瑚群落受到了较为严重的破坏,导致群落退化演替,分析认为这种破坏是由自然因素和人为活动共同造成。

参考文献

- [1] PETER F S. Management of coral reefs: where we have gone wrong and what we can do about it[J]. Marine Pollution Bulletin, 2008, 56: 805—809.
- [2] HUGHES T P, BAIRD A H, BELLWOOD D R, et al. Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs[J]. Science, 2003, 301(5635): 929—933.
- [3] 牛文涛, 徐宪忠, 林荣澄, 等. 沉积物对珊瑚礁及礁区生物的影响[J]. 海洋通报, 2010, 29: 106—112.
- [4] 王道儒, 陈宏, 陈春华, 等. 海南珊瑚礁和海草床生态调查报告[R]. 海口: 海南规划设计研究院, 2002: 1—75.
- [5] 牛文涛, 张潇娴, 林荣澄, 等. 昌江沿岸海域石珊瑚的物种多样性及其分布[J]. 台湾海峡, 2010, 29(3): 389—393.
- [6] 黄晖, 尤丰, 练健生, 等. 海南岛西北部海域珊瑚礁造礁石珊瑚种类组成与分布[J]. 海洋科学, 2012, 36(9): 64—75.
- [7] 邹仁林. 中国动物志(石珊瑚目): 造礁石珊瑚[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 1—242.
- [8] JEN V. Corals of the World[M]. Townsville: Australian Institute of Marine Science Press, 2000.
- [9] 陈乃观, 蔡莉斯, 梦海莉, 等. 香港石珊瑚图鉴[M]. 香港: 郊野公园之友会, 天地图书有限公司, 2005.
- [10] 周红英, 姚雪梅, 黎李, 等. 海南岛周边海域造礁石珊瑚资源的调查分析[J]. 生物多样性, 2017, 25(9): 1—8.
- [11] 吴钟解, 陈石泉, 陈敏, 等. 海南岛造礁石珊瑚资源初步调查与分析[J]. 海洋湖沼通报, 2013, 2: 44—50.
- [12] GROTTOLI A G, RODRIGUES L J, JUAREZ C. Lipids and stable carbon isotope in two species of Hawaiian corals, *Porites compressa* and *Montipora verrucosa*, following a bleaching event[J]. Marine Biology, 2004, 145(3): 621—631.
- [13] 赵美霞, 余克服. 冷水珊瑚礁研究进展与评述[J]. 热带地理, 2016, 36(1): 94—100.
- [14] 李淑, 余克服. 珊瑚礁白化研究进展[J]. 生态学报, 2007, 27(5): 2059—2069.
- [15] LI S, YU K F, CHEN T R, et al. Assessment of coral bleaching using symbiotic zooxanthellae density and satellite remote sensing data in the Nansha Islands, South China Sea[J]. Chinese Science Bulletin, 2011, 56(10): 1031—1037.
- [16] 古倩怡, 李洪武, 钱军, 等. 海南大洲岛后港造礁石珊瑚的种类组成与分布[J]. 海南大学学报自然科学版, 2017, 35(4): 366—372.