

文章编号: 1674-7054(2019)01-0014-08

# 三亚国家级珊瑚礁自然保护区 珊瑚礁资源的多样性

吴川良<sup>1</sup>, 李长青<sup>2</sup>, 张文勇<sup>2</sup>, 耿涛年<sup>1</sup>, 李颖<sup>1</sup>, 刘亚星<sup>2</sup>, 田晶晶<sup>2</sup>

(1. 三亚珊瑚礁生态研究所 海南 三亚 572000; 2. 三亚国家级珊瑚礁自然保护区管理处 海南 三亚 572000)

**摘要:** 根据2012—2016年海南三亚国家级珊瑚礁自然保护区珊瑚礁资源以及水质的监控数据, 探讨5年内保护区珊瑚礁资源多样性变化规律。结果显示: 造礁石珊瑚种类保持在50余种, 与2009年前相比, 种类数有所下降; 到2016年该区域石珊瑚平均覆盖率恢复到24%, 死珊瑚平均覆盖率较低, 未发现或很少有病害发生; 礁石底质平均覆盖度几乎达到60%; 珊瑚补充量从2015年开始有明显上升; 2012—2016年, 优势种有丛生盔形珊瑚、澄黄滨珊瑚、多孔鹿角珊瑚、二异角孔珊瑚、精巧扁脑珊瑚、鹿角杯形珊瑚和十字牡丹珊瑚; 结合历史数据显示保护区内珊瑚群落结构存在由分枝状逐渐向团块状珊瑚转变的趋势; 海水水质均在第1类海水水质标准要求范围内。总体而言, 保护区生态环境相对较好, 珊瑚礁资源正处于逐渐恢复的过程, 在无人条件影响的情况下, 有望得以全面恢复。

**关键词:** 三亚国家级珊瑚礁自然保护区; 珊瑚礁; 多样性; 变化规律

中图分类号: S 932.8 文献标志码: A DOI: 10.15886/j.cnki.rdsxb.2019.01.003

珊瑚礁生态系统被称为“海洋的热带雨林”<sup>[1]</sup>, 珊瑚礁有着重要的生态和经济功能<sup>[2]</sup>, 不仅为其他生物的固着提供场所、保护海岸线、保护环境、减轻温室效应等, 还能给人提供海产工艺品、药品、建筑和工业原材料等。近几十年来, 由于人类活动的影响, 海南岛周边海域珊瑚礁生态系统遭到严重破坏, 海南岛整个东部海岸2006年的珊瑚覆盖率是39%左右, 至2013年下降到18%<sup>[3-8]</sup>。定期地监测调查海南岛周边海域珊瑚礁分布和种类的变化成为当下了解珊瑚礁生态系统健康状况和保护珊瑚礁的首要工作和重要手段。三亚国家级珊瑚礁自然保护区地处三亚市南部近岸海域(东经109°20′50″~109°40′30″E, 北纬18°10′30″~18°15′30″N)。根据国家海洋局批复文件, 三亚国家级珊瑚礁自然保护区总面积85 km<sup>2</sup>, 由3个片区组成, 即东西瑁洲片区、鹿回头半岛-榆林角片区、亚龙湾片区。科研工作者在保护区做了许多研究, 其中集中在珊瑚礁的种类分布及群落特征<sup>[9-11]</sup>、珊瑚礁的生长发育<sup>[12-14]</sup>、珊瑚礁生态环境监测等<sup>[8, 15-16]</sup>, 而对于珊瑚分布状况的长期变化规律报道较少。因此, 笔者根据2012~2016年对海南三亚国家级珊瑚礁自然保护区的珊瑚礁资源以及水质监控的数据, 研究分析了珊瑚覆盖率、补充量、底质和水质指标, 可为保护区珊瑚礁的生态修复提供理论基础。

## 1 材料与方法

**1.1 调查站位** 根据所掌握的监控区珊瑚礁资料, 依珊瑚的生长分布、沿岸环境、海洋气候水文等条件, 设定珊瑚礁监控站位见图1和表1。调查时间为2012~2016年的每年8月份。

收稿日期: 2018-03-30

修回日期: 2018-10-20

基金项目: 海南省海洋生物多样性(海南海洋生态监控区调查)项目(YK99977003); “生物多样性调查、监测和数据管理和相关培训”项目(WB90970)

作者简介: 吴川良(1990-)男, 助理工程师, 从事海洋生物与生态环境调查研究工作. E-mail: 270215795@qq.com

通信作者: 李长青(1973-)男, 助理工程师, 从事海洋生物与生态环境调查研究工作. E-mail: 2008hainanlcq@163.com

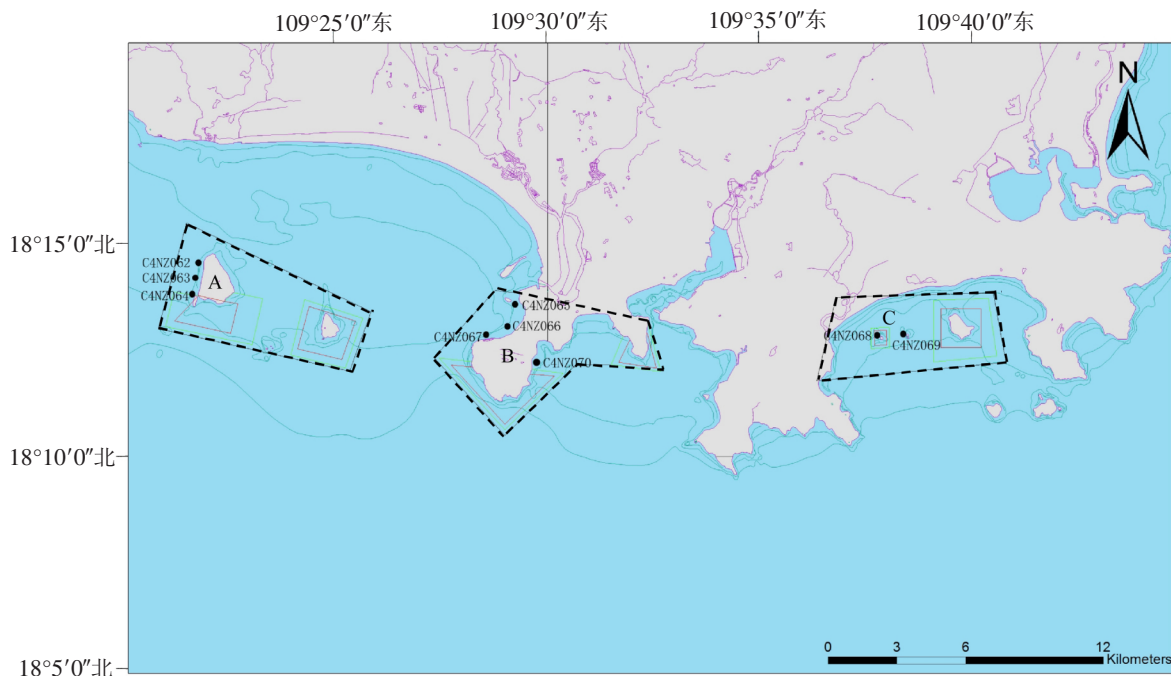


图 1 三亚珊瑚礁研究区域和调查站位

Fig.1 Coral study areas and locations of observation stations

表 1 三亚珊瑚礁站位

Tab.1 List of coral reef observation stations

分区 Zone	站位 Station location	东经 East longitude	北纬 North latitude
A(西瑁州岛)	C4NZ062	109°37'50"	18°22'75"
	C4NZ063	109°36'87"	18°22'68"
	C4NZ064	109°36'38"	18°22'71"
B(鹿回头)	C4NZ065	109°48'36"	18°18'93"
	C4NZ066	109°47'55"	18°19'31"
	C4NZ067	109°47'37"	18°19'80"
	C4NZ070	109°49'78"	18°20'35"
C(亚龙湾)	C4NZ068	109°63'05"	18°21'34"
	C4NZ069	109°64'06"	18°21'39"

## 1.2 调查方法

1.2.1 覆盖率调查方法 根据国际通用的截线样带法对保护区造礁石珊瑚种类、分布和覆盖率等展开调查。每个调查区域选取 8 个以上站位,每个站位分别在 2~3 m 和 5~6 m 水深地段布设 2 条长达 50 m 的平行样带。用水下数码摄像机从断面上尺的一端沿着皮尺拍摄,水下摄影、拍照完后,用 GPS 测定断面两端的坐标,为下次监控提供准确位置。回到实验室后在计算机上进行判读,观察皮尺下活珊瑚的绳长,小于 10cm 的不记。如果断面线下有砂质或礁石等底质,记录其所占的长度,计算出各底质类型覆盖度。

1.2.2 造礁石珊瑚鉴定 采用野外调查(现场观测和拍摄,采集部分珊瑚样品)结合室内分析确定造礁石珊瑚的种类。珊瑚的形态学鉴定和分类通过《海南岛浅水造礁石珊瑚》<sup>[9]</sup>来确定。

1.2.3 造礁石珊瑚补充量调查方法 根据拍摄的录像,统计每一断面上各种造礁石珊瑚的石珊瑚补充量;即单位面积上,高度 < 5cm,直径 < 5cm 的新长造礁石小珊瑚个数。

石珊瑚补充量( $\text{ind} \cdot \text{m}^{-2}$ ) = 断面新长珊瑚个数 / 断面面积。

1.3 水质监测 海水水质调查项目的分析方法严格依据《海洋调查规范》(GB/T12763-2007, 2008)和《海洋监测规范》(GB17378-2007, 2008)进行<sup>[17-18]</sup>。项目检测依据的标准方法和使用仪器见表2。

表2 检测项目依据的标准方法及使用仪器

Tab.2 The standard methods and the instruments used for test of the sea water

检测项目 Test items	依据标准 Standard	检测方法 Test methods	使用仪器(型号) Instruments
水温 Water temperature	GB17378.4-2007/25.1	表层水温表法 Surface water thermometry	表层水温计 Surface water thermometer
pH	GB17378.4-2007/26	pH计法	pH计( PHSJ-3F)
盐度 Salinity	GB17378.4-2007/29.1	盐度计法 Salinity refractometry	实验室盐度计( SYA2-2) Salinity refractometer
溶解氧 Dissolved oxygen	GB17378.4-2007/31	碘量法 Iodine quantity or titration method	25mL 滴定管 Titration pipe
化学需氧量 Chemical oxygen demand	GB17378.4-2007/32	碱性高锰酸钾法 Alkaline potassium permanganate	25mL 滴定管 Titration pipe
无机磷 Inorganic P	GB17378.4-2007/39.1	磷钼蓝分光光度法 Phosphomolybdenum blue spectrophotometry	紫外分光光度计( TU-1900) Ultraviolet spectrophotometer
氨盐 Ammonium salt	GB17378.4-2007/35	靛酚蓝分光光度法 Indophenol blue spectrophotometry	紫外分光光度计( TU-1900) Ultraviolet spectrophotometer
亚硝酸盐 Nitrate	GB17378.4-2007/37	奈乙二胺分光光度法 Naphthelene ethylenediamine spectrophotometry	紫外分光光度计( TU-1900) Ultraviolet spectrophotometer
硝酸盐 Nitrite	GB17378.4-2007/38.2	锌-镉还原法 Zinc-cadmium reduction	紫外分光光度计( TU-1900) Ultraviolet spectrophotometer
表层石油 Surface petroleum	GB17378.4-2007/13.2	紫外分光光度法 Ultraviolet spectrophotometry	紫外分光光度计( TU-1900) Ultraviolet spectrophotometer

## 2 结果与分析

2.1 造礁石珊瑚物种多样性 根据2012—2016年调查统计结果(表3)显示,三亚国家级珊瑚礁保护区造礁石珊瑚种类数2012~2013年基本保持在50种左右,变化不大。鹿角珊瑚科和蜂巢珊瑚科的珊瑚种类所占比例较高,为该海域的优势科,其中鹿角珊瑚属等为属级优势类群。优势种按优势度大小顺序排列为丛生盔形珊瑚、澄黄滨珊瑚、多孔鹿角珊瑚、二异角孔珊瑚、精巧扁脑珊瑚、鹿角杯形珊瑚和十字牡丹珊瑚(表4)。具有热带代表性分枝形珊瑚越来越少,正向块状珊瑚成为优势种群趋势逐渐演变。

表3 2012~2016年造礁石珊瑚种类名录

Tab.3 List of hermatypic coral species from 2012 to 2016

种类 Species	年份 Year				
	2012	2013	2014	2015	2016
杯形珊瑚科 Pocilloporidae					
鹿角杯形珊瑚 <i>Pocillopora damicornis</i>	+	+	+	+	+
疣状杯形珊瑚 <i>Pocillopora verrucosa</i>	+	+	+	+	+
埃氏杯形珊瑚 <i>Pocillopora eydouxi</i>	+	+	-	-	-
鹿角珊瑚科 Acroporidae					
截顶蔷薇珊瑚 <i>Montipora truncata</i>	+	+	+	+	+
圆突蔷薇珊瑚 <i>Montipora danae</i>	+	+	+	+	+
叶状蔷薇珊瑚 <i>Montipora foliosa</i>	+	+	+	+	+
繁锦蔷薇珊瑚 <i>Montipora efflorescens</i>	+	+	+	+	+

续表 3 Continued Tab. 3

种类 Species	年份 Year				
	2012	2013	2014	2015	2016
粗野鹿角珊瑚 <i>Acropora humilis</i>	+	+	+	+	+
伞房鹿角珊瑚 <i>Acropora corymbosa</i>	+	+	+	+	+
多孔鹿角珊瑚 <i>Acropora millepora</i>	+	+	+	+	+
风信子鹿角珊瑚 <i>Acropora hyacinthus</i>	+	+	+	+	+
鼻形鹿角珊瑚 <i>Acropora nasuta</i>	+	+	+	+	+
强壮鹿角珊瑚 <i>Acropora valida</i>	+	+	+	+	+
佳丽鹿角珊瑚 <i>Acropora pulchra</i>	+	+	+	+	+
单星蔷薇珊瑚 <i>Montipora monasteriata</i>	-	-	+	+	+
膨胀蔷薇珊瑚 <i>Montipora turgescens</i>	-	-	+	+	+
铁星珊瑚科 Siderastreidae					
毗邻沙珊瑚 <i>Psammocora contigua</i>	+	+	+	+	+
假铁星珊瑚 <i>Pseudosiderastrea tayamai</i>	-	-	+	+	+
菌珊瑚科 Agariciidae					
叶形牡丹珊瑚 <i>Pavona frondifera</i>	+	+	+	+	+
十字牡丹珊瑚 <i>Pavona decussata</i>	+	+	+	+	+
片薄层珊瑚 <i>Leptoseris gardineri</i>	+	+	-	-	-
标准厚丝珊瑚 <i>Pachyseris speciosa</i>	+	+	+	+	+
滨珊瑚科 Poritidae					
扁枝滨珊瑚 <i>Porites andrewsi</i>	+	+	+	+	+
澄黄滨珊瑚 <i>Porites lutea</i>	+	+	+	+	+
普哥滨珊瑚 <i>Porites pukoensis</i>	+	+	+	+	+
二异角孔珊瑚 <i>Goniopora duofasciata</i>	+	+	+	+	+
斯氏角孔珊瑚 <i>Goniopora stutchburyi</i>	-	-	+	+	+
枇杷珊瑚科 Oculinidae					
丛生盔形珊瑚 <i>Galaxea fascicularis</i>	+	+	+	+	+
裸肋珊瑚科 Merulinidae					
硬刺柄珊瑚 <i>Hydnophora rigida</i>	+	+	+	+	+
腐蚀刺柄珊瑚 <i>Hydnophora exesa</i>	+	+	+	+	+
邻基刺柄珊瑚 <i>Hydnophora contignatio</i>	+	+	+	+	+
粗裸肋珊瑚 <i>Merulina scabricula</i>	+	+	+	+	+
蜂巢珊瑚科 Faviidae					
翘齿蜂巢珊瑚 <i>Favia matthaii</i>	+	+	+	+	+
标准蜂巢珊瑚 <i>Favia speciosa</i>	+	+	+	+	+
秘密角蜂巢珊瑚 <i>Favites abdita</i>	+	+	+	+	+
五边角蜂巢珊瑚 <i>Favites pentagona</i>	+	+	+	+	+
粗糙菊花珊瑚 <i>Goniastrea aspera</i>	+	+	+	+	+
网状菊花珊瑚 <i>Goniastrea retiformis</i>	+	+	+	+	+
宝石刺孔珊瑚 <i>Echinopora gemmacea</i>	+	+	+	+	+
同双星珊瑚 <i>Diploastrea heliopora</i>	+	+	+	+	+
交替扁脑珊瑚 <i>Platygyra crosslandi</i>	+	+	+	+	+

续表 3 Continued Tab. 3

种类 Species	年份 Year				
	2012	2013	2014	2015	2016
中华扁脑珊瑚 <i>Platygyra sinensis</i>	+	+	+	+	+
精巧扁脑珊瑚 <i>Platygyra daedalea</i>	+	+	+	+	+
弗利吉亚肠珊瑚 <i>Leptoria phrygia</i>	+	+	+	+	+
锯齿刺星珊瑚 <i>Cyphastrea serailia</i>	-	-	+	+	+
多弯角蜂巢珊瑚 <i>Favites flexuosa</i>	-	-	+	+	+
褶叶珊瑚科 <i>Mussidae</i>					
棘星珊瑚 <i>Acanthastrea echinata</i>	+	+	+	+	+
赫氏叶状珊瑚 <i>Lobophyllia hemprichii</i>	+	+	+	+	+
伞房叶状珊瑚 <i>Lobophyllia corymbosa</i>	+	+	+	+	+
菌状合叶珊瑚 <i>Symphyllia agaricia</i>	+	+	+	+	+
巨大合叶珊瑚 <i>Symphyllia gigantea</i>	+	+	+	+	+
丁香珊瑚科 <i>Caryophylliidae</i>					
纓真叶珊瑚 <i>Euphyllia fimbriata</i>	+	+	+	+	+
木珊瑚科 <i>Dendrophylliidae</i>					
盾形陀螺珊瑚 <i>Turbinaria peltata</i>	+	+	+	+	+
石芝珊瑚科 <i>Fungiidae</i>					
壳形足柄珊瑚 <i>Podabacia crustacea</i>	-	-	+	+	+
总计	11 科 47 种	10 科 48 种	12 科 52 种	12 科 52 种	12 科 52 种

表 4 2012 ~2016 年造礁石珊瑚优势种

Tab. 4 Dominant species of hermatypic corals for 2012 to 2016

优势种 Dominant species	优势度 Dominance				
	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年
丛生盔形珊瑚 <i>Galaxea fascicularis</i>	0.162	0.179	0.094	0.117	0.188
澄黄滨珊瑚 <i>Porites lutea</i>	0.055	0.061	0.032	0.040	0.064
多孔鹿角珊瑚 <i>Acropora millepora</i>	0.035	0.039	0.020	0.025	0.041
二异角孔珊瑚 <i>Goniopora duofasciata</i>	0.018	0.020	0.011	0.013	0.021
精巧扁脑珊瑚 <i>Platygyra daedalea</i>	0.015	0.017	-	0.011	0.018
鹿角杯形珊瑚 <i>Pocillopora damicornis</i>	0.011	0.012	-	-	0.013
十字牡丹珊瑚 <i>Pavona decussata</i>	-	0.011	-	-	0.011

2.2 平均覆盖率 保护区珊瑚礁平均覆盖率调查结果显示(图 2) 造礁石珊瑚总的平均覆盖率基本保持在 20% 左右; 2014 年造礁石珊瑚总平均覆盖率相对较低为 16.44% 2012 年最高, 为 25.89%; 2014 ~2016 年呈持续上升趋势。亚龙湾海域造礁石珊瑚 2013 ~2014 年急剧下降, 覆盖度从 29.5% 直降至 8.95%, 是整个保护区珊瑚礁覆盖率的最小值。西瑁洲岛海域造礁石珊瑚覆盖率 2016 年达到最大值 32.67%, 也是整个保护区 2013 ~2017 年的最大值; 鹿回头海域石珊瑚覆盖率从 2012 ~2013 年出现下降趋势, 而从 2013 ~2016 年基本保持在 21% 左右。保护区海域底质调查结果显示(图 3) 礁石底质所占比例较高 2012 ~2016 年基本维持在 60% 左右。亚龙湾海域石质底质从 2013 年开始有所上升, 之后保持在 70% 左右; 鹿回头海域从 2013 ~2015 年有小幅度的下降, 但到 2016 年又上升至 60% 左右; 西瑁洲岛海域从 2012 年的 80%, 下降到 2016 年的 47%。

保护区海域沙石底质占比从 2012 ~2016 年基本维持在 8.78% ~24.44% 2012 年最低 2014 年最高(图 4)。亚龙湾海域沙质底质占比从 2013 ~2016 年持续下降; 鹿回头和西瑁洲岛海域 2012 ~2014 年都有一个上升的趋势 2014 ~2016 年又出现持续下降。

2.3 珊瑚补充量 2012~2016 年保护区珊瑚平均补充量调查结果(图 5)显示 2014 年的珊瑚平均补充量最低为  $0.397 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$ 。2015 年珊瑚补充量有明显的增加( $1.4 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$ ),说明三亚珊瑚虫的来源丰富,珊瑚具有恢复的可能性。

2.4 水质状况 保护区海域海水水质调查结果(表 5)显示,保护区近 5 年溶解氧含量平均值在  $6.19 \sim 7.89 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  之间 2013 年最高 2016 年最低;化学需氧量(COD)含量平均值在  $0.38 \sim 0.48 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  之间 2015 达到最大 2013 年最小;无机氮含量平均值在  $0.017 \sim 0.078 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  之间 2015 年最高 2016 年最低;活性磷酸盐含量平均值在  $0.002 \sim 0.005 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  之间,变化不大;表层石油最小测值为  $0.010 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,出现在 2013 年,最大测值在 2015 年,为  $0.033 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。2012~2016 年期间对三亚国家级珊瑚礁自然保护区海水监测数据统计结果(表 5)表明,近 5 年来保护区海域海水水质各项监测数据有一定的差异,但差异不大。水体中溶解氧、化学需氧量、无机氮、无机磷及石油类等各项指标含量都较低。

综上所述,该海域海水水质均满足第 1 类海水水质标准(具体依据《海南省海洋功能区划》(2011-2020)和《海水水质标准(GB3097-1997)》相关要求)。海水水质处于良好的状态,可满足珊瑚礁的生长。

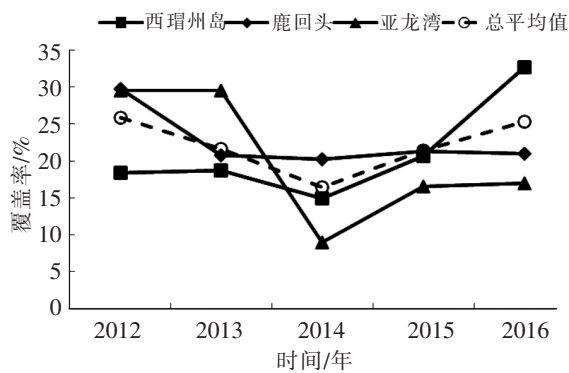


图 2 2012~2016 年石珊瑚覆盖率  
Fig.2 Coverage of hermatypic corals from 2012 to 2016

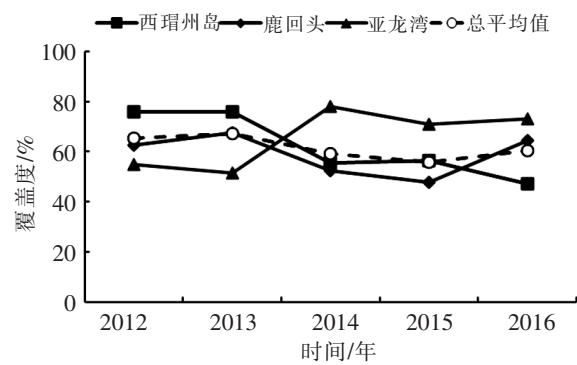


图 3 2012~2016 年礁石底质占比  
Fig.3 Percentage of reef seabed from 2012 to 2016

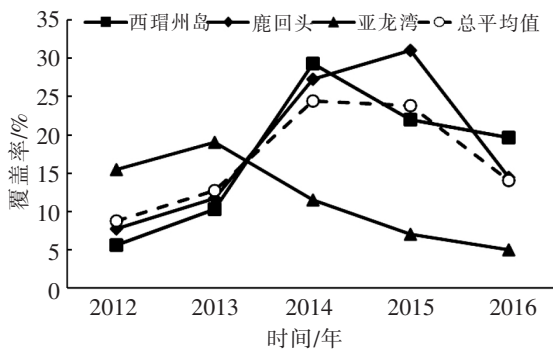


图 4 2012~2016 年沙石底质占比  
Fig.4 Percentage of sandy seabed from 2012 to 2016

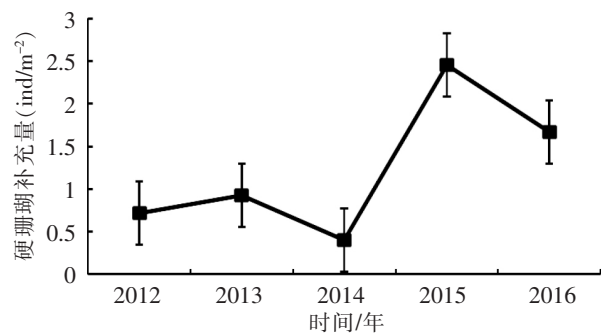


图 5 2012~2016 年硬珊瑚补充量  
Fig.5 Distributions of hard coral recruitment from 2012 to 2016

表 5 2012~2016 年珊瑚礁海域水质监测数据统计

Tab.5 Water quality monitoring data of coral reef seawaters from 2012 to 2016

监测项目	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年
温度/ $^{\circ}\text{C}$	27.4	28.8	28.02	27.8	28.14
pH	8.1	8.13	8.11	8.15	8.10
盐度	33.72	33.107	32.996	33.202	33.248
活性磷酸盐/ $(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	0.002	0.003	0.005	0.005	0.002
无机氮/ $(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	0.052	0.035	0.03	0.078	0.017
石油类/ $(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	0.011	0.01	0.030	0.015	0.033
COD/ $(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	0.425	0.48	0.39	0.38	0.41
溶解氧/ $(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	6.795	7.89	7.22	6.59	6.19

### 3 讨论

笔者2012~2016年对三亚国家级珊瑚礁自然保护区3个区域(亚龙湾、鹿回头、西瑁州岛)的调查结果表明,三亚国家级珊瑚礁自然保护区石珊瑚种类保持在50种左右,该结果要显著少于吴钟解等<sup>[8,19]</sup>2006~2009年对附近海区的调查结果仅鹿回头1处石珊瑚种类达60种。通过上述数据可以看出三亚海域石珊瑚的种类在不断减少。50~60年代三亚的石珊瑚主要以分枝状珊瑚(如伞房鹿角珊瑚等),而近年来珊瑚礁群落结构在发生变化,正在由分枝状向团块状转变。

2014年三亚国家级珊瑚礁自然保护区石珊瑚平均覆盖率降到最低,从各分区情况来看,2013~2014年期间各分区石珊瑚平均覆盖率都有所降低,其中亚龙湾海域最严重,由2013年的29.5%,降低到2014年的8.95%。主要原因:(1)海洋工程等的建设直接或间接的影响珊瑚及其生态环境。如已建成的亚龙湾堤坝,使亚龙湾沿岸输沙方向与余流方向大致相同,余流输运了大量的沿岸泥沙进入亚龙湾西排海域滞留,导致悬浮物浓度提高,从而影响西排珊瑚的生长与分布。(2)珊瑚敌害生物侵蚀。亚龙湾海域受长棘海星侵蚀现象比较突出,早在2007年亚龙湾生态监控区调查就发现亚龙湾西排区域每100 m<sup>2</sup>约有长棘海星2~7 ind<sup>[8,19]</sup>。(3)三亚开展珊瑚礁观光旅游区如鹿回头、大东海、西岛、亚龙湾等不可避免存在旅游活动影响珊瑚现象(4)2014年三亚珊瑚保护区补充量降到最低,新生珊瑚少。

从2015年开始保护区活珊瑚平均覆盖率逐渐上升,珊瑚死亡率极低,未发现或很少出现病害,说明近年来三亚国家级珊瑚礁保护区管理处对珊瑚礁的生态修复初现成效,珊瑚正处于逐渐恢复的阶段。另外从2015年开始,该区域珊瑚补充量明显增加,说明珊瑚虫来源丰富,也增加了珊瑚恢复的可能性。自2014年后三亚加大投入生态保护工作,减少对自然保护区直接排放污染源,海水水质情况良好,人为破坏减少,为珊瑚礁生态系统提供了一个健康的海洋环境。到2016年珊瑚覆盖率有所回升,与三亚海水水质情况转好有很大关系,说明三亚生态保护工作取得了显著效果。

三亚珊瑚礁国家级自然保护区部分海域砂质底质覆盖率高,泥沙底质会影响珊瑚虫的固着,一般只有部分团块状的珊瑚(如滨珊瑚)等能在软底质区域存活。而且,三亚夏秋季多台风,泥沙会随着风浪卷起,将珊瑚淹没,阻碍其进行正常的生理活动,严重时会引起窒息,导致死亡<sup>[20]</sup>。另外,礁石底质平均覆盖率极高,几乎占60%,硬底质海域适合珊瑚幼虫的附着,结合好的水质条件,极适宜珊瑚生长,这为三亚珊瑚礁生态系统的修复提供良好的条件<sup>[21]</sup>。

2012~2016年三亚国家级珊瑚礁自然保护区海域的海水质量保持在良好水平,每年虽有差异,但变化幅度不大,均在一类海水水质标准范围内。近年来三亚加大了对水质污染的治理,同时,随着人们环境保护意识的增强及管理水平的提高也对保护区海域产生了积极的作用。保护区管理站近年来也加大了对珊瑚礁生态系统的保护力度,并开展珊瑚的修复工作,如在西岛建立珊瑚保育实验中心和海上培育场等。

目前,全球的珊瑚礁都因人类活动和全球变暖这两大威胁造成其覆盖率持续降低,对珊瑚礁的生态修复势在必行,且在未来的一段时间应成为关注的重点。珊瑚礁生态修复的关键是既要保证珊瑚礁的生态环境,又要避免珊瑚礁生物多样性遭到破坏。我国在借鉴国外先进的珊瑚礁生态修复理念的同时,也针对国内不同海域的水文条件情况,运用开发不同的生态修复技术,例如在南海岛礁,由于水质条件良好,主要开展以支架吊养式养殖为主的海区珊瑚断枝培育;而在近岸,主要以投放人工珊瑚礁和采用较为稳固的网圃珊瑚断枝培育方式。但是,由于起步较晚,实践经验较少,目前除南海岛礁以外,我国近岸还未开展大规模的珊瑚礁生态修复工作,因此,我国在珊瑚礁生态修复的道路上任重道远,无论是在技术手段上,还是场地选择上都应该加强生态修复理念,这将有助于珊瑚礁的自然恢复和扩展。

### 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] 赵美霞,余克服,张乔民. 珊瑚礁区的生物多样性及其生态功能[J]. *生态学报*, 2006, 26(1): 186-194.
- [3] 于登攀,邹仁林. 鹿回头岸礁造礁石珊瑚物种多样性的研究[J]. *生态学报*, 1995, 16(5): 469-475.
- [4] 黄德银,施祺,余克服,等. 海南岛鹿回头珊瑚礁研究进展[J]. *海洋通报*, 2004, 23(2): 56-64.

- [5] 施祺, 赵美霞, 张乔民, 等. 海南三亚鹿回头造礁石珊瑚生长变化与人类活动的影响 [J]. 生态学报, 2007, 27(8): 3316–3321.
- [6] 毛龙江, 张永战, 张振克, 等. 人类活动对海岸海洋环境的影响—以海南岛为例 [J]. 海洋开发与管理, 2009, 7(26): 96–100.
- [7] 黄晖, 尤丰, 练健生, 等. 西沙群岛海域造礁石珊瑚物种多样性与分布特点 [J]. 生物多样性, 2011, 19(6): 710–715.
- [8] 吴钟解, 王道儒, 吴瑞, 等. 海南岛东、南部珊瑚礁生态健康状况初步分析 [J]. 热带作物学报, 2011, 32(1): 122–130.
- [9] 邹仁林, 宋善文, 马江虎. 海南岛浅水造礁石珊瑚 [M]. 北京: 科学出版社, 1975: 1–66.
- [10] 于登攀, 邹仁林. 鹿回头造礁石珊瑚群落多样性的现状及动态 [J]. 生态学报, 1996, 16(6): 559–563.
- [11] YU D P, ZOU R L. Community structure dynamics of the hermatypic corals on Luhuitou fringing reef, Hainan, China. II. Species diversity [J]. Chinese Biodiversity, 1999, 7(3): 202–207.
- [12] 赵希涛. 海南岛鹿回头珊瑚礁的形成年代及其对海岸线变迁的反映 [J]. 科学通报, 1979(21): 95–98.
- [13] 赵希涛, 陈欣树, 郑范, 等. 海南三亚鹿回头半岛珊瑚礁和连岛坝的发育 [J]. 第四纪研究, 1996(1): 48–59.
- [14] 黄德银, 施祺, 张叶春. 海南岛鹿回头珊瑚礁与全新世高海面 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 2005, 25(4): 1–8.
- [15] 张乔民, 施祺, 陈刚, 等. 海南三亚鹿回头珊瑚岸礁监测与健康评估 [J]. 科学通报, 2006, 51(增刊II): 71–78.
- [16] 赵美霞, 余克服, 张乔民, 等. 近50年来三亚鹿回头岸礁活珊瑚覆盖率的动态变化 [J]. 海洋与湖沼, 2010, 41(3): 440–447.
- [17] 国家质量监督检验检疫总局和国家标准化管理委员会. GB/T12763–2007 中华人民共和国国家标准: 海洋调查规范 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [18] 国家质量监督检验检疫总局和国家标准化管理委员会. GB17378–2007 中华人民共和国国家标准: 海洋监测规范 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [19] 吴钟解, 王道儒, 叶翠杏, 等. 三亚珊瑚变化趋势及原因分析 [J]. 海洋环境科学, 2012, 31(5): 682–686.
- [20] PINIAK G A, BROWN E K. Growth and mortality of coral transplants (*Pocillopora damicornis*) along a range of sediment influence in Maui, Hawaii [J]. Pacific Science, 2007, 6(2): 39–55.
- [21] 王云祥, 秦传新, 陈丕茂, 等. 深圳海域造礁石珊瑚分布特点与多样性 [J]. 海洋渔业, 2017, 39(2): 131–139.

## Diversity of Corals in Sanya Coral Reef National Nature Reserve

WU Chuanliang<sup>1</sup>, LI Changqing<sup>2</sup>, ZHANG Wenyong<sup>2</sup>, GENG Taonian<sup>1</sup>, LI Ying<sup>1</sup>, LIU Yaxing<sup>2</sup>, TIAN Jingjing<sup>2</sup>

(1. Sanya Research Institute of Coral Reef Ecology, Sanya, Hainan 572000, China;

2. Administration of Sanya Coral Reef National Nature Reserve, Sanya, Hainan 572000, China)

**Abstract:** Data on monitoring of coral resources and sea water quality in Sanya Coral Reef National Nature Reserve, Hainan from 2012 to 2016 were collected for analysis of the change of coral resources and sea water quality. The results showed that there were more than 50 species of hermatypic corals in this National Nature Reserve, which were a bit lower as compared to those in 2009. The average coverage rate of coral reefs was recovered to 24% by 2016 in the National Nature Reserve with a lower average coverage of dead corals and no or very little occurrence of diseases infecting corals was observed. Coral recruitment has increased significantly since 2015. The dominant coral species from 2012 to 2016 were *Galaxea fascicularis*, *Porites lutea*, *Acropora millepora*, *Goniopora duofasciata*, *Platygyra daedalea*, *Pocillopora damicornis* and *Pavona decussata*. Comparison of historical data showed that the corals in the community structure gradually changed from branching to massive ones. The seawater quality monitoring showed that seawater quality of the sea waters in the National Nature Reserve fell within the Group 1 of seawater quality standards. In general, coral reefs in the Sanya Coral Reef National Nature Reserve have been better restored in recent years and are now in the course of gradual restoration, and they are expected to be restored completely under no human activities.

**Keywords:** Sanya Coral Reef National Nature Reserve; coral reef; Diversity; Change of coral resources

(责任编辑: 叶 静)