涠洲岛珊瑚礁系统特征及台风对其影响

李邢凡[1]，曹超[2]，蔡锋[2]

（1. 自然资源部南海局　广州　510310；2. 自然资源部第三海洋研究所　厦门　361005）

摘要：文章通过对涠洲岛珊瑚礁生态系统近 20 年的环境监测数据的梳理，结合前人研究，分析涠洲岛珊瑚礁生态系统的水质、生态和地貌特征以及极端天气过程（台风和暴雨）对其的影响。结果显示，涠洲岛珊瑚礁生态系统的水质、生态和地貌现状均健康良好，适宜珊瑚礁的生长发育，但总体呈现衰退趋势。极端天气过程的影响会给涠洲岛珊瑚礁生态系统造成短时间内的毁灭性打击。随着人类活动的加剧，涠洲岛珊瑚礁生态环境质量有所降低，应引起足够的重视。对涠洲岛珊瑚礁生态系统长期的监测和研究，不仅可以为保护和开发管理海岛珊瑚礁提供科学支撑，也为验证达尔文的环礁成因学说提供第一手资料。

关键词：涠洲岛；珊瑚礁；环境特征；台风；影响

中图分类号：P76　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1005－9857(2019)11－0049－04

Coral Reef System Characteristic and Typhoon Influence in Weizhou Island

LI Xingfan[1]，CAO Chao[2]，CAI Feng[2]

（1. South China Sea Bureau，Ministry of Natural Resources，Guangzhou 510310，China；
2. Third Institute of Oceanography，Ministry of Natural Resources，Xiamen 361005，China）

Abstract：By combing the environmental monitoring data of Weizhou island coral reef ecosystem in the past 20 years and combining with previous studies，this paper analyzed the influence of water quality，ecological and geomorphological characteristics and extreme weather process（typhoon and rainstorm）on the reef ecosystem of Weizhou island. The results showed that the water quality，ecology and physiognomy of the reef ecosystem in Weizhou island were healthy and suitable for the growth and development of the reef，but the trend of decline was generally observed. The impact of extreme weather processes can cause devastating damage to the reef ecosystem in Weizhou island in a short period of time. With the aggravation of human activities，Weizhou island

收稿日期：2019-04-12；**修订日期：**2019-09-12

基金项目：国家海洋局南海分局局长基金项目（1734）；国家自然科学基金项目（41406059）；国家海洋公益性科研专项（201505012－5）；福建省自然科学基金项目（2016J01190）；海洋地质国家重点实验室开放基金（MGK1604）；中央级公益性科研院所基本科研业务费专项项目（海三科2016037）.

作者简介：李邢凡，助理工程师，研究方向为海洋环境监测

通信作者：曹超，副研究员，博士，研究方向为海岛与海岸带地质

reef ecological environment quality has been reduced, which should be paid enough attention. The long-term monitoring and study of Weizhou island coral reef ecosystem can not only provide scientific support for island coral reef protection and development management, but also provide first-hand information for verifying Darwin's atoll genetic theory.

Key words: Weizhou island, Coral reef, Environmental characteristic, Typhoon, Influence

0 引言

众所周知，珊瑚礁是石珊瑚目动物——物珊瑚虫碳酸钙化的骨骼在数百年至数千年的生长过程中堆积形成的一种结构，绝大多数在浅海中生存，但深海中也有发现(红珊瑚)。珊瑚礁不仅自身生态系统多姿多彩，也为许多动植物(鱼类、棘皮动物、甲壳动物、软体动物等)提供生活环境。珊瑚礁的形成过程对水深、光照、水温和盐度等条件要求非常严格，对人类活动的肆意破坏也极度敏感。其中，高纬度地区珊瑚礁海域冬季的大幅度降温和低温事件；台风极端降水带来的盐度和水温骤降；人类活动带来的海水富营养化、海岸侵蚀造成沉积物和悬浮物浓度增加、旅游观光、潜水活动的直接干扰等，都直接或间接威胁着珊瑚生存和恶化珊瑚礁的生态系统。

涠洲岛纬度 21°，其海岛环礁属高纬度珊瑚礁。随着海岛旅游开发与日俱增，人类活动对珊瑚礁环境系统(水质、生态、地貌)的影响巨大。同时，涠洲岛是我国最年轻的火山岛(最近一次喷发约 4 万年前)，涠洲岛珊瑚礁发育其上，为验证达尔文的环礁成因学说提供了理想场所[1]。因此，对涠洲岛珊瑚礁生态环境系统的研究，不仅可以为保护和开发管理海岛珊瑚礁提供科学支撑，也为验证达尔文的环礁成因学说提供第一手资料。

1 研究区概况

成立于 2013 年的涠洲岛珊瑚礁海洋公园(国家级)，是全国首批的 10 个海洋公园(国家级)之一。隶属广西壮族自治区北海市涠洲岛管理委员会，总面积约 2 500 hm^2，其中重点保护区约 1 300 hm^2，适度利用区 1 200 hm^2[2-3]，主要分布在涠洲岛的东面、北面和西南面，是我国高纬度地区为数不多的珊瑚礁(岸礁和环礁)系统。

目前，涠洲岛珊瑚礁生态系统已探明和鉴定的珊瑚分属 23 个属科、45 个种类以及多种礁栖鱼类和软体动物。该系统海水盐度约为 31.8、温度约为 24.6℃、海水透明度为 3.5～10.2 m，常年表层水流向为 ES—WN。上述水文气象条件为珊瑚生长、繁殖、发育等提供了良好的环境基础[1,4]。涠洲岛发育珊瑚礁的海岸带，其东部和西南部是礁石基底、北部和东南部为砂质基底。基岩、礁石及砾石等硬质基底有利于珊瑚的附着，而较为松软的砂质基底珊瑚礁发育较少[1]。

从涠洲岛珊瑚礁活珊瑚的覆盖度可以看出，在过去几十年间，珊瑚礁正处于急剧退化的状态[1]。岸礁的珊瑚种群由原来的主要分布在 WS、ES 和 EN 逐步转变为 WN 和 ES，特别是 WS 地区尤为明显[1,4]。近些年，随着涠洲岛旅游、石化基地和基础建设的开发，过度捕捞、油污污染、水下构筑物建设以及极端天气频发对岸礁珊瑚造成极度破坏[1]，与我国南海地区的珊瑚礁所受压力状况基本一致。

2 环境特征

涠洲岛珊瑚礁位于热带北缘，基底为火成岩(火山岩)。表征涠洲岛珊瑚礁系统发育优劣主要集中在水环境(水文和水质)、生态环境(生态种群)和地质环境(沉积地貌)等方面[1]。

2.1 水环境特征

2000—2018 年，国内大量学者和国家海洋局北海海洋环境监测中心站对涠洲岛珊瑚礁生态系统及其周边海域的气象、水文、水质、沉积物开展多期次调查与监测[1]。总体来看，涠洲岛珊瑚礁公园环境良好，适合珊瑚礁的生长发育，但随着人类活动的加剧，涠洲岛珊瑚礁公园生态环境质量所有降低，应引起足够的重视。

近年来，涠洲岛海水日平均温度快速上升，与全球气候变暖呈准同步变化趋势，台风、暴雨等极端气候事件的增加，导致其珊瑚生长率的下降[1]。

监测数据显示，涠洲岛已有 4 个夏季和 1 个冬季分别出现热白化和冷白化现象[1]。但短期内海平面的上升(约 10 cm/30 a)不会对涠洲岛的珊瑚礁造成毁灭性破坏[1]。

通过对涠洲岛珊瑚礁系统水体的盐度、pH 值、溶解氧、浊度、透明度等核心参数的监测，结果显示其海水水质大部分年份符合国家一类海水水质标准，偶尔会受极端天气和人为污染，海水水质短期内为二类水质，但均不会威胁珊瑚生长，水质条件在可控范围内[1]，石油类和重金属的含量均无超标现象，底质环境也无污染，对珊瑚钙化无不良影响。生源要素和营养盐对浮游动物影响较小，可能对浮游植物在种群数量和种类上有一定影响[1,5]。

2.2　生态环境特征

涠洲岛珊瑚礁生态系统主要产出角蜂巢珊瑚属(*Favites*)、蔷薇珊瑚属(*Montipora*)、蜂巢珊瑚科(Faviidae)和鹿角珊瑚科(Acroporidae)等软珊瑚以及软体动物、海绵等喜礁伴生生物[1,6]。2005 年，共鉴定石珊瑚 12 科 21 属 34 种；2009 年，共鉴定珊瑚 20 科 25 属 31 种，并发现鱼类、无脊椎动物的生态指标呈逐步降低的状态；2011 年，以马尾藻和囊藻为主的藻类覆盖度约为 30%，出现率为 88%，蝴蝶鱼、长刺海胆等礁栖鱼类和无脊椎动物出现频度降低[1]。2015 年，对涠洲岛珊瑚礁进行大规模生态调查，共鉴定珊瑚 26 个属科、43 个种类。涠洲岛造礁石珊瑚和活珊瑚覆盖度都正在减少，生物多样性很低，珊瑚礁逐步退化[1,6]。

2.3　地质环境特征

涠洲岛全新世以来一直处于不断抬升的状态，受 NW — SE 向断裂的影响，地形呈南高北低[1,7]。6 500 年前，在涠洲岛北部后背塘、西牛角坑岸外首先发育形成造礁珊瑚，4 000 年前，相继在其东部海岸横岭一带发育形成珊瑚礁[1,6,8-9]。涠洲岛珊瑚礁区岸礁发育分为 3 个阶段，分别为雏形期岸礁、幼年期岸礁和成年早期岸礁，其对应的海岸类型分别为海蚀型海岸、过渡型海岸和堆积型海岸[1]。

涠洲岛珊瑚礁由海向陆的生物地貌类型分别为外礁坪、礁坪、海滩和沙堤，珊瑚礁坪又分为内礁坪、中礁坪、外礁坪和礁前带，其中发育有枝状珊瑚、块状珊瑚和柳珊瑚[1,6,9]。近年来，通过对涠洲岛多条海岸地形剖面监测，发现涠洲岛岸礁系统的海岸带岸线遭受侵蚀，西南部和东部侵蚀最为严重，后蚀每年达 20 cm，西南部下蚀可达 15 cm，正北部和南湾岸线侵蚀程度较小[1,7,10]。

3　台风对珊瑚礁的影响

近年来，涠洲岛珊瑚礁公园环境从气象、水质、生态和地质等方面的监测数据均呈现不容乐观的生态系统衰退现象，但若无人类活动加剧的破坏，珊瑚礁生态系统总体发育良好，形势可控。然而，极端天气过程的影响却会给涠洲岛珊瑚礁生态系统造成短时间内的毁灭性打击。本研究通过分析 201409 号威马逊(12 级)、201415 号海鸥(13 级)、201621 号莎莉嘉(10 级)和 201816 号贝碧嘉(8 级)等 4 次台风前后监测数据，发现珊瑚礁系统的水质、生态和地貌具有显著变化。

3.1　对水质的影响

COD、PO_4^- — P、NO_3^- — N、NO_2^- — N、SiO_3^- — Si 的含量台风后高于台风前，pH 值在台风前、后没有明显的变化，台风后无机氮大部测站位超标，部分测站的无机磷含量也超标，在台风前有 30%的测站溶解氧超标，在台风后溶解氧却无一超标。

受台风引起的大浪和风暴流的双重作用。一方面，珊瑚礁底层沉降物被大浪掀起促使上下水层的交换，底部富营养物质充实进入表层水，造成表层水体的相对富营养化；同时，风暴流与强烈的流速使沉积物再悬浮，再悬浮沉积物中的营养盐、有机质一类的污染物溶解于水体，双重作用造成水体短期富营养化和轻微污染[11]。伴随着台风而来的暴雨也将陆源污染物通过地表径流搬运到海域，PO_4^- — P、NO_3^- — N、NO_2^- — N、SiO_3^- — Si 的含量，台风后高于台风前[11]。另一方面，强烈的水交换作用，对某些污染物的自净起一定作用，使高、低溶解氧的海水充分的混合交换，同时，空气中的氧气快速补充进入表层海水，使海水溶解氧在台风后比台风前高，而风暴流对海水强烈的混合，使 pH 值在台风前、后变化不明显[11]。台风后的水质变化能维持很长时间。

3.2 对生态系统的影响

台风伴随着极端降水，造成珊瑚礁海岸侵蚀，冲蚀物质致使海水悬浮体和沉积物增加，造成海湾淤积。在风营力和沿岸流的作用下，珊瑚礁海域的悬浮体浓度增加，造成海水透明度降低、浊度增加，影响共生藻类的光合作用，致使珊瑚生长缓慢或死亡[1,12]。台风过后，许多珊瑚已经显出了漂白的迹象，大多数珊瑚被埋没了，最严重的一次台风，珊瑚死亡率超过 50%。

研究表明，珊瑚礁白化和褪色，与珊瑚礁生态系统的河流注入量、离河口的远近以及生长深度有着密切的关系[13]。越靠近河口和深度增加，褪色也增加。在暴风雨后短期内出现大量黏土沉积物，黏土沉积物层较厚地区死亡和褪色珊瑚比例较高。因此，台风和暴雨带来的泥沙直接覆盖在珊瑚之上，抑制珊瑚的呼吸作用或导致珊瑚死亡。

3.3 对地质地貌的影响

珊瑚礁系统对风暴的影响主要受珊瑚礁的发育程度和海滩沙量的多寡，即珊瑚礁对海岸能量的消耗能力和海滩固有的缓冲能力所决定。研究发现，珊瑚礁礁坪越宽和活珊瑚覆盖率越高，珊瑚礁遭受破坏程度越小，风暴对其海岸海滩的形变（即海岸侵蚀程度）改变也越小，反之则越大[4,14]。然而，珊瑚礁系统独特的环境特征对风暴能量的消耗也起到了极大的作用。礁坪越宽，抗浪消能的作用越强，礁坪一旦被破坏变窄后，抗浪消能的能力减弱，对海滩产生侵蚀的影响加大[4,14]。台风对发育良好的珊瑚礁、礁内潟湖和离岸陡坡基本不受影响[4,14]。

4 结语

（1）涠洲岛珊瑚礁公园的水质、生态和地貌现状显示其珊瑚礁生态环境系统良好，适合珊瑚礁的生长发育，但总体呈现衰退趋势。极端天气过程的影响会给涠洲岛珊瑚礁生态系统造成短时间内的毁灭性打击。随着人类活动的加剧，涠洲岛珊瑚礁公园生态环境质量所有降低，应引起足够的重视。

（2）近 20 多年来，在全球气候变暖的大背景下高纬度的涠洲岛珊瑚礁，造成南海珊瑚礁为适应高温而北向迁移。通过长期对涠洲岛珊瑚礁生态现状的监测和研究，对揭示达尔文的环礁成因学说提供有利的佐证。

参考文献

[1] 王文欢，余克福，王英辉.北部湾涠洲岛珊瑚礁的研究历史、现状与特色[J].热带地理，2016，36(1)：72－79.

[2] 涠洲岛：中国最美丽海岛之一[EB/OL].(2014－05－20)[2019－04－12].http://bbs.tianya.cn/post－990－2153－1.shtml.

[3] 曾俊峰.涠洲岛珊瑚礁生态环境明显改善[N].北海日报，2011－05－25(4).

[4] 邵超.海滩—珊瑚礁海岸侵蚀及适应性管理研究[D].厦门：国家海洋局第三海洋研究所，2016：5－8.

[5] 韦蔓新，黎广钊，何本茂，等.涠洲岛珊瑚礁生态系中浮游动植物与环境因子关系的初步探讨[J].海洋湖沼通报，2005(2)：34－39.

[6] 梁文，黎广钊，张春华，等.20 年来涠洲岛珊瑚礁物种多样性演变特征研究[J].海洋科学，2010，34(12)：78－87.

[7] 丁小芹.中越北部湾海洋生物多样性保护跨国界合作机制初探[D].厦门：国家海洋局第三海洋研究所，2018：22－24.

[8] 王国忠，全松青，吕炳全.南海涠洲岛区现代沉积环境和沉积作用演化[J].海洋地质与第四纪地质，1991，11(1)：69－82.

[9] 梁文，黎广钊.涠洲岛珊瑚礁分布特征与环境保护的初步研究[J].环境科学研究，2002，5(6)：5－7.

[10] 姚子恒，高伟，高珊，等.广西北海涠洲岛海岸侵蚀特征[J].海岸工程，2013，32(4)：31－40.

[11] 陈春华，李巧香.海口湾的台风及其对海水水质的影响机制分析[J].海洋学报(中文版)，2002，24(2)：59－65.

[12] 梁鑫，彭在清.广西涠洲岛珊瑚礁海域水质环境变化研究与评价[J].海洋开发与管理，2018，35(1)：114－119.

[13] NOWLIS J S，ROBERTS C M，SMITH A H，et al.人类增强的一次热带风暴对近岸珊瑚礁的影响[J].AMBIO－人类环境杂志，1997，26(8)：507－512.

[14] 邵超，戚洪帅，蔡锋，等.海滩—珊瑚礁系统风暴响应特征研究：以 1409 号台风“威马逊”对清澜港海岸影响为例[J].海洋学报，2016，38(2)：121－130.