

20 年来涠洲岛珊瑚礁物种多样性演变特征研究

梁文¹, 黎广钊¹, 张春华², 王欣¹, 农华琼¹, 黄晖³, 李秀保³

(1. 广西红树林研究中心, 广西 北海 536000; 2. 国家海洋局 北海海洋环境监测中心站, 广西 北海 536000; 3. 中国科学院 南海海洋研究所, 广东 广州 510301)

摘要: 综合 2007 年 10~11 月、2008 年 4~5 月布置的 6 条主剖面 20 条分断面的调查结果, 涠洲岛珊瑚礁共出现石珊瑚 10 科 22 属 46 种, 9 个未定种, 该调查区以角蜂巢珊瑚属(*Favites*)、滨珊瑚属(*Porites*)、蔷薇珊瑚属(*Montipora*)为优势类群, 各主剖面的优势类群分布各有差异, 以西南部的 W2 主剖面、东北部的 W5 主剖面的珊瑚礁属种最多, 均为 8 科 13 属; 涠洲岛珊瑚礁属级多样性指数 H' 值和均匀度指数 E 值均呈现东北部 W5 > 西南部 W2 > 东南部 W6 > 西南部 W1 > 西北部 W3 > 北部 W4 的规律, H' 值差异明显, E 值变化不大; 其珊瑚礁群落近 20 a 来受到全球气候事件及区域人为活动的影响, 整体呈现出衰退迹象, 处于缓慢恢复状态。衰退表现在: 从 20 世纪 60 年代至 21 世纪初期的珊瑚礁优势种群的组合变化, 由较多的优势属种组合演化到相对少的优势属种组合。一直占据优势的鹿角珊瑚种群出现退化, 从顶级优势类群降级更替; 珊瑚礁属种的多形态组合向相对简单形态组合的演变; 历年来珊瑚礁伴生生物的资料(主要是鱼群数量、海参等)显示, 涠洲岛珊瑚礁群落生物多样性呈现衰退态势; 从 2001 年至今连续的珊瑚礁健康调查(Reef Check)资料显示, 该区石珊瑚礁曾大面积死亡尚未完全恢复。从涠洲岛 20 a 珊瑚礁多样性演变过程研究发现, 影响因素主要包括全球性极端气候、区域性气候变化及不合理的破坏性人类活动影响等因素。

关键词: 涠洲岛; 珊瑚礁; 生物多样性演化; 全球变化; 区域性气候变化; 人类活动

中图分类号: X24; P735; Q178.2

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2010)12-0078-10

珊瑚礁生态系统是海洋中生产力水平极高的生态系统之一, 被称为是“热带海洋沙漠中的绿洲”、“海洋中的热带雨林”^[1], 但也是一个相对脆弱的生态系, 易受外界环境变化的影响。近 20 多年来, 世界范围内珊瑚礁生态系都处于严重退化中, 几乎所有发育珊瑚礁的海域都出现了大量死亡、白化, 珊瑚礁生态系统严重退化的报道。1997~1998 年厄尔尼诺(ENSO)造成的全球珊瑚礁大量白化和死亡的事件, 涠洲岛珊瑚礁大量死亡也有报道^[2~5]。珊瑚礁生态系统一旦遭到破坏, 要恢复至原有状态需要 20~25 a 甚至 60~100 a^[6]。因此, 开展珊瑚礁时间尺度上的群落演变研究, 建立监测、养护和可持续管理珊瑚礁的机制显得尤为重要。

涠洲岛是广西沿岸海域中最大的岛屿, 也是南海北部湾中最大的岛屿, 位于广西北海市沿岸南面滨外浅海, 离大陆海岸直线距离 48 km。该岛地势呈南高北低, 一般海拔 10~40 m, 最高点位于南部西拱手海拔 78.96 m, 自南向北缓缓倾斜, 微有起伏, 南北长约 7 km, 东西宽约 5.86 km, 全岛岸线长 26.43 km, 陆域面积 24.71 km²^[1,7]。历年来涠洲岛珊瑚礁的研究较少, 从 20 世纪 60 年代起的调查主要为资源性的普查, 而属种的鉴定自 20 世纪 80 年代起未

作系统地采样鉴定, 也鲜见涠洲岛珊瑚礁群落多样性及其演变特征的研究报道。

本文参考调查区海底地形及历史调查资料, 沿岸海域布置断面, 并系统地采样鉴定属种、拍摄样线录像、珊瑚礁照片, 通过调查资料分析涠洲岛珊瑚礁物种多样性的现状, 结合 20 多年来珊瑚礁历史资料, 探讨其演变特征及其受到全球气候变化、区域性气候变化及人为干扰影响的响应, 为涠洲岛珊瑚礁生态系统的保护、管理和恢复机制的建立提供支持。

1 研究方法

1.1 调查断面设计

调查采用了截线样条调查法, 拍摄水下数码样

收稿日期: 2009-09-20; 修回日期: 2010-05-11

基金项目: 广西科学研究与技术开发计划项目(桂科攻 0992026-2); 广西科学院基本科研业务费资助项目(09YJ17HS01); 北海市科技局基础研究项目(北科合 200601055); 广西 908 专项资助项目(GX908-01-06); 广西科学基金应用基础项目(桂科基 0575025); 广西自然科学基金项目(0832070)

作者简介: 梁文(1967-), 男, 广西北海人, 副研究员, 主要从事海洋地质、珊瑚礁地貌与生态研究, 电话: 0779-2055234, E-mail: gx.lw@163.com

线录像和礁体特写照片,各断面系统采集样品,室内进行影像资料判读和样品鉴定。

调查断面的布置是在涠洲岛珊瑚礁分布区,以垂直海岸方向布设 6 条主剖面,每条主剖面沿海岸

平行方向布置 2~3 条长 100 m 的观测分断面,共 20 条(图 1)。调查分别在 2007 年 10~11 月、2008 年 4~5 月开展,通过 GPS 导航定位,在分断面位置布设样线。

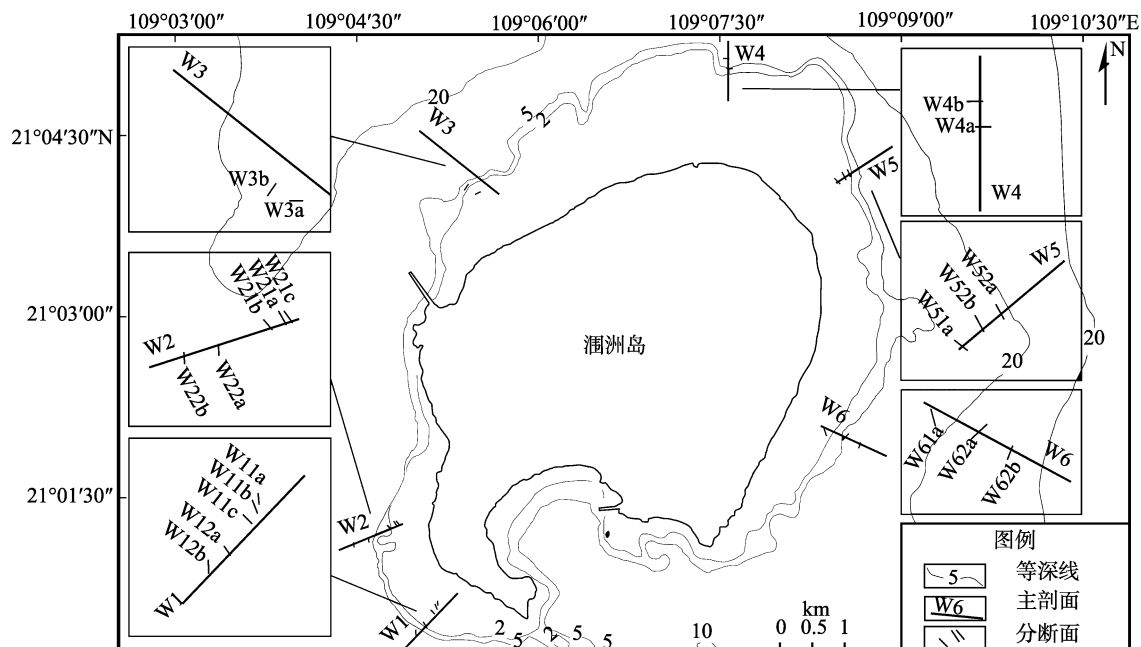


图 1 涠洲岛海域珊瑚岸礁地理位置和调查断面图

Fig. 1 Geographic location and investigation transects of the coral reef around the Weizhou Island

1.2 石珊瑚属种鉴定及群落组成分析

活石珊瑚的属种鉴定:室内对石珊瑚样品微细结构与珊瑚分类学专业文献图版等资料进行比对,主要参考邹仁林编著的《中国动物志-造礁石珊瑚》^[8]和陈乃观等编著的《香港石珊瑚图鉴》^[9]等珊瑚分类学专业文献^[10,11]的石珊瑚图版及其骨骼微细结构的描述。

活石珊瑚的属种优势程度:通过统计断面各属石珊瑚的群体数量、覆盖度等数据,计算各种石珊瑚的重要值并以排序获得。重要值、重要值百分比通过计算断面石珊瑚各属种的相对多度(该属种石珊瑚的群体总数与所有属种石珊瑚的群体总数之比)和相对覆盖度(该属种石珊瑚的覆盖面积与所有属种珊瑚覆盖面积之比)和相对频度(该属种石珊瑚的频度与所有属种石珊瑚的频度总和之比,其中频度为一个属种出现的样方数(或样线数)与调查样方(或样线)的总数之比)获得,3 种数值的总和即为该属种石珊瑚的重要值,重要值百分比为该属种重要值与所有种重要值总和的比值^[12~15]。

1.3 石珊瑚多样性指数分析

群落物种多样性指数的研究方法和测度指数在国内外生态学文献中多有记载^[12~15]。多样性指数是反映丰富度和均匀度的综合指标。本文采用 Shannon-Wiener 多样性指数(H')和均匀度指数(E):

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i, \quad p_i = \frac{n_i}{n}, \quad \text{其中 } p_i \text{ 为一个群}$$

体属于第 i 种的概率;

$E = H' / \log_2 S$, 其中 S 为样方(或样带)内物种数。

以上多样性指数在陆地生物群落研究中通常以种为测度单位,但在石珊瑚生物群落研究中,由于水下取样调查的困难,以属和科等较高分类阶元为多样性测度单位相当常见^[12],考虑到生物分类的等级特征,同时进行种以上分类阶元为单位的多样性测度是有必要的,有助于更全面地反映一个特定群落的物种多样性特征^[12,13],同时也便于与其他学者的研究结论相对比,因而,本文把取样数据中的种分别归属于对应的属和科,应用以上公式,测度了属级和科级的多样性指数。

1.4 石珊瑚多样性研究的历史记录

涠洲岛珊瑚礁的研究工作有: 1964 年、1984 年邹仁林等^[16]对涠洲岛海域造礁石珊瑚群落进行了两次调查, 系统采集和鉴定了涠洲岛海域的石珊瑚种类 8 科 23 属 35 种; 黄金森等^[17]1987 年对涠洲岛珊瑚礁属种及其沉积进行了详细调查, 报道了 21 属 45 种, 研究了涠洲岛石珊瑚的沉积分带; 1987 年、1991 年王国忠^[18~20]研究涠洲岛不同岸段的现代珊瑚岸礁沉积构成及珊瑚礁分布状况, 把其岸礁分为雏形期、幼年期和壮年期 3 个发育阶段; 1989 年莫永杰^[21]对涠洲岛珊瑚礁地貌进行调查, 也分析了礁坪、礁坡的石珊瑚分布状况; 1998 年王敏干等^[22]对涠洲岛珊瑚礁进行了调查, 报告了 19 属 17 种, 8 个未定种; 梁文等^[1]研究了涠洲岛珊瑚礁分布的特征, 并提出了相应的保护策略。黎广钊等^[4]对涠洲岛珊瑚礁生态环境条件进行了研究; 余克服等^[23]分析了涠洲岛 42 a 来的海面温度变化, 及其对珊瑚礁的影响; 2001 年 11 月广西海洋局^[3]组织对拟建涠洲岛—斜阳岛珊瑚礁自然保护区的考察; 广西红树林研究中心涠洲岛海区珊瑚礁资源调查组^[4]在 2004~2006 年对涠洲岛部分岸段的珊瑚礁区石珊瑚种类、属种数量、群落结构、分布范围、生长现状等进行了调查; 2001~2009 年广西海洋局、国家海洋局北海海洋环境监测中心站、海南省海洋与渔业厅、广西红树林研究中心^[24~32]在竹蔗寮近岸观测断面(2001~2009 年)、公山背观测断面(2001~2009 年)、牛角坑观测断面(2004~2009 年)珊瑚礁健康调查; 2005 年黄晖等^[33]首次采用国际上通用的定量方法——截线样条法对涠洲岛海域进行了珊瑚礁生态调查, 调查了石珊瑚的种类、分布、覆盖率、损害等, 对 1984 年以来的 20 多年后涠洲岛的造礁石珊瑚群落结构的变化情况提供了新的资料; 王欣等^[34]概括分析了涠洲岛珊瑚礁的研究现状并提出其研究展望; 本文于 2007 年 10~11 月、2008 年 4~5 月开展涠洲岛珊瑚礁生态调查, 在涠洲岛西北、东南、东北、北面、西北面沿岸海域垂直海岸方向布设 6 条主剖面, 每条主剖面沿海岸平行方向布置 2~3 条长 100 m 的观测分断面, 采用截线样条法调查石珊瑚种类、分布状况、覆盖率、死亡率、损害等, 在断面范围系统采集石珊瑚样品, 通过断面水下录像和照片判读研究调查区石珊瑚多样性现状, 由石珊瑚样品鉴定结合照片分析调查区石珊瑚属种组成状况^[35](表 1)。

本文参考以上历史研究资料探讨 20 a 来涠洲岛

珊瑚礁物种多样性的演变特征。

2 结果

2.1 石珊瑚属种组成特征

本次在涠洲岛 2007 年 10~11 月、2008 年 4~5 月的调查系统的采样鉴定得出, 涠洲岛的石珊瑚共出现 10 科 22 属 46 种, 9 个未定种^[35]。该调查区以角蜂巢珊瑚属、滨珊瑚属、蔷薇珊瑚属为优势类群, 其属级重要值百分比分别为 25.78%, 17.47%, 15.11%, 其余属重要值百分比均低于 9% 的有 15 属, 低于 1% 的有 5 属, 反映出涠洲岛石珊瑚群落属级组成上的均匀度较高。在科级的组成上, 蜂巢珊瑚科(Faviidae)、滨珊瑚科(Poritidae)、鹿角珊瑚科(Acroporidae)为优势类群, 其科级重要值百分比分别为 41.78%, 24.91%, 16.17%, 其余 7 科的重要值百分比均低于 9%。

涠洲岛的各主剖面的优势类群分布各有差异, 以西南部的 W2 主剖面、东北部的 W5 主剖面的石珊瑚属种最多, 均为 8 科 13 属, 其余主剖面属种数量比较均衡。W1 主剖面以滨珊瑚属、牡丹珊瑚属为优势类群, 其属级重要值百分比分别为 42.17%, 17.80%, 其余均低于 12% 的有 7 属; W2 主剖面以滨珊瑚属、角蜂巢珊瑚属、扁脑珊瑚属为优势类群, 其属级重要值百分比分别为 32.64%, 17.12%, 13.89%, 其余均低于 10% 的有 10 属; W3 主剖面以角蜂巢珊瑚属、滨珊瑚属、蔷薇珊瑚属为优势类群, 其属级重要值百分比分别为 39.19%, 15.90%, 13.33%, 其余均低于 11% 的有 6 属; W4 主剖面以角蜂巢珊瑚属、蜂巢珊瑚属为优势类群, 其属级重要值百分比分别为 45.75%, 14.54%, 其余均低于 11% 的有 9 属; W5 主剖面以角蜂巢珊瑚属、蔷薇珊瑚属、牡丹珊瑚属为优势类群, 其属级重要值百分比分别为 22.68%, 21.48%, 15.57%, 其余均低于 8% 的有 10 属; W6 主剖面以角蜂巢珊瑚属、蔷薇珊瑚属为优势类群, 其属级重要值百分比分别为 29.12%, 26.59%, 其余均低于 11% 的有 8 属。

6 条剖面的石珊瑚优势属种组成、优势程度较相近, 属种分布较为均衡。

2.2 珊瑚礁多样性现状特征

对涠洲岛的 6 条主剖面的石珊瑚进行属级多样性指数分析, 结果如图 2 所示, 调查区珊瑚礁属级 H' 和 E 值均呈现一致的排序规律: $W5 > W2 > W6 > W1 >$

表 1 20 a 来涠洲岛珊瑚礁多样性演变过程

Tab. 1 Changes of coral reef diversities around the Weizhou Island over the last 20 years

年代	珊瑚礁分布范围	珊瑚礁种类	珊瑚礁群落分带、分布状况	多样性状况
20 世 纪 60~80 年代	东、东北、北、西 北、西南岸段 ^[21]	8 科 23 属 35 种 ^[16] 10 科 21 属 45 种 ^[17]	分属潮上、潮间、潮下环境, 潮下带是造礁石珊 瑚丛生带。涠洲岛珊瑚海岸未形成礁坪 ^[17] 珊瑚生长带: 活珊瑚覆盖占 20%~80%; 礁坪沉 积带: 活珊瑚零星分布 ^[21]	
20 世纪 90 年代	西南沿岸、南湾 口、北部沿岸 ^[22] 西南、西北、北部、 东北、东、东南沿 岸 ^[18-20]	19 属 17 种, 8 个未定种 ^[22]	西南沿岸以鹿角珊瑚最多, 北港(北部)以鹿角珊 瑚为主, 受破坏较大, 湾口咀(西南部)珊瑚较为 稀疏 ^[22] 东南部枝状鹿角珊瑚类较少, 覆盖率自 20%增至 50%~70%; 南湾内稀疏生长未能发育成礁; 西 南部礁坪以鹿角珊瑚为主, 覆盖率达 90%, 珊 瑚生长带以匍匐状珊瑚为主, 覆盖率达 70%; 西 北部以匍匐状鹿角珊瑚为主; 北部和东部以滨珊 瑚、蜂巢珊瑚和扁脑珊瑚为主; 东北部以牡丹珊 瑚为主 ^[18-20] 1998 年极端高温造成的珊瑚礁大面积白化死亡 事件, 10 月起发现珊瑚逐渐恢复迹象 ^[5]	涠洲岛西南沿岸珊瑚品种多, 生 长茂盛 ^[22] 广泛产出软珊瑚、软体动物、海 绵和海参等喜礁生物, 以产优质 海参闻名 ^[18]
	北部、东北部、东 部、东南部、西南 部沿岸 ^[3]	14 属 16 种, 4 个未定种 ^[3]	礁坪珊瑚生长带枝状鹿角珊瑚覆盖度约 50%~ 60%。礁坪分为内礁坪珊瑚稀疏带、中礁坪枝状 珊瑚林带、外礁坪块状珊瑚带和礁前柳珊瑚带 ^[3]	海洋生物资源十分丰富, 种类繁 多 ^[4,34]
	北部、东部、西南 部、西部大岭沿 岸 ^[4,34]	11 科 16 属 30 种, 3 个未定 种 ^[4,34]	北部以鹿角珊瑚、扁脑珊瑚、蜂巢珊瑚为优势类 群, 平均覆盖率为 20%~40%(局部达 70%); 东部 沿岸以叶状牡丹珊瑚占优势, 覆盖率为 10%~ 20%(局部达 50%~60%); 西南部沿岸以鹿角珊 瑚、叶状蔷薇珊瑚、标准蜂巢珊瑚、网状菊花珊 瑚、十字牡丹珊瑚为优势类群, 覆盖率为 30%~ 80% ^[4,34]	造礁石珊瑚生物多样性很低, 每 个地方优势种都是单一绝对优势 种, 且优势度都在 60% 以上。 ^[33]
	北部沿岸、西南 部、南湾内西岸沿 岸、东北侧、东部 附近海域、猪仔岭 沿岸海域 ^[33]	5 科 10 属 14 种 ^[33]	南湾(西岸沿岸)、滴水丹屏(西南)和北港(北部)造 礁石珊瑚分布较好。南湾平均覆盖率为 2.83%; 滴 水丹屏、北港平均覆盖率分别为 35.3%和 33.2% ^[33]	优势属种组合由较多的组合向 相对少的演变; 属种的多形态组 合(枝状、块状、匍匐状)向相对 简单形态组合(为块状为主)的演 变; 海参较少, 鱼群仅在部分断 面发现, 喜礁的伴生生物数量相 对减少。调查区珊瑚物种的生物 多样性及分布的丰富度呈现衰 退的迹象 ^[35]
21 世纪初	西北部、北部、东 北部、东部、东南 部、西南部 ^[35]	10 科 22 属 46 种, 9 个未定 种 ^[35]	自岸向海为块状珊瑚稀疏带-块状珊瑚茂盛带-柳 珊瑚茂盛带; 以角蜂巢珊瑚属、滨珊瑚属、蔷薇 珊瑚属块状为优势属 ^[35] ; 据本次调查, 近年死亡 珊瑚数量较少; 珊瑚近期(30 d 以内)受到损害, 集 中在东南、西南、东北沿岸海域; 除西北部外其 余均有活石珊瑚补充量的发现 竹蔗寮(西南部)、牛背坑(北部)珊瑚礁覆盖率较为 稳定。2002 年公山调查区域发现大面积的珊瑚死 亡状况, 至今尚未恢复 ^[24-32] 竹蔗寮、牛背坑调查区域出现由原鹿角珊瑚优势 种群向十字牡丹珊瑚演替的次级珊瑚优势种群变 化情况。在目标鱼类、无脊椎动物生态指标上呈 整体和长期的低水平状况。调查区域的礁栖生物 的多样性普遍偏低 ^[24-32]	竹蔗寮、牛背坑调查区域出现由 原鹿角珊瑚优势种群向十字牡 丹珊瑚演替的次级珊瑚优势种 群变化情况。在目标鱼类、无脊 椎动物生态指标上呈整体和长 期的低水平状况。调查区域的礁 栖生物的多样性普遍偏低 ^[24-32]

W3>W4; 剖面间的 H' 值差异明显, E 值变化不大, 与 H' 值变化成正比; 剖面 W2,W5 的 H',E 值均相对较

高, H' 值出现明显的高值。

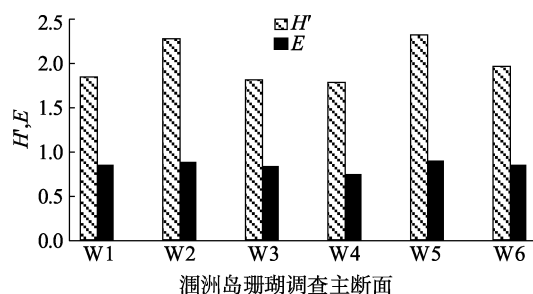


图2 涠洲岛珊瑚调查主剖面属级生物多样性指数的变化
Fig. 2 Changes of diversity index values at the genus-level among six main transects at the Weizhou Island

2.3 涠洲岛 20 a 来珊瑚礁资源演变趋势

探讨珊瑚礁资源的演变, 主要从历年来珊瑚礁的分布范围、属种变化、群落组成、健康状况记录、多样性状况等进行对比, 从表 1 可见, 从 20 世纪 60 年代至今涠洲岛珊瑚礁的分布范围变化不大, 较大差别在属种的变化、群落组成、健康状况记录、多样性状况等方面。属种组成变化为 1964 年、1984 年邹仁林最早提出的 8 科 23 属 35 种, 1987 年黄金森、张元林的 10 科 21 属 45 种, 2001 年、2006 年黎广钊、梁文发现的 14 属 16 种 4 个未定种和 11 科 16 属 30 种 3 个未定种, 2007 年王晖等报道的 5 科 10 属 14 种, 本次调查获得的 10 科 22 属 46 种 9 个未定种。属种组成的变化是因为断面布设的不同、采样不够细致产生的差异, 但不能简单地说明调查区属种的退化或增长。除了不同年限调查的目的、方法和细致程度不同外, 分类的过程中也存在着同物异名、同名异物、或仅依靠水下照片鉴定的方式与样品鉴定方式之间的误差, 这对调查的珊瑚礁属种组成数目有很大影响。本次调查断面布置较全面, 采用水下观测拍摄高清晰影像、较系统的断面石珊瑚采样分析, 采用的鉴定方法和鉴定过程皆与当前国际最新研究同步, 尽量减少采样和鉴定过程对属种数量造成的误差, 可作为调查区石珊瑚属种分布的最新记录。考虑到属种组成在不同年限差异的因素较复杂, 故涠洲岛的珊瑚礁物种多样性演变趋势主要以群落组成、健康状况记录、多样性状况等进行对比分析。

从调查区 1987~2008 年的珊瑚群落分带、群落组成特征、生物多样性的演变来看, 20 世纪 80 年代至 90 年代初期涠洲岛珊瑚礁发育良好, 生物多样性程度较高, 1998 年成为涠洲岛珊瑚礁发育演化的转

折点。1964 年、1984 年邹仁林等^[16]对涠洲岛海域造礁石珊瑚群落的定性调查发现海水低温致使石珊瑚白化死亡的状况; 1987 年黄金森等^[17]将涠洲岛珊瑚礁海岸沉积分属潮上、潮间、潮下 3 个环境, 划定潮下带是造礁石珊瑚丛生带, 判断当时珊瑚礁海岸未形成礁坪; 1989 年莫永杰^[21]的涠洲岛珊瑚礁地貌进行调查, 分析了礁坪沉积带、珊瑚生长带活石珊瑚分布状况, 发现礁坪沉积带宽 250~1 025 m, 礁坪底质以石珊瑚遗体、贝壳以及陆源碎屑为主, 局部有活石珊瑚零星分布, 珊瑚生长带宽 60~650 m, 活石珊瑚覆盖面积占 20%~80%, 优势属种为蜂巢珊瑚、菊花珊瑚、伞房鹿角珊瑚、牡丹珊瑚等。在涠洲岛西北面、北面、东北面发现珊瑚礁沉积剖面宽达 1 000 m 以上, 而在东南部、南部、西南部珊瑚礁的沉积剖面仅几十米或缺失; 1987 年、1991 年王国忠^[18~20]把涠洲岛珊瑚礁区海岸分成 3 个成因类型: 西部、东部属于海蚀型海岸, 西南部属于过渡性海岸, 东北沿岸属于堆积型海岸, 调查得出西北部以匍匐状鹿角珊瑚为主, 北部和东部以滨珊瑚、蜂巢珊瑚和扁脑珊瑚为主, 东北部以牡丹珊瑚为主, 东南沿岸菊花珊瑚和蜂巢珊瑚为主, 枝状鹿角珊瑚类较少, 造礁石珊瑚覆盖率自 20%增至 50%~70%, 南湾内(南部)稀疏地生长蜂巢珊瑚、滨珊瑚和鹿角珊瑚等群体, 但未能发育成礁, 滴水村(西南部)礁坪以鹿角珊瑚为主, 覆盖率达 90%, 原地礁格架(珊瑚生长带)以匍匐状珊瑚为主, 覆盖率达 70%。调查区广泛产出软珊瑚、软体动物、海绵和海参等喜礁生物, 涠洲岛以产优质海参闻名; 1998 年王敏干等^[22]对涠洲岛珊瑚的初步调查, 认为涠洲岛石珊瑚属种较多, 西南沿岸较茂盛, 北港受破坏较大, 均以鹿角珊瑚为主; 1998 年陈琥^[5]走访调查发现涠洲岛环岛水下石珊瑚由于“厄尔尼诺”导致海水极端高温造成珊瑚礁大面积白化死亡事件, 10 月起石珊瑚呈逐渐恢复迹象; 2001 年广西海洋局^[3]调查涠洲岛珊瑚礁资源状况, 余克服等将涠洲岛珊瑚群落自岸向海划分为沙堤、海滩、礁坪珊瑚生长带等生物地貌带类型, 其中礁坪珊瑚生长带枝状鹿角珊瑚茂盛生长, 活珊瑚覆盖度约 50%~60%, 但如滴水附近见到石珊瑚死亡或白化的现象非常严重, 死亡的占石珊瑚覆盖度的 50%~90%, 并把珊瑚礁坪分为内礁坪珊瑚稀疏带、中礁坪枝状珊瑚林带、外礁坪块状珊瑚带和礁前柳珊瑚带; 2001~2006 年黎广钊等^[1,4,34]对涠洲岛的珊瑚礁资源调查, 认为: 北部沿岸礁坪以匍匐鹿角珊

瑚、美丽鹿角珊瑚为优势种群, 珊瑚生长带以佳丽鹿角珊瑚、交替扁脑珊瑚、标准蜂巢珊瑚为优势种群, 北部沿岸石珊瑚平均覆盖率为 20%~40% (局部达 70%); 东部沿岸以叶状牡丹珊瑚占优势, 石珊瑚覆盖率为 10%~20% (局部达 50%~60%); 西南部沿岸礁坪以鹿角珊瑚、叶状蔷薇珊瑚为优势种, 珊瑚生长带以标准蜂巢珊瑚、网状菊花珊瑚、十字牡丹珊瑚为优势种, 石珊瑚覆盖率为 30%~80%; 2001~2009 年广西海洋局、国家海洋局北海海洋环境监测中心站、海南省海洋与渔业厅、广西红树林研究中心合作在竹蔗寮近岸观测断面(2001~2009 年)、公山背观测断面(2001~2009 年)、牛角坑观测断面(2004~2009 年)进行珊瑚礁健康调查, 陈刚等^[24~32]发现: 在竹蔗寮和牛背坑调查区域的珊瑚礁覆盖率较为稳定, 但出现了优势种群变化的情况, 而在公山调查区域, 则发现在 2002 年间出现了大面积的珊瑚礁死亡情况, 至今尚未恢复; 在最近的一次调查(2009 年 9 月)中发现, 在涠洲岛牛背坑近岸海域, 存在着一片覆盖率较大的造礁石珊瑚礁区域, 沿岸分布范围可达 1 km 左右, 在此区域的造礁石珊瑚局部区域覆盖率可达到 80%~90%, 而其主要优势种为十字牡丹珊瑚, 这与该区域原来的鹿角珊瑚优势种群有很大的不同, 应该是在经受干扰后适应海洋环境变化所形成的一种典型的次级生态演替的结果, 但在目标性生物多样性这一重要生态指标上很不理想, 表明目前该区域的珊瑚礁生态系统仍然承受着较大的人类活动压力, 所调查区域的礁栖生物的多样性普遍偏低^[24~32]; 2005 年黄晖等^[33]调查涠洲岛珊瑚礁生态现状, 发现造礁石珊瑚分布较好区域包括南湾、滴水丹屏和北港。南湾内(西岸沿岸)平均覆盖率为 2.83%, 滴水丹屏和北港平均覆盖率较高, 分别为 35.3%和 33.2%。浅水区活造礁石珊瑚覆盖率明显比深水区低。造礁石珊瑚生物多样性较低, 每个地方优势种都是单一绝对优势种, 且优势度都在 60%以上。本次调查于 2007 年 10~11 月、2008 年 4~5 月采用截线样条法调查涠洲岛石珊瑚资源分布、生长和发育状况及其演变趋势等, 成果表明调查区石珊瑚属种新发现了 4 个新记录属, 3 个新记录种。调查区珊瑚分带为自岸向海由块状珊瑚稀疏带-块状珊瑚茂盛带-柳珊瑚茂盛带组成。珊瑚礁坪生长带以角蜂巢珊瑚属、滨珊瑚属、蔷薇珊瑚属为优势属, 优势属组合均为块状形态。石珊瑚生长现处于相对稳定状况, 近期(30 d 以内)死亡的石珊瑚数量较少, 平均死亡率仅为约

0.05%, 死亡珊瑚多为 2 a 以上, 且死亡时间不具连续性。石珊瑚近期(30 d 以内)死亡的区域集中在涠洲岛的东南、西南、东北沿岸海域。调查剖面中除了西北断面外, 其余均有活石珊瑚补充量的发现。活石珊瑚的平均覆盖度以西北部沿岸为最高, 东北部、东南部、北部、西南部沿岸浅海次之, 分别为 25.3%, 24.58%, 17.58%, 12.1%, 8.45%, 并显示出一致的规律: 西北部沿岸>东北部沿岸浅海>东南部沿岸浅海>西南部沿岸浅海>北部沿岸浅海^[35]。石珊瑚优势属种组合由较多的组合向相对少的演变; 鹿角珊瑚其重要值、覆盖度, 均不占优势; 属种的多形态组合(枝状、块状、匍匐状)向相对简单形态组合(为块状为主)的演变; 海参等礁区常见生物仅在部分断面有零星的记录, 鱼群仅在部分断面发现, 喜礁的伴生生物数量相对的减少; 调查区近年来珊瑚礁物种 H' , E 值显示属种分布较为均匀, 部分岸段发现石珊瑚补充生长的记录, 处于缓慢恢复中。从以上近 20 a 来涠洲岛珊瑚礁资源演变数据的对比分析, 调查区珊瑚生物多样性及分布的丰富度整体呈现衰退的迹象。

3 讨论

1)自 20 世纪 80 年代至今涠洲岛调查的石珊瑚属种均不同。本次调查的属种较前人报道的有所增加, 但不能单纯说明调查区属种组成发生了演变, 这与样品采集的范围、布点方式、属种鉴定的方式等因素有关。本次调查发现并报道了 22 属 46 种, 9 个未定种, 但结合水下珊瑚礁照片、录像分析, 笔者估计涠洲岛石珊瑚属种可能超过 22 属 46 种。本次调查的石珊瑚属种较前人报道的有所增加, 这与样品采集的布点、样品鉴定方式有关, 结合水下石珊瑚照片、录像分析, 笔者估计涠洲岛石珊瑚属种可能超过 46 种。

2)本次成果调查区西南部 W2 主剖面、东北部 W5 主剖面的石珊瑚属种最多, H' , E 值均相对较高, H' 值出现明显的高值, 说明这两处海域石珊瑚物种生物多样性程度相对较高。这与涠洲岛历年来的珊瑚礁分布有关, 从 1986~2008 年的涠洲岛珊瑚礁资源调查资料均显示其西南部、东北部海域石珊瑚属种较多、珊瑚覆盖度较高^[1,3~5,7,18~21,24~32,34,35]; 这与调查区历史上珊瑚礁发育阶段有关, 据王国忠等^[18~20]、刘敬合等^[36]、黎广钊等^[4]、余克服等^[23]的研究成果表明, 自全新世 7 000 a 来, 涠洲岛造礁珊瑚生物首先在其北部的后背塘至苏牛角坑沿岸岸外生长发育形

成珊瑚礁,其后约 4 000 a 来,相继在其东北部、东部横岭、下牛栏和西南部竹蔗寮、滴水村岩外生长发育形成珊瑚礁。从地质研究资料表明,东北部、西南部沿岸海域的岸礁属珊瑚礁发育最好的区域^[18]; W2, W5 剖面的 H' 值的高值主要受剖面的石珊瑚属种数量、优势属种数量较高的影响,其中以石珊瑚属种数量影响较大。 H' 和 E 值大小与主剖面群落指标中的石珊瑚属种数量、优势属种数量、优势属种相对优势程度(最大的重要值百分比)、优势属重要值百分比之和 4 个群落指标有很大关系。对这 4 个群落指标分别与 H' , E 值的相关分析结果表明,4 个群落指标分别 H' , E 值的相关系数间的相关程度相一致,其相关系数是分别为 0.618, 0.488, $-0.886(*)$, $-0.429^{[37]}$,说明 4 个群落指标中石珊瑚属种数量、优势属种数量对 H' , E 值有促进作用,其中石珊瑚属种数量对 H' , E 值的贡献率更大;调查区 E 值变化不大,说明其石珊瑚属种分布比较均匀,从剖面石珊瑚属种组成调查结果看,调查区石珊瑚优势属种组成、优势程度较相近,属种分布较为均衡。

3)调查区 1987~2008 年的珊瑚群落分带、群落组成特征、生物多样性的资料显示,20 世纪 80 年代至 90 年代初期涠洲岛珊瑚礁发育良好,生物多样性程度较高,1998 年成为涠洲岛珊瑚礁发育演化的转折点——出现大片石珊瑚死亡现象;石珊瑚覆盖率稍有降低;鹿角珊瑚分布减少,渐渐退出优势属种组合;优势属种组合由块状、板状、枝状形态石珊瑚组合向相对简单块状、板状形态组合的演化;珊瑚礁群落及其生物多样性整体呈衰退态势。(1)调查区 20 世纪 90 年代末至 2008 年调查区至少经历了两次较大的气候事件的损害,一次是 1998 年的“厄尔尼诺现象”引起的全球性极高温事件,海面温度月平均值 $>31.1^{\circ}\text{C}$,造成涠洲岛部分岸段珊瑚礁白化死亡^[2,5,23],另一次是区域性的极低温气候事件为“2008 年 1 月 14 日~2 月 12 日,全区平均气温连续 30 d 低于 8°C ,全区平均气温 $6.2^{\circ}\text{C}^{[38]}$ ”,据涠洲岛海洋监测站统计资料,同年 1 月 14 日~31 日海面温度日平均值持续下降,由 19.7917°C 降至 14.2167°C ,2 月 1~12 日海面温度日平均值略有起伏并持续下降,由 14.7292°C 降至 13.45°C ,1 月和 2 月海面温度月平均值分别为 18.2117°C 和 14.4752°C ,1~2 月海面温度日平均值 $<14^{\circ}\text{C}$ 低温持续了 8 d。据李淑等^[39,40]对石珊瑚高温、低温耐受力研究发现,石珊瑚在 32°C 高温胁迫下,枝状珊瑚(鹿角珊瑚等)对高温的耐受性最低,最

先白化死亡,叶片状和块状的珊瑚对高温的耐受性较强。持续 2 周高温后恢复到正常温度,白化的枝状珊瑚恢复能力很弱;造礁石珊瑚耐受低温能力与其骨骼类型有关,枝状珊瑚最先死亡,块状珊瑚的耐受能力明显高于枝状珊瑚; 14°C 持续 3 d 是三亚湾枝状造礁石珊瑚的致死低温; 14°C 持续 3 d 为块状澄黄滨珊瑚的致白化低温。可见,1998 年全球性极高温事件中海面温度月平均值 $>31.1^{\circ}\text{C}$ 、2008 年的区域性的极低温气候事件日平均值 $<14^{\circ}\text{C}$ 低温持续了 8 d,均造成调查区石珊瑚大量的白化死亡、覆盖度降低,其中受影响较大的鹿角珊瑚白化死亡较多,其覆盖度、优势程度下降退化,由原来的以鹿角珊瑚(枝状)、菊花珊瑚、扁脑珊瑚、蜂巢珊瑚、滨珊瑚等优势组合,转向以角蜂巢珊瑚属、滨珊瑚属、蔷薇珊瑚属优势组合演化。原来的枝状形态珊瑚已退出优势组合。(2)从 20 世纪 90 年代末至今,涠洲岛珊瑚礁群落及其生物多样性整体呈衰退态势。这主要从历年来珊瑚礁伴生生物的调查资料(主要是鱼群数量、海参等)进行对比分析,从 20 世纪 60 年代至 90 年代末,涠洲岛鱼群数量、海参等较多出现^[18,22],而本次调查海参仅在部分断面零星出现,小型鱼群仅在部分断面发现,喜礁伴生生物数量相对减少。(3)调查区珊瑚礁多样性衰退原因除了受全球、区域性气候影响外,本次调查发现地域性的不合理人类活动是主要的影响因素。近年来涠洲岛存在赤潮、码头建设、珊瑚旅游观光、过度捕捞、炸鱼、偷采珊瑚、潜水挖螺、沿岸养殖场、育苗场、油气终端排污等不合理的破坏性人类活动,主要表现在:(a)赤潮造成海水异常,生态环境呈恶化态势。2001 年 5 月 13 日、6 月 9 日涠洲岛南部沿岸海水出现异常,异常海水带海水浑浊^[41]。2002~2004 年、2008 年调查区均有赤潮出现^[42~45]。据有关专家指出,近年来的涠洲岛周边海水异常的频率增大,2001 年 5~6 月相隔时间较短的两次出现海水异常,说明该海域的生态环境水平已呈下降态势,对该海域的珊瑚礁群存在威胁;涠洲岛上的油气终端处理厂的排污、输油管道等如发生泄漏污染,将是影响涠洲岛珊瑚生长较大的潜在威胁。据新华网^[46]、中新社^[47]报道及 2008 年广西壮族自治区海洋环境质量公报^[45],涠洲岛 2008 年 8 月 16 日、8 月 23 日、8 月 27 日,11 月 3 日出现过 4 次油污影响事件,污染物主要为黑色油块,黏性较强,经鉴定为原油。2008 年 9 月 2 日,10 月 10~17 日作者等对涠洲岛溢油影响事件进行调查,发现油

污出现区域为芝麻滩、鳄鱼山、滴水丹屏、石螺口等岸段,油污漂浮在海面、海滩上,近岸处附着在海蚀平台、海蚀崖、岩滩、沙滩的岩石、砂砾表面上,呈大片分布。群访发现在南湾区吊养的扇贝出现大量死亡现象,据养殖户所述,死亡达70%以上,尚存的扇贝也已停止生长。(b)涠洲岛仍有滥采滥挖珊瑚礁现象存在。20世纪80年代,岛上居民用珊瑚碎枝烧制为石灰,现已废止。但近年来,石珊瑚碎屑又作为养殖观赏的过滤物而被大量偷挖装船外运。1989年至近年的调查仍发现当地居民有偷采活石珊瑚漂白贩卖或贩卖作水箱养殖观赏的现象^[1,22,23,33~35],本次调查据当地渔民反应,岛上仍有快艇偷采活石珊瑚贩卖现象。(c)历年来北部湾存在过度或不合理捕捞的现象。过度捕捞造成某些鱼类、海胆(藻类的天敌)捕捉殆尽,导致珊瑚礁生态系统失衡。据陈刚等^[24~32]2001~2009年对调查区礁区指标鱼类的定点调查反映,涠洲岛各调查站位每年获得的鱼类数量多数不足10条,最低为0条,超过20条的只有3个调查年份记录,表现出涠洲岛沿海区域目标鱼类的整体和长期的低水平状况。另外调查区仍存在“电、毒、炸、水下摸螺”等捕鱼现象,也直接破坏珊瑚礁体。(d)调查区海岸工业建设对珊瑚礁生态系统产生影响。油气终端、输油码头、客运码头、输油管道的建设,会由爆破等施工方式直接损毁珊瑚礁资源,或由施工的建筑垃圾、粉尘、污水会增加海水中的悬浮物的浓度,间接影响珊瑚礁的生长,这些损害是不可逆的。(e)潜水旅游、游船客运也会珊瑚礁生态环境产生压力。近年来,调查区珊瑚礁沿岸的游船观光、潜水观光游客有所增长,从2005年到2008年,上岛游客从9万人/a增至20万人/a,客轮从1~2班次/d增至4班次/d,2004~2008年潜水人数从3000~4000人/a增至6000人/a^[35]。游船的含油污水、潜水游客对珊瑚踩踏或采挖都会造成石珊瑚的死亡。(f)本次调查发现,岛上沿岸现有养殖场3~4家,育苗场2~3家,养殖场、育苗场废水直排入海,使海水中悬浮物质增加,而其中含有大量的营养盐会造成水质富营养化,造成水中的藻类滋生,这会导致透入水中的光照度减弱,与珊瑚共生的虫黄藻光合作用率下降,使得珊瑚生长缓慢,导致退化。

这些不合理人类活动是影响调查区珊瑚礁生长、生物多样性衰退的主要原因,油气终端处理厂的排污、输油管道等将是影响涠洲岛珊瑚礁生长的隐患。

从调查区20a来涠洲岛珊瑚礁多样性演变过程研究发现,其影响原因主要包括全球极端气候影响、区域性气候变化、不合理的破坏性人类活动的影响等因素。

参考文献:

- [1] 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, 15(6): 5-8.
- [2] 梁思奇,韩墨,夏琛琛. 北海涠洲岛珊瑚死亡之谜初解 [EB/OL]. <http://www.gd12121.com/qxzs/nino.htm>, 1998-11-20.
- [3] 余克服,黎广钊,梁群,等. 涠洲岛-斜阳岛珊瑚礁自然保护区(拟建)综合考察报告[R]. 南宁:广西海洋局, 2001.
- [4] 黎广钊,梁文,农华琼,等. 涠洲岛海区珊瑚礁资源调查研究报告[R]. 北海:广西红树林研究中心, 2006.
- [5] 陈琥. 涠洲岛珊瑚恢复:令人欢喜令人忧[J]. 沿海环境, 1999, 6: 29.
- [6] 于登攀,邹仁林. 三亚鹿回头岸礁造礁石珊瑚群落结构的现状和动态[A]. 马克平. 中国重点地区与类型生态系统多样性[C]. 杭州:浙江科学技术出版社, 1999. 225-268.
- [7] 黎广钊,梁文,农华琼. 涠洲岛珊瑚礁生态环境条件初步研究[J]. 广西科学, 2004, 11(4): 379-384.
- [8] 邹仁林. 中国动物志——造礁石珊瑚[M]. 北京:科学出版社, 2001. 31-233.
- [9] 陈乃观,蔡莉斯,梦海莉,等. 香港石珊瑚图鉴[M]. 香港:渔农自然护理署, 2005. 28-335.
- [10] Veron J E N. Corals of the World[M]. Australia: Sea Challengers, 2000.
- [11] Wallace C C. Staghorn corals of the world: a revision of the coral genus *Acropora*[M]. Collingwood, Vic.: CSIRO Publishing, 1999.
- [12] 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, 1996, 16(5): 469-475.
- [13] 赵美霞,余克服,张乔民,等. 三亚鹿回头石珊瑚物种多样性的空间分布[J]. 生态学报, 2008, 28(4): 1419-1428.
- [14] Magurran A E. Ecological diversity and its measurement[M]. Princeton: Princeton University Press, 1988. 61-81.
- [15] 赵志模,郭依泉. 群落生态学原理与方法[M]. 重庆:科学技术文献出版社重庆分社, 1990. 35-41.
- [16] Zou Renlin, ZhangYuanliang, Xie Yongkang. An ecological study of reef corals around Weizhou Island[A]. Xu G Z. Brian Mortor.Proceedings on Marine Biology

- of the South China Sea[C]. Beijing: China Ocean Press, 1988. 201-211.
- [17] 黄金森, 张元林. 北部湾涠洲岛珊瑚海岸沉积[J]. 热带地貌, 1987, 8(2): 1-3.
- [18] 王国忠. 南海珊瑚礁区沉积学[M]. 北京: 海洋出版社, 2001. 73-88.
- [19] 王国忠, 全松青, 吕炳全. 南海涠洲岛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.
- [20] 王国忠, 吕炳全, 全松青. 现代硝酸盐和陆源碎屑的混合沉积作用——涠洲岛珊瑚岸礁实例[J]. 石油与天然气地质, 1987, 8(1): 15-25.
- [21] 莫永杰. 涠洲岛海岸地貌的发育[J]. 热带地理, 1989, 9(3): 243-248.
- [22] 王敏干, 王丕烈, 麦海莉. 广西北部湾涠洲岛珊瑚初步调查[R]. 南宁: 广西海洋局, 1998.
- [23] 余克服, 蒋明星, 程志强, 等. 涠洲岛 42 年来海面温度变化及其对珊瑚礁的影响[J]. 应用生态学报, 2004, 15(3): 506-510.
- [24] 陈刚. 广西北海涠洲岛珊瑚礁健康调查(Reef Check)报告[R]. 北海: 国家海洋局北海海洋环境监测中心站, 2001.
- [25] 陈刚. 广西北海涠洲岛珊瑚礁健康调查(Reef Check)报告[R]. 北海: 国家海洋局北海海洋环境监测中心站, 2002.
- [26] 陈刚. 广西北海涠洲岛珊瑚礁健康调查(Reef Check)报告[R]. 北海: 国家海洋局北海海洋环境监测中心站, 2003.
- [27] 陈刚. 广西北海涠洲岛珊瑚礁健康调查(Reef Check)报告[R]. 北海: 国家海洋局北海海洋环境监测中心站, 2004.
- [28] 陈刚. 广西北海涠洲岛珊瑚礁健康调查(Reef Check)报告[R]. 北海: 国家海洋局北海海洋环境监测中心站, 2005.
- [29] 陈刚. 广西北海涠洲岛珊瑚礁健康调查(Reef Check)报告[R]. 北海: 国家海洋局北海海洋环境监测中心站, 2006.
- [30] 陈刚. 广西北海涠洲岛珊瑚礁健康调查(Reef Check)报告[R]. 北海: 国家海洋局北海海洋环境监测中心站, 2007.
- [31] 陈刚. 广西北海涠洲岛珊瑚礁健康调查(Reef Check)报告[R]. 北海: 国家海洋局北海海洋环境监测中心站, 2008.
- [32] 陈刚. 广西北海涠洲岛珊瑚礁健康调查(Reef Check)报告[R]. 北海: 国家海洋局北海海洋环境监测中心站, 2009.
- [33] 黄晖, 马斌儒, 练健生, 等. 广西涠洲岛海域珊瑚礁现状及其保护策略研究[J]. 热带地理, 2009, 29(4): 307-312.
- [34] 王 欣, 黎广钊. 北部湾涠洲岛珊瑚礁的研究现状及展望[J]. 广西科学院学报, 2009, 25(1): 72-75.
- [35] 梁 文, 黎广钊, 范航清, 等. 广西涠洲岛造礁石珊瑚属种组成及其分布特征[J]. 广西科学, 2010, 17(1): 93-96.
- [36] 刘敬合, 黎广钊, 农华琼. 涠洲岛地貌与第四纪地质特征[J]. 广西科学院学报, 1991, 7(1): 28-36.
- [37] 梁文, 黎广钊, 范航清, 等. 广西涠洲岛珊瑚礁物种生物多样性研究[J]. 海洋通报, 2010, 29(4): 412-416.
- [38] 谭宗琨. 2008 年持续低温雨雪冰冻天气对广西农业生产影响的分析[EB/OL]. <http://www.gxsti.net/gxsat/ztl/08khjz/gxzqdt/168758.shtml>, 2008-03-04.
- [39] 李淑, 余克服, 施祺, 等. 海南岛鹿回头石珊瑚对高温响应行为的实验研究[J]. 热带地理, 2008, 28(6): 534-539.
- [40] 李淑, 余克服, 施祺, 等. 造礁石珊瑚对低温的耐受能力及响应模式[J]. 应用生态学报, 2009, 20(9): 2289-2295.
- [41] 韦继川. 广西北海涠洲岛海水再次出现异常, 虽非赤潮不可小视[EB/OL]. <http://news.sina.com.cn/c/281484.html>, 2001-06-20.
- [42] 新华社. 赤潮再现北部湾涠洲海域[EB/OL]. http://www.china.com.cn/txt/2002-05/10/content_5143937.htm, 2002-05-10.
- [43] 广西壮族自治区海洋局. 广西壮族自治区 2003 年海洋环境质量公报[EB/OL]. http://www.lrn.cn/basicdata/communique/200604/t20060405_106680.htm, 2006-04-05.
- [44] 广西海洋监测预报中心. 北海市 2004 年海洋环境公报[EB/OL]. http://www.lrn.cn/basicdata/communique/200711/t20071109_166357.htm, 2007-11-09.
- [45] 广西壮族自治区海洋局. 2008 年广西壮族自治区海洋环境质量公报[EB/OL]. <http://www.soa.gov.cn/hyjww/hygb/yhsshhyhjlgb/lbn/webinfo/2009/08/1250066887890337.htm>, 2009-08-12.
- [46] 梁思奇. 溢油污染涠洲岛, 警钟敲响北部湾[EB/OL]. http://news.xinhuanet.com/mrdx/2008-09/06/content_9806989.htm, 2008-09-16.
- [47] 范静. 广西北海涠洲岛海域再次发现油污污染源未明[EB/OL]. <http://news.qq.com/a/20080904/002916.htm>, 2008-09-04.

Long-term changes of the coral reef biodiversity at the Weizhou Island, Beihai, Guangxi

LIANG Wen¹, LI Guang-zhao¹, ZHANG Chun-hua², WANG Xin¹, NONG Hua-qiong¹, HUANG Hui³, LI Xiu-bao³

(1. Guangxi Mangrove Research Center, Beihai 536000, China; 2. Beihai Marine Environmental Monitoring Center Station of State Oceanic Administration People's Republic of China, Beihai 536000, China; 3. South China Sea Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301, China)

Received: Sep., 20, 2009

Key words: Weizhou Island; coral reef; biodiversity change; global change; regional climate change; human activities

Abstract: A comprehensive investigation of coral reef at the Weizhou Island, conducted during October-November 2007 and April-May 2008 with 20 sampling subsections in six principal sections, had found 55 species distributing around the island with 46 species being identified and 9 species unknown, belonging to 22 genera under 10 families. The dominant species in the entire island region were *Favites*, *Porites*, and *Montipora*, while the distribution of the dominant species in each investigated principal section varied from one another. In W2 in the southwest and W5 in the northeast, there was found in number the largest genera and species, including 13 genera under 8 families. The species diversity indices at the genus-level H' and evenness indices E of coral reef in the island showed a trend of $W5 \text{ in the northeast} > W2 \text{ in the southwest} > W6 \text{ in the Southeast} > W1 \text{ in the Southwest} > W3 \text{ in the northwest} > W4 \text{ in the North}$. The diversity indices varied greatly while the evenness indices exhibited few changes. In recent 20 years, coral reef in the island had showed a sign of degradation on the whole due to the global climate change and local fishing activities. The degradation reflected in the fewer and fewer combination pattern of dominant genus and species from 1960s to the early 21st century. The acropora group, for example, once among the dominant species, was degraded and was replaced; the composition pattern of both genus and species had also changed from the complex multi-components in the past to the simple mono-ones at present; according to the historical data of organisms associated with coral reef (mainly about the species of fish and sea cucumbers), the biodiversity of coral reef community in Weizhou Island had showed a tendency of degradation. According to the data of consecutive Reef Check from 2001 to the present, there has been a massive death of corals at the island, the influence of which has not been uncovered yet. Research on the evolution process of the coral reef diversity in Weizhou Island over the past 20 years has indicated that the influencing factors include global extreme climate, regional climate change and irrational, and destructive human activities.

(本文编辑: 刘珊珊)