

雷州半岛灯楼角珊瑚礁的生态特征 与资源可持续利用

余克服

(中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301)

摘要:分布于雷州半岛西南部灯楼角的珊瑚礁, 自海向陆可分为 6 个生态带, 已鉴定出现代活石珊瑚(Scleractinia)13 科 25 属 39 种 3 未定种。该珊瑚礁位于热带北缘, 附近人口密集, 它的发育受自然因素和人类活动双重制约。气候方面, 近 42a 来的温度总体上升有利于本区珊瑚礁的发育, 而台风活动对本区珊瑚礁可能有负面的影响; 人类活动对本区珊瑚礁的影响表现为旅游业的快速发展与保护行动滞后威胁珊瑚礁、渔业和养殖业影响珊瑚礁、作为建筑材料使用而破坏珊瑚礁等 3 个方面。作为一种重要的海洋生态资源, 本区珊瑚礁若得以科学保护, 将具有广阔的可持续利用前景。

关键词:珊瑚礁; 生态; 资源; 海水表层温度; 台风; 人类活动; 可持续利用

The coral reef at Denglouliao, Leizhou Peninsula, northern coast of the South China Sea—its ecology and sustainable development as a resource

YU Ke-Fu^{1,2} (1. South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301, China; 2. Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(4): 669~675.

Abstract: The coral reef at Denglouliao (20°13'N~20°17'N, 109°54'E~20°58'E), Leizhou Peninsula, northern coast of the South China Sea, is the only developed and well preserved coral fringing reef on mainland China. It is part of the so-called "coral triangle" of the Southeast Asia (Robert *et al.*, 2002, Science), where numerous important coral species are supposed to be found. The reef flat, dominated by *Goniopora* and *Porites* corals, is about 10 km long and 500~1000 m wide (2 km maximum width). From sea to land, six ecological zones can be recognized. They are (1) reef-front living coral zone (10~120 m wide) with dominant *Acropora* corals growing below the low spring tide; (2) outer reef-flat massive *Porites* zone (100~150 m wide) dominated by large dead *Porites* corals; (3) within-reef-flat mixed massive coral zone (~200 m wide) consisting of large dead *Porites*, *Pavona* and *Favia* corals; (4) within-reef-flat mixed dead massive-coral /*Goniopora* zone (0~120 m wide) with smaller massive corals mixed with branchy *Goniopora* corals; and (5) inner reef-flat *Goniopora* zone (100~500 m wide) dominated by dead branchy *Goniopora* corals with a spatial coverage of >95%. Over these zones, total 13 families, 25 genera, 39 species and 3 uncertain species of living Scleractinia are found and listed. Of course, the number of these species should be only the minimum estimation on this reef area because of the just beginning of the ecological investigation.

This coral reef area is situated in the northern margin of tropical climate. Due to high-density human activities, the coral reef ecosystem is controlled by both climate changes and human activities. Based on the analysis of the instrumental climate

基金项目:广东省自然科学基金资助项目(20011280);科技部重大基础研究前期研究专项资助项目(2002CCA02700);国家自然科学基金重点资助项目(40231009);中国科学院创新资助项目(KZCX3-SW-220)

收稿日期:2004-02-16;**修订日期:**2004-10-20

作者简介:余克服(1969~),男,湖北公安县人,博士,研究员,主要从事珊瑚礁地质与生态环境研究。E-mail: kefuyu@scsio.ac.cn; kyu@earth.uq.edu.au

Foundation item: the Natural Science Foundation of Guangdong Province (No. 20011280), the Chinese Ministry of Science & Technology Special Scheme (No. 2002CCA02700), National Natural Science Foundation of China (No. 40231009) and the Knowledge Innovation Project of Chinese Academy of Sciences (No. KZCX3-SW-220).

Received date: 2004-02-16; **Accepted date:** 2004-10-20

Biography: YU Ke-Fu, Ph. D., Professor, mainly engaged in coral reef geology & ecological environment. E-mail: kefuyu@scsio.ac.cn; kyu@earth.uq.edu.au

factors in this reef area, the sea surface temperature (SST), including mean annual SST and monthly minimum SST, shows a obvious rising trend over the last 42 years (from 1960 to 2002), which is favorable for the coral reef recovery and development; however, typhoons may impose disturbances on the coral reef by (1) killing living branch corals directly; (2) destroying coral reef frame and causing large rock blocks transportation; and (3) increasing turbidity sedimentation. These phenomena are based on the field observation after the landing of the typhoon Krovanh on this reef site on 25th August 2003.

The disturbances from human activities in this area arise mainly in the following three ways: (1) rapid increase of tourism and the lagging of coral reef protection; (2) unscientific fishing and breeding in the coral reef area; and (3) the digging of coral reef rocks as building materials.

Coral reefs worldwide are generally considered to be the most biologically productive of all marine ecosystems. Therefore there is great potential for sustainable develop of the coral reef at Denglouloujiao if it is scientifically protected.

Key words: coral reef; ecology; resource; sea surface temperature; typhoon; human activity; sustainable development

文章编号:1000-0933(2005)04-0669-07 中图分类号:Q959 文献标识码:A

广泛分布于热带海洋的珊瑚礁,以其惊人的生物多样性和极高的初级生产力,被人们视为“蓝色沙漠”中的绿洲,为海洋生态系统进化所能达到的上限,对于调节和优化热带海洋环境也具有重要意义,生态学家常把它与热带雨林相提并论。作为一种重要的海洋生态资源,珊瑚礁具有广阔的可持续利用前景。一般来说,珊瑚礁的生态资源价值可体现在以下 8 个方面^①:(1)珊瑚礁生态系统是生物多样性的顶级生物群落;(2)珊瑚礁生态系统的“海洋牧场”效应;(3)珊瑚礁是海洋工程的天然基础与海岸、海岸工程的天然屏障;(4)珊瑚礁的海底生态景观效应;(5)珊瑚礁区是良好的海洋生态科普教育和科研基地;(6)珊瑚礁国土资源是捍卫海洋权益的重要基地;(7)珊瑚礁是热带海洋的新药品源地;(8)古珊瑚礁是油气资源和一些矿产的重要储集场所等。

雷州半岛西南部灯楼角的珊瑚礁分布于热带北缘,主体部分形成于距今 6000 多年以前的中全新世,断断续续延续发育至今^[1, 2],是我国大陆唯一保存完好的珊瑚岸礁。近 10 多年来在全球气候变暖和海平面上升的总体背景下,该珊瑚礁处于自然恢复之中,并已初具规模^[3, 4],为本区海洋生物资源的可持续发展提供了新的机遇。本文根据 1993 年以来每年至少 1~2 次的实地考察结果,分析本区珊瑚礁的生态特征与资源可持续利用前景,希望为本区珊瑚礁的保护和可持续发展提供借鉴。

1 灯楼角珊瑚礁的生态特征

灯楼角珊瑚礁分布于雷州半岛西南端岬角的东西两岸,长约 10km,宽 500~1000m,最宽处可达 2km,面积约 5~10 km²,具有明显的生物地貌分带特征^[5]。从珊瑚生态的角度来看,自海向陆该珊瑚礁可分为 6 个生态带:(1)礁前斜坡活珊瑚林带,宽 10~120m,以鹿角珊瑚(*Acropora*)为优势种,位于低潮面以下;(2)外礁坪大块滨珊瑚(*Porites*)礁岩带,宽 100~150m;(3)中礁坪块状珊瑚礁岩混合带,宽约 200m,由大块滨珊瑚(*Porites*)、牡丹珊瑚(*Pavona*)和蜂房珊瑚属(*Favia*)等组成;(4)中礁坪块状珊瑚-角孔珊瑚(*Goniopora*)混合带,宽 0~120m;(5)内礁坪角孔珊瑚(*Goniopora*)带,宽 100~500m,由死的枝状角孔珊瑚组成,覆盖率>95%;(6)沙坪台-海滩。位于礁前缘低潮面以下斜坡地带的礁前斜坡活珊瑚林带,活珊瑚礁覆盖率一般不超过 20%,是本区现代珊瑚礁的主要发育区域。该带在放坡村西北部海域比较宽并且发育良好,以鹿角珊瑚(*Acropora*)为主,形成现代珊瑚林带,活珊瑚的覆盖率可达 85%以上,珊瑚种属丰富。除珊瑚以外,在珊瑚礁区广泛分布的鱼、虾、蟹和贝类等在本区也大量发育,其中鱼虾等主要分布在礁前斜坡活珊瑚林带,螃蟹、贝类等则广泛见于礁岩孔洞之中,初步报道了本珊瑚礁区的 88 种底栖生物^[6]。

根据调查结果^[5]与有关报道^[7],本区共发现现代造礁珊瑚(或石珊瑚 Scleractinia)13 科 25 属 39 种 3 未定种(表 1),以及软珊瑚 6 科 14 种^[7]。应该说珊瑚属种的多少与调查工作的目的和深度有密切的关系,工作越细致、越深入,可能发现的珊瑚属种就越多。有学者^[8]将包括本区在内的华南大陆沿岸称之为东南亚“珊瑚三角带”(“Coral triangle”)的一部分,认为很多重要的珊瑚属种将可以在这里发现。目前我国台湾岛周围珊瑚礁区共发现了造礁珊瑚 52 属、海南岛 36 属、东沙群岛共 44 属、中沙群岛 34 属、西沙群岛 38 属、南沙群岛 45 属^[9, 10]。在菲律宾、马来西亚、印度尼西亚和巴布亚新几内亚等珊瑚礁大国,珊瑚介于 500~600 种之间^[9]。

2 影响本区珊瑚礁生态系统的可能因素(自然因素与人类活动)

影响珊瑚礁生态系统的因素概括起来可分为自然变化和人类活动 2 个方面。目前世界范围内珊瑚礁生态系统严重退化的现象已不容置疑,研究者一致认为,全球变暖和海水温度上升(以及太阳辐射增加)是导致世界范围内珊瑚礁大量白化(Coral reef bleaching)、死亡(Mortality)的主要原因^[11]。珊瑚礁的白化(Bleaching)最早由 Glynn 于 1983 年报道^[12],指生长于水下的五

① 余克服,赵焕庭. 珊瑚礁湿地生态、资源特征. 2001.

彩缤纷的珊瑚由于失去了共生的虫黄藻和它们的色素而变白(死亡)。自此以来,大量的文献对此进行了深入的探讨,包括白化的原因和后果等,余克服等最近报道了导致珊瑚礁大量白化死亡的新原因——冷气候事件(Cold-bleaching)^[13]。此外,其他自然灾害如淡水的突然大量涌入导致盐度降低^[14]、灾害性的风暴(台风)对礁体的摧毁^[15,16]、温度骤然降低导致珊瑚的死亡^[17]、异常低潮导致礁坪珊瑚出露死亡^[18]、火山爆发产生大量的火山灰覆盖珊瑚礁导致珊瑚死亡^[19]、珊瑚天敌的捕食(如长棘海星 *Acanthaster planci*^[20]、*Diadema antillarum*^[9]等)、珊瑚疾病爆发^[21]等也可以导致珊瑚礁生态系统退化;人类活动^[22](如人类的大量挖采、污染物的大量排放等)的破坏在 20 世纪 70 年代后期以来对珊瑚礁的退化产生了比较明显的影响,近年来比较明显的人类活动干扰则为排污、潜水旅游观光、养殖业、过度捕捞、炸鱼等。

表 1 灯楼角石珊瑚目录(13 科 25 属 39 种 3 未定种)

Table 1 Scleractinia list at the coral reef of Denglougiao (13 families, 25 genera, 39species and 3 uncertain species)		
科 Families	属 Genera	种 Species
鹿角珊瑚科 Acroporidae	鹿角珊瑚属 <i>Acropora</i> Oken	佳丽鹿角珊瑚 <i>Acropora pulchra</i> (Brook)
		多孔鹿角珊瑚 <i>Acropora millepora</i> (Ehrenberg)
		粗野鹿角珊瑚 <i>Acropora humilis</i> (Dana)
		伞房鹿角珊瑚 <i>Acropora corymbosa</i> (Lamarck)
		石松鹿角珊瑚 <i>Acropora seago</i> (Studer)
蔷薇珊瑚科 Oculinidae	蔷薇珊瑚属 <i>Montipora</i> de Blainville	膨胀蔷薇珊瑚 <i>Montipora turgescens</i> (Bernard)
		蔷薇珊瑚 <i>Montipora</i> sp. (de Blainville)
		稀杯盏形珊瑚 <i>Galaxea astreata</i> (Lamarck)
		丛生盏形珊瑚 <i>Galaxea fascicularis</i> (Linnaeus)
		易变牡丹珊瑚 <i>Pavona varians</i> (Verrill)
菌珊瑚科 Agariciidae	牡丹珊瑚属 <i>Pavona</i> Lamarck	十字牡丹珊瑚 <i>Pavona decusata</i> (Dana)
		叶形牡丹珊瑚 <i>Pavona frondifera</i> (Lamarck)
		阔裸肋珊瑚 <i>Merulina ampliata</i> (Ellis & Solander)
		撕裂尖孔珊瑚 <i>Oxypora lacera</i> (Saville-Kent)
		伞房叶状珊瑚 <i>Lobophyllia corymbosa</i> (Forsk.)
裸肋珊瑚科 Merulinidae	裸肋珊瑚属 <i>Merulina</i> Ehrenberg	齿珊瑚 <i>Oulangia</i> sp. (M. Edw. -H.)
		标准蜂巢珊瑚 <i>Favia speciosa</i> (Dana)
		秘密角蜂巢珊瑚 <i>Favites abdita</i> (Ellis & Solander)
		多弯角蜂巢珊瑚 <i>Favites flexuosa</i> (Dana)
		多孔同星珊瑚 <i>Plesiastrea versipora</i> (Lamarck)
梳状珊瑚科 Pectiniidae	尖孔珊瑚属 <i>Oxypora</i> Saville-Kent	曲同星珊瑚 <i>Plesiastrea curta</i>
		锯齿刺星珊瑚 <i>Cyphastrea serailia</i> (Forsk.)
		粗突小星珊瑚 <i>Cyphastrea serailia</i> (Forsk.)
		粗糙菊花珊瑚 <i>Goniastrea aspera</i> (Verrill)
		菊花珊瑚 <i>Goniastrea</i> sp. (Milne-Edwards & Haime)
褶叶珊瑚科 Mussidae	叶状珊瑚属 <i>Lobophyllia</i> de Blainville	交替扁脑珊瑚 <i>Platygyra crosslandi</i> (Matthai)
		精巧扁脑珊瑚 <i>Platygyra daedalea</i> (Ellis & Solander)
		中华扁脑珊瑚 <i>Platygyra sinensis</i> (Milne-Edwards & Haime)
		宝石刺孔珊瑚属 <i>Echinopora</i> Matthai
		刺柄珊瑚属 <i>Hydnophora</i> Fischer
根珊瑚科 Rhizangiidae	齿珊瑚属 <i>Oulangia</i> M. Edw. -H.	邻基刺柄珊瑚 <i>Hydnophora contignatio</i> (Forsk.)
		横小星珊瑚 <i>Leptastrea transversa</i> (Klunzinger)
		疣状杯形珊瑚 <i>Pocillopora verrucosa</i> (Ellis & Solander)
		澄黄滨珊瑚 <i>Porites lutea</i> (Milne-Edwards & Haime)
		普哥滨珊瑚 <i>Porites pukoensis</i> (Vaughan)
蜂房珊瑚科 Faviidae	蜂房珊瑚属 <i>Favia</i> Oken	扁缩滨珊瑚 <i>Porites compressa</i> (Link)
		角蜂巢珊瑚属 <i>Favites</i> Link
		细角孔珊瑚 <i>Goniopora gracilis</i> (Bassett-Smith)
		斯氏角孔珊瑚 <i>Goniopora stutchburyi</i> (Wells)
		沙珊瑚 <i>Psammocora</i> sp. (Dana)
同星珊瑚属 Plesiastrea Edwards & Haime	同星珊瑚属 <i>Plesiastrea</i> Edwards & Haime	假铁星珊瑚 <i>Pseudosiderastrea tayamai</i> (Yabe & Sugiyama)
		盾形陀螺珊瑚 <i>Turbinaria peltata</i> (Esper)
		群栖锥形珊瑚 <i>Balanophyllia generatrix</i> (Wood)
		猩红简星珊瑚 <i>Tubastraea coccinea</i> (Lesson)
齿刺星珊瑚属 Cyphastrea Edwards & Haime	齿刺星珊瑚属 <i>Cyphastrea</i> Edwards & Haime	
菊花珊瑚属 Goniastrea Edwards & Haime	菊花珊瑚属 <i>Goniastrea</i> Edwards & Haime	
扁脑珊瑚属 Platygyra Ehrenberg	扁脑珊瑚属 <i>Platygyra</i> Ehrenberg	
宝石刺孔珊瑚属 Echinopora Matthai	宝石刺孔珊瑚属 <i>Echinopora</i> Matthai	
刺柄珊瑚属 Hydnophora Fischer	刺柄珊瑚属 <i>Hydnophora</i> Fischer	
小星珊瑚属 Leptastrea Edwards & Haime	小星珊瑚属 <i>Leptastrea</i> Edwards & Haime	
杯形珊瑚科 Pocilloporidae	杯形珊瑚属 <i>Pocillopora</i> Lamarck	
滨珊瑚科 Poritidae	滨珊瑚属 <i>Porites</i> Link	
角孔珊瑚属 Goniopora de Blainville	角孔珊瑚属 <i>Goniopora</i> de Blainville	
沙珊瑚属 Psammocora Dana	沙珊瑚属 <i>Psammocora</i> Dana	
假铁星珊瑚属 Pseudosiderastrea Yabe & Sugiyama	假铁星珊瑚属 <i>Pseudosiderastrea</i> Yabe & Sugiyama	
陀螺珊瑚属 Turbinaria Oken	陀螺珊瑚属 <i>Turbinaria</i> Oken	
群栖珊瑚属 Balanophyllia Wood	群栖珊瑚属 <i>Balanophyllia</i> Wood	
简星珊瑚属 Tubastraea Lesson	简星珊瑚属 <i>Tubastraea</i> Lesson	

2.1 自然因素对本区珊瑚礁生态系统的可能影响

(1)温度 根据对本区气象要素与珊瑚礁生态系统关系的综合讨论^[23],温度,特别是冬季温度,是影响本区珊瑚生长和珊瑚礁生态系统发育的一个十分重要的因素,因为本区珊瑚礁位于热带北缘,常常受冷空气和寒潮等的影响而产生异常低的温度并直接影响珊瑚礁的发育,因此理论上讲冬季低温的变化对本区珊瑚礁发育的影响是很大的,如中全新世本区珊瑚礁发育的最适宜期即多次被低温影响而导致珊瑚礁发育中断^[2]。已有研究讨论了珊瑚礁发育与温度的关系^[24],认为珊瑚礁发育的最适水温一般为 25~29℃或 25~30℃,珊瑚生长的最低温为月平均 13℃,高温为月平均 31℃。

本珊瑚礁区距海口海洋观测站约 47km,前期研究^[25]表明海口海洋观测站实测的海水表层温度比本区约高 0.3℃,可反映本区的温度变化情况。从海口海洋观测站多年(1960~2002 年)月平均温度的年变程(图 1)来看,每年 4 月中旬至 10 月中旬,本区海水温度都在珊瑚生长和珊瑚礁发育的最适温度范围之内。

1960~2002 年,本区各月平均 SST 变化于 18.5~29.4℃之间,年平均 SST 为 24.9±0.45℃,变化于 23.7~25.9℃之间。相对于 1960~2000 年平均的 SST 距平曲线表明,1960 年以来年平均 SST 呈持续上升趋势(图 2a),基本上满足珊瑚生长的温度要求;20 世纪 80 年代后期以来以 SST 的迅速上升,总体上对珊瑚的生长有利。

近 42a 月平均最高 SST 平均值为 30.3±0.51℃,变化于 29.4~31.5℃之间,基本上还处于珊瑚生长能够适应的温度范围之内,超过 31℃的频率并不大。相对于 1960~2000 年平均的月平均最高 SST 距平曲线(图 2b)表明,1960 年以来本区月平均最高 SST 总体上在波动中呈微弱上升的趋势。

近 42a 月平均最低 SST 平均值为 18.5±1.31℃,变化于 15.2~21℃之间。相对于 1960~2000 年平均的月平均最低 SST 距平曲线(图 2c)表明,20 世纪 80 年代后期以来本区最冷月平均温度呈显著上升趋势,它们对本区珊瑚礁的发育是有利的。

总体来说,本区对珊瑚礁发育有利的年平均温度和月平均最低温度在近 20a 来都呈显著上升趋势,而对珊瑚礁发育不利的、可能导致珊瑚礁白化死亡的月平均最高温度的上升并不明显,因此从温度变化的角度来看,本区珊瑚礁正处于比较理想的恢复发育时期。

(2)台风活动 台风活动对热带珊瑚礁生态系统有比较明显的影响^[17]。本区属热带季风气候,热带气旋影响频繁,1950 年以来热带气旋的气候年平均值为 2.56 个,最多年份 6 个(1953 年)^[4]。2003 年第 12 号台风“科罗旺”于 8 月 25 日 6 时在本珊瑚礁区附近登陆,为研究台风活动对珊瑚礁生态系统的影响提供了极好的机会。初步调查发现,此次台风对本区珊瑚礁的影响至少可反映在以下 3 个方面:①对现代活珊瑚的直接破坏作用,主要表现在台风折断和破坏枝状珊瑚,并且被折断和破坏的珊瑚枝又覆盖于其它的珊瑚之上,对珊瑚礁生态系统的产生了直接的破坏作用;②对珊瑚礁体的破坏作用,主要表现为台风过后相当长的一段时间内(至少 4 个月)海滩沉积物明显变粗,遍布于海滩的珊瑚砾块和珊瑚枝明显增加(图 3a),表明此次台风活动对本珊瑚礁确实产生一定程度的摧毁,并产生了大量的珊瑚砂、砾、块;③大面积的泥沙堆积作用,主要表现为台风过后珊瑚礁坪上沙席的面积急剧扩大(图 3b),这一方面直接减少了现代珊瑚赖以附着生长的基底,另一方面也导致海水浑浊、海水中悬浮物增加,破坏珊瑚礁正常发育所要求的水体清澈的生态环境。这些方面反映出台风活动对珊瑚礁生态系统的影响是一个综合的、长期的过程,准确的影响评估还需要更长的时间调查才能够确定。

(3)其他气候、水文因素,如降雨、潮汐和盐度变化等对本珊瑚礁的影响不明显^[4]。

2.2 人类活动对珊瑚礁的可能影响

相比于自然灾害对珊瑚礁的破坏而言,人类活动的破坏对珊瑚礁的发育来说可能是致命的,人类活动破坏后的珊瑚礁更难

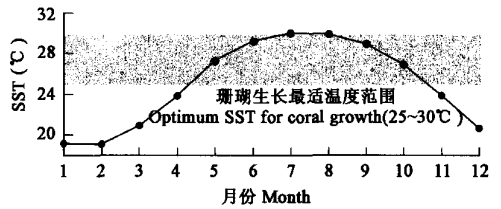


图 1 珊瑚礁区月平均温度年变程

Fig. 1 Monthly SST pattern in the coral reef area

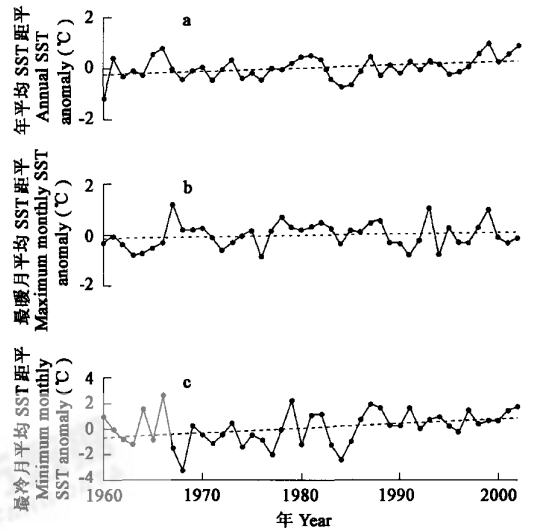


图 2 珊瑚礁区 1960 年以来的温度距平

Fig. 2 SST anomalies around the coral reef area since 1960

a. 年平均 SST 距平 Annual SST anomalies; b. 最暖月平均最高 SST 距平 Yearly warmest monthly SST anomalies; c. 最冷月平均最低 SST 距平 Yearly coldest monthly SST anomalies

1960 年以来年平均 SST 呈持续上升趋势(图 2a),基本上满足珊瑚生长的温度要求;20 世纪 80 年代后期以来以 SST 的迅速上升,总体上对珊瑚的生长有利。

以恢复^[22]。影响本区珊瑚礁发育的人类活动可能包括以下几个方面:

(1)旅游业的快速发展与保护行动滞后给珊瑚礁生态系统带来的威胁。虽然广东省徐闻县政府于1999年成立了“灯楼角珊瑚自然保护区”和“石马角珊瑚自然保护区”,并进行了部分宣传工作,但关于珊瑚礁保护的具体工作还没有完全开展起来,挖采珊瑚等现象比较严重。

(2)渔业、捕捞业和养殖业等对本区珊瑚礁生态系统的可能影响。珊瑚礁是各种鱼、虾、蟹、贝和螺类的理想的隐蔽场所,蕴藏着丰富的海产资源,因此每逢退潮,总有大量的渔民、农妇到珊瑚礁坪上用电打鱼、翻开活的珊瑚块抓贝抓螺,此外,炸鱼、毒鱼、炸礁、鱼船抛锚、渔船油污等都影响到珊瑚礁的生态环境,对珊瑚礁产生了直接的破坏。值得一提的是,珍珠养殖区域内珊瑚礁的发育情况比养殖区以外的要好得多,放坡村西北部珊瑚生长最好的珊瑚林带即位于珍珠养殖区内,这主要是因为珍珠养殖区内上述这些对珊瑚生长不利的捕捞活动要少得多,这一现象正好从另外一个角度证实了本区人类活动对珊瑚礁的影响。

(3)珊瑚礁作为建筑材料的破坏性利用。珊瑚礁石曾经是本区居民建筑的主要材料,如用来作为垒墙铺路的砖石(图3c)、烧制石灰的原料等,20世纪80年代后期以来这些方面的利用已经明显减少,但用来作为虾塘围墙等方面的需求(图3d)还十分严重。挖掘珊瑚礁石,一方面破坏了珊瑚礁赖以生长的基底,使珊瑚礁生态系统退化,另一方面也导致海水浑浊、海水中悬浮物增加,破坏珊瑚礁正常发育所要求的生态环境。

3 灯楼角珊瑚礁资源的可持续利用前景

作为一种生态资源,珊瑚礁具有广阔的可持续利用前景。本文前面提到,珊瑚礁的生态资源特征可体现在保护海岸、矿产资源等多个方面,但这种生态资源的发挥和利用是要以保护好珊瑚礁、使珊瑚礁得以顺利发育为前提条件的。结合本珊瑚礁区的实际情况,并从最短的时间尺度和最直观的效应来看,本区珊瑚礁的可持续利用前景可体现在以下几个方面:

(1)珊瑚礁具有提供丰富的海产资源的潜力 珊瑚礁以其复杂多样的地形和孔洞,为许多中小型鱼类提供了良好的栖息、掩蔽和繁衍场所,是天然渔场。利用珊瑚礁区生物种类繁多这一生态特性,可以开展珊瑚礁区珍贵海产品的人工养殖业;随着珊瑚礁生态系统的保护,礁区本身鱼、虾、贝、藻之类的许多生物种类将会有很好的发展。微藻类等生物增多,也将为珍珠贝类等提供充足的饵料,珍珠养殖业也可得到相应的发展。因此,珊瑚礁区是一个天然的“海洋牧场”,加以适当管理,就可以达到高产、稳产的目的,而同时又不影响珊瑚礁生态系统本身的发育。世界范围内珊瑚礁为上百万的沿岸居民提供主要的食物来源^[9]。因此,若保护好本区珊瑚礁并使之充分发育,则本区海产业具有迅速增长的巨大潜力。

(2)珊瑚礁的旅游资源效应 属于腔肠动物的造礁珊瑚一族,约有600多种,受自身发育和环境因素等的影响而呈现出多种形状;与虫黄藻共生而呈现出多种颜色,结合其丰富的生物多样性,构成绚丽的海底生态景观,是天然旅游胜地。已有澳大利亚的大堡礁、印度尼西亚的巴厘岛等建成了开展珊瑚礁资源保护、开发与管理的海底观光旅游胜地。我国也在海南省三亚龙湾开展了集珊瑚礁保护、开发和管理于一体的海底旅游业务。世界范围内,珊瑚礁区旅游业已经成为了工业发展的重要组成部分,从1985年到1995年的10a内到澳大利亚大堡礁旅游的人数增加了约10倍,达到每年1000万^[9]。

(3)珊瑚礁可提供良好的海洋生态科普教育和科研基地 珊瑚礁自然保护区及其展馆,是向学生和沿海居民开展身临其境、深入浅出的海洋生态学知识和海洋环境保护宣传教育的良好基地。珊瑚礁区物种丰富,目前已经描述的珊瑚礁区生物已经超过10万,而在世界珊瑚礁区栖息的物种可能达2百万,甚至更多^[9]。珊瑚礁又是记录过去和现在环境变化的天然资料库,是重要的科研基地,可以记录海温、盐度、降雨、日照、云量和ENSO事件等多种信息。本区珊瑚礁在揭示过去海平面和气候变化规律方面已经发挥了重要作用^[1, 2, 5]。

(4)珊瑚礁是热带海洋的新药品源地 珊瑚礁区的藻类、海绵、石珊瑚、软珊瑚和柳珊瑚等,可分离出多种有意义的化合物,具新型化学结构和独特生物活性,有潜在的医药开发利用价值^[26]。

珊瑚礁对环境要求严格,是一个非常脆弱的生态系统,因此这个天然旅游胜地的开发、维持和发展,要以珊瑚礁得到充分保护为前提。若本区珊瑚礁得以科学保护和合理开发,则将会具有广阔的可持续利用前景。反之,若急功近利地对珊瑚礁进行破坏

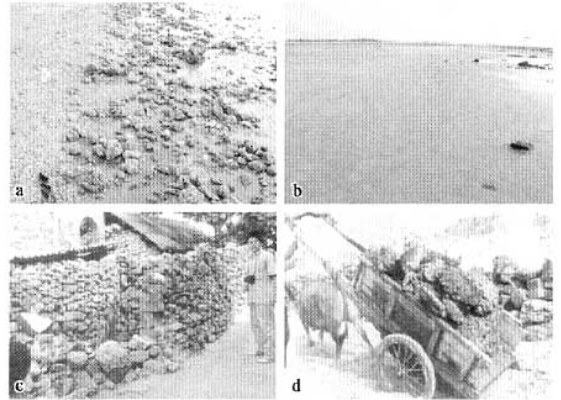


图3 台风和人类活动对灯楼角珊瑚礁的影响

Fig. 3 Impacts of typhoon and human activities on coral reef at Denglouliao, Leizhou Peninsula

a. 2003年8月台风“科罗旺”过后的海滩珊瑚砾块沉积 Coral gravels sediments on the beach after the typhoon Krovanh, 25th, Aug., 2003; b. 发育于珊瑚礁坪的沙席 Sand-sheet on the reef flat; c. 用作建筑材料的珊瑚礁石 House-building corals; d. 用作围筑虾塘的珊瑚礁石 Shrimp-pond wall-building corals

性开发利用,则大自然赋予人类的这一宝贵财富将迅速消失。

4 结论

(1)分布于雷州半岛西南部灯楼角的珊瑚礁(面积约 5~10 km²)自海向陆可分为礁前斜坡活珊瑚林带、外礁坪大块滨珊瑚礁岩带、中礁坪块状珊瑚礁岩混合带、中礁坪块状珊瑚-角孔珊瑚混合带、内礁坪角孔珊瑚带和沙坪台-海滩等 6 个生态带,已鉴定出现代活造礁珊瑚(或石珊瑚 Scleractinia)13 科 25 属 39 种 3 未定种。

(2)本区位于热带北缘,附近人口密集,因此珊瑚礁生态系统的发育受自然因素和人类活动双重制约。气候方面,近 42 年来的温度变化对本区珊瑚礁发育是有利的,而台风活动对本区珊瑚礁有比较明显的影响,台风的影响形式表现在对现代活珊瑚的直接破坏、对珊瑚礁体的破坏作用和产生大面积的泥沙堆积进而影响海水浑浊度等 3 个方面。人类活动对本区珊瑚礁的影响则表现为旅游业的快速发展与保护行动滞后威胁珊瑚礁、渔业和养殖业影响珊瑚礁、作为建筑材料使用而破坏珊瑚礁等 3 个方面。

(3)作为一种重要的海洋生态资源,本区珊瑚礁若得以科学保护,将具有广阔的可持续利用前景:①珊瑚礁具有提供丰富的海产资源的潜力;②珊瑚礁的旅游资源效应;③珊瑚礁可提供良好的海洋生态科普教育和科研基地;④珊瑚礁是热带海洋的新药品源地。

References:

- [1] Zhao J X, Yu K F. Timing of Holocene sea-level highstands by mass spectrometric U-series ages of a coral reef from Leizhou Peninsula, South China Sea. *Chinese Science Bulletin*, 2002, **47**(4): 348~352.
- [2] Yu K F, Liu D S, Shen C D, *et al.* High-frequency climatic oscillations recorded in a Holocene coral reef at Leizhou Peninsula, South China sea. *Science in China (D)*, 2002, **45**(12): 1057~1068.
- [3] Yu K F. The sea surface temperature changing trend of the last 40 years in the Lei-Qiong sea area. *Tropical Geography*, 2000, **20**(2): 111~115.
- [4] Yu K F. Near-shore climate fluctuation of the Leizhou Peninsula during 1950~1997. *Marine Science Bulletin*, 1998, **17**(5): 24~29.
- [5] Yu K F, Zhong J L, Zhao J X, *et al.* Biological-geomorphological zones in a coral reef area at southwest Leizhou Peninsula unveil multiple sea level high-stands in the Holocene. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2002, **22**(2): 27~34.
- [6] Wang L R, Chen R Q, Zhao H T. Organism in intertidal zone of Fringing reef at Qiongzhou Straits. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 2003, **22**(3): 286~294.
- [7] Lu H S, He X L, Chen C L. Species distribution of corals from western littoral sea area of Xuwen Guangdong. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 2003, **22**(4): 445~448.
- [8] Roberts C M, McClean C J, Veron J E N, *et al.* Coral reef biodiversity and conservation—Response. *Science*, 2002, **296**(5570): 1027~1028.
- [9] Spalding M D, Ravilious C, Green E P. World atlas of coral reefs. Berkeley, Los Angeles, London: University of California Press, 2001. 60~62.
- [10] Nie B F, Chen T G, Liang M T, *et al.* The relationship between reef coral and environmental changes of Nansha Islands and adjacent regions. Beijing: Science Press, 1997. 1~101.
- [11] Fagoonee I, Wilson H B, Hassell M P, *et al.* The dynamics of zooxanthellae populations: A long-term study in the field. *Science*, 1999, **283**(5403): 843~845.
- [12] Glynn P W. Extensive 'bleaching' and death of reef corals on the Pacific coast of Panama. *Environ. Conserv.*, 1983, **10**: 149~154.
- [13] Yu K F, Zhao J X, Liu T S, *et al.* High-frequency winter cooling and coral mortality during the Holocene climatic optimum. *Earth and Planetary Science Letters*, 2004, **224**(1-2): 143~155.
- [14] Coles S L, Jokiel P L. Effects of salinity on coral reefs. In: Connell D. W., Hawker D. W. eds, *Pollution in tropical aquatic systems*. Boca Raton: CRC Press, 1992. 147~166.
- [15] Stoddart D R. Coral reefs and islands and catastrophic storms. In: Steers, J. A. ed., *Applied coastal geomorphology*. London: Macmillan, 1971. 155~197.
- [16] Yu K F, Zhao J X, Collerson K D, *et al.* Storm cycles in the last millennium recorded in Yongshu Reef, southern South China Sea. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 2004, **210**(1): 89~100.
- [17] Coles S L, Fadlallah Y H. Reef Coral Survival and Mortality at Low-Temperatures in the Arabian Gulf - New Species-Specific Lower Temperature Limits. *Coral Reefs*, 1991, **9**(4): 231~237.
- [18] Fadlallah Y H, Allen K W, Estudillo R A. Mortality of Shallow Reef Corals in the Western Arabian Gulf Following Aerial Exposure in

Winter. *Coral Reefs*, 1995, **14**(2): 99~107.

- [19] Maniwavie T, Rewald J, Aitsi J, *et al.* Recovery of corals after volcanic eruptions in Papua New Guinea. *Coral Reefs*, 2001, **20**(1): 24~24.
- [20] Colgan M W. Coral-Reef Recovery on Guam (Micronesia) after Catastrophic Predation by *Acanthaster-Planci*. *Ecology*, 1987, **68**(6): 1592~1605.
- [21] Harvell D, Kim K, Quirolo C, *et al.* Coral bleaching and disease: contributors to 1998 mass mortality in *Briareum asbestinum* (Octocorallia, Gorgonacea). *Hydrobiologia*, 2001, **460**: 97~104.
- [22] Grigg R W. Coral reefs in an urban embayment in Hawaii: A complex case history controlled by natural and anthropogenic stress. *Coral Reefs*, 1995, **14**(4): 253~266.
- [23] Perry C T. Storm-induced coral rubble deposition: Pleistocene records of natural reef disturbance and community response. *Coral Reefs*, 2001, **20**(2): 171~183.
- [24] Yu K F, Jiang M X, Chen Z Q, *et al.* The latest 42a sea surface temperature changes in Weizhou Island and its influence on the coral reef ecosystem, *Applied Ecology Acta*, 2004, **15**(3): 506~510.
- [25] Yu K F, Huang Y S, Chen T G, *et al.* A monthly resolution delta O-18 thermometer of a *Porites lutea* coral from Leizhou Peninsula. *Quaternary Science*, 1999, (1): 67~72.
- [26] Zhao H T, ed. *Physical geography of Nansha Islands*. Beijing: Science Press, 1996. 1~401.

参考文献:

- [3] 余克服. 琼州海峡近 40 年海温变化趋势. *热带地理*, 2000, **20**(2): 111~115.
- [4] 余克服. 1950~1997 年雷州半岛近海气候变化趋势. *海洋通报*, 1998, **17**(5): 24~29.
- [5] 余克服, 钟晋梁, 赵建新, 等. 雷州半岛珊瑚礁生物-地貌带与全新世多期相对高海平面. *海洋地质与第四纪地质*, 2002, **22**(2): 27~34.
- [6] 王丽荣, 陈锐球, 赵焕庭. 琼州海峡岸礁潮间带生物. *台湾海峡*, 2003, **22**(3): 286~294.
- [7] 卢伙胜, 何秀玲, 陈春亮, 等. 广东徐闻西部沿海区“珊瑚类”的物种及其分布. *台湾海峡*, 2003, **22**(4): 445~448.
- [10] 聂宝符, 陈特固, 梁美桃, 著. 南沙群岛及其邻近礁区造礁珊瑚与环境变化的关系. 北京: 科学出版社, 1997. 1~101.
- [24] 余克服, 蒋明星, 程志强, 等. 涠洲岛近 42 年来海面温度变化及其对珊瑚礁的影响. *应用生态学报*, 2004, **15**(3): 506~510.
- [25] 余克服, 黄耀生, 陈特固, 等. 雷州半岛造礁珊瑚 *Porites lutea* 月分辨率的温度计研究. *第四纪研究*, 1999, (1): 67~72.
- [26] 赵焕庭主编, 南沙群岛自然地理. 北京: 科学出版社, 1996. 1~401.