

南海海洋科学集刊

NANHAI STUDIA MARINA SINICA

第 10 集

中国科学院南海海洋研究所 编辑

科学出版社



南海海洋科学集刊

NANHAI STUDIA MARINA SINICA

第10集

中国科学院南海海洋研究所 编辑

科学出版社

1 9 9 2

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本集刊选登了海洋科学研究论文共 17 篇。其中地质方面的有“中沙环礁的现代沉积”等 8 篇；海洋物理 1 篇，论述了台湾浅滩至珠江口近海区夏季海水的光学特性；地球化学 1 篇，论述了大亚湾悬浮物和底质的地球化学；海洋水文气象 4 篇，论述香港附近海区台风波浪计算、伶仃洋的变形 Kelvin 潮波系统、东风季风期间西太平洋热带海域的水文气象特征，以及西太平洋赤道海域的海流观测和对资料质量的讨论等；海洋生物 3 篇，论述了广东、海南岛沿海的虾类分布、粤东潮下带表层海水与表泥中异养细菌的生态分布，以及海南岛沿海的底栖海藻。

本集刊可供南海海洋资源利用、航运、海洋工程等部门的技术人员和有关大专院校师生参考。

南海海洋科学集刊

第 10 集

中国科学院南海海洋研究所 编辑

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

（邮政编码：100707）

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1992 年 9 月第 1 版 开本：787×1092 1/16

1992 年 9 月第一次 印张：14 3/4 插页：4

印数：0001—1000 字数：342 000

ISBN 7-03-003166-0/P·622

定价：16.00 元

目 录

中沙环礁的现代沉积	聂宝符、郭丽芬、朱袁智、钟晋梁 (1)
礼乐滩-南沙海槽海区晚第四纪碳酸盐沉积	
..... 苏广庆、王有强、欧阳华、王天行、涂 霞、郑 范 (19)	
华南海岸带的自然资源	赵焕庭、宋朝景、张乔民 (37)
珠江口外现代沉积物粒度类型的对数比统计分析及沉积水动力环境的讨论	
..... 周 蒂、罗又郎、陈汉宗 (52)	
广东省阳西县沙扒港沉积物的沉积速率研究	温孝胜、赵焕庭、刘 韶 (63)
琼东乌场湾表层沉积物中重矿物组合和泥沙运移	吴天霖 (79)
曾母暗沙海区全新世唇口目苔藓虫	陆麟黄、聂宝符、钟晋梁 (92)
珠江口外浅海区底质物理特性评价	
..... 杨位洸、温耀霖、余绍襄、卢 博、梁元博、黄韶健 (113)	
台湾浅滩至珠江口近海区夏季的海水光学特性	钟其英、郭运孝 (125)
大亚湾悬浮物和底质的 EDAX 分析及元素地球化学探讨	
..... 李祥云、陈虹勋、李传荣、王祥珍、邱传珠 (136)	
香港附近海区 1976 年 IRIS 台风期间波浪数值计算 I. 台风波浪数值计算 ...	
..... 王文质、陈俊昌、黎满球、黄启杰 (159)	
试论伶仃洋的变形 Kelvin 潮波系统	叶龙飞、冯高义 (175)
东北季风期间西太平洋热带海域的水文气象特征	林锡贵、张庆荣、蔡亲炳 (186)
西太平洋赤道海域的海流观测和对资料质量的初步讨论	黄企洲 (197)
广东、海南岛沿海的虾类分布	单国钊、沈寿彭 (207)
粤东潮下带表层海水与表层泥中异养细菌的生态分布	
..... 沈鹤琴、蔡创华、周毅频 (219)	
海南岛沿海的底栖海藻	蒋福康、吴进锋 (231)

CONTENTS

Modern Sediments of the Zhongsha Atoll	
..... Nie Baofu, Guo Lifen, Zhu Yuanzhi and Zhong Jinliang (1 3)	
Late Quaternary Carbonate Sediments of the Liyue Bank-Nansha Trough Sea Area ...	
..... Su Guang-	
qing, Wang Youqiang, Ouyang Hua, Wang Tianxing, Tu Xia and Zheng Fan (3 6)	
Natural Resources of South China Coastal Zone	
..... Zhao Huanting, Song Chaojing, Zhang Qiaomin (5 1)	
Logratio Statistical Analysis of Grain-size Types and Discussions on Sedimentational Hydrodynamic Conditions of Modern Sediments off Zhujiang River Mouth	
..... Zhou Di, Luo Youlang and Chen Hanzong (6 2)	
Studies on the Sedimentation Rate of Sediment Cores from Shapa Port in Yangxi County, Guangdong Province	
..... Wen Xiaosheng, Zhao Huanting and Liu Shao (7 8)	
Combination of Heavy Minerals in Surface Sediments and Site Migration in Wuchang Bay, East Hainan	
..... Wu Tianji (9 1)	
Holocene Cheilostomata (Bryozoa) from the Zengmu Ansha Waters, South China Sea	
..... Lu Linhuang, Nie Baofu and Zhong Jinliang (105)	
Estimation on the Physical Characters of Marine Sediments in a Shallow Sea Area.....	
..... Yang Wei-	
guang, Wen Yaolin, Yu Shaoxiang, Lu Bo, Liang Yuanbo and Huang Shaojian (124)	
Optical Characteristics of Sea Water in the Coastal Waters from Taiwan Bank to Zhujiang River Mouth in Summer	
..... Zhong Qiying and Guo Yunxiao (135)	
EDAX Analysis of Particulate Suspended Matters and Sediments in Daya Bay and Discussions on the Geochemistry of Elements	
..... Li	
Xiangyun, Chen Hongxun, Li Chuanrong, Wang Xiangzhen and Qiu Chuanzhu (158)	
Numerical Calculation on Waves in Sea Areas Adjacent to Hong Kong During Typhoon Iris in 1976 I. Numerical Calculation on Typhoon Waves	
..... Wang Wenzhi, Chen Junchang, Li Manqiu and Kai-Kit Wong (173)	
A Modified Kelvin Tidal Wave System in Lingdingyang, Zhujiang River Estuary	
..... Ye Longfei and Feng Gaoyi (185)	
Hydrometeorological Properties of the West Pacific Tropical Ocean During NE Monsoon	
..... Lin Xigui, Zhang Qingrong and Cai Qinbing (196)	

Observations of Currents in the Equatorial West Pacific and a Preliminary Discussion for Observational Data Quality	Huang Qizhou (206)
Distribution of Shrimps Along the Coast of Guangdong Province and Hainan Island...	
.....	Shan Guozhao and Shen Shoupeng (215)
Ecological Distribution of Heterotrophic Bacteria in Surface Seawater Layer and Mud Sediments of the Lower Tide Zone in East Guangdong Province	
.....	Shen Heqin, Cai Chuanghua and Zhou Yiping (230)
Benthic Marine Algae in the Coastal Zone of Hainan Island	
.....	Jiang Fukang and Wu Jinfeng (237)

中沙环礁的现代沉积*

聂宝符 郭丽芬 朱袁智 钟晋梁

(中国科学院南海海洋研究所)

提 要

中沙环礁位于南海中部,走向 NE,长约 140km,是沉溺环礁,礁顶水深 13—20m,礁湖底水深 75—85m。礁环和点礁主要由造礁珊瑚组成。礁湖沉积物以底栖有孔虫为主,其次是小软体动物和钙藻屑。60m 以深的礁前斜坡表层礁岩,主要由皮壳状珊瑚藻组成。礁前台阶沉积物为生物屑,以有孔虫为主。随着深度的增加,浮游有孔虫的含量增大。其次是软体动物壳和珊瑚藻。沉积物化学元素随生物组分而变化,如 Ca/Mg,礁前为 24.78,礁环为 36.43,礁湖为 20.89,即主要受生物骨骼组分所控制。已知造礁石珊瑚 *Porites* 和蜂房珊瑚科 *Faviidae* 各属。礁岩中未见文石和镁方解石等胶结物。礁岩的固结,主要靠生物胶结作用。

中沙环礁是水下生物礁体,位于南海中部(15°20′—16°20′N, 113°30′—115°00′E),屹立在南海中央深海盆的西北缘,座落在南海北部陆坡的台阶上。它与西沙群岛之间被一 NE 向的深为 2 000—3 000m 的海槽所隔。礁体走向为 NE-SW,长约 140km,宽约 55km。礁体北坡较平缓,水深 330—350m 的坡面宽达 37km,为一坡度极小的台阶^①。礁体南坡陡落至 4 000m 的中央海盆。

环礁边由一系列断断续续的深为 13—20m 的暗礁、暗沙和礁滩组成。

潟湖底水深一般为 70—85m,局部地区 90—100m。潟湖底与礁边顶部之高差为 60—70m。潟湖东半部分布许多点礁,点礁的顶部水深 15—20m。礁边缺口为潟湖与外海水体交换的通道。可分为两类:一类是水深 55—65m,宽 300—500m,数量多,主要分布在环礁的南缘和北缘;另一类是水深大于 70m,宽度为 3—12km,数量少,分布在环礁的东北端和西南端。

我所 1976 年 4—6 月在环礁区用采泥斗采集了 14 个样^[1],1985 年 9 月在环礁的东北和西南礁前斜坡作拖网采样,获得礁块样,并在拖网的钢筒内取得生物碎屑样 10 个。共 24 个,全是表层样,分别采自礁体的不同部位(图 1):礁前(Zh-2, Zh-3, Zh-4, Zh-7, Zh-8, Zh-9, 0255);礁环,指的是构成环礁边缘的暗沙和暗礁(Zh-1, 中-1, 中-2, 中-3, 中沙-1, 中沙-4, 0226, 0234);礁湖,即潟湖(中沙-2, 中沙-3, 0224,

收稿日期:1987 年 3 月 9 日。

* 本所陈婉颜负责等离子体发射光谱分析,陈丽虹负责化学常量分析,王淦藩、林怀兆、梁卫华负责粒度分析,中国科学院南京地质古生物研究所陆麟黄鉴定苔藓虫标本,在此一并致谢。

① 谢以萱,1980,中沙群岛水下地形概况,海洋科学资料,1,国家海洋局海洋科技情报研究所。

0227, 0228, 0229, 0230, 0232, 0233)。各地貌部位的沉积物的生物组分、化学组分和沉积物结构构造不同。

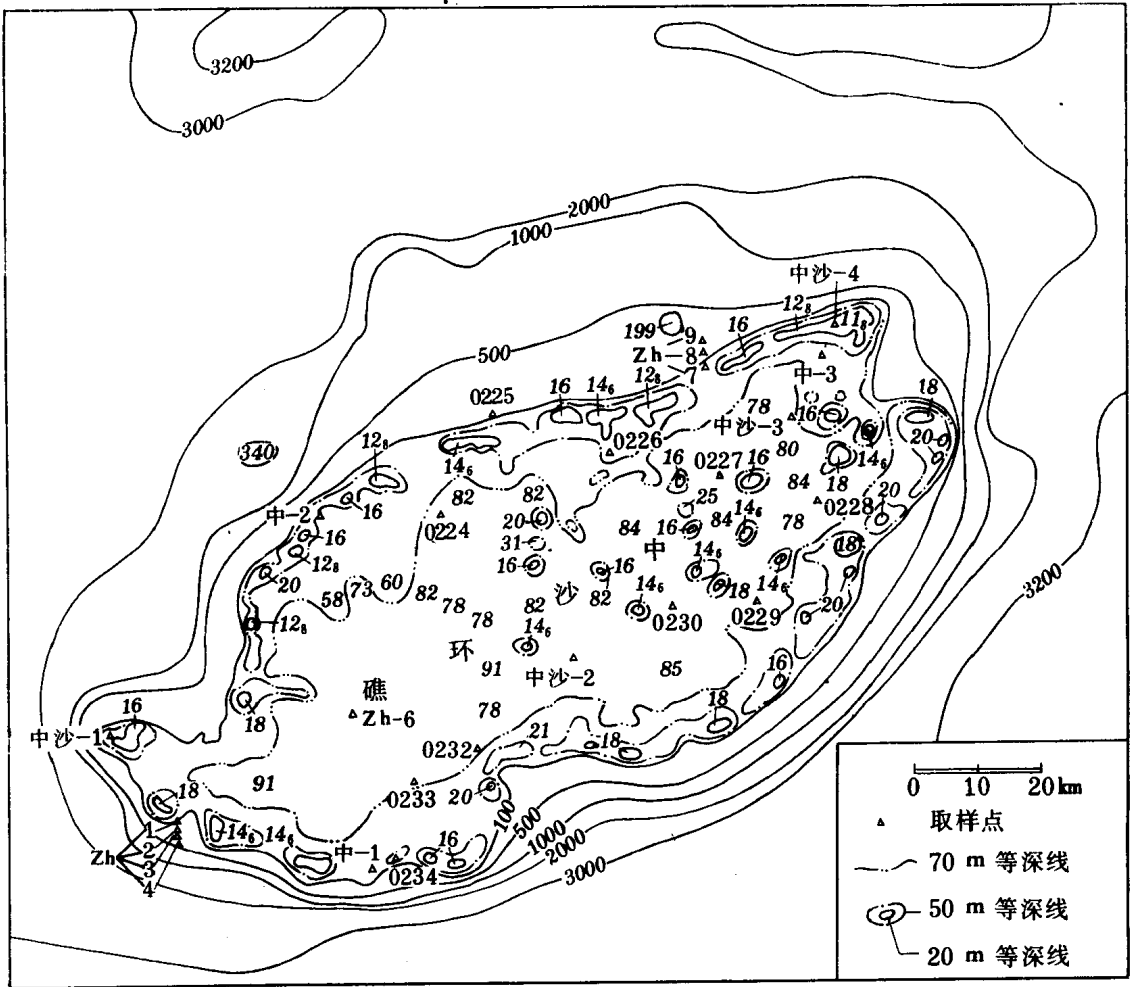


图 1 中沙环礁地形和采样点分布

一、沉积物主要生物组分

中沙环礁采集的样品，几乎全由碳酸盐骨骼生物组成。礁体顶部造礁珊瑚及苔藓动物繁盛，表明礁体在增长。

礁区生物的发育受水深及地形控制。经分析鉴定得知，中沙环礁的礁环、礁前斜坡和礁湖沉积物的主要生物组分不同，即使在礁前斜坡，其块状的造骨架生物与碎屑沉积物的生物组分亦有差异。

1. 礁环

水深 60m 以浅的礁环样品，以块状的造礁珊瑚占绝对优势，有滨珊瑚 *Porites*、蜂房珊瑚 *Favia*、菊花珊瑚 *Goniastrea* (图版 I : 3)、刺星珊瑚 *Cyphastrea* (图版 I : 2)、杯形珊

瑚 *Pocillopora*、蔷薇珊瑚 *Montipora* (图版 I : 4) 和鹿角珊瑚 *Acropora* (图版 I : 1) 等。此外, 还采到一些其它门类的生物, 如柳珊瑚类 *Gorgonians*、钙质藻类的珊瑚藻科 *Corallinaceae* 和仙人掌藻 *Halimeda* 等。

2. 礁前斜坡

水深大于 60m 的礁前斜坡的礁块标本, 大部分是钙质藻类, 其中又以皮壳状的珊瑚藻科 *Corallinaceae* 占绝对优势。有的长成薄层状, 将其它生物碎屑包裹其中, 有的成薄壳状结构, 也有的成结核状或不规则形态。

仅次于珊瑚藻类的是造礁石珊瑚。按形态大致可分为块状, 薄层状和枝状几种类型。块状的主要有蜂房珊瑚 *Favia*、蔷薇珊瑚 *Montipora*、盔形珊瑚 *Galaxea*、穴孔珊瑚 *Alveopora* (图版 I : 6)、小星珊瑚 *Leptastrea* (图版 I : 5) 和叶状珊瑚 *Lobophyllia* (图版 I : 8) 等; 薄层状的有刺叶珊瑚 *Echinophyllia* (图版 I : 7) 和薄层珊瑚 *Leptoseris* (图版 I : 1); 枝状的有鹿角珊瑚 *Acropora*、杯形珊瑚 *Pocillopora*、排孔珊瑚 *Seriopora* (图版 I : 2) 和顶枝珊瑚 *Acrhelia* 等。

此外, 还有少量其它生物组分, 包括非造礁珊瑚类的丁香珊瑚 *Caryophyllia* 和本珊瑚 *Dendrophyllia*。

苔藓虫也很丰富, 它们常附在礁块的表面, 如小孔苔虫 *Micropora* (图版 III : 2)、杯苔虫 *Cupuladria*、膜孔苔虫 *Membranipora* 等。

在拖网中还采到为数不少的等节海百合科 *Isocriridae* (图版 III : 5) 标本。在礁块上还附有一些龙介科 *Serpulidae* (图版 III : 7) 和蛇螺科 *Vermetidae* (图版 III : 8) 的标本。

礁前斜坡的生物碎屑样品中, 虽仍有珊瑚藻类和造礁珊瑚等, 但为数不多, 而以个体微小的有孔虫和小型软体动物壳屑占主要地位, 仙人掌藻和苔藓虫的数量也不少。

礁前斜坡的有孔虫, 目前尚未有专题研究。但据蔡慧梅等^[2]报道, 西沙群岛和中沙群岛的有孔虫达 132 属 341 种。

碎屑样品中的软体动物, 大多是一些形体细小、壳质较薄的种类, 如海扇类、骨螺类和一些浮游翼足类等。

中沙环礁的仙人掌藻 *Halimeda* 尚未见有专题报道, 但其节片却普遍见于礁前斜坡的生物碎屑中。

苔藓虫在生物碎屑样品中也非常丰富, 据对部分样品的初步鉴定, 已不下 10 属 (见表 1)。尤其网孔苔虫 *Retepora* (图版 III : 1)、线散苔虫 *Filliparsa* (图版 III : 3) 更为普遍。

在本区礁环和礁前斜坡的块状样品中常见的造礁珊瑚, 在礁前斜坡的碎屑样品中仅见 3—4 属, 如蔷薇珊瑚 *Montipora*、鹿角珊瑚 *Acropora*、薄层珊瑚 *Leptoseris* 和排孔珊瑚 *Seriopora* 等。

此外, 还有八射珊瑚类的笙珊瑚 *Tubipora* (图版 I : 5)、水螅珊瑚类的多孔螅 *Millepora* (图版 I : 3) 和柱星螅 *Stylostre* (图版 I : 4) 等的碎屑。

非造礁珊瑚类中, 除已见于块状样品的丁香珊瑚 *Caryophyllia* 和树形珊瑚 *Dendrophyllia* 外, 还有异杯珊瑚 *Heterocythus* 冠叶珊瑚 *Stephanophyllia* (图版 I : 6) 等。

在碎屑样品中, 还有少数其它生物碎片。如软珊瑚骨针、海胆壳及刺 (图版 III : 6) 和海百合茎 (图版 III : 5) 等。

3. 礁湖

从边缘向中部, 沉积物由中粗砂逐渐变为细粉砂, 有孔虫极为丰富, 底栖有孔虫多于浮游有孔虫 (见表 3, 4)。其它生物甚少, 在 0232, 0233 和中沙-3 的礁湖边缘标本中, 见有珊瑚藻、仙掌藻、腹足类 (蟹手螺科、织纹螺科、帽贝科)、瓣鳃类和掘足类等。

综上所述,我们在中沙群岛采到造礁珊瑚 14 属,和马廷英^[3]已报道的 9 属,合计 23 属(表 1)。它们包括建造礁骨架的主要属类,如滨珊瑚 *Porites* 和蜂房珊瑚科 *Faviidae* 的各属,也是南海珊瑚礁区如西沙群岛和海南岛等地的常见属。在中沙群岛的礁环上,它们占绝对优势,在礁前斜坡的礁块中,也找到不少属类。

从生物组分来看, 中沙环礁具有南海其它珊瑚礁区的典型特征。

表 1 中沙群岛主要生物组分

种 类	名 称	种 类	名 称
造 礁 石 珊 瑚	鹿角珊瑚 <i>Acropora</i>	其 它 造 礁 珊 瑚	笙珊瑚 <i>Tubipora</i>
	蔷薇珊瑚 <i>Montipora</i>		多孔螅 <i>Millepora</i>
	蜂房珊瑚 <i>Favia</i>		柱星螅 <i>Stylostre</i>
	菊花珊瑚 <i>Goniastrea</i>		软珊瑚类 <i>Alcyonacea</i>
	刺星珊瑚 <i>Cyphastrea</i>	非 造 礁 珊 瑚	树形珊瑚 <i>Dendrophyllia</i>
	穴孔珊瑚 <i>Alveopora</i>		丁香珊瑚 <i>Caryophyllia</i>
	小星珊瑚 <i>Leptastrea</i>		异杯珊瑚 <i>Hetrocythus</i>
	刺叶珊瑚 <i>Echinophyllia</i>		冠叶珊瑚 <i>Stephanophyllia</i>
	叶状珊瑚 <i>Lobophyllia</i>		柳珊瑚类 <i>Gorgonians</i>
	薄层珊瑚 <i>Leptoseris</i>	苔 鲜 虫	网孔苔虫 <i>Retepora</i>
	盔形珊瑚 <i>Galaxea</i>		线散苔虫 <i>Filisparsa</i>
	排孔珊瑚 <i>Seriatopora</i>		丁窦苔虫 <i>Conescharrellina</i>
	杯形珊瑚 <i>Pocillopora</i>		杯苔虫 <i>Cupuladria</i>
	顶枝珊瑚 <i>Acrhelia</i>		小孔苔虫 <i>Micropora</i>
	沙珊瑚 <i>Psammocora</i>		膜孔苔虫 <i>Membranipora</i>
	牡丹珊瑚 <i>Pavona</i>		<i>Schizellozoon</i>
	滨珊瑚 <i>Porites</i>		<i>Actisecos</i>
	角孔珊瑚 <i>Goniopora</i>		<i>Cellaria</i>
	角蜂巢珊瑚 <i>Favites</i>		<i>Orbiculipora</i>
珊 瑚	同星珊瑚 <i>Plesiastrea</i>	钙 质 藻 类	珊瑚藻科 <i>Corallinaceae</i>
	千星珊瑚 <i>Caulastrea</i>		仙掌藻 <i>Halimeda</i>
	石 芝 <i>Fungia</i>		
	真叶珊瑚 <i>Euphyllia</i>		

二、沉积物粒度分析

环礁沉积物粒度，明显受水深、地形及生态环境控制。因为中沙环礁的顶部均在大于 15m 水深（波基面以下），一般波浪对礁体影响不强烈。所以波浪不是控制沉积物粒度变化的主要因素。

构成礁环、礁瑚中的点礁和礁前斜坡的礁岩，主要由造礁骨架的珊瑚和皮壳状珊瑚藻构成。湖底和礁前台阶沉积物，则主要由喜礁生物骨壳组成的碎屑沉积物。碎屑颗粒大小与生物属种密切相关。多数是微体生物和易碎生物骨壳组成，如礁前斜坡沉积物粒度随水深加大而变细（表 2），不同粒级的生物组分也随之而变化。

表 2 中沙环礁礁前生物砂粒度特征表

样品号	水 深 (m)	粒 度 特 征					定 名
		Md ϕ	Q ₁ ϕ	Q ₃ ϕ	QD ϕ	SK ϕ	
Zh-7	400—300	4.55	2.88	5.74	1.43	-0.24	砂质粉砂
Zh-8	200—100	1.17	0.55	1.79	0.62	0	中粗砂
Zh-9	100—60	1.19	0.49	1.79	0.65	-0.05	中粗砂

从表 2 的粒度参数看，Zh-8 号和 Zh-9 号样，各数值极相近，故它们的累积曲线（图 2）几乎重叠，粒度中值稍大于 1 ϕ ，颗粒分选性好，显示曲线很陡，负偏态极微或为零。但水深 300—400m 的 Zh-7 号样的粒度中值更细，仅 4.5 ϕ ，分选中常，曲线缓斜，负偏态 0.024。

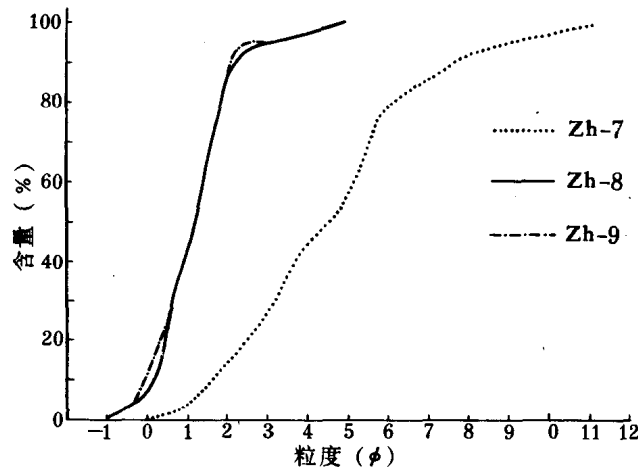


图 2 中沙环礁东北礁前斜坡沉积物粒度累积曲线图

礁前斜坡生物砂以有孔虫和软体动物为主，造礁珊瑚和钙藻为次要成分（表 3）。造

礁珊瑚的成分随深度的增加而减少, 在 300—400m 水深的沉积物中, 未见造礁珊瑚; 而有孔虫占 86.71%。就有孔虫的种属而言, 在 200m 以浅, 底栖属种占多数, 在 300—400m 的水深, 浮游属种占优势。

表 3 中沙环礁生物屑组分

样品号	环境	水深 (m)	生物组分 (%)									说明
			造礁珊瑚	软体动物	钙藻	有孔虫	苔藓虫	棘皮类	软珊瑚骨针	其它钙屑	非钙屑	
Zh-6	潟湖底	80	1.94	16.69	17.51	55.59	0.81	2.76	2.93	1.13	0.64	有孔虫以底栖类占大多数
Zh-7	礁前	400—300		9.67	2.72	86.71	0.30	0.60				有孔虫以浮游类占大多数
Zh-8	礁前	200—100	8.23	33.19	9.52	35.36	10.53	2.45		0.43	0.27	有孔虫以底栖类占大多数
Zh-9	礁前	100—60	19.49	14.83	11.42	39.83	9.35	1.81	0.03	3.23	0.01	有孔虫以底栖类占大多数

注: 选择 $-1\phi - 1\phi$ 粒径的颗粒作统计。

三、礁 岩

中沙环礁的表层礁岩, 按其生物组分可以划分两类。

其一, 从水深 60m 以浅的礁环和潟湖中的点礁 (或称礁斑) 采集的礁块, 其生物组分主要由造礁石珊瑚组成 (图版 IV : 2, 3, 8), 故应属珊瑚礁。

其二, 从水深 60—400m 的礁前斜坡采的表层礁岩样, 主要由珊瑚藻组成。其直径 3—15cm, 以 5—9cm 的最多, 不规则状, 切面可见不同属种皮壳状珊瑚藻相间生长构成的层状构造 (图版 IV : 1)。

由此可见, 水深 60m 以浅的礁体, 是在深度不大, 适宜造礁石珊瑚生长发育的环境中形成的。而 60m 以深的礁体, 是在不利于造礁珊瑚生长发育, 但仍适于珊瑚藻发育的环境中形成的。因为有的壳状珊瑚藻在 100m 的深度仍能正常生长。

珊瑚藻, 特别是壳状珊瑚藻, 不仅是主要造骨架生物, 而且是礁岩中的主要粘结物。可将礁骨架孔隙中的充填生物屑固结起来。故珊瑚藻是中沙环礁的主要造礁生物之一。

在礁岩薄片的粒间孔隙和生物体腔孔隙中, 未见淀晶文石和高镁方解石胶结物。仅在部分孔隙见含生物细屑的灰泥充填物 (图版 IV : 2, 6)。

活珊瑚标本的孔隙中, 没有任何胶结物或充填物 (图版 IV : 8)。

礁岩遭受穿钙藻和钻孔生物的强烈破坏。穿钙藻将生物骨壳破坏成细屑和灰泥 (图版 IV : 4, 5, 7)。礁岩薄片可见许多大小不一的生物钻孔。

四、中沙环礁礁岩与沉积物的化学成分

(一) 样品的分析方法

用美国 ARL 公司的等离子体发射光谱仪分析样品的 25 个元素的含量;按《海洋调查规范》分析样品的 $C_{\text{有机}}$ 含量。另外还使用了礁岩 (中-2) 的 Mg, Sr 原子吸收光谱数据 (见表 5), 一并进行分析研究。

(二) 结果与讨论

各种原始资料列于表 4, 5。

1. 礁岩的元素分布

按化学成分将礁岩划分为两种类型:

表 4 中沙环礁不同相带沉积物的有孔虫^[2]、Ca、Mg* 含量

相带	站号	水深 (m)	沉积物	有孔虫总数 (个/50g)	浮游有孔虫 (%)	底栖有孔虫 (%)	Ca (%)	Mg (%)
礁前	0225	115.9	细粉砂	62 008	43.66	56.43	36.23	1.39
礁环	中沙-1	25.0	粗中砂	189	0.53	99.47	36.46	1.03
礁环	中沙-4	30.9	粗中砂	9 931	0.22	99.78	36.75	1.09
礁环	0226	47.3	中细砂	29 672	0.63	99.37	36.74	1.05
礁环	0234	21.8	砾	1 065	1.31	98.69	37.02	0.89
潟湖	中沙-2	90.6	细粉砂	65 816	43.87	56.13	34.92	2.28
潟湖	中沙-3	80.5	细粉砂	5 338	37.35	62.65	35.45	1.81
潟湖	0224	74.4	砾	664	25.30	74.70	35.62	2.87
潟湖	0227	93.7	中细砂	12 546	40.42	59.58	35.52	1.75
潟湖	0228	93.7	细粉砂	18 891	43.54	56.46	33.28	1.80
潟湖	0229	89.8	细粉砂	71 480	47.17	52.83	34.93	1.63
潟湖	0230	93.4	细粉砂	18 414	48.35	51.65	35.00	1.82
潟湖	0232	70.2	细砂	9 875	4.70	95.30	37.23	0.83
潟湖	0233	79.1	中细砂	38 186	12.19	87.81	35.13	2.15

* 刘 韶, 1976, 中沙群岛礁湖沉积特征的探讨——兼论礁湖的地貌单元 (未刊稿)。

(1) Ca, Sr, Na 和 Ba 含量较高, 反映出样品以石珊瑚 (文石质) 为主, 因 “Sr, U, Pb, Ba 的离子半径大, 在文石中比在方解石中更富集”^[4], 这样的样品有中-3 和中-2。

(2) Mg, P, K, Mn, Fe 和 Zn 含量较高, 反映出样品以珊瑚藻 (高镁方解石) 为主, 因 “Mg, P, Mn, Fe, Ni 的离子半径小, 它们优先选择方解石”^[4], Zh-3 样品较典型。

Zh-1 样品的 S, Pb, 含量比较高, Mg 含量很低, 反映石珊瑚的特点; 它的 Ca 含量较

低, K, Ni 含量稍高却是珊瑚藻的特点; 这个样品的 Sr, Na, Ba, P, Mn 和 Fe 的含量都在两类样品之间, 说明这样品的石珊瑚和珊瑚藻都相当丰富, 是混合型。

所取礁岩的 $C_{\text{有机}}$, Al, Sc, Ti, V, Cr, Cu 和 Y 的含量相同或近似; B, Co, Zr, Mo 和 Cd 的含量很微。

表 5 中沙环礁礁岩、礁前沉积物的化学成分 (%)

样品号	礁前沉积物			礁岩			
	Zh-9	Zh-8	Zh-7	中-2	中-3	Zh-1	Zh-3
水深 (m)	60—100	100—200	300—380	45	60	35	60—400
<0.063mm 粒级 %	2.8	2.9	55.1				
$C_{\text{有机}}$	0.04	0.13	0.29			0.44	0.40
B	$<5.6 \times 10^{-5}$	$<5.6 \times 10^{-5}$	$<5.6 \times 10^{-5}$		$\sim 5.6 \times 10^{-5}$	$<5.6 \times 10^{-5}$	$<5.6 \times 10^{-5}$
Na	0.342	0.564	0.958		0.3874	0.332	0.292
Mg	1.686	1.378	1.274	0.72	0.768	0.169	2.234
Al	1.1×10^{-2}	1.8×10^{-2}	2.04×10^{-1}		1.3×10^{-2}	7.2×10^{-3}	1.08×10^{-2}
P	1.96×10^{-2}	2.68×10^{-2}	2.8×10^{-2}		1.84×10^{-2}	2.06×10^{-2}	4.24×10^{-2}
S	0.358	0.366	0.374		0.36	0.406	0.384
K	1.5×10^{-2}	2.9×10^{-2}	1.01×10^{-1}		1.84×10^{-2}	4.26×10^{-2}	3.82×10^{-2}
Ca	35.28	35.30	33.78		37.34	33.36	33.08
Sc	2×10^{-4}	2×10^{-4}	2×10^{-4}		2×10^{-4}	2×10^{-4}	2×10^{-4}
Ti	4×10^{-4}	6×10^{-4}	5×10^{-3}		4×10^{-4}	2×10^{-4}	4×10^{-4}
V	6×10^{-4}	6×10^{-4}	8×10^{-4}		6×10^{-4}	6×10^{-4}	6×10^{-4}
Cr	$<1.0 \times 10^{-4}$	$<1.0 \times 10^{-4}$	$<1.0 \times 10^{-4}$		1×10^{-3}	6×10^{-4}	8×10^{-4}
Mn	3.2×10^{-3}	5×10^{-3}	1.02×10^{-2}		1.4×10^{-3}	2.6×10^{-3}	9×10^{-3}
Fe	8×10^{-3}	1.94×10^{-2}	1.39×10^{-1}		6.2×10^{-3}	6.6×10^{-3}	1.26×10^{-2}
Co	$<3.4 \times 10^{-5}$	$<3.4 \times 10^{-5}$	$<3.4 \times 10^{-5}$		$<3.4 \times 10^{-5}$	$\sim 3.4 \times 10^{-5}$	$<3.4 \times 10^{-5}$
Ni	$<1.0 \times 10^{-4}$	$<1.0 \times 10^{-4}$	1×10^{-3}		8×10^{-4}	1.6×10^{-3}	4×10^{-4}
Cu	1.6×10^{-3}	3.4×10^{-3}	1.8×10^{-3}		4.2×10^{-3}	3.8×10^{-3}	4×10^{-3}
Zn	2.2×10^{-3}	3.2×10^{-3}	2.8×10^{-3}		3×10^{-3}	2.4×10^{-3}	3.2×10^{-3}
Sr	0.44	0.404	0.338	0.80	0.64	0.58	0.38
Y	6×10^{-4}	6×10^{-4}	8×10^{-4}		6×10^{-4}	4×10^{-4}	6×10^{-4}
Zr	$<2.8 \times 10^{-5}$	$\sim 2.8 \times 10^{-5}$	$<2.8 \times 10^{-5}$		2×10^{-4}	$<2.8 \times 10^{-5}$	$<2.8 \times 10^{-5}$
Mo	$<8 \times 10^{-5}$	$<8 \times 10^{-5}$	$<8 \times 10^{-5}$		$<8 \times 10^{-5}$	$<8 \times 10^{-5}$	$<8 \times 10^{-5}$
Cd	$<3.6 \times 10^{-5}$	$<3.6 \times 10^{-5}$	$<3.6 \times 10^{-5}$		2×10^{-4}	$<3.6 \times 10^{-5}$	$<3.6 \times 10^{-5}$
Ba	1×10^{-3}	1×10^{-3}	3×10^{-3}		1.8×10^{-3}	1.6×10^{-3}	1.4×10^{-3}
Pb	1.8×10^{-3}	2.4×10^{-3}	1.6×10^{-3}		1.2×10^{-3}	2.2×10^{-3}	2.4×10^{-3}

2. 沉积物的 Ca, Mg 和 Ca/Mg 值在不同相带的分布 (表 6)

表 6 不同相带沉积物的 Ca, Mg 含量和 Ca/Mg 值

相 带	样品数	Ca (%)	Mg (%)	Ca/Mg
礁 前	4	35.15	1.44	24.78
礁 环	4	36.74	1.02	36.43
礁 湖	9	35.23	1.88	20.89

礁环沉积物 Ca 含量稍高, Mg 含量低, Ca/Mg 值最高。礁湖沉积物 Mg 的含量最高, Ca/Mg 值最低。因礁环沉积物颗粒粗, 砾和粗、中砂占 75%, 这些沉积物多是 Ca 含量高、Mg 含量低的石珊瑚骨屑。礁前和礁湖沉积物的颗粒较细, 礁湖沉积物有 55% 是细粉砂, 这些沉积物含有丰富的珊瑚藻和有孔虫 (礁环 10 214 个/50g、礁前 62 008 个/50g、礁湖 26 801 个/50g), 它们的 Mg 含量较高。Ca/Mg 值的分布也反映出随颗粒变细而下降。

3. 礁前沉积物元素含量与深度的关系 (图 3)

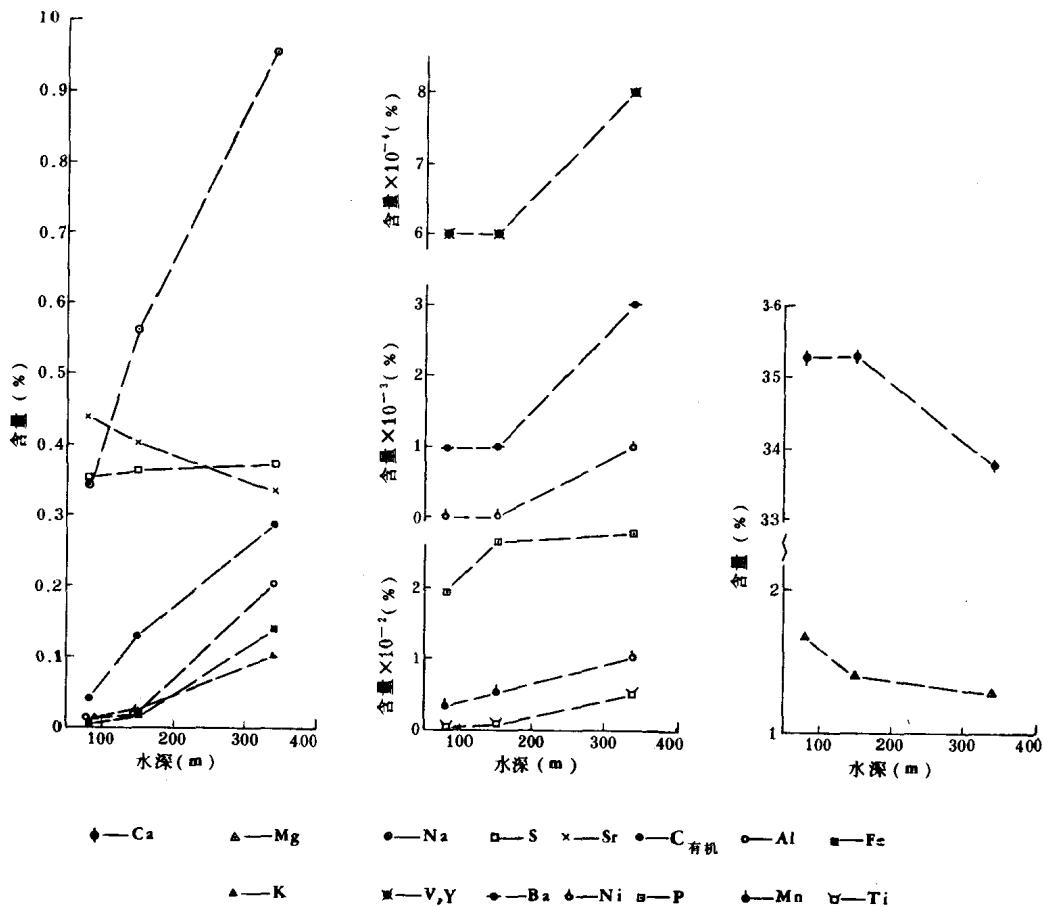


图 3 礁前沉积物元素含量与深度的关系

礁前沉积物元素含量与深度关系密切, 可分两种情况:

(1) 元素含量随深度增加而减少的有 Sr, Mg。Ca 在 200m 以浅含量变化不大, 深度再增加, Ca 含量明显减少。这几种与生物源密切相关的元素离生物源越远, 含量越低。

(2) 元素含量随深度增加而增加的元素有 Na, S, C_{有机}, Al, Fe, K, P, Mn 和 Ti。

在 200m 深度以内 V, Y, Ba 和 Ni 元素含量基本不变, 大于 200m, 它们的含量明显增加。

这些元素多与碎屑沉积物关系密切, 尤其富集于深度大、颗粒细的沉积物中, 例如 Zh-7 沉积物的深度最大, 含 <0.063mm 的颗粒多达 55.1%, 其中粘土含量 7.7%, 这些元素的含量最高。

总的来说, 其原因, 一是细颗粒尤其是粘土的表面吸附作用使这些元素富集, 二是 Fe, Al, Mn 为粘土矿物的组成元素。

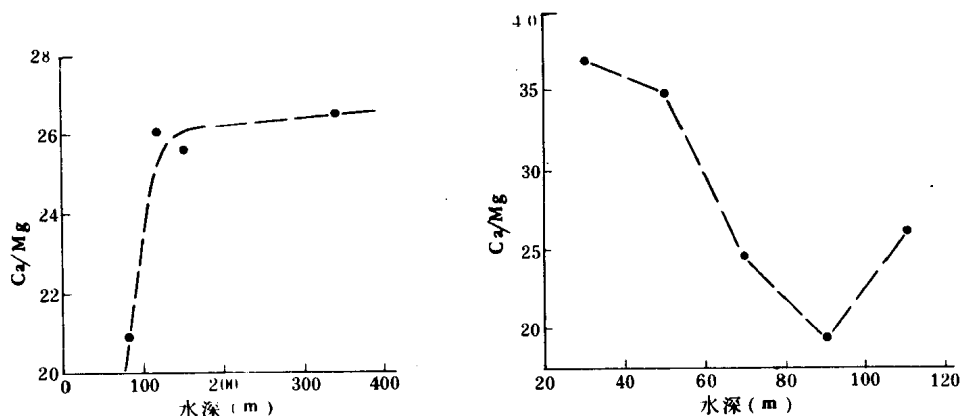


图 4 沉积物 Ca/Mg 值与深度的关系

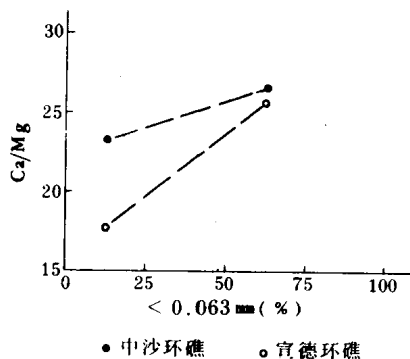
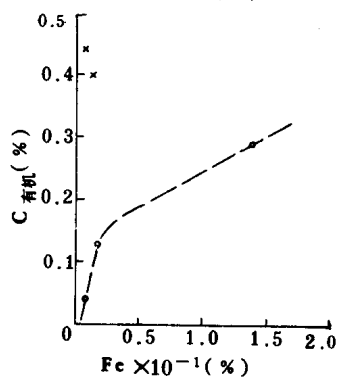
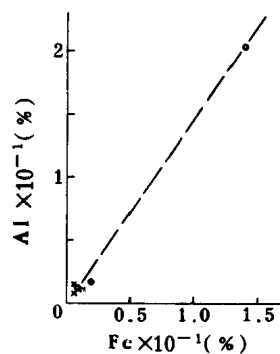
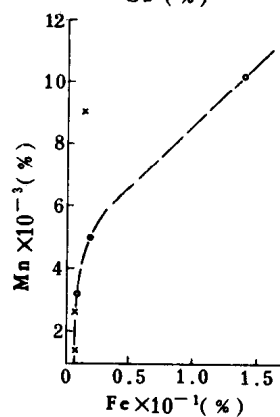
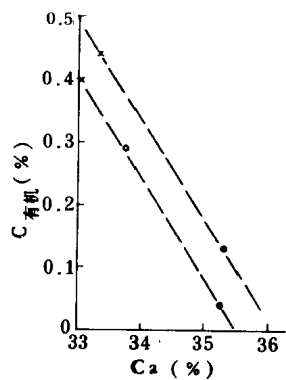
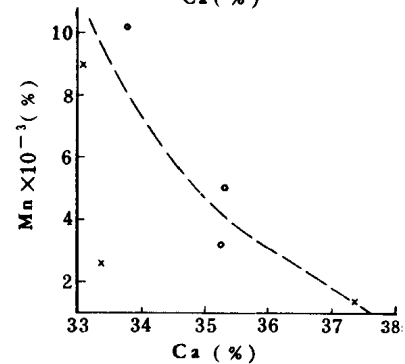
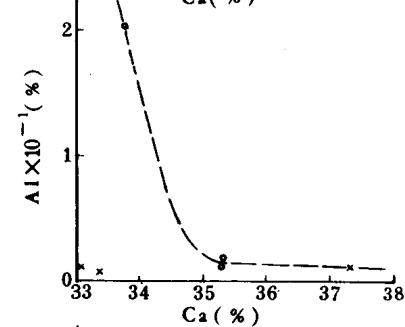
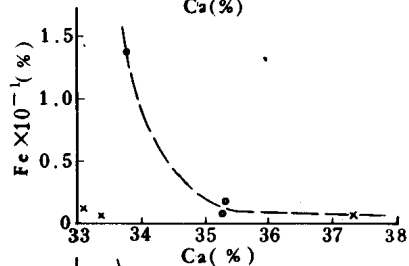
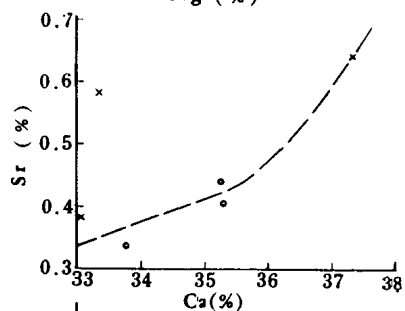
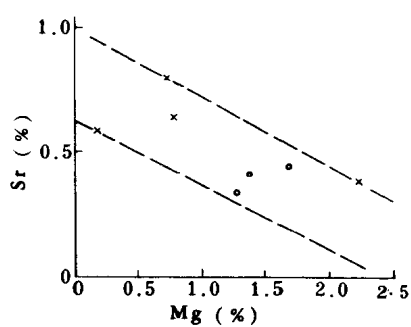


图 5 礁前沉积物 Ca/Mg 值与粒径 <0.063mm 的颗粒%的关系

Ca/Mg 值随沉积物的深度增加而下降, 但在深度超过 100m 的礁前带却有相反的情形 (图 4)。

深度增加, 含 <0.063mm 颗粒的百分数也增加, Ca/Mg 值随之减少, 这与西沙群岛各环礁的总规律相似^①。至于礁前带的相反情形, 也与西沙群岛呈马蹄形的宣德环礁礁前沉积物近似 (图 5), 估计这种现象与礁前较浅带的珊瑚藻最发育有关, 导致此带的 Ca/Mg 值最低。

① 钟晋梁、郭丽芬, 1984, 西沙群岛环礁的沉积特征, 中国—澳大利亚第四纪合作研究论文摘要, 中国科学院, 194—218。



○沉积物 ×礁岩

图6 礁岩、沉积物元素间的关系