

● 中国科学院南沙综合科学考察队

The Multidisciplinary Oceanographic Expedition Team of
Academia Sinica to Nansha Islands

南沙群岛及其邻近海区

第四纪沉积地质学

QUATERNARY SEDIMENTARY GEOLOGY OF
NANSHA ISLANDS AND ADJACENT SEA AREA



湖北科学技术出版社

The Multidisciplinary Oceanographic Expedition Team of
Academia Sinica to Nansha Islands

QUATERNARY SEDIMENTARY GEOLOGY OF
NANSHA ISLANDS
AND ADJACENT SEA AREA

● 中国科学院南沙综合科学考察队

南沙群岛及其邻近海区 **第四纪沉积地质学**

湖北科学技术出版社

内 容 简 介

本书以采自南沙群岛及其邻近海区的 127 个表层沉积样品、9 个柱状样和 3385km 电火花资料为基础,使用了国内先进的分析测试方法和手段,从陆源碎屑、生物、矿物、地球化学、同位素地球化学和有机地球化学等不同学科,研究该区的现代和第四纪沉积物的组成和特征,阐述其沉积作用、古气候与古环境演化、海洋工程地质条件以及矿产资源条件等。可广泛用于沉积地质学、海洋工程、渔业和国防建设等。可供地质、地理、海洋环境、航海和海洋工程等部门的科技人员和高等院校师生阅读参考。

鄂新登字 03 号

南沙群岛及其邻近海区第四纪沉积地质学

©中国科学院南沙综合科学考察队

*

湖北科学技术出版社出版发行

华中理工大学出版社印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 24.5 印张 14 插页 620 千字

1993 年 12 月第 1 版 1993 年 12 月第 1 次印刷

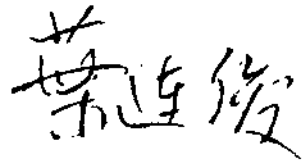
ISBN-5352-1375-8/X·8

印数:1-1000 定价:19.00 元

序 言

南沙群岛是南海诸岛中最南的一群岛屿,是我们祖先最早发现、最早开发经营和最早管辖的海上疆土之一,是我国神圣领土不可分割的一个组成部分,面积达 823 000km² 以上。为了捍卫我国的权益,进一步开发南沙群岛,对南沙群岛及其邻近海域的环境和资源作全面系统的调查研究这项任务,就摆到了我们的面前。中国科学院南海海洋研究所在 1984—1986 年对该海区开展调查之后,这一工作便成为国家专项,由中国科学院牵头组成南沙综合科学考察队,在 1987—1991 年,更有组织、更具规模地开展该海区的综合调查研究。历经八年前后八个航次的沉积取样,获得了丰富的第一手资料和一些新记录。在综合测试分析研究的基础上,中国科学院南海海洋研究所、地球化学研究所、南京地质古生物研究所、兰州地质研究所、武汉岩土力学研究所和中国地质科学院矿床地质研究所的有关研究室、组的通力合作,完成了《南沙群岛及其邻近海区第四纪沉积地质学》专著。

《南沙群岛及其邻近海区第四纪沉积地质学》从现代和晚第四纪沉积物的组成、特征和沉积作用着手,使用了先进的分析测试手段和方法,多学科地细致地研究了该区的沉积和地质环境的演变,提出了第四纪沉积地质学的若干规律。该专著在下列八个方面进行了较为深入的探讨:(1)沉积物的粒度类型和成因类型;(2)10 个门类古生物类群的特征及其表征的沉积环境与演化;(3)陆源碎屑矿物、自生矿物、碳酸盐矿物和粘土矿物及其与沉积环境的关系;(4)早期成岩作用形成独特的黄铁矿和石膏共生组合机理;(5)据沉积地球化学特征将该海域划分为四个地球化学环境区,并用同位素地球化学资料探讨沉积盆地的演化;(6)探索早期有机物沉积埋藏演化史并圈划出油气化探的异常区;(7)分析研究了一些地段的浅部地层层序及其工程地质特征;(8)综合沉积层序、微体古生物及元素与同位素资料,阐述 25 万年以来的古气候演化史。上述研究成果水平是高的,其主要方面达到了国际先进水平,标志着南海第四纪沉积地质学的研究已进入一个新阶段,对开发和建设我国的南部海疆,有着重大的理论意义和实用价值;为南海海洋地质的进一步开拓,提供了有利的坚实基础。



1992 年 5 月 26 日

前 言

南沙群岛古称“千里长沙，万里石塘”，是我国祖先最早发现、经营和管辖的海上疆土之一，是我国神圣领土不可分割的一个组成部分。自古以来，海峡两岸的中国人就持续不断地在这块海疆上进行科学考察和渔业生产。为了进一步探索南沙的形成、演化、资源和环境，维护我国的海洋权益，在中国科学院南海海洋研究所组织的1984—1986年对南沙群岛及其邻近海域综合科学考察的基础上，1987年3月经国务院批准，由中国科学院牵头，汇同各部委有关单位组成南沙综合科学考察队，继续对南沙的资源和环境进行综合科学调查研究。在长达8年（1984—1991年）的调查研究中，我们先后提供了一些阶段性的沉积学研究成果。为满足国防、生产和科研等部门研究、开发南海和发展热带海洋科学的迫切需要，我们在系统综合研究大量海上实测资料和实验分析的基础上，结合参考国内外前人研究的成果，编写成《南沙群岛及其邻近海区第四纪沉积地质学》专著。

本专著论述范围是 104° — 120° E, 2° — 12° N的海区（沉积学调查研究站位图）。主要内容是研究本区第四纪沉积物的物质组成、沉积特征、沉积作用和沉积过程，概括第四纪沉积相和地质环境演化，提出区内第四纪沉积地质作用的若干规律，阐明古气候、古海洋的演化及有用矿物沉积和工程地质问题。全书分两篇，共二十二篇。第一篇：南沙群岛及其邻近海区现代沉积，由十三章组成，包括海区概况、碎屑沉积、微体生物特征、微体生物与海洋环境、碎屑矿物和粘土矿物、自生矿物、沉积地球化学、沉积物同位素地球化学、沉积作用的地球化学、沉积有机地球化学、珊瑚礁沉积、沉积成因类型与沉积作用若干特征及现代环境和相等。第二篇：南沙群岛及其邻近海区第四纪沉积地质学，由九章组成，包括海区晚第四纪沉积年代学、沉积层划分与比较、沉积柱状微体古生物化石与古环境、矿物沉积、沉积地球化学基本特征、晚第四纪古海洋学特征、第四纪声学浅地层结构初探、沉积有机质在早期成岩作用阶段的演化特征、第四纪沉积相模式及海平面变化和有用矿物沉积及沉积物的工程地质问题等。

本专著是在中国科学院南沙综合科学考察队的支持、关心和领导下，由中国科学院南海海洋研究所、地球化学研究所、南京地质古生物研究所、兰州地质研究所、武汉岩土力学研究所和中国地质科学院矿床地质研究所的同志共同努力完成的。我国著名地质学家、中国沉积地质学的奠基人、中国科学院学部委员叶连俊教授在百忙之中审阅了专著全文，并为本书作序，对我们所做的海洋沉积研究工作给予充分肯定和高度评价。中国科学院南沙综合科学考察项目总负责人陈清潮教授一直支持、关心我们的研究工作，本专著就是在他直接领导下完成的。

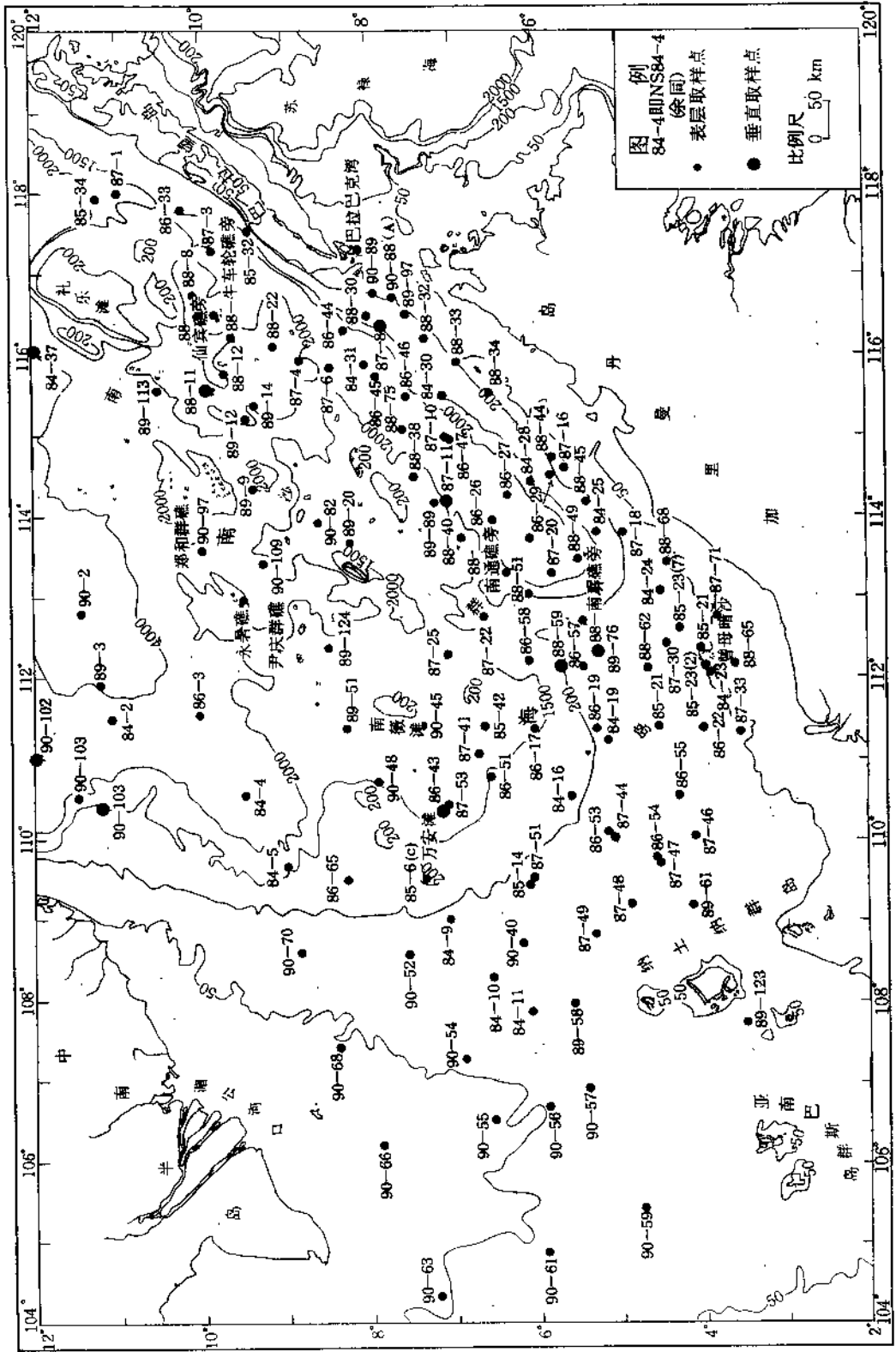
本书由罗又郎、苏广庆、陈绍谋、涂霞主编，由钟如松负责具体编辑工作，由黄放清绘图件，周洁兰参加了部分图件的整理和拟编。在此，谨向所有支持、关心该项工作的同志们致以诚挚的谢意！由于时间仓促，水平所限，本书不妥之处在所难免，恳请读者惠予指正。

中国科学院南沙综合科学考察队
海洋沉积学科组长

陈绍谋

1992年5月1日

· V ·



南沙群岛及其邻近海区沉积学调查研究站位图(1984—1990年)

目 录

序 言	叶连俊
前 言	陈绍谋

第一篇 南沙群岛及其邻近海区现代沉积

第一章 南沙群岛及其邻近海区概况	(1)
第一节 海洋动力环境	(1)
第二节 地质构造基础	(3)
第三节 地形地貌轮廓	(7)
第四节 地学调查研究史略	(11)
第二章 南沙群岛及其邻近海区碎屑沉积	(13)
第一节 沉积物的粒度特征与底质类型	(13)
第二节 石英砂表面结构特征	(19)
第三节 沉积物中石英砂圆度	(21)
第四节 陆源碎屑的沉积作用	(25)
第三章 南沙群岛及其邻近海区微体生物特征	(26)
第一节 实验材料与样品处理方法	(26)
第二节 微体和钙质超微浮游植物分布特征	(27)
第三节 微体生物组合与分区	(38)
第四章 南沙群岛及其邻近海区微体生物与海洋环境	(48)
第一节 微体生物类群与环境的关系	(48)
第二节 微体生物沉积作用	(57)
第三节 残留沉积	(58)
第五章 南沙群岛及其邻近海区的碎屑矿物和粘土矿物	(59)
第一节 陆源碎屑矿物	(60)
第二节 生物碎屑碳酸盐矿物	(63)
第三节 粘土矿物	(77)
第四节 沉积矿物区	(86)
第六章 南沙群岛及其邻近海区的自生矿物	(89)
第一节 黄铁矿和石膏	(89)
第二节 锰微结核	(98)
第三节 铁结核(针铁矿结核)	(103)
第七章 南沙群岛及其邻近海区沉积地球化学	(107)
第一节 元素的丰度	(107)
第二节 元素的地球化学分区	(108)
第三节 沉积物元素赋存状态	(118)
第四节 稀土元素及微量元素地球化学	(125)
第八章 南沙群岛及其邻近海区沉积物同位素地球化学	(134)

第一节	沉积物 Sr, O 同位素组成及其环境意义	(134)
第二节	沉积物铅同位素地球化学	(140)
第三节	沉积物的 Sr, O, Pb 同位素特征与沉积环境区的关系	(150)
第九章	南沙群岛及其邻近海区沉积作用的地球化学	(152)
第一节	控制元素地球化学作用的因素	(152)
第二节	沉积作用的地球化学	(152)
第三节	物质来源	(159)
第十章	南沙群岛及其邻近海区沉积有机地球化学	(166)
第一节	样品及实验分析方法	(166)
第二节	有机质丰度与分布	(166)
第三节	有机质组成与分布	(169)
第四节	生物标记化合物之分布特征	(181)
第五节	沉积有机质类型区域及油气勘探异常区域	(195)
第十一章	南沙群岛及其邻近海区珊瑚礁沉积	(196)
第一节	珊瑚礁类型	(196)
第二节	礁体生物组成	(197)
第三节	礁区沉积物矿物成分	(202)
第四节	沉积物的元素地球化学	(203)
第五节	珊瑚礁沉积环境与相	(203)
第十二章	南沙群岛及其邻近海区沉积成因类型与沉积作用若干特征	(209)
第一节	沉积成因类型	(209)
第二节	沉积作用的若干特征	(211)
第十三章	南沙群岛及其邻近海区现代沉积环境和相	(215)
第一节	沉积相	(215)
第二节	各相带的沉积规律问题	(219)

第二第 南沙群岛及其邻近海区第四纪沉积地质学

第十四章	南沙群岛及其邻近海区晚第四纪沉积年代学沉积层划分与比较	(221)
第一节	铀系年代学	(221)
第二节	占地磁地层分析	(226)
第三节	生物地层与氧同位素地层	(233)
第四节	沉积层层序划分与对比	(234)
第十五章	南沙群岛及其邻近海区沉积柱样微体生物化石与古环境	(239)
第一节	沉积柱样微体化石分布	(239)
第二节	沉积环境和古气候	(250)
第十六章	南沙群岛及其邻近海区的矿物沉积	(256)
第一节	NS87-8 柱样的矿物	(256)
第二节	NS87-11 柱样的矿物	(260)
第三节	NS88-11 柱样的矿物	(262)
第四节	NS90-102 柱样的矿物	(265)
第五节	NS90-103 柱样的矿物	(269)
第六节	矿物的沉积作用	(272)
第十七章	南沙群岛及其邻近海区沉积地球化学基本特征	(273)

第一节	元素在地层中的分布	(273)
第二节	元素的地层学意义	(277)
第三节	沉积层中元素的成因类型	(280)
第四节	地层中元素(或同位素)分布的环境意义	(280)
第十八章	南沙群岛及其邻近海区晚第四纪古海洋学特征	(287)
第一节	氧碳同位素记录	(287)
第二节	表层古水温分析	(289)
第三节	冰期与间冰期的表层古环流	(294)
第十九章	南沙群岛及其邻近海区第四纪声学浅地层结构	(300)
第一节	大陆架沉积的浅地层	(300)
第二节	南沙台阶—礼乐滩沉积层	(307)
第三节	南沙海槽沉积层	(313)
第四节	南海西南海盆和西部海谷沉积层	(317)
第二十章	南沙群岛及其邻近海区沉积有机质在早期成岩作用阶段的演化特征	(321)
第一节	有机质丰度与分布	(321)
第二节	有机质组成与分布	(325)
第三节	生物标记化合物的分布特征	(329)
第四节	沉积有机质演化规律	(332)
第二十一章	南沙群岛及其邻近海区第四纪沉积相模式及海平面变化	(337)
第一节	第四纪沉积相	(337)
第二节	沉积演化模式	(339)
第三节	海平面变化	(341)
第二十二章	南沙群岛及其邻近海区有用矿物沉积及沉积物的工程地质问题	(345)
第一节	有用矿物沉积	(345)
第二节	区域海洋工程地质问题	(347)
第三节	海洋底上的工程地质特征	(348)
结 语		(353)
参考文献		(365)
Summary		(371)

Contents

Preface	<i>Ye Lianjun</i>
Foreword	<i>Chen Shaomou</i>

PART I · Modern Sediments

Chapter 1 Introduction	(1)
Chapter 2 Detrital Deposits	(13)
Chapter 3 Microbiological Characteristics	(26)
Chapter 4 Microorganism and Ocean Environment	(48)
Chapter 5 Detrital Minerals and Clay Minerals	(59)
Chapter 6 Authigenic Minerals	(89)
Chapter 7 Sedimentary Geochemistry	(107)
Chapter 8 Isotopic-Geochemistry of Sediments	(134)
Chapter 9 Geochemistry of Sedimentation	(152)
Chapter 10 Sedimentary Organic Geochemistry	(166)
Chapter 11 Goral Reefs	(196)
Chapter 12 Genic Types and Some Characteristic of Sediments	(209)
Chapter 13 Modern Sedimentary Environments and Facies	(215)

PART II Quaternary Sedimentary Geology

Chapter 14 Quaternary Sedimentary Chronology, Stratigraphic Division and Correlation	(221)
Chapter 15 Micro-Fossils in Cores and Paleoenvironment	(239)
Chapter 16 Sedimentary Mineral	(256)
Chapter 17 Sedimentary Geochemical Characteristics	(273)
Chapter 18 Late Quaternary Paleo-Oceanic Characteristics	(287)
Chapter 19 Acoustic Structures of Quaternary Subbottom Sediments	(300)
Chapter 20 The Evolutionary Characteristics of Sedimentary Organ in Early Diagenesis	(321)
Chapter 21 Quaternary Sedimentary Pattern and Sea Level Changes	(337)
Chapter 22 Useful Minerals and Engineering Geologic Problems	(345)
Concluding Remarks	(353)
References	(365)
Summary	(371)

第一篇 南沙群岛及其邻近海区现代沉积

第一章 南沙群岛及其邻近海区概况

第一节 海洋动力环境*

南沙群岛及其邻近海区地处低纬热带,是南、北半球越赤道气流的重要通道之一,是东亚季风环流、Hadley 环流和 Walker 环流的交汇之处;这里岛礁、暗沙、暗滩星罗棋布,地形变化很大。因此,本海区的天气气候特征以及水文物理现象亦趋复杂。

一、气象概况

南沙群岛及其邻近海区长夏无冬,阳光充足,空气湿润,雨量丰沛,属季风型热带海洋气候。本海区年平均气温为 27.84°C ;年内月平均气温最低的是1月(26.8°C),最高是5月(28.9°C);其中旬平均气温最高出现在5月下旬,达 29.2°C ;年平均相对湿度为86%;年降水量地理分布很不均匀,南部和东北部可达3500mm,西部仅1500mm;年降雨日一般可超过130天;雨量以西南季风时期较多,而暴雨和特大暴雨主要集中在7—9月。

冬季盛行东北季风,风向频率达75%。南沙群岛大部分海区东北风平均风速为8—9m/s,仅在沿岸或南部陆架区为5—6m/s;在冷空气南下频繁的12月和1月出现6级或6级以上大风的月平均日数为20—22天。东北季风时期的斜压扰动有时在该海区会激发生或热带低压,致使风力突然增大,甚至可能发展成为台风。

夏季,则盛行西南季风,其风向频率为60%—70%。南沙群岛中部海区风速较大,平均为5—6m/s,南部和北部较小,仅3—4m/s。本海区的西南季风同印度季风一样,存在准双周周期振荡,季风的活跃与中断交替出现。西南季风加强时,在印度季风东传,自南而北的越赤道气流及副热带高压西侧的西南气流加强等因素作用下,常爆发西南季风潮。这时,平均风速可达8m/s以上,阵风7—8级,最强时可超过30m/s。即有时会出现季风低压。据统计,约有半数季风低压可能会发展成为台风。

南沙群岛及其邻近海区,特别是北部区域,是热带气旋(或台风)活动较频繁的海区。影响该海区的热带气旋有两类:一类来自西太平洋,另一类是南海 16°N 以南海面产生的,即所谓南海台风。据1949—1990年的台风资料统计,在 12°N 以南的南沙海区共出现过102个热带气旋中心,其中,热带低压(风力6—7级)57个,台风(风力8—11级)33个,强台风(风力 ≥ 12 级)12个。每年平均出现热带低压1.4个,台风0.8个,强台风0.3个。41年中仅有极少数年份未受热带气旋中心的影响;出现热带气旋最多的年份是1971年,共8个,其中热带气旋5个,台风2个,强台风1个。

南沙群岛及其邻近海区的台风和强台风主要出现在 10°N 以北的海面,占本海区台风和

* 作者:仇德忠。

强台风总数的 73%。强台风主要出现在东北部近菲律宾一带,最大风速达 50m/s。8°N 以南出现热带气旋的几率很小,41 年内仅有 9 个,其中发展成台风的只有 3 个。台风中心在本海区出现的最南位置是 5.1°N(1971 年 11 月)。本海区的热带气旋绝大多数出现在冬半年,而台风和强台风主要出现在 10—12 月。

二、海洋水文概况

南沙群岛及其邻近海区的表层水温是全球水温最高的海域之一,通常为 30℃左右,在南部大陆架区甚至达到 31℃以上。水温的季节变化不大,即使在冬季,表层水温也超过 28℃,一般为 29℃左右。表层水温终年比平均海面气温高,冬季尤为明显。

通常表层至 40m 层是温度较均匀的水层(上均匀层),这一厚度随水深有所变化,在深水区域有逐渐变厚的趋势,在南部大陆架区则变薄甚至消失。200m 层以下,水温水平分布的差异渐趋消失,几乎均匀一致,1000m 层水温为 4.4℃左右,至 2000m 层,整个海区的水温约为 2.5℃。2000—2500m 层为最低温层(2.35—2.37℃),2500m 以深水温略有回升。

在上均匀层之下出现水温剧变的温跃层。温跃层深度和厚度时空变化明显,一般情况下深度为 30—40m,厚度为 60—100m。

南沙群岛及其邻近海区的盐度比南海中部或东北部略低,但地理分布的差异仍较明显。本海区的表层盐度一般为 33.0—34.0,北部海区略高,而南部大陆架浅水区则较低,甚至小于 29.0。随着水深增加,盐度也相应变大,与南海中、北部一样,在 150—200m 层之间出现盐度极大值(34.50—34.56);至 500m 层出现极小值(34.41—34.45),往下随深度缓慢增加,至 1000m 可回升到 34.52—34.54,至 2000m 层增大到 34.60。

南沙群岛及其邻近海区的水体与南海东北部、中部的水体是一脉相承的,主要源于西太平洋的变性水,从垂向水团特征的配置可以得到证实。本海区存在三种不同特性的水团:南海赤道大陆架水、混合水和南沙中央水。南海赤道大陆架水源于爪哇海一带,位于 5°N 以南的浅水区域,以高温($\geq 30^\circ\text{C}$)、低盐(33.0)为特征;混合水位于南沙海槽和泰国湾外,前者是由苏禄海水进入南海后与本地水混合而成,后者是湄公河冲淡水与外海水混合而成;南沙中央水为本海区的主体,范围极广。湄公河流经中南半岛,是一地质构造复杂、地层岩石多样的流域,流量(年平均 $1.42 \times 10^4 \text{m}^3/\text{s}$,最大 $5.68 \times 10^4 \text{m}^3/\text{s}$,最小 $0.12 \times 10^4 \text{m}^3/\text{s}$)大,悬浮质输沙量大,每年 1.7 亿吨,相当于珠江的 2 倍,对海洋动力沉积有一定影响。

南沙群岛及其邻近海区海流受东北和西南季风的交替影响,流场也随之变化,特别是表层海流多与风向一致。夏季流向基本上自南而北,西部海区最为明显,包括南沙海槽也呈同一趋势,南部大陆架区则自西向东;然而许多研究结果认为,在南沙中部海区流向与东、西两侧相反。冬季,在东北季风持续作用下,表层海流的总趋势是自北而南,在局部海区则会出现若干局地环流。本海区流速较小,一般不超过 20cm/s。

南沙群岛及其邻近海区的潮汐性质,以不正规日潮和正规日潮为主。从近几年在一些岛礁或公海的实际验潮结果看,潮汐性质非常接近正规日潮。岛礁和深水域中潮差达到 1.44m,最大潮差为 2.32m。这一结果表明:本海区的潮差并不比东、西两岸的潮差小;当潮波自南海东北部的巴士海峡一带向西南推进时,除局部地区外,潮波的传播与分布规律大体一致。从东部巴拉望岛的埃兰湾,到中部的美济礁、永暑礁,直至越南沿岸的平顺海岛附近海域,从东至西相距约 500nmile 的几个测点上,潮汐性质及其调和常数都很接近。

南沙群岛及其邻近海区波浪大小和方向,主要受季风的强弱、进退和变化所影响,而最大波高往往是台风造成的。从实测结果看,在一般海况下,春季,最大波高仅1.8m,有效波高1.0m;而夏季最大波高为3.5m,有效波高达2.3m;冬季,最大波高5.1m有效波高为3.3m。由此可见,冬季海浪较大,出现的频率较高。在天气恶劣的情况下,南沙中部出现有效波高6m以上的大浪或大涌是完全可能的。

第二节 地质构造基础*

南沙群岛及其邻近海区位于南海南部,北为南海西南海盆;东北接巴拉望岛与苏禄海相望;东南连加里曼丹岛;西南经纳土纳群岛、亚南巴斯群岛至马来半岛东南端缘;西与中南半岛南端为邻。地处欧亚板块、印度-澳大利亚板块和太平洋板块的交汇带,其地质构造的形成和发展受三大板块的影响和控制。在漫长的地质历史中,地质作用复杂,岩浆活动强烈,构造运动频繁,形成了不同时代的地层和各种岩石,发育有复杂的地形形态和多种地貌类型,因而组成了本区海底和陆区的地质构造基础^[1](图1.1.1),为海底沉积物来源创造了条件,控制了沉积物展布和沉积作用过程。

一、陆区地质特征

该区周缘陆地全为岛屿,根据各岛屿的地质特征差异,分别作如下论述。

1. 巴拉望岛地质

巴拉望岛为菲律宾岛弧的增生地体,构造线为NE向,以断裂构造为主。NE向断裂常被S—N向切割,而NE,S—N向断裂又为NW向断裂切割,NW向断裂形成最晚。最老地层为上古生界的石炭系和二叠系,主要分布在巴拉望岛北部及其北面的民都洛岛,由两套岩层组成:下部为角闪片岩、片麻岩、绿色片岩的蛇绿岩套;上部为绿泥石-绿帘石-云母片岩、千枚岩和板岩夹大理岩的复理石建造。下三叠统缺失,中上三叠统底部硅质岩不整合于下伏地层之上,中上部为厚约500m以上夹有含锰燧石、细碧岩、复矿碎屑岩的复理石建造的深海沉积。上覆地层为砾岩、长石砂岩夹灰岩透镜体和基性—超基性火山岩组的侏罗系,其与下伏地层呈不整合接触。白垩系呈不整合上覆于侏罗系之上,其下部为碎屑岩和蛇绿岩,上部为海底喷发岩、硬砂岩、页岩和基性熔岩。古新统缺失,上覆始新统至渐新统下部为灰岩,与下伏岩层呈不整合接触。中上渐新统缺失,在前第三纪晚期褶皱和断裂的基础上,有超基性—基性岩侵入,形成向西倾斜的第三纪晚期地层。第三系上部有两个不整合:中新统下部至中新统中部为厚达数千米的深海相粉砂、粘土、碳酸盐和浊流沉积的碎屑岩,底部为灰岩。这套地层强烈形变,褶皱和断裂发育,上部遭受侵蚀,与上覆中新统上部浅海碎屑碳酸盐和碎屑沉积层呈角度不整合接触。中新统上部与上新统—更新统浅海灰岩之间也为不整合接触。全新统为砂、砾和粘土沉积,滨海多为珊瑚礁和珊瑚砂砾堆积。

2. 加里曼丹岛地质

加里曼丹岛为断裂和复式褶皱组成的断褶区,构造线呈弧形向西南凸出,是NW向、NE向和E—W向断裂综合作用的结果,形成西部略呈NW向、中部近E—W向、东部急转为

* 作者:苏广庆。

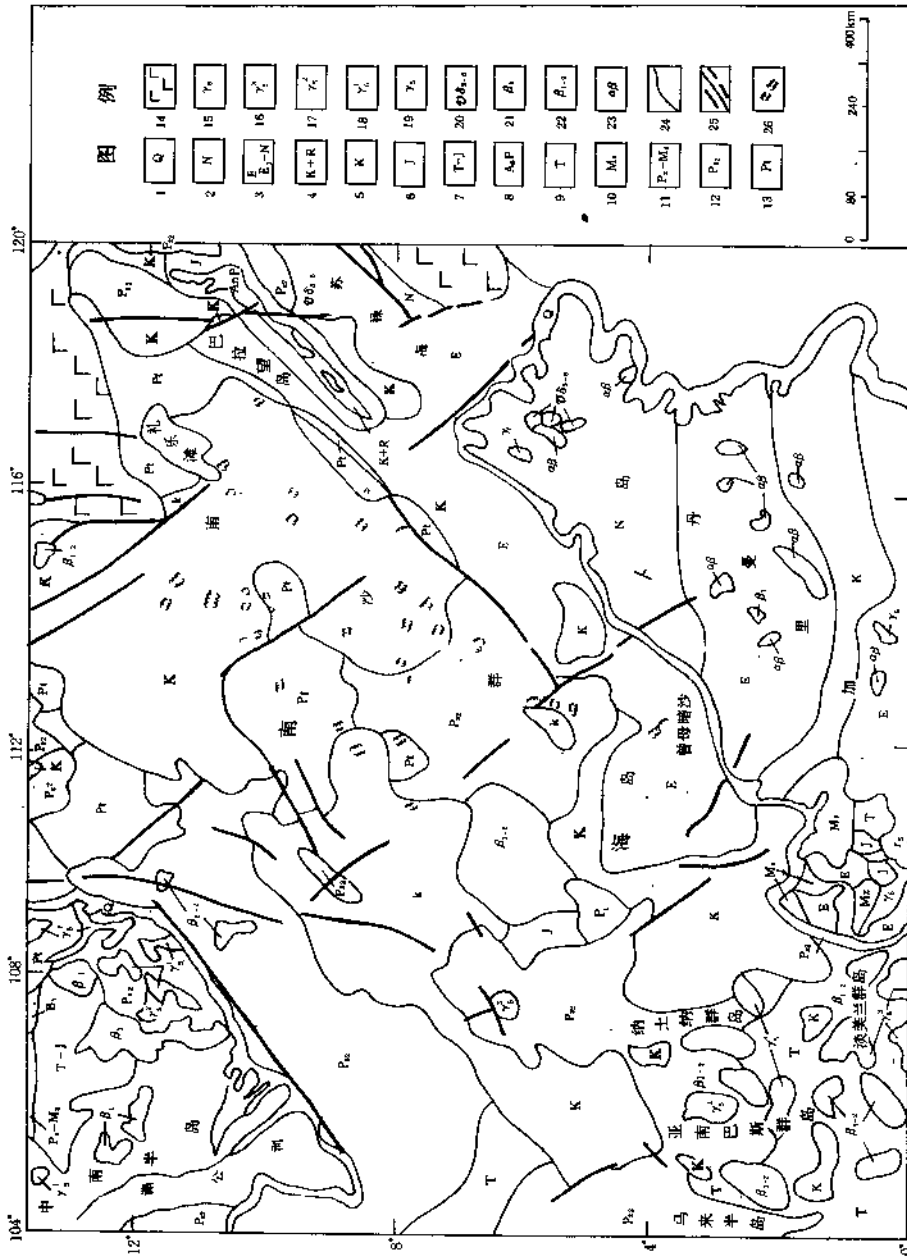


图 1.1.1 南沙群岛及其邻近海区地质略图

(据(金庆焕, 1989)改编)

1. 第四系砂、砾、粘土; 2. 第三系碎屑岩; 3. 下第三系和渐新统一下中新统砾岩、砂页岩及灰岩; 4. 白垩系和第三系红色碎屑岩及火山岩; 5. 白垩系红色碎屑岩; 6. 侏罗系砂砾岩及火山岩; 7. 三叠系一侏罗系碎屑岩、火山岩; 8. 前二叠系砂页岩、变质岩; 9. 中生界沉积岩、火山岩; 10. 中生界沉积岩、变质岩及火成岩; 11. 古生界一中生界沉积岩、变质岩及火成岩; 12. 上古生界碳酸盐岩、碎屑岩及硅质岩; 13. 元古界片麻岩、混合岩及大理岩; 14. 大洋玄武岩; 15. 喜马拉雅期花岗岩; 16. 燕山晚期花岗岩; 17. 燕山早期花岗岩; 18. 印支期花岗岩; 19. 印支期—喜马拉雅期花岗岩; 20. 印支期—喜马拉雅期基性、超基性岩; 21. 上新世—早更新世玄武岩; 22. 上新世—更新世玄武岩; 23. 时代不明的安山玄武岩; 24. 地层界线; 25. 实测及推测断层; 26. 珊瑚礁

NNE 向的弧形断裂构造,常见 2—3 个平行的弧形断裂组。最老地层由前石炭纪绿色片岩相的云母片岩、角闪岩、砂岩、页岩和大理岩组成,上覆石炭纪—二叠纪厚约 600m 的砂岩、页岩、灰岩夹中-基性熔岩与下伏岩层呈不整合接触。上覆三叠系与下伏岩层呈不整合接触,为一套复理石的砾岩、砂岩、页岩及安山岩、流纹岩等火山岩。以上地层构成滇缅泰马海西-印支褶皱带南端-加里曼丹“陆核”。陆核被中侏罗—白垩世大量基性-酸性岩浆穿切,岩石有辉长石、苏长岩、云英闪长岩、闪长岩、花岗岩等。三叠系与上覆侏罗—白垩系呈不整合接触,其分为两部分:下部为厚约 1500m 的砂岩、页岩、灰岩、放射虫燧石砾岩;上部为厚约 3000m 的复理石建造和基性喷发的细碧角斑岩建造。下白垩统缺失,中白垩—始新统与下伏岩层呈不整合接触,其厚 1500—4000m 的复理石建造中夹蛇绿岩建造,以硬砂岩、细碧岩、玄武岩、凝灰岩、蛇绿岩为主。古新统缺失,始新一中新统与下伏岩层呈不整合接触,由磨拉石建造和复理石建造组成,以页岩、泥灰岩、灰岩、砂砾岩、熔岩夹煤层为主,厚约 2000m。中新世晚期强烈的构造运动形成褶皱,并有花岗岩侵入。上新统与上中新统呈不整合接触,为磨拉石建造,由砂岩、泥岩、泥灰岩、灰岩及褐煤组成,厚约 1500m。第四系与上新统呈不整合接触,为英安角砾岩及褐煤等,并见有陆相基性到酸性的熔岩及凝灰岩,厚约 1300m。

3. 纳土纳群岛、亚南巴斯群岛和马来半岛地质

纳土纳群岛处于加里曼丹的东北面,属滇缅泰马海西-印支褶皱带南端,呈在隆起背景下受 NW 向弧形断裂控制的构造格局。出露少数地层为白垩系的红色砂岩、页岩夹石膏,常见燕山晚期花岗岩和上新—更新世玄武岩。第四系多为砂、砾和粘土等,海岸常为珊瑚及其砂、砾碎屑堆积。

亚南巴斯群岛和马来半岛(南端)断裂构造发育,主要有 NE 向和 NW 向两组,前者被后者切断,NE 向形成较早。主要地层为晚古生代—早中生代的碳酸盐岩、硅质岩、碎屑岩和火山岩。在这些地层中,侵入的花岗岩广泛发育,根据 Hutchison C. S. 研究^[2],在马来西亚有四个花岗岩带:主山脉花岗岩带、东花岗岩带、西花岗岩带和中花岗岩带。前三者普遍出现锡矿化作用的热液蚀变(云英岩化),形成锡石为主的锡矿床;后者无锡的矿化作用。主山脉花岗岩带是三叠纪的花岗岩-石英二长岩,西花岗岩带是早白垩世的石英二长岩-花岗岩,东花岗岩带是二叠—三叠纪的花岗闪长岩-石英二长岩,中花岗岩带是三叠纪的富钠质花岗岩类。此外,在亚南巴斯群岛还见有燕山晚期花岗岩和上新—更新世玄武岩等。岛屿周围常见珊瑚礁及其碎屑堆积。

4. 中南半岛地质

中南半岛南端处于湄公河的下流和长山山脉的东南端缘,属昆嵩断块的一部分。区内断裂构造发育,以 NW 向为主,也有 E—W 向、NW 向和 S—N 向的断裂,一最以 E—W 向、NE 向基底断裂形成较早,其余较晚,东部与南海大陆坡相接的近 S—N 向断裂明显,它是三叠纪晚期印支运动使印支陆块和华南陆块碰撞的缝合线断裂。区内最老地层为广泛出露的元古界“昆嵩杂岩”,为深变质岩层,厚 3000—5000m,包括下部的角闪岩、黑云母副片麻岩、钙碱性正片麻岩、混合岩和上部的二云母硅线石片岩、石榴石片岩、石墨片岩夹石英岩,与下伏“昆嵩杂岩”呈不整合接触。泥盆系与下伏岩系呈不整合接触,主要为深海相碳酸盐岩、滨海—浅海相碳酸盐岩夹含煤碎屑岩和沼泽相含煤碎屑岩以及硅质岩-碳酸盐岩,厚 500—600m。也见有上石炭统不整合覆于中(或下)石炭统之上者。二叠统与下伏石炭统呈平行不整合或整合接触,由巨厚的火山沉积岩和陆源碎屑沉积岩组成。下三叠统整合覆于二叠统之上,由砂页岩组成,厚约 1800m。中三叠统与下三叠统呈整合接触,主要由灰岩、酸性和基性喷出岩组成。上三叠统与下伏中三叠统呈不整合接触,常见滨海、潟湖含煤层碎屑岩,也有由流纹岩、钙质砂岩和红色页岩

组成者。侏罗系与上三叠统为不整合接触,常由中酸性侵入岩、喷发岩和红色碎屑岩组成,也见下中侏罗统有海相砂泥质碎屑岩互层、夹层和上侏罗统为河流相砂泥岩的白垩系与下伏侏罗系呈不整合接触,多由红色陆相砂岩、砾岩和泥岩夹石膏或盐层组成。也见有侵入的花岗岩。在上、下白垩统之间为不整合接触,偶有侵入碱性花岗岩。本区在图 1.1.1 中未见有第三系出现,上新世以来,在上新一早更新世和上新一更新世,有两期间歇性玄武岩喷发,多为碱性玄武岩和拉斑玄武岩。涠公河三角洲多为现代砂、砾和粘土堆积。

二、海区地质特征

该海区与周缘陆区一样,断裂构造十分发育,在断裂复杂的作用下,形成了区内最主要的两类构造区,即南沙断块隆起区和曾母地堑拗陷带。

1. 南沙断块隆起区

南沙断块隆起区周缘以断裂构造为界,北界为双子礁—礼乐滩—民都洛岛 NE 向断裂;南以南沙海槽北缘断裂为界;东与割切 NE 向断裂的 NW 向断裂相连;西界为北康—廷贾断裂,组成了 NE 向分布的南沙断块隆起区。断裂构造以 NE 向为主, NW 向为次,后者常切割前者, NW 向断裂形成较晚;也见部分 E—W 向和 S—N 向断裂。北缘断裂地貌反差明显,一侧为水深 4000m 的深海盆,一侧为水深 2000m 以浅的大陆坡,显然为块断隆起区。区内基底地层为上古生界的千枚岩、片岩、片麻岩,三叠系未见,侏罗系、白垩系多为中生代海相和陆相碎屑岩的盆地沉积,与下伏基底岩层呈不整合接触。经历海西、印支和燕山构造运动后,这些岩层普遍产生褶皱变质和含有侵入岩和喷发岩,形成新的中生界基底岩层。第三系呈不整合覆于基底岩之上,形成了始新一渐新世或中新一上新世的海相为主的沉积盆地,并有喜马拉雅期的花岗岩和玄武岩。其中,中新统与渐新统、上新一更新统与中新统上部,均为不整合接触。在上新一更新统中广泛发育珊瑚礁和礁滩等沉积复合体。与南沙断块隆起 NE 走向平行的南沙海槽是古南海残留海,具有洋壳和陆壳之间的过渡型地壳^[3]。

2. 曾母地堑拗陷带

曾母地堑拗陷带的边界也为断裂所限。东侧为北康-廷贾断裂与南沙地块隆起区相邻,西侧以卢帕尔断裂的西北段为界,南侧以西布断裂西南段为界,北侧以南海深盆西缘断裂西南向延伸之 NE 向断裂为界,组成弧形向西南凸出的地堑拗陷带,断裂构造以 NW 向为主,常具有由 NW 转向 NE 或 NNE 向,并向西南弯曲的弧形褶皱断裂构造的特征。区内基底地层以前石炭纪的绿色片岩相为主,石炭—二叠系页岩、灰岩、角岩等与基底地层呈不整合接触。缺失下中三叠统,上三叠统砂页岩含煤建造与下伏岩系呈不整合接触。侏罗系至白垩系为碎屑岩和复理石及细碧岩建造,与下伏上三叠统为不整合接触,有基性、酸性岩浆侵入和喷发,构成新生代沉积盆地的基底。古新统至始新统中下部为浅变质浅海、半深海相沉积,厚约 10 000m。上始新统至渐新统的碎屑岩与下伏古新—始新统呈不整合接触。下一中中新统为滨海相沉积,厚 200—300m,与下伏岩系呈微不整合接触。中—上中新统为河流滨海相沉积,部分见碳酸盐岩,发育生物礁,厚约 760m,与下伏地层呈整合接触,上新统一第四系正常滨海砂页岩沉积与中—上新统呈不整合接触。上新一更新世还发育有玄武岩。在上新统、更新统玄武岩上,局部发育有珊瑚岛礁和礁滩等沉积复合体。

第三节 地形地貌轮廓*

南沙群岛位于 12°N 以南的南海海区。其东缘被吕宋-加里曼丹岛弧围绕成半封闭状态;西部以中南半岛南端的金瓯角与马来半岛东岸的哥打巴鲁连线与泰国湾分界;南部以位于 3°S 的苏门答腊岛和加里曼丹岛之间的隆起地带与爪哇海分界。南部海区总面积达 $1\,780\,000\text{km}^2$,约占南海总面积的二分之一。

南沙群岛及其邻近海区属南海南部海区的大部分,是指 12°N 以南的南沙群岛及其邻近海区属于我国传统海疆线以内的海域。本区的边缘礁滩,东起海马滩,西至万安滩;北为雄南礁,南达曾母暗沙群(图 1.1.2)。海区面积为 $706\,800\text{km}^2$ 。其中大陆坡面积 $548\,500\text{km}^2$,占海区总面积的 77.6% ;大陆架和深海盆面积分别为 $121\,600\text{km}^2$ 和 $36\,700\text{km}^2$ 。

该海区地形起伏多变,地貌类型齐全。既有宽广平坦的大陆架、大陆坡台阶、深海盆等三级平坦的阶梯地形,又有大陆坡海槽和航海上视为畏途的崎岖的“航行险恶区”。后者珊瑚礁滩广布,海底隆洼相间,地形复杂多变;既有挺拔陡峭的海山,又有纵横交错的海底槽谷。其总体地貌轮廓是一个壮观的“礁灰岩林”海底世界(图 1.1.3)。

一、大陆架

南沙群岛及其邻近海区的大陆架主要是南海南部大陆架(北巽他大陆架)的北缘部分。大陆架总的轮廓是地形平坦,组成为本海区的第一级阶梯地形。其外缘的地貌是几个水下古三角洲的复合汇聚形成,平面图形可从 $50,100,150$ 及 200m 等深线的展布形态加以识别。西北外缘属湄公河古三角洲所在,东南外缘属加里曼丹河系(巴兰河、拉让河、卢帕尔河等)古三角洲所在,夹在二者的中间地带则是古巽他河系三角洲的残留形态。南沙大陆架的面积虽仅占北巽他大陆架面积的十分之一,然而位置重要。我国的曾母暗沙群、南康暗沙群和北康暗沙群等拥有的 20 多座暗沙、礁滩都位于其上,曾母暗沙为我国领土南疆。此外,南部大陆架,特别是南沙大陆架区的生产实践业已表明,该类复合古三角洲是陆源碎屑和有机质沉积的良好场所,在该处的沉积盆地蕴藏有丰富的油气资源。南沙大陆架外缘水深约 150m 。由加里曼丹岛至大陆架外缘宽达 $300\text{--}400\text{km}$ 。大陆架平均坡度为 $1'30''$ 。大陆架上有四级水下阶地,其深度分别为 $20\text{--}30\text{m}$, $50\text{--}70\text{m}$, $80\text{--}90\text{m}$ 和 $100\text{--}120\text{m}$ 。大陆架外缘有因基底构造脊上隆而形成的一系列海丘,相对高差为 $80\text{--}200\text{m}$ 。大陆架上的负地貌类型主要有巽他河系(最大深度达 120m),为树枝状的一组海谷,发源于陆上各大河口外,在中央部分汇合成为巨大的北向海谷,经大纳土纳岛北南两侧注入大陆坡和深海盆。巽他河系主要发源于南海南部大陆架,至南沙大陆架区已是河系的末端位置;此外,大陆架上散布许多孤立的小洼地,它们深于邻近海底表面 $5\text{--}15\text{m}$,可能是古海湾凹地的残留地貌形态。

根据大陆架的微地貌形态特点,可进一步划分出内大陆架和外大陆架二个次级地貌单元。

1. 内大陆架

内大陆架范围为 50m 以浅的海底,近陆、水浅。海底起伏幅度为 $3\text{--}5\text{m}$ 的小隆起和小洼地较多。大陆架礁滩、浅滩大多分布本区,如曾母暗沙群所在的礁滩全位于内大陆架上。海底平

* 作者:谢以萱。