

曾母暗沙

——中国南疆综合调查报告

中国科学院南海海洋研究所

科学出版社

96.67

2

序

中国科学院南海海洋研究所“实验3”号考察船分别于1984年7月、1985年6月和1986年4月对我国南沙群岛曾母暗沙及其邻近海区共进行了三个航次的综合性的和专业性的考察。全体考察人员同心协力,运用多种现代化测试手段,对曾母暗沙及邻近海区进行了系统的探测,取得大量的海底地形、海洋沉积、海洋水文气象、海水光学特征、海洋化学及海洋生物等方面的第一性资料,并根据所获得的三次观测的资料、数据、标本和样品进行深入的室内整理和研究分析,写成这一份具有当代国际水平的调查报告,开创了我国海洋科学研究的新局面。

《曾母暗沙——中国南疆综合调查研究报告》是我国历史上首次对曾母暗沙及邻近海区所进行的综合调查研究的丰硕成果,填补了我国南疆综合调查研究的空白,为合理利用和开发我国的南海资源提供十分有益的科学依据,具有重大理论和实际价值。

本项专题研究是我国在南海开展的一项开拓性的课题。其特色在于运用多学科相互结合和相互渗透的方法,发挥综合调查研究的优势,将南海海洋研究水平提到了一个新的高度。特别是应用先进的定位、探测和水下电视录象等先进技术,查明曾母暗沙及邻近海区的空间位置和海底地形,订正了海图;对浅层沉积物、礁体的成长率和形成年代,生物的种类和生态环境,海洋物理、海洋化学等方面提出创造性的见解,提高了礁体研究的理论水平。

毫无疑问,本书的出版问世,将为丰富和发展我国海洋科学的研究起到积极作用。谨向担负三个航次光荣而艰巨任务的全体同志和全体工作人员表示敬意,并学习他们的创业精神!

郭令智

一九八六年十一月于南京大学

前 言

曾母暗沙是一座水下珊瑚礁,位于南海南部 ($3^{\circ}57'44''-3^{\circ}59'00''N$, $112^{\circ}16'25''-112^{\circ}17'10''E$),面积约 2.12km^2 ,是南沙群岛一个重要组成部分,也是我们伟大祖国的南疆边陲。它象一颗水下明珠镶嵌在巽他陆架上。

曾母暗沙海区是南海东线必经之地,是连接太平洋和印度洋的重要航道,是远东地区通往东南亚、中东和欧洲各国的航线,也是亚洲与大洋洲之间贸易航运的要冲。它在我国政治、经济和军事等方面都有着重要的意义。

南沙群岛古称“千里长沙,万里石塘”,早已名扬天下。自古以来,我国人民就一直在南沙群岛生活和从事捕捞等生产活动。本世纪 70 年代,中国台湾省调查船曾对曾母暗沙海区进行过矿产、渔业资源考察。广东省琼海县每年都有大批渔船前往南沙群岛,也包括在曾母暗沙海区进行渔业生产。

1984 年 6 月 26 日,国务院批准了中国科学院进行南沙群岛综合考察任务,下达由南海海洋所执行。我所“实验 3”号调查船曾在 1984 年 7 月 16 日、1985 年 6 月 3—5 日和 1986 年 4 月 26—28 日¹⁾在曾母暗沙周围 442 平方海里内进行综合考察,共布设观测站 38 个,系统地对曾母暗沙海区的地形、地貌、沉积、水文、气象、海水光学、海水化学和生物等作了调查研究。并对曾母暗沙海区的 86-13 和 86-10 号测站的水下礁体进行了考察。首次获得了调查海区上述各学科的第一手资料,填补了我国在这一海区科学调查的空白,为进一步开发祖国南疆提供了科学依据。

1986 年 6 月 26—27 日,在我所召开了“曾母暗沙专题研究”汇报评审会。来自全国有关科研、教学、生产等 20 多个单位的专家、教授和领导出席了这次会议。专家们对该专题研究提出了许多宝贵意见。在此基础上,我们对该专题研究报告作了进一步整理和补充²⁾,现已完成《曾母暗沙——中国南疆综合调查报告》。

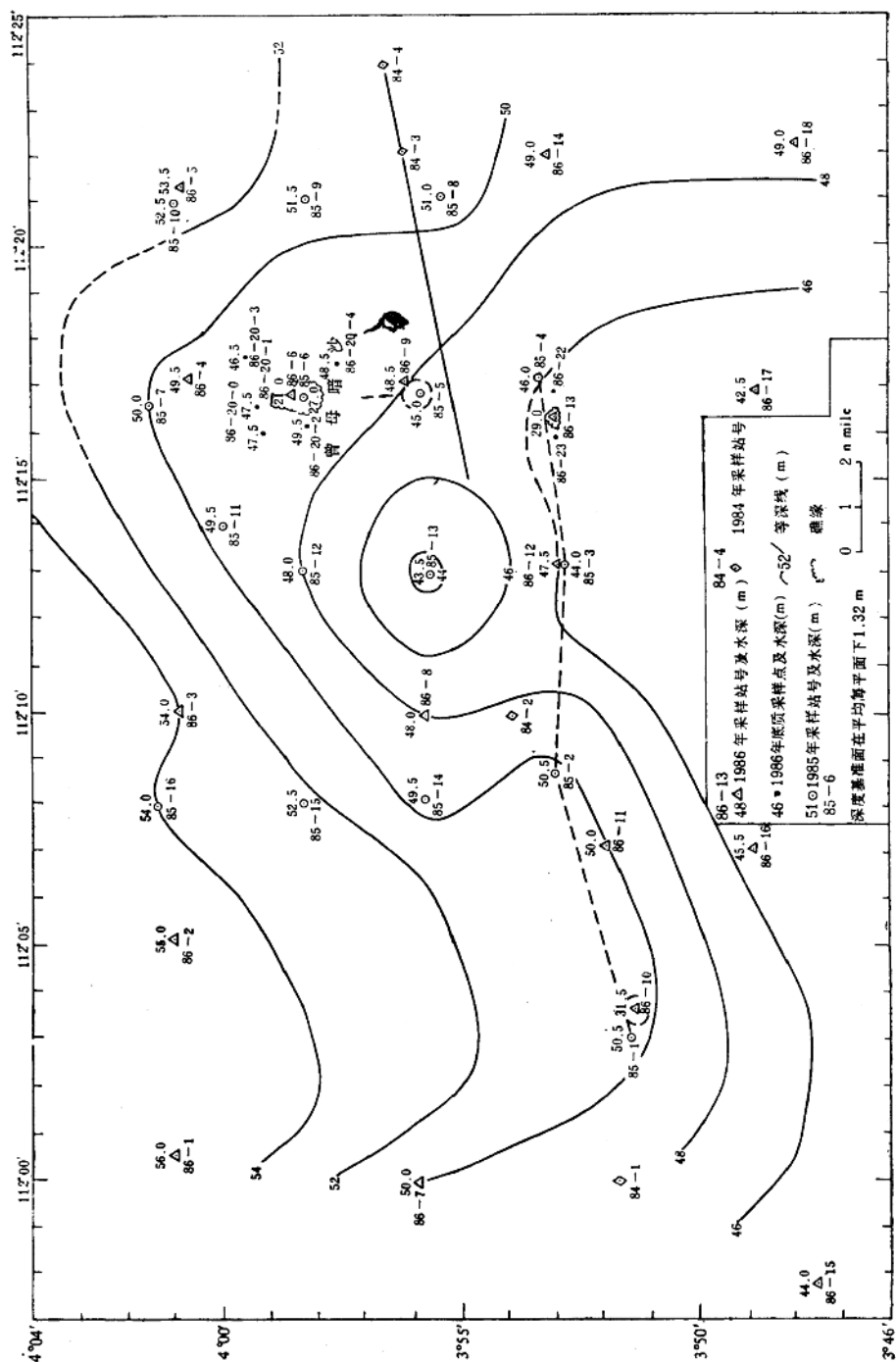
我们向祖国和人民奉献这份调查报告,表达海洋科学工作者一颗赤诚的心。这一成果是参加该项调查研究任务全体科技人员和船员们集体劳动的结晶,也是在中国科学院和广东省委等领导和关怀下取得的。特借此机会,向所有支持这项工作的同志们致以诚挚的谢忱!由于时间仓促,水平所限,报告中不当之处在所难免,恳请读者惠予指正。

课题负责人 陈清潮

1986 年 12 月 30 日

1) 1984 年 和 1985 年调查使用北京时间,1986 年使用北京夏时制。

2) 参加本书编辑工作的有陈映霞、李焕珊、聂颂平、夏瑟如、徐秉正(以编辑章节为序)。图件由南海海洋研究所编辑室绘图组清绘。



曾母暗沙海区考察站位分布示意图

目 录

序	
前言	(vii)

第一部分 曾母暗沙海区的地质地貌

一、水下地形探测	(1)
二、地貌与浅地层	(12)
三、地质特征	(23)
(一) 沉积特征	(23)
(二) 礁体碳酸盐矿物组分及其特征	(29)
(三) 生物礁及礁外沉积物的地球化学特征	(36)
(四) 珊瑚礁的特征	(45)
(五) 微体生物	(51)

第二部分 曾母暗沙海区的海洋环境

一、水文概况	(66)
二、气象概况	(72)
(一) 气候和天气概况	(72)
(二) 西南季风初期的海-气间能量交换	(77)
(三) 冬季风向夏季风过渡时期的气象特征	(83)
三、海水光学特性	(88)
四、海水化学要素分布	(95)

第三部分 曾母暗沙海区的海洋生物

一、浮游生物	(106)
(一) 叶绿素含量的时空分布及初级生产力估算	(106)
(二) 浮游植物	(115)
(三) 浮游动物种类、数量和生物学	(132)
(四) 浮游动物的昼夜垂直移动	(146)
(五) 一些浮游动物的生物化学成分	(155)
(六) 浮游幼虫的种类组成和数量分布	(160)
(七) 小型头足类及幼体	(163)
二、鱼类	(177)
(一) 浮性鱼卵和仔稚鱼	(177)
(二) 鱼类组成及分布	(189)
三、底栖生物	(192)

(一) 底栖生物的种类组成和生物量	(192)
(二) 软珊瑚	(200)
(三) 石珊瑚和角珊瑚	(203)
(四) 软体动物	(205)
(五) 棘皮动物	(212)
四、新种	(218)
(一) 麦壳水蚤一新种	(218)
(二) 欧非虫属一新种	(221)
结语	(231)

CONTENTS

Preface	
Foreword	(vii)

Part 1 Geology and Geomorphology of the Zengmu Ansha Waters

Bathymetric Survey	(1)
Geomorphology and Sub-bottom Strata	(12)
Geological Characteristics	(23)
Sedimentary Characteristics	(23)
Carbonate Mineral Composition and Characteristics of Reef Body	(29)
Geochemical Characteristics of Biotic Reefs and Sediment Around Reefs	(36)
Characteristics of Coral Reefs	(45)
Micro-organisms	(51)

Part 2 Marine Environment of the Zengmu Ansha Waters

Survey of Physical Oceanography	(66)
Survey of Meteorology	(72)
Survey of Climate and Weather	(72)
Energy Exchange of the Sea-Atmosphere during Initial Stage of Southwest Monsoon	(77)
Meteorological Features during Transition Period of Winter Monsoon to Summer Monsoon	(83)
Seawater Optic Characteristics	(88)
Distribution of Seawater Chemical Elements	(95)

Part 3 Marine Organisms in the Zengmu Ansha Waters

Plankton	(106)
Temporal Distribution of Chlorophyll Level and Estimation of Primary Productivity	(106)
Phytoplankton	(115)
Species Composition, Quantity Distribution and Biology of Zooplankton	(132)
Zooplanktonic Diurnal Vertical Migration	(146)
Biochemical Composition of Some Planktonic Animals	(155)
Species Composition and Quantity Distribution of Planktonic larvae	(160)
Small-sized Cephalopods and Larvae	(163)
Fishes	(177)
Planktonic Fish Eggs and Juveniles	(177)
Composition and Distribution of Fishes	(189)
Benthos	(192)
Benthic Species Composition and Biomass	(192)

Soft Corals (Alcyonacea).....	(200)
Hard Corals (Scleractinia) and Black Corals (Antipatharia).....	(203)
Molluscs	(205)
Echinoderms	(212)
New Species	(218)
A New Species of <i>Macandrewella</i> (Copepoda: Calanoida)	(218)
A New Species of <i>Onuphis</i> (Polychaeta: Onuphidae)	(221)
Concluding Remarks	(235)

第一部分 曾母暗沙海区的地质地貌

一、水下地形探测*

我们通过三个航次的调查,利用船上的现代先进调查设备,结合海区的实际情况,采取合理的探测方法,获得了曾母暗沙水下地形的最新资料。

1. 地形探测方法

(1) 仪器

1) 美国 Magnavox 公司的 MX 1102 卫星定位接收机。静态定位精度为 0.25 nmile。用于确定船舶锚碇位置。

2) 美国 Sperry 公司的 MK-4016 雷达。水平波束宽度 0.8° , 垂直波束宽度 25° , 最大测量距离 120 n mile, 最小测量距离 15 m, 精确度为距离圈 ± 0.03 n mile, 标视(映象) ± 0.02 n mile, 方位精确度为 1° 。实测盲区 32m。探测点与定位浮标最近距离 37m。用于测线的导航定位。

3) 上海产 683 型万米回声测深仪和日本产 SEA HUNTER JFF-570 D 测深仪。精度 1%。用于测量水下地形剖面。

4) 美国 Klein 公司产 K-MAP IV 旁侧扫描声呐/浅地层剖面仪。旁侧声呐工作频率 100kHz 或 500kHz, 浅地层剖面仪工作频率 3.5kHz。用于测量海底表面声学性质和 20m 以浅地层剖面特征。

5) 西德 IBAC L-70C 型和 UFF-22 型水下电视系统。用于观察海底地貌。

(2) 定位与测线

1) 测定准确锚位

利用 MX 1102 卫星定位接收机在锚碇相对静态中定位精度高的特点, 求出准确锚位, 然后投设浮标, 用 Sperry 雷达测定浮标的方位距离, 实现探测作业中的导航定位。

“实验 3”号于 1985 年 6 月 3 日 10 时 55 分—4 日 11 时 58 分在曾母暗沙礁体水深 29m 处锚泊 25h 进行连续观测, 锚机出链 6 节 (150m), 风向西南, 风力 1—2 级, 流向偏北, 流速较小, 无走锚。三次使用水下电视探测录像和照相。锚碇 25h, 卫星有效通过更新定位 10 次, 得“实验 3”号在曾母暗沙的卫星定位锚位的地理坐标为: $3^\circ 58' 13''\text{N}$, $112^\circ 16' 49''\text{E}$ 。

2) 投设定位浮标

利用直径 1.2m 铁制罐形红色水文测流浮标, 接上钢缆 15m, 铁链 45m, 20kg 小锚一个。6 月 4 日 11 时 58 分, “实验 3”号起锚, 破土离底立即投下浮标。以浮标的位置取

* 本项工作由吴志强、钟晋操、刘万泉负责。

代“实验3”号锚位。

3) 测线布设及实施

设浮标为一个已知的定位点,以浮标为中心布设四条交叉测线。在礁区外围调整船位,以最慢航速(4.5—5.5kn)拖航旁侧声呐/浅地层剖面仪,启动测深仪,使用 Sperry 雷达,同步时间(每6分钟一次)同时观测、定位、划线、记录。登坡、下坡、过浮标及特殊水深地形变化即时定位,沿测线 N-S, SE-NW, E-W, SW-NE 实施探测。

探测时,西南风2级,海面平静,视程良好,浮标回波清晰。

1986年4月26日8时48分,“实验3”号再次抵曾母暗沙进行考察。在礁体上水深22.5m处锚泊连续观测27h,卫星定位接收有效更新定位22次,得锚位地理坐标为 $3^{\circ}58'26''N, 112^{\circ}16'52''E$ 。海水透明度高,可见海底珊瑚礁。同时做了几次水下电视探测录像和照相。13时0分,用工作艇配带磁罗经、0—99.9m浅水测深仪,用雷达观测工作艇探测时的方位距离进行定位,对曾母暗沙作六条梯形测线的水深测量(见图1.1.1)。

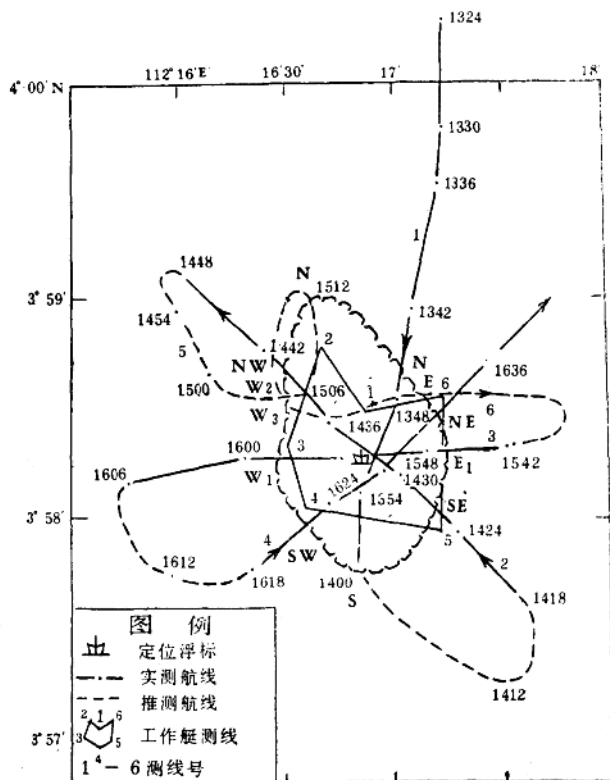


图 1.1.1 曾母暗沙探测航迹示意图

1448 等为测时; NW, W₁ 等为礁缘点坐标

2. 地形

(1) 曾母暗沙礁体地形图的绘制

在航迹定位图的基础上,对旁侧扫描声呐的表地层声图、浅地层剖面声图、测深地形

表 1.1.1 曾母暗沙礁体的礁缘点坐标

测线号	方 向	礁 缘 点 坐 标			水深 (m)	划分礁缘点理由
			东经 (E)	北纬 (N)		
1	N-S	N 点	112°16'59"	3°58'35"	44.5	测深线开始上升,浅地层界面可辨
		S 点	112°16'48"	3°57'44"	40.0	浅地层剖面上刚出现沉积层理,旁侧扫描声图上有众多凸起礁体
2	SE-NW	SE 点	112°17'7"	3°58'2"	44.5	测深线开始凸起,浅地层剖面分界明显
		NW 点	112°16'30"	3°58'37"	46.5	主要根据测深地形变至低点,且出现水平层理
3	E-W	E ₁ 点	112°17'10"	3°58'18"	45.5	测深地形线开始上坡,浅地层剖面分层,旁侧扫描声图可辨
		W ₁ 点	112°16'25"	3°58'16"	45.5	测深地形线下降到坡足,浅地层剖面分层,旁侧扫描声图可辨
4	SW-NE	SW 点	112°16'34"	3°58'58"	40.0	根据浅地层剖面分层,旁侧声图底色差异
		NE 点	112°17'5"	3°58'25"	44.5	地形线下降到坡麓,旁侧声图底色差异,浅地层界面清楚
5	W-N	W ₂ 点	112°16'29"	3°58'32"	46.0	地形开始上升,浅地层剖面开始出现层理
		N 点	112°16'37"	3°59'0"	44.0	地形线刚好最低点,浅地层界面清楚
6	W-E	W ₃ 点	112°16'29"	3°58'25"	44.0	测深线开始上升,浅地层剖面分界,旁侧扫描声图明显分辨
		E 点	112°17'02"	3°58'32"	46.0	测深线下降到最低点,浅地层剖面分层

剖面声图、卫星定位接收机和测深记录的航速航向资料,以及船上驾驶的记录进行反复的综合研究分析,在地形开始隆起、珊瑚礁缘出现、浅地层层理出现之处,确定出测线的礁缘点,共获得 12 个礁缘控制点(见表 1.1.1)。以这些礁缘点在 1:10 000 的空白图上绘出礁体的轮廓,按照制图内插法,对照测深地形剖面的形态(见图 1.1.2),绘出曾母暗沙礁体地形图(见图 1.1.3)。

(2) 制图中的几点说明

1) 比例 1:10000,标准纬线 5°。

2) 图上水深以 m 为单位,并经潮汐订正。采用理论最低低潮面(在平均海平面下 1.32m)。

3) 曾母暗沙潮汐推算说明:

由于曾母暗沙海区没有潮汐观测资料,因此无法用实测资料直接算出该地的潮汐调和常数。我们依据 1985 年英国潮汐表中所列曾母暗沙周围港口的四个主要分潮 (O_1 , K_1 , M_2 , S_2) 调和常数资料,通过作图内插的方法,求得曾母暗沙海区的四个主要分潮的调和常数。应用《海洋调查规范》¹⁾和《海洋水文常用表》²⁾导出另外 13 个分潮的调和常数,

1) 国家海洋局,1975 年,海洋调查规范,第一册,海洋水文要素的观测。

2) 国家海洋局,1975 年,海洋水文常用表。

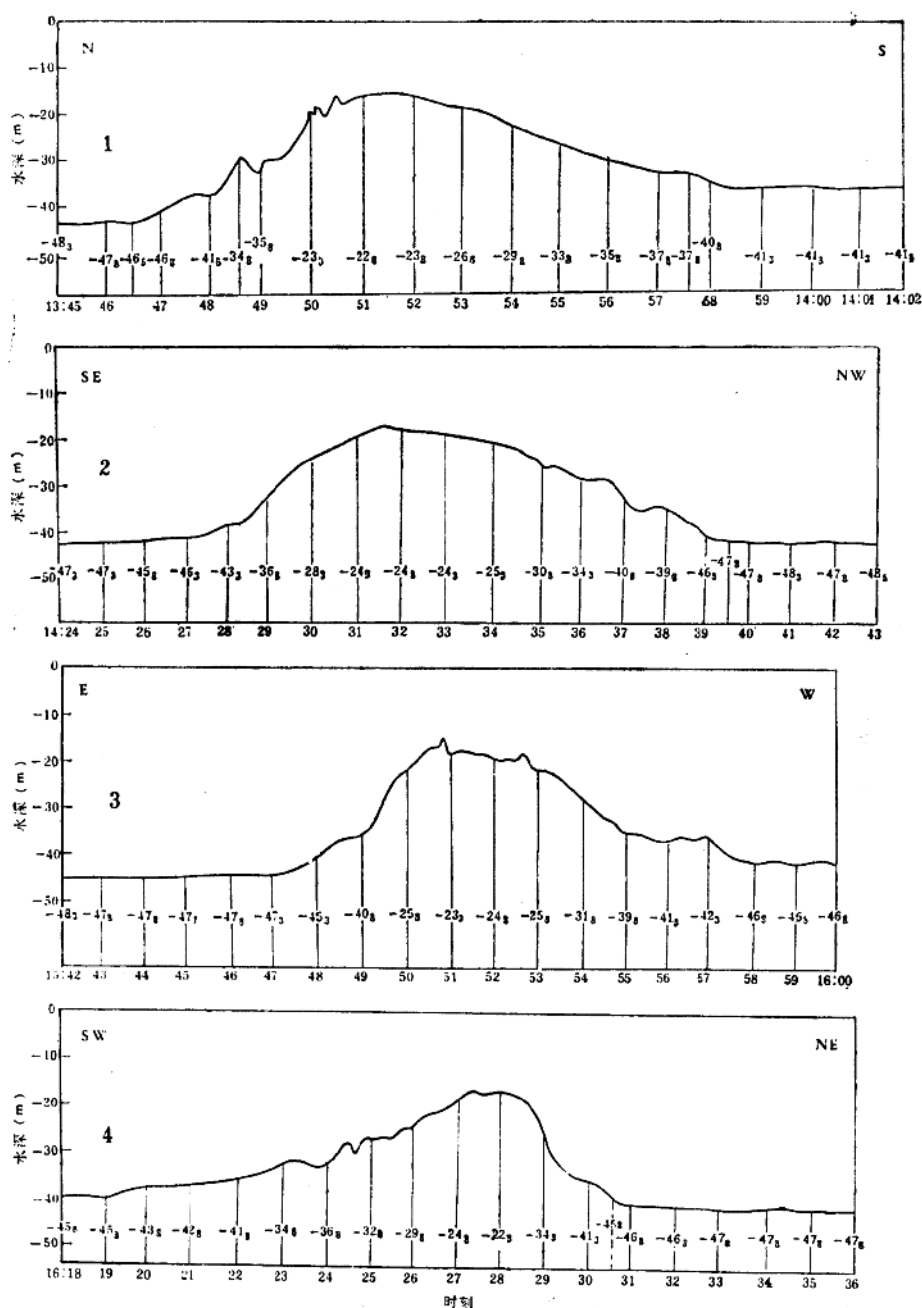


图 1.1.2 曾母暗
1-6 为

从而得到 17 个分潮的调和常数 (见表 1.1.2)。

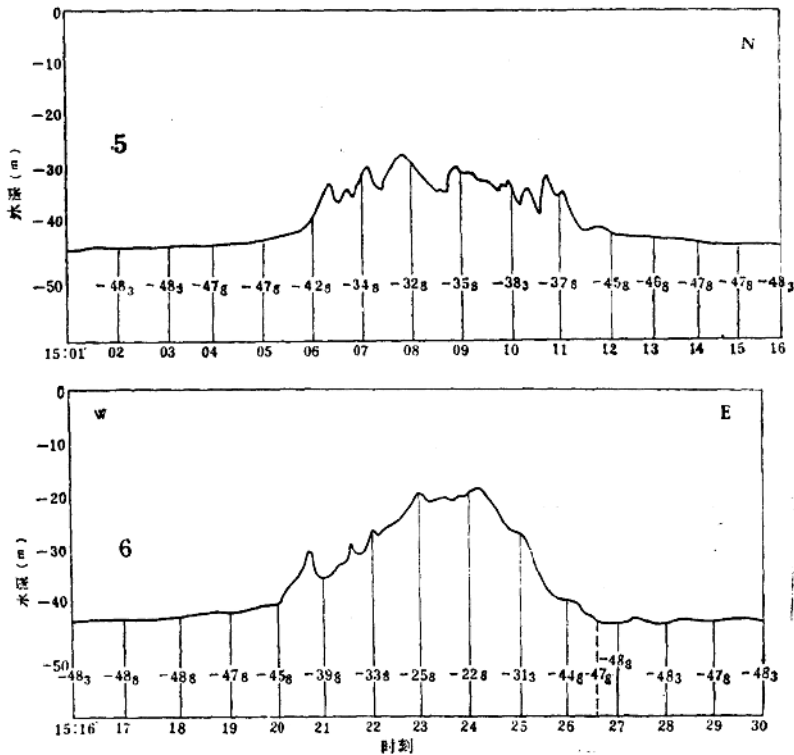
表 1.1.2 曾母暗沙潮汐调和常数

分 潮	O_1	K_1	Q_1	M_1	P_1	φ_1	J_1	OO_1	M_2	S_2	$2\mu_2$	μ_2	N_2	γ_2	L_2	T_2	K_2
位相 $g(^{\circ})$	275	325	250	300	321	329	350	15	35	53	16	17	25	27	45	52	54
振幅 $H(\text{cm})$	30.0	38.0	5.8	1.5	12.6	2.1	2.1	1.2	30.0	6.0	0.8	0.7	5.8	1.1	0.4	0.4	1.6

根据 17 个分潮的调和常数, 预报了测深期间的逐时潮高, 并计算了理论最高高潮面和理论最低低潮面。理论最高高潮面在平均海平面上 1.02m, 理论最低低潮面在平均海平面下 1.32m。

推算结果表明, 曾母暗沙海区潮差较小。这里所计算的平均海平面, 实际是指预报潮位的平均值, 未经季节订正。因此, 这里以理论最低低潮面作为深度基准面所作的曾母暗沙地形图实际上存在一定的误差。由于潮差较小, 这种误差也较小。

4) 每个定位点标出一个水深点, 前后两个定位点之间, 按时间航程内插, 并按测深连



沙测深地形剖面图

测线号

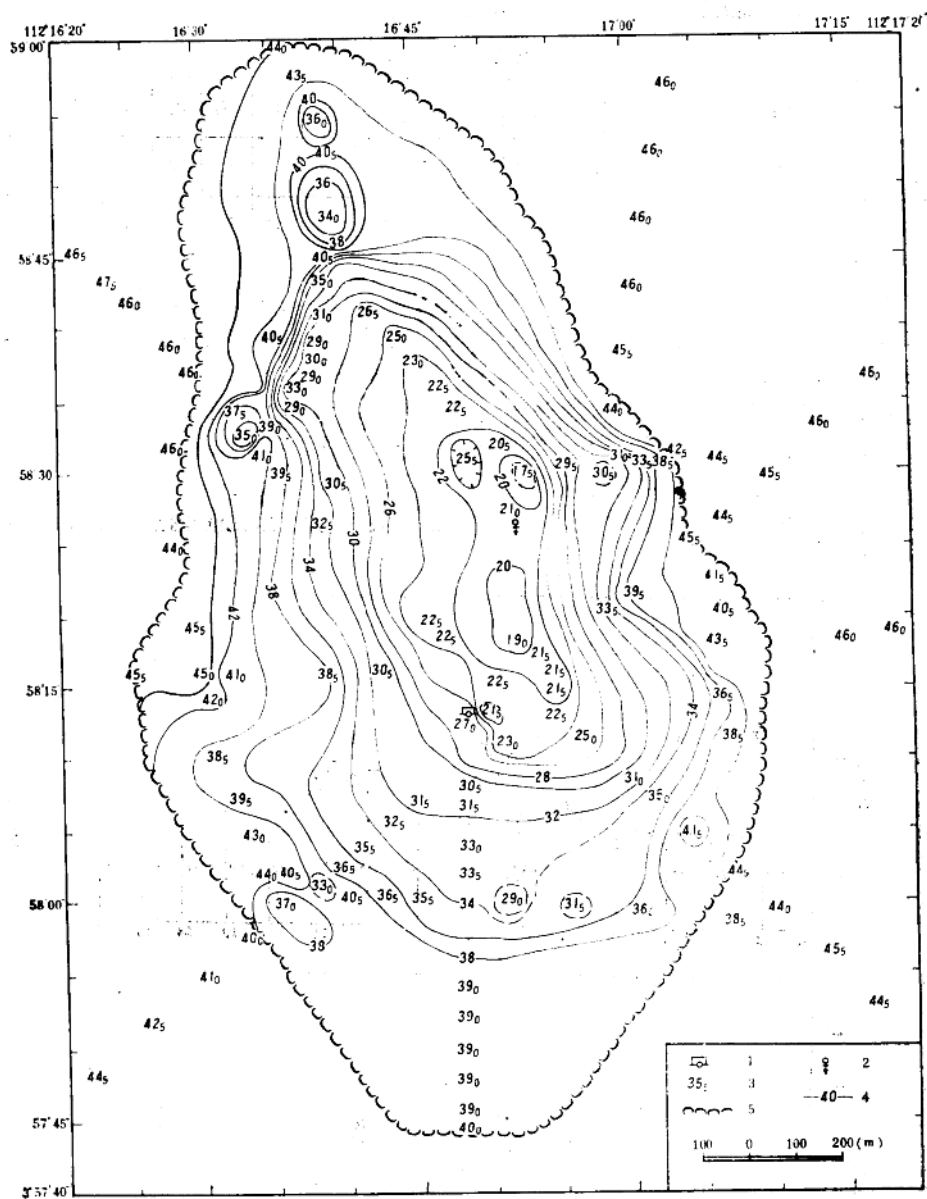


图 1.1.3 曾母暗沙礁体地形图(本图由吴志强、钟晋樑、刘万泉等测绘)

1.1985年6月4日锚位; 2.1986年4月26日锚位; 3.水深、深度基准面在平均海平面
下1.32m; 4.等深线,间距2m; 5.珊瑚暗礁边缘线

(下图均同)

逐剖面量算出水深。在礁体边缘附近,每半分钟标出一个水深点,礁外每分钟标出一个水深点。

5) 探测前,对测深仪测深数值做过静态比较,绳测 29m,测深仪测得 28.8m,相对误差小于 1%。

(3) 礁体地形特征

曾母暗沙礁体位于 $3^{\circ}57'44''-3^{\circ}59'00''N$, $112^{\circ}16'25''-112^{\circ}17'10''E$ 的范围内。长约 2385m,最宽约 1380m,总面积约 $2.12km^2$,比高不足 30m,已发现最浅水深 17.5m ($3^{\circ}58'30''N$, $112^{\circ}16'53''E$)。30m 以浅面积约 $0.33km^2$ 。其形似梅花参的丘状水下珊瑚礁,NNW 走向,伏卧于 40—50m 水深的陆架上。礁体东北部地势陡,坡度变化较大,近中部地势较高,逐渐向 NW 方向、SW 方向缓慢延伸下降。礁丘上有许多坑洼沟谷,在礁体中的坑洼处或边缘缓坡上堆积了钙质生物碎屑。水下电视揭示的曾母暗沙礁体是一座礁石林立,珊瑚和热带鱼类等动物千姿百态、五彩缤纷的美丽富饶的水下世界。

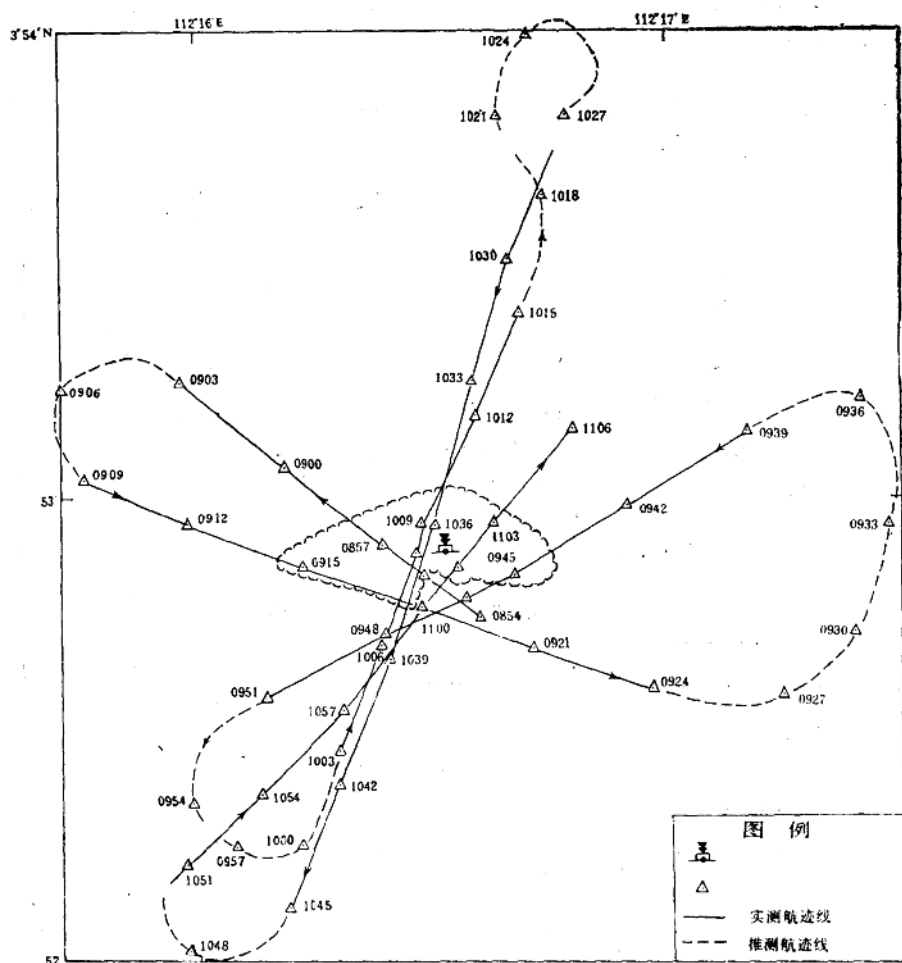


图 1.1.4 86-13 号站珊瑚暗礁探测航迹示意图

0951 为测时(图例中第一个符号表示定位浮标,第二个符号表示定位点)

3. 86-13 号礁体地形的测绘

该礁体位于曾母暗沙礁体南 5n mile 处。1986 年 4 月 27 日 17 时 57 分,“实验 3”号抵该礁体上水深 31.5m 处锚泊,用雷达测得该礁体浮标方位 101° ,距离 0.2n mile。28 日 7 时 56 分,“实验 3”号也用探测曾母暗沙的类似方法对它进行探测。

“实验 3”号在礁体上锚碇 14h,获得 10 个有效卫星更新定位。卫星定位锚位的地理坐标: $3^{\circ}52'55''\text{N}$, $112^{\circ}16'19''\text{E}$ 。求得浮标的地理位置为: $3^{\circ}52'53''\text{N}$, $112^{\circ}16'31''\text{E}$ 。

“实验 3”号于 4 月 28 日 8 时起锚,以浮标为中心,拖航旁侧声呐和浅地层剖面仪(声呐工作频率 100kHz),以万米测深仪和 SEA HUNTER JFF-570D 测深仪(发射频率 100 次/min)进行探测,使用 Sperry 雷达观测浮标方位距离定位。经过六条测线,每 3min 同步定位记录一次。雷达定位、声呐扫描,得到测深的探测航迹(见图 1.1.4)。综合分析地貌与浅地层声图,绘制出该礁体地形图(见图 1.1.5)。

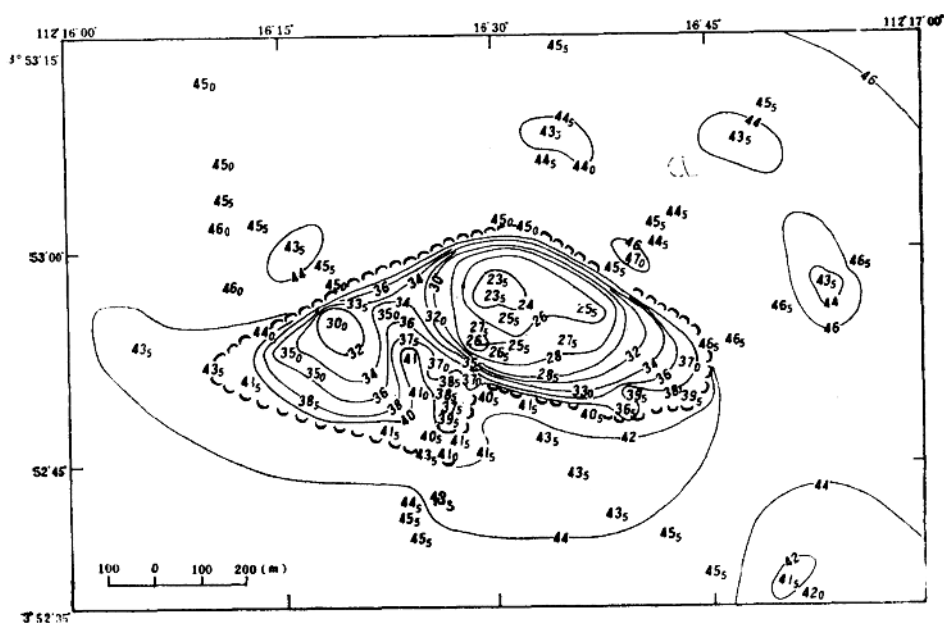


图 1.1.5 86-13 号站珊瑚暗礁地形图(本图由吴志强、钟晋樑、刘万泉测绘)

深度基准面在平均海平面下 1.32m

(1) 测线的控制范围

旁侧扫描声呐浅地层剖面仪、测深仪探头经过浮标六次,依次沿 315° , 105° , 244° , 023° , 198° 和 038° 航向拖测,历时 132min。每 3 分钟定位一次,旁侧扫描声呐/浅地层剖面仪的声图每 2min 自记一条标志线。它控制测线左右两侧各 100m,共 200m 范围。扫描声呐实际覆盖了该礁体总面积约 92.5%,未被覆盖面积约占 7.5%(见图 1.1.6)。

两台测深仪同时连续测深获得的地形剖面见图 1.1.7。

本图误差分布与测线和测深点(包括选择锚位时的测深点)的距离成正相关,越近测

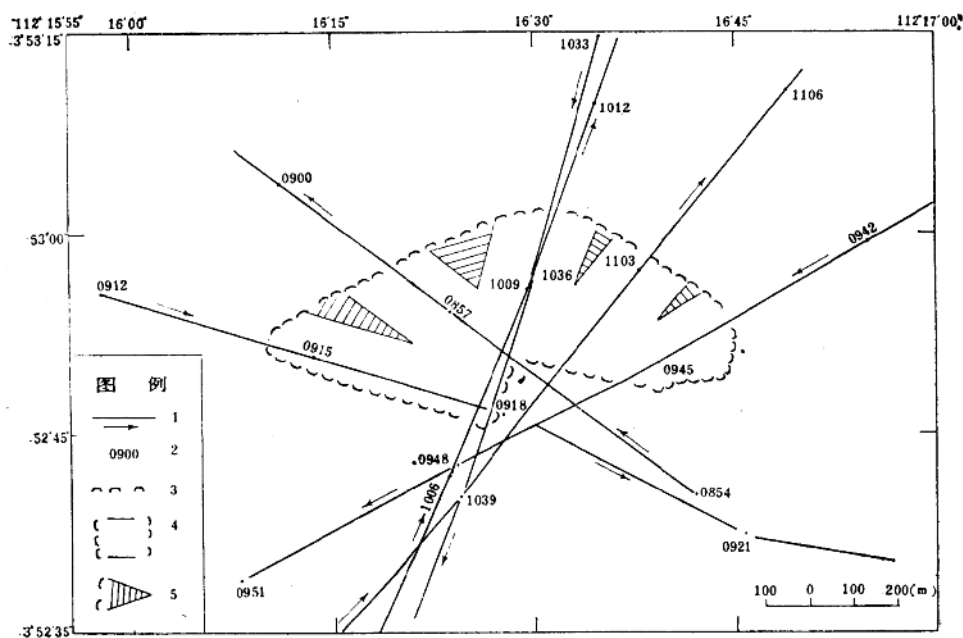


图 1.1.6 86-13 号站珊瑚暗礁旁侧声呐探测声覆盖图

- 1.测线及航向; 2.测时; 3.礁缘线; 4.地貌声图覆盖面(占 92.5%);
5.地貌声图未覆盖面(占 7.5%)

线和测深点,误差越小。

(2) 礁体轮廓和面积

该礁体的礁缘轮廓线是根据六条测线控制范围内,经过地貌与浅地层声图分析,并与两台连续测深的地形剖面图对比研究后绘制出来的。根据声图确定出 12 个礁缘点(见表

表 1.1.3 86-13 号站位礁体的礁缘点坐标

测线序号	航 向	水 深 (m)	礁缘地理坐标	
			北纬 (N)	东经 (E)
1	315°	40.5	3°52'50"	112°16'29"
		45.0	3°52'58"	112°16'19"
2	104°	43.5	3°52'52"	112°16'10"
		41.5	3°52'46"	112°16'28"
3	244°	46.5	3°52'54"	112°16'44"
		40.5	3°52'49"	112°16'37"
4	23°	43.5	3°52'46"	112°16'25"
		45.0	3°53'01"	112°16'32"
5	198°	45.0	3°53'01"	112°16'31"
		41.0	3°52'46"	112°16'26"
6	37°	41.5	3°52'50"	112°16'32"
		45.5	3°52'58"	112°16'39"