

南沙群岛及其邻近海区 地质地球物理 与油气资源

中国科学院南沙综合科学考察队

科学出版社

南沙群岛及其邻近海区 地质地球物理与油气资源

中国科学院南沙综合科学考察队

夏戡原等著

科学出版社

1996

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本书是 1987—1991 年中国科学院南沙综合科学考察队对南沙海区地质、地球物理与油气资源调查研究的综合成果。全书共分 4 篇 15 章,主要内容是根据 4 个航次所取得的上万公里的地质、地球物理和地球化学勘探综合大断面调查资料,结合前人在本区的研究成果,对研究区的地壳结构、类型和分布、中新世沉积盆地和地层发育特征进行较详尽分析,在此基础上较合理地划分本区的构造单元,论述构造发展阶段和构造演化,并对本区的油气资源提出初步评价,对南沙海槽的构造属性等问题提出新的认识。

本书可供国防、航运、海洋、地质、石油、物探、化探等部门领导和科技人员以及有关高等院校师生参考。

南沙群岛及其邻近海区 地质地球物理与油气资源 中国科学院南沙综合科学考察队

夏戡原等著

责任编辑 潘 宇

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

(邮政编码: 100717)

华南农业大学印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

*

1996年3月第一版	开本: 757×1092 1/16
1996年3月第一次印刷	印张: 16 3/5
印数: 001—500	字数: 384 000

ISBN 7-03-005347-8/P·813

定价: 33.00 元

限国内发行

序 言

中国对南沙群岛及其邻近海区拥有无可争辩的主权。南沙群岛处于三大板块交汇处，具有独特的地质构造环境，并蕴藏着丰富的油气矿产资源。

从 1987 年至 1991 年间，在我国对南沙开展的综合科学考察中，作了 6 800km 综合地质、地球物理剖面调查，取得了包括海底地形地貌、重力、磁力、多道反射地震、声呐浮标折射地震、热流、汞量地球化学、红外测温等大量资料，并结合前人的工作，对整个南沙海区着重在区域地质构造、区域地球物理场、含油气盆地的形成演化、动力学特征等方面，作了较系统的综合分析。这一研究成果，通过同行专家的评审，认为“是研究南沙群岛海区地质构造演化、盆地分析、油气资源远景初步评价等方面的重要成果，意义深远。”这对我国经济建设、社会发展，特别是维护领土主权都具有很重要的价值。由于南沙形势的需要，本专著提供的研究成果只限于国内发行，不宜于公开和随意引用。

愿借此机会，向参加该项目现场考察的所有人员、编写本专著的同志和支持这一事业的人们致以衷心的感谢！

“八五”国家南沙专项负责人
中国科学院南沙综合科学考察队
陈清潮

1995 年 5 月 31 日

前 言

1987年3月,经国务院批准,由中国科学院牵头,会同国家有关部委的所属单位组成南沙综合科学考察队,对南沙群岛及其邻近海区进行以岛礁、油气资源、生物资源和海洋环境为主的综合考察。同油气资源相关的地质、地球物理部分,分别于1987年和1989—1991年进行了4个航次包括连续卫星导航定位、测深、重力、磁力、多道反射地震、声呐浮标折射地震、热流、电火花模拟剖面测量、汞量地球化学测量和海表温度遥感测量10项调查,并于1987年12月、1990年2月和1992年1月,先后在广州召开了3次南沙科学考察学术交流和各航次的成果鉴定会,与会专家对取得的成果给予较高评价,认为这些成果是研究南沙海区盆地分布、地质构造演化和油气资源远景初步评价的重要成果。本书是对这4个航次地质、地球物理与油气资源调查研究和“八五”期间部分调查成果进行的综合研究总结。

中国对南沙群岛及其邻近海区拥有无可争辩的主权。南沙群岛及其邻近海区独特的地质构造环境和丰富的油气资源为世人瞩目。南沙综合科学考察是一个高瞻远瞩的项目,对于地质科学研究,特别是包括南海在内的西北太平洋边缘海的形成演化和矿产资源分布规律的研究更显重要性。地质科学的创新或突破,必须建立在翔实的资料、精细的分析、多学科的综合和全球对比的基础上。南沙综合科学考察不但取得了大量综合性资料,填补了我国在该海区地质、地球物理研究工作的空白,而且在资料的精细分析和综合研究上也作了初步尝试,既为我国地质科学研究提供了重要的基础资料,也为今后在该海区进行油气勘探提供了科学依据。

南海海区的地球物理调查,是生产、科研和教育部门三结合的协作成果。合作研究的单位除中国科学院南海海洋研究所外,还有中国海洋石油总公司海洋石油勘探开发研究中心、南海东部石油公司、中国石油天然气总公司地球物理勘探局研究院、甘肃有色金属地质研究所、珠海市海江新技术研究所、中国科学院广州地球化学研究所、中国地质大学(武汉)等。上述单位的郑明亮、王维熙、谭建军、陈守金等同志还参加了海上资料采集工作,南海海洋研究所的“实验2”号船承担了除地热以外的所有项目的调查任务;船长曾国庆、莫华昆和实验部全体科技人员和船员参加了海上资料采集工作。前3个航次由夏戡原任调查队长,后一个航次由苏达权任调查队长。地热测量则由“实验3”号船实施,由陈忠荣、夏斯高负责组织海上测量工作。

多道反射地震资料处理工作得到原石油工业部副部长阎敦实教授和中国石油天然气总公司石油地球物理勘探局研究院的大力支持,全部资料在该院处理,由研究院的马俊才高级工程师、徐子伯高级工程师和李合群工程师等负责,南海海洋研究所姜绍仁、刘帝光、叶秀开、黄志明、姜吉惠、江则荣等同志参加资料处理工作;定位、测深、重力、

磁力、声呐浮标折射地震、电火花模拟剖面测量及地热流测量和资料处理由南海海洋研究所完成；除海表温度场的遥感研究有南海海洋研究所邓传明参加外，其它项目海上资料采集由各专题承担单位独立完成。在此对支持和参加海上采集工作、室内资料处理工作以及完成各项分析任务的上述兄弟单位和个人表示感谢。

本书分为南沙海区地形地貌与新构造运动、地球物理场与汞量地球化学、地质构造及演化、综合分析油气资源 4 篇共 15 章。各章主要执笔者和参加者如下：前言，黄慈流、张毅祥、夏戡原；第一章，谢以萱、毛树珍；第二章，刘以宣、陆成斌、詹文欢；第三章，苏达权、陈雪、刘祖惠、林进峰、蒋祥兴、王海清；第四章，赵岩、王启玲；第五章，张毅祥、邓传明、赵岩、陈忠强；第六章，徐瑞松、谭建军；第七章，陈忠荣、夏斯高、夏戡原；第八章，陈汉宗、周蒂、王平、王维熙；第九章，姜绍仁、周效中、叶秀开、姜吉惠；第十章，钟建强、黄慈流、詹文欢；第十一章，周蒂、陈汉宗、茹克；第十二章，姜绍仁、周效中、姜吉惠、叶秀开、黄志明、刘帝光；第十三章，何善谋、刘昭蜀、杨树康、陈汉宗、刘海龄；第十四章，陈普刚、周蒂；第十五章，夏戡原、黄慈流。

本书由夏戡原主编，统稿工作由黄慈流、张毅祥负责，钟建强同志参加部分统稿工作。南沙综合科学考察项目负责人陈清潮教授为本书撰写了序言。地质矿产部广州海洋地质调查局冯志强教授、李振伍教授、梁德华副总工程师和该局科研所所长姚伯初高级工程师为本书审稿并提出宝贵的修改意见。编辑工作由潘宇编辑、李焕珊编审负责。图件清绘与植字工作由胡巧、肖兴同志完成。文字录入与排版工作由何雅琪、杨素悦同志完成。本书出版还得到许多兄弟单位领导、专家以及项目办公室陈俊德等同志的关心和支持，藉此机会向他们以及关心和支持南沙科学考察的所有同志一并表示衷心谢忱。

目 录

序 言	(i)
前 言	(III)

第一篇 南沙海区地形地貌与新构造运动

第一章 地形地貌	(3)
一、概况	(3)
二、地形	(3)
三、地貌	(8)
第二章 新构造运动、灾害地质与地壳稳定性	(20)
一、南沙区域地质概述	(20)
二、南沙及邻区新构造运动类型	(22)
三、活动断裂类型及分布特征	(26)
四、灾害性地质类型	(29)
五、近代构造应力场的分布与南沙形成演化	(32)
六、南沙及邻区地壳稳定性分析	(33)

第二篇 南沙海区地球物理场与微量地球化学

第三章 重力测量及重力场特征	(39)
一、重力测量	(39)
二、重力场的特征及其解释	(40)
第四章 地幔应力场和岩石圈内现代应力场	(48)
一、计算公式	(48)
二、南沙及其邻区地幔流应力场特征	(51)
三、南沙及其邻区岩石圈内现代应力场特征	(58)
四、地质解释	(59)
第五章 磁异常特征	(65)
一、磁力调查及资料处理概况	(65)
二、地磁场及磁异常的一般特征	(69)
三、磁异常分区及其解释	(77)
四、地质意义探讨	(81)

第六章 海表温度场	(8 4)
一、海洋表面温度的测量	(8 4)
二、主要成果	(8 8)
三、讨论	(9 1)
第七章 地热流特征	(9 3)
一、地热测量与热流分布特征	(9 3)
二、曾母盆地的地热特征及热流值与地壳厚度的相关性	(9 3)
第八章 汞量地球化学异常初步分析	(9 8)
一、工作方法	(9 8)
二、测汞方法及汞指标的地质意义	(100)
三、数据处理及异常确定原则	(102)
四、汞地球化学场分布特征及场源分析	(103)
五、异常特征及评价	(104)

第三篇 南沙海区地质构造及演化

第九章 中新世沉积盆地构造地层分析	(113)
一、地震资料采集和资料处理	(113)
二、地震层系划分	(113)
三、新生代构造运动	(115)
四、地壳性质	(115)
五、构造格局	(115)
六、古地理轮廓	(116)
七、盆地划分与成因类型	(116)
八、石油地质条件	(118)
第十章 曾母盆地北部渐新世以来构造沉降分析	(120)
一、基本原理	(120)
二、资料选取	(121)
三、构造沉降结果分析	(121)
四、构造沉降与盆地演化	(122)
五、构造演化初步分析	(124)
第十一章 南海海盆南北部新生代张性构造的不对称发育及其大地构造涵义 ...	(126)
一、南海中央海盆以北的新生代张性构造	(126)
二、南海中央海盆以南的新生代张性构造	(130)
三、南北张性构造的对比及其大地构造涵义	(136)
第十二章 曾母盆地的构造格局和油气远景	(141)
一、地震资料处理概况	(141)
二、地震波特征及其地质属性	(143)

三、地震解释剖面 and 沉积等厚图	(148)
四、盆地的构造特征及分区	(152)
五、盆地演化轮廓与成因类型	(159)
六、油气远景	(162)
第十三章 南沙及邻区地质构造背景及演化	(165)
一、区域地质构造概况	(165)
二、边缘地质	(172)
三、构造特征	(176)
四、构造单元划分	(179)
五、地质构造演化	(187)
第十四章 南沙海槽盆地演化的有限元模拟	(192)
一、概述	(192)
二、模型及方法	(193)
三、盆地演化模拟	(198)

第四篇 南沙海区地质地球物理综合分析与油气资源

第十五章 南沙海区地质地球物理综合分析与油气资源	(211)
一、南沙地块的范围及边界构造特征	(211)
二、南沙地块的地层结构	(218)
三、南沙地块的构造特征	(229)
四、新生代沉积盆地与含油气潜力	(240)
参考文献	(249)

第一篇 南沙海区地形地貌 与新构造运动

第一章 地形地貌

一、概 况

南沙群岛海区是我国最南的海疆。它位于南海南部海区东北方的航行险恶地带。南海南部海区通常是指 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。

居南海南部海区重要位置的南沙群岛海区，其范围包括 12°N 以南的南沙群岛及其邻近属于我国断续国界线以内的海域，简称南沙海区，面积达 $706\,800\text{km}^2$ 。海区的边缘礁滩，北边为位于 $11^{\circ}55'\text{N}$ 的雄南礁；南为 $3^{\circ}50'\text{N}$ 的曾母暗沙群；东为 $117^{\circ}45'\text{E}$ 线上的海马滩；西为 $109^{\circ}30'\text{E}$ 的万安滩。南沙海区包含大陆架、大陆坡及深海盆三大地貌单元。其中陆架面积为 $121\,600\text{km}^2$ ，占 17.2%；陆坡面积 $548\,500\text{km}^2$ ，占 77.6%；深海盆面积 $36\,700\text{km}^2$ ，占 5.2%。由此可见，南沙海区以大陆坡地貌为主，它超过了南沙海区总面积的四分之三。

南沙海区由于星罗棋布的岛礁、暗沙、浅滩等隆起地形使海底起伏多变；并且因历久未经详细探测和存在广阔测量空白区而使得本区向来以“航行险恶区”著称。国外有些研究者在讨论南海地形的著文中已对本区的测深和地形轮廓加以描述 (Emery et al., 1972; Typko, 1973)，并编有南海测深图。上列文献均以整个南海为研究对象，对“险恶区”的实际调查工作不多，因而描述南沙海区地形地貌时显得粗略。80年代以来，尤其是1984年至1991年，“实验3”号和“实验2”号调查船对南沙海区进行综合考察，取得13383km连续水深测量资料(图1.1.1)。这些测线主要在海区西部、东部和中部纵贯全区。尤其是在空白区的测线及岛礁之间的测线新资料有助于加深对南沙海区地形地貌的新认识。

二、地 形

南沙海区总的地形轮廓由南向北为一逐级下降的三级阶梯地形。第一级为陆架，主要分布在本区西南部，水深在150m以浅。第二级阶梯是陆坡，与陆架外缘的交接线平面轮廓呈马蹄状突向西南。陆坡主体为一水深1500--2000m的南沙台阶。该台阶受纵横

• 先后参加测深工作的人员有：林吉绥、陈汉权、许宗藩、庄农、姜水洋、王春龙等；周人初、周锡徐、吴涛、黄国轩、陈洪来参加测深数据计算机处理工作。

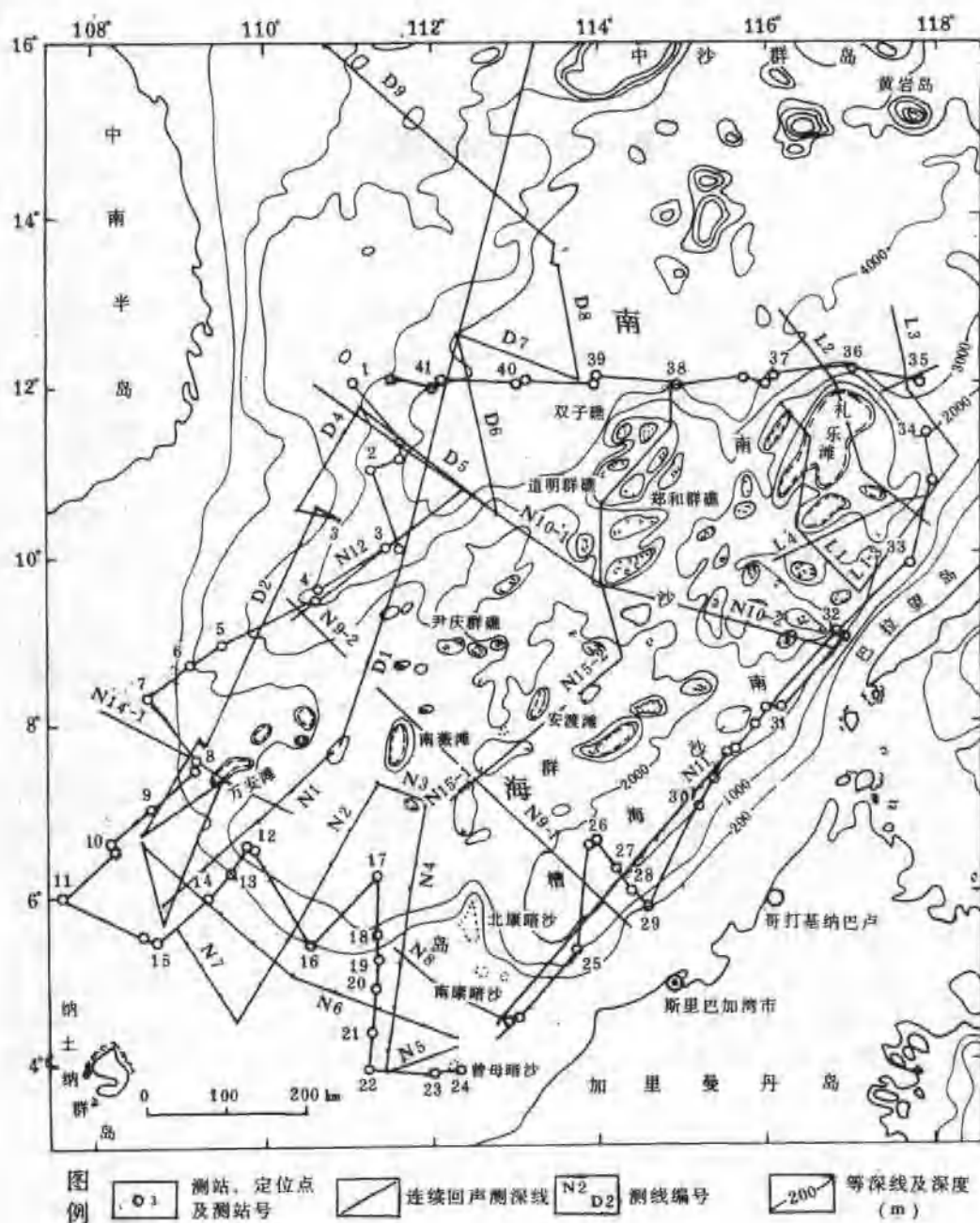


图 1.1.1 南沙海区测深剖面位置图

交错的槽谷网系统割切成支离破碎的地块。在各个隆起的碎块或海底火山上发育挺拔陡峭的礁体地貌，它比北邻的深海盆底高出 3 500—4 000m。构成陆坡总体地貌轮廓是一座雄伟壮观的“礁灰岩林”海底高原。作为最低一级阶梯的深海盆，是南海西南次海盆的一部分，呈楔形插入南沙陆坡的西北角，水深超过 3 900m (图 1.1.2)。

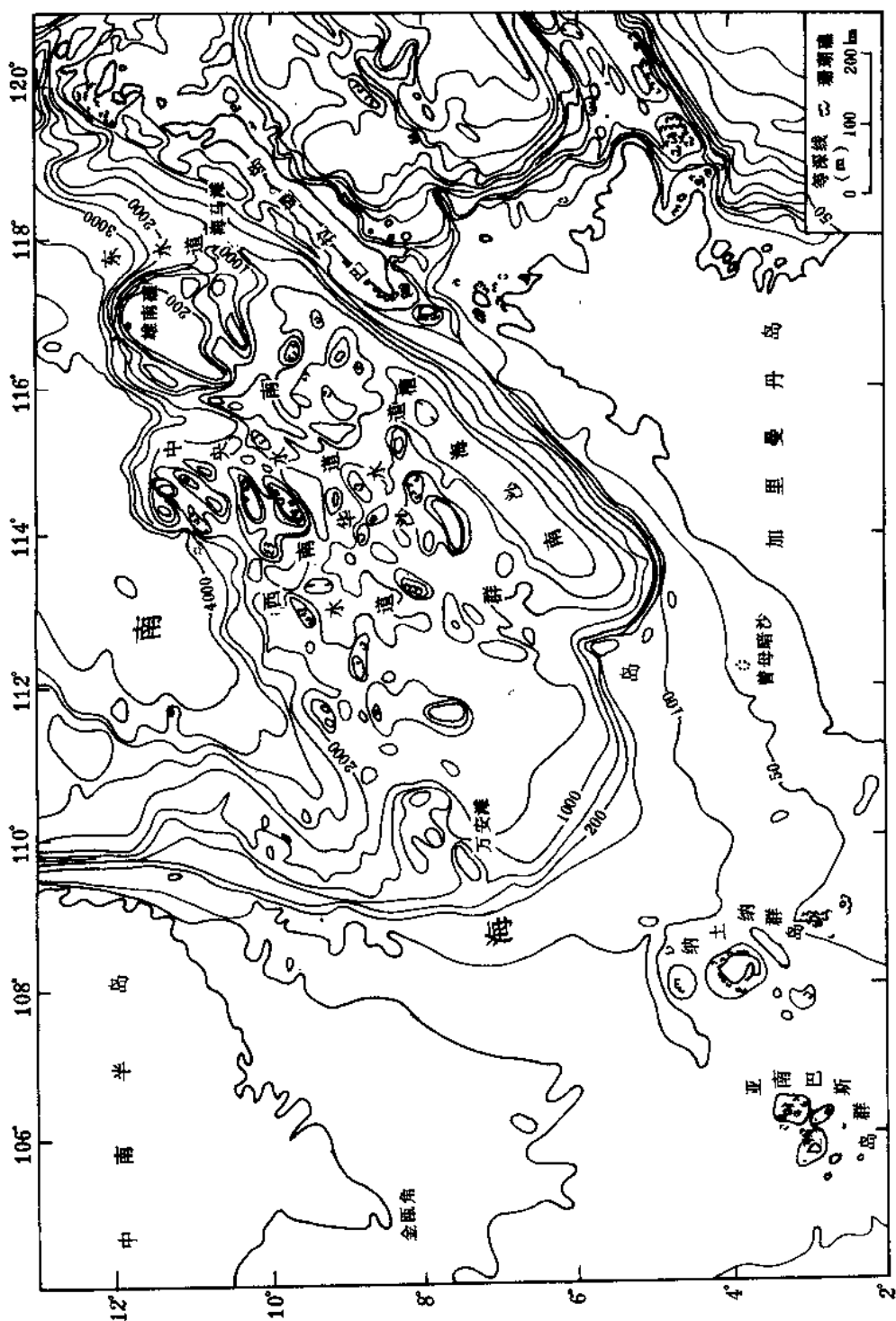


图 1.1.2 南沙群岛海区地形图

(一) 大陆架

南沙海区的陆架主要是南海南部陆架（北巽他陆架）的北缘部分。陆架总的特征是地形平坦，组成为南沙海区的第一级阶梯地形。南沙陆架面积虽仅占北巽他陆架面积的十分之一，但是位置重要。我国的曾母暗沙群、南康暗沙群和北康暗沙群等所属的 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，南部陆架、特别是南沙陆架区的生产实践业已表明，这里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。

陆架外缘水深为 150m。从加里曼丹岛至陆架外缘宽达 300—400km。陆架平均坡度为 $1'30''$ 。根据陆架地形差异和沉积特点可进一步划分出内陆架、中陆架和外陆架。

1. 内陆架

内陆架范围为 50m 以浅的岛缘浅水海底。地形平坦，底表坡度略大于中陆架和外陆架，有一级水下阶地。海底以起伏幅度为 3—5m 的小隆起和小洼地较多。陆架礁滩如曾母暗沙群的礁滩即位于内陆架的外缘。底质以砂的组分居多。

2. 中陆架

中陆架约位于 50—100m 深的海底。底表最平坦，在回声测深记录上海底线为平直型记录，坡度小于 $1'$ 。有二级水下阶地分布，也有多个深差达 15—20m 的宽缓洼地。底质中泥的组分稍多。

3. 外陆架

外陆架处在水深 100m 以深直至陆架坡折线的地区。底表平坦，水下阶地分布面积广。在靠近外缘处地形起伏稍大，测深记录为平缓波状起伏型。陆架外缘因受基底隆起脊控制而发育有密集或散布的礁滩地貌，如北康暗沙群和南康暗沙群附近的约 20 座礁滩。平缓波状起伏的幅度为 5—20m，其中有多具 V 形截面的谷地，这可能是巽他水下古河道在底表地形上的反映（图 1.1.3）。外陆架的底质以含砂的组分居多。

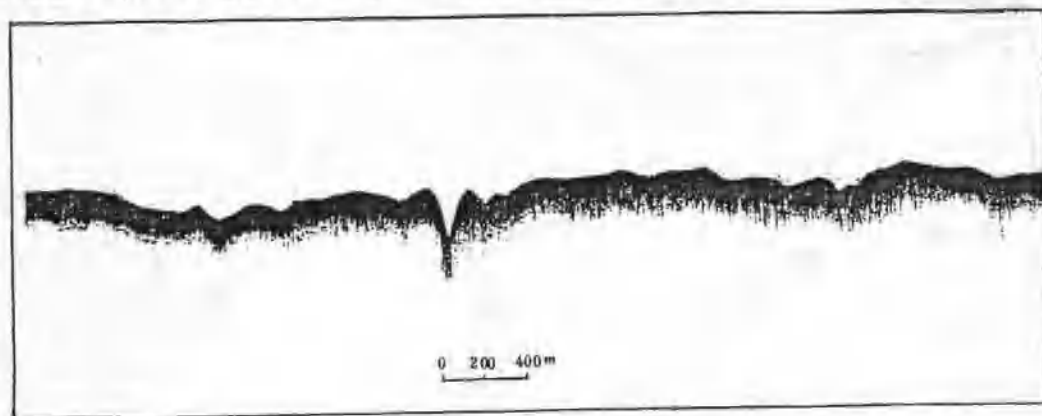


图 1.1.3 N1 测线外陆架波状起伏地形与 V 形谷地（据回声测深记录）

(二) 大陆坡

陆坡水深范围为 150m 至 3 500 或 4 000m。陆坡平面外廓呈马蹄形状分布在 12°N 以

南的南海西南部。南沙陆坡 NE 向延长 1 200km, NW 向宽 500—520km。1990 年后的南沙考察主要在海区中部的陆坡区进行, 有关南沙海区中部地形特征已有另文详述 (毛树珍等, 1995)。根据南沙陆坡横剖面上的深度变化和地貌形态差异, 将其划分为上陆坡、中陆坡和下陆坡三部分。

1. 上陆坡

上陆坡即陆架外缘往下急剧转折处的斜坡。其坡度为 1.8° — 5.2° , 平均约 3.1° 。上陆坡在平面图上呈现宽带状形态。在南沙海区东半部, 上陆坡坡麓处为深达 2 800—2 900m 的南沙海槽; 而在西半部的上陆坡坡麓处则为水深 1 500—2 000m 的南沙台阶。上陆坡上部有少数 200m 左右的隆起地形和一些中低山以及海谷地形。隆起地形的分布位置与陆架外缘至陆坡上部的基底隆起构造脊位置吻合, 西部的万安滩、西卫滩和广雅滩等 5 座礁滩位于上陆坡范围内。

2. 下陆坡

下陆坡即陆坡外缘往深海盆转折处的斜坡, 水深约由 2 000m 开始, 往下直落至深达 3 500—4 000m 的南海中央海盆和西南海盆。下陆坡坡度比上陆坡陡, 一般约为 3.2° — 7.8° 。N10-1 测线的下陆坡坡度达 $10^{\circ}03'$ (图 1.1.4); L2 测线礼乐滩北下陆坡更陡, 出现坡度达 $28^{\circ}47.8'$ 的断崖地貌 (图 1.1.5)。下陆坡还有急剧隆升的礁灰岩海山和注入深海盆的海底峡谷地形。由于下陆坡较陡, 因而其水平分布面积仅为上陆坡的一半, 在平面图上呈现为长带状形态。

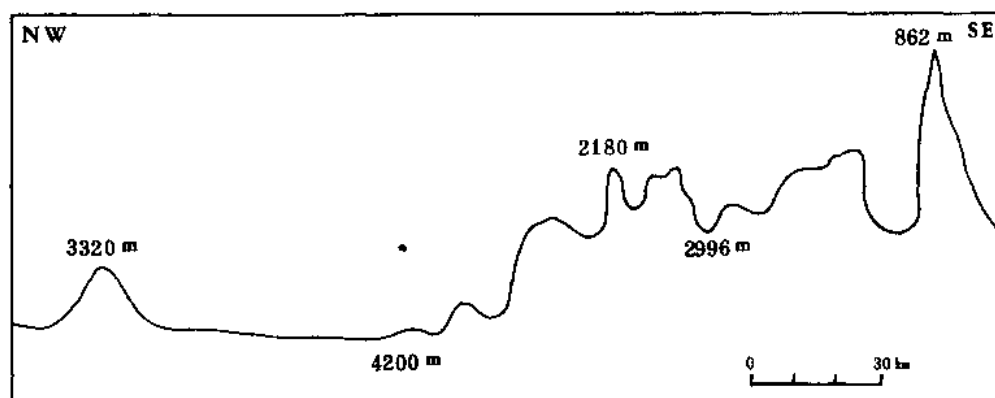


图 1.1.4 N10-1 测线下陆坡地形剖面图

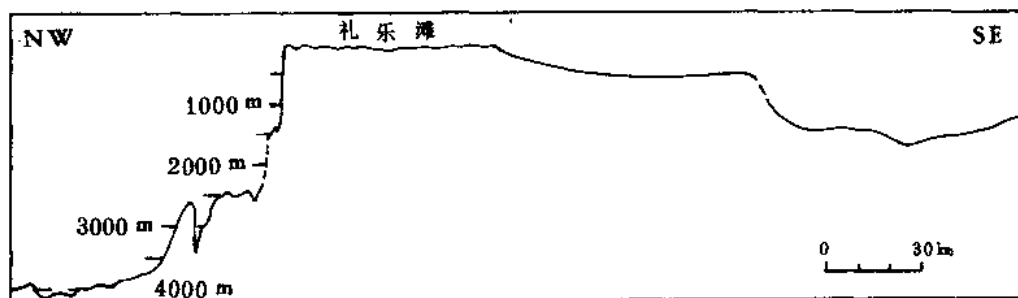


图 1.1.5 L2 测线地形剖面图

3. 中陆坡

上、下陆坡之间的广阔中间地带即为中陆坡。其水深 1 500—2 000m。它是本区第二阶梯地形的主体，也是本区的主要组成部分。以该级地形阶梯为基座发育着南海最繁茂的水下礁盘地貌，其上发育有超过 200 座的岛、洲、礁、滩。1983 年 4 月由中国地名委员会受权公布定名的南沙群岛岛、礁、洲、滩、暗沙地名即达 192 个。其中除了约 20 个礁滩位于大陆架和 5 个礁滩位于上陆坡外，其余 160 多个岛礁全分布在中陆坡。由中陆坡这一地形阶梯基座和在其上耸立起的丛丛礁盘地貌，以及由海山组成的综合地块，统称为南沙海底高原。

(三) 深海盆

本区西北部的楔形深水区是南海西南次海盆的一部分，它与下陆坡的水深分界大约为 3 500—4 000m。深海盆底水深为 3 800—4 000m。在双子群礁北缘的海盆水深可达 4 325—4 355m。盆底地形平坦，它构成为本区的第三级阶梯地形。

三、地 貌

南沙海区地貌类型齐全，既有宽广的大陆架，又有险峻的大陆坡和辽阔的深海盆；既有多级平坦的陆坡台阶，又有雄伟壮观的海底高原。本区的主体——陆坡区地貌奇异，地形起伏崎岖多变，是航海家视为畏途的“航行险恶区”。其内海底隆洼相间分布，海山挺拔屹立，海底槽谷系统纵横交错，岛屿与珊瑚礁滩广布。其总体地貌轮廓是一个壮观的“礁灰岩林”海底世界（图 1.1.6）。

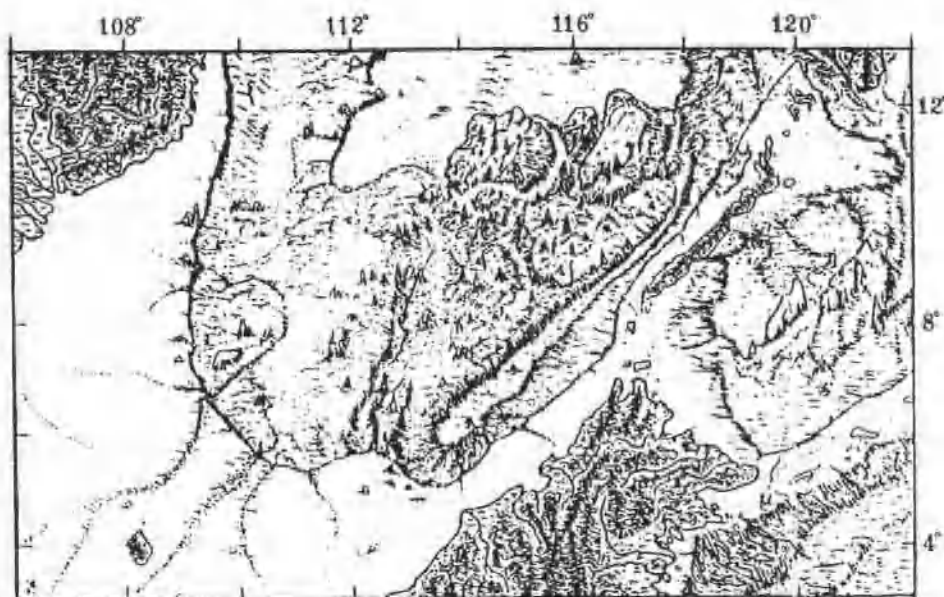


图 1.1.6 南沙海区地貌景观图