

南海西部海域地质构造 特征和新生代沉积

国土资源部广州海洋地质调查局

姚伯初 邱 燕 吴能友 等著

492
C

地质出版社

南海西部海域 地质构造特征和新生代沉积

国土资源部广州海洋地质调查局

姚伯初 邱 燕 吴能友 等著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书是反映“八五”国家科技攻关项目中的一个专题——“南海西部海域勘查试点”之科研成果的论文集。书中介绍了有关南海西部海域的地形地貌、地质构造、沉积盆地、表层沉积和油气资源潜能等方面的最新研究成果；以地质构造演化的观点分析了现代海底地形地貌之特征；从印度板块对欧亚大陆的碰撞讨论了南海西部的构造演化史；从沉积分布、地层结构研究了南海西部诸盆地的形成及其演化史；从盆地类型及生储盖组合探讨了盆地的油气潜能；从沉积物类型、微量元素和化学物质之分析、古生物组合及属种分异等方面研究了表层沉积之源区。本书是用现代海洋地质学观点来研究一特定海区的海洋地质构造演化史之范例，可供地质院校师生、科研单位科技人员阅读与参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

南海西部海域地质构造特征和新生代沉积/姚伯初, 邱燕主编. -北京: 地质出版社, 1999. 7
ISBN 7-116-02807-2

I. 南… I. ①姚… ②邱… III. ①地质构造-特征-中国-南海-海域②沉积构造-中国-南海-新生代 IV. P548.266.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 23551 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑: 白 铁 江晓庆 赵俊磊

*

北京印刷学院实习工厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本: 787×1092 1/16 印张: 8.625 铜版图: 2 页 字数: 220000

1999 年 9 月北京第一版·1999 年 9 月北京第一次印刷

印数: 1—600 册 定价: 30.00 元

ISBN 7-116-02807-2

P·2015



(凡购买地质出版社的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行处负责调换)

序

始新世时,印度和欧亚板块产生的碰撞对中国大陆南部和南海的地质构造产生了极其深刻的影响。这两大板块碰撞所产生的南海岩石圈物质在纵向和横向的调整结果是导致形成南海中央海盆、西南海盆海底扩张以及盆西海岭的直接原因。举世瞩目的哀牢山-红河-南海西缘巨型走滑断裂带即与两大板块碰撞后导致印支半岛和华南产生向南不同程度的挤出作用有关。

南海西部海域属我国海洋地质调查的空白区。广州海洋地质调查局在“八五”期间承担了国家科委科技攻关项目的一个专题“南海西部海域勘查试点”。为完成此项任务,广州海洋地质调查局组织了 934 航次,对这一海域进行地质-地球物理综合调查。共采集 2000 km 多道地震及相应的海洋重力、海洋磁力和水深测量,21 个站位的表层沉积样和 9 个柱状样。通过对地球物理资料的处理、解释和对沉积样品的较系统实验测试,经综合研究编写成《南海西部海域地质构造特征和新生代沉积》一书。

本书反映了以下主要成果:

1. 首次利用我国自己的多道地震资料圈定了面积约 4 万 km^2 沉积厚度达 9000 m 的中建南沉积盆地;并将盆地划分出东北拗陷、中部隆起、中西部拗陷和南部断阶带四个一级构造单元,为盆地的油气资源评价奠定了基础。

2. 初步摸清了调查区的地形地貌概况。调查资料表明:南海西部陆架(印支陆架)很窄,仅数十公里,而陆坡很宽,达 500 km。陆坡地形复杂,海山、海岭、海丘、海谷、海槽纵横分布,礁滩较发育。

3. 对本区的重磁异常和断裂构造作了初步分析。测区的自由空间重力异常形态与海底地形对应,异常呈北东向分布。地磁异常值低且平缓,仅西沙海槽、中沙海槽区为变化磁异常区,异常值在 $-200 \sim 100 \text{ nT}$ 之间。本区断裂以北东—北东东向为主,北西和南北向次之。南海西缘断裂是一条南北向走滑断裂,在新生代构造运动中起着至关重要的作用。值得指出的是测区表层沉积物中 $w(\text{Ba})/w(\text{Cu})$ 比值说明南海西缘断裂是一条活动断裂,沿断裂时有海底火山活动。

4. 在海洋地质环境方面取得了一些新认识。在测区水深 155 m 处获取了海滩岩样品,经分析,海滩岩中含有滨岸、浅水和潮间带的生物。这说明在晚更新世时古海岸线曾降至 -155 m 以下。根据沉积物中石英颗粒表面的结构特征,推测调查区的陆源物质主要来自印支半岛和华南大陆。讨论了碳酸盐补偿深度,分析了沉积物中碳酸盐含量和水体中生物生产率与古气候的关系。

总之,本书是迄今有关南海西部海区内容最全面的海洋地质论文集,它的问世将充实南海海洋地质文献库。

由于论文的作者多数为年轻同志,加之时间仓促,如有错误之处敬请读者批评指正。

中国工程院院士 金庆焕

前 言

南海是西太平洋边缘海中最大的边缘海之一,面积约 350 万 km^2 。其周边被大陆和岛屿所环抱,北邻我国广东、广西、海南、台湾四省(区),南至勿里洞和加里曼丹岛,西接印支半岛,东靠吕宋岛和巴拉望岛。它为一菱形海盆,水深自四周向中部加深,平均水深超过 1000 m。其长轴为北东向,长约 3000 km,北西向宽约 1600 km。

根据海底的地形地貌特征,大体以珠江口、中沙群岛东部边缘、中南海山、礼乐海槽为界,可将南海分为东西两部分。西部包括北部湾、北部陆缘西部、西沙-中沙群岛地区和南沙群岛地区,其间有南海西北海盆和西南海盆两个小洋盆。在地质构造上,大体以红河-莺歌海-南海西缘-万安断裂带为界,西部为印支地块,它是在印支运动末期沿此断裂带和华南地块碰撞缝合的。西沙海槽为另一缝合线,西沙-中沙-南沙地块在燕山运动末期沿此缝合线与华南地块缝合在一起。因此,南海西部有四个地块,即西部印支地块、北部华南地块、中部西沙-中沙地块、南部南沙地块,南沙地块的南部边缘为加里曼丹岛上的卢帕尔断裂带。西沙-中沙地块和南沙地块是在新生代南海发生第一次海底扩张时(42~35 Ma 以前)分离开的。通过第一次海底扩张,中沙群岛与北部陆缘分离,产生了南海西北海盆;南沙地块与西沙-中沙地块分离,出现了南海西南海盆。这两个海盆的区域构造走向为北东—南西向,反映南海第一次海底扩张的方向为北西—南东向。而南海东部有三个地块:北部为华南地块,南部为礼乐-东北巴拉望地块,东部为菲律宾地块。礼乐-东北巴拉望地块是在南海发生第二次海底扩张时(32~17 Ma 以前)和华南地块分离的,其间通过海底扩张产生了南海中央海盆。中央海盆的区域构造走向为东西向,反映南海第二次海底扩张的方向为南北向。东部菲律宾地块在始新世时位赤道之南,近东西走向;此后它逆时针方向转动了近 90° ,到上新世时才达到今日位置,变为南北走向。其北端与亚洲大陆发生碰撞,产生了台湾岛。

本书中的论文,均是广州海洋地质调查局科技人员在“八五”期间承担的国家科技攻关项目所取得的科研成果的基础上编写而成的。南海西部海域是我国调查和研究的一个空白区,我们在攻关过程中,在该海域内采集了丰富的地质、地球物理资料,包括水深测量(2138.1 km)、地磁测量(2109.9 km)、重力测量(2138.1 km)、单道地震剖面(1521 m)、多道反射地震剖面(685.3 km),地质取样 28 个站位(包括抓斗样 21 个站位,重力柱状样 6 个站位,重力活塞样 1 个站位)。室内,对这些资料和样品进行了处理和分析化验,并开展了单项和综合解释,编写了专题调查和研究报告:“南海西部海域勘查试点”。通过以刘光鼎院士为首的评委会之验收,认为“专题圆满并部分超额完成了攻关任务。报告资料翔实,论据可靠,为海域划界提供了重要的科学依据,具有潜在的经济效益。总体达到国际先进水平,在海上资料采集技术方面达到国际领先水平”。参加本次攻关项目的科技人员在科研报告的基础上,结合我局在邻域的调查结果,以及国内外的研究成果,进行了再一次的综合研究,编写了 12 篇论文。论文所涉及的内容有下列五个方面:海底地形地貌特征;区域地球物理场特征;区域构造及构造演化史;沉积盆地及其油气资源潜能,以及海

底沉积特征。这五个方面的内容是彼此关联的，它们组成一个统一的整体：南海西部在中新生代的构造演化历史及其油气资源潜能。

南海西部的地质构造特征及其构造演化史，在南海构造演化史中占据极其重要的地位，是调查和研究南海地质构造及其构造演化史的关键。这里有四个地块，有纵贯全区的长度超过 2000 km 的红河-莺歌海-南海西缘-万安断裂带。这条断裂带在印支运动期间作为两个地块的缝合带，在燕山运动和新生代构造运动中它又作为调节地块之间相对运动的走滑断裂带。这里的盆地众多，自北向南，有北部湾盆地、琼东南盆地、莺歌海盆地、珠江口盆地西部、西沙海槽盆地、中建南盆地、万安北盆地、万安盆地、湄公盆地、泰国湾盆地等。勘探实践证明，这些盆地具有极其丰富的油气资源。我们编写本书，将我们的研究成果写出来，献给国内外读者，供他们在研究本地区的地质构造演化历史及评估本区诸沉积盆地之油气资源潜能时参考。

作为西太平洋边缘海，南海处于一个特殊的构造位置：从白令海、鄂霍茨克海、日本海、东海（冲绳海槽），至南海，为一北东向边缘海链；从南海至苏禄海、苏拉威西海、班达海，为一南北向边缘海链。南海处在这两个边缘海链的交接部位，具有十分重要的构造意义。已有的研究成果表明，在中生代，南海地区先后经历过哀牢山-红河海和古南海向欧亚大陆的俯冲，以及印支地块和华南地块的碰撞缝合（印支期）、西沙-中沙-南沙-礼乐地块和华南地块的碰撞缝合（燕山期）的演化历史过程。在新生代，南海地区经历过大陆张裂（神狐运动）、陆块分离、中沙-西沙地块和华南地块分离及南沙地块与西沙-中沙地块分离（南海运动）、礼乐-东北巴拉望地块与华南地块分离和先后两次海底扩张活动，先后产生了南海三个次海盆，以及菲律宾地块发生逆时针方向之转动，并在上新世与亚洲大陆发生碰撞的演化历史。我们研究南海地区在中新生代的构造演化史，可以研究下列地质学问题：

1. 小洋盆的俯冲消亡历史及其火山活动特征；
2. 地块的碰撞缝合历史及其造山活动特征；
3. 大陆岩石圈的张裂减薄历史及其变形特征；
4. 边缘海的海底扩张历史及其火成岩特征；
5. 弧-陆碰撞的历史及岩石圈变形特征；
6. 区域走滑断裂的活动历史及其在区域构造运动中的历史作用；
7. 边缘海的海底扩张及周缘大陆运动对其控制作用；
8. 南海表层沉积（上新世以来）所记录的喜马拉雅山之隆起历史及其对亚洲大陆气候变化的控制作用。

通过对这些问题的研究，可以对全球地质学的研究做出重要贡献。我们希望本书的出版，对南海中新生代构造演化史，以及上述问题之研究，起到一定的推动作用。

由于工作区域之局限，以及我们的研究水平有限，书中难免存在误谬之处，敬请读者批评指正。

姚伯初

1998 年 8 月

目 录

南海西部陆坡地貌类型及其特征	鲍才旺 吴庐山 (1)
南海西部陆坡的海岭及其特征	鲍才旺 (11)
南海西部海域重磁场特征	龚跃华 李唐根 (22)
南海断裂特征及其构造意义	姚伯初 (32)
南海西缘-万安断裂的走滑特征及其构造意义	姚伯初 邱 燕 李唐根 (45)
南海西部中建南盆地地质构造特征	
.....	邱 燕 姚伯初 李唐根 鲍才旺 龚跃华 (56)
南海西部海域晚更新世以来沉积与年代讨论	邱 燕 黄永祥 钟和贤 (71)
南海西部海域晚更新世以来的碳酸盐沉积作用及其古海洋学意义	
.....	吴能友 邱 燕 钟和贤 (85)
南海西南陆架沉溺古海滩岩的发现及其意义	匡立春 龚跃华 (97)
论南海西部海域沉积物中的粘土矿物	蓝先洪 姚伯初 (102)
南海西部海域表层沉积物中 Ba/Cu 比值及分布特征	
.....	蓝先洪 姚伯初 邱 燕 (112)
南海西部海域海底沉积物石英颗粒表面结构特征	邱 燕 吴能友 (119)
英文摘要	(125)

CONTENTS

The Geomorphic types and Characteristics of the Continental Slope in the West of the South China Sea	<i>Bao Caiwang Wu Lushan</i> (10)
Sea Ridges and its Characteristics in the Western Continental Slope of the South China Sea	<i>Bao Caiwang</i> (21)
Gravity and Magnetic Features of Western Part of the South China Sea	<i>Gong Yuehua Li Tanggen</i> (31)
The Characteristics of the Faults in the South China Sea and Its Tectonic Significance	<i>Yao Bochu</i> (44)
The Strike-Slip Characters of the Western Margin of the South China Sea— Wanan Fault and Its Tectonic Significances	<i>Yao Bochu Qiu Yan Li Tanggen</i> (55)
Geological Structure Characteristics of the Zhongjiannan Basin, the Western of the South China Sea	<i>Qiu Yan Yao Bochu Li Tanggen Bao Caiwang Gong Yuehua</i> (69)
Sedimentation and Chronostratigraphy Discussion of the Western Area, Since Late Pleistocene	<i>Qiu Yan Huang Yongyang Zhong Hexian</i> (84)
Carbonate Sedimentation of the Western South China Sea Since Late Pleisto- cene and Its Paleooceanographic Significances	<i>Wu Nengyou Qiu Yan Zhong Hexian</i> (96)
Discovery and Significance of the Submerged Beachrock on the Southwestern Shelf of the South China Sea	<i>Kuang Lichun Gong Yuehua</i> (101)
Feature of Clay Minerals in Sediments of the Western South China Sea	<i>Lan Xianhong Yao Bochu</i> (111)
Ba/Cu Ratio and Distribution in the Surficial Sediments of the Western South China Sea	<i>Lan Xianhong Yao Bochu Qiu Yan</i> (118)
Surface Textures of Quartz Grains in the Surficial Sediments of the Western South China Sea	<i>Qiu Yan Wu Nengyou</i> (124)

南海西部陆坡地貌类型及其特征

鲍才旺 吴庐山

一、南海地形地貌概述

南海是太平洋西部一个最大的边缘海,地处欧亚、印澳和太平洋三大板块的汇聚带。南海的北界为华南大陆,西界为中南半岛,东界和南界为一系列岛弧围绕。该岛弧北起台湾岛,往南和西南方向的主要岛屿有吕宋岛、民都洛岛、巴拉望岛、加里曼丹岛及苏门答腊岛等,构成南海外缘的自然边界,使南海成为半封闭的边缘海。其东部和南部各岛屿之间有巴士海峡、民都洛海峡、巴拉巴克海峡等十多条海峡,使南海与大洋或外海相通。南海为不规则菱形的边缘海,其长轴方向为北东 30° ,长约2380 km,总面积 $350 \times 10^4 \text{ km}^2$ ^[1,2]。

南海从周边向中央倾斜,依次分布着大陆架和岛架、大陆坡和岛坡、深海盆地等。南海大陆架和岛架具有南部和北部宽度大,东部和西部宽度窄的特点。陆架和岛架的外缘坡折线水深各地差异较大,但大部分在100~300 m之间。陆架和岛架上次级地貌类型有水下浅滩、水下三角洲、海底谷和水下阶地等。陆架和岛架总面积为 $168.5 \times 10^4 \text{ km}^2$,约占南海总面积的48.15%。大陆坡和岛坡地形崎岖不平,高差起伏大,是南海地形变化最复杂区域。大陆坡和岛坡地貌类型复杂,次级地貌类型有海台、海山、海槽、海脊、海谷和海底扇等。总面积约为 $126.4 \times 10^4 \text{ km}^2$,约占南海总面积的36.11%。深海盆地位于南海中部,呈北东—南西向展布,并以南北向的中南海山为界,分为中央海盆和西南海盆。深海盆地以平原地貌为主体,并有高差悬殊,宏伟壮观的链状海山和线状海山分布。深海盆地总面积约为 $55.11 \times 10^4 \text{ km}^2$,约占南海总面积的15.74%^[5] (图1)。

二、南海西部陆坡地貌类型及其特征

(一) 地貌类型划分

板块作用(内营力)使海底出现高差悬殊和崎岖不平的地貌景观;外营力作用则夷平海底起伏不平的地貌,使海底地貌渐趋平缓。海底各种地貌类型及空间分布格局是内营力和外营力长期共同作用的结果,其形成的背景和条件是非常复杂的,但每种地貌体的形成和演化都有自己的主导因素。因此,当前地貌分类普遍采用形态成因的分类原则和分类分级相结合。因为成因是导致地貌体形成和演化的动力,是决定地貌发展的方向和趋势;形态是地貌体的组成物质、外部特征和分布规律的集合体,是地貌分类中最为主要、最简明的标志。根据本陆坡区的地貌特征,将区内的地貌分为两级。

一级地貌:是在大陆坡巨型地貌的基础上进一步按地貌体的形态特征和面积大小、地



图1 南海地形图

Fig. 1 Topographic map of the South China Sea

质构造及外营力作用等因素划分出大、中型地貌类型，即海槽、海台、陆坡陡坡、深水阶地、陆坡盆地和海岭等。

二级地貌：以形态特征为主体，并结合地貌体形成的主导因素（地质构造或外营力），划分出小型的地貌实体。即海山、海丘、洼地和海底谷等。

（二）地貌类型及其特征

大陆坡是自陆架外缘坡折线起，到大陆坡与深海平原的交界线为止的地带。其地形起伏变化大，相对高差约 4000 m；地貌类型复杂，可分海槽、海台、陆坡陡坡、深水阶地、陆坡盆地和海岭等地貌类型（图 2）。

1. 海槽

海槽是大陆坡上大型的长条形负地形，它的形态特点是槽底较平、槽坡陡、槽断面为“U”字型。本区有西沙海槽、中沙海槽和中沙南海槽等。

西沙海槽：西沙海槽位于南海西北部西沙群岛的北部，海槽西端与陆坡陡坡相接，东端与深海平原相连。海槽的西部（东经 $111^{\circ}30'$ 以西）呈北东向延伸，海槽的东部（东经 $111^{\circ}30'$ 以东）呈东西向延伸。海槽底部较平坦，槽底与槽坡之间坡折线一般较清楚。海槽底自西向东，宽度由宽变窄（西部宽为 69 km 向东逐渐变窄为 11 km），水深由浅变深（1000～3000 m），槽底自西向东微微倾斜，平均坡度为 $0^{\circ}14'$ 左右。该海槽的南北两坡地貌形态大不相同，海槽北坡地形变化较为复杂，大部分地形剖面是坡度上部较陡而下部较缓，仅在海槽东口附近，其槽坡形态与西部相反，即下部的坡度比上部陡。引人注目的是在海槽北坡出现数条与海槽相平行的陡坎与边缘沟带，其长度一般在 30～50 km 之间，陡坎的坡度大部分在 20° 以上。海槽的南坡平均坡度比北坡小，总体来看，海槽南坡上部地形坡度较缓，而下部地形坡度较陡，槽坡上也有少量陡坎和边缘沟分布（图 3）。

综上所述，西沙海槽地貌形态较复杂，不同地段不同部位形态都有一定差异，但海槽总的概貌是呈弓形，横断面为槽形，海槽全长 621 km。

中沙海槽：中沙海槽分布在西沙群岛和中沙群岛之间，它的西南端接近盆西海岭，东北端进入深海平原。中沙海槽为北东—南西向展布，全长 210 km（图 4）。中沙海槽不如西沙海槽那样典型，地形变化更加复杂。

中沙海槽槽底较平坦，槽底宽度为 12～39 km，槽底自西南向东北倾斜，槽底西南水深 2600 m、东北水深增加到 3400 m。槽底与槽坡之间的坡折线清楚，海槽的东南槽坡平均坡度比西北槽坡的平均坡度大。中沙海槽两侧的槽坡地形变化更加复杂，既有与海槽相平行的陡坎和边缘沟，也有与海槽相垂直的冲刷沟谷，陡坎和边缘沟长 10～20 km，陡坎坡度一般都大于 20° ，高差 50～100 m。此外还有少量高差 50～100 m 的海丘分布。

中沙南海槽：中沙南海槽位于中沙群岛和盆西海岭之间，海槽外形不规则，海槽可分两段，西南段为北东向，东北段为东西向，中沙南海槽全长为 240 km，海槽的东口与中央深海平原相连。中沙南海槽槽底自海槽西南端到海槽的东口，其宽度由窄变宽，最宽处为 33 km；槽底的水深由浅变深，最深处为 4200 m。槽底上有两座走向北东的海山，高差分别为 1348 m 和 1466 m，它们是盆西海岭的一部分。

2. 海台

海台是在大陆坡上有一定的平坦面、四周为陡坡或一面与大陆架毗连的地区。

西沙海台：西沙海台位于陆坡的西北部，是由 1000 m 等深线环围成的台面，北部为西

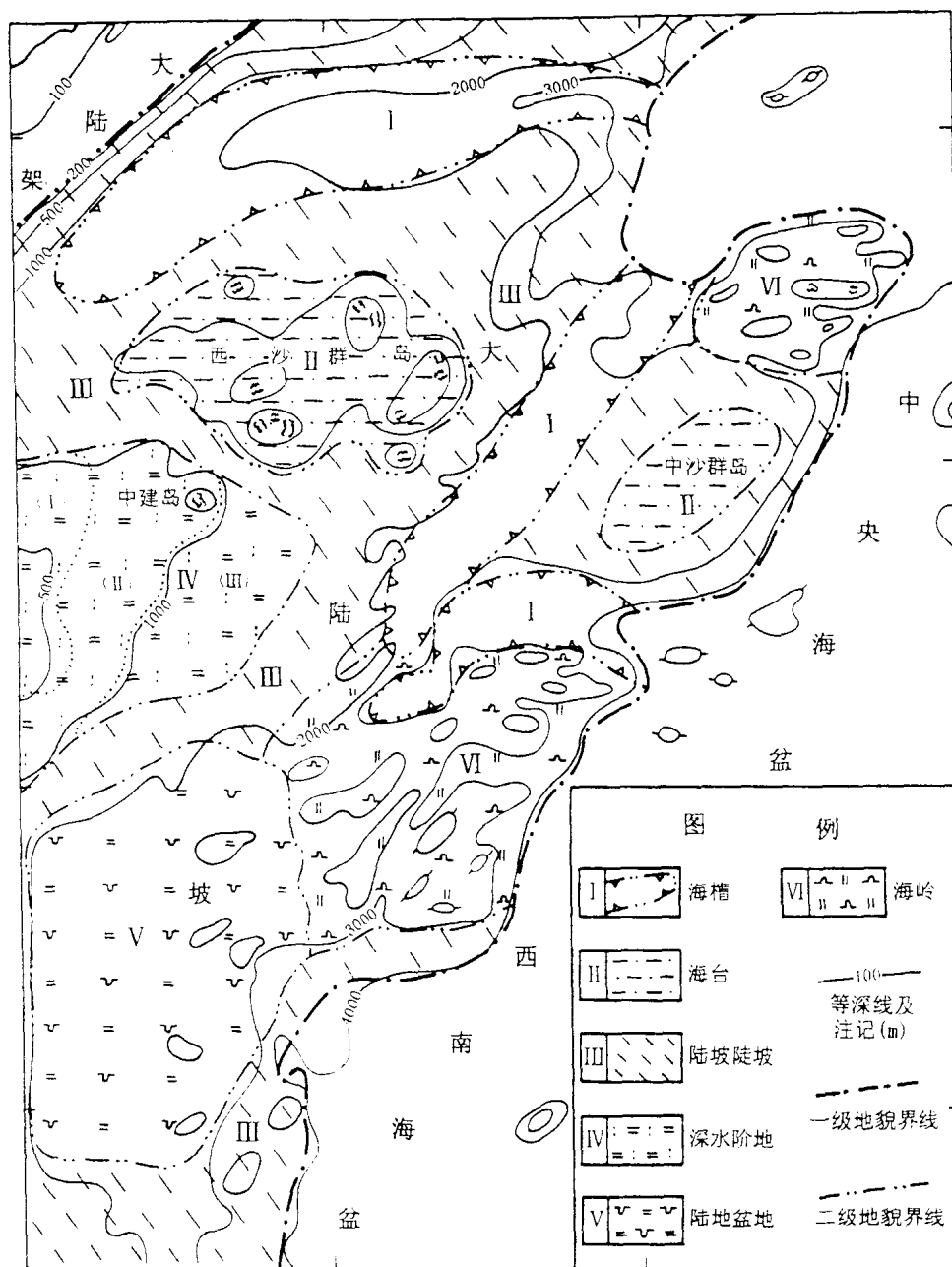


图2 南海西部陆坡的地貌类型图

Fig. 2 Morphologic types of the continental slope in the west of South China Sea

沙海槽，东部为中沙海槽。该海台呈近东西向展布，长约 170 km，海台面地形较为平缓，略有波状起伏。海台面的周围为陡坡，地形变化较为复杂，其北部陡坡普遍发育高差 50~100 m 的陡坎和沟谷，有的地方出现锯齿状起伏地形；东部陡坡地形变化更为复杂，一般呈阶梯状下降，具有高差 200~300 m 的小山峰与沟谷相间排列地形。

西沙海台构成了西沙群岛的底座，其上发育有永乐群岛和宣德群岛等各岛屿。西沙群岛除高尖石为火山岛外，其余 30 几座岛屿都是由珊瑚礁构成的低矮的礁岛和暗礁。其分布



图3 西沙海槽 (多道地震)

Fig. 3 Xisha Through (Multi channel seismic)

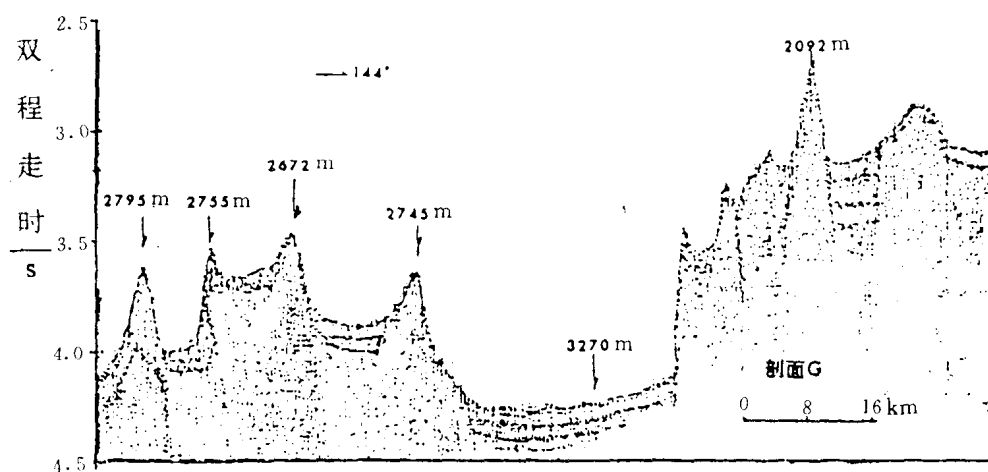


图4 中沙海槽 (单道地震)

Fig. 4 Zhongsha Through (Single channel seismic)

特点：一种是成群密集分布，如宣德群岛和永乐群岛等，各岛与暗礁之间距离很近，其间为 30~60 m 的礁坪所连接，以礁坪地形为特征，礁滩密布，溶蚀沟谷发育；另一种是岛屿和暗礁相距很远，其间以水深 900~1000 m 的台阶面所连接。

西沙群岛全为低矮的岛屿，由礁岛、沙岛、礁、滩组成。岛屿分为沙岛、礁岛和火山岛，并以沙岛为主，其中最大的是永兴岛，东西长 2 km，南北宽 1.4 km，面积 1.65 km²。石岛海拔高度 15 m，是我国南海中部诸岛中最高的岛屿，其余诸岛标高均在 8 m 以下。礁由珊瑚体组成，分为环礁和台礁两种，水深 3~5 m。滩淹没在海面以下十几米到几十米，如先驱滩、滨湄滩等。

中沙海台：中沙海台由 100~200 m 等深线围成台面，为椭圆型，长轴方向为北东—南西向。200 m 水深以下的为陡坡，坡度陡峭，切割强烈，一般坡度在 5°~20°之间，其中东南坡最大坡度可达 70°~80°左右，形成本区东南坡的大陡崖。陡坡上发育有山峰和沟谷，特别是东南坡有大量高差 100~200 m 的山峰，并有与陡坡相垂直的冲刷沟谷，西北坡下部也发育有少量的山峰和沟谷。中沙海台北部斜坡水深 200~300 m 处有一个小台阶面，宽 10~

20 km。中沙群岛实际上是由发育在中沙海台面上的一群沙洲、浅滩和暗礁组成,它们全都淹没在水下 20 m 左右,现已探明清楚并命名的暗礁、浅滩和沙洲有 20 座之多。

3. 陆坡陡坡

陆坡陡坡:是陆坡中地形最陡的地带,主要分布在陆坡的北部、西部和东南部,并以西部的陆坡陡坡最为典型。尤其是发育在北纬 $11^{\circ}50'$ ~ $13^{\circ}40'$ 之间的陡坡带,沿着陆架外缘呈条带状分布,水深一般在 250~1500 m 之间,个别地段也可延伸至水深 2000 m 左右;该陡坡带宽度 20~30 km,并具有上陡下缓的特点,陡坡带上部平均坡度 $13^{\circ}10'$ 左右,陡坡带下部地形逐渐变缓,平均坡度 $7^{\circ}10'$ 左右,由陡坡向缓坡逐渐过渡。东南部陡坡带地形变化非常复杂,其走向有北西向、北东向和北东东向,但以北东向为主。该陡坡带坡度变化大,按其坡度变化可分为缓坡、陡坡、陡坎 ($>20^{\circ}$)、陡崖 ($>30^{\circ}$),但以陡坡为主体。陡坡带上有许多海山、海丘分布,海山与海丘顶部水深 2190~3350 m,相对高差 150~1200 m 左右。陡坡带也受不同程度的海底谷切割,下切深度一般在 100~200 m 之间。

4. 深水阶地

深水阶地:是大陆坡上台阶状地形,台阶面的地形较为平坦,它的一边与上陡坡(浅水部分)相连,而另一边与下陡坡(深水部分)相接。深水阶地主要分布在陆坡的西侧,自西向东可见到三级深水阶地。

一级深水阶地(I):台阶面水深一般在 450~500 m 之间,东西宽约 50 km 左右,地形非常平坦,台阶面微微向东倾斜,其平均坡度 $0^{\circ}04'$ ~ $0^{\circ}07'$ 之间。是三个阶地面中最平坦的一个。

二级深水阶地(II):台阶面水深 700~850 m,宽度大部分在 30~40 km 之间,并自西向东微微倾斜,平均坡度 $0^{\circ}13'$ ~ $0^{\circ}23'$ 。一级和二级台阶面之间为一条陡坡带,其上为锯齿状起伏地形,相对高差 5~20 m,是一个断阶带。

三级深水阶地(III):台阶面水深 1300~1400 m 左右,北东向延伸,宽度 30~35 km,平均坡度在 $0^{\circ}10'$ ~ $0^{\circ}12'$ 之间。

5. 陆坡盆地

陆坡盆地:位于大陆坡的中部,盆地的北部、西部和东南部与陆坡陡坡相接,东临盆西海岭。盆地南北长约 280 km,东西宽约 200 km,呈北东向延伸。盆地的中心部分位于北侧,即北纬 $12^{\circ}30'$ ~ $14^{\circ}15'$,东经 $110^{\circ}05'$ ~ $111^{\circ}54'$ 之间,盆地从四周向中间倾斜,周边水深 2000 m 左右,中部最大水深达 2930 m,相对高差约 900 m。盆底西部地形非常平坦,平均坡度仅有 $0^{\circ}14'$ ~ $0^{\circ}23'$;盆地东部有较多孤峰状海山海丘分布,相对高差大部分在 50~300 m 之间,大者高差可达 1000 m 以上。盆地的边坡地形较陡,北侧分布有峰、谷相间排列的锯齿状地形,峰与谷相对高差 50 m 左右,最大也可达 281~300 m (图 5);西侧边坡上陡下缓;东部和东南部边坡地形变化较为复杂,并有海底谷分布。

盆地南段地形变化较为复杂,该区地形以峰、谷相间排列为主要特征,峰与谷相对高差 200~600 m,山峰与沟谷以北东向延伸为主(图 6)。另在陆坡陡坡与陆坡盆地的交界处有一个近东西向分布的洼地,相对高差约 50 m。

6. 海岭

海岭是大面积山峰连绵、波状起伏、峰与谷相间排列的地形。在该陆坡的东部和东北部分别有中沙北海岭和盆西海岭。

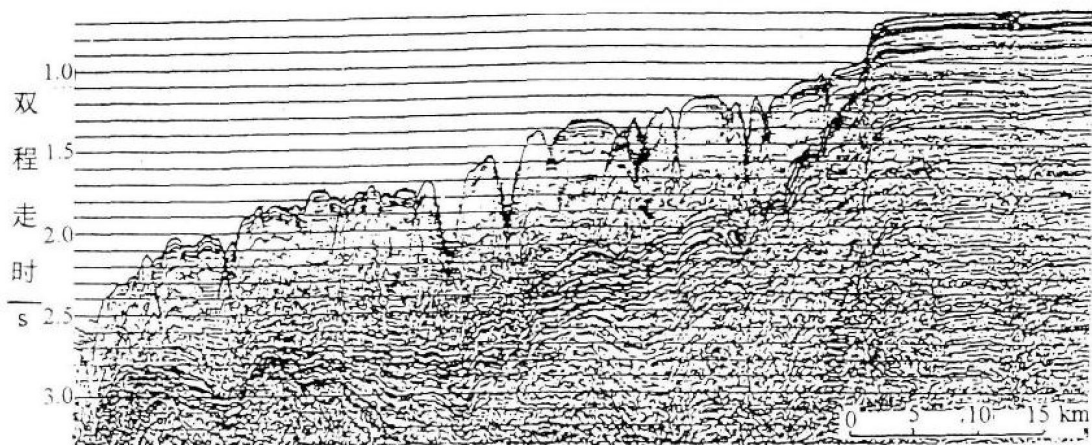


图 5 陆坡盆地北侧冲刷沟谷 (单道地震)

Fig. 5 Eroding valleys in the north of continental slope basin
(Single channel seismic)

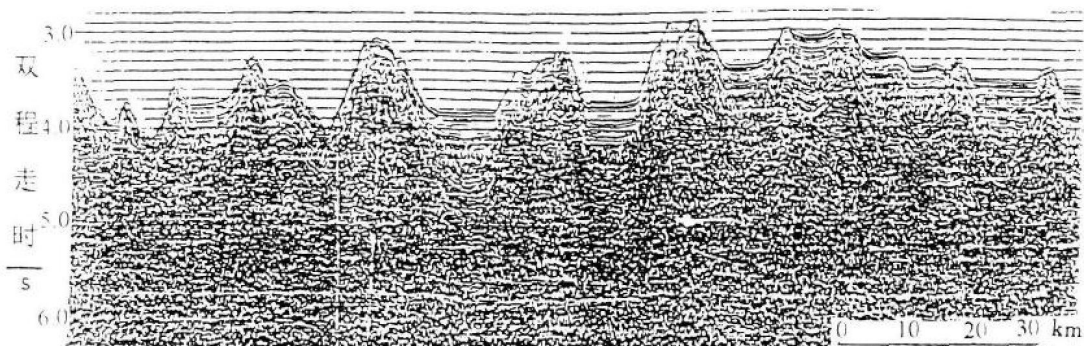


图 6 陆坡盆地东侧海山和海丘 (单道地震)

Fig. 6 Seamounts and sea knolls in the east of continental slope basin
(Single channel seismic)

中沙北海岭：中沙北海岭位于中沙群岛东北部，由众多海山海丘组成，山峰陡峭，峰与谷相间排列，相对高差 566~2510 m，海山坡度在 $4^{\circ}42'$ ~ $21^{\circ}04'$ 之间。大约以东经 115° 为界，西部山体以北东向为主，东部山体以近东西向为主。

盆西海岭：盆西海岭位于陆坡的东部，它是南海最为壮观的海岭。该海岭地形变化非常复杂，山脊连贯呈线状延伸，山脊与峡谷密集排列，共有十条北东向或北东东向线状延伸的海山分布，它们的长度各地不一，长者可达 150 km 左右。

三、地形地貌成因分析

板块运动是岩石圈最基本的构造运动,对地球表面宏观地貌起到控制作用。现代地貌轮廓是板块运动长期发展变化的结果,而宏观地貌也充分地反映新生代板块构造的格架。

南海自晚始新世以来经历两次海底扩张,第一次扩张位于西南海盆(42~35 Ma),第二次扩张位于中央海盆(32~17 Ma)^[4]。该区在拉张-剪切应力场作用下,形成北东向、北东东向、南北向和北西向断裂构造格局,并伴随强烈的火山活动,致使本区形成从西向东呈阶梯状下降,相对高差达4000余米,地形起伏大,地貌类型齐全(海槽、海台、陆坡陡坡、深水阶地、陆坡盆地和海岭等)的地貌格局。

本大陆坡地质构造较复杂,除西侧主要受南北向的越东大断裂构造控制外,绝大部分地区受北东东向、北东向、近南北向和北西向四组断裂构造所控制,地形变化复杂。

北部(15°30'~18°N)主要受北东向和北东东向断裂构造控制,形成以海台和海槽相间排列为主的地貌特征。

呈北东向延伸的中沙海槽可能是在第一次板块构造运动拉张引力作用下,莫霍面上隆使同属元古代的西沙地块和中沙地块分裂开形成北东向断裂槽谷而致。据声纳浮标揭示:海槽东北口地壳厚度最薄,只有4.95 km。沿海槽两侧走向发育一系列断裂带,且从两侧向中间断落,槽底被后期沉积物充填。

西沙海槽西段呈北东向分布,海槽的槽底较宽,槽底和槽坡是逐渐过渡的。从地形地貌特征分析,西沙海槽西段和东段的形成时代有所不同。西段受北东向断裂控制,其基底深浅不一,发育几个北东向排列的小断凹。槽底新生代沉积厚度为3000~5000 m,推测其形成时代较早,可能是第一次板块构造运动拉张应力作用形成的断陷洼地的基础上发展起来的。

中部(14°~15°30'N)主要受北东向断裂构造控制,但其西侧和东侧略有差异。西侧从西向东呈阶梯状下降,形成三级水下阶地,阶地面之间的陡坡往往是断阶带,阶地面往往是小型盆地,并受现代沉积物所覆盖;东侧为大量玄武质岩浆沿着北东向和北东东向张性断裂上涌和喷发,形成众多尖而陡的线性排列的山峰和沟谷及规模宏伟的海岭地貌。

南部(11°~14°N)受北东东向、北东向、近南北向和北西向四组断裂构造控制,致使本区地形变化非常复杂。在大陆坡中部形成大型断陷(或坳陷)盆地,盆地中部沉积层很厚,可达8000余米;盆地西部地形平坦。盆地东侧有很多海山海丘分布,峰与谷相同排列,这些海山海丘大部分是由于岩浆侵入导致地层绕曲形成的(图6),也有的是由于海底火山喷发而形成孤峰状海山或海丘。

另外,外营力的侵蚀、搬运和堆积作用,对本区大陆架地貌塑造起着重要作用。如陆坡盆地北侧边坡有一大片峰、谷相间排列的锯齿状地形,是底流和浊流冲蚀作用的结果(图5)。另从单道地震剖面看出,近岸地带大量沉积物覆盖了崎岖不平的基底,使海底地形渐趋平缓。因而,在大陆架附近地形起伏小,形态也较为单一。

四、结 语

南海西部陆坡北宽南窄，海底崎岖不平，切割强烈，地形变化非常复杂，地貌类型齐全。除西部海域（陆坡上部）海底地形以南北向延伸为主体外，绝大部分海域海底地形复杂多变，地形走向有北东向、北东东向、近南北向和北西向等，并相互交织在一起，但仍以北东向为主体；二级地貌类型有海槽、海台、陆坡陡坡、深水阶地、陆坡盆地和海岭等。

经我们调查和研究，在该陆坡中部有一个大型的陆坡盆地。陆坡盆地南北长约 280 km，东西宽约 200 km。盆地从周边向中间倾斜，周边水深 2000 m 左右，盆地最大水深达 2930 m，相对高差约 900 m，盆地西侧地形非常平坦，而盆地东侧有许多孤峰状海山和海丘分布。

主要参考文献

- [1] 鲍才旺、薛万俊，南海主要海山海槽的地形地貌特征，广东省地图出版社，1~68，1990。
- [2] 鲍才旺，地形图说明书，南海地质地球物理图集，广东省地图出版社，3~11，1987。
- [3] 孙家淞等，地貌特征和类型，中国海区及邻域地质地球物理特征，科学出版社，17~24，1992。
- [4] 姚伯初、曾维军等，中美合作调研南海地质专报 GMSCS，地质出版社，191~197，1994。
- [5] 刘以宣等，南海新构造与地壳稳定性，科学出版社，37~60，1994。