

南海海洋科学集刊

NANHAI STUDIA MARINA SINICA

第 12 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 12 集

中国科学院南海海洋研究所 编辑

科学出版社

1997

内 容 简 介

本集刊选登了海洋科学研究论文共 17 篇,其中有关南海的地质地球物理、沉积和工程地质方面的有 4 篇,海岸地貌 3 篇,南海诸岛的主权、资源与开发 1 篇,海洋水文气象 4 篇,海洋生物与实验生物 4 篇,以及海洋应用软件系统开发 1 篇。所选刊论文反映了近年来科研人员对南海海洋科学研究的最新进展。

本集刊可供海洋调查研究、海洋资源开发以及航运、渔业、海洋工程等部门的科技人员以及有关大专院校师生阅读参考。

南海海洋科学集刊

第 12 集

中国科学院南海海洋研究所 编辑

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)

广州市达升科技有限公司排印部 印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1997 年 12 月第一版 开本:787×1092 1/16

1997 年 12 月第一次印刷 印张:16 1/4

印数:001—600 字数:400 000

ISBN 7-03-006513-1/P·1037

定价:39.00 元

目 录

南海珠江口—礼乐滩—南沙海槽地学断面综合研究	
刘昭蜀、赵 岩、张毅祥、周效中、何善谋、谢以萱、姜绍仁、王启玲、黄志明、林进峰(1)	
南沙群岛及其邻近海区沉积物环境磁学研究	汤贤赞、颜 文、魏常兴(25)
南海珠江口盆地石油开发区海洋工程地质调查研究报告	
姜绍仁、张毅祥、黄志明、熊小兵、侯红明、谢以萱、陈欣树、罗又郎(39)	
应用 GRASS 进行南沙群岛及其邻区不同来源磁异常数据的综合与分析	
吴玉琴、陈普刚、蔡淇松(99)	
GRASS 系统的安装及其海洋应用软件系统的开发	陈普刚(109)
南沙群岛信义礁等 4 座环礁的现代碎屑沉积	余克服、朱袁智、赵焕庭(119)
海南岛牙龙湾山地港湾海岸地貌与沉积特征	宋朝景、赵焕庭(148)
华南海岸带的自然保护	赵焕庭、宋朝景、陆铁松、梁国雄、袁家义(156)
南海诸岛的主权、资源与开发	赵焕庭(169)
热带气旋作用下南沙群岛海区的风、浪状况	夏瑟如、隋世峰(186)
9615 号(SALLY)台风登陆前后风场后报计算	程志强、余灿花(195)
1985—1989 年秋、冬季赤道西太平洋海洋水文状况	黄企洲(200)
南海南部海区夏季的环流结构	方文东(217)
双抗体夹心酶联免疫吸附分析检测石斑鱼弧菌病病原	秦启伟、吴灶和、潘金培(224)
贝类育苗池培养大珠母贝幼苗的存活与生长效果	张 偲(231)
海洋动物提取物——蛇珠液药物效应的研究	张 偲(237)
超声波杀菌作用的实验研究	黄 晖、章之蓉、谢瑞生、林永华(243)

CONTENTS

A Comprehensive Study on Zhujiang River Mouth-Liyue Bank-Nansha Trough Geo- transection in South China Sea	
.....LIU Zhaoshu, ZHAO Yan, ZHANG Yixaing, ZHOU Xiaozhong, HE Shanmou, XIE Yixuan, JIANG Shaoren, WANG Qiling, HUANG Zhiming, LIN Jinfeng(24)	
Studies on Environmental Magnetism of Sediments from Nansha Islands and Adjacent Sea Areas	TANG Xianzan, YAN Wen, WEI Changxing(38)
Marine Engineering Geological Investigation in Offshore Oil Development Area in Zhujiang River Mouth of South China Sea	
.....JIANG Shaoren, ZHANG Yixiang, HUANG Zhiming, XIONG Xiaobin, HUO Hongming, XIE Yixuan, CHEN Xinshu, LUO Yuolang(98)	
An Application of GRASS in Integrating and Analyzing Magnetic Data of Different Sources in Nansha Islands and Adjacent Sea Areas	
..... WU Yuqin, CHEN Pugang, CAI Qisong(104)	
Installation of GRASS and Construction of Marine Science Subsystem Based on GRASS	CHEN Pugang(115)
Modern Clastic Sediments of Atoll Reefs (Xingyi Reef and Other 3 Reefs) in Nansha Islands	YU Kefu, ZHU Yuanzhi, ZHAO Huanting(147)
Geomorphic and Sedimentary Features of Mountain Embayed Coast of Yalong Bay, Hainan Island	SONG Chaojing, ZHAO Huanting(155)
Natural Conservation of South China Coastal Zone	
ZHAO Huanting, SONG Chaojing, LU Tiesong, LIANG Guoxiong, YUAN Jiayi(168)	
Sovereign Rights, Natural Resources and Developments of South China Sea Islands, China	ZHAO Huanting(185)
Wind and Wave Conditions in Nansha Islands Waters Under Influence of Tropic Cyclone	XIA Seru, SUI Shifeng(194)
Hindcasting Computation of Wind Field of Typhoon 9615 (Sally) Around Landing	CHENG Zhiqiang, YU Canhua(199)
Hydrophysical Conditions in Equatorial Western Pacific Ocean in Autumn and Winter of 1985—1989	HUANG Qizhou(216)
Structures of Summer Circulation in Southern South China Sea	FANG Wendong(223)
Double-Sandwich ELISA for Detection of Pathogen <i>Vibrio vulnificus</i> in Grouper, <i>Epinephelus awoara</i>	QIN Qiwei, WU Zaohe, PAN Jinpei(230)
Survival and Growth of <i>Pinctada maxima</i> Cultivated in Breeding Pond ...	ZHANG Si(236)
Studies on Pharmacodynamics of “Shezhuye”	ZHANG Si(242)

An Experimental Study on Effect of Ultrasound in Killing Bacterial Pathogens of Fish

..... HUANG Hui, ZHANG Zhirong, XIE Ruisheng, LIN Yonghua(248)

南海珠江口—礼乐滩—南沙海槽 地学断面综合研究*

刘昭蜀 赵 岩 张毅祥 周效中 何善谋
谢以萱 姜绍仁 王启玲 黄志明 林进峰

(中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301)

摘 要 南海珠江口—礼乐滩—南沙海槽地学断面总长 1 360km, 是我所目前在南海的一条最长的地质-地球物理综合研究断面。重力异常基本上反映了本区某些地质构造特征, 而磁条带 5d-11 的识别为南海南北向扩张提供了科学依据。南沙群岛礼乐滩是个特殊地段, 中央海盆(正磁异常)与礼乐滩(负磁异常)之间为一明显的磁异常突变带。本区共有 3 套地震层系, 相当于 3 套构造层。研究表明, 礼乐滩以南曾经存在一个古南海。此外, 详细论述了海西期褶皱带、燕山期华夏陆缘活化和燕山期陆缘褶皱的形成机制。综合研究再次证实了作者提出的“陆缘扩张”观点的正确性。南海的 3 次陆缘扩张旋回与珠江口含油气盆地的形成关系密切。

关键词 珠江口 礼乐滩 南沙海槽 地学断面

根据 1987 年 3 月 14 日国家自然科学基金委员会地球科学部资助项目批准书的“修改方案, 集中力量完成一个航次及一个剖面的解释”的意见, 我们设计并完成了呈 NNW 走向、全长 1 360km 的南海珠江口—南沙群岛礼乐滩—南沙海槽地学断面的调查研究。该断面是我所迄今为止在南海最长的一条综合地质-地球物理断面。该断面北起珠江口(113°43′06″E, 21°27′18″N), 南至南沙海槽(117°58′30″E, 10°18′57″N)。

以断面上的综合地球物理资料为主, 结合已有的资料, 由断面各向东、向西延伸 50km, 编制成南海珠江口—礼乐滩—南沙海槽的地形区带图、地貌景观图、布格重力异常区带图、磁力区带图、地质区带图以及布格重力异常和自由空间重力异常剖面图、磁力异常剖面图、地震解释剖面图和综合解释剖面图等一批图件。

本报告的主编为课题组长刘昭蜀。具体分工为: 1. 地形地貌——谢以萱; 2. 重力异常特征——赵岩、王启玲; 3. 磁力异常特征——张毅祥; 4. 构造地层学解释——周效中、姜绍仁、黄志明; 5. 地质构造特征——何善谋、林进峰; 6. 构造演化——何善谋; 7. 结语——刘昭蜀。图件由中国科学院南海海洋研究所编辑室绘图组罗晖清绘。

南海是太平洋西部最大的边缘海之一, 而边缘海的成因是当今海洋地质构造学中争论较多和尚未完全解决的重要问题之一。报告中援引了作者 1983 年提出的边缘海成因的“陆缘扩张”观点, 不当之处敬请指正。

1996-02-22 收稿; 1997-05-15 收修改稿。

* 国家自然科学基金资助项目(项目批准号: 4860842)。

1 地形地貌

地形与地貌是“一个地区现阶段大地构造性质和类型在地表形态上的一定程度的反映”^[1]。因此地形地貌与大地构造关系密切,研究南海海底形态可以在一定程度上反映南海现阶段的大地构造性质。

南海珠江口—礼乐滩—南沙海槽地学断面总长约 1 360km(图 1)。断面主要走向为 NNW 向,基本上横贯 NE-SW 向的南海盆地。断面切过南海的主要地貌单元,从北往南依次是南海北部大陆架中的珠江口陆架、南海北部大陆坡的广东陆坡、南海中央海盆(包括北海盆、中海盆与南海盆)以及南海南部大陆坡中的礼乐海台与南沙海槽。根据实测以及前人资料^[2,3],编制了地形区带图及地貌景观图。现将地学断面所经之区带地形地貌特征分析如下。

1.1 海盆北部陆缘地形地貌

断面北段是南海海盆北缘,包括了珠江口大陆架和广东大陆坡,地貌上以大陆型地貌类型为特征。珠江口大陆架范围主要指珠江水下三角洲的所在位置。本断面北端区带正好处于水下三角洲前沿的扇形最大外弯处,构成南海北部陆架最宽处,宽达 278km^[4,5]。区带北端主要为 50m 以深的外陆架地形,海底以平坦的陆架平原为特征,是巨厚的新生代沉积盆地的表面形态的反映。外陆架坡度一般为 1'30",而本断面大陆架区平均坡度为 1'50"。120m 以深的大陆架外缘坡度渐增至 5—7'。60—100m 水深带是大陆架最平坦的地区。100—110m 水深带内普遍有宽 200—400m,深差 3—5m 的小起伏。

大陆架坡折大约从 150m 深开始,坡度明显增大,转折为坡度达 10'5"的大陆坡缓坡带。随后以更大的转折进入大陆坡内缘陡坡带,坡度为 18'38",为上陆坡段。内缘陡坡之下为中陆坡段,其地貌特征为平缓的陆坡台阶与珠江海谷。台阶深度为 1 000—1 500m,相当于南海第二级大陆坡台阶范畴。珠江海谷在上陆坡段呈 NW 向,在中陆坡段为 NWW 向,横贯本区带,在 2 000m 以深的下陆坡段复呈 NW-SE 向注入南海北海盆。下陆坡段外缘亦为陡坡带,坡度达 53'55"。全大陆坡区宽度为 190km。

1.2 海盆地形地貌

本断面穿越了除西南海盆外的南海其他 3 个海盆——北海盆、中海盆和南海盆。海盆地貌以大洋型地貌类型为特征。主要的地貌类型为深海平原及深海海山链。

北海盆的南界为中沙北海岭与其东侧的宪北海山的连线。本断面切过北海盆,水深 3 600m—3 800m,属深海平原地貌。海底地形平坦,海床微向南倾,坡度仅 4'10"。距断面西侧约 10km 的双峰海山,峰脊水深为 2 400—3 000m,但本断面该段所经之处的海底已无隆起形态。

断面横越中沙北海岭东缘,该段测线长约 60km。中沙北海岭与中沙大环礁在地貌上属南海西部大陆坡的一部分。本断面所切过的中沙北海岭东缘,地形起伏崎岖多变。海岭麓下水深为 3 800m,海岭为近 E-W 向的岭、谷交替地形,峰脊水深为 2 700—2 900m,谷深为 3 000—3 700m。

中沙北海岭以南至黄岩海山链的珍贝海山西缘,属南海中海盆范围,水深 3 800—4 300m,海底坡度为 5'18"。断面过处地形平坦,仅有个别 100m 幅度的小隆起。在石星海山及涨中海山的西延部分,断面切过时无隆起显示,地形保持平坦形态。及至距涨中海山南方

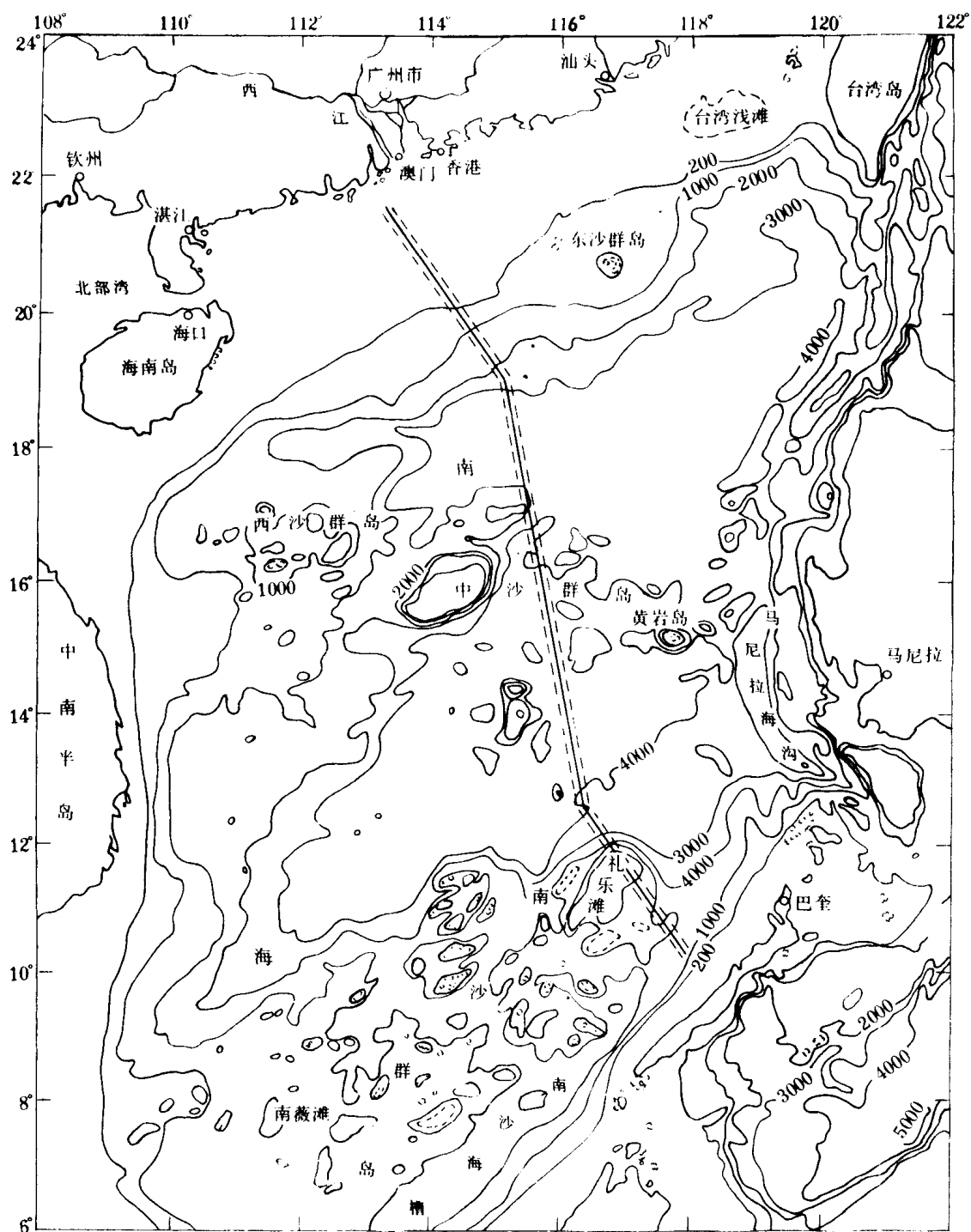


图1 南海珠江口—礼乐滩—南沙海槽地学断面位置示意图

Fig. 1 Illustration of Zhujiang River Mouth-Liyue Bank-Nansha Trough geo-transection

约 30km 处出现一海山,山峰处水深为 3 052m,比平坦海底高出约 1 200m。珍贝海山以西的中海盆水深一般超过 4 200m,唯断面经该海山西延处水深变浅为 4 000m,最浅处为 3 970m,即比北海盆底高出约 230m。该处隆起似属珍贝海山的西端延续部分。对中海盆海山拖网岩样分析结果表明,珍贝海山为橄榄拉斑玄武岩,时代为晚中新世;中南海山为碱性玄武岩,时代为上新世^[6]。说明中海盆的火山地貌景观主要是新生代的产物。

珍贝海山以南的断面进入南海盆范围。南海盆在该断面最大水深 4 338m,海底近于水平形态,坡度仅为 1'22",但断面上切过几个高约 500—600m 的小丘伏隆起。至大珍珠海山以北,海底坡度才渐增加至 5'20",邻近的海山高出海盆底 1 200—1 300m,在等深线附近与南沙陆坡相接。

1.3 海盆南部陆缘地形地貌

断面南段全处在南海南部大陆坡(南沙陆坡)内,并切过礼乐海台与南沙海槽二个地貌单元。南沙陆坡可分为上、中、下 3 段。由海盆边界上升至礼乐海台为下陆坡段;礼乐海台顶部至南沙海槽为中陆坡段;巴拉望岛架外缘直下南沙海槽处为上陆坡段。南沙下陆坡麓下水深 3 800m,往南呈叠瓦状,陡坡变浅,坡度为 3.4°—4.5°。上升至 2 500—2 800m 处为一起伏平缓的台阶,相当于南海第五级陆坡台阶。其后,地形急剧转折,以陡坡骤升至礼乐沙台,坡度达 16.5°—28.5°,形成陡崖地貌。礼乐海台顶部是一水下大环礁,本断面在其北缘的雄南礁东侧切过,水深 23m。其后断面穿越宽约 70km 的礁湖与礁丘地形,礁湖水深为 70—80m,礁丘水深为 35—44m^[7]。断面在礼乐滩东缘从水深 61.5m 急降至 200m,陡崖坡度达 13°43.8'。然后,水深缓增至 400m,在水深 500m 处出现宽达 80km 的平台地形,相当于南海大陆坡第一级台阶范畴。

在礼乐海台南部台阶边缘,断面呈一陡坎形态转折进入南沙海槽的东北端延伸部分,水深一般为 1 500m,中间最深点为 1 721m。断面过处,海槽北坡陡于南坡,北坡坡度 6°52.5';南坡为 47'55"。南坡之上为 1 000—1 200m 级平台,相当于南海大陆坡第二级台阶范畴。

由 1 000m 等深线开始,往南坡度转折加大,坡度达 7°35'40",转入巴拉望岛架外缘,水深变浅至 200m,此处为南沙上陆坡段。越过平均宽度约 45km 的巴拉望岛架即为海拔高达 2 100—4 100m 的岛弧山地,它与南海海盆的地貌高度反差达 6 500—8 500m。

综上所述,断面北、南两端地貌主要为大陆型地貌类型,其间则属大洋型地貌类型。海盆与周边海底地貌反差高达 4 000m;与周缘海岸地貌反差更大,超过 8 000m。海盆中分布以高、中山为主的、典型的、有系统的、有一定方向的海山链,属于新生代形成的幼年期地貌。因此,在地貌的大地构造类型上,本区具有活动区型地貌特征,反映出本区现阶段大地构造性质相当活跃。

2 重力场特征

根据实测及有关资料,编制了布格重力异常剖面图和自由空间重力异常剖面图,以及布格重力异常区带平面图。沿剖面由北向南重力异常特征如下。

2.1 北部大陆架区

北部大陆架区的自由空间重力异常为低值负异常,幅度变化范围为 $-10 \times 10^{-5} \sim -30 \times 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。大约在 150m 深的大陆架坡折处,自由空间重力异常变为低值正异常,其幅

度变化范围为 $0-30 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。同样,北部大陆架区的布格重力异常亦为低值负异常,其幅度变化范围为 $-5 \times 10^{-5} - -25 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。在大陆架坡折处变为低值正异常,其值为 $0-30 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。

在布格重力异常区带平面图中,布格重力异常为宽缓低值正、负异常,异常走向为 NE 向,局部有封闭异常。零值线的走向与海岸线基本平行。

2.2 北部大陆坡区

北部大陆坡区的自由空间重力异常亦是以负异常为主,极值达 $-30 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。在下陆坡,自由空间重力异常变为低值正异常,其极值为 $10 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。

布格重力异常在北部大陆坡区均为正异常,其特征分为两段:北段为平坦低值正异常,异常由大陆架的负值缓慢升至上陆坡的正值,异常平均值为 $20 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。南段布格重力异常急剧上升,为一下陆坡异常,其值由 $25 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 升至 $200 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$,表现了下陆坡向深海盆过渡的特点。

在布格重力异常区带平面图中,上陆坡的等值线较宽缓,因中轴线上有一个封闭低值正异常使曲线变得弯曲。在与深海盆相接的下陆坡,等值线密集排列,异常值由下陆坡向深海盆呈阶梯状急剧升高。

北部大陆坡区的布格重力异常等值线的走向为 NE 向及 NEE 向。

2.3 中央海盆区

中央海盆的自由空间异常也是以负异常为主,它主要出现在海盆的南部和北部,北部负异常的极值为 $-44 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$,南部的极值较小,为 $-34 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。深海盆中部以南地区,出现低值正异常,其幅度变化范围为 $5 \times 10^{-5} - 20 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。

布格重力异常一般均为高值正异常,异常值高达 $200 \times 10^{-5} - 280 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。曲线顶部形成一个高值正异常平台,长达 720km,其中局部的峰谷异常与地形相关。中央海盆的布格重力异常与海底地形呈明显的镜像关系,在布格重力异常区带图中,一般为宽阔高值正异常,但在 $15^{\circ}-18^{\circ}\text{N}$ 之间有一些等值密集的圈闭异常,这与海山及谷地密切相关。在 13°N 附近,个别圈闭异常高达 $300 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。

2.4 南部大陆坡区

断面南部的大陆坡横越南沙群岛东部的礼乐滩、忠孝滩、棕滩,并一直延伸到南沙海槽北部中央 1 300m 的水深处。

南部大陆坡的自由空间重力异常可大致分为 3 段。北段即礼乐滩北侧与中央海盆交接处为负异常,负异常极值为 $-34 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。中段为少见的礼乐滩高值正异常,异常呈阶梯状向南降低,阶梯顶端的最大值为 $78 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$,最小值为 $40 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。南段是礼乐滩南侧的先正后负的波状异常,最低值为 $-28 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。

南部大陆坡的北侧,布格重力异常以急剧下降的锯齿状异常为特征,是中央海盆向大陆坡区过渡的显著标志。礼乐滩的布格重力异常为低值平缓的正异常,异常值为 $40 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。礼乐滩南侧,布格重力异常略有升高,达到 $85 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。

在布格重力异常区带图中,中央海盆与南部大陆坡的交接处出现明显的重力梯度带,中央海盆南缘岩石圈断裂从这里经过。至礼乐滩布格重力异常则变为宽缓的低值正异常,其中部降低到 $39 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$,向南异常又略有升高。

珠江口—礼乐滩—南沙海槽的重力异常基本上反映了本区的地质构造特征。北部陆缘

的重力异常的 NE 走向与这里的主要构造线相吻合,在此背景上异常受新生代构造运动的影响又形成一系列 NEE 走向的异常。在区域上这些 NE 向及 NEE 向异常往往又被 NW 向断裂切割,造成北部陆缘南、北分带,东、西分块的异常面貌。在这里,异常幅度的变化与基底起伏密切相关。例如,北部大陆架的大片负异常基本上与珠江口盆地的坳陷相对应,而其正异常则分别出现在东沙隆起及神狐隆起上。因此,重力资料对南海构造单元的划分有重要参考价值。

在南、北大陆坡与中央海盆的交接处出现的布格重力异常呈陡梯度带,表明这里有深大断裂存在。在中央海盆,局部 NEE 向及 E-W 向的构造线在布格重力异常上也有反映。这是因为中央海盆的一系列海山多形成 NEE 及 E-W 向的圈闭异常,同时,海山周缘的断裂使重力异常呈高密度等值线也是原因之一。

南海的自由空间重力异常主要受基底构造的影响,而布格重力异常主要受地壳形态的影响。当然主要因素还是密度界面。此外,布格重力异常与地形的镜像关系也与地质构造关系密切。因此,在解释过程中必须综合分析,切勿忽视有用资料。

3 磁力异常特征

从南海北部大陆架、经大陆坡、南海中央海盆东部、穿越礼乐滩至南沙海槽北部的地学断面中的磁异常,在不同的地貌构造单元中分别显示了不同的磁异常类型和特征,且具有不同的地质意义。

3.1 南海北部大陆架磁异常

在断面经过的南海北部大陆架,磁异常以较高的背景(100nT)的宽缓波状为主要特征,起伏的幅值约 50nT,表现为水平叠加的磁异常。此外,还表现为块状磁异常,在 100nT 的背景上出现分布不均匀且没有一定方向的磁力高和磁力低封闭圈。对比断面经过的位置,恰好位于南海北部珠江口盆地的珠一和珠二坳陷处。这类磁异常及其分布特征,表明该地区的磁性基底主要由中等强度磁性的火山岩构成,局部的磁力高和磁力低,主要是基底磁性的不均匀所致,也可能是磁性基底起伏变化所引起。

3.2 南海北部大陆坡的磁异常

在断面经过的南海北部大陆坡地区,上陆坡和下陆坡分别呈现了不同的磁异常特征。在上陆坡,磁异常呈单个的波长较长的高幅值异常,波长达 100km,强度达 100nT,形成一个两翼基本对称、两侧伴有小的负异常的正磁异常。此外,该磁异常也呈单个出现,两侧伴有负的小封闭圈。但该异常在西部已经消失,只形成在高背景值下的局部磁力高和磁力低。对比该磁异常在地形图上的位置,刚好在东沙高磁异常的西南端。可以推测,该异常是东沙高磁异常的西南延伸部分,并可能到此终止。根据这类磁异常的特征分析,该地段的磁性基底较浅,并且是由一些有限延伸、磁性较高的中-基性岩所组成。在下陆坡,磁异常呈起伏较大的波状,波宽十数公里,幅值 100—200nT 不等。磁异常强度 150—300nT 不等。在磁力异常平面图上,磁异常呈近 NEE 向的块状。根据此类磁异常特征分析,下陆坡的磁性基底磁性极不均匀,但磁性一般较强,且由这些不同磁性的火山岩相互叠加所构成。在上陆坡和下陆坡之间有一条较明显的 NEE 向的梯度带,可见上陆坡和下陆坡在磁异常特征上有明显的差别,两

者的磁性基底结构亦有所不同。上陆坡可能是大陆架区的延伸,具有陆壳性质,而下陆坡则是从陆到洋的过渡带,具有过渡型地壳的性质。

3.3 南海中央海盆的磁异常

在断面经过的中央海盆东部,磁异常呈现正负频繁交替的波浪状。磁异常的起伏幅值在200—400nT之间,宽20—30km,明显地受水平叠加异常的干扰。在局部海山地区,有垂直叠加的磁异常出现。该类磁异常,大致从南海中央海盆北部的17°30'N开始,一直延伸到南部13°30'N附近。在磁力区带图中,磁异常呈正负相间、线性展布的条带状,走向近E-W向。这种磁异常类型和分布特征与很多文献所描述的一致^[4,6,8,9]。根据这些文献的解释,已经得出较为一致的结论,即这类磁异常是大洋扩张的产物。将南海中央海盆的此类磁异常和理论扩张磁异常对比,可以识别出拉蒙特国际地磁年表的5d—11系列。对南海中央海盆东部磁条带的识别,从现有资料来看,基本上持肯定态度,这就为晚渐新世—早中新世(32—17Ma)的南海南北向海底扩张提供了证据。扩张中心大致位于现今的15°N附近。半扩张速率大约为2.1—3.6cm·a⁻¹不等。在各个扩张时期南北的扩张速率不大一致。南海中央海盆的地壳结构为洋壳结构,其磁性层主要是由层2顶部组成。

3.4 礼乐滩及其邻区的磁异常

南沙群岛是个比较特殊的区段。在礼乐滩的北侧,即在中央海盆与礼乐滩的交接处,出现了一个巨大的北正南负的磁异常。正异常宽40km,强度180nT;负异常宽20km,强度为-110nT。由礼乐滩北部向南,磁异常呈平缓降低的趋势,强度在50nT以下。在礼乐滩与南沙海槽之间的一些岛礁区,磁异常呈复杂变化的尖峰状,强度最大200nT,一般在150nT以下。在磁力区带平面图上,礼乐滩北部为正负伴生的E-W向的长轴型封闭圈。在礼乐滩内出现以50nT为背景的块状磁异常,内有局部的磁力高和磁力低。在南沙海槽北侧出现近E-W向的条带状磁异常。

上述磁异常特征表明,在中央海盆与礼乐滩之间,存在一个明显的突变带,它从中央海盆的洋壳突变为礼乐滩的陆壳。同时也表明礼乐滩的磁性基底也是一些较低磁性的岩类。而在礼乐滩与南沙海槽之间的一些岛礁的尖峰状磁异常,极可能是一些基性火山岩的基座所引起的。表明这里曾经历过复杂而较强的构造运动。

3.5 南沙海槽北部的磁异常

南沙海槽位于断面的最南端。在断面通过的范围,磁异常呈降低的趋势,具波长较长的宽缓波状特征,强度在50nT以下。在宽缓的南翼,有次一级的垂直叠加异常的干扰。在磁力区带图中,磁异常为NEE向的条带状。

根据上述磁异常特征,可以推测,磁性基底的磁性不大,其上可能叠加有一些局部的磁性体。这里的地壳结构应是陆壳。

4 构造地层学解释

从图2—5反射地震剖面显示,以杂乱反射为特征的基底岩系(火成岩-变质岩)和具反射层次的沉积盖层之间为声波基底面(不整合面 T_m 或 T_g)分开。沉积盖层则以两个区域性构造不整合面(T_g 和 T_g')为界,分为3套地震层系(超层序supersequence),相当3套构造层。

在陆缘区, T_2 和 T_3 两个不整合面代表中、新生代两次重大的构造运动。由于构造运动叠加的综合作用, 导致某些区段出现不整合面相互汇聚叠合, 造成 3 套构造层不同程度的缺失。如 T_m-T_2 的叠合造成下构造层的缺失; T_3-T_2 的叠合造成中构造层的缺失。现对 3 套构造层及基底的地层构成、时代属性与分布发育特征分述如下。

4.1 基底岩系

为地震声波基底(T_m 或 T_2)以下的火成岩-变质岩。声波基底不是一个等时的而是穿时的界面, 由不同的或多次叠加的构造运动所造成。因此, 不同区段基底顶面的形成时代不同, 基底构成亦有差异。

北部陆缘区 T_2 界面以下的基底岩系主要由中酸性火成岩构成, 已有 27 口井钻遇。经 K-Ar 法同位素测定年龄为距今 70.5—130Ma, 属白垩纪。此外, 局部发现有区域变质岩, 如混合岩、片麻岩、斜长角闪岩、片岩、变质粉砂岩和变质石英砂岩等。它们的变质程度差异很大, 显然是多期变质作用的产物。其中的深变质岩系可能形成于前中生代, 为古生代或更早的变质作用形成。

中沙北海岭在构造上是西沙-中沙岛块的延伸部分。据“西永一井”资料^[6], 该岛块基底岩系由前寒武纪片麻岩构成, 属陆壳性质。

南部陆缘区的基底岩系亦由火成岩-变质岩系构成。礼乐滩一带多处拖网取样^[10]发现了片麻岩, 变质相属角闪岩相。虽然用 K-Ar 法所测得的年龄值为距今 104—146Ma^[10], 但地震剖面显示与上覆的中生界由 T_m 不整合面分隔开来, 表明基底变质岩系形成于中生代以前。因而上述同位素测年值可解释为中生代燕山期岩浆侵入热事件叠加作用所造成。由于本区曾经长期隆起, 在礼乐滩北部基底岩系为上构造层覆盖, 其不整合面为 T_2 , 缺失中、下构造层; 往南基底依次为中、下构造层覆盖, 其顶部不整合面由 T_2 变为 T_m 。由此表明, T_m 与 T_2 两个不整合面往北汇聚叠合为一。

中央海盆区 T_2 界面以下的洋壳基底由玄武岩构成, 系晚渐新世—早中新世(32—17Ma)海底扩张的产物^[8]。一些海山则是中新世以来海盆洋壳停止扩张之后, 由海底基性岩浆喷发所形成。

4.2 下构造层

为 T_2 至 T_m 不整合面之间的地层。主要见于南部陆缘区礼乐滩—南沙海槽一带, 即地震解释剖面中所示的中生界。根据该区现有钻井和海底拖网取样资料^[8,10,11], 发现下构造层包括有晚侏罗世—早白垩世滨海—浅海相含煤碎屑岩或半深海相页岩、晚三叠世—早侏罗世三角洲相—浅海相砂泥岩和中三叠世深海相硅质页岩等 3 套地层。

在北部陆缘区, 本剖面 T_2 不整合面以下未见下构造层。但区内不少地段的地震剖面显示有前第三纪沉积层存在, 台湾西南近海钻井已钻到白垩纪滨海—浅海相含煤碎屑岩系。

4.3 中构造层

为 T_2 至 T_3 不整合面之间地层。地震解释剖面标示为古新统一始新统, 其具体时代下限可能包括晚白垩世, 上限为中始新世。

在北部陆缘区, 中构造层大致与珠江口盆地钻井资料建立的神狐组(晚白垩世—古新世)及文昌组(始新世)相当, 为河流相—湖泊相碎屑沉积。地震剖面(图 2, 3)表明, 该层系不仅在坳陷中分布, 而且在隆起区亦见残留存在。它的下部层组(神狐组)呈半地堑充填层局限分布, 而上部层组(文昌组)自半地堑向基底高地区超覆, 并形成分布较广的披盖层。由于晚

始新世发生区域性隆升,上部层位受剥蚀而有不同程度缺失。因此,中构造层现今的分布面貌系剥蚀改造后的残留部分,分布范围比原始沉积覆盖区小。

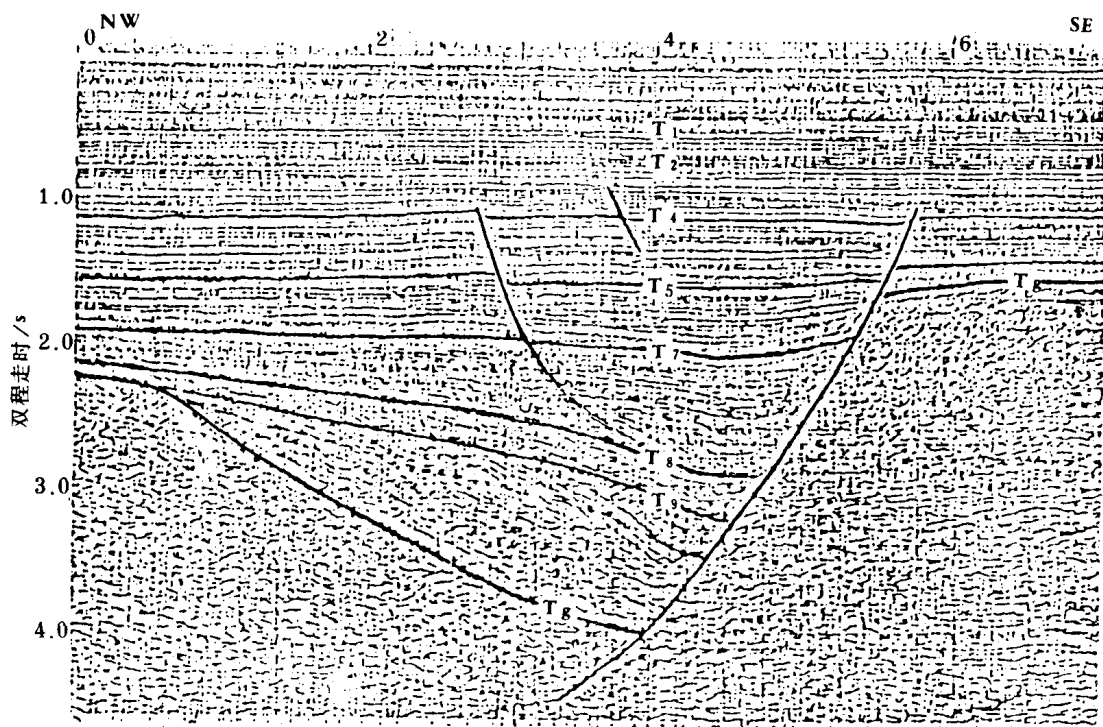


图2 珠江口盆地中部地震剖面

Fig. 2 Seismic section in the central part of Zhujiang River Mouth Basin

南部陆缘区中构造层的时代属性与北部相同,亦可分出上、下两层组。上层组为超覆披盖层,下层组为半地堑充填层,均为海相沉积。位于礼乐滩附近基底高地区的“桑帕吉塔1”井^[8],钻到厚约0.8km的中构造层。上层组(早一中始新世)以半深海相页岩为主,下层组(古新世)为三角洲相—泥流相碎屑沉积。据钻井外推,充填于相邻半地堑底部的更老层位可能包括晚白垩世沉积。中构造层不仅在礼乐滩地区有分布(图4a),而且往南在南沙海槽下面亦相当发育(图4b)。

中央海盆洋壳区未见中构造层,表明基底洋壳是始新世以后才形成的。因此,渐新世前南海海盆并不存在,当时礼乐滩地区与华南大陆相连。中构造层在珠江口盆地主要是陆相沉积,而礼乐滩及其以南是海相沉积。这表明当时的古地理格局是北陆南海,海侵由南往北扩展。由此推测,礼乐滩地区以南曾经存在一个古南海。

4.4 上构造层

为海底至 T_8 不整合面之间的地震层系,即地震解释剖面所示的渐新统及其以上地层。在不同区段,其地层结构与时代属性有所不同。

在北部陆缘区,珠江口盆地的钻井查明该层系包括晚始新世至现代沉积。在地震剖面上,由 T_1, T_2, T_4, T_5, T_7 5个局部不整合面将该层系分为万山组(上新世)、粤海组(晚中新世)、韩江组(中中新世)、珠江组(早中新世)、珠海组(晚渐新世)和恩平组(晚始新世—早渐新世)6个层组。其中, T_7 界面以下为陆相的半地堑充填层,以上为海相的超覆披盖层(图5)。

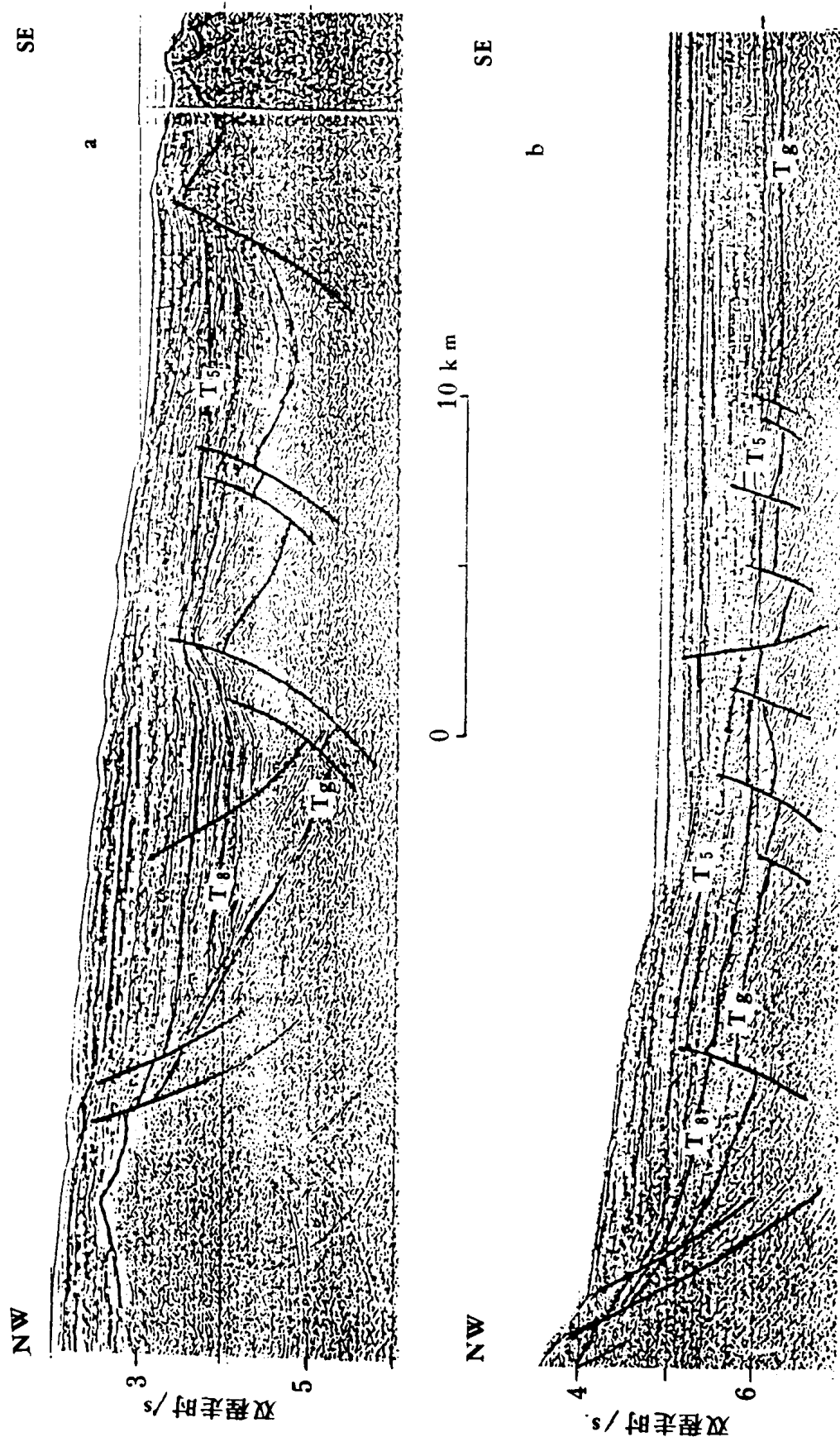


图 3 珠江口盆地南缘隆起地震剖面

Fig. 3 Seismic section in the southern rise of Zhijiang River Mouth Basin

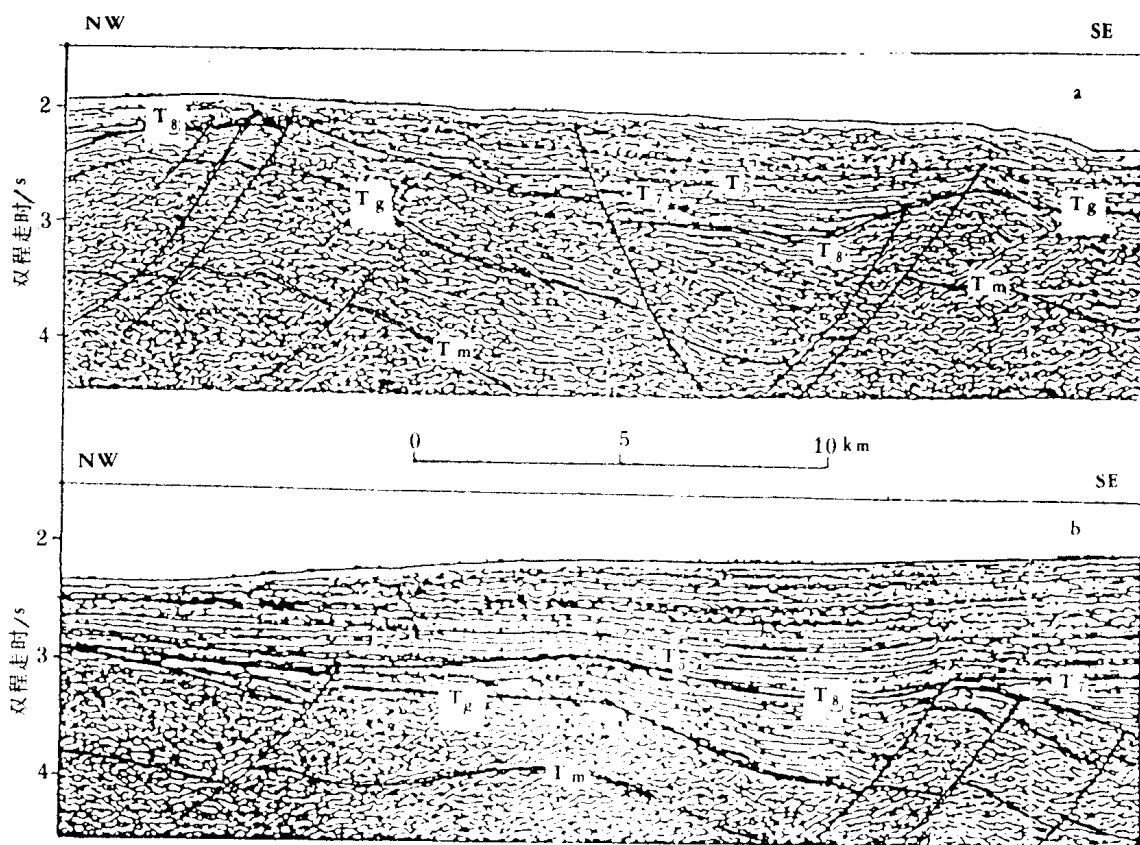


图 4 礼乐滩(a)及南沙海槽(b)地震剖面

Fig. 4 Seismic section of Liyue Bank (a) and Nansha Trough (b)

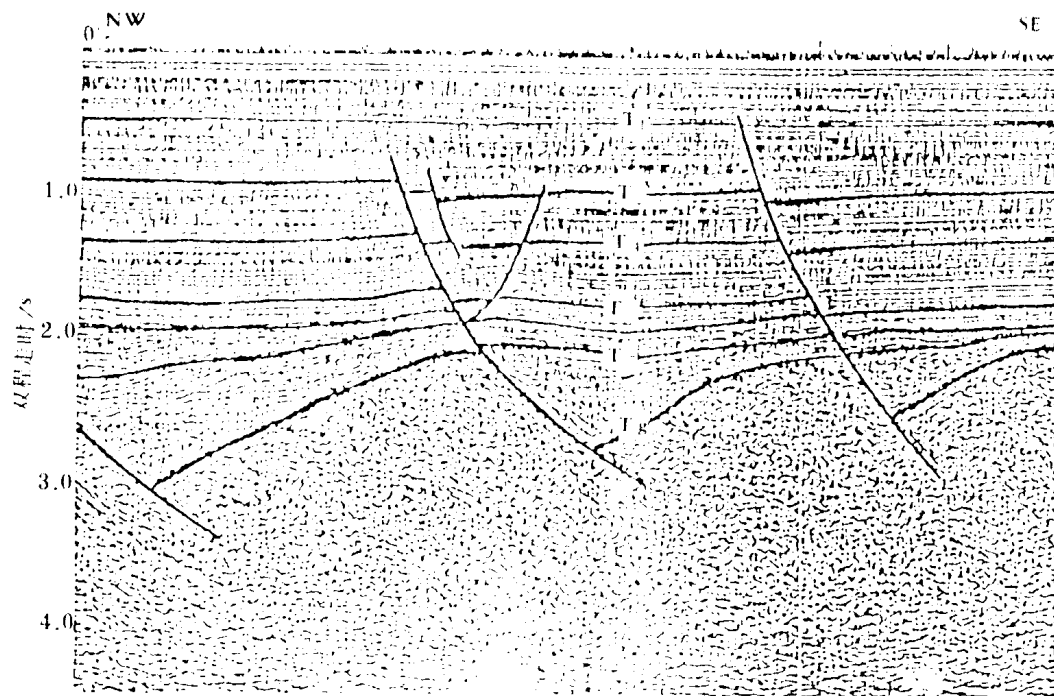


图 5 珠江口盆地北部地震剖面

Fig. 5 Seismic section in the northern part of Zhujiang River Mouth Basin