

南海北部海域 软泥水化学及其找矿意义

OOZE WATER CHEMISTRY IN THE NORTHERN
PART OF SOUTH CHINA SEA AND ITS ORE-
SEARCH SIGNIFICANCE

汪蕴璞 林锦璇 范时清 著

北京科学技术出版社

南海北部海域 软泥水化学及其找矿意义

OOZE WATER CHEMISTRY IN THE NORTHERN
PART OF SOUTH CHINA SEA AND ITS ORE-
SEARCH SIGNIFICANCE

汪蕴璞 林锦璇 范时清 著

北京科学技术出版社

(京)新登字207号

内 容 简 介

本书是在1989~1993年国家自然科学基金资助项目研究成果的基础上撰著而成。

本书首次揭示了南海北部海域软泥水、底层海水的物理化学景观,探讨了不同载荷下压取的压出溶液化学成分的变化,发现了软泥水化学垂向剖面的四种基本类型,分析和概括了软泥水化学形成演变的机理和模式,论述了陆坡深水区利于多金属结核的成矿作用和指出了成矿前景的海区,并依据软泥水化学提出了海区古河道存在的位置和海平面上升、岸线北移等学术观点。

本书反映了我国内海软泥水化学研究的动态和水准,可供从事水文地质、水文地球化学、海洋地质、海洋地球化学、矿床地质等方面的工作者和有关院校师生参考。

南海北部海域软泥水化学及其找矿意义

OOZE WATER CHEMISTRY IN THE NORTHERN PART OF SOUTH
CHINA SEA AND ITS ORE-SEARCH SIGNIFICANCE

汪蕴璞 林锦璇 范时清 著

*

北京科学技术出版社出版

(北京西直门南大街16号)

邮政编码 100035

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经销

北京昌平县马池口印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 6.75印张 168千字

1994年5月第一版 1994年5月第一次印刷

印数 1—360册

ISBN7-5304-1554-9/N·056

定价: 7.20元

前 言

我国环西太平洋有广阔的陆缘海,陆棚区总面积约100多万平方千米。我国已在南海、渤海和东海海域相继开展了油气资源的勘查,并发现了一批油气田。但水圈底部的陆缘海软泥水至今仍是个“迷宫”,被遗弃在研究者的视野之外。软泥水在生源矿石和矿物的形成过程中起着巨大的作用,它是海相沉积物成岩过程中的一个活跃的地质因素,又是海相沉积层中水的起始成分,在评价和研讨地下水化学成分形成演变的基本理论时是个重要因子,对于洋底成矿作用以及提取找矿信息等方面均具有重要的理论意义和实用意义。因此,开展软泥水化学成分定量研究是亟待进行的一个研究领域。

作者得到了国家自然科学基金委员会的资助,开展“内海沉积物软泥水化学及其找矿意义”项目的研究,项目编号为4880135,本研究始于1989年,终至1993年。鉴于海洋沉积物软泥水化学的研究是个跨学科的研究领域,具有明显前沿课题和富有探索性和开拓性的特征;海洋调查耗资巨大,工作难度大;必需与具备海上工作船和采集各类样品设备、仪器的海上勘查力量的单位协作。据此,中国地质科学院水文地质工程地质研究所与中国科学院南海海洋研究所的科学家、工程技术人员联手合作开展此项研究工作,并确定了南海北部海域为研究工作的靶区。经过几年来艰苦的工作实践,采集到水、沉积物和悬浮体等大量样品,获得了海上现场测试的水、沉积物的物理化学参数资料,开展了沉积物柱样压出液实验研究,以及水、沉积物成分的全面测试和鉴定;应用计算机技术处理了大批量数据和勾划了物理化学参数系列图表;经综合分析研究,完成了研究报告,达到了预期的目标。项目组成员有中国地质科学院水文地质工程地质研究所汪蕴璞(项目申请者)研究员,雷颢韵、林锦璇高级工程师,童国榜研究员,王焕夫、王翠霞工程师,叶思源助理研究员,汪珊研究实习员;中国科学院南海海洋研究所范时清研究员,郑建录、林植清副研究员。

本书是在上述研究报告的基础上撰著而成。书中首次揭示了南海北部海域底层海水和软泥水的物理化学景观,探讨了不同载荷下压取的压出溶液化学成分变化及其产生的原因,发现了软泥水化学垂向剖面四种基本类型,概括和分析了软泥水化学形成演变的机理和模式,论证了陆坡深水区利于多金属结核的成矿作用和指出了成矿前景的海区,以及依据软泥水化学资料提出了海区古河道存在的位置和海平面上升、岸线北移等学术观点。

本书所述陆缘海软泥水化学是国内率先开展研究并取得的一项科研成果。它是海洋地质与海洋化学交叉和结合的一个前沿研究命题,是水文地球化学由陆地延伸到海域,拓宽和开辟新领域研究的一个有效尝试,不仅填补了国内在该领域研究的空白,而且对于水文地球化学基本理论的探索和发展具有重要意义,反映了我国陆缘海软泥水化学研究的动向和水准。书中所提供的大量资料及研究的学术成果,对于今后南海软泥水化学的研究,甚至对环西太平洋宽广的边缘海软泥水的研究起到了先导作用。

本书由汪蕴璞主笔和统编,其中第二部分由范时清撰写,第三部分由王翠霞、叶思源撰写,第四部分由林锦璇撰写并负责本书审校和定稿,汪珊完成了大量技术性工作。

本书是作者继“七五”期间撰著出版的《洋底水岩系统界面水及其成矿机理》和《太平

洋中部水文地球化学》之后，在陆缘海软泥水化学领域取得的又一成果。愿将可能带有偏颇的学术观点公诸于世，奉献给奋战在海洋战线上的同行们，以求交流和给予指正，期望推动和促进海洋水文地球化学的新进展。

中国科学院南海海洋研究所的科学家、工程技术人员的风险、艰辛的海上调查工作、给予作者提供的实物资料和卓有成效的合作，是确保本书完成的必要支撑条件和前提，在此向他们致以崇高的敬意、深切的问候和谢意。

承蒙中国地质科学院水文地质工程地质研究所、中国科学院学部委员张宗祐研究员，任福弘、费谨、卢耀如和董凤岐研究员，中国地质大学沈照理教授，地质矿产部环境地质研究所哈承佑研究员，中国科学院地质研究所汪集旻研究员和青岛海洋大学林振宏教授，地质矿产部广州海洋地质调查局梁德华高级工程师和海洋地质研究所姚德副研究员，大洋资源研究开发协会郭世勤高级工程师等对本书进行了审阅，提出了宝贵的意见和建议。在此向他们以及为本书出版付出辛勤劳动、给予支持和帮助的工程技术人员一并表示衷心的感谢。

由于陆缘海软泥水研究刚刚起步，所获样点分布的不均一性，研究周期尚短，形成的学术观点有待进一步实践和深化。因此，书中难免有疏漏或不妥之处，谨请读者不吝指正。

著 者

1993年6月于河北正定

(中国地质科学院水文地质工程地质研究所)

目 录

一、研究现状和研究目标任务	(1)
(一)研究现状概述	(1)
(二)研究目标任务	(4)
二、软泥水赋存的海域地质环境	(5)
(一)海底地形和地貌	(5)
(二)水文	(7)
(三)表层沉积物	(10)
三、海水化学景观	(19)
(一)海水化学成分的基本特征	(19)
(二)海水化学参数值在空间上分布的规律性	(21)
(三)海水介质环境因子	(33)
四、软泥水化学景观	(37)
(一)软泥水化学成分的基本特征	(37)
(二)压出溶液化学与载荷的关系	(38)
(三)软泥水化学垂向变化及其剖面类型	(44)
(四)软泥水化学面上分布的规律性	(51)
五、软泥水化学形成演变机理	(55)
(一)形成作用的基本类型	(55)
(二)软泥水化学垂向剖面的形成	(56)
(三)软泥水化学形成演变机理	(64)
(四)软泥水化学成生演变模式	(70)
六、软泥水化学的找矿意义	(72)
(一)软泥水中Mn 等金属浓度的分布	(72)
(二)软泥水在多金属结核成矿作用上的意义	(75)
主要参考文献	(85)
提要	(87)
英文提要	(93)

CONTENTS

I. RESEARCH STATUS, RESEARCH OBJECTIVE AND TASK	(1)
1. Outline of Research Status	(1)
2. Research Objective and Task	(4)
II. GEOLOGICAL ENVIRONMENT OF OOZE WATER IN SEA AREA	(5)
1. Sea-bottom Topography and Geomorphology	(5)
2. Hydrology	(7)
3. Surficial Sediments	(11)
III. LANDSCAPE OF SEAWATER CHEMISTRY	(19)
1. Basic Characteristics of Seawater Chemistry	(19)
2. Spatial Distribution Regularities of Parameter Value of Seawater Chemistry	(21)
3. Environmental Factor of Seawater Medium	(33)
IV. LANDSCAPE OF OOZE WATER CHEMISTRY	(37)
1. Basic Characteristics of Ooze Water Chemistry	(37)
2. Relation between Squeezed Solution Chemistry and Load	(38)
3. Vertical Change and Its Profile Type of Ooze Water Chemistry	(44)
4. Distribution Laws of Ooze Water Chemistry	(51)
V. FORMATION AND EVOLUTION MECHANISM OF OOZE WATER CHEMISTRY	(55)
1. Basic Types of Formation	(55)
2. Formation of Vertical profile of Ooze Water Chemistry	(56)
3. Formation and Evolution Mechanism of Ooze Water Chemistry	(64)
4. Formation and Evolution Pattern of Ooze Water Chemistry	(70)
VI. ORE-SEARCH SIGNIFICANCE OF OOZE WATER CHEMISTRY	(72)
1. Distribution of Mn etc.in Ooze Water	(72)
2. Significance of Ooze Water in Polymetallic Nodule Mineralization	(75)
REFERENCES	(85)
ABSTRACT	(93)

一、研究现状和研究目标任务

海洋软泥水隶属于海洋水圈底部的水,它是由底层海洋水随着沉积作用与沉积物一起沉积并储存于其颗粒之间的孔隙中而形成的。有的谓之孔隙水,也有的谓之孔隙溶液,还有的谓之间隙水。这类不同术语似具同义性质,至今仍在混用。作者在1986~1990年研究太平洋中部洋底表层沉积物时,测试的沉积物天然含水量、界限含水量和颗粒粒径,以及南海北部表层沉积物的相同物性测试资料(表1、图1、图2)均表明这类沉积物均未固结,天然含水量很大,液性指数很高,主要由胶粒(颗粒粒径 $<0.002\text{mm}$)、粘粒(颗粒粒径 $<0.005\sim 0.002\text{mm}$)等细分散性物质组成,实为半液化或液化的软泥,故将赋存其间的水谓之软泥水,还可以谓之孔隙水。但在固结的沉积物中压取的水则谓之孔隙水。这样可将赋存水的沉积物的性质明显地区分开来。本书中提到的软泥水均是使用压滤机压取的,是指施加的极限压力值 24MPa 压取的水。由于发现在不同压力段压取的水,其化学成分是变化的,为探讨其化学成分与施加载荷的关系,以及化学成分变化的原因,将不同压力段压取的水称为压出溶液,以示与软泥水的区别。对于意义含混不清的间隙水这个术语本书不采用。

(一)研究现状概述

早在1870年,A.A.Веригин在黑海河口湾率先研究了沉积物中的软泥水,稍后,J.Murray和L.H.Irvine研究了苏格兰海岸附近的大西洋边缘沉积物中的软泥水,当时受技术条件的限制,是用稠密的帆布过滤提取的。从本世纪30年代起,原苏联学者受医疗泥和矿泉医疗场研究工作的启发,对黑海软泥水进行了研究,并在第二次世界大战后对黑海、里海、波罗的海以及世界大洋软泥水进行了研究。在软泥水研究方面他们曾起到了先驱作用。1972年原苏联学者O.B.Щишкина撰著的“海洋软泥水地球化学”可作为该时期的代表作。该书汇总了世界三大洋和内陆海软泥水的大量测试资料,对不同类型沉积物中软泥水化学成分进行了分类,概括了软泥水化学组分含量随深度变化的规律性,并对这种规律性进行了理论解释等。遗憾的是书中提供的主要是软泥水的宏量组分测试数据,微量组分仅有为数很少的 Br^- , I^- , B^{3+} 测试资料。深海钻探(DSDP)直到1979年止对所打500余孔中采集的大部分岩芯,进行了沉积物软泥水的取样和研究,对固结的和孔隙度很低的沉积物主要是用不锈钢压滤机取样,对孔隙度大的上部沉积物则借助离心技术获取软泥水。但仅见报导的是软泥水的宏量组分和某些微量组分随深度变化的规律性,软泥水化学组分浓度与深度的剖面类型以及软泥水在成岩作用中的地球化学意义。1988年原苏联科学院海洋研究所的学者G.N.Baturin撰写的专著《大洋锰和锰结核地球化学》,由荷兰的D.Reidel Publishing Company以英文出版,该书设有“沉积物孔隙水中的锰”一个章节,它汇总了近30年来世界大洋沉积物孔隙水中锰金属浓度的分布,概括了边缘地区内海和大洋深海带沉积物中锰浓度的分布,发现各种沉积物中锰浓度变化幅度很大,但因缺少环境指示因子pH, Eh等资料,难以分析和评估它们

表 1 海底沉积物含量数据表

水深 (m)	沉积物 成因类型	站 位	沉积物 名 称	天 然 含水量 (W%)	界 限 含 水 量			液 性 指 数 (I_L)
					液 限 (W_{Li} %)	塑 限 (W_P %)	塑性指数 (I_P)	
30	近岸现代 陆 源 泥 (陆架)	3-1		67.05				
		3-2	粘 土	69.60	42.9	24.2	18.7	2.43
		3-3	粘 土	54.25	39.7	21.1	18.6	1.78
		3-4	亚 粘 土	45.91	31.8	17.4	14.4	1.98
50	远岸现代 陆 源 泥 (陆架前缘)	71-上	亚 粘 土	66.04	41.9	26.9	15.0	2.61
		71-中	亚 粘 土	53.01	37.1	22.6	14.5	2.10
		71-下	亚 粘 土	58.09	38.4	23.0	15.4	2.28
>1500	半 深 海 深 海 钙质硅质泥	41-1		113.2				
		41-2	粘 土	121.73	67.5	32.6	34.9	2.55
		41-3	粘 土	115.82	66.1	29.6	36.5	2.36
		41-4		98.77				
		41-5		100.97				
<100	近岸现代陆 源泥粉砂 (陆架)	33-上	轻亚粘土	30.29	23.05	17.2	5.85	2.24
		33-中		26.47				
		33-下		26.00				

的地球化学行为,也未涉及大洋底部锰结核成矿作用的讨论。由于该章内容主要介绍软泥水中的锰,因此对软泥水的浓度、其他化学组分均未提供资料。业已查明东太平洋蕴藏着丰富的锰结核资源,引起世界各国为争夺该资源的权益,不惜投入巨资开展调查和研究,并开始重视锰结核形成机理的研究,但主要是沉积学、矿物学、地球化学、动力学方面研究。因而逐渐地认识到锰结核的成矿作用,主要受控于其上覆海洋水和下伏沉积物软泥水的两种金属流的作用,但至今有关软泥水化学成分的形成、演变及其在锰结核上的成矿作用等方面的论文极为少见。

我国软泥水研究起步较晚,以往主要在陆上开展松软沉积物中孔隙水的研究。这些研究主要是从三个方面开展的:一是从地面沉降研究中提出的,研究泥质沉积物在上覆负荷压实作用下发生的脱水效应,探索其可能引起地面沉降的一种作用;二是研究金属和烃类的成矿成藏作用,研究作为矿源岩的泥质沉积层中金属的迁移聚集在金属矿床形成中的作用,或者作为生烃岩的泥质沉积层中烃类初次运移聚集在油气矿藏形成中的作用;三是研究在近海地带的陆上松软沉积物中孔隙水化学成分的形成问题,探讨其是否承受海水入侵作用引起化学成分的改变,研究沉积物中水的成因,但这类论文公诸于世的甚少。

汪蕴璞、林锦璇承担和完成了“七五”期间地质矿产部主持开展和完成的“太平洋中部多金属结核调查和研究”项目中的大洋软泥水研究任务。在北纬 $0^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 和西经 $177^{\circ}\sim 139^{\circ}$ 范围海域内开展了大洋表层沉积物软泥水的采样工作,对软泥水及其赋存的沉积物开展了物化参数的全面测试,积累了大量水化学资料,勾画了一套水化学参数系列图表,概括了软泥水化

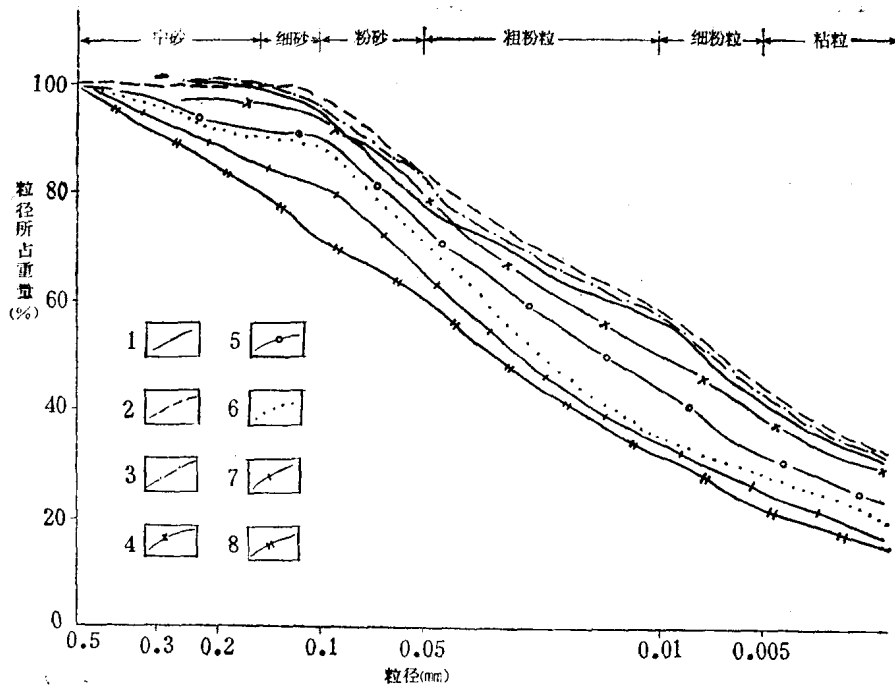


图1 南海北部3站位沉积物的土粒累积曲线图

注: 1~8表示沉积物由上往下的分析段

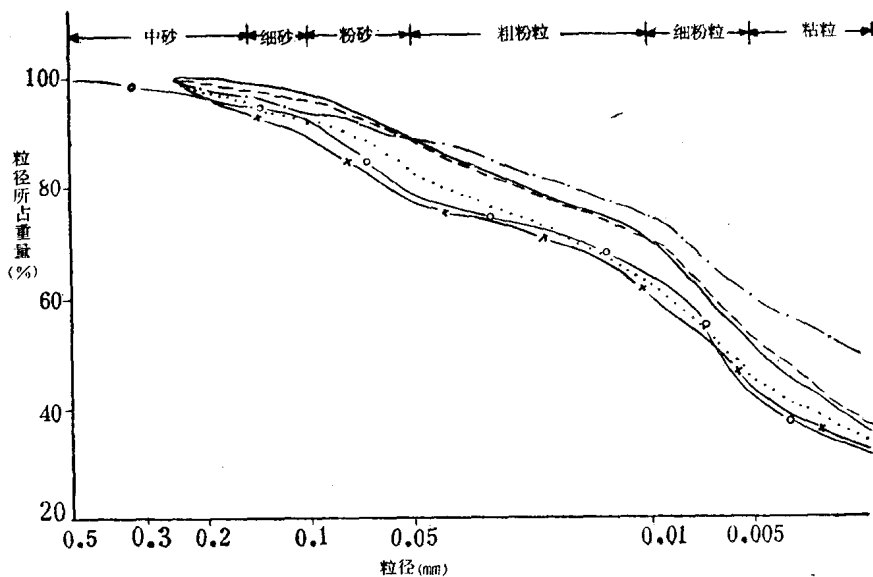


图2 南海北部41站位沉积物的土粒累积曲线图

(图注同图1)

学成分的基本特征,揭示了软泥水化学的分布规律性,提出了软泥水化学成分形成演变的新模式,并探讨了软泥水中成矿金属的地球化学行为及其在多金属结核上的成矿作用等,并出版了《洋底水岩系统界面水及其成矿机理》(1991年)和《太平洋中部水文地球化学》(1993年)等专著。这些是我国首次取得的太平洋中部软泥水化学及其成矿作用方面的学术成果,可望导向和推动水文地球化学在开拓海洋领域的研究中取得新成就。

我国具有广阔的西太平洋边缘海的南海、东海、渤海、黄海,业已开展了以新生代为主要目的层的大规模的油气勘探和调查工作,但至今对海底沉积物软泥水的研究却依然是个荒漠。

(二)研究目标任务

陆缘海沉积物软泥水研究在国内至今是个空白,研究其化学成分的形成分布规律,特别是微量组分的地球化学迁移和浓集规律,软泥水与其赋存的围岩、上覆底层海水化学成分之间的相关性及其在早期成岩阶段的形成演变机理,其学术成果可充实和发展水文地质学、水文地球化学的基础理论,并可为寻找海底矿产资源提供找矿信息和方向,这就是本书要进行研究的目标任务。

为完成这个目标任务,旨在研究和概括软泥水化学成分的基本特征,与其上覆海水、特别是与其相近的底层海水化学成分之间存在着怎样的同一性和差异性;压出溶液化学成分与载荷的关系;软泥水化学成分的垂向剖面类型及其分布形成的规律性;在水岩相互作用下引起软泥水化学成分发生变质作用的类型、路线和方向及其所处的阶段;总结在早期成岩作用阶段软泥水化学成分形成演变的模式及其在成岩成矿作用上的意义;在此基础上评价软泥水中组分的增高含量,在指示找矿成矿作用上的意义。

这些研究内容是本书讨论的中心议题和设置章节的学术思路和框架。这些问题在理论上涉猎到长期以来论争纷纭的海相沉积层中地下水化学成分的形成问题,究竟由海水转入到沉积物中时的初始浓度,特别是化学成分是怎样的一种化学性状,究竟是在浅海盆地的表层水时已完成了变质作用呢,还是进入沉积物中被埋藏下来的软泥阶段才发生变质作用的。当前我国大学教科书上记录着软泥水化学成分变质作用的模式,而这个模式几经转载不知出自何时何人之手。作者于1991年总结的太平洋中部深海沉积物软泥水化学成分的形成演变模式,则是另一种类型。那么在大洋边缘海沉积物软泥水化学成分的形成演变是怎样的一种模式,这些问题的阐述或各种演变模式的提出,无疑对于研究海相层中地下水化学成分的成因和形成勾画新的理论认识系统,对于修正和更新现有的水文地球化学基本理论,并向更高级层次发展可起到推动作用。大洋多金属结核资源的勘探和研究是当代的一个热门话题,世界各国不惜投入巨资在开展研究工作,但对广阔的陆缘海可否存在结核的生成条件和堆积成矿的研究至今仍被遗弃在研究者的视野之外,因此,依据占有的资料对此进行探索和研究,在理论上和实用上无疑均是有益的。

二、软泥水赋存的海域地质环境

软泥水化学成分的形成及其在成岩过程中的演变, 赖以其存在的海底介质的地质环境。不同性质的介质环境决定了软泥水及其与围岩之间发生的水岩作用的性质、过程和规模。因此, 首先阐明海域地质环境背景, 为研究软泥水物质成分的形成和迁移规律提供限制条件, 为探讨软泥水的生成演化机制构筑框架。

(一) 海底地形和地貌

南海是呈北东—南西向展布的菱形盆地, 是西太平洋最大的陆缘海之一。总面积达 $350 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。其中大陆架面积为 $168.5 \times 10^4 \text{ km}^2$, 大陆坡面积为 $126.4 \times 10^4 \text{ km}^2$, 中央深海盆面积为 $55.1 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。大陆架和大陆坡的地貌类型及其组合属大陆型地貌, 发育有山脉、丘陵、台地、平原、河谷等。中央深海盆地则发育有深海平原、海沟和海山链等大洋型地貌(图3)。

南海北部大陆架是华南大陆向南海延伸的部分。陆架区的海底地形线与北东—南西向岸线大致平行。由岸边向海盆以 $0^\circ 03' \sim 0^\circ 04'$ 的坡角缓倾。陆架海底水深向外缘增大到约 230m 时, 海底地形发生显著的转折, 其坡度急增十余倍至数十倍以上, 转化为大陆坡。

南海北部以 50~80m 等深线分为内、外陆架, 陆架外缘, 水深为 150~200m。内陆架有珠江、赣江水下三角洲和 15~20m, 40~50m 的两级水下阶地, 外陆架有珠江、赣江及九龙江

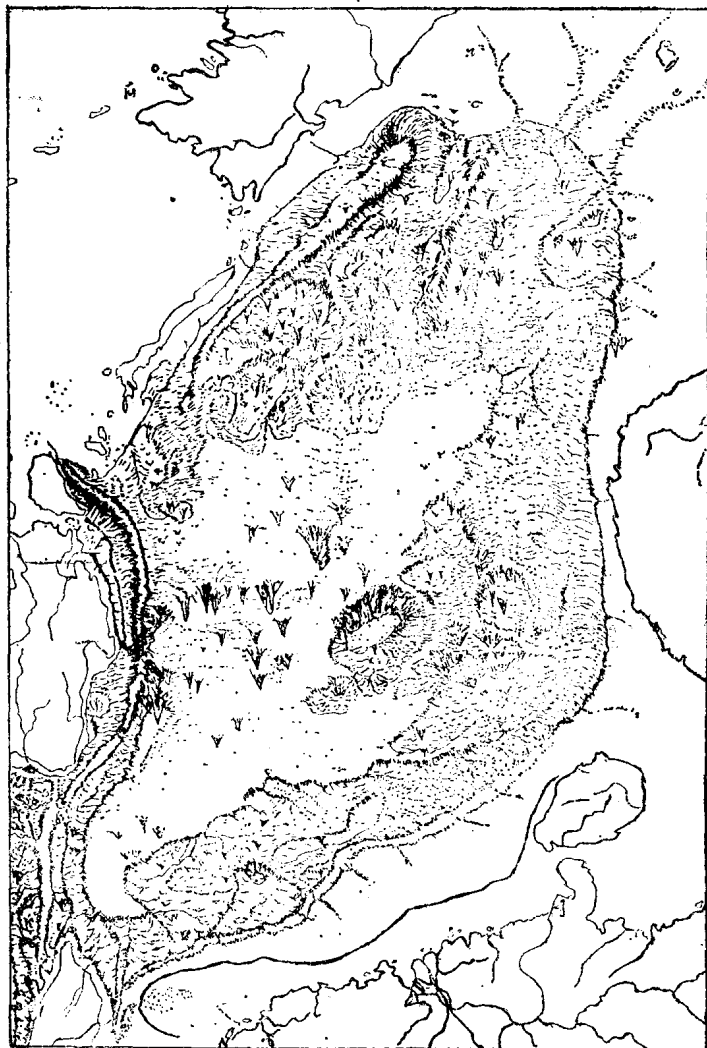


图3 南海北部海域海底地貌景观图*
(中国科学院南海研究所沉积室编, 凡图名上标有*, 由范时清提供, 以下同)

的古三角洲和 65~80m, 100~110m 的两级水下阶地。

南海北部大陆坡是海底地形起伏很大的地区, 水深约 150m 至 3000~3500m, 由缓坡带 (150~280m) 和陡坡带组成。其地貌类型有规模巨大的海底高原、斜坡、陡崖、海底山、谷、槽、沟等。

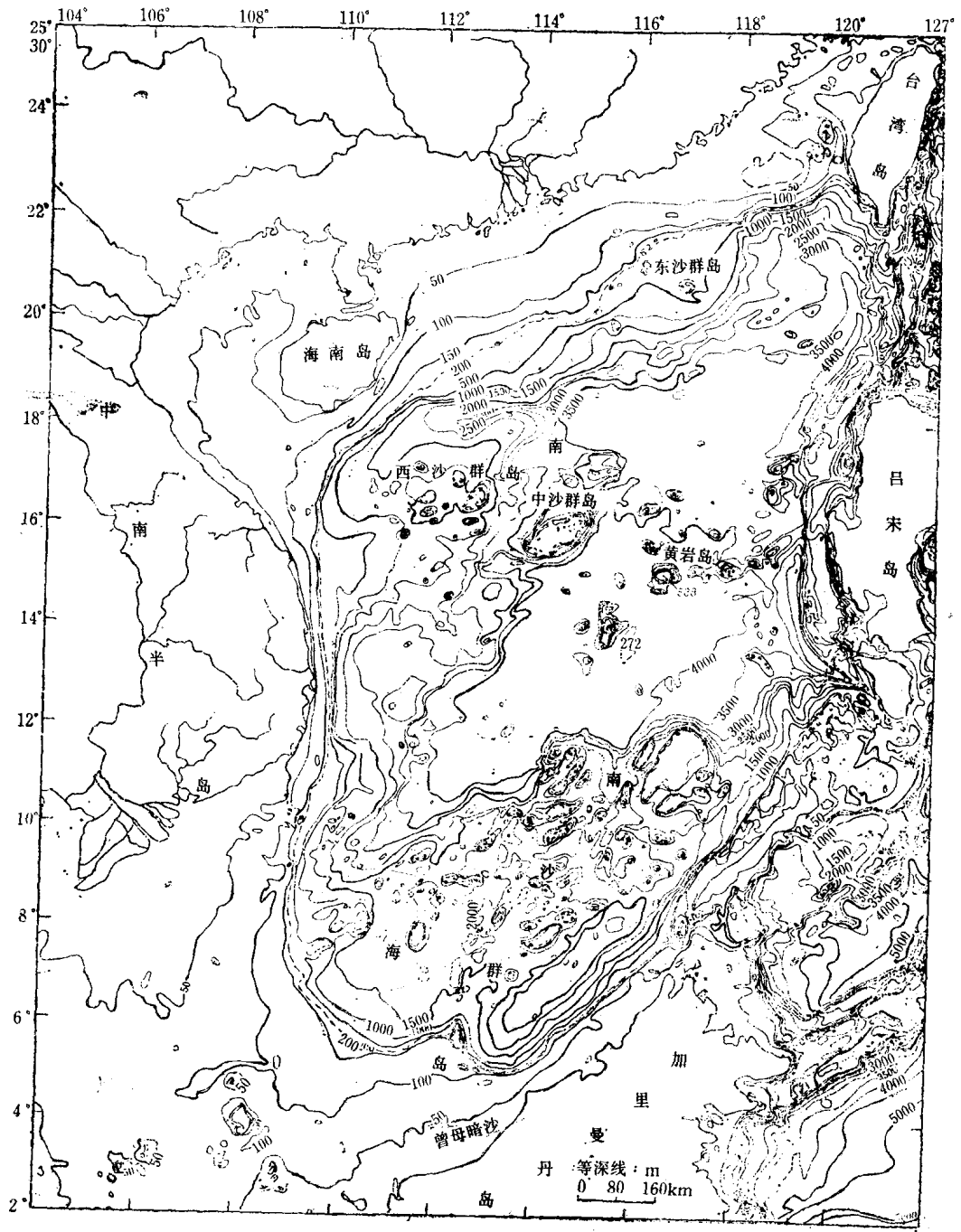


图4 南海北部海域海底地形图*
(资料来源同图8)

深海平原位于南海中央偏东，其周围被大陆坡和岛坡环绕围限，唯独台湾岛与菲律宾之间有水深2000m的巴士海峡通道，与菲律宾海相通。深海盆地以中沙群岛、黄岩岛为界，分为水深3200~3900m的北部海盆和水深4000~4200m的南部海盆。海盆地形平坦，北部海盆由西北向东南微倾斜，南部海水发育（图4）。

（二）水 文

1. 海水流向

（1）表层海流

南海北部表层海流以漂流为主。在每年10~12月的东北季风期间，海水在东北季风的驱动下，表层海水向西和西南方向流动，到海南岛东南海域折向南流，而吕宋岛西部则自南向北流动，从而形成了南海逆时针的环流。最大流速在西部海域接近于0.5m/s，吕宋岛西部岸外流速最小，仅为0.05m/s。在1~2月期间，表层海水流势有所变化，向西和北西方向流动。在西南季风期间，表层海水向北和北东方向流动，西部海域流速较大，最大流速为0.5m/s（图5）。

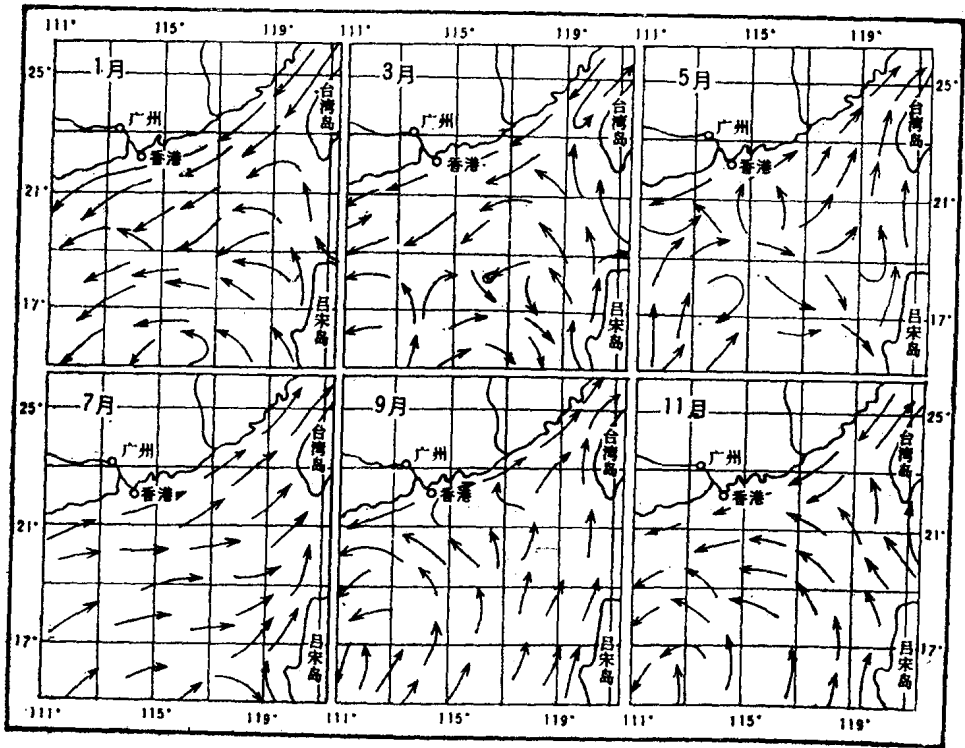


图5 南海北部海域表层海流图*
（中国科学院南海海洋研究所水文室编）

（2）深层海流

南海北部深层海流可分为密度流、南海暖流和黑潮南海分支流等。

密度流 在冬季，200m水深以浅的北部海域的密度流自东向西流动，而东部海域自南向

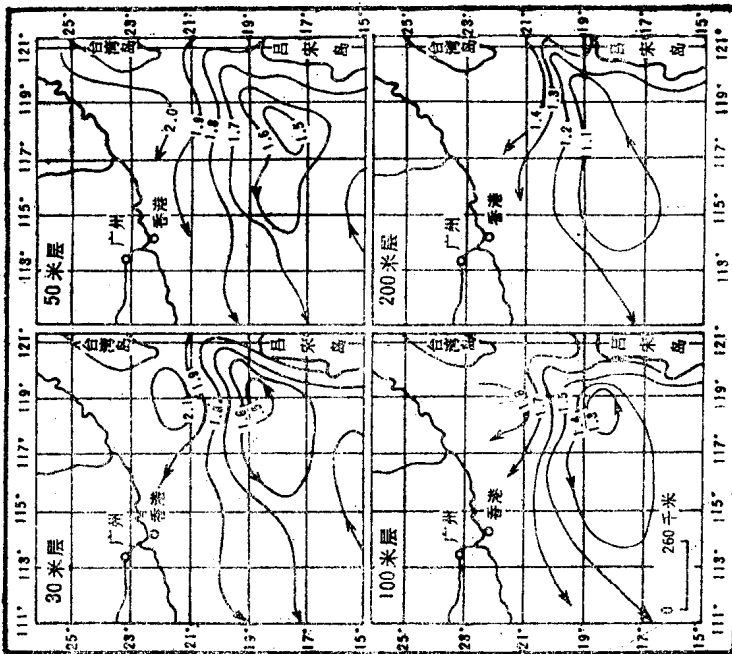


图6 南海北部海域12~22月深层密度流图 *

(单位: 动力米)

(资料来源同图5)

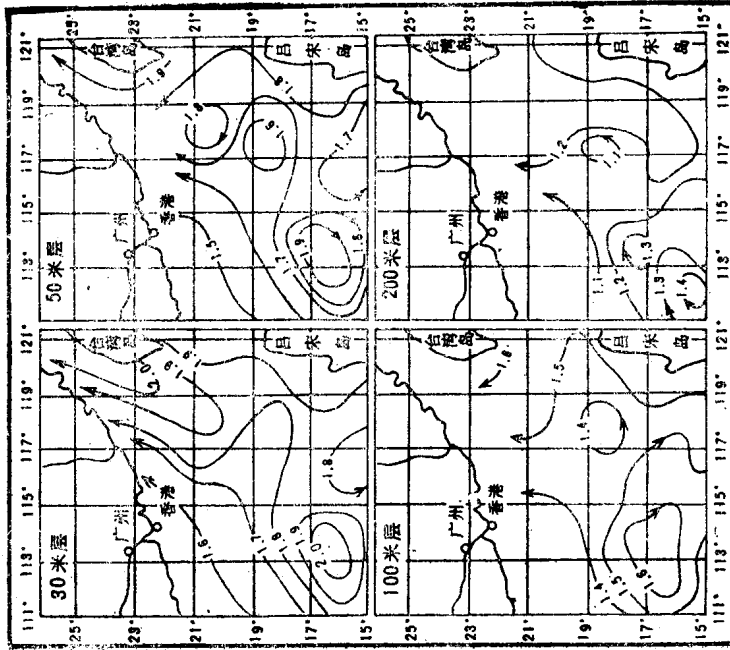


图7 南海北部海域6~8月深层密度流图 *

(单位: 动力米)

(资料来源同图5)

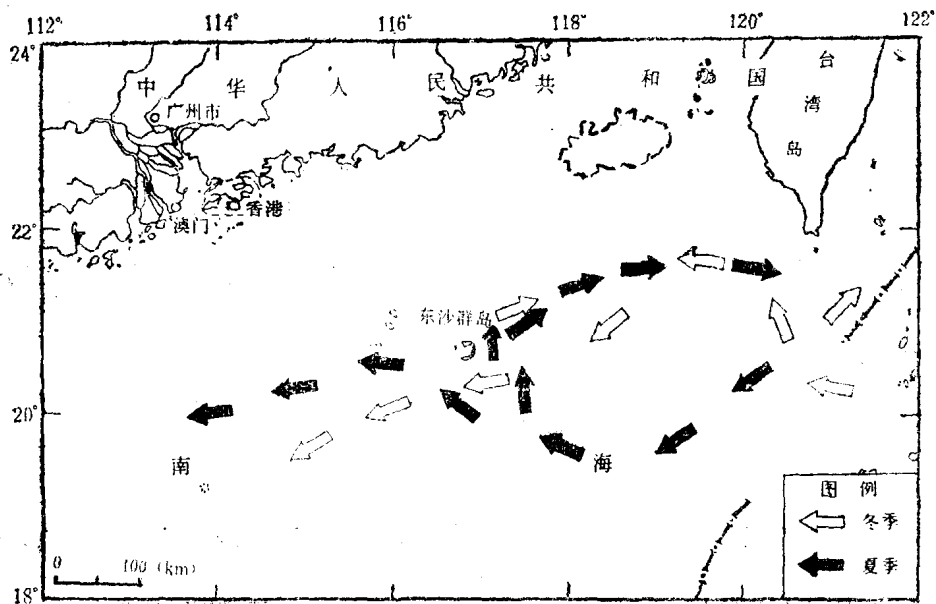


图8 黑潮南海分支的路径示意图 *

(资料来源同图5)

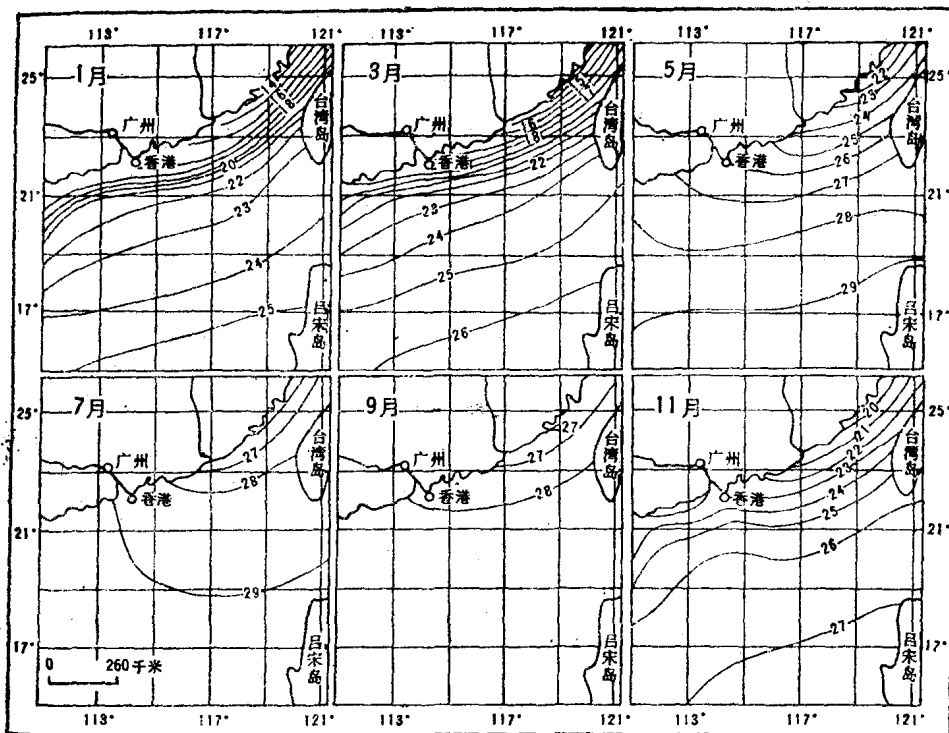


图9 海水水温随季节变化图 *

(资料来源同图5)

北流动,在吕宋岛西北海区,存在逆时针环流。在海南岛西南海域水深30m有一顺时针小环流(图6)。在夏季,200m水深以浅,密度流主要是向东北方向流动。在西南海域存在顺时针环流,在东部海域存在逆时针环流(图7)。随着水深加大,密度流渐趋减小。

暖流 在冬季,自海南岛东部至粤东海域(北纬 $19^{\circ}\sim 22^{\circ}$),表层以下明显存在一支逆风海流。该海流自南西向北东方向流动,谓之暖流。暖流在流速和流幅上均有较大的季节和年际变化。

黑潮南海分支流 在冬季,位于暖流的右侧,沿大陆的外部,有一支南西向海流。该海流源于巴士海峡的“黑潮”,具有与巴士海峡的黑潮相似的水团结构。它可能是通过巴士海峡进入南海的一个分支(图8)。

南海北部海水的水平流速大约为 $10\sim 100\text{cm/s}$,而南海北部海水的垂直流速大约为 $10^{-2}\sim 10^{-3}\text{cm/s}$ 。

2. 海水温度

南海北部海水水温随季节变化。冬季水温较低,水温梯度较大,2月水温最低,台湾海峡东北部最低水温小于 12°C ,南部水温最高为 25°C 。北部比南部要低,北部等温线密,向南等温线渐趋变稀。夏季水温较高,水温梯度小,最高水温为 29°C ,最低水温为 26°C ,等温线稀疏(图9、图10)。

深层海水水温随深度而变化。水深100m以浅水温较高,受季节性影响,且变化幅度大。100m以深,随着水深加大,受季节性影响减小,到水深1000m左右,水温基本上不受季节性影响。水深为1000~2000m,上部水温为 5°C 左右,而下部水温为 2.5°C 左右,垂向梯度很小。水深2000m以下,水温几乎恒定不变,为 $2.32\sim 2.46^{\circ}\text{C}$ (图11)。

南海水温状况取决于海水热量平衡的诸要素。太阳辐射获得的热量与与大气之间热量交换是影响海水温度变化的主控因素。而海流对海区不同深度上水温的变化亦起着重要作用。例如在冬季,来自台湾海峡西侧的贴岸流使广东沿岸水温显著下降,并形成明显的沿岸低温带。该低温带与外海高温带构成一个显著的峰面。黑潮南海分支流和南海暖流终年流向南海

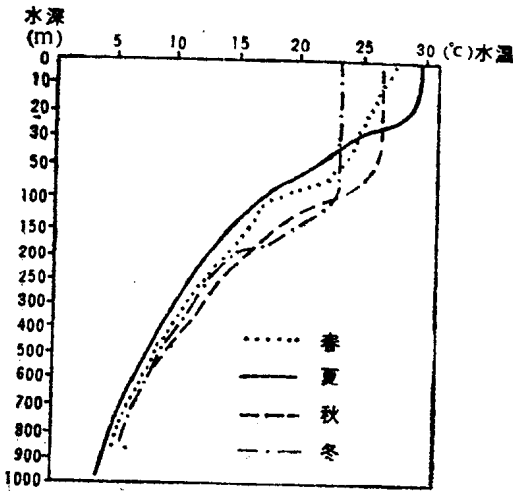


图10 南海北部海域表层水温分布图*
(资料来源同图5)

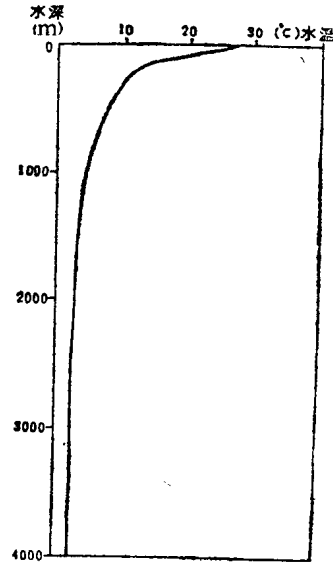


图11 深层水温变化曲线图*
(资料来源同图5)