

G

RESEARCH OF

GEOLOGICAL

SOUTH

CHINA SEA

南海地质研究

国土资源部广州海洋地质调查局信息资料所 编

13

地质出版社

南海地质研究

GEOLOGICAL RESEARCH OF
SOUTH CHINA SEA

(十三)

国土资源部广州海洋地质调查局信息资料所 编

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

《南海地质研究》(十三)收集了南极布兰斯菲尔德海峡冰海沉积环境与沉积模式、南黄海盆地的地震方法试验、麦哲伦海山区富钴结壳成矿条件分析、试谈富钴结壳的成矿机制、南海东北部第四纪地层不整合的发现及其地质意义、南海第三纪生物礁及其含油气性、南沙中部海域油气地质条件、南沙海域曾母盆地西部油气地质条件初步分析和海洋重磁资料内业整理软件的开发及应用等 11 篇论文,主要介绍了冰海沉积物类型及其分区和沉积环境,并讨论了间冰期/高水位和冰期/低水位的冰海沉积模式;叙述了南黄海地震采集方法试验的情况,分析了各种采集参数情况下的资料质量,并讨论了各种采集参数对地震剖面质量的影响;探讨了成矿区域构造、海山成因、年代及地形地貌特征、古海洋学等麦哲伦海山区富钴结壳的成矿条件,认为富钴结壳是多组分阶段物理化学成矿的产物;根据单道地震剖面反射特征发现了南海东北部晚第四纪地层不整合,并被第四系浅钻 ZK3 孔岩心的岩性、古生物和测年所证实;分析了南海沉积盆地第三纪生物礁的分布、类型和岩性特征,讨论了珠江口、琼东南、莺歌海、方安、曾母和巴拉望盆地生物礁的含油气性,认为良好的生、储、盖组合和运、圈、保各项条件较好又能彼此配合,可使盆地具有很好的含油气性;曾母盆地西部沉积巨厚,有较高的地热场特征,有利于有机质快速热演化生成油气,中、上中新统为重要的烃源岩,储集岩渗透性能良好,并具有良好的盖层及圈闭条件,因此认为该研究区具有良好的油气前景。本书可供从事海洋地质、油气地质等专业的生产、科研人员及高校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

南海地质研究. 13/国土资源部广州海洋地质调查局信息资料所编. -北京:地质出版社,2001. 12
ISBN 7-116-03518-4

I. 南… II. 广… III. 海洋地质学-丛刊 IV. P736-55

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 089009 号

责任编辑:曾繁影 白 帆 王大军 蔡秋香 梁世容

责任校对:黄苏晔

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号,100083

电 话:(010)82324508(邮购部)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010)82310759

印 刷:北京印刷学院实习工厂

开 本:787×1092 1/16

印 张:7

字 数:200000

印 数:1—700 册

版 次:2001 年 12 月北京第一版·第一次印刷

定 价:25.00 元

ISBN 7-116-03518-4/P·2244

(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)

目 录

南极布兰斯菲尔德海峡冰海沉积环境与沉积模式初探	吴能友 段威武 蔡秋蓉	(1)
南黄海盆地的地震方法试验 ...	姚伯初 王行棠 伍忠良 罗文进 蔡 峰 顾 昶	(9)
麦哲伦海山区富钴结壳成矿条件分析 ...	王嘹亮 梁德华 钟和贤 王 群 曾繁彩	(24)
试谈富钴结壳的成矿机制	何高文 陈圣源	(35)
南海第三纪生物礁及其含油气性	邱 燕	(41)
南海东北部晚第四纪地层不整合的发现及其地质意义	玉树民 陈泓君 钟和贤	(55)
南沙中部海域油气地质条件分析与评价	曾祥辉 姚永坚 易 海	(62)
南沙海域曾母盆地西部油气地质条件初步分析	王立飞	(72)
南海东北部沉积物粒度特征	陈 明	(80)
海洋重磁资料内业整理软件的开发及应用	陈泓君 李唐根 莫跃华	(90)
FOCUS 系统多道反褶积模块的改进	舒 虎	(100)

CONTENTS

Preliminary Discussion on the Sedimentary Environment and Sedimentation Model of the Bransfield Strait, Antarctica	<i>Wu Nengyou, Duan Weiwei and Cai Qiurong</i> (8)
The Experiment of Seismic Prospecting Method on the Southern Yellow Sea Basin	<i>Yao Bochu, Wang Yantang, Wu Zhongliang, Luo Wenzao, Cai Feng and Gu Chang</i> (23)
Analysis of Mineral Formation Condition on Cobalt-rich Manganese Crusts of the Magellan Seamounts	<i>Wang Liaoliang, Liang Dehua, Zhong Hexian, Wang Qun, Zeng Fancai</i> (33)
Trial Discussion on the Metallogenic Mechanism of Cobalt-rich Crust	<i>He Gaowen, Chen Shengyuan</i> (40)
Tertiary Reefs of the South China Seas and Their Oil-gas Bearing Characters	<i>Qiu Yan</i> (53)
The Foundation of Late Quaternary Strata Unconformity and Their Geological Significance in the Northeastern South China Seas	<i>Wang Shumin, Chen Hongjun, Zhong Hexian</i> (61)
Petroleum Geology and Evaluation of the Middle Nansha Area, South China Seas	<i>Zeng Xianghui, Yao Yongjian, Yi Hai</i> (71)
Petroleum Geology of West Part of Zengmu Basin of Nansha Area, South China Seas	<i>Wang Lifei</i> (79)
Granularity Characters of Sediments in Northeastern South China Seas	<i>Chen Ming</i> (88)
Development and Application for Software of Marine Gravity and Magnetic Data Processing Indoor	<i>Chen Hongjun, Li Tanggen, Gong Yuehua</i> (99)
Revision of Multichannel Deconvolution Module in Focus System	<i>Shu Hu</i> (105)

南极布兰斯菲尔德海峡冰海沉积环境与沉积模式初探

吴能友^① 段威武 蔡秋蓉

摘 要 南极布兰斯菲尔德海峡晚更新世以来沉积物具有明显的冰川-海洋环境标志,为典型的冰海沉积物。本文通过 43 个站位表层和柱状沉积物的粒度、成分、结构构造、微体古生物、石英颗粒表面结构等特征综合分析,对研究区的冰海沉积物类型及其分区和沉积环境进行初步研究,并讨论间冰期/高水位和冰期/低水位的沉积模式。冰海沉积物可分为残副冰碛物和混合副冰碛物两类;不同类型的冰海沉积物有着不同的介质条件和相应的生物组合,反映一定的沉积环境,研究区现代冰海沉积物类型可分为 7 个特征明显不同的区域;间冰期/高水位和冰期/低水位的沉积模式具有明显不同的特征,受控于全球气候演变和岸线轮廓、海底地形及水文条件等环境因素的制约。

关键词 冰海沉积环境 沉积模式 布兰斯菲尔德海峡 南极

1 前言

南极大陆边缘沉积的最主要特征之一是受冰川影响十分强烈,冰川作用不仅直接塑造了沉积特性,而且通过海流作用对海底沉积物进行不断地改造。冰海沉积物是由冰川筏运入海的冰碛物经消融而下沉,与海洋沉积物相混合,再经同生或后生海洋营力不同程度改造后的产物。Anderson 等(1980)综合不同学者意见将冰海沉积物定义为:由冰川和海洋作用叠加堆积于海底,经历冰川、冰架或有关水流搬运的沉积物,其中含有冰川、冰筏带来的未经分选、粒径大小各异的岩石物质。因此,冰海沉积物是一种混杂沉积物,在粒度、成分、结构、构造等方面兼备冰川与海洋的双重成因特征。

布兰斯菲尔德海峡位于南极南设得兰群岛与南极半岛之间,地理位置为 $61^{\circ}30' \sim 64^{\circ}00' \text{ S}$, $62^{\circ}00' \sim 54^{\circ}30' \text{ W}$,属于高纬度亚南极区,临近南极大陆,是一种典型的冰海沉积环境(Jeffers, 1988; Jeffers 等, 1991),为研究构造活动盆地冰海沉积作用和冰期、间冰期沉积模式的理想场所之一。

1990~1991 年南大洋夏季,中国第七次南极考察队原地质矿产部“海洋四号”船在南极布兰斯菲尔德海峡进行地质、地球物理调查,在海峡不同地貌单元——岛架、岛坡、海槽、陆坡、陆架采集了 43 个站位的表层和柱状沉积物样品。本文根据表层和柱状沉积物的粒度类型、成分、结构构造、微体古生物、石英颗粒表面结构等特征综合分析,初步研究布兰斯菲尔

^① 第一作者简介:吴能友,男,1965 年 10 月出生,博士,教授级高工,副总工程师,从事构造地质学和第四纪沉积与环境研究。

德海峡的冰海沉积物类型、沉积环境及其分区,并探讨高水位/间冰期和低水位/冰期的沉积模式。

2 现代沉积学背景

布兰斯菲尔德海峡每年有6个月(6~11月,南极冬季)被冰雪覆盖,另外6个月(12月至次年5月,南极夏季)为冰雪融化季节,是沉积物搬运和沉积的活跃时期。实际上,研究区是南极半岛西北部海域中受不同水团控制、地形多样的复杂海区。

因受岛屿和地形的影响,布兰斯菲尔德海峡的夏季水团和环流分布异常复杂。海峡中除局地效应外,还有三种不同性质的水侵入,影响海峡的水文状况。它们是低温、盐度稍高的威德尔海表层水、来自别林斯高晋海的夏季表层水和靠近南极半岛的低温别林斯高晋海夏季表层水(羊天柱等,1989)。其中前两种水团是影响海峡内水文状况的主要成分。海峡内的水体流动主要以北东向为主。南极绕极深层水可部分地到达海峡的西部,进入海峡后呈变性深层暖水,温度要高、盐度稍大,但水平环流分析表明,这种文化似乎不会改变海峡内流动的总趋势,而只会改变局部区域流的大小。海峡内按海域主要可分为:海峡北部、海峡南部和海峡中央,三者的温盐特性有较大差异。海峡北部是以别林斯高晋海表层水为主要成分,呈高温、低盐特性;海峡南部以威德尔海水为主体,呈低温、高盐特性;而海峡中央的底层水,为一盐度稍高的冷水团。

布兰斯菲尔德海峡是一个狭长的大型水下槽地,总体为北北东向延伸,其东北端转为北东东向,长约400 km,最大宽度(麦克斯韦尔湾至南极半岛)为100 km。南侧南极半岛是南极大陆往北伸长的呈S型的半岛;北侧南设得兰群岛由史密斯岛、洛岛、斯诺岛、欺骗岛、利文斯顿岛、格林威治岛、罗伯特岛、纳尔逊岛、乔治王岛等北东向链状排列的岛屿组成,在海峡中形成多个天然峡湾,如利文斯顿湾、麦克斯韦尔湾等。海底从东北、西南两侧向中间倾斜。北侧分布着狭窄的岛架和岛坡,南侧分布着较为宽阔的陆架和陆坡,中部为海槽。南北两侧和东西两端的海底地形相差悬殊,呈不对称状,北陡南缓,西高东低。北部1000 m等深线接近岸边,岛架的宽度不足5 km,南部相对较平缓,水深较浅,南极半岛陆架宽达45 km。大致以60°W经线为界,研究区分为东北和西南两部分。东北段地形走向为北东东—南西西,长约360 km,最大水深2784 m,它是海槽的主体部分,海底从东北、西南两侧向中部呈阶梯状下降,南北两侧地形明显不对称,北陡而南缓。西北坡平均坡降为 $(84\sim 192)\times 10^{-3}$ ($4^{\circ}50'\sim 10^{\circ}54'$);东南坡平均坡降为 $(38\sim 81)\times 10^{-3}$ ($2^{\circ}10'\sim 4^{\circ}40'$)。该段次级地形则呈北北西—南南东向排列,诸如两侧槽坡上各岛屿之间的小海峡及海底谷等。西南段水深较浅,绝大部分水深小于1000 m,地形变化较复杂。地形走向仍以北东—南西向为主,北西—南东向次之。岛架和陆架、岛坡和陆坡,乃至底部沟槽呈网格状相交。总体来看,该区地形从浅至深呈阶梯状下降,即由宽窄不一的陆架和岛坡到较为宽阔的台地,到台地边缘地形又变陡,直到最深初又转为平缓的洼地。从地形地貌特征来看,布兰斯菲尔德海峡实际上为一海槽,并可划分为三个次海槽:北部次海槽、中部次海槽和南部次海槽。北部海槽的水最深,最深处达2784 m。南部次海槽的水深最浅,小于1000 m。

3 冰海沉积物类型

根据表层和柱状沉积物特征研究,结合区域地质背景资料,布兰斯菲尔德海峡沉积物的陆源碎屑和火山物质绝大部分来自无地表径流的南极半岛和南设得兰群岛(王光宇等,1996)。南极半岛和南设得兰群岛基岩岩性复杂,主要由中、新生代的火山岩和变质岩组成,基岩不断遭受冰川的冻融、刻蚀和研磨,冰筏携带大量碎屑物质入海,在布兰斯菲尔德海峡形成冰海沉积物。根据表层和柱状沉积物的类型、粒度、成分、微体古生物、石英颗粒表面结构等特征综合分析,布兰斯菲尔德海峡晚更新世以来沉积物具有明显的冰川-海洋环境标志,为典型的冰海沉积产物。

由于环境要素的差别,不同区域可以出现特征各异的冰海沉积物类型。Harland(1966)通过南大洋冰海沉积物的系统研究,将冰海沉积物分为正冰碛物(orthotill)和副冰碛物(paratill)。前者系搁浅冰架融化后沉积的产物,特点是缺乏分选、无层理、不含海洋生物化石以及几乎未受底流的改造;而后者则指冰架或冰山、浮冰融化后所形成的沉积物,主要特点是沉积颗粒经受过不同程度的海流改造,并含丰富的海洋生物化石。Anderson等(1977,1980)通过威德尔海和罗斯海冰海沉积物的研究,以及根据砾、砂和泥的含量变化、沉积物粒度参数、层理、有孔虫相对丰度,将副冰碛物进一步划分为以细粒泥、粉砂组分为主的混合副冰碛物(compound paratill)和以砂砾为主的残副冰碛物(residual paratill)。

根据表层沉积物和柱状沉积物特征,参考 Harland(1966)、Anderson等(1977,1980)提出的标准,布兰斯菲尔德海峡的冰海沉积物可分为残副冰碛物和混合副冰碛物两类。表1为研究区冰海沉积物的分类特征。残副冰碛物以砂砾为主,粉砂次之,泥含量很低,粗细分一般分选好,细组分分选差,主要分布于南部陆架-上陆坡、东部陆架、北部岛架-岛坡区,硅藻含量相对丰富,有孔虫和放射虫含量较低,有孔虫以硅质壳为主;混合冰碛物以粉砂和泥为主,砂砾含量很低,粗细分分选好,粗组分反之,主要分布在中央海槽-南部下陆坡、南设得兰群岛海湾和海峡西南部陆架区,硅藻含量相对丰富。由表1可见,布兰斯菲尔德海峡的残副冰碛物、混合副冰碛物的粒度组成和特征与 Anderson等(1980)所论述的稍有差异。根据研究区表层和柱状沉积物的粒度组成特征,残副冰碛物可进一步划分为基本缺乏粉砂、泥和含粉砂、泥两类;混合副冰碛物又可分为含砂砾与基本缺乏砂砾两种。

表1 布兰斯菲尔德海峡冰海沉积物分类特征

Table 1 Classification of glacial-marine deposits in the Bransfield Strait, Antarctica

类 型	正冰碛物(%)		残副冰碛物(%)				混合副冰碛物(%)			
	(Anderson等,1980)		(Anderson等,1980)		本文资料		(Anderson等,1980)		本文资料	
	平均	范围	平均	范围	平均	范围	平均	范围	平均	范围
砾	7.8	0.7~25.7	16.0	8.0~90.0	33.4	0~77.3	4.5	0.2~21.7	1.3	0~13.8
砂	33.8	11.5~54.3	81.0	10.0~98.8	47.3	12.7~92.7	16.0	6.1~27.0	15.5	1.4~52.0
粉砂					12.2	1.7~24.4			41.7	27.7~54.5
泥	58.4	32.7~70.4	3.0	0.2~8.0	7.2	0~21.9	79.5	55.0~92.7	41.0	18.3~62.8
平均粒径 ϕ	4.19~4.64		2.25~3.15		3.61~5.15		4.47~6.38		5.27~9.34	

4 现代冰海沉积物类型分区和沉积环境

冰海沉积物的类型分区主要受岸线轮廓、海底地形及水文条件等环境因素的制约。不同类型的冰海沉积物有着不同的介质条件和相应的生物组合,反映特定的沉积环境。图1展示了布兰斯菲尔德海峡现代冰海沉积物类型的分布情况。

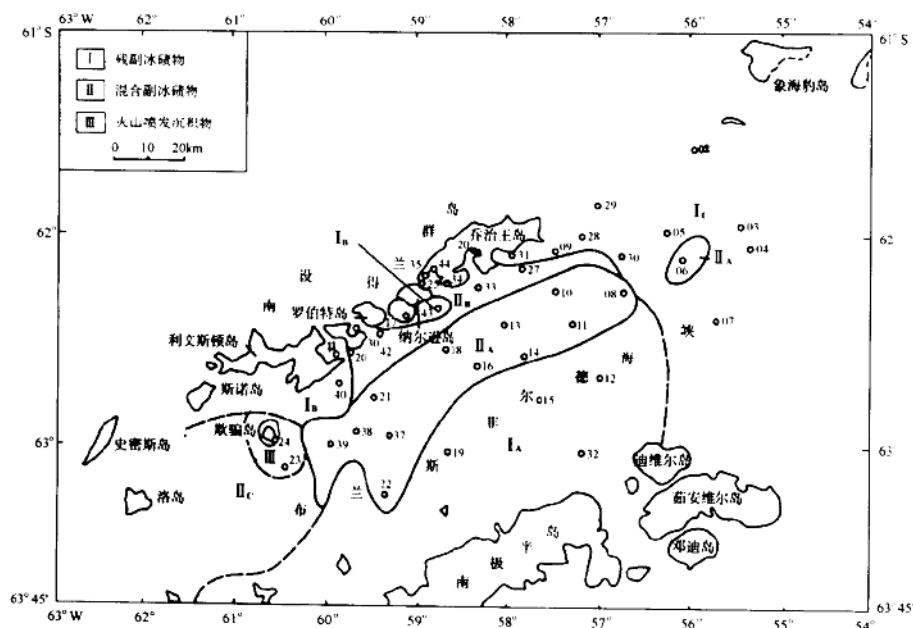


图1 布兰斯菲尔德海峡冰海沉积物类型分布图

Fig.1 Type distribution of glacial-marine deposits in the Bransfield Strait, Antarctica

根据表层沉积物特征,将布兰斯菲尔德海峡现代冰海沉积物类型分区、沉积物基本特征和所反映的沉积环境简述如下。

残副冰碛物沉积区(I)

I A区:位于南部陆架-上陆坡环境。沉积物以砂砾为主,含少量泥和粉砂,分选差。组分中玄武岩岩屑含量高,火山玻璃含量较低,重矿物以橄榄石、辉石、角闪石和磁铁矿为主,粘土矿物以伊利石含量高于其他区域、蒙脱石含量低于其他区域为特征,表明陆源碎屑物质主要来自南极半岛西部。石英颗粒表面擦痕、撞击坑发育,部分已明显磨损圆化。硅藻和硅质壳有孔虫发育。本区临近南极半岛,搬运介质显然以冰川和冰筏为主,同时受到威德尔海冷水支流的强烈影响,水动力条件相对较强。

I B区:位于海峡西北岛架-岛坡带和纳尔逊岛与罗伯特岛之间区域,北侧发育开放性海湾,为一种无或弱屏障环境。沉积物以砂砾为主,基本缺乏泥和粉砂,分选差。组分岩屑和火山玻璃含量高,重矿物以橄榄石、辉石、角闪石和磁铁矿为主,粘土矿物蒙脱石含量高,硅藻以深水组合为主,有孔虫以硅质壳、钙质壳和胶结壳混合组合为特征,石英颗粒机械作用

结构特征清晰,表明陆源碎屑物质主要来自其北侧岛屿,水动力能量较高,后期海流改造作用较强。

I C 区:位于海峡东部,为一种无屏障开放性海洋环境。沉积物以砂砾为主,基本缺乏泥和粉砂,表层沉积物薄或缺失,分选性差,岩屑含量高且成分复杂,重矿物成分复杂,除常见的不稳定矿物外,还含较多的石榴子石、金红石和锆石,说明物源复杂,海流改造作用强烈,与本区可能是南极底层水流和威德尔海水流流经处,或者是一个高密度寒冷水团有关。

混合副冰碛物沉积区(II)

I A 区:位于海峡中央海槽和南部大陆坡环境。沉积物以硅藻软泥或硅质泥粉砂为主,无砾石,主要由硅藻为主的生物硅质组分、陆源石英粉砂和火山物质三种成分组成,硅藻质量分数 $>30\%$,最高达 70% ,说明海流冲刷作用相对较弱,沉积环境较为稳定,少量陆源物质来自南极半岛和南设得兰群岛。

I B 区:位于乔治王岛—纳尔逊岛—格林威治岛一线以南岛架-岛坡带,北侧发育半封闭海湾与峡湾。沉积物以泥和粉砂为主,含少量砂砾。重矿物以橄榄石、辉石、角闪石和磁铁矿为主,硅藻以深水组合为主,钙质壳有孔虫有一定的地位,见低等植物根茎,说明控制沉积作用的主要因素是冰川,海流为次。据 Kin 等(1991)研究,马克斯韦尔湾为典型的冰川 U 型谷,谷底中部深 500 m ,其中全新世沉积具有季节性纹泥层,为典型的冰海沉积。

I C 区:位于海峡西南部陆架-陆坡区。据黄惠玉等(1989)、林澄清等(1989)研究,该区沉积物为以泥和粉砂为主的混合副冰碛物。

火山喷出物沉积区(III)

位于海峡西侧欺骗岛附近,为岛架环境。沉积物以火山碎屑物质(包括砾、砂和粉砂粒级)为主,火山玻璃质量分数高达 $72\%\sim 80\%$,物源显然与 $1969\sim 1971$ 年欺骗岛海底火山活动有关,当然也不能排除南设得兰群岛的火山碎屑物质来源,并受到冰筏和海流的改造作用。

布兰斯菲尔德海峡残副冰碛物和混合副冰碛物的分界,在海峡南部大致相当于上、下陆坡的分界,水深为 $700\sim 800\text{ m}$;而其北界变化较大,在无开放性海湾地带,分界线相当于海冰带的前滨至滨外区,在有开放性海湾岛架-岛坡带,分界线接近岛坡下缘。

5 沉积模式探讨

5.1 高水位/间冰期的沉积模式

根据布兰斯菲尔德海峡现代冰海沉积物类型分区和沉积环境,综合高水位/间冰期的沉积模式如表 2,并阐述如下:

间冰期,海流侵蚀冲刷了水深小于约 250 m 的陆架-上陆坡区(浅滩和台地),产生主要由冰筏粗碎屑和火山砾组成的残副冰碛物沉积作用;在水深更大区域,海流对沉积作用的影响明显减弱,主要发生源自浅滩和台地上侵蚀作用的砂、粉砂沉积作用,沉积物往往是泥质砂和砂质泥,且随着水深的增大而逐渐变细(图 1,表 2)。在深水区沉积物中,冰筏产生的细-中砾仍然存在,但组成比例比浅水区低得多。在较陡的陆坡、岛坡上,沉积物重力流沉积作用普遍存在,产生近源沉积相;粗碎屑颗粒再沉积重新组合为砾石和粗砂(Jeffers, 1988; Jeffers 等, 1991)。

表2 布兰斯菲尔德海峡高水位 间冰期沉积模式

Table 2 Sedimentation model of the Bransfield Strait during the interglacial high-stand stage

类型及其岩相特征		地貌位置与沉积环境	沉积作用
残副冰碛物 I	I A 砂砾沉积物 (含粉砂和泥)	南部陆架-上陆坡区, 陆架-陆坡环境	冰川沉积 海洋改造
	I B 砂砾沉积物 (基本缺乏粉砂和泥)	西北岛架-岛坡带和纳尔逊岛与罗伯特岛之间区域, 开放性海湾, 无或弱屏障环境	海洋改造为主
	I C 砂砾沉积物 (基本缺乏粉砂和泥)	东部开阔区域, 无屏障开放性海洋环境	海洋改造为主
混合副冰碛物 I	I A 泥和粉砂为主 (基本缺乏砂砾)	中央海槽和南部下陆坡区海槽-下陆坡环境	生物沉积作用为主, 火山喷发
	I B 泥和粉砂为主 (含砂砾)	乔治王岛-纳尔逊岛-格林威治岛一线以南岛架-岛坡带, 半封闭海湾与峡湾环境	冰川沉积为主
	I C 泥和粉砂为主 (基本缺乏砂砾)	西南陆架-陆坡区, 陆架-陆坡环境	?
火山喷出物 II		海峡西侧欺骗岛附近, 岛架环境	火山喷发作用

在中央海槽和南部下陆坡区(通常称为布兰斯菲尔德盆地的底部), 沉积物主要由三种组分构成: 最主要的为硅质生物组分, 通常为硅藻; 陆源碎屑组分, 主要为石英质粉砂, 在陆坡底部最为丰富; 火山碎屑组分(包括火山灰), 往往来源于邻近海底和陆地火山喷发, 以沉积物中的浸染层和独立的火山灰层(有时达数厘米厚)出现。典型的盆底沉积物为含火山灰的硅质泥和软泥。火山岛屿、海山和轴向火山脊(可能为弧后扩张中心)产生沉积物的次级坡向迁移作用, 堆积了火山碎屑沉积物(如欺骗岛附近的火山喷出物沉积区 II)。盆底轴向火山脊可作为盆地内沉积物横向迁移的屏障(Jeffers 等, 1991), 因此, 来自南设得兰群岛的火山碎屑组分往往与盆底的火山碎屑、硅质碎屑组分相分隔。

南设得兰群岛的海湾和岬角及其南侧的海底峡谷向邻近盆底输送了大量南设得兰群岛上的火山碎屑沉积物, 形成扇形沉积区; 相反, 南极半岛陆架上的沟槽似乎并没有为盆底输送大量的陆源碎屑沉积物(Jeffers, 1988; Jeffers 等, 1991), 南极半岛下陆坡上同样沉积了硅质泥和软泥。柱状沉积物中出现间冰期的粗碎屑组分, 可能是由陆架-陆坡上的沟槽沉积物滑塌堆积作用产生。南部陆架-上陆坡的残副冰碛物说明, 南极半岛上的冰川似乎未产生大量的细颗粒沉积物或冰融水, 输送细颗粒组分至其北侧的海底沉积。

5.2 低水位/冰期的沉积模式

由于柱状沉积物取样数量和测试分析资料的限制, 本文无法勾绘出冰期冰海沉积物的类型分区。现根据柱状沉积物特征和地震剖面资料, 综合收集到的国外文献, 将低水位/冰期的沉积模式归纳如表 3, 并简单探讨如下:

表 3 布兰斯菲尔德海峡低水位 冰期的沉积模式

Table 3 Sedimentation model of the Bransfield Strait during the glacial maximum/low-stand stage

冰碛物类型	沉 积 环 境	沉 积 作 用
残副冰碛物	浅水台地和浅滩(陆架)	冰川侵蚀作用和粗碎屑沉积作用
	海湾、峡湾	冰川侵蚀作用、沉积物迁移作用
	陆坡	来自陆架侵蚀作用的沉积物的前积作用
	陆坡槽谷及前缘地带	来自大陆和陆架侵蚀作用的沉积物的楔状堆积作用
混合副冰碛物	中央海槽和南部大陆坡(盆底)	生物沉积作用明显减弱,滑塌、滑坡、碎屑流作用及浊积层的堆积作用
火山喷出物	中央火山脊	火山喷发和碎屑沉积作用,沉积物重力流的横向迁移作用,其间夹深海沉积作用

冰盛期,南极半岛陆架和南设得兰群岛岛架(台地)为席地冰盖所覆盖。在南设得兰群岛岛架,冰盖席地线大致位于现代海平面以下 200~375 m 水深之间(Anderson, 1989);而推测南极半岛陆架上可能存在更厚的冰盖,席地线大致可达陆架外缘,陆架上的沟槽也许为席地冰盖所覆盖。地震记录显示,南极半岛陆架沟槽前缘存在沉积物楔状体,并可能达到 750 m 水深,形成一个水深更大的台地。假如南极半岛的陆架一直为冰盖所覆盖,那么这些沉积体系可能将继续接受沉积。由此可见,在陆架、岛架浅水台地区,主要发生冰川侵蚀作用和砂砾等粗碎屑的沉积作用,而南设得兰群岛的海湾、岬角区遭受冰川作用的强烈侵蚀,粗碎屑沉积物向海方向迁移;在陆坡区,以陆架区侵蚀而来的沉积物前积于缺乏沟、槽的区域为特征;在中央海槽和南部大陆坡区(盆底),深海生物沉积作用明显减弱,局部存在浊积层。地震资料显示,在盆底现代深海沉积地层之下具有一套超覆层序,解释为浊积层,是一种槽谷口的前积沉积,其成因可能始于滑塌、滑坡和碎屑流。

参 考 文 献

1. 王光宇,陈邦彦,张国楨,段威武,陈圣源等. 南极布兰斯菲尔德海区地质——“海洋四号”船南极地质地球物理科学考察成果. 北京:地质出版社,1996. 129 页.
2. 羊天柱,赵金山,许建平. 南设得兰群岛邻近海域夏季的水团与环流. 国家南极考察委员会编,中国第一届南大洋考察学术讨论会论文集(南极科学考察论文集,第六集). 上海:上海科学技术出版社,1989. 1~13 页.
3. 林澄清,郑连福. 南极半岛西北海域沉积物类型及沉积作用特点. 国家南极考察委员会编,中国第一届南大洋考察学术讨论会论文集(南极科学考察论文集,第六集). 上海:上海科学技术出版社,1989. 378~385 页.
4. 黄惠玉,王慧中,吴邦毓,吴振南,张兆祥,葛建平. 南极南设得兰群岛周缘的海滨沉积特征. 国家南极考察委员会编,中国第一届南大洋考察学术讨论会论文集(南极科学考察论文集,第六集). 上海:上海科学技术出版社,1989. 366~377 页.
5. Anderson J B. Sedimentation on the west Antarctic continental margin. Antarctic Geoscience, Symposium on Antarctic Geology and Geophysics, Madison Wisconsin, USA, 1977. 1003~1012.
6. Anderson J B, Kurtz D D, Domack E W, Balshaw K M. Antarctic glacial marine sediments. Journal of Geology, 1980. 88. 399~414.
7. Anderson J B. Antarctica's glacial setting. Glacial-marine Sedimentation (Short Course in Geology), 28th Int. Geol. Congr., Ed. by Anderson J B and Molnia B F., AGU, Washington DC, 1989. 11~57.
8. Harland W B. The definition and identification of Tilis and Tilites. Earth Science, 1966. 2, 225~256.

9. Jeffers J D. Tectonics and Sedimentary Evolution of the Bransfield Basin, Antarctica. MA thesis. Rice University, Houston, TX, 1988.

10. Jeffers J D, Anderson J B, Lawver I. A. Evolution of the Bransfield Basin, Antarctic Peninsula. In: Thomson M R A, Crame J A, Thomson J W, eds., Geological Evolution of Antarctica, Cambridge University Press, Cambridge, 1991, 481~485.

11. Kim Won Hyung, Kim Mi-Ock, Park Byong-Kwon. Diatoms in the Holocene sediments of the Maxwell Bay, King George Island, Antarctica. Korean Journal of Polar Research, 1991, 2(1), 159~177.

PRELIMINARY DISCUSSION ON THE SEDIMENTARY ENVIRONMENT AND SEDIMENTATION MODEL OF THE BRANSFIELD STRAIT, ANTARCTICA

Wu Nengyou, Duan Weiwu and Cai Qirong
(Guangzhou Marine Geological Survey, Ministry
of Land and Resources, Guangzhou 510760)

Abstract

Bransfield Strait, located in the high-latitudes of sub-Antarctica, is an actively-spreading back-arc basin and the ideal area for study of the marine-glacial sedimentation and sedimentary environments of the Antarctica. The types of marine-glacial sediment and their distribution on Bransfield Strait, Antarctica since Late Pleistocene were inferred based upon various data such as the lithology, composition, microbiological thanatocoenoses and surface texture of quartz grain of 43-site samples of superficial and core sediments recovered during HY4-901 cruise, 1990~1991. According to the features above, the sedimentary environments and depositional models during the high-stand water (interglacial stage) and low-stand water (glacial stage) were preliminarily discussed. The marine-glacial sediments may be divided into two types: residual paratill and compound paratill. The different types of marine-glacial sediment that show the different environments are of the various medium conditions, lithology, composition and microbiological thanatocoenoses. The present marine-glacial sediments may be divided into 7 areas. These data have provided us with an opportunity to examine the marine-glacial sedimentation models for a tectonically active basin in glacial and interglacial stages. In addition to obvious tectonic and glacial influences, the sedimentation models emphasize the influence of eustatic changes on sedimentation.

Key words: marine-glacial sedimentary environment, sedimentation model, Bransfield Strait, Antarctica

南黄海盆地的地震方法试验

姚伯初^① 王衍棠 伍忠良 罗文造 蔡峰 顾昶

摘 要 本文简要地叙述了我们在南黄海盆地进行地震采集方法试验的情况,分析了各种采集参数情况下的资料质量,并讨论了各种采集参数对地震剖面质量之影响。由此作者认为,在一定地震电缆接受排列长度的情况下,加大气枪阵容积(即增加震源能量)和适当选择地震接受电缆的沉放深度,可以改善地震剖面的质量,增加对深层的勘探能力。在我们的 240 道电缆排列长度情况下,电缆沉放 12 m 深度是合适的。如果要进一步改善地震剖面之质量,则必须增加地震震源之容积,即增加震源的能量。

关键词 地震勘探 震源容积 沉放深度 排列长度 剖面质量

1 前言

南黄海位于我国江苏省和山东省以东、朝鲜半岛之西,南界以长江口至韩国济州岛一线与东海为邻,北界沿山东半岛成山角到朝鲜白翎岛一线与北黄海相接。海底地形平坦,水深线呈南北向分布,124°E 以西的水深小于 80 m;在 124°~125°E 之间有一近南北向水槽,水深大于 100 m。

从区域地质构造上看,南黄海盆地位于扬子地台的东部,北以千里岩-刘公岛隆起区与北黄海盆地(位于华北地台上)邻接,南部则通过闽浙隆起区与东海盆地为邻。南黄海盆地位于 124°E 的黄海海域,区域地质构造呈北东向,盆地的形成和发展受北东向构造所控制。盆地发育于前震旦纪结晶基底之上,古生代、中生代、新生代地层总厚度超过 15000 m。根据新生代沉积之分布,可将该盆地划分为五个二级构造单元:北部拗陷、中部隆起、南部拗陷、勿南沙隆起,陆上还有苏北拗陷(图 1)。

2000 年 8 月 14 日~15 日,广州海洋地质调查局“探宝号”船在执行黄海油气调查任务之前,在南黄海盆地的北部拗陷的北部边缘进行了地震方法的采集参数实验。“探宝号”船是广州海洋地质调查局于 1994 年从美国西方地球物理公司购置的一条地球物理调查船,船长 87 m,宽 14 m,吃水深度 4.87 m。船的总吨位 2619 t,最大航速 15.5 kn。地震震源系统由四个子阵组成,每个子阵由八个套筒气枪构成,子阵总容积为 750 in³^②,气枪阵输出脉冲幅度为 25 巴·米,主脉冲与气泡脉冲之比为 15:1。地震电缆为从 I/O 公司引进的 MSX 数字电缆,瞬时动态范围 144 dB,分辨率 24 位,道灵敏度 14 伏/巴,共 480 道,道间距 12.5 m。

实验工作是在 SH-1 线北端约 25 km 的线段上进行的。用不同的采集参数进行了地震试

① 第一作者简介:姚伯初,男,教授级高工,固体地球物理专业,主要从事海洋地球物理调查与研究、构造地质研究等工作。

② 1 in³=1.63871×10⁻⁵ m³。

验,下面将说明海上实验过程、讨论和分析实验结果。

2 海上地震试验

2000年8月14日~15日,“探宝号”船在南黄海SH-1线北端进行了地震采集参数试验。试验地段在南黄海盆地北部拗陷的黄九井和黄七井之间(图1),主要试验震源容积和电缆沉放深度,试验参数如表1所示。

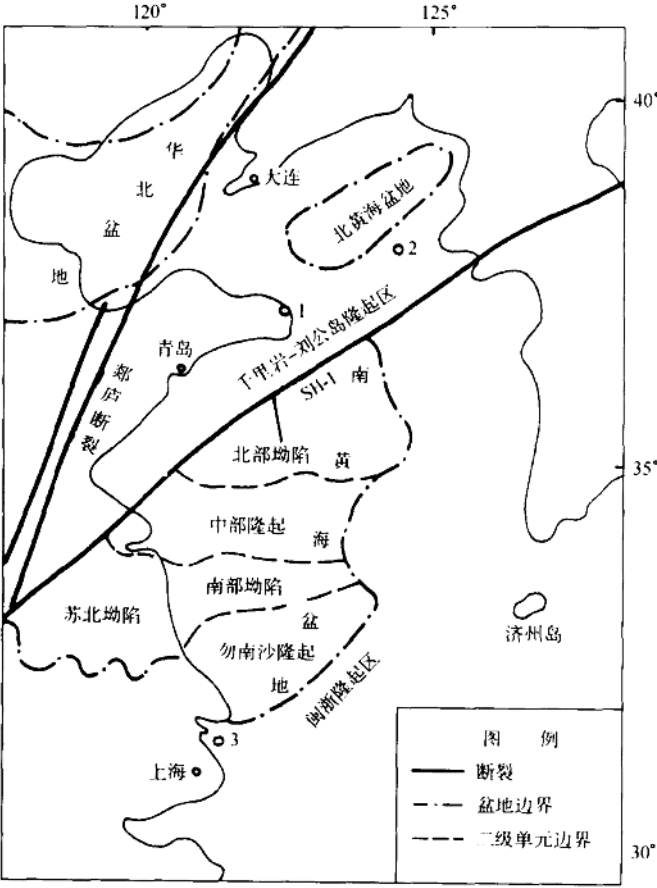


图1 南黄海盆地地震方法试验测线位置图

Fig.1 Sketch showing the seismic test lines in the Southern Yellow Sea Basin

1—成山角;2—白翎岛;3—崇明岛

实验工作时所用地震系统之参数如下:地震道数为240道,道间距12.5 m,最小偏移距275 m,炮间距25 m,排列长度3263.675 m,气枪沉放深度10 m。

试验线段长约25 km,位于SH-1线的北端。“探宝号”船沿测线来回航行四次,做四次采集参数不同的地震试验,变化气枪阵容容积和电缆沉放深度,采集参数如表1。试验时,海况较好,海面轻浪至中浪,船速5.0~5.5 kn。地震电缆噪声除少数水鸟道外,其余均小于6微巴。

表 1 南黄海地震采集参数试验

Table 1 Experiment of seismic parameters collection in Southern Yellow Sea Basin

测 线	代 号	震 源 系 统	电缆沉放深度/m
SH-1-1	A	4 个子阵, 3000 m ³	12
SH-1-2	B	3 个子阵, 2250 m ³	12
SH-1-3	C	4 个子阵, 3000 m ³	10
SH-1-4	D	3 个子阵, 2250 m ³	10

本次地震采集参数实验的目的是希望采集深部中生代和古生代沉积地层中的地层界面之反射波,为勘探深部油气资源提供优质的地震资料。

3 试验结果分析

在海上工作时,由于记录震源的远场子波讯号很困难,所以在做震源频谱分析时,只能借助于地震道的频谱分析。一般来说,地震道讯号的频谱,包含了震源子波、地震波在传播过程中地层对地震波的吸收和散射,以及地震电缆接收系统的频率响应等因素之影响。不过,对地震勘探来讲,地震电缆的频率响应可认为是不变的,因为海水可看作是均匀的,其沉放深度一般是不变的,或变化不大,对其频率响应之影响不大;另一方面,在做地震勘探时,一般假定地下介质是均匀层状介质,因此它们对地震波的频率响应(吸收和散射)也可看作是不变的。由此我们在讨论地震震源的频率响应时,可利用地震道的频谱来分析。

图 2 表示在上述各种采集参数下的地震道之频谱。从图看出,在采集参数 A 情况时(图 2A)地震道讯号的频谱,以 6 dB 点为限,频谱范围在 3~65 Hz 之内,能量变化稳定,振幅线平直。这种频率范围很适合勘探中深层地层。G. Henry(1997)指出,常规地震勘探时,地震讯号的低截频为 5~10 Hz,高截频为 70~80 Hz;而高分辨率地震勘探要求地震讯号的高截频在 150~200 Hz 范围内。这里低截频是 3 Hz,优于常规地震勘探的频率范围,有利于对深部地层的勘探;高截频是 65 Hz,略低于 Henry 总结的常规地震勘探之频率范围。但和常规地震勘探的频谱相比,这里的频谱更有利于勘探深部地层。在采集参数 B 情况下(图 2B),地震道讯号的频谱范围在 8~65 Hz 之内,和 Henry 所指出的常规地震勘探之频谱范围接近,但这里振幅线起伏不平,反映能量变化大。这种情况反映三个气枪子阵组成的震源阵不理想,其输出能量在不同频率上分布不均匀,不利于地震勘探。在参数 C(图 2C)情况下,地震道频谱范围为 9~60 Hz,也接近常规地震勘探的频谱范围。不过,这里的能量变化仍然大,反映地震电缆沉放深度不合适,虽然气枪总容积不变,即震源能量不变,但对地震勘探仍然不利。图 2D 是采集参数 D 情况下的地震道讯号之频谱。地震讯号的频谱范围为 12~61 Hz,低截频高于常规地震勘探的频率范围,而高截频则低于常规地震勘探之频率范围。反映气枪阵的容积小,且电缆沉放深度小,不适合于常规地震勘探,尤其是对勘探深层不利。而且,这里能量随频率变化大,也是不利于地震勘探的。由上面分析可见,在参数 A 情况下的地震讯号的频谱最优,最适合于勘探中深层;C 参数情况次之,B 参数情况还可以,D 参数情况不适合于常规地震勘探。由此可见,在海洋地震勘探中,必须正确地选择震源能量和电缆沉放深度,才能得到好的地震道讯号,取得好的地震勘探成果。

SPECTRAL ANALYSIS

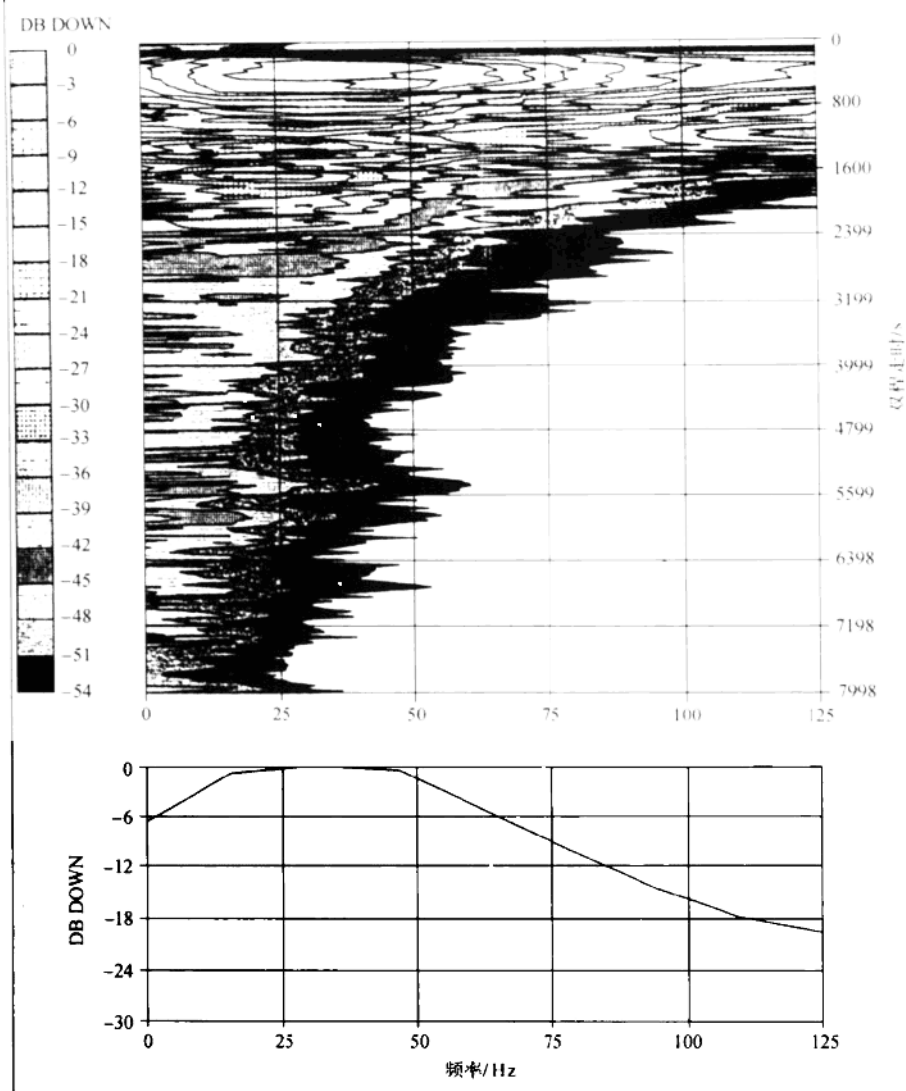


图 2A 采集参数 A(震源 3000 in³, 电缆沉放深度 12 m)时的地震道频谱

Fig. 2A The seismic spectrum using collective parameters A

(the source is 3000 in³, the depth of streamer is 12 m)

为了进一步对比各种采集参数时地震道能量之变化, 我们列出了近道和远道单道地震剖面。在做这些剖面之前, 未对地震道讯号做动校正。因此, 将这些剖面 and 做动校正后再进行叠加的剖面对比时, 在时间上它们有些差异, 尤其是远道单次剖面, 差别更大。