

太平洋地质科学调查

(三)

地质矿产部广州海洋地质调查局 著

地质出版社

太平洋地质科学调查

(三)

地质矿产部广州海洋地质调查局 著

地质出版社

(京)新登字 085 号

内 容 简 介

本书是地质矿产部“海洋四号”科学调查船在太平洋中部进行科学调查(HY4-881、891航次)的成果。书中概括地介绍了调查区的海底地形地貌、地球物理调查成果、海底沉积物及多金属结核的特征,对结核的分布、产状、构造及成分、形成年代等进行了较详细的讨论。

本书可供从事海洋地质、矿产地质工作者及有关院校师生参考。

太平洋地质科学调查 (三)

地质矿产部广州海洋地质调查局 著

责任编辑:杨珊珊
地质出版社出版发行
(北京和平里)
中国地质大学轻印刷厂印刷
(北京海淀区学院路29号)
新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:9.38 字数:228150
1993年11月北京第一版·1993年11月北京第一次印刷
印数:1—400册 定价:7.50元
ISBN 7-116-01416-0/P·1158

前 言

海洋地质学属于地球科学的范畴,它是海洋科学中的一个独立学科。近20年来,由于深海钻探、测深等新技术、新方法的采用,使海洋地质学得到了迅速的发展。而海洋地质、地球物理调查所获得的成就,板块构造学说的提出,又促使地球科学的发展进入了一个崭新的阶段。目前,地球科学工作者开始将大陆和海洋作为一个整体来研究,有关计划的实施必将再次推动地球科学的发展。

海洋地质学的发展,不仅有重要的科学意义,而且还有巨大的经济意义。在滨海、近海已大规模地开发石油、天然气和固体矿产,而深海洋底蕴藏的大量矿产也成为各国进行勘查和开采的目标。

1872—1876年间,英国“挑战者”号作环球考察时,首次在大西洋发现了多金属结核。这一历史性的发现在很长时期内没有引起人们的重视,直到本世纪60年代,随着陆地金属矿产的迅速消耗,人们才把注意力转向海洋。据J.L.梅罗估算,整个太平洋约有多金属结核 $1.7 \times 10^{12} \text{t}$,而且每年还以6Mt的增长率形成新的结核。70年代以来,美、英、苏、法、日和原联邦德国等经济发达国家,在对各大洋进行科学和资源调查的基础上,重点对中、东太平洋进行了有计划地大规模调查。通过这些调查不但发现了多金属结核富矿区,还发现了富钴锰结壳、多金属软泥、块状硫化矿床等一些新的深海矿产资源。随着调查方法和技术的日臻先进,有些国家已开始了试验性的开采,对富钴锰结壳等资源的调查方兴未艾。

1969年,联合国大会通过宣言,宣布海床、洋底及其资源是人类共同继承的财产。1982年,联合国第三次海洋法大会通过了《海洋法公约》,建立了国际海底采矿登记制度。现在已有一些国家向联合国国际海底管理局和国际海洋法法定筹备委员会提出勘查和开采的申请和登记。

80年代,我国开始涉足大洋地质科学调查。地质矿产部大洋地质科学调查“七五”计划由南海地质调查指挥部^①实施。大洋地质科学调查的指导思想是“加速大洋资源调查,维护我国在国际海底的权益”。目标任务是寻找以多金属结核为主的洋底矿产,争取在1990年前提供 $15 \times 10^4 \text{km}^2$ 面积的富矿区;搜集有关地质地球物理资料,研究太平洋中部多金属结核分布规律和形成环境。海上调查工作从1986年11月至1989年12月,分四个航次(代号为HY4-861、871、881、891)完成。前两个航次的主要任务是寻找具有进一步工作前景的多金属结核远景区,后两个航次则是在已圈定远景区的基础上进行加密测站,延伸扩展评价区范围,以达到完成提供富矿区面积的计划。这是地质矿产部系统首次在深海远洋进行以探查多金属结核为主要目标的地质-地球物理综合调查,它标志着我国海洋地质工作进入一个新时期。

这次太平洋以多金属结核调查为主要目标的系统科学调查,其成果分三册出版,本书是第三册。内容是根据HY4-881、891航次的调查成果编写的。两航次的首席科学家是王光宇,船长是祁银凯(881)、王书伦(891)和唐庆雨(881、891)。我们衷心感谢“海洋四

① 1989年5月改名为地质矿产部广州海洋地质调查局。

号”的全体调查人员，他们为本书提供丰富的原始资料，付出了艰苦的努力。

本书共分八章。参加编写者有：张伯晋（第一章、第八章），陈圣源（第二章、第八章），季林绮、罗三民、张顺枝、陈宗胜（第三章），鲍才旺、刘方兰（第四章），周一强、庄胜国、许康里（第五章），钟和贤、李振韶、张伯晋、牛作民（第六章），杜炳周、杨胜雄、何思力、陈玄武（第七章）。统稿由张伯晋、陈圣源负责，最后由梁德华修改、审编定稿。

另外，王公念参加了第五章统稿。参加资料整理的还有王津、肖任牛、黄向青、曾瑞坚。图件清绘由韦东菊和第二海洋地质调查大队成果出版室承担。室内资料的处理和样品的化验分析，由第二海洋地质调查大队的计算站、导航队、实验室承担。中国地质科学院的矿床所、测试所，广东地质矿产局实验室，中国地质大学（北京）物理教研室等有关单位也参加了协作，而且得到了广州海洋地质调查局大洋项目办公室、科技处和第二海洋地质调查大队总工办的大力支持，在此一并致谢。

书中难免有疏漏或不妥之处，谨请读者指正。

作 者

目 录

第一章 概述	(1)
第二章 调查方法及质量评述	(7)
一、测站和测线的布置	(7)
二、调查方法和质量评述	(7)
第三章 水文气象特征	(15)
一、气象	(15)
二、海流	(18)
三、海水温度、盐度和密度的垂直分布	(20)
四、海水化学特征	(22)
五、小结	(24)
第四章 地形地貌	(25)
一、地形地貌分区原则	(25)
二、地形地貌分区及其特征	(25)
第五章 地球物理调查成果	(37)
一、重力调查	(37)
二、磁力调查	(40)
三、单道地震调查	(44)
第六章 海底地质	(52)
一、沉积物表层样	(52)
二、沉积物柱状样	(67)
三、地层层序	(74)
四、环境分析	(80)
五、表层沉积物工程地质性质	(83)
第七章 多金属结核	(88)
一、外部形态特征与分类	(88)
二、产状与分布	(88)
三、内部构造特征及生长速率	(89)
四、矿物组成及元素赋存状态	(94)
五、化学成分及品位	(107)
六、丰度和覆盖率	(124)
第八章 结论	(131)
主要参考文献	(133)
英文摘要	(135)
图版说明及图版	(140)

第一章 概 述

地质矿产部“海洋四号”调查船，分别于1988年5月9日—12月21日及1989年7月15日—12月13日组织实施了HY4-881、891航次（以下简称两航次）大洋地质科学调查。调查的主要目标是在东太平洋海盆CC区寻找多金属结核（简称结核，下同），圈定富矿区。HY4-881航次是在HY4-871航次圈定的远景区基础上加密测站并向外延伸；而HY4-891航次则是在HY4-881航次圈定的矿区向东、南两边扩展。通过这两航次的工作，在满足圈定 $15 \times 10^4 \text{km}^2$ 富矿区的目标的同时，还对调查区内地质、地球物理及简单的海洋水文、气象等资料进行采集。

两航次调查区均位于太平洋板块中部，即著名的东太平洋海盆CC区。该区东濒东太平洋海隆，西接莱恩海岭，北临克拉里昂断裂带，南靠克里帕顿断裂带（图1—1）。调查区范围的地理坐标大致为 $7^{\circ}00' - 12^{\circ}00' \text{N}$ ， $138^{\circ}45' - 153^{\circ}00' \text{W}$ 。为了工作方便，将调查区分为CC(A)、CC(B)、CC(C)三个小区，并分别简称A、B、C区（图1—2）。

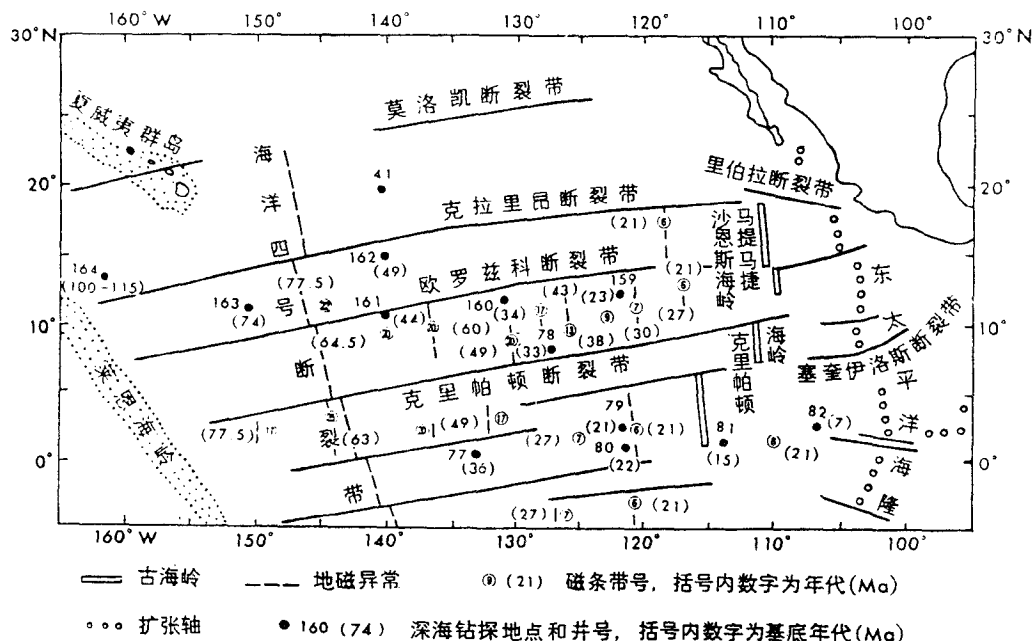
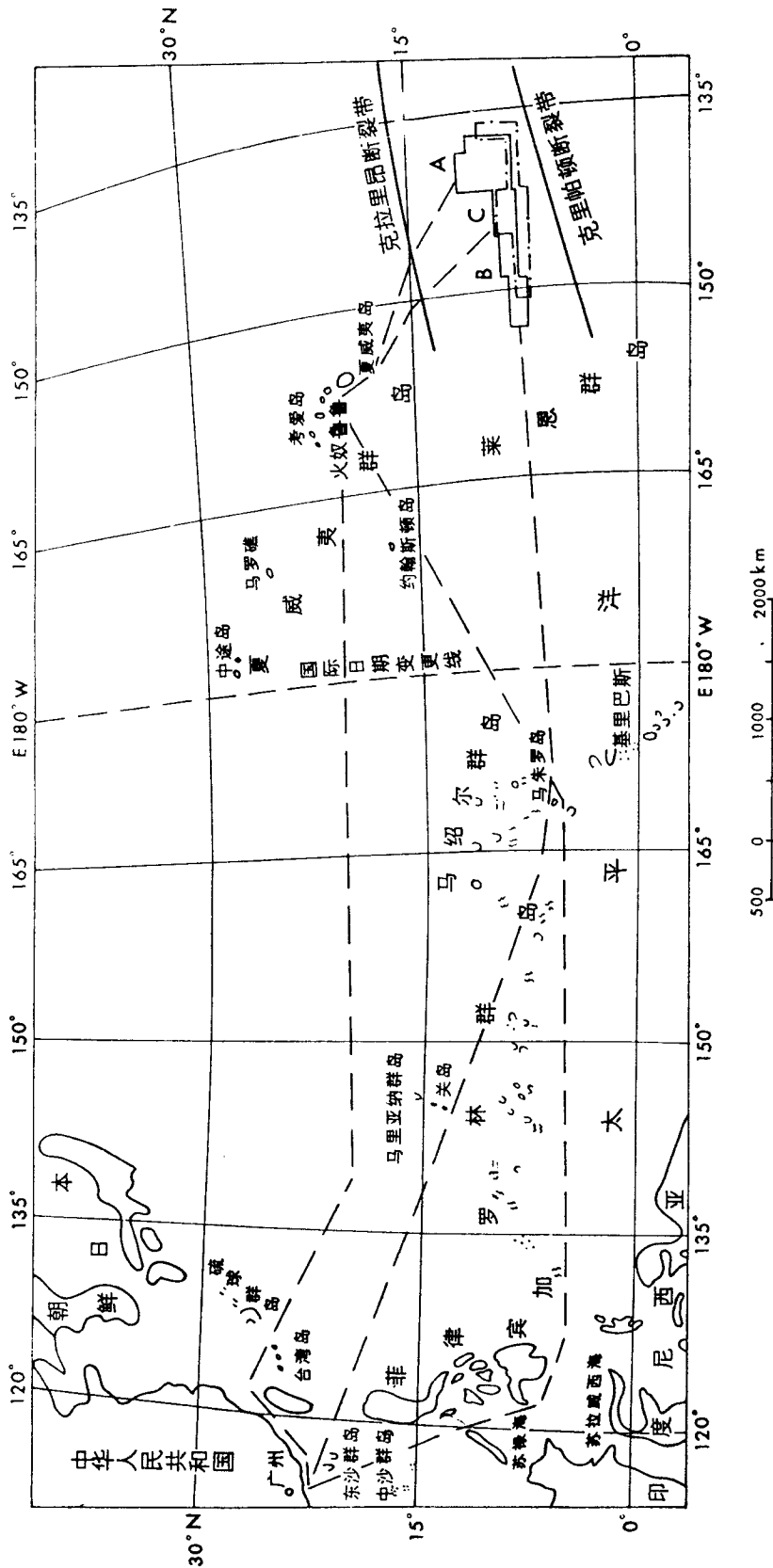


图1—1 东太平洋海盆CC区及邻区构造略图

众所周知，东太平洋海盆CC区是太平洋中结核最富集的区域。20年来各国都争先恐后地在那里调查，特别是美国、前苏联、日本、法国、英国和德国等先进工业国。调查结果都划定了相互并接的富矿区。前苏联、日、法等国于1987年已提出了矿区申请，并获得批准。东欧诸国和韩国等都表示了要申请矿区的意向。我国虽然起步晚，但通过艰苦努力，



□ HY4-88 航次调查区 ▭ HY4-89 航次调查区 - - - 航线 — 断裂带

图 1-2 调查区位置图

表 1—1 地质调查工作量统计表

航次 工 作 量 项 目		HY4-881					设计量	完成计 划的百 分数(%)	设计 量	HY4-891				合计 完成量	备 注
		实际完成量				实际完成量									
		A 区	B 区	C 区	小计	A 区				B 区	C 区	小计			
测站(个)		120	177	57	90	324		270.0	130	70	84	83	237	561	无绳抓斗 881 航次丢失 5 个,891 航次丢失 4 个。 无绳重力取芯 881 航次成功率为 80%。 891 航次为 100%。
无绳抓斗		203	214	73	87	374		184.2	180	130	158	152	440	814	
无绳重力取芯		7	2	2	1	5		71.4		4	2	3	9	14	
有绳抓斗		18	9	5	4	18		100	6-8	3	5	4	12	30	
箱式取样		7	4	1	1	6		100.0						6	
大型重力活塞取芯		3	1	1	1	3		100.0						3	891 航次取样长度包括 9 个无绳重力取芯和 54 捆管样
重力取芯				1		1								1	
拖网(次)			1	3	6	10			3-4	1	3	2	6	16	
温盐深(CTD)		6	6		2	8		133.3						8	
采样次数			245	87	109	441			200		483		483	924	
多金属结核重(kg)			295.1	52.5	131.2	478.8					778.8		778.8	1257.6	891 航次取样长度包括 9 个无绳重力取芯和 54 捆管样
泥样重(kg)			239.7	70.7	205.0	515.4					326.9		326.9	842.3	
样长(m)			8.08	10.60	9.37	28.050					19.105		19.105	47.155	
岩石重量(kg)			7.3	5.5		12.8								12.8	

采样方式 站位)

表 1—2 地球物理调查工作量统计表

航 次 工 作 量 项目		HY4-881						HY4-891						备 注			
		设计量	实际完成量					完成计 划的百 分数(%)	设计量 其中:航渡	实际完成量					完成计 划的百 分数(%)	合计 完成量	
			A 区	B 区	C 区	航渡	小计			A 区	B 区	C 区	航渡				小计
重力调查 (km)		15740.0 10740.0	4936.8	3111.0	3800.4	24628.0	36476.2	231.7	15000.0 10000.0	1877.5	2150.6	2969.9	22668.8	29666.8	197.8	66143	881 航次海 底 照 相 1616 张,有 效 1340 张, 891 航次取 得彩色照片 1526 张,黑 白照片 48 张,共 1574 张
地形调查(测深) (km)		15740.0 10740.0	9621.9	4022.4	5387.7	24868.0	43900	278.9	15000.0 10000.0	3496.2	4136.3	5097.3	22668.8	35398.6	236.0	79298.6	
磁力梯度调查 (km)		3370.0 740.0	3430.2	1716.8	1940.8		7087.8	210.3	2500.0 3000.0	1143.8	955.7	1671.8		3771.3	137.1	10859.1	
多频探测调查 (km)		2630.0	3415.6	1615.8	1892.2		6973.6	263.6	2500.0 3000.0	1143.8	950.7	1671.8		3766.3	137.0	10689.9	
单道地震调查 (km)		3370.0 740.0	1511.6	1394.2	864.5		3770.3	111.9	2000.0	1143.8	948.7	1654.9		3747.4	187.4	7517.7	
海底照相(次)		单次	15		3		18									18	
		连续	8	2	7		15		10-15	4	4	8		16	128.0	31	

表 1—3 现场观察测试工作量统计表

工 作 量 项目	航 次	HY4-881					HY4-891				备 注	
		A 区	B 区	C 区	小计	A 区	B 区	C 区	小计			
X 射线类 光分析	分析样品数	170	46	86	302	26	41	47	114	416	1. 891 航次共采得水样 6 个,相应表层水样 6 个,其中 B36A,C148 站底层水太少,只测 72 项 2. 891 航次取得沉积物样 7 个	
	分析次数	4542	1210	2282	8034	728	1148	2256	4132	12166		
现场常规化学分析(次)	pH	72	10	21	103	21	24	12	57	160		
	Eh	72	10	21	103	21	24	21	66	169		
	Fe ³⁺ /Fe ²⁺	6	2	3	11	2	8	4	14	25		
	S%(盐度)	66	8	18	92	12	8	4	24	116		
	ALK(碱度)	66	8	18	92	12	8	4	24	116		
	Si(可溶硅酸盐)	66	8	18	92	12	4	0	16	108		
	P(可溶磷酸盐)	66	8	18	92	12	4	0	16	108		
	Ca	66	8	18	92	12	8	4	24	116		
	Mg	66	8	18	92	12	8	4	24	116		
	O ₂ (溶解氧)	66	8	18	92	6	1	0	7	99		
O ₂ (溶解度)	66	8	18	92	6	1	0	7	99			
现场涂片观察(个)		153	54	63	270	322	262	345	929	1199		
现场照相(张)		1586				720				2306		
微生物现场培养(个)		39								39		
现场气象观测(个)		1648				892				892	2540	现场观察沉积物、古生物以及定名,从而确定沉积类型和地质年代
天气预报(次)		195				118				118	313	

1.891 航次共采得水样 6 个,相应表层水样 6 个,其中 B36A、C148 站底层水太少,只测 72 项
2.891 航次取得沉积物样 7 个

现场观察沉积物、古生物以及定名,从而确定沉积类型和地质年代

顽强拼搏，终于在国际竞争中赢得了一席之地。除地质矿产部“海洋四号”进行了四个航次调查外，国家海洋局“向阳红 16 号”也在区内于 1987、1988 和 1990 年进行了三个航次的调查。两船总共调查面积达 $200 \times 10^4 \text{km}^2$ 以上。

调查区距广州，沿北航线（经台湾海峡）约为 10000km；中间航线（经巴士海峡）约为 10300km；南航线（走南海经苏禄海）约为 11400km。调查区面积约 $44.5 \times 10^4 \text{km}^2$ 。区内水深一般为 4800—5300m。地形呈波状起伏、由东北向西南缓慢倾斜，基本属深海丘陵—平原区。

两航次都超额完成了设计中的各项任务，共完成地质测站 565 个；地球物理剖面测量 177 528.7km；采得结核 1 260.3kg；沉积物样 897.3kg。完成的各项工作量详见表 1—1、表 1—2、表 1—3。

通过两航次的调查，圈出了 $15 \times 10^4 \text{km}^2$ 的富矿区，完成了地质矿产部批准的“七五”总体设计所规定的目标，并为我国向联合国国际海底管理局筹委会申请登记，为先驱投资者提供了可靠的基础资料。

同时，通过对所获得的丰富的地质-地球物理资料综合分析研究，初步查明了调查区内结核分布富集规律和赋存条件及生成环境；对区内地质构造背景有了进一步的认识。这些重大成果的取得，使我国海洋地质科学跨上了一个新台阶。

第二章 调查方法及质量评述

一、测站和测线的布置

(一) 布置原则

1. 在测站进行的是定点测量, 它的作业包括各种地质采样, 温度盐度深度 (CTD) 测量和海底连续照相等。测站的布置, 考虑了如下原则:

- (1) 开始时采用稀网点区域展开, 发现富矿点后再适当加密。
- (2) 不与外国矿区重叠。
- (3) 测站避开海山顶和陡坡。柱状采样点选在地形较平坦, 且具有一定代表性的地段。
- (4) 海底连续照相点的选择, 必须在地质采样和多频探测结果理想的站位进行, 既要考虑结核的类型, 又要注意区域分布的合理性, 要避免危险的障碍物。
- (5) CTD 测站按一定间距的经纬网布置, 以便于较全面地了解海洋水文和化学要素的特点, 以及进行底层流的计算和研究。

2. 测线 (走航测量含重力、磁力、水深和多频等作业) 的布置原则为:

- (1) 主测线尽量横穿主构造线。区内主构造方向为近东西或北东东, 因而主测线按南北向或北北西向布置。
- (2) 联络测线与主测线垂直, 主要为东西向。
- (3) 在加密测站时, 测站间的走航测量不受上述原则限制。

(二) 测站、测线密度

1. 在区域展开侦察性概查时, 在调查区范围内, 测站、测线密度采用 $60' \times 60'$ 的点、线测距进行“扫面”调查。

2. 发现结核富集地段后, 结合现场测试的结核的品位、地形和沉积物特征等确定加密区范围, 点、线间距采用 $30' \times 30'$ 的网度; 然后再根据调查结果, 逐步缩小调查区范围, 并加密网度到 $15' \times 15'$, 个别到 $7.5' \times 7.5'$ 或更密。

二、调查方法和质量评述

调查方法可分为地质调查、地球物理测量和现场测试。

(一) 地质调查

包括地质采样, 连续海底照相, 温度、盐度、深度 (CTD) 测量等。地质调查方法与本系列书前两册所述方法基本相同, 不再赘述。这里仅评述新增加的海底照相和 CTD 两项调查。

1. 连续海底照相: 通过海底照相, 可研究结核的大小、形态、覆盖率和丰度。两航次连续海底照相采用 CI800 和 CI256 海底照相系统进行。这两套系统的结构和工作原理相同,

前者一次最多可照 800 张,后者可照 256 张。照相系统结构较合理,性能良好,每触底一次就摄一张照片。但由于涌浪影响、地形起伏干扰或操作的原因,有时操作者虽判断为一次触底,但实际可能拍了好几张。总的来看,成功率均达到 76—99%,效果多数达到良好级以上(见表 2—1)。

表 2—1 测站海底照像实况

站 号	实拍张数	有效张数	成功率 (%)	效果	备 注
A5A	166	148	89.2	优	成功率是指拍照次数成像的百分比。效果是指成像物体的清晰度
A43B	194	177	91.2	优	
A202A	302	239	79.1	良好	
C17'	288	218	76	良好	
C36'	151	148	98	优	
C40	75	74	99	合格	
C81	147	142	97	优	
C30A	134	110	82.1	良好	
C102A	160	142	88.8	优	
C106A	143	115	80.4	良好	
B36	128	124	97	优	
B45	106	95	90	合格	
B113A	119	94	79	良好	
B117A	160	125	77.6	良好	

2. 温度、盐度、深度 (CTD) 的测量: 881 航次使用的测量系统为 Mark II 型, 而 891 航次未进行该项测量。该系统是一个多功能的自动测量海洋水文和化学要素的重要手段, 它可以同时测量并演算出海水的温度、电导率、深度、盐度、声速、密度、溶解氧和 pH 值, 并可将测量结果绘成剖面曲线。系统还配有采水装置, 可按选定深度连续采集水样。

本系统测量精度较高, 盐度平均偏差 0.0032, 温度平均偏差 0.0024℃, 深度平均偏差 5.78db^①。

(二) 现场观察和测试

现场观察和测试的项目包括: 采样现场观测 (表层沉积物的观察、描述、照相、测温和涂片分析, 结核的分类、称重和照相); 简易化学分析 (测定沉积物和水样的 pH、Eh、Fe³⁺/Fe²⁺、溶解氧、饱和度、氯度、碱度和盐度等); 用光学显微镜涂片观察表层沉积物组分和微体化石; 用 X 射线荧光光谱测定多金属结核和沉积物样的化学成分。这里仅将 X 射线荧光光谱分析质量评述如下。

1. 仪器、工作条件及方法

主机为日本理学 3080E3 型自动 X 射线荧光分析仪, 包括 DF-151 数据处理机及其软件, 50t 电动压样机, 自动冷却循环系统。

采用铯靶 X 射线管, 工作电压 50kV, 电流 40mA。铁、锰元素用标准化样品进行标准化, 钴、镍、铜元素用铯靶 Rh-kd 康普顿线为内标。

试样处理的方法是将具有代表性的约 50g 样品, 在红外灯下, 于玛瑙研钵中进行压碎, 研磨至 80—100 目时分取约 10g 继续磨至 200 目, 盛于特制的铅皿中, 在电动压力机上以

① 1bar=10⁵Pa, db=10⁻¹bar=10⁴Pa。

15t 压力制成样饼，即可上机进行分析测量。

2. 方法的精度

本方法除了用标准化样品控制仪器条件的一致化外，同时在每次分析中均以同一个样品作为监控，以观察分析结果的稳定性。为了说明分析精度，我们从 881 航次的 103 次分析中，随机抽取 35 次进行统计，从 891 航次 103 次分析中抽取 30 次进行统计，其结果列于表 2—2。

表 2—2 X 射线荧光光谱分析统计表

航次	结果	Mn	Fe	Co	Ni	Cu
HY4 881	平均 %	20.219	17.543	1.858	1.834	1.324
	CT. %	0.054	0.034	0.009	0.007	0.005
	CV. %	0.267	0.192	0.466	0.391	0.377
HY4 891	平均 %	20.077	17.534	1.866	1.837	1.320
	CT. %	0.103	0.047	0.020	0.013	0.009
	CV. %	0.515	0.271	1.047	0.717	0.684

3. 方法的准确度

X 射线荧光光谱分析法的准确度极大地依赖于所采用的标准系列。881 航次所采用的标准系列是通过 19 个样品在 3080E3 分析仪上进行反复测量、回归计算并作了共存元素的校正而得出的。这 19 个样品是从地质科学院岩矿测试所、广州海洋地质调查局实验室和广东地质矿产局中心实验室测试过的样品中选出的。891 航次所采用的标准系列与 881 航次的一样。

衡量准确度的最好方法是用有真值的样品进行分析对照，但有真值的样品是很难找到的。因此，一般与标样结果对照，或与标准（或经典的、公认可靠的）分析方法相对照来衡量。

现将本方法的分析结果与美国标准样品值以及其他分析方法的结果对照列于表 2—3。

4. 分析质量评述

(1) 本方法的分析结果抽样送广东省地质矿产局中心实验室和广州海洋地质调查局实验室检查，检查结果平均相对误差符合地质矿产部“地质实验工作管理制度”中铁矿、锰矿及有色金属矿的有关规定。Mn、Cu、Co、Ni 外检质量见表 2—4。891 航次经室内分析检查，质量也合格。

表 2—4 Mn、Co、Ni、Cu 外检质量统计表

结 果	Mn	Co	Ni	Cu
合格率 (%)	87.5	75	100	100
平均相对误差 (%)	1.9	6.4	5.2	4.1
正偏差个数	6	7	4	5
负偏差个数	2	0	4	3
零偏差个数	0	1	0	0

(2) 从表 2—2 看，本方法的分析精度较高，其中 Mn、Co、Ni、Cu 的标准偏差均小于 0.1%。

(3) 从表 2—3 可见，对美国提供的两个标准样品的测定，我们的分析数据与美国的数据相当一致。

上述表明，X 射线荧光光谱分析精度是可靠的。

表 2—3 分析结果对照表(元素含量均为重量百分数)

样 号	数据来源	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Pb	Na	Mg	Al	Si	P	K	Ca	Ti	Ba
MG-1	其他	28.35		0.97	0.50	0.065	0.060	0.170		1.25	0.55	2.72	0.48	0.50	2.80	1.20	0.150
	本法	28.47	13.95	1.00	0.55	0.064	0.056	0.185	1.32	1.30	0.69	2.69	0.49	0.50	2.66	1.21	0.140
MG-2	其他	20.55		0.48	0.28	0.140	0.052	0.110	1.72	1.16	1.60	6.12	0.43	0.64	2.32	1.39	0.176
	本法	20.72	18.70	0.51	0.33	0.132	0.054	0.115	1.49	1.16	1.55	6.03	0.43	0.64	2.51	1.38	0.177
MG-3	其他		13.75	0.40	0.36	0.080				0.95	0.46		2.20	0.40	8.0	1.00	0.470
	本法	23.56	13.83	0.43	0.40	0.092	0.068	0.173	1.23	0.98	0.45	1.85	2.20	0.42	7.98	1.00	0.464
MG-4	其他	30.50	11.50	0.95	0.70	0.040		0.200	1.75	1.50	0.46	1.10	1.40	0.50	5.5	0.90	0.190
	本法	30.14	11.22	0.95	0.69	0.051	0.072	0.186	1.65	1.36	0.41	1.16	1.39	0.49	5.56	0.90	0.202
参-32	其他	38.73	7.40	0.05	0.20	0.053	0.074	0.019		0.35	5.20	3.33	0.16	0.73	0.16	0.19	0.410
	本法	38.72	7.40	0.05	0.24	0.062	0.075	0.013		0.37	5.19	3.33	0.16	0.73	0.19	0.19	0.410
GSPN	其他	21.79	18.80	0.37	0.35	0.28	0.053	0.085	1.58	1.38	2.22	6.20	0.34	0.58	2.12	1.06	0.140
	本法	21.37	18.67	0.33	0.38	0.266	0.052	0.092	1.67	1.26	2.24	6.17	0.32	0.52	2.15	1.08	0.142
CC-47	其他	47.75				0.070	0.077	0.002	2.83	1.81	0.50	1.16	0.09	0.70	2.61	0.025	0.043
	本法	47.71	1.93	0.01	0.15	0.068	0.080	0.001	2.86	1.84	0.53	1.23	0.11	0.71	2.61	0.027	0.037
XR-3	其他	20.82	15.74	0.38	0.54	0.360	0.088	0.096	1.60	1.39	2.67	7.05	0.32	0.66	2.41	1.17	0.150
	本法	21.35	15.73	0.37	0.50	0.340	0.066	0.096	1.74	1.49	2.63	7.10	0.33	0.70	2.25	1.17	0.160
XR-6	其他	21.87	17.11	0.32	0.54	0.410	0.120	0.080	1.60	1.47	2.10	5.78	0.31	0.42	2.09	1.02	0.150
	本法	21.79	17.25	0.32	0.54	0.374	0.104	0.080	1.60	1.48	2.13	5.88	0.31	0.45	2.04	1.01	0.138
XR-7	其他	30.91	5.21	0.21	1.43	1.120	0.150	0.035	2.07	2.36	2.76	6.39		0.83	1.60	0.41	0.210
	本法	30.69	5.22	0.20	1.45	1.130	0.150	0.037	2.03	2.31	2.66	6.27	0.18	0.82	1.59	0.40	0.202
XR-9	其他	27.33	6.19	0.35	1.01	0.980	0.090	0.035	1.90	2.29	2.84	8.26	0.21		1.57	0.37	0.390
	本法	27.16	6.00	0.34	1.05	1.000	0.097	0.012	1.95	2.29	2.89	8.29	0.21	1.27	1.46	0.38	0.390
XR-12	其他	27.14	11.87	1.00	0.65	0.075	0.099	0.160	1.90	1.37	0.68	2.13		0.50	6.13	1.00	0.170
	本法	27.17	12.03	0.96	0.64	0.079	0.091	0.118	1.97	1.45	0.73	2.13	1.40	0.48	6.14	1.10	0.176
Nod-P-1	美国标准值	29.14	5.78	0.224	1.33	1.150	0.1505	0.056	1.64	1.99	2.55	6.51	0.20	1.05	2.19	0.30	0.235
	本法	29.34	6.06	0.24	1.32	1.115	0.163	0.048	1.55	2.01	2.60	6.54	0.19	1.05	2.29	0.29	0.239
Nod-A-1	美国标准值	18.54	10.93	0.311	0.636	0.110	0.0587	0.085	0.775	2.87	2.05	1.78	0.60	0.50	11.03	0.32	0.167
	本法	18.64	10.90	0.31	0.669	0.120	0.057	0.092	0.80	2.87	2.04	1.77	0.60	0.50	11.03	0.33	0.169

(三) 地球物理测量

1. 地震测量

只做了单道地震,其数字采集系统包括:NE—20C改进型深海剖面仪系统,EH—4型气枪震源和单道地震电缆等。前者的带通频率为25Hz—125Hz,前放增益40dB,主放增益60dB;震源一般采用三枪组合,总容量6.9L以上,空气压力为145kg/cm²;电缆接收系统采用前导段115m,加重段40m、工作段50m的方式组合,观测系统偏移距为180m(图2—1)。作业时航速为5—6kn^①。单道地震对研究结核与沉积层之间的关系、沉积层与基底之间的关系、沉积层层序及层间关系、火山作用、板块构造运动等都有一定作用。它具有作业简单、危险小、投资少等特点。模拟剖面记录清晰直观,分辨率高。从两航次所做8000km剖面记录看,质量比前两个航次有较大提高,均可分辨各层次波组和基底波特征。尤其是在881航次后期及891航次加密了放炮间距(从原来20s改为10s)后效果更显著,提高了分辨率,层次更清晰。

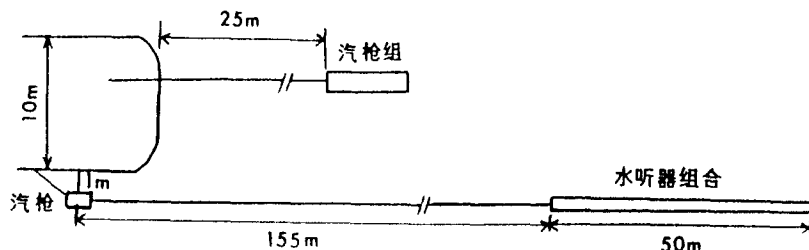


图 2—1 单道地震观测系统简图

2. 重力测量

目的是揭示调查区内重力场特征及变化规律,从而了解地壳深部结构、密度、厚度变化概貌。海上测量使用的仪器是Kss—5型海洋重力仪(No: 86,德国产)。作业时,船的航速可从5kn至15kn。测量结果以60s采样间隔记录在Mx—5000型卫星导航磁带上,供计算机处理。同时以模拟曲线形式(或打印数据)记录在纸带上,以便室内计算分析使用。通过国家级基点(广州南海船厂码头重力基点为始、终基点)闭合;两航次仪器日漂移率分别为0.11和 $0.08 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2} / \text{d}$ 。调查期间还利用马朱罗码头、火奴鲁鲁港2号码头和希罗港码头重力基点进行多次闭合。图2—2为重力仪在各基点零点漂移曲线,881航次期间表现为正漂移,呈线性变化;891航次期间前期漂移变化较大,后期相对稳定。总的说来,仪器性能稳定。海上测量精度评价,以主测线和联络线交点异常差的均方根误差来评估。调查区共37条主测线,14条联络线,交点74个。调差前精度由下列公式计算:

$$\varepsilon = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n v_i^2 / 2n}$$

式中: n ——为交点数;

v_i ——为各交点异常差。

求得测量精度为 $\pm 5.34 \times 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。

① $1 \text{kn} = 1.85 \text{km/h} = 0.51 \text{m/s}$