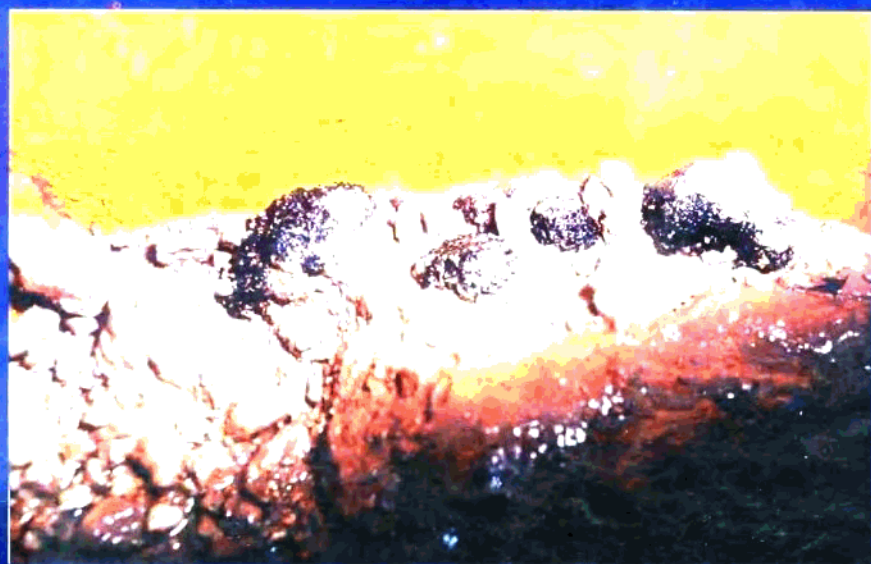




东太平洋 多金属结核矿床地质

陈圣源 杨胜雄 朱克超 李振韶 等著
刘方兰 曾瑞坚 何高文 张顺枝



地质出版社

登录号	99917
分类号	P618-208
种次号	001

东太平洋多金属结核矿床地质

陈圣源 杨胜雄 朱克超 李振韶 等著
刘方兰 曾瑞坚 何高文 张顺枝

5917/1



200853512



地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本专著是地质矿产部“海洋四号”船在东太平洋我国开辟区东区西块进行多金属结核资源勘探(DY85-3航次)成果的总结,书中详细地阐述了勘探区内水文气象、地形地貌、地球物理场特征,通过对古生物、古地磁、沉积物成分及力学性质的分析,概括了沉积层序及其特征;对区内多金属结核的分布特征、矿物成分、结构构造等进行了详细论述。

本书可供海洋地质、矿产地质等专业的地质工作者及地质院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

东太平洋多金属结核矿床地质/陈圣源等著. -北京:地质出版社, 1997.7
ISBN 7-116-02328-3

I. 东… II. 陈… III. 海底矿物资源-多金属矿床, 结核-研究-太平洋 IV. P744

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 11437 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:肖叶 周继荣

责任校对:关风云

*

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: 13.125 图版: 10 页 字数: 307 000

1997 年 7 月北京第一版·1997 年 7 月北京第一次印刷

印数: 1—350 册 定价: 35.00 元

ISBN 7-116-02328-3

P·1745

序

资源、人口、环境是当前人类生存与发展面临的三大问题。随着陆地矿产资源的日趋减少，开发国际海底矿产资源将是大势所趋。国际海底作为人类尚未开发的宝地和正在形成的高新技术领域之一，已经成为各国的重要战略目标和竞争焦点。中国是个海洋国家，是个发展中国家。我国通过积极参与这一领域的勘探开发活动和有关的国际事务，打破了西方国家对“人类共同继承财产”的垄断，促进国际海底资源开发制度建立的公正性和合理性，维护了我国开发国际海底资源的应有权益。

大洋多金属结核资源的勘探开发显示出长远的战略意义：政治上维护了我国开发深海资源的应有权益，提高了国际地位；经济上开辟了金属资源的新来源，为我国国民经济的可持续发展弥补了部分金属的需求；技术上能促进我国深海采矿高新技术产业的形成与发展。正是基于此，国家对大洋多金属结核资源研究开发工作十分重视，将其列为国家长远发展项目。在中国大洋矿产资源研究开发协会的组织指导和兄弟部门的参与协作下，地质矿产部广州海洋地质调查局圆满完成了我国开辟区的 DY85-1、DY85-3 两个航次的综合勘查任务。在困难大、条件差、高风险的环境下，广大科技人员和船员发扬了拼搏奉献、科学求实的精神，以国家利益为重，坚持长时间海上工作，团结协作，勇挑重担，保证了“八五”勘探目标的如期实现。这次出版的专著是在对 DY85-3 航次勘探所获大量样品观察测试和化验分析，对多种地球物理数据处理解释的基础上编写出来的。成果质量很高，专家评定为达到国际先进水平。为此，向为国家深海矿产资源勘查事业作出重要贡献的海洋地质工作者和广大职工致以崇高的敬礼。

该专著突出地表现出这么几个特点。第一是依靠科技进步。我国大洋多金属结核的普查工作较西方发达国家晚了 20 年。我们能按照总体部署及时地向联合国提出先驱投资者申请，靠的就是社会主义制度和采用先进的勘查高新技术。1994 年我国引进了多波束测深系统和深海拖曳观察系统，合作开发了 6000m 水下多金属结核观察系统，研制了海底照片的微机判读处理及地质解释技术、多频探测数据处理技术等高新成果。它们在 DY85-3、DY85-4 和 DY85-5 航次中的应用，带来了高质量、高效率和高效益。同时，在 DY85-3 航次期间，实现了我局同国际海底金属联合会，简称“海金联”（IOM）共同完成地学生态剖面的调查和互派科学家的协议。第二是勘查和科研的密切结合。这是我们一贯坚持而且行之有效的原则。基础地质研究项目与勘探工作密切的结合，为勘探工作提供了指导和依据。各专题从不同方面探索的结核分布规律，丰度、品位变化规律及结核成因，探讨的矿区评价、资源量计算新方法，以及勘探网布设、勘探技术方法等方面科学、合理的建议，提高了勘探技术水平。第三是成长起一批事业心强、业务精、作风好的跨世纪骨干人才。他们是该书的主要执笔人，既熟悉海上作业，又精于室内资料的整理和分析。从他们身上我看到了大洋地质事业的兴旺发达。

发展我国深海矿产资源的勘查开采技术，进而形成新兴的高技术产业——深海矿产资

源开采业，是一项跨世纪的工程。我们坚信，这个目标一定要实现而且一定能实现。由于起步较晚，我国多金属结核的开采技术水平估计落后于发达国家 20 年左右；但我们前期基础工作已打下了资源研究开发的良好基础，面对这样技术密集，并将带来巨大经济效益的高新技术产业，我们必须摆在战略的高度去对待它。我们任重而道远。“九五”期间地矿部仍将承担几个航次的调查和研究任务。希望广州海洋地质调查局的同志们戒骄戒躁，踏踏实实，团结协作，精益求精，以更高的质量、更优秀的成果、更新的精神风貌去迎接新世纪的到来。



1997 年 1 月 8 日于广州

前 言

国外对大洋多金属结核的研究已有 100 多年的历史,积累了丰富的资料。我国对大洋多金属结核调查研究开始于 80 年代初,十几年来已取得了令人瞩目的成就。“七五”期间,共进行了八个航次的调查,圈定了 30 万 km^2 的富矿区,1990 年我国大洋资源开发研究协会向联合国海底管理委员会提出了申请,1991 年 3 月获得批准,成为“先驱投资者”,在东太平洋 CC 区拥有了 15 万 km^2 的开辟区;“八五”期间又对 15 万 km^2 开辟区进行了四个航次的勘探,完成了 30% 的区域放弃。通过上述工作,大大加速了我国大洋资源调查勘探的进程,维护了我国在国际海底的权益,促进了我国海洋地质科学的发展,为大洋多金属结核矿床研究积累了丰富的宝贵资料,标志着我国海洋地质工作进入了一个新时期。

本书是根据 1994 年地矿部“海洋四号”船实施的 DY85-3 航次勘探所取得的水深、重、磁、地震、地质取样等资料综合分析,归纳总结出的地质成果编写的。该航次首席科学家是张国桢,船长王书伦。我们衷心感谢“海洋四号”的全体调查人员。他们为本书提出了丰富的原始资料,付出了艰苦的劳动。

本书共分九章,参加编写的人员有:陈圣源(第一、二、九章,第六章第一节),杨胜雄(第八章),朱克超(第七章第一至第七节),陈玄武、朱克超(第七章第八节),张顺枝(第三章第一节),曾瑞坚、陈宗胜(第三章第二节),何高文(第三章第三节、第六章第二节之二),刘方兰(第四章),梁东红(第五章第一、二节),王公念(第五章第三节),陶军(第六章第二节之一),李振韶(第六章第二节之二、三、四、五),李奕(第六章第二节之六),最后由陈圣源、杨胜雄统稿,图件由韦东菊、莫月珍清绘,参加本书编写的其他工作人员还有朱本铎、林日寿、梁劲、杨世苇、肖佳才等。

定位图版数据由第二海洋地质调查大队导航队提供,蒋青吉编写了文字说明;水深及重磁资料处理由第二海洋地质调查大队计算解释中心完成,刘德海编写了处理报告;样品分析化验由广州海洋地质局测试中心、广东省地矿局中心实验室、地科院矿床所等单位完成,在此一并致谢。

感谢广州海洋地质调查局总工程师陈邦彦教授为本书作序。广州海洋地质调查局及第二海洋地质调查大队领导及生产技术管理部门给予了大力支持和关怀,才使本书得以问世。在此,作者深表谢意。

由于大洋多金属结核矿床资源勘查研究是项全新的工作,加上作者水平有限,书中难免存在错误之处,欢迎读者指正。

作 者

1996 年 12 月 8 日

目 录

序	
前 言	
第一章 概况	1
第一节 概述	1
第二节 勘探区概况	1
第二章 勘探方法及质量评述	5
第一节 概述	5
第二节 勘探质量和定位精度	8
第三章 水文气象特征	12
第一节 气象特征	12
第二节 水文特征	17
第三节 海水化学特征	23
第四章 地形地貌	31
第一节 地形地貌分区原则	31
第二节 地形地貌分区及其特征	31
第五章 地球物理勘探成果	42
第一节 地震勘探	42
第二节 重力勘探	47
第三节 磁力勘探	55
第六章 区域地质及矿区地质	64
第一节 区域地质	64
第二节 矿区地质	67
一、表层沉积物	68
二、柱状沉积物	82
三、沉积环境分析	142
四、沉积物的工程性质	143
五、火山活动特征	146
第七章 多金属结核矿床特征	149
第一节 外部特征和类型	149
第二节 产状与分布特征	150
第三节 内部构造	155
第四节 矿物组成	156
第五节 化学成分	165

第六节 结核的生长速率	175
第七节 结核的丰度与覆盖率	176
第八章 资源量计算	182
第一节 计算采用各种指标的依据	182
第二节 计算方法的选择及其依据	183
第三节 计算主要参数的确定	186
第四节 矿块圈定原则	187
第九章 结论	188
主要参考文献	190
英文摘要	191
附录	193
图版说明及图版	195

第一章 概 况

第一节 概 述

为落实国务院国函(1990)28号文精神,大洋资源开发研究协会(以下简称大洋协会)提出了《大洋多金属结核资源研究开发“八五”计划》。该计划要求“八五”期间在我国15万 km^2 的开辟区内,达到圈定约10万 km^2 的勘探富矿区和初步确定可能的矿址的目标。要对开辟区内多金属结核资源做出评价,需要四个航次勘探。我部承担了二个航次的勘探任务。遵照大洋协会(1991)029号文要求,已由我部“海洋四号”船于1992年圆满完成了DY85-1航次勘探任务;1994年,根据大洋协会(1993)034号文《关于下达1994年勘探任务的通知》中,我部“海洋四号”船实施DY85-3航次勘探任务,即完成我国开辟区东区西块 $143^{\circ}07'30''$ 以西约50070 km^2 面积的勘探工作。比原计划增加10300 km^2 勘探面积,比DY85-1航次勘探面积增加了14920 km^2 ,工作量增加42.4%。

为继续完成“八五”的总目标,力争圈定出约3.3万 km^2 的勘探富矿块提供可靠依据和坚实基础资料,达到进一步查明区内多金属结核分布规律和地质环境特征的目标。该航次具体任务如下:

1. 通过地质取样、海底照相、多频探测和其它地球物理方法的调查,以及对采集样品的测试分析,查明多金属结核类型、形状、丰度、覆盖率、品位及其分布规律;并计算出结核资源量。

2. 通过较详细的测深资料,查清区内地形、地貌特征,探索区内结核分布(丰度、品位变化)与宏观、微观地形地貌、水深的关系;并依照调查精度,圈出坡度大于 5° 的地形障碍物。

3. 采集足够的沉积物样品,弄清区内沉积物类型、结构、分布特征及其工程地质特征。

4. 通过观测和收集,获得区内水文气象资料、地质地球物理资料,基本了解区内水文气象及地质环境特征。

第二节 勘探区概况

一、勘探区位置

勘探区位于东太平洋海盆西部,夏威夷群岛东南海域。其地理坐标大致为 $7^{\circ}22'30''\sim 10^{\circ}00'N$; $148^{\circ}53'30''\sim 143^{\circ}07'30''W$ 范围内,区内面积约为50070 km^2 。勘探区中心距希洛港约1750km,距火奴鲁鲁港约2050km(图1—1)。

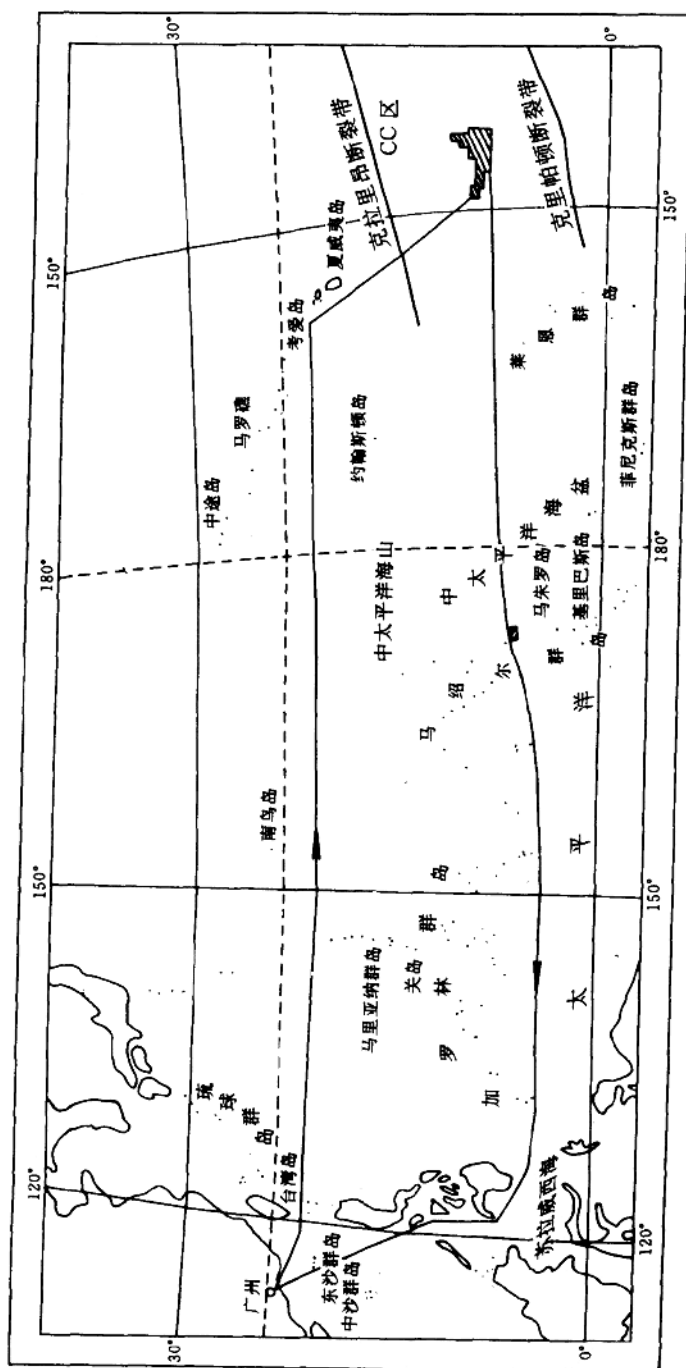


图 1-1 DY85-3航次勘探区位置图

二、前人地质工作评述

早在 1872 至 1876 年,英国“挑战者”号船环球考察时,在大西洋底首次发现了多金属结核。继这一历史性的发现后,一些国家在各大洋考察时都有发现。但 20 世纪 50 年代之前,对多金属结核只停留在探索阶段,原因是相当一段时间人们一直没有真正认识多金属结核的经济价值,加上结核勘探和开采技术要求较高,当时难于实现。60 年代后随着科学技术和工业的高速度发展,矿产需求量日益增高,而陆地的金属矿产迅速消耗,可以预料早晚有枯竭的时候。为了工业和科学技术的持续发展,各国不得不把眼光由陆地转向海洋。为此,美、英、日、法、联邦德国和原苏联等先进工业国在中、东太平洋进行了有计划大规模的调查,发现了 $7^{\circ}\sim 15^{\circ}\text{N}$ 、 $114^{\circ}\sim 158^{\circ}\text{W}$ 及 $7^{\circ}\sim 14^{\circ}\text{N}$ 、 $165^{\circ}\sim 180^{\circ}\text{W}$ 之间的深海区为多金属结核富集带。从 1970 年到 1980 年陆续圈定了富矿区。经过大量调查研究,现已基本上了解了多金属结核的分布与地形、沉积物类型、底流、生物生产力带、水深、古海洋环境条件、构造及火山作用的关系;多金属结核分类、化学成分和矿物组成;多金属结核的生长速率及形成机理;多金属结核的形成、一般赋存规律和区域变化特征。这些成果已反映在大量研究报告、论文、专著和调查报告中,但许多方面的研究有待进一步深化。如多金属结核的形成时代及其生长历史,结核的形成与沉积史之间的内在联系,结核类型区域变化、分布规律与结核生长史、沉积史、地质构造演化史等之间的关系。

通过大量调查还发现了富钴多金属结壳、多金属软泥、块状硫化物矿床等一些新的深海矿产资源。随着调查方法日臻先进,有些国家已开始了试验性的开采,对富钴锰结壳、硫化物矿床等资源调查方兴未艾。

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庭筹备委员会提出勘探和开采的申请和登记。

20 世纪 60 年代以来,在太平洋海域进行了多个航次的深海钻探(DSDP)和研究工作,对查明区内地层层序及时代和研究板块构造理论都起了重要作用。

我国开展大洋地质科学调查起步晚,较美、日、原苏联等国迟了 20 年。1983 年国家海洋局首次派船到中太平洋海盆东部进行了试验性调查。1986 年地矿部“海洋四号”首航太平洋,开始了国际海底资源调查。“七五”期间,我国在太平洋中部 CP 区和 CC 区,进行了八个航次调查,调查面积 200 万 km^2 以上,圈定出 30 万 km^2 的富矿区,并于 1990 年 8 月 22 日,我国向联合国海底管理局筹委会递交了《中华人民共和国政府要求将中国大洋矿产资源研究开发协会登记为先驱投资者的申请书》,1991 年 3 月 5 日获得批准。

在本航次勘探区内,前人也已作过不少调查研究工作。国家海洋局“七五”期间在区内东北部按 $15^{\circ}\times 15^{\circ}$ 测网进行了 17 个测站的地质调查和一些相应的水深及地球物理测量;我部“海洋四号”船在区内作了 57 个测站的地质调查和地球物理测量。所获得的资料表明,区内结核丰度较高,平均达 $6.34\text{kg}/\text{m}^2$,平均品位 2.80%,并圈定了远景矿区。对区内地形地貌、沉积物类型、结核类型、分布特征等均作了研究和了解。但由于测网较稀,难于对区内地形地貌、结核分布作详细的划分,也未能将地形复杂区域从矿区内完全剔除掉,本航次勘探已弥补了这些不足。

通过调查和研究，使我们对太平洋中部海区的地形地貌，重磁场特征，地层层序，基底起伏，近代沉积物类型、时代、分布，多金属结核的生成环境，赋存规律及结核类型、丰度、覆盖率、品位等都有所了解；为我国开展海洋地质学、地质构造学、古海洋学、古气候学、海洋矿产学、深部地质理论等海洋地球科学研究提供了极有利条件和大量的宝贵资料，取得了一批接近和达到世界水平的成果。这标志着我国在国际海底矿产资源调查领域跨进了世界先进行列。

“七五”期间虽取得了可喜的成果，但与美、日、法、原苏联等先进工业国相比，我国在调查网度、精度和技术方法、设备方面都有较大差距。因此，“八五”期间任务更加艰巨，围绕“八五”总目标，需进行四个航次勘探，DY85-1是在我国开辟区内首次执行勘探任务。DY85-3是继DY85-1航次之后又一次执行勘探任务。

第二章 勘探方法及质量评述

第一节 概 述

本航次属勘探第一阶段工作, 调查比例尺为 1:50 万, 定位中误差小于 100m。

一、测站、测线的布设

勘探区内地形、构造走向为近东西向, 按照测线布置垂直构造走向的原则, 故测线方位为 S-N 及 E-W 向。根据大洋调查规范及大洋协会 (1991) 029 号文有关规定要求: 测站间距为 $7'30'' \times 7'30''$, 测线网度为 $3'45'' \times 3'45''$ 。由于地形、丰度、品位变化, 考虑到设备的安全, 个别站位作了局部移动。本航次测站编号为 5501 至 5813 号, 测线编号: 主测线从 01 至 91, 联络线从 L01 至 L41。

二、地球物理调查

(一) 多频探测

多频是本航次最重要的快速探测多金属结核的手段。全系统包括 MFES-100B 处理机 (日本住友公司产)、3.5kHz 浅层剖面仪和 12kHz 万米测深仪 (美国 Ratheon 公司产)、24kHz 窄波束测深仪 (美国 Odom 公司产)。工作时, 船舶以 10 节^① 左右的速度走航。装在船底 (3.5kHz 换能器外面的钢板换成了透声有机玻璃) 或拖在船尾的传感器向海底发射声波脉冲信号并接收回声信号, 3 个频率的测深 (剖面) 仪将这些模拟信号直接传输给处理机。处理机采集各个频率的声压变化数据, 根据经验公式换算成当地的结核粒度和丰度值, 实时打印结果, 同时以数字方式记盘。地质取样的实际粒度、丰度值可以在工作中输入, 用以校正经验参数, 修订结果, 也可留待后处理时输入校正, 重新计算结果。

(二) 水深测量

为了揭示海底地形、地貌, 需作水深测量。采用 Raytheon (12kHz) 万米测深仪连续进行。工作航速最大 16 节。模拟资料由记录仪打印在电敏记录纸上, 数字显示记录在 ISAH 综合卫星导航系统 (后述) 的磁带上, 通过微机现场进行解编, 绘出地形图 (草图)。

(三) 重力测量

利用 KSS-5 型海洋重力仪 (德国 Bodenseewerk 公司产) 进行测量, 与测深同时工作, 最大航速 16 节。测量结果除了获得双道模拟曲线外, 数字资料记录在 ISAH 系统磁带上, 待室内解编处理。为了保证重力测量精度, 除对比广州码头和火奴鲁鲁港 2 号码头的 IGSN71 系统重力基点外, 在马朱罗港和希洛都建立了重力基点。

(四) 磁力测量

① 1 节 = 1852m/h。

所用仪器为 G801 型海洋磁力仪（美国 EG & G 公司产）。工作时，传感器由 270m 长的电缆拖在船尾，以 10 节左右速度走航，模拟资料由笔型记录仪记录，数字显示记在 ISAH 系统磁带上。

（五）地震勘探

本航次仅进行了单道地震测量。设备配套庞杂，主要有 NEC-20C 单道剖面仪（日本产）、DFS-IV 数字地震仪（美国组装）等。工作航速 6 节，电缆偏移距 243m，放炮间隔 15s，炮间距 50m。资料以模拟方式记录，记录延迟 5s，记录长度 4s。炮号以数字方式记录在 ISAH 系统磁带上。

（六）深海照相

1. CI800 型海底照相系统，由英国 Camera Alive 公司生产，用于探明海底多金属结核的赋存状态。全系统由照相机、闪光灯、声脉冲发生器、直流电源和同步控制器组成，每站位最多可连续拍摄 800 张 135 彩色胶片。照相机镜头离海底 3m，每张胶片画面最大可覆盖 $3.9\text{m} \times 2.6\text{m}$ 的海底面积。用钢缆、万米绞车收放，全过程配合海底拍照。船上配有自动彩色冲印系统，可随时将拍摄的胶片冲印出彩照，以供分析解释及求结核覆盖率、丰度等。

2. 4201 改进型自返式照相抓斗，由美国 Benthos 公司生产。将袖珍 135 相机固定在高压密封罐中，再装在改装过的 42001 型自返式抓斗上，每次取样着底前触发一次照相，可拍摄的最大海底面积为 $2.1\text{m} \times 1.4\text{m}$ 。操作简便，但每站位只能拍照一张，一旦失败，无法补救。

三、地质勘探

地质调查包含地质采样和温度、盐度、深度及海流测量。这些工作在测站以漂泊方式进行。

（一）无缆地质采样

1. 4201 型自返式抓斗，由美国 Benthos 公司生产，是获得多金属结核的最主要设备。该设备取样面积为 0.2m^2 。投放时张开取样网，用压载物（铁砂）使其沉入海底，到底后，自动触发装置即合拢取样网，同时释放压载物。靠浮球的作用，取样器及网中样品被带回水面。靠导航定位、人工打捞回收。每个测站工作约需 3 个小时（水深 5000m 左右时）。每站投放 3 个，投放间距约 10min。

2. 仿 1890 型自返式重力取芯器，内芯组成为 Benthos 公司所产，外壳组成由二海实业有限公司仿制，用于采集海底柱状沉积样品。此设备取芯直径长度 1.22m。其工作原理与 4201 型自返抓斗相似，每次工作时间为 2~2.5h，但要在夜间施工，靠导航定位及闪光灯辅助寻找，人工回收。

（二）有缆地质采样

1. MYZ 型箱式取样器，为国家海洋局二所（杭州）产品，用于采集不受扰动的海底沉积物样品，取样面积为 0.25m^2 。该取样器必须用钢缆连接，用万米绞车投放和回收，由声脉冲发生器确认着底。

2. 大洋 50 型抓斗，为中国科学院青岛所产品，由地矿部第四海洋地质调查大队修配厂改装。此种抓斗取样面积为 0.25m^2 ，用于采集海底沉积物样品，但样品往往受到扰动。

投放与回收的设备与方法基本同箱式取样器，只因重量略轻，操作稍简便。

3. 2450 型大型重力活塞取心器，由美国 Benthos 公司生产。该设备比较笨重，仅重锤就重达 816kg，收放方法复杂、繁重且危险。为保证施工安全，要求在海况良好，万米绞车、钢缆和两台辅吊工作状态正常，现场人员精神高度集中的情况下进行。该设备取心直径 7.3cm，最大取心长度可达 15.2m。由于我船工作面有限，只能安装 9m 样管，故取样长度最大为 9m。

4. 拖网，由地矿部第二海洋地质调查大队设计、四海修配厂制造，用于海底拖曳采集多金属结核和岩石。网口尺寸 1.2m×0.6m，钢质。网身为双层尼龙绳制，网眼 1.5cm 见方，长 2m 左右。网尾固定一重锤，以维持网身伸展装填状态。拖曳及收放均靠万米绞车、钢缆进行，必要时船舶配合以低速移动。

(三) 温盐深测量

采用 MARK-III 型温盐深仪 (EG & G 公司产) 进行。其观测对象是海水温度、盐度、深度、电导率、pH 值、溶解氧、声速和密度的连续垂直分布值，实时记盘。另外，此仪器还可选择 12 个不同深度的水层采集水样。用 6500m 电缆绞车作业和收放探头，在测站漂泊施工。

(四) 海流测量

采用 RCM-8 型海流计 (挪威安德拉公司产)，可测量海底及表层流的流速与流向。

此外，本航次还新安装上 Seabeam-2112 多波束测深系统，可获得海底地形资料，绘出相应地形图，但本航次只进行了系统试验与调试。

四、现场观测与测试

(一) 气象观测

包括仪器接收、测定和目测。气象传真仪接收美国、日本、中国气象台发射的气象资料和卫星云图。观测项目为能见度、天气现象、云、风、气压、温度、湿度、海浪等海面气象要素。这些观测均依照规范进行，每日 4 个时次，班报记录。

(二) 现场观测和测试

现场观测指对样品的整理、定性鉴定、定量测试等，包括编录、描述和照相、涂片鉴定、简易化学分析、X 射线荧光光谱分析。

样品是最宝贵的地质实物资料。对所有样品均按规范进行了编录、描述、照相和处理，包装储存。

对多金属结核要按大小形态分类，称重、描述、取样、粒度测量、丰度计算、覆盖率简易测定以及照相。采用 SZ-I 同位素 X 射线荧光分析仪测定样品中 Mn、Fe、Cu、Co、Ni 元素含量，以满足现场资源评价之需。

对沉积物进行了表层温度、十字板抗剪强度、pH 值测量，称重、照相、包装储存、描述及涂片观察。在镜下作了矿物、古生物鉴定，以判定沉积物类型及年龄。对岩石要称重、描述编录、肉眼定名。

对沉积物、间隙水、表层水、底层水以及不同深度的水样，分析了 pH 值、 E_h 值、总碱度、盐度、氯化物、溶解氧、氧饱和度、化学耗氧量、硅、磷、硝酸根、亚硝酸根、三价铁、二价铁、高低价铁比值等项目。

现场作微生物培养，为探讨结核成因开拓了思路。

第二节 勘探质量和定位精度

根据技术规范要求，各专业组对所获得的原始资料进行了 100% 自检，初步划分出等级。再由调查部长进行了全部复核，最后由首席科学家及助理们进行了总的质量检查评述。返穗后，受中国大洋协会委托，由广州海洋地质调查局负责组织了由地矿部海洋办公室、青岛海洋地质所、地科院、广州地质局及所属研究所、第二海洋地质大队、大洋协会、国家海洋局第二海洋研究所及信息中心等单位的 16 位专家和代表的联合验收组，对调查资料进行了全面的、严格的检查、验收。验收工作于 1994 年 12 月 1~2 日在“海洋四号”船上进行。验收组对本航次的调查资料质量表示满意，认为调查符合规范要求，同意“海洋四号”质量自检报告结论，予以验收，并希望尽早归档以供使用。

一、调查资料质量评述

(一) 综合地球物理调查和海底照相

本航次所取得的海洋综合地球物理原始资料可靠，大多数为优秀级，详见表 2—1。

表 2—1 地球物理测量质量评价

调查项目	完成工作量	质量自检评价		备 注
		合 格	不合格	
多频探测	13492.5km	91.1%	8.9%	
水深测量	13492.5km	98.3%	1.7%	
重力测量	7082.7km	100.0%		
磁力测量	2074.3km	100.0%		
单道地震	1681.7km	100.0%		
海底单次照相	258 站	74.8%	25.2%	193 个站成功
海底连续照相	8 站			实拍 485 张，有效 278 张，有效率 57.3%

每项调查的测量精度，即测量的准确度一般以主测线与联络测线相交点的测量差值来衡量。经内业计算处理，求出的各项测量的均方误差如表 2—2 所示。

表 2—2 重磁及水深测量均方误差统计表

项 目	均 方 根 误 差		备 注
	调 平 前	调 平 后	
水深测量	46.25	15.20	
重力测量	2.41	1.39	
磁力测量	18.18	3.61	

由表可见，水深、重力、磁力测量其精度均能满足调查规范要求，只是磁力测量未做

日变改正,精度稍差一些。本航次单道地震剖面记录信噪比高,均能分辨出层次及基底波组;多频探测资料由于3.5kHz记录干扰背景大,致使有些剖面较模糊,但处理时注意了A、B参数的选择,据387个测站丰度值的对应统计,其相关系数为0.722,由此表明,多频探测结果可反映出结核分布的区域概貌。

单次海底照相成功率74.8%,需总结经验后改进;连续海底照相有效率57.3%,图像清晰。

(二) 海洋地质取样质量

该航次地质采集质量详见表2—3,其中温度、盐度、深度(CTD)系统测量精度较高,电导率平均偏差 $\pm 0.5\text{mS/m}$,温度平均偏差 $\pm 0.005^\circ\text{C}$,压力平均偏差 $\pm 10^4\text{Pa}$ 。并且出海前,仪器空运天津国家海洋计量中心进行了检定。

表 2—3 地质采样及 CTD、海流测量成功率

项 目	采样次数	成功率/%	备 注
自 返 抓 斗	937	97.8	丢失 18 个, 3 个提前出水
有 纜 抓 斗	42	90.5	4 次未取到样品
箱 式 取 样	5	75.0	
大型重力活塞取样	3	100.0	
自返重力取芯	15	80.0	
拖 网	5	100.0	每次拖获结核但数量不足
CTD 测 量	12	100.0	
海 流 测 量	8	100.0	

(三) 现场测试和室内测试质量

各项测试均按规范要求进行,测试仪器设备先进,方法正确,数据可靠,都编写了专门的测试结果报告,有的经内控和外检,并经过承担测试中心负责人严格审核,对质量都进行了评价。在此不再赘述。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 30880E3 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 自动压样机,自动冷却循环系统。

采用铱靶 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、铜元素用铱靶 Rh-Kd 康普顿线为内标。

样品处理的方法是,将具有代表性的约 50g 原样,在红外灯下,于玛瑙研钵中进行压碎,研磨至 0.177~0.149mm (80~100 目) 时分取约 10g 继续磨至 0.074mm (200 目),盛于特制的铝皿中,在电动压力机上以 15t 压力制成样饼,然后上机进行分析测量。

2. 分析质量评述

在 DY85-3 航次多金属结核样品分析过程中,用国家标样 GSPN 作为监控,几乎每天监控一次,结果全部合格。并采用 GSPN 国家推荐的标准值计算其方法的准确度,计算结果如表 2—4 所示。