

多金属结核资源 勘查阶段划分 及相应勘探方法

张伯普 朱克超 葛同明 著



地质出版社

多金属结核资源勘查阶段划分及 相应勘探方法

张伯普 朱克超 葛同明 著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书系统地介绍了国际海底资源勘探概况、我国开辟区多金属结核资源地质条件、国内外对结核资源的调查设备与调查方法；在此基础上，提出了我国多金属结核勘探阶段的划分方案，为制订大洋多金属结核勘查规范提供了依据。

本书可供从事海洋地质、海洋矿产研究与勘查的科技人员及相关人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

多金属结核资源勘查阶段划分及相应勘探方法/张伯普等著. -北京:地质出版社, 1998.4
ISBN 7-116-02560-X

I. 多… I. 张… III. ①海洋资源-锰结核-地质勘探-研究-中国②海洋资源-锰结核-资源开发-研究-中国 IV. P618.320.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 07027 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:周继荣

责任校对:王迎华 王 军

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: 4.5 图版: 1 页 字数: 100 000
1998 年 4 月北京第一版·1998 年 4 月北京第一次印刷
印数: 1—300 册 定价: 12.00 元

ISBN 7-116-02560-X
P·1888

(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)

前 言

大洋底赋存着极为丰富的矿产资源。自从 1873 年在大西洋底首次发现多金属结核以来,经过先驱者一个多世纪的调查、研究与探索,逐步了解了多金属结核的成分及其资源价值。迄今,多金属结核资源是已被发现的储量最大、最具经济前景的深海矿产。美国、原苏联、日本、法国、原西德等发达国家从 60 年代起就先后开展了大规模的大洋底结核矿产资源调查、研究。70 年代,各国竞争达到高潮,并且都集中在东北太平洋海盆 CC 区结核富集带。至 70 年代末,各国的勘查工作基本结束,CC 区中的富矿区已被基本占据和瓜分。

1982 年 4 月通过的《联合国海洋法公约》规定:国际海底资源是人类共同的可继承财产。为此,联合国成立了国际海底管理局,管理国际海底资源的勘查与开发,建立国际海底多金属结核资源勘查开发登记制度,并在公约生效前,各国可以申请登记为“先驱投资者”,同时获得 15 万 km^2 面积矿区的勘探和开发权。面对争夺国际海底矿产资源的严峻形势,为维护我国在国际海域矿产资源的权益,80 年代初期,我国有关部门开始实施了大洋资源调查计划。国家把多金属结核勘查列入“七五”计划后,大洋结核资源调查任务由国家海洋局和地质矿产部共同承担。经过 5 年 6 个航次的调查,在东北太平洋海盆 CC 区的西南部圈出了 30 万 km^2 的富矿区。大洋协会代表国家向联合国提出申请,于 1991 年 3 月被批准为先驱投资者,使我国成为继印度、日本、原苏联、法国之后的第五个先驱投资者。

我国锰、铜、钴、镍等矿产资源已探明的储量,虽然在世界上占有一定的位置,但人口众多,矿产资源人均占有量远低于世界人均水平。我国锰、铜、钴资源长期短缺,需要进口,矿产资源形势严峻。据统计(严铁雄,1992),我国开辟区内,结核资源中所含的有价金属资源量与国内现有储量比,锰接近 1/3,且品位高出几个百分点;铜占 1/10,钴高出两倍,品位达到我国富矿统计标准;镍相当于现有储量,品位大于 1%。经试验,结核选冶效益明显高于陆地矿产。由此可以看出,开辟区可为我国现代化建设增添后备资源。

海底采矿是一个复杂的系统工程。由于采矿方法未完全解决,致使商业性开采至今尚未进行。我国起步晚,目前正处于研制试验阶段。当前,最重要的任务是按照联合国的规定,在先驱投资者登记 8 年届满后交回开辟区面积的一半(7.5 万 km^2)给国际海底管理局,恢复为国际区域;同时,在我国取得开发权的 7.5 万 km^2 矿区中提高勘探程度,以满足矿山建设设计需要。如何在前期区域调查的基础上进行普查勘探,为矿山建设设计提供可靠的地质依据,这是需要研究的重要内容。在已取得勘查成果基础上,借鉴国外的经验,根据我国开辟区矿床的特点,提出勘查阶段划分方案及相匹配的勘探方法,这对今后的勘探工作是十分有益的。

通过研究我们认为:

(1) 我国用于调查的勘探设备都是 80 年代引进的,具有一定的先进性,加之有先行调查国家的经验借鉴,因此,我国只用了 5 年的时间就完成了申请区的调查。在调查阶段,勘查方法、勘查手段及所取得的成果均与先行国家基本相当,而我们的勘查时间却大为缩短。

(2) 进入开辟区普查阶段,初期的勘探手段还是基本沿用调查阶段的,只是对矿区进行了加密勘查。虽然对结核矿区的丰度、品位及分布和对地形地貌特征的认识取得了进展,但还是停留在宏观认识上。“八五”后期,大洋协会引进了具有90年代水平的高精度的关键勘查系统——多波束回声测深系统(Sea Beam)和深拖系统。虽这些系统早已在先行国家中应用,但它们用的都是初期产品,其性能、精度和勘查速度等已大大落后于90年代产品。由于这些勘查系统可进行精细地形地貌调查并现场成图、测制微地形地貌、测量浅层沉积物分层和厚度、海底电视录像和照相等。因此,Sea Beam和深拖系统是勘探阶段主要使用的勘探设备。至此,我国进行多金属结核勘探所必须具备的勘查手段已基本满足要求,再加上“八五”期间技术方法的研究成果,使勘探方法日趋完善。在不同的勘探阶段,正确地使用这些勘探手段,其最终勘探成果是完全能够满足矿山建设设计的要求的。

(3) 应用克里格法评价不同勘查阶段矿区结核参数及资源量表明:从变程参数的变化看,开辟区中结核品位的变程大于丰度的变程,说明前者的变化要比后者稳定得多;如果在勘探网度上能控制丰度的变化,就能控制品位的变化。在区域调查阶段的采样网距和普查阶段加密的采样网距,均未能控制丰度的变化。在下一个阶段的勘查中,应有选择地加密采样网距,了解丰度变化的实际变程,以确定下一个阶段的采样网距。通过资源量的计算和与传统计算方法(如标准差法)比较,其总储量差别不大。应用普通克里格法计算的块段误差,区域调查阶段多为50%~60%,普查阶段多为20%~30%,说明两阶段对资源量的统计,其精度是符合要求的,而且普查阶段比调查阶段的准确性有显著提高。

(4) 勘查阶段划分是按照国家对深海资源勘查要达到的总目标和各阶段的任务要求,参照联合国的有关规定,根据我国大洋地质矿产勘查的现实技术水平和手段提出的。勘查阶段划分为区域调查、普查和勘探三个大阶段;在每个阶段中,根据任务、勘查程度及选用不同的勘查手段,又可划分为若干个小阶段。

需要说明的是,本书是在大洋协会“八五”攻关课题DY-85-02-05所属DY85-02-05-06专题的研究成果的基础上编写完成的。本专题的顾问为全国矿产储量委员会总工程师严铁雄(教授级高级工程师)。参加前期工作的还有梁德华、张松举和何思力。

本专题在研究过程中,得到大洋协会、有关领导及远洋队的大力支持;在应用克里格法研究中,得到杨胜雄的指导;赵鹏大和傅家谟院士、陈毓蔚教授、金庆焕高级工程师(教授级)、周人初高级工程师、余梦迪高级工程师(教授级)、姚德和许时耕研究员对研究报告进行了评审。笔者根据专家们提出的意见进行了补充修改,在此一并致谢!

由于本书涉及的内容较广,而且开辟区的多金属结核勘查工作也只进行至普查阶段,还未取得全过程的资料和经验,难免出现缺陷和错误,敬请批评指正。

作 者

1997年6月

目 录

前 言

1 国际海底资源勘查概况	1
1.1 国外多金属结核资源勘查概况	1
1.2 我国多金属结核资源勘查概况	18
2 开辟区多金属结核资源地质条件	21
2.1 自然地理环境	21
2.2 地质构造概况	24
2.3 多金属结核矿床特征	27
2.4 海底工程地质概况	37
2.5 结核中主要元素的赋存状态及选冶试验	38
3 调查设备和调查方法	40
3.1 调查船	40
3.2 调查方法及其设备	42
3.3 导航定位系统	49
3.4 现场观察、测试及测试仪器设备	50
4 多金属结核勘探阶段划分	52
4.1 区域调查阶段（申请矿区）Ⅰ	52
4.2 普查阶段Ⅱ	55
4.3 勘探阶段Ⅲ	56
4.4 应用克里格法评价不同勘探阶段的勘探网度及资源量/储量	57
4.5 结核资源评价中的某些术语的应用与划分标准	62
5 结论与建议	63
5.1 结论	63
5.2 建议	64
参考文献	65
图版说明及图版	66

1 国际海底资源勘查概况

1.1 国外多金属结核资源勘查概况

多金属结核(以下简称结核),过去许多文献称之为锰结核。它是分布在大洋海床上的—种多金属矿产资源。结核—般由核心及围绕它的壳层构成。壳层物质由锰相矿物和铁相矿物微层与粘土矿物微层交替生长而成。壳层富含 Mn、Cu、Ni、Co,以及 Mo、Pb、V 和 Ti 等有用金属组分。

1873 年,英国“挑战者”号考察船在大西洋首次发现多金属结核。但由于测试和海上调查技术的限制,对结核的成分及其资源价值长期未被人们认识。

本世纪中叶,工业技术的飞速发展和高新技术的应用,为大洋结核的调查、研究与开发提供了技术和手段。60 年代中期,美国科学家 J. L. 梅罗估算太平洋结核储量约有 $170 \times 10^4 \text{ Mt}$,并指出其具有巨大的经济远景。同时结核至今仍在继续生长,储量还在不断增加,有人推算,其增长速率为 $6 \sim 10 \text{ Mt/a}$ 。因此,结核资源是一种“取之不尽、用之不竭”的矿产资源。这些研究成果的发表,使深海底矿产的潜在重要性逐渐被认识,而且深海底矿产资源主要是人们感兴趣的 Cu、Co、Ni 等有用金属元素。因此,许多国家对太平洋结核资源开展了调查和研究。

70 年代,对太平洋的结核调查、勘探和开发的研究达到高潮。已有的地质-地球物理调查都认为,克拉里昂和克里帕顿断裂带之间的区域(简称 CC 区)是太平洋中最好的结核富矿带。因此,大部分国家和财团的调查、勘探活动都集中在这一地区。现将几个国家的结核勘查简况分述如下。

1.1.1 美国

美国是开展结核调查、勘探最早、规模最大的国家,而且,该国的四家跨国公司已经占据了 CC 区结核富集带的最有利区块。美国从事多金属结核调查工作的特点是:

(1) 对结核进行的大规模的调查研究中,参加单位有政府机构、研究所和大学,也有大公司和企业。包括地质调查所、海洋和大气管理局、斯克里普斯海洋研究所、拉蒙特-多尔蒂地质研究所和几十所大学;从 1962 年起,又有海洋矿产公司(DMCO)、海洋管理公司(OMI)、海洋矿业联合公司(OMA)和肯尼柯特财团(KCON)等 4 家公司从事结核的调查、勘探及采矿试验。

(2) 在海洋和大气管理局成立了海洋矿物资源办公室,负责计划、协调、实施海洋矿物的开发工作。美国政府在联合国海洋法公约通过之前,于 1980 年宣布《深海底矿物开发法》生效,并批准 4 家美国公司申请结核矿区的勘探权和开发权。

(3) 由政府 and 科学基金资助,实施一系列调查、研究计划,包括对结核的成因、物质成分及金属含量、分布规律、深海采矿环境和地形、沉积物类型等内容的调查与研究。

(4) 以美国企业为主的 4 家跨国公司, 他们的工作重点是结核矿物资源调查、勘探、深海采矿试验。在结核勘查方面, 除运用常规的海洋地质采样器采集矿样和地球物理勘探的地震、磁力测量外, 还应用了快速勘探系统 (high speed exploration system, 简称 HSES)、深拖调查系统等先进仪器设备。

(5) 美国对深海结核调查和勘探已于 70 年代末基本结束, 并转为其他矿产资源的调查。

1.1.2 日本

日本是矿产资源贫乏的国家, 政府鼓励对深海结核资源进行调查、勘探和开发。日本开展结核调查和研究始于 60 年代, 由政府机构实施一系列勘查计划, 如“深海矿物资源开发基础的调查研究”、“深海矿物资源勘探基础研究”、“深海矿物资源开发研究”和“深海矿物资源地质学研究”等, 同时进行深海采矿系统的开发及“连续链斗采矿”系统的采矿试验。1974 年, 日本设立深海矿物资源开发协会, 1982 年又成立锰结核采矿系统研究所, 负责研究采矿系统和调查、选定结核矿区。日本开展结核调查的作法是“渐近勘探方法”, 随勘查测量的进展而日益提高调查的精确性^①。勘探阶段可分为概查阶段 I、普查阶段 II 和普查阶段 III (详细勘查) 三个大阶段^②。

1. 概查阶段 I

这一阶段的调查任务是研究结核的产状。本阶段又可分为 3 个小阶段。

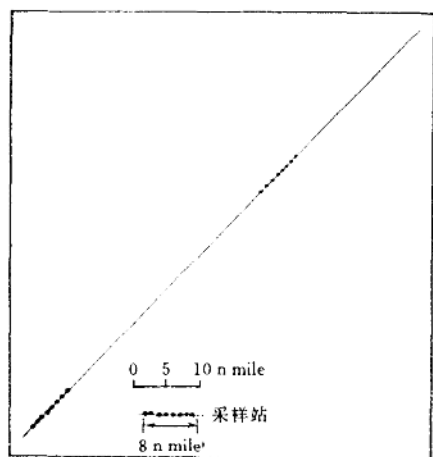


图 1-1 I₂ 阶段工程分布图

图 1-1~1-4 均引自 Svimitomo Corporation, 1988

(1) 概查阶段 I₁, 这一阶段的主要任务是搜集资料和编制各种图件, 预选可能的结核调查区, 编写海上调查设计报告。

(2) 概查阶段 I₂ (路线调查) 该阶段的任务是沿选定路线了解结核产状, 包括丰度和品位、海底宏观地形特征 (表 1-1); 方法为长剖面测深和地震/浅层剖面测量, 剖面间距不小于 120n mile^③, 测站间距 30~50n mile。每个测站由 7~8 个带海底照相机的无缆抓斗取样点组成, 取样点间距为 1n mile (图 1-1)。

(3) 概查阶段 I₃ (面积调查) 该阶段的任务是圈定地形平坦区, 了解构造地形特征, 结核类型、丰度和品位及其分布 (表 1-2), 方法同概查阶段 I₂, 测线距 10n mile, 联络线距 10~20n mile, 测站间距 20~30n mile (图 1-2)。概查阶段结束, 要求圈出进一步工作的远景区、100 m 等值线地形图、地质构造图和结核丰度图等。

① 引自“关于解决苏联、日本和法国三个先驱投资者申请登记的问题”, 地矿部海洋地质研究所情报室油印本, 1988。

② 引自锰结核勘探, 张国横据《SAMITOMO CORPORATION》提供资料翻译, 广州海洋地质调查局情报室编, 《海洋地质》1988 年第 2 期, 31~53。

③ 1n mile (海里) = 1852 m。

表 1-1 I₁ 阶段概查目的和设备

方法/仪器 调查内容	现 用 的						发展中的	附加的	
	12/30 kHz 回声测深仪	3.5 kHz 浅层剖面仪	压缩空气-地震(气枪)局 部地	带照相机无绳抓斗	铲式取样器 箱式取样器 拖网	带照相机的电视系统	INDAS-导航系统	HSES-DORNIER 深拖系统	高精度基准导航系统 水下定位系统
海底地形									
宏观地貌	✓✓								
微观地貌									
自然/人为障碍									
沉积/基底关系									
沉积厚度									
火山构造			✓						
构造							足够的		
侵入作用、露头									
结 核									
金属含量				✓					
丰度/ (kg·m ⁻²)									
覆盖率/%									
类 型									
大 小									
沉积物									
表层沉积相									
土工力学									

注: 画框部分表示必须重点解决的问题。

表 1-1~1-4 均引自 Svimitomo Corporation, 1988。

DORNIER——水下定位系统。表 1-1~1-4 均如此。

2. 普查阶段 II

普查阶段的任务是通过加密测线, 区分出与采矿可达性有关的海底地形地貌类型, 获得具有较高准确性的结核分布、丰度和金属含量(表 1-3)。方法是测深和局部地震/浅层剖面加密, 主测线间距 2.5~5n mile, 联络线间距 5~10n mile; 测站间距 5~10n mile (图 1-3)。成果资料有 25~50 m 等值线地形图, 标有沉积厚度、露头和断层的地质构造图, 结核类型、大小、丰度、覆盖率和金属含量的分布图等。

3. 普查阶段 III (详细勘查)

表 1—2 I₃ 阶段调查目的和设备

方法/仪器 调查内容	现 用 的						发展中的	附加的		
	12—30 kHz 回声测深仪	3.5 kHz 浅层剖面仪	压缩空气-地震(气枪)局	部地	带照相相机无绳抓斗	铲式取样器 箱式取样器 拖网	带照相相机的电视系统	INDAS-导航系统	HSES-DORNIER 深拖系统	高精度基准导航系统 水下定位系统
海底地形	✓									
宏观地貌										
微观地貌										
自然/人为障碍										
沉积/基底关系										
沉积厚度				✓						
火山构造				✓						
构造				✓						
侵入作用, 露头										
结 核										
金属含量					✓					
丰度/ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)					✓					
覆盖率/%										
类 型										
大 小										
沉积物										
表层沉积相										
土工力学										

注: 实线框中内容表示要重点解决的问题, 虚线框表示次要的或顺便可以解决的问题。

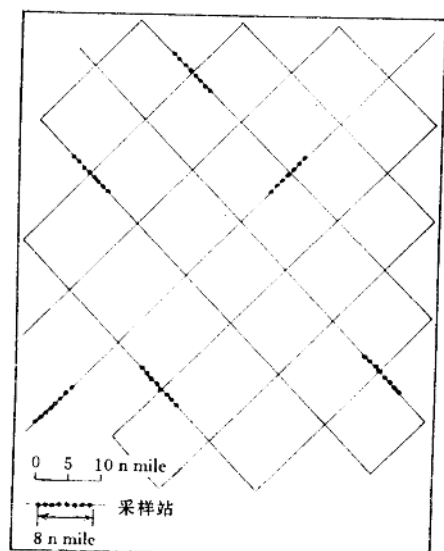


图 1—2 I₃ 阶段工程分布图

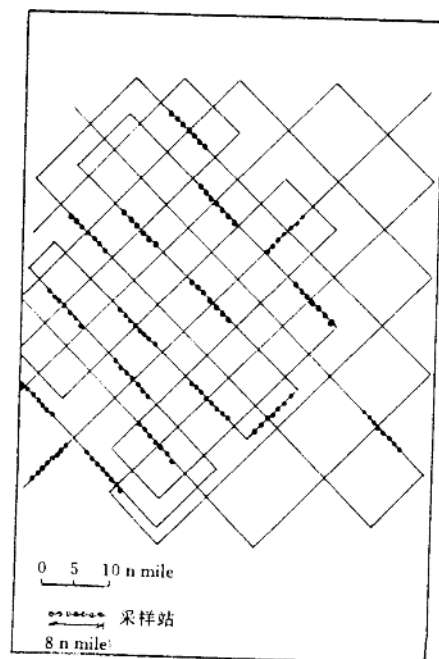


图 1—3 普查阶段 II 工程分布图

表 1—3 普查阶段 (Ⅱ) 调查目的和设备

方法/仪器 调查内容	现 用 的					发展中的	附加的	
	12/30 kHz 回声测深仪	3.5 kHz 浅层剖面仪	压缩空气-地震(气枪)局 部地	带照相机无缆抓斗 铲式取样器 箱式取样器 拖网	带照相机的电视系统	INDAS-导航系统	HSES-DORNIER 深拖系统	高精度基准导航系统 水下定位系统
海底地形								
宏观地貌	✓							
微观地貌	(✓)							
自然/人为障碍								
沉积/基底关系								
沉积厚度			✓					
火山构造			✓✓					
构造								
侵入作用, 露头			✓✓					
结 核								
金属含量				✓				
丰度/(kg·m ⁻²)				✓				
覆盖率/%								
类 型				✓				
大 小				✓				
沉积物								
表层沉积相								
土工力学								

注: (✓) 表示次要方法。其它含义同表 1—2。

该阶段的任务是圈定结核丰度和金属含量最高的最大地区, 并要求地形坡度小于 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 、障碍物数量最少 (表 1—4)。方法是电视和连续测深 (如果需要, 则进行地震/浅层剖面测量) 或用发展中的深拖系统等, 测线间距 $1 \sim 2.5 \text{ n mile}$, 测站间距 $2.5 \sim 3.0 \text{ n mile}$ (图 1—4), 每个测站由 6~7 个无缆抓斗投放点组成, 点距为 1 n mile 。每点投放两个抓斗 (其中一个带照相机, 一个不带, 两者相距很近), 并与沉积物取样管联合作业。沉积物采样 (土工学和沉积相需要) 间距 $10 \sim 30 \text{ n mile}$ (铲式或箱式)。沉积物采样点被 3 个带照相机的无缆抓斗站包围, 各站距中心约 0.5 n mile 。本阶段要求准确的导航定位 (基准导航-无线电声探, 可能的海底应答器)。本阶段结束时要求提交 10 m 等值线和障碍物标志的详细地形图, 结核丰度和金属含量等值线图, 并提供能进行经济评价的矿石储量和品位等足够数据。

表 1—4 详细勘查阶段的普查目的和设备

调查内容	方法/仪器	现 用 的						发展中的	附加的		
		12/30 kHz 回声测深仪	3.5 kHz 浅层剖面仪	压缩空气·地震(气枪)局	部地	带照相机无缆抓斗	铲式取样器 箱式取样器 拖网	带照相机的电视系统	INDAS-导航系统	HSES-DORNIER 深拖系统	高精度基准导航系统 水下定位系统
海底地形											
宏观地貌											
微观地貌		✓					✓		✓	✓	
自然/人为障碍		(✓)					✓		✓	✓	
沉积/基底关系											
沉积厚度			✓						(✓)	✓	
火山构造				顶					(顶)	(顶)	
构造											
侵入作用	露头		✓				✓		✓	✓	
结 核								不太满足需要			
金属含量											
丰度/ (kg·m ⁻²)					✓	✓	✓	✓			
覆盖率/%					—	—	—	—	✓	✓	
类 型					✓	✓	✓	(✓)			
大 小					✓	✓	✓	(✓)			
沉积物											
表层沉积相					(✓)	✓	✓	—			
土工力学					—	✓	✓				

注：“顶”指火山表面的构造形态。其它符号同表 1—1~1—3。

1.1.3 原西德

原西德是积极开展深海底矿产资源调查的国家之一,该国从事结核调查始于 70 年代初期。1972 年,成立海洋矿物原料开发公司 (AMR),由政府资助在太平洋调查面积达 4 Mkm²,并重点在 CC 区 10 Mkm² 结核富集带中选择 1.56 Mkm² (135°~155°W, 5°~15°N) 海域进行勘探 (图 1-5)。其任务包括矿石数量 (含结核产状、丰度、分布规律和储量),矿石质量 (含矿石品位、化学成分及变化、金属含量等),可采性 (含海底地形、坡度、障碍物等) 三方面。勘查手段及方法如图 1-6 所示。勘查方法是“循序渐进、逐步加密测网间距”,即由面到点,逐步缩小勘查范围,最后确定勘探区。根据不同勘查阶段的精度要求和资料、成果的匹配性,以及使用相应的最有效的调查工具,结核调查划分为勘查和勘探两大阶段。

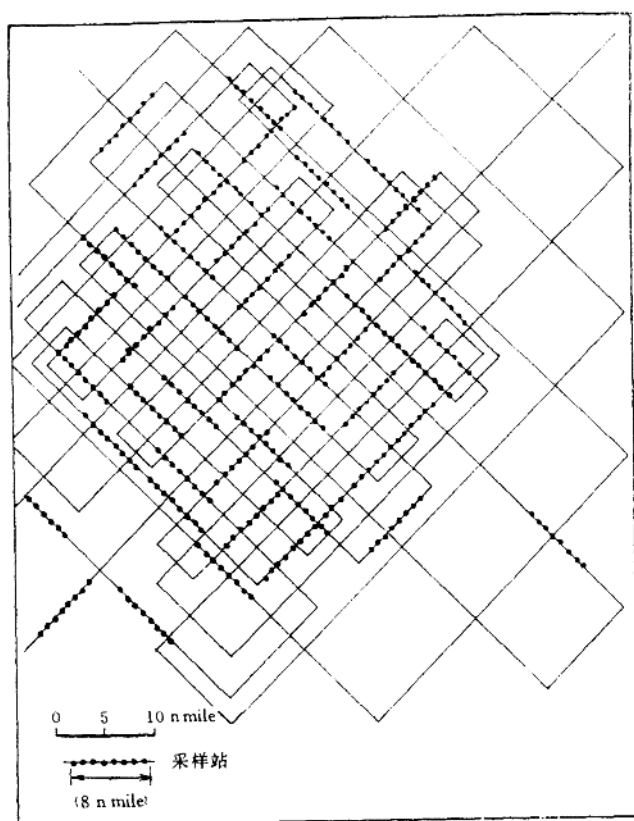


图 1—4 普查阶段 ■ (详细勘查) 工程布置图

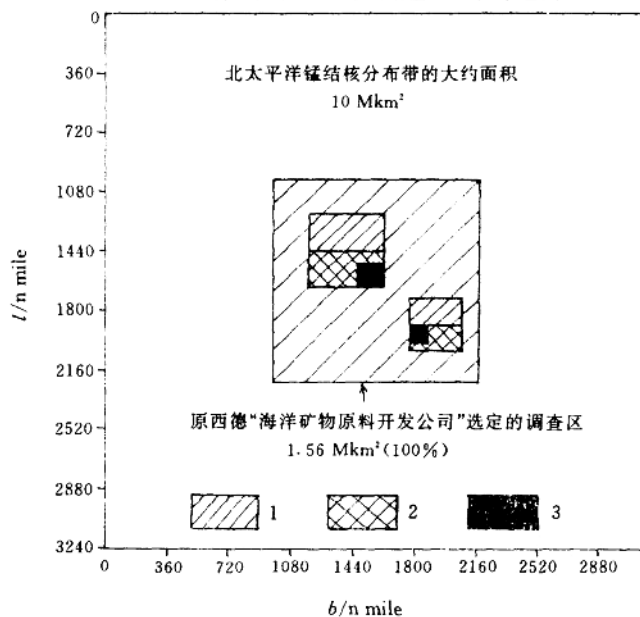


图 1—5 各调查-勘探阶段工作区域的估计规模

(据 R. Fellerer, 1975)

- 1—详查面积 312000 km² (占调查区面积的 20%); 2—勘探区面积 156000 km² (占调查区面积的 10%);
3—矿床经济评价部分面积 39000 km² (占调查区面积的 2.5%)

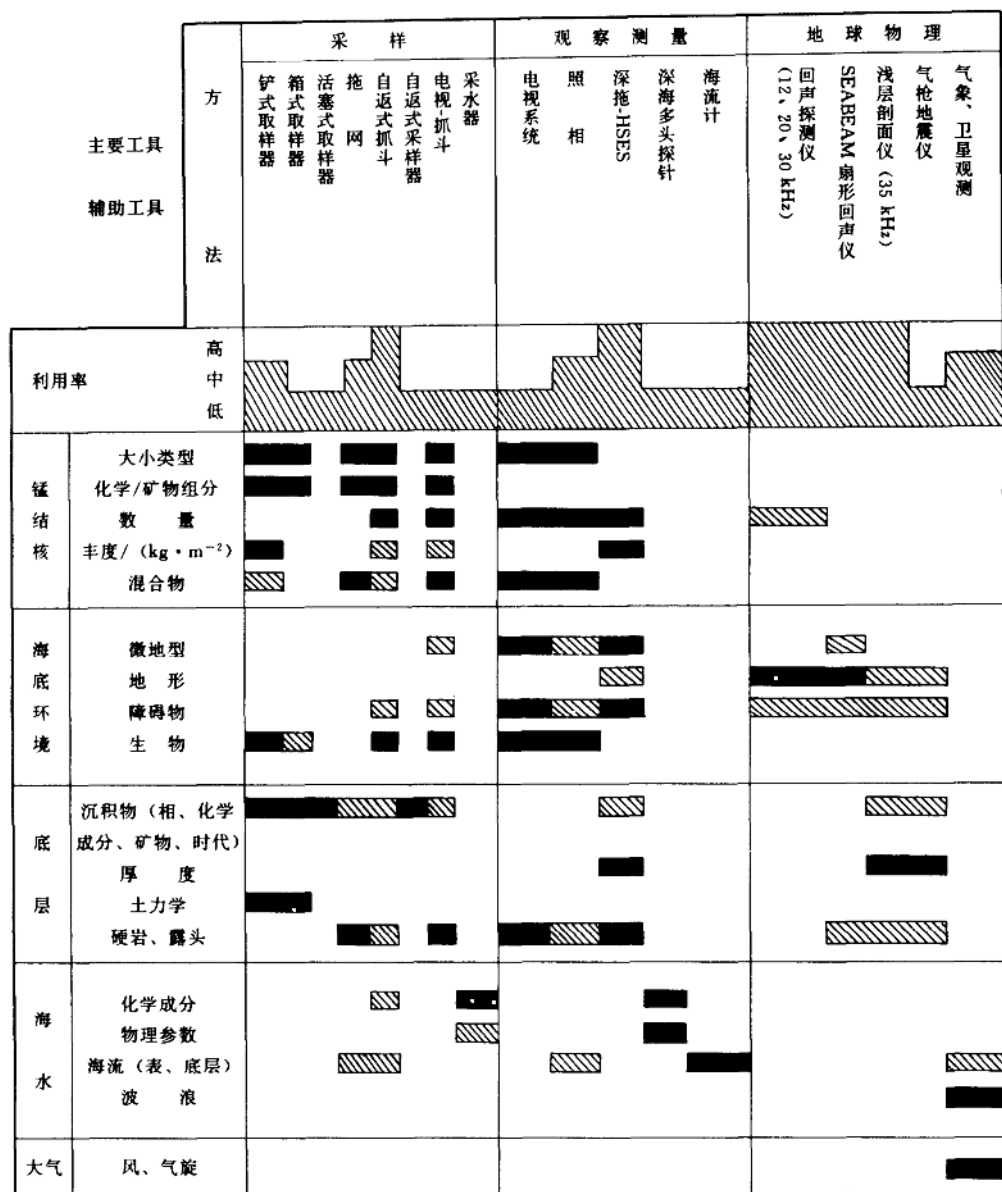


图 1-6 勘查多金属结核使用的标准工具及利用率

(据 R. Fellerer, 1986)

1. 勘查阶段

根据任务和工作性质的差异, 勘查阶段进一步分为 3 个小阶段。

(1) 勘查阶段 I。本阶段主要为室内工作, 据已有可利用资料、设备和资金选择靶区, 编制靶区有关图件。

(2) 勘查阶段 I₂ 任务是圈定远景区；远景区内的结核丰度、品位要达到规定的要求，面积要足够大，障碍物及地形能满足采矿要求。勘查方法包括地球物理测量和地质调查等。

可供选择应用的地球物理方法包括单波束或多波束回声测深、浅层剖面测量、地震调查、磁力和重力调查等。测线距为 80~100n mile；测站间距 30~50n mile（图 1—7a）。选择带照相机的无缆抓斗采集地质样品，每站投放 5~8 个，按 0.5n mile 间距直线投放或按采样圈投放；如需有缆取样，则布置在测站端部或采样圈中心。

(3) 勘查阶段 I₃ 任务同勘查阶段 I₂，但要求区分地形和地质构造的简单区和复杂区，富矿带和贫矿带等。方法同上阶段，线距 10n mile，测站间距 20~30n mile（图 1—7b）。采样方法增加铲式、箱式和活塞等种类。到本阶段结束时，必须解决是否继续工作或转入勘探阶段，或暂缓、放弃等问题。

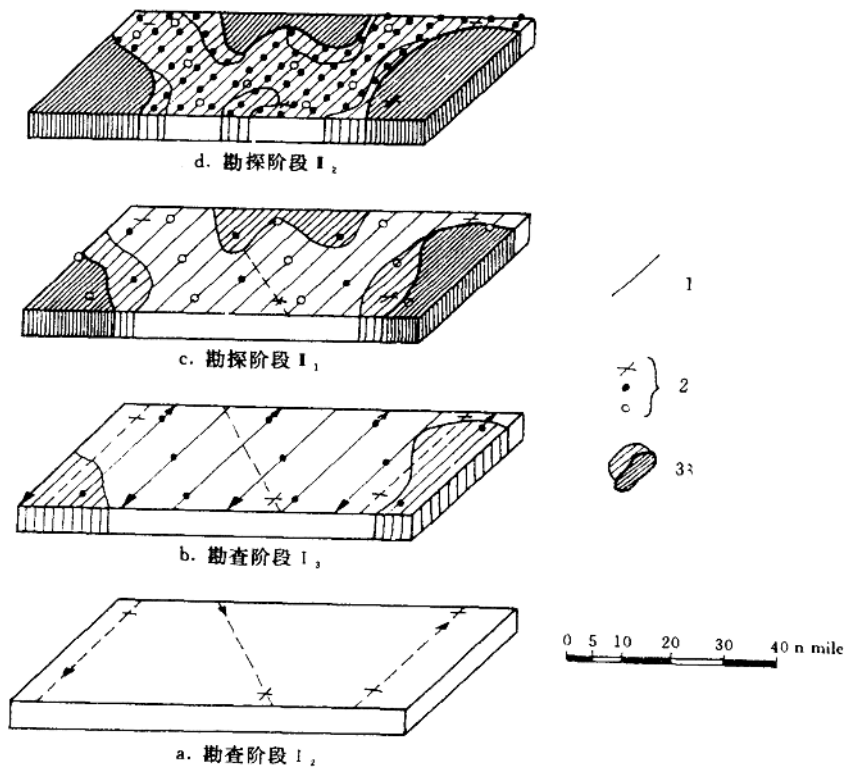


图 1—7 多金属结核矿床普查-勘探阶段工程部署

（据 R. Fellerer, 1986）

1—多波束回声测深（SB）测量和高速勘查系统（HSES）；2—取样站位；3—不可开采区

2. 勘探阶段 II

本阶段的重点为：测制详细的地形图，对海底地形作出评价，如坡度、沟槽、障碍物等；矿区地质构造特征评价，如沉积层和基底的关系，侵入体、喷出体和断裂的发育程度，

以及沉积相等;结核矿床的详细评价,如结核类型、形状、大小、平均丰度和金属含量及变化等,矿体面积及储量等,工程地质参数、海洋学参数和气象及海况等。

本阶段的目标是获得至少可供开采6~8年的真实储量。此外,还应研究采矿对环境生态的影响。

本阶段的勘探方法除采用回声探测系统、浅层剖面测量及带照相机无缆抓斗外,随着勘探程度的提高还增加大型箱式采样器、铲式采样器和活塞采样器及拖网、深海电视、各种照相、海洋探针及深拖系统。勘探网距在勘查阶段的基础上进一步加密,可分两个阶段进行工作部署,如图1—7c、d所示。测网线距根据不同勘探手段而布设。

勘探阶段的最终目的是为采矿提供可信度更高的资料,因此,应根据勘探手段获得资料的能力和所达到的目的进行优化部署,其模式可分为如下3个阶段进行(图1—8)。

(1)第1阶段 测深-地震调查阶段。测深网距 $3n\text{ mile}\times 8n\text{ mile}$,地震调查网距 $6n\text{ mile}\times 16n\text{ mile}$ 。经过调查后筛选出约50%的面积转入第2阶段工作(图1—8)。

(2)第2阶段 取样调查阶段。采样测站布置在上阶段圈出的面积内,网距 $3n\text{ mile}\times 2.5n\text{ mile}$ 。每个测站投入6个自返式抓斗组成一个采样圈或星状,平均直径 $1n\text{ mile}$,中心是一个有缆取样。通过全面取样后,放弃结核丰度或品位不符合要求部分,剩下约一半面积转入第3阶段(图1—8)。

(3)第3阶段 电视调查阶段。电视剖面网度为 $1n\text{ mile}\times 2n\text{ mile}$ 。

调查结果将表示在地形图、经济地质图和各类表格中。根据开采技术和经济条件,将结核矿床划分为好、中、差三个级别,并反映在图上。

1.1.4 原苏联

原苏联是从事结核调查较早的国家,前期工作主要是在太平洋进行基础调查,1977年后在CC区结核富集带开展系统调查。原苏联在结核资源调查及勘探方面的规范性文件比较系统详细,现将勘探阶段划分及工程布置简述于后。

1. 区域性(矿区申请)调查

(1)任务 对所圈定的申请区域进行地质调查,为向国际海底管理局申请登记作为先驱投资者提供资料。选择部分最有远景的区域超前加密测站,获取 P_1 级^①储量。

(2)工程布置 满足比例尺1:100万要求,定位均方根误差 $\pm(150\sim 200)\text{ m}$ 。地球物理方法包括磁力测量、多道地震测量、近表层声纳测量、多波束回声测深和测深等。测线网距 $24\text{ km}\times 24\text{ km}$;每 $200\sim 400\text{ km}^2$ 布设一个测站;远景区加密摄影、遥测声纳剖面,每 1 km^2 不超过20m(图1—9)。

(3)主要成果 ①提交申请区域地质构造报告书,附一套必要的图表资料;②提供下一阶段,即普查-勘探(评价)工作合理性的技术、经济设想。

2. 普查-勘探阶段(评价)

(1)任务 在开辟区内圈定结核矿床,求取 C_1 和 C_2 级储量,并对 P_1 级进行预测资源评价,查清矿藏资源的平均质量,同时进行开发的工艺特性和矿山地质条件的概略评价,解决勘探工作的合理性问题,论证试验开发区。

^① 原苏联C级以下储量分为 C_1 、 C_2 、 P_1 等,而我国C级以下储量分为C、D、E等,所以 P_1 级大致相当于我国的E级。

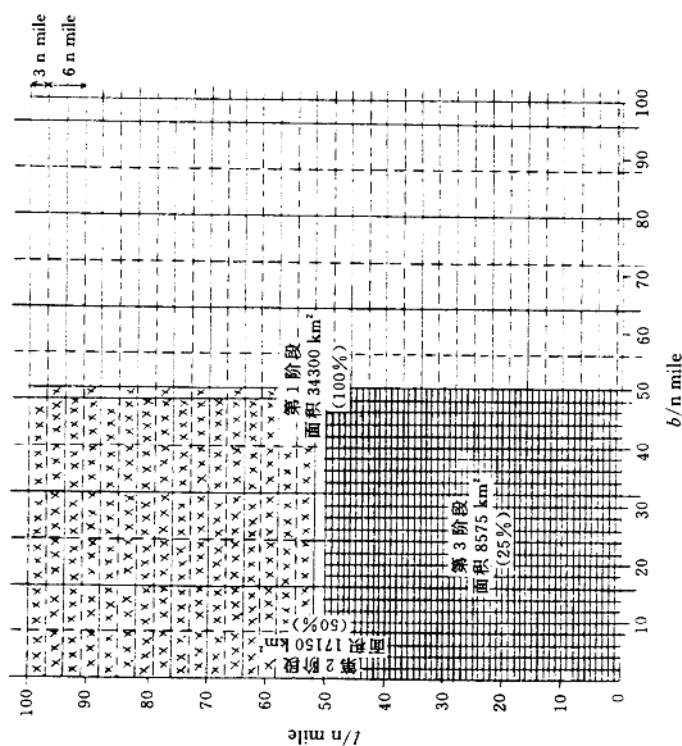


图 1-8 勘探阶段工作部署模式图

(据 R. Fellerer, 1975, 略有改动)

1—气枪地震和同步测深(第1阶段);2—电视调查和旁侧声纳(第3阶段);2—只进行回声测深探测;3—取样品和观测点位置。站位模式图:4—有绳取样和观测(用于结核、沉积物和海洋科学资料);5—无绳取样(结核);6—无绳取样带单次照相机