

我国大洋多金属结核资源勘查进展

Progress in the Research on Resources of Marine Multimetal Tuberculum in China

眭良仁 周怀阳 沈华悌

(国家海洋局第二海洋研究所, 高级工程师

杭州 310012)

大洋多金属结核是一种沉睡于大洋底的重要矿产资源,它含有数十种金属元素,特别是以储量丰富和富含铜、钴、镍、锰以及铁等有工业价值的金属元素而瞩目于世。据估计,世界各大洋多金属结核的总储量可达3万亿吨左右,而太平洋又占世界储量的一半以上,且主要分布在北纬 $6^{\circ}30' \sim 20^{\circ}00'$,西经 $110^{\circ}00' \sim 180^{\circ}00'$ 之间的区域。根据目前的技术条件,一般认为铜、钴、镍金属总品位不低于2%,在较大范围的连续海底富集度在5千克/平方米以上就具有商业开采价值。因此,如何尽早开发利用大洋底的这一巨大财富,使其服务于全人类,乃是我们当代人的神圣使命和职责。

一、我国调查勘探的基本情况

我国对大洋多金属结核的科学研究,是从70年代末开始的。先是从汇集国外动态、资料、数据开始,到1983年国家海洋局首次进行了试验性专门调查。1985~1990年对中太平洋和东太平洋海盆进行了较大规模的勘查研究,并引进了国际上比较先进的仪器设备和手段,如多频探测和深海照相系统以及无缆取样器、GPS全球定位系统等。同时还改装了远洋科学调查船《向阳红16号》,为我国进行深海矿产资源的调查研究创造了条件。1986~1989年,地质矿产部利用较先进的科学考察船《海洋4号》,在中太平洋和东太平洋海盆进行了四次大规模的探查,取得了极其丰富的地质、地球物理和多金属结核的数据资料和样品。通过对近200万平方公里面积的调查,圈定了30多万平方公里的远景矿区。在上述工作的基础上,1990年8月,中国大洋矿产资源研究开发协会正式向联合国海底管理局提出矿区申请,经联合国技术专家组审查后,于1991年2月联合国第九届海底筹委会春季会议上,一致同意将中国登记为深海采矿先驱投资者,并在1991年8月纽约会议上由联合国秘书长向我国正

式颁发了登记证书。从此,我国就成了继印度、前苏联、法国、日本之后的第五个先驱投资者国家。通过80年代的实际工作,我国在大洋矿产资源的调查研究方面取得了不少经验,培养和锻炼了一支初具规模的科技队伍。同时,在某些研究领域,已开始与国际上进行合作,得到了较好的效果。

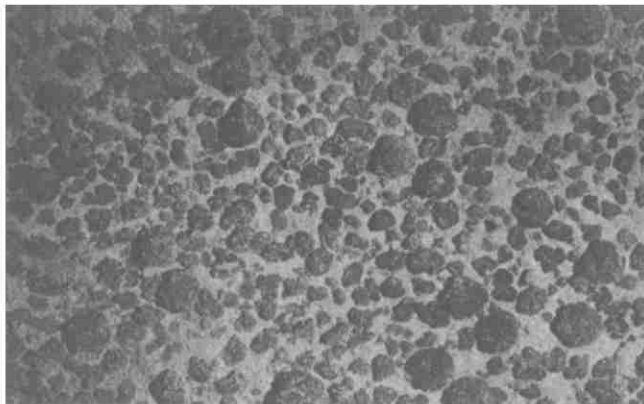


图1 在5 000米水深拍摄的洋底多金属结核分布照片



图2 用拖网从5 000米海底拖上来的多金属结核

从90年代开始,我国在联合国海委会批准的开辟区内开始了系统的勘探工作。1992年和1994年,《海洋四号》和《向阳红九号》船相继进行了勘

探,并取得圆满的结果。1995年《大洋一号》还将运用先进的 Seabeam 和深拖系统对开辟区的地形和多金属结核的分布作较详细的勘察,为我国最后圈定可开采富矿区提供更为可靠的资料和数据。

通过上述多项调查分析测试,现已获得系列的成果资料、矿区的基本地形和水深状况;表层沉积物类型及其分布特征;区内沉积的地质年代及其沉积间断;区内多金属结核的形态、类型、丰度、品位及其与地形、地质构造和沉积物类型之间的关系;多金属结核的分布规律及具有开采价值的富矿区;矿区内的水文气象及生物化学环境因素;远景矿区和申请矿区内多金属结核的资源量;矿区开采的技术条件和环境。

通过调查和初步分析,主要对以下问题取得初步共识。

1. 区域构造和地形对区内多金属结核空间分布的影响。在不同构造带、不同地形地貌区多金属结核的分布、类型、丰度和品位等均有明显的差异。在海山、海台区结核分布较少,且以光滑型结核为主,结核的品位低、个体小。在深海区、丘陵区和海山斜坡向平原区的过渡带是结核分布较有利的地区,特别是在斜坡与平原的过渡区,结核分布更为富集,结核个体较大,品位也高,并以粗糙型和复合型结核为主。这种分布现象具有普遍性,这对查清多金属结核的分布规律和进一步指导找矿具有重要的意义。

2. 调查区沉积作用与成矿关系。区内表层沉积物横向分布具有径向的分区性。这种分布特征与区域构造、海区海流特征和生物生产力的分区性相一致。纵向分布具有垂向的分带性,在 CCD 界面以上为钙质沉积相,以下为泥质沉积相和硅质沉积相,因此大洋沉积物的物质来源和水深变化是影响沉积作用的主要因素。调查表明,在 CCD 界面以下约 100~300 米水深处是多金属结核分布的最佳地点,在那里,钙质生物壳体基本被溶殆尽,沉积速率很低甚至造成缺失,有利于多金属结核的形成和富集。

3. 区内从中新世以来经历了不同的沉积作用过程,存在区域性的沉积间断,这些间断现象不仅在地层柱中发现,而且在表层沉积物中也普遍存在,缺失全新世和晚更新世的地层,在间断面上多金属结核分布较普遍。这说明沉积间断面对结核的形成、富集也有着一定的关系。沉积间断的形成与南极底层流有关,这也说明南极底层流对区域多金属结核的形成有较大影响。

4. 通过鉴定和分析测试,可将测区内的多金属结核分为三种类型,即光滑型、粗糙型和复合型。光滑型结核暴露于海水,富含 Fe 和 Co,而 Mn、Cu、Ni 含量较低,以 δ - MnO_2 矿物为主,属水成型结核。粗

糙型结核埋入沉积物中,富含 Mn、Cu、Ni,而 Fe 和 Co 含量较低,以钼镁锰矿为主,属成岩型结核。复合型结核介于两者之间,它的上表面与光滑型结核相似,下表面则与粗糙型结构特征类似。结核中主要金属元素可分两大组,Mn、Cu、Ni 组与 Fe、Co 组。Mn 与 Cu、Ni 成正相关,而与 Fe、Co 成负相关;Fe 与 Co 成正相关,而与 Mn、Cu、Ni 成负相关。造成结核类型多样化的主要原因是地球化学环境、沉积环境、地质环境以及物质来源等因素的不同。

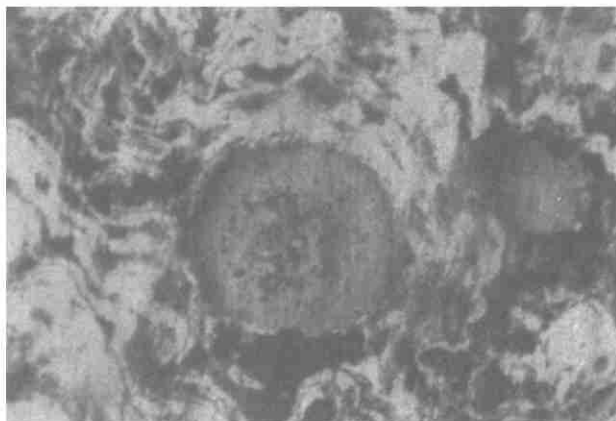


图3 结核的火山岩核心结构(显微镜光片)



图4 锰结核纹层状构造(显微镜光片)

二、今后的基本设想

为进一步圈定富矿区以及为选矿、冶炼和开采做准备,打算采取以下技术路线。

1. 采用目前世界上较先进的技术设备,如 Seabeam 系统和深拖系统,同时也要充分发挥原有的深海照相系统和多频探测系统的作用,提高勘探工作的质量和效率。

2. 制定与国际接轨统一的技术规范,在调查方法、手段、项目、定位系统以及分析测试技术方面都统一规范化。同时,也要制定标准样品,以保证测试质量。

3. 加强国际合作。由于该项工作是属于高科技

领域的、多学科联合的一个复杂的系统工程,涉及面广,跨越时间长,风险大,因此应加强国际间的合作,互相取长补短,以加快工作进程,提高工作效率。另外,我们也要履行国际义务,为国际海底管理局勘查矿区、培训发展中国家的技术人员。在近几年,我们已有效地举办了几期外国学员培训班,一方面进行授课,另一方面让学员出海实习和训练,取得了较好的效果。

4. 开展对结核(壳)古海洋学意义的研究。大量分布于太平洋CC区的多金属结核(壳),不但作为一种潜在的重要矿产资源(Cu、Ni、Co、Mn等)引起人们的极大关注,而且因其独特的产状、形态、生成方式和时代等特征,给矿床成因学、环境地球化学、古海洋学等诸学科提出了许多新的研究课题和方向。根据结核(壳)内部剖面的特征变化研究古海洋学即是最近几年出现的一个新的研究方向。

为配合世界范围内开展的“全球变化”研究,国内外从80年代末、90年代初开始将洋底多金属结核(壳)作为古海洋学的一个对象加以研究,并取得了成果。已了解到,东太平洋底的大多数多金属结核大约从渐新世晚期即开始生长,至今还在继续堆积。其间经历有2~3次较大的生长间断;多金属结核的广泛形成可能与中新世时较大而普遍的沉积间断以及增强的南极底层水流有关;以 $\delta^{13}\text{C}$ 值下降或较低为标志的间冰期期间多金属结核生长速率明显增高。

但是以下几个重要的问题仍有待于进一步地研究。例如,结核(壳)中出现的各种各样构造,如纹层状构造、斑杂状构造、树枝状构造等是否具有明确的对应于不同环境条件的生长动力学意义;结核(壳)中出现的由不同结构和矿物种类、矿物组合构成的层圈单元(小至单个纹层、大至以构造不整合为界的纹层组合)是否可以代表某个时间尺度内的一个脉冲生长(堆积—停止)周期;在结核(壳)的生长过程中,除了相对比较明显的机械剥蚀、停止生长期之外,在脉冲生长期之间是否存在溶解作用和溶解期;单个结核(壳)研究得出的结论在不同区域、不同类型、不同大小的结核(壳)中是否存在对应的统一性;由结核(壳)研究得出的古海洋学意义和古海洋学事件如何与DSDP和ODP的有关研究结论系统地加以对比和统一。

三、加强勘探区环境影响的预测和研究

由于多金属结核处于公海5000米水深附近,属全人类的公有财产,因此对此类资源的利用问题变得十分复杂和困难。一方面,要解决开采回收方面的工程技术问题,某种程度上难度不亚于航空航天;另一方面,则受很多错综复杂、变化多端的国际

经济、社会、法律、政治等因素的制约。除此之外,由开采回收大洋底多金属结核可能带来的对环境和生态平衡的影响也已引起人们越来越多的注意,这些因素对今后如何开采利用以及联合国海底管理委员会的决策和有关法律将产生影响和作用。

深海底多金属结核采矿大致包括海底收集、运输(从海底到海面,从海上到岸边)、选矿(在岸上或直接在船上)三大过程。所有这些过程都可能破坏原始环境和生态的平衡或产生不利的影响。仅从海底收集过程中搅起的沉积物量来说,有关计算表明,一个设计收集5000吨/天湿结核的装置每天所搅起的沉积物量就达10000立方米,约等于200节货运列车的运量。这种搅动过程不但改变了海底的形态和化学环境,而且搅起的沉积物重新沉降覆盖以及搅起后沉积物内部的间隙痕量金属重新分配和释放等过程无疑将对底栖生物和生态环境产生明显的破坏作用。此外,从水下5000米左右的深处向上运输过程中泄漏的微细颗粒物和底层水受各种海流作用形成的悬浮颗粒物及其迁移过程,海面上船只(特别是带选矿设备的船只)在表层水中的排废对海水化学和浮游生物的影响等都是不可忽视的环境问题。有关环境影响研究的目的,是为了正确估价各种人为作用对环境的影响和可能的危害程度,帮助发展环境安全的深海采矿工程技术和方法,以免多走弯路,并形成预测、监测、管理实际采矿活动的的能力。

正是基于这些考虑,作为商业化开采之前准备工作的一个有机组成部分,从70年代初开始,随着多金属结核调查研究工作的展开,一些西方工业发达国家(美国、德国、法国、前苏联、日本等国)即对有关深海采矿有可能产生的环境和生态影响问题进行了研究。各国科学家将深海底采矿可能造成的严重的环境影响归纳为以下几方面:底栖生物由于和收集器、采矿机械直接接触而被毁灭;底栖生物由于搅动悬浮起来的沉积物的再沉积覆盖而死亡;当试验规模较大、直接搅动面积占到20%时,底栖大型生物系被严重破坏,而深海底的群落再形成被认为是相当长而缓慢的过程;表层排泄形成的羽流,对近表层生物群,尤其是鱼类幼虫有明显影响。

至今,虽然一些国家对采矿的环境问题已经或正不断投入大量的人力、物力、财力,并逐渐加大研究深度,但是由于至今为止的试验规模比较小,有关的开采工具和方法随着科学技术的发展也将逐步改进等方面的原因,所以还无法对可能产生的环境影响的程度得出真正的结论。同时,由于研究方法、手段、时间等方面的差异,各个国家和组织的看法,特别是对长期效应的看法也并不完全一致。

我国在1991年获联合国“先驱者投资”资格之

(下转第36页)

此外,我们还设置了以下几个科研项目,以调查公众的态度。(见表 13)

表 13 女性与男性对研究项目持支持和反对态度的回答百分率

	女性		男性	
	支持	禁止	支持	禁止
使父母能够选择子女性别的研究	19.9	37.0	19.0	42.2
培育新的动植物品种的研究	60.9	1.5	69.9	0.9
使很多人活 100 岁甚至更长时间的研究	52.7	4.2	57.1	4.8
精确控制气候的研究	64.2	2.5	71.0	2.4
新型化学武器、生物武器的研究	22.7	30.8	27.3	38.1

我们发现,女性对精确控制气候的研究支持率最高,回答率为 62.4%,表明了人类对认识自然规律、降低自然灾害方面的期望。其后依次是“培育新的动植物品种的研究”、“长寿的研究”等等。对“选择子女性别的研究”大部分女性是持审慎态度的。但仍有 19.9%女性表示支持,其余的表示禁止或无从作答。这表明,过去那种“男尊女卑”、“生女不如生男”的封建意识正在逐渐淡化和消失,男女平等已成为现代社会和家庭生活中的和声。

(3)对从事科研以及其它职业人员的看法

人们的求职择业趋向与职业声望有密切联系,在调查中,我们要求应答者从问卷列举的 12 种职业中选出 1~3 种她们认为声望最好的职业。结果,科学研究人员得票率最高,为 53.7%;医生得票率居第二位,为 52.1%;政府官员(公务员)居第三,为 23.7%。这说明,在中国社会,科学研究人员有较高的职业声望。

调查还显示,女性对医生这一职业的崇尚远高出男性,差不多高出 10 个百分点,对于子女今后的求职趋向,有 50.1%的女性希望孩子从事医务工作,科学研究却被排在第二位,为 46.6%。同时,女性对职业的选择侧重的是轻体力和脑力工作,如律师、教师等。

特别值得一提的是,在经济迅速发展的今天,

人们对职业的选择看重的并不是收入,说明科学精神和科学中的真、善、美深深影响着人们的思想观念。

四、结论和看法

通过与男性比较,我们可以得出以下结论:

- 1. 女性对科技信息的关心程度不如男性。她们除了对医学方面感兴趣的程度接近男性外,对其它科技方面的问题的兴趣均低于男性。
- 2. 从整体上看,女性的科技素养明显低于男性。在科学知识方面,除了几道对家务和生活中的科技知识的理解与男性相差不大外,对大部分科技知识,女性的答对率均低于男性 5 个百分点以上,而且不知如何作答的女性大大多于男性。
- 3. 女性对科学技术的态度是积极乐观的。她们最关注的是人类健康和生活中的科技问题,她们最崇尚的职业是科学研究和医生。

女性的科技素养低于男性是一个世界性的现象,从世界各国的抽样调查已得到了证实。原因是多方面的,最主要的是女性接受教育的平均年限低于男性。1990 年全国人口统计表明,我国的文盲和半文盲人口中女性占 70.07%。因此,提高女性的科技水平是一项重要的任务。最近,我国颁布了《中国妇女发展纲要》,纲要中提出了要“大力发展妇女教育,提高妇女的科学文化水平。”这对提高我国妇女的科学文化水平具有积极的促进作用。在中国,提高妇女的科学文化水平有许多优势和条件:男女在政治上的平等,女性不再受到歧视,同样可以享受教育的权力;女性地位不断提高,参与社会事务的机会越来越大,她们要求提高自己的科学文化水平的愿望日趋强烈;女性在很多科技领域的工作是男性不可替代和超越的;女性人口较男性人口流动率低,这为妇女开展非正规科技教育和培训提供了便利条件。

(责任编辑 蔡德诚)

(上接第 31 页)

后,对未来多金属结核的开采可能对环境 and 生态所造成的影响也开展了一定程度的研究。我们应争取拥有自己的试验研究数据和资料,以直接服务于未来可能的开采活动。目前,我们对环境影响的研究应着重以下一些课题:1. 发展和建立针对深海锰结核开采引起的环境和生态影响预试验的监测设备和能力;2. 建立在可能开采区域的物理、化学、生物和地质环境基线;3. 实际开采预试验或深海底搅动

实验的环境和生态效应的监测和控制;4. 底栖生物群落再形成作用的控制研究;5. 排泄物形成的表层羽流对环境和生态影响研究;6. 建立有关信息数据库并具备相应的预测能力;7. 稳定的环境参照区域选择;8. 预选矿废水废物特征及其处理方法研究;9. 开采工程技术和方法选择的环境影响反馈研究。

(责任编辑 肖庆山)