

国际海底信息

第五期

2002年7月

中国常驻国际海底管理局代表处

牙买加金斯敦

电 话: 1-876-9292739, 9205951

传 真: 1-876-9292739

电子信箱: haiguanchu@hotmail.com

| | |
|------------------------------|----|
| 动态..... | 2 |
| 国际海底管理局近期的实质性工作 | 2 |
| 管理局将召开深海环境国际合作研讨会 | 5 |
| 管理局关注外大陆架上的活动 | 7 |
| 科学家座谈会提出国际合作研究的重点内容 | 8 |
| 管理局与夏威夷大学合作开展生物多样性研究项目 | 9 |
| 水下文化遗产的法律问题 | 11 |
| 资料-海底资源..... | 12 |
| 富钴结壳: 地质、资源和技术 | 12 |
| 现代海底多金属硫化物矿床及其资源潜力 | 16 |
| 多金属硫化物资源开采与热液喷口动物群 | 16 |

动态

国际海底管理局近期的实质性工作

自 70 年代以来，人们在深海研究和探矿活动方面的重点一直是多金属结核资源。尽管 70 年代和 80 年代做出了乐观的预测，但一些因素一直妨碍在多金属结核的商业开采方面取得进展。这些因素包括：不管是大洋表面还是海洋深处，勘探和采矿环境都很恶劣；采矿技术的研究和开发成本高昂；目前的经济条件下，深海底采矿与陆地采矿相比，仍然没有竞争力。由于这些因素，70 年代活跃在深海勘探领域的国际财团的兴趣已经减退。目前仍在积极进行勘探活动的实体仅有原七个承包者。他们的经费主要来自担保国或参与国政府，主要活动集中在技术研究和开发、长期环境研究以及环境基线数据的收集和分析。人们普遍承认，目前对深海生态的了解和认识水平不足以对大规模商业性海底采矿做出结论性的风险评估。与此同时，进行商业性深海底采矿的前景仍不确定。

迄今为止，管理局实质性工作的进展是制订了《“区域”内多金属结核探矿和勘探规章》，并与七个已登记的先驱投资者签订了勘探合同。此外，管理局已开始考虑为“区域”内其它资源的探矿和勘探制定适当的规章。管理局的生存与发展取决于其实质性的业务工作。据管理局秘书长拟提交第 8 届会议审议的工作报告，管理局近期的实质性工作将集中于四个主要领域：

- 行使对勘探合同的监督职能；
- 促进并鼓励在“区域”内进行海洋科学研究；
- 收集信息以及建立和发展科学技术信息数据库；
- 继续为“区域”内其它资源的勘探开发制定适当的规章。

审议年度报告——管理局将行使的主要监督职能

根据《“区域”内多金属结核探矿和勘探规章》，管理局与七个已登记的先驱投资者签订了勘探合同。签订这些勘探合同是重要的里程碑，标志着海洋法会议决议二所确定的临时制度的终结。更重要的是，“区域”制度有了实际和真正的效力。管理局现在与所有已登记的先驱投资者建立了合同关系，存在这种合同关系的结果之一是承包者有义务根据合同条款

提出年度报告。据秘书长报告所言，要求提出年度报告的目的是建立一个机制，使管理局、特别是法律技术委员会能够获得必要的信息，根据《公约》履行职责，特别是与保护海洋环境使其免受“区域”内活动有害影响有关的责任。为此，《勘探规章》和合同标准条款对承包者在年度报告中提供有关信息作出了明确要求，管理局秘书处对通过审议年度报告加强管理局的监督职能也抱有较高的期望。到目前为止，大多数承包者已按合同要求提交了各自的第一份年度报告，法律技术委员会将在第8届会议期间举行的会议上分析并详细审议承包者提交的年度报告。

海洋科学研究——管理局将重点推进的业务

管理局最重要、但迄今未实现的职能之一是促进并鼓励在“区域”内进行海洋科学研究，协调并传播此类研究和分析的结果。《公约》一四三条和二五六条体现了两种对立观点之间的微妙平衡，即“区域”内的海洋科学研究是否应受管理局的管辖和控制。根据第一四三条，“区域”内的海洋科学研究似不属于公海海洋科学研究。管理局秘书处显然倾向于此种观点，提出应更详细地考虑如何以最佳方式实现《公约》和《协定》中关于传播海洋科学研究和技术转让好处的构想。此方面的关键实际问题之一是如何确保公平合理地分配此类研究的好处，而不给诸如商业生物技术开发等活动造成不合理的障碍，不过分限制“区域”内基因资源工作的商业鼓励措施，如知识产权等。

信息数据库——管理局的基础能力建设

管理局第三个关注领域是收集信息及建立和开发科技信息数据库，目的是收集和集中向管理局提供的所有关于海底资源的公共数据和私人数据。这将使管理局能够使用统一数据格式整理来自各种来源的现有数据和信息，评价这些数据并从中得出结论。中央数据库将显示获得的数据和信息，而且能够制造图表和绘制地图，并进行数量化评估。此外，还将使管理局能够处理信息，以编写技术报告并以CD-ROM提供数据。2001年开始进行数据和信息收集工作。美国地球物理数据中心提供了有关多金属结核的数据；美国地质调查局提供了关于富钴结壳的数据，包括关于已知结壳矿床的位置、深度和厚度、地质化学数据和为每个位置提供一套精简数据。

现阶段开发重点是开发和测试可用作管理和研究工具的综合数据库系统，希望指定的成员国代表、科学家和研究人员最终可通过管理局网站进入中央数据库。今后两年中管理

局将继续开发中央数据库，特别是恢复收集多金属结核数据并将其纳入数据库结构；接纳其它资源、如多金属硫化物的数据；开发并接纳环境数据库。

制订“区域”内其他资源的探矿和勘探规章

管理局第 7 届会议期间，理事会讨论了秘书处编写的文件，内容涉及与“区域”内多金属硫化物和富钴结壳探矿和勘探规章有关的若干意见。理事会决定在第 8 届会议上继续审议这些问题，以使理事会成员有机会进一步审议有关的重要概念问题。理事会同时要求秘书处收集和编汇必要的信息，以方便理事会进一步讨论秘书处文件中提出的重要意见，及协助法律技术委员会展开工作。理事会还决定，法律技术委员会同时开始审议与制订这些条例有关的问题。鉴于理事会的要求，秘书处将于 2002 年 8 月 7 日第 8 届会议期间召开一天座谈会。座谈会将邀请有关专家向成员国提供背景材料，说明深海多金属硫化物和富钴结壳的现状和特征，以及这些矿物所处的海洋环境。

一个日益引起国际社会广泛关注的热点是应付热液喷口动物生物多样性所受威胁的问题，特别是“区域”内生物采探（为商业目的采集基因资源）应适用的法律制度。国际科学界认定：深海热液喷口特别敏感，因为那里特有物种比例高，在那里发现的许多物种具有独特性质。好几处深海热液喷口已因大肆进行科学勘探，包括生物采探，或因未来之采矿活动而面临潜在威胁。

生物采探方面的活动表面看来是按《公约》第八十七条行使公海自由，但第八十七条所述自由并非绝对的。管理局面临的关键问题在于：科研人员和生物采探者所研究的热液喷口场，未来的海底采矿者同样也颇感兴趣。因此，管理局对海洋环境的责任同生物采探方面的活动重复甚多，冲突的可能性也很大。

管理局在制定多金属硫化物和富钴结壳规章探矿和勘探时，显然需要考虑到这些资源的赋存地点的特别敏感性质。同时，尽管管理局在管理“区域”内活动方面的作用主要在于勘探和开采矿物资源的活动，但在保护和保全海洋环境（包括其生物多样性）方面，以及在整个“区域”进行海洋科学研究方面，也期望能起着更加广泛的作用。为此，管理局秘书处认为，任何管理框架都必须载有有关收集勘探地区生物特征基线数据和资料的规定，以及环境影响评估的程序。管理局作为全球组织，不仅将受益于科学合作研究，而且还期望发展成为一个论坛，以讨论和发展进一步实施“区域”内海洋科学研究的现有法律制度和管理“区域”生物多样性的原则。

管理局的今后走向

管理局工作的科技性质日益增强，上述实质性工作如能得到有效执行，今后一段时间内必须加强秘书处的技术能力。这一情况的另一后果有可能对管理局今后走向产生若干影响：必须审查管理局现行会议时间地点的分配办法，以确定有关各机构的要求是否得到充分满足，并了解现行办法是否为最有利于开展实质工作的机制。对此，秘书长报告认为：管理局工作的组织阶段现已结束。管理局内部管理的一切必要规则、规章和程序现均已到位，管理局现在采用的预算结构要求大会每两年才通过一份预算。同时，近年来的情况显然表明，在金斯敦举行的大会要凑齐法定成员国数相当困难；这严重影响了大会的决策能力。在此情形下，有人提出，不妨审议大会每两年举行一次会议的可能性；大会开会时将通过预算和工作方案并进行必要选举，填补理事会的席位。开会时，还应有机会就管理局以后的走向进行一般性辩论。这一辩论应在秘书长扩展报告的基础上进行；该报告将较一般地讨论深海底勘探、生态学、环境和资源开发前景方面当前的趋势。同时，理事会应当继续每年开会，但须视其工作量而定。管理局工作主要仍将由法律技术委员会起催化剂的作用。法律技术委员会除了有关勘探合同的监督职能之外，还须仔细审议一些问题，然后再提交理事会。这些措施可能会提高管理局工作的效力，但《公约》既对法定人数作了明确规定，根本问题将依然存在，即：如何确保广泛参与大会会议，以保证能考虑到所有成员国的观点并从政治和法律方面不断参与管理局的工作？

管理局将召开深海环境国际合作研讨会

国际海底管理局定于今年7月29日至8月2日在第8届会议前召开成立以来的第五次研讨会，会议的主题是“增强理解深海环境——海洋环境研究方面的国际合作前景”。与会者包括有关领域的科学家，已与管理局签订勘探合同的各承包者代表，法律技术委员会委员，会议欢迎参加管理局第8届会议（8月5—16日）的各代表团能够参与研讨。

为准备此次会议，管理局于今年3月11-13日邀请了有关国家的科学家在金斯敦召开了一次座谈会，为本次研讨会提出了拟重点讨论的议题。在此基础上，本次研讨会拟订的目标为：

- 1) 确定合作研究的重点项目；
- 2) 确定来自承包者与科学界的合作方；
- 3) 规范合作研究方法以界定关键项目/研究难题；
- 4) 明细合作研究所需要的各项资源，以及目前可以获得的资源；
- 5) 确定其他资源的可能来源，并提出建议以获取这些资源。

研讨会将围绕今年3月科学家会议上提出的四个方面展开研讨。这四个专题是：

- 海盆结核区，特别是C—C区的生物多样性程度、物种范围和基因流动的速率；
- 采矿作业所造成的海底扰动，生物再居过程，以及采矿悬浮物的再沉淀过程；
- 采矿悬浮物对水体生态系统的影响；
- 结核区生态系统的自然变化以及控制这种变化的过程。

各相关领域的科学家应邀就每一专题向会议报告：

- 1) 合作计划概要；
- 2) 计划的目标；
- 3) 达到这些目标的方式；
- 4) 寻求的合作方式。

除科学家报告外，管理局邀请每一承包者代表介绍各自在保护保全海洋环境方面所作的努力。针对研讨会涉及的四个专题，会议组织者期望承包者能够提供有关“区域”活动计划是否已涉及到专题的内容，未来五年内的航次安排（包括作业区域、航次数、各航次期限、停靠港、航次的大致目的等）和对合作方可以提供的床位数与作业天数，增加的航次作业天数的费用，以及承包者期望从合作中获得的利益。

在科学家与承包者报告的基础上，会议将按四个专题组成四个工作组进行研讨（每一工作组中至少有一名承包者的代表），提出每一专题的合作计划框架和合作方。此外要求每一专题组列明实施该项计划可以获得的各种资源及其获取这些资源的费用，评估为完成本计划还需要的其他资源和这些资源的可能来源，提出对获取这些资源的建议。通过专题研讨，工作组最终将向研讨会提出每一专题的研究计划（包括需要其他资源和不需要其他资源的计划），以及每一计划的重点任务和存在的问题，供研讨会全体成员讨论。

会议将在国际海底管理局总部所在地牙买加首都金斯敦召开。

管理局关注外大陆架上的活动

《公约》八十二条规定了对从基线量起二百海里以外的外大陆架上进行的非生物资源开发分享收入的制度。该条规定，沿海国对此类资源的开发应缴付费用或实物，并对缴付方式作了规定。费用或实物应通过管理局缴纳，并根据第八十二条第 4 款所定标准将其分配给《公约》各缔约国。

2001 年管理局发表了“2000 年展望全球外大陆架非生物资源前景”的技术报告。该报告根据非生物资源已知赋存情况和储量、有利于此类资源形成的地质环境、沉积类型和厚度的模式以及基底组成，对可能有人主张超过 200 海里的外大陆架地区内可能存在的非生物资源作了评估。结果发现，此类地区主要的资源蕴藏于结核和结壳、碳氢化合物和天然气水合物中。下列各区域碳氢化合物资源蕴藏量丰富，而且存在可能有人主张超过 200 海里的外大陆架地区：北美洲和南美洲的大西洋海岸（包括拉布拉多海）、挪威北部和西部、联合王国和爱尔兰以南及以西、非洲西北部、非洲西南部、非洲东南部和非洲之角以东、巴基斯坦以南、印度以东及以西、塔斯马尼亚以南、新西兰以北和澳大利亚以东、鄂霍次克海和阿拉斯加北冰洋海岸之外。下列各区域天然气水合物的可能蕴藏量丰富，而且存在可能有人主张超过 200 海里的外大陆架地区：北冰洋、东北大西洋部分、巴伦支海、孟加拉湾和鄂霍次克海等。但该报告也指出，在其中大多数地区，海上油气资源目前处于经济上不合算或基本上不合算的境地。

另一方面，技术提高了开采效益和开发深水区的机会，具有回收经济价值的海上资源范围不断扩大，未来开采这些资源的潜力相当大。技术和风险管理做法方面的改进大大降低了开发成本，因此，海上油气勘探和开发工作已进入大陆架上一些最深的深水沉积区域。目前，深水和极深水活动主要集中在大西洋边缘（挪威及英国岸外）、墨西哥湾、非洲西部（安哥拉和尼日利亚海岸外）和巴西。最近两年间，其它区域已引起深水开发商的重视，其中包括拉布拉多和新斯科舍岸外、地中海、东印度和新西兰。在墨西哥湾，自 1996 年开始开采活动以来，深水产量于 2000 年首次超过浅水产量。该湾深水区的产量一直迅速上升，深水井现在占总产出的三分之二左右。美国 Transocean Sedco Fores 公司“发现者精神”（Discoverer Spirit）一类的钻井平台的额定水深达 10 000 英尺（3 048 米），而其井水

深度为 7 308 英尺 (2 494 米)。在巴西岸外的水域,“深水探险”(Deepwater Expedition)号钻井平台作业的额定水深为 10 170 英尺 (>3 000 米),井水深度 7 559 英尺 (>2 300 米)。在巴西大西洋沿岸外,2001 年 6 月进行第三轮岸外区段投标。有 53 个区段招标,其中 43 个在滨外,多属深水和极深水区域。投标活动吸引了国际石油业大公司埃克森-美孚公司 (ExxonMobil)、英荷皇家壳牌石油公司 (Royal Dutch Shell)、道达尔菲纳埃尔夫公司 (TotalFinaElf) 和国有石油公司 (Statoil),以及一些新进入巴西石油部门的规模较小的公司,如总部在美国的海洋能源公司 (Ocean Energy) 和德国的温特斯豪 (Wintershall) 公司。巴西石油公司 (Petrobras) 投得了 13 个区段,并在另外两个区段成为埃克森-美孚公司和道达尔菲纳埃尔夫的合营伙伴。重要的是,大多数投标都是针对水深逾 6 560 英尺 (2 000 米) 的相对未勘探区域。

在此情形下,管理局秘书处认为开始审议如何落实《公约》八十二条的规定,正当其时。

科学家座谈会提出国际合作研究的重点内容

国际海底管理局于 2002 年 3 月 11-13 日在其总部所在地召开了科学家座谈会,为 2002 年 7 月的管理局研讨会拟订题目与格式。这一研讨会的主题是“增强理解深海环境——海洋环境研究方面的国际合作前景”。为此,会议要求科学家们:

- 认定 3-4 个旨在评价深海底多金属结核开采的环境影响而迫切需解决的科学难题;
- 考虑现有的建议文本是否能够着手解决这些难题;
- 如果现有的建议文本不足以着手解决这些难题,则提出关键研究项目的提纲以着手解决这些突出的科学难题,同时作为合作提案的基础以争取资金来源(如 GEF)。

根据会议组织者要求,与会者讨论了对开采多金属结核所产生的环境影响进行预测的必要性。会议认为至少在下列三方面人类的知识远远不够,需要在未来五年内作为合作研究的重点:

- ◇ 海盆结核区,特别是 C—C 区的生物多样性程度、物种范围和基因流动的速率;
- ◇ 采矿作业所造成的海底扰动,生物再居过程,以及采矿悬浮物的再沉淀过程;
- ◇ 采矿悬浮物对水体生态系统的影响。

此外,与会者认识到对结核区生态系统的自然变化以及控制这种变化的过程仍然知之甚少。在 10-20 年的时间尺度上进行合作研究,特别是勘探承包者以及科学界之间的合作将有可能从根本上提高对自然变化及其原因的理解。

与会者讨论了题为“减少勘探开采多金属结核的环境影响——国际海底及其水体的环境研究与保护的国际合作框架”的建议文本,认为这一建议文本还不足着手解决这些难题。作为此次座谈会的成果,科学家们提出了五个合作研究项目的提纲(包括合理性、范围、期限以及研究所需的各种资源),提交将于今年 7 月召开的管理局研讨会考虑。这五个合作研究项目是:

- ◇ 深海海盆多金属结核区的生物多样性程度、物种范围和基因流动的速率;
- ◇ C-C 区底栖生物被埋的敏感性研究;
- ◇ 模拟采矿扰动后底栖生物群落复原的时空尺度;
- ◇ 采矿悬浮浊流体对水体生态系统的影响;
- ◇ 深海生态系统时空的自然变化。

管理局与夏威夷大学合作开展生物多样性研究项目

2001 年在管理局举办的第 4 次研讨会上有专家就合作进行生物研究领域提出了多项建议,包括在发展分类法方面进行国际合作,以及关于深海动物群落对深海底采矿预期影响的可能反应方式。虽然自 70 年代以来进行了多项研究项目,包括由当前的承包者进行的研究,但这类项目的完成程度不同,方法和目标也不同。此外,由于挑选这类项目的地点由分配的勘探区地点而非科学标准确定,一般认为国际社会只有在共同环境问题研究方面进行合作和协调,才能有效评估深海底采矿可能对环境造成的影响。此类研究将提供可靠的科学根据,协助管理局制订保护海洋环境的规则、规章和程序。

为推动这方面的工作,管理局正与夏威夷大学合作开展一项研究项目,研究生物多样性、物种分布范围和太平洋深海结核区基因流动情况,以期预测和管理深海底采矿的影响。参加这一项目的其它机构包括英国自然历史博物馆、英国南安普敦海洋学中心、日本静冈大学和法国海洋开发研究院。该项目旨在使用分子技术评价生活在 C-C 区的三个主要动物群落的生物多样性程度、地理分布范围和基因流动情况。科学家们认识到若不了解生活在可能受

采矿作业影响的地区的物种数目和此类物种的地理分布范围和基因流动率,则几乎不可能评价采矿对深海生物多样性的威胁。选出研究的动物群落是多毛环节类动物、线虫和有孔虫。该项目涉及在结核区三个地点实地采样、保全样品和 DNA 分子基因分析。这将在结核区生物多样性研究中第一次同时使用现代分子技术和传统形态学技术,使国际科学家小组能够积极评价物种丰度、地理分布范围和基因流动率。该项目的主要产出将包括:向管理局提出详细报告,说明项目结果对深海底采矿可能造成的环境影响的意义,包括管理对生物多样性的威胁的具体建议;收集归档生物区系资料,供学术界今后使用;向公众和通过同行审查的学术刊物向学术界传播研究成果。

基于这一合作基础,今年 3 月管理局召开的科学家座谈会上将其列为合作研究项目之一,供即将召开的管理局研讨会考虑。

附:管理局研讨会上拟考虑的合作研究项目之一

深海海盆多金属结核区的生物多样性程度、物种范围和基因流动的速率

合理性

太平洋与印度洋深海海盆被认为是生物多样性的基地,而人们至今对这一地区生物多样性的分布与规模知之甚少。如果缺乏如下知识则很难评价开采结核对生物多样性的威胁(特别是物种消亡的可能性):1)潜在开采作业区居住的生物物种;2)在这些地区典型的物种地理分布范围。如果物种在太平洋和印度洋海盆广泛存在与分布,则开采结核对生物多样性的威胁可能有限;反之如果物种只局限在特定地区,则这种威胁必须引起足够重视。

对生物多样性知识局限的另一原因是在太平洋和印度洋海盆仅仅只使用了形态学这一种传统方法来确定物种。最近采用基因方法对生物多样性进行评估表明,形态学方法可能大大低估了生物多样性的程度。研讨会认为:海盆结核区的生物多样性、物种范围以及基因流动应作为预测开采结核环境影响的科学研究重点。应鼓励科学界与承包者在研究生物多样性方面的合作。

研究范围

结核区生物多样性的研究应包括如下要素:

1. 新型的取样方法:对 DNA 友好的取样技术结合分子分类学研究来评价 C—C 区和其他潜在结核开采区的生物多样性程度,物种范围及基因流动情况;
2. 基于形态学上的分类与新的分子研究成果之间的比较。这将需要从事生物博物馆收藏的

分类学家与分子基因学家之间的合作；

3. 从承包者通过取样所得到的生物收集发展成为建立结核生物生态区的形态/分子分类学数据库。为此目的，非常必要请每一承包者向管理局提供所收集的生物样品的目录，包括：样品类型、经纬度、日期、水深、保存与处理技术以及所得到的分类学鉴别的等级；
4. 在所有从事结核环境研究的群体中（承包者和科学界）培养分类学专家、发展共同的分类学架构。为使生物多样性的区域性比较成为可能（如 C-C 区不同地区，以及太平洋与印度洋海盆之间），通过重点研究机构及研讨会的形式加强所有从事结核环境研究的群体之间的科技合作与交流、培训以培养提高分类学和分子分类专家的层面与水平。

所需的各项资源

着眼于生物多样性的合作研究还处于计划的早期阶段，目前认识到的所需资源列举如下：

- 用对 DNA 友好的技术采集多样性新样品所需船时；
- 培训、研讨会和科技交流所需资金；
- 采用标准化和对 DNA 友好的技术采集海底生物的装置与培训。

水下文化遗产的法律问题

2001 年 11 月 2 日，教科文组织第三十一届大会以 87 票赞成、4 票反对、15 票弃权通过了《保护水下文化遗产公约》。《保护水下文化遗产公约》将于交存第二十份批准、接受、核准或加入书的三个月后生效。这一公约旨在处理保护“区域”内水下文化遗产的问题，一旦生效，有可能对“区域”活动产生两大影响。一方面，报法律技术委员会及理事会核准的勘探工作计划，如果是要在已按《保护水下文化遗产公约》通报发现有水下文化遗产的地区进行勘探，法技委及理事会须考虑到此类发现或考古活动的存在，尽管没有任何人认为，仅因为所提议的勘探区有水下文化遗产，勘探工作计划就不会得到批准。另一方面，在承包者通报管理局在其勘探区内发现考古或历史文物时，如果此类文物亦属于水下文化遗产，《保护水下文化遗产公约》缔约国可能要求援引这一公约第 11 条和 12 条。但不管如何，承包者的权利和义务是由其同管理局的合同条款所决定的。

资料-海底资源

海洋盆地是各种矿物沉积的来源。除原先已知的矿藏外，新发现的海洋矿物资源包括多金属硫化物，其中铜、锌、银和金含量各不相同。多金属硫化物矿床是数千年来在海底热泉附近积聚而成，海底热泉位于海底活火山山脉各处，而这些火山山脉蔓延全球所有海洋盆地。多金属硫化物矿床还在与火山列岛毗连的地点形成，例如太平洋西部边界沿线的列岛。另一类新发现的海洋矿物资源是富钴结壳。这种矿壳沉积于水下死火山侧面，历时数百万年形成，其矿物来自海水中溶化的金属，而这些金属则是河水和海底热泉提供的。

热泉使多金属硫化物沉积集中，同时又使各种金属散布海洋，促进了富钴结壳积聚。不仅如此，热泉还提供了来自地球内部的化学能量，微生物利用这些能量生长。这些微生物处于温泉生命形式生态系统食物链底层，基本无需光能，而陆地食物链的底层植物则需要光能产生光合作用。这些微生物十分重要，是具有工业和医药用途的新的化合物来源。这些微生物也包括原始的生命形式，可能有助于揭开生命起源的奥秘。

富钴结壳：地质、资源和技术

地质与环境（生态）

富钴结壳生成于全球大洋的海山、海脊、海台。由于数百万年来海流的不断冲刷，这些地貌单元很难形成沉积物。富钴结壳从周围冰冷的海水中沉淀到岩底上，形成最厚达 250 毫米厚的壳层。富钴结壳之所以重要，主要因为这可能是钴的来源，同时也因为其中含有钛、铈、镍、钼、锰、铊、碲、钨、铋、锆等其他金属。富钴结壳生成于水深 400 至 4 000 米处，最厚、含钴量最高的矿壳生成于水深 800 至 2 500 米处。矿壳的分布和厚度受地滑等重力过程、沉积物覆盖层、水下和水面礁石以及海流的影响。

矿壳在各种各样的底面岩石上生成，因此用遥感数据难以区分矿壳和底层，而遥感数据是发展勘探技术的一个重要方面。但矿壳的伽马辐射高得多，因此据此可以将两者加以区分。矿壳的物理特征包括平均孔隙度高（60%），平均表面面积积极大（每克 300 平方米），成

长速度极慢（每一百万年 1-6 毫米）。这些特征有助于将大量有经济价值的金属从海水里吸到矿壳表面。

矿壳由氧化锰和氧化铁构成，厚的矿壳还有一定量的碳酸氟磷灰石（CFA），多数矿壳都含有少量石英和长石。氧化锰通常吸收的元素包括钴、镍、锌和铈；氧化铁吸收的有铜、铅、钛、钼、砷、钒、钨、锆、铋和碲。

矿壳在其上生长的海山和海脊阻碍海洋水体流动，从而产生许多由海山引发的水流，相对自海山向外的水流而言，这种水流的能量通常较强。在海山峰端外沿，这些水流的效应最强，那里的矿壳最厚。这种海山特有的水流还增强涡流混合，造成上升流，从而增强了初级生成率。这些物理过程对海山生物群落产生影响，使不同的海山有不同的生物群落。海山生物群落的特征是，在矿壳最厚、含钴量高的地方，生物密度相对较低，差异相对较小。海山生物群落构成的决定因素是：水流形态、地形、底部沉积和岩石形状及覆盖范围、海山大小、水深以及氧气最少区的大小和范围。如要编写关于环境影响的文件，现有知识是不够的，需要更好地了解海山生态系统及群落。

资源与经济性

大块矿壳的钴含量最高为 1.7%，镍含量最高为 1.1%，钼含量最高为百万分之一点三。就许多海区而言，矿壳的平均含钴量达 0.5% 至 1%，因此矿壳成为陆地和海岸外最丰富的潜在钴矿。在大陆边缘和靠近西太平洋火山弓弧处，矿壳的钴、镍、钛和钼含量减少，而硅和铝含量增加。矿壳生成处的水越深，水合软铁矿相关元素减少，铁和铜增加。在矿壳中钴、铈、铈、钛、铅、碲和钼的富集度很高，高于其他金属之上，因为这些金属经氧化反应生成较为稳定的化合物。稀土元素通常为 0.1% 至 0.3% 不等，连同其他水成元素、钴、锰、镍等等，均来自海水。铈是一种稀土元素，在矿壳中富集度很高，具有重要的经济潜力。

富钴结壳所含金属对世界经济的重要性从其消费方式中显而易见。锰、钴和镍的首要用途是制造钢，这些金属使钢具有特性。钴还用于电力、通信、航空、发动机和工具制造业。镍也用于化工厂、炼油厂、电器和机动车。钴是铜矿开采的副产品，因此，钴的供应与对铜的需求密切相关。碲的情形也一样，碲是铜和金开采的副产品。由于供应不稳定，企业只得寻求钴和碲的替代品，结果过去十年中钴和碲的市场增长很有限，因此价格较低。如果这些金属的其他丰富来源得到开发，在产品中重新使用这两种金属的积极性就会随之增加，市场就会扩大。

最近确定富钴结壳除含有锰、钴、镍、铜和铂以外，还含有可能使人们更有积极性开采的其他金属。例如，钛的价值仅次于钴，铈的价值高于镍，锆的价值与镍相当，铼的价值几乎是铜的两倍。上述分析假定对每种金属都能研究出经济上可行的冶金提炼方法。

根据品位、总吨数和海洋条件，位于中赤道太平洋区域的富钴结壳开采潜力最大，约翰斯顿岛专属经济区（美国）、马绍尔群岛和中太平洋海山的国际海底尤其如此，但法属波利尼西亚、基里巴斯和密克罗尼西亚联邦的专属经济区也应予以考虑。

在富钴结壳中发现的许多金属对维持现代工业社会效率、提高 21 世纪生活水平至关重要。人们日益认识到，富钴结壳是重要的潜在资源。因此需要通过研究、勘探和技术开发，填补关于富钴结壳开采各方面问题的信息差距。

勘探和开采技术

约有 40 次研究考察航行是专门研究富钴壳的，研究工作主要由德国、日本、美国、韩国、俄罗斯、中国和法国进行。从 1981 年至 2001 年约 42 次考察航行的情况来看，每艘考察船及实地科学研究费用估计约为 3 200 万美元，陆上研究费用估计约为 4 200 万美元，投资总额约为 7 400 万美元。

矿壳开采技术的研究与开发刚刚起步。矿壳分布详图尚缺，对小型海山地形也尚无全面了解，但这些对于制定最为适当的采矿战略是不可或缺的。实地勘探作业通常包括绘制多波束水深图、衍生反向散射和斜角图，编制地震剖面图，一并用以选择取样点。在勘探的初期阶段，在每一海山进行 15-20 次拖网取样和岩心取样。然后用水下摄像机确定壳、岩和沉积类型和分布情况，如有可能确定壳厚度。由于需要大量的底部声测信标、大型拖曳设备和采集大量的样品，因此这些勘探活动需要用大型、设备精良的研究船只。在勘探的高级阶段和进行定点考察时，拟使用深水拖曳侧扫描声纳，包括宽带测深技术和使用带缆的遥控作业车（ROV），借以绘制和标划小范围的地形。大量的采样作业需要采用拖网取样、岩心取样，和使用 ROV，并用一种尚待研制的器具进行短间隔取样等方式。伽玛放射测量将确定壳厚度，并断定薄沉积层下有无矿壳存在。要了解海山环境，需要使用流量仪系泊设备，并进行生物取样和考察。

现已确定的 12 条矿壳[勘探和开采准则](#)如下：

(a) 地区准则：

- (一) 水深浅于 1 000-1 500 米的大火山体;
 - (二) 2000 万年以上的火山体;
 - (三) 顶部没有大型环礁或礁石的火山构造;
 - (四) 底部水流强、且不断活动的地区;
 - (五) 水深较浅, 明显缺氧带;
 - (六) 不受大量河蚀岩屑和风成岩屑影响的地区。
- (b) 定点准则:
- (七) 平坦小范围地形;
 - (八) 峰端平顶、峰脊线低点和斜道;
 - (九) 斜坡稳定;
 - (十) 当地无火山活动;
 - (十一) 平均含钴量 $\geq 0.8\%$;
 - (十二) 壳平均厚度 ≥ 40 毫米。

从技术上来说, 富钴结壳开采比多金属结核开采更为困难。开采多金属结核之所以相对容易, 是因为多金属结核下面是软质沉积层, 而钴矿壳则与基底岩石或紧或松连在一起。为了开采成功, 必须使矿壳脱离基底岩石, 因为基底岩石会大大贫化矿石等级。矿壳开采可能有五种作业方法: 碎裂、粉碎、提升、接取和分离。拟议的矿壳开采方法是使用海底爬行车, 用液压管升降系统和电缆与水面的采矿船联结。采矿机自行推进, 速度每秒钟约 20 厘米。一般要求采矿量应为 $1\ 000\ 000\text{t}/\text{y}$ 。在这种情况下, 合理的采矿能力为破碎效率 80%, 基岩在结壳中的掺混率 25%。提议用于开采矿壳的一些具有创造性的新系统包括: 用喷水器使矿壳脱离基底; 现场过滤技术; 用声波使矿壳脱离基底。这些建议给人带来希望, 但有待进一步研究。

现代海底多金属硫化物矿床及其资源潜力

自 1979 年以来,在洋中脊、后弧裂谷、海山等各种现代海底地壳构造板块水深至 3 700 米处发现了多金属块状硫化物矿床。许多硫化物矿床是由硫化物堆集层上面的黑烟囱组成,下面通常是网脉状区。人们普遍认为,从大洋基底滤出的金属和硫的主要载体是轴下岩浆房附近反应区内的循环海水。块状和网脉状硫化物沉积在海床下面是因高温(高达 400° C)富金属热液与周围海水混合而形成的。多金属海床硫化物沉积可具相当规模(可达 1 亿吨),除了含有金和银以外,铜(黄铜矿)、锌(闪锌矿)和铅(方铅矿)的含量通常也很高。文献记载清楚表明,就矿物和化学构成而言,以玄武岩为主的洋中脊的多金属块状硫化物沉积与长英火山岩(石英安山岩、流纹岩)为主的后弧扩张中心的多金属块状硫化物沉积不同。后者与今天陆地开采、但形成于古代海洋扩张中心的主要硫化物矿床较为类似。最近在巴布亚新几内亚领水内一个死火山坑的一种新型海床矿物沉积物中发现了极高的含金量(最高每吨达 230 克,在经分析的 40 个样品中平均每吨 26 克)。这一特定种类成矿和变化与迄今仅在陆地发现的所谓“浅成热液金矿床”有许多类似之处。除循环海水以外,含金量很高的岩浆似乎也是重要的金属来源,贵重金属富集作用可能就是由此造成的。这类成矿最可能存在于世界各大洋其他弧形的环境。海床多金属块状硫化物沉积由于主要金属和贵重金属含量高,已引起了国际采矿业的兴趣。相对陆地矿藏而言,这些矿藏具有某些优势,因此从经济和环境角度来看,开采这些矿藏似乎是可行的,有可能在十年之内成为现实。

多金属硫化物资源开采与热液喷口动物群

自 1977 年发现新的动物物种以来,深海热液喷口已有 500 多新的动物物种得到描述。深海热液喷口具有很高的科学价值,因为那里存在着大量当地特有的、不寻常的物种,而且那里也是接近古代生命形式的近亲物种的藏身之地。深海热液喷口生态系统壮观无比,属极端环境,已引起大庭广众的广泛兴趣,因此可用来作为让公众了解地球演化进程及科学家工作方式的场所。目前尚无法预测深海热液喷口场址经开采作业后需多少时间才能恢复生态系统。一些生物体会被采矿机械直接杀死,附近其他生物体则会因扰动产生的沉淀物质而窒息。经过动荡,一些生物体尽管能幸存下来,但其生活习性会发生剧烈变化。经过开采作业的深海热液场址的科学价值和教育价值也会降低。在这方面,历时甚久、拥有最大矿床的深海热

液喷口区的生态可能最为稳定，生物也最多种多样。在这样的地点集中进行采矿活动，可能会对该区域的生物过程和生物体繁多的现象造成严重影响，结果一些物种的存活可能会成为问题。

管理或保护世界上所有海洋热液区和泉区是一个不现实的目标。讨论的重点应是，如何制定准则，确定今后应予保护的场址。这些场址具有高度的科学或教育价值，因此极为重要；或由于这些场址的生物对扰动特别敏感，从而关系物种存活的重大问题。