

国际海底信息

第十期

2003 年 6 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, 9260766

传 真: 1-876-9292739

电子信箱: haiguanchu@hotmail.com

动态	2
国际海底管理局第 9 届会议.....	2
国际海底管理局特权与豁免议定书生效.....	4
赵振宇代表向南丹秘书长递交全权证书.....	4
国际海底管理局将召开承包者代表会议.....	5
综述	6
国际海底管理局第六次研讨会.....	6
资料	14
多金属结核资源.....	14

动态

国际海底管理局第 9 届会议

国际海底管理局第 9 届会议将于 2003 年 7 月 28 日至 8 月 8 日在总部金斯敦召开。管理局各主要机构及附属机构的任务如下：

法律技术委员会（法技委）

根据管理局第 8 届会议决定，法技委将比 9 届会议提前一周举行为期两周的会议。在定于 7 月 21—25 日举行的第一周会议上，法技委将分成若干个非正式工作组，分组审议与热液硫化物和富钴结壳规章草案相关的具体问题。法技委曾在上届会议期间以公开会议的方式就有关规章制定问题进行了初步讨论。考虑到“区域”内此类活动的不确定性，讨论中强调在制定该规章过程中，必须小心谨慎，应以合乎逻辑的方式行事，并强调任何探矿和勘探计划在经过一个初期阶段以后，都应进行审查。在鼓励探矿和勘探，并据此向潜在探矿者提供对特定区域的权利及申请勘探合同优先权的同时，也必须确保管理局得到充分的数据和资料，尤其是有关保护和保全海洋环境方面的资料。

非正式工作组分组讨论的具体问题有：

- ✧ 勘探活动的环境影响；（协调员：加洛·卡雷拉，巴西）
- ✧ 勘探区域的面积以及承包者可能向管理局放弃其中部分区域的制度；（协调员：让皮埃尔·勒诺布勒，法国）
- ✧ 要求申请者递交的详细阐述其意图的工作计划表；（协调员：艾伯特·霍夫曼，南非）
- ✧ 联系承包者与管理局之间安排的类型，包括平行开发制、联合企业制或某种其他方式的类似制度。（协调员：巴伊迪·迪内，塞内加尔）

法技委第二周会议，即管理局 9 届会议第一周会议期间将继续讨论与“区域”其他资源探矿与勘探规章有关的问题，包括：

- ✧ 替代区域放弃制的累进收费制；
- ✧ 进一步审议颁发许可证的网格制度；

◇ 以及平行开发制是否适用于这些资源等问题。

法技委第二周会议还将审议和讨论承包者根据《“区域”内多金属结核探矿和勘探规章》而提交的年度报告。

财务委员会(财委)

根据管理局 8 届会议决定，财务委员会将在 9 届会议第一周会议期间讨论以下议题：

- 1、资助法技委和财委部分成员出席会议的方式；
- 2、关于使用和占有管理局总部的补充协议的地位；
- 3、2002 年度审计报告和指派 2003 年度审计员；
- 4、秘书长的薪金权利。

理事会

理事会视情举行会议以审议法技委工作报告及财委讨论后可能提交的需理事会审议的任何建议。如果法技委完成拟订热液硫化物和富钴结壳规章草案，规章草案将提交给理事会审议。

大会

根据《公约》第 166 条第 4 款，大会将重点审议秘书长提交的年度报告。报告将阐明管理局 8 届会议以来的工作并提出秘书处未来工作计划要点。

大会还将审议管理局其他机构和附属机构提交的其他建议和意见。如果财委讨论后提出有关建议，大会将继续理事会审议后审议此类建议。大会还将应要求依据《公约》第 175 条指派 2003 年度审计员。

国际海底管理局特权与豁免议定书生效

2003 年 5 月 1 日，尼日利亚政府向联合国秘书长交存了《国际海底管理局特权与豁免议定书》的加入书，使该议定书的批准书、接受书和加入书达到 10 份，从而满足了议定书第 18 条第 1 款规定的生效条件。该议定书已于 2003 年 5 月 31 日生效。

截止 2003 年 5 月 1 日，已经批准、接受或加入该议定书的国际海底管理局成员国有：斯洛伐克（2000 年 4 月 20 日）、克罗地亚（2000 年 9 月 8 日）、英国（2000 年 11 月 2 日）、西班牙（2001 年 1 月 9 日）、埃及（2001 年 6 月 20 日）、捷克共和国（2001 年 10 月 26 日）、喀麦隆（2002 年 8 月 28 日）、牙买加（2002 年 9 月 25 日）、荷兰（2002 年 11 月 21 日）和尼日利亚（2003 年 5 月 1 日）。

国际海底管理局秘书长重申管理局成员国加入议定书符合该组织和成员国的利益，敦促尚未加入的成员国尽早加入该议定书。

赵振宇代表向南丹秘书长递交全权证书

5 月 28 日，中国新任驻牙买加大使、常驻国际海底管理局代表赵振宇在管理局总部向管理局秘书长萨特亚·南丹递交了全权证书，双方进行了友好交谈。

赵大使转达了李肇星外长对南丹先生的问候，对南丹在中国和斐济两国建交中所发挥的作用表示赞赏。赵大使指出，在南丹秘书长的领导下，管理局的内部组织建设不断健全，实质性业务工作取得新进展，秘书处协调工作与把握问题的能力得到广泛认可，管理局组织、控制与管理“区域”资源的能力得到各方承认与赞赏。赵大使表示，中国重视管理局的各项工作，积极参与管理局的组织建设、规章制定及各项业务工作。中国将继续在管理局各级机构中发挥应有的作用。

南丹感谢李外长的问候和祝贺李外长的当选。南丹向赵大使介绍了管理局的职能与现状以及刚刚结束的第六次研讨会的有关情况。南丹表示，随着管理局实质性工作的开展，研讨

会和专家会议增多，作用更加突出，已成为管理局主要活动方式之一。南丹感谢中国常驻代表处对管理局工作的支持与合作，相信管理局秘书处与中国常驻代表处的良好关系会得到进一步加强。

赵振宇大使是中国第四任常驻国际海底管理局代表，前三任代表分别为李尚胜、刘大群和郭崇立。前任代表郭崇立现为中国驻肯尼亚大使并兼驻联合国环境规划署和联合国人居署代表。

国际海底管理局将召开承包者代表会议

国际海底管理局秘书长南丹新近在斐济召开的“建立东北太平洋 C-C 区多金属结核地质模型”研讨会上指出，管理局的一项主要任务是评价将来可能用于采矿的多金属结核保留矿区资源。由于管理局本身没有资金直接从事保留区的进一步勘探工作，这种评价必须建立在先驱投资者（即现在的承包者）申请矿区时所提供的海上勘查所获取的数据基础之上。C-C 区面积之大，加之结核质量的多变表明了建立 C-C 区多金属结核地质模型任务的艰巨。南丹表示，必须寻求各有关方的积极参与与合作，找到有关方式充分利用一切可以获得的数据，包括来自各承包者在他们各自区域的数据和在更广范围内的公共数据来源。南丹向会议通报管理局计划召开一次承包者代表会议，以讨论获取更多数据的途径。

据了解，拟议中的承包者代表会议有可能在管理局 9 届会议期间召开。

综述

国际海底管理局第六次研讨会

国际海底管理局于今年 5 月 13-20 日在斐济楠迪市召开了主题为“建立东北太平洋 C-C 区多金属结核地质模型”的研讨会。管理局秘书处组织了此次研讨会，总部在斐济首都苏瓦的南太平洋应用地球科学委员会（SOPAC）承办了会务工作。来自科技界、企业界、与管理局签订了多金属结核勘探合同的承包者、以及管理局法技委与成员国的部分专家共约 40 人与会。这是管理局成立以来召开的第六次研讨会，也是在亚太地区召开的第二次研讨会。

管理局秘书长南丹在开幕词中认为有关洋底的地质模型可以使人类更好地理解海底的地质与地球物理条件。研讨会的任务是提供一种现实可行与具有成本效益的方法来发展这种模型。它有可能建立在丰富的数据基础之上，因为早在 70 年代就已经开始了多金属结核的勘探工作。这些数据提供了结核生长与形成、金属含量、以及在哪里可以找到结核的丰富信息。南丹表示，必须寻求各有关方的积极参与与合作，找到有关方式充分利用一切可以获得的数据，包括来自各承包者在他们各自区域的数据和在更广范围内的公共数据来源。

管理局副秘书长奥敦托希望本次研讨会成果不仅有助于建立 C-C 区多金属结核矿床定量的预测模型，同时也能就数据收集与分析的标准化问题达成一致认识。

研讨会由来自美国夏威夷的 MORGAN 和 SOPAC 主任 SIMPSON 主持。会议分专家报告、分组讨论、及会议建议与总结三部分。MORGAN 认为本次会议集中了全球多金属结核方面的权威人士。SIMPSON 强调了在从数据-信息-知识-智慧这一进程中人力资源的重要性。他认为建立一个网站从而使科学家能够就模型问题提出各种观点并相互切磋可以加速这一进程。

有关背景

促使管理局建立深海底多金属结核资源地质模型的动机是管理局需要对保留给它用于未来开发的矿区资源进行评价。对国家管辖范围以外的所有海底区域的深海矿产资源进行管

理与控制是管理局的基本任务,而对登记矿区和保留区所位于的 C-C 区和印度洋特定区域的多金属结核资源进行管理则是管理局一项具有特殊意义的现实任务。

根据 1982 年联合国海洋法公约所确定的有关规则,国际海底管理局于 2001 年与七个海底开发实体(承包者)签订了勘探合同,赋予其在特定海底勘探多金属结核资源的专属权利。承包者应遵守管理局 2000 年通过的勘探规章。这一规章是根据《公约》的有关条款编制的针对多金属结核资源的勘探法典。

这七个承包者在与管理局签订合同之前的 1987 年至 2001 年期间即是所谓在联合国登记注册的先驱投资者。先驱投资者在当初登记注册时,提出了两块具有同等估计商业价值的海底区域,其中一块是保留给管理局用于未来开发的矿区。先驱投资者最初分配到一块面积为 150,000 平方公里的勘探区域,但须按有关规定在一定时期内放弃其中的一半区域,使其拥有的区域面积最终为 75,000 平方公里。目前所有的先驱投资者均已完成了区域放弃工作。

在申请登记多金属结核资源矿区过程中,先驱投资者提供了其收集的、后来成为管理局保留区的有关数据与资料,包括这些区域的结核数量与金属含量。但根据现有规章,先驱投资者并无义务提交其放弃区域的有关多金属结核资源的资料。

管理局秘书处于 1998 年始开展了一项研究以对保留给管理局的多金属结核区域所含金属的资源潜力进行评估。评估表明:C-C 区不同先驱投资者所提供的取样站位数据之间存在着很大差异,同时也表明了保留区未来商业开发具有很大的潜力。为此管理局秘书处于 2001 年 3 月在其总部召开了已登记的先驱投资者代表会议来审查保留区的数据与资料,以确定存在的差异是否因异常地质因素所造成,或由于在探矿期间使用的方法和设备所产生的技术误差造成,以期对这些差异作出澄清。

先驱投资者代表会议认为各项差异主要是由于地质上的异常现象造成的。基于 C-C 区结核丰度、大小、结构和组成与结核赋存地区的沉积物特性及地形特征相关这一事实,为加深理解这一地区的资源特征,先驱投资者代表会议建议管理局秘书处收集必要的数据和信息,建立 C-C 区管理局保留区多金属结核资源评价的地质模型。这一工作得到了法技委的认可,并列入了管理局秘书处年度研讨会的计划中。

为开好本次研讨会,管理局秘书处今年 1 月 13-17 日在其总部召开了一次科学家会议。会议认识到,由于保留区勘探程度低,若缺乏对 C-C 区全区多金属结核资源分布规律的认识,势将难以建立保留区的地质模型。因此,由先驱投资者代表会议上提出的最初建议发展成建

立 C-C 区全区地质模型的问题。考虑到 C-C 区多金属结核的多变性，科学家会议认为建立 C-C 区地质模型将是一项艰巨的任务，未来的合作将涉及科学界与海底承包者之间的各种观点的整合。科学家会议为本次研讨会提出了拟重点讨论的议题，拟订了建立 C-C 区多金属结核资源评价地质模型的工作方案。

模型的作用

C-C 区位于夏威夷东南的东北太平洋中，东西延展 4,000 多公里，覆盖海域约 4.5 百万平方公里，是地球上已知多金属结核最富集的地区。模型将用于确定对多金属结核形成与生长起主要作用的各种因子，包括化学、物理和生物学等因子。这一模型将有助于科学家理解结核形成与生长的各种过程，并将帮助探矿者发现最具经济价值的矿床。

陆地的采矿者们长期以来利用模型来确定最具有勘探前景的区域。这些模型试图根据周围的地形及地表下的结构来预测最富的矿床或石油所在。对多金属结核而言，其建模工作可能更具挑战性，因为它同时要考虑到许多陆地模型无须考虑的在结核生长过程中的生物因素。此外 C-C 区模型将覆盖一个陆地模型无法比拟的广大地区。

模型将涉及探矿者与科学家最为关心的与结核品位和丰度相关联的各种因子。目前认为多金属结核中具有商业价值的金属是铜、镍、钴、锰。但考虑到未来采矿成本和陆地矿产价格的不确定性，以及这些不确定因素现在还无法导致海底商业开采时机的到来，模型并不试图确定何种品位与丰度（边界值与平均值）可以支持海底采矿。

研讨会认为这一模型可以为 C-C 区多金属结核资源提供最佳的评价，并总结有关因子使其有助于评估现有的采矿区域和选择新的采矿区域。就学科发展而言，它将对重要的海洋体系提供权威的描述，使地质过程与发生在海底及上覆水体的过程成为一个完整的体系。

管理局将利用地质模型来评价保留区具有商业价值的各种金属，并将其作为一个预测模型来评价 C-C 区调查程度较低的地区。模型也将拥有更多的用户，包括在其分配的勘探区开展活动的承包者和与多金属结核研究与发展相关的独立研究机构。此外，研讨会与会者还提出模型在主要应用于 C-C 区的同时，也有助于澄清太平洋与全球洋底其它地区的多金属结核形成等问题，包括国际海底区域与沿海国家管辖海域发现的结核成因等。

专家报告

共有 18 位专家在研讨会上作了报告。与会专家交流了新近有关 C-C 区及其他结核区，包括印度洋海盆结核区的研究成果。来自承包者与有关研究机构的专家介绍了在结核远景区航次调查所得到的认识与成果，其他专家则介绍了对有关结核原始资料与数据的分析，特别强调结核形成与周围海洋环境特征之间的密切关系。

专家报告提出了两个重要的问题：

- ✧ 多金属结核场周围及底部的地质特征，以及上覆水体的生物要素是如何有助于结核的聚集，特别是高金属品位与丰度的结核的富集？
- ✧ 对这种特征的研究如何才能有助于理解结核形成与生长的过程与机理，特别是理解经济上有价值的金属的富集过程？

专家们指出，形成高品位与高丰度的结核场是若干不同因子综合作用的结果。

对海洋不同地区的研究指出了结核富集区存在的若干指标。这些富集区常常存在于过去火山活跃的地区，以及能够提供成矿元素的岩石存在的地区。这些地区的沉积物在结核生长的几百万年间没有受到扰动。富集的结核也常常发现存在于称之为“透明层”的沉积层上面。

结核场上覆水体的物质将涉及其结构，特别是全球大洋不同深度都存在的两个化学层面：碳酸盐补偿深度（CCD）和最低含氧带。前者是指碳酸钙溶解的深度，即水体中缓慢下沉的死亡生物中碳酸钙溶解之处，从而使释放出的溶解金属沉积在其周围的表层沉积物中。这些表层沉积物上层海水中存在有大量生物，从而形成较高的生物生产力。后者也与生物活动有关。已知多金属结核在赤道水域最为富集，而这一区域是生物活动最为活跃的地区。结核矿床集中于 CCD 附近，而洋流也在这一过程中发挥作用。

俄罗斯海洋学家声称最近发现的硫化物壳证据表明在 C-C 区的中心地带曾经有过热液喷口的活动。他们认为在确定 C-C 区范围的克拉里昂与克利珀顿断裂带之间可能存在着第三个断裂带。

科学家与探矿者最想了解清楚的是，表明结核存在与富集的这些指标是如何促进了结核场的发育与生长。与会专家认为至今尚未很好地认识这些作用。例如，已知海洋表层生产力通过向深海底提供稳定的营养物质，包括金属物质而促进了结核的生长。事实上，结核存在的地区均与海洋表层具较高的生产力密切相关，但最富集的结核场却处在最高生产力地区的

边缘，而非中心部位。此外，为何结核分布与现代生物生产力图形相关，而不是遵循结核开始形成时的古代生物生产力的不同图形？

富氧的水体已知是有助于金属沉积的化学环境。一些学者从理论上推断，在 C-C 区和南太平洋地区，南极底流通过大洋环流产生湍流而下沉金属，并提供与结核中富含的金属密切相关的氧。

有学者提供了 C-C 区的结核在冰期停止生长的证据。这一期间大陆漂移大大减弱，许多结核分裂成碎片，从而成为下一轮沉积恢复时新结核的内核。

与会者普遍认为现有的地质模型只能基于已经获得的数据，因为潜在的投资者目前对勘探活动并无兴趣，管理局也无资金来开展进一步的调查。但与会者同时指出利用现代的装备与技术，对已有数据进行再开发并作出现代解释可以使模型从中受益。

管理局雇用的一家加拿大地质咨询公司介绍了先驱投资者提供给管理局的保留区结核资源评价结果。仅这些资源中的锰含量就相当于 1940 年以来陆地已开采锰的五倍。然而，目前的市场条件与开采技术还无法使管理局将这笔财富存入银行。

与会者关注的一个事实是先驱投资者提交给管理局的保留区数据，其收集与处理的方法不一致，有时甚至相互矛盾。例如取样站位间距较小的地区所得到的数据质量往往优于取样站位间距较大的地区的数据质量。这种数据上的不一致使得管理局很难对不同地区结核的丰度与质量作出正确评价。有人建议承包者对已采集的结核样品进行再分析以确保结核化学成份数据的正确性。会议建议，在开展建模工作的同时，管理局应该努力发展数据收集的标准。这种努力对模型所依赖的现有数据质量可能无济于事，但可以对未来的活动产生积极影响。

研讨会上通报了有关生物多样性研究的 KAPLAN 计划。这一计划下的三个航次中的首次航次已于今年 2-3 月间完成。去年 7-8 月间召开的管理局第五次研讨会上有关各方对旨在研究 C-C 区生物多样性、物种范围和基因流动速率的 KAPLAN 项目达成了共识，一些承包者及有关研究机构已加入到这一合作中。研讨会认为生物学家可以通过对结核生长相关的生产力的研究而对地质模型作出贡献。除了对表层生物生产力的了解外，也需要了解输出到底层的营养物通量。另一方面，地质模型也有助于生物学家通过更好理解沉积物、海流、沉积搬运作用、地形等因子而加深理解生物习性与多样性。

工作组报告

在专家报告的基础上，研讨会分成三个工作组进行分组讨论：

A 组—构造和火山作用；（召集人：Yuri Kazmin，俄罗斯自然资源部和海金联顾问）

B 组—水深和地层；（召集人：Allen L. Clark，美国夏威夷东西方中心教授）

C 组—沉积物和上覆水体。（召集人：David Cronan，英国伦敦帝国理工学院教授）

在所有场合下，讨论的焦点都集中在影响结核的丰度和金属品位的自然过程，以及怎样通过分析以前的调查结果获得相互关系的信息。各工作组提出的报告都涉及了哪些数据类型应该进入 CC 区地质模型和评估现有数据所需的进一步工作。

构造和火山作用

A 组着眼于结核矿床下覆的“基底”——特别是地壳（构造）的漂移模式和火山与熔岩流在重新组合海底地形方面的贡献（火山作用）。CC 区可以划分为三个地貌带，其地壳的年龄从 1,000 万年到 7,400 万年。结核的形成显然是与上述地貌带的地壳板块运动有关。根据小组的观点，这一关系还需作进一步研究。

小组认为，包括地壳断层和断裂带的构造活动应是地质模型的一个主要组成部分。海底的裂缝提供了可能导致结核形成的富氧底流的通道。研究发现一条未定名的东西向断裂带穿越 CC 区的中部，沿着这条断裂带具有类似特征、但较小的断裂从北向南横贯全区，该断裂带有着高于平均水平的结核量。小组建议编制能确定更详细特征的图件。

火山活动在 CC 区海底的重建中扮演了主要作用，形成了海山脊、海底高原和海山。为充分识别这一特征，显然需要着手研究不同构造的年代，对 CC 区不同部分的火山活动的性质和年龄进行对比。

小组敦促更详细了解在研讨会上展示的关于 CC 区近代热液活动证据的资料。小组认为多金属结核的组成与结构可能受已经发生过的热液活动的影响。

水深和地层学

B 组处理海底（水深）编图和下覆沉积地层（地层学）问题。过去的分析着眼于把 CC 区作为一个整体来处理，该小组建议应更加强调地质模型在 CC 区的各区和站位上的特征。B 组希望建立两个勘探模型，按其数学方法基础，一个是叙述模型，另一个是预测模型。

关于叙述模型，小组认为，鉴于对影响结核成因、分布和金属含量的基本因子已有了较

好认识,现在应强调的是在一些典型例子中这些因子是怎样相互作用的。小组建议的大部分都涉及到预测模型,即多金属结核环境中的那些化学和物理特征可作为展示高丰度与高品位矿床存在的指标。

小组提出了若干与结核丰度及品位相关联的因子:[碳酸盐补偿深度](#)可作为结核丰度和金属品位的关键因子。这一深度在大洋的不同部分是变化的。当海底位于该深度以上或以下太远时,结核难以形成。[海底“纹理”](#)——其特征显著的局部和区域构造被识别为确定结核丰度的另一因子,但对金属含量的控制程度较低。与这一因子并行的是[地形](#),包括坡度和表面结构。[现代和古代沉积物](#)被证明是涉及结核丰度和品位各个方面的关键因子。结核聚集最高的区域都位于硅质软泥和沸石黏土区。同时,在近赤道的高生物生产力带外侧没有发现结核。[沉积速率、侵蚀作用和海流](#)必须平衡,这些因子的任何一种太少或太多对结核的形成都有负面影响。

小组发现有关上述因子已经有大量资料,但是大多没有提交给国际海底管理局。小组认为管理局应从海底合同承包者和公共数据来源中甄别和录入这些资料。

小组提出了关于国际海底管理局活动的 7 项建议。包括开发海底结核照相、地形和沉积物的数据库;确定过去 2,000 万年间 CC 区的地质演化史;绘制沉积图;收集热流资料;发展特定区的勘探模型;为采集和研究数据所需增加的工作;以及开发一个开放数据准入系统。

[沉积物和上覆水体](#)

C 组关注的是沉积物和上覆水的界面。这方面的主要要素是生物生产力,特别是输出的生产力,即到达海底的富含化学元素的海水部分。这是比周围海底更为重要的金属来源。由于结核丰度和品位通常没有相关性,小组认为对这二个因子需建立各自的模型。

小组注意到生产力与结核形成之间的关系不是线性的。当丰度随生产力提高到一定水平时,丰度在该点之外就会减少、甚至降至零。这样,关键是要确定这个转折点。最低含氧带的深度是另一个重要要素,但要确定这个因子与生产力的作用有何不同还有待进一步工作。

与 B 组一样, C 组也认为需进一步研究 CCD, 包括从东到西的变化。铜、锰、镍的含量在 CCD 附近增加,而钴和铁的品位降低。给出这一关系,就可圈出某种金属的最富的区域。在结核品位与周围海水间不存在确定关系时,结核似乎大多是在特殊类型的有机沉积中发现的,最富和丰度最高的结核出现在硅质放射虫软泥或红色黏土区。在预测丰度方面沉积

速率比沉积类型更重要。

沉积物中有机碳也是在接近 CCD 处增加,但是 CC 区能说明这个因子的有效数据很少。其他因子,包括沉积物中碳酸钙和硅的含量,以及间隙水的成分和含量,即结核中孔隙海水携带的有关金属。小组认为生产力、碳酸盐溶解、生物硅和有机碳等方面值得进一步研究。小组提出了在生物扰动—管穴活动和其他生物活动造成沉积物再分布—最活跃的地区结核最丰富的证据。

小组建议 CC 区和南太平洋之间的任何差别都应验证。如果没有本质上的差别,一个地区的模型则可用于另一个地区。换句话说,对任何差别的原因都应进行研究。

会议成果

研讨会成果基于今年 1 月科学家会议起草的报告与工作方案。研讨会为更加科学地评价 C-C 区多金属结核资源矿床提出了一份路线图计划。这一计划拟用四年时间建立 C-C 区多金属结核的地质模型。根据三个工作组的报告与建议,研讨会提出了一项工作方案。为实现在 3-4 年内建立一个可靠的地质模型的最终目标,方案分三个阶段:第一阶段为数据与资料的收集与处理,第二阶段为数据的分析,第三阶段为建立地质模型。建立地质模型的目标是为了改进资源评价工作,但在建立模型的同时也将提出一份探矿者指南,对结核地质学进行描述与解释,以完善模型的定量方法。

研讨会就模型应该包括哪些内容和建模工作如何开展提出了一系列建议。建模过程中的一个中间产品有可能是 C-C 区所位于的太平洋板块的演化结构模型,这一演化史将追溯到 2000 万年以前,覆盖了最古老结核的生长期间。有关证据也将用于检验诸如海底热液活动的特征。

对模型的投入主要来自与结核矿床生成环境相关的海洋学调查取得的野外数据与资料,其中包括海底地形学与地质学,覆盖结核的水体结构与生物学。数据主要来源于:与管理局签订了多金属结核勘探合同的承包者,以及私立与公共的研究机构。随着建立模型工作的开展,管理局将形成从局部选定区域到 C-C 区全区的各种比例的图集。

模型将按计划分步发展,以允许科学家在其发展过程中随时作出修正。这一工作将主要由参加研讨会的专家来承担。

资料

多金属结核资源

结核的矿物性质

多金属结核是十九世纪末（1868 年）在西伯利亚岸外的北冰洋喀拉海中发现的。英国“挑战者”号考察船在进行科学考察期间（1872-76 年），发现世界大多数海洋都有多金属结核。

多金属结核又称锰结核，系由包围核心的铁、锰氢氧化物壳层组成的核形石。核心可能极小，有时完全晶化成锰矿。肉眼可见的可能是微化石（放射虫或有孔虫）介壳、磷化鲨鱼牙齿、玄武岩碎屑，甚至是先前结核的碎片。壳层的厚度和匀称性由生成的先后阶段决定。有些结核的壳层间断，两面明显不同。结核大小不等，小的颗粒用显微镜才能看到，大的球体直径达 20 多厘米。结核一般直径在 5 到 10 厘米之间，大小如土豆。表面多为光滑，也有粗糙、呈椭球状或其他不规则形状的。底部埋在沉积物中，往往比顶部粗糙。

结核位于海底沉积物上，往往处于半埋藏状态。有些结核完全被沉积物掩埋，有些地方照片没有显示任何迹象，却采集到结核。结核丰度差别很大。有些地方结核鳞次栉比，遍布 70% 的海底。但一般认为，丰度须超过每平方米 10 公斤，在不足一平方公里范围内，平均丰度要达到每平方米 15 公斤，才具有经济价值。结核在不同深度海底都存在，但 4,000 至 6,000 米深度赋存量最丰富。

化学成分因锰矿的种类和核心的大小和特征不同而异。具有经济价值的结核主要成分为锰（29%），其次为铁（6%）、硅（5%）和铝（3%）。最有价值的金属含量较少：镍（1.4%）、铜（1.3%）和钴（0.25%）。其他成分主要为氧和氢，以及钠和钙（各约 1.5%）、镁和钾（各约 0.5%）、钛和钡（各约 0.2%）。

结核的形成机理

各类结核是如何形成的？这方面有好几种理论。两种较为流行的假说是：

- ✧ **水成作用成因**：金属成分缓慢从海水中析出，沉淀形成结核体。据认为，水成结核的铁、锰含量相仿，镍、铜、钴品位相对较高。
- ✧ **成岩作用成因**：沉积柱内的锰重新活动，在沉积物/水界面析出。此种结核锰含量丰富，但铁、镍、铜、钴含量较少。

提出的其他形成机理有：

- ✧ **热液成因**：金属来自与火山活动有关的热液；
- ✧ **海解成因**：金属成分来自玄武岩碎屑的分解；
- ✧ **生物成因**：微生物的活动催化金属氢氧化物析出沉淀。

在结核形成期间，上述成因可能有几种是同时或相继发生的。具体而言，不论结核的成因为何，有几个因素是共同的：

- ✧ 结核形成需要低沉积速率或在其沉淀积聚之前有某种刷除沉积物的过程。这样，结核体在被埋藏前得以增长——否则被埋藏后就难以具备发展所必需的条件。
- ✧ 浮游生物积聚了铜、镍等微量元素，在其死亡后沉降到海底的有机物可能为组成结核的金属来源之一。
- ✧ 海水中的锰主要来自热液喷口（热泉）；热液从洋壳裂缝上涌时，锰从底层的玄武岩中沥滤出。
- ✧ 微生物活动进一步促进了结核的凝聚过程。

结核的生长是最为缓慢的一种地质现象，数百万年才增长 1 厘米左右。因此，太平洋的结核年龄在二、三百万年之间。不过，据报导，在第一次世界大战期间沉毁的舰船附近，铁锰结核迅速形成。这可能有助于理解结核成分的来源及其凝聚方式。结核形成缓慢，则成因可能是水成或成岩作用；结核形成较快，则其金属来源应不是海水和沉积物。就后一种情形而言，热液成因，甚至海解成因较为可能。

应加解释的另一个问题是：沉积速率比结核增长速率高得多，结核为什么还继续留在表层之上？即使是残余放射虫软泥，平均沉积速率也有每千年数毫米。因此，结核应当埋藏在数米深的沉积物之下。一种猜想是，食底泥的底栖生物（多毛类环节动物或益虫）清除结核上最新积聚的颗粒物，将其抛在结核旁边，甚至置于结核之下，从而使结核不至被埋藏。

结核的地理分布

所有海洋，甚至大湖中，都发现有结核。不过，具有经济价值的结核区分布有限。工业勘探者选定了三个地区：东北太平洋克拉里昂-克利珀顿断裂区、东南太平洋秘鲁海盆和北印度洋中心。

这些地区海底水深 4,000 至 5,000 米不等。海底地形由深海丘陵构成，沿海洋壳断崖呈南北走向延伸。洋壳从洋中脊向外扩张，玄武岩断裂之处形成断崖。洋壳移离洋脊，逐步为沉积物所覆盖。因此，在西经 120 度至 155 度间，自东向西，北太平洋沉积物厚度由 50 米增至 150 米。山丘顶部相距 2 至 5 公里，高出最低地区 100 至 300 米。山的两侧有最高达 40 米的钙质粘土峭壁，顶部有大凹陷。虽然有这些地形障碍，但平均坡度仍不到 10 度。根据对海底连续照相而进行的地质统计模拟可标示适宜开采的矿区。最佳的矿区宽 1 至 5 公里，长 10 至 18 公里，呈南北走向，结核丰度为每平方米 15 公斤的区域可能占这些矿区海底面积的 35%。

1965 年，约翰·梅罗估算海底多金属结核总量在 1.5 万亿吨以上。1981 年，阿切尔把这一估计数减至 5,000 亿吨。然而，并非所有的结核矿区都适合开采。曾数次努力测算今后可能开发的资源。这些办法首先是确定全球海洋所含有的矿址数量。矿址的定义是：可以持续商业作业 20 至 25 年、每年产出 150 万至 400 万公吨“优质结核”的海底区域。优质结核的定义为：平均含有至少 1.25%-1.5% 镍和 1%-1.4% 铜以及 27%-30% 锰和 0.2%-0.25% 钴。据此估计共有 8 至 225 个矿址，推算总资源量为 4.80 亿至 135 亿吨。考虑到其他因素，包括世界金属市场在头 20 年间吸收有关产品的能力和更严格的采矿假设，矿址进一步减至 3 到 10 个，产量减至 1 亿至 6 亿吨。此即所谓“推测估算资源量”。

勘探、采矿和加工技术

勘探技术

在勘探多金属结核矿床的过程中，研究出了数种技术与方法。多年来，这些资源的探测和取样技术有了长足进展。

1930 年代以来，一直采用回声测深（声纳）技术勘查洋底地形。传统回声测深仪在船底垂直发射宽束（40 度）声波。根据从发出声脉冲到接收海底回声之间的时间间隔，可以按照声音在水中的传播速度（每秒约 1,500 米）算出水深。在船只行进过程中所获得的连续测深数据提供该船航迹下方的地形剖面图。要准确地测绘海底某一区块的地形，就必须行走等距平行航迹。

1970 年代末，出现了多波束回声测深仪。设备发射一系列窄束（2 度）声波信号，作扇形分布，与船体轴线正交排列。每次发射得出一系列同该船航迹下方及旁侧各点相对应的测深数据。现代化多波束回声探测仪（侧扫声纳）每一扫描带有 150 多个测量数据（平均每 130 米一个数据），覆盖宽达 20 公里，水深至 4,000 米的范围，可以辨别许多以前看不见的地形。在船上，一分钟之内即可绘出地图，从而得以实时“阅读”海底某区段的地形。邻接刈幅很容易用电脑拼接。加上精度达 1 米的全球定位系统，绘出的 1:25,000 比例尺地图在准确度上堪与最佳的陆地地形图相媲美。海面测量还以深拖声纳在海底上方测量作为补充。大多数勘探者还以带照相机的无缆取样器投入海底进行取样、拍照。每次能从 0.25 平方米地区采集数公斤结核，并对 2 至 4 平方米地区拍照。根据所有这些资料，即可以估计海底结核丰度（公斤/平方米）。由电缆操作的抓斗和照相机提供的信息更为可靠，不过速度较慢。声纳技术的最新改进应能促进新装置的开发，以更准确地测量结核分布的密度。这样就能用较短时间勘测大范围内的结核丰度。

采矿技术

采矿和加工技术在很大程度上决定了哪些地区适合开发结核。结核达到一定丰度，采矿设备才能高效作业。另外，结核须具备一定品位（有用金属在矿石中所占比例），才能经济合算地通过冶金流程提取有价值的商品。

1970 年，在佛罗里达州岸外水深 1,000 米的大西洋布莱克高地进行了第一次结核采矿原型系统试验。“深海探险”公司在 6,750 吨的货轮“深海采矿者”号上装置了一个高 25 米的吊杆和一个 6 米乘 9 米的中央池（采矿装置即由此部署）。结核用曾在 250 米矿井试验的气举系统提升。

1972 年，30 家公司组成的集团试验了日本海运官员 Yoshio Masuda 发明的系统。连续链斗系统系在一条八公里长的回转链上每隔一定距离挂一个戽斗。戽斗从前捕鲸船“白岭丸”的船首投放，在船尾回收。采集到了一些结核，不过链索缠在一起，试验遂告终止。1975 年计划进行新的试验，不用一艘船而用两艘船，终因缺少经费而取消。

1970 年代末，三大美国财团在太平洋用水力采矿系统进行采矿试验。海底结核由一挖掘装置采集，传送到悬在海面船只下方的提升管的底部。海洋管理公司（OMI）使用动力定位的钻探船“SEDCO 445”号。船上装有吊杆，用常平架支撑，以减少船体运动对提升管的影响。试验的两种升举系统为：用装在提升管内水深 1,000 米处的离心轴流泵吸送；在水深 1,500 米和 2,500 米之间注入压缩空气进行提升（气举）。提升管后边拖着两个采集装置：一个带喷水器的水力吸入式挖采装置和一个配备反向传送带的机械采集器。第一个采集装置不幸因操作失误丢失。不过，在夏威夷以南 1,250 公里处进行的三次实验共采集到约 600 吨结核。

1976 年，海洋采矿协会（OMA）在 20,000 吨级运矿船“Wesser Ore 号上装备了月池（船体开口，供钻探设备通过）、吊杆和旋转式推进器。结核由水橇拖曳的抽吸式集矿头进行采集，以气举装置提升。该船后更名为“深海采矿者二”号，1977 年在加利福尼亚州圣迭戈市西南 1,900 公里处进行了第一批试验。由于管柱的电接头并非绝对防水，试验遂告暂停。1978 年初，另外两轮试验再度受挫，首先是挖采装置陷入海底沉积物中，后又遇上飓风。最后，1978 年 10 月，在 18 小时内提升了 550 吨结核，最大能力为每小时 50 吨。由于吸入泵一个块叶片折断，电动机停转，试验由此终止。

1978 年，海洋矿产公司（OMCO）向美国海军租用了“格洛玛探测者”（Glomar Explorer）号。这一动力定位船排水量 33,000 吨，长 180 米，利用精密系统部署管柱和电缆。船上的大月池（61×22 米）有利于大采集器作业。该公司建造了配备阿基米德螺旋的电动采集器，可在松软的沉积物上爬行。先在加利福尼亚岸外水深 1,800 米处做了好几次试验，后于 1978 年底在夏威夷以南进行第一批试验，但因月池门打不开而告暂停。1979 年 2 月，此项作业

终于得以顺利进行。此外，该船的先进电脑系统还搜集了许多数据。这些作业成功地说明：挖采和提升的基本做法是正确的。

1979 年，法国工程师考虑到海洋底部地形障碍（如断块、阶地、悬崖和凹陷等）带来的困难，决定海底采集器需要有更大的活动余地。他们提出自由穿梭采矿系统的概念；该系统由一系列能自行潜入海底的独立采集器组成。到达海底之后，采集器会排出压载物，妥善安身，然后开始采集结核。采集器由铅电池驱动，利用履带爬行，并通过排放压载物调整其高度；在装载 250 吨结核后将进一步排放压载物，开始浮上水面；到达水面后，被拖至浮动港。遗憾的是，在可行性研究期间发现，该系统过于昂贵，因为穿梭器重 1,200 吨，远远高出其 250 吨的装载能力。问题在于现有浮力材料性能差和（或）铅电池重量/能量比高。

水力系统现在似乎潜力最大。1988 年法国 GEMONOD（开发结核采矿集团）提出此系统的概念。系统包括：半潜式双体船水面平台长 4,800 米的刚性钢管柱；和长 600 米，内径 38 厘米的软管，把管柱底部和海底挖采装置连接在一起。软管成弧状，使挖采装置可以为避开障碍物而偏离海面平台的航迹。自行式挖采装置长 18 米，宽 15 米，高 5 米，重 330 吨，浮力 78 吨。装置在海底爬行时采集结核并予以处理，以便通过软管输送。

运矿船将结核从采矿船运至港口的加工厂。结核将作为稠泥浆经由软管输入、输出装载船船舱。在加工场所，泥浆存储蓄池。

印度目前正在研制一种采矿车，打算在 2007-08 年试验。国家海洋技术研究所主任在 2001 年国际海底管理局举办的研讨会上指出，该研究所已在 410 米水深处试验原型，计划于 2002 年在 6,000 米水深处进一步试验。该装置 3 米宽，以塑料轨道在海底爬行。前置的采集装置采集结核，由传送带将其送入轧碎机。按照设计，系统会有振动动能，避免淤泥进入轧碎机。轧碎结核经由直径 10 厘米的软管以提升泵输送至水面船只。另一脐带连接为供电缆和通讯电缆。爬行器虽然以系缆与水面船只联系，但在海底可以独立活动。开发人员称，该系统比先前的更注重环境问题。

加工技术

为处理多金属结核已开发研究了不少工艺流程。起初，只考虑提取镍、铜、钴这三种金属。1978 年后，也考虑提取锰，以提高总收入、减少浪费。技术分两类：湿法冶金法——用酸性（盐酸或硫酸）或碱性（氨）试剂把金属从结核中浸出；熔炼法——将氢氧化物还原（去氧），以重力分离金属熔液。下面试举三例。

Cuprion 氨浸出法

Cuprion 氨浸出法是肯尼科特（Kennecott）公司开发的。结核被磨碎成浆，在搅拌桶内以一氧化碳加氨低温还原。经一系列加稠器进行逆流倾析后，铜、镍、钴处于可溶状态。然后再通过液体离子交换剂以电解冶金法（以电解作用分离）萃取镍和铜；钴以硫化沉淀法除去。不过，从铁锰渣回收锰有一定难度。

硫酸浸出法

这一流程是菲尔斯特瑙于 1973 年提出的，其后法国原子能委员会通过研究，对之作作了重大改进。轧碎结核所含金属在摄氏 180 度高温和 1,200 千帕高压下以硫酸溶解。用硫化气预先还原一些结核，将得出的二价锰离子注入压热器（蒸汽压力加热器），以提高钴回收量。以硫化氢沉淀所余溶液中的铜、镍和钴。硫化铜经焙烧成为氧化铜精矿，镍钴精矿则以硫化矿形式保存。

在提炼厂，氧化铜精矿以硫酸浸析，再用电解冶金法萃取金属。硫化镍钴精矿在氯和水中溶解。在去除铁和锌之后，剩余的两种金属由离子交换溶剂分离。钴以氯化物的形态产出送至炼钴厂；镍电解萃取。铁锰渣在电炉内烘干煅烧后进行熔炼，磷和部分铁在此过程中被去除。

熔炼法

好几家公司研究了应用传统镍和铜熔炼法来处理多金属结核的问题。结核在旋转窑中烘干和煅烧，然后送入埋弧电炉还原，产出富锰炉渣和铁镍铜钴合金。合金经过转炉精炼，氧化作用排除大部分剩余的锰和铁。加硫后产出镍铜钴硫。

镍铜钴硫可用镍矿业所用的几种方式处理。例如，可在磨碎后以氯选择浸出。从铜溶液中除去硫后，以离子交换和电解法提取镍。在以离子交换法萃取钴和镍之前，先除去镍钴溶液中的铁和锌。

富锰炉渣趁热直接送进电弧炉，在除去磷和剩余重金属（镍、铜、钴）及大部分铁后，产出硅锰铁合金。