



## 第十六届会议

2010年4月26日至5月7日

牙买加金斯敦

**关于编制克拉里昂-克利珀顿区多金属结核地质模型的项目  
所取得成果的研讨会(2009年12月14日至17日在牙买加的金斯敦举行)的总结报告**

1. 多金属结核资源含有镍、钴、锰和铜。这些资源出现在所有大洋，但太平洋克拉里昂-克利珀顿区的矿藏据信最为丰富，包含高品位和高丰度结核。当前，在八个与国际海底管理局签约的勘探承包者中，有七个签订了这个区域的勘探合同。为了执行其对本区域的预期矿藏进行资源评估的任务，管理局与七个勘探者举行了会议，以讨论通过何种方法来改进对克拉里昂-克利珀顿区的多金属结核矿藏进行资源评估的结果。在这片广袤的地理区域中，很大一部分没有抽样数据，因此，与会者建议，如果可以证实，正如猜想的那样，结核的高品位和高丰度与诸如沉积物、水深测量、地质构造和初级生产力这样的因素确有关系，就可以把这些因素作为替代变量，用以确定样本不足的结核区域中的品位和丰度。与会者们因此建议管理局编制一个克拉里昂-克利珀顿区多金属结核矿藏地质模型。2003年5月13日至20日，管理局在斐济的楠迪召开了一次研讨会，以审议在编制这样一个模型时可以考虑的数据。该研讨会确定了备选替代变量，并制定了模型编制方案和探矿指南。

2. 这个于2005年开始的方案之所以取得成功，在很大程度上得益于各承包者的科学家们和这个领域的其他专家慷慨提供的数据、信息和专门知识。方案现在处于最后阶段，已经产生了一个克拉里昂-克利珀顿区多金属结核矿藏地质模型，其中提供了三个相互独立的模型编制方法，并制定了一份探矿指南，其中包括以叙述方式说明在该区域勘探多金属结核方面的关键因素，包括关于已知矿藏的数据和现有信息。该地质模型和探矿指南提供了九项独立研究的结果，这些研究产



生了大量与克拉里昂-克利珀顿区内的矿藏有关的地球物理学、地质学、海洋学和生物信息，并就这些矿藏如何形成，在哪里形成和用于在该区域查明这些矿藏的标准提供了一般性指导。

3. 管理局于 2009 年 12 月 14 日至 17 日在其位于牙买加金斯敦的总部召开了一次研讨会，讨论这个项目的成果。共有 24 人参加了这次研讨会，包括管理局法律和技术委员会的一些成员、承包者的代表、会员国代表和参与编制地质模型和探矿指南的专家。研讨会分为以下三大部分：专家作介绍；工作小组讨论；闭幕会议。

4. 国际海底管理局秘书长尼·阿洛泰·奥敦通正式宣布研讨会开幕。秘书长向研讨会所有与会者表示欢迎，并从头回顾了地质模型的编制过程。他感谢承包者和专家们为这个项目提供服务和慷慨提供数据。秘书长还向研讨会通报说，管理局将首次使用多媒体流技术在因特网上播放研讨会实况，这将有助于管理局与世界各地更多的人进行沟通。他邀请与会者们在研讨会的讨论期间发表批评、提出建议和提议改进，以便会议能够在结束时商定明确的建议。他祝愿与会者们在研讨会上取得丰硕成果，在金斯敦逗留期间生活愉快。管理局资源和环境监测处处长 James A. R. McFarlane 介绍了研讨会的工作计划和后勤安排。地质模型项目的首席咨询专家、美利坚合众国夏威夷 Planning Solutions 公司的 Charles Morgan 博士获指定为研讨会的协调人。

### 专家作介绍

5. 研讨会听取了 11 项介绍，所涉问题包括：某些替代变量取得的结果、如何将这此结果纳入模型、对克拉里昂-克利珀顿区的矿藏进行资源评估的结果以及对模型文件的评述。这些介绍开始的时候，Morgan 博士首先谈了一下模型项目的执行情况。他在介绍中概述了方案的各项目标，并总结了取得的成果。方案的主要目标是：改进资源评估，把现有的全部勘探和环境数据综合在一起，并为今后的探矿和勘探提供指导准则。他还按时间顺序回顾了这个项目的各个里程碑。他简短介绍了项目的全面成果。管理局的高级科学事务干事 Vijay Kodagali 博士随后介绍了模型所使用的数据。他介绍了管理局收集的多样化的庞大数据集，其中的数据由克拉里昂-克利珀顿区的承包者们慷慨提供。他还介绍了与附加数据有关的地图和数字，附加数据是为各项模型研究所收集。他解释说，在项目期间，管理局对承包者和咨询专家的努力进行了协调，为项目建立了安全的文件传送协议(FTP)和虚拟专用网(VPN)网站，对项目进行了定期审查，并保证项目的两个产品，即地质模型和探矿指南，得到同行审查。会议随后就数据的质量、分配和规格化进行了有意思的讨论。

6. Lindsay Parson 博士来自大不列颠及北爱尔兰联合王国南安普敦的国家海洋学中心，介绍了替代变量“水深测量和底图”取得的结果。他展示了为编制底图所使用的不同数据来源。除了公共领域的现有数据外，还使用了其他信息，包

括来自卫星重力测量的水深测量数据、承包商提供的新的多波束数据和承包商模拟地图。提供了克拉里昂-克利珀顿区内覆盖了整个结核分布区的六个重点区域的详细地图。对整个克拉里昂-克利珀顿区适用的网格间距为 1 弧分，对其中主要区域适用的绘图网格间距为 0.5 弧分和 0.1 弧分。他介绍了他在工作中绘制的地图，并简短地谈了一下克拉里昂-克利珀顿区的地质构造。与会者们在随后的讨论中赞扬 Parson 博士出色地运用关于克拉里昂-克利珀顿区的现有数据。

7. 海洋地质作业南方生产协会的 Valery Yubko 博士和国际海洋金属联合组织的 R. Kotlinski 博士就克拉里昂-克利珀顿区的火山要素和结构要素进行了工作。然而，这两个作者都没有到会，他们的同事 Valcana Stoyanova 博士介绍了他们的工作。他们的主要工作目标，是估计诸如底层形态、水深、结构-构造环境以及沉积、火山和热液活动在整个克拉里昂-克利珀顿区内对多金属结核的形成所产生的影响。这项研究所使用的数据涉及该区的结构环境、火山和热液活动、沉积物类型、结核的类型和分布以及锰-铁比率。Stoyanova 博士介绍了一张克拉里昂-克利珀顿区结构略图，并讨论了该区的热液和火山活动数据。她还提供了该地区的 500 万、1 000 万、1 500 万和 2 000 万年前古构造复原图。与会者们对这些工作成果，特别是对新 Mahi-Mahi 断裂带表现出很大兴趣，该断裂带看来对该区的结核分布产生很大影响。

8. Charles Morgan 博士介绍了关于沉积物的替代变量工作所取得的成果，这些成果载于题为“地区沉积物检查”的报告。在关于沉积物的工作中，咨询专家们把来自承包者和公共领域的的数据汇编在一起，用一个共同格式将其综合起来。他们还检查了沉积物与丰度和金属含量之间的关系，为这项研究收集了 4 600 多个沉积物测点数据，把沉积物分为 13 个类型，并提供了一张按水深标示的克拉里昂-克利珀顿区沉积物分布图。

9. 研讨会在第二天继续讨论沉积物问题，H. Zhou 教授介绍了中国大洋矿产资源研究开发协会 (COMRA) 合同区内的水深测量情况和沉积情况。他提出了 COMRA 合同区的东区和西区的详细水深测量图。COMRA 的合同区有三个基本地带：深海丘陵、海山链和深海盆地。海山是东西走向，沉积地堑则是南北走向。东区的海山链隆起较高。Zhou 博士还分析了来自自由落体取样器的大约 1 600 个沉积物数据。他说，他使用的沉积物分类法包括四个类别，并介绍了沉积物类型与水深之间的关系。他对深拖数据和水深测量数据进行了比较，以显示它们与结核丰度之间的关系。很多与会者在讨论期间谈到不同的发言人为不同参数所使用的分类系统，指出这方面没有任何统一性。与会者把这种不规则的情况归因于承包商使用的分类方法不同。与会者们强调，需要为所有参数确定一个统一的分类法。

10. Morgan 博士介绍了关于地质模型替代变量的主要工作成果之一，这就是生物地球化学模型。这种模型使用其他已知变量，包括水面叶绿素浓度、与东太平洋海隆之间的距离和碳酸盐补偿深度的数值作为模型组成部分，预测结核金属含量

(锰、钴、铜和镍的含量)的地理分布和结核丰度(每平方米海床蕴藏的矿石公斤数)。克拉里昂-克利珀顿区多金属结核矿藏的主要金属来源是北美洲、中美洲和东太平洋海隆的陆地来源或火山生成来源。这些金属被随北太平洋洋流向西漂移的细颗粒沉积物的表面所吸收。这些沉积物在飘移过程中成为滤食浮游生物的食物,转化为排泄物,体积与泥沙相仿,大得足以下沉到热带太平洋水域的海床。然后,这些排泄物颗粒在下沉到海床的过程中可以通过深海动物群落和细菌过程发生代谢变化。这些过程去除了把金属粘结在一起的有机物质,将其降解为易于为阴离子氧化锰矿石所吸收的阳离子物种,结核矿藏的大部分是这种氧化锰矿石。Morgan 博士展示了该模型产生的一些结核分布图。Morgan 博士发言之后,与会者们讨论了模型的各个组成部分和最后结果。

11. Valcana Stoyanova 博士介绍了结核的覆盖面、形态和分布之间的关系。Stoyanova 博士说,为了了解研究区域内的结核分布,进行了一次分析,以确定各种结核参数,例如覆盖面、丰度、形态、体积、成因类型、水深、底层形态和地理区域之间的相互关系。她说,通过一个结核形态及其形成机制的分类系统,对水成结核与成岩结核进行了区分,并区分出不同的形态类型(例如平圆形和球形)。她还说,在克拉里昂-克利珀顿区的整个东区,成岩、平圆形和椭圆形结核属于主要类型。在结核丰度最高的区域,最常见的结核形态是多核结核。在 4 100 米和 4 200 米水深处,结核覆盖海床百分比最高,而北纬 12 度至 16 度的丰度值最高。

12. Charles Morgan 博士介绍了大韩民国韩国海洋研究开发院的 J. K. Kang 博士和其他人使用地理信息系统和地质统计数字进行的结核资源潜力评估工作。他概述了克里格法和其他地质统计工作的成果。这次资源评估采用的是常规方法,用于评估的数据被进一步划分,用简单的几何图形表示,以利于分析。得出的结果显示,研究区域内有大约 200 亿至 300 亿公吨的结核。

13. 在制作克拉里昂-克利珀顿区资源模型时还使用了空间决策支持系统、人工神经网络和模糊逻辑法。中国同济大学的 H. Zhou 教授介绍了有关结果。采用了空间决策支持系统模型制作法,以估计克拉里昂-克利珀顿区内一些无法得到结核丰度和金属含量数据的区域的矿化潜力。这项研究所依据的数据集中含有水深测量、地形、沉积物类型、方解石补偿深度和水面叶绿素数据。在研究中具体使用的方法包括证据加权模型、模糊逻辑学、逻辑回归和人工神经网络法。这项工作的成果就研究区域内可能出现结核矿藏的区域的空间分布得出了不同的评估结论。这些成果一致显示,找到的最有希望的矿区是在克拉里昂-克利珀顿区的中部和北部,而该区的南部、西南部和东部很可能不利于产生结核矿藏。该作者介绍了这次研究产生的各种地图,其中显示最有可能产生矿藏的区域。一些与会者对用来制作资源模型的新颖方法表示赞赏,并为改进分析结果提出了很多建议。

14. 两个知名专家，即美国地质调查局的 James Hein 博士和柏林自由大学的 Peter Halbach 博士，就地质模型项目的这两个产品发表了评论。Peter Halbach 博士介绍了他对地质模型和探矿指南的主要评估意见。他说，在他对这些文件进行初次审查后，作者们采纳了他建议的改动，更新了文件。他逐章详细评论了每项文件。Halbach 博士讨论了结核的起源，并评论了文件中提出的生物地球化学模型。他说，他还希望作者们在模型编制工作中考虑秘鲁盆地的结核矿带。他总结说，最佳的高质量结核生长条件与最高生长率或最大锰含量无关，但是与中间的生物地球化学环境有关。与会者在他发言后就结核的起源举行了热烈讨论。

## 工作组

15. 与会者在研讨会的第三天分成四个工作组。挑选出了组长，以主持每个工作组的审议工作。这些工作组是：

- 第 1 工作组：把模型推广到世界上的其他大洋(印度洋、大西洋等)
- 第 2 工作组：勘探技术(勘探、分析方法、绘图、可视化、遥控运载工具/自动水下运载工具等等)
- 第 3 工作组：环境组成部分(研究计划、时间序列、实地平面图和标准化数据集)
- 第 4 工作组：关于模型研究成果的宣传教育

第 1 组和第 2 组全天分别开会。第 3 组和第 4 组成员分别开会，并出席第 1 组和第 2 组的会议。

16. 在研讨会的第四天首先举行了一次全体会议，以讨论工作组的审议情况。每个工作组的组长在这次会议上介绍了关于其所提建议的报告。所有代表都参加了这次会议上的讨论。各工作组随后再次举行会议，以敲定其建议。

### 第 1 工作组：把模型推广到世界上的其他大洋

17. 第 1 工作组审议了以下问题：

(a) 制定建议，为印度洋、大西洋、秘鲁盆地、墨西哥盆地和其他地方的结核矿带编制类似的地质模型；

(b) 查明克拉里昂-克利珀顿区地质模型和探矿指南在适用于其他地区时的不足、缺陷和局限；

(c) 建议对模型和探矿指南的改进。

18. 该工作组讨论了中印度洋盆地的情况，并表示，眼下的需要是把地质模型推广到该区域。为了增加对该区域的了解，强烈建议承包者提供数据，用以编制该

盆地的模型。与会者认为，需要在该盆地测试克拉里昂-克利珀顿区的模型，然后才可以考虑将其作为关于多金属结核矿藏的全球模型。

19. 工作组还讨论了大西洋的情况。与会者们获悉，与其他区域相比，可以得到的南大西洋数据有限，因此，在该区域全面测试克拉里昂-克利珀顿区模型是不实际的。有鉴于此，提议举办一个分为两个阶段的项目。第一阶段将是由管理局牵头采取一项举措，协助从沿岸国和其他国家收集所有关于南大西洋的现有数据（和分析报告），将其合并起来，创建一个综合数据库。与会者们同意，可通过一项两年期方案来完成这个阶段的工作。第二阶段将是在南大西洋的适当区域测试克拉里昂-克利珀顿区模型。与会者们建议，提议举办的南大西洋项目可以成为一个很好的机会，在该区域适用探矿指南。他们还认为，提议举办的项目可以提供必要的框架，用以在南大西洋寻找同样具备在克拉里昂-克利珀顿区控制结核形成的那些要素和条件的区域。

20. 工作组建议再次审查克拉里昂-克利珀顿区模型，以考虑到墨西哥盆地产生的结果，尤其是热液贯入以及沉积物和陆源溶化金属横向移动的重要性。工作组还建议在克拉里昂-克利珀顿区模型中考虑到秘鲁盆地产生的分析意见和结果，特别是观察到的代表成岩结核端元类型的高锰-铁比率。

21. 第 1 工作组的其他建议包括：

(a) 存在把克拉里昂-克利珀顿区模型应用到北大西洋的可能性；

(b) 承包者们应该在自己的区域测试该模型，管理局则应在保留区内对其进行测试；

(c) 考虑到市场趋势，痕量金属可能在今后具有高度重要意义。例如，模型还应该使用钼、锌、钛、稀土元素和其他元素，以检查其是否适用于确定这些金属的资源潜力；

(d) 地质模型和探矿指南涉及结核的形态、体积和形状以及沉积物问题。然而，与会者们在介绍之后的讨论中指出，这些参数的分类办法毫不统一。承包者们目前使用的是各自的分类方法。因此，工作组建议制定一个适用于所有这些参数的分类系统。工作组还建议管理局就这个问题召开一次研讨会或专家会议，由管理局采用标准的分类系统，并将其适用于今后所有的出版物和报告。

## 第 2 工作组：勘探技术

22. 工作组详细讨论了勘探和采矿技术的现状。工作组考虑到勘探技术各组成部分的相对成熟性，建议集中注意必须由承包者提供的数据当中的欠缺。有两种所需数据看来变得特别重要：环境数据和具体承包地带的结核数据。需要环境数据和平面图来履行合同义务（特别是与克拉里昂-克利珀顿区承包区域有关的义务）。所有承包者的这些需要看来相似，因此，应该考虑进行集体努力，以便更

加迅速地达成共同解决办法或参考解决办法，以满足承包者的需要。此外，需要足够详细的数据，以便提供信息，用于决定每个承包者区域内的结核矿带的重要性顺序(并可能建议是否需要量身定做的采集技术)。工作组还讨论了生物区和环境数据、微观勘探、供资、标准、试点采伐努力和开放性结构问题。

23. 工作组除其他外，建议管理局考虑召开一次承包者会议，以促进关于(例如电压、母线、通讯和连接器的)规程和标准的讨论，并发表关于规程和标准的文件。工作组认为，可以很容易地修改经过考验的详细方法，使之符合管理局的需要，从而降低使用现成商业方法的费用，强制采用共同方法，并增加形成多个供应商竞争局面的可能性。

24. 工作组就改进克拉里昂-克利珀顿区勘探和业务的技术环境问题发表了更多的意见：

(a) 可视化能力：勘探研究以及更多和日益精密的传感器数据显示，数据融合将是一项重要的基准技术，而融合的数据可以用不断改进的可视化技术展示；

(b) 技术/方案管理：鉴于采伐接近实现，管理局应考虑的一个问题是，方案经理可以在管理局内很好地开展具体的承包者倡导工作，从而至少丧失从以前的研究和业务中吸取的经验教训，因为这些经理能够与更为训练有素的技术工作人员一道处理各种问题。

### 第3工作组：环境组成部分

25. 第3工作组的任务是建议如何使承包者们对地质模型的成就发生兴趣。人们提出，这会有利于查明和界定克拉里昂-克利珀顿区的深海生境，并有助于查明为成功完成环境评估所需要的数据和确定这些数据对今后保护海底环境的意义。

26. 工作组为把地质模型适用于今后的环境监测和评估提出了一些建议，其中包括：

(a) 更好地了解对生物因素在结核的分布和起源方面发挥的作用；

(b) 实现方法、要素、分辨率和其他考虑因素的标准化；

(c) 鼓励为今后的影响分析和回收试验进行生境尺度研究和数据收集；

(d) 鼓励与有关的科研机构接触；

(e) 继续促进采矿公司与有关国际科学方案之间的互动；

(f) 制定一个环境评估培训和筹备方案，使其有助于把所使用的分辨率和所提供的信息标准化；

(g) 纳入那些可能有助于对环境的基准了解的未发表数据。

#### 第 4 工作组：关于模型研究成果的宣传教育

27. 第 4 工作组的任务是就宣传教育战略提出建议。工作组成员们积极参加了另外三个工作组的会议。鉴于第 4 工作组的任务具有跨领域性质，这种工作方式据信效率较高。工作组经过两天的审议，提出的主要建议是，应该由管理局负责把有关深海海床的科学、文化和环境工作所取得的成果和进展通报给将受这项工作的影响或从中受益的所有方面。管理局应确定目标受众，并决定传播这些信息的战略。

28. 亟需实现的宣传教育目标包括制定以下工具和宣传材料，用于传播特定的具体信息：

- (a) 一份关于深海采矿技术发展史的直观路线图；
- (b) 一份关于管理局重要成就(包括多金属结核地质模型)的直观路线图；
- (c) 一份关于管理局条例和政策的产生和制定过程的直观路线图；
- (d) 一份关于管理局的活动所涉环境关注事项的直观路线图；
- (e) 一份题为“深海环境意识”的宣传材料，包括从历史角度看待这个问题和举例说明最新科技手段；
- (f) 一份“深海技术园”宣传材料，其中将着重介绍采矿活动和技术。

29. 管理局应在其网站上发表研讨会的成果，并允许科研人员和其他会员国使用地质模型所使用的所有数据。

#### 闭幕会议

30. 研讨会于结束时在 2009 年 12 月 17 日举行了一次闭幕会议。在各工作组主席介绍其各项建议之后，研讨会协调人 Morgan 博士请与会者们提出意见和介绍经验。出席会议的所有法律和技术委员会成员都发表了自己的意见。他们基本上赞赏就地质模型项目进行的大量工作。发言者们再次着重指出一些关注事项，涉及诸如数据核实、数据出入和参数分类不标准这样的问题。承包者和会员国的代表也在这次会议上发言。秘书长在即闭幕词中感谢所有与会者参加这次研讨会。他回顾已故的法律和技术委员会成员 H. Beiersdorf 博士的话，后者大力主张编制地质模型，指出这是世界可以对这些资源有更多了解的唯一途径。秘书长说，迈出的第一步总是非常重要，管理局高兴地通过编制克拉里昂-克利珀顿区资源模型方面迈出了这一步。他补充说，总是有改进的余地，管理局将努力发展这项工作。他表示，将把研讨会的建议提交法律和技术委员会以及理事会，管理局将根据理事会的建议开展下一步工作。他说，这项工作涉及许多知名的国际科学家，管理局对他们的帮助感到骄傲。秘书长感谢每个人在研讨会期间作出的贡献。