



法法律和技术委员会

Distr.: General
8 June 2005
Chinese
Original: English

第十一届会议

2005年8月15日至26日

牙买加, 金斯敦

建立克拉里昂-克利珀顿区多金属结核地质模型

国际海底管理局秘书处为2005年5月25日至27日在牙买加金斯敦举行的会议编写的摘要

一. 导言

A. 背景

1. 国际海底管理局秘书处基本职责之一是评估管理局管辖范围内的国际海底区域的海底多金属结核的金属赋存量。为履行此职责, 秘书处利用承包者提交并保存于管理局多金属结核数据库 (POLYDAT) 中的数据, 定期对东北太平洋克拉里昂-克利珀顿区 (CC 区) 内的保留区进行评估。最近的评估显示, 承包者提供的数据就某些用途而言尚令人满意, 但据之对有关地区现场金属赋存量作出的估计, 其置信度无法达到对许多陆地金属资源所作估计的程度。¹

2. 在就此问题召开了几次研讨会和会议²并咨询了管理局法律和技术委员会后,³ 秘书处在2005年首季启动一个项目, 制定地质模型和有关的探矿者指南, 目的是减少秘书处对这些矿藏的资源评估的不明确性。本报告所述的会议是第一项完成的项目工作。

B. 会议目的

3. 秘书处召开会议是为了争取承包者支持和参加项目。会议的具体目的是:

(a) 向承包者代表说明秘书处请求为支持项目提供的具体数据，并解释这些数据如何有助于制定模型；

(b) 听取承包者代表的发言，以具体了解他们可以为支持项目向秘书处提供的具体数据；

(c) 探讨承包者技术工作人员直接参加项目的可能方式。

C. 与会者

4. 秘书处为其工作人员、承包者代表、制定地质模型的秘书处特聘技术专家组此次会议。表 1 列出与会者名单及他们的联络资料。

表 1

与会者名单

Michel Hoffert	路易巴斯德大学，法国斯特拉斯堡/法国大洋结核块研究协会	mhoffert@illite.u-strasbg.fr	(33)390 240 418	(33)390 240 402
Yuri Kazmin	海洋地质作业南方生产协会，俄罗斯联邦	yukazmin@dol.ru	(7-095)244 7069	(7-095) 254 5733
Charles Morgan	Planning Solutions, Inc.	SauChai@aol.com	808-550-4539	808-550-4549
Lindsay Parsons	南安普敦海洋学中心，联合王国	L.Parson@noc.soton.ac.uk	(44)02380-596541	(44)02380-596554
Craig Smith	夏威夷大学，马诺亚	csmith@soest.hawaii.edu	808-956-7776	808-956-9516
周怀阳	广州地球化学研究所	zhouhy@gig.ac.cn	0086-20-85290303	0086-20-85290303
韩喜球	国家海洋局，杭州	xqhan@mail.hz.zj.cn	0086-571-88076924	0086-571-88071539
周宁	中国大洋矿产资源研究开发协会	zhouning@comra.org	0086-10-6804-7769	0086-10-6804-8974
Jung-Keuk Kang	韩国海洋研究开发院	jkkang@sari.kordi.re.kr		
Valcana Stoyanova	国际海洋金属联合组织	v.stoyanova@iom.gov.pl	48-91 4539 398	48-91 4539-399

D. 报告的组织

5. 下文各节介绍会议的主要结果。第二节说明秘书处请求承包者提供的具体数据以及有关数据可能有助于制定地质模型的理由。第三节讲述承包者代表在会议上对上述请求作出的回应。第四节说明会议为促进执行地质模型项目而商定的主要行动。

二. 请求提供的数据.

6. 本节说明秘书处认为有助于制定地质模型，并在会议上经过较深入讨论的具体数据类别。表 2 为数据类别一览表。下文各节介绍被考虑的数据并简要说明数据可能对模型有用的理由。研究范围为北纬 0°-20°和西经 110°-160°内的地区。

表 2

请求提供的数据库一览表

测深

数字化数据，特别是多波速系统所得数据
任何可以增加覆盖面的相关数据集

丰度和金属含量

区域内的任何数值
区域内的任何元素比值（如 Mn/Fe）

沉积物和结核形态

结核形态和其他特征
矿床的摄影测量
沉积物特征，特别是年龄和 CaCO₃ 含量
浅层地震测量数据（如 3.5 kHz）：穿透层厚度、间断和其他构造

水柱数据

未公布的溶解氧测量资料
未公布的沉积物收集器资料
洋流测量资料

构造和火山活动数据

测绘火山和构造地形
火山岩的化学、矿物和年龄数据
热液活动迹象
重力、磁力和其他地球物理数据
热流数据

生物学数据

底栖动物的资源量和生物量
巨型动物物种组成
沉积区群落耗氧率
颗粒放射性核素（特别是 ²¹⁰Pb 和 ¹⁴C）的放射化学测量数据

F. 测深

7. 2003 年 5 月斐济研讨会和 2004 年 12 月专家会议均认为，以最新技术绘制 CC 区数字化测深底图，是制定地质模型的一项高度优先需要。秘书处将综合利用

现有的和新公布的数据集制作此一地图，作为项目的部分工作。编绘工作将提供一张供分析之用的底图和用于地质模型的替代变量。对于研究可能与成矿有关的构造和火山因素的项目工作（见下文 E 节），编绘的底图也将有支持作用。

8. 秘书处将酌情适当采用下列技术确认和评价取得的数据：

(a) 质量控制：这包括交叉误差分析、评价和对比网格数据集；

(b) 精配准和数字化：这包括酌情转换至同一地理投影和基准，以及模拟数据的数字化；

(c) 纳入卫星数据：这包括研究以其他新数据提高卫星测深模型的精度的可行性，以便同新的海上测深数据比较；

(d) 编绘和格式化：这包括汇编获得的所有数据集；按适当网格间距生成网格；将汇编的数据和网格格式化，以输入项目的地理信息系统和管理局的中央数据库；

(e) 误差分析：这包括应用统计方法于测深数据库以确定地质模型底图的置信度。

B. 丰度和金属含量

9. 地质模型的基本产品是资源评估，而评估的最终范围和精度却是直接取决于评估所采用的丰度和金属含量数据的范围和质量。但这些数据往往对承包者具有商业价值和专利性质，公布一般受到限制。

10. 秘书处正在研究办法使用经过处理的承包者的丰度和金属含量数据。这种数据仍然有助于评估资源，但原始数据集的私有性质却得到了保全。如果这项努力成功，最终评估的效用将大大提高，同时，承包者将可以就本研究区域范围内的放弃区和其他地区，向秘书处提供他们可能掌握的其他丰度和金属含量数据。

11. 此外，秘书处正在研究使用丰度和金属含量的替代变量，以尽量增加资源预测的范围和精度。

C. 沉积物和结核形态

1. 结核形态

12. Michel Hoffert 向与会者解释结核形态如何与结核成矿过程和组成有关。表面光滑通常表示缓慢的水成（直接从海水中沉淀）金属聚集过程，矿床丰度和品位较低；外表呈葡萄状和盘状的结核表示通过成岩作用（在沉积

物内部)生长,结核品位和丰度较高。因此,在未对样品进行金属含量分析的情况下(例如根据海底照片分析),结核形态的资料可以作为品位和丰度的良好指标。

2. 沉积物数据

13. 根据对 CC 区结核矿床和其他深海环境的矿床的海洋学研究,一项高置信度的结论是,结核成矿取决于水柱和海底表下沉积物内的生物和沉积作用。这些作用向海底输送金属,并将其转变成结核矿床。

14. 例如, von Stackelberg and Beiersdorf (1988) 和其他人的研究认为,结核丰度与在浅层地震(一般是 3.5 kHz)记录中缺乏明显内部声反射的连续地表沉积层存在相关关系。这一层通常是含有高品位矿床的硅质软泥沉积的声波信号。这些研究还认为,结核丰度与沉积层具有侵蚀面(所谓“间断”)有连带关系。这些侵蚀面被可以作为锰结核沉淀的初始面的无侵蚀硬基底(如岩石和硬化沉积物)所覆盖。

15. 在南太平洋进行的研究(Cronan and Hodkinson 1994)显示,该区域结核的镍和铜含量,以及在某些情况下结核的丰度,同矿床与碳酸盐补偿深度的垂直距离相关。⁴ 风成尘、大陆径流和其他来源的无机细颗粒所含金属,显然是在表层水被浮游生物清扫,然后夹带在浮游生物介壳和粪便中沉降。这些有机物沉降至海底,在腐化后释出被还原的金属。

16. 如果海底在碳酸盐补偿深度之上,富含金属的不稳定有机物被沉积物中的碳酸钙稀释,无法富集在该处的结核的镍和铜。如果在碳酸盐补偿深度之下,有机物在沉积物沉降至海底时至少在水柱中部分腐化,从而将金属释放到海水中而不是释放到最有利于形成结核的沉积物孔隙水中。由于此种现象不大可能只发生在特定地区,所以 CC 区也应有此现象。

17. 因此,结核生长似乎与两个作用关系:将金属从表层水析出使其得以融入结核矿床和沉积表层的提取作用;以及海底的侵蚀作用。这些作用的有关数据有助于取得结核丰度和品位的质量指标,并可能提供有关数量的替代变量。

II. 水柱数据

18. 如上文所指出,CC 区矿床主要金属来源之一可能是浮游生物从表层水清扫出,然后作为粪便搬运至结核矿床的细颗粒沉积物。如果这些表层水作用的地理分布,在主要多金属结核矿床的成矿期间(相信少于 1 500 万年)持续大部分时间,矿床的丰度分布情况应当与清除现代海洋表层水颗粒的生物作用的持久度和强度有关。因此,初级生产力、沉积率和沉积组成、表层流流速的有关资料可能是结核丰度的良好指标。

E. 结构和火山活动数据

19. 火山活动在 CC 区的重要作用众所周知，但 CC 区内各处火山活动的年代和性质未获得适当注意，没有任何比较分析。例如，已知火山活动在 CC 区偏远东部（位于东太平洋海隆西陲范围内，基岩年龄较轻）较诸该区多数其他地方更为强烈。这可能代表消亡扩张中心的一般火山结构，为矿床金属的可能来源。据报道，在偏远西部，莱恩群岛火山链附近也有强烈火山活动。在此区域，火山活动的类型、年龄、成因可能与东部火山活动不同，可能属于在热点上形成火山脊的过程，因此金属来源和成矿过程与东部基本情况不同。

20. 秘书处将整合和分析与 CC 区内大地构造和火山结构有关的现有数据，以确定这些变量与结核丰度和品位的可能关系。工作包括将测深和其他地球物理数据输入区域的构造模型，并重点研究火山活动对多金属结核矿床形成的作用。因此，反映火山堆积和热液作用的地质数据和划定 CC 区大地构造结构范围的地球物理数据，对测绘多金属结核矿床地质环境应大有帮助。

F. 生物学数据

21. 如上文所说，CC 区锰结核矿床的丰度和品位与海底生物化学条件相关。特别是，颗粒有机碳（POC）沉降至海底的通量可能影响结核丰度和品位，因为沉降的 POC 很可能是金属从大洋表层搬运至洋底沉积层的载体。因此，海底 POC 通量大可作为结核丰度和（或）品位的替代变量，以及作为一个重要参数，直接或间接地包括在 CC 区多金属结核地质模型内。

22. 然而，直接测量 POC 沉降至深海底的通量极其困难。最直接的办法是在海底放置深海沉积物收集器，以一年以上的的时间取得 POC 沉降至沉积物—水界面的年度通量估计数。但放置收集器费用高，需要大量海上操作时间，所以目前只有 CC 区内少数几个地点的深海沉积物收集器数据（见 Smith and Demopoulos, 2003; Hannides and Smith, 2003）。但是，由于深海底生物群“食物有限”，须依靠表层水沉降 POC 取得能量，所以多个海底生物学参数与深海底的 POC 通量，特别是 CC 区的 POC 通量密切相关（Smith et al., 1997; Smith and Demopoulos, 2003）。这些海底生物学参数又可以作为结核丰度和品位的替代变量，向 CC 区多金属结核预测地质模型提供重要的投入。

23. 经证实与 POC 沉降至深海底的通量密切相关，因而可用于地质模型的海底生物学参数包括：(a) 各大小级生物（包括巨型动物、大型动物、小型动物、微型生物群）的资源量和生物量。这个相关性的基础是，某一大小级内的生物量与食物供应量（即 POC 沉降至海底的通量）有直接关系（Smith et al., 1992; Smith et al., 1997; Smith and Demopoulos, 2003）；(b) 沉积区群落耗氧率。沉积区群落

耗氧率与 POC 沉降至海底的通量相关，因为在深海氧化生境（如 CC 区），95% 以上的有机物在沉降至海底被沉积物掩埋前均已氧化（Smith et al., 1997; Berelson et al., 1997）；(c) 生物扰动层深度。生物扰动层深度受到沉积取食动物的大小和资源量的控制，而在食物有限的深海底，这些动物又受到以 POC 沉降至海底的形式所提供的食料通量控制（Smith and Rabouille, 2002）。因此，可利用有助于估计各地区底栖动物相对资源量的资料，作为多金属结核金属聚集通量的替代，也就是结核丰度的替代。

三. 承包者的回应

甲. 一般回应

24. 出席会议的承包者代表分别对秘书处的数据请求作出回应，介绍他们对秘书处问题单的答复，并对项目作出一般性评论。

25. 与会承包者代表一致同意以下要点：

(a) 地质模型是一项有意义的工作，由秘书处来进行是适当的；

(b) 将提供请求的数据，但必须在承包者管理方进行内部审查后才可以作出具体承诺；

(c) 项目执行工作应当有承包者工作人员的直接协作，以确保他们可以引导完成工作的方法，承包者所雇用的专业人员所具有的各种专门知识获得利用。

26. 承包者代表一一作了讲解，说明对秘书处数据请求所作出的答复，并探讨了如何就项目进行更广泛协作的问题。下文 B 节概述了这些具体回应。

乙. 具体回应

27. 下面几节概述承包者代表所作出的具体回应。这些回应并不构成承包者的承诺，而只是代表在承包者管理方作出确认以前提出的初步看法。这包括代表的讲解的一般性结论。这些结论与秘书处问题单所得到的结果一致。⁵ 承包者之一日本深海资源开发公司（DORD）未能派代表出席会议，但致信秘书处表示支持项目并承诺按照以前在给秘书处的信函中所说明的方式提供数据。下面有关 DORD 的具体回应来自 DORD 对问题单的答复。

28. 2003 年，海洋地质作业南方生产协会在其与勘探工作有关的调查航次中进行了气象观测，研究基线条件。各项条件以文字和图解说明。

1. 海洋开发研究所（法国）

29. Michel Hoffert 先生代表海洋开发研究所 (IFREMER) 作出答复。Hoffert 先生清楚介绍了关于 CC 区矿床成矿过程的现有知识，以及这些过程与几个在考虑中的替代变量的关系。Hoffert 先生代表 IFREMER 对数据请求所作出的具体回应见表 3。

表 3

IFREMER 对秘书处数据请求的初步回应

变量	有/无	评论
测深	有	可能有多波速
丰度和品位	有	须经承包商批准
沉积物和结核形态	有	模拟；可能备有；需要处理
水柱数据	有	洋流和其他数据
构造和火山活动数据	有	数量有限
生物学数据	有	须经首席调查员批准

2. 深海资源开发公司（日本）

30. 如上文所述，DORD 未能派代表出席会议。下列回应（表 4）取自 DORD 对秘书处问题单所作出的答复。

表 4

DORD 对秘书处数据请求的初步回应

变量	有/无	评论
测深	有	可能有多波速
丰度和品位	有	可能有 Fe 或 Mn/Fe 数据
沉积物和结核形态	无	没有
水柱数据	无	没有数据
构造和火山活动数据	无	没有
生物学数据	有	已公布的海底影响实验数据

3. 海洋地质作业南方生产协会（俄罗斯联邦）

31. Kazmin 先生就海洋地质作业南方生产协会可能提供的数据作了下列的解说（表 5）。

表 5

海洋地质作业南方生产协会对秘书处数据请求的初步回应

变量	有/无	评论
测深	有	可能有多波速

变量	有/无	评论
丰度和品位	有	可能有经处理的数据
沉积物和结核形态	有	需要处理
水柱数据	有	与海底影响实验有关
构造和火山活动数据	有	一些
生物学数据	有	与海底影响实验有关；自愿提供

4. 中国大洋矿产资源研究开发协会

32. 中国大洋矿产资源研究开发协会 (COMRA) 的周宁先生解释, COMRA 管理方必须研究在会上提出的具体数据请求才可以承诺向项目提供任何数据。表 6 载有 COMRA 的回应, 其根据是对秘书处问题单所作出的答复。COMRA 告知会议, 该协会有一个非常活跃的研究组, 目前正在进行同样的项目, 因此该研究组非常有兴趣直接参加国际海底管理局地质模型的发展工作。

33. 周怀阳先生讲述了其关于研制 CC 区矿床地质模型的研究工作。该项研究利用了较新的计算机算术技术, 研究在没有资源数据 (如丰度和金属含量数据) 的地区利用可能的替代变量的办法。这些技术包括:

- 证据权重
- 回归分析
- 模糊逻辑
- 人工神经网络

34. 周怀阳先生的研究组利用合成数据集 (以斐济研讨会上提出的数字合成) 检验了头三种技术, 发现这些技术可能是对资源数据进行外推的有效手段。周先生提议对用于制定国际海底管理局地质模型的数据集应用这些技术。

表 6

COMRA 对秘书处数据请求的初步回

变量	有无	评论
测深	有	多波速
丰度和品位	有	合同区域以外的所有地区
沉积物和结核形态	?	需要咨询承包者管理方
水柱数据	?	需要咨询承包者管理方
构造和火山活动数据	有	在具备的情况下
生物学数据	?	需要咨询承包者管理方

5. 国际海洋金属联合组织（保加利亚、古巴、捷克共和国、波兰、俄罗斯联邦和斯洛伐克）

35. Valcana Stoyanova 介绍国际海洋金属联合组织（IOM）对秘书处数据请求所作出的回应（表 7）。Stoyanova 博士告知会议，IOM 有一个活跃的研究组，非常有兴趣直接参加制定国际海底管理局地质模型的工作。

表 7

IOM 对秘书处数据请求的初步回应

变量	有/无	评论
测深	有	可能有多波速
丰度和品位	有	在承包者区域以外
沉积物和结核形态	有	数据和照片，全部为模拟形式
水柱数据	有	南北横段面；海底影响实验收集器
构造和火山活动数据	有	最近收集；可能备有
生物学数据	有	海底影响实验；在无结核的地区

6. 大韩民国政府

36. 韩国海洋研究开发院(KORDI) J. K. Kang 先生介绍了大韩民国的勘探方案以及到目前所取得的成绩。Kang 先生详细说明了大韩民国可就项目向秘书处提供的几个数据集。他说大韩民国有一个活跃的专业研究组，非常有兴趣直接参加制定地质模型的工作。表 8 开列大韩民国可向项目提供的数据类别。

表 8

韩国对秘书处数据请求的初步回应

变量	有/无	评论
测深	有	多波速
丰度和品位	有	承包者地区以外
沉积物和结核形态	有	需要处理
水柱数据	有	需要处理
构造和火山活动数据	无	没有
生物学数据	有	需要处理

四. 项目行动计划

37. 与会者同意采取下列行动支持项目执行工作：

(a) 秘书处将正式请求每一承包者提供本文件所述的数据集以完成制定地质模型的工作。

(b) 承包者将与秘书处确定每一承包者各自应为支持地质模型而进行的工作的范围。

(c) 秘书处将继续完成建立一个加密网站的工作，以供参加项目工作的专业人员交换数据。

38. 项目的关键日期如下：

2005 年 8 月：秘书处将在国际海底管理局第十一届会议上向管理局法律和技术委员会以及理事会提交项目说明和介绍所得进展。

2006 年 5 月：秘书处将召开项目参与人员的会议，审查项目的进展并决定为完成项目所应采取的具体方法。

2007 年 5 月：最后顾问报告提交秘书处。

2007 年 7 月：秘书处将召开研讨会，与项目参与人员和独立专家审查项目的结果。

注

¹ 见 Robert de L' Etoile, “保留区多金属结核所含金属的地质统计分析和评估”，在 2003 年 5 月国际海底管理局召开的研讨会上宣读的论文。

² 2003 年 5 月 13 至 20 日在斐济举行和 2004 年 12 月 6 至 10 日金斯敦举行。

³ 见 ISBA/9/C/4 和 ISBA/10/LTC/5。

⁴ 碳酸盐补偿深度是指碳酸钙溶解速率与来自沉积颗粒的碳酸钙补充速率平衡的水柱深度。

⁵ “承包者可以为促进制订克拉里昂——克利珀顿区（CC 区）多金属结核预测地质模型提供的数据和资料的问题单”，于 2003 向所有承包者发出。所有承包者作出肯定的回应，并具体说明了他们计划向项目提供的数据。

参考书目

Anderson, R., W. Berelson, D. Hammond, J. Dymond, D. DeMaster, D. Hammond, R. Collier, S. Honjo, M. Leinen, J. McManus, R. Pope, C. Smith and M. Stephens (1997). Biogenic budgets of particle benthic remineralization rain, and sediment accumulation in the equatorial Pacific, *Deep-Sea Research II*, vol. 44.

- Cronan, D. S., and R. A. Hodkinson (1994). Element supply to surface manganese nodules along the Aitutaki-Jarvis Transect, South Pacific. *Journal of the Geological Society, London*, vol. 151.
- Hannides, A., and C. R. Smith (2003). The northeast abyssal Pacific plain. *Biogeochemistry of Marine Systems*, K. B. Black and G. B. Shimmield, eds., (CRC Press, Boca Raton, Florida).
- Smith, C. R., W. Berelson, D. J. DeMaster, F. C. Dobbs, D. Hammond, D. J. Hoover, R. H. Pope, and M. Stephens (1997). Latitudinal variations in benthic processes in the abyssal equatorial Pacific: control by biogenic particle flux. *Deep-Sea Research II*, vol. 44.
- Smith, C. R., and A. W. J. Demopoulos (2003). Ecology of the deep Pacific Ocean floor. *Ecosystems of the World Volume 28: Ecosystems of the Deep Ocean*, P. A. Tyler, ed. (Elsevier, Amsterdam).
- Smith, C. R., and C. Rabouille (2002). What controls the mixed-layer depth in deep-sea sediments? The importance of POC flux. *Limnology and Oceanography*, vol. 47.
- von Stackelberg, U., and H. Beiersdorf (1988). *Manganese nodules and sediments in the equatorial North Pacific Ocean, "Sonne" Cruise SO 25, 1982* (Geologisches Jahrbuch Reihe D, Band D 87, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Science Publishers, Stuttgart, Germany).
-