

**第十二届会议**

2006年8月7日至18日

牙买加金斯敦

**富钴铁锰结壳与多金属硫化物区块选择适用的勘探和矿址模型****第一部分：富钴铁锰结壳****秘书处的说明\*****一. 引言**

1. 在2005年国际海底管理局第十一届会议上，管理局理事会完成了对《“区域”内多金属硫化物与富钴铁锰结壳探矿和勘探规章草案》（以下简称“规章草案”）的一读。在一读结束时，理事会认为，规章草案的某些方面需作进一步解释和阐述。
2. 关于勘探区面积，理事会要求进一步说明拟议的勘探区块分配制度及其在实践中的运作方式，以及拟议的放弃时间表及其与《联合国海洋法公约》规定的相符性。本文为选择和量化可用于确定海山富钴结壳矿址的参数提供了科学依据。
3. 目前仍不清楚最终会使用哪些参数来选择富钴铁锰结壳的矿址，但可以作出合理的假定，界定矿址的可能特征（见附件一，表1）。本文从这一可能性范围出发，选定了一系列条件，用于说明富钴结壳勘探阶段和采矿作业中海山租用区块的选择过程。所作分析以当前对海山地形和面积以及富钴结壳分布和特征的最新知识为依据。说明不是为了作出经济评估，因此，结壳的品级（即钴、镍、铜、锰等的含量）未予考虑。唯一给予考虑的，是那些在勘探阶段直接适用于确定租

\* 由顾问、美国地质调查局詹姆斯·海恩协助编写。

用区块面积以及区块的分配和放弃的参数。作出这些决定的理由也作了论述。在下文所举例子的范围内，确实有许多海山拥有各种适当的矿石品级。

4. 北赤道太平洋 34 座典型盖奥特（平顶海山）和锥形海山的表面积已经测定（见附件二，图 1）。确定表面积时使用了 ArcView 三维分析方法，硬岩石区的沉积物数量则通过侧扫声纳反射图像计算得出。19 座盖奥特和 15 座锥形海山的表面积从 4 776 到 313 平方公里不等（见附件二，图 2）。34 座海山的总面积为 62 250 平方公里，分布在 506 000 平方公里的地理区域内，但该区域的海山并未全部测定。34 座海山的平均表面积为 1 850 平方公里。水深不超过 2 500 米的部分是可开采区（见下文），平均表面积为 515 平方公里（从 0 到 1 850 平方公里不等）。盖奥特比锥形海山大（见附件二，图 1），因为盖奥特在发生侵蚀和沉降之前，曾一度大到足以成为岛屿，而锥形海山从未露出海面。

## 二. 矿址模型使用的假定和计算

5. 许多盖奥特和海山由于沉积物覆盖、地形恶劣或陡峭、生物走廊留置和其他因素，可开采的表面积要小于水深不超过 2 500 米部分的面积（见附件二，图 2）。

### A. 结壳暴露率/沉积物覆盖率

6. 由于存在更有开采前景的海山，沉积物覆盖率超过大约 60% 的海山不大可能被考虑开采，不过这个取舍百分比的确定将部分取决于整座海山的大小。在进行下列计算时，采用的沉积物覆盖率为 5%–60%，并将 60% 的沉积物覆盖率作为最差情况假设。水深不超过 2 500 米的海山表面积减去 60% 后，平均每座海山的剩余面积为 204 平方公里（沉积物覆盖率为 5% 时，则为 485 平方公里），这是具有开采潜力的部分。本分析中测算的最大海山，则有大约 528 平方公里（沉积物覆盖率为 5% 时，则为 1 254 平方公里）具有开采潜力（见附件二，图 2）。

### B. 采矿受阻造成的面积损失

7. 由于地形狭小无法开采、未开采的生物走廊、以及采矿受到的其他阻碍，未受沉积物覆盖影响的面积将进一步减少。将未被沉积物覆盖的面积再减少 70% 视为最差情况假设，因此，对于测算的最大海山，在最差情况假设下，只有 158 平方公里（沉积物覆盖率为 5% 时，则为 376 平方公里）可供开采；平均每座海山只有 61 平方公里（沉积物覆盖率为 5% 时，则为 146 平方公里）可供开采。

### C. 年产量

8. 维持可运作的采矿作业需要多大的年产吨数目前尚不清楚，而且将部分取决于开采时的全球金属市场状况。对年产吨数的估计存在很大差异，许多时候由于未明确是干重还是湿重而变得失去意义。最普遍的意见在大约 70 至 200 万湿吨年产量不等。矿址模型以每年 100 万湿吨为基础，并使用每立方厘米 1.95 克结壳的湿总密度（见附件一，表 2）。

### D. 结壳厚度和每平方米吨数

9. 所考虑的最差情况假设是，结壳平均厚度为 2 厘米（每平方米海底结壳湿重 39 公斤），年产量为 200 万湿吨，维持 20 年采矿作业需要开采 1 026 平方公里的海底（年产量为 100 万湿吨时，20 年需开采 513 平方公里；见附件一，表 1 和表 2）。

10. 所用的最佳情况假设是，结壳平均厚度为 6 厘米（每平方米湿重 117 公斤），年产量为 100 万湿吨，维持 20 年采矿作业需要开采 171 平方公里的海底（年产量为 200 万湿吨时，需开采 342 平方公里；见附件一，表 2）。

11. 矿址模型使用的平均结壳厚度为 2.5 厘米（每平方米湿重 48.75 公斤），年产量为 100 万湿吨，维持 20 年采矿作业需要开采 410 平方公里的海底（见附件一，表 1 和表 2）。科学勘探显示，海山中有数十个平均结壳厚度在 14 厘米左右的平方米区域，但不清楚这些区域分布有多广。14 厘米的平均结壳厚度将使每平方米海底富钴结壳湿重达到难以置信的 273 公斤。

### E. 海山数量

12. 根据海山面积和可开采区域的数据（见附件二，图 2），可以得出这样的结论：20 年模拟采矿作业需要大约 1.1 至 2.6 座大型盖奥特，或大约 2.8 至 6.7 座中型海山。比为本文的统计分析而测算的最大海山还要大的海山是存在的，在理想条件下，单座海山就可以维持 20 年的采矿作业（见下文的例子）。此外，确实也存在几乎没有沉积物覆盖、地形相对平坦、且平均结壳厚度大于 2.5 厘米的海山和盖奥特；这些是可能被开采的海山。

## 三. 租用区块面积和勘探区域的选择

13. 最适于勘探和最适于确定矿址的区块面积是不同的。确定矿址所用的租用区块面积可以任意选择，但面积应小到足以将结壳连续覆盖的区域包含在单个区内。根据对盖奥特顶部结壳分布情况仅有的一点了解，区块面积在 20 平方公里左右（边长 4.47 公里，或 4×5 公里），就是大体上可成功确定矿址的一个合理面积。这些区块可能会沿着山顶阶地、台地和鞍状地形连成一串。大约 25 个这

类区块连成一串或一片，就组成了约为 500 平方公里的 20 年矿址模拟，所有这 25 个区块既可以位于一座海山的顶部，也可以分布在两座或两座以上的海山中（见附件二，图 3-6）。20 平方公里的区块面积，也大致是模拟采矿作业每年要开采的区域。根据上文讨论的海山参数范围（另见附件一，表 1 和表 2），确定矿址的合理区块面积应该在 10 至 40 平方公里之间（边长 3.16 至 6.32 公里）。

14. 勘探所用的租用区块面积也可以任意选择，但应大到足以将一定数量的海山包括在单个许可内。合理的区块面积是 100 平方公里，即确定矿址所用区块面积的五倍；这 100 平方公里不一定要形成方块，但必须由彼此相连的 20 平方公里小区块组成（见下文的例子）。分配用于勘探的区域面积也可任意确定，一般认为是 20 年矿址模型的五倍左右。使用这一数字，我们的模型结壳矿址所用的勘探区域将为 2 500 平方公里（附件一，表 2）。因此，模型矿址将分配到大约 25 个 100 平方公里的勘探区块。

15. 人们或许会认为，勘探租约将包括盖奥特顶部水深不超过 2 500 米的大部分区域，而在查明某个顶部区域不宜勘探时，区块将被放弃。事实上，当事方在申请勘探许可之前，很可能非常清楚最有前景的结壳区块位于海山的哪个部分，对于事先已确定有前景的区域，则会申请在该区域的多座海山中获得区块。如果不希望看到这种结果，本文提出的双倍租用区块面积就是一个适宜的折衷办法。在放弃地块和最后确定最终矿址时，应使用面积为 20 平方公里的小区块。

16. 综上所述，模拟采矿作业将租用大约 25 个 100 平方公里的勘探区块，从而为每个初始勘探许可提供 2 500 平方公里的区域。在指定期限内，多组 20 平方公里区块将陆续被放弃，直到剩下 25 个 20 平方公里区块，用来确定所用例子中的最终 500 平方公里 20 年矿址。

#### 四. 模型矿址

17. 本文列出勘探/矿址的两种情形。第一种是一座非常大的海山（海山 A），水深不超过 2 500 米的部分几乎或根本没有沉积物覆盖（附件二，图 3 和图 4）。上文讨论的 34 座海山表面积统计分析中不包括海山 A，海山 A 的表面积是后来专门为本文的采矿和勘探例子而测算的。海山 A 的总表面积为 9 309 平方公里，其中水深不超过 2 500 米的部分为 2 939 平方公里。这一面积足以按附件一表 1 和表 2 所列的矿址参数容纳 2 500 平方公里的单个勘探许可。附件二图 4 显示为勘探而租用的 25 个 100 平方公里区块，每个区块又由 5 个 20 平方公里的小区块组成。其中有些勘探地块将在两个或两个以上阶段内被放弃，最后剩下 25 个 20 平方公里区块，用来确定最终的 500 平方公里矿址（用黑点标示）。

18. 第二个例子将勘探区域分在两座临近的海山中（附件二，图 3、5 和 6，海山 B 和 C）。在这个例子中，25 个 100 平方公里勘探区块并不总是彼此相连。最后选

择用于采矿作业的 25 个 20 平方公里区块也并非总是彼此相连，但的确是呈现为若干集群（用黑点标示）。

## 五. 海山选择参数的理由

19. 最有利于开采的海山和结壳的特征可大致界定如下：

(a) 采矿作业将在盖奥特顶部平坦或略微倾斜的表面进行，例如山顶阶地、台地和鞍状地带等，这里地形狭小，相对而言或平整或粗糙，是结壳最厚、钴含量最高的区域。而锥形海山总面积较小，最重要的是，其水深不超过 2 500 米部分的面积要小得多。与盖奥特相比，锥形海山的顶部地形也更加凹凸不平。位于盖奥特和锥形海山陡峭侧面的结壳相对要薄得多。环礁和岛屿侧面将不考虑开采，因为这些地方的结壳通常很薄；

(b) 最有可能被租用的盖奥特顶部的水深将不超过 2 200 米，而阶地水深将不超过 2 500 米。2 500 米的取舍水深之所以重要，有几个原因。水深超过 2 500 米后，盖奥特斜坡就更加凹凸不平，结壳通常也更薄，钴、镍及其他金属的含量通常也更低。在水深尽可能浅的地方开采，也有技术方面的原因。文献资料中还提出其他取舍水深，最常见的是 2 400 米。这一深度是可用的，但会把海山中一些可能有较厚结壳的区域排除在外。另一个提到的取舍水深是 1 500 米。由于环礁和岛屿的侧面不会被开采，这会使可开采部分只留下一些非常大型、且有足够表面积的海山。在为本分析测算的 34 座典型海山表面积中，只有一座水深不超过 1 500 米的顶部面积大于 400 平方公里（487 平方公里）（见下文）。而在 19 座盖奥特中，有 15 座水深不超过 2 500 米部分的顶部面积在 400 平方公里以上；15 座锥形海山中只有一座有这样的顶部面积。如果采用 1 500 米为取舍水深，那么，为支持一个 20 年的采矿作业，就需要开采大量海山。从总体上看，1 500 米作业和 2 500 米作业所需的技术要求没有太大的差别；

(c) 将选取顶部沉积物较少或没有沉积物的海山，这意味着海底要有强烈和持续的洋流。盖奥特的顶部有的几乎全部被沉积物覆盖，有的则几乎没有沉积物。沉积物覆盖率超过 60% 的海山很可能不会得到考虑，而选取结壳分布更具前景的盖奥特。不过，这一取舍面积将部分取决于整座海山的大小，对最大型海山的较高沉积物覆盖率将有更大的容许度。

(d) 水深不超过 2 500 米的顶部区域面积较大，在 400 平方公里以上。作出这一估计的依据是赤道太平洋区域水深不超过 2 500 米的盖奥特顶部面积，以及可供开采的顶部区域百分比范围。用这一取舍面积计算，支持 20 年采矿作业所需的海山数量最少。为单个 20 年作业开采为数众多的海山，在技术和经济上也许可行的，但可能较难从环境角度说明理由；

(e) 盖奥特的年代属于白垩纪时期，因为年轻火山体将没有足够时间来生成厚结壳。唯有这些老海山才能形成有广阔顶部区域的大型盖奥特，这些盖奥特（因地心引力）而保持足够稳定，支持结壳数千万年的生长；

(f) 将首选有多群大型盖奥特的区域，因为为满足一个 20 年矿址的吨数要求，可能需要多座盖奥特；

(g) 采矿作业能否彻底回收可供开采的结壳矿床，将取决于所使用的采掘技术，而采掘技术目前尚不可知。因此，附件一表 1 所列范围仅是估计数。如果回收效率成为一个重要问题，就可能会选择结壳更厚的区域，以弥补采集过程中的效率不足。例如，一个平均结壳厚度为 2 厘米的区域，如果回收率为 60%，就等于只能回收 1.2 厘米的结壳。通过开采平均厚度为 3 至 4 厘米的更厚结壳矿床，从而得到所期望的海底每平方米吨数，或许就可以扭转这一不足。对模型矿考虑中采用 80% 的回收率；

(h) 将选取结壳较厚的盖奥特。目前还不知道任何海山或一座海山中任何广阔区域的结壳厚度详细分布情况。厚度差别很大，薄的不到 1 厘米，厚的超过 20 厘米。厚度不到 2 厘米的矿址将不考虑开采，而且很可能会发现平均结壳厚度在 2 至 6 厘米之间的广大区域（见附件一，表 1）。取舍厚度将取决于结壳开采最终使用的方法，不过这一方法尚有待确定。在模型矿址中采用 2.5 厘米的平均结壳厚度（附件一，表 1 和表 2）；

(i) 将选取（钴、镍、铜、锰、铂等）品位高的顶部区域。

20. 这些海山和富钴结壳特征在中太平洋区域多见，特别是北赤道太平洋区域的中部和西部。这个区域有大量海山处于“区域”内，有前景的可能开采地点则位于中太平洋山脉内，比如威克岛和南鸟岛（马库斯岛）之间的区域，麦哲伦海山，约翰斯顿岛与马绍尔群岛以及约翰斯顿岛与豪兰和贝克群岛专属经济区之间的海山等。

## 六. 对规章草案的建议订正

21. 目前的规章草案（ISBA/10/C/WP.1/Rev.1）要求承包者指定面积为 100 平方公里的区块（10×10 公里的方块）。可选择 100 个这样的区块用于勘探（总勘探面积在放弃之前达到 10 000 平方公里）。但是，这些区块必须彼此毗连。承包者必须放弃最初 100 个区块中的 75 个，最终矿址为 2 500 平方公里。

22. 本文件提出的论据表明，在富钴结壳的情况中，如果承包者能够精确界定感兴趣的区域，维持一个矿址将只需要 500 平方公里。这一精确性可通过将基本区块面积从 100 平方公里减少到 20 平方公里来实现。区块应按照小比例网格系统

作出安排，但既可以是正方形，也可以是长方形。为利用海山群组的地形，申请者应可将区块划为彼此不相连的几组。放弃时间表保持不变。

23. 这些订正在本文附件三的条款草案中列出。

## 附件一

## 表

表 1

## 矿址参数

参数	范围	模型矿址
海山面积(平方公里) <sup>a</sup>	>400	>600
海山坡度(度)	0-25	0-5
水深(米)	<2 500	<2 500
平均结壳厚度(厘米)	2-6	2.5
结壳暴露率(%)	40-95	70
结壳回收率(%)	70-90	82
年产量(吨) <sup>b</sup>	1.0-2.0	1.0
20年开采面积(平方公里)	171-1 026	500
矿址区块面积(平方公里) <sup>c</sup>	10-40	20
勘探区块面积(平方公里) <sup>c</sup>	100-200	100

<sup>a</sup> 水深不超过 2 500 米部分。

<sup>b</sup> 按 1.95 克/立方厘米密度计算的百万湿公吨。

<sup>c</sup> 建议的租借区块面积的可能范围。

表 2

## 根据年产量和平均结壳厚度(湿总密度 1.95 克/立方厘米)计算的海底开采面积

	最差情形	最佳情形	模拟矿址
平均结壳厚度(厘米)	2.0	6.0	2.5
湿吨数(公斤/平方米)	39	117	48.75
年生产量(吨) <sup>a</sup>	2 000 000	1 000 000	1 000 000
年开采面积(平方公里)	51.3	8.55	20.5
回收率(%)	70	90	82
年开采面积(平方公里) <sup>b</sup>	73.26	9.50	25.0
20年开采面积(平方公里)	1 465	190	500
勘探面积(平方公里) <sup>c</sup>	7 326	950	2 500

<sup>a</sup> 按 1.95 克/立方厘米密度计算的湿公吨。

<sup>b</sup> 按单位面积的回收率和重量计算。

<sup>c</sup> 任意设定，按 20 年开采面积的五倍计算。

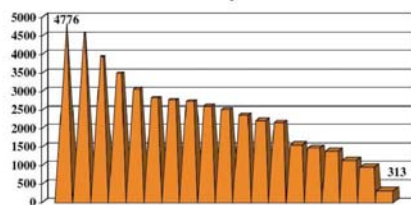


附件二

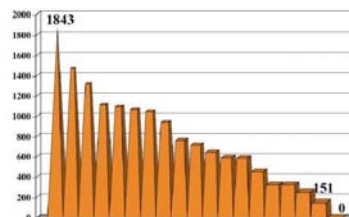
图

图 1

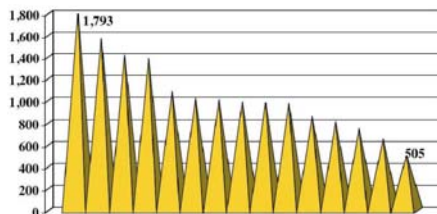
中太平洋区域 19 座盖奥特的总表面积



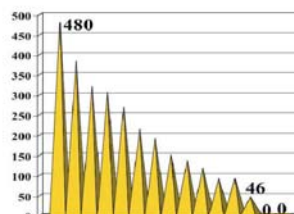
19 座盖奥特水深不足 2 500 米部分的总表面积



中太平洋区域 15 座锥型海山的总表面积

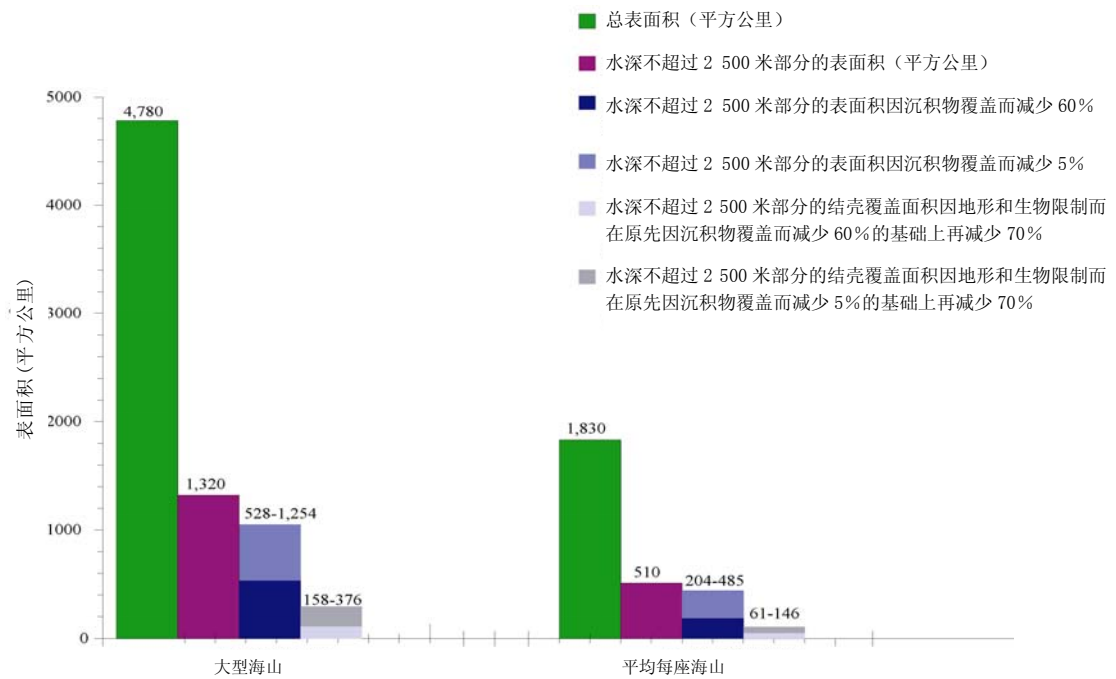


15 座锥型海山水深不足 2 500 米部分的总表面积



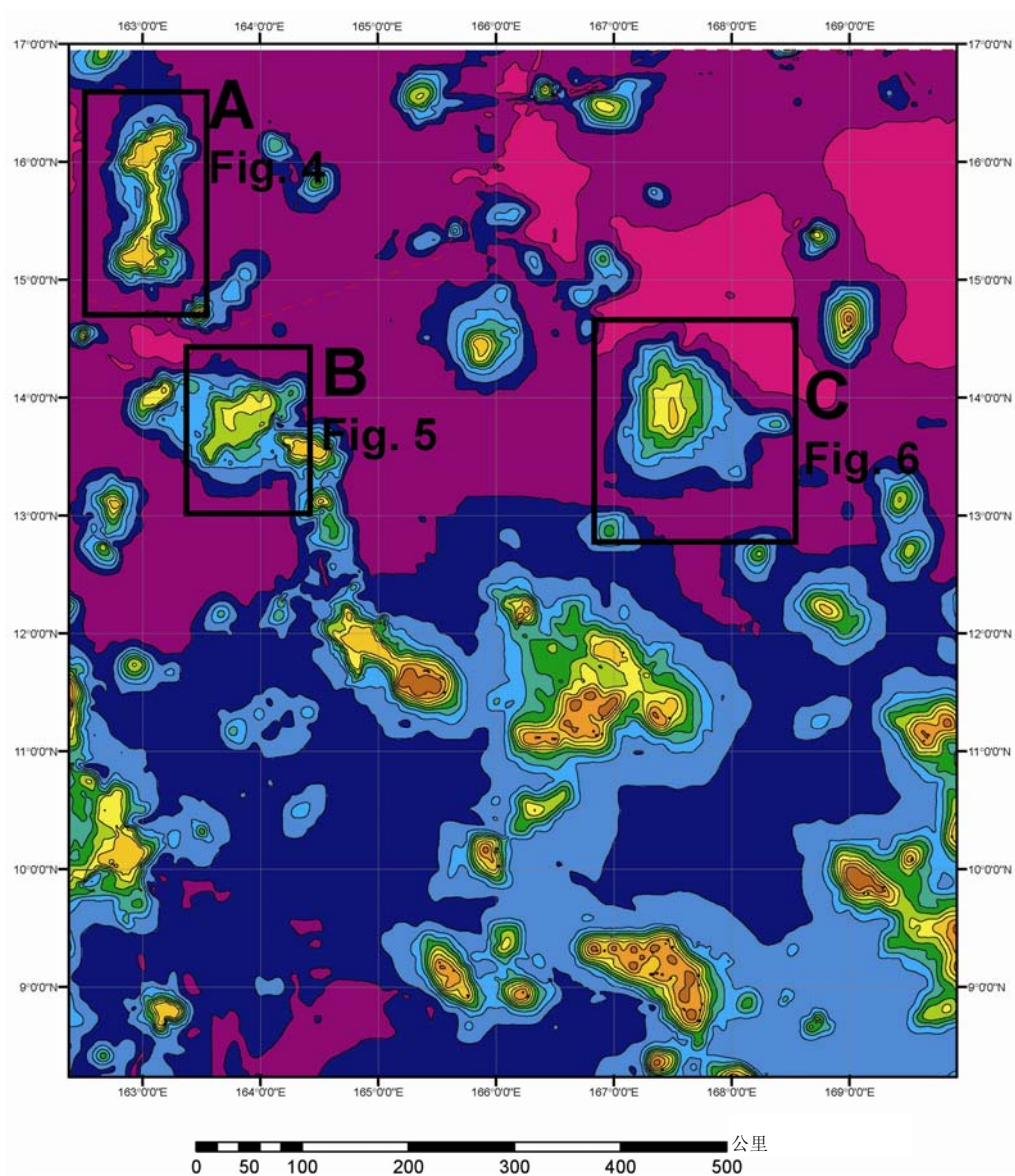
中太平洋区域 34 座海山的表面积（单位：平方公里）。

图 2



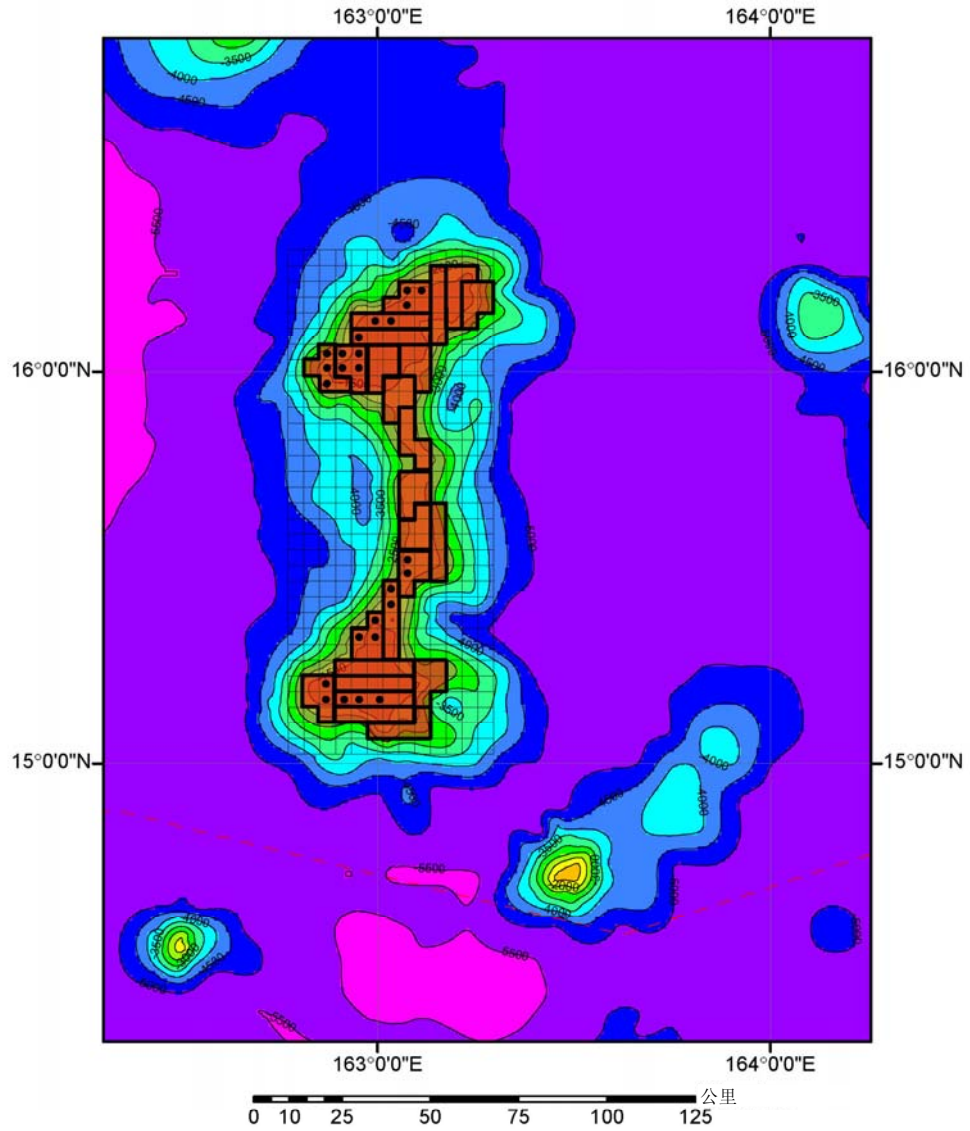
最差情况（沉积物覆盖率 60%）和最佳情况（沉积物覆盖率 5%）下可作为矿址的表面积

图 3



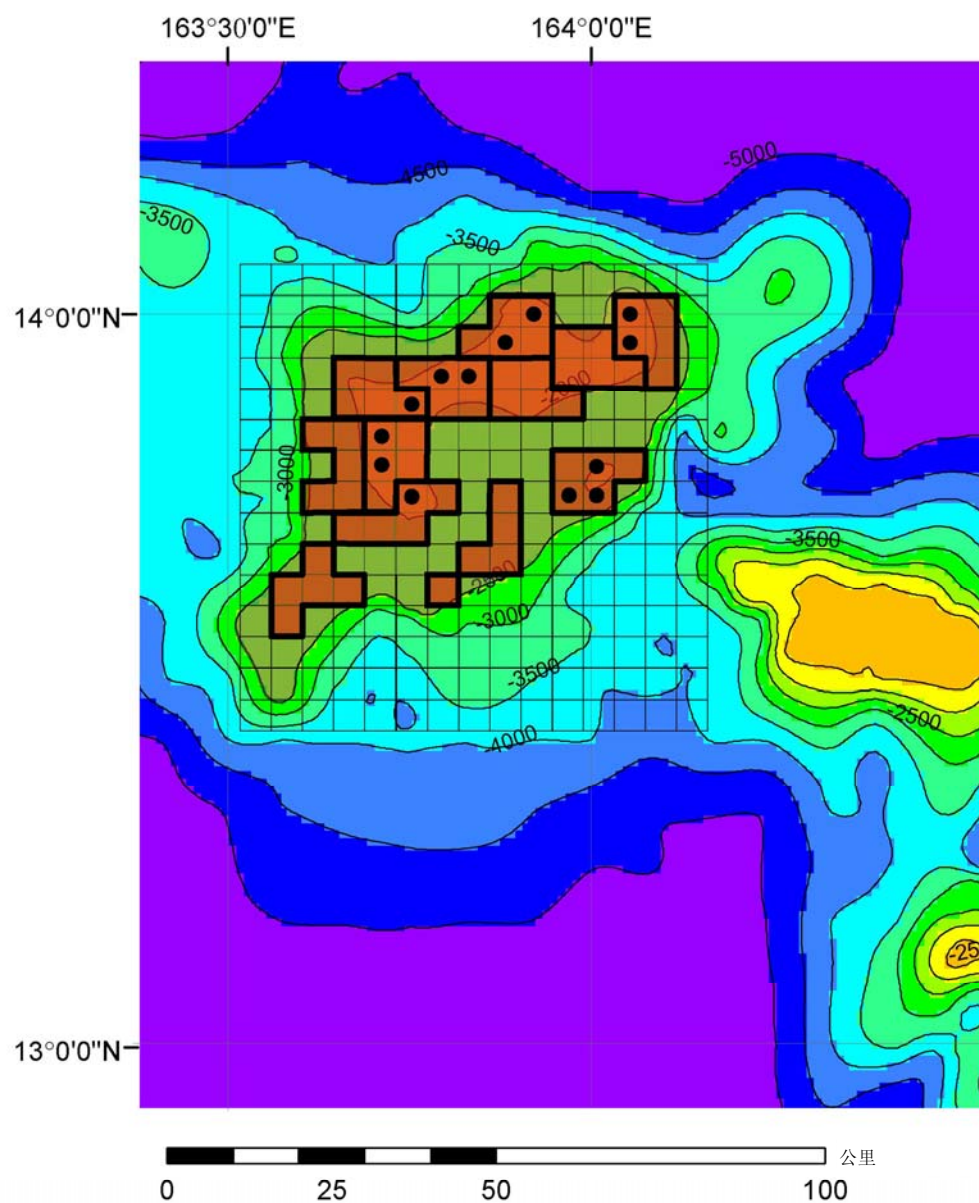
用作勘探/矿址模型的海山 A、B 和 C (见图 4-6)。红色虚线表示西北太平洋南部马绍尔群岛专属经济区与北部国际水域之间的界线。

图 4



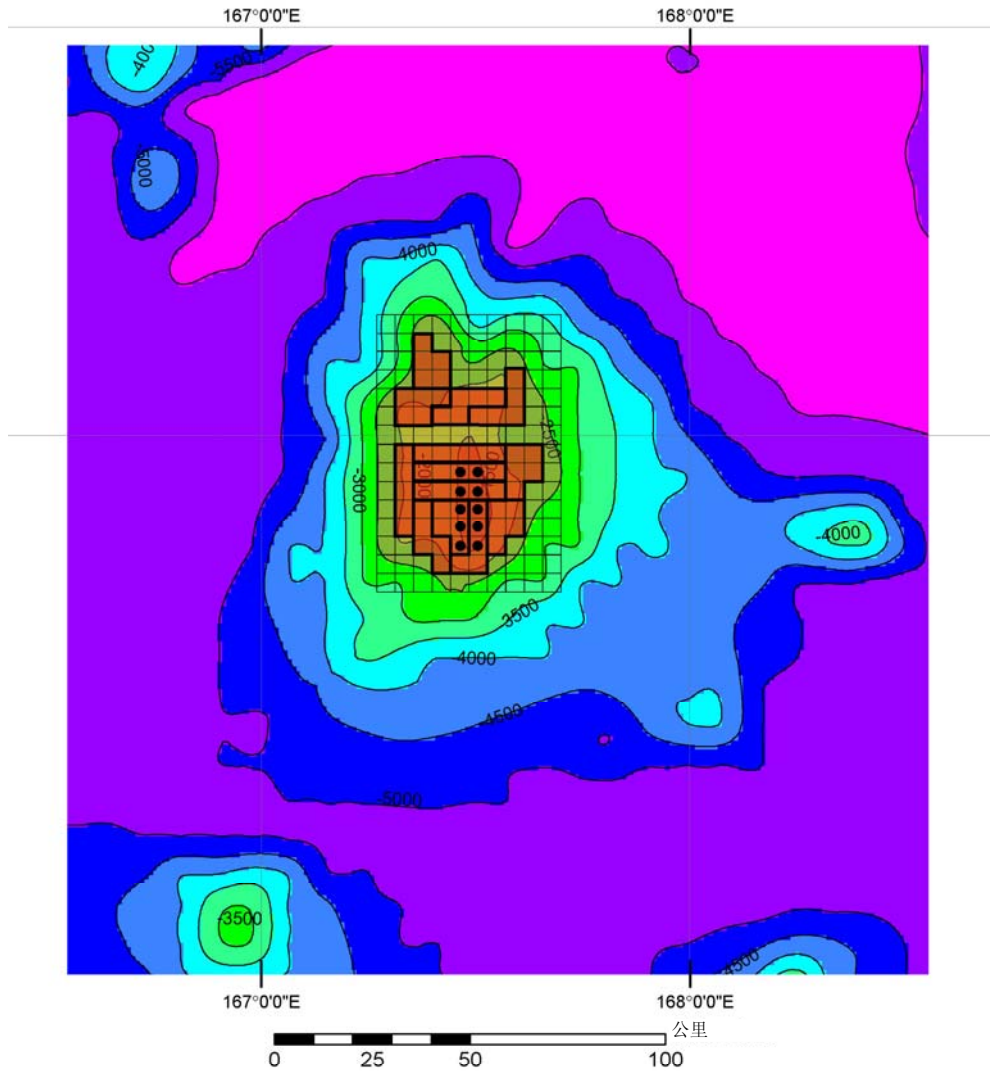
勘探/矿址情形 1, 单座海山: 划成 20 平方公里网格的海山 A; 25 个 100 平方公里的毗连区块确定勘探区域的界线 (黑体网格线), 而 100 个 20 平方公里的小区块将在勘探阶段放弃。选取作为最终矿址的 25 个 20 平方公里区块用黑点标示。

图 5



勘探/矿址情形 2，多座海山，第一座：划成 20 平方公里网格的海山 B；12 个 100 平方公里的毗连和非毗连区块确定半个勘探区域的界线（黑体网格线），而 20 平方公里的小区块将在勘探阶段放弃。选取作为半个最终矿址的 13 个 20 平方公里区块用黑点标示。

图 6



勘探/矿址情形 2，多座海山，第二座：划成 20 平方公里网格的海山 C；13 个 100 平方公里的毗连和非毗连区块确定部分勘探区域的界线（黑体网格线），而 20 平方公里的小区块将在勘探阶段放弃。选取作为大约半个最终矿址的 12 个 20 平方公里区块用黑点标示。

## 附件三

### 对规章草案的建议订正<sup>a</sup>

#### 定义

区块是指管理局规定的一个或多个网格单元，可以是正方形或长方形，面积不超过 20 平方公里。

#### 第 12 条

##### 申请书包括的总区域（富钴结壳）

1. 每一份请求核准富钴结壳勘探工作计划的申请书所包括的区域以最多 100 个区块构成，这 100 个区块应由申请者按照下文第 2 款作出分组安排。
2. 五个毗连区块组成一组区块。在任何一点相接触的两个区块视为毗连区块。各组区块不必毗连，但应彼此临近并位于同一地理区域内。
3. 虽有上文第 1 款的规定，如果一个承包者选择依照第 17 条的规定提供一个保留区域，以根据《公约》附件三第九条开展活动，则申请书包括的总区域不应超过 200 个区块。

#### 第 27 条

##### 区域面积和放弃

1. 承包者应依照本条第 2、3 和 4 款的规定放弃已获分配的区块。
2. 在合同签订之日起第五年结束时，承包者应当已经放弃：(a) 至少 50% 已获分配区块数；或 (b) 如果该区块数的 50% 是一个整数和一个分数，则取下一个较大的区块整数。
3. 在合同签订之日起第十年结束时，承包者应当已经放弃：(a) 至少 75% 已获分配区块数；或 (b) 如果该区块数的 75% 是一个整数和一个分数，则取下一个较大的区块整数。
4. 在合同签订之日起第十五年结束时，或在承包者申请开发权时（以较早者为准），承包者应在剩余的已获分配区块数中指定最多 25 个区块，由承包者保留。
5. 放弃的区块恢复为“区域”。

---

<sup>a</sup> 见 ISBA/10/C/WP.1/Rev.1。