

潜力巨大的海洋矿产资源

刘玉山*

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京)

提 要: 该文简要论述了铁锰结核、富钴结壳及海底气体水合物矿产的地质特征、分布、巨大的蕴藏量以及开发研究的意义。

关键词: 海底矿产 铁锰结核 富钴结壳

1 前 言

今年是国际海洋年。保护海洋、开发海洋已成为当今世界各国政府和人民的当务之急。有人预言, 未来的世纪将是海洋的世纪。

占地球表面面积约 70% 的海洋拥有人类生存所必须的巨大资源。海洋今天向人类提供一半以上的食物蛋白, 海洋拥有的能源资源已超过全球所有种类陆上及地下能源总量之和。在大洋深处还蕴藏着丰富多样的海底矿产资源。在陆地高品位的矿产资源逐渐枯竭的今天, 开发海洋矿产就显得格外重要和具有吸引力。

中国已经走向海洋, 一个保护海洋、研究开发海洋的高潮正在兴起。东海和南海的石油天然气开发捷报频传, 我们的大洋海底矿产资源调查和远洋科学考察已取得了前所未有的科学成果。在纪念国际海洋年活动中, 国土资源部部长周永康就强调指出, 我们开发海洋是世界经济国际化的需要, 是中国经济走向世界的需要。

2 海洋矿产资源

海洋矿产资源是十分丰富和多种多样的, 仅目前人们熟悉的就有几十种, 例如石油天然气, 磷灰岩、海底砂矿(金、铂、锡、金刚石等), 铁锰结核, 富钴结壳, 金属硫化物、多金属软泥、甲烷气体水合物……等等。此外, 海水本身就是一种取之不尽的巨大矿产资源, 从中可以提取钠镁氯溴铀等多种有用金属和非金属原料。在各种海洋矿产资源中, 目前开发前景最大因而投入科学和开发研究力量也最大的当数海底铁锰结核、富钴结壳、海底热液金属硫化物矿床和海底气体水合物。

2.1 铁锰结核

它是较早就被人们重视和研究的一种海底金属矿产。它在 1868 年被 A E Nordenskiöld 在探险过程中发现, 但直到本世纪 50 年代末才开始被作为一种矿产进行研究。近 30 年来西方发达国家对其从形态、地理分布、化学矿物成分到开采冶炼技术进行了全面系统的深海调查和开发利用等方面的研究。研究表明, 铁锰结核广泛产于 3000~6000 m 深的洋底海床上

* 刘玉山, 1935 年生, 研究员, 长期从事实验矿物岩石地球化学研究。邮政编码: 100037

面, 在三大洋中都有分布。据粗略统计, 世界海洋中结核的总蕴藏量达 10^{12} t。它们的分布是极不均匀的, 以太平洋中的结核蕴藏量最大, 也最富。例如在东太平洋的 CC 区, 铁锰结核的密度大, Mn、Ni、Co、Cu 金属含量高 (表 1), 蕴藏量约亿吨, 是各国相继申请开发的集中地区。

表 1 锰钴结核中金属元素的含量 (%) 及丰度 (kg/m^2)

元 素	太平洋	大西洋	印度洋	太平洋 CC 区
Mn	20.1	13.25	15.25	27.0~31.0
Fe	11.4	16.93	14.23	5.0~10.8
Ni	0.76	0.32	0.43	1.40~1.65
Cu	0.54	0.13	0.25	1.03~1.39
Co	0.27	0.27	0.21	0.22~0.25
Zn	—	—	—	0.11~0.19
丰度	10.89			10~20

我国从 80 年代初就开展了海底铁锰结核的远洋调查和开发研究工作, 并于 1990 年经联合国批准在太平洋 CC 区申请到 15 万平方公里的开发区, 成为少数深海采矿的先驱投资国之一。

2.2 富钴结壳

铁锰结壳是另一种更具吸引力的海底矿产。与铁锰结核比较, 它在开发价值上具有明显的优势: 一是它产出浅 (多为水深 1500~2500 m) 且靠大陆近, 开采成本较低; 二是它在化学成分上虽以 Fe、Mn 为主, 但它富含 Co、Ni、Pt 等贵金属 (含 Co 一般 0.6%)。事实上, 仅结壳中钴的价值就高于结核中锰镍铜的价值之和, 因为结壳中钴含量高, 且钴的价格是锰的 30 倍。因此现在人们是把铁锰结壳作为一种钴矿产进行开发研究并称这种矿产为富钴结壳。

结壳广泛分布于大洋周边或岛屿周围的水下海床上, 常以复盖壳形式发育于海山或水下平顶山的斜坡和山崖的基岩上, 厚度多为 2~5 cm。成分除 Fe、Mn 外, 尚有不等量的 Co、Ni、Cu、Pt、REE 等元素。由于富钴结壳的价值高, 开采深度小, 加之钴镍铂等金属是目前急缺的战略物质, 一时间开发者们把兴趣转移到了富钴结壳上, 并一致认为结壳的开采将先于结核。因此富钴结壳的海洋调查和开发研究虽然起步较晚, 但已经成为当前的热点, 短短 20 来年已取得了令人振奋的研究结果。据近年的调查资料, 在东太平洋、中太平洋及西太平洋海山等地区蕴藏的富钴结壳规模大、密度高, 具有很高的开采价值。尤其是美国托管及领地区海底结壳的资源潜力极大, 达 35 亿吨, 可供几百年消费。仅夏威夷群岛美国专属经济区的结壳蕴藏量就达 6 亿吨, 若有十分之一适合开采, 则可供美国开采 25 年 (表 2)。

我国已从 1997 年起开展了中西太平洋区富钴结壳的远洋地质调查和与开发有关的科学研究, 其人力物力投入量在逐年增大, 表明我们对开发海底富钴结壳的极大重视。

2.3 气体水合物

这是一种不同于煤和石油天然气的全新概念上的能源矿产。天然气水合物是一种冰霜状的白色结晶固体, 产于水深超过 300~500 m 的大洋海底沉积物中。在化学上, 它是由水

表 2 太平洋美国托管区及专属经济区富钴结壳的潜在资源数量

	结壳/(10 ⁶ t)	Co/(10 ⁶ t)	Ni/(10 ⁶ t)	Mn/(10 ⁶ t)	Fe/(10 ⁶ t)	Pt/t
美国以前及现在 托管区及领地	3500	30	20	1000	—	1400
夏威夷群岛 专属经济区	600	4.3	2.5	130	100	—

分子和甲烷等气体组成的包笼化合物，水分子构成紧合多面体簿壳，甲烷（及少量乙烷丙烷）固化气体则充填于多面体内。化学成分可用 $H_2O \cdot xM$ 表示，M 代表甲烷等气体。

气体水合物形成稳定于低温高压条件下，因此天然气水合物大都生成于冻土带岩层中（陆上气体水合物）和海洋深处的水下沉积物中（海底气体水合物）。海底气体水合物则多蕴藏于大陆边缘和海岛的坡麓区以及内海和边缘海水下沉积物中，其矿层厚度往往为几百米至 1000 m。

海底气体水合物具有广泛的分布和巨大的蕴藏量。它自 70 年代被发现以来，如今已查明在世界各大洋和内海中均有分布。据估计，可能蕴藏气体水合物的海洋约占全世界海洋面积的 10%。目前已圈定了 14 个具有世界规模的气体水合物成矿区域，例如加利福尼亚滨海，秘鲁湾、俄霍茨克海、南海海槽等。已由物探和深海钻探查明的矿床就有几十处，每处水合物储量都超过 7 亿立方米。

海底气体水合物被专家称作下一世纪的能源资源，这是有充分根据的。第一，气体水合物是一种高密度的能源矿产，它所含的甲烷和水的体积比（在标态下）为 164:1。这意味着单位体积之气体水合物所含的热量，远远大于我们熟悉的煤、石油和天然气。第二，它的蕴藏是十分巨大，专家估算全世界气体水合物的潜在蕴藏量约为 $2 \times 10^{16} m^3$ ，这几乎是全世界各种陆地能源总量的 2 倍（图 1）。第三，已经研究出海底气体水合物开采的技术方法，以热水注入法和催化剂法较为经济实用。

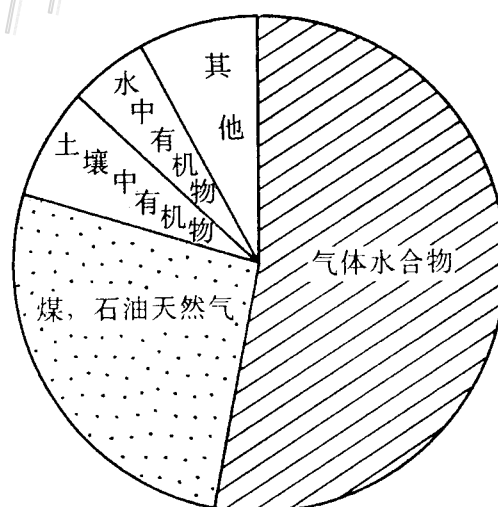


图 1 世界各种有机碳能源所占分量

海底气体水合物引起全球的普遍关注,除作为未来能源外,还有另一个原因,那就是气体水合物与地球的生态有着密切的关系。全球温度的升高,势必会破坏海底气体水合物的稳定,引发部分气体水合物分解。释放出的甲烷气体如果流失到海水和大气中,将会严重影响到全球的生态平衡。其它不论,单是甲烷气体的温室效应就比 CO_2 高出几倍,这是改变全球气候生态的不可勿视的因素。因此,无论是为了开发新能源或是为了保护生态环境,我们都需要加大对气体水合物的调查和科学研究。

<http://www.kcdz.ac.cn/>