

本世纪五十年代还只有个别矿床学书籍论述到海洋中的矿产，且内容相当简略。随着海洋地质调查的逐步深入，对海洋中矿产的了解也日益增进，近二十年来，逐渐认识到海洋中有着丰富的矿物资源。目前，海洋矿产已引起各国的重视，有关海洋矿产的很多法律问题、主权问题都已提到了联合国会议的议事日程上，成为苏美两霸争夺海洋霸权和世界革命人民反对海洋霸权斗争中的重要课题。但是，对海洋中矿产所开展的研究和有关的理论综合仍落后于海洋地质中的其它领域。

国外比较习惯使用“海洋矿物资源”(Marine mineral resources 或 Mineral resources of the sea) 一词，这是因为该名称虽比较笼统和不甚确切，但适合于目前对海洋矿产的研究程度。而“矿床”则具有严谨的定义，即在当时的技术和经济条件下，质和量均符合于国民经济利用的矿物堆积。矿物资源前面冠以“海洋”二字，是指存在于海洋条件之下，必须采取与海洋环境相应的装备和手段才能取出的矿物资源，并不反映它一定属于海洋成因。如果单纯从海洋成因来考虑，则大陆上现有的很多海相沉积矿床也属此类型。另外，使用“海洋”而不是“海底”，是因为海水及其有关的矿物资源也划入本类型中。

根据“矿产”一词在我国的习惯用法及目前对海洋矿产的研究程度和了解程度，本文将采用“海洋矿产”的术语，而不用“海洋矿物资源”。

研究海洋矿产有重要的实际意义，因为很多矿产已经开发或即将开发，其经济价值在世界范围的同种矿产中占有较大比重(如石油)；同时还有很大的理论意义，因为包括整个地球的矿产理论必须建立在对全球矿产的全面研究基础上。海洋中有些矿物堆积虽然目前还很难

作为开发对象，但对理解陆上类似矿产的成因却很有意义。如从研究海洋磷钙石的成因发展起来的沉积磷矿的形成理论，就曾对寻找陆地磷矿起着很大的指导作用。

一、分类原则

毛主席在矛盾论中指出：“科学研究的区分，就是根据科学对象所具有的特殊矛盾性。”

任何学科随着对它所具有的特殊矛盾性研究的不断深入，必然要反映到对其矛盾性的划分上来。科学的区分又反过来促进对矛盾性的研究，从而推动学科前进。海洋矿产近20年来有很大发展，也出现了专门的论著和文章，但还没有一个科学而完整的分类，这显然不利于海洋矿产理论的加深。

克鲁克香克(Cruikshank M. J.) 在1970年提出了海洋矿物资源的分类表，分为溶解的、未固结的和固结的三大类。这个分类虽然反映了海洋矿产的某些客观现实，但还很不完善，特别是没有概括目前海洋地质学的成就。

美国的王富兰克(Frank Wang F. H.) 在为联合国秘书处起草的材料中，也将海洋矿产分为三大类：底岩矿产、表层矿产和海水矿产，虽较前者已进了一大步，但进行更详细的划分时，原则模糊，不够系统。

上述分类较之按地貌区划所作的分类都要进步得多，按地貌区划分类时，通常将海洋矿产分为：海水矿产、海滩矿产、大陆架矿产(表层)、浅海底矿产(硬基岩中)和深海底矿产五大类。该分类是源于1965年出版的默罗(Mero J. L.) 的著作，以后辗转引用，使这种不合理的地貌分类法流传至今，扩散甚广。据现有资料来看，很多矿产甚至同一矿体可以从一个地貌单元延伸到另一地貌单元，如



山东海洋学院
朱而勤

表1 海洋矿产分类分产主要矿种

主要类型	亚类型		主要矿种
	名称	特点	
海水矿产	水矿产	海水的主体部分	淡水及重水
	溶解盐类及金属矿产	溶解于海水中的各种物质	盐类；食盐及氯化物；溶解金属；镁、金、银、铜及铀等多种金属
海底矿产	漂砂矿产	陆源碎屑物质经各种地质营力富集有用矿物而成	贵金属及宝石：金、铂族金属及金刚石 重矿物砂；磁铁矿砂、锡砂、钛砂及锆砂等 石英砂；制玻璃用较纯砂 建筑材料：砂、砾石及贝壳等
	自生沉积矿产	在现代或过去海洋条件下在海中直接沉淀而成，现在仍保存在海底表层	锰结核及锰壳；包括以各种形态产出的铁锰氧化物富集体 磷钙石结核；也包括其它松散的磷矿 其它：海绿石砂、重晶石结核及沸石
	复成因矿产	由于海底裂隙中喷出物的作用，使海底表层沉积物富集某些元素	多金属泥及其它类似矿产
	远洋沉积矿产	由生物碎屑或多源物质组成	红粘土、钙质软泥及硅质软泥
海底岩矿产	表下矿产	存在于松散沉积物覆盖层之下、基底岩石之上的半固结或固结岩石之中	燃料矿产：石油、天然气及煤 盐类矿产：钾盐、钠盐、硫酸盐及卤盐 其它非金属矿产：硫、磷、重晶石及含沸石岩等 金属矿产：锰、铁及其它
	陆缘海底基岩矿产	存在于陆缘海底基底的沉积岩及结晶岩中	与沉积岩有关的矿产：石油、煤、硫及盐类等 与结晶岩有关的矿产：磁铁矿、锡石、金属硫化物等
	深洋海底基岩矿产	与洋底基性岩浆活动有关，存在于大洋基底岩石中	金属矿产：铬铁矿、铜、镍及铂族金属矿 非金属矿产：金刚石、石棉及蛇纹石等

石油可从陆上延伸到海滩之下，再伸展到大陆架甚至大陆坡的海底。这样，一个矿体就可能分属到几个不同类型中，造成分类混乱。

因此，对海洋矿产迫切需要一个既反映海洋地质学成就，又反映对海洋矿产了解程度的完整分类。在考虑分类原则时，赋存海洋矿产的海洋地质环境最为重要；其它因素如成因及产出状态等，因对有用矿物的分布和开采条件有很大影响，也是分类的次要原则。

作为分类依据的海洋地质环境应着眼于两方面：

(1) 海洋地质的构造区划，从海底地壳的性质来看，可将海底划分为两个地质构造区划，陆缘海底和深洋底。陆缘海底系指大陆边缘区域，其地壳性质属大陆地壳向大洋地壳转变的过渡带，越近大陆，地壳的大陆性质越明显，越近大洋，大陆地壳逐渐消失，渐次转变为大洋地壳；深洋底则属典型的大洋地壳。因此两者的地质环境绝然不同，对矿产形成、分布及矿种等许多方面给予决定性影响，这是海洋矿产分类中必须考虑的因素。

(2) 从海底的地质结构来看，上述两类地质构造区划——陆缘海底和深洋底均具有所谓“三层结构”，即松散沉积物构成的表层、半固结或固结岩石构成的中间层及坚硬岩石组成的基底，或称基岩层。陆缘海底的三层结构中，表层沉积物的厚度在各地区不一，以浊流沉积物堆积区最厚。中间层主要是新生代及中生代的半固结或固结沉积层，可发生轻微构造变动，其厚度可达数公里。基底由不同时代的老褶皱岩层或变质岩系组成，其地质构造特点与毗邻大陆相近。深洋底也具有类似的三层结构，大量物探和钻探资料说明，此三层在地震波速、密度和物质成分等方面均有差异。由上至下分别称为大洋第一层、大洋第二层（火山岩层）和大洋第三层即玄武岩层。第一层也由松散沉积物组成，因与陆缘海底的沉积条件有别，其矿种也显著不同。第二层，根据深海钻探资料主要为半固结或固结沉积岩及火山岩组成，厚约1—2公里。第三层为玄武岩。某些地区

由于基性岩浆的分异，可产出超基性岩及基性岩的杂岩体。据此三层结构可将海底矿产划分为三种基本类型：表层矿产、表下矿产及基岩矿产。表下矿产包括存在于中间层中的矿产，基岩矿产包括存在于基底岩系中的矿产。以上述原则为基础，再结合矿产成因分出各种亚类型，详见海洋矿产分类表（表1）。

二、海洋矿产主要类型的特征

（一）海水矿产

海水可以看作是世界上最大、延展最广的连续矿体，又分为两个亚类：水矿产和溶解盐类及金属矿产。水矿产是利用海水本身，如经淡化后得到淡水，提取重水供原子能工业应用等。溶解于海水中的盐类主要有：食盐、镁的化合物及其它卤族化合物。海水中还溶解有大量金属元素：金、银、钴、镍等，现正研究提取这些组份的方法，有的已处于实验阶段，而提铀已发展到实用阶段。一些海域，如深海沟或有海底喷发作用的区域，某些重金属含量特别高，可能成为从海水中提取金属的最有远景的区域。

（二）海底矿产

海底矿产是指赋存于海底或海底下层的各类矿产，按其存在位置分为两类：表层矿产和底岩矿产。

1. 表层矿产

表层矿产系指赋存于海底各类松散沉积物中的矿产，其分布几乎遍及海底各处，从海滩到大陆架，从大陆坡到深洋底都可能发现。特点是存在于海底表层或不深的范围内，以松散状态存在，便于开采。本类又可根据矿产成因及其主要矿物组合分为四亚类：漂砂矿产、自生沉积矿产、复成因矿产和远洋沉积矿产。

(1) 漂砂矿产 为陆源碎屑及近大陆的海底基岩碎屑经河流、波浪和海流等多种地质营力作用富集有用矿物所成矿产。这类矿产主要分布在大陆沿岸，其矿种与大陆基岩的性质及含矿性有密切关系。更新世低海面时期，沿岸形成的一些河流砂矿，现已淹没在海下，并

被近代沉积物所覆盖,如印尼、泰国海滨产出在海下掩埋河谷中的砂锡——锡石矿,即属本类型。主要矿种有:金刚石、贵金属如金及铂族金属、重矿物砂,包括以各种矿物组合所成砂矿:诸如磁铁矿为主的铁砂,金红石为主的钛矿砂,锆英石为主的锆矿砂,或几种有用矿物组合的复矿砂、石英砂及砾石等多种矿产。几乎遍及于世界各国沿岸,是当前世界各国进行重点勘探的对象之一。

(2) 自生沉积矿产 在海洋条件下新形成包括正在形成或以前形成的且仍保存于现代海底的各类矿产。主要分布于陆源碎屑沉积作用进行缓慢的深洋底、大陆坡或外大陆架区域,因为在海底进行的自生成矿作用必须有较充分的时间,如被迅速堆积的陆源碎屑所覆盖或冲淡,则海底自生成矿作用将中止。目前对本类矿产成因较普遍的看法是,在海底经化学作用(氧化-还原、离子反应、吸附及胶体化学作用等)或生物化学作用自海水中直接形成,一般没有岩浆喷出物直接参加。

本亚类中已引起极大重视的矿种为锰结核,它具有巨大经济价值或潜在价值,很多国家已着手进行开采及冶炼试验。磷钙石结核的研究也较深入,进行过小型开采。此外,还有海绿石砂(钾的原料)、重晶石结核及钙十字石类沸石等矿种。

(3) 复成因矿产 主要包括多金属泥及其类似矿产。现已发现的分布区有红海及东太平洋海隆,其沉积物富含铜、锌、铅、银及金等金属。虽然,关于多金属泥的形成理论众说纷纭,但比较流行的看法是:沿海底裂隙上升的热液,与海水或沉积物反应,生成了多金属硫化物、氧化物及其它盐类。因此,从成因观点来看,将其列入自生沉积亚类或远洋沉积亚类是不合适的。其成因既有海底热液成矿作用的特点(即有海底上升热液的直接参与),又有自生成矿作用的某些特征,如有用矿物在海底与海水中离子发生化学反应而生成,因此单独列出复成因矿产亚类。相信在详细研究类似海洋矿产的成矿作用之后,复成因成矿作用所形

成的矿种还要增加。

(4) 远洋沉积矿产 是指可以作为有用矿产开采的各类远洋沉积物。如硅藻软泥,与陆上硅藻土矿没有很大区别,虽目前还不可能利用,但却是一种潜在资源。本亚类矿产的特点是:分布在远洋区、范围广,数量多,但产出区深度大,不易开采,故目前还不能利用。与自生沉积亚类的区别是,自生成矿作用的产物不是主体,有用物质大多属生物碎屑和多源沉积。主要矿种有:红粘土、钙质软泥和硅质软泥。较有前途的矿种是红粘土,因其含有一定量的重金属,且多与锰结核伴生,可考虑与锰结核一起采出。

2. 底岩矿产

本类矿产是最有经济价值的海洋矿产,产值最大的石油和天然气即属此类。底岩是指表层沉积物之下或直接出露于海底的各类岩石,前述三层结构中的下两层统称为底岩,存在于其中的矿产即为底岩矿产。底岩矿产分成两亚类:表下矿产,存在于表层沉积物之下的中间层——半固结或固结岩石中的矿产;基岩矿产,存在于基底的各类结晶岩及沉积岩中的矿产。

(1) 表下矿产 大部分的陆缘海底均存在有很厚的表下层,多系中、新生代沉积岩,其中赋存有以石油、煤为主的多种沉积矿产。一般认为,这些表下层并不能延展到大洋区,而大洋区实际上也存在有1—2公里厚的表下层,当然也可能有石油等沉积矿产。墨西哥湾已经钻探证实深渊区海底有油气显示。但洋底表下层常受基底岩浆作用的影响,除沉积成矿作用外,还可能有一些与岩浆活动有关的成矿作用产物。这类矿产,分布广,但埋藏在海底之下一定深度,开采不易。

表下矿产中最有价值、最有前途的是石油和天然气,目前在海底开采和勘探石油的国家和地区有数十个之多。根据调查,一些边缘洋盆,如墨西哥湾、日本海、南中国海,表下层中也有蕴藏石油的可能性。

盐类沉积矿产也在表下矿产中占有重要地位,据深海钻探资料,地中海、红海、墨西哥

湾等处的表下沉积岩中,均发现有大量盐类沉积层:石盐、钾盐、石膏及硬石膏等。盐层在地层中常以盐丘、盐钟、盐颈等多种形式产出,有的可以成为储油构造。

墨西哥湾表下沉积层中还发现有盐丘型硫磺矿,硫磺混杂于石灰岩中,形成含硫石灰岩。根据地层特点分析,地中海、红海也可能发现类似矿产。

有代表性的深洋底表下矿产有沉积铁矿。东太平洋海隆基底之上的表下层中,发现有数米厚一层或几层的非晶质针铁矿层,类似铁矿层(或铁锰矿层)在邻近地区及红海也经钻探证实。这种铁矿层可能与海脊扩张时从扩张裂隙喷出的含铁热液有关,现被海底扩张作用移动到海脊两侧的广阔区域内。主要矿石矿物为非晶质针铁矿或非晶质铁锰氧化物。

深海钻探表明,各大洋第二层中有分布广泛的含沸石岩,类似矿产也可能存在于其它海区。

深洋底表下矿产虽然近期还不一定能开发利用,但对它的研究对说明陆上矿床的成因有重要意义,甚至可能为矿床成因理论提供某些崭新的概念。

(2) 基岩矿产 这类矿产存在于陆缘海底和深洋底基岩之中,陆缘海底的基岩与深洋底基岩有很大差异,因此再细分为两小类:陆缘海底基岩矿产和洋底基岩矿产。

大陆边缘的基岩离大陆越近,则对大陆地质构造的从属性越强,与大陆岩石类型相似,由沉积岩或结晶岩组成。因此,大陆基岩中已经找到的各类矿产,都可能在大陆边缘基岩中找到。如沉积岩中的石油、煤、盐类矿产等,在北海、日本沿岸和英国沿岸均有发现。一些与岩浆岩有关的基岩矿产的实例有:英国康沃耳郡的兰兹恩德滨外的原生锡石矿脉,芬兰赫尔新基滨外经航磁发现的磁铁矿体。目前,开采最多的陆缘海底基岩矿产是煤,这类矿产现在能开采的范围离大陆较近,将来一定能延伸到更大范围。

应该指出,在大陆边缘地带划分表下矿产与基岩矿产的界限有时不明显,特别是在一套

比较连续的沉积岩中更是如此。当有明显不整合时,以不整合面为界限。大陆上的地质理论对边缘海底表下矿产及基岩矿产的预测是极为有用的。在海洋地质深入研究的基础上,充分利用大陆边缘的大量地质资料,肯定在陆缘海底还将发现更多的金属和非金属矿产。

在大洋区基底岩石中发生着一种比较单一的岩浆活动,岩石类型也远较陆缘海底简单。大洋基底主要是由拉班玄武岩组成,但在洋中脊断裂带附近,基性岩浆往往发生分异作用。因此,印度洋和大西洋的洋中脊出现了一些橄榄杂岩体,产出有斜方橄榄岩、二辉橄榄岩、苦橄岩和纯橄岩;这些岩体又被辉长岩、辉绿岩所侵入,此种杂岩体有的竟达到洋中脊各类岩石的30%。数量如此众多的基性及超基性杂岩体的出现,肯定会形成一些与之有关的矿产,如铬铁矿、铂族金属矿、金刚石及铜镍矿产等。据报道,苏联曾在印度洋中脊的断裂带中发现过金伯利岩及纯铬铁矿。还有可能发现蛇纹石及石棉等非金属矿产。

本文只是对海洋矿产提出一个尝试性的分类,更详细和完善的分类还有待进一步研究。

主要参考文献

1. Cruickshank M.J., 1970. Mining and Mineral Recovery 1969, UST handbook directory, A/11-A/21.
2. Mckelvey V. E. & Wang F. F. H., 1969. Preliminary maps world sub-sea mineral resources; U. S. Geological Survey.
3. Mero J. L., 1965. The mineral resources of the sea, Elsevier publishing company, p304.
4. Wang F. F. H., 1970. Mineral resources of the sea, UN Publication, sale number: E. 70.IV.4
5. Геолого-Геофизический атлас Индийского Океана, 1975. Академия наук СССР, Главное управление геодезии и картографий при Совете Министров СССР, Москва 1975.
6. Смирнов В. И., 1976. Металлогения океана, Природа, 1976, (I).