



# 海洋矿物资源

- 多金属结核
- 富钴结壳
- 多金属块状硫化物

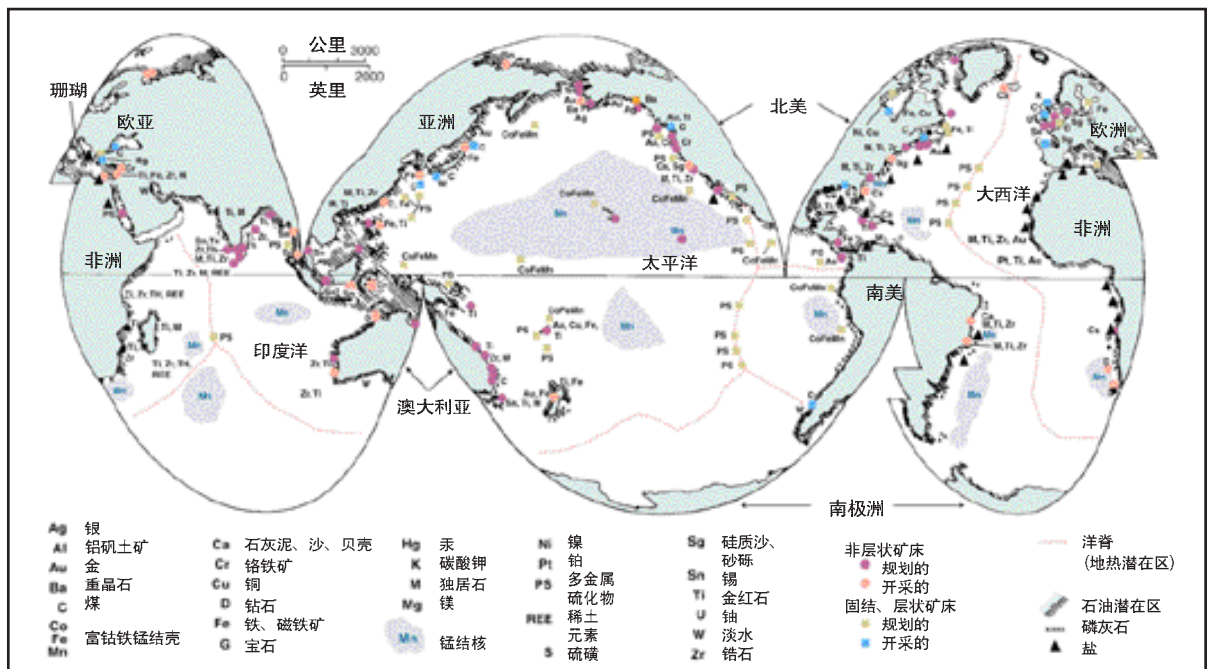
在过去几十年，海底矿物回收活动和关于新海洋矿源的知识迅速发展，不但带来可观的经济收益，而且有可能显著地增加世界的资源基础。对固体海洋矿物的商业开发迄今仅限于大陆上的岩石经过机械和化学侵蚀，然后主要通过河流冲入海洋而形成的沉积物。这些沉积物所在区域为领海和200海里专属经济区中水深较浅的滨外地区。新发现的资源则大多是在国家管辖范围之外的深海，其中一些比任何陆地矿床都更丰富，形成于部分来自陆地，部分产生于海洋内部和洋底之下的自然过程。

机械侵蚀大陆岩石形成的矿物集中于砂积矿床，通过水体运动(波浪、潮汐、海流)，矿物按其组分的不同密度(单位容积质量)分类积聚。这些矿物含有重金属元素(钡、铬、金、铁、稀土元素、锡、钽、钨、钼)和非金属(金刚石、氧化钙、硅沙、砾石)。在金属中，金随着价格的变化，时断时续地有人在阿拉斯加的近海地区开采(近至1990年代尚在生产)，锡则一直在泰国、缅甸和印度尼西亚的近海地区被开采。在非金属矿物中，纳米

比亚滨外和毗邻的南非海岸(水深至200米，离岸约100公里处)存在可持续的钻石开采业。据主要生产家(De Beers Marine)报告，2001年开采量为570 000克拉。世界各地在很多地点从海滩和近海浅水堆积地区开采砂砾，用作建筑材料(混凝土)和用于海滩修复工程；这两种矿物是每年生产价值最高的海洋矿物材料。

海底非固体矿物是在已没入水下的地区的陆地植被腐朽、压缩形成的化石燃料。这类矿物包括在非洲、美洲、亚洲和欧洲国家管辖范围内的沿岸浅海和深海地区开采，年产值达1 000亿美元的天然气和石油。相形之下，固体海洋矿物的年产值约达20亿美元。前景最好的新燃料来源之一是甲烷水合物，这是一种被深海底的低温和高压压缩形成固体的气水混合物，赋存于大陆边的海底盆地。如果能够完善开采技术，估计储量可以满足全世界几百年的能源需求。

据估计，大陆岩石经过化学风化作用溶解形成，然后通过河流不断冲入海洋的物质，应能够满足今后对若干类型的矿物的经济需求。这些资源之



海洋勘探早期阶段探明的海洋矿产资源全球分布 (P. 罗纳, 科学期刊 299: 673 (2003)). [资料由美国科学发展协会提供.]

一是磷块岩。这种矿物以结核和层状形式沉积，分布于信风带(赤道至北纬和南纬30度的地区)内深海海水遇大陆架上涌的地区。沿岸国以磷块岩作为农用肥料。当前的需求依靠原来沉积在古海之下的陆地磷块岩来满足。

深海底有两种金属矿物资源同时含有来自大陆和来自深海的溶解金属。其中之一是大小如高尔夫球和网球的多金属结核(富含一定的镍、钴、铁和锰)。这些结核是经过千百万年的时间，从海水析出，沉淀到构成广袤的深海平原表层的沉积物上(水深4至5公里)。从结核富集程度和金属含量的角度来讲，开发前景最好的矿床(镍和铜含量至少共占重量的2%)位于夏威夷和中美洲之间东太平洋赤道地区的克拉里昂-克利珀顿断裂带。国际海底管理局已将该区域分配给几个先驱投资者进行勘探；另一个也分配给先驱投资者的勘探区位于印度洋。

第二种既包含陆源金属，也含有来自海洋的金属的矿物资源是富钴铁锰结壳。这些矿物从海水析出，在水深400至4 000米的海山和海底火山山脉的火山石上沉淀形成薄层(厚度可达25厘米)。赋存最丰富的结壳富集于西太平洋各岛屿国家的专属经济区内。据估计，根据采矿和冶炼技术的发展程度，一个海底矿址的产量最多可达每年全球钴(用于生产耐蚀合金、轻合金和强力合金以及涂料)需求量的25%。

1979年在海洋中发现了多金属块状硫化物，在此以前，此类矿物只见于自前古典时期以来就在陆地上为获取铜、铁、锌和金而开采的矿床中。块状硫化物在海底热泉周围生成。海底热泉(最惹人注目的是黑烟囱)是海底火山山脉下的上涌岩浆(熔岩)将海水加

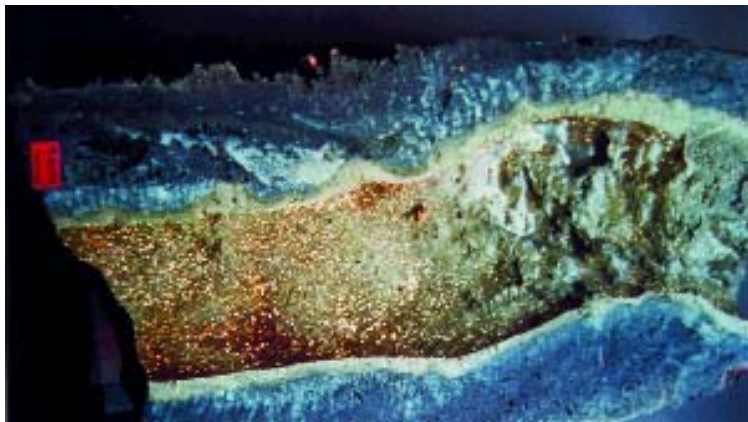
热形成的。这种山脉贯穿世界各大海盆，露出海面之处形成火山岛链。岩浆冷却凝固后，形成新的海底地区，通过海底扩张运动，这些地区在海底山脉的两侧，像两条走向相反的传送带，以每年几厘米的速率移离。冷却的海水因重量下沉，渗入海底下的火山岩几公里后为岩浆所加热。海水加热后膨胀浮升，溶解火山岩所含的小量金属，析出周围海水中的其他金属，并将这些金属(铜、铁、锌、银和金)富集起来，在海底之下和之上(水深1至4公里处)形成块状硫化物矿床。虽然仅对5%的海底进行了系统的勘探，但已经在世界各大洋深海盆中的海底火山山脉，以及在太平洋西部边缘的火山岛链附近发现约100个这样的矿址。海底块状硫化物矿床的一种宝贵作用是引导经济地质学家作类比分析，寻找和开采富集于海底，其后上升到陆地的古代块状硫化物。俾斯麦海底有一个正在形成的矿址，位于巴布亚新几内亚专属经济区内。1997年，该国政府将其租给澳大利亚的一家采矿公司，目前处于开发阶段，以便开采。

海底热泉除了将金属富集之外，还提供微生物用来产生能量的化学物质。以这些微生物为基础的食物链支持着一个以新发现的，在沉积矿物中栖息的动物物种构成的生态系统。这个生态系统在维持生物多样性、了解生命的早期演化、生产可用于工业和制药用途的新有机化合物方面都具有一定的科研和商业价值。非生物和生物资源共存造成的挑战，是必须建立一个在保护生态系统的同时能够可持续地开发这两种资源的制度。



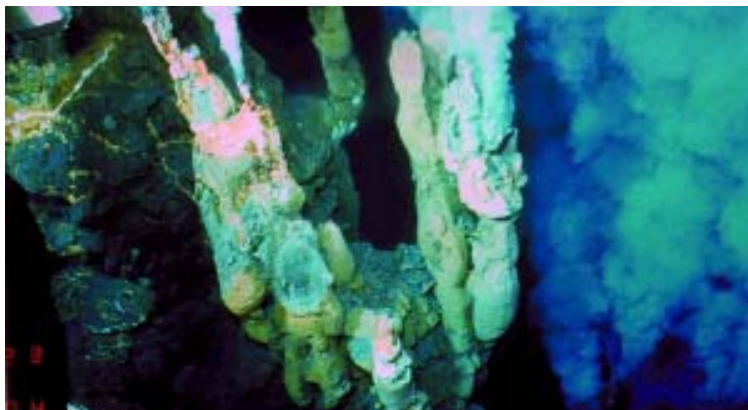
热液区生态系统

国际海底管理局正在进行的工作是组织和促进国家管辖范围以外地区的深海采矿活动的发展，并保护海洋环境，使其免于任何有害的影响。对这一具有巨大潜力的行业进行监管，是1982年《联合国海洋法公约》赋予管理局的职能。该公约已对142个国家生效(截至2003年2月底)。管理局首先(于2000年)通过了国际区域内多金属结核探矿和勘探规章，适用于所有与管理局签订合同的公私实体。管理局当前正在为多金属硫化物和富钴结壳制定一套类似的规章。



"烟囱"截面

法国海洋勘探研究院



"烟状热液"

法国海洋勘探研究院