



多金属硫化物

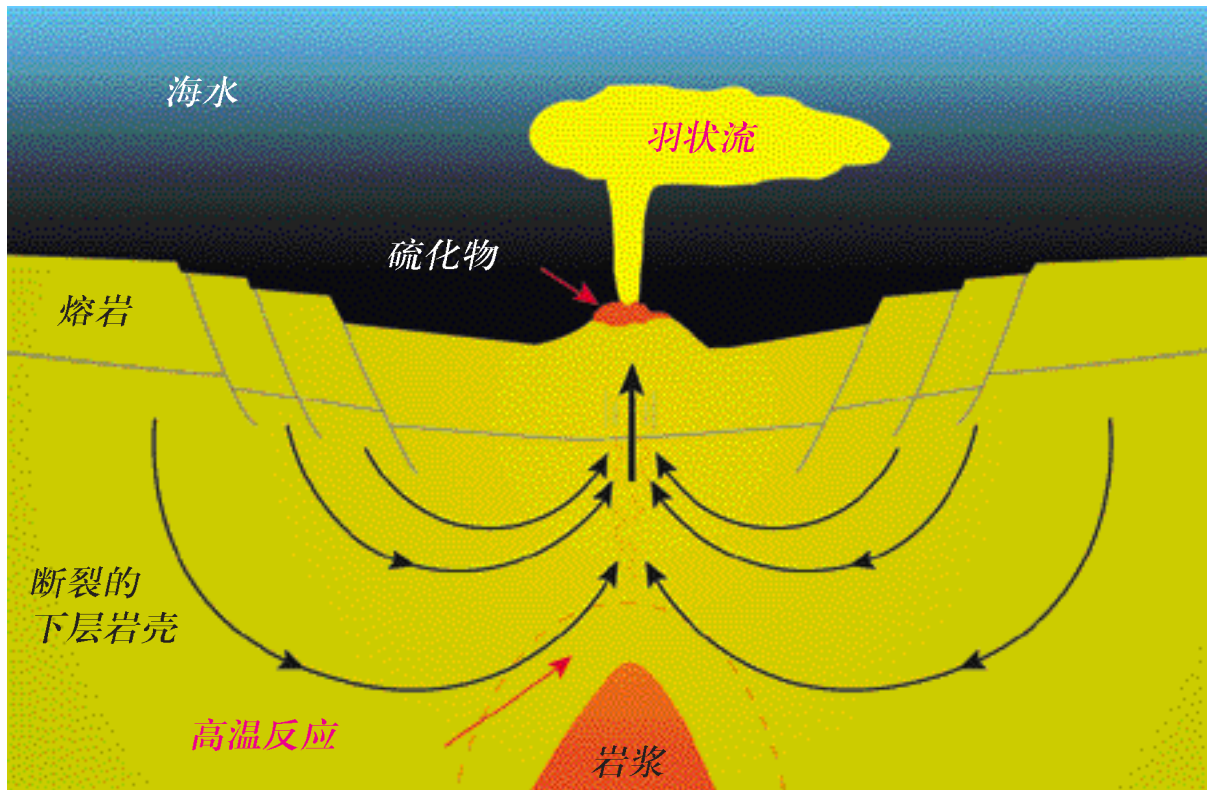
- 分布
- 资源潜力
- 环境
- 研究、勘探与未来采矿

发现和形成

1979年，在北纬21度下加利福尼亚（墨西哥）岸外的东太平洋海隆，科学家在勘探洋底时发现位于硫化物丘上的烟囱状黑色岩石构造，烟囱涌喷热液，周围的动物物种前所未见。后来的研究表明，这些黑烟囱体是新大洋地壳形成时所产生，为地表下面的构造板块会聚或移离，海底扩张所致。此外，这一活动与海底金属矿床的产生密切相关。

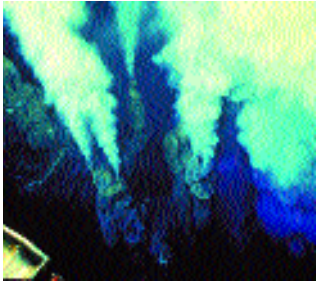
在水深至3 700米之处，海水从海洋渗入地层空间，被地壳下的熔岩（岩浆）加热后，从黑烟囱里排出，热液温度高达400℃。这些热液在与周围的冷海水混合时，水中的金属硫化物沉淀到烟囱和

附近的海底上。这些硫化物，包括方铅矿（铅）、闪锌矿（锌）和黄铜矿（铜），积聚在海底或海底表层内，形成几千吨至约一亿吨的块状矿床。一些块状硫化物矿床富含贱金属（铜、锌、铅），特别是有一些富含贵金属（金、银）的事实，近来引起了国际采矿业的兴趣。在已没有火山活动的地方，也发现了许多多金属硫化物矿床。

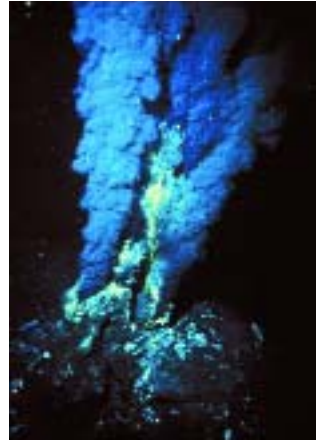


海底硫化物的形成 (Peter Rona)

分布状况



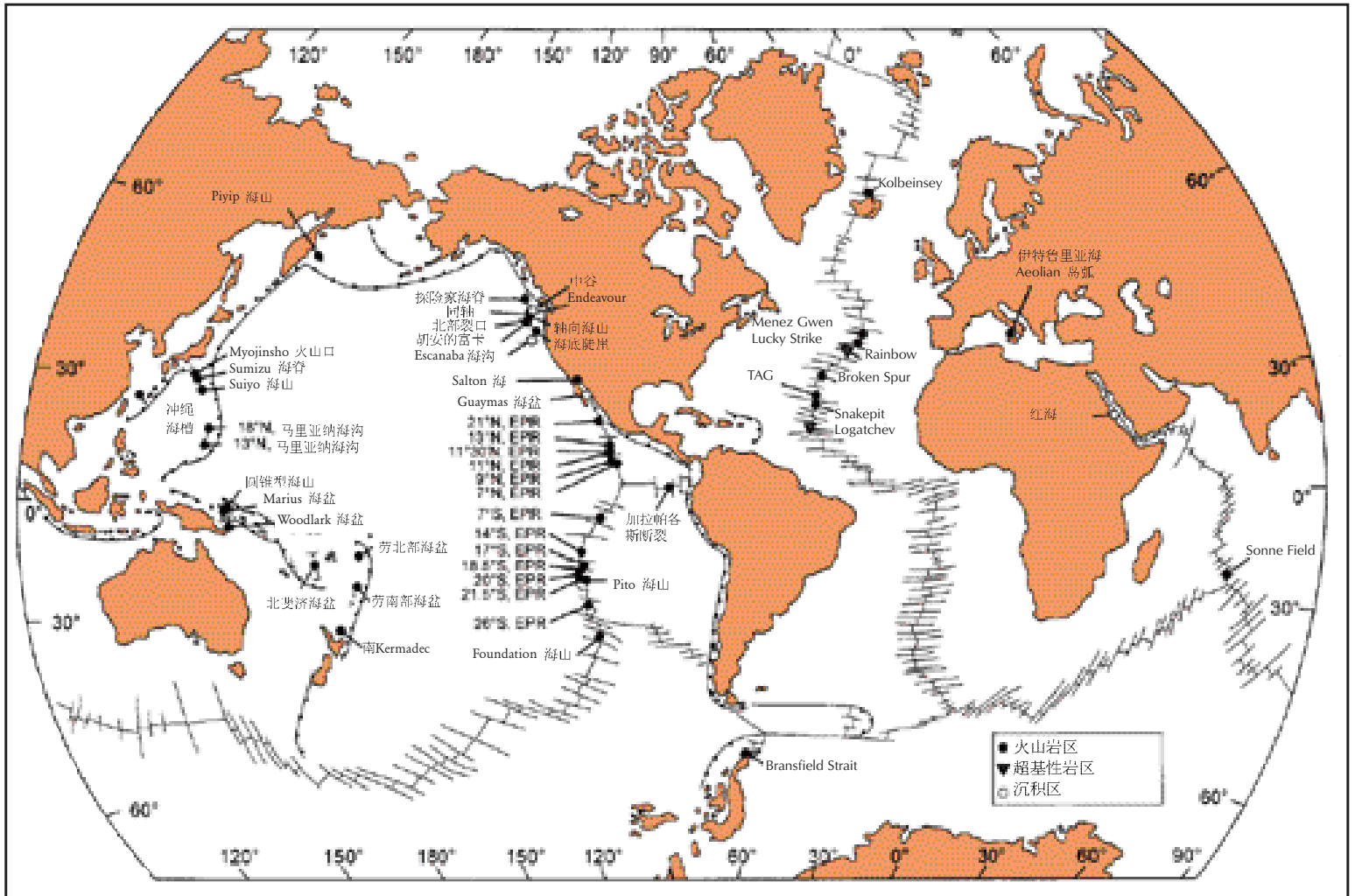
多数矿点位于海洋中部，分布于东太平洋海隆、东南太平洋海隆和东北太平洋海隆。已知大西洋中脊也有一些矿床，但至今在印度洋海脊只找到一处。大西洋中脊和印度洋中脊的已知硫化物矿床较少，主要原因是在这些地区内进行的勘探活动有限。全世界共有6万公里的海脊，经过任何勘查的只有5%左右。



80年代中期，在西南太平洋又发现了一些硫化物矿床，位置是大洋边缘，在大陆和火山岛弧之间的海底，海盆和海脊形成的地方。在这些所谓弧后扩张中心，岩浆在会聚板块边缘上升到接近表

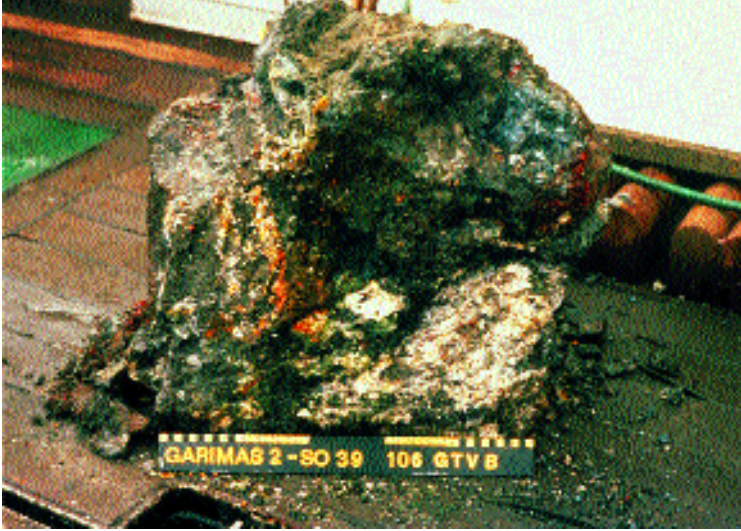
层之处（在会聚板块边缘，通过俯冲过程，一构造板块滑动到另一板块之下）。这些发现引发了对西太平洋和西南太平洋边缘海盆以及岛弧和弧后体的大规模勘探，结果在澳大利亚东部的劳海盆和北斐济海盆和日本西南的冲绳海槽又发现了其他矿床。1991年在新喀里多尼亚北部的马努斯海盆等地发现大量与长石火山活动（最强烈的一种火山活动，造成的火山灰流最多）有关的热液矿床。伍德拉克海盆附近也发现了热液矿床，那里的海底扩张延伸到巴布亚新几内亚以东的大陆地壳。今天，已知有100多个热液矿化点，包括至少25处有高温黑烟囱喷口。

劳海盆的黑烟囱
(Peter Herzig)



现代海底热液系统与多金属硫化物矿床的分布位置 (Peter Herzig)

金属含量



块状硫化物矿 (Peter Herzig)

在对海底硫化物作了近1 300项化学分析比较后发现，位于不同的火山和构造环境的矿床有不同的金属比例。与缺少沉积物的洋中脊样品相比，在弧后扩张中心的玄武岩至安山岩环境生成的块状硫化物（573个样品）中平均含量较高的矿物有：锌（17%）、铅（0.4%）和钼（13%），铁含量不高。大陆地壳后弧裂谷的多金属硫化物（40个样品）的含铁量也很低，但通常富含锌（20%）和铅（12%），而且含银量高（1.1%，或2 304克/吨）。总的来说，各种构造环境的海底硫化物矿床的总成分取决于这些金属是从什么性质的火山岩淋滤出的。

最近，在弧后扩张中心的硫化物样品中发现金的含量甚高，而洋中脊的矿床中金的平均含量只有1.2克/吨（1 259个样品）。劳弧后海盆硫化物的含金量高达29克/吨，平均为2.8克/吨（103个样品）。在冲绳海槽，位于大陆地壳内的一个后弧裂谷的硫化物矿床含金量高达14克/吨（平均为3.1克/吨，40个样品）。对东马努斯海盆的硫化物进行的初步分析表明，金含量为15克/吨，最高达55克/吨（26个样品）。在伍德拉克海盆的重晶石烟囱中发现高达21克/吨的含金量。迄今发现的含金量最丰富的海底矿床位于巴布亚新几内亚领水内利希尔岛附近的锥形海山。从该海山山顶平台（基部水深1 600米，直径2.8公里，山顶水深1 050米）采集的样品含金量最高达230克/吨，平均为26克/吨（40个样品），10倍于有开采价值的陆地金矿的平均值。

吨位估计

对几个洋中脊矿床的估计显示，其吨位在100万到1亿吨之间。但是，硫化物露头的延展长度不易估算，关于矿床厚度的资料缺乏。已发现的最大矿床位于上覆大量沉积物，但依然有热液活动的古海脊。国际大洋钻探计划对美国西北岸外的胡安德富卡海脊北部被沉积物覆盖的中谷矿床的钻探显示有800至900万吨的硫化矿。在对位于北纬26度太平洋中脊水深3 650米处的Trans-Atlantic Geotraverse (TAG) 活动热液丘钻进125米后发现，海底表面约有硫化矿270万吨，表层内矿床约有120万吨（地质学家称之为网状脉）。迄今在海底发现的块状硫化物矿床规模，都比不上加拿大基德克里克（1.35亿吨）或葡萄牙内维什科尔沃（2.62亿吨）。

海里最大的已知硫化物矿床为红海的阿特兰蒂斯II海渊，比东太平洋海隆的第一个黑烟囱早发现十多年。阿特兰蒂斯II海渊的硫化物主要是金属软泥，不是块状硫化物。对面积40平方公里的矿床所作的详细评价显示，矿床有9 400万吨的贫铅银矿石，其中含锌2%、铜0.5%、银39克/吨和金0.5克/吨，贵金属的总含量约为银4 000吨和金50吨。在2 000米深处试验采矿证明，该矿床可以成功开采。

资源潜力



硫化物烟囱的截面 (Peter Herzig)

海洋采矿在某些条件下似乎是可行的，理想的条件包括（1）高品位的贱金属和（或）金，（2）矿点离陆地不太远，（3）水深较浅，以2 000多米为宜（虽然现在已有深水采矿技术）。在这些情况下，开采块状硫矿可具有经济吸引力，考虑到整套采矿器具可以搬运，从一处移到另一处。因此，所投资的采矿系统和船只不必像陆地采矿那样固定在一个地方。在陆地上偏远地点

采矿往往需要大笔初始投资，包括全部基础设施在内。

海底块状硫化物的开采可能集中于小块海底区域，并主要限于表层（剥采）和浅次表层（挖采），以便回收海底的硫化物丘和烟囱场以及其下的网状脉区中的交代矿体。

研究、勘探和开采前景

全世界的学术机构和政府机构正在对多金属硫化物矿床及其有关的生态系统进行科学研究。这一领域的领先国家是澳大利亚、加拿大、法国、德国、日本、俄罗斯联邦、联合王国和美国。意大利和葡萄牙也制定了研究方案。

勘探需要高尖端的多用途科研船，使用先进技术，例如深海测绘设备、载人潜水器或遥控船只、摄影和录像系统，采样和钻探装置。钻探和岩芯取样设备必须改进，以便能钻探到100米的深度。目前尚未专门设计用于回收硫化物的采矿系统，但开发努力可能集中于连续回收系统，采用旋转式截割头，配以扬矿设备，将矿石运到采矿船，再运往加工厂。

未来的管理规章

国际海底管理局目前正在审查有关今后立法监管国家管辖范围以外的深海多金属硫化物和富钴结壳的探矿和勘探活动的问题。由36名成员组成的管理局理事会以及法律技术委员会在2002年8月对这一事项首次进行了实质性的讨论。该议题是俄罗斯联邦在1998年向管理局提出的。2001年，秘书处起草了一套相关问题的示范条款，其中考虑了参加管理局于2000年就该问题举行的科学研讨会与会者的意见。讨论特别强调的是必须保护有关生态系统，使之不受到勘探和最终的采矿活动的有害影响。

需要解决的问题有，是否应该制定两套规章管理这两类资源，及这些规章与管理局2000年批准的现行多金属结核的规章应该有何不同。《海洋法公约》设想的平行开发制度将分配给未来采矿者的海底区域在承包者和管理局之间平分。该制度适用于处理广泛散布在海底区域，较易于公平分配的结核。相反，结壳和硫化物较为集中，分布较不均匀，金属含量因地而异，相差较大。另一个不同之处是，大多数已知的结壳和硫化物矿床位于国家管辖地区之内，因此，其开发会与任何国际区域的开采相竞争。提出的一个解决方法是，管理局不妨与承包者联手，组成联合企业，不独自开采。

管理局将在2003年继续审议这一议题。

环境

与块状硫化物矿床相关的热液喷口为科学上前所未知的多种动物提供了生活环境。与陆地上直接或间接靠阳光和光合作用获得能量的其他生命形式不同，热液喷口动物群落能在没有阳光，充满硫化氢的热液中繁衍，虽然硫化氢对大多数其他动物是致命的化合物。在这种环境中生活着长达二米的蠕虫，它们居住在自造的栖管，没有消化系统，从氧化甲烷和氧化硫的微生物获得能量。在这些有多样化生物的热液喷口区，已发现500种左右前所不知的动物物种。



管穴动物聚集的硫化物喷口

在规划矿物的勘探和开采时，必须考虑这种地理上不集中的生态系统的独特而脆弱性质，及其对代谢、进化和适应方面的基础生物研究所具有的价值。研究表明，现有的生物种群具有很强的恢复力可适应火山活动区环境的急剧变化。这一恢复能力可能是由于存在着某种“母种群”，有能力再进入被扰动区。如果这一基础种群遭到采矿活动的破坏，则有可能导致稀有物种的灭绝。

开采硫化物的许多环境影响问题与开采多金属结核所造成的环境问题相似，包括破坏动物栖息处的表层、被扰动沉积物掩埋动物，底层水因悬浮的颗粒羽流而发生化学变化。另一方面，硫化物颗粒的高密度会使采矿设备所造成的任何硫化物碎屑立即重新沉积。由于与海水的接触面大，一些释放出的硫化物碎屑会氧化，如同许多海底矿床的非活性块状硫化物的氧化过程一样。在陆地硫矿开采中通常造成重大环境问题的矿山酸性污水排泄在海底则无须担忧，因为周围海水有淡化作用。此外，大多数海底硫化物矿床通常没有显著的上覆沉积物。因此，应当可以选择性地开采矿床，尤其是那些没有任何喷口动物生息的非活性矿床，因为所造成的环境影响可能不会大于建造一个普通港口设施。