

# 海底多金属硫化物矿床的主要特征

陆 峻 蔡剑辉

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京)

**提 要:** 海底多金属硫化物由于含有贵金属而具有潜在的经济价值并, 受到国际地质学家们的广泛关注。已经发现的矿点和矿床有一百多处, 然而规模比较大的不足 20 处。相对于锰结核, 多金属硫化物在海底产出的部位较浅, 矿石中含有 Cu、Zn、Ag 和 Au 等, 具有很高的经济价值。据粗略估计, 已发现的大型矿床共含有一百万到五百万吨的块状硫化物。世界海底多金属硫化物矿床主要分布在东太平洋海隆、西太平洋构造活动带、西南太平洋以及大西洋中部的大洋中脊。海底多金属硫化物属于海底热液烟卤物, 它是热液活动的产物, 其成因机制涉及构造和岩浆活动与热液活动的关系, 海水及水深以及沉积物与热液成矿的关系, 岩水反应, 热液地球化学, 生物活动等。

**关键词:** 海底多金属硫化物 海底热液活动 海底热液烟卤物

由於不断地勘查和开采, 陆地矿产资源在不断地减少, 勘查难度也越来越大, 因而, 人们越来越多地把目光转向海洋。大洋矿产资源被视为 21 世纪人类所需矿产资源的重要来源。在过去的年代里, 世界主要国家都已投入大量人力和财力进行海洋矿产资源的调查, 积累了丰富的资料和数据, 并已确认了较系统的海洋矿产资源体系。已确认的深海底矿产资源类型有锰结核 (也称多金属结核), 富钴结壳、多金属硫化物、磷块岩、气体水合物。其中研究历史最长的是锰结核。

近一二十年来, 一些国家如加拿大、美国、法国和日本以及德国对海底多金属硫化物做过许多研究和调查, 已经发现的矿点和矿床有一百多处, 然而规模比较大的不足 20 处。相对于锰结核, 多金属硫化物在海底产出的部位较浅, 矿石中含有 Cu、Zn、Ag 和 Au, 具有很高的经济价值, 因而受到地质学家和有关国家政府的重视。据粗略估计, 已发现的大型矿床总共含有 1 百万到 5 百万吨块状硫化物矿石。

## 1 海底多金属硫化物矿床的地理分布

从地理位置上看, 海底多金属硫化物矿床主要分布在太平洋和大西洋 (图 1)。在太平洋, 矿床主要在东部沿着美洲大陆西侧的海域延伸形成一个漫长的矿带, 在这个带上的矿床由北向南是探索者 (Explorer)、努力者 (Endeavour)、轴海山 (Axial Seamount)、南胡安德福卡 (South Juan De Fuca)、伊斯卡纳巴海槽 (Escanaba Trough), 瓜马斯盆地 (Guaymas Basin)、东太平洋 21°N、东太平洋 13°N、东太平洋 11°N、加拉帕格斯 (Galapagos) 等。太平洋中另一个硫化物成矿的重要地区是西太平洋, 代表性矿床在冲绳和马里亚纳群岛海域。此外, 在西南太平洋的劳厄 (LAU) 盆地也有硫化物小矿床。大西洋中的代表性矿床在大洋中脊的 TAG 热液活动区, 它是 1972 年美国国家海洋和大气局 (NOAA) 在执行 TAG

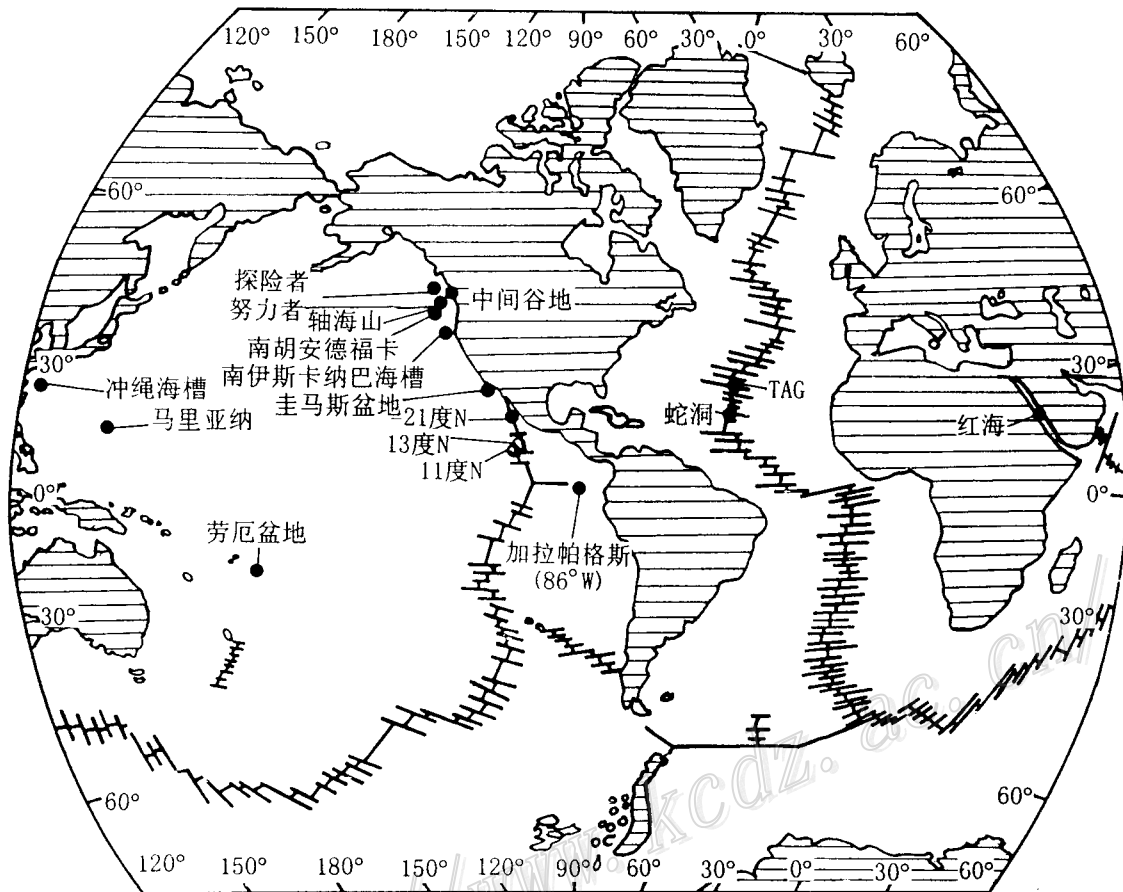


图1 海底多金属硫化物矿床位置分布图

(Trans-Atlantic-Geotraverse) 计划时在大西洋的洋中脊处发现的, 就此以 TAG 命名。

## 2 地质构造特点

从构造角度来看, 已发现的海底多金属硫化物矿床产出在多种构造环境中, 它们是快速扩张大洋中脊、慢速扩张大洋中脊、轴向火山、海山、大陆边缘附近的沉积断裂带、与俯冲带相关的后弧环境等。通过已知海底热液活动区的详细研究, 已经确认地质构造对大型多金属硫化物矿床有重要控制作用。在大洋中脊, 大型矿床产出在经受持续火山作用的脊顶地段, 在这些地段, 热液流体受轴向谷地边缘的主断层系控制。含有少量块状硫化物的小型热液脉通常沿着轴向谷地中央附近的喷发裂缝分布。在沉积脊顶上可能形成最大的矿床。

根据地质构造的特点可把海底多金属硫化物矿床归纳为 3 种类型: 大洋中脊型, 主要包括太平洋东部矿带的一系列矿床和大西洋中部 (大洋中脊) 的矿床; 裂谷型, 主要包括红海 Atlantis II 深裂谷、Juan de Fuca 洋脊中谷、加利福尼亚湾 Guaymas 盆地、Gorda 洋脊、Escanaba 海槽等; 后弧扩张中心型, 主要包括马里亚纳后弧、马里亚纳海槽、Valu Fa 洋脊

Bonin 后弧、Manus 盆地、北斐济盆地、Woodlark 盆地。已发现的主要多金属硫化物矿床和矿脉按构造特点的分类列于表 1<sup>[1]</sup>。

表 1 已发现的海底多金属硫化物矿床

构造单元	矿床	水深/m	矿床大小	Cu	Zn	Pb	Ag	Au
大洋脊	南 Explorer 海脊	1800	250 m×200 m	3.6	6.1	0.1	132	1.0(66) <sup>①</sup>
	Endeavour 洋脊	2100	200 m 以上	3.0	4.3	<0.1	188	<0.1(31)
	Juan de Fuca 轴海山	1500	小矿脉	0.8	23.2	<0.1	203	2.6(64)
	南 Juan de Fuca 洋脊	2200	小矿脉	1.4	34.3	0.2	169	0.1(11)
	南 Gorda 海脊	2700	小矿脉	(残余烟囱, 247℃ 硫化物脉)				
	东太平洋海隆北纬 21°	2600	小矿脉	1.3	19.5	0.1	157	0.1(14)
	海山北纬 13°	2500	800 m×200 m	(黄铁矿质块状硫化物和铁帽)				
	东太平洋海隆北纬 13°	2600	小矿脉	7.8	8.2	<0.1	49	0.4(33)
	东太平洋海隆北纬 11°	2600	小矿脉	1.9	28.0	<0.1	38	0.2(11)
	南纬 18°~26°	2600~3000	小矿脉	6.8	9.1	(南纬 21.5° 复合样品)		
	Galapagos 裂谷	2700	100 m×100 m	4.1	2.1	<0.1	35	0.2(73)
	大西洋中脊 TAG 海丘	3600	250 m×200 m	6.2	11.9	<0.1	78	2.2(40)
大西洋中脊 Snakepit	3400	100 m 以上	2.0	6.3	<0.1	119	2.2(16)	
裂谷	红海 Atlantis II 深裂谷	2000	9000 万吨	0.5	2.0	<0.1	39	0.5
	Juan de Fuca 洋脊中谷	2400	400 m×200 m	0.4	3.4	<0.1	10	<0.2(39)
	加里福尼亚湾							
	Guaymas 盆地	2000	小矿脉	0.2	0.9	0.4	78	<0.2(14)
	Gorda 洋脊							
Escanaba 海槽	3200	200m 以上	1.0	11.9	2.0	187	10(7)	
后弧	马里亚纳后弧							
	马里亚纳海槽	3600	小矿脉	1.2	10.0	7.4	184	0.8(11)
	Valu Fa 洋脊 Lau 后弧	1700	200 m×100 m	4.2	11.8	0.3	155	2.9(44)
	冲绳海槽 Ryukyu 后弧	1400	300 m×100 m	3.7	20.1	9.3	1900	4.8(9)
	Sumisu 洋脊 Bonin 后弧	1530~1600	小矿	(铁氧化物-重晶石-氧化硅烟囱)				
	Manus 盆地	2500	150 m 以上	(残余烟囱)				
中心	北斐济盆地	2600	小矿床	(残余烟囱, 285℃ 硬石膏脉)				
	Woodlark 盆地	2500	大矿床	(铁-氧化硅矿床, 重晶石烟囱)				

① 本栏括号内为样品数

### 3 矿床成分特点

海底多金属硫化物矿床的成分特点可从矿物成分和化学成分两方面考虑。就矿物成分而言, 通常以黄铁矿、白铁矿、闪锌矿、黄铜矿、斑铜矿、方铅矿、磁黄铁矿为主, 也有一些热液型粘土矿物, 另外还有一些非硫化物矿物, 如硬石膏以及非晶质的二氧化硅等。一般来说, 海底多金属硫化物矿床的主要元素成分是 Cu、Zn、Pb、Ag 和 Au 等。已发现的海底多金属硫化物矿床的主要元素的平均含量如表 1 所列<sup>[1]</sup>。有时候也含有 Al、Ca 和 Mg 等。微量元素的种类较多。以东太平洋 21°N、胡安德福卡和加拉帕格斯为例, 所含的微量元素 (ppm 级) 就有: B、Bi、Cd、Co、Cr、Cs、Ga、Ge、Hg、Mo、Ni、Pd、Pt、Rh、Sb、Sc、Se、Sr、Te、Tl、U、Y、W、Zr 等。

## 4 矿床成因问题

海底多金属硫化物矿床的成因问题近年来一直是海洋地质学家关注的问题。应该说是属于前沿性的课题。现在几乎没有人怀疑,海洋中的多金属硫化物矿床与海底热液活动有密不可分的关系。在确认海底热液活动的存在以及确定热液活动区后,热液活动本身的研究则至关重要。海底热液烟囱物是海底热液活动的产物,它既包括海底热液硫化物,又包括海底热液硅酸盐、硫酸盐及氢氧化物等。海洋地质学家(如 Sleep 等, 1983)<sup>[2]</sup>根据海底热液烟囱形成方式和形成温度的不同,把它们分为3种类型:① 高温型“黑烟囱”(350~400℃);② 中温型“白烟囱”(100~300℃);③ 低温型溢口(<100℃)。热液烟囱的成因机制涉及内外营力和多种作用因素。因此人们从各个不同的角度去研究海底热液活动和热液烟囱物。涉及的方面有:构造与热液活动的关系;岩浆活动与热液活动的关系;海水及水深与热液成矿的关系;沉积物与热液成矿的关系;岩水反应;热液地球化学;热液矿化;生物与热液活动的关系等。

海底热液活动与构造的关系是显而易见的,前述海底硫化物矿床的分布已显露出它们之间的关系。热液活动既需要运移通道,也需要沉淀场所,地质构造的存在能够满足这两种需求,也就是说,地质构造对热液矿化作用有导矿和存矿的功能。地质构造改变了热液活动的物理化学条件,构造应力造成构造内的压力低于周围环境的压力,导致成矿物质在热液中的溶解度减少,发生沉淀而形成矿床。构造内与周围环境之间的压力差的不同也能使构造运动的方式和速度产生差异,既可能有突发性的脉动,也可能有缓慢的蠕动,这种差异又会影响到岩浆活动、海底岩水反应,也会影响到热液中的矿物分离、沉淀机制等,从而最终影响到热液矿床的矿物组合和元素成分等。

事实上,如果动态地考虑海底热液矿床的成因机制,则影响因素要复杂得多。一些海洋地质学家(如 Rona, 1982)在研究了大西洋中大洋中脊和东太平洋海隆的热液活动后提出<sup>[3]</sup>,海底热液活动是一种多期现象,它与热液场中的构造活动、火山作用、区域变化及局部物理化学事件的循环有关;然而海底热液活动也不是公式化的被动循环,是在各种内外营力的综合作用下具有不同区域性特点的复杂过程。由此可见,海底热液硫化物矿床的成因问题是一个需要不断探索的复杂课题。需要指出的是,近些年来海洋地质学家常常把它们与陆地硫化物矿床进行对比。

### 参 考 文 献

- 1 Mark D, Hannington et al. Base and Precious Metal Resources in Seafloor Polymetallic Sulfides 25th, UMI, 1994.
- 2 Sleep N H and Morton J L. Hydrothermal resources at Mid-Oceanic Ridge axes Proceedings OCEANS '83, "Effective Use of the Sea: An Update". San Francisco, 1983, 782~786.
- 3 Rona P A. Polymetallic sulfides at seafloor spreading centers: A Global Overview. Marine Technology Society Journal, 1982, 16: 81~86.