

海底火山成因的块状硫化物矿床的成矿作用

刘磊, 杨磊

(中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083)

块状硫化物矿床广义上包括火山喷流或火山成因块状硫化物矿床 (Volcanogenic Massive Sulfide deposit, 简称 VMS 型矿床) 和沉积喷流矿床 (Sedimentary-exhalation, 即 SEDEX 矿床)。狭义上仅指 VMS 型矿床, 其经济价值仅次于斑岩铜矿 (Rose, 1977), 是一种重要的有色金属矿床类型。

1 VMS 型矿床的分类

VMS 型矿床与深海玄武岩-流纹岩建造紧密相关, 可以分为弱分异作用, 完全分异作用和双峰式分异作用三个亚段。根据构造环境、地质特征、矿石成分特征分成以下 4 个亚类。

塞浦路斯型亚类 矿床矿石组分为铜, 铜锌型硫化物特征, 是未分异作用下的玄武岩亚建造, 围岩主要为洋壳岩石, 所以矿体一般赋存于蛇绿岩套、形成于靠近矿物迁移的断裂和裂隙的凹陷区域内 (В.И.Смирнов, 1989)。矿床下部为枕状熔岩, 可见网脉状硫化物矿石, 是矿物迁移通道的遗留产物。矿床之上是条带状致密的硫化物矿石。例如前寒武系的芬兰的 Outokupu 矿床, 中生界塞浦路斯矿床, 以及海底山上部发育的“黑烟囱”。这类矿床将成为未来铜锌硫化物矿石开发的主要目标之一。

乌拉尔型亚类 这类矿床是分异作用下双峰式火山岩组合 (玄武岩-流纹岩) 亚建造, 矿石的组分为铜硫化物 (Блява, 南乌拉尔地区), 或为铜-锌硫化物 (Gai, 俄罗斯), 容矿围岩主要来自于深部幔源的岩浆。矿床明显受火山活动控制, 一般生成于火山活动后期, 最重要的特点是存在引爆角砾岩和同火山活动期放射状断裂。典型的剖面呈现双峰式分异作用结构, 矿床基本符合热液活动从内到外的迁移规律。这种矿床分布在南乌拉尔地区, 北高加索等地区, 最典型的集中在乌拉尔地区。

黑矿型 (Kuroko) 亚类 这类矿床是最重要的、分布最广的块状硫化物矿床, 矿石组分为锌铅铜型特征, 容矿机构为生成于洋-陆碰撞的活动大陆边缘构造环境下的花岗片麻岩。此类型矿床是成熟岛弧火山作用的结果, 是完全分异作用下的钙质碱性玄武岩-中长石-英安岩-流纹岩建造。这类矿床的典型代表有: 阿尔泰矿床 (阿尔泰成矿带), 日本黑矿, 北欧块状硫化物成矿带, 西班牙-葡萄牙黄铁矿带, 前寒武系绿岩带 (Ohmoto H., 1983) 等一系列成矿域。

别子 (Besshi) 型矿床 又可称为 Filiztchaiskoe 型矿床 (阿塞拜疆型), 普遍认为这类矿床生成于洋陆碰撞的活动环境下的远离火山喷发中心的基底上, 以及深源火山作用相联系的岛弧内部 (В.И.Старостин, 2004; 侯增谦等, 2003; 李文渊, 2007; 卢焕章等, 1995)。在区域变质作用下, 岩层受压缩形成线性的褶皱, 在褶皱的核部及转折端部位可发现再沉积的网脉状的硫化铜组合。最典型的是日本的别子矿床, 条带状矿体埋藏于早古生代页岩层的上部, 是完全无分异作用的玄武岩建造。

2 成矿机制

VMS 型矿床与海底硫化物有关, 是水热系统对流活动的产物 (侯增谦等, 1996)。能量或来自异常高温的热流, 或来自冷却岩浆所带来的热量。冷海水 (可能有大气降水) 沿裂隙向下渗流运移, 由岩浆热源的驱动发生对流, 因与岩石中的含铁组分或含氧物质发生还原反应而沉淀。向上流动的支流与周围岩石和冷

的海水相互作用发生了强烈的镁交代作用。随着压力迅速下降,引起了溶液的沸腾,沸腾作用可以造成流体中的金属元素在岩石中卸载,沉积了氧化硅和硫化物(黄铁矿、白铁矿、黄铜矿等)矿石,尤其在底层空间,这种渗入作用更加强烈。较晚阶段海底上升流对早先沉积的矿石进行交代淋滤和活化转移就形成了矿床中的金属和矿物的分带(图1)。地球同位素数据分析表明:铜元素来自幔源岩浆,而铅锌来自陆壳岩石中。

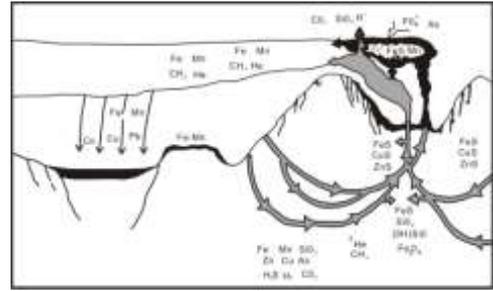


图1 洋底拉张作用下热液作用模型

3 成矿作用模式探讨

详细地揭示 VMS 型矿床成矿作用的是 Bischoff J L. (1989) 提出的双扩散对流模型(图2)。依照模型,海底热液系统由上、下2个对流循环胞构成(Bischoff et al., 1989)。下部在 300~350℃水解作用下生成弱酸和强酸。强酸(H_2SO_4)跟酸性岩石(流纹岩)生成 $Ca(Mg, Fe)SO_4$ 等的卤水层,向上流动时因温压、溶解度变化生成硬石膏;上部热液流体和海水相互混合,弱酸(H_2S)主要被用来生成黄铁矿和其他金属硫化物(Hezig et al., 1995)。在稳定态条件下2个对流体系能各自独立。但突发性的岩浆或构造事件,会使富含金属组分的热水流体在海底喷流。在同一矿物输送通道,热液-沉积周而复始,反复作用,通常发育成多期次矿床。

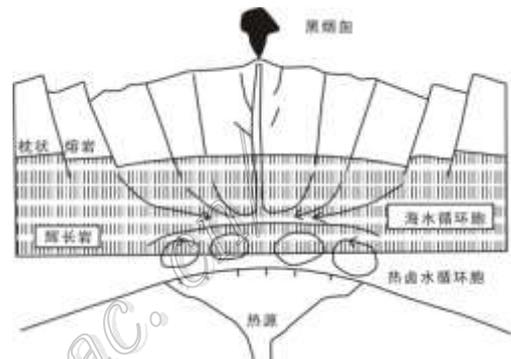


图2 双扩散循环模式(据 Bischoff et al., 1989)

4 结论

四个亚类的共同特征是:主要的成矿期都在火山活动的晚期,变成浅海环境时矿物沉积活动最强烈。根据分异作用程度比较,第一亚类到第三亚类的火山岩组分由钠质火山岩向钾钠型火山岩过渡。

VMS 型成矿作用贯穿整个地质历史时期,从太古代的地盾到现代的洋脊都有发生。热液成因的矿化模型研究表明:渗入火山岩层的海水在深部热源作用下发生对流,并萃取来自幔源的火山岩中的金属元素生成含矿热液(可能有岩浆热液的参与),这种含矿流体在海底喷涌,与海水反应导致成矿作用。

参考文献

- 侯增谦, 韩发, 夏林圻, 等. 2003. 现代与古代海底热水成矿作用——以若干火山成因块状硫化物矿床为例[M]. 北京: 地质出版社.
- 侯增谦, 浦边郎. 1996. 古代与现代海底黑矿型块状硫化物矿床矿石地球化学比较研究[J]. 地球化学, 25(3): 228-241.
- 侯增谦, 莫宣学. 1996. 现代海底热液成矿作用研究的现状及发展方向[J]. 地学前缘, 3(3): 263-272.
- 李粹中. 1994. 海底热液成矿活动研究的进展、热点和展望[J]. 地球科学进展, 9(1): 14-19.
- 李文渊. 2007. 块状硫化物矿床的类型、分布和形成环境[J]. 地球科学与环境学报, (4).
- 卢焕章, 池国祥, 王中刚. 1995. 典型金属矿床的成因及其构造背景[M]. 北京: 地质出版社. 225-226.
- В И Старостин «Геология полезных ископаемых». 2004. Москва Академический Проект.
- В И Смирнов «Геология полезных ископаемых». 1989. Москва, Недро.
- Bischoff J L and Roserbauser R J. 1989. Salinity variations in submarine hydrothermal system by layered double-diffusive convection[J]. Journal of Geology, 97: 613-623.
- Hezig P M and Hannington M D. 1995. Polymetallic massive sulfides at the modern seafloor: A review[J]. Ore Geologica Review, 10: 95-115.
- Ohmoto H. 1983. Geologic setting of the Kuroko deposits, Japan: Part I, geologic history of the Green Tuff Region[J]. Econ. Geol., 5: 9-23.
- Rose A W, Barnes HL, Burnhan CW and Ohmoto H. 1977. Report on workshop on research frontiers in exploration for Non-Renewable resources, Zn: A report to the Division of advanced energy and resources research and technology, Washington: Natl.Sci Found, 1-16.