火山成因块状硫化物矿床及其古构造环境研究现状综述*

Present Situation of Studying on Volcanogenic Massive Sulfide Deposits and Their Paleo-tectonic Settings

张 达 吴淦国 臧文拴 彭润民

（中国地质大学地球科学与资源学院，北京 100083）

Zhang Da, Wu Ganguo, Zang Wenshuan and Peng Runmin

(China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

摘 要 本文简要综述了国内外在火山成因块状硫化物矿床研究方面的一些主要进展。在此基础上重点对火山成因块状硫化物矿床形成的古构造环境进行了评述。指出从全球构造及区域构造演化角度来控讨矿床形成的古构造环境将是今后本领域研究的重点方向之一。

关键词 火山成因块状硫化物矿床 研究现状 古构造环境

火山成因块状硫化物矿床（VMS）是指与海相火山-侵入活动有关，在海底环境下，由海底火山-喷气（也包括火山热液）作用和喷气—沉积作用形成的块状或次块状的硫化物矿床（Lydon，1984）。VMS 矿床在海底热水成矿系统中占有重要地位，至今仍是现代矿床学及相关学科研究的重要领域。

近二十年来，随着新技术的应用以及对现代海底热水喷口和硫化物堆积体的直接观察，海底块状硫化物矿床特别是火山成因的块状硫化物矿床的研究方面取得了一些重要的进展（顾连兴，1989；1999；侯增谦，1996）。本文在简要叙述火山成因块状硫化物矿床研究进展的基础上，重点对其形成的古构造环境进行综述。

1 矿床类型的研究

VMS 矿床的分类方案很多。传统的分类方案有根据主要成矿元素组合和含矿岩石的类型特征的分类方案；Sawkins（1976）根据矿床产出的构造环境和含矿火山岩的类型的分类方案以及以含矿岩石为基础的分类方案。其中 Sawkins 的分类方案被广泛使用。他根据与板块构造的关系将层控金属矿床分为：大陆裂谷作用早期的层状铜矿和碳酸盐岩容矿型铅－锌矿床（含密西西比河谷型、阿尔卑斯型和爱尔兰型）；大陆裂谷成熟期的沉积岩容矿型（页岩型或沙利文型）和火山岩容矿型块状硫化物矿床（新不伦瑞克型和布罗肯希尔型）；以及洋盆张开成熟期在大洋中脊的块状硫化物矿床（塞浦路斯型）和与岛弧盆地有关的黑矿型和别子型矿床。

涂光炽等把产于地层中的热水沉积矿床按含矿的主要岩石序列分成两大类，即产于主要为火山岩层序中的矿床和产于主要为沉积岩层序中矿床，然后再按其它标志进一步细分。前者包括火山—沉积岩容矿的黑矿型（岛弧火山岩系赋矿）、塞浦路斯型（蛇绿岩套赋矿）、加拿大诺兰达型（矿体赋存在流纹质火山碎屑岩或流纹质与玄武岩、安山岩的接触带中）等火山喷气块状硫化物矿床，后者则是喷气—沉积（变质）岩容矿的芒特艾萨（Mount Isa）、麦根（Meggen）、沙利文（Sullivan）等页岩型块状硫化物（铅锌）矿床。

* 国家重点基础研究发展规划项目（G1999043206）、国家地质调查项目（200110200035）和国家自然科学基金项目（49902006）资助

第一作者简介 张达，男，1967 年生，博士后，副教授，主要从事构造地质、矿田构造研究。

顾连兴等（1985）对我国长江中下游等海西－印支期海相断裂拗陷带内的块状硫化物矿床研究后，提出华南型，并将此与黑矿型、塞浦路斯型并列，分别代表大陆地壳、过渡性地壳和大洋地壳背景上的块状硫化物矿床。并认为下扬子和南岭两个地区的华南型块状硫化物矿床在成分上有着显著的差异，这些差异主要受沉积盆地基底成分的控制，因而反映了成矿时大陆地壳成熟度的差异。在对一些块状硫化物矿床研究的基础上，一些学者也提出了新的矿床类型，如闽中梅仙式。总之，VMS 矿床类型研究进展表明：将构造成矿环境与建造类型结合是矿床类型对比的一个主要趋势。

2 典型 VMS 矿床地质特征的研究

随着观察手段及技术方法的进步，对传统的黑矿型、塞浦路斯型和别子型矿床的矿床地质特征、赋矿围岩特征、矿床结构、成矿及蚀变分带及成矿的物理化学条件等进行了更为精细的研究。近年来的研究进展更强调岩浆流体对矿床蚀变及矿化的形态、规模、矿物共生组合、地球化学特征的明显的控制作用。随着同生断裂系统研究的不断深入，同生断层的控矿取得了重要进展。认为不同级别的同生断层有不同的控矿作用，即同生断层多级控矿；同生断层的垂向发育使其成为沟通地壳浅部与深部的渠道，其幕式脉动特征是形成盆地内多层矿体的重要原因（翟裕生等，1998）

3 VMS 矿床成因的研究

哈钦森（1988）将喷流-沉积矿床分为两大类：一类是以火山岩为容矿岩石的喷流-沉积矿床（VMS），另一类是以火山岩为容矿岩石的喷流-沉积矿床（SEDEX）。对属于前一类的 VMS 型矿床，因其与大洋中脊发现的现代热水沉积硫化物极为相似，用洋底热水对流沉积模式来阐明其成因已初步达到共识。SEDEX 型矿床有多种热水对流沉积模式来解释其成因，各有一定的依据，其中最主要的是：盆地压实卤水模式、海底热液对流核模式。

成矿流体研究近年来进展较快。与海相火山岩有关的块状硫化物矿床的成矿流体来源一直颇有争议。有人认为热液流体是高温下循环海水与岩石交换作用的结果，即所谓热液淋滤模式（Lydon, 1984；1988；1997；Franklin，1996）。也有人认为矿床与火山岩在空间上紧密相连，随着压力不断下降，携带大量成矿元素和挥发份的岩浆流体从岩浆中逃逸出来。韩发（1999）对产于不同地质环境下海底热液成矿系统的研究证明，有沉积物覆盖和无沉积物覆盖海底成矿热流体的化学组成及 Pb、Sr、B 稳定同位素地球化学明显不同。意味着块状硫化物矿床中成矿物质可能有不同的来源。近年来的一些研究表明，成矿热流体除岩浆水外，海水、原生水、变质水的参入也成为流体的重要来源（刘亮明，1997）。

4 成矿的古构造环境研究进展

VMS 矿床产出的大地构造环境具多样性，如扩张的大洋中脊，岛弧及弧后盆地，会聚型或离散型板块边界及陆内裂谷区等。其中岛弧区是 VMS 矿床产出的最重要的地质环境。Suppel（1998）指出前陆褶皱带的裂谷作用对 VMS 矿化有明显的控制作用。大多数 VMS 矿床所赋存的巨厚围岩记录着岛弧裂谷自成生至成熟过程（Bailes et al.，1999）。矿床就产生于裂谷形成的两个阶段，因此可以认为 VMS 矿床的形成是区域伸展作用所伴随异常热流、裂隙及流体循环作用的结果。近年来的研究表明：我国 VMS 矿床形成于较为广泛的古构造环境，如岛弧、裂谷、拗拉谷、大洋中脊热点。其中岛弧、裂谷环境中的矿床占主要部分。较为典型的有：三江晚古生代义敦岛弧区、北祁连山早古生代弧后盆地、扬子地台周缘、西昆仑－秦岭、华北地台北缘内蒙狼山元古代大陆边缘裂陷槽、华南海西－印支期断裂拗陷带等都存在不同规模的 VMS 矿床产出。但对于华夏地块内部中晚元古代 VMS 矿床的成矿环境的认识还没有较好的显示度。

大量研究表明，古克拉通基底上的大陆裂谷区（裂陷区）能够形成的较大规模的 VMS 矿床，因此其成矿环境的研究逐渐被重视，特别是发育在中晚元古代古陆内裂谷的成矿作用显得更为突出。Sawkins 认为与大陆裂谷作用成熟期有关的块状硫化物矿床中，沉积岩容矿型和火山岩容矿型分别代表了这类矿床的两个端元类型。因此大陆裂谷已成为火山喷流作用的重要构造环境。

形成 VMS 矿床的古构造环境，一般认为应具备如下基本条件：快速扩张的构造条件；深海条件下的火山活动和热液活动；扩张中心的高热流；深水和复杂的海底地形、封闭-半封闭盆地等（莫宣学等，1999）。寻找对应这些条件的地质依据是研究古构造成矿环境的重要内容之一。

不论是前寒武纪还是显生宙形成的 VMS 矿床，岩石圈拉张环境是成矿重要构造环境。和这种构造环境相伴生的同生断裂系统的研究已渐被重视(翟裕生等，1998)。同生断层是一种特殊而又重要的控矿构造。同生断裂作用和沉积作用、火山活

动、成矿流体活动、成矿作用同时而且持续活动。断裂两侧不是先存的地层与岩石，而是松散的、未固化成岩的沉积物，因而在相同沉积地域内的同生断层两侧，含矿沉积建造可存在显著性差异。同生断层既控制在范围内沉积盆地的展布，又控制着单个沉积盆地中的沉积作用、火山活动，并且是深部成矿流体进入沉积盆地的通道，对成岩成矿作用起着至关重要的作用。因此在研究 VMS 矿床成矿环境过程中，同生断层既能反映古裂谷构造特征，也是一种重要的控矿构造。

岩石圈伸展构造作用的发生、发展至结束的整个过程必然留下构造变形的遗迹。构造变形样式的组合也是成矿构造环境的重要标志。但由于 VMS 矿床一般形成于地质历史早期，完整的构造变形叠加了大量的后期改造，级序及样式分析难度较大。因此构造解析方法在构造变形分析中占主要地位。

构造环境造就了独特的岩石组合，因此火山岩组合及其岩石地球化学特征是判别 VMS 矿床产出大地构造环境的重要标志。由于 VMS 矿床产出于岩石圈强烈拉张环境，通常与双峰式火山岩组合伴生，因此寻找双峰式火山岩夹层是研究古构造环境的一项重要内容。

VMS 矿床形成的构造环境研究方面的一个重要进展表现在以往主要研究单个矿床形成的古构造环境，现在主要是从全球的观点进行研究，探索该类型矿床的形成与全球构造演化的关系。将成矿作用视为重要的地质事件并寻求与全球构造演化过程中相关地质作用的时空耦合关系，其中将事件地质学和同位素年代学应用到成矿事件形成时代中（李上森，1993；陆松年，1999）。

VMS 矿床研究随着技术进步而不断发展。在综合运用地层学、构造地质学、（实验）岩石学、矿床学、同位素地球化学等基础上，探讨矿床成因及其形成的古构造环境。总之，VMS 矿床研究近年来已取得了诸多进展，特别在块状硫化物矿床形成的古构造环境的研究方面有长足的进步。笔者认为从全球构造及区域构造演化角度来控讨矿床形成的古构造环境将是今后研究中的重点方向之一。

参 考 文 献

顾连兴. 1999. 块状硫化物矿床研究进展评述. 地质论评. 45(3): 265~275.

顾连兴, 郑素娟. 1989. 块状硫化物矿床研究现状. 地质科技情报, 8(2): 67~73.

顾连兴, 徐克勤. 1985. 论大陆地壳断裂拗陷带中的华南型块状硫化物矿床. 矿床地质, 5(2): 1~13.

韩发, 孙海田.1999. Sedex 型矿床成矿系统. 地学前缘, 6(1):139~162.

侯增谦, 莫宣学. 1996. 现代海底热液成矿作用研究现状及发展方向. 地学前缘, 3(4): 263~273.

李上森. 1993. 板块构造与前寒武纪成矿作用. 国外前寒武纪地质, 4: 63~72.

刘亮明, 彭省临, 王增润. 1997. VMS 矿床成矿流体的组成、来源及作用机制. 矿产与地质, 1(6): 374~380.

陆松年. 1999. 前寒武纪成矿作用研究进展述评. 陈毓川主编：当代矿产资源勘查评价的理论与方法. 北京： 地震出版社.

莫宣学, 喻学惠. 1999. 火山成因块状硫化物研究现状. 陈毓川主编：当代矿产资源勘查评价的理论与方法. 北京：地震出版社.

翟裕生, 邓军, 宋鸿林, 等. 1998. 同生断层对层控超大型矿床的控制. 中国科学(D辑), 28(3):214~218.

Bailes A H and Galley A G. 1999. Evolution of the Paleoproterozoic Snow Lake arc assemblage and geodynamic setting for associated volcanic-hosted massive sulphide deposits, Flin Flon Belt, Manitoba, Canada. Canadian Journal of Earth Sciences, 36(11): 1789~1805.

Franklin J M. 1996. Volcanic-associated massive sulphide base metals. In Geology of Canadian mineral deposit types, Geological Survey of Canada. Geology of Canada, 8:158~183.

Lydon J W. 1984. Ore deposit model 14, Volcanogenic massive sulfide deposits part Ⅰ: A descriptive model. Geoscience Canada., 11: 195~202.

Lydon J W. 1988. Ore deposit model 14, Volcanogenic massive sulfide deposits part Ⅱ: genetic models. Geoscience Canada, 15: 43~65.

Lydon J W. 1997. Sedex deposits and global evolution. Abstracts with Programs, Geological Society of America.29(6): 17~18.

Sawkins F J. 1976. Massive sulphide deposits in relation to geotectonics. Special Paper. Geological Association of Canada, 14: 221~240.

Suppel D W, Barnes R G and Scheibner E. 1998. The Palaeozoic in New South Wales, geology and mineral resources. Journal of Australian Geology and Geophysics. 17(3): 87~105.