



火山组合块状硫化物矿床成因研究和地质特征概述

Cu-Zn和Zn-Pb-Cu型矿床成分和地层特征的比较

与这两种成分有关的矿床岩性变化很大。在确定溶液源成分时,含矿母岩和与其有关的地层性质是十分重要的,这是提供一个确切的成因模式的基础。同上述两组矿床有关的一些不同的岩性特点如下:

1. 火山岩和沉积岩的相对含量 Cu-Zn矿床大多数赋存在以火山岩为主的地层或火山岩派生的沉积岩不发育的地层中。如北美大多数前寒武纪矿床赋存在绿岩带以火山岩为主的岩石中。相反,芬诺斯堪的纳地盾许多前寒武纪矿床则经常分布在含有少量长英质火山岩成分的沉积岩层中。而显生代矿床则产在类似的各种地层中。它们大多产在以火山岩为主的地层中,例如与蛇绿岩共生的矿床,象在土耳其的马登科伊(Madenkoy)矿床和加里东期地区斯图伦(Storen)和芬迪斯焦(Fundsjo)组下奥陶统岩石中的那些矿床。Zn-Pb-Cu组矿床可以日本别子(Besshi)矿床为典型代表,它们产于火山岩和沉积岩数量大致相等的地层。包括产在斯堪的纳维亚加里东期地区寒武纪古拉(Gula)组和中、上奥陶统罗斯焦(Rosjo)建造中的矿床,奥地利和意大利的凯斯拉杰尔(Kieslager)地区和摩洛哥的布莱达(Bleida)地区的矿床,以及秘鲁的劳尔(Raul)矿床。十分明显,以火山岩为主和火山岩—沉积岩混杂的环境都能在同一地区出现,挪威加里东期的特隆赫姆(Trondheim)地区就是如此。上述两组矿床地层之间的关系是非常清楚的。

Zn-Pb-Cu组矿床的地层条件十分相似。日本的矿床赋存在火山岩占优势的地层中,在某种程度上与艾比里厄黄铁矿带一样。在艾比里厄,靠近矿床有很厚的长英质火山岩层产出,但是下石炭统火山岩—沉积岩杂岩则含有数量相近的火山岩和沉积岩。塔斯曼地槽的含矿部位,大都以火山岩为主,但在卡普顿·弗拉特(Captain Flat)和伍德朗(Woodlawn)地区的志留系地层中,火山岩和沉积岩数量大致相等。加拿大巴瑟斯特(Bathurst)

产区含矿的特塔古契(Tetagoche)岩组几乎由数量相等的火山岩和沉积岩组成。

2. 火山岩的成分 对Cu-Zn与Pb-Zn-Cu矿床围岩地层的火山岩和沉积岩组分进行了大量比较,发现它们的差别并不大。然而,与这两组矿床有关的火山岩成分显然是各不相同的。含有块状硫化物矿床的前寒武纪地层的火山岩组分总体上呈双峰状,且以基性火山岩为主要成分。如加拿大地盾太古代绿岩带中的火山岩,约有90%以上属于基性成分。蛇绿岩组合地区和别子、凯斯拉杰尔及加里东期的地区一样,镁铁质岩石也是火山岩的主要成分。许多紧靠前寒武纪和加里东期矿床下部的岩石是长英质的。据研究,甚至接近这些矿床时,长英质岩石亦仅局部发育。尽管如此,这些岩石可作为勘探工作的指南。只有芬诺斯堪的纳地盾的一些矿床同这个论点不符。在奥托孔普(Outokumpu)、皮哈萨米(Pyhasalmi)和维哈乌蒂(Vihauti)地区矿床底部以沉积岩为主的岩层中,很少有镁铁质、长英质火山岩。谢莱夫特(Skellefte)地区基底岩石以长英质火山岩为主,仅在顶部岩石中有镁铁质火山岩。

同Zn-Pb-Cu矿床组共生的火山岩大部分是长英质的。在黑矿、巴瑟斯特、艾比里厄、塔斯曼地区的底部地层中,实际上没有镁铁质火山岩产出。仅在一些局部地段,如巴肯斯(Buchans)等地,底部岩石中有以镁铁质火山岩为主的组分。同时,在某些这样的地区中,沉积岩地层或与火山岩呈夹层、或者位于火山岩下面。

3. 沉积岩成分 与这两组矿床共生的沉积岩十分相似。Cu-Zn矿床的顶部地层很少有氧化物相的含铁建造,它们产在以火山岩为主的地层中,而这种氧化物相含铁建造在沉积岩略占优势的地区则稍为常见。例如在加拿大地盾的曼尼托瓦德奇(Manitowadge)矿床上部地层中,直接有含铁建造产出。而另外130个产于地盾的矿床,至少有几

百米没有工业意义的氧化物相含铁建造。在别子或凯斯拉杰尔型矿床的地质条件下,氧化物含铁建造只稍为常见。一些别子矿床在空间上同锰铁片岩共生。在少数几个加里东期地区,硫化物(瓦斯基斯 Vasskis)和氧化物相含铁建造在空间上同镁铁质火山岩中的矿床共生,例如洛肯(Lokken)矿床,但是含铁建造一般很少与有双峰成分的火山地质环境的矿床共生。越是在沉积环境下的矿床,一般讲也缺少有关的含铁建造组合。许多塞浦路斯型矿床的上面,赋存有富铁氧化带(赭石);然而,据康士坦丁努(1980年)的解释,它们是块状硫化物矿床的风化产物,而不是大多数含铁建造所沉积的铁氧化物。

Zn-Pb-Cu矿床较多的是与含铁建造共生。典型例子如哲关荣(Tetsusekiei)地层,该层一般赋存在黑矿矿床之上;在巴瑟斯特矿区30个块状硫化物矿床中,至少有7个其上面覆盖有条带状含锰磁铁矿铁质建造;在塔斯马尼亚地区,含铁建造覆盖在某些矿床之上。艾比里厄黄铁矿带的许多矿床有上覆盖层,而在一些地区,则其相当的地层单位是含锰的铁质建造,包括碧玉和含锰页岩。但是,与Zn-Pb-Cu矿床组共生的含铁建造不是普遍存在,有时也见到此含铁建造同块状硫化物矿床有成因关系。

4. 次火山岩侵入体 次火山岩似乎是某些块状硫化物矿区的一个很重要的特征。对于热液系统而言,这些次火山岩侵入体是个重要的热源,它亦可能通过岩浆蒸气喷发而引起横贯地层的渗透现象。主要的Cu-Zn矿区,如加拿大地质的诺兰达、斯特金湖、马塔加米、弗林弗朗和雪湖矿床以及塞浦路斯、意大利、纽芬兰的蛇绿岩地区,其侵入岩主要是与含矿火山岩同时代的。大多数前寒武纪的实例则有英云闪长岩或奥长花岗岩,但是在马塔加米和蛇绿岩区,有镁铁和超镁铁质侵入体。Zn-Pb-Cu矿床的地层中次火山岩侵入体不占优势,不过在巴瑟斯特是有次火山岩侵入体的。然而,在沉积岩为主地区的Cu-Zn矿床,如日本的别子矿床,其次火山岩侵入体并不占优势。

总之,Zn-Pb-Cu矿床组最普遍的地层特征是存在有长英质火山岩和(或)沉积岩,而Cu-Zn矿床地区则以铁镁质火山岩为主。长英质岩石局部

在Cu-Zn矿床组的许多矿床附近产出,但是与这些矿床伴生的蚀变柱通常横切这些长英质地层,而在下部的镁铁质地层中结束。含铁建造是Zn-Pb-Cu矿床组较为常见的,但并不是一个普遍的特征。次火山岩侵入体在赋存有Cu-Zn矿床的许多矿区中存在,但这也不是一个普遍的地层特征。

矿石组分

除了存不存在铅这个作为把矿床分成两组的依据元素外,还有一些其他组分值得提及。

1. 组分和矿物的比较 尽管Cu-Zn矿床组有一系列的Cu/Zn比值,如赫特琴森等许多作者强调指出,矿石组分和围岩岩性之间有密切关系。特别是他们认为,与蛇绿岩有关的矿床和别子、凯斯拉杰尔、布莱达和克特里(印度)矿床一起是富含铜的;并指出这些富铜矿床同镁铁质火山岩密切相关。重要的是,前述地区某些矿床中含锌相当高,在少数情况下锌为主要组分。而在某些以长英质占优势的地区,许多矿床如雪湖、曼尼托巴,则是很富铜的(Cu/Zn = 10/1)。在沉积岩和火山岩含量相近环境中的许多矿床,其成分变化很大,从以铜为主(别子、凯斯拉杰尔、克维克尼、沙利特杰尔马)到以锌为主(斯特肯乔);在一些Cu-Zn矿床组中含有可回收的铅(斯特金湖、曼尼托瓦特奇、基德克里克可能还有加拿大地盾斯莱夫省的哈凯特河矿床);再者,这组矿床的地层特征是明显不一致的,尽管与大多数以火山岩地层为主的贫铅的Cu-Zn矿床相比,底部地层一般含有较多的沉积岩。同样,一些富铅的Cu-Zn矿床组,特征的是伴生火山岩具有相对高含量的碳酸盐副矿物。

Zn-Pb-Cu矿床贱金属含量也有很大变化,但除了以长英质火山岩和沉积岩地层为主外,没有什么特征的地层,正如上面所讨论的那样,这似乎是同成分的变化相一致。与Cu-Zn矿床相比,Pb-Zn-Cu组矿床更富含萤石;在Cu-Zn组矿床中,仅在芬诺斯堪的纳地质的皮哈萨米-皮耶拉瓦西矿区矿床中有重晶石。虽然巴瑟斯特和艾比里厄地区不存在重晶石,但在巴肯斯、塔斯马尼亚、日本的Zn-Pb-Cu矿床组合中,重晶石是特征的成分。

2. 同位素成分 Cu-Zn组的各个矿床中硫同

位素成分的变化范围要比 Zn-Pb-Cu 组狭窄, 同样, Zn-Pb-Cu 矿床中硫同位素成分明显地要重于 Cu-Zn 床。铅同位素成分变化亦很大, Cu-Zn 矿床中铅通常不是放射性成因的, 同时更接近 1979 年道伊和扎特曼模式的地幔演化线, 而 Pb-Zn-Cu 矿床中的铅更多的是由放射性成因演变而来的, 其位置接近或超过造山运动曲线。然而, 很明显有一些重要的例外, 如斯莱夫省的 Cu-Zn 矿床中, 方铅矿中铅组分是放射性成因的。

形态特征

实际上, 两组矿床在形态、规模或矿石类型的分布等方面没有明显的区别。这些可变因素大多数是同块状硫化物矿床离喷气中心的远近及矿床的变形历史有关。靠近喷气孔中心的矿床, 具有良好的细脉带和蚀变岩筒, 它与距离喷气中心远的矿床相比, 其高/宽比值偏大些。与此相似, 在近处的矿床中, 矿石成分的组合更多的是以垂直变化为主, 大多数远处的矿床尽管不好确定, 但 Zn/(Zn+Cu) 比值垂直上升是相似的。

蚀变作用

这两组矿床蚀变作用的分布和矿化特征十分明显。

Cu-Zn 矿床下面的蚀变岩筒有如下特征: (1) 在某些情况下, 其垂直延伸 (1000 米或更大一些) 很清楚; (2) 有一个富镁绿泥石或富滑石组成的核, 四周围绕有绢云母 ± 富石英的晕圈, 这个带既可在单个矿脉范围内, 也可在全部蚀变岩筒范围内出现; (3) Na₂O、CaO 普遍消失, K₂O 有些增加, SiO₂ 稍增 (或重新分配), 富镁的中心核内 SiO₂ 消失, 而在绢云母化带外部可能富 SiO₂。

当矿床产在富含碳酸盐的火山岩和沉积岩中时, 如加拿大地质的一些地区, 安大略斯特金湖、N. W. T. 的哈凯特湖及土耳其马登科伊等地的矿床, 则具有不同的特征, 有绢云母—石英 ± 菱铁矿并带有少量绿泥石的蚀变带。这些矿床的蚀变岩筒中, 硅酸盐矿物没有明显的侧向分带。

与 Zn-Pb-Cu 矿床共生的蚀变, 以黑矿和塔斯马尼亚型矿床为例, 有如下一些不同的特征: (1)

尽管蚀变岩筒中的各种矿物很清楚, 但这些岩筒不是垂直延伸的; (2) 蚀变分带同 Cu-Zn 组矿床基本相反, 它有一个绢云母—石英核, 四周围绕一个富镁的绿泥石晕圈。在 N. S. W. 的伍德朗、新不伦瑞克的巴瑟斯特等地有些例外。然而, 由于这些地区的变形作用, 要想很好地去确定蚀变作用的分布是极其困难的。

在以火山岩为主的地层中, Cu-Zn 矿床下面仅有很清楚的下部半整合的蚀变作用带。即使对这些矿床而言, 确定这些带的蚀变程度也是因地而异的。如加拿大前寒武纪地盾的许多矿床的蚀变带极易识别, 而塞浦路斯底部岩石中的矿床, 其蚀变带却相当难确定。

顶部岩石的蚀变作用带原先是在矿物基础上确定的, 这些蚀变带只是在变质极浅的矿床中才是明显的。这种蚀变带既在 Cu-Zn (马登科伊) 矿床也在 Zn-Pb-Cu (黑矿) 矿床之上产出。

分布时间和构造带

赫特琴森 (1973) 指出: 块状硫化物矿床产出频率和时代之间的关系非常不规则。这种不规则性同主要的造山作用的频率参数有关。某一时期, 如晚元古代 (15~7.5 亿年以前) 世界范围内火山作用相对少些, 同样, 块状硫化物矿床也相对少些。然而, 如果把沉积时代相同地区内的矿床作一比较, 就会发现, 这个回答是不充分的。如加拿大地盾太古代火山岩中有丰富的块状硫化物矿床 (有储量和品位资料的达 83 个矿床, 戴维, 1980)。赋存在火山岩区域的所有矿床其成矿时代是 26.55~27.30 亿年 (富兰克林, 索尔普)。澳大利亚耶尔岗地块太古代岩石一般也具有相同的年龄 (杰伊等, 1980), 它在组成上同加拿大苏必利尔省的岩石十分相似, 而后者只含有两个有经济意义的矿床。即使把这些分布数标准化, 而与火山岩区相一致, 也不能改变这种明显的不平衡。类似的情况有, 在南非和津巴布韦大地盾地区, 其上地壳地层时代一部分是较老的为 30~35 亿年 (巴顿, 1980), 而澳大利亚皮尔巴拉地块的时代主要为 33~35 亿年, 但也有一些火山岩地层为 27 亿年 (希克曼, 1980), 其中赋存的块状硫化物矿床则为数有限, 不过相应数量的各种火

山岩岩性至少在外表上同加拿大地盾的火山岩是相似的。实际上,巴西地质是没有块状硫化物矿床的。另一方面难以理解的是,澳大利亚、南非、津巴布韦和巴西地质区与加拿大地盾,在成矿系列方面没有明显的不同,例如,金和铁在上述所有地区均是主要的有代表性的矿床。

对引起太古代绿岩带的构造作用了解得很少。尽管有些作者推测,在太古代与俯冲作用有关的压缩构造活动伴随有火山作用。但大多数研究者指出,地壳垂直运动是主要的,多数绿岩带是在较老的硅铝壳地区形成的。伴随深成作用和火山作用的太古代断裂,在安大略柯克兰湖和澳大利亚耶尔岗地块的利欧诺拉(Leonora)等地是明显的;也许,正如1980年桑格斯特指出的那样,多数太古代火山岩是在地壳发生张力作用的地带形成的。太古代岩石中块状硫化物矿床同构造的关系决定于对太古代构造历史的进一步了解。

大多数显生代含块状硫化物矿床的火山岩带是在板块边缘形成的。虽然许多这样的地区在形成过程中其确切的构造状态没有得到解释(如加拿大阿巴拉契亚地区),但许多研究较深入的地区却说明,块状硫化物矿床的成分应归因于裂隙的或岛弧的构造环境。

在塞浦路斯、纽芬兰、加里福尼亚、俄勒冈、危地马拉、土耳其、菲律宾和沙特阿拉伯等地,据推测有在裂谷—海脊环境下形成的矿床。此外,现代洋底有两个活动地区或现代活动的地热带,它们形成了或正在形成富含金属的盐水。过去十年内对红海地区进行了详细研究,并对近年来发现的东太平洋海隆,正在进行广泛调查。

大部分残留的显生宙主要块状硫化物产区,赋存在岛弧地层中。最近对一些主要产区作了较为仔细的再评价说明,对这些矿床只用一种简单的与俯冲作用相关的模式是难以解释清楚的。

黑矿地区是日本岛弧的一部分,一般认为,其岩石是俯冲作用生成的岩系。虽然化石证据表明矿床赋存在深海盆地中,并以正断层陡峭山坡的一面为界;这个地区可能是海底破火山口,矿床形成在与破火山口崩塌有关的地堑中,在构造上相似于裂谷有关的地堑。1979年哈利对巴瑟斯特产区Zn—

Pb—Cu矿床的形成环境提出了一个类似再生破火山口的模式。他解释最早的成矿作用时期是在破火山口崩塌的主要阶段发生的。在随后的破火山口再生期间,喷气活动达到高峰,并且喷气只限于伴随有再生圆丘作用的垂直断裂范围内。大本(1978)指出,破火山口崩塌构造是许多块状硫化物产区的主要特征;许多块状硫化物矿床底部地层中有沉积岩和外力碎屑岩,可能是由于破火山口随着火山派生的碎屑流入海盆以后快速下沉而形成的

在某些情况下,显生宙许多大型产区的岛弧环境下都是在岩性组合的基础上确定的。日本岛弧有很好的资料。但是许多古生代块状硫化物矿床产区很可能是属于大陆边缘的火山岩地区。这种地质环境既可能是大陆—洋底碰撞,也可能是断裂的产物。

加拿大阿巴拉契亚区域的演化历史很复杂,而大多数中奥陶统岩石中赋存的块状硫化物矿床,可能是在岛弧条件下形成的。然而,哈利指出,在巴瑟斯特区火山岩的双峰组分和长英质火山岩中 K_2O/Na_2O 比值高是属典型的大陆构造组合特征。铅同位素资料也说明,巴瑟斯特的金属来自前寒武纪晚期的一个同位素释放源,格陵威尔(Grenville)岩石很可能邻近新不伦瑞克或在新不伦瑞克区的下面。与赋存有巴肯斯矿床的纽芬兰奥陶纪火山岩地区相比,新不伦瑞克的特塔古契组火山岩可能是硅铝质成分或属于大陆边缘的一部分,很可能是在平行海岸线的厚层砂质沉积柱上的沉积岩。纽芬兰地区的火山岩形成一个较典型的岛弧组合,其硅镁质岩石由俯冲带形成。

1974年卡莱和罗本茨解释加里东造山运动在形成大量的岛弧和弧后盆地后,与洋底玄武岩一起,在志留纪时冲上前寒武纪稳定地块,紧接着强烈改造成一系列的推覆体。1976年沃克斯和卡莱指出,玄武岩层中的Cu—Zn矿床,如洛肯、斯科洛瓦斯、杰尔斯维克是在岛弧环境下形成的。然而,1980年格林等把洛肯地区解释为洋底环境。更东部的一些矿床,如基林达尔,则是处于沉积环境和火山环境混杂的条件下,1976年沃克斯和盖勒将它解释成弧后盆地。布莱克瓦斯利和马尔杰尔地区的Zn—Pb—Cu矿床是在大陆边缘形成的,不过沃克斯和盖勒(1976年)不接受这个可能很不成熟的解释

在南美洲, 劳尔 (Raul) 矿山位于岛弧环境中的上白垩统安第斯山岩层内。而拜拉多尔斯的 Zn-Pb-Cu 矿床则相反, 位于宾夕法尼亚长英质火成碎屑岩中。碎屑岩不整合地覆盖在前寒武纪内华达建造之上, 明显地形成一个硅铝质火山岩堆积。

总之, 显生宙块状硫化物矿床可赋存在张性和压性的构造环境下。然而, 在巴瑟斯特矿区和至少日本的绿色凝灰岩带, 这些矿床形成于由张性正断层形成的部分深陷盆地中, 而这些断层表示较典型的裂谷环境。虽然, 伴随巴瑟斯特地区特塔古契组沉积作用的构造历史是不清楚的, 但无论在这里还是在北鹿 (Hokuroku) 盆地, 这类张性成因的盆地是在破火山口复活的环境下发育的。这种发育良好的与火山期同生的正断层有点异乎寻常, 然而, 这种环境提供了形成块状硫化物矿床所必需的流体聚集及适于流体循环的重要条件。这类断层很类似于塞浦路斯等地在大洋裂谷环境下发育的断层。因此, 形成块状硫化物矿床总的构造环境包括俯冲和扩张的环境, 这些条件部分也控制火山岩产物的堆积作用(在断层控制的盆地中), 并通过正断层的同生沉积作用而聚集含金属的流体。宇江枝和西肋指出, 大多数块状硫化物矿床产在这样的地区, 在其沉积期间是属于张应力的环境。这种张应力的存在, 不论是否伴有裂谷还是俯冲带, 但对块状硫化物建造讲可能是极其重要的。

在赫特琴森和索金斯的分类图解中涉及到构造环境和矿石组分之间的关系。根据上述讨论, 很明显, 矿床组分至少部分地同围岩成分, 特别是底部岩石有关。而长期存在的认识是: Cu-Zn 矿床赋存在 Mg-Fe 质火山岩地层中, Zn-Pb-Cu 矿床赋存在长英质的以火山岩和沉积岩为主的地层中。就构造作用控制长英质和镁铁质火山产物的相对含量, 并为聚集这些火山岩和沉积岩创造一种合适的构造环境而言, 有一些构造是控制块状硫化物矿床的成分的。可是, 就构造类型对块状硫化物组分的控制更为重要这一点, 可能是没有根据的。成分的控制似乎更直接地与几公里范围内的下伏岩性有关, 这在下面将要讨论。

成因模式

一个矿床类型成因模式的用途就是对那种矿床类型的特殊的成矿过程的各种特征提供一个合理而又一致的解释。阐明矿床的许多特征或有关特征组合就是某一模式正确性的尝试。——一个最好的模式能说明该矿床的大部分特征。对块状硫化物矿床的某些特征已经作过各种不同的解释, 但至今仍没有一个模式能成功的用来预测一个未知矿床的许多定量性质 (位置、吨数、品位)。

块状硫化物矿床是在海底热液系统的喷出口或其附近形成的, 几乎大家都同意这种观点, 其主要证据是在矿床的层块部分有沉积构造。这些沉积特征在矿床中是极为普遍的。在矿床中矿石从喷出口沿着原始斜坡往下机械搬运几米到几百米距离, 而沉积后受到的变形和变质作用是最少的。日本的黑矿矿床和纽芬兰的巴肯斯矿床就是很好的例子。从矿石矿物中 (特别是来自黑矿矿床) 液包裹体的温度和盐度测定和从含水蚀变矿物的氧同位素测定得出证据认为, 成矿流体是一种水溶液。这些证据表明, 在所测定的温度和盐度的环境下, 含矿流体应是一种浅海环境压力下的水溶液。

大多数热液系统的模式倾向于是是一个对流槽, 是由正在冷却的次火山岩侵入体的热所驱动的。供热系统的计算说明, 这个火成岩的体积必须有几立方公里才能维持成矿过程中所估计的那么多的流体流动。这种对流模式的主要支柱是可以用地表上的地热系统与现代洋壳, 特别是沿着洋中脊流动的热液活动来类推。而在现代洋壳处, 那里海水循环的深度可达 5 公里。包括塞浦路斯矿床附近的古老洋壳的含水蚀变作用同位素研究可以得出, 在过去的洋壳中, 也曾发生过大规模的海水循环作用。显生宙含矿硫化物中硫同位素的比值不同是与同时代的海水硫化物有关的, 而黑矿矿石矿物液包裹体中氧和氢同位素比值是与如下的解释相一致, 即含矿溶液主要与海水是同一时代的。这两方面的证据支持了如下的观点, 即成矿热液系统包括同时期的海水在海底底部岩石柱内的循环作用。

然而, 对流槽的假说不能令人满意地解释如下现象: 在许多矿区中, 与火山活动占有的时间间隔相当, 大多数块状硫化物矿床是限制于一个相对狭窄的地层范围内, 而在许多海底火山岩堆积中为何

又不明显缺失这类矿床呢。用地震抽汲机理就可以更好的解释这些特征,认为断裂活动的机械能可以使孔隙水(大都是圈闭的海水)流动。另一种解释是,成矿流体来自不含矿的对流槽上面的岩浆蒸气流。这种解释能说明继成矿作用之后发生的无矿热液活动,正如某些矿床中顶壁岩石出现有热液蚀变那样的情况。

至于含矿金属的直接来源没有一致的看法。虽然多数看法赞同成矿溶液大部分来自海水。而溶液中金属要浓集成一个矿床要求大部分金属有别的来源,如果没有的话,一般则认为这些金属是由热液流经的岩石中淋滤出来的。各种观点是与矿石中铅同位素数据和成矿溶液中金属成分的化学模式相一致的。但是这种论点不能认为是结论性的,认为金属直接来自岩浆源仍有一定的可能性。大多数作者支持至少有相当一部分的硫来自海水中的硫酸盐,它们被还原成硫化物的形式有两种途径:或者是通过热液溶液和其流经岩石的铁质组分间相互反应而形成;或是为无机物,有时为有机物在沉积作用的地方还原同时代海水中的硫酸盐而形成。然而,和这些金属一样,有证据认为大量的硫是来自储集有热液的岩石的,此外,也有直接来源于岩浆源的。

如不考虑热液系统的类型或矿石组分的来源,则喷出的溶液是在断裂或裂隙系统中聚集的。显然,这种解释能说明大多数单个含矿透镜体轮廓清楚的,局部以岗陵状的特性及这些矿床同区域构造断裂线间存在的空间关系。喷气口顶部形成的矿床是以下伏有下部蚀变岩筒为特征的,它经常含有具工业价值的、Cu/Zn比值高的硫化物。从蚀变岩筒的顶部向上或向下,块层状硫化物矿丘中Cu/Zn比值减少的特征可以用热液流连续通过矿丘作用而使以前沉积的硫化物重新移动来解释,而构造的研究,特别是变形和变质作用微弱的沉积物的构造研究也支持这种解释。这说明,矿堆中的许多矿石沉积是通过先前存在的硫化物的裂隙充填和交代的方式形成的。对Cu/Zn分带的特征的另一种解释是,当含矿溶液向Cu/Zn比值低的方向演化时,硫化物产生连续的沉积,而这种沉积作用发生热液流中硫化物的堆积作用。由成矿溶液的热动力模式能提供这两种解释,这种模式表明,具有最高的Cu/Zn比值的

矿床比Cu/Zn比值低的矿床的沉积温度要高,而 P_0 要低。这种物理化学变化趋势也可以用从蚀变岩筒到硫化物矿丘顶部向上或向外硫同位素的不同来说明。

在某些块状硫化物矿床中可观察到许多沉积构造是由于硫化物在最初沉积之后,经向下坡搬运和机械改造作用的结果。在极个别情况下,矿床可以从其最初的沉积部位搬运几百米。如果成矿溶液很浓,但足以向下坡流动并汇成卤水池的话,那么硫化物沉积也可能是远离喷气口的。可以预计卤水池底部形成的矿体大都呈板状,且具较规则的条带状或层纹状的沉积构造。

两种主要解释试图说明成矿溶液的物理化学变化,而这种变化是喷气孔周围直接产生硫化物沉积所必需的。也许最普遍的变化是由于成矿溶液同围海水混合所引起的,这些变化不但恰好在海底的下面(在蚀变岩筒内)而且是直接在大量喷出之后发生的。根据化学和矿物学资料的推测以及海底热液喷发的模拟实验表明,这个模式可说明相伴随的氧化作用和冷却趋势。另一种观点认为,沸腾可能是控制矿石沉积作用的唯一最重要的原因。最近的解释也说明爆发岩石同块状硫化物也有紧密的空间关系,且水深明显控制了矿床的形态(特别是部分块状矿石到细脉状矿石)和矿床的成分(特别是Cu/(Zn+Pb)的比值)。留待今后解决的一些问题有:

1. 块状硫化物矿床和特殊的岩浆岩类型及岩浆分异阶段之间究竟有没有关系?或者,火山活动同矿床形成是不是地壳内同一热和机械活动独立的表现形式?

2. 在某些块状硫化物矿床底部近来已识别出广泛发育的侧向含水蚀变作用和变质作用,这个作用对成矿过程是不是有直接意义?或者这个作用是否能完全代表海底火山环境下发生的正常地质活动?

3. 是什么因素控制了块状硫化物的金属组合?

朱关祥译自: *Economic Geology*, 75th Anniversary Volume, 1981, p. 605~611

张志庆校

作者: J. M. Franklin, J. W. Lydon,
D. F. Sangster