

祁连优地槽区块状硫化物矿床 形成地质环境的初步对比研究和探讨

宋志高

(西安地质矿产研究所)

在成矿规律学的研究中,许多研究者常把优地槽的发展演化与矿床形成阶段相结合并力图给予模式化,认为块状硫化物矿床是优地槽发展初期的坳陷阶段,地槽基底下坳带来巨厚沉积和强烈火山作用时期,与火山和沉积作用有关的形成物(毕利宾,1950;斯米尔诺夫,1973)。

我国西北部的祁连地槽经过大量的地质调查和研究,已证明是典型的古生代优地槽。在地槽区内相继发现了一些铜、铅、锌块状硫化物矿床。宋叔和(1954、1957)、胡惠民(1959)、宋志高(1975、1982)等对一些重要矿床曾作过一些研究与报导^[1,2,5,7]。本文拟就该地槽带已知矿床和矿化的成矿时期、成矿区域、火山岩区域岩石系列组合和矿床形成地质环境与条件等诸方面一些问题进行对比研究。

一、主要成矿时期、成矿区域和火山岩组合特征

依黄汲清(1977)、赵凤游(1981)等的研究,北祁连优地槽带在发育史上,从中寒武世到晚志留世末期的地质历史时间内,按海水进退序列和沉积岩相间的关系,除了缺失早寒武世沉积(代表着一次重要沉积间断,相当桐湾运动)外,在中寒武世与晚寒武世间、早奥陶世与中奥陶世间、中奥陶世与晚奥陶世间(古浪运动)、晚奥陶世与早志留世间发生过多构造运动,直到志留纪末期(祁连运动)地槽褶皱闭合,形成几度沉降坳陷与相对隆起的多旋回发展史^[3,6]。伴随几次构造变动可划分出中寒武世早期、早奥陶世早期、中奥陶世早期、晚奥陶世晚期和早志留世早期五个主要火山活动时期。由于受不同期次构造运动的规模和坳陷深度的制约,各火山活动时期形成的火山岩,在空间分布和火山岩系列组合上亦有所差异。中寒武世早期形成的火山岩主要为钙碱质系列,分布在东起白银厂西至昌马一带。早奥陶世则为拉斑质系列,分布在青海祁连(县)以西区段。中奥陶世西段仍主要为拉斑质系列,向东过渡为钙碱质系列,至天祝、永登一带并有碱质系列(白榴玄武岩、白榴响岩)的火山岩出露^①。晚奥陶世和早志留世亦主要为钙碱质系列,分布上局限于优地槽带的西段南缘以及东段的部分地段(图1)。目前已知的块状硫化物矿床,如白银厂锌-铜矿床、小铁山铜-铅-锌矿床等主要分布于东段中寒武世钙碱质系列火山岩域内,在老虎山和冷龙岭等地的早-中奥

● 李效文等(1979)“北祁连区发现碱性火山岩”。

陶世钙碱质火山岩系内亦有许多矿床或矿化产出。青海门源红沟铜矿床则主要产于晚奥陶世的钙碱质火山岩域内。依据上述, 往北祁连山槽带内已知块状硫化物矿床的主要成矿时期

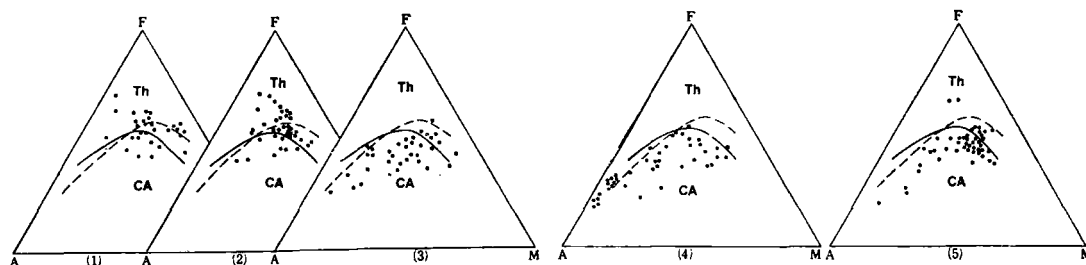


图 1 北祁连山槽带各区段火山岩A-F-M组分变化图

实线为Irvine和Barager (1971) 的分界线; 虚线为久野久 (1954) 的分界线
(1) 一北大河-吊大板-洪水坝河地区 (O_1); (2) 一玉石沟、百经寺、肃南地区 (O_1); (3) 一门源红沟地区 (O_3);
(4) 一白银厂-黑石山地区 (ϵ_2); (5) 一老虎山-毛毛山地区 (ϵ_2-O_2)

Fig. 1. AFM diagram showing variations in chemical composition of volcanic rocks from various sectors of north Qilian eugeosynclinal belt.

unbroken line refers to boundary by Irvine and Barager (1971) while dotted line by Kuno (1954)
(1) Beidahe-Diaodaban-Hongshuibah area (O_1); (2) Yushigou, Baijingsi and Sunan area (O_1); (3) Menyuan Honggou area (O_3); (4) Baiyinchang-Heishishan area (ϵ_2); (5) Laohushan-Maomaoshan area (ϵ_2-O_2).

为中寒武世、中 (或早一中) 奥陶世和晚奥陶世三个时期, 并且与这些时期的钙碱质火山系列火山岩及其空间分布关系最为密切, 从而形成相应的成矿带 (域)。其他时期, 特别是西段的早、中奥陶世拉斑质岩域内则很少有此类重要矿床的分布。

七十年代初期, 在秦岭北坡 (陕西境内) 的凤县红花铺和唐藏地区分布的火山岩系 (曾认作为前寒武系) 内, 先后曾发现中、晚奥陶世化石。笔者等在1974—1975年期间研究这一火山岩系时, 按岩性与岩石化学特征, 提出其可与北祁连山早古生代的细碧角斑岩系相对比。产于该火山岩系内的陕西眉县铜峪铜矿床, 早期一些研究者认为属与邻近侵入花岗岩有关的“准砂卡岩”型矿床, 后来经过研究证明, 花岗岩同位素年龄值 (钾氩法) 为1.05亿年, 而矿床中矿石铅同位素年龄值为2.9—4.7亿年, 与含矿火山岩近于同期。更重要的是, 这些资料还证明, 在早古生代时期, 北祁连山槽带曾东延到秦岭北缘或其更东一些地区。

南祁连山槽带属冒地槽带。赛什腾山—绿梁山—锡铁山一带, 过去曾称为“台缘隆起带”, 分布着一套绿色火山岩系, 早期称前寒武纪锡铁山群, 后来经过区域地质调查, 在赛什腾山的绿岩系内发现晚奥陶世化石, 改称晚奥世“滩间山统”。1981年西安地质矿产研究所任秉琛等又在锡铁山层状铅—锌矿床含矿岩系底部灰岩夹层中采得牙形刺化石, 经李晋僧鉴定为 *Ambalodus cf. triangularis* Branson and Mehl, 相当中奥陶统顶部和上奥陶统底部层位。依对火山岩的研究, 除了在岩系顶部发现代表深海喷发环境的枕状熔岩外, 主要为钙碱质系列火山岩类。在绿梁山—黑石山—胜利口区段并分布有超镁铁侵入岩和阿尔卑斯型铬铁矿床。依青海省地质局资料, 除了产在绿岩系内的锡铁山层状铅—锌块状硫化物矿床外, 在赛什腾山还分布着一些铜型块状硫化物矿床和由火山喷气形成的铁锰矿床。在相当南祁连山槽带的东段的拉脊山 (拉脊山断陷褶皱带), 则分布着由上寒武世—中奥陶世的拉斑质—钙碱质火

山岩以及一些超镁铁质侵入岩,在岩系组合上与北祁连蛇绿岩带相同(图2)。因此,在南祁连山地区,存在着与北祁连山地区相当的优地槽部分,并构成性质上相同的成矿带(域)。

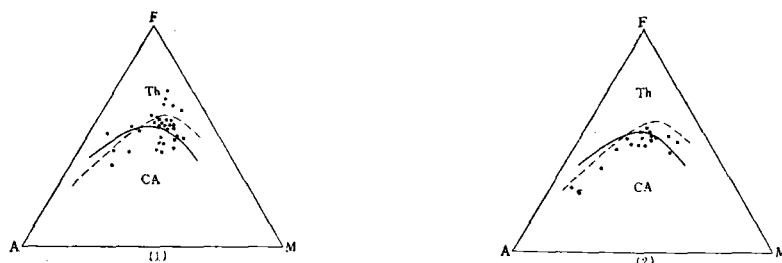


图2 南祁连山地区各段火山岩A-F-M组分变化图

(标记同图1)

(1)一拉青山地区(Є₃—O₂); (2)一锡铁山地区(O₃)

Fig. 2. AFM diagram showing variations in chemical composition of volcanic rocks from various sectors of south Qilian eugeosynclinal belt (Symbols as in Fig. 1).

(1)Laqingshan area(Є₃—O₂); (2)Xitieshan area(O₃).

祁连山地区的火山岩在其系列组合上主要为拉斑质(Th) + 钙碱质(CA) + 碱质(A) (北祁连山地区: Th + CA + A) 和拉斑质(Th) + 钙碱质(CA) (南祁连山地区: Th + CA) 两类。

二、矿床形成环境类型——近侧型与远侧型矿床

尽管当前对层控矿床在认识上还存在着一定的分歧。但对块状硫化物矿床来说,由于其在时间和空间上往往具有一定的层位(单元);在产出形式上,既有与含矿围岩呈整合的层状块状硫化物,同时也存在着在块状体底部下盘呈筒状与含矿围岩相交切的硫化物浸染矿化与蚀变带;不同亚类矿床(按金属组分组合)与含矿围岩在岩性上存在着一定的关系;一些矿床曾不同程度的遭受到变质作用与后期活化,因此在含义上完全符合“层控”和“岩控”矿床的概念。只是在祁连山地区,由于后期造山运动的影响,大多数矿床及其含矿围岩都受到过变质与强烈的构造变形,从而泯灭或掩盖了矿床一些原始形成特征,使得一些研究者得出极不相同的结论。

安德森(Anderson, 1969)、斯坦顿(Stanton, 1972)和哈钦森(Hutchinson, 1973)等都曾按矿石矿物组分(或金属组分)组合、含矿火山岩的性质及其形成环境,对块状硫化物矿床进行过亚类的划分。除此以外,一些研究者则按照典型矿床及其形成模式进行过如塞浦路斯型、日本黑矿型(卡鲁克型)、加拿大绿岩型以及苏列文型等的分类。祁连山地区已知块状硫化物矿床,按照金属(或矿物)组分组合,主要可划分为铜、锌-铜、铜-铅-锌和铅-锌几类(图3);按照含矿围岩性质与形成环境,缺乏那种像塞浦路斯型产在洋壳层序基性枕状熔岩中的矿床。

加拿大太古代绿岩带中一些块状硫化物矿床的块状硫化物体,常覆在绿泥石化蚀变带(筒)

之上。这种蚀变带向下延深至火山堆积中,多被认作是矿液上升的通道。同样,日本的黑矿型矿床,也常覆在具有浸染和细脉浸染硫化物的流纹岩和英安岩蚀变带之上。这种上覆的块状硫化物及其下部的细脉型矿化和蚀变带,一些研究者称其为近侧型矿床 (proximal ores)。与之相反,某些缺失下盘浸染矿化和蚀变带的层状块状硫化物矿床,斯坦顿 (1960, 1972) 和图耐尔 (Tunner & Gustafson, 1978) 等认为,这种矿床是含金属密度大的热卤水,在重力作用下向外作较长距离的流动,以化学沉积形式在远离喷口的海底洼地中形成的,称远侧矿床 (distal ores)。普莱梅尔 (Plimer, 1978) 提出,某些靠近喷发中心形成的块状硫化物矿体,处在重力不稳定状态下,由于随后的构造变动可向深处滑动,形成机械再沉积矿床 (图4)。在这种类型矿床中,块状黄铁矿常显示粒级层、旋卷层以及负荷印模等特征。西班牙的泰阿席斯 (Tharsis) 和日本某些黑矿型矿床可作为这类矿床的具体实例^[10,13]。在近同期的一些苏联研究者中,如冈恰罗娃 (Т. Я. Гончарова, 1970) 则根据矿床与火山喷发中心的相对距离提出过近火山带、次火山带 (近侧) 和过渡带与远程带 (远侧) 相近似的分类。普莱梅尔不但强调按与火山中心相对的时、空关系来划分远侧和近侧矿床,并且提出依火山作用性质 (拉斑质和钙碱质) 的不同,形成的各种亚类矿床在发育程度上也有所差异 (见图4)。

在北祁连优地槽带东段的白银厂地区,依许多研究资料为一火山穹窿构造 (火山短轴背斜)。白银厂锌-铜矿床即产于由火山熔岩、火山角砾岩、火山集块岩和火山凝灰岩等组成的近火山口相组合内,矿体近旁并有酸性石英钠长斑岩次火山侵入体,许多研究者曾将其作为古火山机构来认识。矿体由大型块状扁豆体与一些小型浸染的复合扁豆体所组成。主要含矿

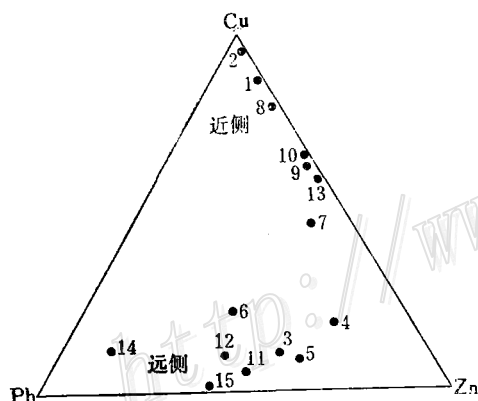


图3 祁连地槽主要块状硫化物矿床金属组分比例关系图

1—白银厂, 2—红沟, 3—小铁山, 4—铜厂沟, 5—四个圈, 6—石膏洞, 7—围昌沟, 8—猪咀哑吧, 9—桦木沟, 10—九个泉, 11—下柳沟, 12—祁连下沟, 13—银洞沟, 14—郭米寺, 15—锡铁山

Fig.3. Diagram showing different metal contents of major massive sulfide ore deposits in Qilian eugeosyncline.

1—Baiyinchang, 2—Honggou, 3—Xiaotieshan, 4—Tongchanggou, 5—Sigejuan, 6—Shiqingdong, 7—Weichanggou, 8—Zhuzuiyaba, 9—Huamugou, 10—Jiugequan, 11—Xialiugou, 12—Qilianxiagou, 13—Yindonggou, 14—Goumisi, 15—Xitieshan.

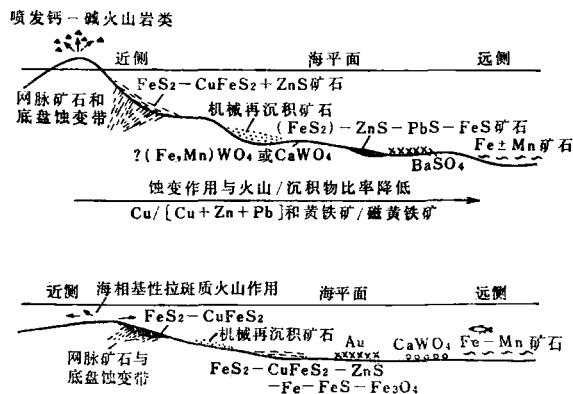


图4 与拉斑质和钙碱质火山岩系列有关的近侧与远侧矿床形成空间关系图 (据Plimer, 1978)

Fig.4. Diagram showing spatial relationship between proximal and distal ores related to tholeiitic and calc-alkalic volcanicity.

岩石为酸性凝灰岩。笔者(1982)曾经提出,矿体这种组合形式可能是由于受剪切应力作用,使得原来的整合块状矿体与下伏的浸染状矿体在变形变位后,被改造成为现在的组合形式^[7]。因此,无论从火山中心拟或矿液喷口两种概念来说均应属近侧矿床。由白银厂向东2公里的小铁山铜-铅-锌矿床,与之产于同一火山穹窿构造内,但含矿岩系在岩类组合上,近火山口相岩类减少,沉积夹层增多(与白银厂矿床比较,火山岩:沉积岩由1:0增为1:0.4),矿体呈由明显层纹条带的细粒硫化物组成的似层状体产出,受构造作用,上部陡倾,向下变为反向的缓倾,缺失底部筒状浸染矿化和蚀变带。相对比较,两矿床可与某些研究者所称的火山穹窿构造裙边矿床相当。在许多特征上应属远侧矿床。但值得指出的是,两矿床除了其主矿体外,在其近旁尚有一些沿(或截切)片理的脉状伸支,可作为后期活化的佐证。一般这种支脉都不具经济价值。从白银厂向西50公里,产于同一火山岩带内的石青铜-铅-锌矿床,已超出白银厂火山穹窿构造,早期曾认为属典型热液矿床。矿体主要产在厚70—150米的酸性凝灰岩内,与围岩呈整合关系,在酸性凝灰岩的上、下盘均为厚约50米的大理岩,其形成环境相当于火山过渡相盆地^①,属远侧型矿床。南祁连山地槽带内的锡铁山层状铅-锌矿床,产于火山沉积岩系内。虽然在区域内中基性火山岩占据着一定的比例,但矿床主要产在岩系底部的大理岩、碳质板岩和绿泥板岩层内或这些岩层的层面间,矿体呈层状和扁豆体状,缺失底盘浸染矿化与蚀变带。由胶状黄铁矿以及铅、锌硫化物组成的条带状矿石可作为沉积成因的证据。结合矿床铅-锌-银的金属组合特征,亦应属远侧矿床。

从北祁连山地槽带的研究资料表明,在区域西段,在早、中奥陶世主要为拉斑质基性火山岩域,而已知大部分块状硫化物矿床则主要分布在东段的钙碱质酸性火山岩域内。这除了岩性关系外,可能与拉斑质基性火山的宁静喷溢性质有一定的关系。前已述及,在整个北祁连山地槽带,虽然伴随有大量超镁铁岩的分布,但至少在目前尚未发现有那种产在典型洋壳层序内的塞浦路斯型矿床。

青海门源红沟矿床为产在钙碱质基性火山熔岩(细碧质熔岩)内的铜矿床,含矿岩系在组成上,除了基性火山岩外,并夹有大量的沉积岩和酸性火山岩及少数蛇纹岩块体。依沉积夹层所含化石,岩系时代属晚奥陶世。矿体呈雁行排列的脉体群形式产出,矿石主要由黄铁矿-磁(赤)铁矿-黄铜矿组成,一些富铜矿石主要由黄铜矿组成,混杂以黄铁矿和脉石矿物。所有矿体都严格限定在基性熔岩内。一些研究者依据在含矿岩系中有蛇纹岩出现,矿体主要产在基性熔岩内,以及原认为属流劈理控制的脉体群矿体,很可能系板-层状矿体经构造变动后陡倾的产出形式,从而认为该矿床可与塞浦路斯型矿床相对比。但从矿床具体研究资料^②,不但含矿岩系缺乏洋壳型那种组合层序(尽管可以遭受剧烈构造变动来解说),更重要的是在含矿细碧质熔岩层的上、下盘皆为酸性火山岩或其凝灰岩,且在岩系中沉积岩占据着很大比例(火山岩:沉积岩为1:5)。这与塞浦路斯型矿床在含矿系组合上有很大的差别。至于脉状矿体可能系陡倾后的板、层状矿体,则是值得进一步认真考虑和研究的。

在日本和世界上的其他地方,一些产在基性火山熔岩中的类同铜或锌-铜型块状硫化物矿床,索金斯(Sawkins, 1976)曾提出,虽然这种矿床在矿石组合和含矿主岩上与塞浦路斯型矿床有许多相似之处,但在其形成的构造环境上有较大的差异。这类矿床一般多位在构

① 万冠儒, 1982, 白银矿床成因和分类初探。

② 宋志高等, 1975, 青海门源红沟铜矿床的火山岩岩石与矿床。

造复杂,以较厚的类复理石硬砂岩为主的沉积环境中,以此可与产在典型洋壳型蛇绿岩套中的塞浦路斯型矿床相区别。并以产在日本岛弧环境中的别子(Besshi)矿床为代表,称其为别子型矿床^[9,14]。

从北祁连山优地槽带的发展史分析(赵凤游,1977,1978;魏春海,1977),由于古浪运动的影响,一直到了晚奥陶世晚期,才在一些区段恢复了优地槽沉积,并伴以相应的火山活动及其产物。在这一时期,从青海门源向西至甘肃玉门一带为其沉降中心,主要沉积物为碎屑岩夹碳酸盐岩和火山岩^[4,6]。因之,红沟铜矿床的含矿岩系组合及其形成构造背景基本上可与别子型矿床相对比。

立辰见雄、关根良弘和兼平庆一郎(1970)研究认为,日本别子型矿床,原始硫化物是由优地槽中的海底玄武岩质火山作用带来的。并且指出这类矿床与围岩在后期变质作用的晚期阶段,可形成富含硫化物的矿枝,在更晚阶段,沿裂隙可形成小型富铜矿脉^[8,9]。

三、块状硫化物矿床形成地质环境的分析与对比

世界许多块状硫化物矿床的上盘,或在其含矿岩系的顶部,多分布着一种含铁硅质岩层,有的在块状硫化物矿床的旁侧形成一些相当远侧型的铁锰矿床。北祁连山优地槽带的白银厂、小铁山矿床,在其含矿火山岩系的顶部,曾见有这种含铁硅质岩层。沿火山岩带之南、西侧分布有拦门石、石照子等铁-锰矿床。在南祁连山优地槽带赛什腾山的火山岩系内,则分布着一系列条带状铁-锰矿床(红旗沟、二旦沟)和一些块状硫化物矿床(青龙滩);在锡铁山层状铅-锌矿床含矿岩系的顶部,由代表快速沉积的硬砂岩转换为基性火山岩(枕状熔岩)的层位,出现相对比较稳定的火漆红色含铁碧玉和含铁硅质岩层。对于这种含铁硅质岩层(和铁-锰矿床),安德森(1969)认为是海相火山喷气形成的,有的研究者并称其为“喷气岩”,可作为块状硫化物矿床火山喷气形成的标志。桥本光常(1978)曾指出,日本黑矿型矿床上覆的含铁硅质岩层,其规模在横向分布上常是块状硫化物矿床的两倍,因而可以作为本类矿床普查勘探中的指示岩层^[9,14]。同时,这种含铁硅质岩层并代表着一定的火山喷发和沉积的间歇阶段。前述白银厂、锡铁山矿床的含铁硅质岩,也都在此种部位上,只是与块状硫化物矿化(层)间有一定的距离,这与国外一些直接覆在块状硫化物矿体之上而有所不同。含铁硅质岩在矿物组合与沉积相上代表着一种氧化沉积环境,与之相对应,下伏的硫化物层则代表着一种还原的沉积环境。

白银厂矿床在其块状硫化物矿体产出层位,夹有薄层和扁豆体状粘土质或粉砂质板岩。在层序上显示矿化作用发生在强烈火山作用背景下的微弱间歇阶段。锡铁山矿床底部基性与酸性火山岩之上的大理岩、碳质板岩层、向上的碎屑岩、顶部的枕状基性火山熔岩,亦同样代表着火山作用间歇期。在这两矿床的含矿岩系内,在含矿层或矿体近侧都有一些含碳质岩层(碳质板岩或碳质千枚岩)出现,说明当时处在微生物活动的封闭环境。特别是锡铁山矿床,虽然一些主要矿体大都产在大理岩内,但并非所有大理岩都赋含矿体,而是与含碳质岩层有着一定的关系。例如在大理岩沿走向尖灭的间隔部位,仍为碳质岩连接的部分(V勘探线),主要矿体仍然连续分布。另外含碳质板岩层虽然薄(一般为0.5—2米),但延展较远(4.5公里),表明在成矿作用时期海底洼地相当稳定。在垂向上,由近底部的浅海相(大理

岩、含碳质板岩) 向上转换为硬砂岩到基性枕状熔岩层序列, 表明为一种海侵超覆的构造环境。

当前对于块状硫化物矿床的成矿机理有着种种不同的解说, 但在矿床成因上往往和火山作用联系起来, 大都认为其含矿溶液具有热卤水的性质, 这种热卤水可以携带大量的贱金属组分。白银厂和锡铁山矿床的矿物包裹体研究表明成矿溶液具有近似的性质(附表)。这种含贱金属的热卤水, 在地形、构造空间与海水混合程度以及氧逸度等合适环境和条件下, 可分别形成不同亚类矿床。按拉奇(Large, 1977)等的研究, 由于铜、铅、锌及其硫化物地球化学性质和迁移、沉淀分别受不同物理化学条件的制约, 因而一般近侧型矿床多为铜和铜-锌型, 而远侧矿床多为铅-锌型^[12,13]。

白银厂、锡铁山矿床矿物包裹体参数对比表

矿床名称	测试矿物	形成温度 (均一温度)	pH值	Eh值 (mV)	含盐度% (NaCl + KCl)
白银厂铜-锌型矿床 ^①	块状矿体内的石英	200—374℃ (334℃)	6.45	301.3	20.04—22.00
锡铁山层状铅-锌矿床 ^②	块状矿体内的石英和方解石	110—360℃	4.67—7.65	115—378	32.00—34.70

① 依中南矿冶学院和西安地质矿产研究所(1980—1981)资料。

② 依西安地质矿产研究所刘斌(1981)资料(测定者认为可能代表叠加成矿期)。

前已述及, 祁连山地槽曾经历过多次构造变动与相应的变质作用。已知块状硫化物矿床含矿岩系主要为绿岩相—绿帘角闪岩相, 一般大都保留着一些原始形成的结构, 许多变形和变质作用印记仍然是很明显的。例如白银厂矿床, 除了由于受强烈的褶皱和挤压作用, 矿体已发生较大的变形变位外, 在矿石中并形成较多的磁黄铁矿等低硫矿物, 并可见到一些诸如中—细粒粒级层黄铁矿组成的条带状矿石以及胶黄铁矿、白铁矿等原火山喷发沉积的证据。锡铁山层状铅-锌矿床, 除了层状矿体变形成一些不规则体外, 其主要硫化物组分如方铅矿、闪锌矿等, 粒度变粗, 形成一些粒径达2—3厘米的伟晶硫化物集合体。即使如此, 在一些矿石中也仍保留着环带状胶黄铁矿、白铁矿等原始矿物成分和结构。

由于受变质作用及后期活化的影响, 上述一些矿床中的铅同位素年龄值往往发生较大的变化。如锡铁山矿床, 采自伟晶硫化物集合体的矿石铅年龄值为2.4—2.6亿年, 相当海西期, 与含矿地层的地质年龄相差较大, 表明可能在硫化物变质重结晶期有放射性铅的加入。这一年龄值和矿床近旁与上奥陶统呈不整合的上覆泥盆系(陆相红色砂砾岩)发生紧闭的向斜褶皱时期相当。北祁连山地槽带的石膏铜-铅-锌矿床, 产在中寒武世火山岩系内, 前已述及属同生远侧矿床, 由于受变质作用的影响, 其矿石铅同位素年龄相当于燕山早期。涂光炽(1974)对此曾作过相同的解说。兰伯特(Lambert, 1979)曾列举澳大利亚的罗兹堡(Rosebery)矿床, 其地质年龄为5亿年, 而矿石铅的同位素年龄仅1.6亿年。他解释为“这至少在一定程度上可能与沉积之后矿石中铀和钍的衰变而产生的放射铅有关。”

锡铁山层状铅-锌矿床在五十年代勘探过程中, 曾认为属典型的远成低温矿床, 目前大都认为属与火山作用有关的层控矿床。矿石中的闪锌矿有四面体与菱形十二面体两种晶形, 前者一般认为相当于伟晶期或气成阶段形成物, 后者则代表中、低温热液期的标型特征。在

闪锌矿的含铁组分上, 具有 $(\text{Zn}_{0.922}\text{Fe}_{0.078})\text{S}$ 到 $(\text{Zn}_{0.789}\text{Fe}_{0.211})\text{S}$ 的变化。显然这些也是矿床的多期成矿作用和后期活化的非均一性的佐证。

参 考 文 献

- [1] 宋叔和 1954 祁连山一带黄铁矿型铜矿的特征与成矿规律 地质学报 36卷1期
- [2] 胡惠民 1959 祁连山东部火山岩系中的金属矿床 地质论评 19卷1期
- [3] 黄汲清等 1977 中国大地构造基本轮廓 地质学报 52卷2期
- [4] 魏春海等 1977 中国祁连山地质构造基本特征 地质学报 52卷2期
- [5] 宋叔和等 1979 我国一些岩浆岩主要类型及其成矿特征 国际交流地质学论文集(三) 矿物、岩石、矿床 地质出版社
- [6] 赵凤游 1981 论北祁连地槽的地史演变 地质学报 55卷2期
- [7] 宋志高 1982 白银厂块状硫化物矿床形成环境及其成因意义 地质论评 28卷4期
- [8] Tatsumi, T. (Editor), 1970, Volcanism and ore genesis. Univ. of Tokyo Press, Tokyo.
- [9] Imai, H. (Editor), 1978, Geological studies of the mineral deposits in Japan and east Asia. Univ. of Tokyo Press, Tokyo.
- [10] Plimer, I. R., 1978, Proximal and distal stratabound ore deposits. Mineralium Deposita. V. 13, pp. 345-353.
- [11] Tunner, J. S., & Gulsafson, L. B., 1978, The flow of hot saline solutions from vents in the sea floor, Some implications for exhalative sulfide and other ore deposits. Econ. Geol., V. 73, pp. 1082-1100.
- [12] Ulla Latvlati, 1979, Cu-Zn-Pb ores in the Aijala Orijarvi area, southwest Finland. Econ. Geol., V. 74, pp. 1036-1059.
- [13] Strauss, G. K. et al., 1981, Geochemical and Geological study of the volcanic-sedimentary sulfide orebody of La Zarza, Huelva province, Spain. Econ. Geol., V. 76, pp. 1975-2000.
- [14] 立辰见雄编 1979 现代鉱床学の基础 东京大学出版会

A PRELIMINARY INVESTIGATION INTO THE ORE -FORMING ENVIRONMENT OF THE MASSIVE SULFIDE DEPOSITS IN THE QILIAN EUGEOSYNCLINE

Song Zhigao

(Xian Institute of Geology and Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences)

Abstract

The Oilian eugeosyncline is an important metallogenic province of massive sulfide ore deposits in northwest China. Based on its history of development and evolution as well as the volcanism, the mineralizations can be mainly assigned in time to three epochs, i. e., middle (early-middle) Ordovician and late Ordovician ages, and spatially to two metallogenic belts in concordance with north and south eugeosynclinal belts respectively. According to petrological and petrochemical characteristics, the volcanic rocks might be classified into tholeiitic (Th) + calc-alkalic (CA) assemblage (south belt) and tholeiitic (Th) + calc-alkalic (CA) + alkalic (A) assemblage (north belt). The major massive sulfide deposits are found mostly occurring in calc-alkalic terrains with few important ore deposits observed in the tholeiitic terrains.

Judging from the relationship of the ore deposits to the facies of volcanic country rocks and to the ancient volcanic center in time and space, the Baiyinchang Zn-Cu deposit should occur in a near-vent sequence consisting of lava, agglomerate, breccia and tuff, supposedly located proximal to an ancient volcanic vent. The neighboring Xiaotieshan Cu-Pb-Zn deposit, lying in volcanic sedimentary sequence some distance away from the volcanic center, has a ratio of volcanic rocks to sedimentary rocks of 1:0.4 as compared with 1:0 of the Baiyinchang deposit, suggesting a distal occurrence. Pertaining to this type are also the Shiqingtong Cu-Pb-Zn deposit and the Xitieshan Pb-Zn deposit. Occurring in spilitic basic lava, the Honggou copper deposit bears more resemblance in ore-forming environment to the Besshi type deposit in Japan than to Cyprus type deposit in that its mafic lava is interbedded with large thickness of graywacke sediments of flysch facies. Its ore features, however, are quite similar to those of Cyprus type deposit.

In some sulfide ore deposits, the host rocks are frequently seen to be

associated with carbonaceous rocks (black shale and black slate) along or near the sulfide-mineralized layers. The Xitieshan deposit, for example, roughly have the same distribution as the ore bed, implying a deposition environment of marine facies depression. The presence of red or ferruginous chert layers at the top of the ore-bearing volcanic sequence suggests the transition from a reduction environment to an oxidation environment in sedimentary facies.

The fluid inclusion data obtained from minerals of the Baiyinchang and Xitieshan ore deposits as shown in the following table reveal a high salinity and hot brine nature of the ore-forming fluids.

Ore deposits	Minerals measured	Temperature	pH	Eh (mV)	Salinity (NaCl + KCl) %
Baiyinchang Zn-Cu Deposits	Quartz in massive sulfide ores	200—374°C (334°C)	6.45	301.3	20.04—22.00
Xitieshan strati-form Pb-Zn deposits	Quartz and calcite in massive sulfide ores	110—360°C	4.67—7.65	115—378	32.00—34.70

The late stage geosynclinal orogeny caused deformation and metamorphism of most known ore deposits and their enclosing rocks, resulting in the simultaneous folding and dislocation of ore bodies and ore-bearing rock sequence and giving rise to such metamorphic features as recrystallization of sulfides and remobilization of minor amounts of substances.