

“三江”地区火山成因块状硫化物矿床的基本特征与主要类型

杨开辉

侯增谦

莫宣学

(中国地质科学院地质所, 北京) (中国地质科学院矿床所, 北京) (中国地质大学, 武汉)

内容提要: “三江”地区是我国一个主要的火山成因块状硫化物成矿区域, 包括2个成矿带: ①赠科—乡城矿带, 主要产出伴随晚三叠世义敦岛弧裂谷火山作用形成的黑矿型 Zn-Pb-Cu 块状硫化物矿床; ②昌宁—孟连矿带, 以伴随保山—掸邦微陆块晚古生代裂谷火山作用形成的老厂型 Pb-Zn-Cu 和别子型 Cu-Zn 块状硫化物矿床为主, 本文揭示“三江”地区, 尤其是赠科—乡城和昌宁—孟连矿带的构造-火山-矿床的地质特征, 阐明该区块状硫化物矿床的主要成因类型。

主题词: “三江”地区 火山成因块状硫化物 多金属

火山成因块状硫化物矿床 (Volcanogenic Massive Sulfide Deposit, 简称 VMS 矿床) 是产于海相火山岩系中, 主要由 Fe、Cu、Zn 和 Pb 硫化物组成的, 并伴有 Au、Ag、Ga、In 等多种有益元素, 通常由与地层整合的块状矿体和不整合的网脉状矿体 (或矿化带) 组成的集合体。这类矿床广泛分布于世界各大造山带的不同时代的海相火山岩系中, 是世界 Cu、Pb、Zn、Ag、Au 等一系列金属的主要来源之一, 其经济重要性可与斑岩铜矿相匹敌^[1,2], 因而受到了普遍的重视。在我国, 对 VMS 矿床的研究始于 50 年代初^[1,2], 略早于国外海相火山成矿学术思想的复苏^[1,2], 并且正蓬勃发展。尤其是近年来, 在我国西部“三江”地区, 这类矿床的勘探与研究取得了突破性进展, 现已有丰富的资料表明“三江”地区是我国主要的火山成因块状硫化物成矿区域之一。

业已表明^[1,2], 在一定构造单元中, 海相火山岩系与 VMS 矿床是同一时空上的有机体, 矿床往往成群分布, 并与区域性的构造盆地、火山活动中心、特定的喷发旋回和火山岩相等方面有着密切的联系。因此, 立足于典型矿床的剖析, 系统地总结区域构造环境和在此环境中形成的火山岩、VMS 矿床的特征, 是研究区域 VMS 矿带的基础。从这一点出发, 本文基于作者近年的工作和前人的一些成果, 总结“三江”地区 VMS 主要成矿带的地质特征及其矿床的主要成因类型。

一、“三江”地区 VMS 主要成矿带

(一) 区域背景与 VMS 矿床的分布 “三江”地区组成了横贯欧亚的特提斯构造带的南段。它自东而西包括甘孜—理塘、金沙江—哀牢山、澜沧江和怒江 4 条主要的构造岩浆带。它们代表着扬子板块、印度板块及其间的微陆块 (如保山—掸邦、中印、昌都—思茅等) 之间的结 (缝) 合带, 反映了特提斯洋, 冈瓦纳大陆、欧亚古陆岩石圈之间的长期耦合作用, 以及不同板块、微陆块之间的扩张、解体、俯冲和碰撞的复杂过程^{①②}。

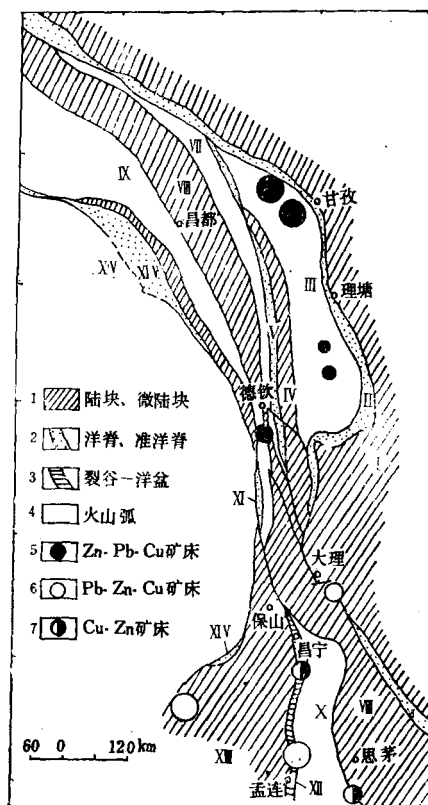
图 1 显示“三江”地区主要 VMS 矿床的分布。尽管总体的研究程度还很低, 但就目前取得的研究成果看来, 赠科—乡城和昌宁—孟连矿带是“三江”地区两个主要的 VMS 成矿带。它们在构造岩浆背景、矿床类型及其组合等方面都具有鲜明的特点, 是本文讨论的主要对象。

(二) 赠科—乡城 VMS 成矿带 它包括呷村, 呷衣旁两个典型矿床以及数以百计的研究程度极低的块

① 莫宣学等, 1990, “三江”地区重要火山岩系及有关成矿作用

② 杨开辉, 1990, 滇西“三江”地区晚古生代火山岩与块状硫化物矿床研究 (博士论文)

图1 “三江”地区构造格局与火山成因块状硫化物矿床的分布



I—扬子板块西缘火山岩区; II—甘孜-理塘洋脊型火山岩-蛇绿岩带; III—义敦岛弧火山岩带; IV—中咱活动微陆块内火山岩区; V—金沙江洋脊-准洋脊型火山岩-蛇绿岩带; VI—哀牢山洋脊-准洋脊型火山岩-蛇绿岩带; VII—江达-维西弧火山岩带; VIII—昌都-思茅活动微陆块内火山岩区; IX—妥坝-盐井-南佐弧火山岩带; X—云县-景洪弧火山岩带; XI—营盘-白济汛洋脊型火山岩-蛇绿岩带; XII—昌宁-孟连裂谷-洋盆火山岩带; XIII—保山微陆块内火山岩区; XIV—丁青-八宿洋脊-准洋脊型火山岩-蛇绿岩带; XV—波密-腾冲陆缘弧

Fig. 1 Tectonic framework and distribution of volcanogenic massive sulfide deposits in Sanjiang Region. 1—Continent or microcontinent; 2—Oceanic ridge or para-oceanic ridge; 3—Rift-oceanic basin; 4—Volcanic arc; 5—Zn-Pb-Cu deposit; 6—Pb-Zn-Cu deposit; 7—Cu-Zn deposit; I—Volcanic area on the western margin of Yangtze plate; II—Garze-Litang oceanic ridge type volcanics-ophiolite zone; III—Yidun island arc volcanics zone; IV—Volcanics area within Zhongza active microcontinent; V—Jinshajiang oceanic ridge-para-oceanic ridge type volcanics-ophiolite zone; VI—Ailaoshan oceanic ridge-para-oceanic ridge type volcanics-ophiolite zone; VII—Jiangda-Weixi arc volcanics zone; VIII—Volcanics area within Changdu-Simao active microcontinent; IX—Tuoba-Yaojing-Nanzuo arc volcanics zone; X—Yunxian-Jinghong arc volcanics zone; XI—Yinpan-Baijixun oceanic ridge type volcanics-ophiolite zone; XII—Changning-Menglian rift-oceanic basin volcanics zone; XIII—Volcanics area within Baoshan microcontinent; XIV—Dingqing-Basu oceanic ridge-para-oceanic ridge type volcanics-ophiolite zone; XV—Tengchong epicontinental arc.

状硫化物矿点,发育于义敦岛弧型火山岩带中。该带位于“三江”地区东北侧,跨越川西和滇西北,长达数百公里,宽为90—150 km,呈北北西向展布着晚三叠世火山岩系,是甘孜-理塘古洋壳向西俯冲于中咱微古陆之下诱发的岛弧岩浆作用的产物^①。矿床、矿点与义敦古岛弧裂谷期形成的“双峰”式火山岩组合中的酸性火山岩系有关,具有类似的矿化金属组合特征($Zn > Pb > Cu$),成群分布于赠科、呷村和乡城岛弧裂谷火山盆地中^[15]。

在赠科,酸性火山活动以中心式的爆发作用为主。火山活动中心经历了先隆后陷的作用,发展成为破火山机构。矿床、矿点成群聚集于沿火山活动中心分布的英安质火山穹体的斜坡、顶部及其附近的局限性盆地中,已确认的矿床和很有远景的矿点有十余处,如呷衣穷、胜木龙、绒贡、则巴、干萨等。在较有代表性的呷衣穷矿床中,硫化物透镜体或矿层分布于英安质凝灰岩系及其上覆的千枚岩中,现已发现4个整合矿体,组成矿区上部条带一块状硫化物矿带。其下为发育于英安岩穹体及附近安山质凝灰岩中不整合的网脉状矿体或矿化带,该带岩石受强烈的硅化、绢云母化和铁镁碳酸盐化。在块状矿体的顶部,常有铁锰碳酸盐薄层,局部变为硅铁氧化物层,在区域上分布较广,可能意味着火山喷气作用已近终期。

在呷村一带,酸性火山岩系主要包括流纹质、英安-流纹质火山角砾岩、角砾熔岩、凝灰岩夹灰岩、板岩等。在成分上,火山岩自英安质→流纹质→高硅流纹质。与赠科不同,该区火山岩其 SiO_2 较高,而且火山穹体常为高硅流纹岩或流纹斑岩。这些高硅的火山碎屑岩、次火山岩制约着区内数十个矿床(点)的形成。在著名的呷村矿区,含矿火山岩系包括3个火山喷发-沉积亚旋回,块状硫化物透镜体整合于上部亚旋回的高硅流纹质岩层顶部,与地层同步褶曲。矿体与火山角砾岩相关关系密切,在矿层内部常有流纹质角

① 侯增谦, 1988, 川西昌台-赠科地区三叠纪火山活动及其与板块构造和成矿作用的关系(博士论文)

砾、硅质角砾以及凝灰岩透镜体或夹层。块状矿体顶部为含硫化物的重晶石—硅质岩或碧玉层，其分布较广，成为区域找矿的标志层。在该层之下覆盖着灰岩、砂板岩系。可见，块状硫化物矿层形成于酸性火山作用的末期，是火山活动间隔的标记。矿床铅同位素模式年龄（197.4Ma）^①与含矿火山岩 Rb-Sr 模式年龄（200.77 Ma）^②的高度相近，进一步说明了火山作用与成矿作用的同期性。紧接块状矿体之下的是网脉状矿化带，它切割火山岩层，并且主要发育于流纹质火山穹隆中，其中蚀变分带明显，自蚀变岩筒内部向外，依次为硅化→绢云母化→绿泥石化带（图2），其中硅化作用最强，波及范围较广。

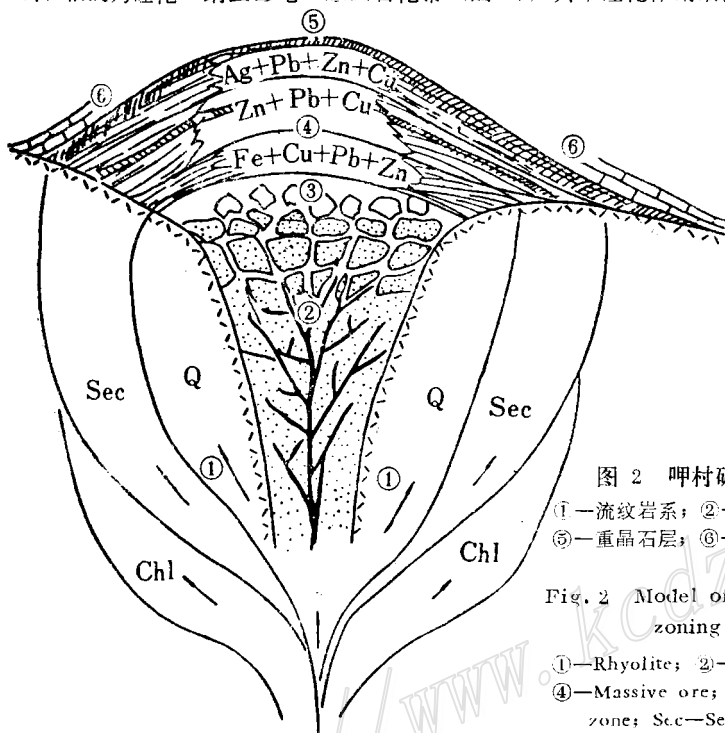


图2 呷村矿床金属分带和蚀变分带模式图

①—流纹岩系；②—网脉状矿；③—角砾状矿；④—块状矿；
⑤—重晶石层；⑥—顶板；Q—硅化带；Sec—绢云母化带；
Chl—绿泥石化带

Fig. 2 Model of metallic zoning and alteration zoning in the Gacun ore deposit.

①—Rhyolite; ②—Stockwork ore; ③—Brecciated ore;
④—Massive ore; ⑤—Barite bed; ⑥—Roof; Q—Silicified zone; Sec—Sericitized zone; Chl—Chloritized zone

在呷村以南的昌台、乡城一带，目前研究程度较低。看来，其火山岩与矿化特征类似于呷村地区。

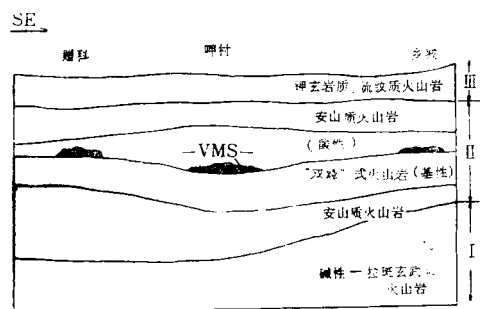
总之，赠科—乡城 VMS 矿带形成于义敦古岛弧裂谷时期，在此背景下形成的“双峰”式火山岩组合中的酸性火山碎屑岩系，尽管其厚度变化较大，是该矿带特定的含矿层（图3）。已发现的矿床（点）主要群聚于赠科、呷村断陷盆地，与火山活动中心关系密切。

图3 赠科—乡城矿带地层综合剖面示意图

I—根隆旋回；II—呷村旋回；III—勉戈旋回；
VMS—火山成因块状硫化物矿床

Fig. 3 Generalized stratigraphic section of the Zengke-Xiangcheng metallogenic belt.

I—Genlong cycle; II—Gacun cycle; III—Miange cycle; VMS—Volcanogenic massive sulfide deposit.



(三) 昌宁—孟连 VMS 成矿带 它位于“三江”地区西南部，北起昌宁、铜厂街，经老厂、孟连，东后延出国境进入缅甸，发育于昌宁—孟连火山岩带中。研究表明^②，该带是保山—掸邦微陆块东缘晚古生

① 侯增谦，1988，川西昌台—赠科地区三叠纪火山活动及其与板块构造和成矿作用关系（博士论文）

② 杨开辉，1990，滇西三江地区晚古生代火山岩系与块状硫化物矿床研究（博士论文）

代裂谷作用的产物;不同阶段的裂谷作用伴随着不同性质的火山岩系以及不同类型(即 $Pb > Zn > Cu$ 和 $Cu > Zn$ 型)的VMS矿床的形成;在空间上,矿床(点)往往产于次级的断陷火山盆地之中,与火山机构有关。

裂谷早期火山作用形成碱性系列火山岩,组成依柳组下段,主要分布于裂谷带的中、南部,即老厂、依柳、邦沙一带,其中沉积夹层的生物化石显示其时代为早石炭世。火山岩系至少包括3个火山-沉积旋回,自早至晚,其成分自粗面玄武质→碱性苦橄玄武质演化。相关的块状硫化物矿床(点)以 $Pb > Zn > Cu$ 为特征,成群分布于老厂—邦沙一带,主要产于下部火山旋回的粗面玄武-安山质火山岩系中。

老厂矿床是在裂谷早期形成的典型性矿床(表1)。在该矿区,受多次活动的断裂控制,灰岩超复于火山岩系之上。火山岩系以集块-角砾岩为主体,其分布特征反映了一个大致为椭圆形的破火山机构。块状硫化物矿体分布于由该火山机构活化作用所形成的局限性盆地,赋存于在火山喷发弱期或间歇期因喷气作用形成的硫化物硅质岩、凝灰岩等岩层中。含矿火山岩系及矿层具有十分清楚的混杂堆积特征,在混杂堆积体的侧旁或前缘见有由a和b层组成的鲍马序列,反映了火山作用及喷气成矿作用发生于深水的不稳定的环境^[23,25]。

在块状矿层或透镜状矿体之下,是与其相连的网脉状矿化带或矿体。它发育于浅成岩体(正长斑岩、流纹斑岩)及其附近的火山岩系中,呈现了明显的蚀变分带,其上部主要为硅化、绢云母化和镁铁碳酸盐化,下部普遍受透辉石、阳起石、透闪石等蚀变,这一类似砂卡岩化的蚀变作用可能与火山岩系含有较多的碳酸盐组分有关。

昌宁—孟连裂谷晚期的火山作用形成拉斑系列,主要为玄武质熔岩及其火山碎屑岩类,构成平掌组下段或依柳组中、上段,分布于昌宁—铜厂街、孟连—曼信一带。与其相关的硫化物矿床、矿点(以 $Cu > Zn$ 为特征)主要发现于矿带北段的昌宁—铜厂街一带,并以铜厂街矿床较典型。

在铜厂街^[24],火山岩系包括4—5个喷发韵律,每个韵律都以玄武质熔岩→凝灰-角砾岩为特征。火山岩受到了相当于绿片岩相的变质作用。块状硫化物矿体呈透镜状、中薄层状,顺层产于该区火山岩系的中下部,与火山角砾岩、凝灰岩、硫化物或氧化物硅质岩(局部为碧玉燧石层)相伴随。在矿层的顶部或横向延伸的尖灭处,往往发育由石英、菱铁矿、针铁矿、绿泥石等组成的赭石“壳层”(几mm—几cm),或绿泥石细层,可能反映了当时块状硫化物层形成后其表层受到氧化作用。矿层本身实际上是由厚度不等的硫化物层与沉积夹层组成,其中沉积夹层,常为几mm到大于10cm,主要为含泥质、隐晶质硫化物、碳酸盐的硅质细层或条纹,受变质重结晶作用成为由硫化物、微晶石英、绿泥石和少量碳酸盐等组成的细层或条纹。在横向上,矿层可演变为仅具有指示意义的,富含微晶赤铁矿、磁铁矿等氧化物的硅铁建造层。

在块状硫化物层或透镜体之下,往往见有网脉状硫化物矿化带,并发育相应的蚀变分带。其上部以硅化、碳酸盐化为特征,下部主要为镁铁绿泥石化。但此带的工业意义不大。

(四)其他VMS矿床 除了上述两个主要的VMS成矿带,“三江”地区还有一些同类矿床或成矿带,但其研究程度一般较低。下面再列述几个重要矿床。

弥渡 $Pb-Zn-Cu$ 矿床位于金沙江—哀牢山带中段,产于下石炭统火山岩系中。该火山岩系主要为碱性苦橄玄武质、玄武质和长英质熔岩和火山碎屑岩类,可能组成了“双峰”式组合,并受近乎同期的浅成-超浅成岩体如辉绿岩墙、流纹斑岩($SiO_2 > 71\%$)侵入。块状硫化物矿层主要整合于长英质火山碎屑-沉积岩系,与含硫化物、菱铁矿等硅质岩层紧密相伴。矿石以层纹状为主,金属矿物主要有黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿等,与其共生的矿物包括菱铁矿、石英(玉髓)、重晶石、方解石、绢云母、胶磷矿等。与层状矿体相连的网脉状矿化带(或矿体)发育于流纹斑岩体及其周围的火山岩系,其中所含的金属硫化物有方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、磁黄铁矿、黄铁矿、毒砂等,共生的脉石矿物包括石英、绢云母、菱铁矿和绿泥石等。

包德温地区位于缅甸掸邦州东北部,东邻我国云南西盟州,以包德温等 $Pb-Zn-Cu$ 矿床而闻名。可能伴随着保山—掸邦微陆块内部的裂谷作用,该区在早古生代发生火山作用,形成了所谓的包德温流纹质火山岩系^[62]。它包括2000m厚的火山沉积岩和浅成-超浅成流纹岩类,含于 E^3-O^1 潘阳群浅水沉积建造。火山作用可分为3期:早期形成流纹质火山碎屑岩系,呈指状交错于潘阳群的砂岩中;中期形成浅成-超浅

成流纹岩侵入体;晚期以气化或热水溶液升腾、沉淀为主,形成硫化物矿体(如Shan, Chinaman, Meingthalodes等)及其周围的矿化晕(低品位矿石)。这些矿体呈似层状、透镜状半整合或不整合于火山集块岩、角砾-凝灰岩、凝灰质粉砂岩等岩层中。包德温矿床为其中的一个代表性矿床,并以其矿石含有极高的金属元素(如Pb 21.2%, Zn 15.9%, Cu 0.29%, Ag 550 g/t,等)而著称于世。

此外,还有一些研究程度更低的VMS矿床或矿点。例如,三达山铜矿,位于临沧—景洪微陆块东侧,其块状硫化物矿层产于二叠纪末酸性火山凝灰岩和黑色碳质绢云片岩中。在北澜沧江晚古生代陆缘弧区,已发现的以南佐为代表的Zn-Pb-Cu矿床其块状硫化物透镜体呈串珠状整合于火山-沉积岩系中的灰岩夹层内,形成于流纹质火山作用的间歇期。在金沙江—哀牢山带南段,大红山铁铜矿床产于大红山群中角斑质凝灰岩向白云岩过渡的层位,与凝灰质的白云岩、含凝灰质菱铁矿层,碳质层等相伴生,形成于火山活动的弱期。还有资料表明^[1]在金沙江沿岸的崩扎西一带,早二叠世火山岩系中发育有“类似于塞浦路斯型”的含铜黄铁矿床(点)。

二、“三江”地区VMS矿床的一般特征与主要成因类型

(一) 一般特征

1. 区域构造背景:“三江”地区VMS矿床主要形成于岛弧或大陆裂谷构造环境。具体说来,赠科—乡城VMS矿带形成于义敦岛弧的弧间裂谷作用的晚期,昌宁—孟连矿带中不同类型的VMS矿床与陆缘裂谷的不同作用阶段相伴生成。尽管“三江”地区其他VMS矿床形成的区域构造背景尚有待于进一步研究,就赠科—乡城和昌宁—孟连2个矿带而言,VMS矿床形成于一个区域扩张的环境。具体矿床往往产于裂谷区内次级的火山断陷盆地中,这些古盆地常为火山穹体、破火山机构所局限,是重力不稳定的深水环境,经常诱发密度流沉积作用(以老厂为代表)。这些特征与世界许多VMS矿床或矿带的特征是相一致的^[11,18]。

2. 含矿火山岩系矿体分布:“三江”地区VMS矿床的含矿岩系具有一定的层位优选性和区域性特点。在赠科—乡城矿带,所有的VMS矿床赋存于义敦岛弧裂谷期形成的“双峰”式火山岩组合的酸性火山岩系中。在昌宁—孟连矿带,VMS矿床产于裂谷早期形成的碱性玄武—安山质火山岩系或者裂谷晚期形成的拉斑玄武质火山岩系。

含矿火山岩按其成分可分为两类:①酸性火山岩系,一般为英安—流纹质火山碎屑—沉积岩类,如赠科—乡城矿带、包德温地区、三达山和弥渡等矿床;②中—基性火山岩系,一般为玄武质、粗面玄武—安山质、细碧角斑质火山碎屑岩类,如昌宁—孟连矿带、大红山矿床等。含矿岩系通常为近火山口相的粗火山碎屑岩,其岩相变化快,不稳定。尽管火山岩系具有多旋回、多韵律的特点,矿层往往只产于某几个旋回或韵律的顶部那些代表着喷发弱期或间歇期形成的凝灰岩、凝灰质沉积岩和硅质岩层中。这些岩层往往含有不等量的硫化物、氧化物、硫酸盐(如重晶石等)、碳酸盐(如菱铁矿、方解石等)和硅质,构成矿层的有机部分,或覆于矿层之上并因其分布范围较广而成为区域的找矿标志层。

在区域范围内,含矿火山岩系往往被超浅成—浅成的中酸性(次火山)岩体所侵入,后者形成一系列穹体分布于火山活动中心及其附近。成矿作用在时空上与这些穹体关系密切。

3. 矿床结构与矿体特征:现有资料表明“三江”地区VMS矿床大多具有“双层结构”,即矿床上部为与火山岩层整合的块状矿体,下部为产于浅成岩体或火山岩中的不整合网脉状矿体(或矿化带)。块状矿体一般为层状、似层状、透镜状,网脉状矿体通常为筒状。这种结构明显地反映在赠科—乡城矿带、昌宁—孟连矿带以及弥渡等矿床(图4)。

块状矿床通常由块状、条带状—细层状、角砾状矿石组成。矿物成分包括黄铁矿和数量不等的黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、磁黄铁矿等硫化物以及与其共生的重晶石、石英、菱铁矿、方解石、磁铁矿、赤铁矿和含水、蚀变矿物。条带—细层状、块状矿石最为常见,其中条带与火山岩层理相一致,反映了原生喷气沉积的特点。角砾状矿石有两种类型:一种可能是先期形成的火山碎屑岩或矿层受后期火山喷气或喷发作用改造成为角砾,并基本上在原地由喷气产生的硫化物等胶结成为角砾状矿石,在许多矿床中都很常见;另一种是先期形成的火山岩层和块状矿层受因破火山机构的活化而诱发的滑塌堆积作用所改造,从而形成了含不等量的硫化物块体和碎屑非常见粒序层理的各种不同粒度的滑塌堆积岩或矿石,这类矿石在老

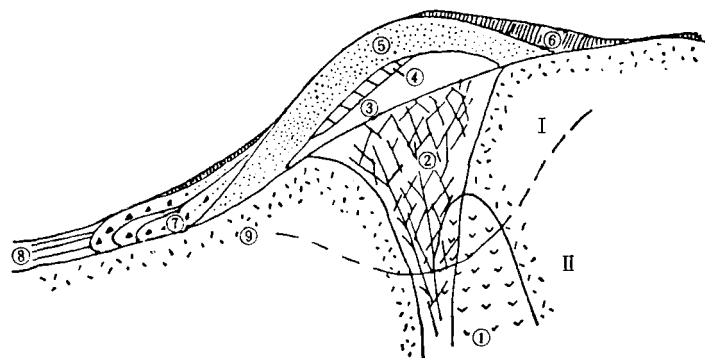


图4 老厂矿床理想结构图

①—浅成岩体；②—网脉状矿化带；③—黄矿（以黄铁矿为主）；④—黄矿（以黄铁矿+黄铜矿为特征）；⑤—黑矿（方铅矿+闪锌矿+黄铜矿）；⑥—硫化物硅质页岩；⑦—滑塌堆积矿体；⑧—细碎屑冲刷沉积矿（体）；⑨—角砾-凝灰岩；I—硅化-绢云母化带；II—矽卡岩化带

Fig. 4 Ideal construction of the Laochang ore deposit.

①—Hypabyssal intrusive; ②—Stockwork mineralization zone; ③—Yellow ore (mainly pyrite); ④—Yellow ore (characterized by pyrite + chalcopyrite); ⑤—Black ore (galena + sphalerite + chalcopyrite); ⑥—Sulfidic siliceous shale; ⑦—Slump cumulated ore body; ⑧—Washed-sedimentary fine debris ore body; ⑨—Breccia tuff; I—Silicified-sericitized zone; II—Skarnized zone.

厂矿床很常见^①。

网脉状矿体或矿化带往往与上覆的块状矿层相连。该带矿石常为脉状、网脉状或浸染状构造。主要硫化物为黄铁矿、黄铜矿及少量方铅矿、闪锌矿、毒砂等，与其共生的矿物主要包括多种蚀变矿物（表1）。

总之，具有同生沉积特征的块状矿体和具有热液交代特征的网脉带构成了“三江”地区VMS矿床的整体。其中，网脉带可能是火山喷气作用的热液通道，构成层状矿体形成过程的矿液补给带^[13]。

4. 分带特征：正如世界绝大多数VMS矿床^[13]，“三江”地区该类矿床在矿体形态、矿石结构构造、矿物组合和矿床地球化学等诸方面都显示了明显的分带现象。然而，不同区域的不同矿床其分带特征不尽相同。在呷村，矿床自下而上依次出现网脉状黄铁矿化带→网脉状黑矿（主要为Pb、Zn硫化物）→含重晶石、硅质和流纹质角砾的多金属硫化物矿→块状黄铁矿→块状似黑矿→块状黑矿→重晶石矿，黄铜矿主要见于矿床的下部。呷衣穷矿床与此大致相同，差异之处在于块状矿层上部为菱铁矿层。但在老厂（图4），矿床的垂向分带自下而上为网脉矿（以Cu、Fe硫化物为主）→“黄矿”（以Fe、Cu硫化物为主）→“黑矿”（以Pb、Zn硫化物为主），在块状矿层顶部没有重晶石或菱铁矿层，而是含雄黄、雌黄矿化的硫化物、硅质凝灰岩层。

尽管如此，较为一致的矿床分带特征是含铜硫化物主要见于下部，铅锌矿化主要见于矿床上部。这与VMS矿床的一般特征一致^[8]。

5. 蚀变作用：在“三江”地区主要VMS矿床中，蚀变作用主要发生于块状矿层之下的网脉带中。蚀变矿物的组合及其分带型式多种多样，在不同矿床中各不相同（如表1）。在蚀变过程中化学变化上，一般上部为Si、K交代，下部为Ca、Mg、Fe等交代。

（二）主要成因类型

尽管关于VMS矿床的分类繁多，目前为较多人所采纳的方案是根据矿床化学成分或矿床形成的构造环境、容矿火山岩来划分的。然而无论何种方案都还不能完全包括所有的VMS矿床，而只不过是其中的几种主要类型。

根据主要成矿元素Cu、Pb、Zn的相对比例，块状硫化物矿床可以分为三类，即Cu-Zn型、Zn-Pb-Cu型和Pb-Zn型^[8]。绝大多数的火山成因块状硫化物矿床为Zn-Pb-Cu和Cu-Zn型^[13]；而Pb-Zn型则为产于

① 杨开辉、莫宣学，1990，云南澜沧老厂火山成因块状硫化物铅锌铜矿床的基本特征与成因类型（印刷中）

沉积岩系中的块状硫化物矿床 (Sediment-hosted Massive Sulfide Deposit, 简称 SMS 矿床)^[8]。据此 (图 5), 赠科—乡城矿带中矿床 (点) 具有 $Zn > Pb > Cu$ 的特点, 显然属于 Zn-Pb-Cu 型。铜厂街、三达山等

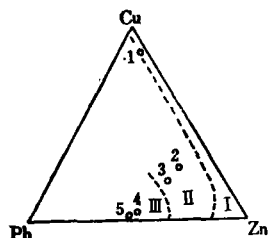


图 5 “三江”地区典型 VMS 矿床 Cu-Pb-Zn 图解

(根据 Franklin et al., 1981^[8] 和 Franklin, 1986^[9]修改)

I—Cu-Zn 组; II—Zn-Pb-Cu 组; III—Pb-Zn (Cu) 组; 1—铜厂街; 2—呷衣穷; 3—呷村; 4—老厂; 5—包德温 (缅甸)

Fig. 5 Cu-Pb-Zn diagram of typical VMS deposits in Sanjiang region.

I—Cu-Zn group; II—Zn-Pb-Cu group; III—Pb-Zn(Cu) group; 1—Tongchangjie; 2—Gayiqiong; 3—Gacun; 4—Laochang; 5—Bawdwin (Burma).

矿床以铜矿化为主, 应属于 Cu-Zn 型。然而, 老厂、弥渡和包德温矿床以相对富铅为特征, 即 $Pb > Zn > Cu$, 不属于上述两种主要的 VMS 矿床类型, 其成分点投入 Pb-Zn 组区域内。看来, 这些矿床可能属于一种新的类型, 即 Pb-Zn-Cu 型^[25]。

从构造环境、容矿火山岩的角度, 可以辨认三种 VMS 矿床的主要类型, 即黑矿型、别子型和塞浦路斯型^[19, 20]。黑矿型矿床形成于岛弧环境, 赋存于弧间裂谷阶段形成的“双峰”式火山岩组合中的酸性火山碎屑岩系中, 以 $Zn > Pb > Cu$ 为特点^[16, 21]。别子型矿床以 Cu、Zn 成矿为主, 产于弧后或大陆裂谷区形成的拉斑玄武质火山-沉积岩系中^[8, 22]。塞浦路斯型通常以 $Cu > Zn$ 为成矿特点, 产于弧后或洋中脊环境, 与组成蛇绿岩套的低钾拉斑玄武质火山岩系有关^[19]。

在赠科—乡城矿带, 典型矿床如呷村、呷依穷 (如表 1), 具备黑矿型的基本特点。研究表明^①, 该矿带在区域地质特征和演化历史上可与日本黑矿带进行系统的对比, 是一个在我国较典型的黑矿型 VMS 成矿带。尽管如此, 它们之间存在着一些明显差异。例如, 在呷村、呷依穷矿床中, 未出现在黑矿中很特征的石膏、硬石膏层^[7], 取而代之的是重晶石层或菱铁矿层; 矿层顶板岩系没有明显的蚀变现象, 也不同于黑矿。与此相应的成矿溶液特征及成矿条件也存在差异。在呷村矿床, 由矿物包裹体所反映的成矿流体的盐度 (表 1) 明显高于日本黑矿 (5—6% NaCl)^[17], $\delta^{18}O$ 值亦较高, δD 的负值较大 (日本黑矿, $\delta D - 26 - -18\%$; $\delta^{18}O - 1.6 - -0.3\%$ ^[17]); 硫化物的 $\delta^{34}S_{\Sigma}$ 值接近于零, 明显低于日本黑矿 ($\delta^{34}S_{\Sigma} 20\%$ ^[17])。这些特征反映呷村矿床的成矿流体主要来源于岩浆水, 而黑矿被认为主要是下渗的海水组成了成矿溶液^[17]。

在昌宁—孟连矿带, 形成于裂谷早期的老厂 VMS 矿床以其相对富铅、缺少硫酸盐、铁氧化物, 和由上部石英、绢云母带与下部阳起石、透辉石、透闪石带构成的蚀变分带型式, 以及矿床产出的裂谷环境, 中基性容矿火山岩成分为特征, 显然不同于黑矿型、别子型或塞浦路斯型, 而是 VMS 矿床的一种新的类型——老厂型^[25]。矿物包裹体成分 (表 1) 显示老厂矿床的成矿溶液具有岩浆水和海水混合的特点; 铅同位素反映了其来源为地幔熔融产生的岩浆体系与地壳浅部的基底岩系; 成矿作用明显地继承了保山—掸邦微陆块所具有的富集 Pb、Zn 的基底地球化学特点^②。与此不同, 形成于裂谷晚期的铜厂街矿床在特征 (表 1) 上接近于别子型矿床。它以 Cu、Zn 矿化为特征, 成矿物质似乎主要来源于基性火山岩系或基性岩浆体系, 而与保山—掸邦微陆块的基底关系不大^②。可见, 昌宁—孟连矿带是一个在大陆裂谷作用 (陆壳减薄, 洋壳新生) 过程形成的由不同类型组成的 VMS 成矿带, 它具有较强的区域性、典型性意义。

上述特征与主要类型仅是对现有研究成果的初步总结, “三江”地区还存在着许多 VMS 矿床, 随着研究的深入, 很可能确认出更多类型的 VMS 矿床和矿带。

本文研究得到七五地矿部重点攻关项目 86010-2 课题“三江重要火山岩系及成矿关系”的资助。四川地矿局、云南地矿局和西南有色地质勘探等单位对作者的工作给予了大力支持。池际尚、宋叔和、路凤香、邓晋福等教授对作者的工作提出了宝贵的指导意见, 谨此一并谢忱。

① 侯增谦、莫宣学, 1990, 义敦岛弧的形成演化及其对“三江”地区块状硫化物矿床的控制作用 (待刊)

② 杨开辉, 1990, 滇西三江地区晚古生代火山岩系与块状硫化物矿床研究 (博士论文)

参 考 文 献

- [1] 宋叔和 1954 祁连山一带黄铁矿型铜矿的特征及其成矿规律 地质学报 第32卷 第1期
- [2] 谢家荣 1956 火山及火山沉积作用在中国几种矿床中的意义 地质学报 第36卷 第4期
- [3] 段克勤 1983 川西岷村多金属矿床的地质特征 青藏高原地质文集13(增刊) 第97—106页
- [4] 李永森等 1987 怒江—澜沧江—金沙江地区重要成矿特征及分布规律 地质出版社
- [5] Brettkopf, J. H. and Maiden, K. J., 1988, Tectonic setting of the Matchless Belt pyritic copper deposits, Namibia. *Econ. Geol.* Vol. 83, No. 4, p. 710—723.
- [6] Brinckmann, J. and Hinze, C., 1981, On the geology of the Bawdwin lead-zinc mine, northern Shan State, Burma. *Geol. Jahrb.*, Hanover, D43, p. 7—45.
- [7] Elridge, C. S., Barton Jr, P. B. and Ohmoto, H., 1983, Mineral textures and their bearing on formation of Kuroko orebodies. In: H. Ohmoto and B. J. Skinner(ed.), *The Kuroko and related volcanogenic massive sulfide deposits*. *Econ. Geol.*, Mon. 5, p. 241—281.
- [8] Franklin, J. M., Lydon, J. W. and Sangster, D. F., 1981, Volcanic-associated massive sulfide deposits. *Econ. Geol.* 75th Ann. Vol., p. 485—627.
- [9] Franklin, J. M., 1986, Volcanic-associated massive sulfide deposits—an update. In: C. J. Andrew, R. W. A. Crowe, S. Finlay, W. M. Pennell and J. F. Pyne(ed.), *Geology and Genesis of Mineral Deposits in Ireland*, p. 49—69.
- [10] Hou, Zengqian and Mo, Xuanxue, 1990, Kuroko-type volcanogenic massive sulfide deposits and Yidun island-arc in Sanjiang Area, Southwestern China. Program with Abstracts, 8th IAGOD Symposium, p. A40. (Ottawa, Canada, Aug. 1990)
- [11] Kirkham, R. V. and Thurlow, J. G., 1987, Evaluation of a resurgent caldera and aspects of ore deposition and deformation at Buchans. In: R. V. Kirkham(ed.), *Buchans Geology*, Newfoundland, Geological Survey of Canada, Paper 86-24, p. 177—194.
- [12] Knight, C. L., 1957, Ore genesis—the source bed concept. *Econ. Geol.*, Vol. 52, No. 4, p. 808—818.
- [13] Lydon, J. W., 1984, Volcanogenic massive sulfide deposits. Part 1: a descriptive model. *Geosci. Can.*, Vol. 11, No. 1, p. 195—202.
- [14] Lydon, J. W., 1983, Ore deposit models 14, Volcanogenic massive sulfide deposits. Part 2: Genetic models. *Geosci. Can.*, Vol. 15, No. 1, p. 43—66.
- [15] Mo, Xuanxue and Hou, Zengqian, 1988, Characteristics and volcano-tectonic setting of Kuroko-type massive sulfide deposits in Sanjiang Region, Southwestern China. In: R. V. Kirkham(ed.), *DMP Workshop*, Taiyuan, China, p. 457—458.
- [16] Ohmoto, H., 1983, Geologic setting of Kuroko deposits, Japan. Part 1, geologic history of the Green Tuff Region. In: H. Ohmoto and B. J. Skinner(ed.), *The Kuroko and Related Volcanogenic Massive Sulfide Deposits*. *Econ. Geol.*, Mon. 5, p. 9—24.
- [17] Pisutha-Arnond, V. and Ohmoto, H., 1983, Thermal history, and chemical and isotopic compositions of the ore-forming fluids responsible for the Kuroko massive sulfide deposits in the Hokuroku district of Japan. In: H. Ohmoto and B. J. Skinner(ed.), *The Kuroko and Related Volcanogenic Massive Sulfide Deposits*. *Econ. Geol.*, Mon. 5, p. 523—558.
- [18] Sangster, D. F. and Scott, S. D., 1976, Precambrian strata-bound massive Cu-Zn-Pb sulfide ores of North America. In: K. H. Wolf(ed.), *Handbook of Strata-bound and Stratiform Ore Deposits*, Vol. 6, p. 129—222.
- [19] Sawkins, F. J., 1976, Massive sulfide deposits in relation to geotectonics. In: D. F. Strong(ed.), *Metallogeny and Plate Tectonics*. Geological Association of Canada, Special paper 14, p. 221—240.
- [20] Sawkins, F. J., 1984, *Metal Deposits in Relation to Plate Tectonics*. Springer-Verlag.
- [21] Sawkins, F. J., 1986, Some thoughts in the genesis of Kuroko-type deposits. In: R. W. Nesbitt and I. Nichol(ed.), *Geology in the Real World—the Kingsley Dunham Volume*. *Inst. Mining Metal.*, p. 387—394.

- [22] Scott, S. D, Edmond, J. and Lonsdale, P. , 1983, Modern analogue of a Besshi-type massive sulfide deposit to the sea floor, Guaymas Basin, Gulf of California(abstr.). Am. Inst. Min. Eng. Mig. Atlanta. Progr. , p. 84.
- [23] Yang, Kaihui and Mo, Xuanxue, 1990, A large paleozoic massive Pb-Zn-Cu sulfide deposit; the Laochang Mine, Yunnan, Southwest China. Program with Abstracts, 8th IAGOD Symposium, p. A40. (Ottawa, Canada, Aug. 1990).
- [24] Yang, Kaihui and Mo, Xuanxue, 1990, Geology and mineralogy of the Tongchangjie massive copper-zinc sulfide deposit, Yunnan, Southwest China. Program with Abstracts, 8th IAGOD Symposium, p. A41. (Ottawa, Canada, Aug. 1990).
- [25] Yang, Kaihui and Mo, Xuanxue, 1991, Characteristics of the Laochang volcanogenic massive sulfide deposit, Yunnan, Southwestern China. *Mining and Exploration Geology*(in Press).

VOLCANOGENIC MASSIVE SULFIDE DEPOSITS IN SANJIANG REGION, SOUTHWEST CHINA: GEOLOGICAL FEATURES AND MAIN TYPES

Yang Kaihui

(Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing)

Hou Zengqian

(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing)

Mo Xuanxue

(China University of Geosciences, Beijing)

Abstract

Volcanogenic massive sulfide(VMS)deposits and occurrences so far discovered in Sanjiang region, Southwest China, are noted to be distributed mainly in the Zengke-Xiangcheng and the Changning-Menglian metallogenic belt. Ore deposits occurring within the Zengke-Xiangcheng belt are associated particularly with the uppermost Triassic felsic volcanic series which constitutes a component part of the bimodal volcanic suite formed during the Yidun interarc rifting. They are characterized compositionally by $Zn > Pb > Cu$ and are comparable with Kuroko type VMS deposits, although fluid inclusions and H, O, S, Pb isotopic compositions of the representative deposits such as Gacun and Gayiqiong suggest an ore-forming fluid more akin to magmatic genesis. Two types of VMS deposits have been recognized in the Changning-Menglian belt, which were associated with different stages of rifting along the margin of the Baoshan-Shan State continental microplate. The Laochang type deposits, represented by Laochang ore district, are typically $Pb > Zn > Cu$ in composition and are contained in the Upper Paleozoic alkaline basaltic-andesitic

(下转第64页 to be continued on p.64)

deposits. During the geochemical study of metallogenic regularity for east Qinling and neighboring areas, the author combined the isotope tracer function with provenances and physicochemical conditions of various tectonic environments and connected several isotope tracer functions such as lead, sulfur, hydrogen and oxygen together. In this way, much light has been thrown on the rock-forming and ore-forming mechanism in the process of the evolution of the regional crust (lithosphere) in east Qinling and neighboring areas.

XX
(上接第44页 Continued from p.44)

sequence formed in the initial Changning-Menglian rift basin, where the basement of Baoshan-Stan Shale microplate might have served as an important source for ore constituents, especially Pb and Zn. The Besshi type deposits such as Tongchangjie, noted for $Cu > Zn$, occur in the Upper Paleozoic tholeiitic volcanic rocks which were formed in an advanced Changning-Menglian rift basin, where metals were partially supplied by selective leaching from the newly-formed oceanic crust. It is evident that the VMS deposits in Sanjiang region generally occur in groups in subbasins near volcanic centers and were formed during the extensional period of the volcanic arc or continental rift.

<http://www.kc12.com/>