

## 江西银山多金属矿床的矿化分带

郝正平

(黑龙江省地质科学研究所)

**内容提要:** 银山多金属矿床与燕山早期的浅成火山作用有成因联系。金属矿化作用包括二个成矿期和五个成矿阶段。矿化的空间分布特征是不同时期形成的两个中心式矿化分带叠加的结果。主要的第I期矿化奠定了分带的基础,第II期次要矿化使之复杂化,成矿后的剥蚀差异亦对原生分带的格局造成影响。矿化分带特征反映在主要成矿元素、伴生元素、挥发组分、矿石和矿体特征、围岩蚀变及硫同位素组成的空间变化上。根据对成矿作用演化过程和矿化分带规律的研究,在银山矿区及其外围指出了进一步找矿的有望地段。

**关键词:** 多金属矿床 成矿作用演化 矿化分带 江西银山

江西省的银山矿发现于隋朝大业年间。远在公元627年,古人就从该地的铅锌矿石中提炼银,遂以“银山”著称。该矿地质特征十分引人注目。它位于德兴斑岩铜矿与乐华铅锌矿的中间位置,三者构成统一的区域矿化分带格局。矿区内的火山活动和相应的成矿作用都具有多阶段演化特点,并表现出复杂而有规律的分带现象。对该矿床的地质和地球化学研究,为认识火山成矿作用演化特征及其原生矿化分带规律提供了丰富的资料,据此可以在矿区及其外围确定进一步找矿的有望地段。

## 一、矿区地质概况

银山矿区划分为六个成矿阶段,由北东向南西依次为北山区、九区、铜区、银区和西山区、南山区(图1),其中的银区进一步分为银区北段和银区南段。

主要由绢云母千枚岩类组成的元古界双桥山群在矿区广泛分布,其上不整合覆盖有侏罗系火山岩。

矿区出露几十个大小不等的燕山早期次火山岩体,出露面积一般为 $0.01-0.1\text{km}^2$ ,主要呈岩墙、岩瘤和小岩株产出。据笔者研究,矿区燕山早期火山活动分两个旋回。两

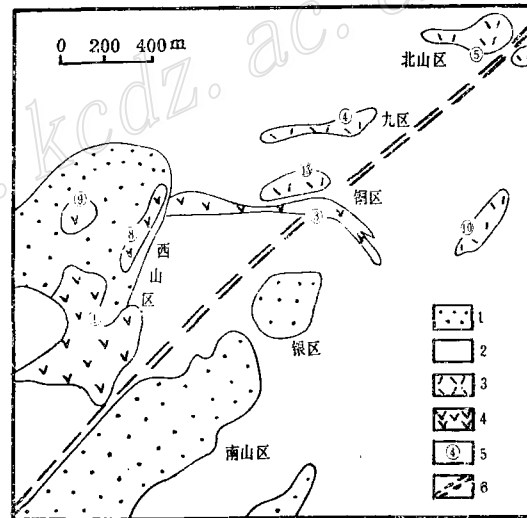


图1 银山矿区地质略图

(据银山铅锌矿资料修编)

1—侏罗系火山岩; 2—元古界双桥山群千枚岩类; 3—流纹英安斑岩; 4—英安斑岩; 5—次火山岩体编号; 6—银山断裂

Fig. 1. Schematic geological map of the Yinshan ore district.

1—Jurassic volcanic rocks; 2—Phyllite of Proterozoic Shuangqiaoshan Group; 3—Rhyodacite porphyry; 4—Dacite porphyry; 5—Serial number of subvolcanic body; 6—Yinshan fault.

个旋回岩石特征的对比(表1)表明,形成第I旋回岩石的岩浆受硅铝壳物质混染较强,而第II旋回的岩浆受混染较弱。在铜区-60m中段07线坑道中查明第II旋回的岩石呈脉状侵入于第I旋回的次火山岩体。镜下发现第II旋回岩石中常包含有第I旋回岩石的角砾。第II旋回火山活动发生在成矿以后,本文不予讨论(第II旋回的次火山岩体在图1中也未予标绘)。

与成矿有关的第I旋回火山活动分两个阶段。第1阶段(I-A)主要形成流纹英安斑岩,包括矿区北部的4号、5号、10号、13号等次火山岩体。第2阶段(I-B)主要形成英安斑岩,包括矿区南部的1号、3号、8号、9号等次火山岩体。

表1 银山矿区不同火山旋回岩石特征对比

Table 1. Comparison between rocks of different volcanic cycles in the Yinshan ore district

火山旋回		I	II
岩石形成顺序		流纹英安斑岩—英安斑岩	安山玢岩—英安斑岩—流纹英安斑岩
矿物成分特征		暗色矿物含量<3%;黑云母为主	暗色矿物含量3—7%;角闪石为主
化学成分特征	Cr (ppm)	29.3 (94)	93.4 (13)
	Ni (ppm)	14.3 (94)	26.7 (13)
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /TiO <sub>2</sub>	32.4—52.7 (47)	25.5—34.5 (13)
	稀土元素	较富重稀土;不显示铈异常	较富轻稀土;明显的铈正异常
<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr初始比值		0.7070	0.7043

(锶同位素数据由南京大学地质系杜杨松提供,稀土元素由核工业部240研究所分析,其它由长春地质学院测试中心分析。括号中的数字为样品个数)

I-A阶段的流纹英安斑岩在某些文献资料中被称为石英斑岩。该岩石SiO<sub>2</sub>含量为64.72—66.38%,应属中酸性岩石,并具有典型的次火山岩岩貌,故本文将其实定名为流纹英安斑岩。

矿区主要构造线方向为北东向,由一系列北东向褶皱和断裂组成。北东向的银山断裂与东西向及北西向断裂的交汇部位是次火山岩体定位的场所和矿化集中发育的地段。

矿化面积约5 km<sup>2</sup>。矿体主要为脉状,其次有细脉浸染状和平缓似层状。矿石类型有铜矿石、铅锌矿石、铅矿石、硫矿石以及它们的过渡类型。铜矿石分为以砷黝铜矿、硫砷铜矿为主的铜矿石和以黄铜矿为主的铜矿石;铅锌矿石也可分为富硫盐矿物和贫硫盐矿物的两类。矿石中主要伴生组分为金、银、镓、铟、镉。

与成矿有关的围岩蚀变主要有钾质浅色云母类蚀变(包括绢云母化、白云母化和水白云母化)、硅化、碳酸盐化和绿泥石化等。

## 二、成矿作用演化

根据笔者对该矿床所做的野外地质和矿相学研究以及多元统计分析,可以在全矿区归纳出五种基本矿物组合,它们代表了矿区的五个主要成矿阶段(表2)。

### 1. 砷黝铜矿-硫砷铜矿-黄铁矿组合

该组合是矿区最重要的含铜矿物组合。组合中含少量黄铜矿和闪锌矿等。脉石矿物主要

为石英、绢云母。化学成分上的突出特点是富砷，其次富金、银。该矿物组合主要构成脉状矿体。富砷的含铜矿物组合与 I-A 阶段流纹英安斑岩体有密切关系。它集中分布在 13 号岩体两侧的千枚岩中和岩体内部，少量分布在 4 号岩体接触带附近。I-A 阶段流纹英安斑岩含砷 124—674 ppm，平均 377 ppm；I-B 阶段英安斑岩含砷 75—156 ppm，平均 90 ppm<sup>①</sup>。上述含铜矿物组合与 I-A 阶段次火山岩体在富砷特点上的一致性反映了二者之间的成因联系。

### 2. 闪锌矿-方铅矿-毒砂-硫盐矿物组合

该组合是矿区最重要的铅锌矿物组合，以闪锌矿多于方铅矿并含有大量毒砂和硫盐矿物为特征。闪锌矿多为黑色、黑褐色，含较多黄铜矿固溶体。铅矿物中除方铅矿外含硫锑铅矿、硫砷铅矿、脆硫锑铅矿等硫盐矿物，以及银黝铜矿、辉银矿等银矿物。脉石矿物以石英、菱铁矿为主，绢云母较少。

### 3. 方铅矿-硫盐矿物组合

方铅矿占绝对优势，不少矿体几乎由单一的细粒方铅矿组成。与其共生的有少量闪锌矿、黄铁矿和铜、铅、银、铋的硫盐矿物。脉石矿物为石英、菱铁矿、绿泥石、方解石等。

### 4. 黄铜矿-黄铁矿组合

该组合是矿区次要的铜矿物组合，含少量方铅矿、闪锌矿，砷黝铜矿和硫砷铜矿含量低。矿石中铜品位和金、银含量均低于前述富砷的铜矿物组合。主要构成细脉浸染状矿体，其次构成脉状矿体。脉石矿物有菱铁矿、石英、绢云母等。该矿物组合与 I-B 阶段英安斑岩体有密切关系，主要分布在 3 号、1 号及 8 号岩体与围岩的接触带附近。

### 5. 方铅矿-闪锌矿组合

该组合主要由铅锌硫化物组成，基本不含硫盐矿物。闪锌矿一般呈褐色。脉石矿物有绿泥石、方解石、石髓、重晶石等。该矿物组合分布零星，常以胶结物形式胶结其它矿物组合

表 2 银山矿区燕山早期第 I 旋回火山活动及其成矿作用  
Table 2. The first cycle volcanism of early Yanshanian period and its mineralization in Yinshan ore district

火山阶段	代表岩	成矿期	成矿阶段	矿石矿物组合	矿石化学成分特点	主要脉石矿物
I-A	流纹英安斑岩	I	I-1	砷黝铜矿-硫砷铜矿-黄铁矿	富砷、金、银	石英、绢云母
			I-2	闪锌矿-方铅矿-毒砂-硫盐矿物	富砷、银，Pb/Zn 比值低	石英、菱铁矿
			I-3	方铅矿-硫盐矿物	富砷、锑、银，Pb/Zn 比值高	石英、菱铁矿、方解石、重晶石
I-B	英安斑岩	II	II-1	黄铜矿-黄铁矿	贫砷	石英、菱铁矿、绢云母、绿泥石
			II-2	方铅矿-闪锌矿	贫砷	石髓、绿泥石、方解石、重晶石

① 桂林冶金地质研究所，1976年，银山矿区岩体评价试验小结

构成的矿石角砾。

根据由不同矿物组合构成的矿脉之间的穿插关系、矿物间的交代关系、不同矿物组合的化学成分特征及其与不同阶段次火山岩体的关系,笔者将矿区燕山早期的火山成矿作用划分为二个成矿期、五个成矿阶段(表2)。成矿作用由早期到晚期,矿液中砷、金、银减少,成矿温度降低,大气水和围岩参与成矿的作用增强(后述),矿化强度减弱。

### 三、原生矿化分带

银山矿区的矿化分带现象十分复杂,其主要原因在于它不是一次成矿作用形成的,而是多期、多阶段成矿作用叠加的结果。

矿区的两期矿化都具有铜矿化在内、铅锌矿化在外的中心式分带特点。第Ⅰ期矿化中心是Ⅰ-A阶段火山活动产物13号流纹英安斑岩体,第Ⅱ期矿化中心是Ⅰ-B阶段火山活动产物3号和1号英安斑岩体。显然,由早期到晚期,矿化中心的位置发生了改变。银山矿区的原生矿化分带,是由两期成矿作用形成的两个中心式分带系统沿银山断裂方向由北东向南西发生空间推移和部分重叠造成的。

第Ⅰ期成矿是主要的,其矿化中心在铜区的13号岩体。较次要的第Ⅱ期矿化的中心(3号岩体)也位于铜区。这就使铜区成为全矿区的矿化中心地带,矿区的各种矿化现象都表现出以铜区为中心的分带特点。

矿区存在南北剥蚀差异。矿区北部剥蚀程度较深,火山岩都已被剥蚀掉,次火山岩体均出露地表。矿区南部剥蚀程度较浅,在双桥山群基底之上残留大片火山岩,并存在不少隐伏的次火山岩体。因此,在同一基准面上,矿区北部出露的是较深部形成的矿体,矿区南部出露的是较浅部形成的矿体,二者的矿化特征明显不同。这样,又造成矿区南北方向上矿化特征的非对称性。

综上所述,银山矿区的矿化分带具有叠加性(两期成矿作用叠加)、中心性(以铜区为中心)和非对称性(矿区南北矿化特征不同),这些特点在矿区的一系列矿化分带现象上得以充分体现。

#### (一) 矿物组合与主要成矿元素

不同阶段矿化分布范围不同(图2)。Ⅱ-1阶段铜矿化集中分布在铜区,少量分布于九区。Ⅰ-2阶段铅锌矿化分布于由北山区到南山区的广大范围。Ⅰ-3阶段铅锌矿化集中分布在银区南段。Ⅱ-1阶段铜矿化分布于铜区到西山区南段。Ⅱ-2阶段铅锌矿化在矿区零星分布。

不同阶段成矿作用的叠加,造成铜矿化分布在由九区到西山区南段的一个狭长地带,而铅锌矿化则围绕铜矿化分布。由于铜矿化和铅锌矿化都不是一次成矿作用形成,因此铜矿带及铅锌矿带本身又各自表现出分带现象。

第Ⅰ期以硫酸盐矿物为主的铜矿化集中分布于铜区13号岩体附近,第Ⅱ期以黄铜矿为主的铜矿化分布在由铜区到西山区的范围,显示出成矿作用从早期到晚期由北东向南西方向发展。

由于两期铜矿化在铜区叠加,而西山区只发生了第Ⅱ期以黄铜矿为主的铜矿化,因此由铜区到西山区,铜的硫酸盐矿物与黄铜矿的比例明显减小,造成铜矿化带中砷含量由北东向南

西方向显著降低的趋势(表3)。

表3中铜区的砷含量是两期铜矿化叠加的结果。铜区13号岩体及两侧围岩中的脉状铜矿体是第I成矿期的产物,3号岩体南北接触带的细脉浸染状铜矿体是第II成矿期的产物。这两类矿石中硫酸盐矿物与黄铜矿的比例明显不同(表4)。

在笔者根据银山铅锌矿提供的几千个矿石化学分析数据编绘的Pb/Zn比值等值线图(图2)上,在银区南段有一个Pb/Zn比值大于5.0的高值区,它与I-3阶段铅矿化的范围完全吻合。除这个异常地段外,矿区铅锌矿石的Pb/Zn比值由北东向南西有规律增高,由北山区到南山区,Pb/Zn比值由小于0.5变到大于1.0。考虑到矿区南北剥蚀差异的影响,上述现象应是铅锌矿体的Pb/Zn比值的垂直变化反应。即矿区北部出露的是较深部形成的矿体,Pb/Zn比值较高;矿区南部出露的是较浅部形成的矿体,Pb/Zn比值较低。矿区内同一矿脉Pb/Zn比值随深度的变化证实了上述推断。由表5可见,同一矿

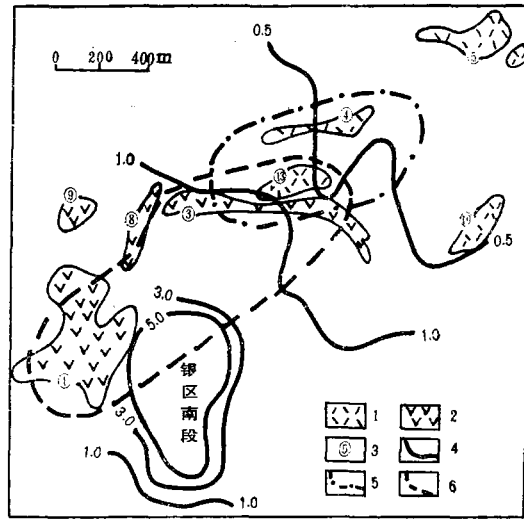


图2 银山矿区铜矿化分布范围与Pb/Zn比值分带图

1-3同图1; 4-Pb/Zn等值线; 5-第I期铜矿化范围; 6-第II期铜矿化范围

Fig. 2. Distribution of copper metallization and Pb/Zn contour in the Yinshan ore district.

1-3 as for Fig. 1; 4-Pb/Zn contour line; 5-Limits of Stage-I copper metallization; 6-Limits of Stage-II copper metallization.

表3 铜区与西山区铜、砷含量对比

Table 3. Comparison of copper and arsenic contents between Tong area and Xishan area

区 段	平均品位	Cu (%)	As (%)	Cu/As
铜 区		0.83	0.20	4.0
西 山 区		0.79	0.06	13.6

(据江西冶金地质一队资料编)

表4 铜区不同类型矿石矿物含量(%)对比

Table 4. Comparison of mineral constituents (in percentage) between different types of ore

矿石类型	矿物含量	矿物					
		黄铁矿	黄铜矿	硫砷铜矿	砷黝铜矿	闪锌矿	方铅矿
脉状矿石		31	1.1	0.4	0.9	0.6	0.05
细脉浸染状矿石		18	1.1	0.3	0.3	0.4	0.05

(据江西冶金地质一队矿石可选性试验统计的矿物含量)

脉的Pb/Zn比值随深度加大而降低,在垂直方向上200多米距离内Pb/Zn比值的变化,大约相当于由北山区到南山区(水平距离约5km)Pb/Zn比值所发生的变化。据此可以估算,银山矿区南北两侧剥蚀深度存在几百米的差异。

表 5 银区铅锌矿脉Pb/Zn比值变化  
Table 5. Variation in Pb/Zn ratio of some lead-zinc ore veins in Yin area

中段	脉号	4-1	5-8	5-10
100m			1.14	2.05
50m		1.44	1.02	1.51
-5m		1.12	0.59	1.12
-60m		0.55	0.22	1.24
-105m		0.50		0.85
-150m				0.70

(据银山铅锌矿地测科资料编)

低而银增高(图3)。各区段中以银区矿石含银最高,这是由于I-3阶段铅矿化集中发育在银区南段而造成的,银主要富集在铅矿物中。

镓、铟、镉是矿区铅锌矿石的主要伴生元素。镓呈类质同象置换锌的能力不如铟、镉,而置换铝的能力却很强。因而在热液成矿作用中,铟与镉随矿液迁移较远,而镓趋于在热液活动中心附近固定在含铝的造岩矿物中。与镓、铟相比,镉一般在低温闪锌矿中比较富集。这样就造成由矿化中心向边缘,In/Ga比值和镉的含量都呈现增高的趋势。图4清楚地表现出这一特点,并反映出铜区是矿化中心。

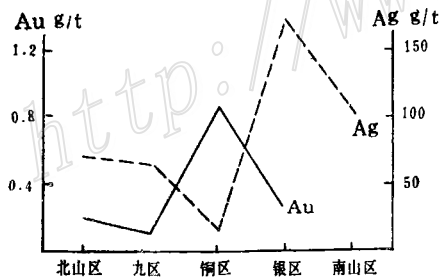


图 3 银山矿区金、银含量变化

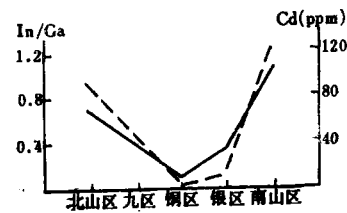
(据银山铅锌矿地测科资料编)

Fig. 3. Variations in gold and silver contents of the Yinshan ore district.

图 4 银山矿区 In/Ga 比值与镉含量变化

(铟、镓资料由银山铅锌矿地测科提供,镉由长春地质学院测试中心用等离子体法分析)

Fig. 4. Variations in In/Ga ratio and cadmium content of the Yinshan ore district.



### (三) 挥发组分

在水岩反应中,氯存在于溶液中的趋势高于氟。氟离子半径(13.3—13.6 nm)接近于OH<sup>-</sup>(13.3 nm),而氯离子半径(18.1 nm)与OH<sup>-</sup>差别很大。因此在热液成矿作用中,

氟易于置换含水矿物中的  $\text{OH}^-$  固定在岩石中，而氯则趋向存留在溶液中，并随之自中心向外迁移，由此造成热液活动中心比边缘地带具有较高的  $\text{F}^-/\text{Cl}^-$  比值。

对比各区段的  $\text{F}^-/\text{Cl}^-$  比值，围岩（千枚岩）中以铜区千枚岩最高（图5），次火山岩体中以铜区的13号岩体最高（图6），表明铜区特别是13号岩体具有热液活动中心的特点。

野外工作查明，铜区黄铁矿化最强，向南北两侧减弱。而碳酸盐化最弱，向两侧增强。由铜区（及13号岩体）向南北两侧围岩及次火山岩中的  $\text{SO}_3$  降低，而  $\text{CO}_2$  增高的趋势（图5、6）反映了上述特点。

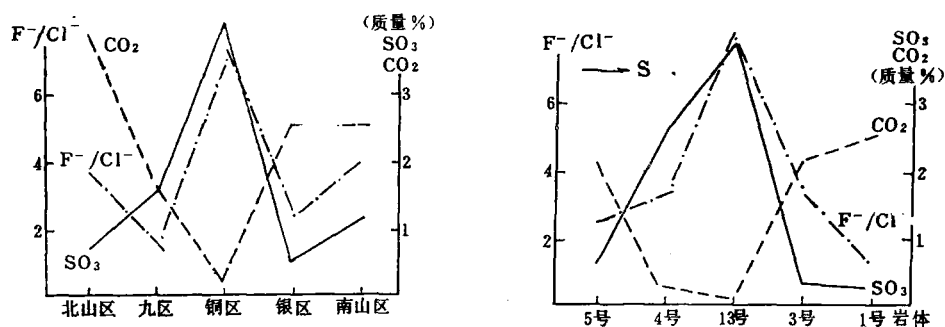


图5 银山矿区围岩中挥发组分变化（左图）

（据中国地质科学院矿床地质研究所叶庆同提供的数据编绘）

Fig. 5. Variation in volatiles of country rocks in the Yinshan ore district (left).

图6 银山矿区次火山岩挥发组分变化（右图）

（据叶庆同提供的数据编绘）

Fig. 6. Variation in volatiles of subvolcanic rocks in the Yinshan ore district (right).

#### （四）矿体特征

##### 1. 铜矿体

铜区13号岩体及两侧围岩中富砷的铜矿体（I-1阶段形成）主要为脉状，3号岩体接触带附近的贫砷的铜矿体（II-1阶段形成）为细脉浸染状。

在铜矿体埋藏深度（矿体顶端的海拔标高）等值线图（图7）上可以看出，矿区由北向南，铜矿体埋深增大，这与矿区南北的差异升降运动及相应的剥蚀深度不同有直接关系。图7还反映出，铜区的铜矿体埋藏等深线围绕13号岩体分布而被3号岩体切割。这进一步支持了主要一期铜矿化与13号岩体有关的认识，而迄今为止广为流行的银山矿区铜、铅、锌矿化主要与3号岩体有关的说法值得商榷。

##### 2. 铅锌矿体

对比各区段五条最大的矿脉，由北向南矿脉规模逐渐变小（表6），但数量显著增多。

北山区和九区主要出露大脉状矿体，向南到银区为较小的脉状矿体，再向南到南山区，主要见平缓似层状矿体，铅锌矿体形态和规模的变化与  $\text{Pb}/\text{Zn}$  比值南北方向上的变化一样，也是铅锌矿化垂直分带的反映。成矿时形成的铅锌矿体的形态与规模，由深向浅有如下变化规律：大脉状→小脉状→平缓似层状。其中，脉状矿体产于千枚岩中，平缓似层状矿体产于千枚岩与上覆的侏罗系火山岩的不整合面附近，也有产于火山岩中的。由于后来剥蚀差异的

表 6 银山矿区主要铅锌矿脉规模对比

Table 6. Comparison of sizes between major lead-zinc ore veins in the Yinshan ore district

	区 段	矿 带 号	矿 脉 数	平均长度 (m)	平均厚度 (m)
北 ↓ 南	北 山 区	10	5	808.0	2.30
	九 区	9	5	760.0	2.63
	银区(北)	5	5	379.8	1.90
	银区(南)	4	5	204.0	1.51
	南 山 区	3	5	128.0	1.38

(据银山铅锌矿地测科资料编)

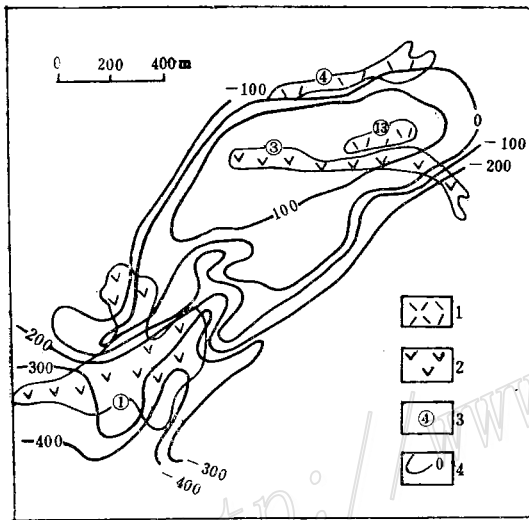


图 7 银山矿区铜矿体埋藏等深线图

(据江西冶金地质一队、银山铅锌矿地测科的钻孔、坑道资料编绘)

1—3同图1; 4—铜矿体埋藏等深线 (m)

Fig. 7. Contour map showing buried depths of copper orebodies in the Yinshan ore district. 1—3 as for Fig. 1; 4—Contour line of buried copper orebody.

影响,不同深度形成的矿体(形态、规模和Pb/Zn比值不同)出露地表,造成水平分带的表象。

上述认识可以得到矿区勘探资料的证实。北山区不少大脉状矿体向深部明显变薄或尖灭。银区的脉状矿体之上局部还残留有平缓似层状矿体。在南山区大量的平缓似层状矿体的下方,局部见小脉状和网脉状铅锌矿化。

显然,所确立的铅锌矿化垂直分带模式对于指导矿区勘探会有帮助。

#### (五) 硫同位素

对114个硫同位素分析数据(其中有笔者的18个数据、地质科学院矿床所叶庆同提供的20个数据和江西冶金地质一队提供的76个数据)的分析研究,发现矿区硫同位素组成存在规律性的分带变化。

温度较高的热水溶液中,在各种含硫分子或离子中以 $H_2S$ 和 $SO_2$ 占优势(H·Ohmoto, 1979),溶液中存在下列平衡:  $H_2S + 2H_2O \rightleftharpoons SO_2 + 3H_2$ ,  $H_2S$ 相对于 $SO_2$ 富集 $^{32}S$ 。在高氧化势条件下,上述平衡向生成 $SO_2$ 的方向移动。由于存在同位素交换反应( $H_2^{34}S + ^{32}SO_2 \rightleftharpoons H_2^{32}S + ^{34}SO_2$ ),  $H_2S$ 氧化为 $SO_2$ 后,较原先的 $H_2S$ 富集 $^{34}S$ ,从而使未被氧化的 $H_2S$ 更加富集 $^{32}S$ 。由于沉淀硫化物的硫来自 $H_2S$ 中,因此,在高氧化势条件下沉淀出的硫化物富 $^{32}S$ 。

与矿区北部相比,矿区南部的矿体是在浅部较氧化条件下形成的。可以预料,矿区南部矿体中的硫化物应当较富集 $^{32}S$ 。各区段硫同位素组成的平均值确实表现了这一特点。由图8可以看出,矿区由北向南 $\delta^{34}S$ 值显示降低的趋势。



图8所反映的另一个特点很值得注意： $\delta^{34}\text{S}$ 值由铜区向南北两侧增高。笔者认为，铜区做为矿化中心的地位，是由该处有多组断裂交汇和多阶段次火山岩体发育所决定的。在其成为矿化中心之前，已做为构造中心和热源中心而存在。在这样的中心地带，富氧的大气水可以循环到较深部位，提高了该处岩石的氧化程度，从而造成该处形成的硫化物具有较低的 $\delta^{34}\text{S}$ 值。

为此研究了各区段岩石的氧化程度，发现无论是围岩还是次火山岩，都以铜区的氧化程度最高（图9），这就有力地支持了上述认识。

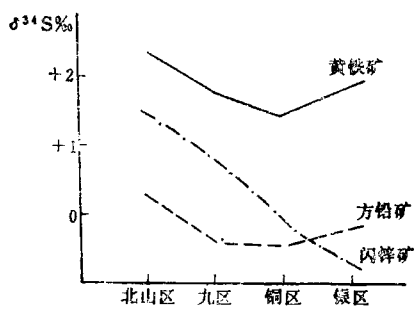


图8 银山矿区硫同位素组成变化

Fig. 8. Variation in sulfur isotope composition of the Yinshan ore district.

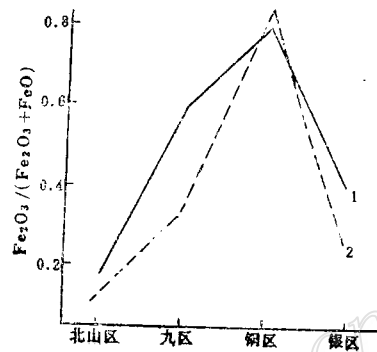


图9 银山矿区岩石的氧化程度变化

1—流纹英安斑岩；2—千枚岩

Fig. 9. Variation in oxidation extent of rocks in the Yinshan ore district.

1—Rhyodacite porphyry; 2—Phyllite.

综上所述，银山矿区硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 值以铜区为中心向两侧增高，并且北部高于南部。矿区北部不同硫化物之间 $\delta^{34}\text{S}$ 值差别较小，而矿区南部的差别较大，反映矿区南部出露的矿体形成温度较低。上述硫同位素组成的变化特征与根据地质研究所确定的银山矿区的矿化分带同时表现出中心性和南北非对称性的认识完全符合。

#### (六) 围岩蚀变

铜区以强烈的石英化、绢云母化（及白云母化）和黄铁矿化为特征，向矿区边部，上述蚀变减弱，而碳酸盐化增强。白云母化只见于铜区13号岩体附近，其它成矿区段均未发现。

矿区南北两侧蚀变特点不同。矿区北部菱铁矿化强烈发育，石英化也较强。矿区南部除菱铁矿化外，绿泥石化较强，并出现低温硅化、方解石化、重晶石化等，反映矿区南部成矿深度较浅，成矿温度较低。

以上用大量资料讨论了银山矿区的矿化分带特点，所查明的矿化分带规律可为矿区勘探新的矿体提供帮助。

根据本文对各期矿化与不同阶段火山活动关系的研究，I-1阶段富砷的铜矿化与第I-A阶段火山活动有成因联系。该阶段矿化分布在铜区以北，目前仅在13号岩体附近查明了一批铜矿体。矿区北部还有几个与之相同的次火山岩体，在其中的4号岩体已发现了以硫酸盐矿物

为主的铜矿脉。对这些岩体进一步开展工作,有希望发现新的铜矿体。

II-1阶段贫砷的铜矿体与I-B阶段火山活动有成因联系。该阶段矿化分布在铜区以南,目前仅在3号及1号岩体附近查明有工业铜矿体。在两岩体之间有一个为第四系沉积物及矿山选矿厂所掩盖的狭长地带,四周为3号、1、号8号和南山区未编号的英安斑岩体所环绕,并且其周围都发现了铜矿化,在这些掩盖物的下部,非常可能存在贫砷的铜矿体。在1号岩体南侧还断续出现英安斑岩露头,存在铜的原生地球化学异常和时代不明的古炼渣,有必要进一步开展工作,以期发现新的铜矿体。

根据本文确认的矿区铅锌矿化的南北分带现象是垂直分带的反映,以及铅锌矿体自下而上为大脉状→小脉状→平缓似层状的垂直分带模式,完全可以根据北山区及九区地表出露的矿化情况,预测银区及南山区的深部矿化远景。在银区目前正在开采的小脉状矿体的下方,有可能发现类似于北山区及九区出露的大脉状矿体;在南山区出露的平缓似层状矿体的下方,有可能发现类似于银区出露的小脉状矿体,在更深处还可能找到类似于北山区及九区出露的大脉状矿体。

#### 四、简要结论

银山多金属矿床是一个典型的火山热液矿床,金属矿化与燕山早期火山活动有密切的时空关系和成因联系。火山活动和相应的成矿作用具有多阶段和多期次特点,二者交替发生。

成矿作用由早期到晚期,矿液中砷和金、银减少,围岩参与成矿的作用增强,成矿温度降低,矿化强度减弱。不同期次的矿化分布范围不同,原生矿化分带现象是矿化范围不同的两期成矿作用沿银山断裂由北东向南西发生空间推移和部分重叠造成的。

主要一期(第I期)成矿作用奠定了矿化分带的基础,形成内带富铜、砷、金,外带富铅、锌、银的分带。由矿化中心向边缘, $F^-/Cl^-$ 比值、 $Au/Ag$ 比值、 $SO_3$ 含量降低, $In/Ga$ 比值、 $Cd$ 与 $CO_2$ 含量增高;同时,矿石和矿体特征、硫同位素组成和围岩蚀变类型也表现出有规律的分带变化。外带铅锌矿体由深向浅形成的垂直分带规律为:大脉状→小脉状→平缓似层状矿体,同时 $Pb/Zn$ 比值、银的含量和 $\delta^{34}S$ 值增高。

较次要的第II期成矿作用叠加在第I期成矿作用所形成的矿化分带背景之上。第II期矿化中心向南西推移,使矿化分带出现局部的复杂情况和异常地段。

成矿后的南北剥蚀差异进一步对原生矿化分带的特征造成影响,使矿区南北不同深度形成的矿体同出露于地表,铜矿体由北向南埋深加大,铅锌矿体的垂直分带规律表现为南北方向的水平分带现象,造成矿区南北方向上矿化特征的非对称性。

本文对于银山矿区成矿作用演化和矿化分带规律的认识,有助于在矿区内外寻找新的矿体。

工作中承叶庆同、秦志德、刘家远、杜杨松等同志大力帮助并提供了许多测试数据,在此谨致谢意。

## 主要参考文献

- [1] 叶庆同 1983 江西银山铜铅锌矿床原生矿化分带的初步研究 中国地质科学院南京地质矿产研究所刊 第4卷 第1号
- [2] 刘英俊等 1984 元素地球化学 科学出版社
- [3] Ohmoto, H., 1972, Systematics of sulfur and carbon isotopes in hydrothermal ore deposits. Econ. Geol., Vol. 67, pp. 551—578.
- [4] Hoefs, J., 1980, Stable isotope geochemistry, Springer—Verlag Berlin Heidelberg New York, pp. 92—97.

## METALLOGENIC ZONING OF THE YINSHAN POLYMETALLIC ORE DEPOSIT IN JIANGXI PROVINCE

Hao Zhengping

(*Heilongjiang Institute of Geological Sciences, Haerbin, Heilongjiang*)

### Abstract

The Yinshan polymetallic ore deposit is genetically related to early Yanshanian supergene volcanic activities. Volcanic activities associated with metallization can be divided into two stages, forming successively rhyodacite porphyries and dacite porphyries (Table 2).

The metallization occurred in two ore-forming epochs which included five main stages (Table 2). From early stage to late, arsenic, gold and silver contents of metallogenic fluids were reduced, ore-forming temperature decreased, and the country rocks played an increasingly important role in metallization. The spatial distribution characteristics of metallization result from superimposition of two central-type zonations formed in different epochs.

The major metallization epoch, i. e., the first epoch, laid the foundation of zonality. The inner zone is rich in copper, arsenic and gold, while the outer zone is rich in lead, zinc and silver; from the center to the edge,  $F^-/Cl^-$  ratio, Au/Ag ratio and  $SO_3$  content decrease (Fig. 3, 5), whereas In/Ga ratio and cadmium and  $CO_2$  contents increase (Fig. 4, 5). In addition, sulfur isotope composition and country rock alteration show regular variation (Fig. 8). Lead—zinc orebodies formed in the outer zone also vary regularly in shape and size, showing in upward succession large-veinlike, small-veinlike and gentle stratoid orebodies (Table 6).

Metallization of the second epoch, which possessed less importance, was superimposed on the metallogenic zoning of the first epoch and made it complicated (Fig. 2). The metallization center of the second epoch moved southwestward.

The difference in post-ore denudation has exerted a further influence on the outward appearance of the metallogenic zoning and caused the vertical zoning pattern formed during the ore-forming period to show horizontal zonation.

On the basis of the above study on metallogenic evolution and zonation, some promising sectors for further ore prospecting in the Yinshan ore district are indicated.

### 消息报道

## 国际热液过程和矿床成因实验研究会议 1988年2月在加拿大蒙特利尔举行

国际热液过程和矿床成因实验研究会议 (International Conference on Experimental Investigations of Hydrothermal Processes; Applications to Ore Deposit Genesis) 1988年2月10—20日在蒙特利尔工学院举行。来自美国、加拿大、英国、中国、挪威、瑞典、新西兰等国的100多位学者出席了这次会议。会议采取邀请报告和宣读论文两种方式进行。根据大会的安排邀请了世界上在热液过程和矿床成因研究方面知名的科学家 Barnes, Seward, Helz 和 Wood等九人作了专题报告, 回顾和总结了最近一二十年以来在这个领域所取得的成就。会议开得很成功

会议着重讨论了四个方面的问题: 1. 地热体系及其成矿作用; 2. 成矿金属在热液过程中的存在形式和溶解度实验; 3. 流体与矿物、岩石的相互作用; 4. 流体包裹体研究。

世界上目前存在的地热体系, 可以认为是热液过程和成矿作用能够看得到的和正在进行中的一个例子。会议详细介绍了地热流体的成分 (包括成矿元素的成分)、压力、温度和正在进行的成矿作用, 特别是新西兰和美国的地热体系的研究, 以及由它所形成的浅成金、银、钨、砷、锑、汞和黄铁矿矿床。会议强调了地热体系对研究热液过程和矿床成因的重要性。

会议介绍了 Au, Ag, Al, Cu, Pb, Zn, Mo, W 和 Co 等成矿元素在成矿流体中可能存在的化合物形式、溶解度和稳定条件方面的研究成果, 并且还报导了与这些金属元素共生的主要脉石矿物石英和方解石溶解度的实验成果。对有机质在成矿过程中的作用的研究成果也作了报导。

热液与矿物、岩石相互作用是会议的另一主题。报导了含 Pb, Zn, Cu, Mn, Cd 的流体分别与磁铁矿和花岗岩相互作用的实验结果, 以及地热流体与花岗岩相互作用的实验结果。认为在地壳中广泛进行的这种相互作用最终会形成成矿流体。

热液过程和成矿作用中流体包裹体的研究揭示了古成矿流体的本质。会议报导了浅成金、银矿床中流体包裹体研究结果, 特别强调了它在阐明成矿过程和指导找矿上的重要性, 并把从流体包裹体得出的结果与现代形成浅成金银矿床的地热流体进行了对比, 结果表明两者十分相似 (只是包裹体中的流体更富含  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{S}$ ), 指出这种成矿流体是以中温、富含  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{S}$  为特征的。

会议也介绍了成矿实验的一些新方法, 会议认为在对热液过程和矿床成因研究中, 要把地热体系、成矿实验、流体包裹体研究这三者紧密地、有机地结合在一起, 才能得出较好的结果。

(卢焕章)