

银山矿床成矿作用时空特征及矿床成因讨论^{*}

张德会

(中国科学院地球化学研究所, 贵阳)

提 要:在对矿床地质地球化学详细研究的基础上, 讨论了银山多金属矿床成矿作用的时空特征和矿床成因。研究表明, 银山矿床的形成与燕山期第二阶段侵位的次火山岩具有密切的时空和物质组分的联系, 然而, 矿床与次火山岩都是深部隐伏岩体之岩浆分异的流体和熔体的产物, 二者是同源但侵位有早晚的亲缘关系。矿床的成矿演化具有多期多阶段性。矿床分带具有多中心性、不对称性、叠加性和定向性。引起成矿物质沉淀的主要机制是流体的混合作用而不是沸腾作用。将银山矿床与国外类似矿床对比, 可以称为“过渡型矿床”。其深部是否隐伏有斑岩铜矿床, 仍是一个尚未解决但很有意义的研究课题。

主题词:成矿作用时空特征 成矿分带 矿床成因 多金属矿床 银山

银山铜铅锌金银多金属矿床, 位于江西省德兴市以北 1.5 km。大地构造上处在扬子地台江南台隆东南缘, 赣东北深大断裂与乐安河深断裂之间, 乐(华)-德(兴)中生代火山-沉积盆地北东缘^①。该矿床以其独特的良好有序的成矿分带而为世人瞩目。对于银山矿床岩浆岩及其与成矿的关系、矿床地质特征、矿床分带以及矿床成因, 已经进行了详细的研究, 最近新出版的《江西银山铜铅锌金银矿床》^[1]一书, 对银山矿床地质特征、矿床成因全面系统地进行了总结。然而, 根据作者近年来对该矿床的研究, 认为有一些问题值得进一步探讨。本文主要从岩浆岩与成矿作用的关系、成矿作用的时空演化特征等方面进行深入阐述。最后讨论了与该矿床的成因有关的问题。

1 岩浆岩与成矿作用关系

银山矿床的成矿作用与矿区中生代侵入的次火山岩脉(墙)(同位素年龄 $142 \times 10^6 \sim 167 \times 10^6 \text{a}$)^[1]有密切的时空关系。时间上, 矿化主要在次火山岩侵入后形成。火山-次火山热液成矿世的第 I 成矿期, 矿化形成于石英斑岩侵位后, 表现在 5[#] 岩体中赋存有 Pb-Zn 矿体, 矿体内含有石英斑岩的捕掳体或角砾, 岩体内具有较强的硅化、黄铁矿化和绿泥石化; 在晚期侵入的英安质火山岩中, 见有铁闪锌矿-黄铁矿-石英的矿石角砾, 是第 I 成矿期的产物。第 II 成矿期形成于英安斑岩侵位后, 1[#] 岩体内接触带赋存有黄铁矿-黄铜矿的细脉状矿化, 尽管在 3[#] 英安斑岩内未见较强热液蚀变和矿体, 但在英安斑岩接触带的爆破角砾岩中可见黄铁矿-黄铜

^{*} 国家自然科学基金重点项目(编号: 49633120)、地矿部“八五”基础地质研究项目(编号: 8502216)、中国博士后科学基金 A 类及中国科学院矿床地球化学开放研究实验室基金联合资助

张德会, 男, 41 岁, 副教授, 博士后, 从事矿床地球化学研究。邮政编码: 550002

1997-01-18 收稿, 1997-06-18 修改回

① 张德会, 1995, 江西德兴银山多金属矿床成矿分带机理及成矿作用动力学研究, 中国地质大学(武汉)博士论文

矿矿化。空间上,第Ⅰ成矿期主要分布于北山,以5[#]石英斑岩为中心和起点,矿化及成矿分带向西和南西扩展,从矿区铜矿体顶板标高等深线图可见^[2],北山的铜矿基本围绕5[#]石英斑岩呈一东西向延长的椭圆形;第Ⅱ成矿期的矿化和成矿分带主要围绕3[#]英安斑岩、西山火山口东部接触带上的8[#]、1[#]英安斑岩分布,表明矿化与英安斑岩的密切时空关系。而在物质组分上,矿化也同次火山岩具有潜在的亲缘关系。研究表明,银山各类火山-次火山岩中,主要成矿元素得到了极大的富集,Au是维氏值的1~58.1倍,Ag是维氏值的1.2~192.9倍,Cu是维氏值的0.4~67.2倍,Pb是维氏值的0.6~23.44倍,Zn是维氏值的0.4~67.2倍,与同一旋回相当成分的火山岩相比,次火山岩中Au、Ag、Cu、Pb、Zn等的含量又高出火山岩5~126倍,表明次火山岩与矿化的关系更为紧密^[1]。

次火山岩与矿化具有密切的时空及物质成分联系,然而二者在成因上是什么关系?作者认为,矿区所有的次火山岩及其有关的矿化,都是深部隐伏岩体之岩浆分异的流体和熔体的产物,隐伏岩体是成岩和成矿的母岩,由隐伏岩体的岩浆分异出形成矿区火山活动三个旋回的产物,在各旋回次火山岩侵位期后,分异出成矿流体,沿构造薄弱带上升,通过充填和交代作用,形成各种类型的矿体。依据如下:

(1) 与成矿作用有关的次火山岩体规模都很小,与矿化关系最密切的3[#]英安斑岩面积仅0.08 km²,经工程揭露向下无增大趋势,而仅参加储量计算的铜矿体体积,就已大于同等深度的岩体体积^①。银山矿床规模大、矿种多,仅靠一个或几个次火山岩脉(墙)很难为矿床的形成提供充足的成矿物质。

(2) 据勘探工程品位分析作出图1。由图可见,Cu-S-Au成矿亚期的矿脉平行于3[#]英安斑岩接触面,赋存于斑岩外接触带,随岩体产状而变化,很少能进入岩体内;而该期的许多矿脉则穿插于13[#]石英斑岩内。与矿床总体的垂向正向分带不同,也与图中脉状矿体的Cu品位变化不同,13[#]石英斑岩中,Cu品位由下向上增高。已有认识很难对此作出合理的解释^[1]。

(3) 成矿元素化学分析结果表明,石英斑岩中富集Pb、Zn、Ag、As等元素,英安斑岩中富集Au、Cu、W、Sn、Bi等元素。前者产生Pb、Zn、Ag、As组合的矿化;后者形成以Au、Cu为主伴有W、Sn、Bi的矿化^[1]。对于整个矿床来

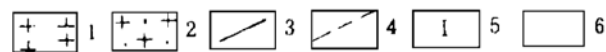
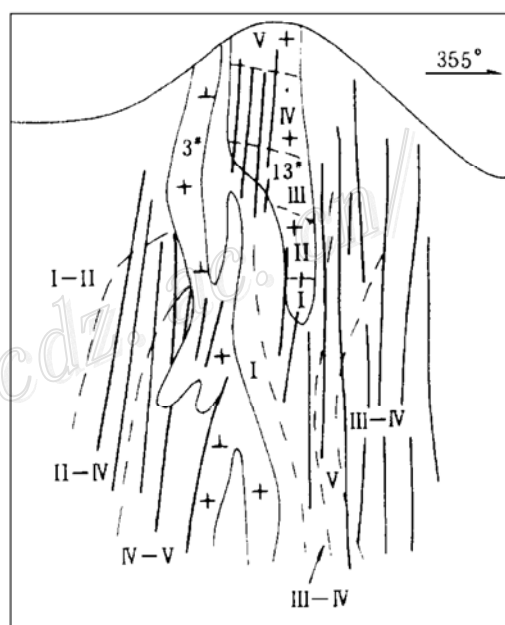


图1 铜区07线剖面示意图

I— $< 0.05\%$; II— $0.05\% \sim 0.1\%$; III— $0.1\% \sim 0.3\%$; IV— $0.3\% \sim 0.5\%$; V— $> 0.5\%$.

1—英安斑岩; 2—石英斑岩; 3—矿体; 4—Cu品位变化界线; 5—Cu品位分带编号; 6—中元古界双桥山群千枚岩

Fig. 1. Schematic geological section along No. 7

line of Tongqu, the Yinshan ore deposit.

1—Dacite porphyry; 2—Quartz porphyry; 3—Ore-body; 4—Boundary of copper grade; 5—Serial number of copper grade zone; 6—Phyllite of Mesoproterozoic

Shuangqiaoshan Group.

说,情况确实如此,然而,具体到单个岩体则应具体情况具体分析。与成矿关系较密切的次火山岩并非个个含矿,且矿种也有差异,5[#]石英斑岩内有脉状-细脉状闪锌矿-方铅矿矿体,13[#]石英斑岩则具有强烈的Cu、S、Au矿化,空间上处在二者之间的4[#]石英斑岩,既有S、Au矿化,也有Pb、Zn矿化;铜区和西山区的英安斑岩与Cu、S、Au矿化有关,然而3[#]英安斑岩中主要为Pb、Zn的矿化,银山区的英安斑岩(未编号岩体)内也是与所在区段矿化一致的Pb、Zn矿化。

对矿区-60 m、-105 m中段运输巷道的13[#]石英斑岩(11个样品)和3[#]英安斑岩(13个样品)成矿元素含量分析与文献^[1]的结果恰好相反。表1表明,几乎所有成矿元素13[#]石英斑岩都比3[#]英安斑岩高,尤以Au、Cu、As、Sb、W更突出,分别是后者的5.2倍、3.9倍、16倍、9.8倍和10.2倍,3[#]英安斑岩中富集的是Zn和Pb。

表1 银山矿床-60 m和-105 m中段次火山岩成矿元素含量

Table 1. Contents of ore-forming elements in subvolcanic rocks at -60 m and -105 m levels of the Yinshan ore deposit

岩石名称	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Sb	W	Sn	Mo	Bi
13 [#] 石英斑岩	287/63.8 ^①	2.23/44.6	2472/123.6	49.9/2.50	213/3.55	2410/1606.7	263/1011.5	185.4/123.6	11.2/3.73	5.53/5.53	11.3/11.3
3 [#] 英安斑岩	55.27/12.3	71.51/30.2	33.9/31.7	1.1/2.56	560.8/9.35	149/99.3	26.6/102.3	18.1/12.1	7.3/2.4	6.05/6.05	5.4/5.4

① 样品元素含量(Au为10⁻⁹其余为10⁻⁶)/浓集系数F; 云南省地矿局测试中心测试

对13[#]和3[#]岩体中微量元素进行的因子分析表明,三个主因子可将13[#]石英斑岩绝大部分元素分开:F1: Sn、Mo、Au、Ag、Cu、Pb、Zn、W、Bi、Cd; F2: As、Sb; F3: Ga、Ni、Cr、V、Mn、Co、Sc、Be、Nb。F1基本包括了Cu-S-Au成矿期的主要成矿元素,F2则代表了硫砷铜矿-砷黝铜矿阶段,F3代表了次火山岩和千枚岩的元素组合。3[#]英安斑岩的主因子有五个:F1: Cu、Zn、Ag、Co、V、Sc、Cr、Ti、Ga、Sn、Nb; F2: Bi、W、As、Cd [-Au、-Mn、-Ni、-Ba、-Pb]; F3: Cr、Ti [-Sb、-Mo]; F4: Ba、Sb [-Mo]; F5: B、Sr。五个因子代表的成矿意义不清晰。

综合上述,作者认为,同为石英斑岩,5[#]岩体富集第I成矿期的特征元素Zn和Pb,这是由于它是第I成矿期的成矿中心,未受第II成矿期成矿作用的影响,而13[#]岩体处在第II成矿期的中心位置,在其侵位结晶后,至少经历了两次热液交代蚀变作用,特别在3[#]岩体侵位后,成矿热液沿其接触带运移上升,因3[#]岩体尚未完全凝固,其热场将热液向外驱赶,热液主要通过已形成裂隙和孔隙的13[#]岩体,使其产生强烈的蚀变和矿化,正是这种蚀变将Cu等元素由下部带至上部沉淀成矿,造成Cu的逆向分带,同时也导致3[#]英安斑岩既无强烈蚀变又无Cu-S-Au矿化,而13[#]岩体中则产生了强烈的蚀变和Cu-S-Au的矿化,随着岩体的冷凝,晚期的Pb-Zn成矿亚期叠加在3[#]岩体上,使3[#]岩体赋存了Pb-Zn矿化。这也与氢氧同位素的两期水/岩交换模式一致^[1]。

尽管矿床的成矿作用与两类次火山岩有着密切的时空和物质成分联系,然而,次火山岩的存在,只是成矿作用发生的必要条件,而非充分条件,矿体与次火山岩都是深部隐伏岩体之岩浆分异的流体和熔体的产物,二者不是母子关系,而是同胞兄弟关系。

2 成矿作用时空演化特征

2.1 成矿时间演化

银山矿床之所以成为大(特大)型多金属矿床,是长期、多期的成矿作用对成矿物质反复分异、不断富化的结果。研究表明,矿床经历了燕山期前的动力变质热液成矿世,燕山期的火山-次火山岩浆期后热液成矿世,后者决定了目前矿床的规模和品质。

对于火山-次火山热液成矿作用之前的动力变质热液成矿作用,近年来一些研究者相继进行了论证^[3~7]。本文仅从以下几个方面强调该成矿期在银山矿床形成中的意义:① 矿床的围岩双桥山群千枚岩具有较高的成矿元素背景含量,据区域514个样品的统计,Au的浓集系数最大,达8.06,表明地层确实能为矿床Au的成矿提供成矿物质,研究表明^[8]银山矿区附近有一金的地球化学强降低场,它呈北东-南西向延伸,其形态与银山背斜轴部剪切带的轮廓吻合,表明动力变质作用对矿床中Au的富集作出了贡献;② 研究表明,在银山背斜轴部剪切带及其两侧,发育许多平行于地层层理并与其同步褶曲和揉皱的石英或石英-黄铁矿细脉,它们受背斜轴部剪切带的控制,近轴部构造密集出现,远离则稀疏产出;试金分析表明,Au含量大于0.5 g/t,区域上与矿区剪切带平行的北东向剪切带中,这类脉体也很多,其中Au可达0.5~2.45 g/t,表明因剪切作用产生的动力变质热液造成了Au等元素的初步富集;③ 区域上金矿床主要赋存于韧-脆性剪切带及挤压片理化带中,为动力变质热液金矿床,如金山金矿、蛤蟆石金矿等。

综上所述,银山矿床的动力变质热液作用不应忽视:一方面,其变形作用构筑了矿床空间展布的基本格架,使矿床分带的整体格局和矿体的展布与背斜轴部剪切带方向一致,矿化仅发育在剪切带两侧200 m范围内,超过此范围,矿化减弱;另一方面,变质作用产生的热液引起了Au(Cu)等成矿元素的初步富集,该成矿世是使矿床既富集与中生代火山-次火山活动有关的Cu、Pb、Zn、Ag等,又富集了区域上仅构成剪切带型独立岩金矿床Au的一个重要原因。

矿床燕山期第二阶段火山-次火山热液成矿世,与次火山岩的两次主要侵入事件有关,该成矿世可以分为两个成矿期,即第Ⅰ(Zn-Pb)成矿期和第Ⅱ(Cu-Au多金属)成矿期,前者形成于火山喷发的第一旋回之后,与石英斑岩有密切的时空关系,后者形成于第二旋回之后,与英安斑岩有密切的时空关系。第Ⅰ成矿期的建立基于以下依据:① 位于北山东部的5[#]石英斑岩,本身有较高的Pb、Zn含量,(Pb 1034×10^{-6} ,浓集系数为51.7;Zn含量 932×10^{-6} ,浓集系数为15.5)^①,是第Ⅰ成矿期的主导元素组合,岩体不仅具有较强的热液蚀变,还赋存有Pb-Zn矿体;② 北山具有独立的成矿分带系统。以5[#]石英斑岩为中心,由东向西,矿化分为三个带:黄铁矿-铁闪锌矿-(方铅矿)带→铁闪锌矿-方铅矿-(黄铁矿)带→方铅矿-闪锌矿带;Pb/Zn比值由小到大,成矿温度由高到低,可以明确北山矿体与石英斑岩具有最密切的亲缘关系;在北山和九区矿段之间有一南北宽约300 m的无矿地带,矿化在空间上产生不连续,也表明分属两套成矿系统;③ 北山矿段主要为高中温矿物组合,如铁闪锌矿、毒砂等,作者在北山区东部坑道中发现了钨铁矿,说明该处成矿温度较高,据文献^[1],九区和西山区的深部钨、铋和锡的含量增高,并有较多的黑钨矿等钨、铋的单矿物,与作为第Ⅱ成矿期成矿中

① 杨全安,1989,江西银山北山矿带矿化特征分析,华东有色矿产地志,第1期,第24~29页

心的九区和西山区类比，北山也具有成矿中心的特征，即第Ⅰ成矿期的成矿中心。

鉴于第Ⅱ（Cu-Au 多金属）成矿期已不存在异议，不再赘述。综上所述，银山矿床的成矿作用具有明显的多期多阶段性。

2.2 成矿空间演化-成矿分带特征

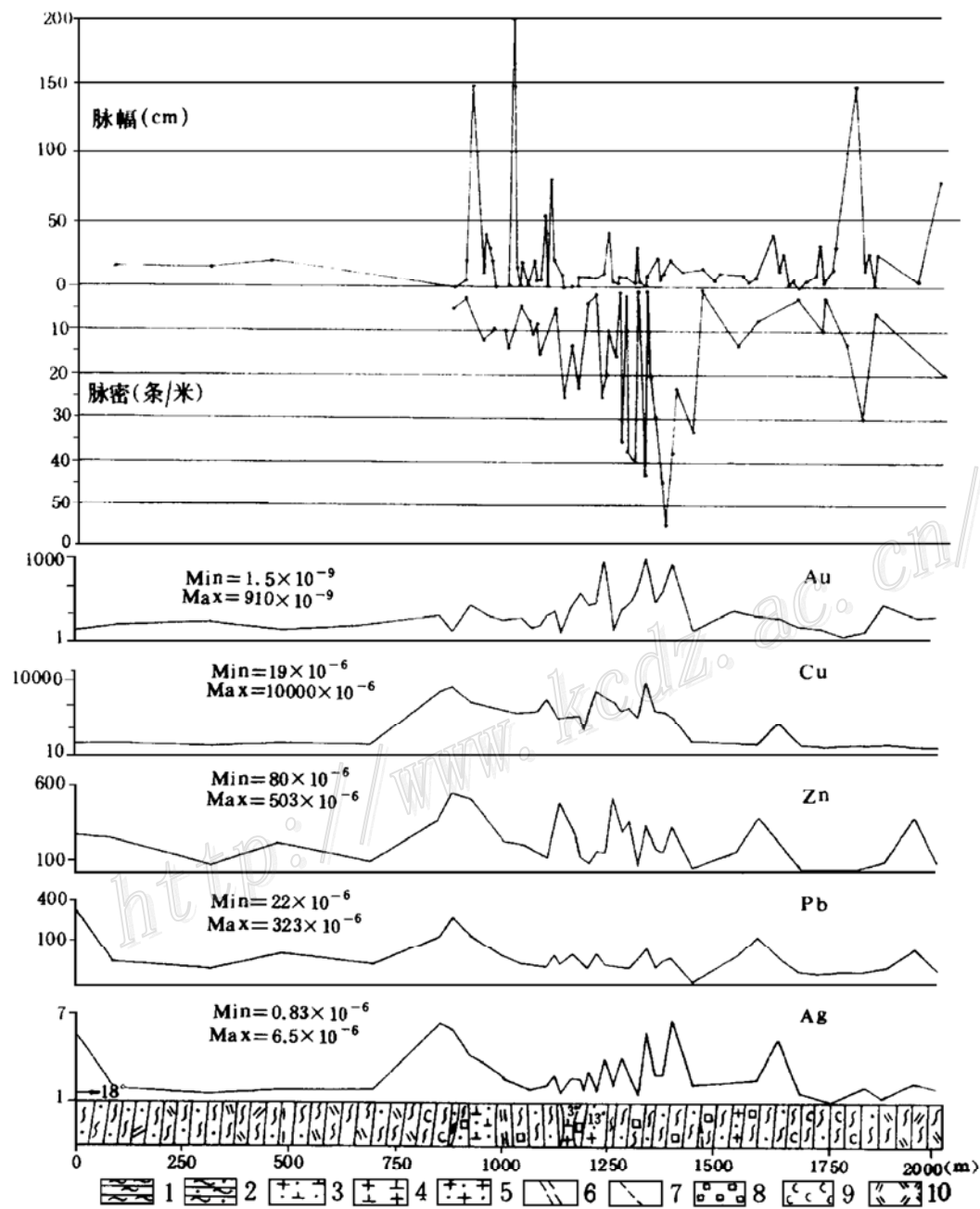


图2 银山矿床-60 m 中段 NNE 向剖面主要成矿元素、矿脉脉幅、脉密变化图

1—绢云母千枚岩；2—砂质千枚岩；3—石英闪长岩；4—英安斑岩；5—石英斑岩；6—背斜枢纽及剪切带；7—断裂；8—黄铁矿化；9—碳酸盐化；10—绿泥石化

Fig. 2. Variations in ore-forming elements as well as vein width and vein density along the NNE-trending geological section at -60m level of the Yinshan deposit.

1—Sericitic phyllite; 2—Arenaceous phyllite; 3—Quartz diorite; 4—Dacite diorite; 5—Quartz porphyry; 6—Anticlinal hinge with shear zone; 7—Fault; 8—Pyritization; 9—Carbonation; 10—Chloritization.

银山矿床的成矿分带发育良好,前人进行了较全面地研究^[1,2,9~14],然而,前人的工作主要是针对矿石进行的,而对容矿围岩的地球化学研究不够。作者对-60 m 等中段近南北向主巷道的容矿岩石及矿石做了更为细致的地质地球化学研究。研究表明,围岩与矿体中的成矿元素含量变化趋势基本一致,特别是Cu、Au、As等,表明此类矿体就是交代蚀变的岩石,矿石类型为细脉-网脉状及浸染状;Zn、Pb、Ag则不同,赋矿围岩与矿体中的含量变化趋势不完全一致,说明矿体主要为裂隙脉状充填式,而非交代作用的产物。虽然成矿元素在围岩和矿体中的含量不完全一致,但矿床有序的成矿分带是客观现实,以铜区为主要成矿中心向南北两侧展开的正向分带也是客观事实。由图2,Au、Cu、Zn及Ag等元素在13[#]石英斑岩北侧100 m左右的范围内达最大值,这里也是矿脉密度最大而脉幅最小的地段,与前述13[#]石英斑岩的两次交代蚀变认识一致,该处主要表现为以充填-交代成矿为主。如果说3[#]英安斑岩是第Ⅱ成矿期的热能中心,13[#]石英斑岩北侧则为成矿流体上升中心,第Ⅱ成矿期Cu-S-Au成矿亚期主要发育在13[#]石英斑岩北侧也就不难理解了。流体包裹体均一温度结果表明(图3),在九区和北山之间有一个低温谷,这是无矿带的表现;九区南部和银山区具有最大的温度变化区间,说明成矿分带具有叠加性,九区为第Ⅰ成矿期和第Ⅱ成矿期矿化的叠加,银山则是第Ⅱ成矿期内两个成矿亚期的叠加。从北山向南山,成矿温度大体上表现为降低趋势,成矿演化具有定向性。

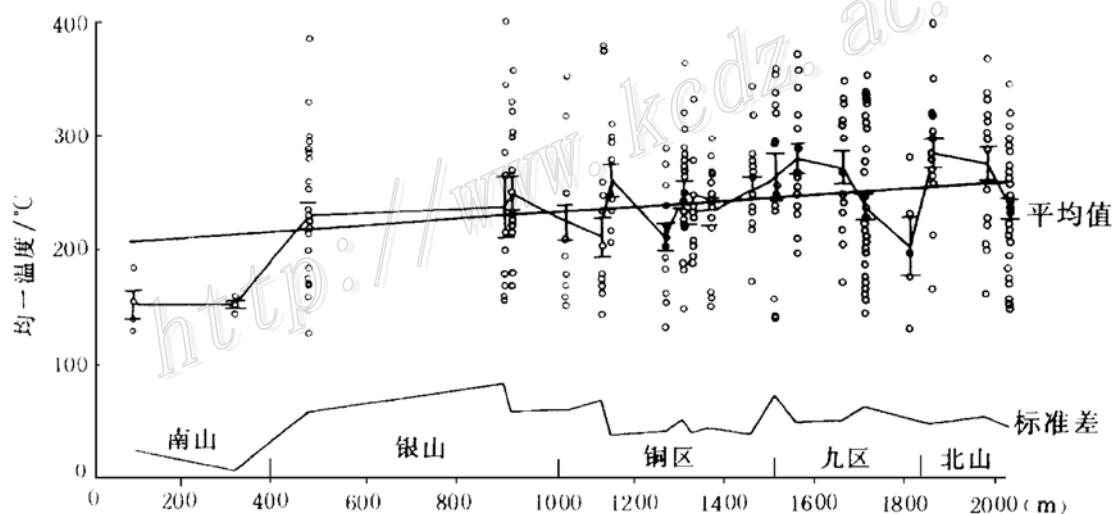


图3 银山矿床-60 m中段NNE向剖面成矿温度变化图

Fig. 3. Variation in ore-forming temperature along the NNE-trending section at -60 m level of the Yinshan ore deposit.

由银山矿床综合成矿模式图(图4)表明,矿床分带具有以下几个鲜明特征。

(1) 多中心性: 整个矿床有两个一级分带中心,即北山东部5[#]石英斑岩中心和铜区3[#]英安斑岩中心,后者实际上是一个成矿中心区,它由几个二级中心构成,即3[#]英安斑岩(作为热能中心),13[#]石英斑岩(作为流体上升中心),以及8[#]和1[#]岩体中心^[14]。

(2) 不对称性: 第Ⅰ成矿期的成矿分带以5[#]石英斑岩为中心和起点,单向向西发育,不对称于5[#]岩体;第Ⅱ成矿期成矿分带相对于3[#]英安斑岩南北不对称,分带几何学,北部分带梯度大,间隔小,南部分带梯度小,间隔大^[18];对-60 m中段成矿元素做的分带指数计算表明,由

13[#] 石英斑岩向北, 分带序列不清晰, 概因两期矿化叠加所致, 由 13[#] 岩体向南, 分带序列清晰完整, 由 Bi→Au→W→Cu→Zn→Pb→Ag→Cd→Hg→Sb, 表现为后生热液矿床的典型分带^[19]。

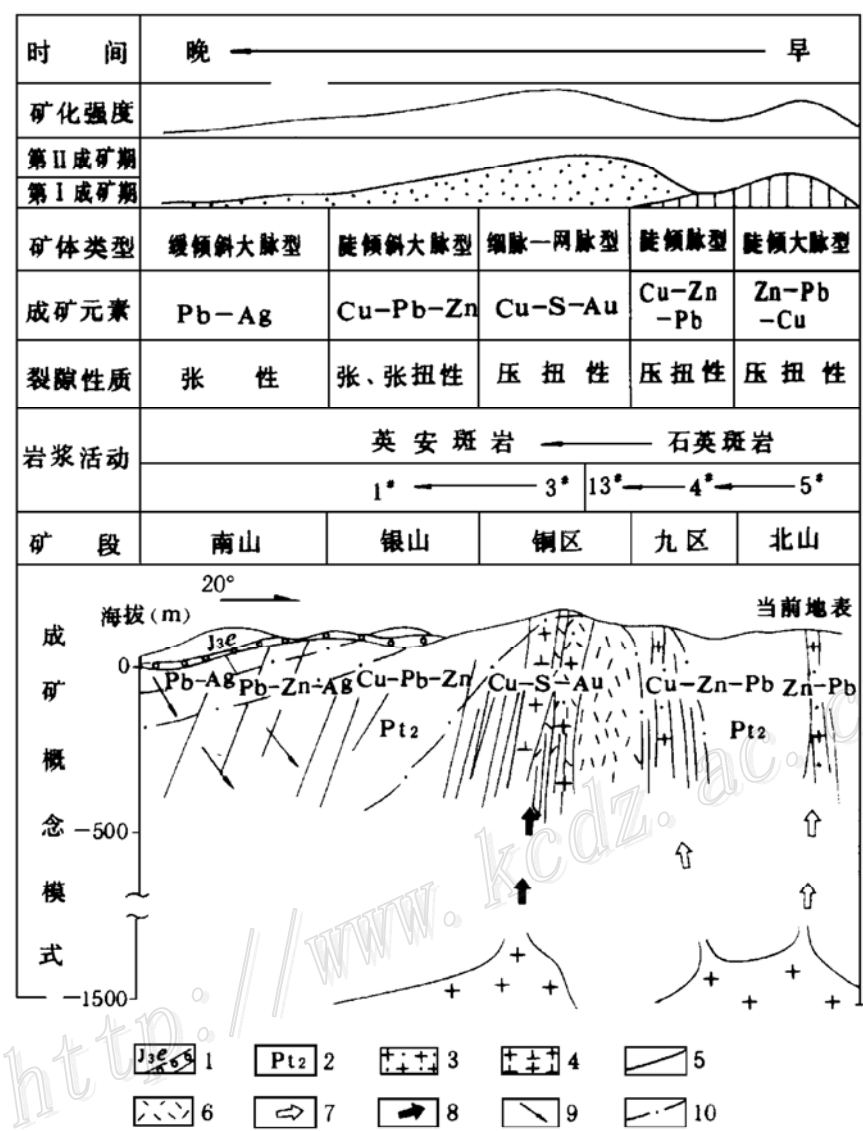


图 4 银山矿床成矿模式图

1—火山岩及底砾岩; 2—中元古界千枚岩; 3—石英斑岩; 4—英安斑岩; 5—脉状矿体; 6—细、网脉状矿体; 7—第 I 成矿期流体运移方向; 8—第Ⅱ成矿期流体运移方向; 9—天水流向; 10—分带界线

Fig. 4. Metallogenic model of the Yinshan ore deposit.

1—Volcanic rock and basal conglomerate; 2—Mesoproterozoic phyllite; 3—Quartz porphyry; 4—Dacite porphyry; 5—Veinlike orebody; 6—Veinlet and stockwork orebody; 7—Fluid migration direction of No. I ore-forming stage; 8—Fluid migration direction of No. II ore-forming stage; 9—Migration direction of meteoric water; 10—Boundary of ore zone.

(3) 定向性: 首先, 成矿作用与成岩作用时空演化相一致。第一旋回的次火山岩侵位于矿区北东部, 第二旋回的次火山岩向南西迁移, 侵位于铜区、西山东部及银山^[14], 第三旋回的安山玢岩就位于火山口内。与此对应, 伴随各次火山岩侵入事件的成矿作用也遵循相同的轨迹, 由北东向南西扩展; 第一旋回次火山岩及随后的矿化空间上均受东西向断裂和裂隙控制, 第二旋回次火山岩及随后的矿化空间上都受东西向、北东向及近南北向断裂和裂隙的制约; 成

矿温度、矿物成分包括 Pb/Zn 比值等地球化学特征同样具有定向性的特征。定向迁移的规律可能与银山背斜轴部剪切带有关。

银山矿床成矿作用定向迁移的规律，也与区域成矿作用的定向迁移方向一致，由矿区北东方向的德兴铜矿向南至银山再到南西的断陷-火山盆地，同熔型岩浆岩的侵位深度由深变浅，侵位时间由早到晚，成矿作用由斑岩型→火山-次火山热液型发展，成矿元素则由 Cu (Au, Mo) → Cu-Pb-Zn-Au-Ag → Pb-Zn-Ag 演化^[15]。

银山矿床成矿作用的时空特征形成的原因，一是银山背斜及轴部剪切带，二是中生代火山-次火山岩侵入活动。前者不仅为燕山期的主导成矿作用奠定了一定的 Au (Cu) 物质基础，还控制了岩浆活动和蚀变矿化的空间范围；后者在构造的脉动作用下有序的喷发和侵位，制约了岩浆期后热液蚀变和成矿作用的时空演化。

3 关于矿床成因问题的讨论

3.1 关于矿质沉淀机制

成矿流体在上升运移过程中的沸腾 (boiling) 和混合 (mixing) 作用是许多浅成低温热液及斑岩铜矿等矿床矿质沉淀的有效机制。

浅成热液矿床处于近地表的低温低压环境，上升的成矿流体因环境的改变会突然降压，流体产生沸腾作用，造成矿质的沉淀^[20~23]，沸腾引起的水力爆破事件，产生如下结果：① 强大的动力作用使围岩破碎，形成爆破或引爆角砾岩，因其较大的孔隙度和渗透率，成为矿质的良好就位空间；② 沸腾是一绝热降压 (adiabatic) 过程，使得大量挥发组分逸出，其结果是：一方面，溶液变为蒸汽相引起成矿物质的沉淀，据文献^[20]，溶液中的贱金属是在约 5% 的溶液变为蒸汽相后沉淀的，而 Ag 等贵金属的沉淀，则需蒸发量达 20% 才行，由此造成了矿物的垂直分带；另一方面，沸腾引起 H₂S 等的逃逸使残液中 S²⁻ 和 HS⁻ 的活度增加，造成 Au、Ag 等贵金属的络合物解体形成矿质沉淀或改变元素的络合物形式继续迁移；③ 热液温度压力的大幅度下降，对接近 SiO₂ 饱和的溶液是重要的沉淀机制。沸腾作用形成垂向范围较大，以垂向分带为主的浅成热液矿床，如酸性-硫酸盐型贵金属矿床^[24]，它们一般形成在火山岩穹的顶部。具体到银山矿床，沸腾对矿质沉淀的作用不大，依据为：① 银山矿床次火山岩多数都发育爆破角砾岩，但影响范围有限，并且矿床主要由脉状矿体构成，而不是爆破角砾岩型矿体；② 流体包裹体研究未见明显的代表沸腾作用产生的包裹体证据；③ 矿床的水平分带比垂直分带更为发育，说明成矿流体主要以侧向运动为主；④ 成矿过程地球化学模拟表明，成矿体系的演化趋势与沸腾降温体系不符^[16]。

近年来，学者们对流体混合作用与金属沉淀的关系给予了极大关注^[25~27]。混合作用也是浅成热液型的冰长石-绢云母型矿床成矿物质的主要沉淀机制，并且与深部的侵入体有关。对于银山矿床，流体的混合作用可能对矿质沉淀起了主要的作用，除了前面的阐述外，在九区和南山还有代表混合作用的特征矿物——重晶石的产出^[17,28,29]，矿床的成矿流体和成矿物质主要源自深部岩体。这一认识还需要深入细致的流体地球化学研究来确定。

3.2 关于矿床的成因

银山矿床属于广义的岩浆期后热液矿床，又可称为火山-次火山热液矿床。在矿床分类愈

来愈细的今天,它属于斑岩矿床?浅成热液矿床?抑或是中温中深热液矿床?研究认为,它是一个联接深部斑岩铜矿和浅部浅成热液矿床的“过渡型矿床”(transitional deposit),是一个浅—中深火山-次火山热液矿床。Sillitoe 提出斑岩铜(钼)矿床与含硫砷铜矿的块状黄铁矿矿床以及近地表的浅成低温热液贵金属矿床构成一个完整的火山成矿体系^[30];Panteleyev 在总结浅成低温热液金-银矿床成矿模式时,提出了过渡型矿床的概念^[31],它联接着深部的斑岩铜矿床和浅部的浅成热液矿床,如加拿大 Sam Goosly 矿床和美国的 Butte 矿床。银山矿床是否曾经存在浅部的浅成热液矿床,由于剥蚀,已很难下定论,而矿床深部能否变为斑岩矿床,一些学者持肯定态度^[1]。这种情况理论上能否成立以及能否找到此类矿床,仍是一个很有意义的研究课题,银山正是一个这样的矿床例案。

4 结 语

通过详细的矿床地质地球化学工作,对于银山多金属矿床的成矿作用、成矿分带和矿床成因,得出以下认识:

(1) 矿床成矿作用与两类次火山岩具有密切的时空和物质成分联系,然而,次火山岩的存在,只是成矿作用发生的必要条件,而非充分条件,矿体与次火山岩都是深部隐伏岩体之岩浆分异的流体和熔体的产物,二者不是母子关系,而是同胞兄弟关系。

(2) 矿床的成矿演化具有多期多阶段性。矿床分带具有多中心性、不对称性、叠加性和定向性。产生上述特征的原因:一是燕山期前形成的银山背斜及其轴部剪切带;二是燕山期火山-次火山的喷发-侵入活动,次火山岩各期侵入体沿背斜轴部剪切带随时间的定向迁移造成了成矿分带的定向性。

(3) 引起矿床成矿物质沉淀的主要机制可能是成矿流体的混合作用。银山矿床可以称为“过渡型矿床”,其深部是否隐伏有斑岩铜矿床,仍是一个尚未解决但很有意义的研究课题。

参 考 文 献

- 1 中国有色金属工业总公司江西地质勘查局《江西银山铜铅锌金银矿床》编写组著. 江西银山铜铅锌金银矿床. 北京:地质出版社,1996,1~380
- 2 郝正平. 江西银山多金属矿床的矿化分带. 矿床地质,1988,7(3):3~13
- 3 邱德同. 江西银山矿床成矿构造及成因的新认识. 地质与勘探,1991,(6):8~10
- 4 刘丹英,冯志文,张德会等. 构造动力-火山岩浆同步一体成矿机制——以江西银山金铜多金属矿床为例. 地球科学,1994,19(6):815~820
- 5 冯志文,夏卫华,刘丹英等. 银山 Au-Cu 多金属矿床构造动力热液与火山岩浆热液双重耦合成矿作用. 黄金科学技术,1995,3(6):39~44
- 6 张德会,唐仲华,鲍征宇. 江西银山多金属矿床成矿作用动力学研究. 见:吴学益等编. 全国第四届构造地球化学学术讨论会论文集. 贵阳:贵州科技出版社,1995,105~111
- 7 莫测辉,冯志文,夏卫华,刘丹英等. 江西银山金铜多金属矿床韧性剪切带的识别及其意义. 现代地质,1996,10(3):365~371
- 8 华仁民,陈克荣,赵连泽. 江西银山外围地层中金的地球化学降低场及其成矿意义. 矿床地质,1993,12(4):289~295
- 9 叶庆同. 关于银山铅锌矿矿物共生组合和成矿作用的初步研究. 地质论评,1981,27(3):199~206

- 10 叶庆同. 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所刊, 1983, 4 (第 1 号): 1~16
- 11 叶庆同. 江西银山铜铅锌矿床围岩蚀变分带的地球化学特征和形成机理. 中国地质科学院矿床地质研究所所刊, 1984, (第 1 号)
- 12 叶庆同. 赣东北铅锌矿床成矿系列和成矿机理. 北京: 北京科学技术出版社, 1987, 1~114
- 13 华仁民. 江西银山铅锌铜矿化机制的讨论. 矿床地质, 1987, 6 (2): 90~96
- 14 张德会, 鲍征宇, 岑况等. 江西银山多金属矿床成矿分带结构及形成机理探讨. 见: 彭汝明 等主编. 地质地球化学研究——中国科学院地球化学研究所博士后论文集 (1). 贵阳: 贵州科技出版社, 1996, 22~34
- 15 王成发. 乐德矿带成矿系列与成矿规律, 矿产与地质. 1992, 6 (4): 257~263
- 16 陈繁荣. 成矿过程地球化学模拟及其矿床学意义——江西银山矿床为例. 地质论评, 1995, 41 (1): 42~47
- 17 陈繁荣, 龙洪波. 江西银山多金属矿床——典型的岩浆热液矿床. 见: 欧阳自远主编. 中国矿物学岩石学地球化学研究新进展 (二). 兰州: 兰州大学出版社, 1994, 268
- 18 Laznicka P. Zoning and ores. In: Wolf, KH ed. Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits. Part W. Cap. 3, Amsterdam: Elsevier, 1985, 11: 317~523
- 19 Barnes H L. Zoning of ore deposits: types and causes. TRANS R. S. E., 1975, 69: 295~311
- 20 Drummond S E. Ohmoto H. Chemical evolution and mineral deposition in boiling hydrothermal systems. Econ. Geol., 1985, 80: 126~147
- 21 Hemley J J, Cygan G L, d'Angelo W M. Effect of pressure on ore mineral solubilities under hydrothermal conditions. Geology, 1986, 14: 377~379
- 22 Spycher N F. Reed M H. Evolution of Broadlands—Type epithermal ore fluid along alternative P - T paths: implications for the transport and deposition of base, precious, and volatile metals. Econ Geol, 1989, 84: 328~359
- 23 Krupp R E, Sewald T M. Transport and deposition of metals in the Rotakawa geothermal system, New Zealand. Mineral Deposita, 1990, 25 (1): 73~81
- 24 Heald W P, Foley N K, Hayba D O. Comparative anatomy of volcanic-hosted epithermal deposits: Acid-sulfate and adularia-sericite types. Econ. Geol., 1987, 82: 1~26
- 25 Richards J P. Spooner E T C. Evidence for Cu-(Ag) mineralization by magmatic-meteoritic fluid mixing in Keweenaw fissure veins, Mamainse Point, Ontario. Econ. Geol., 1989, 84: 360~385
- 26 Matthai S K, Henley R W, Heinrich C A. Gold precipitation by fluid mixing in bedding-parallel fractures near Carbonaceous slates at the Cosmopolitan Howrley gold deposit, Northern Australia. Econ. Geol., 1995, 90: 2123~2142
- 27 Haynes D W, Cross K C, Bills R T et al. Olympic Dam ore genesis: A fluid—mixing model. Econ. Geol., 90: 281~307
- 28 Hayba D H, Bethke P M, Heald P et al. Geologic, mineralogic, and geochemical characteristics of volcanic-hosted epithermal precious-metal deposits. In: Berger B R and Bethke, P M (Editors): Geology and geochemistry of epithermal systems. Reviews in Economic Geology, Society of Economic Geologists, Texas. 1985, 2: 129~167
- 29 Robinson R W, Norman D I. Mineralogy and fluid inclusion study of the Southern Amethyst vein system, Creede mining district, Colorado. Econ. Geol., 1984, 79: 439~447
- 30 Sillitoe R H. Enargite-bearing massive sulfide deposits high in porphyry copper systems. Econ. Geol., 1983, 78: 348~352
- 31 Panteleyev A. A Canadian Cordilleran model for epithermal gold-silver deposits. Geosci. Cana., 1986, 13: 101~111

METALLOGENIC TEMPORAL-SPATIAL CHARACTERISTICS AND GENESIS OF THE YINSHAN POLYMETALLIC DEPOSIT, JIANGXI PROVINCE

Zhang Dehui

(*Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002*)

Key words: temporal-spatial characteristics of the ore-forming process, metallogenic zoning, genesis of the ore deposit, Yinshan polymetallic deposit

Abstract

Based on detailed geological and geochemical researches, this paper has dealt with metallogenic temporal-spatial characteristics and genesis of the Yinshan polymetallic deposit. Studies show that the formation of the Yinshan deposit is closely related to subvolcanic rock emplaced at the second stage of Yanshanian period in time, space and material components. The ore deposit and the subvolcanic rock are both products of fluids and melts formed by magmatic differentiation of a concealed intrusive body at depth, exhibiting kindred relationship but not emplaced simultaneously. The ore-forming evolution of the ore deposit shows multiphase and polystage features, and the metallogenic zoning is characterized by multicenters, asymmetry, superimposition and directing property. The main mechanism responsible for the deposition of ore-forming materials is the mixing of fluids rather than the boiling. In comparison with similar deposits abroad, the Yinshan deposit might be classified as a transitional deposit. Nevertheless, whether there exists a porphyry copper deposit at depth remains an interesting problem to be solved in future.