

银洞沟铅锌-银矿床的地球化学特征 及其成因分析

刘 丛 强

(中国科学院地球化学研究所)

内容提要: 银洞沟铅锌-银矿床产于一火山穹窿核部。矿床的矿化过程先后由银矿化期和铅锌矿化期组成。前者分三个矿化阶段, 后者分两个矿化阶段。矿床地质特征表明, 矿床形成和火山穹窿核部的流纹质次火山侵入岩具有密切成因联系。

本文较全面、系统地论述了该矿床的微量元素、同位素(Pb、H、O、S、C)、流体包裹体地球化学特征、矿床形成的化学热力学条件。在此基础上, 从火山作用和成矿作用的地质背景、时代和相互关系, 成矿物质来源, 成矿物理化学条件及成矿机理三个方面探讨了矿床成因。作者认为本矿床形成于13亿年左右, 成矿物质来自上地幔或下部地壳的次火山中一低温热液。

主题词 银矿床 微量元素 矿床成因 银洞沟

银洞沟铅锌-银矿床是近年来由湖北省第五地质大队在鄂西北与陕西交界处发现的一大型独立银矿床。作者在1982—1984年做硕士论文期间, 在涂光炽、王秀璋教授的指导下, 对该矿床的地球化学首次进行了较为全面而细致的研究, 认为该矿床成矿物质来自下部地壳或上地幔, 为中一低温次火山热液矿床。

一、区域地质与矿床地质简介

矿床位于秦岭褶皱带中段的武当隆起西缘, 构成武当隆起的主体岩石为武当群, 该群为一套浅一偏中变质火山-沉积岩系, 该火山岩是中元古代多次构造岩浆活动的产物。

矿区出露一套酸性火山-沉积岩。其中火山碎屑岩以钾长-石英角斑岩、石英角斑岩碎屑岩为主。火山岩形成于中元古代的武陵构造旋回。铅-铅等时线年龄为13亿年左右^①。正常沉积物主要有粉砂岩, 少量白云岩和夹白云岩条带、结核的细碎屑岩。岩石变质较浅, 相当于前绿片岩相—绿片岩相, 保留了大部分原岩特征。

矿区为一火山穹窿构造。组成火山穹窿外部的岩石主要是火山-沉积碎屑岩, 核心为一套流纹质次火山岩体。岩体由碎屑流纹岩、流纹斑岩和流纹岩组成, 其碎屑成分主要为流纹岩屑和少量粗面岩岩屑。根据碎屑成分, 推测岩浆侵位到地壳浅部时发生过隐爆作用。

矿床产于火山穹窿核部, 并具有明显的垂直分带现象(图1)。银矿床主要分布在流纹质次火山岩上部以及上覆火山碎屑岩中, 而铅锌矿体主要发育在次火山岩体下部。前者规模大于后者。

① 刘丛强硕士研究生论文

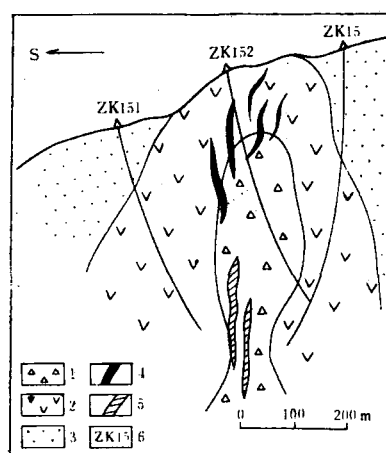


图 1 矿床第15线地质勘探剖面略图

(据湖北省第五地质大队)

1—流纹质次火山岩；2—火山碎屑岩；3—火山-沉积碎屑岩；
4—银矿体；5—铅锌矿体；6—钻孔编号

Fig. 1. Diagrammatic geologic section along No. 15 exploration line of the ore deposit.

1—Rhyolitic subvolcanic rocks; 2—Volcanic clastic rocks; 3—
Volcanic-sedimentary clastic rocks; 4—Silver orebody; 5—
Lead-zinc orebody; 6—Serial number of drill hole.

成矿过程可分二个成矿期（早期和晚期）和五个成矿阶段。早期银矿化包括三个成矿阶段：块状黄铁石英脉阶段、糖粒状含银石英脉阶段和粗糖粒状富银石英阶段。晚期铅锌矿化包括长石石英铅锌脉和碳酸盐石英铅锌银脉两个阶段。成矿方式均以热液充填为主，交代次之，各矿化阶段所形成的矿物组合见表1。

表 1 矿床矿物共生组合类型

Table 1. Mineral assemblages in the deposit

矿化期	矿化阶段	矿物组合（主要矿物）	产出位置
银矿化期	I Ag	粗粒石英、黄铁矿	矿床中、上部
	II Ag	细糖粒状石英、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、斑铜矿、 硫铜银矿、自然银、金银矿、螺状硫银矿、绢云母	矿床中、上部
	III Ag	中粒块状石英、螺状硫银矿、自然银、银金矿、辉 红银矿、硫铜银矿、硫砷铜银矿、方解石、绢（白）云 母	矿床中、上部
铅锌矿化期	I Pb、Zn	闪锌矿、方铅矿、银黝铜矿、石英、钾长石、斜长石	矿床下部
	II Pb、Zn	闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、银黝铜矿、自然银、银金 矿、铁白云石、方解石（较少）、重晶石、绢（白）云母	矿床中、上部，主要分布在 矿床西端

近矿围岩蚀变主要为硅化，其次有黄铁矿化和铁白云石化、绢云母化，重晶石化出现于铅锌矿化晚期。

二、矿床地球化学特征

（一）微量元素特征

矿区及附近各种未蚀变火山岩 58 个样品的化学分析结果，除个别样品显示异常值外，大多数元素的丰度呈正态分布。将所有样品的分析数据进行算术平均，所得平均值见表 2。

该区火山岩的银、锌分别为普通酸性岩平均值^[1]的 10 倍和 3 倍左右，钴、镍、锰也表现了

表 2 区域火山岩微量元素丰度 (平均值ppm)
Table 2. Average abundances of minor elements in regional volcanic rocks (in ppm)

元 素	Au	Ag	Zn	Pb	Cu	Co	Mn	S	Sr	Mo	Ni
区域火山岩	0.0029	0.453	180	20.51	18.20	22.9	1033.7	1033.7	63.8	痕	18.32
酸性岩平均值	0.004	0.046	63	18	20	4.3	510	333	280	1.1	9.1

(本所九室分析)

不同程度的高含量异常,而铅、铜则不显示富集,钨、铋、钼、金、铷含量却大大低于酸性岩相应元素含量的平均值。

火山岩的 Co/Ni 比值大部分大于 1, 各种火山岩中黄铁矿的 Co/Ni 比值均明显地大于 1。矿床中, 银矿化期黄铁矿的 Co/Ni 比值为 1.6, 铅锌矿化期黄铁矿的 Co/Ni 比值为 1^①。

(二) 矿石同位素地球化学特征

1. 矿石铅同位素组成特征 矿石铅同位素组成很均一, 15 个方铅矿和 2 个黄铁矿的铅同位素组成的各项平均值和偏差 (δ) 分别是: $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 36.51 ± 0.08 , $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 16.51 ± 0.03 , $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.35 ± 0.02 , μ 为 9.30 ± 0.05 , Th/U 为 4.03 ± 0.03 。矿石铅具单阶段铅同位素组成特征。以各种单阶段铅演化模式计算得到的模式年龄相当一致, 平均为 12.6 亿年。在图 2 上, 矿石铅同位素集中分布在 μ 值为 9.3 的增长线上, 其中 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值与中央海岭玄武岩的铅同位素组成 ($^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.3—15.5) 一致^[2]。

2. 硫同位素组成特征 矿石硫化物 (分析对象为方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、黄铜矿) 的硫同位素组成比较均一, 在其直方图上呈塔式分布, $\delta^{34}\text{S}$ 值为 +3‰ 左右。结合矿物共生组合与热力学条件分析, 得出矿化流体的 $\delta^{34}\text{S}_{\text{ss}}$ 为 +3.5—+5.6‰, 此值和陨石硫同位素组成相近, 但和矿区沉积碎屑岩中黄铁矿的硫同位素组成 (+11.32‰) 却不相同。

3. 矿化流体的氢氧同位素组成特征 矿化流体的氢氧同位素组成 (图 3) 为: 银矿化期 $\delta^{18}\text{O} = +2.5—+7.5\text{‰}$, 铅锌矿化期 $\delta^{18}\text{O} = 0—+5\text{‰}$, 两期矿化流体的 δD 值无较大差异, 为 $-68—-78\text{‰}$ 。它们与围岩中的阿尔卑斯型石英脉的氢氧同位素组成具明显的差异 (后者的 δD 值为 $-10—-48\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O}$ 值为 $+3.3—+6.5\text{‰}$)。

4. 碳氧同位素组成特征 铅锌矿化期第二矿化阶段中白云石的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ 为 $-1.1—-1.4\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 为 $+13.04—+13.3\text{‰}$ 。矿区白云岩的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ 为 $+3\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 为 $+14.9\text{‰}$ 。根据矿物共生组合 (重晶石+黄铁矿+方解石或白云石) 特点分析, 白云石的碳氧同位素成分可代表矿化流体的碳同位素组成, 此值与矿区白云岩的碳同位素组成不同, 同样也不同于火成碳酸岩的碳同位素组成 (图 4)。

(三) 矿物包裹体地球化学特征

矿物主要含液体包裹体, 其气液比为 10—30%, 其次有气体包裹体、富含 H_2S 气体的包裹体和含子矿物 NaCl 的包裹体。银矿化期第一矿化阶段石英中有不同气液比, 而且具有相近均一温度的包裹体共生, 证明矿液曾发生过沸腾作用。

① 据湖北地质五大队

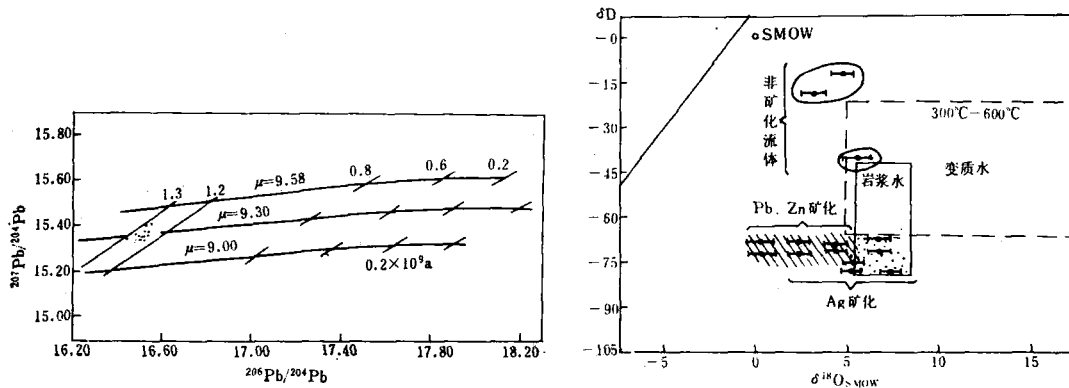


图 2 矿床铅同位素组成 (左图)

(μ 值计算参数: $t=4.43\text{Ga}$; $\lambda_1=0.155125\text{na}^{-1}$; $\lambda_2=0.98485\text{na}^{-1}$; $a_0=9.307$; $b_0=10.294$;
• 为方铅矿和黄铁矿的铅同位素组成)

Fig. 2. Lead isotope composition of the ore deposit (left).

(Parameters for calculating μ -value: $t=4.43 \times 10^9$ year; $\lambda_1=0.155125 \times 10^{-9}$ year $^{-1}$; $a_0=9.307$; $b_0=10.294$;
• Lead isotope composition of galena and pyrite) (left).

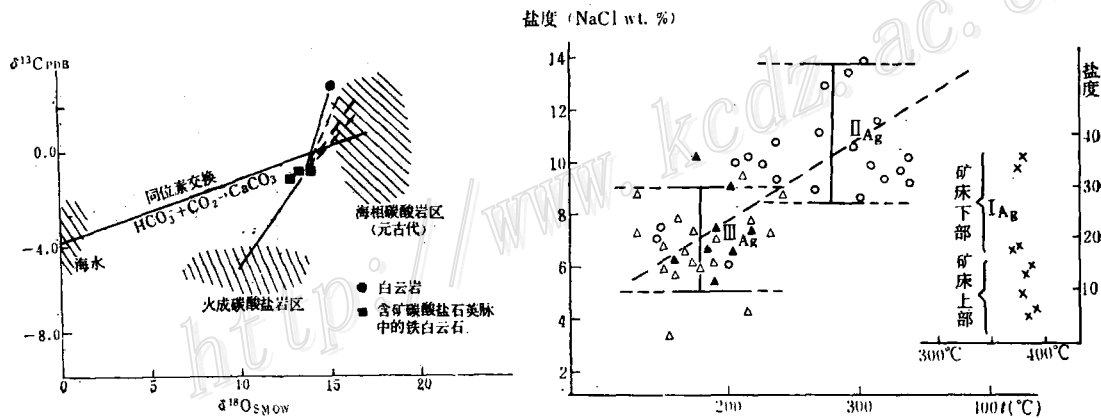
图 3 矿床矿化流体的 δD — $\delta^{18}O$ 关系图 (右图)

(本所同位素室分析)

(δD 值为石英包裹体水的氢同位素; $\delta^{18}O$ 由石英的氧同位素组成经公式 $1000 \ln \alpha_{Q-W} = 3.38 \times 10^6 T^{-2} - 3.4 \approx \Delta \delta^{18}O_{Q-W}$ 换算得到)

Fig. 3. Plot of δD against $\delta^{18}O$ for mineralized fluids in the deposit (right).

D value refers to hydrogen isotopes of inclusion water in quartz; $\delta^{18}D$ is obtained from conversion of oxygen isotope composition through the formula $1000 \ln \alpha_{Q-Water} + 3.38 \times 10^6 T^{-2} - 3.4 \approx \Delta \delta^{18}O_{Q-Water}$.

图 4 脉石矿物 (铁白云石) 和白云岩的 $\delta^{13}C_{PDB}$ — $\delta^{18}O_{SMOW}$ 关系图 (上左图)

(成都地矿所分析)

Fig. 4. Plot of $\delta^{13}C_{PDB}$ against $\delta^{18}O_{SMOW}$ for gangue mineral (ankerite) and dolomitite (left)

图 5 银矿化期不同矿化阶段流体包裹体的均一温度—盐度关系图 (上右图)

Fig. 5. Relationship between homogenization temperature and salinity of fluid inclusions in different mineralization stages of silver (right).

均一温度：银矿化期为180—400℃，铅锌矿化期为130—280℃，矿床形成经历了两次升温降温过程（表3）。

表 3 包裹体均一温度和盐度
Table 3. Homogenization temperature and salinity of inclusions

矿化期和矿化阶段	均一温度范围 (°C)	盐度范围 (wt.% NaCl)
银矿化期	I Ag 黄铁矿块状石英脉	350—400
	II Ag 糖粒状含银石英脉	270—320
	III Ag 粗糖粒状富银石英脉	180—230
铅锌矿化期	I Pb、Zn 长石石英铅锌脉	220—280
	II Pb、Zn 碳酸盐石英铅锌银脉	130—190

盐度：不同矿化期、矿化阶段，矿化流体的盐度不同（表3）。从银矿化期到铅锌矿化期，流体盐度逐步降低（图5、6）。银矿化期第一矿化阶段矿化流体盐度出现垂直分带，上部低而下部高，含子矿物NaCl的包裹体仅见于本阶段石英脉下部，这种流体盐度的垂直变化与矿液沸腾有关。

压力：由包裹体盐度、温度和密度，再根据NaCl-H₂O体系相图估算，得到矿床最小成矿压力为 2×10^7 Pa左右。根据地质剖面厚度分析结果，矿床形成深度约800m，和前者吻合。

包裹体成分：选择粒度为0.4mm的石英重15g左右，经实验室分析表明，包裹体成分的阳离子主要为Na⁺（39000—131000ppm），其次为K⁺（5980—25000ppm），Ca²⁺和Mg²⁺较少，具有Na⁺>K⁺>Ca²⁺>Mg²⁺的特点。阴离子组分主要有S（SO₄²⁻为12000—110000ppm）、Cl⁻（3300—77000ppm），F⁻较少。

（四）矿床形成的化学热力学条件

对形成矿床的三个主要矿化阶段进行的各种成矿热力学条件分析结果见图7、图8、图9。建立这些图解的热力学参数以及化学平衡反应方程主要引自Helgson（1969）、程伟基（1983）和Hiroshi Ohmoto（1977）资料，部分参数为本文根据在25℃和 $P=101325$ Pa条件下的参数换算得到的。计算图中各单变线时所涉及的参数（ t 、 m_{K^+} 、 m_{Na^+} ）来自包裹体研究结果， m_{S_2} 值是根据各矿化阶段的 f_{O_2} 、pH和 f_{S_2} 来进行判断的。构图时，均以反应所在硫的溶解类型优势场中的硫的溶解类型代表总硫，反应处于两种不同的溶解类型优势场的交界处时，则同时考虑这两种硫溶解类型的离子浓度进行计算。

从图7、8、9中可见， f_{O_2} 变化不大，第一铅锌矿化阶段的 Cf_{O_2} 较高（ 101326×10^{-38} Pa），其次是第三银矿化阶段，第二铅锌银矿化阶段最低（ 101325×10^{-42} Pa）。 f_{S_2} 变化同样呈现这一规律。

$$m_{Na^+}=1, I=1$$

第三银矿化阶段和第二铅锌银矿化阶段矿物沉淀的pH值较低，分别为4.5—5.3和5.1—5.6，矿化流体显酸性，第一铅锌矿化阶段矿化流体呈中性，pH>5.0。

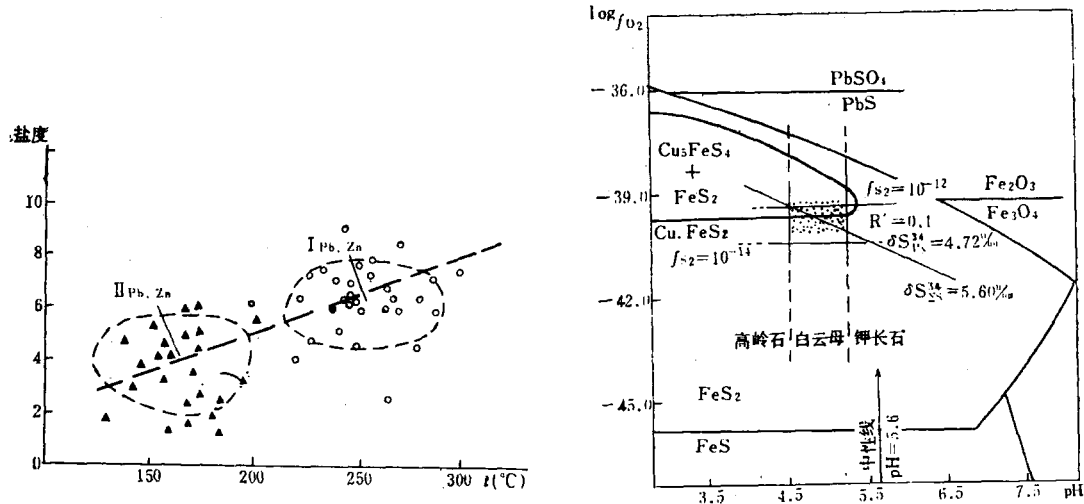


图 6 铅锌矿化期不同矿化阶段流体包裹体的均一温度—盐度关系图 (左图)

I Pb,Zn—第一铅锌矿化阶段; II Pb,Zn—第二铅锌矿化阶段

Fig. 6. Relationship between homogenization temperature and salinity of fluid inclusions in different mineralization stages of lead-zinc mineralization period (left).

I Pb,Zn—1st lead-zinc mineralization stage; II Pb,Zn—2nd lead-zinc mineralization stage.

图 7 银矿化期第三矿化阶段矿物沉淀的 f_{O_2} —pH 图解 (右图)

($t = 200^\circ\text{C}$; $m_{\Sigma S} = 0.0006$; $m_{K^+} = 0.23$; $m_{Na^+} = 1.5$; $I = 2$)

Fig. 7. Plot of f_{O_2} against pH for mineral deposition in 3rd mineralization stage of silver mineralization period (right).

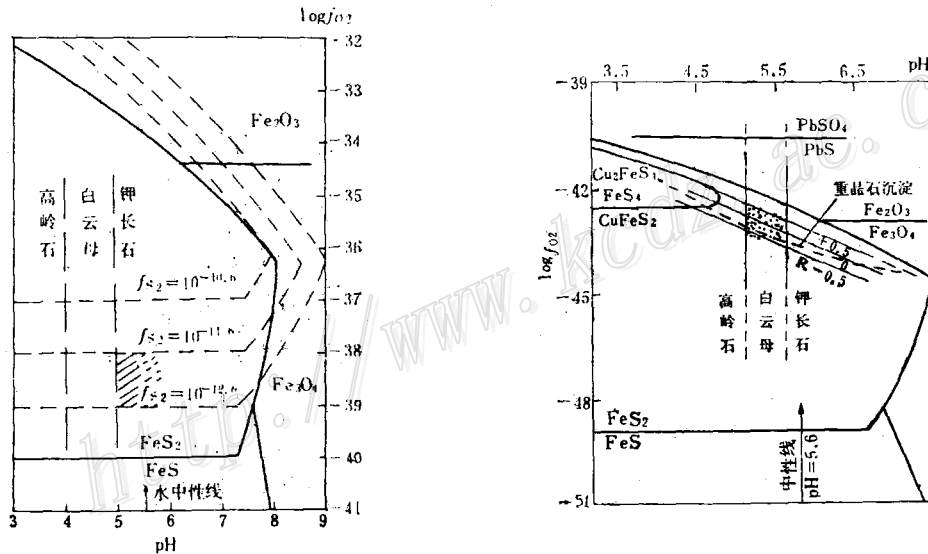


图 8 铅锌矿化期第一矿化阶段矿物沉淀的 f_{O_2} —pH 图解 (左图)

($t = 250^\circ\text{C}$; $m_{\Sigma S} = 0.005$; $m_{K^+} = 0.4$; $I = 2$)

Fig. 8. Plot of f_{O_2} against pH for mineral deposition in 1st mineralization stage of lead-zinc mineralization period (left).

图 9 铅锌矿化期第二矿化阶段矿物沉淀的 f_{O_2} —pH 图解 (右图)

($t = 170^\circ\text{C}$; $m_{\Sigma S} = 0.0001$; $m_{K^+} = 0.15$)

Fig. 9. Plot of f_{O_2} against pH for mineral deposition in 2nd mineralization stage of lead-zinc mineralization period (right).

三、矿床成因讨论

(一) 火山作用和成矿作用的地质背景、时代及其相互关系

矿床产在横贯整个中国东西并具有长期地质演化历史的秦岭活动带中。由于活动带内发育了强烈的构造活动和岩浆作用,使地壳下部岩石熔融而沿深大断裂向上迁移,与此同时,成矿物质也随之上升到地壳浅部形成矿床。这条活动带的发育和演化给矿床形成提供了有利的地质环境。

成矿作用和火山作用的关系密切。在空间上,矿床的分布严格受火山穹窿构造控制。矿石普通铅同位素组成具单阶段演化特征,其模式年龄可视为成矿年龄,由于矿床的形成和火山作用是同时发生的,故它们的形成时期均为13亿年左右。根据火山岩和矿床的微量元素组合特征,岩石铅和矿石铅的Th/U比值的相似性,可以认为火山物质和成矿组分具有同一来源。

(二) 成矿物质来源

1. 成矿金属物质和硫的来源 以下资料表明成矿物质来源于下部地壳或上地幔:①火山岩微量元素为Ag、Zn、Co、Ni、Mn;重熔型花岗岩中微量元素为Li、Rb、Cs、W、Sn、Be、Nb、Ta、Pb、U、Th;同熔型花岗岩中微量元素为Au、Ag、Cu、Zn、Co、Ni、Cr。从火山岩与两种类型花岗岩中微量元素类比说明其来源相近或相同。②矿石铅同位素组成均一,其中 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 与海岭玄武岩相同,源区 μ 值为9.30, Th/U比值为4.0,矿化流体的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为+3.5—+5‰,也与陨硫石同位素组成相近,说明铅、硫均为深部来源。

2. 矿化流体来源 根据矿化流体、非矿化流体的氢氧同位素和碳氧同位素组成特征分析(图3,图4),流纹质次火山岩侵入后冷凝结晶分异出岩浆水,并和因岩浆热驱动的地下水、地层水一道携带成矿物质进入裂隙成矿。到银矿化晚期,矿化流体中的岩浆水成分减少,到铅锌矿化期时,地下水和地层水完全取代了岩浆水。铅锌矿化晚期流体中的碳来自地层碳酸盐,可能混合有部分深源碳。

形成阿尔卑斯型石英脉的流体来源和矿化流体来源很不相同,它们主要来自围岩中的地层水,其氢氧同位素成分差别较大。

(三) 成矿物理化学条件

1. 成矿压力和温度 如前所述,矿床形成于浅成环境,成矿最小压力为 $2 \times 10^7 \text{Pa}$ 左右,其形成深度约800m。由包裹体均一温度可知,矿床形成于中—低温环境。银矿化主要发生在320—180℃,铅锌矿化温度为280—130℃,两矿化期各矿化阶段的成矿温度差较小,表现为两个连续降温过程。

2. 矿物沉淀的 f_{O_2} 和pH 矿物沉淀时,体系的pH较低,矿化溶液偏酸性,从银矿化期到铅锌矿化期末,成矿溶液的pH逐步升高。矿化溶液的 f_{O_2} 为 $10^{13.25} \times (10^{38-42})$ 从脉石矿物组合来看,铅锌矿化晚期出现硫酸盐矿物(重晶石),说明矿化晚期 f_{O_2} 增高。

3. 成矿金属银的可能迁移形式和沉淀机理 据前人实验结果,银和金在成矿溶液中的迁移形式可能有两种,即它们的硫络合物和氯络合物。这两种络合物具有不同的稳定条件,高温酸性条件时,银和金的氯络合物较稳定。低温碱性条件下,其硫络合物则更稳定。由Seward等人的实验数据计算^{[5][6]},银矿化流体中 $[\text{Ag}(\text{HS})_2^-]$ 、 $[\text{Au}(\text{HS})_2^-]$ 浓度比

[AgCl₂⁻]、[AuCl₂⁻] 的浓度高出几个数量级, 因此可以认为银、金的硫络合物是热液中主要的络合物存在形式。导致这两种金属硫络合物的分解沉淀的因素有温度的降低、氧化还原电位改变、溶液中硫浓度降低等。引起这些物理化学条件改变的原因是热液进入新体系和围岩进行能量和物质交换。另外, 矿液沸腾作用也是引起本矿床成矿溶液的物理化学条件变化、使银的络合物分解沉淀的一重大因素。

综上所述, 本矿床为形成于13亿年左右, 成矿物质来自上地幔或下部地壳的次火山中低温热液矿床。

在野外工作期间得到了湖北省第五地质大队、特别是第五地质小队的大力支持以及提供大量地质资料, 在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 南京大学地质系 1979 地球化学 科学出版社
- [2] (美) G. 福尔著 (乔广生、潘曙兰1983年译) 1977 同位素地质学原理 科学出版社
- [3] 中国科学院地球化学研究所 1977 矿物中的包裹体及其在地质上的应用 地质出版社
- [4] 大本 1972 热液矿床中硫和碳的同位素系统 稳定同位素地质译文集 地质出版社
- [5] Seward T. M., 1973, Thio complexes of gold and the transport of gold in hydrothermal ore solutions. *Geochim. Cosmochim. Acta*. Vol. 37, PP. 379-399.
- [6] Barton M. D., 1980, The Ag-Au-S system. *Econ. Geol.* Vol. 75, pp. 303-316.
- [7] Harold C. Helgson, 1969, Thermodynamics of hydrothermal systems at elevated temperature and pressures. *Am. Jour.* Vol. 267, pp. 729-804.

GEOCHEMISTRY AND GENESIS OF THE YENDONGGOU LEAD-ZINC-SILVER DEPOSIT

Liu Congqiang

(Institute of Geochemistry, Academia Sinica, Guiyang, Guizhou)

Abstract

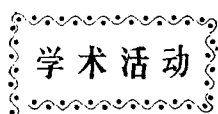
The Yendonggou lead-zinc-silver deposit, whose ore-forming process can be divided into the earlier silver mineralization period composed of three stages and the later lead-zinc mineralization period made up of two stages, occurred at the center of a volcanic rise and was closely related to the supergene intrusion of rhyolite. Detailed geochemical researches demonstrate that it is a low-medium temperature subvolcanic hydrothermal deposit.

The isotopic evidence(Pb, S, O, H, C) yields the following conclusions:

1. The deposit has an age of 1300Ma.
2. The ore-forming metals and sulfur came from the upper mantle or from deep part of the crust.
3. The ore-forming fluids of earlier mineralization period were derived from

a mixture of meteoric and magmatic water while the fluids of later mineralization period merely from meteoric water.

According to the data of fluid inclusions and the thermodynamic analysis, the temperature of silver mineralization ranges at least from 180°C to 320°C and the salinity of ore-forming fluids, 5 to 15 wt. % equiv.; the temperature of lead-zinc mineralization, 130°C to 280°C, the salinity, 2 to 8 wt. % NaCl equiv., and the ore-forming pressure, about 200×10^{15} Pa; the fugacity of the two periods, 10^{-12} atm. to 10^{-38} atm., and pH, approximately 4.5 to 5.6.



国际铀床成矿作用讨论会在维也纳召开

1987年是国际原子能机构成立卅周年。为表示庆祝,三月九日至十二日在奥地利首都维也纳举行了国际铀矿床成矿作用技术委员会会议(The Technical Committee Meeting on Metallogenesis of Uranium Deposits)。参加会议的有来自中、美、苏、法、英、日、印度等22个国家的62名正式代表。我国核工业部230所姚振凯参加了会议,并宣读了“我国东南部铀的成矿作用”论文,引起了与会者的兴趣和关注。

会议论文涉及到铀矿床的分类、铀矿床地球化学、同位素地质、矿床控矿因素分析和区域铀成矿规律等论文33篇。论文内容反映了当前国际铀矿床的研究动态和进展水平。

联邦德国F. J. Dalhemp, 提出铀矿床按主岩和成因的二种分类,概括了世界目前已发现的铀矿床含矿主岩类型,把所有铀矿床的成因归纳为同生和后生两大类,并分别列出了识别各类型铀矿床的地质标志,举出了典型矿床实例。

美国K. J. Wenrich, 报告了美国亚利桑那州格兰德峡谷地区溶蚀-塌陷角砾岩筒型铀矿化形成的岩性-构造控制,指出角砾岩筒型铀矿成群成带分布,且有等间距性,产于下石炭统雷德瓦尔组厚层灰岩内,明显受北东和北西两组陡倾断裂和环形构造的控制。伴有Ag、Co、Cu、Mo、Ni、Pb、Zn、V矿化。矿床形成于晚三叠世,矿石年龄为220—200Ma。

法国代表宣读论文较多,尤以花岗岩铀矿床研究较详细。J. M. Schmitt所作“三叠纪风化层作用、法国南部形成不整合型铀矿床的一个预富集阶段”的报告,强调法国中央地块的铀矿床的形成,与中生界底部的不整合面有密切的空间和成因联系,指出与澳大利亚和加拿大元古代不整合面型铀矿床的不同。B. Poty题为“花岗岩环境中热液阶段U-Th-REE的活动性”的报告,论述了花岗岩中铀、钍和稀土元素的溶解、迁移和富集成矿,同其源岩中所含上述元素的副矿物性状及含量有关。认为过铝质花岗岩为富铀花岗岩,含较多独居石、低钍的晶质铀矿、磷钇矿、锆石和磷灰石等。

苏联A. V. Tarkhanov研究了世界前寒武纪铀矿床的时空分带,把前寒武纪铀矿床的大地构造位置分为:元古代活动带;元古代裂谷盆地;元古代构造-岩浆活化区。其中每类又细分为若干小类,以裂谷盆地及构造-岩浆活化区对铀成矿最有利。

英国P. R. Simpson的“中国东南部铀成矿作用、岩浆活动和构造”的报告,是根据来自中国实地考察和综合研究,提出了一些和我国铀矿地质工作者不同的看法。他强调江西省的铀成矿作用与大陆内的小板块(扬子板块和华南板块)构造有关,并在消亡板块边缘分布。认为江西花岗岩是原生岩浆成因,而不是壳源的。把华东南铀矿床归为不整合型,铀矿体可产在花岗岩体内,也可产在其外带的沉积-变质岩中。提出

(下转71页)