

doi:10.6053/j.issn.1001-1412.2014.03.005

河南灵宝银家沟硫铁多金属矿床 地质特征及成矿模式

李文智, 郭 锐, 罗明伟, 师书冉, 付治国

(河南省地质矿产勘查开发局第二地质勘查院, 河南 许昌 461000)

摘要: 豫西银家沟硫铁多金属矿床是与中酸性斑岩小侵入体具成因联系的大型热液交代型矿床;矿床赋矿地层主要为蓟县系龙家园组和巡检司组含燧石条带白云岩;矿床的成矿岩体呈复式微型岩株,中心相为钾长花岗斑岩,边缘相为石英闪长斑岩,岩体为超浅成侵入伴随隐爆作用的次火山相岩浆岩;矿床以硫铁矿为主体,共/伴生有铁、铜、钼、铅、锌、银、金等;矿体以透镜状为主,均为隐伏矿体;成矿分为磁铁矿-赤铁矿阶段、石英-辉钼矿阶段、石英-中粗粒黄铁矿阶段、黄铜矿-磁黄铁矿阶段;铅锌硫化物为最晚期产物。银家沟硫铁多金属矿床具有成矿物质多来源、成矿多阶段的特点。成矿岩体自身携带大量成矿元素,同时萃取了围岩中的多种成矿元素,在环境适合的条件下沉淀成矿。

关键词: 银家沟硫铁多金属矿床;热液交代型矿床;花岗斑岩;硫铁矿;共伴生矿产;成矿模式;豫西

中图分类号: P613;P618.4 **文献标识码:** A

0 引言

豫西地区位于华北克拉通的南缘^[1],夹持于黑沟—栾川—维摩寺—羊册断裂、潘河—马超营—拐河—沙河店断裂之间;该区的硫铁多金属矿床主要分布于豫西卢氏和栾川一带^[2],以银家沟、后瑶峪、骆驼山矿床为代表。银家沟硫铁多金属矿床处于灵宝县南64 km处的朱阳乡,自1958年发现以来,经过几次勘查工作,目前为大型硫铁矿矿床,伴/共生的铁、铜、钼、铅、锌、银、金等有用组分均达到中-小型矿床规模。

1 成矿地质背景

(1)区域地层。豫西地区沉积了中新元古界熊耳群、官道口群、栾川群等地层,以含火山岩、富镁、

高硅、多碳沉积为特征。中元古代熊耳期大规模的火山活动使海水中聚集了大量金属物质,这些物质在火山期后沉积下来,成为后期成矿的有利矿源层。

(2)区域侵入岩。区域燕山期中酸性斑岩体较为发育,斑岩多为小型岩株,其岩石化学特点为: $w(\text{SiO}_2)=60\%\sim 70\%$, $w(\text{K}_2\text{O})=3\%\sim 6\%$, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}=2$, $w(\text{Al}_2\text{O}_3)>15\%$, $w(\text{Fe}_2\text{O}_3)>1.6\%$, $w(\text{CaO})>1\%$, $w(\text{MnO})=0.05\%$;岩体中富Pb,Ag等成矿元素。这类小岩株与多金属成矿关系密切,为多金属矿床的成矿岩体。

(3)区域构造。黑沟—栾川大断裂为区域性的主干断裂^[3],并派生出一系列近EW向次级断裂,同时区域的NE-NNE向断裂也很发育,并与近EW向断裂构造交汇,在断裂交汇处形成众多中酸性小岩体。这些小岩体往往具有等距性,各带间距7~8 km,岩体间距5~6 km。近EW向和NE-NNE向断裂构造成为区域的控岩控矿构造。

收稿日期: 2013-07-18; **责任编辑:** 赵庆

作者简介: 李文智(1968-),男,高级工程师,1992年毕业于成都地质学院地质系,长期从事地质矿产勘查及评价工作。通信地址:河南省许昌许继大道12号,河南省地质矿产勘查开发局第二地质勘查院;邮编:461000;

通信作者: 付治国(1956-),男,教授级高级工程师,从事地质勘查与评价工作。通信地址:河南省许昌许继大道12号,河南省地质矿产勘查开发局第二地质勘查院;邮编:461000;E-mail:13937487987@163.com

2 矿区地质特征

银家沟硫铁多金属矿区位于杜关向斜南翼近轴部,地层为向 N 倾的单斜岩层。

矿区出露地层为中元古界蓟县系龙家园组和巡检司组底部的黄绿色页岩,地层产状 $340^{\circ}\sim 350^{\circ}/18^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 。矿区断裂可分为近 EW 向、NNE 向、NW 向和 NNW 向 4 组。

矿区位于吉家坡一十三亩地和庄科一大村 2 条 EW 向断裂之间和银家沟一夜长坪 NNE 向断裂带的北段。岩体与围岩的接触带(构造破碎带)是硫-铁-锌矿体产出的主要部位。岩体内的构造裂隙对钼矿体起控制作用^[4];外接触带白云岩中的断裂构造,特别是产状平缓的层间裂隙,是铅、锌、银多金属矿的重要赋存场所。几种不同类型的控矿构造在空间上连接交错,时间上往往叠加,使矿化富集程度增强,多种成矿元素累积^[5],同时又造成矿体形态、产状的复杂多样。

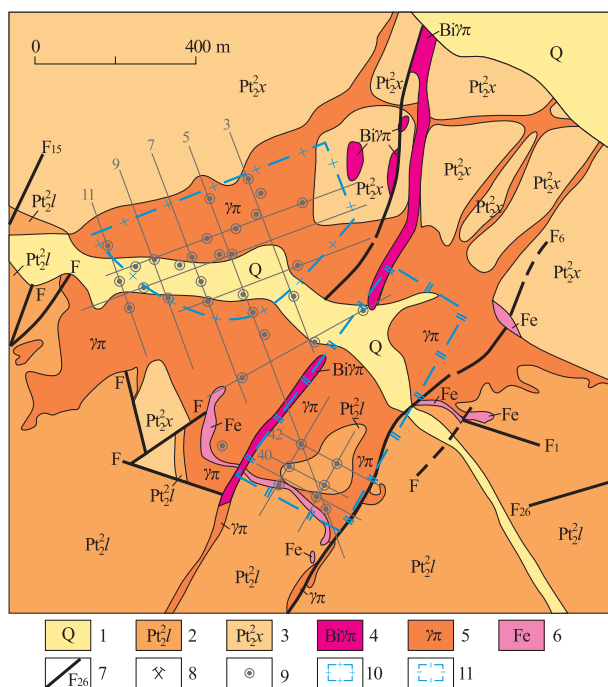


图 1 灵宝县银家沟硫铁多金属矿平面图

Fig. 1 Plan of Yinjiagou pyrite polymetallic deposit

1. 黄土; 2. 燧石条带白云岩; 3. 页岩、白云岩; 4. 黑云母花岗岩; 5. 互层花岗岩; 6. 铁帽、褐铁矿; 7. 断裂及编号; 8. 钼、锌采矿
- 硐; 9. 钻孔; 10. 勘探区; 11. 远景区

银家沟花岗斑岩体是以黄铁矿为主的多金属矿体的成矿岩体,呈不规则菱形,东西长 1 150 m,南北宽 500~600 m,面积约 0.6 km²。岩体四周多岩枝,以 NNE 向最发育。岩体东部、南部及西北部的接触面向内倾斜,倾角 $72^{\circ}\sim 82^{\circ}$;北部和西南部的接触面微向外倾,倾角 $80^{\circ}\sim 86^{\circ}$ 。中心相为钾长花岗斑岩,石英闪长斑岩构成不完整的边缘相。另外,还有二长花岗斑岩、黑云二长花岗斑岩及黑云石英二长斑岩、闪长玢岩脉(图 1)。

银家沟岩体属于超浅成侵入-隐爆相复合岩体,既有隐爆作用形成的角砾熔岩、凝灰岩,又有后期侵入的次火山岩。其形成可概括为“1 个来源,2 次隐爆,3 次侵入”:即二长花岗斑岩侵入-爆发相角砾岩-钾长花岗斑岩侵入-爆发角砾岩-成矿-黑云石英二长斑岩脉贯入。岩浆活动虽属浅成-超浅成相,但并未通达到地表,还是在相对封闭条件下进行的,从而使大量矿质和挥发分得以保存。岩体中 Pb, Zn, Ag 的含量明显偏高,而且都体现在早期阶段侵入的二长花岗斑岩中,这也显示出矿区岩体岩石地球化学演化的一个特点。

3 矿床地质特征

3.1 矿体地质特征

银家沟矿区的多金属矿体按照矿石类型、控矿地质条件及矿体赋存部位可分为 3 种类型:①产于岩体接触带中以硫铁矿为主的多金属矿床;②产于岩体内的细脉浸染型钼矿床;③产于外接触带围岩中与受断裂控制的铅锌银矿床。矿体中工业意义较大的矿种为硫、铅、锌、铜、钼矿,分述如下。

3.1.1 以硫铁矿为主的多金属矿体

已经查明 7 个矿体(群)。除Ⅳ号、Ⅶ号矿体受断裂控制外,其他 5 个矿体均受接触带控制或受接触带与断裂带的联合控制。Ⅰ号、Ⅲ号单矿体的硫铁矿储量已达大型规模,但埋藏深度较大,其次为Ⅱ号矿体。Ⅳ号、Ⅴ号、Ⅵ号、Ⅶ号矿体规模较小,但埋藏较浅,矿石品位较高。各矿体中的伴生组分也有较明显的差异(表 1)。

3.1.2 铅锌铜矿体

矿区的铅锌铜矿体按其产出部位和控矿条件的不同分为 2 个亚类。

表 1 以硫铁矿为主的多金属矿体特征

Table 1 Characteristics of the pyrite-dominated ore bodies

矿体群	矿体编号	埋深/m	形态	产状	长度/m	厚度/m	矿石品位 $w_B/\%$		
							S	Cu	Zn
I	I ₁ , I _{1.5} , I ₂ , I ₃	260	透镜状	340°∠36°~71°	525	36.33	18.30	0.33	
II	II ₁ , II ₂	隐伏	锅底状	长轴 NNE	400~500	26.00	25.61	0.59	0.61
III	III ₁ , III ₂ , III ₃ , III ₃	有出露	极复杂	长轴 NE	500		17.22	0.26	
IV	IV ₁ , IV ₄ , IV ₂ , IV ₅ , IV ₃ , IV ₆	有出露			180~220		28.57	0.52	0.54
V	V	有出露	透镜状	长轴 110°	320		31.75	0.97	0.80
VI	VI ₁ , VI ₂ , VI ₃			NEE-E∠70°	200		22.86		
VII	VII ₁ , VII ₃ , VII ₂ , VII ₄	有出露		298°∠52°~58°	100		28.41		
全区							19.81	0.51	

(1)产于接触带中的铅锌铜矿体。硫铁多金属矿体中,Pb,Zn,Cu 作为硫铁矿的伴生组分。其中,伴生锌矿品位>1%的共有 12 个块段。当锌铜矿相对富集而硫铁矿相对贫化时,可构成小型锌铜矿体。探明的锌矿体产于岩体西部接触带的北段,呈半隐伏状,受接触带和断裂的控制,矿体长 150 m,厚 1.5~2.4 m,产状 110°~115°∠75°~85°。平均品位: $w(S)=34.24\%$, $w(Cu)=4\%$, $w(Zn)=11.81\%$, $w(Pb)=0.77\%$ 。

(2)产于围岩裂隙中的脉状铅锌矿体。在岩体接触带以外 200 m 范围内,由 NNE 向为主的断裂和地层层间裂隙控制的小型不规则脉状矿体,是古人采掘的主要对象,特别是矿区东北部和西南部分布着大量古采硐。这类矿体的规模小,形态和产状复杂,分布零乱,分为 7 个氧化铅锌矿带。

一号铅锌矿带。位于岩体东北侧,走向 310°,长 400 m,宽 40~100 m,老硐很多;矿体受 F₂₀₃ 断裂控制;矿石主要为含铅锌角砾岩及铁帽, $w(Pb)=1.18\%~1.39\%$, $w(Zn)=1.80\%~3.30\%$ 。

二号铅锌矿带。位于岩体北部接触带,为 V 号矿体的氧化带;近 EW 向延伸,长 160 m,宽 5~40 m; $w(Pb)=0.90\%$, $w(Zn)=0.99\%$, $w(Cu)=0.32\%$ 。

三号铅锌矿带。位于岩体西南部接触带,受 F₂₀₄ 断裂控制;北段为 VII 号矿体的氧化带,南段为 VI 号矿体的氧化带;矿体长 290 m,宽 10~32 m; $w(Cu)=0.07~0.35\%$, $w(Pb)=0.36\%$, $w(Zn)=0.84\%$ 。

四号铅锌矿带。位于岩体南部岩枝中,长 150 m,宽 5~12 m,矿体小而薄。

五号铅锌矿带。位于岩体东部岩枝中,EW 走向,长 130 m,宽 30~40 m; $w(Pb)=1.61\%$, $w(Zn)$

$=0.77\%$ 。

六号铅锌矿带。位于岩体西南侧,作 325°方向延伸,长 400 m,宽 30~40 m,老硐遍布;矿石主要为含铅锌褐铁矿或构造角砾岩, $w(Pb)=1.82\%$, $w(Zn)=2.28\%$ 。

七号铅锌矿带。位于岩体西北侧,与 NNE 向裂隙有关;范围小,矿化弱,偶见老硐。

3.1.3 钼矿体

在岩体中心 0.3 km² 范围内呈现不同程度的钼矿化,构成细脉浸染型钼矿床,矿化与 F₂₀₄ 断裂下盘的羽状裂隙有关,共圈定 31 个钼矿体;若用 $w(Mo)=0.02\%$ 作为边界来圈定钼矿体,钼矿体则比较完整,形态也较简单。

3.2 矿石特征

3.2.1 矿物组成

矿石金属矿物主要为磁铁矿、辉钼矿、磁黄铁矿、菱铁矿、闪锌矿,次为黄铜矿、斑铜矿、辉铜矿、方铅矿等。脉石矿物有镁橄榄石、粒硅镁石、透闪石、阳起石、斜长石、钾长石、蛇纹石、石英、绢云母、绿泥石、方解石等。表生矿物有褐铁矿、硬锰矿、软锰矿、孔雀石、蓝铜矿、菱锌矿、白铅矿等(表 2)。

3.2.2 有用元素赋存状态

(1)S。主要赋存于黄铁矿中,据 3 个大样 S 的物相分析,黄铁矿中 S 占全硫的 98.22%,98.66%,95.88%,其他硫化物及硫酸盐类矿物中的 S 仅占 1.78%~4.12%。

(2)Fe。主要铁矿物为磁铁矿、菱铁矿、赤铁矿、褐铁矿及黄铁矿。根据 3 个物相样分析,黄铁矿占 62.5%,碳酸铁占 22.6%,磁性铁占 7.03%,赤铁矿中铁(包括可溶硅酸铁)占 7.02%,酸不溶硅酸铁占 0.85%。

(3)Cu。已知铜矿物有黄铜矿、斑铜矿、辉铜

矿、孔雀石、蓝铜矿等。据铜的物相分析,原生硫化铜占63.99%,次生硫化铜占20.19%,总氧化铜占15.82%。

(4)Zn。锌矿物有闪锌矿、少量铁闪锌矿及锌铁尖晶石等,偶见菱锌矿、黑锰锌矿。据锌的物相分析,硫化锌占54.1%,氧化锌占44%,锌尖晶石占1.9%,锌主要含于闪锌矿中。

(5)Pb。铅主要赋存于外接触带围岩裂隙中的脉状铅锌矿中。在硫铁多金属矿体中,据319个组合样分析, $w(\text{Pb}) > 0.5\%$ 的样品仅占1.9%, $w(\text{Pb}) < 0.1\%$ 的占95%。

3.2.3 矿石结构构造

矿石结构:自形半自形粒状、他形粒状、晶屑砂状、交代溶蚀(镶边、假象、包含、交代乳浊、交代残余、细脉交代)、微晶-隐晶、胶状、应力等结构。

矿石构造:块状、散粒状、浸染状、细脉浸染状、角砾状、孔洞状、蜂窝状、海绵状、土状及条带状、斑杂状等构造。

3.2.4 矿石类型

分为磁铁矿矿石、磁铁矿-赤铁矿矿石、细脉浸染状石英-辉钼矿矿石、中粗粒致密块状黄铁矿矿石、黄铜矿-磁铁矿矿石、菱铁矿-黄铁矿矿石、铜铅锌金属硫化物矿石、氧化铅锌矿石等。各类矿石的矿物组合不同,从浅部到深部呈磁铁矿→黄铁矿→菱铁矿的变化规律。

3.2.5 成矿阶段划分

(1)磁铁矿-赤铁矿阶段。形成的主要矿物为磁铁矿和少量赤铁矿、白云石和镁夕卡岩矿物。矿石多呈致密块状和稠密浸染状构造,少数交代白云岩微层理而呈条带状构造。此阶段矿化温度为370~440℃。

(2)石英-辉钼矿阶段。氧逸度逐渐降低,硫逸度增加,辉钼矿开始晶出,赋存于蚀变钾长花岗岩中,钼矿石具浸染状和细脉浸染状构造;此阶段矿化温度为290~350℃。

(3)石英-中粗粒黄铁矿阶段。随着成矿温度的下降,硫逸度继续增大,由于成矿溶液的作用围岩中碱性增强,沉淀了大量黄铁矿。矿化温度为270~290℃。

(4)黄铜矿-磁黄铁矿阶段。该阶段的矿化较弱,范围小,基本上叠加于石英-中粗粒黄铁矿矿化之上。随着硫逸度降低和氧逸度的增大,使磁黄铁矿分解。矿化温度为270℃左右。

(5)菱铁矿-中细粒黄铁矿阶段。由于黄铁矿大

量沉淀及温度下降,矿液中 CO_2 的溶解度增大,形成大量菱铁矿,并继续沉淀细粒黄铁矿。矿化温度为200~260℃。

(6)黄铜矿-斑铜矿阶段。主要形成黄铜矿、斑铜矿及少量辉铜矿。矿化强度弱,矿化范围分散,叠加在菱铁矿-中细粒黄铁矿矿化之上,很少形成独立工业铜矿石。形成温度 $< 228^\circ\text{C}$ 。

(7)铅锌硫化物-黝铜矿-重晶石阶段。形成方铅矿、闪锌矿及少量黝铜矿、锡黝铜矿、黄铜矿和白铁矿。矿化强度弱且分散,未形成独立工业矿石。矿化温度为190~220℃。

4 成矿模式

4.1 成因标志

(1)矿床受地层和岩性控制,矿体普遍赋存于蓟县系官道口群龙家园组和巡检司组的白云质大理岩、硅质条带白云岩中。

(2)龙家园组Pb,Zn,Ag丰度分别为维氏值的2.46倍,0.23倍和3.97倍,可作为矿源层。

(3)中酸性斑岩小侵入体是钼、铅、锌、银矿的成矿岩体。在卢氏地区岩体中平均含 $w(\text{Pb}) = 146 \times 10^{-6}$, $w(\text{Zn}) = 207 \times 10^{-6}$, $w(\text{Ag}) = 0.76 \times 10^{-6}$;在栾川一带平均含 $w(\text{Pb}) = 33.5 \times 10^{-6}$, $w(\text{Zn}) = 72.7 \times 10^{-6}$, $w(\text{Ag}) = 0.175 \times 10^{-6}$ 。

(4)矿石的矿物成分较复杂,有磁铁矿、赤铁矿、辉钼矿、黄铜矿、磁黄铁矿、菱铁矿、闪锌矿、方铅矿,表现出矿化具多阶段性和相互叠加的特点。

(5)矿化具明显的水平分带,以岩体为中心向外依次出现高、中、低温热液矿化。

(6)矿石中溶蚀交代结构发育,反映成矿过程中以交代作用为主,鸟眼状结构是成矿中氧逸度变化的标志;矿石中的胶状铅锌矿和黄铁矿的出现说明成矿深度较浅,闪锌矿固溶体分离结构不发育,表明成矿温度较低。

(7)硫同位素 $\delta(^{34}\text{S}) = -0.3 \times 10^{-3} \sim 6.5 \times 10^{-3}$,变化范围窄,具塔式效应,均一化程度较高,说明成岩成矿硫源主要源于下地壳或上地幔。

4.2 成矿模式

4.2.1 成矿物质来源

(1)成矿物质主要来自花岗斑岩小侵入体。矿体分布于岩体的接触带或其附近,岩体中的微量元素Pb,Zn,Ag丰度值普遍较高。在岩体固结过程

中, Pb, Zn 从岩浆中分异出来进入热液, 在适当的物理化学条件下与围岩交代, 在裂隙中形成矿体。

(2) 成矿物质部分来自地层中。矿床的围岩是官道口群龙家园组、巡检司组碳酸盐岩, 地层中微量元素 Pb, Zn 含量分别为维氏值的 2.4 倍和 0.23 倍, 在矿床形成过程中提供了部分物质; 矿石铅同位素的模式年龄远大于岩体形成年龄而接近于地层年龄。该地层沉积在泻湖海湾环境中, 不仅有富含 Pb, Zn 的丰富陆源物质供给保障, 而且有丰富的碳质和黏土质将 Pb, Zn 吸附于沉积物中。这种富含白云质的矿源层, 在岩浆热力烘烤下, 发生重结晶, 使颗粒和孔隙度增大, 加之碳酸盐岩本身较强的化学活性, 有利于含矿热液的渗透、迁移, 携带到岩层的有利部位沉淀、富集形成工业矿体(图 1)。

4.2.2 成矿环境

Ming-Tian Zhu^[6]等、武广等^[7]分别对银家沟矿区的流体包裹体进行了研究, 尽管研究数据之间尚存在差异, 认识上也不完全统一, 但对银家沟矿区的成矿温度和流体的基本性质已经有了初步的了解。

早期黄铁矿中流体包裹体的温度较高($> 350\text{ }^{\circ}\text{C}$); 气液两相包裹体的盐度较低($w(\text{NaCl})_{\text{eq}} = 3.7\% \sim 7.3\%$), 而含子矿物包裹体的盐度则明显偏高($w(\text{NaCl})_{\text{eq}} = 36.8\% \sim 42.4\%$)^[6]。

主成矿期黄铁矿流体包裹体的温度为 $263 \sim 354\text{ }^{\circ}\text{C}$, 为中温热液的温度范围; 流体包裹体以液相为主, 具有较高的盐度($w(\text{NaCl})_{\text{eq}} = 6.0\% \sim 21.3\%$)^[6]。

研究表明, 银家沟矿区成矿溶液属于 $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl} \pm \text{CO}_2$ 体系^[7]。

4.2.3 成矿时代

Ming-Tian Zhu 等^[8]从石英-黄铁矿脉中挑选

出锆石, 经显微矿物学研究, 属于捕获的岩浆成因锆石; 锆石的 U-Pb 同位素年龄为 $(142.0 \pm 1.5)\text{ Ma}$, 可以表征成矿岩体的形成时代; 而对矿区黄铁矿的 Re-Os 年代学测试获得的等时年龄为 $(141 \pm 1.1)\text{ Ma}$ 。武广等^[9]对辉钼矿 Re-Os 同位素定年和蚀变花岗斑岩中绢云母的 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 同位素定年, 均得到约 143 Ma 的年龄值。胡浩等^[10]对矿区各类岩石进行了锆石 U-Pb 法定年, 钾长花岗斑岩的年龄为 $(140 \pm 1) \sim (138 \pm 1)\text{ Ma}$, 而对矿体造成破坏的闪长玢岩和黑云母二长斑岩的年龄为 $(137 \pm 2)\text{ Ma}$ 和 $(138 \pm 3)\text{ Ma}$, 据此将成矿时代限定于 $137 \sim 140\text{ Ma}$ 之间。上述研究成果给出了较为一致的成矿时限, 即银家沟硫多金属矿床形成时代晚于 142 Ma , 而早于 137 Ma 。同时, 成矿、蚀变岩与岩体(脉)形成年龄的一致性, 说明银家沟多金属矿床是与二长花岗斑岩体具有成因联系岩浆热液矿床, 成岩-成矿时代为早白垩世早期。

5 结语

银家沟硫多金属矿床受超浅成相的二长花岗斑岩的控制, 产于 EW 向断裂与 NNE 向断裂的结点上, 矿化部位多样, 岩体内、岩体接触带、岩体外接触带都有不同类型的金属矿化, 构成了清晰的矿床分带; 矿床成因类型为岩浆热液型, 矿化类型为斑岩型+接触交代型+脉状充填-交代型, 形成一个完整的矿床组合; 矿床具有成矿多阶段、成矿物质多来源的特点。

矿床的形成经历了较长的演化, 分为富集期和成矿期两大地质过程; 中元古代, 强烈的火山作用和

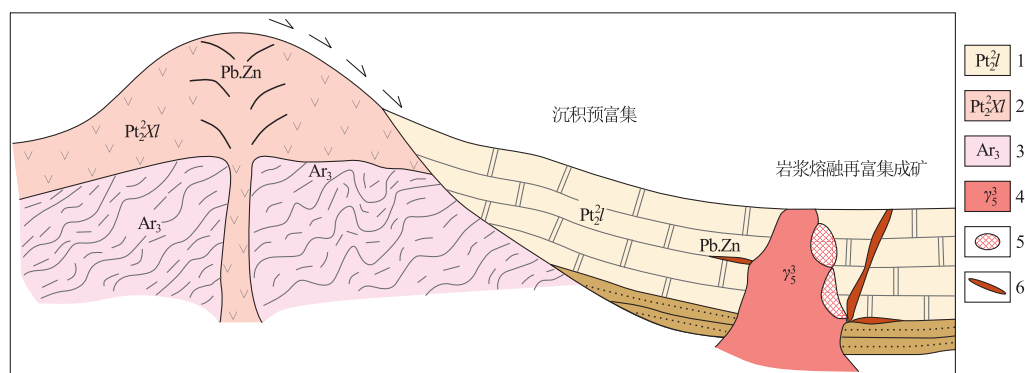


图 2 银家沟式铅锌矿成矿模式图

Fig. 2 Metallogenetic model of Yinjiagou Pb-Zn deposit

1. 管道口群龙家园组; 2. 熊耳群; 3. 太华群; 4. 燕山期中酸性小岩体; 5. 多金属硫化矿体; 6. 铅锌矿脉

剥蚀沉积作用将成矿元素初步富集,形成矿源层;中生代晚期,中酸性浅成-超浅成小岩体在强烈的构造活动背景下上侵定位,带来充足的流体和成矿元素,提供了强大的地热场,使不同来源的成矿元素被裹挟到热流体中,在环境适合条件下,经过多个成矿阶段,在不同的部位沉淀并形成不同类型的矿体。

参考文献:

- [1] 付治国,靳拥护,燕长海,等. 河南汝阳老代仗沟铅锌矿床趋势分析及成因研究[J]. 华南地质与找矿, 2008(3): 29-39.
- [2] 付治国,瓮纪昌,燕长海,等. 东秦岭冷水北沟铅锌银矿床同位素地球化学特征[J]. 物探与化探, 2010, 34(1): 34-39.
- [3] 马红义,李战明,刘永春. 太山庙地区锡矿地质特征及找矿前景[J]. 地质调查与研究, 2005, 28(2): 115-119.
- [4] 马红义,李济营,黄超勇,等. 汝阳县楼长沟铅锌矿床地质特征及矿床成因[J]. 矿产与地质, 2005, 19(5): 523-528.
- [5] 马红义,赵秀芳,张云政,等. 汝阳县王坪西沟铅锌矿床地质特征及找矿方向[J]. 地质找矿论丛, 2006, 21(3): 184-187.
- [6] Ming-Tian Zhu, Lian-Chang Zhang, Gusng Wu, et al. Fluid inclusions and He-Ae isotopes in pyrite from the Yinjiagou deposit in the southern margin of the North China Craton: A mantle connection for poly-metallic mineralization[J]. Chemical Geology, 2013, 351: 1-14.
- [7] 武广,陈毓川,李宗彦,等. 豫西银家沟硫多金属矿床流体包裹体和同位素特征[J]. 地质学报, 2013, 87(3): 353-374.
- [8] Ming-Tian Zhu, Lian-Chang Zhang, Guang Wu, et al. Zircon U-Pb and pyrite Re-Os age constraints on pyrite mineralization in the Yinjiagou deposit, China[J]. International Geology Review, 2013, 55(13): 1616-1625. DOI: 10.1080/00206814.2013.786313
- [9] 武广,陈毓川,李宗彦,等. 豫西银家沟硫多金属矿床 Re-Os 和 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年龄及其地质意义[J]. 矿床地质, 2013, 32(4): 809-822.
- [10] 胡浩,李建威. 豫西银家沟多金属矿床地质矿化特征和成矿时代[J]. 矿床地质, 2010, 29(增刊): 450-451.

Geological features and prospecting model of Yinjiagou pyrite polymetallic deposit in Lingbao county, Henan province

LI Wenzhi, GUO Rui, LUO Mingwei, SHI Shuran, FU Zhiguo

(No. 2 Geo-exploration Institute Henan Provincial Bureau of Geo-exploration and Mineral Development, Xuchang 461000, Henan, China)

Abstract: Yinjiagou pyrite polymetallic deposit is a large hydrothermal metasomatic deposit closely related to small intermediate-acidic porphyry intrusions and occurs in chert-banded dolomite of Longjiayuan Fm and Xunjiansi Fm of Mesoproterozoic Jixian system in west Henan province. The small intermediate-acidic porphyry intrusions are super shallow intrusive bodies accompanied by crypto-blasted sub-volcanics occurring as micro-complex stocks in which is centered K-feldspar granite rimmed with quartz dioritic porphyry. The deposit is dominated by pyrite with by-product of Fe, Cu, Mo, Pb, Zn, Ag and Au. Ore bodies are all blind, mainly in lenses. Mineralization includes stages of (1) magnetite-hematite; (2) quartz-molybdenite; (3) quartz-medium-coarse grained pyrite; (4) chalcopyrite-pyrrhotite. Pb, Zn sulfides are the latest product. The deposit is characteristic of multiple ore material sources and metallogenic stages. The small porphyry intrusions carry large volume of ore elements and extract ore elements from the surrounding rocks. The ore elements are precipitated as ore under proper environment.

Key Words: Yinjiagou pyrite polymetallic deposit; hydrothermal metasomatic deposit; granite; pyrite; by-product resources; metallogenic model; west Henan province