文章编号 :0258-7106 (2006) 04-0359-10

豫西熊耳山地区沙沟银铅锌矿床成矿的^{40}Ar-^{39}Ar年龄及其地质意义*

毛景文[1,2] , 郑榕芬[2] ,叶会寿[1] ,高建京[2] ,陈 文[3]

(1 中国地质科学院矿产资源研究所 , 北京 100037 ; 2 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室 , 北京 100083 ; 3 中国地质科学院地质研究所 , 北京 100037)

摘 要 豫西沙沟 ,铁炉坪和蒿坪沟银铅锌矿构成秦岭地区最大的银矿集区 ,初步探明银金属储量约 4 000 t。在这 3 个矿区中矿脉群受 NE 向断裂的控制 ,单个矿脉仅数厘米到数十厘米厚 ,但延长达数千米和延深数百米 ,矿石银品位极高 ,是一种罕见的工业性矿床。本次研究在沙沟矿区的近矿蚀变岩中选取绢云母和铬云母进行$^{40}Ar/^{39}Ar$年龄测定 ,获得坪年龄为(145.0 ±1.1) Ma 和(147.0 ±1.5) Ma ,相应的等时线年龄为(145.2 ±2.5) Ma 和 (147.6 ± 2.3) Ma。这些年龄数据与熊耳山地区的三道庄 —南泥湖钼钨矿成矿年龄基本相同 ,鉴于在沙沟矿区银铅锌矿脉于深部钼矿化越来越强以及在邻区可见到围绕中生代花岗岩体发育的斑岩型-矽卡岩型钼钨矿及外围的脉状和破碎带型铅锌银矿的矿化分带之现象 ,可以认为银铅锌与钼钨矿化属于同一成矿系统。

关键词 地球化学 ;银铅锌矿 ;$^{40}Ar/^{39}Ar$ 测年 ;熊耳山 ;豫西

中图分类号 : P618 .52 ; P618 .42 ; P618 .43 **文献标识码** : A

$^{40}Ar/^{39}Ar$ dating of fuchsite and sericite from altered rocks close to ore veins in Shagou large-size Ag-Pb-Zn deposit of Xiong' ershan area, western Henan Province, and its significance

MAO Jing Wen[1,2] , ZHENG Rong Fen[2] , YE HuiShou[1] , GAO JianJing[2] and CHEN Wen[3]

(1 Institute of Mineral Resources , CAGS , Beijing 100037 , China ; 2 State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources , China University of Geosciences , Beijing 100083 , China ; 3 Institute of Geology , CAGS , Beijing 100037 , China)

Abstract

The Tieluping ore district comprising Shagou , Tieluping , and Haopinggou Ag-Pb-Zn deposits is the largest silver area in western Henan Province , with controlled reserves of 4 000 tons of silver metal and extreme high grade . The ore veins extending along a large group of NE-trending fractures are several kilometers long , several hundred meters deep and several to 20 centimeter thick , showing a significant economic value . These deposits are hence a rare type of silver deposits in the world . $^{40}Ar/^{39}$ dating was performed on fuchsite and sericite from the altered rocks close to the ore veins , which yielded a set of age data , i.e . , plateau ages of (145 .0 ±1 .1) Ma and (147 .0 ±1 .5) Ma ,and isochronal ages of (145 .2 ±2 .5) Ma and (147 .6 ±2 .3) Ma . These age data correspond to Re-Os dating data of molybdenite from the ores in the Sandaozhuang , Nannihu , and Shangfanggou porphyry-skarn Mo-W deposits in Xiong' ershan area . A group of Pb-Zn-Ag deposits surround the three Mo-W deposits , exhibiting zoning in space . As more and more molybdenum appears downward in the Shagou Ag-Pb-Zn

http://www.kcdz.ac.cn/

* 本文得到国家自然科学基金项目(40434011)的资助

第一作者简介 :毛景文 ,男 ,1956 年生 ,研究员 ,从事矿床地质的研究工作。

收稿日期 2006-06-08 ; 改回日期 2006-07-05 。李 岩编辑。

mine, it is inferred that there possibly exists a Mo ore body at the depth.

Key words: geochemistry, Pb-Zn-Ag deposit, $^{40}Ar/^{39}$ dating, Xiong'ershan, western Henan

位于东秦岭的熊耳山地区作为中国一个大型金、钼矿集区为大家所熟知,但在过去10多年来,通过进一步找矿评价和勘查,一批银铅矿(包括铁炉坪、蒿坪沟和沙沟等)先后被发现和探明,陈旺等(1994)、郭时然(1995)、彭恩生(1994)、支风岐等(2004)初步描述了铁炉坪、蒿坪沟和沙沟的地质特征,陈旺等(1996;2003)、徐文忻等(2001)、张巧梅等(2002)和张瑜麟等(2003)论述了这些银铅矿的地球化学和地球物理特点,还通过稳定同位素和流体包裹体研究,初步探讨了成矿过程,陈德杰(1996)、徐孟罗等(1997)、燕长海等(2002;2003)、陈衍景等(2003)、郭保健等(2005)、郭保健(2006)和叶会寿(2006)初步总结了银铅矿的成矿规律,郑榕芬(2006)比较深入地对沙沟银铅矿的矿石矿物组合及物质组分进行了研究。但是,这些银铅矿形成于什么时代和什么样的地质环境,是一个亟待解决的科学问题。本文报道了沙沟银铅矿的$^{40}Ar/^{39}Ar$测年数据,并进一步探讨了这些银铅矿与区内钼钨矿之间的关系以及成矿的地球动力学背景。

1 区域地质概况

熊耳山地区东西长约80 km,南北宽15~40 km,面积约2 000 km^2,南以马超营断裂为界,北以洛宁断裂为界(图1)(郭保健等,2005),西接崤山,东连外方山。

区内地层可分为上、中、下3个构造层:结晶基底岩系为新太古界太华群中深变质岩(绿岩建造)及片麻状花岗岩,盖层为中元古界熊耳群浅变质火山岩及官道口群滨-浅海相含硅质碳酸盐岩;上构造层为在中新生代伸展断陷盆地内发育的红色碎屑沉积岩。

本区发育半地垒式变质核杂岩构造。拆离断层

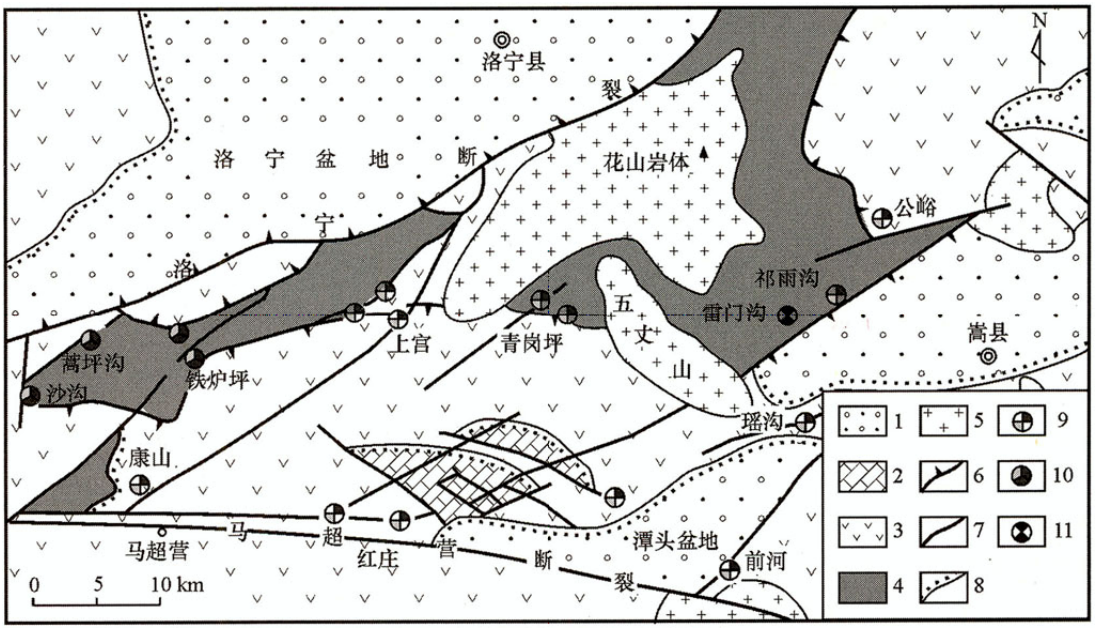

图1 熊耳山地区燕山期主要金属矿床分布图(据郭保健,2006)

1—第四纪沉积物及K-N红层;2—中元古代官道口群石英砂岩和白云岩;3—中元古代熊耳群火山岩;4—太古宙太华群变质基底;5—中生代花岗岩类;6—拆离断层;7—断层;8—不整合地质界线;9—金矿床;10—银铅锌矿床;11—钼矿床

Fig. 1 The distribution of Yanshanian ore deposits in the Xiong'ershan area, western Henan Province (after Guo Baojian, 2006)

1—Quaternary sediments and Cretacceous-Tertiary red bed; 2—Quartz sandstone and dolomite of Middle Proterozoic Guandaokou Formation; 3—Volcanic rocks of Middle Proterozoic Xiong'er Formation; 4—Archean metamorphic basement; 5—Mesozoic granitoids; 6—Detachment fault; 7—Fault; 8—Unconformity; 9—Gold deposit; 10—Ag-Pb-Zn deposit; 11—Mo deposit

沿新太古界太华群结晶基底与上覆中元古界熊耳群盖层的不整合面展布;其中熊耳山北坡的熊耳群沿不整合面发生了显著的拆离,而南坡拆离效应不明显(王志光等,1997;郭保健等,1997)。主要区域性断裂有洛宁山前断裂和马超营断裂。前者为熊耳山区北界,属上拆离盘犁式断裂;后者为熊耳山区南界犁式逆冲断层系,具有长期活动的历史,是豫西地区重要的断裂带。

控矿断裂主要有 NE 向、NNE 向、NNW 向和近 EW 向 4 组,夹持于洛宁山前断裂与马超营断裂之间,组成了本区基本的构造格架。其中 NE 向断裂发育程度最高,分布最广,是矿集区控矿构造的主体方向,控制了区内最为重要的矿床类型——构造蚀变岩型矿床。

区内岩浆活动主要有 3 期。晚太古代为构成本区结晶基底的太华群中基性火山岩及侵入的花岗岩,经区域变质作用已成为各类片麻岩和角闪岩类;中元古代岩浆活动主要为发生在 1 800 ~ 1 650 Ma 之间的裂谷型中基-中酸性火山岩;中生代岩浆活动广泛而强烈,大型花岗岩基主要分布于崤山地区中北部(图 1),如五丈山岩体〔SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄(156.8 ±1.2) Ma,毛景文等,2005a〕、花山岩体〔SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄(130.7 ±1.4) Ma 和(132.0 ±1.6) Ma,李永峰,2005;毛景文等,2005a〕。区内也分布着一些中酸性小斑岩体,与钼矿化密切相关,如雷门沟花岗斑岩的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为(136.2 ±1.5) Ma(李永峰,2005),与其南侧的栾川钼矿田 140 Ma 左右(SHRIMP 锆石 U-Pb)的燕山期斑岩体形成时代相近(毛景文等,2005a;李永峰,2005)。

区内主要发育热液脉状矿床,主要包括构造蚀变岩型金矿(包括陡倾型,如上宫金矿、公峪金矿、康山金矿;缓倾层间破碎带型,如青岗坪金矿、陆院沟金矿)、构造蚀变岩型银多金属矿(铁炉坪银铅矿、蒿坪沟银铅矿、沙沟银铅矿等)、石英脉型金矿及银铅矿。此外还有浅成低温热液型金矿(隐爆角砾岩型,包括祁雨沟金矿和店房金矿)及斑岩型钼矿(雷门沟)。构造蚀变岩型金、银铅矿是熊耳山地区的主要矿床类型,而石英脉型则相对较少,且多呈构造蚀变岩与石英脉型的过渡类型。

2　矿床地质

沙沟银铅锌矿床大地构造位置处于华北地台南缘熊耳山变质核杂岩的西段(图 1),地理位置位于河南省洛阳市洛宁县,距洛宁县城 60 km,坐标范围为东经 111°15′ ~ 111°17′,北纬 34°09′ ~ 34°11′。东西长 1 ~ 3.5 km,南北宽 3.5 km,面积约 9 km^2,海拔标高 500 ~ 1 000 m,属中低山区。沙沟与蒿坪沟、铁炉坪组成一个矿田,具有相同的成矿特征和控矿要素(图 2)。

沙沟银铅锌矿区出露的地层主要为新太古界太华群草沟组、石板沟组和中元古界熊耳群。太华群草沟组主要分布于矿区西部、北部和东部,即西拆离带以东,北拆离带以南的大部地段,厚度 2 000 m 以上,主要岩性为黑云斜长片麻岩、混合岩化黑云斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩,夹有角闪斜长岩及斜长角闪岩以及角闪岩团块,石板沟组在矿区内分布广泛,主要在中南部,是主要赋矿地层,厚度 760 m。岩性为角闪斜长片麻岩、混合岩化角闪斜长片麻岩、混合岩化黑云角闪斜长片麻岩,夹有黑云斜长片麻岩和斜长角闪岩透镜体。角闪斜长片麻岩普遍具混合岩化现象,可见条带状混合岩和眼球状混合岩。中元古界熊耳山群分布于西拆离带以西,北拆离带以南,南拆离带以北,以拆离断层与太华群变质岩呈近东西向接触,主要岩性为紫红色-灰黑色流纹斑岩、安山玢岩、火山角砾岩。

区内构造以断裂为主,褶皱次之。断裂构造有 2 类,即拆离断层和断裂破碎带。拆离断层带有 3 条,即:北拆离断层带、南拆离断层带、西拆离断带,拆离断层基本控制着区域上银铅锌矿床分布的格局。断裂破碎带在区内极为发育,特别是 NE 向、NNE 向断裂常成群、成带出现,是区内的控矿构造,沙沟、蒿坪沟、铁炉坪矿区银金铅矿体均受控于该类断裂(支风歧等,2004)。

区内出露的岩浆岩相对较少,与成矿关系密切的燕山期岩浆岩主要是矿区东北部出露的花岗斑岩,岩体面积超过 0.1 km^2。另外矿区东南 2 km 处寨凹一带推断为隐伏岩体中心,其对成矿的控制作用明显。此外区内花岗斑岩的分异产物花岗细晶岩脉(株)也有零星出露,但规模较小,局部产出有早期的辉绿岩及辉长岩脉(体),规模也不大。

沙沟银铅锌矿床为薄脉型陡倾斜多金属硫化物矿床,银铅矿脉赋存于构造蚀变带中,矿体产状严格受蚀变带控制。矿区内含矿构造破碎带较多,在南北长 3.5 km、东西 3.0 km 的范围内已发现 20 多条,密集平行分布于太华群变质岩中。蚀变破碎带出露

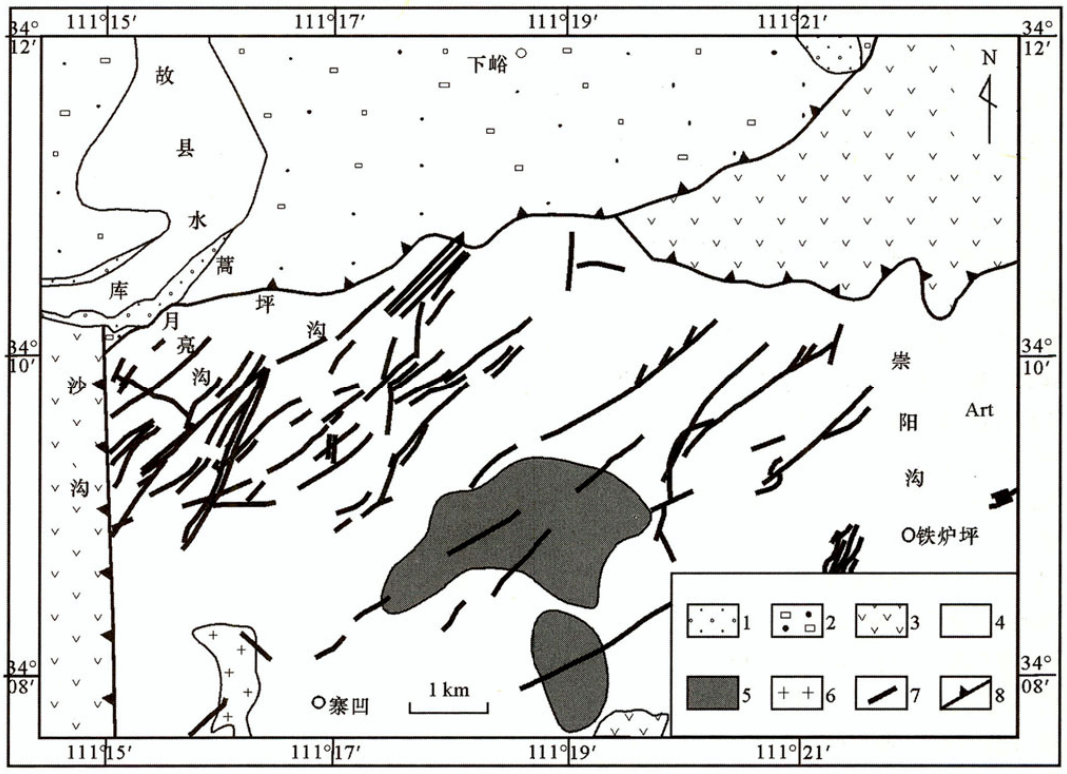

图 2 熊耳山地区铁炉坪银铅锌矿田地质略图(据河南省有色地质矿产勘查开发院资料,2000 修编)

1 —第四纪砾石;2 —古近纪砂砾岩;3 —元古宙熊耳群火山岩;4 —太古宙太华群变质基底;5 —元古宙辉长岩;6 —燕山期中酸性岩浆岩;7 —含矿蚀变破碎带;8 —拆离断层

Fig. 2 Sketch geological map of the Tieluping Ag-Pb-Zn orefield in Xiong'ershan area, western Henan Province (modified from Henan Academy of Geology and Mineral Resources Development, 2000)

1 —Quaternary gravels; 2 —Tertiary sandy gravels; 3 —Volcanic rocks of Proterozoic Xiong'er Formation; 4 —Archean metamorphic basement; 5 —Proterozoic gabbro; 6 —Yanshanian granitoids; 7 —Ore-bearing altered fracture; 8 —Detachment fault

长 300 ~ 3 000 m,宽 1 ~ 15 m;矿化蚀变破碎带大致呈等间距(50 ~ 100 m,100 ~ 200 m)成群、成带分布,总体显示两头小中间大,并有向北东、南西两端收敛之趋势。在平面形态上,矿脉多呈舒缓波状延伸,有分枝复合和膨缩现象,总体走向 NEE 或 NE 向,倾向多为 NW,倾角一般为 50 ~ 80°,个别总体走向近 SN 向(如 S16W)或近 EW 向(如 S17)。围岩主要为太华群片麻岩,其次为侵入其中的元古代辉长岩体。其中规模较大、具工业意义的含矿破碎带有 10 条,自西向东依次为 S2、S4、S6、S14、S17,S16、S16W、S22、S7、S8(图 3、图 4)。含矿构造破碎带以压扭性为主,走向及倾向上具舒缓波状,在挤压强烈、产状突变或构造复合交汇处矿化富集,形成工业矿体。倾向上一般由缓变陡时矿体较富,在走向上的变化有时可能是与其他构造复合造成的结果。破碎带与围岩呈断面接触,一般在断裂面附近或破碎带的中间部位,岩石破碎程度较高。根据断裂面结构及岩石矿物定向排列现象分析,成矿前断裂为压扭性,而成矿后又具张性特点。

矿体及围岩蚀变带严格受 NNE-NE 向破碎带控制,沿构造破碎带发育了典型的中低温热液蚀变。其蚀变类型主要有绢云母化、绿泥石化、硅化、碳酸盐化、黄铁矿化及其叠加类型,如黄铁绢英岩化、绢英岩化等。蚀变多以矿化体为中心对称发育,向两侧强度变弱。蚀变带宽数米到数十米不等,并与矿化规模及强度成正比。近矿围岩蚀变有硅化、绢云母化、碳酸盐化,它们与成矿关系密切,是重要的找矿标志。

根据野外观察,矿区主要有 3 种矿石类型,即块状含银铅锌矿、网脉状含银铅锌矿及糜棱岩化泥化含银锌铅矿。①块状含银铅锌矿:主要分布于 S2、S6、S14及S16W等主要矿脉中,矿石具致密块状构

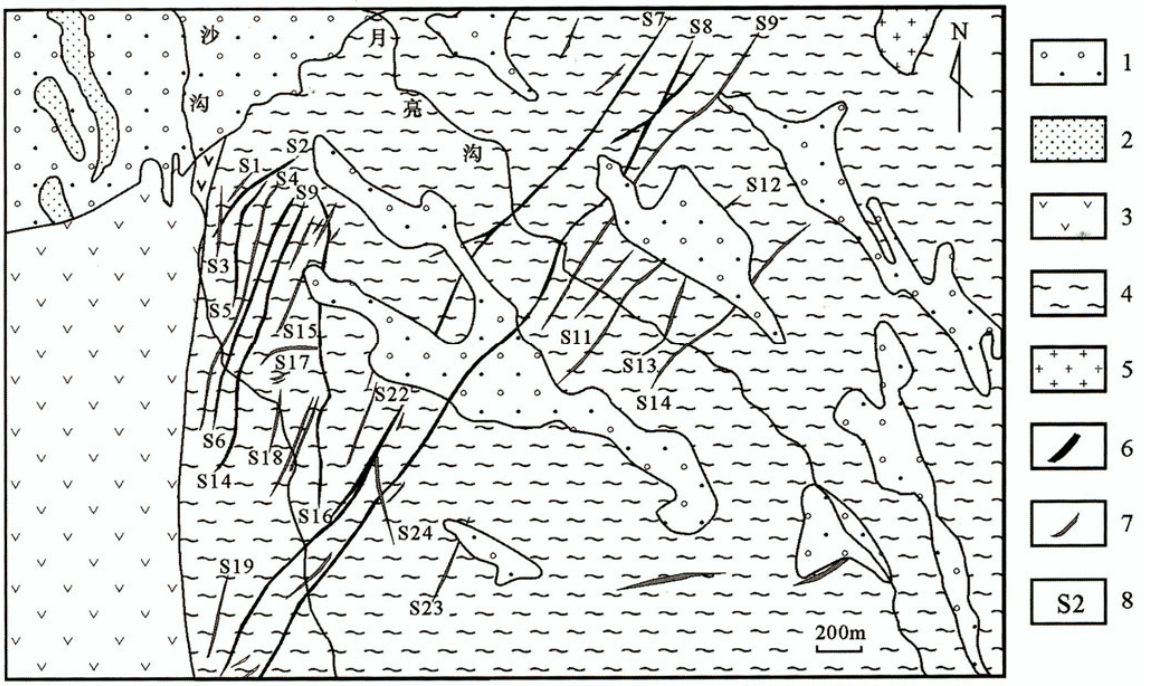

图 3　沙沟银铅锌矿床主要矿脉分布简图(据河南发恩德矿业有限公司资料修编,2005)

1—第四纪砾石;2—古近纪砂砾岩;3—元古宙熊耳群火山岩;4—太古宙太华群基底变质岩;5—燕山期中酸性岩浆岩;6—含矿蚀变破碎带;7—蚀变破碎带;8—矿脉编号

Fig. 3　The distribution of ore veins in the Shagou Ag-Pb-Zn deposit (after Found Mining Corporation Ltd., 2005)

1—Quaternery gravels; 2—Tertiary sandy gravels; 3—Volcanic rocks of Proterozoic Xiong'er Formation; 4—Archean metamorphic basement; 5—Yanshanian granitoids; 6—Ore-bearing altered fracture; 7—Altered fracture; 8—Serial number of ore vein

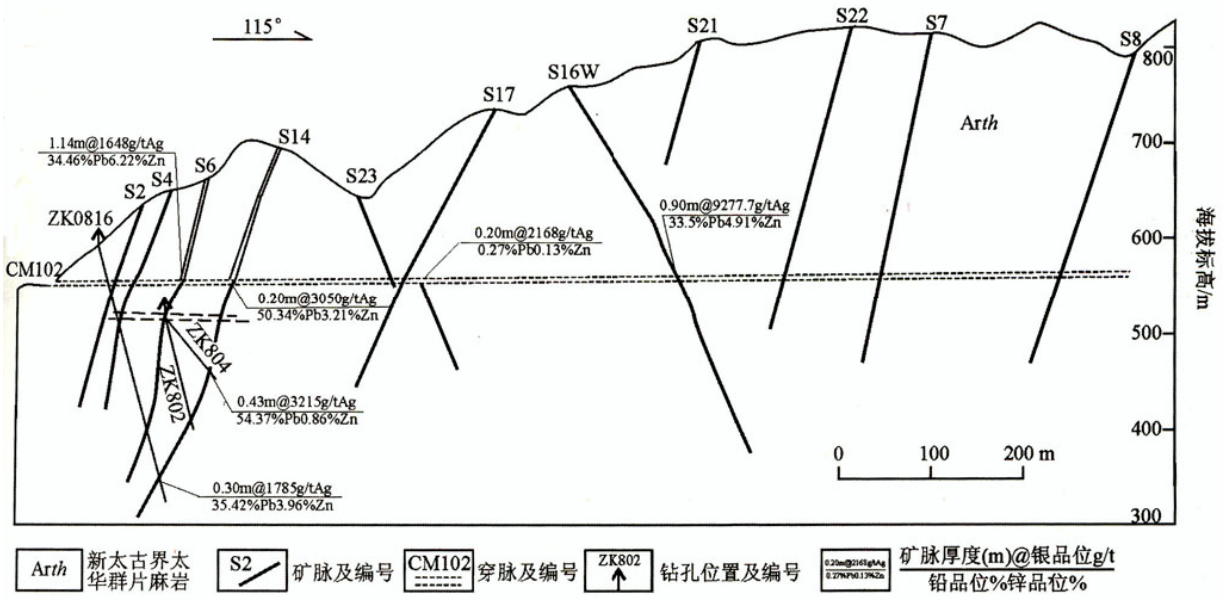

图 4　矿脉勘探线剖面简图(据河南发恩德矿业有限公司,2005)

Fig. 4　Exploration section showing the ore veins (after Found Mining Corporation Ltd., 2005)

造,粗-细粒粒状结构。矿物以方铅矿为主,银矿物丰富,含少量闪锌矿,银品位较高。矿石 Pb 品位可达 45 %以上,经手选原矿即可进行冶炼。②网脉状含银铅锌矿,矿石具网脉状、条带状及星点状构造,

中-细粒粒状结构。金属矿物为方铅矿、闪锌矿及银矿物,脉石矿物主要为石英、绢云母及绿泥石等。矿石铅品位较锌品位高。③糜棱岩化泥化含银锌铅矿,呈半氧化状,矿石具碎裂岩化、糜棱岩化结构,早期形成的方铅矿和闪锌矿因后期破碎而成粉末状及被粘土矿物包裹。

郑榕芬(2006)鉴定矿石中主要金属矿物有:方铅矿、闪锌矿,其次为黄铜矿、黄铁矿、含银黝铜矿、硫锑铜银矿、自然银、黝铜矿、菱铁矿、磁铁矿和斑铜矿等。脉石矿物主要有石英、绢云母、白云石、方解石,其次有角闪石、绿泥石、黑云母、斜长石、钾长石等。

3 分析样品和采样位置

在沙沟矿区,围岩蚀变强烈发育,蚀变矿物在银铅锌矿脉两侧有一定的分带性,颜色总体上从浅到深,主要矿物组合为石英-绢云母(或铬云母),绢云母(铬云母)-方解石和方解石-绿泥石-斜黝帘石。云母,尤其是铬云母是一种特色蚀变矿物,以鲜绿色为特征。总体来讲,在成矿过程中当围岩是片麻岩时,出现绢云母,当围岩是镁铁质-超镁铁质岩时,发育铬云母。铬云母在矿区内以鲜绿色为特征,与俄罗斯乌拉尔 Berezovsky、北美西部大陆边缘 Highland Valley 斑岩铜矿和中国胶东金矿中的铬云母十分相似,含铬约 1 % ~ 2 %。本次研究选取近矿蚀变岩——石英绢云母岩和石英铬云母岩各一块,进行同位素测年。在蚀变岩中除了云母外,还有石英、方解石、绿泥石和菱铁矿。绢云母和铬云母在蚀变岩中多呈条带状分布,出现在碳酸盐矿物和石英之间,偶尔还可以见到钠长石和奥长石。

4 测试分析方法和测试结果

挑选用于测年的绢云母和铬云母(纯度 > 99 %),用超声波清洗。超声清洗过程中要注意清洗液的选择和严格控制时间。一般先用经过两次亚沸蒸馏净化的纯净水清洗 3 次,每次 3 min,在此过程中矿物表面和解理缝中在天然状态下和碎样过程中吸附的粉末和杂质被清除掉。然后在丙酮中清洗 2 次,每次 3 min,在此过程中,矿物表面吸附的油污等有机物质被清除。

清洗后的样品被封进石英瓶中送核反应堆接受中子照射。照射工作是在中国原子能科学研究院的“游泳池堆”中进行的。使用 H8 孔道,中子流密度约为 6.0×10^{12} ncm^{-2}s^{-1}。照射总时间为 3 085 min,积分中子通量为 1.2×10^{18} ncm^{-2};同期接受中子照射的还有用作监控样的标准样:ZBH-25 黑云母国内标样,其标准年龄为 132.7 Ma,K 含量为 7.6 %。样品的阶段升温加热使用电子轰击炉,每一个阶段加热 30 min,净化 30 min。质谱分析是在 MM-1200B 质谱计上进行的,每个峰值均采集 8 组数据。所有的数据在回归到时间零点值后再进行质量歧视校正、大气氩校正、空白校正和干扰元素同位素校正。系统空白水平:m/e = 40、39、37、36 分别小于 6×10^{-15} mol、4×10^{-16} mol、8×10^{-17} mol 和 2×10^{-17} mol。中子照射过程中所产生的干扰同位素校正系数通过分析照射过的 K_2SO_4 和 CaF_2 来获得,其值为:$(^{36}Ar/^{37}Ar_o)_{Ca} = 0.0002389$,$(^{40}Ar/^{39}Ar)_K = 0.004782$,$(^{39}Ar/^{37}Ar_o)_{Ca} = 0.000806$。$^{37}Ar$ 经过放射性衰变校正;^{40}K 衰变常数 $\lambda = 5.543 \times 10^{-10}$ a^{-1};用 ISOPLOT 程序计算坪年龄及正、反等时线(Ludwig,2001)。坪年龄误差以 2σ 给出。详细实验流程见有关文章(Chen et al.,2002b;陈文等,2002a)。

2 件云母的 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 测试结果列于表 1,并将相应的坪年龄及等时线年龄图示于图 5。从图 5 可以看出 2 个坪年龄相当精确,其中样品 SG-1 析出的 86.8 % ^{39}Ar 的坪年龄为(145.0 ±1.1) Ma,相应的等时线年龄为(145.2 ±2.5) Ma(图 5a、图 5b);样品 SG-2 析出的 60.2 % ^{39}Ar 的坪年龄为(147.0 ±1.5) Ma,相应的等时线年龄为(147.6 ±2.3) Ma(图 5c、图 5d)。2 个测试样品吻合得很好,表明沙沟银铅锌矿的成矿时代为侏罗纪与白垩纪的转折时期。此外,2 个样品的坪年龄反映出在成矿之后未见有明显热事件的干扰。

5 讨论和结论

前已述及,沙沟与蒿坪沟、铁炉坪银铅锌矿具有相同的成矿特征和控矿要素,是同一成矿时期和成矿环境的产物,在沙沟测定的铬云母和绢云母 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 年龄代表了这组矿床的成矿时代。

栾川钼钨矿田是中国最大的钼矿田,最近几年在其中的三道庄、南泥湖和上房沟几个大型斑岩-矽卡岩型矿床的外围发现和探明了一系列铅锌银矿床和硫铁矿,包括冷水北沟、骆驼山、银和沟、鱼库、洪洞沟、三道沟、核桃岔、白炉沟和白沙沟(燕长海等,

表 1　豫西沙沟银铅锌矿近矿蚀变岩中铬云母和绢云母在加热过程 Ar-Ar 释放数

Table 1　$^{40}Ar/^{39}Ar$ stepwise heating data of fuchsite and sericite from the altered rocks close to the Ag-Pb-Zn ore veins

θ/ ℃	$(^{40}Ar/^{39}Ar)_m$	$(^{36}Ar/^{39}Ar)_m$	$(^{37}Ar/^{39}Ar)_m$	$(^{38}Ar/^{39}Ar)_m$	F	$^{39}Ar/10^{-14}$ mol	^{39}Ar 累积/ %	t/ Ma	±1σ/ Ma
样品号:SG-1	样品称重=58.85 mg		J=0.01203						
400	18.9335	0.0289	6.7549	0.0588	10.9411	27.88	0.12	223.0	11
500	9.5553	0.0043	0.1460	0.0231	8.3002	92.00	0.53	171.7	2.0
600	8.7832	0.0030	0.1260	0.0168	7.8877	177.55	1.31	163.5	1.9
700	7.7529	0.0009	0.0598	0.0143	7.4982	1689.89	8.76	155.8	1.7
750	7.3096	0.0006	0.0381	0.0137	7.1371	1016.08	13.24	148.6	1.5
820	7.1293	0.0003	0.0290	0.0134	7.0374	3940.70	30.60	146.6	1.7
870	7.1082	0.0003	0.0248	0.0131	7.0195	4100.50	48.67	146.2	1.5
920	7.0332	0.0003	0.0227	0.0130	6.9466	4382.75	67.99	144.8	1.6
970	6.9993	0.0003	0.0229	0.0129	6.9110	4195.92	86.48	144.1	1.5
1020	7.0715	0.0004	0.0347	0.0134	6.9379	1853.99	94.65	144.6	1.5
1100	7.1581	0.0007	0.0587	0.0140	6.9404	436.26	96.57	144.7	1.5
1200	7.2523	0.0012	0.0771	0.0138	6.9085	565.86	99.07	144.0	1.6
1300	8.1398	0.0041	0.5371	0.0186	6.9647	169.54	99.81	145.2	1.7
1400	13.8280	0.0257	8.3493	0.0360	6.8726	42.14	100.00	143.3	3.6
样品号:SG-2	样品称重=55.35 mg		J=0.012105						
400	11.7733	0.0071	1.6813	0.0488	9.7899	78.50	0.46	202.0	4.8
500	9.4957	0.0042	0.1627	0.0172	8.2520	171.89	1.48	171.8	2.0
600	9.2778	0.0035	0.2475	0.0193	8.2552	313.33	3.32	171.8	1.8
700	7.6763	0.0018	0.0774	0.0137	7.1512	887.29	8.55	149.8	1.8
780	7.7963	0.0007	0.0458	0.0125	7.5758	2006.02	20.38	158.3	1.8
830	7.4441	0.0005	0.0452	0.0141	7.2813	3110.06	38.72	152.4	1.6
880	7.2234	0.0004	0.0218	0.0128	7.0967	5210.06	69.43	148.7	1.6
930	7.2483	0.0005	0.0438	0.0133	7.0953	2093.45	81.77	148.6	1.5
960	7.1314	0.0006	0.0669	0.0139	6.9688	1756.01	92.12	146.1	1.4
1060	8.6366	0.0058	0.1025	0.0146	6.9123	1144.64	98.87	145.0	1.5
1160	8.0802	0.0072	0.7098	0.0277	5.9878	133.53	99.66	126.2	1.7
1400	18.9064	0.0216	4.0611	0.0313	12.8600	57.74	100.00	261.0	5.0

注:表中下标 m 代表样品中测定的同位素比值。$F=^{40}Ar^{*}/^{39}Ar$。

2004),叶会寿等(2006)认为这些铅锌银矿、硫铁矿与钼钨矿属于同一成矿系统,都是围绕中生代中酸性小斑岩体呈现出的矿化分带。对三道庄、南泥湖和上房沟几个大型斑岩-矽卡岩型矿床进一步的辉钼矿 Re-Os 同位素年龄测定,获得 145.8~141.8 Ma 的数据(李永峰,2005),冷水北沟构造蚀变岩型铅锌矿的成矿时代测定为(137.2±2.5) Ma(石英$^{40}Ar/^{39}Ar$法,燕长海等,2004)。这些成矿时代代表了栾川钼钨矿及外围铅锌矿和硫铁矿的成矿系统的年龄,同为侏罗纪与白垩纪转换期间或白垩纪初期的产物。

东秦岭地区的钼矿(钨)矿与外围的铅锌银和硫铁矿的时空分布特点是一个很有意义的成矿模式(叶会寿等,2006),在东秦岭,甚至在成矿地质条件类似的其他地区找矿评价中应予以重视和推广应用。最近,发恩德矿业公司在沙沟进行勘查时发现向深部银铅锌矿脉中钼含量逐渐增高,甚至发现钼矿脉,可能预示着下伏钼矿和斑岩体的存在。这一发现也可能预示着区内钼矿化与银铅锌是同一地质事件的产物。

中国东部大规模成矿的地球动力学背景是一个大家关注的科学问题。沙沟、蒿坪沟和铁炉坪这组矿床是该时间段成矿的组成部分。陈衍景等(2003)通过稳定同位素研究推测以铁炉坪为代表的银矿形成于华南与华北古板块的碰撞过程中。但是这 3 个矿床中的矿脉明显受 NE 向断裂构造系统的控制,表明在 145 Ma 左右东秦岭已经由原来南北向的构造体制转换为濒太平洋构造体制。此外,这些数据也进一步表明中国东部构造体制大转折的可能起始时间早于 145~147 Ma,大约在 160 Ma 左右(牛宝贵等,2003;毛景文等,2003;2005b),应早于翟明国

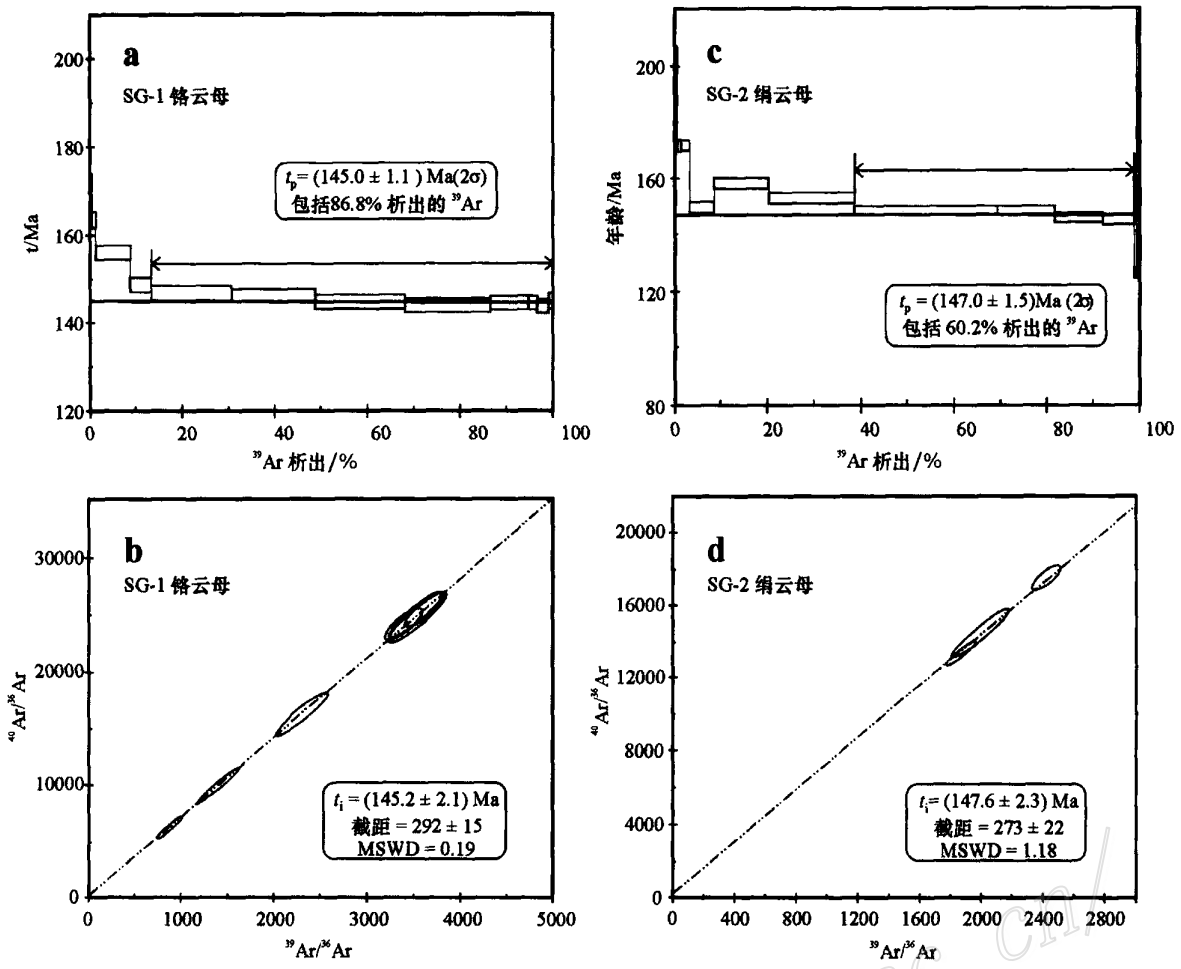

图 5 沙沟银铅锌矿床近矿蚀变岩中铬云母(a、b)和绢云母(c、d)的 Ar-Ar 坪年龄和等时线年龄

Fig. 5 Age spectra of fuchsite (a and b) and sericite (c and d) from the altered rocks close to the ore veins

等(2003)推测的起始于约 150 ~ 140 Ma 的时限。

致 谢 本文在研究期间得到发恩德矿业公司冯锐和高建国的大力支持,并与冯锐、郭保健、李永峰和李厚民等就一些科学问题进行过认真的讨论,得益匪浅,在此一并表示感谢。

References

Chen D J. 1996. Study on the regional metallogenic model of gold silver metallogenic zone in Xiong'ershan area of the western Henan[J]. Henan Geol., 14(3): 167 ~ 173(in Chinese with English abstract).

Chen W and Guo S R. 1994. The geological characteristics of the Haopinggou Ag-Pb-Au deposit in Luoning, Henan[J]. Geological Exploration for Non-ferrous Metals, 3(6): 336 ~ 341(in Chinese with English abstract).

Chen W, Guo S R and Cui H. 1996. Isotopic geochemistry of the Tieluping and Haopinggou deposits in the mount Xiong'er area, western Henan[J]. Geological Exploration for Non-ferrous Metals, 5(4): 213 ~ 218(in Chinese with English abstract).

Chen W, Liu X Y and Zhang S H. 2002a. Continuous laser stepwise heating ^{40}Ar/^{39}Ar dating technique[J]. Geol. Rev., 48(Supp): 127 ~ 134(in Chinese with English abstract).

Chen W, Zhang Y, Ji Q, Wang S S and Zhang J X. 2002b. The magmatism and deformation times of the Xidatan rock series, East Kunlun Mountain[J]. Science in China(Series B), 45(Supp.): 20 ~ 27.

Chen W, Hu H Z and Zheng D. 2003. Ore-forming geochemical characters of silver(lead) deposits in western Xiong'ershan, western Henan[J]. Mineral Resources and Geology, 17(Supp.): 378 ~ 381(in Chinese with English abstract).

Chen Y J, Sui Y H and Pirajno F. 2003. Exclusive evidences for CMF model and a case of orogenic silver deposits: Isotope geochemistry of the Tieluping silver deposit, east Qinling orogen[J]. Acta Petrologica Sinica, 19(3): 551 ~ 568(in Chinese with English abstract).

Guo B J, Xu M L, Wang Z G and Dai T G. 1997. Geochemical features along detachment fault zone and its relationship with Au-Ag mineralization in north hillside of the Xiong'er mountain[J]. Mineral Resources and Geology, 11(1): 20 ~ 25(in Chinese with English abstract).

Guo B J, Li Y F, Wang Z G and Ye H S. 2005. Type, metallogenetic regularities, mineralization model and prospecting proposal in the Xiong'ershan district[J]. Geol. & Prospect., 41(5): 43 ~ 47(in Chinese with English abstract).

Guo B J. 2006. Study on the Mesozoic metallogenic associations and regularities of the East Qinling, China〔dissertation for PhD degree〕[D]. Advisor: Mao J W and Wang Z G. Beijing: China University of Geology Science(Beijing). 140p(in Chinese with English summary).

Guo S R. 1995. Features of wall-rock alteration of the Tieluping Ag-Pb deposit in Luoning[J]. Henan Geology, 13(1):9 ~ 14(in Chinese with English abstract).

Li Y F. 2005. The temporal-spatial evolution of Mesozoic granitoids in Xiong'ershan area and their relationship to molybdenum-gold mineralization〔dissertation for PhD degree〕[D]. Advisor: Mao J W and Wang Z G. Beijing: China University of Geology Science(Beijing). 125p(in Chinese with English summary).

Ludwig K R. 2001. Isoplot/Ex, rev.2', 49: A geochronological Toolkit for Microsoft Excel[P]. Berkely Geochronological Center, Special Publication, 1: a.

Mao J W, Zhang Z H, Yu J J, Wang Y T and Niu B G. 2003. The geodynamic setting of Mesozoic large-scale mineralization in North China: The revelation from accurate timing of metal deposits[J]. Sci. in China (Series D): 33(4): 289 ~ 300(in Chinese with English abstract).

Mao J W, Xie G Q, Zhang Z H, Li X F, Wang Y T, Zhang C Q and Li Y F. 2005a. Mesozoic large-scale metallogenic pulses in North China and corresponding geodynamic settings[J]. Acta Petrologica Sinica, 21(1): 169 ~ 188(in Chinese with English abstract).

Mao J W, Li X F, Zhang R H, Wang Y T, He Y, Zhang Z H, Ling H F, Li H Y, Hu H B, Ding T P, Jiang Y H, Li H M, Li Y F, Zhang C Q, Wang L H, Hu S M, Xie G Q, Tian S H and Niu S Y. 2005b. Mantle-derived fluid-related ore-forming system[M]. Beijing: China Land Publishing House. 365p(in Chinese).

Niu B G, He Z J, Song B and Ren J S. 2003. SHRIMP dating of Zhangjiakou Formation volcanic rock and its important significance [J]. Geol. Bull. China, 22(2): 140 ~ 141(in Chinese).

Peng E S. 1994. Metallogenic characteristics of Haopinggou-Tieluping polymetallic silver deposits[J]. J. Central-South Institute Mineral Metallurgy, 25(4): 427 ~ 430(in Chinese with English abstract).

Wang Z G, Cui H and Xu M L. 1997. The tectonic evolution and mineralization in the South margin of North China block[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press. 1 ~ 296(in Chinese with English abstract)

Xu M L, Li H C, Wang Z G, Guo B J, Guo C G and Wang L L. 1997. Metallogenic series and paragenesis of gold and silver polymetalic deposits in western Henan[J]. Mineral Resources and Geology, 11(58): 73 ~ 78(in Chinese with English abstract).

Xu W X, Pang C Y, Feng Y X, Chen Y M and Zhou M F. 2001. Study on prospecting assessment with lead isotope at silver deposit in Luoning district, Henan[J]. Mineral Resources and Geology, 15(6): 705 ~ 711(in Chinese with English abstract).

Yan C H, Liu G Y, Song F and Zhang Z W. 2002. Ore-forming geological conditions and ore prospects of silver-lead-zinc-gold deposits in the Maochaoying-Dushuarea, Henan[J]. China Geol., 29(3): 306 ~ 310(in Chinese with English abstract).

Yan C H, Liu G Y and Deng J. 2003. Deep structure and mineralization of lead-zinc-silver concentrated metallogensis district in southwest of Henan Province[J]. Geological Survey and Research, 26(4): 222 ~ 227(in Chinese with English abstract).

Yan C H. 2004. Study on inner structure of lead-zinc-silver mineralization system in eastern Qinling[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1 ~ 129(in Chinese with English abstract).

Ye H S. 2006. The Mesozoic tectonic evolution and Pb-Zn-Ag metallogeny in the south margin of north China craton〔dissertation for PhD〕[D]. Advisor: Mao J W and Wang R J. Beijing: CAGS. 1 ~ 217(in Chinese with English summary).

Ye H S, Mao J W, Li Y F, Yan C H, Guo B J, Zhao C S, He C F, Zheng R F and Chen L. 2006. Characteristics and metallogenic mechanism of Mo-W and Pb-Zn-Ag deposits in Nannihu ore field, western Hennan Province[J]. Geosci., 20(1): 166 ~ 174(in Chinese with English abstract).

Zhai M G, Zhu R X, Liu J M, Meng Q R, Hou Q L, Hu S B, Li Z, Zhang H F and Liu W. 2003. Time range of Mesozoic tectonic regime inversion in eastern north China block[J]. Science in China (Series D), 33(10): 913 ~ 920(in Chinese).

Zhang Q M, Jie Q L and Zhai D X. 2002. Study on information extraction of remote sensing mineralizing alteration anomaly in Tashkuergan area of west Kunlun mountain[J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 17(2): 121 ~ 126(in Chinese with English abstract).

Zhang Y L and Zhang L. 2003. Geophysical prospecting sign of Ag-Pd deposit in western part of Xiong'ershan area[J]. Mineral Resource and Geoscience, 17(Supp.): 472 ~ 474(in Chinese with English abstract).

Zheng R F. 2006. Studies on the geological characteristics, mineral association and enrichment regularity of silver-lead-zinc deposit of Shagou in Xiong'er Shan, Henan Province〔dissertation for master degree〕[D]. Advisor: Mao J W. China University of Geosciences (Beijing). 87p(in Chinese with English summary).

Zhi F Q, Liu L E and Su Y. 2004. Geologic characteristics and ore potential of Shagouxi Ag-Pb deposit in west section of Xiong'ershan region, Henan Province[J]. Mineral Resources and Geology, 18(1): 35 ~ 38(in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

陈德杰 . 1996 . 豫西熊耳山地区金银成矿带区域成矿模式研究[J] . 河南地质 , 14(3) : 167 ~ 173 .

陈 旺 , 郭时然 . 1994 . 河南洛宁蒿坪沟银铅金矿床地质特征[J] . 有色金属矿产与勘查 , 3(6) : 336 ~ 341 .

陈 旺 , 郭时然 , 崔 毫 . 1996 . 豫西熊耳山铁炉坪 、蒿坪沟矿床银铅矿石稳定同位素研究[J] . 有色金属矿产与勘查 , 5(4) : 213 ~ 218 .

陈 旺 , 胡海珠 , 郑 镝 . 2003 . 豫西熊耳山西段银(铅) 矿床成矿地球化学特征[J] . 矿产与地质 , 17(增刊) : 378 ~ 381 .

陈 文 , 刘新宇 , 张思红 . 2002a . 连续激光阶段升温 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 地质年代测定方法研究[J] . 地质论评 , 48(增刊) : 127 ~ 134 .

陈衍景 , 隋颖慧 . Pirajno F . 2003 . CMF 模式的排他性依据和造山型银矿实例 : 东秦岭铁炉坪银矿同位素地球化学[J] . 岩石学报 , 19(3) : 551 ~ 568 .

郭保健 , 徐孟罗 , 王志光 , 戴塔根 . 1997 . 熊耳山北坡拆离断层带地球化学特征及其与金银矿化的关系[J] . 矿产与地质 , 11(1) : 20 ~ 25 .

郭保健 , 李永峰 , 王志光 , 叶会寿 . 2005 . 熊耳山 Au- Ag- Pb- Mo 矿集区成矿模式与找矿方向[J] . 地质与勘探 , 41(5) : 43 ~ 47 .

郭保健 . 2006 . 东秦岭中生代金属矿床组合与成矿规律研究〔博士学位论文〕[D] . 导师 : 毛景文 , 王志光 . 北京 : 中国地质大学 . 140 页 .

郭时然 . 1995 . 洛宁铁炉坪银铅矿床围岩蚀变分带特征[J] . 河南地质 , 13(1) : 9 ~ 14 .

李永峰 . 2005 . 豫西熊耳山地区中生代花岗岩类时空演化与钼(金) 成矿作用〔博士学位论文〕[D] . 导师 : 毛景文 , 王志光 . 北京 : 中国地质大学 . 1 ~ 125 .

毛景文 , 张作衡 , 余金杰 , 王义天 , 牛宝贵 . 2003 . 华北中生代大规模成矿的地球动力学背景 : 从金属矿床年龄精测得到启示[J] . 中国科学(D 辑) , 33(4) : 289 ~ 300 .

毛景文 , 谢桂青 , 张作衡 , 李晓峰 , 王义天 , 张长青 , 李永峰 . 2005a . 中国北方中生代大规模成矿作用的期次及其地球动力学背景[J] . 岩石学报 , 21(1) : 169 ~ 188 .

毛景文 , 李晓峰 , 张荣华 , 王义天 , 赫 英 , 张作衡 , 凌洪飞 , 李红艳 , 胡华斌 , 丁悌平 , 姜耀辉 , 李厚民 , 李永峰 , 张长青 ,王立华 ,胡书敏 ,谢桂青 , 田世红 , 牛树银 . 2005b . 深部流体成矿系统[M] . 北京 : 中国大地出版社 . 365 页 .

牛宝贵 , 何政军 , 宋 彪 , 任纪舜 . 2003 . 张家口群火山岩 SHRIMP 定年及其重大意义[J] . 地质通报 , 22 : 140 ~ 141 .

彭恩生 . 1994 . 蒿坪沟-铁炉坪地区银金多金属矿床成矿地质特征[J] . 中南矿冶学院学报 , 25(4) : 427 ~ 430 .

王志光 ,崔 毫 ,徐孟罗 . 1997 . 华北地块南缘地质构造演化与成矿[M] . 北京 : 冶金工业出版社 .1 ~ 296 .

徐孟罗 , 李红超 , 王志光 , 郭保健 , 程广国 , 王玉玲 . 1997 . 豫西金银多金属矿床成矿系列及其共生组合规律[J] . 矿产与地质 , 11(2) : 73 ~ 78 .

徐文忻 , 庞春勇 , 俸月星 , 陈民扬 , 周明芳 . 2001 . 河南洛宁地区银矿床铅同位素找矿评价研究[J] . 矿产与地质 , 15(6) : 705 ~ 711 .

燕长海 , 刘国印 , 宋 锋 , 张正伟 . 2002 . 河南马超营-独树一带银铅锌成矿地质条件及找矿前景[J] . 中国地质 , 29(3) : 306 ~ 310 .

燕长海 , 刘国印 , 邓 军 . 2003 . 豫西南铅锌银矿集区深部构造与成矿作用[J] . 地质调查与研究 , 26(4) : 222 ~ 227 .

燕长海 . 2004 . 东秦岭铅锌银成矿系统内部结构[M] . 北京 :地质出版社 . 46 ~ 96 .

叶会寿 . 2006 . 华北陆块南缘中生代构造演化与铅锌银成矿作用〔博士学位论文〕[D] . 导师 : 毛景文 , 王瑞江 . 北京 : 中国地质科学院 . 217 页 .

叶会寿 , 毛景文 , 李永峰 , 燕长海 , 郭保健 , 赵财胜 , 何春芬 , 郑蓉芬 , 陈 莉 . 2006 . 豫西南泥湖矿田钼钨及铅锌银矿床地质特征及其成矿机理探讨[J] . 现代地质 , 20(1) : 166 ~ 174 .

翟明国 , 朱日祥 , 刘建明 , 孟庆任 , 侯泉林 , 胡圣标 , 李 忠 , 张宏福 , 刘 伟 . 2003 . 华北东部中生代构造体制转折的关键时限[J] . 中国科学(D 辑) , 33(10) : 913 ~ 920 .

张巧梅 , 解庆林 , 翟东兴 , 陈德杰 , 刘国明 . 2002 . 河南铁炉坪银矿床地球化学特征研究[J] . 地质找矿论丛 , 17(2) : 121 ~ 126 .

张瑜麟 , 张 林 . 2003 . 熊耳山西段银铅矿找矿地球物理标志研究[J] . 矿产与地质 , 17(增刊) : 472 ~ 474 .

郑榕芬 . 2006 . 河南熊耳山沙沟银铅锌矿床地质特征 、矿物组合及银的富集规律研究〔硕士学位论文〕[D] . 导师 : 毛景文 . 北京 : 中国地质大学 . 87 页 .

支风岐 , 刘灵恩 , 索 勇 . 2004 . 河南省熊耳山西段沙沟西银铅矿区地质特征及找矿前景分析[J] . 矿产与地质 , 18(1) : 35 ~ 38 .

http://www.kcdz.ac.cn/