

河南桐柏围山城金银成矿带成矿物质来源： 铅同位素证据

李红梅¹, 魏俊浩¹, 王洪黎², 肖广玲¹, 彭丽娜¹, 王发艳³

(1. 中国地质大学资源学院, 武汉 430074; 2. 河南省第一地质勘查院, 南阳 473056; 3. 湖北省国土测绘院, 武汉 430010)

[摘要] 围山城金银成矿带出露有破山银矿床、银洞坡金矿床和银洞岭银矿床等三个大型金银矿床, 均受地层和构造的双重控制, 赋矿地层为新元古界歪头山岩组, 河前庄背斜是成矿带的主要控矿构造。围岩地层歪头山岩组的铅同位素组成具有整体富Th亏U、低 μ 高 ω 的特征, 与围山城金银成矿带的矿石铅整体富Th亏U、低 μ 高 ω 的特征一致。经过年龄校正后, 把成矿带内的围岩地层和岩体的全岩铅同位素样品与矿石铅同位素对比分析发现, 围岩歪头山岩组与矿石关系最为接近, 其次为燕山期梁湾花岗岩体。成矿带的矿石铅具有混源特征。可以认为围岩歪头山岩组和梁湾花岗岩体共同为成矿带提供了铅源及成矿物质。

[关键词] 铅同位素 成矿物质来源 围山城 桐柏

[中图分类号] P618.42 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2009)04-0374-11

Li Hong-mei, Wei Jun-hao, Wang Hong-li, Xiao Guang-ling, Peng Li-na, Wang Fa-yan. The sources of ore-forming materials in Weishancheng Au-Ag mineralization belt in Tongbai, Henan province: lead isotope evidences[J]. *Geology and Exploration*, 2009, 45(4): 374-384.

围山城金银成矿带位于秦岭—大别碰撞造山带的中东段, 出露有破山银矿床、银洞坡金矿床和银洞岭银矿床等三个大型金银矿床和夏老庄、张庄等金银矿点。前人根据流体包裹体、微量元素地球化学及氢、氧、碳、硫、铅同位素地球化学和钾氩测年等方法对围山城金银成矿带的矿床进行了研究^[1-20], 认为围山城金银成矿带破山银矿床、银洞坡金矿床和银洞岭银矿床具有类似的成矿流体, 在同一成矿时期形成, 具有类似的成矿物质来源: 成矿热液总体为中温、低盐度、低密度、流体成分为 $K^+-SO_4^{2-}$ 型, 成矿流体从早阶段的变质水岩浆水混合逐渐演化为晚阶段的大气降水为主, 成矿时期为100~140 Ma, 形成于东秦岭燕山期大规模成矿的大地构造背景下, 属于层控造山型金银成矿系统。但是对成矿物质来源仍然存在不同的观点: 1) 成矿物质来自赋矿围岩地层^[6, 11, 20]; 2) 成矿物质来自岩浆(南秦岭的俯冲板片)^[2]; 3) 来自赋矿围岩地层和岩浆(南秦岭的

俯冲板片)的混合^[9, 10, 12]。本次研究补充了新的围岩地层的铅同位素样品, 从矿石、围岩地层和岩体铅同位素的角度对成矿带内矿床的铅同位素进行对比研究, 探讨成矿物质的来源。

1 地质背景

河南省桐柏地区位于秦岭大别碰撞造山带的中东段, 南阳和吴城两个中生代断陷盆地之间, 是我国重要的金银铅锌等多金属矿床密集区之一。围山城金银成矿带(图1)位于朱夏断裂的北侧, 呈北西向狭长带状展布, 东宽西窄, 全长约25 km, 由北西向南东分布有破山银矿床、银洞坡金矿床和银洞岭银矿床等三个大型金银矿床。

桐柏地区出露地层由北向南为中上元古界二郎坪群, 中元古界龟山岩组和汧湾岩组, 下元古界秦岭群, 太古界—早元古界早期桐柏—大别片麻杂岩。中上元古界二郎坪群由下而上划分为中元古界刘山岩

[收稿日期] 2009-03-12; [修订日期] 2009-06-01; [责任编辑] 杨欣。

[第一作者简介] 李红梅(1970年—), 女, 2006年毕业于中国地质大学, 获硕士学位, 在读博士生, 工程师, 主要从事矿产勘查及成矿规律研究工作。

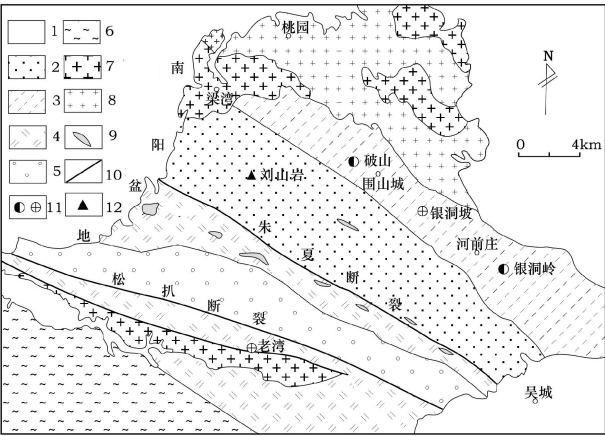


图 1 桐柏围山城地区地质简图^[21]

Fig. 1 Simplified geological map of the Weishancheng area in Tongbai County^[21]

1—新生界;2—早古生界变质岩;3—新元古界变质岩;4—中元古界变质岩;5—古元古界变质岩;6—桐柏—大别片麻岩杂岩;7—燕山期花岗岩;8—加里东期花岗岩;9—基性岩脉;10—断裂;11—银/金矿床;12—铜锌矿床

1—Cenozoic sediment;2—Early Paleozoic metamorphic rock;3—Neoproterozoic metamorphic rock;4—Middle Proterozoic metamorphic rock;5—Paleoproterozoic metamorphic rock;6—Tongbai-Dabie gneiss complex;7—Yanshanian granitoids;8—Caledonian granitoids;9—mafic vein;10—fault;11—Ag/Au deposit;12—Cu-Zn deposit

岩组和新元古界歪头山岩组、大栗树岩组。刘山岩组主要为变质基性火山碎屑岩、细碧岩。大栗树岩组主要为变细碧岩夹透闪阳起角斑岩、石英角斑岩。中元古界龟山岩组和浒湾岩组主要为石英岩、绢云石英片岩、斜长角闪岩夹大理岩。下元古界秦岭群为一套片麻岩、混合片麻岩和大理岩。太古界—早元古界早期桐柏—大别片麻杂岩为一套高角闪岩相至麻粒岩相变质的中深变质岩系。新元古界歪头山岩组为成矿带的赋矿地层,出露总厚度约 2 500 m,为一套中浅变质火山—沉积岩系,由云母石英片岩、变粒岩、角闪片岩、大理岩组成,划分为上中下三部分,上部进一步分为 5 个岩性段,主要岩性为变粒岩、炭质绢云石英片岩,破山银矿床赋存于上部第二岩性段;中部分为 6 个岩性段,主要岩性为斜长角闪片岩、变粒岩、炭质绢云石英片岩,银洞坡金矿床赋存于中部第二岩性段;下部分为 9 个岩性段,未见底,主要岩性为大理岩、变粒岩、斜长角闪片岩,银洞岭银矿床赋存于下部第五岩性段。

该区构造活动强烈,松扒断裂为镇平—龟山—梅山深大断裂带在桐柏地区的出露部分,是秦祁昆

地层分区与南秦岭—大别山地层区的边界断裂;朱阳关—夏馆—大河断裂(朱夏断裂)为秦岭构造岩片与二郎坪构造岩片的边界断裂,上述两条断裂长期多阶段的演化形成了该区北西向的构造格局。区域内地层在构造作用下也经历了多期强烈的变形变质作用。围山城金银成矿带位于朱夏断裂北东,构造以北西向线型褶皱及与之并列的压性—压扭性断裂和挤压带为主。河前庄背斜是矿带内的主要褶皱构造,为一北西向倾伏背斜,轴向 300°~330°,轴线长约 25 km,总体向北西倾伏,枢纽左右摆动和上下波状起伏现象明显,整体东段翘起,西段倾伏,主要由歪头山岩组地层与大栗树岩组地层组成,歪头山岩组地层出露在核部,大栗树岩组地层分布在两翼。背斜西端北翼部分地层被桃园花岗岩体吞噬。背斜轴部岩层产状比较平缓,两翼地层产状较陡且变化较大,银洞坡以东,北东翼缓(30°~43°)南西翼陡(50°左右);以西,北陡(70°左右)南缓(45°左右)。背斜层间挤压破碎带发育,北翼并列展布有次一级背、向斜。北西向河前庄背斜往南东与北东向老洞坡背斜北西翼的结合部位构成穹隆状构造。河前庄背斜是成矿带的主要控矿构造。

该区自北东往南西出露有加里东期桃园花岗岩体、燕山期梁湾花岗岩体和燕山期老湾花岗岩体。其中成矿带北部出露加里东期桃园花岗岩体,北西端为燕山期梁湾花岗岩体。矿带内脉岩主要有正长岩脉、细晶岩脉和煌斑岩脉,其中煌斑岩脉在破山银矿床和银洞岭银矿床内广泛发育。

2 矿床特征

2.1 破山银矿床

破山银矿床位于河前庄背斜西南翼,断层和层间挤压破碎带发育,矿体产于一系列平行的北西向层间挤压断裂中,呈不规则似层状、脉状、透镜状,具有膨胀收缩、分支复合、尖灭再现等特征,产状与地层基本一致。平面上呈雁行状,剖面上呈多层叠瓦式排列(图 2a)。

银主要以独立矿物形态存在,以辉银矿为主,自然银次之。共生矿物组合主要为:黄铁矿—闪锌矿—黄铜矿—自然银—辉银矿—淡红银矿—银金矿—深红银矿—方铅矿。主要结构为:自形—半自形粒状结构、它形粒状结构、固溶体分离结构、交代(溶蚀)结构、压碎结构。主要构造为浸染状构造、网脉状—脉状构造和角砾状构造。矿石为含金属硫化物及银矿物的岩石,主要为炭质绢云石英片岩,少量为绢云石英

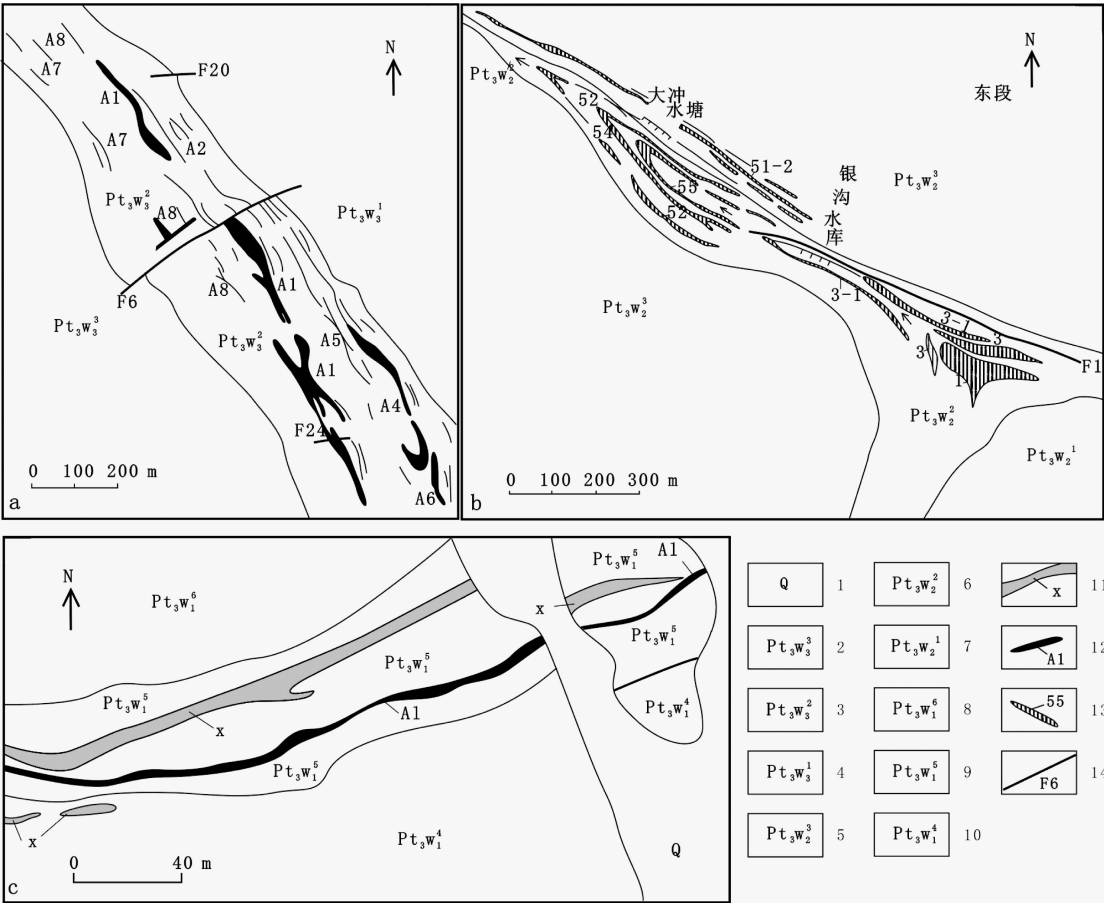


图2 破山银矿床(a)、银洞坡金矿床(b)和银洞岭银矿床(c)地质简图^[21]

Fig. 2 Simplified geological maps of Poshan Ag deposit(a) , Yindongpo Au deposit(b) and Yindongling Ag deposit(c) ^[21]
1—第四系;新元古界歪头山组;2—上部第三岩性段;3—上部第二岩性段;4—上部第一岩性段;5—中部第三岩性段上部;6—中部第二岩性段;7—中部第一岩性段;8—下部第六岩性段;9—下部第五岩性段;10—下部第四岩性段;11—煌斑岩脉;12—银矿体及编号;13—金矿体及编号;14—断层及编号

1—Quaternary; Neoproterozoic Waitoushan Formation; 2—the 3rd section of the upper part; 3—the 2nd section of the upper part; 4—the 1st section of the upper part; 5—the 3rd section of the central part; 6—the 2nd section of the central part; 7—the 1st section of the central part; 8—the 6th section of the lower part; 9—the 5th section of the lower part; 10—the 4th section of the lower part; 11—lamprophyre dyke; 12—silver orebody and its number; 13—gold orebody and its number; 14—fault and its number

片岩、变粒岩、云煌岩和斜长角闪片岩。主要围岩蚀变有硅化、绢云母化和碳酸盐化,其次为绿泥石化和粘土化。

2.2 银洞坡金矿

银洞坡金矿床位于河前庄背斜轴部及背斜两翼派生的共轭逆冲剪切带(图2b)。矿体形态不规则,多呈似层状、透镜状、鞍状及脉状。沿走向、倾向常出现膨胀、收缩(或尖灭)、分枝、复合等现象。矿体产状与地层产状基本一致。

矿石为含金属硫化物、氧化物及金、银矿物的硅化绢云石英片岩等。金银矿物主要为自然金、自然银和辉银矿,金主要呈晶隙金、裂隙金、包体金产出。矿物组合主要是自然金-银金矿-黄铁矿-闪锌矿-

方铅矿-石英。常见结构有:自形-半自形结构、他形粒状结构、固溶体分离结构、交代溶蚀结构、压碎结构等。构造主要有脉状-网脉状构造、浸染状构造、层状-条带状构造、块状构造和角砾状构造等。与矿化有关的围岩蚀变主要有硅化、绢云母化、碳酸盐化,其中硅化最强。

2.3 银洞岭银矿床

银洞岭银矿床位于河前庄背斜南东翼和老洞坡背斜北西翼结合部位的穹窿构造,其层间剥离断层控制了矿体。控矿构造为北东向层间剥离断层,矿体受层位和构造双重控制(图2c)。矿体产状与层间剥离断层一致。矿体呈似层状,具膨胀及尖灭再现现象。主要矿石为黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、自然

银、黄铜矿和辉银矿,脉石矿物有石英、绢云母、白云母和方解石等。常见的矿石结构有自形-半自形结构、他形粒状结构、交代溶蚀结构和压碎结构等,矿石构造以角砾状和细脉浸染状为主。赋矿岩石主要为白云石英片岩、变粒岩和碎裂大理岩。近矿围岩蚀变以硅化为主,横向上表现为以硅化、绢云母化、铅锌矿化为中心,两侧伴以碳酸盐化、绿泥石化和泥化^[14,19]。

3 铅同位素

共采集了 17 件岩石铅同位素样品,分别为围岩歪头山岩组 7 件、大栗树岩组 8 件、梁湾花岗岩体和桃园花岗岩体各 1 件。人工选取新鲜样品,破碎至 200 目以下。样品测试在核工业北京地质研究院分析测试中心的 MAT261 型质谱仪上采用热表面电离质谱法完成,对 1μg 的²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb 测量精度 ≤ 0.005%。监控 Pb 同位素比值测定的 NBS981 国际标准物质的测定值²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb、²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 和²⁰⁴Pb/²⁰⁶Pb 分别为 2.1652465±0.000069、0.9145100±0.000056 和 0.0591995±0.000013, NBS981 证书值²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb、²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 和²⁰⁴Pb/²⁰⁶Pb 分别为

2.1681±0.0008、0.91464±0.00033 和 0.059042±0.000037。测试结果如表 1。

从表 1 可以看出,歪头山岩组的²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb、²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb、²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb 分别为 17.036~18.539(极差 1.503)、15.404~15.609(极差 0.205)、38.074~38.600(极差 0.526)。大栗树岩组的²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb、²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb、²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb 分别为 17.360~18.789(极差 1.429)、15.366~15.630(极差 0.264)、37.804~39.047(极差 1.243)。围岩歪头山岩组与大栗树岩组的铅同位素组成类似,两者的铅同位素组成变化范围均较大,但是后者变化范围更大。

4 讨论

对围山城金银成矿带 Au、Ag、Pb 和 Zn 等 4 种成矿元素多重的因子分析^[9],发现它们之间呈较高的相关性,Au 与 Pb 之间的相关系数达 0.926,Ag 与 Zn 之间的达 0.907,表明这 4 种主要成矿元素具有相似的地球化学过程,即 Pb 的来源在一定程度上可以代表成矿物质来源。因此,我们可以利用铅同位素来探讨成矿物质的来源。

表 1 围山城金银成矿带围岩岩体铅同位素分析结果
Table 1 Lead isotopic compositions of host rocks and magmatic bodies in Weishancheng Au-Ag mineralization belt

样品编号	地层	岩性	测试矿物	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	Th(μg/g)	U(μg/g)	Pb(μg/g)
TB26	歪头山岩组	云母长英片岩	全岩	18.539	15.535	38.600	10.7	2.81	16.9
TB27	歪头山岩组	云母长英片岩	全岩	17.281	15.473	38.417	7.28	2.68	50.9
TB28	歪头山岩组	云母长英微片岩	全岩	18.435	15.609	38.586	11	2.63	28.6
TB29	歪头山岩组	长英云母片岩	全岩	17.139	15.447	38.399	2.48	2.48	101
TB30	歪头山岩组	片岩	全岩	17.086	15.407	38.179	7.96	6.52	445
TB31	歪头山岩组	云母长英变粒岩	全岩	17.21	15.404	38.074	7.04	3.88	154
TB32	歪头山岩组	云母斜长角闪岩	全岩	17.398	15.452	38.247	4.15	2.91	38.3
TB33	大栗树岩组	斜长角闪岩	全岩	17.717	15.478	37.894	0.218	0.104	1.92
TB34	大栗树岩组	含磁铁矿斜长角闪片岩	全岩	18.789	15.63	38.22	2.07	1.28	3.6
TB20	大栗树岩组	退变斜长角闪岩	全岩	17.97	15.501	38.093	8.31	1.15	18.7
TB21	大栗树岩组	云母长英变粒岩	全岩	17.926	15.470	38.771	7.19	2.67	10.4
TB24	大栗树岩组	细粒花岗岩闪长岩	全岩	17.577	15.419	38.196	8.87	3.24	55.4
TB25	大栗树岩组	云母长英变粒岩	全岩	17.36	15.366	37.901	25	2.24	34.9
TB35	大栗树岩组	角闪岩	全岩	19.204	15.632	37.804	12.3	2.44	11.5
TB36	大栗树岩组	黑云母绿帘角闪片岩	全岩	18.55	15.510	39.047	1.34	1.33	3.92
TB22	梁湾花岗岩体	斑状中粗粒花岗岩闪长岩	全岩	17.657	15.374	38.168	25.6	7.52	18.4
TB23	桃园花岗岩体	细粒花岗岩	全岩	18.666	15.514	39.231	10.8	1.85	5.78

注:样品由核工业北京地质研究院分析测试中心测试。

4.1 矿石

分析前人测试的矿石铅同位素样品^[1,18,20,22],发现围山城金银成矿带矿石铅同位素组成非常相近,破山银矿床和银洞坡金矿床有很大的重叠部分,而银洞岭银矿床的铅同位素变化范围较小,与破山银矿床和银洞坡金矿床也有部分的重叠。三个矿床的铅同位素变化范围为:²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb 为 16.57 ~ 17.2159 (极差 0.6759),均值 16.9748,²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb 为 15.056 ~ 15.6380 (极差 0.582),均值 15.3762;²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb 为 37.336 ~ 39.184 (极差 1.848),均值 38.3073。围山城成矿带的矿石铅同位素组成非常相近,指示三个矿床具有类似的铅源。

根据 S-K 两阶段模式^[23]计算,矿石铅同位素样品的 μ 值为 7.751 ~ 10.38,均值 9.244; ω 值为 34.818 ~ 55.471,均值 46.238;模式年龄为 478 ~ 1176Ma,均值为 926Ma。在图 3a 中矿石铅同位素均位于 S-K 线的上方,高于平均地壳铅的 $\omega = 36.84$;图 3b 中矿石大部分位于 S-K 线的下方,少部分穿过 S-K 线,到达 S-K 线的上方,即大部分矿石铅的 μ 值低于平均地壳 $\mu = 9.74$,44 个数据中 μ 值大于 S-K 的平均地壳 $\mu = 9.74$ 的只有 8 个,说明矿石铅具有混源特点,整体 μ 值偏低。具有低 μ 值的铅可能来自下部地壳或上地幔^[23]。可以据此推断,矿石铅大部分来源于下部地壳或上地幔,少部分受到了上部地壳的混染。围山城成矿带矿石铅同位素组成低 μ 值、高 ω 值的特征指示了矿石铅来源于富 Th 亏 U 的源区,通常,低 μ 高 ω 被认为是下地壳的特征^[24]。

在 Zartman 等 (1981)^[25] 铅构造模式图 (图 4) 中,围山城成矿带矿石铅均投影于下地壳增长线上方及其线上 (图 4a),指示矿石铅绝大部分来源于下地壳;图 4b 中,三个矿床的矿石铅跨越了下地壳、地幔和上地壳增长线,形成混合铅带,但大部分投影于下地壳和地幔增长线附近,说明矿石铅的来源比较复杂具有混源的特征,但大部分来源于下地壳和地幔。

在图 3、图 4 中,围山城成矿带的矿石铅同位素组成具有粗略的线性趋势,这种线性趋势有两种可能性:一是可以拟合成一条等时线^[26,27],另一种是不同来源的铅混合形成的^[28,29]。围山城成矿带的铅同位素组成不能被解释成等时线,原因有两个:第一,根据 S-K 模式计算出来的年龄跨度较大,模式年龄范围为 478 ~ 1176 Ma,均值 926Ma,远远大于 100 ~ 140 Ma 的成矿年龄^[20];第二,在图 3b、图 4b 中,

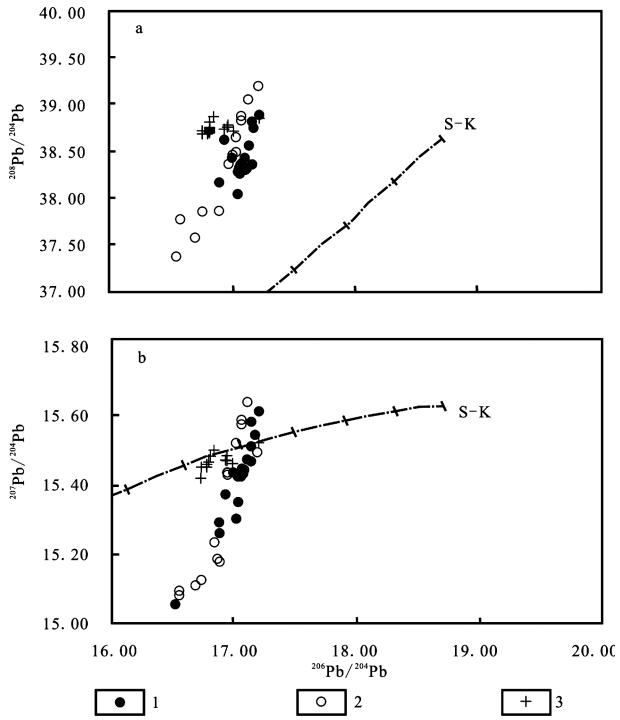


图 3 围山城金银成矿带矿石铅同位素组成图 (底图据文献[23])

Fig.3 Lead isotopic compositions of ores in Weishancheng Au-Ag mineralization belt (after reference[23])
1—破山银矿床矿石;2—银洞坡金矿床矿石;3—银洞岭银矿床矿石
1—ores in Poshan Ag deposit;2—ores in Yindongpo Au deposit;3—ores in Yindongling Ag deposit

矿石铅跨越了 S-K 平均地壳线及下地壳、地幔和上地壳,说明了矿石铅是由来源于不同的端元混合而成。

综上所述,围山城金银成矿带的矿石铅具有低 μ 高 ω 的特点,S-K 和 Z-D 两个铅构造模式均指示围山城成矿带的矿石铅大部分来源于下地壳和地幔,具有混源的特点。

与围山城金银成矿带南部的刘山岩铜锌矿床和老湾金矿床相比 (表 2),围山城金银成矿带的矿石铅明显具有低放射性铅同位素特征,说明围山城金银成矿带铅的来源与刘山岩铜锌矿和老湾金矿有所不同。老湾金矿的铅来源于围岩龟山组和老湾岩体^[30]。刘山岩铜锌矿床是同生火山喷气沉积矿床并叠加后期热变质,铅来源于火山-沉积地层^[31,32]。

4.2 围岩地层

分析围岩地层的铅同位素数据发现 (表 3),与大栗树岩组相比,歪头山岩组的铅同位素组成的变化范围较小,并且略贫 U 铅。

表 2 围山城金银成矿带金银矿床与刘山岩铜锌矿床和老湾金矿床矿石铅同位素组成对比表

Table 2 Comparison lead isotopic compositions of deposits in Weishancheng Au-Ag mineralization belt and Liushanyan copper-zinc deposit, Laowan gold deposit

矿床名称	样品数	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	资料来源
破山银矿床	13	16.57 ~ 17.208	15.085 ~ 15.638	37.57 ~ 39.184	[1,20]
银洞坡金矿床	18	16.89 ~ 17.2159	15.26 ~ 15.612	38.04 ~ 38.861	
银洞岭银矿床	13	16.7529 ~ 17.2163	15.4166 ~ 15.5212	38.683 ~ 38.868	
刘山岩铜锌矿床	25	17.903 ~ 18.207	15.346 ~ 15.767	36.95 ~ 38.469	[31,33]
老湾金矿床	19	17.408 ~ 18.693	15.378 ~ 15.614	37.206 ~ 39.855	[30,34,35]

表 3 围山城金银成矿带围岩地层及岩体铅同位素组成

Table 3 Comparison of lead isotopic compositions between host rock and magmatic bodies in Weishancheng Au-Ag mineralization belt

地层	样品数	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$		$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$		资料来源
		变化范围	均值	变化范围	均值	变化范围	均值	
歪头山岩组	17	17.047 ~ 18.539	17.538	15.394 ~ 15.609	15.48	38.074 ~ 38.600	38.345	本文和文献[18,21,22]
大栗树岩组	8	17.36 ~ 19.204	18.137	15.366 ~ 15.630	15.501	37.804 ~ 39.047	38.24	本文
桃园岩体	12	17.2088 ~ 19.712	18.586	15.4152 ~ 15.638	15.54	37.131 ~ 40.585	39.127	本文和文献[21,22,36]
梁湾岩体	8	17.24 ~ 17.812	17.535	15.355 ~ 15.3937	15.37	37.704 ~ 38.168	37.964	

表 4 围山城成矿带围岩地层及岩体铅同位素特征值计算结果

Table 4 Calculated result of μ , ω and Th/U-value of host rocks and magmatic bodies in Weishancheng Au-Ag mineralization belt

地层	样品数	μ		ω		Th/U	
		变化范围	均值	变化范围	均值	变化范围	均值
歪头山岩组	17	9.146 ~ 9.711	9.427	35.953 ~ 48.012	42.001	3.712 ~ 4.817	4.313
大栗树岩组	8	8.915 ~ 9.729	9.320	34.267 ~ 40.018	36.556	3.409 ~ 4.199	3.805
桃园岩体	12	9.074 ~ 9.688	9.400	36.299 ~ 40.876	38.250	3.766 ~ 4.165	3.939
梁湾岩体	8	8.803 ~ 8.945	8.891	35.251 ~ 38.243	36.825	3.875 ~ 4.153	4.008

根据 S-K 模式计算了围岩地层和岩体的 μ 值、 ω 值和 Th/U 值(表 4)。歪头山岩组的 μ 值变化范围为 9.146~9.711,均小于 S-K 模式中的第二阶段平均地壳 $\mu=9.74$; ω 值的变化范围为 35.953 ~ 45.098,跨度较大,均值 41.354,大于第二阶段平均地壳 $\omega=36.84$,说明歪头山岩组整体 ω 值偏高、富 Th。这两个参数一致指示了歪头山岩组整体富 Th 亏 U、低 μ 高 ω ,与围山城成矿带的矿石铅低 μ 高 ω 、富 Th 亏 U 的特征一致。但是根据测试的 Th 和 U 的含量计算的 μ 、 ω 和 Th/U 值均小于根据 S-K 模式计算的 μ 、 ω 和 Th/U 值,可能是因为 Pb 的增加或 U 的损失^[28],U 的损失可能会出现在近地表条件下,U 容易被地下水溶解带走^[37,38]。

一般说来,硫化物及长石中的 U 和 Th 含量甚微,当其形成后 U 和 Th 衰变产生的放射性成因铅数量少,对铅同位素组成的影响可以忽略,而围岩含一定量的 U 和 Th,成岩后衰变产生的放射成因铅对铅同位素的对比会产生一定程度的影响,因此,用全岩实测值与矿石铅对比会产生不同程度的误差,故需对全岩铅样品的铅同位素组成进行校正^[29,39]。前人^[18,22,36]测试的围岩地层及桃园花岗岩体、梁湾花岗岩体的全岩铅同位素样品,因为缺乏 Th、U 的含量,无法进行年龄校正,故只能将本次测试的 17 件地层围岩及岩体的铅同位素和江思宏等^[21]测试的围岩地层和岩体样品的铅同位素进行年龄校正,以便与矿石铅同位素样品进行分析对比^[23,39,40]。张

静等(2008)^[20]研究认为围山城金银成矿带的成矿年龄为 100~140Ma(绢云母 K-Ar 法),本次年龄校正取成矿年龄 t=120Ma。

把经过年龄校正的围岩地层和岩体的全岩铅同位素样品和矿石铅同位素样品一起投影到铅构造模式图^[25]中(图 4)。在图 4a 中,歪头山岩组的铅大部分成簇状集中投影于下地壳增长线附近,部分分散位于造山带增长线上部;图 4b 中,大部分歪头山岩组成簇状位于地幔增长线附近,部分分散位于造山带增长线附近,指示大部分歪头山岩组的铅来源于地幔和下地壳,部分受到了上地壳的混染。在图 4 中,歪头山岩组的全岩样品中有 7 件成簇状落在矿石铅同位素附近,分别位于下地壳增长线和地幔增长线上,在成矿带附近的地层围岩和岩体的样品中,歪头山岩组与矿石铅最为接近,指示了歪头山岩组与矿石铅有一定的同源关系,或者说,围岩地层歪头山岩组给矿石铅提供了部分铅源及矿源,这部分样品提供的矿源大部分来自下地壳或地幔,与前面分析的矿石铅大部分来自于下地壳或地幔一致。

围岩地层歪头山岩组也具有提供矿源的物质基础。据张宗恒等^[9]研究,剔除矿化样品后,歪头山岩组上部的 Ag 的含量是地壳丰度^[41]的 48.3 倍,是北秦岭地壳丰度的 51.7 倍;中部 Au 的含量是地壳丰度的 2 倍,是北秦岭地壳丰度的 7 倍;下部 Ag 的含量是地壳丰度的 15.7 倍,是北秦岭地壳丰度的 16.9 倍。由此可见,围岩地层歪头山岩组可以为成矿带提供足够的矿源。

大栗树岩组的铅同位素组成在图 4 中散布于上地壳、地幔、造山带以及下地壳增长线之间,比较分散,规律性不强,并且与矿石铅相隔较远,显示与矿石铅基本没有同源关系。并且大栗树岩组的 Au 的含量低于地壳丰度,Ag 的含量略高于地壳丰度,但远远低于歪头山岩组的 Ag 的含量^[9],缺乏提供矿源的物质基础。

4.3 岩体

前人研究获得桃园花岗岩体的侵位时代为 430~470 Ma(锆石 U-Pb 年龄和锆石 SHRIMP U-Pb 年龄)^[21,42],被认为是早古生代加里东期侵入岩;其岩浆物质与二郎坪群基性岩均来自亏损地幔^[43,45]。梁湾花岗岩体侵位于 115~135Ma(黑云母 K-Ar 法, Rb-Sr 等时线年龄和锆石 SHRIMP U-Pb 年龄)^[21,42,36],属于中生代燕山期侵入岩,其岩浆物质来自于南部(南秦岭)陆壳物质的部分熔融^[44,45]。

从表 3 可以看出,与梁湾花岗岩体相比,桃园花

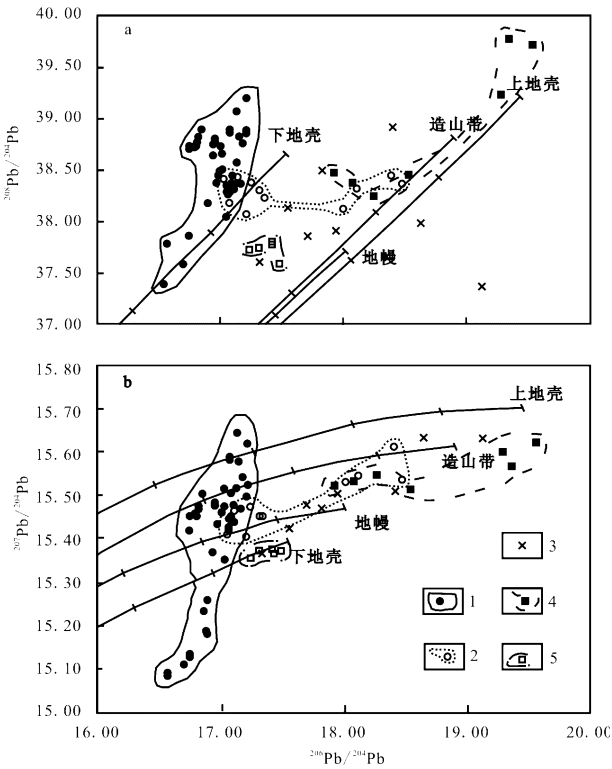


图 4 围山城金银成矿带铅同位素构造模式图^[25]
Fig. 4 Tectonic model of the ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb versus ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb and ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb versus ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb from Weishancheng Au-Ag mineralization belt^[25]
1—围山城金银成矿带矿石;2—歪头山岩组;3—大栗树岩组;4—桃园花岗岩体;5—梁湾花岗岩体
1—ores in in Weishancheng Au-Ag mineralization belt;
2—Waitoushan Formation;3—Daluoshu Formation;
4—Taoyuan granitoid;5—Liangwan granitoid

岗岩体具有明显偏高的铅同位素比值,并且铅同位素组成的变化范围较大。在图 4 中,桃园花岗岩体的铅同位素组成较分散,且与矿石铅相差较远,显示两者基本没有同源关系;同时,围山城金银成矿带的成矿年龄为 100~140Ma^[20],晚于桃园花岗岩体的侵位时间,因此,桃园花岗岩体不具有为成矿带提供铅源及矿源的可能性。在图 4 中,梁湾花岗岩体的铅同位素成簇状分布于矿石铅同位素的一侧,与矿石铅较为接近;同时,从时间上分析,梁湾花岗岩体的侵位时间与成矿时间基本同期,因而存在为围山城金银成矿带提供矿源的可能性。另一方面围山城金银成矿带的矿石铅具有混源的特征,在图 4 中成矿带周围的地层围岩和岩体除了围岩歪头山岩组外,梁湾花岗岩体与矿石铅的关系最亲密,因此可以推断梁湾花岗岩体和歪头山岩组共同为成矿带提供了铅源和矿源。

梁湾花岗岩体也具备提供铅源及矿源的物质基础。梁湾花岗岩体的 Au、Ag 和 Pb 均略高于地壳丰度^[9],其石英脉的 Au、Ag 和 Pb 等元素的含量虽然比围岩歪头山岩组的炭质绢云石英片岩的石英脉的含量低,但是均高于地壳丰度,分别为地壳丰度的 2.7 倍、5.3 倍和 3.6 倍^[9],这也说明了梁湾花岗岩体具有提供部分铅源及成矿物质的物质基础。而桃园花岗岩体石英脉的成矿元素的含量均低于梁湾花岗岩体^[9]。

此外,从稀土元素特征值来看^[15],矿石、围岩地层和岩体相比较,破山银矿床和银洞坡金矿床的矿石矿物均与梁湾花岗岩体的 LREE/HREE、 $(La/Yb)_N$ 、 $(La/Sm)_N$ 值最为接近,矿石中硫化物矿物与梁湾花岗岩的稀土元素配分模式相似,表明在成矿流体中梁湾花岗岩的岩浆热液占有一定的比例,也说明梁湾花岗岩为成矿带提供了成矿物质。

5 成矿物质来源及成矿过程探讨

围山城金银成矿带经历了长期复杂的地质构造演化历史^[16,47-49],形成了碰撞造山型金银矿床。中元古代至早古生代秦岭造山带强烈扩张,扬子板块沿商丹断裂(缝合带)自南向北俯冲引起了弧后拉伸,在瓦穴子断裂与朱夏断裂之间出现具洋壳性质的二郎坪弧后盆地,岩浆携带出大量 Au、Ag、Pb 和 Zn 等金属元素,形成歪头山岩组原始矿源层。加里东期二郎坪弧后盆地逐渐闭合,导致碰撞与挤压变质作用,桐柏地区发育桃园花岗岩体。在中生代扬子与中朝板块发生陆陆碰撞,南秦岭俯冲板片沿商丹(松扒)断裂向北俯冲到北秦岭之下,熔融形成梁湾花岗岩体和老湾花岗岩体,与此同时,区域构造背景由挤压转向伸展,俯冲板块南秦岭熔融形成的大量岩浆热液流体开始上升迁移,并在运移过程中萃取仰冲板块中歪头山岩组地层的成矿元素,然后在构造有利部位沉淀成矿,从而在河前庄背斜的不同部位及歪头山岩组的不同岩性段形成了破山银矿床、银洞坡金矿和银洞岭银矿床。

6 结论

围山城金银成矿带中围岩歪头山岩组的铅同位素组成与矿石铅均具有富 Th 亏 U、低 μ 高 ω 的特征,在铅模式图上两者关系最为接近,指示歪头山岩组为围山城成矿带提供了部分铅源及成矿物质;在铅模式图上梁湾花岗岩体的铅同位素样品与矿石铅比较接近,指示了梁湾花岗岩体为成矿带提供了部

分铅源及矿源。围山城金银成矿带的矿石铅具有混源特征,围岩歪头山岩组和梁湾花岗岩体共同为成矿带提供了铅源及成矿物质。

[参考文献]

- [1] 陈德凯,周旦生. 围山城层控金银矿特征和成矿作用[J]. 矿床地质,1984,3(1):37-45.
Chen De-kai, Zhou Dan-sheng. The characteristics of the Weishancheng stratabounded gold-silver deposits and their metallogenesis[J]. Mineral Deposits, 1984, 3(1): 37-45.
- [2] 陈衍景,富士谷. 豫西金矿成矿规律[M]. 北京:地震出版社,1992:1-234.
Chen Yan-jing, Fu Shi-gu. Gold mineralization in West Henan, China[M]. Beijing: Seismological Press, 1992: 1-234.
- [3] 陈衍景. 炭质层控型银洞坡金矿的地质地球化学特征和矿床成因[J]. 长春地质学院学报,1995,25(2):161-167.
Chen Yan-jing. Metallogenesis as well as geological and geochemical characteristics of Yindongpo gold deposit as an example of carbonaceous stratabound type[J]. Journal of Changchun University of Earth Sciences, 1995, 25(2): 161-167.
- [4] 徐启东,齐先茂. 桐柏-大别地区中温热液金矿床成矿流体性质与沉淀机理[J]. 矿床地质,1995,14(1):59-71.
Xu Qi-dong, Qi Xian-mao. Ore-forming fluid in mesothermal gold deposits of Tongbai-Dabie area: their properties and precipitation mechanism[J]. Mineral Deposits, 1995, 14(1): 59-72.
- [5] 韩存强,张宗恒,万守全. 河南省桐柏县银洞坡金矿综合找矿标志及找矿模型[J]. 物探与化探,1996,20(2):87-98.
Han Cun-qiang, Zhang Zong-heng, Wan Shou-quan. Integrated prospecting criteria and ore-search model of the Yindongpo gold deposit, Tongbai county, Hennan province[J]. Geophysical & Geochemical Exploration, 1996, 20(2): 87-98.
- [6] 吴冲龙,王根发,袁艳斌. 银洞坡大型层控金矿床矿源层原生沉积条件分析[J]. 地球科学——中国地质大学学报,1998,(23)1:85-91.
Wu Chong-long, Wang Gen-fa, Yuan Yan-bin. Sedimentary environmental analysis of source bed of Yindongpo stratified Au deposit in Tongbai[J]. Earth Science —Journal of China University of Geosciences, 1998, 23(1): 85-91.
- [7] 张宗恒,鄢安禄,李吉林,韩存强. 河南桐柏地区银洞坡金矿床地球化学特征[J]. 现代地质,1999,13(1):105-110.
Zhang Zong-heng, Yan An-lu, Li Ji-lin, Han Cun-qiang. Geochemical features of the Yindongpo gold deposit in Tongbai region, Henan Province[J]. Geoscience, 1999, 13(1): 105-110.
- [8] 楚柏林,山正红,王广. 河南银洞坡金矿床特征及成因探讨[J]. 黄金地质,2000,6(1):32-37.
Chu Bo-lin, Shan Zheng-hong, Wang Guang. Discussion on the characteristics and genesis of Yindongpo gold deposit, Henan[J]. Gold Geology, 2000, 6(1): 32-37.
- [9] 张宗恒,侯海燕,侯万荣,安国英,费红彩. 河南桐柏围山城金银成矿系统矿床地球化学特征[J]. 现代地质,2002,16(3): 263-269.
Zhang Zong-heng, Hou Hai-yan, Hou Wan-rong, An Guo-ying, Fei Hong-cai. Geochemical features of gold and silver deposits in

- the Weishancheng area, Tongbai county, Henan Province [J]. Geoscience, 2002, 16(3): 263–269.
- [10] 王连庆, 徐刚, 郑达兴. 桐柏大别山地区金矿成矿条件分析[J]. 矿床地质, 2002, 第21卷增刊: 682–684.
Wang Lian-qing, Xu Gang, Zheng Da-xing. Study on ore-forming conditions for gold deposits in Tongbai-Dabieshan region [J]. Mineral Deposits, 2002, 21 (Suppl): 682–684.
- [11] 姚书振, 丁振举, 周宗桂, 陈守余. 秦岭造山带金属成矿系统[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 2002, 27(5): 599–605.
Yao Shu-zhen, Ding Zhen-ju, Zhou Zong-gui, Chen Shou-yu. Metallogenic systems of Qinling Orogen [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 2002, 27(5): 599–605.
- [12] 彭翼, 万守全. 桐柏地区银多金属矿成矿地质特征及成矿规律[J]. 前寒武纪研究进展, 2002, 25(3–4): 174–178.
Peng Yi, Wan Shou-quan. The geological character and the ore-forming regularity of the silver polymetallic ore deposit in Tongbai Area [J]. Progress in Precambrian Research, 2002, 25(3–4): 174–178.
- [13] 王宗炜, 王云, 孙保平. 河南桐柏破山银矿床地质—地球化学特征[J]. 矿业快报, 2006, (7): 48–50.
Wang Zong-wei, Wang Yun, Sun Bao-ping. Geological and geochemical features of the Poshan silver deposit in Tongbai region, Henan Province [J]. Express Information of Mining Industry, 2006, (7): 48–50.
- [14] 万守全. 河南省桐柏银洞岭银矿床地质地球化学特征[J]. 物探与化探, 2005, 29(6): 510–514.
Wan Shou-quan. Geological and geochemical characteristics of the Yindongling silver deposit, Tongbai County, Henan Province [J]. Geophysical & Geochemical Exploration, 2005, 29(6): 510–514.
- [15] 徐友灵. 河南桐柏围山城金银成矿带矿床地球化学特征[J]. 华南地质与矿产, 2005, 4: 1–10.
Xu You-ling. Geochemical characteristics of deposits in Weishancheng gold-silver metallogenetic belt in Tongbai area, Henan province [J]. Geology and Mineral Resources of South China, 2005, 4: 1–10.
- [16] 张静. 东秦岭—桐柏地区典型金银矿床的分析和对比研究[D]. 北京: 北京大学, 2004: 1–139.
Zhang Jing. Case and comparative studies on the typical silver-gold deposits in East Qinling-Tongbai Mountains [D]. Beijing: Peking University, 2004: 1–139.
- [17] 杨永, 陈华勇, 王耀光, 鲁颖淮, 高秀丽, 陈衍景, 王志光, 李国平. 银洞坡金矿流体包裹体研究[J]. 矿床地质, 2002, 第21卷增刊: 1076–1079.
Yang Yong, Chen Hua-yong, Wang Yao-guang, Lu Ying-huai, Gao Xiu-li, Chen Yan-jing, Wang Zhi-guang, Li Guo-ping. The study on fluid inclusions of Yindongpo gold deposit [J], Li Guo-ping. Mineral Deposits, 2002, 21 (Suppl): 1076–1079.
- [18] 张静, 陈衍景, 陈华勇, 万守全, 张冠, 王建明. 河南省桐柏县银洞坡金矿床同位素地球化学[J]. 岩石学报, 2006, 22(10): 2551–2560.
Zhang Jing, Chen Yan-jing, Chen Hua-yong, Wan Shou-Quan, Zhang Guan, Wang Jian-ming. Isotope geochemistry of the Yindongpo gold deposit, Tongbai county, Henan Province [J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22(10): 2551–2560.
- [19] 吴宏伟, 任爱琴. 河南银洞岭银矿床原生地球化学异常特征及找矿模型[J]. 地质与勘探, 2005, 41(1): 62–67.
Wu Hong-wei, Ren Ai-qin. Geochemical anomaly characteristics and ore prospecting model in the Yindongling ore deposit [J]. Geology and Exploration, 2005, 41(1): 62–67.
- [20] 张静, 陈衍景, 陈华勇, 张冠, 杨艳. 河南桐柏围山城层控金银成矿带同位素地球化学[J]. 地学前缘(中国地质大学(北京); 北京大学), 2008, 15(4): 108–124.
Zhang Jing, Chen Yan-jing, Chen Hua-yong, Zhang Guan, Yang Yan. Isotope geochemistry of the Weishancheng stratabound gold-silver ore belt, Tongbai County, Henan Province [J]. Earth Science Frontiers (China University of Geosciences, Beijing; Peking University), 2008, 15(4): 108–124.
- [21] 马宏卫, 吴宏伟, 邱顺才, 王云. 河南桐柏老湾花岗岩地球化学特征及成因研究[J]. 矿产与地质, 2007, 21(1): 65–69.
Ma Hong-wei, Wu Hong-wei, Qiu Shun-cai, Wang Yun. Geochemical characteristics and genesis of Laowan granite in Tongbai, Henan [J]. Mineral Resources and Geology, 2007, 21(1): 65–69.
- [22] 燕长海. 东秦岭铅锌银成矿系统内部结构[M]. 北京: 地质出版社, 2004: 72–81.
Yan Chang-hai. Inside structure of Pb-Zn-Ag mineralization system in East Qinling [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2004: 72–81.
- [23] Stacey J S, Kramers J D. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage mode [J]. Earth Planet Sci Lett, 1975, 26: 207–221.
- [24] Kamona A F, Leveque J, Friedrich G. Lead isotopes of the carbonate-hosted Kabwe, Tsumeb, and Kipushi Pb-Zn-Cu sulphide deposits in relation to Pan African orogenesis in the Damaran-Lufilian Fold Belt of Central Africa [J]. Mineralium Deposita, 1999, 34: 273–283.
- [25] Zartman R E, Doe B R. Plumbotectonics - the model [J]. Tectonophysics, 1981, 75: 135–162.
- [26] Harkins S A, Appold M S, Nelson BK. Lead isotope constraints on the origin of nonsulfide zinc and sulfide zinc-lead deposits in the flinders ranges, South Australia [J]. Economic Geology, 2008, 103: 353–364.
- [27] Stendal H. Contrasting Pb isotopes of Archaean and Palaeoproterozoic sulphide mineralisation, Disko Bugt, central West Greenland [J]. Mineralium Deposita, 1998, 33: 255–265.
- [28] Billstrom K. A. lead isotope study of two sulphide deposits and adjacent igneous rocks in south-central Sweden [J]. Mineral Deposita, 1990, 25: 152–159.
- [29] Frimmel H E, Jonasson I R, Mubita P. An Eburnean base metal source for sediment-hosted zinc-lead deposits in Neoproterozoic units of Namibia: Lead isotopic and geochemical evidence [J]. Mineralium Deposita, 2004, 39: 328–343.
- [30] 潘成荣, 岳书仓. 河南老湾金矿床 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年及铅同位素

- 研究[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2002, 25(1): 9-13.
- Pan Cheng-rong, Yue Shu-cang. Research on the forming era of Laowan gold deposit in Henan Province and its lead isotope[J]. Journal of Hefei University of Technology, 2002, 25(1): 9-13.
- [31] 韦昌山, 杨振强, 魏君奇, 付建明, 张业明. 刘山岩矿床矿石的稀土元素和硫、铅同位素的地质意义[J]. 华南地质与矿产, 2002, 4: 41-46.
- Wei Chang-shan, Yang Zhen-qiang, Wei Jun-qi, Fu Jian-ming, Zhang Ye-ming. Components and geological significance of REE and sulfide-lead isotope ores from the Liushanyan copper-zinc deposit, Henan Province[J]. Geology and Mineral Resources of South China, 2002, 4: 41-46.
- [32] 韦昌山, 杨振强, 付建明, 魏君奇, 张业明. 河南桐柏刘山岩铜锌矿床成因及古大地构造环境[J]. 地质科技情报, 2004, 23(2): 25-30.
- Wei Chang-shan, Yang Zhen-qiang, Fu Jian-ming, Wei Jun-qi, Zhang Ye-ming. Origin and palaeotectonic setting of Liushanyan copper-zinc deposit in Tongbai, Henan Province[J]. Geological Science and Technology Information, 2004, 23(2): 25-30.
- [33] 胡受奚, 林潜龙, 陈泽铭. 华北与华南古板块拼合带地质与成矿[M]. 南京: 南京大学出版社, 1988: 1-558.
- Hu Shou-xi, Lin Qian-long, Chen Ze-ming. Geology and metallogeny of the collision belt between the North and the South China plates[M]. Nanjing: Nanjing University Press, 1988: 1-558.
- [34] 谢巧勤. 河南桐柏老湾金矿成岩成矿地球化学研究[D]. 合肥: 合肥工业大学资源与环境科学系, 1999: 1-125.
- Xie Qiao-qin. The geochemical studies on magmatism and mineralization of Laowan gold deposit in Tongbai, Henan Province, China[D]. Hefei: School of Natural Resources and Environmental Engineering, Hefei University of Technology, 1999, 1-125.
- [35] 马启波, 杨廷栋, 庞庆邦. 桐柏—大别地区金矿成矿条件及成矿预测[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996: 1-174.
- Ma Qi-bo, Yang Ting-dong, Pang Qing-bang. Mineralizing conditions and ore prospecting of gold deposits in Tongbai-Dabie Area[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1996: 1-174.
- [36] 张宏飞, 张利, 高山, 张本仁, 王林森. 桐柏地区变质杂岩和侵入岩类 Pb 同位素组成特征及其地质意义[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 1999a, 24(3): 269-273.
- Zhang Hong-fei, Zhang Li, Gao Shan, Zhang Ben-ren, Wang Lin-sen. Pb isotopic compositions of metamorphic rocks and intrusive rocks in Tongbai region and their geological implication[J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 1999a, 24(3): 269-273.
- [37] Rosholt J N, Zartman R E, N'komo I T. Lead isotope systematics and uranium depletion in the Granite Mountains, Wyoming[J]. Geological Society of America Bulletin, 1973, 84: 989-1002.
- [38] Stuckless J S, N'komo I T. Uranium lead isotope systematics in uraniferous alkali-rich granites from the Granite Mountains, Wyoming: implications for uranium source rocks[J]. Economic Geology, 1978, 73: 427-441.
- [39] Guen M L, Leseuyer J L, Marcoux E. Lead-isotope evidence for a Hercynian origin of the Salsigne gold deposit (Southern Massif Central, France) [J]. Mineral. Deposita, 1992, 27, 129-136.
- [40] 张乾, 潘家永, 邵树勋. 中国某些金属矿床矿石铅来源的铅同位素诠释[J]. 地球化学, 2000, 29: 231-238.
- Zhang Qian, Pan Jia-yong, Shao Shu-xun. An interpretation of ore lead sources from lead isotopic compositions of some ore deposits in China[J]. Geochimica, 2000, 29: 231-238.
- [41] 黎彤. 元素丰度表[J]. 地质与勘探, 1982, 11: 插页.
- Li Tong. Elements abundance table[J]. Geology and Exploration, 1982, 11: insert.
- [42] 卢欣祥. 秦岭花岗岩大地构造图[M]. 西安: 西安地图出版社, 2000: 1-27.
- Lu Xin-xiang. Granitoid tectonic map of Qinling belt [M]. Xi'an: Xi'an Cartographic Press, 2000: 1-27.
- [43] 张利, 王林森, 周炼. 北秦岭弧后盆地俯冲消减与陆壳物质再循环—桃园岩体和黄岗杂岩体的地球化学证据[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 2001, 26(1): 18-24.
- Zhang Li, Wang Lin-sen, Zhou Lian. Subduction of back-arc basin and recycling of crustal substance in Northern Qinling: geochemical evidence of Taoyuan intrusion and Huanggang intrusive complex[J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 2001, 26(1): 18-24.
- [44] 张宏飞, 张利, 高山, 钟增球, 凌文黎, 张本仁. 桐柏北部燕山期花岗岩对地壳深部物质组成的地球化学示踪[J]. 地球化学, 1999b, 28(2): 105-112.
- Zhang Hong-fei, Zhang Li, Gao Shan, Zhong Zeng-qiu, Ling Wen-li, Zhang Ben-ren. Geochemical study of deep crustal composition from Yanshanian granites of northern Tongbai area[J]. Geochimica, 1999b, 28(2): 105-112.
- [45] 张宏飞, 高山, 张利. 桐柏北部二郎坪蛇绿岩中花岗岩: 地球化学、成因及对地壳深部物质的指示[J]. 地质科学, 2000, 35(1): 27-39.
- Zhang Hong-fei, Gao Shan, Zhang Li. Granitoids in Erlangping ophiolite fragment from northern Tongbai area, China: geochemistry, petrogenesis and deep crustal nature[J]. Scientia Geologica Sinica, 2000, 35(1): 27-39.
- [46] 陈衍景. 陆内碰撞体制的流体作用模式及与成矿的关系——理论推导和东秦岭金矿床的研究结果[J]. 地质前缘(中国地质大学, 北京), 1996, 3(3-4): 281-288.
- Chen Yan-jing. Fluidization model for intracontinental collision and its metallogenic significance: theoretical inference and evidences from gold deposits, the Eastern Qinling Mountains[J]. Earth Science Frontiers (China University of Geosciences, Beijing), 1996, 3(3-4): 281-288.
- [47] 陈衍景, 隋颖慧, Pirajno F. 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, 2003, 19: 551-568.
- Chen Yan-jing, Sui Ying-hui, Pirajno F. 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 , 2003 , 19 : 551–568.

[48] 张国伟,张宗清,董云鹏. 秦岭造山带主要构造岩石地层单元的构造性质及其大地构造意义[J]. 岩石学报,1995,11(2): 101–114.

Zhang Guo-wei, Zhang Zong-qing, Dong Yun-peng. Nature of main tectono-lithostratigraphic units of the Qinling Orogen: implications for the tectonic evolution [J]. Acta petrologica sinica, 1995, 11(2):101–114.

The Sources of Ore-forming Materials in Weishancheng Au-Ag Mineralization Belt in Tongbai, Henan Province: Lead Isotope Evidences

LI Hong-mei¹, WEI Jun-hao¹, WANG Hong-li², XIAO Guang-ling¹, PENG Li-na¹, WANG Fa-yan³

- (1. Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074;
2. No. 1 Geological Prospecting Institute of Henan Province ,Nanyang 473056;
3. Hubei Institute of Territory Survey and Mapping, Wuhan 430010)

Abstract:There is Poshan large Ag deposit , Yindongpo large Au deposit , and Yindongling large Ag deposit in Weishancheng Au-Ag mineralization belt, which are controlled by the strata and structures. Ore bodies hosted in Neoproterozoic Waitoushan Formation, and Heqianzhuang Anticline is main structure to control ore bodies. Lead isotopic compositions of Waitoushan Formation are characterized by rich Th poor U and high ω lower μ , which is consistent with ores lead isotopic compositions. Analyzed lead isotopic compositions of ores, corrected hosted rocks and corrected magmatic rocks in Weishancheng Au-Ag mineralization belt, it is obvious that Waitoushan Formation is the closest to ores, and the Liangwan granitoid is closer to ores too. Ores lead in Weishancheng Au-Ag mineralization belt is mixed of two or more lead reservoirs. It is suggested that lead and Ore-forming materials are derived from Waitoushan Formation and Liangwang granitoid.

Key words:lead isotope, the sources of ore-forming materials, Weishancheng,Tongbai