第40卷第6期 2016年12月

doi: 10.11720/wtyht.2016.6.03

许栋, 庞绪成, 庞开元, 等. 河南槐树坪金矿成矿物质共生组合规律及成矿期次[J]. 物探与化探, 2016, 40(6): 1070-1076. http://doi.org/10. 11720/wtyht.2016.6.03

Xu D,Pang X C,Pang K Y,et al. The regularity of metallogenic material association and ore-forming periods of the Huaishuping gold deposit in Henan Province [J].Geophysical and Geochemical Exploration, 2016, 40(6):1070-1076.http://doi.org/10.11720/wtyht.2016.6.03

河南槐树坪金矿成矿物质共生组合 规律及成矿期次

许栋1,庞绪成1,庞开元2,杨春蕾1

(1.河南理工大学资源环境学院,河南 焦作 454100; 2.河南洛阳矿业集团镇平有色矿业有限公司,河南镇平 474250)

摘要:槐树坪金矿是豫西熊耳山地区新发现的大型含金石英脉型金矿床,成矿具有多期次性等特点。为确定槐树 坪金矿成矿物质共生组合及成矿期次,通过地球化学数据多元统计分析,得出矿床中 Au 的富集与成矿指示元素 Bi、Ag 密切相关,其中与 Au 矿化阶段相一致的 3 个主要阶段为:As-Ag-Hg 组合沉淀作用阶段、Pb-Zn 多金属硫化物 矿化阶段和 Cu-W-Mo 组合沉淀作用阶段。通过岩矿鉴定及野外调研确定的矿石矿物共生组合为(黄铁矿、赤铁 矿)—白铁矿—闪锌矿—方铅矿—(黄铜矿、斑铜矿)—蓝辉铜矿;围岩蚀变组合为钾长石、石英、黑云母、高岭土、方 解石、白云石、绢云母、绿泥石、绿帘石。矿床成矿期次可划分为蚀变期、热液期及表生期,热液期又包括乳白色石 英脉阶段、烟灰色石英—多金属硫化物阶段、白色石英脉—黄铁矿细脉状矿化阶段和石英—碳酸盐化阶段。 关键词:成矿物质;共生组合;成矿期次;金矿;槐树坪

中图分类号: P632 文献标识码: A 文章编号: 1000-8918(2016)06-1070-07

槐树坪金矿位于河南省洛阳市嵩县大章乡北 部,大地构造位于华北克拉通南缘,熊耳山台隆东南 部,秦岭造山带北部冲褶带^[1-2]。该矿床是近年在 区域上发现的大型金矿床,且远景不断扩大,使该区 找矿工作有了较大突破。笔者在详细分析金矿床成 矿物质组成特点的基础上,结合成矿地质特征及矿 物穿插关系,划分成矿期次,为矿床类型的确定及将 来的找矿工作提供有益信息^[3]。

1 区域地质背景

河南嵩县槐树坪金矿位于熊耳山金矿化集中区 东南部,区内出露地层主要有新太古界太华群 (Arth),中元古界长城系熊耳群(Chx)、蓟县系高山 河群(Jxg),新元古界青白口系官道口群(Qbg),中 生界白垩系上统(K₂)及新生界古近系(E)、新近系 (N)和第四系(Q)。

区内构造以断裂为主,褶皱不发育,其中马超营 深大断裂带和熊耳山北麓的山前断裂为主干断裂, 断裂多具多期活动性特征,按方向大致可分为近 EW 向、NE 向、NNE 向及 NNW 向 4 组,其中近 EW 向和 NE 向断裂最为发育。近 EW 向断裂多为成矿 前断裂,与 NE 向断裂交汇部位及附近为成矿的有 利地段^[4]。

区域上该区经历了晋宁期、印支期和燕山期3 个时期的岩浆活动,岩浆岩分布极广,主要为元古代 长城纪熊耳群火山岩、印支期碱性花岗岩和燕山期 花岗岩^[5],多呈岩基产出,部分为岩枝或岩脉^[5-6]。 其中,燕山期岩浆活动最为强烈,规模较大的花山岩 体即在该时期形成,为区内多金属矿床的形成提供 了物质来源和运移动力。

2 矿床地质特征

矿区出露地层主要有中元古界长城系熊耳群鸡 蛋坪组(Chxj³)、古近系高峪沟组(E₁g)及第四系 (Q)。矿床的主要赋矿层位为熊耳群中酸性火山岩 系及火山碎屑沉积岩。

收稿日期: 2016-01-11

基金项目; 白氨推质调查局科研基金(12120114035401)、河南省"两权"价款项目科研基金(2014-17)



图1 槐树坪金矿区域地质简图(据庞绪成^[5])



图 2 槐树坪矿区 0 勘探线剖面

矿区构造以 NE 向压扭性断裂为主,其次为 NNE 向、NNW 向、近 EW 向。NE 向断裂成群分布, 近于平行,形成沿熊耳群内部分布的缓倾斜构造组。 缓倾斜断裂构造组属印支造山晚期伸展滑脱断裂构 造系统,为中生代缓倾斜滑脱拆离断层的次级构造。 槐树坪金矿主要赋矿构造有 F₁₆、F₁₇、F₁₈、F₁₉、F₂₀、 F₂₃、F₂₄、F₂₅,宽度 1~20 m,倾向 SE,倾角 11°~30°, 断裂带与围岩边界清晰,带内充填构造角砾岩、石英 脉和蚀变岩。目前发现 K₁₇、K₁₉、K₂₃、K₂₄、K₂₅等多条 石英脉型矿体,均赋存于与安山岩产状一致的缓倾 斜层间挤压破碎带内,主矿体为 K₂₃和 K₂₄(图 2)。 其中 K₂₃ **预称整据**内矿体规模最大的隐伏矿体,沿 走向控制长度1610m,沿倾向控制最大长度781m, 厚度5~40m,平均15~20m,整体倾向东南,总体倾 角25°,总体呈舒缓波状展布。K₂₄矿体位于K₂₃之下 约100m,产状与K₂₃基本一致,矿体规模小于K₂₃矿 体,沿走向控制长度1605m,沿倾向控制长度1011 m,厚度5~30m,平均厚度15~20m,矿体倾向南东, 倾角较平缓,倾角10°~20°,整体平均倾角15°。矿 体在蚀变破碎带的中心部位,呈脉状、透镜状、不规 则条状密集近平行产出,沿走向或倾向尖灭再现、尖 灭侧现、膨大缩小、分支复合现象普遍。金属矿化主 要为黄铁矿化、方铅矿化,伴随金矿化,黄铁矿化常 随石英脉呈烟灰色脉状充填于角砾之间,其次可见 团块状和稠密浸染状。矿石按自然类型分为氧化矿 和原生矿两种,按矿物成分及结构构造可分为浸染 状黄铁矿金矿石、细脉—浸染状黄铁矿金矿石、脉 状—网脉状黄铁矿金矿石、碎裂—角砾状金矿石。 根据金属矿物之间的关系及结晶程度划分为自形— 半自形晶结构、它形晶粒状结构、交代残余结构、斑 状结构、碎裂结构。

矿区内与矿化有关的岩浆岩主要为燕山期中酸 性侵入岩——五丈山二长花岗岩体,其出露矿区北 部,槐树坪矿区主要金矿体沿五丈山岩体边界展布。

3 矿物共生组合规律

3.1 矿石矿物蚀变特征

矿床的演化实质上是不同成因类型的矿物共生 组合的演化,研究矿物的共生组合规律首先要研究 矿物生成次序,确定矿化阶段及矿物世代^[7-8]。本 次研究样品主要采至 K₂₃、K₂₄矿体,选取金品位较高 且经历多期蚀变的矿石以及蚀变特征明显的安山质 围岩及构造角砾岩等样品磨制薄片 11 件、光片 14 件,由河北廊坊区域地质调查研究调所完成实验。 经光片、砂光片、薄片鉴定及粉晶 X-衍射分析,确定 组成矿石的矿物种属有 20 余种。

研究发现(图 3a、3b),槐树坪金矿矿石矿物由 黄铁矿、方铅矿、闪锌矿组成。黄铁矿是主要矿石矿 物,呈半自形粒状,脉状分布,具白铁矿化,晶型主要 为立方体、八面体和五角十二面体,黄铁矿、方铅矿 呈它形粒状,零星分布,局部交代闪锌矿。闪锌矿呈 它形粒状,脉状分布,局部被方铅矿、黄铜矿交代。 脉石矿物由蓝辉铜矿、斑铜矿、黄铜矿、透明矿物组 成,蓝辉铜矿呈它形粒状,交代黄铜矿。斑铜矿呈它 形粒状,嵌布于黄铜矿粒内。黄铜矿呈它形粒状,脉 状分布,呈细脉状交代闪锌矿,并被蓝辉铜矿沿颗粒 边缘交代。矿石矿物组合为:黄铁矿、方铅矿、闪锌 矿;脉石矿物组合为:斑铜矿、蓝辉铜矿、黄铜矿、磁 铁矿、赤铁矿、透明矿物等:矿物生成顺序为(黄铁 矿、赤铁矿)—白铁矿—闪锌矿—方铅矿—(黄铜 矿、斑铜矿)---蓝辉铜矿,为--套中---低温热液成因 矿物组合。结合流体包裹体实验研究:槐树坪金矿 成矿早期→主成矿期→成矿晚期,流体包裹体均一 温度为 301.11℃~383.67℃→227.69℃~299.54℃→ 194.39℃~226.17℃,成矿温度随着成矿阶段由早到 晚逐渐降低,成矿压力由 122 Mpa~220 Mpa→ 35 Mpa~126 Mpa→27 Mpa~76 Mpa,成矿深度范围为 1~8.1 km, 流体类型为 H₂O-Na⁺-CO₂-Cl⁻型, 初步确 定矿床属中浅成中---低温岩浆热液型金矿床。矿物 生成序列与 Evans^[9]在对世界范围内的浅成热液矿 床矿物总结出的矿物共生序列相反,推测矿体深部 存在盲矿体或向深部有较大延伸。

3.2 围岩蚀变特征

槐树坪金矿围岩蚀变有硅化、钾长石化、绢云母 化、碳酸盐化、高岭石化、绿帘石化、绿泥石化。其中 硅化、钾化与金矿化关系最为密切。整个蚀变带宽 度可达 30~60 m。蚀变严格受断裂构造控制,从断 裂带向两侧其蚀变强度逐渐减弱。蚀变分带不明



a-zk240807-P22光片,半自形粒状结构,浸染状构造、脉状构造;b-zk1-0718-b4光片,半自形粒状结构,浸染状构造、脉状分布;c-zk101718-b2安山岩薄片;d-zk10718-b6构造角砾岩薄片;Ccp-黄铜矿;Dg-蓝辉铜矿;Gn-方铅矿;Hem-赤铁矿;Sp-闪锌矿;Py-黄铁矿;Bt-黑云母;Cbn-碳酸盐矿物;Kfs-钾长石;Qtz-石英

万方数据

图 3 槐树坪金矿矿物组合特征

显,不同类型的围岩蚀变在空间上叠加,多种类型蚀 变叠加部位,金矿化相对增强^[10-11]。

围岩蚀变特征选取安山岩及构造角砾岩为研究 对象(图 3c、3d),研究发现:安山岩由斑晶、基质组 成;斑晶由钾长石组成,主为正长石,呈半自形板状, 星散分布,高岭土化,局部碳酸盐化,粒内卡斯巴双 晶发育,部分呈聚斑状产出;基质由钾长石及少量斜 长石组成,杂乱分布。钾长石呈半自形板条状,主为 正长石,蚀变特征同斑晶,半定向分布。斜长石呈半 自形板条状,高岭土化、绢云母化,偶见聚片双晶。 岩石被网脉状的碳酸盐切割呈角砾状,并交代岩石。 构造角砾岩岩由斑晶、基质组成。斑晶由黑云母组 成,呈片状,杂乱分布,具一组极完全的解理,少见绿 泥石化,并见晶体弯曲现象,多具环带(中心为褐 色,边缘为浅黄色,或者相反);基质由钾长石、石 英、黑云母组成,杂乱分布。钾长石呈近半自形板 状,主为正长石,高岭土化,局部碳酸盐化。石英呈 它形粒状,填隙于钾长石粒间。黑云母呈片状,特征 同斑晶,星散分布。岩内可见被碳酸盐及少量绿帘 石填充的杏仁体,呈近椭圆状,杂乱分布。杏仁体被 碳酸盐、绿泥石充填。原岩后期主要发生碳酸盐化, 碳酸盐包括方解石、白云石。围岩蚀变特征矿物组 合为:钾长石、石英、黑云母、高岭土、方解石、白云 石、绢云母、绿泥石、绿帘石。

4 成矿元素共生组合规律

本次研究样品主要取自槐树坪金矿床 0 勘探线 见矿钻孔中,取得化探样品 293 件,样品测试由西南 冶金地质测试所承担。依据槐树坪金矿元素地球化 学特征及金矿矿物研究的结果选取 Au、Hg、Sb、As、 Ag、Cu、Bi、Mo、Pb、W、Zn、Co为成矿元素^[11-12]。目 前地球化学的数据处理主要应用多元统计分析方法 (相关分析、聚类分析、判别分析、因子分析等)揭示 研究对象和参数的分布形式、变异特征、相关程度、 元素共生组合及其影响因素等^[13]。应用多元统计 分析方法中的相关分析、聚类分析和因子分析的方 法对样品数据进行处理,最终确定成矿元素组合特 征。

4.1 成矿元素相关性分析

相关分析是利用元素间的相关系数来衡量各元 素间相关性的一种统计学算法。本次采用对原生晕 元素含量取对数的方案重新检验,各元素的对数含 量均趋于正态分布,符合进行相关性分析的条件,利 用 SPSS 软件的"相关分析"功能,采用 Spearson 相 关系数进行相关性分析^[14-15],计算得出原生晕元素 的对数相关性矩阵(表 1),可得出:

1)原生晕异常元素之间普遍存在一定的联系。
 2)Au与Bi、Ag显著相关,相关性系数(r)分别

Au	Hg	As	Sb	Ag	Bı	Co	Cu	Mo	Pb	W	Zn
1											
0.68	1.00										
0.67	0.73	1.00									
0.52	0.42	0.63	1.00								
0.77	0.72	0.75	0.62	1.00							
0.81	0.68	0.70	0.53	0.77	1.00						
0.10	0.20	0.19	0.11	0.02	0.19	1.00					
0.56	0.53	0.57	0.55	0.63	0.53	0.32	1.00				
0.61	0.66	0.60	0.40	0.66	0.65	-0.01	0.45	1.00			
0.62	0.63	0.62	0.58	0.76	0.67	0.10	0.55	0.52	1.00		
0.62	0.57	0.62	0.51	0.61	0.62	0.25	0.63	0.61	0.51	1.00	
0.37	0.49	0.50	0.57	0.59	0.43	0.17	0.44	0.39	0.73	0.39	1.00
	Au 1 0.68 0.67 0.52 0.77 0.81 0.10 0.56 0.61 0.62 0.37	Au Hg 1 0.68 1.00 0.67 0.73 0.52 0.52 0.42 0.77 0.81 0.68 0.10 0.20 0.56 0.53 0.61 0.666 0.62 0.63 0.62 0.57 0.37 0.49 0.49 0.49	Au Hg As 1 0.68 1.00 0.67 0.73 1.00 0.52 0.42 0.63 0.77 0.72 0.75 0.81 0.68 0.70 0.10 0.20 0.19 0.56 0.53 0.57 0.61 0.66 0.60 0.62 0.63 0.62 0.37 0.49 0.50	Au Hg As Sb 1 0.68 1.00 0.67 0.73 1.00 0.52 0.42 0.63 1.00 0.77 0.72 0.75 0.62 0.81 0.68 0.70 0.53 0.10 0.20 0.19 0.11 0.56 0.53 0.57 0.55 0.61 0.66 0.60 0.40 0.62 0.63 0.62 0.58 0.62 0.51 0.51 0.37 0.49 0.50 0.57 0.57	$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	Au Hg As Sb Ag Bi 1 1 0.68 1.00 1 1 0.67 0.73 1.00 1 1 1 0.52 0.42 0.63 1.00 1 1 0.77 0.72 0.75 0.62 1.00 1 0.81 0.68 0.70 0.53 0.77 1.00 0.10 0.20 0.19 0.11 0.02 0.19 0.56 0.53 0.57 0.55 0.63 0.53 0.61 0.66 0.60 0.40 0.66 0.65 0.62 0.63 0.62 0.58 0.76 0.67 0.62 0.57 0.62 0.51 0.61 0.62 0.37 0.49 0.50 0.57 0.59 0.43	AuHgAsSbAgBiCo1 0.68 1.00 0.67 0.73 1.00 0.52 0.42 0.63 1.00 0.77 0.72 0.75 0.62 1.00 0.81 0.68 0.70 0.53 0.77 1.00 0.10 0.20 0.19 0.11 0.02 0.19 1.00 0.56 0.53 0.57 0.55 0.63 0.53 0.32 0.61 0.66 0.60 0.40 0.66 0.65 -0.01 0.62 0.57 0.62 0.51 0.61 0.62 0.25 0.37 0.49 0.50 0.57 0.59 0.43 0.17	AuHgAsSbAgBiCoCu1 0.68 1.00 0.67 0.73 1.00 0.52 0.42 0.63 1.00 0.77 0.72 0.75 0.62 1.00 0.81 0.68 0.70 0.53 0.77 1.00 0.10 0.20 0.19 0.11 0.02 0.19 1.00 0.66 0.66 0.40 0.66 0.65 -0.01 0.45 0.62 0.63 0.62 0.58 0.76 0.67 0.10 0.55 0.62 0.57 0.62 0.51 0.61 0.62 0.25 0.63 0.37 0.49 0.50 0.57 0.59 0.43 0.17 0.44	$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	AuHgAsSbAgBiCoCuMoPb1 0.68 1.00 0.67 0.73 1.00 0.52 0.42 0.63 1.00 0.77 0.72 0.75 0.62 1.00 0.81 0.68 0.70 0.53 0.77 1.00 0.10 0.20 0.19 0.11 0.02 0.19 1.00 0.56 0.53 0.57 0.55 0.63 0.53 0.32 1.00 0.61 0.66 0.60 0.40 0.66 0.65 -0.01 0.45 1.00 0.62 0.63 0.62 0.58 0.76 0.67 0.10 0.55 0.52 1.00 0.62 0.57 0.62 0.51 0.61 0.62 0.25 0.63 0.61 0.51 0.37 0.49 0.50 0.57 0.59 0.43 0.17 0.44 0.39 0.73	$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$

表1 槐树坪金矿原生晕元素对数相关性矩阵

为 0.81 和 0.77, Au 与 Hg、As、Pb、Cu、Mo、W 呈中等 显著相关, 相关系数依次减小。

3) Au 与高温元素、中温元素以及低温元素的 显著相关,说明本区成矿流体活动频繁且具多期次 活动特征。

4) 对数相关性矩阵中其他元素的相关性有:Ag 与 Bi、Pb、As、Sb、Hg 等关系密切;Bi 与 Hg、As 中等 相关;Pb、Zn 显著相关,r=0.73;Cu 与 W、Ag 中等相 关;Co相**对** 和数据在,与其他元素相关性较差,r= -0.01~0.32,说明 Co 在本区找矿指示意义不明显。

4.2 R 型聚类分析

为更加清晰、直观地比较原生晕元素间的亲疏 关系和组合特征,在相关性分析基础上对各元素进 行 R 型聚类分析(图 4)。

在距离系数 r=0.577 的相似性水平上可划出 3 个明显族群:

第一族群包括 Au、Bi、Ag、Hg、As、Mo、Cu 和 W, 其中 Au、Bi、Ag 关系最为密切,共性较好的 Hg、As 与 Au 关系相对密切, Mo、Cu、W 与 Au 具有一定程 度相关, W 和 Cu 相关性较好; 聚类分析与相关性分 析结果具有一致性。

第二族群主要包括 Pb、Zn 和 Sb,其中 Pb、Zn 的 关系更为密切。

第三族群只有 Co, Co 是与 Au 及其他元素相关 性最小的独立类别。



4.3 R 型因子分析

采用 R 型因子分析(表 2、表 3),选用 5 个主因 子代表整个原生晕元素数据的变化情况,对初始因 子进行方差最大正交旋转,各变量在旋转因子上的 负载有明显的差异,在同一因子中两级分化,有利于 因子地质解释^[16]。

根据 R 型因子分析方差最大正交旋转因子载 荷对各因子进行解释:

F1(Au、Bi、As、Ag、Hg):金、硫化物矿化因子, As 的载荷较大,代表前缘元素组合。Bi 为矿体尾晕 指示元素,在这里出现说明矿化具有多期叠加的特 征。Hg 为前缘晕指示元素,出现在同一因子中表明 矿体的深部有盲矿体存在。Au 和 Bi、As、Ag 出现在 同一组合,代表具有多元素热液的活动,是金矿化叠 加的反映,指示深部存在第二个矿体。该因子代表 了元素的共生组合关系。

F2(Co):Co为矿体原生晕尾晕指示元素,独立 存在,意义不大。

衣 2 愧悯坪玉贝原生军兀紊取刈剱后旋转风冗;	矩阵
-------------------------	----

元素	F1	F2	F3	F4	F5
Au	0.97	-0.014	-0.134	-0.065	0.032
Bi	0.923	0.069	0.003	0.017	-0.005
As	0.607	0.053	0.159	-0.074	0.182
Ag	0.606	-0.141	0.281	-0.077	0.16
Hg	0.542	0.117	0.267	0.332	0.199
Со	0.048	0.976	0.038	0.053	0.03
Zn	-0.126	0.054	1	-0.039	0.03
Pb	0.391	-0.022	0.669	-0.038	-0.049
Sb	0.256	-0.096	0.3	-0.618	0.181
W	0.031	0.073	-0.065	-0.06	0.9
Mo	0.159	-0.229	0.12	0.337	0.711
Cu	0.042	0.196	0.082	-0.306	0.656
累积方差贡献/%	58.382	67.782	75.705	80.906	85.078

表 3 槐树坪金矿原生晕元素成分相关系数矩阵

成分	1	2	3	4	5
1	1.000	0.041	0.536	-0.075	0.699
2	0.041	1.000	0.061	-0.127	0.137
3	0.536	0.061	1.000	-0.159	0.478
4	-0.075	-0.127	159	1.000	-0.114
5	0.699	0.137	0.478	-0.114	1.000

F3(Zn、Pb):硫化物因子 Zn、Pb 为矿体中部指示元素。

F4(Sb):Sb 为金矿体前缘晕指示元素,化学性 质比较活泼,与 Au 为负关系,表明其具有一定独立 性。

F5(Cu、W、Mo):高温元素W、Mo为矿体原生 晕尾晕指云云素,Cu代表中温元素,指示矿体中部。 Au的因子模型为: *X*_{Au} = 0.97F1-0.014F2-0.134F3-0.065F4+0.032F5,可以看出 *X*_{Au}主要由 F1 提供,其他因子提供的 Au 极少,可忽略不计。据表 3 可知 F1 与 F5 相关性较好,F3 与 F5 相关性较好。因子分析结果与野外地质观察相结合表明:金的矿 化具有多期次特征,至少 3 期,与金矿化相关的主要 3 个阶段是 As-Ag-Hg 组合沉淀作用阶段、Pb-Zn 多

金属硫化物矿化阶段和 Cu-W-Mo 组合沉淀作用阶段,R型因子分析与相关分析、聚类分析结果具有一致性。

5 成矿期次划分

根据矿石中的不同物理化学条件所形成的蚀变 矿物种类、矿物共生组合关系,将矿床成矿过程划分 为蚀变期、热液期及表生期。

1) 蚀变期:蚀变期为成矿期前,安山岩受后期五 丈山酸性岩浆侵入及大章地堑形成时地质作用的影 响,生成多组裂隙系统,热液在高温、高压作用下向破 碎变形带聚集。在碱性氧化条件下,发生钾化等碱交 代作用。该期生成的蚀变矿物有钾长石、钠长石、部 分绢云母、赤铁矿、绿泥石、石英等。钾化带蚀变范围 宽,规模及强度大,钾长石常呈斑块状、细脉状散布在 矿体及围岩中。在弱酸性、弱还原环境中,绢英岩化 生成绢云母、石英、黄铁矿等蚀变矿物,伴随部分矿 化,表现为早期的热液活动,是成矿的前奏。

 2) 热液期:根据矿脉穿插关系及矿物共生组合 规律将热液期分为4个阶段(图5)。

第1阶段:乳白色石英脉阶段,早期张—张扭性 断裂活动,热液沿层间挤压破碎带及较大的裂隙充 填,胶结早期的岩石,形成沿裂隙分布的石英脉并伴 有少量黄铁矿、磁铁矿,叠加在早期形成的蚀变碎裂 岩、碎裂石英脉及钾化带之上构成矿化体,规模较 小,所含黄铁矿晶形较好,但金品位较低。

第Ⅱ阶段:烟灰色石英—多金属硫化物阶段,后

期张性构造活动, 热液富含 Hg、Bi、Cu、Pb、Sb、Ag、 As、S 等大量成矿物质, S 浓度降低, As、Sb 等浓度升高, 富含 Fe、S、Pb、Zn 等组分流体沿裂隙充填成矿, 可富集形成浸染状、细脉状、网脉状黄铁矿、方铅矿、 闪锌矿、黄铜矿组合, 形成角砾—裂隙充填型矿化, 该阶段与早期的成矿叠加, 形成富矿体。黄铁矿主 要呈细脉浸染状、团块状, 晶型较差, 含矿性高, 为 Au 矿化的主要成矿阶段, 金品位与黄铁矿细脉分布 密度呈正比^[17]。

第Ⅲ阶段:白色石英脉—黄铁矿细脉状矿化阶段,晚期压扭性断裂活动,低S热液叠加早期成矿物质进行时迁移改造,Cu、W、Mo等高温元素组合沉淀,伴随黄铁矿化,黄铜矿化,形成初糜棱岩型矿化。黄铁矿呈暗黄色,晶型较差,含矿性一般。

第Ⅳ阶段:石英—碳酸盐阶段,矿化已进入末 期,成矿元素金基本没有。该阶段主要形成一些石 英及碳酸盐脉。成矿的晚期,热液中 Fe、S、Cu、Zn、 Pb等组分已沉淀完毕,以富含 Ca、Mg、Fe、CO₃²⁻ 为 特征,碳酸盐矿物主要以方解石的形式叠加在早期 形成的矿岩之上,是成矿期结束的标志。由于受 Ca 质来源的限制,造成本阶段不发育。碳酸盐矿物载 Au 能力较低,析出的金矿物也相应较少。碳酸盐脉 本身不构成矿体。

3) 表生期:主要发生表生氧化作用,表现为原 生矿物被氧化成氧化物,硅铝矿物次生变化为高岭 石等,黄铁矿等硫化合物及含铁矿物氧化被成褐铁 矿、赤铁矿及其他氧化物。



I—乳白色石英脉阶段;Ⅱ—烟灰色石英-多金属硫化物阶段;Ⅲ—白色石英脉-黄铁矿细脉状矿化阶段;Ⅳ—石英-碳酸盐阶段;Py—黄铁矿

图 5 矿脉穿插关系

40卷

6 结论

 1) 槐树坪金矿床矿石矿物组合为(黄铁矿、赤 铁矿)—白铁矿—闪锌矿—方铅矿—(黄铜矿、斑铜 矿)—蓝辉铜矿,为一套中低—温热液成因的矿物 组合。围岩蚀变特征矿物组合为钾长石、石英、黑云 母、高岭土、方解石、白云石、绢云母、绿泥石、绿帘 石。

2)利用相关性分析、聚类分析、R型因子分析 及岩矿鉴定分析,得出成矿主要元素间的相关性和 矿物共生组合关系,可作为矿床成因探讨标志。综 合研究表明:Au矿化与Bi、Ag显著相关,可作为金 的具体指示元素;Hg异常可作为良好的浅部找矿标 志。Bi与Hg、Ag、As出现在同一因子中表明矿体的 深部有盲矿体存在或有较大延伸。与金矿化相关的 主要3个阶段是As-Ag-Hg组合沉淀作用阶段、Pb-Zn多金属硫化物矿化阶段、Cu-W-Mo组合沉淀作用 阶段。

3) 初步确定矿床属中—低温岩浆热液型金矿床。

4)成矿过程分为蚀变期、热液期及表生期,热 液期又分为乳白色石英脉阶段、烟灰色石英—多金 属硫化物阶段、白色石英脉—黄铁矿细脉状矿化阶 段和石英—碳酸盐阶段。

参考文献:

- 李国平.河南熊耳山矿集区破碎带蚀变岩型金矿床构造控矿规 律研究[J].黄金,2013,34(7):22-26.
- [2] 吴发富,龚庆杰,石建喜,等.熊耳山矿集区金矿控矿地质要素 分析[J]. 地质与勘探, 2012, 48(5): 865-875.
- [3] 何国锦,杨晓春,吴光明,等.浙江西北银山银铅锌多金属矿床

矿石矿物特征及成矿期次初步研究[J].地球学报,2011,32 (3):304-312.

- [4] 郭保健,李永峰,王志光,等.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,2005,41(5):43-47.
- [5] 王卫星,邓军,龚庆杰,等.豫西熊耳山五丈山、花山、合峪花岗 岩体与金成矿关系[J].黄金,2010,31(4):12-17.
- [6] 梁涛, 卢仁, 白凤军, 等.豫西熊耳山 Ag、Ag-Pb、Au、Mo及 Pb 矿 床(点)的空间分布特征及找矿启示[J]. 矿床地质, 2012, 31
 (3): 590-600.
- [7] 冯彩霞,毕献武,胡瑞忠,等.兰坪盆地白秧坪 Cu-Pb-Zn-Ag多 金属矿集区元素共生分异机制及物质来源[J]. 岩石学报, 2011, 27(9): 2609-2624.
- [8] 孙燕,肖渊甫,冯伟,等.东天山香山铜镍硫化物矿床矿石矿物 特征及成矿意义[J].中国地质,2009,36(4):871-877.
- [9] 星玉才,何进,高旭升,等.豫西矿集区岩浆热液叠加改造型矿 床特征[J]. 地质找矿论丛, 2013, 28(4):552-558.
- [10] 徐红伟,杨九鼎,王国库.河南省嵩县槐树坪金矿成矿地质特征 及成因分析[J].河南理工大学学报:自然科学版,2009,28
 (6):719-726.
- [11] 张参辉,庞绪成,梅修杰,等.河南省槐树坪金矿土壤地球化学 分带模式研究[J]. 长春工程学院学报:自然科学版, 2013, 14
 (3): 57-60.
- [12] 庞绪成,辛志刚,侯广顺,等.河南嵩县东湾金矿田地质特征及 找矿远景[J].地质与勘探,2011(5):765-771.
- [13] 丛源,李雪梅,董庆吉.多元统计分析在矿床指示元素组合特征研究中的应用——以山东黄埠岭金矿为例[J].世界地质, 2007,26(4):435-440.
- [14] 王振东,马维明,罗永统.基于多元统计分析法的土壤地球化学 找矿研究[J].现代矿业,2015,550(2):81-83.
- [15] 庞绪成,王路,陈丽娜,等.嵩县东湾金矿床原生晕垂直分带特征及其意义[J].河南理工大学学报:自然科学版,2012,31
 (2):165-171.
- [16] 刘志远,金成洙,梁俊红,等.江西金山金矿床深部原生晕特征 与成矿预测[J].物探与化探,2004,28(6):477-481.
- [17] 梅秀杰,张参辉,杨显道,等.豫西次级拆离断层对金矿成矿的 控制作用——以河南槐树坪金矿为例[J].黄金科学技术, 2014,22(2):7-12.

The regularity of metallogenic material association and ore-forming periods of the Huaishuping gold deposit in Henan Province

XU Dong¹, PANG Xu-Cheng¹, PANG Kai-Yuan², YANG Chun-Lei¹

(1. College of Resources and Environment, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454100, China; 2. Zhenping Nonferrous Metal Mining Co., Ltd., Henan Luoyang Mining Group, Zhenping 474250, China)

Abstract: The Huaishuping gold deposit is a large quartz vein gold deposit recently discovered in the Xionger Mountain of western Henan Province. The mineralization has the characteristics of multiple periods, and determining the gold metallogenic material association and metallogenic period of this ore deposit would be helpful to further development of the geological prospecting work. The multivariate statistical analysis of geochemical data shows that the enrichment of Au is closely related to the elements of Bi, Ag, the main oreforming stages of Au is consistent with the As-Ag-Hg combination precipitation phase, the Pb-Zn polymetallic sulfide mineralization stage and the Cu-W-Mo combination precipitation phase. As shown by rock and ore appraisal and field survey, the paragenetic association of minerals is (pyrite, hematite) – marcasite– sphalerite – galena – (chalcopyrite, bornite) – digenite, whereas the wall rock alteration assemblage is potassium feldspar, quartz, biotite, kaolin clay, calcite, dolomite, sericite, chlorite, and epidote. The metallogenic period can be divided into alteration period, hydrothermal period and supergene period, whereas the hydrothermal period can be divided into milky-white quartz vein stage, gray quartz–polymetallic sulfide stage, white quartz vein-pyrite veinlet mineralization stage and quartz-carbonatization stage.

Key words: metallogenic material; paragenetic assemblage; ore-forming periods; gold deposit; Huaishuping

作者简介:存禄代妍-),男,河南正阳人,硕士研究生,研究方向:固体矿产资源勘查、评价与综合利用。E-mail: hpuxudong@ 163.com