

鄂西北许家坡金银矿床地质地球化学特征及成因分析

李金发^{1,2}, 张业明², 罗玉祖³

(1. 中国地质大学研究生院, 湖北 武汉 430074; 2. 宜昌地质矿产研究所, 湖北 宜昌 443003; 3. 鄂西北地质矿产调查所, 湖北 襄樊 441003)

摘要:通过对区域地质、矿床地球化学特征及同位素测年等资料的研究分析, 提出许家坡金银矿床受武当山(岩)群及武当隆起—滑脱构造和武当逆冲推覆构造的控制, 表现出地层和构造控矿的双重性, 其成矿因素比较复杂, 成矿物质主要来源于深部, 成矿热液主要属变质热液型中—低温热卤水, 矿床成因为中—低温热液型矿床。

关键词:武当隆起—滑脱构造; 武当逆冲推覆构造; 矿床地球化学特征; 矿床成因; 许家坡金银矿床

中图分类号: P618.51; P618.52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7849(2003)04-0075-05

许家坡中型金银矿床位于以东西向为主体的秦岭—大别复合型大陆造山带核部的南秦岭印支褶皱带的武当隆起西部与公路断裂带交汇处。由许家坡金银矿床和六斗金矿床、白岩沟金矿床、余家院银金矿床、李家湾金矿床、银洞沟银金矿床、庙垭稀土矿床等构成的北北东向得胜—鲍峡金银多金属成矿带

横跨于东西向的造山带之上。

武当地区在前印支期及印支期总体处于地壳拉伸及压缩环境, 分别形成武当隆起—滑脱构造^[1]及武当逆冲推覆构造(图1)。武当逆冲推覆构造包括5个逆冲推覆岩席^[2], 呈前展式叠瓦状扇形排列, 并强烈改造武当隆起—滑脱构造, 使其形态不很完整。

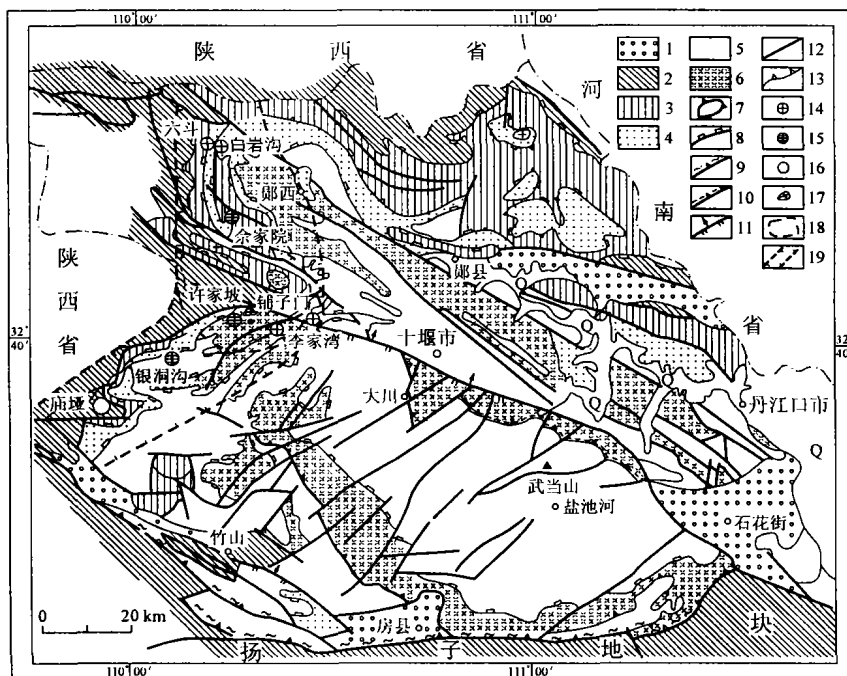


图1 武当隆起地区的地质矿产略图^[1]

Fig. 1 Sketch showing the geology and the mineral resources of Wudang uplift area

Q. 第四系; 1. 中—新生界; 2. 古生界; 3. 上震旦统; 4. 新元古界耀岭河(岩)群; 5. 中—新元古界武当山(岩)群变沉积岩组; 6. 武当山(岩)群变火山岩组; 7. 穹隆; 8. 主要滑脱构造或层滑断层; 9. 脆—韧性主干逆冲断层; 10. 脆—韧性断承断层; 11. 脆性逆(斜)冲断层; 12. 一般断层; 13. 角度不整合界线; 14. 金矿床; 15. 银金矿床; 16. 稀土矿床; 17. 华力西—印支期花岗岩斑岩; 18. 白河热异常区; 19. 地幔变异带

收稿日期: 2003-04-28 编辑: 禹华珍

基金项目: 原地矿部“九五”资源与环境科技攻关项目“鄂豫陕地区金银锡多金属矿床成矿地质背景、控矿条件及找矿预测研究”; 湖北省地质局项目“鄂西北四峡口—南化塘地区金锡多金属矿床成矿地质背景、控矿条件及找矿预测研究”

作者简介: 李金发(1964—), 男, 高级工程师, 现正攻读矿物学、岩石学、矿床学专业博士学位, 主要从事区域成矿及资源战略的研究。

1 矿床的地质特征

许家坡金银矿床位于武当隆起—滑脱构造的西缘及武当逆冲推覆构造银洞沟岩席的中部,矿区主要出露武当山(岩)群^[3],下部变火山岩组的岩性为绿泥钠长片岩、绿帘绿泥片岩、钠长变粒岩夹绢云片岩和大理岩,上部变沉积岩组的岩性为绢云石英片岩、浅粒岩、变质长石石英砂岩及石英岩、碳质片岩、绢云片岩和凝灰岩。武当山(岩)群的原岩属基性火山岩—酸性火山岩—沉积岩建造^[4],火山岩具双峰式特征,形成于裂谷环境^[5]。其上、下岩组的时代分别为中—新元古代(1 200~800 Ma)和古—中元古代(>1 200 Ma),主体时代为中元古代。在武当山(岩)群变沉积岩组和变火山岩组之间发育有滑脱构造,属华力西晚期—印支早期^[6]武当隆起—滑脱构造作用的产物。两岩组间的脱滑构造,是武当地区重要的滑脱界面^[2]。在武当隆起—滑脱构造的基础上,在中生代产生褶皱变形,在矿区内形成两个方向的褶皱构造,构成矿区褶皱构造的主体。早期的褶皱构造为北北东向,主要有魏家山背斜;晚期为近东西向,主要有红岩尖向斜,两期褶皱呈横跨干扰型式,在红岩尖向斜的叠加部位,造成魏家山背斜枢纽的倾伏(图 2)。

金银矿体赋存于武当山(岩)群变火山岩组顶部的滑脱构造带中,后期的横跨叠加褶皱控制着矿体的形态和产状,矿体呈似层状和透镜状,平面形态总体呈不规则的 X 型。赋矿围岩为变石英角斑质凝灰岩,经强烈的蚀变交代和变形变质作用的改造,形成以石英片岩、滑石片岩、绢云石英片岩为主的岩石组合。矿体平均厚度 2 m 多,品位变化系数为 70%~147%。矿石中的金银矿物有自然金、含金自然银和自然银,其次有银金矿和辉银矿,还有微量硫铜银矿、金银矿、淡红银矿、螺状硫银矿、辉铜银矿。与金银关系密切的矿物有黄铁矿,其次为闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、斑铜矿等。黄铁矿呈自形一半自形粒状、不规则粒状等与其它金属硫化物共生,粒径变化较大,为 0.006~1.500 mm。矿化类型在空间上具有一定的分带性。在水平方向上,银矿体分布在魏家山背斜的西翼和红岩尖向斜的北翼,其 $w(\text{Ag})/w(\text{Au})$ 为 64.94~270.27;金矿体分布于魏家山背斜的东翼和红岩尖向斜的南翼,其 $w(\text{Ag})/w(\text{Au})$ 大于 23.42,其间的过渡带为银金矿体。在垂直方向上,银矿体或银金矿体的隐伏标高在 +900 m 以上,金(银)矿的隐伏标高在 +900 m 以下,矿体顶板的 $w(\text{Ag})/w(\text{Au})$ 为 44.4~154.3,底板的 $w(\text{Ag})/w(\text{Au})$ 为 23.0~54.2,顶板的 $w(\text{Ag})/w(\text{Au})$ 明显

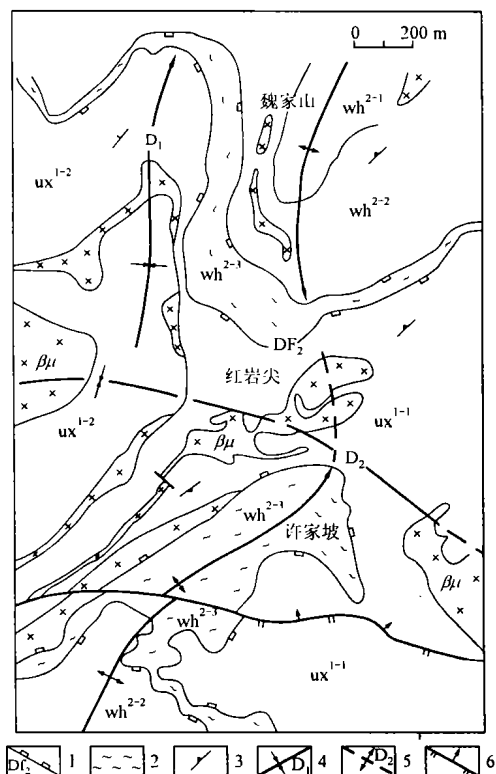


图 2 鄂西北许家坡金银矿床地质图

Fig. 2 Geological map of Xujiapo gold-silver deposit in Northwest Hubei Province

武当山(岩)群变沉积岩组: ux^{1-2} . 变凝灰质粉砂岩; ux^{1-1} . 变泥质粉砂岩。武当山(岩)群变火山岩组: wh^{2-3} . 矿化蚀变带; wh^{2-2} . 石英角斑质凝灰岩; wh^{2-1} . 黑云钠长硅化石英片岩; $\beta\mu^1$. 变辉绿岩。1. 滑脱构造带及编号; 2. 韧性变形及强硅化蚀变; 3. 片理; 4. 南北向褶皱; 5. 印支期东西向褶皱; 6. 脆性逆冲断层

高于底板,总体表现出上银下金的特点。

矿区的围岩蚀变较发育,与矿化关系密切的有硅化和滑石化,其次为透闪石化、黄铁矿化、绢云母化等。硅化为矿区最主要的蚀变类型,根据石英颗粒的结构构造特征,大体可划分为 3 种类型:浅烟灰色细糖粒状石英、中—粗糖粒状石英、块状石英。在魏家山一带滑石化层厚达几十米,构成滑石矿床。在强硅化地段及金矿体中均有大量滑石存在,多呈定向分布,滑石单矿物有一定的含矿性。

2 矿床的成矿流体特征

在许家坡金银矿床中,石英中的原生包裹体仅有液相和气液两相两种^[7]。石英因受构造作用的影响有破碎和消光现象,有些有重结晶现象。石英中的包裹体呈随机、成群、自由和混杂分布,少部分沿裂

隙分布。其形态为负晶形、椭圆形、米粒状、不规则状、多边形等。包裹体大小为 $3\sim 50\ \mu\text{m}$, 主要为 $5\sim 25\ \mu\text{m}$, 气液两相包裹体占 $40\%\sim 80\%$, 气液比为 $15\%\sim 25\%$ 。矿床的蚀变矿物中均有不同特征的流体包裹体混杂, 由此反映矿物在形成过程中曾经历过多期复杂的流体—岩石作用过程。许家坡金银矿床存在 $105\sim 175\ ^\circ\text{C}$ 、 $180\sim 215\ ^\circ\text{C}$ 、 $220\sim 285\ ^\circ\text{C}$ 三个均一温度区间, 这些不同的均一温度值往往出现在同一矿物颗粒中, 有些还出现在同一流体包裹体群体内, 表明矿物可能经过多期流体地质作用。 $w(\text{NaCl})$ 为 $5.6\%\sim 11.5\%$, 主要为 $8.5\%\sim 10.1\%$; 压力为 $27.5\sim 36.5\ \text{MPa}$, 主要为 $29.0\sim 31.5\ \text{MPa}$ 。许家坡金银矿床均一温度、盐度的变化区间和峰值分布特征, 反映成矿是在中—低温、中等盐度的条件下进行的(图3), 说明在成矿作用过程中其地质和物理化学条件并未发生过重大变化。许家坡金银矿床中石英流体包裹体的气相(表1) $w(\text{H}_2\text{O})$ 为 $100\times 10^{-6}\sim 120\times 10^{-6}$, 几乎不含 CO_2 , 这可能与成矿后又遭受公路断裂带强烈活动的影响, 使得大量流体包裹体发生泄漏而导致 CO_2 丢失有关。

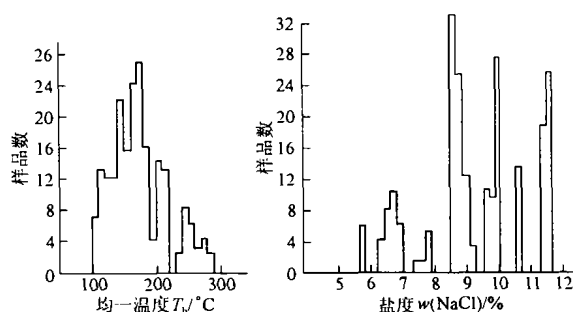


图3 鄂西北许家坡金银矿床中石英包裹体的均一温度、盐度直方图

Fig.3 Distribution of homogenization temperature and salinity of the inclusions in quartz of Xujiapo gold-silver deposit in Northwest Hubei Province

许家坡金银矿床矿物流体包裹体液相成分中阴离子含量波动较小且组合形式相似, 但阳离子含量具有波动性且组合形式复杂, 5 个样品就有 5 种组合形式, 矿化流体性质归纳为 $\text{K}^+-\text{Ca}^{2+}-\text{Cl}^-$ 型、 $\text{Ca}^{2+}-$

表1 鄂西北许家坡金银矿床中石英包裹体的气相、液相成分一览表

Table 1 Gaseous and liquid phase of the inclusions in quartz of Xujiapo gold-silver deposit in Nothwest Hubei Province

序号	样号	气相成分 $w_{\text{g}}/10^{-6}$					液相成分 $w_{\text{b}}/\%$								pH	$w(\text{Na}^+)/$	$w(\text{CO}_2)/$
		H ₂ O	CO	CH ₄	CO ₂	H ₂	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Li ⁺	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻		$w(\text{K}^+)$	$w(\text{H}_2\text{O})$
1	D37-3	120	0.50	1.65	0.00	0.10	1.41	0.99	1.00	0.58	0.00	0.10	2.00	0.00	6.7	0.70	0
2	D39-4	100	0.00	0.70	0.00	0.12	1.54	1.61	2.86	2.42	0.00	0.15	2.80	0.00	6.6	0.75	0
3	D39-6	100	0.00	0.40	0.00	0.12	1.48	0.75	1.79	2.22	0.00	0.10	2.50	0.00	6.7	0.51	0
4	Pb3-DF4	1 357			41.40		1.22	3.86	0.72	0.04	0.00	0.30	2.80	0.00	6.7	3.16	0.012 5
5	Pb5-DF5	950			14.00		3.89	1.29	0.25	0.03	0.00	1.00	4.40	0.00	6.6	0.33	0.006 0

第1~3号样品由宜昌地质矿产研究所化学分析室测试; 第4, 5号样品的数据引自鄂西北地质调查所, 1999

$\text{Mg}^{2+}-\text{Cl}^-$ 型、 $\text{Mg}^{2+}-\text{Ca}^{2+}-\text{Cl}^-$ 型、 $\text{Na}^+-\text{K}^+-\text{Cl}^-$ 型和 $\text{K}^+-\text{Na}^+-\text{Cl}^-$ 型 5 种, 其中后两种是成矿晚期的流体, 其阳离子含量为 $w(\text{K}^+ + \text{Na}^+) > w(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$, 说明在成矿晚期成矿流体的性质趋于稳定。此外, 矿床中石英包裹体的 $w(\text{CO}_2)/w(\text{H}_2\text{O})$ 小于 0.06, 与典型变质成因的金矿床 [$w(\text{CO}_2)/w(\text{H}_2\text{O}) = 1$ 左右] 差异较大, 可能记录了成矿热液主要来源于岩浆或其它深部热源体的重要信息。

3 矿床的同位素地球化学特征

许家坡金银矿床金属硫化物的硫同位素平衡温度(表2)为 $700\sim 1\ 600\ ^\circ\text{C}$, 约高于石英均一法实测温度的 5 倍, 这两种温度间的巨大差异, 表明成矿介质中水的来源与矿石矿物的物质来源并不一致。矿

床的 $\delta(^{34}\text{S})$ 为 $+5\%\sim +8\%$, 表明矿床的成矿流体来源于深部热液。

矿床矿物的铅同位素组成较稳定(表2), 其单阶段演化的铅模式年龄在 $1\ 018\sim 1\ 261\ \text{Ma}$ 间, 与赋矿地层武当山(岩)群变火山岩组的形成时代大致相当^[5], 与赋矿地层中黄铁矿的铅同位素组成和模式年龄($552\sim 761\ \text{Ma}$) 差别较大。从矿床的铅同位素组成图(图4)中可看出, 样品的落点均落在上地幔和造山带铅演化曲线之间, 说明矿床的铅可能来自深部。矿床的氢、氧和碳同位素组成分析结果(图5和表3)表明, 许家坡金银矿床的 $\delta(^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}})$ 值较低, 主成矿期样品的投点落在岩浆水与大气降水线之间, 一部分靠近变质水和岩浆水区域, 另一部分靠近大气降水线, 由此推断在成矿作用过程中, 介质水的组成经历了以岩浆水为主向以大气降水为主的转

表 2 鄂西北许家坡金银矿床的硫、铅同位素组成一览表

Table 2 Sulphur and lead isotope composition of Xujiapo gold-silver deposit in Northwest Hubei Province

样号	分析对象	$\delta(^{34}\text{S})/\%$	平衡温度/°C	$n(^{208}\text{Pb})/n(^{204}\text{Pb})$	$n(^{207}\text{Pb})/n(^{204}\text{Pb})$	$n(^{206}\text{Pb})/n(^{204}\text{Pb})$	t/Ma	采样部位
S ₂	CuFeS ₂			36.83	15.43	16.62	1 250	矿体
S ₃	FeS ₂			36.81	15.37	16.23	1 208	矿体
S ₄	FeS ₂			36.75	15.39	16.63	1 202	矿体
X020	FeS ₂			37.00	15.42	16.76	1 134	矿体
S ₅	全岩			37.03	15.37	16.86	1 018	围岩
X003	全岩			36.68	15.40	16.55	1 261	围岩
P ₁	CuFeS ₂	+6.19	707.1					
	FeS ₂	+5.29						
P ₂	CuFeS ₂	+6.99	1 539.0					
	FeS ₂	+7.81						

测试单位:宜昌地质矿产研究所,2001

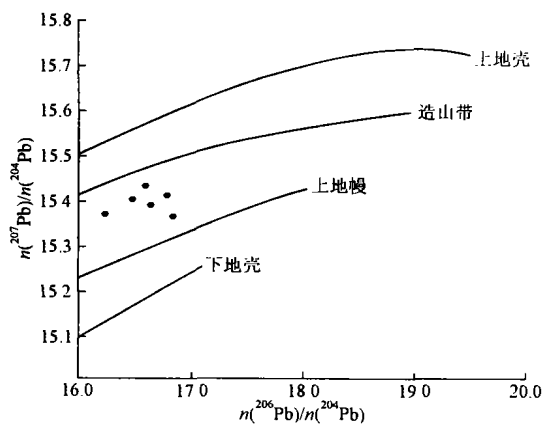


图 4 鄂西北许家坡金银矿床的铅同位素组成图
Fig. 4 Lead isotope composition of Xujiapo gold-silver deposit in Northwest Hubei Province

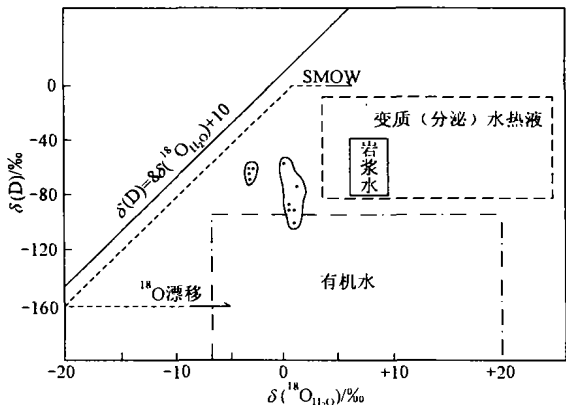


图 5 鄂西北许家坡金银矿床的氢、氧同位素组成图
Fig. 5 Hydrogen and oxygen isotope composition of Xujiapo gold-silver deposit in Northwest Hubei Province
SMOW. 氧和氢同位素国际通用标准

表 3 鄂西北许家坡金银矿床氢、氧、碳同位素组成一览表

Table 3 Hydrogen, oxygen and carbon isotope composition of Xujiapo gold-silver deposit in Northwest Hubei Province

序号	样品产状	样品数/个	$\delta(^{18}\text{O})/\%$	$\delta(^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}})/\%$	$\delta(\text{D})/\%$	$\delta(^{13}\text{C}_{\text{CO}_2})/\%$	均一温度/°C
1	块状石英脉或石英	2	7.60~8.11	-4.38~-3.87	-70.4~-61.8		207
2	透镜体	2			-73.8~-67.8		
3	含矿脉体中的粗糖粒	1			-61.4		
4	状石英和块状石英	2	8.33~8.46	-2.60~+2.46	-65.0~-63.1		225
5		1				-16.09	
6	含矿石英片岩中的	2				-13.20~-10.10	
7	细一中糖粒状石英	3	7.35~8.31	-0.002~+0.940	-102.1~-83.2		305
8		4	7.46~7.52	+0.15~+1.09	-89.2~-58.2		305

序号 7 的数据引自文献[8];序号 1~4 的数据引自鄂西北地质调查所,1999;其它样品由宜昌地质矿产研究所化学分析室测试,2001

化。许家坡金银矿床石英中流体包裹体的 $\delta(^{13}\text{C}_{\text{CO}_2})$ 为-16.09‰~-10.10‰,说明矿床中的碳属有机成因。

4 矿床的成因分析

许家坡金银矿床产于秦岭一大别造山带武当隆起的西部,主要受武当隆起一滑脱构造和武当逆冲

推覆构造的控制,其成矿作用与岩石的变形变质过程有密切的联系。矿体主要分布于武当山(岩)群变酸性火山岩组与变沉积岩组的接触部位,区域上变酸性火山岩建造的地层中金、银的含量较高,是重要的区域性赋矿层位,对金、银和多金属矿具有明显的成矿专属性。其与变酸性火山岩相伴生的硅质岩等热水沉积岩一起,构成了初始矿源层,经后期地质作用而富集成矿。许家坡金银矿床的形成还与武当隆

起一滑脱构造和武当逆冲推覆构造密切相关,矿体产于武当山(岩)群内两个岩组间的滑脱构造带中,隆起—滑脱作用使矿源层中的金、银元素初步富集,而中生代的逆冲推覆运动使其进一步富集并赋存于横跨褶皱的叠加部位,在次级背斜(形)的倾伏端矿体增厚变富。另外,根据矿床位于白河热异常区(热变质作用发育)的中心地带(图1),推测深部可能有岩浆活动。

矿体中矿石矿物主要为一套典型的中—低温热液成因的矿物组合,如黝铜矿系列、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、辉铜矿等,脉石矿物以石英、滑石、透闪石、白云石、绿泥石等变质矿物为主。围岩蚀变主要是硅化、滑石化、透闪石化、黄铁矿化、绢云母化等,反映成矿与中—低温热液密切相关。矿物中流体包裹体的均一温度表明,矿体的成矿温度小于250℃,盐度偏低[$w(\text{NaCl}) < 12\%$],压力为27.5~36.5 MPa,流体性质主要为来源于深部的中—低温热卤水。

硫、铅同位素分析结果反映成矿物质具有深源特征,矿石中的硫具有深部还原硫的特点,铅为壳—幔混合铅,也与深源物质有关。氢、氧同位素分析结果表明,含矿石英脉的 $\delta(^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}})$ 和 $\delta(\text{D})$ 值表现出介质水由岩浆水向大气降水演变的趋势,碳同位素分析结果显示矿床中的碳为有机碳成因。据矿床同位素测年资料^[7],赋矿围岩中蚀变矿物透闪石、黑云母和绢云母的K-Ar年龄分别为218.0, 224.0, 211.5 Ma,而含矿石英脉中粗糖粒状、块状石英的

流体包裹体Rb-Sr等时线年龄为 (86 ± 4) Ma,表明许家坡金银矿床存在印支期和燕山晚期两期成矿作用,分别形成早期的似层状矿体(主要)和晚期的脉状矿体(次要)。

综上所述,虽然许家坡金银矿床的成矿因素比较复杂,但其成矿流体总体为深部循环的热卤水溶液,成矿物质主要来源于深部,并明显受地层和构造的控制,矿床成因主要属变质热液型中—低温热卤水金银矿床。

在成文过程中得到了宜昌地质矿产研究所熊成云研究员的指导和帮助,在此致以诚挚的谢意。

参考文献:

- [1] 张业明,付建民,蔡锦辉,等. 武当地区构造格架及其对矿产的控制[J]. 华南地质与矿产,1999,(4):16-20.
- [2] 秦正永,刘兴义,胡小蝶,等. 武当地区构造解析及成矿规律[M]. 北京:地质出版社,1997. 105-112.
- [3] 付建民,张业明,蔡锦辉. 武当地区条带状“变基性岩”成因的岩石地球化学证据[J]. 华南地质与矿产,1999,(2):9-13.
- [4] 陈晋镛,秦正永,王寿琼,等. 武当群地质特征[M]. 天津:天津科技翻译出版公司,1991.
- [5] 张二朋,牛道韞,霍有光,等. 秦巴及邻区地质构造特征概论[M]. 北京:地质出版社,1993.
- [6] 胡健民,宋子新,郭力宇,等. 扬子地块北缘滑脱构造的结构模式及意义[J]. 西安地质学院学报,1993,15(1):99-101.
- [7] 蔡锦辉,张业明,付建民,等. 鄂西许家坡金银矿床石英流体包裹体研究[J]. 华南地质与矿产,1999,(4):45-49.
- [8] 汪东坡. 武当山地区中上元古界及成岩构造环境的地球化学论证[J]. 大地构造与成矿学,1991,15(3):255-264.

GEOLOGICAL-GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND GENESIS ANALYSIS OF XUJIAPO GOLD-SILVER DEPOSIT IN NORTH-WEST HUBEI PROVINCE

LI Jin-fa^{1,2}, ZHANG Ye-ming², LUO Yu-zu³

(1. Graduate School, China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China; 2. Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang Hubei 443003, China; 3. Survey of Geology and Mineral Resources of the Northwest of Hubei Province, Xiangfan Hubei 441003, China)

Abstract: On the basis of the regional geology, the geochemistry of deposit and the isotope chronology, this paper advances that the mineralization of Xujiapo gold-silver deposit is controlled by the Wudang group, the Wudang rise-slip structure and the Wudang thrust nappe structure, showing the stratum-structure control over mineralization and the polymetallogenesis. The deposit has the complex metallogenetic factors with the metallogenetic materials originated from the deep. The genesis belongs to the gold-silver deposit of magmatic meso-epithermal solution with partial mixing of deep brine and metamorphic water.

Key words: Wudang rise-slip structure; Wudang thrust nappe structure; geochemical characteristic of deposit; metallogeny; Xujiapo gold-silver deposit