

情况介绍

31-36

河南省桐柏县老湾金矿地质概况 和成矿模式的探讨

于 贵 田

(河南省地矿厅第三地质调查队)

一、老湾金矿地质概况

老湾金矿自 70 年代发现以来, 曾有较多地质单位, 对老湾矿化带进行找金工作。因早期囿于石英脉型金矿, 均未取得较大进展。1986 年河南第三、四地调队重新工作以来, 逐年有新收效, 现已获得突破性进展, 金矿规模已达中—大型, 仍在继续工作中。两队共同对矿化带进行大比例尺金矿成矿预测工作, 肯定了老湾矿化带为含金韧性剪切带, 矿床为韧性剪切带型金矿床, 主要由顺构造层似层状矿体构成。

矿化带的主体为下古生界龟山组和部分元古界秦岭群, 是一个含金韧性剪切带。南界为老湾黑云母花岗岩, 北界为秦岭群蔡家凹组, 东、西分别被吴城、南阳断陷掩盖, 总体长大于 30km, 宽约 1~2km, 呈北西向带状展布 (图 1)。岩石由角闪岩相退变为绿片岩相。龟山组由构造岩组成, 不具地层意义, 但本文仍沿用之。

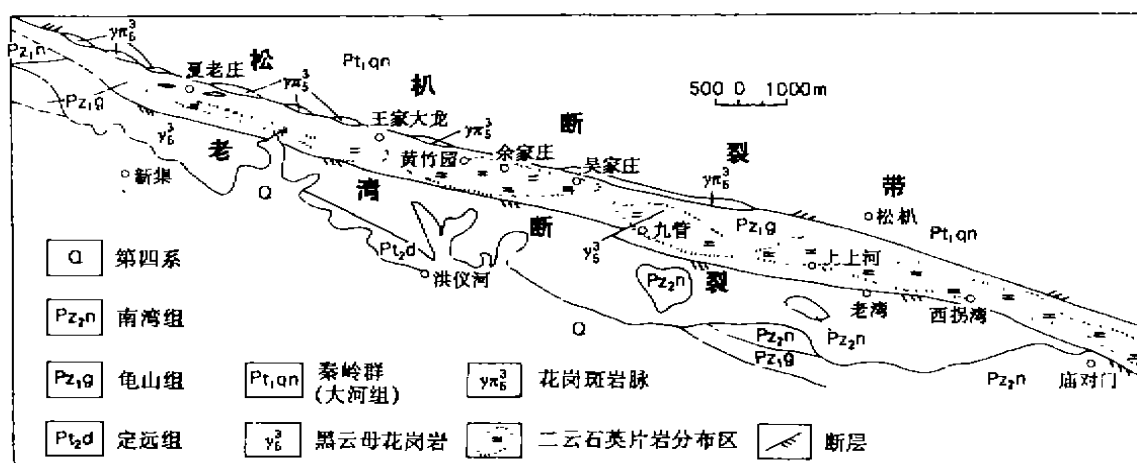


图 1 老湾金矿带地质示意图

(一) 韧性剪切带构造组合

老湾矿带是一个大的 S—C 组构造带, 据其变形变质程度, 初步划分四个高应变带、两个岩片和 II 岩片中三个变形域 (图 2)。

1. RF₁ 高应变带: 展布在松机断裂带和以北

秦岭群的大理岩南界, 走向 290°~310°, 主体北倾, 倾角 50° 左右, 通过的岩石为斜长角闪岩、大理岩等, 形成宽数十米强叶理带, 岩石多数达千糜岩。叶理面先期拉伸线理 (L) 一般向西侧伏, 侧伏角 30° 左右, 剪切方向为 320° 左

右, 晚期拉伸线理 (L) 近水平, 略向西侧伏, 剪切方向近于面理走向 310° 左右。特征表明为一右型走滑。被卷入在 RF_1 高应变带北部的秦岭群中的大理岩, 可能为推覆前缘的破碎岩块, 块体为钙质糜棱岩缝合且呈右旋, 大理岩受到韧性剪切, 愈近高应变带面理愈发育, “A”型褶皱强烈且发育, 为左型扭动, 大理岩面理产状北东倾向, 垂直面理走向的拉伸线理 (L) 略向东侧伏, 北盘剪切指向左型, 为一左型扭动剪切, 反映由北东向西南推覆。

2. RF_2 高应变带: 分布在夏老庄—松扒一线。通过的岩石为长英质条带状斜长角闪片岩。以花岗斑岩脉为北界, 宽约 20~60m 的叶理带, 为先期右型走滑 C 面理带, 岩石达千糜级, 发育

强塑性流动糜棱面理, 拉伸线理 (L) 近向西侧伏, 剪切指向 $300\sim 330^\circ$ 。高应变带南北两侧岩石面理方向, 逐渐由 C 面理过渡到 S 面理。后期脆性应变时形成松扒断裂, 花岗斑岩脉沿断裂侵位。

3. RF_3 高应变带: 已被老湾黑云母花岗岩侵位, 东端强叶理带没入吴城断陷。上上河等局部地段保留了部分千糜岩。高应变带早期走向 280° 左右, 主体倾向南。在脆性应变阶段表现张性, 造成花岗岩侵位空间, 控制花岗岩展布方向, 岩体北界为脆性右型剪切破裂面——老湾断裂, 岩体侵位后右型剪切仍持续。在岩体北界 200m 内受到影响, 形成 $50^\circ\sim 60^\circ$ 方向的劈理带。

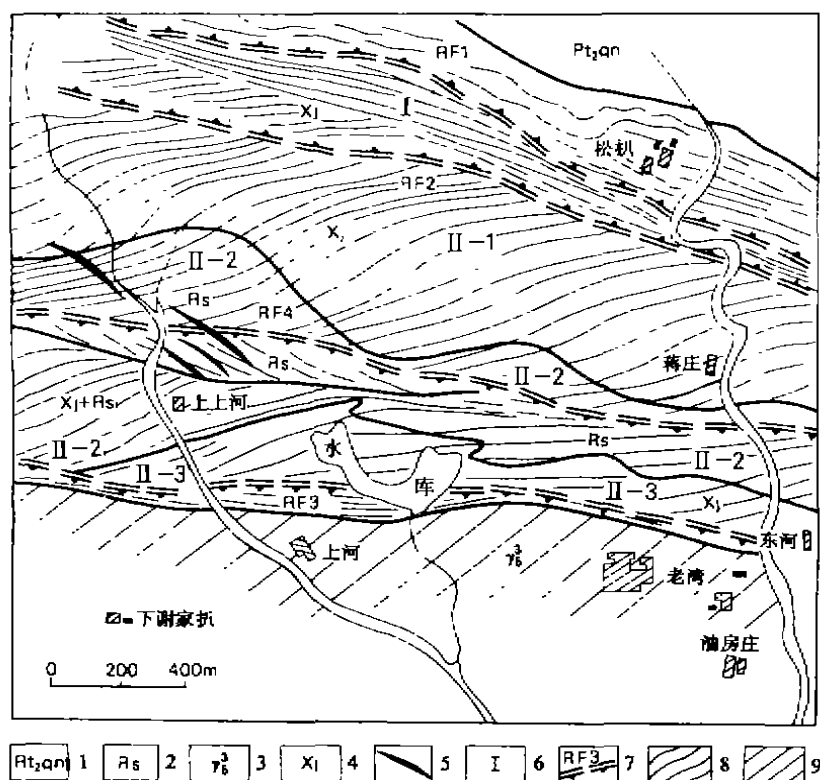


图 2 韧性剪切带老湾段构造组合示意图

1. 元古界秦岭群; 2. 二云石英片岩; 3. 花岗岩; 4. 斜长角闪质岩石; 5. 脉状矿体; 6. 岩片编号; 7. 高应变带及编号; 8. 叶理迹; 9. 劈理。

4. RF_4 高应变带: 分布在二云石英片岩发育地带, 变形变质较前三个高应变带略低。是 C 面

理通过地带, 在 II 岩片中部。为主要矿体产出部位。早期走滑剪切形成菱形块体和 S—C 组构

带, C面理带中岩石变形变质达千糜级至糜棱级。流动构造发育, 叶理走向 $260^{\circ} \sim 280^{\circ}$, 倾向南, 拉伸线理 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$, 略向西侧伏, 侧伏角 $45^{\circ} \sim 55^{\circ}$, 或 30° 左右。晚期叠加脆性应变, 叶理松弛出现破裂, 利于金富集。

5. I岩片: 夹持在 RF_1 与 RF_2 之间, 东部在松扒村南尖灭, 岩石一般均达糜棱级, 保留较多北西西向面理, 均倾向北, 薄层大理岩中有流动褶皱, 条带状斜长角闪质片岩中亦见有“A”型片内褶皱。

6. II岩片: 分布 RF_2 与 RF_3 之间, 通常称为老湾金矿带。为菱形块体组构带, 呈北西西展布, 是中—晚期初—脆性变形变质中心。由于 RF_4 高应变带在中间通过, 把该岩片分成下列不同变形变质程度的三个变形域。

(1) II—1 北部弱变形域: 展布于 RF_2 与 RF_4 之间, 除变粒岩为初糜棱岩外, 其余均达糜棱级。S面理走向 $80^{\circ} \sim 70^{\circ}$, 向北西倾, 并保留北西西向面理, 局部出现强叶理带。条带状斜长角闪片岩往往可见到片内南西侧伏的“A”型无根褶皱。

(2) II—2 强变形域: 位于II岩片中部, 二云石英片岩主要分布区。 RF_4 高应变带影响范围内, 由大小不等的菱形块体相互连结, 形成较典型的菱形网络构造组构带, 呈近东西展布。最大菱形块体宽 1.1km, 最长为 3km。大菱形块体包络小菱形块体。菱形块体由二云石英片岩和斜长角闪质岩石块体相互拼合组成网络组构, 变形域南北均以二云石英片岩和斜长角闪质岩剪切滑移拼合面为界, 界面紧闭, 往往为过渡渐变, 域内能干性弱的二云石英片岩包裹大小不等的能干性强的条带状斜长角闪质岩块体。二云石英片岩占该域 $1/2$ 以上, 呈似层状, 岩石达糜棱—千糜级, 含大量长石单晶, 显右旋扭动。普遍发育 S—C 组构, 具流动构造纹理, 陡倾 C 面理呈 $100^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 方向通过。千糜岩发育在 D 面理组构带中, 具强蚀变和硅化, 石英呈纹带状。拉伸线理 (L) 近于垂直面理, 很少见到褶皱; 在倾向和走向上岩层常出现缓波状弯曲。条带状斜长角闪片岩, 宏观似层状, 局部夹有薄层硅质高级变余糜棱岩, 流动纹理发育, 常形成褶皱。条带状斜长角闪片岩显深层次递进变形特征, 广泛发育面内“A”型褶皱, 总体岩石变形变质程度低。石英钠长斑岩脉, 在 C 面理通过处出现叶理化或流动纹

理的糜棱岩。

(3) II—3 变形域: 岩石达初糜棱岩, 斜长角闪片岩和云母石英片岩残体在其中零星分布, 数量不多, 偶而可见。

綜上述三个变形域总体产状, 除 II—1 变形域北倾外, II—2、II—3 两变形域在西拐湾以东、吴家庄以西地表产状倾向北, 倾角陡缓不一, 在 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 度左右, 中部则向南倾。在脆性应变阶段, II—1 和 II—3 域内, 主要形成北西西向断裂, 近平行高应变带, 分别倾向北和倾向南, 构成矿化带, 其中常形成脉状矿体。II—2 中则形成近东西向微裂带, 或网状破裂带形成似层状矿体。总体看北西和北东方向的破裂面规模小, 数量小, 矿体规模也小。

(二) 岩浆岩分布简况

1. 基性岩浆岩: 包于条带状斜长角闪质岩中的变基性岩块, 年龄 $372 \sim 419\text{Ma}$ (K—Ar)。另外是辉石岩、辉长岩, 沿秦岭群南界 RF_1 呈脉状或岩墙断续分布, 虽经变形变质, 但变形程度较弱, 隐约见纹理或纹痕。

2. 黑云母花岗岩 (100Ma, K—Ar): 展布在老湾断裂以南, 南侧见有隐爆角砾岩。这类花岗岩晚期脆性应变叠加, 均显破碎和矿物微弱变形。

3. 花岗斑岩 (96.8Ma, K—Ar): 呈脉状沿松扒断裂断续分布。晚期脆性应变局部破碎。

4. 石英钠长斑岩脉 (137Ma K—Ar): 在矿化带内沿近东西向的应变破裂面分布, 最长约 200m, 宽约 0.5~1.5m。多被韧性剪切, C 面理通过处显破碎往往形成似层状矿体一部分。

前三种岩浆岩目前对成矿看不出有显著贡献。

二、老湾韧性剪切带的内金矿化

(一) 矿化类型

该带从递进到递减变形变质, 由深层次到浅层次经历了长期演化, 成矿元素随热流体在透入性作用下, 从深部到浅部运移、富集、分配, 最终形成了不同规模的工业矿体。据其空间展布和不同成因成矿方式, 大致分三种矿化类型:

第一种为韧性应变叠加脆性构造控制的顺构造层矿化似层状矿体。主要赋矿围岩为二云石英片岩, 占工业总储量的 90% 以上, 具有大型远景规模。

第二种为脉状矿体,受 $295^{\circ}-310^{\circ}$, $260^{\circ}-280^{\circ}$, $10^{\circ}-30^{\circ}$ 三组脆性破裂面控制。主要赋矿围岩为斜长角闪质岩,矿体斜切岩层,目前尚未找到具规模的大矿体。

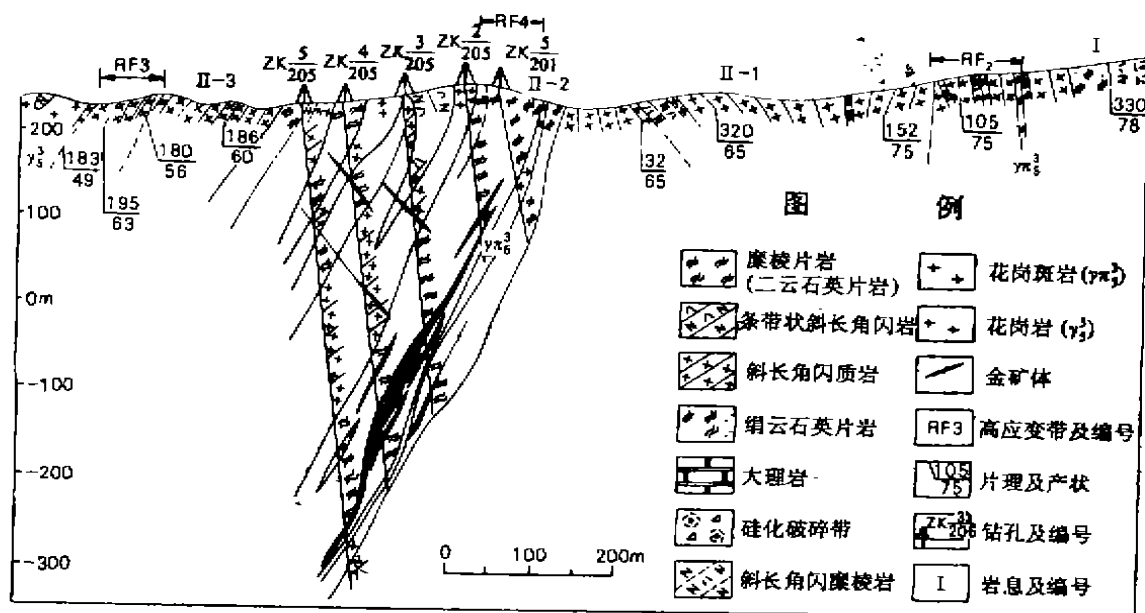
第三种为斑岩多金属叠加金矿化。主要成矿元素为 Mo、W、Bi 等,叠加 Cu、Pb、Zn、Ag、Au,具有工业矿床的线索,暂不作典型矿床。

(二) 典型矿床产出特征

1.老湾矿区:包括老湾、上上河两矿段,相距 700m,东西长 3.2km,宽 1.2km,主要矿化为第一类,赋矿岩石主要为含斜长角闪质岩块体的二云石英片岩,矿体与围岩界线渐变过渡,靠化学分析结果划分。老湾划分四个矿带,上上河划分两个矿带。

老湾矿段:矿体为半露头状,露头标高 210m 左右,向东渐为隐伏,向下垂深超过 -360m 尚未尖灭,最大矿体长 700m 以上,倾斜延伸长度大于 640m,平均厚度 1—4m,最大厚度为 13.74m,平均品位 3—8g/t,最高品位 260g/t,矿体沿走向和倾向连续性好,较为稳定。

上上河矿段(图 3):为隐伏矿体,一般矿体顶部埋深 130m,标高 120m 左右,向下垂深达 -300m,最大矿体长 450m,倾斜延伸 500m 以上,平均厚度 2—4m,最大厚度 17.5m,平均品位 6g/t 以上,最高品位 100g/t 以上,矿体沿走向往往有变薄尖灭再现,而沿倾向方向略为稳定。



中较富集的地段。

(三) 矿石特征

按自然类型分绢云石英黄铁矿型、蚀变角闪质黄铁矿型、石英硫化物型、长英质黄铁矿型、长英质多金属型等金矿石。其中前二种为本带主要矿石类型, 简述如下:

1. 绢云石英黄铁矿型金矿石: 矿石主要为石英、绢云母及黄铁矿组合。是绢云石英糜棱岩、千糜岩蚀变矿化形成的矿石。黄铁矿等构成的矿石呈稀疏浸染状、脉状网状构造。一般金品位数 g/t —十余 g/t , 载金矿物以黄铁矿为主。呈自形一半自形—它形结构。常被含金的黄铜矿、方铅矿等交代形成交代结构。矿石与围岩无明显的界线, 其界线靠化学样品品位圈定。是似层状矿体主要矿石。脉状矿体内较少。

2. 蚀变角闪质黄铁矿型金矿石: 矿石组合为石英、绢云母、黑云母、角闪石、斜长石、绿泥石等脉石矿物; 金属硫化物含金矿物。以黄铁矿为主, 较明显的方铅矿、黄铜矿、黝铜矿、毒砂、车轮矿、闪锌矿等。黄铁矿呈自形一半自形—它形结构。黄铁矿等构成的矿石呈浸染—稠密浸染状、团块状和网脉状构造, 是脉状矿体的主要矿石, 一般品位较高, 多在十 g/t 以上, 似层状矿体内较少。

3. 矿物生成期次及顺序和金的嵌布状态: 在韧性剪切带的晚期, 最先出现了绿泥石化和硅化, 不含或微含金的黄铁矿呈浸染状出现在糜棱岩中。随着构造进入脆性应变, 蚀变进一步加强, 进入主成矿阶段, 早期为不等粒黄铁矿、磁黄铁矿、微量黄铜矿等, 这些矿物都不同程度的含金; 晚期为含金的石英硫化物多金属期; 最后为次生矿物期。

根据野外及镜下, 形成工业矿体期的矿物生成顺序: 浸染状黄铁矿→不等粒黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿→黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、毒砂、车轮矿→砷黝铜矿、辉钼矿→铜蓝矿→褐铁矿。脉石英的期次主要有早期不含金的混白色石英脉, 一般破碎→中晚期烟灰色浅灰色含金石英脉及铁白石脉→部分沿早期脉石英破碎空间分布, 最晚期微含金或不含金的碳酸盐石英脉。

主要含金矿物是黄铁矿, 其标型为立方体、八面体、五角十二面体及它们相互的聚形及它形和不规则的细粒。本区的自然金成色较高为 963—987, 自然金呈乳滴状、薄片状、树枝状、卷曲

丝状。以裂隙金、包体金、粒间金等嵌布在以黄铁矿为主的硫化物中及石英和片状矿物内和粒间。按嵌布形式, 黄铁矿中包体金占 46%, 裂隙金占 21%, 硅酸盐矿物中粒间金占 17.18%, 金属硫化物之间粒间金占 5.67%。似层状矿体自然金颗粒半径小于 0.07mm, 大者 0.32mm; 脉状矿体自然金颗粒稍大, 多为裂隙金和粒间金。早期黄铁矿以浸染状、立方体为主, 中期以粗粒及不等粒为主, 常形成细脉和网脉, 晚期为它形一半自形细粒集合体, 后两期含金多。

(四) 围岩蚀变

矿化带内面性蚀变主要有绢云母、绿泥石、绿帘石、碳酸盐化, 与成矿关系较为密切的近矿围岩蚀变主要有下列二类:

1. 黄铁矿化: 近矿围岩中黄铁矿呈细脉网脉分布, 由矿体向外逐渐减少, 多见立方体, 晶粒一般为 1mm, 微粒和不规则状的微粒黄铁矿, 呈金黄色, 地表呈褐铁矿, 呈红(赭)化带。似层状矿体围岩蚀变红(赭)化带宽一般几米至 10 米, 脉状矿体围岩红化带较窄, 一般在 1—2m, 黄铁矿化多期, 在矿体和围岩中都载金。

2. 硅化: 早期为不同规模的混白色脉或团块, 岩石硅质普遍增高, 第二期为主成矿期, 青灰色石英(含金)分布在脆性构造叠加部位, 呈不规则的高硅质团块、细脉、网脉, 充填在早期破碎石英团块及脉粒块的空间, 并伴随黄铁矿等金属硫化物, 常与绢云母化等共同组成似层状矿体的典型蚀变, 绿泥石被绢云母取代而显岩石退色; 伴随黄铁矿等硫化物, 绿泥石化、帘石化组成高硅质的破碎蚀变岩, 绿泥石为绢云母取代, 成为脉状矿体的典型围岩蚀变, 由矿体向两侧硅化逐渐减弱, 第三期为不含或微含金的碳酸盐石英脉。区别退变质作用生的绢云母, 是沿长石、石榴石等矿物边缘交代而形成的绢云母。绢云母化宽度略小于硅化带的宽度。

三、成矿模式

(一)、成矿物质来源

矿化带内条带状斜长角闪片岩含金为 4ppb, 斜长角闪岩为 3.1ppb, 二云石英片岩为 3.7ppb, 变粒岩为 3.3ppb。除了由于韧性剪切带长期演化和发展, 使金元素不断从剪切带深部层次活化释放转移到热流体中, 随抬升被带到浅部构造层次外, 并不排除幔源提供成矿物质, 形成高背景带

和工业富集。因此,金是多来源、硫、铅同位素组成等,在某种意义上反映了深源的特征。

(二) 二云石英片岩利于金矿化

韧性剪切带内据元素的稳定顺序: Si—Fe—Mg—Al—Ca—Na、K。在深部高温高压环境中,呈塑性流变或固溶体的岩石放出大量水,化学元素基本按着稳定顺序迁移活化,金为多期活化向含硫的热卤水中转移。热卤水不仅淬取深层次的金,化学性质较活泼的 K、Na、Ca、Mg、Fe 等元素也随之运移,同时溶解 SiO_2 。在变质变形过程中形成了热流体循环,随着溶液 H_2S^- 、 SO_4^{2-} 的增加,从岩石间隙进入到韧性剪切带晚期叠加的断裂裂隙中,在中性(弱碱性)的环境中富集成矿。

(三) 构造对金矿的控制

韧性剪切带从加里东期开始顺层水平走滑剪切,伸展褶皱,逐渐达到深层次,岩石发生强变形,形成切割很深的穿壳高应变带和菱形块体及 C 面理,起热流体导流作用,随抬升到燕山期主成矿期形成发育的叶理、透入性面理和劈理、断裂裂隙等脆性构造叠加,在长达几亿年积蓄在剪切带内的含矿热液,在断裂裂隙内外压力差下进行充填,形成矿体,表明在韧性剪切带早期积蓄成矿物质,晚期叠加脆性阶段形成工业矿体。

(四) 稳定同位素

1. 硫同位素: 在韧性剪切带内,不论似层状矿体还是脉状矿体,或近矿围岩,均为重硫型, $\delta^{34}\text{S}$ 变化范围 2—6‰ 之间,具明显的塔式效应,均一化程度高,变化范围窄,接近陨石硫,反映硫源为幔源或深层基底岩石。

2. 氢氧同位素: 似层状矿体 $\delta^{18}\text{O}$ 12.2~10.25‰, δD -86.3~-82.7‰; 脉状矿体 $\delta^{18}\text{O}$ 12.31~11.73‰, δD -86.00~-53.3‰,经换算投点在大气降水线下,属混合水范围。

3. 铅同位素: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (17.408~17.765), $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (15.378~15.540), $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ (1.13~1.197), 反映铅同位素组成较稳定,变化范围小,属单阶段演化铅,前寒武纪以后现代铅,相当于地幔与岛弧铅之间铅,表明矿源可能未受到地壳岩石放射成因铅混染, μ 值变化范围 8.96~9.43 较低而集中, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 值较集中,具有造山带环境中岛弧铅的特征,铅

同位素模式年龄为 482—688Ma, 脉状矿体年龄 527—631Ma, 平均 576Ma, 似层状矿体年龄 481—688Ma, 平均 617Ma, 两种矿化体年龄相近,反映了大体的年代。

(五) 成矿物理化学条件

1. 成矿压力: 根据盐度计算老湾段平均压力 $317 \times 10^5 \text{Pa}$, 上上河段平均 $313 \times 10^5 \text{Pa}$, 黄竹园段 $195 \times 10^5 \text{Pa}$ 。

2. 成矿温度: 矿化带均一温度 $170^\circ - 210^\circ\text{C}$ 与 350°C , 反映两期主要热液活动, 早期温度高, 爆裂温度: 受韧性剪切影响的石英温度高, 占大部分, 石英 $270^\circ - 380^\circ\text{C}$, 整个带平均 347°C , 近矿围岩平均 322°C , 黄铁矿为 $170^\circ - 220^\circ\text{C}$, 说明黄铁矿与石英可能为不同期产物, 黄铁矿—石英成矿期石英爆裂温度在 $215 - 300^\circ\text{C}$ 。

3. 成矿溶液成分: ① 气相成分主要含 H_2O 、 CO_2 , 部分样含 CO 、 N_2 、 H_2 , 少数地表样含 CH_4 。② 液相成分主要含 K^+ 、 Na^+ , 其次为 Ca^{+2} 、 Mg^{+2} 离子, 全区 Na^+/K^+ 在矿体平均为 7.05, 近矿围岩平均为 109.13, 全区平均 42.47, 全区 $\text{Na}^+ / (\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})$ 平均为 18.8。③ 成矿流体中阴离子成分主要有 Cl^- 和 SO_4^{2-} , 其次是 F^- , F^-/Cl^- 比值, 全区为 0—0.27, 老湾段 0.01—0.27, 上上河 0.01—0.06, 黄竹园为 0, 由东往西有下降趋势, 表明在成矿过程中, 在晚期脉状矿体成矿阶段, 两种阴离子含量逐渐接近, 综上所述矿液中元素特征, 成矿流体以富含卤素为特点, 主要属于 $\text{NaCl}-\text{H}_2\text{O}$ 与 $\text{NaCl}-\text{CO}_2-\text{H}_2\text{O}$ 体系。

4. 成矿溶液酸碱度: 全区 PH 值变化范围为 6.44—8.6, 矿体平均 7.34, 近矿围岩平均 7.73, 均近中性弱碱状态。

5. 成矿溶液逸度: 全区 $f\text{CO}_2$ 变化范围 0.37—1.41, 矿体为 1.095, 近矿围岩为 0.71, 全区 $f\text{O}_2$ 变化范围 -23.91—-31.24, 平均 -27.44, 矿体为 -27.97, 近矿围岩为 -26.9, 表明由近矿围岩进入矿体, 成矿环境由氧化→还原转化过程, 或者还原条件由弱到强。

6. 氧化还原电位: 全区氧化—还原电位 (Eh) 为 -0.62—0.91, 矿体平均为 -0.75, 近矿围岩为 -0.82, 还原参数 (R) 全区平均 0.63, 矿带内各矿段中, 上述数值略有差异, 但成矿时都处在一种还原环境, 只是程度有些区别而已。