

柴家庄金矿成矿模式及找矿方向探讨

杨礼敬,胡晓隆,许亚玲

(甘肃省地矿局第一地勘院,甘肃 兰州 730000)

摘 要:柴家庄金矿位于西秦岭褶皱系北秦岭加里东褶皱带李子园—吊把子金矿带上,赋存于柴家庄二长花岗岩体外接触带的丹凤群地层中,严格受NE向及NNW向断裂控制。矿床形成经历了火山沉积期、区域变质期、构造热液成矿期及岩浆热液成矿期4个阶段,属沉积变质—岩浆期后热液叠加改造的变质热液金矿床。岩体外接触带0~2km范围内的NE向、NNW向断裂构造带是找矿的最佳方向。

关键词:金矿床;成矿模式;找矿方向;柴家庄

中图分类号:P618.51 **文献标识码:**B

1 区域地质背景

柴家庄金矿位于西秦岭褶皱系,北秦岭加里东褶皱带内。北秦岭褶皱带是以华北地块为基底,经元古宙奠基、加里东早期裂陷接受海相火山—碎屑岩沉积,加里东晚期褶皱造山,并经历了华力西期,印支—燕山期强烈改造的复杂造山带。区域出露地层有下元古界秦岭群,下古生界丹凤群、泥盆系、白垩系等,其中以丹凤群基性—中酸性火山岩为主夹正常沉积的中等变质绿片岩系分布最广,金含量高,是区内金矿的主要矿源层。从加里东期至燕山期均有岩浆活动,以印支—燕山期酸性侵入岩最为发育,且与金成矿关系密切。区域断裂构造发育,以SN向区域性大断裂及NW西向次级断裂为主要构造线,叠加有NE向及近EW向后期断裂,形成了不同期次、不同方向的构造相互交织的错综复杂的断裂构造基本格架。独特的大地构造环境及多期次的构造、岩浆活动,为热液型内生矿产的形成提供了优越的地质条件。

2 成矿地质环境

赋矿地层为下古生界丹凤群木其滩组第三岩性段,按其岩石组合可分为3层:下层为浅灰色—灰绿色碎裂状斜长角闪片岩,厚度大于134m;中层为石英片岩夹斜长角闪片岩,厚度大于257m;上层为斜长角闪片岩夹含石榴石二云石英片岩、大理岩,厚度大于210m。各层均为整合接触(图1)。地层金丰度达 $(58\sim 65)\times 10^{-9}$,其中、下部由中基性火山岩变质而成的斜长角

闪片岩含金高达 98×10^{-9} , 是重要的矿源层, 亦是主要的容矿岩石。

印支期柴家庄二长花岗岩体呈不规则港湾状岩株产出, 出露面积 45 km^2 。属 S 型浅成相花岗岩, 剥蚀较浅。围岩蚀变发育充分, 蚀变带宽数十米。岩体 Au 平均含量 5.13×10^{-9} , 内接触带高达 56×10^{-9} , 含金石英脉多分布在外接触带 1 km 范围之内。脉岩发育, 石英脉为区内重要的含金脉体, 闪长细晶岩脉与含金石英脉密切伴生, 蚀变强烈地段构成金矿体。闪长岩脉有切穿含金石英脉现象, 花岗伟晶岩脉、闪长玢岩脉、煌斑岩脉与金矿化无明显关系。

矿区总体构造形态为一倾向 NW 的复式单斜构造, 其间发育一些次级小型褶皱。断裂构造发育, 大体可分为 3 组: 一是 NNW 向断裂, 伴随区域性构造运动, 具有多期次活动特征, 表现为早期具压扭性质, 晚期具张扭性质, 以韧性—脆性变形为特征, 带内构造片理化作用强烈, 热液蚀变发育, 并有闪长细晶岩脉及含金石英脉分布, 为控矿构造。二是 NE 向断裂, 一般早期为张扭性, 晚期具压扭性质, 具明显的多期活动性。空间上多条断裂平行展布, 常形成较为密集的断裂挤压带, 带内岩石常具多种不同程度的蚀变, 并发育有含金石英脉。是区内主要的控矿、空矿构造。三是近 EW 向断裂, 为一组成矿后断裂, 对矿体具破坏作用。

3 矿化特征

3.1 矿带及矿体特征

柴家庄金矿已发现金矿化带 4 条, 圈出金矿体 11 个。

I、II、III 金矿化带位于矿区南部, 受一组 NE 向脆性断裂控制, 呈 NE 向平行展布, 倾向 NW, 倾角 $52^\circ \sim 71^\circ$ 。矿化岩石为单一的碎裂状含金石英脉, 多呈单脉状、透镜状沿断裂面分布, 局部受一组次级断裂面控制而呈多条脉平行产出 (图 2)。具明显的膨大收缩及尖灭再现现象。脉体与围岩界线清晰, 二者接触面上常有一层 1~5 cm 厚的断层泥分布。近矿围岩多为斜长角闪片岩及变粉砂岩, 蚀变弱且分带不明显, 具硅化、绿泥石化及碳酸盐化现象。IV 矿带位于矿区北部, 受 NNW 向脆—韧性断裂控制, 走向 $345^\circ \sim 350^\circ$, 地表倾向 NEE, 深部倾向 SWW, 倾角 $65^\circ \sim 70^\circ$ 。含矿岩石以碎裂状含金石英脉和黄铁绢英蚀变岩为主, 局部强蚀变闪长细晶岩亦构成金矿体。顶板岩石为碎裂状斜长角闪片岩, 底板岩石为闪长细晶岩, 夹石为绢云母岩 (图 3)。围岩蚀变强烈, 有绢云母化、硅化、黄铁矿化等。金矿体主要赋存于 I、II、IV 矿带中, 长 15~380 m, 厚 0.27~2.70 m, 控制延深 45~125 m。Au 品位 $(3.91 \sim 35.90) \times 10^{-6}$,

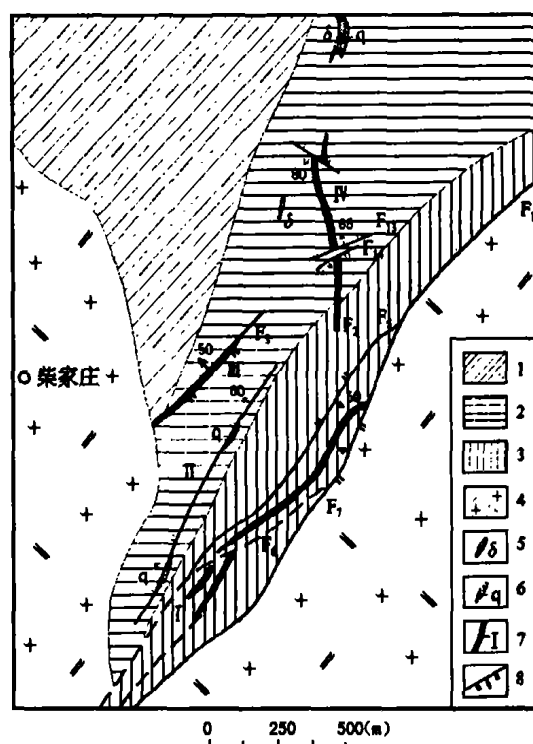


图 1 柴家庄金矿地质图

Fig. 1 Geological map of Chaijiashuang gold mine

- 1—丹风群木其滩组三岩段上层; 2—丹风群木其滩组三岩段中层;
3—丹风群木其滩组三岩段下层; 4—二长花岗岩; 5—闪长岩脉;
6—石英脉; 7—金矿体及编号; 8—实测及推测断层

单样最高品位达 208.64×10^{-6} , 矿床平均品位 20.70×10^{-6} 。伴生 Ag $(8.12 \sim 26.12) \times 10^{-6}$, Cu $(0.22 \sim 0.94) \times 10^{-2}$ 。矿体形态以脉状为主, 次为透镜状。

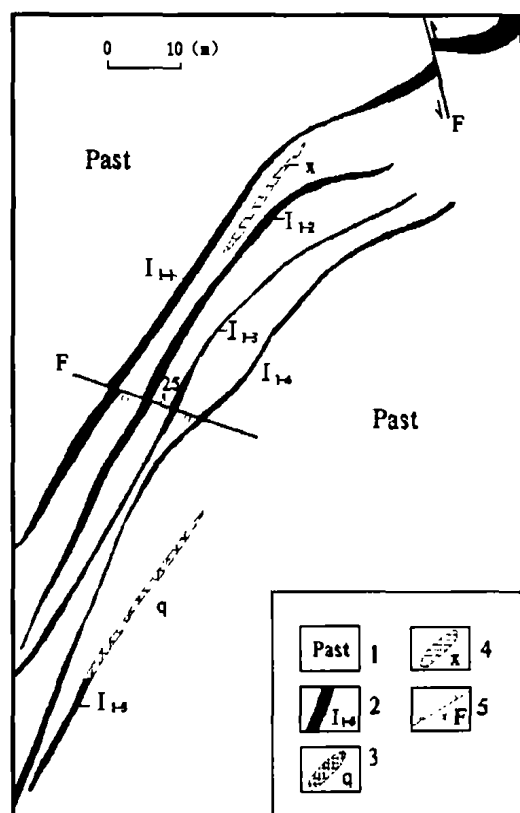


图2 I₁ 矿体 1755m 中段示意图

Fig. 2 Sketch map of 1755 m level of I₁ ore body

1—斜长角闪片岩; 2—金矿体及编号;
3—石英脉; 4—煌斑岩脉; 5—实测逆断层

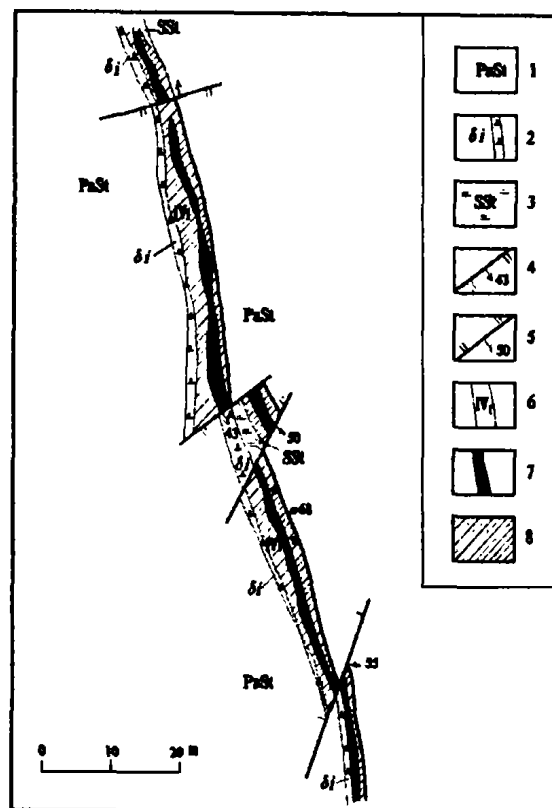


图3 IV₁ 矿体 1396m 中段示意图

Fig. 3 Sketch map of 1396 m level of IV₁ ore body

1—斜长角闪片岩; 2—闪长细晶岩; 3—绢云母岩;
4—实测正断层; 5—实测逆断层; 6—金矿体及编号;
7—石英脉型金矿石; 8—蚀变岩型金矿石

3.2 矿石特征

矿石自然类型简单, 以石英脉型金矿石为主, 次为蚀变岩型金矿石。

3.2.1 矿物成分

矿石中金矿物成分较为简单, 以银金矿为主, 次为自然金。伴生金属矿物以黄铁矿、黄铜矿为主, 其次为方铅矿, 少量闪锌矿、磁铁矿、毒砂、辉铜矿、铜兰、孔雀石等。脉石矿物以石英为主, 次为绢云母、绿泥石, 少量长石、高岭石、方解石等。

金矿物呈金黄色, 以角砾状、板片状为主, 次为枝叉状, 浑圆状、叶片状、毛丝状。粒径 $0.005 \sim 0.25 \text{ mm}$, 平均 0.023 mm , 其中小于 0.037 mm 的微细粒金占 71%。金的赋存状态以裂隙金占 46.38%、粒间金占 43.00%、包裹金仅占 10.62%。裂隙金、粒间金主要赋存于黄铁矿、黄铜矿裂隙及粒间, 包裹金则多被褐铁矿、黄铜矿及脉石英包裹。

3.2.2 矿石结构构造

矿石具自形、半自形和他形不等粒粒状结构, 交代、穿插、溶蚀、包含及碎裂结构, 鳞片粒状变晶结构; 不均匀浸染状、细脉状、团块状、角砾状构造, 氧化矿石常见蜂窝状构造。

3.2.3 矿石化学成分

成矿主元素 Au 含量一般 $(1 \sim 50) \times 10^{-6}$, 最高可达 208.64×10^{-6} 。其中石英脉型矿石中含量较高, 一般大于 20×10^{-6} , 高于 100×10^{-6} 者亦常见, 而蚀变岩型矿石中金含量一般 $(1 \sim 15) \times 10^{-6}$, 尚未发现大于 20×10^{-6} 者。空间上, 随两类矿石的交替出现而 Au 含量急剧变化, 在同类矿石中, 则含量较为稳定, 变化系数一般小于 80%。伴生 Ag 含量 $(8.12 \sim 26.12) \times 10^{-6}$ 、Cu 含量 $(1.22 \sim 0.94) \times 10^{-2}$, 可综合回收利用, 其它元素含量甚低。

3.3 成矿期及矿化阶段

矿区受 NE 向断裂控制的 I、II、III 矿带与受 NNW 向断裂控制的 IV 矿带矿化特征明显不同, 显然经历了不同的成矿过程, 按成矿作用及矿物共生组合, 矿区金矿化可分为两期 6 个阶段。

变质热液成矿期发生于加里东期—海西期, 区域变质热液使金活化迁移形成初步富集的基础上, 又叠加了构造热液, 使金再次活化、迁移至有利构造部位, 以交代方式沉淀成矿, 形成了绢云母—石英—黄铁矿—自然金组合。为本区金的第一成矿阶段, 形成了蚀变岩型金矿石。

岩浆热液成矿期发生于印支—燕山期, 随着大规模酸性岩浆侵入活动的发生, 丰富的岩浆期后热液混合了部分大气水和变质水形成充足的成矿流体, 携带大量成矿物质迁移至构造有利部位充填成矿, 形成了区内石英脉型富矿石。按矿物共生组合本期可分为 5 个成矿阶段:

第二成矿阶段为黄铁矿—石英阶段: 主要由乳白色石英组成, 伴有少量黄铁矿及金矿物。黄铁矿以粗粒立方体自形晶呈浸染状分布, Au 含量一般小于 1×10^{-6} 。

第三成矿阶段为金—石英—黄铁矿阶段: 主要由中粗粒黄铁矿和石英组成。黄铁矿多呈半自形粒状晶体, 呈脉状、团块状集合体叠加于前一阶段之上, 含一定数量的金, 是本区金的次要成矿阶段。

第四成矿阶段为金—石英—黄铁矿—黄铜矿阶段: 主要由中细粒他形晶黄铁矿与烟灰色石英及少量黄铜矿组成。黄铁矿多具压碎结构, 与黄铜矿、毒砂、银金矿、自然金共生, 是金的主要成矿阶段。主要矿物组合为金—石英—黄铁矿—黄铜矿。

第五成矿阶段为金—石英—方铅矿阶段: 由细粒灰白色石英及中粗粒方铅矿组成, 常局部富集形成块状高铅金矿石。在方铅矿团块中多含有早期细粒黄铁矿及烟灰色石英角砾。银金矿多呈他形粒状赋存于方铅矿粒间, 是金的又一重要成矿阶段。

第六成矿阶段为碳酸盐—石英阶段: 主要有纯白色石英、方解石及少量细粒他形晶黄铁矿组成, 一般含有少量的金, 标志着成矿作用的结束。

4 流体包裹体及稳定同位素特征

4.1 流体包裹体特征

于 IV 矿带南、北两端各采石英包裹体测温、测盐样一件, 前者距岩体较近, 包裹体较小 ($5 \sim 11 \mu\text{m}$), 气液比 5.15, 形成温度高 ($154 \sim 218^\circ\text{C}$, 平均 181.5°C), 盐度较高 ($\text{NaCl } 7.3\% \sim 12.6\%$, 平均 6.0%)。后者距岩体较远, 包体较大 ($5 \sim 20 \mu\text{m}$), 形成温度较低 ($134 \sim 200^\circ\text{C}$, 平均 165.3°C), 盐度较低 ($3.5\% \sim 6.7\%$, 平均 5.8%)。测试结果表明, 金成矿温度较低, 且成矿流体有从岩体向外侧迁移现象。

4.2 稳定同位素特征

硫同位素: 于 I、IV 矿带黄铁矿中采集硫同位素样 3 件, 测定结果为 $\delta^{34}\text{S} = +4.90\% \sim 7.82\%$, 平均 6.32% , 小于 10% , 极差较小 (3.92%)。说明矿质来源与岩浆有一定的成因联

系。

氧同位素:在含金石英脉中共取氧同位素样5件,测定结果为 $\delta^{18}O = 29.52\text{‰} \sim 11.63\text{‰}$,平均 10.38‰ ,极差小(2.11‰),与小秦岭金矿含金石英脉($\delta^{18}O = 10.1\text{‰}$)接近,说明石英脉型金矿的成矿热液以岩浆水为主,并有一定数量的变质混合水参与成矿。

5 成矿模式

柴家庄金矿的形成经历了火山沉积期、区域变质期、构造热液成矿期及岩浆热液成矿期4个阶段,成因类型为沉积变质—岩浆期后热液叠加改造的变质热液金矿床。成矿模式(见图4)为:

5.1 火山沉积期金初始堆积形成矿源层

在以秦岭群为基底的裂陷海槽内,多次发生火山活动,形成丹凤群火山—沉积岩系。在整个过程中,除深部岩浆自身所带的金外,还在秦岭群乃至更老的地层中萃取了部分金。火山喷发的间歇期和后期火山喷气活动,使金活化、迁移,在丹凤群的部分地段堆积形成矿源层。

5.2 区域变质期金初步富集

加里东末期的构造运动,使丹凤群和秦岭群发生区域变质和区域叠加变质,使秦岭群中的金再次在热变质作用下向上迁移至丹凤群,并和丹凤群中的金一起在变质热液作用下活化、迁移,形成金的初步富集。

5.3 构造热液成矿期形成构造蚀变岩型金矿

在造山作用的中晚期发生韧性剪切作用,在区域变质热液作用的基础上叠加了构造热液,导致早期初步富集层中的金再次活化,迁移至构造有利部位交代成矿,形成构造蚀变岩型金矿。

5.4 岩浆热液成矿期形成石英脉型富矿

印支运动使矿区发生较大规模的岩浆侵入活动,岩浆期后热液以及少量大气降水和变质水共同构成强有力的成矿热液。从矿源层及早期形成的蚀变岩型金矿体中萃取大量成矿物质,沿剪切带及次级断裂迁移至构造减压带迅速充填成矿,形成含金石英脉型富矿石。

6 找矿方向及找矿标志

本矿床的形成受丹凤群地层、印支—燕山期酸性侵入岩及断裂构造3种因素控制,找矿的

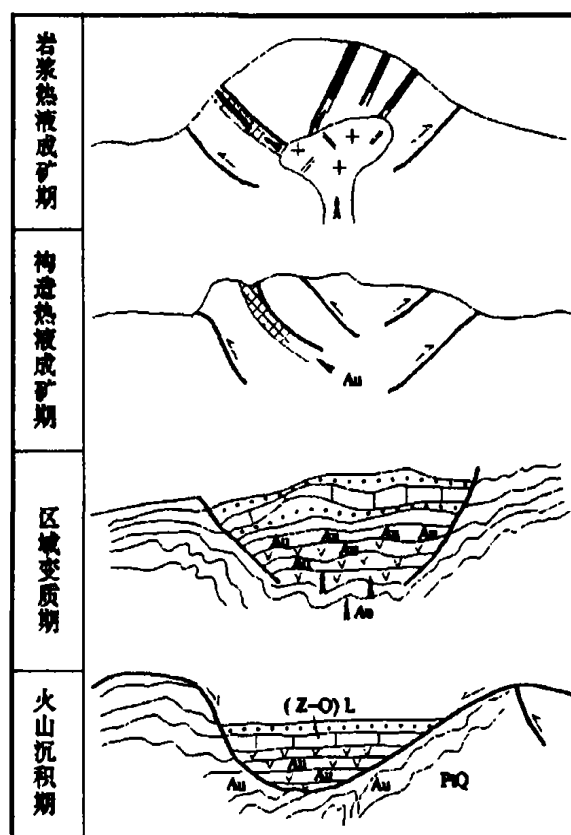


图4 柴家庄金矿成矿模式图

Fig. 4 Sketch map of metallogenetic model for Chaijiashuang gold mine

1—成矿元素迁移方向;2—蚀变岩型金矿;3—石英脉型金矿

首要方向是上述岩体外接触带 0~1km 范围内的 NE 向、NNW 向断裂发育部位;其次为虽离岩体较远,但 NNW 向断裂及中酸性脉岩发育地段;在无岩浆活动的丹凤群地层分布区,亦有可能在蚀变强烈的 NNW 断裂中赋存有蚀变岩型金矿。

找矿标志主要有:

(1)丹凤群地层及分布于其中的印支—燕山期中酸性侵入岩是找矿的区域性标志。

(2)岩体外接触带 NE 向、NNW 向断裂是找矿的构造标志。

(3)含金石英脉露头是最直接的找矿标志,其主要特征是呈烟灰色,具碎裂状、蜂窝状、网格状构造,含金属硫化物。金属硫化物的种类和含量,是矿化富集程度的直接标志,以富含他形细粒黄铁矿及黄铜矿、方铅矿者矿化最佳。

(4)围岩蚀变标志:绢云母化、硅化、黄铁矿化、黄铜矿化、方铅矿化与金矿化呈正相关,主要发生与矿体及近矿围岩中,远离矿体则迅速减弱。绿泥石化、碳酸盐化广布于围岩中,但在含矿断裂带表现较强,是热液活动的远程标志。

(5)以 Au 为主的 Au、Ag、Cu、Pb、As、Hg 综合异常是找矿的地球化学标志。异常的规模、强度与金矿化强度明显相关,元素的分带趋势为:前缘元素 Hg、As,近矿指示元素 Au、Ag、Cu、Pb。

参考文献:

- [1] 殷先明主编. 甘肃岩金矿床地质[M]. 兰州:甘肃科学技术出版社,2000.
- [2] 陈毓川、宋裕生. 中国矿床成矿模式[M]. 北京:地质出版社,1993.
- [3] 霍福臣、李永军. 西秦岭造山带的建造与地质演化[M]. 西安:西北大学出版社,1995.

PROBE INTO METALLOGENIC MODEL AND ORE-SEARCH OF CHAIJIAZHANG GOLD MINIE

YANG Li-jing, HU Xiao-long, XU Ya-ling

(No.1 Geology and Mineral Exploration Team, Gansu Provincial Bureau of Geology and
Mineral Exploration and Development, Tianshui 741020, China)

Abstract: Chaijiazhuang gold mine located in Lizhiyuan - Diaobazhi gold ore deposit belt that belong to North Qinling Caledonian folded belt of West Qinling folded system and hosted in Danfeng Group that belong to exocontact of Chaijiazhuang adamellite. The gold ore deposit was strictly controlled by NE and NNW faults. The ore deposit forming went through four stages: those are volcano-sedimentary, regional metamorphism, tectonic hydrothermal and magmatic hydrothermal, so it is a metagenesis to postmagmatic meta morphic hydrothermal gold ore deposit. The best locations for looking for gold ore bodies is in the exocontact of adamellite's within 0~2km where NE and NNW faults well-developed.

Key words: Gold mine; Metallogenic model; Ore-search target; Chaijiazhuang