

北山地区金窝子金矿床成矿系统分析

李景春^{1,2}, 赵爱林², 金成洙¹, 李存有²

(1 东北大学资源与土木工程学院, 辽宁 沈阳 110004; 2 沈阳地质矿产研究所, 辽宁 沈阳 110033)

摘 要: 金窝子金矿床产于华力西期黑云母二长花岗岩及其围岩上泥盆统金窝子组中, 矿化类型为石英脉型和蚀变岩型。研究表明华力西期—印支期花岗岩系统和低角度韧性断裂及其次级高角度张性-张扭性断裂系统与成矿有密切的时空及物质联系, 是金矿化的主控因素; 矿化类型受构造应力场和断裂力学性质控制。

关键词: 金矿; 成矿系统; 北山

中图分类号: P618 51 **文献标识码:** A

金窝子金矿床位于蒙甘新相邻北山地区, 其规模已达大型。以往研究者对其成因有不同认识, 如深源流体成矿^[1]、动力热液成矿^[2]、岩浆热液成矿^[3]及变质热液成矿^[4]等。该矿床兼具石英脉型和蚀变岩型矿化特征, 加强矿床成矿系统^[5]的综合分析对成矿理论以及在矿区及其外围找矿都有重要意义。

1 区域地质背景

北山位于蒙甘新相邻地区, 已发现大、中、小型金矿床 20 余处, 矿点约 180 余处, 大量金矿床(点)、众多金的局部和区域化探异常已显示出该区应当是金的矿化集中区。

金窝子金矿床产于北山金窝子晚古生代裂陷带马莲井复向斜中部。由于晚古生代早期拉张作用, 沿裂陷带发生了大规模的中基性和中酸性火山活动, 形成了上泥盆统金窝子组火山碎屑岩-沉积岩, 是区内重要赋矿岩系; 石炭纪区域构造运动由拉张转入以地壳挤压为主, 火山活动和沉积作用不发

育, 岩浆活动主要以侵入为主, 形成了规模不一的岩体, 这些岩体既是金成矿的物质提供者之一, 也是区内重要的赋矿岩石; 早二叠世区域构造运动表现为以地壳拉张为主, 尤其在裂陷带东段地壳的引张作用更为强烈, 形成了菊石滩期火山岩和火山碎屑岩, 双堡塘期出现了巨厚磨拉石堆积, 并有强烈的双峰式火山活动, 交替形成了巨厚的流纹岩和玄武岩及安山岩; 晚二叠世区域构造运动进入了强烈挤压过程, 形成了一系列褶皱构造和韧性低角度逆冲断裂及其上盘中的高角度逆冲断裂, 并在地壳较浅层次形成了一系列与主逆冲断层近于垂直的高角度张性-张扭性断裂, 这些断裂构造为金矿床的形成提供了重要场所。哲斯期结束了裂陷盆地的演化历史, 沉积了粗碎屑砂岩和砂砾岩。之后的区域地质构造活动主要表现为差异断块升降运动。

2 矿床特征

2.1 矿区地质

金窝子金矿区主要发育上泥盆统金窝子组, 其

收稿日期: 2003-02-17; 修回日期: 2003-06-15

基金项目: 国土资源大调查项目(K1 3 32)资助

作者简介: 李景春(1963-), 男, 1984年毕业于武汉地质学院, 现为沈阳地质矿产研究所副研究员, 东北大学博士研究生, 主要从事区域成矿研究。

下部主要为酸性火山碎屑岩夹正常沉积碎屑岩,是矿区内含蚀变破碎岩型矿体的主要赋矿岩石,分布于矿区中南部;上部主要以砾岩、凝灰质砂岩夹薄层凝灰质灰岩和页岩等组成,发育于矿区西北侧(图 1)。

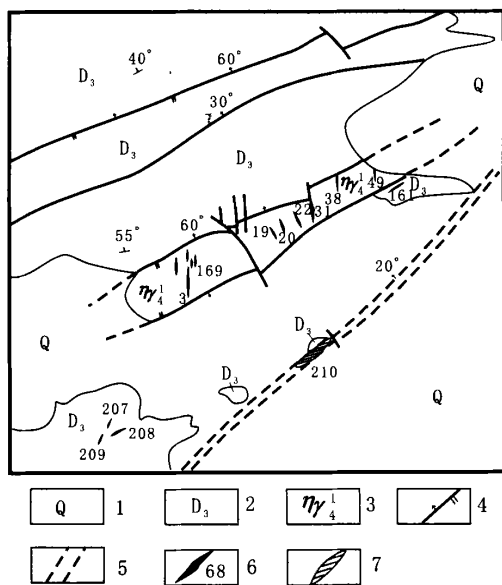


图 1 金窝子金矿床地质略图

Fig 1 Geological outline of Jinwozi gold deposit

1 第四系; 2 上泥盆统碎屑岩、火山碎屑岩; 3 华力西期黑云母二长花岗岩; 4 断层; 5 破碎带; 6 含金石英脉; 7 含金蚀变岩

矿区断裂构造十分发育,在自北向南的逆冲推覆体制下,形成了一系列韧性低角度逆冲断裂及其上盘中的高角度逆冲断裂,并在低角度逆冲断裂上盘形成了压性叠瓦状断裂和一系列与主逆冲断层近于垂直的高角度张性-张扭性断裂。主逆冲断裂发育于岩体与地层接触带及地层中,走向为NE—NEE向,倾向NW,倾角60°左右,表现为规模较大的挤压破碎带和糜棱岩带。高角度张性-张扭性断裂是重要控矿构造,目前所见的含金石英脉主要充填于高角度张性-张扭性断裂中,走向为近SN向,倾角70°~85°或近于直立,这些断裂裂隙多被石英脉或脉岩所充填。这种构造性质的差异可能是在南北向挤压应力作用下,由于变形地质体所处的深度不同及地质体的物理性状不同所致;低角度逆冲断裂主要控制了含金破碎蚀变岩的发育,主要分布在矿区南侧,在矿区北侧也有所见,但其规模都不

大,金品位较低;压性叠瓦状断裂不含矿。

矿区内主要出露金窝子黑云母化二长花岗岩体,此外,在岩体内脉岩非常发育,主要有辉绿岩脉、闪长岩脉、花岗岩脉等。岩体主体为黑云母二长花岗岩,岩石化学特征表明,该岩体为S型钙碱性岩石。岩体全岩K-Ar同位素年龄为375 Ma(胡霏琴等,1982),锆石U-Pb年龄为358.6 Ma(胡霏琴等,1986),全岩Rb-Sr等时线年龄为354.1 ± 31 Ma^[1]。

物探资料表明,金窝子岩体的南侧、北侧及西侧均有与金窝子岩体相似的隐伏岩体存在,并在南侧已被钻探证实^[2]。

2.2 矿化特征

金窝子矿区金矿体主要为含金石英脉,其次为含金蚀变岩。前者主要分布在矿区中部黑云母二长花岗岩中,构成石英脉型矿带;后者主要发育于矿区南部构造带中,即所谓210矿带。

矿石类型主要为含金石英脉型和含金蚀变岩型。石英脉型矿石呈半自形-他形粒状结构,块状、星点状构造,星点主要为金属矿物所显示。矿石中有用金属矿物为自然金和银金矿,其他金属矿物主要为黄铁矿,其次为闪锌矿、方铅矿、辉锑矿、黝铜矿、辉铋矿、黄锡矿、白铅矿、辉铜矿等;脉石矿物主要为石英(约占88%),其次为少量方解石、绿泥石、绢云母等;次生矿物有铜蓝、孔雀石、褐铁矿、蓝铜矿等;蚀变岩型矿石主要为含金蚀变糜棱岩化沉凝灰岩,矿石呈半自形-他形粒状结构,网脉状、细脉状、浸染状构造,网脉、细脉主要为石英细脉及金属矿物组成,金属矿物也呈浸染状分布于矿石中。金属矿物主要为自然金、黄铁矿、闪锌矿、黄铜矿、方铅矿、白钨矿、孔雀石、褐铁矿,脉石主要为糜棱岩化沉凝灰岩,也有热液所形成的石英和方解石。

矿石中金矿物为自然金与银金矿,成色为774~864,粒度以显微级为主。它们在矿石中的赋存形式有以下几种:在石英及黄铁矿中呈包体;在石英与黄铁矿粒间呈不规则粒状或细脉状;在黄铁矿和其他硫化物的裂隙中呈细脉状或发丝状;在石英晶洞中呈壳膜状或晶簇状;呈不规则粒状与白铅矿细脉穿插在黄铁矿颗粒之中,其中以以前两种赋存形式最为常见。可见,黄铁矿和石英是矿石中主要载金矿物。

成矿期的热液蚀变十分强烈, 且石英脉型矿体和蚀变岩型矿体的近矿围岩蚀变十分相似, 自矿体向外, 大致可分出两个蚀变带, 即黄铁绢英岩化带和绿泥石-碳酸盐化带。黄铁绢英岩化与金矿化的时空关系十分密切。

3 成矿要素

3.1 成矿物质来源

成矿物质来源问题是认识金窝子金矿床成因的重要因素, 下面从金的分布特点及稳定同位素特征等方面对矿质来源加以分析。

3.1.1 金丰度对比

金窝子组的各类岩石含金都较地壳上同类岩石要高。经测定金窝子组上部碎屑岩中金的丰度为 $(3.6 \sim 10.3) \times 10^{-9}$, 平均为 8.9×10^{-9} ; 其下部的火山碎屑岩类金的丰度更高, 为 $(7.7 \sim 10.53) \times 10^{-9}$ 。可见, 金窝子组已构成了含金建造, 它既是金矿化的有利围岩, 也是金成矿的重要物质场。

金窝子岩体中 Au、Ag、Pb、Zn 含量高, 分别为 0.0085×10^{-6} 、 1.50×10^{-6} 、 26.2×10^{-6} 、 82.2×10^{-6} , 可见金窝子岩体为金成矿的重要矿源岩之一。

上述表明, 金窝子组和金窝子岩体均为金的高背景区, 二者应当是金窝子金矿床成矿物质的重要提供者之一。

3.1.2 铅同位素

对矿石中与金矿物相伴的金属硫化物铅同位素组成的测定结果表明, 矿石铅同位素组成变化不大, 反映了同位素交换反应比较彻底, 铅源区比较单一。铅同位素比值主要分布在造山带演化线和地幔演化线之间。这些特征说明成矿过程有深源流体的加入, 矿质具有一定程度的深源性。

3.1.3 硫同位素

石英脉型矿石中与金伴生的金属硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 平均为 $+5.16\text{‰}$ (10 个样品), 蚀变岩型矿石中硫化物 $\delta^{34}\text{S}$ 平均为 $+5.16\text{‰}$ (10 个样品), 这些特点显示了硫源具有一定程度的幔源性, 但赋矿地层中含金石英网脉硫化物硫同位素组成 $\delta^{34}\text{S}$ 平均为 $+$

6.76‰ ^[1], 可见矿区内硫同位素组成均一化程度较高, 显然, 成矿流体中应当有大气水的加入, 表明矿质既有深源物质, 也有地层中的矿质加入。

结合上述多方面分析, 我们认为金窝子金矿床金的来源应与印支期岩浆活动有关, 同时也有地层和金窝子岩体提供。

3.2 成矿流体

3.2.1 流体包裹体特征

通过对两种矿化类型的石英流体包裹体成分测定结果表明, 石英脉型矿石与蚀变岩型矿石的流体包裹体成分非常相似, 包裹体成分主要为 H_2O , 其次为 CO_2 , $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ 克分子比为 $0.017 \sim 0.054$, 其他成分微量, 主要成分表明, 成矿流体为偏碱性。对两类矿石中石英流体包裹体爆裂温度和均一温度的测定, 均一温度为 $1210 \sim 3550^\circ\text{C}$, 成矿压力为 $20 \sim 30 \text{ MPa}$ ^[6]。

3.2.2 流体氢氧同位素组成

石英脉型矿石中石英氧同位素组成 ($\delta^{18}\text{O}$) 为 14.10‰ (5 个样品), 成矿流体的 δD 为 -79.10‰ ; 蚀变岩型矿石中石英氧同位素组成 ($\delta^{18}\text{O}$) 为 13.18‰ (5 个样品), 成矿流体的 δD 为 -89.10‰ 。石英及其流体包裹体的氢氧同位素组成表明, 成矿流体不是典型的岩浆热液, 结合区域地质背景考虑, 成矿流体应当为岩浆热液与大气水的混合物。

3.3 成矿能量场

流体包裹体均一温度在空间上变化不大, 由浅到深略呈降低的趋势, 但从地表向下均一温度的峰值增多, 总体上地表温度多在 $270 \sim 291^\circ\text{C}$, 深部则明显出现两个峰值, 即 $132 \sim 173^\circ\text{C}$ 和 $291 \sim 340^\circ\text{C}$ 。均一温度的这种空间分布形式指示成矿流体是由深部向上运移的。

3.4 成矿空间

区内发育一系列韧性低角度逆冲断裂及其上盘中的高角度逆冲断裂, 并在低角度逆冲断裂上盘有压性叠瓦状断裂和一系列与主逆冲断层近于垂直的高角度张性-张扭性断裂。这些断裂是在统一的近南北向挤压体制下形成的。韧性低角度逆冲断裂和高角度张性-张扭性断裂中发育金矿化, 在低角度逆冲断裂上盘的压性叠瓦状断裂中不发育金矿

化。

3.5 成矿时代

矿石中方铅矿等矿物铅同位素组成测定结果表明成矿年龄为 235~240 Ma, 应属印支期。此外, 最新的测年结果也表明石英脉型矿化和蚀变岩型矿化都发生在印支期, 含金石英大脉的石英流体包裹体 Rb-Sr 等时线年龄为 228 ± 22 Ma, 含金石英网脉中石英流体包裹体的 Rb-Sr 等时线年龄为 230 ± 5.7 Ma^[7]。

上述资料表明, 金窝子金矿床形成于印支期, 矿化年龄为 228~240 Ma, 矿化与金窝子岩体的侵

位存在较大时差, 结合区内隐伏岩体的存在^[5], 推断金矿化的发生主要与金窝子岩体侵位之后岩浆活动所引起, 即存在于一定深度的岩浆房具有成矿潜力。

4 成矿系统模型

我们结合区域地质背景及其演化、矿化特征及各成矿要素特点, 提出金窝子金矿床“深源(浅源)—岩浆富集—构造控位控型”的成矿系统模型(图 2)。

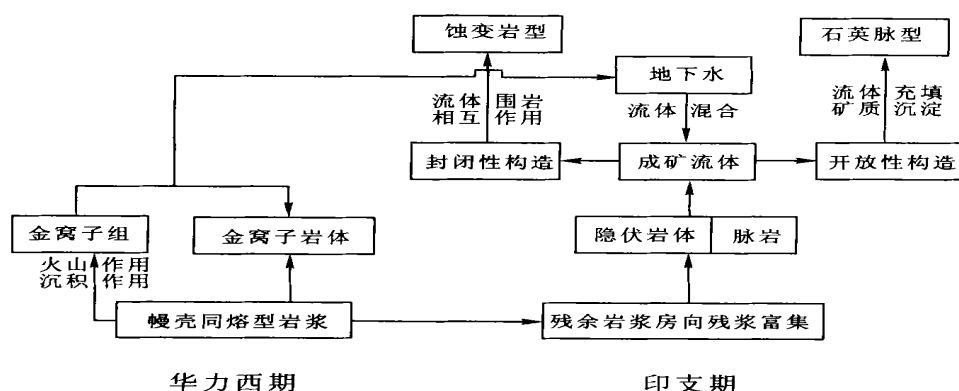


图 2 金窝子金矿床成矿系统模型

Fig 2 Model of metallogenetic system for Jinwozi gold deposit

晚古生代早期的区域性拉张作用使得沿裂陷带发生了大规模的中基性和中酸性火山活动, 加之石炭纪区域挤压背景下的岩浆侵入活动形成了含金建造; 晚二叠世区域构造运动进入了强烈挤压过程, 在持续挤压的构造应力作用下, 岩浆活动早期分异出的流体处于相对封闭的系统中, 流体沿岩石粒间空隙上升进行融蚀交代, 形成了体积式的热液蚀变及大面积的钠化, 同时使岩石中的成矿物质得以活化。随着挤压的进一步发展, 岩层的褶皱已不足以释放挤压应力, 便形成了一系列韧性低角度逆冲断裂及其上盘中的高角度逆冲断裂, 并在低角度逆冲断裂上盘形成了压性叠瓦状断裂, 在较浅层次则形成了一系列与主逆冲断层近于垂直的高角度张性-张扭性断裂和背斜核部的横张断裂, 在岩体中形成了张裂和剪切裂隙构造, 导致流体系统成为受断

裂控制的半开放体系。此时从热液活动中心沿断裂上升的流体由于早期碱质的逸出而演化为含有更多酸性组分的热流体。半开放体系使流体的酸、碱体适度分异, 并在进一步开放的高角度张性-张扭性断裂和背斜核部的横张断裂裂隙中沉淀形成含金石英脉; 在低角度逆冲断裂带中, 由于断裂产状较为平缓, 沿断裂面具有一定程度的张扭或扭张性, 成矿流体得以进入构造带, 但由于总体上属于压扭性, 所以流体不能大量进入且不具备足够的存储空间, 因此只能与围岩发生交代反应而形成含金蚀变岩, 但在局部张性较大的部位形成了交代-充填含金石英细脉和网脉。而在低角度逆冲断裂上盘形成了压性叠瓦状断裂中, 由于其产状较陡, 断裂面处于最大应力面内, 断裂为挤压封闭状态, 故不发育金矿化。哲斯期结束了裂陷盆地的演化历史, 之后

的区域地质构造活动主要表现为差异断块升降运动, 区域性的抬升使得金矿床出露于地表。

5 结论

金窝子金矿床矿化的主控因素华力西期—印支期花岗岩系统和低角度韧性断裂及其次级高角度张性-张扭性断裂系统, 矿化类型受构造应力场和断裂力学性质控制。大量地质事实及同位素测年结果表明, 成矿作用发生于印支期。据此, 笔者认为金窝子金矿床的成矿系统模型为“深源(浅源-岩浆富集-构造控位控型”。按照这一成矿系统模型, 本区的进一步找矿工作应当集中于韧性低角度逆冲断裂和与主逆冲断层近于垂直的高角度张性-张扭性断裂发育地段, 矿化类型应当以含金蚀变岩和含金糜棱岩为主, 同时注意含金石英脉型。

参考文献:

- [1]陈富文, 李华芹, 等. 新疆东部金窝子金矿成因讨论——同位素年代学证据[J]. 地质论评, 1999, 45(3): 247-253
- [2]王虹. 金窝子金矿床动力热液成矿雏议[J]. 新疆地质, 1993, 11(1): 63-67.
- [3]杨文勇, 潘富生, 贾书震, 等. 东疆地区金矿成矿特征及找矿方向[J]. 西北地质, 1991, 12(4): 14-19
- [4]曹正中. 金窝子金矿成因分析[J]. 新疆矿产地质, 1990, (1-2): 45-50
- [5]翟裕生, 邓军, 李晓波. 区域成矿学[M]. 北京: 地质出版社, 1999. 15-19
- [6]张巨庆. 哈密金窝子矿区找矿预测综合模型[J]. 桂林冶金地质学院学报, 1991, 11(3): 298-307.
- [7]席小平. 金窝子岩体的地质特征及找金方向[J]. 新疆地质, 1997, 15(1): 76-83

Analysis of metallogenic system in Jinwozi gold deposit, Beishan

L I Jing-chun^{1,2}, ZHAO A i-lin², J N Cheng-zhu¹, L I Cun-you²

(1. Institute of Resources and Civil Engineering, Northeast University, Shenyang 110004, China;

2. Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, CGS, Shenyang 110033, China)

Abstract: The Jinwozi gold deposit occurred in Hercynian biotite adamellite and Jingwozi Formation (Upper Devonian). Its mineralization type is the quartz-vein one and the altered-rock one. This study reveals that a granitic magma system, and low-angle ductile-brittle fault and high-angle extension-tension-shear second order fault system closely associated with the mineralization in terms of space, time and materials, accounts for the gold mineralization. The mineralization types are controlled both by the tectonic stress field and the fracture mechanic property.

Key words: Jinwozi gold deposit; metallogenic system; Beishan