

吉林五凤—五星山低硫型 浅成热液金矿床地质特征与成矿条件

冯守忠^①

(吉林矿产地质研究所, 长春 130012)

摘要 五凤—五星山金矿床属中生代陆相火山岩低硫型浅成热液型金矿床。侏罗系上统金沟岭组火山岩为其主要矿源层, 矿体受火山机构的断裂、裂隙和次火山岩脉内外接触带控制。碱长花岗岩侵入金沟岭组底部, 为金矿形成提供了热源。成矿作用主要在低压、中性介质和弱氧化、超浅成条件下进行。金矿一般富集于矿体上部; 矿体转弯、膨大处及分支复合处; 强冰长石绢云母硅化蚀变岩中; 含细粒黄铁矿的方解石石英脉; 辉银矿集中地段。

关键词 低硫型 浅成热液型 金矿床 吉林五凤—五星山

1 控矿地质条件

矿区位于内蒙—兴安华力西期褶皱带内的延吉内陆断陷盆地北缘。矿区南部出露侏罗系上统火山岩和白垩系下统陆相沉积岩, 北部出露碱长花岗岩。成矿与上侏罗统金沟岭组(J_{3j})火山岩有关, 矿床严格受断裂构造控制(见图 1)。

1.1 控矿火山岩特征

1.1.1 火山岩地层和岩石类型 矿区出露的侏罗系上统金沟岭组火山岩, 是主要赋矿围岩, 岩层总厚约 1200m, 总体走向 NNW, 倾向 NE, 倾角 25—80°, 产状和厚度变化大, 从岩石特征看, 由上到下分为两个岩性段:

上部火山熔岩段, 出露广泛, 超覆在下部火山岩之上, 有石英角闪安山岩、斜长角闪安山岩、安山质角砾熔岩和熔角砾岩。

下部火山熔岩—碎屑岩段, 自上至下有: 安山质集块岩夹安山质角砾岩、石英安山岩和辉石安山岩、安山质凝灰角砾岩夹集块岩、无斑安山岩、安山质集块岩夹角砾岩、层凝灰质砂质复成分砾岩。

(1) 金沟岭组火山岩岩石化学特征见表 1:

①岩石化学组合类型, 属玄武安山岩—安山岩—石英安山岩型组合。

① 收稿日期: 1998—01—12, 1998—03—16 日改回。

作者简介: 冯守忠, 男, 1934 年生, 1954 年毕业于东北地质学院地质系, 现为吉林矿产地质研究所高级工程师, 从事矿床地质研究工作。通讯地址: 长春南湖大路 32 号; 邮政编码: 130012。

表 1 金沟岭组火山岩岩石化学特征表

Table 1 Chemical characteristics of volcanic rocks of Jingouling Formation

岩性段	样数	岩石化学平均值(重量%)											
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	
上段	7	65.00	0.60	15.94	2.96	0.87	0.06	1.33	3.62	4.10	2.71	0.23	
下段	2	56.82	0.84	17.81	4.54	2.21	0.11	3.05	7.51	3.63	1.40	0.25	

岩性段	岩石化学特征值											
	AR	δ	τ	SI	MF	FL	OX°	K ₂ O+Na ₂ O	K ₂ O/Na ₂ O	P	ρ	
上段	2.07	2.11	19.73	11.11	74.22	65.29	0.74	6.81	0.66	60.87	2.61	
下段	1.46	1.64	16.88	20.95	68.88	38.79	0.64	4.76	0.39	62.60	2.31	

注:长春地院测试中心探针室 1985

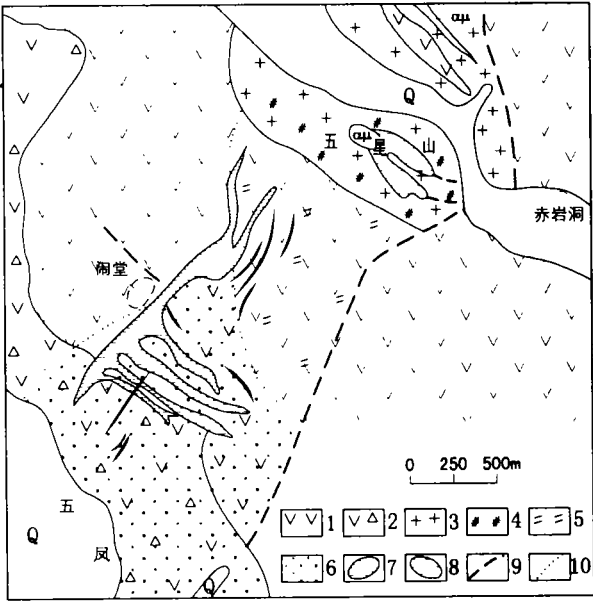


图 1 五凤—五星山金矿区地质图

Fig. 1 Geological map of Wufeng - Wuxingshan gold deposit

- 1—金沟岭组上段安山岩、石英安山岩;
2—金沟岭组下段火山碎屑岩;
3—碱长花岗岩;4—绢英岩化带;
5—硅化—水云母化带;
6—硅化—冰长石化—沸石化带;
7—破碎蚀变带及含金石英脉;
8—网脉浸染状矿体;9—断裂;
10—蚀变带界线;Q—第四系;
τ—一次粗面安山岩;α—一次安山岩

②ρ、P、AR 等特征值,说明属钙碱性质。

③MF、FL、K₂O/Na₂O 等数值的变化,说明此套火山岩自早至晚镁质降低,碱质增高,至晚期钾含量更高。

④Si 值的变化,说明火山岩浆分异较好,至晚期分异程度更高。

⑤OX°,自早至晚逐渐增大,与标准喷出岩相比较接近,晚期氧化程度增高。

⑥τ、δ 的对数值,投在戈蒂尼—里特曼图的 B 区,说明其形成于活动强烈的构造环境。

(2)金沟岭组火山岩中微量金分析结果:均值 0.02,最高 0.124,是维诺格拉多夫(1962)基性岩均值的 35 倍和 20.7 倍,与矿区其他岩石类型(主要是钾质花岗岩)相比,高数倍。上述表明这套火山岩是矿质的主要来源。

(3)金沟岭组火山岩中⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 初始比值为 0.7039—0.7055,与大洋玄武岩和岛弧安山岩的比值十分接近。因此,可以认为这套火山岩的原始岩浆源于上地幔。

1.1.2 次安山岩 仅见于五星山矿段,呈上宽下窄不规则脉状侵入于细粒花岗岩和粗粒碱

长花岗岩中,其走向NW,近于直立,内接触带见大小不等,形态不一的花岗岩砾石,说明它是沿张性破碎带贯入的。前人曾将它误认为是花岗岩的捕虏体。据野外观察和镜下鉴定证实次安山岩中有花岗岩的捕虏体。两类岩石同时破碎,被矿化冰长石石英方解石细脉穿插。

次安山岩中微量元素丰度($\times 10^{-6}$)Au 0.22, Ag 0.65, Cu 9.5, Sb 0.73, Pb 16.1, Zn 29.0;金的丰度同南矿段金沟岭组火山岩相同。

1.2 控矿构造特征

矿体严格受断裂、裂隙和次火山岩脉内外接触带控制。以中部成矿后断裂破碎带为界分为南、北两矿段,其控矿构造特点有所不同。

1.2.1 北矿段(五星山) 此矿段产于张性断裂破碎带中,该带宽几米至几十米,上宽下窄,北西宽,南东窄,控制的长度和深度分别为200m和300m,走向300—320°,倾向SW,倾角70—90°。其中有构造角砾岩和大的“中石”存在,并被次安山岩脉充填。矿体赋存于次安山岩脉接触破碎带中。

1.2.2 南矿段(五凤) 该矿段受NE向“S”形张扭性和NW向弧形张性等同期形成的两组断裂控制。

①NE向断裂 NE向一号主断裂长约2000m,深大于600m,倾向NW,倾角40—50°,沿走向和倾向均呈波状弯曲,当走向由NE转向NNE向和沿倾向倾角变陡处矿脉膨大。表明它是追踪两组扭裂面的张扭断裂。

在NE向一号断裂两侧,还分布若干被矿化石英方解石脉充填的断裂和裂隙。

②NW向断裂 该断裂由数条规模不等,近平行的一组弧形扭断裂组成。断裂分支复合明显,羽状分支裂隙发育,多处见有围岩碎块堆积的蚀变矿化角砾岩,说明系一组张扭性断裂。

NW向一号断裂长大于1400m,宽几米至100m,延深大于120m,上宽下窄,走向为270—330°,倾向SW,倾角60—90°(上陡下缓)。断裂带内有角砾岩,并被矿化石英方解石脉穿插。

NW向二号断裂位于NE向一号断裂上盘,长大于100m,延深大于250m,由东向西走向变化为280—300—340°,倾向SW,倾角40—60°。

2 矿床特征

2.1 矿体

南矿段——五凤脉状矿体 主要受NE向和NW向两组断裂控制,矿脉与母岩界线清楚。矿体多呈脉状,而在两组矿脉交汇处出现囊状矿体,在厚矿脉旁侧蚀变岩石中有细脉浸染状矿化。

(1)五凤NE向脉状矿体 此矿段圈定18条矿脉,其中一号主矿脉长约2000m,一般宽0.5—1m,局部膨大达3—8m,厚度变异系数0.49。走向30—40°,倾向NW,倾角40—50°,弯度较大,其它17条矿脉,单脉长40—50m,宽0.1—2m,拐弯处分支明显。

(2)五凤NW向脉状矿体 NW向矿脉已知有20余条,其中一、二号矿脉为主。

一号矿脉:地表由3—7条单脉和若干支脉组成宽5—6m的脉带,单脉宽0.6—1.8m,与NE向脉交汇处膨大至4—10m,长大于900m,走向310—330°,倾向SW,倾角60—90°(上缓下陡),矿脉形态复杂。

二号矿脉:受 NW 向二号断裂控制,脉体隐伏地下,单脉宽 0.1—2m,脉带宽 4—6m,长大于 100m,脉体形态复杂,单脉,平行脉,网脉交替出现。

北矿段—五星山 NW 向网脉浸染状矿体

主要矿体分布在次安山岩与细粒花岗岩内外接触带上(见图 2)。

目前在南侧接触带(宽 50—60m 的蚀变破碎带),圈出矿体 3 条,在糜棱岩化细粒花岗岩中呈脉状密集分布,在碎裂碱长花岗岩中呈粗而稀疏的网脉,而在次安山岩中的细脉则为密集近似平行产出。

2.2 矿化类型

依据矿体形态和矿化特点,可将本区矿体划分为网脉浸染状和脉状两个类型。

(1)网脉浸染型矿体

矿体由分布在强蚀变岩石中的冰长石石英细脉和冰长石石英方解石细脉等组成。单个细脉宽 $<1-1\text{mm}$,个别达 3—10mm,在 1m 厚蚀变岩中,密者网脉约占 1/2,稀者只 1、2 条。

(2)脉型矿体

该类型矿体是由先后不同阶段形成充填在断裂裂隙中的①块状石英;②玉髓状石英;③冰长石—方解石—石英;④萤石—方解石—石英等四类脉体构成。四类脉间有穿切现象。其中以①、③类脉规模最大,延长、延深较稳定,金属硫化物含量较高,含金性较好。

2.3 矿石特征

(1)矿石矿物成分

矿石成分复杂,有金银矿、金银矿、自然金、碲金矿、碲金银矿、自然银、辉银矿、碲银矿、黄铁矿、磁铁矿、闪锌矿、方铅矿、赤铁矿、黄铜矿、黝铜矿、辰砂等;副矿物为磷灰石、蛋白石、玉髓、榍石;蚀变矿物高岭土、绢云母。

(2)矿石结构构造

矿石结构构造复杂,主要有他形半自形粒状和显微粒状、胶状,同心环状、填隙交代等结构;条带状、块状、细脉浸染状、角砾状、梳状和晶洞状构造。

(3)矿石主要化学成分

主要有用元素 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、Te、Se、Hg、Co、Ni、Mo、As 等含量很低。

金品位:北矿段 $1 \times 10^{-6} - 410 \times 10^{-6}$,南矿段 $1 \times 10^{-6} - 31.27 \times 10^{-6}$; Ag: Au=1:1—20:1,一般 6:1,最高 60:1。

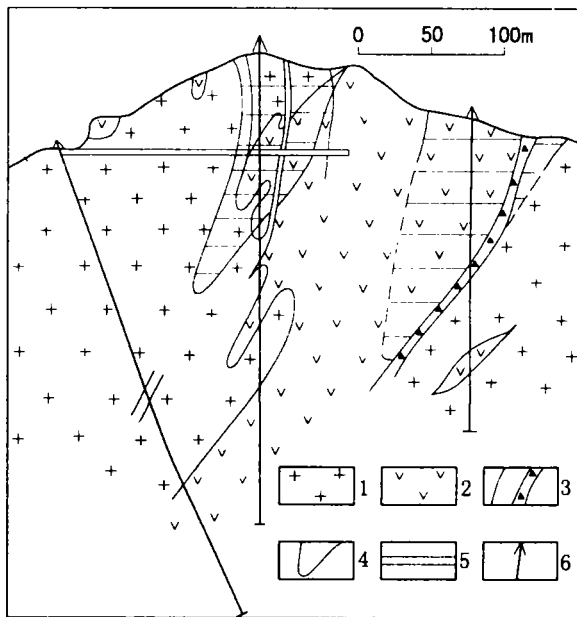


图 2 五星山矿体剖面图

Fig. 2 A geological section for Wuxingshan orebody

1—钾质花岗岩和细晶花岗岩;2—次安山岩;

3—断层破碎带;4—矿化带和矿体;5—坑道;6—钻孔

2.4 金的富集规律

①金富集在矿体上部,在矿脉拐弯、膨大、分支复合处,尤以 NE 脉和 NW 脉交汇处更富集。

②强硅化—绢云母化—冰长石化蚀变岩中,有细粒黄铁矿和硫化物和方解石石英脉或网脉分布时,金更富集。

③金属硫化物种类和数量增多处,金富集。

④在冰长石聚集,且与细粒方解石共生处,金含量高,若其中有晶洞,晶簇构造时更好。

⑤Au 和 Ag、Cu、Hg、Mn 等元素呈正消长关系。

3 矿床成因

(1)含盐度 盐度变化范围为 0.5%—5.0%(wtNaCl),平均值为 1.6%,峰值集中于 1.0%—1.5%;反映出为低盐度近地表成矿特点。

(2)成矿温度 矿石中黄铁矿、石英、方解石的包裹体测温结果,均一化温度;北矿段 120—230℃;南矿段 100—180℃;爆裂温度:北矿段 240—350℃;南矿段 240—300℃,为中低温成矿。

(3)成矿压力和深度 利用纯水包裹体和 CO₂ 的三相包裹体部分均一温度,对矿床形成的压力进行估算,所得压力范围为 4.0×10^7 — 6.8×10^7 Pa;捕获温度为 270℃,与包裹体测温结果相似,深度约在 1.2 km。从而间接证实,上述初始压力和深度的估算是可信的。

(4)稳定同位素特征

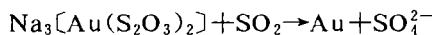
①硫同位素 矿石中黄铁矿的硫同位素 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 1.0‰—2.6‰,平均 1.7‰,接近陨石硫。硫同位素分布集中,说明本区具同一硫源,因此,可以认为组成矿石中的硫,主要来自上地幔。

②氢氧同位素 矿物包裹体的 δD 变化范围为—66‰——98‰,陨石和钾长石的 $\delta^{18}\text{O}$ 分别为 4.4‰和 3.9‰,根据矿物—水关系式计算的流体 $\delta^{18}\text{O}$ 变化范围为 3.18‰——7.25‰,平均—5.07‰。由此,可见 δD 和 $\delta^{18}\text{O}$ 变化不大,说明流体基本上来源于大气水,与围岩的同位素交换作用不明显。五凤矿段的热液流体远离原生岩浆水区,与西内华达的浅成低温热液矿床的氢氧同位素变化范围较为一致,因此,五凤金矿属典型低硫型浅成中低温热液型金矿床,流体来源于天水。

③碳同位素组成 南部矿区矿脉中方解石的 $\delta^{13}\text{C}$ 值变化于—6.9‰——9.4‰之间,平均为—8.0‰,与深成碳 $\delta^{13}\text{C}$ 值(平均—7‰)接近,少部分有生物成因的有机化合物($\delta^{13}\text{C}$ = —25‰)混合。因此,推测热流体中的碳主要为深成碳,也就是说循环的大气水过滤萃取火山岩(幔源)中的碳和少量地壳围岩中有机碳形成含碳矿物。

五凤金矿床的成矿溶液属于 $\text{K}^+ - \text{Na}^+ - \text{SO}_4^{2-} - \text{Cl}^-$ 型水。在高温($>300^\circ\text{C}$)时溶液呈弱酸性,属还原环境。此时,金的氯络合物具较大溶解度,金可呈 $\text{Na}[\text{AuCl}_2]$ 或 $\text{Na}[\text{Au}^{3+}\text{Cl}_4]$ 形式搬运。但当温度降到 250℃时,溶液接近中性,氯络合物的溶解度大大降低,因此金开始沉淀。由于热液中的阴离子以 SO_4^{2-} 为主,可以推测矿质溶解于硫代硫酸盐溶液中,形成可溶性的 $\text{Na}[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]$ 络合物或溶解于硫酸盐溶液中,形成 $\text{Na}[\text{Au}^{3+}\text{SO}_4]_2$ 可溶性络合物而被迁移。这与实际观察到的褐铁矿化的黄铁矿中见有明金相符合。而且,由于溶液的沸腾,大量 CO₂ 和少量 H₂S 分配到蒸气相中,其简单反应式: $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ (蒸

气), $\text{HS}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{S}$ (蒸气)。因此, 可以认为五凤—五星山金矿床的金是以硫代硫酸络合物形式进行活化迁移的。以硫代络合物形式搬运的金只有到达古地表附近氧逸度高的地方, 才能接受氧化而沉淀。由于硫代络合物被氧化而破坏, 形成硫酸盐。其反应为:



此外, 由于沸腾而使溶液的 PH 值升高, 逐渐显碱性, 就形成冰长石稳定区段, 结果高含量贵金属和高含量冰长石在矿脉中一起出现, 形成闹堂式矿体, 由此, 可推断五凤—五星山金矿床为典型低硫型浅成中低温热液型金矿床。

4 参考文献

- 1 张炳喜, 陈毓川. 成矿模式与成矿关系. 当代地质科学动向. 北京: 地质出版社, 1987
- 2 魏菊英, 王关玉. 同位素地球化学. 北京: 地质出版社, 1987
- 3 卢焕章. 包裹体地球化学. 北京: 地质出版社, 1979
- 4 朱裕生. 论矿床成矿模式. 地质论评, 1993, 39(3): 218—219

METALLOGENETIC AND GEOLOGICAL FEATURES OF WUFENG -WUXINGSHAN GOLD DEPOSIT IN JILIN PROVINCE

Feng Shouzhong

(Jilin Institute of Geology and Mineral Resources, Changchun 130012)

Abstract

Wufeng-Wuxingshan gold deposit, which occurred in Mesozoic continental volcanic rock, is regarded as an epi-hydrothermal deposit. The main source bed is derived from the volcanic rock of Jingouling formation of upper Jurassic. Ore bodies are controlled by the ring and radial fissures of the volcanic mechanism, the inner and outer contact zones of subvolcanic veins. Alkali-feldspar granite which intruded into the basal position of Jingouling formation provided the main thermal source for gold deposit. Metallogenesis mainly occurs under low pressure-temperature, neutral medium, weak oxidation and ultra-supergene conditions. Gold and silver are relatively enriched in the following parts: ①the upper part of the body; ②the turning corner, expanding part and the intersection of branches in the ore veins; ③strongly sericitized and adularized altered rock; ④calcite quartz veins containing fine grain; ⑤the concentric part of argentite.

Key Words gold deposit subvolcanics volcanic structure Wufeng-Wuxingshan Jilin province