吉东火山岩型金矿床地质特征及控矿因素*

Geological Characteristics and Ore-controlling Factors of Volcanic-hosted Gold Deposits in East Jilin

王晓勇

（武警黄金第三支队，黑龙江 哈尔滨 150049）

Wang Xiaoyong

（No.3 Gold Geological Party of the Armed Police Force，Haerbin 150049, Heilongjiang, China）

摘 要 吉林东部地区火山岩-次火山岩分布较为广泛，金矿床（点）大都赋存在中侏罗—早白垩世火山岩-次火山岩中。通过对主要金矿床的硫、碳、氢氧同位素和稀土元素特征研究分析，认为成矿物质主要来源于上地幔火山作用形成的成矿溶液和火山岩-次火山岩，成矿溶液是岩浆热液和大气降水的混合流体。矿床受火山-次火山岩、区域性深大断裂及次级构造的控制，吉林东部地区金矿床的成因类型为浅—中深成的中低温火山热液矿床。

关键词 金矿床 火山岩 地质特征 控矿因素 吉林

吉林东部地区中生代火山岩分布十分广泛，面积约 8400 km^2，与之有成因联系的金矿床（点）星罗棋布，区内有大、中、小型金矿床及矿点 30 多处（刘文达等，1986）（图 1），是我国中生代火山岩区热液型金矿床典型成矿区之一。

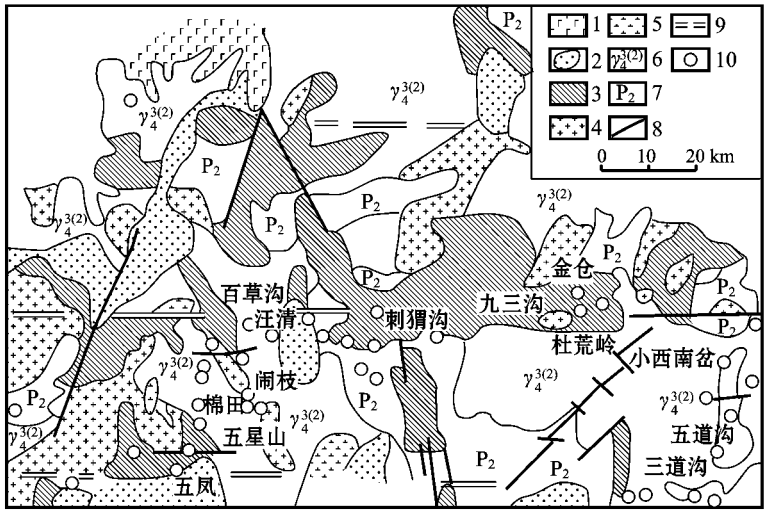


图 1 吉林省东部地区区域地质略图

1－喜山期玄武岩；2－白垩系盆地；3－侏罗系火山岩；4－燕山期钾质花岗岩；5.－燕山期闪长岩；6－华力西期斜长花岗岩；7－二叠系变质岩；8－断裂构造；9－深大断裂带；10－金矿床或矿点

* 本研究是武警黄金指挥部研究课题的部分成果（1999-2000）

第一作者简介 王晓勇，男，1966 年生，高级工程师，从事岩金地质找矿工作。

1 地质特征

1.1 金矿类型

通过对区内 7 个金矿床和大量金矿化点的研究，区内的金矿床可归结为两个类型：① 冰长石-石英-方解石脉型金矿床，即刺猬沟式金矿床。如五凤金矿、五星山金矿和刺猬沟金矿；② 多金属硫化物破碎蚀变岩型金矿床，即闹枝式金矿床。如闹枝金矿、小西南岔金矿、九三沟金矿和杜荒岭金矿。

1.2 典型金矿地质特征

吉林东部地区火山岩型金矿比较发育，目前已发现且研究程度较高的金矿床主要有闹枝、刺猬沟、小西南岔、九三沟、五凤、五星山和杜荒岭等金矿，其地质特征见表 1。

表 1 吉东地区主要金矿床地质特征

矿 床	产出位置	主要控矿构造	矿体形态及规模	赋矿地层及岩性	金属矿物	非金属矿物	围岩蚀变
刺猬沟	汪清—杜荒子火山箕状断陷盆地南部	NNE 向压剪性断裂破碎带	矿体呈脉状，长 70～520 m，厚 0.59～5.4 m，延深 138 m，平均品位 8.06×10^{-6}，金储量 6084 kg	中侏罗统刺猬沟组安山岩及碎屑岩	黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、银金矿、辉银矿、自然金	石英、方解石、高岭石、冰长石、重晶石	硅化、碳酸盐化、绿泥石化、绿帘石化、黄铁矿化、绢云母化
闹枝	闹枝小型断陷盆地西南边部	NW 和近 EW 向压剪性－张剪性断裂破碎带	矿体呈细脉状、浸染状、长数十米至 450 m，厚 1.4～2.2 m，深 110～450 m，品位 2×10^{-6}～10×10^{-6}	早白垩世中性火山岩-次火山岩，海西期花岗闪长岩	黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、银金矿、自然金、闪锌矿	石英、方解石、绢云母	青磐岩化、黄铁绢云化、硅化、碳酸盐化、泥英石化
五凤	延吉火山断陷盆地西北角	NNE 和 NW 向断裂破碎带	矿体呈复脉、网脉状，长 900～2000 m，厚 0.5～1.8 m，延深 250 m，平均品位 1.45×10^{-6}	中侏罗统刺猬沟和下白垩统金沟岭组安山质碎屑岩及熔岩	黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、银金矿、自然金、闪锌矿	石英、方解石、冰长石、绢云母、绿泥石	硅化、黄铁矿化、碳酸盐化、绢云母化、绿泥石化
五星山	新仓—黑林子火山盆地西南缘	NW 向张扭性断裂破碎带	矿体呈细脉状、透镜状，长 85～100 m，平均厚 9.52 m，延深 25～100 m	次火山岩粗安-粗面岩和燕山期花岗岩	黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、银金矿、闪锌矿、褐铁矿	石英、方解石、冰长石	青磐岩化、硅化、黄铁矿化、碳酸盐化
小西南岔	杜荒岭－小西南岔火山盆地南东缘	NNE 向压剪性断裂破碎带	矿体呈复脉状、脉状，长 200～1500 m，厚 0.37～7.00 m，延深 300 m 左右，平均品位 3.8×10^{-6}	燕山期次火山岩花岗斑岩和闪长玢岩	黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、自然金、银金矿	石英、方解石	硅化、黄铁矿、绢云母化、钾长石化

从上述主要金矿床地质特征可以看出，吉东地区火山岩型金矿床具有如下基本特征。

（1）金矿床均位于白垩系火山盆地和断陷盆地中，并产在深断裂和大断裂带附近。

（2）矿体均赋存于火山喷出岩和次火山岩中，部分赋存于基底岩石中（花岗岩类、闪长岩类），严格受各类断裂破碎带控制，多发育在几组断裂构造交汇处、主干断裂沿走向和倾向转弯处。

（3）金矿的成矿一般以中侏罗世、晚侏罗—早白垩世为主要成矿期，而晚侏罗—早白垩世是金矿形成的一个鼎盛期。

（4）金矿床围岩蚀变发育，普遍有早期青磐岩化、中期黄铁绢英岩化、硅化、晚期碳酸盐化。绢云母化-硅化-黄铁矿化、绢云母化-碳酸盐化-黄铁矿化、硅化-冰长石化-黄铁矿化等蚀变组合，是本区主要的近矿围岩蚀变，与金矿化关系密切。

（5）矿体形态类型大致可分为单脉、复脉、网脉和透镜体；矿体规模变化较大，平均品位较低，变化也较大。

（6）本区金矿床矿石成分最显著的特点是以中低温矿物和金、银的碲化物的大量出现为特征。

（7）本区矿石类型有贫硫化物石英方解石脉型和富硫化物破碎蚀变岩型两种。

2 稳定同位素特征

2.1 硫同位素特征

区内各矿床中硫同位素组成（表 2、图略）表明，区内各矿床中矿石的 $\delta^{34}S$ 平均值很低，小于 5‰，极差很小，平均值

接近于 0，均一化程度高，各矿床的硫同位素均具塔式效应，说明矿床中硫具有单一来源的特点，其硫同位素组成与陨石硫类似，说明其来源于上地幔。

表 2　吉东地区主要火山岩型金矿床硫同位素组成

矿床	样品数	$\delta^{34}S$/‰		
		平均值	变化范围	极差
闹枝	33	1.62	2.8～1.5	4.3
刺猬沟	10	−0.76	−3.4～+4.9	8.3
小西南岔	45	+3.72	2.1～4.8	2.7
五凤	5	1.2	3.1～0	3.0
九三沟	15	4.0	2.4～5.0	2.6

注：据吉林地矿局第六地调所资料，1987。

2.2　碳同位素特征

据现有的碳同位素资料❶，闹枝金矿床的成矿作用最晚期方解石的 $\delta^{13}C_{PDB}$=−10.3‰；刺猬沟金矿床中方解石 $\delta^{13}C_{PDB}$ 为−9.5‰～−5.7‰；五星山金矿床中方解石 $\delta^{13}C_{PDB}$=−9.4‰；五凤金矿床中方解石的 $\delta^{13}C_{PDB}$ 为−9.4‰～−6.9‰，平均值为−8.0‰；小西南岔金铜矿床中方解石的 $\delta^{13}C_{PDB}$ 为−3.5‰～−6.8‰。这些主要火山岩型金矿床碳同位素与纯岩浆源碳同位素（−3‰～−7.5‰）（Taylor 和 Gerlach 1988）的值接近，表明碳来源于上地幔。

2.3　氢氧同位素特征

在成矿过程中，成矿溶液是溶解和搬运成矿元素的介质，水是成矿流体的主要成分，研究成矿流体中水的来源，可以部分反映出成矿物质的来源。吉东地区主要金矿床的氢氧同位素资料列于表 3。由表 3 中可以看出，本区火山岩型金矿床氧同位素 $\delta^{18}O$ 值一般平均值为 2.79‰～10.7‰，氢同位素 δD 值一般平均值为−61‰～114‰，相对应的水溶液 $\delta^{18}O_{H2O}$ 的平均值在−8.28‰～4.59‰范围内，说明氧同位素 $\delta^{18}O$ 值一般为正值，$\delta^{18}O$、$\delta^{18}O_{H2O}$ 和 δD 变化范围较大。在同一矿床中（闹枝金矿）在不同的成矿阶段 $\delta^{18}O$ 和 $\delta^{18}O_{H2O}$ 变化较大，这一特征反映了成矿溶液在迁移过程中不同成矿阶段同位素组成不一，亦反映了成矿溶液并非同一来源。将表 3 中的氢氧同位素值投影到 $\delta^{18}O_{H2O}$- δD 坐标图（图略）上，投影点落在岩浆水与大气降水线之间，且大多落在典型岩浆水区域的下方，这表明，本区火山岩型金矿床的成矿流体是岩浆热液和大气降水的混合流体。

表 3　吉东地区主要火山岩型金矿床氢氧同位素组成

金矿（成矿阶段）	$\delta^{18}O$/‰		$\delta^{18}O_{H2O}$ /‰		δD /‰		资料来源
	变化范围	均 值	变化范围	均 值	变化范围	均 值	
小西南岔	4.4～13.0	10.2	−4.3～5.61	2.07	−38～ −80	−61	李荫清，1995
闹枝（Ⅰ）	4.6～9.9	7.52	−4.7～2.99	0.20	−91～ −124	−107	长春地院，1993
闹枝（Ⅱ）		10.7		4.59		−114	长春地院，1993
闹枝（Ⅲ）		7.55		0.54		−97	长春地院，1993
刺猬沟	−1.34～6.18	2.79	−13.0～ -0.56	−8.28	−105～ −94	−99	周永昶，1992
五　风	0.8～4.5	3.1	−6.68～ -3.18	−4.93	−98～ −87	−91	金伯禄，1999

3　稀土元素特征

吉东地区主要火山岩型金矿床矿石 REE 特征值见表 4，可以看出，闹枝金矿床矿石中石英 ΣREE 含量和 Sm/Nd、Eu/Nd、La/Yb、Eu/Sm 等比值都低于刺猬沟金矿床矿石 ΣREE 特征值，均表现为低丰度弱分馏的轻稀土富集型。据 Л В пелровеко 等（1985）的研究，石英中的稀土总量与形成深度有关，浅成条件下形成的石英，其稀土含量较高，表明闹枝金矿床形成深度较大。这与闹枝金矿床成矿深度为 0.6～1.556 km（周永昶等，1992）、刺猬沟金矿床成矿深度为 0.263～1.025 km（金东镐，1980）的结论相一致。La/Yb 在 5.47～15.28 之间，表明火山-次火山岩浆深浅不一（张理刚，1989），说明本区成矿溶液来源于深—浅部幔源火山岩浆。火山岩浆在上升喷溢过程中产生成矿溶液，明显地受大气降水混入的影响。

❶ 李松虎, 金佰禄, 等. 1999. 延边朝鲜自治州金及多金属矿产找矿方向研究.

表 **4** 吉东地区主要金矿床矿石 REE 特征值

金矿名称	测定矿物	ΣREE/10^{-6}	Sm/Nd	La/Sm	Eu/Nd	La/Yb	Eu/Sm	资料来源
闹枝	石英	1.07	0.26	3.46	0.13	5.47	0.51	俞保祥等，1993
刺猬沟	石英	3.16	0.28	3.20	0.30	15.28	1.08	俞保祥等，1993
	黄铁矿	30.62	0.22	2.84	0.27	5.53	0.26	周永昶等，1992

4 控矿因素

4.1 火山-次火山岩的控制作用

吉东地区已发现的与火山-次火山岩有关的金矿大都产于中侏罗统屯田营组和晚侏罗—早白垩统金沟岭组火山岩中，这与侏罗纪火山岩浆活动最为强烈有关。从赋矿围岩金含量上看（见表 5），其金含量明显高于地壳丰度（3.5×10^{-9}）和上地壳丰度（1.8×10^{-9}），说明赋矿火山-次火山岩本身就是矿源层。火山作用形成的含金热液流体（来源于上地幔）在火山-次火山岩的断裂破碎带中迁移，在交代蚀变作用下促使火山-次火山岩中的金进一步富集，在有利地质环境中沉淀形成金矿。

表 **5** 吉东地区主要金矿床火山-次火山岩金含量 $w_B/10^{-6}$

岩 性	闹枝金矿	刺猬沟金矿	五星山金矿	小西南岔金矿	九三沟金矿	资料来源
火 山 岩	14.0	19.0	2.6		10.0	俞保祥等，1993
次火山岩	14.2	23.0	22.0	24.0		俞保祥等，1993

4.2 构造对金矿的控制作用

吉东地区与火山岩-次火山岩有关的金矿明显受区域性深大断裂及次级构造的控制。

对区域性深大断裂与矿床（点）分布之间关系的研究发现，区域性深大断裂不仅控制了火山岩-次火山岩的分布，而且控制了与火山岩-次火山岩有关的金矿床（点）分布，大部分金矿床（点）明显集中在 3 条东西向深大断裂带之间的隆起上或断裂带附近，构成区内近东西向的成矿带（见图 1）。区域性深大断裂决定了火山热液型金矿形成的地质环境，为含矿热液的迁移提供了通道。

区内次级构造主要为断裂破碎带和火山管道，它们控制着金矿床（点）矿体的产状和形态。在中侏罗世火山岩中，断裂带以 NNE 向为主，EW 向次之；在晚侏罗—早白垩世火山岩中，断裂带以 NW 向为主，EW、NE 向次之。区内主要金矿床的控矿断裂性质以压性、压扭性为特征，从而导致控矿断裂内矿体从平面上和剖面上呈分枝复合、尖灭再现或尖灭侧现的变化。次级构造还为含矿热液运移、富集、沉淀提供了通道和空间，是金矿形成的重要因素。

5 结 论

（1）该区火山岩型金矿床（点）在时空分布上与中生代火山-次火山岩关系密切。

（2）从硫、碳及氢氧同位素组成和稀土元素特征上看：该区金矿床成矿物质来源于上地幔火山作用形成的含金热液，同时有金含量较高的火山-次火山岩中金的加入；成矿流体是火山岩浆热液和大气降水的混合流体。

（3）该区火山岩型金矿床的控矿因素主要为火山-次火山岩、区域性深大断裂及次级构造。

（4）区内金矿床成因类型为浅—中深成矿的中低温火山热液矿床。

参 考 文 献

刘文达，胡连胜. 1986. 吉林延边与金矿有关的火山岩的岩石特征及成岩问题讨论. 见：长春黄金研究所编. 金银矿产选集（第六集）. 133～143.

张理刚. 1989. 成岩成矿理论与找矿. 北京：北京工业大学出版社.