

论文分类号 P618.51

单位代码 10183

密 级 公开

研究生学号 2006127

吉 林 大 学

硕 士 学 位 论 文

黑龙江东安浅成低温热液型金矿床：地质特征、
成矿模式及远景评价

CHARACTERISTICS, MODEL AND PROSPECTIVE OF
THE DONG'AN EPITHERMAL GOLD DEPOSIT ,
HEILONGJIANG PROVINCE

作者姓名：于建波

专 业：矿产普查与勘探

导师姓名 李绪俊

及 职 称：教授

学位类别：在职人员以研究生毕业同等学力申请硕士学位

论文起止年月：二 四 年 三 月 至 二 六 年 三 月

吉林大学硕士学位论文原创性声明

本人郑重声明：所呈交的硕士学位论文，是本人在指导教师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的作品内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：

日期： 年 月 日

《中国优秀博硕士学位论文全文数据库》投稿声明

研究生院：

本人同意《中国优秀博硕士学位论文全文数据库》出版章程的内容，愿意将本人的学位论文委托研究生院向中国学术期刊（光盘版）电子杂志社的《中国优秀博硕士学位论文全文数据库》投稿，希望《中国优秀博硕士学位论文全文数据库》给予出版，并同意在《中国博硕士学位论文评价数据库》和 CNKI 系列数据库中使用，同意按章程规定享受相关权益。

论文级别： 硕士 博士

学科专业：矿产普查与勘探

论文题目：黑龙江东安浅成低温热液型金矿床：地质特征、成矿模式
及远景评价

作者签名：

指导教师签名：

年 月 日

作者联系地址(邮编) 黑龙江省绥化市北林区北二西路 17 号(152054)

作者联系电话： 0455 - 8224765

作者姓名	于建波	论文分类号	P618.51	
保密级别	公开	研究生学号	2006127	
学位类别	在职人员以研究生毕业同等学力申请硕士学位	授予学位单位	吉林大学	
专业名称	矿产普查与勘探	培养单位 (院、所、中心)	地球科学学院	
研究方向	有色及贵金属矿地质勘查	学习时间	2004 年 3 月 至2006 年 3 月	
论文中文题目	黑龙江东安浅成低温热液型金矿床：地质特征、成矿模式及远景评价			
论文英文题目	CHARACTERISTICS, MODEL AND PROSPECTIVE OF THE DONG ' AN EPITHERMAL GOLD DEPOSIT , HEILONGJIANG PROVINCE			
关键词(3 - 8个)	东安金矿 浅成低温热液 成矿模式 远景评价			
导师情况	姓 名	李绪俊	职称	教授
	学历学位	博士	工作单位	吉林大学地球科学学院
论文提交日期	2006 年 5 月	答辩日期	2006 年 6 月	
是否基金资助项目	否	基金类别及编号		

内 容 提 要

浅成热液金矿因其具有埋藏浅易开采、品位高、规模多属大—超大型，分布集中且经济意义巨大等特点，而备受瞩目。黑龙江东安金矿是黑龙江省新近发现的大型浅成低温热液型金矿床。

矿床位于燕山期环太平洋成矿带西带大陆边缘，佳木斯地块和松嫩地块之间的伊春—延寿地槽褶皱系—构造岩浆活动带，陆相火山—侵入作用强烈。矿床的形成与陆相次火山岩有密切的时空、物源、热源和成生关系。矿体受库尔滨壳断裂的NNW、NNE、NE向次级断层和中燕山晚期次火山岩控制，矿化范围一般与热液石英岩脉一致，与中燕山晚期细粒碱长花岗岩密切伴生。

本文在研究东安金矿区域及矿床地质特征的基础上，初步建立了该矿床成矿模式，并以地质异常致矿理论和相似类比理论为指导，充分利用该区的地质、物探、化探成果，在东安金矿区内开展 1:10000-1:2000 比例尺成矿远景评价，圈定成矿远景区 I 级 2 个、II 级 1 个。预测金资源量 5 吨。

Key words: Dong' An Gold deposit; epithermal fluid; metallogenic model; Prospect evaluation

关键词: 东安金矿 浅成低温热液 成矿模式 远景评价

目 录

第一章 绪论	1
第二章 区域成矿背景	3
第一节 区域地层	4
第二节 区域岩浆岩	5
一、侵入岩	5
二、火山岩	10
第三节 区域构造	11
一、岩石圈断裂	11
二、壳断裂	12
第三章 矿床地质特征及成矿模式	13
第一节 矿床地质及地球化学特征	13
一、矿区地层	13
二、矿区构造	13
三、矿区侵入岩	15
四、矿体特征	19
五、 矿石特征	21
六、 近矿围岩蚀变	24
第二节 矿床成因及找矿标志	25
一、矿床类型	25
二、矿床成因	26
三、找矿标志	27
第三节 控矿因素分析	28
一、构造控矿	28
二、岩浆岩控矿	29
第四节 成矿模式	31
第四章 成矿远景评价	33
第一节 综合信息预测模型	33
一、地质异常	33

二、矿区土壤地球化学异常.....	34
三、矿区地球物理异常.....	36
四、综合预测模型.....	38
第二节 成矿预测.....	39
一、1 : 10000 成矿远景区.....	39
二、1 : 2000 成矿远景区.....	40
第三节 成矿远景区评价.....	40
一、1 : 10000 成矿远景区.....	40
二、1 : 2000 成矿远景区.....	42
结 论	43
参考文献.....	45
图版说明.....	46
图版.....	47
摘要.....	1
ABSTRACT.....	3

第一章 绪论

黑龙江东安金矿位于伊春—延寿成矿带北端、黑龙江省逊克县城南东 45km，其中心地理坐标：东经 $128^{\circ}53'00''$ ；北纬 $49^{\circ}16'30''$ ，面积约 20km^2 (见图 1-1)，矿床工业类型为大型。该矿床由黑龙江省有色金属地质勘查七〇七队于 1998 年发现。经 1998-2000 年的预查和普查，发现 13 条岩金矿体和多处物

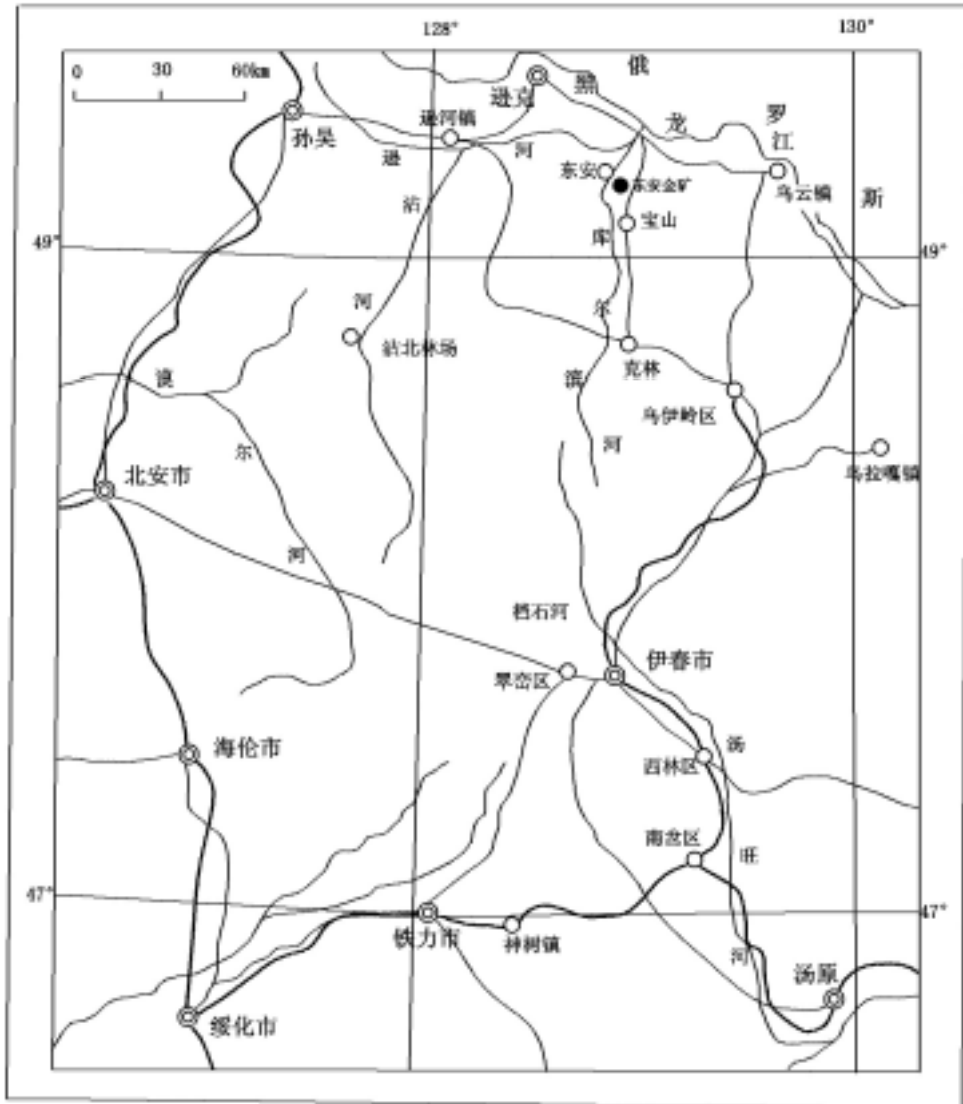


图1-1 东安交通位置图

化探综合异常，初步确认该区具有大型岩金矿的找矿前景。2001 年黑龙江省有色金属地质勘查七〇七队开展了 5 号矿体 19-28 线普查及 7-12 线富矿段详查，

2002 年对 5 号矿体进行了勘探，仅提交的 5 号矿体及从属矿体已达大型金矿床规模。2003-2005 年对全区进行了普查，共发现金矿体 52 条（包括从属矿体）。结合各金矿体的产出地质环境、矿体特征、围岩蚀变类型及地球物理、地球化学特征圈定成矿远景区 I 级远景区 2 处（5 号矿体区和 23 号矿体区），II 级远景区 1 处（19、20 号矿体区）。

浅成热液矿床（epithermal）金矿的概念最早由 W·林格伦（1933）提出。目前，浅成热液型金矿床（epithermal gold）特指产于中、新生代陆相火山-次火山岩中并与其有时、空和成因联系的一类金矿床。这类矿床规模多为大—超大型，埋藏浅、分布集中且经济意义巨大。其形成时代：国外为喜马拉雅期（特别是第三纪）；我国为古生代和燕山期。世界上该类矿床主要分布在环太平洋带、蒙古-鄂霍次克带和地中海阿尔卑斯-喜马拉雅带（占世界金总储量的 10-15%）。

随着研究和勘查工作的日益加强，尤其是本世纪 70-80 年代的勘查和研究成就，环太平洋成矿带上此类矿床主要分布于东西两个带中：东带北从加拿大的夏特洛金矿、美国西部的麦克劳林金矿，南至智利埃尔印第奥金矿；西带为俄罗斯的巴列依金矿、日本菱刈金矿、我国金瓜石金矿、菲律宾的碧瑶金矿、巴布亚新几内亚的利希尔金矿、波尔盖拉金矿等，以及地处我国东部的黑龙江团结沟、黑龙江东宁金厂、福建紫金山、吉林刺猬沟、五凤、广西龙头山、河南祁雨沟等金矿。虽然国内外此类金矿的分布特征、金矿地质特征和成因等方面具有相似性，彼此完全可以对比，但我国目前的已知矿床一般规模不大，探明储量也只占全国金矿的 1.3%。上世纪末以前黑龙江省一直因循就砂金找岩金或在老地层周围找岩金的老方法，加之受有些地质学家认为中国东部火山岩区由于其特殊的大地构造环境和成矿环境，只有陆相火山岩系，缺少海相火山岩不可能产出规模较大的这类矿床的影响，对于火山岩或火山盆地金成矿可能并未加以详细研究，但随着团结沟金矿床和东安金矿床的发现，引起了越来越多的地质学家的重视并相继发现了一大批金矿床或有找矿潜力的矿点，表明中国东部此类金矿的找矿潜力巨大。

近几年矿床勘查和矿床地质研究表明，东安金矿为一典型的浅成低温热液型金矿。加强这一矿床地质特征、矿床成因、成矿模式的研究，不仅对东安金矿所在的伊春—延寿成矿带金矿的找矿工作具有重要的指导意义，而且对加强我国此类金矿床与全球其它类似矿床的对比，分析我国此类金矿床的成矿地球动力学条件和控矿因素，指导我国境内的本类矿床的找矿均具有重大的意义。

第二章 区域成矿背景

东安金矿在区域上位于松嫩地块和佳木斯地块之间的伊春—延寿地槽褶皱系—构造岩浆活动带，西以逊河—铁力—尚志岩石圈断裂(F1)为界，东以牡丹江岩石圈断裂(F2)为界，处在乌底河断陷盆地中宝山隆起带靠近隆起一侧(图 2-1)。受燕山期太平洋板块俯冲作用的影响，处在大陆边缘活动带—拉张地球动力学环境，拉张断陷作用强烈^[3]，尤其是早侏罗世—早白垩世中期强烈的中燕山运动，伴随大规模的断裂活动，强烈复活 F1 和 F2 岩石圈断裂，并产生一系列的 NE、NW、NNE 向壳断裂和断陷盆地，导致中—中酸性火山—侵入杂岩(浅成侵入体)和火山机构发育，并控制了金矿的区域展布，与浅成热液金矿在时间、空间和成因上有密切的关系。

表 2-1 东安金矿及外围区域地层简表

界	系	统	群	组	符号	总厚度(m)	沉 积 特 征	与成矿关系	同位素年龄(Ma)
新生界	第四系	更新统		大熊山	βQ_1d	34m	气孔状—致密块状玄武岩	铁	K-Ar1.6-2.5[1]
	第三系	中—上新统		孙吴组	$N_{1-2}s$	>78.20	河湖相弱胶结砂岩、砂砾岩沉积	铁	—
		始—渐新统		宝泉岭组	$E_{2-3}b$	>288.61	河湖—湖沼相碎屑岩含煤沉积建造	—	—
中生界	白垩系	上统		福民河组	K_2f	768.2	以熔岩为主的酸性火山岩组合夹珍珠岩	—	—
		下统		淘淇河组	K_1t	>2120	冲—洪积相粗碎屑沉积	—	—
				永青组	K_{1y}	>265	火山碎屑—沉积岩、碎屑岩	—	—
				甘河组	K_{1g}	几-800m	基性—中基性火山岩	玛瑙、萤石	—
				九峰山组	K_{1j}	714m	陆相沉凝灰岩夹含煤碎屑沉积	—	—
				光华组	K_{1gn}	1285m	喷发爆发相为主的中酸性火山岩	金、铜、珍珠岩	Rb-Sr112±[2]
				龙江组	K_{1l}	1312m	中性火山岩	金(银)	120[1]
	侏罗系	上统		帽儿山组	J_3mr	1000-1396	爆发相为主的中酸性火山熔岩	—	140-150[1]
		中统		太安屯组	J_2t	>596	火山—沉积岩	—	—
	古生界	二叠系	上统		红山组	P_2h	278-1088	具明显韵律河湖相碎屑岩沉积	—
				五道岭组	P_2w	260-2260	中性—酸性火山岩	—	—
下统				土门岭组	P_{1t}	998-2936	海陆交替相碎屑岩夹碳酸盐岩	有色金属、金	—
泥盆系		中统		宏川组	D_2hg	>267	杂色粗碎屑岩	—	—
		下统		黑龙宫组	D_{1hl}	>1060	滨—浅海相碎屑岩—碳酸盐岩	铅锌	—
奥陶系		中统	尚志群	大青组	O_{2dg}	>393	下部中基性火山岩顶部钙质砂岩	—	—
				小金沟组	O_{2x}	>814	碎屑岩—碳酸盐岩夹中酸性火山岩	金	—
				宝泉组	$O_{1-2}b$	847	中酸性火山熔岩夹碎屑岩	铜	—
		中下统			五星镇组	C_{1w}	>199	暗色碳酸盐岩夹炭质页岩	—
寒武系		下统	西林群	铅山组	C_{1q}	>1329	暗色富镁碳酸盐岩夹炭质、硅质页岩	铁、有色金属	—
				C_{1l}	>593	细碎屑岩	铅锌	—	
				C_{1c}	>600	沥青质碳酸盐岩夹细碎屑岩	—	—	
上元古界			一面坡群	额头山组	Pt_3^{2e}	>741	浅变质酸中性火山—细碎屑岩	金	Rb-Sr>670[1]
下元古界			东风山群		Pt_{1d}	>1097	含金硅铁建造	金	—

据薛明轩,2001修改

第一节 区域地层

伊春—延寿地槽再生于古伊春地块和松嫩地块东缘，其结晶基底为早元古代东风山群低绿片岩—低角闪岩相含金硅铁建造和晚元古代一面坡群额头山组低绿片岩相酸中性火山—沉积建造，有较高的金丰度。盖层为古生代地层，其中西林群亦具较高的金丰度。早寒武世的早加里东运动，使该区沉降为台坪，形成了西林群滨-浅海相沉积岩，中-晚寒武世整体上隆，地层缺失，可能伴有陆壳断裂。早-中奥陶世，自北入侵的海水漫淹整个台坪，形成了加里东海槽。海槽内镶有许多台坪“碎块”，构成中间隆起或凸起。其中五星-关松镇一线为中间隆起带，呈 NNE 向展布。该带以东为丰茂-亚布力拗陷带，以西为茂林-木兰拗陷带；中间隆起内又有一个狭窄的向阳拗陷。早奥陶世时，丰茂-亚布力地区先拗陷后断陷，形成了宝泉组中酸性火山岩夹陆源碎屑沉积岩，中奥陶世早期，断陷作用波及全区，中央隆起分割成两个 NNE 向隆起，两侧是较宽阔的断陷槽，广泛沉积了小金沟组碎屑岩-碳酸盐岩夹中酸性火山岩。中奥陶世晚期，断裂活动增强，形成了大青组中基性火山岩和钙质砂岩。中奥陶世末的中加里东运动，使海槽褶皱隆起成山。晚奥陶世-早泥盆世中期，本区处于隆起，沉积缺失。早泥盆世晚期-中泥盆世早期，海水自北而来，在局部断陷盆地沉积了黑龙宫组滨-浅海相碎屑岩-碳酸盐岩建造，中泥盆世晚期，在延寿地区局部山间拗陷内堆积了宏川组磨拉石建造。晚泥盆世-早二叠世晚期，处于隆起，沉积缺失。早二叠世晚期-晚二叠世早期，加里东期断裂重又复活，沿茂林-木兰褶皱带东缘和向阳中央拗陷边缘，形成了相对低拗带，局部小型断洼地内沉积了土门岭组海陆交互相碎屑岩夹碳酸盐岩，晚二叠世晚期，地壳抬升，海退，此时断块活动仍在继续，局部形成内陆断陷盆地，堆积了河湖相的红山组。晚二叠世晚期至早侏罗世晚期，全区隆起，沉积缺失，晚三叠世晚期强烈的晚印支运动使盖层和基底一并卷入强烈的后地槽陆内造山运动，受其影响古生代地层均发生了低绿片岩相的变质作用。受中燕山期断陷活动的影响，中侏罗世至晚第三纪形成了以陆相火山岩为主，间夹陆相碎屑岩的火山断陷盆地沉积。第四纪，地壳运动以差异升降为特点，中更新世喷发了大熊山玄武岩，进入全新世，地壳升降趋于整体化，形成阶地及河床相堆积^[1]，详见表 2-1、图 2-1。

第二节 区域岩浆岩

该带位于伊春—延寿地槽褶皱带北段，岩浆活动强烈，具多期、多阶段特点。

一、侵入岩

主要为早元古代、加里东、印支、燕山四个旋回。可划分出5个亚旋回，即兴东期、中加里东期、晚印支期、早燕山期、中燕山期(图2-1、表2-2)。

(一) 兴东期侵入岩

本期花岗岩皆出露在隆起区早元古代变质岩群中。其展布受早元古代地槽褶皱带的控制，呈NNE或EW向分布。岩体形态不规则，多呈小岩基产出，与围岩多呈侵入接触关系，局部为渐变过渡关系。主要分为混合花岗岩岩组、花岗闪长岩岩组和花岗岩岩组。普遍含围岩残留体，片麻状构造发育，交代现象明显。

1. 混合花岗岩岩组

(M₂¹)：岩石类型单一，岩石具花岗变晶结构，粒状变晶结构。矿物成分由斜长石(15-47%)、碱性长石(23-27%)、石英(25-30%)、黑云母(2-7%)、石榴石(5%)组成。副矿物为锆石—磷灰石型，富含石榴石、锐

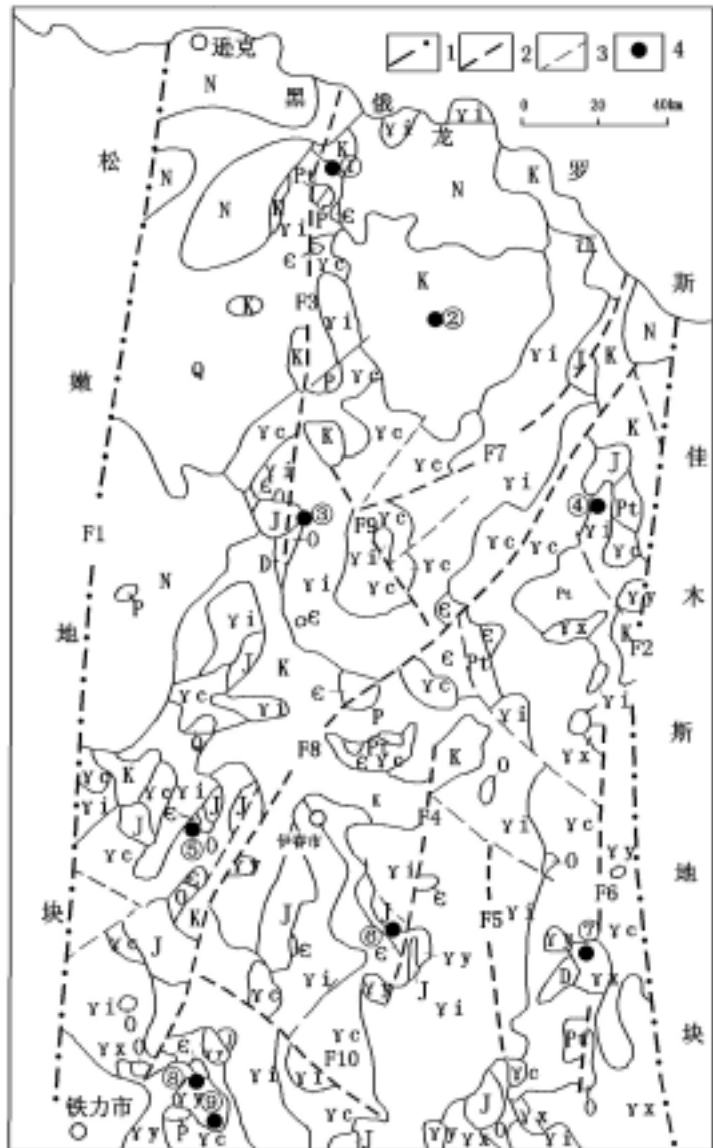


图2-1 东安金矿及外围区域地质背景图(据[1])

Q-第四系;N-第三系;K-白垩系;J-侏罗系;P-二叠系;D-泥盆系;O-奥陶系;C-寒武系;Pt-元古界;yy-燕山期花岗岩类;yi-印支期花岗岩类;yc-加里东期花岗岩类;yx-兴东期花岗岩类;1-岩石圈断裂;F1-逊河-铁力-尚志;F2-牡丹江;2-壳断裂;3-断裂;4-矿床;①-东安(Au(Ag));②-富强(Au);③-翠宏山(WMoZn);④-平顶山(Au);⑤-昆仑气(PbZnAg);⑥-西林(PbZnAg);⑦-东风山(Au);⑧-二股(PbZn);⑨-大安河(Au)

钛矿、钛铁矿、独居石、褐帘石和少量白钨矿、辉钼矿。岩石化学成分为 $\text{SiO}_2 70.46-73.29\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 14.69-15.20\%$, $\text{CaO} 0.91-2.15\%$, $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}=7.28-9.16\%$, 且 $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} 1.42-2.10$, 标准矿物 $C=3.06$, 铝指数 $(\text{Al}/\text{CNK}) 1.09-1.22$, $\text{REE}=427.9-485.72 \times 10^{-6[1]}$, 为轻稀土富集型, 呈“V”字型, 钨亏损中等, 应为同造山期的陆壳改造型花岗岩^[2]。

表2-2 东安金矿及外围区域侵入岩活动简表

旋回	亚旋回		岩组	符号	岩石类型	划分依据			与成矿关系
						地质依据		同位素年龄值 (Ma)	
						下限	上限		
燕山期	中期	晚期	花岗岩	$^{2(2)}_{5}Jb$	花岗斑岩	侵入光华组		92-118.4	Au
			碱长花岗岩	$^{2(2)}_{5}Jb$	碱长花岗岩、晶洞花岗岩			101.6-114	Au(Ag)
			闪长岩	$^{2(2)}_{5}Jb$	闪长岩、花岗闪长岩		侵入龙江组	115-127	
		早期	二长花岗岩	$^{2(2)}_{5}Ja$	二长花岗岩	侵入帽儿山组	被下白垩统覆盖	141.6	
			花岗闪长岩	$^{2(2)}_{5}Ja$	花岗闪长岩			149.1-162.8	Cu、 Fe
	早期	花岗闪长岩	$^{2(1)}_{5}$	花岗闪长岩	侵入下侏罗统		172-185		
		闪长岩	$^{2(1)}_{5}$	闪长岩			176.5	Au	
	印支期	晚期	碱长花岗岩	$^{1}_{5}S$	碱长花岗岩、碱性花岗岩	侵入下侏罗统下部	被中上侏罗统覆盖	190-229	Au(Ag)
			正长花岗岩	$^{1}_{5}S$	正长花岗岩			190-231	
二长花岗岩			$^{1}_{5}S$	二长花岗岩	190-229				
加里东期	中期	二长花岗岩	$\eta \quad ^{2}_{3}$	二长花岗岩、正长花岗岩	侵入寒武系奥陶系		456	多金属	
		花岗闪长岩	$^{2}_{3}$	花岗闪长岩			445		
		混染花岗岩	$^{2}_{3}$	二长花岗岩、花岗斑岩			451	W、 Mo、 Pb、 Zn	
		辉长岩	$^{2}_{3}\delta_{3}^{2}$	辉长岩、闪长岩				Cu	
兴东期		花岗岩	$^{1}_{2}$	花岗岩	侵入东风山群		1705	Au	
		花岗闪长岩	$^{1}_{2}$	花岗闪长岩、似斑状花岗岩、石英闪长岩					
		混合花岗岩	$M \quad ^{1}_{2}$	花岗岩					

据[1]

2. 花岗闪长岩岩组 ($\frac{1}{2}$): 岩石类型以花岗闪长岩为主, 其次为似斑状花岗岩及石英闪长岩。岩石具斑状结构、花岗鳞片变晶结构、交代结构, 片麻状构造。矿物成分斑晶以碱性长石(15%)为主, 部分为斜长石(30-50%)、石英(20-35%)、黑云母(10-20%)、角闪石(10%)组成。副矿物为锆石—磷灰石—榍石型, 富含石榴石、独居石、榍石、钛铁矿。岩石化学成分为 SiO_2 低, K_2O 较高, Al_2O_3 、 CaO 偏高, 与钾交代有关。 $\text{REE}=129.4-195.53 \times 10^{-6}$, 为轻稀土富集型, 倾斜较缓, 钨亏损较小, 应为大陆边缘活动带同熔型花岗岩^[2]。

3. 花岗岩岩组 ($\frac{1}{2}$): 岩石结构、构造不均一, 有的岩体为斑状或巨斑状结构, 有的具片麻状构造, 有的只具中粗粒或不等粒花岗结构。矿物成分由碱性长石(30-40%)、斜长石(20-35%)、石英(25-30%)、黑云母(1-5%)组成。黑云母多已蚀变为绿泥石, 常定向排列, 构成片麻状构造。副矿物为锆石—钛铁矿型, 富含石榴石、钛铁矿、锐钛矿、独居石、褐帘石。岩石化学成分为 $\text{SiO}_2 71.44-73.53\%$, 且 $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} 0.65-1.29$, 属超酸性岩。 $\text{REE}=70.71-196.68 \times 10^{-6[1]}$, 为轻稀土富集型, 向右陡倾斜, 钨亏损不明显, 应为陆壳重熔型花岗岩^[1]。

综上所述, 本期侵入岩应为伴随地槽回返和广泛的区域变质作用, 大陆地壳的地槽型堆积物及其变质产物发生了强烈的混合岩化、花岗岩化作用或大陆边缘

活动带幔源同熔地壳作用的产物。

(二) 中加里东期侵入岩

呈南北向在逊克至铁力广大范围内分布, 主要为中酸性岩组合, 少数为基性岩组合。其与寒武-奥陶系火山岩密切伴生, 多呈岩基状产出, 少部分呈岩株状, 侵入寒武系和奥陶系, 使围岩角岩化、矽卡岩化及硅化。岩石多具碎裂、混染和片麻状构造, 分为基性岩类、混染花岗岩、花岗闪长岩、二长花岗岩四个岩组。

1. 基性岩类 ($\begin{smallmatrix} 2 \\ 3 \end{smallmatrix}$): 主要为辉长岩, 特别是以角闪辉长岩为主, 个别为橄榄辉长岩、部分为辉石闪长岩或闪长岩。各岩体均残存有不完善的分异相带, 中心相为角闪辉长岩, 向外过渡为辉石闪长岩, 边缘相出现石英闪长岩。角闪辉长岩主要由斜长石 (30%)、辉石 (25%)、角闪石 (25%) 组成。辉石有角闪石化, 个别辉石和角闪石具阳起石化。其展布受深大断裂控制。铁质、碱质、铝质均较高, 低钙。

2. 混染花岗岩组 ($\begin{smallmatrix} 2 \\ 3 \end{smallmatrix}$): 主要为混染花岗岩, 其次有花岗斑岩等。矿物成分由碱性长石 (15-20%)、斜长石 (40-50%)、石英 (20-25%)、暗色矿物 (10-15%) 黑云母和少量角闪石组成。副矿物为锆石—磷灰石—钛铁矿—磁铁矿型, 富含白钨矿、辉钼矿、方铅矿、闪锌矿等金属矿物, 并发育多种蚀变。花岗斑岩是形成混染花岗岩的岩浆在岩浆演化的较晚阶段分异派生而成。岩石化学成分为 SiO_2 65-68%, Al_2O_3 14-17%, $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ 7-8.5% 且 $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$, CaO 2-3%, mFe 1-5%, $\text{MgO} < 1-5\%$ 。 $\text{REE}=142-236 \times 10^{-6}$ [1], 为轻稀土富集型, 略呈“V”字型, 钕具较明显的负异常, 应为同造山期的陆壳重熔型花岗岩[1]。该期侵入岩与寒武系碳酸盐岩接触形成西林大型铅锌矿床。

3. 花岗闪长岩岩组 ($\begin{smallmatrix} 2 \\ 3 \end{smallmatrix}$): 有的岩体岩性复杂, 依次形成闪长岩—石英闪长岩—花岗闪长岩—二长花岗岩, 具岩浆分异特征。矿物成分由碱性长石 (7-25%)、斜长石 (35-59%)、石英 (17-30%)、暗色矿物 (5-25%) 黑云母、角闪石组成。副矿物为锆石—磷灰石—磁铁矿—榍石型, 富含黄铁矿、黄铜矿、方铅矿及闪锌矿、辉钼矿、白钨矿等金属矿物。岩石化学成分为 SiO_2 65-68%, Al_2O_3 14-17%, $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ 6-8% 且 $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$, CaO 2-3%, mFe 1-5%, $\text{MgO} < 1-5\%$ 。

$\text{REE}=124-350 \times 10^{-6}$ [1], 为轻稀土富集型, 向右倾斜较陡, 无钕异常或钕异常不明显, 岩石具同熔型花岗岩特征[1]。

4. 二长花岗岩岩组 ($\begin{smallmatrix} 2 \\ 3 \end{smallmatrix}$): 以二长花岗岩为主, 此外有正长花岗岩等。岩体规模较小, 主要为小岩株或小侵入体, 少数为岩基。矿物成分由碱性长石 (20-30%)、斜长石 (30-43%)、石英 (20-25%)、暗色矿物 (5-20%) 主要为黑云母, 少量为角闪石组成。副矿物为锆石—磷灰石—磁铁矿—榍石型。岩石化学成分为 SiO_2 70-74%, Al_2O_3 14-17%, $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ 8-8.3%, $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$, CaO 1.4-2.09%, mFe 1-5%, $\text{MgO} < 1-5\%$, 应为前二者过渡类型。在二长花岗岩与寒武纪碳酸盐地层接触处形成翠宏山大型多金属矿床。

综上所述, 本期侵入岩应为地槽褶皱造山期产物。

(三) 晚印支期侵入岩

晚印支期发生了黑龙江省最强烈的岩浆侵入活动,形成的花岗岩类遍布全省,以本成矿带中分布最广,超基性岩、基性岩、中性岩均分布于本区东部。花岗岩多呈岩基产出,部分呈岩株,呈南北向分布,构成伊春-玉泉印支期岩浆岩带,与其(共)伴生的火山岩均分布于本成矿带东侧的完达山地槽。分为二长花岗岩、正长花岗岩、碱长花岗岩三个岩组。

1. 二长花岗岩岩组(S_5^1):大面积分布,是本区分布最广泛的岩组,多呈巨大岩基产出,岩石中碱性长石、斜长石、石英三者近于相等,有的碱性长石略多于斜长石。碱性长石为23-43%,斜长石23-43%,石英20-45%,暗色矿物10-15%,主要为黑云母,有的岩体含少量角闪石。常见钾长石交代斑晶,可见绢云母化、钠长石化等蚀变。岩石副矿物中含有方铅矿、白钨矿、辉钼矿、萤石等。岩石化学成分 SiO_2 66-75%, Al_2O_3 12.3-16.4%, $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ 6-8.5%, $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$, CaO 0.29-3.04%, mFe 1-4.5%, MgO 0-2%, $\text{Al}/\text{CNK} = 1$ 。

2. 正长花岗岩岩组(S_5^1),个别为碱长花岗岩和二长花岗岩,呈岩基或岩株产出。矿物成分由碱性长石(43-53%)、斜长石(10-15%)、石英(25-40%)、暗色矿物(3-7%)主要为黑云母,少量为角闪石组成。岩石化学成分为 SiO_2 66-75%, Al_2O_3 12.3-16.4%, $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ 6-8.5%, $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$, CaO 0.29-3.04%, mFe 1-4.5%, MgO 0-2%, $\text{Al}/\text{CNK} = 1$ 。

3. 碱长花岗岩或碱性花岗岩岩组(K_5^1):岩体规模小,有的分布较零星,岩体明显受断裂控制,分布具明显的方向性,大体上以北东或北西向居多,多为岩株或小侵入体,个别为岩基。碱长花岗岩中含碱性暗色矿物者称碱性花岗岩,暗色矿物较低的可称白岗岩。碱长花岗岩矿物成分由碱性长石(46-56%)、斜长石(10-15%)、石英(25-35%)、黑云母(1-3%多次生变化为绿泥石)组成。副矿物为锆石—磷灰石型。含辉钼矿、萤石、磁铁矿等。碱性花岗岩中含锆石、辉钼矿、方铅矿、黄铜矿等。岩石化学成分 SiO_2 =71.19-75.16%, $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ =7.33-8.49%, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ =1.21-2.29, CaO =0.24-0.35%。其中碱长花岗岩是东安金矿的赋矿围岩,为轻稀土富集型,铈亏损极为明显,呈近于对称的“V”字型(图 3-2),具重熔特点。碱长花岗岩详细特征见第三章矿床地质特征及成矿模式。

晚印支期花岗岩类岩石化学特征具有高硅、低铝、低钙、富碱、低铁镁的特点,除少数碱性花岗岩外,主要为陆内造山作用产物。

(四) 早燕山期侵入岩

主要形成于早侏罗世,多呈小岩株产出,与其伴生的火山岩由晚印支期的火山岩带上继承发展而来,在本成矿带未见。分为闪长岩和花岗闪长岩二个岩组。

1. 闪长岩岩组($\text{S}_5^{2(1)}$):岩石具有斑状结构,斑晶为斜长石(15-20%)和角闪石(5%)组成,基质由斜长石、碱性长石、石英及少量角闪石组成。副矿物为磷灰石-榍石-锆石-钛铁矿型组合,岩石中含黄铁矿、黄铜矿等金属矿物。

$\text{REE} = 104-158 \times 10^{-6}$,向右缓倾斜,为铈无亏损的轻稀土富集型,为壳幔源混合产物。

2. 花岗闪长岩岩组($\text{S}_5^{2(1)}$):个别有石英闪长岩和闪长岩。花岗闪长岩由斜长石(55-60%)、碱性长石(10%)、石英(15%)和暗色矿物(10-15%)黑云母、

角闪石及少量辉石组成。副矿物为磷灰石-榍石-锆石-磁铁矿型组合，含有黄铜矿、方铅矿等金属矿物。 $REE=120-176 \times 10^{-6}$ ，向右缓倾斜，为铈无亏损的轻稀土富集型。

由闪长岩岩组至花岗闪长岩岩组，岩石化学成分： SiO_2 、 K_2O 含量有增加趋势， Al_2O_3 含量变化不明显， Fe_2O_3+FeO 、 MgO 、 CaO 、 Na_2O 减少， $Na_2O > K_2O$ 。应为同源岩浆分异结果。本期侵入岩推测为晚印支期强烈造山运动期后断块作用的产物。

(五) 中燕山期侵入岩

该期岩浆活动十分频繁，具多期多阶段性，分布广泛，规模小，多呈小岩株或岩脉产出，与火山作用有成因联系，常与同时代的中-酸性火山岩相伴出现。岩石类型复杂，以浅成—超浅成中酸性、酸性岩类为主，中性岩次之，划分为早、晚两期。

1. 中燕山早期：

本期花岗岩出露在晚侏罗世火山岩发育区，与晚侏罗世吉祥峰组（本区西部）帽儿山组（本区东部）酸性火山岩紧密伴生。受 NNE 向断裂及断陷盆地控制，岩体一般规模较小，多呈大小不等、形状不规则的岩株状产出，个别为岩基，与围岩呈明显侵入关系。划分为花岗闪长岩和二长花岗岩两个岩组。

(1) 花岗闪长岩岩组 ($s^{2(2)a}$)：岩石具中—细粒花岗结构，碱性长石为条纹长石，他形粒状，粒度小于 5mm，常包裹角闪石、斜长石及黑云母，具泥化。暗色矿物由绿色角闪石和绿褐色黑云母组成，自形。副矿物为锆石-磷灰石-榍石-磁铁矿（钛铁矿）型。岩石化学成分 $SiO_2 67\% \pm$ ， Al_2O_3 、 CaO 、 Na_2O 、 K_2O 含量相近，大部分 $Na_2O > K_2O$ 。 $REE=134.38-214.8 \times 10^{-6}$ ，为轻稀土富集型，铈亏损不明显，具小“V”字型缓倾斜的配分曲线型式，具有一定分异特点，属幔源向壳源过渡型。

(2) 二长花岗岩岩组 ($s^{2(2)b}$)：岩石具细粒或不等粒结构，碱性长石和斜长石含量基本相等（24-37%），石英（20-35%），暗色矿物以黑云母（3-10%）为主，含少量角闪石（0-4%）。黑云母呈片状，全部蚀变成绿泥石。角闪石呈柱状，菱形解理清楚，具绿泥石化、绿帘石化。副矿物为锆石-磷灰石-榍石-磁铁矿型。岩石化学成分 $SiO_2 66.5-68.96\%$ ， Al_2O_3 、 CaO 、 Na_2O 、 K_2O 含量与花岗闪长岩岩组相近。 K_2O+Na_2O 、 K_2O/Na_2O 、 Al/CKN 较前者偏高。具同源岩浆分异特点，即二长花岗岩由花岗闪长岩进一步演化而来。

2. 中燕山晚期：

花岗岩类分布极广泛，但岩体规模小，出露较零星，多出露在早白垩世火山岩发育区。岩体受断裂构造严格控制，常呈岩株、岩脉、岩墙产出，岩体形状不规则。岩体延伸方向以 NNE 向为主，其次有 NW 或 EW 向，呈线状分布，与断裂方向基本一致，与围岩呈明显侵入关系，局部具碎裂、混染、蚀变等现象，分为闪长岩、碱长花岗岩、花岗斑岩三个岩组。

(1) 闪长岩岩组 ($s^{2(2)b}$)：岩石类型有闪长岩、花岗闪长岩及花岗闪长斑

岩，岩体规模小，岩石呈细粒或斑状结构。副矿物为锆石-磷灰石-磁铁矿型。岩石化学成分 Al_2O_3 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 、 MgO 、 CaO 的含量较酸性岩类偏高， SiO_2 、 K_2O 含量较酸性岩类低，且 $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ ， $\text{Al}/\text{CNK} 0.93-1.03$ ，都低于酸性岩类。

$\text{REE}=101.6-145.6 \times 10^{-6}$ ，曲线平缓，为铈无亏损的轻稀土富集型。按徐克勤分类属幔壳源过渡型岩石。

(2) 碱长花岗岩岩组 ($K_5^{2(2)b}$)：岩石类型有碱长花岗岩、晶洞碱长花岗岩、晶洞花岗岩及碱性花岗岩等，其中碱长花岗岩是东安金矿的赋矿围岩，为轻稀土富集型，铈亏损极为明显，呈近于对称的“V”字型(图3-2)，具重熔特点，详见第三章矿床地质特征及成矿模式。

(3) 花岗斑岩岩组 ($K_5^{2(2)b}$)：岩石类型有花岗斑岩、花斑岩、花岗闪长斑岩、花岗正长斑岩、钠长斑岩及霏细斑岩。岩石具斑状结构，其岩石的 SiO_2 含量 70.6%-77.8%。岩石具同熔型向重熔型过渡的特征。

总之，本期侵入岩由中性-中酸性-酸性变化时，岩石化学成分也呈现有规律的变化，反映岩浆物质来源、形成深度有所不同，具有岩浆分异的特点。岩石成因类型 I 型、S 型皆有，其中以 S 型为主。推测为晚印支期强烈造山运动期后断块作用的产物。

二、火山岩

该成矿带内火山活动作用普遍。以火山旋回即火山活动中在物质成分、喷发方式及喷发强度等方面有规律地交替变化所形成的彼此有别的不同阶段，按其

表2-3 东安金矿及外围区域火山旋回简表

构造岩浆旋回	火山活动旋回及亚旋回	火山喷发旋回	火山岩组	同位素年龄(Ma)
喜马拉雅旋回	第四纪	大熊山(Q_1)	大熊山玄武岩	1.16-2.02
燕山旋回	中期	K_2 福民河(K_2)	福民河组	83-86.6
		甘河(- K_1)	甘河组	88-119
		K_1 光华(K_1)	光华组、宁远村	114-120
		龙江(K_1)	板子房组	132-137
加里东旋回	晚二叠世 早—中奥陶世	J_3 帽儿山(J_3)	帽儿山组	146-155
		P_2 五道岭(- P_2)	五道岭组	<271
		O_2 多宝山(O_2)	大青组	K-Ar445
		O_{1-2} 宝泉(O_{1-2})	宝泉组	Rb-Sr437

关联程度及包容时间范围，进一步分为构造岩浆旋回、火山活动旋回和火山喷发旋回^[1]（详见表2-3）。

（一）中燕山期火山岩

为中生代火山构造的主体，区域火山构造为滨太平洋中生代构造火山岩带内带、小兴安岭中燕山期火山活动带，包括松嫩东缘、松嫩北缘、黑龙江右岸三个火山喷发带，现分述如下：

1. 松嫩东缘火山喷发带

包括铁力和分布于本带南部的玉泉盆地，展布方向呈 NE—NNE 向。与松嫩西缘喷发带对比，本带是在中侏罗世粗碎屑沉积之后继承式喷发了晚侏罗世 - 早白垩世中酸性火山岩。早白垩世甘河期上隆无火山活动。

2. 松嫩北缘火山喷发带

分布于松嫩盆地北缘，呈 NW 向展布，但集中发育于与 NE 向孙吴断陷和库尔滨壳断裂交汇处。早白垩世进入主要活动阶段，早期以中心式喷发为主，晚期主要为裂隙式。

3. 黑龙江右岸火山喷发带

沿黑龙江右岸 NNW 向转近 EW 向展布，包括我国的乌底河断陷盆地和俄罗斯境内的结雅盆地南缘，受 EW 向和 NNW 向断裂控制，火山喷发方式早期以中心式为主，晚期以裂隙式为主。

火山断陷盆地与老地块接合部位，由于岩浆多旋回活动，老地块成为金的矿源层，经多次再造使金富集。在老地块中间发育起来的火山断陷盆地边缘，酸性火山岩浆来之于老地层重熔，极有利于金富集。火山机构及其附近，特别是次火山岩发育地段，火山期后含挥发分之热液积聚，利于金的沉淀；此外，次火山岩顶部的火山角砾岩带为矿液沉淀提供有利的空间，如黑龙江省金厂金矿^[1]。

（二）喜马拉雅期火山岩

本带仅见有小兴安岭喜马拉雅期第四纪火山喷发带，沿北西向展布，处于北西向小兴安岭断裂带与近东西向断裂（推测为隐伏断裂）的交点上，为大熊山火山群，以面状中心式溢流为主。

第三节 区域构造

该成矿带受构造岩浆活动影响，古生代及其以前地层多呈残留体分布，褶皱多残缺不全而难以恢复，而断裂构造却极为发育，且对区域成矿的控制作用明显。详见图2-1。

一、岩石圈断裂

区内岩石圈断裂具形成时间早、活动时间长的特点，对该区沉积建造、岩浆活动、地质构造及火山构造发展演化有重要的作用。规模较大，沿走向延伸一般数百千米，切穿岩石圈或深达上地幔的顶部，但不进入软流圈。

1. 逊河—铁力—尚志岩石圈断裂：呈SN向，为伊春—延寿地槽褶皱系与松嫩地块两个亚 级构造单元的分界线。省内长度约500km，图幅内长度约300km。其

在地貌上主要表现为平原与山区的分界线。东侧为古生代地层发育区，大面积中加里东期及晚印支期花岗岩形成巨大的南北向分布的花岗岩带；西侧为宽阔的中生代松嫩盆地。该断裂系晚元古代古伊春地块与松嫩地块联合的缝合线。中加里东期复活为伊春—延寿地槽褶皱系边缘断裂，晚印支期强烈改造，燕山期和喜山期分段复活。

2. 牡丹江岩石圈断裂：呈SN向展布，为伊春—延寿地槽褶皱系和佳木斯地块两个亚一级构造单元的分界线。省内长度约500km，图幅内长约300km。该断裂系晚元古代末佳木斯地块与张广才岭边缘隆起带之联结部位，晚印支期复活，燕山期继承活动。

二、壳断裂

岩石圈断裂的次级断裂，沿走向的延伸长度一般在数十至数百千米，切割深度达硅铝层或硅镁层，对中酸性岩体及矿带、矿田有明显控制作用。详见表2-4。

该区壳断裂主要有：NNE、SN、NE、NW向四组，现分述如下：

1. NNE向库尔滨壳断裂生成于中生代，新生代强烈复活，为压扭性质，与中燕山期火山 - 侵入活动关系密切，控制了东安—宝山金银矿集区的展布。

表2-4 区域壳断裂一览表

编号	名称	长度 (km)	走向	倾向	性质	形成时间	主要活动	岩 浆 活 动
F3	库尔滨断裂	140	NNE	SEE	c-s	Mz	Mz、Kz	y
F4	晨明—大丰断裂	60	SN	E	c-s	Pz	Mz	i、y、c
F5	晨明—大丰断裂	60	SN	E	c-s	Pz	Mz	i、y、c
F6	晨明—大丰断裂	80	SN	E	c-s	Pz	Mz	i、y、c、c
F7	乌伊岭断裂	100	NE	NW	c-s	Pz	Mz	i、c、c
F8	铁力—东风断裂	240	NE	NW	c-s	Pz	Mz	c、c、i、y
F9	五营断裂	50	NW	SW	t-s	Pz	Mz	c、i
F10	二股—朗乡断裂	60	NW	SW	t-s	Pz	Mz	c、i

注：s-剪切（平移）；c-逆冲（压性）；t-张性

y-燕山期花岗岩类； i-印支期花岗岩类； c-加里东期花岗岩类； c-加里东期基性岩类

据[1]

2. SN向壳断裂生成时间一般较早，显示为逆断层或走向断层，与各期岩浆活动的关系密切。

3. NE向壳断裂多生成于古生代，常为平行地层走向的逆断层或压性兼剪性断层，在中生代有继承性活动，与岩浆活动和内生金属矿化关系密切。

4. NW向壳断裂生成于古生代，断裂性质多为张性或张性兼剪性，控制了加里东期和印支期岩浆活动。

第三章 矿床地质特征及成矿模式

第一节 矿床地质及地球化学特征

一、矿区地层

矿区出露地层主要为：白垩系下统光华组(K_1gn)：安山岩()、英安岩()、流纹岩()、流纹质凝灰岩(tf)，主要出露于矿区北部和南东部，面积约 $3km^2$ 。第三系中-上新统孙吴组($N_{1-2}S$)砂砾岩，以河流相为主的粗碎屑沉积建造夹有河流滞水相及湖相的细碎屑沉积建造，多分布在矿区垅岗状山脊部位。第四系下更新统大熊山玄武岩(Q_4d)主要沿库尔滨河及其支流乌宋岗河河谷分布，不整合覆盖于孙吴组之上。全新统冲洪积层(Q_4^2)，广泛分布于库尔滨河及其支流乌宋岗河河谷及其各级沟谷中。详见图 3-1。

二、矿区构造

矿区构造以断裂为主，次为火山机构及伴生的节理裂隙，褶皱不发育。

(一) 断裂

1. NNE 向库尔滨壳断裂 F3

呈线状展布于矿区北西，图幅内长为 $2.5km$ ，走向 60° ，倾向 150° ，属压扭性质。成生时代为中生代，主要活动于中生代、新生代。其诱导了矿区 NNE、NNW、NE 向断裂的形成和展布，进而控制了中燕山晚期细粒碱长花岗岩、次火山岩体的侵入和火山机构的发育。为控岩导矿构造。

2. NNW、NNE、NE 向断层

此三组断层，是该区主要的控岩控矿断层，为库尔滨壳断裂的次级断层，总体倾向 W，自东向西倾角逐渐变缓。按形成先后可分为控制中燕山晚期细粒碱长花岗岩岩墙断层，控制次火山岩（潜流纹岩、隐爆角砾岩）断层，最末一期为控制热液石英岩脉（金矿体）断层，反映了库尔滨壳断裂的多期活动特点，呈线状展布。其中 NNE 向断层可分为三期，早期形成的断层主要控制了中燕山晚期细粒碱长花岗岩岩墙的展布，应为与库尔滨壳断裂早期活动相伴产生的断层。中期形成的断层控制中燕山晚期次火山岩及隐爆角砾岩的展布。晚期断层控制了热液石英岩（金矿体）的展布。NNW、NE 向断层与 NNE 向晚期断层相伴产出。推测为库尔滨壳断裂中晚期活动的产物。证据为早期形成的岩体依次为晚期形成的岩体所穿插、截切。断层长 $100—2800m$ ，宽 $1—>400m$ 。

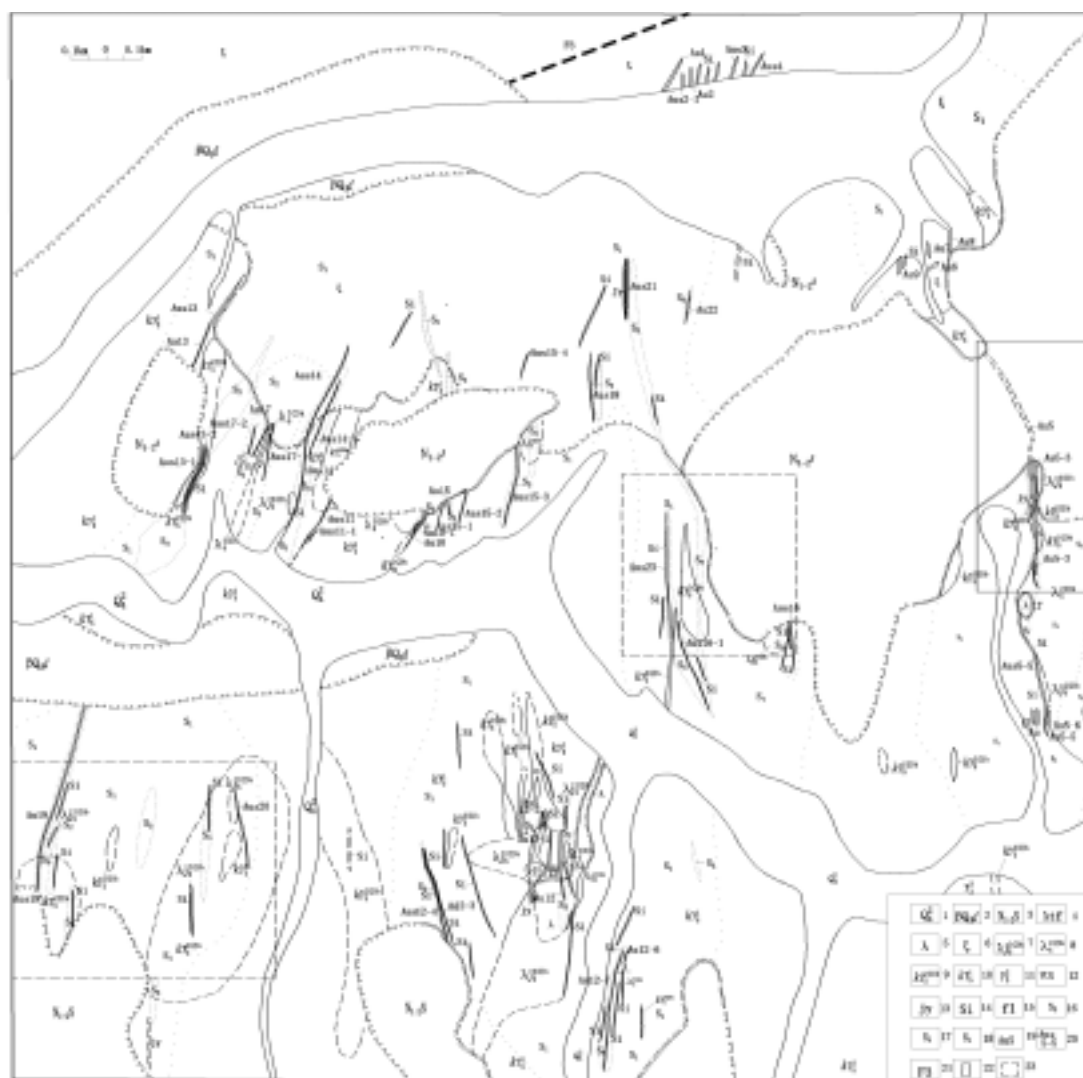


图3-1 东安金矿床地质图

第四系：1-全新统冲积物 2-下更新统大寨山组玄武岩 3-第三系中-上新统砂砾岩、砂岩 白垩系下统光化组：4-流纹质凝灰岩 5-流纹岩 6-英安岩 中燕山晚期侵入岩：7-流纹质隐爆角砾岩 8-潜流纹岩 9-细粒碱长花岗岩 10-印支晚期中粗粒碱长花岗岩 11-加里东中期黑云母花岗岩 12-霏细岩 13-隐爆角砾岩 14-热液石英岩 15-萤石岩 16-网脉状硅化蚀变带 17-泥化蚀变带 18-绢云母化蚀变带 19-经济金矿体及编号 20-次边经济金矿体及编号 21-断层及编号 22-1：2千预测区 23-1：1万预测区

(二) 火山机构

本区早白垩世光化组火山岩形成主要受 NNE 向线性构造控制，因而本区的环状、放射状火山机构发育不完全或因剥蚀深度较大保存下来的较少。其中控制 5 号矿体的断层主要沿晚印支期中粗粒碱长花岗岩与中燕山晚期次火山岩接触带展布，推测其早期为伴随火山喷发形成的近环状断层，彼此可能并不连通，火山期后含矿热液在其中沉淀成矿，在后期 NNE 向剪应力作用下连结在一起，且局部裂隙增大，在后期次火山期后含矿热液的作用下对先形成的矿体改造，形成角砾状、梳状、晶洞、晶簇、条带状热液石英岩。本区的火山机构以火山通道为主。火山通道沿断裂形成，熔岩状次火山岩(潜流纹岩)侵入其中，并可见呈隐爆相的流纹质隐爆角砾岩侵入其中，并侵入略早于其形成的细粒碱长花岗岩岩墙。目前

发现 9 处次火山岩体，呈椭圆状小岩株或岩脉状分布，以 NNE 向最为发育。其中 5 号矿体东侧次火山岩体规模最大，出露面积约 0.3km^2 ，与 5 号主矿体的形成关系密切。

（三）节理裂隙

矿床内的节理裂隙控制了网脉状硅化的展布。对 5 号矿体 225m 和 185m 中段坑道中的节理裂隙进行了统计（图 3-2），依其形成机制不同可分为两大类：一类为控岩控矿断层的伴生节理裂隙，走向以 NNW、NNE 向为主，NEE、NNW 向少量，脉壁较平直，主要为热液石英岩充填，次为萤石充填；另一类为热液石英岩脉旁侧的节理裂隙，一般垂直于热液石英岩脉呈梳状分布或分布于其延长部位，推测为水压破裂形成，充填物为热液石英，脉壁粗糙，多连结成网脉状。

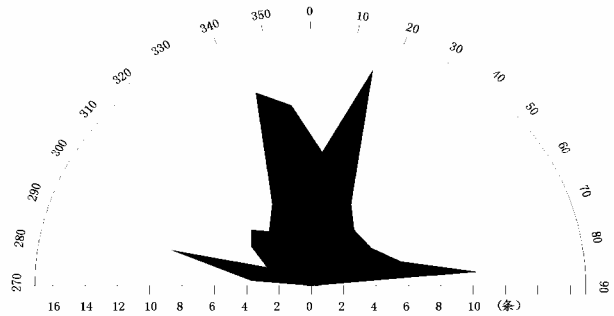


图 3-2 5 号矿体 225m、185m 中段节理裂隙走向玫瑰花图

三、矿区侵入岩

矿区内出露的侵入岩主要为晚印支期中粗粒碱长花岗岩、中燕山晚期细粒碱长花岗岩、花岗斑岩、次火山岩（潜流纹岩、隐爆角砾岩）。中粗粒碱长花岗岩是岩金矿体的主要围岩，细粒碱长花岗岩和次火山岩是岩金矿体的次要围岩。次火山岩与成矿有密切的成生关系。详见图 3-1。

（一）晚印支期花岗岩类

在矿区内出露的为中粗粒碱长花岗岩（ K_2O ），呈岩株状。为金矿体的主要围岩。岩石呈肉红色，块状构造，中粗粒花岗岩结构。碱性长石主要由微斜长石和条纹长石组成。呈半自形板状，粒度 $0.2-7\text{mm}$ ，卡氏双晶发育，有的弱绢云母化、泥化，含量 46-56%。斜长石牌号 $An=8-10$ ，属更长石。呈半自形板状，聚片双晶发育，粒度 $0.2-5\text{mm}$ ，不均匀分布，具不同程度的绢云母化，含量 10-15%。石英呈他形粒状，粒度 $0.2-7\text{mm}$ ，具波状消光，不规则分布，含量 25-35%。黑云母多次生变化为绿泥石，含量 1-3%。副矿物为锆石—磷灰石型。见图版 -2。在 QAP 侵入岩分类命名图（图 3-3）上岩石类型为碱长花岗岩。岩石 $SiO_2=71.19-75.16\%$ ， $Na_2O+K_2O=7.33-8.49\%$ ，

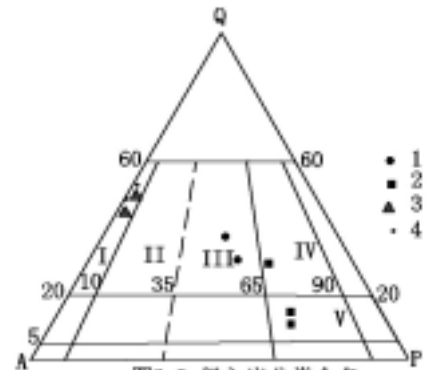


图 3-3 侵入岩分类命名

（据 GB/T17412.1-1998）

I-碱长花岗岩 II-花岗岩 III-二长花岗岩 IV-花岗闪长岩 V-石英二长闪长岩 1-中加里东期偏碱性花岗岩 2-中加里东期花岗岩闪长岩 3-印支晚期碱长花岗岩 4-中燕山晚期细粒碱长花岗岩

$K_2O/Na_2O=1.21-2.29$, $CaO=0.24-0.35\%$, 组合指数 () $=1.67-2.46$, 碱度率 (AR) $=1.95-3.61$, 氧化率 (OX) $=0.43-0.45$ 。岩石属钙碱性岩系, 具富硅、富碱、贫钙的特点。在 R_1-R_2 多阳离子参数构造判别图 (图 3-4) 上落入造山晚期花岗岩区。岩石

$REE=101.31-121.68 \times 10^{-6}$, $LREE/HREE=8.46-15.71$, $Eu=0.428-0.584$,

$Ce=1.121-1.188$ 。为轻稀土富集型, 铈亏损极为明显, 呈近于对称的“V”字型 (图 3-5), 具重熔特点。

(二) 中燕山晚期花岗岩类

在矿区内出露的主要为细粒碱长花岗岩 ($K_5^{2(2)b}$) 和花岗斑岩 ($5^{2(2)b}$) , 常呈岩墙状产出, 在中粗粒碱长花岗岩分布区发育。前者长几 m-1000m, 宽几 cm—200m, 受断裂控制明显, 呈线性分布, 以 NNE 向为主, NNW、NE 向次之。后者仅见于 ZK36-2 和 ZK36-4 号钻孔中。

1. 细粒碱长花岗岩

岩石呈肉红色, 块状构造, 细粒花岗结构, 碱性长石由微斜长石和条纹长石组成, 呈他形粒状, 粒度 0.1-2mm, 含量 52-58%。斜长石牌号 $An=27$, 为更长石。呈半自形板状, 具聚片双晶, 粒度 0.1-2mm, 含量 10-15%。石英呈他形粒状, 粒度 0.1-2mm, 波状消光, 均匀分布, 含量 25-30%。暗色矿物主要为黑云母和角闪石, 呈他形粒状, 粒度 0.1-0.5mm, 含量不足 0.5-2%。副矿物为锆石—磷灰石型见图版

-1。在 QAP 侵入岩分类命名图 (图 3-3) 上岩石类型为碱长花岗岩。岩石

$SiO_2=77.11-77.72\%$, $Na_2O+K_2O=7.98-8.37\%$, $K_2O/Na_2O=1.30-1.39$, $CaO=0.21-0.40\%$, 组合指数 () $=1.85-2.05$, 碱度率 (AR) $=3.26-3.98$, 氧化率 (OX) $=0.42-0.43$ 。岩石属钙碱性岩系, 具富硅、富碱、贫钙的特点。与中粗粒碱

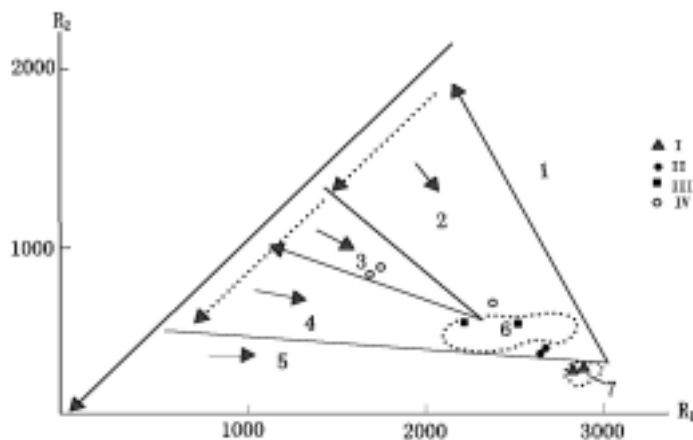


图 3-4 R_1-R_2 多阳离子构造判别图解

1-幔源花岗岩区;2-活动板块边缘花岗岩区;3-碰撞后隆起花岗岩区;4-造山期花岗岩区;5-非造山期 A 型花岗岩区;6-同碰撞花岗岩区;7-造山期后 A 型花岗岩区;I-中燕山晚期细粒碱长花岗岩;II-晚印支期中粗粒碱长花岗岩 III-中加里东期混染花岗岩;IV-中加里东期花岗闪长岩

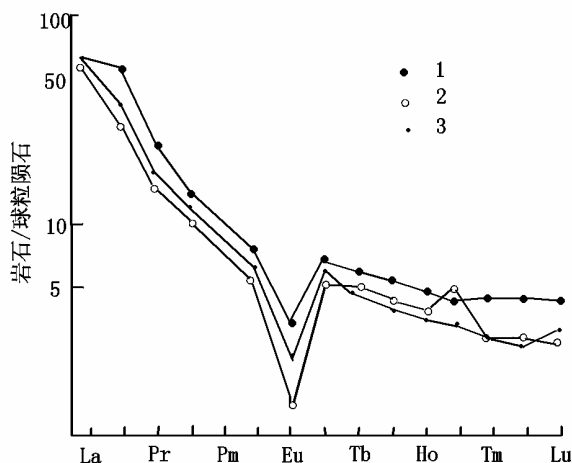


图 3-5 REE 模式图

1-中粗粒碱长花岗岩;2-细粒碱长花岗岩;3-花岗斑岩

长花岗岩相比硅质、碱质略有增高。在 R_1 - R_2 多阳离子构造判别图解 (图 3-4) 上落入造山期后花岗岩区。岩石 $REE=65.44-95.51 \times 10^{-6}$, $LREE/HREE=8.07-14.29$, $Eu=0.081-0.282$, $Ce=0.930-1.071$ 。K - Rr 法年龄 $114.0Ma^{[1]}$ 。为轻稀土富集型, 钕亏损明显, 呈 “V” 字型 (图 3-5), 具重熔特点。

2. 花岗斑岩

岩石呈灰色, 块状构造, 斑状结构, 基质隐晶质结构。斑晶为碱性长石、斜长石、石英和少量的暗色矿物黑云母等。碱性长石主要为正长石。呈自形—半自形板状, 粒度 0.2-3mm, 含量约 20%。斜长石牌号 $An=27$, 为钠长石。呈自形—半自形板状, 粒度 0.2-3mm, 含量约 10%。石英呈他形粒状, 粒度 0.2-3mm, 含量约 5%。黑云母呈半自形片状, 多次生变化为绿泥石, 粒度 0.5-2mm, 含量约 3%, 基质为长英质, 含量约 62%。副矿物为锆石 - 磷灰石型。岩石 $SiO_2=74.46-77.70\%$, $Na_2O+K_2O=7.60-7.75\%$, $K_2O/Na_2O=1.89-2.99$, $CaO=0.27-0.30\%$, 组合指数 (Σ) = 1.82-1.91, 碱度率 (AR) = 1.81-2.34, 氧化率 (OX) = 0.45。岩石属钙碱性岩系, 具富硅、富碱、贫钙的特点。岩石 $REE=61.06-116.21 \times 10^{-6}$, $LREE/HREE=9.64-14.31$, $Eu=0.222-0.532$, $Ce=0.976-1.061$ 。U - Pb 法年龄 $106.1Ma^{[1]}$ 。为轻稀土富集型, 钕亏损明显呈 “V” 字型 (图 3-5), 具重熔特点。

(三) 中燕山晚期次火山岩类

该区与成矿关系密切的次火山岩与细粒碱长花岗岩、光华组火山岩为同源不同阶段作用的产物^[1], 其形成先后顺序据侵入关系和 REE 模式应为细粒碱长花岗岩、光华组火山岩、次火山岩, 后二者同空间、同外貌、同成分。次火山岩与光华组火山岩不同的是具侵入产状, 据其产状和外貌特征分为潜流纹岩 ($\frac{2(2)b}{5}$) 和隐爆角砾岩: 潜流纹岩具熔岩外貌, 岩石的结构与熔岩相似, 呈小岩株状侵入晚印支期中粗粒碱长花岗岩、中燕山晚期细粒碱长花岗岩及光华组火山岩中, 长 300-900m, 宽 40- > 400m; 隐爆角砾岩呈脉状分布于金矿体上下盘附近。长数十 m, 宽 0.1-数 m。

1. 潜流纹岩

岩石呈浅灰色、浅绿灰色, 块状构造, 斑状结构。斑晶主要为微斜长石、石英、白云母。微斜长石呈半自形板状, 粒度 0.5-1mm, 含量 1-2%, 多绢云母化。石英呈他形粒状, 具熔蚀, 粒度 0.2-1 mm, 含量 1-5%。白云母呈它形粒状, 不均匀分布, 粒度 0.1-1 mm, 含量 1%。基质为隐晶质结构, 由长英质组成, 含量 75-85%。局部见中粗粒碱长花岗岩、细粒碱长花岗岩和流纹岩岩屑。见图版 I-3、II-1、II-2。为金矿体围岩之一。岩石 $SiO_2=70.68\%$, $Na_2O+K_2O=7.91\%$, $K_2O/Na_2O=2.77$, $CaO=0.21-0.40\%$, 组合指数 $\Sigma=2.26$ 。碱度率 (AR) = 1.82; 氧化率 = 0.55。由组合指数和 AFM (图 3-6) 图解, 岩石属钙碱性系列。在 $\log - \log$ 图解 (图 3-7) 中落入消减带火山岩区, 表明其形成于活动大陆边缘。

岩石 $REE=74.94-90.01 \times 10^{-6}$, $LREE/HREE=8.82-10.76$, $Eu=0.273-0.417$, $Ce=1.034-1.311$ 。为轻稀土富集型, 钕亏损明显, 呈 “V” 字型 (图 3-8), 具重熔特点。

2. 隐爆角砾岩

据角砾成分、磨圆度及胶结物成分可分为酱紫色隐爆角砾岩 (jy) 和流纹质隐爆角砾岩 ($j_5^{2(2)b}$)。

(1) 酱紫色隐爆角砾岩：受断层构造控制，主要分布于金矿体上盘，呈脉状分布于细粒碱长花岗岩、英安岩和中粗粒碱长花岗岩中，岩石呈酱紫色、肉红色。角砾状构造，碎裂状构造，胶结物斑状结构。角砾成分较简单，为围岩角砾。角砾以棱角状为主，少数为次棱角状，可拼合，砾径一般 2-100mm，含量 70-90%，角砾含量及砾径从中心向边部递增，边部仅见胶结物穿插于围岩裂隙中。胶结物为酱紫色硅质，普遍含黄铁矿，呈细脉状、网脉状分布，脉宽 1-10 mm。按 Baker (1986) 的分类应为水压角砾岩。

(2) 流纹质隐爆角砾岩：受断层和火山机构控制，平面上呈脉状分布于金矿体上、下盘。岩石浅灰色、浅绿灰色、浅黄灰色。角砾状构造，斑状结构。以矿区中部的乌宋岗河为界，北部的隐爆角砾岩角砾成分复杂，以潜流纹岩角砾为主，并含有围岩角砾，主要为中粗粒碱长花岗岩、细粒碱长花岗岩和英安岩等 (见图版 -1)，角砾以次圆状为主，少数为次棱角状，不可拼合，砾径一般 2-10mm，个别 0.5-2mm，含量 30-45%。胶结物为潜流纹岩，按 Baker (1986) 的分类应为流化角砾岩，为角砾岩带的中上部。南部的隐爆角砾岩角砾成分简单，以潜流纹岩角砾为主，围岩角砾含量极少，且呈滚圆状，胶结物为潜流纹岩，按 Baker (1986) 的分类应为爆发角砾岩，为角砾岩带的下部。

本矿区内发现的隐爆角砾岩带均未见塌陷角砾岩出露，说明本矿床剥蚀较深，北部为隐爆角砾岩带的中上部，南部为隐爆角砾岩带的下部。本期的次火

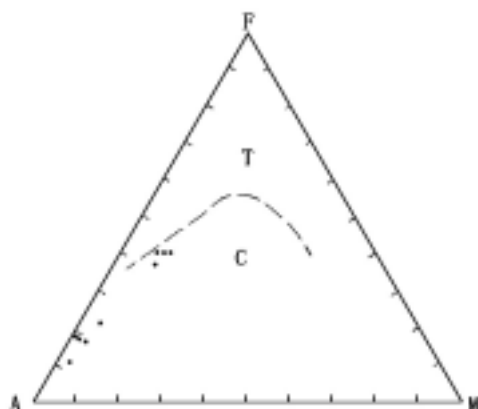


图3-6 AFM图解

(T. N. Irvine等)

T-拉斑玄武岩系列；C-钙碱性系列

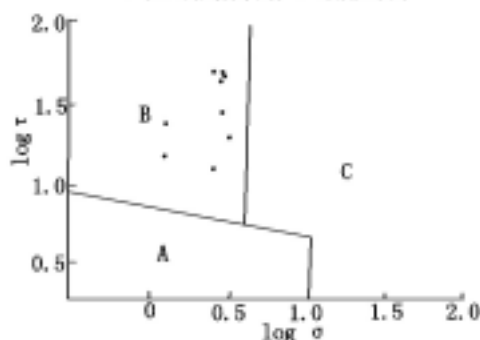


图3-7 早白垩世火山侵入岩 log τ - log σ 图

(据 A. Rittmann, 1970)

注： $\tau = \text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ ； $\sigma = (\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})/(\text{SiO}_2 - 43)$

A-板内稳定区火山岩；B-消减带火山岩；C-碱性火山岩

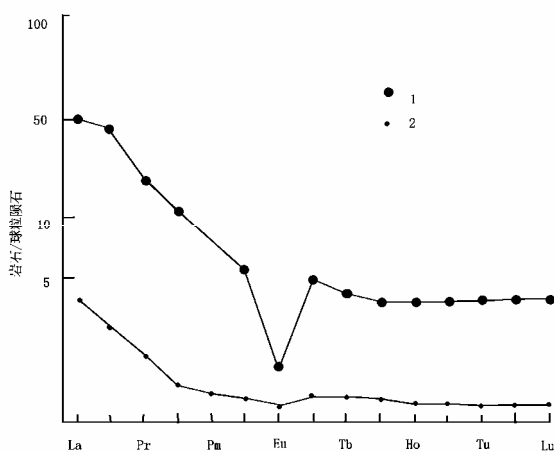


图3-8 REE模式图

1-潜流纹岩 2-热液石英岩 (金矿石)

山岩和隐爆角砾岩均发育自蚀变作用,表现为长石类矿物均蚀变为绢云母和高岭土,或发育水白云母化等泥化蚀变。

四、矿体特征

表3-1 东安岩金矿区矿体特征表

矿体号	矿体规模(m)				矿体围岩	矿体产状(°)			矿石平均品位: 经济的/次边经济 的(10 ⁻⁶)	
	长	控制长	平均水平厚度 (经济的/次边 际经济的)	垂深		走向	倾向	倾角	Au	Ag
1		126	0.99	110		38-45	308-315	74	8.23/	109.3/
2		55	0.97/	100		18	288	77	7.91/	92.6/
3w		单工程	/1.00			27	297	85	/1.53	/29.5
4w		单工程	/1.00			50	310	45	/1.11	/12.0
5	770	725	6.70/2.10	110-358	k_5^1 $k_5^{2(2)b}$ $j_5^{2(2)b}$ tf	351-0-335- 315	81-90- 245-225	77-89-78	9.05/2.44	75.8/47.0
5-1	断续350		0.58 / 1.66	110	k_5^1	354-356	86-88	78-84	4.80/2.48	5.93/46.7
5-2	断续400		3.64 / 1.87	60-220	k_5^1	353-337	83-67	88-81	12.77/1.17	59.4/27.
5-3	断续400		1.57 / 1.54	75-135	k_5^1	357-348-352	87-78-82	66-86-82	5.87/2.93	70.6/16.9
5-4	断续700		1.72 / 1.29	50-75	k_5^1	357-344	78-74	87-74	6.04/2.07	14.5/4.2
5-5w	断续200		/1.54	25-100	k_5^1	7-16	97-106	69-86	/2.69	/46.5
5-6w	50		/2.45	100	k_5^1	3-16	93-106	60-69	/1.28	/21.0
5-7		单工程	1.00/		k_5^1 $k_5^{2(2)b}$	350	80	86	6.07/	8.0/
6	100	80	2.16 /			65	335	83	10.80/	66.4/
7		单工程	1.00 /			360	270	65	4.01/	9.0/
8w		单工程	/0.80			42	312	42	/1.34	/3.5
9w		单工程	/1.50			355	265	62	/1.60	/2.0
10		75	1.52/		k_5^1	15-35	285-305	52-63	3.74/	46.2/
11w		100	1.00/1.67		k_5^1 $k_5^{2(2)b}$	32	328	65-73	3.41/2.09	30.1 /14.0
12	150	100	0.96/		k_5^1 $j_5^{2(2)b}$	350-355	260-265	70-75	19.83/	174.2/
12-7		100	1.5/1.5		k_5^1	10-350	260-280	78	4.75/1.78	5.17/1.8
13		200	1.20/3.40		k_5^1	23	293	66	3.42/	20.2/
14w		300	/1.61	40-93	k_5^1	3-26	273-296	40-56	/2.25	/15.3
15		单工程	0.83/		k_5^1	300	210	89	7.28/	9.6/
16w		单工程	/1.31		k_5^1	356	266	68	/1.14	/1.0
17		50	1.00/1.00		k_5^1	35	305	47	3.50/2.61	2.3/
18		单工程	/1.00			350	260	60	/1.31	/1.0
19		100	2.00/1.00		k_5^1	10-20	270-280	75	16.14/1.10	81.8/6.9
20		单工程	/1.00		k_5^1 $j_5^{2(2)b}$	350	260	58	/2.86	/2.1
21		单工程	/0.5		jy	10	280	80	/3.28	/40.6
22		单工程	2.00/			10	280	75	9.05/	6.5/
23		125	/0.65		k_5^1	356	266	80	/3.19	/9.8

（一）矿体赋存位置和形态产状

矿体受近 NNW、NNE、NE 向断层控制，呈脉状，矿化范围一般与热液石英岩脉一致，仅有少部分矿体赋存于网脉状硅化蚀变带中，矿体与围岩界线较清晰。

全区矿体总体倾向西，倾角自东向西由近于直立变为较缓的 $45-75^\circ$ 。详见表 3-1。

（二）矿体规模和品位

矿区内截止目前已发现 52 条金矿体，其中主矿体 23 条，从属矿体 29 条。矿体规模受热液石英岩脉及潜流纹岩或流纹质隐爆角砾岩规模影响较大，前者与后两者成正相关关系。已控制矿体长 50-725m，水平厚度 1.00-9.40m，品位 $\text{Au} 1.11-19.83 \times 10^{-6}$ ， $\text{Ag} 1.0-159.4 \times 10^{-6}$ 。单样 Au 品位 $1.06-26.64 \times 10^{-6}$ ，Ag 品位 $1.0-162.0 \times 10^{-6}$ ，单工程矿体最大厚度 9.40m，最高品位 $\text{Au} 1015.00 \times 10^{-6}$ ， $\text{Ag} 1496.0 \times 10^{-6}$ 。矿区以 1、5、10、12、13、19 号矿体规模较大。矿体规模及品位详见表 3-1。

（三）矿体数学特征

矿体的数学特征是指矿体各属性的数量特征或数量的规律性，它能反映矿体的本质特征和总体特征。以提供成矿作用信息，指导矿床勘查，开展矿体定位预测^[10]。

本文只探讨矿体厚度及品位标准离差、变化系数。

1. 标准离差

标准离差反映数值偏离其均值的绝对离散程度。标准离差值越小，数据偏离平均值的范围越小，反之，标准离差值越大，标志值的变化程度越高，数据出现的随机性越强。5 号矿（化）体的厚度和品位的标准离差最大，分别为 4.40 和 $\text{Au} 43.04$ ， $\text{Ag} 163.37$ ，其余 1-4、6、10-14、19 号矿体厚度和品位的标准离差，分别为 0.24 - 1.96 和 $\text{Au} 0.53 - 18.0$ ， $\text{Ag} 6.3 - 184.2$ ，说明 5 号矿体的厚度和品位较其余矿体有随机性较强、连续性较弱的趋势。详见表 3-2。

2. 变化系数

变化系数反映数值偏离其均值的相对离散程度。其值越大，反映标志值的变化程度愈大，反之，变化系数越小，反映标志值的变化程度愈小。工业矿体厚度变化系数 $V_m=59.1\%$ ，表明在总离散程度上，厚度变化不大，属厚度稳定范畴， $V_m<80\%$ ，而矿（化）体的厚度变化系数 $V_m=82.7\%$ ，说明在整个矿化阶段，矿体厚度变化略大，属不稳定范畴。厚度变化系数 5 号矿体 $V_m=75.3\%$ ，其余 1-4、6、10-14、19 号矿体厚度变化系数 $V_m=21.4-67.0\%$ ；品位变化系数 5 号矿体 $V_{\text{Au}}=380.9\%$ ， $V_{\text{Ag}}=206.8\%$ ，其余 1-4、6、10-14、19 号矿体 $V_{\text{Au}}=40.3-93.1\%$ ， $V_{\text{Ag}}=45.5-132.7\%$ 。表明在总离散程度上 5 号矿体厚度和品位的变化极大，属不均匀范畴，而其余矿体厚度和品位的变化相对不大，属较均匀范畴（详见表 3-2）。

表3-2 品位厚度标志统计特征数

矿体	标志	算术平均数		W(Au)/ W(Ag)	$\frac{Au}{Ag}$ 相关系 数	标准离差		变化系数(%)		样品数 工程数
		Au	Ag			Au	Ag	Au	Ag	
全区矿(化)体 (Au 1×10^{-6})	品位/ 10^{-6}	5.81	33.6	0.17	0.343	5.14	41.3	88.5	122.9	757
	厚度/m	2.26				1.85		82.7		45
全区矿体 (Au 3×10^{-6})	品位/ 10^{-6}	8.6	49	0.18	0.653	5.09	47.1	59.2	96.1	624
	厚度/m	2.25				1.33		59.1		36
1-4号矿体	品位/ 10^{-6}	8.69	98.2	0.09	0.999	4.07	56.6	46.8	57.6	11
	厚度/m	1.12				0.24		21.4		4
5号矿体	品位/ 10^{-6}	11.3	79	0.47	0.288	43	163	380.9	206.8	682
	厚度/m	5.84				4.40		75.3		69
6号矿体	品位/ 10^{-6}	9.32	69.6	0.13	0.712	5.02	39.5	53.9	56.5	11
	厚度/m	2.06				0.88		42.7		2
10号矿体	品位/ 10^{-6}	3.57	47.5	0.08	0.695	1.44	27.5	40.3	57.9	11
	厚度/m	2.23				1.28		67		6
11号矿体	品位/ 10^{-6}	1.65	6.8	0.24	-0.087	0.63	6.3	29	69.8	4
	厚度/m	1.91				0.96		50.3		3
12号矿体	品位/ 10^{-6}	19.3	189	0.10	0.975	18.0	184	93.1	97.6	4
	厚度/m	1.14				0.29		25.5		3
13号矿体	品位/ 10^{-6}	1.16	16.1	0.07	-1.000	0.53	20	45.7	124	5
	厚度/m	3.16				1.96		62.0		2
14号矿体	品位/ 10^{-6}	1.64	10.1	0.16	0.139	1.1	13.4	67.1	132.7	12
	厚度/m	1.36				0.75		55.1		9
19号矿体	品位/ 10^{-6}	5.58	29.5	0.19	1.000	1.1	13.4	19.7	45.4	12
	厚度/m	1.5				0.75		50.0		2

五、矿石特征

(一) 矿石结构

矿石结构以他形粒状为主,自形、半自形粒状次之。矿石构造5号矿体以块状、角砾状、脉状-网脉状为主,梳状、晶簇、晶洞、条带状次之,空洞、粉末状少量;其余矿体以块状为主,脉状-网脉状次之,角砾状、晶簇、晶洞少量。角砾状矿石特征为灰色热液石英中白、乳白色热液石英或冰长石呈角砾,角砾大小不等,含量不等,局部可见角砾呈圆-浑圆状(图版I-5、II-8),显示成矿具多阶段性;脉状-网脉状矿石特征为灰色、白色热液石英穿插于围岩中,应为后期成矿热液充填于先期因水压破裂的裂隙或与断裂伴生的节理裂隙中所形成(图版II-2);梳状、晶簇、晶洞状矿石主要为白色热液石英于张性裂隙中形成的;条带状矿石特征为灰色、白色玉髓呈条带状分布于主矿体的边部或主矿体的裂隙中,显示成矿热液是在热动力不足(温度下降、盐度降低)或成矿空间相对狭窄的情况下沉淀的。矿石构造详见表3-3。

(二) 矿石矿物和脉石矿物

1. 矿石矿物

矿石矿物主要为：黄铁矿、褐铁矿、自然金等，含量低，总含量约2.8%。其主要特征如下：

(1) 自然金：金黄色。在矿石中呈自然单质状态产出，主要呈粒间金嵌布于石英颗粒间，少部分赋存于黄铁矿晶隙中及石英裂隙间和石英晶簇和晶洞中，未见包裹体金，表明金

表 3-3 矿石结构构造表

项目	类别	特征
矿石结构	半自形晶-他形晶	大部分金属硫化物
	自形晶	毒砂、少量黄铁矿
	固熔体分离	黄铜矿分布闪锌矿中
	交代	辉铜矿、铜兰交代黄铜矿
矿石构造	假象	褐铁矿呈黄铁矿假象
	块状	白色他形粒状石英
	角砾状	灰色热液石英中乳白色热液石英呈角砾
	浸染状	黄铁矿等金属硫化物、有益金属矿物
	脉状-网脉状	灰色、白色热液石英、绿泥石、黄铁矿
	晶状、晶簇、晶洞	热液石英、萤石
	条带状	玉髓
	空洞状、粉末状	脉石中有益金属矿物
	蜂窝状	金属硫化物

矿化与硅化、黄铁矿化同期。自然金外形以边界不平整者为主，边界规整者少见，呈枝叉状、角粒状、麦粒状。自然金粒度以细粒为主，粒径0.02-0.03mm，少量中粗粒，粒径0.04-0.10mm。

(2) 黄铁矿：浅铜黄色，条痕绿黑色。呈他形粒状、团块状、半自形粒状、立方体粒状，以星散浸染状、细脉状分布，粒径0.01-2mm，含量约1-5%，其中它形粒状、细粒状黄铁矿与金矿化关系密切。

(3) 褐铁矿：褐色、黄褐色、褐红色。呈土状、蜂窝状、不规则粒状，有时具有孔洞，呈黄铁矿的假象，含量约1-5%，与金矿化关系密切。

2. 矿石脉石矿物

脉石矿物种类比较简单，主要为各种颜色、粒度石英，其次为冰长石、高岭石、少量绢云母、绿泥石。

(三) 成矿阶段

根据矿床产出的野外地质特征、矿石的结构、构造、矿物共生组合、围岩蚀变作用及流体包裹体测温成果获得的成矿温压条件以及含金差异性，可将矿床成矿作用过程划分为热液期和表生（风化）期。由于热液的交代蚀变作用使金进一步富集成矿，可进一步分为三个阶段：

第一阶段：硅化—绢云母化—金阶段

早期成矿热液使长石类矿物的绢云母化和角闪石、黑云母类等暗色矿物的绿泥石化过程中，游离出多余的 SiO_2 而形成，石英与绢云母类矿物混杂伴生。其形成温度较高（ $>300^\circ\text{C}$ ），盐度较高（一般 $>7\%$ ），该阶段以微晶石英和绢云母为特征，金矿化较弱，金品位 $<1 \times 10^{-6}$ 。

第二阶段：石英—冰长石—金阶段

中期成矿热液由于大气降水的增加，其形成温度降低（200-300℃），盐度下降（一般5-7%）。使SiO₂饱和的流体发生冷却形成石英、钾长石类矿物变为冰长石。该阶段以石英的结晶程度较高，晶洞、晶簇和梳状构造以及冰长石发育为特征，并有它形细粒黄铁矿相伴。为主要成矿阶段，金矿化强，金品位 $>5 \times 10^{-6}$ 。

第三阶段：玉髓状硅化—金阶段

该阶段以玉髓状硅化细脉、网脉发育为特征，脉宽几Cm~十几Cm，系主成矿期后，大气降水大量加入，成矿温度低（ $<200^\circ\text{C}$ ），盐度低（一般 $<5\%$ ）所形成，金矿化较弱，金品位 3×10^{-6} 。

（四）矿石成分

1. 矿石化学成分

由5号矿体矿石化学全分析结果，矿石具高硅、贫钙镁、低钾钠的特点。SiO₂含量84.32-97.30%，平均91.04%，CaO、MgO、K₂O、Na₂O的总量平均仅1.86%（详见表3-4）。矿石 $\Sigma\text{REE}=3.41-19.59 \times 10^{-6}$ 。LREE/HREE=2.82-8.73， $\delta\text{Eu}=0.446-0.90$ ， $\delta\text{Ce}=1.001-1.128$ 。为轻稀土富集型，铈亏损不明显。

表3-4 东安岩金矿床5号矿体岩石化学成分表(%)

工程号	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	烧失量	合计
ZK6-2	89.42	0.09	1.64	0.97	2.1	0.04	1.67	1.09	0.06	0.11	0.04	1.86	99.09
CM10	87.64	0.13	5.02	0.75	1.89	0.12	1.11	0.31	0.11	0.58	0.07	1.35	99.08
ZK12-2	97.3	0	0.65	0	1.32	0.05	0.14	0.14	0.06	0.06	0.01	0.08	99.81
ZK3-1	96.62	0	0.6	0.19	1.25	0.03	0.23	0.3	0.05	0.05	0.01	0.3	99.64
ZK12-2	85.2	0	2.1	5.11	3.12	0.05	0.43	0.4	0.06	0.05	0.02	3.12	99.66
ZK7-5	91.2	0	4	0.27	1.68	0.13	0.27	0.21	0.06	1.53	0.01	0.63	99.99
ZK6-4	96.6	0	0.26	0.2	1.36	0.05	0.64	0.1	0.07	0.07	0.01	0.59	99.95
ZK12-2	84.32	0	5.08	0.85	4.63	0.23	2.48	0.12	0.05	0.25	0.02	2.26	100.29
平均	91.04	0.03	2.42	1.04	2.17	0.09	0.87	0.33	0.07	0.34	0.02	1.27	99.69

注：由黑龙江省有色金属地质测试中心测试

2. 矿石有益有害组分

根据5号矿体6线ZK6-2、20线ZK20-2、ZK20-5等三个钻探工程198个样品测试结果5号矿体矿石有益组分为Au、Ag。经济的品位 $\text{Au}9.05 \times 10^{-6}$ 、 $\text{Ag}75.8 \times 10^{-6}$ 。次边际经济的品位 $\text{Au}2.44 \times 10^{-6}$ 、 $\text{Ag}47.0 \times 10^{-6}$ 。其余有益组分WO₃、Sn、Bi、Mo、Cu、Pb、Zn、Se、Te等含量很低，远不及岩金矿伴生组分的品位指标，无利用价值，同时对选矿工艺亦无影响。矿石中有害组分As、S、C、Sb等含量极低，同时对选矿工艺无影响。另外，矿石中绿泥石、高岭土等有害成分，由于含量低，亦对选矿工艺无影响。

六、近矿围岩蚀变

矿区内出露的地层和侵入岩，均未遭受区域变质作用。而近矿围岩蚀变作用普遍而强烈，主要沿断裂、隐爆角砾岩带和热液石英岩带分布。分带性明显，内带为热液石英岩带：蚀变组合为石英岩化、玉髓化、绢云母化、冰长石化、绿泥石化、萤石化、黄铁矿化。矿体主要赋存在该带。中带为热液石英岩脉两侧的网脉状硅化带（ S_3 ）：蚀变组合为硅化、网脉状硅化，伴有绿泥石化、高岭土化、绢云母化、冰长石化、萤石化。部分矿体赋存于该带。次外带为矿体上下盘的泥化蚀变带（ S_2 ），蚀变组合为高岭土化、水白云母化。外带为绢云母化蚀变带（ S_1 ），蚀变组合为绢云母化、高岭土化。与矿化关系密切的为灰色石英岩化和与其伴生的冰长石化。主要蚀变特征如下：

（一）硅化

分布于热液石英岩脉两侧的围岩中，主要表现为围岩中石英的次生加大或交代长石类矿物，为受热蚀变产物，为成矿期伴生产物，与金成矿关系不大。

（二）热液石英岩化：

与硅化不同的是石英呈脉状充填于断层或节理裂隙中，石英可分为四期。

1. 乳白色细粒石英。质纯，气液包体发育，石英颗粒间见金矿物。常见大小不一晶洞，晶洞中多充填无色石英晶簇。为次要成矿阶段。见图版 -10。

2. 灰色、灰黑色微晶石英。含杂质较高，气液包体发育，见图版 -6。与绿泥石、冰长石相伴产出。常胶结乳白色石英岩形成角砾状构造。见图版 -5。晶洞发育，晶洞中多充填无色石英晶簇或白色萤石晶簇。石英颗粒间见金矿物，该期蚀变中黄铁矿、黄铜矿等硫化物较发育，是主要成矿阶段。见图版 -9。

3. 白色微晶热液石英。质较纯，气液包体发育，与绿泥石、冰长石相伴产出。其胶结乳白色石英岩和灰色石英岩形成角砾状构造，偶见石英晶洞，其间充填有石英晶簇和萤石晶簇。石英颗粒间见金银矿物，该期蚀变是次要的成矿阶段。

4. 白色细脉—网脉状微晶石英。质较纯，见气液包体，在近矿围岩中发育，矿体中也可见，穿插前三期石英岩，含矿性微弱，是成矿最末阶段。见图版 -3。

（三）绢云母化：

绢云母分布范围较广，呈灰色、浅黄色隐晶质鳞片状集合体，可分为两大类，一类为由长石类矿物受热蚀变而形成，呈面状分布于热液石英岩或次火山岩附近，另一类和热液石英岩紧密伴生，部分可见呈脉状产出，与金成矿关系密切。见图版 -4。

（四）冰长石化：

冰长石呈浅肉红色，单偏光下无色透明，呈窄条状，具菱形切面，负低突起，大多呈脉状赋存于热液石英岩脉中，以其与热液石英岩化、绢云母化密切伴生和其独特的形态可与钾长石类矿物区别，为该类型金矿的标型蚀变矿物。仅分布于5号矿体及其近矿围岩中。冰长石可分三期，一期为微斜长石的低温变种，二期

与灰色、灰黑色热液石英相伴产出，三期为与白色石英相伴产出。见图版 -6、-7、-8。

（五）绿泥石化：

绿泥石可分为三期，常呈墨绿色，绿色，单偏光呈浅绿色，浅黄色，多为鳞片状集合体，一期为安山岩，英安岩和碱长花岗岩中角闪石、黑云母蚀变产物，呈原矿物假象，呈面状分布于近矿围岩中。二期伴随灰色、灰黑色热液石英、冰长石产出，呈脉状、粉末状或团块状分布于金矿体中，三期伴随白色热液石英、冰长石、黄铁矿产出，呈脉状常穿切白色热液石英，与成矿关系密切。见图版 -4、-5。

（六）泥化：

主要由粘土类矿物高岭土、水白云母等矿物组成。呈浅灰黄、淡黄、浅绿色隐晶质产出。正交偏光下水白云母为二级高干涉色，高岭土为二级低干涉色。二者皆主要为长石类的低温蚀变矿物，一般发育于矿体上、下盘。

（七）玉髓化：

为灰色、深灰色，呈隐晶质细脉状、网脉状产出，是低温石英的变体。镜下突起低，一级灰白干涉色，与金矿化关系密切。

（八）萤石化：

萤石可分为三期。一期常与灰色、灰黑色石英、冰长石、绿泥石相伴产出，多为白色半自形集合体。二期常与白色石英、冰长石绿泥石相伴产出，常呈紫色，半自形集合体。三期常与细脉—网脉状白色石英、冰长石、绿泥石相伴产出，常呈翠绿色，半自形集合体。此外在晶洞中多充填翠绿色多面球形萤石晶簇和立方体萤石晶簇。见图版 -9。

综上所述，本区 5 号矿体至少经历了三次以上的成矿阶段，因此矿体规模较大，品位较高，而其余矿体仅经历了最多两次成矿阶段，因此矿体规模较小或品位较低。

第二节 矿床成因及找矿标志

一、矿床类型

本矿床与俄罗斯巴列依浅成低温热液低硫化型金矿床地质特征极其相似，详见表 3-5。据矿床产出的区域构造环境及控矿构造、矿体形态、蚀变组合可以粗略地判断，东安金矿床应为浅成低温热液低硫化型金矿床。

表3-5 东安金矿与俄罗斯巴列依金矿地质特征对比表

矿床名称	区域构造位置	控矿构造	矿体形态	储量(t)	成矿年龄(Ma)	近矿蚀变	矿床类型
东安金矿	中生代乌底河断陷盆地中宝山隆起带靠近隆起一侧	断裂	简单、陡倾的石英大脉	24	石英108	硅化、绢云母化、冰长石化、绿泥石化、泥化	
俄罗斯巴列依金矿	额尔古纳地块西南晚中生代火山—深成岩穹隆翼部的山间盆地	断裂	简单、缓倾的石英大脉和陡倾的石英细脉群	300	冰长石110-112	硅化、冰长石化、泥化	浅成低温热液低硫化型

注:俄罗斯巴列依金矿资料据孙丰月(2003)

二、矿床成因

(一) 成矿地球动力学环境

该区中生代处在滨太平洋大陆边缘活动带—拉张地球动力学环境,拉张断陷作用强烈,尤其是早侏罗世—早白垩世中期强烈的中燕山运动,伴随大规模的断裂活动,并产生一系列的SN、NE、NW、NNE向壳断裂和断陷盆地,导致中—中酸性火山喷发—超浅成相杂岩体侵入和火山机构发育,控制了金矿的区域展布。与浅成热液金矿在时间、空间和成因上有密切的关系。东安金矿即产于此成矿地球动力学环境中。与成矿关系密切的潜流纹岩为消减带火山岩,表明其形成于活动大陆边缘。

(二) 成矿物质来源

主要矿化围岩中粗粒碱长花岗岩、细粒碱长花岗岩和潜流纹岩,原岩有较高金丰度,三者分别为 15.6×10^{-9} 、 15.8×10^{-9} 、 8.7×10^{-9} ,金富集系数分别为3.6、3.7、2.0,该区基底上元古界一面坡群额头山组变质酸中性火山—沉积建造,金丰度较高,片岩、千枚岩 36.2×10^{-9} ,变质英安岩 25.0×10^{-9} 。岩石片理化十分发育,富水性较好,有利于流体沿其流动或渗流,从而萃取成矿矿质和介质。矿石稀土总量较低,且Ce弱亏损(见图3-8),显示成矿物质主要来源于深部,含矿热液萃取了深部矿源层以及中粗粒碱长花岗岩和细粒碱长花岗岩中成矿物质带到浅部成矿的结果。

(三) 成矿深度、温度及时代

由含石英中流体包裹体测温结果,计算出成矿压力为 $48.75-382.88 \times 10^5 \text{Pa}$,以 $100-250 \times 10^5 \text{Pa}$ 居多。由公式 $H = \frac{P(10^5 \text{Pa})}{300 / \text{km}}$ (P—为成矿压力),计算出东安金矿的成矿初始深度为0.2-1.1km,属浅成—超浅成环境(薛明轩,2001)。矿石中发育角砾状、条带状、梳状、晶洞和晶簇构造,也表

现出显著的浅成特点。

含石英中流体包裹体均一温度分布范围为 144 -348 ,成矿的最佳温度区间在 260 -300 (图 3-9),属浅成低温热液矿床的成矿温度范围。盐度分布范围为 2.06-8.36% ,主要集中于 4-8%,且有随温度降低而降低的规律。

由矿石 Rb-Sr 全岩测年结果,东安金矿的矿石等时线年龄为 108Ma,与潜流纹岩 112Ma 的等时线年龄十分相近,仅晚 4Ma,表明二者具有极为密切的时间关系(薛明轩,2001)。

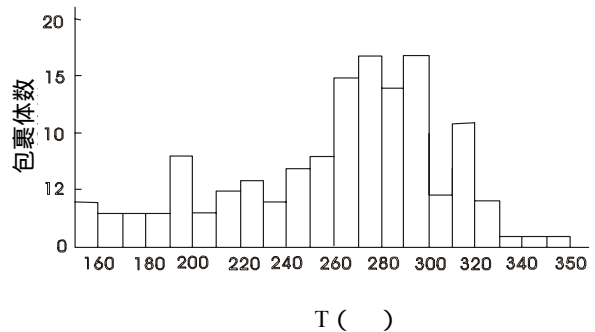


图 3-9 温度频率分布直方图

(四) 成矿流体性质及矿体就位机制

流体包裹体气、液相成分分析结果表明,成矿流体液相成分主要为 K^+ 、 Cl^- ,气相成分主要为 HO_2 和 CO_2 。流体中金主要呈金氯络合物形式迁移,表明成矿流体主要为中低温、弱酸性。与中低温、弱酸性条件有利于金氯络合物($[AuCl]^-$ 和 $[AuCl_4]^-$)形成(Seward, 1984)的结论,及该区成矿温度及蚀变矿物组合相一致。流体包裹体测定结果表明,成矿流体盐度分布范围为 2.06-8.36%,主要集中于 4-8%,且基本具有随温度降低而降低的规律。成矿早期温度较高($>300^\circ C$),盐度较高(一般 $>7\%$),成矿中期温度降低($200-300^\circ C$),盐度下降(一般 5-7%),成矿晚期成矿温度低($<200^\circ C$),盐度低(一般 $<5\%$)。表明成矿流体源于岩浆水,随成矿作用的进行,大气降水的加入不断增加。沸腾面受温度和盐度的控制;在这种浅位的、开放裂隙体系中,静水压力占优势。沸腾使得流体温度下降、蒸气挥发,从而导致矿液 pH 值上升。沸腾开始时,少量蒸气挥发后,溶液从中性变为弱碱性;当 20%的挥发份挥发掉后,介质条件更趋碱性,银矿物沉淀并伴有冰长石、少量绢云母和大量氧化硅形成。在沸腾带的顶部,强烈的沸腾导致蒸气更快地挥发,同时迅速冷却。在沸腾面之上的构造面上,被释放的蒸气可以凝聚成氧化的酸性流体。在这种环境中,金的各种络合物(硫酸氢盐、氯化物、硫代络合物或其它一些络合物)不稳定,金与大量的氧化硅一起沉淀下来(Seward, 1973)。

综上所述,矿床成因为浅成低温热液低硫化型(又称冰长石—绢云母型)。

三、找矿标志

(一) 中生代乌底河火山断陷盆地边缘,断陷与隆起交接部位, NNE 向库尔滨壳断裂附近,早白垩世构造—火山—侵入作用强烈区,是主要的区域找矿标志。

沿该区分布的 1:5 万水系沉积物金多元素异常区，可作为区域找矿远景区。

(二) NNW、NNE、NE 向断层、中燕山晚期细粒碱长花岗岩墙、早白垩世次火山岩、泥化、硅化及玉髓状硅化和冰长石化发育地段，是找矿标志最明显的地段。在上述地段如果有土壤 Au、Ag、Sb(As、Bi)多元素组合异常、视电阻率高强度异常和高精度磁测低缓负异常，可成功的发现矿体。

第三节 控矿因素分析

一、构造控矿

(一) 断裂控矿

断裂为本矿床的主要控矿构造，按其规模可分为壳断裂及控矿断层。

1. 壳断裂

NNE向展布的库尔滨壳断裂在矿区内转为NE向展布，控制了乌底河火山断陷盆地的展布。沿隆起带库尔滨壳断裂上盘即SEE盘的次级断层发育。东安金矿床即位于此断裂的上盘。断裂形成深度大，具多期活动性，从而使金丰度较高的岩浆分异出的成矿流体在上侵过程中多次萃取古生代基底中成矿物质，为成矿提供物源和热源，为控岩导矿构造。

2. 控矿断层

为库尔滨壳断裂的次级断层，主要为 NNE 向，次为 NNW、NE 向，前者为张扭性，后二者为压扭性，具体表现为前者充填的热液石英岩普遍发育晶洞、晶簇构造，而后二者以细粒、隐晶质结构为主，晶洞、晶簇构造少见。断层为成矿热液淬取成矿物质和沉淀提供有利空间，金矿体多赋存于其中，且其规模与矿体成正相关关系，断层的转折部位一般矿体厚度变大，品位变富。下面以控制 5 号矿体断层为例阐述其控矿特点。

控制 5 号矿体断层：长>1200m，宽 1-25m，延深>358m，均为热液石英岩充填。地表至 185m 中段分布于潜流纹岩与中粗粒碱长花岗岩接触带，向深部分布于中粗粒碱长花岗岩中。走向 315°-0°，倾向 225°-90°，倾角 70°-89°。总体特点为：由近 SN 走向的陡立东倾斜，变为近直立，再变为 NNW-NW 向的陡立西倾斜。控制了含矿热液石英岩及细粒碱长花岗岩和隐爆角砾岩带的展布。断层在走向和倾向上均呈波状展布，在产状的变化(波状张开)部位矿化富集。5 号矿体沿走向上，以中部 12-28 线矿体产状变化部位，矿体厚度和品位俱佳，在垂向上，以 225m 中段产状变缓部位，矿体厚度和品位俱佳，详见图 3-11、表 3-6。

(二) 节理裂隙

为次要控矿构造，有利于含矿热液在运移过程中从围岩萃取成矿物质并沿其运移、沉淀成矿。

本矿床内的矿体主要分布于各期侵入岩或侵入岩与中燕山晚期次火山岩或隐爆角砾岩接触带中，且与次火山岩的规模成正比。在早白垩世光华组火山岩中亦有少量分布，但普遍规模不大或矿石品位均低于工业品位。

（一）侵入岩控矿

1. 提供部分成矿物质。碱长花岗岩是上地幔分熔的、出熔百分比低的弱碱性岩浆，在上升过程中，同化混染了地壳物质而形成，其来源较深，且在上升过程中同化混染含金基底，金丰度值较高。

2. 矿化有利围岩。碱长花岗岩主要呈岩株状，多沿 NE 向、近 SN 向断裂侵入，且岩石脆性大，断裂的复活和多期活动易使其破碎，形成良好的赋矿空间；细粒碱长花岗岩受断层控制明显，呈岩脉产出。以 NNE 向为主，NE、NNW 向次之，与矿体有密切的同空间关系，其结构致密，对矿液迁移起阻挡作用，利于矿液和矿质在其边部聚集。

（二）次火山岩控矿

1. 时间上相近。容矿火山-侵入岩的 Rb-Sr 全岩测年结果与矿石的相近，表明成矿与火山—侵入活动近于同时发生。

2. 空间上相依。区内的物化探异常、矿化蚀变带、矿体均沿火山-侵入岩带分布，尤其是沿次火山岩内外接触带展布，指示成矿与火山-侵入岩有同空间关系。

3. 提供成矿物质。容矿火山-侵入岩由光华组及其密切伴生的次火山岩组成。受 F1 岩石圈断裂及其次级库尔滨壳断裂 (F3) 控制，岩浆起源于上地幔，其中与金关系密切的亲硫、亲铜元素含量高于地壳克拉克值，岩浆在上侵过程中还同熔金丰度值高的基底岩石，使金进一步富化。为金成矿的主要物质来源。其规模与矿体规模成正

表3-6 5号矿体厚度品位特征统计表

分布	标志	算术平均数		W(Au)	Au、Ag相 关系数	标准离差		变化系数(%)		样品数
		Au	Ag	W(Ag)		Au	Ag	Au	Ag	工程数
地表	品位(10^{-6})	8.35	8.9	1.724	0.433	9.62	9.61	115.2	108.0	53
	厚度(m)	3.89				2.25		57.8		14
225米 标高	品位(10^{-6})	13.4	68.7	0.578	0.812	24.75	165.14	185.3	240.2	159
	厚度(m)	6				4.82		80.3		22
185米 标高	品位(10^{-6})	10.4	84.5	0.4	0.831	11.08	175.67	106.5	207.9	135
	厚度(m)	8.02				4.57		57.0		14
105米 标高	品位(10^{-6})	14.2	98.9	0.261	0.189	69.72	167.23	491.0	169.1	251
	厚度(m)	7.82				3.26		41.7		10
65米 标高	品位(10^{-6})	2.69	44.1	0.23		2.25	104.19	83.6	236.6	50
	厚度(m)	3.87				3.13		80.9		4
0米标 高	品位(10^{-6})	1.27	5.1	0.25	0.018	0.21	3.42	16.5	67.1	5
	厚度(m)	0.48				0.08		16.7		3
13线	品位(10^{-6})	3.94	14.5	1.41	0.06	4.37	23.45	110.9	161.7	12
	厚度(m)	2.63				1.41		53.6		3
7-12 线	品位(10^{-6})	8.17	52	0.61	0.461	9.60	117.39	117.5	225.8	349
	厚度(m)	4.74				2.56		54.0		37
12-28 线	品位(10^{-6})	18.3	118	0.32	0.278	71.52	207.23	390.4	330.6	253
	厚度(m)	8.29				5.20		62.7		22
36-44 线	品位(10^{-6})	5.95	60	0.14	0.587	7.60	57.22	127.7	95.4	25
	厚度(m)	6.06				4.67		77.1		2
5号矿 体	品位(10^{-6})	11.3	79	0.47	0.288	43.04	163.37	380.9	206.8	682
	厚度(m)	5.84				4.40		75.3		69

比关系。

4. 提供热源。矿石流体包裹体测试结果表明,早期含矿流体温度较高,为300-360℃,盐度亦较高,一般>7%,而早期热液对围岩的蚀变作用强烈,形成金的第一个矿化阶段。结合矿体与火山-侵入岩密切的时空关系,表明热源及早期热液来自火山-侵入岩。

5. 金沉淀的有利地球化学障。潜流纹岩、流纹质隐爆角砾岩等酸性次火山岩中富含长石类矿物,其在热液蚀变形成绢云母化的过程中,游离出多余的SiO₂而形成石英,并伴随金矿化富集。

第四节 成矿模式

建立成矿模式,可以集中归纳复杂的地质现象,为地质类比和地质研究提供思想,给予启迪,可以提供有关成矿作用的完整概念,有助于研究整个成矿环境并区分成矿环境和非成矿环境,是矿床研究从定性向定量转化过程中不可缺少的重要环节^[19]。

东安金矿形成于早白垩世断陷盆地靠近隆起一侧,其结晶基底具较高金丰度,为金初始矿源层,前白垩世火山—侵入活动强烈,对金预富集。早白垩世次火山岩形成于活动大陆边缘,其来源于上地幔,并重熔了部分结晶基底。由于隐爆角砾岩带可能本身能量较小并未形成塌陷角砾岩从而未形成汇水盆地,大气降水沿其下渗速度缓慢导致了在隐爆角砾岩带中金矿化微弱或仅形成蚀变带,而断层中大气降水下渗速度较快与深部的含矿热液混合形成混合热液并在其中沉淀形成含矿热液石英岩。从而断层成为矿体赋存的主要构造。次火山期后含矿热液沿其运移、萃取成矿物质、富集成矿。矿化作用和伴生的围岩蚀变是由上升热液流体的沸腾和氧化引起的。次火山岩的多期次活动(主要表现为隐爆角砾岩的形成)的同时多次析出含矿热液。搬运金的成矿热液体系是处于动态平衡中的,当体系的物理化学条件发生变化而使平衡受到破坏时,金就会发生沉淀。Seward的研究表明,成矿流体的温度、压力、矿化剂元素的浓度、PH值的变化是导致矿质沉淀的主要因素。包裹体研究表明,东安金矿的成矿流体是一种混合流体,它是深部高温成矿流体向上运移而与浅部呈酸性的大气降水发生混合作用的产物。这种混合作用必然造成温度和PH值的降低。成矿早期温度较高(300~350℃),溶液呈碱性—弱碱性,而到主成矿期(第Ⅱ阶段)时温度较低(200~250℃),溶液变成弱酸性。野外地质观察和岩相学研究表明,在东安金矿形成过程中,区内构造变动和隐爆作用,使压力迅速降低,引起热液沸腾,并导致成矿体系的物理化学条件发生一系列改变。热液通道的重复性封闭作用使得矿石构造带发生阶段性再断裂和

角砾岩化作用，压力的下降引起沸腾并导致矿物的沉淀，这产生了矿化作用的多期多阶段性，以及矿石中常见的角砾状、层状、条带状构造。

由上可见，本区成矿流体的温度和压力下降、pH值降低，以及溶液的氧化还原电位改变是导致金沉淀的重要因素。区内胶体金的沉淀主要是由于温度的降低和电解质的加入引起凝胶作用，使金随硅胶一同沉淀的。

在地表或近地表，存留下来的挥发份凝聚形成强氧化的酸性环境。形成的强酸溶液可以被中性地下水冲淡，但常仅被微弱地缓冲，在这个带上，发育广泛而强烈的绢云母蚀变及泥化蚀变[Buchanan, 1981]。

第四章 成矿远景评价

目前国内外的矿产勘查实践表明，地质找矿工作已由直接找矿阶段转变为以间接推断为主的理论找矿阶段。另一方面，由于矿产在地壳中的分布是极不均匀的，众多的异常、矿（化）点、矿化带中，具有工业意义的矿化仅是其中很少一部分。因此，据成矿地质特征和成矿信息，正确判断成矿远景区就成为找矿效果和经济效益好坏的关键，是实现科学找矿的重要途径。

在深入研究东安金矿床成矿地质背景、成矿地质特征、控矿因素、找矿标志和成矿模式的基础上，利用地质异常致矿理论、相似类比理论，综合信息成矿理论进行指导，以地质、地球物理和地球化学等信息为依据，利用电子计算机进行数据处理，准确圈定成矿远景区，从而进行成矿预测。

第一节 综合信息预测模型

一、地质异常

地质异常是在结构、构造或成因序次上与周围环境具明显差异的地质体或地质体组合。因此，它是一个具有时空结构的物质实体。并根据地质异常致矿的不同尺度水平，地质异常可分为全球性地质异常、区域性地质异常、局部地质异常和显微地质异常^[20-24]。本文只论述后三者异常的特征。

（一）地层岩性异常

矿区结晶基底为带入部分下元古界东风山群含金硅铁建造的晚元古代一面坡群额头山组变质酸（中）性火山—细碎屑岩建造。盖层中的下寒武统西林群铅山组富镁碳酸盐岩—细碎屑岩建造，为一套黑色含矿岩系。二者具较高的金丰度，构成该区金（银）成矿的初始矿源层。

（二）岩浆岩异常

该区出露的侵入岩具有较高金丰度，可提供部分成矿矿质，且岩石脆性大，断裂的复活和多期活动易使其破碎，形成良好的赋矿空间。该区早白垩世次火山岩具较高金丰度，可提供部分成矿矿质，并可提供主要的热源和部分成矿热液。

（三）构造异常

本区处于伊春—延寿地槽褶皱系—构造岩浆活动带，其历经多次挤压闭合与拉张分裂，构造—岩浆、火山—侵入作用强烈。NNE向库尔滨壳断裂为控岩导矿构造，其次级NNW、NNE、NE向断层和伴生的节理裂隙利于流体沿其运移—聚集—渗透—交代，并与大气降水混合，经降温减压沸腾，导致金银元素沉淀，成为流体运移的通道和矿质赋存及富集的场所。

二、矿区土壤地球化学异常

据本区1：10000和1：5000比例尺土壤测量异常分布空间位置及其特点共划分了19个异常(见表4-1、图4-2)。据异常统计和部分异常验证结果，可将该区土壤地球化学异常指示元素分布特点和异常特征归结如下：

表4-1 土壤地球化学异常表

异常 编号	异常规模 (m)		异常特征							验证情况	比例尺
			元素 组合	浓度		轴向	规模(m)		浓集 中心		
	长	宽		最高值	平均值		长	宽			
HT-1	220	80	Au	24.00	5.50	NE	140	30	明显	1-2号矿体引起	1:10000
			Ag	0.80	0.35	NE	150	50	明显		
HT-2	330	35	Au	100.00	5.70	NNE	290	35	明显	孙吴组	1:10000
			As	38.60	17.00	NNE	150	40	明显		
HT-3	150	70	Au	53.60	7.80	NNE	80	35	明显	金矿化引起	1:10000
			As	46.70	20.00	NNE	150	75	明显		
			Sb	2.20	0.80	NNE	140	75	明显		
HT-4	410	370	Au	36.00	12.45	NNE	230	70	明显	13号矿体引起	1：10000
			Ag	0.90	0.50	NNE	80	20	明显		
			Sb	0.90	0.70	NNE	110	100	不明显		
HT-5	230	190	Au	100.00	7.90	NNE	230	70	明显	17号矿体引起	1：10000
			As	14.50	12.00	NNE	80	20	不明显		
			Sb	1.00	0.70	NNE	110	100	不明显		
HT-6	断续 240	65	Au	67.00	7.00	NNE	240	60	明显	14号矿体引起	1:10000
			As	16.00	13.00	NNE	60	30	不明显		
			Sb	0.90	0.80	NNE	60	60	不明显		
HT-7	350	250	Au	11.90	9.50	NNE	130	30	明显	金银矿化引起	1:10000
			Ag	0.90	0.70	NNE	270	250	明显		
			Sb	0.90	0.65	NNE	160	20	不明显		
HT-8	250	140	Au	11.60	8.50	NNE	250	140	明显	15-3号矿体引起	1:10000
HT-9	540	150	Au	45.70	8.50	NNW	250	70	明显	23号矿体引起	1:10000
			As	17.60	14.50	NNW	130	30	不明显		
			Sb	2.10	0.86	NNW	400	135	明显		
HT-10	240	60	Au	36.70	7.90	NNE	240	60	明显	16号矿体引起	1:10000
HT-11	140	30	Au	19.70	8.50	NE	140	30	明显	6-8号矿体引起	1:10000
HT-12	720	310	Au	500.00	17.50	NNW	700	250	明显	5号及从属矿体引起	3.51389
			Ag	0.70	0.20	NNW	320	170	明显		
HT-13	420	200	Au	17.00	8.40	NNW	420	200	明显	金矿化引起	1:10000
			As	14.50	13.00	NNW	130	70	不明显		
HT-14	170	160	Au	11.00	8.30	NNW	170	90	明显	12-7号矿体引起	1:10000
			Ag	0.50	0.40	NNW	40	30	不明显		
			Bi	0.80	0.70	NNW	90	130	不明显		
HT-15	1200	550	Au	20.00	8.50	NNW	620	270	明显	12号及从属矿体引起	1:10000
			Ag	0.90	0.70	NNW	200	40	明显		
			As	15.00	14.00	NNW	220	120	不明显		
			Sb	1.00	0.70	NNW	90	40	不明显		
			Bi	1.60	0.90	NNW	230	140	明显		
HT-16	275	150	Au	15.00	9.50	NNE	130	40	明显	金矿化引起	1:10000
			Ag	0.50	0.40	NNE	260	50	不明显		
			Sb	0.90	0.70	NNE	70	20	不明显		
HT-17	220	150	Au	11.90	8.70	NNE	220	150	明显	20号矿体引起	1;10000
HT-18	410	110	Au	150.00	8.90	SN	410	110	明显	大熊山玄武岩	1:10000
HT-19	450	70	Au	24.10	8.80	NNE	450	70	明显	19号矿体引起	1:10000

(一) 指示元素分布特点

1. Au异常分布与下伏岩性无关, 受块金效应影响在地表矿体上方, 一般有特高值异常点($>150 \times 10^{-9}$), 伴随连续高值Au异常出现(如HT-12中5号矿体两端, HT-15中12号矿体上方)。

2. Ag异常分布多靠近火山岩附近, 一般异常范围较金小, 多与金异常伴生, 且异常强度相对金要低, 在部分地段Ag也有特高值出现, 与光华组火山岩有关。(如HT-7号异常)

(二) 土壤地球化学异常特征

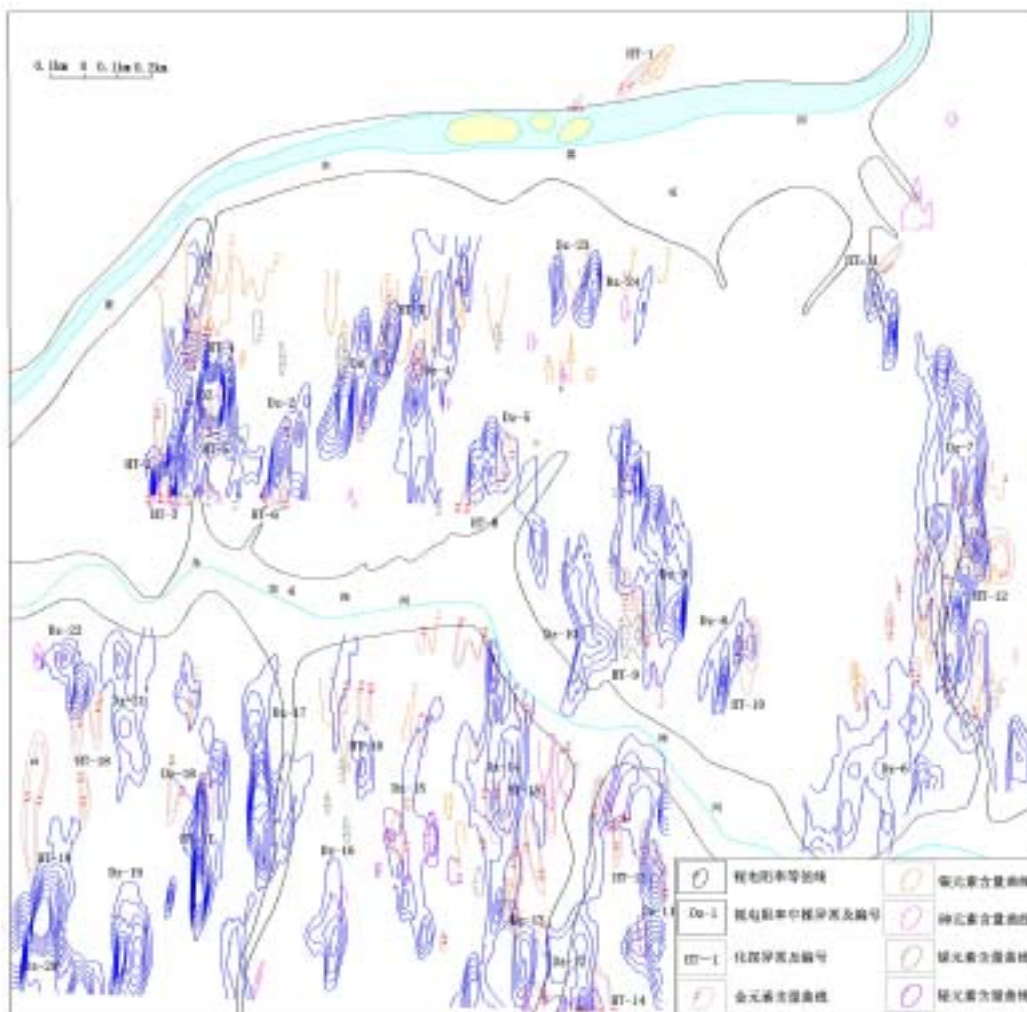


图4-1 东安金矿床物化探异常图

该区19处土壤异常以Au元素异常规模大, 强度高, 余异常规模强度均不及Au, Au异常规模长140-1200m, 宽30-550m, 元素组合Au、Ag、As、Sb、Bi。异常峰值($Au \times 10^{-9}$, $Ag \times 10^{-6}$, $As \times 10^{-6}$, $Sb \times 10^{-6}$, $Bi \times 10^{-6}$, 下同) $Au=11.60-500.00$, $Ag=0.50-0.90$, $As=14.50-46.70$, $Sb=0.90-2.20$, $Bi=0.80-1.60$ 。平均值 $Au=5.50-17.50$, $Ag=0.20-0.70$, $As=12.00-20.00$, $Sb=0.65-0.86$, $Bi=0.7-0.9$ 。

衬度：Au4.36-28.57；Ag1.29-3.50。As=1.21-2.34，Sb=1.38-2.44，Bi=1.14-1.78。

（三）土壤异常评价

由于该区最直接的找矿指示元素为Au，其强度规模、分布可表征矿化的强弱和展布。因此该区Au土壤异常评价标志为：

1. 异常规模和浓集分带特征；
2. 浓集中心突出高值点分布，其异常规模大、浓集中心明显标志着异常见矿的可能性就大。

三、矿区地球物理异常

黑龙江有色地质勘查七〇七队于1999-2005年在本区开展了岩金普查工作，物探工作投入了网度不一的电阻率中梯测量，地面高精度磁测，327块岩（矿）石标本电、磁参数测量。取得了良好的地质效果。高阻异常控制了5号金矿体的大致规模，高磁梯度带反映了花岗岩体与次火山岩的接触带。局部波动幅度较大的高磁异常为早白垩世光华组火山岩产出地段。

（一）电、磁性特征

由电参数统计结果（表4-2），该区岩（矿）石的导电性差异较大。导电性从弱到强依次为：

1. 热液石英岩（金矿石）：视电阻率平均值是其它类岩石的2—5倍以上，属高阻类，为本区的主要赋矿岩石，寻找该类岩石为电法在本区工作的首要目标。
2. 硅化蚀变岩：该类岩石一般位于热液石英岩脉（矿体）附近，其视电阻率变化范围波动较大，属于中高阻类。
3. 流纹岩电阻率较高，为本区区分热液石英岩与围岩的主要干扰因素。
4. 花岗岩和中酸性火山岩类：分布广泛，为矿体的围岩。其中潜流纹岩和流纹质隐爆角砾岩电阻率值也很高，有可能形成高阻干扰异常，但可从异常的规模和形态以及所处的地质环境上区分。

表4-2 东安矿区岩（矿）石视电阻率（ $\Omega \cdot m$ ）参数统计表

岩矿石名称	标本数量 (块)	视电阻率 ($\Omega \cdot m$)		
		最大值	最小值	算术平均值
流纹岩	12	5485	86	1538
英安岩	22	490	64	152
流纹质凝灰岩	7	3444	38	833
中粗粒碱长花岗岩	20	3000	76	566
细粒碱长花岗岩	18	3531	171	638
硅化潜火山角砾岩	22	10453	109	1524
流纹质隐爆角砾岩	7	6857	317	3998
热液石英岩(金矿石)	23	38800	112	9349

由磁参数统计结果(表 4-3),区内岩石磁性差异较小,但与矿石的磁性有一定差异。利用微机质子磁力仪能区分出矿体和围岩的磁性差异,并反映出线性断裂的磁性特征。

表4-3 东安矿区岩(矿)石磁参数统计表

岩矿石名称	标本数量 (块)	磁化率 ($4 \times 10^{-6} \text{ SI}$) (几何平均值)	剩磁 I_r (10^{-6} A/m) (几何平均值)
英安岩	21	319	132
流纹质凝灰岩	4	271	21
流纹岩	14	223	24
潜流纹岩	25	206	26
硅化潜流纹岩	23	80	15
热液石英岩(金矿石)	27	102	19
细粒碱长花岗岩	19	107	17
中粗粒碱长花岗岩	20	126	22
泥化潜流纹岩	9	130	18

(二) 电阻率中梯异常

本区金矿体主要为热液石英岩脉,且受线性断层控制,矿体与围岩界线清楚,矿石金属矿物含量低($<3\%$),故含矿硅化带与围岩的 IP(激发极化)效应不明显,一般 $F_s < 2\%$,只表现出高电阻率的电性特征。基于上述地质条件,先投入试验性电剖面工作。选择中梯装置,供电极距 900m,测量极距 20m。使用 SQ-1 双频道激电仪,幅频率 F_s 读数做参考,主要观测低频电位 VD 和供电电流 I,计算出电性参数视电阻率 s 。其在矿体(热液石英岩带)上产生明显异常,异常形态比较规整。异常峰值 $s=1100 \text{ m}$,背景 $s < 500 \text{ m}$ 。因该矿体产状陡倾,又在剖面上选择偶极-偶极装置,据此可以推测孙吴组砂砾岩覆盖区的矿体倾向,说明电阻率法能比较有效地反映高阻硅化带的赋存状态及倾斜方向。由试验结果在 5 号矿体及延伸方向布设了网度 $50\text{m} \times 10 \text{ m}$ 的电阻率中梯扫面工作。圈出了长约 1000m 的异常带,视电阻率等值线 $s > 700 \text{ m}$ 的等值线反映了热液石英岩分布范围,并且成功地通过钻探施工控制了 5 号矿体延深和北部延长。据此在全区开展了 1:10000 比例尺线距 100m,供电极距 900m,测量极距 20m 的视电阻率中梯测量工作,共发现视电阻率中梯异常 24 处,详见表 4-4。

表4-4 视电阻率中梯异常表

异常 编号	轴向	异常规模(m)		异常强度(m)		验证情况	比例尺
		长度	宽度	最高值	一般值		
DZ-1	NNE	720	280	2617	1100	13号矿体及其从属矿体	1:10000
DZ-2	NNE	300	130	1204	850	14号及从属矿体 11号矿体	1:10000
DZ-3	NNE	500	170	1209	800	热液石英岩	1:10000
DZ-4	NNE	800	180	1109	700	15、15 - 1、15 - 2号矿体	1:10000
DZ-5	NNE	200	160	970	600	15-3号矿体	1:10000
DZ-6	NNE	475	410	985	600	地表覆盖厚未能得到验证	1:5000
DZ-7	NNE-NNW	1450	260	1052	700	5号及从属矿体	1:5000
DZ-8	NNE	300	130	976	600	16号矿体	1:10000
DZ-9	NNW	700	260	1348	800	23号矿体及附近热液石英岩	1:10000
DZ-10	NNE	400	130	845	700	地表未能得到验证	1:10000
DZ-11	NNE	700	150	1328	800	地表未能得到验证	1:10000
DZ-12	NNE	500	140	1058	750	12-6、12-7号矿体	1:10000
DZ-13	NNE	300	70	982	750	热液石英岩	1:10000
DZ-14	NNE	1100	180	1058	700	12、12-1、12-2、12-5号矿体	1:10000
DZ-15	NNW	500	90	893	500	12-3、12-4号矿体及热液石英岩	1:10000
DZ-16	NNE	300	100	903	600	地表未能得到验证	1:10000
DZ-17	SN	700	110	1349	800	地表未能得到验证	1:10000
DZ-18	NNE	500	120	1624	800	20号矿体	1:10000
DZ-19	NNE	300	130	1614	900	地表未能得到验证	1:10000
DZ-20	NNE	500	170	1851	900	19号矿体及热液石英岩	1:10000
DZ-21	SN	400	130	905	600	地表未能得到验证	1:10000
DZ-22	NNW	200	120	1145	800	大熊山玄武岩覆盖未能验证	1:10000
DZ-23	NNE	100	20	780	600	热液石英岩	1:10000
DZ-24	NNE	100	70	916	700	21号矿体	1:10000

(三) 高精度地面磁测异常

本区投入的地面高精度磁测，使用美国产G-856微机质子磁力仪。仪器读数分辨率为0.1nT，观测均方误差 $m < \pm 2nT$ ，异常可信值大于5 nT，通过在5号矿体试验，矿体（热液石英岩带）大致分布于零等值线附近，参考本区各类岩矿石磁参数统计表，试验剖面 T曲线基本反映了矿体及围岩的磁性差异。泥化蚀变带为无磁性负异常-100nT< T<0nT，围岩呈中低磁性，T一般200~500nT。之后在5号矿体延长带上进行了网度为50m×5 m高精度磁测，也在矿体东侧获得了负磁异常，异常长近900m。负磁异常范围较电阻率的异常范围要大些，更准确地反映了泥化蚀变带在覆盖区的分布。负磁异常的幅度变化不大，一般 T变化范围-50nT~-100nT。

四、综合预测模型

通过对上述致矿地质、地球物理、地球化学异常的综合分析和研究，建立矿区（1：10000）和矿体（1：2000）成矿预测模型见表4-5。

表4-5 综合异常预测模型

			矿区（1：10000）成矿预测	矿体（1：2000）成矿预测
地质异常	地层		上元古界一面坡群酸性火山—碎屑岩、下寒武统西林群碳酸盐岩—碎屑岩	
	岩浆岩	侵入岩	晚印支期碱长花岗岩 中燕山晚期细粒碱长花岗岩	
		火山—侵入岩	下白垩统光体组中酸性火山岩及其次火山岩	次火山岩、流纹质隐爆角砾岩、隐爆角砾岩
	构造	区域构造	宝山隆起带与乌底河火山盆地交接部位NNE向库尔滨壳断裂东侧附近	宝山隆起带与乌底河火山盆地交接部位NNE向库尔滨壳断裂东侧附近
		局部构造	F3分布于矿区西侧,NNE、NNW、NE向断裂广布全区， 隐爆角砾岩带	火山盆地边部断裂，隐爆角砾岩带
	蚀变矿化	围岩蚀变	硅化、玉髓化、绢云母化、高岭土化、黄铁矿化	硅化、冰长石化、玉髓化、绢云母化、高岭土化、水白云母化、黄铁矿化
矿(化)体		金矿(化)体	金矿体	
地球化学异常	土壤地球化学测量异常	矿致异常标志	1：10000比例尺异常一般具Au、Ag(Sb、As、Bi)组合；金异常规模较大，长>200m,宽>20m；金异常浓集中心明显,有突出高值点，一般>10×10 ⁻⁹	1：5000比例尺异常具Au、Ag组合；金异常规模较大，长650m,宽60-100m,银异常规模亦较大,长200m,宽40-80 m.金、银异常浓集中心明显，有突出高值点,一般>10×10 ⁻⁹ 。
地球物理异常	电阻率中梯	矿致异常标志	峰值明显， s=700-1100 m的中高异常为矿化蚀变范围	峰值明显， s=700-1100 m的中高异常为矿化蚀变范围
	高精度磁测	矿致异常标志	峰值明显，具明显的负磁异常带，且零等值线附近有金矿（化）体	峰值明显，具1km ² 以上的负磁异常带，且零等值线附近有金矿体

第二节 成矿预测

在最小风险和最大含矿带、循序渐进、综合预测、优化评价的基本原则下,在东安金矿区内开展1:10000比例尺成矿预测,在5号矿体区开展1:2000比例尺成矿预测。具体预测准则如下:

一、1:10000 成矿远景区

(一) I级成矿远景区

1. 有优越的成矿地质条件,主要致矿地质异常发育,且匹配组合好。
2. 1:10000土壤异常Au、Ag、As等找矿指示元素组合好、异常规模大、金异常浓集中心明显。或1:10000视电阻率中梯异常规模大,峰值明显。
3. 有工业矿体或矿化体存在地段。

(二) II级成矿远景区

1. 有较好的成矿地质条件,主要致矿地质异常基本发育,且匹配组合较好。
2. 1:10000土壤异常Au、Ag、As等找矿指示元素组合较好、异常规模较大、金异常浓集中心较明显。或视电阻率中梯异常规模较大,峰值较明显。
3. 有明显的围岩蚀变。

二、1 : 2000 成矿远景区

(一) I级成矿远景区

1. 成矿地质条件优越，致矿地质异常发育，且匹配组合好。
2. 1 : 5000土壤异常Au、Ag、As等找矿指示元素组合好、异常规模大、金异常浓集中心明显。或1 : 5000视电阻率中梯异常规模大，峰值明显。
3. 有工业矿体存在。

(二) II级成矿远景区

1. 成矿地质条件较好，致矿地质异常基本发育，且匹配组合较好。
2. 1 : 5000土壤异常Au、Ag、As等找矿指示元素组合较好、异常规模较大、金异常浓集中心较明显。或1 : 5000视电阻率中梯异常规模较大，峰值较明显。
3. 有工业矿化体或赋矿的热液石英岩存在。

第三节 成矿远景区评价

一、1 : 10000 成矿远景区

依照 1 : 10000 成矿预测准则，在东安金矿区内共圈定成矿远景区 I 级 1 个，II 级 1 个，计 2 个（图 2-1）。现综述如下：

(一) 23 号矿体区

该区东侧分布有中燕山晚期流纹质隐爆角砾岩,其北东侧为孙吴组砂砾岩所覆盖,经视电阻率中梯测量工作发现覆盖区视电阻率普遍较低,平均仅为 300 m,推测为次火山岩受热蚀变为粘土矿物(泥化)所引起,本区到目前为止地表槽探揭露已发现 2 条金矿化体,热液石英岩多条,赋矿围岩中粗粒碱长花岗岩和细粒碱长花岗岩普遍发育硅化、绢云母化蚀变,经 1:10000 视电阻率中梯测量工作在本区发现视电阻率中梯异常一处(DZ9),异常长 500 m,宽 50m,一般值 700 m,最高值 1340 m,轴向 NW,呈条带状,分布于流纹质隐爆角砾岩与中粗粒碱长花岗岩接触带外带。

据此推测该区为 I 级 Au(Ag) 成矿远景区,即矿体赋存地段。

(二) 19、20 号矿体区

19 号矿体东侧及 20 号矿体西侧分布有流纹质隐爆角砾岩脉,普遍发育泥化蚀变,19 号矿体地表槽探控制长 100m,水平厚度 1.50m,平均品位 $Au8.94 \times 10^{-6}$, $Ag45.6$

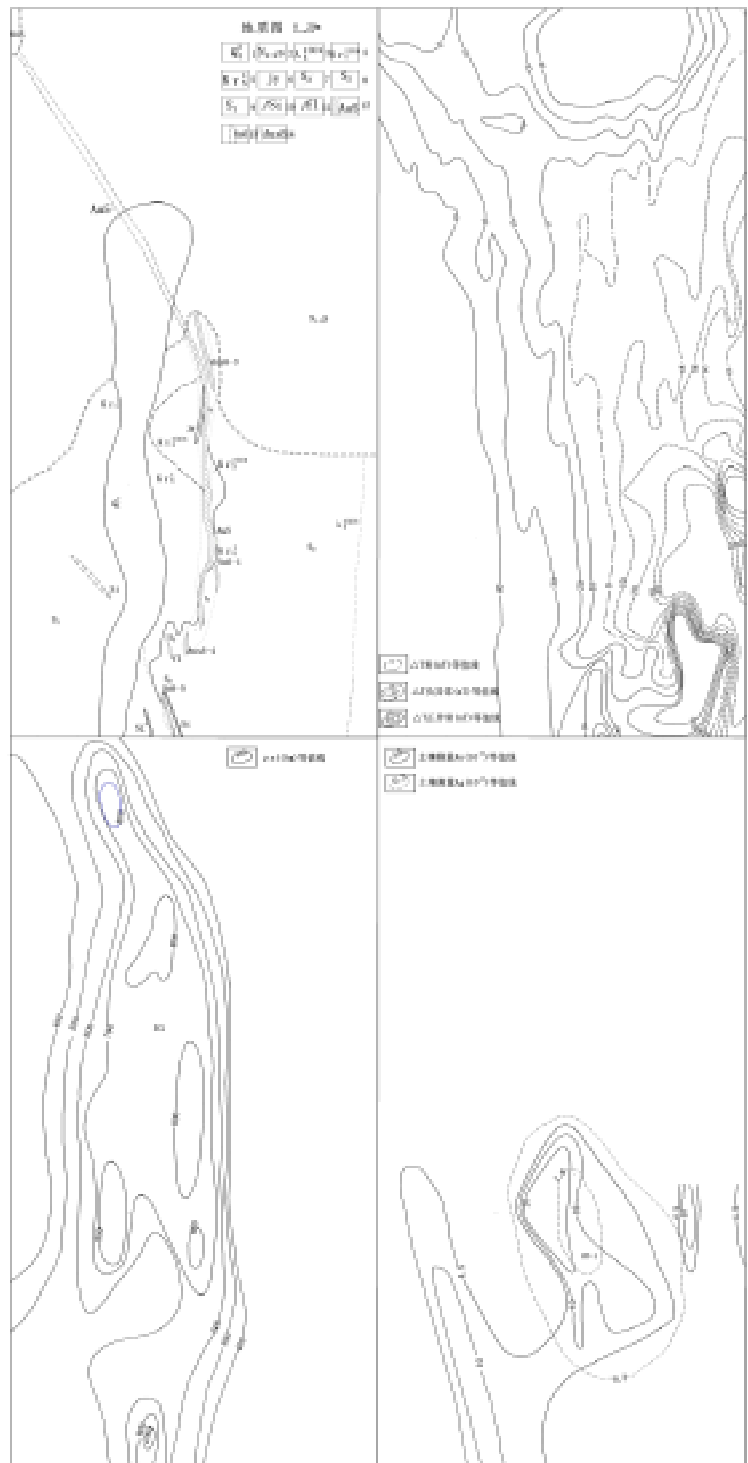


图4-2 东安金矿床5-9号矿体综合地质图

1-第四系全新统冲积层, 2-第三系中-上新统流纹质隐爆角砾岩, 中燕山晚期侵入岩, 3-德惠组, 4-细粒碱长花岗岩, 5-粗粒碱长花岗岩, 6-隐爆角砾岩, 7-硅化蚀变带, 8-泥化蚀变带, 9-粗粒花岗岩, 10-细粒花岗岩, 11-石英岩, 12-热液金矿体及编号, 13-热液金矿体及编号, 14-热液金矿体及编号

$\times 10^{-6}$ ，其南部为孙吴组砂砾岩所覆盖，且矿体南部延长部位发现视电阻率中梯异常一处，长 200m，宽 50m，异常强度一般为 900 m，最高 1851 m，20 号矿化体对应于土壤地球化学异常 HT-17，异常长 600m，宽 60m，轴向 NE，浓集中心明显，地表单槽控制，水平厚度 1.00m，平均品位 $\text{Au}2.68 \times 10^{-6}$ ， $\text{Ag}1.0 \times 10^{-6}$ ，二者均为工业矿体潜在赋存地段，推测为 II 级 Au(Ag)成矿远景区。详见图 2-1。

二、1 : 2000 成矿远景区

此类成矿远景区因要求勘查程度较高，据东安金矿目前勘查程度仅划出 I 级成矿远景区一处，为 5 号矿体区，具体为 5-7 号矿体两侧延长和深部延深。

5-7 号矿体分布于 5 号矿体西侧 225m 中段 CM0W 穿脉隐爆角砾岩带中，为盲矿体。矿石构造为角砾状构造，细粒结构，围岩蚀变为冰长石化、硅化、绢云母化、绿泥石化、高岭土化、萤石化、黄铁矿化，水平厚度 1.00m，平均品位 $\text{Au}6.18 \times 10^{-6}$ 、 $\text{Ag}23.1 \times 10^{-6}$ ，赋矿的热液石英岩厚度达 3.50m，其与视电阻率中梯异常 DZ-7 号中的西侧峰值对应，南北两侧异常地表因覆盖较厚未验证，其深部延长亦未验证，推测为矿体赋存地段。详见图 4-2、图 4-3。

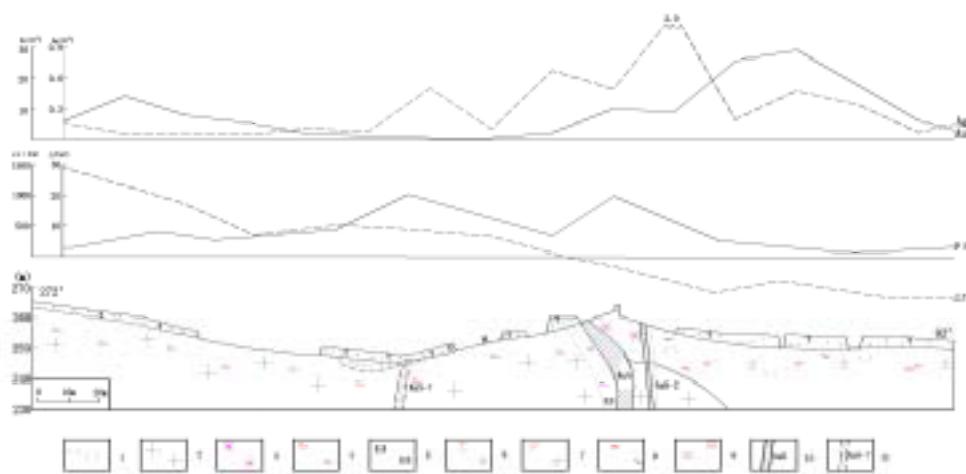


图4-3 东安金矿床5、5-7号矿体7线综合地质剖面图

1-潜流纹岩，2-中粗粒碱长花岗岩，3-硅化，4-绢云母化，5-冰长石化，6-高岭土化，7-水白云母化，8-绿泥石化，9-黄铁矿化，10-经济的金矿体及编号，11-推测的金矿体及编号

结 论

作者结合生产勘查实践,在充分收集野外地质素材和探讨区域成矿地质背景的基础上,有针对性地开展分析测试样品,充分利用地质、物探、化探勘查成果和计算机技术,进行矿床地质特征研究,建立了矿床成矿模式。以地质异常致矿理论和相似类比理论为指导,在东安金矿内开展1:10000和1:2000比例尺成矿预测,其结论为:

1.该区位于燕山期环太平洋成矿带西带大陆边缘,陆相火山—侵入作用强烈。矿床的形成与其有密切的时空、物源、热源和成生关系。矿体受库尔滨壳断裂的次级断层和次火山岩带控制,赋存于 NNW、NNE、NE 向断层中,与中燕山晚期的细粒碱长花岗岩脉密切伴生。区内已发现的 5 号主矿体,矿体最大延长 770m,最大垂深 358m。走向 $315^{\circ}-0^{\circ}$,倾向 SW—E,具反倾特点,倾角 $70^{\circ}-89^{\circ}$ 。5 号矿体经济的和内蕴经济的部分平均水平厚度 6.70m,平均品位 $\text{Au}9.05 \times 10^{-6}$, $\text{Ag}75.8 \times 10^{-6}$ 。

2.矿体围岩蚀变作用强烈,分带性明显,内带为热液石英岩化、冰长石化;中带为硅化、网脉状硅化、绢云母化、绿泥石化;次外带为泥化(高岭土化、水白云母化);外带为绢云母化、高岭土化。矿化与强硅化、冰长石化关系密切。成矿温度较低(200-300℃),成矿流体盐度低(4-8%),成矿深度浅(0.2-1.1km)。成矿具多阶段性,以中期石英—冰长石化—金矿化阶段为主。矿石 Rb-Sr 等时线年龄为 108Ma。

矿床成因属浅成低温热液低硫化型(又称冰长石-绢云母型)。

3.区内早白垩世中酸性次火山岩、隐爆角砾岩为首要的控矿因素。岩石由幔源岩浆演化而来,属亚碱性系列钙碱性火山岩,其与成矿在时间上相近,空间上相依,物源、热源上有明显的依赖关系。该区位于隆起和凹陷交接地带,构造极为发育,为又一重要控矿因素。NNE向库尔滨壳断裂控岩导矿,其次级NNW、NNE、NE向断层为矿液运移渗透的良好通道和矿质富集场所。区内侵入活动强烈,主要为中加里东、晚印支和中燕山晚期,岩石属钙碱性中酸性花岗岩类,前者为成矿提供部分矿质,后二者作为矿化围岩之一,亦为成矿提供矿质和介质。区内前寒武基底酸中性火山岩—细碎屑建造及盖层下寒武统西林群碳酸盐岩—细碎屑建造为成矿初始矿源层。

4.矿区内的主要找矿标志有:NNW、NNE、NE 向断层、中燕山晚期细粒碱长花岗岩墙、早白垩世次火山岩、泥化、硅化及玉髓状硅化和冰长石化发育地段,是找矿标志最明显的地段。在上述地段如果有土壤 Au、Ag、Sb(As、Bi)多元素

组合异常、视电阻率高强度异常和高精度磁测低缓负异常，可成功的发现矿体。

5. 该区具明显的区域和局部构造、地层、火山—侵入杂岩、侵入岩和矿异常。1:10000比例尺土壤、高磁、电阻率异常多处。以最小风险和最大含矿性、循序渐进、综合预测、优化评价、可行性和经济准则，分1:10000和1:2000精度进行预测。I级为矿产资源潜在地段和矿体远景地段；II级为找矿有利地段。划分预测区3个，其中1:10000比例尺2个（I、II），1:2000比例尺1个（I），在I级区预测金资源量5t。

笔者在学习和论文成文过程中深得导师李绪俊教授的悉心指导和深切关怀，并得到薛明轩教授级高级工程师、刘智明高级工程师、石耀军工程师、陈海明工程师的大力支持和帮助，在此一并致以诚挚的谢意。

参考文献

- 1 黑龙江省地质局.黑龙江省区域地质志.北京:地质出版社,1994
- 2 成因岩石学.长春:吉林大学出版社,2004,
- 3 韩振新,徐衍强,郑庆道.黑龙江省重要金属和非金属矿产的成矿系列及其演化.哈尔滨:黑龙江人民出版社.2003
- 4 中华人民共和国国家标准(GB/17412.1-1998).岩石分类和命名方案—火成岩岩石分类和命名方案.北京:中国标准出版社,1999
- 5 黑龙江省区域地质调查第一队.逊克县、常家屯、新兴公社、富饶公社、白桦林场幅1/20万区域地质调查报告,1981
- 6 卿敏,韩先菊.隐爆角砾岩型金矿研究述评,黄金地质,2002,(8)2
- 7 廖启林,戴塔根.新疆北部浅成低温热液型金矿成矿地球化学特征初探.地质地球化学,2000,(28)2
- 8 席小平.双峰山金矿床地质特征及成因探讨.矿产与地质,1991,1
- 9 邱家骧,林景仟.岩石化学.北京:地质出版社
- 10 郗爱华.山东招远脉状金矿矿体数学特征及研究意义.黄金,2001(22)1
- 11 肖斌,赵鹏大.归来庄金矿床 $w(\text{Au})/w(\text{Ag})$ 异常的地质统计学研究.地球科学,2000,(25)1
- 12 邓军,孙忠实,杨立强,陈学明等.成矿流体运动系统金质来源和富集机制讨论.地质科技情报,2000,(19)1
- 13 金利勇,郝秀云.刺猬沟金矿成因特征.黄金,2001,(21)10
- 14 刘连登,陈国华,吴国学,张克尧等.我国浅成热液金矿的分类探讨.长春科技大学学报,1999,(29)3
- 15 吴长航,金云霄,韩新志.吉家洼金矿床矿石及矿物特征研究.黄金,2005,(26)7
- 16 司雪峰,崔银亮,穆新河.甘肃北山中带变质碎屑岩型金矿地质特征及找矿前景.地质与勘探,2001,(37)6
- 17 赵鹏大,池顺都.初论地质异常.地球科学—中国地质大学学报,1991,3
- 18 赵鹏大,孟宪国.地质异常与矿产预测.地球科学—中国地质大学学报,1993
- 19 李守义,叶松青.矿产勘查学.北京:地质出版社,2003
- 20 张均,张晓军.川西北地区金成矿的地质异常控制.地质找矿论丛,2000,(15)1
- 21 赵鹏大,王京贵,饶明辉等.中国地质异常.地球科学—中国地质大学学报.1995,(20)2
- 22 赵鹏大,陈永清.基于地质异常单元金矿找矿有利地段圈定与评价.地球科学,1999,(24)5
- 23 翟裕生.论成矿系统.地学前缘,1999,1
- 24 王世称,陈永良.大型、超大型金矿床综合信息成矿预测标志.黄金地质,1999,1

图版说明

薄片 正交偏光 4×4

-1 ZK16-2.b02020. 细粒碱长花岗岩：微斜长石(Mi)，更长石(0g)，石英(Qz)，黑云母(Bit)。

-2 CM6/225.b02005. 冰长石化中粗粒碱长花岗岩：冰长石(Adl)。

-3 TC400/27.b0135. 流纹质隐爆角砾岩。

-4 ZK20-5.b02105. 绢云母化乳白色细粒热液石英岩：石英(Qz)。

-5 ZK12-5.b02094. 灰色角砾状热液石英岩：石英(Qz)。

-6 ZK20-2.b02100. 灰色细粒热液石英岩：石英(Qz)。

标本

-1 ZK19-5.57m. 流纹质隐爆角砾岩($j_5^{2(2)b}$)中流纹质凝灰岩残留体(标本)。

-2 TC260/71. 潜流纹岩($5^{2(2)b}$)中的细粒碱长花岗岩($5^{2(2)b}$)残留体被白色热液石英岩细脉(Qz)穿切。

-3 ZK7-4.193m. 灰色热液石英岩中的中粗粒碱长花岗岩(5^1)残留体。

-4 ZK36-4.B2504. 墨绿色稠密状黄铁矿化绿泥石化热液石英岩：Py-黄铁矿，Chl 绿泥石，Qz-石英。

-5 ZK0-4. B2552. 隐爆角砾岩中白色、灰色热液石英岩，被墨绿色浸染状黄铁矿化绿泥石化热液石英岩穿切：Py-黄铁矿。Chl 绿泥石。Qz-石英。

-6 ZK12-3.B1541. 中粗粒碱长花岗岩(5^1)中的白色热液石英岩被墨绿色浸染状黄铁矿化绿泥石化热液石英岩穿切：Py-黄铁矿，Chl 绿泥石，Qz-石英。

-7 ZK24-2.131m. 灰色热液石英岩中石英被冰长石胶结呈角砾状：Qz-石英，Adl-冰长石。

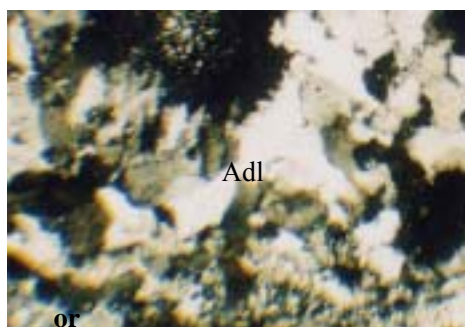
-8 ZK24-2.B2134. 冰长石被墨绿色黄铁矿化绿泥石化热液石英岩胶结呈圆化角砾状：Py-黄铁矿，AhI-绿泥石，Adl-冰长石。

-9 ZK24-2.B2134. 中粗粒碱长花岗岩(5^1)被冰长石脉和翠绿色萤石脉穿切：Adl-冰长石，Fl-萤石。

-10 ZK20-2.B2021. 石英晶洞中粗大石英晶簇(Rc)。



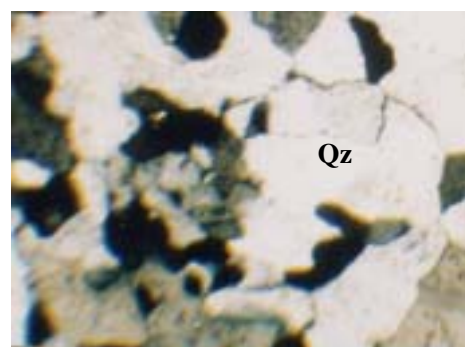
—1



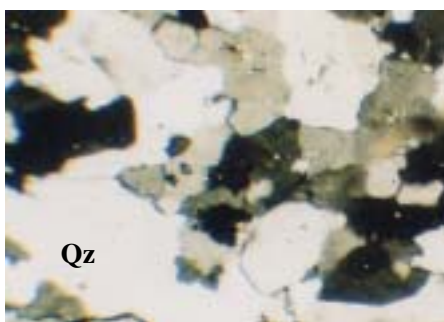
—2



—3



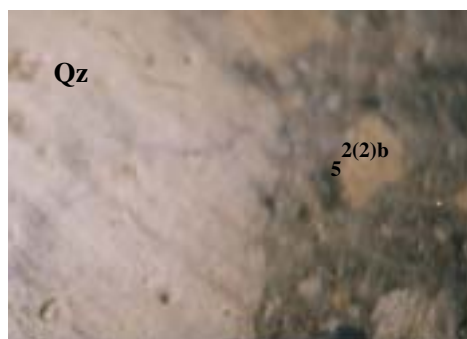
—4



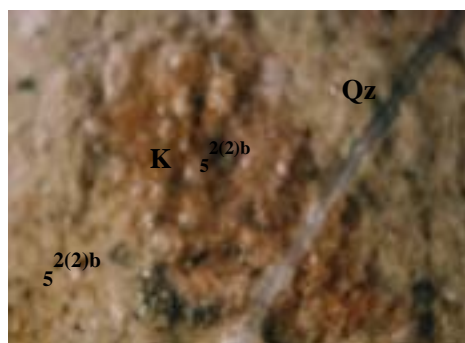
—5



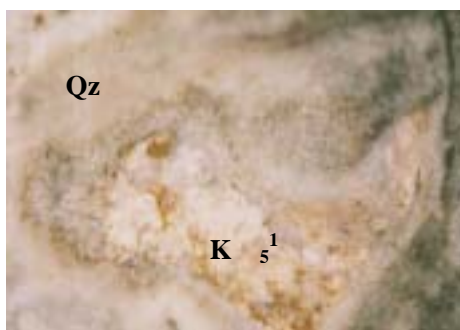
—6



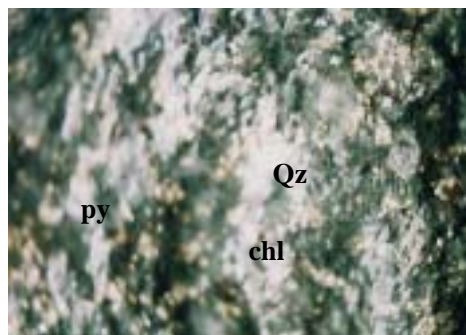
—1



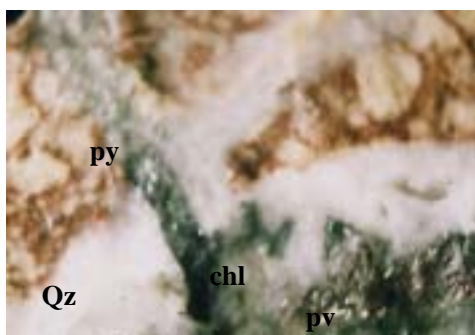
—2



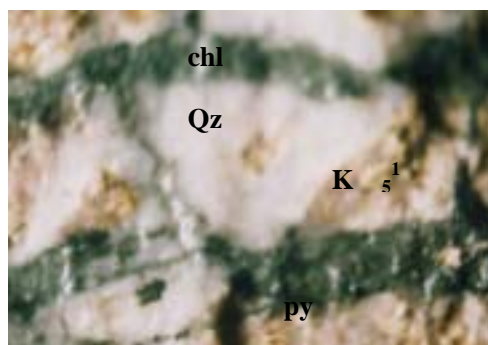
—3



—4



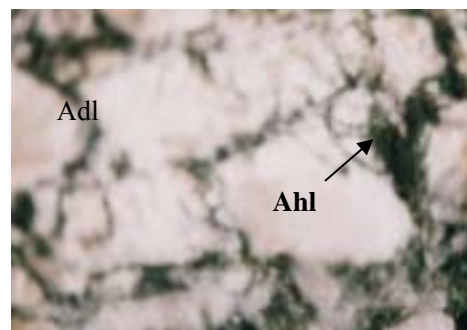
—5



—6



—7



—8



—9



—10

黑龙江东安浅成低温热液型金矿床：地质特征、 成矿模式及远景评价

于建波

摘 要

浅成热液金矿因其具有埋藏浅易开采、规模多属大一超大型，分布集中且经济意义巨大等特点，而备受瞩目。黑龙江东安金矿是黑龙江省新近发现的大型浅成低温热液型金矿床。

该区位于燕山期环太平洋成矿带西带大陆边缘，佳木斯地块和松嫩地块之间的构造岩浆活动带，陆相火山—侵入作用强烈。矿床的形成与陆相次火山岩有密切的时空、物源、热源和成生关系。

矿体受库尔滨壳断裂的 NNW、NNE、NE 向次级断层和潜流纹岩或流纹质隐爆角砾岩带控制，与中燕山晚期的碱长花岗岩岩脉密切伴生。矿区内已发现 52 条矿体，长 50-725m，水平厚度 1.00-9.40m，品位 $\text{Au}1.11-19.83 \times 10^{-6}$ ， $\text{Ag}1.0-159.4 \times 10^{-6}$ 。其中 5 号矿体为主矿体。5 号矿体平均延长 460m，平均垂深 234m，平均厚度 6.70m，平均品位(采样长度加权平均)为 $\text{Au}9.05 \times 10^{-6}$ ， $\text{Ag}75.8 \times 10^{-6}$ 。厚度变化系数 5 号矿体 $V_m=75.3\%$ ，其余 1-4、6、10-14、19 号矿体 $V_m=21.4-67.0\%$ ；品位变化系数 5 号矿体 $V_{\text{Au}}=380.9\%$ ， $V_{\text{Ag}}=206.8\%$ ，其余 1-4、6、10-14、19 号矿体 $V_{\text{Au}}=40.3-93.1\%$ ， $V_{\text{Ag}}=45.5-132.7\%$ 。表明在总离散程度上 5 号矿体厚度和品位的变化极大，属不均匀范畴，而其余矿体厚度和品位的变化相对不大，属较均匀范畴。

矿体围岩蚀变作用强烈，分带性明显，内带为热液石英岩化、冰长石化、绿泥石化；中带为硅化、网脉状硅化、绢云母化、绿泥石化；次外带为泥化（高岭土化、水白云母化）；外带为绢云母化、高岭土化。矿体主要赋存于内带。成矿温度较低（200-300℃），成矿流体盐度低（4-8%），成矿深度浅（0.2-1.1km）。成矿具多阶段性，早期阶段为乳白色石英，中期阶段为灰色石英-冰长石和石英-绿泥石-硫化物，晚期阶段为网脉状白色石英。矿化以中期为主，矿石 Rb-Sr 等时线年龄为 108Ma。Au 品位的分布模型是多峰混合型，亦显示了矿化的分阶段性。

区内中燕山晚期次火山岩为首要的控矿因素，岩石为幔源岩浆演化而来，并重熔了部分结晶基底，属钙碱性火山岩，其与成矿在时间上相近，

空间上相依,物源、热源上有明显的依赖关系。该区位于隆起和凹陷交接地带,构造极为发育,为成矿的又一重要控矿因素,NNE向库尔滨壳断裂控岩导矿,其次级NNW、NNE、NE向断层为矿液运移渗透的良好通道和矿质富集场所。区内前寒武系基底变酸中性火山岩—细碎屑岩建造及盖层下寒武统西林群碳酸盐岩—细碎屑岩建造为成矿提供部分矿质。区内侵入活动强烈,主要为中加里东、晚印支期和中燕山晚期,岩石属钙碱性中酸性花岗岩类,前者为成矿提供部分矿质,后二者作为矿化围岩之一,亦为成矿提供矿质和介质,中燕山晚期的次火山岩提供热源和主要的成矿物质。本文在研究东安金矿区域及矿床地质特征的基础上,初步建立了该矿床成矿模式,并以地质异常致矿理论和相似类比理论为指导,充分利用该区的地质、物探、化探成果,在东安金矿区内开展1:10000-1:2000比例尺成矿远景评价,圈定成矿远景区I级2个、II级1个。预测金资源量5吨。

关键词: 东安金矿 浅成低温热液 成矿模式 远景评价

THE GEOLOGICAL CHARACTER, ORE-FORMING PATTERN AND PERSPECTIVE OF DONG'AN EPITHERMAL GOLD DEPOSIT, HEILONGJIANG PROVINCE

Yujianbo

ABSTRACT:

Because of its shallow location, large scale (most of them are large or super large mines), the epithermal gold deposit is highly valued with its important economical significance. Dong'an gold mine that is a newly found has a larger potential and belongs to the epithermal gold deposit with low sulfur.

The area locates in the western continental rim of the yanshan-phase mining terrain of surrounding Pacific, also at the structure –magma acting terrain between the Jiamusi-landblock and Songnen-landblock, in which the volcano-invasion was intensive. The ore-forming is closely associated with the terrestrial phase sub-lava especially its space-time, matter-fountain, heat-source and shaping-forming.

Controlled by the junior structure, that is NNW-NNE-NE orientation, of Kuerbin crust structure and cryptoexplosion breccia, the ore-beds coexist with the middle phase of yanshan alkali-lime granite vine . In this area 52 mine bodies, with length ranging from 50m to 725m, thickness from 1.00m to 9.40m , the value of Au $1.11\sim 19.83\times 10^{-6}$, Ag $1.0\sim 159.4\times 10^{-6}$,have been found ,among which the body 5 are the main mine. One is 460m long, 234m vertical-depth, 6.70m thick, value of Au 9.05×10^{-6} , Ag 75.8×10^{-6} , thickness changing coefficient is 75.3%, others (1-4, 6, 10-14, 19) is 21.4-67.0%, mineral value changing coefficient Au is 380.9%, Ag is 206.8%, others (1-4, 6, 10-14, 19) Au is 40.3-93.1%, Ag is 45.5-132.7%, The statistical results of mineral value and thickness show the mining is asymmetry and change maximum, other bodies, the value and the standard deviation of thickness are reversed.

The alternation of the surrounding rock is intensive and its zonation is apparent. The inner tape is hydrothermal quartaitaite, adulariation and chloritization, the middle tape is silication, net nervation silicon and chloritization and the hypo-outer tape is pelitization(gaolinate, muscovite), outer tape is daolinate, sericite. The ore bodies lies in the inner tape, which the forming temperature of mineral is low

(200~300), the salty degree of the mining fluid is low (4~8%),and the

mining depth is shallow(0.2~1.1km). The mining course can be divided into three stages, the early stage ivory quartz, the middle stage gray quartz-adularia, quartz-chlorite-sulfid, the last one net nervation. The mining was made mainly in the middle stage and the Ru-Sr age of mineral is 108Ma. The distributing model of Au value is dual normal school with peaks, also shows the stages of mining.

The sub-lava in the late period of middle phase of yanshan is main mining factor, which has Evolved from mantle – derived magma, remelts part of the crystal floor, and belongs to the alkalescence series of calcium – alkalescence volcano rock, it correlates closely with the mining in both time and space , and there exists an apparent depending relation in the source of material and heat . At the interface of upheaval and the sunk, structures here are highly developed and thereby provided another important mining factor. The NNE Kuerbin structure brought the mining under control, and it's NNW, NNE, NE directional junior structures become the ideal transporting corridor and gathering place of mine. In this area, the pre-Cambrian basement neutron -basis property volcano rock –fine clastic building and sub-Cambrian Xilin group in cap rock carbonatite –fine clastic building became the original layer of mining source. The invasion action was very intensive, including Caledonian , late indo-chinese epoch and the late phase of yanshan , and the rock belongs to calcium – alkalescence volcano rock ; the former provided part of mining material , and as one of the surrounding rocks , the latter two provided the mining material and medium. The sub-lava in the late period of middle phase of yanshan here didn't only offer a part of mining material, but also served as a heat fountain. Based on the investigation to the areal geology condition and the mine geological character, according to the theory of geological abnormality causing mine and the theory of comparision, this article has made fully use of the results of Geology, Physical exploration and Chemical exploration and have drawn out the 1:10000~1:2000 mining prediction in the area of Dong'an gold deposit and its background, Two I-class districts and one II-class districts have been predicted. The predicted gold reserve is 5 tons.

Key words: Dong ' An Gold deposit; epithermal fluid; metallogenic model; Prospect evaluation

导师及作者简介：

导师简介：李绪俊，男，汉族；博士，教授；1985年3月 - 1996年7月在长春地质学院地质系矿床教研室工作，历任助教、讲师、副教授，1996年7月 - 2000年12月在长春科技大学地球科学学院采选技术教研室工作，任教授，2000年12月 - 现在，在吉林大学地球科学学院矿产勘查教研室工作，任教授；曾发表论文多篇：在《长春科技大学学报》增刊上以第一作者身份发表《脉状金矿矿体定位预测的统计性标志》，在《中国金都招远国际金矿地质与勘查学术论坛文集》上以第一作者身份发表《招远金矿集中区隐伏矿体定位预测标志及有关问题》等，专著《矿床模型导论》承担两章及后记中的部分内容编写，《招远金矿集中区地质与找矿》承担两章共73页内容编写等；联系电话：0431 - 8502131, 通讯地址：吉林省长春市建设街2199号，邮编：130061。

作者简介：于建波，男，1972年1月15日生，汉族，出生于黑龙江省青冈县德胜乡荣花村；工学学士，地质工程师；自1997年7月参加工作以来一直在黑龙江省有色金属地质勘查七〇七队从事地质找矿工作，历任技术员、地质助理工程师、地质工程师，现任内蒙古呼伦贝尔市根河市得耳布尔银铅锌矿普查项目负责人；曾在《黄金科学技术》上以第一作者身份发表论文《东安金矿床控矿因素及成矿物质来源浅析》；联系电话：0455 - 8224765, 通讯地址：黑龙江省绥化市北林区北二西路17号, 邮编：152054。