

论文分类号：P618.51  
密 级：内 部

单 位 代 码：10183  
研 究 生 学 号：2001612011

# 吉 林 大 学

## 硕 士 学 位 论 文

吉林省延边金谷山金矿床  
成矿地质条件及找矿方向研究

**THE GEOLOGICAL CONDITION OF ORE-FORMING  
AND DIRECTION OF EXPLORATION STUDY FOR  
JINGUSHAN Au-DEPOSIT IN YANBIAN AREA,  
JILIN PROVINCE**

作 者 姓 名：秦务真

专 业：矿物学、岩石学、矿床学

导师姓名及职称：王建新 副教授

论文起止年月：2003 年 9 月至 2004 年 5 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：

日 期： 年 月 日

## 吉林大学硕士学位论文使用授权的说明

本人同意学校有权保留并向国家有关部门送交学位论文的复印件，允许论文被查阅和借阅。

同意学校及国家有关机构公布论文的全部或部分内容，并采用影印、缩印或其他复制手段保存论文。

论文作者签名：

指导教师签名：

日期： 年 月 日

日期： 年 月 日

## 提 要

金谷山金矿床是吉林省延边地区重要的黄金勘查基地，目前估算黄金储量达 10 吨以上，有着十分良好的找矿前景。本区虽然有较长的工作的历史，但对基础地质状况研究较少且不全面。本文较系统的研究了本区的成矿地质条件，认为区内大范围发育的二叠纪柯岛组地层是一套中酸性并以酸性为主的火山-火山碎屑沉积岩系，构成金矿成矿的矿源层；华力西晚期的基性—超基性岩体及浅成中酸性岩脉为金矿成矿提供了热动力来源及部分岩浆热液，为矿床的二次富集创造了条件；金谷山背斜是主要的控矿构造，矿体大都发育于背斜内部的韧性剪切变形变质带中，并与其产状一致，具有明显的剪切带控矿特征。在成矿地质条件研究基础上进一步圈定了本区的预测靶区，并指出了下一步找矿方向。对本区全面的基础地质研究尚属首次，论文中涉及的华力西晚期岩体与柯岛组地层之间侵入接触关系的发现是开创性的。

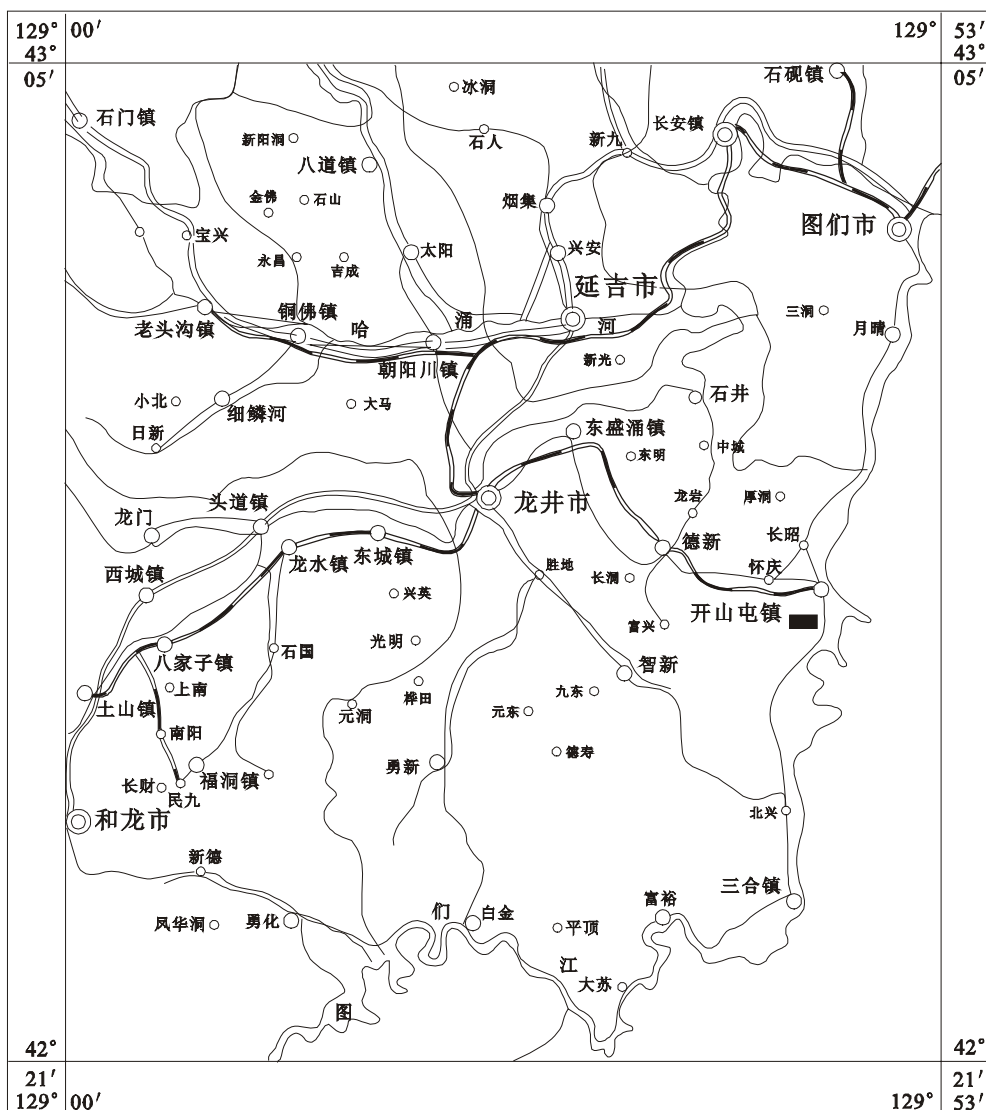
# 目 录

前 言	1
第一章 成矿背景	4
第一节 地质背景	5
一、地层	5
二、构造	7
三、岩浆岩	8
第二节 地球物理背景	9
一、重力场特征	9
二、航磁场特征	10
第三节 地球化学背景	11
一、地球化学场特征	11
二、地球化学异常特征	12
第二章 金谷山金矿床地质特征	14
第一节 柯岛组变质岩系及岩石类型	15
一、变质岩石类型	16
二、变质岩系的原岩恢复	19
三、火山喷发序列相基本成因类型	20
第二节 矿区构造	21
一、金谷山背斜构造	22
二、断裂构造	23
三、韧性剪切变形变质带	25
第三节 岩浆侵入作用及侵入岩	29
一、华力西晚期岩浆侵入作用及侵入岩	29
二、燕山期侵入岩	31
第四节 金矿化蚀变带及矿体特征	31
一、东部矿带及矿体特征	31
二、西部矿带及矿体特征	33
第五节 矿石特征	34
一、矿石类型	34
二、主要矿石矿物特征	34
三、矿石组构	35
四、矿石矿物共生组合及矿物生成顺序	36

五、矿石微量元素地球化学特征	38
第六节 围岩蚀变类型及特征	42
<b>第三章 金谷山金矿床成矿条件分析与控制因素</b>	44
第一节 矿床赋存的火山喷发—沉积环境	44
第二节 区域变质作用与金矿成矿	44
一、柯岛组微量元素地球化学	45
二、矿区岩浆岩微量元素地球化学	46
第三节 变形变质与金矿成矿	47
一、糜棱岩石类型与含金黄铁矿的关系	47
二、糜棱岩类岩石微量元素特征	48
第四节 矿床形成的主要控制因素	48
<b>第四章 金谷山金矿区找矿信息及靶区预测</b>	50
第一节 地质信息	50
一、赋矿岩系	50
二、控矿构造	50
三、岩浆岩标志	50
四、围岩蚀变	51
第二节 地球化学信息	51
一、矿体化探异常信息	51
二、土壤化探异常信息	52
第三节 地球物理信息	53
一、磁场信息	53
二、电场信息	54
第四节 金谷山金矿床综合找矿标志及找矿模型	56
第五节 靶区预测与圈定	58
第六节 找矿方向	59
一、需地表工程揭露的地段	60
二、需深部工程验证的地段	61
三、外围需要检查的地段	61
<b>结 语</b>	62
<b>参考文献</b>	65
<b>致 谢</b>	
<b>图版及图版说明</b>	
<b>中文摘要</b>	
<b>英文摘要</b>	

# 前 言

金谷山金矿床位于吉林省龙井市开山屯镇西南 8km 处，其地理坐标为东经：129° 40' 00" 129° 44' 00" ，北纬 42° 36' 00" 42° 40' 00" ，东西长 6km，南北宽 5.5km，面积 33km<sup>2</sup>。矿床大地构造位置处于华北板块北缘东端，古亚洲洋消亡型活动陆缘带控制的東西向构造带与西太平洋活动陆缘带控制的北东向构造带的交汇部位。自 1998 年以来，由吉林省地矿局第五地质调查所通过地质普查和物化探工作，圈定出矿化蚀变带及金矿体共



吉林省龙井市开山屯镇交通位置图  
1 : 600000

30 条，目前已估算黄金储量达 10 吨以上，找矿前景十分可观，已成为吉林省东部地区重要的黄金勘查基地。

该区地处开山屯镇西南 8km，有便道相通，交通运输较为便利。本区的地质工作历史较长，但研究程度较低。1965 年吉林省地质局区域地质测量大队提交了“大砬子幅 1:20 万《地质图说明书》”。1987 年吉林省地质矿产局第五地质调查所在本区完成了大砬子幅 1:20 万水系沉积物测量扫面工作，并于 1989 年提交了“大砬子幅《地球化学图》说明书”，圈出了“龙大 86 HS 9”号异常。1988—1991 年吉林省冶金局 605 队在彩秀洞基性岩体西侧含金片理化带施工了槽探、钻探、坑探及物化探等地质工作，发现了部分金矿体及矿化带。1988—1991 年吉林省地质局第五地质调查所三调队对金谷山地区、草坪沟地区进行了金锑异常查证，并做了部分物化探工作，施工了槽探、钻探工程，发现了金谷山金矿床和草坪沟锑矿点。1997—1999 年吉林省地勘局第五地质调查所第三调查队对本区继续进行普查勘探工作以及物化探工作，圈定出 7 条矿化蚀变带，23 条金矿体。根据金谷山金矿床实际找矿工作的需要，我们对金谷山金矿床的成矿地质条件包括地层、岩浆岩、构造条件进行了深入调查研究，以获取进一步找矿预测的依据。

本人于 2000 年—2002 年参与导师的科研课题，在本区做了大量的野外调查和室内研究工作，并选定此项研究作为论文选题。在工作期间，搜集了大量的前人工作资料，了解吸收了前人的工作成果和认识。在野外地质工作中，课题组共完成的工作量为：1/万地质填(草)图 40km<sup>2</sup>、1/2000 地质剖面 1.2km、光薄片 404 块；1/万土壤测量 10 km<sup>2</sup>、磁测 10 km<sup>2</sup>、激电测量 5 km<sup>2</sup>、原岩光谱定量分析 113 件；勘查工程槽探 2 万米<sup>3</sup>、钻探 1500 米、坑道 452 米。

通过研究工作取得以下几点认识：

- 1.通过大量的岩石学工作和原岩恢复，确定了低绿片岩相的早二叠世柯岛组原岩为一套酸性—中酸性，并以火山碎屑为主的水下火山喷发—沉积岩系。

- 2.首次在金谷山浅变质火山岩区进行了序列相的划分，确定了序列相类型组合，为探讨该区的火山喷发—沉积环境打下了坚实的基础。

- 3.确定了金谷山金矿区的基本构造格架，以及构成的横跨式、穹盆型叠加褶皱的基本构造型式。从而进一步确定了控矿的有利空间。

- 4.指出了区内基性—超基性岩体为同褶皱构造的岩浆活动产物，并随区域变质而发生变质。

5.确定了糜棱岩类及区内三条基本的韧性剪切变形变质带，明确地指出了矿体及成矿作用受变形变质带控制，并与变质变形作用有关。

6.通过对火山喷发沉积岩系微量元素含量特征研究、变质变形与矿化蚀变的研究、褶皱晚期中性—中酸性脉岩微量元素含量特征研究认为：火山喷发—沉积作用及其火山岩系，是金矿形成的基本因素和矿源层；变形变质作用是金矿形成的根本因素；脉岩活动是金矿成矿的叠加因素。

7.建立了金谷山金矿床的地质—地球物理—地球化学综合找矿标志；圈定出Ⅰ级靶区四处、Ⅱ级靶区一处。并进一步指出了需要地表工程揭露的区段四处、需深部工程验证的地段两处及外围需要检查的区段两处。

# 第一章 成矿背景

区域构造的形成起因于板块间的相互作用，其发展演化经历了漫长的地质历史时期。

本区区域上的大地构造演化史一直以来是地质、大地构造学者们研究关注的焦点，到目前为止并没有获得统一认识。以往，人们习惯于将延边地区归并于吉黑古生代褶皱带或吉黑地槽系中。1981年，黄汲清等根据延边地区发现的特提斯构造域暖水型动物化石，将其从吉黑褶皱系划出，归入滨太平洋地槽<sup>[1]</sup>。1995年，贾大成将延边地区划为延吉地体，认为它可能属冈瓦纳大陆边缘裂解出来的一部分，具有由低纬度向高纬度总体迁移的过程，于晚二叠世与吉林和通化地区拼合<sup>[2]</sup>。杨惠心<sup>[3]</sup>、黄宝春<sup>[4]</sup>通过古地磁研究后认为延边地区是一个独立地体，二叠纪以前以自己的飘流轨迹北移，二叠纪末与浑江地区发生第一次拼接碰撞后再度分开，在晚侏罗世—早白垩世前后与其他地体及华北板块拼接。此后唐克东(1995)<sup>[5、6]</sup>将延边地区列为兴凯地块西边的延吉—西滨海古生代活动陆缘带，认为它们可能处于兴凯地块与渤海地块的碰撞缝合带内。本区属大陆边缘的认识逐渐得到较多学者的认同<sup>[7~9]</sup>。张炯飞(1997)<sup>[10]</sup>发展了这一认识，提出渤海地块与兴凯地块的古板块缝合带形成时代为晚二叠世到早、中三叠世，晚三叠世仍受到一定的同碰撞作用的影响，古板块缝合带的位置位于现今的敦化—延吉一线。

在早古生代晚期至晚古生代期间随着西伯利亚板块与华北板块的南北聚敛运动，兴凯地块与渤海地块的大陆边缘对接拼贴，发生陆陆碰撞。西伯利亚板块与华北板块对接碰撞产生的“震荡效应”，造成了区域频繁的南北向挤压与拉伸作用交替进行。延边地区石炭纪以前的演化史不清。在晚石炭世，由于区域地壳拉伸作用，出现了陆间裂隙海槽，区域接受沉积形成石炭—二叠纪沉积建造。海西晚期—印支早期板块持续碰撞挤压导致隆起造山带构造环境下，上地幔岩浆遭受地壳混合改造形成中酸性岩浆上侵，伴随构造岩浆活动，石炭—二叠纪地层褶皱并发生低绿片岩相变质作用。晚三叠世开始，西太平洋构造域库拉板块向北西方向对亚洲板块进行俯冲，引起地壳的褶皱与隆升，产生北东向断裂，沿断裂有火山喷溢。早—中侏罗世，库拉板块继续向大陆俯冲，形成强烈的挤压及左旋扭动，区域处于挤压、隆升环境，致使产生一系列推覆构造和重力滑脱构造，发育东西向和北东向断裂构造。晚侏罗世—早白垩世，库拉板块的进一步强烈挤压俯冲作用，使区域产生和

活化了走向东西、北西、北东和南北向断裂，北东—北北东向压扭性断裂活动加剧，控制了区域该方向展布的晚燕山期花岗岩的侵入和浅成岩株、岩脉的发育。白垩纪—老第三纪，由于日本海的扩张导致对大陆的挤压作用，区域处于隆起状态，由于隆起拉张作用，产生和活化了北东走向为主的断裂，产生形成一系列相间排列、北西走向的断隆和断陷盆地。老第三纪以来，区域构造也非常强烈，走向北西、北东和东西向区域性压扭性断裂的多次交替活动，反映了区域构造应力场频繁变化的特征<sup>[9、11、12]</sup>。

## 第一节 地质背景

### 一、地层

本区出露的地层以古生代的庙岭组、柯岛组和中生代的大砬子组、龙井组为主，其次还发育有古生代的、中生代的其它一些地层，以及新生代第三纪的玄武岩和第四纪的冲积物、粘土等<sup>[13]</sup>。地层层序见表 1-1。

#### (一) 下古生界

1. 黄茆屯组( $C-O$  未分)：主要集中分布于智新盆地以西的龙岩洞—义泉屯一带，为一套海相酸性火山—沉积建造，原岩主要为酸性火山岩、泥质岩、粉砂岩及灰岩。

2. 石缝组( $O_3s$ )：在金谷山一带零星出露，是一套海相中—酸性火山沉积建造，原岩主要为中—酸性火山岩，正常沉积碎屑岩及灰岩。

#### (二) 上古生界

1. 山秀岭组( $C_2s$ )：分布于山秀岭(金谷山)一带，为一套浅海相碳酸盐岩建造。

2. 大蒜沟组( $P_1d$ )：主要分布于大蒜沟一带，是一套浅海相陆源碎屑—火山碎屑岩建造。

3. 庙岭组( $P_1m$ )：主要分布于金谷山以南，以滨海—浅海相粗碎屑沉积岩为主。

4. 柯岛组( $P_1k$ )：在区内广泛分布，主要由变流纹质角砾岩、凝灰岩、熔结角砾岩及变英安质凝灰岩和少量变安山岩、变安山质凝灰熔岩组成。其中夹薄层状变凝灰质粉砂岩、泥质粉砂岩等。

5. 开山屯组( $P_2k$ )：在区内广泛分布，是一套陆源碎屑沉积建造。

#### (三) 中生界

1. 屯田营组( $J_2t$ )：为一套中性火山岩夹火山碎屑沉积岩建造。

表 1-1 金谷山地区区域地层表

Table.1-1 The regional stratigraphy table of Jingushan district

地层单位				厚度 (m)	岩 性 特 征
界	系	统	组		
新生界	第四系	全新统		5.3	冲积、洪积砂、砾石、粘土和亚粘土等
	第三系	上新统	船底山组	1000	气孔状、杏仁状玄武岩和橄榄玄武岩等
中生界	白垩系	上统	龙井组	339.5	杂色正常碎屑岩及泥灰岩团块，粗 细粒砂岩，有时含砾，有时夹泥质粉砂岩
		下统	大砬子组	1112.1	粗砂岩至粉砂岩，有时含砾，底部为复成分砾岩，下部产叶支介化石
	侏罗系	中统	屯田营组	3350	上部为安山质 英安质 流纹质凝灰岩、凝灰质砂岩及角砾凝灰岩，夹英安岩和流纹岩；下部为安山质角砾熔岩、安山岩、角砾凝灰岩及集块角砾岩等
古生界	二叠系	上统	开山屯组	900	凝灰砾岩、中粗粒砂岩、黑板岩、酸性凝灰岩、安山岩、夹扁豆状灰岩
		下统	柯岛组	851.5	灰绿、紫、蛋青色片理化凝灰质板岩、粉砂岩，夹少许凝灰质细砂岩
			庙岭组	1063.8	凝灰质砾岩、板岩、砂岩、粉砂岩及灰岩
			大蒜沟组	1016	上部为黑灰色、灰色凝灰质砂岩、砂岩夹钙质砂岩，黑灰色透镜状灰岩；下部为灰色凝灰质砾岩
	石炭系	上统	山秀岭组	517	凝灰岩、凝灰质砂岩、灰岩及结晶灰岩
	奥陶系	上统	石缝组	2102	上部为大理岩、黑板岩及变质砂岩；下部为含石榴石二云石英片岩、云母片岩及变质的中 酸性火山岩
	寒武 奥陶系		黄莺屯组	2494	上部为含石墨大理岩及燧石条带、燧石团块大理岩；下部为含红柱石或电气石石英片岩、云母石英片岩夹大理岩

2.大砾子组( $K_1d$ ):在区内分布广泛,为一套陆相洪积、碎屑沉积岩。

3.龙井组( $K_2l$ ):在龙井市一带分布,面积较大,主要为一套正常碎屑沉积岩和泥质沉积岩。

#### (四) 新生界

1.船底山组( $\beta N_2c$ ):区内零星分布着第三纪船底山组的块状、气孔状玄武岩。

2.第四系( $Q_4$ ):分布于区内河谷中,为冲、洪积砂砾岩和粘土。

## 二、构造

金谷山地区在漫长的地质历史过程中,经历了多期次的构造运动,形成了一系列褶皱和断裂构造。

### (一) 褶皱构造

1.延边复向斜:它的分布范围就是省内延边优地槽褶皱带的范围,其西侧有北东走向的敦化 密山和集安 两江深断裂通过,北有佳木斯隆起,南有中朝准地台,东有西太平洋岛弧褶皱区。研究区就位于该北东向复向斜带的南东部。

2.山秀岭背斜:该背斜近南北向展布,叠加于延边复向斜之上。背斜核部为奥陶纪石缝组,向两翼依次为大蒜沟组、庙岭组、柯岛组和开山屯组,背斜的核部发育有基性 超基性岩体及中酸性岩脉。

### (二) 断裂构造

区内断裂构造十分发育,有北西向、近南北向、北东向和北北东向几组,以北东 北北东向的断裂为主,表现出该区受太平洋 库拉板块俯冲作用影响强烈。

#### 1.北北东向断裂构造

图们江断裂带:该断裂带是区内最大的构造类型,为壳断裂。断裂位于图们 罗子沟一线,向北北东延入黑龙江省,向南南西沿图们江延伸。断裂带长 170km,宽达 20km。由压扭性断层组成,总体走向  $20^\circ$ ,断面倾向北西,倾角为  $60^\circ \sim 80^\circ$ 。沿断裂带南部有第三纪盆地呈串珠状展布,北部有燕山早期花岗岩侵入。断裂带南段出露在龙井市卧狗山倒转向斜的西翼,二叠纪庙岭组逆冲于柯岛组之上,向北北东至开山屯一带晚古生代、中生代地层呈北北东向展布,褶皱轴向亦为北北东向,再往北至罗子沟一带断裂带由两条亚带组成。可见该断裂带形成于中生代前,并多次活动。研究区就位于该断裂带以西,沿断裂有华力西晚期岩浆岩及花岗闪长岩分布,表明该断裂

为本区华力西晚期岩浆活动的通道之一。此外，区内的北东向断裂构造还有清明屯、松树屯及大蒜村等断裂。

## 2. 北西向断裂构造

富尔河 古洞河断裂带：该断裂是省内唯一一条超壳断裂，展布于开山屯南 40km 处，是一条规模巨大、影响很深、发育历史长久的断裂构造带，在省内长达 260km，宽 5~20km。该断裂的古洞河 白金一段，位于和龙市卧龙至龙井市白金一线，向东南插入朝鲜境内，向西北被集安 松江断裂切割，省内长 100km，影响宽达 20km，走向  $300^{\circ}\sim 310^{\circ}$ ，主要由逆断层组成，它们都是挤压强烈的逆冲断层带，太古代地层仰冲在下古生代和华力西晚期花岗岩之上；沿断裂带发生了碱质交代，深断裂一线华力西晚期、燕山期岩浆活动强烈，有大规模的花岗岩体以及基性 超基性岩体分布，沿深断裂带有一系列逆断层出现，且糜棱岩化及构造角砾岩化现象普遍。

受该深断裂带影响，研究区内发育了一系列与其相配套的次级断裂，如龙岩村、八道河子、山秀岭、大砬子等断裂，这些断裂不但控制了本区中生代盆地的沉积，同是也控制着华力西晚期基性 超基性岩体及燕山期的中性岩浆的活动与侵位。金谷山矿区内所出露的辉石橄榄岩、闪长玢岩等受其控制。

## 3. 近南北向断裂

近南北向断裂在研究区内发育较少，且多发育于中生代盆地边缘，分布于金谷山矿区西部，如外山寺断裂。

## 三、岩浆岩

本区的岩浆岩较为发育，广泛分布着加里东期、华力西晚期和燕山期的侵入岩体，它们均不同程度地受构造控制。

### (一) 加里东晚期侵入岩

该期侵入岩主要分布于矿区西部的义泉屯至龙岩洞一带，呈岩基状产出，侵入于黄莺屯组中，面积约  $60\text{km}^2$ 。其代表性岩石类型为钾长花岗岩：主要由钾长石、石英、黑云母等组成，副矿物为磷灰石、榍石及磁铁矿等，岩石同化混染强烈，伴有硅化、绢云母化、黄铁矿化等蚀变和矿化。

### (二) 华力西晚期侵入岩

华力西晚期侵入岩在区内十分发育，代表性岩(体)石为辉石橄榄岩，并在金谷山矿区内由南向北随着岩石矿物成分的变化，进一步圈定为辉石橄榄岩、辉长辉绿岩和辉绿玢岩(块)体。辉石橄榄岩体近南北向分布于金谷山矿

区南部及中部，呈南宽北窄状。岩石为灰—灰绿色，纤维变晶及变晶粒状结构，网脉状、块状构造；主要矿物成分为蛇纹石，少量斜方辉石及磁铁矿等；岩石蚀变强烈，以蛇纹石化为主，碳酸盐化、叶腊石化次之；岩(块)体边部发育金、砷矿化，金谷山金矿东矿带大部产于岩(块)体边部及与柯岛组接触带附近。

(三) 燕山期侵入岩

本区燕山期侵入岩出露较少，面积较小，主要岩石类型为花岗岩和碱长花岗岩等。岩体呈小岩基状分布于矿区以西外山寺一带。

(四) 脉岩

研究区脉岩广泛发育，多为中酸性 酸性岩脉，并具有多期次、多阶段性活动的特点，主要岩石类型有石英斑岩、花岗斑岩、闪长玢岩、细晶闪长岩、辉绿玢岩等。

第二节 地球物理背景

一、重力场特征

区域布格重力异常(图 1-1)分布以西低东高为特点，最低值为 $-16 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ ，最高值达 $8 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ ，自西向东逐渐增高。这与该区处于大陆造山带与日本海弧后盆地之间的过渡带中，地壳自西向东逐渐变薄，莫霍面逐步抬高的特点相符。其重力场特征见表 1-2。

区内局部布格重力正异常有三处：大砬子以西正异常场值为 $-4 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ ，由寒武 奥陶纪黄莺屯组残余洋壳引起；开山屯和德川屯两处正异常场值为 $4 \sim 8 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ ，主要分布柯岛组及开山屯组变中酸性火山岩系和碎屑岩，其中还发

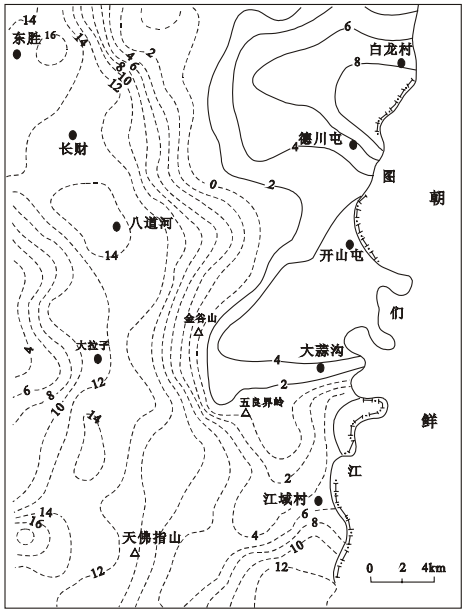


图 1-1 金谷山地区布格重力异常图  
Fig.1-1 Bouguer gravity anomaly map of Jingushan district

育华力西晚期的基性 超基性岩体，它们是产生重力正异常的主要原因。

局部布格重力负异常，呈 NNW 向带状展布于区内中部，最低处场值达  $-16 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ ，与两侧的正异常呈梯级带过渡。该重力低由智新盆地引起，盆内以中生代河湖相碎屑沉积为特征。

区内分布着两条重力梯度带，均呈 NNW 向展布，梯度值约为  $3 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ ，它们控制着智新盆地的边界，表明该盆地属断陷盆地。

表 1-2 金谷山地区地球物理场特征表

Table.1-2 The characteristics of geophysical field t able of Jingushan district				
	异常性质	异常形状	走向	场强
重力场	在负异常中局部出现重力高	负异常呈带状展布，局部正异常于负异常带中呈不规则孤岛状	北北西	$-16 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 到 $8 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$
磁场	大面积弱磁场中出现强磁异常	椭圆形	北北西	一般 0~250nT，最高达 2000nT

二、航磁场特征

由本区的航磁场异常图(图 1-2)可以看出，区内航磁场总体显示为弱磁场，场值在 0nT 附近变化，反映了柯岛组酸性 中酸性变火山岩系岩石的弱磁性特征。其上出现四处强磁异常，异常呈椭圆状，长轴方向 NNW 向，磁场强度大多在 250nT 左右变化，最高则达 2000nT，异常范围与区内出露的华力西晚期基性 超基性岩体以及第三纪玄武岩分布基本一致。说明上述强磁异常由基性超基性岩体及玄武岩等引起。

金谷山金矿大多位于正磁异常的边部，它的形成与这种良好的构造空间(接触带空间)关系较为密切，是金谷山金矿成矿的基础条件之一。

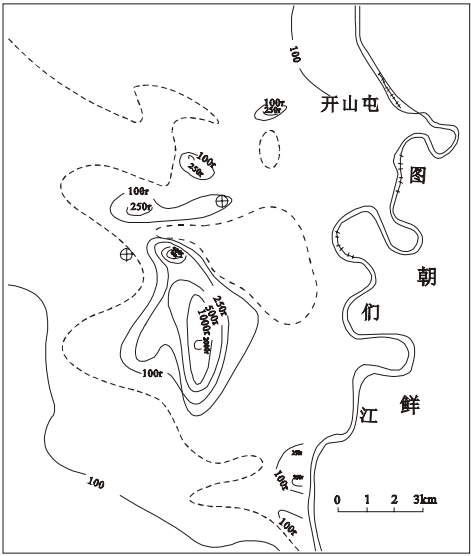


图 1-2 金谷山地区航磁异常图

Fig.1-2 Aeromagnetic anomaly map of Jingushan district

### 第三节 地球化学背景

#### 一. 地球化学场特征

本区的地球化学场表现出地层原始火山喷发 沉积环境及后期含矿热液共同作用形成的地球化学场特征。金谷山金矿区及其外围的地球化学场图上(图 1-3),按富集元素不同,划分为五个带,从外到内五个带富集元素见表 1-3。

各带由外至内相互套合,根据各带的分布范围,又可划分为内、外两个带,外带由第一、第二带组成,元素组合为 Sb As B。Sb、As 在开山屯地区大面积分布,在五个带中均有富集,它与早二叠世火山喷发 沉积形成的中酸性火山(碎屑)岩系有关,反映形成该岩系的原始岩浆富含 Sb、As 挥发份 ;B 的大面积出现则说明该火山喷发 沉积作用

发生于浅海环境;内带由第三 第五带组成,其元素组合由中心向外为(Fe、Co、Mn) Au (Cr、Ni、Hg)。Cr、Ni、Hg 组合是区内同构造岩浆活动形成的华力西晚期基性 超基性岩体的反映;Fe、Co、Mn 则是后期中性 中酸性岩浆活动的反映;Au 位于二者中部,说明金谷山金矿成矿与基性 超基性岩体及后期中性 中酸性岩脉关系密切。

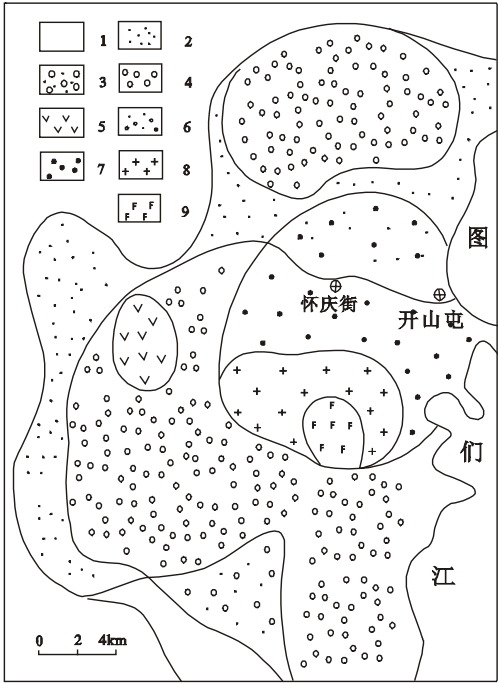


图 1-3 金谷山地区地球化学场图

Fig.1-3 The geochemical field map of Jingushan district

- 1.As 元素带; 2.As、Sb 元素带; 3.As、B 元素带; 4.As、Sb、B 元素带; 5.As、Sb、B、Cu、Pb 元素带; 6.Ni、Cr、Hg、As、Sb 元素带; 7.Ni、Cr、Hg、Sb、B 元素带; 8.Ni、Cr、Hg、As、Sb 元素带; 9.Ni、Cr、Hg、As、Sb、B、Au、Fe、Co、Mn 元素带

表 1-3 地球化学场富集元素表

Table.1-3 The table of enrichment elements of geochemical field

富集带	富集元素	富集面积
	Sb、As	400 km <sup>2</sup>
	Sb、As、B	<400 km <sup>2</sup>
	Sb、As、B、Cr、Ni、Hg	100 km <sup>2</sup>
	Sb、As、B、Cr、Ni、Hg、Au	40 km <sup>2</sup>
	Sb、As、B、Cr、Ni、Hg、Au、Fe、Co、Mn	10 km <sup>2</sup>

## 二、地球化学异常特征

在金谷山地区圈定的编号为“龙大-86-Hs-9”的 1:20 万水系沉积物异常中,异常呈南北向展布,长 30km,宽 20 km,面积达 600 km<sup>2</sup>,异常元素组合为 Sb-As-B-Au-Ag-Cu, Au 最大值为  $14.1 \times 10^{-9}$ ,平均值为  $8.4 \times 10^{-9}$ ,衬值为 5.2。

在“龙大-86-Hs-9”异常区内进一步圈出了编号为“88-龙井-Hs-2”的金谷山 1:5 万水系沉积物异常,异常元素组合为 Au-Sb-As, Au 最大值  $33 \times 10^{-9}$ ,是 1:20 万异常的 2.5 倍,As、Sb 分别 1.7 倍和 2.6 倍,显示出具有矿致异常的特点。异常元素浓集中心清楚、清晰,分带明显。Au 处于内带,外带是 As、Sb(表 1-4,图 1-4)。

表 1-4 金谷山地区水系沉积物异常特征表(Au、Ag  $\times 10^{-9}$ ,其它元素  $\times 10^{-6}$ )

Table. 1-4 The anomalous characteristics table of stream sediment of Jingushan district

编 号	位 置	面积(k m <sup>2</sup> )	元 素	面 积	下 限	降 值	平 均 值	规 模	衬 值	比 例 尺
龙大-86-Hs-9	东经: 129° 41' 00" 北纬: 42° 38' 00"	295.8	As	188.4	9.9	72.0	40.9	780.0	7.3	1:20 万
			Sb	178.2	0.6	34.0	17.3	5.2	56.9	
			Au	35.2	2.7	14.1	8.4	108.4	5.2	
			Ag	26.0	154.2	299.5	226.9	38.2	1.9	
			Cu	12.4	27.4	36.0	31.7	14.4	1.3	
			Hg	3.2	43.7	100.0	71.8	5.3	2.3	
88-龙井-Hs-2	四树坪沟	18.0	Au	3.5	2.3	33.0	17.7	10.40	2.87	1:5 万
			As	4.5	17.2	120.0	68.6	15.0	3.33	
			Sb	4.5	1.83	89.69	45.76	18.6	4.13	

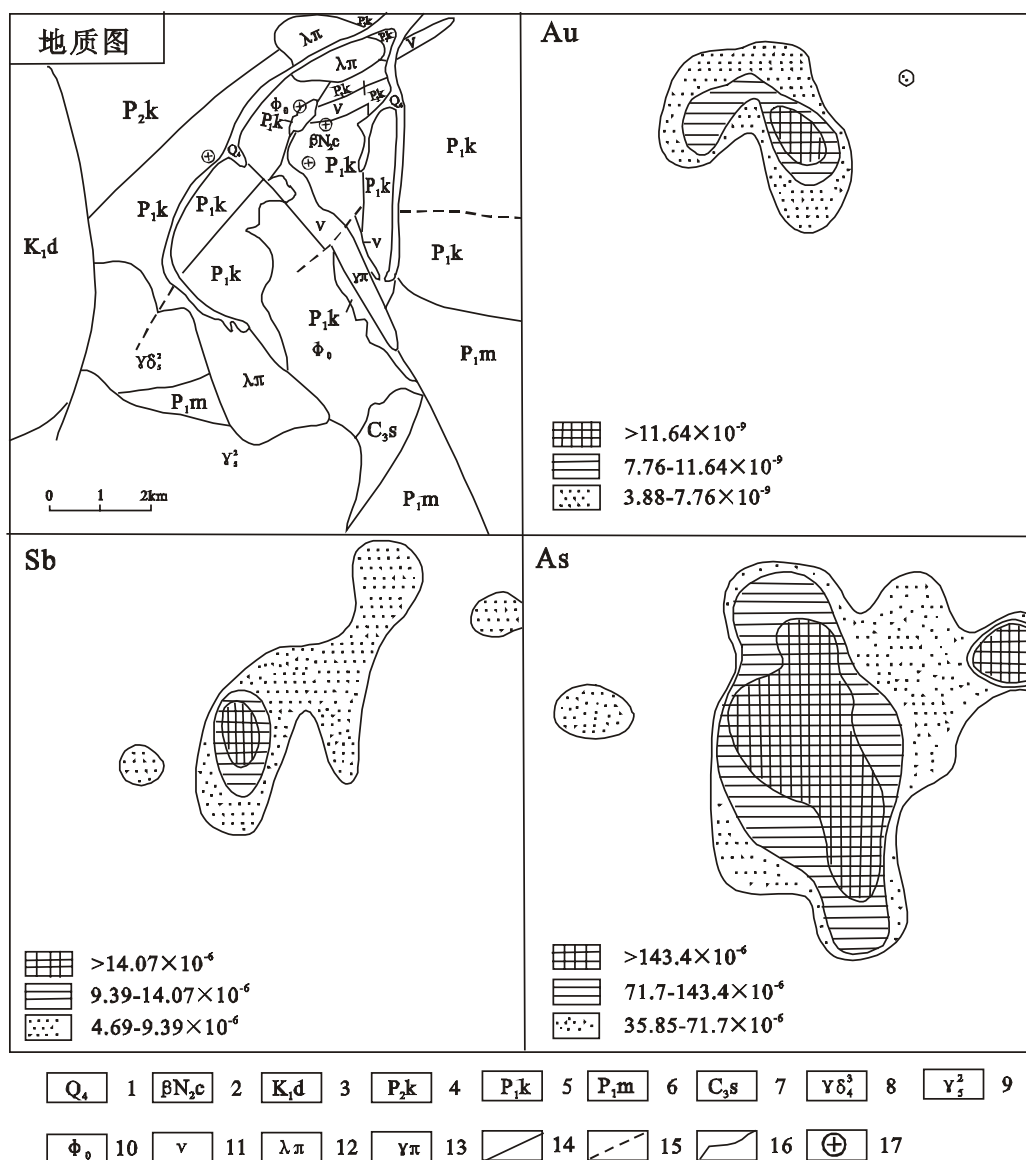


图 1-4 金谷山地区 1/5 万水系沉积物异常图

Fig. 1-4 The anomalous map of 1:50000 stream sediment of Jingushan district

1.第四系; 2.船底山组玄武岩; 3.白垩纪大砬子组; 4.二叠纪开山屯组; 5.二叠纪柯岛组; 6.二叠纪庙岭组;  
7.石炭纪山秀岭组; 8.花岗闪长岩; 9.花岗岩; 10.辉石橄榄岩; 11.辉长辉绿岩; 12.石英斑岩; 13.花岗斑岩;  
14.断层; 15.推测断层; 16.地质界线; 17.金矿点

## 第二章 金谷山金矿床地质特征

金谷山金矿床形成于早二叠世裂陷槽式火山喷发—沉积建造环境，受南北向山秀岭背斜(金谷山背斜)核部、倾伏端构造与东西向褶皱、断裂构造的交汇部位控制，矿体就位于柯岛组酸性—中酸性火山—火山碎屑岩中，集中发育于韧性剪切变形变质带—糜棱岩带内(图 2-1)。

与金谷山金矿床形成密切相关的早二叠世柯岛组，其酸性—中酸性火山及火山碎屑沉积，在华力西晚期经历了区域低温动力变质作用，改造成为变火山岩及千枚岩类。变质作用达低绿片岩相，局部具有进变质作用的特点。根据原岩恢复及火山喷发序列相成因的类型，金谷山地区的火山活动是以流

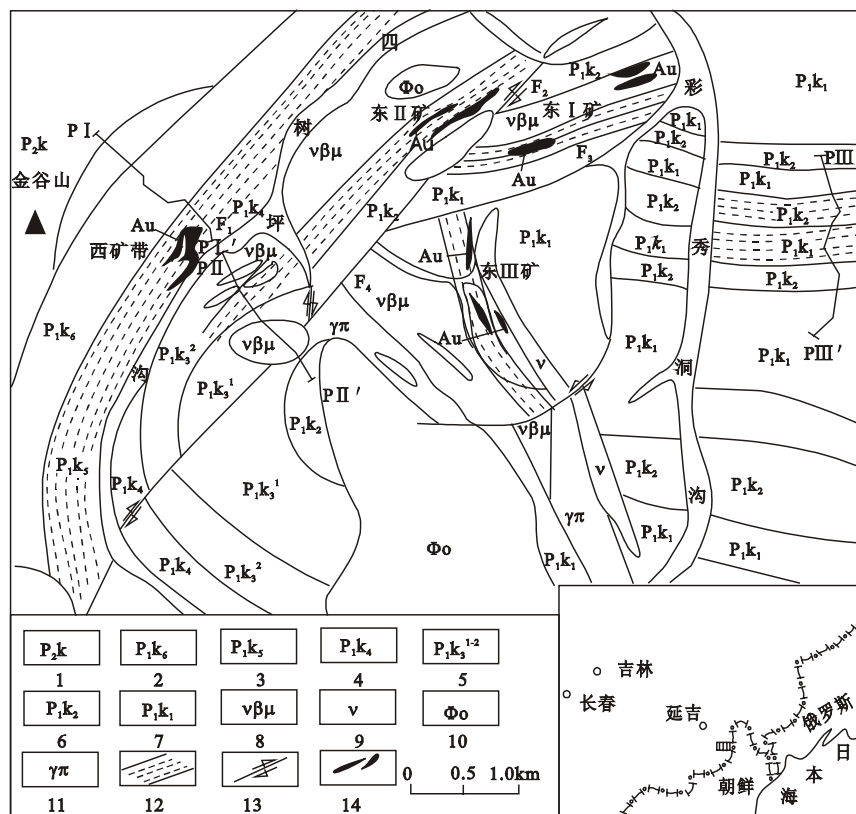


图 2-1 龙井市金谷山地区地质图

**Fig. 2-1 The geological map of the Jingushan area of Longjing City**

1. 开山屯组; 2. 柯岛岩组第六火山喷发 沉积旋回; 3. 第五火山喷发 沉积旋回; 4. 第四火山喷发 沉积旋回; 5. 第三火山喷发 沉积旋回下段及上段; 6. 第二火山喷发 沉积旋回; 7. 第一火山喷发 沉积旋回; 8. 辉长 辉绿岩; 9. 辉长岩; 10. 辉橄岩; 11. 花岗斑岩; 12. 韧性剪切带; 13. 断层; 14. 金矿体

纹质 英安质喷发为主，后期夹少量安山质熔岩的溢流为辅。伴随区域变质作用，地层发生褶皱，形成了早期南北向山秀岭背斜褶皱(金谷山背斜)和一系列断裂构造。随着褶皱作用的拉动，基性 超基性岩浆上侵顺层贯入，形成了典型的同构造岩浆活动，并同时发生变质作用。在应力进一步作用下，使金谷山背斜的薄弱面和倾伏端发生韧性剪切变形，产生了变形变质带(糜棱岩带)。与此同时，伴有中性 中酸性岩(脉)浆贯入。金谷山金矿体的形成与赋存，与韧性剪切变形变质带的空间分布密切相关。

金谷山金矿体的品位变化较大，其中东矿带矿体平均品位分别自  $2.14 \times 10^{-6}$ ~ $12.47 \times 10^{-9}$ ；西矿带矿体平均品位分别自  $1.32$ ~ $2.63 \times 10^{-6}$  不等。矿化伴随的蚀变主要有硅化、毒砂化、黄铁矿化，以及碳酸盐化、绢云母化等，这些矿化蚀变的强弱和空间分布，与金矿体的品位及规模关系十分密切。

## 第一节 柯岛组变质岩系及岩石类型

延边地区二叠纪地层的划分，前人观点各异，尤其对柯岛组的划分显得尤为突出，争论不断<sup>[5、6、14~16]</sup>。张永焕等(2000)<sup>[17]</sup>撰文概括总结了本区二叠纪地层七十多年的研究历史，指出二叠纪地层从岩石地层角度不能作为一个统一的地层区进行统一划分的原因是，它们是二叠纪不同陆缘活动带上不同陆缘沉积盆地中的堆积物，即分属于当时的佳木斯地块东南陆缘活动带，兴凯地块西部陆缘活动带和龙岗(和龙)地块北部陆缘活动带。并提出：在南、北、东三个不同地块间的不同陆缘活动带，建立各自的统一的岩石地层序列，对它们只作生物和年代地层的对比。这样就较好的解决了统一划分的问题。同时他们利用近些年来新的地磁学、古生物学方面的研究成果<sup>[18~21]</sup>分析认为柯岛群是陆陆拼贴进程中，上叠于三陆缘带上的山间磨拉石盆地的堆积物，其时代为早三叠世。本文论文在对工作区进行岩石地层学研究后认为：柯岛组实是一套中酸性并以酸性为主的火山 火山碎屑沉积岩系，时代仍归为二叠纪。

金谷山地区的二叠纪地层，均遭受了低级区域变质作用，并形成了一套低级的变质岩系。变质岩系普遍表现为具有变形特征，表现为岩石具有劈理构造、变形纹弯曲、晶体形变及波形消光等。岩石的变质作用程度较低，为重结晶作用和低级变质作用，主要形成的变质矿物组合为：绢云母 + 绿泥石 + 石英 + 钠长石。表明本区经历了区域低温动力变质作用，变质程度为低绿片岩相<sup>[22]</sup>，仅在局部地带出现雏晶黑云母及绿帘石，变质程度略有增高。本

区的岩系在遭受区域变质和褶皱作用的同时，并在褶皱最强烈的地带，形成韧性变形变质带及强化叶理带，表现为一套具有细粒化、旋转碎斑、流状构造等特殊组构的千枚岩和糜棱岩系。

一、变质岩石类型

二叠系柯岛组变质岩系，由于遭受变形变质程度较低，根据显微镜下的残余结构、构造和矿物组合，可划分为以下几类(表 2-1)：

表 2-1 金谷山地区柯岛组变质岩系分类表

Table. 2-1 The table of classification of the Kedao Formation metamorphic rocks		
变质岩系分类		亚类及主要变质岩类型
1	变火山熔岩类	变安山岩、变角闪安山玢岩等
2	变火山碎屑岩类	(1) 变火山碎屑岩亚类：变流纹质晶屑凝灰角砾岩、变流纹质含砾晶屑凝灰岩等 (2) 变熔结火山碎屑岩亚类：变流纹质熔结角砾岩、糜棱岩化流纹质熔结凝灰岩等
3	变火山碎屑浊积岩类	变余压碎流纹质火山浊积岩、变安山质火山浊积岩等
4	变火山碎屑沉积岩类	糜棱岩化凝灰质粉砂岩、千糜岩化凝灰质粉砂岩等
5	变侵入岩类	变辉长辉绿岩、变方辉橄榄岩
6	千枚岩类	板状千枚岩、千糜千枚岩及千枚千糜岩等
7	糜棱岩类	初糜棱岩、糜棱岩、超糜棱岩包括 2、4 糜棱岩化岩石

(一) 变火山熔岩类

该区的变火山熔岩类主要为安山质，少部分为英安质。该类岩石中以变安山岩和变角闪安山玢岩为主，代表性岩石及其特征如下：

1. 变安山岩：深灰色 灰绿色，变余块状构造，局部见变余气孔杏仁构造，变余斑状结构。斑晶以斜长石为主，呈半自形板状，聚片双晶发育，有时可见卡钠联合双晶，绢云母化和绿帘石化较为普遍。有的斜长石晶体有明显的碎裂现象，局部发育聚晶结构，颗粒大小  $4 \times 1.5\text{mm} \pm$ 。基质由条板状和针柱状斜长石、绿泥石组成，斜长石呈定向 半定向排列，构成交织结构，在基质中分布有大量的尘粒状黄铁矿，并有重结晶现象。

2. 变角闪安山玢岩：深灰绿色，变余块状构造、变余斑状结构。斑晶主要为角闪石，呈褐绿色，多色性明显，呈自形完好的柱状晶形，并发育柱状解理和简单双晶，环带结构及次变边结构较发育，颗粒大小为 2~5mm，含量约占 20%±。基质主要由斜长石、角闪石微晶和金属矿物组成，斜长石呈针柱状，局部形成交织结构。磁铁矿呈粒状，不均匀分布(图版 -1-1)。

## (二) 变火山碎屑岩类

本区的变火山碎屑岩类又可划分为二个亚类，即变火山碎屑岩亚类和变熔结火山碎屑岩亚类，其成分主要为流纹质，少数为安山质。代表性岩石特征如下：

### 1. 变流纹质火山碎屑岩亚类

(1) 变流纹质晶屑凝灰角砾岩：黄绿色，变余斑杂构造，变余凝灰质角砾结构。岩屑呈角砾状，主要由流纹质凝灰岩和流纹岩组成，其次还有褐铁矿化的凝灰角砾，角砾大小一般在  $1.5\sim 2.5\text{mm}$ ，大者可达  $3.5\sim 4.0\text{mm}$ ，含量占 30%；晶屑呈次棱角状，并以石英晶屑为主，根据其残留晶形判断，应为具有六方双锥晶形的高温石英，含量占 20%；斜长石晶屑，聚片双晶发育，亦呈次棱角状，含量 5%，晶屑粒度  $1\sim 1.5\text{mm}$ (图版 -1-2)。

(2) 变流纹质含砾晶屑凝灰岩：灰色~灰绿色，变余块状构造、变余火山凝灰结构。火山角砾由凝灰岩和流纹岩组成，呈透镜状和次棱角状，砾径分别为  $12\times 5\text{mm}$  和  $4\times 10\text{mm}$ ，含量约 15%。晶屑主要为斜长石和石英，石英多呈棱角状、次棱角状，有些石英晶体发育变形纹；斜长石呈棱角状、阶梯状，常遭受黑云母化；晶屑粒度为  $0.5\sim 1\text{mm}$ ，总含量为  $25\%\pm$ 。胶结物主要为绢云母、绿泥石及重结晶的火山灰，呈半定向绕晶屑和角砾分布。此外有粒状黄铁矿呈星散状分布于胶结物中或角砾的边部。

### 2. 变流纹质熔结火山碎屑岩亚类

(1) 变流纹质熔结角砾岩：黄灰色，变余假流纹构造，变余熔结角砾结构。岩石中的刚性岩屑由石英岩、凝灰岩、安山岩、流纹岩等组成，呈棱角状~次棱角状，个别呈透镜体状，最大粒度达  $15\times 5\text{mm}$ ，含量  $40\%\pm$ 。晶屑成分主要为长石、石英，呈棱角状~次棱角状，粒度为  $2\times 1.5\text{mm}$ ，含量  $15\%\pm$ 。浆屑呈飘带状、拉长条带状、压扁的透镜体状，形成假流纹构造，构成塑性玻屑绕刚性的岩屑、晶屑分布，含量  $35\%\pm$ 。此外有黄铁矿呈条带状围绕刚性岩屑边缘或在浆屑内部分布，含量  $<10\%$ (图版 -1-3)。

(2) 糜棱岩化流纹质熔结凝灰岩：紫灰色，变余流纹构造，碎斑糜棱结构。残斑主要由石英、斜长石、假象透长石组成，含量  $25\%\pm$ 。残斑普遍碎裂和拉断拔丝形成变形纹和山羊须结构，在黄铁矿两侧形成纤维状集合体组成压力影，残斑颗粒大小  $2.5\sim 0.5\text{mm}$ 。残块主要为塑性岩屑，它们均受到变形、压扁和拉长，含量  $5\sim 15\%$ 。糜棱基质主要为塑性玻屑和绢云母，呈流状围绕残斑和残块分布，含量  $55\sim 70\%$ 。

## (三) 变火山碎屑浊积岩类

1. 变余压碎流纹质火山浊积岩：灰绿色，变余条带和变余平行纹层构造，岩石由三层构成。变余 A 层：以变余残斑和变余透镜体为主，其成分为石英、斜长石、微斜长石、假象透长石等，残斑破碎后呈透镜状，裂纹发育，呈 X 形和 S 形，长石和石英均发育变形纹，石英部分形成麻花状扭曲，且两端出现山羊须构造。残碎斑大都被定向拉长，但变余递变(粒序)层理仍明显可见，表现在碎斑和透镜体有规律的递变，越近底面粒度越大，残斑从  $1 \times 2.5\text{mm} \sim 6 \times 12\text{mm}$ ，含量 25~40%。基质由绢云母和隐晶质石英组成条纹状。层厚 4~20mm。变余 B 层：主要由基质组成，其成分为绢云母和条纹状隐晶质石英形成变余的平行纹层和条带构造，层厚 2~4mm。变余 C 层：由绢云母和隐晶质石英组成，成变余波状纹层，层厚 2~4mm。此外，黄铁矿呈细小粒状或网脉状充填在碎斑裂隙和基质条带中(图版 -1-4)。

2. 变安山质火山浊积岩 深灰斑杂色，变余递变层理和平行纹层构造，岩石由三层组成。A 层：以安山质火山碎屑为主，形成变余递变(粒序)层理，其中火山碎屑多为浑圆状~次棱角状，形成正粒序并略有压扁和定向。基质为凝灰质，为基底式胶结，层厚 4~5cm。B 层：由凝灰质基质组成，具平行纹层构造，碎屑定向排列，层厚  $1.5\text{cm} \pm$ 。C 层：由凝灰质基质组成，具波状平行纹层构造，并在顶部存在波形冲刷面，层厚  $0.8\text{cm} \pm$  (图版 -1-5)。

#### (四) 变火山碎屑沉积岩类

该类岩石常与变余火山浊积岩共生或互层出现，形成沉凝灰岩类。依据岩石组构特征，其代表性岩石特征如下：

1. 糜棱岩化凝灰质粉砂岩：青灰色，变余火山沉碎屑结构，变余韵律交错层状构造。碎屑多以石英为主，少量斜长石，均呈棱角状~次棱角状，常压扁成透镜体状或被拉长变形，石英变形纹发育并定向排列。碎屑颗粒大小为  $1 \times 0.5\text{mm}$ ，含量  $20\% \pm$ 。胶结物以火山灰为主，有少量绿泥石和绢云母。胶结物均绕碎屑定向分布，粒状黄铁矿在胶结物内呈定向分布。岩石总体上显示出粗细相间的韵律构造，具有岩浆蒸汽爆发岩的特征(图版 -1-6)。

2. 千糜岩化凝灰质粉砂岩：灰绿色，变余韵律层理构造，千糜千枚构造。由于变质不均匀性，其结构为粒状鳞片变晶结构和变余凝灰质结构。残斑成分主要为石英、斜长石及凝灰岩块，含量  $5\% \pm$ 。石英呈眼球状，发育细条带状变形纹，大小约  $0.8\text{mm} \pm$ ；斜长石普遍绢云母化，呈压扁的透镜体状，大小约  $0.5 \sim 0.8\text{mm}$ ；凝灰岩块呈扁豆状，大小约  $1\text{mm}$ ；残斑均呈定向断续分布。糜棱岩化基质主要为火山灰，局部发生重结晶作用，少部分形成绢云母、绿泥石及小眼球状石英，呈半定向~定向排列。重结晶程度较好的和较差的

凝灰岩块相间排列，形成粗细不等的韵律条带构造，韵律条带变化在1mm~12mm之间，黄铁矿呈条纹状，分布在粗细条带的交界带上。

#### (五) 变侵入岩类

该类岩石指以侵入体的产状侵入到围岩中，并与围岩一同遭受区域变质作用的岩石。主要以基性 超基性岩石为主，并含少量中酸性岩石。其代表性岩石及特征如下：

1. 变辉长 辉绿岩：绿黑色，变余辉长 辉绿结构。主要组成矿物有斜长石、假象单斜辉石、榍石和金属矿物等。斜长石为半自形板状，聚片双晶发育，常遭受绢云母化，大小  $1\text{mm} \pm$ ，含量约 55%。单斜辉石只保留辉石晶形，已变成纤维闪石、绿帘石和绿泥石的集合体，呈粒状充填在斜长石搭成的三角形格架内构成辉绿结构；部分辉石颗粒晶形较好，与斜长石组成辉长结构，辉石含量约 40%。榍石和其他金属矿物含量约 5%(图版 -1-7)。

2. 绢石化、蛇纹石化辉橄岩(变辉橄岩)：黑绿色，变余斑杂构造，变余辉橄结构(假象)。主要组成矿物为蛇纹石，其次有少量绢石。蛇纹石由橄榄石蚀变而来，橄榄石蚀变强烈，全部转化为纤维蛇纹石和叶蛇纹石，已无橄榄石残留。绢石由斜方辉石蚀变而来，斜方辉石大部分转变为绢石，少数斜方辉石的残留晶体呈平行消光，保持柱状晶形，多发育斜方辉石假象和次变边结构(图版 -1-8)。

3. 变细晶闪长岩：深灰 浅绿灰色，细粒柱状结构，块状构造。主要组成矿物为斜长石、角闪石。斜长石呈板状，发育钠长石双晶和卡钠联合双晶，并具轻微的钠黝帘石化，粒径约 0.5~1mm，含量约 55%；角闪石自形柱状，具闪石式解理，黄 绿的多色性明显，局部绿泥石化和阳起石化发育，在二级蓝的颗粒上，测得  $\text{Ng} \wedge \text{C} = 20^\circ$  (为普通角闪石)，粒径 1.5~1mm，含量约 40%。金属矿物细粒呈星散状分布，与榍石、磷灰石等含量 <5%。

4. 变石英斑岩：灰色，斑状结构，块状构造。斑晶主要由石英组成。石英呈透镜状 不规则状，变形纹发育，大小为 1.5~2mm，含量约 10%。基质由细晶~隐晶质石英组成，局部可见重结晶及微定向排列现象。

## 二、变质岩系的原岩恢复

从上述变质岩系的岩石类型及特征可以看出，金谷山地区的早二叠世柯岛组的火山 沉积岩系及深成侵入岩体，虽然遭受了区域变质作用，部分地区还经历了韧性剪切动力变质作用，发生千糜岩化和糜棱岩化，但是经过深入的研究，本区的变质岩系仍然可以进行原岩恢复<sup>[22、23]</sup>，因为：

(一) 岩石经历的是低级区域变质作用,原岩虽遭受了不同程度的变质作用,但其矿物成分和组构仍有不同程度的保留,通过深入细致系统的岩矿鉴定工作,可以进行原岩恢复。

(二) 遭受韧性剪切动力变质作用的岩石,虽发生了糜棱岩化和强烈的细粒化作用,但在岩矿鉴定基础上研究其残留成分与结构构造,加上野外横向追索对比,也可在一定程度上进行原岩恢复。

经逐层原岩恢复进行统计并结合火山岩系的堆积厚度统计,制作频率直方图(图 2-2),在岩石成分、火山喷发物态等方面具有如下特征:

1. 物质成分出现的频率:流纹质火山岩占 48%;英安质火山岩占 12%,安山质火山岩占 10%。

可见本区火山岩是一套中酸性并以酸性为主的火山岩<sup>[24]</sup>。

2. 喷发物态出现的频率:爆发物质占 73%;熔岩占 27%。故火山岩系是以爆发作用为主的一套火山岩系。

3. 火山碎屑沉积岩、火山碎屑浊积岩分别占 7.3%和 10.3%,表明火山岩系以火山作用为主导,正常沉积堆积占次要地位。

4. 基性 超基性(包括中性)岩浆侵入活动的产物出现频率为 10%,也是一次重要的岩浆活动。

从火山岩系各项出现频率看,其峰值集中于流纹质、英安质、安山质以及玄武质和超镁铁质之上,反映出本区火山岩系的岩浆来源的多源性(壳源和幔源)。

三、火山喷发序列相基本成因类型

利用序列相(由一个或几个喷发序列组成)来探讨研究不同火山岩系的成因类型及形成机制,是目前火山岩研究的一个方向。根据现代火山研究理论及成果<sup>[25]</sup>,本着将今论古的原则,在进行了原岩恢复的基础上,对本区早二

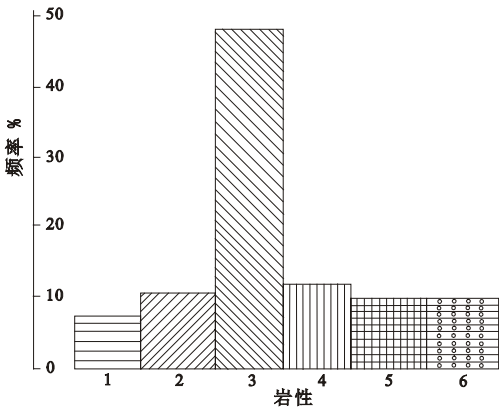


图 2-2 柯岛岩组变质火山岩系原岩恢复频率直方图

Fig.2-2 Frequency histogram of parental rocks recovered of the metamorphosed volcanic rocks in the Kedao Formation

1.凝灰质粉砂岩; 2.安山质火山岩; 3.流纹质火山岩; 4.英安质火山岩; 5.基性 超基性侵入岩(含中性侵入岩); 6.火山浊积岩

叠世变火山(碎屑)岩系进行了基本类型的确定与划分。鉴于区内火山岩系以火山碎屑堆积为主体并涉及岩流相,故确定火山碎屑堆积的成因类型并说明与岩流相的内在关系,目的是进一步了解火山活动的发生与发展。本区火山碎屑堆积包括四种相类型:

(一) 火山喷发空中降落堆积(相)

本区的火山爆发类型经原岩恢复和岩石类型统计,应属普型喷发。主要的火山碎屑空落堆积包括凝灰岩、凝灰角砾岩、火山角砾岩等岩石类型。

(二) 火山碎屑流堆积(相)

火山碎屑在重力作用下,受高密度的气体/固体的扩散所驱使,形成高热高密度流(500-750 )并做侧向运动堆积。火山碎屑流堆积的典型代表岩石为熔结凝灰岩,酸性熔结凝灰岩大多为喷发柱崩塌(或垮塌)形成,即竖直喷发柱的有效密度大,产生重力垮塌而形成火山碎屑流。本区的火山碎屑流堆积主要包括流纹质熔结角砾岩、熔结碎斑角砾岩及含砾熔结凝灰岩。

(三) 水下火山碎屑涌流堆积(相)

指上升炽热的岩浆喷发柱遇水爆炸,形成一种含有大量蒸汽、火山碎屑的高密度流,在水中向四周运动扩散,形成薄而多层序的火山碎屑涌流堆积。本区的火山碎屑涌流堆积形成的岩浆蒸气爆发岩为凝灰质粉砂岩。

(四) 水下火山碎屑浊流堆积(相)

指水下火口附近以及海盆陡坡、高位的火山碎屑沉积物,受重力作用(火山活动、地震及断裂活动影响)与水混合而成一种水下沉积物重力流(湍流),再次发生堆积,形成一系列特殊组构序列(鲍马序列)的岩石。

本区的浊流堆积由于受特定的地质环境影响,只发育 A、B、C 层,包括变安山质火山浊积岩及压碎流纹质火山浊积岩。

本区柯岛组火山岩系属于一套水下爆发—喷溢活动的火山岩系,其序列相总的规律是:空落堆积相 岩流滞积相 火山碎屑流堆积相 火山碎屑浊积相 火山沉积相。不同的序列相组成柯岛组的各个喷发 沉积旋回。

## 第二节 矿区构造

在应力作用下,金谷山地区褶皱构造、断裂构造以及部分地区的韧性变形变质带十分发育,为金矿的形成和赋存提供了良好的构造条件(图 2-3)。它们的形成和演化为成矿元素的活化、迁移、沉淀、富集成矿作用提供良好的运移通道和赋存空间。

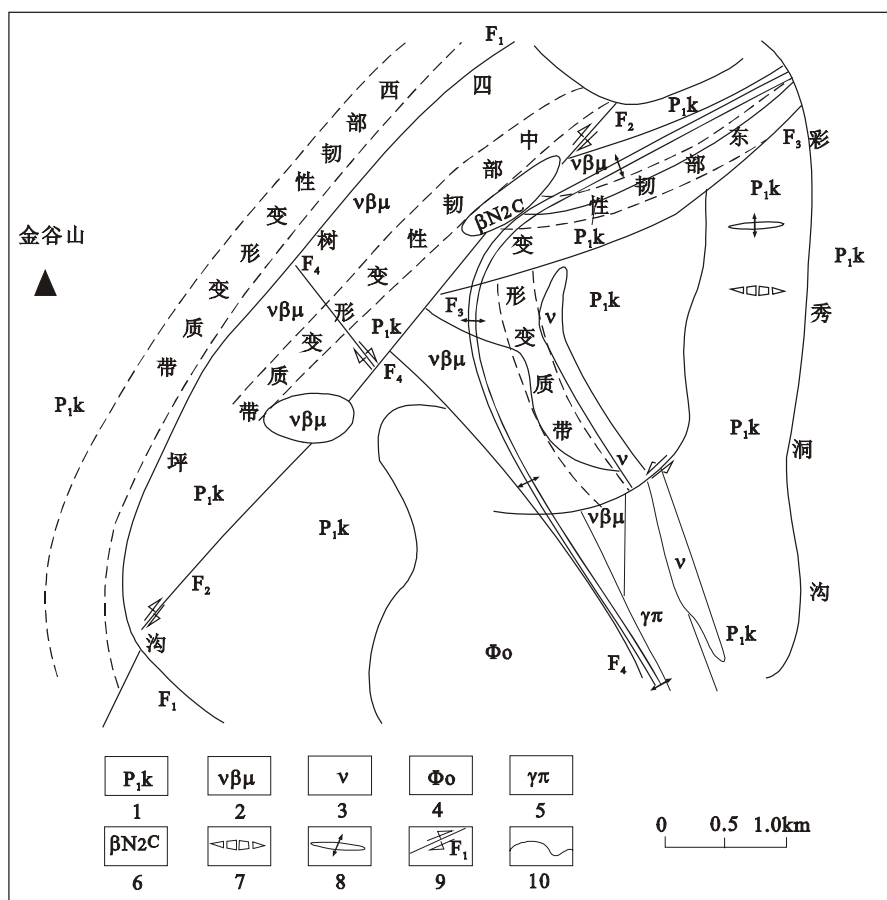


图 2-3 金谷山金矿区构造纲要图

Fig.2-3 The structural sketch map of Jingushan district

1.二叠纪柯岛组; 2.辉长-辉绿岩体; 3.辉长岩; 4.辉橄岩; 5.花岗斑岩; 6.第三纪船底山组;  
7.向斜; 8.背斜; 9.断裂; 10.地质界线

### 一、金谷山背斜构造

金谷山背斜是矿区内发育的主要构造型式，其形成和演化与金矿的形成和赋存关系十分密切。

金谷山背斜总体走向近 SN，后期因构造的叠加干扰，近 SN 向轴迹受到改造，形成走向自南向北呈 NNW SN NE NEE 的弧形弯曲轴迹，突向西，显示出半穹形分布特征。背斜核部及靠近核部的西翼发育有华力西晚期深成侵入体辉橄岩 辉长辉绿岩。东西两翼构造不协调：西翼完整，并已出现上部的开山屯组；东翼受后期彩秀洞沟南北向断裂错动抬升及近 EW 向褶皱构造叠加影响，岩层近东西向展布，并在东南部地区出现庙岭组。上述不同方向褶皱轴迹表明，金谷山背斜为一叠加褶皱构造。即在区域变质过程中，

早期形成轴向近 SN 的构造形态，褶皱中间应变轴为 SN 向，其轴面与后期叠加的 EW 向褶皱的最大应变轴近于平行，后期褶皱中间应变轴与早期中间应变轴成大角度相交，形成横跨式叠加，即属典型的 Ramsay 穹盆型干涉型式<sup>[26]</sup>(图 2-4)。

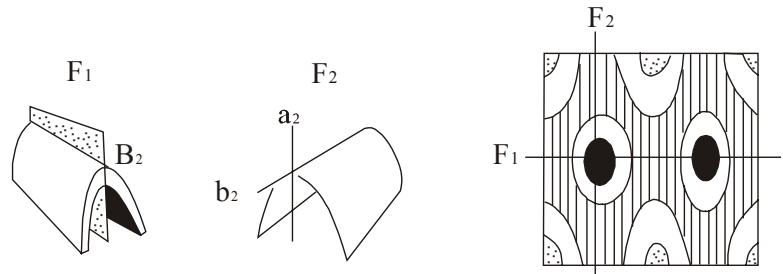


图 2-4 金谷山金矿区横跨褶皱叠加形式示意图

Fig.2-4 Cross-folds superposed shape schematic diagram in Jingushan district  
早期褶皱      后(晚)期褶皱      平面图 F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub> 分别为两期褶皱轴迹

在金谷山背斜靠近核部地带及其北部地区，其内部有小型同斜褶皱发育，从构造要素上反映出金谷山背斜的发展及后期改造过程：一种类型是靠近早期背斜核部发育的早期构造残留的同斜褶皱，它们多产于变凝灰质角砾岩中，轴迹近 SN，如发育于东 Ⅱ 矿区中的同斜褶皱枢纽产状  $190^{\circ} \sim 30^{\circ}$  (图 2-5，图版 -2-1)；另一类为叠加褶皱部位发育的后期叠加的同斜褶皱，它们多产于变安山岩及糜棱岩中，轴迹近 EW，如发育于东 Ⅱ 矿中的同斜褶皱(图版 -2-2)。这些同斜褶皱发育的区段，赋存着金谷山金矿床最主要的工业矿体。

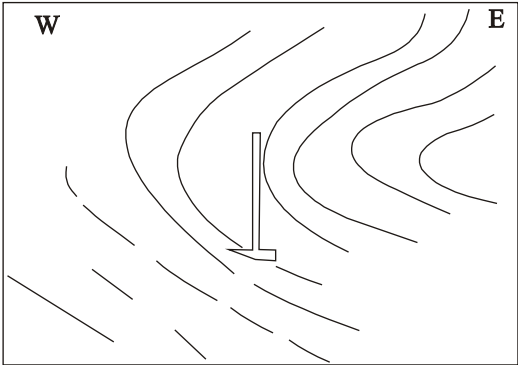


图 2-5 早期构造残留的同斜褶皱示意图(东 Ⅱ 矿)  
Fig.2-5 The schematic ma of Drag fold remained in the early structure  
(E mineralized zone)

## 二、断裂构造

断裂构造在金谷山矿区十分发育(见图 2-3)，主要有 SN 向、NE 向、NWW 向几组断裂，按其 与 金矿的关系又可分为控矿断裂构造和成矿后断裂构造。

### (一) 控矿断裂构造

#### 1. 四树坪沟 NE 向断裂( $F_1$ )

该断裂展布于矿区西部，金谷山背斜的西翼，其走向自北向南为 NNE-NE-SN-NNW，呈突向西的弧形，沟谷两侧岩石中发育压扭性结构面，呈舒缓波状，陡倾斜，多倾向 SE~直立。断裂两侧，尤其是在西侧金矿体赋存区段，岩石发生了强烈的变形变质作用。该断裂展布方向与柯岛组变质岩系地层条带方向一致，并控制着华力西晚期辉长辉绿岩带、西矿带、东矿带以及新生代玄武岩的分布，表现出其多期活动特征。

#### 2. 彩秀洞头道沟近 EW 向断裂( $F_3$ )

该断裂展布于金谷山背斜北部构造转折端部位，走向  $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$ ，倾向 NW，倾角  $50^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 。断裂发育挤压片理化带，上盘向 SE 斜冲，属压扭性。其西侧被 NE 向  $F_2$  断裂截切，东侧受后期的彩秀洞沟 SN 向断裂控制，走向与近东西向褶皱轴平行。它控制着辉长辉绿岩体及东矿号矿化蚀变带的分布，并与糜棱岩化带走向一致。

#### 3. 草坪沟 彩秀洞沟 NW 向断裂( $F_4$ )

该断裂横贯矿区中部，并切割金谷山背斜核部，走向  $310^{\circ}\sim 320^{\circ}$ 。断裂发育压性结构面，具挤压片理化带，断裂北西端被  $F_2$  断裂切割；北部受  $F_3$  压扭性断裂控制。该断裂控制着辉长岩、辉绿岩、闪长玢岩、花岗斑岩脉及东矿号矿化蚀变带的分布。受该断裂及  $F_3$  断裂联合控制，东矿号矿化蚀变带北端分叉，一组由 NW 向转向近南北，并有向 NNE 延伸的趋势；另一组由 NW 转向近东西，在两组分支构造的复合部位，矿化蚀变带膨大，金矿体变厚，品位增高。

### (二) 成矿后断裂构造

#### 1. 彩秀洞沟 SN 向断裂

该断裂位于矿区东部的河谷之中，发育压扭性结构面，结构面呈舒缓波状，走向  $350^{\circ}\sim 30^{\circ}$ ，倾向 E，倾角陡~直立，显示上盘向 NW 斜冲，局部地段变安山质角砾岩中的角砾略有压扁，并呈 SN 向定向延长。该断裂使彩秀洞沟谷两侧岩层走向中断，并切割晚期的花岗斑岩，显示出多期活动特征。

#### 2. NEE EW 向断层

该组断层主要发育于靠近金谷山核部倾伏端的东矿和东矿区中及其附近，与  $F_3$  断裂近于平行，其断层面呈舒缓波状，形成挤压带，常见其中断矿体。如东矿化带近 EW 向分支矿体处，糜棱岩化流纹质角砾岩中的近 EW 向断层，倾向  $340^{\circ}$ ，倾角  $34^{\circ}$ ，断层上下盘均有毒砂化和黄铁矿化。

#### 3. NW 向断层

在东 矿化蚀变带东西向展布的矿(化)体内 发育有后期的NW向断层，断层面具挤压特征。在变凝灰角砾岩中，断层产状  $220^{\circ}40'$ ，上盘发育牵引褶曲，表明下盘向上滑动(图 2-6，图版 -2-3)。

#### 4.NE 向断层

该组断层发育于西矿区附近，走向 NE，显示压性特征，表现为在变流纹质晶屑岩屑凝灰岩等岩石内形成 NE 向挤压片理化带。

上述 SN 向、近 EW 向、NW 向及 NE 向脆性断层，均为成矿后断裂构造，对矿体起破坏作用。其中 NE 向与近 EW 向断层，在空间分布上与控矿断裂构造(NE 向及近 EW 向)平行复合、叠加，显示出它们具有多期活动的特点。

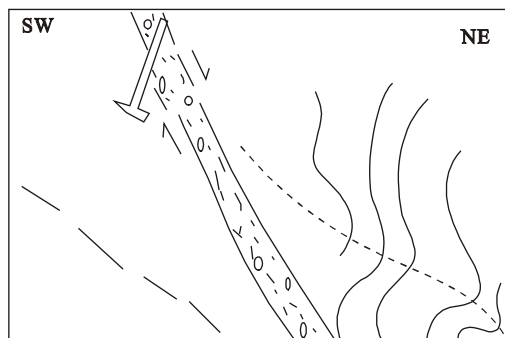


图 2-6 东 矿变凝灰角砾岩中 NW 向断层及牵引褶皱示意图

Fig.2-6 The schematic map of NW fault and drag fold in metamorphic tuff breccia (E mineralized zone)

### 三、韧性剪切变形变质带

华力西晚期，金谷山地区的早二叠世地层在发生区域低温动力变质的中晚阶段，随着地层褶皱作用和应力的加强，于褶皱层间及构造薄弱面产生了韧性剪切变形变质作用，形成了一套具有特殊组构特征的糜棱岩及韧性剪切变形变质带。糜棱岩及韧性剪切变形变质作用与金谷山金矿的形成有着密切的内在联系。

#### (一) 糜棱岩岩石类型及组构

糜棱岩是在地壳较深的部位，在较高的温度、压力条件下，原岩经韧性变形、重结晶、变质结晶和流体作用形成的具有新生矿物组合及独特组构的变质岩，是确定韧性剪切变形变质作用存在的最主要标志之一，其发育的组构特征不但可以确定糜棱岩的存在，还可以通过它估算糜棱岩形成时的温压条件。根据金谷山地区糜棱岩组构中，石英的韧性变形和长石的韧脆性变形特征，推测其形成温度在  $200\sim 450^{\circ}\text{C}$  之间，压力一般  $<0.5\text{GPa}$ ，属低温韧性剪切变形变质作用的产物<sup>[27]</sup>。

##### 1. 糜棱岩组构

组成斑晶矿物的流动温度高于剪切带的环境温度时，斑晶是刚性体，而基质则为粘性流体。斑晶随基质流动的过程除了水平运动外，还可能发生旋

转运动，这就形成了剪切带中糜棱岩的不同组构类型。斑晶旋转量的大小取决于剪切力的大小，斑晶的密集度以及斑晶在剪切带中的位置等。长石与石英的韧性差及二者塑性变形能力不同，导致在相同的 P-T 和差应力条件下，二者的变形变质程度不同<sup>[25]</sup>，在糜棱岩中拥有各自的表现形式。

(1) 流状构造：是由岩石中不同矿物组分的颜色差异表现出来的构造，亦称假流纹构造。假流纹条带多由拉长石英、长石碎斑、绿泥石、绢云母、火山灰、黄铁矿等定向排列而成。

(2) 拉伸线理：发育于糜棱岩新生的强化叶理面上，是运动学的标志，可以用以推测剪切运动方向(图版 -2-4)。

(3) 变形纹及双晶弯曲：是本区糜棱岩中最为普遍的特征。表现为受应力作用后石英普遍发育的变形纹和斜长石的双晶及晶体弯曲。

(4) “S-C”组构：是本区糜棱岩中最为普遍发育的组构。S 叶理由石英、长石等矿物的残碎斑以及凝灰岩岩块经变形拉长排列而成；C(糜棱)叶理由细小绿泥石、云母及绢云母等形成的细小条带。该组构具有运动学的指示意义。

(5) 细粒化及核幔组构：细粒化是本区糜棱岩的最主要特征之一。矿物颗粒受动力作用被压碎称细粒化，碎斑的粒度越小，表明糜棱岩化程度越强，细小的重结晶矿物颗粒围绕较大残斑形成幔，构成核幔组构(图版 -2-5)。

(6) 旋转碎斑组构：是本区十分发育的组构类型。表现为刚性残斑，如黄铁矿、斜长石、石英等，在应力作用下发生旋转变形，残(块)斑形成 形特征组构，该组构具有运动学指示意义(图版 -2-6)。

(7) 压力影及山羊须组构：是本区糜棱岩中最为发育的组构类型。刚性碎斑，如黄铁矿、长石、石英等，在动力变形变质作用下两端常发育由纤维状石英、新生的绢云母或绿泥石构成的压力影和山羊须。该组构具有运动学指示意义(图版 -2-7，图版 -2-8)。

(8) 多米诺骨牌构造：它是韧性变形过程中，发生脆性变形的一种表现。即变形岩石中的矿物或矿物集合体，沿剪切面错开，每一碎片都发生旋转并向剪切方向倾斜，貌似多米诺骨牌。区内发育的这种组构多出现在长石矿物中，表现出韧 脆性变形特征。该组构也具有运动学指示意义(图版 -2-9)。

(9) 曲颈构造：岩石中的矿物颗粒或岩块，在变形过程中受到拉伸作用，若颗粒未被拉断则称为哑铃构造，若颗粒被拉断，拉断部位发育山羊须，特征似瓶状，则称为曲颈构造。

糜棱岩发育的上述显微构造类型，以波状消光、变形纹、压力影构造、“S-C”组构最为普遍，显示出本区所处的半韧性域的构造应力场特征。其

中的“S-C”组构、旋转碎斑构造、不对称的压力影构造、曲颈构造、骨牌构造又具有运动学的指示意义<sup>[28]</sup>，为研究剪切应力的方向提供了有力证据。

## 2. 糜棱岩岩石类型

对构造带糜棱岩有多种分类方法<sup>[27、29]</sup>，本文依据刘喜山等的划分方法，即以岩石的组构特征、残斑与基质的量比关系、岩石的矿物成分为划分原则进行分类<sup>[27]</sup>。本区的糜棱岩类型发育较全，包括：糜棱岩化岩石、初糜棱岩、糜棱岩、超糜棱岩、千糜岩类。通过对本区糜棱岩岩石类型的统计(90块薄片)，其中糜棱岩化的岩石占15%；初糜棱岩占2%；糜棱岩占57%；超糜棱岩占2%；千糜岩类占23%。上述比例表明，该地区岩石经受并达到了较强的变形变质程度。现将各类代表性岩石类型特征分述如下：

(1) 糜棱岩化流纹质碎斑角砾岩：黄褐色~灰褐色，碎斑糜棱结构，斑杂构造，弱流状构造。碎斑成分主要为石英、斜长石，矿物颗粒碎裂明显，呈棱角~次棱角状，其中石英变形纹发育，颗粒大小在 $2 \times 1.5\text{mm} \pm$ ，含量 $15\% \pm$ 。残块成分有石英岩、凝灰岩、安山岩等，呈透镜状~次棱角状，微具变形拉长和定向，大小在 $10 \times 5 \sim 2 \times 4\text{mm}$ 之间，含量约50%。基质由火山灰、绢云母及黄铁矿组成，充填于残斑及残块的间隙中，具微流状构造，有些黄铁矿颗粒在残块内呈条带状分布。

(2) 含砾流纹质初糜棱岩：灰褐色~褐灰色，糜棱碎斑结构，板状构造、断续条纹构造。残斑成分为石英、微斜长石、正长石及斜长石。其中石英多被拉长呈豆荚状，扁透镜体状，成条带状定向展布，变形纹和缝合线发育，局部可见亚颗粒，含量 $40\% \pm$ ；微斜长石、正长石和斜长石的双晶及条纹发育，但都发生不同程度的变形弯曲或错断，多呈眼球状、透镜体状，颗粒大小 $0.5 \sim 1\text{mm}$ ，含量约 $40\% \pm$ 。凝灰质岩屑含量约45%。糜棱基质由绢云母、绿泥石、黄铁矿等组成，呈鳞片状绕残斑粒间分布，含量约15%。

(3) 流纹质糜棱岩：深褐色~褐灰色，碎斑糜棱结构，块状构造、条带状构造。碎斑成分为石英、斜长石及少量微斜长石。其中石英呈眼球状、拉长变形呈豆荚状，并可见石英亚颗粒断续拉长形成的曲颈构造和压力影等。斜长石双晶普遍变形弯曲，并多形成多米诺骨牌构造，发育矩形边和山羊须等组构。残斑含量在15%~20%之间。糜棱基质由绢云母、绿泥石组成，呈鳞片状强烈定向构成糜棱叶理，并与早期石英和斜长石形成的叶理斜交，基质颗粒粒度 $<0.05\text{mm}$ ，含量约80%~85%(图版-2-10)。

(4) 流纹质超糜棱岩：褐灰色~深灰色，碎屑眼球糜棱结构，块状、流状构造。残斑由石英、斜长石和少量残块组成。其中石英大都呈眼球状，变形

纹、石香肠发育；斜长石发育聚形边，并发育由斜长石形成 S 叶理、绿泥石形成 C 叶理的“S C”组构，残斑粒度约 0.5mm，稍大的岩块粒度约 0.8mm，含量<10%。基质由黑云母、绿泥石和黄铁矿组成，细粒化现象明显，并定向展布形成波纹条带，含量>90%(图版 -2-11)。

(5) 绿泥千糜岩：灰褐色 褐灰色，粒状鳞片变晶结构，块状、条纹千糜构造。岩石的主要组成矿物为石英、斜长石、绢云母、绿泥石、黄铁矿等。其中石英和斜长石被拉长呈眼球状、透镜体状，颗粒大小 0.5~1mm，含量约 15%。黄铁矿颗粒呈透镜体状、不规则粒状，发育压力影，与石英定向相间排列成条带，或呈细小条纹状分布于绿泥石条带中。绢云母与绿泥石亦强烈定向成条带状展布(图版 -2-12)。

## (二) 韧性剪切变形变质带

金谷山地区的韧性剪切变形变质带发育于金谷山背斜构造背景之上，其形成与金谷山背斜的形成和演化关系密切，这些韧性剪切变形变质带环绕背斜核部大致呈半环状分布并与褶皱平行。剪切带内岩石的变形与变质强度不同，具不均匀性，从剪切带边缘向中心有依次递增的趋势<sup>[30]</sup>。按其空间位置不同划分为三个带(见图 2-3)，其特征如下：

### 1. 西部韧性剪切变形变质带

该带位于四树坪沟断裂(F<sub>1</sub>)的西侧，金谷山背斜构造的西翼上，分布于中酸性变熔结角砾岩、变晶屑、岩屑凝灰岩之中，主要岩石类型有绢云绿泥千糜岩、千枚千糜岩、流纹质糜棱岩。岩石中压力影及山羊须组构、形斜长石残斑旋转组构、斜长石与绿泥石构成的 S-C 组构及斜长石多米诺骨牌组构发育。带宽>200m，自南西向北东延长至图幅外(矿区 1/万地质图)，图内长约 4km，走向 SN-NNE-NE，呈向西突出的半环形。金谷山金矿床西矿带受该带控制，并与之平行，矿体与韧性剪切变形变质带呈小角度斜交。

### 2. 中部韧性剪切变形变质带

该带位于西部韧性剪切变形变质带以东 0.5km 处，自 696 高地向北延伸，走向 NNE-NE-NEE，呈微向西突出的弧形，分布于变流纹质岩屑、晶屑凝灰岩及辉橄岩之中，主要岩石类型有含砾绿泥绢云千糜千棱岩、流纹质碎斑糜棱岩、条带状流纹质糜棱岩、流纹质角砾状糜棱岩等。岩石中石英、长石矿物残斑(颗粒)变形纹发育，绢云母、绿泥石片状矿物挠曲强烈定向，压力影及山羊须组构明显。带宽约 200m，长约 3.5km，走向与 NE 向四树坪沟断裂(F<sub>1</sub>)及东侧 F<sub>2</sub> 断裂近平行，与地层条带走向基本一致，只在草坪沟一带有小角度斜交现象，其中夹有变流纹质凝灰岩、安山岩、流纹质熔结角砾等。该

带控制着东 号矿化蚀变带及矿体，带中叶理产状与矿体产状一致。

### 3. 东部韧性剪切变形变质带

该带由南北两段组成。北段主要分布于 638 高地蚀变辉橄岩以南，走向 NEE 近 EW 向，带内主要岩石类型有条带状流纹质糜棱岩、糜棱岩化流纹质碎斑角砾岩、硅化角砾状糜棱岩，带宽>200m，延长约 1.8km，东 号矿化蚀变带分布其中并与之平行。南段主要分布于辉长辉绿岩之中，带内岩石类型主要有糜棱岩化蚀变凝灰岩、硅化超糜棱岩、糜棱岩化凝灰角砾岩、糜棱岩化流纹质晶屑凝灰岩、褐铁矿化波纹状千糜岩等，其中夹有变安山岩、变流纹质凝灰岩、变长英质砂岩以及变硅化凝灰角砾岩等，变形变质带西侧的辉长岩体也部分地遭受了变形变质作用，辉长岩发生糜棱岩化。带宽约 400m，延长 1.6km，走向由 NW 转向近 SN，控制着东 号矿化蚀变带及矿体。

宏观该带南北两段，通过对比发现其组成岩石类型及矿化蚀变类型相似，表现为：岩石类型均以硅化糜棱岩~超糜棱岩、糜棱岩化凝灰角砾岩~碎斑角砾岩为主；糜棱岩组构均以压力影构造和条带状构造为主；矿化蚀变均有绿泥石化、绢云母化、条纹状及自形状黄铁矿化、毒砂化。经综合分析推断：东部韧性剪切变形变质带的南北两段，在本区未遭受近东西向褶皱构造叠加及  $F_3$  断裂破坏之前应为一整体，由于后期构造运动尤其是后期  $F_3$  断裂继承了东西向褶皱轴迹活动使该带被错断为南北两段。

东西向叠加褶皱也遭受一定程度的变形变质作用，在矿区东部外围可见其变形变质构造形迹。变形变质带随褶皱构造发生褶曲，由“两向一背”组成，地表出露宽约 500m(实际宽约 320m)，主要岩石类型有绢云绿泥千糜岩、流纹质熔结角砾状糜棱岩、绢云绿泥千枚千糜岩等。岩石中斜长石的“S C”组构、石英 型旋转碎斑组构发育，基质中绿泥石及绢云母形成两期叶理相互交叉，黄铁矿呈条纹状平行晚期叶理分布。该带外围变形变质带由于工程揭露及研究工作程度较低，目前还未发现金矿化。

## 第三节 岩浆侵入作用及侵入岩

矿区内岩浆侵入作用以华力西晚期的深成基性 超基性岩浆活动为主，此外发育少量燕山期的中酸性侵入岩。

### 一、华力西晚期岩浆侵入作用及侵入岩

本区发育的华力西晚期基性 超基性岩(体)曾一度被一些学者认为是蛇

绿岩的组分。唐克东(1995)<sup>[5]</sup>提出：在南部的开山屯地区，还见有蛇绿岩组分的岩块与浊积碎屑岩组成的混合体。邵济安等(1995)<sup>[6]</sup>提出：延吉地区最典型的混杂堆积分布在开山屯镇南西 17km 处的草坪到彩秀洞一带。并将区内发育的基性 超基性岩体与一套达绿片岩相变质的角闪片岩、绢云绿泥片岩和江域地区的一套褐红色含铁硅泥质岩石视为蛇绿岩的组分。唐克东，邵济安(1995)<sup>[31]</sup>继续撰文对开山屯地区的基性 超基性岩进一步进行岩石学、地球化学研究，结合堆晶岩、玄武质岩石、苦橄岩和辉石玢岩的研究，认为开山屯同一地区存在两套蛇绿岩。彭玉鲸(1997)<sup>[32]</sup>总结了自 1977 年以来，有关提出吉林省存在蛇绿岩的文献资料<sup>[33~39]</sup>等，从岩石化学、地球化学角度分析研究后认为：吉林省北部造山带迄今为止尚未发现为 1972 年彭罗斯会议所定义的蛇绿岩。并依据已有的实际资料提出：分布于吉林省北部造山带各方面有所不同的含铬和含镍的两大类镁铁 超镁铁质岩石，大体可与张旗<sup>[40]</sup>所划分的造山带中“义敦型”岩体和裂谷前期“分异型”岩体比较。倪志耀等<sup>[41][42]</sup>认为作为蛇绿岩主要端员组分的堆积杂岩在发生构造侵位时，构造的强烈挤压作用使得其与大陆边缘沉积物(堆积杂岩的围岩)之间的接触关系只能是构造接触，而不可能是侵入或互层关系。课题组在野外地质工作期间，于金谷山金矿床东 号矿开采场附近发现了基性 超基性岩体之间及其与地层之间的侵入接触关系(图 2-7，2-8；图版 -3-1， -3-2)，辉长岩呈指状伸入辉橄岩中，侵入界线清楚，具有冷凝边；辉长岩与变流纹质凝灰岩之间的接触界线呈似“S”型，界线清晰，

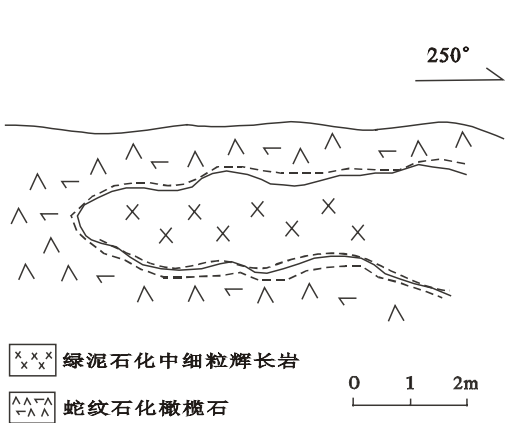


图 2-7 变辉长岩与变辉橄岩的接触关系图  
Fig.2-7 Map of the intrusive contact relationship between Metagabbro and Metaaugite peridotite

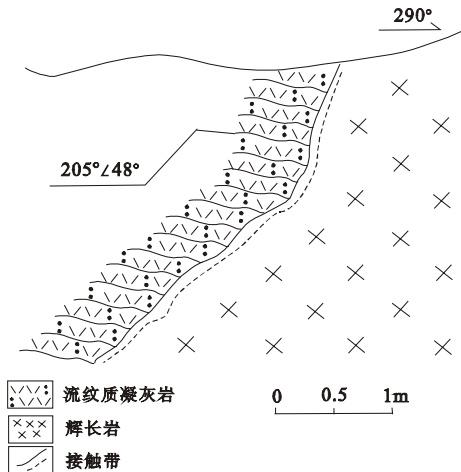


图 2-8 变辉长岩体与地层接触关系图  
Fig.2-8 Map of the intrusive contact relationship between Metagabbro and Kedao Formation

具有冷凝边。以上事实肯定了开山屯地区的基性 超基性岩体非为蛇绿岩组分。

华力西晚期岩浆侵入活动发生于早二叠世庙岭裂陷槽形成以后，由于区域变质作用加强，褶皱作用加剧，深部幔源基性 超基性岩浆受褶皱作用拉动而发生顺层贯入，侵入于金谷山背斜核部及倾伏端部位，并同围岩一起经历区域变质作用，是一次典型的同构造岩浆活动，主要岩石类型有辉橄岩、辉长岩、辉绿岩等，基性 超基性岩体局部地带发生韧性剪切变形变质作用，形成糜棱岩化岩石。除基性 超基性岩体，华力西晚期还发育小的基性岩脉和少量中酸性脉岩，它们亦顺层侵入于二叠系地层中，主要岩石类型有细晶闪长岩、石英斑岩等。

## 二、燕山期侵入岩

本区燕山期岩浆侵入活动不活跃，侵入岩不发育，只在矿区东南部及中部局部地带见有浅成酸性脉岩，并受 NW 向断裂控制。其代表性岩石为花岗斑岩：斑状~显微文象结构，球粒状构造，矿物成分为正长石及石英，含少量黑云母。

## 第四节 金矿化蚀变带及矿体特征

金谷山金矿床产于柯岛组变质岩系及其与基性 超基性岩体的接触带上，分布在金谷山背斜核部、北部转折端部位、以及靠近核部的西翼地段，受韧性剪切变形变质带控制，并与其产状一致。以四树坪沟断裂为界，分为东西两个矿带，共有四条矿化蚀变带(见图 2-1)。

### 一、东部矿带及矿体特征

东 号矿化蚀变带：由两条相互平行的蚀变破碎带组成，分布于韧性剪切带内，围岩为糜棱岩化凝灰质板岩，其总体产状与韧性剪切带一致，走向  $70^{\circ} \pm$ ，倾向 NW，倾角  $45^{\circ} \sim 80^{\circ}$ ，呈舒缓波状。地表控制长度为 600m，宽约 60m，最大斜深为 150m。矿带内共圈出八条矿体，它们的形态呈规模不等的脉状和透镜状，矿体总体走向北东  $70^{\circ} \pm$ ，倾向 NW，倾角  $50^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ，倾角均呈上陡下缓的帚状(图 2-9)，局部地段产状变化较大，具尖灭再现现象，常沿糜棱岩化凝灰质板岩的板理、叶理贯入，与围岩界线一般不清，呈渐变过渡关系。

东 号矿化蚀变带：由三条基本平行的蚀变带组成，围岩为糜棱岩化凝

灰质板岩、辉长辉绿岩，分布于韧性剪切带内，二者产状基本一致，走向北东 45°，倾向 NW，倾角 60°~70°，呈舒缓波状，地表控制长度 550m，宽 120m，最大斜深 150m。矿带内共圈出 5 条金矿体，形态呈脉状、透镜状，局部呈不规则状，矿体产状与蚀变带产状一致，具尖灭再现、分支复合现象(图 2-10)。矿体沿糜棱岩化辉长辉绿岩的裂隙及凝灰质板岩的板理、叶理等贯入。由于该带处于金谷山背斜倾伏端部位，层间褶皱断裂构造复杂，受其影响矿体形态也较复杂，矿体与围岩界线不清。

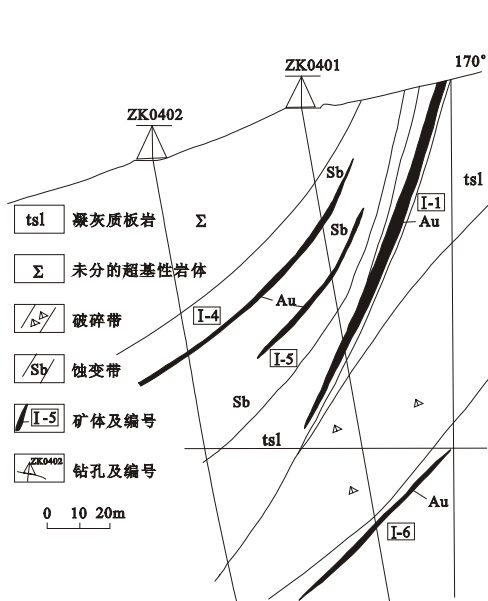


图 2-9 东 号矿体 4 号勘探线剖面图  
Fig.2-9 The profile chart of 4 prospecting line E mineralization belt

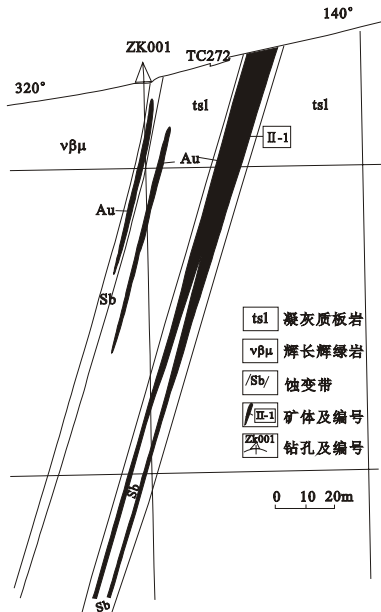


图 2-10 东 号矿体 0 号勘探线剖面图  
Fig.2-10 The profile chart of 0 prospecting line E mineralization belt

东 号矿化蚀变带：由近南北向和东西向两组不同方向的蚀变带组成，在它们的交汇部位矿体有膨大现象。含矿围岩主要为凝灰质砂砾岩，其次为凝灰质板岩，其中近南北向矿化蚀变带，倾向西，倾角 60°，地表控制长度 850m，宽约 100m，最大控制斜深 80m；近东西向矿化蚀变带，倾向北，倾角 35°~50°，地表控制长度 650m，宽约 20m，控制斜深 50m。整处矿带内共圈出九条矿体，形态一般呈脉状、透镜状、扁豆状，主矿体由近南北转向近东西，倾角分别为 60°~80°和 35°~50°，埋深 50m，矿体沿糜棱岩化凝灰质砂砾岩的板理、叶理贯入，并严格受韧性剪切带控制。

二、西部矿带及矿体特征

西矿带由四条近平行的矿化蚀变带组成,分布于韧性剪切带内,含矿围岩主要为糜棱岩化凝灰质砂砾岩及凝灰质板岩。矿带产状与韧性剪切带产状基本一致,走向 35°~40°,倾向 NW,倾角 35°~45°,地表控制长度为 700m,宽 100m,控制最大斜深 200m,矿带内共圈出九条矿体,一般呈透镜状、扁豆状或脉状(图 2-11),走向与矿化带走向基本一致,走向 35°,倾角均较缓 20°~40°之间,埋深 100m。矿体沿糜棱岩化的凝灰质板岩、砂砾岩的板理、叶理贯入,并严格受韧性剪切带控制。

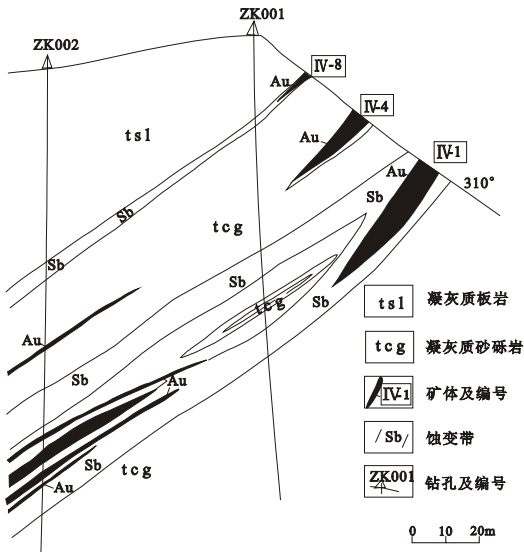


图 2-11 西矿带 0 号勘探线剖面图  
Fig.2-11 The profile chart of 0 prospecting line of W mineralization belt

金谷山金矿床各矿体特征见表 2-2。

表 2-2 金谷山金矿床矿体特征表

Table.2-2 The characteristic table of ore bodies of Jingushan gold mine						
矿带 编号	矿体 编号	矿体规模(m)			矿体品位( $\times 10^{-6}$ )	
		控制矿体 长度	控制矿体 斜深	平均 真厚度	品位变化 范围	平均 品位
东 号 矿带	-1	543	140	3.17	1.32~17.6	4.89
	-2	320	120	1.06	1.07~2.39	1.56
	-3	160	60	1.00	1.40~3.55	2.48
	-5	160	60	1.50	1.00~3.63	2.46
	-6	80	55	3.83	1.245.78	1.93
东 号 矿带	-1	360	130	9.91	1.21~8.46	2.29
	-2	470	40	10.09	1.2~6.54	2.25
	-3	52	40	2.91	1.08~2.90	2.20
	-4	80	80	2.79	1.06~3.24	1.20
东 号 矿带	-1	170	30	3.58	1.02~10.05	2.84
	-2	180	40	1.53	1.07~3.77	1.88
	-3	100	40	1.65	1.17~2.30	1.63
	-5	80	40	1.26	1.25~3.19	2.26
西 矿 带	-1	280	140	7.02	1.01~2.94	1.99
	-2	160	40	1.48	1.18~1.99	1.65
	-3	160	40	1.91	1.25~2.59	2.13
	-4	80	40	5.82	1.221.86	1.41
	-5	90	40	1.50	1.382.19	2.15
	-8	80	80	2.47	1.99	1.99
	-9	80	80	2.34	1.27	1.27

## 第五节 矿石特征

### 一、矿石类型

金谷山金矿床的矿体全部赋存于该区发育的韧性剪切变形变质带内,矿体的形态、产状均受韧性剪切带控制,二者产状近一致,大多数含有黄铁矿条带和硅化条带的糜棱岩本身就是矿石,由于剪切带中岩石的糜棱岩化程度不同,具有角砾状结构的糜棱岩和黄铁矿化、硅化、碳酸盐化、毒砂化等矿化蚀变集中发育的地段往往是金矿的富集部位,常形成富矿体。矿石具角砾状糜棱结构,角砾周围的金属矿物呈网脉状或条带状分布,部分角砾内部矿物呈似条带状定向并稍有弯曲,有些角砾由浸染状和网脉状黄铁矿构成。金谷山矿石可分为氧化矿石和原生矿石两种类型。

#### 1.氧化矿石

金谷山金矿床的氧化矿石,由于长期在地表氧化作用下,矿石多为褐色、红褐色,金属矿物主要有褐铁矿、臭葱石、孔雀石;脉石矿物有石英、方解石、绢云母、绿泥石等。靠近地表3~5m处的氧化矿石构造疏松,大部分呈土状、粉末状及脉状,5~10m处则较松散,主要呈蜂窝状构造和网脉状、脉状构造,原生金属矿物几乎全部被氧化。各氧化矿体的平均品位为 $2.62 \times 10^{-6}$ ,最高品位为 $5.77 \times 10^{-6}$ ,最低品位为 $1.37 \times 10^{-6}$ 。

#### 2.原生矿石

本矿床的原生矿石主要分布于地表20m以下,矿石中主要金属矿物为毒砂和黄铁矿,并见有少量的磁黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、银金矿及自然金,脉石矿物有石英、方解石、绢云母、绿泥石、电气石,其主要矿石类型,按结构构造分为网脉状~密集浸染状矿石、浸染状矿石、条带状矿石。

### 二、主要矿石矿物特征

该矿床的矿石基本属于贫硫化物型矿石,硫化物含量大多在5%~10%±。矿石矿物主要为毒砂和黄铁矿,其次见有少量的磁黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、银金矿及自然金;氧化矿物有褐铁矿、臭葱石、孔雀石及蓝铜矿;脉石矿物有石英、方解石、绢云母、绿泥石、绿帘石、电气石、明矾石等。

主要矿物及其特征介绍如下:

#### 1.黄铁矿

矿石中黄铁矿有五角十二面体和立方体两种形态,常呈它形粒状,含量

2%±。黄铁矿可分为三个世代：

第一世代：呈五角十二面体形态，与毒砂形成连晶，粒度较大，约在 0.057~0.30mm 之间，呈浸染状分布，并被绢云母交代；

第二世代：呈半自形五角十二面体或立方体形态，粒径细小，约在 0.03mm±，呈浸染状分布，并被石英和毒砂交代；

第三世代：呈他形粒状，与黄铜矿、闪锌矿、方铅矿共生，呈细脉状分布，其中可包嵌有自形的毒砂和黄铁矿。

## 2.毒砂

毒砂在矿石中呈自形~半自形，大多数具有菱形长柱状、板状和针状晶形，粒度一般在 0.02~1.00mm 之间，最大可达 2.0mm，含量约 2%±。毒砂也可分为三个世代：

第一世代：呈粗粒的菱形柱状，并被石英交代；

第二世代：呈中细粒不规则状或长柱状，与石英、黄铁矿共生；

第三世代：呈细小菱形针状晶形。

## 3.黄铜矿

矿石中的黄铜矿不足 1%，呈不规则它形粒状，与闪锌矿、方铅矿、黄铁矿共生，呈细脉状分布。

## 4.石英

矿石中的石英基本呈灰白色和烟灰色，是主成矿期的产物，是主要的载金矿物之一。石英具有多阶段性特点，呈细脉、网脉状产出。

## 5.金

(1) 金的赋存状态：矿石中金以自然金、银金矿等矿物和超微细金形式存在。

(2) 金矿物的产出状态包括三种类型：

包裹金：自然金、银金矿等矿物赋存于石英矿物颗粒中，呈包体出现；

粒间金：自然金、银金矿赋存于石英、毒砂及黄铁矿等矿物颗粒之间；

裂隙金：自然金、银金矿赋存于毒砂、黄铁矿、石英等矿物颗粒的裂隙之中。

(3) 金矿物粒度：金矿物颗粒粒径在 0.00454~0.01mm 之间，属显微状可见金<sup>[43、44]</sup>。

## 三、矿石组构

### (一) 矿石结构

本区矿石的结构类型主要有交代残余结构、骸晶结构、浸蚀结构、压碎

结构、自形粒状结构、它形变晶结构等，其特征如下：

- 1.交代残余结构：石英沿黄铁矿边缘交代黄铁矿成岛弧状。
- 2.骸晶结构：多为石英沿毒砂矿物裂隙交代毒砂成骸状晶体，是矿石中较普遍发育的一种结构类型。
- 3.浸蚀结构：黄铁矿、黄铜矿等金属矿物沿石英边缘和裂隙发生交代，形成浸蚀结构，也是矿石中较普遍发育的一种结构类型。
- 4.压碎结构：该结构类型多见于东矿区矿石中，毒砂、黄铁矿等矿物颗粒被压碎，裂隙又被后期石英和黄铁矿充填胶结，形成压碎结构。

## (二) 矿石构造

矿石的构造类型较多，主要有脉状构造、角砾状构造、浸染状构造、斑杂状构造、蜂窝状构造、条带状构造和块状构造等，主要特征如下：

1.脉状构造：石英脉穿切早期黄铁矿细脉和毒砂细脉，构成脉状或网脉状；石英、黄铜矿、闪锌矿及方铅矿呈细脉状充填于早期的浸染状黄铁矿蚀变岩中。它是本区矿石中的主要构造类型，也是富矿石中常见的构造类型，金多赋存于脉体中。

2.角砾状构造：蚀变岩石及黄铁矿、毒砂、石英集合体被压碎后又被黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿等金属硫化物细脉胶结而成。这种构造常与脉状构造共同出现，自然金、银金矿往往沿毒砂、黄铁矿、石英等矿物颗粒间隙充填。它是金谷山金矿床较具代表性的矿石构造类型。

3.浸染状构造：该类型是含矿岩石及贫矿石中基本的构造类型，常与条带状构造共同出现。毒砂、黄铁矿常呈星散状分布于矿石之中。金矿物颗粒细小，赋存于矿物颗粒间。

4.斑杂状构造：是主要的矿石构造类型之一。见有大小不等的硫化物及硫化物集合体呈不均匀状、断续状分布于矿石之中。

5.蜂窝状构造：地表矿石中较为常见的矿石构造类型。出露于地表的矿石，其中的硫化物多被淋失或转变为褐铁矿，有些石英呈格架状，其中充填褐铁矿，成蜂窝状。

## 四、矿石矿物共生组合及矿物生成顺序

矿石矿物共生组合：

金谷山金矿床成矿作用具有多期多阶段性，各阶段的矿物组合及物理化学条件各不同，依据矿石组构特征，可划分为四个矿物共生组合类型(矿化阶段)：

.绢云母(绿泥石) 石英 黄铁矿共生组合；  
.石英 黄铁矿 毒砂 银金矿 自然金共生组合；  
.石英 毒砂 黄铁矿(闪锌矿、黄铜矿、方铅矿) 银金矿 自然金共生组合；  
.石英 方解石共生组合。

成矿阶段及矿物生成顺序见表 2-3。

表 2-3 成矿阶段及矿物生成顺序表

Table.2-3 The table of mineralogenetic stage and forming sequence of minerals

成矿阶段 矿 物	热 液 成 矿 期				表 生 成矿期
	绢云母 黄铁矿 成矿阶段	石英 毒砂 成矿阶段	多金属矿化物 成矿阶段	碳酸盐化 成矿阶段	
绢云母	——				
石英	——	——	——	——	
黄铁矿	——	——	——		
毒砂	——	——	——		
银金矿	——	——	——		
自然金	——	——	——		
闪锌矿			——		
黄铜矿			——		
磁黄铁矿			——		
方铅矿			——		
方解石				——	
褐铁矿					——
臭葱石					——
孔雀石					——
蓝铜矿					——

热液成矿期的四个成矿(化)阶段的主要特征如下：

.绢云母 黄铁矿成矿阶段

该阶段为早期成矿阶段。表现为糜棱岩化或糜棱岩岩石普遍具蚀变现象，蚀变矿物有绢云母、绿泥石、石英(硅化物)、黄铁矿及少量毒砂。其中黄铁矿及毒砂呈浸染状分布，含量<1%。金矿物含量很低，不能构成工业矿体。含矿岩石以浸染状构造、条带状构造为主。

.石英 毒砂成矿阶段

该阶段是金的主要成矿阶段之一。组成矿物以石英、毒砂为主，其次为少量黄铁矿，它们多呈细脉状、网脉状充填于早期的蚀变岩石裂隙中，并有独立金矿物生成。

### 石英 毒砂多金属硫化物成矿阶段

该阶段是金的重要成矿阶段，大多富矿体形成于此阶段。该阶段以出现和发育黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、黄铁矿等金属硫化物为特征，并有部分石英和毒砂。金矿物以银金矿、自然金为主。矿石大多呈脉状 网脉状及角砾状构造，还有少量浸染状和斑杂状矿石。

### 碳酸盐化成矿阶段

该阶段为晚期成矿阶段。主要矿物为石英和方解石，它们呈脉状穿切前各阶段形成的矿物。此阶段无金矿物生成。

通过室内外大量的研究工作发现，金谷山金矿床成矿作用具有多阶段性和多阶段叠加的特点。受不同应力作用阶段和方式不同，使得矿化叠加程度不同，表现为矿石组构及金品位变化较大。重复叠加愈复杂，矿体愈厚大，品位愈高。

## 五、矿石微量元素地球化学特征

### (一) 微量元素富集特征

对金谷山金矿床矿石进行微量元素地球化学研究<sup>[45]</sup>。金谷山金矿床矿化蚀变带及矿石中微量元素平均含量、富集系数，经统计后列表 2-4。

表 2-4 金谷山金矿区矿石微量元素平均含量表( $\times 10^{-6}$ )

Table.2-4 The average content table of ore trace elements of Jingushan gold mine								
元素	Au	As	Sb	Ba	B	Pb	Cr	Ni
西矿带	3.84	14700.5	52.9	386	100	13.7	14.9	11.1
东 号带	16.68	59823.6	59.5	500	125	15.0	45	35.0
东 号带	4.28	5611.6	44.12	516.7	100	11.0	103.3	113.3
东 号带	6.78	33820.5	87.31	517	118	11.4	262.0	244.0
全区矿石	7.90	21388.8	60.96	475.9	112.7	13.6	71.56	62.97
富集系数	6422.8	421.0	26.85	1.42	3.36	1.06	6.51	5.08
元素	Mo	Sn	V	Cu	Zn	Ag	Co	Sr
西矿带	1.04	2.6	82.8	24.6	71.4	0.18	16.74	455.2
东 号带	3.50	3.5	275.0	65.0	60.0	0.53	22.5	300.0
东 号带	1.93	2.9	143.3	35.0	68.3	0.38	29.6	355.7
东 号带	1.62	3.3	166.0	51.5	75.0	0.22	39.4	566.0
全区矿石	1.65	3.1	146.4	41.9	71.6	0.23	40.2	586.4
富集系数	1.81	1.40	2.69	2.34	1.34	1.77	3.62	3.91

按富集系数的大小，元素的富集序列为：

Au-As-Sb-Cr-Ni-Sr-Co-B-V-Cu-Mo-Ag-Ba-Sn-Zn-Pb

成矿主元素 Au 为强烈富集元素,富集系数>1000;As 为强度富集元素,富集系数在 1000~100 之间;Sb 元素为中度富集,富集系数>10;其余元素属弱度富集,系数均<10。从计算的富集系数结果可以看出,Au、As、Sb 三元素构成了本矿床的特征性元素组合。

通过对东西两个矿带矿石组分的对比发现,它们的特征性元素组合一致,但其中的 Au 含量以及 Cr、Ni、V、Cu、Ag、Co 等元素丰度,东矿带显示偏高。分析认为,这与矿体形成的空间因素有关。东矿带中的矿体均分布于基性岩与柯岛组之接触外带中,接触带及接触带附近受变形变质带控制,岩石发生强烈变形和强化叶理,其中也包括了辉长岩的变形变质。矿化蚀变带及其矿体中 Cr 等铁族元素的丰度偏高是可以想象的。同时,东矿带已知富矿体附近变闪长(玢)岩发育,V、Cu、Ag、Co 元素与矿石中该类元素呈正比关系。

(二) 金品位变化特征

在整理化探数据时,从原始分析结果出发,首先把含量分成间隔,然后统计落在间隔内的样品数(频数  $f_i^*$ ),再除以样品数  $n$ ,求出频率( $f_i$ ),以频率对间隔作图,得到频率直方图<sup>[46]</sup>。利用频率直方图可以判断元素含量的概率分布型式。通过对全区矿化蚀变带取样进行金品位的统计,做金品位分布直方图(图 2-12),可见样品金

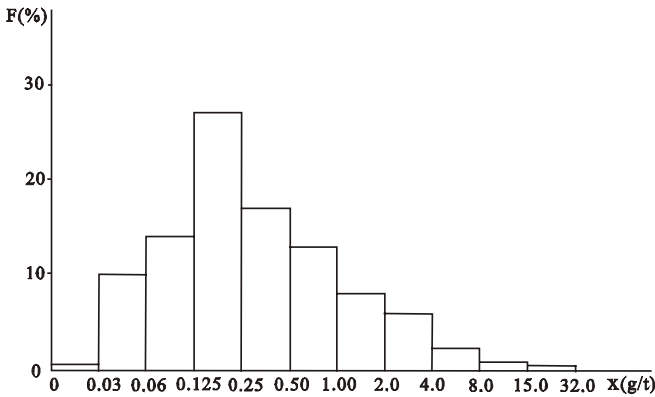


图 2-12 矿化蚀变带金品位分布直方图

Fig.2-12 The distribution histogram of gold grade in mineralized zone

品位呈左偏态对数分布。众值为  $0.18 \times 10^{-6}$ ,其中 $>1 \times 10^{-6}$ 的样品占 17.71%; $>3 \times 10^{-6}$ 的矿石占 5.960%。表明矿化作用具有阶段性和叠加性,变形变质初期矿化普遍发生,但品位偏低。随着火山喷发作用、中性浅成 - 超浅成脉岩活动及火山热液活动,金进一步发生富集。后期变形变质作用加强,使金元素在上述背景之上,发生二次富集成矿。

(三) 元素相关性及其组合特征

对矿石微量元素进行相关性及其 R 型聚类分析<sup>[47]</sup>。聚类分析是研究如何将

一组样品分成类内相近、类间有别的若干类群的一种多元统计分析方法<sup>[48]</sup>。将其引入地质领域研究岩石微量元素之间的相关性特征，并取得了一定的效果<sup>[49、50]</sup>。矿石元素相关矩阵列于表 2-5。

表 2-5 矿石微量元素相关矩阵

Table. 2-5 The correlated Matrix of ore trace elements

Ag	1									
As	0.2764	1								
Au	0.1943	0.3957	1							
B	0.2388	0.5926	0.2001	1						
Co	0.2820	0.2500	0.2294	0.2153	1					
Cr	0.3003	0.5049	0.3666	0.4190	0.4223	1				
Hg	-0.0284	0.0381	-0.0312	-0.0467	-0.1181	-0.0380	1			
Ni	0.2357	0.3416	0.2769	0.2986	0.3926	0.8908	-0.0133	1		
Sb	0.1000	0.3207	0.1772	0.3074	0.2465	0.6897	0.636	0.7746	1	
Fe	0.3406	0.2564	0.1920	0.2710	0.9611	0.3761	-0.1654	0.3247	0.1933	1
元素	Ag	As	Au	B	Co	Cr	Hg	Ni	Sb	Fe

由表可知，矿石中与 Au 正相关的元素有 As、Sb、Cr、Co、Ni。并且 As、Sb 在金矿石中强烈富集，是金矿的主要伴生元素。Cr、Ni、Co 三者之间相关性很好，它们是基性 超基性岩体组分的反映，在矿石中有所富集，但与 Au 相关性不大。

点群分析结果表明(图 2-13)，在  $r_{0.05}=0.33$  相似性水平下，划分为七个大群：

- 第一大群：由 Au、As、V、Sb 组成；
- 第二大群：由 Cu、Sn 组成；
- 第三大群：为独立的 Ba 组合；
- 第四大群：为 Sr、B 组合；
- 第五大群：为 Mo、Zn 组合；

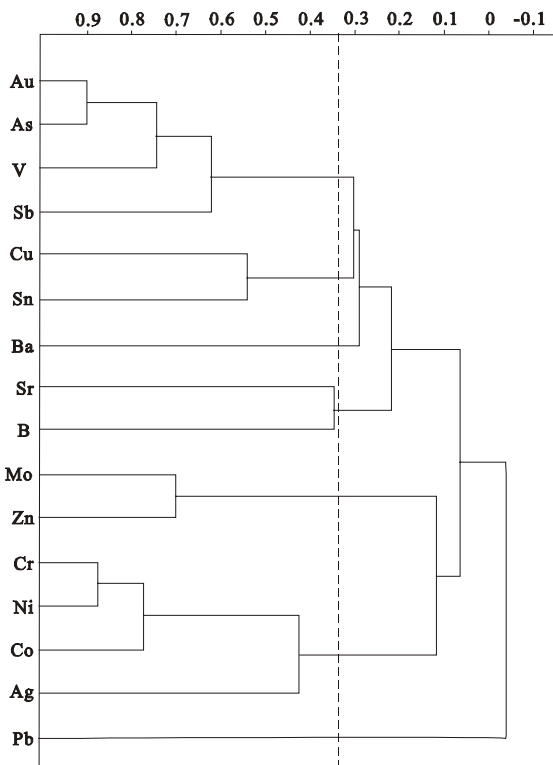


图 2-13 矿石元素相关谱系图

Fig.2-13 The diagram of correlation between ore elements

第六大群：为 Cr、Ni、Co、Ag 组合；

第七大群：为独立 Pb 组合。

第一大群为与成矿有关的元素组合，第二至第七大群反映了围岩的组分，它们在成矿过程中有不同程度的富集，但由于矿体围岩组分差异较大，及元素地球化学性质的不同，故分别属于不同的大群。

R 型因子分析(表 2-6)结果表明，前七个因子累计方差贡献为 89.30%，前七个因子基本反映了矿石的地球化学信息。

从表可知：

1. 第一因子( $F_1$ )元素组合为 Au、As、Sb、V，反映了金成矿作用的元素组合特征；

2. 第二因子( $F_2$ )元素组合为 Ni、Cr、Co、Ag，反映了矿区基性 超基性岩的元素组合特征；

3. 第三、四、五、六、七因子元素组合分别为 Mo 和 Zn、Cu 和 Sn、Sr、Ba 和 Pb、B，它们反映了矿区柯岛组火山岩系的元素组合特征。由于成矿过程中其地球化学行为不同，矿石中富集程度差异很大，故分属于不同的因子。

表 2-6 矿石 R 型因子分析因子载荷矩阵

Table.2-6 The factor load Matrix of R type factor analysis of ore

因子 元素	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$F_5$	$F_6$	$F_7$
Au	0.9352	0.1073	-0.0266	0.0909	0.0645	-0.0152	0.1207
As	0.9678	0.0541	-0.362	0.0308	0.0258	-0.0224	0.0192
Sb	0.7233	0.0408	0.3989	-0.0218	0.3475	-0.1984	-0.1109
Ba	0.1873	0.2765	0.2365	0.0793	0.0313	-0.8637	0.0468
Pb	0.2444	-0.2989	-0.4047	0.0465	0.4281	-0.5467	-0.2205
B	-0.0516	-0.1713	-0.0197	0.1695	-0.0934	-0.0233	-0.9078
Cr	0.0149	0.8679	-0.0793	0.1188	0.0637	-0.2026	0.2905
Ni	0.0048	0.9500	0.0384	-0.0657	0.1038	-0.0924	0.1283
Mo	0.1816	-0.1207	0.9628	0.0682	0.0564	-0.0719	0.0012
Sn	0.1008	-0.1643	0.0156	0.9323	0.0487	0.0275	-0.1034
V	0.8113	-0.1172	-0.0407	0.2898	-0.0647	-0.2425	-0.0102
Cu	0.3667	0.3373	0.2328	0.6843	-0.0295	-0.2855	-0.1419
Zn	-0.1595	0.3079	0.8752	0.0664	-0.1335	-0.0713	0.0151
Ag	-0.1379	0.5402	-0.0116	-0.0290	0.6316	0.1893	-0.3227
Co	0.1200	0.9090	0.2308	-0.0835	-0.0726	0.0409	-0.0863
Sr	0.1564	0.0070	-0.0342	0.0427	0.8645	-0.1354	0.2337
特征值	4.0772	3.3598	2.0607	1.4595	1.2855	1.0009	0.8439
累积方差	26.73	47.73	60.61	69.73	77.77	84.03	89.30
元素组合	Au、As、 Sb、V	Ni、Cr、 Co、(Ag)	Mo、Zn	Sn、Cu	Sr、(Ag)	Ba、Pb	B

#### (四)元素的分带性

原生晕轴向分带的规律，对评价原生晕的侵蚀水平，指导盲矿体的寻找和勘探工作等具有重要意义。C . B . 格里戈良在研究热液矿床的原生晕轴向分带序列时提出一种分带指数法：先把低含量元素的数值人为地向右移若干位小数点，使所有元素的最大值处于同一数量级内，再把同一标高上的所有金属量加起来，用它来除各元素的值，就得到分带指数，则每一元素的分带指数最大值所在的标高即为该元素在分带系列中的位置，从而可以排出它们之间自上而下的分带序列。再应用变异性指数及变异性指数的梯度差可进一步确定元素的先后顺序<sup>[46、51]</sup>。

利用该分带指数法，对金谷山金矿床西矿带 ZK0001 钻孔原生晕进行轴向分带指数计算，并将钻孔划分为四个中段，结果见表(表 2-7)。

表 2-7 ZK0001 钻孔元素分带指数表

Table.2-7 The zoning index table of elements of ZK0001 bore hole											
元素名称	Au	As	Sb	Bi	Hg	Mo	Cu	Zn	Ag	Co	中段
地表	-	-	-	0.008	-	0.323	0.026	0.070	0.282	0.212	5-45m
矿上	0.001	0.002	0.155	0.003	0.025	0.226	0.105*	0.068	0.289*	0.185	50-140m
矿化体	0.052*	0.043*	0.212*	0.039*	0.050*	0.201	0.05	-	0.181	0.217*	145-215m
矿下	0.001	0.002	-	-	0.019	0.327*	-	0.149*	0.224	0.178	220-300m

按格里戈良的计算法，由分带指数最大值所处的中段位置，排出矿区成矿元素自上而下的分带序列为：(Cu、Ag) (Au、As、Sb、Bi、Hg、Co) (Mo、Zn)。再根据变异性指数及梯度差，确定了分带序列元素的确切位置为：Cu Ag Hg (Au、As) Sb Bi Co Mo Zn。其中 Cu、Ag、Hg 元素处于 Au 的上部，倾向于向上聚积，构成原生晕的前缘晕；Au 为成矿元素，与 As 共生；Sb、Bi、Co、Mo、Zn 元素处于 Au 的下部，具有强烈的向下聚积的倾向，构成原生晕的尾晕。该分带序列的特征与本区矿石矿物生成顺序大体一致，故可将该分带序列作为判断矿体剥蚀程度的一种依据。

## 第六节 围岩蚀变类型及特征

矿区内为变形变质带控制的变火山(碎屑)岩糜棱岩及破碎的围岩，发育了不同类型蚀变作用的产物。由于多期构造作用和多阶段蚀变产物的叠加，形成了较为复杂的蚀变岩及矿物组合。根据对矿体及围岩的观查研究，蚀变岩(新鲜未氧化)大都呈灰白色 - 烟灰色，氧化部位的蚀变岩基本呈红褐色，黄褐色 - 黄绿色。蚀变类型基本如下：

## 一、硅化

具多阶段性，大多呈致密块状、脉状 - 网脉状和分支状。早期的石英被拉长、拔丝状，并沿糜棱叶理分布；成矿期石英基本呈灰白色 - 烟灰色，形成致密块状、脉状 - 网脉状或糖粒状，并与黄铁矿及毒砂等构成蚀变岩和矿石；成矿后期硅化以乳白色及黑灰色石英细脉相互穿切，并均穿切成矿期蚀变岩。

## 二、绢云母化

早期变形变质阶段的产物，并与早期的拉长状石英、绿泥石等蚀变共同构成糜棱叶理或条带，成为较为普遍的一种蚀变类型。

## 三、绿泥石化

大多分布和发育于变安山质火山(碎屑)岩及其糜棱岩中。亦为先期蚀变，与早期绢云母或黄铁矿等共生形成细条纹。

## 四、碳酸盐化

成矿前期大多呈粒状及浸染状分布，多与绿泥石及早期绢云母形成条纹或细条带，与糜棱叶理方向一致；成矿期中与二次绢云母(化)、黄铁矿共生，形成断续条纹作定向分布；晚期发育，多呈方解石细脉 - 网脉穿切石英脉。碳酸盐化是一种矿体及其围岩附近较为发育的蚀变类型。

上述蚀变类型空间上无分带性，但最主要的蚀变是硅化，当与黄铁矿化和毒砂化相伴生时，便构成矿石及金矿(化)体。

## 第三章 金谷山金矿床成矿条件分析与控制因素

### 第一节 矿床赋存的火山喷发 沉积环境

延边金谷山地区自晚古生代随着西伯利亚板块与华北板块的碰撞对接结束，形成的新陆壳开始逐步进入了固化和成熟阶段。其间早石炭世的海浸事件，一直使该地区处于浅滨海相较稳定的构造环境。

进入早二叠世早期，由引张机制作用使开山屯 庙岭地域形成了裂陷槽式海盆。此间海盆的形成与发展一直受深断裂的活动控制。在半封闭浅海水域环境下，裂陷活动伴随下部岩浆涌动，从此便开始产生了小规模、间息性的局部火山爆发，盆内形成了一套正常 凝灰质碎屑沉积和化学沉积。庙岭组砂岩、粉砂岩、凝灰岩夹灰岩建造即为该(阶段)期的产物。

进入早二叠世中期，火山爆发 沉积作用序幕全面拉开，火山活动占主导地位。表现为深断裂活动加剧，海盆地边沉降、边发生强烈的火山爆发，形成巨厚的火山喷发 沉积建造。当海盆堆积了巨厚的火山 沉积物后，应力作用发生改变，挤压应力使沉积物发生褶皱。随着应力加强及褶皱作用拉动，深部幔源基性 超基性岩浆上侵并顺层贯入，伴随着区域变质作用而一同发生变质，形成了典型的同构造岩浆活动。与此同时，在水盆地演化后期，褶皱作用开始阶段，由深部断裂活动引发了小规模中酸性岩浆活动，它们大多沿层间贯入，成为火山活动期后岩浆及其热液活动的最后一幕。柯岛组的酸性火山碎屑岩、沉凝灰岩、流纹质熔岩及少量的安山岩建造即为该阶段的产物。

随着应力作用进一步加强，已形成的金谷山背斜褶皱又发生了褶皱的叠加，在褶皱的薄弱面及倾伏端部位发生强烈动力变质作用，形成了叠加于区域变质之上的变形变质作用，该阶段是金谷山金矿成矿的主要阶段。

进入早二叠世晚期，海盆开始上升。从此基本上改变了该区域陆表海浅水海盆的环境，火山作用基本结束，开始接受盆地边缘的陆上洪积作用形成开山屯组砂、砾岩堆积。

### 第二节 区域变质作用与金矿成矿

早二叠世裂陷槽式浅海盆地中的火山喷发 沉积作用，及其伴随的区域

变质作用，为金谷山金矿床的形成奠定了有利的成矿环境及物质基础。火山活动及其产物是成矿的物质基础；变质作用是成矿的重要条件，对不同的火山喷发 沉积物质及所处的不同空间位置，产生的变质作用程度亦有所不同，变质改造促使火山活动的成矿物质及其伴生元素产生了相对的富集，故变质岩又成为金矿成矿的基础。

### 一、柯岛组微量元素地球化学

金谷山金矿床赋存的地层为二叠纪柯岛组，是一套经历了区域变质和韧性剪切变形变质作用的中酸性火山岩 火山碎屑岩系，其原岩为凝灰熔岩、熔结角砾岩、安山岩、流纹岩、流纹斑岩、英安斑岩等，以及少量正常沉积的碎屑岩。矿体对围岩的岩性选择不明显，如条纹状绿泥黑云千糜岩、变凝灰质角砾岩、含砾流纹质糜棱岩、角砾状糜棱岩中都有矿化。在地层与岩浆岩体的接触带有利于成矿，矿体一般分布于接触带中。地层岩石中的微量元素 Au、As、Sb 等成矿元素远远高于区域地层中的元素含量，是金谷山金成矿的物质基础，构成了金谷山金矿成矿的矿源层。

从表 3-1 可以看出，矿区内岩石中的主成矿元素 Au、As、Sb 含量普遍高于区域地层平均含量及维氏值，其中流纹岩的 Au、As 含量最高，分别为  $88.85 \times 10^{-9}$ ， $863.9 \times 10^{-6}$ ，高出维氏值 20.7 倍，508 倍，Sb 在凝灰熔岩及流纹岩中的含量较高，分别为  $7.95 \times 10^{-6}$ ， $4.44 \times 10^{-6}$ ，是维氏值的 15.9 倍，8.9 倍，而其它元素如 Cu、Pb、Zn、Cr、Ni、Co 等，则都低于维氏值，部分微

表 3-1 地层微量元素含量表

**Table.3-1 The content table of trace elements of Kedao formation**

元 素 岩 石 类 型	Au	Ag	As	Sb	Cu	Pb	Zn	Cr	Ni	Co	Mo
变凝灰质熔岩	19.5	0.18	152.8	7.9.5	14.5	3.5	55	33	15	15	1.5
变熔结角砾岩	8.62	0.134	37.82	3.27	15.4	14.6	60	11	12.2	12.4	0.64
变安山岩	13.47	0.26	39.37	0.4	23	10	52	11	23	42	1.8
变凝灰岩	28.7	0.196	57.02	2.11	18.4	11.6	44	29	12.4	10.4	0.68
变流纹岩	88.85	0.09	863.9	4.44	16.5	10	47.5	12.5	12	10.5	0.65
变流纹斑岩	205	0.09	497.1	3.5	18	8	50	25	13	11	0.5
变英安斑岩	15	0.08	141.3	2.5	28	10	50	5	5	11	0.5
粉砂岩	9.3	0.14	65.17	14.41	31	24.6	83	6.67	8.3	9	3
区域平均值	2.1	0.08	9	2.77	19.84	8.09	83.42		11.76	7.12	0.67
维氏值	4.3	0.07	1.7	0.5	47	16	83	83	58	18	1.1

样品测试定量分析由吉林地矿局五所测试中心完成 含量单位：Au  $\times 10^{-9}$ ，其他元素  $\times 10^{-6}$

弱高于区域平均值。可见该组地层为富含 Au、As、Sb 的层位，对 Au 的成矿有利，在岩浆活动和热液作用下，可以提供成矿物质来源。

## 二、矿区岩浆岩微量元素地球化学

根据区内各类侵入岩微量元素样品结果(表 3-2)统计显示,矿区内出露的深成岩体(变橄辉岩、辉长岩等), Au、As、Sb、Cr、Ni、Ag 元素含量高于地壳克拉克值, Pb、Mo、V、Cu 元素含量低于克拉克值;变闪长岩及花岗斑岩中 Au、As、Ag、Sb 等元素明显高于地壳克拉克值,而 Cr、Ni、V 等元素低于地壳克拉克值;变石英斑岩中 Au 与 Cr、Ni、V 等元素低, As、Sb、Pb、Zn、Ag 等元素丰度低于地壳平均值;超浅成相(次火山岩)中酸性岩元素富集与贫化及组合和柯岛组变质火山岩系基本一致,它们之间显然存在物质成分上的联系。

金谷山矿区内侵入岩微量元素总的基本特征是, Au、As、Sb 元素在各类岩石中普遍高于地壳平均值,并与柯岛组火山 沉积岩系地球化学特征一致,表明它们是同一构造岩浆作用的产物。对于 Au 元素进一步富集,乃至构成工业矿体,还与变质作用程度、变形变质等因素有关。

表 3-2 矿区侵入岩微量元素及浓度克拉克值一览表

Table.3-2 The content table of trace elements of intrusive rocks and Clarke density

元素	超基性 基性岩体		花岗斑岩		石英斑岩		中酸性脉岩 (超浅层)		闪长岩	
	平均值	K	平均值	K	平均值	K	平均值	K	平均值	K
Au	11.7	2.93	12.5	3.13	2.8	0.7	4.06	1.02	10.3	2.58
As	48.0	26.64	344.5	191.4	308.7	171.5	65.2	36.2	81.6	45.3
Sb	3.1	15.5	6.0	30.0	1.36	6.80	1.93	9.65	1.46	7.3
Ba	450	1.06	600	1.41	400	0.94	350	0.82	366.7	0.86
B	85	8.50	10	1.0	11	1.10	28	2.80	11.3	1.13
Pb	5.3	0.42	20	1.6	50	4.00	19	1.52	8.3	0.66
Cr	220	2.20	5	0.05	5.0	0.05	18.8	0.19	41.6	0.42
Ni	299	3.98	10	0.13	10	0.13	21.9	0.29	58.3	0.78
Mo	0.8	0.53	10	6.67	15	10.0	0.7	0.47	0.7	0.47
Sn	2.2	1.08	10	5.0	5.5	2.75	2.1	1.05	2.7	1.35
V	96.3	0.71	20	0.15	10	0.07	50.7	0.38	83.3	0.62
Cu	37.5	0.68	50	0.91	18	0.33	21.3	0.39	33.7	0.61
Zn	70	1.00	80	1.14	150	2.14	72.1	1.03	58.3	0.83
Ag	0.09	1.29	0.35	5.0	0.12	1.71	0.15	2.14	0.15	2.14
Co	27.3	1.09	25	1.0	3	0.12	8.7	0.35	16.3	0.65

注: 1.K 为浓度克拉克值,克拉克值取 Taylor 克拉克值(1960)

2.含量单位: Au  $\times 10^{-9}$ ,其它  $\times 10^{-6}$ ,BuHozpagob(1962)

### 第三节 变形变质与金矿成矿

金谷山地区早二叠世火山喷发 沉积作用后，在伴随区域变质的同时，发生褶皱。在褶皱过程中，应力不断加强，在褶皱的薄弱面和背斜的倾伏端部位，发生强烈动力变质和变形变质作用。变形变质作用基本改变了区域变质作用的部分特征，使得已经发生相对富集的成矿物质再分配和再集中。变形变质作用是金谷山地区一次重要的构造地质事件，对金谷山金矿的形成起着不可替代的作用，和有着密切的成因联系。

#### 一、糜棱岩石类型与含金黄铁矿的关系

金谷山金矿主要赋存在黄铁矿、毒砂和石英中，它们的分布与变质火山岩关系极为密切。其中黄铁矿在不同的变形变质岩石中，分布状态及含量有所不同。

1.在变凝灰岩及凝灰角砾岩、角砾岩中，黄铁矿呈浸染状均匀分布，含量大约在 5%左右。如 P<sub>-32-b<sub>1</sub></sub>、P<sub>-2-b<sub>1</sub></sub>、P<sub>-4-b<sub>1</sub></sub> 等，黄铁矿似尘点状分布于变流纹质凝灰岩基质中。

2.在千枚岩及千糜千枚岩中，黄铁矿一般多呈浸染状，少部分呈似条带状，含量约在 8%左右。如 P<sub>-2-b<sub>1</sub></sub> 千糜千枚岩，黄铁矿在较细部分基质中呈星点状，在较粗部分中呈似条带状。

3.在糜棱岩化岩石中，黄铁矿亦呈粒状 半自形分布为主，含量大约在 10%左右。如 P<sub>-3-b<sub>1</sub></sub> 流纹质初糜棱岩等，黄铁矿以粒状 半自形状分布。

4.在糜棱岩石中，黄铁矿多以条带状分布为主。黄铁矿呈粒状集中成条带状，并与基质绿泥石条带相伴生。较自形的黄铁矿常常形成较好的压力影及山羊须结构，含量约为 10%左右。

5.在千糜岩类岩石中，黄铁矿多以细条纹状沿糜棱叶理分布，少部分自形的黄铁矿显示压力影和山羊须。岩石中黄铁矿含量在 15-20%左右。如 P<sub>-8-b<sub>1</sub></sub> 二云千糜岩，细条纹状分布的黄铁矿与黑云母、绢云母条带一致。

本区黄铁矿的赋存与岩石类型的关系，总的特征规律是： 与中酸性、尤以火山碎屑岩关系密切； 与强韧性变形变质岩石关系更为密切，据统计在糜棱岩及千糜岩中，Au 的丰度为  $70\sim 80 \times 10^{-9}$ ，非糜棱岩类岩石中金的丰度仅为  $20 \times 10^{-9}$  左右； 在具有角砾状糜棱岩化的岩石中，黄铁矿在角砾的周围呈网脉状和条片状，在角砾内部呈似条带状并稍发生弯曲。显示黄铁矿的两次富集作用，含量在 15~20%，金丰度达  $120 \times 10^{-9}$ 。

## 二、糜棱岩类岩石微量元素特征

糜棱岩的矿化程度随岩石的糜棱岩化程度不同而不同。由变形程度不同的岩石中 Au、As、Sb 元素含量(表 3-3)看出,从糜棱岩化岩石 初糜棱岩 糜棱岩, Au、As 的含量随之增高, Sb 没有明显变化趋势。在糜棱岩中 Au 最高达  $205 \times 10^{-9}$ , As 最高达  $1623.8 \times 10^{-6}$ , 部分糜棱岩本身就构成矿石, 千糜岩中 Au、As 含量虽较糜棱岩为低, 但却比糜棱岩化岩石和初糜棱岩中含量高上许多, 可见本区随着糜棱岩化程度的增高, Au、As 富集程度也增高。说明叠加了矿化蚀变的糜棱岩, 金元素富集程度与构造变形强度及构造差应力大小呈正相关<sup>[52~56]</sup>。魏俊浩等<sup>[57]</sup>认为: 剪切带中矿化地段蚀变岩在岩石变形过程中, 活性元素( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ )总体呈被带入的趋势, 非矿化地段糜棱岩在岩石变形过程中, 活性元素总体呈被迁出的趋势。为这一现象做出了很好的解释。

表 3-3 糜棱岩类岩石微量元素含量表

Table.3-3 The content table of trace elements of mylonite rocks						
岩石 类型	Au( $\times 10^{-9}$ )		As( $\times 10^{-6}$ )		Sb( $\times 10^{-6}$ )	
	变化范围	平均值	变化范围	平均值	变化范围	平均值
糜棱岩化岩石	15		60.8		3.91	
初糜棱岩	8.2~27.2	17.7	18.8~290.1	154.5	0.15~15	7.58
糜棱岩	10.1~205	62	14~1623.8	357.14	0.25~5.75	2.95
千糜岩	10~78	29.8	24.7~155.3	80.32	0.94~39.5	9.85

## 第四节 矿床形成的主要控制因素

### 一、火山喷发 沉积作用及其火山岩系是金矿形成的基本因素

早二叠世柯岛组地层,是以强烈火山喷发 沉积作用为主的一套火山岩系。其岩性以中酸性为主,在酸性 中酸性火山岩系中,尤以火山碎屑岩即岩屑晶屑凝灰岩、凝灰角砾岩中富含较高的含 Au 黄铁矿。由于火山喷发作用于水下,形成典型的喷气、蒸气爆发和热液作用。不同阶段的火山喷气、蒸气爆发作用,使得不同岩石赋存分散的矿化物质,如岩石中尘点状、尘粒状分布的黄铁矿(浸染状黄铁矿),均为火山喷发阶段成矿物质赋存的状态。随着火山喷发作用的加强和频繁,成矿物质聚积,并与形成的火山热液构成含矿热液活动,使黄铁矿呈断续的条纹状和细脉 网脉状分布。成矿物质来

源于火山作用，及其分散与集中，是金谷山金矿成矿的物质基础，从而构成了金谷山金矿成矿的矿源层。

## 二、变形变质作用是形成金矿的根本因素

矿区内的金元素，主要来自柯岛组变质火山岩系。当它们在韧性剪切变质变形的作用下，产生变质热液( $T < 500^\circ\text{C}$ )，矿化金以硫络合物的形式在变质溶液中迁移搬运(如以 $(\text{AuS}_2)^{2-}$ 、 $\text{Au}_2(\text{HS})^{2-}$ 、 $(\text{AuS}_3)^{3-}$ 等形式)，当迁移到高应力集中部位<sup>[58]</sup>(强应变位置)，含矿热液或矿液与围岩发生交代，并同时产生硅化、绿泥石化以及碳酸盐化等蚀变，析出含金黄铁矿及毒砂，从而发生富集成矿。因此，在强应变带内除有较自形的黄铁矿及毒砂外，还有细条纹状和条带状含 Au 黄铁矿集中发育于糜棱岩类岩石中，尤其是超糜棱岩及千糜岩中。

## 三、岩浆侵入活动是金矿成矿的另一重要因素

随着深断裂的不断活动和褶皱作用的拉动，使深部幔源的基性—超基性岩浆发生顺层贯入，并与区域变质作用一同发生变质，形成了典型的同构造岩浆活动。岩石中的微量元素，除自身的特征元素 Cr、Ni 外，其他元素与柯岛组元素组合与含量基本一致，故基性—超基性岩体应属于部分矿源层，为金矿成矿提供了物质来源及热动力来源。

在褶皱作用的晚期和变形变质作用后期，以残余火山岩浆活动为高峰期。在强变形变质带内，大量发育着中性—中酸性岩脉，如变细粒闪长岩、变石英斑岩、变安山玢岩等。它们的含金丰度高出同类岩石平均值的数倍数十倍，它们是火山活动期后残浆活动及其热液活动的具体体现，它们不但自身带来了一定的成矿物质，也使金矿化发生了进一步的富集，体现了金矿成矿的另一重要因素。

## 四、矿化蚀变是金矿成矿的有利因素

在本区的矿化岩石中，普遍发育明矾石化、硅化、绿泥石化、碳酸盐化等，强烈的矿化蚀变为金矿的形成提供了十分有利的条件<sup>[59、60]</sup>。

有关金谷山金矿床的成因，王玉祥(1998)<sup>[61]</sup>曾作过探讨，提出了是与基性岩有关的中温岩浆热液型金矿床。通过本论文较系统较全面的基础地质研究，对矿床成因得出了一个新的认识，即金谷山金矿床应属于：韧性剪切带变质中温热液和岩浆中温热液的复合叠加矿床。该类多成因叠加矿床，由于成矿远景较大，需进一步研究和说明的问题较多，故有待进一步验证和修正。

## 第四章 金谷山金矿区找矿信息及靶区预测

在对金谷山金矿床成矿地质条件深入的野外调查、大量的室内研究工作基础上,通过归纳总结,并结合与成矿地质条件具有内在联系的物化探资料,提出了综合找矿信息或标志。

### 第一节 地质信息

#### 一、赋矿岩系

金谷山金矿床的赋矿岩系是早二叠世柯岛组的变中酸性火山 火山碎屑岩系,矿体对围岩的选择性不强,相关的岩性有:条纹状绿泥黑云千糜岩、变凝灰质角砾岩、含砾流纹质糜棱岩、角砾状糜棱岩、黄铁矿化糜棱岩等。赋矿岩石中 Au、As、Sb 等成矿元素含量较高,反映地层源岩中含有较高的成矿元素,并在成矿作用过程中发生富集的结果。岩石普遍发育条带状、角砾状构造及其它微观组构特征。

#### 二、控矿构造

1.金谷山 SN 向褶皱构造的核部及倾伏端部位;东西向褶皱构造叠加其上的轴迹交汇部位;SN 向褶皱构造改造后的褶皱轴转折端部位都是宏观上成矿的有利部位。

2.韧性剪切变形变质带及其延长的部位,都是矿化集中发育的部位。

3.SN 向褶皱产生的第一期轴面叶理,与东西向褶皱叠加产生的强化二期叶理,是金矿化富集的最佳部位。

4.韧性剪切变形变质带中,强应变位置及其角砾状糜棱岩类岩石,尤其是超糜棱岩及千糜岩,是矿化进一步积聚、构成工业矿体的重要空间。

#### 三、岩浆岩标志

同构造岩浆活动形成顺层贯入的基性—超基性岩体与中酸性火山岩系地层平行的接触面,为构造薄弱面,极易产生(层面)滑动,形成韧性剪切变形变质带。故寻找与基性—超基性岩体有关的接触面,是进一步发现变形变质带的前提之一。

褶皱构造作用的晚期,并同时大量发育在变形变质带中的中性—中酸性

脉岩的集中地段，亦是金矿成矿十分有利的地段。如变细粒闪长岩、变安山玢岩、变石英斑岩等。

四、围岩蚀变

韧性剪切变形变质带中，强硅化、绿泥石化、黄铁矿化、明矾石化、绢云母化及毒砂化，是近矿蚀变组合。当硅化、黄铁矿化及毒砂化集中发育的地方，多构成金矿石或工业矿体。

第二节 地球化学信息

一、矿体化探异常信息

从西矿带中的原生地球化学异常剖面图(图 4-1)可看出，矿体上方出现明显的 Au、As、Sb、Ag 组合异常，异常强度高、边界清晰，与金矿蚀变带范围一致。其中 Au、As 异常套合程度高，衬值大。金最大值  $1010 \times 10^{-9}$ ，As 最大值达  $4538 \times 10^{-6}$ ，异常宽度略大于金矿蚀变带的宽度，可作为金矿体地表位置的指示标志；Ag、Sb 异常强度较低，范围亦较小，与 Au 相关性较弱。Sb 异常分布于 1、2、3 号金矿蚀变带上；而 Ag 仅在 3 号金矿蚀变带上出现异常，最大值为  $0.30 \times 10^{-6}$ ，在其他带上显示微弱，表明矿床 Ag/Au 比值低，成矿温度偏高。

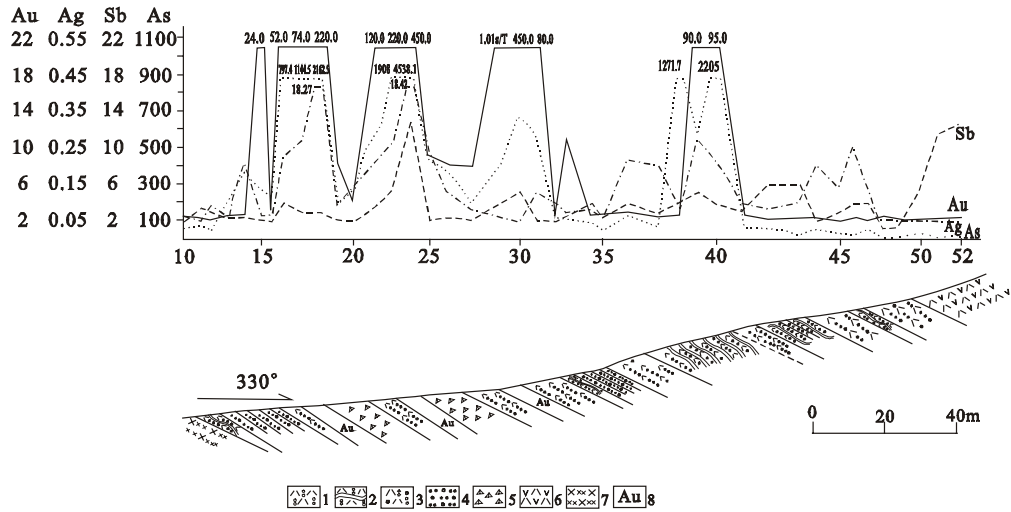


图 4-1 西矿带矿体原生地球化学异常剖面图

Fig.4-1 The profile chart of primary geochemical anomaly of W ore body

- 1.变流纹质凝灰岩； 2.流纹质糜棱岩； 3.英安质角砾状糜棱岩； 4.流纹质碎斑糜棱岩； 5.破碎带；  
6.流纹质超糜棱岩； 7.辉绿岩脉； 8.金矿体

## 二、土壤化探异常信息

1/万土壤化探工作在金谷山金矿的东矿带中圈定了 6 个异常，西矿带中圈定了 2 个异常。各异常特征见表 4-1。

表 4-1 1/万土壤测量异常特征表

Table.4-1 The characteristic table of 1:10000 soil survey anomaly

编 号	形态	走向	长(米)	宽(米)	异常元素地化特征	地质特征
西 AP <sub>1</sub>	椭圆	北 东	400	150	Au 极值 130 ,内带 ;As 极值 601.8 ,内带 , 套合较好	柯岛组地层
西 AP <sub>2</sub>	带 状	北 东	1800	200	Au 极值 170 , 内带 , 有两处浓集中心 ; As 极值 859.9 , 内带 , 与 Au 南浓集中心套合	柯岛组地层
东 AP <sub>1</sub>	椭圆	东西	350	100	Au 极值 65 , 中带	超基性岩体内
东 AP <sub>2</sub>	不 规 则		400	400	Au 极值 20 , 内带 , 浓集中心呈东西向 ; As 极值 219 , 内带 , 有两处浓集中心 , 总体北东向展布 , 其浓集中心与 Au 异常套合	超基性岩与柯岛组接触带上 , 韧性剪切带内
东 AP <sub>3</sub>	椭圆	东西	200	100	Au 极值 20 , 中带	超基性岩外接触带
东 AP <sub>4</sub>	椭圆	东西	150	100	Au 极值 15 , 外带	北侧为玄武岩 , 西为超基性岩 , 出露柯岛组韧性剪切带
东 AP <sub>5</sub>	不 规 则	近 东 西	1500	400	Au 有三处浓集中心 , 极值分别为 68、58、112 , 均为内带 , 编号为 5-1 , 5-2 , 5-3 ; As 极值为 880.9 , 内带 , 内带包含 Au 三处浓集中心	超基岩性呈 Y 字型分布于异常侧面 , 异常区位于柯岛组地层中 , 韧性变形发育
东 AP <sub>6</sub>	圆		100	100	Au 极值 15 , 外带	超基性岩体内

注: 1、 $Au \times 10^{-9}$  ,  $As \times 10^{-6}$  ;

2、浓度分带根据滑动平均处理后统计结果圈定 ;

3、异常下限 : Au 为  $3.2 \times 10^{-9}$ 。

西部区 AP<sub>2</sub> 异常长 1.8km、宽 0.2km , 呈 NE 向展布 , 由三个异常组成。为 Au、As 元素组合异常 , 面积 0.36km<sup>2</sup>。异常主体位于南端 , Au 异常最高值  $170 \times 10^{-9}$  , 平均值  $6.93 \times 10^{-9}$  , 衬值 2.94 ; As 异常最高值  $859.9 \times 10^{-6}$  , 平均值  $31.78 \times 10^{-6}$  , 衬值 3.17 ; 该异常经工程验证发现了金谷山金矿床西矿带及其矿体。AP<sub>1</sub> 异常长 0.75km、宽 0.15km , 亦呈 NE 向展布 , 为 Au、As 元素组合异常 , 两元素套合较好 , 异常面积 0.11km<sup>2</sup> , Au 元素最高值  $130 \times 10^{-9}$  , 平均值为  $8.48 \times 10^{-9}$  , 衬值 3.59 ; As 元素异常最高值  $601.80 \times 10^{-6}$  , 平均值

$58.06 \times 10^{-6}$ ，衬值 5.78；该异常工作较少，但地表发现矿化转石，Au 品位  $1.05 \times 10^{-6}$ ，具良好的找矿前景。

东部区分布 6 处异常，总体走向 NE 或近 EW，主要为 Au、As 组合异常，Sb 异常次之，异常强度高、规模较大。

东 AP<sub>3</sub> 为单元素 Au 异常，宽 0.15km，长未控制。Au 最大值  $45 \times 10^{-9}$ ，浓集中心明显，分带清晰，异常分布于韧性剪切带内，经检查发现东 矿。东 AP<sub>2</sub> 为 Au、As 组合异常，走向 NE，长约 1km、宽 0.4km；As 异常较大，有两处浓集中心，均进入内带；Au 异常与 As 异常(东)浓集中心套合，异常强度高，最大值为  $120 \times 10^{-9}$ ；工程验证后发现东 矿。东 AP<sub>5</sub> 为 Au、As 组合异常，长约 1.8km、宽 0.4km，异常走向由近 SN 转向近 EW。Au、As 异常套合好，As 异常最大值为  $880.90 \times 10^{-6}$ ，浓度分带清晰，内带面积较大；Au 异常有三处浓集中心，最大值分别为  $68 \times 10^{-9}$ 、 $58 \times 10^{-9}$ 、 $112 \times 10^{-9}$ ，均与 As 内带重合；在东部的两个 Au 浓集中心处，经工程验证发现了东 矿。其他各异常尚未进行详细工作，其中东 AP<sub>1</sub>、东 AP<sub>4</sub>、东 AP<sub>5-1</sub> 异常金元素含量较高规模较大，地质条件及异常特征与矿致异常相类似，激电测量具有较好的异常显示，有重要的找矿信息。

### 第三节 地球物理信息

#### 一、磁场信息

根据磁测结果，矿区内共圈出 8 个局部磁异常。异常形态较规则，强度较大，极大值达 1000~2700nT。异常主要分布于超基性岩体上，异常两侧为平稳弱磁场，场值在 100~300nT 之间。

据物性测定，区内超基性岩体具有很强的磁性，K 常见值为  $5113 \times 10 \text{AXSI}$ ，Jr 为  $2163 \times 10^{-3} \text{A/m}$ 。而柯岛组岩石及蚀变岩石磁性较弱或无磁性。因此，磁异常主要由超基性岩体引起，故利用磁异常的边界可大致圈定岩体的边界，以及与地层的接触带。岩体内的负异常带，可能由蚀变退磁引起，藉此可直接寻找蚀变矿化带。

金谷山金矿床东矿带，空间上与接触带有关，它既是构造薄弱面，又是容易产生滑动和变质变形的地带，故变质变形及蚀变退磁作用，使接触带磁场变弱，因此利用地磁测量查明接触带位置、寻找矿化蚀变，是寻找金矿的间接标志。

## 二、电场信息

### (一) 平面激电异常信息

金谷山矿区内共圈出五个激电异常，各异常特征见表 4-2。

DJ-1 号异常走向近东西，异常区西端闭合，东端撒开，长 600m，宽 100~200m，极化率一般 25%~35%，极大值为 35%，该异常位于超基性岩体与柯岛组地层的接触带上，东 号矿体上方，为矿化异常。DJ- -1 号异常呈近南北向的 S 形，北部收敛未闭合，长 1600m，宽 200~500m，极化率一般 25%~30%，极大值 44%，该异常位于辉长岩体与柯岛组地层的接触带上，东 号矿体的上方，为矿化异常。DJ- 号异常包括三个椭圆形异常，椭圆长轴方向分别为近东西、北东、北西向，极化率一般为 25%~30%，极大值达 50%，该异常分布于柯岛组凝灰质板岩中，东 号矿体的上方，为矿化异常。DJ- ，DJ- 呈近南北的椭圆形，DJ- -2 呈近南北带状，北端未封闭，长 270~600m，宽 150m~400m，极化率一般 25%~40%，异常都分布于基性岩体与柯岛组地层的接触带上，未检查是否有矿化。

表 4-2 金谷山金矿区激电异常特征表

Table.4-2 The characteristic table of IP abnormality in Jingushan gold district

异常编号	规模	走向	M s(%)	s	异常产出部位	备注
DJ-	长 600m 宽 200-100km 面积 0.04km <sup>2</sup>	近东西	极大值 36% 一般 25%-35%	极小值 70 M 一般 100-200 M	超基性岩体与柯岛组地层的外接触带上	与东 号矿体相吻合
DJ- -1	长 1.6km 宽 0.05-0.2km 面积 0.20km <sup>2</sup>	近南北呈 S 形展布	极大值 44% 一般 25%-30%	极小值 110 M 一般 150-300 M	辉长岩体与柯岛组地层接触带上	与东 号矿体相吻合
DJ- -2	长 0.6km 宽 0.15km 面积 0.09km <sup>2</sup>	近南北	极大值 30% 一般 25%-28%	极小值 1370 M 一般 800 M	辉长岩与柯岛组地层接触带上	未检查
DJ-	长 0.27km 宽 0.15km 面积 0.09km <sup>2</sup>	近南北呈椭圆状	极大值 44% 一般 25%-40%	极小值 80 M 一般 100-200 M	超基性岩体外接触带上	未检查
DJ-	长 0.27km 宽 0.4km 面积 0.02km <sup>2</sup>	南北	极大值 32% 一般 25%-30%	极小值 200 M	超基性岩体与柯岛组地层的接触带上	未检查
DJ-	包括三个椭圆形异常	椭圆形	极大值 50% 一般 25%-30%	100 M	柯岛组凝灰质板岩中	与东 号矿体相吻合

本区五处激电异常的共同特征是：它们均产于基性 超基性岩体与柯岛组地层的接触带上，并受韧性剪切变形变质带控制，矿体显示高充电率低电

阻率，含矿蚀变带均位于激电异常内。表明激电异常控制了金矿蚀变带的分布，它是寻找金矿的重要的间接找矿信息。

(二) 剖面激电异常信息

由东矿带 号矿 4 线综合剖面图(图 4-2)可以看出 ,激电中梯装置在矿化蚀变带上方出现高充电率低阻异常。Ms 最大值 35%，背景值 10%。异常半宽度约 120m，异常左右基本对称，异常中心与矿化蚀变带基本对应； $\rho_s$  为较低缓的低阻异常，最低处约 70 $\Omega$ M，两侧正常场达 300 $\Omega$ M。北侧比南侧略高，是辉长岩体电阻率高于柯岛组变火山岩系的电阻率所致。联合剖面装置反映为低阻正交点、高极化率反交点，Ms 反交点位于矿体正上方，两侧歧离带明显，且基本一致； $\rho_s$  曲线正交点位于蚀变带偏南位置，北侧歧离带大，南侧较小， $\rho_s^B$  与  $\rho_s^A$  总体上呈北高南低的趋势，是由于蚀变带两侧岩性电阻率差异所引起，但在蚀变带上方低阻显示较明显。

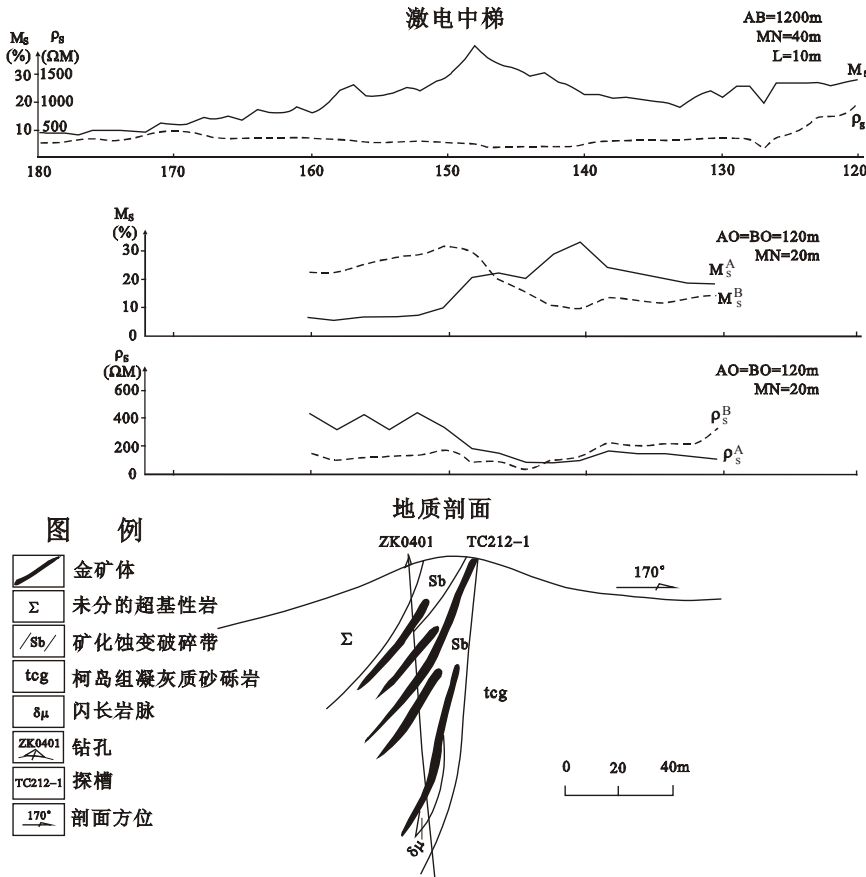


图 4-2 东 号矿 4 线综合剖面图

Fig.4-2 The synthesis profile chart of line 4 E mineralization belt

从上述特征可知，矿化蚀变带倾角较陡，且延伸较深。

由于金谷山金矿床蚀变带岩石较破碎，反映在电场上为低阻高极化，因此使用激发极化法，可以确定含矿蚀变带的规模、产状及延深，为含矿蚀变带在三维空间的分布提供了丰富的信息。

#### 第四节 金谷山金矿床综合找矿标志及找矿模型

找矿标志是指那些直接或间接指示矿产存在或可能存在的现象和线索。通过找矿标志的研究可以帮助我们有效而迅速地缩小找矿工作靶区，找到矿床赋存位置，发现矿床、矿体，为合理选择和运用找矿方法提供地质依据<sup>[62]</sup>。综合前述各节内容，建立金谷山金矿床的地质 地球物理 地球化学综合找矿标志(表 4-3)。找矿标志是金谷山金矿床以不同的侧面外延的信息反映，是有效的找矿方法组合。在工作程序上和标志信息的使用上，要根据客观条件有所侧重。赋矿岩系、控矿构造是重要的基本条件和主要条件；糜棱岩及韧性剪切变形变质带是主要的成矿因素和储矿空间；中酸性的脉岩活动亦是矿化富集、二次叠加成矿的重要因素；矿化蚀变则是金矿成矿的指示标志。物化探方法是找寻金矿的重要间接手段，在找矿的不同阶段及不同工作程度的区段，方法的使用和效果有所不同，间接手段在一定条件下可以升级为直接找矿信息。在找矿标志基础上建立了本区的找矿模型(图 4-3)。

表 4-3 金谷山金矿床综合找矿标志

Table. 4-3 The synthesis indicator of Jingushan gold deposit

找矿标志		信 息 量
地质标志	赋矿岩系	柯岛组变中酸性火山岩~火山碎屑岩系，
	控矿构造	金谷山 SN 向褶皱构造的核部及倾伏端部位；EW 向褶皱与 SN 向褶皱叠加的轴迹交汇部位；韧性剪切变形变质带内
	岩浆岩	华力西晚期基性 超基性岩体，浅成中酸性岩脉发育处与柯岛组地层的接触带
	蚀变矿化	硅化、绿泥石化、明矾石化、绢云母化、碳酸盐化、黄铁矿化、毒砂化等
地球化学标志（土壤）		异常元素组合为 Au、As、Sb，Au、As 异常套合，浓集中心清晰，分带明显
地球物理标志	地磁	正磁异常的边部，正磁异常内部的负磁异常带
	电法	低阻高极化率异常带

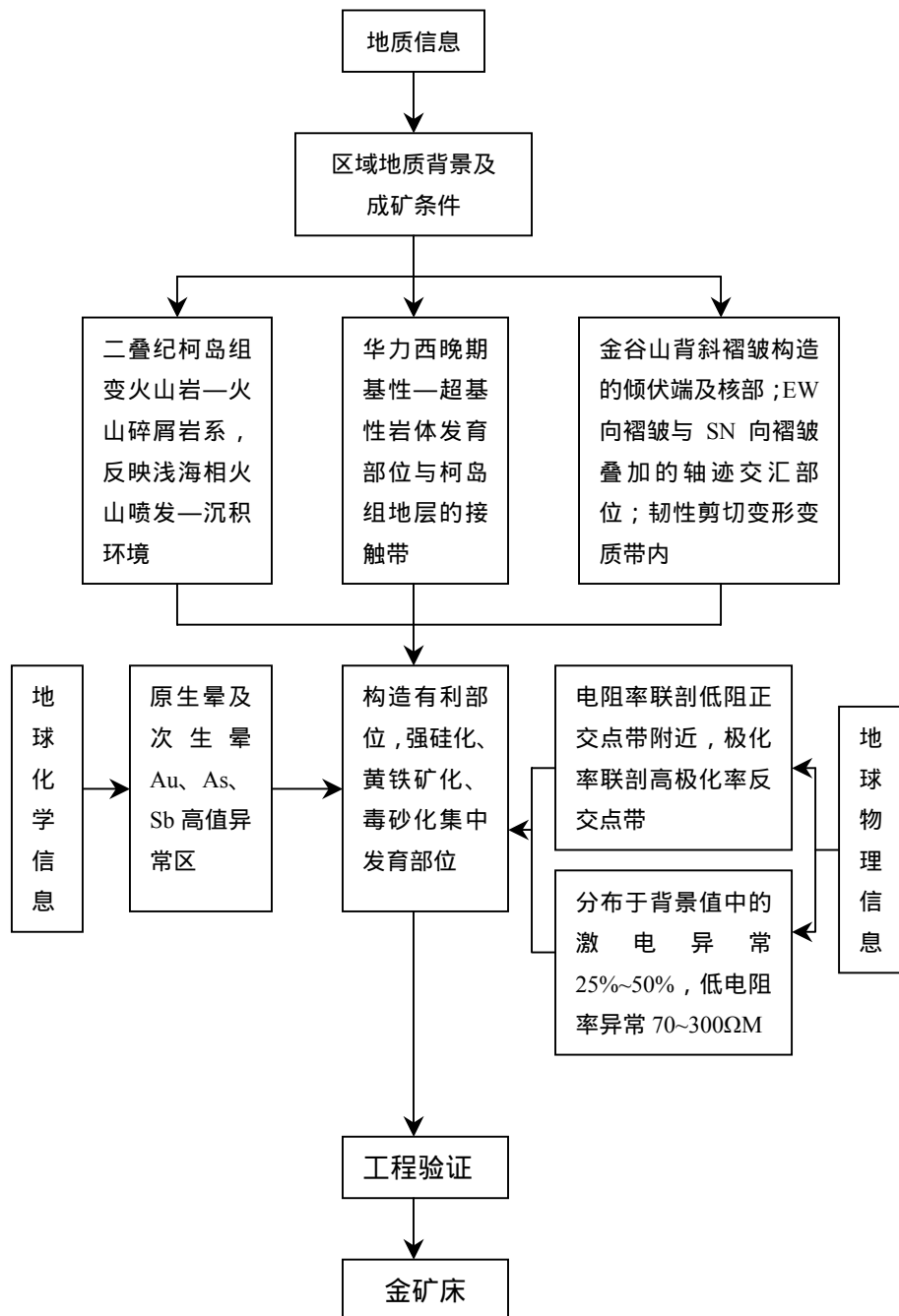


图 4-3 金谷山金矿床综合找矿信息关系示意图

Fig.4-3 The relationship sketch map of synthesis exploration information of Jingushan deposit

## 第五节 靶区预测与圈定

依据金谷山金矿床地质 地球物理 地球化学找矿标志,在赋矿岩系和控矿构造研究的基础上,利用 1/万土壤化探异常信息及 1/5 千地磁、激电测量异常信息,进行了矿区靶区预测。

以靶区所处的地质环境、异常信息和潜在找矿价值,将靶区划分为 、 级两类。 级为已见矿靶区,可进一步开展工程验证及评价工作; 级为所处地质条件有利、信息量丰富、与矿致异常具可比性、有望找到含矿蚀变带的地段。

全区共圈定五处靶区,面积约 1.465km<sup>2</sup>,占工作区总面积的 15%。其中 级靶区 4 处、 级靶区 1 处;三处位于东矿带,二处分布在西矿带上(图 4-4)。各靶区划分依据及检查结果见表 4-4。

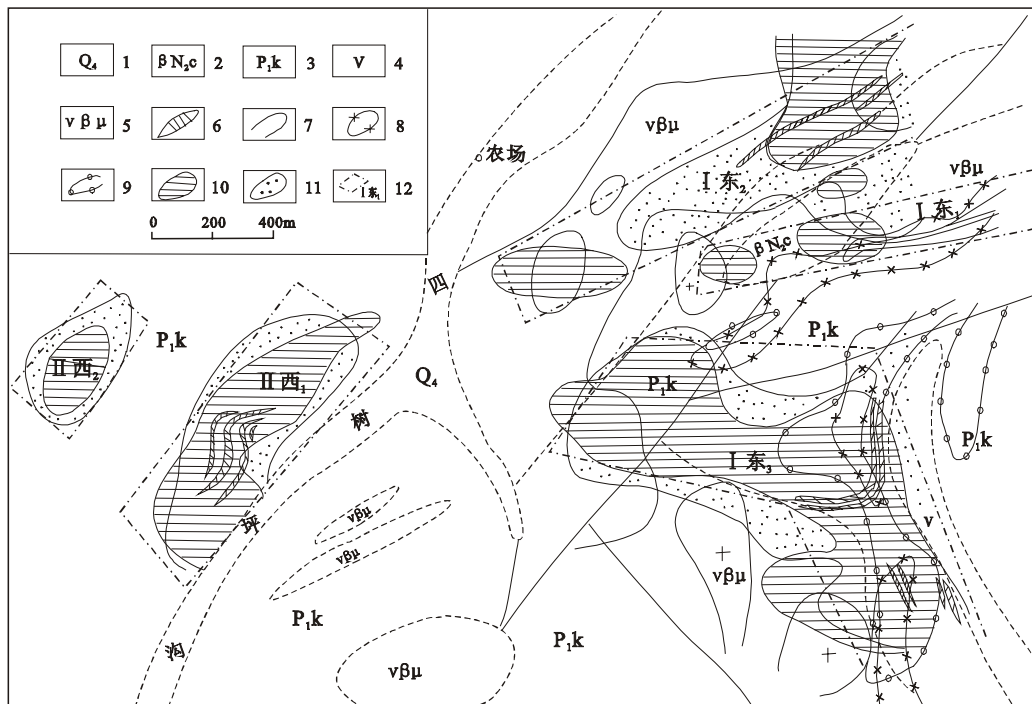


图 4-4 金谷山矿区预测靶区分布图

Fig.4-4 The distribution map of prospect target of Jingushan district

1.第四系; 2.第三纪玄武岩; 3.早二叠世柯岛组; 4.变辉长岩; 5.变辉长 辉绿岩; 6.金矿体; 7.磁异常零值线; 8.激电电阻率低阻异常; 9.激电视充电率异常; 10.土壤测量异常; 11.土壤测量; 12.靶区及编号

表 4-4 找矿靶区一览表

Table.4-4 The table of prospect target

编号	名称	形态	面积	化探异常特征	物探异常特征	地质特征	检查结果
东 1	东部 1 号级靶区	带状,长 800 米	0.160km <sup>2</sup>	Au 异常最大值为 10.96, 呈长椭圆形	低阻高极化异常, 磁异常边部	柯岛组与辉长岩及辉长辉绿岩接触带, 剪切带内	发现含金蚀变带 3 条
东 2	东部 2 号级靶区	带状,长 1500 米	0.375km <sup>2</sup>	Au、As 组合异常均进入内带, Au 位于东西两端, Au 最大值为 27.26	东部为低阻区, 正磁异常带内有负磁异常区, 与化探 Au 异常吻合	辉长辉绿岩体内部, 韧性剪切带内	靶区东端见含金蚀变带 3 条, 西端未检查
东 3	东部 3 号级靶区	北西向 Y 型, 长约 1400 米	0.54km <sup>2</sup>	Au、As 组合异常, 均进入内带, Au 最大值为 38.0, As 为 507	低阻高极化异常近南北向带状, 地磁异常边部	柯岛组与辉长岩及辉长辉绿岩外接触带, 韧性剪切带内	见含金蚀变带 3 条, 呈“Y”字型
西 1	西部 1 号级靶区	带状,长 1000 米	0.30km <sup>2</sup>	Au、As 组合异常, Au 最大值为 49.88, As 为 373.5		柯岛组, 见有辉绿辉长脉岩, 韧性剪切带内	见 5 条含金蚀变带
西 2	西部 2 号级靶区	带状,长 450 米	0.09km <sup>2</sup>	Au、As 组合异常, Au 最大值为 38.16, As 为 242.5		柯岛组	工作较少, 见金矿转石, 金品位 1.05g/t

备注: Au 单位为  $\times 10^{-9}$ , As 为  $\times 10^{-6}$

## 第六节 找矿方向

在对金谷山金矿成矿地质条件深入研究的基础上,探讨了与金矿成矿作用有关的火山喷发—沉积环境、变质作用与变质变形作用,以及矿床形成的控制因素等,从而对金谷山地区金矿成矿有了一个基本的认识。

金谷山金矿成矿具有多期和多阶段性,矿(体)床是多期、多因素成矿作用叠加的产物。柯岛组变中酸性火山岩系为初始矿源层,区域变质及变形变质作用为成矿元素的活化、迁移、富集起了决定性的作用。从控矿构造因素分析,东矿带处于南北向金谷山背斜的核部、倾伏端部位,及与后期的东西向褶皱叠加的交汇跨接部位。该部位是不同方向应力集中区,变形变质程度高,韧性剪切带发育。同构造岩浆活动的基性—超基性岩,主要顺层侵位于南北向背斜的核部,与柯岛组接触带部位,是应力作用、变质变形作用集中

发生应变的区带，这些区带同时又为金矿成矿提供了十分有利的储矿空间。因此东部矿带地区找矿潜力大，并优于西区，应作为今后工作的重点，是主要的找矿方向。

从物化探异常信息并结合异常所处的成矿(地质条件)环境，分析研究后认为，应在以下几个地段进一步开展工作，以扩大矿床远景、提高储量。

### 一、需地表工程揭露的地段

#### (一) 东 号矿西延部分

该矿化蚀变带分布于辉长岩体与地层的接触带内，受中部韧性剪切变形变质带控制，岩石糜棱岩化强烈。带中矿体地表规模较大，深部有钻孔控制。该带西延部分有土壤异常显示，Au 异常 Ms 极大值  $65 \times 10^{-9}$ ，As 异常规模较大，并可把两处 Au 异常联成一体。有地磁低磁带出现，反映有矿化蚀变，其总体展布方向与韧性剪切带方向一致。应进行地表工程揭露，以发现含矿蚀变带及富矿地段。

#### (二) 东 号矿东西分支的西延部分

该部分位于近东西向与北西向两组断裂构造的交汇区域，基性岩体与地层的接触带上，受东部韧性剪切变形变质带控制，岩石变形强烈。土壤化探见 Au、As 组合异常，Au 异常最大值为  $68.0 \times 10^{-9}$ ；物探剖面测量，有激电异常反交点存在。说明该地段具有存在矿化蚀变带的条件，应作为重点首先施工揭露的地段。

#### (三) 西矿带 AP<sub>2</sub> 号异常北延部分

AP<sub>2</sub> 号土壤异常为 Au、As 组合异常，异常相互套合，面积  $0.36\text{km}^2$ 。异常主体位于南段，工程验证已发现四条矿体。该异常的北段，地质构造环境与南段完全一致。发育于柯岛组地层中，受西部韧性剪切变形变质带控制，带内岩石变形强烈。土壤化探具 Au、As 组合异常，有较大的找矿价值。故应开展检查和地表工程揭露，以期发现矿(化)体。

#### (四) 西矿带 AP<sub>1</sub> 异常区

AP<sub>1</sub> 异常区呈北东走向，与 AP<sub>2</sub> 常区近平行。土壤化探见 Au、As 组合异常，二者完全套合，Au 异常最大值  $130 \times 10^{-9}$ ，As 最大值  $601.8 \times 10^{-6}$ ，异常区内岩石发生变形变质，局部变形强烈，为糜棱岩和超糜棱岩。在区内发现的矿化转石，金品位已达  $1.05 \times 10^{-6}$ ，故应重点揭露。

## 二、需深部工程验证地段

### (一) 东 号矿带东西分支与南北分支交汇处

该区段分布于韧性剪切变形变质带内，超基性岩体的西北侧。地表矿化好，矿体粗大。土壤化探异常表现为异常强度高，面积大；激电测量为高充电率低阻异常，异常清晰， $M_s$  极大值 50%， $\rho_s$  极小值 100。异常主体为三个椭圆形，土壤  $A_s$  异常分布在  $\rho_s$  低电阻率区内，异常中心位于矿体的北西侧，反映矿化蚀变带向北西倾伏，则其深部有较好的找矿前景。应继续开展深部钻孔验证，以发现富大矿体。

### (二) 东 号矿南北分支的南延部分

该区段分布于韧性剪切变形变质带内，基性岩体与地层接触带的转变处，岩石的糜棱岩化强烈，地表见四条矿体，矿体倾向西，具分支复合现象，深部未封闭。激电测量表现为高充电率低电阻率异常， $M_s$  极大值 44%，异常在该南延部位变宽，强度变高。异常主体位于矿体西侧，呈平行分布，反映矿化蚀变带向西倾伏，主矿体可能存在于深部，应布设钻探工程验证。

## 三、外围需要检查的地段

### (一) 西矿带南山

该带位于四树坪沟东侧，中部韧性剪切带的变形变质带南延部分。地表出露柯岛组变中酸性火山岩系岩石及基性辉长岩体，接触带发育。该区段与已知东 号矿带地质条件一致，经踏勘发现矿化转石， $Au$  品位  $0.98 \times 10^{-9}$ ，具有良好的找矿地质前提。在该区段应做土壤化探及激电剖面工作，确定矿化蚀变带的存在及其空间分布，扩大本区的找矿前景。

### (二) 东 号矿带激电 -2 异常区

该带位于东 号矿带东部，基性岩体与地层接触带东侧，东部韧性剪切带呈南北向分布于其西侧。激电异常呈南北向分布，北部未闭合，长 0.6km，宽 0.15km，极大值  $M_s$  为 30%。该异常区西侧土壤  $Au$ 、 $A_s$  异常在该异常区段未封闭。应开展本区的土壤化探工作，并考虑与东 号矿带联接，查明激电异常与矿化蚀变带的关系，确定其找矿意义。

## 结 语

### 一、成果及认识

通过对本区成矿地质条件的深入研究,取得了一些新的见解,结合地球物理、地球化学方面的信息,提炼出本区的找矿标志,并进行了靶区预测和确立了下一步的找矿方向,取得的主要成果归纳如下:

1.通过大量岩石学研究工作,确定了矿区内广泛出露的早二叠世柯岛组为一套低绿片岩相的变质岩系,变质矿物组合为绢云母+绿泥石+石英+钠长石;经过原岩恢复,确定了变质原岩为一套酸性-中酸性、并以火山碎屑为主的火山-沉积岩系。

2.首次在金谷山浅变质火山岩区进行了序列相划分的尝试,确定了本区火山喷发-沉积序列相的基本成因类型为空落堆积相、岩流滞积相、火山碎屑流堆积相、火山碎屑浊积相等,为进一步探讨该区的火山喷发-沉积环境打下了比较坚实的基础。

3.确定了金谷山金矿区控矿构造格架,指出了早二叠世中期,伴随区域变质而形成的南北向金谷山背斜构造,以及中后期叠加其上的东西向褶皱构造和断裂,共同组成了横跨式穹盆型叠加褶皱的基本构造形式。进一步指出了金谷山背斜核部、倾伏端及褶皱叠加部位是成矿有利地区。

4.指出了区内基性-超基性岩体为金谷山背斜形成和发展过程中,由深断裂活动并随褶皱作用拉动,而发生顺层侵入的同构造岩浆活动的产物,并随区域变质、变形变质而变质。

5.在大量的岩石学研究基础上,确定了糜棱岩类及变形变质带的存在与空间分布,指出了变质变形作用是金谷山背斜褶皱在发展过程中,由层间薄弱面发生剪切滑动(斜正滑移)而产生的,变质变形程度为脆韧性-韧性:  $T < 500$ 、 $P < 0.5\text{Gpa}$ 。

6.明确了东、西部矿化带及所赋存的金矿体,均受韧性剪切变形变质带控制,尤其在构造的薄弱面(如接触带构造),是产生强烈变质变形及金矿富集的最佳区段。

7.指出了围岩蚀变类型为绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化、黄铁矿化、硅化及毒砂化。其中网脉状黄铁矿化、硅化及毒砂化集中发育地段属近矿蚀变,有时构成矿化体或矿体;矿体呈似层状、透镜状;矿石组构以浸蚀、压碎结构,角砾状、条带状、细脉-网脉状构造为主;金矿物类型为自然金、

银金矿，并以包裹金、粒间金、裂隙金的形式产出和分布在黄铁矿、石英、毒砂中或它们之间。

8.通过对金谷山二叠纪柯岛组变火山岩系岩石学及序列相研究，经原岩恢复，确立了其为一套水下中酸性喷发作用为主的火山沉积岩系。岩系含金高，构成了金矿床成矿的主要矿源层；区域变质(褶皱)作用及韧性剪切变形变质作用，产生和形成含矿变质热液，在强应变位置发生交代、富集，成为金谷山金矿成矿的根本因素；区域变质褶皱晚期，由残余火山岩浆作用而形成的中性 - 中酸性脉岩，含 Au 丰度高，蚀变作用强，多种硫化物发育，是金矿成矿的又一重要因素和叠加因素。共同构成了中温变质热液、岩浆热液叠加的复合矿床。

9.通过大量的室内外研究工作，归纳和总结出了金谷山金矿床综合找矿信息和标志。指出了地质信息为：蚀变的角砾状糜棱岩、绿泥绢云千糜岩、黄铁矿化糜棱岩是找矿岩性信息。南北向褶皱构造的核部、倾伏端，及东西向褶皱叠加的交汇部位，均产生和发育强韧性变形变质带，形成的一期轴面叶理与二期强化叶理斜交，成为控矿、储矿构造信息。同构造形成的基性 - 超基性岩与火山岩系接触带，受接触带(面)及韧性剪切变形变质带控制的脉岩集中区，是指示找矿的岩浆岩标志和信息。强硅化、黄铁矿化、毒砂化蚀变集中发育的区段，是矿体近矿蚀变的标志信息。地球化学及地球物理信息为：具有浓集中心清晰的 Au、As 套合异常，是金矿体或矿化的反映，是重要的间接找矿标志；正磁异常边缘及正磁异常的内部负磁异常带，是找寻矿化蚀变带的间接标志。低阻、高充电率异常带是矿化蚀变带及矿(化)体深部存在的间接标志。

10.在综合找矿标志和找矿模型建立的基础上，进行了靶区预测和靶区分类。圈定出 级靶区四处， 级靶区一处。其中在东部矿带中 级靶区三处，西部矿带中 、 级靶区各一处。靶区的范围内，除发现有已知矿体外，包括了存在隐伏矿体的综合找矿信息与标志。

11.通过深入分析成矿地质条件，结合物化探信息标志，确定了找矿方向和需进一步工作区段。其中需要地表工程揭露的区段四处；需深部工程验证的地段二处；外围需要检查的区段两处。

## 二、问题及建议

### (一) 存在的问题

1.岩石化学、稀有稀土元素以及单矿物样品的采集与分析方面做的工作

较少，故对进一步研究矿床形成的地质条件、物质成分变化和成因研究，缺乏足够的测试依据。

2.面积性路线地质填图，存在着线少、点稀的问题。如东 矿的东部、四树坪沟西部两处存在空白，对进一步圈定变形变质带规模有一定影响。

## (二) 下步工作建议

1.对已圈定的预测靶区，尤其是在 级靶区内，应重点进行工程揭露与验证。如东 号矿西部地段；东 号矿西南地段；东 号矿以西地段；它们都是韧性变质变形强烈地段，并具有较高值的土壤测量 Au、As 异常及激电视充电率高值异常、视电阻率低阻异常，和负磁异常。其中 东 3 靶区的西部应首先进行工程验证，地质与物化探信息条件见靶区一览表。

2.对已确定的进一步找矿方向的区段，应开展工作，以扩大矿床远景。如前述的东 矿带西延部分，东 矿带东西分支处的西延部分，均需进行地表工程揭露；对东 矿带东西分支与南北分支的交汇处、南北分支的南延地段，应需进行深部工程验证；对东 矿带东部 DJ -2 异常，西矿带南山、西矿带 AP<sub>1</sub> 号异常，均应进行地质调查和地表工程揭露，它们均具有良好的地质找矿前提和物化探信息。

3.根据韧性剪切变形变质带的空间分布及特征，西部带主要由变安山岩、含角砾流纹质初糜棱岩、糜棱岩化英安质角砾岩以及糜棱岩组成，组构以流状构造、变形纹及双晶弯曲、骨牌构造、压力影及山羊须组构为主。与中部带和东部带相比，变质变形程度低，显示具脆韧性带的特征。向东近褶皱核部发育的两带，尤其是东部带韧性变形特征明显，岩性以糜棱岩、超糜棱岩、千糜岩为主，矿物的“S-C”组构、旋转碎斑组构、核幔组构发育，变形强烈伴有重结晶现象。从而显示出金谷山金矿区变质变形作用的水平分带。通过水平分带分析认为：西部带下部应有韧性剪切带的存在，根据产状分析，地表处倾向西-西南，深部可能转向东或北东东。与胶东金矿对比，中部与东部带相当于“焦家式”，西部带似于“玲珑式”金矿。故应注意东部带寻找焦家式金矿，以及用分带理论指导金谷山金矿及外围的地质找矿工作。

## 参 考 文 献

1. 黄汲清,任纪舜,姜春发等.中国大地构造及其演化.北京:科学出版社,1981:60~61
2. 贾大成.延吉地体地质特征及构造演化探讨.吉林地质,1995,14(1):40~44
3. 黄宝春、朱鸿等.吉林省东部地区古地磁结果的大地构造意义.地球物理学报,1994,37(增刊):304~315
4. 杨惠心、李朋武等.中国东北地区主要地体古地磁学研究.长春科技大学学报,1998,28(2):203~212
5. 唐克东,王莹等.中国东北及邻区大陆边缘构造.地质学报,1995,69(1):16~30
6. 邵济安,唐克东等.一个古大陆边缘的再造及其大地构造意义 延边地质研究新进展.中国科学(B 辑),1995,25(5):548~555
7. 文琼英,张川波等.吉林省晚古生代造成山带二叠纪移置地体及古地理原型.长春地质学院学报,1996,26(3):265~272
8. 王友勤,苏养正.东北区区域地层发育与地壳演化.吉林地质,1996,15(3、4):118~142
9. 毕守业,王德荣等.吉林省地体构造的基本特征.吉林地质,1995,14(1):1~14
10. 张炯飞.延边地区渤海地块与兴凯地块之间的古缝合带的初步研究.吉林地质,1997,16(2):30~36
11. 葛肖虹.吉林省东部的大地构造环境与构造演化轮廓.现代地质,1990,4(1):107~112
12. 孟庆丽,周永昶等.中国延边东部斑岩-热液脉型铜金矿床.吉林:吉林科学技术出版社,2001:34~40
13. 吉林省地质矿产局.吉林省区域地质志.北京:地质出版社,1988:1~280
14. 李莉,谷峰.吉林省延边地区柯岛组之我见.地质论评,1982,28(2):164
15. 王友勤.关于中国东北地层区划的意见.吉林地质,1996,15(3、4):15~22
16. 苏养正.中国东北区二叠纪和早三叠纪地层.吉林地质,1996,15(3、4):55~65
17. 张永焕,彭玉鲸等.关于吉林省延边地区二叠纪地层的思考.吉林地质,2000,19(1):1~12

18. 彭玉鲸.解放村植物群的特征及其大地构造意义.吉林地质科技情报, 1997, (1): 2~8
19. 彭玉鲸,刘爱等.吉林省延边地区二叠纪的三类植物与古陆缘再造.吉林地质, 1999, 18(1): 1~12
20. 孙恒元.吉林延边地区二叠系大蒜沟组类化石.微体古生物学报, 1990, 7(3): 257~264
21. 崔革.黑龙江省东部晚石炭 晚白垩世地层的古地磁特征及其地质意义.黑龙江地质, 1991, 2(2): 41~49
22. 贺同兴, 卢良兆等.变质岩岩石学.北京:地质出版社, 1980, 第一版: 105~190
23. B. 希耳托娃, A.A.萨维利耶夫等.查明变质岩原岩性质的方法.地质科学院情报所.1975: 10~23
24. 孙鼎, 彭亚鸣.火成岩岩石学.北京:地质出版社, 1985: 25~166
25. R.A.F.凯斯, J.V.怀特.火山序列的相、堆积环境及构造背景分析方法.地质矿产部直属单位管理局, 1989
26. 朱志澄, 宋鸿林.构造地质学.北京:中国地质大学出版社, 1990: 111~112
27. 刘喜山, 李树勋等.变形变质作用及成矿.北京:中国科学技术出版社, 1992: 28~43
28. 梁海华, 刘树文等.剪切带中斑晶的运动学和变形分析及塑性大变形计算机模拟.北京大学学报(自然科学版), 2000, 36(1): 117~123
29. 甘盛飞, 邱玉民等.论糜棱岩的分类.现代地质, 1994, 8(1): 73~78
30. 许云和, 邵震杰.剪切带特征、演化及其控矿意义.中国矿业大学学报, 1994, 23(3): 59~63
31. 邵济安, 唐克东.吉林省延边开山屯地区蛇绿混杂岩.岩石学报, 1995, 11(增刊): 212~221
32. 彭玉鲸, 王占福.吉林省蛇绿岩问题.吉林地质, 1997, 16(2): 17~29
33. 刘长安等.试谈蒙古 鄂霍茨克海带古板块构造的基本特征.长春地质学院学报, 1979, (2): 1~12
34. 王荃等.中国的蛇绿岩带与板块构造.长春地质学院学报, 1981, (1): 72~81
35. 李春昱等.亚洲古板块划分以及有关问题.地质学报, 1983, (1): 1~8
36. 杨森.辽北地区中朝地台与兴蒙地槽界线商榷.吉林地质, 1994, 13(1): 42~50
37. 贾大成.吉林省中部地区古板块构造格局的探讨.吉林地质, 1988, (3):

58~63

38. 徐公愉.吉林省地质述要 对吉林省大地构造及地壳演化的新识.地质科技通报, 1991(7): 46~48
39. 徐公愉.东北亚地区古亚洲洋的构造演化特点.吉林地质, 1993, 12(3): 1~7
40. 张旗等.义敦型镁铁 超镁铁岩主要特征及其与蛇绿岩的对比.岩石学报, 1990, (3): 33~42
41. 倪志耀, 王仁民.蛇绿岩鉴别的关键问题探讨.火山地质与矿产, 1998, 19(3): 242~248
42. 高坪仙.蛇绿岩及蛇绿岩构造侵位.前寒武纪研究进展, 2000, 23(4): 250~256
43. 陈浩琉, 于桂梅等.吉林省矿物研究专辑.地质出版社, 1984, 第一版: 55~74
44. 王学求, 谢学锦.金的勘查地球化学理论与方法、战略与战术.山东科学技术出版社, 2000, 第一版
45. 武汉地质学院地球化学教研室.地球化学.北京: 地质出版社, 1979: 13~152
46. 阮天健, 朱有光.地球化学找矿.北京: 地质出版社, 1985: 7~69
47. 杨毅恒, 韩燕等.多维地学数据处理技术与方法.北京: 科学出版社, 2002: 56~166
48. 吴元奇, 冯荣扬.聚类分析计算方法的理论及结果比较.湛江海洋大学学报, 2002, 22(1): 57~63
49. 吴晓军, 罗立强, 甘露等.聚类分析法在地质样品分类中的应用研究.岩矿测试, 1998, 17(3): 172~176
50. 樊金串, 樊民强.煤中微量元素间依存关系的聚类分析.燃料化学学报, 2000, 28(2): 157~161
51. 张艳宜.格里戈良分带指数法在小龙钨矿区深部地球化学找矿预测中的应用.矿产与地质, 1996, 10(5): 346~351
52. 邵世才.试论韧性剪切作用与金的成矿.贵金属地质, 1996, 5(2): 142~145
53. 杨开渠.构造古应力估算与金的富集.广东地质, 1990, 5(1): 31~41
54. 许顺山, 杨农, 孙青.山东文登金矿成矿动力学研究.矿床地质, 1997, 16(3): 272~277
55. 陈柏林.与韧性剪切带有关的不同金矿化类型地质地球化学特征对比研究.地质地球化学, 2000, 28(3): 24~30

56. 陈柏林.糜棱岩型金矿金元素丰度与构造变形的关系.矿床地质, 2000, 19(1): 17~25
57. 魏俊浩,张德会等.剪切带中矿化与非矿化地段流体 岩石相互作用差异性研究.SCIENTIA GEOLOGICA SINICA, 1999, 34(4): 473~484
58. 李晓峰,华仁民,冯佐海.韧性剪切带变形变质作用与金的矿化富集.桂林工学院学报, 2001, 21(3): 207~212
59. 杨新岳,谢国源,李志纯.变形过程中的流体 岩石作用和变形岩石质量平衡.中国科学(B 辑), 1995, 25(3): 329~336
60. 孙晓明.韧性剪切带中的脆性构造及其对金矿化的控制.中山大学学报(自然科学版), 1998, 37(1): 98~102
61. 王玉祥,张文启,唐成.吉林省龙井市后底洞金矿床的成因探讨.吉林地质, 1998, 17(2): 49~52
62. 侯德义.找矿勘探地质学.北京:地质出版社, 1984: 7~103

## 致 谢

三年的研究生生涯，在学习上，导师不仅谆谆教导、循循善诱，使学生通过学习获得了一定的专业知识，并给学生提供了大量的野外实习实践机会，在参与课题工作过程中，掌握了一定的野外工作技能，学得了一些技术方法手段。在论文的撰写过程中，自始至终都是在导师的精心指导下完成的，并且引用了导师大量的尚未公开发表的资料和成果。在此，衷心的感谢导师的细心指导和三年来的关怀和帮助。先生一丝不苟的治学态度和严谨求实的作风将永记学生心中。

在野外工作中承蒙吉林省地勘局郭文秀局长，第五地质调查所郭喜军、苏林、于家明、白荣杰、李德洪等领导和工程师的大力支持和指导帮助，保证了野外调研工作的完成，在此表示诚挚的感谢。

在专业学习及研究工作中，孙丰月教授、叶松青教授、李绪俊教授等都给予了热心指导与帮助，在此表示由衷的诚挚的谢意。

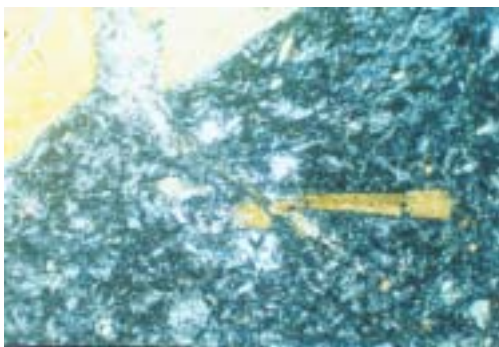
三年的学习生活中，得到了挚友关会梅、张春燕、林海燕、张旭、王剑、张予杰、余能、李伟、窦志刚等的关心和无私帮助，在此表示衷心的感谢。

由于笔者水平有限，文中错误在所难免，敬请读者批评指正。

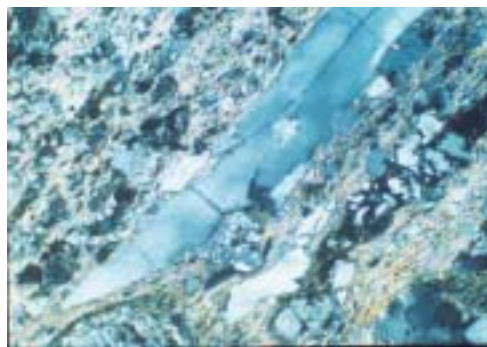
## 图 版 说 明

- 图版 -1-1 变角闪安山玢岩： $4 \times 10(+)$ ，变余斑状、变余交织结构，斑晶角闪石较完好；基质主要由微晶针柱状斜长石、角闪石和金属矿物组成的变余交织结构。
- 图版 -1-2 变流纹质晶屑凝灰角砾岩： $4 \times 10(+)$ ，变余晶屑凝灰结构；晶屑由尖角状石英、斜长石、假象透长石等组成；岩屑以凝灰岩为主；基质主要由绢云母、褐铁矿及重结晶火山灰构成，基质有拉长变形现象。
- 图版 -1-3 变流纹质熔结角砾岩： $4 \times 10(+)$ ，变余熔结角砾状结构，变余假流动构造；晶屑由石英、斜长石、微斜长石条纹长石等组成；岩屑由花岗质岩石、石英岩、流纹岩、凝灰岩等组成；塑性岩屑(浆屑)呈拉长压扁状；已转变为石英、绢云母、长石集合体。
- 图版 -1-4 变流纹质火山浊积岩： $4 \times 10(+)$ ，变余条带状，平行纹层构造；变余 A 层：凝灰质组成递变层理(粒序层理)，正粒序；变余 B 层：比 A 层更细的凝灰质组成的细平行纹层构造，顶部常具波状起伏的冲刷面。石英晶体崩落坠入并压弯浊积层。
- 图版 -1-5 变安山质火山浊积岩：见于开山屯林场驻地后侧。
- 图版 -1-6 糜棱岩化凝灰质粉砂岩： $4 \times 10(+)$ ，变余火山次碎屑结构，变余韵律交错层理构造；棱角状 - 次棱角状火山碎屑粗细相间构成交错层理(水下火山碎屑涌流相)。
- 图版 -1-7 变辉长 - 辉绿岩： $4 \times 10(+)$ ，变余斑杂构造，变余辉长 - 辉绿结构；具钠长石双晶的斜长石和单斜辉石组成辉绿结构及辉长结构。
- 图版 -1-8 绢石化蛇纹石化辉橄岩： $4 \times 10(+)$ ，变余斑杂构造，变余辉橄结构(假象)；橄榄石转变为蛇纹石并保留假象，斜方辉石转变为绢石并保留假象。
- 图版 -2-1 早期构造残留的同斜褶皱，见于东 矿，轴迹近南北，枢纽产状  $190^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 。
- 图版 -2-2 后期叠加的小型同斜褶皱，见于东 矿，轴迹近东西。
- 图版 -2-3 变凝灰角砾岩中 NW 向断层及牵引褶皱(右侧)，左侧为次级近东西向断层，见于东 矿。

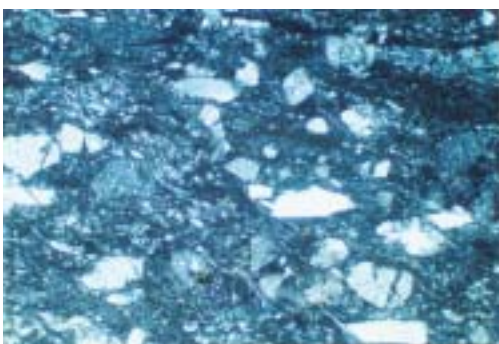
- 图版 -2-4 流纹质条带状糜棱岩中的拉伸线理：由砾石拉长、石英拔丝形成，具左行剪切运动。
- 图版 -2-5 核幔组构： $10 \times 10(+)$ ，石英重结晶颗粒绕核形成幔，构成核幔构造。
- 图版 -2-6 旋转碎斑结构： $10 \times 10(+)$ ，刚性斜长石在变形过程中发生旋转，形成旋转碎斑结构；
- 图版 -2-7 斜长石压力影组构： $10 \times 10(+)$ ，斜长石在动力变形过程中两端形成压力影，压力影由纤维状石英充填而成。
- 图版 -2-8 黄铁矿压力影： $10 \times 10(+)$ ，黄铁矿在动力变形过程中形成的压力影构造，压力影由石英构成。
- 图版 -2-9 多米诺骨牌构造： $4 \times 10(+)$ ，长石表现为脆性变形，长石沿剪切面错开，每一碎片在剪切应力作用下发生旋转并向剪切方向倾斜，中间拉断被绿泥石、绢云母等充填。
- 图版 -2-10 流纹质糜棱岩： $4 \times 10(+)$ ，糜棱结构，条带构造，石英拉长变形呈似豆荚状。
- 图版 -2-11 流纹质超糜棱岩： $4 \times 10(+)$ ，千糜状、流状构造，眼球糜棱结构；具石英压力影和斜长石及绿泥石组成的“S-C”组构。
- 图版 -2-12 绿泥千糜岩： $4 \times 10(+)$ ，千糜构造，鳞片变晶结构；石英拔丝，黄铁矿与石英压力影呈条带状展布。
- 图版 -3-1 辉长岩与变流纹质凝灰岩侵入接触关系：铅笔尖与锤子位置为侵入界线。剖面走向  $290^\circ$ ，接触界线呈似“S”型，界线西侧为细粒辉长岩，灰色，风化后呈浅灰色，细粒结构；与接触界线越近粒度越细，结构不明显，呈隐晶质—显晶质。界线东侧为流纹质凝灰岩，灰黄色，局部新鲜面为黄灰色，碎屑结构，具重结晶结构特点，与接触界线越近重结晶越明显，具退色变浅现象，凝灰岩产状  $205^\circ \quad 48^\circ$ 。
- 图版 -3-2 辉长岩与辉橄岩侵入接触关系：锤子上方为蛇纹石化方辉橄榄岩，蓝灰色，表面灰白色，局部变为蛇纹岩。下部为辉长岩，深灰色，辉长结构清楚。辉长岩侵入于辉橄岩中。



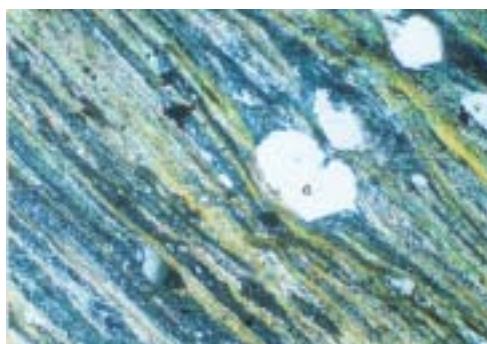
图版 -1-1



图版 -1-2



图版 -1-3



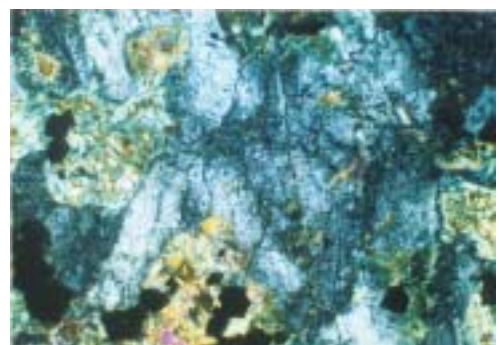
图版 -1-4



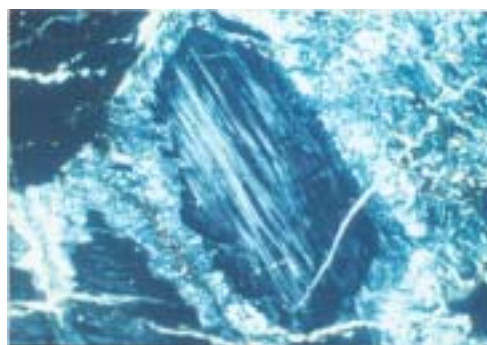
图版 -1-5



图版 -1-6



图版 -1-7



图版 -1-8



图版 -2-1



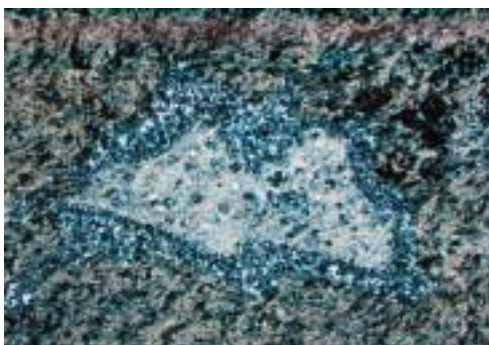
图版 -2-2



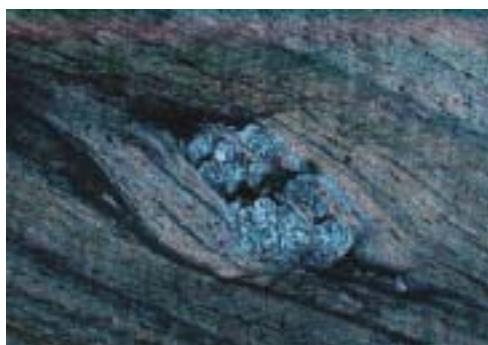
图版 -2-3



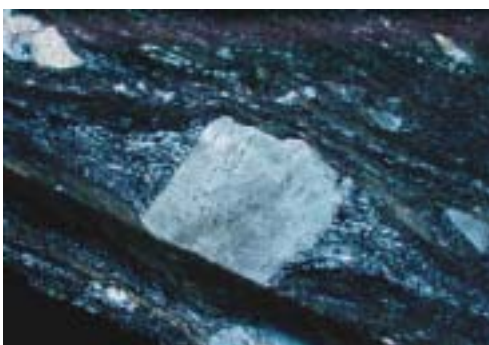
图版 -2-4



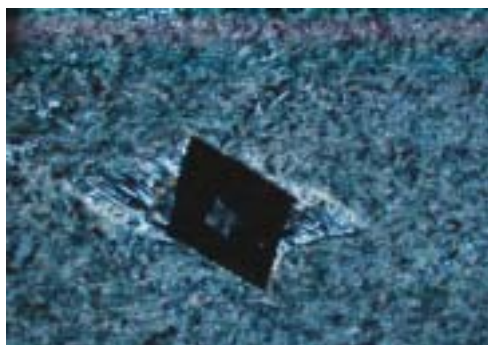
图版 -2-5



图版 -2-6



图版 -2-7



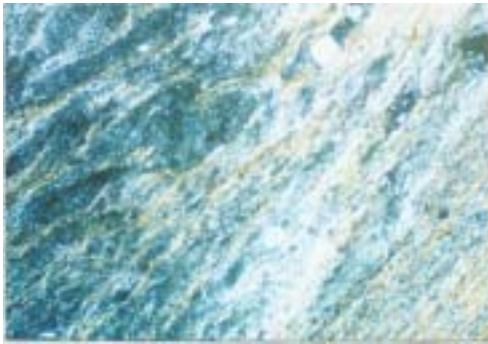
图版 -2-8



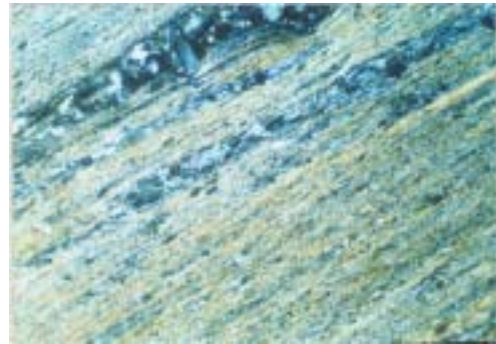
图版 -2-9



图版 -2-10



图版 -2-11



图版 -2-12



图版 -3-1



图版 -3-2

# 吉林省延边金谷山金矿床 成矿地质条件及找矿方向研究

研究生：秦务真  
专 业：矿物学、岩石学、矿床学  
导 师：王建新 副教授

## 摘 要

金谷山金矿床位于吉林省龙井市开山屯镇西南约 8km 处，地理坐标为：东经：129°40′00″~129°44′00″，北纬 42°36′00″~42°40′00″，东西长 6km，南北宽 5.5km，面积 33km<sup>2</sup>。1965 年以来，东北地质局 303 队、省冶金局、省地质物探大队、地质矿产局第五地质调查所、吉林省冶金局 605 队等相继在此进行工作，随着勘查工作的不断深入，陆续发现了一些矿化带及矿体。现已圈定矿化蚀变带及金矿体 30 条，估算黄金储量达 10t 以上，具有良好的找矿前景。

矿床大地构造位置位于华北板块北缘东端，古亚洲洋消亡型活动陆缘带控制的東西向构造带与西太平洋活动陆缘带控制的北东向构造带的交汇部位，兴凯地块与渤海地块之间的古缝合带上。这种活动陆缘环境是幔源等深部物质上升并成矿的有利构造环境。

矿床的赋矿地层是早二叠世柯岛组一套低级区域变质岩系，岩石变质程度为低绿片岩相，变质矿物组合为：绢云母+绿泥石+石英+钠长石。其主要岩石类型有：变火山熔岩类、变火山碎屑岩类、变火山碎屑浊积岩类、变火山碎屑沉积岩类、变侵入岩类、千枚岩类、糜棱岩类。经原岩恢复，其原岩是一套中酸性并以酸性为主的火山-火山碎屑沉积岩系。矿体对围岩的岩性选择不明显，赋矿围岩的 Au、As、Sb 等有用元素普遍高于地壳平均值及区域地层平均值，为金谷山金矿成矿提供了物质来源，反映柯岛组地层是矿床的矿源层。

成矿与华力西晚期的基性—超基性侵入体关系密切。矿体多发育于岩体与柯岛组地层的接触带上及其附近。该岩体是同构造-岩浆活动的产物，受

金谷山背斜褶皱控制，顺层侵入于二叠纪地层中，主要岩石类型为辉橄岩、辉长岩和辉绿岩等，岩石中微量元素 Au、As、Cr、Ni、Co、Mo、Cu、Pb、Zn 等元素含量高于地壳克拉克值，为金矿成矿提供了 Au、As 等成矿物质。

矿床受金谷山背斜构造及韧性剪切变形变质带控制。金谷山背斜是一典型的 Ramsay 穹盆型叠加褶皱，总体走向近 SN，经后期近 EW 向褶皱叠加影响，轴迹发生弧形弯曲，突向西，呈半穹形。背斜中有小型同斜褶皱发育。由于背斜褶皱层层间滑动作用，在高应力区及薄弱层间发育韧性剪切变形变质带，带内糜棱岩岩石类型发育，主要有：糜棱岩化岩石、初糜棱岩、糜棱岩、超糜棱岩等，岩石的糜棱岩化程度越高，则含矿性越好，部分糜棱岩本身就构成矿石。矿体赋存于背斜核部、北部倾伏端及靠近核部的西翼的韧性剪切变形变质带内，产状与韧性剪切带产状一致或呈小角度斜交。矿体呈脉状、透镜状、扁豆状产出，具分枝复合、尖灭再现等现象。矿石中硫化物含量低，一般 5%~10%，属贫硫化物矿石。矿石矿物主要有毒砂和黄铁矿，其次是黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、银金矿、自然金等。矿石组构发育，结构类型有半自形粒状结构、交代残余结构、浸蚀结构、压碎结构等，构造类型有角砾状构造、脉状构造、浸染状构造、块状构造等。围岩矿化蚀变发育，但局限于韧性剪切变形变质带内及其附近，主要类型有硅化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化、黄铁矿化、毒砂化、明矾石化等。

二叠纪庙岭裂陷槽的拉张作用，使本区处于半封闭式浅海水域环境，裂陷活动导致火山爆发 - 沉积作用，伴随少量的正常陆缘碎屑沉积，形成了柯岛组的火山 - 火山碎屑沉积岩系，在华力西晚期经历区域低温变质作用，为金谷山金矿成矿提供了物质来源。金谷山背斜褶皱的发生与演化，为成矿热液的活化和运移提供了动力来源和运移通道。随着褶皱作用拉动和深断裂的活动，幔源的基性 - 超基性岩浆顺层上侵，形成典型的同构造岩浆活动。随着应力和褶皱作用的加强，沿褶皱层间薄弱面发生层间滑动，形成韧性剪切变形变质带及强化叶理带，在剪切变形变质作用下产生了变质热液，使地层中的成矿物质活化，并随热液沿构造裂隙迁移，同时有中性 - 中酸性岩浆热液上侵，岩浆热液与变质热液混合形成成矿热液，迁移至韧性剪切变形变质带中有利部位及适宜的物理化学环境中沉淀富集成矿。据对矿床地质特征包括地层、岩浆岩和构造特征的研究及其与韧性剪切带的时空关系，认为金谷山金矿床为与韧性剪切带有关的中温岩浆热液与变质热液叠加的复合矿床。

通过以上研究工作，归纳和总结出了金谷山金矿床综合找矿信息和标志。地质信息为：蚀变的角砾状糜棱岩、绿泥绢云千糜岩、黄在地球物理场

中，矿体位于强磁异常向低负磁异常转变的过渡带上，矿体上存在联剖低阻正交点、高极化率反交点，激电异常显示高充电率低电阻率异常， $M_s$  值一般为 25%~40%， $\rho_s$  一般为 100~200  $\Omega\cdot m$ 。在地球化学场中，矿床位于成矿元素高异常带中，异常元素浓集带内，矿体上有 Au、As、Sb 原生晕组合异常，异常宽度略大于金矿蚀变带的宽度。铁矿化糜棱岩是找矿岩性信息。南北向褶皱构造的核部、倾伏端，及东西向褶皱叠加的交汇部位，均产生和发育强韧性变形变质带，形成的一期轴面叶理与二期强化叶理斜交，成为控矿、储矿构造信息。同构造形成的基性 - 超基性岩与火山岩系接触带，受接触带(面)及韧性剪性变形变质带控制的脉岩集中区，是指示找矿的岩浆岩标志和信息。强硅化、黄铁矿化、毒矿化蚀变集中发育的区段，是矿体近矿蚀变的标志信息。地球化学及地球物理信息为：具有浓集中心清晰的 Au、As 套合异常，是金矿体或矿化的反映，是重要的间接找矿标志；正磁异常边缘及正磁异常的内部负磁异常带，是找寻矿化蚀变带的间接标志。低阻、高充电率异常带是矿化蚀变带及矿(化)体深部存在的间接标志。

在综合找矿标志和找矿模型建立的基础上，进行了靶区预测和靶区分类。圈定出 Ⅰ级靶区四处，Ⅱ级靶区一处。其中在东部矿带中 Ⅰ级靶区三处，西部矿带中 Ⅰ、Ⅱ级靶区各一处。确定了找矿方向和需进一步工作区段，其中需要地表工程揭露的区段四处；需深部工程验证的地段二处；外围需要检查的区段两处。

关键词：延边；金矿床；成矿地质条件；综合找矿标志；  
找矿靶区；找矿方向

# **The Geological Condition of Ore-forming and Direction of Exploration Study for Jingushan Au-Deposit in Yanbian Area, Jilin Province**

Student:           Qin Wu-zhen

Speciality:       Mineralogy、 Petrology、 Study of Ore Deposit

Supervisors:   Wang Jian-xin   Associate Professor

## **Abstract**

Jingushan Au deposit is located southwestwardly about 8km to Kaishan town of Longjin city, Jilin Province. And its physical position is E:  $129^{\circ} 40' 00'' \sim 129^{\circ} 44' 00''$ , N:  $42^{\circ} 36' 00'' \sim 42^{\circ} 40' 00''$ , while its transmeritional length is 6km, south-north width is 5.5 km, and its area is about  $33\text{km}^2$ . There are some geography teams、 institutes worked there continuously since 1965. Some ore bands and ore bodies were discovered with profounded work. The deposit will be great ore-searching foreground due to more than 10 tons estimate gold reserved there.

Tectonically, the deposit is located on the paleosuture zone between the Xingkai Block and the Pohai Block, the conjunct area between E-W tectonic zone controlled by continental margin active belt of Paleo-Asian Ocean and N-E tectonic zone controlled by continental margin active belt of the western Pacific Ocean. Such tectonic setting will be propitious to forming ore.

The host rocks of Jingushan deposit is a set of the metamorphic rock series of Permian Kedao formation. The metamorphic grade of the rocks is low greenschist facies, and the metamorphic assemblage is sericite + chlorite + quartz + albite, the main rock type are metavolcanic lava, metapyroclastic rock, matavoclastic sedimentary rocks, metapyroclastic turbidite, metaintrusive rock, phyllite and mylonite. The original rock is mainly neutral-acidic metavolcanic- metapyroclastic sedimentary rocks. Kedao Formation is the source bed of Jingushan deposit because the ore bodies have not special preference on host rocks, and the contents of Au、 As、 Sb in host rock are universally higher than those in the crust average and the regional strata average, indicating their close

genetic relations, Kedao formation is the source bed of Jingushan deposit.

Jingushan deposit's Au mineralization has a close relationship with basic-ultrabasic rock of Variscan orogeny later period. The ore bodies of the deposit mostly found around the contact belt of rock mass and Kedao formation. The rock mass is the product of tectono-magmatic active. The main rock type include harzburgite、gabbro、diabase. The contents of Au、As、Cr、Ni、Co、Mo、Cu、Pb、Zn in basic-ultrabasic rock are higher than those in the crust Clarke, indicate that basic-ultrabasic rock provide Au、As ore-forming material for Jingushan gold deposit.

The deposit is controlled by Jingushan anticline structure and ductile shear deformation and metamorphism belt. Jingushan anticline is a typical Ramsay dome-basin superposed fold, its main strike is N-S, later EW fold superposed on it, made its axial trace curvilinear buckling, stick out to the west, assume as a dome. Small scale folds are often seen in Jingushan anticline. Because of the interlayer-gliding of anticline fold, in high stress area and fault layer grow ductile shear deformation and metamorphism belt, the types of mylonite are mylonization rock、initial mylonite、mylonite and ultramylonite. The higher rocks mylonization grade and the better ore-bearing. The ore bodies in the deposit are mostly preserved in anticline plunging crown in ductile shear deformation and metamorphism belt. And its attitude are the same as ductile shear belt's or intersected it with a small angle. The ore bodies are usually vein, lenticular shaped with apparent branching and merging pinching and swelling. The main ore minerals include pyrite arsenopyrite, then are chalcopyrite sphalerite galena native gold electrum and so on. the textures of ores are featured by hypidiomorphic granular texture metasomatic relict texture crush texture erosion texture. The structure of ores include brecciated structure vein structure disseminated structure and massive structure. Wallrock alteration is in ductile shear belt and its surrounding area, including silicification、sericitization、carbonatization、chloritization、pyritization、alunitization and so on.

The tensile act of Miaoling Aulacogen of Permian, the area was in semi-enclosed neritic hydrologic basin, volcano outbreak was induced by aulacogen, accompanied by some normal fragmentary deposit, Kedao Formation's volcano-volcanic debris was formed. Undergo regional metamorphism at

Variscan, provided material source for Au mineralization of Jingushan deposit. The occurrence and evolution passageway for mineralizing hydrothermal fluid. Along with the folding movement and deep fracture movement, basic-ultrabasic magma of mantle source. Upward bedding intrude in formation form a typical magmatic activity concord with the structure. With the reinforcement of stress and folding, sliding are taken place between frail layers of the fold form ductile shear belt and intension foliation belt. Intermediate-acid dike infected in at the minetime. Magma and metamorphic hydrothermal upward progress of intrude, extraction mineralizing material from host formation, and were deposited at ductile favorable tectonic and physiochemical physiochemical sites. Based on the research on the geological features include formation. Magma rock structure and its relationship with ductile, we consider that Jingushan gold deposit is a mesothermal magmatic hydrothermal and metamorphism hydrothermal superimposed deposit which have a close relationship with ductile shear belt.

Geophysical information shows that the deposit is located in the middle belt from high magnetic anomaly to low negative magnetic anomalous. Above the ore bodies exists composite profiling low resistivity positive point of intersection, high chargeability negative point of intersection, and high charging rate low resistivity anomalous are obvious. Geochemically the deposit occurs at the high anomaly of ore-forming elements, anomalous elements's concentration belt. Anomalous of Au、As、Sb primary halos are clear over the ore bodies.

Combines with the information narrated above, the geology - geophysics - geochemics comprehend ore-searching symbol and the comprehensive ore-searching model in the area was set up. Its geological information is Alterative rock as breccia mylonite、chlorite-sericite phyllonite , pyritization mylonite are prospect lithological characters information. the core and plunging crown of SN anticline , and EW intersected area of superimposed and anticline , developed his ductile shear belt , ,axial plane foliation crossed with intensive foliation are structures for ore controlling and housing. the contact zone of syntectonic basic-ultrabasic rock and volcanic rocks , vein rocks focused area where controlled by the contact zone and ductile shear belt are prospective marks and information of magmatite. silicification、pyritization、arsenopyrite focused area are marks and information of near alteration of orebody。

Geochemical and geophysical information are :concentration center is clear , Au、As shrink anomaly is the reflection of mineralized zone or gold orebody which is important indirect prospecting mark. The edge of positive magnetic anomaly and inner positive magnetic anomaly , is indirect mark of searching mineralized alteration zone.

Predict and classification of the prospect target was carried on, based on the established of synthesis exploration information and indicator. Four grade prospect target and one grade prospect target was defined , include three prospect grade in E mineralized zone and one each 、 grade prospect target in W mineralized zone ,and also prospecting and next working area was determined.

**Key words:** Yanbian; Gold deposit; Geological Condition of Ore-forming; Synthesis Indicator; the Prospect Target ; the Direction of Exploration ;