论文分类号 P612　　单 位 代 码 10183
密　　级 限定　　研 究 生 学 号 2002612035

吉　林　大　学

硕　士　学　位　论　文

吉林省汪清县复兴—杜荒岭金矿化区控矿条件与找矿方向

THE CONDITION OF ORE-CONTROLLABILITY AND EXPLORATION ORE-DIRECTION FOR FUXING-DUHUANGLING Au MINERALIZE SECTIONIN WANGQING COUNTY,JILIN PROVINCE

作者姓名：李 伟

专　　业：矿产普查与勘探

导师姓名：王建新　　郗爱华

及 职 称：副教授　　副教授

学位类别：工学硕士

论文起止年月： 2004 年 9 月 至 2005 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：

论文题目：

作者签名：　　指导教师签名：

年　　月　　日

作者联系地址（邮编）：　吉林大学地球科学学院 130061

作者联系电话：0431-8503948

作者姓名	李 伟	论文分类号	612
保密级别	限 定	研究生学号	2002612035
学位类别	工学硕士	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	成矿规律与 成矿预测	学习时间	2002 年 09 月 至 2005 年 07 月
论文中文题目	吉林省汪清县复兴—杜荒岭金矿化区控矿条件与找矿方向		
论文英文题目	THE CONDITION OF ORE-CONTROLLABILITY AND EXPLORATION ORE-DIRECTION FOR FUXING-DUHUANGLING AU MINERALIZE SECTION WANGQING COUNTY, JLLIN PROBINCE		
关键词(3-8 个)	复兴—杜荒岭 金矿化区 控矿条件 找矿方向		

导师情况	姓 名	王建新 郗爱华	职 称	副教授 副教授
	学历学位	硕士 博士	工作单位	地球科学学院

论文提交日期	2005 年 5 月 20 日	答辩日期	2005 年 6 月 日
是否基金资助项目	否	基金类别及编号	

如已经出版，请填写以下内容

出版地(城市名、省名)		出版者 (机构) 名称	
出版日期		出版者地址 (包括邮编)	

内 容 提 要

延边复兴—杜荒岭金矿化（区）与中、晚侏罗—早白垩世火山岩浆活动有关，受控于百草沟—小西南岔东西向构造岩浆岩带与近南北向断裂交汇部位。矿化区内小岩株状的石英闪长玢岩（次火山岩）为主要控矿条件，其中寄生的隐爆角砾岩筒及外围裂隙中赋存着金矿体。

岩石化学表明石英闪长玢岩为中钾偏碱性钙碱性岩石；稀土元素分配模式及同位素测试，表明岩浆源于深部上地幔；微量元素 Au、Ag 等相关变化表明矿化与闪长质岩石系列关系密切；成矿与火山岩浆活动在时间上具有一致性；空间上石英闪长玢岩株具似等间距、东西向分布的规律性。因此论文中进一步指出了石英闪长玢岩株受火山机构控制，同时二者受控于东西向与南北向深断裂交汇部位，而石英闪长玢岩及其中角砾岩筒和外围不同方向裂隙是矿体定位与赋存的空间。

通过对已知矿床解剖，提取了区内综合地质找矿标志，从而确定了Ⅰ级找矿靶区 3 处，Ⅱ级靶区 2 处，并取得了理想的找矿效果。

关键词： 复兴—杜荒岭　金矿化区　控矿条件　找矿方向

目　录

前　　言……1
第一章　区域地质背景……3
第一节　地质背景……5
一、地层……5
二、侏罗—白垩系火山岩……8
三、构造……9
第二节　地球物理及地球化学背景……11
一、地球物理背景……11
二、地球化学背景……12
第三节　晚侏罗—早白垩纪火山—次火山岩系……13
一、火山—次火山岩岩石组合及类型……14
二、火山—次火山岩系列及地球化学特征……22
第二章　矿田矿床地质特征……34
第一节　九三沟金铜矿床……34
一、矿区地质……34
二、矿床地质及地球化学特征……36
第二节　杜荒岭含铜金矿点……40
一、矿区地质……40
二、矿体地质及地球化学特征……41
第三节　新沟—砂金沟金矿点……43
一、矿区地质……43
二、矿体特征及地球化学特征……44
第四节　复兴村金矿化点……45
一、矿区地质……45
二、矿化体地质特征……46
第三章　成矿作用及成矿模式……48
第一节　火山构造岩浆作用……48

第二节　物理化学条件……49
一、成矿流体包裹体成分……49
二、成矿温度、压力及深度……49
第三节　成矿模式……50
第四章　控矿条件及找矿方向……51
第一节　控矿条件分析……51
一、构造控矿条件……51
二、岩浆活动控矿条件……52
三、地球物理与地球化学控矿规律……53
第二节　成矿预测……54
一、综合找矿标志……54
二、靶区预测及找矿方向……55
结　　语……58
参考文献……60
图版及图版说明……63
中文摘要 ……1
英文摘要 ……3
致　　谢
导师及作者简介

前　言

研究区位于太平岭隆起带南缘、延边中东部侏罗系火山—次火山构造岩浆岩带的东部，汪清县以东的金苍—杜荒岭一带，其地理坐标：北纬43°17′00″~43°22′30″，东经130°22′30″~130°37′30″。东西长18Km，南北宽约7Km，总面积约130Km^2。

延边地区为我国东部滨太平洋的一个重要金、铜—（多金属）矿化集中区。成矿带在时、空和物质组成上主要受控于中生代火山盆地和盆地间由浅成侵入体构成的隆起区，形成多种矿床类型的金、铜及钼、银、铅、锌成矿带。区内有大、中、小型金矿床及矿点30多处，是我国中生代火山岩热液型金矿床典型成矿区之一。小西南岔金铜矿床、九三沟金矿床及刺猬沟、五凤金矿床等我国东北颇具特色的、以火山—次火山岩型金矿为主并伴有铜及多金属成矿带分布其中，受世人关注，金矿产资源潜力巨大。

该区地质工作有较长的一段历史时间，但是研究水平仍然较低。在50年代进行过1/20万区域地质调查，对该区的地层、岩浆岩、构造初步进行了研究；1964—1965年间，延边地质大队在该区百余Km^{2}范围内进行了河流重砂和路线地质调查，对金苍河谷砂金矿作了详查评价，并对新沟金矿点进行检查；1975—1978 年省地矿局黄金地质调查所对杜荒岭金铜矿区进行了普查评价，同时在金苍地区做1/1万地质填图111 Km^2，化探扫面78Km^2；该期间在新沟—九三沟东山面积17.3 Km^{2}范围内圈定出九三沟0.5 Km^{2}的激电异常，与化探铅锌银异常相吻合，经槽井探揭露及1/1万地质填图，圈定出九三沟蚀变岩体。

为扩大该区的远景储量，对该区的地质条件包括地层、岩浆岩、构造条件进行了深入调查研究，以进一步对该区成矿条件和找矿方向进行研究。本人于2003年—2004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整理及分析研究工作，并选定此项研究作为论文选题。在工作期间，收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， 课题投入的实际工作量包括：薄片46件；光片21件；岩石化学分析11件；微量元素分析(11项)22件、Au、Zr 单分析

15 件；矿石硫、铅同位素 9 件；单矿物(黄铁矿)微量元素分析 4 件。

通过研究取得以下几点认识：

1. 通过大量岩石学研究工作，确定了研究区内与成矿有关的次火山侵入杂岩为细粒闪长岩—石英闪长玢岩(闪长玢岩)—斜长花岗斑岩岩石系列，尤其石英闪长玢岩与金矿成矿密切。

2. 岩石化学分析测试表明，研究区火山—次火山岩系为中钾钙碱性火山岩系列。从区域上自西向东由高钾向弱碱性中钾、中性向中酸性岩浆连续演化过渡。

3. 稀土元素的地球化学特征及元素分配模式，说明了研究区矿床与 J_3—K_1 火山—次火山岩及区域火山—次火山岩一致，具有成因上的一致性。

4. 微量元素特征显示出研究区闪长质系列岩石与 Au、Ag 成矿元素关系密切，Cu、Pb、Zn 元素与花岗质岩石关系密切，指出了二组成矿元素组合为两个成矿阶段的产物。

5. 详细分析研究了区域成矿作用，并建立了研究区成矿模式，说明了研究区矿床(点)成因属次火山岩浆热液型。

6. 系统总结了研究区控矿条件，尤其是构造控矿具有多级次复合叠加的特点。并结合矿体地质特征，控讨确定了不同矿(点)床的矿体剥蚀程度。

7. 总结提取了研究区内综合找矿标志，进行了成矿预测。确定了Ⅰ级预测(靶)区 3 处，Ⅱ级预测(靶)区 2 处，并指出了找矿方向和工程验证靶区地段。

第一章　　区域地质背景

汪清县复兴—杜荒岭地区位于华北板块北缘东段，古亚洲洋消亡型活动陆缘带控制的古生代近东西向构造岩浆带与西太平洋活动陆缘带控制的中、新生代北东向构造岩浆带叠加交汇处（图 1-1）。

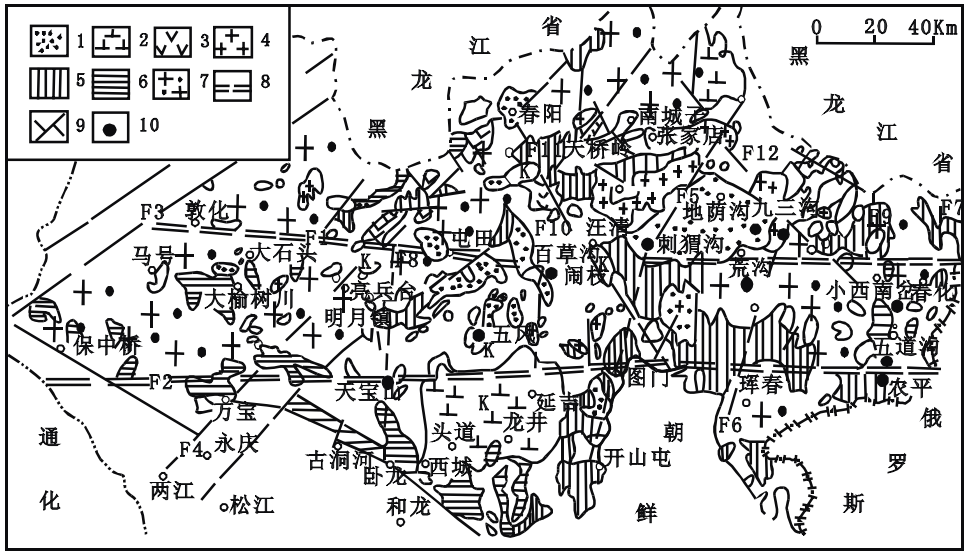


图 1-1　区域构造地质图（引孟庆丽 2001 修编）

1. 白垩—中晚侏罗世火山岩　2. 白垩纪火山沉积盆地　3. 晚三叠世火山岩　4. 燕山期花岗岩
5. 石炭—二叠 6. 青龙村与五道沟群 7. 海西期花岗岩 8. 深大断裂 9. 岩石圈断裂 10. 铜金矿床

古生代早期，由于布列亚—佳木斯地块南缘和中朝古板块北缘东段与他们之间古洋壳的相互作用，形成了一套海相间歇喷发的海底火山—沉积建造—青龙村群和五道沟群。随着古板块和洋壳的作用，在延边地区东部，海底火山—沉积建造褶皱隆起，并与成因上属于幔源分异的 M 型角闪辉石岩—斜长花岗岩(549-400Ma)一起呈残块或包体残存于后期花岗岩系之中，代表了大洋岛孤的构造环境。在延边地区西部，随着岩浆侵入和构造变质作用，海底火山—沉积建造遭受了区域变质作用，变质作用程度达低角闪岩相—绿片岩相，青龙村群被改造形成紧密线性褶皱，褶皱轴向呈东西向或近东西向，表明区域构造应力作用为南北方向的挤压，结果导致区域构造线总体呈近东西向展布。从而奠定了本区东西向基底断裂的存在及控制后期构造岩浆活动的主导地位。晚石炭世—早二叠世，由于南北向

区域地壳拉伸作用，伴随出现陆间裂陷海槽，形成了一些碳酸盐、海底火山碎屑岩等沉积建造。

自中-新生代时期的晚三叠世，由于西太平洋域大洋板块向北西西方向对亚洲板块进行俯冲，在近东西向区域构造基础上，叠加了天桥岭—天宝山和杜荒子—珲春两条北北东向断裂，沿断裂发生中酸性火山喷发，形成了火山喷发岩及河流相沉积建造。之后二长花岗岩—白云母花岗岩系(208Ma，似 S 型)侵入，同时受北东向压扭性断裂与活化了的东西向断裂联合控制。在侏罗纪和早白垩世，由于两古板块南北向聚敛及西太平洋域 Izangi 板块对亚洲板块的强烈俯冲作用，在刺猬沟—小西南岔地区产生和活化了走向东西、北西、北东及南北向断裂，其中东西向断裂最为发育，导致形成了一系列规模不等、彼此平行展布并构成了一个宽约 20 多公里的断裂带，使区域走向的断隆和断陷进一步发育，百草沟—苍林—金苍断裂以北地块下降，南侧牡丹岭—春化隆起进一步抬升。断陷带中控制的晚侏罗—早白垩世火山喷发中心具有东西成带、北东和北西呈串珠状分布的特点，并且都处在区域近东西向断裂带上，表明它们受控于东西、北西和北东向断裂及其交汇处。该火山喷发旋回之后，相继侵入了一套中性—中酸性的次火山侵入杂岩，主要为辉石闪长岩、花岗闪长斑岩及花岗斑岩系，呈小岩体、岩株或岩脉产出。区带内金铜矿床、矿化点百余处，其中东部主要为金铜矿、铜金矿、金银矿等。代表性的有九三沟铜金矿、小西南岔金铜矿床等。从时空关系上看，各种类型金矿与中生代火山岩及次火山岩都有十分密切的关系。

至早白垩世，由于大洋板块向西俯冲，引起大陆板块向东仰冲，在拉张状态下发育一系列南北走向为主的断陷，并与东西向断陷叠加，形成了一系列规模不等的盆地，使得延边中部地区显示出特有的棋盘格式构造。

综上所述不难看出，近东西向超壳深断裂与近南北向为主的壳断裂，基本上共同控制着延边地区火山断陷盆地和坳陷，汪清复兴—杜荒岭地区，则位于汪清百草沟—金苍断陷带的东端。

第一节　　地质背景

一、地层

复兴—杜荒岭地区出露的最古老的地层为早古生代的青龙村群和五道沟群，是一套经历了低角闪岩相—绿片岩相区域变质作用的火山—沉积变质岩系。其原岩主要为中酸性—中基性火山岩、碎屑岩及碳酸盐；晚古生代地层主要为上石炭山秀岭组、二叠系柯岛组、开山屯组等，其原岩为浅变质的海相沉积碎屑岩、火山碎屑岩和火山岩等；中生代地层主要为屯田营组、金沟岭组的陆相火山岩、火山碎屑岩及大砬子组砂岩、粉砂岩等；新生代地层主要为第三纪的玄武岩及第四纪的冲积物、粘土等(见表1-1)。

(一)古生代地层

1.青龙村群与五道沟群

延边地区青龙村群和五道沟群多呈残块或孤岛状分布于大面积的海西期花岗岩中，其中青龙村群以含红柱石片岩、黑云母斜长片麻岩、角闪质岩石、含石墨大理岩、硅质条带大理岩为主要特征，变质程度达低角闪岩相—高绿片岩相。主要分布于龙井南部及沿古洞河断裂呈北西向带状分布，研究区内仅在小西南岔东南部等地零星出露。五道沟群主要以含石榴石变质砂岩、斜长角闪岩、云母石英片岩、红柱石碳质板岩为特征，变质程度低于青龙村群，属绿片岩相。主要分布于小西南岔—珲春五道沟一带。

目前，青龙村群与五道沟群的研究程度仍较低，其时代归属争论较大。考虑到侵入上述地层的加里东晚期—海西早期的闪长岩和花岗闪长岩年龄在210~400Ma间(U-Pb法，邵祖荣等，1989)，本报告将青龙村群和五道沟群的时代定为早古生代。

从古生代地层中微量元素丰度特征(表1-2)可以看出青龙村群不同岩石类型中Au、Cu、Pb、Zn等成矿元素的丰度低于维氏值(1962)，故推断青龙村群火山—沉积变质岩系不具备区内中生代金铜矿床矿源层条件。五道沟群中Au、Cu等主成矿元素的丰度普遍高于青龙村群，且变化幅度较大，表明这些元素经历过活化—迁移—分散—富集的构造地质作用，离散

程度大，亦表明五道沟群对 Au、Cu 成矿来讲是有利的容矿围岩。

2.石炭—二叠系

延边地区石炭系缺失下、中统，仅见上统山秀岭组。二叠系上、下统均有出露。研究区仅在杜荒岭—小西南岔南北两侧见二叠系上统开山屯组，呈孤岛状零星分布，以变凝灰质砂砾岩、中粗粒砂岩为主要特征。研究资料表明，延边地区在早二叠世出现庙岭裂陷，并在陆表海环境下发生火山—沉积作用，柯岛组是酸性—中酸性并以火山碎屑为主的水下火山喷发—沉积为特色的岩石建造，并经历了区域变质作用，属低绿片岩相。早二叠世晚期形成了盆地边缘、陆上洪积作用及开山屯组砂砾岩沉积建造。

从表 1-2 可以看出，柯岛组除 W、As、Sb 丰度略高于维氏值以外，其它元素丰度均很低，并且其变异系数除 W、Pb 外均小于 1。开山屯组 Au、Zn、W、As、Sb 丰度略高于维氏值，但变异系数只有 Co 大于 1，Cu 等于 1。上述特征表明 Au、Ag、Cu 主成矿元素在本区开山屯组丰度较低且活化再富集能力弱，故推断不能为 Au、Cu 成矿提供物质来源。

(二)中生代地层

由晚三叠系、侏罗系和早白垩世陆相火山岩组成。其中晚三叠系托盘沟组主要分布于杜荒岭以北一带，以中性火山岩及火山碎屑岩为代表。侏罗系与早白垩世陆相火山岩广泛分布于百草沟—刺猬沟—金苍一带，鉴于与金、铜矿床关系十分密切，故将侏罗—白垩系火山岩作为一节单独论述。

(三)新生代地层

1.第三系

第三系土门子组与船底山组零星分布于小西南岔、杜荒子、苍林等地区。其中船底山组主要为橄榄玄武岩及安山质玄武岩，底部为气孔状玄武岩，不整合于其它地质体之上，构成玄武岩台地，总厚度 169.9 米。

2.第四系

分布于现代河床阶地之中，为砂漫滩堆积、洪积物、砂砾石、粘土等松散堆积物。

表 1-1　　延边地区地层柱状表

地层单位				厚 度	岩性特征
界	系	统	组	（m）	
新生界	第四系	全新统		5.3	冲积、洪积砂、砾石、黏土、亚黏土、泥炭
	第三系	上新统	船底山组	169.9	气孔状橄榄玄武岩、玄武岩、安山玄武岩
中生界	白垩系	上统	龙井组	339.5	上部为砂岩、粉砂岩；下部为砾岩、含砾砂岩
		下统	大砬子组	1112.1	上部为砂页岩段；下部为砂砾岩段；底部砾岩普遍含金
			长财组	257.3	杂砾岩和长石砂岩含砾石，夹砂页岩、安山岩及薄煤层
			金沟岭组	1576.5	上部为安山玄武岩、安山岩、辉石安山岩；下部安山质角砾凝灰岩、集块角砾岩、层凝灰岩
	侏罗系	中统	屯田营组	3350.0	上段为安山岩—英安岩—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；下段为安山质角砾熔岩、安山岩、角砾凝灰岩及集块角砾岩等
	三叠系	上统	天桥岭组	513	上部为浅灰色杏仁状碱流岩；中部为流纹岩；下部为流纹质角砾凝灰熔岩
			马鹿沟组	729	含砾凝灰质粗砂岩、细砂岩夹黑色泥岩；上部泥岩中含有节纲、真蕨纲、苏铁纲化石
			三仙岭组	485	下部碱流岩；中部为流纹岩；上部为安山岩、角砾凝灰安山岩、流纹岩
			托盘沟组	1909	下部为安山质角砾岩、角砾凝灰岩；中部为玄武安山岩、安山质角砾凝灰熔岩
古生界	二叠系	上统	开山屯组	2288	凝灰砾岩、中粗粒砂岩、黑色板岩、酸性凝灰岩、安山岩、夹扁豆状灰岩
		下统	亮字川组	984.6	层凝灰岩、凝灰板岩、凝灰粗砂岩和砾岩
			柯岛组	4275	上部为杂色片理化凝灰岩、中酸性熔岩；下部为凝灰质砾岩、砂岩和粉砂岩
			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	凝灰质粉砂岩、含砾凝灰熔岩、凝灰粉砂岩、钙质粉砂岩及透镜状灰岩
	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
	前泥盆系	五道沟群	上段	1200	中部红柱石碳质板岩、红柱石二云片岩、黑云母石英片岩、变砂岩、角闪石英片岩；下部含石榴石黑云母片岩
			中段	500	上部黑云母石英片岩、二云母石英片岩、角闪石英片岩；下部角闪岩、斜长角闪岩夹大理岩
			下段	7176.2	上部变质硬砂岩、砂岩、细砂岩、长英质角岩、变英安岩；下部含石榴石变砂岩、粉砂岩、石英砂岩
		青龙村群	上段	1094	黑云母斜长片麻岩、黑云母变砾岩、红柱石石英片岩斜长角闪岩、含石墨大理岩、硅质条带大理岩
			下段	865.9	角闪岩、斜长角闪岩、片麻岩、透辉斜长变砾岩、磁铁角闪岩

表 1-2　　延边地区古生代地层中微量元素含量（×10^{-6}）表

地层＼元素		Au	Ag	Cu	Pb	Zn	W	Sn
开山屯组		0.0016	0.11	19.50	11.56	124.8	4.37	1.31
柯岛组		0.0021	0.08	19.84	8.09	83.42	2.39	2.77
庙岭组		0.002	0.10	19.32	5.03	90.91	0.80	2.73
青龙村群	上段	0.001		7.09	10.73	55.73	0.65	6.06
	下段	0.0007		22.30	11.44	77.15	0.56	0.68
五道沟群	五道沟	0.022		2.36	27	129	107	71
	百草沟	0.0023	0.78	74.50	40.56	69.32	<10.0	
维氏值		1.70	1.1	25	18	58	0.009	83
地层＼元素		As	Mo	Sn	Co	Ni	Bi	Cr
开山屯组		17.81	0.89		5.75	12.72		
柯岛组		9.00	0.67		7.12	11.76		
庙岭组		7.64	0.64		6.16	10.38		
青龙村群	上段		0.59	1.8		5.33	0.14	58.20
	下段		0.54	2.53		8.34	0.14	93.56
五道沟群	五道沟	100			21	62		
	百草沟		1.24	0.74				
维氏值		1.70	1.1	25	18	58	0.009	83

（* 结合吉林地矿局地质六所资料）

二、侏罗—白垩系火山岩

延边地区中生代火山岩主要分布于延边东部的汪清、珲春地区。经统计，其中侏罗—白垩系火山喷发堆积体 47 处，总面积约 4640km^2。

(一)侏罗世屯田营组(中高钾—钙碱性)火山岩系

该岩系严格受百草沟—小西南岔及南部大蒲河—珲春两大断裂带与北东、北西向断裂交汇处控制。

中侏罗世开始区内构造—岩浆活动加剧，火山—次火山侵入杂岩发育。通过对汪清百草沟、刺猬沟等地区火山岩实测剖面统计，其岩石类型主要由玄武岩、安山岩、流纹岩和粗安岩、粗面英安岩等组成，并以中心式火山喷发型式产出。依据刺猬沟金矿区穿切该岩系的石英—方解石脉 ^{40}Ar-^{39}Ar 年龄为 176.8Ma 和该岩系顶部凝灰质砂岩中含 Neocalamites.sp. 植物化石(吉林省区调所，1985)，故将该岩系的时代置于中侏罗世，沿用

屯田营组(J_2t)。

据统计，屯田营组岩系中 Au、Ag、As 等元素丰度均大于同类岩石的维氏值，Au 高于维氏值 3-8 倍，且离差较大。表明该岩系与 Au、Ag 成矿有利。而 Cu、Pb 浓集系数小于 1，且离差不大，故对 Cu、Pb 成矿关系不密切。矿化剂元素 F 平均为 145~430×10^{-6}；Cl 平均为 321×10^{-6}；S 平均为 123.25×10^{-6}；表明岩系具有贫 F 富 Cl、S 的特点。

(二)早白垩世金沟岭组(钙碱性)火山岩系

金沟岭组主要分布于延边中东部的金沟岭、闹枝—百草沟—金苍和大小西南岔等地区，受控于百草沟—金苍东西向断裂带与北东向和北西向断裂带中，集中于断裂带的叠加交汇处。其中喷出相呈断陷洼(盆)地叠加于中侏罗火山洼地之中或其断陷盆地旁侧；次火山岩相主要呈岩株(多产于近火山口处)、岩脉(多分布于火山洼地边部)，与喷出相相伴产出。岩石类型主要为安山岩、英安岩、粗安岩等，以及次火山岩相的闪长玢岩、石英闪长玢岩等。原其将置于晚侏罗世的金沟岭组，依据近年岩石年龄同位素研究，安山岩的 Rb-Sr 等时线年龄为 140±Ma(邹祖荣等，1989)；次火山岩相闪长玢岩 Rb-Sr 等时线年龄为 130±20Ma(吉林地矿局六所，1986)；穿切闪长玢岩的含 Au、Cu 石英脉 ^{40}Ar-^{39}Ar 年龄为 127±0.2Ma[11、12]。故将该组岩系置于早白垩世，但沿用原金沟岭组 (K_1j)。

金沟岭组岩石微量元素中 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、Mo 均大于维氏值。其中 Au 元素在火山岩中高出维氏值 3-4 倍，尤其是次火山岩相的闪长玢岩 Au 高达 623×10^{-6}。九三沟及杜荒岭等地区的蚀变(石英)闪长玢岩有的可直接构成工业矿体。Ag 在火山岩和次火山岩中比维氏值高几十~150 倍；Zn 高达 169.5~142.5×10^{-6}；Cl、S 及伴生指示元素 As、Sb、Bi 其丰度均高于维氏值，表明该岩系对 Au、Ag、Cu、Zn、Mo、Pb 成矿十分有利。

三、构造

工作区位于古亚洲洋和滨太平洋两大构造域的重叠区。自古生代形成了一套海底火山—沉积建造以来，经历了漫长的地质演化过程，到早三叠世佳木斯地块与华北板块最终碰撞对接成功，形成了统一的大陆。晚三叠世，西太平洋域大洋板块向北西西方向对亚洲板块俯冲，开始了印支期构造运动。在中侏罗世到早白垩世期间，燕山期构造运动继承印支晚期构造

运动特点，产生和活化了走向东西、北西、北东和南北走向的断裂。它们基本控制了延边地区的地质构造格架和区内火山岩带、岩浆侵入带和成矿带的分布。

(一)东西向断裂构造带

延边地区的东西向断裂构造，以敦化—汪清(F1)和天宝山—图们—珲春(F2)最为发育(见图 1-1)，以发生早、长期活动为特征。其中 F1 断裂为本区最大一条东西向超壳断裂，穿切了古生代—中生代不同时期的地层和侵入岩，该断裂带与后期北东和北西向断裂交汇处控制着金沟岭组火山—次火山岩的分布。

(二)北东和北北东向断裂带

区内北东和北北东向断裂非常发育，延边东部地区主要发育有图们江—罗子沟断裂带(F5)、珲春—杜荒子断裂带(F6)和三道沟—小西南岔断裂带。东部的侏罗纪—白垩纪安山质火山岩盆地严格受其与东西向断裂带交汇叠加部位控制，表明该组断裂构造发生在三叠纪晚期，Au、Cu 成矿作用均受该组断裂控制与影响。该组断裂带在中、新生代一直活动，表现为新生代的碱性系列的玄武岩充填其中。

(三)南北向断裂构造

主要分布于延边中部和东部地区，其中在东部地区尤为显著。主要有密江—罗子沟及五道沟—小西南岔断裂带，以挤压破碎带为特征。该断裂切穿五道沟群至中生代地质体，但亦被北东—北北东、北西及东西向断裂穿切，推断与东西向断裂构造带属于同一构造应力场作用的产物，其发生时代较早，且长期活动。与东西向断裂构造带叠加交汇部位控制着钙碱性火山岩系(金沟岭组)的分布，其中包括火山机构及其 Au-Cu 等矿产。

(四)北西向断裂构造

亦发育于中部和东部地区，东部地区主要有密江—汪清及五道沟—小西南岔—杜荒子断裂带等，并以张扭和压扭结构面为特征，是晚侏罗—早白垩世火山—次火山侵入杂岩的主要控岩构造之一，也是火山—次火山热液脉状 Au-Cu 矿主要成矿与控矿断裂构造。

第二节　　地球物理及地球化学背景

一、地球物理背景

区域重、磁场及异常不仅可以反映不同岩性和矿化蚀变分布规律，而且重要的是可以反映成岩成矿的深部地球物理和结构构造特征。

（一）区域重力场特征

延边地区处于长白山幔坳与大兴安岭幔坳之间的幔隆斜坡带上，但局部莫氏面起伏变化较大。以汪清—图们(图们江断裂)为界(图 1-2)，西部为长白山幔坳区，并向北和北东逐渐增高为幔隆带，长白山莫氏面深为 46km，向北到敦化北部地区为 40km 左右，形成约 6km 高差的地幔隆起带；东部区以珲春地区的相对幔隆区，向北为逐渐降低的地幔斜坡带为特征，重力梯度带呈北东向，反映出西太平洋构造域深部构造—岩浆活动的特点。

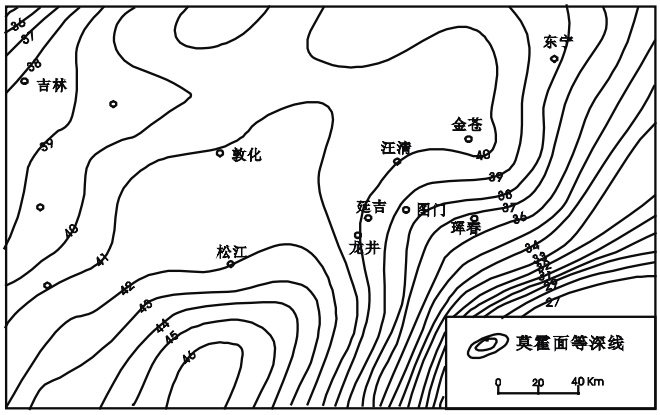


图 1-2　延边地区莫霍面等深图（据黄金地质研究所）

宏观延边地地区重力场可以看出，区内大多数金及多金属矿床分布于正、负重力场的过渡带上，如小西南岔铜金矿床；或重力梯度带拐弯处或膨大处，如刺猬沟金矿床、九三沟金矿床等。说明成矿严格受火山断陷盆地边缘与区域断裂构造交汇部位控制，并与火山—次火山热液活动关系密切。

（二）磁场与航磁异常特征

本区磁场以北东向带状磁场为主，在延边中部地区的东西向磁场带分布亦较明显。平稳的正磁场和负磁场为古生代、新生代盆地或酸性侵入岩

的反映；面积性的正负跳跃场是玄武岩的反映；大片正跳跃场为中生代火山岩引起，且强度大、梯度陡。宏观延边中东部地区航磁异常轴向以北东向为主，反映出受环太平洋构造影响比延边西部强。通过航磁(ΔT)异常上延5km所示平面图(图 1-3)可以看出，区内切割较深的断裂构造由早至晚分别为：东西向、北西向、北东向和南北向。

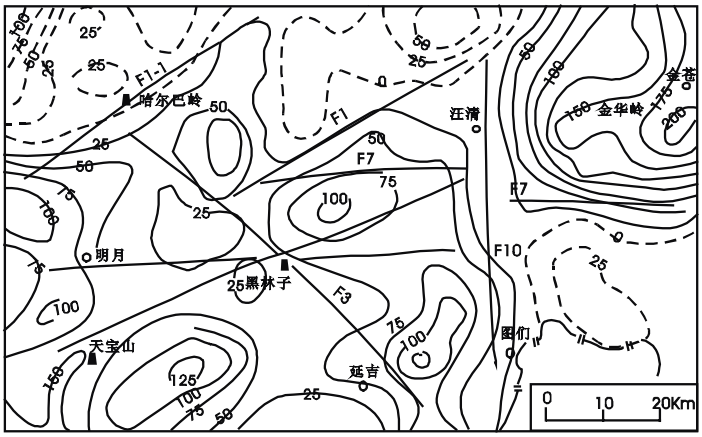


图 1-3　延边地区航磁(ΔT)异常延拓及深部断裂构造推断图（据黄金地质研究所）

延边中东部地区的中生代火山岩区反映出的大片正跳跃磁场，其中的弱磁场区以及正磁跳跃场向负磁场过渡地带，均为金及多金属矿床、矿点分布区，如小西南岔、九三沟矿床等，反映了成矿作用与中生代环太平洋构造活动有关，并与火山—次火山活动关系密切。

二、地球化学背景

依据1：5万化探异常(图 1-4)成果，结合延边地区各地质单元与 Au

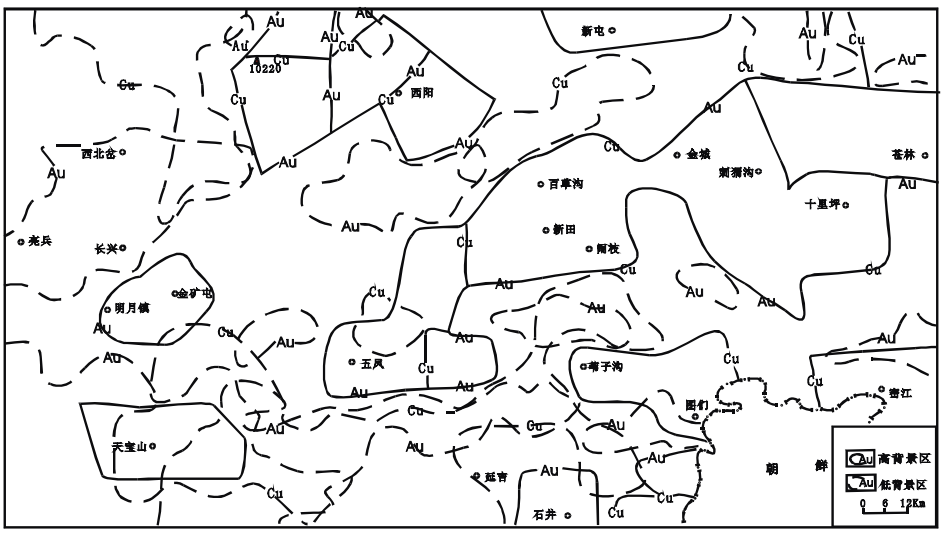


图 1-4　延边地区地球化学 Au、Cu 元素异常图（据吉林地矿局地质六所）

及其它元素组合特征可以看出：五道沟群 Au 异常元素组合以 Au、Cu、Mo、W、Bi 和 Au、Cu、Pb、Zn 为主，Au 元素浓集系数和变异系数均大于 1；二叠系以 Au 元素组合为主，Au 元素浓集系数大于 1，变异系数大于 0.5；侏罗系地球化学场较简单，以 Au、Cu 元素为主的简单场或叠加场，Au 元素浓集系数和变异系数均大于 1，异常元素组合以 Au、Cu、Pb、Zn、Ag、As、Hg、Sb 为主；海西期花岗岩 Au 异常元素组合以 Au、Cu、Mo、W、Bi 为主，浓集系数大于 1，变异系数大于 0.5；燕山期花岗岩 Au 元素组合以 Cu、Pb、Zn 和 Au、Cu、Mo、W、Bi 为主，浓集系数与变异系数接近 1。

区内成矿带处于 Au、Ag 及 Cu 的高背景场与低背景场相间排列的场区中(见图 1-4)，Au 及 Ag、As、Hg 等成矿元素变异系数较大，迁移活动性强。矿床多位于 Au-Ag-Cu-Sb-Hg-Mo 组合异常范围内，并与异常强度和规模成正比。Sb-Hg-As 为头晕组合，Au-Ag-Cu-Pb-Zn 为成矿晕组合，Cu-Mo-W 为尾晕组合。

宏观本区同生地球化学场，延边中部属于亲铁元素区，即与中部隆起区相当；北部、东部和南部属于亲石、碱土元素区，与坳陷区相当；西部属亲石、稀土分散元素区，与坳陷区相当。

第三节 晚侏罗—早白垩纪火山—次火山岩系

研究区内金苍—杜荒岭一带金沟岭组火山岩(K_1j)受控于东西向断裂带与北东和北西向断裂带的叠加交汇部位，属于闹枝—百草沟—金苍(复兴)东西向火山断陷盆地东缘部分。其中复兴金矿化点、九三沟金矿床、新沟—砂金沟金矿点、杜荒岭含铜金矿点等分布之中。可以看出区内成矿不仅与晚侏罗—早白垩纪 (140~127.8Ma，邹祖荣、周永昶等)火山岩在时、空上密切相关，而且在成因上也有密切关系，二者具有同源性。依据国际地科联，1989 年全球地层表 J_3 与 K_1 之间的划分方案(140Ma)，金沟岭—地荫沟(包括复兴)火山岩带属于早白垩世，总体构成了 J_3 -K_1 时期的陆相火山活动(图 1-5)。

火山岩—次火山岩产出基本特征是：①严格受基底断裂构造控制，尤其是不同断裂方向的交汇部位；②在活动方式上为中心式多旋回喷(爆)

发；③火山机构中心部位岩性岩相复杂，多以次火山杂岩组成；④在火山机构范围内，尤其是火山口附近，断裂破碎十分发育，多形成环状或放射状断裂，常控制着含金石英—方解石脉。

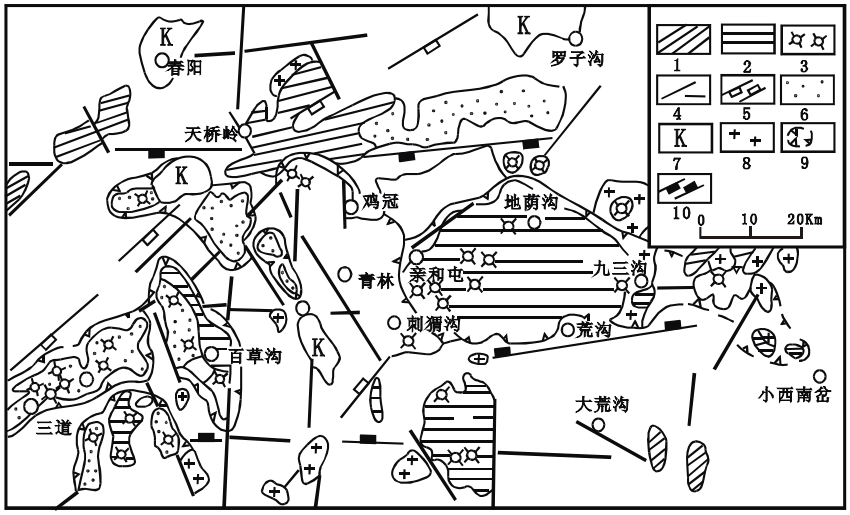


图 1-5 延边地区晚侏罗—早白垩火山岩带、火山盆地、火山口分布图

1.T_3 火山喷发堆积物 2.K_1j 火山喷发堆积物 3.火山口 4.断裂 5.J_3c 火山岩带 6.J_3c 火山喷发堆积物 7.K_1j 以后火山喷发堆积物 8.燕山期花岗岩 9. J_3c—K_1 火山盆地及编号 10. K_1j 火山岩带

（引孟庆丽 2001 修编）

一、火山—次火山岩岩石组合及类型

（一）岩石共生组合

依据延边地区侏罗系火山岩区实测剖面及吉林省区测队的划分方案(1980)，将研究区内金沟岭组(K_1j)火山岩划分为燕山早期火山喷发第三旋回，并在该旋回中又划分了四个岩性段。其岩石共生组合为：

第一段($K_1j_3^1$)：安山质集块岩—石英安山岩—安山质凝灰岩—无斑安山岩—辉石安山岩—安山质角砾岩；

第二段($K_1j_3^2$)：斜长安山岩—辉石安山岩—角闪安山岩—熔结火山碎屑岩；

第三段($K_1j_3^3$)：厚层状灰紫色安山岩；

第四段($K_1j_3^4$)：玄武安山岩—橄榄玄武安山岩—辉石安山岩。

（二）岩石类型特征

研究工作区金苍—杜荒岭一带主要出露第一段($K_1j_3^1$)的部分喷出相侵入浅成—超浅成相岩石类型及各种蚀变岩石。

1、喷出相安山岩

（1）紫苏辉石安山岩

仅见于杜荒岭矿区附近(DH-16-b_1)。

岩石为灰—深灰绿色，斑状结构，基质为玻晶交织结构，块状构造。斑晶含量 30%±，常见聚斑结构，主要由斜长石、紫苏辉石、普通角闪石组成。

斜长石：板状自形，聚片双晶发育，常见环带结构。表面弱土化和绢云母化，熔蚀结构和熔蚀麻点结构普遍发育，“麻点”一般顺解理方向分布。⊥a 切面测(010)ˆNP ´ =23° ，An=35 为中长石。粒径一般 0.8~1.2mm，少数为 0.4~0.7mm 或 0.2~0.4mm。少数斜长石发育有自碎裂纹，其中被熔浆(基质)充填，斜长石占斑晶总量的 65%。

紫苏辉石：淡红—淡绿色，柱状，解理见横裂纹。一级紫红干涉色，平行消光为主，正延性。粒径较细，多为 0.2~0.3mm。晶体中常分布有细粒磁铁矿，并常见聚斑结构，含量占 10%。

普通角闪石：深绿褐—浅黄色，明显多色性。长柱状，两组斜交解理清楚。晶体大小一般为 0.4~0.6mm，大者 1~1.5mm，可见颜色环带(中间浅)及简单双晶，含量占 25%。

各种斑晶的细粒晶体(0.15~0.2mm)常聚集产出，其中还可见较多磁铁矿微晶。紫苏辉石和斜长石还见有文象交生特点。

（2）安山岩—安山质熔岩

分布于九三沟及新沟矿区附近。

岩石深灰色，无斑或少斑结构，主要由玻璃质和细小毛发状斜长石等组成，块状构造。基质为玻晶交织结构，半玻璃质结构等。镜下斑晶含量小于 5%，大小在 1mm±。

斜长石：板柱状，表面不干净，测(010)ˆNP ´ =22° ，An=31 为中长石。绢云母化及碳酸盐化较发育。

普通角闪石：极少，只见不清楚轮廓，几乎全被绿泥石和碳酸盐交代。

基质由大多数定向分布的细小中长石和玻璃质组成，玻璃质已脱玻

化。其中还可见少量磁铁矿。

（3）斜长安山岩

以带有紫色调为特征，主要见于复兴村西冲沟中。

岩石多为灰—灰紫色，斑状结构，基质为交织结构、玻晶交织结构，块状构造。斑晶含量约占 20~25%，主要由斜长石及少量角闪石组成。

斜长石：板柱状自形晶，常见环带结构。部分斑晶具轻微绢云母化和钠长石化。An=30~35 为中长石。粒径为 1~3mm，占斑晶总量的 95%。

普通角闪石：长柱状，多色性明显。晶体大小为 1~1.5mm，测 C^NP´=17°。暗化边普遍发育，并又被绿泥石交代。含量<5%。

基质由微晶斜长石(中长石)和其间分布的绿泥石、玻璃质、铁质等组成。其中还可见少量磁铁矿。

（4）安山质角砾熔岩—熔角砾岩

仅见于九三沟、新沟矿区附近及外围零星出现。

按照火山碎屑岩的分类与命名(刘宝君，1980)原则，根据研究区内火山岩中火山碎屑物的含量，在 10~15%时，称其为熔角砾岩，当角砾含量>90%时，则称其为角砾岩[14]。并在上述名称前冠以安山质或流纹质等。

九三沟及新沟矿区附近见有的火山碎屑岩类岩石，主要为安山质含角砾—角砾熔岩，其角砾含量约在 20~40%±，粒径基本在 2~5mm，由安山质岩浆胶结，并多见硅化、碳酸盐化和绿泥石化蚀变。

2、次火山岩相闪长(玢)岩类

（1）细粒石英闪长岩

为矿体和矿化带主要直接围岩，分布在九三沟、杜荒岭、砂金沟火山机构近中心部位(S1-1-b_1，图版Ⅰ-1；DH-2-b_1，图版Ⅰ-2)。

岩石灰色，细粒不等粒半自形粒状结构，块状构造。主要矿物成分为斜长石、黑云母、普通角闪石和石英，副矿物有磁铁矿、榍石、锆石。

斜长石：无色，半自形板状，解理与裂纹发育，常见聚片双晶和环带结构。颗粒表面见绢云母化和土化，尤其沿解理和裂纹中更为明显，有时常见较窄的净边结构。⊥a 切面测(010)^NP´=16°，An=33 为中长石。粒径大小不等，从 0.2~1.5mm，一般为 0.4~0.6mm,含量占 55%。

黑云母：半自形片状，大部分退色成浅褐黄色或全部变为绿泥石和少量绿帘石。绿泥石呈片状、淡绿色，异常蓝干涉色；绿帘石呈粒柱状、淡

绿黄色，突起高，彩色干涉色。沿黑云母解理有磁铁矿、铁质及榍石的析出和分布。黑云母大多为 0.4~0.6mm，含量约占 15%。

普通角闪石：长柱状，有时见两组斜交解理。褐绿色—浅黄白色，二级干涉色，斜消光且消光角小。大多角闪石已变为黑云母(保留原假象)和绿泥石，其中含少量磁铁矿。角闪石粒径为 0.6~0.8mm，含量占 15%。

石英：它形粒状，无色透明，可见有裂纹。多分布于斜长石粒间，常见交代斜长石，并在石英中见斜长石残留。石英粒径一般为 0.2~0.3mm，含量占 5~10%。

副矿物榍石含量极少，呈细小粒状分布于暗色矿物附近，并偶见锆石。磁铁矿分布于暗色矿物中，部分变为褐铁矿。

（2）石英闪长玢岩(闪长玢岩)

该岩石类型在九三沟、新沟、杜荒岭矿区中都有出露，构成矿(化)体的直接围岩并与成矿关系密切(J-1-6-b_1；DH-4-b_1，图版Ⅰ-3；S4-4，图版Ⅰ-4)。

岩石蚀变较强，呈灰—深灰色—浅黄绿色，强硅化蚀变时呈白色。斑状结构、变余斑状结构、变余显微晶质结构，块状构造。组成斑晶矿物主要为斜长石、普通角闪石、黑云母，石英只在基质中出现与斜长石微晶有时构成显微晶质结构。斑晶含量为 25~50%，其中：

斜长石：无色，绢云母化、土化发育，局部地段斜长石全部变为绢云母，只保留假象。板状自形—半自形晶，裂纹、解理发育，常见聚片双晶与环带结构，有时见聚斑结构。粒径一般为 1~1.5mm,大者 1.5~2.4mm，小者 0.4~0.8mm。斜长石占斑晶总量 75~90%。

普通角闪石：柱状，绿—浅黄绿色，多色性明显，解理完全。呈二级干涉色、斜消光，且消光角不大，有时见简单双晶。沿解理常有褐色黑云母或黄钾铁矾替代(后者褐色，鳞片状、干涉色高，也可能为绿高岭石)。角闪石粒径 0.6~0.8mm，占斑晶含量的 15%±。

黑云母：基本上全部退色成浅褐色或无色，多色性已不明显。解理完全但局部地方解理发生弯曲，沿解理和边缘有磁铁矿和褐色铁质分布，有时全部变为黄褐色黄钾铁矾集合体，保留假象；有些地段部分被绢云母集合体交代。黑云母大小一般为 0.15~0.6mm，最大 0.8mm，含量占斑晶的

5~10%。

基质为显微晶质、交织结构，由斜长石、石英和少量黑云母微晶组成。部分地段由于绢云母化较强，矿物间边界模糊。粒径一般为 0.1~0.15mm。

（3）斜长花岗斑岩

该岩石类型只在九三沟矿区及其东部新沟矿化点和杜荒岭矿区出露。其中在九三沟矿区呈脉状侵入于石英闪长玢岩中，并穿切金铜矿体(J-4-b_1，图版Ⅰ-5；J-1-2-b_1，图版Ⅰ-6；DH-14-b_1，图版Ⅰ-7)。

岩石均呈浅灰色，蚀变较强并以绢云母化和碳酸盐化为主。斑状结构，基质为隐晶质—显微晶质及玻晶交织结构，块状构造。组成斑晶矿物主要为斜长石、石英、黑云母及很少量角闪石，斑晶含量 15~45%，其中：

斜长石：板状自形—半自形晶，可见聚片双晶。具较强的绢云母化和碳酸盐化，边界有些不清，在碳酸盐化强的晶体边部常有褐铁矿环绕。有些斜长石全部变为绢云母和碳酸盐矿物(无色—灰白色，闪突起明显，可能为方解石)，但仍保留板状假象，解理及裂纹有时隐约可见。粒径 0.6~1.2mm,含量占斑晶的 70~80%。

石英：无色透明，不规则粒状—圆状。具熔蚀和熔蚀港湾结构，少量见自碎结构(破碎的几个部分同时消光)。有些石英中见一些小包裹体和裂纹，边部有褐铁矿染。粒径大多为 0.3~0.8mm，占斑晶的 10~15%。

黑云母：全部变为绢云母和绿泥石，或绢云母的集合体，或碳酸盐矿物，但仍保留假象，沿解理有较多的铁质分布可以显示出其轮廓。大小为 0.4~0.8mm，占斑晶的 5~10%。

角闪石：极少，只见长柱状假象和断面六边形，蚀变强烈并分布较多铁质。

基质由较多的斜长石微晶和较少的石英微粒组成显微晶质结构为主，具明显的绢云母化和碳酸盐化，粒径 0.02~0.04mm。基质中还含有少量磁铁矿、黄铁矿。在杜荒岭矿区该类岩石基质中还可见到极少量的碱长石和副矿物电气石。

（4）花岗闪长斑岩

仅见于红光屯南河谷矿井废渣堆中。其中可见有浸染状和细脉状黄铁矿穿抻，并有时与黄铜矿、方铅矿伴生(HG-3-b_1)。

岩石呈深灰色，斑状结构，具中等—弱蚀变。基质为显微晶质结构，块状构造。组成斑晶矿物为斜长石、石英、碱长石、角闪石和黑云母，含量约为 50%。其中：

斜长石：无色，板状自形，弱绢云母化和土化。常见有熔蚀、环带和净边结构。粒径一般为 0.8~1.2mm，占斑晶总量的 60%。

石英：粒状，无色透明，常见有裂纹，具熔蚀和熔蚀港湾结构。粒径大多 0.4~0.6mm，大者 1.8mm，占斑晶的 10%。

碱长石：板状半自形，多呈土灰色(土化较强)，但隐约可见条纹长石结构，并可见熔蚀结构。粒径一般为 0.4~0.6mm 之间，含量占 5~10%。

角闪石：全部蚀变为绿泥石和绿帘石，但保留了柱状假象和有时见到断面六边形的菱形，其中伴有较多的磁铁矿分布。粒径大多为 0.8~1.2mm，少数为 0.4~0.6mm。含量占 10~15%。

黑云母：部分绿泥石化，有些全部变为绿泥石并保留假象。沿黑云母解理有少量细小磁铁矿分布。黑云母大小多在 0.6~1mm 之间，少量为 0.2~0.4mm。占斑晶含量的 10%。

基质由斜长石、石英及少量已变为绿泥石、绿帘石的黑云母、角闪石微晶组成，粒径为 0.05~0.1mm。

除上述次火山岩相闪长(玢)岩类，研究区还见有后期花岗岩类(体)，及对应喷出相第四岩性段($K_1j_3^4$)后期活动的辉绿玢岩超浅成侵入体。

（5）花岗斑岩

仅见于复兴村南河谷两侧，呈岩株状侵入于细粒石英闪长岩中(Fx-2-b_1，图版Ⅰ-8)。

岩石呈灰色，斑状—多斑结构，基质为显微晶质结构。斑晶主要为斜长石、普通角闪石、黑云母、石英，并以粗大斜长石为该岩性特征。斑晶总量约为 50%。其中：

斜长石：板状自形，部分呈棱角状，常见环带结构并具熔蚀结构。沿解理和裂纹见较明显的绢云母化和土化。粒径一般在 1.2~2mm，大者达 5mm。含量占斑晶总量的 60%。

石英：圆状，熔蚀和熔蚀港湾结构发育，并可见黑云母穿抻其中。粒径一般在 0.8~1.2mm，大者可达 1.8mm。含量占 20%。

黑云母：片状，深褐—浅黄白色，少量黑云母发生退色和绿泥石化。

沿解理有时见有石英分布并撑开解理，有时可见解理弯曲现象。黑云母大小一般为 0.8~1.2mm。大者可达 1.5mm。含量占斑晶的 10%。

基质由斜长石、碱长石、少量石英、黑云母和角闪石微晶组成，其中斜长石中常分布有较多的碱长石，但边界模糊。粒径多为 0.1~0.15mm。

（6）辉绿玢岩

分布于复兴村西侧，呈小岩枝状侵入于斜长安山岩中(Fx-1-b_1, 图版Ⅰ-9)。

岩石为青灰色，较新鲜。斑状结构—多斑结构，基质具嵌晶含长结构、辉绿结构。斑晶含量可达 50%，主要由斜长石和少量辉石、角闪石组成。

斜长石：板状自形，在边部或沿解理有时见较弱的绢云母化和土化，可见环带结构。在卡—钠双晶上测(010)^NP′，其小角为 18°，大角为 33°，An=61 属拉长石；选另一⊥a 切面颗粒，测(010)^NP′=32°，An=60 亦属拉长石。斜长石粒径一般在 0.8~1.2mm，大者可达 1.9~2.5mm。含量占斑晶总量的 75%。

辉石：全部变为皂石(褐绿色、鳞片状、干涉色高)，但保留其柱状假象，其原解理、裂纹亦较清楚。粒径多为 0.6~1mm，含量占 15~20%。

角闪石：柱状，全部变为绿泥石，自身的干涉色还可见到。沿解理缝有磁铁矿分布。粒径多为 0.6mm，含量占 5~10%。

基质中斜长石微晶(0.2mm)杂乱分布，有时嵌于辉石中形成嵌晶含长结构，有时其粒间分布有角闪石或辉石小晶体构成辉绿结构。角闪石与辉石分别多已绿泥石化和皂石化。基质中还含有较多的细小磁铁矿(0.05~0.1mm)。

3、蚀变岩类

（1）黄铁绢英岩

该岩石类型在九三沟、砂金沟以东、杜荒岭矿区均有出露，尤以九三沟矿区中最为发育，原岩为石英闪长岩或闪长玢岩，构成了矿体或矿化体的直接围岩。当其中金属硫化物含量较多时，则直接构成矿体或矿化体的特殊岩石(J-1-3-b_1；J-1-9-b_1；J-5-b_1；J-6-b_1；DH-7-b_1, 图版Ⅰ-10；S_4-b_1，图版Ⅰ-11；S_4-2-b_1)。

岩石灰色—灰白色，当含有其他蚀变矿物时颜色复杂。变余斑状结构

—斑状变晶结构—鳞片粒状变晶结构，基质多具鳞片粒状变晶结构；块状构造。组成斑晶矿物主要为斜长石、绢云母、石英、黄铁矿。

斜长石：全部变为绢云母，大多数晶形已模糊不清，只有少量可见板柱状晶形但边界已不整齐。粒径在 0.4~0.6mm，含量归入绢云母中。

绢云母：细鳞片状，二级—二级末干涉色。大多分布于石英颗粒间，有时相对集中，并见有交代斜长石假象，或与绿泥石等矿物一起产出，有时分布于黄铁矿周围。含量占 40%左右。

石英：细微粒状，少量为隐晶质(玉髓)。有时相对集中，部分与长石构成变余显微晶质结构，或与绢云母组成鳞片粒状变晶结构。粒径 0.02~0.04mm，含量占 45%左右。薄片中石英大多数应为硅化产物，少量大颗粒(0.1~0.2mm)呈脉状充填，并与黄铁矿相伴。

黄铁矿：金色、反射光呈黄白色，方形，有时呈长条状(六面体或脉体)。晶体中见一些绢云母包裹物，粒径 0.2~0.4mm。呈微粒状(0.03mm 左右)黄铁矿多分散分布于整个岩石中，较大颗粒者有时略集中分布。含量约占 15%左右。

岩石中有时见有微细脉状黄铁矿(J-1-9- b_1)和土褐色碳酸盐矿物充填。

在上述黄铁绢英岩中有时还可见有黄钾铁矾，如杜荒岭 DH-3-b_1,图版Ⅰ-12 ，构成黄钾铁矾绢英岩。黄钾铁矾：呈黄褐色，鳞片状或纤状、束状，集合体有时呈放射状聚集产生，有些部位与绢云母相伴并显示原矿物的板、柱状晶形。在九三沟矿区的矿石中，其黄铁绢英岩(J-1-4- b_1，图版Ⅰ-13)中还含有一定量的电气石及绿纤石，构成含电气石绿纤黄铁绢英岩。电气石：柱状，深蓝—浅黄色或为深褐—浅黄白色，常见柱面横纹并聚集产生。粒径在 0.1~0.16mm，含量 5%左右；绿纤石：纤状，常呈束状、放射状集合体。土褐色或淡蓝绿色，二级干涉色，高突起，多聚集分布于绢云母中，有时呈分散状，有时则呈近长石的轮廓，但边界不清楚。含量多为 10~15%。

（2）交代石英岩

该岩石类型以绢云绿泥交代石英岩为代表，原岩主要为石英闪长岩。主要集中在杜荒岭矿区，当含有一定量黄铁矿和硫化物并具有角砾状构造时，多构成为矿体或矿化体的特殊岩石(DH-5- b_1，图版Ⅰ-14；DH-8- b_1，图版Ⅰ-15；DH-9- b_1，图版Ⅰ-16；DH-10- b_1)。

岩石发生强蚀变，以灰色为主，个别地段呈暗绿色。鳞片粒状变晶结构，块状构造。以硅化(石英)、绢云母化(绢云母)、绿泥石化(绿泥石)为岩石主要特征。其中：

石英：无色，常包有绢云母鳞片残留，并可见有交代绢云母化的斜长石现象。边部不整齐，石英间多为齿状或弯曲镶嵌变晶，常见波状消光变形带。边部常被绿泥石和针状黄铁矿、脉状黄铁矿穿抻(构成黄铁绢云绿泥交代石英岩)。石英亚颗粒大多为 0.4~0.6mm，含量占 40~50%。

绢云母：鳞片状，常在石英中残留，或集中沿石英粒间分布。有时分布呈板状长石假象，含量占 10~20%，

绿泥石：纤状、细鳞片状或球粒状，常呈束状和放射状集合体。沿石英粒间分布，其集合体常呈云母或角闪石假象或与退色黑云母一起沿裂隙产出。含量占 20~30%。交代石英岩中除绢云母与绿泥石矿物外，在裂隙中有时还可见褐铁矿、黄钾铁矾等充填。

部分交代石英岩(DH-5- b_1，图版Ⅰ-14)中发育大量绿纤石，取代绿泥石，构成绢云绿纤交代石英岩。

（3）含电气石黄铁矿石英(脉)岩

为交代石英岩中的一种岩石类型。见于红光屯南竖井中(HG-1)。

岩石几乎全部由石英组成(90%左右)，含少量电气石、黄铁矿、金红石和锆石(10%)，并以前两者为主。石英中含有包裹体，呈亚颗粒，见波状消光变形带。在低倍镜下(HG-1)可观察到三个带，反映出多次熔液与应力作用活动。第一带：石英粒径以 0.6~1mm 为主，彼此间平直镶嵌接触；第二带：石英呈长条状，常见柱面，并在柱面上见“X”型分布，属受应力重结晶作用形成,带中裂隙发育，裂隙附近石英破碎成碎粒状，碎粉状，粒径 0.4mm 为主，彼此间弯曲镶嵌；第三带：石英呈它形，并多呈椭圆状，粒径 0.8~1.2mm，彼此间齿状镶嵌。

二、火山—次火山岩系列及地球化学特征

对于区域上 J_3-K_1 火山—次火山岩系列的属性问题前人曾做了较多的研究，均认为属钙碱性火山岩系列，其形成与太平洋板块俯冲有关。近些年来，随着对钙碱性火山岩系列研究的不断深入，逐渐认为钙碱性火山岩系列是一个成分变化范围比较广、成因和构造环境复杂多样的岩石系列。因此对钙碱性火山岩系进一步研究划分，确定火山岩系列以及对其岩石地

球化学特征研究都具有重要意义。

（一）火山—次火山岩系列与构造岩浆类型

1、火山—次火山岩系列的确定

区域上火山—次火山岩系列从 TAS 分类图解中(图 1-6)可以看出，以玄武安山岩、英安岩组合为主，但也有一定数量的玄武粗安岩、粗安岩、粗面岩组合，既含有钙碱性系列，又含有碱性系列。为统一岩石系列，我们将 J_3-K_1 火山—次火山岩系列称偏碱性的钙碱性系列。在钾质分类图上(图 1-7)表现为高钾—中钾岩系的特点，从而确定了岩石系列为富钾钙碱性火山岩系列。

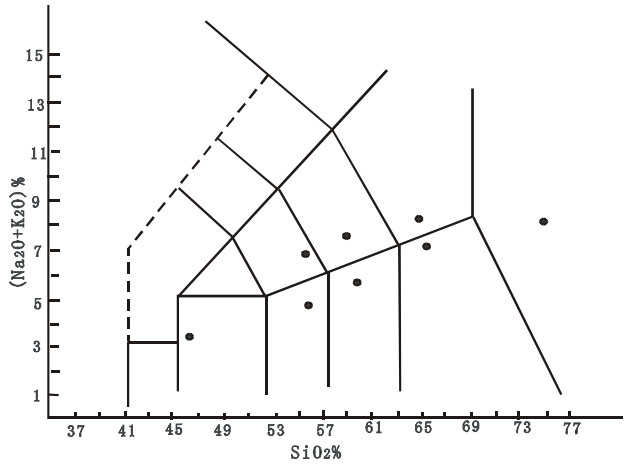


图 1-6　延边地区 J_3-K_1 火山岩 TAS 分类图
(引孟庆丽等并修改)

2、构造岩浆类型

火山—次火山岩系列的形成与一定的构造环境有关。百草沟—小西南岔火山岩系与典型构造环境下火山岩系对比发现，它不同于大陆裂谷型和岛弧型以及安第斯型，而与我国东南沿海中生代火山—侵入杂岩的总体特征与形成环境及大兴安岭地区火山岩形成环境一致。即岩石组合为玄武安山岩—安山岩—英安岩—流纹岩，粗安岩—粗面英安岩—流纹岩(本研究区以安山岩、英安岩为主)；富碱钙碱性系列，相对富钾、钛、贫镁，SiO_2 较低；稀土总量高，弱负铕异常等特征。

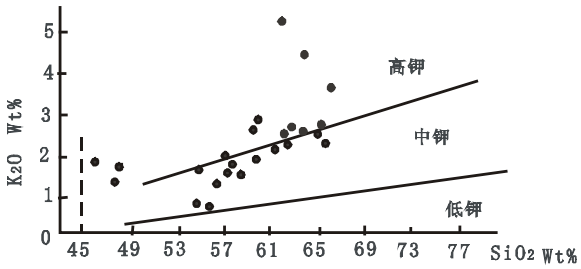


图 1-7　J_3-K_1 火山岩钾质分类图

陶奎元(1993)对东南沿海中生代火山—次火山岩研究认为，160~126Ma 高钾钙碱性英安岩—流纹岩(少量安山岩)的形成与剪切—拉

张环境有关。分析其原因是在走滑—拉分引张环境下，造成半开放系统，在失水熔融中形成火山岩浆，由钙碱性—碱性发展，富碱、相对富钾，出现粗安岩类。实验岩石学获得和证明了花岗闪长岩失水熔融即可形成粗安岩类过渡的熔融系列。为此，可将本区火山岩浆作用类型称为大陆边缘走滑剪切型。

（二）火山岩系地球化学特征

1、岩石化学特征

从图 1-6、1-7 可以看出延边中东部 J_3-K_1 火山—次火山岩为一套富钾钙碱性火山岩系列。研究区复兴—杜荒岭一带，则位于延边中东部火山岩区的东部边缘，即汪清—金苍构造火山断陷带东部，次级相对隆起区。

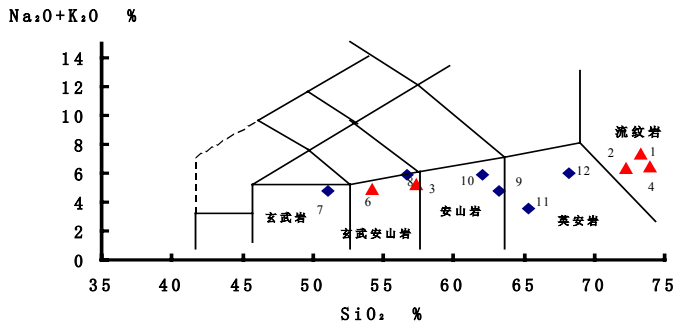


图 1-8　TAS 分类图

依据研究区岩石化学测试，将样品分析数据(表 1-3)投点于 TAS 图解中(图 1-8)，可见大部分点较均匀地落于英安岩、安山岩和玄武安山岩区，属于钙碱性岩石系列，并以中性—中酸性成分为主。

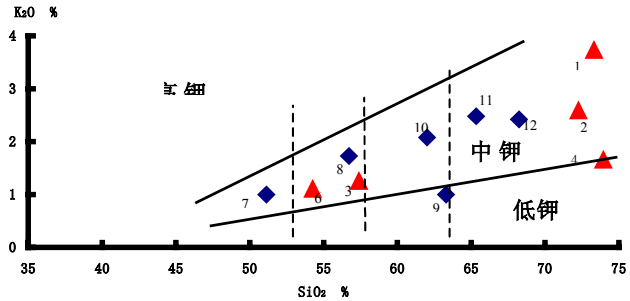


图 1-9　钾质分类图

在钾质分类图中(图 1-9)，大部分点落于中钾区。碱质(K_2O+Na_2O)大多数大于 5，富碱、相对富钾，亦属偏碱性钙碱性火山岩系列。与区域 J_3-K_1 火山—次火山岩对比，区域上经 27 个样品统计，碱质含量平均为 6.48%(贾大成，2000)；研究区岩系碱质含量低(平均 5.54%)、钾质低，表明 J_3-K_1 火山—次火山岩系自西向东在化学成分上由富碱、高钾向弱碱中钾钙碱性

岩石系列过渡。

从哈克变异图(图 1-10)可以看出，TiO_2、CaO、MnO、Al_2O_3、MgO 随 SiO_2 升高而减少，而 Na_2O、K_2O 则随 SiO_2 升高而增加。氧化物成分具有较强的线性关系，说明岩浆演化具有从中性向中酸性连续过渡的特点。

2、稀土元素地球化学特征

研究区以次火山岩为主的稀土元素含量(表 1-4)表现为：稀土总量变化范围为 272.75~282.17×10^{-6}, 平均为 277.22×10^{-6}，高于区域 J_3-K_1 火山—次火山岩丰度(ΣREE 169.71~185.52×10^{-6})；La/Yb_N 比值变化在 16.09~43.35 之间，平均 28.56，也较明显大于区域 J_3-K_1 火山—次火山岩(13.34~16.97)。说明次火山成岩母岩浆与区域晚侏罗至早白垩火山岩系不是同一岩浆房结晶分异的产物。但稀土分配模式曲线(图 1-11)与西部区域 J_3-K_1 火山—次火山岩稀土分配模式曲线(图 1-12)极为相似，反映具有同源、同成分、同演化的特征，具成因上的一致性。分配模式曲线显示弱负铕异常，重稀土元素亏损， Sm/Nd 比值较大，平均为 0.25，表明火山—次火山岩浆来源于深部上地幔。

3、微量元素特征

研究区依据次火山岩石类型可划分为两个岩石系列，即闪长(玢)质岩石系列及花岗(斑)质岩石系列(表 1-5)。不同的岩石系列反映出与不同的元素组合具有一定的相关性。

Taylor(1978)对岩浆微量元素研究结果认为，在岩浆分离结晶过程中，Ni 和 Co 元素能较好地从熔体中析出进入结晶相，Co 则相对富集在残余相中。因此，在两个岩系中用 Co(作横坐标)元素分别与亲硫元素进行了相关关系分析(图 1-13；1-14；1-15)。

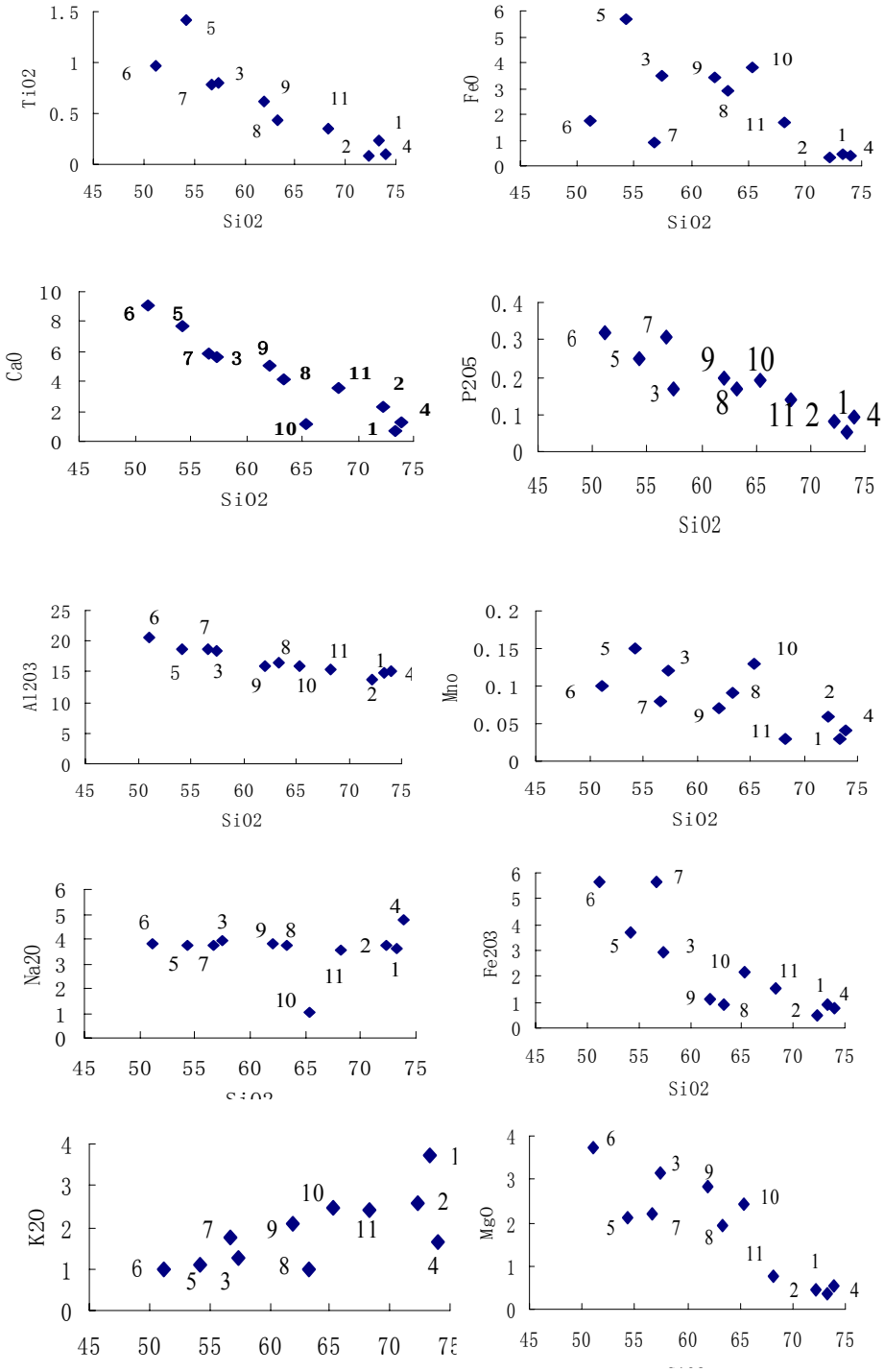


图 1-10 研究区（K1j）火山—次火山岩哈克变异

表 1-3　　中生代火山—次火山岩岩石化学成分表

地区	编号	岩石名称	氧化物含量　%												δ
			SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O^+	
DH-13	1	二长花岗岩	73.32	0.24	14.76	0.94	0.47	0.03	0.34	0.72	7.32	3.73	0.05	0.03	1.77
DH-14	2	英安岩	72.26	0.09	13.73	0.48	0.33	0.06	0.44	2.26	6.34	2.58	0.08	0.12	1.37
FX-1	3	辉绿玢岩	57.40	0.80	18.28	2.93	3.48	0.12	3.16	5.60	5.20	1.25	0.17	0.14	1.88
S_1-1	4	石英闪长玢岩	73.94	0.10	14.99	0.78	0.40	0.04	0.53	1.23	6.45	1.65	0.09	0.07	1.02
新沟◆	5	闪长岩	54.26	1.41	18.7	3.72	5.65	0.15	2.13	7.71	4.85	1.10	0.25		2.09
九三沟◆	6	安山岩	51.12	0.96	20.61	5.64	1.76	0.10	3.74	9.05	4.78	1.00	0.32	1.57	2.81
	7	凝灰岩	56.71	0.78	18.78	5.64	0.91	0.08	2.22	5.86	5.49	1.73	0.31	2.80	2.20
	8	闪长玢岩	63.30	0.44	16.36	0.94	2.91	0.09	1.92	4.13	4.75	1.00	0.17	3.14	1.11
	9	花岗闪长玢岩	62.00	0.61	15.98	1.12	3.45	0.07	2.81	5.02	5.86	2.08	0.20	1.74	1.81
杜荒岭◆	10	次安山岩	65.43		15.95	2.17	3.83	0.13	2.42	1.15	3.54	2.48	0.19		0.56
	11	花岗闪长斑岩	68.23	0.35	15.43	1.51	1.66	0.03	0.78	3.52	5.96	2.42	0.14		1.41

注：“◆”为收集数据

表 1-4　　研究区 J_3-K_1 次火山杂岩稀土元素含量表

编号	分析编号	稀土元素															特征参数			
		La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	LaN/YbN	CeN/YbN	&Eu
1	DH-13	82.1	98	15.5	44.5	8.75	0.78	1.08	0.65	2.56	0.56	1.73	0.32	2.12	0.26	18	276.91	1.729	4.466	0.322
	球粒陨石标准化	217.2	100.4	112.3	62.2	38	9	3.5	11.4	6.6	6.5	6.8	8	9.7	6.7	9.2		22.392	10.351	0.434
2	DH-14	81.3	110	12.68	40.8	11.3	1.41	1.99	0.74	2.3	0.48	1.5	0.22	1.46	0.17	14.7	281.05	1.734	4.479	0.32
	球粒陨石标准化	215.1	112.7	91.9	57	49.1	16.3	6.4	13	5.9	5.5	5.9	5.5	6.7	4.4	7.5		32.104	16.821	0.587
3	FX-1	74.2	109	9.4	34.9	11.35	0.82	2.15	0.83	2.14	0.47	2.07	0.09	2.67	046	22.2	272.75	1.727	4.459	0.319
	球粒陨石标准化	196.3	111.7	68.1	48.7	49.3	9.5	6.9	14.6	5.5	5.4	8.1	2.3	12.2	11.9	11.3		16.09	9.156	0.338
4	S1	77.4	108	16.4	42.2	11.6	0.9	2.56	0.79	2.39	0.63	1.78	0.17	1.55	0.2	15.6	282.17	1.731	4.473	0.319
	球粒陨石标准化	204.8	110.6	118.8	58.9	50.4	10.4	8.2	13.9	6.1	7.3	7	4.3	7.1	5.2	8		28.845	15.577	0.355
5	J-1-3	80.3	102	13	46.9	8.1	0.98	1.85	0.62	1.99	0.31	2.5	0.12	1.08	0.3	13.2	273.25	1.715	4.428	0.319
	球粒陨石标准化	212.4	104.5	94.2	65.5	35.2	11.3	5.9	10.9	5.1	3.6	9.8	3	4.9	7.8	6.7		43.347	21.327	0.55
	球粒陨石	0.378	0.976	0.138	0.716	0.23	0.0866	0.311	0.0568	0.39	0.0868	0.255	0.0399	0.219	0.0387	1.96				

表 1-5　　研究区 J_3-k_1j 次火山岩微量元素表

编号	分析编号	岩（矿）石名称	ω(B)/10^{-6}									
			Au	Zr	Ag	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	As	Ni/Co
1	DH-1	蚀变石英闪长岩	2.525	205	2.35	86.0	54.0	120.0	15.5	20.5	5.4	1.32
2	DH-2	石英闪长岩	0.390	212	1.30	150.0	32.0	90.0	18.0	21.0	4.9	1.17
3	DH-4	闪长玢岩	0.183	190	0.37	41.0	25.0	60.0	13.5	7.2	3.5	0.53
4	DH-5	交代石英岩	0.140	239	0.58	235.0	25.0	185.0	17.0	41.0	4.9	2.41
5	DH-12	花岗闪长岩	0.330	251	0.56	260.0	21.0	60.0	18.5	15.0	5.4	0.81
6	J-1-2	蚀变斜长花岗斑岩	0.280	228	6.50	30.0	32.0	48.0	13.5	10.0	2444.0	0.74
7	J-3	蚀变闪长玢岩	0.500	248	2.50	18.0	23.0	33.0	11.0	11.0	163.5	1
8	J-4	蚀变斜长花岗斑岩	0.215	179	1.30	50.0	270.	230.0	17.0	32.0	78.4	1.88
9	J-7	蚀变斜长花岗斑岩	7.070	193	3.70	400.0	49.0	120.0	16.5	15.0	269.3	0.91
10	S4-1	蚀变石英闪长玢岩	0.100	88.5	0.23	8.2	54.0	54.0	9.6	1.8	3.5	0.19
11	J-1-3	黄铁绢英岩	2.220	146	19.04	3016.5	96.0	80.0	24.0	13.0	11220	0.54
12	J-ZK_4-1	铅锌矿化蚀变岩	0.089		20	300			20	50	250	2.5
13	J-ZK_{13}	金、铅矿体	0.333		20	100	30	100	20	20	600	1
14	J_3-K_1	闪长玢岩	0.158		0.163	37.71	31.4	42.21	9.34	2.67	0.72	1.36
维氏值（1962）		中性岩			0.07	35	15	72	10	55	2.4	5.5
		酸性岩	0.0045		0.05	20	20	60	5	8	1.5	1.6

在闪长质岩石系列中(图 1-13)可以看出，Co 与 Au、Ag、As、Pb 元素呈弱正相关关系，而 Co 与 Ni、Zr、Cu、Zn 呈明显正相关关系，表明两组中成矿元素不属于同一个成矿阶段生成；在矿石中 Co 与亲硫元素相关关系图(图 1-14)中看出，Co 与 Au、Ag、Pb、As 元素呈弱正相关关系，与闪长质岩石特征一致，而 Cl 与 Cu、Zn 元素呈明显负相关，更加表明 Au、Ag 包括 Pb 成矿元素与 Cu、Zn 成矿元素不是同一成矿阶段的产物；

在花岗质岩石中(图 1-15)，Co 与 Au、Ag、As 元素呈明显负相关，元素相关关系与闪长质岩石相反，而 Co 与 Cu、Pb、Zn 成矿元素呈明显正相关，表明成矿元素 Cu、Pb、Zn 与花岗质(斜长花岗斑岩)岩石关系密切。

同时应用 R—型聚类分析对微量元素进行分析，做得元素谱系图（图 16)。从上述微量元素特征可以看出，Au、Ag 元素成矿与闪长质岩石具有一定的成生联系，而 Cu、Pb、Zn 元素成矿则与酸性花岗斑岩有关，即随着岩浆向酸性演化，成矿由贵金属向多金属矿化转变，并在同一次火山岩的构造空间发生矿化叠加。

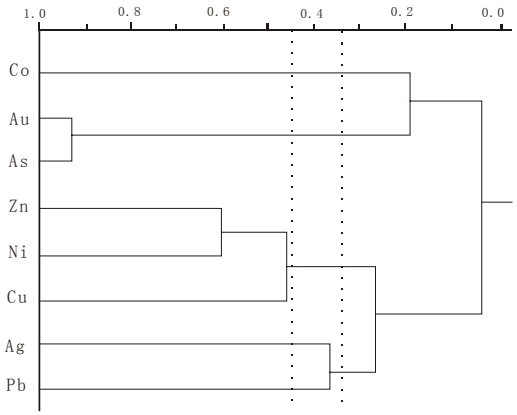


图 16　元素相关谱系图

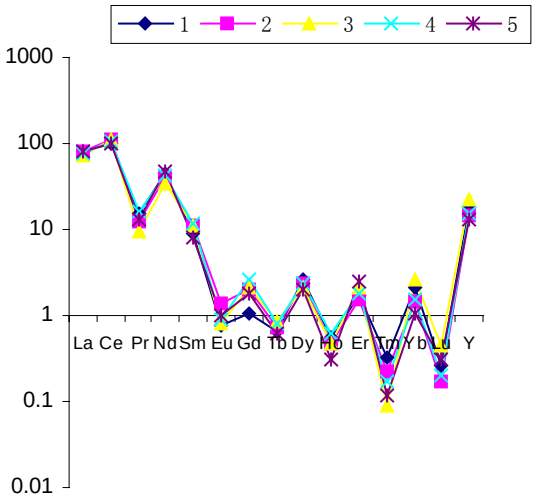


图 1-11 研究区 K_1j 次火山岩 REE 模式图

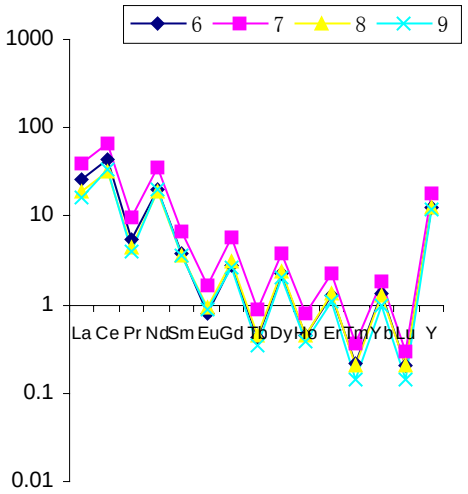


图 1-12　区域 J_3—K_1j 次火山岩 REE 模式图

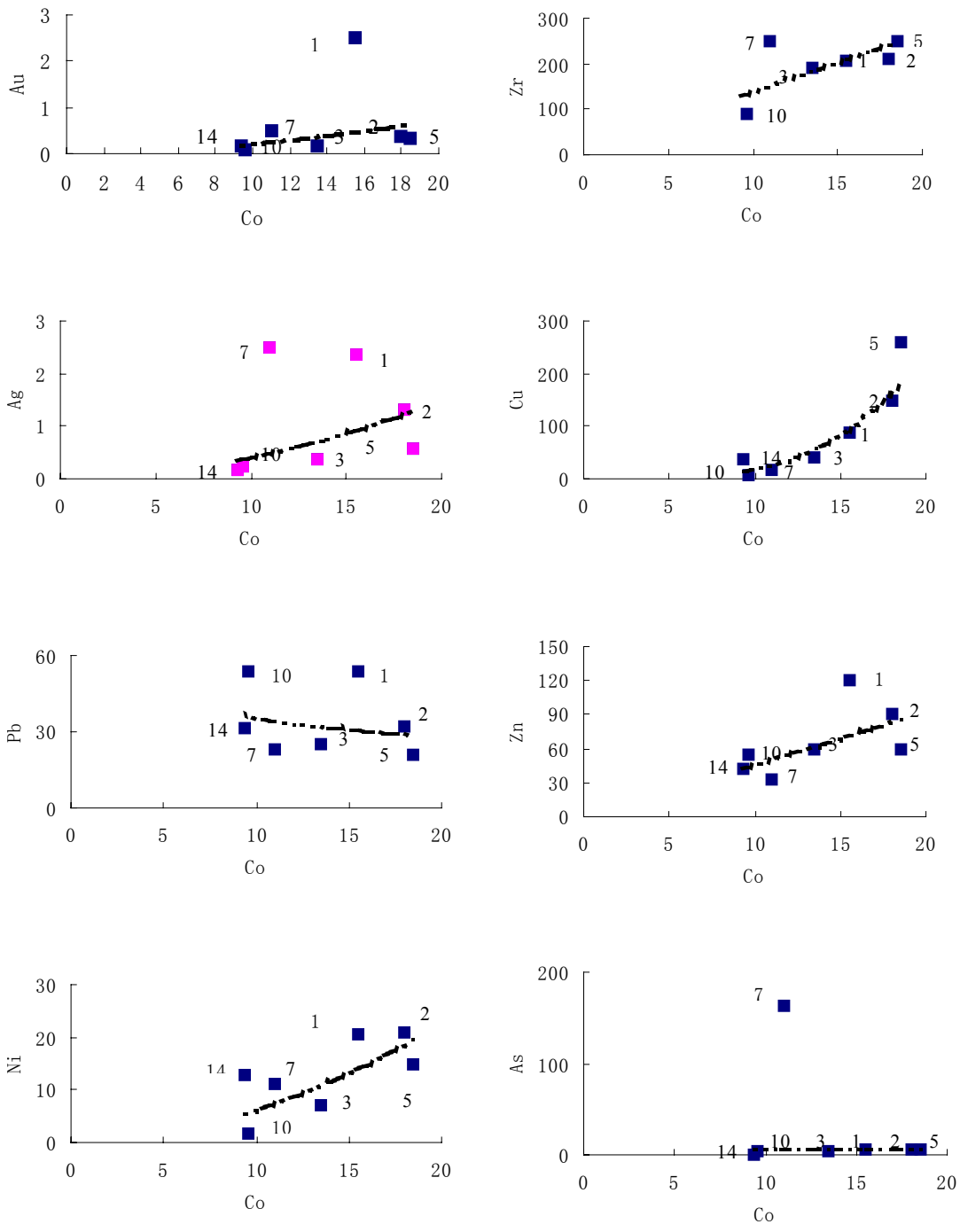


图 1-13　研究区次火山岩(闪长质岩石)Co 与亲硫元素相关关系图

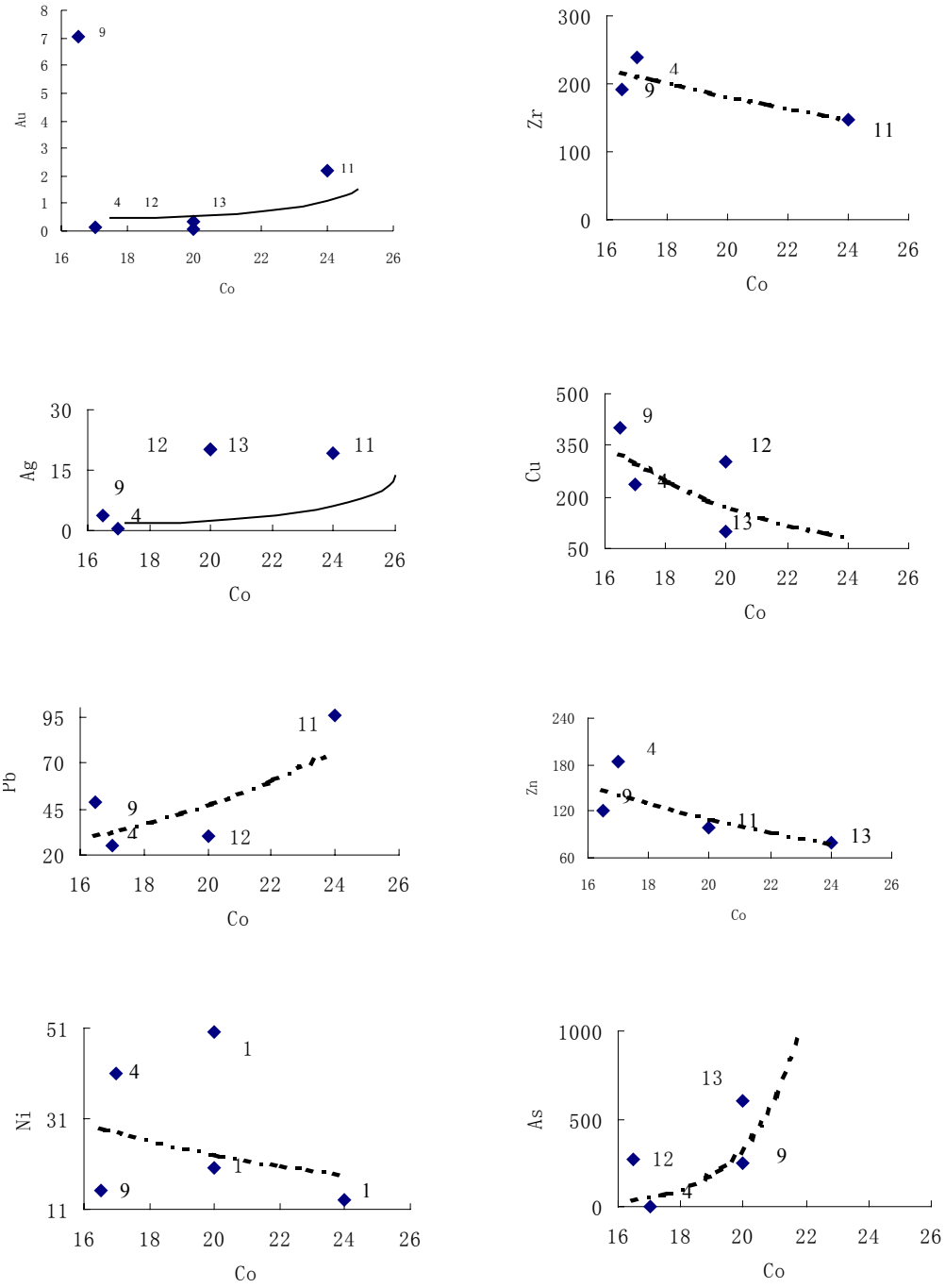


图 1-14　研究区矿(体)石 Co 与亲硫元素相关关系图

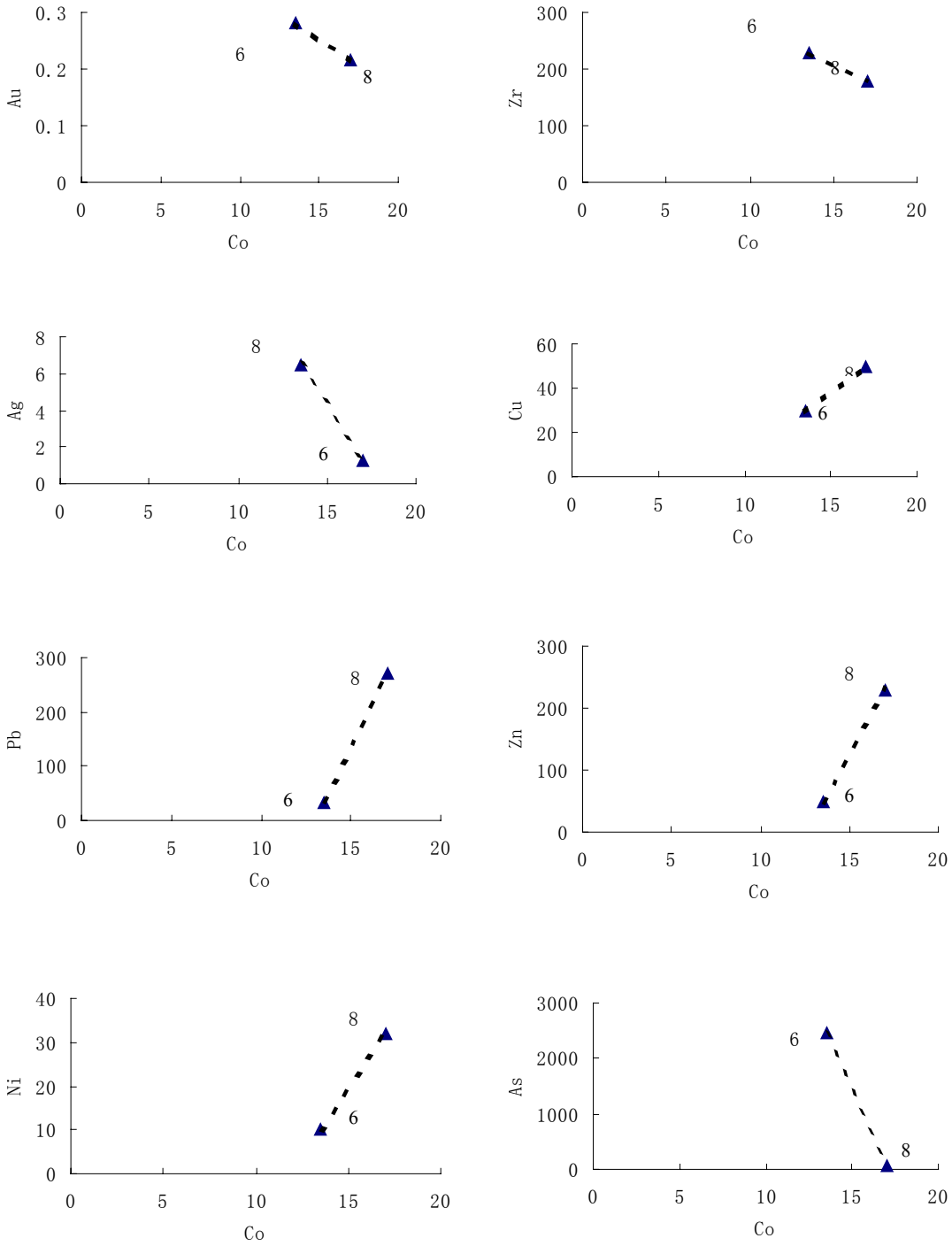


图 1-15　研究区次火山岩(花岗质)Co 与亲硫元素相关关系图

第二章　矿田矿床地质特征

研究区位于汪清百草沟—金苍构造火山断陷带东端，面积约 130km^2，自西向东分布着复兴村金矿化点、九三沟金矿床、新沟—砂金沟金矿点及杜荒岭金铜矿点，它们基本处于相同的纬度线上(北纬 43° 20′ 左右)，自西向东似等间距分布。研究区内上述矿(点)床的生成，均与晚侏罗—早白垩世中性及中酸性火山岩尤其是演化晚期的次火山岩热液活动密切相关，不同矿区显示出不同的控矿地质条件及剥蚀程度等。

第一节　九三沟金铜矿床

九三沟金铜矿床位于复兴镇兴华村南东一公里处，复兴(金苍)—杜荒岭东西向成矿断裂带的西段。矿床分布于区域东西向断裂及后期 NE、NW 断裂交汇部位的早白垩世火山机构中，矿体就位于次火山相石英闪长玢岩及石英闪长岩中。

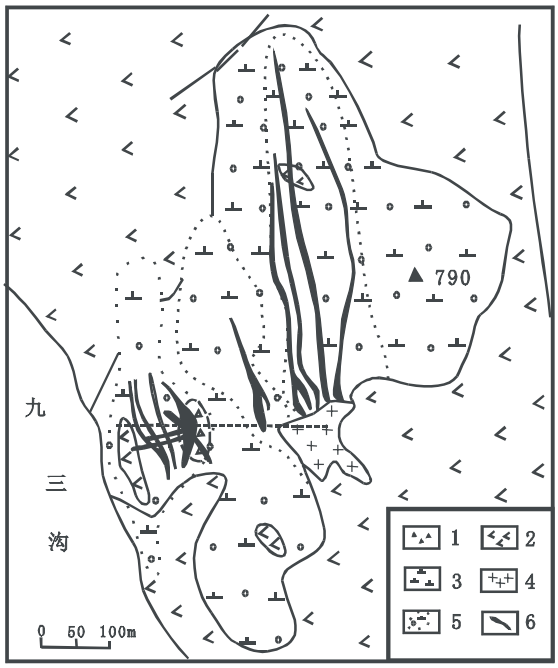


图 2-1　九三沟矿区地质图（据刘斌 1998 改编）

1.角砾岩　2.K_1j 火山岩　3.闪长岩及闪长玢岩
4.花岗斑岩　5.蚀变带　6.金矿体及破碎带

一、矿区地质

(一)地层　早白垩金沟岭组(K_1j)安山质火山喷出相熔岩及碎屑岩等分布于矿区外围，岩性主要为无斑—少斑安山岩、安山质凝灰熔岩—角砾凝灰岩等(图 2-1)。仅在金苍河谷南北两侧见有少量二叠纪泥质浅变质岩及零星出露的第三纪玄武岩、砂砾岩等。

(二)构造　受东西向深断裂和叠加其上的南北向断裂控制，形成了以 790 高地为特征的白垩纪古火山机构。在 NE 和 NW 向断裂形成和交汇部

位，为火山机构中心相并被闪长岩等充填，构成火山通道充填相并产生面式蚀变。随着通道“堵塞”及气液富集产生内压与释放，形成隐爆作用及其产物角砾岩筒构造，九三沟金矿床大部分赋存于隐爆角砾岩筒中及外围NNE和NEE向裂隙系统中。

(三)次火山侵入岩　　受古火山机构控制，火山机构中心相主要为次火山侵入岩体，均呈小岩株状产出。岩石类型为细粒闪长岩、石英闪长玢岩(闪长玢岩)、斜长花岗斑岩等。

其中细粒闪长岩为先期侵入，与火山碎屑岩及安山岩呈侵位关系。似椭圆状，面积约0.12km^2，呈NEE分布。矿物成分以斜长石为主，角闪石次之。通过对岩体地表剖面观察，岩体面式蚀变明显，主要为硅化、绢云母化和黄铁矿化，绿泥石化和碳酸盐化次之。

石英闪长玢岩(闪长玢岩)侵入于石英闪长岩中并产于其西侧，构成金矿体的主要直接围岩(见图版Ⅰ-3，Ⅰ-4)，成为次火山侵入相中的主要岩石类型。岩体地表并结合坑道690中段观察，普遍产生不同程度的蚀变，以绢云母化、硅化、黄铁矿化为主，蚀变强烈地段已构成黄铁绢英岩(J-1-4，图版Ⅰ-13)，并含有电气石、绿纤石等矿物。黄铁绢英岩已构成近矿围岩和矿体矿石原岩，其中石英细脉(多宽为 2-3mm)与黄铁矿细脉具有相互平行、集中成群分布的特点(NW向及NEE向)，并伴有毒砂。黄铁矿晶形主要为六面体、不规则粒状、五角十二面体，以星散状、细脉状和团块状分布为主。在690中段中部还见有钾长石化和孔雀石化、方铅矿化及闪锌矿化。在石英闪长玢岩体中心部位(相当于690中段)，发育有南北向椭圆状爆破—隐爆角砾岩筒，南北长约100米，东西宽约60米。角砾岩筒北侧，岩石呈烟灰色，具震碎特征，震裂纹发育，块体大，但震裂块体未发生位移，出露宽约40米。局部呈细碎屑角砾(岩)状(J-1-1)，岩粉比例大，角砾只占20~30%，直径多为5~10cm ，次棱角状、基底式松散胶结；角砾岩筒南侧的角砾岩(体)宽约35米，角砾较大(10~15~30cm)，角砾成分以闪长玢岩、石英闪长岩原岩为主，浑圆状，岩粉胶结。其中硅化、黄铁矿化、绢云母化、高岭土化十分发育，并伴有毒砂。黄铁矿以星散状和细脉状为主(该类角砾岩石是九三沟金矿的主要矿石类型)。可以看出，角砾岩筒南侧为火山隐爆中心，成为火山机构中心相的寄生火山(口)

通道。在该角砾岩筒东侧山顶上(标高约 720 米)，仍保存有细粒闪长岩的震碎顶盖部分(图版Ⅱ-1-1)，角砾大小不一，多为 5~15cm，棱角状，未发生移动。

斜长花岗斑岩出露于矿区中东部，呈小岩株状侵入到火山岩及石英闪长玢岩(体)中，在矿区中还可见到斜长花岗斑岩切穿金矿体，表明斜长花岗斑岩的形成晚于金矿成矿阶段，但与铜、铅、锌矿化关系较为密切。

细粒闪长岩、石英闪长玢岩(闪长玢岩)及斜长花岗斑岩是次火山岩浆活动连续演化的产物，构成火山机构中心相的侵入杂岩，它们不同(次)阶段侵位和气、热液活动，是九三沟金矿成矿的主要直接因素。

二、矿体地质及地球化学特征

(一)矿体特征

九三沟金矿床矿体主要赋存于石英闪长玢岩内的隐爆角砾岩(筒)、接触带上的挤压破碎角砾岩(带)中，少数矿化体分布于细粒闪长岩或火山岩中。目前圈定的九条金矿体的金储量占总储量(1.5 吨)的 90%以上，矿体成脉状平行排列，在剖面上略显斜列并向南西侧伏，沿矿脉走向及倾向均呈舒缓波状，并具膨缩及分支复合特点，并伴有 Ag、Cu。矿体一般长 200-300 米，其中最长的矿化体宽约 6~10 米，长达 500 米。矿区内 1-4 号矿体基本特征如下(表 2-1)：

表 2-1　　九三沟矿床矿体特征表

矿体	形态	倾角	平均厚度（m）	品位（10^{-6}）		Cu(%)
				Au	Ag	
1 号	扇形板状	0°-20°	5.12	5.44		0.48
2 号	板状	9°-27°	3.17	6.23	7.42	0.19
3 号	板状	0°-20°	5.15	4.67	5.51	0.10
4 号	囊状、不规则状	0°-20°	2	5.63	5.26	0.14

(二)矿石矿物组合、组构及成矿阶段

1.矿石矿物成分　矿石中主要矿石矿物有黄铁矿、砷铁矿(图版Ⅱ-1-2)、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、硫砷铜矿(图版Ⅱ-1-3)、硫砷铜银矿(图版Ⅱ-1-4)、自然金(图版Ⅱ-1-5)、褐铁矿、赤铁矿、蓝铜矿、孔雀石和毒砂等；脉石矿物主要有伊利石、水白云母、绢云母、石英、绿帘石、方解石、电气石等。

主要矿石类型为自然金—黄铁矿—硫砷铜矿—黄铜矿矿石，以及黄铁矿—毒砂—自然金矿石。

2.矿石组构　　矿石结构主要为交代熔蚀结构(黄铁矿交代熔蚀硫砷铜矿)、骸晶结构(毒砂呈骸晶状、图版Ⅱ-1-6)、浸蚀结构(石英浸蚀黄铁矿)、交错脉状结构(黄铁矿呈细脉状)、压碎结构(黄铁矿被压碎、图版Ⅱ-1-7)等。矿石构造主要有浸染状构造、脉状—网脉状构造、角砾状构造等，表现出多阶段成矿特征。

3.成矿阶段　　依据矿石组构和矿物组合规律，可以将该矿床的成矿作用划分为热液成矿期和表生成矿期，其热液成矿期又可划分出四个成矿阶段(见表 2-2)。

表 2-2　　九三沟矿石矿物共生组合及生成顺序表

成矿期 / 阶段 / 矿物	热液成矿期				表生成矿期
	石英毒砂阶段	黄铁矿阶段	多金属氧化物阶段	碳酸盐阶段	
石英	—— ——	————	——		
毒砂	——				
黄铁矿	—	————	——		
闪锌矿			——		
黄铜矿			——		
方铅矿			—		
自然金		————	————		
硫铜银矿			——		
硫砷铜银矿			————		
纳长石	——				
绢云母	—	—			
方解石				————	
褐铁矿					————
孔雀石					————

在成矿期之前为硅酸盐阶段，广泛形成绢云母化、硅化、青盘岩化等蚀变。四个主要成矿阶段为：

Ⅰ．石英—毒砂阶段： 该阶段生成的主要矿物为石英+毒砂+黄铁矿(少量)；

Ⅱ．黄铁矿阶段： 由石英+黄铁矿(五角十二面体)+自然金组成，是金矿成矿的主要阶段；

Ⅲ.自然金—多金属硫化物阶段：由自然金+硫砷铜银矿+硫铜银矿+石英+黄铁矿及闪锌矿、黄铜矿、方铅矿组成，也是金主要成矿阶段之一；

Ⅳ．碳酸盐阶段： 由方解石+黄铁矿(少量)组成，属成矿阶段后(末)期产物。

(三)金的赋存状态

矿石中金矿物主要以自然金为主，其次为银金矿。以微粒和细粒金为主，直径一般为 0.015~0.04mm,最大达 0.1~0.2mm。金矿物常与金属硫化物相伴生，呈粒间金、包裹金产出。

(四)围岩蚀变

围岩蚀变广泛及具有一定的面式分带，是该矿床的主要特点。蚀变的主要类型为黄铁绢英岩化，其次为绿泥石化和硅化等。除挤压破碎蚀变带中呈带状分布外，面式蚀变显著，以硅化、绢云母化和绿泥石化为主。依据蚀变强度及类型，可大致划分为三个带：其中以角砾岩筒为中心组成的内带，以黄铁绢英岩化为主，尤其靠近矿体部位，已构成黄铁绢英岩，岩石呈灰白色，丝绢光泽，主要是鳞片变晶结构，其次是碎裂结构，就其本身而言，金品位较低，一般在 1×10^{-6} 左右，但后期含金石英多金属硫化物叠加其上，金品位增加，矿体主要赋存于该带内；过渡带为黄铁矿、绿泥石、绢云母化带，分布在角砾岩筒外(周)围，大片分布在石英闪长玢岩及细粒闪长岩中；外带主要为青盘岩化，以细粒闪长岩及安山岩中分布为特征。

(五)矿床地球化学特征

1.矿石稀土元素模式 从图 2-2 可以看出，安山岩、安山质凝灰岩、细粒闪长岩、石英闪长玢岩和斜长花岗斑岩与金矿石稀土曲线分布形式相似，尤其矿石与石英闪长玢岩稀土元素分配几近相同，表明了次火山岩浆演化具有连续性，以及矿石与石英闪长玢岩二者在成因上的密切联系。

2.黄铁矿单矿物微量元素含量特征

对4件不同类型的黄铁矿进行分析，其中Au元素含量在58.7~91.9×10^{-6}(并以不规则粒状和五角十二面体黄铁矿金含量偏高)，平均为72.47×10^{-6}；Ag元素含量为13.6~61.9×10^{-6}，平均为35×10^{-6}，可以看出Au在黄铁矿中含量高且较稳定，是Au的主要载体矿物；Cu含量变化较大，在72.9~14000×10^{-6}，表明黄铁矿为多期（阶段）的产物。Co含量在50.3~138 × 10^{-6}，Ni含量在18.8~126 × 10^{-6}，Co/Ni值为0.94~3.99，平均为2.43。Co/Ni比值<3，为岩浆热液型矿床(姚凤良，1990)。

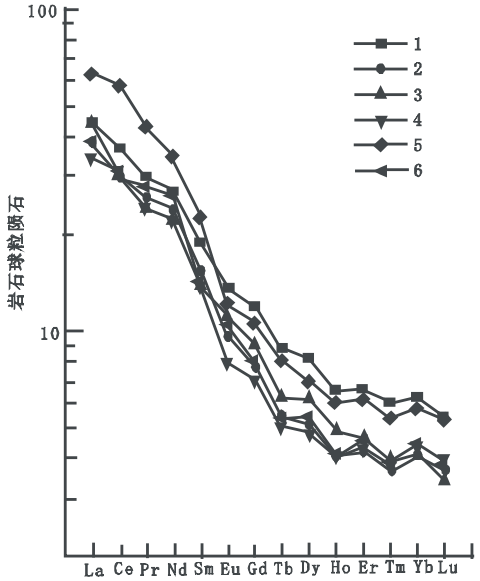


图2-2　岩体与矿石REE模式图

1.闪长岩　2.安山质凝灰岩　3.安山岩
4.石英闪长玢岩　5.花岗斑岩　6.矿石

3.硫同位素组成　依据6件黄铁矿单矿物分析(表3-3)，$\delta^{34}S$变化范围为2.75~-5.82‰，其中黄铁绢英岩为3.4~-5.24‰，矿石为4.0~--5.82‰，二者极为相近，表明岩石蚀变与矿化作用为同一成矿作用的产物。$\delta^{34}S$±4.32‰，接近陨石$\delta^{34}S$组成，表明硫来源的深源性。

表2-3　　九三沟金矿硫、氧同位素分析结果表

序号	样号	矿物名称	采样位置	$\delta^{34}S$ ‰	$\delta^{18}O$ (-somw)	备注
1	J-1	黄铁矿	石英闪长玢岩	2.75		据周永昶
2	J-2	黄铁矿	黄铁绢英岩	3.4		据周永昶
3	J-3	黄铁矿	矿石	4.0		据周永昶
4	J-9	黄铁矿	矿石	-5.82		本课题
5	J-1-7	黄铁矿	黄铁绢英岩	-5.24		本课题
6	Dh-zk	黄铁矿	石英闪长岩	-10.85		本课题(杜荒岭)
7	J-8	石英（脉）	闪长玢岩矿石中		7.24	本课题
8	DH-14	脉石英	矿化角砾岩		5.32	本课题(杜荒岭)

第二节　　杜荒岭含铜金矿点

杜荒岭含铜金矿点位于红光村以东约 3.5 公里，杜荒岭屯公路以北，复兴(金苍)—杜荒岭东西向成矿断裂带东端。矿点分布于东西向深断裂与后期南北向断裂交汇部位的早白垩世火山机构中，矿(化)体就位于石英闪长岩体中爆破角砾岩筒及其有关的裂隙中。

一、矿区地质

(一)地层　　二叠系开山屯组分布于矿区东部，以砂砾岩为特征。金沟岭组安山质角砾凝灰岩及安山岩主要分布于公路以南(图 2-3)。

(二)岩浆岩　矿区内最早岩体为石英闪长岩，出露面积较大。东侧石英闪长玢岩呈小岩株状侵入于石英闪长岩中。斜长花岗斑岩亦呈岩株状侵入于石英闪长岩及闪长玢岩中。

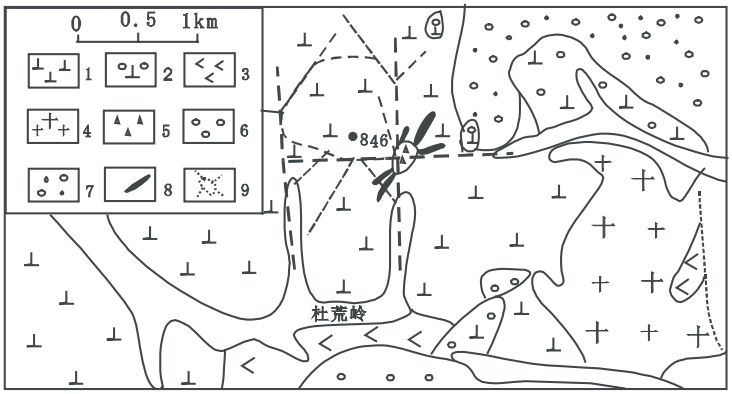


图 2-3　杜荒岭矿区地质图

1.石英闪长岩　2.石英闪长玢岩　3. K1j 火山岩　4.斜长花岗斑岩　5. 角砾岩及蚀变带　6.第三系　7.开屯组砂砾岩　8.矿体　9.火山机构

(三)构造　矿区内断裂构造十分发育，以近东西向断裂和两组南北向断裂交汇构成矿区主要构造格架，并在交汇部位形成了爆破角砾岩筒构造。

角砾岩筒构造呈北东向延伸的椭圆形，产于石英闪长岩中。长约 50 米，宽约 30 米，已知延伸大于 80 米，其中面式蚀变明显。角砾形态多为圆滑状，少为次棱角状，粒径多为 3~15cm(图版Ⅱ-2-1)。角砾成分为闪长玢岩，并为同成分的岩粉胶结。岩筒的上中部角砾与胶结物界线清楚，下部界线不清，矿化蚀变发育。矿化蚀变主要为黄铁矿化，还有绢云母化、绿泥石化及高岭土化，其中黄铁矿(化)多呈细脉—网脉状和团块状以胶结物形式胶结角砾，构成矿体。

矿区内裂隙发育，以角砾岩筒为中心发育有近东西、NE 和 NW 向三组放射状构造裂隙，其中以近东西向和 NE 向裂隙尤为发育。裂隙系统由一系列次安山岩、闪长玢岩脉充填，常伴有黄铁矿化和少量铜矿化(孔雀石)等。与岩脉平行分布的细脉—网脉状黄铁矿脉带多为近东西向和 NE 向分布(图版Ⅱ-2-2)，单脉宽多为 3~5cm,间距 2~3cm。其中 NE 向脉体倾向多为 SE，倾角 45°~50°；近东西向脉体多倾向北，倾角 50°~75°。

上述角砾岩筒构造以及三组放射状裂隙构造共同构成了杜荒岭次火山颈相隐爆—爆破系统，杜荒岭金铜矿成矿受该系统控制。

二、矿体地质及地球化学特征

(一)矿体形态、产状及规模　　1.角砾岩筒隐爆角砾岩矿体近直立呈不规则状，以金铜矿化为主，但矿化极不均匀，平均含金 1.12×10^{-6}，含铜为 0.15%。地表金铜富集于岩筒的北东端，金品位 $0.30\text{-}7.30\times10^{-6}$，平均 3.36×10^{-6}；铜品位 0.12—0.38%，平均 0.23%。岩筒中间部位金铜品位较低，金品位一般为 $0.3\text{-}2.2\times10^{-6}$，平均 1.49×10^{-6}，最高可达 5.9×10^{-6}，铜品位 0.44-0.02%，平均 0.11%。岩筒南西端矿化较差，金低于 0.64×10^{-6}，铜 0.05-0.36%。岩筒深部(224 米以上)矿化较贫，含金普遍低于 1×10^{-6},含铜低于 0.1%。岩筒含银一般为 $3\text{-}6\times10^{-6}$,最高达 $11\text{-}19\times10^{-6}$，金银大致呈正相关.　2.脉状矿体赋存于角砾岩筒的南北边缘，其原岩和围岩均为石英闪长岩和角砾岩。其中北侧脉状矿体走向 NE，长约 40 米，宽约 2.5 米，倾向 SE，倾角 80° ~直立。Au 品位 $0.35\text{~}14.7\times10^{-6}$，平均为 2.18×10^{-6}；Cu 品位 0.3~1.23%，平均为 0.59%。

(二)矿石矿物组合、组构及成矿阶段　　1.矿体矿石中金属矿物主要为黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿、磁铁矿(图版Ⅱ-2-3)、银金矿，其次为自然金(图版Ⅱ-2-4)、自然银、磁黄铁矿、毒砂、辉铜矿、方铅矿、闪锌矿、钛铁矿、辉铜银矿及辰砂等；脉石矿物主要有石英、绢云母、绿泥石、方解石等，偶见电气石和榍石. 2.矿石组构主要为半自形结构、交代熔蚀结构等，以及条带状构造、脉状构造、浸染状构造和角砾状构造. 3.成矿阶段的划分是依据本区硫化物成矿期进行的,并划分为三个阶段(见表 3-4)。

Ⅰ. 黄铁矿阶段：由黄铁矿+绢云母+绿泥石+石英(少量)组成；

Ⅱ. 自然金—黄铁矿阶段：由自然金+黄铁矿+石英+(黄铜矿、方铅矿等)组成；

Ⅲ. 碳酸盐阶段：主要由方解石(脉)组成。

(三)金矿物赋存状态　　金矿物以银金矿为主，其次是自然金(图版Ⅳ-2-4)。银金矿呈金黄色至浅金黄色，不规则粒状、棒状、片状、树枝状等形态产出，粒度多小于 0.1mm。常与黄铁矿、毒砂一起构成连晶，或被包裹在黄铁矿、黄铜矿中形成包裹金。

表 2-4　　杜荒岭矿石矿物共生组合及生成顺序表

矿化期 / 阶段 / 矿物	氧化物成矿期	硫化物成矿期			表生成矿期
		一阶段	二阶段	三阶段	
磁铁石	————				
石英	——		——		
黄铁矿	—	———	——		
磁黄铁矿			——		
黄铜矿			—		
方铅矿			—		
自然金			————		
方解石				———	
褐铁矿					———
蚀变岩		———			

(四)围岩蚀变　　以隐爆角砾岩筒为中心面式蚀变发育，自中心向外蚀变类型为硅化、黄铁矿化、绢云母化、黄钾铁矾化、绿泥石化和高岭土化。当硅化、黄铁矿化、绢云母化极为发育时成为黄铁绢英岩，构成矿(化)体的直接围岩；当黄铁绢英岩具有角砾状构造，并被细脉—网脉状或团块状胶结时，便构成矿体(石)，成为交代石英岩(图版Ⅰ-14、-15、-16)。

(五)矿体地球化学特征　　对杜荒岭矿区的黄铁矿(3 件)进行了 Au、Ag 微量元素分析，结果：Au 含量为 36.6~67.8×10^{-6},平均 53.4×10^{-6}，Ag 含量为 50~90×10^{-6}，平均 73×10^{-6}，可见黄铁矿是主要的载金矿物(银金矿或自然金)。黄铁矿中硫同位素 $\delta^{34}S$ 在-10.48~6‰之间，亦接近陨石硫成分，表明硫来源具深源特点，与地幔物质有关。

第三节　　新沟—砂金沟金矿点

新沟—砂金沟金矿点位于复兴镇(金苍)南东约 3.5 公里，复兴—杜荒岭东西向成矿断裂带中段，隔新沟向西与九三沟金铜矿床相望。矿点位于东西向断裂与近南北向新沟断裂及砂金沟断裂交汇部位控制的火山机构中，矿体就位于石英闪长玢岩及细粒石英闪长岩次火山构造系统中。

一、矿区地质

(一)地层　矿点外围地层主要为金沟岭组安山质火山碎屑岩及安山岩，分布于矿区西部和南部(图 2-4)。

(二)次火山侵入岩　　受火山机构控制，次火山岩体均呈岩株状产出。岩石类型为细粒石英闪长岩、石英闪长玢岩、斜长花岗斑岩等。

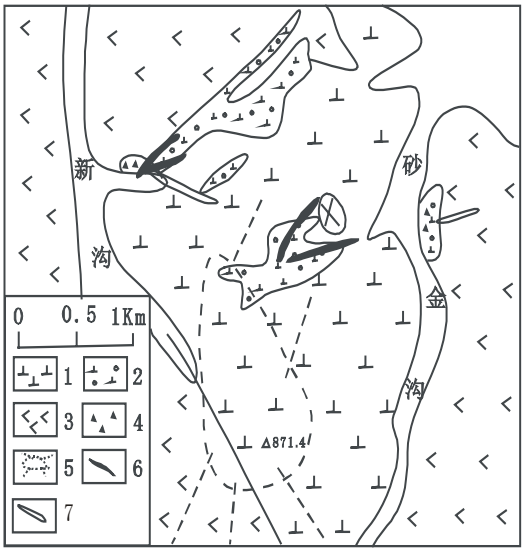


图 2-4　新沟—砂金沟矿区地质图

1.石英闪长岩　2.石英闪长玢岩　3.K_1j 火山岩　4.角砾岩　5.火山机构　6.矿体　7.蚀变破碎带

其中细粒石英闪长岩规模较大，与金沟岭组呈侵入接触关系，呈不规则岩株状分布在矿区及矿区以北，面积约近 3Km^2，近南北向分布，岩石普遍具绢云母化，局部黄铁矿化发育。

石英闪长玢岩侵入于细粒石英闪长岩和火山岩中，呈椭圆形小岩株状。岩石蚀变较强呈灰白色，主要为硅化和绢云母化(图版Ⅰ-4)，当蚀变强烈地段并含有黄铁矿时，则构成绢英岩或黄铁绢英岩(图版Ⅰ-11)，成为矿体的直接围岩或矿(化)体。

斜长花岗斑岩灰色，呈不规则小岩枝状，分布在石英闪长玢岩东南侧，超浅成相，局部似英安岩特征，穿切石英闪长玢岩。

(三)构造　　受近东西向基底断裂制约，并以次级 NE 与 NW 向两组断裂控制的火山机构为构造地质背景，表现出以石英闪长玢岩为中心的次火

山岩(体)浆沿火山通道上升，以浅成管道相小岩株状产出。随着内应力加强和次火山热液活动，形成了围绕石英闪长玢岩为中心的，不同方向裂隙控制的矿化与蚀变，并以 NE 向构造裂隙矿化显著。

靠近砂金沟一侧储矿构造主要有两组，产于石英闪长玢岩中。一组为构造破碎蚀变带，走向 50°~70°，舒缓波状，倾向 NW，倾角 70°。蚀变带宽约 2 米，均由大小不等的透镜体组成，金属矿化以黄铁矿化为主(部分已发生褐铁矿化)，并可见少量孔雀石化。矿石呈角砾状、浸染状、细脉状构造。蚀变组合以硅化、绿泥石化、绢云母化、高岭土化为主；另一组由石英细脉组成，走向多为北东 30°，倾向 NW，倾角 70°~直立。主要分布于石英闪长玢岩边部及与石英闪长岩接触带附近，石英脉组成细脉密集带，单脉最大宽 3cm，一般 1~2cm，宽脉间距为 0.5~1m，密集细脉间距为 0.2~0.5cm，脉体中浸染状黄铁矿化发育(多为不规则粒状)，并与黄铁矿细脉相互穿切。

靠近新沟一侧的头道沟，自沟口向东约 100 米处发育一组 SEE 向断裂(蚀变破碎带)，与东西向头道沟近于平行，总体走向 110°~130°，带宽约 50 米，倾向 NW，倾角约 80°左右。其中绢云母化及碳酸盐化普遍发育。

据沟边露头观察，结构面波状弯曲，并可见构造透镜体，表明该断裂属于压性为主断裂。该断裂其中的次级裂隙发育，走向 NE~NEE50°~70°，倾向 NW，倾角 75°~80°。该组次级裂隙多为硅化、黄铁矿化细脉充填(图版Ⅱ-3-1)，并被后期方解石脉穿切。显示出远程次火山岩浆通道低温矿化蚀变类型组合。

二、矿体特征与地球化学特征

(一)矿体形态及产状

区内矿化蚀变受接触带、次火山裂隙系统及构造破碎带控制，但矿体或矿化体总体走向为 NNE-NE-NEE 向，多呈脉状和细脉密集带状，倾向 NW，倾角中等~陡，金品位不高，大多小于 1~2×10^{-6}。

(二)矿石矿物组成、组构及成矿阶段

1.矿石矿物组合　　矿石中金属矿物主要有黄铁矿、黄钾铁矾、褐铁矿、磁铁矿等（图版Ⅱ-3-2)，脉石矿物有石英、绢云母、方解石、绿泥石、磷灰石及榍石等。

2.矿石组构　　以交代熔蚀结构为主，包括骸晶结构等；矿石构造主

要为角砾状构造、浸染状构造、脉状构造及团块状构造等（图版Ⅱ-3-3）。

3.成矿阶段　　依据矿物共生组合及矿石组构等特征，结合野外观察，可将该区成矿划分为三个阶段(表 2-5)：

表 2-5　　砂金沟矿石矿物共生组合及生成顺序表

	粗粒黄铁矿阶段	细粒黄铁矿+石英阶段	碳酸盐阶段	表生成矿期
蚀变矿物	———			
石英		———		
黄铁矿	———	———		
黄铜矿		———		
磁铁矿	——			
方解石			———	
褐铁矿				———

Ⅰ．粗粒黄铁矿阶段：由黄铁矿+绢云母+绿泥石+石英组成；

Ⅱ．细粒黄铁矿+石英阶段：由黄铁矿+石英+绢云母等组成；

Ⅲ．碳酸盐阶段：由方解石+绿泥石+绢云母组成。

(三)围岩蚀变类型及组合

矿区内蚀变较强，蚀变类型较多，但最为发育的是硅化、绢云母化、黄铁矿化和绿泥石化，其次为高岭土化、碳酸盐化及黄钾铁矾化等。其中当硅化、绢云母化及黄铁矿化集中强烈发育时，构成矿(化)体或成为矿化围岩(黄铁绢英岩)；向外逐渐以绢云母化+高岭土化+绿泥石化组合为主。

第四节　　复兴村金矿化点

复兴村金矿化点位于复兴镇南西 7 公里，复兴村南，复兴—杜荒岭东西向成矿断裂带西端。

一、矿区地质

(一)地层　　矿区及矿区外围广泛分布着金沟岭组斜长安山岩及熔结火山碎屑岩等，其中斜长安山岩略带紫色调，相当于九三沟无斑安山岩段的上部层位(岩段)，见第一章第三节部分。

(二)次火山侵入岩　　主要有石英闪长岩、石英闪长玢岩、花岗斑岩

及辉绿玢岩体等。与邻区东部对比可知，石英闪长岩最先侵入，并呈岩株状分布于复兴村河谷东侧，受后期 NNW 向断裂切割，与花岗斑岩断层接触，岩体北侧边缘见有黄铁矿化现象(图 2-5)。

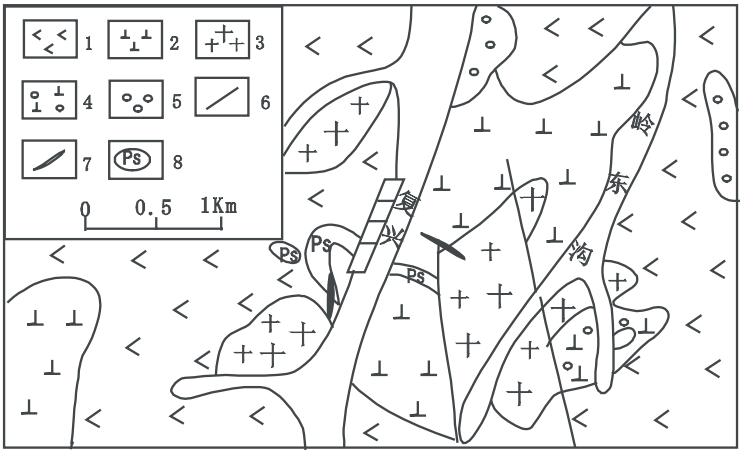


图 2-5　　复兴村矿区地质图

1.金沟岭组火山岩　　2.闪长岩　　3.花岗斑岩　　4.石英闪长玢岩
5.第三系　　6.断裂　　7.矿化体　　8.黄铁绢英岩化带

石英闪长玢岩呈椭圆形小岩株状分布在岭东沟南部，绢云母化较普遍，中心部位具绢英岩化和黄铁矿化。岩体侵入于火山岩中，被花岗斑岩穿切。

花岗斑岩呈岩株状分布于复兴村河谷两侧，环先期石英闪长岩、闪长玢岩边缘分布。该岩体典型特征为长石斑晶较大、较多，蚀变微弱，矿化少见。

辉绿玢岩分布于复兴村西侧，产状不详，出露面积不大，侵入于火山岩中。岩石新鲜，结构清晰，无矿化现象，但局部具硅化。

(三)构造　　东西向基底断裂构造以及叠加其上的南北向糖厂—复兴村断裂及东侧岭东沟断裂，共同控制着复兴村次火山侵入杂岩的规模与形态。依据东部花岗斑岩与石英闪长岩断层接触关系，南北向断裂具有多次活动并被后期 NW 向断裂利用和改造的特征，构成为 NNW—近南北向破碎带和蚀变破碎带。

二、矿化体地质特征

矿化区内岩石蚀变不强、矿化较弱，没有形成具有工业意义的矿体。仅在复兴村西面山坡见有一条宽约 50 米，走向近南北的破碎蚀变带，带中多见小型挤压透镜体。带中有硅化、绿泥石化、绢云母化及黄铁矿化蚀变。局部地段黄铁矿化发育，黄铁矿呈浸染状和细脉状，构成矿化蚀变带，

宽约近 3 米，倾向 W，倾角 34°。但金品位<1×10^{-6}。破碎蚀变带延长>500 米，在南部被大斑晶的花岗斑岩截断终止，分析矿化蚀变作用于花岗斑岩之前，与区域上(东部地区)成矿作用应为同一时期。在复兴村河谷东侧的冲沟中，见有分布于石英闪长岩体中的蚀变挤压破碎带，走向 120°，倾向 NE，倾角 80°。挤压裂隙密集分布并发育挤压透镜体(图版Ⅳ-4-1)和硅化及黄铁矿化，其中黄铁矿化多呈细脉—网脉状及星散状，金测试分析<1×10^{-6}。

依据上述地质特征分析认为，东西向的基底断裂与南北向断裂叠加部位，是复兴村次火山杂岩形成的主要构造地质条件，形成了次火山岩浆脉动式上侵就位。南北向断裂构造叠加和多次活动表现出其是控岩构造，又有控矿构造的特点(如南北向破碎蚀变带)，即在矿化热液作用时已显示出近开放的构造条件(九三沟、新沟—砂金沟、杜荒岭矿区的次火山岩处于封闭条件)，无爆破中心和隐爆角砾岩，使含矿热液沿开放的主构造线方向作用分布，故地表显示出较低的矿化度，有用组分不能聚集和形成工业矿体，展现在人们面前只是一个相对剥蚀程度较高(深)的、一个破火山机构的地貌与地质条件。

第三章　成矿作用及成矿模式

晚侏罗—早白垩世是延边地区地史发生重要的构造环境转变时期，即由原来的古亚洲特提斯构造域转变为环太平洋构造域，同时构造方向也发生了重大转变。这个特殊重大的转变时期和构造环境往往造成成矿作用的大爆发(毛景文等，1999)，延边地区的火山—次火山岩浆作用及与其密切相关的 Au、Cu 成矿密集区，正是成矿作用大爆发的成矿动力学原因。

第一节　火山构造岩浆作用

延边东部地区(包括黑龙江东部太平岭隆起带)属环太平洋东亚大陆边缘火山岩带的组成部分，大多研究者将其统称为库拉—太平洋板块俯冲陆缘挤压带(任纪舜等，1990)，形成钙碱性火山岩系列。近些年来对中国大陆东部火山岩构造岩浆环境又有了一些新的观点，出现了多元化发展方向，如大陆边缘走滑剪切型(许文良等，1994)等。日本地质学家研究了日本列岛周围的板块运动后认为，古太平洋至少可恢复三个古板块(丸山茂德等，1985)，其中伊泽奈崎板块(北纬 40° 以南)在 160Ma 年开始俯冲，在 150~85Ma 年达到高峰。结合本区岩浆活动的特征可以看出，其构造—岩浆及成矿作用主要与伊泽奈崎(J_3-K_1)古板块的北西向俯冲有直接关系。

对于陆缘环境中华北板块和东北地体群的古地磁研究，反映出在二叠纪—三叠纪期间，东北地体群与华北板块拼贴后快速向北运动，一直到晚侏罗世以前始终保持北移态势(杨惠心等，1993)。也就是说在二叠纪—晚侏罗世之前，东亚大陆一直向北西方向运动。因此，三叠世—中侏罗世仍然属于古亚洲洋构造域的造山运动(赵越等，1994)，为华北板块与兴凯和佳木斯及其它板块拼合最终固结时期。在此之后才转入环太平洋活动大陆边缘的构造演化阶段。表现为在东亚，与环太平洋带有关的最古老的增生楔是中侏罗世(水谷伸治郎等，1989)，而没有发现三叠纪增生楔。与东亚环太平洋带俯冲有关的火山、深成作用发生在晚侏罗世以后，尤以闽、浙沿海和大兴安岭最为典型(曹荣龙等，1989；许文良等，1989)，并与东亚

环太平洋带最古老的增生楔相对应。因此，东亚环太平洋活动陆缘始于中侏罗世(赵越等，1994)，燕山运动成为了东亚大地构造重要的转折。结合本区构造岩浆旋回特征，与东亚环太平洋中生代活动时期一致，即燕山期是古太平洋伊泽奈崎板块作用时期，也是区域内成矿的主要时期。

对于该时期的构造环境，包括区域性构造作用方式和构造应力场，则主要显示了大洋板块与陆缘的俯冲方式作用的结果。伊泽奈崎板块向北西方向运动(5.3~30cm/年速率)与欧亚大陆东缘形成小角度的斜向俯冲，产生出活动陆缘的大规模左行剪切构造带，不但形成了如郯—庐断裂带、鸭绿江断裂、太平岭断裂隆起带及大兴安岭主峰等一系列北东向大规模的剪切断裂带，还在带中形成了断隆和断陷火山沉积盆地，并以斜列式相间排列。区内的 NE 向断裂带即为一系列平行的剪切带，在其同一应力场控制下的北西向张性断裂带，构成北西向剪切盆地，并与断隆斜列式相间排列。形成了区内在东西向断裂基础上的北东向左行剪切动力学条件和剪切拉分与剪切挤压斜列交互出现的动力学环境。

第二节　　物理化学条件

一、成矿流体包裹体成分

通过对全区中上侏罗统—下白垩统火山岩矿床中石英、方解石等矿物包裹体测定数据统计(22 件，包括闹枝、刺猬沟、小西南岔矿床)，成矿流体主要成分类型为 $K^+/Na^+-Ca^{2+}-SO_4^{2-}-HCO_3^-$以富 K^+、Na^+为特征，K^+/Na^+比值大多>1。其次成矿流体中还含有较高的 N_2、CH_4、CO_2、CO、H_2等气体成分，表明具有幔源成矿流体成分的组合特征。

流体包裹体的盐度(NaCl，wt%)变化在 0.97~7%，众值变化为 1.0~3.5%，均值为 2.1%，表明成矿流体总体上为低含盐度流体。

二、温度、压力及深度

依据与矿石共生的包体温度测定结果(8 件)，结合不同类型矿床及成矿条件的差异统计和分析研究后可以看出：与火山岩型有关的金矿床形成温度为 180℃~330℃,以中—低温为主；与次火山—浅成岩浆热液有关的矿床成矿温度较高为 230℃~400℃，以中—高温为主。

依据上述各矿床包体盐度、温度，估算矿体形成深度为 1-2km，换算压力范围为 73-680Pa，为沸腾压力，因此其深度、压力均为最小值，代表成矿当时矿体顶部的状况。

第三节　　成矿模式

依据区域成岩成矿作用，针对研究区内不同矿床(点)地质特征，论述成矿模式。成矿模式是在针对矿床直观描述的基础上，对成矿作用及演化的综合，包括导致矿床形成的各种因素和过程的总结。

其特征如下：

(一)为次一级穿透性断裂作用于古陆缘板块拼合带上，形成火山断陷(带)盆地边缘的相对隆起区。伴有火山—次火山岩浆活动和矿化蚀变作用。表现为次火山侵入杂岩尤为发育，喷出岩相对较少。

(二)次一级穿透性断裂与造成拼合带东西向构造复活的交汇部位，构成火山机构中次火山杂岩侵入上升空间，表现为火山机构近东西排列、似等间距分布。

(三)次火山杂岩侵入顺序为(石英)细粒闪长岩—(石英)闪长玢岩—斜长花岗斑岩；金矿成矿主要与(石英)闪长玢岩关系密切。隐爆角砾岩(筒)主要发生在石英闪长玢岩(体)中。

(四)火山机构中次火山杂岩化学成分与西部区域上对比 K_2O 降低，$K_2O/Na_2O<1$，表现为由高钾钙碱性向中(弱)钾钙碱性过渡。

(五)矿石与岩石稀土、硫同位素组成一致，并与区域特征相似，反映成岩成矿物源具幔源特征。

(六)主成岩期为 147.5~130Ma,主成矿期为 140~127.8Ma。

(七)矿床形成的物化条件　　温度为 229℃~400℃、压力<680Pa，成矿深度<2Km，弱氧化-弱还原条件。

(八)金在热液中的迁移方式与沉淀　　以硫或多硫络离子$[AuS]^-$形式迁移 ，并在爆破角砾岩(筒)中(压力释放，矿液进入缝隙中)和放射状裂隙中聚集。

第四章　　控矿条件及找矿方向

延边中东部地区侏罗—白垩纪火山—次火山岩中金与铜等多金属矿产，其分布与产出受多种地质、地球物理及地球化学等条件控制。分析研究控矿规律，对深入认识研究区控矿规律，不断总结成矿规律和进行成矿预测意义重大。

第一节　　控矿条件分析

一、构造控矿条件

区域上矿床的形成和产出直接受断裂构造控制，其控矿规律如下：

(一)深大断裂带控制着火山岩带或构造岩浆岩带

深大断裂由于深切地壳达上地幔，引起幔源岩浆及矿质流体上升至浅部构造系统中，从而控制着区内的火山岩带和燕山早期的侵入岩浆岩带(见图 4-1)。表现为：北部敦化—百草沟—小西南岔及南部天宝山—图们—五道沟两组东西向深大断裂带，尤其是北部东西向深大断裂带，控制着近东西向晚侏罗—早白垩世火山—次火山岩浆构造带。南北向的图们江及珲春断裂，则控制着东西向火山—次火山岩浆构造带内东部与西部岩浆活动差异和构造的抬升与沉降。

(二)区域性断裂控制着火山盆地

影响深度与规模比深大断裂小，但重磁场有反映，能够引起火山—构造岩浆活动。它主要控制着不同火山盆地的方向，如两江与明月镇 NE 向断裂和图们与珲春 SN 向断裂，使东西向火山—岩浆构造带中火山盆地，

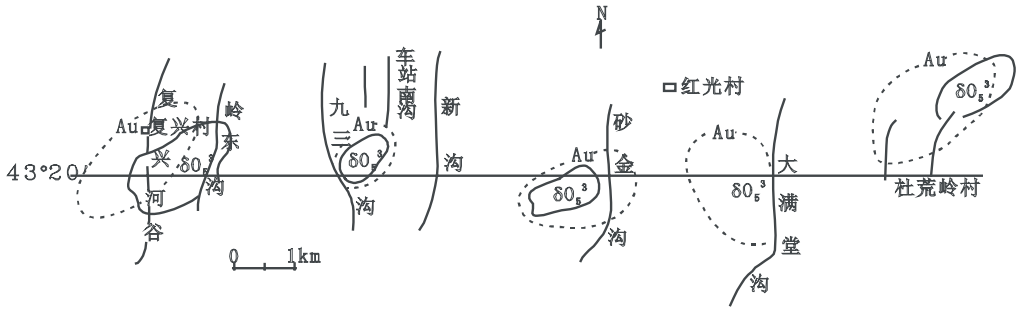


图 4-1　　研究区次火山（石英闪长玢岩）岩体与金异常空间分布示意图

总体走向不一致。并使盆地边缘地区发生沉降与抬升。研究区位于刺猬沟—地荫沟火山盆地东部边缘，显示出相对抬升的特点。

(三)断裂构造的交汇部位控制着火山机构及火山爆发中心

不同方向、性质的断裂交汇处是构造活动的强烈地段，构成火山机构中的火山爆发中心，也是次火山侵入杂岩的就位空间及含矿热液上升、运移、聚集的空间。研究区内九三沟金铜矿床、新沟—砂金沟金矿点、杜荒岭金铜矿点，均为受东西向断裂与近南北向断裂联合控制下火山机构中、在火山爆发中心次火山杂岩中成矿。

区域断裂的次级断裂、火山机构断裂(隙)系统、火山爆发中心管道及不同方向断裂叠加部位控制着矿体的就位空间。

研究区内九三沟金铜矿，为火山爆发中心管道相，矿体走向多为近南北向和近东西向；新沟—砂金沟金矿点为火山机构中心相，受火山机构裂隙系统控制，矿(化)体与中心相石英闪长玢岩体走向一致，多为 NEE 及近东西向；杜荒岭金铜矿点受火山机构中心相控制，同时受寄生隐爆—管道相控制，矿体多为不规则筒状和近东西向、NE 向。

总之，火山机构中心相多为不同方向断裂叠加交汇部位。放射状与环状交叉部位多构成爆破角砾岩筒，同方向多次叠加裂隙多形成富矿体，不同方向不同期次断裂叠加多出现柱状矿体。

二、岩浆活动控矿条件

(一)火山—次火山岩浆活动与成矿时间的关系

火山—次火山岩金矿的形成亦是一个较长时间过程，从火山热液到火山分异晚期的次火山岩及其热液活动都可以形成矿化作用。区内矿化的形成通常都表现在火山活动后期及以后，两者之间无较大时间间隔。矿床实际上都形成在火山活动过程中，从与成矿有关的火山—次火山岩及成矿时代上看，经统计成岩期年龄范围在 176.3~130Ma，而矿石中石英脉（^{39}Ar-^{40}Ar）及矿石（^{39}Ar-^{40}Ar）同位素年龄为 127.8~140Ma，可见成岩与成矿是在一个统一的时期形成，成矿略晚于成岩，亦表明成矿与岩浆活动晚期相一致，即与次火山和次火山热液活动时间相同。

(二)火山—次火山岩浆空间分布与成矿的关系

区内已知矿床和矿点均产于侏罗—早白垩纪百草沟—小西南岔构造岩浆带中。矿床的空间产出受火山岩带、火山盆地、火山机构、火山爆发

中心四级控制。火山岩型金矿产于陆相火山盆地或盆地边缘中，矿体产出受火山机构控制，尤其是火山机构中的放射状与环状裂隙构造或附近的断裂构造。次火山岩型金矿(包括超浅成斑状岩体内)床，均产于火山喷(爆)发中心相的斑岩体内及附近，且大多具火山颈相特征，与隐爆—爆破角砾岩有关。

依据矿床分类，区火山岩型金矿产于火山盆地的火山机构喷出岩中，以石英—方解石脉型为主。以近南北向图们江断裂为界，西部主要以火山机构中的石英—方解石脉型金矿为主；东部则以蚀变岩型金矿为主，金矿及金铜等矿床则产于盆地边缘相对隆起区，矿床受火山机构中心相的次火山岩体包括斑岩体控制，矿体多与爆破角砾岩有关。

(三)岩石性质与成矿的关系

与成矿有关的火山喷出岩为辉石安山岩—安山岩—粗安岩、粗面安山岩—英安岩系列，与成矿有关的次火山岩为石英闪长岩—闪长玢岩—斜长花岗岩系列的小岩体。图们江断裂西部以喷出相安山岩、粗面安山岩、英安岩和花岗闪长岩为主，与成矿关系密切；东部则以次火山相石英闪长岩—闪长玢岩—花岗斑岩系列与成矿关系密切。研究区位于图们江断裂偏东部一带，金矿成矿与次火山岩相的石英闪长玢岩和石英闪长岩关系极为密切。

岩体的剥蚀程度也控制和影响着矿床类型的产出。产于西部的火山岩型矿床多为无剥蚀—浅剥蚀，矿产大多为火山热液充填型；与中等剥蚀岩体有关的矿产以充填交代(蚀变岩—绢英岩—交代石英岩)型 Au、Ag、Cu、Pb、Zn 矿为主，多产于东部的次火山岩体中，如九三沟金铜矿床、杜荒岭金铜矿点。新沟—砂金沟矿点则处于浅—中等剥蚀程度，以硅化和碳酸盐蚀变为主，很少构成绢英岩，为一深部具有找矿潜力的矿点。

三、地球物理与地球化学控矿规律

(一)地球物理控矿规律

区内成矿带位于长白山幔坳区北侧的地幔隆起区，两地幔间相差约6Km。成矿带重力场特征表现为幔隆区重力梯度带；磁场特征为较平稳的负磁场或起伏正磁场中相对低磁场。

重磁剖面上反映出区内基底地壳被切割成不同地块，并具有差异性升降的特点。

(二)地球化学控矿规律

成矿带处于 1/5 万 Au、Ag 及 Cu 高背景场与低背景场相间排列的场区中(见图 4-1)，Au 及 Ag、As、Hg 等成矿元素变异系数较大，迁移活动性强。

矿床多位于 Au-Ag-Cu-Sb-Hg-Mo 组合异常范围内，矿床规模与异常强度和规模成正比。Sb-Hg-As 为头晕组合，Au、Ag、Cu 及 Pb、Zn 为成矿晕组合，Cu、Mo、W 为尾晕组合。研究区各矿床(点)上，均有 Au 异常显示，异常强度和浓度中心与矿床吻合。

火山岩型金矿床按矿床中微量元素 Au/Ag 值分为三种地球化学类型（M.M 康斯坦丁诺夫，1981)：即金—碲型(Au/Ag=10：1~1：1)；金型(Au/Ag=1：1~1：20)；金银型(Au/Ag>1：20)。延边地区中生代火山岩型金矿的 Au/Ag 比值经统计为 1：5~1：7，表明 Au 的地球化学类型为金型，以金的成矿作用为主。而环太平洋岛弧中、新生代火山岩成矿带以金—碲型为主，两者在地球化学场区类型上明显不同。

第二节　　成矿预测

成矿预测旨在成矿(模式)理论指导下，结合不同类型矿床地质特征和相关的物化探异常特征，进行的总结与高度概括，从而指导已知矿区深部及外围和未知区的找矿工作。由于研究区位于中生代近东西向构造岩浆岩带，图们江断裂偏东一侧，矿床(点)受盆地边缘相对隆起影响，矿床类型等与西部火山盆地中不尽相同，故成矿预测研究以本次课题研究区为范围，其中包括综合找矿标志的提取，不同矿区找矿方向及远景等。

一、综合找矿标志

(一)控矿构造标志

1.东西向深断裂(43° 20′ 一线)与近南北向两组区域断裂交汇部位，是火山机构中心相存在的部位，也是矿化集中发育的地区。

2.近南北向断裂构造和 NE 向断裂交汇部位，是火山机构中心相次火山侵入杂岩赋存的部位，包括细粒石英闪长岩（闪长岩)、石英闪长玢岩、斜长花岗斑岩等受其交汇部位控制。

3.近南北向及 NNE 向次级断裂与近东西向(隐形)断裂交切部位，控制

着爆破角砾岩筒构造。

4.次级 NE~NNE 及近东西向断裂和放射状 NE、NW 向断裂(隙)，是矿体或矿化体赋存的空间。

(二) 次火山侵入杂岩标志

1.以细粒石英闪长岩、石英闪长玢岩(闪长玢岩)斜长花岗斑岩共生岩石系列，是金矿成矿的最佳组合；

2.石英闪长玢岩或闪长玢岩小岩株与金矿成矿关系最为密切(主要成矿期岩浆活动)。

(三)围岩蚀变标志

1.青盘岩化：为面式蚀变外带类型，广泛发育于石英闪长玢岩，闪长岩体中；

2.绿泥石化、绢云母化、黄铁矿化：为近矿蚀变类型或组合，范围不广，多集中发育于角砾岩筒外围；

3.黄铁绢英岩化:靠近矿体部位的主要蚀变类型,有时含有电气石化、毒砂化，构成矿体部位已成为黄铁绢英岩(九三沟、杜荒岭)；

4.石英岩化：矿体矿石表现出的一种类型，属交代石英岩，其中伴有绢云母化及大量黄铁矿等(杜荒岭)。

(四)其它找矿标志

1.1/5 万水系沉积物 Au 及 Ag、Cu 等组合异常：是存在次火山岩体与矿化发育的地(段)区；异常强度高、且浓集中心清楚，是矿化集中发育的地段，并与已知矿点、矿化点和矿床相吻合。

2.低缓跳跃的正磁场：是喷出岩与次火山杂岩侵入接触带的标志，喷出岩显示杂乱跳跃较高的正磁场特征。

3.水系重砂金、黄铜矿等异常区是间接找矿标志。

二、靶区预测及找矿方向

以区内成矿(控矿)规律为基础，结合找矿标志，以类比的方法进行靶区预测及确定找矿方向。

(一)靶区预测

依据靶区所处的地质环境、找矿信息量与找矿价值，将本区靶区划分

为Ⅰ、Ⅱ级两类，Ⅰ级为已见矿靶区，可进一步开展工程验证及评价工作(如九三沟金铜矿床、新沟—砂金沟金矿点、杜荒岭金铜矿点)；Ⅱ级为所处成矿地质条件有利，主要信息明显，并与矿致异常具有可比性，有望找到含矿蚀变带或矿体的地段，如复兴村金矿化点和大满堂沟预测区(见图4-1)。

区内Ⅰ级靶区和复兴村Ⅱ级靶区成矿地质条件及矿体特征前已叙述(见第二章1~4节)，现仅就大满堂沟预测靶区确定予以说明。

大满堂沟Ⅱ级预测靶区：位于红光村南1.6Km，面积2Km^2。处于东西向隐形深断裂(带)与近南北向断裂交汇部位，异常东侧为近南北向大满堂沟谷，区内发育着次火山岩相细粒闪长岩，并具有1/5万水系沉积物金异常。

从图4-1可以看出，大满堂沟预测靶区位于研究工作区中东部，毗邻杜荒岭和砂金沟金铜矿点，与上述金矿点及矿床基本处于相同的纬度线上。按照研究区矿点在空间上自西向东似等间距分布的规律，包括与成矿密切相关的石英闪长玢岩体与金异常吻合，并亦具有等间距分布的特点，大满堂沟金异常的出现绝非偶然，它恰位于等间距规律的结合部上，并有南北向大满堂沟断裂存在。分析推断，在大满堂沟预测靶区内应存在石英闪长玢岩(闪长玢岩)体，并和金异常走向方向趋于一致，是应进一步普查评价并有望找到含矿蚀变带或矿(化)体的地区。

(二)找矿方向

依据研究区矿床(点)成矿作用的多阶段性，结合对不同矿(点)床的地质调查和矿体地质特征观察与研究，分别对研究内不同Ⅰ级预测靶区的找矿方向予以论述说明。

1.九三沟（Ⅰ级）预测靶区

九三沟金铜矿床地质特征部分可详见第二章第一节。自矿区660中段至720中段矿体地质特征观察，690中段以矿化隐爆—爆破角砾岩为主，东侧并含有NW向金铜矿化蚀变带。依据角砾岩筒中角砾岩特征，隐爆中心应位于角砾岩筒南部，并有自南(下)向北(上)斜向隐爆的特征；720中段(近山顶处)存在震碎角砾岩，说明成矿角砾岩筒剥蚀不大；660中段(坑道内)绢云母化和硅化普遍发育，其中黄铁矿多呈细网脉状(NW和NEE向)，与石英细脉平行，有时集中成群出现，表现出细网脉带特征，具有脉状热液矿床上部带的特点，推断下部会有中脉—大脉带出现。

九三沟金矿床从上述特征可以看出，对矿化角砾岩筒构造应加强在南端的深部验证工作，以控制角砾岩筒产状；在角砾岩筒两侧，尤其是深部应加强勘查含金黄铁矿的中、大脉带。

2.新沟—砂金沟(Ⅰ级)预测靶区

矿点地质及矿体特征见第二章第三节。砂金沟金矿点是应以围绕小岩株状石英闪长玢岩体开展地表进一步验证工作，尤其是小岩体边缘与石英闪长岩接触带上。已知小岩株全部蚀变，以硅化为主，边缘岩石多呈灰白色，显示热液—气液聚集能量大，可能存在小角砾岩筒构造。从 NE 向接触带(内带)上可以看出，强硅化的石英闪长玢岩中，石英细脉组成的细脉密集带(单脉宽 1~2mm，间距 0.2~0.5cm)尤为发育，其中含少量星点状黄铁矿，说明矿体未被剥蚀，深部找矿希望极大，是具有找矿远景的靶区。

3.杜荒岭(Ⅰ级)预测靶区

矿点地质及矿体地质特征见第二章第二节。区内含矿系统受次火山活动中心爆破角砾岩筒控制，角砾岩筒规模较小，根据角砾岩角砾形态分析，矿体剥蚀不深。依据角砾岩筒四周含矿裂隙观察，以 NE 向和近 EW 向含矿裂隙发育，应加强对近 EW 和 NE 向含矿构造系统的控制(包括深部控制)。

4.复兴村(Ⅱ级)金预测靶区

矿(化)体地质特征详见第二章第四节。由于所处地质环境与其它三处Ⅰ级靶区不同，我们将复兴村列为Ⅱ级靶区。由于南北向宽阔河谷通过该区，属于开放式构造环境，矿化集中性不好。但需要进一步工作的是复兴村西山坡南北向破碎蚀变带，其中的矿化蚀变发育，黄铁矿呈细脉浸染状，宽约 3 米，倾向西，倾角 34°，便于控制。此外，复兴村河谷东侧 SEE 向挤压蚀变破碎带，应予以重视，和进行地表揭露，确定其规模和掌握横向与纵向上含矿性。

结　　语

一、认识成果

本项研究工作获得了以下认识：

（一）　通过大量岩石学研究工作，确定了研究区内次火山侵入杂岩为细粒石英闪长岩—石英闪长玢岩(闪长玢岩）—斜长花岗斑岩岩石系列，其中与金矿关系密切的岩(石)体为石英闪长玢岩。

（二）　经过岩石化学分析测试工作并与区域 J_3-K_1 火山—次火山岩系对比，区域为富钾(高钾)钙碱性火山岩系列；而东部研究区为中钾钙碱性火山岩系列。表明在化学成分上自西向东由富碱高钾向弱碱中钾钙碱性及中性向中酸性岩石系列连续过渡。

（三）　稀土元素地球化学特征表明，研究区火山—次火山岩ΣREE 及 La/YbN 高于区域稀土总量和比值(不是同一岩浆房结晶分异的产物)，稀土元素分配模式(包括矿石)与区域(J_3-K_1)模式相同，具成因上的一致性。

（四）　微量元素特征显示出研究区闪长质岩石系列与 Au、Ag 成矿元素关系密切；花岗质岩石与 Cu、Pb、Zn 成矿元素关系密切。

（五）　依据研究区矿床矿点地质调查及矿床类型特征，并在区域构造与火山岩浆岩带分析对比研究的基础上，确定了矿床产出的时空关系。研究区内矿(点)床产于火山断陷盆地边缘相对隆起区；J_3-K_1 火山岩—次火山岩成岩时代与成矿时代相同，成矿与火山活动在时间上具有一致性。

（六）　依据研究区内 4 处矿床(点)地质特征的详细调查，矿床与次火山侵入杂岩有关，属次火山岩—次火山热液型。

（七）　详细分析研究了区域成矿作用、成矿机制并探讨了区域及研究区成矿模式。指出了 J_3-K_1 是延边地区重要的构造环境转变时期(古亚洲特提斯构造域转变为环太平洋构造域)，也是金矿成矿作用的主要时期；依据研究区硫、铅同位素及氢氧同位素测试并结合区域对比研究，说明了成矿(流体)物质组成来自深部幔源，并在近地表混入地下水或天水形成含矿热液；初步建立了研究区成矿地质模式。

（八）　总结了区域控矿规律及研究区控矿规律。指出了东西向敦化—

百草沟—小西南岔深大断裂控制着火山—次火山构造岩浆岩带；区域上的SN向断裂控制着火山(断陷)盆地；东西向与南北向交汇部位及NE向断裂叠加控制着火山机构和火山爆发中心；次级断裂、火山机构断裂系统、火山爆发中心管道相(角砾岩筒)和不同方向断裂叠加部位是矿体定位空间。并依据研究区矿床类型及特征，讨论确定了不同矿床(点)的剥蚀程度。

(九) 依据研究区矿床地质特征并结合成矿理论进行了成矿预测，提取了综合找矿标志，确定了找矿靶区中的找矿方向和具体有望地段。其中Ⅰ级预测靶区3处(九三沟、新沟—砂金沟、杜荒岭)、Ⅱ级预测靶区2处(大满堂沟、复兴村)。

二、工作建议

研究所涉及的主要内容为火山—次火山岩与金矿成矿关系研究，通过岩石学、岩石化学、岩石地球化学等方面探讨了与金矿成矿关系，并由此得出了一些新的认识。在这些认识的基础上，十分希望能够以此来带动延边中生代火山岩区的地质找矿工作，以求达到科研与实际找矿相结合的目的。为此建议如下：

(一) 依据本次研究成果，建议进行野外工作的验证，其中包括Ⅱ级预测区的地质调查和揭露，以期发现与金矿关系密切的石英闪长玢岩体。在Ⅰ级靶区中要特别注意进行对新沟—砂金沟石英闪长玢岩接触带的揭露和近东西向与NE~NNE向构造交汇部位的揭露，以期发现爆破角砾岩筒及矿体。

(二) 应确立进行有关预测靶区的成矿地质条件研究专题，尤其是控矿构造专题研究。一是使研究人员能够进一步深入调查研究预测靶区的控矿地质条件，二是以便于直接与施工单位合作，有目的性地指导山地工程与深部钻探工程的验证。二者结合起来将更有助于理论与实际的结合，达到地质找矿目的。

参 考 文 献

[1]贾大成,胡瑞忠等, 吉林延边地区中生代火山岩金铜成矿系列及区域成矿模式. 长春科技大学学报,2001 年 7 月, 224-229;

[2]姜泽阳,王晓勇等,吉东火山岩型金矿地质特征及流体包裹体研究.黄金地质, 2002 年 6 月,26-30;

[3]李伟,王建新,2003,R 型聚类分析在确定成矿岩体中的应用.世界地质,2003,22(2),149-151;

[4]孟庆丽,周永昶, 吉林延边东部 J2-K1 火山—侵入杂岩岩浆的生成与演化. 岩石矿物学杂志 ,1996 年 2 月,30-39;

[5]孟庆丽等,长春地质学院建院 40 周年科学研究论文集. 吉林省科技出版社, 1992 年, 217-299;

[6]王友勤,全国地层多重划分对比研究—东北区区域地层.中国地质大学出版社,1997;

[7]王友勤,关于中国东北区地层区划的意见. 吉林地质, 1996 年;

[8]王建新, 延边金谷山金矿床成矿地质条件研究及综合找矿预测. 2000 年;

[9]周永昶等, 吉林珲春东部中生代内生成矿作用探讨—以小西南岔铜金矿床为例. 地质与勘探, 1992 年;

[10]刘文达等, 吉林省延边五凤—金仓—小西南岔地区火山岩型金矿地质特征和成矿规律的研究. 吉林省地质局黄金地质调查所, 1982 年;

[11]陶奎元,中国东南大陆火山带在环太平洋火山带中的特殊地位.地质出版社, 1993 年;

[12]南京大学地质系, 火成岩岩石学. 地质出版社, 1979 年;

[13]毛景文等, 试论中国东部中生代成矿大爆发. 矿床地质, 1999 年;

[14]任纪舜等, 中国东部及邻区大陆岩石圈的构造演化与成矿. 科技出版社, 1990 年;

[15]许文良等, 满洲里—绥纷河地学断面岩浆作用和地壳结构. 地震出版社, 1994 年;

[16]丸山茂德等, 日本列岛周围的板块相对运动和造山运动. 国外地质,1987 年;

[17]赵越等, 东亚区大地构造发展的重要转折. 地质科学;

[18]邓晋福,中国东部燕山期火成岩构造组合与造山—深部过程.地质评论,2000 年;

[19]博伊尔, 金矿地球化学. 地质出版社, 1978 年；

[20]孙丰月等, 胶东金矿地质及地幔源 C-H-O 流体分异成岩成矿. 吉林人民出版社, 1995 年；

[21]M.M.康斯坦丁诺夫, 环太平洋成矿带金矿建造的成因类型. 国处火山地质志, 1988 年；

[22]H.P.Taylor,氢氧同位素研究在热液蚀变和矿石沉淀问题上的应用.中国地质科学院情报所：国外地质科技,5 册 1978 年；

[23]王建新 常建平等,延边金谷山地区早二叠世“柯岛组”火山喷发—沉积构造划分及构造环境. 吉林大学学报, 2004 年 7 月, 333-337；

[24]贾大成,青龙村群层序及其地质时代. 吉林地质, 1994 年 13（1）；

[25]陈道公,地球化学.合肥：中国科技大学出版社,1994,139-140；

[26]陈跃军,彭玉鲸,路孝平等,华北板块北缘活动带元古宙构造岩片. 吉林大学学报,2002,32(2)：134-139；

[27]池永一,苏养正,南润善,吉中呼兰镇地区呼兰群的划分及时代.地球学报,1997,(2)：205-213；

[28]地质矿产部直属单位管理局 ,花岗岩类区 1： 5 万区域地质填图方法指南. 中国地质大学出版社 , 1 991；

[29]方文昌 ,吉林省花岗岩类及成矿作用 .吉林科学技术出版社 , 1992,2-85；

[30]黄汲清等,中国大地构造及其演化.1980,科学出版社：110-114；；

[31]吉林省地质矿产局,吉林省区域地质志.北京：地质出版社,1989；

[32]金伯录,延边州地质特征及其多金属成矿特征.地质出版社,1997；

[33]李之彤 ,赵春荆 ,东北地区的印支运动.地质科学 , 1985；(3)；

[34]林强,1999,东北亚中生代火山岩研究若干问题的思考.世界地质,18（2）：14-22；

[35]林强,葛文春,孙德有等,中国东北地区中生代火山岩的大地构造意义. 地质科学,1998,(2)：129-137；

[36]刘先文,申宁华,葛肖虹,吉黑东部中生代两种机制的碰撞构造.长春地质学院学报,1994,24（4）：385-389；

[37]邵济安,唐克东,中国东北地体与东北亚大陆边缘演化,北京：地震出版社,1996；

[38]孙忠实,邓军,冯亚民等,吉林古陆成岩背景及边缘金构造－成矿系统.地质地球化学,2000,28（4）：1-5；

[39]唐克东,王莹,何国琦,中国东北及邻区大陆边缘构造,地质学报,1995, 9（1）：16-29；

[40]唐克东等,中朝板块北侧褶皱带构造演化及成矿规律.北京大学出版社 , 1 992；

[41]田豫才,佳木斯隆起东南缘地质背景、金矿成矿地质条件及找矿方向.桂林工学院学报,1999,19（4）：303-308；

[42]王玉净,苏养正,刘尔义,东北地区区域地层,武汉：中国地质大学出版社,1997；

[43]王占福,延边地区前中生代主要变质岩地质演化特征概括.吉林地质,1998,17（2）：31-40；

[44]王中刚等,稀土元素地球化学.科学出版社,1989；

[45]吴福元,曹林,1999,东北亚地区的若干基础地质问题.世界地质,18（2）：1-13；

[46]郗爱华,任洪茂等,吉林中部呼兰群同位素年代学及其地质意义.吉林大学学报（地球科学版）,2003,33 卷,1 期：15-18；

[47]徐公愉,关于吉林省的若干基础地质问题.中国区域地质,1995,1：6-16；

[48]杨森楠,中国区域大地构造学[M].北京：地质出版社,1985,139-140；

[49]张炯飞 ,张允平,关于延边地区石炭—二叠系.沈阳地质矿产研究所集刊,第 4 号 ,吉林科学技术出版社 , 1 995；

[50]张炯飞,延边地区渤海地块与兴凯地块之间古缝合带的初步研究.吉林地质,1997,16（2）：30-36；

[51]张景枝,张永焕,吉林省早前寒武纪地质研究.吉林地质,1998,17（3）：22-31；

[52]张允平,张炯飞,延边地区石炭系二叠系研究新认识.沈阳地质矿产研究所集刊,第 3 号 ,地质出版社,1994；

[53]张允平,王占福,张炯飞等著,延边地区地质构造特征（专题报告）.地矿部沈阳所吉黑东部项目办公室,1995；

[54]赵春荆, 彭玉鲸,党增欣等,吉黑东部构造格架及地壳演化.沈阳：辽宁大学出版社,1996；

[55]赵越,杨振宇,马醒华,东亚大地构造发展的重要转折.地质科学,1994,29(2)：105-119；

[56]赵振华,微量元素地球化学原理.科学出版社,1997；

[57] Mitchell, A. H. G. and Garson, M. S., Mineral Deposits and Global Tectonic Settings, Academic PressInc. (London)Ltd. 1 981 ；

[58] Wilson M.Igneous petrogenesis. London: The academic division of Unwin Hyman Ltd,1989；

图 版 及 图 版 说 明

01. 图版Ⅰ-1 （S_1-1-b_1） 细粒石英闪长岩 细粒不等粒半自形粒状结构，斜长石半自形板状，解理与裂纹发育，环带结构清晰。 4×10(+)

02. 图版Ⅰ-2 （DH-2-b_1） 细粒石英闪长岩细粒不等粒半自形粒状结构，斜长石聚片双晶发育，并可见环带结构及窄的净边结构。 2×10(+)

03. 图版Ⅰ-3 （DH-4-b_1） 石英闪长玢岩(闪长玢岩）斑状结构、变余斑状结构，基质为变余显微晶质结构。斜长石已大部分绢云母化，保留假象。普通角闪石多色性明显，解理发育完全。 4×10(+)

04. 图版Ⅰ-4 （S_4-1-b_1） 石英闪长玢岩（闪长玢岩） 斑状结构、变余斑状结构，基质为变余显微晶质结构。斜长石已全部绢云母化，只保留假象。 4×10(+)

05. 图版Ⅰ-5 （J-4-b_1） 斜长花岗斑岩 斑状结构、基质为隐晶质—显微晶质及玻晶交织结构。斑晶以斜长石、石英为主，斜长石已绢云母化、碳酸盐化，保留假象；石英粒状，具熔蚀结构。可见褐铁矿分布。 2×10(+)

06. 图版Ⅰ-6 （J-1-2-b_1） 斜长花岗斑岩 斑状结构、基质为隐晶质—显微晶质及玻晶交织结构。斑晶斜长石已全部绢云母化，保留假象；石英粒状，具熔蚀港湾结构，其中可见小包裹体。 2×10(+)

07. 图版Ⅰ-7 （DH-14-b_1） 斜长花岗斑岩 斑状结构、基质为隐晶质—显微晶质及玻晶交织结构。斑晶斜长石轻微绢云母化，轮廓清晰，可见裂纹。基质中斜长石柱状晶形明显，杂乱分布。有碳酸盐细脉贯入。 4×10(+)

08. 图版Ⅰ-8 （Fx-2-b_1） 花岗斑岩 斑状—多斑结构，基质为显微晶质结构。斑晶具环带结构，解理和裂纹发育，绢云母化和碳酸盐化明显；石英圆状，具熔蚀和熔蚀港湾结构，有时分布于黑云母解理缝中。2×10(+)

09. 图版Ⅰ-9（Fx-1-b_1） 辉绿玢岩 斑状结构—多斑结构，基质具嵌晶含长结构、辉绿结构。斑晶斜长石聚片双晶发育，可见环带结构；辉石全部变为皂石，但保留假象，解理、裂纹较清楚。2×10(+)

10. 图版Ⅰ-10 （DH-7-b_1） 黄铁绢英岩 变余斑状结构，基质呈鳞片粒状变晶结构。斑晶斜长石已全部变为绢云母，可见其不整齐边界。10×10(+)

11. 图版Ⅰ-11 (S_4-b_1) 黄铁绢英岩 变余斑状结构，基质呈鳞片粒状变晶结构。斑晶斜长石已全部变为绢云母。4×10(+)

12.. 图版Ⅰ-12 （DH-3-b_1） 黄铁绢英岩 变余斑状结构，基质呈鳞片粒状变晶结构。见有黄钾铁矾：呈黄褐色，鳞片状或纤状、束状，有些部位与绢云母相伴

并显示原矿物的板、柱状晶形。4×10(+)

13. 图版Ⅰ-13 （ J-1-4- b_1） 黄铁绢英岩 变余斑状结构，基质呈鳞片粒状变晶结构。含电气石、绿纤石 ，电气石柱状，深蓝—浅黄色或为深褐—浅黄白色。绿纤石：纤状，常呈束状、放射状集合体。4×10(+)
14. 图版Ⅰ-14 （DH-5- b_1） 交代石英岩 鳞片粒状变晶结构，可见绿纤石交代石英，石英为硅化物。4×10(+)
15. 图版Ⅰ-15 （DH-8- b_1） 交代石英岩 鳞片粒状变晶结构。绿泥石呈束状集合体，沿石英粒间分布。 4×10(+)
16. 图版Ⅰ-16 DH-9- b_1 交代石英岩 鳞片粒状变晶结构。绿泥石呈球粒状沿石英粒间分布。4×10(+)
17. 图版Ⅱ-1-1 九三沟金矿采坑东侧山顶处石英闪长岩体顶部震碎，形成震碎角砾岩，未发生移动。
18. 图版Ⅱ-1-2 九三沟矿石中的矿物间生成顺序为黄铁矿、砷铁矿。
19. 图版Ⅱ-1-3 九三沟矿石中的矿物间生成顺序为黄铁矿、黄铜矿、硫砷铜矿。
20. 图版Ⅱ-1-4 九三沟矿石中的矿物生成顺序为依次为：黄铁矿、黄铜矿、硫砷铜银矿。
21. 图版Ⅱ-1-5 九三沟矿石中黄铁矿中的包裹金。
22. 图版Ⅱ-1-6 九三沟矿石中毒砂呈骸晶结构。
23. 图版Ⅱ-1-7 九三沟矿石中的黄铁矿的压碎结构。
24. 图版Ⅱ-2-1 杜荒岭金矿点矿坑内的震碎角砾岩。角砾成分为闪长玢岩，并为同成分的岩粉胶结。
25. 图版Ⅱ-2-2 杜荒岭矿区采坑内黄铁矿化脉，细脉走向近东西，倾向北，倾角近直立。
26. 图版Ⅱ-2-3 杜荒岭矿石中的磁铁矿。
27. 图版Ⅱ-2-4 杜荒岭矿石黄铁矿中的包裹金。
28. 图版Ⅱ-3-1 新沟头道沟口的破碎蚀变带内黄铁矿细脉多呈 NEE70° 方向分布。铅笔所指方向为 250° 。
29. 图版Ⅱ-3-2 砂金沟矿石中的黄铁矿多发生褐铁矿化。
30. 图版Ⅱ-3-3 砂金沟矿石中黄铁矿呈脉状产出。
31. 图版Ⅱ-4-1 金苍复兴村路东的石英闪长岩体中挤压蚀变破碎带，其走向 120° ，倾向 30° ，倾角 80° 。



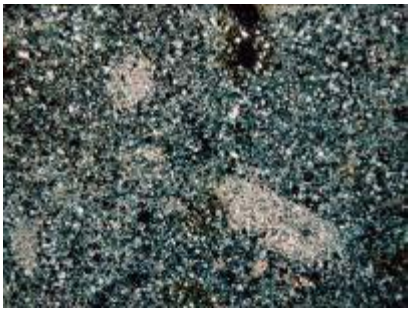
图版Ⅰ-1



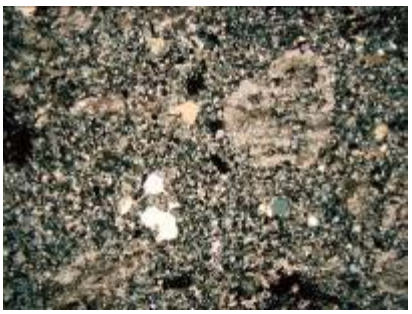
图版Ⅰ-2



图版Ⅰ-3



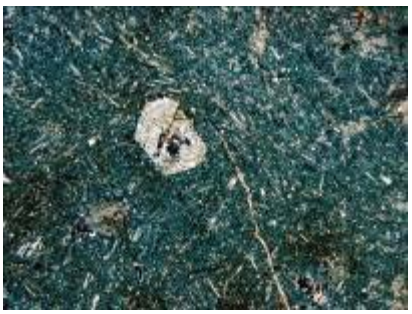
图版Ⅰ-4



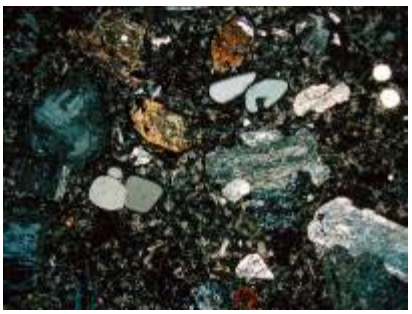
图版Ⅰ-5



图版Ⅰ-6



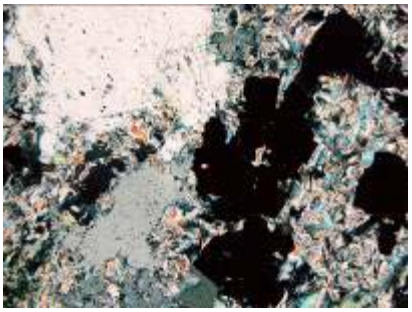
图版Ⅰ-7



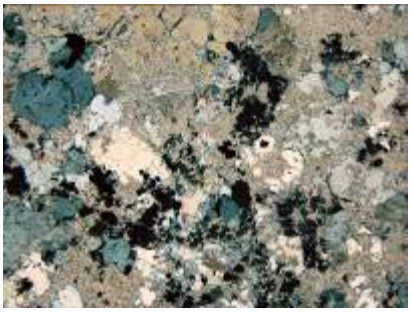
图版Ⅰ-8



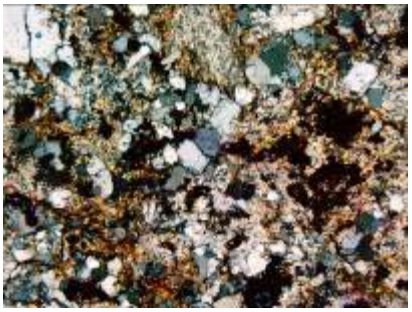
图版Ⅰ-9



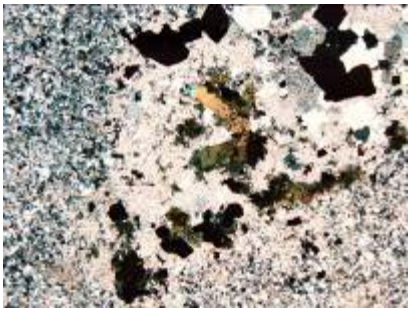
图版Ⅰ-10



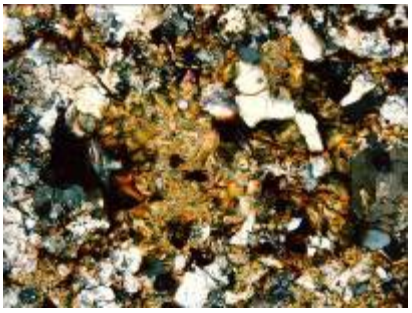
图版Ⅰ-11



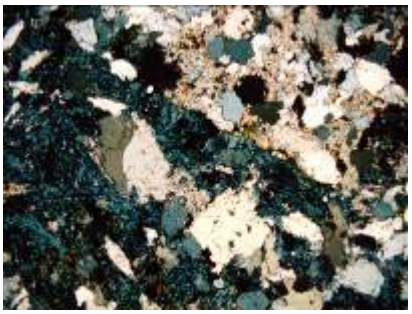
图版Ⅰ-12



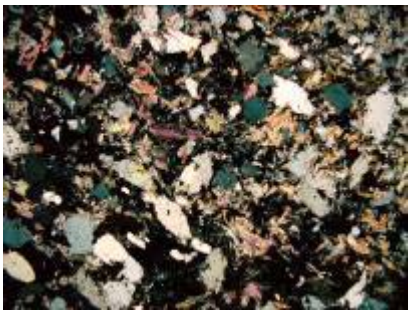
图版Ⅰ-13



图版Ⅰ-14



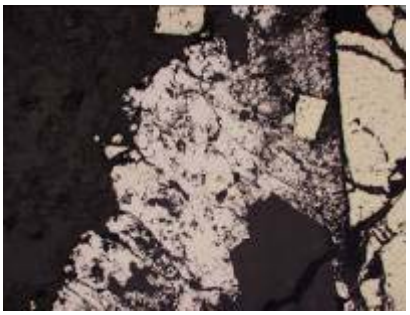
图版Ⅰ-15



图版Ⅰ-16



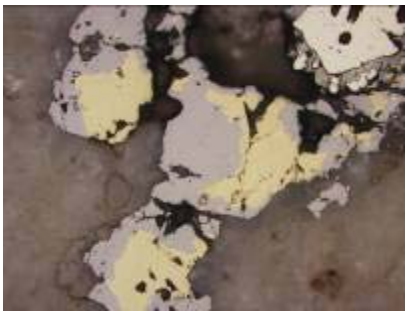
图版Ⅱ-1-1



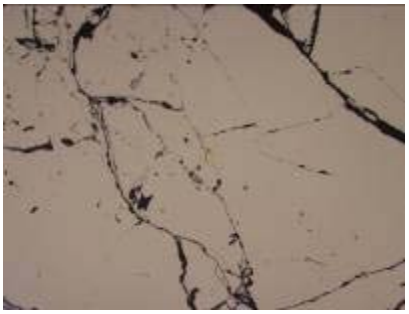
图版Ⅱ-1-2



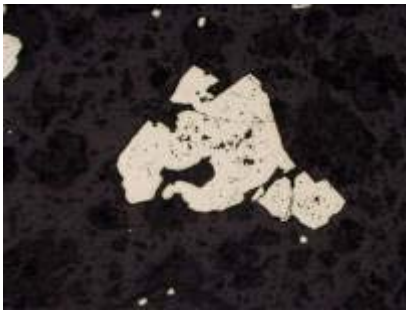
图版Ⅱ-1-3



图版Ⅱ-1-4



图版Ⅱ-1-5



图版Ⅱ-1-6



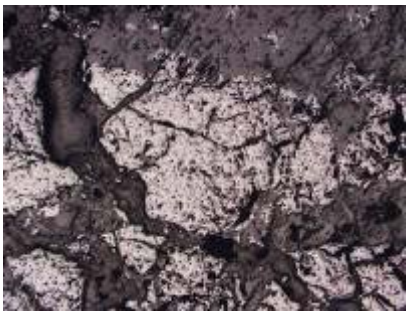
图版Ⅱ-1-7



图版Ⅱ-2-1



图版Ⅱ-2-2



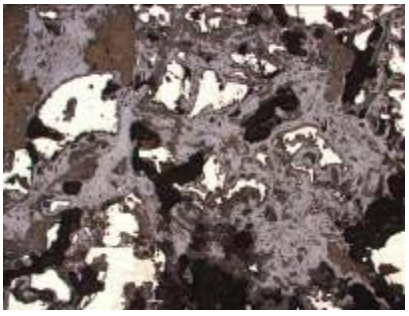
图版Ⅱ-2-3



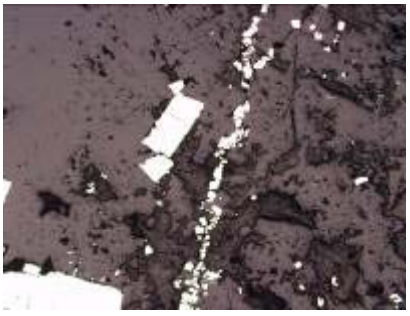
图版Ⅱ-2-4



图版Ⅱ-3-1



图版Ⅱ-3-2



图版Ⅱ-3-3



图版Ⅱ-4-1

吉林省汪清县复兴—杜荒岭金矿化区控矿条件与找矿方向

研究生：李 伟

专　业：矿产普查与勘探

导　师：王建新　副教授　　郗爱华　副教授

延边复兴—杜荒岭金矿化区位于太平岭隆起带南缘、延边中东部侏罗系火山—次火山构造岩浆岩带的东部，地理坐标：北纬 43° 17′ 00″~43° 22′ 30″，东经 130° 22′ 30″~130° 37′ 30″。区内有大、中、小型金矿床及矿点 30 多处，是我国东部中生代火山热液型金矿重要的成矿区之一，矿产资源潜力巨大。

矿化区位于华北板块北缘东段，古亚洲洋消亡型活动陆缘带控制的古生代近东西向构造带与西太平洋活动陆缘带控制的中、新生代北东向构造岩浆岩带叠加交汇处。

矿化区及矿化与中、晚侏罗—早白垩世火山岩浆活动有关，受控于百草沟—小西南岔东西向构造岩浆岩带与近南北向断裂交汇部位。火山机构控制的次火山岩，多呈小岩株状产出。按侵入先后顺序为细粒闪长岩、石英闪长玢岩和斜长花岗斑岩等，且石英闪长玢岩与金矿化关系密切，为主要控矿条件，其中寄生的隐爆角砾岩筒及外围裂隙中赋存着金矿体。

岩石化学表明区内次火山岩为中钾偏碱性钙碱性岩石，区域上自西向东由富碱高钾向弱碱中钾钙碱性及中性向中酸性岩石系列连续过渡；稀土元素分配模式及同位素测试，表明岩浆源于深部上地幔，与区域次火山岩具有同源、同成分、同演化的特征，具成因上的一致性；微量元素 Au、Ag 等相关变化表明，矿化与闪长质岩石系列关系密切。中、晚侏罗—早白垩世火山—次火山岩成岩时代与成矿时代相同，成矿与火山岩浆活动在时间上具有一致性。

调查研究工作表明：区域上东西向百草沟—小西南岔深大断裂控制着

火山—次火山构造岩浆岩带；东西向断裂(带)与南北向断裂构造交汇部位及 NE 向断裂叠加部位控制着火山机构和火山喷发中心；火山机构中的角砾岩筒构造及外围不同方向裂隙控制着矿体的分布与赋存。从而构成了本区重要的不同级别的控矿构造条件。

与成矿关系密切并呈火山颈相的石英闪长玢岩，呈小岩株状产出，与寄生的隐爆角砾岩(筒)相伴。受区域构造控制，石英闪长玢岩(株)在东西方向上似等间距分布，构成了矿化区内寻找金矿体必备的岩浆岩条件。

矿化区内矿体大多呈不规则脉状、囊状；矿石类型主要为自然金+黄铁矿+硫砷铜矿+黄铜矿矿石，及黄铁矿+毒砂+自然金矿石。矿石组构主要为交错脉状结构和压碎结构，及脉状—网脉状和角砾状构造等。以角砾岩筒为中心面式蚀变发育，自中心向外为硅化、黄铁矿化、绢云母化、黄钾铁矾化、绿泥石化和高龄土化。这些矿体(石)的内外部特征构成了本区寻找矿(化)体的标志条件。

在对已知矿床解剖基础上，归纳和总结了金矿化区综合找矿信息和标志。地质信息为：①近 SN 向及 NNE 向大断裂与近 EW 向断裂(带)交切部位，控制着火山机构与成矿次火山岩(闪长岩、石英闪长玢岩、斜长花岗斑岩)的分布；②闪长玢岩控制着矿化角砾岩筒的存在与范围；③角砾岩筒及四周环状、放射状裂隙是寻找金矿体的空间标志；④发育青盘岩化、绿泥石化、绢云母化、黄铁矿化、石英岩化、黄铁绢英岩化，且黄铁绢英岩化是靠近矿体部位的主要蚀变类型。地球化学信息为：1/5 万水系沉积物 Au 及 Ag、Cu 等组合异常是存在次火山岩体与矿化发育的地(段)区；异常强度高、且浓集中心清楚，是矿化集中发育的地段。

依据研究区矿床地质特征及综合地质找矿标志并结合成矿理论，进行了靶区预测和靶区分类。圈定出Ⅰ级靶区三处，Ⅱ级靶区两处。九三沟金铜矿床、新沟—砂金沟金矿点、杜荒岭金铜矿点为Ⅰ级靶区，复兴村金矿化点和大满堂沟预测区为Ⅱ级靶区。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一处，需深部工程验证的区段三处，外围需要检查的区段一处。

THE CONDITION OF ORE-CONTROLLABILITY AND EXPLORATION ORE-DIRECTION FOR FUXING-DUHUANGLING Au MINERALIZE SECTION IN WANGQING COUNTY,JILIN PROVINCE

Student: Li wei
Specialty: Search and exploration for mineral deposits
Mentor: Wang Jian-xin Associate Professor
Xi Ai-hua Associate Professor

Gold mineralize section of fuxing-duhuangling in Yan bian is located the south of peace and tranquility mountain intumesce belt and the east of Jurassic system volcano-hypo-volcano structural magmatic rock belt in the Middle East Yanbian. And its physical position is E: 130° 22′ 30″ ~130° 37′ 30″ ,N: 43° 17′ 00″ ~43° 22′ 30″ 。 There are big, suffer and minitype gold deposit and 30 mineral occurrence. It is importance area ore-direction among Mesozoic volcano hydrothermal gold mine in east of my nation, mineral resources potential is grestness.

The deposit is located in the conjunct area between the Paleozoic E-W continental margin active belt of Siberia to North China plates and metaphase Cenozoic N-E continental active belt of west Pacific.

Mineralize section and mineralize is relation with suffer-late Jurassic—early Cretaceous volcano magma activity, controlled area gathered EW structure magma belt of baicaogou-xiaoxi'nancha and near SN crack. Hypo-lava controlled by volcanic institution more submit small stock. It's sequence is granule diorite, quartz dioritic porphyrite and plagio granite-porphyry, and quartz dioritic porphyrite is osculation with Au mineralize, mostly the condition of ore-controllability. Autoecious crypto-explosive

breccia canister and periphery crack endow gold ore body.

Petrochemistry indicate that hypo-lava is suffer kalium partial alkalescence autunite alkalescence rock, from west to east of district it series transfer from abundant alkalescence high kalium to feebleness alkalescence suffer kalium and litmusless to suffer acidity rock series; lanthanon distribute mode and isotope testing indicate that magma root deep upper mantle, take on character of same fountain, same member, same evolvement, take on coherence in cause of formation; microelement Au, Ag etc. correlational variety indicate that rock-grown epoch is same with ore-grown epoch, ore-grown and volcano magma activity take on coherence in time.

Form investigating employment indicate: the EW baicaogou-xiaoxi'nancha deep big crack control volcano-hypo-lava structure magma belt in space; the position of the conjunct between EW rift (belt) and SN rift and NE crack control volcanic institution and the center of volcano out-break; diggings brecciated structure of volcanic institution and periphery crack endow gold ore body. Accordingly, it make of the current section importance differ level structure condition ore-controllability.

Quartz dioritic porphyrite submit small stock, it is relation with ore-direction, and submit volcano-neck phase, and concomitant with crypto-explosive breccia canister. Controlled by region structure, quartz dioritic porphyrite take on disciplinarian of similar rank space in EW direction, it make up of absolutely necessarily magma condition in search of gold mine in mineralize area.

Ore body mostly submit anomaly veins, vesica; primary ore types of mineralization section is native gold+ brazil + enargite + copper pyrite ore, and brazil + arsenikstein + native gold ore. Ore structure mostly is cross vein texture, crushed texture, vein-stockwork and brecciated structure etc. From center forth is silicification, pyritization, sericitization, jarositization chloritization and kaolinization. So you say ore body inner- exterior character

constitutes ore symbol-searching in the capital section.

At base of anatomizing known deposit, it concluded and summarized integrate ore-seeking information and symbol of Au mineralize section. Geological information: ① remit position of SN and NNE big crack and EW crack control volcanic institution and distributing ore- metallogenetic hypo-lava(granule diorite, quartz dioritic porphyrite and plagio granite-porphyry); ② dioritic porphyrite control exist and range of mineralize diggings brecciated; ③ diggings brecciated and circularity around, radiation rift is vacuum indicate in search of gold mine body. ④It develop blue tray rockzation, pyritization, chloritization, sericitization, beresite lithify, beresite lithify is most near alteration style ore body position. Geochemistry character is: 1/5 myriad water system sediment Au and Ag, Cu combination singularity is area that exist hypo-lava and develop mineralize; high singularity intensity and clarity dense center is belt that concentrated develop mineralize.

Predict and classification was carried on, based on the setting up of synthesis prospecting information and marks. Three Ⅰgrade target and two Ⅱgrade target was defined. Jiusangou Au-Cu deposit、xingou-shajingou gold mine point and duhuangling Au-Cu mine point are Ⅰgrade target, fuxing village gold mineralize point and damantanggou forecast section are Ⅱgrade target. Confirmed Ore prospecting and more workaround, one workaround need the earth's surface exposed, three workarounds need deep engineering validated, one workaround need periphery inspected.

致　　谢

三年的研究生生涯，在学习上，导师不仅严格教导，而且循循善诱，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，自始自终都是在导师王建新副教授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，衷心地感谢导师细心指导和三年来的关怀和帮助。先生一丝不苟得治学态度和严谨求实的作风将永远激励着学生。

在野外工作中承蒙武警黄金部队第六支队及其工程师的大力支持和指导帮助，保证了野外调研工作的顺利完成，在此表示诚挚的感谢。

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

三年的学习生活中，得到了秦务真、窦志刚、翟庆国、周长勇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。

导 师 简 介

姓　　名	王建新	性　　别	男	民　族	汉
出生日期	1952.6.7	出 生 地	天津市		
职　　称	副教授	学　　历	硕 士		
联 系 方 式					
联系电话	13019213697	E-Mail	jianxin@jlu.eud.cn		
学习经历					
起始时间	工作单位	职务			
1976—1982	内蒙 115 地质队	助理工程师			
1982—1992	吉林省地质局物探队	工程师（总工办主任）			
1992—至今	吉林大学地球科学学院	副教授			
科 研 项 目					

（一）大庆油田工程地质数据库研究

（二）山东省平邑地区张里金矿床成矿规律及成矿预测研究

（三）吉林省延边金谷山金矿床成矿地质条件研究及综合找矿预测

（四）吉林省和龙市百里坪地区银、多金属矿成矿地质条件及找矿方向研究

（五）太平岭隆起带南缘延边中东部地区侏罗系火山—次火山岩与金矿成矿关系研究

（六）吉林省桦甸市大庙子—板庙子一带金矿床控矿构造条件研究

(七) 吉林省桦甸市三道沟金矿矿体定位预测

（八）吉林省桦甸市援朝沟金矿矿体定位预测

（九）吉林省桦甸市板庙子—三道沟地区金及多金属矿床深部与外围矿体预测与验证

作 者 简 介

姓　　名	李　伟	性　　别	男	民　族	汉
出生日期	1979.9.11	出 生 地	山西省原平市		
学　　位	硕　士	职　　称			

联　系　方　式			
通讯地址	吉林大学朝阳校区地球科学学院	邮　编	130026
家庭地址	山西省原平市	邮　编	034100
联系电话	0431-8503948	E-Mail	liwei19790910@126.com

学　习　经　历	
2002.9-至今	吉林大学地球科学学院研究生
1998.9-2002.7	吉林大学地球科学学院本科
1994.9-1998.7	山西省原平市原平二中

参 加 的 科 研 项 目

《吉林省桦甸市大庙子—板庙子金矿化区控矿构造条件研究》;

《太平岭隆起带南缘延边中东部地区侏罗系火山—次火山岩与金矿成矿关系研究》;

《吉林省桦甸市援朝沟金矿（大竖井）成矿条件与矿体定位预测研究设计》;

《延边金谷山金矿床成矿地质条件研究及综合找矿预测》。