论文分类号 P618.51　　单 位 代 码 10183
密　　级 公 开　　研究生学号 2004612052

吉 林 大 学

硕 士 学 位 论 文

黑龙江乌拉嘎金矿外围隐伏矿体定位预测

Locating-Prediction of Blinded Gold Ore Bodies out of Heilongjiang Wulaga Gold Deposit

作者姓名：吕志刚

专　　业：矿产普查与勘探

导师姓名：吴国学

及 职 称 ： 副教授

学位类别：工学硕士

论文起止年月：2005 年 9 月至 2007 年 5 月

吉林大学硕士学位论文原创性声明

本人声明：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：矿产普查与勘探

论文题目：黑龙江乌拉嘎金矿深部及周边隐伏矿体定位预测

作者签名：　　指导教师签名：

年　月　日

作者联系地址（邮编）：长春市建设街 2199 号吉林大学地球科学学院　　130061

作者联系电话：

作者姓名	吕志刚	论文分类号	P618.51
保密级别	公 开	研究生学号	2004612052
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	隐伏矿体定位预测	学习时间	2004 年 9 月至 2007 年 6 月
论文中文题目	黑龙江乌拉嘎金矿外围隐伏矿体定位预测		
论文英文题目	Locating-Prediction of Blinded Gold Ore Bodies out of Heilongjiang Wulaga Gold Deposit		
关键词(3-8 个)	乌拉嘎金矿　综合信息　找矿模型　隐伏矿体定位预测		

导师情况	姓　名	吴国学	职称	副教授
	学历学位	博士	工作单位	吉林大学

论文提交日期	2007 年 6 月 2 日	答辩日期	2007 年 6 月 10 日
是否基金资助项目	是	基金类别及编号	横向课题

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

本文在深入剖析乌拉嘎金矿床成矿地质条件、矿床地质特征和找矿标志的基础上，建立了综合信息找矿模型。并对矿区外围柳树河区和十三公里区进行了隐伏矿体定位预测工作。

柳树河区应用地质草测、地面伽玛能谱测量、岩石地球化学测量和激电测深等方法查明区内构造破碎带发育，岩石地球化学异常明显，金矿化受接触带或构造破碎带控制。围岩蚀变有硅化、黄铁矿化、碳酸盐化等，具有浅成低温热液矿床的成矿特征。其中测区北部 NNW 向和 NE 向构造交汇部位是成矿最有利地段。十三公里区土壤地球化学异常和高精度磁测异常明显，区内圈定四个综合异常区，其中Ⅱ区最具找矿前景。

柳树河区查证“两井三孔”见矿，地表控制大规模矿化蚀变角砾岩脉一条，局部样品达到工业品位；钻探获得最高品位 52.9×10^{-6}；共获得资源量 2265kg。十三公里区经槽探和浅井控制矿体一条，延长 400 米，推测延深 200 米，厚度两米，获得黄金预测资源量 1500kg。

本次工作的成果说明：我们建立的综合信息找矿模型和采用的隐伏矿体定位预测方法是可行的，上述各种预测方法的合理性、准确性、可靠性在该区也得到了充分的验证。本次研究不仅具有一定的理论意义，对企业的找矿工作也具有一定的指导意义。

关键词： 乌拉嘎金矿　综合信息　找矿模型　隐伏矿体　定位预测

目　录

前　言……1

一、自然概况……1

二、选题依据……2

三、完成工作量……3

第一章 区域成矿背景及矿区地质特征……5

第一节　区域成矿背景……5

一、区域地质背景……5

二、区域地球化学背景……9

三、区域地球物理背景……10

四、区域矿产……11

第二节　矿区地质、地球化学和地球物理特征……12

一、矿区地质特征……12

二、矿区地球化学特征……14

三、矿区地球物理特征……16

第二章 矿床地质及综合信息找矿模型……19

第一节　矿床地质特征……19

一、矿体的基本特征……19

二、矿石特征……20

三、围岩蚀变……21

第二节　矿床综合信息找矿模型……22

一、地质找矿标志……22

二、地球化学找矿标志……24

三、地球物理找矿标志……25

四、综合信息找矿模型……27

第三章 隐伏矿体预测的理论依据与方法选择……28

第一节 隐伏矿体预测的理论依据……28
一、相似类比理论……29
二、地质异常理论……29
三、地质条件组合控矿理论……29
第二节 隐伏矿体预测的方法选择……30
一、地质学方法……30
二、地球化学方法……30
三、地球物理方法……32
第四章 矿区外围隐伏矿体定位预测及查证……37
第一节 柳树河区隐伏矿体定位预测与查证……37
一、1：5 万成矿远景预测……37
二、1：1 万成矿远景预测……40
三、隐伏矿体定位预测及查证……41
第二节 十三公里区隐伏矿体定位预测与查证……59
一、预测区的优选……59
二、地质找矿信息……60
三、地球化学找矿信息……62
四、地球物理找矿信息……66
五、隐伏矿体定位预测与查证……69
结论……74
参考文献……76
中文摘要……Ⅰ
Abstract……Ⅳ
图版
致谢
导师及作者简介

前　言

目前，我国许多大、中型矿山企业已经或正在进入中老年期，伴随采掘生产的进行，这些矿山不同程度的存在远景储量不足、保有储量危机的问题，部分矿山已进入严重资源危机状态。面临矿山企业可持续发展的迫切要求，建立和完善成矿预测理论，研究和创新矿体预测的技术方法，快速寻找和发现隐伏矿床矿体，扩大储量规模，为国有大、中型矿山企业摆脱困境和稳定持续发展提供资源保证，已经成为当前成矿学和矿产勘查学研究的前沿和重点。黑龙江乌拉嘎金矿是中国黄金集团公司的骨干企业，为我国黄金工业的发展做出了重要的贡献。但近几年矿山储量负变严重，不能保证矿山正常稳步生产，已纳入资源危机矿山之列。为此，吉林大学地球科学学院吴国学副教授与黑龙江乌拉嘎金矿合作，进行为期六年的矿区及外围隐伏矿体定位预测的生产性科研工作。

作者参与了 2004 年－2006 年乌拉嘎金矿外围柳树河区和十三公里区隐伏矿体预测的野外工作及室内研究。本文就是在上述工作的成果上完成的。

一、自然概况

（一）位置和交通

乌拉嘎金矿位于黑龙江省东北部边陲港口城市嘉荫县的乌拉嘎镇境内，行政区划隶属伊春市嘉荫县，而林木则为伊春市新青林业局直接管辖。地理坐标：东经 130° 14′ 54″～130° 15′ 51″，北纬 48° 21′ 43″～48° 22′ 15″。

乌拉嘎金矿西距哈尔滨—乌伊岭铁路新青火车站 70km，南距伊春市 150km，北距黑龙江保安码头 55km，距嘉荫县城 80km，其间均有公路相通，交通颇为方便（图 0-1）。

（二）自然地理及经济概况

本区地处小兴安岭的东北麓，地势西南低，东北高，沟壑纵横，丘陵广布，漫岗、平原相间，绝大部分为新近系覆盖和森林掩盖，基岩出露较差。主要河流除界河黑龙江外还有嘉荫河、结烈河、乌云河、乌拉嘎河、平阳河等 50 余条，皆属黑龙江水系，水利资源丰富。区域内属大陆性气候，冬长夏短，冬季严寒。冻结期在 10 月至第二年 4 月，年最低温度达零下 40℃左右，最高温度在零上 30℃，年平均气温零下 1.3℃。雨季在 8 月份，

年降水量 630mm，无霜期 126 天。

本区工业主要以矿业为主，而矿业主要以岩金矿开采为主，硫铁矿、蛇纹石、琥珀、褐煤等为辅。目前，乌拉嘎矿区东露天采场已经闭坑，采矿作业是在西露天采场进行的。矿石采自低品位的隐伏矿体。另外，还有农机修造、木材加工、制砖等工厂。农业开发较晚，粮食作物以小麦、大豆为主，兼种玉米、谷子、水稻等作物。黑龙江沿岸村屯渔业发达，产大马哈鱼、鲟鱼、鲤鱼等。森林覆盖广阔，属温带针阔混交林，树种繁多，有柞、桦、胡桃、水曲柳等。山产品有黑木耳、猴头蘑、蕨菜等。

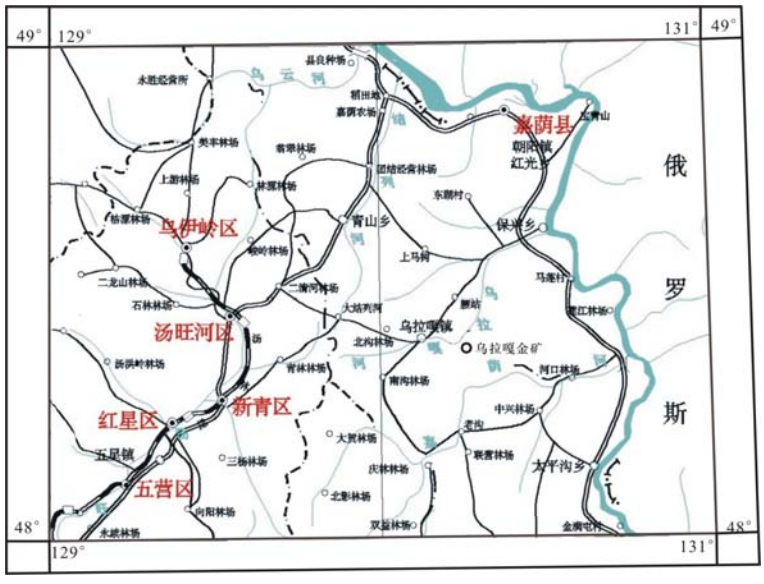


图 0-1　乌拉嘎金矿交通位置略图

二、选题依据

本论文依托的科研项目为吉林大学地球科学学院吴国学老师与黑龙江乌拉嘎金矿合作的生产性科研项目《乌拉嘎金矿矿区及外围隐伏矿体定位预测》（2000-1、2003-1 课题）以及我院孙丰月教授承担的全国危机矿山接替资源找矿项目《黑龙江省嘉荫县乌拉嘎金矿矿产预测》。

（一）研究的目的和意义

黑龙江乌拉嘎金矿是一个不断为国家做出重要贡献的直属于中国黄金总公司的骨干企业。但是，正当矿山开采量不断增加，矿山生产持续稳定发展之际，生产探矿的结果却已证实了矿山储量负变严重，提前出现了金矿资源危机这一极为严峻的形势。显然，如何在矿区的深部和外围找到新的后备基地扩大资源储量成为矿山地质找矿工作的当务之急。

综上所述，本课题不仅具有一定的理论意义，对企业的找矿工作也具有一定的指导意义。

（二）研究历史及现状

乌拉嘎金矿从 1939 年开采砂金起，迄今为止已有 65 年采金历史。然而作为黑龙江乌拉嘎金矿岩金主体矿区的团结沟金矿是 1966 年正式发现的。1958 年，淘金者偶然发现了团结沟砂金矿床，由于其品位高、金粒大，当年就有数千人来此狂热淘金。一年后便开采出 3 万多两砂金。从此，团结沟引起了地质工作者的注意。

八十年代以前，主要是进行了成矿地质条件的研究。如长春冶金地质专科学校刘作程研究了矿区岩浆岩，提出矿区存在爆破角砾岩的观点。

八十到九十年代，主要进行的是矿化特征及矿床成因的研究。如吉林冶金地质勘探公司研究所朱奉三等研究了矿床地质、成因矿物学和同位素组成，地科院沈阳地矿所李之彤等以及武警黄金部队李成范等，对矿床地质、矿床成因等多方面进行了研究，他们都发表了专题论文。1987—1989 年，南京大学任启江通过对矿床中黄铁矿等成因矿物学研究，提出该矿床属热泉型低温热液成因矿床。

九十年代后期，主要进行了针对找矿工作的研究。1991—1992 年，长春地质学院靳是琴教授，对乌拉嘎金矿床找矿矿物学进行研究，著有《黑龙江乌拉嘎金矿找矿矿物学研究》。1990—1992 年，长春地质学院王世称教授开展了“黑龙江省漠河－萝北地区 1：20 万原生金矿综合信息定量成矿预测靶区研究”和“团结沟金矿床外围 1：1 万综合信息矿产预测方法及靶区研究”的生产性科研工作。

2000—2006 年应乌拉嘎金矿的邀请，吴国学老师等带队首次在本区使用了伽玛能谱测量、壤中气汞量测量等方法，后又相继运用岩石地球化学测量、激电测深等方法开展了矿区及外围综合信息隐伏矿体定位预测工作。在总结前人取得的工作成果的基础上，进行了找矿信息的总结，并在金矿外围张才沟靶区、河西靶区、柳树河靶区和十三公里靶区进行了隐伏矿体的定位预测工作，发现了工业矿体。提交了《黑龙江乌拉嘎金矿矿区及外围隐伏矿体定位预测》成果报告。

2006— 我院孙丰月教授等受国土资源部危机矿山接替资源找矿项目管理办公室委托在乌拉嘎金矿及外围开展“黑龙江省嘉荫县乌拉嘎金矿矿产预测”项目，取得了良好的找矿效果。

三、完成工作量

本论文是以导师的科研项目为依托，作者全程参与了黑龙江乌拉嘎金矿外围柳树河区和十三公里区的隐伏矿体预测工作，野外重点参加了化探样品采集、坑探工程编录等工作；并在室内完成了许多野外资料整理、物化探数据处理、光薄片鉴定以及报告编写等相关工作。鉴于论文要求，将作者参与的有关工作量统计如下（表0-1）。

表 0-1　工作量一览表

	序号	工作内容	工作量
野外工作	1	探槽素描图	20（幅）
	2	浅井素描图	3（幅）
	3	钻孔柱状图	6（幅）
	4	野外照片	200（幅）
	5	采集岩矿标本	200（件）
	6	土壤地球化学样品	539（件）
	7	岩石地球化学样品	466（件）
	8	Au 基本分析样品	500（件）
室内工作	1	修编地质草图	2（幅）
	2	岩石薄片鉴定	55（件）
	3	岩石光片鉴定	25（件）
	4	γ 能谱原始数据图	8（幅）
	5	γ 能谱综合异常图	2（幅）
	6	γ 能谱成果解译图	2（幅）
	7	岩石地球化学原始数据图	11（幅）
	8	岩石地球化学综合异常图	1（幅）
	9	岩石地球化学元素组合异常图	1（幅）
	10	土壤地球化学测量原始数据图	11（幅）
	11	土壤地球化学测量综合异常图	1（幅）
	12	高精度磁测异常图	1（幅）
	13	查证工程分布图	1（幅）
	14	综合预测图	1（幅）

第一章　区域成矿背景及矿区地质特征

第一节　区域成矿背景

乌拉嘎金矿及外围地区所处的大地构造位置位于古亚洲构造域与滨太平洋构造域交接复合部的东北缘，两大Ⅰ级构造单元兴安岭—内蒙地槽褶皱区与兴凯湖—布列亚山地块区衔接处之北段，两个Ⅱ级构造单元五星—关松镇隆起带（隶属伊春—延寿地槽褶皱系）与佳木斯隆起带（隶属老爷岭地块）相交接处的北端，两个Ⅲ级构造单元汤旺河—关松镇隆起与太平沟隆起相接处之北端（图 1-1）。

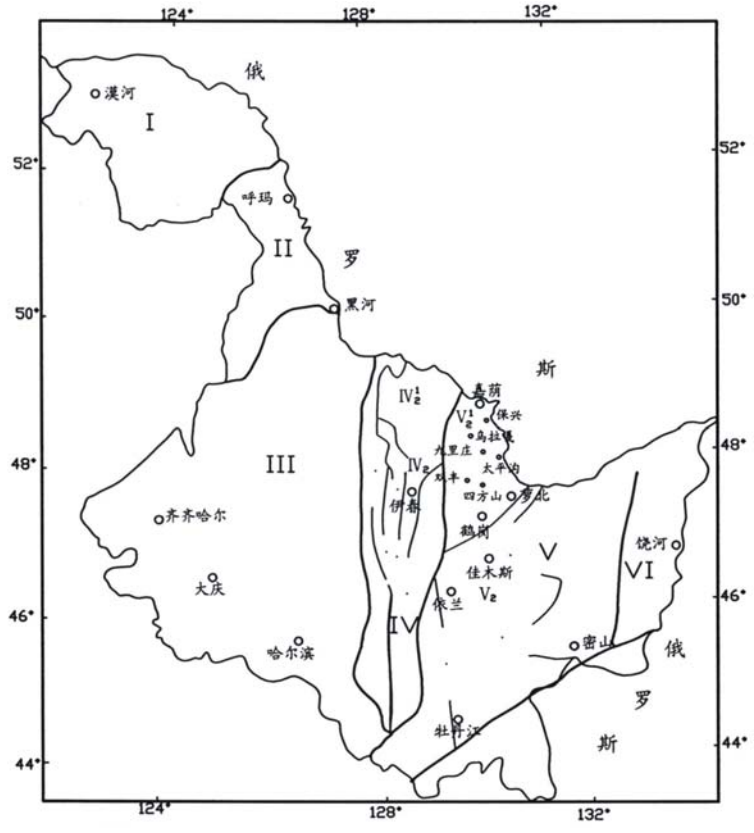


图 1-1　黑龙江省大地构造分区略图（参照黑龙江省区域地质志）

Ⅰ.额尔古纳地块；Ⅱ.大兴安岭地槽褶皱系；Ⅲ.小兴安岭松嫩地块；Ⅳ.伊春延寿地槽褶皱系；$Ⅳ_2$.五星－关松镇中间隆起带；$Ⅳ_2^1$.汤旺河－关松镇隆起；Ⅴ.老爷岭地块；$Ⅴ_2$.佳木斯隆起；$Ⅴ_2^1$.太平沟隆起；Ⅵ.完达山－西锡霍特地槽褶皱系

一、区域地质背景

（一）区域地层

区域内的地层出露比较全，由老到新有元古代的古、中、新元古界，古生代的寒武系、泥盆系和二叠系，中生代的三叠系和白垩系，新生代的古近系、新近系和第四系（图 1-2）。

1.元古代（Pt）地层

区域内的元古代地层包括古元古代、中元古代和新元古代三套变质岩系。古元古代（Pt_1）变质岩系只出露兴东群（Pt_1xd）和东风山群（Pt_1df），中元古代变质岩系只出露黑龙江群(Pt_2hl)，新元古代变质岩系仅见马家街群(Pt_1^3mj)。

2.古生代（Pz）地层

古生界，只限于寒武系下统（$\in_1$），泥盆系下统(D_1)和二叠系（P），它们通常均呈南北走向零星分布于区域的西南缘。下寒武统总体上为一套碎屑岩和碳酸盐岩建造；下泥盆统则为较典型的陆相磨拉石建造；下二叠统为浅海相碎屑夹碳酸盐岩和陆相碎屑岩建造，而上二叠统则为河湖相碎屑岩建造。

3.中生代（Mz）地层

中生界，仅出露有三叠系最下部的上二叠－下三叠统五道岭组，白垩系的下白垩统宁远村组（K_1n）和淘淇河组（K_1t）以及上白垩统永安村组（K_2yn）、嫩江组（K_2n）、鱼亮子组（K_2yl）和富饶组（K_2f）。它们零星分布于乌拉嘎断陷盆地两侧及其边缘地带。

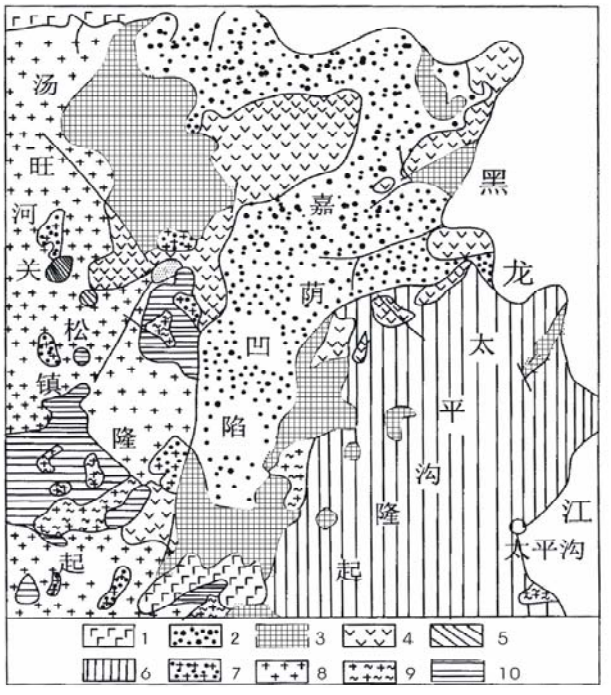


图 1-2　嘉荫-萝北地区区域地质略图

（据黑龙江省地质局第一区调队 1：20 万资料）

1.新近系玄武岩；2.新近系孙吴组和古近系乌云组；3.白垩系淘淇河组；4.白垩系宁远村组；5.下泥盆统黑龙宫组；6.中元古代晚期黑龙江群；7.燕山期花岗岩；　8.印支期花岗岩；9.元古代混合花岗岩 10.麻山群柳毛组

4.新生代(Cz)地层

新生代地层由老而新出露有古近系(原下第三系)古新统乌云组(E_1w)、新近系（原上第三系）中新统－上新统孙吴组（$N_{1-2}s$）及中新统大罗密玄武岩(βN_1)；第四系下更新统罗家窝棚组（Qp^1l)，上更新统阶地堆积（Qp^3）以及全新统超河漫滩堆积（Qh^1)、现代河床与低漫滩堆积（Qh^2)。

（二）区域构造

本区新老构造并存，后期构造继承改造前期构造的特征十分明显，因此构造形态错综复杂。大地构造发展与演化，经历了地块形成阶段、再生地槽发展阶段、盖层形成发展阶段和大陆边缘活动带发展阶段。古生代以来，地质构造总的发展是在古大陆壳内，由隆拱拉张裂陷到沉降挤压闭合，经历多期反复交替的过程，其总的趋势是从稳定向活动过渡，又从活动向稳定发展。

1.线性构造

本区线性构造在各个构造单元具有不同的发育特征。东部太平沟隆起区是南北向、东西向和北西向的线性构造为主；西部汤旺河－关松镇隆起是以北东向、北西向和北北东向的线性构造为主；中部嘉荫凹陷中的线性构造却不发育。遥感地质信息解译与查证结果表明，区域内的线性构造可分为五个方向：东西向、南北向、北东向、北西向和北北东向，其形成时间顺序为：东西向→南北向→北东向→北西向→北北东向（图 1-3)。

东西向线性构造：是本区的基底构造，主要发育在鹤岗隆起区，形成于元古代末期，在中、新生代又强烈复活，表现为张性特征，控制着中、新生代火山盆地及新生代沉积盆地的分布。

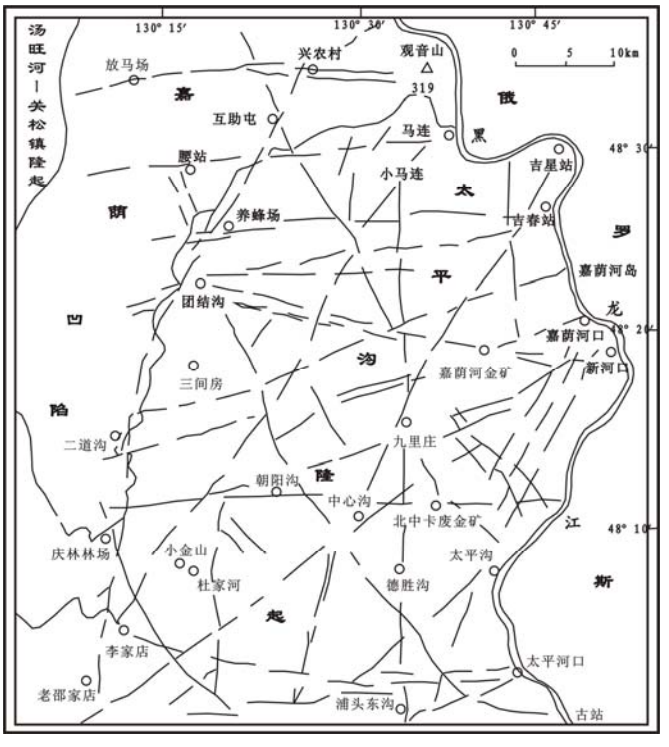


图 1-3　区域断裂构造格架图

南北向线性构造：主要发育在鹤岗隆起区及不同构造单元的接触带，规模大，活动时间长，也是一基底构造，对本区构造演化起重要作用。

早期北东向压性线性构造：形成于元古代末期——早古生代早期，为挤压性质的断裂。

北东和北西向扭性线性构造：活动时间较长，与早期东西向基底线性构造和南北向压性构造相伴而生。在中、新生代又强烈活动，控制着现今主要河谷的走向。

北北东向线性构造：主要发育在结烈凸起和乌拉嘎断陷区，形成于侏罗纪，延续活动至新生代，是燕山期活动的产物。该线性构造表现为压性——压扭性构造挤压带、构造劈理带，控制了燕山期小岩体的侵入和中新生代盆地的分布。

2.环形构造

区域内环状构造按其成因可分为火山机构成因的环状构造，如富强西环状构造、富强环状构造；岩浆活动中心或花岗岩岩基中的内部相，后期侵入的岩株，如青山村环状构造、东方红经营所环状构造；老的混合花岗岩残块如西梧桐环状构造和四方山环状构造；多组线性构造圈闭的构造岩块，如五二四林场南环状构造；中新生代的沉积盆地，如大砬子环状构造；变质岩区的基底穹窿构造，如团结沟－马连站环状构造。且以团结沟－马连站环状构造为主要的控岩控矿构造。

该环状构造主体由北东向展布的黑龙江群下亚群组成，且处在北东向小马连站复背斜的核部，边界被弧形和线性断裂圈闭。东南界为大马连站河弧形断裂，西南界为解放沟北西向断裂，北西界为乌拉嘎河北西向断裂，而北界为柳树河－十里河断裂。这一环状构造的边缘控制着中燕山晚期花岗斑岩侵入体和岩金矿床及砂金矿床的分布。环状构造的中心部位有晋宁期超基性岩体侵入。由此可知，环状构造恰为地幔隆起区的变质基底穹窿构造，其边界被线性和弧形断裂圈闭。环形构造的边缘断裂为中燕山晚期岩浆活动和热液活动提供了通道，黑龙江省最大的岩金矿床－乌拉嘎金矿就位于该环状构造与近南北向的嘉荫深断裂相切位置处的小型环状构造内。

（三）区域岩浆岩

区域内岩浆侵入活动频繁，广泛出露且类型复杂，既有超镁铁－镁铁质岩类，亦有中性－中酸性岩和花岗岩类。其中，尤以中深成花岗岩为主。区域内出露的侵入岩依其侵入时代由老而新分别为晋宁期、加里东期、印支期和燕山期。

1.晋宁期侵入岩

晋宁期侵入活动划分为两个亚旋回：一是古元古代形成的晋宁早期侵入岩；另一是新元古代早期形成的晋宁晚期侵入岩。晋宁早期侵入岩有两个岩组：超基性岩岩组和辉长岩－闪长岩岩组；晋宁晚期侵入岩为混合花岗岩岩组或电气石花岗岩岩组。

2.加里东期侵入岩

多以较大的花岗岩岩基出露，部分呈岩株状产出。侵入或捕虏寒武纪或奥陶纪的地层，具有明显的侵入关系，围岩常发育角岩化、矽卡岩化和硅化等蚀变。接触带附近常出现混染带，有较多的围岩（地层）捕虏体。岩石成分变化较大，岩性则以混染花岗岩、花岗闪长岩和斑状二长花岗岩为主，还包括少量的英云闪长岩及闪长岩等岩石类型。

3.印支期侵入岩

在本区分布的全为花岗岩岩体。在区域西缘和毗邻的伊春－延寿地槽褶皱系中分布最为广泛，显示岩浆活动最为强烈。岩石类型以中酸性、酸性和碱性岩类为主，岩体多呈大岩基、巨大岩基产出。其岩石类型有二长花岗岩、正长花岗岩和碱长－碱性花岗岩。晚印支期花岗岩与有关矿产具有十分密切的关系，它构成一个典型的成矿期。

4.燕山期侵入岩

以花岗质岩石为主体，岩石类型复杂，主要为中酸性岩类，但岩体规模一般较小，多呈岩株或岩脉状产出，并与围岩具明显的侵入关系。岩浆活动具多期多阶段性，且与断裂构造和火山活动密切相关，多呈线状展布，岩石具中细－细粒花岗结构、斑状结构以及文象结构，与金、铜、铁、锡、铅、钼以及稀有、稀土等金属矿产关系密切。

区内已发现的与岩浆岩有关的原生金矿床（点）和砂金矿床（点）主要与两类花岗岩有关：一类是燕山期的次火山岩型斜长花岗斑岩体，典型代表为团结沟斜长花岗斑岩；另一类是区内低磁性花岗岩，典型代表是北沟黑云母花岗岩。从整个张广才岭巨型花岗岩带来看，砂金矿床仅分布于花岗岩带的东部边缘区。这些空间分布特点无疑说明区内原生金矿床的形成与花岗岩和老基底之间的相互作用是密不可分的。

二、区域地球化学背景

根据长春地质学院（1988 年）对本区出露的变质地层、火山岩层和燕山期侵入岩体进行地球化学测量（60km 剖面），采集 200 块岩石样品测定了 23 项：Au、Ag、As、Sb、Bi、Hg、Cd、K_2O、Na_2O、Sr、Ba、Sn、Mo、W、Co、Ni、Cr、V、Mn、Cu、Pb、Zn、F。区域地球化学背景是选择区域剖面

中未矿化蚀变的岩石样品的测量数据确定的，其结果显示：

1.变质地层（黑龙江群）亲硫元素 As、Sb、Bi、Zn 的含量高于地壳平均值，亲铁元素 Co、Cr、Mn 的含量高于地壳平均值；Ni、V 低于地壳平均值；而亲氧元素（Sr、Ba、W）的含量明显低于地壳平均值。反映黑龙江群的原岩基性物质占优势。

2.变质地层中 Au 的含量，明显低于地壳平均值，表明该地层在区域变质以及后期的混合岩化等重大区域性地质作用中 Au 曾经大量运移。变质地层中金的释放，为成矿提供了物质来源条件，为 Au 的矿源层。但在变质地层中最基性的原岩其变质岩石中 Au 含量高于地壳的均值。

3.中生代火山岩中 Au 及主要伴生元素（As、Sb）的含量都高于地壳的平均值。特别是 Au 在下白垩统宁远村组（K_1n）中高于地壳均值 2 倍以上，说明本区中生代岩浆是富金的。

4.燕山早期岩体（葡萄沟岩体和柳树河岩体）Au、亲硫元素、亲铁元素、以及亲氧元素中的 W，这大部分元素都与宁远村组相似，均明显高出地壳岩浆岩的平均值，增高的幅度与 K_1n 极为相似。进一步证明了燕山早期岩浆的富金特点，可能成为本区与岩浆有关的不同类型金矿床的主要物质来源之一。

Au 含量在空间变化上也具有明显的规律性：

1.嘉荫河以北黑龙江群地层中 Au 的含量在 2.5×10^{-9}，实际上在矿区附近，低于地壳的平均值。

2.进入混合花岗岩区 Au 含量增至 20×10^{-9}，且保持稳定，比地壳平均值高出 5 倍，形成区域金的高背景带。

3.过嘉荫河至老沟一线 Au 含量增高到 5×10^{-9}，7×10^{-9}，20×10^{-9}。伴随 Au 含量的上述变化 W、Sn 也有相似的趋势。

区域地球化学背景范围内，Au 与其他元素除 Fe 元素及少数亲氧元素 W 和 Sn 外，基本不具有相关性，包括亲硫元素 As、Sb、Bi。而在地球化学背景之上的地球化学异常则相反，Au 与 As、Sb、Bi 具有较强的相关性。

三、区域地球物理背景

本区的老地层在航磁平面图上，呈 100nT～200nT 的宽缓正磁场（图 1-4）。重力场表现为梯度较小的正值场（图 1-5）。

由于中生界的岩石类型复杂，磁性极不均匀，除了正常沉积岩为正场外，火山岩和火山碎屑岩多以正负跳跃场为特征，其正负值跳跃的幅度大小不同，绝大部分是正负值相差大于 100nT，仅局部地区的正负值小于 100nT。中生界的重力场表现为负场，但场值大小不同。

对于区域内岩浆岩中的白岗质花岗岩一般表现为-100nT～－300nT 的缓波状磁场，而一些海西期大的花岗岩基的磁场往往不均一，有的地方表

现为 400nT 以上的正高磁场，有的地方则表现为低的正场或负场，但多呈不同磁场强度，不规则场块分布。这可能是有多次多期不同时期；岩浆侵入而形成的不同磁场体所引起的。一些印支期和燕山期的花岗岩或花岗闪长岩，表现为低的正场或负的磁场，而个别岩体表现为高达 500nT 以上的正磁场。多数燕山期花岗岩或斜长花岗斑岩表现为正低场或负场的特点，而这种小岩株或小岩体往往与金矿的形成关系密切。而与围岩没有明显界限的混合花岗岩，虽然磁场强度较高，但不均匀，这与基底变质岩系遭受花岗岩化，碱性矿物分布更不均匀的情形一致。这种磁场所对应的混合花岗岩与原生金矿的关系甚为密切，这种磁场特征属继承性岩体所引起的磁场。

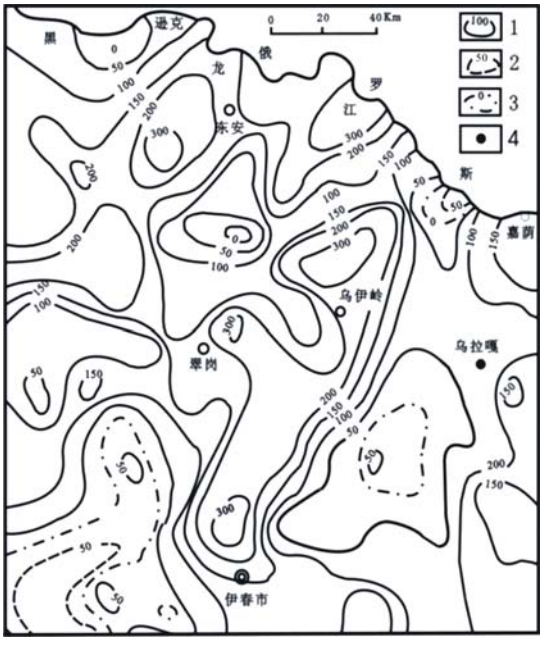


图 1-4　区域航磁异常△T 平面图

1.异常正等值线;2.异常负等值线;
3.异常零等值线;4.乌拉嘎金矿

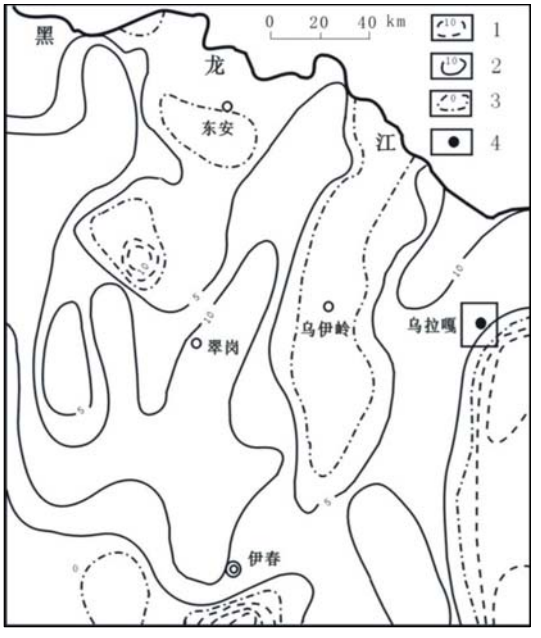


图 1-5　区域布格重力异常图

1.异常正等值线;2.异常负等值线;
3.异常零等值线;4.乌拉嘎金矿

四、区域矿产

区域内的矿产多达 20 余种，既有贵金属中的金和银，有色金属中的铅、锌、镁、钴、锂、铍、铌以及黑色金属中的铁；也有非金属中的能源矿产煤和油页岩，建筑材料中的大理岩和白云岩，耐火材料中的石棉、蛇纹岩和石墨等。其中只有少数几种矿产能为工业开发利用，而大部分矿产是以矿点和矿化点的形式存在，尚待进一步深入勘查与研究。

贵金属矿产中的金是区内最有工业价值的矿种，且具有悠久的开采历史，银仅作为金的副产品回收。区内金矿床、金矿点和金矿化点 50 多处。其中砂金产地为最多，岩金产地仅有少数几处。岩金矿点和矿化点主要有嘉荫县境内的柳树河岩金矿点、张才沟岩金矿点、十里河岩金矿化点等地。据资料统计，可采黄金储量超过百吨，由于多年持续生产开发，已因资源枯竭而出现危机，近期亟待提供后备基地。

有色金属矿产主要有铅、锌、铜、钴、镍等，计有矿床、矿点和矿化点 40 处，，其中铅锌矿床 1 处，镍矿床 1 处，钴和镍矿点 1 处，铜矿化点 1 处。 稀有放射性金属、黑色金属存在多处矿化，但目前，均不具工业开采价值。

非金属矿产有固体可燃能源的煤和油页岩；还有化工、耐火和建筑材料，如磷、石墨、石棉、蛇纹岩、大理岩和白云岩等。矿点和矿化点遍布萝北县和嘉荫县境内，但规模均较小。

第二节　矿区地质、地球化学和地球物理特征

乌拉嘎矿区位于太平沟隆起中的乌拉嘎—嘉荫断陷东缘与隆起基底交切处。区内断裂构造发育，岩浆活动频繁，成矿条件良好。

一、矿区地质特征

（一）矿区地层

矿区内地层比较简单（图 1-6）。由老而新有中元古代晚期黑龙江群下亚群（$Pt_2^3hl^a$），中生界下白垩统宁远村组（K_1n）、淘淇河组（K_1t），上白垩统鱼亮子组（K_2yl），新生界新近系中新统—上新统孙吴组（$N_{1-2}s$）和第四系（Q）。

中元古代晚期黑龙江群下亚群（$Pt_2^3hl^a$）主要分布于矿区东北部、东部和南部。主要岩性为绿泥钠长片岩、绿泥透闪片岩、绿泥透闪钠长片岩、含蓝闪石绿泥钠长片岩、石英片岩、片状石英岩和板岩等。其原岩为一套基性的拉斑玄武岩、酸性火山岩、火山碎屑岩和粘土质半粘土质沉积岩，属优地槽型火山－沉积建造。该亚群的岩石经受了后期强烈的韧性变形作用，地层的揉皱和糜棱岩化较普遍。

中生代的地层只出露白垩系，包括下白垩统宁远村组（K_1n）和淘淇河组（K_1t），上白垩统鱼亮子组（K_2yl）。远村组（K_1n）主要出露于矿区解放沟两侧以及团结沟、葡萄淘、五所沟、张才沟之间，总体呈北东向分布。岩性主要有英安岩、英安质凝灰岩、英安质及安山质集块岩、安山质火山

角砾岩、流纹质凝灰熔岩及熔凝灰岩、晶屑岩屑凝灰岩、凝灰砂岩。淘淇河组（K_1t）本组主要分布矿区的西北部，西南边缘也有出露。岩性主要由砾岩、砂砾岩、长石砂岩粉砂岩、页岩夹煤层所组成。

矿区分布的新生代地层只出露有新近系（原上第三系）中新统－上新统孙吴组（$N_{1-2}s$）和中新统大罗密玄武岩岩组（βN₁），第四系上更新统阶地堆积（Qp^3），全新统现代河床与低河漫滩堆积(Qh^2)。

（二）矿区构造

矿区构造呈现多期活动特点，既有继承性，又有发展、演化、衍生特征。古老的东西向断裂可在中生代复活并被改造，NNE 向的乌拉嘎深断裂旁侧发育着一系列 NWW、NNW、NEE 向线性次级断裂。各组断裂构造对成岩成矿具有不同的作用。

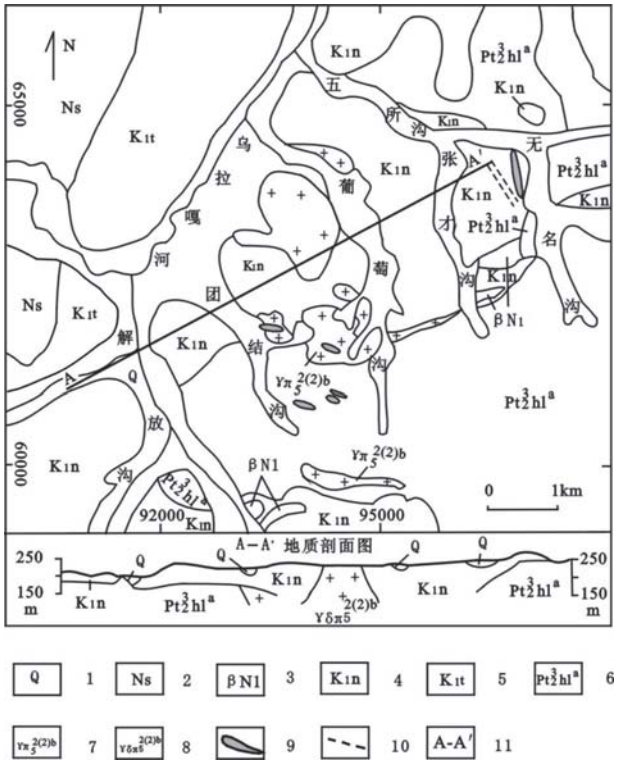


图 1-6　乌拉嘎金矿床地质略图

1.新近系冲积层；2.中新统－上新统孙吴组砾岩、砂砾岩及泥岩；3.中新统玄武岩；4. 下白垩统宁远村组火山岩；5. 下白垩统淘淇河组碎屑岩；6. 中元古界黑龙江群下亚群片岩；7. 斜长花岗斑岩；8. 花岗闪长斑岩；9. 矿体；10. 矿化蚀变带；11. 剖面线

矿区内最大的构造活动带是乌拉嘎断裂带，在西北部走向 NNE，倾向东近直立，向东北延至俄罗斯境内，而向西南延至萝北地区，它是牡丹江深断裂的北延部分。它由几条平行分布的的断层组成，对本区构造岩浆活动起着决定性的作用，控制了本区燕山期以来的侵入体和火山岩的展布，在其两侧边缘发育大量的中生代次火山岩、火山熔岩、火山碎屑岩以及沉积岩等。乌拉嘎金矿斜长花岗斑岩岩体即产于其上盘。

矿区南部岩体与结晶片岩接触带是一 NWW 向张性构造破碎带，亦是本区主要的导矿和储矿构造，它是岩体超覆带下部接触带及其内接触带构造裂隙系统的一部分，与接触带近于平行，是一含矿角砾岩带，其对矿体分布的控制十分明显。角砾岩带走向 287°，向 NNE 倾斜，倾角 20°~30°，角砾成分为斜长花岗斑岩和结晶片岩，在含矿角砾岩带内发育有硅化、黄铁矿化、碳酸盐化等蚀变。由于区内构造多期活动造成了成矿热液的多次

渗入，成矿活动具有多期多阶段性及继承性的特征，因此，含矿角砾岩早期的产物再遭破坏，又为晚期产物所充填胶结，使角砾成分复杂化。

此外，NNW 向含矿构造角砾岩以走向 335°~340° 发育于岩体内，它既可单独形成小矿体，亦可迭加于 NWW 向矿体之上使矿化进一步加强。NNW 向构造裂隙形成稍晚于 NWW 向构造裂隙，角砾岩特征与 NWW 向的基本一致，矿体在空间分布上成雁行式排列。

矿区内成矿后构造主要有 NNE 向及 NNW 向两组，多叠加于前期构造中，断裂位移不明显，对矿体无较大破坏作用。

（三）矿区岩浆岩

矿区岩浆岩分布于乌拉嘎断陷东侧的葡萄沟、张才沟、团结沟一带，有数个岩体出露，主要呈岩株、岩墙状。据已有的地质剖面资料分析，这些岩体在深部连为一体，岩体长轴呈近北西西走向。

其控制乌拉嘎金矿床形成的是团结沟斑岩体。它是中燕山晚期的火山岩浆沿嘉荫凹陷东缘断裂乌拉嘎段的火山管道上升至近地表实现侵位的次火山岩相产物。团结沟岩体是沿下白垩统宁远村组与中元古界黑龙江群下亚群不整合面侵入的斜长花岗斑岩和花岗闪长斑岩。矿区分布的火山熔岩、火山碎屑岩和次火山侵入体是由同一构造控制的同源岩浆在其活动的不同阶段不同作用不同定位空间的产物。火山熔岩和火山碎屑岩为火山岩浆喷溢和爆发到地表的产物，而次火山岩相的斜长花岗斑岩和花岗闪长斑岩侧是火山作用末期的岩浆侵入活动中侵位于近地表处，在高温、低压下和速冷的环境下形成的。

乌拉嘎金矿床的斜长花岗斑岩体均发生了不同程度多期破碎，特别是在岩体与片岩的接触带内，斑岩破碎尤为强烈，并构成一近东西向展布的角砾岩带。根据野外观察发现，其砾石成分单一，主要为斑岩角砾和片岩角砾，砾石排列整齐，均受多组多期剪切裂隙控制，裂隙间充填有各成矿阶段的矿脉，成交错的脉状，据此认为这种角砾岩带为成岩作用后形成的构造角砾岩带，它是重要的容矿场所，控制着大部分矿体的分布。

二、矿区地球化学特征

（一）有关岩石的地球化学背景

表 1-1 列出了各有关地质体地球化学背景参数。用平均值代表背景值，背景上限的确定是采用背景值(即均值)加 2 倍方差，用标准离差 (即均方差)衡量样品观测值的绝对离散程度，用变化系数表示其相对离散程度，用浓度克拉克值衡量成矿成晕元素的初始富集程度。可看出：

片岩：Au、Ag 含量与地壳克拉克值相近，Hg、Cu、Zn 明显低于克拉克

值，As、Sb、Bi、Pb 高于地壳克拉克值，Au 具有较大的标准离差和变化系数，表明金分布不均匀。

斜长花岗斑岩：Au、As、Bi、Pb 的丰度高于地壳克拉克值，Ag、Sb、Hg、Cu、Zn 低于克拉克值。Cu、As、Au 具有较大的变化系数。

英安岩：Au、As、Sb、Bi、 Hg、Pb 的含量高于克拉克值，浓度克拉克值 1~56 不等，Ag、Cu、 Zn 的丰度低于克拉克值。

表 1-1 矿区地球化学背景参数表

岩性	参数	Au	Ag	As	Sb	Bi	Hg	Cu	Pb	Zn
片岩	平均值	3.7	70	30	1.2	0.6	0.03	35	21	56
	标准离差	4.4	20	14	0.9	0.2	0.01	7.2	7.2	15
	变化系数（%）	118.9	28.6	46.7	75	33.3	33.3	21.2	34.3	26.8
	浓度克拉克值	1.06	0.88	13.6	2	139.5	0.33	0.56	1.75	0.6
	背景上限	132.5	110	58	3	1	0.05	49.8	35.4	86
英安岩	平均值	18.5	40	17	1.6	0.24	0.95	36	13	60
	标准离差	11	10	5.2	0.7	0.06	0.44	7.1	3.4	8.8
	变化系数（%）	59.5	25	30.6	43.8	25	46.3	19.7	26.2	14.7
	浓度克拉克值	5.29	0.5	7.73	2.67	55.8	10.6	0.57	1.08	0.64
	背景上限	40.5	60	27.4	3	0.36	1.83	50.2	19.8	77.6
凝灰质砂砾岩	平均值	5.5	40	28	0.8	0.75	0.05	28	8	57
	标准离差	6.2	10	20	0.5	0.3	0.02	7.8	3	6.5
	变化系数（%）	112.7	25	71.4	62.5	266.7	40	27.9	37.5	11.4
	浓度克拉克值	1.57	0.5	12.7	1.33	174.4	0.56	0.44	0.67	0.61
	背景上限	17.9	60	68	1.8	1.35	0.09	43.6	14	70
矿区背景值		9.97	53.3	19.7	1.1	0.35	0.35	31.3	17.3	57.7
地壳克拉克值（黎彤 1984）		3.5	80	2.2	0.6	0.0043	0.09	63	12	94

单位：Au×10^{-9}；其它元素×10^{-6} （据魏仪方 1996 年）

（二）矿区地球化学异常特征

本区主要成晕元素有：Au、Ag 、As、Sb、Bi、Hg、Cu、Pb、Zn、Mo 、W 它们都具有明显的高含量（或低含量）中心带；增高或降低的含量与金矿体有成因及空间联系。

金的高含量中心与主矿体重合；银晕的规模较小，仅发育于主矿体的内部，铅、锌晕特点与银相似；砷晕比金晕宽大，向矿体倾伏方向变宽。

其长轴呈 NWW 向与矿体走向方向一致；锑晕的规模更大，同样具有向矿体侧伏方向放宽的特点。

由成矿成晕元素相关系数矩阵可知(表 1-2),Au 与 Ag、As、Sb 和 Hg 为正相关，其中 Au 与 Hg 显著正相关，表明主成矿期元素组合为 Au、Ag、As、Sb 和 Hg，可作为直接指示元素；由于 As、Sb、Hg 晕的规模较大，因此，可以作为远程指示元素组合。

表 1-2　成矿成晕元素相关系数矩阵

元素	Ag	As	Sb	Bi	Hg	Cu	Pb	Zn	W	Mo	Au
Ag	1	0.04	0.006	-0.00	0.019	0.189	0.37	0.333	-0.02	-0.05	0.083
As		1	0.184	-0.00	0.276	-0.00	0.058	0.101	-0.03	0.013	0.138
Sb			1	-0.00	0.051	-0.04	-0.00	0.051	-0.02	-0.02	0.029
Bi				1	0.014	0.036	0.006	0.004	0.002	0.035	-0.01
Hg					1	0.076	-0.05	-0.01	-0.03	0.021	0.581
Cu						1	0.076	0.264	0.098	0.142	0.084
Pb							1	0.171	-0.01	-0.07	-0.05
Zn								1	-0.02	0.056	-0.07
W									1	-0.02	-0.02
Mo										1	-0.00
Au											1

据王永祥（2005 年）

三、矿区地球物理特征

（一）物性特征

1．电性特征

乌拉嘎金矿金矿石其 η_s值最高可达 15%以上，且与黄铁矿化发育程度有关，它是本区的主要极化体。矿区内主要岩石 η_s值差别较大，凝灰岩类 η_s值特低，且很稳定，一般为 1%左右；英安岩、斜长花岗斑岩稍高达 3%；片岩较高在 5%以上。矿区内各种岩石电阻率(ρ_s)都很低，尤其凝灰岩更低(杨鹏，1993)(表 1-3)。

片岩的情况比较复杂，通过参数测定和化验结果表明，片岩中高 η_s地段金品位并不高，而含金量较高的硅化蚀变片岩中其 η_s值并不高，但 ρ_s值偏高。因此，在解释推断电法异常时应注意 η_s、ρ_s异常和化探资料的综合分析。

2．磁性特征：

乌拉嘎金矿床矿石及其围岩中，由于很少含有铁磁性矿物，因此磁化

率均较低，而且呈跳跃性变化（表 1-4），其中矿石及斜长花岗斑岩较其它岩性稍高。

表 1-3 矿区内各种岩石电参数表

电参数 / 岩矿石名称	极化率(η_s%)			电阻率 ρ_s(Ω·m)			备注
	件数	变化范围	平均值	件数	变化范围	平均值	
金矿石	7	26～41	30.8				富含黄铁矿
	7	10.2～23.2	16.1	6	11.7～55.3	36	
斜长花岗斑岩	21	1.2～4.7	2.9	14	12～180	55	
片岩	22	2～12	5.4	22	51～786	392	垂直层理
		2～34	9.4				顺层
	3	24.6～96.4	41				黄铁矿化、石墨化
凝灰岩	27	0.22～2.6	0.84	24	6～180	44	
凝灰角砾岩	17	0.6～9.6	2.3	17	9～200	54	

表 1-4 部分岩石磁性数据表

磁性 / 岩性	件数	磁化率(X)X•4π•10^{-6}（SI）		剩余磁化强度 Jr（A•M^{-1}）	
		变化范围	常见值	变化范围	常见值
凝灰质砂岩	6	30～110	70		
黑云母安山玢岩	31	21～258	45		
片岩	71	35～680	200	20～220	57
玄武岩	11	93～1390	248		
斜长花岗斑岩	83	14～718	260	32～129	
角砾岩	27	67～1688	200	37～76	53
角砾状石英脉	3	267～382	320		
流纹斑岩	4	60～145	86		

（二）地球物理异常特征

1．磁异常特征

本区磁异常特征如下（据黑龙江物探大队报告）：

玄武岩：磁场变化幅度较大，曲线不规整，分布于李家店西南地区。

中酸性火山岩：强度约在 200～500nT 之间，曲线有明显波动，分布于乌拉嘎河附近。

片岩：强度约 200nT，曲线有一定波动，分布于中心沟附近。

砂砾岩：为大面积 100nT 左右平稳的正磁场，分布于团结沟西部。

混合岩：曲线在 100nT 左右摆动，分布于太平岭一带。

黑云母花岗岩：幅值约 100～200nT，稍有波动，分布于鹤岗以北。

2．激电异常特征

①不同地质体的极化率 η_s有明显差异，结晶片岩 η_s最高， 可大于 5%，斜长花岗斑岩的 η_s为 3%左右，而火山岩最低为 1%，而接触带附近的一号矿体 η_s最高达 15%。结合地质因素分析，引起 η_s高的原因主要是黄铁矿化及石墨化，显然，结晶片岩 η_s高是由石墨化所致，而矿体 η_s高是由黄铁矿化引起。

②各地质体的电阻率较为复杂，接触带附近的一号矿体 ρ_s值较高，片岩中的含金硅化带 ρ_s值也高，但 η_s值不高。综合上述，对出现高阻高极化及低阻高极化异常地段应结合成矿条件加以重视。

第二章　矿床地质及综合信息找矿模型

第一节　　矿床地质特征

一、矿体的基本特征

乌拉嘎金矿床共探明矿脉 95 条，各矿脉规模相差悬殊。1 号脉最大，主要赋存于斜长花岗斑岩的构造角砾岩带中，矿脉长 925m，沿倾斜延伸 320m，最大厚度 68.3m，最高品位 683×10^{-6}，约占总储量的 59.4%，其余 94 条矿脉规模大的尚有 12 号、20 号、21 号、22 号和 23 号矿体，这六条矿体占总储量的 94.1%，其余规模较小，仅占 5.9%。

乌拉嘎金矿矿化范围波及至下白垩统、斜长花岗斑岩及中元古界黑龙江群下亚群中，但具有工业意义的矿体则主要赋存于斜长花岗斑岩与下亚群接触带附近的近东西向展布的构造角砾岩带中，其中 90%以上的矿体产于内接触带斑岩构造的角砾岩带内。以 107 线为界，东部矿体直接出露于地表（图 2-1），而西部矿体则成埋深为 80～160m 的隐伏矿体。

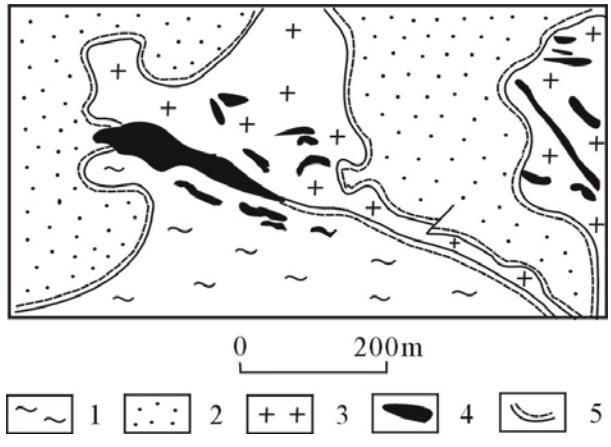


图 2-1　团结沟矿床东段地质草图（据冶金 704 队）

1、黑龙江群下亚群结晶片岩；　2、下白垩统宁远村组；

3、斜长花岗斑岩；4、工业矿体；　5、不整合接触界线

矿体赋存的有利部位有斜长花岗斑岩向片岩的超覆部位的下部接触带，斜长花岗斑岩与片岩的接触带，斑岩头部的分枝处和两个岩枝的下部汇合部位，斑岩由宽变窄处的收敛部位和片岩中近接触带的层间破碎带等（图 2-2）。

矿体在整体上受控于构造角砾岩带，而组成矿体的矿脉则主要受控于裂隙带。野外观测统计结果表明，矿区内发育有各个方向的裂隙，这些裂隙中以北西西向、北西向、北北西向和北东东向最为发育，其中北西向和北北西向裂隙控制着主成矿阶段的含矿细脉。

乌拉嘎金矿的矿化极不均匀，变化性较大，矿体与围岩无明显界线，因而矿体形态只能据工业品位圈定。从平面上看，矿体多呈 NWW 和 NW 走向

的雁行状排列，单个矿脉则多呈复脉状、透镜状和扁豆状，矿体总体倾向北东，倾角 20°～45°，整个矿带向北北西向侧伏。

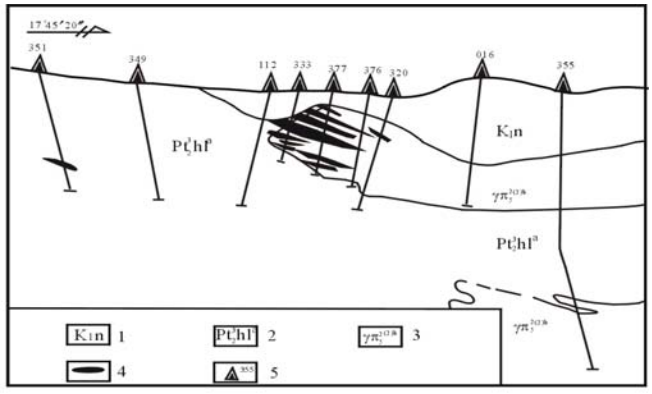


图 2-2　123 勘探线地质剖面示意图(据 704 队资料)

1.早白垩系火山碎屑岩;2. 黑龙江群下亚群结晶片岩;3.斜长花岗斑岩;4.金矿体; 5.钻孔位置及其编号

二、矿石特征

（一）矿物组合

乌拉嘎金矿矿物组合较简单，矿石矿物主要以黄铁矿、白铁矿、胶状黄铁矿、胶状白铁矿和自然金为主，此外还有极微量的黄铜矿、辉锑矿、银金矿、方铅矿、闪锌矿、自然汞、雄黄、辰砂等，脉石矿物以细粒石英、玉髓状石英、蛋白石、方解石为主，其次为铁白云石、冰长石和极少量石膏，次生矿物主要为褐铁矿，孔雀石及黄钾铁矾。

（二）矿石结构、构造

1．矿石结构

乌拉嘎金矿矿石结构类型较多，主要有粒状镶嵌结构、细粒状结构、细晶质结构、包含结构，此外尚可见乳滴结构、交代结构和反应边结构等，低温结构的普遍发育是乌拉嘎金矿的重要特征之一。

2．矿石构造

乌拉嘎金矿矿石构造以角砾状构造、脉状、网脉状构造最为发育，此外还发育有浸染状构造、胶状构造和晶洞状构造等。

①脉状、网脉状构造：石英脉、玉髓状石英脉、碳酸盐脉、黄铁矿脉、胶状黄铁矿脉、胶状白铁矿脉均呈脉状、网脉状产出，由于成矿热液的多次脉动形成各阶段脉间复杂的穿插关系。

②角砾状构造：由于成矿是在频繁的构造活动中形成的，因此造成矿石角砾状构造的普遍发育。早期的矿石多碎裂成大小不等的角砾，然后为后期的热液所胶结，这种角砾化作用一直持续到成矿作用结束后。各成矿阶段形成的矿石均发生了不同程度的碎裂，从而形成矿石复杂的角砾状构造和复合角砾状构造。

③胶状构造：由于矿床是中低温热液下形成的，因此矿区内矿石胶状

构造较为发育，黄铁矿、白铁矿、蛋白石等均发育有胶状构造，这是乌拉嘎金矿的重要特征之一。

（三）成矿阶段

根据对各种矿脉间关系的观察（图 2-3）及室内镜下鉴定，可将乌拉嘎金矿的成矿作用划分为两个热液期，一个表生期，六个成矿阶段，其中第一热液期划分为Ⅰ，Ⅱ两个成矿阶段，第二热液期划分为Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ四个成矿阶段。

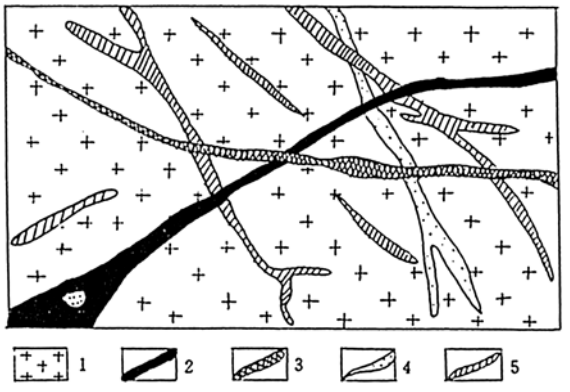


图 2-3　160m 平台矿化阶段关系素描图

1.斜长花岗斑岩；2.胶状白铁矿脉；3.方解石脉；4.白色细粒石英脉；5.显微细粒状黄铁矿脉

第一热液期可分为Ⅰ，Ⅱ两个阶段，即石英－黄铁矿阶段（Ⅰ）和灰黑色玉髓状石英－黄铁矿－白铁矿阶段（Ⅱ）。第二热液期可分为四个阶段，即显微细粒状黄铁矿阶段（Ⅲ）、胶状黄铁矿－胶状白铁矿阶段（Ⅳ）、硅质碳酸盐阶段（Ⅴ）和碳酸盐阶段（Ⅵ）乌拉嘎矿床主成矿阶段为Ⅱ-Ⅲ阶段，即灰黑色玉髓状石英－黄铁矿－白铁矿阶段和微细粒状黄铁矿阶段，由其控制了矿体空间上的分布

三、围岩蚀变

由于构造的多次复活和热液的多次脉动，矿区内围岩蚀变类型较多，既有成矿前蚀变，也有成矿期蚀变，按蚀变的空间分布特点又可分为面型蚀变和线型蚀变两种类型。蚀变类型主要有：钾化、高岭土化、绿泥石和绿帘石化、黄铁绢英岩化和绢英岩化、碳酸盐化、硅化、黄铁矿化、白铁矿化、青盘岩化。

乌拉嘎金矿床由于遭受多期次的构造作用和热液的多次脉动，造成不同期次的围岩蚀变相互叠加，蚀变分带性从矿床整体上看较差，但在接触带附近的角砾岩带中，依据各种蚀变强弱的不同，可将蚀变在水平上划分成带，这种蚀变水平分带性尤以矿床深处最好，而且蚀变带与矿体在空间上有一定关系。

以片岩与斑岩的接触带为界，蚀变成不完全对称水平分带，各蚀变带间为渐变过渡。硅化带位于蚀变带的中心部位，主要分布于内接触带（接触带近斑岩一侧），部分分布于外接触带（近片岩一侧），蚀变矿物组合为灰白色细粒石英、灰黑色玉髓状石英、蛋白石及在这些矿物中呈浸染状分布的黄铁矿、白铁矿，其中灰黑色玉髓状石英强烈发育处一般为矿体赋存

部位；由硅化带向两侧为黄铁绢英岩化带，由晚期的黄铁矿化叠加于早期绢云母化之上，蚀变矿物组合为绢云母、细粒状黄铁矿、显微细粒状黄铁矿、胶状黄铁矿、胶状白铁矿和少量石英，黄铁矿、白铁矿呈脉状、网脉状分布，其中显微细粒状黄铁矿强烈发育处常与富矿地段相吻合；由黄铁绢英岩化带向两侧开始出现不对称分带，向斑岩一侧为钾化和强高岭土化带，矿物组合为高岭土、蒙脱石、绢云母、钾长石等，向片岩一侧为绿泥石和绿帘石化带，它们为近矿围岩蚀变带；分布于蚀变带最外边缘的是碳酸盐化带，主要分布于远离矿体的斑岩中，部分分布于片岩中，蚀变矿物组合为方解石、铁白云石、冰长石及硅质碳酸盐矿物，为远矿围岩蚀变。

从以上分析看出，乌拉嘎金矿与金矿化关系最为密切的蚀变是灰黑色玉髓状石英化和显微粒状黄铁矿化，矿体主要产于黄铁绢英化带和硅化带中。

第二节　综合信息找矿模型

隐伏矿体预测是当前找矿工作的重点和难点，传统的单一地质找矿方法很难取得满意的效果，而采用综合信息找矿则是一种行之有效的方法。综合信息找矿模型是从寻找和发现矿床的角度出发，总结已知矿床的成矿地质条件、找矿标志和综合信息特征，而建立的一种类比模型。

综合信息找矿模型的建立，首先是研究矿床的成矿地质条件和控矿因素，其次研究矿床的的地球化学和地球物理找矿标志。最后将上述内容有机地关联，建立矿床的综合信息找矿模型。

一、地质找矿标志

（一）金矿的矿源层

乌拉嘎金矿位于地幔隆起之上呈南北向展布的老基底中，老基底主要由黑龙江群结晶片岩构成，其原岩为一套槽型基性－中酸性火山沉积岩，其分布区金矿化普遍，砂金广泛分布。金丰度值较高，其中尤以山嘴子组最高，同位素和稀土元素研究结果表明，老基底提供了部分成矿物质，因此黑龙江群已被公认为金矿的矿源层。

（二）成矿围岩与母岩

拉嘎金矿床具有工业意义的矿体则主要赋存于斜长花岗斑岩与黑龙江群下亚群接触带附近的近东西向展布的构造角砾岩带中，其中 90％以上的矿体产于内接触带斑岩构造的角砾岩带内。岩体为矿体的形成提供了部分成矿物质及热源。团结沟斜长花岗斑岩既是矿体围岩，又是成矿母岩。

沈阳所在远离矿体的斜长花岗斑岩中采了 58 个样品，据分析值计算出金的平均含量为 15.2×10^{-9}，基本上可以代表斜长花岗斑岩的原始金丰度值，它是世界酸性岩平均丰度值（1.7×10^{-9}）的 9 倍。团结沟斜长花岗斑岩金的丰度值表明它不但为成矿提供了热源，而且也提供了部分矿质。

（三）构造的控矿作用

构造是本矿床的是主要控矿因素。导岩构造是嘉荫凹陷东缘深断裂(乌拉嘎深断裂)，对于岩浆侵位起了决定性的作用。早期南北向、东西向断裂，晚期北西西向、北北西向、北东东向断裂在团结沟岩体处相交，形成了构造薄弱地带，为岩体的定位提供了空间。岩体侵位过程中，由于构造活动产生角砾岩带或碎裂岩带，构造角砾岩带与接触带近乎平行，它是岩体在冷凝过程中形成的板状裂隙系统，在局部地段受构造应力作用形成的。此后，构造又再次复活，继承了原来的方向，并在破碎带内形成了北北西向和北西西向的裂隙带，这两组裂隙带是容矿构造，它控制了矿体的分布、形态及规模。矿化作用随角砾岩化作用加强而加强。带中角砾成分为斜长花岗斑岩及结晶片岩，胶结物以偏胶体玉髓状石英为主，后期的碳酸盐次之。由于成矿活动具有多期性和继承性，早期的产物再遭破坏，又为晚期产物所充填胶结，使角砾成分复杂化。

（四）围岩蚀变标志

乌拉嘎金矿由于遭受多期次的构造作用和热液的多次脉动，造成不同期次的围岩蚀变相互叠加，蚀变分带性从矿床整体上看较差，但在接触带附近的角砾岩带中，依据各种蚀变强弱的不同，可将蚀变在水平上划分成带，这种蚀变水平分带性尤以矿床深处最好，而且蚀变带与矿体在时间上、空间上有一定关系。

1．在成矿各阶段围岩蚀变的组合特征

成矿早期：主要蚀变为绢云母化、黄铁矿化、硅化；
成矿第二阶段：硅化、白铁矿化、黑云母褪色；
成矿第三阶段：硅化、黄铁矿化、冰长石化、黑云母褪色；
成矿第四阶段：胶状碳酸岩化、硅化、黄铁矿化；
表生期：褐铁矿化、黄钾铁矾。

2．围岩蚀变空间特征

以片岩与斑岩的接触带为界，蚀变成不完全对称水平分带，各蚀变带间为渐变过渡。硅化带位于蚀变带的中心部位，主要分布于内接触带（接触带近斑岩一侧），部分分布于外接触带（近片岩一侧）；由硅化带向两侧为黄铁绢英岩化带，由晚期的黄铁矿化叠加于早期绢云母化之上；由黄铁

绢英岩化带向两侧开始出现不对称分带，向斑岩一侧为钾化和强高岭土化带，分布于蚀变带最外边缘的是碳酸盐化带，主要分布于远离矿体的斑岩中，部分分布于片岩中，为远矿围岩蚀变。

从以上分析看出，乌拉嘎金矿与金矿化关系最为密切的蚀变是灰黑色玉髓状石英化和显微粒状黄铁矿化，矿体主要产于黄铁绢英化带和硅化带中。

（五）找矿矿物学标志

乌拉嘎岩金矿属贫硫化物型矿石，据分析确定，80％以上的金赋存在非金属矿物—石英和碳酸岩中，其余赋存在黄铁矿和白铁矿中。载金矿物大量出现于碎裂带就构成矿体。

1.灰黑色玉髓状石英大量出现的强蚀变斜长花岗斑岩可能成为矿石。

2.浅黄色、黄褐色的铁白云石或菱铁矿脉集中出现的碎裂岩可能成为矿石。

3.细粒状黄铁矿和胶状白铁矿大量出现的岩石可能形成矿石。

4.硅化、绢云母化强烈的糜棱岩，其中云母为浅绿色，且有较多的灰黑色玉髓状石英脉存在，有望成为矿石。

5.不同阶段的矿脉叠加，占岩石总体的 70％以上，有望成为富矿石。

6.褐铁矿化、黄钾铁矾是表生作用的产物。可作为找矿的标志。

二、地球化学找矿标志

通过对露天采场不同中段的原生晕样品中金等 9 个元素进行统计分析，除了 Sb 和 Sn 外，Au、Ag、As、Bi、Hg、W、Mo 均作非对数正态分布，它们不同程度地出现左偏和右偏。Au、As、Hg 的分布类似；Ag、W、Bi、Mo 的分布相近；Sb、Sn 呈对数正态分布。造成元素呈非对数正态分布的主要原因是来自不同母体的样品及多期蚀变和矿化叠加的结果。

由于该矿经历了多期成矿作用和蚀变作用的叠加，形成了复杂的地球化学场。按其地质作用成因可分为地球化学同生场（反映成岩作用元素分布）和地球化学叠加场（反映成矿成晕元素分布）。后者是矿化引起的地质异常的反映，又叫异常场。在矿区内对露天采场各中段系统采样、分析，经数据处理对成矿成晕元素 Au、Ag、As、Sb、Bi、Hg、W、Sn 在叠加场中特征讨论如下：在团结沟金矿采场 Au、Ag 二元素在叠加场中分布大体相似，仅在斑岩破碎带中，银的分布范围较大。二者在叠加场中分布方向主要沿东西和北西方向，而东西方向和北西方向为已知的成矿前破碎带分布方向，在二者的复合部位，含量值高，是一号矿体位置。其范围和规模受构造破碎带控制，体现了矿体的位置及延伸方向，同时也体现了构造控矿特点。

As 在叠加场中分布比 Au 大得多，反应其扩散面积更大，可作为矿体的远程指示元素。Sb 在北西方向上略有分支。Hg 在东西方向上分布比较突出。Bi、Sn 在叠加场中分布在矿体下盘结晶片岩中呈带状，而与矿体位置不相吻合，斑岩体几乎没有异常显示。W 也在矿体下盘分布，比金分布略小，在北西方向上有分支，体现构造裂隙对 W 迁移的控制。

据东方地球物理公司研究，团结沟金矿原生晕分带特征是：垂向分带序列如下：(上)Hg—As—Sb—Au—Ag—Mo—W—Sn—Bi(下)。因此，其前缘指示元素是 Hg、As、Sb，而尾部元素是 Mo、W、Sn、Bi。尾晕元素活动性小，只能在深部析出形成宽度较大、线金属量衬度值较高的晕，而前缘指示元素活动性大，它可能随矿液上升，到浅部才从热液中大量析出形成较宽的晕。

成矿成晕元素的分布特征无不受控矿因素的制约。相反，控矿地质条件也势必从成矿成晕元素的分布上及元素组合的变化上有所反映。矿化地质特征也对应矿化的元素组合特征。结合原生晕特征的讨论，以及矿田构造综合研究表明，东西和北西方向构造及破碎带与成矿成晕元素的空间展布特征十分吻合，是控晕控矿的主要地质因素。结合采场综合剖面图及原生晕分析结果（图 2-4），可以看出，金矿体有强烈的 Au、As、Sb 组合晕，反映着主成矿期的元素组合，Au、As、Sb 的变化率不完全一致，从剖面图上可以看到 As、Sb 是较宽的峰值，在单位距离内，升高和降低的次数远小于 Au，受裂隙控制不如 Au 明显，这反映了 As、Sb 在岩石中有较 Au 为高的扩散能力。

通过矿床地球化学信息讨论，可以得出如下认识：成矿成晕元素在叠加场中分布受构造裂隙控制，这是控矿的主导因素。成矿成晕元素含量在不同地质体中明显不同。基本上反映成矿物质的可能来源，乌拉嘎金矿的主成矿期元素组合为 Au、As、Sb、Hg 等，可以作为直接指示元素。

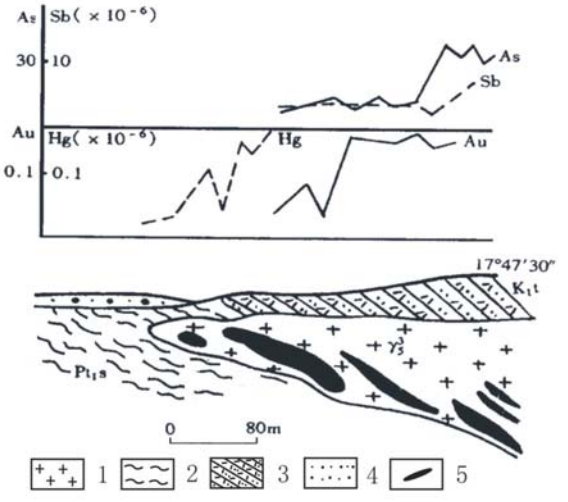


图 2-4 乌拉嘎金矿 104 线地质化探综合剖面图

1.斜长花岗斑岩;2.结晶片岩;3.凝灰岩;4.砂砾岩;5.金矿体

三、地球物理找矿标志

（一）矿体及周边各地质体的电性特征

矿区金矿石其 η_s值可达 15%以上，与黄铁矿化程度有关，是本区的主要极化体；其次片岩的 η_s值较高，在 5%以上；凝灰岩一般在 1%；花岗斑岩稍高达 3%。矿区高极化率地质体均与黄铁矿化和石墨化有关。矿区各岩石电阻率都很低，尤其凝灰岩更低，是一般电阻率法效果不好的原因所在。综上，在矿区内含黄铁矿角砾破碎带型金矿体上激发极化法取得较好的地质效果。但需指出，在片岩中情况较为复杂，要与花岗斑岩中异常分别研究。通过参数测定和化验结果表明片岩中高 η_s地段金品位不高，而金含量较高的硅化蚀变片岩中其 η_s值不高。因此，在推断解释时应注意物化探资料的综合分析。

（二）磁异常特征

矿区内岩矿石的磁性均弱，凝灰岩磁性最低，花岗斑岩及片岩次之，玄武岩及脉岩较强。

按磁异常的形态强度及梯度可将磁异常分为以下几种类型：

①低缓正异常区：异常形态为半环形，度在 100～300nT 之间，梯度平稳，此类异常为结晶片岩所致。

②正负跳跃型异常区，呈环状分布变化，梯度大，最高为 300nT，最低达-1500nT，分布杂乱。此类异常为火山岩引起。

③低平缓负异常，分布于正负跳跃异常区的中间，梯度变化平缓，强度为-20～-70nT，为火山碎屑岩引起。

④低缓局部正异常区，主要分布于负异常区的中间，异常强度 20～50nT，呈封闭状，为斜长花岗斑岩所引起。

结合控矿因素，矿体主要是赋存在斜长花岗斑岩与围岩接触带附近，因此可依据地面磁测所反映的低缓局部正异常来大致确定隐伏岩体，并进一步指出赋存矿体的有利部位。

（三）伽玛能谱异常特征

本次野外工作首先在团结沟金矿西采场的已知隐伏矿体上作了三条试验剖面，试图建立通过已知矿体去寻找未知矿体的找矿模型。

在西采场进行建模测量的三条勘探线为 123、125 及 127 勘探线，其线距 50m，点距 10m，施测 80 个物理点。通过数据处理的结果表明，异常特征同已知矿化带吻合特别好。具体表现为 K 及总道均为正异常，Th 则多为负异常，而铀则无规律。但在矿体上方（据原生晕结果确定），则总道、K、U、Th 均呈现低异常。因为对于金矿体内部，由于钾化及绢云母化矿物的急骤变少，钾含量也急骤减少。因此在金矿体上的 K 异常，是在蚀变带 K 高背景上的 K 低特征。总道、U、Th、K 正常或出现总道、K 低和 U、Th 高异常，再过渡到四者都正常。这里应当指出，矿带外低异常的找矿价值与高异常一样重要。如果在高背景区发现低异常，则可能追索到有意义的工

业矿体。此外，在 K/Th、K/U 和 F 参数（K·U/Th）等图件反映出矿化带为明显的高值异常地段。其中，K/U 参数反映钾化蚀变中心；K/Th 参数就是利用 K 与 Th 的相反行为来反映钾化蚀变作用；F 参数则突出中低温的钾化蚀变带，用 Th/U 来归一化 K 消除高温热液蚀变的影响。这些参数均是评价中低温热液型金矿广泛采用的参数。

四、综合信息找矿模型

通过对矿床控矿因素的综合分析，矿床成矿模式的讨论，以及矿床地球化学找矿标志、地球物理找矿标志的研究，总结乌拉嘎金矿床矿床的综合信息找矿模型如下：

（一）地质模型

成矿有利地段是乌拉嘎中生代断陷盆地两侧的断裂及其与次一级构造交汇处的几公里范围内。北北东向的深断裂和次一级构造控制了岩体的分布和矿体的产出。中生代火山岩浆活动形成浅成超浅成次火山岩，它不仅是成矿围岩也是成矿母岩。产于次火山岩与结晶片岩内接触带中的构造蚀变角砾岩带是矿体的主要赋存部位。围岩热液蚀变强烈，主要有硅化、黄铁矿化、绢云母化和碳酸盐化，这些均可作为找矿标志。

（二）地球化学模型

对矿床原生晕研究表明，矿床上部元素组合为 Au、As、Sb、Hg，而次生晕组合异常也是这 4 种，因此可用次生晕异常寻找原生矿。矿床的重要组合元素为 Au、As、Sb，它们在与成矿有关的地质体中分配含量均很高。

（三）地球物理模型

低缓局部正磁异常区，主要分布于负磁异常区的中间，呈封闭状，为隐伏岩体标志。因此可依据地面磁测所反映的低缓局部正异常来大致确定隐伏岩体，并进一步指出赋存矿体的有利部位。

激电测量具有 η_s 值高异常，ρ_s 值低异常的位置指示矿体存在。片岩中的含金硅化带 ρ_s 值较高，但 η_s 值不高；斜长花岗斑岩的 η_s 为 3%左右；黄铁矿化引起矿体 η_s 高，最高达 15%，同时 ρ_s 值也较高。因此，高阻高极化及低阻高极化异常为矿体的主要电性特征。

伽玛能谱测量在矿化地段及岩性分界线都引起异常，异常特征表现为 K 道及总道含量增高，而 U 道及 Th 道规律性不明显，但有一个道含量值是增高的。总体异常特征表现为三高一低或四个道都增高。

第三章　隐伏矿体预测的理论依据与方法选择

随着经济社会发展对矿产资源需求的日益增长和勘查程度的提高，找矿的难度越来越大，除少数边远地区外，能找到的地表矿、浅部矿越来越少。当前，找矿的主体对象已经由地表矿、浅部矿、易识别矿转变为隐伏矿、深部矿、难识别矿。隐伏矿体定位预测理论与方法已经成为当前成矿学和矿产勘查学研究的前沿和热点。

第一节　隐伏矿体预测的理论依据

当前在隐伏矿体预测工作中常用的理论有：相似类比理论、地质异常致矿理论和地质条件组合控矿理论等。

一、　相似类比理论

相似类比理论并不是地质学专有的理论，而是一种自然的理论和法则，在自然科学和社会科学等学科领域均有所应用，但在地质学的发展过程中，相似类比理论曾经起到了巨大的推动作用。由于过去的地质及成矿作用是人类没有经历过的复杂事件，人们只能从古今相似的地质及成矿作用的产物分析和反演，因而相似类比理论也就成为矿产预测的一个最普遍最基本的理论。

相似类比理论认为：在一定的地质条件下产出一定类型的矿床，相似地质条件下赋存有相似的矿床，同类矿床之间可以进行类比，与已知矿床的地质背景相似的地区（段）可以认为是成矿远景区或圈定为找矿靶区。其内涵是：①在相似的地质环境下，应该有相似的成矿系列或矿床产出；②在相同的（足够大）地壳体积内应有等同或相似的矿产资源量。在类比方法上，相似类比理论主要采用的是“将今论古”、“由已知到未知”的分析法，是建立在大量的野外观察及实践基础之上的认识，并根据所得认识以及归纳来得理论去指导找矿预测。

相似类比理论在类比内容方面主要包括成矿背景（或环境）类比、成矿条件（或控矿因素）类比、矿化信息类比以及成矿规律类比等方面。

在乌拉嘎金矿外围隐伏矿体预测工作中，我们首先通过野外观察研究和收集前人的工作资料，掌握矿区外围的地质特征。然后运用相似类比理论将其与乌拉嘎金矿床的成矿地质特征、控矿因素以及矿床特征进行对比，优选出最佳的预测靶区。然后在优选的预测靶区内，运用适当的隐伏矿体定位预测方法，提取相应的成矿信息，再次与乌拉嘎金矿床的找矿模型进

行类比，预测隐伏矿体的赋存地段，为工程验证提供依据。

二、 地质异常理论

这一理论是由赵鹏大等提出的，其主要内容是：地质异常是在物质成分、结构构造和成因序次上与周围环境有明显差异的地质体或地质体的组合，是不同地质历史时期演化发展的产物，其形成的地质时代、构造背景、地质环境和岩石类型决定了异常的性质及其赋存的矿产资源种类和规模。地质异常矿体预测，是在地质异常理论的指导下，运用多学科信息，以非线性科学和高新信息处理技术为手段，以研究和圈定不同尺度和不同类型的地质异常为基本途径，逐渐逼近工业矿体的一种新的成矿预测方法。

地质异常最基本的表现形式：①地质体的不连续界面或不同地质体的分界面；②地质体内部及外部特征突然变化或突出变化部位；③单位面积或体积内各种地质体或同一地质体不同属性组合的熵异常；④不同成因地质体的嵌入；⑤具不同演化历史的地质体。根据地质异常的这些基本表现形式可以推论，构成地质异常的场，其地球物理场、地球化学场和遥感影像必然呈现与周围环境明显不同的异常特征，因此地质异常往往都是综合异常。

在柳树河区和十三公里区隐伏矿体预测工作中，我们通过应用各种预测方法获取综合成矿信息，并从中提取地质异常、地球物理异常和地球化学异常。再将各种异常加以有机关联和对比的基础上圈定最有利的找矿地段实施工程验证。

三、 地质条件组合控矿理论

地质条件组合控矿理论又称成矿条件组合控矿理论或定量组合控矿理论。一般认为，地质条件组合控矿理论的确切含义是“构造—物质组合控矿理论”，它指不同层次的构造—物质组合，是控制和阐明不同级别的预测普查对象（矿带—矿节—矿田—矿床—矿体）产出的必要条件。“组合”不仅指成矿条件，而是指地、物、化、遥感地质等诸方面的联系和组合；也不限于定量组合，还可用定性组合。在此基础上建立综合找矿模式或预测普查模式，是矿产预测理论向找矿预测实践的转化，是高度概括预测对象的构造—物质特征及找矿信息和标志的优化结果。

乌拉嘎金矿床的形成是各种地质条件、地球化学条件、地球物理条件组合控矿的结果。我们可以在总结乌拉嘎金矿床地质找矿标志、地球物理找矿标志、地球化学找矿标志的基础上建立概况床的综合信息找矿模型，用以指导矿区及外围的隐伏矿体定位预测工作。

第二节　隐伏矿体预测的方法选择

隐伏矿体定位预测一直是矿产勘查领域中急迫而又艰难的课题。作为一项复杂的系统工程，隐伏矿体定位预测具有技术研究探索性强的特点。要取得良好预测效果，必须重视新方法的引用。近几十年来，各种地质、地球物理、地球化学技术的迅猛发展等技术的出现，为隐伏矿体定位预测注入了新的活力，各种技术和方法的引用，促使更多的与成矿有关的信息不断地被挖掘出来，提高了隐伏矿体定位预测的效果。但我们应该注意到，各种技术方法都有它的局限性。在隐伏矿体预测工作中我们应以地质为主导，根据不同的地质条件选择相应的预测方法，以期达到最佳的找矿效果和最佳的经济效益的统一。乌拉嘎金矿外围地区覆盖严重，使寻找隐伏矿体的难度大大增加。为此，必须遵循“因地制宜、经济合理”的原则，选择有效的预测方法，提高预测工作的成效。

一、地质学方法

当前应用于隐伏矿体定位预测工作中的地质学方法主要有地质测量法、重沙测量法、构造预测法和找矿矿物学方法等。

针对本次隐伏矿体预测工作的预测区柳树河区和十三公里区均为全覆盖区的特点，我们首先应用了地质测量法（地质草测），其目的是为较详细地研究靶区地表及浅部基础地质与矿化现象，揭示成矿小区环境，从而为其深部远景作出相关的推断、预测和估价，为其他预测方法的实施提供依据。

柳树河区和十三公里区的地质草测填图工作均按正规网度进行，柳树河区的网度为 100×20m，重点地段加密到 50×20m，填图面积 2.03km^2；十三公里区的地质草测工作与土壤地球化学测量同步进行，网度为 100×40m，填图面积 2.25km^2。为了尽可能地获取比较可靠的地质特征与矿化标志方面的有关信息，填图过程中以测网中的测线为主要地质观测路线，以穿越法为主，局部辅以追索，地质点的观测一岩性为主、构造为辅。

柳树河区和十三公里区的地质草测填图工作均按正规网度进行，具备相当高的精度。由于主要地质观测路线和观测点与测线和测点完全一致，因而使前二者的定位相当精确。每个测点的岩石标本采集一律采用定点挖掘法完成，大大增加了全覆盖区地质界线推断的可靠程度。地质界线点较多，但产状测量数据却很少，尚未完全搞清靶区的地质构造特征。

二、地球化学方法

为顺应金属矿产找寻目标的变更，勘查地球化学不仅使其传统的方法日趋成熟，还发展了一批寻找隐伏矿体（床）的新方法。例如地气法、热磁法、有机络合物提取法、地电化学法、酶浸出法等在国内外已经取得了较好的找矿效果。另外，还出现了 pH 值法、电导率法、热释汞法、热释卤素法、氡气测量法、元素存在形式法(MPE)、部分提取金属法(CHIM)、活动态金属离子法(MMI)、元素活动态测量法(MOMOG)及生物地球化学找矿法等找矿方法。

值得注意的是传统的地球化学方法，如土壤地球化学方法、岩石地球化学方法、水系沉积物测量等方法在在隐伏矿体预测工作中仍发挥着巨大作用。我们本次分别在柳树河区和十三公里区进行了岩石地球化学测量和土壤地球化学测量工作。

（一）岩石地球化学测量

岩石地球化学测量方法是利用矿体或其他地质体周围赋存在岩石中的地球化学分散晕进行找矿的地球化学方法。从20世纪50年代起到现在，已发展成为地球化学找矿的最主要方法之一，尤其是在找隐伏矿床方面更具优势。前苏联原生晕找矿法研究取得了巨大的成功，曾用原生晕方法预测深部盲矿体的成功率达84% 以上。西方的一些国家也做了许多研究，取得了好的找矿效果。中国也是最早开展矿区原生晕研究的国家，曾有计划地开展了金属矿床原生晕的研究工作。根据原生晕提供的信息也找到不少新的矿床和矿体，同时形成了一套较完整的原生晕工作方法。在目前矿产勘查资源的新形势下，该方法对发现新的矿产地、增加矿产储量，为老矿山找矿、延长矿山服务年限等方面将发挥更大的作用。因此,了解原生晕方法在寻找金属矿床的进展具有重要的意义。

矿床原生晕最主要的特征是成矿指示元素(组合) 的空间分布具有明显的分带性。在轴向上，通常可将成矿元素按其距矿体的相对位置划分为头部带、中部带和尾部带三组。头部带元素远离矿体向上迁移，一般Hg、Sb 和A s 等低温元素富集于矿体上部，可远离矿体二、三百米以上，构成矿体头部晕的主要组分；中温元素Cu、Pb、A g、A u、Zn 等主要聚集于矿体的中部或中上部；中—高温元素Co、Ni、Cr 组合则聚集于矿体的中下部,构成矿体尾部晕。在隐伏矿体定位预测中，可利用元素的分带性指示深部矿体，识别矿体异常和非矿异常，区分矿体晕与无矿断裂异常，判定侵蚀截面深度。

本次岩石地球化学测量工作在柳树河区进行。采样工作仅限局部重点地段中 104、106、108、112、116 和 120 线 40 号点以北的的局部范围内。在探槽中共采集 466 件岩石地球化学样品。对这些样品中的 Au、Ag、As、Sb、Bi、Hg、Cu、Pb、Zn、Co、Ni 等 11 个元素均进行了分析。通过对分析结果的研究，查明本区重点地段范围内 Au 及主要伴生元素的富集特征和

共生组合关系，为查证工程的实施提供依据。

（二）土壤地球化学测量

土壤地球化学测量是在系统测量土壤中元素分布的基础上，研究其分散、集中规律及其与矿床表生破坏的联系，通过发现异常、解释评价异常来进行找矿。由于矿体及其原生晕的表生破坏，在矿床上覆土壤中形成的以成矿有关元素含量增高为主要特征的地球化学异常地段，称为矿床次生晕。土壤地球化学的研究对象即为土壤中的次生晕形成的异常。

在土壤地球化学找矿中，可利用土壤地球化学中发现的区域异常来寻找成矿区、甚至可以通过地球化学省来预测广大地区内的找矿远景。但是对找矿更直接的是通过发现局部异常，查明矿床的次生晕，进而找到疏松覆盖物下的矿体。

十三公里区的土壤地球化学取样工作与地质草测同步进行，网度为100×40m。区内共布置勘探线 16 条，土壤地球化学采样点 539 个。

1．原始数据的处理

为了深入分析区内土壤地球化学行为，消除原始数据中特高值的影响，对原始数据采用了剔除特高值与特低值求背景值的方法进行处理。叠代剔除法是用逐步剔出特高值和特低值的方法进行数据预处理的，即计算所有数据的均值、均方差，将大于均值加三倍均方差或小于均值减三倍均方差的数据剔出，然后重新计算均值和方差，直到所有数据都满足条件为止。

为了进一步划分元素共生组合，研究区内元素的成矿成晕特征，我们还对原始数据进行了相关分析、因子分析和聚类分析。

2．异常的划分与评价

测区内各元素的异常下限（T）均采用“迭代剔除高值法”所得的平均值（$\overline{X}$）和均方差（S）求得，即 T=$\overline{X}$+2S。在编制各元素异常图的过程中，为了减轻图面负担，便于各元素异常强度的相互对比，图上仅画出值为 T 的 2^n（n=0，1，2，….）倍的等值线，即每条等值线的标值为 1，2，4，分别代表 1T，2T，4T 的原始数据等值线。将异常中心为 4T 以上的异常定为一级异常，异常中心大于 2T 小于 4T 的异常定为二级异常，异常中心小于 2T 的异常定为三级异常。

三、地球物理方法

目前，在金矿勘查中应用的地球物理勘探方法比较多，包括瞬变电磁法(TEM)、大地电磁测深(MT)、地震层析成象(CT)、浅源地震、伽玛能谱测

量法、航空及地面甚低频电磁法、压电法、电磁测深、电阻率法、自然电场法、激发极化法、重力法、X 射线荧光法等。另外，井中物探、高精度磁测、微重力测量在隐伏矿床定位预测中也得到了广泛的应用。

根据前人工作经验和本区的条件，我们在本次工作中选用了地面伽玛能谱测量、地面高精度磁测、激电测深等方法。

（一）地面伽玛能谱测量

地面伽玛能谱测量由于操作简便、迅速准确以及成本低等特点，近年来在金矿勘查中得到了广泛的应用。

1．理论依据

绝大多数金矿床常常伴有强烈的热液蚀变现象。然而蚀变作用又往往促成 Au 和放射性元素 U、Th、K 的活化转移。在热液蚀变过程中，放射性元素含量有的增加，有的则减少，从而可在金矿带分布地段形成放射性异常。伽玛能谱测量法就是利用伽玛能谱仪测量地球表面放射性元素 U、Th、K 的含量。由于成矿作用的多期性，使各种元素的分布复杂化，从而导致热液矿床的放射性元素异常形态复杂化。因此，实际上伽玛能谱测量中的放射性异常，是矿体、近矿交代围岩的综合反映。热液脉状金矿床中的矿脉异常多呈带状，矿体一般包含于放射性元素的分散晕中。

研究发现，金矿在形成过程中和形成之后，成矿介质中的少量放射性核素 U、Th、K 会发生活化转移重新分配，导致矿化地段的元素含量与围岩中元素含量产生较明显的差异。仅就 Au 与 U 关系而言，可把金矿床分为 Au—U 型和非 Au—U 型。对 Au—U 型矿床，如澳大利亚的奥林匹克坝和南非的兰德等世界著名的 Au—U 型矿床，用地面伽玛能谱方法无疑是有效的勘查手段；对于非 Au—U 型矿床，无论金矿床产出在沉积岩、岩浆岩还是变质岩中，大多数金矿床的形成常伴有强烈的热液蚀变现象，蚀变作用是导致金和放射性核素活化转移的重要条件之一。蚀变岩型金矿，其含矿岩石和近矿围岩中的放射性核素 U、Th、K 常常发生较大的变化，如硅化使 U、Th、K 析出（形成 U、Th、K 的相对亏损），钠化使 U 活化转移，形成 U 的相对亏损，钾化使 K 含量增高，形成钾异常。另外，金矿床的产出还十分明显的受构造控制，在构造成矿带、断层、裂隙等处，也是形成放射性异常的关键部位。所有这些因素都为伽玛能谱法勘查金矿提供了依据。总之，金的成矿受岩性、构造、蚀变等因素控制。赋金岩石与非赋金岩石之间，构造破碎带与围岩之间，蚀变岩与正常岩石之间的放射性差异是伽玛能谱法勘查金矿的前提。

由于不同温度的成矿热液在不同围岩和构造条件下形成的金矿床的围岩蚀变不同，放射性核素 U、Th、K 的质量分数比也不同。以钾化蚀变作用为例，在岩浆期后的中低温热液蚀变过程中，K 大量进入，热液中碱浓度

增加，Th 络合物溶解度增高，导致 Th 以液相的形式大量流失，因此可采用比值来突出金矿蚀变带的作用。K/Th 比值就是利用 K 与 Th 的相反行为来突出热液的钾化蚀变作用，是评价中低温热液型金矿广泛采用的参数。K^2/U •Th 比值实质是用 Th/U 来归一化钾，目的是消除高温热液蚀变的影响，突出中低温钾化蚀变作用。

2．仪器原理

柳树河区和十三公里区的地面伽玛能谱测量工作使用的仪器为 FD-3022 型微机四道γ能谱仪，测量分布于各种地质体的 U 系、Th 系、K(^{40}K)会自发地辐射能量各为 176MeV、262MeV 和 146MeV 的特征γ射线。选择包括这 3 种能量的γ谱段进行测量，可建立如下方程：$N_1=a_1Q_U+b_1Q_{Th}+c_1Q_K$；$N_2=a_2Q_U+b_2Q_{Th}+c_2Q_K$；$N_3=a_3Q_U+b_3Q_{Th}+c_3Q_K$；式中 N_1、N_2、N_3 分别为 3 个谱段的计数率；a_1、a_2、a_3 分别为单位 U 含量在相应 3 个谱段的计数率；b_1、b_2、b_3 分别为单位 Th 含量在相应 3 个谱段的计数率；c_1、c_2、c_3 分别为单位 K 含量在相应 3 个谱段的计数率；Q_U、Q_{Th}、Q_K 分别为待测 U、Th、K 含量。解上列方程即可求出 U、Th、K 含量及 U/Th、U/K、Th/K 比值。

3．本次工作

柳树河区的地面伽玛能谱定点测量分为两步先后实施。首先，以 100×20m 的网度分别沿全区 14 条测线进行施测预查；然后，在所获能谱数据室内整理的基础上，对异常较好的局部重点地段以 50×20m 的网度加密施测普查。十三公里区地面伽玛能谱定点测量网度为 100×20m，区内共布置勘探线 16 条，测点 1300 个，施测面积 2.25km^2。

（二）地面高精度磁测

地面高精度磁测是近几年发展起来的一种新的磁测技术，它使观测精度从过去的几十 nT 提高到现在的几 nT 或 1 nT 左右，且操作简便，工作效率高，并具有信息量多、弱异常特征可靠性高的特点，这就大大提高了磁法解决地质问题的能力，拓宽了磁法勘探的应用领域。

近年来，由于地面高精度磁测的上述特点，使其在金矿勘查中得到广泛应用。地面高精度磁测配合地质填图能够更可靠地反映控矿地质体的磁性变化，了解隐伏的控矿岩体、构造和含矿破碎带蚀变带的分布，在间接找金方面发挥作用。因此，地面高精度磁测应在金矿勘查中作为一种先行的基础工作进行。

就金矿床而言，一般矿脉宽度不大，通常都具有一定的弱磁性或低磁特性。在进行野外工作时，根据金矿勘查的特点，保证高精度磁测的有效

性，必须采取以下的技术措施：

①在投入野外生产工作之前，首先要认真进行仪器噪声、一致性检验以及在现场进行仪器高度的试验，通过不同高度的试验，选择工作地区最一佳探头高度。

②由于金矿磁测的精度要求高，野外生产工作必须严格按照“地面高精度磁测技术规程”进行。对每个工作地区均应建立日变站及仪器校正点，每个测区的日变站均应与总基点进行联测。

③要正确选择日变采样时间。这是一个比较复杂的问题，选择采样间隔较密时，仪器本身的电子噪声随之增加；当采样间隔较疏时，虽可压制一部分仪器噪声，但影响地磁场的观测精度，因此，必须进行不同采样间隔(2，10，20，30s)下观测精度的试验，选择最佳采样间隔，以满足高精度磁测的要求为原则.

④必须对野外磁测观测数据值进行日变改正、正常场改正和高度改正。日变改正是由日变观测仪器与生产仪器用 RS232 接口连接，自动进行内差改正。正常场改正和高度改正采用高斯球谐分析法计算，计算出测区范围内纬向、经向、高度改正值，然后逐点进行该 3 项改正，这种改正方法效果较好。

⑤金矿地面高精度磁测工作比例尺与测网的选择是十分重要的。实践证明，金矿高精度磁测一个关键的技术难题是如何从信噪比很低的磁测资料中有效地提取弱异常。为了解决这个问题必须正确选择工作比例尺与测网密度，在测区内的典型地段进行剖面试验，确定信噪比，根据信噪比的大小与测网密度的关系，然后确定测网密度。

十三公里区地面高精度磁测的测网与地面伽玛能谱测量一致，网度为100×20m，区内共布置勘探线 16 条，测点 1300 个，施测面积 2.25km^2。主要测量工作区地磁场的垂直分量的相对变化值△Z。为了提高改正精度，连测工作最好是在日变幅度小、温度梯度小的早晨和晚上进行，连测的时间间隔亦应尽量短。野外工作期间，每天在室内手工绘制磁测剖面草图，以指导第二天工作。野外工作结束后，对取得的大量有效数据进行微机处理，获得研究区地面高精度磁法测量原始数据等值线图、平剖图和异常图。

（三）激电测深

众所周知，电法是应用地球物理学中方法种类最多，应用面最广、适应性最强的一门分支学科。实践证明，它在深部构造、固体矿产、能源和水文、工程、环境等各地质领域的勘测调查中，已经和正在发挥着重要作用。80 年代以来，随着经济建设的迅猛发展和科学技术的不断进步，和其它地球物理方法一样，电法在方法理论和方法技术等方面都得到了很大提高，取得了许多理论和应用重要成果。

激发极化（激电）法是 50 年代末和 60 年代初，在我国开始试验研究和推广的。实践证明，它是应用最广和效果最好的一类电法勘探方法，早期是以直流（时间域）激电法为主，通过长期应用和研究取得了许多重要成果，如短导线测量和近场源激电法等。为了提高激电的抗干扰能力和减轻装备，70 年代初又开始研究推广了交流(频率域)激电法，主要是变频法。

电法找金的前提是：（1）多数金矿的金与硫化物伴生，硫化物以黄铁矿为主，其次是毒砂、磁黄铁矿、黄铜矿等，有时金的含量与硫化物含量呈正比关系，这种伴生关系使金矿石的极化率增大；（2）金矿与断裂带、蚀变带、石英脉或其它岩脉有关，这些岩脉与围岩在电性上有一定差别，因而可用电法间接找金。电法找金过程中主要是用极化率和电阻率两个参数。在直流激电法中，岩矿石的极化率（η）是充电时间（T）与放电取样时间（t）的函数：$\eta(T,t)=\dfrac{\Delta U_2(t)}{\Delta U(T)}\times 100\%$

式中：ΔU（T）为供电时间 T 的总场电位差；ΔU_2（T）为断电后 t 时刻的二次场电位差。式中的ΔU_2（t），也可用一段时间内积分的平均值来表示：

$$\eta(T,t)=\frac{\dfrac{1}{t_2-t_1}\int_{t_1}^{t_2}\Delta U_2(t)dt}{\Delta U(T)}\times 100\%$$

可见，极化率（η）乃是充电率 m 在 t_1-t_2时间段内的平均值。

电阻率公式简写为：$\rho=\mathrm{K}\times\dfrac{\Delta U}{\mathrm{I}}$

事实上，由于电阻率分布的不均匀，通常用视电阻率ρs 表示。影响ρs 因素有二即地电断面本身和电极的排列形式、电极距大小、电极排列与地质体之间的相对位置等。

当然，由于地质情况的复杂性，所以用电法找金时要充分与研究区地质实际相结合。乌拉嘎金矿矿脉与破碎带关系密切，且矿脉中硫化物含量与金含量有一定联系，这就为我们在本区利用电法找金提供了依据。

在柳树河区的激电测深工作我们采用了对称四极测深装置，AB/2 最大极距 1000m，用以了解地下深部地质体空间电性变化情况，配合其他地质工作方法，达到电法间接找矿的目的。柳树河区共实施激电测深剖面 7 条，即由西而东依次为 104 线、106 线、108 线、110 线、112 线、116 线和 120 线，测点主要分布在 40 号点以北的重点地段范围内。共圈定极化异常体 14 处，高极化异常中心 24 个。

第四章　矿区外围隐伏矿体定位预测与查证

矿区外围隐伏矿体定位预测的总体思路是以成矿地质、地球化学条件为基础，以前人的工作成果为依据科学选择预测靶区；在成矿预测理论的指导下，采用各种地质物化探方法作为获取综合信息的手段，通过与已知矿床建立的综合信息找矿模型进行对比，达到对隐伏矿体进行空间定位，并通过少数钻孔进行查证的目的。

乌拉嘎金矿床自 1966 年被发现后，先后有黑龙江省地质矿产局第三地质大队（现为黑龙江省第六地质勘察院）化探队、黑龙江省地质矿产局第三地质大队五队、长春地质学院等多家单位在矿区外围进行了土壤测量、岩石测量和水系沉积物等面积性工作，圈定了一系列异常和成矿远景区，并对部分矿化点进行了工程验证。本次工作在分析研究前人上述工作成果的基础上，认为位于矿区东北方向的柳树河地区和十三公里地区具有较好的成矿前景，遂厘定柳树河区及其西北方向的十三公里区为本次隐伏矿体定位预测工作的靶区。

第一节　柳树河区隐伏矿体定位预测与查证

柳树河地区位于乌拉嘎金矿东北方向，水平距离约 14.5km，沿公路和山路行程 24.5km。根据前人工作成果该区成矿地质条件较好，物化探异常发育，是历次矿区外围找矿工作的重点地区。本次工作通过对前人成果的分析，对该区进行了 1：5 万和 1：1 万比例尺的成矿预测，最终在该区圈定 2.03km^{2}的大比例尺预测靶区，应用地质草测、地面伽玛能谱测量、岩石地球化学测量和激电测深等方法进行隐伏矿体预测工作，并优选出重点的主攻地段，进行了浅井、钻探等工程验证，取得了很好的找矿效果。

一、1：5 万成矿远景预测

20 世纪 80 年代黑龙江省地质矿产局第三地质大队（现为黑龙江省第六地质勘察院)先后在乌拉嘎金矿外围柳树河地区进行了 1:5 万土壤测量、岩石测量等工作，并对部分矿化点进行了异常检查；90 年代初长春地质学院在此进行了 1：5 万水系沉积物测量工作，以上工作均显示了柳树河区具有良好的成矿远景。

（一）1：5 万土壤测量

1984 年，黑龙江省地质矿产局第三地质大队（现为黑龙江省第六地质

勘察院）化探队在乌拉嘎—金满屯一带开展 1：5 万土壤测量工作。完成 1：5 万土壤测量面积 702km^2，提交了《黑龙江省嘉荫县乌拉嘎——金满屯一带地球化学土壤测量报告》。在柳树河一带圈定丙类组合异常二处（AP—84—2、 AP—84—3）。AP-84-2 异常位于十里河北支沟一带，面积约 12 km^2，主要由 Au2、As3 组成，Au2 面积 3.5 km^2，呈北西向带状，最高含量 20×19^{-9}，衬度 4.88；As3 呈北北东向带状，面积约 2 km^2，最高含量 200×19^{-9}，衬度 9.52。AP-84-3 异常位于柳树河中游一带，面积约 10 km^2，总体呈北东向，大部分位于靶区内，As5 套合于 Au1 中。对 AP-84-2 组合异常的验证表明，该区地表出露黑龙江群山咀子组结晶片岩，燕山早期花岗斑岩、花岗闪长斑岩等，构造破碎带发育。热液活动第一期为脉岩侵入，第二期为硅质细脉的贯入。蚀变矿化有硅化、褐铁矿化、黄铁矿化、绿泥石化等。

（二）1：5 万岩金地质调查

1985—1986 年，黑龙江省地质矿产局第三地质大队五队在柳树河—嘉荫河一带开展了 1：5 万区域地质岩金矿调查工作。完成 1：5 万地质填图 333km^2，实测地质剖面 68.9km，圈定Ⅰ级成矿远景区 1 处，Ⅱ级成矿远景区 1 处（图 4-1）。提交了《黑龙江省嘉荫县柳树河——嘉荫河一带 1：5 万区域地质岩金矿产调查报告》。在乌拉嘎金矿外围发现了柳树河东金矿化点。对柳树河东金矿化点进行了地表揭露，面积 0.3 km^2，发现矿化体 2 条。

（三）1：5 万水系沉积物测量

1990 年长春地质学院白士俊完成并提交了《黑龙江省嘉荫县团结沟金矿区外围水系沉积物测量成果报告》。完成 1：5 万水系沉积物测量约 280 km^2。在柳树河地区圈定了 Au-3、Au-4、Au-7 三个水系沉积物异常（图 4-2），并在柳树河地区圈定了柳树河－破屋－十里河金Ⅱ级预测靶区。Au-7 异常形态为一不规则三角形呈北北东向展布，面积为 4km^2。异常区内共有异常样品 12 个，其中 $13A_3$ 号样品含 Au 量最高，为 171.2×10^{-9}。此外，Au 含量在 50×10^{-9}的样品还有 5 个。异常区呈现清晰的内、中、外三个浓度带，并有南、北两个高浓集中心。Au-4 异常形态呈一北北东向的钳形带状展布，面积 2km^2，北部尚未封闭。异常区内共有异常样品 6 个，Au 含量最高，为 90.4×10^{-9}，异常的东北部呈现清晰的内、中、外三个浓度分带。

（四）1：5 万成矿远景评价

通过分析以上前人土壤测量、岩金地质调查和水系沉积物测量工作成果，可知柳树河地区各类化探异常发育，特别是 Au、As 等低温元素组合异常在上述工作中均有良好显示。在部分异常和矿化点的查证中发现该区燕山期花岗斑岩、花岗闪长斑岩等次火山岩体侵入频繁，构造破碎带发育，矿化蚀变有硅化、褐铁矿化、黄铁矿化、绿泥石化等，并发现部分矿化体。

说明柳树河地区，特别是柳树河—破屋—十里河一带应作为矿区外围隐伏矿体预测的重点地区。

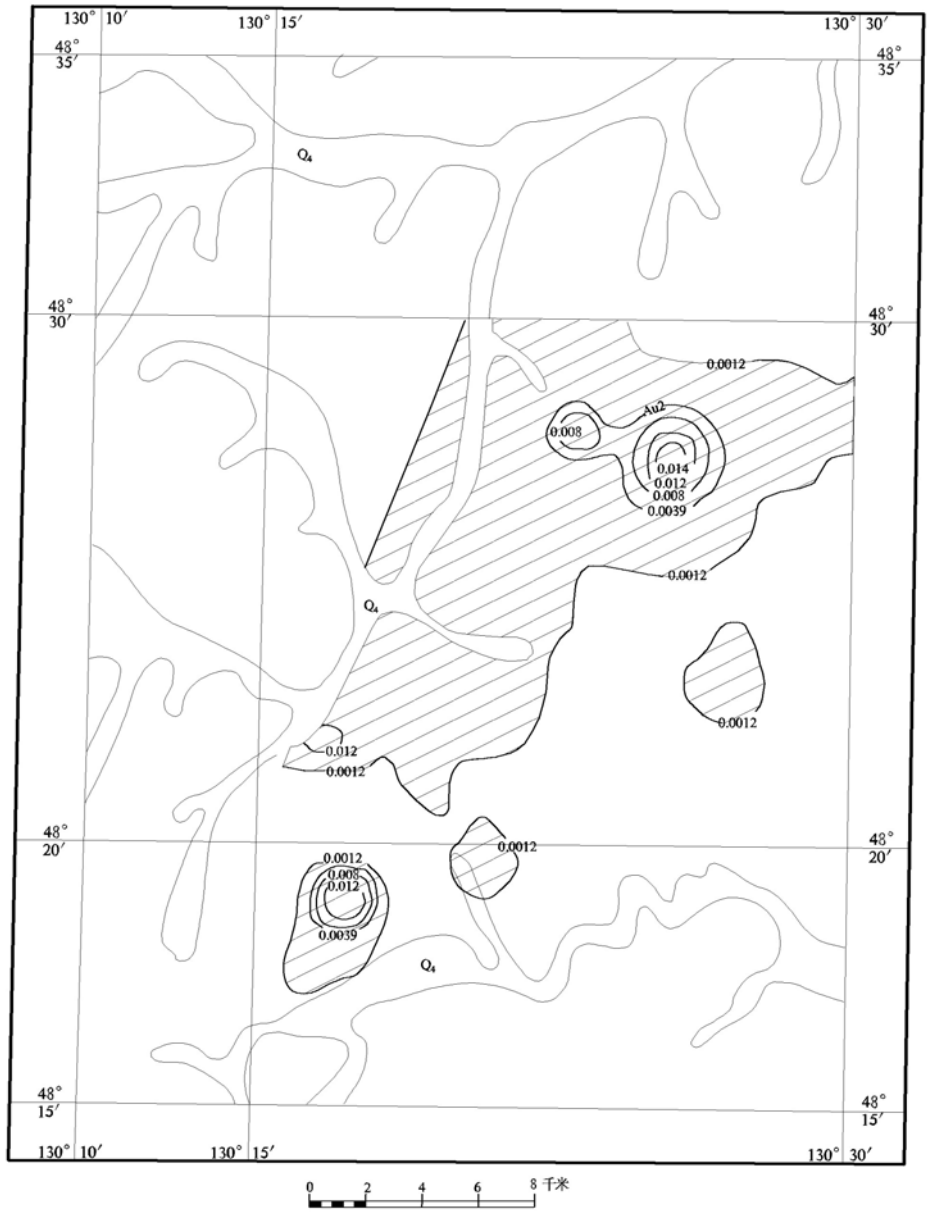
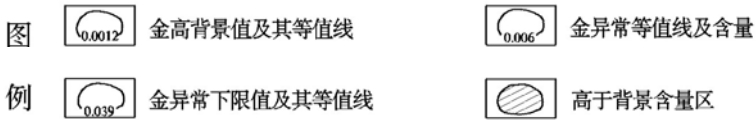


图 4-1　柳树河地区金原生晕测量异常分布图

图例



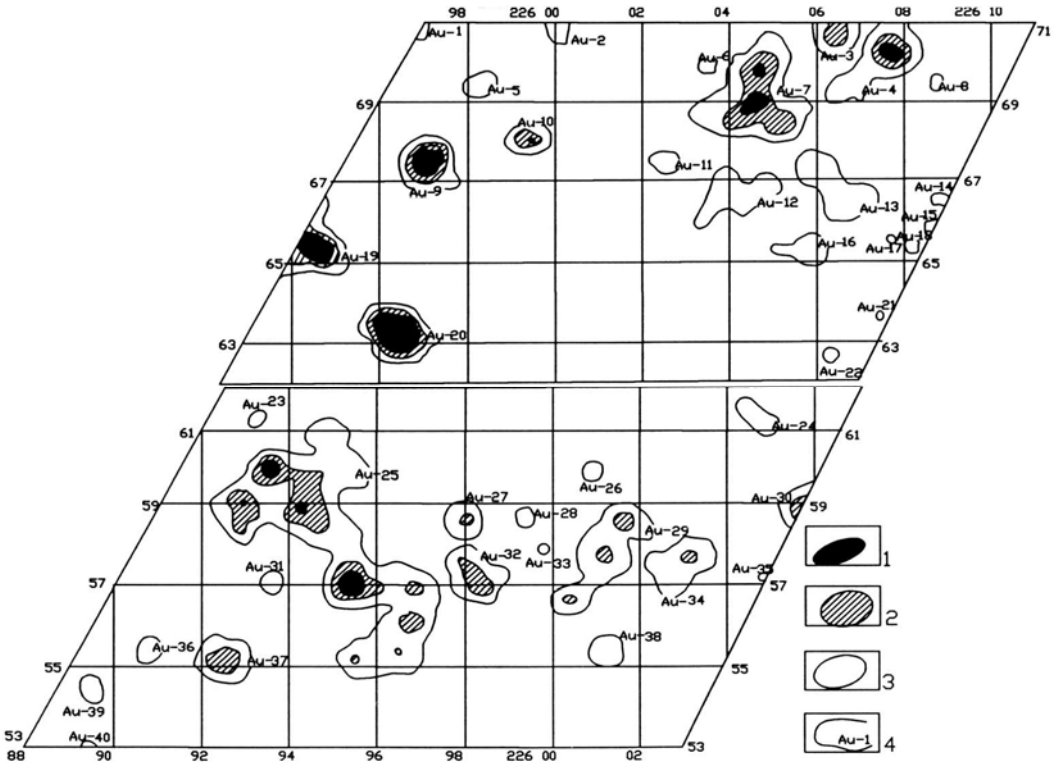


图 4-2　1：5 万水系沉积物测量 Au 元素异常图（×10^{-9}）（据白士俊，1990）

1.>50；2.30~50；3.14~30；4.金异常及编号

二、1：1 万成矿远景预测

1990—1992 年，长春地质学院开展了由国家黄金管理局下达的“黑龙江省漠河县—萝北地区 1：20 万比例尺原生金矿综合信息定量成矿预测及靶区研究”课题中的子课题 “团结沟金矿床外围 1：1 万综合信息矿产预测方法及靶区研究” 和“黑龙江省嘉荫县柳树河地区多种电法勘探方法寻找金矿构造的研究”的生产性科研工作。共完成 16km^2 的土壤地球化学测量工作，结果显示本区的次生晕 Au 异常多沿断裂带分布，它们的组合异常多属于原生金矿化，Au、As、Ag 组合异常较好。电法完成 5.6 km^2 1486 个物理点的激电扫面（网度 100×40m），75 个激电测深点（1050 个物理点）及 112 个物理点的激电联剖工作，指示了 4 个金详查远景区。在以上工作的基础上圈定了面积为 1.4km^2 的西区和面积为 1.8km^2 的东区两个 1：2000 预测区。

本课题组根据前人以上工作资料，最终确定以前人圈定的 1：2000 预测区的西区为主体，重新圈定 2.03km^2 的范围开展大比例尺隐伏矿体定位预测工作（图 4-3 ）。

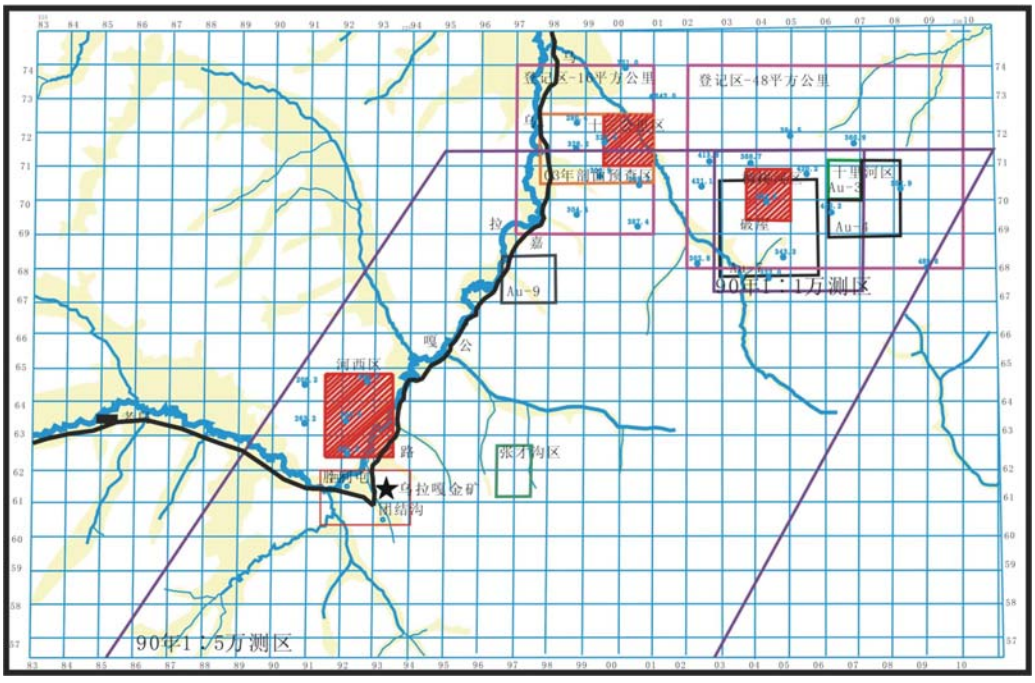


图 4-3　乌拉嘎金矿区外围岩金勘查区分布图

三 、隐伏矿体定位预测及查证

（一）地质找矿信息

柳树河区位于兴安岭—内蒙地槽褶皱区与兴凯湖—布列亚山地块区两大Ⅰ级构造单元的接合部，地块一侧佳木斯隆起带北段的太平沟隆起的北西缘。具体处于小马连站河复背斜的北西翼，十里河—柳树河背斜的西南端。

1．地质测量信息

通过地质草测我们基本查明了测区内地层、构造、岩浆岩，以及构造破碎带的分布情况，并编制了该区的地质草图(图 4-4)，为其他预测方法的实施提供了依据。

（1）地层

地质草测结果表明柳树河预测区地层极为简单，仅出露古老的中元古代晚期黑龙江群下亚群（$Pt_2^3hl^a$）变质岩系和中生代早白垩世的下白垩统宁远村组（K_1n）火山岩系。黑龙江群下亚群变质岩系主要由石英钠长云母片岩、二云母石英片岩、石榴钠长二云母片岩以及糜棱岩化二云母石英片岩等组成。并且这套岩石遭受构造应力作用发生揉皱、褶曲、褶皱，局部

受剪切应力影响而糜棱岩化。下白垩统宁远村组是一套以酸性熔岩为主体的火山岩石类型。主要包括流纹斑岩、球状流纹（斑）岩及流纹岩，它们中间还夹有流纹斑岩质角砾岩、英安玢岩质角砾岩、角闪英安玢岩、安山玢岩以及角闪黑云安山玢岩等。

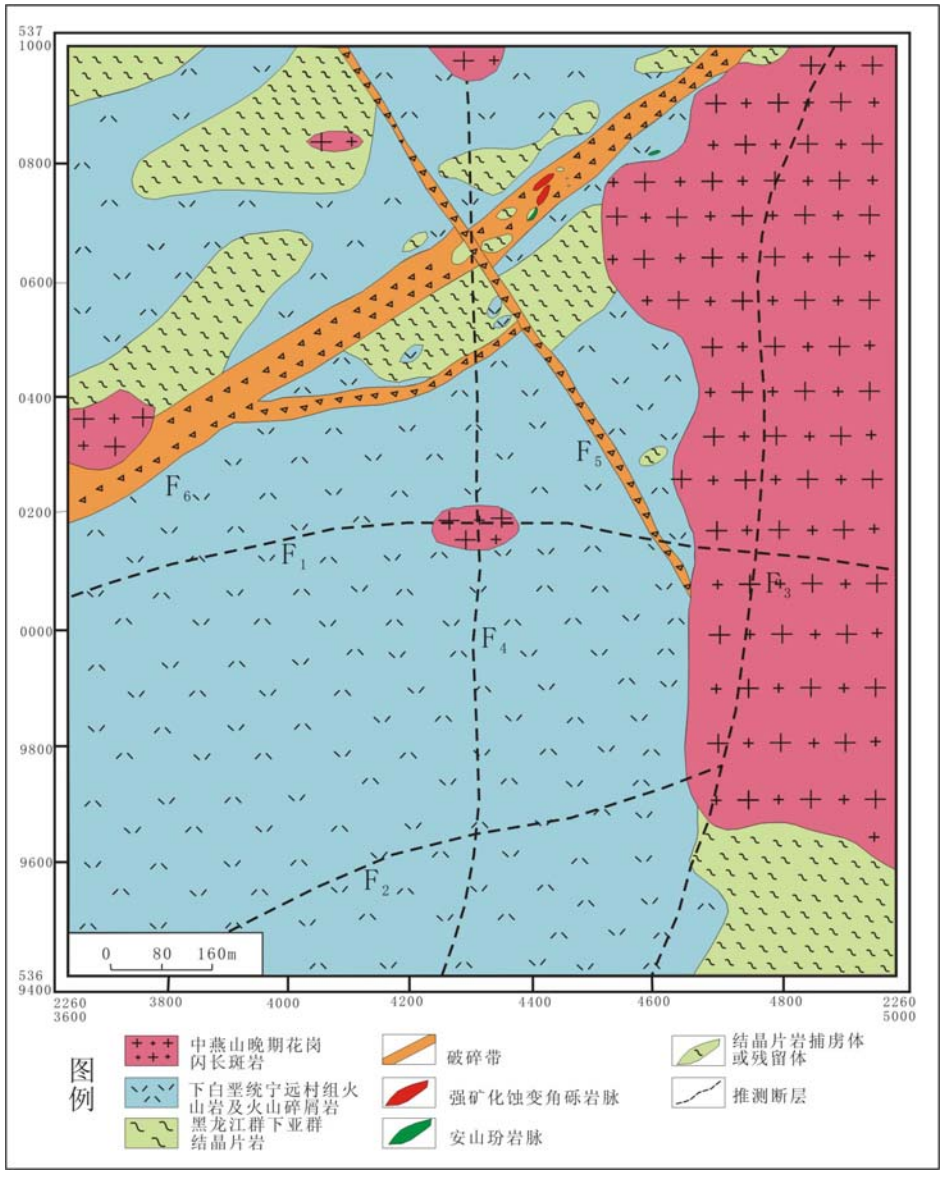


图 4-4　柳树河矿化区地质草图

（2）构造

通过地质草测以及与邻区资料的对比可知柳树河区的构造与周边及区域上的构造系统基本相一致。依其构造总体时序依次是近 EW 向→近 SN

向→NE 向→NW 向四组。

①近 EW 向线构造，该组线性构造在区内主要有 F_1和 F_2，它们是近东西向小结烈河－下站河的重要组成部分。由航片显示，其断续延伸至柳树河－破屋区段，可能有一个较密集线性群展布于预测区中北部地段。在燕山旋回该线性构造可能再次复活，参与控岩控矿作用。

②近 SN 向线性构造，区内分布的 F_3和 F_4就属于该组，实际上它们是兴农村－四方山断裂带的北段组成部分。由于受 EW、NE 和 NW 向断裂的切错影响，呈断断续续展布，局部并有些偏转为 NNE 向。

③NW 向线性构造，该组线性构造为柳树河－西北沟（曙光林场）断裂，矿化区为 F_5，呈现一组破碎带。这组线性构造不仅切穿下白垩统宁远村组火山岩系和黑龙江下亚群变质岩系，还有可能穿切中燕山晚期花岗闪长斑岩岩体，为一组扭性或压扭性断裂。

④NE 向线性构造，该组线性断裂为五所－破屋－十里河北东向或北北东向断裂。在矿化区呈现一组北东向的断裂 F_6，形成一矿化蚀变十分发育的破碎带。这组断裂的控岩控矿作用颇为重要，其不仅控制着岩体的和岩脉的侵位，而且也控制着矿化地质体的延伸和展布。该线性构造呈现多期活动的压扭性特征，并为 NW 向的断裂所错断。

（3）岩浆岩

预测区岩浆岩以侵入体形式产出者只有花岗闪长斑岩一类，在填制地质草图过程中均以槽探工程揭露的基岩为准，区内的侵入岩有花岗闪长斑岩类和玢岩类，喷出岩有流纹斑岩和流纹质凝灰岩。值得提及的是靶区外围近处即可见到有南、北两岩体具有一定规模的出露。因此，靶区中的花岗斑岩岩体的存在和形成时代，均以邻区同类岩体加以佐证。此外，预测区内还分布有一系列中酸性脉岩。

2．槽探工程揭露信息

槽探在全覆盖区无疑是一种很有效的勘查手段。柳树河区重点地段共施工槽探工程 1400 余延长米，大都分布在基线以北、100 线以东的双号线范围内。

槽探工程揭示了重点地段的地质特征，展现了岩石变形、蚀变特征、隐爆角砾岩的分布、硅质脉的局部产状以及各类地质体的接触关系。初步认为柳树河靶区具有岩石构造破碎强烈、片岩片理产状稳定性差、火成岩则节理与裂隙发育，蚀变类型较多等特点。由于断裂构造和岩浆活动的影响，区内闪长玢岩脉和硅质脉发育，伴随着多期次的热液活动，围岩蚀变比较普遍。主要有硅化、碳酸岩化、绢英岩化，矿化有褐铁矿化、黄铁矿化、黄铜矿化等。槽探工程在重点地段共揭露规模不等的硅质脉 4 条、角砾岩带 10 条。其中控制规模较大的矿化蚀变角砾岩脉一条，走向为 25°，

脉宽 6~8m，已构成 200 余米的延长规模，为主要矿化地质体，原岩为片岩，流纹斑岩或花岗闪长斑岩，还有的则呈现片岩和斑岩的混合角砾岩带；同时，局部常伴有硅质脉体的出现。整个脉体越向东矿化越强，可见新鲜的黄铁矿或白铁矿呈星点状、微细脉状分布。

重点地段探槽中 265 件刻槽样品的基本试金分析结果 40%以上处于 $0.1\sim0.3\times10^{-6}$ 的矿致异常范围之列，数件样品达到边界品位（0.5×10^{-6}）。特别是采于 112 线 66 点东侧 14m 处矿化蚀变角砾岩脉中的 264 号刻槽样品基本分析含金达 3.57×10^{-6}、采于 110 线 58 点矿化蚀变角砾岩脉中的拣块样品基本分析含金 1.68×10^{-6}，有力地证明了预测区内工业矿体赋存的潜在远景。

（二）地球化学找矿信息

在地质草测基本查明预测区地质特征的基础上，柳树河区重点地段实施了局部岩石地球化学剖面测量，采样工作主要分布在 104、106、108、110、112、116 和 120 线 40 号点以北的的局部范围内。

（1）Au 及伴生元素的富集特征

测试分析结果表明，主成矿元素 Au 的原生晕异常具有高背景高异常的地球化学特征。Au 元素的背景可达 20×10^{-9}，相当于克拉克值的 5 倍（表 4-1），最高异常可达 $100\times10^{-9}\sim300\times10^{-9}$，此乃成矿作用的矿致异常所致。共圈定 Au 异常区 7 处，各异常密集区 3 处（图 4-5）。由各元素的浓度克拉克值可知区内低温元素 Ag、As、Sb 的富集程度较高，显示了本区低温元素组合成晕能力较强的特点。主成矿元素 Au 及其伴生元素的异常均呈北北东向展布的带状或椭园状，分布于花岗斑岩与结晶片岩的接触带或构造破碎带中，且大多呈现重叠、套合关系。

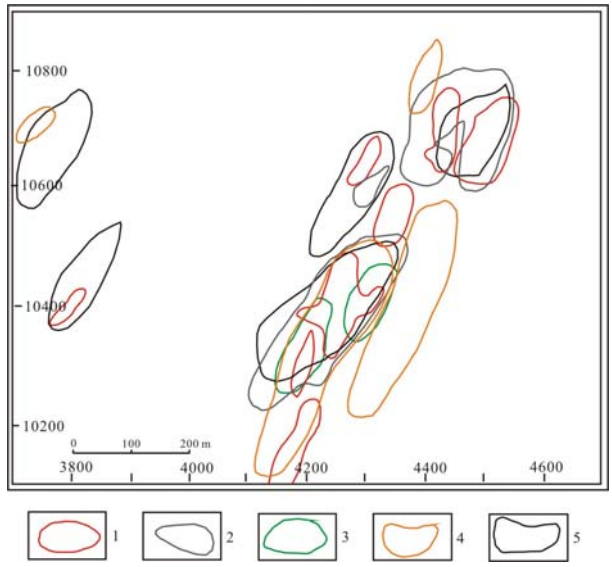


图 4-5 柳树河预测区重点地段原生晕异常图

1.Au 异常； 2.Ag 异常； 3.As 异常； 4.Sb 异常； 5.Hg 异常

（2）元素的相关性和组合特征

表 4-1　岩石地球化学测量元素特征统计表

项目变量	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Bi	Hg	Co	Ni
平均值	31	0.47	15.8	14.1	34.3	27.3	2.16	0.0036	0.031	9.23	14.7
均方差	18	0.35	12.7	6.01	23.9	13.9	1.33	0.0024	0.02	6.18	9.9
变化系数	59%	75%	80%	40%	70%	51%	51%	67%	65%	67%	67%
克拉克值	3.5	0.08	63	12	94	2.2	0.6	0.004	0.09	25	89
浓度克拉克值	8.9	5.9	0.25	1.2	0.36	12.4	3.6	0.9	0.34	0.37	0.17

克拉克值：黎彤（1976）　　单位：Au×10^{-9}，其他元素×10^{-6}

表 4-2　岩石地球化学测量元素相关系数矩阵

元素	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Bi	Hg	Co	Ni
Au	1.000										
Ag	**0.218**	1.0000									
Cu	-0.074	-0.092	1.000								
Pb	0.070	-0.037	0.228	1.000							
Zn	0.015	-0.007	-0.581	0.672	1.000						
As	**0.150**	0.158	0.255	0.211	0.376	1.000					
Sb	**0.363**	0.240	0.030	0.153	0.110	0.323	1.000				
Bi	0.002	-0.108	0.297	0.0169	0.178	0.105	0.148	1.000			
Hg	**0.627**	0.353	-0.065	-0.001	0.031	0.131	0.701	0.078	1.000		
Co	-0.010	-0.035	0.6372	0.4652	0.8896	0.3797	0.0403	0.2280	0.0125	1.000	
Ni	0.0003	-0.001	0.585	0.430	0.885	0.325	0.080	0.251	0.048	0.904	1.000

相关分析表明，主成矿元素 Au 与 Hg、Sb 密切相关，其中与 Hg 的相关系数为 0.62，与 Sb 的相关系数为 0.36；与 Ag、As 有较弱的正相关性，这与乌拉嘎金矿床的原生晕元素组合特征具有较强的一致性（表 4-2）。

经原生晕元素组合异常分析，共划分头部、腰部和尾部三类四种组合异常，其中腰晕有两种，它们分别为：

头部异常组合为：As 和 Sb；

腰部组合异常为：Cu、Pb 和 Zn（1）；Au 和 Ag（2）；

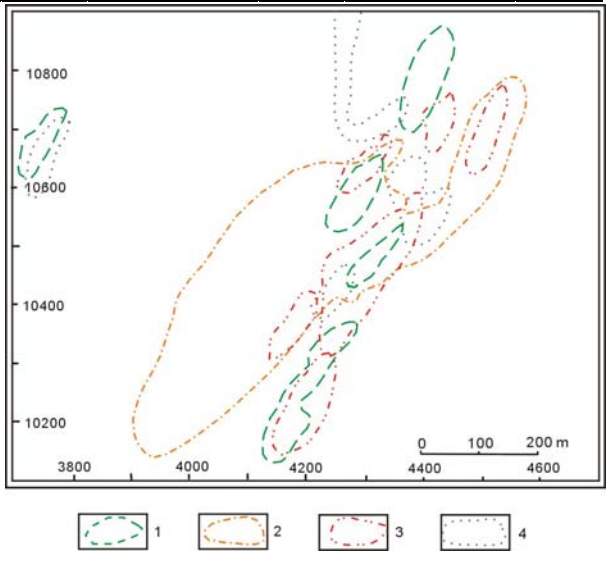


图 4-6　柳树河区重点地段原生晕组合异常图

1. 头晕(As Sb)；2. 腰晕 1(Cu Pb Zn)；3. 腰晕 2(Ag Au)；4. 尾晕(Co Ni)

尾部组合异常为 Ni 和 Co。

由原生晕组合异常平面图可知，各组合异常的平面形态均以北北东向展布的带状或椭园状，且局部呈现一定的重叠或套合。显示附近可能有斜列或雁行式矿体或矿化体的存在（图 4-6）。

（3）成果评价

柳树河区岩石地球化学剖面测量结果表明，该区的主成矿元素 Au 具有高背景高异常的地球化学特征，并且 Au 的高值区往往处于花岗闪长斑岩与围岩（片岩、火山岩）的接触带或破碎带中，这种浓集是与矿化蚀变地质特征相吻合的，显示出本区具有鲜明的矿致异常特点。区内 As、Sb、Ag 等低温元素富集程度高、异常强度大，且与 Au 具有密切的正相关性，说明本区的成矿成晕元素以低温组合为主，应注意浅成低温热液矿床的寻找。

（三）地球物理找矿信息

1．地面伽玛能谱测量信息

为了初步了解全测区范围内构造蚀变带的展布情况，我们在区内进行了地面伽玛能谱测量工作。

（1）参数的统计特征

通过伽玛能谱原始数据处理，获得 U、Th、K 和总道的均值、均方差及异常下限等特征参数值（表 4-3），结果表明本区内 U、Th、K 的平均含量均与地壳平均含量相差不大，四个参数的富集程度均较低，这可能与柳树河区浮土厚度较大有关。

表 4-3　柳树河区伽玛能谱特征值一览表

项目	特征参数			含量单位
	平均值（$\overline{X}$）	标准离差（δ）	异常下限 T（$\overline{X}$+2δ）估值	
U	18	6	30	0.1×10^{-6}
Th	72	16	104	0.1×10^{-6}
K	14	3	20	0.1×10^{-2}
总道	116	21	158	0.1×10^{-6}

相关分析结果表明（表 4-4），总道与 Th 和 K 有较好的正相关性。其中总道与 K 的相关系数最高为 0.88，与 Th 的相关系数为 0.56， K 与 Th 的相关系数为 0.37；U 与 Th、K、总道的相关性较弱。

（2）空间分布特征

通过绘制的伽玛能谱测量原始数据等值线图可以看出，本区内伽玛能谱测量的四个参数均呈现东北低、西南高的总体分布趋势。其中 K 和总道

的空间分布几乎完全一致，而U的空间分布则规律性不强。

表 4-4　柳树河区伽玛能谱测量相关系数矩阵

项目	U	Th	K	总道
U	1			
Th	-0.07	1		
K	0.19	0.37	1	
总道	0.38	0.56	0.88	1

通过对比乌拉嘎金矿床的伽玛能谱异常特征，柳树河区共划出伽玛能谱异常区8个（图4-7）：

Ⅰ区：位于测区西部边缘107线以西，K及总道异常明显，而且重合较好，Th和U异常面积较小，总体呈现四道都高的异常特征；该区位于黑龙江群结晶片岩与宁远村组火山岩系之间的构造破碎带部位，附近又有花岗闪长斑岩出露，具有极好的找矿条件。

Ⅱ区：位于测区西部103线和108线之间，K及总道异常发育，Th和U异常不明显，总体呈现两高两低的异常特征。

Ⅲ区：位于测区中北部，呈NW向带状展布，区内NW向分布有一系列的K异常，虽然仅分布有K异常且异常强度较低，但该区与NW向的构造破碎带位置吻合，又处于NE和NW向构造的交汇部位，应作为重点区域进行查证。

Ⅳ区：位于测区西南部，总体呈现一等边三角形，是区内最大的伽玛能谱异常。具有两高两低的伽玛能谱特征（K和总道高，U、Th低）。该区位于宁远村组火山岩中，区内未见岩体出露，推测其由NNE向的构造破碎带引起。

Ⅴ区：位于测区东南部112线和124线之间。区内K异常明显，总道异常强度不及K异常，Th异常更加微弱，

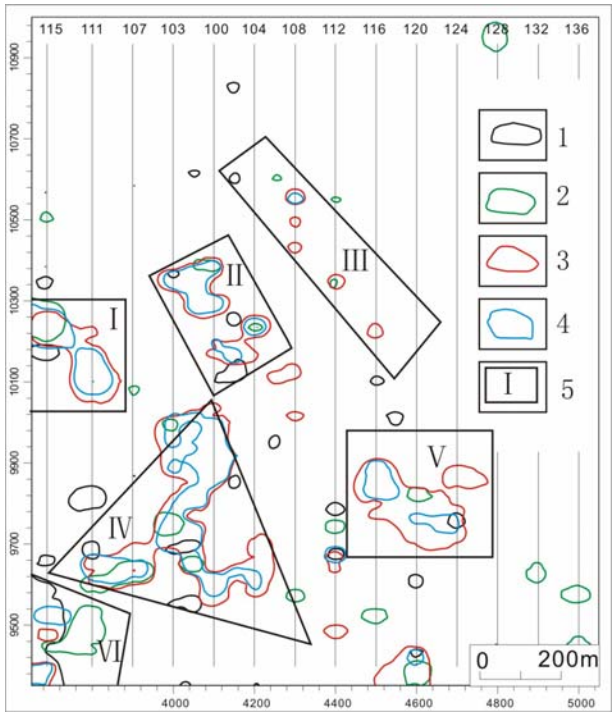


图 4-7　柳树河矿化区伽玛能谱异常区分布图

1、U道正异常；2、Th道正异常；3、K道正异常；4、总道正异常；5、异常区及编号

具有三高一低的伽玛能谱特征。对比地质草图可知该区处于 NEE 向和 SN 向的构造交汇部位，且位于三种岩性的接触带附近。

Ⅵ区：位于测区的西南角。该区的特点是，U 道和 Th 道异常明显，而 K 道和总道异常强度不大，与其他几个异常区形成了鲜明的对比。该区应实施部分查证工程查明其形成机理。

（3）成果解译与评价

①岩性解译

将原始数据等值线图与地质草图进行对比可知，测区内不同地层或岩浆岩有着不同的伽玛能谱分布特征：主要分布在测区东侧的花岗闪长斑岩伽玛能谱特征表现的最为明显，四个参数均为低值异常。其中 Th 含量小于 65×10^{-6}、总道含量小于 110×10^{-6}，基本代表了花岗闪长斑岩分布的范围和形态；主要分布于测区西部和南部的远村组火山岩及火山碎屑岩的伽玛能谱特征四个参数总体上呈现高值异常。其中 Th 含量大于 65×10^{-6}、总道含量大于 110×10^{-6}，基本反映了花岗闪长斑岩火山岩的界限。主要分布于测区西北部的黑龙江群下亚群结晶片岩的伽玛能谱强度则介于花岗闪长斑岩和宁远村组火山岩之间。即测区内 3 种主要岩性的伽玛能谱强度顺序为：火山岩和火山碎屑岩＞结晶片岩＞花岗闪长斑岩。

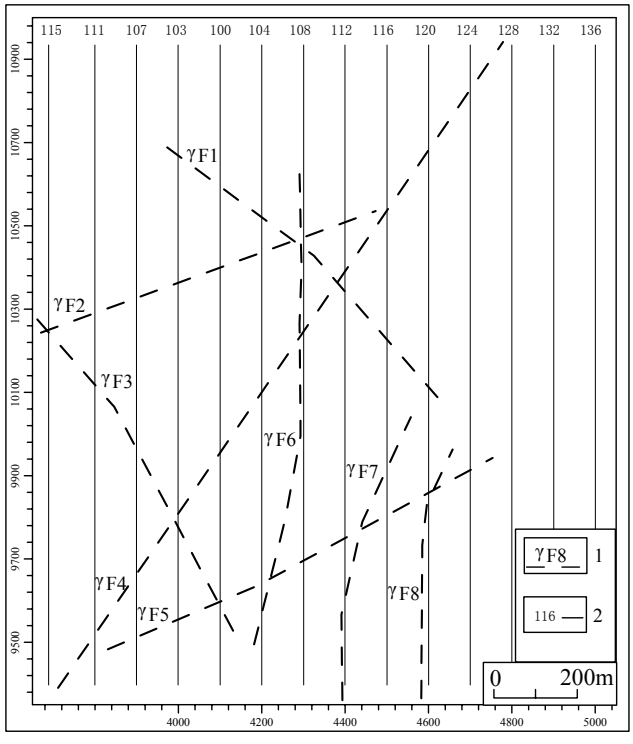


图 4-8　柳树河矿化区伽玛能谱构造解译图

1、伽玛能谱解译构造及编号；2、测线及编号

②构造解译

通过数据的处理，绘制出了 U、Th、K 及总道的综合平剖对比图，并以此做了伽玛能谱构造推断解译图（图 4-8）。通过解译共推断出 NNE、NE、NW 三个方向的构造破碎带 8 条。对比地质草图可知，伽玛能谱解译构造基本反映了测区内的线性构造分布情况，与遥感解译和地质草测填图成果较为一

致。其中 γF1相当于地质草测填图的构造破碎带 F5、γF2相当于构造破碎带 F6、γF5相当于遥感解译的 F2、γF8相当于遥感解译的 F3。根据异常推断解译，在几组构造带的交汇部位（构造结）是异常强度较高部位，且有较强的蚀变，应是矿化最有利部位。

③成果评价

柳树河区地面伽玛能谱定点测量成果提供了具有典型特征的进一步工作的重点地段；K、U、Th 和总道数值以及由它们所得到的一些比值参数，基本上可以反映覆盖层以下不同方向的断裂构造；根据 K、U、Th 和总道数值的规律性揭示了不同岩性的空间分布范围和界限；与地质地球化学成果相关联，为提供隐伏矿体定位预测的重点地段奠定了基础。

2．激电测深信息

地质草测、伽玛能谱定点测量、岩石地球化学测量等取得的各项成果均表明柳树河区具有良好的成矿远景，并且各种异常均集中在预测区北部 104 线到 120 线之间，发育在北东向的构造破碎带上。柳树河区的激电测深工作是在上述方法取得良好找矿效果的前提下实施的隐伏矿体三维空间定位预测方法。

（1） 物性参数特征

根据槽探揭露成果，柳树河预测区内主要出露的岩石类型有花岗斑岩、闪长玢岩、流纹斑岩、石英云母片岩、黑云母斜长片麻岩、凝灰岩等。由邻区前人所测的物性资料可知，该区片岩的视极化率值 η_s=2.6%，石英脉的视极化率值 η_s=1.77%，花岗斑岩的视极化率值 η_s=1.49%，所对应的视电阻率值 ρ_s分别为 1006Ω·m，349Ω·m，566Ω·m，可见三种岩性的极化率都不太高，具有一定的差别。从标本测量来看，当标本具有一定黄铁矿化时，其 η_s值明显升高，说明当岩石具有一定黄铁矿化时，才会引起明显的 η_s异常，而黄铁矿化与成矿关系密切。但是柳树河区内分布的片岩、片麻岩普遍存在石墨化现象，由此要注意片岩、片麻岩视极化率值的增高和视电阻率值的降低的现象。

（2） 剖面视极化率异常特征

柳树河区重点地段共沿测线布置激电测深剖面 7 条，分别位于 104 线、106 线、108 线、110 线、112 线 116 线和 120 线；测点主要位于各测线 40 号点以北范围内。测深结果显示本区地质体的 η_s与 ρ_s值普遍较低，但有一定差别，η_s值一般在 5%以下，ρ_s值一般小于 1000Ω·m。7 条激电测深剖共圈定视极化率异常 14 个，高极化异常中心 24 个（表 4-5）。

表 4-5　柳树河预测区激电测深异常中心特征一览表

测线	异常编号	异常中心编号	中心点位	高值点 η_s(%)	中心 ρ_s 值
104	η_{s04-1}	η_{s04-1}	54-64	6.8	250～600 最高值 1046
106	η_{s04-2}	$\eta_{s04-2-1}$ $\eta_{s04-2-2}$	36 44	5.7 4.6	200～600 200～600
	η_{s04-3}	$\eta_{s04-3-1}$ $\eta_{s04-3-2}$ $\eta_{s04-3-3}$ $\eta_{s04-3-4}$	52 54 58 66	5.2 6.1 4.3 7.1	300～1134 500～1000 500～1000 200～700
108	η_{s04-10}	η_{s04-10}	40	8.2	
	η_{s04-9}	η_{s04-9}	54		
	η_{s04-8}	η_{s04-8}	55		
	η_{s04-7}	η_{s04-7}	67		
	η_{s04-4}	η_{s04-4}	78		180～1350
110	η_{s04-5}	$\eta_{s04-5-1}$ $\eta_{s04-5-2}$	52（浅）	8.4	150～500 200～950
	η_{s04-6}	$\eta_{s04-6-1}$ $\eta_{s04-6-2}$	68（深）	8.2	100～400 200～500
	η_{s04-11}	η_{s04-11}	76		
112	η_{s04-12}	$\eta_{s04-12-1}$ $\eta_{s04-12-2}$ $\eta_{s04-12-3}$	62－76 74 78	4.6 5.6 4.3	150～600 300～900 400～700
116	η_{s04-13}	$\eta_{s04-13-1}$ $\eta_{s04-13-2}$	64－76	4.3－4.0 4.5	200～450 400～600
120	η_{s04-14}	$\eta_{s04-14-1}$　$\eta_{s04-14-2}$ $\eta_{s04-14-3}$	64　72 78	6.0　5.5 5.0	300～650 300～1000

对比各剖面可以看出，柳树河区重点地段的极化异常体多分布于深度100～500m，东西或北西西向展布，倾向北东或北，倾角较陡近于直立，明显受构造控制。推测极化异常多为矿（化）体引起，而且异常体由西向东，由浅入深矿化程度越来越好。其中 108 剖面和 110 剖面的异常表现的最为明显，应进行重点查证（图 4-9、图 4-10）。112 线南面的视极化率异常恰好处于槽探揭露的矿化蚀变角砾岩脉的下方，亦是查证的重点（图 4-11）。

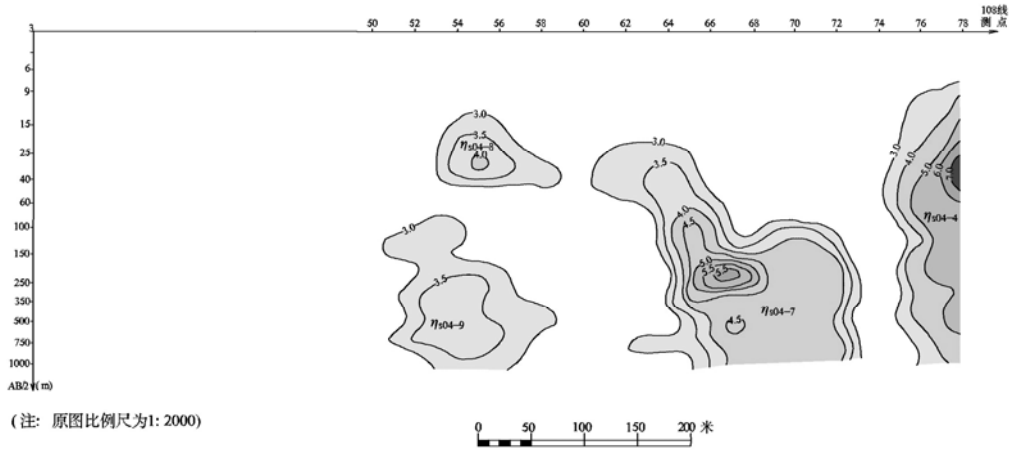


图 4-9　　柳树河预测区 108 线激电测深断面图

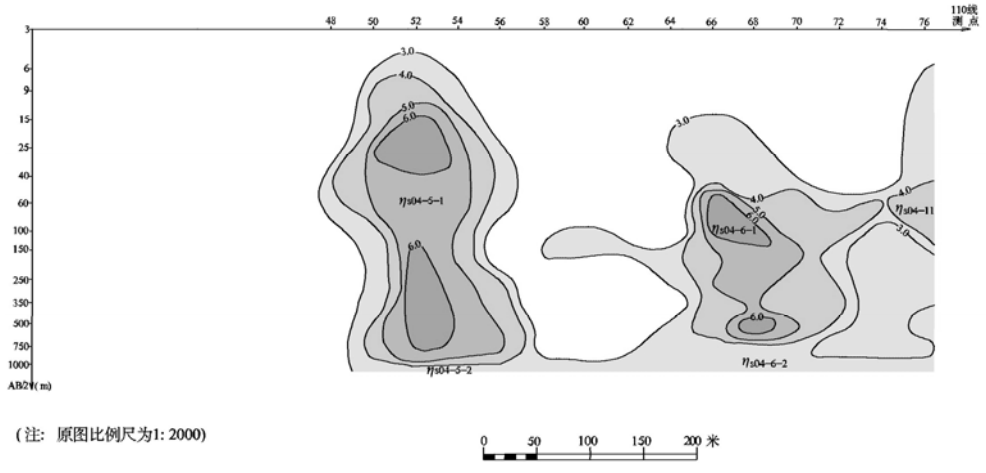


图 4-10　　柳树河预测区 110 线激电测深断面图

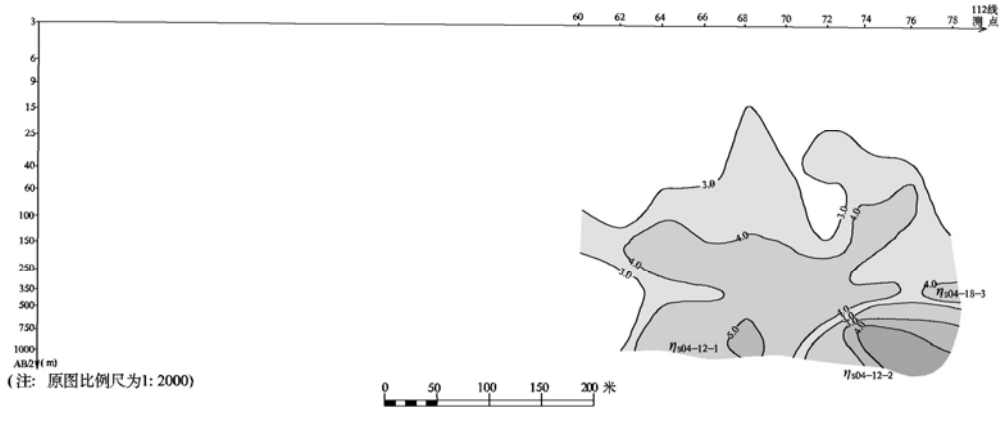


图 4-11　　柳树河预测区 112 线激电测深断面图

（四）综合信息提取与隐伏矿体预测

柳树河预测区位于团结沟－马连站环形构造的西北缘与乌拉嘎深断裂相交切部位的东侧，NW 向的柳树河断裂与 NEE 向的柳树河—破屋—十里河断裂交汇处，具有良好的控岩控矿条件。伽玛能谱测量结果显示柳树河区伽玛能谱异特征明显，总体呈现“三高一低”或“两高两低”的异常特征，伽玛能谱参数的分布特征可以清晰地反映不同方向的断裂构造和不同岩性的空间分布范围。槽探工程和岩石地球化学剖面测量结果显示，区内金矿化受断裂构造控制明显，含矿构造角砾岩普遍发育；Au 的高值区往往处于花岗闪长斑岩与围岩（片岩、火山岩）的接触带或破碎带中，蚀变主要有硅化、碳酸岩化、绢英岩化，矿化有褐铁矿化、黄铁矿化、黄铜矿化等。具有浅成低温热液矿床特征。激电测深成果显示，重点地段范围内的高极化率异常体多沿东西或北西西向展布，倾角较陡近于直立，明显受构造控制，推测多为矿（化）体引起。

综合各种方法所取得的成果，各种成矿信息所指示的成矿有利地段均指向测区北部 NNW 向和 NE 向构造破碎带的交汇部位及其附近范围内，即 104 线和 120 线 50—70 点之间的范围。该地段处于多组构造强烈叠加部位，NNW 向断裂将 NE 向宽大的断裂破碎带错切移位，NWW 向、近 SN 向及 NEE 向多条次级断裂交汇；岩石地球化学测量结果显示该区内 Au、Sb、Hg 异常强烈叠加；伽玛能谱异常也表现出三高一低的典型特征（即 U 低、K、Th 及总道高）；激电测深显示该区存在多处高极化体。特别是槽探工程的该地段揭露的一条大规模矿化蚀变角砾岩脉，矿化明显，有两件样品超过边界品位，应该作为本区主要的查证目标物，在地表和地下分别应用坑探和钻探对其产状、规模和矿化特征进行控制，以此打开本区隐伏矿体预测工作的突破口。

（五）工程查证

在对各类预测方法所获成果加以综合分析研究的基础上，我们在柳树河区 104 线和 120 线之间的北部重点地段，分别运用坑探和钻探工程对地表浅部矿化和深部视极化率异常进行了查证，取得了较好的找矿效果（图 4-12）。

1．坑探工程及其成果

坑探工程是在槽探工程刻槽取样和拣块取样的基础上，为查清地表槽探揭露的矿化蚀变角砾岩脉的浅部矿化特征、规模和产状而设计的两个浅井 QJ_{01}、QJ_{02}。QJ_{01} 位于 112 线 66 点东侧 14m 处，目的是为了查证基本分析含金达 3.57×10^{-6} 的 264 号刻槽样品，浅井 QJ_{01} 中还掘进了几个不同方向的井穿工程。QJ_{02} 位于 110 线 58 点则用来验证 110 线 58 点基本分析含金

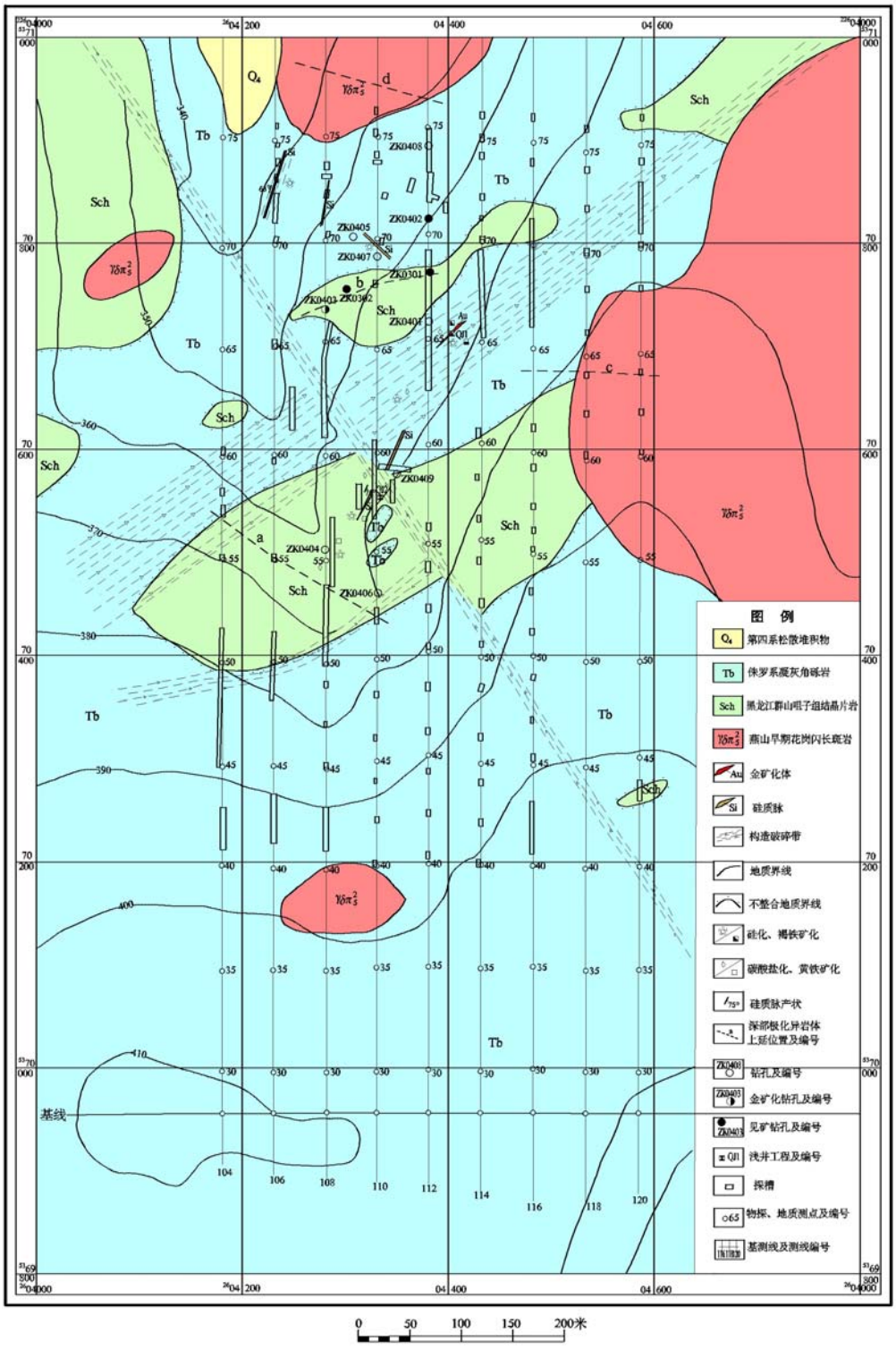


图 4-12　柳树河区预测区重点地段勘查工程分布图

1.68×10^{-6}的拣块样品。通过QJ_{01}和QJ_{02}的现场观察、地质编录和岩矿鉴定有关资料的综合研究分析，两浅井均处在强矿化蚀变构造角砾岩带之中。整体上共揭露出两大类岩石，一是古老的变质岩，另一是岩浆岩，二者均以构造角砾岩的产状出现在两浅井工程中。上述构成强硅化角砾岩带的各种岩石，具有强硅化、黄铁矿化、绢云母化等多种蚀变特征。

表 4-6　柳树河区浅井 QJ_{01} 矿化特征一览表

样品编号	采样位置 井深（m）	样品长度（m）	岩矿石名称	含金量（$\times10^{-6}$）	备注
264	2～3	1	蚀变闪长玢岩	**3.57**	硅化、黄铁矿化
QJ09	4～5（西壁）	1	蚀变闪长玢岩	**2.25**	硅化、黄铁矿化
QJ13	5～6（西壁）	1	蚀变闪长玢岩	0.84	硅化、黄铁矿化
QJ16	6～7（西壁）	1	蚀变花岗斑岩	**3.09**	硅化、黄铁矿化
QJ25	10～11（东壁）	1	蚀变闪长玢岩	0.84	
QJ28	11～12（东壁）	1	蚀变闪长玢岩	0.54	
QJ36	13～14（东壁）	1	蚀变闪长玢岩	0.60	
QJ43	15～16（西壁）	1	蚀变闪长玢岩	0.66	
QJ45	16～17（东壁）	1	蚀变闪长玢岩	0.54	
QJ56	18～19（北壁）	1	硅化闪长玢岩	**1.50**	黄铁矿化
QJ69	21～22（东壁）	1	蚀变闪长玢岩	0.60	
QJ77	23～24（东壁）	1	蚀变闪长玢岩	0.66	
QJ81	24～25（东壁）	1	蚀变闪长玢岩	**1.02**	硅化、黄铁矿化
CM_1—001	25（北壁）	0.3	强硅化闪长玢岩	**2.38**	位于井底以西，距井底中心点 13.8m

表 4-7　柳树河区浅井 QJ_{02} 矿化特征一览表

样品编号	采样位置 井深（m）	样品长度（m）	岩（矿）石名称	含金量（$\times10^{-6}$）	备注
QJ213	6～7	1	强硅化构造角砾岩	0.45	
QJ217	7～8	1	强硅化构造角砾岩	0.68	
QJ229	10～11	1	强硅化构造角砾岩	0.42	
QJ239	12～13	1	强硅化构造角砾岩	0.42	
QJ243	13～14	1	强硅化构造角砾岩	0.54	
QJ245	13～14	1	强硅化构造角砾岩	0.57	
110-8-2	110 线 58 号测点	拣块	强硅化构造角砾岩	1.68	QJ_2井位中心点

测试结果表明，两浅井都处在矿致异常含量范围内，金最低含量均在

100×10^{-9}以上。QJ_{01}共有5件样品金含量大于1.0×10^{-6}，其中大于2×10^{-6}的有4件，最高为3.09×10^{-6}；QJ_{02}共有4件样品金含量大于0.5×10^{-6}，最高为0.68×10^{-6}（表4-6、表4-7）。

2．钻探工程及其成果

钻探工程施工的目的主要是用来查证激电测深剖面所获得的目标物—激发极化异常（η_s异常）是否为矿致异常或用来查证地表工程揭露矿化体的深部特征。柳树河区重点地段共施工钻孔11个，其中见矿孔3个，分别是ZK_{0301}、ZK_{0302}和ZK_{0402}；ZK_{0403}孔呈现良好的矿化显示。

（1）ZK_{0301}孔查证成果

ZK_{0301}孔用来查证位于112线68点下方的激发极化异常η_{s04-12}，兼有配合QJ_{01}查明地表矿化蚀变角砾岩脉深部矿化情况的作用。ZK_{0301}孔岩芯1/2劈开样品基本分析测试结果表明，总体上处于矿致异常范围内，详细见矿情况见表4-8。

表4-8　柳树河区钻孔ZK_{0301}矿化特征一览表

采样位置 孔深（m）	样品 长度 （m）	岩心 长度 （m）	岩（矿）石名称	含金量 （$\times10^{-6}$）	备注
177～178	1.00	0.90	蚀变闪长玢岩	0.60	
178～179	1.00	0.83	蚀变闪长玢岩	**1.79（1.80）**	硅化、黄铁矿化、碳酸盐化
179～180	1.00	0.85	蚀变闪长玢岩	0.44	
180～181.2	1.20	1.20	蚀变闪长玢岩	0.30	
181.2～182.2	1.00	1.00	石英碳酸盐蚀变岩	**1.68（2.08）**	硅化、黄铁矿化、碳酸盐化
182.2～183.2	1.00	1.00	石英碳酸盐蚀变岩	0.12	
183.2～184	0.80	0.80	石英碳酸盐蚀变岩	**6.34（6.64）**	硅化、黄铁矿化、碳酸盐化
184～185	1.00	1.00	石英碳酸盐蚀变岩	0.38	
185～186	1.00	1.00	石英碳酸盐蚀变岩	0.34	
220～221	1.00	1.00	闪长玢岩	**3.75（4.63）**	硅化、黄铁矿化
226～227	1.00	1.00	闪长玢岩	0.66（0.56）	
250.5～251.8	1.30	1.30	闪长玢岩	0.39	
324.5～325.5	1.00	1.00	闪长玢岩	0.45	
405～406	1.00	1.00	闪长玢岩	0.80	
425～426	1.00	1.00	闪长玢岩	0.42	

※括号中的Au含量为抽样外检品位，由长春国家黄金质检中心测试

（2）ZK_{0302}孔查证成果

ZK_{0302}孔施工的目的是用来查证 108 线 68 点下方激发极化异常 η_{s04-7}。样品分析结果表明 ZK_{0302}孔所有样品均处于矿致异常背景中，全部样品的含金量都在 100×10^{-9}以上，详细见矿情况见表表 4-9。

表 4-9 柳树河区钻孔 ZK_{0302}矿化特征一览表

采样位置孔深（m）	样品长度（m）	岩心长度（m）	岩矿石名称	含金量（$\times10^{-6}$）	备注
437～438	1.00	1.00	英安质角砾晶屑岩屑凝灰岩	0.54（0.68）	
470～471	1.00	1.00	蚀变闪长玢岩	**7.46（7.86）**	硅化、碳酸盐化、黄铁矿化
480～481	1.00	1.00	流纹质角砾熔结凝灰岩	**52.90（54.60）**	硅化、碳酸盐化、黄铁矿化
481～482	1.00	1.00	流纹质角砾弱熔结凝灰岩	**4.44（3.80）**	硅化、碳酸盐化、黄铁矿化
482～483	1.00	1.00	含角砾流纹质弱熔结凝灰岩	**1.20（1.51）**	硅化、碳酸盐化、黄铁矿化
487～488	1.00	1.00	含角砾流纹质弱熔结凝灰岩	0.80（0.81）	
499～500.43	1.43	1.43	强蚀变含角砾熔结凝灰岩	**8.75（9.84）**	硅化、碳酸盐化、黄铁矿化

※括号中的 Au 含量为抽样外检品位，由长春国家黄金质检中心测试

（3）ZK_{0402}孔查证成果

ZK_{0402}孔位于 112 线见矿钻孔 ZK_{0301}孔以北 50m，介于 70 点与 71 点之间。其施工的目的是对 ZK_{0301}深部发现的矿体进行进一步验证和定位。该孔详细见矿情况见表 4-10。

表 4-10　柳树河区钻孔 ZK_{0402}矿化特征一览表

采样位置孔深（m）	样品长度（m）	岩心长度（m）	岩矿石名称	含金量（$\times10^{-6}$）	备注
227.43～228.76	1.33	1.33	硅化片麻岩	0.65（0.95）	硅化、黄铁矿化
228.76～229.76	1.00	1.00	硅化片麻岩	**1.58（2.1）**	硅化、黄铁矿化
229.76～230.76	1.00	1.00	硅化片麻岩	**3.44（4.3）**	硅化、黄铁矿化

※括号中的 Au 含量为抽样外检品位，由长春国家黄金质检中心测试

3.资源量估算

柳树河区见矿工程预测资源量的估算采用算术平均法，矿石体积质量拟定为每立方米为 3 吨，遵循 DZ/T0205—2002 岩金矿地质勘探规范（以下

简称“规范”）第 13 页 9.6.3 中关于矿体圈定要求“单工程一个见矿，相邻工程无矿，以工程间距的 1/2 楔形外推；当矿体沿走向或倾斜方向在见矿工程外无工程控制时，按工程间距的 1/4 楔形外推”的原则实施圈定。

设定计算参数：矿石量 Q（t）、金属量 P（kg）、矿体体积 V（m^3）、平均体重$\overline{D}$（$3t/m^3$）、平均品位为$\overline{C}$。

（1）坑探工程预测资源量

QJ_{01}、QJ_{02}两井见矿系指依照“规范”第 19 页表 E1 岩金矿工业指标参考表的边界品位为 0.5×10^{-6}堆浸氧化矿石指标而进行堆浸资源量估算。

鉴于两井只估算其堆浸的预测资源量，并粗略视其为直立长方体，以井深 25m 为高（倾斜），不再向下外推，以 100m 为长（走向），即由井口中心点向东西两侧各推 50m，以 4m 为宽（厚度），以 $3t/m^3$为矿石体重，以 0.5×10^{-6}为金的平均品位，分别估算两井工程预测资源量（堆浸）：

① QJ_{01} 、QJ_{02}预测资源量估算

$$Q=Q_{QJ01}=Q_{QJ02}=V\cdot\overline{D}=（100\times4\times25）\times3\ t=30000t$$

$$P=P_{QJ01}=P_{QJ02}=Q_{QJ01}\cdot\overline{C}=30000\times0.5=15000g=15\ kg$$

② 坑探预测总资源量（堆浸矿）

$Q_{QJ}=Q_{QJ1}+Q_{QJ02}=30000t+30000t=60000t$

$P_{QJ}=P_{QJ01}+P_{QJ02}=15\ kg+15\ kg=30\ kg$

（2）钻探工程预测资源量

ZK_{0301}、ZK_{0302}和 ZK_{0402}孔工程查证工作中的预测资源估算是依照“规范”第 19 页表 E.1 岩金矿工业指标参考表中的边界品位 1×10^{-6}～2×10^{-6}来进行的。

① 根据QJ_{01}与ZK_{0301}以及QJ_{01}中的刻槽样品金基本分析测试数据预测定位上下两矿体（图 4-13），其中高位矿体 L_1长 100m（走向方向），高 200m（倾斜方向），宽 3m（厚度），故可估算体积为 $V_{L1}=100\times3\times200=60000m^3$；低位矿体 L_2长 100m（走向方向），高 200m（倾斜方向），宽 2m（厚度），估算体积为 $V_{L2}=200\times2\times100=40000m^3$；以 5×10^{-6}为 Au 的平均品位。

所以 ZK_{01}与 QJ_{01}所圈定的矿体 L_1与 L_2的岩金预测资源量 Q_{L1}与 P_{L1}分别为：

$$Q_{L1}=V\cdot\overline{D}=60000\times3=180000t$$

$$P_{L1}=Q_{L1}\cdot\overline{C}=180000\times5\times10^{-6}=900\ kg$$

$Q_{L2}=V \cdot \overline{D}$ =40000×3 =120000t

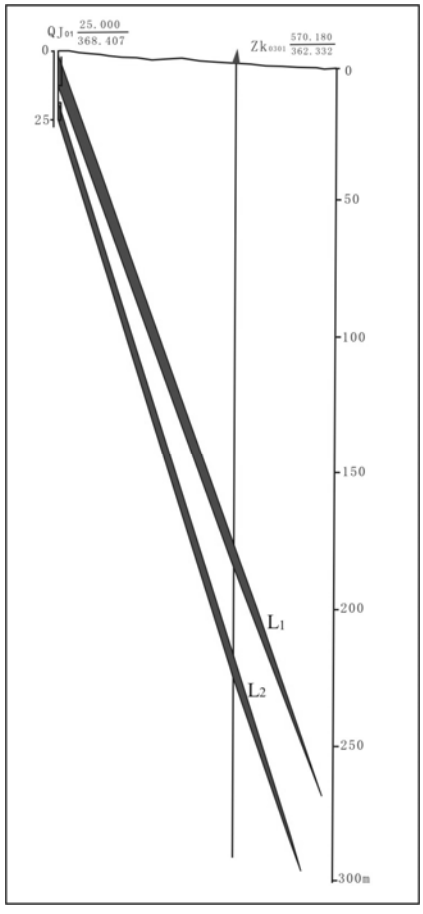
$P_{L2}= Q_{L2} \cdot \overline{C}$ =120000×5×10^{-6} =600kg

则其岩金预测资源量 Q_{ZK01} 与 P_{ZK01} 分别为：

$Q_{ZK01}=Q_{L1+L2}= Q_{L1}+Q_{L2}$=180000＋120000=300000t

$P_{ZK01}=P_{L1+L2}= P_{L1}+P_{L2}$ =900＋600=1500 kg

② ZK_{0302} 孔、ZK_{0402} 孔与 ZK_{0301} 孔的计算程序完全相同，且共用参数取值完全一致，L_3（高位矿体）、L_4（中位矿体）、L_5（低位矿体）、L_6（ZK_{0402} 中的矿体）的预测估算参数中，4 个矿体的走向延长均为 100m（长度），倾向延伸均为 50m（高度），但厚度不同，L_3 与 L_5 是以 2m 参与计算，L_4 是以 4m 参与计算、L_6 以厚度 3m 平均品位 3.0×10^{-6} 参与计算。（图 4-13）。



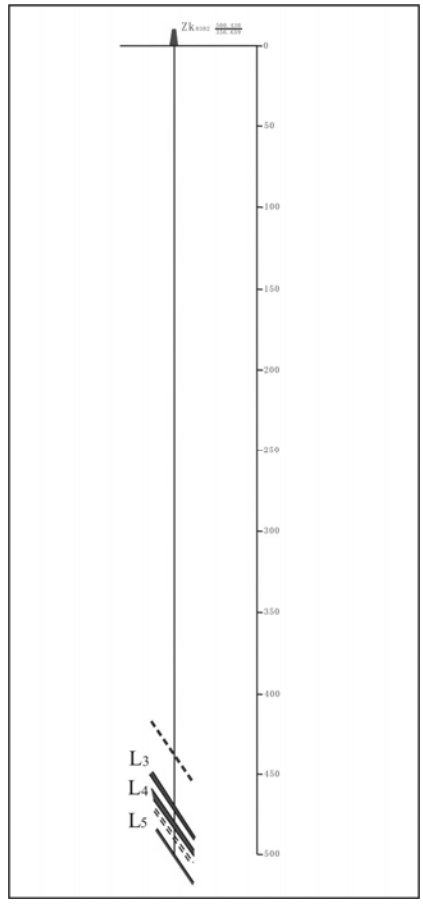


图 4-13　ZK_{0301} 资源量估算剖面图　　**图 4-14　ZK_{0302} 孔资源量估算剖面图**

L_3 的预测资源量：$Q_{L3}=V \cdot \overline{D}$ =100×50×2×3 =30000t

$$P_{L3}= Q_{L3} \cdot \overline{C} =30000\times5\times10^{-6} =150\ kg$$

L_4的预测资源量：$Q_{L4}=V \cdot \overline{D} =100\times50\times4\times3 =60000t$

$$P_{L4}= Q_{L4} \cdot \overline{C} =60000\times5\times10^{-6} =300\ kg$$

L_5的预测资源量：$Q_{L5}=V \cdot \overline{D} =100\times50\times2\times3 =30000t$

$$P_{L5}= Q_{L5} \cdot \overline{C} =30000\times5\times10^{-6} =150\ kg$$

L_6的预测资源量：$Q_{L6}=V \cdot \overline{D} =100\times50\times3\times3 =45000t$

$$P_{L6}= Q_{L6} \cdot \overline{C} =45000\times3\times10^{-6} =135\ kg$$

ZK_{0302}孔岩金预测资源量Q_{ZK01}与P_{ZK01}分别为：

$Q_{ZK02}=Q_{L3+L4+L5}= Q_{L3}+Q_{L4}+Q_{L5}=30000+60000+30000=120000t$

$P_{ZK02}=P_{L3+L4+L5}= P_{L3}+P_{L4}+P_{L5} =150+300+150=600\ kg$

ZK_{0402}孔岩金预测资源量Q_{ZK01}与P_{ZK01}分别为：

$Q_{0402}=Q_{L6}= 45000t$

$P_{0402}=P_{L6}= 135kg$

（3）柳树河区预测总资源量（334）？

矿石总量：$\Sigma Q=\Sigma Q_{ZK}+\Sigma Q_{Qj}=465000+60000=52.5$ 万吨

金属总量：$\Sigma P=\Sigma P_{ZK}+\Sigma P_{Qj}=2235+30=2265$ kg

第二节　十三公里区隐伏矿体定位预测与查证

十三公里预测区位于乌拉嘎金矿北东方向，是柳树河区的向西延拓。该区构造位置处于马连站河—团结沟环形构造的北西缘，NNE 向乌拉嘎深断裂与 NW 向柳树河—西北沟断裂交汇处南侧的锐角区，具有较好的成矿构造条件。

一、预测区的优选

乌拉嘎金矿外围十三公里区隐伏矿体定位预测的选区工作是基于1993年乌拉嘎金矿在此区的岩金矿点检查成果。1993 年乌拉嘎金矿根据群众报矿，在该地区进行了部分矿点检查工作。该项工作投入槽探工作量 1350m^3，

钻探 30m，完成槽探采样 311 个，钻探采样 23 个。在 TC_1 号槽中刻槽样品品位很高，最高达 8×10^{-6}，达边界品位以上样品有 13 件，表明此处矿化很好。但对于 29、62、63 以外的样品，矿山为证实其含金可靠性，进行了重采，结果品位全为零。由此当时认为是基岩裂隙 中含砂金和污染所致。我们通过分析，认为 1993 年的结论应进一步工作证实，而且出现那么高品位数据，应该详细查明其原因，同时考虑 90 年这里的水系沉积物测量异常异常，故选择该区为外围的一个金预查区。

为了初步了解十三公里区的地质特征和成矿前景，我们在该区首先布置了 3 条长度均为 3km 的检查测线。进行了 300×40m 网度地质草测、土壤地球化学测量以及 300×20m 网度的地面伽玛能谱定点测量和地面高精度磁测，控制面积约 $3km^2$。其中土壤地球化学测量结果表明十三公里区具有背景值低、异常强度大等特点，土壤样品中金的最高含量达 290×10^{-9}。同时 Ag、As、Sb、Bi、Hg 异常也较发育，且与 Au 套合较好。在异常检查所施工的探槽中发现矿化四处，个别样品已达工业品位。

十三公里区 3 条检查剖面所获结果充分说明其具有很好的成矿前景。为进一步扩大战果，实现矿区外围隐伏矿体预测工作新的突破，我们在成矿有利地段重新圈定 2.25 km^2（1.5×1.5km）的范围系统进行隐伏矿体预测工作。分别进行了 100×40m 网度地质草测、土壤地球化学测量以及 100×20m 网度的地面伽玛能谱定点测量和地面高精度磁测。在上述方法获得的成矿信息的基础上，对比乌拉嘎金矿床综合信息找矿模型进行隐伏矿体预测，并实施了槽探揭露以及浅井、钻孔等查证工程，取得了另人满意的找矿效果。

二、地质找矿信息

为了查明十三公里区的地质特征和成矿条件，我们首先在该区进行了 100×40m 网度的地质草测工作，并编制了该区的地质草图（图 4-15）。

1.预测区地层

地质草测结果表明十三公里预测区地层极为简单，仅出露古老的元古代晚期黑龙江下亚群（$Pt_2^3hl^a$）变质岩系、中生代下白垩统宁远组（K_1n）火山岩系和新生界第四系（Q）。

中元古代晚期黑龙江群下亚群变质岩系由黑云（绿泥）斜长片麻岩、黑云母斜长片麻岩、二云母斜长片麻岩、绿帘绿泥钠长片岩、阳起绿泥黑云钠长片岩、透闪绿泥片岩、绿泥绢云母片岩、白云母片岩、钙质绿泥钠长片岩等变质岩石类型组成，构成本区的主体，分布面积约为 $1.18km^2$ 占图幅的 47%。中生界下白垩统宁远村组仅有凝灰岩出露，主要为角砾晶屑岩屑凝灰岩。主要分布与 140-132 线和 107-112 线之间，出露面积约为 $0.176km^2$。

第四纪地层主要为上更新统阶地堆积与现代河床及河漫滩堆积，上更新统阶地堆积主要为黄褐色、褐灰色、灰白色砾石、砂砾石和黄色土所组成。

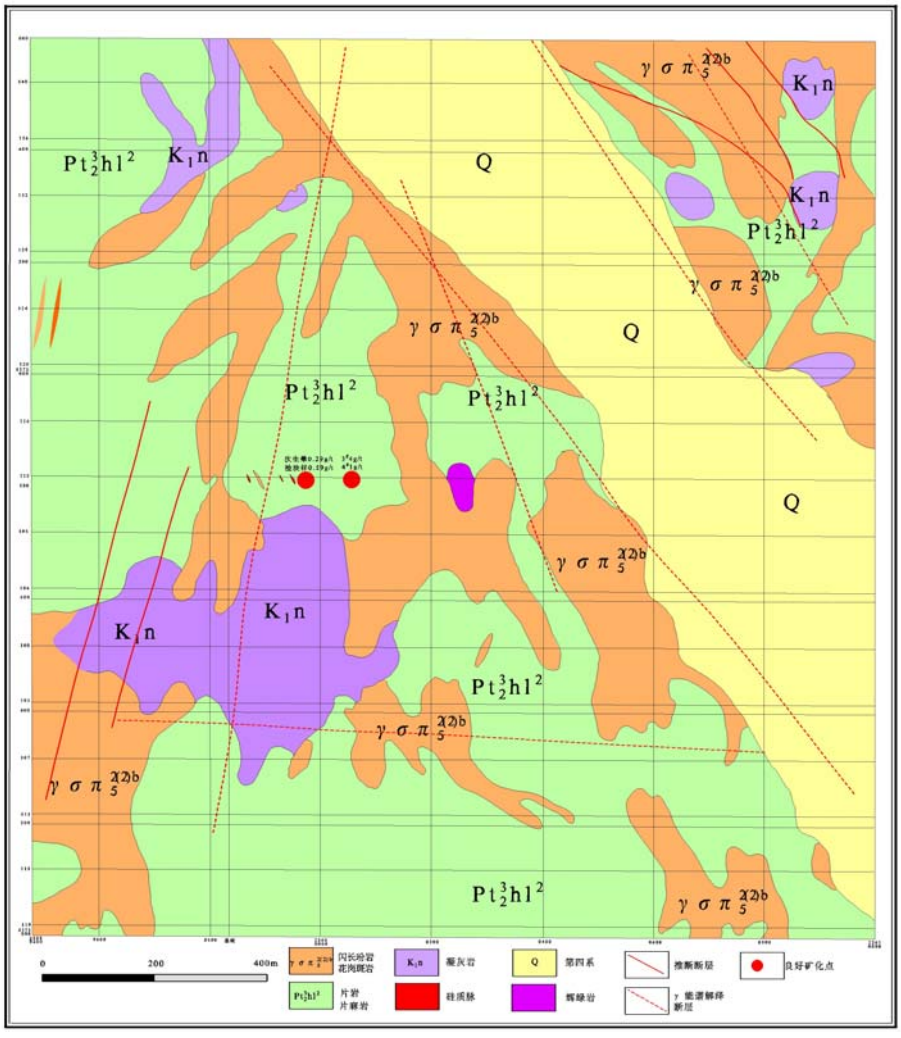


图 4-15　乌拉嘎金矿外围十三公里区地质草图

2. 预测区构造

据周边及区域构造系统以及结合地质草测，本预测区内构造总体上可分为近 EW 向→NNE 向→NW 向→NNW 向四组。

①近 EW 向线性构造：为腰站—大马连站 EW 向断裂带的重要组成部分。从航片和地形图上呈现一个较为密集展布的地段，并且有多次活动的特征。尤其是在燕山旋回的再次复活，直接参与了控岩控矿作用。

②近 SN 向线性构造（含 NNE 向和 NNW 向线性构造）： 实际上它们是嘉荫深断裂（乌拉嘎深断裂）北段的重要组成部分，由于受 EW 向、NE 向和

NW 向断裂的切错影响，断断续续展布，局部常偏转或移错面呈现 NNE 或 NNW 向，也可能为新华夏系构造局部重叠所致。

③NW 向线性构造： 为柳树河—西北沟断裂的重要组成部分，控制着河谷和山脊的展布，为一组扭性或压扭性线性构造，成矿前可能控岩控矿，也可在成矿后活动起切割破坏作用。

3. 预测区岩浆岩

十三公里区岩浆岩有花岗闪长斑岩、闪长玢岩、蚀变辉绿岩等，在填制地质草图过程中均采集到“无根”岩石标本，未见其基岩出露。花岗闪长斑岩、闪长玢岩，总体延 NW 向及 NE 向展布，以 NW 向为主，蚀变辉绿岩仅一处出露。上述岩浆岩均有不同程度的蚀变，如蚀变花岗斑岩（土化、绢云母化）、蚀变花岗闪长斑岩（绢云母化、土化、褐铁矿化）和蚀变闪长玢岩等蚀变岩石类型。

三、地球化学找矿信息

十三公里区的土壤地球化学测量的采样工作与地质草测同步进行，网度为 100×40m，全区共布置勘探线 16 条，土壤地球化学采样点 539 个，对样品进行了 As、Sb、Bi、Hg、Pb、Cu、Zn、Ag、W、Mo、Au 等 11 个元素进行了测试分析。

1. 元素的统计特征

为了深入分析预查区内土壤地球化学行为，消除特高值的影响，各元素数据的处理采用用“迭代剔除高值法”计算程序以消除高值点的影响，利用计算机自动求算背景值（$\bar{x}$）、标准离差（δ）和异常下限值（$\bar{x}+2\delta$），结果见表 4-11。

表 4-11 测区内元素特征参数统计表

元素	As	Sb	Bi	Hg	Pb	Cu	Zn	Ag	W	Mo	Au
均值	13.56	0.60	0.32	0.03	19.01	19.96	80.02	0.18	7.23	0.85	1.75
标准离差	5.94	0.21	0.06	0.01	3.44	5.11	12.81	0.04	4.52	0.27	0.53
异常下限	25.45	1.02	0.44	0.06	25.89	30.18	105.6	0.26	16.27	1.39	2.81
克拉克值	2.2	0.6	0.4	0.09	12	63	94	0.08	1.1	1.3	3.5
浓度克拉克值	6.2	1.0	0.8	0.33	1.58	0.32	0.85	2.3	6.6	0.65	0.5

克拉克值：黎彤（1976） Au 的单位为$\times 10^{-9}$，其余元素单位为$\times 10^{-6}$；

由表 4-11 可知测区内元素 As、Pb、Ag、W 的平均含量高于克拉克值，Sb 的平均含量等于克拉克值，其他元素的平均含量均低于克拉克值；其中 Au 的浓度克拉克值为 0.5。需要说明的是，本区内 Au 元素的背景值虽然不高，但区内单个样品中 Au 元素的最高值可达 143×10^{-9}，为克拉克值的 41

倍，现实了本区 Au 具有元素具有总体背景值低，但某些地段 Au 富集程度高的特点。

为了进一步研究测区内各元素的共生组合关系，找出与主成矿元素Au关系密切的元素组合，我们对区内所有元素数据进行了相关分析、因子分析和聚类分析（表4-12、表4-13、图4-16）。

表 4-12　　土壤地球化学 11 种元素相关系数矩阵

项目	As	Sb	Bi	Hg	Pb	Cu	Zn	Ag	W	Mo	Au
As	1.000										
Sb	0.465	1.000									
Bi	0.182	0.154	1.000								
Hg	0.079	0.071	0.156	1.000							
Pb	-0.038	0.137	0.236	-0.156	1.000						
Cu	0.343	0.297	0.389	0.193	0.333	1.000					
Zn	0.05	0.061	0.257	0.107	0.203	0.441	1.000				
Ag	0.187	0.101	0.273	0.326	0.264	0.532	0.485	1.000			
W	-0.03	0.236	0.034	-0.045	0.112	0.018	-0.1	-0.119	1.000		
Mo	-0.026	0.045	0.237	0.152	-0.01	0.215	0.206	0.142	0.046	1.000	
Au	**0.586**	**0.165**	-0.079	-0.014	-0.202	0.046	-0.09	0.037	-0.026	-0.204	1.000

表4-13　　土壤地球化学11种元素因子载荷矩阵

元素	因子					
	1	2	3	4	5	6
As	-0.253	**0.933**	0.017	-0.049	0.074	-0.007
Sb	0.273	0.267	0.318	0.498	-0.507	-0.371
Bi	0.554	0.147	0.141	0.126	0.414	0.402
Hg	0.408	0.129	-0.512	0.411	-0.240	0.372
Pb	0.407	-0.051	0.639	-0.353	0.004	-0.005
Cu	0.721	0.312	0.163	-0.042	-0.007	-0.052
Zn	0.627	0.054	-0.116	-0.368	0.024	-0.259
Ag	0.592	0.187	-0.178	-0.278	-0.293	0.224
W	-0.042	-0.042	0.635	0.442	0.112	0.240
Mo	0.457	-0.002	-0.280	0.376	0.509	-0.432
Au	-0.365	**0.880**	-0.009	-0.083	0.111	-0.005

从测区内11个元素的相关系数矩阵可以看出，主成矿元素Au与As呈显著的正相关（相关系数达0.586），与Sb呈较弱的正相关；而与其余元素的相关性不明显。因子分析结果表明，Au和As在第二因子中占主要地位，显示了与相关分析相似的结果。此外，在聚类分析谱系图中，Au、As、Sb位于同一小群。由此可见，相关分析、因子分析和聚类分析的结果均说明本

区内主成矿期内的成矿元素组合为Au、As、Sb。这与乌拉嘎金矿床的土壤地球化学指示元素组合完全一致。

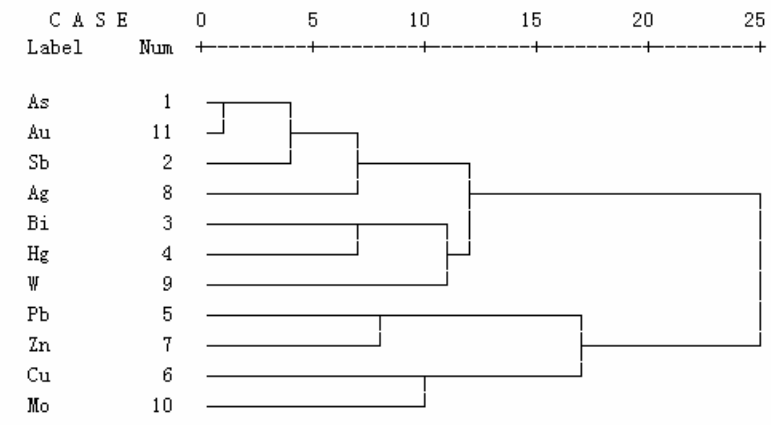


图 4-16　土壤地球化学 11 种元素聚类分析谱系图

2.主成矿元素组合的异常特征

（1）Au 元素异常特征

测区内 Au 异常的分布面积较大，主要集中则测区中南部，全测区共划出 Au 异常 7 处，面积和异常强度较大的有以下 4 个（图 4-17）：

Au-1 异常位于图幅北中部，140 线 22－31 点范围内，向北延伸在图幅边缘不封闭，呈半椭圆状；异常区内共有异常样品 2 个,其中，140 线 24 点样品含量较高为 8.3×10^{-9}；出露花岗闪长斑岩侵入体，故推断该异常与构造岩浆带的热液活动有关。

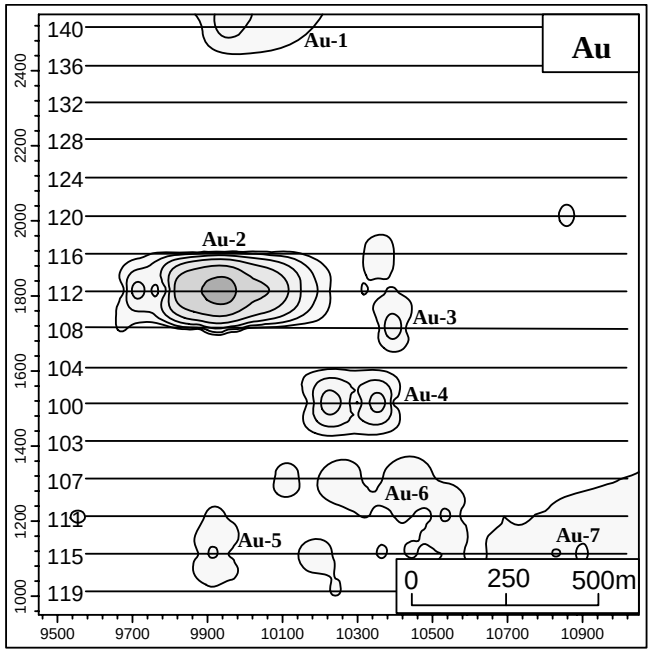


图 4-17　土壤地球化学测量 Au 异常分布图

Au-2 异常是测区内最好的 Au 异常，位于图幅中北部 108 线与 116 线之间，呈椭圆状，长轴沿 112 线展布，异常区面积最

大，且具有较大的异常内带；异常区内共有异常样品 15 个，其中，112 线 24 点样品含量较高为 143.8×10^{-9}；出露地层为 $Pt_2^3hl^a$，岩体为花岗闪长斑岩侵入体 $\gamma\pi_5^2$，断裂带发育。

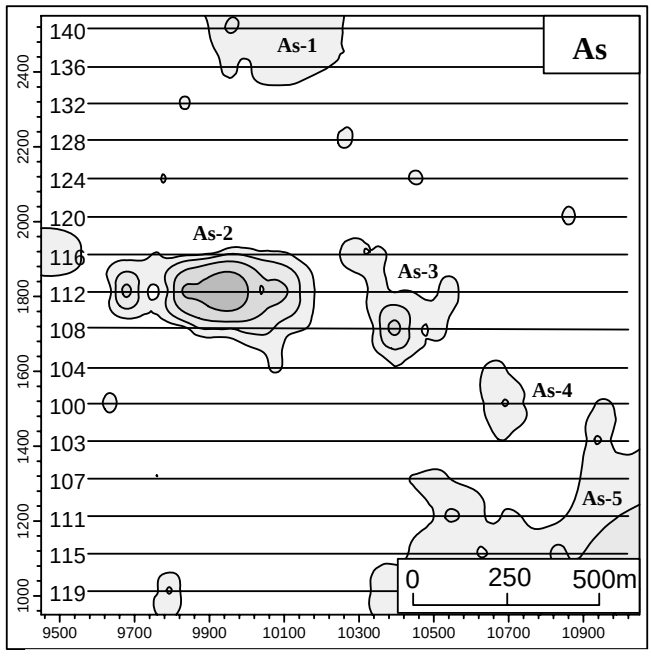


图 4-18　土壤地球化学测量 As 异常分布图

Au-4 异常位于图幅中部，100 线 35-46 点之间及与 103 线至 104 线之间的范围内，呈东西伸长的似椭圆状，长宽比为 2/3；异常区内有异常样品 4 个，其中 100 线 37 点样品含量最高为 20.4×10^{-6}，最低含量为 8.1×10^{-9}。对比地质草图，该异常位于黑龙江群下亚群结晶片岩、宁远村组凝灰岩一级花岗斑岩体三者的交汇部位。

Au-7 异常区位于图幅东南隅，107-119 线之间，位于异常图的东南角成似锥状，东南方向不封闭，异常区内有异常样品 3 个，其中 115 线 68 点样品含量最高为 6.3×10^{-9}。最低样品含量为 4.8×10^{-9}。

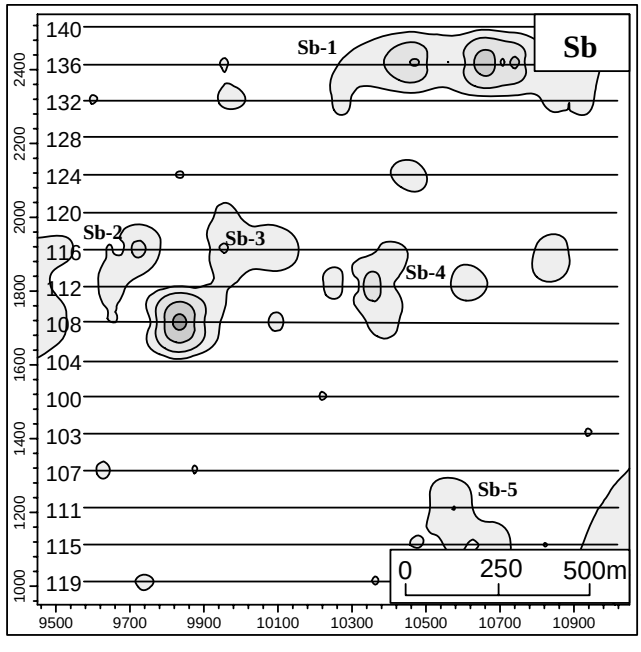


图 4-19　土壤地球化学测量 Sb 异常分布图

（2）As 元素异常特征

测区内的 As 异常无论分布位置还是展布形态，均与 Au 异常的分布极为相似，只是异常面积略大于 Au 异常，再次显示了二者的密切关系。其中 As-1 异常与 Au-1 异常完全套合，As-2 异常与 Au-2 异常完全套合，As-3 异常与 Au-3 异常完全套合，As-5 异常与 Au-7 异常完全套合（图

4-18）。

（3）Sb 元素异常特征

测区内的 Sb 异常主要呈东西向分布于测区的东部和北部边缘，异常面积较大，浓集程度较高。其中分布于 108 线和 116 线之间的 Sb-2、Sb-3 异常与 Au-2 异常部分套合，以及测区东南角的 Sb-5 异常与 Au-6 异常呈部分重叠关系（图 4-19）。

总之，预测区主成矿元素 Au 和成矿伴生元素 As、Sb 的异常明显。主成矿元素 Au 与 As、Sb 在含量上呈正相关特征，且与 As 的相关性最大。这与乌拉嘎金矿床有意义的元素组合异常较为一致，但元素组合更为简单，而当这些元素组合异常与围岩蚀变带相吻合时，则可作为直接找矿标志进行隐伏矿体的定位预测。

四、 地球物理找矿信息

（一）地面伽玛能谱信息

本区伽玛能谱定点测量按 100×20（m）的网度逐点施测，除有水沼泽弃点外，共完成测线 18 条（含检查线 112 和 120 两线复测），测点总数 1300 余个，共获数据 10000 余个。

1．特征参数计算

通过伽玛能谱原始数据处理，获得 U、Th、K 和总道的均值、均方差及异常下限等特征参数（表 4-14）。结果表明本区内除 K 的最高含量大于异常下限的 8 倍以外，其他 3 个参数的富集程度均较低。相关分析结果表明，本区内 K、Th 和总道三者的相关性较好，其中总道与 K 的相关系数为 0.45，与 Th 的相关系数为 0.67，K 与 Th 的相关系数为 0.26；而 U 则与 Th、K 没有明显的相关性（表 4-15）。

将十三公里区的伽玛能谱特征参数与柳树河区进行对比可知，二者的伽玛能谱特征有较大的相似性。即二者的伽玛能谱强度均不高，Th、K、总道之间的相关性较明显，而 U 与其他三个参数的相关性较低。

表 4-14　十三公里区伽玛能谱特征值一览表

项目	特征参数			含量单位
	平均值（$\overline{X}$）	均方差(S)	异常下限 T（$\overline{X}$+2S）估值	
U	16.8	4.28	25.4	0.1×10^{-6}
Th	75.4	15.6	106.6	0.1×10^{-6}
K	12.9	3.2	19.3	0.1×10^{-2}
总道	89.7	16.9	123.5	0.1×10^{-6}

表 4-15　十三公里区伽玛能谱测量相关系数矩阵

项目	U	Th	K	总道
U	1			
Th	-0.003	1		
K	0.061	0.2587	1	
总道	0.270	0.672	0.452	1

2．空间分布特征

通过伽玛能谱测量 4 个参数的原始数据等值线图可以清楚地看出 4 个参数在测区内分布规律：

U 道：高值区主要分布在测区的中北部和南部边缘，与低值区呈东西向的相间排列，对比地质草图可知，其分布的规律不明显，在结晶片岩和花岗斑岩中均可出现高值区和低值区。

Th 道和总道：二者分布形态极为相似，高值区在测区的中东部均呈 NNW 向展布，在测区的西南部则呈 NE 向和 NNE 向展布。

K 道：总体的分布趋势与 Th 和总道的分布情况相同。但等值线平面图上出现了五个孤立的特高值点，这些点上的其他参数却没有异常显示，估计其可能由偶然误差引起。

3．综合解译

对比地质草图可知 K、Th、总道的高值区的分布与区内花岗闪长斑岩体的分布具有一致性。于是我们可以推断，测区内的伽玛能谱 K、Th、总道的高值异常是由其下面隐伏的蚀变花岗闪长斑岩体引起的，换句话说我们可以根据伽玛能谱异常特征确定隐伏岩体、接触带以及构造蚀变带的具体位置，进而确定有利的成矿地段。其中，K 含量大于 20×10^{-2}、Th 含量大于 80×10^{-6}、总

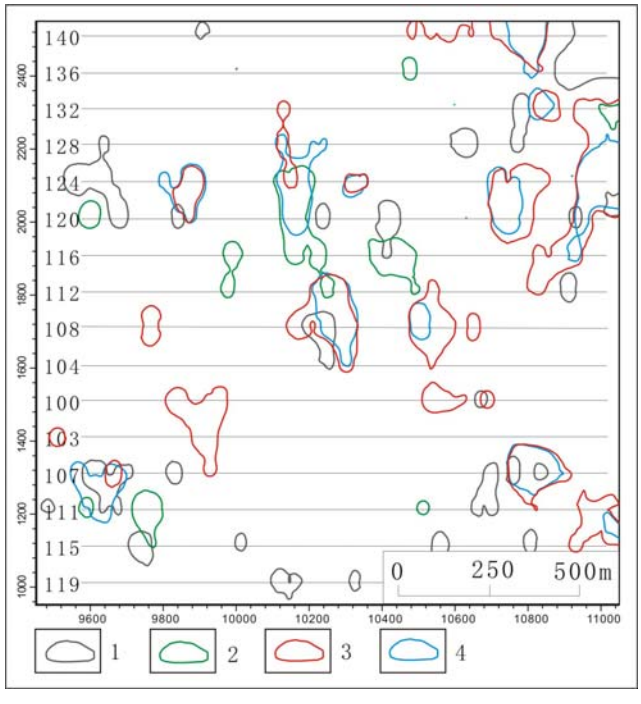


图 4-7　柳树河矿化区伽玛能谱异常区分布图

1、 U 道正异常；2、Th 道正异常；3、K 道正异常；4、总道正异常；

道含量大于 100×10^{-6} 大致可以圈定斑岩体的分布范围。

根据伽玛能谱综合异常图可知，本区的伽玛能谱组合异常特征较为复杂，主要有三高一低（K、Th、总道高 U 低或 K、U、总道高 Th 低）、两高两低（K、总道高 U、Th 低）；此外还有单独的 K 异常和 U 异常等不同类型，其中组合异常和 K 异常主要发育在斑岩体内部，单独的 U 异常则主要发育在结晶片岩中（图 4-20）。

对比柳树河区和十三公里区不同岩石类型中的伽玛能谱强度可以得出以下认识：①柳树河区和十三公里区 K、Th、总道的分布特征均有较强的一致性，而 U 道的分布特征规律性不明显。②柳树河区不同岩性伽玛能谱强度由强到弱的顺序是：火山岩＞结晶片岩＞斑岩体，而十三公里区不同岩性的伽玛能谱强度则是：斑岩体＞火山岩＞结晶片岩。两区相聚不远，而伽玛能谱特征差异如此之大值得我们进一步研究。

综上所述，本区的伽玛能谱测量和解译成果，清晰地向我们展示了区内 NNW、NE 以及 NNE 方向的构造格局。推测的构造带与地质草测基本吻合，同时在几组构造带的交会部位是异常出露的较好部位，也是矿化最有利部位所以可以通过对比乌拉嘎金矿床的地面伽玛能谱测量数据特征和组合型式，确定十三公里区金的成矿前景，达到间接寻找金矿的目的。

（二）地面高精度磁测信息

十三公里区地面高精度磁测数据显示，该区磁场强度出现大正大负的现象，△T 最大值为 6620 nT，最小值为-1940 nT。

通过对比测区内磁场强度等值线图和地质草图，并结合乌拉嘎金矿区的磁异常特征可知，本区内的磁异常分布主要有以下特点：低缓正异常区和低缓负异常区，梯度平稳，为结晶片岩所致；正负跳跃型异常区成环状，为火山岩引起；低缓的局部正异常区，分布于负异常的中间，为花岗闪长斑岩所引起的；而宁远村组凝灰岩与花岗闪长斑岩侵入体接触带易出现高值异常区（图 4-21）。根据乌拉嘎金

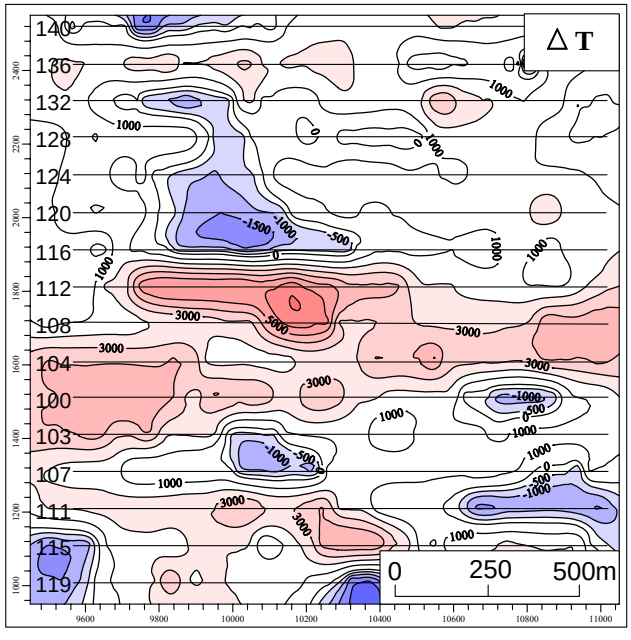


图 4-21　十三公里区高精度磁测等值线图(nT)

矿床的找矿模型矿体主要赋存在斜长花岗斑岩与围岩接触带附近，因此，可依据地面高精度磁测所反映的低缓局部正异常来大致确定隐伏岩体，并进一步确定矿体赋存的有利部位。

通过与主成矿元素地球化学金异常区及伴生元素地球化学异常区的对比分析，可以得出以下结论： 本区磁测正负异常区总体呈水平分布，南北向相间排列。宁远村组凝灰岩与花岗闪长斑岩侵入体接触带出现磁测高值异常区。高值正异常区与负异常区的过渡带，尤其是梯度较大部位，存在高的 Au 土壤地球化学异常。总体而言，磁法异常基本与土壤地球化学异常重合，这些异常可能是由预测区内构造破碎带、金矿脉及隐伏的矿化蚀变引起的。

五、隐伏矿体定位预测与查证

（一）预测依据

1．地质依据

十三公里区与乌拉嘎金矿区处于同一个大地构造位置，具有极为相似的成矿地质背景。两区具有相同的地层和岩浆岩条件：地层主要为中元古代晚期黑龙江群下亚群结晶片岩与中生代下白垩统宁远村组火山岩、火山碎屑岩，且二者以角度不整合接触；两区的岩浆活动处于同一时期，且具有相同的侵入体——中燕山晚期花岗闪长斑岩隐伏分布。黑龙江群结晶片岩不但是原始矿源层，而且也是矿体赋存的空间之一，是寻找预测隐伏金矿体的重要前提，花岗斑岩是金矿形成的基本条件，它不但与金矿的形成具有密切的空间、时间关系，而且是成矿物质的主要来源。两区线性与环形构造类型及其相互关系颇为相似，如两区均同属于轴向北东的“团结沟—马连站”环形构造的边缘，团结沟金矿床位于位于其西南缘，而十三公里区则处于该环形构造的西北缘。

另外地质草测结果还显示本区围岩蚀变普遍发育且类型复杂，主要以硅化、高岭土化、绿泥石化、绢云母化及碳酸盐化等低温热液蚀变为主，具备浅成低温热液矿床的蚀变特征。

2．地球化学依据

土壤地球化学测量成果表明，本区 Au 异常具有背景值低，富集成度高等特点。主成矿元素 Au 与伴生元素 As、Sb 具有正相关性，而与其他元素均呈负相关性，说明本区成矿元素组合比较简单，但与乌拉嘎金矿床的土壤地球化学特征基本相同。土壤地球化学测量 Au、As、Sb 异常的叠置套合地段是矿体赋存的重点地带。

3．地球物理依据

伽玛能谱测量显示，本区 K、Th 和总道的异常具有相同的分布特征，而 U 元素的分布规律不明显。伽玛能谱测量成果清晰地反映了本区的构造格架、花岗斑岩体以及围岩蚀变带的分布情况。高精度磁测数据，尤其是在磁测数据负值区和向正异常过渡的高梯度带内，是主成矿元素 Au 和伴生成矿元素的富集区域，它与土壤地球化学异常带在空间分布和形态上具有很强的相关性。

（二）靶区圈定

在对测区内所获得的地质找矿信息、土壤地球化学找矿信息、以及地球物理找矿信息加以综合分析和置信提取的基础上，对比乌拉嘎金矿床的找矿模型，编制综合信息成矿预测图，优选最有利的成矿地段进行工程验证（图 4-22）。

通过综合解译，十三公里区共圈定可供验证的预测靶区 4 处：

Ⅰ区：位于测区北部边缘，包括 Au-1 二级异常一处，其北部边缘尚未封闭，有向图幅外进一步增高的趋势。区内共有异常样品 2 个，其中 140 线 24 点 Au 含量最高为 8.3×10^{-9}。As 异常与 Au 异常完全套合。此处磁场强度表现为低缓的负异常。可先布置少量槽探进行异常检查。

Ⅱ区：位于测区中部 120 线与 104 线之间，成东西向展布的长方形，面及约 0.3km^2。包含 Au 一级异常 1 个、二级异常一个、三级异常一个。位于 112 线上的 Au-2 一级异常呈长轴东西向的椭圆状展布，异常内共含异常样品 14 件，其中 112 线上有 11 件样品连续高于异常下限，最高值为 112 线 24 点，其 Au 含量为 143.8×10^{-9}。该区内 As、Sb 异常特别发育，As 异常与 Au 异常完全套合，Sb 异常形状不规则，与 Au 异常部分套合。该异常位于磁场强度负异常向高正异常过渡的高梯度带上，伽玛能谱特征表现为 4 个参数均为低异常。该区位于黑龙江下亚群变质岩系与中生代下白垩统宁远组的接触带上并且东西两侧有花岗闪长斑岩侵入，有较好成矿条件，为下一步工作重点。

Ⅲ区：位于测区中南部 103 线和 104 线之间，面积约 0.08 km^2。区内含 Au 一级异常一处，该异常共有异常样品 4 件，均位于 100 线，Au 最高含量为 20.8×10^{-9}。该异常面积小，异常强度大，浓集中心明显，除 Zn 异常与之部分套合外周围没有其他元素异常出现。高精度磁测特征表现为低缓的正异常，伽玛能谱特征表现为低异常。建议在该区布置少量槽探工程进行一场检查

Ⅳ区：位于测区的东南角，面积约 0.4 km^2。区内 Au 异常的特点是面积大、分布广，但富集程度较低。区内 As 异常发育，与 Au 几乎完全套合；Sb 异常也较发育。另外该区还存在小面积的 Cu、Ag、Hg、Mo 异常与 Au 异

常重叠套合。该区内出露的低层为黑龙江群下亚群变质岩系，局部有花岗斑岩小侵入体出露。磁异常有正有负，规律性不明显。伽玛能谱特征表现为 U、Th 和总道高异常。

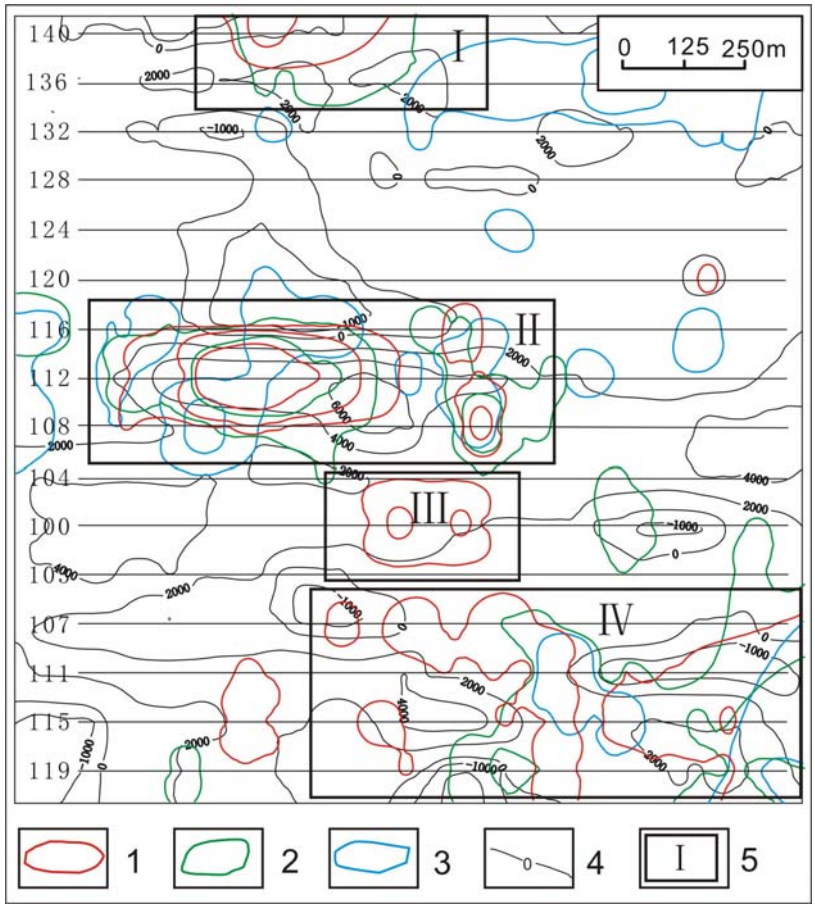


图 4-22　十三公里区综合信息成矿预测图

1.Au 异常；　2.As 异常；　3.Sb 异常；　4.磁测等值线；　5.靶区及编号

综合以上分析可见，II 区是测区内成矿最有利地段，应为重点查证区域。但由于测区面积较小，各成矿有利地段均可先部署少量槽探等工程进行异常检查。

（三）工程查证

十三公里区的工程查证工作主要目的是为了查证区内的土壤地球化学异常、伽玛能谱异常是否为矿致异常，查证工程的重点放在 112 线的 Au-2 异常上。采用了槽探、浅井、钻探等工程，各项工程均取得了较好的找矿效果。

1．槽探工程查证成果

①TC_{112-24}槽探

该槽探工程位于112线24点呈南北向展布百米长槽，槽中基岩为近水平产出的片岩，探槽中部揭露出一条矿化破碎带，发育有硅化、褐铁矿化及黄铁矿化，矿化蚀变破碎带宽约6m，。上部残坡积层采样基本分析结果为4.0×10^{-6}，已明显呈现工业矿化；其上部与底部采样进行人工重砂分析，发现非磁性矿物中含有金铜矿数十粒。槽壁底部刻槽取样的基本分析结果呈现明显的连续金矿化（表4-16）。

表4-16　TC_{112-24}含矿破碎蚀变带刻槽取样中含金量测试结果

刻槽样品编号	09	10	11	12	13	14	15
金含量（$\times10^{-6}$）	0.6	2.35	3.40	0.30	0.90	1.00	0.80

②TC_{112-28}槽探

该槽探工程位于112线28点，工程呈南北向展布，槽中基岩为产状较平缓钠长石英云母片岩，岩性变化不大。探槽中发育有一处陡倾的蚀变角砾岩，褐铁矿化发育，砾岩呈现红褐色，该处矿化明显且很连续，矿化宽度约4m，槽探工程壁底刻槽取样基本分析结果均超过氧化矿石堆浸品位（表4-17）。此处不仅脉体发育，片岩产状也有变化，可能受断裂构造活动的应力所致。

表4-17　TC_{112-28}矿化角砾岩带刻槽取样中含金量测试结果

刻槽样品编号	07	08	09	10	11
金含量（$\times10^{-6}$）	0.90	1.00	0.80	0.65	0.75

③TC_{112-29}槽探

该槽探工程位于112线29点，工程呈南北向展布。该槽基岩仍为近于产状平缓的钠长石英云母片岩（片理近于水平），但其与残坡积层的界限却起伏不平，且局部有不规则凹陷。在槽探工程的中部，发育有宽近8m的矿化蚀变破碎带。此带连续矿化明显，褐铁矿化发育，片岩碎裂或破碎，局部产状亦有变化，发育有破劈理。矿化较为强烈，详见表4-18所示。

表4-18　TC_{112-29}矿化蚀变破碎带中刻槽取样的含金量测试结果

刻槽样品编号	005	004	003	002	001	14	13	12	11
金含量（$\times10^{-6}$）	0.10	0.75	3.55	0.10	1.30	0.10	0.65	2.30	0.10

2.浅井工程查证成果

为了进一步揭露槽探工程揭露的含矿破碎带规模、产状和矿化特征，在112线24点施工浅井一个。浅井显示该矿化蚀变破碎带的的矿化类型为

石英脉＋蚀变岩型，石英脉最大厚度 0.5 米，其上下盘为蚀变岩，厚度 20－50cm，原岩为石英片岩。矿化主要为褐铁矿化、黄铁矿化，最高品位 33.10×10^{-6}。

3．钻探工程查证成果

①ZKs_{0501}孔

本孔为十三公里区施工的第一个倾斜钻孔，112 线 24 点，它开孔于云母片岩，相继见有闪长玢岩、花岗斑岩。其中以片岩为主体，闪长玢岩次之，花岗斑岩最少。花岗斑岩呈脉状，脉宽达 10m 左右。虽然该钻孔没有发现预想的矿体，但有连续矿化显示，32.00m-40.00m 基本分析结果（×10^{-6}）分别是： 0.2；0.4；0.9；1.2；0.3；0.2；0.35；0.2。

②ZKs_{0502}孔

该孔为本区施工的第二个钻孔，它是在 ZKs_{0501}孔未能穿切硅质脉体的情况下，从反向方向施工的钻孔。该孔通体是云母片岩，并于斜深 51.70m 因上冻中孔。

4．资源量估算

依据上述工程的见矿情况，按照 DZ/T0205—2002 岩金矿地质勘探规范（以下简称“规范”）圈定矿体的原则，共圈出 1 条脉状矿体。地表控制规模延长 400m，走向北东 70°，倾向南东，倾角 70°，倾斜推断延深 200m，厚度 2 米。资源量估算方法采用纵投影法，边界品位 1×10^{-6}，矿石体重采用 2.60t/m^3，储量级别 334，金资源量估算结果大约 1500kg。

结　论

本文在深入剖析乌拉嘎金矿床成矿地质条件、矿床地质特征和找矿标志的基础上，建立了综合信息找矿模型。并对矿区外围柳树河区和十三公里区进行了隐伏矿体定位预测工作。

一、取得的主要认识和成果

1．通过对乌拉嘎金矿床成矿地质条件、矿床地质特征和找矿标志的研究，建立了综合信息找矿模型。认为金矿化主要受 NNE 向的乌拉嘎深断裂和次一级构造控制，中生代浅成超浅成次火山岩是成矿的围岩和母岩，硅化、黄铁矿化和碳酸盐化是围岩蚀变标志；Au、As、Sb 组合是主要的地球化学找矿标志；高阻高极化及低阻高极化异常为矿体的主要电性特征，矿化地段伽玛能谱特征主要表现为“三高一低”。

2. 阐述了本区进行隐伏矿体预测工作的理论依据，简述了当前隐伏矿体预测方法研究现状和本次工作的方法选择。

3. 对矿区外围柳树河预测区进行了隐伏矿体定位预测工作并实施了工程查证。

预测及查证工作成果表明：区内金矿化受断裂构造控制明显，含矿构造角砾岩普遍发育；Au 具有高背景高异常的地球化学特征，Au 的高值区往往处于花岗闪长斑岩（闪长玢岩）与围岩（片岩、火山岩）的接触带或破碎带中；蚀变主要有硅化、碳酸岩化、绢英岩化，矿化有褐铁矿化、黄铁矿化、黄铜矿化等，具有浅成低温热液矿床特征。另外，钻孔资料显示本区 Au 矿化对岩性选择不明显，在闪长玢岩、构造角砾岩、凝灰岩、片麻岩中均发现达到工业品位的样品。

柳树河区查证工程“两井三孔”见矿。地表槽探揭露矿化蚀变角砾岩脉一条，控制延长 200 余 m，局部地段达到工业品位。钻探工程 3 孔见矿，共圈定矿体 6 条，获得最高品位 54.6×10^{-6}。以上工程见矿情况根据相关规范估算，共获得黄金资源量 2265kg。

4. 对矿区外围十三公里区进行了隐伏矿体定位预测工作并实施了工程查证。

预测及查证工作成果表明：本区的成矿元素组合为 Au、As、Sb，其中偶 Au 与 As 显著正相关；磁场强度呈现大正大负的特点，磁场强度负异常区向高值正异常区过渡的高梯度带附近，存在高的 Au 土壤地球化学异常，是成矿的最有利地段。十三公里区槽探和浅井揭露情况显示，该区的矿化类型为石英脉＋蚀变岩型，而非柳树河区的角砾岩型；蚀变主要有硅化、

褐铁矿化、黄铁矿化。

十三公里区通过工程查证圈定脉状矿体 1 条，地表控制规模延长 400m，倾斜推断延深 200m，厚度 2 米。根据相关规范估算，获得金资源量大约 1500kg。

二、存在的问题

1．由于无法对激电测深所获得的视极化率异常是否为矿致异常进行有效评价，致使一部分钻探查证失利。

2. 通过两区伽玛能谱测量的成果来看，伽玛能谱对两区的构造格局和岩性分布都有良好的反映，但在矿化体的上方伽玛能谱异常不明显，所以伽玛能谱方法能否在本区直接对隐伏金矿体预测需要进行进一步的研究。

3. 柳树河区地表槽探和浅井揭露的矿化蚀变角砾岩脉，由于其矿化极不均匀，仅个别地段达到工业品位，对其是否具有进一步工作价值，没有进行评估。

参考文献

[1] 武警黄金指挥部. 黑龙江省团结沟斑岩金矿地质[M]. 北京：地质出版社，1995:105-210.

[2] 刘鹏鹗,吴国学. 黑龙江省团结沟地区隐伏金矿体预测准则[J].黄金,1998,19(5):3-6.

[3] 王永祥,吴国学,白士俊,等.乌拉嘎金矿床地质地球化学特征研究[J].世界地质,2005,24(4):338-343.

[4] 吴国学.金矿床地球化学找矿信息分析——以团结沟金矿为例[J].世界地质,1995,14(2):43-46.

[5] 李凤友.乌拉嘎金矿床找矿模型及其应用[J].黄金,2001,22(6):11-13.

[6] 潘勇飞.伽玛能谱法找金矿[J]. 物探与化探,1994,18(6):444-456.

[7] 吴国学,李守义,陈国华,等.金矿中的伽玛能谱测量—以黑龙江乌拉嘎金矿外围柳树河区为例[J].吉林大学学报(地球科学版),2005,35(6):823-826.

[8] 杨言辰,李绪俊,马志红.生产矿山隐伏矿体定位预测[J].大地构造与成矿学,2003,**27**(1):83-90.

[9] 吴尚全. 团结沟斑岩金矿床石英的标型特征及其成因意义[J]. 矿物学报, 1984，4（1）：21-28.

[10] 杨鹏.团结沟金矿矿床综合信息找矿模型及外围 1:5 万比例尺金矿预测,硕士毕业论文,1993.

[11] 曹熹.佳木斯复合地体[M].长春：吉林科学技术出版社，1992：37-45.

[12] 韦永福，裘有守，余昌涛.中国东部金矿地质研究[M].地质出版社，1993. 99-106

[13] 张均,陈守余,张玉香.隐伏矿体定位预测中的几个关键问题[J].贵金属地质,1998,7(4):293-301.

[14] 池三川.隐伏矿床（体）的寻找[M].武汉:中国地质大学出版社,1988:6-9.

[15] 侯德仪,李志德.矿山地质学[M].北京:地质出版社,1998:176-188.

[16] 张均.隐伏矿体定位预测的方法学基础及方法论[J].贵金属地质,2000,9(2):100-104.

[17] 王庆乙,胡玉平.金属资源的紧缺与隐伏找矿的思考[J].地质与勘探,2004,40(6):75-79.

[18] 赵鹏大.矿产勘查理论与方法[M].武汉:中国地质大学出版社,2001:33-36.

[19] 刘石年.成矿预测学[M].长沙:中南工业大学出版社,1993:86-91.

[20] 考克斯 D P, 辛格 D A. 矿床模式[M].宋伯庆译.北京:地质出版社,1990:1-3.

[21] 翟裕生.矿床学的百年回顾与发展趋势[J].地球科学进展,2001,16(5):719-725.

[22] 陈毓川,朱裕生.中国矿床成矿模式[M].北京:地质出版社,1993:1-33.

[23] 张贻侠.矿床模型导论[M].北京:地震出版社,1993:1-4.

[24] 姚金炎.隐伏矿床及其找矿方法[J].地质与勘探,1990,26(3):10-16.

[25] 赵鹏大,王京贵,饶明辉,等.中国地质异常[J].地球科学,1995,20(2):117-127.

[26] 翟裕生,邓军,崔彬,等.成矿系统及综合地质异常[J].现代地质,1999,13(1):99-104.
[27] 赵鹏大,陈永清.地质异常矿体定位的基本途径[J].地球科学,1998,23(2):111-114.
[28] 沈远超,曾庆栋,刘铁兵,等.隐伏金矿定位预测[J].地质与勘探，2001,37(1):1-6.
[29] 徐锡华.金属矿产地球化学勘查方法的现状与动向[J].地质找矿论丛,2000,15(1):17-23.
[30] 王学求，谢学锦.非传统金矿化探的理论与方法技术研究[J].地质学报,1996,70(1):85-95.
[31] 王学求,谢学锦.地气动态提取技术的研制及在寻找隐伏矿上的初步试验[J].物探与化探,1995,19(3):161-171.
[32] 丁汝福.国内外寻找隐伏矿化探新方法研究进展[J].地质与勘探,1999,35(2):30-34.
[33] 曾庆栋,沈远超,张启锐,等.伽玛能谱测量与隐伏金矿体预测[J].黄金,1999,20(1):4-7.
[34] 于又华.金矿地质勘探发展现状[J].黄金地质,1996,2(4):72-75.
[35] 马芳,谭文兵.国外矿产勘查技术及应用[J].中国地质矿产经济,2003,(6):39-40.
[36] 徐兴旺,蔡新平.隐伏矿床预测理论与方法的研究进展[J].地球科学进展,2000,15(1):76-83.
[37] 张正伟.浅谈寻找隐伏矿床的理论和方法[J].河南地质,1998,16(3):161-169.
[38] 王世称,陈永良,夏立显.综合信息矿产预测理论与方法[M].北京:科学出版社,2000:1-343.
[39] 陈永良,裴效渤,许亚光.资源危机矿山综合信息成矿预测[J].地质论评,1997,43(3):328-334.
[40] 王安建,侯增谦,李晓波,等.成矿理论与勘查技术现状及发展趋势[J].中国地质,2000,(1):30-33.
[41] 黄薰德.地球化学找矿[M].北京：地质出版社，1992:30-62.
[42] 杨毅恒，韩燕，徐兵，等. 多维地学数据处理技术与方法[M]. 北京：科学出版社，2002：12-152.
[43] 牟保磊.元素地球化学[M].北京:北京大学出版社，1999. 34～75
[44] 伍宗华，古平等. 隐伏矿床的地球化学勘查[M], 地质出版社，2000： 6－12；68－140.
[45] 吴锡生. 化探数据处理方法[M], 地质出版社, 1993 18－125.
[46] Malmqvist L,kristansson,K. Experiment evidence fox an ascending microflow of geogas in the ground[J]. Earth and Planetary Science Letters，1984,70:407-416.
[47] WANG X-ueqiu.Delineation of geochemical blocks for undiscovered large ore deposits using deep-penetrating methods in alluvial terrains of eastern China[J]. Journal of Geochemical Exploration, 2003,77:15-24.
[48] WANG X-ueqiu.Leaching of mobile forms of metals in overburden: development and application[J]. Journal of Geochemical Exploration, 1998,61:39-55.

[49] Williams T M, Gunn A G. Application of enzyme leach soil analysis for epithermal gold exploration in the Andes of Ecuador[J].Applied Geochemistry, 2002,17:367-385.

[50] Reinhard W Leinz,Donald B Hoover,David L Fey,et al. Electrogeochemical sampling with NEOCHIM -results of tests over buried gold deposits[J]. Journal of Geochemical Exploration, 1998,61:57-86.

[51] Levitski A, Filanovski B, Bourenko T, et al. “Dipole”CHIM:concept and application[J].Journal of Geochemical Exploration, 1996,57:101-114.

[52] Chiozzi P, Pasquale V, Verdoya M.Ground radiometric survey of U,Th and K on the Lipari Island,Italy[J]. Journal of Applied Geophysics, 1998,38:209-217.

[53] Cai Xinping,qn Dajun, Zhang Baolin,1996.Origin of gold depesit in metallogenic areasof Eastern Shandong, In:Jin Chengwei ed Geology of Main deposits in metallogenic Belts inrthern Part of China Beijing: Seismological Press,133-168

[54] ThompsonJ F H. 1995. Exploration and research related to porphyry deposits, in porphyry deposits of the northwestern Cordillera of North America. Schroeter T G ed. CIM Special Volume. 857-870.

[55] Green. A. Heral. Mineralium Deposita. 1982, Vol.17, No.2. P.

[56] Stilliteo R.H. Bonham ,H.F.Jr. ,Sediment-hosted gold deposits: distal products of magmatic –hydrothermal system ,Geology ,18(2), P . 157—161, 1990.

[57] K.J. Wenrich, Mineralization of Breccia Pipe In Northern Arizona. Economic Geology, 1985,80(6):1722-1735

中文摘要

黑龙江乌拉嘎金矿外围隐伏矿体定位预测

作者姓名：吕志刚

专　　业：矿产普查与勘探

导师姓名：吴国学　副教授

乌拉嘎金矿位于黑龙江省伊春市嘉荫县南部乌拉嘎镇境内，地处小兴安岭东段北坡，黑龙江支流乌拉嘎河中游。该区大地构造位置为天山—兴蒙华力西褶皱带东段吉黑地槽系内之佳木斯隆起带北端太平沟隆起与嘉荫凹陷的接合处。太平沟隆起为一古老基底结晶岩系出露区，基底线性构造为东西和南北两个方向，而基底褶皱构造轴向为北东向。

区内出露地层为中元古代晚期黑龙江群下亚群、中生界下白垩统宁远村组、淘淇河组、上白垩统鱼亮子组、新生界新近系中新统—上新统孙吴组和更新统—全新统。

近东西向的构造角砾岩带是主要的储矿构造，北西向构造控制了矿体的侧伏方向，它与东西向构造的交汇部位，是矿液沉淀的良好场所。具工业意义的矿体主要赋存于呈岩株状产出的的斜长花岗斑岩与黑龙江群下亚群接触带附近的近东西向展布的构造角砾岩带中，其余产在外接触带乌拉嘎背斜北翼片岩的层间破碎带中。中燕山晚期沿下白垩统宁远村组与中元古界黑龙江群下亚群不整合面侵入火山岩体的形成和分布对矿床产出起主要控制作用。

乌拉嘎金矿矿物组合较简单，矿石矿物主要为黄铁矿、白铁矿、胶状黄铁矿、胶状白铁矿和自然金。

由于构造的多次复活和热液的多次脉动，矿区内围岩蚀变类型较多，主要有： 钾化；高岭土化；绿泥石和绿帘石化；绢英岩化；碳酸盐化；硅化；黄铁矿化；白铁矿化；黄铁绢英岩化；青盘岩化。其中硅化相当发育，以灰黑色玉髓状石英化与成矿关系最为密切。

通过对乌拉嘎金矿床的地质成矿条件、地球化学特征及地球物理特征进行综合分析、对比，总结了成矿地质、地球化学、地球物理找矿标志及

综合信息找矿模型。

地球化学异常是成矿作用的直接和间接反映,在隐伏矿体的找寻预测中具有重要指示意义。在乌拉嘎矿区次生晕及原生晕均显示出较明显的元素组合异常,其中最有意义的元素组合异常为 Au、As、Sb。当元素组合异常与围岩蚀变带相吻合时,则可作为直接找矿信息进行隐伏矿体的定位预测。Au、As、Sb 元素异常平面图上反映出线型分布特征，异常长轴方向以北西西(近东西)或北西方向展布,与控矿及含矿构造破碎带方向一致，在垂直方向元素具分带现象，前缘指示元素为 As、Sb、Hg，主矿体指示元素为 Au、Ag,尾晕元素组合为 W、Mo、Bi。

矿床内岩矿石的磁性均弱，凝灰岩磁性最低，花岗斑岩及片岩次之，玄武岩及脉岩较强。矿区金矿石其ηs 值可达 15%以上，与黄铁矿化程度有关，是本区的主要极化体，其次片岩的ηs 值较高，在 5%以上；凝灰岩一般在 1%；花岗斑岩稍高达 3%；矿区高极化率地质体均与黄铁矿化和石墨化有关。矿区各岩石电阻率都很低，尤其凝灰岩更低。伽玛能谱测量在矿化地段及岩性分界线都引起异常，异常特征表现为钾道及总道含量增高，钾道含量超过 4%，最大超过 5%，总道含量超过 20×10^{-6},而铀道及钍道规律性不明显，但有一个道含量值是增高的。总体异常特征表现为三高一低或四个道都增高。根据这些异常我们可以推测出异常的范围走向。

通过建立的综合信息找矿模型，对矿区外围柳树河预测区、十三公里预测区进行了隐伏矿体定位预测，并获得了如下成果：

柳树河区应用地质草测、地面伽玛能谱测量、岩石地球化学测量和激电测深等方法查明区内构造破碎带发育，岩石地球化学异常明显，金矿化受接触带或构造破碎带控制。围岩蚀变有硅化、黄铁矿化、碳酸盐化等，具有浅成低温热液矿床的成矿特征。其中测区北部 NNW 向和 NE 向构造交汇部位是成矿最有利地段。树河区查证“两井三孔”见矿，地表控制大规模矿化蚀变角砾岩脉一条，局部样品达到工业品位；钻探获得最高品位 52.9×10^{-6}；共获得资源量 2265kg。

十三公里区通过对地质信息、高精度磁测信息、伽玛能谱信息及土壤地球化学信息的分析，确定了该区综合找矿信息特征，并进行隐伏金矿体预测。通过对比乌拉嘎金矿床综合找矿模型，对异常区进行优选，并对优选出的靶区实施了工程查证，探槽及浅井双双见矿，共获得黄金资源量

1500kg。

本次工作的成果说明：用综合信息方法进行隐伏矿床体的定位预测在乌拉嘎矿区及外围是可行的，预测区圈定的异常经工程查证，获得了预期效果。证明了所实施预测方法的有效性，并为矿区外围的找矿工作指明了方向。

关键词： 乌拉嘎金矿　综合信息　找矿模型　隐伏矿体　定位预测

Abstract

Locating-Prediction of Blinded Gold Ore bodies Bodies out of Heilongjiang Wulaga Gold Deposit

Author: Lü Zhigang

Major: Mineral Prospecting and Exploration

Superviser: Associate Prof.Wu Guoxue

The Wulaga gold deposit is located to the North Slope of the Xiao Xing'anling's East segment and the middle of Wulaga River of Heilongjiang water system. It belongs to Wulaga town, which is in the south of Jiayin County, YiChun, Heilongjiang Province. Geotectonically, the Deposit lies at the joint of Taipinggou upwarping and Jiayin down-warping belt that belong to the northern Jamusi up-warping belt.The Jamusi upheaval belt is located at JiLin-HeiLongJiang geosynclinal system which is in the east segment of Tianshan-Xing meng Hercynian fold belt. The basement of Taipinggou up-warping is occupied by old crystal rock system. There are linear structures which extend in N-S and E-W direction. However, the axes of folds in the basement are mainly in NE direction.

The strata outcropping in the area include lately middle Proterozoic lower Heilongjiang group、early Cretaceous Ningyuancun group, Taoqihe group, late Cretaceous Yuliangzi group，Cenozoic Neogene Miocene－Pliocene Sunwu Group and Pleistocene－Holocene.

The E-W extending structural breccia belt is the main ore-housing structure; N-W extending structure controls the pitch of ore bodies. The jointing of the structure in N-W direction with ones in E-W direction supplied abundant space for ore-forming hydrothermal solution. The industrial ore bodies are mainly distributed in E-W tectonic breccia belt between plagiogranite porphyry and lower Heilongjiang group. 90 percent of the gold ore bodies appear in the

breccia belt in the inner contact belt, and the other appear in the interstratified fracture belt of schist which is in the north limb of Wulaga anticline. The volcano bodies intruding between lower Cretaceous Ningyuancun Group and middle proterozoic lower Heilongjiang group in the late middle Yanshan period control the deposit.

The mineral combination is simple in the Wulaga gold deposit , the ore minerals are mainly composed of pyrite、marcasite、colloidal pyrite、colloidal marcasite and natural gold.

Due to pulsing activities of ore-forming hydrothermal solution, there are such types of wall-rock alteration as potassic, kaolinization, chloritization and epidotization,berecitization,carbonatization,silicification;pyritization,Marcasitization ;pyrite-beresitization , propylitization. Mineralized silicification is linear distributed and controlled by structure. It is also filled with aplitic vein. Gray-black quartz of the chalcedony is closely related to gold mineralization.

By analysesing and constracting on metallogenetic characteristics, geochemical and geophysical characters of Wulaga Gold Deposit, the author have summed up the geology ore-search indication, geochemical ore-search indication and geophysical re-search indication and set up the comprehensive information ore-search model.

The geochemical ore-search indication: Geochemical anomaly reflects of the direct and indirect mineralization so that it is of importance in finding and predicting blinded gold ore bodies. Both secondary halo and primary halo in the Wulaga gold deposit indicate obvious element composite anomaly, and the most significant multi-element anomaly is Au, As, Sb. When the multi-element anomaly is consistent with wall rock alteration belt, this area will become direct information in locating-prediction of blinded gold ore bodies. Au、As、Sb element anomaly indicates linear distributing in the abnormity ichnography. The long axes of the anomalies in NWW (EW) direction are accord with ore-controlling and ore-housing structures The anomaly has been zoned in

vertical,Head elements includ As、Sb、Hg; middle elements are composed of Au、Ag; tail elements compose of W、Mo、Bi.

The geophysical re-search indication: The indication for geophysics shows that magnetism of the rock and the ore in the deposit is slight , magnetism of the tuff is the lowest one, granite porphyry and schist is secondly, basalt and veins rock are the highest ones. The chargeability of ore is as high as over fifteen percents, which is caused by the intensity of pyritization, is the mainly polar body in this area; schist is the second one, more than five percents; in tuff the ηs value is about one percent And in granite porphyry is a little higher, almost three percents; high chargeability rocks in this ore deposit all are concerned with the pyritization and graphition. The electrical resistivity of rocks in the deposit is low especially the tuff. Anomaly is located at the metallogenetic location and the boundary of lithology by gamma spectrometry method. The content of the K spectrum and total spectrum increase, the content in K spectrum is more than 4%, the maximum value is over 5%; the content of the total spectrum is beyond 20×10-6. The U spectrum and Th spectrum have no obvious regularity，however, one of the spectrum increased. Three decreased and one increased or four-increased abnormity. Based on these abnormity, we can speculate the confine and strike of the anomaly.

According to the ore-search model above, we have gained the locating-prediction of blinded gold ore bodies out of the deposit, Liushuhe and Shisangongli forecast sections, and gotten the results as follows:

We used geological survey, ground gamma-ray spectrometry survey, lithogeochemical survey,trenching and induced polarization in Liushuhe forecast section and found out the structural crashing belts developing ,the abnormity of lithogeochemical distinct,the gold mineralization was contraled by structural crashing belts or structural breccia belts.The alterations of wall rocks included silicification;pyritization and carbonatization which showed the mineralization character of epithermal gold deposit.the north of the section

where the NNW extending structure crossed with the NE extending structure is the most advancetangous district. We found gold orebody in two shallow bored wells and three drill holes and controlled a great dimension alteration ang mineralization breccia vein in which some sample arrived at industrial grade. The highest gold bearing was 54.6×10-6,and we gained the gold resource 2265kg total.

In Shisangongli forecast section we confirmed the characters of synthesis exploring information according the geological information, high precision magnetic measurement, gamma-ray spectrum testing and soil geochemical information; and the blind gold ore bodies have been forecasted.Compared to the comprehensive information ore-search model of Wulaga gold deposit we selected the abnormity areas, and the checking engineering was actualized in the selected the target section. We found the gold ore both in exploratory trench and in shallow bored well, and gained 1500kg gold resource quantity.

According to the results of this work, we can draw a conclusion that it is reasonable to predict blinded gold ore bodies out of the Wulaga Deposit by synthesized information method. Some abnormal areas has been confirmed by engineering and we have gained the anticipate purpose. This success approves the validity of the ore-search methods we choose,and points out the direction of the ore-search work out of Wulaga gold deposit for us.

Keywords: Wulaga Gold deposit; comprehensive information; ore-search model; blinded gold ore bodies; Locating-Prediction

图版Ⅰ



图版Ⅰ-1 细脉侵染状矿石（采场）



图版Ⅰ-2　　角砾状矿石（采场）



图版Ⅰ-3 硅化角砾岩型矿石（柳树河）



图版Ⅰ-4　蚀变岩型矿体（十三公里）

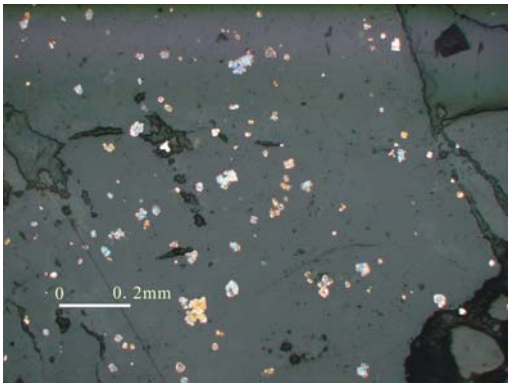


图版Ⅰ-5　硅质脉型矿石（十三公里）

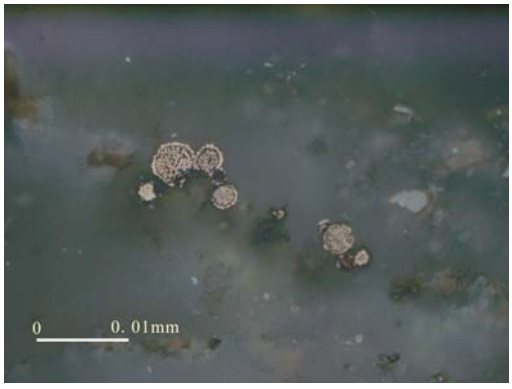


图版Ⅰ-6　硅质脉型矿石（十三公里）

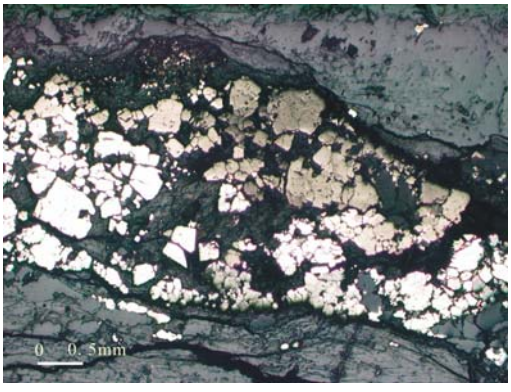
图版Ⅱ



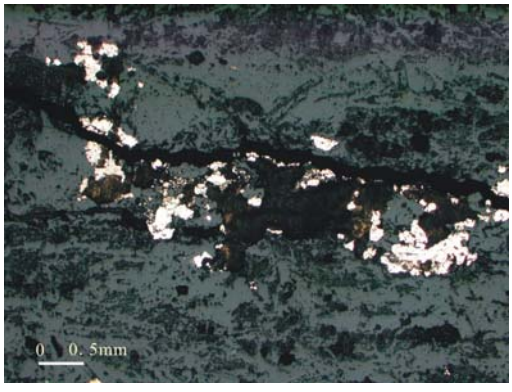
图版Ⅱ-1　细粒稀疏浸染状－星点状构造　10×（－）



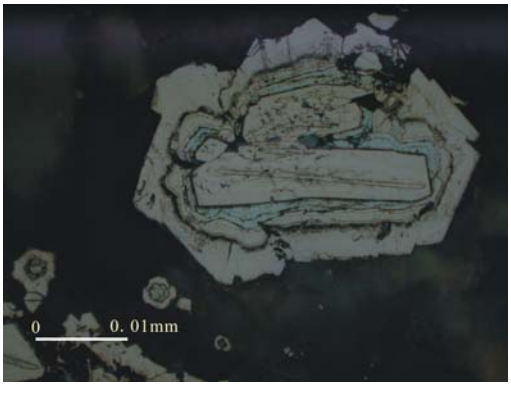
图版Ⅱ-2　草莓状构造　50×（－）



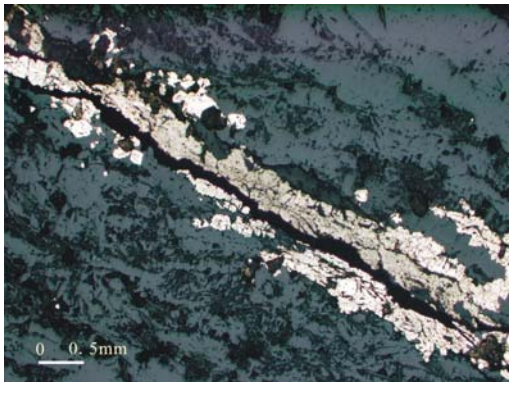
图版Ⅱ-3　粒状镶嵌结构　5×（－）



图版Ⅱ-4　浸染状构造　5×（－）

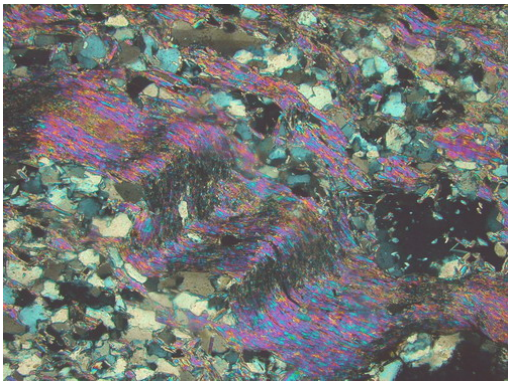


图版Ⅱ-5 黄铁矿反应边结构　50×（－）

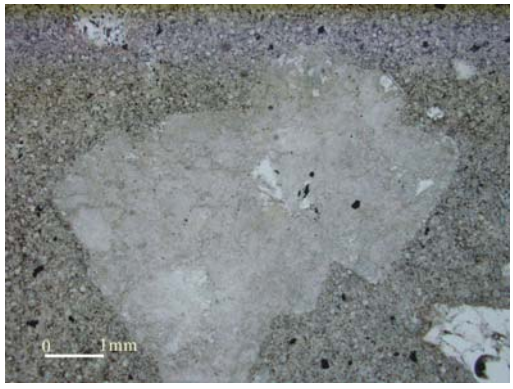


图版Ⅱ-6　黄铁矿脉状构造　5×（－）

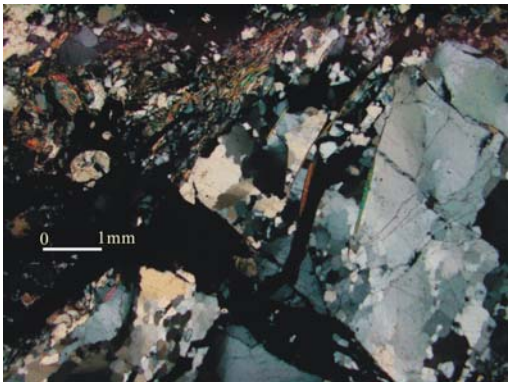
图版III



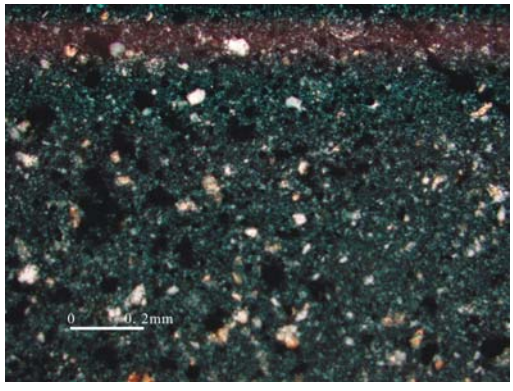
图版III-1　云母石英片岩　10×（一）



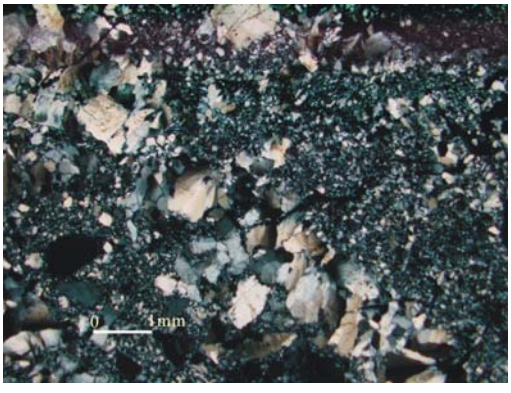
图版III-2　长石高岭土化　4×（十）



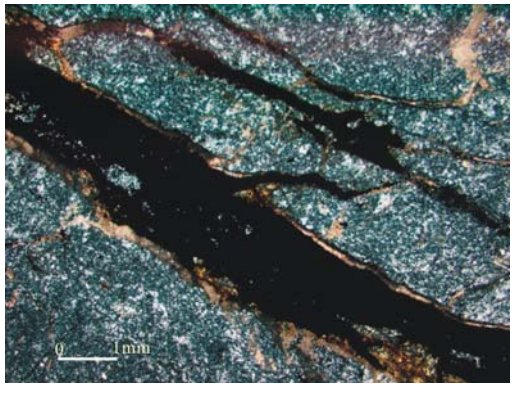
图版III-3 黄铁矿化脉切穿硅质脉 4×（十）



图版III-4　黄铁绢英岩化　10×（十）



图版III-5　硅化（梳状结构）4×（十）



图版III-6　黄铁矿化、硅化、碳酸盐化 4×（十）

致　　谢

本人硕士论文从选题到最终定稿，自始至终是在导师吴国学副教授、白士俊教授的精心指导下完成的。三年来，吴老师和白老师不仅在学习上悉心指导，使本人在专业知识上有很大提高，并熟练掌握了一定的野外工作技能及一些技术方法和手段，而且在生活上、工作上也给予了无微不至的关怀与鼓励，在此，由衷的感谢导师的细心指导和三年来的关怀和帮助。在论文撰写和学习过程中，矿产勘查教研室各位老师都给予了很多的指导，使我受益匪浅，在此向他们表示衷心的感谢！同时，非常感谢地球科学学院能给我这次学习的机会，感谢院研究生办公室各位老师的帮助。

在室内资料整理和论文完成过程中也得到了研究生王永祥、崔敏、本科生陈雷、吴海涛、周鹏遥等同学的无私帮助在此表示诚挚的谢意。在野外地质调查中，得到了黑龙江省乌拉嘎金矿杨振兴矿长、李平副矿长、地测部张生义主任、赵春波、高士明工程师和赵竣高级工程师等大力支持，深表感谢。

由于笔者水平有限，加之时间仓促，许多工作做的尚不深入，论文中的一些看法和结论，尚需检验和修正，同时文中一定存在不少谬误，敬请各位老师、同学批评指正。

导师及作者简介

导师简介　吴国学，男，汉族， 1962 年出生于吉林松原； 2001 年 6 月 ，毕业于吉林大学地球科学学院，获矿物学、岩石学、矿床学 专业博士学位；副教授，在站博士后，主要从事固体矿产普查与勘探等的教学与研究工作。在攻读硕士学位时，参加了王世称教授开展的“黑龙江省漠河—萝北地区 1：20 万原生金矿综合信息定量成矿预测靶区研究”项目的工作；于 2000 年与中国黄金总公司黑龙江乌拉嘎金矿合作，开展“乌拉嘎金矿矿区及外围隐伏矿体定位预测”项目至 2006 年；共发表论文 30 余篇。

作者简介　吕志刚，男，汉族，1979 年 12 月出生于河北承德；2004 年考入吉林大学地球科学学院，攻读固体矿产普查与勘探硕士学位。主要从事固体矿产隐伏矿体定位预测研究。

主要成果，第一作者发表学术论文两篇：

1．吕志刚,吴国学,王永祥,等.隐伏矿体预测研究[J].世界地质,2007,26(1).

2．吕志刚,吴国学,魏旭东,等.乌拉嘎金矿外围柳树河区隐伏矿体预测与查证[J].桂林工学院学报， 2007,27(2).