论文分类号P632.2　　单 位 代 码 1 0 1 8 3
密　　级 公 开　　研 究 生 学 号 2007007

吉　林　大　学
硕 士 学 位 论 文

新 疆 哈 腊 苏 铜 矿 成 岩 成 矿 地 质 条 件 研 究

A studyof the model of rock-forming, ore-forming and the geological characteristics for Kalasu Cu-deposit in Xinjang

作者姓名：张 宗 保
专　　业：矿 产 普 查 与 勘 探
导师姓名：张 原 庆
及 职 称：副 教 授

(

学位类别：在职人员以研究生毕业同等学力申请硕士学位

论文起止年月：2005 年 7 月 至 2007 年 3 月

吉林大学硕士学位论文原创性声明

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

学位论文作者签名：

日期：　　年　　月　　日

作者姓名	张宗保	论文分类号	P5
保密级别	公开	研究生学号	2007007
学位类别	硕士	授予学位单位	吉林大学
专业名称	普查找矿与勘探	培养单位（院、所、中心）	综合信息矿产资源研究所
研究方向	普查找矿	学习时间	2002年9月至2007年3月
论文中文题目	新疆哈腊苏铜矿成岩成矿地质条件研究		
论文英文题目	A study of the model of rock-forming, ore-forming and the geological characteristics for Kalasu Cu-deposit in Xinjang		
关键词(3-8个)	斑岩，地质特征，地球物理，地球化学，成岩成矿模式，北塔山组，斑岩铜矿，哈腊苏		

导师情况	姓　名	张原庆	职称	副教授
	学历学位	博士	工作单位	吉林大学综合信息矿产预测研究所

论文提交日期	2007年3月31日	答辩日期	2007年6月 6 日

是否基金项目	否	基金类别及编号	

如已经出版，请填写以下内容

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

内容提要

本文在总结分析前人资料的基础上，采用地学综合分析法对哈腊苏矿床的成矿地质条件、矿床地质特征、地球物理特征、地球化学特征、矿床成因、成岩成矿机制进行了的研究。论文共分为五章，第一章叙述了矿床产出的大地构造环境；第二章介绍了矿区的地质、构造、侵入岩、围岩蚀变特征；第三章则针对矿体、矿石进行了详细描述；第四章对矿区地球物理、地球化学条件进行了详细论述；第五章作为结论对本次工作进行了总结,通过对岩、矿石年龄、矿床地球化学等资料的分析，在矿床的成因、矿化富集规律、找矿标志及找矿方向进行了探讨。其中前三章是对工区以往工作的综述，而后二章则主要是对本次工作的总结。

关键词 斑岩，地质特征，地球物理，地球化学，成岩成矿模式，北塔山组，斑岩铜矿，哈腊苏。

Key words: porphyry, geological characteristic, geophysical, geochemistry, model of rock-forming and ore-forming, Beitashan class, porphyry deposit, Kalasu.

目 录

引言

1 区域地质 1

1.1 大地构造位置 1
1.2 区域地层及其展布 3
1.3 区域构造 5
1.4 区域岩浆岩 6
1.5 区域矿产及其分布规律 10
1.6 区域地球物理特征 15
1.7 区域地球化学特征 29

2 矿区地质 38

2.1 矿区地质特征 38
2.2 矿区构造 42
2.3 矿区侵入岩 43
2.4 围岩蚀变 44

3 矿床特征 49

3.1 矿体特征 49
3.2 矿石质量 53
3.3 矿石类型 56
3.4 矿体围岩和夹石 56

4 矿区地球物理、地球化学特征 57

4.1 地球物理特征 57
4.2 矿区地球化学特征 65

5 矿床成因及找矿标志 74

5.1 成岩成矿年龄 74
5.2 矿床成因及找矿标志 80

参考文献

中文摘要

英文摘要

致 谢

引言

一、哈腊苏斑岩铜矿的发现

哈腊苏斑岩铜矿位于阿勒泰山南缘。阿勒泰山南缘是我国重要的金、铜(镍)、金等矿产富集区之一。位于同一条带上的有卡拉先格尔铜矿、喀拉通克铜镍矿、萨布拉克金矿等。1978年，新疆地质局第五地质大队发现了哈腊苏铜矿并作过粗略的检查评价工作，认为该矿点属斑岩型铜矿。2002年新疆地矿局第四地质大队对其进行了带钻普查，于深部发现有厚大的铜矿体存在，由此将一般意义的哈腊苏铜矿点确定为以铜为主的铜金矿产地。

哈腊苏斑岩型铜矿的发现，是阿尔泰地区近年来取得的最重要找矿突破之一，引起了国内地质学家和矿业界的广泛关注。国内许多高校和科研单位(如新疆地质调查局、中国地质大学（北京）、地科院矿产资源研究所、中科院地质所等)的地质学家和矿床学家相继对其展开了各种地质研究和矿床研究，对哈腊苏铜矿的矿床地质特征、矿床时代及地质构造背景等都取得了一些新的认识，但同时不同研究者也在矿床时代、地质构造背景等许多方面也仍存在一些争议。

二、本次论文工作

论文工作从2005年7月正式开始，到2007年3月完成，历时一年半，其中野外调研2个月。参与的主要野外工作：1、矿带地质图修测及岩石地球化学测量；2、实测地质剖面、地质构造和矿化点观测；3、构造应力数据野外采集；4、岩、矿、蚀变、构造样品采集等工作。主要室内工作：1、混合源大地电磁法物探资料、相位激电法物探资料的收集；2、遥感地质和矿化信息处理和提取资料收集;3、进行了部分光、薄片及包裹体片观测，4、收集了电子探针分析、SHRIMP、Ar-Ar、Re-O_3同位素测年，5、收集了流体包裹体温、压、盐度测定数据及S、O、H、Pb 稳定同位素分析资料；6、收集了岩石和矿石成分常量组分分析，岩石与矿石微量（含REE）组成分析等资料。

通过本次论文工作，对我来说无论是在基础理论知识上还是在实践工作或研究方法上都有一个较大的提高，但由于本人岩矿基础及矿床、构造知识较为薄弱，加之时间较紧，许多问题还未能很好地理解并融会贯通，许多工作也因此未能进一步深入开展，论文中可能存在许多不足或错误之处.敬请各位老师多加批评指正！

1 区域地质

1.1 大地构造位置

矿区位于新疆北部阿尔泰山南缘，许多大地构造学家对该区的大地构造性质进行过研究，在大地构造属性和演化等诸多问题提出了各不相同的见解和结论。板块学说、多旋回学说和地洼学说等的观点具有较大的影响。其中曹荣龙等[1]运用板块学说探讨过本区大地构造问题。何国琦、刘德权等[2]、陈哲夫[3][4]等学者，运用多旋回学说探讨过本区的大地构造问题。陈国达[5]等学者用地洼学说探讨过本区大地构造问题。在上述学者研究的大量资料中，目前以板块学说与多旋回学说占明显的优势。

根据前人研究成果，参考《新疆区域板块构造划分》提出的方案，运用板块学理论对区内构造单元进行划分（表 1-1），以区域性的玛因鄂博断裂为界，北东为西伯利亚板块（Ⅰ）之阿尔泰陆缘活动带（$Ⅰ_1$），进一步由北向南划分出哈龙-可可托海古生代岩浆弧带（$Ⅰ_1^1$）和克兰古生代弧后盆地（$Ⅰ_1^2$）两个次级构造单元；南西为哈萨克斯坦—准噶尔板块（Ⅱ）之准噶尔微型板块（$Ⅱ_1$），进一步由北向南划分为玛因鄂博构造挤压带（$Ⅱ_1^1$）和喀拉通克晚古生代岛弧带（$Ⅱ_1^2$）两个次级构造单元（图 1-1）。

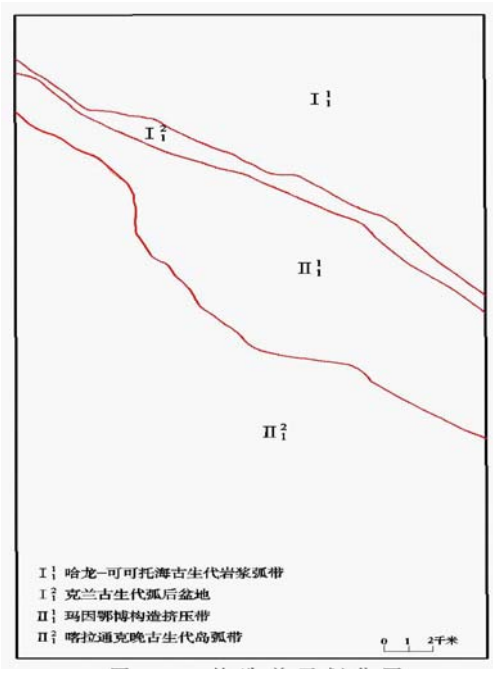


图 1-1 构造单元划分图

区域构造单元划分一览表

表 1-1

西伯利亚板块（Ⅰ）		哈萨克斯坦—准噶尔板块（Ⅱ）	
阿尔泰陆缘活动带（$Ⅰ_1$）		准噶尔微型板块（$Ⅱ_1$）	
哈龙-可可托海古生代岩浆弧带（$Ⅰ_1^1$）	克兰古生代弧后盆地（$Ⅰ_1^2$）	玛因鄂博构造挤压带（$Ⅱ_1^1$）	喀拉通克晚古生代岛弧带（$Ⅱ_1^2$）

矿区位于喀拉通克晚古生代岛弧带（$Ⅱ_1^2$）中。

喀拉通克晚古生代岛弧带（$Ⅱ_1^2$）位于交勒哈依尔很断裂（F_{12}）南西的广大地区，其南西部被乌兰哈达-二台凹陷盆地第四系坡洪积物覆盖，由早、中泥盆世的岛弧火山岩建造组成。

早、中泥盆世为岛弧活动期，早泥盆世形成下泥盆统托让格库都克组（D_1t），早期以一套陆源碎屑沉积岩为主，中晚期主要为一套中基性火山岩、火山碎屑岩夹火山碎屑沉积岩、碳酸盐岩建造，其中火山岩以钙碱性系列为主，次为拉斑系列，微量元素显示Nb、Ta、Ti负异常和Ce正异常，与岛弧火山岩地球化学特征一致。基性火山岩在构造环境判别图上投影大多数落在岛弧拉斑玄武岩区，说明其为岛弧环境；中泥盆世形成中泥盆统北塔山组(D_2b)，为一套以基性－中基性火山岩、火山碎屑岩及火山碎屑沉积岩为主，夹少量超基性火山岩、碳酸盐岩建造，该组内火山岩既有碱性系列，也有拉斑玄武岩系列，其构造背景为板块边缘，微量元素均具有很强的Nb和Ta的负异常、Ti的低度负异常以及P和Sm的低正异常，显示出典型岛弧岩浆的特点，在构造环境判别图上投影都落在岛弧玄武岩区内，表明其形成于岛弧环境。另外于卡拉先格尔-接勒的卡拉他乌断裂、卡依尔特-二台断裂两侧见有苦橄岩、苦橄质玄武岩[6]，而苦橄岩在通常情况下不易直接上升到地表，只有在相对拉张的环境中，才有可能没有阻碍直接达到地表，由此推测，尽管北塔山组和托让格库都克组均为岛弧环境，但托让格库都克组形成于岛弧演化的早期，处于挤压状态，而北塔山组则在局部的拉

张状态下形成。

以上地层受区域变质作用的影响，局部变质程度达低绿片岩相，受动力变质作用影响，局部形成糜棱岩、糜棱岩化岩石、碎裂岩化岩石及构造板岩、构造千枚岩等。

该单元岩浆活动较为强烈，主要发育早二叠世混源“I”型花岗岩类，为后碰撞的弛张环境下幔源基性岩浆底侵作用使得下地壳或上地壳中早期形成的岛弧火山岩部分熔融，并有幔源岩浆混合侵位形成，而其中的基性岩石可能主要来源于地幔。主要有哈旦孙岩体、卓勒萨依岩体和玉勒肯哈腊苏岩体。该单元内岩体的分布和产出形态明显受断裂构造控制，显示被动就位的特征。

该单元构造变形较强，构造形迹呈北西向，区域上属于加普萨尔复背斜的北东翼，褶皱主要有宽缓的萨勒阔腊斯背斜构造（东邻区青格里—布尔根复式背斜向北西的延伸部分）、闭合型的科克吐木苏克复背斜等。断裂主要发育北西向展布的左行斜冲断裂，北东向、近东西向的张扭性平移断裂和卡依尔特-二台区域性右行复活断裂，及受其影响产生的一系列北西向右行平移断层。该单元断裂构造非常发育，不仅表现在各组地层之间多为断层接触，而且对褶皱构造改造破坏明显，使其多以“断块”出现，形成不完整的残破背斜或向斜。

1.2 区域地层及其展布

1.2.1 克兰古生代弧后盆地

震旦系库卫群（Zk）：总体呈北西向带状展布,由于早二叠世片麻状花岗岩侵位，地层出露不完整，同时在片麻状花岗岩中见有地层残留体出现，为一套中深变质的片麻岩夹斜长角闪岩、变粒岩建造。由

于岩石遭受了不同期次、不同类型变形变质作用的改造叠加，原始地层层序难以恢复，属典型的构造地层类型，与下泥盆统康布铁堡组因岩体侵位而未直接接触。剖面控制厚度602.10米，区内出露面积约24平方千米。

下泥盆统康布铁堡组（D_1k）：分布于玛因鄂博断裂以北，属阿勒泰地层分区，上部为一套中酸性火山碎屑岩、火山碎屑沉积岩，岩性组合为变凝灰岩、变岩屑晶屑凝灰岩及变凝灰质砂岩。受玛因鄂博断裂影响，岩石糜棱岩化变形特征显著。下部以石英片岩为主，夹有条带状石英岩及凝灰质变砂岩；受片麻状花岗岩影响，变质程度较深，岩性组合为黑（二）云斜长片麻岩、含堇青（电气石）黑云斜长片麻岩夹黑云变粒岩等。是区内重要的金及多金属含矿层位。

1.2.2 玛因鄂博构造挤压带

下石炭统姜巴斯套组（C_1j）：是一套以酸性的火山碎屑沉积岩为主，夹正常沉积岩和少量火山碎屑岩建造，岩性组合为千枚岩、含炭泥质粉砂岩、凝灰质粉砂岩以及中酸性凝灰岩等，局部夹有硅质泥岩，在老山口一带靠近北塔山组见有少量煤线出露。

1.2.3 喀拉通克晚古生代岛弧带

中泥盆统北塔山组（D_2b）：为一套以基性－中基性火山岩、火山碎屑岩及火山碎屑沉积岩为主，间夹少量碳酸盐岩建造，属北塔山火山旋回第二阶段火山活动产物。该期火山活动形成于火山岛弧局部拉张环境，活动特征主要为玄武质岩浆的爆发和喷溢，岩性组合为玄武岩、橄榄玄武岩、玄武安山质凝灰岩、角砾凝灰岩、凝灰质砂岩、灰岩等。该套地层是北淮地区重要的多金属含矿层位，矿点广布，索尔库都克铜钼矿、乔夏喀拉含铜磁铁矿、托斯巴斯套含铜磁铁矿等均分布于该组地层中。

1.3 区域构造

1.3.1 褶皱构造

区域褶皱构造主要分布在玛因鄂博断裂以南，向南西依次有青格里河-布尔根复背斜、克孜勒他乌-巴安夏干向斜，其中矿区处于青格里河-布尔根复背斜之中。主要褶皱构造分述如下：

青格里河-布尔根复背斜：为加普萨尔复式背斜的次级构造，分布在玛因鄂博断裂与卡拉先格尔接勒的卡拉他乌断裂之间。背斜轴部由中泥盆统北塔山组的凝灰质砂岩、粉砂岩及中性凝灰岩组成，北东翼为下石炭统姜巴斯套组地层，南西翼被卡拉先格尔接勒的卡拉他乌断裂破坏。褶皱总体走向 310°。背斜北东翼下石炭统地层自身形成一个对称的向斜构造。由于断裂构造的切割和破坏，其北东翼出露不完整。该复背斜中段被青格里凹陷掩盖。矿区处于该复背斜北西部转折端。

克孜勒他乌-巴安夏干向斜：同为加普萨尔复背斜的次级构造，由下泥盆统托让格库都克组地层构成。其轴部为托让格库都克组的上部凝灰质角砾岩、千枚岩、凝灰质砂岩、安山岩等，两翼由托让格库都克组中下部层的凝灰质粉砂岩、安山岩等组成。褶轴方向 310°。向斜核部有花岗闪长岩体侵入。

1.3.2 断裂构造

玛因鄂博大断裂（F_8）：走向北西，东延 90 余千米，西延在矿区西北，被二台断裂切断。属压扭性质。

卡拉先格尔-接勒的卡拉他乌断裂（F_{25}）：由十数条各种不同序次的断裂组成，规模较大者有老山口断裂及加玛特断裂。老山口断裂呈舒缓的反“Ｓ”型的压扭性断裂，多次活动后期显示张性特征，加玛特断裂呈舒缓波状。该断裂组西延皆为二台断裂所错断。东南延在矿区东南部呈一向南微突的弧形，近二台断裂处，构造形迹为二台断裂

所归并，“入”字形明显。

卡拉先格尔-二台断裂（F_{13}）：（复活断裂）走向 340°～350°，倾角 60°～80°，倾向不定。对D_1t地层起控制作用，与其配套的一些压性、张性断层将D_1t地层切割成小断块。此断裂自华力西中期至现代继续活动，具有复活性质。

1.4 区域岩浆岩

区域内侵入岩较为发育，出露面积约 98 平方千米，岩石类型较为复杂，自基性至酸性岩均有分布，但以酸性岩为主。以玛因鄂博韧性剪切带为界，南北两侧出露的侵入岩具有明显的差异。北东侧以壳源花岗岩为主，岩体规模较大，为岩基，岩石大多发育片麻理，具片麻状构造；其南西部出露的岩体以混源花岗岩为主，岩体规模较小，多呈不规则岩株状或脉状，受断裂构造控制特征明显。

依据侵入岩的形成时代、岩浆来源和岩石组成，区域内由老至新划分为晚石炭世第一侵入次壳源石英闪长岩（$\delta o_C^{2a}Q$），晚石炭世第二侵入次混源二长花岗岩（$\eta\gamma_C^{2b}H$），早二叠世壳源花岗岩类（强罕岩体），早二叠世混源花岗岩类第一侵入次细粒（石英）闪长岩（$\delta_P^{1a}H$）、第四侵入次二长花岗岩（$\eta\gamma_P^{1d}H$）。

1.4.1 晚石炭世第一侵入次壳源石英闪长岩（$\delta o_C^{2a}Q$）：呈北西-南东向带状分布于玛因鄂博断裂南西侧，长约 20 千米，宽约 1.5 千米，面积约 16.5 平方千米。南西与下石炭统姜巴斯套组（C_1j）断层接触、北东与下泥盆统康布铁堡组（D_1k）和晚石炭世第二侵入次混源二长花岗岩（$\eta\gamma_C^{2b}H$）断层接触。该侵入次主要为石英闪长岩，岩石普遍受韧性剪切变形作用的影响，形成石英闪长质糜棱岩。岩石属钙碱性系列，岩石化学类型为强过铝花岗岩类，稀土元素为轻稀土富集型，具

有中等程度的铕负异常，微量元素具大离子亲石元素富集特征，属晚石炭世准噶尔板块与西伯利亚板块碰撞后环境产物。岩体剥蚀程度中等，就位机制以被动侵位为主，以岩墙扩张的方式定位。

1.4.2 晚石炭世第二侵入次混源二长花岗岩（ηγ$_C^{2b}$H）—阿拉图拜岩体：侵位于玛因鄂博断裂南西侧，总体呈北西—南东向长条状断续展布，两侧延伸出图，北东与康布铁堡组（D_1k）、南西与姜巴斯套组断层接触，出露面积约 13 平方千米。岩体岩性主要为中细粒二长花岗岩，由钾长石、斜长石、石英、黑云母、白云母、金属矿物及副矿物组成，普遍发生了糜棱岩化变形。岩石为高钾钙碱性岩，稀土元素含量较高，轻稀土富集明显，具有中等程度的铕负异常，微量元素具有Nb、Sr、P、Ti负异常，形成于晚泥盆世中晚期，西伯利亚板块与准噶尔板块碰撞后伸展阶段早期，受断裂构造控制，以被动就位为主，以岩墙扩张的方式侵位，剥蚀程度中等。

1.4.3 早二叠世强过铝花岗岩及辉长岩－强罕岩体：侵位于震旦系库卫群（ZK）地层中，为一呈北西-南东向展布的岩基。岩体北东与库卫群片麻岩呈渐变过渡关系，南西与下泥盆康布铁堡组（D_1K）断层接触，两端延伸出图，区内出露面积约 149 平方千米。其中见有震旦系库卫群片麻岩、变粒岩等地层残留体。该岩体由早到晚划分为三个侵入期次：第一侵入次以片麻状中细粒黑云母花岗岩为主，次为片麻状中细粒二长花岗岩；第二侵入次为细粒二云二长花岗岩，第三侵入次为幔源辉长岩。第一侵入次的片麻状黑云母花岗岩和片麻状中细粒二长花岗岩呈渐变过渡关系，第二侵入次细粒二云二长花岗岩与片麻状黑云母花岗岩和辉长岩接触界线清楚，为脉动接触，第三侵入次辉长岩大多沿断层分布，呈脉状、不规则状岩株和岩瘤，规模小，岩石呈块状，基本无变形，与片麻状花岗岩、二云二长花岗岩呈脉动接触。该岩体第一和第二侵入次岩石化学成分均为铝过饱和、SiO_2过饱和类

型，第三侵入次为SiO_2不饱和的正常岩石化学类型，轻稀土略微富集，微量元素具有K、Rb、Th、Ce等元素正异常和Sr、Ba、Nb、Ti等元素负异常特征。岩体是在板块碰撞后的早二叠世，由于玄武质岩浆的底侵作用，砂屑岩类在高温条件下熔融形成岩浆后侵位形成的，与区域性拉张作用及大型剪切走滑活动有关，剥蚀程度较深。

1.4.4 早二叠世混源花岗岩类：分布于西南部卡依尔特－二台大断裂两侧，主要出露该期第一侵入次中细粒石英闪长岩、闪长岩和第四侵入次中细粒二长花岗岩，侵位于中泥盆统北塔山组第二段和下石炭统姜巴斯套组地层中。第一侵入次中细粒石英闪长岩区域内主要为玉勒肯哈腊苏岩体，呈不规则状岩株状，总体走向北西，与区域构造线展布方向一致，出露面积约 5 平方千米。岩石主要由斜长石、角闪石、石英、钾长石、黑云母等矿物组成，靠近卡依尔特－二台断裂局部发生了糜棱岩化。岩石化学类型为正常系列-SiO_2极不饱和类型，属于碱性系列，其中轻稀土富集程度中等，微量元素具有明显的Th、P、Sm等元素正异常和Nb、Zr、Hf等元素负异常特征。

1.4.5 早二叠世第四侵入次中细粒二长花岗岩矿区一带主要由三个岩体组成，以不规则长条状为主，出露总面积约 3.1 平方千米。岩石主要由斜长石、钾长石、石英等组成，岩石化学类型为正常系列-SiO_2过饱和类型，属于亚碱性系列I”型花岗岩，与同类岩石相比稀土含量较低且变化大，具相容元素含量较低的微量元素特征。

本期侵入岩形成于早二叠世后碰撞的拉张环境，是由于幔源的基性岩浆底侵作用使得下地壳或上地壳中早期形成的岛弧火山岩部分熔融形成的，并有幔源岩浆的混合。岩体侵位深度中等，剥蚀程度为中等偏浅，就位方式以被动就位为主，主要受卡依尔特—二台断裂控制。

1.4.6 综合对比

岩石类型及时空分布：从不同类型岩石的时空分布规律来看，区

域内基性岩形成于早二叠世，与早二叠世区域性拉张作用晚期的幔源基性岩浆的底侵作用有关；中酸性岩类在晚石炭世和早二叠世均有出露，晚石炭世形成的主要分布于玛因鄂博断裂带中，早二叠世形成的主要分布于卡依尔特－二台断裂带中；酸性岩的时空分布较广，晚石炭世和早二叠世侵入岩中均有出露，大面积分布于图幅北部，南部及西部有零星出露。

花岗岩成因：该区花岗岩类均为岩浆成因花岗岩，主要有“I”型和“S”型两种成因类型。“S”型花岗岩主要包括晚石炭世第一侵入次壳源石英闪长岩和早二叠世壳源花岗岩类（强罕岩体)；“I”型花岗岩出露于玛因鄂博断裂以南，主要为晚石炭世第二侵入次和早二叠世侵位的混源花岗岩类。

岩浆演化规律：从空间上看,区域内除阿拉图拜岩体显示出较明显的结晶分异作用的特征外，其它岩体中结晶分异作用不明显，其形成可能以部分熔融为主。从时间上看,除早二叠世混源花岗岩类显示出一定的部分熔融特征外，其它岩体部分熔融趋势特征也不明显，说明其岩浆演化过程较复杂，既有部分熔融作用，也有结晶分异作用，还可能有岩浆的混合作用。

花岗岩形成的构造环境及成岩机制：区域内侵入岩均形成于板块碰撞之后的后碰撞环境，与区域性拉张作用有关，形成于拉张作用过程的不同阶段。其中，阔依勒巴依岩体和阿拉图拜岩体形成于后碰撞造山阶段拉张环境的早期，此时拉张作用可能刚刚开始，拉张强度不大，只是使得上部地壳早石炭世之前形成的中基性火山岩及沉积岩发生部分熔融；到了早二叠世，拉张强度进一步增大，使得上地幔发生部分熔融形成基性岩浆，基性岩浆的底侵作用导致地壳中早期形成的来源于地幔的岛弧基性火山岩的熔融，并发生岩浆混合作用，形成了早二叠世混源花岗岩类。而位于玛因鄂博断裂以北地区的地壳岩石以

沉积岩为主，在同样的机制下使地壳岩石熔融形成强过铝花岗岩，并伴随有幔源基性岩浆的侵位。

花岗岩类的形成深度、剥蚀程度及就位机制：以玛因鄂博断裂为界，断裂南西侧的各岩体形成深度相对较浅，剥蚀程度中等到浅；断裂北东侧侵入岩具有形成深度较大，剥蚀程度较深的特征。

区域内侵入岩的就位机制以被动就位为主，其形态和分布往往受断裂构造控制，大多数岩体的就位机制以岩墙扩张为主，早期可能存在底僻。岩浆以底僻方式离开岩浆房，沿断裂构造上侵，不断扩张定位形成岩体。

区域内脉岩较为发育，从基性至酸性均有出露，其走向大部分与区域构造线一致，为北西-南东向，部分脉岩明显受断层控制，分布于不同时代地层及侵入岩中。次火山岩以中酸性为主，主要分布于中泥盆统北塔山组第二段地层中，是控制区内铜矿化的主要因素。

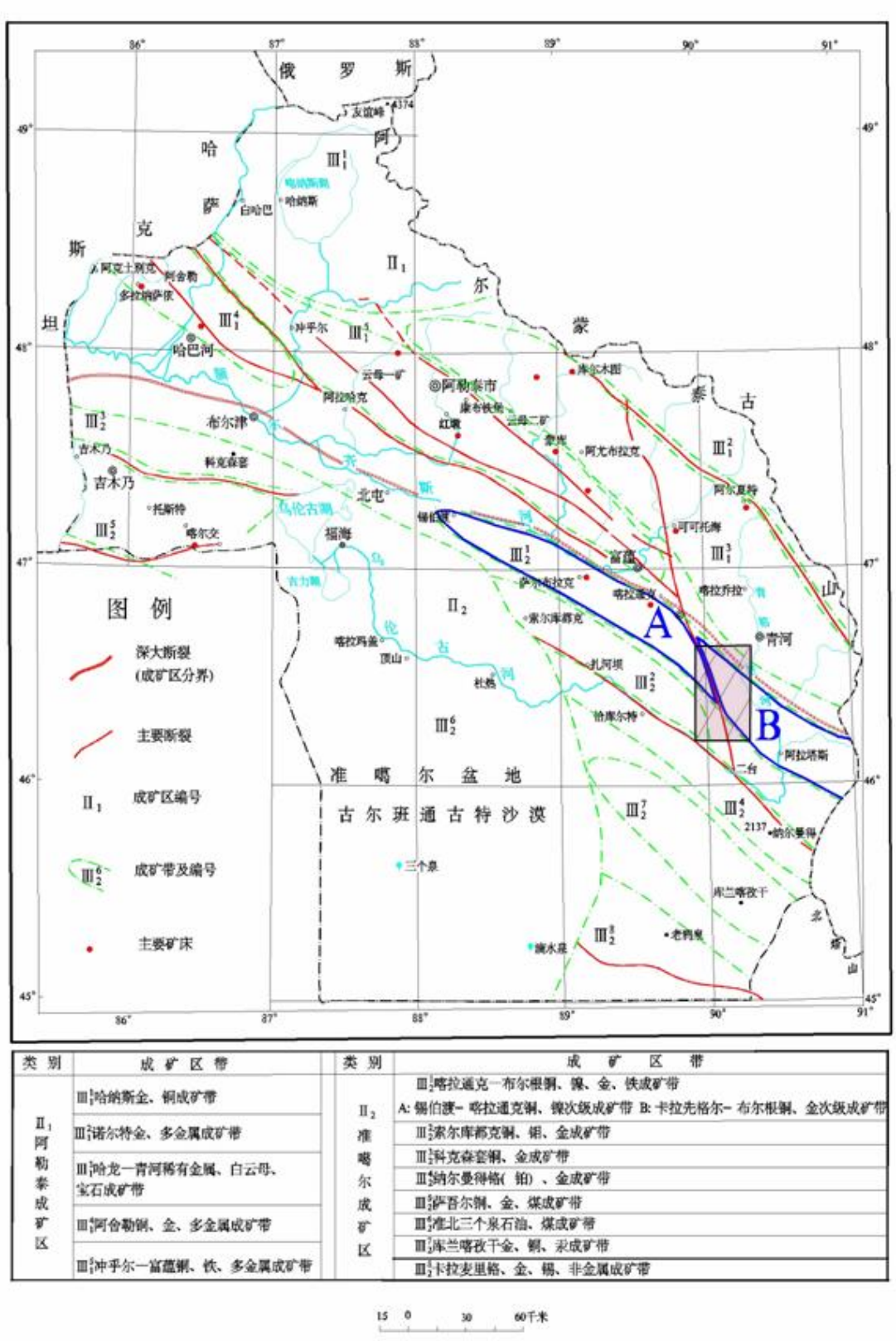
1.5 区域矿产及其分布规律

调查区位于西伯利亚板块与哈萨克斯坦－准噶尔板块接合部位，区内矿产分布与所处构造环境关系密切，以北西向的玛因鄂博深大断裂为界，北东位于阿尔泰成矿区哈龙－青河稀有金属、白云母、宝石成矿带内；南西大部分位于准噶尔成矿区喀拉通克－布尔根铜、镍、金、铁成矿带内，仅南西角处于索尔库都克铜、钼、金成矿带内。其中喀拉通克－布尔根成矿带以卡依尔特－二台断裂为界又分为两个成矿单元：西侧为锡伯渡－喀拉通克Cu、Ni次级成矿带，东侧为卡拉先格尔－布尔根Cu、Au次级成矿带（图 1-2）。目前区域内已发现有金、铜、钴、铁、铂、钯、钒、钛、稀有金属、建筑石材等 10 种矿产，94 个矿床、矿（化）点。根据成矿元素共伴生特征以及控矿因素的不同主要

可分为斑岩型Cu、Au矿、火山沉积型铁矿、岩浆气液交代（充填）型Cu、Au矿、岩浆分结型Fe、V（Ti、Pt、Pd）矿、热液型铜（金）矿、辉长岩石材矿、伟晶岩型稀有金属－白云母矿和砂金矿等 8 种类型。各种类型矿产特征综述如下：

1.5.1 斑岩型 Cu、Au 矿产

位于玛因鄂博构造挤压带南侧喀拉通克岛弧带内，分布在玉勒肯哈腊苏－萨勒阔腊斯一带，主要受中泥盆世晚期火山期后岩浆作用、早二叠世岩浆热液成矿作用及卡依尔特－二台断裂带控制。目前已经



类别	成矿区带	类别	成矿区带
II_1阿勒泰成矿区	III_1^1哈纳斯金、铜成矿带	II_2准噶尔成矿区	III_2^1喀拉通克—布尔根铜、镍、金、铁成矿带
	III_1^2诺尔特金、多金属成矿带		A: 锡伯渡— 喀拉通克铜、镍次级成矿带 B: 卡拉先格尔— 布尔根铜、金次级成矿带
	III_1^3哈龙—青河稀有金属、白云母、宝石成矿带		III_2^2索尔库都克铜、铅、金成矿带
	III_1^4阿舍勒铜、金、多金属成矿带		III_2^3科克森套铜、金成矿带
	III_1^5冲乎尔—富蕴铜、铁、多金属成矿带		III_2^4纳尔曼得铬(铂) 、金成矿带
			III_2^5萨吾尔铜、金、煤成矿带
			III_2^6准北三个泉石油、煤成矿带
			III_2^7库兰喀孜干金、铜、汞成矿带
			III_2^8卡拉麦里铬、金、锡、非金属成矿带

图 1-2　区域成矿区带划分图

发现的玉勒肯哈腊苏铜矿点、哈腊苏中型铜矿床、卡拉先格尔小型铜矿床和老山口小型铜矿床均位于该成矿带北西段，赋存在卡依尔特－

二台断裂北东中酸性斑岩类岩体内外接触带中，并大致等间距分布，蚀变分带具有斑岩铜矿的蚀变分带特点：岩体内为钾长石化、黑云母化、硅化和黄铁矿化，接触带为石英绢云母化，围岩具青盘岩化[7]。

区内该成矿带南东段地表斑岩体出露少、规模小，蚀变分带不明显，已知矿点有玉勒肯哈依尔很铜矿点、萨热阔腊斯铜（金）矿点等，矿化较弱，规模较小。该成矿带内铜、金紧密共生，并大致呈正相关关系。

1.5.2 火山岩型铁矿产

分布在中上奥陶统加波萨尔组第三段（$O_{2+3}jb^3$）和中泥盆统北塔山组第二段（D_2b^2）中基性火山岩中，呈断续层状或透镜状产出。矿石以稠密浸染状和致密块状为主，矿石矿物以磁铁矿为主，次为赤铁矿、褐铁矿、镜铁矿等，TFe品位一般可达 40～50×10^{-2}。典型矿床为托斯巴斯套铁矿，规模为小型，其中伴生组份Cu、Au、Co均已达到综合利用要求。

1.5.3 岩浆气液交代（充填）型 Cu、Au 矿产

集中分布在卡依尔特－二台断裂两侧托库特拜－阿克纳瓦一带，主要受早二叠世岩浆热液成矿作用及北西向小型断裂构造带、裂隙发育密集带控制。该成矿带内已经发现的主要矿床（点）包括托库特拜金矿、托斯巴斯套南小型金矿、加马特金矿点及加马特南金矿点等，均赋存在哈旦孙“三角岩体”与中泥盆统北塔山组第二段接触部位，矿化富集地段岩石一般较为破碎，铜、金一般共生，并大致呈正相关关系。

1.5.4 岩浆分结型 Fe、V（钛、铂、钯）矿产

区内目前仅发现一处矿点，即哈旦孙钒钛磁铁矿点（88），分布在调查区南东角，位于哈旦孙“三角岩体”南部。矿体呈不规则透镜状、似层状产出，空间分布严格受辉长岩株控制。矿石以中等－稠密浸染状为主，矿石矿物以磁铁铁为主，次为钛铁矿、钛磁铁矿、金红石、

黄铜矿等。TFe品位一般 20～35×10^{-2}，伴生有铜、钒、钛、铂、钯、镓、钪等多种有益组份，属岩浆分结成因类型。

1.5.5 热液型铜（金）矿产

调查区内广泛分布于玛因鄂博断裂以南中上奥陶统－中泥盆统各套地层、各期次侵入岩及脉岩中，地表矿化一般以孔雀石为主，次为黄铜矿化、黄铁矿化、蓝铜矿化、褐铁矿化等，多呈薄膜状、星点状分布在岩层节理、裂隙中，部分分布在石英脉中，围岩一般具有不同程度的绢云母化、碳酸盐化、绿泥石化、绿帘石化等蚀变。该种类型以规模小、品位变化大为特征。区内 34 号石英脉型金矿点中金最高品位达 29.16×10^{-6}，平均品位达 8.43×10^{-6}。

1.5.6 伟晶岩型稀有金属－白云母矿产

分布在调查区北部哈龙－可可托海古生代岩浆弧带内，受伟晶岩脉控制。区内伟晶岩脉一般赋存在库卫群含堇青矽线黑云斜长片麻岩中，具成群成带分布特征，与区域动力热流变质作用成生关系密切。目前调查区内仅发现 2 处矿化点，其中绿柱石较为破碎，含量低，白云母片径小，不具工业意义。

1.5.7 辉长岩石材矿产

分布在玛因鄂博断裂北东强罕一带，属早二叠世第三侵入次岩浆活动产物，主要赋存在早二叠世第一侵入次片麻状黑云母花岗岩中，部分位于库卫群片麻岩与片麻状黑云母花岗岩接触部位，总体受北西向和北东向两组断裂构造控制，产状以岩株为主，次为岩枝、岩脉。区内存在小型矿床 4 处，矿点 1 处。

1.5.8 砂金矿产

主要分布于卡依尔特－二台断裂北东已知铜金矿床（点）下游冲洪积中，区内分布有两处矿点，规模小，民采痕迹明显，目前已淘采殆尽。

此外，在调查区蚀变玄武岩中还发现有品位较高的隐伏金钴矿体，钴最高品位超过5%，金最高品位超过50×10^{-6}，金、钴含量完全呈正相关关系。

1.6 区域地球物理特征

1.6.1 区域物性特征

矿区及其周边岩石物性参数见表1-2，各类岩石之间磁性和密度的差异特征见物性参数条形图（图1-3）。

由表1-2和图1-3可以看出，在调查区内，粉砂岩、砂岩、砾岩等正常沉积岩的磁性较弱，其它变质岩类和中、基性侵入岩类的磁化率大多在 1000×10-64πSI以上，尤其是超基性岩，磁化率和剩余磁化强度都在4000×10-3A/m以上，因而是本区磁异常源的主体地质目标物。花岗岩类的磁性平均值较高，在本区是一种特殊的情况。以这些岩石的磁性为背景，中酸性火山岩、花岗闪长斑岩、钠长斑岩、辉长岩等岩石的磁性显示出十分明显的低值特点。

岩石密度数据显示，以2.65g/cm3为背景值，在矿区及周边地区存在三组高密度地质体，其中第一组岩性是砾岩和变质砂岩和混合岩，第二组岩性是角闪岩，片岩和片麻岩等变质岩，第三组岩性是火山岩和侵入岩类，包括中酸性火山岩、花岗闪长斑岩、钠长斑岩和基性岩，它们是引起局部重力异常的主要地质目标物。

1.6.2 区域重力异常特征

区域内重力异常总体特征为：老山口梯级重力异常带将调查区重力异常划分为两个特征分区，其中西部异常区的布格重力异常表现为团块状高值圈闭特征，剩余重力异常值约（25～30）×10-5m/s2，东部异常区的布格重力异常表现为向北递减的斜坡，其下降速率约（0.5～0.8）×10-5m/s2/Km。中部梯级异常带的梯度值在（4～6）×10-5m/s2/Km，属强梯度异常的范畴（图1-4）。

老山口梯级重力异常带分布在卡依尔特－二台断裂地表位置的北东方向 4～5 千米，它的存在反映了卡依尔特－二台断裂的以下重要属性：在地表至浅部的一定深度范围内，断裂面倾向北东，倾角较小，大约到 1 千米深处，断裂面的产状由缓变陡。梯级异常带恰与断裂该特定部位的水平投影位置相对应。根据该区岩石物性特征，西部异常区的重力高值圈闭总体上为一片，所表现出的三处局部高值中心，分别与分布在第四系覆盖区中的大片火山岩露头相对应。

表 1-2

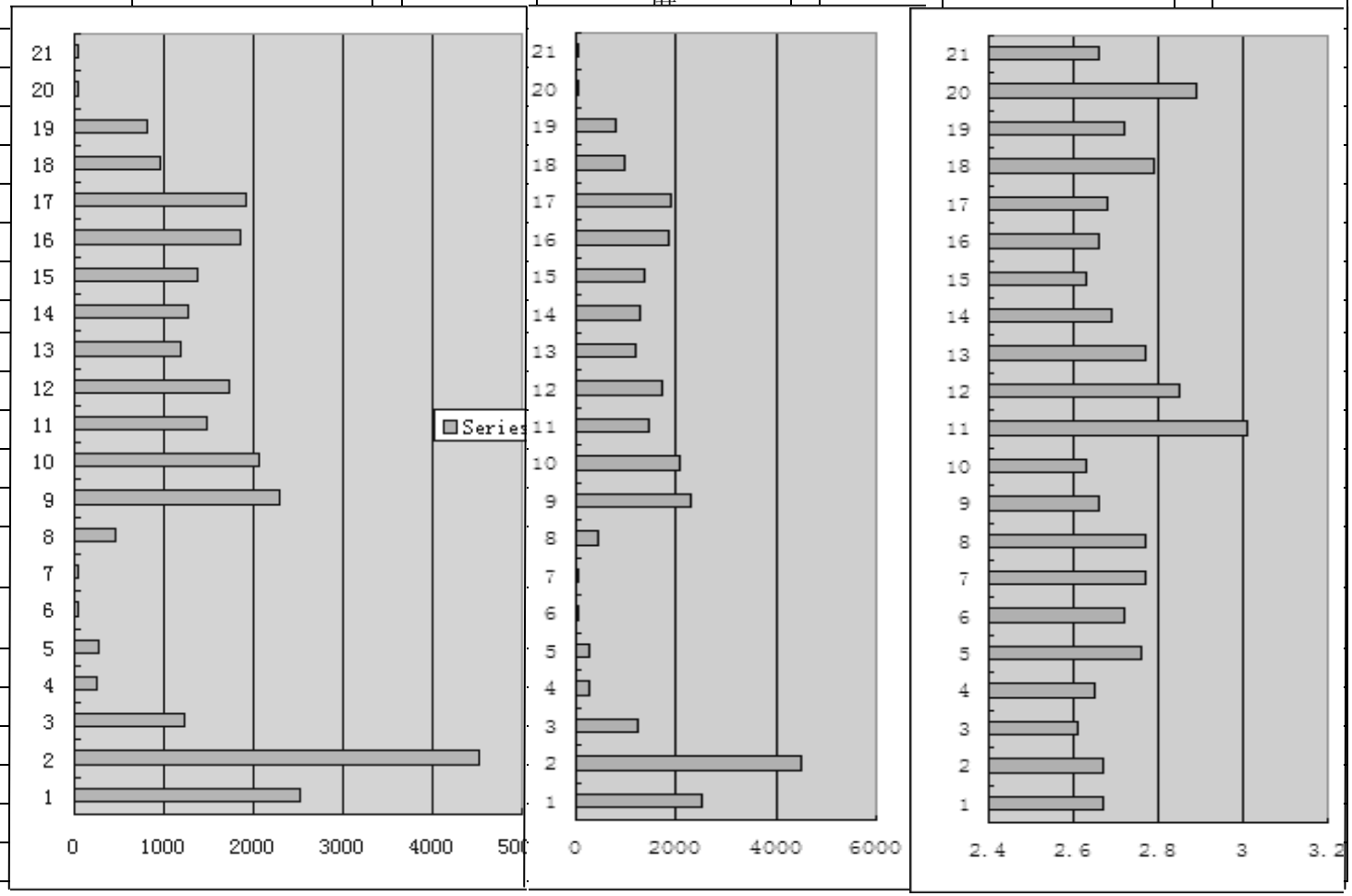
卡拉先格尔一带区域岩石物性统计结果表

岩石分类		磁性					密度σ（g/cm³）			极化率η（%）			电阻率ρ（Ωm）			备注
			κ（10^{-6}4πSI）		Jr（10^{-3}A/m）											
类别	岩性	块数	变化范围	平均值	变化范围	平均值	块数	变化范围	平均值	块数	变化范围	平均值	块数	变化范围	平均值	
沉积岩	砾岩	*		≤50		≤50	93	2.07-2.82	2.67							
	砂岩	64	180-7300	1916	36-2800	482	907	1.38-3.07	2.67							
	粉砂岩	*		≤50		≤50	636	1.95-3.28	2.61					60-1155	708	
	硅质岩	2	970-1672	1274	220-505	333	84	2.50-2.84	2.65							
火山岩	火山角砾岩	20	249-6158	1383	71-1810	169	118	2.60-2.90	2.76							
	凝灰岩	49	120-6700	1850	57-6700	795	898	2.38-3.15	2.72	63	0.24-13.4	3.77		303-6677	873	
	玄武岩	64	160-5900	2292	46-2550	741	347	2.50-3.03	2.77							
	安山岩	146	120-10600	2053	40-15400	1007	644	2.41-3.01	2.77	55	0.58-3.20	1.80				
	中酸性火山岩	5	57-1810	461	40-250	89	59	2.51-2.84	2.66							
侵入	超基性岩	60	700-7900	4512	50-72000	6816	100	2.24-3.21	2.63							
	辉长岩	560	0-1600	250	0-200	＜100	427	2.73-3.34	3.01							

岩	基性岩	29	20-3456	261	60-20900	537	139	2.53-3.21	2.85							
	闪长岩	103	140-9700	2513	40-9900	946	223	2.56-3.19	2.77							特征岩性
	花岗闪长斑岩	*		≤50		≤50	63	2.57-2.93	2.69							特征岩性
	花岗岩	91	72-5900	1233	30-1170	218	988	2.46-3.23	2.63	14	0.98-29.7	3.10				
	钠长斑岩	*		≤50		≤50	15	2.43-2.85	2.66	16	0.75-3.63	3.00				
变质岩	变质砂岩	8	300-1440	808	60-690	201	214	2.52-3.15	2.68							
	片岩	27	155-6280	1473	54-98130	514	255	2.38-3.30	2.79							
	片麻岩	37	500-3800	1723	57-650	274	314	2.59-3.21	2.72	150	0.98-31.1	4.08				
	角闪岩	18	40-8150	1188	60-2590	326	67	2.58-3.21	2.89							
	混合岩	6	280-3301	961	100-836	189	75	2.55-2.34	2.66							

说明：“磁性”参数中，标本块数一栏标“*”者，其平均值系引用《地面磁法勘探资料解释手册》中的经验数据，供参考。

序号	岩　性	磁化率	剩余磁化强度	密 度
21	粉砂岩			
20	砾岩			
19	变质砂岩			
18	混合岩			
17	砂岩			
16	凝灰岩			
15	火山角砾岩			
14	硅质岩			
13	角闪岩			
12	片麻岩			
11	片岩			
10	安山岩			
9	玄武岩			
8	中酸性火山岩			
7	花岗闪长斑岩			
6	钠长斑岩			
5	基性岩			
4	辉长岩			
3	花岗岩			
2	超基性岩			
1	闪长岩			



单位：磁化率：$10^{-6}4\pi SI$，剩余磁化强度：$10^{-3}A/m$，密度：g/cm^3　　**图 1-3　卡拉先格尔一带区域岩石物性参数条形图**

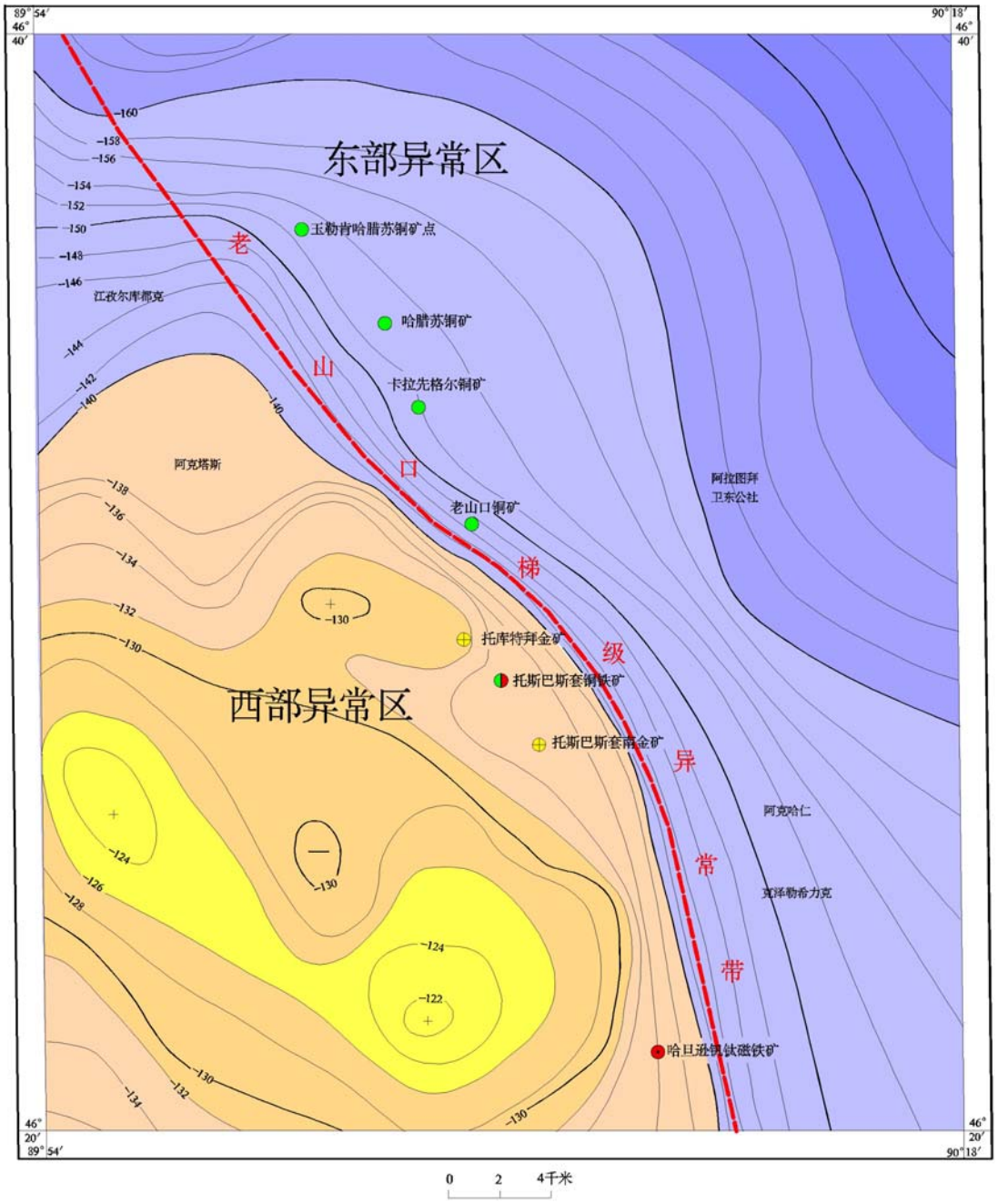


图 1-4 布格重力异常等值线图

1.6.3 航磁异常特征

航磁异常分布特征

调查区内航空磁力异常具有显著的特点（图 1-5），表现在以下四方面：

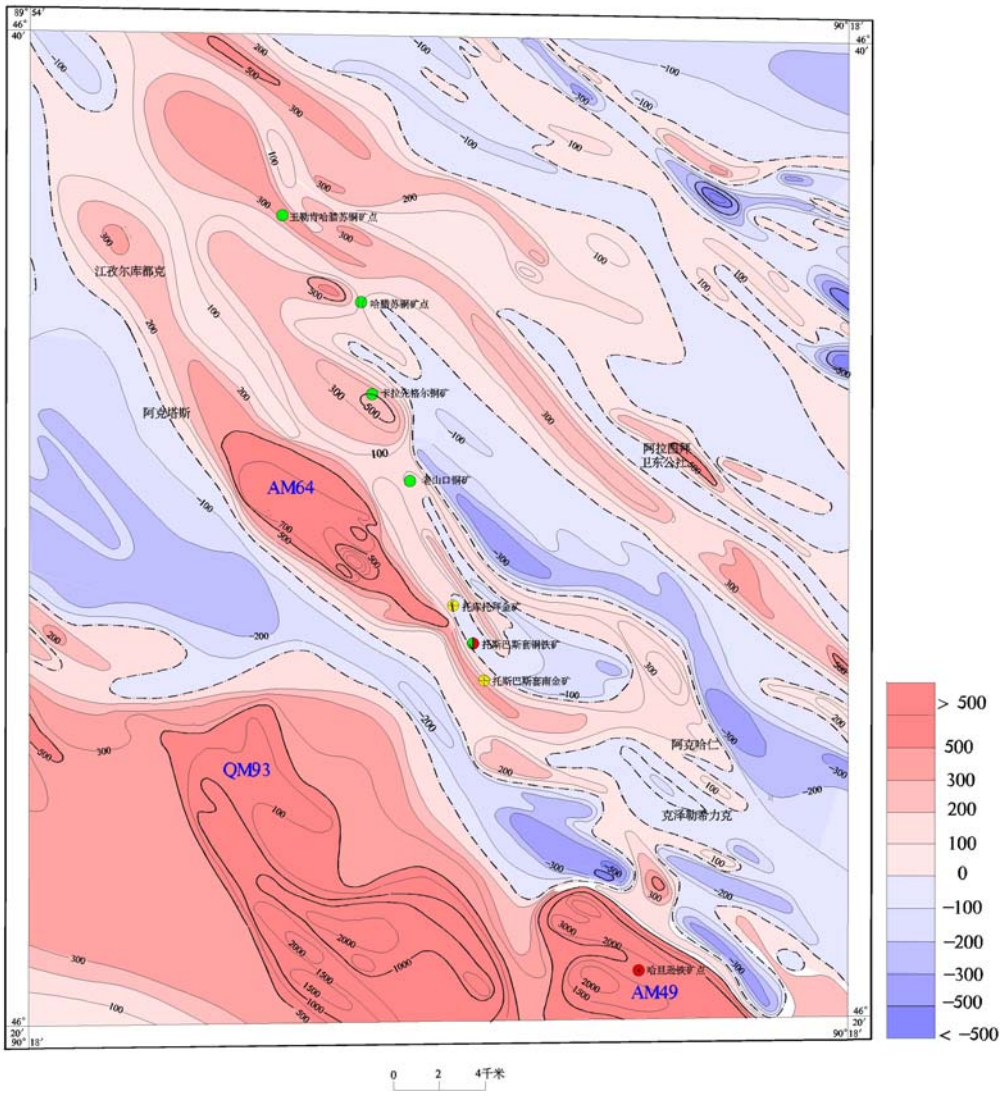


图 1-5　航磁异常等值线图

异常具有明显的特征分区:大致以卡拉先格尔断裂为界，可划分为东西两个特征异常分区;西部异常区的高磁异常具面状圈闭特征,而东部异常区的异常则具有明显的线型特征。异常的分区界限与卡拉先格尔一接勒的卡拉他乌断裂带大致重合。

与大地构造线保持高度的一致性:在东部异常区内，可以划分出 4 条明显的高磁异常带，由西向东依次为：1、吐库特拜-阿克纳瓦异常带；2、玉勒肯哈腊苏-加马特异常带；3、阔依勒巴依异常带；4、玛因鄂博异常带。这 4 条异常带的总体呈 NW-SE 向展布，约为 130º～310º方向，与该区大地构造线保持高度的一致性。异常的平面延长与宽度

之比在 5 倍以上，表现出明显的线型特征。这种一致性，表明高磁异常与地层岩性和地质构造之间存在着密切的内在联系。

铜金矿化与高磁异常关系密切:调查区内已发现的铜金矿床、矿（化）点 90 余处，其中已经确定具有一定规模或具有进一步工作意义的 7 处矿床（点）集中分布在玉勒肯哈腊苏-加马特高磁异常带内，这些矿床（点）的连线与高磁异常的中轴线基本一致。

斑岩铜矿与低磁异常相对应:在航磁异常图上可以看到，近年发现的哈腊苏铜矿分布在一处局部低磁异常内，这一特征已为 1：10000 大比例尺的磁法资料所证实，这一情况与含铜矿化斑岩体的磁性特征是一致的。

上述特征说明，调查区磁力异常分布与地质、矿产特征存在着内在的联系，这为今后的找矿工作指出了方向。

区域性航磁异常带的划分及初步解释:

东部异常区:在分区界限以东的“东部异常区”内划分出 7 条异常带，简述如下：

a、吐库特拜-阿克拉瓦异常带（①号异常带）

分布在吐库特拜-阿克纳瓦一带，呈 NW-SE 向展布，长约 20 千米。异常带内存在两个高值中心，其中南东高值中心即为原 AM-64 号航磁异常，极大值在 800nT 以上。前人对该异常进行了地面检查，初步结论如下：

AM-64 号异常位于卡依尔特－二台断裂南西库特拜－托库特拜一带，异常长约 7 千米，宽 1～2 千米，呈北西向长条状展布，为宽阔的多峰值异常，地面异常强度 1500nT，特征为不太规整的双峰值，最大强度 2000nT，局部出现尖锐异常峰，强度达 4100nT。异常区出露地层为中泥盆统北塔山组第二段中基性火山岩及其碎屑岩，南东侧分布有

托斯巴斯套铜铁矿及部分金、铜矿点，异常与火山岩型铁矿及其中基性火山岩背景地质条件有关。

北西高值异常分布在江孜尔库都克附近，异常中心极大值在300nT以上，长约 1 千米，长轴北西向展布。地表为大片第四系覆盖，零星出露有辉绿岩、石英钠长斑岩和下石炭统姜巴斯套组地层。异常性质不明，推断与 AM-64 具有相似的地质原因。

b、玉勒肯哈腊苏-加马特异常带（②号异常带）

异常带呈 NW-SE 向分布在玉勒肯哈腊苏-老山口-加马特一带，纵贯调查区，总长约 32 千米。该异常带内出露大片中泥盆统北塔山组第二段地层，其中普遍见有石英正长斑岩、正长斑岩、花岗闪长斑岩、英安斑岩等斑岩体发育。异常带内已发现 30 余处铜、金矿化点，成型矿床 3 处显示了极好的找矿前景。

根据该异常带中高磁异常的圈闭特征，可进一步划分为 3 个异常段，自北西向南东依次为 2-1、2-2 和 2-3。这 3 个异常段具有相同的地质背景特征，高磁异常与北塔山组地层中的中基性火山岩石直接相关。2-3 异常段的南部的平面形态近似于环形，环心异常值在-300nT以下，外环在 200～300nT 以上。

从图 8 中可以明显地看到，哈腊苏斑岩型铜矿床与 2-2 号异常段北高点高磁异常圈闭线的东部低磁异常相对应，这一特点是区内寻找中酸性斑岩体的磁力异常标志。

c、阔依勒巴依异常带（③号异常带）

分布在阔依勒巴依一带，呈北西-南东向展布，长约 28 千米，向东南方向延出调查区。异常区内主要分布有石英闪长岩、二长花岗岩等早石炭世中酸性侵入岩，其中尚未发现矿化信息。

d、玛因鄂博异常带（④号异常带）

分布在玛因鄂博断裂东侧，呈 NW-SE 向展布，长约 24 千米。地表出露下泥盆统康布铁堡组地层。该异常可划分为 2 个异常段，北西段分布在调查区北缘的内侧，其范围与康布铁堡组地层的范围基本一致，异常极大值 500nT 以上；南东段分布在阿拉图拜东侧，异常极大值也在 500nT 以上，地表为第四系覆盖，因附近花岗岩无磁性，因而异常性质不明。区域上康布铁堡组中铅、锌、铁等多金属矿产极为，该异常带内的 2 个高磁异常段是寻找该类矿产的有利地段，本次工作应予以高度重视。

e、中部异常带（⑤号异常带）

分布在 2 号和 3 号异常带之间，朔拉克哈依尔很以北一片较为广阔的地区。异常平面形态和分布范围与调查区内下世炭统姜巴斯套组地层一致，为相对平稳的低-负磁异常显示。

值得注意的是，在低-负平稳磁场南东存在 1 处局部高值异常，异常强度为 300nT，与地表出露的辉绿玢岩相对应，说明航磁异常所反映的是该组地层中发育的基性侵入岩体。该异常带的总体特征及产出背景与调查区西部喀拉通克铜镍矿所在的低-负磁异常带的特征极为相似，本次工作中应注意在异常带内寻找岩浆岩型铜镍矿。

f、东部异常带（⑥号异常带）

分布在调查区的东北角，呈 NW-SE 向展布。该异常带位于震旦系库卫群地层与片麻状花岗岩的接触带附件，以低-负磁异常为其特征，其中存在的局部高磁异常与地表出露的辉长岩等基性岩体相对应。

西部异常区:西部异常区内分布有 AM-49 和 QM-93 两处航磁异常，经过地面检查，异常区内的地质情况如下：

a、AM-49 异常

分布在调查区南部哈旦孙一带，总长约 14 千米，宽 1～5 千米，

总体呈北西向展布，南东延出区外。异常东段较窄，西段开阔，为多峰值异常，最大强度 3500nT。地面异常特征东段在 1000～2000nT，局部出现尖锐狭窄的陡梯度异常，最大强度大于 10000nT；西段为宽阔的多峰值异常，强度可达 3000nT。该航磁异常与 1：20 万所划分的 119 号化探组合异常（元素组合为 Cu、V、Zn、Mo、Cr、Ni、Cd、Sr、P 等）套合较好，区内早二叠世中基性岩浆岩和北塔山组第二段基性－超基性火山岩发育，分布有岩浆分异型磁铁矿点（88 号矿点）和蚀变岩型金（铜）矿点（82、83 等矿点）。异常成因与中基性岩浆岩、基性－超基性火山岩及岩浆分异型钒钛磁铁矿产有关。

b、QM-93 异常

位于 AM-49 异常以西约 2.5 千米处，总长近 40 千米，宽 2.5～6.5 千米，呈北西向不规则长条状展布，仅北西部分位于调查区内。异常南东段较为宽阔，强度较低，一般 1000～1500nT；北西段以出现跳变的多峰值异常为特征，强度较高，一般为 1500～2000nT。异常区多为大面积的第四系松散堆积物覆盖，出露少量下泥盆统托让格库都克组一套中基性火山岩及其碎屑岩建造，其中尚未发现有关的矿化信息，异常原因尚待本次工作进一步查明。

1.6.4 矿区一带典型矿床地球物理特征

岩矿石电性特征:区内卡拉先格尔一带岩矿石的电性特征见表 1-3。

表 1-3　**卡拉先格尔地区岩矿石电性特征统计表**

岩矿石名　称	测定件数	电阻率(Ω.m)		极化率(%)		备　注
		平均值	变化范围	平均值	变化范围	
原生金铜矿石	1	13		49.2		
氧化金铜矿石	7	756	205-1216	12.03	4.16-28.6	
铁矿石	7	3129	158-15767	11.2	4.22-28.0	
凝灰岩	3	3735	2351-5232	3.94	3.89-4.02	
细晶闪长岩	6	19902	3254-26406	3.43	3.29-3.89	

钠长斑岩	2	40084	2512-97902	3.46	3.2-3.96	
蚀变硅质岩	4	2644	360-4935	3.81	3.38-4.28	
安山岩	5	12260	2740-43499	3.51	3.23-3.71	
辉石岩	1	1875		4.11		

从表中可以看出，区内金铜矿石具有明显的高极化率和低电阻率特征，与北疆其它地区的矿石特征相同。

哈腊苏铜矿地球物理异常特征

哈腊苏铜矿是区内较为典型的斑岩型铜矿床，主要产在花岗闪长斑岩体中，斑岩体具全岩矿化特征。

1：1万地面高精度磁测和激电测量表明,矿化斑岩体与低于300nT的低磁异常（图1-6)、高于4×10-2 的高极化率异常（图1-7）和低于1000Ωm的低电阻率异常（图1-8）完全对应，表现为“一高两低”的物探异常特征。

托斯巴斯套铜铁矿地球物理异常特征

托斯巴斯套铜铁赋存在中泥盆统北塔山组第二段基性火山岩中，物探详查结果表明，对应于地表铜铁矿体及其倾斜延伸方向，具有明显的高极化率和低电阻率组合异常显示（图1-9)。激电偶极-偶极测深（图1-10）资料显示，在铜铁矿体上激电异常十分明显，视极化率异常值为16×10-2，视电阻率异常值低于400Ωm，异常反映矿体沿倾向有一定的延深。

哈旦孙钒钛磁铁矿地球物理异常特征

哈旦孙钒钛磁铁矿赋存在早二叠世幔源辉长岩中，分布在AM49号航磁异常区内。1：2千地面磁力详查结果显示，哈旦孙钒钛磁铁矿位于高磁异常区内,异常强度大于2000nT。在ΔT等值线平面图(图1-11）上，以等值线大于 4000 nT 圈闭的异常与地表主矿体基本对应，异常极大值11685nT,呈南北向展布;北侧有负异常伴生,极小值为-2742nT。经反演计算，矿体向南东陡倾，倾角约85°左右。计算结果与工程控

制情况基本一致。初步分析认为，岩浆岩型钒钛磁铁矿体的赋存部位与高磁异常相对应，在区域航磁异常中，有明显的异常反应；通过地面磁测可以准确的发现隐伏矿体，并可以计算、确定其产状。

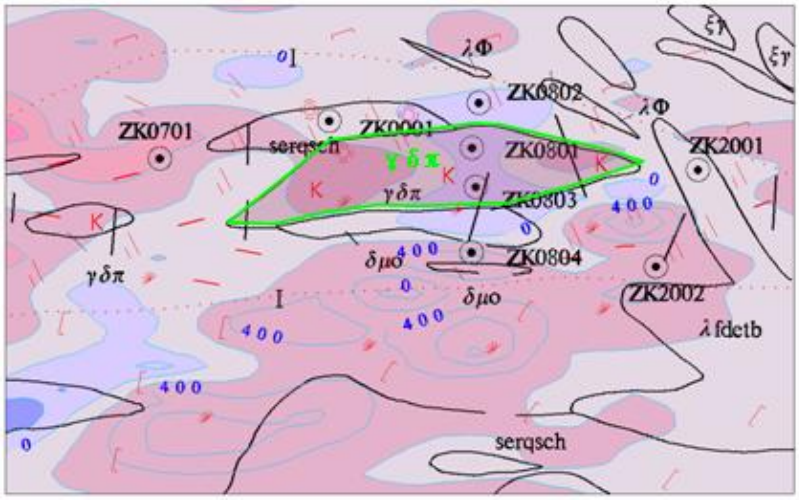


图 1-6　哈腊苏铜矿地面磁力ΔT 异常图

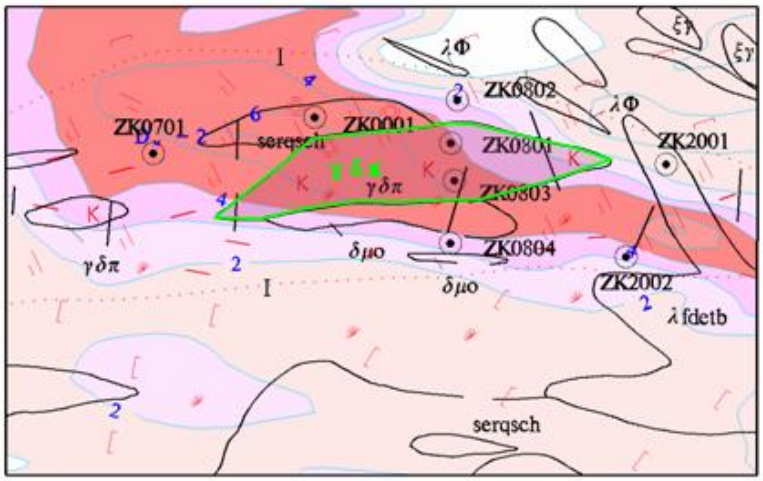


图 1-7　哈腊苏铜矿视极化率异常图

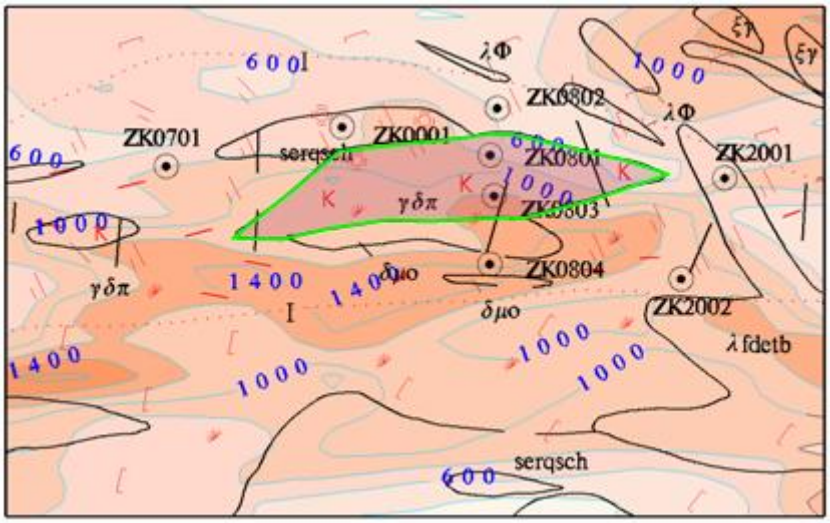


图 1-8　哈腊苏铜矿视电阻率异常图

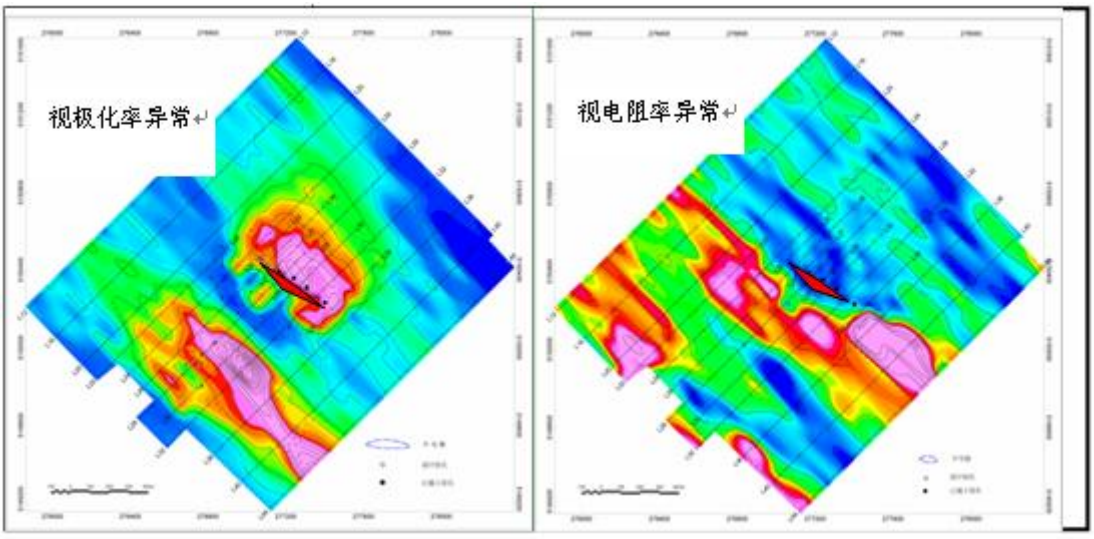


图 1-9　托斯巴斯套铜铁矿激电异常图

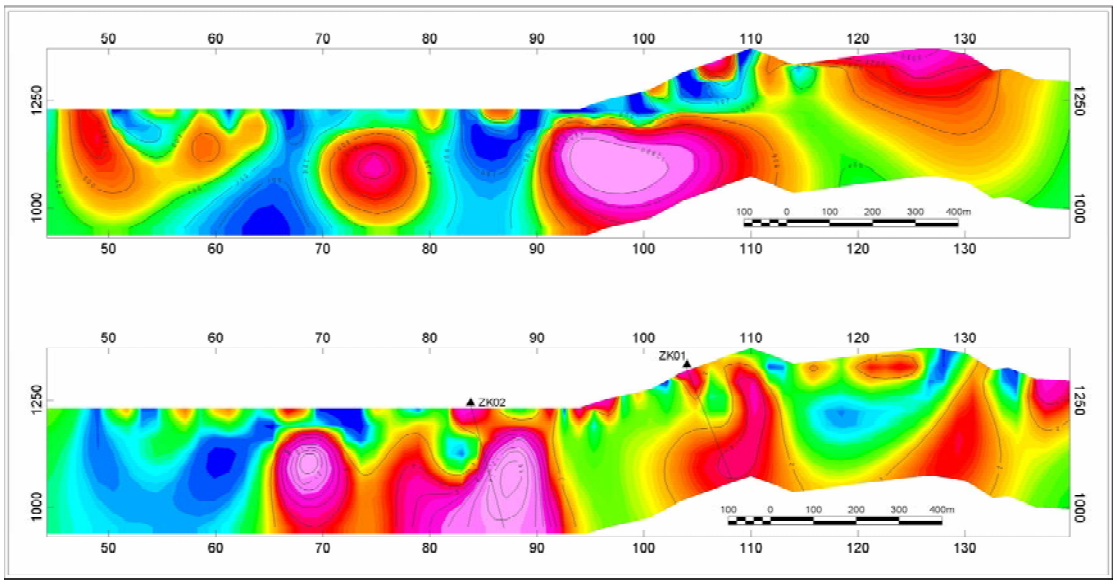


图 1-10　托斯巴斯套铜铁矿激电偶极-偶极测深断面图

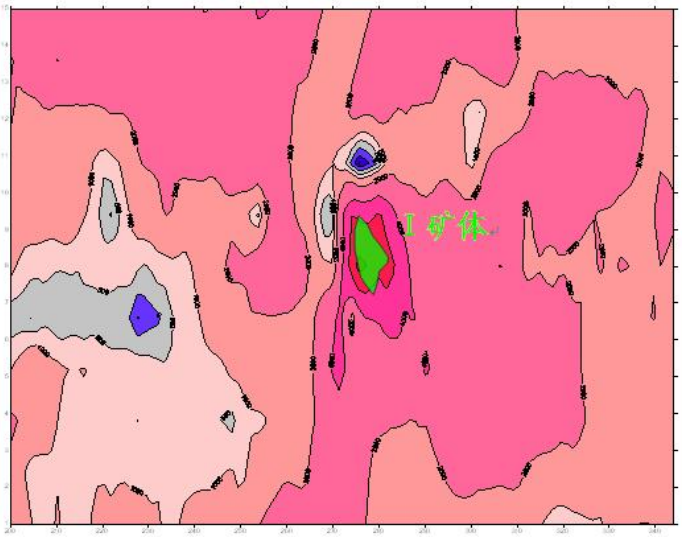


图 1-11 哈旦孙钒钛磁铁矿ΔT 等值线平面图

1.7 区域地球化学特征

1.7.1 元素区域分布特征

1：20 万水系沉积物测量成果显示，受大地构造环境的控制，区内以玛因鄂博断裂为界，可分为两个地球化学区：北东为稀有、放射性元素及 B、Bi、Pb 高背景区；南西为 Au、Ag、As、Sb、Hg、Cu、Zn、Ni、Co、Cr、V、Ti 等元素高背景区。在不同的时空条件和地质单元中，区内微量元素具有不同的变化趋势。各地质体中微量元素变化特征如下：

玛因鄂博断裂北东震旦系库卫群、下泥盆统康布铁堡组及早二叠世壳源花岗岩类 Pb、Zn、Sn 等元素相对于全区略呈高背景分布，而 Co、V、W、Mo、Cu、Au 等元素含量较低。

玛因鄂博构造挤压带内晚石炭世第一侵入次石英闪长岩中 Sn、Co、V、Cu 相对略呈高背景分布，Bi、Pb、Ag、W、Mo 相对富集，As、Sb、Cr、Ni、Mn、Zn 含量较低；晚石炭世第二侵入次二长花岗岩中 Bi、Pb、Sn 相对略呈高背景分布，其余元素含量较低，尤以 Cr、Ni、Co、Cu 亏损严重；早石炭姜巴斯套组 As、Sb、Bi、Pb、Co、Au 相对略呈高背景分布，W、Mo 相对富集，Cr、Ni、Zn 相对亏损。

喀拉通克岛弧带内各地质体中 As、Cr、Co、Mn、V、Zn 相对略呈高背景分布，Pb 相对亏损。受时空条件和原岩性质的影响元素含量也存在明显的差异：加波萨尔群 Cr、Ni、Co、Mn 相对富集；托让格库都克组基性火山岩中 Zn 呈相对高背景，W、Mo 含量较低；北塔山组超基性火山岩中 Cr、Ni、Mn 相对富集，W、Mo 相对亏损；中性－基性火山岩中 V、W、Mo、Cu 相对富集，Cr、Ni 含量较低；蕴都喀拉组 Cu、Ni、Co 呈相对高背景；哈希翁组与姜巴斯套组以 Mn 元素富集为特征。

元素区域分布特征显示，在玛因鄂博构造挤压带及其北东地质体中 Pb 元素富集特征明显，区域上是寻找 Pb、Zn 等多金属矿产的有利部位；南西 Cu、Au、Ag、As 明显富集，构成有色金属含矿层位。

1.7.2 主要成矿元素地球化学特征

1∶20 万与 1∶5 万水系沉积物测量显示，在玛因鄂博断裂北东早二叠世壳源花岗岩与震旦系库卫群分布区，主要发育北西向 Li、Be、U、Sn 等稀有与放射性元素异常，局部发育近南北向的 Au 元素异常，其中以 Li 元素异常范围最大，不同元素异常往往相互叠加，异常成因与高温岩浆热液活动有关；玛因鄂博断裂南西发育北西向展布的 Au、Ag、As、Hg、Cd、Sb、Cu、Zn、Co、Ni、Cr、Mn、P、Ti、V 等贵金属、有色金属、黑色金属元素异常，并绝大多数沿卡依尔特－二台断裂带分布，说明不断活动的断裂构造对区内金、铜、铁等矿产的富集起到了控制作用。

1.7.3 主要化探异常特征

水系沉积物测量基本数值特征:根据 1∶5 万水系沉积物测量成果，14 种元素在分散沉积物中的数值特征（表 1-4）与邻区相比，Cu、Pb、Zn、Au、As、Sb 等 6 项元素浓度较高，而其他 8 项元素的浓度基本持平，显示了该区矿化特征的总体趋势。

化探组合异常特征:根据 1∶5 万水系沉积物测量成果，在矿区一带共圈定出 6 处与铜、金及多金属元素相关的综合异常，主要集中在中部，呈北西向顺卡依尔特－二台断裂与卡拉先格尔－接勒的卡拉他乌断裂分布。其中 1、2、3 号异常规模较大，异常区内已经发现了与异常元素组合相吻合的矿点（床），属矿致异常，异常特征如下：

Hs1 异常:分布在调查区北西部玉勒肯哈腊苏－希勒克特哈腊苏一带，整体呈不规则长条状展布，长轴走向北西。异常面积约 14 平方千

米，主要由 Au、Cu、Ag、Mo、Cr、Ni、Co 等元素组成，其中 Au

表 1-4　**卡拉先格尔一带成矿元素在水系沉积物中的分布特征**

元素	单位	分析误差(RSD)	地 球化学起 伏 值	背景值(Co)	异常下限(Ca)	与邻区相 比
Cu	10^{-6}	20.69	2.8～1329	14.9	25	高
Pb		11.5%	3.5～400	9.3	12	高
Zn		10.1	15.6-1374	47.9	60	高
Cr		16.1	4.6-836.0	27.1	40	平
Ni		15.2	2.3-200	13.9	20	平
Co		12.7	3.2-112.0	10.0	12	平
Au	10^{-9}	44.43	0.15-60	0.27	0.5	高
Ag	10^{-6}	13.4	0.023-0.454	0.03	0.05	平
As		10.5	0.5-100.7	33.0	40	高
Sb		14.4%	0.03-4.08	0.16	0.20	高
Bi		10.0	0.04-5.20	0.125	0.15	平
Mo		10.5%	0.2-31.5	0.66	0.8	平
Sn		12.6	0.6-6.0	1.20	1.5	平
W		13.2	0.3-12.2	0.63	0.8	平

元素异常面积约 4 平方千米，平均值在 6.0×10^{-9}左右，最高峰值为 8.8×10^{-9}；Cu元素异常面积约 4 平方千米，峰值为 256×10^{-6}。Au、Cu两种元素浓集中心明显，浓度分带清晰，同时与Ag元素套合较好（图 1-12）。此外，异常区内Cr、Co、Ni三种元素异常基本吻合，但与前三种元素异常存在一定偏移。该异常位于卡依尔特－二台断裂带北东侧，分布范围与玉勒肯哈腊苏－加马特航磁异常带 2-2 异常段基本对应。异常区出露地层主要为中泥盆统北塔山组第二段一套中基性火山岩、火山碎屑岩，少量下石炭统姜巴斯套组一套浅变质的陆源碎屑岩夹中酸性火山岩建造，岩浆岩主要为早二叠世第一侵入次石英闪长岩。在北塔山组地层中，中酸性浅成斑岩脉发育，地表铜、金矿化普遍，目前已经发现的哈腊苏铜矿、玉勒肯哈腊苏铜矿点与Au、Cu等元素异常套合较好，异常成因与斑岩型铜矿密切相关；Cr、Ni、Co异常与北塔山组发育的橄榄玄武岩分布范围基本一致，指示区内具火山岩型钴（镍）

成矿的潜力。

Hs2 异常:位于中部卓勒萨依－加马特一带，呈北西向不规则长条状展布，总面积约 37 平方千米，异常元素组合为Au、Cu、Ag、Mo、Cr、Co、Ni、Pb、Zn。其中Au元素峰值为 78.5×10^{-9}，Cu为 424×10^{-6}，在异常区北西，Au、Cu、Ag、Mo套合较好，南东Au、Ag套合较好；Cr、Co、Ni元素异常主要分布在综合异常区中部，规模较大，套合较好（图 1-13）。异常主体位于卡依尔特－二台断裂和卡拉先格尔－接勒的卡拉他乌断裂北东侧，与玉勒肯哈腊苏－加马特航磁异常带 2-3 异常段对应，主要出露中泥盆统北塔山组第二段地层，北东分布有少量下石炭统姜巴斯套组地层。异常北西中酸性斑岩体（脉）发育，其中分布有卡拉先格尔铜矿、老山口铜矿，是区内斑岩型铜矿成矿有利地段；南东北西向次级断裂发育，分布有玉勒肯哈依尔很斑岩型铜金矿点和部分热液型铜金矿点，具有寻找斑岩型铜矿和蚀变岩型金（铜）矿的找矿潜力；中部橄榄玄武岩发育地带与Cr、Co、Ni异常对应较好，显示具有基性－超基性火山岩型钴（镍）矿的成矿的潜力。

Hs3 异常:分布在 Hs2 异常南西侧，位于托库特拜－阿克纳瓦一带，呈不规则纺锤状，长轴走向北西。异常面积约 30 平方千米，元素组合为 Au、Cu、Ag、Cr、Ni、Co 等，各元素浓集中心明显，浓度分带清晰。

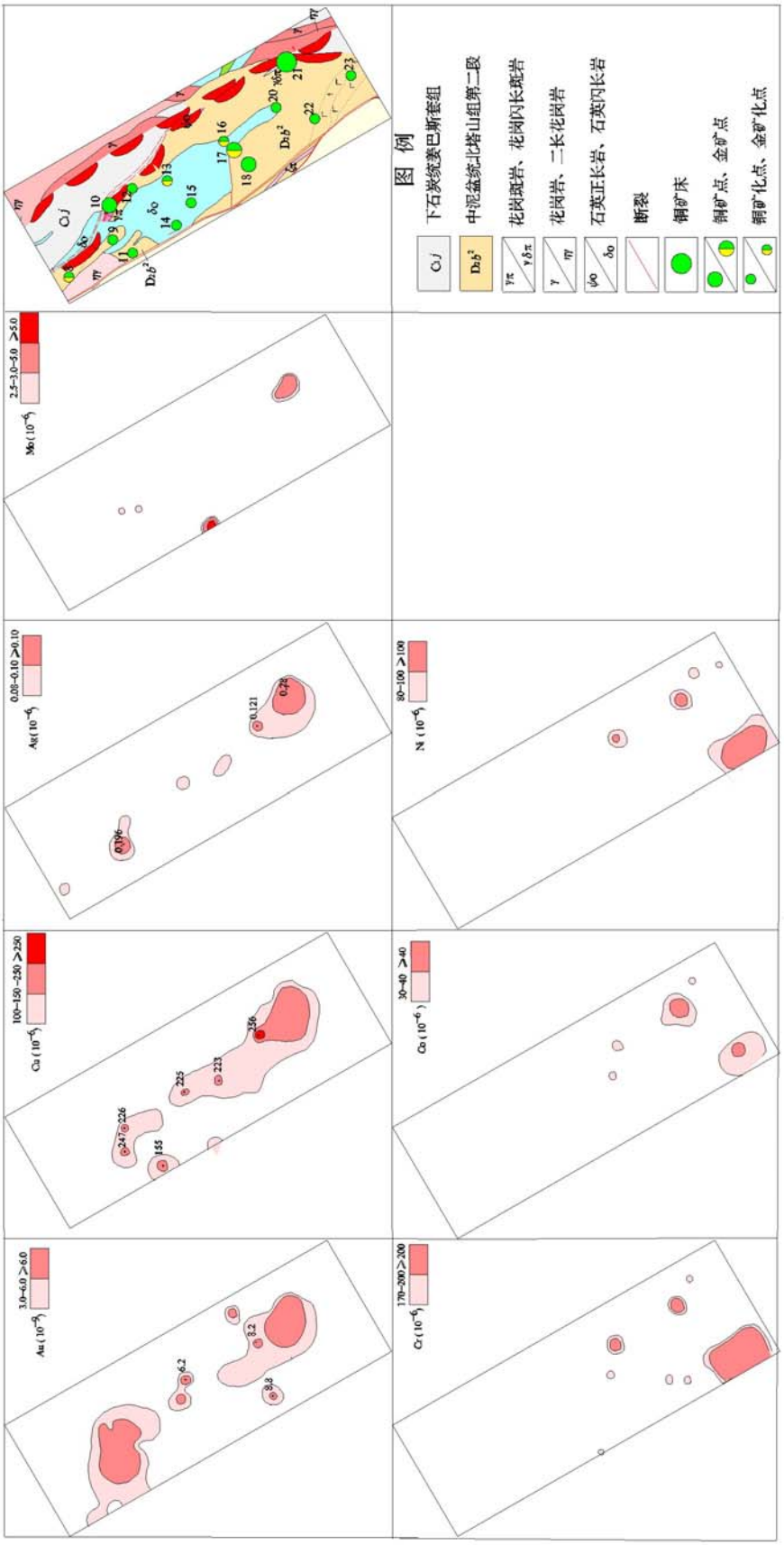


图 1-12　Hs1 综合异常剖析图

其中以 Au 元素异常规模最大，面积超过 10 平方千米，与其余元素均套合较好，但异常峰值不高；次为 Cr、Ni，与 Co 套合较好（图 1-14）。该异常与吐库特拜－阿克纳瓦航磁异常带相对应，中心靠近卡依尔特－二台断裂与卡拉先格尔－接勒的卡拉他乌断裂交汇部位，异常区主要出露中泥盆统北塔山组一套中基性火山岩、火山碎屑岩，顺异常走向，从异常区中部托斯巴斯套往南东到阿克纳瓦断续见有苦橄岩分布。异常区内两大断裂锐角交汇部位早二叠世侵入岩发育，靠近侵入岩与围岩接触部位，分布有托库特拜金矿、托斯巴斯套铜铁矿、托斯巴斯套南金矿、加马特金矿点、加马特南金（钴）矿点等金、铜、铁矿床与矿（化）点，是区内寻找火山岩型铁矿、蚀变岩型金矿和火山岩型钴（镍）矿的有利地段。

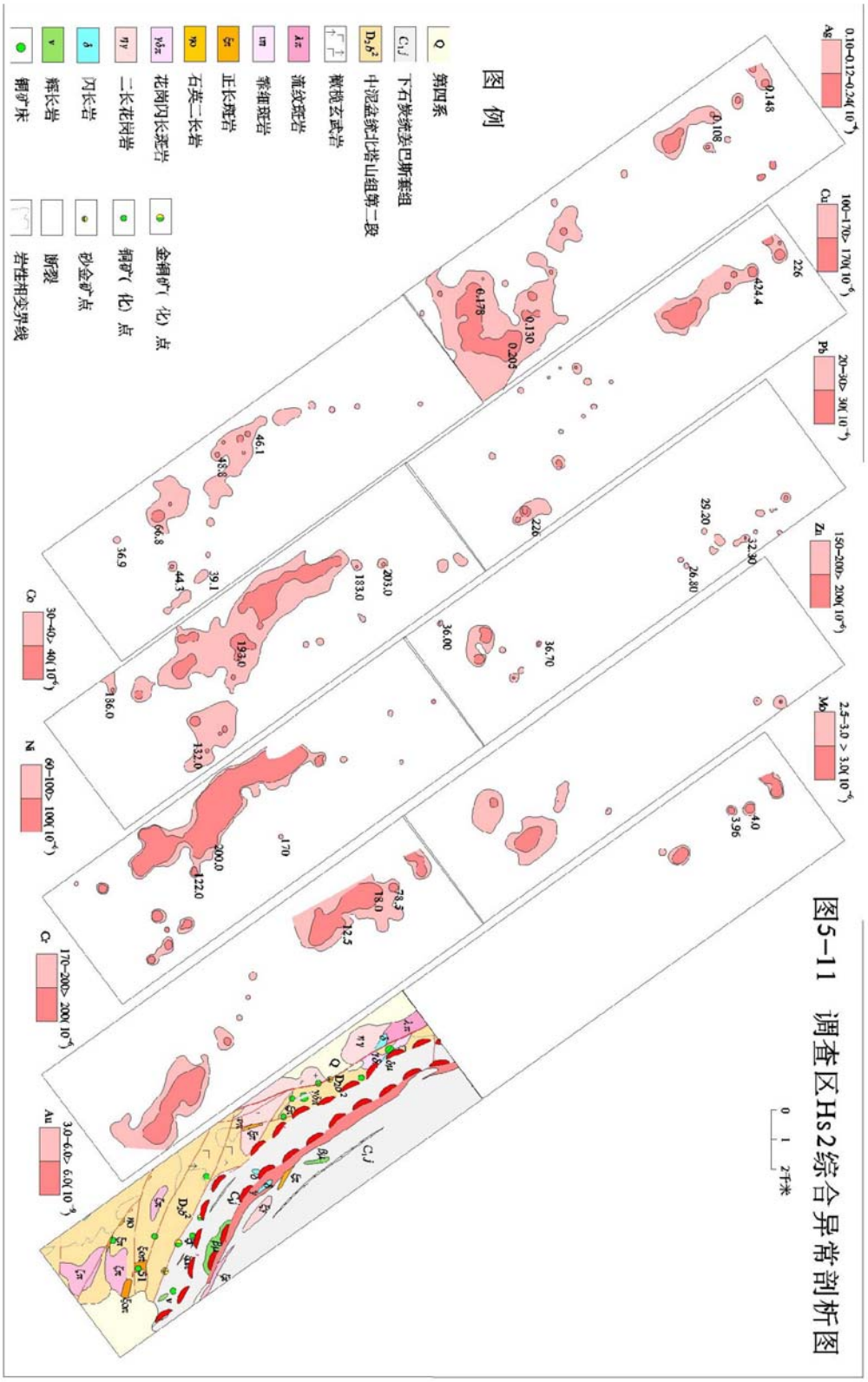


图 1-13 Hs2 综合异常剖析图

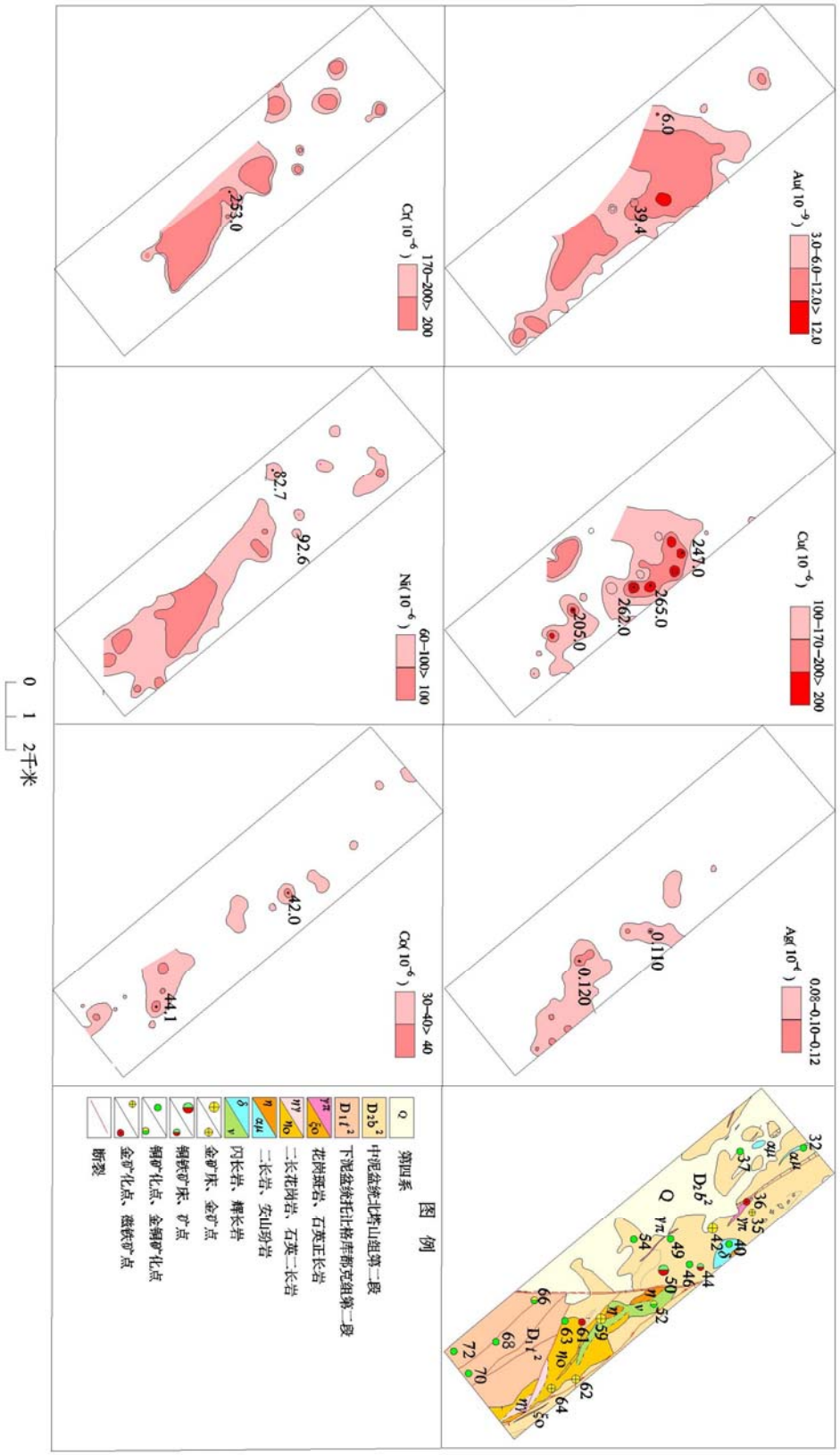


图 1-14　Hs3 综合异常剖析图

其内其余 3 个综合异常规模较小，其特征见表 1-5。

表 1-5 **其它综合异常特征表**

异常编号	位置	地质特征	异常特征
Hs-4	克泽勒库都克奥尔塔阔腊	主体位于交勒哈依尔很断裂北东侧，出露下石炭统姜巴斯套组地层，为一套浅变质陆源碎屑沉积岩夹基性火山岩建造，其中辉绿玢岩脉发育。	异常呈不规则长条状，展布方向北西，南东为封闭，区内面积约 10 平方千米。异常组合以 Cr、Ni、Co 为主，各元素套合较好，但异常值不高。该异常与调查区中部航磁异常带南东局部高磁异常段对应，反映具有岩浆岩型铜镍矿的成矿潜力。
Hs-5	哈腊托拜	出露中泥盆统北塔山组第一段地层，岩石组合以中基性火山岩、沉火山岩为主，次为中酸性火山熔岩。区内发育一条北西向。	异常近椭圆状，长轴北北西展布，面积约 5 平方千米。 异常组合以 Cu、Ni、Co 为主，各元素套合良好。
Hs-6	喀腊萨依	分布在卡拉先格尔－接勒的卡拉他乌断裂带内，出露地层为中泥盆统北塔山组第二段，其中闪长玢岩脉发育，喀腊萨依金铜矿点分布在异常区中部。	异常呈北西向带状，南东未封闭，区内面积约 2.5 平方千米。 异常组合以 Au、Cu 为主，次为 Cr、Ni、Co、Ag，其中 Au、Cu 元素重叠性好，梯度明显。异常与金铜矿化有关，同时指示有基性－超基性火山岩型钴（镍）成矿的潜力。

2 矿区地质

2.1 矿区地质特征

2.1.1 地层

矿区出露的地层主要是中泥盆统北塔山组，其次是少量第四系。现由老而新分述如下：

中泥盆统北塔山组(D_2b):该组在区域上可划分为两个亚组,矿区出露第二亚组(D_2b^2)，呈北西向带状分布于玉勒肯哈腊苏—老山口一带，北东与下石炭统姜巴斯套组断层接触，南西为第四系所覆盖，两端延伸出图，为一套以基性－中基性火山岩、火山碎屑岩及火山碎屑沉积岩为主，间夹少量碳酸盐岩建造，属北塔山火山旋回第二阶段火山活动产物。该期火山活动形成于火山岛弧局部拉张环境，活动特征主要为玄武质岩浆的爆发和喷溢，岩性组合为玄武岩、橄榄玄武岩、玄武安山质凝灰岩、角砾凝灰岩、凝灰质砂岩、灰岩等、含炭泥质粉砂岩、板岩、凝灰质砂砾岩等组成。地层的总体走向由北西 330°～340°向南东逐渐弯转成 280°～290°，略向南西凸出成弧形的单斜层。北西部分多倾向北东，倾角一般较陡。南东部分地层向南西倾应为受断裂作用影响而成的倒转层。

按区内岩性不同第二亚组可划分为三个岩性段：

第一岩性段：分布于矿区中部，为主要的赋矿层位，可进一步划分为第一、二、三层。

第一层（D_2b^{2-1a}）：主要分布在三号矿化带的南西部，由含橄榄石斑晶玄武岩（苦橄岩）夹辉斑玄武岩、玄武岩组成。

第二层（D_2b^{2-1b}）：沿矿区中部出露，由玄武岩夹玄武质安山岩、含辉石斑

晶玄武岩、局部夹薄层粉（细）砂岩组成，是赋矿的主要层位。

第三层（D_2b^{2-1c}）：在矿区中部第二层北东侧断续出露，主要岩性为含辉石斑晶玄武岩夹玄武岩、斜斑玄武岩、安山岩，局部夹薄层粉（细）砂岩。

第二岩性段：在矿区北东侧呈带状出露，按岩性不同可划分上下两层。

第一层（D_2b^{2-2a}）：主要分布在二号矿化带中部一带，由碳质粉砂岩（板岩）、含碳质凝灰质粉砂岩夹凝灰岩、凝灰质粉砂岩、硅质岩组成。

第二层（D_2b^{2-2b}）：在矿区的北东侧出露，以中（细）粒砂岩、含砾砂岩为主，夹凝灰质粉砂岩、硅质岩、碳质粉砂岩（板岩），局部夹薄层玄武岩。

第三岩性段：矿区内只见其下部层位（D_2b^{2-3a}），主要岩性为硅质岩，在矿区内零星出露。

矿区主要岩性的岩石学特征:

沉凝灰岩、沉岩屑晶屑凝灰岩:灰－灰绿色，沉凝灰结构、沉岩屑晶屑凝灰结构，块状构造，定向构造。岩石由岩屑、晶屑及火山灰组成，其中以火山碎屑物为主，含量 60～75％，正常沉积物含量 25～40％。晶屑大小 0.06～0.50毫米，呈次棱角状、棱角状，由斜长石、角闪石及磁铁矿组成。斜长石具中度绢云母化、隐晶帘石化蚀变，含量 10～20％；角闪石呈黄－浅黄绿色，多已蚀变为阳起石，含量 10～30％；磁铁矿少量，局部聚集呈条带分布。岩屑粒径 0.1～1.6 毫米，含量 10～25％，成分为蚀变玄武安山岩、中酸性熔岩岩屑，少数岩屑隐晶帘石化蚀变强烈，部分岩屑边界不太清楚。火山灰均已蚀变为隐晶状长英质及帘石类集合体，充填在上述碎屑之间。

灰岩、大理岩:灰岩呈青灰－灰褐色，由方解石、砂屑、粉砂屑等组成，方解石含量 60～80％，在吐库特拜一带灰岩中生物化石发育；大理岩呈灰－灰白色，由方解石、石英、绢云母及少量长石组成，方解石含量较高，可达 80～90％，主要顺卡拉先格尔断裂带分布。灰岩

与大理岩均呈薄层状，厚一般 5～30 米，延长 50～200 米。

蚀变安山岩:灰绿色，多斑结构，块状构造。岩石由斑晶和基质组成。斑晶以斜长石为主，次为暗色矿物。斜长石斑晶呈自形－半自形板状，粒径多在 1.6×0.4～4.5×0.8 毫米，少数 0.6～1.4×0.3 毫米，绢云母化蚀变中等－较强，双晶大多不太清晰，成分为中长石，半定向均匀分布，含量 30～35%。暗色矿物斑晶呈短柱状、柱粒状，粒径 0.6～1.2×0.8 毫米，成分多数为黑云母或纤闪石集合体取代，部分为单晶阳起石取代，原成分可能为角闪石，含量 3～5%。基质具微晶结构，主要由斜长石组成，粒径 0.1～0.2×0.05 毫米，成分为中更长石，密集杂乱分布，其间次生阳起石发育。岩石中副矿物以半自形细粒磁铁矿为主，粒径 0.04～0.6 毫米，微量磷灰石，针状，长度小于 0.1 毫米，独立分布。在部分安山岩薄片中分布有近圆形的气孔，含量 5～8%。

玄武岩:暗灰绿色，斑状结构，块状构造。斑晶由斜长石和辉石组成。斜长石斑晶呈半自形板粒状，粒径多为 0.5～1.5 毫米，含量 30～35%，由于强烈的绿帘石化、绢云母化蚀变，大多数仅隐约可见其假象，个别有少量残余；辉石斑晶呈自形－半自形短柱状，粒径 0.5～1.6×0.8 毫米，消光角大，多数已全为绢云母、绿泥石集合体取代，沿裂隙析出磁铁矿，残余辉石假象，含量约 10%左右。基质主要由辉石微晶组成，细柱状，粒径一般 0.05×0.01 毫米，含量 50～55%，杂乱密集分布，晶间分布有次生隐晶帘石类矿物。副矿物微量，为微粒状磁铁矿，粒度 0.05～0.15 毫米。部分玄武岩中气孔发育，呈近圆形，粒径 0.1～3.0 毫米，含量 5～10%，多数由石英集合体，少量为绿泥石充填，部分未充填。

橄榄玄武岩:深灰绿色、紫灰色，斑状结构，块状、杏仁状构造。斑晶占 25～30%，其中 10～20%为橄榄石，10～15%为普通辉石。橄

榄石粒度 0.5～1.5 毫米，柱状，粒径 1×0.3～1.6×0.3 毫米，多数已蚀变成淡绿色片状叶绿泥石（具兰墨异常干涉色）；辉石半自形短柱状，大小不等，粒径 0.4×0.2～1.8×0.7 毫米，多数蚀变较强，以纤闪石化为主，部分为绿帘石、阳起石、绿泥石等交代，大致定向分布。基质原结构隐约可辨，具间粒－间隐结构，由蚀变斜长石、蚀变暗色矿物及隐晶质组成。斜长石普遍已绿帘石化、隐晶帘石化蚀变，成分有残余，已脱钙为中长石，粒径 0.05×0.1～0.1×0.3 毫米，杂乱分布，其格架间隙中分布有阳起石化、绿泥石辉石及隐晶帘石类矿物。副矿物含量 1～3%，为磁铁矿（粒径 0.04～0.3 毫米）、白钛石化钛铁矿（粒径＜0.08 毫米）、磷灰石（熔蚀圆粒状，粒径 0.02～0.1 毫米）。杏仁体含量 5～10%，粒径 0.2～2.5 毫米，充填物以绿帘石、葡萄石为主，次为纤闪石、方解石。

安山质角砾熔岩:灰绿色，角砾熔岩结构，块状构造。岩石主要由熔岩组成，混有火山碎屑物。

熔岩由斑晶和基质组成，总含量 80%左右。斑晶以半自形板状中长石为主，粒径 0.2～1.4×0.8 毫米，含量 15%，中度泥化，轻度隐晶帘石化、绿泥石化，具聚片双晶，稀疏定向分布；次为普通辉石，半自形短柱状、柱粒状，粒径 0.2～1.2×0.5 毫米，消光角大，轻微绿泥石化蚀变。基质具玻基交织结构，主要由半自形细板条状斜长石组成，粒径一般 0.2×0.05 毫米，具聚片双晶，成分为中更长石，半定向分布，其间分布了较多次生粘土矿物及隐晶帘石类矿物等集合体，少量辉石，粒径小于 0.2 毫米，稀疏分布，具微弱绿泥石化蚀变。副矿物为微粒状磁铁矿和磷灰石。

火山碎屑物含量 20%左右，粒径多在 6～15 毫米，少数 2.0～3.0 毫米，均为同成分的安山岩岩屑，具玻晶交织结构，玻璃质脱玻后析出较多铁质。

中基性含角砾岩屑晶屑凝灰岩:灰一暗灰绿色，含角砾凝灰结构，块状构造。岩石由角砾、岩屑、晶屑及填隙物组成。岩屑成分为中性和基性火山岩，多为次棱角状，粒径 0.2～2.0 毫米，少数大于 2.0 毫米，构成角砾，岩屑含量 45～50%。晶屑成分主要为斜长石和辉石，粒径一般小于 1.5 毫米，个别辉石颗粒可达 2.0 毫米。斜长石晶屑粘土化、帘石化、绢云母化蚀变较强，含量 20～25%；辉石呈浅黄绿色，具弱多色性，含量 10～15%，具较弱的绿泥石化蚀变。填隙物主要为绿帘石及其它隐晶质矿物，少量细粒它形的金属矿物散布其中。

苦橄岩:深灰色，斑状结构，块状构造。斑晶由辉石和橄榄石组成。辉石呈浅绿色，具弱多色性，多为它形一半自形短柱状，粒径 0.2～1.0 毫米，含量 10～15%，具次闪石化蚀变，往往见有较多微细粒的磁铁矿（或钛铁矿）分布其中，构成席列构造；橄榄石斑晶呈不规则粒状，粒径 0.5～1.2 毫米，含量 5～10%，具次闪石化、伊丁石化蚀变，部分为辉石不完全交代，并见有金属矿物分布其中。基质主要由它形微细粒状辉石组成，偶见角闪石颗粒。

2.2 矿区构造

矿区位于青格里河-布尔根复背斜轴部的北西端，构造形式以断裂为主 ，大的褶皱构造不发育，新构造活动强烈，特别是北西部，常见老断裂复活的痕迹，岩石破碎。

矿区地层的总走向由北西 330°～340°向南东逐渐弯转成 280°～290°,是一个略向南西凸出成弧形的单斜层。北西部分多倾向北东，倾角一般较陡。南东部分地层向南西倾应为受断裂作用影响而成的倒转层。

断裂按走向大致分为二组：

北西为走向 330°～340°断裂，南东则为走向 280°～290°断裂：此组断裂与地层走向基本一致,为矿区最发育的断裂,断面多倾向北东，

倾角一般 50°～80°,一般断面比较平直，延长较长,伴随有破碎带，破碎物多粉碎如泥，断裂主要为左行扭动的压扭性断裂，常有复活痕迹，但两盘相对升降只数十厘米。矿区矿体及矿化带分布方向与这组断裂方向一致，这组断裂可能对铜矿化有控制作用。

走向 290°～320°断裂：与上述压扭性断裂斜交，延伸不长,主要表现为压扭性，有的地方局部见到左行扭动特征,断面倾向或南西或北东，倾角 45°～85°.

走向近南～北断裂：或东倾或西倾，倾角较大，一般比较短,为右行张性断裂,个别可见扭动距离达 50 米左右,也有复活现象，但升降不足 1 米,从本组断裂切断第一组断裂看，应新于第一组。

2.3 矿区侵入岩

矿区内岩浆岩为海西中期第二侵入次，它们均侵位于中泥盆世北塔山组地层中，而且多数侵入于其中的中基性火山岩中，还没有发现有侵入于其中的上部地层中的沉积岩地层中，显示出这些侵入体与中基性火山岩具有成因的联系。岩体的长轴方向为北西向，与区域构造线方向一致，岩体的规模均较小，多呈脉状或小岩株状，面积均小于 1 平方千米，其中大部分小于 0.1 平方千米。岩体发生明显了构造变形，尤其是韧性剪切变形。岩石类型有闪长玢岩、石英闪长斑岩和花岗闪长斑岩、片麻状花岗岩、斜长角闪岩、钾长花岗岩、正长斑岩、辉长岩等。岩体岩性往往较为单一，最多存在 3 种类型岩石，且呈过渡关系，没有明显的侵入接触关系，反映了其为就地演化的产物。

总体上，闪长玢岩往往岩性较为单一，呈脉状或小岩株状，岩体与围岩的接触界线清楚，有时候可见冷凝边。岩体中没有任何的包体，斑状结构明显，斑晶为杂乱分布的角闪石，呈长柱状，大小为 1～2 毫米×3～5 毫米，有时角闪石呈聚斑结构，另外，还有少量的斜长石斑晶，基质细小，呈显微隐晶质，

主要为板柱状的斜长石呈半定向分布，其内充填有粒状的辉石和少量的磁铁矿。在一些剥蚀程度较高的地区，闪长斑岩的斑状结构不太明显，岩石呈中粒结构，块状构造，角闪石的含量大约占 20%左右，呈自形－半自形，而斜长石呈半自形。

石英闪长斑岩和花岗闪长斑岩呈完全的过渡关系，空间上多数呈脉状，两者之间主要为石英的含量不同，没有明显的界线。有时候其边部常可见晶洞和冷凝边。斑状结构不明显，呈细粒结构，暗色矿物主要为黑云母和角闪石，有时候有少量的辉石，浅色矿物有斜长石、钾长石和石英，石英往往呈他形充填于斜长石和钾长石的颗粒中，斜长石可见聚片双晶，呈半自形，往往绢云母化，其含量往往达 40～60%。钾长石为正长石，没有低温微斜长石的格子状双晶，呈半自形－他形，这说明其是高侵位的产物，其含量一般在 10～20%左右。

2.4 围岩蚀变

2.4.1 蚀变带及其分布

矿区内已圈定蚀变带 3 个，统一编号为Ⅰ—Ⅲ号。蚀变带的地表形态多为不规则状或长条状，走向多与地层一致。长度最大 2100 余米，最小约 800 米;宽度最大约 500 米，最小 20 余米，宽一般为 50～200 米。

蚀变带主要产于北塔山组第二岩性段中。蚀变类型多，蚀变组合复杂，蚀变强度高，矿化好。对各带分述如下：

Ⅰ号矿化蚀变带：位于矿区北部北塔山组第二亚组第一岩性段第二层中，是矿区内最重要的矿化蚀变带，一号矿床即赋存于该带。蚀变带呈北西－南东向不规则长条状，长大于 1000 米，宽 100～250 米，走向 310°～330°。以矿化蚀变带为中心，由内向外以钾长石化、硅化、黑云母化、绢云母化蚀变为主，再向外侧则为绿泥石化、绿帘石

化、碳酸盐化等蚀变。矿化岩石具弱片理化和糜棱岩化，在片理面及其附近普遍发育细脉浸染状、星点状金属硫化物，主要有黄铁矿、黄铜矿及斑铜矿等。地表金属硫化物多已氧化成赤（褐）铁矿、孔雀石、兰铜矿，部分氧化物被淋蚀成空洞，仅残存黄钾铁矾。为良好的直接找矿标志之一。在含铜矿化带中尚有较好的金矿化显示。其中，对应于含铜花岗闪长斑岩，金含量在 0.12～0.65×10^{-6}之间变化，铜矿化体两侧的硅化、绢云母化带中拣块样金品位最高达 1.66×10^{-6}。

Ⅱ号矿化蚀变带：位于一号矿化带南东，呈北西向展布，已查明的铜矿化范围长约 2100 米，宽 100～400 米。二号矿床赋存于该带。矿化蚀变带表为为面状分带特征：中部为钾长石化带，黑云母化带分布于钾长石化带两侧，石英－绢云母化带位于黑云母化带外侧，青盘岩化带主要发育于石英绢云母化带外侧，见有绿帘石、绿泥石、方解石呈脉状、团块状集合体出现。在蚀变带内普遍发育细脉浸染状、星点状金属硫化物，主要有黄铁矿、黄铜矿等。地表金属硫化物多已氧化成赤（褐）铁矿、孔雀石、兰铜矿。

Ⅲ号矿化蚀变带：位于二号矿化带南东，长大于 800 米，宽大于 500 米，呈北西—南东向展布。三号矿床即赋存在该带中，特征与二号矿化带相似，具面状分带特征：中部为钾长石化带，黑云母化带分布于钾长石化带两侧，石英－绢云母化带位于黑云母化带外侧，青盘岩化带主要发育于石英绢云母化带外侧，见有绿帘石化、绿泥石化、碳酸盐化等。矿化岩石为花岗闪长斑岩、辉斑玄武岩等。金属矿物主要为黄铜矿、黄铁矿、磁铁矿、镜铁矿、赤铁矿、褐铁矿。在地表金属硫化物已氧化，形成孔雀石、铜兰。

2.4.2 围岩蚀变特征

矿区岩石热液蚀变作用较强烈，主要有钾长石化、黑云母化、绿

帘石化、绿泥石化、方解石化、绢云母化、硅化。蚀变矿物总量普遍在 50%以上。总的特征是：由于侵入岩是中酸性的，围岩也是一套中基性火山熔岩，因此黑云母、绿帘石、绿泥石、方解石等蚀变矿物特别发育，分布也很普遍。钾长石、石英、绢云母等蚀变矿物较少。不同岩性中的蚀变矿物也有区别。各类蚀变的基本特征如下：

钾长石化:主要出现在花岗闪长斑岩及石英闪长斑岩中，钾长石一般含量5～15%。产出形态分如下几种：交代条纹长石而成变斑晶，可能是岩浆晚期的产物。呈不规则粒状分布于斑岩基质中。沿斜长石裂纹、解理交代而呈不规则的网脉形态。钾长石呈细脉或钾长石石英大脉。

黑云母化:广泛分布于矿区内的主要岩石中，而且也比较多，一般20%左右，最高可达 50%，常与绿帘石化、绿泥石化相伴生。其特征有：黑云母与绿帘石一起交代暗色矿物，集合体呈柱状形态。交代普通角闪石变斑晶及细小柱状体呈穿孔状。黑云母鳞片与绿泥石、石英颗粒等呈网脉状产出。黑云母鳞片与自形绿帘石呈条带状分布，常具定向排列。黑云母鳞片、绿泥石鳞片呈眼球状、透镜状分布于绢云母条带之中。绿泥石可能是黑云母交代的产物。

绿帘石化:广泛发育，与矿化关系密切，其特征有：细小自形粒状绿帘石普遍分布于斜长石颗粒表面。黑云母鳞片分布于绿帘石自形颗粒之间，且定向排列，比较早，与矿化关系不大。绿帘石呈脉状网脉状或团块状分布。脉及团块的大小极不一致，从 0.1 毫米至数毫米，有些团块达数十厘米。多色性明显，表面光洁，透明度好，常与黑云母紧密共生。黄铜矿常分布其中心或不规则浸染于晶粒之间。说明铜矿化与绿帘石关系密切。另外见黑云母鳞片切割绿帘石脉，说明部分黑云母晚于绿帘石化。绿帘石化的过程较长。青盘岩化带中也有分布，但那里的绿帘石表面显得比较脏。

黄铁矿石英绢云母化:在矿区普遍发育，其特征有：石英绢云母交代斜长石呈团块状，保留了斜长石的板条状形态。石英、绢云母呈条带，定向排列或与黑云母、绿泥石伴生，组成片状构造。

碳酸盐化及绿泥石化:比较普遍,通常是交代暗色矿物的斑晶出现，青盘岩化带中含量 20～25%，黑云母化带中含量不均，约 1～10%。有时绿泥石是交代黑云母出现的，含量 10～20%。方解石脉或方解石石英脉是最后期形成的。

2.4.3 围岩蚀变分带

由于主要蚀变矿物黑云母、绿帘石、绿泥石、方解石分布比较普遍，且空间具有一定分布规律。根据黑云母有无分成黑云母化带和青盘岩化带，再根据黑云母的多少，将黑云母化带分成强黑云母化带（黑云母含量＞25%），弱黑云母化带（黑云母 10～25%)。黄铁矿石英绢云母化，钾长石化仅局部发育，不能独立成带，但仍将其圈出，反映矿区围岩蚀变的局部特征。

矿区主要为三个蚀变分带，即强黑云母化带、弱黑云母化带、青盘岩化带，各蚀变带的界线主要是根据薄片中蚀变矿物量结合野外目测确定的。蚀变带的分布方向与地层走向基本一致，呈北西、南东向。

强黑云母化带：位于矿区中部。主要蚀变矿物组合为黑云母 25～35%，绿帘石 15～35%，石英 1～5%，此外尚有少量绿泥石、方解石等。蚀变矿物总量约 45～75%。

弱黑云母化带：分布于强黑云母化带的两侧，主要蚀变矿物黑云母 10～25%，绿帘石 15～30%，绿泥石 1～5%，石英 5～15%，方解石 1～5%。此外零星有少量钾长石、绢云母等。蚀变矿物总量约 40～70%。

青盘岩化带,主要是黑云母化带的外缘,主要蚀变矿物组合有:绿泥石 20～25%，绿帘石 20～35%，方解石 10～20%，绢云母 5～10%，石英 1～5%。蚀变矿物总量约为 55～80%。青盘岩化带中只在局部有些矿化。

此外，黄铁矿绢云母化一般沿断裂带断续分布，系沿断裂裂隙带热液蚀变的结果。主要蚀变矿物组合有：绢云母 30～65%，石英 10～30%，黄铁矿、黄钾铁矾、褐铁矿 1～10%，并局部含少量的黑云母，绿帘石等。

铜矿化及矿体位于黑云母化带中。主要铜矿体多分布于强黑云母化带中。

3 矿床特征

3.1 矿体特征

哈腊苏斑岩铜矿的矿石多属低品位矿石，铜的一般含量在 0.2～1.0%之间。矿体的展布形态受花岗闪长斑岩体与围岩接触面产状的控制。根据现行铜矿的一般工业指标，将矿体划分为工业矿体和低品位矿体两种类型。矿体品位一般变化不明显，但由于矿化较贫，工业矿体、低品位矿体、岩石三者常相间成层。

从平面及剖面上看，工业矿体一般赋存在低品位矿体中间，其上、下盘多为低品位矿体。仅局部为工业矿体在岩体的边部产出。

矿石类型以浸染状矿石为主，团斑状矿石次之，局部见致密块状、胶结状、细脉状、网脉状矿石。

矿体在空间上与花岗闪长斑岩体密切相关，矿体主要产在黑云母化、钾长石化、绿泥石化花岗闪长斑岩中，矿体赋存与小构造断裂及微裂隙有关，矿体和矿化多产于小断裂附近和接触带附近脆弱地段或石英脉、碳酸盐脉发育处。330°～340°的压扭性断裂的次一级裂隙或层间裂隙控制了矿体的分布、形态及产状。

矿区的花岗闪长斑岩岩体，呈似斑状结构，属与中性火山岩有关的浅成侵入岩。岩体的展布方向，受 330°～340°压扭性断裂方向的控制。岩体本身出现不同程度的钾长石化、硅化、少量黄铁矿化、绢云母化、黑云母化、黄铜矿化。矿（化）体多赋存于岩体中，接触带内或邻近岩体的围岩裂隙带中。说明矿体与斑岩体在空间上有一定联系。

矿区各矿体平面展布上受 330°～340°度方向构造形迹严格控制。北西方向构造形迹不仅控制了矿体的分布，而且也控制了与成矿

有关的斑岩体、中基性火山岩群的展布和形态，反映了它们生成上的内在联系。本区矿体赋存与小构造断裂及微裂隙有关，其表现为：（1）矿体或矿化体位于小断裂附近。（2）裂隙带内石英脉、碳酸盐脉发育。（3）岩石呈碎裂结构或破碎、糜棱岩化、强片理化。（4）绿帘石、黑云母、石英团粒或细脉断续发育。从微观上看，黄铜矿呈细脉浸染状或浸染状沿岩石裂隙分布。这些事实说明较低级序次的构造裂隙给金属硫化物提供了良好的储矿空间。

矿区含矿岩石及近矿围岩，除斑岩体外主要为玄武岩。本区矿化虽不受围岩岩性的严格控制，但具有一定选择性，矿体顶底板围岩多为玄武岩。

矿区蚀变矿物含量高达 50%以上，分布普遍。岩石的蚀变矿物类型明显受岩性控制，而蚀变强度则与围岩构造破坏、岩石破碎程度有关。围岩蚀变略具分带性，矿化中心即蚀变分带中心。初步将围岩蚀变分为三个带，即强黑云母化带、弱黑云母化带、青盘岩化带。局部尚有钾长石化、黄铁矿石英绢云母化。矿化主要富集于强黑云母化带中，或强弱黑云母化带之间。

3.1.1 矿体地质特征

$Ⅰ_1$矿体:位于一号矿床内，由工业矿体和低品位矿体组成。在地表，工业矿体主要在 0、8、12 线出露，均为地表单工程控制，长 50～100 米，宽 0.65～6.25 米，铜品位 0.6～1.51×10^{-2}。在深部，工业矿体沿走向分布在 14～9 线间，走向长约 600 米，低品位矿体南起 20 线以南 50 米，北部到 7 线以北 75 米处，矿体走向长 825 米。矿体埋深于 1320～1600 米水平标高间，矿体规模为小型。矿体于地表较连续，沿走向呈舒缓波状展布，矿体形态呈不规则脉状、分枝脉状。沿倾斜方向有膨缩、分支复合、尖灭再现现象。在纵投影图上，矿体呈中部向下凸（8 线）两端（7 线和 20 线）向上翘起，在横剖面上，20～7 线间，

矿体沿走向和倾斜方向均呈不规则分枝脉状。矿体在地表总走向约330°，倾向北东，产状随岩体产状变化而变化，倾角为45°～65°。

I_2矿体:I_2矿体位于一号矿床内，斜列于I_1矿体下方，为一号矿床的主矿体，由工业矿体和低品位矿体组成。沿走向工业矿体分布在22～3线间，走向长约650米，低品位矿体南起20线以南50米，北部到7线以北75米处，矿体走向长825米。矿体埋深于1135～1595米水平标高间，矿体规模为小型。矿体未出露地表，为隐伏矿体。矿体沿走向和倾斜方向上，形态均呈不规则脉状、分枝脉状，沿倾斜方向有膨缩、分支复合、尖灭再现现象。在纵投影图上，矿体呈中部向上、下凸起（8线）两端（7线和20线）逐渐尖灭的不规则菱形，在横剖面上，20～7线间，矿体沿走向和倾斜方向均呈不规则分枝脉状。矿体总走向约330°，倾向北东，产状随岩体产状变化而变化，倾角为45°～65°。

I_3矿体:I_3矿体位于一号矿床内，斜列于I_2矿体下方，由工业矿体和低品位矿体组成。沿走向工业矿体分布在12～3线间，走向长约400米，低品位矿体南起12线，北部到7线以北75米处，矿体走向长575米。矿体埋深于1015～1395米水平标高间，矿体规模为小型。矿体未出露地表，为隐伏矿体。矿体沿走向和倾斜方向上，形态均呈不规则脉状、分枝脉状，沿倾斜方向有膨缩、分支复合、尖灭再现现象。在纵投影图上，矿体在0～12线间呈梯形，0～7线北间为三角形。在横剖面上，12～7线间，矿体沿走向和倾斜方向均呈不规则分枝脉状。矿体总走向约330°，倾向北东，产状随岩体产状变化而变化，倾角为45°～65°。

I_4矿体特征:I_4矿体位于一号矿床内，斜列于I_3矿体下方，由工业矿体和低品位矿体组成。沿走向工业矿体分布在12～1线间，走向长约350米，低品位矿体南起12线，北部到1线以北75米处，矿体

走向长 375 米。矿体埋深于 930～1210 米水平标高间，矿体规模为小型。矿体未出露地表，为隐伏矿体。矿体沿走向和倾斜方向上，形态均呈不规则脉状、分枝脉状，沿倾斜方向有膨缩、分支复合、尖灭再现现象。在纵投影图上，矿体在 8～12 线间呈梯形，8～0 线北间为三角形。在横剖面上，12～0 线间，矿体沿走向和倾斜方向均呈不规则分枝脉状。矿体总走向约 330°，倾向北东，产状随岩体产状变化而变化，倾角为 45°～65°。

$Ⅱ_1$矿体:位于二号矿床内，长 846 米，宽 9.10～55.75 米，平均宽 31.75 米。为低品位矿体，矿体平均品位 0.33×10^{-2}。矿体规模为小型。矿体为地表工程控制的低品位氧化矿体，北西-南东向展布，矿体沿走向上，形态呈不规则脉状、分枝脉状。在北西出露最宽，为 55.75 米，向南东逐渐变窄，最窄为 9.10 米，变为脉状。矿体总走向约 330°，倾向北东，产状随岩体产状变化而变化，倾角为 65°～80°。

$Ⅱ_2$矿体:位于二号矿床内，长 612 米，平均宽 11 米。由低品位矿体和工业矿体组成，其中工业矿体出露长约 135 米，宽 13.00～9.00 米，平均宽 11.00 米。矿体平均品位 0.81×10^{-2}。低品位矿体长 612 米，宽 3.15～15.42 米，平均宽 10.59 米。矿体平均品位 0.32×10^{-2}。矿体规模为小型。矿体为地表工程控制的低品位氧化矿体，北西-南东向展布，矿体沿走向形态呈不规则脉状，局部具有膨缩现象。出露最宽为 15.42 米，最窄为 3.15 米。矿体总走向约 330°，倾向北东，产状随岩体产状变化而变化，倾角为 65°～80°。

$Ⅲ_1$矿体:$Ⅲ_1$矿体位于三号矿床内，长 332 米，平均宽 24.41 米。为低品位矿体，矿体平均品位 0.40×10^{-2}。矿体规模为小型。矿体为地表工程控制的低品位氧化矿体，北西-南东向展布，矿体沿走向上，形态呈不规则脉状，局部具有分枝现象。出露最宽为 38.22 米，最窄为 8.70 米。向南变为在为脉状到分枝脉状。矿体总走向约 330°，倾向

北东，产状随岩体产状变化而变化，倾角为 45°～65°。

III_2矿体:位于三号矿床内，长 315 米，平均宽 15.66 米。由低品位矿体和工业矿体组成，其中工业矿体出露长 192 米，宽 22.60～13.40 米，平均宽 18.00 米。矿体平均品位 0.76×10^{-2}。低品位矿体长 315 米，宽 4.90～38.25 米，平均宽 15.66 米。矿体平均品位 0.35×10^{-2}。矿体规模为小型。矿体为地表工程控制的低品位氧化矿体，北西-南东向展布，矿体沿走向上，形态呈不规则状，局部具有膨缩、分枝现象。矿体出露最宽为 38.25 米，最窄为 4.90 米。矿体向有南逐渐膨大现象。矿体总走向约 330°，倾向北东，产状随岩体产状变化而变化，倾角为 45°～65°。

3.2 矿石质量

3.2.1 矿石物质成分

本区铜矿石中金属矿物比较简单，主要金属硫化矿物以黄铜矿、黄铁矿为主，含少量斑铜矿与辉钼矿；原生金属氧化矿物以磁铁矿为主，偶见钛磁铁矿、白钛矿。次生氧化矿物以孔雀石为主，次为兰铜矿、褐铁矿、黄钾铁矾。

黄铜矿：多呈它形或它形～半自形粒状，团粒状浸染于岩石中，或呈细脉浸染状分布于绿帘石脉、绿帘石团粒，绿帘石、方解石、石英脉之中，粒径 0.003～0.2 毫米间。

黄铁矿：多呈自形～半自形晶粒，含量 1～5%，最高达 40%，浸染于岩石中或广布于绿帘石脉之中，黄铁矿常显碎裂或在黄铜矿中成残余状产出。粒径在 0.05～0.01 毫米之间。含量最高达 40%。

斑铜矿：少见，以残晶状在黄铜矿内部分布，在斑铜矿内有格子状和不规则状黄铜矿穿插。粒径在 0.05～0.01 毫米之间。

辉钼矿：多呈自形片状伴随黄铜矿分布于绿帘石脉之中，有时则围绕黄铁矿分布或充填在黄铁矿裂隙中，在镜下可见辉钼矿被黄铜矿所包裹。片状辉钼矿有时呈弯曲状。片径在 0.02～0.15 毫米之间.厚 0.001～0.01 毫米之间,含量小于 1%.

磁铁矿：略熔蚀，呈自形-半自形晶粒状广布于绿帘石之中，被黄铜矿所穿插，粒径多为 0.1 毫米。

钛磁铁矿：少见，部分白钛石矿化，已解体，常被黄铁矿包围、交代。

孔雀石、兰铜矿：为氧化矿石的主要含铜矿物，常沿岩石裂隙面呈薄膜状分布或呈粒状，不规则团粒状分布于绿帘石团粒及脉体附近。

矿石的化学成分:根据含矿岩石花岗闪长斑岩的全分析结果，矿石中主要化学成分(%):SiO_2 63.78、TiO_2 0.45、Al_2O_3 16.26、Fe_2O_3 2.99、FeO 2.25、MnO 0.04、MgO 1.66、CaO 1.28、Na_2O 4.57、K_2O 4.09、P_2O_5 0.18、CO_2 0.41、H_2O 1.50。

3.2.2 矿石的结构、构造

矿石结构：本区矿石结构比较简单。依矿物结晶程度和形态划分，主要是他形粒状结构，半自形-自形粒状结构较少；从结晶大小看，主要为微粒结构，粒径 0.003～0.2 毫米；从矿物空间互相关系而言，则为充填结构及共结结构，此外碎裂结构也较发育。

充填结构：晚期黄铜矿常充填碎裂的黄铁矿或其他碎裂矿物中。

共结结构：黄铜矿与斑铜矿共结。

碎裂结构：早期黄铁矿常呈碎斑状，被后期黄铜矿所充填或包裹。

矿石构造：本区矿石构造简单，以星散浸染状及细脉浸染状构造为主，脉状构造仅局部见到。

浸染状构造：黄铜矿呈它形粒状浸染于岩石中。

细脉浸染状构造：它是一种复合构造，黄铜矿呈它形细脉状、网脉状（脉宽 1～3 毫米），伴以浸染状所组成。黄铜矿与绿帘石等脉体中较多，离开脉体则呈零星分布。

脉状构造：仅在局部见到,矿物呈它形、半自形粒状，稠密浸染-致密块状，脉宽 0.5 米，黄铜矿含量 30～40%,黄铁矿含量 10～20%，部分含量更高，另有微量辉钼矿，杂乱分布于矿石中。

矿物共生关系：在显微镜下可见到金属矿物中斑铜矿在黄铜矿内分布，而本身又与格子状和不规则脉状黄铜矿穿插，说明两者是共结关系，黄铜矿结晶结束略晚。辉钼矿晶片结晶较完整并被黄铜矿包裹，表明辉钼矿在黄铜矿前晶出。黄铁矿常呈略熔蚀的半自形晶粒分布，表现为碎裂状或糜棱岩化现象，又作残余状分布在黄铜矿之中或被黄铜矿所充填。显然在黄铜矿形成以前，黄铁矿最低限度经受过一次应力作用。

金属矿物中氧化矿物类以磁铁矿为主，常见熔蚀现象，与其接触的黄铁矿多为他形，又被黄铜矿所交代，此三者关系是磁铁矿结晶最早，黄铁矿次之，黄铜矿最晚。

黄铜矿、黄铁矿均与黑云母、石英、绿帘石共生。黄铜矿呈不规则浸染状分布于绿帘石细脉、网脉或团粒之中。

黄铜矿化分布于石英脉和石英团粒中。石英脉一般厚 0.1～0.5 米，最厚 1 米，常混杂有绿帘石、绿泥石。部分黄铜矿呈浸染状分布于普通角闪石变斑中。黄铜矿、黄铁矿于方解石脉旁富集，方解石、石英细脉中可见黄铜矿团块，直径 1～5 毫米，说明碳酸盐化与成矿关系明显。

3.3 矿石类型

本区矿物成份，结构构造比较简单，矿石自然类型为黄铁矿黄铜矿矿石及少量的含辉钼矿黄铜矿矿石，矿石工业类型为原生矿石和氧化矿石。原生矿石中金属矿物主要为黄铜矿、黄铁矿、辉钼矿，次为斑铜矿、磁铁矿、钛磁铁矿等；氧化矿石则以孔雀石、兰铜矿、褐铁矿为主，次之为硅孔雀石及少量原生金属矿物残余。

本区氧化带一般垂深在 30 米左右，个别地段深部 100～150 米处亦出现孔雀石。氧化带在地表浅部以孔雀石或兰铜矿矿石出现为其特征。

3.4 矿体围岩和夹石

本区含矿岩石及近矿围岩，除花岗闪长斑岩外，主要为玄武岩与安山岩。岩石中主要矿物为钠更长石，绿帘石，黑云母等，玄武岩富含辉石和角闪石。本类岩石常具变余斑状结构。从野外观察可见两者呈渐变过渡关系，初步认为两者可能是分异形成的。

矿体顶、底板围岩:矿体的界线由化学分析资料圈定，所以矿体的顶、底板围岩主要有花岗闪长斑岩、石英闪长斑岩和玄武岩类。当矿体在岩体的上部产出时，其顶板围岩为玄武岩类，底板为花岗闪长斑岩或石英闪长斑岩;当矿体在岩体的下部产出时，其底板围岩为玄武岩类;当矿体在岩体中产出时，其顶、底板围岩视其含矿体岩性分别为花岗闪长斑岩或石英闪长斑岩。

夹石:矿体主要产在岩体中，所以矿体的夹石主要为花岗闪长斑岩或石英闪长斑岩。

4 矿区地球物理、地球化学特征

4.1 地球物理特征

4.1.1 矿区激电、磁异常特征：

物探工作成果显示：矿区内存在明显的激电异常 4 处,编号分别为 D_M-1、D_M-2、D_M-3、D_M-4；磁异常在测区分布较广，主要沿北东、南西两个带分布，以北东带为主。

矿区激电异常背景为 2%。D_M-1、D_M-3、D_M-4 激电异常的强度、梯度均较大，$M_S$max均大于 8%，对应的视电阻率呈低阻反映，ρ_s均小于 200Ωm。三个异常区内均有碳质砂岩出露。D_M-2 激电异常位于测区东侧 100～118 线 142～158 点之间，走向为南东-北西向，是哈腊苏铜矿的异常反映。以M_S=4%圈异常，异常平面形态呈纺锤状，南东窄（约 50 米）、北西宽（约 250 米），$M_S$max=6%。对应的视电阻率一般均大于 600Ωm。由M_S剖面平面图可见：异常梯度由南东向北西逐渐变缓，100～104 线剖面曲线北东侧梯度大于南西侧梯度，106-118 线剖面曲线北东侧梯度小于南西侧梯度。

磁异常主要分布在测区北东侧，该异常面积较大，剖面曲线呈锯齿状跳跃，走向为北西-南东向，纵贯整个工区，异常北负南正，梯度变化较大，ΔTmax=1677nT、ΔTmin=-516nT。测区南西侧零星分布有几个磁异常，其规模和强度均较弱，多为正磁异常ΔTmax=800nT。在测区的中西侧是大面积的背景场，背景场在±200nT 之间。

钻孔物性参数测定统计结果显示各岩性极化率的离散性比较大，这主要是由物性标本中金属硫化物含量多少引起，一般无矿化或矿化

较弱的标本极化率都小于 2%，矿化较好的标本极化率均大于 4%。钾长花岗闪长斑岩(含矿岩体）：矿化较弱的标本 $\eta_{S几何平均}$=2.1%、 $\rho_{s几何平均}$=2026Ωm，矿化较好的标本 $\eta_{S几何平均}$=6.2%、$\rho_{s几何平均}$=2419Ωm；蚀变细粒闪长岩：无矿化 $\eta_{S几何平均}$=1.5%、 $\rho_{s几何平均}$=328Ωm，有矿化 $\eta_{S几何平均}$=6.1%、 $\rho_{s几何平均}$=3129Ωm；蚀变玄武岩：无矿化 $\eta_{S几何平均}$=1.9%、 $\rho_{s几何平均}$=2646Ωm，有矿化 $\eta_{S几何平均}$=8.3%、 $\rho_{s几何平均}$=2272Ωm。由此可见该工区含矿（化）好的岩性，均具有高极化、高阻（钾化、硅化）特征。

钻孔标本中多数无磁性，仅部分石英闪长斑岩、蚀变玄武岩有较强磁性。石英闪长斑岩K=3883×10^{-6}×4πSI、Jr=1328×10^{-3}A/m ；蚀变玄武岩$k_{几何平均}$=3782×10^{-6}×4πSI、Jr=341×10^{-3}A/m。

根据激电测井曲线异常特征，结合钻孔岩芯矿化特点分析认为，激电曲线异常反映了岩石中硫化物的矿化及分布特点。推断高极化、低阻异常段所对应的岩石中金属硫化物含量相对偏高，且分布较均匀，连通性好；高极化、高阻异常段对应的岩石中金属硫化物含量偏低，且分布不均，连通性差；高极化，中阻岩石矿化特点介于二者之间。

地面物性参数测定结果显示：部分玄武岩、闪长岩在 1000×10^{-6}×4πsI。

激电测深：8 线以西矿体向北东陡倾，12 线以东矿体向南西陡倾。20 线因受碳质砂岩的干扰，M_S拟断面图反映极化体向北东倾。钻孔验证结果为：8 线矿体向北东倾，20 线矿体向南西倾，北东侧是碳质砂岩。8 线和 20 线激电测深结果表明（图 4-1、图 4-2)：8 勘探线的高极化率异常地质体与钻探揭示的铜矿化体完全吻合。剖面中其他小型极化率异常地质体的分布与已有钻探成果较好吻合，ZK2002 孔打穿了中间的小极化率异常体，因而见矿，ZK2003 孔通过图中SW侧较大极化率异常体与中间小异常体两者之间的空挡，实际钻探未见矿体,ZK2001 孔位置上因炭质层—含炭凝灰粉砂岩而显示一个较小的高极化率异常体。

通过对激电异常的实地勘查，结合已知矿体的异常特征综合分析推断：D_M-1、D_M-3、D_M-4 三个激电异常均与碳质砂岩对应，激电异常是由碳质砂岩引起。D_M-2 激电异常为矿致异常，是哈腊苏铜矿Ⅰ号矿化带矿体的综合反映。磁异常主要由基性、超基性火山岩引起。

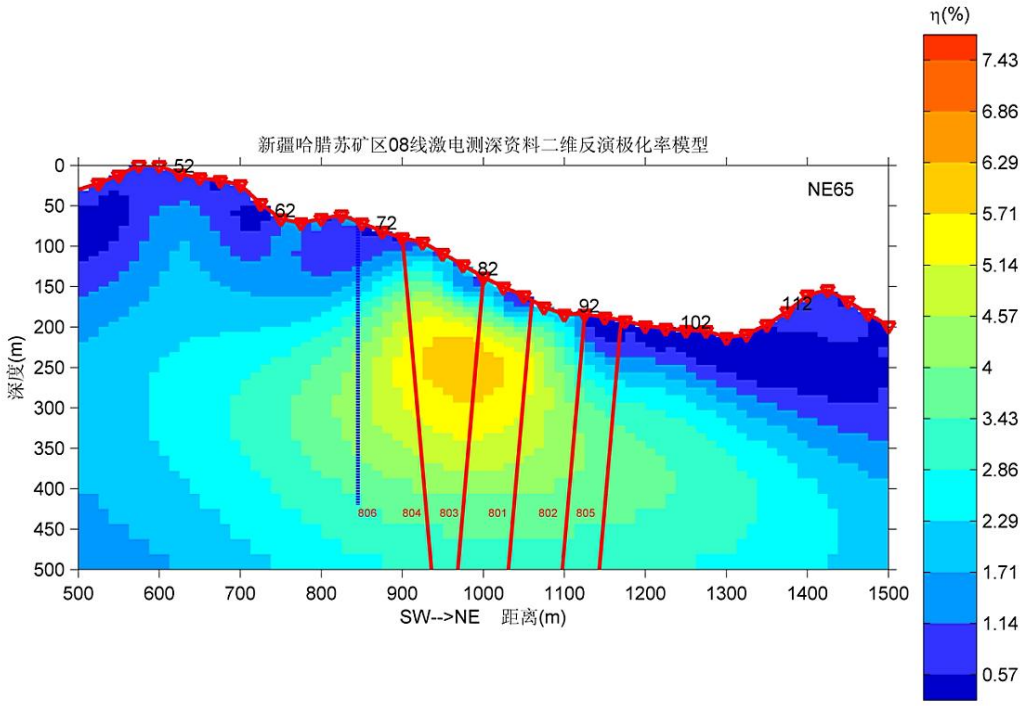


图 4-1 新疆哈腊苏铜矿区 08 线激电测深资料二维反演极化率模型

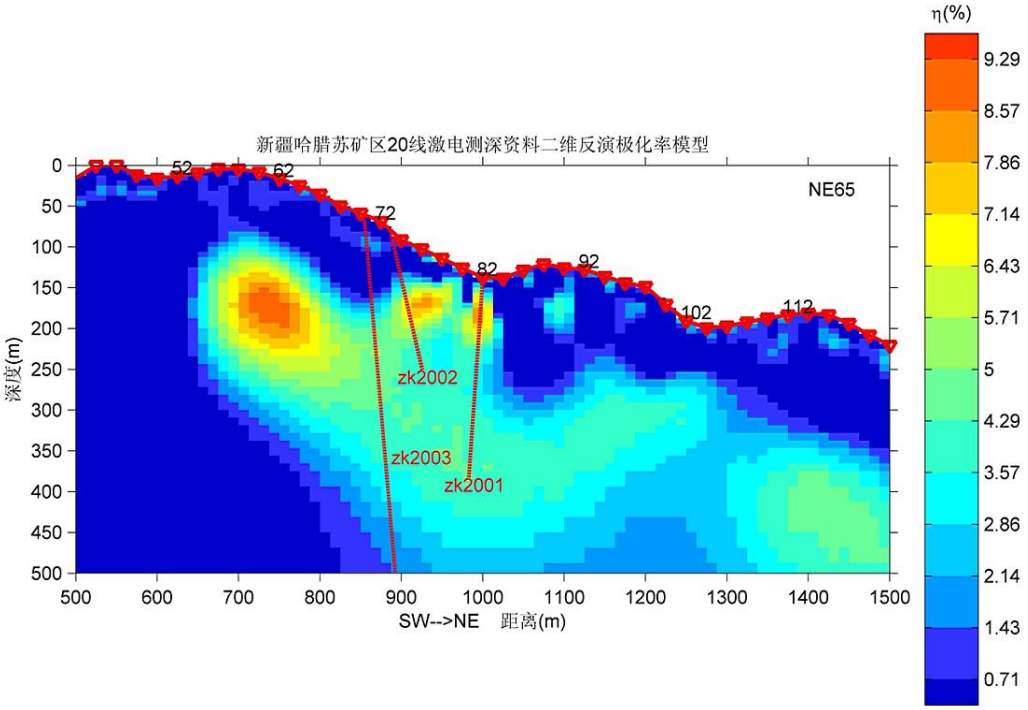


图 4-2 新疆哈腊苏铜矿区 20 线激电测深资料二维反演极化率模型

4.1.2 矿区 TEM 异常特征

4.1.2.1 矿区总的异常特征

平面上，从矿区各主要道的电阻率平面图可以看出，早期道的电阻率一般都较低，在 400Ω.m 以下，以矿区东北角最为明显，呈面状

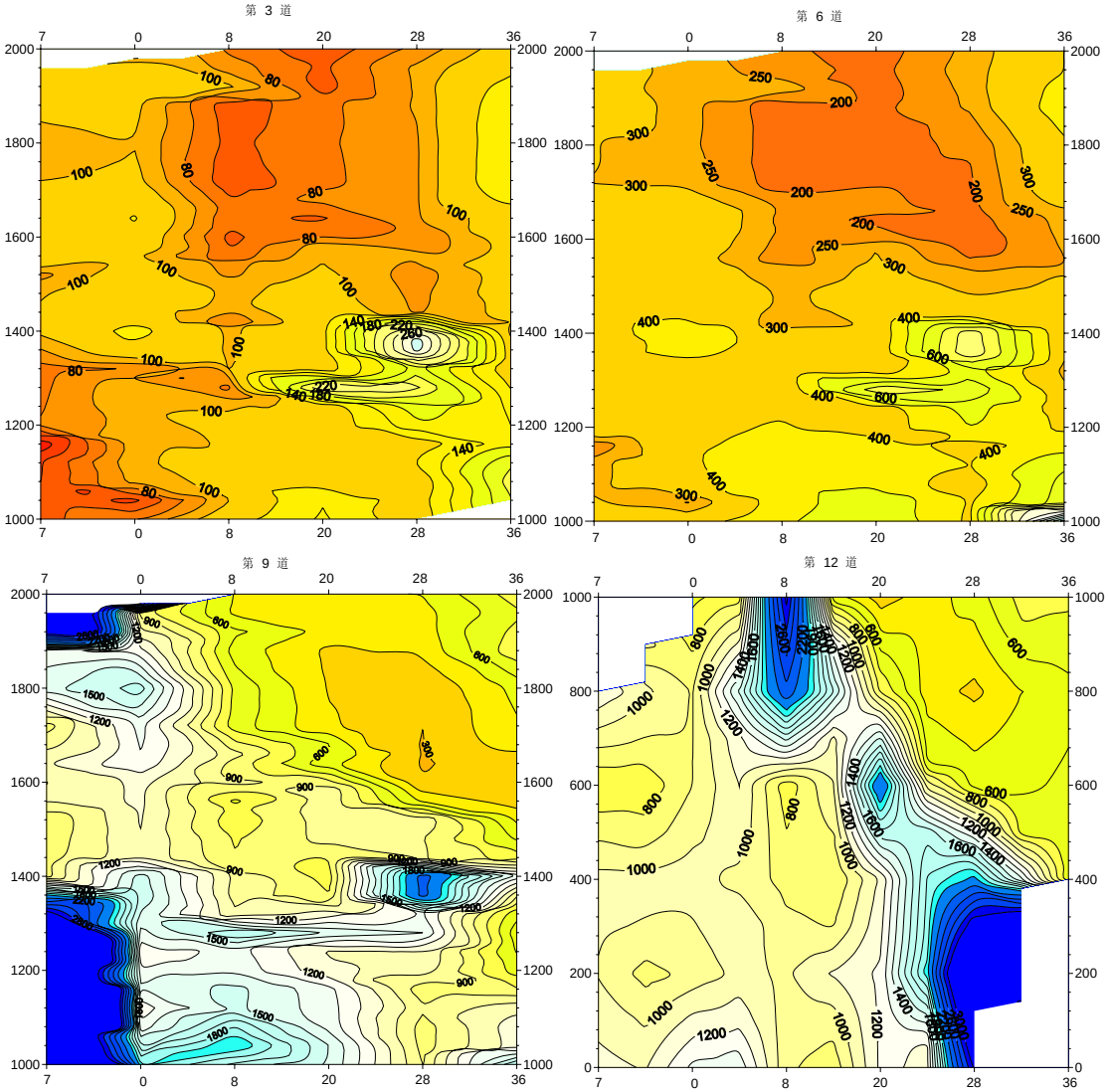


图 4-3 矿区 TDEM 主要道电阻率异常平面图

分布特征，在第 9 道电阻率异常明显升高，并且电阻率异常呈带状分布，东部角的低阻异常界线更加清晰，位置随深度的增加向北东部位移，明显反映了低阻体的倾向，并在 7～20 线的 1400～1600 点之间出现次级中低阻异常（图 4-3），0 勘探线上中低阻异常不明显，电阻率在 800～900Ω.m，基本与矿（化）体的范围相对应，至 12 道 20 线中低阻异常消失，而 7 线与 8 线的中低阻异常表现得更加明显，说明矿体向下具有较大的延伸，利用时间和电阻率计算延伸在 450 米左

右。

20～36 线的 1200 点附近，有一中低阻异常，向东南逐渐变宽，其电阻率与已知矿的电阻率相当，在本区开展的 CSAMT 工作也反映了该异常的存在，其走向与范围基本对应，SIP 方法在该处有明显的相位异常，对找矿比较有利。

4.1.2.2 矿区主要剖面的成果初步解释

8 勘探线:从该剖面 DBZ/DT 分量断面图上可以看出（图 4-4），各

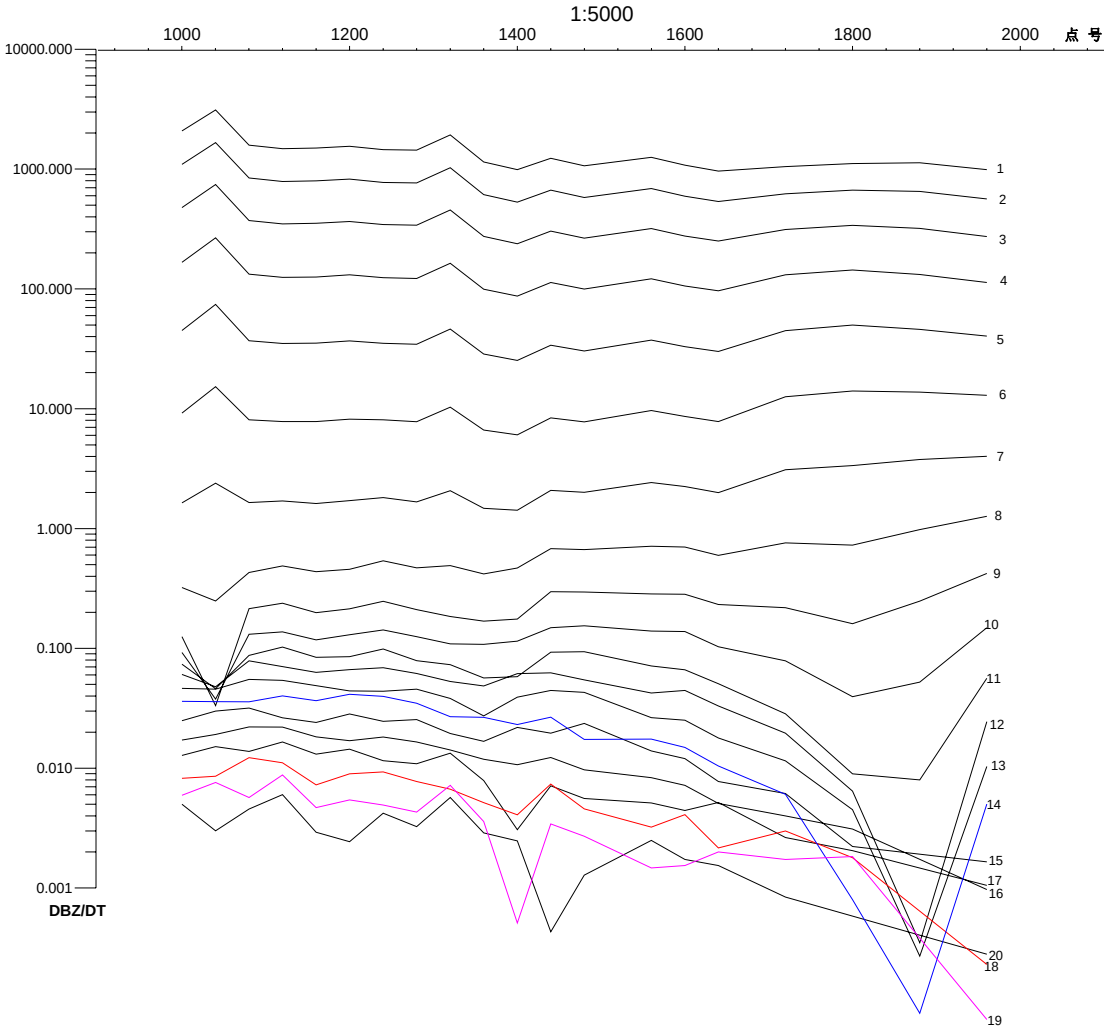


图 4-4　8 勘探线 DBZ/DT 分量断面图

早期道上，DBZ 分量表现较为平稳，仅在 1400～1600 点之间，从 1～14 道有明显的一异常存在，随深度得增加异常变得较为明显，同时异常拐点向西南偏移，深度电阻率异常断面图上，两侧有高kg体分布（图 4-5）。

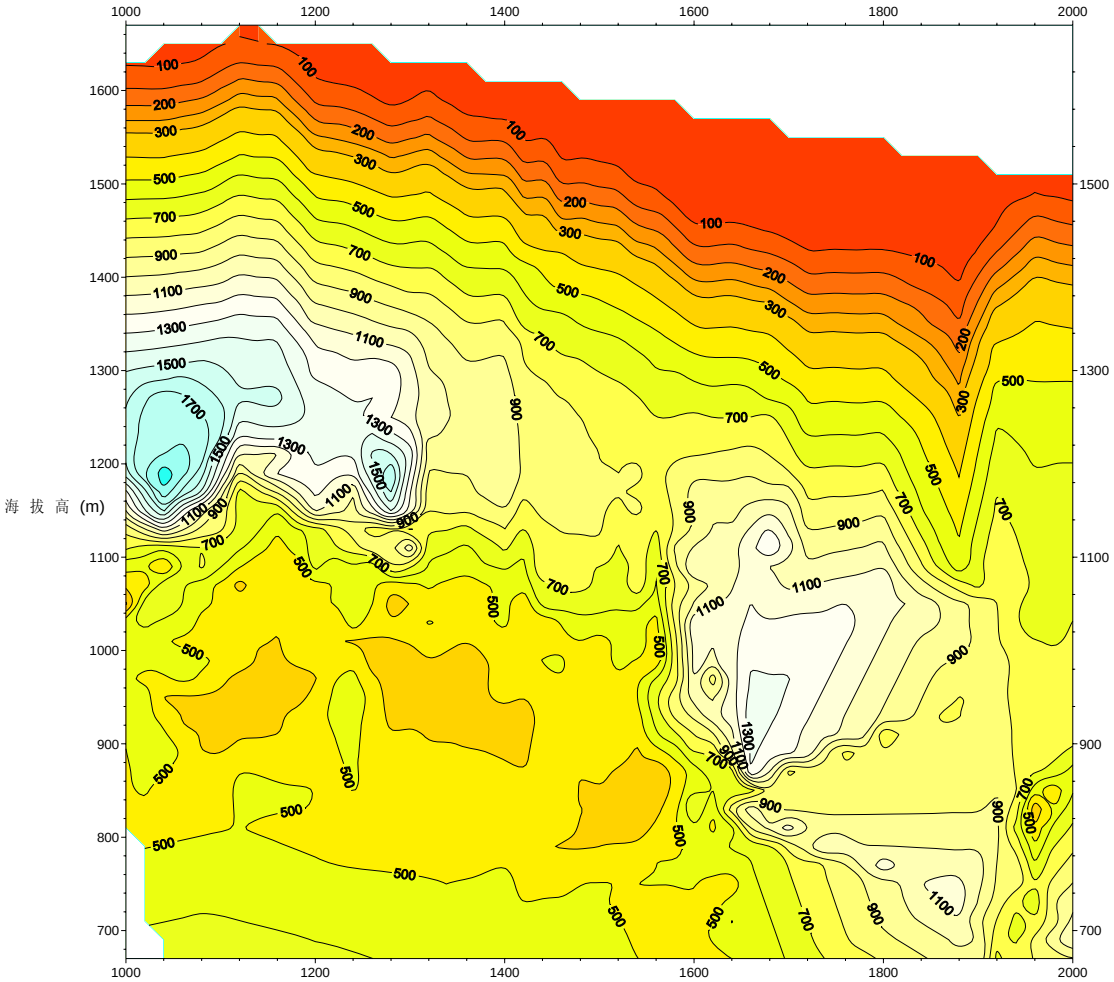


图 4-5 8 勘探线视深度电阻率断面图

20 勘探线:20 勘探线 DBZ/DB 分量断面图上（图 4-6），1600 和 1640 点从第 1～第 10 道，DBZ/DB 分量异常明显，并有向北东偏移的迹象，延伸较大,计算的深度约为 400 米,1400 点的中期道(8～15 道),DBZ/DB 分量异常宽缓，反映深部有低阻体存在，而 1200～1240 点的 7～9 道 DBZ/DB 分量幅值较小，范围窄。

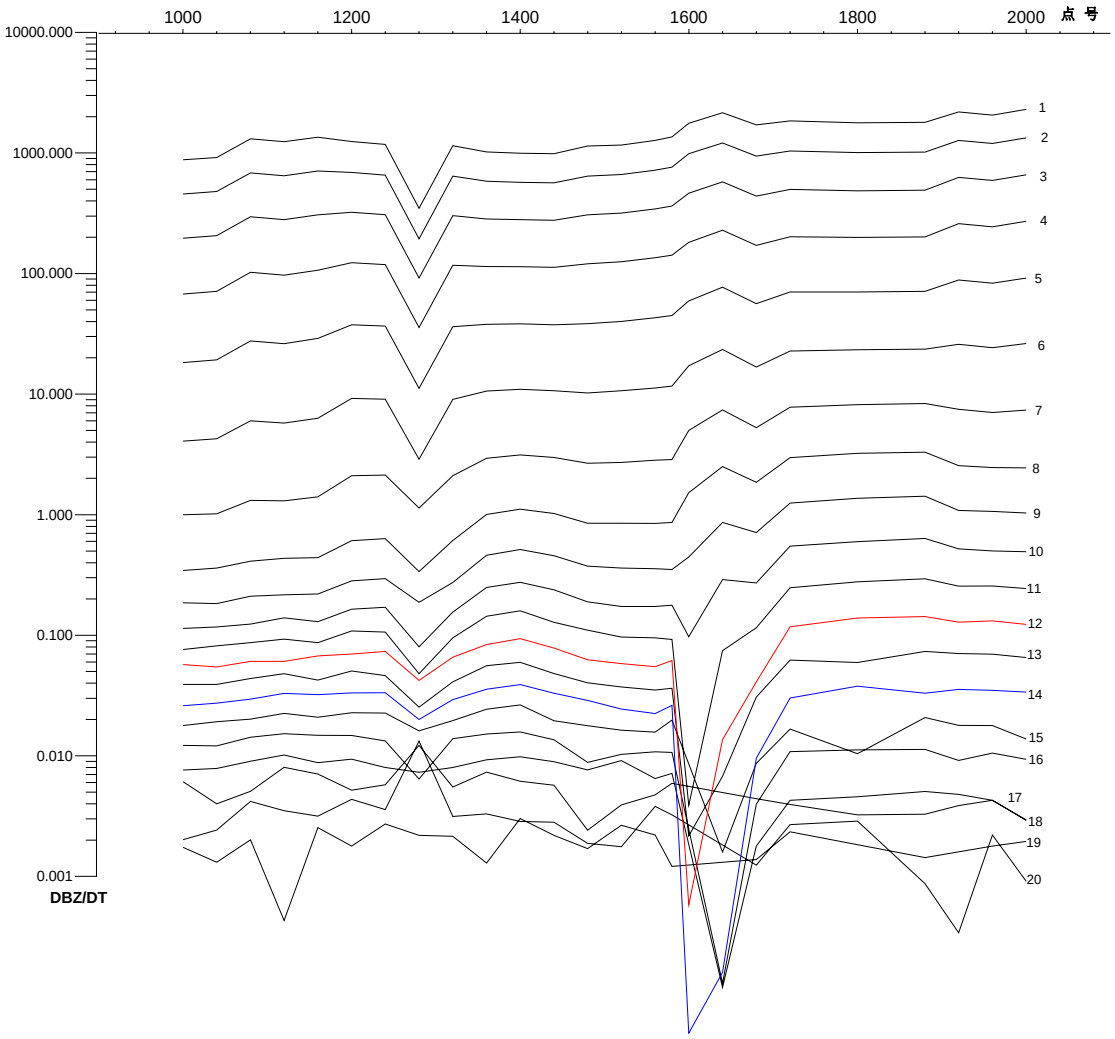


图 4-6　20 勘探线 DBZ/DT 分量断面图

7 勘控线：7 勘探线 DBZ/DB 分量断面图上（图 4-7），各测点早期道 DBZ/DB 分量平缓，仅在 8～15 道上 1400～1800 点之间，DBZ/DB 分量异常明显，拐点位置有向西南偏移的迹象，异常体有较大的埋深和延伸，该异常区内 DBZ/DT 分量变化不一，1440 点处表现为最为强烈，根据 DBZ/DT 分量拐点反映的低阻体宽度约为 120 米，而 1560～1640 点之间的电阻率相对较高。测区 TEM 第二道的 DBt/Dt 平面图，对应矿化带有明显的 TEM 响应异常，从第二道到第六道均有反映，但异常强度不大，符合斑岩型矿床的特征，TEM 响应异常在 8、20 线较为明显，28 线异常微弱，0 线以西基本不明显。

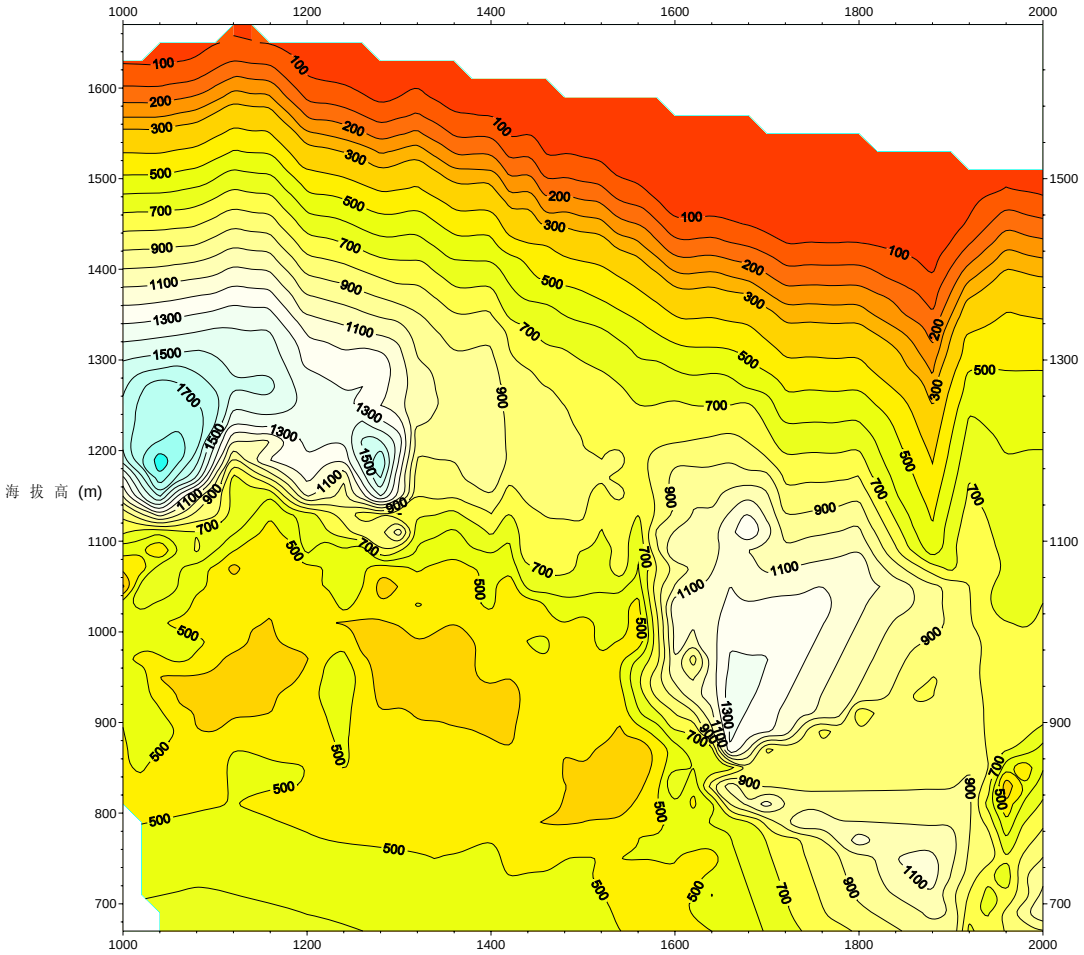


图 4-7　7 勘探线 DBZ/DT 分量断面图

4.2 矿区地球化学特征

对哈腊苏铜矿区I号矿化带及其北西一带进行了面积 5.64km^2 1/1 万岩石地球化学勘查，共取基岩样品 757 件，分析Cu、Au、Ag、Mo 、Pb、Zn、As、Sb、Bi 9 种元素。在矿区共圈出四个综合异常，主要特征如下：

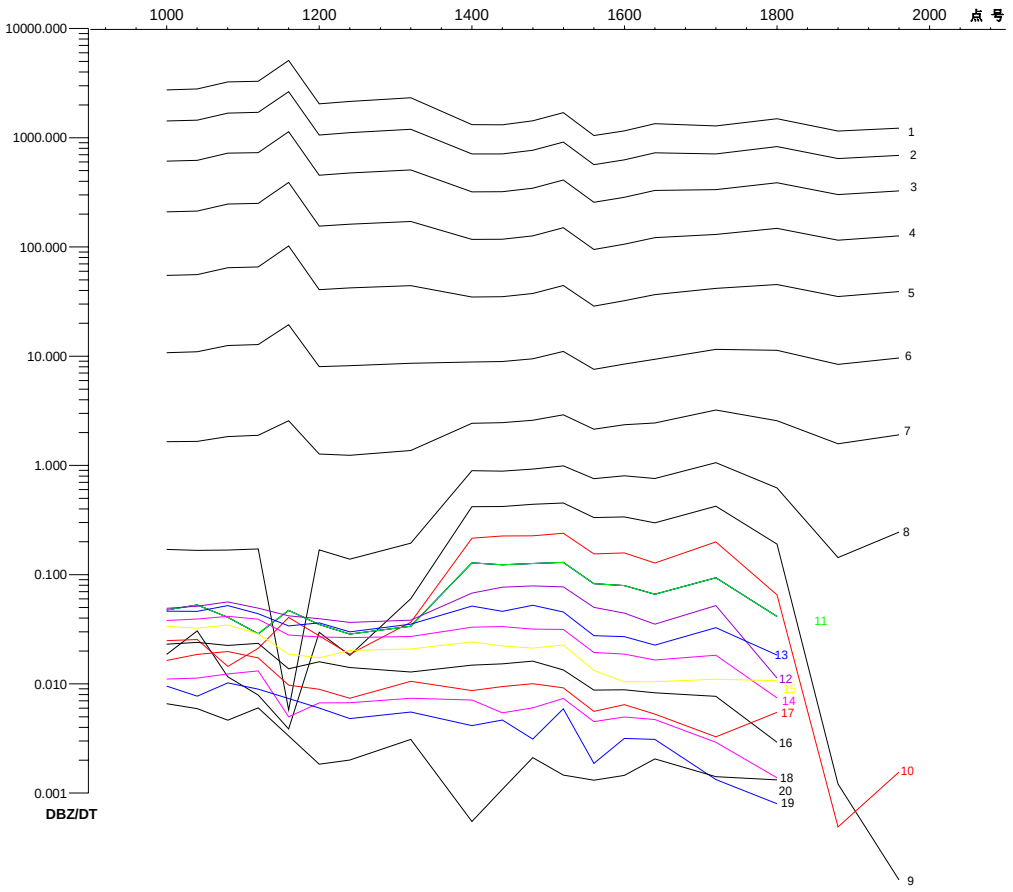


图 4-7 7 勘探线 DBZ/DT 分量断面图

1、Hy-3-甲 Au、Sb、Cu、Pb、Bi、Ag、Zn、As、Mo 综合异常：

该综合异常分布于 I 号矿化带 24 线至 55 线间，向南东未封闭。面积 1.30 平方千米，为一不规则似椭圆状异常。为Pb、Ag、Zn、Au、Sb、Cu、Bi、As、Mo等元素组成的综合异常，其中Au、Ag、Cu、Mo元素异常套合较好，峰值高，均有内、中、外三个带，Au异常峰值 196.18×10^{-9}，Ag异常峰值 1266.29×10^{-9}， Cu 异常峰值 3326.21×10^{-6}，Mo 异常峰值 12.50×10^{-6}。该综合异常与一号矿化带对应，其内孔雀石化、黄铜矿化、黄铁矿化、蓝铜矿化等矿化较为普遍，根据已有的工作成果，在该带内圈出了两个铜矿体。

2、Hy-2-乙 Cu、Ag、Au、Mo 综合异常

该综合异常分布于矿区北西玉勒肯哈腊苏一带，向北西未封闭。面积 0.525 平方千米，为一不规则长轴状异常。为Cu、Ag、Au、Mo等

元素组成的综合异常，Au、Ag、Cu、Mo元素异常套合较好，其中Au为两个异常，峰值分别为 24.79×10^{-9}、27.20×10^{-9}，Ag为两个异常，峰值分别为 139.43×10^{-9}、245.10×10^{-9}，Au、Ag两个异常浓集中心均只有外带。 Cu 异常峰值 4714.98×10^{-6}，具有外、中、内带。Mo 有三个异常，其中Mo_1具有外、中带，其余两个异常只有外带，峰值分别为 4.35×10^{-6}、2.35×10^{-6}、2.92×10^{-6}。该综合异常位于矿区北西玉勒肯哈腊苏一带，为一套侵入于中泥盆统北塔山组地层中的石英闪长岩，岩体内孔雀石化、黄铜矿化、黄铁矿化、黑云母化、钾化、硅化等矿化蚀变发育，显示具较好的找矿信息。根据单元素异常特征、元素组合特征以及地质矿化等特征显示该异常找矿前景好，为一矿致异常。

3、Hy-1-丙 Ag、As、Zn、 Sb 综合异常

该综合异常位于矿区北东角，向北西、北东均未封闭。面积 0.20 平方千米，为一不规则状异常。其中Ag、As元素异常套合较好，浓度分带具有外、中带，Ag异常峰值 217.36×10^{-9}，As异常峰值 30.51×10^{-6}，四种单元素异常均未封闭，有向北西、北东延伸的趋势。该综合异常区出露地层为中泥盆统北塔山组，为一套凝灰岩、凝灰质粉砂岩、玄武岩等，未见明显矿化信息，推测此异常可能与其西侧的石英闪长岩体有一定的关系。

4、Hy-4-丙 Sb、Ag、Zn、As 综合异常

该综合异常位于 I 号矿化带南西部边缘，向南西未封闭。面积 0.148 平方千米，为一似圆状异常。其中Sb、As元素异常套合较好，除As具有外、中浓度分带外，其它均只有外浓度带，且Ag、Zn向西端未封闭。As异常峰值 25.42×10^{-6}。该综合异常区出露地层为中泥盆统北塔山组，为一套安山岩、流纹质岩屑、晶屑凝灰岩、流纹斑岩等，片理发育，岩石具硅化、碳酸盐化、绿泥石化等，未见明显矿化，推测此异常可能与其北西侧的石英闪长岩体有一定的关系。

除 Pb 元素外，各元素的最大值和最小值之间均相差两个数量级以上，推测各元素的分析数据可能服从对数正态分布。因此也对各元素的分析数据进行正态分布和对数正态分布检验。Cu、Pb、Zn、

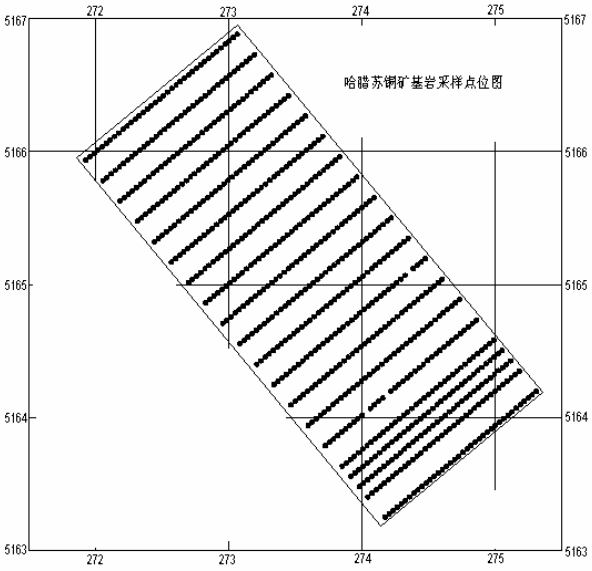
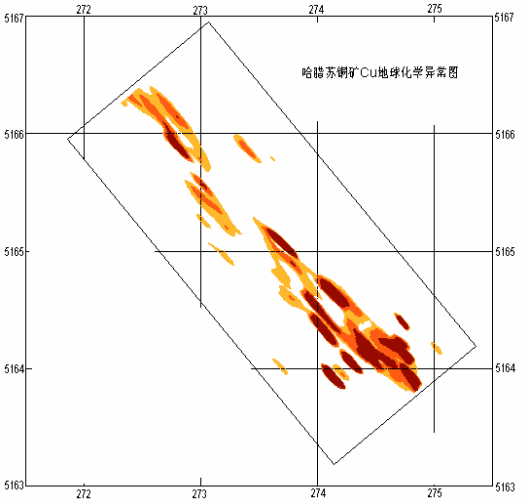
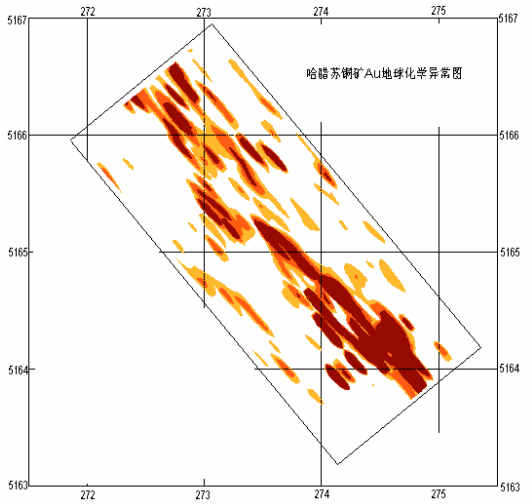
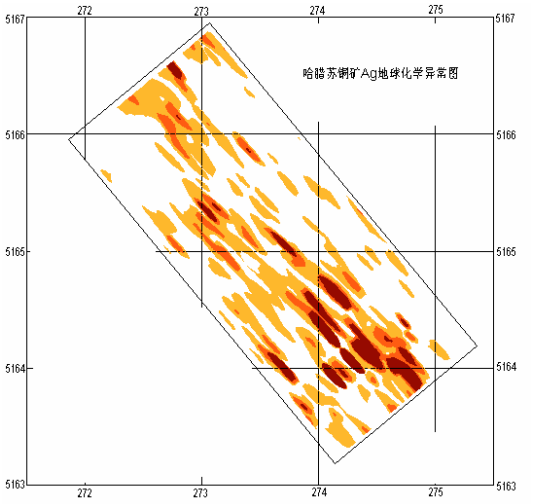


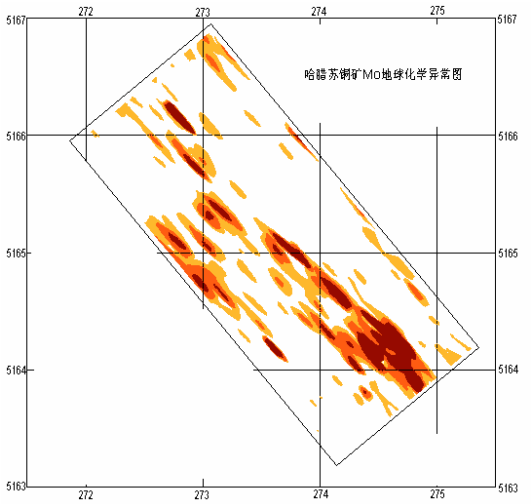
图 4-8　哈腊苏铜矿区 1/1 万化探采样点位图

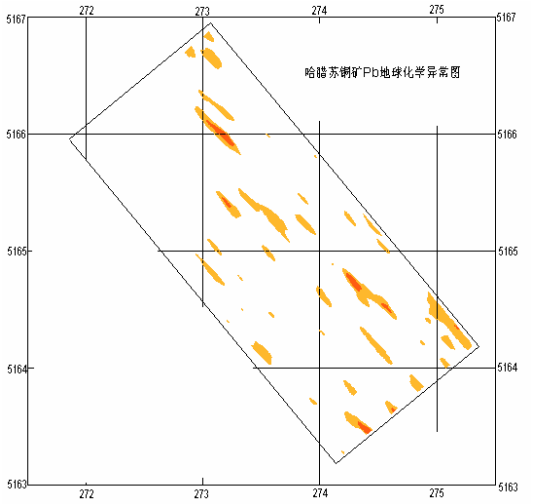
Sb 分析数据的斜方差均小于 1，基本服从对数正态分布；而 Au、Ag、Mo、As、Bi 分析数据相对偏离对数正态分布。

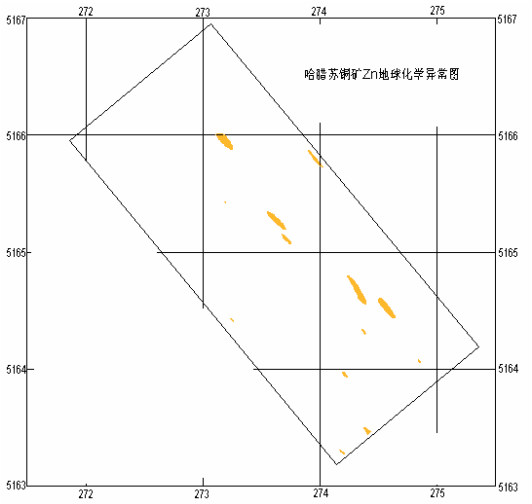


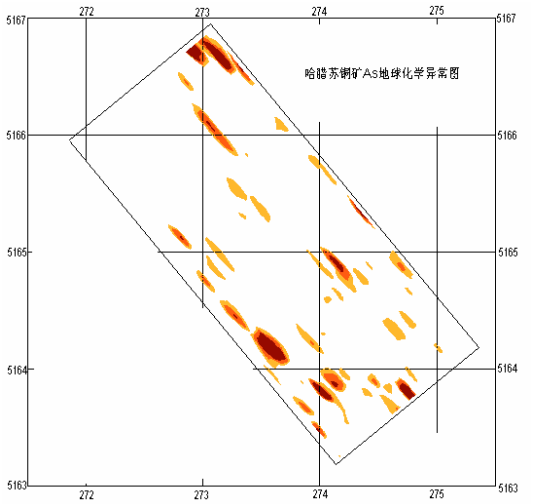


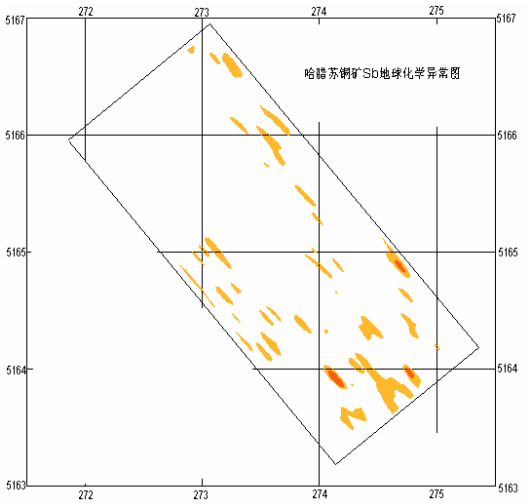

哈腊苏铜矿Ag地球化学异常图
272
273
274
275
5167
5166
5165
5164
5163


哈腊苏铜矿Mo地球化学异常图
272
273
274
275
5167
5166
5165
5164
5163


哈腊苏铜矿Pb地球化学异常图
272
273
274
275
5167
5166
5165
5164
5163


哈腊苏铜矿Zn地球化学异常图
272
273
274
275
5167
5166
5165
5164
5163


哈腊苏铜矿As地球化学异常图
272
273
274
275
5167
5166
5165
5164
5163


哈腊苏铜矿Sb地球化学异常图
272
273
274
275
5167
5166
5165
5164
5163

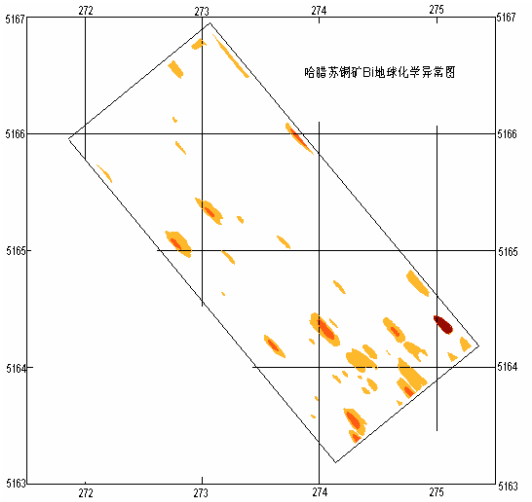


图 4-9　哈腊苏铜矿区元素地球化学异常图

从图 4-9 中可以看出，哈腊苏铜矿区 I 号矿化带基岩样品中 Cu 地球化学异常显著，可清晰划分出III级异常区域。整个异常区域呈北西-南东向带状展布，Cu 的第III级（强）异常主要分布在本次工作范围的东南部，这与矿区已探明铜矿的空间分布相吻合，表明该区基岩样品中的 Cu 元素含量是最直接的地球化学找矿指标。此外，Cu 元素地球化学异常与该区断裂构造展布十分相似，表明该区铜矿的形成与断裂构造关系密切。

与 Cu 元素异常分布范围和强度级别划分比较接近的有 Au、Ag、Mo 三种元素。Au、Ag、 Mo 三元素的异常特征与 Cu 元素的异常特征非常接近，异常面积较 Cu 元素的异常面积有所增大，尤其是第III级（强）异常的分布范围基本与 Cu 元素第III级（强）异常吻合。这表明 Au、Ag、Mo 三元素在该区可以作为铜矿的间接地球化学找矿指标。

Pb、Zn、As、Sb、Bi 五元素的地球化学异常分布与 Cu 元素异常分布差异较大，不仅异常面积较小，孤立分散，而且异常强度以 I－II 级（弱-中等）异常为主。尤其以 Zn 元素表现更为显著。除对比异常面积和强度外，如果将 Pb、As、Sb、Bi 四元素的异常分布位置与 Cu 元素的异常分布位置相比较，可以发现这四种元素的弱异常基本分布在 Cu 异常的外围，即空间上从中心的 Cu、Mo、Au、Ag 强异常到外围的

Pb、As、Sb、Bi 弱异常呈环带状分布。在矿区的东南部，这种空间环带状分布表现更为明显，符合铜矿床基岩原生晕分布特征；但在矿区的西北部，这种环带状分布仅在 Cu 异常的东北部出现，西南部原生晕缺失，这可能与该区构造控矿关系密切。因此可以认为，Pb、As、Sb、Bi 四元素在该区可以作为铜矿地球化学勘查的间接指示元素。对于 Zn 元素，由于其异常面积较小，异常的空间分布与 Cu 异常空间分布关系不明朗,但从内生矿床元素共生组合的角度来考虑,Zn 与 Pb 密切共生，因此也建议将 Zn 作为该区铜矿地球化学勘查的间接指示元素。

多元素综合异常：根据单元素地球化学异常图分析可知，Cu、Au、Ag、Mo 四元素是在该区进行斑岩型铜矿勘查的最主要的地球化学找矿指标，而 Pb、Zn、As、Sb、Bi 五元素成为该区斑岩型铜矿勘查的地球化学找矿指示元素。

对于斑岩型铜矿而言，其伴生有益元素一般为 Au 和 Mo 两种元素，即斑岩型铜金矿床和斑岩型铜钼矿床。哈腊苏铜矿已经查明该斑岩型铜矿床的有益伴生元素为金，因此 Au、Ag 两元素自然成为重要的地球化学找矿指标。由上述单元素异常分析可知，Mo 元素同样也是该区斑岩型铜矿床的重要地球化学找矿指标。

采用加权平均法将Cu、Au、Ag、Mo四元素进行归一化处理，获得归一化综合指标I_{Cu}。Cu、Au、Ag、Mo四元素的权重采用层次分析法计算获得。层次分析法计算中采用专家经验矩阵及计算获得权重。在进行加权平均归一化之前，首先将数据进行无量纲处理，将每一元素分析数据除以其最小值来进行无量纲化，各数据仍保持其原有的异常信息。

大多数斑岩型铜矿原生晕的基本规律表现为，从后尾晕至前缘晕分别为高温成矿元素Mo、Cu、Au（Ag）元素组合，中温成矿指示元素Zn、Pb元素组合和低温成矿指示元素As、Sb、Bi元素组合[9-15]。因此本

处将Pb、Zn两元素及As、Sb、Bi三元素分别采用等权平均法进行归一化处理，获得归一化综合指标I_{Pb}和I_{As}。归一化综合指标I_{Cu}、I_{Pb}和I_{As}的参数特征如图 4-10、图 4-11、图 4-12 所示。

对综合指标I_{Cu}、I_{Pb}、I_{As}进行分布检验（图 4-10、图 4-11、图 4-12）可知各综合指标基本服从对数正态分布，因此在确定各指标的异常下

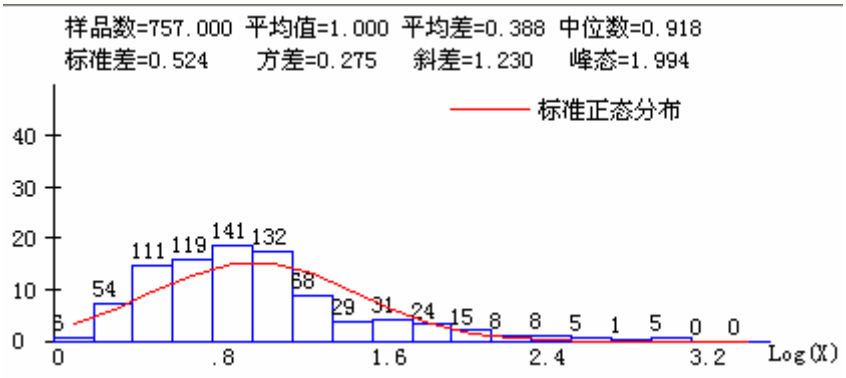


图 4-10　I_{Cu}（取对数）分布类型特征参数

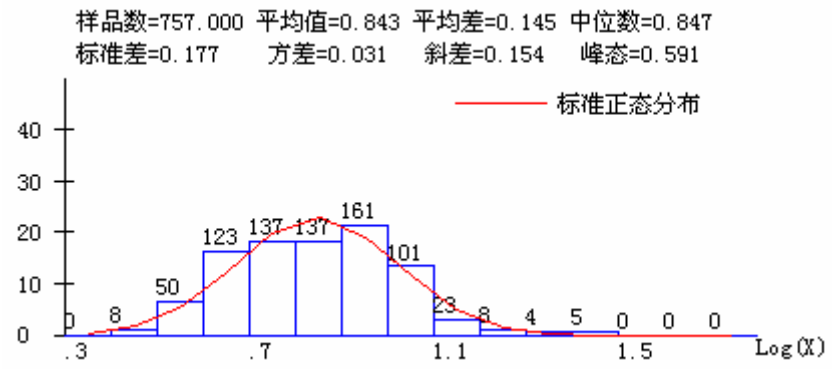


图 4-11　I_{Pb}（取对数）分布类型特征参数

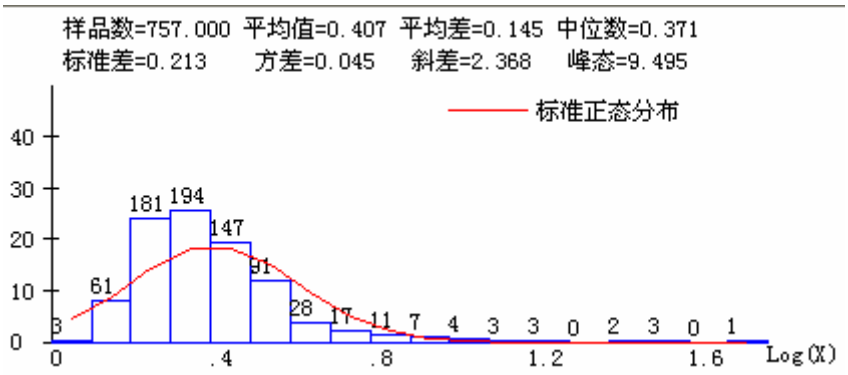


图 4-12　I_{As}（取对数）分布类型特征参数

限时，首先将各元素分析数据取对数，利用平均值加 2 倍标准差（$\bar{C}+2\sigma$）

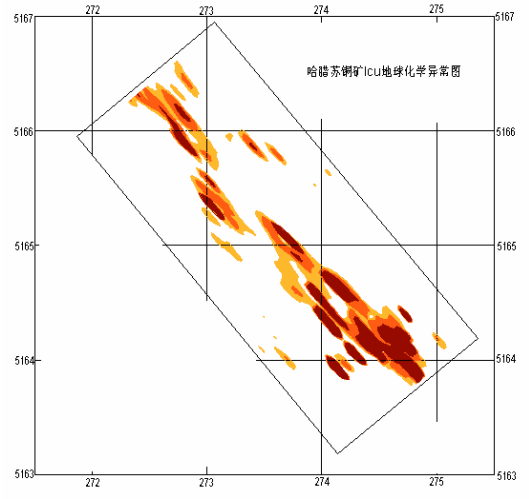
来剔除异常数据，然后利用剔除后数据的平均值（ $\bar{C}$）加 2 倍标准差（σ）来确定元素的异常下限（$C_a = \bar{C} + 2\sigma$，将取对数的异常下限换算到元素的原始分析数值)。同时根据综合指标的异常含量值，将异常区划分为三个浓度级， Ⅰ级（弱）异常指标取值范围为[C_a，$2C_a$)， Ⅱ级（中等）异常的指标取值范围为[$2C_a$，$4C_a$)，Ⅲ级（强）异常的指标取值范围为[$4C_a$，$+\infty$)。

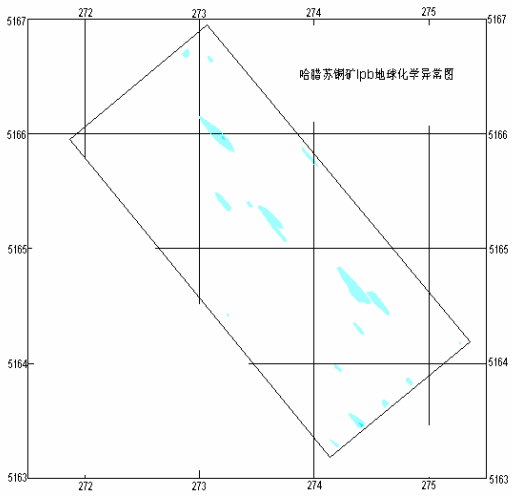
将各综合指标的 $4C_a$值与其最大值对比可以看出，I_{Pb}的最大值为 31.3，低于 $4C_a$值 55.6，因此综合指标I_{Pb}基本没有第Ⅲ级（强）异常。各综合指标的地球化学异常图制作采用离散数据等值线法绘制，如图 4-13 所示。其主要特点如下：

（1）哈腊苏铜矿Ⅰ号矿化带综合指标I_{Cu}异常显著，异常面积与强度均较大，而且与该区铜矿床位置相吻合，因此I_{Cu}是该区寻找斑岩型铜矿床的重要地球化学指标。

（2）综合指标I_{Pb}异常不发育，异常面积较小且强度较弱。I_{Pb}对该区斑岩型铜矿床的产出位置基本没有指示作用。

（3）综合指标I_{As}异常显著，虽然异常强度较大，但异常面积相对较小而且比较分散。I_{As}对该区斑岩型铜矿床的产出位置基本也没有指示作用。





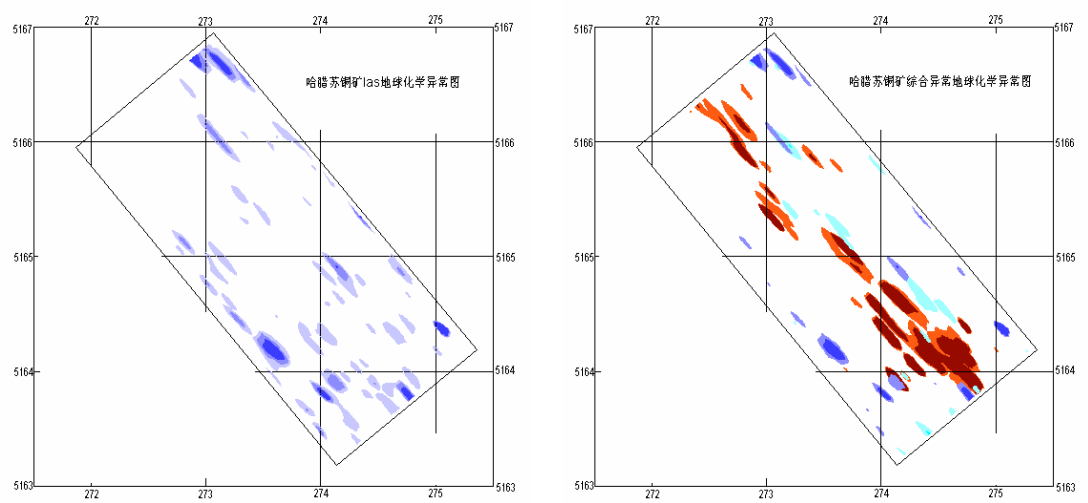


图 4-13 综合指标地球化学异常图

将I_{Cu}的Ⅱ、Ⅲ级异常和I_{Pb}的Ⅰ、Ⅱ级异常以及I_{As}的Ⅱ、Ⅲ级异常从空间上进行叠加，即获得图 4-13 中的“哈腊苏铜矿综合指标地球化学异常图”，从该图可以看出，I_{Pb}和I_{As}异常基本分布在I_{Cu}异常的外围，基本符合斑岩型铜矿床的原生晕分布特征，但在水平方向上不具备对称环状分布，这可能是由于该区构造裂隙控制成矿所致。

（4）综合指标I_{Pb}和I_{As}异常单独对于指示斑岩型铜矿床的产出位置基本没有指示作用，但与I_{Cu}指标相组合时将对该区斑岩型铜矿床的产出位置具有较好的指示作用，因此在该区可成为重要的间接地球化学找矿指标。

综上所述，可以得出如下结论：哈腊苏铜矿区基岩样品中的Cu含量是寻找斑岩型铜矿床的最直接的地球化学找矿指标。而Au、Ag、 Mo可以作为铜矿的间接地球化学找矿指标；哈腊苏铜矿区基岩样品中Pb、Zn、As、Sb、Bi可以作为铜矿地球化学勘查的间接指示元素。综合指标I_{Cu}是哈腊苏类似景观区寻找斑岩型铜矿床的重要地球化学指标，而综合指标I_{Pb}和I_{As}异常单独对于指示斑岩型铜矿床的产出位置基本没有指示作用，但与I_{Cu}指标相组合时可成为重要的间接地球化学找矿指标。

5 矿床成因及找矿标志

5.1 成岩成矿年龄

哈拉苏矿化斑岩体中锆石的 SHRIMP 测年结果表明，矿区存在海西和印支两期成岩成矿作用（图 5-1、5-2）。强烈钾化岩石中钾长石的 Ar-Ar 法测年为印支期（图 5-3）。

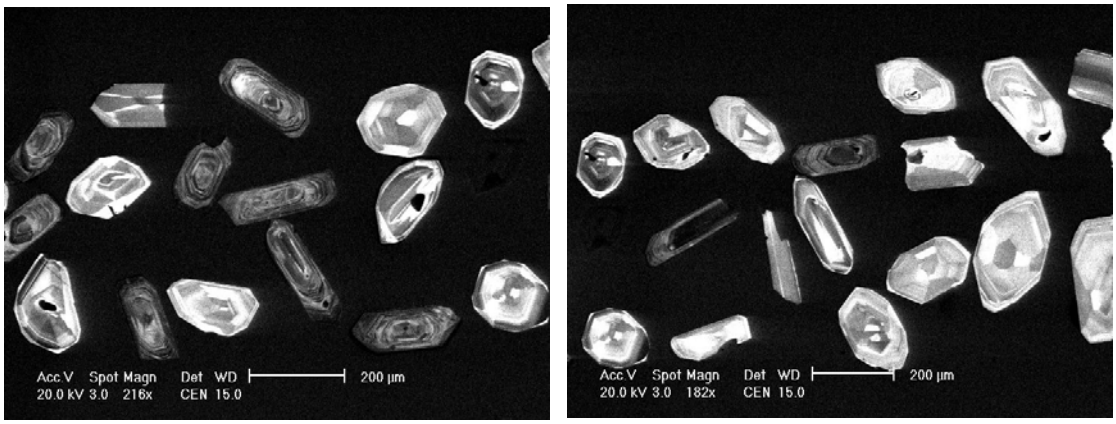


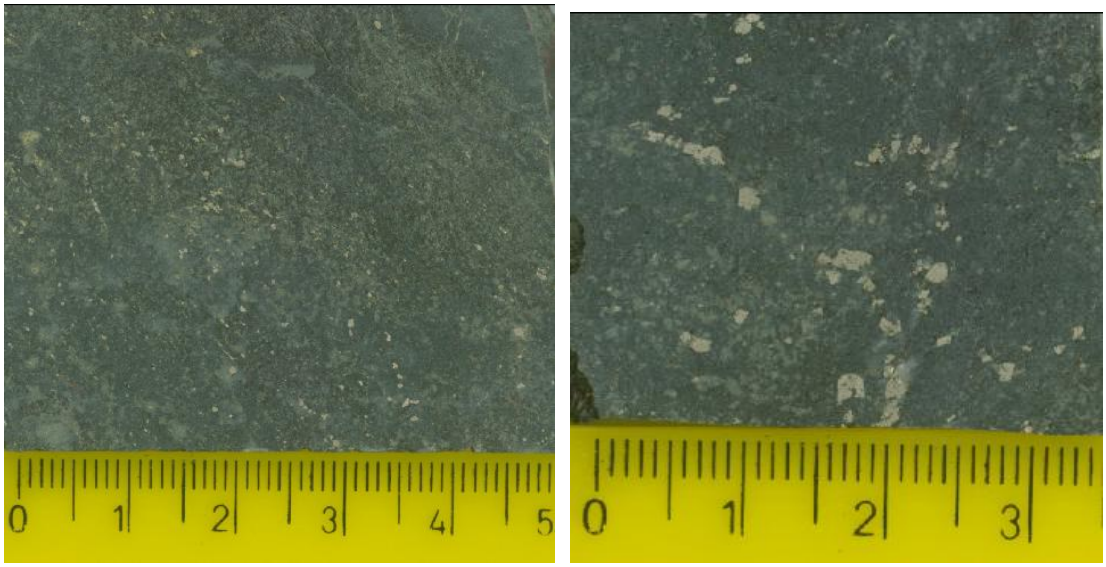
图 5-1 SHRIMP 测年锆石明显有两类：短柱状和长柱状



照片 1　弱钾化花岗闪长岩中的浸染状黄铁矿、黄铜矿化



照片 2　钾化花岗闪长岩中浸染状黄铁矿、黄铜矿矿化



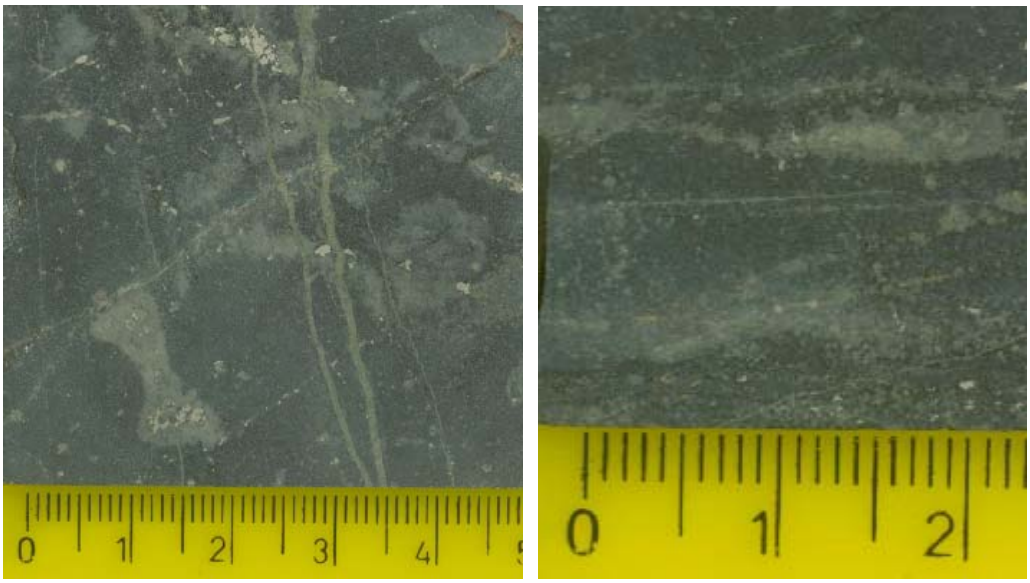
照片 3　玄武岩和安山玄武岩中的浸染状黄铜矿、黄铁矿



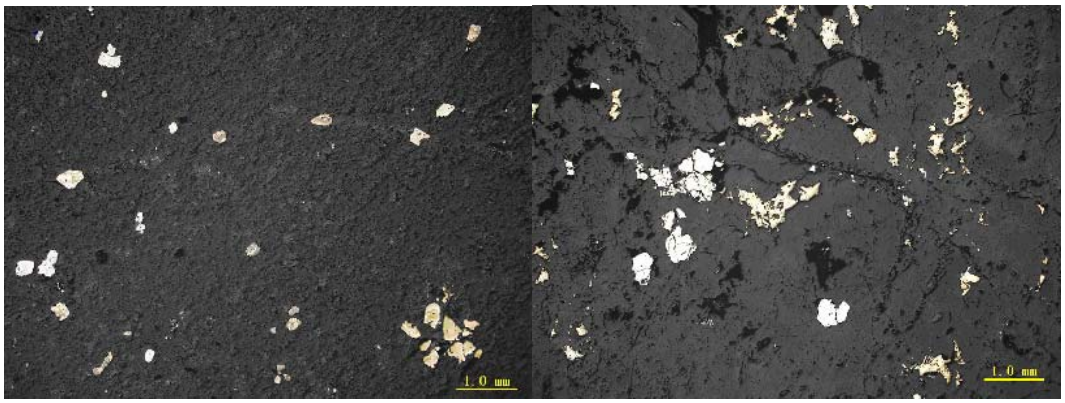
照片 4　被矿化石英脉穿入的浸染状矿化



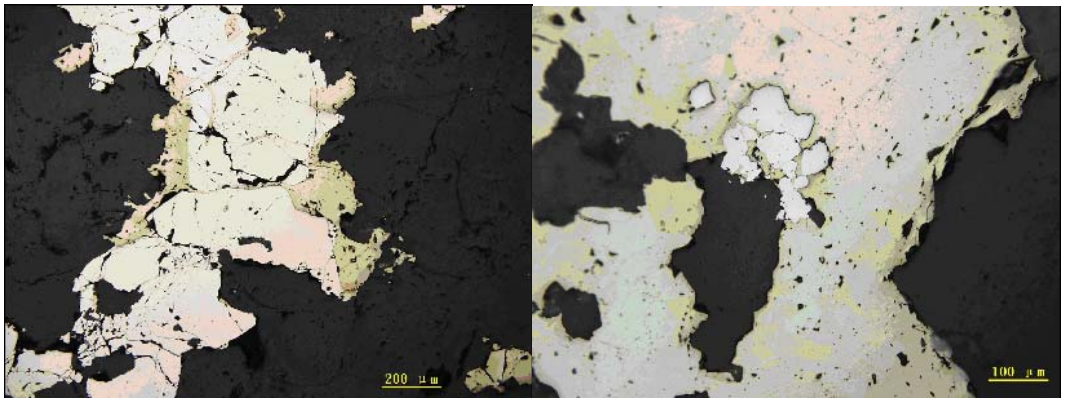
照片 5　被石英脉、辉钼矿脉穿入的强钾化矿化岩石



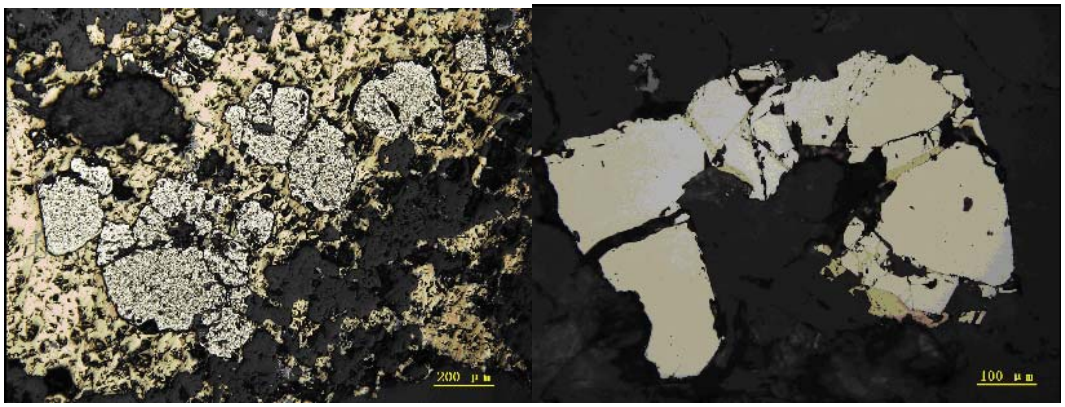
照片 6　被黄铁矿、黄铜矿、石英等脉体穿入的矿化玄武岩



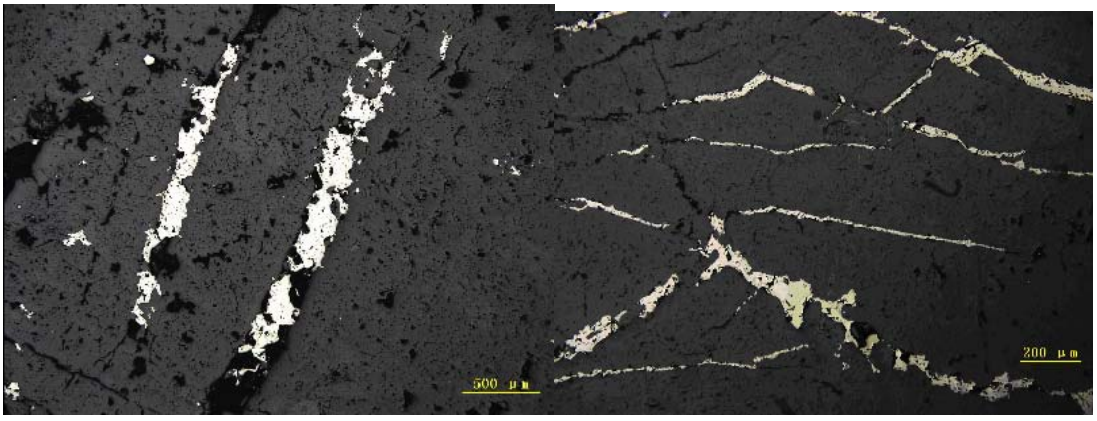
照片 7　黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿、少量辉钼矿等的浸染状矿化



照片 8　黄铁矿被黄铜矿交代、穿插



照片 9　黄铁矿被黄铜矿交代、穿插



照片 10　脉状产出的黄铜矿和黄铁矿

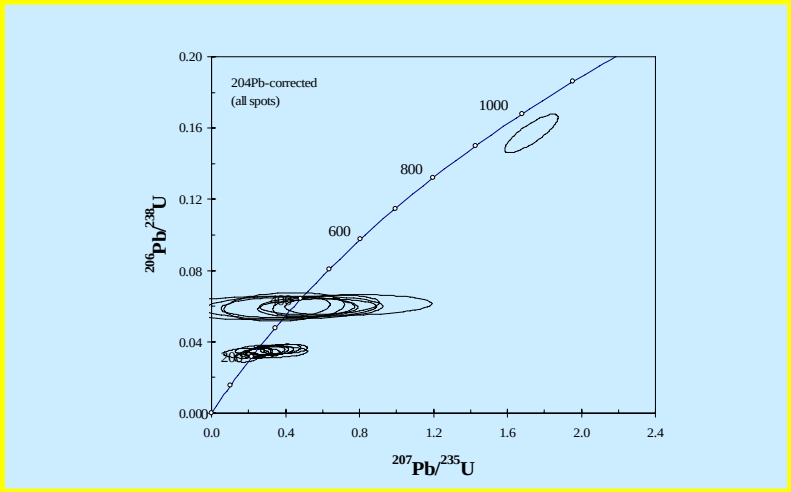


图 5-2　哈拉苏矿化斑岩 SHRIMP 测年

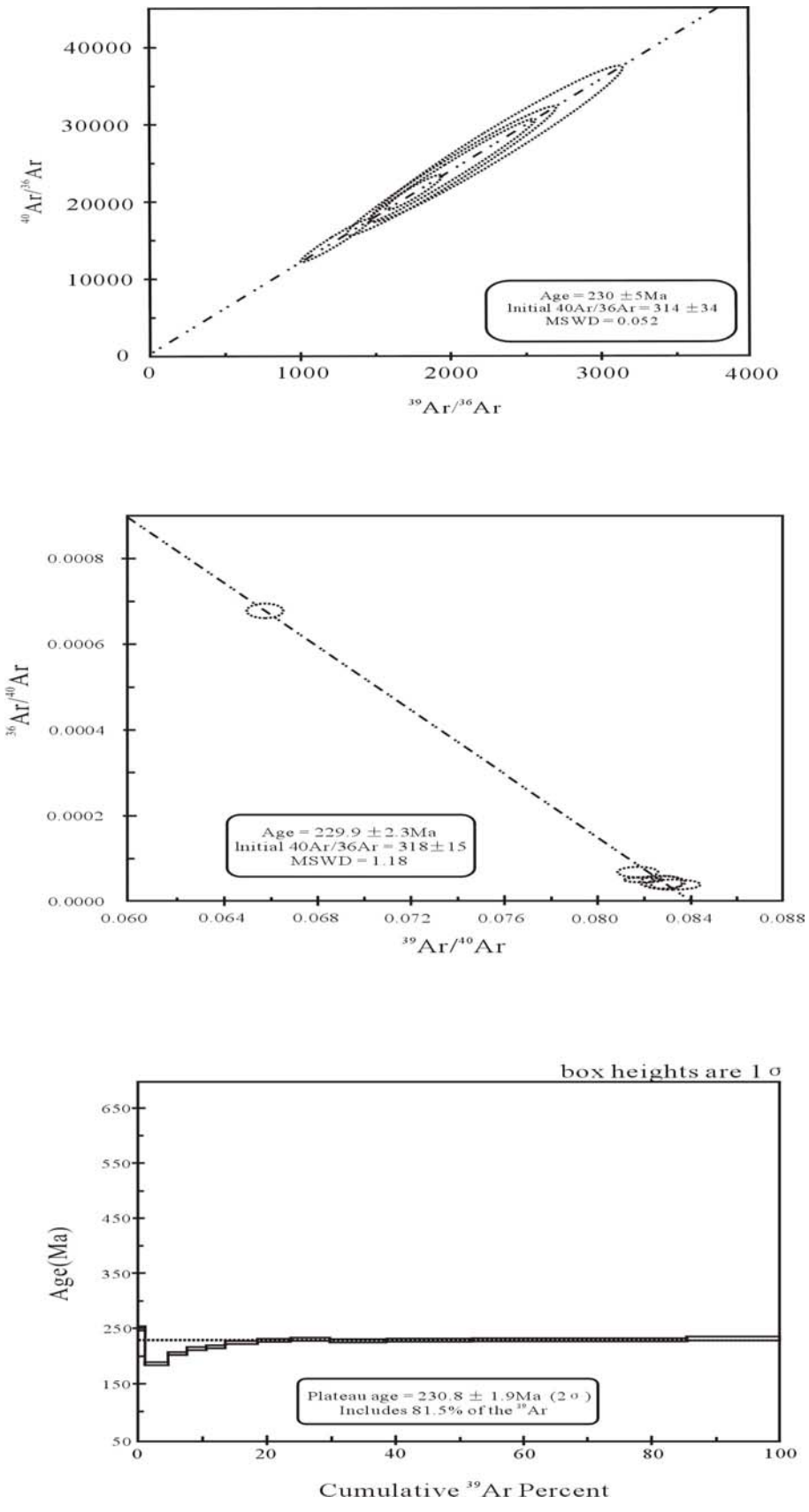


图 5-3 哈拉苏强钾化岩石中钾长石的 Ar-Ar 测年

哈腊苏铜矿床明显受花岗闪长斑岩控制，斑岩的 SHRIMP U-Pb 锆石年龄为 380.8±5.7Ma，Rb-Sr 等时线年龄为 332.8±8.5Ma。由于斑岩体已经发生强烈蚀变，显然 Rb-Sr 系统受到了扰动。初步分析认为，含矿斑岩 SHRIMP U-Pb 锆石年龄可能反映了斑岩体的形成时代，而 Rb-Sr 等时线年龄则可能代表了其成矿时代。

5.2 矿床成因及找矿标志

5.2.1 矿床成因简述

矿区黄铁矿（Py）和黄铜矿（Cp）的硫同位素组成见(图 5-4)，$\delta^{34}S$（‰）变化范围较小，为-6.5～-1.6，平均为-3.5，其中 14 个黄铜矿的 $\delta^{34}S$（‰）为-6.5～-2.2，平均为-3.8，13 个黄铁矿样品的 $\delta^{34}S$（‰）为-4.7～-1.6，平均为-2.9，说明 $\delta^{34}S_{Py} > \delta^{34}S_{Cp}$，表明硫同位素达到平衡。S同位素组成基本上呈塔式分布，其峰值在-3～-4 之间，表明富集轻硫同位素，同时也展示了岩浆硫的特点。

由共生的黄铁矿-黄铜矿的硫同位素组成可以计算出其平衡温度（T）：$T=(0.67\pm0.04)\times10^3/\triangle_{Py-Cp}^{1/2}$ [8]。通过对其中 3 对黄铁矿-黄铜矿组合进行了计算，得出其平衡温度为 420～560℃，基本上代表了斑岩期形成的温度。

矿石中H、O同位素分析表明 $\delta^{18}O$（‰）=10.4～12.2，δD（‰）=-80～-89。根据同位素平衡原理，石英-水的方程为：$\triangle=2.71\sim3.57\times10^6/T^2$ [9]，由此可以计算出与石英平衡的水的 $\delta^{18}O_w$（‰）为 7.4～9.2，完全落在原生岩浆水的范围。其 δD值为－89～－80‰，因此其成矿流体中的水来自于岩浆水（图 5-5）。

矿区黄铁矿铅同位素分析结果显示的其变化较大，$^{206}Pb/^{204}Pb$为 18.052～19.362，平均为 18.4575；$^{207}Pb/^{204}Pb$为 15.501～15.606，平均为 15.5487；$^{208}Pb/^{204}Pb$为 37.813～39.355，平均为 38.3496。

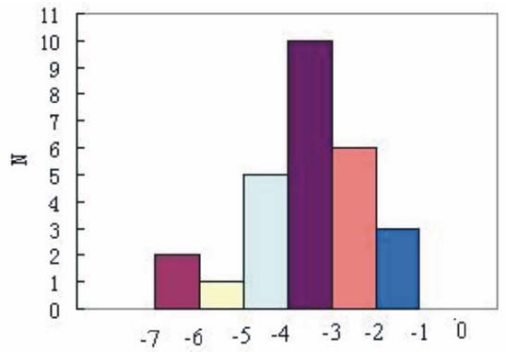


图 5-4 矿石中的硫同位素组成

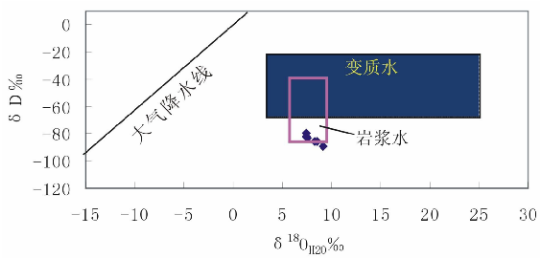


图 5-5 哈腊苏铜矿床成矿流体的 H、O 同位素组成

在铅同位素构造图上（图 5-6），所有投影点均落在地幔铅和造山带铅之间，并且呈近线性分布，说明矿石中的铅有两种来源。通常造山带铅可以解释成地幔和地壳铅的混合；另外，喀拉通克岩体的铅同位素组成与哈腊苏矿石的铅同位素具有一定的相似性，尤其是靠近地幔增长线的那一部分。所以由此分析，哈腊苏铜矿的铅来自两部分，一是地幔，二是地壳铅。

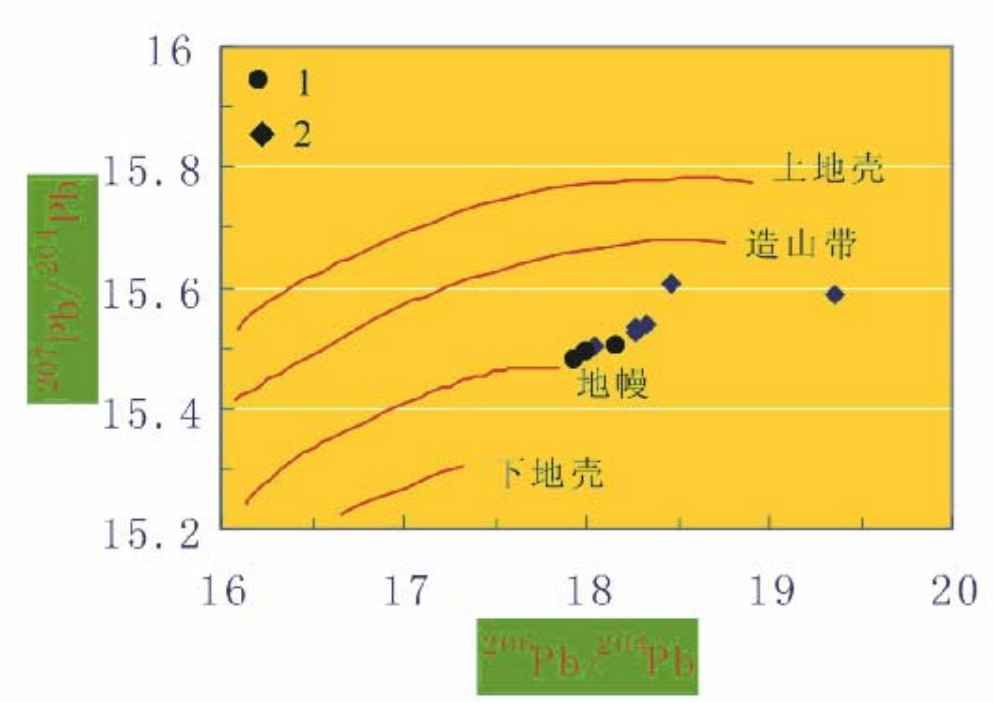


图 5-6 铅同位素组成 （1-喀拉通克；2-哈腊苏）

根据矿物组合以及相互之间的穿插关系，成矿作用可以划分为 3 个期：斑岩期、热液期和表生期。其中斑岩期可以划分为 2 个成矿

阶段，即早期的磁铁矿阶段和主成矿期的黄铜矿-黄铁矿-钾长石阶段。两个阶段的金属矿物均以浸染状为特征，钾长石则呈面型分布，黄铁矿分布最为普遍，第一阶段呈自形-半自形晶粒，含量 1～5%，最高达 40%，呈浸染状分布于岩石中或绿帘石脉之中，第二阶段呈它形或它形-半自形粒状，或稠密浸染状分布于岩石中。在后一阶段，有少量辉钼矿形成，在空间上往往分布于斑岩体的下部，在时间上略早于黄铜矿。多呈自形片状伴随黄铜矿分布于绿帘石脉之中，有时则围绕黄铁矿分布或充填在黄铁矿裂隙中，在镜下可见辉钼矿被黄铜矿所包裹。黑云母也在此阶段形成，以鲜艳的绿色区别于岩浆阶段的棕红色黑云母，但在时间上要略早于钾长石。另外，此阶段还形成了绢云母和石英，它们形成于钾长石之后。热液期以发育石英-硫化物脉的密切发育为特征，叠加于钾长石化花岗闪长斑岩之上，在空间上往往发育斑岩体的深部位置。与斑岩期浸染状矿化不同的是，黄铜矿和黄铁矿等金属硫化物呈团块状。另外，镜铁矿也形成于该期，但镜铁矿形成相对较晚。表生期，黄铁矿氧化成褐铁矿，黄铜矿氧化成孔雀石和蓝铜矿，长石发生高岭土化。

斑岩体内石英中的流体包裹体H和O同位素特征指示了成矿流体来自于岩浆，说明成矿流体直接来自于岩浆作用晚期分异出的流体。但是其 S 同位素值均偏离了陨石硫，显示出富集轻硫同位素特征，反映部分成矿物质来自于海相沉积地层。区内北塔山组火山岩形成于岛弧环境，Cu 元素平均含量是同类岩石平均含量的 1.72～3.30 倍，区域上铜矿（化）点分布众多，其中多数矿点内没有斑岩体存在，矿化受断裂破碎带、构造裂隙带控制，为热液成矿作用的产物。据此推断哈腊苏铜矿成矿物质早期来自岩浆活动分异出的流体，矿化较弱，金属矿物呈浸染状、细脉浸染状分布；后期热液叠加阶段，成矿物质来自于北塔山组中基性火山岩，金属矿物呈网脉状分布。

哈腊苏铜矿完全受产于岛弧环境的花岗斑岩体控制，与环太平洋的斑岩铜矿带的构造背景一致。根据区域地质背景结合同位素年龄等资料对本矿床的成矿过程推测如下：华力西中期，大洋板块的俯冲作用在卡拉先格尔一带形成北西向的岛弧，俯冲带亏损地幔熔融形成的中基性岩浆喷发形成了巨厚的中基性火山岩。在俯冲作用过程中，大洋板块发生熔融形成了类似埃达克质的花岗闪长斑岩，在岩浆上侵过程中，挥发性组分富集程度愈来愈高，当其超过饱和点时，具有很大活动性的挥发组分从残余岩浆中分馏出来，从而引起广泛的黑云母化、钾长石化蚀变。同时由于成矿流体氧逸度条件较高，此时只形成磁铁矿，而岩浆中的Cu不与S形成硫化物发生沉淀而在早期发生分散；随着温度的降低，成矿流体酸性程度逐渐增高，热液中的S以S^{2-}的形式存在，与成矿流体中的金属离子结合生成金属硫化物而发生沉淀，形成了早期的斑岩铜矿化（浸染状或细脉浸染状矿化）。当成矿热流体从岩浆中释放出来时，产生了很大的机械能，导致斑岩体和围岩中网状裂隙发育。华力西晚期，本区又发生了一次规模较大的热液矿化作用，斑岩体及其围岩中的网状裂隙为上升的热流体与地下水对流循环提供了有利的构造空间，铜等金属离子从中基性围岩中活化迁移，随着物理化学条件的改变便沉淀富集在网状裂隙中。热液矿化期由于矿体主要由构造控制，因而矿化是不均匀的，同时蚀变类型也发生了变化，主要为硅化和绢云母化。

根据以上结论，确定矿床成因应属中、低温热液矿床。矿床的工业类型属斑岩型铜矿。

5.2.2 矿化富集规律及找矿标志

1、矿化与岩体：矿区的斑岩体，经镜下鉴定长石矿物是属钠更长石，呈似斑状结构。岩体与围岩接触处的围岩一侧少见蚀变边，故岩体属中性与火山岩有关的浅成侵入岩。岩体上部为不规则脉群，地

表岩体出露面积均在一平方千米以下。综合分析，岩体向下有合拢趋势，推断下部可能为不规则岩株。

岩体的展布方向，受北西 330°～340°压扭性断裂方向的控制。岩体本身出现不同程度的钾长石化、硅化、少量黄铁矿化、绢云母化、黑云母化、黄铜矿化。局部钾长石化较强，并与硅化紧密共生，颜色微红，说明剥蚀较深。

矿（化）体多赋存于岩体内，接触带内或邻近岩体的围岩裂隙带中。说明矿体与斑岩体在空间上有一定联系。

岩体中铜、钼等成矿元素含量偏高，一般高于维氏值的数十倍，铜的含量在岩体与近矿围岩中均很高，这种差异说明成矿溶液中的铜、钼主要来源于闪长斑岩，而部分铜也来源于围岩。

综上所述，矿化在时间上、空间上、成因上与斑岩体有关。

2、矿化与构造：矿区各矿化带平面展布上受北西 330°～340°方向构造形迹严格控制。北西方向构造形迹不仅控制了矿体的分布，而且也控制了与成矿有关的闪长斑岩体，中基性火山岩群的展布和形态，反映了它们生成上的内在联系。

本区主要矿体多赋存于岩体及围岩裂隙带中。该裂隙带为北西 330°～340°断裂较低级次的构造，其表现为：（1）平行于主干断裂的小断裂，矿体或矿化体位于小断裂附近及其末端消失部位；（2）裂隙带内石英脉、碳酸盐脉发育；（3）岩石呈碎裂结构或破碎，糜棱岩化，强片理化（向深部片理化变弱或消失）；（4）绿帘石、黑云母、石英团粒或细脉断续发育。

从微观上看，黄铜矿呈细脉浸染状或浸染状沿岩石裂隙分布。这些事实说明较低级序次的构造裂隙给金属硫化物造成良好的储矿场所。

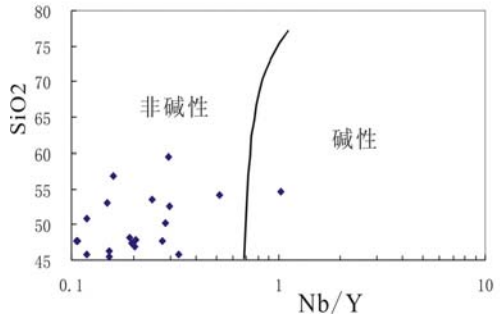
3、矿化与围岩：矿区含矿岩石及近矿围岩，除闪长斑岩外主要

为安山岩与玄武岩。两者矿物主要为钠长石，绿帘石，黑云母等。玄武岩中富含辉石和角闪石。本类岩石常具变余斑状结构。从野外观察可见两者呈渐变过渡关系，初步认为两者可能是分异形成的。

本区矿化虽不受围岩岩性的严格控制，但具有一定选择性，矿体围岩多为玄武岩类。

4、矿化与围岩蚀变：据镜下研究结果，矿区蚀变矿物高达 50%以上，分布普遍。岩石的蚀变矿物类型明显受岩性控制，而蚀变强度则与围岩构造破坏，岩石破碎程度有关。围岩蚀变略具分带性，矿化中心即蚀变分带中心。初步将围岩蚀变分为三个带，即强黑云母化带、弱黑云母化带、青盘岩化带。局部尚有钾长石化，黄铁矿石英绢云母化。矿化主要富集于强黑云母化带中，或强弱黑云母化带之间。

北塔山组地层形成于洋岛环境，说明矿带晚古生代具有斑岩型矿化的良好条件。通过对北塔山组火山岩的地球化学分析，证明该组地层的火山岩属于拉斑玄武岩系列和钙碱性玄武岩系列（图 5-7，5-8），其高场强元素 MORB 标准化模式基本上与 MORB 相似，而大离子亲石元素具有相对富集的特点（图 5-9），说明其具有大洋岛弧火山岩的特点，并且其地球化学构造环境判别图上也落在岛弧区域（图 5-10）。



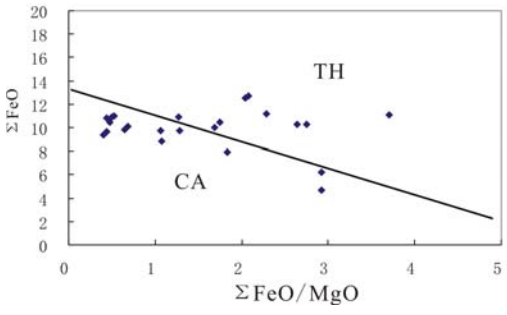


图 5-7 北塔山组火山岩Nb/Y对SiO_2图解　　图 5-8 北塔山组火山岩ΣFeO/MgO对ΣFeO图解

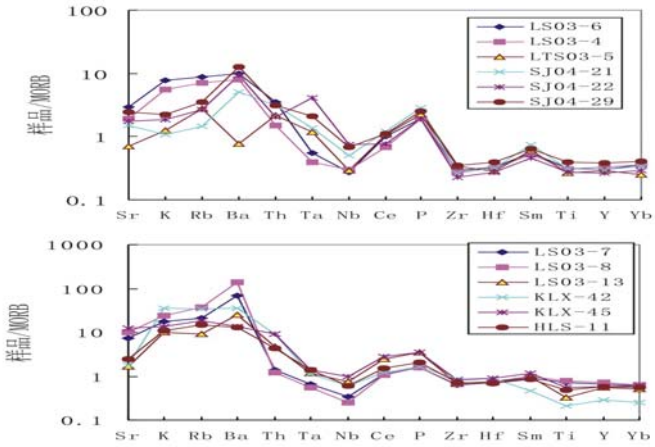


图 5-9 北塔山组火山岩微量元素 MORB 标准化图解
上图为苦橄岩和富辉橄玄岩；下图为玄武岩和安山岩

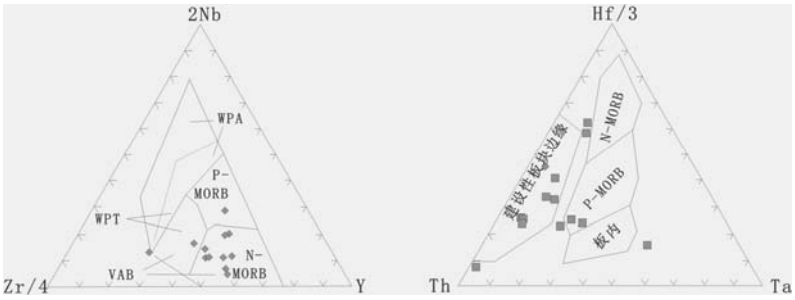


图 5-10 北塔山组基性火山岩的 2Nb-Zr/4-Y (a)和 Hf/3-Th-Ta (b)构造环境判别图

另外，因为北塔山组火山岩不存在碱性系列火山岩，所以属于岛弧演化的早期阶段，同时因为其具有厚大的苦橄岩，所以我们认为其构造背景为岛弧早期演化过程中的局部拉张阶段。

北塔山组地层中的基性火山岩含矿性好。在研究区，铜矿点广泛分布于泥盆纪地层中，尤其是中泥盆世北塔山组地层中，但总体上是只见星星不见月亮。除了西部的索尔库都克铜矿属于中型矿床外，其他均没有成型矿床。但是在北塔山组地层中，局部存在有较富的矿体，特别是在构造破碎带附近。野外观察表明，这些小矿点主要产于北塔山组的玄武岩（包括辉斑玄武岩）中，而在其中的沉积岩、安山岩和第一岩性段的苦橄岩中则没有出现，由此说明铜的成矿对岩性具有选

择性。本次工作尽管没有对各时代的火山岩以及不同岩性的火山岩进行系统的铜的分析测试，但从收集到的有限几个数据还是表明了中泥盆统北塔山组玄武岩铜的含量较高：玄武岩的Cu含量为 95－125ppm[10][11]，为地壳克拉克值的 4 倍左右，苦橄岩为 9－56ppm，安山岩约 20ppm，大致和地壳克拉克值相当。所以这些数据很明显的表明为什么铜矿体产于基性火山岩中就不奇怪了。由此也可以进一步推测，北塔山组基性火山岩为本区铜的成矿提供了物质基础，因为基性火山岩中的铜是容易在后期热液的作用下被活化释放到流体中。我们对哈腊苏斑岩铜矿的稳定同位素分析结果表明，有部分成矿物质来源来自于其围岩，即北塔山组地层，并且无论是哈腊苏还是卡拉先格尔斑岩的围岩均为基性火山岩，所以也可以说，基性火山岩也为斑岩铜矿的形成提供了物质基础。另外对江孜尔库都克组火山岩和中石炭世巴塔玛依内山组火山岩的铜的分析结果表明，无论是基性火山岩还是中性火山岩，其铜的含量均不高，暗示着这些火山岩成矿潜力不大。因此这也说明，今后的找矿重点应该是中泥盆世北塔山组地层中的基性火山岩。

5.2.3 赋矿浅成岩体

它们均侵位于中泥盆世北塔山组地层中，而且多数侵入于其中的中基性火山岩中，还没有发现有侵入于其中的上部地层中的沉积岩地层中，显示出这些侵入体与中基性火山岩具有成因的联系。岩体的长轴方向为北西向，与区域构造线方向一致，岩体的规模均较小，多呈脉状或小岩株状，面积一般小于 1km^2，多小于 0.1km^2。许多岩体的一

定部位发生明显了构造变形，尤其是韧性剪切变形。岩石类型有闪长玢岩、石英闪长斑岩和花岗闪长斑岩，少数有二长闪长斑岩。岩性往往较为单一，或存在 1－3 种类型岩石，但多为呈过渡关系，没有明显的侵入接触关系，反映了其为就地演化的产物。

总体上，闪长玢岩岩性往往较为单一，呈脉状或小岩株状，岩体与围岩的接触界线清楚，有时候可见边部有冷凝边。岩体中没有任何的包体。斑状结构明显，斑晶为杂乱分布的角闪石，呈长柱状，大小为 1－2㎜×3－5㎜，有时角闪石呈聚斑结构，另外，还有少量的斜长石斑晶。基质细小，呈显微隐晶质，主要为板柱状的斜长石呈半定向分布，其内充填有粒状的辉石和少量的磁铁矿。在一些剥蚀程度较高的地区，闪长斑岩的斑状结构不太明显，岩石呈中粒结构，块状构造，角闪石的含量大约占 20％左右，呈自形－半自形，而斜长石呈半自形。

石英闪长斑岩和花岗闪长斑岩呈完全的过渡关系，空间上多数呈脉状，两者之间主要为石英的含量不同，没有明显的界线。有时候其边部常可见晶洞和冷凝边。斑状结构不明显，呈细粒结构，暗色矿物主要为黑云母和角闪石，有时候有少量的辉石，浅色矿物有斜长石、钾长石和石英，石英往往呈他形充填于斜长石和钾长石的颗粒中，斜长石可见聚片双晶，呈半自形，往往绢云母化，其含量往往达 40－60％。钾长石为正长石，没有低温微斜长石的格子状双晶，呈半自形－他形，这说明其是高侵位的产物，其含量一般在 10－20％左右。

地球化学研究结果表明，哈腊苏斑岩和卡拉先格尔斑岩具有相似

性（图 5-11－5-14），表明它们形成于同一源区，并且主要元素具有较好的相关性，说明他们可能为来自同一母岩浆。此外，前人的同位素测年结果证实，哈腊苏斑岩的形成时代与北塔山组地层相同，是紧随北塔山组火山岩喷发后侵位的，而且斑岩的 0 同位素值均大于 6‰，表明来自于地壳，推测斑岩是俯冲洋壳部分熔融的产物，这种富挥发分和高氧逸度的环境为斑岩的成矿奠定了基础。

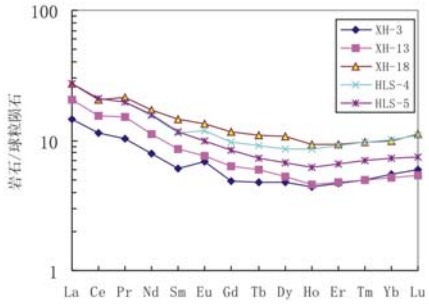


图 5-11 哈腊苏斑岩 REE 化曲线

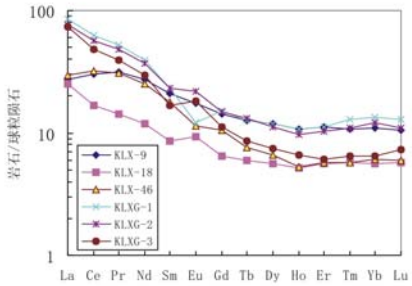


图 5-12 卡拉先格尔斑岩 REE 曲线

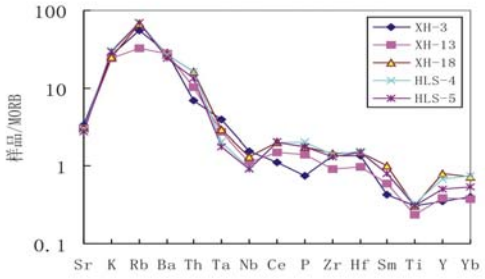


图 5-13 哈腊苏斑岩微量元素曲线

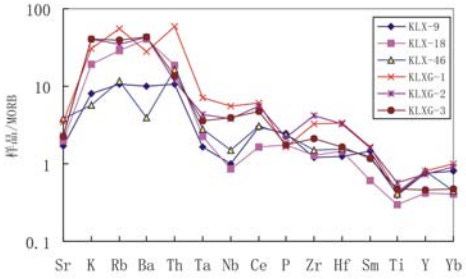


图 5-14 卡拉先格尔斑岩微量元素曲线

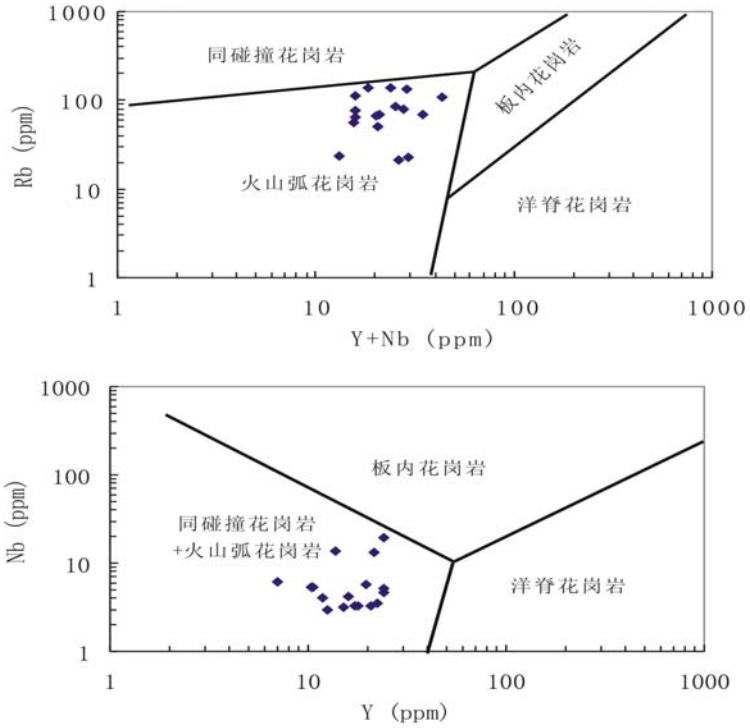


图 5-15　Y 对 Nb 和 Y+Nb 对 Rb 图解

对哈腊苏和卡拉先格尔斑岩的地球化学特征研究表明，其构造背景为岛弧环境（图 5-15）。因此从构造背景考虑，本区与全球大型－超大型斑岩铜矿的构造背景一致，因而具有良好的找矿前景。

参考文献

[1] 曹荣龙，朱寿华，朱祥坤。新疆北部板块与地体构造格局，北京 科学出版社，1993 12-26。

[2] 何国琦，刘德权，李茂松等，1995。新疆主要造山带地壳发展五阶段模式及成矿系列，新疆地质；1995，13（2） 99-181

[3] 陈哲夫，梁云海。新疆多旋回构造与板块运动，新疆地质，1991，9（2）；95-107。

[4] 陈哲夫，徐新，中国阿尔泰陆缘开合构造系基本特征，新疆第三届天山地质矿产学术讨论会论评文选辑，新疆人民出版社，1995；15-27

[5] 陈国达。成矿构造研究法，北京；地质出版社，1978，266-333。

[6] 陈毓川，刘德权，王登红等，2004。新疆北准噶尔苦橄岩的发现及其地质意义。地质通报，2004，23（11）；1059-1065

[7]杨文平，周刚，张招崇等，2005。阿尔泰铜矿带南缘希勒克特哈腊苏斑岩铜矿的发现及其意义。中国地质，32（1）：107-114。

[8] Ohmoto, H, Rye R O. 1971. Isotopes of sulfur and carbon, In: Barnes H L, ed. Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits. New York: John Wiley& Sons; 509-567.

[9] Wenner D B, Taylor H P Jr. Oxygen and hydrogen isotopic studies of the serpentinization of ultrabasic rocks in oceanic environments and continental ophiolite complexes [J].Am. J. Sci, 1973, oo273;207-239.

[10] 刘铁庚,余学元,梅厚均.多拉萨依-卡拉先格尔斑岩铜金成矿带[J].地

质地球化学,1991,3:71～74.

［11］于学元，梅厚钧，杨学昌等，1993 额尔齐斯火山岩及构造演化，新疆北部固体地球科学新进展。北京：科学出版社，185-198。

摘要

新疆阿尔泰山南缘成矿带是一条重要的岩浆构造带，在该成矿带内已发现有:萨尔布拉克金矿、乔夏哈拉铜(铁)金矿、喀拉通克铜镍矿、卡拉先格尔铜矿、玛热勒铁金矿、科克萨依金矿、索尔库都克铜(钼)矿等矿床和多处矿床点，是铜、镍、金等金属的矿化集中区。

哈腊苏铜矿产于阿尔泰成矿带喀拉通克晚古生代岛弧带中，出露地层为中泥盆统北塔山组，为一套以基性－中基性火山岩、火山碎屑岩及火山碎屑沉积岩为主的岩石组合。斑岩主要为石英闪长斑岩及花岗闪长斑岩，岩体总体走向为北西向，与该区大地构造线方向一致，矿体产于花岗闪长斑岩体及其围岩中，主要含矿围岩有玄武岩、安山岩等。矿体的形成明显受斑岩体和构造的双重控制。矿体中明显有两期矿化作用，前期成矿流体为斑岩期形成的含矿流体，后期叠加的成矿流体中包含了来自北塔山组基性-中基性火山岩中的成矿物质。

矿区内断裂构造发育，其中北西向的断裂与地层走向及矿化带展布方向基本一致，是矿区最发育的一组断裂，也是控制铜矿化的主要断裂。矿区内主要岩体为花岗闪长斑岩，韧性变形明显，呈脉状或小岩株状，出露面积多小于 0.1 平方千米,长轴方向与区域构造线一致。矿区岩石热液蚀变作用较强烈，主要有钾长石化、黑云母化、绿帘石化、绿泥石化、方解石化、绢云母化、硅化，蚀变矿物总量普遍在 50%以上。矿区铜矿石中金属矿物比较简单，主要金属硫化矿物以黄铜矿、黄铁矿为主，含少量斑铜矿与辉钼矿；原生金属氧化矿物以磁铁矿为主，偶见钛磁铁矿、白钛矿。次生氧化矿物以孔雀石为主，次为兰铜矿、褐铁矿、黄钾铁矾。矿石自然类型为黄铁矿黄铜矿矿石及少量的含辉钼矿黄铜矿矿石。

矿床位于老山口重力梯度带上，西部异常区的布格重力异常表现为团块状高值圈闭特征，剩余重力异常值约（25～30）$\times10^{-5}m/s^2$，东部异常区的布格重力异常表现为向北递减的斜坡，其下降速率约（0.5～0.8）$\times10^{-5}m/s^2/Km$。中部梯级异常带的梯度值在（4～6）$\times10^{-5}m/s^2/Km$，属强梯度异常的范畴。从区域磁场上来看，该区矿点的出露和分布与玉勒肯哈腊苏-加马特高磁异常带的高磁异常中轴线基本一致。目前发现的矿体在各种物探测量工作中表现为一高二低的物探异常特征。

矿床处于区域化探异常的 Au、Ag、As、Sb、Hg、Cu、Zn、Ni、Co、Cr、V、Ti 等元素高背景区内，矿体与各种比例尺的 Au、Ag、Cu、Mo 异常对应较好。

本文在总结分析前人资料的基础上，采用地学综合分析法对哈腊苏矿床的成矿地质条件、矿床地质特征、地球物理特征、地球化学特征、矿床成因、成岩成矿机制进行了的研究。在此基础上，提出了矿化富集规律及找矿标志，并对矿床的成因进行了探讨。

通 过对矿区的地质资料的研究、现场的系统地质调查及室内的分析研究工作，本次研究取得如下主要地质认识和创新成果:

1、通过对哈腊苏铜矿地质特征的分析，指出矿床的形成与斑岩体有着密不可分的关系。矿床的工业类型属斑岩型铜矿，属于中、低温热液矿床，矿体受岩体、构造控制明显，花岗斑岩、安山岩、玄武岩是矿体的主要含矿岩石及近矿围岩。

2、成矿斑岩只侵位于中泥盆统北塔山组的基性-中基性大洋岛弧型火山岩地层中，岩石类型有闪长玢岩、石英闪长斑岩和花岗闪长斑岩及少数二长闪长斑岩等。

3、斑岩形成的构造背景为岛弧早期演化过程中的局部拉张阶段，斑岩期温度在 420～560℃之间。

4、成矿作用可分海西、印支两期，成矿物质早期来自岩浆活动分异出的流体；后期热液叠加阶段，成矿物质则大部分来自于北塔山组中基性火山岩。

5、矿区蚀变强烈，蚀变矿物高达 50%以上，分布普遍。岩石的蚀变矿物类型明显受岩性控制，而蚀变强度则与围岩构造破坏，岩石破碎程度有关。

6、通过对处于同一成矿带的卡拉先格尔斑岩铜矿的对比，从元素地球化学方面论证了两者含矿岩体的成岩成矿母岩为同一来源。

7、矿区最直接的地球化学找矿标志为次生晕中的Cu、Mo、Au、Ag组合及原生晕中的Cu元素异常；最直接的物探找矿标志是“一高二低”即高极化(高于 4×10^{-2})、低电阻(低于 1000Ω㎜)、低磁性（低于 300nT)。最直接的地层标志为北塔山组中的基性火山岩。

Abstract

The southern margin of Altay mountain of Xinjiang is one of the important magma-tectonic belts. Saerbulake gold deposit, Qiaoxiahala copper-gold deposit, Kelatongke copper-nickel deposit, Kelaxiangeer copper deposit, Marela iron-gold deposit, Kekesayi gold deposit, Suerkuduke Copper deposit, to name a few, have been found in the belt. The area is a mineralization concentration region of Copper, Nickel and Gold deposits.

Kalasu copper deposit occurs in Altay metallogenic belt of late Paleozoic Kalatonke arc-shaped archipelago belt. The stratum occurring in the metallogenic area is the middle Devonian Baitashan group, which are a set of basic and medium basic volcanic rocks, pyroclastic rocks, and volcanic sedimentary rocks. Porphyries are mainly quartz-porphyries and the granite-porphyries. They distribute along northwest en direction and coincide with the main direction of the regional structure. Ore bodies occur in granite-porphyry complexes and their wall rocks. The main ore-bearing wall rocks are basalt and andesite. The ore bodies are obviously controlled by the porphyries and structures. There obviously exist two times of mineralization. The early mineralization fluid comes from the porphyries and the later partially comes from the wall rocks.

There are many faults in the mining area. The northwestern faults are the most important structure. They control the copper mineralization in the area. The most important rocks in the area are granoditorite porphyries with obvious distortions. They appear as dikes which are less than 0.1 square kilometers in area. The long axes of the dikes coincide with the main direction of the regional structure. The hydrothermal alterations of the rocks in the ore area are very strong. There exist potash feldspar, black micatization, epidotization, choritization, calcilization, silk micatization, and silicification. The quantity of the altered minerals is over 50%. The metallogenic minerals in the copper ores

are quite simple. The major sulfurized minerals are chalcopyrite and pyrite, including some bornite and molybdenite. The primary oxidized minerals are mainly magnetite. Titanomagnetite and white titanium also can be found sometimes. Secondary oxidized minerals are mainly malachite, limonite and others. The natural mineral types are chalcopyrite and pyrite.

The deposit locates on Laoshankou gravity gradient belt. In the western parts of the belt, gravity anomalies are a series of clumps of gravitational high traps, of which the gravitational residual values are about $25\sim30\times10^{-5}m/s^2$; in the eastern parts of the belt, there are a lot of gravitational slopes, of which the gravity descending velocities are about $0.5\sim0.8\times10^{-5}m/s^2/km$; in the central parts of the belt, the gravity anomalies are strong gravity gradient anomalies with gravity gradients between $4\sim6\times10^{-5}m/s^2/km$. the ore deposits distribute in the central axes of Yulekinkalasu-Garmat magnetic anomalies with high magnetic field intensities. Up to date, the geophysical anomalous characteristics of the ore bodies found in the area can be called as “one high versus two lows” from the point view of geophysical prospecting.

The mining area locates in the geochemical anomalies of Au, Ag, As, Sb, Hg, Cu, Zn, Ni, Co, Cr, V, Ti, etc. The ore bodies concurrently occur with all scales of the geochemical anomalies.

In this paper, the author summarized and analyzed the materials in literature, and then applied a comprehensive geological analyzing method to investigating the ore-forming conditions, deposit geological features, geophysical features, geochemical features, deposit genesis, and rock-forming and ore-forming mechanisms of Kalasu deposit. On the basis of the above investigations, the author finally revealed the mineralizing regulations of the area and established the ore-finding indications of the corresponding types of ore deposits.

Through the field work and data analysis of the study area, the author obtained the following achievements:

1. Through analyzing the geological features of Kalasu copper deposit, the author reveals that the ore deposits are closely related to the porphyries. The industrial type of the deposits is a porphyry copper deposit and the genetic type of the deposit is medium and low hydrothermal deposit. The ore bodies are obviously controlled by the rock bodies and structures. Granite-porphyries, andesites, and basalts are main types of ore-bearing rocks and the wall rocks of the deposits as well.
2. Metallogenic porphyries only intrude into the basic and medium-basic volcanic rocks of the late Devonian Beitashan group. The rock types are diorite-porphyries, pyroclastic porphyries, granite-porphyries, etc.
3. The tectonic background of the porphyries is a part of an early evolutionary

process of an arc-shaped archipelago. The rock-forming temperature is 420~560°C.

4. The mineralization processes can be divided into two periods. One took place in Haixi structural period, and the other happed in Yinzhi structural period. The early mineralizing contents come from the fluids of the magmatic differentiation and the later mineralizing materials come from Beitashan group.
5. The rock alterations in the mining area are very intense. The types of altered minerals reach over 50% and widely distribute in the area.
6. Through a comparison of the deposit and Kalaxangeer copper deposit in the same belt, the author found that the two deposits had the same origin.
7. The direct geochemical ore-finding indicators in the area are geochemical anomalous combination of Cu, Mo, Au, and Ag. The direct geophysical ore-finding indicators are “one high versus two lows” feature of geophysical anomalies. “One high” denotes high polarization (over 4×10^{-2}), and “two lows” are low resistance (under 1000Ωm) and low magnetism (under 300nT). The most direct stratum ore-finding indicator is basic volcanic rocks of Beitashan group.

致谢

本文成文过程中得到新疆地矿局第四地质大队王祥、贺永康、周刚、努尔兰、林永全、赵忠合、杨文平、支有文、何立新等同事的全力支持；中国地质大学薛春纪教授、张招崇教授给本文提出了大量的有利建议并提供了大量资料，在此表示衷心的感谢和崇高的敬意！同时在此还要感谢新疆地矿局地调院王宏君、杨再峰、地科处冯京处长及地矿局庄道泽副总工程师等对论文成文过程中提出了很好的建议，在此一并表示感谢！特别感谢吉林大学综合信息矿产研究所王世称、张原庆、许亚明老师在论文提交过程对论文提出的宝贵意见及综合信息矿产研究所其它老师和同学对本人的大力支持！