



中国科学院
地质研究所所刊
1974年第1卷：总第27号

矿产预测的综合方法 及应用实例

刘光海 吴宣志 孙德梅 等著

地质出版社

中国地质科学院

矿床地质研究所刊

1994年 第1号 (总第27号)

矿产预测的综合方法
及应用实例

刘光海 吴宣志 孙德梅 等著

地质出版社

(京)新登字 085 号

内 容 简 介

本书是一部论述矿产预测的综合方法技术与应用实例的专集，是近期最新科技研究成果的总结。书中介绍了在矿产预测中利用地球物理、地球化学、遥感技术以及岩石、构造等基础资料的综合解释及有用信息提取的技术方法；结合作者多方面的实践经验，给出了若干矿产预测实例。全书具体论述了多种矿产的区域成矿地质环境及成矿预测、矿床综合找矿模式和找矿方法的最佳匹配及其程序；介绍了地学图象模式识别技术、阴影地形法、地电化学提取法、震源电磁辐射法，以及知识工程对综合找矿的作用。理论阐述深入浅出，便于理解、掌握和实际应用。

本书可供从事地质矿产预测的地质人员和物探、化探、遥感技术资料解释人员学习、借鉴，也可供大专院校有关专业师生参考。

中国地质科学院

矿床地质研究所刊

1994 年 第 1 号 (总第 27 号)

矿产预测的综合方法及应用实例

责任编辑：张焕新 张中民

地质出版社出版发行

(北京和平里)

北京地质印刷厂印刷

(北京海淀区学院路 29 号)

新华书店总店科技发行所经销

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：13.25 字数：315000

1994年10月北京第一版·1994年10月北京第一次印刷

印数：1—800册 国内定价：10.85元

ISBN 7-116-01585-4/P·1278

BULLETIN
OF THE
INSTITUTE OF MINERAL DEPOSITS
CHINESE ACADEMY OF GEOLOGICAL SCIENCES

No.27

Geological Publishing House

Beijing 1994

ISBN 7-116-01585-4/P·1278

国内定价： 10.85 元

目 录

综合方法在新疆喀拉通克铜镍硫化物矿床勘查中的应用及效果.....	刘光海 (1)
知识工程与综合找矿方法.....	吴宣志 刘心铸 史大年 (31)
吉林省延边地区陆相火山热液型金多金属矿床的综合找矿模式	孙德梅 吴宣志等 (44)
借助人机交互解释系统研究山东、辽宁金伯利岩重、磁场特征.....	彭 聪 孙德梅 (55)
对中国东南部主要金属矿床分布规律的探讨.....	马开义 王志良 (70)
阴影地形法的技术问题及应用.....	薛光琦 (97)
地电化学提取法在寻找隐伏矿中的应用.....	白大明 刘光海 (104)
岩(矿)石震源电磁辐射性质的实验研究.....	刘煜洲 姜 枚等 (109)
应用重磁资料研究广西芒场-大厂成矿带的地质构造及隐伏岩体预测	孙德梅 刘心铸等 (120)
山东招平断裂带南段金矿成矿地质背景的地球物理研究.....	彭 聪 (139)
用区域重磁场研究中国东部金矿成矿远景.....	熊寿庆 刘光海 (146)
泛河拗陷区重磁资料解释的地质意义.....	白大明 王原钧 (159)
寻找隐伏铜矿床的地球物理方法.....	汤广奇 刘光海 (170)
华北地台北缘 1:100 万区域重磁场综合研究.....	彭 聪 孙德梅 (177)
遥感等地质学图象微机模式识别系统.....	董英君 薛光琦 (188)
白音诺铅锌矿床的找矿方法及综合找矿模式探讨.....	刘光海 白大明等 (198)

综合方法在新疆喀拉通克铜镍硫化物 矿床勘查中的应用及效果^①

刘 光 海^②

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京)

内容提要 岩浆铜镍硫化物矿床是当前我国生产镍的唯一矿床类型, 同时也是生产铜的主要矿床类型。此外, 它还伴生有 Au、Ag、Pt、Pd、Co、S 等多种有用元素。这类矿床从空间分布和成因上, 均与基性、超基性岩体, 深大断裂以及附近的次级断裂构造有关。在含矿岩体上部, 具有极化率高、重(磁)异常高、电阻率低和 Cu、Ni、Co 异常高等物化探异常组合特征。故寻找铜镍矿的综合找矿模式可归纳为“四高、一低”。

关键词 喀拉通克 铜镍硫化物矿床 综合找矿模式

一、引 言

国外岩浆铜镍硫化物矿床大部分分布在较稳定的地盾(地台)区, 如加拿大地盾的肖德贝里, 前苏联克拉半岛的贝辰加、西伯利亚地台的诺里尔斯克、芬兰的哥达拉赫带、澳大利亚的卡梅巴尔达、南非的布什维尔德等铜镍矿床。其成矿时代以寒武纪为最重要。普查勘探铜镍矿床的物化探方法主要是: 磁法、电法、重力、地震、电磁法、井中物探、分散流和次生晕。

我国已知铜镍矿床在地台区及地槽区均有分布。就已知储量而言, 主要蕴藏在地台区, 地槽区占次要地位。就矿床数目来说, 地槽区多于地台区, 但主要分布在距准地台和地槽衔接部位的台区或槽区边缘几公里至 30 km 范围内。台区边缘的矿床有甘肃省金川的白家咀子(特大型)、吉林的赤柏松(大型)等。槽区边缘的矿床有新疆阿尔泰地区的喀拉通克(大型)、东疆的黄山(大型)、吉林的红旗岭(中型)、陕西的煎茶岭(中型)、四川的力马河(小型)。成矿时代为太古宙—古生代, 以早元古宙和前震旦纪为主。

铜镍矿床的分布常受不同大地构造单元之间的深断裂构造控制, 但主要产于与深断裂平行、垂直或斜交的次级断裂构造中。如白家咀子矿床位于中朝地块、阿拉善台块南侧与祁连褶皱带之间的走廊过渡带, 受北西—南东向的龙首山深断裂控制。力马河铜镍矿床位于甘孜地槽褶皱系与扬子准地台之间的康滇地轴中段, 受安宁河—易门深断裂的控制。新疆黄山铜镍矿床位于天山褶皱系的北天山地向斜褶皱带觉罗塔格复背斜的东段, 主要受北

① 本文是“七五”国家重点科技攻关项目——新疆 305 项目中“新疆喀拉通克铜镍成矿带地球物理资料的地质解释及找矿靶区优选”课题研究报告的部分内容。

② 参加工作的还有马开义、王原钧、薛光琦、董英君、白大明、史大年、王志良、李云达等。

东东向的 F_{18} 断裂的控制。这些矿床大都形成于褶皱带环境，受深大断裂的控制。由于这些断裂切割深度可达上地幔，且常具多期次活动的特点，因此为基性、超基性岩浆的上升及硫化物铜镍矿床的形成提供了重要的构造条件。

鉴于岩浆铜镍硫化矿床赋存于基性、超基性岩体中，且矿体与特定的岩相有关，我国规模较大的铜镍矿床均为复式岩体成矿。岩体分异作用愈好、基性程度愈高，含矿性愈好。因此，在找矿评价时应首先详细划分岩体的岩相，并注意区分不同期次的侵入体（相）。基性、超基性岩体的磁性、密度一般都比围岩强或高，而且随着基性程度的增高而增大。故磁法和重力是寻找和圈定基性、超基性岩体的有效手段，对研究岩体的规模、形态和产状，进而确定成矿有利部位能提供十分有用的资料。在含矿岩体上一般有极化率高、视电阻率低的电异常和铜、镍、钴化探异常。故寻找铜镍矿的找矿模式为“四高、一低”，即磁法、重力、极化率、化探（Cu、Ni、CO）异常值高，而电阻率异常值低。

据此，在普查勘探铜镍矿时，其工作重点是：（1）研究成矿地质背景和控岩控矿条件；（2）发现和圈定与铜镍矿有关的基性、超基性矿体；（3）评价岩体的含矿性。据此，普查勘探铜镍矿的合理方法及配套程序为：1:5万—1:2.5万航磁，1:20万—1:1万重力，1:1万—1:5千地磁、激电和分散流或次生晕。

二、喀拉通克铜镍成矿带的区域地质概况

本区属于天山—兴安地槽褶皱区的一部分，以额尔齐斯大断裂为界，北部称阿尔泰褶皱系，南部称准噶尔褶皱系，主体是准噶尔褶皱系的阿尔曼特优地槽褶皱带。

本区属于构造带边缘，地壳活动强烈频繁，火山活动广泛，伴有基、中、酸性的岩浆侵入活动。如此的大地构造背景，造就了独有的内生和外生成矿系列（图1）。

（一）地层和构造层

本区地层大部分属于准噶尔褶皱系的东准噶尔地层分区，以泥盆系和石炭系为主，其次为奥陶系，第三系和第四系分布较广。

区内奥陶系仅有上奥陶统加普萨尔群（ O_3jb ），分布在测区中部喀拉吉拉—哈希翁一带呈北西西向展布。

总体产状倾向北东，是区内复背斜核

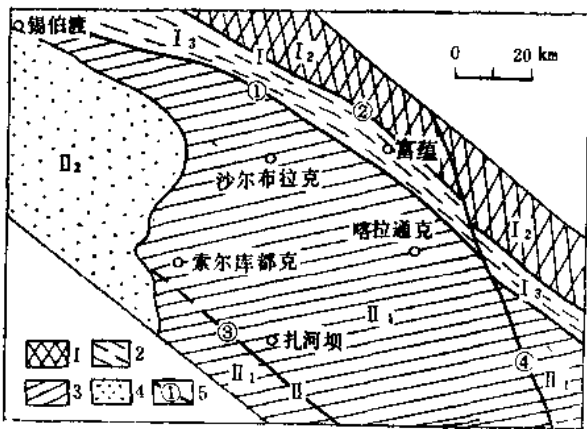


图1 工作区大地构造示意图

Fig. 1 Geotectonic sketch map of the working area

1—阿尔泰褶皱系；2—额尔齐斯挤压带；3—阿尔曼特地槽褶皱带；4—准噶尔拗陷；5—断裂及编号：①额尔齐斯大断裂；②特斯巴汗大断裂；③乌伦古河大断裂；④二台大断裂

部最古老的地层，为一套紫色、灰绿色凝灰岩、凝灰质砂岩、火山角砾岩、含铁砂岩、生物灰岩，并有枕状玄武岩、中基性火山角砾岩、碎屑岩等，其上有含磁铁矿砾岩和含铜砾岩，为稳定的间断面产物，总厚1500m左右。

泥盆系是区内广泛出露的地层,约占全区总面积的70%。主要在中部,呈北西—南东向分布。北部和南部,也有零星出露。区内出露有下泥盆统托让格库都克组,中泥盆统北塔山组和温都喀拉组。托让格库都克组(D₁t)分布在本区中部,构成加普萨尔—希尔罕布拉克复背斜的两翼和恰乌卡尔复背斜的核部。岩相沿走向或横向变化大,主要为钙质粉砂岩、泥灰岩及凝灰岩、安山玄武岩等,具浅海滨海相特征,总厚可达8000m以上。北塔山组(D₂b)与托让格库都克组(D₁t)呈角度不整合或断层接触,西起乌尔腾萨依,东到老山口以东,呈弧形条带状展布,主要岩性为安山岩、玄武岩、凝灰岩及碎屑岩,属海陆交互相中基—中性火山岩—火山碎屑岩—碳酸盐岩建造,总厚1500m左右,是本区重要的含矿层之一;在乔夏哈拉一带有金、铁、铜矿化点和矿点多处。蕴都喀拉组(D₂w)与下伏北塔山组为整合接触,主要分布于测区中部,呈北西—南东向展布。该组属海陆交互相火山岩、火山碎屑岩建造,其岩性主要为泥质粉砂岩、泥质板岩、安山岩、安山质凝灰岩等。

石炭系也是区内主要地层之一,出露面积仅次于泥盆系,占全区总面积的29%。下石炭统下部黑山头组(C₁b),分布于测区北部的默色克奥依—沙尔布拉克一带,与下伏地层呈断层接触;岩性为灰紫色安山岩、安山质晶屑岩屑凝灰岩、凝灰砂岩,属海相—海陆交互相的中性火山岩及其碎屑岩。下石炭统南明水组(C₁n),分布于乌尔腾萨依—沙尔布拉克—喀拉通克和托让格库都克—热克斯西南一带,呈带状展布。下部为砂质板岩、泥质钙质粉砂岩、硬砂岩夹炭质粉砂岩、砂砾岩;下部为凝灰质砂岩、泥板岩及灰岩凸镜体,为一套滨海、浅海—海陆交互相复理石建造。中石炭统哈尔加乌组(C₂h)分布于乌伦古河北岸,在希勒库都克和切热克斯两地有小片分布,超覆于C₁n之上。其展布方向与区域构造方向不一致,似受断陷盆地控制。为一套陆相碎屑岩—酸性火山岩建造,主要岩性为砾岩、含砾凝灰岩、英安斑岩等。宝塔玛依内山组(C₂b)分布于乌伦古河北岸,与下伏南明水组呈不整合接触,主要岩性为凝灰岩、凝灰角砾岩夹安山岩、辉石安山岩、英安岩、粉砂岩和页岩等。

二叠系(P),仅在扎河坝有小面积分布,不整合于C₂b之上,其岩性为凝灰角砾岩、凝灰砂岩、黑色炭质泥岩。

第三系(E—N),主要发育在测区西半部一些盆地内,个别山区也有少量分布,超覆于老地层之上,为内陆河湖相的碎屑岩沉积,是一套砖红色粘土质砂岩、石英砂岩和砂砾岩。

第四系(Q):沿额尔齐斯河及乌伦古河流域广泛分布,为冲积、洪积、坡积形成的砂砾石层、砂土、粘土层和盐碱土层。

(二) 构造与构造演化

本区处于阿尔泰褶皱带与准噶尔褶皱带的接壤地带,总体呈北西向展布。历经海西期和其后的多期构造运动,褶皱、断裂构造十分复杂。区内褶皱、断裂大多呈北西向,也有一套北北西—南北向断裂,它们横切主体构造线,形成本区特有的菱形格状构造格架。

1. 褶皱构造

本区褶皱构造发育,形成一系列北西向复式褶曲,从北到南有五个复式褶皱。

① 锡伯渡—富蕴复向斜。

② 依铁克—耶森卡腊复背斜。

- ③ 沙尔布拉克-喀拉通克复向斜。
- ④ 加普萨尔复背斜。
- ⑤ 扎河坝-恰库尔特复向斜。

2. 断裂构造

断裂构造十分发育,北有额尔齐斯大断裂,南有乌伦古河大断裂。航磁资料显示,在两者之间尚有一条规模巨大的断裂破碎带存在。这三大断裂带,均呈北西—北北西向展布,与区域褶皱带平行间列。

除此之外,尚发育有一组北北西—南南东向断裂,与前述三条北西向大断裂互相交切,组成菱形格状断裂构造格架。这种基本构造格局制约着本区主要地质事件的发生,包括矿产的形成与分布。主要断裂有13条,见表1。

表1 工作区主要断裂一览表

Table 1 Major fractures in the working area

走向	编号	名称
北西向 北北西向	①	特斯巴汗断裂
	②	额尔齐斯大断裂
	③	沙尔布拉克-阿克塔斯断裂带
	④	希力库都克-科克别克提断裂带
	⑤	乌伦古河大断裂
北北西向	⑥	卡依尔特-二台大断裂
	⑦	喀拉通克-沙尔托海断裂带
	⑧	依铁克-恰库尔特断裂带
	⑨	沙尔布拉克-扎河坝断裂带
	⑩	默色克奥依-索尔库都克断裂带
近东西向	⑪	希勒库都克-喀拉通克断裂带
	⑫	恰乌卡尔-加乌尔断裂带
	⑬	扎拉特-喀拉吉拉断裂带

3. 构造旋回和构造层

根据地质发展和主要构造运动、地层接触关系和岩相建造等特征,将全区分成四个构造旋回,六个构造层,即早古生代加里东旋回的奥陶纪构造层、晚古生代华力西旋回的泥盆纪构造层、石炭纪构造层和二叠纪构造层、中生代燕山旋回的侏罗纪构造层和新生代喜马拉雅旋回的新生代构造层。

研究区主要构造层为华力西旋回泥盆纪构造层和石炭纪构造层。其建造演化程式为滨海—浅海相中基性火山岩建造→浅海相中基性火山岩建造、局部放射虫硅质岩建造→滨海—浅海相碎屑岩建造和火山岩建造→陆相中酸性火山岩建造,局部磨拉石建造→海陆交互相碎屑岩建造、火山碎屑岩建造→陆相山间盆地磨拉石建造。整个华力西构造旋回中,沉积旋回轮廓清晰,由滨海浅海→浅海、局部深海→滨海浅海→陆相沉积。沉积建造中,火山碎屑岩、火山熔岩与陆源碎屑之比为5:2,表明火山喷溢强烈,构造活动频繁。

4. 地质历史演化特征

本区建造资料显示,早古生代时期,北部阿尔泰山区是一个强烈拗陷带,堆积了寒武—志留纪巨厚复理石建造夹火山岩建造。而南部准噶尔地区相对稳定,仅在局部拗陷地区有晚奥陶世火山碎屑岩、碳酸盐岩沉积。可见,早古生代地壳活动带在北部。发生在志留纪末的加里东运动,使阿尔泰山区拗陷带褶皱回返,隆起成陆,这是本区主要的一次褶皱幕,它基本结束了地槽强烈拗陷状态。

在此过程中,基底南北向断裂发生顺时针水平扭动,首先形成了卡依尔特—二台断裂带。与此同时,南部准噶尔稳定区亦受加里东运动影响,造成了上奥陶统与泥盆系的角度不整合。华力西早期,准噶尔地区开始强烈拗陷,在阿尔曼特优地槽拗陷带中,堆积了一套浅海相火山岩、火山碎屑岩及碎屑岩地层,中下泥盆统的最大累积厚度可达万余米。北部阿尔泰山优地槽褶皱带,又重新活动,形成泥盆纪拗陷带,堆积了石英角斑岩建造和陆源碎屑岩建造,但其厚度和火山岩含量远不及准噶尔地区。由此可见,华力西期地壳活动带已迁移到准噶尔地区。

中泥盆世末的褶皱运动,使准噶尔地槽拗陷带褶皱回返,形成巨大复背斜构造。同时,阿勒泰山区也褶皱隆起,最终结束了地槽状态。伴随褶皱挤压作用,基底南北向断裂再次活动,形成沙尔布拉克—扎河坝等一系列北北西向断裂带。

早石炭世,准噶尔地区遭沉降,形成了早石炭世的浅海—滨海—海陆交互相的火山岩建造和陆源碎屑岩建造,最厚可达13200m。

此期北部阿勒泰山一直处于隆升状态。

到石炭纪中后期,准噶尔地区及额尔齐斯断裂拗陷带再次发生褶皱回返,从而最终结束了华力西期地槽的发展历史。这次褶皱运动伴随着大规模岩浆侵入,在阿尔泰山区,形成了许多花岗岩。北西向和南北向大断裂进一步深切下地壳,导致准噶尔基性—超基性岩带产出,伴随岩浆型铜镍矿的形成。

二叠系仅在局部地段形成山前磨拉石建造和火山碎屑岩建造。

中生代,本区处于持续上升剥蚀状态。仅在断裂拗陷带及准噶尔拗陷盆地有小片侏罗纪和大片第三纪、第四纪河湖相堆积物,与切割甚巨的阿尔泰山区形成了鲜明对照。

三、区域地球物理特征

(一) 岩(矿)石物性特征

本区构造变动的复杂性和岩浆活动的多期次,造成各类岩石物性的较大差异。

1. 成矿带岩(矿)石的密度及磁性特征

(1) 密度

从表2中可看出,该区地层之间主要有3个密度界面:新生界与下伏地层有 $0.85\text{--}0.92\text{ g/cm}^3$ 的密度差,石炭系的平均密度为 2.71 g/cm^3 ,泥盆系的平均密度为 2.78 g/cm^3 ,两者之间的密度差为 0.07 g/cm^3 ;下泥盆统与中泥盆统之间的密度差为 $0.07\text{--}0.22\text{ g/cm}^3$ 。奥陶系仅出露于哈希翁一带,我们系统采取一些地表岩石标本样,其平均密度达 2.90 g/cm^3 。

根据表3可以看出,各类岩石间均有一定的密度差,特别是中基性岩类密度较高,达

到 2.84 g/cm^3 , 与火山碎屑岩之间的密度差为 0.14 g/cm^3 。中基性岩与中酸性岩及沉积岩之间也有比较明显的密度差。分布地表的超基性岩, 由于风化, 表现为一种低密度。但由于超基性岩带常沿深大断裂分布, 在深部的岩石表现为高磁、高密度的特征。

(2) 磁性

表 2 和表 3 分别说明, 不同时代地层以及各类岩(矿)石的磁性变化是很均匀的, 但仍可找出一定规律。石炭系的磁化强度为 $763 \times 10^{-6} \cdot 4\pi \text{SI}$, 可引起 $300-500 \text{ nT}$ 的磁异常。

表 2 地层密度、磁性统计表

Table 2 Statistics of densities and magnetic properties of the strata

地 层 时 代				密 度			磁 性							
界	系	统	群(组)	标本块数	变化范围 (g/cm^3)	平均值 (g/cm^3)	标本块数	$K' (\times 10^{-6} \cdot 4\pi \text{SI})$		$J_T' (\times 10^{-3} \cdot \text{A/m})$		无磁块数		
								变化范围	几何平均值	变化范围	几何平均值	K'	J_T'	
新生界	第四系			28	1.38—2.08	1.82								
	第三系			10	1.70—2.20	1.90								
上·古 生界	石炭系	上统	喀拉额尔齐斯组(C_3k)	87	2.50—3.06	2.74	28	0—2467	489	0—1474	143	14	16	
		中统	巴塔玛依内山组(C_2b)	91	2.50—2.84	2.65	33	0—4790	753	0—1985	603	12	14	
		下统	南阴水组(C_1m) 黑山头组(C_1h)	377	2.50—2.99	2.74	129	0—3636	977	0—959	384	98	101	
	泥盆系	中统	温都喀拉组(C_2w)	268	2.54—2.98	2.84	100	0—5400	1300	0—2705	220	46	49	
北塔山组(C_2b)			114	2.56—2.94	2.74	16	0—2133	1866	0—346	307	14	14		
下统		托让格库都克组(C_1t)	376	2.62—2.98	2.74	181	0—9285	2240	0—2400	397	71	77		

表 3 岩(矿)石密度、磁性统计表

Table 3 Statistics of densities and magnetic parameters of rocks (ores)

岩(矿)石 名称	密 度		磁 参 数			
	块数	平均密度 (g/cm^3)	块数	总磁化强度 $J = J_i + J_T (\times 10^{-3} \text{A/m})$	能引起的磁异常 $\Delta Z = 2\pi f(\text{nT})$	备 注
磁铁矿			6	97676	61370	$Z_0 = 52400 \times 10^{-3} \text{A/m}$
超基性岩	80	2.67	37	28064	17633	
基性岩	1531	2.84	218	1418	890	
中性岩	5114	2.71	222	708	440	
酸性岩	2349	2.62	127	711	450	黑云母花岗岩 角闪花岗岩
火山碎屑岩	1667	2.70				
沉积岩	2427	2.68		0	0	
变质岩	336	2.75	67	1032	650	

泥盆系的磁化强度为 $1381 \times 10^{-3} \cdot \text{A/m}$, 可引起 800—1000 nT 的磁异常。中基性岩体为 $1418 \times 10^{-3} \text{A/m}$, 可引起 800—1000 nT 的磁异常。中酸性岩体为 $710 \times 10^{-3} \text{A/m}$, 可引起 400—450 nT 的磁异常。沉积岩一般无磁性。

根据本区区域岩(矿)石的密度、磁性特征, 利用区域重磁资料综合研究本区的地质特征, 推断不同时代、不同岩性的地层和岩体的分布, 进行基岩地质填图是可行的。

2. 喀拉通克铜镍矿区岩(矿)石的物性特征

矿区的物性工作已由新疆地矿局物化探大队、地矿部物化探研究所和中国科学院地球物理所作了大量的标本测定和统计工作。现利用他们的资料, 对矿区的物性特征加以分析。

为便于物探异常解释和找矿方法有效性的讨论, 根据表 4、表 5 及表 6 的统计资料, 可对矿区物性特征, 归纳成如下六个方面。

表 4 喀拉通克矿区钻孔岩(矿)心物性参数(常规方法测定)
Table 4 Routine determinations of physical parameters of
drilling cores (ores) from the Kalatongk ore district

岩(矿)石名称	采集地点	$\sigma(\text{g/cm}^3)$		块数	K'	J_r'	无磁块数
		块数	算术平均值		($10^{-6} \cdot 4\pi\text{SI}$)	(10^{-3}A/m)	
					几何平均值	几何平均值	
块状铜镍矿石	Y _{1,2,3}	30	4.27	61	12226	48644	1
角砾状铜镍矿石	Y _{7,8,9}	22	3.40	22	2875	5409	1
浸染状铜镍矿石		213	3.02	308	2275	1713	1
矿化辉长石		139	2.89	293	1609	430	1
矿化闪长岩		72	2.85	54	1433	451	1
闪长岩		533	2.76	562	1228	300	470
辉长岩		528	2.86	518	850	382	216
苏长岩		137	2.85	113	1250	700	19
炭质泥板岩		296	2.73	297			287
沉凝灰岩		1080	2.69	1118			1101
花岗斑岩		134	2.69	134			134
玄武安山岩	16	2.73	16	150	610	5	

(1) 矿区铜镍矿体具有强磁、高密度、高极化率、低电阻率的特征, 可引起“三高一低”的综合物探异常。

(2) 岩体的物性特征与相变和矿化有密切关系。矿区 Y₁、Y₂、Y₃ 岩体的磁性、密度均有由强至弱的变化特征, 反映了岩体的基性程度, 相变和矿化均由强至弱的特点。

(3) 铜镍矿体的组成矿物磁黄铁矿和镍黄铁矿磁性强、密度高, 且具有矿体愈富磁性和密度都愈强的特点。

(4) 辉长岩、苏长岩都比闪长岩、沉凝灰岩的磁性和密度大, 并且随着矿化程度的

表 5 喀拉通克矿区钻孔岩(矿)心物性参数(高精度测定)
Table 5 High-precision determinations of physical parameters
of drilling cores (ores) from the Kalatongk ore district

岩石名称	采集地点	块数	σ (g/cm ³)	K' (10 ⁻⁸ ·4 π SI)	Jr' (10 ⁻³ A/m)
沉凝灰岩	Y ₁ 28 线钻孔	36	2.70	32.6	23.4
辉长岩		38	2.90	2120.6	1900.7
苏长岩		80	2.90	3966.4	1179.4
沉凝灰岩	Y ₂ 27 线钻孔	35	2.70	43.1	40.0
闪长岩		50	2.79	236.1	67.8
辉长岩		57	2.90	1578.1	596.6
苏长岩	Y ₃ 71 线钻孔	45	2.93	1904.6	811.3
沉凝灰岩		61	2.71	58.2	36.6
闪长岩		32	2.77	82.4	37.9
辉长岩		35	2.82	605.7	129.1
苏长岩		16	2.86	1228.6	911.7

表 6 喀拉通克矿区钻孔岩(矿)心常规激电参数统计
Table 6 Electrical parameters of routine IP of drilling cores
(ores) from the Kalatongk ore district

岩(矿)石名称	采集地点	η_s (%)			ρ_s ($\Omega \cdot m$)		
		块数	变化范围	算术平均值	块数	变化范围	几何平均值
块状、角砾状铜镍矿石	Y _{1,2,3}	32	22.9—84.5	68.4	23	2.61—18.5	5.59
浸染状铜镍矿石		157	1.5—85.5	37.1	58	273—84550	5286
矿化闪长岩和辉长岩	Y _{7,8,9}	64	0.64—51.6	7.3			
闪长岩		85	1.04—35.3	6.06			
辉长岩		12	0.88—3.6	2.10			
风化闪长岩和辉长岩		150	1.72—79.8	30.9	52	330—6676	8.37
炭质沉凝灰岩、泥板岩		280	0.24—53.2	9.5			
含砾及硅质沉凝灰岩							

增加而增大。因此,重磁方法是发现与矿有关的基性岩体的主要方法。

(5) 花岗岩、沉凝灰岩的磁性和密度都比较低,对于利用重磁方法发现含矿基性岩体不会造成干扰。而安山玄武岩、安山玢岩的磁性和密度都较大,常成为应用重磁方法发现基性岩体的干扰因素。

(6) 块状铜镍矿石和第三系的电阻率(ρ_s)都较低,表层第四系的 ρ_s 一般比较高。

其他岩性的电阻率随蚀变情况、硫化金属矿物含量、炭质（石墨）含量程度等不同，变化范围较大。一般新鲜岩体和围岩的 ρ_s 较高，矿化岩体和含炭、含黄铁矿的沉凝灰岩的 ρ_s 相对偏低。矿体、矿化岩体、炭质围岩的极化度 (η_s) 都较高，其中块状富矿体、富含石墨和黄铁矿的围岩的 η_s 最高。近地表的土层，不含炭和黄铁矿的围岩及岩体的 η_s 都很低。因此，电法是区分重磁矿异常与非矿异常的重要方法。但是，炭化、黄铁矿化、基岩隆起都将对电法的找矿效果带来严重影响。

(二) 区域重磁场特征

1. 区域重力场特征

在准噶尔北缘 1:200 万布格重力异常等值线平面图 (图 2) 上，本区位于阿尔泰异常区与准噶尔异常区之间。北部的额尔齐斯断裂带，重力场沿阿尔泰—青河一线呈北西—南东向束状线性展布。该异常带的布格重力异常值从南到北由 $-125 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 逐渐降到 $-225 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ ，梯度值每公里约 $2 \times 10^{-5} \text{m/s}^2$ 。根据异常的变化规律和特征来看，梯度

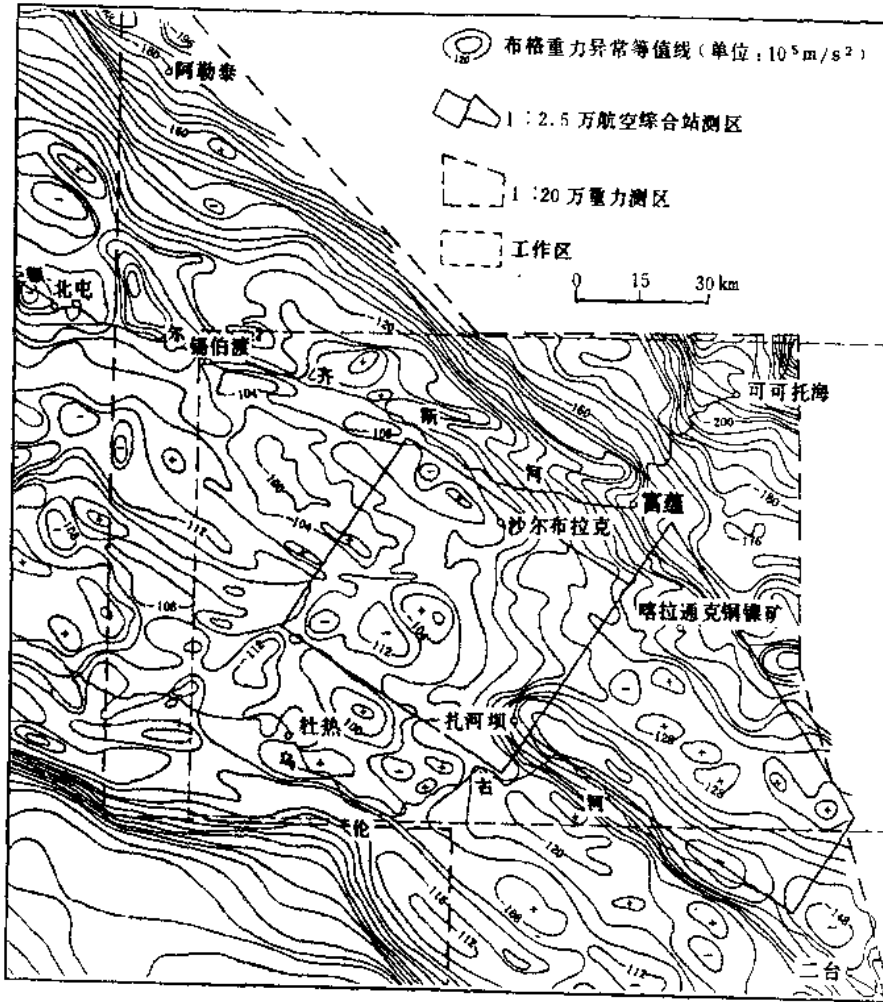


图 2 准噶尔北缘布格重力异常等值线平面图

Fig. 2 Contour map of Bouguer gravity anomalies on the northern margin of Junggar basin

带以北地区的上地幔是一个十分陡峻的拗陷带。该重力异常梯级带在富蕴县城附近开始分叉，一束继续向南东方向延伸；另一束向南转成南北向，同时等值线散开，梯度变小。另外，该重力异常梯级带与卡依尔特-二台大断裂斜交，在断裂部位，梯级带有明显的错位，这是由于卡依尔特-二台大断裂对该区北西向构造的影响所致。

南部的乌伦古河异常区为北西向和东西向分布的重力异常高值区，反映了上地幔的隆起，即地壳变薄地区。该重力异常高值区南部有一明显的向北凸出的弧形重力异常梯度带，梯度值为每公里 $2.5 \times 10^{-3} \text{m/s}^2$ 。推断该重力异常梯度带对应的是准噶尔北缘的断裂。梯度带以南地区不论异常幅度值还是异常的变化特征，均表现为另一完全不同的异常区，即准噶尔盆地边部异常区。我们所要研究的成矿带即是位于上述两大梯级带之间的过渡区，重力异常表现为相对平稳区。其中有一呈北西向展布的长轴状重力异常低值带，与石炭纪地层相对应。

2. 区域磁场特征

准噶尔北缘 1:200 万航磁 ΔT 异常等值线平面图 (图 3) 是根据 1:10 万、1:20 万航

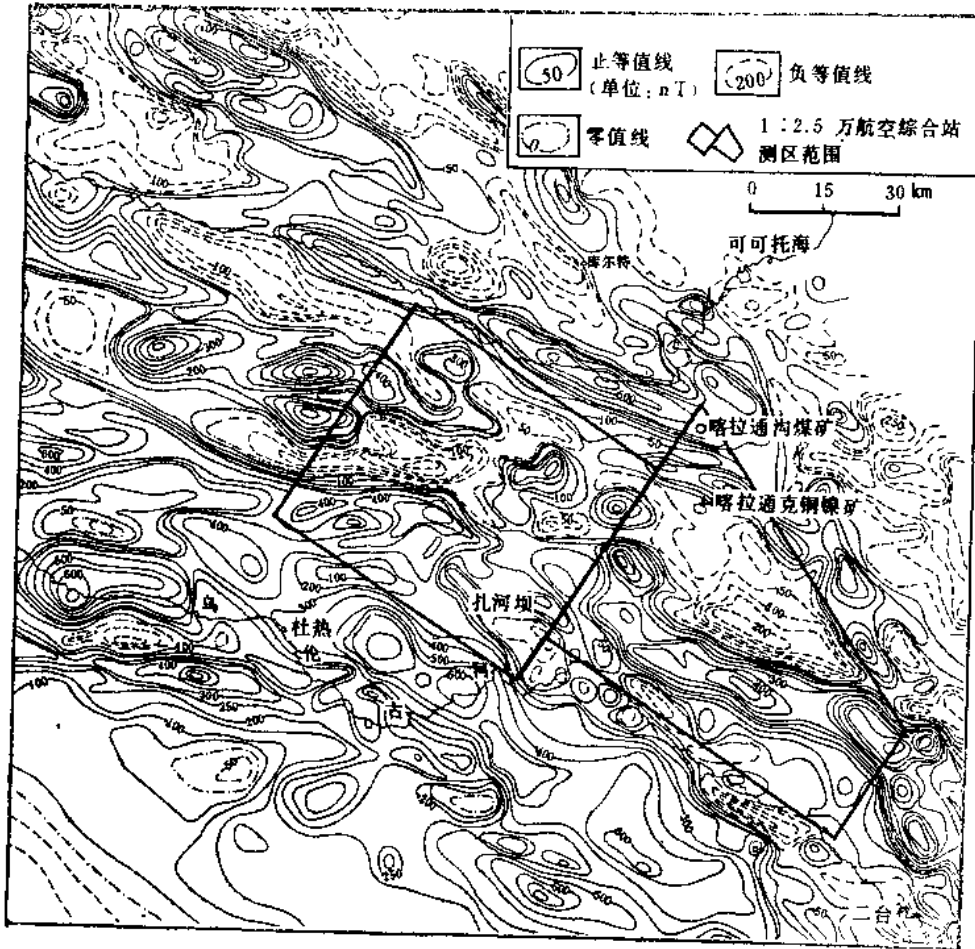


图 3 准噶尔北缘航磁 (ΔT) 异常等值线平面图

Fig. 3 Contour map of aeromagnetic (ΔT) anomalies on the northern margin of Junggar basin

磁资料缩编而成的。本图表明铜镍成矿带位于准噶尔北缘断裂异常带和额尔齐斯断裂异常带之间的过渡区,是环绕准噶尔盆地边缘分布的航磁弧形异常带的一部分。本区总的磁场变化特征:磁场变化幅度大,线性异常特征明显,背景场和叠加场比较清楚,有较强的正、负异常相间出现。磁场的展布方向与区内构造线方向一致,呈北西—南东向分布。 ΔT 异常等值线平面图所反映的局部异常形态,由带状、线状、团块状等不同形态和不同强度的异常组成,而且异常走向以北西向为主,另外尚有近东西向、北北西向的异常与其相互交汇、穿插,构成了一幅复杂并有规律的磁场图景。

该区是由多个地质构造单元组成的一个复杂地质区域,每个单元有其不同的地质特点,而在磁场上也反映出不同的特征。现根据航磁异常所反映的磁场变化的主要特征,即磁场的强度以及磁场形态与走向变化特点,大致可将区域磁场划分为三个不同特征和性质的磁场区。各磁场区之间由断裂异常带作为分界线。这些断裂异常带,从北到南主要有:额尔齐斯断裂异常带,乌伦古河断裂异常带和克拉麦里断裂异常带。

(1) 北部负磁异常区

额尔齐斯河以北负磁场区的东段,北界已出图廓,南界为额尔齐斯断裂异常带。磁场特征呈单调的北西—南东向,为负磁场占主导地位的磁场区。以喀拉苏—库尔特一线为界,其北边为大面积分布的平静负磁场,一般为 -100 — -200 nT,主要为大片分布的奥陶—志留系变质岩系和无磁性的酸性花岗岩所引起,其局部高峰磁异常,可能与磁铁矿有关;而南部以正、负相间分布的磁场为主,主要为泥盆系和具有中—强磁性的花岗岩引起。另外,沿断裂带也有一些基性岩分布。

(2) 中部正、负异常相间分布磁场区

位于额尔齐斯断裂异常带与乌伦古河断裂异常带之间。总的磁场走向以北西向为主,呈条带状的正、负异常相间分布。该区主要地层为泥盆系和石炭系,火山活动频繁,沉积了巨厚的中酸—中基性喷发—沉积岩,在华力西中期褶皱回返,形成紧密的线状褶皱。与此同时有广泛的岩浆活动,其岩浆岩大部分是具有磁性的中基性岩体和呈岩株或岩被产出的中酸性岩体,大都为断裂所控制,而出露面积较大呈岩基状产出的酸性岩体则与褶皱关系较大。对地层而言,石炭系绝大部分是不具磁性或弱磁性,均反映为平静负磁场;泥盆系因夹有火山岩较多,普遍具有磁性,反映出较强的条带状异常。局部异常则为中基性岩体和强磁性的中酸性岩体引起。我们所研究的成矿带即位于本区。

(3) 南部正磁场区

位于乌伦古河断裂异常带以南的工作区外,克拉麦里断裂异常带以北地区。该区以大片急剧跳跃的正磁场为其特征,其上叠加北西向的局部磁异常。局部伴有负异常出现,其走向以北西—南东向为主,有些局部异常呈近东西向分布。异常强度一般为 500 — 700 nT,局部异常值可达 1000 nT以上。该区广泛被第四系复盖,仅在东部出露有花岗岩和泥盆系。其岩性主要是海底喷发的中基性火山碎屑岩、熔岩等。有的局部磁异常为沿背斜轴部及断裂侵入的中基性岩或超基性岩体的反映。克拉麦里断裂异常带以南的负磁异常区则为准噶尔盆地的异常特征。

(三) 成矿带的重磁场特征

1. 重力场特征及地质解释

成矿带所涉及的范围包括1:20万区域重力测量的锡伯渡幅和富蕴幅的大部分以及杜热幅和恰库尔特幅、二台幅的部分地区。该带布格重力异常的一个显著特征就是主要呈北西向的分区、分带展布。所谓不同的异常区就是异常的展布方向、幅值大小、变化特征不同。这主要反映了所处地质单元的不同时代、不同岩性的差异或主要侵入体的类型不同。分带,则是指不同的布格重力异常梯级带,主要是断裂带的反映,常常构成异常的分区或不同地质单元的分界线。

根据1:20万布格重力异常图,本区布格重力异常的区域场特征是一组北西向平行排列的等值线。重力异常等值线从南西向北东逐渐降低,其变化梯度大约是每公里 $1.8 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$,异常值为 $-84 \sim -168 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$,说明了本区地壳厚度从南西往北东逐渐变厚,基底逐渐变深,反映了本区属准噶尔地台边缘褶皱带向阿尔泰褶皱带逐渐过渡的地带。重力异常呈北西向的梯度带和高、低异常的分区、分带的特征,则反映了本区构造线方向主要为北西及一系列北西向复背斜、复向斜的展布特征。按布格重力异常等值线的变化特征,可将本区划分成如下几个梯级带和异常区(图4)。

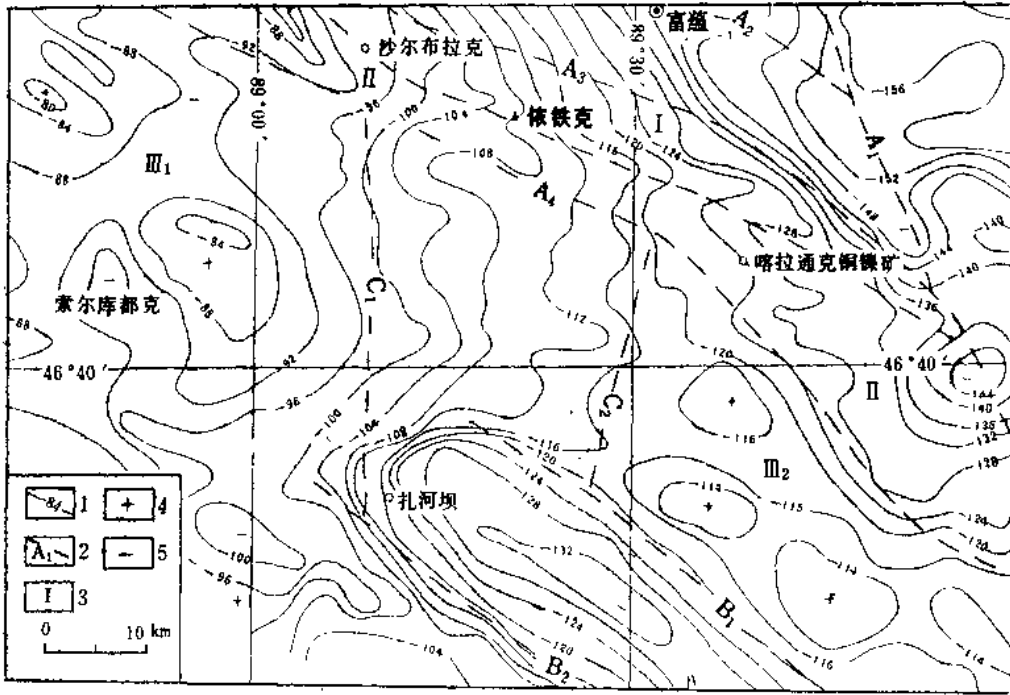


图4 工作区重力场分区图(据1:20万重力异常等值线图缩编)

Fig.4 Division of the gravity field in the working area

1—布格重力异常等值线(单位: 10^{-5} m/s^2); 2—重力异常梯度带及编号; 3—重力场分区编号; 4—重力异常高; 5—重力异常低

(1) 锡伯渡-卡拉先格尔梯级带(I)

西起锡伯渡,经别勒库都克、喀拉通克至卡拉先格尔。它是本区东北侧一条十分突出的重力异常带,是由北西西—北北西向的有规律线状展布的几组梯度带组合而成,形成似“鸡爪”状异常。由于图幅所限,大都伸出图廓外,未能反映出它们的全貌。该梯级带又可分成如下四个梯度带。