

# 新疆喀拉通克铜镍矿床 综合信息找矿模型

杨永强 陈永良 程丽红

(长春科学技术大学, 长春, 130026) (新疆第四地质队, 阿勒泰, 836500)

**摘要** 喀拉通克铜镍矿床为产出于造山带且远离克拉通的岩浆熔离型铜镍矿。通过系统研究矿床的地质、地球物理及地球化学特征, 提出深大断裂控制基性岩产出, 含矿基性岩浆侵位后熔离结晶分异和矿浆依次贯入的成矿模式, 总结出找矿的地质、地球物理及地球化学标志, 最后给出了综合信息找矿模型。

**关键词** 铜镍硫化物矿床, 综合信息找矿模型, 新疆

新疆喀拉通克铜镍矿床是我国大型硫化镍矿床之一, 而且不同于产于古老克拉通边缘的镍矿, 为产于显生宙造山带的铜镍矿, 极具代表意义<sup>1</sup>。新疆北部存在数条与深大断裂有关的基性、超基性岩带, 是找寻铜镍硫化物矿床的有利地段, 因此建立喀拉通克铜镍矿床的综合信息找矿模型对找寻同类型大型铜镍矿床有重要意义。

## 1 区域及矿田地质特征

### 1.1 区域地质特征

深大断裂的出现及其控制的基性、超基性岩是该区铜镍矿床产出地两大地质前提。

额尔齐斯深大断裂出现在喀拉通克铜镍矿床的北缘, 为阿尔泰褶皱系与准噶尔褶皱系的分界线, 南北两侧的沉积建造、岩浆活动、变质作用均有差异。北侧有大面积的奥陶系、志留系分布, 而且分布有古老结晶基底; 南侧奥陶系很少, 志留系缺失, 主要为浅变质的泥盆系、石炭系。从该断裂控制两侧的地质演化看, 其规模巨大, 历史悠久, 至少在加里东期即已存在<sup>2</sup>。该断裂在重、磁场图上为一线性异常带, 总体产状倾向北东, 倾角 $60 \sim 70^\circ$ , 而且在航磁不同上延高度图上都清楚可见。沿该断裂带及其两侧次级断裂, 广泛发育有由中基性、基性、超基性岩体组成的一个规模巨大的构造-岩浆带, 它控制了铜镍、金矿的分布。

阿尔泰地区从北向南存在5个基性、超基性岩带, 即阿尤-可可托海岩带; 锡伯渡-乌恰岩

带;喀拉通克岩带;扎河坝-阿尔曼太岩带;克拉麦里岩带。这些岩带是铜镍硫化物矿床产出的岩石前提,研究其产状、分异特征及岩石组合是十分重要的。我国含镍岩体的产状、分异岩石组合、造岩矿物和主要矿化部位及其岩相多方面十分相似,岩体具有一定的垂直分带及侧向对称分异,矿化与岩浆分异和成岩期次密切相关等共性。根据岩体的岩石类型可划分为三类<sup>3</sup>,即金川型:斜长橄榄二辉岩-二辉橄榄岩-二辉辉橄岩型,属铁镁质超基性岩体;黄山型:为辉长岩-橄榄辉长苏长岩-二辉橄榄岩型,属铁镁质基性-超基性杂岩体;喀拉通克型:为闪长岩(苏长)-辉长岩-橄榄苏长岩型,属铁质-铁镁质中性-基性杂岩体。阿尔泰地区以后两种岩体为主,而喀拉通克型又将地表出露的闪长岩复合岩体包括了进来,扩大了找矿的视野。

## 1.2 矿田地质特征

喀拉通克铜镍矿床在大地构造位置上属斋桑-北准噶尔褶皱系的二台构造-建造带北缘,在成矿分区上属二台金铜镍成矿带。矿田出露的地层主要为中泥盆统蕴都喀拉组和下石炭统那林卡拉组。后者为铜镍矿床的直接围岩,其岩性为一套海陆交互相陆源碎屑建造。区内褶皱构造发育,形成一系列北西向复式褶皱,轴向300左右。褶皱由下石炭和中泥盆统组成。矿田内断裂构造有北西向的额尔齐斯深大断裂,以及近南北向的喀依尔提断裂和一系列北东向的小断裂,而且多组构造交汇。该区岩浆活动强烈,幔源碱性拉斑玄武岩上升侵位,表现为海西期侵入活动和火山活动。岩浆侵入集中在喀拉通克一带,侵入于石炭系地层中形成基性、超基性岩体和中酸性岩体。火山活动空间即深大断裂,下通地幔,上达地表,多个火山活动中心组成链状火山机构,火山活动全过程始终伴随着成矿作用。

## 2 矿床地质特征

喀拉通克铜镍矿是喀拉通克基性岩带的一个组成部分,位于该基性岩带的中东段,已发现基性岩体 $Y_1$ 、 $Y_2$ 、 $Y_3$ 等11个,面积均小于 $0.1\text{ km}^2$ 。 $Y_1$ 岩体是规模最大者,形态较规则,主要为隐伏和半隐伏岩体,基性程度高,岩浆分异较好,垂直分相明显,金属硫化物富集程度高,故将其作为铜镍矿床集中区的模型矿床来研究。 $Y_1$ 岩体基性程度由上至下逐步增加,由闪长岩相-苏长岩相-橄榄苏长岩相-辉长岩相。矿体主要赋存在岩体中下部和底部,呈透镜状、分支脉状,按成矿阶段可分为岩浆成矿期和矿浆贯入成矿两期。矿体由氧化矿和原生矿组成,地表可见铁帽。原生矿石类型有稀疏浸染状、中-稠密浸染状、细网脉状和致密块状,矿石类型无论在平面上或剖面上常成环带状依次分布。矿物组合主要有磁黄铁矿、黄铜矿、镍黄铁矿、黄铁矿、紫硫镍矿与磁铁矿。矿石中主成矿元素为铜、镍、钴,伴生有银、金、铂、硒、锑、硫等。镍主要赋存矿物是镍黄铁矿、紫硫镍矿和磁黄铁矿。铜以独立矿物为主,主要为黄铜矿和少量的方黄铜矿。矿床REE和配分型式与赤柏松、金川较相似,说明成矿物质源于上地幔<sup>4</sup>。成岩时代为海西中晚期。

综上,可概括其成矿模式为:深部熔离-贯入式矿床,幔源岩浆在中间岩浆房滞留期间,在岩浆硫条件下熔离、分异,形成不混溶硫化物矿浆,再次侵入后形成贯入式矿床。

### 3 地球物理特征

额尔齐斯深大断裂控制着基性、超基性岩体及铜镍矿床的分布, 因而断裂构造的确定是找矿的前提。根据磁场形态、强度, 矿田内可划分出三大异常带, 即萨尔布拉克-喀拉通克异常带, 长 90 km, 宽 1~ 2 km, 其为额尔齐斯大断裂南侧的次级断裂, 切割较深, 有基性岩体和苦橄玢岩出露; 希力库都克-科克别提异常带, 长 120 km, 宽 1~ 3 km, 沿断裂带分布有中基性火山岩和中酸性岩体; 乌伦古河异常带, 长 60 km, 宽 1~ 4 km, 该带由多条北西向和正、负剧烈变化的线性异常带组成, 且在扎河坝等地出现超基性岩体。阿尔泰地区的 5 个基性、超基性岩带都对应着航磁异常带, 具有正缓或正负跳跃异常场。

额尔齐斯深断裂在 1:20 万区域重力布格异常图上, 反映为明显的重力梯度带, 含矿岩体分布在重力梯度带附近。重力异常梯度带反映了阿尔泰陆缘活动带与准噶尔北缘增生挤压带的变化趋势。喀拉通克矿区位于这两大梯度带(额尔齐斯及海子口二台)交汇部位的西南侧, 对应矿区的只是一些小的扭曲。在 1:2 万布格重力图上, 矿区处重力异常等值线出现一些明显的局部拱形扭曲, 去除背景场和干扰, 可见明显的剩余异常 ( $200 \sim 10^{-6} \text{ m/s}^2$ )  $G_1$ 、 $G_2$ 、 $G_3$ 、 $G_4$  等, 对应于含矿岩体  $Y_1$ 、 $Y_7$ 、 $Y_2$ 、 $Y_3$  等。在 1:2.5 万航磁图上, 含矿岩体显示在较稳定的低磁场背景上强度为 100 ~

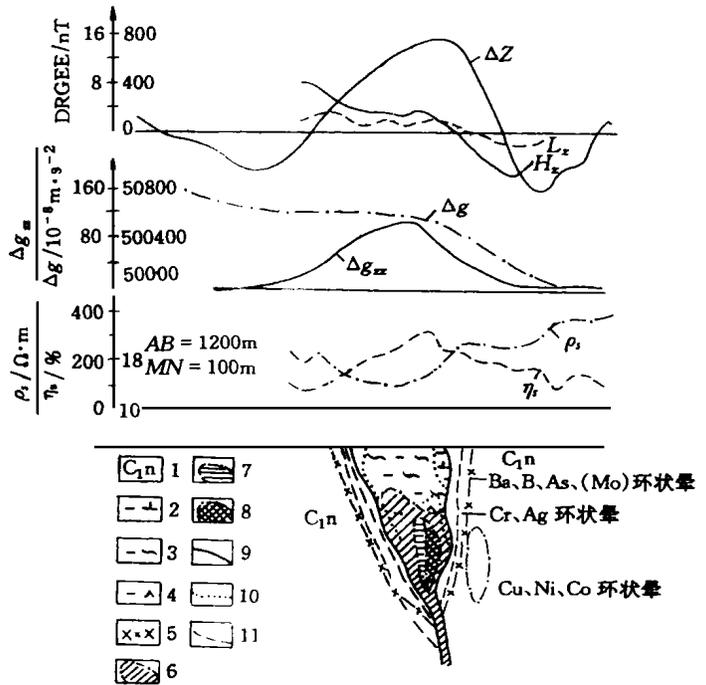


图 1 喀拉通克  $Y_1$  岩体找矿模型图

Fig. 1 Prospecting model for the Cu-Ni-bearing  $Y_1$  rock body

1. 下石炭统那林卡拉组
2. 黑云角闪苏长岩相
3. 黑云角闪辉长岩相
4. 黑云角闪橄长岩相
5. 黑云角闪辉绿辉长岩相
6. 稀疏浸染状矿体
7. 中 稠密浸染状矿体
8. 致密块状矿体
9. 地质界线
10. 岩相界线
11. 断层

200 nT 范围较小的局部异常。在矿带的西部布格重力异常等值线呈北西向的团块状, 推测在深部存在大的中基性岩体。找基性、超基性岩带是找铜镍矿的前提, 可用重力和航磁二阶导数确定岩体的范围、深部产状和形态。在基性、超基性岩体中显示正负磁异常伴生的磁场特征(只在 大比例尺测定)的岩体与铜镍矿成矿关系密切。

在圈定矿体时常用物性的重、磁差异及激电异常和瞬变电磁法等。统计  $Y_1$  含矿岩体岩

相与物性参数可以发现,岩体的密度、磁性是随着岩体的基性程度的增加而增大,自上而下基性程度增加,含矿性变好;矿化辉长岩磁性较非矿化岩石明显增高;岩体和含矿岩体同围岩之间具有明显的密度差;磁性体是岩(矿)体的一部分,磁性大小与矿化正相关;含矿岩体的极化率高,电阻率低,故含矿岩体的地球物理模式为“三高一低”,即重力高、磁力高、极化率高、电阻率低(图1)。另具有探测低阻盖层下的良导体的能力的瞬变电磁法,在喀拉通克7号岩体找矿效果较好。

## 4 地球化学模式

铜镍矿化与喀拉通克型中基性岩体具有时间、空间和成因上的联系,故含矿岩体的地球化学研究是找矿的有效方法。研究该杂岩体硫化物相中Cu、Ni、Co和S的分布可知<sup>5</sup>:与铜镍矿床有关的基性—超基性岩体富含Cu、Ni和S,从无矿至含矿该组元素呈1~2个数量级递增;由无矿岩体至含矿岩体,成矿元素Cu和Ni的离差呈几何级数增加;镍与硫的相关性大于钴、铜与硫的相关性;大的铜镍矿床中Cu>Ni,代表了成矿作用的叠加;岩石化学中镁铁比值 $m/f=2\sim 6$ 对成矿有利。

在硫化铜镍矿床附近发育有确定成分和沿构造或岩体分布的原生晕,构成了特定的矿床地球化学异常模式。异常密集区是矿床密集区发现的必要条件。以多级汇水盆地网系图为骨架,把地质体(构造等)与地球化学组合异常图相关联,提取地球化学成矿信息。以Ni(Cu)为主成矿元素,Cu(Ni)、Co、Ag、Cr为伴生元素研究其组合关系和空间分布规律。在已知含矿岩体的周围可以出现环状异常(晕环)和线状异常,矿床产于环线交叠处。喀拉通克至卡拉格尔一带,为一大的Cu、Ni、Cr等的主体异常,喀拉通克铜镍矿就位于该异常的中部地段,元素组合异常分带明显,以Cu、Ni为主,次为Au、Mo。其中Cu、Ni(Cr)相互套合较好,Au、Mo套合较差。史长义等<sup>6</sup>认为在基性—超基性岩体上,出现范围较大的一组铁族元素正异常,并有一组碱性元素的多元素正异常出现于铁族元素正异常内,且空间位置重合,反映含矿岩体和成矿环境。从Cu、Ni和FeO、MgO、TiO<sub>2</sub>、MnO<sub>2</sub>、K<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O等氧化物的相关分析,发现成矿元素与FeO的关系最为密切,这表明Cu、Ni是在一种还原的环境下成矿的。

该铜镍矿床有一套组份复杂的具垂直和水平分带性的矿化指示元素组合。矿下元素Cu、Ni、Co的原生异常与岩体相伴,矿上元素Ba、B、As、I、F、Mo围绕含矿岩体形成一个低衬度的空心壳状晕,近矿指示元素Ag、Cr在含矿岩体的上方围岩中形成低衬度的上置晕。矿床具有如下富集规律:自地表至深处,Cu、Ni、Pt+Pd、Co含量有规律递增,与矿石中硫化物含量、矿石类型变化规律相一致;铜、镍、铂+钯品位高的矿石,主要分布在岩体的东南侧,自SW向NW品位不断增加,延伸方向与岩体一致。

## 5 矿床综合信息找矿模型

深大断裂为地幔岩浆上升提供了通道, 不同大地构造单元接合部位又是构造-岩浆活动区, 铜镍硫化物矿床主要产于基性-超基性岩体中, 岩体既是铜镍硫化物的母岩, 又是矿体的直接围岩。要寻找铜镍矿床, 必须找到基性-超基性岩体(有时地表只出露闪长岩体), 但基性岩体并非都含矿, 与 Ni 异常吻合的正负磁异常伴生的岩体才是评价的主要对象。

综合地质、地球物理和地球化学找矿标志, 建立了喀拉通克铜镍矿床综合信息找矿模型。

深大断裂及其控制的次级断裂在航磁图上表现为异常带( $a_1$ ), 在重力场图上为梯度带( $a_2$ ), 多组构造交汇( $a_3$ ), 尤其是晚期复活的重、磁构造( $a_4$ )控矿。喀拉通克基性岩带总体分布受东西向构造控制( $a_5$ ), 岩体定位受北西向构造控制( $a_6$ )。与 Ni 异常吻合的正负磁异常伴生的基性岩体( $b_1$ )是找矿的目标。Cu、Ni 及组合元素组成的晕环( $b_2$ )是含矿岩体的直接指示。岩体富含 Cu、Ni、S 是含矿的指标( $b_3$ ), 且  $Cu > Ni$ ( $b_4$ )。含矿岩体显示在较稳定的低磁场背景上强度为 100~200 nT 范围较小的局部异常( $b_5$ )。用重、磁二阶导数圈定的中基性岩体(形态、规模、产状)( $b_6$ )。矿体分布于岩体的中下部及边部( $c_1$ )。三高一低是指示矿体的地球物理标志( $c_2$ )。矿上、近矿、矿下元素原生晕指示( $c_3$ )。矿体富集程度与岩相的基性程度呈正相关( $c_4$ ), 自地表至深处 Cu、Ni、Pt、Pd、Co 含量有规律递增( $c_5$ )。

利用马斯洛夫的层次理论, 将构造找矿需要 A( $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$ 、 $a_5$ 、 $a_6$ )、岩体找矿需要 B( $b_1$ 、 $b_2$ 、 $b_3$ 、 $b_4$ 、 $b_5$ 、 $b_6$ )、矿体找矿需要 C( $c_1$ 、 $c_2$ 、 $c_3$ 、 $c_4$ 、 $c_5$ ) 集合成综合信息找矿模型,  $M = F(A、B、C)$ 。

### 参考文献

- 涂光炽. 新疆北部地质演化与成岩成矿作用. 见: 涂光炽主编. 新疆北部固体地球科学新进展, 北京: 科学出版社, 1993, 3~8
- 王福同, 马天林, 刘光海, 等. 新疆喀拉通克铜镍金矿带成矿规律和找矿模式. 北京: 地质出版社, 1992, 25, 186, 190
- 师占义, 洛长义, 杨金祥. 中国主要含镍岩体类型与组构特征. 西北地质科学, 1992, 13(1): 1~15
- 帕拉提. 阿布都卡德尔. 喀拉通克 I 号硫化铜镍矿床地球化学特征及矿化富集规律探讨. 新疆地质, 1991, 9(4): 376~378
- 李应桂, 成杭新. 铜镍矿床勘查中岩体含矿性的地球化学评价. 物探与化探, 1995, 19(4): 241~250
- 史长义, 张金华, 黄笑梅. 福建紫金山陆相火山型铜金矿田区域地质地球化学异常结构模式. 物探与化探, 1996, 20(3): 180

# THE INTEGRATED INFORMATION MODEL FOR PROSPECTING OF KALATONGKE TYPE Cu Ni ORE DEPOSITS IN XINJIANG

*Yang Yongqiang, Cheng Yongliang*

*Chen Lihong*

(Changchun Univ. of Science and Technology, Changchun, 130026) (No. 4 Geological Team of Xinjiang)

## Abstract

Kalatongke Cu-Ni deposit is of magmatic separation-type ore deposit occurring in orogenic belt far from craton. Based on systematic geological, geochemical and geophysical studies of the deposit is proposed the deep-fault-controlling of basic rock post emplacement magmatic separation and crystallization differentiation of magmatic ore successive ejection model for the deposit. Geological, geochemical and geophysical marks which can be used as ore-propecting guides are summed up and integrated information model for prospecting such ore deposits in Xinjiang is established.

**Key words** Cu-Ni ore deposit, Xinjiang, integrated information model

## 重要勘误表

位 置	误	正
本刊 1998 年第 1 期封首倒数第 1 行	治	冶
本刊 1998 年第 1 期封首倒数第 2 行	从	丛