

# 内蒙古珠斯楞海尔罕斑岩型铜矿综合找矿方法\*

## Integrated prospecting methods for the Zhusilenghaierhan porphyry copper deposit in Inner Mongolia

白大明<sup>1</sup>, 王彦鹏<sup>2</sup>, 牛颖智<sup>2</sup>

(1 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2 内蒙古国土资源勘查开发院, 内蒙古 呼和浩特 010020)

BAI DaMing<sup>1</sup>, Wang YanPeng<sup>2</sup> and NIU YingZhi<sup>2</sup>

(1 Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China; 2 Inner Mongolia Institute of Land and Mineral Resources Exploration and Development, Hohhot 010020, Inner Mongolia, China)

**摘要** 珠斯楞海尔罕铜矿为斑岩型铜矿床, 矿体主要产在华力西中晚期花岗闪长岩体中, 岩体铜矿化发育, 围岩蚀变以青盘岩化为主, 分带性强。矿化强弱受  $F_2$ 、 $F_3$  断裂构造控制并与青盘岩化强弱有关。文章总结分析了激发极化法、高精度磁法、连续电导率成像和化探等方法对该矿床勘查的有效性, 提出了珠斯楞海尔罕铜矿床的地、物、化综合找矿模型。

**关键词** 斑岩铜矿; 围岩蚀变; 激发极化法; 高精度磁法; 连续电导率成像; 综合找矿模型; 珠斯楞海尔罕

珠斯楞海尔罕铜矿区属内蒙古额济纳旗温图高勒苏木管辖, 属戈壁荒漠, 其北距阿拉善左旗至额济纳旗公路约 30 km, 西距额济纳旗旗府所在地 150 km。地理坐标: 东经  $102^{\circ}35'00''\sim 102^{\circ}42'00''$ , 北纬  $41^{\circ}34'0''\sim 41^{\circ}41'00''$ 。

珠斯楞海尔罕铜矿是内蒙古国勘院 2001 年在开展 1/20 万化探异常检查和 1/5 万水系沉积物加密测量时发现的。随后开展了包括地质填图、物化探测量等找矿勘查工作, 取得了良好的找矿效果。2004 年中国地质科学院矿产资源研究所在矿区开展了大探测深度的连续电导率成像 (以下简称 EH4), 给出深部二维电导率精细断面, 对深化矿体深部特征的研究以及进一步工程验证提供了重要依据。本文在充分研究分析内蒙古国勘院近年来矿区大量勘查成果, 并接合连续电导率成像成果的基础上, 分析矿区综合物化探方法的找矿效果, 总结该铜矿的综合地物化找矿方法配套程序, 建立其综合找矿模型, 对于该区斑岩型铜 (钼) 矿的勘查评价将具有一定的指导意义。

## 1 矿区地质特征

珠斯楞海尔罕铜矿区大地构造位置位于西伯利亚板块南缘, 华北板块和塔里木板块交汇部位。矿区出露地层为泥盆系西屏山组、卧驼山组和伊克乌苏组的一套浅变质富含生物化石的碎屑岩、灰岩及少量凝灰质碎屑岩, 呈北西向展布 (图 1)。地层总体倾向东北, 倾角  $50^{\circ}\sim 70^{\circ}$ 。其中卧驼山组地层因区内含矿岩体花岗闪长岩、花岗斑岩空间位置上主要位于该组地层, 使得地层受岩浆和断裂构造活动影响普遍发生了青盘岩化、黄铁矿化和硅化, 局部地层蚀变强烈, 原岩成份已完全被交代改造变成青盘岩。矿区南部出露的卧驼山组砂质灰岩、生物灰岩段地层因受后期热液作用, 黄铁矿化极为发育。

矿区断裂构造发育, 主要有 NW 向和近 EW-NE 向两组。其中 NW 向断裂构造与地层和脉岩走向一致,

\*本文由国家地质调查项目 (项目编码: 1212010561603-1) 资助

第一作者简介 白大明, 男, 1955 年生, 研究员, 从事矿产资源综合物化探方法的研究与应用工作。

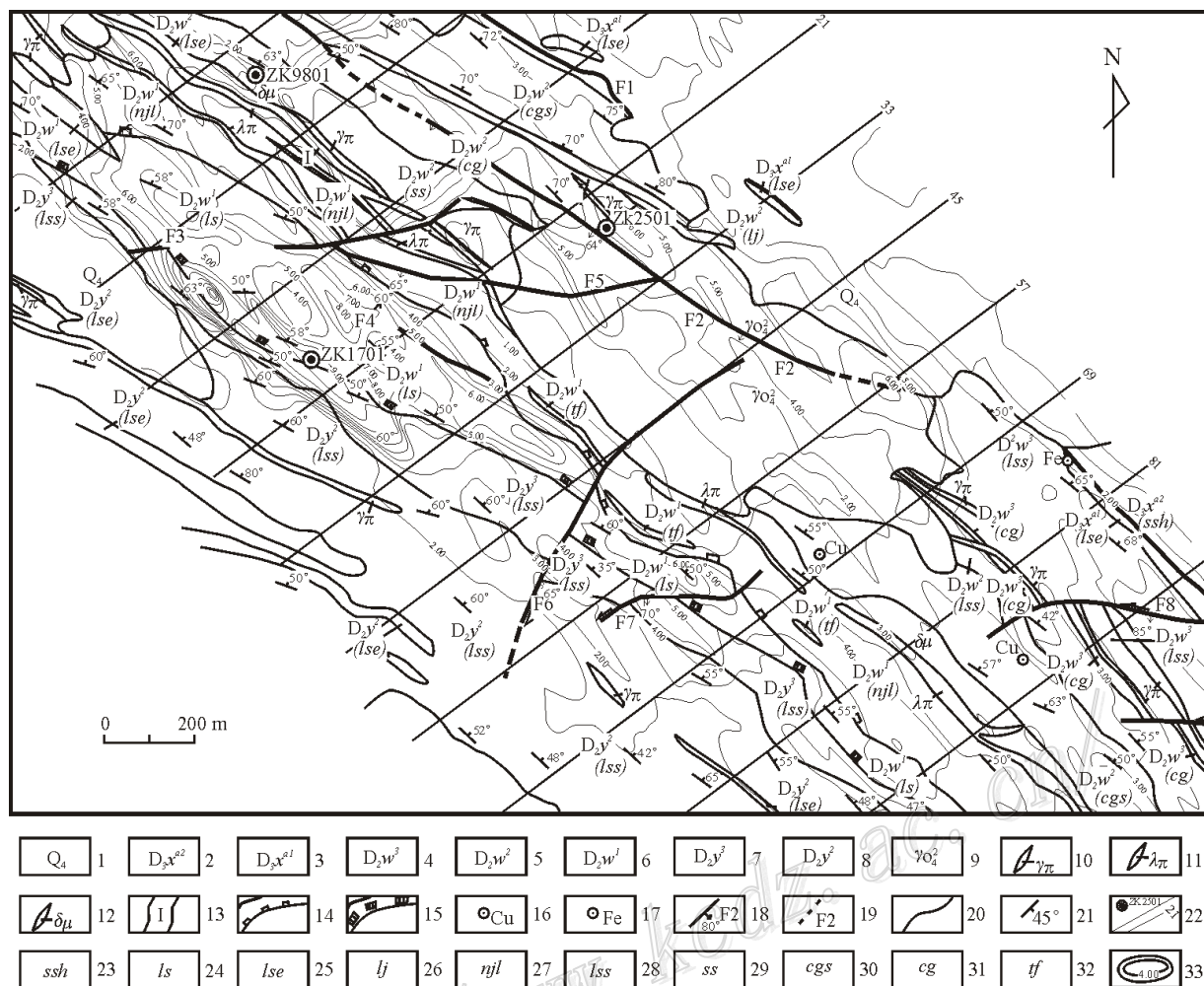


图1 珠斯楞海罕铜矿区地质-物探综合图(据内蒙古国勘院, 2002)

1—第四系; 2—泥盆系西屏山组二岩段; 3—泥盆系西屏山组一岩段; 4—泥盆系卧驼山组三岩段; 5—泥盆系卧驼山组二岩段; 6—泥盆系卧驼山组一岩段; 7—泥盆系伊克乌苏组三岩段; 8—泥盆系伊克乌苏组二岩段; 9—花岗闪长岩; 10—花岗斑岩脉; 11—石英斑岩脉; 12—铜矿化花岗闪长岩脉; 13—铜矿化带及编号; 14—青盘岩化带; 15—黄铁矿化带; 16—铜矿(化)点; 17—铁帽; 18—实测断层编号及产状; 19—推测断层及编号; 20—实测地层界线; 21—地层产状; 22—钻孔及编号和勘探线及编号; 23—砂质页岩夹粗砂岩; 24—生物灰岩; 25—碎屑生物灰岩; 26—结晶灰岩; 27—泥质结晶灰岩; 28—砂质灰岩; 29—变质砂岩; 30—变质含砾砂岩; 31—变质砾岩; 32—变质晶屑凝灰岩; 33—激电极化率异常等值线(单位: %)

断裂长 2~3 km, 是矿区最主要的控矿构造, 对区内矿体、含矿岩体、矿化带有明显的控制作用。断裂有 SW 和 NE 两种倾向, 倾角约 70°, 具张性特征, 同方向、倾向相反的断裂似有共扼断裂的特点。EW-NE 向断裂倾向 SE, 近于直立, 具有平移断裂性质, 形成时间晚于 NW 向断裂, 在矿区表现为对岩体、矿体、矿化带的切割作用, 但被切割体空间移距不大。

矿区出露华力西中晚期花岗闪长岩、花岗斑岩、闪长玢岩 3 种侵入岩。花岗闪长岩呈近椭圆状小岩株, 位于矿区中北部, 蚀变强烈, 表现为绿泥石化、高岭土化和绢云母化。花岗斑岩呈脉状成群产出, 脉体总体走向 NW 向, 普遍具有星点黄铁矿化, 位于 I 号矿体附近和铜矿化带中的花岗斑岩受热液作用影响普遍具有铜矿化、绿帘石化和碳酸盐化。沿花岗斑岩边部和局部发育有铜的次生氧化物黑铜矿和赤铜矿。闪长玢岩呈宽脉状产出, 走向 NW。闪长玢岩蚀变强烈, 以绿帘石、绿泥石、碳酸盐、石英、黄铁矿为蚀变特征。花岗闪长岩和花岗斑岩是矿区目前发现的主要含矿岩体, 从其出露特征看, 岩体很可能以隐伏体为主, 出露地表的仅是局部岩枝。

矿区与铜矿化关系密切的蚀变有青盘岩化、硅化、钾化、绢云母化、碳酸盐化, 地表见有孔雀石、铜兰和褐铁矿化现象。

矿区矿化带内地表铜矿化普遍, 多呈细脉状, 脉宽数厘米~十数厘米, 最宽的脉假厚 4 m, 含铜 0.23%~0.43%, 最高 1.87%, 矿化岩石普遍含金, 其含量 0.1~0.38 g/t, 最高 1.6 g/t。该矿化带花岗闪长岩段施工的 ZK2901、ZK5701 两个孔, 控制长 560 m, 两个钻孔均为花岗闪长岩, 全孔铜矿化, 局部地段富集成矿, 铜含量 0.10%~0.42%, 矿体与围岩呈渐变过渡关系。

## 2 综合物化探方法找矿效果

找矿勘查实践表明, 珠斯楞海尔罕铜矿区开展的多种物、化探找矿方法中, 以激发极化法、高精度磁法、EH4 和土壤地球化学测量较为有效, 可查明含矿岩体中矿化富集部位, 进而寻找深部隐伏矿体。

### 2.1 激发极化法和高精度磁法

岩石物性测定结果表明, 含黄铁矿化、黄铜矿化的花岗闪长岩、花岗斑岩、变质细砂岩较同类不含矿岩石存在极明显的物性差异。前者极化率和磁化率均值在 4.38%~9.48% 和  $(93.4\sim245.7) \times (4\pi \times 10^{-6})$  SI, 而后者仅为 0.37%~1.26% 和  $(20.0\sim61.17) \times (4\pi \times 10^{-6})$  SI。因此在矿区进行电法和高精度磁法勘探具有物理前提。

矿区开展的激发极化法(中梯)圈出长 3.3 km, 宽 0.6 km, 面积 2.0 km<sup>2</sup> 的高视极化率(异常值 3%~14.7%) (图 1)、低视电阻率(异常值 50~300  $\Omega \cdot m$ ) 激电异常和低缓磁异常(异常值 10 nT~100 nT)。

激电分南、北两异常带, 异常走向 NW-SE, 异常沿走向两端均未封闭, 且有大幅度向外延伸之势。北带异常视极化率峰值一般 4%~6%, 由若干局部异常构成; 南带异常一般为 7.0%~9.0%, 最大值可达 14.7%, 地表黄铁矿化极为发育。低视电阻率异常与高视极化率异常相吻合, 异常值一般 100~300  $\Omega \cdot m$ , 最小值为 40  $\Omega \cdot m$ 。激电测深表明高极化体埋深 30~50 m, 强极化体埋深在 150 m 左右。

高精度磁测  $\Delta T$  高异常与激电异常大体吻合, 沿走向两端向外延伸方向也完全相同。

钻探验证结果, 北带异常区圈定具工业价值铜、金矿体 2 个, 且在局部激电异常之间鞍部的钻孔中铜矿体品位较富。南带异常区以黄铁矿为主, 铜品位不高, 可能与黄铁矿化有关。

### 2.2 连续电导率成像(EH4)

为了矿区深部隐伏矿探测, 弥补激发极化探测深度相对较小之弱点, 作者在矿区利用 Stratagem EH4 连续剖面浅—中层电磁成像系统开展了连续电导率成像法测量, EH4 是一种同时使用天然场源和人工场源信号的频率域电磁观测系统, 是全新概念的电导率张量测量仪。其天然场源信号频率从 1~1000 Hz, 人工场源信号则由一对正交的水平谐变磁偶极子产生, 频率从 500 Hz~100 kHz。具有探测深度大(0~1 km), 实时电导率成像的特点。

由 29 线 EH4 电导率成像剖面可见, 电导率断面较为准确地显示了深部岩体与地层接触带的形态, 铜矿体与低阻带吻合, 并显示出深部含矿的良好前景(图 2)。

### 2.3 地球化学测量

1:20 万区域化探资料表明, 矿区以 Cu 元素异常为主, 伴生有 As、Sb、Hg、Bi、Zn, 表现为一套以前缘元素特征为主的中低温热液元素组合。该异常组合元素在地化图上均表现出大面积的高背景特征。As、Sb、Hg 明显地呈北西向的宽带状, 与矿区构造方向一致; Cu 则呈宽带状、椭圆状, 各异常元素浓集中心吻合较好。

对 1/20 万异常开展 1/5 万水系加密测量发现了地表矿化体, 圈定出 6 个 Cu 子异常, 矿区即位于 AS26-1 号 Cu-As-Sb-Au-Ag-Bi-Sn-Mo-Zn-Pb 组合异常区, 异常区与矿区的弧形构造相一致, 反映出矿区存在一种与断裂构造、岩浆热液活动密切相关的铜多金属地球化学作用。

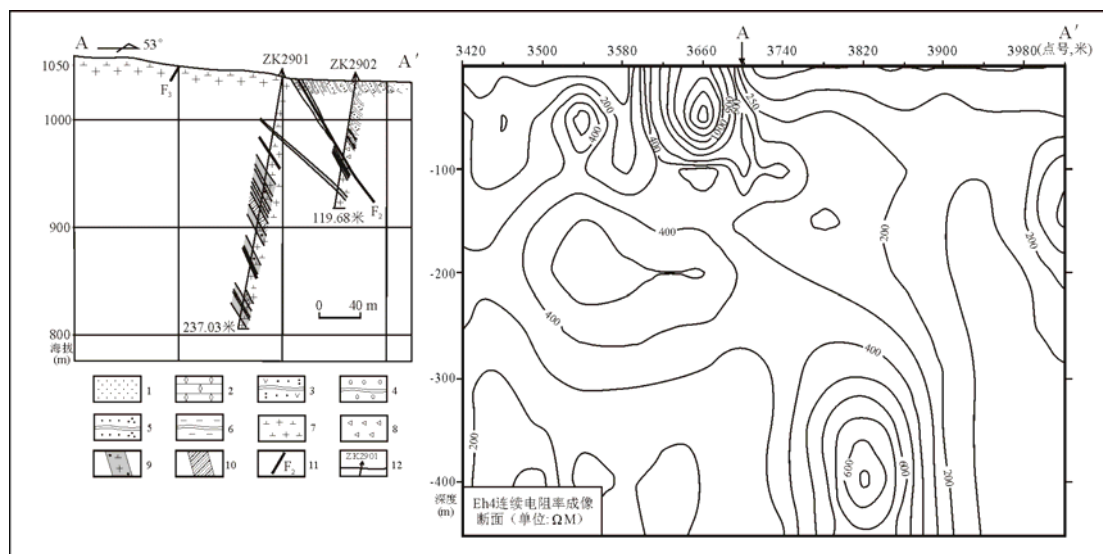


图2 珠斯楞海拉尔铜矿区29线勘探剖面 and EH4 电阻率断面(勘探线剖面据内蒙古国勘院, 2002)

1—第四系风成砂及残坡积层; 2—结晶灰岩; 3—变质粉砂质灰岩; 4—变质砾岩; 5—变质石英砂岩; 6—泥质板岩; 7—花岗闪长岩;  
8—构造碎裂岩; 9—黄铜矿化花岗闪长岩 ( $\geq 0.1 \sim 0.2\%$ ); 10—铜矿体 ( $\geq 0.3\%$ ); 11—断层及编号; 12—钻孔及编号

### 3 综合找矿模型

(1) 矿区处于活动大陆边缘, 华力西中晚期侵入的花岗闪长岩、花岗斑岩属含矿岩体 (Cu、Ag、As、Sb、Bi 元素含量明显高于同类型侵入岩), 是有利的成矿母岩。岩体多呈小岩株或脉状产出。

(2) NW 向断裂既是容矿构造, 也是导矿构造。它控制含矿岩体的空间分布, 铜矿化带被严格限定在两组 NW 向断裂构造内。

(3) 矿区与铜矿化关系密切的蚀变有青盘岩化、硅化、钾化、绢云母化、碳酸盐化, 由矿化中心向外具有明显分带性。铜矿化与青盘岩化强弱有关, 蚀变强铜矿化呈细脉状, 蚀变弱铜矿化呈浸染状。

(4) 1/20 万区域化探异常是此类矿床普查找矿的主要线索, 大面积、高背景中低温热液元素 Cu-As-Sb-Hg-Bi-Zn 组合异常是化探异常的重要特征。1:5 万~1:2 万加密化探采样是发现地表蚀变矿化的有效手段, 其组合异常是 Cu-As-Sb-Au-Ag-Bi-Sn-Mo-Zn-Pb。

(5) 激发极化法辅以高精度磁测, 是圈定矿化体, 寻找矿体富集部位的主要物探手段。矿体的异常特征为高极化率 (3%~5%)、低电阻率 (100~500  $\Omega \cdot m$ ) 和弱正磁异常 (20~100 nT)。极化率异常高 (>8%) 则应注意黄铁矿化干扰。

(6) EH4 或其他大探测深度电磁法是深部矿体二维或三维定位的有效手段, 成像断面上矿 (化) 体呈低阻特征, 可据此对矿体和围岩直接进行定量解释。

### 参 考 文 献

- 白大明, 聂风军, 杨崇文, 等. 2001. 综合物探方法在蒙古新向林(北山)地区东段铜矿预查区勘查评价中的应用[J]. 地球学报, (5): 459~464.
- 葛昌宝, 张振法, 冯 贞, 等. 2002. 阿拉善地区找矿新进展——珠斯楞海拉尔铜多金属矿[J]. 内蒙古地质, (2): 14~18.
- 聂风军, 江思宏, 白大明, 等. 2002. 北山地区金属矿床成矿规律及找矿方向[M]. 北京: 地质出版社. 119~134.
- 庄道泽, 张 征. 2000. 综合物探在土屋、延东铜矿的应用[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社. 545~552.