

# 物探在新疆土屋地区铜矿找矿中的应用 ——兼谈斑岩铜矿“三位一体”的找矿模式

王福同<sup>1</sup>, 庄道泽<sup>1</sup>, 胡建卫<sup>1</sup>, 冯 京<sup>1</sup>

姜立丰<sup>2</sup>, 张 征<sup>2</sup>, 胡长安<sup>2</sup>

(1. 新疆地矿局 新疆 乌鲁木齐 830000 ;

2. 新疆地矿局第一地质大队 新疆 鄯善 838204)

**提 要** 土屋铜矿带是我国新发现的重要斑岩成矿带。在土屋东矿点评价中开展物探剖面测量发现土屋激电异常, 异常查证导致土屋铜矿的发现。沿成矿带开展大面积1:2万激电、磁法测量, 发现了一系列激电异常, 通过地质调查、钻探查证相继发现了延东铜矿和灵龙铜矿。在研究斑岩铜矿地质条件和东天山地区干旱景观条件的基础上, 建立了斑岩铜矿“三位一体”(斑岩、孔雀石化、激电异常)的找矿模式。

**关键词** 新疆土屋 斑岩铜矿 物探 找矿模式

土屋斑岩铜矿带是中国地质调查局首批启动的东天山地区资源潜力评价项目的核心工作区, 现已发现土屋、延东、土屋东和灵龙铜矿, 矿床远景规模达超大型。在土屋、延东矿床的发现和外围找矿过程中, 充分、合理运用物探方法, 尤其激发极化法发挥了重要作用, 取得了突出的找矿成果。在此基础上建立了斑岩铜矿“三位一体”(斑岩、孔雀石化、激电异常)找矿模式。该区铜矿床的突破是地质普查与物探高度结合的典型范例。

## 1 地质矿产概况

土屋斑岩成矿带位于塔里木板块与准噶尔板块缝合线北侧, 属准噶尔板块南缘的增生拼贴岛弧带。区内主要出露石炭系企鹅山群和石炭系大南湖组、头苏泉组钙碱型火山岩及内缘碎屑岩, 主要岩石有玄武岩、安山岩、英安岩和碎屑岩(少量含碳质)。侵入岩以闪长玢岩、花岗斑岩为主, 岩体总体呈脉状。岩体与矿化密切相关, 矿体产于闪长玢岩和斜长花岗斑岩中(图1)。

土屋铜矿 地表矿体长1400m, 宽4~87.2m, 控制斜深大于400m。矿石矿物主要为黄铜矿, 次为斑铜矿、黄铁矿及微量磁铁矿, 矿石构造主要为细脉浸染状和星点—稀疏浸染状。

延东铜矿 地表控制矿体长840m(两端为侏罗系覆盖), 宽30~136m。矿石矿物主要为黄铜矿, 次为黄铁矿、辉钼矿和磁铁矿, 矿石构造主要为细脉浸染状和星点—稀疏浸染状。

收稿日期 2000-12-20 修订日期 2001-01-16

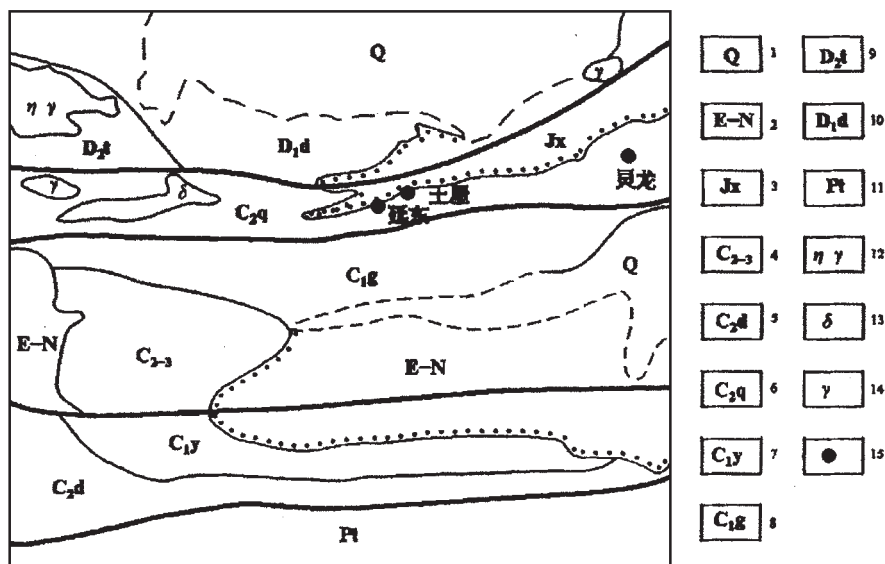


图1 地质矿产示意图

- 1—砂砾岩 2—泥岩、粉砂岩夹石膏 3—砂岩、砾岩、泥岩夹煤线 4—碎屑岩 5—泥岩、砂岩、凝灰岩、玄武岩；  
 6—安山岩、英安岩 7—砂岩、灰岩、凝灰岩、火山熔岩 8—玄武岩、安山岩、英安岩、凝灰岩、砂岩 9—凝灰岩、  
 凝灰砂岩、粉砂岩；10—安山岩、英安岩、凝灰砂岩；11—玄武岩、安山岩、英安岩、凝灰岩、粉砂岩；  
 12—二长花岗岩；13—闪长岩；14—花岗岩；15—铜矿床

灵龙铜矿 矿化蚀变带产于企鹅山群第二组与斜长花岗斑岩的接触带附近,沿岩体外接触带分布,蚀变带宽100~200m,长度大于1km,控制矿化体视厚度大于50m。矿化围岩有闪长玢岩、斜长花岗斑岩及碎裂状凝灰岩等,具强烈的黄铁矿化、褐铁矿化、孔雀石化及黄钾铁矾化。黄铁矿、黄铜矿呈浸染状—细浸染状分布。

## 2 物探在土屋斑岩铜矿带找矿突破中的作用

### 2.1 前期地质工作在土屋地区发现了铜矿化线索

五十年代以来,该区先后开展了区域地质、物化探工作。

1993年~1994年,新疆地矿局第一地质大队在区内开展1:5万区域地质八幅联测,发现了土屋铜矿点(现命名为土屋东铜矿)。矿体产于斜长花岗斑岩中,经地表拣块取样和初步控制矿化体长1400m,宽100~500m,矿石一般品位0.2%~0.45%,最高0.87%,平均0.34%以上。因地表矿体品位较低、蚀变较弱,未进行进一步评价。

### 2.2 土屋东矿点评价发现土屋激电异常,异常查证导致土屋铜矿床的发现

1997年,在综合研究该区成矿地质条件的基础上,第一地质大队在土屋铜矿区(含土屋东铜矿)按照局下达的任务书要求“利用地表地质填图、槽探揭露、物探激电测量等方法手段,对已知矿化体进行普查评价,同时根据物探激电测量成果,选择异常较好地段,布置稀疏钻探工程验证”开展矿点检查和物探异常查证工作。1997年7月前,完成了部分地表地质工作和

20km 激电、磁法剖面 and 3个激电测深点。

以2%的充电率为异常下限圈出2个激电异常。其中东部异常DJ-2(8线以东)与已知土屋东矿化带对应,激电异常低缓,长1600m,一般宽100m,充电率多在2%~3%,并对应相对高阻;西部高极化异常带DJ-1东西长800m,宽100~180m,最宽210m,充电率异常为3%~4%,最高5.4%,局部具中等磁性、相对低阻(图2)。据物探成果,首先对激电异常明显的DJ-1异常施工ZK701(原编号为ZK302),孔深200.8m,连续见矿61.72m,其中0~13.58m为氧化矿石,平均品位0.48%,13.58~61.72m为原生矿石,平均品位0.91%。在其东部200m施工ZK001(原为ZK502)、ZK002(原为ZK503)(图3),其中ZK001孔深67.85m,氧化带深25.41m,含铜0.6%,0~62.55m为铜矿体,平均

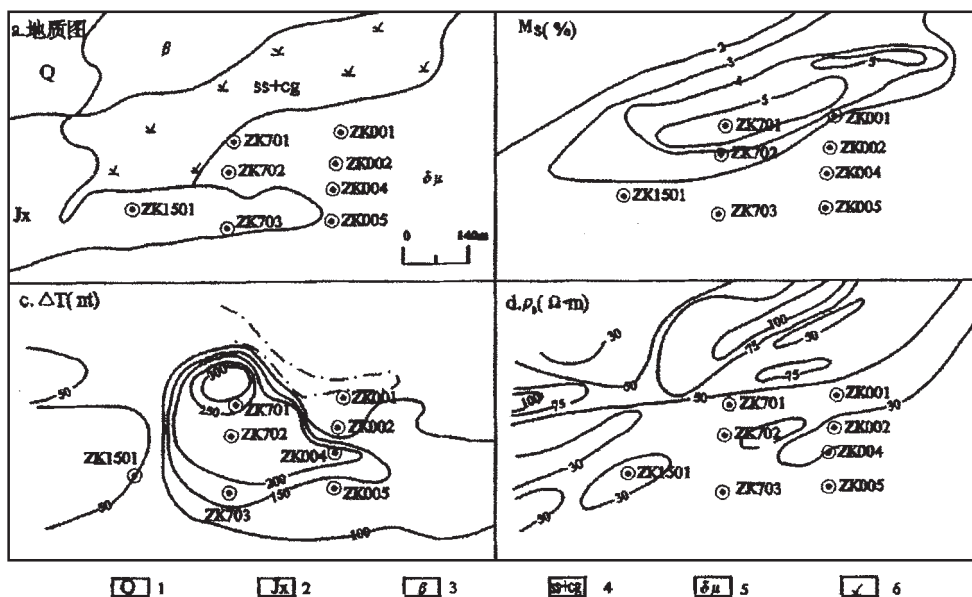


图2 土屋铜矿综合异常图

1—冲洪积物 2—砂、砾石夹煤线 3—玄武岩 4—砂岩、砾岩 5—闪长玢岩 6—孔雀石化

品位0.69%,其中21.06~35.83m品位1.06%;ZK002当年施工153.06m,因气候原因在矿体中停止钻进,该孔氧化带深39.56m,其中0~88.54m为矿化体,平均品位0.2%,88.54~153.06m为矿体,平均品位0.7%。至此,土屋铜矿勘查取得重大进展并显示了激电工作良好的找矿效果。

1998年~2000年对土屋铜矿0线、7线进行了重点解剖,初步控制了矿体形态、规模和品位变化,并展示了土屋铜矿具有大型以上规模。

从0勘探线剖面(图3)及物探综合异常平面图可见,矿体及含矿岩体具有高极化(3%~5%)、局部弱高磁(50~100nT)、低重力( $-400 \times 10^{-8} \sim -600 \times 10^{-8} \text{m/s}^2$ ),位于相对中阻—低阻的过渡带上的组合异常特征,反映在相对高密度的中基性—超基性火山岩条件下含矿闪长玢岩、花岗斑岩具有高极化、低密度、弱高磁的组合物性特征。

### 2.3 以点带面实施面积性物探工作,发现了延东铜矿

1998年继续对土屋铜矿开展普查评价和外围找矿。沿土屋矿区向西完成1:2万激电

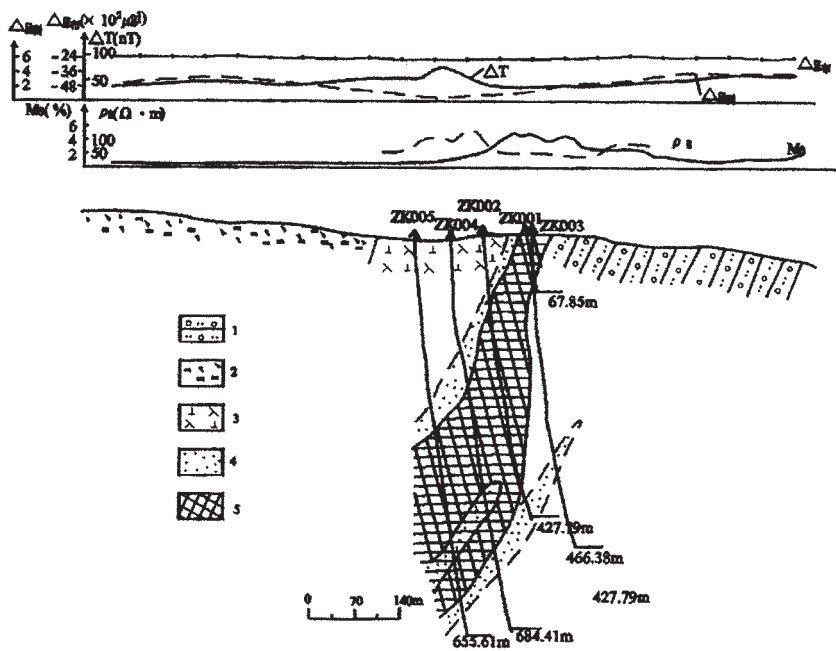


图3 土屋铜矿2勘探线综合剖面图

1—砂砾岩 2—砾石岩 3—闪长玢岩 4—Cu≥0.2% 5—Cu≥0.5%

30.88km<sup>2</sup>、磁法21.6km<sup>2</sup>、1:1万高精度重力、磁法剖面10.28km,激电测深点9个。

在土屋铜矿西6km的延东发现一明显激电异常,异常长3800m,宽40m~246m,充电率一般5%~7%,最高8%。该激电异常中心区地表有闪长玢岩、花岗斑岩(1:5万区调未划分出),地表有零星孔雀石分布,槽探揭露孔雀石发育。选择激电异常中心区292/1957点布置ZK001孔,累计见矿557.55m,其中表内矿体394.56m,铜品位0.594%,钼0.03%(图4)。当年延东铜矿找矿取得突破性进展。2000年沿走向按400m间距分别施工ZK1501、ZK3102,厚大矿体稳定向西延伸。

从0勘探线剖面(图5)及物探综合异常平面图可见,现控制的矿体和含矿岩体位于高极化、相对高阻—低阻的过渡带上和北部闪长岩体引起的高磁异常的过渡带上。此外,在现控制的含矿岩体南侧出现 $-800\times10^{-8}\sim-1000\times10^{-8}\text{m/s}^2$ 的重力低异常,推断认为该重力低异常代表含矿岩体(花岗斑岩)的主体部位,需继续向南进行钻探验证。

2.4 面上展开导致灵龙铜矿的发现,土屋斑岩成矿带前景远大

1997年在土屋斑岩成矿带开展了1:5万化探200km<sup>2</sup>,分别在延东、土屋、库姆塔格、赤湖地区发现十余处铜、钼组合异常,面积一般在2~5km<sup>2</sup>,铜含量 $100\times10^{-6}\sim600\times10^{-6}$ ,异常分布与花岗斑岩、闪长玢岩密切相关,显示了良好的找矿前景,并为进一步检查评价工作部署提供了靶区。

1999年~2000年沿土屋成矿带安排1:2万激电、磁法面积性工作,发现激电异常20余处,通过对DJ-14查证异常发现了灵龙铜矿,其它异常尚待进一步查证。

1:1万激电(网度100m×20m)对异常进行了细致划分,圈定了两个激电异常(图6),分别为DJ-14-2和DJ-14-3(以3%为充电率异常下限)。异常均呈南西西向带状分布,两带西延分叉,

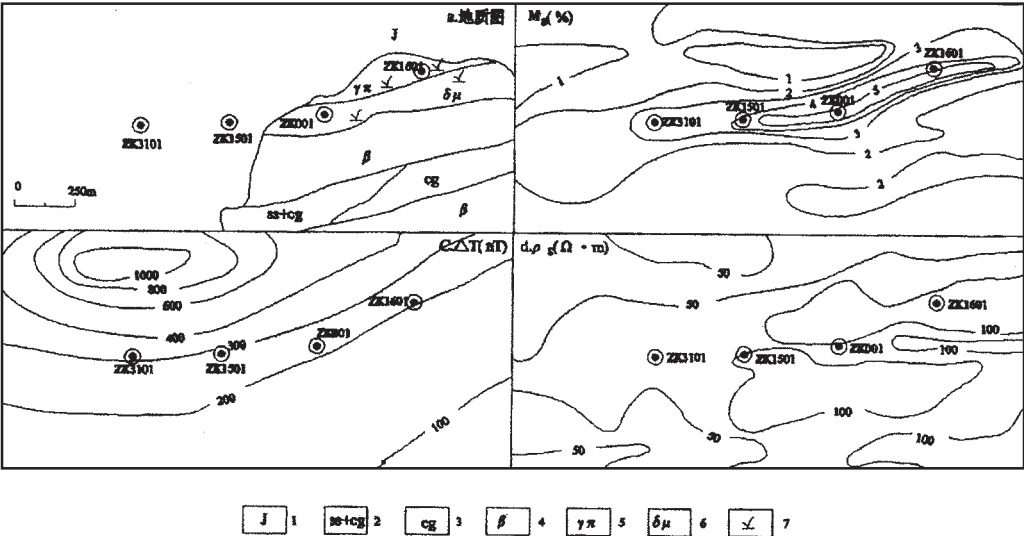


图4 延东铜矿综合异常图

1—砂岩、砾岩夹煤线 2—砂岩、砾岩 3—砾岩 4—玄武岩 5—花岗斑岩 6—闪长玢岩 7—孔雀石化

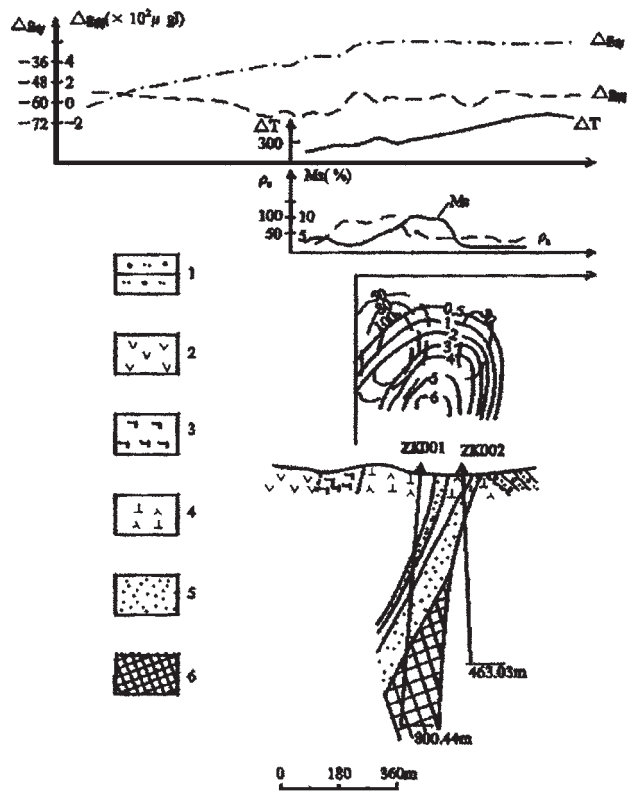


图5 延东铜矿0勘探线综合剖面图

1—砂砾岩 2—安山岩 3—玄武岩 4—闪长玢岩 5—Cu≥0.2% 6—Cu≥0.5%

相隔180m,东延合为一体,DJ-14-2在区南部,DJ-14-3在区北部。DJ-14-2异常长900m,宽100~200m,最大值5.7%。该异常位于斜长花岗斑岩( $\gamma\sigma\pi$ )的北接触带,与地表孔雀石化、黄铁矿化等矿化蚀变带相吻合。DJ-14-3异常长大于1600m,宽100~200m,走向80°,最大值6.9%。对应地表岩性为长石岩屑砂岩。该异常对应着高阻和部分低阻,异常中心对应高阻与低阻之间的梯度带(高阻范围200~520 $\Omega\cdot m$ ,低阻范围160~200 $\Omega\cdot m$ ),经ZK801、ZK1201、ZK2401钻探验证,均发现厚度不等的铜矿体。

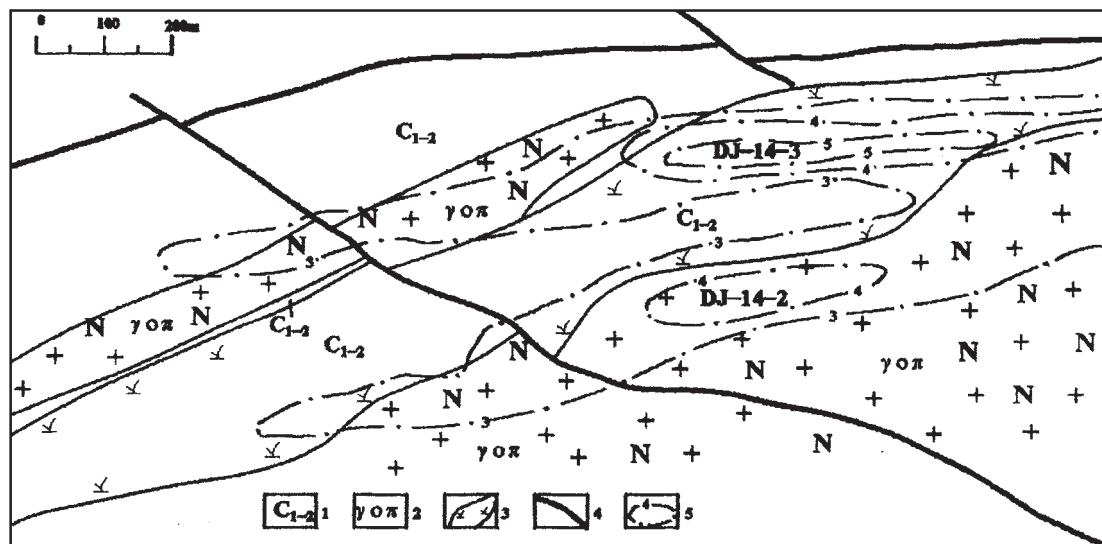


图6 灵龙铜矿点地质及充电率异常平面图

1—安山岩、砂岩 2—花岗斑岩 3—孔雀石化 4—断层 5—激电异常

### 3 斑岩铜矿“三位一体”找矿模式与物探工作

#### 3.1 “三位一体”找矿模式的内涵

斑岩铜矿“三位一体”找矿模式是我们在研究全球斑岩铜矿成矿地质条件、控矿因素和找矿标志的基础上,总结东天山地区景观条件和土屋地区斑岩铜矿找矿实践提出的。“三位一体”即斑岩体、孔雀石化、激电异常,该模式强调控矿条件(与斑岩体紧密相关)、硫化物的局部富集(激电异常)并排除黄铁矿干扰(孔雀石化)。鉴于东天山地区典型的荒漠景观,盐碱化普遍发育,硫化物淋滤严重,地表孔雀石化观察极为困难,且火山岩地区斑岩体识别较为困难。因此激发极化法不仅是反映硫化物富集区的基础,也是地表寻找孔雀石化的重要标志。以该模式为指导,通过地面激电异常检查,在延东地区、灵龙地区通过槽探揭露发现明显的孔雀石化带进而导致该区找矿突破。

#### 3.2 “三位一体”找矿模式的外延

当斑岩体、矿体为侏罗系、第四系等中、新生带覆盖或岩体剥蚀程度低、隐伏于地层中时,在地表难以观察到控矿的斑岩体和孔雀石化,“三位一体”中的斑岩体转化为“重力低(花岗斑岩、破碎含矿闪长玢岩)或重力高(含矿闪长玢岩)”,孔雀石化转化为沿构造分布的化探异常。



在该条件下物探(激电、重力、磁法)将是隐伏斑岩铜矿最重要的探测手段。

1)岩矿石物性特征

从少量电性、密度(表1)和磁性测定结果总体分析,可见 :电性上,正常地层和岩体总体具有相对高阻( $\rho_s \geq 100\Omega \cdot m$ )、低极化( $\eta_s \leq 1.5\%$ )特征 ;而含矿花岗斑岩具相对高阻、弱高极化( $\eta_s=2.7\%$ )特征 ;含矿闪长玢岩具相对低阻、高极化特征。在不考虑含碳地层干扰的条件下,电性尤其激发极化特性对含矿地质体反映最佳。

密度值从斜长花岗斑岩-火山碎屑岩-闪长玢岩(含矿或不含矿)-玄武岩具有逐渐增大的特点,其中火山碎屑岩与本区主要地层密度相近,一般为 $2.67\text{kg/m}^3$ 构成正常背景 ;而花岗岩

表1 物性参数统计表岩性

| 岩 性     | 电 性 |                          |     |              |     | 密 度 |                         |      |
|---------|-----|--------------------------|-----|--------------|-----|-----|-------------------------|------|
|         | 数量  | $\rho_s(\Omega \cdot m)$ |     | $\eta_s(\%)$ |     | 数量  | $\sigma(\text{kg/m}^3)$ |      |
|         |     | 变化范围                     | 平均值 | 变化范围         | 平均值 |     | 变化范围                    | 平均值  |
| 含铜闪长玢岩  | 7   | 21.6~65.1                | 45  | 2.8~8        | 5.3 | 1   |                         | 3.08 |
| 含矿花岗斑岩  | 7   | 72.7~342                 | 220 | 2.5~3.4      | 2.7 | 3   | 2.4~2.68                | 2.50 |
| 玄武岩     | 6   | 145~370                  | 236 | 0.3~2.5      | 1.3 | 5   | 2.71~2.88               | 2.83 |
| 闪长玢岩    | 14  | 25.9~273                 | 116 | 0.3~1.7      | 1.0 | 3   | 2.78~2.82               | 2.80 |
| 辉长岩     | 5   | 121~272                  | 226 | 0.2~1.1      | 0.6 |     |                         |      |
| 火山沉积砂砾岩 | 5   | 211~638                  | 355 | 0.3~0.8      | 0.5 | 5   | 2.61~2.69               | 2.67 |

(包括含矿花岗斑岩)低于正常背景 ;中基性火山岩、侵入岩及含矿闪长玢岩高于正常背景,形成局部异常。因此,通过重力测量发现重力低、重力高可研究花岗斑岩、闪长玢岩的分布。

磁性特征表明,正常沉积岩无磁性,而中基性火山岩具不同的磁性。其中玄武岩 $K=2010 \times 10^{-6}4\pi\text{SI}$ 、 $J_r=2900 \times 10^{-3}\text{A/m}$  ;闪长玢岩总体具强磁性,初步分为2类,其一磁性较弱, $K=1450 \sim 2420 \times 10^{-6}4\pi\text{SI}$ 、 $J_r=163 \sim 290 \times 10^{-3}\text{A/m}$  ;第二类, $K=9656 \times 10^{-6}4\pi\text{SI}$ 、 $J_r=772 \times 10^{-3}\text{A/m}$ 。二者均与成矿作用密切。

通过上述分析可见,电性尤其充电率与含矿地质体具有较为直接的关系,而磁性、密度从成矿控制作用方面从不同角度反映了控矿岩体,但干扰因素较多。

2)‘三位一体’找矿模式的外延与物探的综合找矿

根据上述岩矿石物性特征分析和全区地质矿产评价和综合物探(激电、磁法、重力)工作实践,从‘三位一体’找矿模式出发,初步可以建立隐伏斑岩铜矿的物探找矿模型。

- ①当矿体出露地表时,地表斑岩体、孔雀石化和明显的激电异常三位一体。
- ②当矿体浅隐伏时,地表岩体出露但无矿体出露,激电异常是重要的找矿标志。地表无岩体和矿体、矿化体出露,重力低(或弱高)、无-弱磁异常、高极化异常组合成斑岩铜矿的找矿标志。
- ③当矿体深埋藏时,由于常规激发极化法勘探深度较小(且在东天山地区受低阻屏蔽影响),无或弱异常显示,高精度重力将提供岩体分布的信息。通过大勘探深度的激电法研究重力异常信息的含矿性,可实现深部找矿的目的。

·百 叶 窗·

# 盆山耦合概念及机制

张原庆, 钱祥麟

(北京大学地质学系, 北京 100871)

造山带和沉积盆地的耦合关系是当前大陆动力学研究的热点之一, 这既有经济上的动机, 也是科学规律的必然, 因为盆地和造山带的对照研究要比分别孤立的研究它们有效的多。所谓盆山的耦合关系(coupling)是指受控制于统一的地球动力学系统, 而运动方式成镜像或其它相协调的方式形成的一对盆地和造山带。耦合关系所反映的实际上是一种成因和运动机制上的联系, 统一的地球动力学背景是盆山耦合的原因和基础, 它们是地球内部各层圈相互作用综合调整的结果。因此, 同时性和同一地质作用过程是盆山耦合的两个重要特点, 也是盆山耦合体系划分的出发点。造山和成盆既存在耦合的关系, 也存在非耦合的其它关系。时空关系对盆山耦合是非本质的东西, 是耦合的必要条件, 决定性的因素是它们是否形成于统一的地球动力学系统中。但是成盆作用和造山作用在盆山耦合中并不具有同等的价值, 造山作用据主导地位, 造山作用决定着成盆作用。因此盆山耦合关系的类型总是根据造山作用的特点来划分的, 和造山作用概念不协调的分类方法及盆山耦合概念是不可取的, 这会引起科学术语混乱的连锁反应, 阻碍科学研究的深入发展。

盆山耦合的机制是非常复杂的, 主要是我们对地球内部层圈的相互作用和调整机制缺乏经济有效的探测手段, 而恰恰正是地球内部层圈的调整 and 相互作用决定了盆山的耦合关系。我们只能从一些间接的证据入手来研究盆山耦合的作用机制, 这些证据主要来自地表和地壳的浅部, 配合以造山成盆作用理论已有的认识。盆山耦合主要存在有三种作用机制:

①浮力底托造山带伸展耦合机制。在造山作用初期, 相对较轻的地壳物质会聚在造山带, 压迫软流圈, 在软流圈上表面形成凹型带。在造山作用后期会聚作用减弱, 软流圈的浮力起主导作用, 在底托浮力作用下造山带失稳, 发生侧向伸展, 出现造山带与伸展盆地的耦合。

②加载—挠曲耦合机制。由于造山带的会聚作用造成地壳物质的垂向加载, 在重力均衡作用下地壳产生挠曲下沉形成盆山耦合。各种前陆盆地和造山带的耦合基本都是这种机制形成的, 走滑盆山耦合体系也是这种机制形成的。

③俯冲弧盆耦合机制。这种耦合机制主要出现于沟弧盆体系中, 由于俯冲洋壳的熔融上涌在不同的区带配对产生岛弧带和弧后盆地, 这类耦合机制主要发生在西太平洋。

## 参考文献:

[1]王福同, 冯京, 胡建卫, 等. 新疆土屋铜矿床地质特征及发现意义[A]. 见: 王福同主编. 第四届

天山地质矿产资源学术讨论会论文集[C]. 乌鲁木齐市: 新疆人民出版社, 2000.

[2]庄道泽, 张征. 综合物探在土屋、延东铜矿的应用[A]. 见: 王福同主编. 第四届天山地质矿产资

源学术讨论会论文集[C]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 2000.