

# 综合地球物理勘查找矿模型 在找钼矿中的应用

贾继标<sup>1</sup>, 王凤茹<sup>2</sup>, 秦学业<sup>2</sup>, 张自森<sup>2</sup>, 刘国印<sup>2</sup>

(1. 中色地科矿产勘查股份有限公司 北京 100012; 2. 河南省有色金属地质矿产局第五地质大队 郑州 450016)

**摘要** 文章在研究栾川罗村斑岩型钼矿床成矿地质、地球物理特征的基础上,建立了综合找矿模型,即:栾川罗村斑岩—角砾岩型钼矿床产于燕山期花岗斑岩体,岩体从外向内呈环带状展布,矿体赋存于中环带侵入角砾岩体中。且钼矿体与多金属硫化物共生,其物性特征与围岩有明显差异。以此找矿模型为指导,在未知区开展大面积普查找矿,工作中避免了盲目性、缩短了工期,有针对性地筛选出有望的综合异常,钻探验证取得了明显的找矿效果。

**关键词** 地球物理勘查 栾川罗村 斑岩型钼矿 综合找矿模型

中图分类号:P631 P618.65 文献标识码:A 文章编号:1674-7801(2010)03-0275-06

## 0 引言

找矿勘查模型通常可分为实际模型和概念模型两类。文章是以栾川罗村斑岩型钼矿床为勘查对象建立的的实际模型。目的是指导该区勘查工作的设计与异常解释以及验证工程的部署。

## 1 矿区地质特征分析

栾川罗村斑岩型钼矿区位于华北地台南缘与秦岭造山带相接的地带,黑沟—栾川断裂带与马超营断裂带之间的洛南—栾川台缘褶皱带上(图1)。

矿区出露地层为太古宇太华群及新生界第四系等。太华群地层分布于矿区西、北部,主要岩性为混合岩,混合质黑云斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩、斜长角闪片麻岩等为主的深变质火山—沉积岩系;第四系主要为沿现代河床、河漫滩、沟谷分布的冲积砂砾石层和黄土层。

矿区断裂构造发育,黑沟—栾川深大断裂和马超营深大断裂分别从矿区南、北两侧通过,区内受区域构造控制的 NWW—NW 向次级断裂十分发育。这些 NWW—NW 向次级断裂主要沿加里东期龙王

幢花岗岩基与太华群地层内外接触带及其附近发育,多为含铜糜棱岩带,部分构造被正长斑岩脉、辉长岩脉充填。

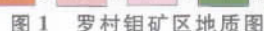
矿区岩浆岩广泛分布,活动频繁,具多期性特征。加里东期龙王幢花岗岩基分布于矿区南、东部,燕山期罗村花岗斑岩体分布于矿区中部北庄—罗村—新南一带(图1),呈 NWW 向椭圆状分布,沿走向长约 1400 m,宽约 600 m,面积约 0.81 km<sup>2</sup>。岩体呈东端倾伏,西端仰起,整体向南倾伏,岩体与围岩接触产状北东部呈南南西,倾角较陡,南东部呈南南西,倾角 35°~50°,南西部呈北北东,超伏于太华群变质岩之上。

罗村斑岩体为浅成相侵入型复式岩体,受 NWW 向区域构造控制,水平分带特征明显(图2)。岩体从外向内绿、紫、兰依次分布花岗闪长岩—侵入角砾岩—钾长花岗斑岩,呈环带状展布。外环带宽度范围 0~200 m,过渡带中含少量角砾岩;中环带为侵入角砾岩,宽 70~200 m,角砾成份比较杂;中心带为中—细粒钾长花岗斑岩,宽 200~250 m,中—细粒花岗结构,似斑状—斑状结构,块状构造。钼矿体主要产于钾长花岗斑岩与闪长岩类岩石内外

[收稿日期] 2010-01-07

[第一作者简介] 贾继标,男,1953年生,1976年毕业于桂林地质学校,工程师,现主要从事物探工作。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>



10—石英脉;11—断层;12—含铜糜棱岩带及编号



1—燕山期花岗岩斑岩;2—花岗岩砾岩;3—燕山期花岗岩闪长岩;4—加里东期花岗岩;5—太华群片麻岩;6—辉长岩脉;  
7—见矿钻孔编号;8—未见矿钻孔编号;9—激电异常;10—Mo元素次生晕异常;11—W元素次生晕异常;12—河流

接触带以及由这两种岩石组成的角砾岩(环)带中,品位高、厚度大矿体赋存于侵入角砾岩中部及其外侧范围,围岩蚀变有钾化、绢云母化、硅化、黄铁矿化、钠长石化、绿泥石化、绿帘石化、黑云母化等,其中钾化、绢云母化、硅化、黄铁矿化与成矿关系密切。矿石矿物为原生多金属硫化物矿石,主要有黄铁矿、辉钼矿,次为镜铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、磁铁矿等。详查确定的钼矿体主要分布于侵入角砾岩北环带,沿纵2线产出,矿体最大走向长度523 m,最大垂直厚度136 m,矿体埋深24~450 m,呈似层状产出,分上、中、下3层,叠瓦状排列。侵入角砾岩南环带只见到薄层状钼矿(化)体。矿体矿化特征具垂直分带现象,上部矿体矿化以镜铁矿化为主,黄铁矿化次之,另有零星黄铜矿、辉钼矿;中部矿体矿化以黄铁矿、辉钼矿为主,少量镜铁矿、黄铜矿;下部矿体矿化以黄铁矿为主,少量辉钼矿、磁铁矿、镜铁矿、闪锌矿、黄铜矿等<sup>[3,4]</sup>。区内矿化具明显的由高温—中低温水平分带现象,内带为钼铜矿化的罗村斑岩体,中带为呈NW—NWW走向的含铜银矿化的糜棱岩带群,环绕罗村斑岩体产出,外带为规模悬殊,走向北东东—北东—近南北向的含铅锌蚀变破碎带,三带共同构成以罗村斑岩体为中心,西至对角沟东至巧庙沟,长达7 km、宽2 km的多金属矿化构造岩浆岩带。

## 2 地球物理特征

### 2.1 岩(矿)石电性特征

矿区岩矿石标本电性参数测定结果见表1。

表1 岩矿石电性参数测定统计结果表

| 标本名称  | 块数 | $\eta/\%$ |      | $\rho/\Omega \cdot m$ |      | 备注   |
|-------|----|-----------|------|-----------------------|------|------|
|       |    | 变化范围      | 均值   | 变化范围                  | 均值   |      |
| 片麻岩   | 23 | 0.9~5.2   | 2.3  | 560~3980              | 2260 |      |
| 混合岩   | 7  | 0.5~2.4   | 1.5  | 54~17900              | 7140 |      |
| 花岗斑岩  | 16 | 1.1~3.9   | 2.1  | 550~11300             | 5820 |      |
| 闪长岩   | 13 | 0.9~2.8   | 1.6  | 630~12100             | 6210 | 岩芯标本 |
| 角砾岩   | 27 | 4.3~9.4   | 4.6  | 588~9120              | 3680 | 岩芯标本 |
| 矿化角砾岩 | 35 | 2.0~25.0  | 8.7  | 844~962               | 887  | 岩芯标本 |
| 钼矿石   | 20 | 4.6~39.0  | 25.0 | 29~1730               | 246  | 岩芯标本 |

由表1可知,花岗斑岩的极化率均值为2.1%;角砾岩的极化率均值为4.6%,矿化角砾岩、钼矿石的极化率为8.7%~25.0%。混合岩、闪长岩、花岗斑岩的电阻率最高,分别为7140  $\Omega \cdot m$ 、6120  $\Omega \cdot m$ 和5820  $\Omega \cdot m$ ;片麻岩、角砾岩的电阻率为2260  $\Omega \cdot m$ 和3680  $\Omega \cdot m$ ;矿化角砾岩、钼矿石的电阻率最低,为887  $\Omega \cdot m$ 和246  $\Omega \cdot m$ 。可以看出,岩矿石电性差异明显,矿化角砾岩、钼矿石均显示出高极化、低电阻特征,具有投入电法勘探寻找钼多金属矿的物性条件。

### 2.2 矿床地球物理地球化学异常特征分析

通过1:10000(测网100 m×20 m)激电中梯扫面,圈出了罗村斑岩体及其附近的视极化率异常(图2),由图2可知 $\eta_s$ 平面等值线总体呈NWW向带状展布,长约2000 m,宽约400~600 m。异常基本环绕罗村斑岩体北部、西部和南部部分地段展布,斑岩体中环带基本无异常显示。北部异常形态规整, $\eta_s=4\%$ 等值线将该异常分为南、北两个异常亚带,呈NWW向展布。

南亚带 $\eta_s=4\%$ 等值线分布范围与侵入角砾岩带北环带基本对应,罗村斑岩—角砾岩型钼矿床主矿体就分布在该范围内,品位高、厚度大的钼矿体基本与异常中心对应,该地段异常反映了钼矿体的视极化率异常特征。

位于北庄附近的 $\eta_s=8\%$ 等值线范围是一个相对独立的激电异常,该异常分布于侵入角砾岩与花岗闪长岩接触带附近,为南亚带异常的西延部分,东侧为罗村钼矿床主矿体,该异常应为隐伏钼矿体引起。北亚带异常分布范围较大,场值较高, $\eta_s$ 极大值8%~10%,异常极值沿岩体外环带花岗闪长岩与太华群地层接触带附近断续分布,且延伸至岩体NW外侧杨家岭一带,显示了异常分布受岩体与围岩接触带和NW向构造的双重控制。根据在异常中心施工的ZK300和ZK000钻孔,分别在282 m和353 m处见太华群地层,上部岩层为花岗闪长岩,岩石较破碎,裂隙发育,局部含薄膜状辉钼矿,岩石普遍高岭土化、绿泥(帘)石化,局部黄铁矿化。据上述特征推测,该异常为岩体与围岩接触带及岩层裂隙中的多金属矿化和含铜糜棱岩带综合引起,局部高值异常为黄铁矿化相对富集所致。

南部异常分布于岩体外环带及其外侧,  $\eta_s$  极大值 10%; 异常形态规整, 高值部分(  $\eta_s = 6\%$  等值线) 呈圆形,  $\eta_s = 4\%$  等值线向东扩展, 沿岩体外环带南带呈 NWW 向带状分布。异常位置相对侵入角砾岩南环带明显向南偏移, 推测为岩体整体向南倾斜, 含矿角砾岩带在深部向南位移的结果。在激电异常分布区及北侧, 化探次生晕和原生晕异常普遍分布, 次生晕 Mo、W 等元素组合异常分布于激电异常的中部及北侧(图 2), 元素异常浓集中心明显, 相互套合较好。原生晕异常分布于激电异常北侧, 在西部与激电异常高值部分趋于重合, 呈 NWW 向带状分布于侵入角砾岩南环带及其外侧, 异常元素组合以 W、Bi、Mo、Sn、Au、Sb 为主, 伴生 Be、Cu、Ag、As、Hg 等。异常元素组合齐全, 浓集中心明显, 相互套合较好, 主要成矿元素 W 含量最高值  $263 \times 10^{-6}$ , 异常面积  $0.1095 \text{ km}^2$ , Mo 含量最高值  $> 100 \times 10^{-6}$ , 异常面积  $0.0293 \text{ km}^2$ , Au 含量最高值  $829 \times 10^{-9}$ , 异常面积  $0.012 \text{ km}^2$ , 尤以 W 元素异常强度高、面积大、沿侵入角砾岩南环带连续分布。在侵入角砾岩东、西两端异常分布范围明显向外扩展, 分别在岩体外环带花岗闪长岩外接触带附近出现 W、Mo、Sn 等高温元素浓集中心。东、西两端异常 W 含量最高值分别为  $30 \times 10^{-6}$  和  $499 \times 10^{-6}$ , Mo 含量最高值分别为  $100 \times 10^{-6}$  和  $27 \times 10^{-6}$ 。由上述综合推断, 在原生晕 W、Mo 元素异常发育浓集区南侧, 对应激电异常  $\eta_s = 4\%$  等值线分布范围, 应为钼多金属矿(化)体赋存地段, 矿体埋深从东向西逐渐加深, 在岩体两侧外接触带附近出现的原生晕高温元素异常浓集区, 为深部含矿角砾岩向外侧伏所引起, 在低温成矿元素发育区, W、Mo 等高温成矿元素矿体埋深较大。

西部异常规模较小, 只在岩体中—外环带过渡地段分布一相对独立的局部异常, 异常值  $\eta_s = 6\%$ , 是叠加在高极化背景上的极化率异常, 为局部矿(化)体所引起。

图 3 为罗村钼矿床 00 线地质激电综合剖面图, 从电测深  $\eta_s$  断面图中可以看出, ZK003 号钻孔(位于主矿体边部外侧, 见枝杈状、低品位矿体) ZK002 号钻孔(位于主矿体中心部位, 矿体厚度较大, 品位较高, 浅部(  $AB/2 = 25 \text{ m}$  )视极化率值较低, 一般小于 1%,  $AB/2 = 150 \sim 500 \text{ m}$  深度范围内,  $\eta_s$  值明显升高, 视极化率最高值 3.8%, 在矿体厚大部位  $\eta_s$  等值线最为密集, 异常形态与矿体赋存形态一致, 均呈现向南倾斜特征。  $\rho_s$  断面等值线表现为在高极化率分布区段, 视电阻率表现出相对低阻特征,  $\rho_s$  值由南向北逐渐减小, 表现为一系列向下倾斜的平

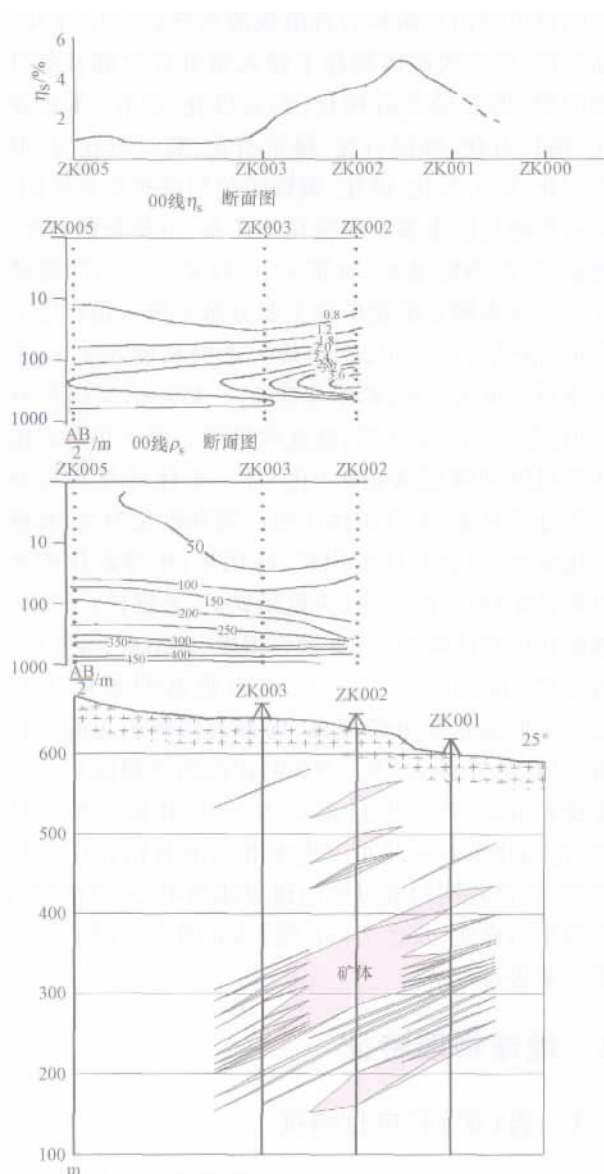


图 3 罗村钼矿区横线地质激电综合剖面图

行线, 在矿体厚大部位  $\rho_s$  等值线趋于收敛。

图 4 为罗村钼矿床纵 II 线地质激电综合剖面图, 激电测深浅部(  $AB/2 = 25 \text{ m}$  以浅)视极化率表现为东强西弱, 以 ZK402 孔处  $\eta_s$  值最高( 1.1% ~ 1.9% ), 以西地段  $\eta_s$  值 0.4 ~ 0.9%, 说明浅部东部矿化较强。中深部  $AB/2 = 65 \sim 500 \text{ m}$  范围内,  $\eta_s$  值明显升高, 等值线近水平分布, 与主矿体分布形态一致, 异常垂向分布范围与主矿体厚度呈正相关, 在 ZK402 孔附近及以东地段矿体厚度较大,  $\eta_s$  断面等值线垂向分布范围也明显变宽, 在 ZK302 孔处矿体垂向厚度最小,  $\eta_s$  断面等值线垂向范围也最窄。需要指出, ZK1202 测深点  $AB/2 = 220 \text{ m}$  处  $\eta_s$  显示最



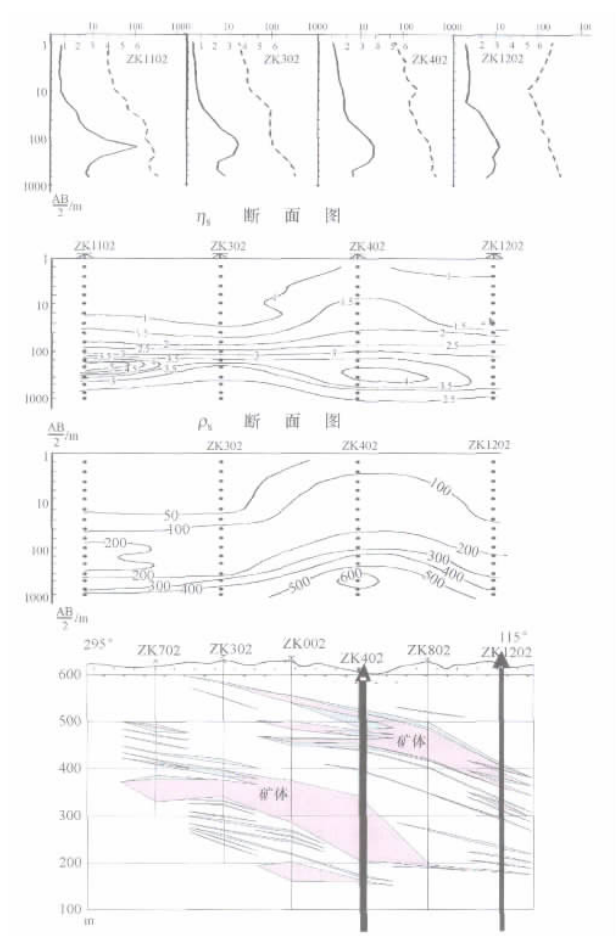


图4 罗村钼矿床纵Ⅱ线地质激电综合剖面

大值(6.2%) ,推测该处有隐伏钼矿体赋存。 $\rho_s$  断面等值线表现为,在极化率异常较高范围( $AB/2 = 65 \sim 500 \text{ m}$ ),视电阻率表现为相对低阻,  $100 \Omega \cdot \text{m}$  和  $200 \Omega \cdot \text{m}$  等值线垂向宽度明显拉大,表明在该区段范围内视电阻率梯度变化小,显示宽缓低阻特征。但在 ZK402 孔处,矿体厚度最大,  $\rho_s$  断面等值线却明显凸起,显示高阻异常特征,经对比钻孔资料,该孔在  $3.9 \sim 9.2 \text{ m}$ ,  $47.5 \sim 63 \text{ m}$ ,  $156 \sim 176 \text{ m}$ ,  $237 \sim 269 \text{ m}$ ,  $301 \sim 308 \text{ m}$ ,  $343 \sim 347 \text{ m}$  等深度范围内岩石松散、破碎,局部呈砂糖状,推测该处存在一构造破碎带,导致  $\rho_s$  值较高。

### 3 地球物理地球化学勘查找矿模型

通过对矿床地质、地球物理特征的综合分析和研究,结合区域重磁场特征和化探原生晕成矿元素分布特征,建立了该区矿床综合地球物理找矿模型<sup>[8,9]</sup>(图5)。

(1) 钼矿床赋存于燕山期花岗斑岩小岩体中,

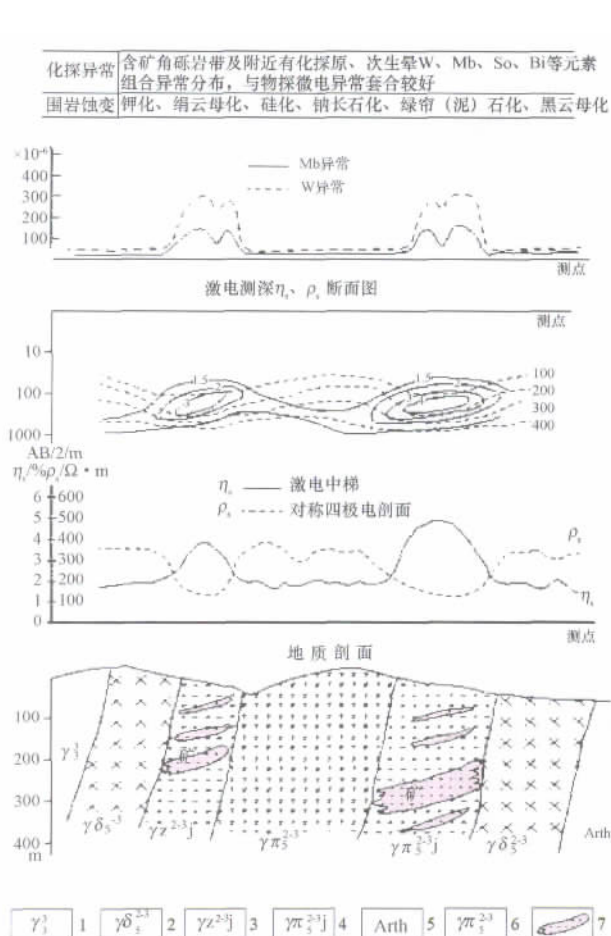


图5 罗村钼矿床综合地球物理找矿模型

1—加里东期花岗岩 2—燕山期花岗岩闪长岩 3—侵入角砾岩;  
4—燕山期细粒花岗岩斑岩 5—太华群片麻岩 6—燕山早期  
细粒花岗岩斑岩 7—矿体

含矿小岩体的分布受区域深断裂的控制,且位于较大花岗岩体(基)外侧附近,钼多金属成矿区位于航磁异常梯度带和区域重力异常的梯度带上,或重力异常的突出部位。

(2) 钼矿体赋存于侵入角砾岩带中部及其外侧,围岩蚀变为钾化、绢云母化、硅化、黄铁矿化、绿帘(泥)石化、黑云母化等,而钾化与钼矿化呈正相关,钾化较强地段,钼矿化也强。

(3) 钼矿体总体显示高极化低电阻特征,激电中梯显示高极化率异常,矿体部位  $\eta_s$  值  $4\% \sim 6\%$ ,异常分布范围与主矿体赋存位置基本对应,矿体外侧的花岗斑岩和花岗闪长岩分布地段,  $\eta_s$  表现为  $1.5 \sim 2.0\%$ 。对称四极电剖面显示低电阻率异常,矿体部位  $\rho_s$  值为  $110 \sim 200 \Omega \cdot \text{m}$ ,矿体外侧花岗闪长岩和花岗斑岩分布地段  $\rho_s$  显示中阻特征,为  $250 \sim 400 \Omega \cdot \text{m}$ 。

(4) 激电测深  $\eta_s$  断面图,在矿体对应深度有明显异常反映  $\eta_s$  值一般为 4%~5%,最大 6%,异常形态和空间位置与矿体分布形态一致。矿体围岩  $\eta_s$  一般小于 2%。在矿体对应部位  $\rho_s$  值一般小于 200  $\Omega \cdot m$ 。

(5) 地表揭露的角砾岩带,有原生晕 W、Mo、Sn、Bi 等高温元素组合异常分布,是化探异常的找矿标志,高温元素组合异常与激电异常套合较好时,多为成矿有望地段。

## 4 异常验证效果

由于工区大部分地段为第四系覆盖,确定验证钻孔位置,激电异常起了主导作用。首先施钻 ZK002 号孔,结果见到了厚大矿体,然后施工 ZK401、ZK402 和 ZK1202 孔,大部分钻孔都见到了工业矿体,角砾岩带北环带钼矿体基本得到控制,激电异常验证取得了明显的地质找矿效果。

## 5 结论

实践证明,在找矿难度日益增大的情况下,简单的异常判断方法已不能完全适应新的找矿形势的需要,最有效的科学方法就是通过系统整理和深入分析已知矿床大量的地质、物探、化探等实际资料,归纳总结出地质—地球物理—地球化学异常特征,建

立综合找矿模型,使感性的找矿经验上升为规律性的认识,从而指导矿产勘查和成矿预测。本文罗村斑岩型钼矿综合地球物理勘查找矿模型建立,在指导找矿方面取得成功,就是一个很好的实例。

## 参考文献

- [1] 付治国,吕伟庆,田修启,等.东沟钼矿床地质特征及成矿因素研究[J].中国钼业,2005,29(2):8-13.
- [2] 陈德杰,朱文凤,赵金洲,等.东秦岭两种新型钼矿床的矿物特征及成因[J].矿产与地质,2008,22(5):447-450.
- [3] 白凤军.罗村斑岩—角砾岩型钼矿床成矿地质特征及找矿方向[J].矿产与地质,2007,21(5):507-531.
- [4] 刘国庆,赵金洲,王 昊,等.东秦岭(河南段)钼矿床地质特征、矿床分布规律及成矿区带划分[J].矿产与地质,2008,22(3):216-220.
- [5] 刘永春,黄超勇,付治国,等.河南省钼矿床分布规律及其控矿地质因素探讨[J].矿产与地质,2006,20(6):594-597.
- [6] 张正伟,朱炳泉,常向阳,等.东秦岭钼矿带成矿背景及时空统一性[J].高校地质学报,2001,7(3):308-315.
- [7] 张乃昌.从重磁成果探讨河南深部构造及成矿作用[J].河南地质,1986,4(1):16-22.
- [8] 张瑜麟.河南省祁雨沟地区金矿物探找矿方法应用研究[J].中国地质,2001,28(12):31-36.
- [9] 李 伟,严海麒,潘志伟,等.河南汝阳付店一带铅锌矿床综合信息找矿模型[J].矿产与地质,2008,22(3):204-210.
- [10] 李靖辉.大别山北麓斑岩型钼矿床成矿系列及成矿规律[J].华东理工大学学报,2008,1(1):25-30.

# Application of comprehensive information prospecting model in the exploration of molybdenum deposit

JIA ji - biao<sup>1</sup>, WANG Feng - ru<sup>2</sup>, QIN Xue - ye<sup>2</sup>, ZHANG Zi - sen<sup>2</sup>, LIU Guo - yin<sup>2</sup>

(1. Sinotech Mineral Exploration Co., Ltd. Beijing 100012;

2. Geological Team 5, Henan Provincial Bureau of Nonferrous Metals Geological and Mineral Resources Zhengzhou 450016)

**Abstract:** A comprehensive information prospecting model is established by the study of various geological and geophysical information in Luanchuan Luocun porphyry copper molybdenum deposit. This porphyry breccia type deposit is occurred in Yanshanian porphyry with the characteristic of girdle distribution from the outside to the inside. Ore bodies, are hosted in the intrusion breccia zone of the middle girdle, and Mo ore bodies associated with polymetallic sulfides are, in physical property, clearly distinguished from the hostrock. With this characteristics as guide for exploration, we can avoid blindness and save exploration time so as to obtain favorable comprehensive anomaly target and get successful result after drilling.

**Key words:** geophysical exploration model; Luanchuan Luocun porphyry copper molybdenum deposit; comprehensive information prospecting model