# 综合方法找矿在内蒙古吉尔敖包多金属 矿勘查中的应用

孔繁辉<sup>1</sup>, 王天意<sup>2</sup>, 宋晓东<sup>1</sup>, 刘国辉<sup>2</sup>, 王会敏<sup>1</sup> (1. 华北有色工程勘察院有限公司, 石家庄 050021; 2. 石家庄经济学院, 石家庄 050031)

摘要:内蒙古吉尔敖包地区具有较好的铜、钼、银多金属矿成矿条件,寻找以铜矿化为主的热液型隐伏矿体具有很大的前景,但始终未能取得突破性成果。本文在总结本区多年工作实践的基础上,通过对现有地质、物探、化探及钻探资料的研究,建立了一套行之有效的综合方法找矿模型,以便指导该区深入开展矿产勘查工作,对同类成矿地质条件地区的找矿工作有一定的参考价值。

关键词:吉尔敖包;综合方法;找矿模型

**中图分类号:** P618.4

**文献标识码:**A

**文章编号:**1672-4135(2010)02-0108-07

目前,多金属矿产的勘查工作已逐渐由浅部转 向深部发展,单一方法的找矿模式已经不能满足深 部隐伏矿体勘查的要求。位于内蒙古锡林郭勒盟境 内的吉尔敖包地区具有很好的找矿前景,前人在该 区曾做过大量的地质工作,发现了地表及近地表蚀 变现象和薄型多金属矿脉,且在其邻区也已经发现 了几处铜矿点和金矿点,但此区的找矿工作始终未 能取得突破。笔者在全面搜集和分析研究区地质资 料的基础上,近年来通过地质测量、物探、土壤化探 等综合方法对吉尔敖包银铅矿进行了深入勘查,并 对已取得的找矿资料采用嵌套与主因子分析相结合 的优化方法,建立了该区以铜为主的热液型多金属 矿产综合勘探模式和综合信息矿产预测模型,将其 应用于找矿实践取得了较好的效果。这对该区继续 开展深部找矿工作和指导相似成矿地区找矿工作都 具有借鉴性的意义。

### 1工作区地质状况

#### 1.1 地层

该区内出露地层主要为泥盆系下统敖包亭浑 迪组(D<sub>1</sub>a)<sup>11</sup>,岩性为灰-深灰色变质长石砂岩、粉砂 岩、板岩、结晶灰岩夹安山岩。总体地层走向北东、 北东东向,倾向南东,倾角28°~55°,在测区内呈 一简单的单斜构造(图1)。

1.2 岩浆岩

区内岩浆岩主要为出露于测区北部的华力西晚 期灰色、灰白色似斑状及不等粒斜长花岗岩( ¥ ₄<sup>3</sup>), 呈大岩基侵位于矿区以北区域,主体呈北东向展布。

该区广泛发育一些与矿化有关的脉岩,主要有花 岗斑岩、石英斑岩、闪长玢岩、花岗闪长斑岩、辉绿岩、 其中以石英斑岩、花岗斑岩和闪长玢岩为主,分布于 矿区的北部和东部,走向多为北东向或近东西向。 1.3 构造

区内构造比较简单,泥盆系地层整体呈单斜产 出,未见大的明显的褶皱构造,地层走向北东,倾向 北西,倾角23°~45°,沿走向略有波状起伏。同 时区内断裂比较发育,呈北东,北东东和北北西向。 其中北东,北东东向构造为压扭性断裂,北北西向构 造为左旋平移断裂,平移距为270~400 m,其形成 时代晚于北东向断裂。这些构造对成矿均起到了控 制作用,呈现出导矿、容矿特征。

### 1.4 变质作用及围岩蚀变

因岩石受到后期岩脉侵入和成矿热液作用,发 生程度不同热液蚀变,主要分布于区内粉砂岩(板 岩)地层中,广泛分布有绢云母化、硅化、绿泥石化、高 岭土化、绿帘石化、碳酸盐化,和黄铁矿化、孔雀石化

收稿日期: 2010-02-29

基金项目:河北省自然科学基金(D2007000751、D2008000534)项目资助成果

作者简介:孔繁辉(1956-),男,河北省献县人,高级工程师,1982年1月毕业于河北地质学院地质矿产调查专业,长期从事地质 矿产勘查工作,E-mail:kfh56@163.com。



图1 吉尔敖包矿区地质简图 Fig. 1 Geological sketch map of the Jieraobao deposit

1. 第四系; 2. 泥盆系下统泥鳅河组; 3. 斜长花岗岩; 4. 脉体; 5. 大理岩; 6. 矿体位置及编号; 7. 地层产状; 8. 地质界线; 9. 断层

等。钻孔揭露见有普遍的黄铁矿化及少量黄铜矿 化。黄铁矿呈浸染状、星点状和细脉状分布,但黄铜 矿化多发生于硅化脉中。上述现象均指示本区具有 很好的成矿潜力(图1)。

### 2 地质信息特征

### 2.1 地质成矿特征

为了查明区内构造的性质、产状及控矿构造因 素,矿化富集的构造条件,隐伏矿体与蚀变特征的关 系,在测区展开了1:1万的地质填图工作,结合前人 的地质资料和野外地质工作成果,确认该区主要存 在四组断裂,即:北东向、北东东向、北北西向和近东 西向,其中北东,北东东向构造为压扭性断裂,北北 西向构造为左旋平移断裂。北东向断裂为导矿构 造,北北西向断裂为容矿构造。该区矿床属受破碎 带控制的热液交代型多金属矿床。

#### 2.2 地球化学特征

通过地球化学勘查对全测区元素富集特征值进

行计算,其地球化学特征如表1所示。

测区土壤中As、Sn、Bi、Pb、W元素浓集系数C值 大于2,为测区相对富集元素;Cu、Mo、Au、Ag元素浓 集系数小于0.8为相对贫化元素。Pb、Au、Bi、Cu、W的 变异系数CV 值大于2反映了强分异特征,最易形成 异常且富集成矿,Sn、Zn、As、Ag、Sb的变异系数CV值 在1以上属于分异型元素,当地质条件具备时易于局 部富集成矿,而Mo的变异系数在1以下,为本区弱分 异元素,呈均匀分布,不易于发生富集,显然区内最 易成矿的元素Pb、Bi、Sn,具有很好的成矿前景。

通过R型聚类分析<sup>[2]</sup>对土壤中各元素之间的组 合特征进行了分析,主要分为两个簇群:1)W、Cu、 Bi、Sn、As;2)Pb、Zn、Ag、Sb,而Au和 Mo呈独立元 素,与其它元素相关性甚小。第一簇群主要为一套 中 - 高温岩浆热液元素组合<sup>[3]</sup>,反映了本勘查区11 种元素R型聚类分析谱系图地层与岩体接触带上元 素的富集特征及相关性。第二簇群主要为一套中 -低温热液元素组合<sup>[3]</sup>,反映了中东部异常组合特征,

参数	平均值(X)	标准离差(S)	变异系数(Cv)	最大值	最小值	浓集克拉克值(C)	矿致系数(Z)	
(Au)	0.790	2.429	3.075	103.740	0.200	0.316	34.143	
(Ag)	0.151	0.265	1.757	10.060	0.024	0.002	19.333	
(Cu)	45.734	113.783	2.488	> 3000	3.600	0.726	28.090	
(Pb)	48.982	195.626	3.998	> 3000	5.000	4.078	48.055	
(Zn)	118.160	185.428	1.569	> 3000	3.000	1.257	18.519	
(W)	2.342	4.899	2.092	> 200.0	0.290	2.129	25.146	
(Sn)	13.903	25.362	1.824	572.040	1.420	8.178	28.246	
(Mo)	0.573	0.464	0.811	10.280	0.150	0.441	9.364	
(Bi)	1.219	3.752	3.078	> 50	0.060	7.170	41.032	
(As)	25.431	47.584	1.870	> 1300	0.580	11.539	32.142	
(Sb)	1.070	1.145	1.070	17.360	0.140	1.783	13.555	

表1 吉尔敖包测区元素浓集系数、变异系数表

注:背景值为东部区背景值(Au)、(Ag),单位为10°,其余元素单位为10°

显示其形成可能与岩浆期后的热液作用有关,矿化 属于受构造控制的热液型。独立的金、钼表明其浓 集过程是独立的,说明其矿化由单独地质过程形成。

区内发现的主要化探异常可划分为四个区(图 2)。AP1以高温元素异常组合为主,主要为Cu、Mo、W、 Sn、Bi异常,呈椭圆形,位于测区中西部; AP2异常位 于测区中南部,异常元素组合为Ag、Pb、Zn、Cu、Sn等 中低温元素,受北东、北西向两组断裂带控制,异常 形态出现转折。AP3和AP4为两个规模较小的异常, 位于测区东部,从元素组合看主要为Ag、Pb、Zn异常, 其异常特征及矿化类型应与AP2一致。可能与AP2 异常区南段受同一构造带控制。

从全区看,区内异常元素组合呈现自西向东由 中高温向中低温变化的趋势。

#### 2.3 地球物理特征

2.3.1 磁性及磁异常特征

通过对区内主要岩石进行磁参数测量,其结果 如表2所示。可知围岩间磁参数变化不大,地层和岩 浆岩等主要地质体不会引起明显的磁异常,测区具 备利用磁法寻找带有磁性或与磁性矿物共生的多金 属矿产的前提条件。

磁铁矿化、磁黄铁矿化、绿泥石化、多金属矿化 蚀变带将呈高磁异常场特征;在硅化或碳酸盐化带 则呈现出低磁异常场分布特征。

2.3.2 电性及其电异常特征

正如表3所示,区内所采的岩矿石标本的电性参数规律有:区内铜矿化蚀变岩极化率(ns)最高,达3.1%,其次为石英脉,为1.46%,长石砂岩最低。六种

岩石平均电阻率(ρs)值除铜矿化蚀变岩较高,达 1 900(Ω.m),其它五种岩石相差不大,而蚀变岩的 电阻率(ρs)值变化范围在89.6 ~ 2 219.8(Ω.m) 之间,相对变化较大。显然,区内利用中高阻、高激 电异常特征为标志寻找(铜)多金属矿床是完全可 行的。

### 3综合找矿模型的建立

依据上述本区内已有的工作成果,我们采用嵌套 与主因子分析相结合的优化分析方法<sup>[4]</sup>,建立该区以 铜为主的热液型多金属矿产综合勘探模型和综合信 息矿产预测模型<sup>[5]</sup>。

#### 3.1 综合勘探模型

首先进行矿区的地质填图工作,配合以磁法扫 面,查明全区的主要构造特征,然后开展化探工 作,通过对测试结果的分析,找到致矿元素的富集 部位。再结合构造的分布情况,圈定近地表矿体 的可能赋存部位。在此基础上,配合大比例尺的 电法工作(激电中梯扫面,激电对称四极测深)从 三维空间寻找电性异常区,推测隐伏矿体的赋存 部位。

#### 3.2 综合信息矿产预测模型

基于本区已揭露矿化的各类相关信息,初步建 立了吉尔敖包矿区的矿产预测综合信息:在北西向 断裂、北西与北东向断裂交汇区或其附近广泛分布 有绢云母化、硅化、绿泥石化、高岭土化、绿帘石化、碳 酸盐化和黄铁矿化、孔雀石化等矿化蚀变现象;化探 特征相应表现为As、Sn、Bi、Pb、W元素浓集系数C值大



图2 吉尔敖包矿区物化探综合异常图

Fig. 2Synthetical abnormal map of physical-chemical exploration in Jieraobao deposit1. 第四系; 2. 泥盆系下统泥鳅河组; 3. 斜长花岗岩; 4. 脉体; 5. 大理岩; 6. 矿体位置及编号; 7. 地层产状;8. 地质界线; 9. 断层; 10. 物探异常及编号; 11. 化探异常及编号

	表2	吉尔敖包岩	·(矿)石	磁参数	统计	·表(实	:测)		
Table 2	Magnetism	parameters	of the	rocks	and	ores	in J	leraobao	deposit

	岩(矿)石	测定	$K(4 \pi \times 10^{-6} SI)$		Jr(10 <sup>-3</sup> A	0 住	
地层	名称	块数	变化范围	几何平均值	变化范围	几何平均值	Q1且
$D_1a$	砂砾岩	5	$45.2 \sim 314.3$	134.3	$20.9 \sim 85.3$	49.5	0.66
$D_1a$	砂岩	6	$188.2 \sim 551.4$	362.2	$39.8 \sim 114.6$	66.1	0.33
$D_1a$	变质砂岩	4	112.6 $\sim$ 298.3	178.3	34.7 $\sim$ 75.1	52.5	0.53
$D_1a$	粉砂质板岩	5	130.1 $\sim$ 459.1	227.5	50.3 $\sim$ 85.2	58.5	0.46
$D_1a$	长石砂岩	2	26.6 $\sim$ 313.2	91.3	52.6 $\sim$ 61.4	56.8	1.11
$D_1a$	结晶灰岩	5	92.3 $\sim$ 523.4	210.9	40.7 $\sim$ 113.2	58.9	0.50
$\gamma_4^{3}$	斜长花岗岩	6	86.1 $\sim$ 211.5	131.4	$31.4 \sim 147.3$	82.2	1.12

于2,为测区相对富集元素;Cu、Mo、Au、Ag元素浓集系数小于0.8为相对贫化元素。Pb、Au、Bi、Cu、W的变异系数CV值大于2反映了强分异特征<sup>[6,7]</sup>。地球物理磁性特征为高磁或梯度带特征,电性则反映中高阻高极化异常。

以上模型将作为该区进行深入开展综合方法找 矿和综合信息成矿预测的依据。

## 4工作区资料的综合解释

由图1所示,本区大量的蚀变和矿化均与NW向, NNW向的后期热液成因岩脉相对应,说明热液活动是 本区矿产富集的动力,而构造控制了矿体的分布<sup>[8,9]</sup>; 圈定出的四个化探异常区,基本上与已知蚀变或矿 化带对应;图3所示具有负异常伴生的正磁异常带反 表 3 岩(矿)石标本电性参数统计表

Table 5 Electric parameters of the focks and ores							
地质单元存在	标本	电阻率,	) S	极化率 n s (%)			
地质半儿名称	块数	变化范围	平均值	变化范围	平均值		
长石砂岩	10	93.8 $\sim$ 2 261.5	586.5	$0.22 \sim 1.35$	0.56		
粉细砂岩	12	$110~\sim~1~545$	703	$0.64 \sim 1.77$	1.16		
蚀变岩	17	89.6 $\sim$ 2 219.8	763.1	$0.18 \sim 2.44$	0.99		
铜矿化蚀变岩	4	$1800 \sim 2~400$	1 900	$2.50 \sim 3.50$	3.10		
石英脉	11	$29~\sim~2~138$	551	$0.31 \sim 2.91$	1.46		
花岗岩	12	$136~\sim~700$	376	$0.53 \sim 2.01$	1.35		



#### 图3 工作区高精度磁测精测剖面图

Fig. 3 Profile of the accurate magnetic measurement



图 4 工作区激电中梯视极化率ηs等值线平面图 Fig. 4 Isoline ichnography of the induced-current middle-gradient residual apparent polarazation (ηs)

映了 NW 向隐伏构造,控制了 AP1, AP2 化探异常的展 布;在图 4 中以 4.0% 圈定出两个激电异常,其异常峰 值分别为 5.96% 和 5.34%,其中 DJ2 激电异常与 AP1 (Ag、Cu、Pb、Zn、As、Sn、Mo、Bi 综合元素异常)和 AP2 (Ag、Pb、Zn、Cu、Sn综合元素异常)化探异常具有重合 套合性,又处于磁异常所显示构造的附近,并由槽探 揭露对应较强的蚀变和矿化现象。

依据上述所建综合信息预测模型,推断AP2-AP4 化探异常是Pb、Zn矿找矿靶区;DJ2是以铜为主的多 金属隐伏矿找矿工作的靶区。

### 5 工程验证结果

通过对区内土壤化探异常高值点进行探槽工程 揭露,发现了5条脉状Cu矿体,3条脉状Pb、Zn矿体。

AP1异常区内发现铜矿体三条。Cu1矿体:北西 西向展布,地表控制长度75 m,水平宽度1.0 m,Cu品 位 0.36%。Cu2矿体:北北西向展布,地表控制长度 60 m,水平宽度1.2m。Cu品位:0.46%。Cu3矿体:北 北西向展布,地表控制长度60m,水平宽度1.0 m。Cu 品位 0.76%。

AP2异常区内发现铜矿体一条,铅锌矿体二条。

Cu5矿体:北北西向展布,地表控制长度30 m,水平宽 度3.3 m,Cu品位 1.19%。Pb、Zn2矿体:位于AP2异 常区北部,北北西向展布,地表控制宽度为3.0 m,推 测长度75 m,取样分析品位:Pb0.36%、Zn0.061%、 Ag35.4%。Pb、Zn 3~5矿体:位于AP2异常区南部,北 北西向展布,探槽揭露矿体水平宽度1~2 m,控制长 度 380 m,取样分析品位:Pb 0.025%~0.99%、Zn 0.52%~1.57%。

AP4异常区内发现一条Pb、Zn1矿体:北北东向展 布,探槽揭露矿体水平宽度1.3 m,推测长度75 m,取 样分析品位:Pb 1.21%、Zn 0.093%。

对 DJ2 物探异常施工 ZK01 钻孔进行了深部查 证, 矿化情况较好(图5), 共见到14层矿化蚀变脉, 主 要为黄铜矿化、铅锌矿化及少量辉钼矿化等。在 66.00 m处见侵染状、团块状、细脉状矿化体, 厚度为 2.09 m, 以磁铁矿 – 黄铜矿 – 铅锌矿 – 黄铁矿 – 磁 黄铁矿组合为主。经取样分析, Zn 最高品位为 1.02%, Ag 最高品位为 9.8 g/t, Cu 最高品位为 0.14%。在343.70 m处见黄铜矿化和辉钼矿化。综 上所述, 钻孔中见矿化情况较好, 整体呈现数量多、 单脉矿化程度强但规模较小的特点。



图5 吉尔敖包矿区02勘探线剖面图

#### Fig.5 Section of the No. 02 exploration line in Jleraobao deposit

1. 第四系; 2. 斑点状变质砂岩; 3. 花岗岩; 4. 破碎蚀变带; 5. 硅化带; 6. 铜矿化带; 7. 铜、铅、锌矿化带; 8. 地质界线;

综上所述,通过探槽所揭露的Cu、Pb、Zn矿体和 探槽、钻孔所见到的Cu、Pb、Zn、Mo矿化体显示,矿区 内金属元素组合有由西向东、由深部至浅部、由中高 温(Cu、Mo、W、Sn)组合向中低温(Pb、Zn、Ag)组合变化 的趋势。

### 6 结论

(1)在对大量实际的地质、物探和化探资料的分 析研究的基础上建立了吉尔敖包多金属矿找矿模 型,是提高本区找矿思路和成矿信息认识水平的标 志,基于所建模型有望为该区找矿突破理顺一条系 统的技术路线,对相似成矿地区找矿也具有参考价值。

(2)基于综合信息找矿预测模型及验证结果,推 测在本区西南部发现的DJ1综合异常极有可能是以 铜为主的多金属隐伏矿体反映,应对该异常开展进 一步的勘查工作。

参考文献:

[1] 内蒙古自治区地质矿产局.内蒙古自治区区域地质志[M].

北京:地质出版社,1982.

- [2]郭利军,葛昌宝,冯贞,等.内蒙古锡林浩特东部拜仁达坝 银铅多金属矿勘查过程及远景评述[J].物探与化探, 2004,28(5):394-401.
- [3] Ohmoto H. Systematics of sulfur and carbon isotopes in hydrothermal ore deposits .Economic Geology, 1972, 67: 551-578.1961,2 :133-142.
- [4] 吕志成,段国正,刘丛强,等.大兴安岭地区银矿床类型成 矿系列及成矿地球化学特征[J].矿物岩石地球化学通报, 2000,19(4):305-309.
- [5] 韩存强,张宁恒,万守全.河南省桐柏县银洞坡金矿综合 找矿标志及找矿模型[J].物探与化探,1996,20(2): 87-97.
- [6] 牛树银,孙爱群,胡华斌,等. 大兴安岭白音诺尔铅锌矿控 矿构造研究与找矿预测[J]. 大地构造与成矿学, 2008,32 (01):72-80.
- [7] 牛树银,孙爱群,王宝德,等.内蒙古白音诺尔铅锌矿的成 矿作用与找矿预测[J].西部资源,2006,(1):9-12.
- [8] 孙丰月,王力.内蒙拜仁达坝银铅锌多金属矿床成矿条件[J].吉林大学学报(地球科学版),2008,38(3):376-383.
- [9] 钱明,高群学.内蒙古东乌旗阿尔哈达铅锌矿区矿床成 因探讨[J].地质找矿丛,2006,21(S1):70-73.

### A Synthesis Method and Its Application to Prospecting in Jierobo Polymetallic Deposit Exploration

KONG Fan-hui<sup>1</sup>, WANG Tian-yi<sup>2</sup>, SONG Xiao-dong<sup>1</sup>, LIU Guo-hui<sup>2</sup>, WANG Hui-min<sup>1</sup>

North China Engineering Investigation Institute limited Company, Shijiazhuang, 050021, China;
Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang, 050031, China)

Abstract: There are advantageous metallogenic conditions for copper, molybdenum, silver polymetallic ore in Jierobo of Inner Mongolia, which has wide prospect in searching for copper hydrothermal type metallogenic concealed orebody, but failed to get disruptive result for recent years. On the basis of available data of geological, geophysical, geochemical and drilling, the authors establish a set of effective synthesis methods as prospecting model for further ore-hunting in this area. And this model also has some reference value in the similar areas.

Keywords: Jierobo; synthesis method; prospecting model