

内蒙古巴彦宝力道金矿区 物化探综合找矿方法及其应用

尹忠¹ 李峰² 刘萍²

(1. 武警黄金指挥部 北京 100102 ; 2. 武警黄金第二支队 内蒙古 呼和浩特 010010)

摘 要 : 巴彦宝力道金矿区位于内蒙古苏尼特左旗 , 区内发育与金矿化有关的破碎蚀变带和糜棱岩化带。通过研究地质及物化探工作成果 , 建立本区地球物理、地球化学成矿模式 , 采用相关分析和“格氏法”等方法 , 确定了矿床元素轴向分带序列为 : As-Sb-Hg-Bi-Li-Sr-Ba-Ag-Pb-Au-Cu-Zn-Sn-V-Co-Cr-Ni-Ti-Mo-W , 前缘晕元素为 As、Sb、Hg、Bi , 主成矿元素为 Au、Cu、Zn , 尾晕元素为 Ti、Mo、W。据轴向分带特征 , 确定金矿体剥蚀程度的判别指标为 $u(As) \times u(Sb) \times u(Bi) / u(Ti) \times u(Mo) \times u(W)$ 。建立了找矿标志 , 为下一步地质找矿提供了依据。

关键词 : 巴彦宝力道 地球物理 地球化学 找矿模式

中图分类号 : P632 文献标识码 : A 文章编号 : 1000-8918(2004)03-0224-04

巴彦宝力道金矿是最近发现的正在勘查中的金矿床 , 位于内蒙古苏尼特左旗 , 属于半荒漠化干旱草原覆盖区。在该区先后使用了 1: 1 万土壤地球化学测量、高精度磁测、激电中梯和激电测深等勘查手段 , 并通过钻探工程验证了部分异常 , 目前控制工业矿体 5 个 , 其中隐伏矿体 4 个 , 资源储量已达到中型规模。该区成矿条件优越 , 具有较大的找矿潜力 , 研究找矿模式非常必要。

1 地质背景

巴彦宝力道金矿区大地构造位置为内蒙古中部地槽褶皱系的苏尼特右旗晚华力西期地槽褶皱带内的艾力格庙—锡林浩特中间地块中部(南边缘)、二连浩特—贺根山深断裂带的南侧 , 金矿床处于阿尔善特—昌特敖包金矿成矿带的中部 , 位于近 EW 与 NE 向构造交汇部位锐角区。

区内出露地层主要为新元古界温都尔庙群绿泥石片岩、绢云母片岩、石英岩、大理岩及泥灰岩 , 该层位也是主要的矿源层。

岩浆岩分布广泛 , 主要有华力西早期变质的石英闪长岩、花岗闪长岩 , 华力西晚期花岗岩 , 含金地质体产于岩体与地层的内外接触带。

区内断裂构造发育 , 以近 EW—NE 向构造为主 , 形成了长 40 余 km , 宽 3~5 km 的控矿构造带 , 交其尔区域性深断裂处于金矿成矿带的南部边缘。

成矿带内 NE、NEE、EW 向破碎蚀变带和糜棱岩化带发育 , 含金地质体赋存于其内 , 近矿围岩以温都尔庙群绿泥片岩和华力西期闪长岩为主 , 地层中以糜棱岩型金矿化为主 , 岩体内过渡为含金破碎蚀变带 , 有含金硫化物—石英脉充填。矿(化)体呈脉状、透镜状、板状产于其中 , 并发现有平行盲矿体 , 产状以 NEE 向为主 , 少量的 NE、NW 向 , 原生矿石中金属矿物以黄铁矿、方铅矿、闪锌矿为主 , 非金属矿物以石英、方解石、绢云母、绿泥石为主。

2 地球物理特征

2.1 磁性特征

本区岩石磁性特征(表 1)可分为 3 类 : ①含金破碎蚀变岩具有相对较强的磁性 ; ②含铁石英脉具有较强磁性 , 褐铁矿化石英脉和糜棱岩 , 同样具有较强磁性 ; ③花岗岩、绿泥片岩、石英脉等有弱磁性。

表 1 岩矿石磁化强度

A/m

岩石名称	变化范围	算术平均值	块数
破碎蚀变岩	90 ~ 102	96	12
含铁石英脉	89 ~ 97	94	10
糜棱岩	84 ~ 87	86	10
花岗闪长岩	53 ~ 76	59	10
石英脉	43 ~ 48	46	33
花岗岩	40 ~ 41	41	10
绿泥片岩	40 ~ 41	41	10

2.2 电性特征

野外利用小四极法 , 对各类岩石电性参数进行

表2 岩矿石电性参数

岩(矿化)石名称	$\rho_s/(\Omega \cdot m)$			$\eta_s/\%$			测定数
	变化范围	算术平均值	方差	变化范围	算术平均值	方差	
含金石英脉	85~574	282	159	1.04~2.39	1.95	0.39	29
花岗闪长岩	174~307	256	33.2	1.09~1.64	1.48	0.19	11
闪长岩	130~277	206	75	1.37~1.5	1.41	0.04	10
破碎蚀变岩	200~500			1.74~3.5			

测定结果列于表2。破碎蚀变岩视电阻率(ρ_s)及视极化率(η_s)变化范围较宽,且较围岩略高。含金石英脉视电阻率(ρ_s)变化范围较大,方差亦较大,视极化率(η_s)变化不大。花岗闪长岩、闪长岩电性参数变化范围较小,方差也较小,参数相对较平稳。

3 地球化学特征

3.1 地球化学参数特征

3.1.1 微量元素含量特征

从区内各类岩石微量元素含量测定结果看出,闪长岩中 Au 及 Cu、Zn 含量相对较高($w(\text{Au})=40.9 \times 10^{-9}$, $\mu(\text{Cu})=46.5 \times 10^{-6}$, $\mu(\text{Zn})=47.5 \times 10^{-6}$),可能为金的初始矿源层。糜棱岩和含金石英脉中金含量最高,糜棱岩中的元素含量 $w(\text{Au}) > 150 \times 10^{-9}$ 、 $w(\text{Cu})=71.5 \times 10^{-6}$ 、 $w(\text{Zn})=59.6 \times 10^{-6}$ 。说明在构造挤压作用或糜棱岩化作用下,金在构造挤压带中开始活化富集。

3.1.2 元素组合特征

通过相关分析得出元素组合特征如下^[1]。
含金石英脉可分为:Sn-N-Ba、Sr-Pb、Mo-Cr-V、Li-Ag;Au-Cu-Zn;Bi-Hg;Co-Ti-W。Au、Cu、Zn 相关。
糜棱岩可分为:Sn-Zn-Ti、Ba-L;Co-Ni-Ag;Sr-Bi、As-Sb-Hg、W-Mo-V、Cr-Pb-Cu-Au。

3.2 地球化学异常特征

3.2.1 元素的分布特征

从平面异常分布看,Au、Cu、Zn 异常紧紧包住矿体,Sr、Ba、Sn、V 异常在矿体上下盘都有分布;As、Sb、Hg 异常主要在上盘;W、Mo、Ti 异常主要在下盘;Ag、Pb 异常强度弱,规模小;Cu、Zn 异常与矿体吻合。

3.2.2 元素的分带特征

(1)元素浓度分带特征。由表3各元素含量下限值的1、2、4倍来确定外、中、内带。矿体上部:内带为Au-As-Hg;中外带为Au-As-Cu-W-Bi-Pb、Cr、Bi、Ba、Mo、V、Ti、Ag、Ni、Co。矿体下部:内带为Au、W、Mo;外带为Au、As、Cu、W、Cr、Bi、Ba、Mo、V、Ti、Ni、Co、Sr、Zn。
(2)元素轴向分带特征。根据24号矿脉0勘探线元素含量特征,按格氏法^[2]进行轴向分带序列

表3 巴彦宝力道金矿区浓度分带特征值

元素	下限	外带	中带	内带
Au	9.1	9.1	18.2	36.4
Ba	217.6	217.6	435.2	870.42
Ag	0.41	0.41	0.82	1.64
Mo	1.98	1.98	3.95	7.9
Cu	5.9	5.9	12.0	24.0
W	4.09	4.09	8.17	16.38
Pb	4.9	4.9	9.7	19
Sb	0.26	0.26	0.53	1.06
Zn	32	32	64	128
V	225.8	225.8	451.6	903.2
Co	37.26	37.26	74.52	149.04
Ti	1702	1702	3404	6807
Ni	5.21	5.21	10.42	20.84
Sn	2.39	2.39	4.78	9.57
Cr	14.95	14.95	29.9	59.82
Sr	34	34	68	136
Bi	3.49	3.49	6.98	13.96
Li	65.06	65.06	130.12	260.24
As	1.19	1.19	2.38	4.76
Hg	13.38	13.38	26.76	53.52

注 $w(\text{Ag}, \text{Hg})/10^{-9}$, $\mu(\text{其它元素})/10^{-6}$

的计算,得出巴彦宝力道金矿区矿(化)体轴向分带序列为:As-Sb-Hg-Bi-Li-Sr-Ba-Ag-Pb-Au-Cu-Zn-Sn-V-Co-Cr-Ni-Ti-Mo-W。前缘晕元素为:As、Sb、Hg、Bi;主成矿元素为:Au、Cu、Zn;尾晕元素为:W、Mo、Ti。

4 物化探综合异常特征

在巴彦宝力道金矿区开展了大量的物化探工作。通过激电中梯测量共圈出激电异常32处,通过高精磁测圈出高磁异常7个,通过1:1万土壤地球化学测量工作圈出金异常38处。异常可分为4个异常带(图1)。

I号异常带通过地球化学剖面测量,圈出4处金异常,位于华力西期石英闪长岩与温都尔庙群地层接触带,其中Au-39异常与24号破碎蚀变带呈叠加状态,Au-40平行于Au-39呈NEE向展布。异常延伸范围大于地表出露的破碎蚀变带。

II号异常带由Au-3、Au-4、I-8;Au-6、I-5;Au-10、I-6、Au-5异常组合而成,处在温都尔庙群的绿泥石片岩、石英片岩与华力西早期侵入岩接触带上及华力期早期石英闪长岩、花岗闪长岩岩体中。其

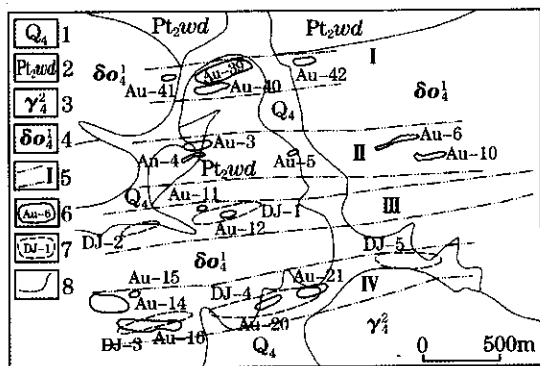


图1 内蒙古巴彦宝力道金矿区综合异常

1—第四系沉积物 2—温都尔庙群绢云母石英片岩 3—华力西期黑云二长花岗岩 4—华力西期片麻状石英闪长岩 5—异常带及编号 6—金异常及编号 7—8—视极化率异常及编号 9—地质界线
中 Au-3 异常、Au-4 异常均呈条带状。激电中梯 I-8 异常走向北东。激电异常 I-5 走向东西,剖面间连续性较好,东部与 Au-8 异常吻合。

Ⅲ号异常带由 $\Delta T-1$ 、I-1、DJ-2; Au-11、Au-12、DJ-1、I-9; II-4、 $\Delta T-3$ 异常组合而成,该异常与 48 号矿带吻合。异常带位于华力西早期的石英闪长岩中,高磁异常 $\Delta T-1$ 峰值为 612 nT。激电异常 I-1 长度为 1 400 m,延伸较大,异常形态宽缓,幅值较大。DJ-2 异常 ρ_s 等值线平面图异常形态完整。Au-12 异常呈椭圆状,面积较小,平均值 19.80×10^{-9} ,最大值 56.6×10^{-9} 。激电异常 I-9 异常:长度 500 m,走向东西,倾向南,剖面间连续性较好。DJ-1 异常区分布的岩性为石英闪长岩,长度约 700 m,宽约 200 m,走向近北东向。依据 η_s 、 ρ_s 曲线的特征,解释推断矿化构造带顶板埋深 60 ~ 100 m。

Ⅳ号异常带由 Au-14、I-7、DJ-6; Au-16、II-1、DJ-3; Au-20、Au-21、III-2、DJ-4; II-3、 $\Delta T-5$ 、DJ-5 异常组合而成。异常带出露华力西早期变质石英闪长岩和花岗闪长岩。其中 Au-14 异常近条带状,与 Cu-4 号异常西部呈半迭加状态。激电异常 I-7 近 300 m 长,剖面间连续性较好。DJ-6 异常依据 ρ_s 、 η_s 曲线特征,可解释推断 DJ-6 异常由浅部及深部矿化体引起,浅部矿化体顶板埋深 40 m,深部矿化体顶板埋深 90 m。Au-16 异常呈长条状,有 2 处浓集中心。激电异常 II-1 长度约 600 m,剖面连续性较好。DJ-3 异常根据视极化率(η_s)和视电阻率(ρ_s)等值线的变化特征判别,矿化破碎带倾向南、矿化体的顶板埋深约 80 m。

5 物化探方法在该区地质找矿中应用

巴彦宝力道金矿区先期通过土壤测量、高精磁

测、激电中梯手段圈出的各类异常,总体形态呈带状分布,沿 NEE 向平行展布,异常一般吻合较好,初步推断部分异常是由金属矿化地质体引起,并综合各类地质信息及浅部工程地质效果,又使用了电测深手段,对极化体作进一步的定位,其中对甲-2、甲-3、乙-1 和乙-6 综合异常作了电法测深,又进一步圈定 6 个激电异常,对异常作了解释推断,判断了极化体产状,推测了埋藏深度。目前使用钻探手段对部分异常进行了验证,取得了较好的地质效果。

对于 I 号异常带通过地球化学剖面测量,圈出 4 处金异常,其中 Au-39 异常与 24 号矿化带呈迭加状态, Au-40 平行于 Au-39 异常,且 Cu、Zn 与 Au 异常吻合较好,呈 NEE 向展布。地表出露 60 余米含金硅化破碎蚀变岩,但异常范围远远大于该地质体。推测深部隐伏有规模较大的含金地质体,且可能赋存有平行矿体。首先地表利用浅井工程在局部发现了矿体,进而按照 200 m 间距设计了 3 条线 4 个钻孔,结果全部见矿,并控制了 3 层矿体,品位达 $(5 \sim 20) \times 10^{-6}$ 。

Ⅲ号异常带的乙-1 综合异常区,地表测有激电异常和高磁异常。2000 年度对异常查证时在 20 线、60 线各布设一个探槽,在探槽中可以看出岩石岩性为石英闪长岩,局部地段岩石破碎强烈,可见碎裂岩,内含有石英角砾,20 线探槽中碎裂岩的金含量为 31.4×10^{-9} ,60 线探槽中碎裂岩的金含量为 83.4×10^{-9} 。探槽中金含量明显高于地表土壤测量结果,而且与 48 号矿化体(地表有出露)处于同一构造带方向上,断层泥及角砾等构造破碎带特征是一致的,认为该异常有进一步工作的价值。2001、2003 年在该异常上又作了电法测深,其中 DJ-2 异常展布在测区 $(185 \sim 192)/20$ 、 $(192 \sim 200)/40$ 、 $(196 \sim 205)/60 \sim 90$ 的点线位置,长约 850 m,宽约 80 m,走向 $NE70^\circ$, η_s 值为 1.7% ~ 2.3%,在 198/60 点处 ΔT 峰值达到 612 nT, ρ_s 为 $380 \Omega \cdot m$, η_s 为 2.1% 相对较高,综合以上地质及物化探信息,并通过研究综合剖面图(图 2),认为该异常由矿化体(极化体)引起,并推测矿化体顶板埋藏深度为 80 ~ 90 m。2002 年通过钻探工程验证,在 198/60 点处深 74 m 见金矿体,平均品位达 10.23×10^{-6} ,厚度为 1.26 m。2003 年又在其两端进行激电测深工作,根据测深点曲线图及剖面图特征推断含金矿化体中心赋存在 120/100、100/92、80/84、60/76 点,走向约 70° ,倾向南。在 120/100、100/92、60/76 测深点解释推断矿化构造带顶板埋深约 80 ~ 90 m,在 100/92 测深点施工钻

孔 ZK92-1 在 83 m 处见矿化体平均品位达 10×10^{-6} 厚度为 1.60 m。

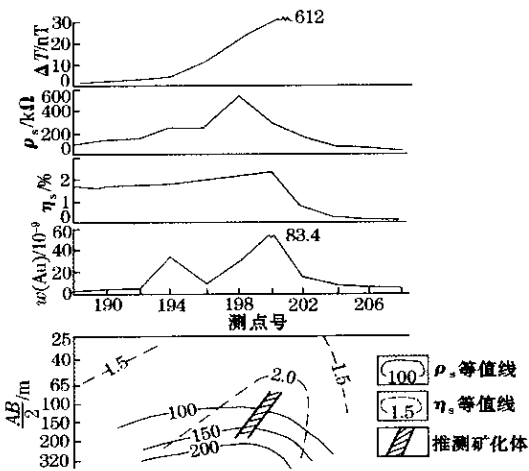


图 2 乙-1 综合异常 60 线物化探异常解释剖面

6 矿体地球物理、地球化学探特征及地质找矿标志

6.1 金矿体地球物理、地球化学特征

综合该区地球物理、地球化学异常特征及其找矿应用效果,初步认为巴彦宝力道金矿区矿体地球

物理、地球化学的特征为(图 3):①矿体的特征元素组合 Au、Cu、Zn、Sr、Ba、Sn、V 在矿体两侧含量较高,Au、Cu、Zn 异常紧紧包住矿体,Sr、Ba、Sn、V 异常在矿体上下盘都有分布,As、Sb、Hg 异常主要在上盘,W、Mo、Ti 异常主要在下盘,Ag、Pb 异常强度弱,规模小;②巴彦宝力道金矿床轴向分带序列为 As-Sb-Hg-Bi-Li-Sr-Ba-Ag-Pb-Au-Cu-Zn-Sn-V-Co-Cr-Ni-Ti-Mo-W,金矿体剥蚀程度判别指标为 $u(As) \times u(Sb) \times u(Bi) / u(Ti) \times u(Mo) \times u(W)$;③矿体前缘晕元素为 As、Sb、Hg、Bi,主成矿元素为 Au、Cu、Zn,尾晕元素为 W、Mo、Ti;④矿(化)体具有较高的磁性和相对略高的视极化率、视电阻率异常。

6.2 地质找矿标志

该区找矿应综合各种方法,以研究成矿地质条件为前提,初步总结找矿地质特征为:①金矿(化)体多产于华力西期闪长岩与温都尔庙群的接触带;②金矿(化)体多产于构造破碎带和糜棱岩化带内,产状基本吻合,矿体以 NEE 向为主,多为南倾;③金矿化类型为石英脉型、硅化破碎蚀变岩型、糜棱岩型,而且复杂多变;④围岩蚀变以硅化、绢云母化、绿泥石化、黄铁矿化为主。

7 结束语

物化探综合方法在巴彦宝力道地区金矿勘查中具有重要作用,较为成功地探查与金矿有关的地质体、含矿构造破碎带、糜棱岩化带,从而有利于缩小找矿靶区,提高找矿命中率。对于找盲矿、隐伏矿,地质效果较为明显。在实践中应充分研究该区成矿地质特征,与物化探方法综合运用、互为借鉴,能为在该区大范围内找矿提供依据。

参考文献:

[1] 植东升.地质找矿勘探中的概率统计方法[M].长沙:中南工业大学出版社,1987.
[2] 阮文健,朱有光.地球化学找矿[M].北京:地质出版社,1985.

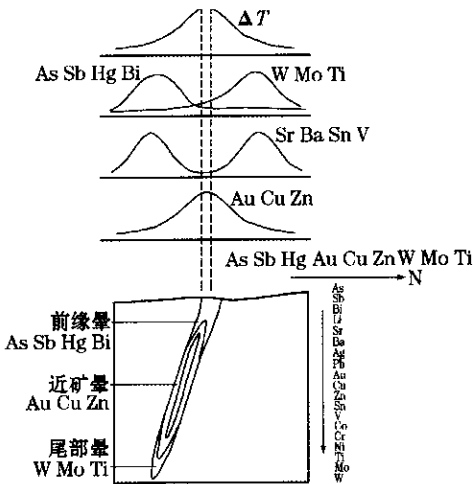


图 3 金矿体地球物理—地球化学特征示意

THE GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL EXPLORATION MODEL FOR THE BAYANBAOLIDAO GOLD ORE DISTRICT OF INNER MONGOLIA AND ITS APPLICATION

YIN Zhong, LI Feng, LIU Ping

(No. 2 Gold Geological Party of CAPG, Hohhot 010010, China)

- 101 – 106.
- [4] Xie X J, Cheng H X. Global geochemical mapping and its implementation in Asia-Pacific Region [J]. Applied Geochemistry, 2001, 16: 1309 – 1321.
- [5] 涂光炽. 贵金属找矿的若干问题讨论 [A]. 陈毓川. 当代矿产资源勘查评价的理论与方法 [C]. 北京: 地震出版社, 1999. 186 – 191.
- [6] 苏文超, 胡瑞忠, 漆亮, 等. 黔西南卡林型金矿床流体包裹体中微量元素研究 [J]. 地球化学, 2001, 30(6): 512 – 516.
- [7] 刘秉光. 中国 PGE 矿床类型分析 [J]. 地质与勘探, 2002, 38(4): 1 – 7.
- [8] 成杭新, 赵传冬, 庄广民, 等. 铂族元素矿床地球化学勘查的战略和战术 [J]. 地球学报, 2002, 23(6): 495 – 500.

GEOCHEMICAL TRACING FOR ANOMALY SOURCE OF Pt AND Pd AND THE DISCOVERY OF A Ni OREBODY IN DACAO AREA, SICHUAN PROVINCE

CHENG Hang-xin¹, ZHAO Chuan-dong^{1,2}, ZHUANG Guang-min¹, ZHAO Zhi-gang³, CHEN De-you³

(1. Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, CAGS, Langfang 065000, China; 2. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 3. Sichuan Institute of Geological Survey, Chengdu 610000, China)

Abstract: A study of geochemical tracing for the anomaly source of Pt and Pd in stream sediments shows that the Pt and Pd source in some stream sediment samples is derived from the weathering products of the nickel ore. A nickel orebody 130 m wide and 325 m long at surface with nickel content of 0.23% and highest Pt and Pd grade of 0.4g/t was discovered based on the data obtained from the soil and rock survey. Prediction of Pt, Pd and Ni potentials was made for Dacao area.

Key words: anomaly source of Pt and Pd; geochemical trace; discovery of Ni orebody; Dacao; Sichuan Province

作者简介: 成杭新(1964 –), 男, 教授级高工。2001 年获吉林大学地球探与信息技术专业博士学位, 主要从事勘查地球化学和环境地球化学的研究工作。

上接 227 页

Abstract: The Bayanbaolidao gold ore district lies in Sonid Left Banner of Inner Mongolia. The fractured alteration zone and the mylonitized zone are related to gold mineralization of this area. On the basis of geological, geophysical and geochemical achievements, geophysical and geochemical exploration models were constructed. With correlation analysis and "Geshifa" method, the axial zoning sequence of the elements is defined as As-Sb-Hg-Bi-Li-Sr-Ba-Ag-Pb-Au-Cu-Zn-Sn-V-Co-Cr-Ni-Ti-Mo-W. The front halo elements are As, Sb, Hg and Bi. The essential elements that form the mineral deposit are Au, Cu and Zn. The rear halo elements are Ti, Mo and W. According to the axial zoning characteristics, the criterion for the denudation extent of the gold deposit is $w(\text{As}) \times w(\text{Sb}) \times w(\text{Bi}) / w(\text{Ti}) \times w(\text{Mo}) \times w(\text{W})$. The determination of ore-prospecting criteria provides the basis for further geological exploration.

Key words: Bayanbaolidao; geophysics; geochemistry; model; application

作者简介: 尹忠(1965 –), 男, 1985 年毕业于沈阳黄金专科学校, 高级工程师, 现主工从事黄金地质勘查工作。