内蒙古东南部矽卡岩型金属矿床的综合找矿模式

白大明[1],付国立[2],聂凤军[1],江思宏[1],刘翼飞[1]

1. 中国地质科学院矿产资源研究所,北京 100037
2. 内蒙古赤峰市国土资源局,内蒙古 赤峰 024000

摘要:矽卡岩型金属矿床是内蒙古东南部重要的矿床类型,集中分布在黄岗梁—乌兰浩特铜多金属成矿带西南段,其代表性矿床有白音诺铅锌矿床和浩布高铅锌铜锡矿床以及黄岗铁锡矿床,是中国北方重要的铅锌矿和锡矿产地。总结、分析了此类型矿床中的代表性金属矿床的物化探勘查方法及其有效性,建立了矽卡岩型金属矿床地、物、化综合找矿模式。此类金属矿床多分布于黄岗—乌兰浩特铜多金属成矿带西南段二叠系大理岩或结晶灰岩夹层内,其受构造作用形成的复背斜轴部的虚脱部位是赋矿的有利场所。金属矿化特别是铅锌矿化与锰钙质辉石矽卡岩关系密切。矿床所在地区主要地层和酸性侵入岩类主要金属元素Cu、Pb、Zn、Ag、Sn的质量分数均大大高于背景值,并在矿带、矿化蚀变带和出露矿体上呈现高强度、衬度高、分带清晰的局部异常。成晕元素具有较好的分带性:矿体前缘晕为As、Sb、Hg、Pb、F;尾晕为Sn、W、Mo。矿体和矿化矽卡岩上常呈现高极化率、高磁力、高重力、低电阻率(三高一低)的组合异常特征。

关键词:矽卡岩型矿床;铅锌矿;物化探异常;找矿模式;内蒙古

中图分类号:P618.3 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-5888(2011)06-1968-09

Integrated Ore-Prospecting Model for the Skarn Polymetallic Deposit in Southeastern Inner Mongolia

BAI Da-ming[1], FU Guo-li[2], NIE Feng-jun[1], JIANG Si-hong[1], LIU Yi-fei[1]

1. *Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing* 100037, *China*
2. *Land and Resources Bureau of Chifeng of Inner Mongolia, Chifeng* 024000, *Inner Mongolia, China*

Abstract: The skarn polymetallic deposit, an important deposit type in southeastern Inner Mongolia, is mainly distributed in southwest section of Huanggang - Wulanhot polymetallic metallogenic belt. Baiyinnuo Pb-Zn deposit, Haobugao Pb-Zn-Cu-Sn deposit and Huanggang Fe-Sn deposit are representative skarn deposits in the area, and they are also important producing area for lead, zinc and tin in Northern China. The authors summarized and analyzed the effectiveness of geophysical and geochemical exploration method, and established comprehensive geological, geophysical and geochemical ore-prospecting models for skarn polymetallic deposit in the region. The ore bodies in these skarn deposits often are located in interlayer of Permian crystalline limestone or marble. The collapse part of compound anticline axis is favorable position for ore-forming materials precipitating by the tectonic movement. The mineralization, especially lead-zinc, has close relationship with manganese and calcium pyroxene skarn. The Cu, Pb, Zn, Ag, Sn contents in the strata and acid intrusive rocks near the ore district are much higher than the background value. In addition, the alteration zone

收稿日期:2010-06-06

基金项目:中国地质调查局地质调查综合性研究项目(1212010911029)

作者简介:白大明(1955—),男,北京人,研究员,主要从事综合找矿勘查技术方法及应用研究,E-mail:dmb2602@yahoo.com.cn。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

associated with the mineralization and ore bodies exposed appear the geochemical anomalies with high-intensity, high-contrast and good-clear zoning. The element zoning shows that the geochemical halo in the front ore body are characterized by As, Sb, Hg, Pb and F, while the halo in the tail ore body by Sn, W and Mo. The ore bodies and mineralized skarn often display high polarization, high magnetic, high gravity and low resistivity (three high and one low) combination of anomalies.

Key words: skarn deposit; lead-zinc ore deposit; geophysical and geochemical anomaly; ore-prospecting model; Inner Mongolia

0　引言

内蒙古东南部指伊尔施—龙江一线（北纬 47°20′±）以南、西拉木伦河（北纬 43°±）以北和锡林浩特以东地区。该区位于滨太平洋大陆边缘构造带，发生强烈的火山－深成岩浆活动和铜、铅、锌多金属成矿作用。区内已发现的多金属矿床（点）有数百个之多，其中大、中、小型多金属矿床百余处。除个别矿床与华力西晚期基性火山－侵入岩浆热液有成因联系外，多与中生代中—酸性火山－侵入岩浆作用有密切的成因联系，但许多矿床赋存于下二叠统，特别是碳酸盐岩中，且中生代构造－岩浆作用在很大程度上受前中生代基底构造的控制[1－3]。在众多矿床中，矽卡岩型金属矿床占有重要位置，其中白音诺大型铅锌矿床、浩布高大型铅锌铜锡矿床和黄岗大型铁锡矿床，矿床规模大、品位高，构成我国北方重要的铅锌和锡矿产地，也是我国北方矿床地质理论研究和找矿勘查工作的热点地区之一，在成矿规律、找矿理论研究方面取得许多丰硕成果[4－6]。近些年来，一些地质、地球物理学者还在重要矿区及其外围开展了新理论和新技术方法找矿试验，目的是预测找矿靶区并进行深部矿体探测[7－9]。在此基础上，对此类型矿床的成矿地质条件、物化探找矿勘查方法进行总结分析，建立其地、物、化综合找矿模式，对在本地区制定找矿战略，圈定找矿靶区以及找矿勘查都具有重要的意义。

1　成矿地质背景

内蒙古东南部矽卡岩型金属矿床主要分布在著名的黄岗梁—乌兰浩特铜多金属成矿带西南段黄岗梁和甘珠尔庙地区，以白音诺铅锌矿床、浩布高铅锌铜锡矿床和黄岗铁锡 3 个大型矿床为代表，还有东北段乌兰浩特地区的神山小型矽卡岩铜铁矿床（图 1）。

大地构造上，本区矽卡岩矿床集中分布在黄岗—甘珠尔庙—乌兰浩特复背斜的西南部，上地幔坳陷区。出露地层有二叠系黄岗梁组、大石寨组和林西组。其中黄岗梁组下段和大石寨组上段以碳酸盐岩（大理岩、结晶灰岩）和沉凝灰岩为主，是形成黄岗梁式和白银诺式交代矿床的必要条件。矿区历经华力西期、燕山期构造运动，黄岗—甘珠尔庙大断裂带及次级断裂控制二叠系基底的隆－坳格局以及岩浆侵入活动。矽卡岩矿床产在黄岗—甘珠尔庙断裂带与近东西向基底断裂的交汇地段。二叠系以来的火山活动沿黄岗—乌兰浩特一线最强烈，大量岩浆期后热液带来丰富的铅、锌、铜、锡、银等金属元素，沿断裂在岩体与二叠系碳酸盐岩接触蚀变、交代、充填而形成矽卡岩型金属工业矿体[2]。

2　地球物理特征

内蒙东南部的矽卡岩型矿床可分为两类：一类是黄岗梁式的铁多金属矿床；另一类是白音诺式的铅锌多金属矿床。由于前者的地物化特征与普通矽卡岩型磁铁矿床相类似，故在此不做重点研究；后者的地物化特征则较为复杂，既有共同点又有异同点。在此通过对白银诺式矽卡岩矿床的重点解剖，阐述此类矿床的物化探特征。

2.1　岩（矿）石物性特征

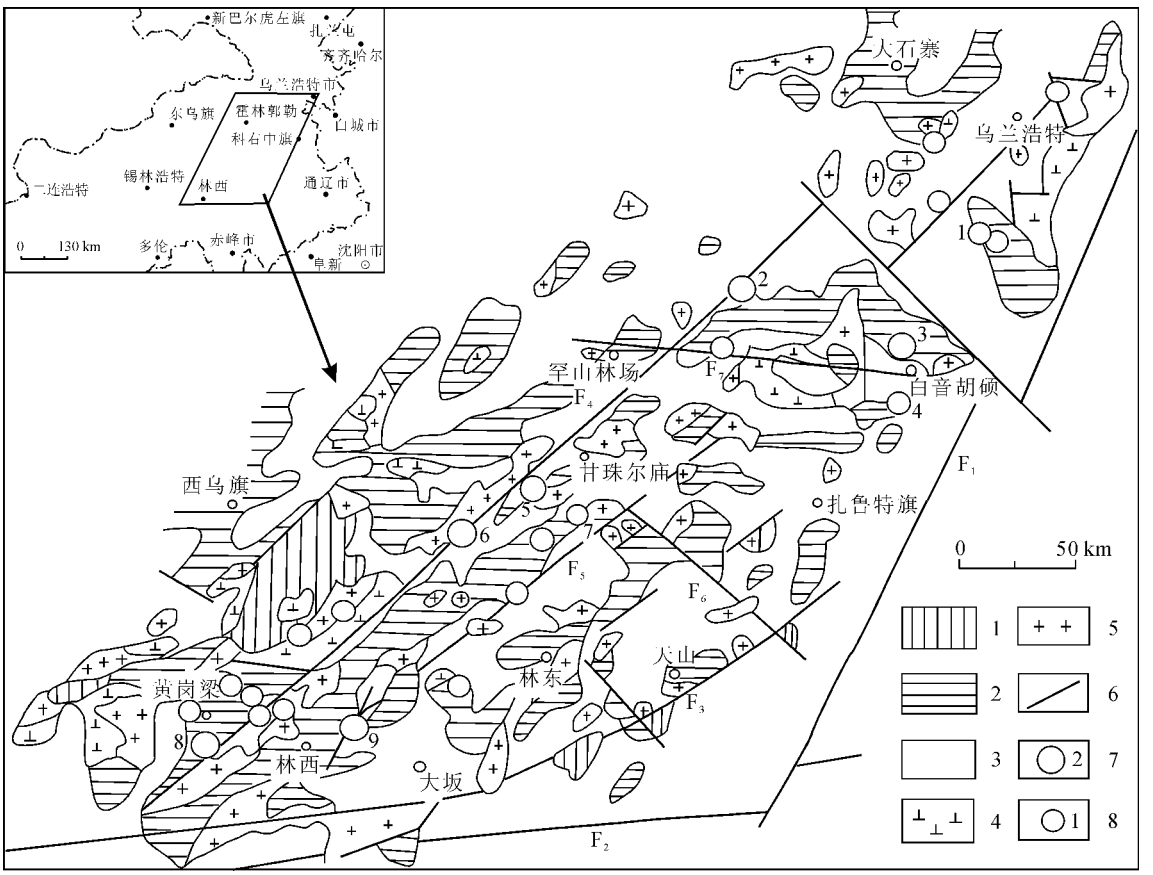
表 1、表 2 为白音诺矿和浩布高矿区代表性岩（矿）石物性参数统计，据此可以看出：

1）铅锌矿石具有较高的极化率（η_s＞15％），与围岩有明显差异；其电阻率与近矿围岩相比，致密块状矿石呈低电阻，浸染状矿石和氧化矿与围岩差异并不明显。

2）铅锌矿石和矿化矽卡岩石的密度高，与围岩的密度差高达（0.80～1.10）×10^3 kg/m^3。因此可利用高精度重力测量圈定具一定规模的矿体及矿化蚀变带。

3）铅锌矿石和（含矿）矽卡岩石的磁性较围岩强，浩布高矿区更明显，磁性强弱与含矿矽卡岩中磁

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



1. 石炭系；2. 二叠系；3. 侏罗系；4. 华力西期岩浆岩；5. 燕山期岩浆岩；6. 断裂带；7. 大型矿床及编号；8. 中小型矿床及编号。图中重要矿床编号、名称：1. 莲花山热液脉型铜银矿床；2. 巴尔哲碱性岩稀有、稀土矿床；3. 孟恩陶勒盖热液脉型银铅锌矿床；4. 布敦化热液脉型铜矿床；5. 浩布高矽卡岩型铅锌铜锡矿床；6. 白音诺矽卡岩型铅锌矿床；7. 敖瑙达坝斑岩型铜矿床；8. 黄岗矽卡岩型铁锡矿床；9. 大井热液型银锡铜矿床。

图1 黄岗梁—甘珠尔庙成矿带区域地质、构造、矿产图(据文献[3]略有修改)

Fig. 1 Simplified geological, structural and mineral map of metallogenic belt of Huanggangliang－Ganzhuermiao

铁矿物含量和矽卡岩类型有关。实测表明，此类矿石及矿化岩石将产生大于数十纳特的正磁异常，为采用高精度磁测发现并圈定矿(化)体提供明显的物理前提，同时还可用于区分激电异常源的性质。

总之，铅锌矿石及矿化矽卡岩具有高极化率、低电阻率、高密度、中—高磁性特征；而其他围岩则属于中—高电阻、低极化率、低密度和弱磁性岩石。值得注意的是，有些矿区内的碳质板岩能够产生很高的极化率和低电阻率异常，是激电法找矿的干扰体，但由于其磁性弱、密度低，可通过高精度磁测和高精度重力测量加以区分。

2.2 物探异常特征

在区域重力剩余异常图上，白音诺和浩布高矿区位于黄岗梁—甘珠尔庙—乌兰浩特重力低值带中部，重力梯级带的同向扭曲部位[3]。白音诺铅锌矿床位于局部重力低过渡带偏重力高一侧[10]，浩布高铅锌铜锡矿床处于局部高异常的边部[11](图2)。

白音诺和浩布高矿区均处于平静的负磁场背景上，白音诺矿区外围上侏罗统火山岩引起中等强度磁异常呈环状分布，显示白音诺火山机构的存在。浩布高矿区对应负磁背景中的局部正异常(图2)，异常强度约380 nT，呈北东向展布，与矽卡岩矿化带相重合，说明区域中—大比例尺航磁异常信息对寻找此类矿床具有指导作用。

电法是在矿区开展普查找矿的主要物探方法，具有一定规模的矿体均能产生明显的激电异常。在白音诺矿区，激电异常呈带状分布，可分为北、中、南3带，与矿带及矿化矽卡岩带走向一致，异常宽度和

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1　白音诺矿区岩(矿)石物性参数[10]

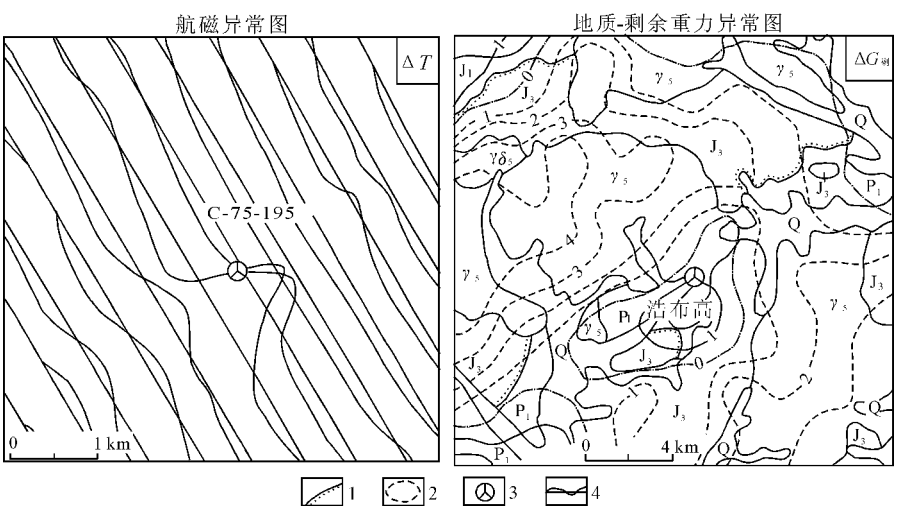
Table 1　Physical parameters of rocks(ores) from Baiyinnuo ore district

岩(矿)石名称	块数	η_s/%		ρ_s/(Ω·m)		κ/($10^{-6}4\pi$SI)		Jr/(10^{-3}A·m^{-1})		σ/(10^3kg·m^{-3})	
		变化范围	均值	变化范围	均值	变化范围	均值	变化范围	均值	变化范围	均值
铅锌矿石	31	5.4～58	21	242～10 961	49 31	3～526	75	1～4 429	28	2.87～4.37	3.71
矽卡岩	70	1.4～16	3.1	352～130 067	12 310	106～160	123	6～115	14	3.36～3.51	3.45
大理岩	47	0.2～4.1	2.3	363～214 000	21 662	4～69	12	5～163	29	2.69～2.78	2.73
(泥质)板岩	77	0.1～26.5	4.6	1 298～17 639	4 496	7～124	13	18～74	43	2.54～2.62	2.58
碳质板岩	85	0.4～64.0	7.9	763～37 620	3 058						
凝灰粉砂板岩	204	0.1～13.6	4.1	105～30 114	5 942		0		0		
凝灰角砾岩	46	0.3～6.4	2.3	1 910～75 360	16 456	15～19	17	33～39	36	2.68～2.74	2.71
石英闪长斑岩	24	0.9～5.7	3.1	2 355～136 000	25 063	16～34	23	20～47	31	2.62～3.42	2.77
花岗斑岩	28	0.1～3.5	2.4	496～45 807	15 769		0		0	2.59～2.86	2.69

表 2　浩布高矿区岩(矿)石物性参数[11]

Table 2　Physical parameters of rocks(ores) from Haobugao ore district

岩(矿)石名称	块数	η_s/%		ρ_s/(Ω·m)		κ/($10^{-6}4\pi$SI)		Jr/(10^{-3}A·m^{-1})		σ均值/(10^3kg·m^{-3})
		变化范围	常见值	变化范围	常见值	变化范围	常见值	变化范围	常见值	
铜铅锌矿石(富含磁铁矿)	35	5～38.5	15.5	1～11 940	150～2 347	0～138 994	17 078	0～95 213	8 613	3.3
矽卡岩	46	0.4～28.0	4.4	71～55 404	4 455	0～29 247	603	0～10 567	1 292	2.8
大理岩	50	1.54～4.0	3.0	1512～16 760	6 963	～0	0	～0	0	2.7
板岩	147	0.2～31.1	4.4	246～99 173	9 586	～0	0	～0	0	2.63
蚀变安山岩	58	1.1～3.1	1.3	1 122～138 915	44 229	0～34	25	0～149	11	2.67
中酸性凝灰角砾熔岩	57	1.3～2.4	1.9	296～11 295	3 386	～0	0	～0	0	2.6
石英二长岩－黑云母花岗岩	58	1.2～2.4	2.1	1 500～4 100	3 200	0～348	13.7	0～300	9	2.56
花岗斑岩	6	1.2～2.0	1.6		1 200	～0	0	～0	0	2.52



Q. 第四系;J_3. 酸性熔岩;J_1. 变质凝灰岩;P_1. 泥质板岩;γ_5. 黑云母花岗岩;$\gamma\delta_5$. 花岗闪长岩;1. 地质界线;2. 剩余重力异常(10^{-5}m/s^2);3. 浩布高矿床;4. 航磁异常曲线(1 cm=200 nT)。

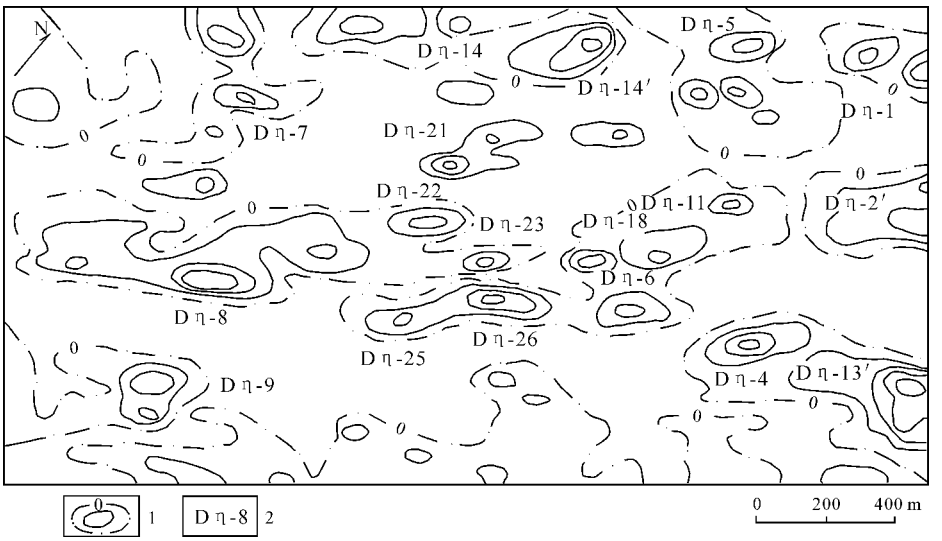
图 2　浩布高矿床区域地球物理异常图[11]

Fig. 2　Regional geophysical anomalies of Haobugao deposit

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

幅值视矿体空间形态和金属含量变化而异。其中南带的白音诺南矿区的极化率 $D\eta-4$ 号异常长 250 m,宽 100 m,异常极值为 28%,与出露的 1 号矿体和矽卡岩带相吻合。北带的 $D\eta-14$ 异常较为低缓,异常值仅为 6%～7%,对应北矿区的 17 号矿体是隐伏矿体,其埋深 220 m,长 170 m、厚 21.6 m(图 3)。而中带的 $D\eta-8$、$D\eta-26$、$D\eta-6$ 号异常呈东西向带状分布,异常幅值高,找矿前景好,应进一步开展找矿评价工作。

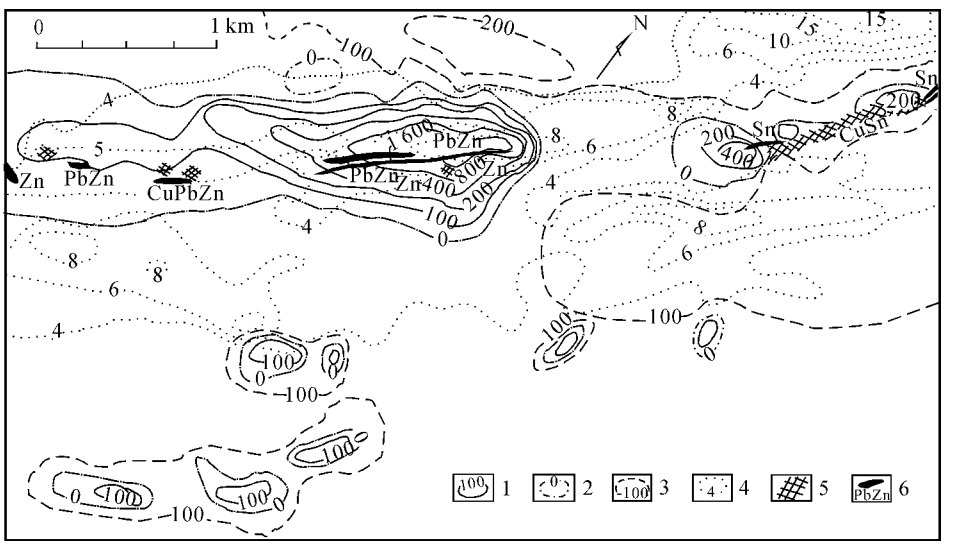
在浩布高矿区,激电与磁法综合找矿效果尤为明显,已发现的激电极化率和正高磁异常,绝大多数重合出现在北东向展布的(含矿体)矽卡岩带上(图 4),如再伴有低电阻异常时,则指示有工业矿体存在。在剖面上,浅部矿体上多出现大于 14%的极化率异常,其峰值偏向矿体倾向一侧,电阻率则呈现出高背景下的低阻异常。



1. 极化率异常等值线;2. 极化率异常编号。

图 3 白音诺矿区极化率(η_s)剩余异常图[10]

Fig. 3 Polarizability(η_s) residual anomaly map of Baiyinnuo lead-zinc ore district



1. 正磁异常等值线(单位:nT);2. 磁异常零值线;3. 负磁异常等值线;4. 激电极化率异常等值线(单位:%);5. 矽卡岩化;6. 铅锌铜锡多金属矿段。

图 4 浩布高铅锌铜锡矿床综合物探异常图[11]

Fig. 4 Diagram of comprehensive geophysical anomalies in Haobugao polymetallic district

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3　地球化学异常特征

3.1　白音诺矿区

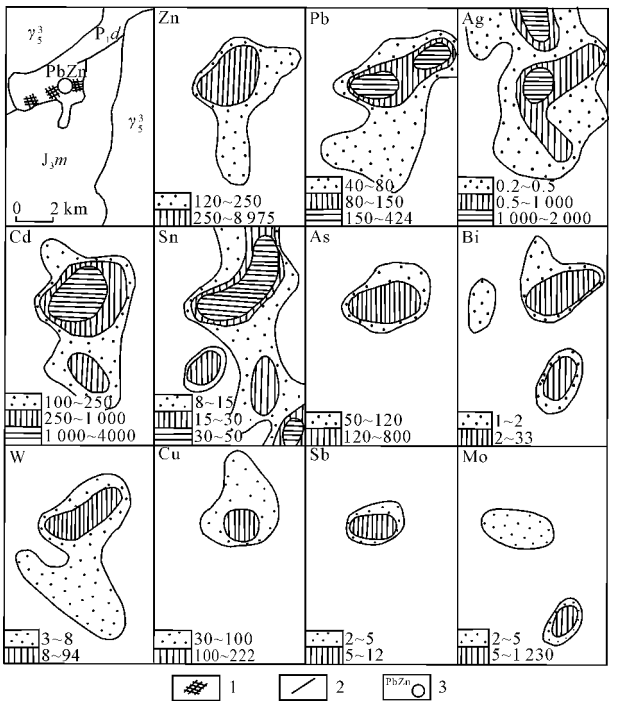
土壤地球化学特性　白音诺矿区土壤中 Cu、Pb、Zn 的平均质量分数低于魏德波尔(1961)及维氏(1962)的平均质量分数，但在已知矿带和出露矿体上出现高强度、梯度大的局部异常，Pb 质量分数最高可达 $4\ 800\times10^{-6}$，Zn 可达 $3\ 500\times10^{-6}$，均位于矿体中心位置[2]。

岩石地球化学特征　地层中微量元素质量分数均高于克拉克值数倍至数十倍，显示出含矿特性；岩浆岩及各类脉岩更富含成矿微量元素，为成矿、成晕提供了丰富的物质来源。矿区原生晕分带明显，规律性强。对 Pb、Zn、Cu、Sn、Mo、As、Sb、Hg、F 等元素的分析处理结果表明：As、Sb、Hg、F 高质量分数集中分布在矿体前缘，且越接近矿体，其质量分数越高，是寻找铅锌矿体的前缘晕；而 Sn、W、Mo 在矿体根部增高，为后缘晕，其出现是铅锌矿体尖灭的征兆。

3.2　浩布高矿区

主要地层和酸性侵入岩类的 Cu、Pb、Ag 质量分数均高于克拉克值几倍或几十倍，属元素高背景区，具有较高的富集系数，为铅锌铜多金属成矿提供了一定的含矿热液或成矿物质。

矿区主要成矿元素为 Zn、Pb、Cu、Ag、Sn、Fe，伴生元素为 Mn、Bi、Cd，次要元素为 Co、Ni、Sb、As、Ga。矿体上有 Pb、Cu、Zn、Ag、As、Sn、Mo、Fe、Mn、Bi、Cd 等元素组合异常，强度高，有明显的浓集中心，且分带清晰。Zn、Pb、Cd、Sn、Ag、As 组合异常出现在异常内带，外带为 W、Sn、Pb、Ag、Cd、Mn 组合(图 5)。元素具有明显的水平和垂直分带，由北东(近花岗岩)向南西(远离花岗岩)，元素分带依次为 Sn→Fe、Sn→Cu→Fe、Zn→Zn、Pb、Pb→Pb、Ag，自上而下为 Pb、Ag→Pb、Zn→Fe、Zn→Cu。



J_3m. 酸性火山碎屑岩；P_1d. 变质砂岩、砂板岩、大理岩；γ_5^3. 石英二长岩、黑云母花岗岩；1. 矽卡岩化；2. 断层；3. 浩布高矿床。元素质量分数单位：Ag：10^{-9}；其余元素：10^{-6}。

图 5　浩布高矿区水系地球化学异常图[11]

Fig. 5　Diagram of Haobugao polymetallic deposit showing characteristics of geochemical anomalies

4　地、物、化综合找矿标志

4.1　地质标志

1)内蒙古东南部矽卡岩型金属矿床主要分布在黄岗—乌兰浩特铜多金属成矿带西南段，在这一地段上，沿二叠系盖层复背斜轴部发育黄岗梁组下段和大石寨组上段碳酸盐岩；由此段向东，以板岩、砂岩和砾岩为主，基本上缺失碳酸盐岩地层，金属矿床则以热液脉型和斑岩型为主。

2)区内矽卡岩矿床集中分布在北东向基底断隆与断陷过渡带上的的坳中隆内，且分布在侏罗系火山盆地和二叠系基底隆起的交界处，或多组断裂交汇处所控制的火山机构附近。

3)深部构造上，内蒙古东南部大多数矽卡岩矿床分布在黄岗梁—浩布高地幔坳陷区，如黄岗梁矽卡岩型铁锡矿床即位于坳陷区南部的深凹区，白音诺和浩布高铅锌矿床则位于深凹区边部。

4)区域性北东向黄岗—甘珠尔庙—乌兰浩特大断裂带控制了北东向构造岩浆带的展布，沿大断裂分布的次一级断裂控制燕山期中酸性侵入体的分布及形态，是控岩、控矿的重要断裂，断裂走向变化及多组断裂交汇处是成矿有利部位。二叠系含大理岩或结晶灰岩夹层的地层受构造作用形成的复背斜轴部的虚脱部位常常是赋矿的有利场所。

5)矽卡岩型金属矿化特别是铅锌矿化与锰钙质辉石矽卡岩关系密切，尤其是含锰高的辉石矽卡岩对成矿更有利，如白音诺、浩布高铅锌多金属矿

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

床[12]。铜锌矿化和锡(锌)矿化与钙矽卡岩有关,主要由透辉石、钙铝榴石等组成,如黄岗铁锡矿床和神山铜铁矿床[2]。

4.2 地球物理标志

1)矽卡岩矿床群分布于区内黄岗梁—甘珠尔庙—乌兰浩特北东向布格重力异常低值带中,几个典型矿床位于低值带局部低异常中。黄岗铁锡矿床地处黄岗梁重力低异常;白音诺和浩布高铅锌矿床与甘珠尔庙重力低异常对应,这些低异常与中生代火山断陷盆地和燕山期中酸性侵入岩有关,反映了该类型矿床中受二叠系基底断隆,侏罗系火山断陷盆地、燕山期中酸性岩体侵入3个地质作用缺一不可的特点。重力异常反演二叠系基底形态结果表明[2],区内矽卡岩矿床集中分布在基底坳陷区或坳陷与隆起交接处。

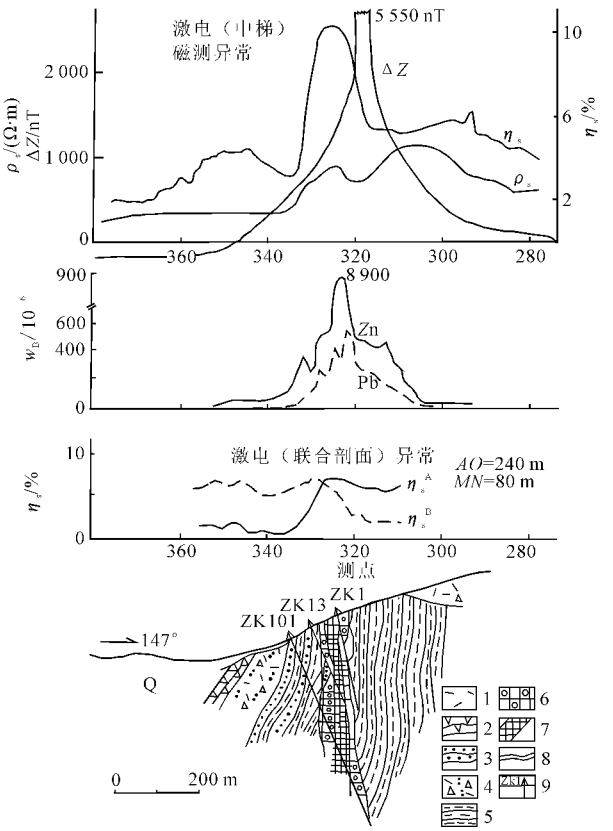
2)矽卡岩矿床处于区域平静磁场负背景区内的局部正异常区,或沿区域正磁异常与负磁异常区交接带偏向正磁异常一侧分布,且常位于异常梯级带的扭曲部位。矿体或含矿矽卡岩与围岩存在一定磁性差异,高精度磁测可发现并圈定矿体或含矿蚀变带位置。当矿体具有一定规模又埋深不大时,能产生局部重力高异常。

3)电法(直流电法、交流电法)是发现、评价矽卡岩型矿床的重要物探手段,高极化率和低电阻率组合异常是矿体或含矿矽卡岩的激电异常找矿标志。在白音诺和浩布高矿区通过激电测量圈定的成矿有利异常,经地质详查和钻探验证,大部分异常均为矿体引起(图6、图7)。电法的干扰因素是含碳质的板岩和贫铁矿化地层产生的假异常。据以往物探异常查证经验,矿体引起的异常规模较小,其展布方向与控矿构造相一致,异常形态呈椭圆状或串珠状,极化率异常强度一般大于10%;而非矿异常的规模较大,分布范围广,形态及走向上无明显规律性。

4)矽卡岩型矿床具有高极化率(大于10%)、低电阻,中等磁性(若含强磁性矿物时可引起强磁异常)和高密度重力异常(即三高一低)的组合异常特征。

4.3 地球化学找矿标志

地球化学测量是发现找矿线索、确定找矿靶区、评价找矿潜力的第一步。区内矽卡岩矿床所在地区主要地层和酸性侵入岩类金属成矿元素Cu、Pb、Zn、Ag、Sn质量分数均大大高于背景值,在矿带、矿化蚀变带和出露矿体上均呈现高强度、衬度高、分带



Q. 第四系;1. 流纹质岩屑凝灰熔岩;2. 变安山岩;3. 砂岩;4. 流纹质角砾凝灰岩;5. 泥质板岩;6. 矽卡岩;7. 铅锌铜锡矿体;8. 地质界线;9. 钻孔。

图6 浩布高矿区21线综合剖面图[11]

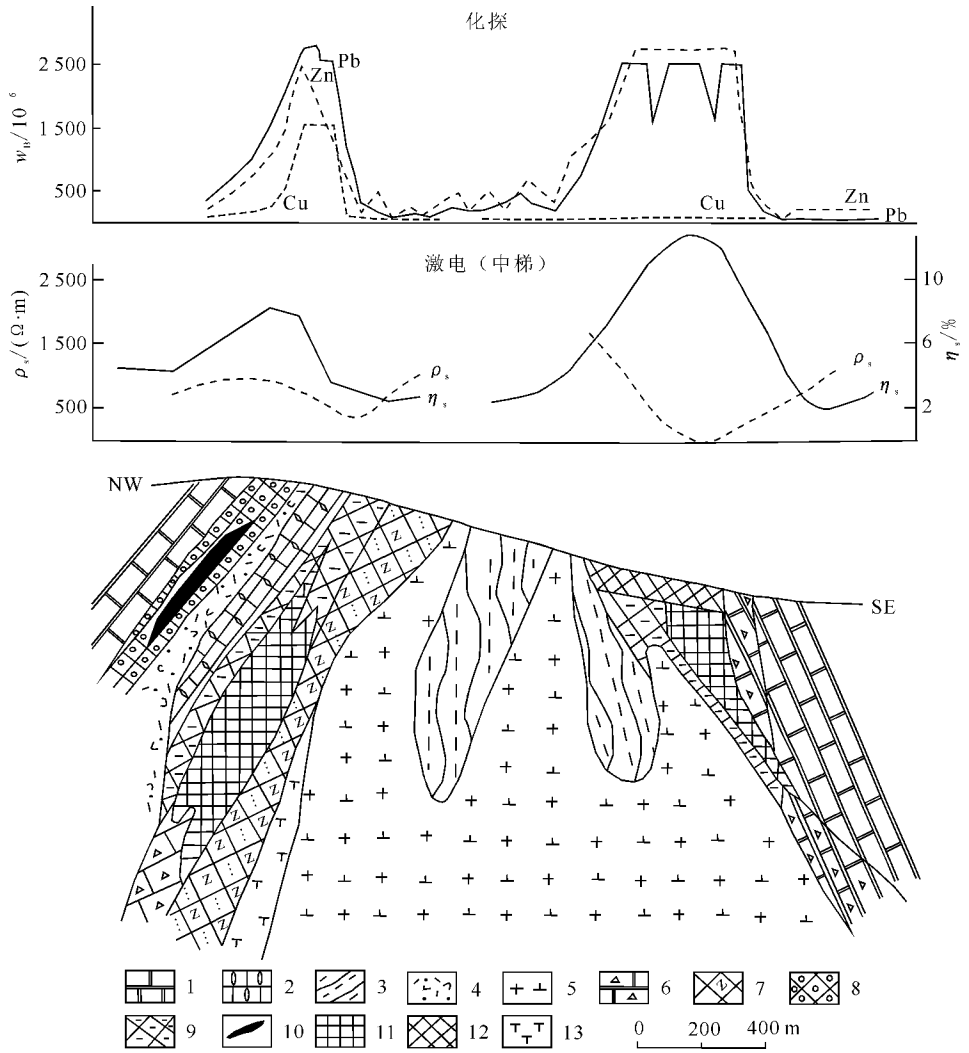
Fig. 6 Synthetic profile of the No. 21 line in the Haobugao deposit

清晰的局部异常。成晕元素具有较好的分带性:矿体前缘晕为As、Sb、Hg、Pb、F;尾晕为Sn、W、Mo。元素水平分带性好,如浩布高矿区,由酸性岩体中心→远离岩体,元素分带依次为Sn→Fe、Sn→Cu→Fe、Zn→Zn、Pb、Pb→Pb、Ag,显示出成矿元素从高温→中温→低温的变化规律。

5 结束语

内蒙古东南部矽卡岩型金属矿体及矿化矽卡岩具有高极化率、低电阻率、高密度、高磁性特征。高极化率、高磁力、高重力、低电阻(三高一低)的组合异常特征是本区有效的物探找矿模式。值得注意的是矿区内碳质板岩能够产生很高的极化率和低电阻率异常,是激电法找矿的严重干扰。因此,采用高精度重力测量和高精度磁测是区分电异常性质,进行

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



1. 大理岩；2. 结晶灰岩；3. 凝灰粉砂质板岩；4. 流纹质凝灰岩；5. 花岗闪长斑岩；6. 硅灰石矽卡岩；7. 角岩；8. 石榴石矽卡岩；9. 锰钙质矽卡岩；10. 铅锌铜矿体；11. 铅锌矿体；12. 褐铁矿（铁帽）；13. 正长斑岩。

图 7　白音诺矿区地物化综合剖面图[10]

Fig. 7　Composite geological-geophysical-geochemical profile of Baiyinnuo lead-zinc ore district

矿区深部勘探和外围找矿评价工作的重要方法。

参考文献(References)：

[1] 祝洪臣，张炯飞，权恒. 大兴安岭中生代两期成岩成矿作用的元素、同位素特征及其形成环境[J]. 吉林大学学报：地球科学版，2005，35(4)：436－442.
ZHU Hong-chen, ZHANG Jiong-fei, QUAN Heng. Two stages of Mesozoic lithogenesis and mineralization in Daxing'anling Mountains [J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2005, 35(4): 436－442.

[2] 赵一鸣，王大畏，张德全，等. 内蒙古东南部铜多金属成矿地质条件及找矿模式[M]. 北京：地震出版社，1994：198－228.
ZHAO Yi-ming, WANG Da-wei, ZHANG De-quan, et al. Ore-controlling factors and ore-prospecting models for copper-polymetallic ore deposits in southeastern Inner Mongolia[M]. Beijing: Seismological Publishing House, 1994: 198－228.

[3] 白大明，刘光海. 黄岗梁—乌兰浩特铜多金属成矿带区域综合找矿模式[J]. 物探与化探，1996，20(6)：444－454.
BAI Da-ming, LIU Guang-hai. Regional integrated ore-prospecting model for the Huanggangliang－Ulan Hot copper-polymetallic ore belt[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 1996, 20(6): 444－454.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

[4] 曾庆栋,刘建明,贾长顺,等.内蒙古赤峰市白音诺尔铅锌矿沉积喷流成因:地质和硫同位素证据[J].吉林大学学报:地球科学版,2007,37(4):659－667.
ZENG Qing-dong, LIU Jian-ming, JIA Chang-shun, et al. Sedimentary exhalative origin of the Baiyinnuoer zinc-lead deposit, Chifeng, Inner Mongolia: geological and sulfur isotope evidence [J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2007, 37(4): 659－667.

[5] 牛树银,孙爱群,郭利军,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(1):72－80.
NIU Shu-yin, SUN Ai-qun, GUO Li-jun, et al. Ore-control structures and prospecting for the Baiyinnuoer Pb－Zn deposit in the Da HingGan Range [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2008, 32(1): 72－80.

[6] 郝立波.内蒙古白音诺铅锌矿床地质特征及找矿标志[J].地质与勘探,1992(3):7－10.
HAO Li-bo. Geological features and prospecting criteria for the Baiyinnuo lead-zinc deposit, Inner Mongolia[J]. Geology and Prospecting, 1992(3): 7－10.

[7] 贾长顺,曾庆栋,徐九华,等.内蒙古白音诺尔铅锌矿褶皱控矿特征及找矿方向[J].北京科技大学学报,2008,30(4):331－338.
JIA Chang-shun, ZENG Qing-dong, XU Jiu-hua, et al. Characteristics of ore-controlling folds and orientation of ore prospecting in the Baiyinnuoer lead-zinc deposit, Inner Mongolia [J]. Journal of University of Science and Technology Beijing, 2008, 30(4): 331－338.

[8] 曾庆栋,刘建明,万志民,等. 内蒙古赤峰市白音诺尔铅锌矿床构造控制与找矿方向[J].大地构造与成矿学,2007,31(4):430－434.
ZENG Qing-dong, LIU Jian-ming, WAN Zhi-min, et al. Structural controls and exploration targets of the Baiyinnuoer zinc-lead deposit, Chifeng, Inner Mongolia[J]. Geotectonica et Metallogenia, 2007, 31(4): 430－434.

[9] 万志民,于峰,李永新,等.白音诺尔铅锌矿找矿新线索[J].有色矿山,2003,32(1):4－7.
WAN Zhi-min, YU Feng, LI Yong-xin, et al. New clues for prospecting in Baiyinnuoer lead-zinc mine[J]. Nonferrous Mines, 2003, 32(1): 4－7.

[10] 刘光海,白大明,田泽东,等.白音诺铅锌矿床的找矿方法及综合找矿模式探讨[J].中国地质科学院矿床地质研究所所刊,1994(1):189－198.
LIU Guang-hai, BAI Da-ming, TIAN Ze-dong, et al. A preliminary discussion on the ore-prospecting method and integrated ore-prospecting model for the Baiyinnuo lead zinc deposit [J]. Bulletin of the Institute of Mineral Deposits, CAGS, 1994(1): 189－198.

[11] 白大明,刘光海.浩布高铅锌铜锡矿床地物化综和找矿模式探讨[J].有色金属矿产与勘查,1996,5(6):361－367.
BAI Da-ming, LIU Guang-hai. Application of geologic, geophysical, geochemical prospecting method in the Haobugao Pb－Zn－Sn－Cu polymetallic deposit [J]. Geological Exploration for Non-Ferrous Metals, 1996, 5(6): 361－367.

[12] 张德全,雷蕴芬,罗太阳,等.内蒙古白音诺铅锌矿床地质特征及成矿作用[J].矿床地质,1991,10(3):204－216.
ZHANG De-quan, LEI Yun-fen, LUO Tai-yang, et al. Geological characteristics and metallogeny of the Baiyinnuo lead-zinc deposit, Inner Mongolia [J]. Mineral Deposits, 1991, 10(3): 204－216.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net