

莲花山铜银矿床综合找矿模式*

刘光海 白大明

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京)

提 要: 本文论述了莲花山铜银矿床的地质、物化探综合找矿模式。该铜银矿床为一受断裂、裂隙控制的热液脉状矿床。重磁异常资料是圈定岩体、研究铜多金属成矿地质环境的重要依据, 电法、化探是寻找该矿的主要方法。

主题词: 铜银矿床 地球物理 地球化学 综合找矿模式

莲花山铜银矿床是大兴安岭东南缘铜多金属成矿带北段的一个重要矿床。区域构造处于大板—乌兰浩特火山喷发带中突泉中生代火山盆地的野马次级隆起西南缘。该矿床为铜银共生矿床, 铜储量属中型, 银储量为大型。

在莲花山矿区已发现有数处古采坑, 估计百年前已有人开采。1958年, 对矿区地表的含铜磁铁矿进行过土法开采, 主要是利用矿石中的铁。1969年, 在矿区开展过以寻找黄金为主的普查工作, 揭露出地表含铜矿化带36条。自1970年开始对铜银矿的普查评价工作, 到1981年提交最初勘探报告, 历时10余年, 经历了经验找矿—方法找矿—理论找矿的认识过程。在地表“数大脉”徘徊7年, 毫无进展; 电法扫面, 根据物化探异常找矿, 开拓了视野和找矿思路, 在两年时间里就取得了突破性的进展; 最终利用成矿规律进行理论预测, 用激电异常验证得到了突破。实践证明, 物化探方法找矿和理论预测相结合是找矿勘探取得突破的关键环节, 同时综合评价研究工作必须贯穿于勘查工作的全过程。

1 矿区地质特征

1.1 地层

矿区出露地层主要有下二叠统大石寨组(P_1d)变质安山岩、英安质凝灰岩、凝灰质砂岩, 中侏罗统万宝组(J_2w)安山质-英安质角砾岩、凝灰岩夹砂岩, 上侏罗统满克头鄂博组(J_3m)(原呼日格组)流纹质晶屑凝灰岩、凝灰质砂岩、粉砂岩, 白音高老组(原宝石组)凝灰质砂砾岩、凝灰岩。大石寨组产于矿区北部野马断隆区, 侏罗系火山-沉积岩系产于突泉断陷中。断隆与断陷以南北向 F_2 断裂和东西向 F_1 断裂相隔。断隆区为大片平稳正磁场(50~150 nT), 断陷区为平稳负磁场(0~-100 nT)。

1.2 控岩控矿构造

晚华力西运动, 在矿区早二叠世地层形成了近东西向褶皱及相伴生的某些断裂。晚华力西运动后, 西伯利亚古板块与中朝古板块之间仍继续相向挤压, 这种近南北向挤压应力作用可能持续至燕山旋回早期, 使先期断裂得以加强, 特别是沿东西向 F_1 断裂和南北向 F_2 断裂形成次级野马断隆。北东向左行压扭性断裂和北西向右行压扭性断裂先后控制了燕山早期阶段的一些中性—中酸性岩体(簸箕山闪长玢岩)的侵入。

簸箕山闪长玢岩与万宝组砂砾岩、砂质板岩接触带和南北侧的二条斜长花岗斑岩脉呈平面“入”字型。位于走向为北西的正接触带的岩脉可能是主脉, 倾向北东, 倾角60°。其东南缘“鸡尾状”分枝岩脉的走向

* 国家计委国土司资助, “八五”初期部控重点科技攻关项目: 内蒙古东南部铜多金属成矿地质条件及矿产预测研究(成果之一)

刘光海, 男, 55岁, 副研究员。长期从事综合找矿勘探方法及矿产预测研究。邮政编码: 100037
1993-12-21收稿, 1994-2-8修改回

为 $145^{\circ}\sim 155^{\circ}$, 应是沿派生张性裂隙侵位的。其南有一分支的花岗斑岩脉侵位于万宝组砂砾岩中, 长1.8km, 走向 150° , 北西延伸可能与主脉相交。北部斜长花岗斑岩脉侵位于闪长玢岩中, 长7km, 走向 100° , 倾向南西, 倾角 $50^{\circ}\sim 65^{\circ}$, 可能受控于主岩脉断裂派生的剪切裂隙。因此, 推断控制矿区斜长花岗斑岩脉侵位的北西向断裂带具右行剪切和北东盘上冲, 即北东盘向南东方向斜冲的特征。因而主岩脉走向往北偏转的北西段的宽度也较小(图1)。

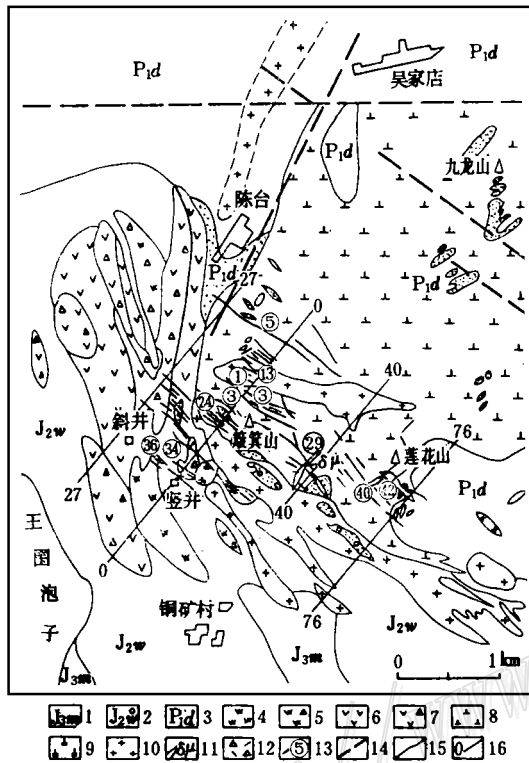


图1 莲花山铜银矿床基岩地质图

(转引自牟德贵等, 1990)

1—上侏罗统满克头鄂博组酸性火山岩; 2—中侏罗统万宝组砂砾岩、砂岩、板岩; 3—下二叠统大石寨组凝灰岩、凝灰质砂砾岩; 4—英安岩; 5—英安质角砾熔岩、凝灰熔岩; 6—安山岩; 7—安山质角砾熔岩、凝灰熔岩; 8—燕山早期闪长玢岩; 9—燕山早期闪长岩; 10—燕山早期斜长、二长花岗斑岩、花岗闪长斑岩; 11—成矿后闪长玢岩; 12—电气石化角砾岩; 13—矿脉及其编号; 14—断裂; 15—地质界线; 16—勘探线

Fig. 1. Bedrock geological map of the Lianhuashan copper-silver deposit.

1—Upper Jurassic Mankoubo Formation; acid volcanic rocks; 2—Middle Jurassic Wanbao Formation; sandy conglomerate, sandstone and slate; 3—Permian Dashizhai Formation; tuff and tuffaceous sandy conglomerate; 4—Dacite; 5—Dacitic breccia lava and tuffolava; 6—Andesite; 7—Andesitic breccia lava and tuffolava; 8—Early Yanshanian diorite porphyrite; 9—Early Yanshanian diorite; 10—Early Yanshanian Plagioclase-monzonitic granite porphyry and granodiorite porphyry; 11—Post-ore diorite porphyrite; 12—Tourmalinized breccia; 13—Ore vein and serial number; 14—Fault; 15—Geological boundary; 16—Exploration line.

莲花山热液脉状铜银矿体主要受三个走向北西($300^{\circ}\sim 330^{\circ}$), 倾向北东的断裂、裂隙带控制, 由数十条近平行的脉状矿体组成, 分为北、中、南三个矿脉群。

总之, 控制莲花山铜银矿床北西向矿带的断裂带形成于华力西晚期—燕山早期, 具有右行压扭性特征但在燕山早期晚阶段的南北向左行剪切应力作用下, 断裂带由早先的右行压扭性转变为左行张扭性。基本上反映燕山早期早阶段的断裂性质, 即成矿时左行张扭性运动的“扭动”并不强烈, 而张性使之空间扩大, 利于矿液充填。36号脉群成矿时左行剪切作用较强, 因而形成近东西向—北东东向张性裂隙充填的矿脉。

1.3 岩浆岩

矿区出露的岩浆岩主要为一套燕山早期中偏基性—中酸性浅成、超浅成火山—侵入杂岩体, 主要岩石类型有闪长玢岩、花岗闪长斑岩和二长花岗斑岩等。

(1) 闪长玢岩杂岩体: 分布在簸箕山、莲花山和九龙山一带, 形态呈北东向展布的岩株状, 出露面积约 13km^2 , 侵入于大石寨组和万宝组地层中。岩体的化学成分 SiO_2 $51.18\%\sim 56.17\%$, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ $3.64\%\sim 5.97\%$ 之间, $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ 。与中国同类岩石相比具硅、碱偏低, Fe、Mg、Ca 偏高的特点, 微量元素富 Cr、Co、Cu、Mo、Pb、Zn、Ag 等。

(2) 花岗闪长斑岩: 产于陈台附近, 为一隐状杂岩体, 与其过渡的有二长花岗斑岩。化学成分 SiO_2 、 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 含量变化均较大。陈台斑岩铜矿与此类岩体关系密切。

(3) 斜长花岗斑岩岩体: 在矿区内呈脉状出露, 侵入于大石寨组、万宝组地层和闪长玢岩中, 化学

成分 SiO_2 66.86%~71.02%, 平均为 69.45%; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 6.45%~8.20%, 平均为 7.58%, $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ 。与中国同类岩石相比, 硅、碱明显偏高, FeO 、 MgO 、 CaO 则偏低。微量元素富 Cr、Cu、Mo、Pb、Zn、Ag 等。

上述中酸性火山-侵入杂岩体具有钙碱性岩浆演化的特点, 随着岩浆演化碱含量增高, 且由富 Na 向 K 方向演化。在 ACF 图解上投点绝大多数落入 I 型花岗岩区; 稀土呈右倾“V”型曲线, 具弱 Eu 异常, 系上地幔-下地壳岩浆衍生的产物。

1.4 矿体的分布、形态及产状

矿区已查明具有工业意义的矿体有30多条, 正在开采的有5号矿脉群和36号矿脉群(图1)。矿体走向大体为北西 $300^\circ \sim 330^\circ$, 倾向北东, 倾角 $40^\circ \sim 70^\circ$ 左右。矿体规模大小不一, 但分布范围较大, 约 $6 \sim 7 \text{ km}^2$ 。按其空间分布可把上述矿体划分为三个矿脉群, 即北部的5号矿脉群, 中部由1号、29号、22号及40号等组成的矿脉群, 南部的36号矿脉群。各矿脉群之间的距离为 $800 \sim 900 \text{ m}$, 大致呈等距离分布, 且各矿脉群往北西方向有向北偏转的收敛趋势。三条矿脉群由北往南, 矿体的倾角由缓变陡, 矿化的深度由浅变深, 矿化的强度由弱变强, 表现出水平分带的特征。

现将开采的5号及36号矿脉群叙述如下:

(1) 5号矿脉群: 产于莲花山-簸箕山闪长玢岩杂岩体中。该脉群主要由5号矿脉组成, 两侧的平行脉不太发育, 走向 $\text{NW } 300^\circ$ 左右, 倾向北东, 倾角 $40^\circ \sim 53^\circ$, 往南东略有变陡的现象, 长约 700 m 。沿矿体的走向与倾向均明显地见到舒缓波状分支复合现象。该矿体矿化深度在 100 m 标高以上, 矿体厚度比较稳定, 平均约 2.39 m 。

(2) 36号矿脉群: 是矿区最大的脉群, 位于矿区西南部。直接赋矿围岩是闪长玢岩杂岩体和侏罗系火山熔岩。共圈出北西走向矿体10条, 北东东向矿体4条, 二者相互交叉形成网格状矿脉带。该矿脉群总体走向 310° , 单脉走向 $280^\circ \sim 300^\circ$ 、 $55^\circ \sim 80^\circ$ 或近东西向, 倾向北东、北西或北, 倾角 $40^\circ \sim 70^\circ$, 延伸 $50 \sim 200 \text{ m}$, 厚度 $1.4 \sim 5.9 \text{ m}$ 。

1.5 围岩蚀变

该矿床围岩蚀变作用强烈, 表现出极为复杂的叠加和复合现象, 总体上可分为成矿前和成矿期蚀变作用。成矿前围岩蚀变以碱质交代为特征, 主要为钠长石化和黑云母化。其中钠长石集合体呈团块状、细脉状和不规则状产出, 在闪长玢岩中交代斜长石和暗色矿物, 并使围岩发生退色, 在矿体两侧可清楚地见到 $1 \sim 2 \text{ m}$ 左右的退色带。成矿期围岩蚀变作用具有多组合和叠加等特点, 主要有电气石化、阳起石化和绿泥石化等蚀变, 浅色蚀变仅见硅化和碳酸盐化等。

2 地球物理特征

2.1 物性特征

(1) 铜银矿体具有高密度($3.50 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$)、高极化率($\gamma_s 47.0\%$)、低电阻率($21 \Omega \cdot \text{m}$), 部分为中等电阻率($\rho_s 1110 \Omega \cdot \text{m}$)、弱磁性(与磁铁矿共生者, 如5号矿脉有较强的磁性, 磁化强度 $\vec{J} = 20140 \times 10^{-2} \text{ A/m}$)等特征。因此, 矿体可产生明显的电异常和局部磁异常, 如有一定规模时还有局部重力异常反映(表1)。

(2) 与成矿关系密切的围岩, 如闪长玢岩、斜长花岗岩、英安质角砾熔岩等, 其极化率低(平均值为 $1.24\% \sim 2.03\%$), 电阻率高(一般为 $1200 \sim 7500 \Omega \cdot \text{m}$), 磁性微弱, 密度值低。在这些围岩中, 如出现高极化率、低电阻率、弱磁异常均与矿体或矿化蚀变带有关。

(3) 根据地质、物性特征可将矿体与围岩的物性参数模型体分为七类(表2)。

由此可见, 矿体、矿化蚀变岩与围岩具有明显的物性差异, 可引起高极化率、低电阻率的电异常和缓慢的局部磁异常, 当矿体规模较大时还可引起局部重力异常。

2.2 地球物理场特征

表 1 莲花山矿田岩(矿)石 η_s 、 ρ_s 测定统计表Table 1. Statistics of η_s and ρ_s determinations of rocks (ores) from the Lianhuashan orefield

岩(矿)石 名称	测定 块数	$\eta_s(\%)$			$\bar{\rho}_s$ ($\Omega \cdot m$)	岩(矿)石 名称	测定 块数	$\eta_s(\%)$			$\bar{\rho}_s$ ($\Omega \cdot m$)
		极大	极小	平均				极大	极小	平均	
致密块状铜矿石	31	98.5	18.0	47.6	21	角砾安山岩	31	3.3	0.6	1.6	20770
浸染状铜矿石	31	79.2	9.8	40.6	1111	构造角砾岩	2	1.5	1.4	1.5	1934
浸染状铜矿石	33	24.5	1.9	11.0	3820	安山质角砾岩	48	2.3	0.5	1.0	7300
氧化铁铜矿石	23	5.5	0.9	5.0	2114	变质硅质粉砂岩	24	3.2	0.7	1.7	990
蚀变闪长玢岩	36	2.6	0.6	1.4	5600	凝灰质砂岩	41	2.7	0.5	1.2	740
闪长玢岩	57	4.2	0.5	1.7	10000	变质含砾砂岩	58	6.7	1.1	2.4	12300
斜长花岗斑岩	24	2.4	0.7	1.5	1200	蚀变凝灰岩	34	4.7	1.1	2.0	8300
花岗斑岩	14	3.5	1.1	2.5	411	层状凝灰岩	44	1.7	0.4	1.4	267
石英斑岩	32	3.9	0.8	2.2	425	黑色粉砂岩	15	2.3	0.6	1.4	36570
浅紫色流纹斑岩	31	5.3	1.6	2.7	14500	英安质角砾岩	5	2.7	0.7	1.7	2100
紫褐色流纹斑岩	7	15.0	2.1	6.1	23250	熔岩	4	1.8	0.9	1.5	767
凝灰岩	35	3.3	1.0	2.1	900	蚀变岩	7	1.7	1.0	1.5	2174

表 2 莲花山铜银矿床物性模型参数统计表

Table 2. Parameter statistics of physical models of the Lianhuashan copper-silver deposit

物性模型体名称	物 性 参 数				
	$\bar{\eta}_s$ (%)	$\bar{\rho}_s$ ($\Omega \cdot m$)	\bar{K} ($10^{-6} 4\pi SI$)	\bar{J}_r ($10^{-3} A/m$)	$\bar{\sigma}$ ($10^3 kg/m^3$)
铜矿体及铜矿化蚀变岩	32.6	1696	1500	2500	3.50
闪长玢岩	1.56	1993	1721	55.8	2.68
花岗闪长斑岩	2.50	411	77	0.35	2.55
斜长花岗斑岩	1.50	1200	150.8	1.32	2.56
二叠系砂质板岩	1.90	7043	410	12.7	2.53
英安质角砾熔岩	1.24	12583	499	2.9	2.51
侏罗系凝灰质安山岩、砂岩、角砾岩	2.03	7602	409	7.7	2.54

(1) 1:5万航磁图上显示出(图2),在本区的中部、东部和北东部均为平稳的正磁场,一般强度50~200 nT,为断隆区的反映。西部为平稳的负磁场,异常强度为-50~-100 nT,反映了断陷区火山岩盆地的区域磁场特征。莲花山矿区处于这两种磁场的过渡区,偏向正磁场区向南西突出的一侧。在中部和东北部隆起区的正磁场主要反映大石寨组地层的隆起,局部异常为中酸性岩体引起。西南部正负磁场跳跃区,表现为中生代火山岩的磁性特征。航磁异常上延200m,消除浅部干扰,在隆起区可圈出8个局部异常。这些局部磁异常与(中)酸性侵入体分布一致,其中HKC₁为招哥营子岩体, HKC₂为后新立岩体, HKC₃为九录岩体, HKC₄为陈台隐伏岩体, HKC₅为长春岭岩体, HKC₇为黑顶山岩体, HKC₈、HKC₉为预测的隐伏岩体。航磁异常上延1km后,异常形态规则,边界明显,推断为深部大岩基的反映,而浅部岩体仅是大岩基的突起部分。

在1:20万布伽重力异常图上,本区处于区域性北东向梯度带的东侧,属于万宝-忙牛海重力低与野马-太平站重力高的过渡带。布伽重力异常除反映这种区域性的北东向构造特征外,还显示了本区具有一系列

北西向的构造特征。莲花山矿区处于北东向与北西向构造的交汇部位。

(2) 莲花山矿田地面磁测工作较少, 仅在矿区作过少量磁法剖面和在莲花山—黑顶山一带进行过1:1万磁法扫面工作。在本项目研究进行期间, 专题组在矿区作过高精度磁测剖面。从测量结果来看, 二叠系大石寨组一般有0~200 nT的平稳磁场, 燕山侵入岩可引起300~800 nT的异常。由于矿体常伴有磁铁矿化、磁黄铁矿化, 具有几百至上千纳特的局部磁异常。当矿体埋深大、规模小时, 异常强度微弱。

(3) 在矿田内曾进行过1:2.5万的激发极化法测量, 共圈出8个异常带, 包括19个异常。一般极化率异常 η_s 值为4.5%~8%, 背景值为4%左右, 矿体上方的 η_s 值可达15%~20% (图3)。围岩中的闪长

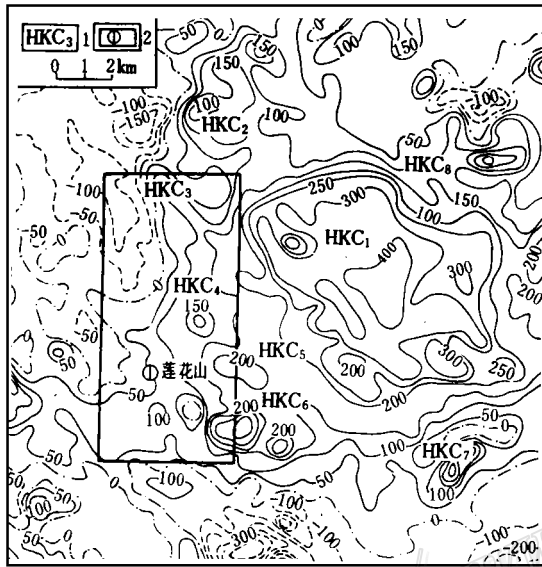


图2 莲花山铜多金属矿田航磁资料极化异常图
1—局部磁异常编号; 2—莲花山矿区范围及矿床位置
Fig. 2. To-pole aeromagnetic anomaly map of the Lianhuashan copper-polymetallic orefield.

1—Serial number of local magnetic anomaly;
2—Limits of the Lianhuashan ore district and location of ore deposits.

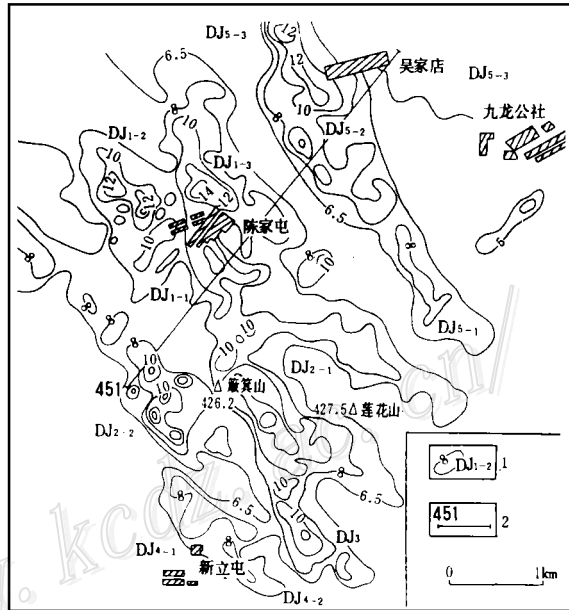


图3 莲花山铜银矿区极化率(η_s)异常等值线平面图

1—极化率异常等值线及编号; 2—典型剖面
Fig. 3. Contour map of polarizability (η_s) anomalies of the Lianhuashan copper-silver ore district.

1—Contour line of polarizability anomaly and its serial number; 2—Typical profile.

岩、花岗闪长岩的电阻率为10000~60000 $\Omega \cdot m$, 矿化蚀变带上的电阻率为500~10000 $\Omega \cdot m$, 矿体上的电阻率为150~250 $\Omega \cdot m$ 。激电异常呈北西走向的带状分布, 与矿区的矿化蚀变带的分布基本一致。例如, DJ₁₋₁是5号矿脉带的反映; DJ₁₋₂反映了36号矿脉带的分布特征。其中呈北东向的串珠状局部极化率异常为深部北东走向的富矿脉引起, 这已被坑道采矿所证实。

上述磁、电异常特征表明, 若局部磁异常与高极化率、低电阻率异常相吻合, 一般为矿体引起。

3 地球化学特征

根据矿区100多个岩石样品的元素含量统计结果表明, 在正常沉积岩中, Cu、Pb、Ag、Mo、Co、Sn、As、Ba、Sr的平均含量低于火山沉积岩; 古生代地层的含量高于中生代地层。莲花山矿区的中上侏罗统和下二叠统的元素含量明显大于区域背景, 尤以凝灰砂岩、闪长玢岩、斜长花岗斑岩、次火山相安山岩类突出。

1:20万水系沉积物测量结果表明,Cu、Ag、Sn等元素在矿区均有较好的异常反映,异常面积达 10.3km^2 ; Cu含量达 150×10^{-6} ,衬度为 6.8×10^{-6} ; Ag含量为 0.35×10^{-6} ; Sn含量为 2.5×10^{-6} 。浓集中心明显,异常范围与矿化集中区吻合。

莲花山矿区的主要成矿元素为Cu、Pb、Zn、Ag,其次还有Fe、Co、Ni、W、Mo、Bi、As、S等。成矿元素及伴生组合元素具有明显的分带性:

(1) 在矿体内有明显的Cu、Ag原生晕异常,其次有Zn、Co、Mo异常。矿体的上缘晕为As、Pb、Bi,矿体下缘晕为Ba、Be、Sn。

(2) 莲花山矿区的30~33号脉群,从北西至南东,元素的分带序列为Pb-Zn-Co-Cu-As-Be-Ag-Mo-B-Sn。主要成矿元素Cu、Ag集中在中段,Pb、Zn、Co在西北段,Mo、B、Sn在东南段,说明成矿温度是从北西向南东逐渐增高。

(3) 莲花山矿区的5号脉从上到下,元素的分带序列为Pb-Bi-As-Mo-Co-Zn-Cu-Ag-Ba-Be-Sn,即从上到下的温度是增加的。

(4) 土壤地球化学异常一般在矿体上方出现高含量的Cu、Ag异常,Cu $>250 \times 10^{-6}$,Ag可达 0.8×10^{-5} ,二者的异常曲线相关性明显。但由于地表干扰,取样深度不到位,有可能出现假异常或在矿体上方发现不了异常。

4 地质、物探、化探综合找矿模式

4.1 地质找矿模型

(1) 成矿模式:在中、晚侏罗世,大兴安岭中南段火山活动频繁,本区处于嫩江深断裂的边缘,由于深断裂的影响,从上地幔或下地壳上升的深源岩浆的衍生物侵入至近地表处,在侵入过程中岩浆出现分异,形成闪长玢岩-斜长花岗斑岩系列的中酸性超浅成小侵入体。上升的岩浆从深部带来铜、银等成矿物质,进入从岩体析出的原生热水溶液中,在近地表处,又有天水的混入,形成混合成分的成矿热水溶液,沿矿断裂上升并与围岩发生交代作用,溶液的物理化学条件改变,使呈络合物和络合物迁移的成矿物质沉淀,形成具工业意义的铜银矿体。

矿体的形成是在温度下降的过程中,具有多阶段脉动式的特征,矿石形成主要发生在高、中温阶段,随着成矿作用由早到晚的演化过程,物理化学条件呈交替式变化,如pH值从碱性-弱碱性-中、弱酸性-弱碱性-中、弱酸性-弱碱性交替式变化。Eh值和 f_{O_2} 从成矿早期至晚期逐渐降低,而 f_{S_2} 相应增大。故本矿床属成矿物质来自深部岩浆热液的中偏高温脉状铜(银)矿床。

(2) 地质找矿标志:①燕山早期和晚期的酸性侵入岩是主要的成矿母岩。岩基的突起部位及边缘的隐伏岩株是寻找斑岩铜多金属矿的有利部位。出露的岩脉或岩株及其外围接触带则是脉状铜多金属矿的直接找矿标志;②几组断裂构造的交叉部位是成岩成矿的有利部位。隐伏的岩株状岩体外接触带的断裂构造,特别是岩体边缘的北西向张扭性断裂和垂直或斜交岩体走向的张扭-张性断裂构成的交叉部位是有利的找矿部位;③闪长玢岩、英安质角砾熔岩是热液脉状矿的有利围岩。花岗闪长岩、斜长花岗斑岩、二长花岗斑岩为斑岩型铜矿的直接围岩;④石英-绢云母化是斑岩型铜矿的直接找矿标志,青磐岩化为间接找矿标志。硅化、阳起石化、绿泥石化、电气石化、孔雀石化以及地表铁帽等均为寻找莲花山式铜银矿的直接标志。

4.2 物化探找矿模型(图4)

(1) 重磁异常数据是研究成矿地质环境的重要资料。根据1:20万重力异常的重力高与重力低可以划分隆起与拗陷。航磁异常的展布方向也是划分断裂构造的重要标志,根据局部磁异常可以圈定侵入岩体的分布。有规律的地磁异常,很可能与磁铁矿化、磁黄铁矿化有关,这是寻找铜多金属矿的重要标志之一。

(2) 电法是本区寻找铜多金属矿的主要方法。在莲花山矿田,极化率(η_s)异常具有从南北至北西向弧形展布的特点,它反映了矿田内的控矿构造特征。如果局部异常的分布方向与控矿构造一致,则是寻找热液脉状矿体的重要标志。两组展布方向不同的异常交叉所形成的异常中心,多为矿体的富集地段。激

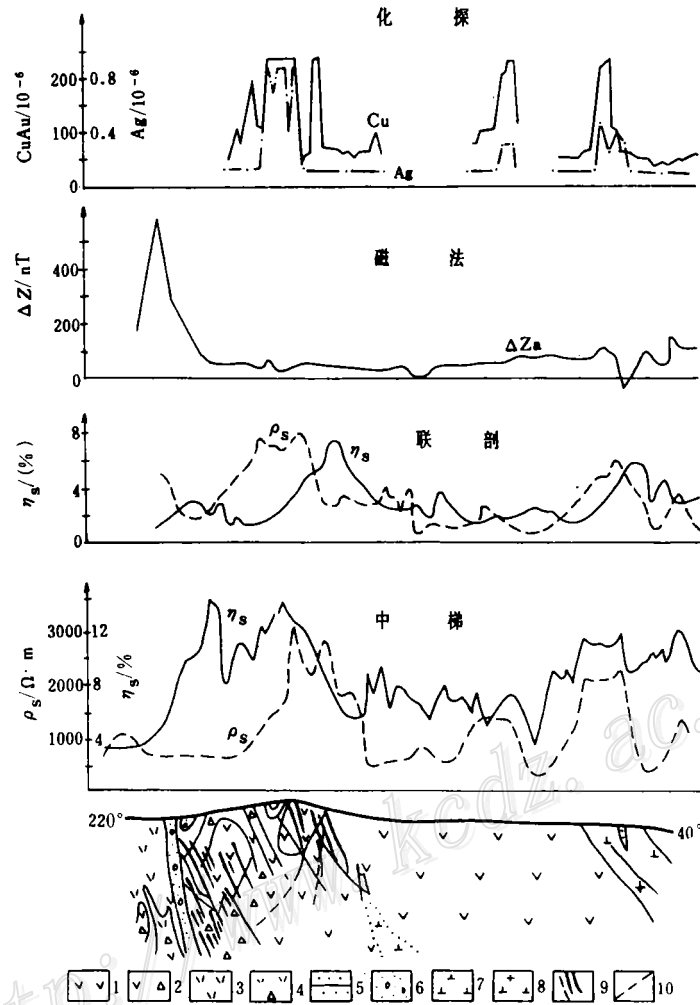


图4 莲花山铜银矿区451线综合剖面图

1—安山岩；2—安山质角砾熔岩；3—英安岩；4—英安质角砾熔岩；5—凝灰质砂岩；6—凝灰质砂砾岩；7—闪长玢岩；8—石英闪长玢岩；9—铜银矿体；10—断层

Fig. 4. Composite profile along No. 451 line of the Lianhuashan copper-silver ore district.

1—Andesite; 2—Andesitic breccia lava; 3—Dacite; 4—Dacitic breccia lava; 5—Tuffaceous sandstone; 6—Tuffaceous sandy conglomerate; 7—Diorite porphyrite; 8—Quartz diorite porphyrite; 9—Copper-silver orebody; 10—Fault.

电异常的极化率与电阻率的组合特征是判别矿与非矿异常的重要标志。高极化率与低电阻率或高极化率与高电阻率的组合异常均有可能是矿体引起。但要结合其它找矿标志，注意区分碳质、泥质板岩的干扰。

(3) 地球化学方法是区分物探异常性质、寻找铜多金属矿的直接方法。从莲花山矿区成矿元素与伴生指示元素的分带特征可知，As、Pb、Bi是铜银矿体的上缘晕组合元素，是寻找隐伏矿体的重要标志；Cu、Ag、Zn、Co元素为近矿指示元素，其组合异常是寻找铜银矿的直接标志。而Ba、Be、Sn则是矿体的下缘晕指示元素组合，标志着已见铜矿体的根部。

(4) 地电化学提取方法是一种以离子晕为基础的电化学方法，是化探与电法相结合的找矿方法。在莲花山矿区应用化探、磁法、电法找矿都存在不同的干扰因素，矿异常与非矿异常的区分是一个十分重要的问题。为此，我们在矿区开展了地电化学提取方法的应用研究，在已知29号矿脉和未知的DJ5号异常区

都获得了良好的效果。根据获得的电提取元素 (Cu、Pb、Zn、Mn、Ag、Ti) 组合异常与已知矿体和矿化蚀变带十分吻合。在未知区, 发现了一组与极化率异常基本相吻合的元素组合异常, 后经钻探验证, 在深部见到了矿化蚀变带和铜矿体。因此, 地电化学提取法是一种不受地表覆盖和风成沙干扰的有效找矿方法之一。

5 结 论

(1) 莲花山铜银矿床处于中生代野马隆起和万宝-忙牛海坳陷区的交接部位, 偏向隆起一侧。

(2) 燕山早期和晚期的酸性侵入岩是主要的成矿母岩。岩体向上突起的隐伏部位是形成斑岩型铜矿的有利部位。岩株、岩脉及其外围接触带是形成热液脉状铜银矿体的有利场所。

(3) 北西断裂构造和南北向断裂构造是岩浆活动的主要通道。北东向和北西向断裂构造的复合部位是成岩成矿的有利构造部位。

(4) 花岗闪长岩、斜长花岗斑岩是斑岩型铜矿的直接围岩。闪长玢岩、英安质角砾熔岩和二叠系大石寨组凝灰质砂岩、火山碎屑岩是形成热液脉状铜银矿的有利围岩。

(5) 绿帘石-阳起石化、电英岩化、绿泥石化和绢英岩化是寻找该类铜银矿床的重要围岩蚀变标志。

(6) 高极化率、低电阻率(或高阻)、低磁异常相吻合的组合异常是寻找该类型矿床、发现隐伏矿体的重要标志。

(7) 化探方法是区分物探异常性质的重要手段, Cu、Ag、Zn、Co 元素组合异常是发现铜银矿体的直接标志。地电化学方法是克服化探方法受地表干扰、寻找盲矿的有效方法。

(8) 寻找莲花山式铜银矿床的最佳配套找矿方法和程序是: 地、物、化方法紧密结合, 进行 1:5 万航磁测量、1:20 万重力、1:5 万化探和 1:1 万激电和高精度磁测。

参 考 文 献

- 1 彼德, 胡德. 地球物理和地球化学找金属矿. 北京: 地质出版社, 1982.
- 2 李鹤年, 殷国正, 郝立波. 大兴安岭中南段中生代花岗岩地球化学特点及成矿作用. 见: 中国北方花岗岩会议论文集. 北京: 地质出版社, 1991.
- 3 Ottavio. Geophysics and geochemistry in the search for metallic ores. Geological survey of Canada. 1979.

THE INTEGRATED GEOLOGICAL-GEOPHYSICAL- GEOCHEMICAL PROSPECTING MODEL OF THE LIANHUASHAN COPPER-SILVER DEPOSIT

Liu Guanghai and Bai Daming

(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037)

Key words: copper and silver ores, geophysics, geochemistry, metallogenic model, integrated model for ore prospecting

Abstract

This paper deals with the metallogenic model of the Lianhuashan copper-silver deposit and the conceptual model for ore prospecting with the integrated geological-geophysical-geochemical method. The Lianhuashan deposit is recognized as a vein type mesothermal-hypothermal deposit controlled by faults and fissures. Magnetic and gravity data serve as a basis in this region for locating

intrusions and studying metallogenic geological environments of copper and polymetallic deposits. Electric methods and geochemical exploration are used as major approaches in mineral prospecting. High polarizability and low resistivity as well as composite anomalies of such elements as Cu, Ag, Zn and Co are regarded as indicators for detecting copper and silver deposits and revealing concealed orebodies.

(上接第155页)

在陆内隆起边缘沉积区的为47个，其中浅水沉积矿床最多，为33个。以上分配规律明显地反映了不同类型特大型矿床与一定构造格局的依存关系，也为地质勘查在那一地区寻找何种矿种提供启示。

在上述特大型矿床的不同金属元素富集性和不同类型矿床具有不同产出构造格局的分析基础上，深入研究了“异常成矿构造体”。后者主要的控矿表现，是在一定构造背景上，发生成矿环境的突变，也就是在成矿路径的开放系统非平衡态演化过程中，成矿作用由非平衡的物理化学条件骤然转变为相对平衡条件，从而促进成矿构造体的地质、岩石、构造和地球化学综合控矿因素的非（异）常组合场形成。这种非（异）常场是最有利的成矿场（Metallogenic field）。因为这种骤然的综合控矿异常组合将释放大量成矿能量，是有利的成矿构造动力，也是巨大金属偏爱选择的堆积区。这和自然界地震在积蓄大量能量暴发地震后，再次进入相对稳定震间期重新积蓄能量是相似的道理，是符合事物由量变到质变自然规律的。这一现象的推断也可以应用地球化学动力学的实验理论给予印证。据张荣华（1993）在开放系统进行水-矿物反应的实验，发现矿物溶解的反应过程将出现震荡和混沌相间演化，这个实验结果可作为“异常成矿构造体”控矿特征的理论解释。

“异常成矿构造体”促成特大型矿床成矿偏在性的实例是很多的，现列举如下三例：

1. 据近期对南岭与中生代壳源花岗岩类有关钨锡矿床成矿演化的研究，发现无论是在区域上，或是矿带及矿床上，均出现震荡成矿现象，其持续时间长达 $40 \times 10^6 \sim 140 \times 10^6$ a，在此期间金属组分重复多次补余分异成矿（complementary differentiation metallogeny）（裴荣富，1983）。尤为重要的是在柿竹园特大型矿床中发现了与成矿有关的花岗岩呈现由黑云母花岗岩→白云母花岗岩→BEBLIF花岗岩的异常演化。BEBLIF花岗岩是富Be、B、Li、F花岗岩。这种特殊花岗岩的出现将意味着该熔体的固相线比黑云母花岗岩和白云母花岗岩，甚至比水饱和花岗岩都大有提高，可以上升到更浅的高位，能延缓固结，更完善分异与成矿，所以，柿竹园形成特别强烈的双模式（钙、铁、镁矽卡岩化和长英质云英岩化）的矿化蚀变带，是和其在相对平衡态条件下长时间持续震荡成矿以及BEBLIF花岗岩形成的“异常成矿构造体”的控矿密切相关的。

2. 我们最近研究了锡矿山铋矿床（占世界铋金属45%）认为，它是产于华南褶皱系的次级褶皱带上，属于陆间隆起边缘沉积区，并受区域性深断裂及其派生的次级断裂所围限的地垒式穹状复背斜和低序次背斜轴或倾伏端控制。赋矿岩石为上泥盆统中段的泥灰岩、页岩、灰岩、砂岩等多岩性组合，并与其前泥盆纪褶皱基底岩系组成一个类似石油“生”、“储”、“盖”的“成矿构造体”。过去认为这个“成矿构造体”仅是一般断隆形成的宽缓褶皱区，但

(下转接第180页)