

# 吉林放牛沟硫铁多金属矿床 成矿成晕物质来源

黄薰德 张效民 朴寿成 刘树田 连长云

(长春地质学院, 长春)

李富山

(吉林第三地质调查所, 四平)

**提 要:** 区域地层岩石中元素丰度及其演化资料说明, 早古生代末期的火山作用与放牛沟多金属矿床的形成并无明显的直接联系。从时空关系、物质组分以及矿化和元素在多种介质中的分带规律都表明矿床、原生晕和华力西早期后庙岭花岗岩具有共同的物质来源。矿床同位素研究结果, 成矿成晕物质主要来自上地幔或下地壳, 但有部分来自上地壳。后庙岭花岗岩以 I 型为主, 并兼有 S 型特征。其成岩物质主要来自深部地壳同熔岩浆, 但也有部分火山-沉积岩系同化重熔物质加入。根据初始  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比值为 0.705 成岩物质也应以深源为主。后庙岭花岗岩物质来源的双重性一定程度上反映了放牛沟多金属矿床成矿成晕物质来源的双重性——以下地壳为主并兼有上地壳物质来源。

**主题词:** 矿床 原生晕 花岗岩 物质来源

矿床中矿体及其原生晕(正晕)都是成矿作用的产物, 是在成矿作用过程中同时形成的。它们在形成过程中不仅具有相同的形成作用, 相似的形成过程, 而且具有共同的物质来源。矿床成因不同, 矿体及其原生晕与附近围岩在物质来源方面的关系也不一样。因此, 本文将成岩、成矿和成晕结合起来研究, 从物质来源方面探讨放牛沟多金属矿床的成因问题。

## 1 矿床地质概况

吉林放牛沟硫铁多金属矿床位于华北陆台北缘槽区一侧, 哈尔滨—长春断裂带和伊通—伊兰断裂带之间, 大黑山隆起带的中心部位。矿区及附近地区的地层, 主要由上奥陶统一下志留统浅变质的火山-沉积岩所组成, 向南倾斜呈单斜状。矿区构造以断裂为主。东西向断裂不仅控制了花岗岩体的形成, 而且还决定了矿体的分布(图1)。与成矿有关的侵入岩, 为华力西早期后庙岭花岗岩。它与上述火山岩并非同源岩浆的产物。在火山-沉积岩及花岗岩内, 都有矿体及原生晕的分布。矿化类型较复杂, 矿石具有明显分带现象。主要的近矿围岩蚀变为硅化、绿泥石化、矽卡岩化、绢云母化及绿帘石化。

关于放牛沟矿床的成因问题众说纷纭, 认识不一, 分歧较大。先后曾提出了矽卡岩型、

黄薰德, 男, 61岁, 教授, 1952年毕业于清华大学地质系。邮政编码: 130061  
1991年7月收稿, 1992年5月修改回

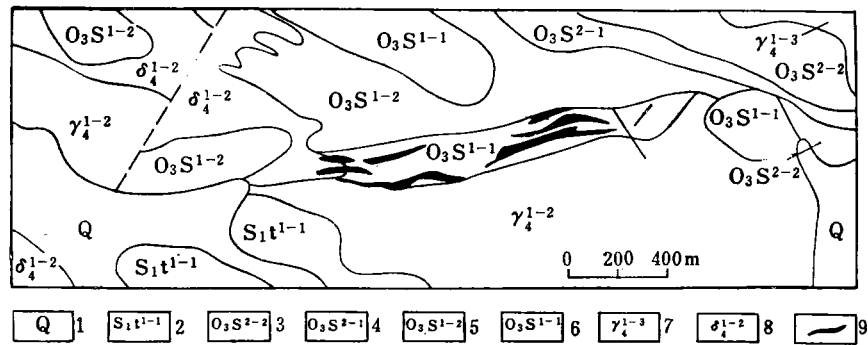


图 1 放牛沟矿床地质简图

(据吉林第三地调所资料简化)

1—第四系；2—志留系下统桃山组中性火山碎屑岩及熔岩；3~6—奥陶系上统石缝组：3—砂质、碳质板岩夹大理岩；4—白色大理岩及条带状大理岩；5—中酸性至酸性火山熔岩及火山碎屑岩；6—中性火山熔岩；7—华力西早期花岗岩；8—华力西早期闪长岩；9—矿体

Fig. 1. Diagrammatic geological map of the Fangniugou ore deposit.

1—Quaternary; 2—Intermediate pyroclastic rock of Lower Silurian Taoshan Formation; 3~6—Upper Ordovician Shifeng Formation; 3—Arenaceous and carbonaceous slate intercalated with marble; 4—White marble and banded marble; 5—Intermediate-acid to acid volcanic lava and pyroclastic rock; 6—Intermediate volcanic lava; 7—Early Variscan granite; 8—Early Variscan diorite; 9—Orebody.

火山-沉积型、火山沉积-热液改造型以及火山喷气型等成因观点。

## 2 区域地层岩石中元素的丰度

放牛沟地区石缝组、桃山组地层中，元素的丰度可有三种情况。 $Zn$ 、 $Pb$  等元素的丰度，除个别亚段地层接近地壳克拉克值以外，在各组段地层中的丰度值均小于地壳克拉克值。 $Ag$  除个别组段地层中的丰度略大于地壳克拉克值以外，多数组段地层中的丰度和地壳克拉克值相近似。 $Ni$ 、 $Co$  等元素在各组段地层中的丰度明显小于地壳克拉克值。 $Zn$ 、 $Pb$  等主要成矿元素在地域地层中处于分散状态。从地层丰度角度分析，区域地层中可能不存在矿源层。

本地区地层的主要类型岩石（安山岩、流纹岩、大理岩等）中， $Zn$ 、 $Pb$  等元素的丰度（ $C$ ）均小于世界同类型岩石的平均含量（ $K$ ）（维诺格拉多夫，1962）。 $Zn$ 、 $Pb$  等主要成矿元素在多种主要类型岩石中，均处于分散状态。从岩石中元素丰度角度分析，本地区不存在富含主要成矿元素的岩石类型。

还需要说明的是安山岩、流纹岩和大理岩中主要成矿元素的富集系数（ $C/K$ ）， $Zn$  为 0.94、0.88、0.65； $Pb$  为 0.62、0.45、0.45。由此可以看出不仅随着火山喷发-沉积旋回的发展，主要成矿元素未见有富集的趋势，即使火山喷发本身，由于岩浆分异由中性岩至酸性岩演化过程中，也未见主要成矿元素趋向富集。火山作用与多金属矿床的形成，并无明显的直接联系。

## 3 矿体、原生晕与后庙岭花岗岩体的关系

### 3.1 矿体、原生晕与岩体的时空关系

通过全岩  $Rb-Sr$  等时线法确定花岗岩的同位素年龄为  $(352.65 \pm 21.42) \times 10^6 a$ 。花岗

岩中钾长石 K-Ar 法同位素年龄为  $357 \times 10^6 \sim 371 \times 10^6$  a。二者基本相同。绢云母化安山岩 Rb-Sr 等时线法所确定的蚀变年龄为  $(313.6 \pm 4.47) \times 10^6$  a, 蚀变晚于花岗岩体的形成。放牛沟矿床矿石铅的模式年龄为  $255 \times 10^6 \sim 270 \times 10^6$  a (前者为  $\Phi$  值年龄, 后者为斯塔西两阶段模式年龄)。根据花岗岩和安山岩均矿化并有工业矿体形成, 这一模式年龄小于花岗岩的成岩年龄和蚀变年龄, 与地质观察结果一致。成岩、蚀变、成矿成晕在时间上相近, 反映它们可能是在一个统一的岩浆-热液系统中形成的。

放牛沟矿床主要矿体及其原生晕, 在地表主要分布于岩体接触带 200m 范围内(图 1), 其产状与岩体接触带基本一致。根据其花岗岩体的空间关系, 矿体及其原生晕的分布可分为 4 种类型: 产于岩体与火山-沉积岩系接触带、岩体外接触带、岩体内接触带和花岗岩脉及其附近。由此可以看出后庙岭花岗岩体与矿体、原生晕在空间上是一个不可分割的整体。

矿体及其原生晕在剖面上由浅处至深部有向岩体接触带收敛的趋势。矿体及其原生晕的这种空间关系, 说明其形成物质可能来自花岗岩体的深部岩浆源。

### 3.2 矿体、原生晕与岩体的物质组分关系

矿石组分与花岗岩体岩石组分显示出一定程度的相似性。这种相似性首先反映在磁铁矿方面。花岗岩副矿物磁铁矿与各种矿石磁铁矿的晶胞参数值 ( $a_0$ ) 均相近(表 1), 各种亲铁元素 Co、Mn、V、Ti、Cr、Ni 间含量变化趋势基本相同, 只是矿石磁铁矿更富含 Mn 而贫于 V、Ti, 这可能与围岩成分有关。

表 1 磁铁矿的晶胞参数

Table 1. Unit cell parameters of magnetite

样品号	矿体组	磁铁矿的产状	$a_0$ (Å)	标准值 (Å)
ZK 139-14		花岗岩副矿物	8.4060	8.396
ZK 113-129.5	③号	闪锌矿磁铁矿矿石	8.3939	
ZK 238-43	⑧号	磁铁矿闪锌矿矿石	8.4000	
ZK 238-33	⑨号	方铅矿矿石	8.4048	

矿石组分与岩体组分的相似性还反映在稀土元素方面。各种矿石及花岗岩都具有向右倾斜、负斜率、富轻稀土的配分型式(图 2)。值得说明的, 蚀变矿物萤石和绿帘石稀土元素的配分、特征参数值和分布模式, 也和花岗岩的相似。在哈金斯的稀土元素图解和七组分图解中, 矿石、脉石矿物、蚀变矿物以及花岗岩呈线性分布。无论从 Sm 与 Eu, 或是从 (Nd+Gd+Er) 与 (Ce+Sm+Dy+Yb) 的关系, 都可说明它们具有相似的组成特征。以上这些组分的相似性, 反映了物质来源的一致性。

### 3.3 矿床、原生晕的分带性与岩体的关系

放牛沟矿床磁铁矿矿化、硫铁矿(磁黄铁矿、黄铁矿)矿化, 主要分布于岩体接触带附近; 近接触带有硫铁矿矿化、闪锌矿矿化; 远接触带有闪锌矿矿化、方铅矿矿化。由岩体接触带向外, 矿化的形成温度逐步下降。这种矿化分带显示了以岩体接触带为中心的特点。

矿床矿石中 Pb、Zn、Ag、Ba 等在矿体上部相对富集; Cu、Bi 等在矿体下部相对集

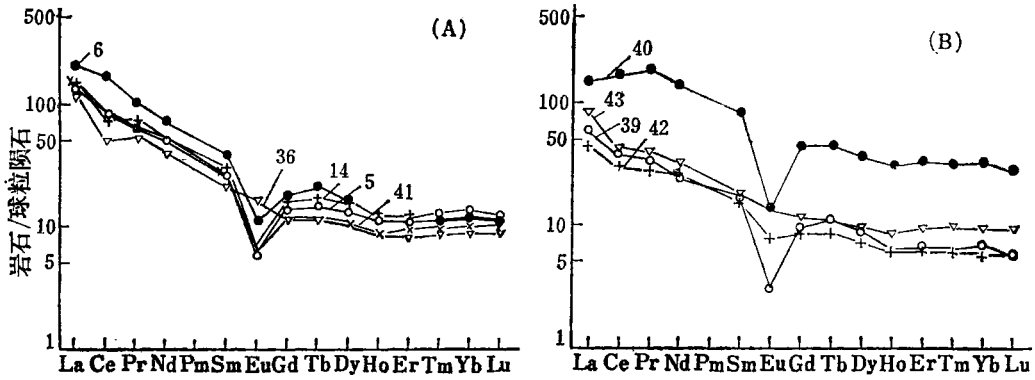


图2 花岗岩(A)及矿石(B)稀土元素标准化曲线

(A): 5—花岗岩; 6—花岗岩; 14—片理化花岗岩; 36—花岗斑岩; 41—花岗斑岩; (B): 39—硫铁矿矿石; 40—磁铁矿矿石; 42—闪锌矿矿石; 43—方铅矿矿石

Fig. 2. Chondrite-normalized REE patterns of granite (A) and ore (B).

5—Granite; 6—Granite; 14—Schistositized granite; 36—Granite porphyry; 41—Granite porphyry; 39—Pyrite ore; 40—Magnetite ore; 42—Sphalerite ore; 43—Galena ore.

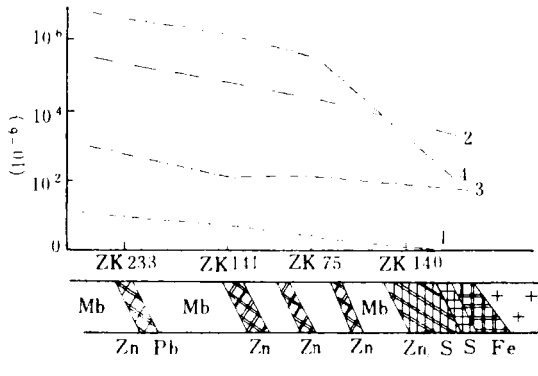


图3 XXI线剖面矿石中各元素对含量比值的水平变化

Fe—磁铁矿矿石; S—硫铁矿矿石; Zn—闪锌矿矿石; Zn/S—闪锌矿硫铁矿矿石; Zn/Pb—闪锌矿方铅矿矿石; Mb—大理岩; 1—Pb/Cu; 2—PbZn/Cu; 3—Pb Zn/Cu Bi; 4—PbZnAg Ba/CuBi

Fig. 3. Lateral variation in ratios of various element pairs in ores along No. XXI section.

Fe—Magnetite ore; S—Pyrite ore; Zn—Sphalerite ore; Zn/S—Sphalerite-pyrite ore; Zn/Pb—Sphalerite-galena ore; Mb—Marble; 1—Pb/Cu; 2—PbZn/Cu; 3—PbZn/CuBi; 4—PbZnAgBa/CuBi.

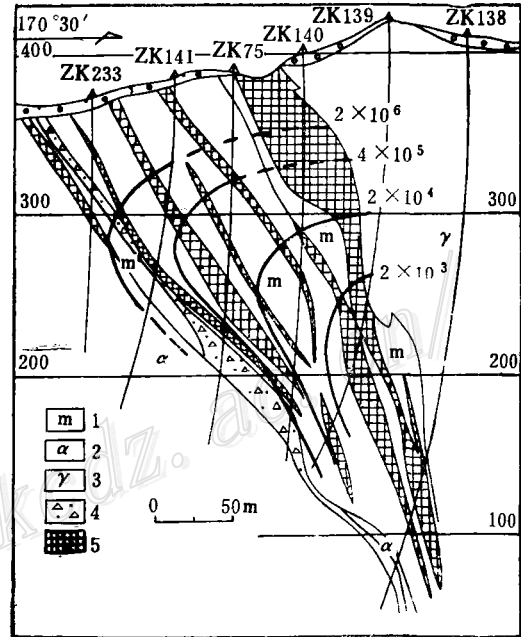


图4 XXI线剖面原生晕中PbZnAgBa/CuBi的变化  
1—大理岩; 2—变安山岩; 3—花岗岩;  
4—破碎带; 5—原生晕

Fig. 4. Variation in PbZnAgBa/CuBi of primary halos along No. XXI section.  
1—Marble; 2—Meta-andesite; 3—Granite;  
4—Shatter zone; 5—Primary halo.

中。由深部向浅部各元素对含量比值 (Pb/Cu、Pb Zn/Cu、Pb Zn/Cu Bi、Pb Zn Ag Ba/Cu Bi) 逐步增高。由接触带矿体、近接触带矿体至远接触带矿体, 矿石中各元素对含量比值如同矿体深部至浅部一样逐步增大 (图3)。

矿体黄铁矿中, 上部相对富集 Zn、Pb, 下部相对富集 Cu、Sn、Mo; 各元素对含量比值 (Zn/Cu、PbZn/Cu、PbZn/CuMo、PbZn/SnMo) 不仅在垂向上随标高而逐步增大, 而且在水平方向上随着远离岩体而逐步增大。矿床原生晕内, 分带性指数 PbZnAgBa/CuBi 不仅是由深部至浅处, 而且由岩体接触带至外接触带方向也逐步增大 (图 4)。

根据以上矿化分带、矿石和黄铁矿中以及矿床原生晕中元素分带规律, 可以认为放牛沟矿床成矿成晕物质可能来自岩体方向——岩体接触带深部。

由上所述, 矿床及其原生晕的形成时间、空间展布、物质组分特征以及矿床矿化分带、矿石中、黄铁矿中和矿床原生晕中元素分带等规律, 都说明放牛沟矿床及其原生晕的成矿成晕物质来自岩体方向, 与后庙岭花岗岩体具有共同的物质来源——后庙岭花岗岩体的深部岩浆源。

## 4 矿床同位素地球化学特征

### 4.1 矿床的铅同位素组成

放牛沟矿床的矿石铅、花岗岩的全岩铅及花岗岩中钾长石铅, 在铅同位素组成坐标图上呈线性分布 (图 5)。这种特征进一步证实了上述矿床及原生晕的形成物质来源于花岗岩深部岩浆源的论断。

放牛沟矿床铅的同位素组成  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  为 17.86~18.32,  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  为 15.38~15.64,  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  为 37.40~38.64。陈毓蔚等 (1980) 在研究我国显生代多金属矿床铅同位素组成特征时曾经指出,  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  比较低 (15.30~15.60), 反映物质来源比较深<sup>[1]</sup>, 接近上地幔。根据  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  值, 放牛沟矿床的矿石铅来源比较深, 接近上地幔。

从矿石铅的源区特征值分析,  $\nu$  值 (0.066~0.070) 部分超出了正常铅的范围 (0.063~0.067), 反映矿石铅可能并非单一的深部来源。其它特征值  $\mu$ 、 $\omega$ 、 $k$  等进一步说明矿石铅既有来自上地幔或下地壳的, 也有来自上地壳的 (表 2)。

为了将本矿床的矿石铅同位素组成与同时代的地幔及上地壳体系铅进行对比, 对现代拉斑玄武岩 (上地幔体系) 和现代海洋化学沉积 (上地壳体系) 的分布域<sup>[1]</sup> (图 6, 据陈毓蔚等), 进行了时代 ( $300 \times 10^6 \text{ a}$ ) 衰变校正 (上地幔体系  $\mu=7.8, k=4.04$ ; 上地壳体系  $\mu=11.3, k=3.8$ ), 并将矿床矿石铅投至图上。由图可见大多数矿石铅位于太平洋西岸岛弧铅范围内, 部分落于中央海岭拉斑玄武岩范围内并显示出线性演化趋势。这种趋势与反映上地

表 2 矿石铅的源区特征值

Table 2. Provenance characteristic values of ore lead

	$\mu$	$\omega$	$k_3$	样品数
放牛沟矿床矿石铅	9.07~9.64	34.26~40.05	3.85~4.30	14
上地壳	9.35	36.86	4.0	
	11.3	>37	3.8	
上地幔或下地壳	7.8	<36.5	4.0~4.13	

注:  $\mu = ^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$   $\omega = ^{232}\text{Th}/^{204}\text{Pb}$   $k_3 = \text{Th}/\text{U}$

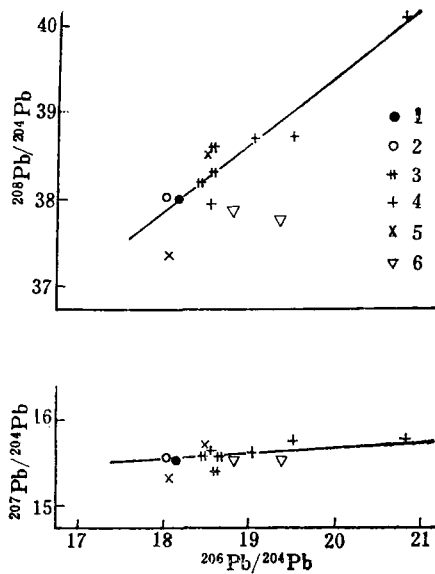


图5 矿石铅与围岩石铅的同位素组成  
1—矿床矿石铅(平均值); 2—闪长玢岩斜长石铅;  
3—花岗岩全岩铅; 4—花岗岩钾长石铅; 5—安山岩全岩铅; 6—大理岩全岩铅

Fig. 5. Lead isotopic composition of ore and wall rocks.

1—Ore lead of ore deposit (mean value); 2—Plagioclase lead of diorite porphyrite; 3—Whole rock lead of granite; 4—K-feldspar lead of granite; 5—Whole rock lead of andesite; 6—Whole rock lead of marble.

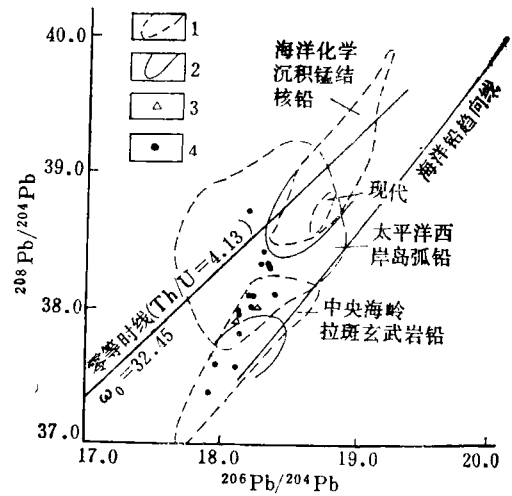


图6 放牛沟矿床矿石铅来源

1—现代三种海洋铅分布域; 2—300×10<sup>6</sup>a 时代校正后的海洋铅分布域; 3—外围矿床矿点的矿石铅; 4—放牛沟矿床的矿石铅

Fig. 6. Sources of ore lead in the Fangniugou ore deposit.

1—Distributive domain of three sorts of modern oceanic lead; 2—Distributive domain of oceanic lead after 300×10<sup>6</sup>a age correction; 3—Ore lead of foreign ore deposits or ore spots; 4—Ore lead of Fangniugou ore deposit.

幔和上地壳混合体系的大洋岛弧铅演化的海洋趋向线并不一致。这表明矿石铅是以深源(上地幔或下地壳)为主,但受到上地壳物质的严重混染。

若将地幔铅的演化近似地看作单阶段演化过程,地壳铅当作两阶段演化过程, $\mu$ 值地幔取7.8,地壳取11.30,平均 $\mu_{mix}$ 计算表明,放牛沟矿床的矿石铅可能有52.3%来自上地幔或下地壳,47.7%可能来自上地壳。计算结果与上述结论基本一致。

#### 4.2 矿床硫同位素组成

放牛沟矿床矿体中硫化物 $\delta^{34}S$ (‰)平均为+5.08(+0.3~+6.7),分布范围窄,极差小,无负值,塔式效应较明显。这些特征与花岗岩、闪长岩及矽卡岩内黄铁矿的基本相同,而与矿体上、下盘大理岩中沉积成因黄铁矿的明显不同。矿体上下盘大理岩中沉积黄铁矿, $\delta^{34}S$ (‰)均为大负值(-9.0~-29.6),极差大,分布范围广。

据研究,本矿床共生硫化物的 $\delta^{34}S$ 值,黄铁矿>(磁黄铁矿和闪锌矿)>方铅矿,矿石硫化物硫同位素的分馏是在成矿溶液硫同位素处于平衡的条件下进行的<sup>[2]</sup>。在此基础上得出成矿溶液总硫的硫同位素组成( $\delta^{34}S_{TS}$ ),平均为+6.5‰(+6.1‰~+7.1‰)。对比拉伊与大本(1974)所提出的热液多金属矿床成矿溶液总硫同位素组成特征的三种类型<sup>[3]</sup>,本矿床应属第三种类型( $\delta^{34}S$ =+5‰~+15‰)。成矿溶液中的硫应为深源硫与海相地层硫的混合硫

源。根据其  $\delta^{34}\text{S}$  值在第三种类型中偏小, 接近于第一种类型, ( $\delta^{34}\text{S}$  为近于零的不大正值), 可以认为本矿床成矿成晕的硫, 主要来自深部岩浆, 部分来自地层。

### 4.3 矿床的氧同位素组成

根据花岗岩副矿物磁铁矿测试结果的计算,  $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$  为  $+6.47\%$  ( $+5.14\% \sim +8.14\%$ )。岩浆阶段的水基本属于岩浆水 ( $+5.5\% \sim +8.5\%$ )<sup>[3]</sup>。

矿石矿物磁铁矿测试结果计算所得的  $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$  为  $+6.27\%$ ; 但变化幅度较大 ( $+2.11\% \sim +11.4\%$ ), 氧化物阶段的水可能以岩浆水为主, 但也有大气降水的加入。

早期硫化物阶段  $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$  为  $+3.51\%$  ( $+1.29\% \sim +5.4\%$ ); 晚期硫化物阶段  $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$  为  $-1.19\%$  ( $-3.10\% \sim +0.3\%$ ); 碳酸盐阶段  $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$  为  $-3.99\%$  ( $-4.87\% \sim -3.10\%$ )。由氧化物阶段、早期硫化物阶段、晚期硫化物阶段至碳酸盐阶段, 含矿溶液中参加的大气降水逐渐增多, 随大气降水环流所带入的壳源物质也逐渐增多。

由以上矿床同位素地球化学研究可以看出, 放牛沟矿床成矿成晕物质 (铅、硫) 以深源为主。它们主要来自上地幔或下地壳, 但也有部分物质来自上地壳。

## 5 后庙岭花岗岩的地球化学特征

放牛沟矿床及其原生晕, 与后庙岭花岗岩体具有共同的物质来源。因而通过花岗岩体地球化学特征的研究, 可以进一步间接地探讨矿床的成矿成晕物质来源问题。

在 A-C-F 图上, I 型区及 S 型区均有花岗岩样品点的分布 (图 7)。后庙岭花岗岩既有 I 型特点又有 S 型特点。但其  $\text{Na}_2\text{O}$  的含量 ( $4.09\%$ ) 大于  $3.3\%$ ;  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  为  $1.01$ , 小于  $2$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO})$  (分子数) 为  $1.05$ , 显示了以 I 型为主的特点。

花岗岩体在微量元素方面, Mn、Ni、V、Sr、Ba 等元素的富集系数明显小于  $1$ , 显示了壳源特征, 但该岩体并不富含 Rb (富集系数为  $0.65$ ,  $\text{Rb}/\text{Sr} = 0.54$ ), 相反却富含 Cr (富集系数  $2.24$ ), 又显示了幔源特征。

杨超群 (1983) 曾根据斑岩的稀土元素组成及其球粒陨石标准化模式, 提出区分壳源重熔型花岗岩系列和混合源 (以上地幔来源为主) 花岗岩系列的标志<sup>①</sup>。现将其与放牛沟矿床后庙岭花岗岩体对比如下 (表 3)。

由表可知后庙岭花岗岩兼有重熔型和同熔型特征, 但以同熔型为主。其成岩物质既主要来自深部同熔岩浆, 也有部分来自上地壳物质的同化和重熔。

后庙岭花岗岩  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  初始值为  $0.705$ , 具有 I 型花岗岩 ( $0.704 \sim 0.706$ ) 特征, 其形成物质来源较深, 反映了上地幔或下地壳物质的特征。

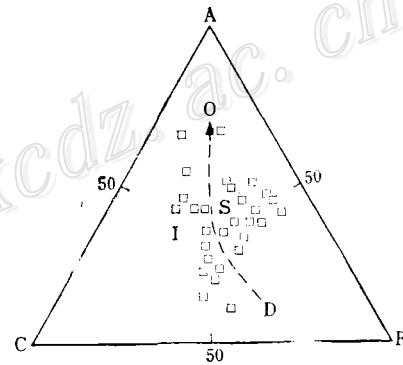


图 7 后庙岭花岗岩 A-C-F 图解  
A— $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O-K}_2\text{O}$  (分子数); C— $\text{CaO}$  (分子数); F— $\text{FeO} + \text{MgO}$  (分子数); OD—I、S 分区界线  
Fig. 7. A-C-F diagram of Houmiaoling granite.  
A— $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O-K}_2\text{O}$ ; C— $\text{CaO}$  (molecular number); F— $\text{FeO} + \text{MgO}$  (molecular number); OD—Boundary separating I and S.

①杨超群, 1983, 中国斑岩矿床的成岩成矿系列及其找矿和评价问题。广东地质科技, 第3期, 第11~16页

表 3 后庙岭花岗岩稀土元素特征  
Table 3. REE characteristics of Houmiaoling granite

	$\Sigma\text{REE}(10^{-6})$	$\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$	分布模式	$\delta\text{Eu}$
后庙岭花岗岩	(99.5~289.3) 188	(3.37~6.38) 4.75	向右倾斜的V型曲线	(0.28~1.0) 0.48
重熔型花岗岩	(287.9~666.5) 409	(0.51~3.83) 1.62	近乎对称的V型曲线	(0.01~0.30) 0.09
同熔型花岗岩	(102.5~326.9) 143	(4.37~12.96) 7.12	向右倾斜的平滑曲线	(0.4~1.72) 0.97

由上所述,后庙岭花岗岩体以I型为主并兼有S型特征。其成岩物质以深部地壳来源为主,并有少量上部地壳物质加入。后庙岭花岗岩体深部岩浆源,可能系以下地壳为主的下地壳和上地壳同熔岩浆及其在上升过程中部分同化重熔该地区广泛发育的上奥陶统和下志留统火山-沉积岩系物质所形成。后庙岭花岗岩体物质来源的双重性,一定程度上反映了放牛沟硫铁多金属矿床及原生晕物质来源的双重性。放牛沟矿床成矿成晕物质主要来自后庙岭花岗岩体深部岩浆源,并不排除部分原火山-沉积岩系物质的间接参与成矿成晕作用。

综上所述,可得出如下结论:

(1) 放牛沟硫铁多金属矿床的形成与本地区早古生代末期火山作用无明显的直接联系;矿床及其原生晕和华力西早期后庙岭花岗岩具有共同的物质来源。

(2) 后庙岭花岗岩体的深部岩浆源,可能由以下地壳物质为主并有少量上地壳物质参与的深部地壳同熔岩浆及部分火山-沉积岩系同化物质所形成。

(3) 放牛沟矿床成岩(花岗岩)、成矿、成晕(正晕)物质,可能主要来自下地壳,但也有部分来自上地壳。

工作中得到吉林第三地质调查所的大力支持,特致谢意。

### 参 考 文 献

- 1 陈毓蔚,毛存孝,朱炳泉.我国显生代金属矿床铅同位素组成特征及其成因探讨.地球化学,1980,(3):222~224
- 2 张理刚.稳定同位素在地质科学中的应用.西安:陕西科学技术出版社,1985.19~21
- 3 戚长谋,邹祖荣,李鹤年.地球化学通论.北京:地质出版社,1987.140~141,147



ORE-FORMING AND HALO-FORMING MATERIAL  
SOURCES OF THE FANGNIUGOU PYRITE  
POLYMETALLIC DEPOSIT, JILIN PROVINCE

Huang Xunde, Zhang Xiaomin, Piao Shoucheng, Liu Shutian  
and Lian Changyun

*(Changchun College of Geology, Changchun, Jilin Province)*

Li Fushan

*(No. 3 Geological Survey of Jilin Province, Siping, Jilin Province)*

**Abstract**

Element abundances in regional strata and their evolution suggest that volcanic activity at the terminal stage of Early Paleozoic had no obvious direct connection with the formation of the Fangniugou polymetallic deposit. Space-time relationship, material composition and zonation of mineralizations and elements in various media all indicate that the primary halos of the ore deposit share the same material sources with the Early Variscan Houmiaoling granite. Isotopic studies of the ore deposit show that the ore-forming and halo-forming substances were mainly derived from upper mantle or lower crust and partly from upper crust. The Houmiaoling granite is mainly of I type with also some characteristics of S type. Its rock-forming substances were predominantly derived from syntectic magma of deep crust with the addition of some assimilationary-remelting substances of volcanic-sedimentary rocks.  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0$  value is 0.705, also implying that the rock-forming substances came mainly from deep sources. The dual nature of the material sources for the Houmiaoling granite reflects to some extent the dual nature of ore-forming and halo-forming material sources of the Fangniugou polymetallic deposit, i.e. the substances came mainly from the lower crust and partly from the upper crust.

**出版消息**

《中国矿产资源图》(1:5000000, 附说明书)已由地质出版社出版,欲购者请与地质出版社发行部联系。地址:北京市海淀区学院路29号。每份定价75元,另加寄15%邮挂费。