

大兴安岭中段铜多金属矿床* 矿物微量元素研究

盛继福 李 岩

范书义

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京) (内蒙古地矿局 115 地质队, 乌兰浩特)

提 要: 对大兴安岭中段铜多金属矿床硫化物矿物的微量元素研究表明, 虽然该区矿床类型不同, 但闪锌矿种属一致, 多为铁闪锌矿和含铁闪锌矿, 而方铅矿中 Sb、Bi、Ag 含量却明显不同; 黄铜矿中的 Co、Ni 含量明显大于黄铁矿中的 Co、Ni 含量; 各类型矿床中方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、黄铁矿等硫化物中 Ag 普遍有较高的含量, 反映了大兴安岭中段银处于高异常区, 银、金、镉、铟往往具有综合利用价值。

关键词: 微量元素 地球化学 铜多金属矿床 大兴安岭中段

大兴安岭成矿带是我国重要的铜多金属成矿带之一。大兴安岭中段指北起扎赉特旗神山, 南至甘珠尔庙一带, 属中朝板块与西伯利亚板块之间的乌拉尔—蒙古—鄂霍茨克显生宙地槽褶皱带的一部分。大兴安岭中段燕山期火山-深成岩浆活动和多金属成矿作用较强。区内已发现的与火山-侵入活动有关的铜多金属矿床有 15 处, 其中大型 3 处, 中型 4 处, 小型 8 处, 矿点有百余处。其中敖瑙达巴为斑岩型银锡铜矿床, 布敦化、闹牛山为斑岩型+热液脉型铜矿床、莲花山为热液脉型铜矿床, 孟恩陶勒盖为热液脉型铅锌银矿床, 浩布高、白音诺为夕卡岩型铅锌矿床, 神山为夕卡岩型铁铜矿床^[1~6]。

本文旨在通过对大兴安岭中段上述主要铜多金属矿床中金属硫化物的微量元素研究, 为该区矿床的成矿机制和综合利用提供信息和科学依据。

1 金属硫化物的微量元素特征

大兴安岭中段主要铜多金属矿床的矿石矿物很多, 其中最主要的金属矿物是闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、黄铁矿, 含银矿物除主要的方铅矿外, 还有银黝铜矿、辉银矿、自然银等。矿物中所含的微量元素在一定程度上反映了矿物的形成条件, 可作为矿物、岩石成因的指示剂。下面仅就大兴安岭中段各主要矿床矿石中最主要的矿石矿物闪锌矿、方铅矿、黄铜矿和黄铁矿的微量元素特征进行对比研究。

1.1 闪锌矿

大兴安岭中段闪锌矿的产状主要有 3 类: 第一类是铁锌矿石、锡锌矿石及铜锌矿石中的闪锌矿, 该类闪锌矿的颜色往往呈黑色—暗红褐色, 在浩布高、孟恩陶勒盖等铅锌矿床往往

* 国家“八五”科技攻关项目资助 (编号: 85-901-01-03)

第一作者简介: 盛继福, 男, 1936 年生, 研究员, 长期从事矿床地质研究工作。邮政编码: 100037
1998-07-16 收稿, 1999-01-19 修改回

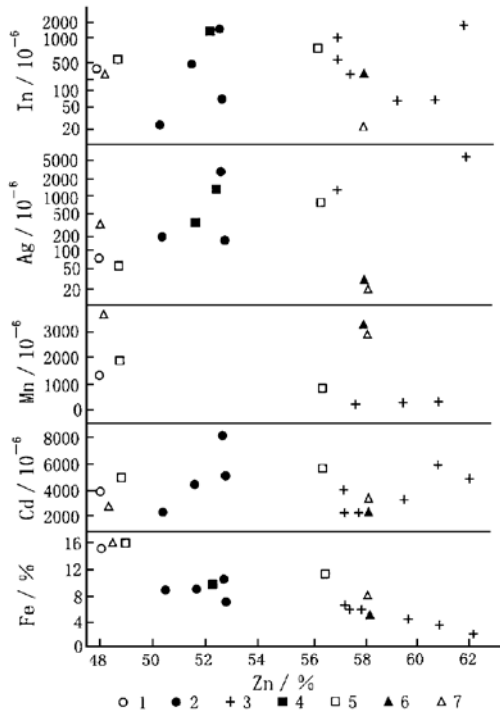


图1 各矿床中闪锌矿的 Zn 与 Fe、Cd、Mn、Ag、In 的关系

1—布敦化矿；2—莲花山矿；3—孟恩陶勒盖矿；4—闹牛山矿；5—敖瑙达巴矿；6—白音诺矿；7—浩布高矿

Fig. 1. Correlation between Zn and Fe, Cd, Mn, Ag, In in sphalerite from different ore deposits.

1—Budun Hua; 2—Lianhuashan; 3—Meng'en Tolgoi; 4—Naoniushan; 5—Aonao Daba; 6—Bayan Nur; 7—Hao Bugao.

属成矿早期阶段的产物；第二类是与方铅矿共生，构成铅锌矿石，其颜色多为红褐—红棕—黄褐色，它是上述铅锌矿床主要成矿阶段的矿石矿物；第三类常与方解石、菱铁矿、白铁矿共生，其颜色往往较浅，呈黄褐色—浅黄色，甚至构成胶状闪锌矿，它们多是成矿晚阶段的产物。各矿床闪锌矿中除 Zn、S 外，微量元素以 Fe、Cd、Mn、Cu、Pb、As 以及 Bi、Sb、Ag、In 相对含量较高。各矿床闪锌矿中 Fe、Cd、Mn、Ag、In 与主元素 Zn 的关系见图 1。从图 1 看出除 Fe 与 Zn 有明显的反消长关系外，其余元素与 Zn 的关系均不明显。据闪锌矿中的微量元素资料结合镜下资料，对上述元素在闪锌矿中的赋存形式作如下探讨。

(1) 闪锌矿中 Fe、Cd、Mn 以 FeS、CdS、MnS 与 ZnS 一起呈固溶体形式在 ZnS 分子晶格中，Fe、Cd、Mn 与 Zn 呈置换关系。

(2) Co、Ni、In、As 主要呈类质同象形式在闪锌矿的晶格中，Co、Ni 多取代 Fe，In 取代 Cd，As 取代 S。

(3) 闪锌矿中 Cu、Pb、Sb、Bi、Au、Ag 主要由以下两种形式存在：一是呈微小的矿物存在，如闪锌矿中乳滴状黄铜矿或闪锌矿颗粒间的细小叶片状的自然金、自然银、银金矿；另一种是 Pb、Sb、Bi 和部分 Ag、Cu 构成硫盐矿物包裹于闪锌矿中。

根据 Zn、Fe、Cd、Mn 的含量可将闪锌矿的成分结合成 ZnS、FeS、CdS 和 MnS 四个端员。根据不同端员的含量变化，可将其划分为不同的种属。大兴安岭中段闪锌矿中 CdS、MnS 分子含量普遍不高(表 1)，CdS 仅为 0.16%~0.71%，MnS 为 0.02%~0.81%。因此，影响该区闪锌矿性质较大的是 ZnS、FeS 的含量。据闪锌矿中 FeS 分子含量大兴安岭中段闪锌矿有以下 3 类：铁闪锌矿 (FeS>10%)，含铁闪锌矿 (FeS 10%~3%) 和普通闪锌矿 (FeS<3%)。从表 1 看出该区各矿床的闪锌矿中含 FeS 普遍很高，均以铁闪锌矿和含铁闪锌矿为主，尤以布敦化铜矿中的闪锌矿含 FeS 高达 27.44%。区内铅锌矿床中闪锌矿均有多个世代 (3~4 个世代)，从早世代到晚世代闪锌矿的颜色由黑—暗红褐色—红棕色—黄褐色—浅黄色，闪锌矿的相对密度也由 4.12 g/cm³ 降到 3.95 g/cm³ (白音诺铅锌矿床)，闪锌矿其它物理性质如反射率、硬度等也都呈有规律的变化。造成上述变化的主要因素就是闪锌矿中 FeS 含量的变化。除此之外，从早世代到晚世代闪

矿中某些微量元素如 Au、In 含量也呈规律性变化，如孟恩陶勒盖矿床在早世代块状黑色闪锌矿中 Au 可达 1.05 g/t，到晚期黄褐色闪锌矿中几乎不含 Au，前者闪锌矿 In 含量可达 400×10^{-6} ，后者仅 60×10^{-6} ，几乎差一个数量级。

表 1 闪锌矿端员组分含量 (%)

Table 1. End member contents of sphalerite

矿 区	端 员 组 分 样 品 数	ZnS		FeS		CdS		MnS		闪 锌 矿 类 型
		范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值	
布敦化	1	71.99	71.99	27.44	27.44	0.34	0.34	0.23	0.23	铁闪锌矿 ^①
莲花山	4	85.03~80.26	82.71	19.03~14.51	16.84	0.71~0.22	0.45			铁闪锌矿
孟恩陶勒盖	8	98.02~88.11	90.90	11.68~1.55	8.166	0.45~0.21	0.358	0.07~0.02	0.053	铁闪锌矿 (4) 含铁闪锌矿 (3) 闪锌矿 (1)
敖瑙达巴	2	80.24~71.78	76.01	27.49~19.17	23.33	0.45~0.41	0.43	0.32~0.14	0.23	铁闪锌矿
浩布高	7	89.59~71.65	84.02	27.47~9.97	15.41	0.29~0.24	0.265	0.64~0.40	0.495	铁闪锌矿 (6) 含铁闪锌矿 (1)
白音诺	6	95.70~81.93	89.12	17.30~3.65	10.13	0.24~0.16	0.187	0.81~0.46	0.485	铁闪锌矿 (3) 含铁闪锌矿 (3)

① FeS>10%为铁闪锌矿；FeS 10%~3%为含铁闪锌矿，FeS<3%为普通闪锌矿，括号内为样品数；样品为中国地质科学院岩矿测试技术研究所等单位测试

闪锌矿中的 Zn/Cd 比值以及 Zn/Cd-Ga/In 关系图(图略)通常用来做为矿床成因的标志。大兴安岭中段矿床中闪锌矿的 Zn/Cd 比值(表 2)除白音诺矿床稍高为 254 外，敖瑙达巴矿床最低为 102，布敦化铜矿、莲花山铜矿均为 122，浩布高铅锌矿为 171，孟恩陶勒盖铅锌银矿为 190(表 2)，均和国内外与岩浆热液、夕卡岩型有关的矿床一致(表 2)。

表 2 各矿床闪锌矿的 Zn/Cd 比值

Table 2. Zn/Cd ratios of sphalerite from different ore deposits

矿 区 元 素	布敦化	莲花山	孟恩陶勒盖	敖瑙达巴	白音诺	
Zn/ %	63.36~48.22	53.96~50.52	62.05~57.17	56.45~48.90	64.39~55.43	
Cd/ %	0.52~0.39	0.81~0.23	0.508~0.235	0.55~0.48	0.35~0.17	
Zn/Cd	$\frac{123.6\sim121.6}{122.6}$ (2) ^①	$\frac{214.9\sim65}{122.5}$ (5)	$\frac{243.4\sim119.9}{190.61}$ (8)	$\frac{102.6\sim101.8}{102.2}$ (2)	$\frac{341.6\sim179.3}{254.7}$ (11)	
矿 区 元 素	浩布高	密西西比类型	阿尔卑斯型	火山沉积型	沉积变质型	岩浆热液 夕卡岩型 ^[7]
Zn/ %	58.14~48.24	60	61.95	58.4	55.16	53.56~61.40
Cd/ %	0.34~0.28	0.18~0.24	0.1965	0.11	0.2189	0.59~0.277
Zn/Cd	$\frac{172.1\sim171}{171.5}$ (2)	250~333	315	531	252	214~104

① 分子为 Zn/Cd 比值最大值和最小值，分母为平均值，括号内为样品数

1.2 方铅矿

根据方铅矿的产状可将方铅矿分为两类：一类是与闪锌矿共生的自形—半自形粒状方铅矿；另一类是成矿晚阶段与硫盐矿物共生的方铅矿。这两类方铅矿均呈铅灰色、强金属光泽、硬度小。方铅矿所含微量元素以 Cu、Zn、Fe、As、Ag、Sb、Bi 较多，其余元素的含量微乎其微。方铅矿所含的 Fe、Zn 和部分 Cu 主要为微小的 Fe、Zn、Cu 硫化物包体。As 和部分 Ag、Sb、Bi 呈类质同象形式存在于方铅矿的晶格中，As 取代 S，Ag 与 Sb、Bi 则置换 Pb。除部分 Ag 呈自然银、银金矿外，大部分 Ag、Sb、Bi 则形成银、锑、铋的硫盐矿物，分布在方铅矿粒间或孔隙中。

从方铅矿的 Sb-Bi-Ag 关系图（图 2）和方铅矿中 Ag、Sb、Bi 的含量表（表 3），可以看出不同类型矿床方铅矿中 Sb、Bi、Ag 的含量明显不同，Ag、Sb 可以差 1~2 个数量级，而 Bi 甚至可以差 2~3 个数量级。从上述图表可以看出布敦化铜矿的方铅矿是富 Bi 型，Bi 含量达 0.5%~0.9%，而孟恩陶勒盖铅锌银矿、莲花山铜矿、敖瑙达巴银锡铜矿的方铅矿则是富 Ag 富 Sb 型，方铅矿中含 Ag 达 0.269%~0.39%，Sb 在孟恩陶勒盖矿床、敖瑙达巴矿床平均含量分别为 0.11% 和 0.13%。夕卡岩型浩布高和白音诺铅锌矿床中方铅矿的 Ag、Sb、Bi 含量（原子百分比）相差不大。在 Ag-Sb-Bi 关系图上（图 2）上述矿床均有自己特定的位置。

表 3 方铅矿中 Ag、Sb、Bi 含量 (10^{-6})

Table 3. Ag, Sb, Bi contents of galena

矿床	样品数	Ag	Sb	Bi
布敦化	3	$\frac{385 \sim 317^{①}}{357}$	$\frac{664 \sim 355}{509}$	$\frac{9000 \sim 5200}{7100}$
莲花山	4	$\frac{6550 \sim 1050}{2690}$		
孟恩陶勒盖	4	$\frac{6070 \sim 140}{2961}$	$\frac{2200 \sim 110}{1160}$	$\frac{80 \sim 5}{43}$
敖瑙达巴	2	$\frac{4500 \sim 3300}{3900}$	$\frac{1400 \sim 1200}{1300}$	
浩布高	2	$\frac{554 \sim 278}{416}$	$\frac{826 \sim 445}{635}$	$\frac{1804 \sim 475}{1139}$
白音诺	1	233	79	361

① 分子为变化范围，分母为平均值

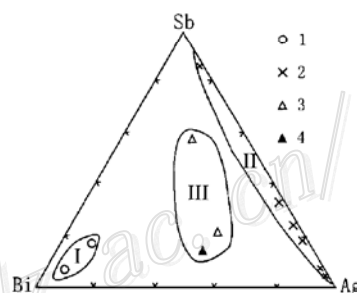


图 2 方铅矿 Sb-Bi-Ag 关系图
(原子百分比)

1—布敦化(I); 2—孟恩陶勒盖(II); 3—
浩布高(III); 4—白音诺(IV)

Fig. 2. Sb-Bi-Ag diagram of galena
(atomic percentage).

1—Budun Hua deposit (I); 2—Meng'en Tol-
goi deposit (II); 3—Haobugan (III); 4—Bayan
Nur (IV).

1.3 黄铜矿

黄铜矿是大兴安岭中段铜矿石、铜铅锌矿石最重要的组成矿物。该区黄铜矿主要有 3 类：一类与磁铁矿、磁黄铁矿、毒砂、石英共生，这是斑岩型铜矿、热液脉型铜矿矿石的主要组成矿物；另一类呈细粒状、乳滴状与闪锌矿、方铅矿共生，其在脉状铜矿床中是矿化晚阶段的产物，而在夕卡岩型矿床中则是矿化早阶段的产物；第三类是与黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、含银矿物及碳酸盐共生，是铜铅锌银矿石的组成矿物。它们均具有铜黄色，他形晶集合体，强金属光泽。在表生条件下常遭氧化，形成孔雀石、铜蓝等铜的氧化矿物。

黄铜矿以含有一定数量的 Zn、Pb、Co、Ni、As、Ag、Au、Se、Te、Cd、In 为特征。它

们中所含的 Zn、Pb 均以闪锌矿、方铅矿的极细微粒机械混入形式存在；Ag、Au 在黄铜矿中呈原子或自然元素状态存在；部分银呈微细的硫盐矿物赋存在黄铜矿的缝隙中；As、Co、Ni、Se、Te、Cd、In 多以类质同象形式代替 S 或 Fe、Cu。该区黄铜矿中的 Co、Ni 含量是黄铁矿中 Co、Ni 含量几倍到几十倍，这与我国其它地区，如三江地区的呷村^[8]，江西省德兴铜矿^[9]黄铁矿中 Co、Ni 含量要大于黄铜矿中 Co、Ni 含量 1~2 个数量级正好相反，这是本区矿物组分特点之一。

大兴安岭中段各矿床中以莲花山矿区黄铜矿中含 Co、Ni 最高，Co 最高可达到 0.48%，Ni 达到 588×10^{-6} ，其次是布敦化铜矿，含量最低的是敖瑙达巴矿床，黄铜矿中 Co 含量仅 11×10^{-6} ，部分样品 Ni 甚至 $< 1 \times 10^{-6}$ 。莲花山铜矿成矿流体含有大量的 Co、Ni，这不仅表现存在于黄铜矿中，而且在该区出现多种钴镍矿物。成矿流体中 Co、Ni 含量高，这正好说明区内与铜矿床有关的岩浆源于 I 型花岗岩浆。

银除产出在方铅矿中，在黄铜矿中也有较高的富集，而且各矿区比较均衡，据表 4 所示为 $390 \times 10^{-6} \sim 165 \times 10^{-6}$ ，该数值要比三江地区呷村等矿区黄铜矿平均含 Ag 72×10^{-6} 要高出 2~5 倍^[8]。金在黄铜矿中和在其它硫化物中相似，含量很低，平均要小于 1×10^{-6} 。此外，黄铜矿中的 Se、Te 也略高于黄铁矿。

1.4 黄铁矿

黄铁矿是最常见的矿物，不仅分布在各类铜、铅锌、锡、银矿体中，而且也广泛分布于蚀变围岩中。在各类矿体中它们以自形一半自形晶集合体，或呈浸染状分布在矿体和蚀变围岩中。在矿体中黄铁矿最常见的有 4 类：第一类是成矿早期的黄铁矿，它们往往与石英、辉钼矿、磁铁矿或夕卡岩共生，常碎裂并被晚期矿物充填和交代；第二类是与黄铜矿、磁黄铁矿共生的黄铁矿，有时有少量闪锌矿、毒砂共生；第三类是与方铅矿、闪锌矿、石英共生的黄铁矿，是早期铅锌成矿作用的产物；第四类是与方铅矿、黝铜矿、银铋的硫盐矿物共生晚期成矿作用的黄铁矿，有时呈胶状。黄铁矿的形成条件很宽，形成范围很广。

表 4 主要金属矿物中银含量 (10^{-6})

Table 4. Ag content of main metallic minerals

矿床	方铅矿	闪锌矿	黄铜矿	黄铁矿
布敦化	$\frac{385 \sim 317}{357}$ (3)	$\frac{700 \sim 75}{387}$ (2)	$\frac{2000 \sim 282}{748}$ (3)	$\frac{16.7}{16.7}$ (1)
莲花山	$\frac{6550 \sim 1050}{2690}$	$\frac{3400 \sim 41}{593}$ (8)	$\frac{2700 \sim 165}{385}$ (7)	$\frac{2200 \sim 18}{799}$ (3)
闹牛山	—	1600 (1)	2500 (1)	600 (1)
孟恩陶勒盖	$\frac{6070 \sim 140}{2961}$ (4)	$\frac{4600 \sim 1310}{2955}$ (2)	—	$\frac{70 \sim 40}{55}$ (2)
敖瑙达巴	$\frac{4500 \sim 3300}{3900}$ (2)	$\frac{106 \sim 55}{80}$ (2)	$\frac{366 \sim 213}{289}$ (2)	$\frac{13 \sim 7}{10}$ (2)
浩布高	$\frac{554 \sim 278}{416}$ (2)	$\frac{273 \sim 3}{53}$ (6)		
白音诺	$\frac{860 \sim 13.4}{294}$ (10)	$\frac{32.5 \sim 0.40}{20}$ (8)		
德兴 ^①			17.5 (13)	7.8 (50)
呷村 ^②	229.2 (5)	71.4 (5)	80 (4)	58.7 (12)
金顶 ^②	155 (3)	13 (4)		24 (4)
蔡家营 ^③	89.8 (12)	90.2 (29)		45 (18)
三道沟 ^③	1.2 (3)	13.9 (7)		51.1 (3)

① 据芮宗瑶，1984；② 据叶庆同，1992；③ 据黄典豪，1992；④ 分子为最高和最低含量，分母为平均含量，括号内为样品数

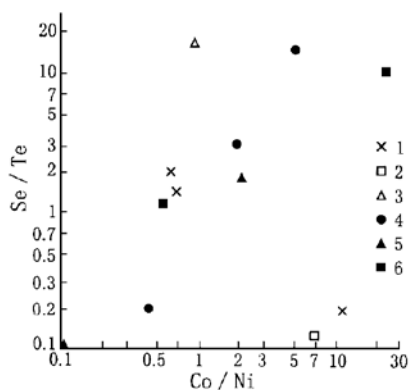


图3 黄铁矿、黄铜矿 Co/Ni-Se/Te 关系图

黄铁矿: 1—孟恩陶勒盖矿; 2—敖瑙达巴矿; 3—马鞍山矿。黄铜矿: 4—布敦化矿; 5—莲花山矿; 6—敖瑙达巴矿

Fig. 3. Co/Ni versus Se/Fe diagram of pyrite and chalcopyrite.

Pyrite: 1—Meng'en Tolgoi deposit; 2—Aonao Daba deposit; 3—Maanshan deposit. Chalcopyrite: 4—Budun Hua deposit; 5—Lianhuashan deposit; 6—Aonao Daba deposit.

大兴安岭中段各矿床中的黄铁矿物均以含一定数量的 Zn、Cu、Pb、As、Co、Ni、Ag、Au、Cd、Bi、Se、Te 为特征。黄铁矿所含的 Cu、Zn、Pb 呈黄铜矿、闪锌矿、方铅矿的微细粒以机械混入形式存在。Au、Ag 在黄铁矿中主要呈原子或自然元素(自然金、自然银)状态存在。在黄铁矿中呈类质同象的杂质元素有 Co、Ni、As、Sb、Bi 等。Co、Ni 呈类质同象取代 Fe, 而 As、Sb、Bi 取代 S。Co 在周期表中的位置离 Fe 更近, 所以 Co 较 Ni 更易进入黄铁矿晶格。黄铁矿中的 Co/Ni 比值对成矿条件具有一定的指示意义, 一般说 Co/Ni 比值越大, 矿物的形成温度越高。从图 3 看出斑岩型敖瑙达巴银锡铜矿床黄铁矿有较高的 Co/Ni 比值, Co/Ni 为 6~7, 孟恩陶勒盖银铅锌脉状矿床 Co/Ni 比值变化范围大, 低的仅 0.5~0.7, 高的达 10 以上, 说明该矿床成矿有从高温到低温的多阶段性。矿区内 Se/Te 比值在敖瑙达巴矿床既有高值(>20), 也有低值(<0.2), 孟恩陶勒盖矿床变化较小, 从 0.2~2。据本次通过化学分析测定黄铁矿 Ag、Au 含量(前人资料是采用电子探针分析, 误差较大) Ag 为 7~70 g/t, Au 为 0.1~7.4 g/t。因此, 各矿床的黄铁矿与闪锌矿、方

铅矿一样所含的 Ag、Au 均具有综合利用价值。

2 矿石中银的赋存状态

大兴安岭中段铜多金属矿床均以富银为特征, 孟恩陶勒盖银达到大型, 敖瑙达巴矿床银为中型、莲花山矿为铜银矿。银在大兴安岭中段具有重大的经济价值。

大兴安岭中段富银的矿石主要有三类: 第一类是铜银矿石, 主要成分为黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、辉铋矿、辉钴矿及淡红银矿、辉银矿、石英、方解石等; 第二类是铅锌银矿石, 主要成分是方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、毒砂、石英或石榴石、辉石以及银的硫酸盐矿物; 第三类是银锡矿石, 主要共生矿物是黄铁矿、毒砂、锡石、黄玉、石英、电气石及自然银、辉银矿等。

银是亲铜元素, 两者具有近似的地球化学性质, 银的离子半径又与铅离子半径相近, 因而银与铜、铅之间类质同象现象很广泛。这就决定了银常与铜或铅共生。银在各类矿物中主要有 3 种存在形式: 一种是置换铅矿物或铜矿物中的主要组分, 呈类质同象存在于这些矿物中; 另一种是呈独立的银矿物出现; 第三种是呈原子或自然元素(自然银)状态存在。黄铁矿、方铅矿等矿物晶格缺陷的存在也就为呈原子或超显微颗粒状态的 Ag (也包括 Au) 进入这些矿物提供了条件。在自然界矿物形成的温度越高, 形成条件变化就越大, 这些矿物晶体

中的缺陷就越大，它们中银（金）含量就可能越高些。

银在各种矿物中含量变化较大，这不仅由于银在各矿物中不均一的混入，而且由于银的形成温度较低，多数属矿床晚期矿化的产物，早世代形成的矿物含银较少，银在晚世代矿物中相对富集。银在各矿床的主要金属矿物中的含量见表 4。从表 4 可看出，矿石中相当一部分银集中在方铅矿中，对大型银矿（如孟恩陶勒盖矿床）闪锌矿也含有较高的银。从表 4 还可看出大兴安岭中段各矿床包括方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、黄铁矿等主要金属硫化物银的含量比我国三江地区的呷村、金顶铅锌矿^[8]，华北地台的蔡家营铅锌矿、三道沟钼矿^[9]及江西德兴铜矿^[10]都要高出 1~2 个数量级。这一事实反映本区处于银的异常区，是找寻新的银矿有望地区。

在富银的铜矿石和铅锌矿石中常见的银矿物有：自然银、银金矿、辉银矿、淡红银矿、深红银矿、银黝铜矿、碲银矿、黑硫银锡矿、铋银矿、脆银矿、辉铋银铅矿、辉铋银铅矿、火硫铋银矿、角银矿、硫铋铜银矿、柱硫铋铅银矿、银铋金矿等。

3 结 论

综上所述，我们可以得出以下结论：

(1) 虽然大兴安岭中段矿床类型不同，但闪锌矿种类一致，多为铁闪锌矿和含铁闪锌矿，区内各矿床闪锌矿中的 Zn/Cd 比值均和国内外与岩浆有关的热液和夕卡岩型矿床一致。

(2) 在大兴安岭中段不同类型矿床方铅矿中 Sb、Bi、Ag 的含量有明显的差异，Ag、Sb 可以相差 1~2 个数量级，Bi 甚至可以差 2~3 个数量级，布敦化铜矿的方铅矿是富 Bi、贫 Ag、Sb 型，而孟恩陶勒盖铅锌银矿、莲花山铜矿、敖瑙达巴银锡铜矿的方铅矿则是贫 Bi、富 Ag、Sb 型，而在浩布高、白音诺等夕卡岩型铅锌矿床中的方铅矿，所含的 Bi、Ag、Sb 三者相对较均匀。

(3) 大兴安岭中段黄铜矿中的 Co、Ni 含量较高，而且，明显大于黄铁矿中的 Co、Ni 含量，这与三江地区呷村铅锌矿床和江西德兴铜矿正好相反，呷村铅锌矿和德兴铜矿黄铁矿中的 Co、Ni 含量要大于黄铜矿中的 Co、Ni 含量。

(4) 大兴安岭中段各类型矿床中包括方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、黄铁矿等主要金属硫化物银普遍有较高的含量，它比我国三江地台的呷村、金顶铅锌矿，华北地台的蔡家营铅锌矿、三道沟钼矿以及江西德兴铜矿在上述矿物中银的含量要高 1~2 个数量级，反映了该区处于银的异常区，是找寻新的银矿床有希望的地区。

(5) 大兴安岭中段各矿床中 Au、Cd、In 亦具有较高的含量，往往具有重要的综合利用价值。

参 考 文 献

- 1 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. 北京：地震出版社，1994，198~228.
- 2 徐志刚. 内蒙古东南部铜多金属矿床成矿构造背景. 见：张德全，赵一鸣主编. 大兴安岭及邻区铜多金属矿床论文集. 北京：地震出版社，1993，22~41.
- 3 盛继福，李岩，王湘云等. 内蒙古布敦化铜矿床地质特征及成矿作用. 见：张德全，赵一鸣主编. 大兴安岭及邻区铜多金属矿床论文集. 北京：地震出版社，1993，116~125.
- 4 段国正，李鹤年. 莲花山铜矿床地质特征及成矿作用. 见：张德全，赵一鸣主编. 大兴安岭及邻区铜多金属矿床论文集. 北京：地震出版社，1993，126~140.

- 5 张德全. 浩布高铅锌铜锡夕卡岩矿床分带及成因探讨. 见: 张德全, 赵一鸣主编. 大兴安岭及邻区铜多金属矿床论文集. 北京: 地震出版社, 1993, 100~115.
- 6 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. 矿床地质, 1991, 10 (3): 204~216.
- 7 宋学信. 凡口矿床闪锌矿和方铅矿的微量元素及其比值——一个对比性研究. 岩矿测试, 1982 (3): 37~44.
- 8 叶庆同, 石柱华, 叶锦华等. 怒江、澜沧江、金沙江地区铅锌矿床成矿特征和成矿系列. 北京: 北京科学技术出版社, 1991, 79~93.
- 9 黄典豪. 蔡家营铅-锌-银矿床. 北京: 地质出版社, 1992, 42~71.
- 10 芮宗瑶, 黄崇轲, 齐国明等. 中国斑岩铜(钼)矿床. 北京: 地质出版社, 1984, 156~159.

A STUDY OF MINOR ELEMENTS IN MINERALS FROM POLYMETALLIC DEPOSITS IN THE CENTRAL PART OF THE DA HINGGAN MOUNTAINS

Sheng Jifu, Li Yan

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

Fan Shuyi

(No. 115 Geological Party, Inner Mongolia Bureau of Geology and Mineral Resources, Ulan Hot 137405)

Key words: minor element, geochemistry, copper-polymetallic deposit, central part of the Da Hinggan Mountains

Abstract

The Da Hinggan Mountains constitute an important metallogenic belt in China. The central part of the Da Hinggan Mountains is characterized by relatively intense volcanic plutonic magmatism and metallogenesis. The district has quite abundant Cu, Pb, Zn, Ag, Sn mineral resources. The aim of this paper is to provide comprehensive utilization information and scientific basis for ore deposits in the district on the basis of the studies of minor elements in minerals from polymetallic deposits in the central part of the Da Hinggan Mountains. The authors have detailedly studied minor elements in minerals from several major deposits in the study district. The results show that, although the deposits in the district belong to different minerogenetic types, sphalerites are of the same species, mainly marmatite and ferruginous sphalerite, and that the Sb, Bi and Ag contents of galena in the deposits are different: in the Budun Hua deposit, galena is rich in Bi and poor in Ag and Sb; in the Meng'en Tolgoi, Lianhuashan and Aonao Daba deposits, galena is poor in Bi and rich in Ag and Sb; in the Buyan Nur and Haobugao deposits, Bi, Ag, Sb contents are unifrom. In this district the Ag content of galena, sphalerite, chalcopryrite and pyrite is generally higher than that in other districts. Au, Ag, Cd and In are rather high in ore deposits of this district, thus having important value for multipurpose use.