

大兴安岭地区银矿床类型、成矿系列及成矿地球化学特征

吕志成^{1,2}, 段国正², 刘丛强³, 郝立波², 李殿超², 魏存第²

(1. 中国科学院 地球化学研究所 矿床地球化学开放研究实验室, 贵州 贵阳 550002;

2. 吉林大学, 吉林 长春 130026; 3. 中国科学院地球化学研究所, 贵州 贵阳 550002)

关键词: 矿床类型; 成矿系列; 地球化学特征; 银矿床; 大兴安岭

中图分类号: P618.520.63 文献标识码: A 文章编号: 1007-2802(2000)04-0305-05

大兴安岭是我国北方重要的银多金属成矿区, 已发现的大、中型银矿床达十余处, 且所有的有色金属矿床中都含银。其中大井子铜银锡矿床、孟恩陶勒盖银铅锌矿床、甲乌拉银多金属矿床、查干布勒根银矿床和额仁陶勒盖银矿床均属大型和特大型。

大兴安岭地区银矿床主要分布在大兴安岭中南段的黄岗梁-乌兰浩特成矿带和大兴安岭北段得尔布干成矿带^[1]。本次研究的银矿床主要为产于大兴安岭中南段黄岗梁-乌兰浩特成矿带的孟恩陶勒盖银铅锌矿床、敖恼达坝银锡多金属矿床、白音诺含银多金属矿床、浩布高、大井子银锡多金属矿床、莲花山铜银矿床等和产于大兴安岭北段得尔布干成矿带的额仁陶勒盖银矿床、甲乌拉银铅锌矿床和查干布勒根银矿床。

1 大兴安岭地区银矿床的矿床类型

根据成矿方式、成矿条件和成矿元素组合, 将大兴安岭地区银矿床划分为以下矿床类型: I 矽卡岩型银矿床: I a 矽卡岩型铁-铜-银矿床, I b 矽卡岩型银锡多金属矿床, I c 矽卡岩型含银铅锌矿床; II 斑岩型银矿床: II a 斑岩型铜-银矿床, II b 斑岩型银锡多金属矿床; III 热液脉状矿床: IIIa 与中深成侵入体有关的热液脉状矿床 (IIIa¹ 热液脉状银锡多金属矿

床, IIIa² 热液脉状铅-锌-银矿床), IIIb 与火山侵入杂岩有关的浅成脉状矿床 (IIIb¹ 热液脉状铜银矿床, IIIb² 热液脉状银多金属矿床, IIIb³ 热液脉状银-铅-锌矿床, IIIb⁴ 热液脉状银矿床)。

2 大兴安岭地区银矿床的成矿系列及各系列矿床成矿特点

在现今的矿床学文献中^[2,3], 对成矿系列有着不同的理解。我们将成矿系列理解为同一种元素或相关一组元素, 以多种成因类型在同一地区出现的一系列矿化。多种成因类型矿化之间, 彼此有生成联系, 是同一成矿作用在不同的空间部位、不同构造和围岩条件下而产生不同形式的矿化。实际上是同一成矿过程中, 由于条件变化而形成的不同类型的矿床称为同一成矿系列。故成矿系列的研究, 是从成矿的共同地质背景和同一的成矿过程出发, 深入揭示不同矿化类型之间的内在联系。

本区有色金属矿化类型繁多, 元素共生组合复杂, 但均与燕山期花岗岩类岩浆活动有关。本文以构造-岩浆活动和成矿岩体时代为主线, 结合矿床类型及其时空分布特征, 划分为4个成矿系列:

(1) 与燕山早期深源浅成-超浅成斑岩体有关的铜-银和铅-锌-银成矿系列

收稿日期: 2000-06-30 收到, 09-10 改回

基金项目: 教育部博士点基金(97018701)和国家杰出科学家基金(49625304)共同资助

第一作者简介: 吕志成(1966—), 男, 博士, 副教授, 从事岩石、矿床地球化学研究。

属于该成矿系列的矿床主要产于研究区北部突泉和科尔沁右翼中旗一带,大致呈北西向分布,属黄岗梁-甘珠尔庙-乌兰浩特成矿带东部亚带。矿床产于二叠系隆起与侏罗系火山断陷盆地的过渡位置。赋矿围岩大多为二叠系凝灰质砂板岩地层,亦有部分产于侏罗系浅成火山侵入体及火山盆地中,矿体与围岩界线清楚,矿床类型有斑岩型矿床,高、中温热液脉状矿床等。与成矿有关的侵入体主要为中酸性浅成的岩株或岩脉,有闪长玢岩、花岗闪长斑岩、斜长花岗岩和二长花岗斑岩,形成时代为 160~165 Ma。

矿体与成矿岩体密切伴生,并产于同一构造带中,斑岩型矿床产于岩体顶部及外接触带裂隙中,热液脉状矿床则产于二叠系地层或侏罗系火山岩及次火山岩中,矿体主要受断裂构造控制,对围岩的选择性不明显。矿床随成矿岩体距离的增大,出现明显的分带性,以莲花山地区为例,在陈台屯出现为斑岩铜-钼矿床,向西南远离岩体中心依次为铜(银)矿床和铅-锌(银)矿床。

不同矿床的矿物组合不同,但均系同一成矿过程中不同成矿阶段的产物,除早期的磁铁矿、毒砂、黄铁矿阶段外,成矿主要有细脉浸染状黄铜矿阶段;黄铜矿多金属硫化物阶段;闪锌矿-方铅矿阶段。不同的主成矿阶段矿床的矿物组合不同,因而矿床的主要伴生元素也有差异。如莲花山、闹牛山铜银矿床主要伴生元素为 Bi、Zn、As,而长春岭铅-锌-银矿床主要伴生元素为 Sb、Mn、Cd。

(2)与燕山早期中深成侵入体有关的锡-银-多金属和铅-锌-银成矿系列

属于该成矿系列的矿床主要产于黄岗梁-甘珠尔庙-乌兰浩特成矿带西部亚带。成矿岩体为壳幔混合源的酸性侵入杂岩体的晚期小侵入体。时代为 140~155 Ma。成矿岩体以富硅富碱,富含 W、Sn、Bi 和挥发分为特征。

矿床的主要金属矿物为锡石、黄锡矿、黝铜矿、闪锌矿、方铅矿、银黝铜矿、深红银矿、黄铁矿和毒砂等。脉石矿物为石英、绿泥石和绢云母等,伴生组分有 Mo、As、Sb 和 Bi。成矿是多阶段形成,锡、铜成矿在早阶段,铅、锌成矿在晚阶段,银虽在各阶段均成

矿,但主要在晚阶段。

本系列矿床具有明显的空间分带,如大井子矿床,按远离成矿岩体方向,依次为 Sn→Sn、Cu(Ag)→Pb、Zn、Ag,安乐矿床远离花岗岩斑岩依次为 Cu、Sn、Mo→Sn、Cu、Ag→Sn、Zn、Pb→Zn、Pb、Ag,敖恼达坝锡矿化产于岩体中部,向两侧接触带为铜、铅、锌矿化,银矿化为晚期成矿阶段形成,叠加于早期矿体之上,应属于斑岩型银锡多金属矿床。

与铅-锌-银成矿有关的复式岩体有花岗闪长岩、黑云母斜长花岗岩、二长花岗岩和细粒花岗岩等,成矿主要与复式岩体分异晚期的细粒花岗岩有关,二者时间接近,空间上密切伴生。成矿岩体以富硅富碱贫 Fe、Mg、Ti 为特点, SiO₂ 一般为 73%~76%, Na₂O+K₂O 8%, A/NKC 1.0~1.2, DI>88。微量元素 Pb、Zn、Ag、Sn、W、Mo 富集,铁族元素亏损。

矿床的成矿元素为 Ag、Pb、Zn,伴生组分有 Cu、Cd、Sn、As、Sb、Mn 等。金属矿物主要有闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、黄铜矿、深红银矿、银黝铜矿、硫锑铜银矿、螺状硫银矿和自然银等。脉石矿物为绢云母、绿泥石、石英、锰菱铁矿。矿床系多阶段形成,早期为锌成矿阶段,晚期为铅银成矿阶段,成矿元素在空间分布上也有一定的规律性,按远离成矿岩体方向,依次为 Sn→Cu→Zn→Pb→Ag。

(3)与燕山晚期中酸性小侵入体有关的铅-锌-银和银-多金属成矿系列

属于该成矿系列的矿床主要产于黄岗梁-甘珠尔庙-乌兰浩特成矿带的中部亚带。矿床均产于中生代火山凹陷与二叠系隆起交接处的隆起一侧。在花岗岩类岩体与石灰岩接触处常形成矽卡岩矿床,如白音诺银铅锌矿床。产于硅铝质岩石中则形成脉状矿床,如浩布高银锡多金属矿床。白音诺银铅锌矿床矿体产于花岗闪长斑岩与大理岩接触带的矽卡岩中,呈透镜状、似层状、脉状。矿石矿物为闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、黄铜矿、银黝铜矿和螺状硫银矿等。成矿元素为 Pb、Zn,伴生有益组分为 Ag、Cd 和 Cu 等,特征地球化学指示元素为 As、Sb、Mn。

浩布高矿床成矿岩体是成分复杂的复式岩体。岩石类型有石英二长岩、黑云母钾长花岗岩及花岗斑岩。岩体的化学成分变化较大, SiO₂ 为 68.6%~

74.3%，与同类岩石相比，硅、碱含量高，而 MgO 和 CaO 偏低，DI 88~99，A/NKC 为 1.15~1.37，Ti、V、Co、Ni 偏低，Cr、Mn、Sn、Pb、Ag、F、Cl 富集。本系列矿床的主要特征是 Sn 与 Cu、Pb、Zn、Ag 等成矿元素在同一矿床中共生，但不同矿床有所差别。如白音诺矿床以 Pb、Zn 为主，浩布高矿床以 Cu、Zn 为主，但均含银。伴生元素为 Sn、As、Sb、Bi 和 Mn。矿床均系多阶段形成，锡主要在早期阶段形成，依次形成 Sn-Cu→Cu-Zn→Zn-Pb→Ag，矿床的形成与花岗岩侵入有密切的成因关系，成矿物质主要来源于花岗岩同源岩浆。

(4)与燕山晚期火山-侵入杂岩晚期浅成斑岩有关的铅-锌-银和银成矿系列

本系列矿床主要分布在大兴安岭北部得尔布干成矿带南西段的木哈尔成矿带，矿床主要受次一级北西向断裂构造控制。矿床均产于中、晚侏罗世火山岩系中，成矿与火山-侵入杂岩分异晚期的浅成斑岩体有关，岩性为闪长玢岩、花岗闪长斑岩、石英斑岩和长石石英斑岩等，同位素年龄为 110~120 Ma，属燕山晚期产物。成矿岩体的化学成分以高硅、富碱贫钙镁铁为特征，K₂O+Na₂O 7.5%~9%，K₂O>Na₂O，δ 为 3.5~1.2，稀土元素配分曲线呈右倾“V”型曲线， Σ_{Eu} 平均 0.4。矿体呈脉状产出，严格受断

裂构造控制。围岩蚀变为硅化、绿泥石化、绢云母化和高岭土化。矿床中金属矿物主要为方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿和硬锰矿，主要工业银矿物为自然银、辉银矿(螺状硫银矿)、银黝铜矿、深红银矿和辉锑银矿等，脉石矿物为石英、绿泥石、菱锰矿、绢云母和冰长石等。成矿物质来自深源，成矿热液为岩浆水和大气降水混合流体。

3 银矿床的成矿地球化学研究

3.1 流体包裹体地球化学

由表 1 可知，虽然不同成矿系列银矿床主成矿阶段温度变化较大，但银矿化阶段的温度均很低，一般为 200℃，且银矿化时成矿热液的盐度亦较低，均小于 7% (NaCl)，反映了成矿热液非高盐度的岩浆水或生成卤水，而更可能为天水居主导地位，并且银矿化主要发生在弱酸性-弱碱性条件下还原环境中。

3.2 同位素地球化学

(1)硫同位素: 由图 1 可知，几乎所有银硫化物矿床的 δ³⁴S 变化范围均较小，整个变化幅度为 9，每个矿床的极差为 4~9，各矿床的 δ³⁴S (‰) 平均值在零值附近，塔式效应明显，但不同成矿系列硫同位素组成却有差异。第一成矿系列的莲花山铜银矿床的

表 1 大兴安岭地区典型银矿床的流体包裹体主要地球化学参数

成矿系列	矿床名称	矿化阶段	均一温度/℃	成矿流体盐度	K/Na	F/Cl	CO ₂ / % /mol	H ₂ O / % /mol	pH	Elh/V	成矿压力 / 10 ³ Pa	还原参数
I	莲花山	铜矿化	400~320	9.5~5.9	0.95	0.13	5.13	94.34		-0.18	180~500	0.09
		铅锌银矿化	240~280	10.9~8.1								
II	孟恩陶勒盖	铅锌银矿化	140~340	6.9~4.1	1.46	0.17	1.99	97.47		-1.2	280~400	0.27
		锡石-石英硫化物	480~340	23~12.5								
	大井子	硫化物-硫酸盐	225~350	7.5~2.5	0.28	3.6			6.4~4.7	0.37~0.87	105~260	0.01~2.85
		锡石-毒砂	380~426	21.3~7.5								
敖恼达坝	敖恼达坝	锡石-硫化物	380~380	4~3.5	0.18	0.47	2.08	96	4		350~70	0.69
		银-硫化物	280~160	7.5~2.5								
III	白音诺	砂卡岩	640~340	47.5~15	1.29	20.19	0.12~1.23	98~99	5.1~3.8	-0.4~-0.6	700~40	
		石英-硫化物	400~220	40~2.5								
		硫化物-硫酸盐	220~140	5~2.5								
IV	浩布高	砂卡岩	640~300	52.5~35	0.4	25.34	0.37~27.67	67.25~99.61	5.81~4.99	-0.41~-1.17	66~60	0.01~285
		锡石-硫化物	420~240	37.5~2.5								
IV	额仁陶勒盖	硫化物-硫酸盐	220~140	5~2	1.18~2.33	0.06~0.002	7.6~54.6	281~386	5.23~6.14	-0.45~-0.52	100~150	0.12~0.51
		银矿物-硫化物	213~294	0.42~1.98								
		银矿物-硫化物	210~290	10.5~8.45								
IV	甲乌拉	银矿物-硫化物	210~290	10.5~8.45	3.46	0.28~0.96	7.8~20.5	490~500	4.81~7.09	0.57~0.66	180~509	0.16~0.52
		银矿物-硫化物	156~262	4.0								
	查干布勒根	银矿物-硫化物	156~262	4.0	0.69~3.57	0.13~0.02	12.9~117.9	234~1445				

注: 部分数据引自文献 [4] 和 [5]

$\delta^{34}\text{S}$ (‰) 为 $-3.5 \sim +3.5$, 多数集中于 $0.5 \sim 2.5$, 呈塔式效应, 闹牛山铜银矿床 $\delta^{34}\text{S}$ (‰) 为 $-1 \sim +3$, 塔式分布更加明显, 表明这一成矿系列硫来源于上地幔。第二和第三成矿系列的银矿床的 $\delta^{34}\text{S}$ 分布范围大, 频率直方图上常具多个峰, 表明硫为壳幔混合硫或深源硫经壳源硫的严重混染。第四成矿系列甲

乌拉矿床 $\delta^{34}\text{S}$ (‰) 为 $-2.86 \sim +4.1$, 塔式分布极为明显。额仁陶勒盖银矿床 $\delta^{34}\text{S}$ (‰) 变化幅度为 $-3 \sim +4$, 呈塔式分布, 表明该系列银矿床硫主要来自幔源。大兴安岭地区银矿床硫同位素特征总体上反映出幔源硫的特点, 部分银矿床硫经壳源硫的轻度混染。

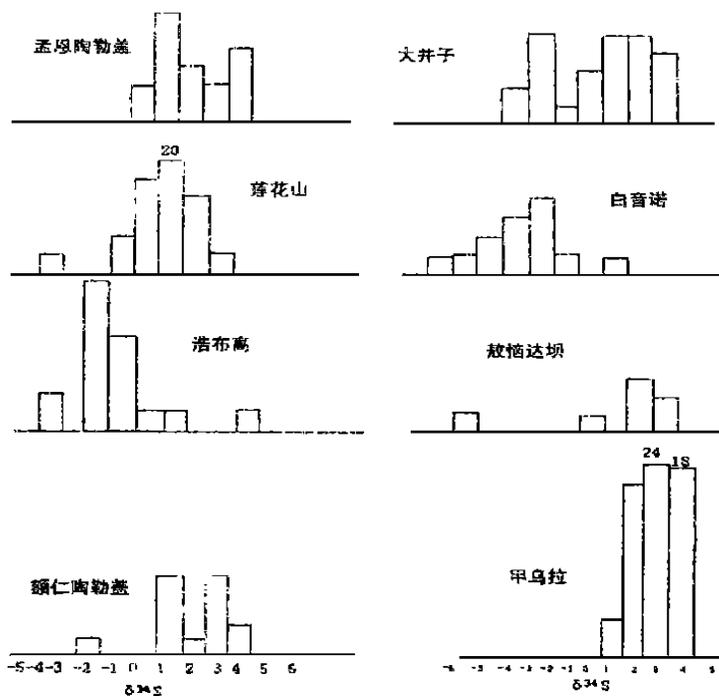


图1 部分银矿床硫同位素组成图

(2) 氢氧同位素: 由图2可知, 各个成矿系列银矿床成矿流体都不具典型的岩浆水或大气降水的氢氧同位素组成, 更普遍的是两种端元水的不同比例混合。各系列银矿床成矿早期主要以岩浆水为主, 晚期的银矿化阶段则主要以天水为主。

(3) 铅同位素: 由表2区可知, 第一成矿系列的莲花山矿床铅同位素比值均较低, 相对贫放射性成因铅; 第二成矿系列的大井子矿床铅同位素变化范围大, 且放射性成因铅偏高; 第三成矿系列的白音诺和浩布高矿床亦相对富放射性成因铅, 铅同位素变化范围亦较大; 第四成矿系列的额仁陶勒盖、甲乌拉和查干布勒根相对贫放射性成因铅。第一和第四成矿系列铅具幔源铅特点, 第二和第三成矿系列的铅

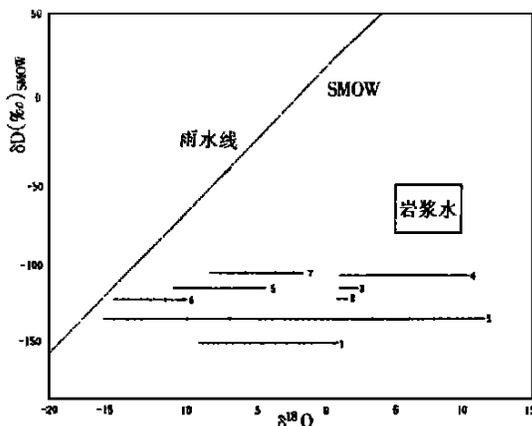


图2 区域部分典型矿床的氢氧同位素组成图

1. 莲花山; 2. 孟恩陶勒盖; 3. 敖恼达坝; 4. 大井子
5. 白音诺; 6. 浩布高; 7. 额仁陶勒盖; 8. 甲乌拉

表2 各银矿床铅同位素组成

成矿系列	矿床名称	样品数	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	μ 值
I	莲花山矿床	3	18.140~18.237	15.532~15.427	38.158~37.841	8.5~9.00
			18.171	15.300	38.000	
II	敖恼达坝矿床	4	18.231~18.569	15.391~15.591	37.510~38.271	8.69~9.26
			18.342	15.494	38.000	
	大井子矿床	10	18.262~18.450	15.521~15.633	30.05~38.46	8.25~9.51
			18.431	15.601	38.286	
孟恩陶勒盖矿床	7	18.015~18.300	15.360~15.760	38.021~38.625	9.349.78	
		18.347	15.423	38.204		
III	白音诺矿床	5	18.284~18.479	15.511~15.634	38.021~38.625	9.24~9.38
			18.347	15.523	38.204	
	浩布高矿床	4	18.281~18.479	15.511~15.634	38.020~38.463	8.15~9.15
IV	额仁陶勒盖矿床	3	18.423~18.588	15.568~15.885	38.532~38.759	8.94~9.12
			8.94~9.12	15.707	38.695	
	甲乌拉矿床	11	18.229~18.649	15.482~15.936	37.932~38.651	8.87~9.22
			18.332	15.552	38.141	

注: 甲乌拉矿床数据引自文献[5]

同位素组成变化较大,且相对富放射性成因铅,表明成矿物质的演化较为复杂。

上述铅同位素特征表明,区域矿床的矿石铅主要为幔源铅和造山带铅,少数为壳源铅所混染,这些混入成分的异常铅可能来自老地层。

参考文献:

[1] 李鹤年,段国正,郝立波,等.中国大兴安岭银矿床[M].长春:吉林科学技术出版社,1997.32-234.

[2] 程裕淇,陈毓川,赵一鸣.初论矿床的成矿系列问题[J].中国地质科学院院报,1979,(1):32-58.

[3] 卢欣祥.东秦岭两类花岗岩与两个金矿系列[J].地质论评,1994,40(4):418-428.

[4] 盛继福,张得全,李岩.大兴安岭中南段金属矿床流体包裹体研究[J].地质学报,1995,69(1):56-66.

[5] 潘龙驹,孙恩守.内蒙古查甲乌拉银铅锌矿床地质特征[J].矿床地质,1992,11(1):45-53.