

文章编号: 1671-1947 (2001) 04-0220-06

得尔布干成矿区 (北片) 成矿条件初步研究

张炯飞^{1,2}, 王显忠³, 权 恒¹, 武 广¹, 祝洪臣¹

(1. 沈阳地质矿产研究所, 辽宁 沈阳 110033;

2. 东北大学 资源与土木工程学院, 辽宁 沈阳 110004;

3. 大雁地勘公司, 内蒙古 海拉尔 021122)

摘 要: 该区有色、贵金属矿床的主成矿期为晚侏罗世—早白垩世。不同成因类型矿床成矿温度亦有差异, “斑岩型”属中高温矿床, “火山热液型”属中低温矿床, “新类型”金矿床和“浅成低温热液型”金矿应属低温热液矿床。有色、贵金属矿床中 S 的来源主要与深源岩浆关系密切, 成因类型应属广义的“岩浆热液型矿床”, 但有少量 S 来源于容矿岩或为外生 S。成矿热液的主体或组成的总趋势, 是以岩浆水和大气降水的混合水为特征, 热源来自中生代火山侵入岩浆, 而莫尔道嘎金矿点是浅成低温热液型, 其成矿热液的主体是大气降水。西吉诺山方铅矿包裹体除了显示出岩浆热液的性质外, 更多地反映了地下热卤水的介质特征。

关键词: 成矿时代; 成矿温度; 稳定同位素; 成矿热液; 得尔布干成矿区 (北片)

文献标识码: A

中图分类号: P612; P618.4; P618.5

得尔布干成矿区北片指黑山头以北地区。笔者对研究区内的已知矿床 (点) 和矿化线索进行了较全面调查研究, 并重点解剖了“火山热液型”得耳布尔铅锌 (银) 矿、西吉诺山铅锌矿, “斑岩型”下吉宝沟金矿^[1,2]、二十一站铜金矿、上伊诺盖沟金矿^[3]、“新类型”砂宝斯金矿^[4]、“浅成低温热液型”莫尔道嘎金矿, “夕卡岩型”下护林铅锌矿^[5]等典型矿床 (点), 同时收集了额尔古纳河西岸俄罗斯相关地区有色、贵金属矿床的有关资料。在此基础上, 探讨区内有色、贵金属矿床的成矿条件。

1 关于成矿时代

位于同一成矿省的邻区俄罗斯赤塔州境内及得尔布干成矿区南片 (黑山头以南) 大型、超大型有色、贵金属矿床较多, 也比较典型, 它们的成矿时代主要为晚侏罗世—早白垩世, 个别矿床可能形成于中侏罗世晚期 (表 1)。

笔者对本区已知矿床 (点) 和矿化线索进行了较全面的检查和研究, 根据容矿岩形成时代、含矿岩年龄和矿化蚀变年龄, 认为研究区内有色、贵金属矿床的主要成矿期为中生代, 主要为晚侏罗世—早白垩世。

表 1 得尔布干成矿区北片邻区重要矿床的成矿年龄

Table 1 The minerogenic ages of main deposits in the neighbouring areas of northern Derbugan

矿 床	成 矿 年 龄
乌兰 Pb—Zn (Ag) 矿床 (蒙)	青磐岩 K—Ar 年龄 $161 \pm 7\text{Ma}$ (格鲁宾等, 1994)
达拉松 Au 矿床 (俄)	青磐岩年龄 150Ma, 黄铁绢英岩年龄 145Ma, 与成矿关系密切的岩体 Rb—Sr 年龄 $151 \pm 1.3\text{Ma}$ (佐尔茨纳等, 1996)
巴列依 Au (Ag) 矿床 (俄)	冰长石 K—Ar 年龄 $112 \sim 120\text{Ma}$ (尤尔金松等, 1995)
诺依昂—塔洛格 Pb—Zn (Ag) 矿床 (俄)	J_3-K_1 (符波罗琴柯, 1992)
萨赫塔明 Cu—Mo 矿床 (俄)	花岗斑岩 Rb—Sr 等时年龄 $145 \sim 150\text{Ma}$ (松特尼柯夫, 1995)
甲乌拉 Pb—Zn (Ag) 矿床	石英二长斑岩单颗粒锆石 U—Pb 年龄 139.2Ma (秦克章等, 1996)
额仁陶勒盖 Ag 矿床	流纹斑岩 Rb—Sr 年龄 120Ma (付金德, 1996)
乌奴格吐山 Cu—Mo 矿床	二长斑岩 Rb—Sr 等时年龄 142Ma (秦克章等, 1996)

收稿日期: 2001-03-26; 修回日期: 2001-10-12 王力编辑。

基金项目: 原地矿部资源与环境科技攻关项目 (编号 950200801) 资助。

1.1 容矿岩时代

研究区内绝大部分矿床、矿点、矿化点其矿化容矿岩为中生代火山—侵入岩，如小伊诺盖沟金矿、下吉宝沟金矿、得耳布尔铅锌（银）矿、二道河子铅锌（银）矿、下护林铅锌矿、卡米奴什克铜多金属矿点、莫尔道嘎金矿、毛河金矿、二十一站铜矿、奥拉奇金矿、西吉诺山铅锌铜矿、龙沟河铜矿、马大尔金矿、砂宝斯林场金矿等。它们在宏观上都与中生代（尤其是晚侏罗世—早白垩世）的侵入岩、次火山岩、火山岩密切相伴生。又如砂巴斯金矿、老沟金矿、二根河金矿等，其容矿岩为中—上侏罗统额尔齐斯河群陆源碎屑岩。由此推测认为，它们的成矿热源是来自中生代火山—侵入岩浆。

1.2 含矿岩和矿化蚀变年龄

研究区内含矿岩同位素年龄和矿化蚀变年龄资料很少。笔者测定下吉宝沟金矿含矿岩二长岩全岩 K—Ar 同位素年龄为 $145.1 \pm 4.8 \text{ Ma}$ ，而钾化、黄铁矿化容矿岩似斑状二长花岗岩的钾长石变斑晶 K—Ar 年龄为 $137.3 \pm 6.1 \text{ Ma}$ ，略小于二长岩年龄。西吉诺山铅锌铜矿含矿岩为花岗斑岩，与之构成复合体的 897 高地闪长岩年龄为 138.2 Ma （程继彦等，1996），测定的矿化蚀变岩 K—Ar 年龄为 130.63 Ma 。二十一站铜金矿含矿岩是由石英闪长岩、石英

闪长斑岩、花岗闪长斑岩及花岗斑岩等构成的复合岩体，测得 9 件样品的 K—Ar 年龄范围为 $107.5 \sim 133.5 \text{ Ma}$ 。得尔布耳—二道河子铅锌矿田二道河子含矿岩年龄为 $110 \sim 111 \text{ Ma}$ （林世明等，1983）。

从以上容矿岩时代和含矿岩、矿化蚀变年龄不难看出，区内有色、贵金属成矿时代以中生代为特征，集中于晚侏罗世至早白垩世。也就是说本研究区有色、贵金属成矿时代同得尔布干成矿区南片满洲里地区和具有同构造背景的俄罗斯赤塔地区基本一致，表现出该区域成矿作用的一致性。

从区域成矿地质背景中不难看出，该区中生代火山—侵入岩浆活动在 J_3-K_1 期间十分强烈，其中偏碱性的中酸性和酸性火山—侵入岩浆活动与本区有色、贵金属成矿作用关系密切，塔木兰沟晚期至上库力期，即晚侏罗世末至早白垩世是研究区内有色、贵金属矿床的主成矿期。

2 成矿温度

本区矿床（点）成矿温度因成因类型不同而不同，在同一类型矿床中因成矿作用的复杂性，所获得的温度范围也很宽。在表 2 中列举了几个矿床（点）的测试资料。

由表 2 可见，“斑岩型”小伊诺盖沟金矿均一温

表 2 研究区内矿床（点）成矿温度
Table 2 Minerogenic temperature of deposits in the studied area

矿床（点）名称	温度/℃	成因类型	备 注
下吉宝沟金矿	252	侵入杂岩型	爆裂法
小伊诺盖沟金矿	206~493	侵入杂岩型	均一法
二十一站铜金矿	224~359	斑岩型	均一法
得耳布尔铅锌银矿	188~224	火山热液型	爆裂法
西吉诺山铅锌（铜）矿	148~230	火山热液型	均一法
砂巴斯金矿	124~284	新类型	均一法
莫尔道嘎金矿	262	浅成低温热液型	爆裂法

度范围最大，为 $206 \sim 493 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ，是由 60 个石英包裹体测定所得，其塔式效应众值为 $300 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ，认为大体从 $206 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $300 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右的温度是由岩头期后矿化—热液阶段所致，而高于此范围的均一温度则由岩浆期后的气热阶段的硅化—电气石化引起，与金矿化关系不大。

下吉宝沟爆裂法温度为 $252 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ，因此认为“侵入

杂岩型”金矿成矿热液温度应为 $250 \sim 300 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

对二十一站铜矿床的 5 件样品测试了石英气—液包裹体均一温度，其平均值为 $291 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。该矿床属斑岩型矿床，其成矿作用是从与硅化—钾化有关的细脉浸染状铜矿化作用延续到与硅化—绢云母化关系密切的金铜矿化作用，其均一温度为 224、234、317、321、 $359 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ，均值为 $291 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ，甚至还发现低温硅化—冰长

石化细脉. 因此, 认为代表二十一站斑岩型铜矿化的温度可能为 300℃左右.

得耳布尔铅锌银矿床和西吉诺山铅锌(铜)矿同属火山热液型矿床, 两者成矿温度分别为 224℃和 200℃, 比较接近, 可能代表着本区火山—侵入岩浆活动过程中与超浅成火山—侵入岩浆热液活动有关的火山热液型铅锌银(铜、金)矿的成矿温度.

砂宝斯金矿属“新类型”金矿床, 其热液来自中生代浅成—超浅成侵入岩. 但容矿岩可远离含矿岩的额尔木河群陆源碎屑岩, 金矿化常同辉锑矿、毒砂、胶状黄铁矿伴生, 所测均一温度值为 200~250℃. 齐金忠^[9]在砂宝斯获得 26 个均一温度, 其范围为 124.5~284.5℃, 出现 3 个峰值: 250℃左右峰值与早期石英—黄铁矿矿化有关, 200~230℃与主成矿期多金属硫化物阶段有关, 130~190℃与黄铁矿—硅化—黏土化有关. 认为该矿床主成矿阶段的温度为 200~230℃, 130~190℃范围为辉锑矿、毒砂、辰砂等矿化的叠加期. 莫尔道嘎金矿爆裂温度为 262℃, 该成矿温度可能偏高.

总之, 本区不同成因类型矿床成矿温度是有差别的, “侵入杂岩型”和“斑岩型”与侵入岩关系密切的成矿作用, 温度相对高些, 为 252~300℃, 属中—高温矿床; 与火山—侵入岩浆活动有关的“火山热

液型”矿床, 其成矿温度为 200℃左右, 属中—低温; “新类型”金矿床成矿温度范围可能较宽些, 是由岩浆水和地下水的热循环条件所致, 认为主成矿温度可能在 200℃以下; “浅成低温热液型”金矿虽然有 262℃测温资料, 但根据页片状方解石和冰长石的共生认为, 应属低温热液矿床.

3 稳定同位素研究

目前在矿床学研究中, 稳定同位素的研究被广泛应用, 通过稳定同位素的丰度及其变化, 来探讨成岩成矿机理. 因此, 稳定同位素研究是矿床学和地球化学研究领域的重要组成部分.

3.1 S 同位素

对区内 3 个金矿、4 个铅锌矿和 1 个铜矿中的硫化物进行了 S 同位素测定, 获得 S 同位素资料 33 件(表 3). 其中黄铁矿 17 件, 方铅矿 4 件, 闪锌矿 5 件, 黄铜矿 5 件, 毒砂 2 件. 通过统计得知, 它们的 $\delta^{34}\text{S}$ 值(CDT)的变化范围为-1.41‰~+5.5‰(如图 1). 由图 1 可见, 本区 $\delta^{34}\text{S}$ 值似乎由 3 部分组成, 即以代表深源岩浆硫的 0~+6‰和代表浅部生物硫的-10‰~-14‰及二者混合成因的-2‰~-6‰值, 说明了本区成矿作用的复杂性. 但主要为深源岩浆硫.

表 3 本区硫化物 $\delta^{34}\text{S}$ 值(‰)(CDT)
Table 3 $\delta^{34}\text{S}$ of sulfides in the studied area

矿床名称	黄铁矿	闪锌矿	方铅矿	黄铜矿	毒砂
小伊诺盖沟	5.5, 2.6				
下吉宝沟	-5.2, -5.1, -5.2				-2.8, -3.4
得耳布尔	5.2, 5.4, 4.9, 5.2	5.0, 5.2	2.9, 3.6	1.6, 2.5	
下护林	-4.4	4.8	3.6	3.7	
砂宝斯	4.3	8.3~+5.6, 均值-1.4			
二十一站	2.0			1.6, 1.2	
西吉诺山	-4.2	-11.0, -14.1	-10.7		
白郎河拉河	2.8, 4.2, 2.5, -0.2				

注: 由中国地质科学院矿床所实验室测定

小伊诺盖沟金矿的矿物组合主要为黄铁矿+方铅矿+磁铁矿+石英+方解石, 未出现重晶石、石墨和磁黄铁矿. 用矿物共生组合比较法确定该矿床的矿物组合相当于 H. Ohmoto 的黄铁矿+磁黄铁矿+碳酸盐组合. H. Ohmoto 的黄铁矿+磁黄铁矿+碳酸盐组合中 $\delta^{34}\text{S}_{\text{Py}} \approx \delta^{34}\text{S}_{\Sigma\text{S}}$, 因此, 可依据小伊诺盖沟金矿黄铁矿的硫同位素组成, 推测相应条件下成矿溶液的总

硫同位素组成. 小伊诺盖沟金矿脉状热液黄铁矿石英岩型矿石中的黄铁矿经中国地质科学院矿床地质研究所实验室测定其 $\delta^{34}\text{S}$ (‰) 为+5.5 和+2.6, 具有深源之特征, 与其成因类型相符.

得耳布尔铅锌(银)矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值 $\text{Py} > \text{Sph} > \text{Gal}$, 大体符合巴欣斯基 $\delta^{34}\text{S}$ 值 $\text{MoD} > \text{Py} > \text{Sph} > \text{Gal}$ 的规律, 说明该矿区内 S 同位素分馏较彻底, 基本达到分

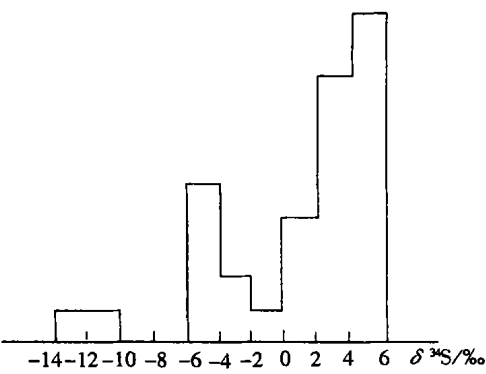


图 1 本区硫化物硫同位素丰度

Fig 1 Sulfur isotopic abundance of sulfides in the studied area
馏平衡条件. $\delta^{34}\text{S}_{\text{Py}}$ 的总趋势基本代表或接近 $\delta^{34}\text{S}_{\Sigma\text{S}}$.

下吉宝沟金矿的矿物组合为黄铁矿+毒砂+方铅矿+石英+方解石. 因此, 认为 $\delta^{34}\text{S}_{\text{Py}} \approx \delta^{34}\text{S}_{\Sigma\text{S}}$. 下吉宝沟金矿黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ (‰) 为-5.2、-5.1和-5.2, 毒砂 $\delta^{34}\text{S}$ (‰) 为-2.8和-3.4. 由于侏罗纪末期(二长岩形成时期)本区岩浆来源以深源为主, 同时在上升的过程中有部分地壳物质加入, 因此, 认为下吉宝沟金矿黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 平均为-5.17‰, 且相对集中, 是因为形成二长岩的岩浆在上升的过程中与富 ^{32}S 的S型花岗岩岩基发生了相互作用, 并发生了均一化的结果, 与下吉宝沟金矿成矿地质背景相吻合.

下护林铅锌矿的硫同位素总体反映深源硫特征, 但很可能未达到同位素的均一化, 这可能是由于成矿作用的叠加等原因所致, 该成因类型目前尚有争议.

砂宝斯金矿的黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 为 4.3‰. 齐金忠等^[6]认为, 砂宝斯金矿硫同位素离散性较大 ($\delta^{34}\text{S}$ 为-8.3‰~+5.6‰), 样品极差达13.9‰, 均值

为-1.4‰. 王义文在研究了中国金矿床硫同位素资料后指出, 当有大气降水参与成矿作用时, 矿石硫同位素组成发生巨大变化, 以富 ^{32}S 和离散性大为特征. 据此可以认为砂宝斯金矿硫同位素组成可能与大气降水的参与有关. 以陆屑碎屑岩为容矿岩的砂宝斯金矿热液来源有两方面, 一是热源体岩浆岩, 二是容矿岩地层中的循环水.

二十一站斑岩型铜金矿, $\delta^{34}\text{S}$ 为 1.2‰~2.0‰, 基本代表了深源岩浆硫的特点, 也是斑岩型矿床的成矿特征.

西吉诺山 Pb、Zn (Cu、Au) 矿床, 方铅矿 $\delta^{34}\text{S}$ 为-10.7‰, 黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 为-4.2‰, 闪锌矿 $\delta^{34}\text{S}$ 为-14.1‰~-11.0‰. 从不同硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ (‰) 值看, 表现为 $\text{Py} > \text{Gal} > \text{Sph}$ 的特点, 不同于共生、分馏平衡时 $\text{Py} > \text{Sph} > \text{Gal}$ 的规律. 说明本区矿化硫化物是在不完全分馏平衡条件下形成的, 它们之间基本不共生. 研究认为西吉诺山矿床含矿热液以地下水为主.

白郎河拉河银多金属矿点黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值为-0.2‰~+4.2‰. 这同矿区岩浆活动频繁, 岩石遭受多期次矿化蚀变, 及以钨为主的银、多金属矿化特征相符, 属岩浆热液成矿背景.

总之, 本区有色、贵金属矿床中S的来源主要与深源岩浆关系密切, 成因类型应属广义的“岩浆热液型矿床”. 但也必须承认有少量S来源于容矿岩或为外生S.

3.2 H、O 同位素

本区几个矿床(点)的蚀变矿物石英O同位素和包裹体H同位素分析结果列于表4中.

从小伊诺盖沟金矿和二十一站铜矿等O同位素

表 4 石英包裹体 H、O 同位素组成 (SMOW)

Table 4 O and H isotopic compositions of quartz inclusion

序号	样品号	采样地点	$\delta^{18}\text{O}_{\text{Q}}/\text{‰}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{‰}$	$\text{D}/\text{‰}$	温度/℃
1	N3-3	小伊诺盖沟	12.0	5.1	-98	300
2	N3-4	小伊诺盖沟	11.4	4.5	-96	300
3	N7-9	得耳布尔	8.1	-2.2	-103	224
4	N12-4-5	莫尔道嘎	-4.5	-12.9	-105	262
5	N52-12-1	下吉宝沟	0.5	-8.4	-94	252
6	ZK68D14	二十一站	9.5	2.3	-89	291
7		砂宝斯	18.3	7.1	-95	207
8		砂宝斯	23.9	12.6	-104	207

注: 1、2、6、7、8号温度为均一温度; 3号为共生的闪锌矿爆裂温度; 4、5号为爆裂温度; 由中国地质科学院矿床所实验室测定.

分析结果看, 其石英 O 同位素组成与中酸性岩浆岩 $\delta^8\text{O}$ 值变化范围 (通常为 $+6\text{‰} \sim +13\text{‰}$) 基本一致, 表明这些矿床的成因是与中酸性岩浆岩关系密切, 而莫尔道嘎金矿和下吉宝沟金矿石英 $\delta^8\text{O}$ 值较低, 显然与大气降水参与成矿热液事件关系密切, 这一点在前面都进行过论述, 但下吉宝沟金矿化作用 (侵入杂岩型) 与其石英 O 同位素值之间的关系是有矛盾的, 分析认为下吉宝沟二长岩有可能只提供热源, 而大部分成矿热液可能来自围岩, 即海西—印支期二长花岗岩岩基。

笔者采用的水中 H 同位素 δD 是从石英包裹体中直接测得的, 水中 O 同位素 $\delta^8\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 是通过石英 $\delta^8\text{O}_{\text{O}_\text{Q}}$ 值换算得来的. 采用克莱顿 (1972) 提出的方程:

$$\delta^8\text{O}_\text{Q} - \delta^8\text{O}_{\text{H}_2\text{O}} = 3.38 \times 10^6 / T^2 - 3.4$$

将测定的上述 7 个矿床成矿热液中水的 δD 值与计算得到的成矿热液中水的 $\delta^8\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值投于 $\delta^8\text{O}-\delta\text{D}$ 体系图 (图 2), 从中可以看出: 莫尔道嘎金矿与下吉宝沟金矿的样品点落在大气降水线 ($\delta\text{D} = 8\delta^8\text{O} + 10$, H. Craig, 1961) 附近, 表明该矿床成矿热液中的大气降水成分可能占优势, 这一般是浅成低温热液矿床的一个重要标志. 其余 6 个矿床的样品点也都分布在岩浆水和变质水范围以外, 因此认为本区有色、贵金属矿床成矿热液均是岩浆水与大气降水混合的结果, 只是二者的比例不同而已。

总之, 本地区中生代有色、贵金属矿床成矿热液的主体或组成的总趋势, 是以岩浆水和大气降水的混

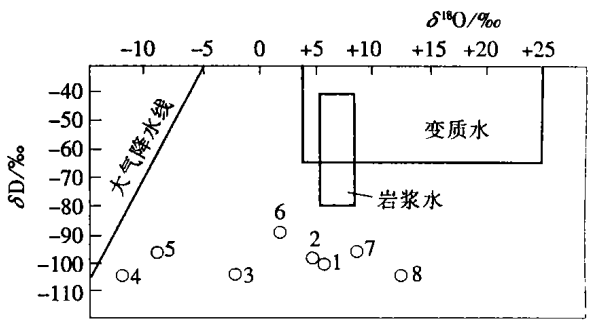


图 2 本区含矿热液水 $\delta^8\text{O}-\delta\text{D}$ 体系图
(据 H. P. Taylor, 1974)

Fig 2 $\delta^8\text{O}-\delta\text{D}$ system of ore-bearing hydrothermal solution in the studied area
(after H. P. Taylor, 1974)

合水为特征的, 热源来自中生代火山—侵入岩浆, 而莫尔道嘎金矿等是浅成低温热液型成矿作用, 其成矿热液的主体是大气降水。

4 成矿热液

对代表原始成矿溶液的气—液包裹体的研究, 能提供矿床形成时物化条件的重要信息, 为此, 在西吉诺山矿区 480 线 3 号脉 (G9—3)、7 号脉 (G24—3)、8 号脉 (G29—3、西—8) 共采集 4 件样品进行测试, 测试矿物为方铅矿, 同时收集了砂宝斯金矿流体包裹体测试资料 (表 5)。

4.1 包裹体成分

砂宝斯金矿流体包裹体成分分析结果^[9]表明, 流体气相成分以 H_2O 为主, 其次为 CO_2 (占 7.1%),

表 5 西吉诺山方铅矿包裹体成分

Table 5 Composition of inclusion in galena in Xinjinoushn ore field

样号	包裹体成分含量/ (mg/g)									
	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	H ₂ O	CO ₂	H ₂	CH ₄
G29—3	1.31	1.50	0.68	3.19	0.81	2.08	100	110	0.6	15.0
G9—3	0.75	0.94	2.19	1.31	0.47	1.11	120	120	0.08	10.0
G24—3	0.68	0.83	1.23	0.84	0.29	1.23	150	150	0.06	1.6
西—8	0.69	0.94	0.56	2.68	0.33	1.11	200	80	0.03	0.5

样号	液相成分/ (mol/L)						气相成分 (摩尔分数) / %				Na ⁺ /K ⁺	Na ⁺ / Ca ²⁺ +Mg ²⁺
	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	H ₂ O	CO ₂	H ₂	CH ₄		
G29—3	0.519	0.351	0.155	1.213	0.389	0.542	61.15	25.22	3.30	10.32	1.478	0.379
G9—3	0.257	0.190	0.432	0.431	0.195	0.250	58.83	35.30	0.35	5.52	1.352	0.298
G24—3	0.191	0.137	0.198	0.226	0.098	0.226	79.64	19.11	0.38	0.96	1.394	0.471
西—8	0.145	0.116	0.188	0.538	0.084	0.153	86.64	12.99	0.12	0.24	1.250	0.200

摩尔分数), 而 N_2 、 H_2 、 CO 等含量甚微. 液相成分中阳离子以 Ca^{2+} 、 K^{+} 、 Na^{+} 为主, 且 $\text{Ca}^{2+} > \text{K}^{+} >$

Na^{+} , 阴离子以 SO_4^{2+} 、 F^{-} 、 Cl^{-} 为主, 且 $\text{SO}_4^{2+} > \text{F}^{-} > \text{Cl}^{-}$.

西吉诺山 Pb、Zn (Cu) 矿的液相溶液中 Mg^{2+} 的浓度最高, 其次为 Na^+ 和 Ca^{2+} 、 K^+ 含量相对偏低, 即 $Mg^{2+} > Na^+ > Ca^{2+} > K^+$, 阴离子 Cl^- 和 F^- 的平均含量分别为 0.293、0.195 mol/L。在气相包裹体成分中为 $H_2O > CO_2 > CH_4 > H_2$ 体系, 这个体系虽然和辽冀地区岩浆热液性矿床含矿热液一致, 但其摩尔浓度有很大的变化。

4.2 热液来源探讨

Roedder (1972) 及很多地质学家通过多年研究认为, $Na^+/K^+ < 2$ 且 $Na^+/(Ca^{2+} + Mg^{2+}) > 4$ 是典型的岩浆热液; $Na^+/K^+ > 10$ 且 $Na^+/(Ca^{2+} + Mg^{2+}) < 1.5$ 属岩浆热卤水; 介于二者之间为沉积和层控型热液。西吉诺山矿化区阳离子浓度比值 Na^+/K^+ 在 1.250~1.478 之间, 均小于 2, 按上述经验公式, 是反映了岩浆热液型特征, 但从 $Na^+/(Ca^{2+} + Mg^{2+})$ 值所表现的特征看, 4 个样品均反映了热卤水型, 即小于

1.5。由此可见, 西吉诺山 480 线方铅矿包裹体除了反映出岩浆热液的性质外, 更多地表现出地下热卤水的介质特征, 与 S 同位素所表现的特征相符。

参考文献:

- [1] 张炯飞, 权恒, 张宏. 小干沟二长岩的发现及其地质意义 [J]. 贵金属地质, 1998, 7 (1): 68—70.
- [2] 祝洪臣, 张炯飞, 权恒, 等. 下吉宝沟金矿的发现及其地质特征 [J]. 贵金属地质, 2000, 9 (2): 65—72.
- [3] 张炯飞, 权恒, 祝洪臣. 小伊诺盖沟金矿成矿特征 [J]. 贵金属地质, 1999, 8 (3): 129—135.
- [4] 权恒, 武广, 张炯飞. 得尔布干成矿带新类型金矿及资源潜力 [J]. 贵金属地质, 1998, 7 (4): 302—303.
- [5] 祝洪臣, 张炯飞, 权恒, 等. 额尔古纳地区成矿特征 [J]. 贵金属地质, 1999, 8 (4): 193—198.
- [6] 齐金忠, 等. 大兴安岭北部砂宝斯蚀变砂岩型金矿地质特征 [J]. 矿床地质, 2000, 19 (2): 116—124.

THE FORMING CONDITIONS OF NONFERROUS AND PRECIOUS METAL DEPOSITS IN THE NORTH OF DERBUGAN METALLOGENIC PROVINCE

ZHANG Jiong-fei^{1,2}, WANG Xian-zhong³, QUAN Heng¹, WU Guang¹, ZHU Hong-chen¹

(1. Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, Shenyang 110033, China;

2. Institute of Resources and Civil Engineering, Northeast University, Shenyang 110004, China;

3. Dayan Geology and Investigation Company, Hailar 021122, China)

Abstract: The north of Derbugan metallogenic province is located in the north of Inner Mongolia Autonomous Region and the north of Heilongjiang Province. The principal metallogenetic epoch is J_3-K_1 . The metallogenetic temperatures vary for different genetic types of deposits. Porphyry-type deposits are formed at high-medium temperature; volcanic hydrothermal type, at medium-low temperature; while “New-type” and epithermal type, at low temperature. The sulfur isotopic values of $\delta^{34}S$ from 8 deposits show a high concentration on -6% to $+6\%$. The peak values are around $+2\%$ to $+6\%$, indicating that the sulfur in the endogenetic polymetals, gold and silver deposits comes mainly from anatectic magma. The oxygen isotopic values of $\delta^{18}O$ from 6 deposits are -4.5% and $+23.9\%$, showing a close relationship to the magmatic origin. According to the hydrogen isotope of inclusion, the $\delta^2H_{H_2O}$ values range from -12.9% to $+12.6\%$, and the δD is mainly in -89% to -105% . Therefore, the oxygen and hydrogen isotopes of ore-bearing hydrothermal solution reflect the characteristics of magmatic water mixed with miscible fluids from surface precipitation, but the epithermal deposits are characterized by meteoric water. The analysis shows that the metallogenetic hydrothermal solution of the deposits is derived from magmatic solution and geothermal brine.

Key words: metallogenetic epoch; metallogenetic temperature; stable isotope; metallogenetic hydrothermal solution; the north of Derbugan metallogenetic province

作者简介: 张炯飞 (1963—), 男, 副研究员, 1987 年毕业于长春地质学院, 主要从事区域成矿学方面的研究工作, 现为东北大学博士研究生; 通讯地址: 沈阳市北陵大街 25 号, 邮政编码 110033.