

林西大井铜锡多金属成矿作用研究*

Metallogenic process of the Dajing Cu-Sn polymetallic deposit in Linxi, Inner Mongolia

牛树银¹, 孙爱群¹, 刘建明², 郭利军³, 王宝德¹, 胡华斌¹

(1 石家庄经济学院资源学院, 河北 石家庄 050031; 2 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029;

3 内蒙古地质矿产开发局, 内蒙古 呼和浩特市 010020)

NIU ShuYin¹, SUN AiQun¹, LIU JianMing², GUO LiJun³, WANG BaoDe¹ and HU HuaBin¹

(1 College of Resource, Shi jiazhuang University of Economics, Shi jiazhuang 050031, Hebei, China; 2 Institute of Geology and Geophysics, CAS, Beijing 100029, China; 3 Inner Mongolia Bureau of Geology and Mineral Exploration, Hohhot 010020, Inner Mongolia, China)

大井铜锡多金属矿床经30余年的探采和研究, 已发展成Sn、Zn、Ag大型, Cu、Pb中型, S、Co、Ni等多种伴生组分可综合利用的大型铜锡多金属矿床。特别是以多矿脉密集排列、多元素共生组合、矿脉较薄而品位较富而引人注目(王永争等, 2001; 李如满等, 2004)。

1 问题的提出

正因为大井铜锡多金属矿床的特殊性, 吸引了很多地质学家从不同专业开展了广泛的科学研究, 尤其对该矿的成矿作用及控矿构造关注较多, 研究成果颇丰(王永争等, 2005; 储雪蕾, 2002; 王莉娟等, 2000; 赵利青等, 2002)。

值得关注的是该区的一系列大、中型内生金属矿产均展布于大兴安岭主轴的黄岗—白音诺尔—乌兰浩特地区。本文拟从幔枝构造的视角, 简要论述该区成矿地质背景、成矿控矿构造特征、铜锡多金属成矿作用。愿其起到抛砖引玉之作用。

2 区域成矿地质背景

大兴安岭中南段展布于内蒙古自治区的东南部, 呈北东向绵延数百千米。对 Sn、Pb、Zn、Ag、Cu、S 等成矿元素有明显的控制作用。

2.1 区域成矿地质概要

大兴安岭中南段是区域变形—变质作用和岩浆活动均较强烈的地区, 并形成了以其主轴为中心的环带状结构, 是一发育不太典型的幔枝构造(Niu et al., 2006; 牛树银等, 2006)。其下部构造层以中低级变质的二叠纪板岩、片岩、千枚岩、变质粉砂岩等, 并与侵入其中的燕山期中酸性侵入岩体共同构成岩浆-变质核部杂岩。在拜仁达坝—道伦达坝、双井子—巴林桥、罕山—巴代艾来等地区还出露了一定面积的下元古界片麻岩系。在某些区段中酸性侵入岩被改造成为变形强烈的糜棱岩(张履桥等, 1998); 中间构造层为一套浅变质的中侏罗世地层, 由粗粒-细粒砂岩及黑板岩组成, 夹有少量安山玢岩和凝灰质砂砾岩。砂岩遭受了轻微变质, 某些区段形成了多硅白云母、石香肠、拖尾及一系列滑动面理; 上部构造层则由未发生变质变质的晚侏罗世火山岩组成。并形成了与下部地层不协调的宽缓褶皱, 局部可见沿与下伏构造层间的不整合面发生低角度拆离滑脱。

大兴安岭地区中生代强烈的岩浆活动, 则表现为大面积的火山喷发和大规模的岩浆侵入(邵济安等, 1999)。火山活动多发生在中侏罗世—早白垩世, 以中酸性火山岩为主, 夹有少量中基性熔岩。其中, 以晚侏罗世火山活动最为活跃, 具有中基性-中性-酸性火山喷发旋回, 且表现出火山溢流-爆发相交替, 间夹河、湖相沉积。岩石化学元素分析表明, 大兴安岭中生

*本文得到内蒙古地质勘查重大科研项目(内地研 2004-05)和国家自然科学基金(40272088)资助
第一作者简介 牛树银, 男, 1952 年生, 教授, 构造地质学专业。E-mail: niusy@sjzue.edu.cn

代火山岩具有明显的地幔组分,反映未分异、未亏损源区特征,是大陆岩石圈内部伸展背景下幔源岩浆参与地壳演化的证据。侵入活动主要集中于晚侏罗世—早白垩世,侵入岩的主要类型为角闪二长花岗岩-二长花岗岩-钾长花岗岩,晚期有碱性钠闪花岗岩和少量的超基性岩。具有由钙碱性向亚碱性、碱性演化的趋势。总体具有壳幔混熔花岗岩的特征, $\epsilon(\text{Nd}, t)$ 集中在0~3之间, $\epsilon(\text{Sr})$ 大多数集中在0~20之间,说明花岗质岩石的部分物质来源于铷未亏损的地幔(邵济安等,1999)。

2.2 矿区成矿地质特征

大井铜锡矿区位于大兴安岭中南段慢枝构造的南部。

(1) 地层

矿区内大部分被第四系覆盖,出露的地层主要为二叠系林西组(P_{21})。按岩性由老至新可分为四个岩性段:①砂板碎屑岩段,以砂板岩为主的碎屑岩,局部为粉砂岩及细粒杂砂岩夹层;②含磷碎屑岩段,为灰黑、灰绿色含磷粉砂岩、细砂岩及少量中粒杂砂岩;③泥灰岩段,为灰色粉砂岩夹泥灰岩;④杂色碎屑岩段,由砂质板岩、细粒杂砂岩、含自形晶黄铁矿粉砂岩及紫色板岩组成。大井铜锡多金属矿床主要赋存于②、③两个岩性段中,但矿化对围岩并无明显选择性,而严格受构造控制(李如满等,2004)。

(2) 构造

区内断裂构造亦很发育,按其产状可分为二类:一类为NE向区域性断裂,断裂规模较大,形成时间较早,对区域地质演化具有控制作用。另一类为NW向断裂,在矿区亦较为发育。

(3) 侵入岩

矿区范围尚未见到一定规模的中、深成岩体,但岩脉相当发育,其岩性从基性、中性到酸性均有,从脉岩蚀变特征推测,次流纹岩、闪长玢岩较早,云斜煌斑岩较晚。从区域地质演化、构造分析以及地质体相互关系分析,岩脉侵入时代应为侏罗纪晚期。

2.3 矿床地质特征

大井铜锡多金属矿床明显表现出热液充填交代型特征:

(1) 该矿床是一个特大型铜锡多金属矿床。其中锡为大型,锡品位为0.2%~1.8%,平均为0.6%;银为大型,银品位为 40×10^{-6} ~ 150×10^{-6} ,平均为 100×10^{-6} ;铅锌属大型,铅+锌品位可达5%左右。铜为中型,铜品位为0.8%~15%,平均为2%。

(2) 矿带长3 km,宽约为2 km,已知矿脉数百条,相应成群成带产出,多呈NW走向,倾向NE,矿体沿走向呈折线状,沿倾向呈阶梯状。赋矿围岩为林西组含磷碎屑岩段和泥灰岩段为主。矿体绝大多数为盲矿体,部分矿脉出露在地表。

(3) 矿体与构造裂隙和岩脉在空间、时间上密切相关,矿脉严格受构造裂隙控制,往往呈裂隙充填式脉状产出,也可沿岩脉上下盘贯入,赋矿脉岩多是石英二长斑岩,有时可切过赋矿脉岩,甚至使岩脉全岩矿化。矿体一般呈裂隙脉状,长度多在几十米至一、二百米,脉宽多在1~2 m,延深100~500 m,矿脉的延深往往大于延长。也有部分复脉、交错脉展布,甚至呈网脉状出现。

(4) 矿区围岩蚀变微弱,蚀变带狭窄,一般多在几个厘米,多不超出10 cm。常见蚀变有硅化、绢云母化、绿泥石化、萤石化、碳酸盐化和地表局部岩石强赭石化。硅化、绢云母化主要与Cu、Sn矿化有关,碳酸盐化主要与Pb、Zn矿化有关,绿泥石化与两者均有伴随,而萤石化往往偏晚。

(5) 矿石以块状硫化物为主,矿石矿物主要为:黄铜矿、黄铁矿、毒砂、锡石、方铅矿、闪锌矿、辉银矿、磁黄铁矿、铜兰等。脉石主要为矿物:石英、绢云母、绿泥石、方解石、萤石。表生矿物:褐铁矿、孔雀石、兰铜矿。

3 成矿物质来源探讨

成矿物质来源是判定矿床成因类型的重要依据之一,依据本课题所作测试数据及部分收集的资料,重点探讨该区的成矿物质来源问题。

3.1 硫同位素特征

大兴安岭中南段7个矿床14件样品的硫同位素测试资料表明,大兴安岭中南段大部分矿床的 $\delta^{34}\text{S}$ 变化范围为-5.0%~5.0%(表1),平均值-3.0%~3.0%,与陨石硫和地幔硫十分接近。多数矿床硫同位素具有 $\delta^{34}\text{S}_{\text{黄铁矿}} > \delta^{34}\text{S}_{\text{闪锌矿}} > \delta^{34}\text{S}_{\text{方铅矿}}$ 的变化规律。说明区内硫同位素基本已达到平衡,硫同位素是来自未发生明显同位素分馏效应的原生硫,反映其成矿物质具有深源性,部分可能来自围岩。

3.2 铅同位素特征

统计表明,大兴安岭中南段 7 个矿床 11 件样品铅同位素测试结果数据,多数矿床的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 界于 17.70~18.40 之间, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 界于 15.53~15.61 之间, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 界于 37.78~38.47 之间(表 2), 铅同位素变化值界于赵伦山等(1988)划分地幔至造山带之间。这可能是由于幔枝构造环带状结构,加之盖层厚度较大的原因,使壳源物质加入的比例增多,反映在统计数字上矿质的多来源特征,但以地球深部为主。不同矿种也略现差异,其中铜金矿床铅同位素落入地幔演化线者更多些,而银铅锌矿床落入造山带演化线较普遍。

表 1 大兴安岭中段及内蒙古金银铅锌矿床硫同位素特征表

序号	矿区名称	样品数	变化区间	$\delta^{34}\text{S}$ 平均值	资料来源
1	大井铜锡矿床	2	-0.9~0.5	-0.2	本项目组*
		44	-2.5~3.4	0.1	冯建忠等, 1994
		22	-2~2.6	1.36	刘伟, 2002
2	扁扁山铅矿	3	-2.5~0.07	-1.07	本项目组*
3	拜仁达坝铅锌矿	3	-2.72~-0.16	-1.52	本项目组*
4	花敖包特铅锌矿	3	-2.49~1.36	-0.58	本项目组*
5	团结沟铅矿	1		3.3	本项目组*
6	道仁达坝铜矿	1		-5.7	本项目组*
7	白音诺尔铅锌矿	1		-0.7	本项目组*
		53		-3.45	张德全, 1991

*中国科学院地质与地球物理研究所岩石圈构造演化国家重点实验室稳定同位素实验室测试。

表 2 大兴安岭中段及内蒙古金银铅锌矿床铅同位素平均值表

序号	矿床名称	样品数	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	资料来源
1	大井铜多金属矿床	2	18.33	15.56	38.20	本项目组*
		16	18.30	15.54	38.14	储雪蕾, 2002
		14	18.50	15.68	38.55	冯建忠等, 1994
2	扁扁山铅矿	3	17.70	15.53	37.78	本项目组*
3	拜仁达坝银矿	3	18.40	15.61	38.47	本项目组*
4	花敖包特铅锌银矿	3	18.23	15.55	38.12	本项目组*
5	白音诺尔铅锌矿	1	18.31	15.55	38.16	本项目组*
		9	18.31	15.54	38.10	内蒙古三队
6	团结沟铅锌矿	1	18.33	15.56	38.20	本项目组*
7	道伦达坝铜矿	1	18.28	15.55	38.16	本项目组*

*中国地质科学院地质研究所同位素实验室测试。

3.3 碳、氢、氧同位素特征

分别统计了 7 个铜锡银铅锌矿床的碳、氢、氧同位素数据。经测温后计算了 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值,其平均值为 7.12‰~15.40‰之间; $\delta\text{D}_{\text{V-SMOW}}$ 值为 -91‰~-133‰; 5 个矿床 $\delta^{13}\text{C}$ 平均值为 -7.36‰~5.41‰。将氧同位素值投点于 δD - $\delta^{18}\text{O}$ 坐标图,可见多数矿床氧同位素投点落在原生岩浆水附近,而远离大气水和变质水,表明氢、氧、碳同位素均支持本区内生多金属矿床的成矿溶液主要来自岩浆水,但也确有大气水的加入。此特征与河北的情况较相近。

4 幔枝构造成岩成矿作用探讨

按照地幔热柱多级演化及幔枝构造成矿控矿作用特征分析,地壳上绝大部分地区无矿化或矿化较弱是正常的,而某些

区段集中成矿则是异常现象,说明有成矿物质的大规模聚集。很明显,成矿作用发生的必要条件首先是成矿物质来源,而成矿物质的来源有两种基本认识:一种认为主要萃取自含矿围岩;一种认为主要来自深源。过去曾一度下大力气寻找矿源层,但结果并不理想。而更多的证据表明成矿物质主要来自深源,甚至可能来自核-幔边界,通过地幔热柱多级演化向上迁移。幔枝构造则是地幔热柱多级演化的第三级构造单元,也即地幔热柱多级演化在地表(壳)的表现形式。具体的成矿控矿构造则是脆-韧性剪切带,主、次级拆离带,铲状断裂,岩体内、外接触带,次火山岩构造,不同方向、不同性质的断裂,甚至裂隙,它们分别控制着矿带、矿田、矿床、矿体、矿脉等的就位及储集,是主要的成矿控矿构造。

具体到大井铜锡多金属矿区,同样与深部成矿作用密切相关。首先,大井铜锡多金属矿位于大兴安岭中南段幔枝构造的核部主轴隆起部位,并且发育于具有一定等间距性的黄岗梁一大井成矿集中矿聚区;其次,区域构造上看,位于黄岗梁-白音诺尔复式背斜东南翼,也有人称其为构造岩浆带。强烈的构造岩浆活动为深部矿源的上升打通了迁移通道;第三,从矿田构造角度上看,大井矿区是一个穹隆构造,总体上以二叠系为核部,而以侏罗系为外围的隆起。矿区范围分布有大量中性-中性-中酸性脉岩,其本身就说明穹隆下边可能存在着规模较大的侵入岩体,它不仅是穹隆构造的形成原因,同时也是岩体不同期次侵入活动的表现形式;第四,王玉往等(2002)所作大井矿区 600m 标高矿体分布图上,出现一个非常显著的特征,那就是矿区中部矿脉宽而稀少,向外围矿脉窄而密集,这种特征本身也说明矿区中部是隆起中心,形成围绕中心的一系列构造裂隙,并为后期矿液流体的储集提供了集聚空间;第五,赵利青等(2002)所作的大井矿区 700m 标高矿化元素(Cu、Sn、Pb、Zn、Ag)品位之和趋势图,在矿区中部具有非常明显的浓聚中心,换句话说应该是含矿流体的扩散中心;第六,成矿元素在垂直和水平方向具有明显的分带性,即自下而上或中心至边部依次为 Cu、Sn→Cu、Sn、Pb、Zn→Pb、Zn。这也表明,含矿流体携带有多种成矿元素,从下往上、从中心往外围扩散过程中,成矿温度高的元素先结晶,形成在中部,而成矿温度低的元素迁移距离较远,在矿区的相对外围结晶,以至于形成成矿物质的垂向和水平分带。

如果上述分析是客观的,真实的,那么就可以归纳上述认识:在地壳中绝大多数区域无矿(化)是正常的,而某些区段有矿(化)集中展布则是异常现象,它往往位于幔枝构造的范围,甚至很可能表现出大中型矿床星罗棋布,连片分布的特征。如大兴安岭中南段,绝大多数 Sn、Cu、Au、Ag、Pb、Zn 等矿床集中分布于大兴安岭幔枝构造的轴部,实际上就是幔枝构造成矿控矿的典型实例。至于在矿区内部的 Sn、Cu、Au、Ag、Pb、Zn 成矿元素的分带性,则与成矿作用及结晶温度有关,幔枝活动时强时弱,成矿作用就会时断时续,时多时少。成矿元素的分布除受着构造因素的控制以外,还与成矿元素的结晶温压条件相关,结晶温压条件较高的 Sn、Cu、Au 等矿化多位于矿区中部,而结晶温压条件较低的 Ag、Pb、Zn 等矿化则多位于矿区的外围。

参 考 文 献

- 陈毓川,毛景文,骆耀南,等.1996.四川大水沟碛(金)矿床地质和地球化学.北京:原子能出版社.
- 杜乐天.1996.地壳流体与地幔流体间的关系.地学前缘,3(3~4):341~346.
- 李如满,康利祥.2004.大井锡多金属成矿地质特征及找矿方向探讨.矿产与地质,18(6):517~522.
- 毛景文,王志良.2000.中国东部大规模成矿时限及其动力学背景的初步探讨.矿床地质,19(4):289~296.
- 牛树银,罗殿文,叶东虎,等.1996.幔枝构造及其成矿规律.北京:地质出版社.
- 牛树银,孙爱群,邵振国,等.2001.地幔热柱多级演化及其成矿作用.北京:地震出版社.
- 牛树银,郭利军,王宝德,等.2005.大兴安岭中南段区域构造演化及其成矿作用.西部资源,(1):44~46.
- 王莉娟,王玉往,王京斌,靳新娣,朱和平.2000.大井矿床锡铜矿体成矿流体研究及其成因意义.岩石学报,16(4):609~614.
- 王永争,覃功炯,欧强.2001.内蒙古林西大井铜锡多金属矿区构造与成矿.地质与勘探,37(5):19~23.
- 王玉往,曲丽莉,王京斌,等.2002.大井锡多金属矿床矿石矿物成分及时空演化.矿床地质,21(1):23~35.
- 王玉往,曲丽莉,王莉娟,杨利勇,张安立.2002.大井锡多金属矿床矿化中心的探讨.地质与勘探,38(2):23~27.
- 邵济安,张履桥,牟保全.1998.大兴安岭中南段中生代的构造热演化.中国科学,28(3):193~200.
- 肖成东,杨志达.1997.内蒙赤峰北部两个重要的成矿带及其成矿特征.有色金属矿产与勘查,6(4):197~201.
- 赵利青,上本武,覃功炯,等.2002.大井锡多金属矿床矿化元素分布特征研究.地质与勘探,38(4):22~27.
- 张履桥,邵济安,郑广瑞.1998.内蒙古甘珠尔庙变质核杂岩.地质科学,33(2):140~146.
- Fukao Y, Maruyama S, Inoue H. 1994. Geologic implication of the whole mantle P-wave tomography. J. Geol. Soc. Japan, 100(1): 4~23.
- Maruyama S. 1994. Plume tectonics. J. Geol. Soc. Japan, 100(1): 24~49.