

地质 矿床

大井锡多金属矿床矿化元素分布特征研究

赵利青^{1,2}, 上本 武¹, 覃功炯¹, 孙世华¹, 王玉往¹, 王永争¹, 张安立³, 王耀明³

(1. 中国科学院地质与地球物理研究所矿物资源探查研究中心, 北京 100101; 2. 武警黄金地质研究所, 廊坊 065000; 3. 内蒙古林西县大井银铜矿, 内蒙古林西 025250)

[摘 要]通过主要剖面、平面、长纵剖面矿化元素的空间分布、矿石多元素相关分析得出: Cu、Sn 矿化既有关、又有分离, 二者并非总是同时空富集, 存在独立的锡矿体和铜矿体; 总体上 Sn 矿化与 Cu - Ag 矿化关系密切、局部与 Zn 矿化有关; Ag 矿化与 Cu 矿化、Pb - Zn 矿化均有关; Cu 与 Pb、Zn 的相关性差, 空间上经常分离。从 NWW 到 SEE 矿化元素存在 Ag - Cu - Sn - Pb - Zn 混合矿化 → Cu - Sn - Ag 矿化 → Pb - Zn - Ag 矿化的纵向分布。成矿地球化学阶段可划分为: Sn + As + Co、Cu + Sn + Ag ± Au ± Co、弱 Ag + Cu ± Au、Zn + Pb + Ag ± Cu 四个阶段。推断 NE 向断裂 F_{2-1} 及 F_2 可能是导矿构造。 F_1 可能是另一个类似于 F_{2-1} 的导矿构造。

[关键词]大井锡多金属矿床 内蒙古 矿化元素分布 元素相关性 成矿预测

[中图分类号]P618.44 [文献标识码]A [文章编号]0495 - 5331(2002)04 - 0022 - 06

大井矿床是我国北方最大的锡多金属矿床, 其 Sn、Ag、Zn 达大型规模, Cu、Pb 达中型规模, 已积累了大量的勘探资料。通过品位数据的进一步处理以解决有关的控矿构造、成矿阶段、成矿预测问题是本文的思路。

1 大井矿床地质特征概况

大井矿床位于华北地台北缘西拉木伦河深断裂北侧(图 1), 北侧为近 EW 向新林镇—天山断裂, NE 向林西—大井断裂与 NW 向查干木伦河断裂交汇部位西南侧, 位于同心环形遥感影像构造中部, 后者可能指示深部存在热的岩浆侵入体。东南部侏罗纪火山盆地中心距该矿床约 7 km, 这套火山杂岩与矿区内所见潜火山岩属于同一火山岩系^[1]。北东部距雅马吐偏碱性花岗岩约 9 km, 西北部距印支期龙头山岩体约 10 km。

矿床产于上二叠统林西组淡水湖泊相粉砂岩、细砂岩夹中粒杂砂岩及泥灰岩、页岩中。其古地理位置为侧向断陷盆地靠南部的河流相、滨湖—浅湖相环境^[2]。矿区范围是由 F_{33} 断裂、大井矿山主路之南约 1 km 的近 EW 向隐伏断裂、上大井东断裂、 F_1 断裂等四条断裂围成的一个平行四边形^[3]。矿

区发育各种基性、中酸性浅成—超浅成脉岩。坑道中可见有的脉岩早于矿脉而成为矿脉的围岩(如 1 号矿体)或被矿脉切穿, 但我们也确实见有少量脉岩晚于矿脉而切割矿脉。在部分岩脉中或其附近还发育有隐爆角砾岩。

矿脉主要分布在矿区南部林西组中下地层中; 矿脉与层面呈小角度交切, 也有的顺层产出, 贯入充填特征明显。矿体主要受 NWW 向(NW65°—NW80°)、NW 向(NW20°—NW50°)断裂控制, 二者交汇及追踪发育。矿石主要矿物有黄铜矿、锡石、闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、毒砂、Cu 和 Ag 的硫(砷)化物(黝铜矿)、石英、菱铁矿、萤石、绿泥石等。矿石构造为块状、浸染状、网脉状、角砾状等构造。

对大井矿床的成因大多认为与火山—一次火山热液有关^[4~6]。张家荫等^[7]、刘伟等^[8]认为属于与次火山岩有关的硫化物矿浆型。任耀武^[9~10]则强调地层是主要物质来源。也有的研究者认为与花岗岩有关^[11]。王莉娟等^[12]发现大井锡铜矿体萤石中存在中高温、低盐度含 Sn 和中低温、中等盐度含 Cu 两种流体包裹体, 锡铜矿体可能是两种不同来源的成矿流体在同一空间上的叠加成矿。

[收稿日期]2001 - 12 - 04; [修订日期]2002 - 05 - 20; [责任编辑]曲丽莉。

[基金项目]中国科学院资源环境重大项目 KZ95 - 1 - 404 的资助。

[第一作者简介]赵利青(1965 年 -), 男, 1986 年毕业于长春地质学院, 博士后, 主要从事矿床学研究工作。

2 矿化元素的空间分布及其相关性

建立了包括地理坐标在内的品位数据库,共统计了 417 个工程(6 个探槽、29 个浅钻、382 个钻孔)12674 个样品(其中 12266 个有坐标)。利用

Sufer 软件绘制平面、剖面品位数据分布图、进行数据的网格化处理并绘制品位等值线图(或色阶图,该图是品位变化的一种趋势,与实际矿脉产状不同),研究矿化的空间分布规律。有关平面、剖面位置见图 1。

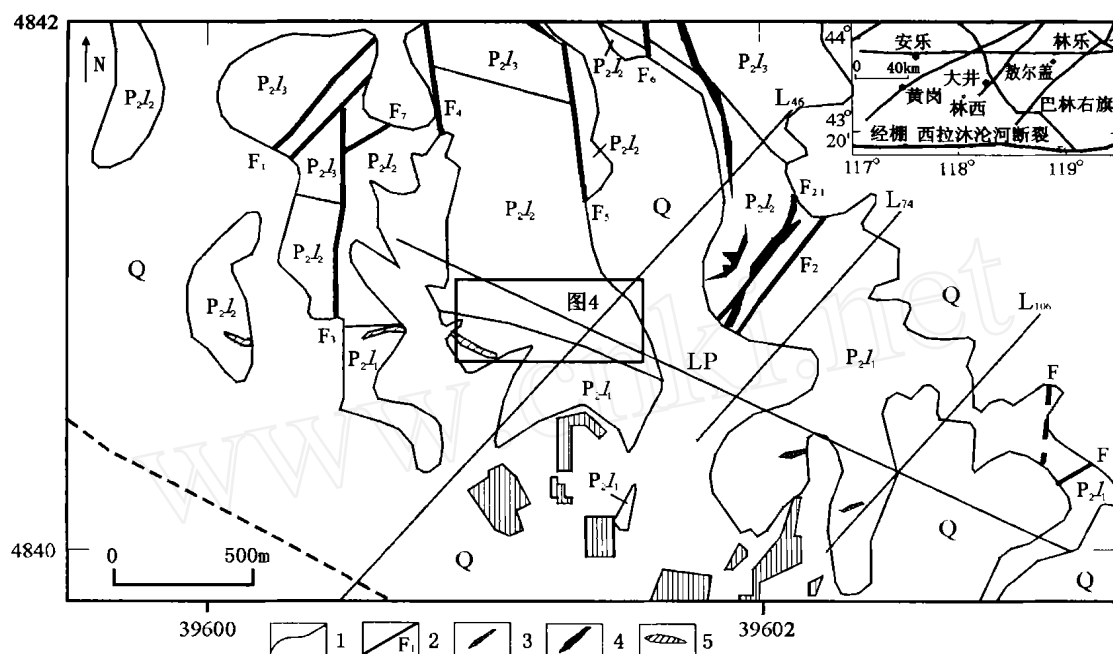


图 1 大井矿床地质简图及主要剖面、平面位置

1—地质界线;2—断裂及编号;3—玄武岩;4—英安岩;5—霏细岩;Q—第四系; P_2J_3 —林西组三段灰绿色砂岩、粉砂岩; P_2J_2 —林西组二段灰色砂岩、粉砂岩夹泥灰岩; P_2J_1 —林西组一段黑色粉砂岩、粉砂质泥岩;LP—纵剖面位置; L_{46} 、

L_{74} 、 L_{106} 分别为 46、74、106 勘探线的位置

2.1 46 线剖面

46 线是工程控制最长的典型剖面之一,从其剖面等值线图(图 2)看,大致有 3 个向 NE 倾斜的矿脉集中分布带,带之间的间距约为 900m,每个带由数条较密集的矿脉组成。南西矿带五元素(Cu、Sn、Ag、Pb、Zn)均有矿化,而且 Cu - Sn 矿化关系密切;中间矿带是大井银铜矿多年来开采的 1、10 号矿体,深部 400 m 仍有较高品位的 Cu - Ag 矿化,推测矿体向深部仍有延伸;北东矿带似仅有较弱的 Cu 矿化。Pb - Zn 矿化偏向浅部较好;Cu、Sn 矿化的空间分布既有一致之处、也有不同之处。

2.2 纵剖面(LP)

选取经过坐标点(39601, 4841)、(39602, 4840.5)的纵剖面,通过复杂的推导和计算,求得距纵剖面(图 1 中的 LP)20 m 之内的所有已知钻孔内的样品点,将这些点投影到该纵剖面上,绘制各元素的品位分布图(图 3),从图 3 中可以直观地看出 F_2 两侧具有 Cu 等金属矿化,类似地 F_1 两侧也应是勘

查的对象;Cu、Sn 矿化偏向于西部—中部(26 - 85 线)富集,东部的局部也较好;Pb、Zn 偏向于东部(101 - 136 线)及西部富集;Ag 的分布则与 Cu、Pb、Zn 都有关而遍布全区,但偏向富集于 Cu 矿之中;Cu/(Pb + Zn)品位比明显在中部高,其次西部。在 20 - 136 线之间从 NWW 到 SEE 矿化元素存在混合矿化(Ag - Cu - Sn - Pb - Zn) → Cu - Sn - Ag 矿化 → Pb - Zn - Ag(局部 Cu、Sn)矿化的分布规律,这一规律指示叠加矿化的广泛存在,中部(58 - 85 线)可能是矿化中心地带。

2.3 675 m 中段

从 1 号井 675m 中段研究了矿体尺度矿化元素的平面分布特征(图 4)。Cu、Sn 矿化并非同空间富集,Cu 偏向 NW 向矿脉中富集,Sn 偏向近 EW 向矿脉中富集,Cu/Sn 品位比的变化更加明显。但 Cu 与 Sn 仍然是显著正相关,221 组数据的相关系数为 0.252,说明二者之间的密切联系。

2.4 700 m 标高平面

选取所有钻孔 690 ~ 710 m 标高之间的样品,研

究了 700 m 标高附近各矿化元素矿床尺度的平面分布特征(图略)。从这些分布图可以看出: Cu、Sn 关系密切, 大致有相似的富集区域, 即集中于中部, 同时二者的比值有较大的变化范围, 反映二者既有联系、又有差异的特点, 较好的 Cu 矿化也存在于西部的局部地段, Sn 局部富集在 Cu 并不高的东

部; Ag、Pb、Zn 矿化分布更广, Pb 相对富集在东部, Pb - Zn 在 Cu - Sn 矿化中心的外围、且在西部伴生一定的 Cu 矿化; Pb - Zn 与 Cu - Sn 矿化分离的特征十分明显, Ag 则属于贯通矿化元素。用 Cu/(Pb + Zn) 比值投点(图 5), 可更清楚地看出这种空

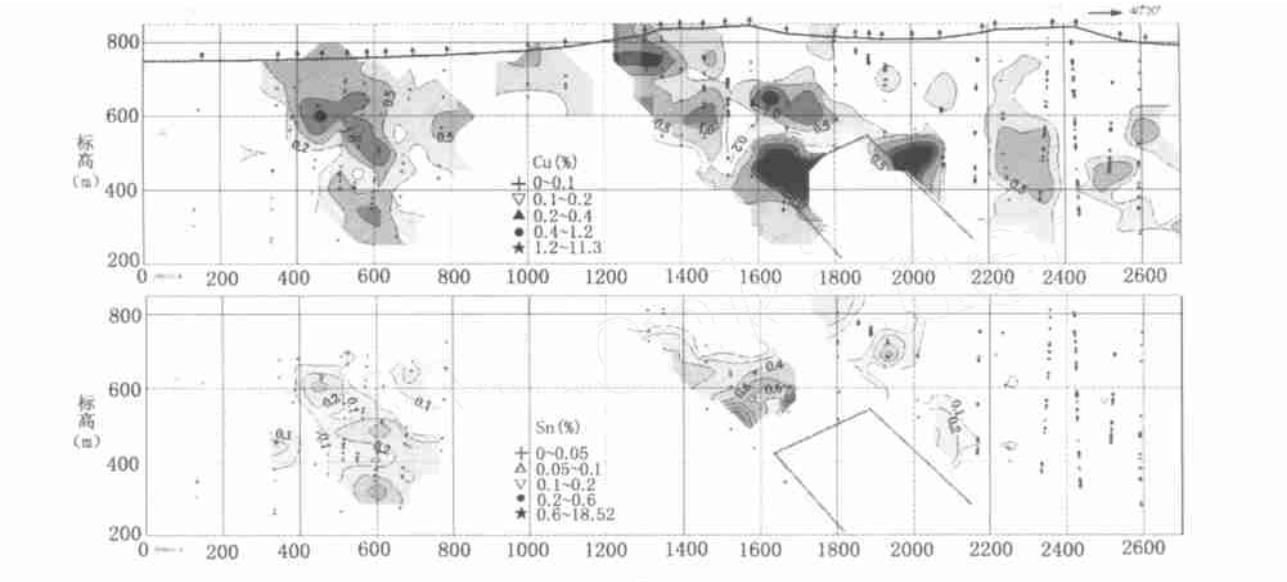


图 2 大井矿床 46 线剖面 Cu、Sn 品位分布图及品位等值线图,虚线所圈范围为预测深部见矿区域

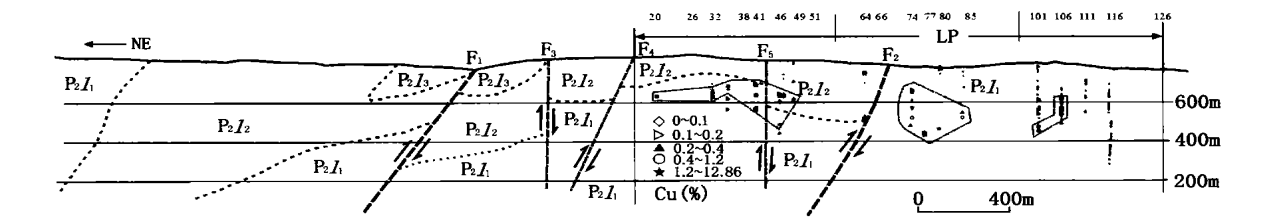


图 3 大井矿床纵剖面地质简图及已控制的 Cu 矿化分布范围
上面数字为勘探线号。P₂I 为大井矿区林西组一段黑色粉砂质泥岩、深灰色粉砂岩,
P₂I 为二段灰色粉砂岩、细砂岩, P₂I 为三段灰绿色粉砂岩为主、夹细砂岩

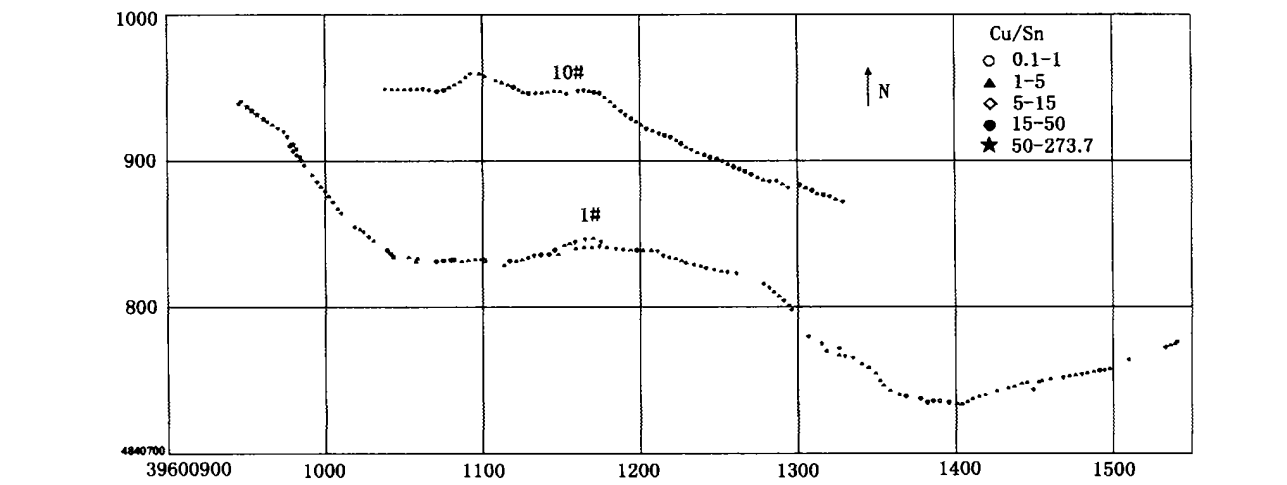


图 4 大井矿床 1 号井 675 m 中段 1、10 号矿体 Cu/ Sn 品位比值分布图

间变化,对照图 1 研究发现 NE 向断裂 F_{2-1} 及 F_2 应是导矿构造,矿脉分布于该断裂两侧,沿 F_{2-1} 产出的英安玢岩可能与成矿有更密切的关系。从五元素品位之和等值线图(图 5)看,最好的矿化部位在地理坐标(39601, 4840.5)和(39601.8, 4841)组成的

长方形($0.5 \times 0.8 = 0.4 \text{ km}^2$)之内,即位于断裂 F_{2-1} 上盘与 NWW - NW 断裂交汇部位。五元素品位之和的高值区有西部区及中部、东部区,大致在 F_2 东侧出现一低值区,可能指示存在 3 个 NW 走向的矿化密集带。

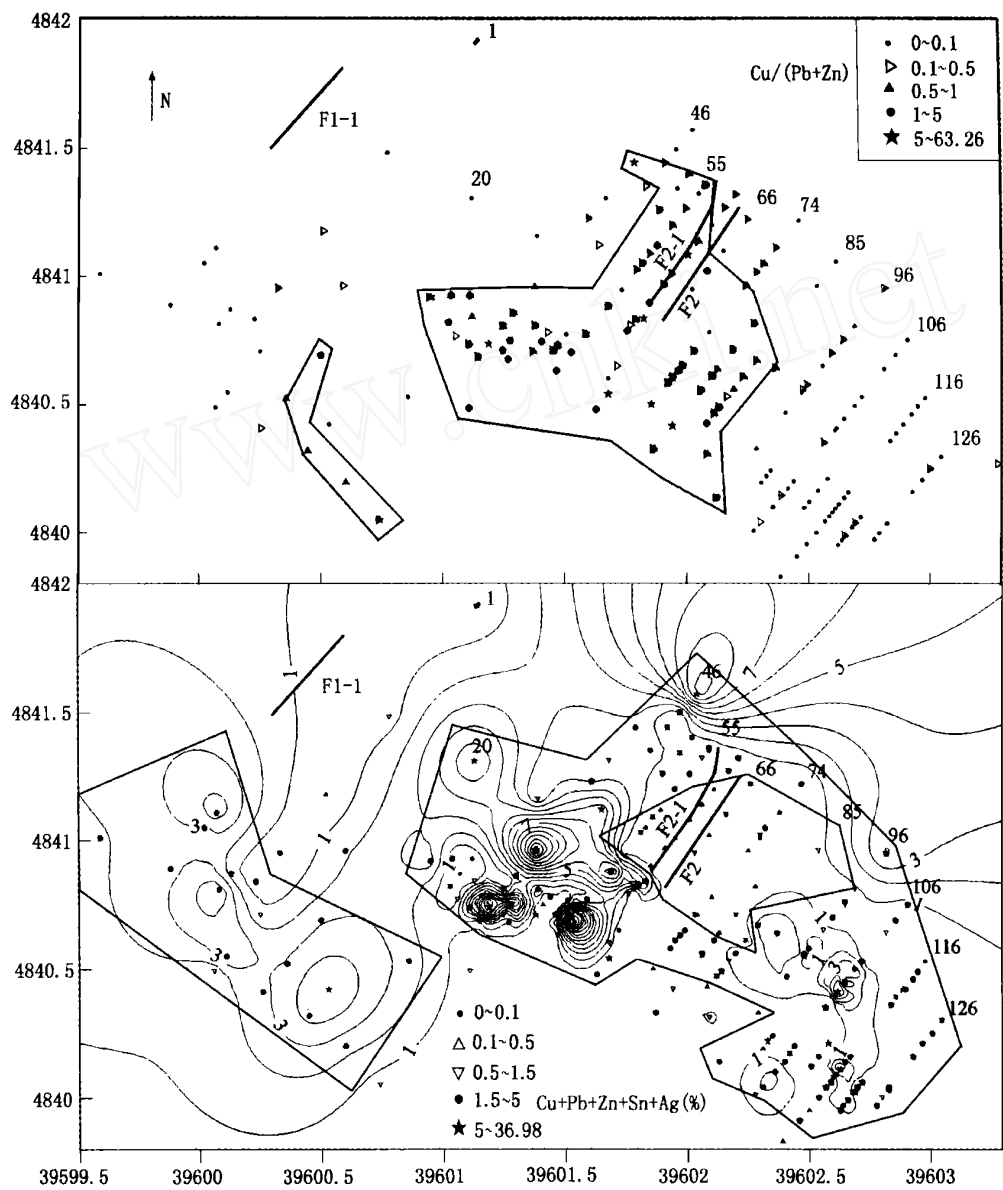


图 5 大井矿床 700(690 - 710)m 标高附近 Cu/ (Pb + Zn) 品位比(上)、
矿化元素品位之和(Cu + Sn + Pb + Zn + Ag,下)平面分布图
上图折线示意高值区;下图等值线是矿化元素品位之和经网格化后绘制的,折线示意矿化中心,
注意中间为低值区、边部高值区并未封闭(未控制),外围仍有较好的找矿前景

600 m、500 m 水平也有类似 700 m 水平的规律,即中部为 Cu - Sn 矿化、边部为 Pb - Zn 矿化;向深部矿化范围有所扩大,而且西部的 Zn 矿化好于 700 m 水平西部的 Zn 矿化。

2.5 矿化主元素与其它元素之间的相关性

矿石 Cu、Pb、Zn、Sn、Ag、As、Co 的最高品位分别为 19.7 %、25.95 %、34.33 %、18.51 %、 2095×10^{-6} 、21.64 %、0.093 %。品位变异系数最大的元素为 Sn、Cu、Pb、Zn、Ag 的变异系数中等,变异系数最小的元素为 As、Co。

46 线、74 线、106 线剖面是矿区的典型剖面,各剖面五元素相关性分析(表 1)表明 Cu、Ag 相关性最好;Pb 与 Zn 相关;Ag 与 Cu、Pb、Zn、Sn 均相关;74 线、106 线五元素之间两两相关;Cu 与 Pb、Zn 之间相关性较差,反映 Cu 矿化与 Pb - Zn 矿化空间上的

分离及主体属不同的矿化阶段;Sn 矿化与 Ag、Cu 矿化关系最为密切但也与 Ag、Zn、Pb 矿化有关,74 线 Sn 与 Zn 有较好的相关性;106 线以 Pb - Zn 矿化为主,Pb - Zn 矿化伴有较强的 Ag 矿化,Cu(Sn)矿化局部出现且与 Zn、Pb 矿化伴生。

表 1 46、74、106 线矿化元素相关系数表

	46 线(样品数 352 个)					74 线(样品数 1170 个)					106 线(样品数 1229 个)				
	Cu	Pb	Zn	Sn	Ag	Cu	Pb	Zn	Sn	Ag	Cu	Pb	Zn	Sn	Ag
Cu	1					1					1				
Pb	0.085	1				0.136	1				0.096	1			
Zn	0.032	0.546	1			0.122	0.408	1			0.283	0.472	1		
Sn	0.177	0.099	0.113	1		0.596	0.169	0.203	1		0.112	0.027	0.097	1	
Ag	0.644	0.462	0.252	0.190	1	0.760	0.322	0.294	0.591	1	0.686	0.589	0.587	0.122	1

相关系数临界值 $Y_{0.05}(350) = 0.105$ 。
利用五元素齐全而且其中之一达到边界品位样品(即任一矿种矿石)的全部数据(5391 个)进行相关分析,Cu 与 Ag 相关系数最大,其次 Cu 与 Sn、Pb 与 Ag、Pb 与 Zn、Sn 与 Ag,Cu - Sn - Ag 与 Ag - Pb - Zn 两组矿化的特征十分明显。

利用 Cu、Ag、Sn、Pb、Zn、As、Co7 个元素齐全的所有 224 个样品的数据得到聚类分析谱系图(图略),Sn 与 Pb、Zn、As 与 Pb、Co 与 Pb、Zn 没有显著相关关系,其它元素之间都显著相关,其中 Ag、Cu 与其它所有元素都相关。相关系数水平为 0.7 时,这 7 个元素可分为 Sn、Cu - Ag、As - Co、Pb、Zn 5 组,Pb、Zn 属不同组与局部 Zn、Pb 矿化分离相一致;当相关系数水平为 0.5 时,这 7 个元素可分为 Sn、Cu - Ag、As - Co、Pb - Zn 4 组,分别代表锡石、黄铜矿 - 银黝铜矿、砷钴矿 - 毒砂 - 砷黄铁矿、方铅矿 - 闪锌矿 4 种矿化;当相关系数水平为 0.3 时,Sn 与 Cu - Ag 合为一组,说明二者关系密切;当相关系数水平为 0.1 时,Sn - Cu - Ag 与 As - Co 合为一组,说明 As - Co(毒砂)矿化与 Cu - Sn - Ag 矿化也有较密切的关系。

选取 Cu、Pb、Zn 三者之一或 Cu、Sn、(Pb + Zn)三者之一及 Cu、Pb、Ag/100 三者之一达边界品位的数据作 Cu - Pb - Zn、Cu - Sn - (Pb + Zn)、Cu - Pb - Ag/100 三角图(图略)。综合来看主要矿石为 Cu - Ag 矿石、Zn 矿石、Zn - Pb - Ag 矿石、Cu - Sn - Ag 矿石,还有相当数量的 Cu - Zn(Pb、Sn)矿石,少量的 Zn - Sn(Pb)矿石和 Sn 矿石及独立 Ag 矿石,少见无 Ag 的 Cu 矿或无 Ag 的 Pb 矿,很少有 Cu - Pb 矿石或独立的 Pb 矿石。

利用全区可用数据作两两元素的变异图(图

略),可以看出:(1) Cu:Cu、Sn 总体呈正相关,但也存在无 Cu 或少 Cu 的 Sn 矿石、无 Sn 或少 Sn 的 Cu 矿石;富 Cu 矿石含较高的 Ag,Cu 与 Ag 部分呈正消长关系;Cu 与 Zn(Pb)基本属不同的矿化组合,但确实存在相当数量的 Cu - Zn(Pb)共生矿石;Cu 与 As、Co 大致呈正消长关系,高 Co 矿石一般为 Cu 矿石,反之 Cu 矿石的 As、Co 含量不一定高。(2) Sn:Sn 与 Ag 既共生、又有分离,总体为正相关;Sn 和 Zn(Pb)无相关性,二者富集于不同空间,但存在一定的 Sn - Zn(Pb)共生矿石;Sn 与 As、Co 大致呈正消长关系,富 Sn 矿石一般富集 As、Co,但存在相当数量贫 Sn 的 As(或毒砂)矿化和贫 As(Co)的 Sn 矿化,亦即锡石与毒砂有时共生、有时分离。(3) Pb:Pb 总体上与 Zn、Ag 正相关,但存在大量贫 Pb 的 Zn 矿石;Pb 与 As、Co 没有相关性,但部分 Pb 矿含 As、Co 较高。(4) Zn:Zn 大多为不含 Pb 或含 Pb 的独立矿石,但也有相当数量的 Zn - Sn - Cu 共生矿石;Zn 与 Ag 部分呈正消长关系,但存在大量贫 Ag 的 Zn 矿石;Zn 与 As、Co 无相关性,但存在一定高 As(Co)的 Zn 矿石。(5) Ag:Ag 主要与 Cu、Pb 矿化相伴,富 Ag 矿石一般为富 Cu 矿石;Ag 与 As 大致呈正消长关系。(6) As:As 与 Co、Ag、Sn、Cu 呈正消长关系;As 与 Pb、Zn 无相关性,但部分富 As 矿石为 Pb - Zn 矿石。(7) Co:Co 与 As 为正相关关系,Co 与 Cu、Sn、Ag、Pb、Zn 等都不存在相关关系。这些关系指示不同矿化之间的复杂关系和矿物共生组合。

3 讨论和结论

前人对大井矿床成矿阶段的划分存在较大分歧。王玉往等将大井矿床划分为 4 个矿化阶段^[13]:

即 锡石 - 毒砂 - 石英阶段; 无矿黄铁矿阶段; 黄铜矿 - 黄铁矿成矿阶段,该阶段又可出现 Cu - Sn - Ag 和 Cu - Pb - Zn 两种组合,硫盐矿物(黝铜矿、银黝铜矿、黝锡矿)常见; 方铅矿 - 闪锌矿阶段。综合矿化元素空间分布及相关关系研究结果、结合野外穿插关系,本文将成矿阶段划分为: Sn + As + Co(代表性矿物组合为锡石 + 毒砂 + 石英)阶段;

Cu + Sn + Ag $\pm$ Au $\pm$ Co(黄铜矿 + 锡石 + 砷黝银铜矿 + 含砷黄铁矿 $\pm$ 毒砂 $\pm$ 金 $\pm$ 辉砷钴矿)阶段; 弱 Ag + Cu $\pm$ Au(黄铁矿 + 菱铁矿 $\pm$ 毒砂 + 少量黄铜矿 + 少量闪锌矿)阶段; Zn + Pb + Ag $\pm$ Cu(闪锌矿 + 方铅矿 + 黄铁矿 + 菱铁矿 $\pm$ 黄铜矿)阶段。第二阶段是主要的 Cu - Sn - Ag(Au ?) 矿化阶段,矿物组合最复杂,有时与第三阶段不易区分,第四阶段为 Pb - Zn - Ag 矿化阶段,Sn 矿化有第一、第二两个阶段。

总之,大井矿床 Cu、Sn 矿化既有关,又有分离,二者有着复杂的矿化过程,少部分 Sn 矿化还与 Zn 矿化有较密切的关系;Cu 矿化似以 NW 向矿脉中较好,Sn 矿化似以近 EW 向矿脉中较好;Cu 矿化与 Pb - Zn 矿化一般时间上有先后,空间上有分离也有共存;Ag 矿化既与 Cu 矿化相伴,又与 Pb - Zn 矿化相伴。

从 Cu/(Pb + Zn)比值的分布(图5)推断 NE 向断裂 F₂₋₁ 及 F₂ 可能是导矿构造,它与 NW 向、NWW 向断裂的交汇部位是矿化富集部位。沿 F₂₋₁ 产出的英安玢岩可能与成矿有更密切的关系。500m 水平矿区西北部 Zn 矿化范围较大,出现了一个潜在的矿化富集中心,指示 F₁ 可能是另一个类似于 F₂₋₁ 的导矿构造,矿区西北部具有较好的找矿前景。此外根据 46 线剖面预测了深部铜锡银矿体的

可能位置。

致谢:野外工作中得到河内洋佑教授、相泽直人先生等的帮助,在此表示诚挚的谢意。

[参考文献]

- [1] 张德全. 大兴安岭及邻区铜多金属矿床成矿规律及成矿预测[M]. 北京:地质出版社,1997,135.
- [2] Qin Gongjiong, Kawachi Yosuke, Zhao Liqing, et al. The research of Permian sedimentary facies and the structure and their role in the mineralization of Dajing district, Linxin, Inner-Mongolia[J]. Resource Geology, 2001.
- [3] 王永争,覃功炯,欧强. 内蒙古林西大井铜锡多金属矿区构造与成矿[J]. 地质与勘探,2001,37(5):19~23.
- [4] 冯建忠. 大井锡多金属硫化物矿床地质特征及成因[J]. 内蒙古地质,1992, (1):69~77.
- [5] 艾霞,冯建忠. 内蒙古大井银锡多金属矿床成矿地质特征及成因探讨[J]. 有色金属矿产与勘查,1992,1(2):82~92.
- [6] 张德全. 大井银铜锡矿体——一个潜火山热液矿床的特征和成因[J]. 火山地质与矿产,1993,14(1):37~47.
- [7] 张家荫. 内蒙古东部锡—多金属成矿带的大地构造环境与成矿特征[J]. 矿产与勘查,1989(1):1~9.
- [8] 刘伟,储雪蕾,赵善仁. 大井铜—锡多金属成矿流体的流体包裹体和稀土元素地球化学[A]. 寸丹集 - 庆贺刘光鼎院士工作50周年学术论文集[C]. 陈耀武等主编,北京:科学出版社,1998,459~468.
- [9] 任耀武,曹倩雯. 内蒙古大井锡—铜多金属矿床成因刍议[J]. 矿物岩石地球化学通讯,1993,4,211~213.
- [10] 任耀武,曹倩雯. 再论内蒙古大井锡铜多金属矿床成因[J]. 吉林地质,1996,15(2):45~51.
- [11] 姚德,李鹤年,段国正. 赤峰北部大井锡多金属矿床成矿作用地球化学及找矿方向[J]. 地质与勘探,1990,26(2):5~9.
- [12] 王莉娟,王玉往,王京彬,等. 大井矿床锡铜矿体成矿流体研究及其成因意义[J]. 岩石学报,2000,16(4):609~614.
- [13] 王玉往,王京彬,王莉娟. 大井矿床成矿阶段划分[A]. 中国地质学会编,“九五”地质科技重要成果论文集[C],北京:冶金工业出版社,2000,408~411.

DISTRIBUTION OF MINERALIZATION ELEMENTS IN DAJING TIN - POLYMETALLIC DEPOSIT, CHINA

ZHAO Li - qing^{1,2}, UEMOTO Takeshi¹, QIN Gong - jiong¹, SUN Shi - hua¹, WANG Yu - wang¹
WANG Yong - zheng¹, ZHANG An - li³, WANG Yao - ming³

(1. Research Center for Mineral Exploration, Institute of Geology and Geophysics, CAS, Beijing 100101;

2. Gold Geological Institute, Langfang 065000; 3. Dajing Mine, Linxi County, Inner Mongolia 025250)

Abstract :Dajing is a large scale Sn, Cu, Ag, Pb and Zn deposit. 3 - D grade distribution of mineralization elements was studied and correlation analysis among elements was done for main profiles, longitudinal profiles, and different level plans. Cu and Sn are not always enriched contemporaneously and spatially. Sn mineralization is closely related to Cu and Ag mineralization, locally related to Zn mineralization. Ag mineralization is closely related to Cu or Pb - Zn mineralization. Cu and Pb - Zn often manifest spatial separation. The geochemical metallogenic stages could be divided into Sn + As + Co, Cu + Sn + Ag $\pm$ Au $\pm$ Co, poor Ag + Cu $\pm$ Au and Zn + Pb + Ag $\pm$ Cu stages. F₂₋₁ and F₂ faults may be the inflow zone for ore fluid. F₁ may be another mineralization center.

Key words :Dajing deposit, Inner Mongolia, distribution of mineralization elements, relativity among elements, metallogenic forecast