

华北地台北缘及北邻地区铜、铅、锌、锡 矿床流体包裹体研究*

王莉娟

(有色总公司北京矿产地质研究所, 中科院中国矿物资源探查研究中心, 北京)

提 要: 在对华北地台北缘及北邻地区 52 个铜、铅、锌、锡矿床流体包裹体研究的基础上, 概括总结出岩控型、层控型和混控型三大类型及多个亚类型矿床的主要成矿物理化学条件, 建立了各类型矿床矿物流体包裹体成矿模式, 并用以找矿。

关键词: 流体包裹体 成矿模式 找矿 华北地台北缘

工作区为华北地台北缘及其北邻的褶皱区(地槽), 面积约合 170 万平方公里。在对工作区内 52 个铜、铅、锌、锡矿床包裹体研究的基础上, 围绕有色金属矿床找矿的关键问题, 在前人工作的基础上, 将矿床归纳为岩控型(岩体与脉岩控制成矿)、层控型(沉积岩层和火山岩层控制成矿)和混控型(岩体和地层综合控制成矿)的三大类型矿床。

表 1 矿床成因类型及主要地质特征

Table 1. Genetic types and main geological characteristics of ore deposits

类型	大地构造位置	主要控矿因素	含矿地层	矿体形态	物质成分	蚀变强度	矿石构造	硫同位素特征	铅同位素特征	银含量	成矿物质来源	典型矿床
岩控型	以地槽褶皱系及地台活化区为主	火成岩	时代不同岩性不一	复脉状、脉状、细脉浸染状	复杂	强	脉状、块状、团块状	靠近陨石硫, 变化范围窄	年轻正常铅, 混有地层铅	高	主要来自岩浆, 部分来自地层	多宝山 ^[1] 、大井 ^[2] 、甲乌拉 ^[3]
层控型	以地台裂谷系、地轴为主	地层	多为碳酸盐岩、火成岩互层	层状、似透囊状、豆状、脉状	简单	弱	浸染状、条带状	弥散状, 范围宽, 随着后期改造作用加强有塔式集中	古老正常铅	低	主要来自沉积地层	荒沟山 ^[4] 、高板河 ^[5,6] 、东升庙 ^[7] 、霍各乞
混控型	多出于地台裂谷系、地槽活化区	地层及火成岩	多为碳酸盐岩、火成岩互层	脉状、扁豆状、层状	较复杂	强或中等	脉状、浸染状、条带状	弥散状, 范围变窄, 有多个塔式集中区	地层铅, 混有年轻铅	高	来自地层和岩浆	青城子 ^① 、兰花岭 ^②

① 王郁, 青城子铅锌矿田地质地球化学特征及成矿机理, 东北工学院研究生毕业论文, 1988

② 有色总公司辽宁地勘局研究所《兰花岭地区铅锌矿床地质特征、控矿因素及找矿方向》报告, 1988

众所周知, 岩控、层控和混控在地质上是不能截然分开的。它们或多或少地互有关联、互相交织。本次仅依据其最主要的地质及同位素等特征进行分类, 并根据它们成矿的附加条件

* 本文由有色总公司北京矿产地质研究所承担的国家“七五”科技攻关项目“75-55-03-3”专项资助
王莉娟, 女, 1948 年生, 高级工程师, 1982 年毕业于中南矿冶学院地质系, 从事流体包裹体研究。邮政编码: 100012
1998-02-26 收稿, 1998-04-23 修改回

进一步划分为多个亚类型。概括总结了各类型矿床主要成矿物理化学条件,建立了各类型矿床包裹体成矿模式,为以包裹体标志确定矿床成因、成矿机制等及进一步为找矿提供依据。三大类型矿床主要地质特征见表1。

1 岩控型矿床

顾名思义,岩控型矿床,其成矿活动主要与岩浆作用有关,受岩体控制。该类型矿床矿物包裹体均一温度从高温至中低温,温度变化范围宽,具有多个成矿温度阶段,并在不同的温度区间形成不同的矿物。一般在近岩体处,矿物包裹体均一温度高,气体包裹体丰富,出现子矿物包裹体;远离岩体则温度及盐度均降低,气体包裹体和子矿物包裹体减少或消失。围绕着岩体和矿体出现热晕和蒸发晕,流体的温度、密度、pH、Eh、 f_{O_2} 等随着远离岩体而呈现规律性的变化。

该类型矿床的成矿流体为岩浆水和天水的混合流体,其 F^- 、 Cl^- 含量相对较高。天水的加入对成矿有重要影响,不但可以增加岩浆房的水分,还可以把围岩中的有用组分带入成矿流体,当围岩中有用金属组分丰富时,则围岩形成矿源层,使矿进一步富集。

1.1 按成因划分的亚类型矿床

(1) 斑岩型矿床。斑岩型矿床由岩体向外依蚀变分带、矿化分带和包裹体特征呈现规律性变化(表2)。其成矿流体由氧化性向还原性转化,pH值由碱性向酸性转化,钼矿体主要在弱碱—弱酸性条件下成矿,铜矿体主要在弱酸性条件下形成。成矿流体富 K^+ 、 Na^+ ,贫 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} ,富 Cl^- 贫 F^- ,成矿流体属 $K^+-Na^+-Cl^-$ 型或 $Na^+-K^+-Cl^-$ 型或 $Ca^{2+}(Mg^{2+})-Na^+(K^+)-Cl^-$ 型。由内带向外带,天水组分不断增加,钼、铜矿体沉淀时,有明显的流体沸腾现象。该类型矿床的典型实例有多宝山^[1]、乌奴格吐山^[8]、八八一、八大关(有色地质七〇七队,1978)、小寺沟(陈银汉,1986)^[10]等矿床。

表2 斑岩型矿床各蚀变带流体包裹体特征

Table 2. Fluid inclusion characteristics of various alteration zones in the porphyry deposit

包裹体特征	丰度	大小/ μm	主要类型	气液比/(%)	子矿物类型	$\rho/(g/l)$	$t/^\circ C$	压力
蚀变带(矿化带)								
高温蚀变带(内带——钼矿带)	丰富	10~20者居多,最高达30~40	I 少量 II 多 III 多	10~40 50~90 10~20	KCl、NaCl、赤铁矿、磁铁矿、石膏、黄铁矿等多种	0.4~1.2	100~500	$10^8 Pa$ 以上
中温蚀变带(中带——铜矿带)	较丰富	5~15者居多	I 为主 II 少量 III 少量	5~30 50~70 <10	NaCl、KCl、少量黄铁矿		100~350	数个 $10^7 Pa$
低温蚀变带(外带——铅锌矿带)	相对少	<5~10者居多	I 为主 II 极少 III 极少	<30 <60 <10	NaCl		100~250	数个 $10^6 Pa$

注: I 型—气液包裹体; II 型—气体包裹体; III 型—含子矿物包裹体

该分类得到施林道教授具体指导

(2) 矽卡岩型矿床。该类型矿床产在夕卡岩中, 空间上与岩体关系密切。其矿物包裹体较大, 多 $5\sim 15\ \mu\text{m}$, 包裹体丰富, 气体包裹体发育, 气成作用明显, 并可见到子矿物包裹体, 其中子矿物多不熔化, 推测为钙盐类。成矿温度为中—高温, 主要为 $250\sim 420\ ^\circ\text{C}$, 压力为 $200\ \text{MPa}$ 左右。

夕卡岩型矿床成矿流体以高Ca为显著特征, 成矿流体属 $\text{Ca}^{2+}\text{-Na}^+\text{-Cl}^-$ 型, 典型矿床有华铜(王莉娟, 1990)、天宝山等。

(3) 岩浆期后中—高温热液脉状矿床。岩浆期后中—高温热液脉状矿床在空间上靠近成矿岩体, 以Cu、Mo、Sn为主, 少量铅锌矿。成矿温度为中—高温, 主要为 $210\sim 440\ ^\circ\text{C}$ 。该类型矿床矿物包裹体丰富, 个体大, 多 $5\sim 15\ \mu\text{m}$, 气液比从 $10\%\sim 90\%$ 均有分布, 气体包裹体丰富, 一般可见少量含子矿物包裹体, 子矿物多为NaCl, 亦可出现KCl。在相对氧化环境, 酸性条件下成矿, 成矿物质主要来自岩浆。典型矿床如五星南沟等(刘继贤, 1985)。

(4) 岩浆期后中—低温热液脉状矿床。该类型矿床在空间上离开成矿岩体有一定距离。矿种多为铅锌矿, 少量铜矿。成矿温度为中—低温, 多小于 $200\sim 300\ ^\circ\text{C}$ 。该类型矿床矿物包裹体丰度相对小, 个体多小于 $5\ \mu\text{m}$, 气液比多小于 20% , 气体包裹体和子矿物包裹体少见, 子矿物为钠盐或钙盐类。成矿流体属中—低温, 低盐度流体。在相对还原环境, 中—酸性条件下成矿。成矿物质来自岩浆, 部分来自地层。典型矿床如郭家岭^[7]、小西林^[13]等。

(5) 火山热液脉状矿床。火山热液脉状矿床位于中生代陆相火山盆地边缘, 其成矿与中生代火山活动有关。该类型矿床含Ag量高, 多以Pb、Zn、Ag为主。成矿温度以 $150\sim 350\ ^\circ\text{C}$ 居多。矿物包裹体一般较小, 多数小于 $5\sim 3\ \mu\text{m}$, 丰度中等, 气液比以 $10\%\sim 30\%$ 居多, 气体包裹体极少出现, 子矿物包裹体亦少见, 子矿物为钠盐或钙盐类。成矿流体属中—低温、低盐度的 $\text{Ca}^{2+}\text{-Na}^+\text{-Cl}^-$ 型流体, 在还原环境和中—酸性条件下成矿。成矿物质来自火山热液, 部分来自老地层, 是由岩浆活动萃取了老地层中的金属元素, 并随岩浆上升携带上来在火山作用中成矿。典型实例如大井矿床东南部以铅、锌、银为主的矿体(王莉娟, 1990)以及蔡家营铅、锌、银矿床^[9]等。

1.2 依据成矿母岩性质划分的亚类型矿床

(1) 基性-超基性岩型矿床。该类型矿床产在基性-超基性岩中, 岩体的一部分即为矿体, 以铜、镍矿为主。成矿温度为高温($> 350\ ^\circ\text{C}$), 成矿流体富 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} , 成矿物质来自幔源基性-超基性岩浆。典型矿床如长仁铜镍矿(赵东根, 王宏达, 1986)。

(2) 中—酸性侵入岩型矿床

① 重熔岩浆热液型矿床。该类型矿床的成矿母岩来自地壳酸性重熔岩浆。其成矿流体以富 K^+ 、 Na^+ , 贫 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 为特征, $\text{Na}^+/\text{K}^+ < 1\sim 2$, $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+} \gg 1$, 成矿流体属 $\text{K}^+\text{-Na}^+\text{-Cl}^-$ 型, 典型实例如乌奴格吐山矿床^[8]。其硫同位素为靠近0值的小正值, 平均值为 $+2.44\%$ (潘龙驹, 1990)。

② 混熔岩浆热液型矿床。该类型矿床的成矿岩体来自下地壳和上地幔的中—酸性混熔岩浆, 成矿流体以富 Na^+ 、 K^+ , 贫 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 为特征, $\text{Na}^+/\text{K}^+ > 10$ 左右, $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ 为2

金尚麟等, 1986, 天宝山矿区多金属矿床的成矿温度和成矿压力, 科技情报, 第1期
^[7] 吉林省吉安县集安铅锌矿床郭家岭区深部找矿评价报告书

~ 3, 成矿流体属 $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{Cl}^-$ 型。典型实例如多宝山矿床。硫同位素为接近 0 值的小正值, 有的为小负值, 多宝山矿床硫同位素 $\delta^{34}\text{S}$ 平均值为 -0.77% [1]。

③ 同熔岩浆热液型矿床。该类型矿床成矿母岩来自上地幔分熔的中—酸性岩浆。其成矿流体富 Na^+ , 贫 K^+ , 相对富 Mg^{2+} , 贫 Ca^{2+} , Na^+/K^+ 比值可达几十, $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+} < 2$, 成矿流体属 $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+} (\text{Mg}^{2+}) - \text{Cl}^-$ 型。典型矿床如大井西部 Cu、Sn 多金属矿体。硫同位素为近于 0 值上的塔式分布。

1.3 依据围岩岩性划分的亚类型矿床

(1) 硅质碎屑岩型矿床。该类型矿床成矿岩体侵入在硅质碎屑岩中。其成矿流体属 $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{Cl}^-$ 型、 $\text{K}^+ - \text{Ca}^{2+} - \text{Cl}^-$ 型或 $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+} - \text{Cl}^-$ 型、 $\text{Ca}^{2+} - \text{Na}^+ - \text{Cl}^-$ 型。

(2) 碳酸盐型矿床。该类型矿床成矿母岩侵入在碳酸盐岩中。其成矿流体以 Ca^{2+} 或 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量高为特征, 成矿流体属 $\text{Ca}^{2+} (\text{Mg}^{2+}) - \text{Na}^+ (\text{K}^+) - \text{Cl}^-$ 型或 $\text{Ca}^{2+} - \text{Na}^+ - \text{Cl}^-$ 型或 $\text{Ca}^{2+} - \text{Na}^+ (\text{K}^+) - \text{Cl}^-$ 型。含子矿物包裹体中的子矿物多不熔化, 为钙盐类。典型矿床如华铜 (王莉娟, 1990)、小寺沟 [10] 等。

(3) 火成岩型矿床。该类型成矿岩体侵入在火成岩中。其成矿流体混有围岩组分, 如多宝山、黄岗梁 [11] 等矿床, 它们的围岩为细碧岩, 且细碧岩中的 Cu 进入成矿流体, 成矿流体萃取围岩组分, 围岩成为矿源层。流体中 Na^+ 含量高, 成矿流体属 $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{Cl}^-$ 型。

火成岩型矿床的硫同位素为靠近陨硫硫的小负值, 如多宝山硫同位素 $\delta^{34}\text{S}$ 平均值为 -0.77% , 铅为偏老的年轻铅, 具有层控性, 成矿物质来自岩体和围岩。

2 层控型矿床

2.1 同生沉积型矿床

同生沉积型矿床矿体的形态为层状、似层状, 基本保留原来的沉积特征。其矿物中包裹体很少, 仅有少量存在于重结晶矿物的边部, 包裹体小, 多小于 $3 \sim 5 \mu\text{m}$, 以纯液相包裹体为主, 可见到含子矿物包裹体, 气液比多小于 5%。成矿温度多小于 200°C , 但由于成岩作用以及不可避免地受到后期改造作用的影响, 其温度有的可达 300°C 左右。流体盐度中等, 如高板河矿床盐度为 $15\% \sim 30\% \text{NaCl}$ [5]。

同生沉积型矿床的成矿流体多属 $\text{Ca}^{2+} - \text{Na}^+ - \text{Cl}^-$ 型。硫同位素为弥散状, 范围宽, 无塔式集中, 后期改造作用不明显。铅为单阶段正常铅, 其模式年龄与控矿地层年龄基本一致, 成矿物质来自同生沉积地层 (芮宗瑶, 1994) [11]。

2.2 深成热卤水改造型后生层控矿床

该类型矿床受到深成热卤水的改造, 在一定层位形成的矿床。矿体呈脉状、透镜状。成矿流体沿深大断裂上侵, 经过较长距离的搬运, 到一定的地层层位后经充填交代而成矿, 成矿温度依矿液运移方向从高向低变化, 因而具有热液矿床的一些特征。

该类型矿床矿物中包裹体丰富, 但较小, 多小于 $3 \sim 5 \mu\text{m}$ 。包裹体类型以气液包裹体为主,

施林道等, 1990, 有色总公司北京矿产地质研究所承担的国家“七五”重点攻关项目《华北地台北缘及以北地区铜铅锌矿区域成矿规律、找矿靶区优选及定量找矿模型研究》报告

河北省兴隆县高板河黄铁矿、闪锌矿矿区详细勘探地质报告

气液比小,以20%~30%居多,气体包裹体少见,常见含CO₂包裹体,子矿物包裹体普遍,子矿物主要为NaCl及黄铁矿等金属矿物,包裹体以杂乱分布为主。成矿温度范围大,一般为100~450℃,以150~350℃为主,少量大于450℃。该类型矿床成矿流体温度及盐度均高,流体类型多属Na⁺-Ca²⁺-Cl⁻型,成矿是在较为开放的弱还原、中-弱酸性、压力较小(120×10⁵~200×10⁵ Pa)的条件下成矿。

该类型矿床硫同位素为大正值,有窄的高塔,达到硫同位素平衡,后期改造作用明显。铅同位素为单阶段正常铅,其模式年龄老于赋矿地层(施林道,1990),为深成热卤水活化迁移了基底老地层中的金属元素,并在有利的层位沉淀成矿,其成矿与岩浆作用无关。典型实例如柴河矿床(周乃武,1982)。

2.3 浅成热卤水改造同生沉积变质层控矿床

该类型矿床受到浅成热卤水和变质水的改造,矿体形态复杂,呈脉状、透镜状、似层状等。矿物中包裹体丰度一般,个体小,多小于2μm,以气液包裹体为主,气液比多小于10%。一般不出现气体包裹体,子矿物包裹体普遍存在,包裹体以杂乱分布为主,面状、带状分布次之。成矿温度主要为170~280℃,成矿流体为中-低温,中-高盐度流体,属Na⁺-Ca²⁺-Cl⁻型或Ca²⁺-Na⁺-Cl⁻型,K⁺、Mg²⁺含量低。在还原条件下成矿,成矿与岩浆作用无关,成矿流体为变质水和天水的混合。

该类型矿床硫同位素为弥散型,富集重硫,有小的塔式集中,随着改造作用的加强,硫同位素范围变窄,塔式分布趋于明显。铅同位素为古老正常铅,其模式年龄与围岩年龄一致。地层和矿体中的碳、氧同位素有一定的相关性(施林道,1990),成矿物质来自同生沉积的地层。典型矿床有荒沟山、天湖沟^[4]、盘岭(有色总公司辽宁地勘局研究所,1981)等。

2.4 海底火山喷气-喷流沉积变质矿床

该类型矿床受层位控制,矿石呈块状构造。近火山喷气口生成的矿床,流体包裹体丰富,呈面状、带状分布,大小不等,大者可达30~40μm,气体包裹体、CO₂包裹体和含子矿物包裹体丰富,并出现大量钾盐类子矿物,CO₂包裹体中常带有NaCl和KCl子矿物。变质作用温度区间主要为300~400℃,压力可达200~400 MPa,成矿流体为高盐度、富含CO₂及含有一定量的N₂、CH₄组分的流体。流体类型由Na⁺-K⁺-Cl⁻型向Na⁺-Ca²⁺-Cl⁻型演化。典型矿床如东升庙矿床。随着远离喷气口,喷气作用逐渐减弱,甚至变为喷流作用,气体包裹体、CO₂包裹体和子矿物包裹体减少,温度、盐度降低,钾盐子矿物消失,成矿流体为Na⁺-Ca²⁺-Cl⁻型,如炭窑口矿床。

该类型矿床的另一实例为霍各乞矿床,其层位在东升庙矿床之上,为火山喷气过后的海底火山喷发沉积变质成矿。矿石为条带状、浸染状。矿物中气体包裹体、CO₂包裹体和含子矿物包裹体均少于东升庙矿床,铜矿体成矿流体主要为K⁺(Na⁺)-Ca²⁺-Cl⁻型,铅矿体主要为Ca²⁺(Mg²⁺)-Na⁺-Cl⁻型。压力为100~300 MPa。

此类矿床在还原环境、弱酸-弱碱性条件下成矿,成矿流体以变质水为主,混有部分天水和岩浆水。硫同位素为富集重硫的大正值,有一定集中,表明硫主要来自海水硫酸盐,并受到后期改造作用。铅同位素主要为地层铅混有年轻铅,成矿物质主要来自沉积地层(施林道,1990)。

2.5 火山沉积深变质改造型层控矿床

该类型矿床与中—基性火山岩有关, 赋存于深变质岩系中。矿体呈似层状、扁豆状、脉状, 矿石呈团块状、浸染状和脉状构造。矿体和围岩同样遭受了变质变形作用和混合岩化作用。变质作用的矿物包裹体相对少, 个体小, 多数小于 $5\ \mu\text{m}$, 以气液包裹体为主, 气液比多小于 20%, 气体包裹体量少, 子矿物包裹体和 CO_2 包裹体丰富, 子矿物为 CaSO_4 和 NaCl , 见泄漏包裹体群。包裹体以面状、带状、线状分布为主, 进化变质流体均一温度为大于 400°C 的高温, 压力可达 $600\sim 800\ \text{MPa}$ 。混合岩化作用的包裹体丰富, 一般 $10\ \mu\text{m}$ 左右, 以气液包裹体为主, 气液比 $10\%\sim 70\%$, 少量气体包裹体和含子矿物包裹体, 子矿物为 NaCl 和金属矿物, 均一温度一般为 $400\sim 200^\circ\text{C}$, 原始成矿作用的均一温度约为 $200\sim 300^\circ\text{C}$ 。压力约为 $15\sim 20\ \text{MPa}$ 。

该类型矿床成矿流体随着蚀变作用的加强, CH_4 、 Mg^{2+} 减少, 而 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 CO_2 增加, 推测原岩流体属 $\text{Na}^+ - \text{Mg}^{2+} (\text{Ca}^{2+}) - \text{Cl}^-$ 型。随着变质作用的加强, 流体演化为 $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+} - \text{Cl}^-$ 型和 $\text{K}^+ (\text{Na}^+) - \text{Ca}^{2+} - \text{Cl}^-$ 型。其硫同位素在 0 值附近呈窄的高塔, 达到高度均一, 表明遭受了强变质作用, 铅为古老铅, 来自老地层。典型实例为红透山矿床 (周乃武等, 1982)。

3 混控型矿床

3.1 侵入岩浆热液改造沉积变质层控型矿床

该类型矿床受侵入岩浆热液的影响, 其包裹体特征随着离侵入岩体的远近及受侵入岩浆热液影响的强弱而呈现有规律的变化。近岩体的矿床, 矿物包裹体相对较发育, 个体相对较大, 多为 $3\sim 15\ \mu\text{m}$, 气液比增大, 出现少量气体包裹体。成矿流体多属 $\text{Na}^+ (\text{K}^+) - \text{Ca}^{2+} - \text{Cl}^-$ 型, 其中 F^- 、 Cl^- 、 K^+ 含量相对高。金属矿物爆裂曲线为高峰, 显示热液特征。典型实例如吕家卜子、东胜矿床 (有色总公司辽宁地勘局研究所)。远离岩体的矿床矿物中包裹体少而小, 多小于 $3\sim 5\ \mu\text{m}$, 气液比多小于 20%, 一般不出现气体包裹体。成矿温度为中—低温, 金属矿物爆裂曲线呈齿状, 显示沉积特征, 成矿流体属 $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+} - \text{Cl}^-$ 型或 $\text{Ca}^{2+} - \text{Na}^+ - \text{Cl}^-$ 型, F^- 、 Cl^- 、 K^+ 含量相对低, 如北瓦沟、翟家沟矿床 (有色总公司辽宁地勘局研究所)。该类型矿床成矿流体为天水、变质水、岩浆水的混合水, 成矿物质为混源。

3.2 陆相火山热液改造沉积变质层控型矿床

该类型矿床产于中生代陆相火山盆地边缘一定的地层层位中, 受火山热液的改造作用, 矿床中富含银, 多为铅、锌、银矿种。受火山热液改造弱的矿床矿体形态复杂, 呈似层状、层状或小脉状。其中包裹体小而少, 多小于 $3\sim 5\ \mu\text{m}$, 气液比小, 多小于 20%, 见子矿物包裹体和泄漏包裹体。均一温度主要为 $100\sim 300^\circ\text{C}$, 成矿流体中 $\text{Na}^+ \gg \text{K}^+$, $\text{Cl}^- \gg \text{F}^-$, K^+ 、 F^- 含量低, 成矿流体属 $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+} - \text{Cl}^-$ 型。在近中性还原条件下成矿。典型实例如辽宁青城子矿田的榛子沟矿床。受火山热液改造强烈的矿床, 矿体多为脉状, 其中包裹体相对较大, 达 $5\sim 10\ \mu\text{m}$, 气液比达 $10\%\sim 30\%$, 子矿物包裹体偶见, 盐度相对较低, 流体中 $\text{Na}^+ \geq \text{K}^+$, 成矿流体属 $\text{Na}^+ (\text{K}^+) - \text{Ca}^{2+} - \text{Cl}^-$ 型, 在弱酸性和相对氧化条件下成矿。典型实例如青城子矿田的本山-南山式矿床 (王郁, 1988)。

该类型矿床成矿热液主要为天水, 混有岩浆水和变质水, 其硫同位素为偏离陨硫硫的正值, 有正态分布, 如青城子矿床硫同位素 $\delta^{34}\text{S}$ 平均值为 $+5.4\%$, 矿石铅是岩体铅和地层铅的

混合铅(杨竞红, 1990), 成矿为多期多阶段, 成矿物质为混合源。

3.3 岩浆热液改造型层控矿床

本类型矿床包裹体小, 多小于 $1\sim 2\mu\text{m}$, 以纯液相为主, 气液比小于 $5\%\sim 15\%$, 子矿物包裹体普遍出现。成矿为低温、高盐度流体, 流体类型为 $\text{Na}^+ - \text{Ca}^{2+} - \text{Cl}^-$ 型和 $\text{Ca}^{2+} - \text{Na}^+ - \text{Cl}^-$ 型, K^+ 、 F^- 含量相对低, 岩浆组分基本不参与成矿, 成矿物质来自同生沉积地层, 经岩浆热液作用富集成矿。

该类型矿床硫同位素范围宽, 但有一定的塔式集中。近岩矿体的硫同位素可达到平衡。铅为古老正常铅, 其中岩体捕获了地层中的铅, 表现在矿石铅、地层铅和岩体铅一致, 为同一来源经不同阶段分馏而成, 无年轻铅的加入。典型实例如八家子矿床^[12]。

4 结 论

通过工作区内52个不同类型铜、铅、锌、锡矿床的流体包裹体研究, 初步建立了各类型矿床矿物流体包裹体成矿模式, 以此作为标志, 为找矿提供依据。例如, 对未知矿床(点)的包裹体研究与不同类型矿床包裹体模式对比, 并结合其他地质特征, 可初步判定该矿床(点)的成矿类型、成矿机理、成矿物质来源, 进而判定其成矿的可能性和可能的成矿规模, 确定进一步的找矿方向等等; 若在已知矿床的外围找矿, 进行包裹体特征的对比, 更是预测外围矿床(点)成矿性的行之有效的方法。此外, 据包裹体的成矿模式还可以判定矿床成矿母岩、围岩性质、成矿热液来源、成矿深浅及变质程度等特征, 在此不一一赘述。

总之, 在多个矿床包裹体研究基础上建立的包裹体成矿模式, 对于确定矿床类型、矿床成因、成矿机制、成矿物质来源等将提供可靠依据, 最终为找矿服务。

在野外工作过程中, 得到有色总公司辽宁地勘局、有色总公司内蒙古综合地质大队、有色总公司黑龙江地勘局和华北有色总公司地勘局的大力支持和协助, 并提供了大量的资料, 得到施林道教授的具体指导及方楠、王真光、林淑云同志的帮助, 在此一并致谢。

参 考 文 献

- 1 杜琦, 赵玉明, 卢秉刚等. 多宝山斑岩铜矿床. 北京: 地质出版社, 1988, 205~247.
- 2 冯建忠, 艾霞, 王莉娟等. 内蒙黄岗梁—孟恩陶勒盖矿带成矿流体特征及成矿物理化学条件. 黑龙江地质, 1993, 4(2): 23~31.
- 3 潘龙驹, 孙恩邦. 内蒙古甲乌拉银铅锌矿床地质特征. 矿床地质, 1992, 11(1): 45~53.
- 4 杨松年, 缪远兴, 杨大平等. 辽吉南部下元古界铅锌成矿地质特征及矿床控制因素. 地质与勘探, 1986, 22(10): 5~12.
- 5 涂光帜等. 中国层控矿床地球化学, 第二卷. 北京: 科学出版社, 1987, 134~141.
- 6 夏学惠. 冀东高板河锌、硫铁矿床中的微生物席与矿床成因. 矿床地质, 1996, 15(2): 165~170.
- 7 夏学惠. 内蒙狼山成矿带东升庙多金属硫化铁矿床成矿特征及成因探讨. 矿床地质, 1992, 11(4): 374~383.
- 8 叶欣, 王莉娟. 乌奴格吐山斑岩铜钼矿床物理化学条件研究. 地质与勘探, 1989, 25(6): 14~21.
- 9 张长江. 河北蔡家营铅锌(金银)矿床地质特征. 矿床地质, 1990, 9(4): 301~308.
- 10 陈银汉. 小寺沟斑岩铜钼矿床形成条件分析. 地球化学, 1986, (3): 211~224.
- 11 芮宗瑶, 施林道, 方恒如等著. 华北陆块北缘及邻区有色金属矿床地质. 北京: 地质出版社, 1994, 490~535.
- 12 董永观. 八家子铅锌矿化蚀变分带特征. 矿床地质, 1986, 5(4): 82~93.
- 13 潘善珍. 小西林铅锌矿区组合模式探讨. 黑龙江地质, 1985, (1~2).

FLUID INCLUSION STUDIES OF COPPER, LEAD, ZINC AND TIN DEPOSITS IN NORTHERN MARGIN OF NORTH CHINA PLATFORM AND ITS NORTHERN ADJACENT AREAS

Wang Lijuan

(Beijing Institute of Geology for Nonferrous Mineral Resources, CNNC, Beijing 100012;

Research Center of Mineral Resources, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Key words: northern margin of North China platform, fluid inclusion, metallogenic model, prospecting

Abstract

Based on fluid inclusion studies of quartz from 52 copper, lead, zinc and tin deposits hosted in an area of 170 km² on the northern margin of North China platform and its northern adjacent fold system, the authors have divided these deposits into three subtypes, namely, intrusion-bound type, strata-bound type and complex-bound type, which in turn can be further divided into several subtypes.

The intrusion-bound deposits are genetically related to magmatism. In deposits with or near intrusions, daughter minerals are abundant in the fluid inclusions, and gaseous inclusions account for a considerable percentage. With the increasing distance from the intrusion, the homogenization temperature and salinity decrease, and the temperature, salinity, density, pH, Eh and f_{O_2} values show regular variation. The metallogenic fluids are derived from mixed magmatic water and meteoric water. The F⁻ and Cl⁻ contents are relatively high. The strata-bound deposits are mainly controlled by strata. With the intensification of reformation, lenticular orebodies or vein orebodies were formed. According to sedimentary types and reformation characteristics, the strata-bound deposits are further divided into five subtypes which show obvious differences in concentration, size, type, gas-liquid ratio and chemical composition of fluid inclusions. The complex-bound deposits are controlled not only by strata but also by intrusions. The reformation process is divided into magmatic hydrothermal reformation, volcanic hydrothermal reformation and magmatic thermal reformation. Different reformation intensities result in differences in size, concentration, type and chemical composition of fluid inclusions.