

吉黑东部斑岩型-浅成热液型铜 金矿床多重成矿模型^①

芮宗瑶 张洪涛 王龙生 陈仁义

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京)

提 要: 通过四个典型矿床(小西南岔、闹枝、五凤和刺猬沟)的对比, 发现它们在形成时间-空间-成因上既相互联系, 又相互区别。小西南岔和闹枝矿床存在三个成矿流体系统: 加热天水系统(A)、排放流体系统(B)、蒸气缕(steam plume)反应系统(C); 五凤和刺猬沟矿床只有一个成矿流体系统, 即排放流体系统(B)。前者的成矿流体由浅成岩浆房的补给; 后者的成矿流体主要为循环天水, 浅成岩浆房的补给不明显。小西南岔金铜矿床产于中生代火山岩盆地边缘的隆起带, 属于斑岩型矿床; 闹枝金(铜)矿床产于中生代火山岩盆地内的断隆块, 属于斑岩-浅成热液过渡型矿床; 五凤和刺猬沟金(银)矿床产于中生代火山岩盆地内断裂带, 属于浅成热液型矿床。在区域成矿上, 由浅入深, 浅成热液型斑岩-浅成热液过渡型和斑岩型构成多重成矿模型。

主题词: 多重成矿模型 加热天水系统(A) 排放流体系统(B) 蒸气缕反应系统(C)

吉黑褶皱带东部的延边地区由于受滨太平洋中生代构造-岩浆活动的影响, 基底断裂、火山活动和花岗质岩浆侵位十分强烈, 带来丰富的与中生代火山-次火山-侵入杂岩有关的斑岩型-浅成热液型铜金矿床。这些矿床在地质特点和形成时间-空间-成因等方面, 既相互联系, 又相互区别, 它们构成一个具有内在联系的各具特色的多重成矿模型^[1]。本文通过四个典型矿床(小西南岔、闹枝、五凤、刺猬沟)的对比, 达到剖析该模型的不同侧面, 揭示它们的成矿机制和评价准则。

1 成矿条件对比

小西南岔金铜矿床的成矿条件: ① 矿床产于中生代火山岩盆地边缘的断隆区; ② 容矿岩为华力西期闪长岩和下古生界变质火山岩系; ③ 下古生界变质火山岩的金丰度高; ④ 矿田位于SN向和EW向基底断裂交汇部位, 矿床受EW向、NNE向、NW向和SN向四组断裂控制, 矿体定位受NW向断裂带制约; ⑤ 早白垩世花岗斑岩小岩株和闪长玢岩岩脉在时空上与矿化-蚀变体关系密切。

闹枝金(铜)矿床的成矿条件: 矿床产于中生代火山岩盆地内部的断隆区; 容矿岩为

① 国家自然科学基金资助项目, 项目编号49070102

芮宗瑶, 男, 59岁, 研究员, 长期从事铜、金、铅锌等金属矿床及矿床地质化学研究。邮政编码: 100037

1994-6-13收稿, 1995-2-6修改回。陶景连编辑

华力西期花岗闪长岩和中侏罗世—早白垩世火山岩; 下古生界和上古生界基底岩石的金丰度均较高; 矿田处于EW向与NW向基底断裂交汇部位, 矿体受一组NW向弧形断裂控制; 早白垩世次安山岩岩脉在时空上与矿化-蚀变体关系密切。

五凤金(银)矿床的成矿条件: 矿床产于中生代火山岩盆地内; 容矿岩为早白垩世火山岩和燕山期碱长花岗岩; 矿田受NE向与NW向基底断裂的交叉部位控制, 矿体分别受NE向和NW向两组断裂破碎带控制; 五星山矿段的矿化-蚀变体与燕山期次粗面安山岩脉在时空上关系密切。

刺猬沟金矿床的成矿条件: 矿床产于中生代火山岩盆地内; 容矿岩为中侏罗世火山岩和早二叠世浅变质火山-沉积岩; 矿田受控于EW向基底断裂及次级NE向、NW向断裂的交汇部位。

2 三套成矿流体系统

将小西南岔、闹枝、五凤和刺猬沟四个矿床的流体包裹体研究结果分别投影到均一温度-盐度图解上, 我们会清楚地看到, 小西南岔和闹枝矿床均存在三套成矿流体系统; 而五凤和刺猬沟矿床仅存在一套成矿流体系统。现分别对四个矿床的成矿流体系统略加剖析。

小西南岔矿床的成矿流体系统: 共有A、B和C三个成矿流体系统。A系统的特点为: 温度与盐度呈正比关系(图1), 温度变化范围为160~395℃, 盐度变化范围为3 wt%~21 wt% NaCl。由于随着温度的增高, 成矿流体中溶解的盐类随之增高, 因此认为A系统为加热的天水系统。B系统的特点为温度与盐度呈反比关系(图1), 温度变化范围为105~350℃, 盐度变化范围为3.5 wt%~16 wt% NaCl。由于随着温度的降低, 成矿流体中溶解的盐类反而增高, 因此B系统为排放系统。当成矿流体排放时, 流体中溶解的气体逸出, 使流体的盐度增高了。C系统的特点为: 温度和盐度均较高, 尤其是盐度可高达30 wt%~42 wt% NaCl。该系统是由浅成岩浆房排放出来的酸性挥发性组分, 如HCl、HF、CO₂等, 与硅酸盐矿物反应, 在生成片状硅酸盐矿物(水云母和水白云母等)和石英的同时, 有大量的NaCl、KCl等盐类溶于成矿流体, 最终导致形成高盐度成矿流体。有时这种高盐卤水的盐度可达70 wt% NaCl。

闹枝矿床的成矿流体系统: 亦具有A、B、C三个成矿流体系统, 但三个系统的温度和盐度变化范围均比小西南岔矿床的小。A系统的特点为有一个不太明显的温度与盐度呈正比的线性关系, 温度变化范围为160~335℃, 盐度变化范围为3 wt%~10 wt% NaCl, 代表天水的加热系统(图2)。B系统的特点为有一个不太明显的温度与盐度呈反比的线性关系, 温度变化范围为210~385℃, 盐度变化范围为1 wt%~8 wt% NaCl, 代表一个迅速排放系统。C系统的特点是温度与盐度明显呈线性正比关系, 温度变化范围为225~445℃, 盐度变化范围为30 wt%~49.5 wt% NaCl, 代表浅成岩浆房排放出来的酸性挥发性组分与硅酸盐反应的系统。

五凤矿床的成矿流体系统只有一个成矿流体系统(B系统)。它的特点为温度与盐度呈反比, 盐度低(图3)。温度变化范围为105~390℃, 盐度变化范围为0.5 wt%~5 wt% NaCl, 主要集中于1 wt%~2 wt% NaCl。由五凤矿床的成矿流体特点表明: 成矿流体主要为加热的天水, 成矿机构是一个地热泉的排放系统, 深部的流体温度可达390℃, 近地表流体温度为100℃左右。

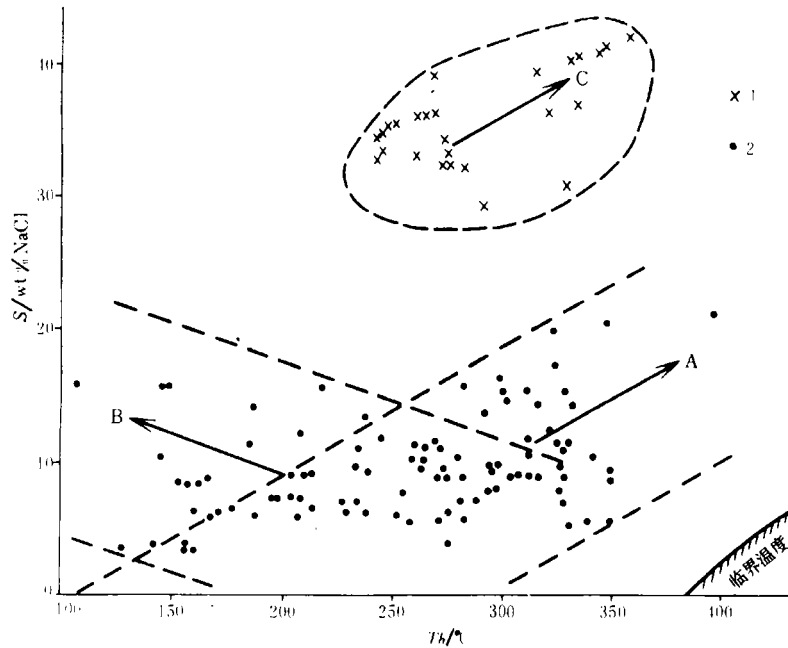


图1 小西南岔金铜矿床三套成矿流体系统

(根据大多数流体包裹体处于20~30 MPa条件下设置成矿流体的临界温度界线)

A—加热天水系统; B—排放流体系统; C—蒸气缕反应系统; 1—多相流体包裹体; 2—气液相包裹体

Fig. 1. Three sets of ore-forming fluid systems in the Xiaoxinancha gold-copper deposit.

(Critical temperature boundary of ore fluids designed according to the condition of 20~30 MPa under which most fluid inclusions lie.)

A—Heated meteoric water system; B—Discharge fluid system; C—Steam plume reaction system; 1—Multiphase fluid inclusion; 2—Gas-liquid inclusion.

刺猬沟矿床的成矿流体系统: 与五凤矿床相似, 只有一个成矿流体系统 (B系统)。它的特点为: 温度与盐度呈平缓线性反比关系, 盐度低 (图4)。温度变化范围为100~400℃, 盐度变化范围为0.5 wt%~3 wt% NaCl, 主要集中于1 wt%~2 wt% NaCl。由刺猬沟矿床的成矿流体特点表明: 成矿流体主要为加热的天水, 矿石沉淀过程为地热泉的排放过程, 最深部的流体温度可达400℃, 近地表流体温度为100℃左右。

将西藏东部的马拉松多和玉龙斑岩铜(钼)矿床的流体包裹体均一温度直方图与小西南岔、闹枝、五凤和刺猬沟矿床的进行对比, 我们会清楚地发现以下几点差异:

(1) 马拉松多的浅成岩浆房的深度最小。如果我们假定岩浆固相线温度为700℃左右, 那么马拉松多在固相线之上, 即岩浆期已有流体相分馏出来, 通常将这个过程的方程写作:

$$m = m' + s + v$$

方程中的 m 为硅酸盐熔融相, m' 为残余硅酸盐熔融相; s 为结晶出的硅酸盐矿物; v 为挥发相, 亦即温度为700~975℃区间的流体相。

(2) 马拉松多、玉龙、小西南岔和闹枝矿床都有高盐度流体相出现, 而且由马拉松多

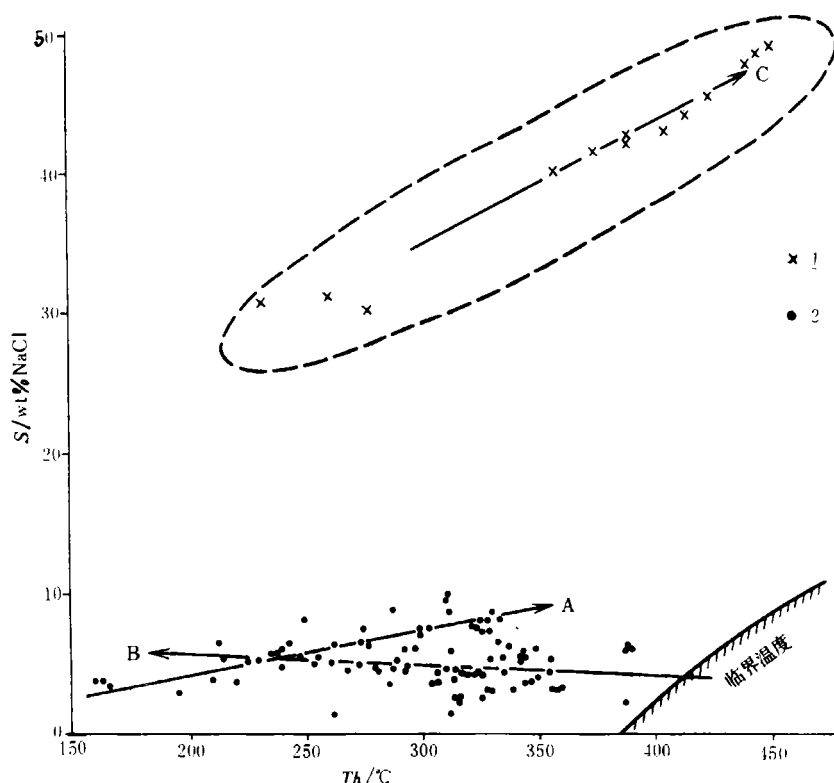


图2 闹枝金(铜)矿床的三套成矿流体系统
(根据大多数流体包裹体处于20 MPa条件下设置成矿流体的临界温度界线)
图例同图1

Fig. 2. Three sets of ore-forming fluid systems in the Naozhi gold (copper) deposit.
(Critical temperature boundary of ore fluids designed according to the condition of 20 MPa under which most fluid inclusions lie.) Symbols as for Fig. 1.

→玉龙→小西南岔→闹枝高盐度流体相逐渐减弱。这表明两种可能性：一种为从浅成岩浆房分离出来的酸性挥发相(HCl、HF、P₂O₅、CO₂等)逐渐减少，由于酸性挥发相不足，导致成矿流体中盐度降低；另一种为浅成岩浆的深度和围压依次增大，使 $m \rightarrow m' + s + v$ 反应难以进行，导致 v 相减少和高盐度流体相难以形成。

(3) 五凤和刺猬沟矿床与马拉松多、玉龙、小西南岔和闹枝矿床完全不同，缺少高盐度流体相。说明五凤和刺猬沟矿床没有直接受到浅成岩浆房的影响。

3 同位素组成的演化

3.1 氢氧同位素组成

表1列出小西南岔、闹枝、五凤和刺猬沟矿床流体包裹体的氢氧同位素组成，并推算了它们的岩浆水和天水的百分率。

图5显示了小西南岔、闹枝、五凤和刺猬沟矿床的氢氧同位素组成在 $\delta D-\delta^{18}O$ 图解上的

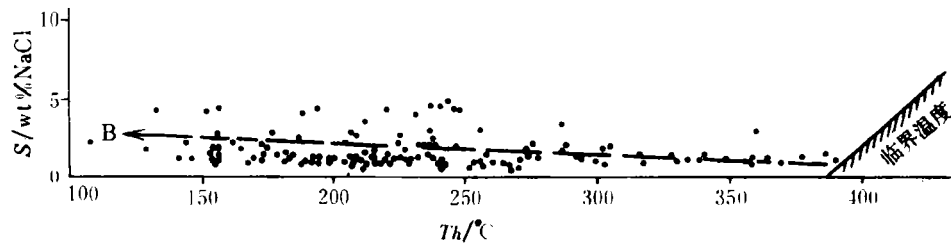


图3 五凤金矿床的成矿流体系统

(根据大多数流体包裹体处于20 MPa条件下设置成矿流体的临界温度界线)

图例同图1

Fig. 3. Ore-forming fluid system of the Wufeng gold deposit

(Critical temperature boundary of ore fluids designed according to the condition of 20MPa under which most fluid inclusions lie). Symbols as for Fig. 1

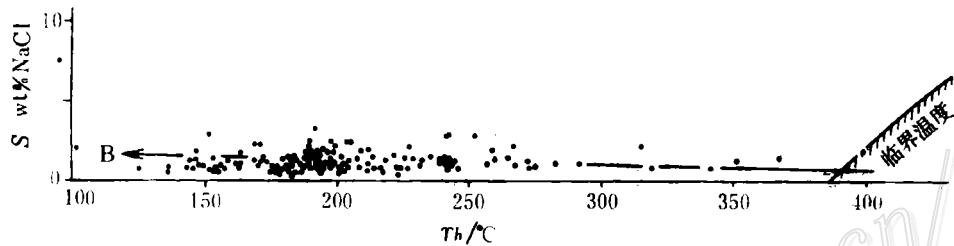


图4 刺猬沟金矿床的成矿流体系统

(根据大多数流体包裹体处于20 MPa条件下设置成矿流体的临界温度界线)

图例同图1

Fig. 4. Ore-forming fluid system of the Ciweigou gold deposit.

(Critical temperature boundary of ore fluids designed according to the condition of 20MPa under which most ore inclusions lie). Symbols as for Fig. 1.

投影。我们可以明显的看出，从岩浆水到天水的区间，依次分布着小西南岔、闹枝、五凤和刺猬沟矿床。也就是说小西南岔和闹枝矿床在成矿过程中，它们的成矿流体氢氧同位素组成相对受到浅成岩浆房的岩浆水较强的交换；相反五凤和刺猬沟矿床的这种交换是微不足道的。特别是刺猬沟矿床的成矿流体主要为天水（图5）。

3.2 石英的氧同位素组成

将小西南岔、闹枝、五凤和刺猬沟矿床的石英氧同位素组成相互作一个对比，再与“1”型、“S”型、“Mt”型、“II”型花岗岩的氧同位素组成和五凤矿区金沟岭组火山岩氧同位素组成作一个对比（图6），我们同样会发现：小西南岔、闹枝、五凤和刺猬沟矿床的石英氧同位素组成有一个连续变化，小西南岔和闹枝矿床的氧同位素相对受天水交换较弱；

表 1 吉黑东部四个矿床的流体包裹体氢氧同位素组成
Table 1. Hydrogen and oxygen isotope composition of fluid inclusions in the Xiaoxinancha, Naozhi, Wufeng and Ciweigou deposits

矿床	样品	$\delta D_{SMOW} (\text{‰})$	$\delta^{18}O_{SMOW} (\text{‰})$	估计岩浆水 (%)	估计天水 (%)
刺猬沟	5 件石英	-105~-93	-10.9~-0.6	14~64	36~86
五凤	4 件石英, 1 件方解石	-97~-87	-6.7~-3.2	30~46	54~70
闹枝	5 件石英	-124~-85	-4.7~+4.6	38~67	33~62
小西南岔	11 件石英	-80~-38	-4.3~+5.6	33~91	9~67

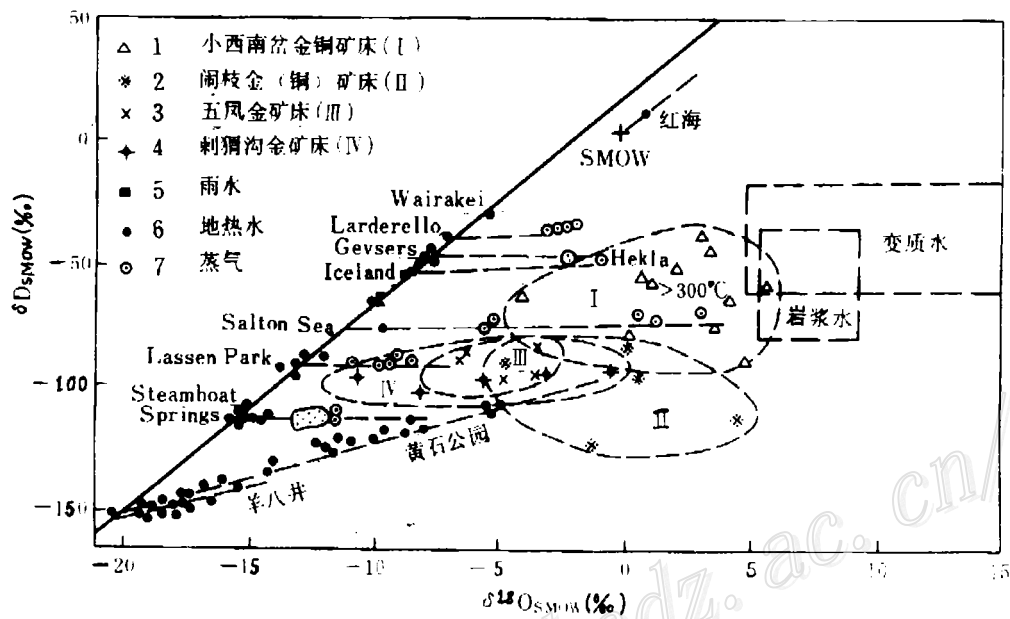


图 5 小西南岔、闹枝、五凤和刺猬沟矿床矿物中流体包裹体 $\delta D-\delta^{18}O$ 图解
Fig. 5. δD versus $\delta^{18}O$ diagram of fluid inclusions in minerals of the Xiaoxinancha, Naozhi, Wufeng and Ciweigou deposits.

1—Xiaoxinancha gold-copper deposit (I); 2—Naozhi gold (copper) deposit (II); 3—Wufeng gold deposit (III); 4—Ciweigou gold deposit (IV); 5—Meteoric water; 6—Geothermal water; 7—Steam.

相反五凤和刺猬沟矿床的相对受天水交换较强。五凤矿区金沟岭组火山岩的氧同位素组成变化范围(图 6)箭头指的位置表示天水作用线,箭头右边代表未受或轻微受天水作用的火山岩,箭头左边代表天水作用或强烈受天水作用的火山岩。

3. 3 方解石和流体包裹体的碳氧同位素组成

小西南岔、五凤和刺猬沟矿床中方解石和石英流体包裹体 CO_2 的碳氧同位素组成列于表 2。由表 2 可明显地看出,这些矿床的碳同位素组成接近于深源岩浆成因碳;而这些矿床的氧同位素组成则受到天水的强烈交换,其交换程度次序,分别为小西南岔→五凤→刺猬

沟(图7)。

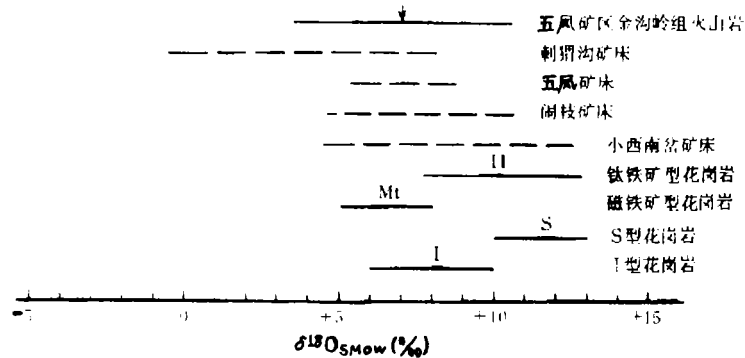


图6 小西南岔、闹枝、五凤和刺猬沟矿床的石英氧同位素组成与有关岩石的比较

Fig. 6. Oxygen isotope composition of quartz from Xiaoxinancha, Naozhi, Wufeng and Ciweigou deposits in comparison with that of related rocks.

表2 小西南岔、五凤和刺猬沟矿床中方解石和石英流体包裹体的CO₂的碳氧同位素组成(‰)

Table 2. Carbon and oxygen isotope composition of calcite and CO₂ in fluid inclusions of quartz from the Xiaoxinancha, Wufeng and Ciweigou deposits.

矿床	刺猬沟	五凤	小西南岔
样品	7件方解石	6件方解石	2件方解石, 4件方解石
δ ¹⁸ O _{SMOW} 变化范围	-3.1~-1.0	+0.8~+4.5	+4.4~+13.0
δ ¹⁸ O _{SMOW} 平均值	-2.1	+3.1	+10.3
δ ¹³ C _{PDB} 变化范围	-9.5~-6.1	-9.4~-6.9	-7.2~-3.5
δ ¹³ C _{PDB} 平均值	-7.7	-8.0	-5.4

在δ¹³C-δ¹⁸O图解上, 刺猬沟、五凤和小西南岔矿床的碳氧同位素组成与黄龙铺碳酸岩型矿床的投于同一个区, 与大厂等热液矿床和关门山等MVT型矿床构成明显的对照(图7)。从图7的右边到左边构成一个成矿的δ¹³C-δ¹⁸O变化的连续序列。

(1) 海相碳酸盐岩碳氧同位素组成(Ⅳ区): δ¹³C_{PDB}为-4‰~+6‰, δ¹⁸O_{SMOW}为+18‰~+26‰, 密西西比河谷型(MVT)矿床, 以关门山铅锌矿床为代表。

(2) 混合热液碳氧同位素组成(Ⅲ区): δ¹³C_{PDB}为-10‰~0‰, δ¹⁸O_{SMOW}为+10‰~+20‰, 热液型矿床, 以大厂锡-多金属矿床为代表。

(3) 深源岩浆岩碳氧同位素组成(Ⅱ区): δ¹³C_{PDB}为-10‰~-6‰, δ¹⁸O_{SMOW}为+4‰~+12‰, 碳酸岩型矿床和斑岩型矿床, 以黄龙铺U-Nb-Pb-REE-Mo矿床和小西南岔金铜矿床为例。

(4) 天水循环的火山岩碳氧同位素组成(Ⅰ区): δ¹³C_{PDB}为-10‰~-6‰, δ¹⁸O_{SMOW}为-4‰~+5‰, 浅成热液型矿床, 以刺猬沟和五凤金矿床为例。

3.4 硫化物的硫同位素组成

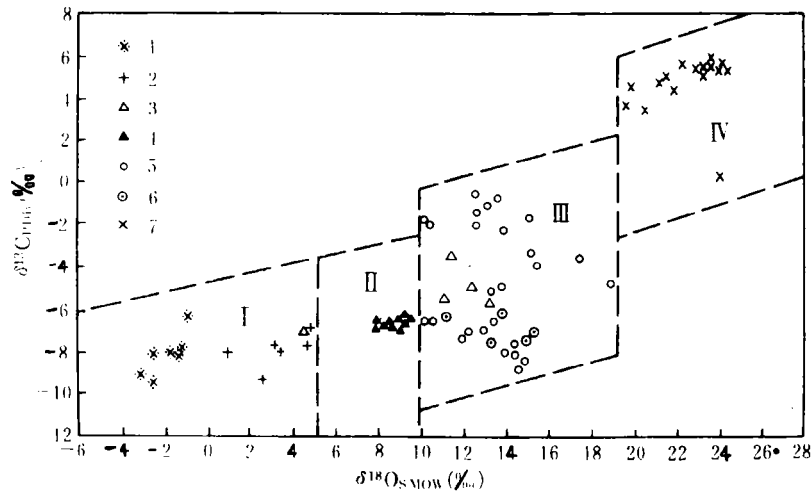


图 7 刺猬沟、五凤和小西南岔矿床中方解石和石英流体包裹体 CO_2 的 $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{18}\text{O}$ 图解, 并与有关矿床对比

1—刺猬沟金矿床中方解石; 2—五凤金矿床中方解石; 3—小西南岔金铜矿床中方解石 (I 区) 和石英流体包裹体的 CO_2 (II 区); 4—华阳川-垣头-黄龙铺-桃园一带的碳酸岩脉型 U-Nb-Pb-REE 的 Mo 矿床中方解石^[3]; 5—大厂锡-多金属矿床中方解石^[2]; 6—大厂锡-多金属矿床中白云石 (丁梯平等, 1988); 7—关门山铅锌矿床中白云石及围岩白云岩^[4]; I—天水循环的火山岩碳区; II—深源碳区; III—热液混合碳区; IV—海相碳酸盐岩的碳区

Fig. 7. $\delta^{13}\text{C}$ versus $\delta^{18}\text{O}$ diagram for carbon and oxygen isotope composition of CO_2 in fluid inclusions of calcite and quartz from the Giweigou, Wufeng and Xiaoxinancha deposits in comparison with that of related deposits.

1—Calcite from the Ciweigou gold deposits; 2—Calcite from the Wufeng gold deposit; 3—Calcite from the Xiaoxinancha gold-copper deposit (Region I) and CO_2 in fluid inclusions of quartz (Region II); 4—Calcite from the carbonate dike U-Nb-Pb-REE and Mo deposits of Huayangchuan-Yuantoulongpu-Taoyuan area; 5—Calcite from the Dachang tin-polymetallic deposit; 6—Dolomite from the Dachang tin-polymetallic deposit; 7—Dolomite of the Guanmenshan lead-zinc deposit and surrounding dolomite; I—Volcanic carbon area of meteoric cycle; II—Deep carbon area; III—Hydrothermal mixed carbon area; IV—carbon area of marine carbonate rock.

小西南岔、闹枝、五凤和刺猬沟矿床的硫同位素组成总的变化范围窄 ($\delta^{34}\text{S}$ 为 -4% ~ $+7.5\%$), 反映深部岩浆硫源的特点。但将四个矿床的硫同位素组成的直方图放在一起作对比, 便可发现以下差异:

(1) 小西南岔→闹枝→五凤→刺猬沟, 硫同位素组成的塔式效应越来越差 (图 8), 这说明从斑岩型矿床到浅成热液型矿床, 硫同位素分馏和成矿系统与外界的硫同位素交换越来越强。

(2) 随着天水活动增强和成矿系统的温度降低, 硫同位素组分向轻硫方向演化 (图 8)。

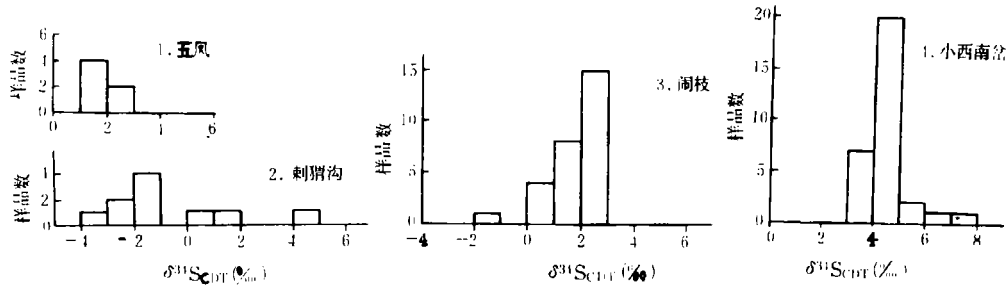


图8 五凤、刺猬沟、闹枝和小西南岔矿床的硫同位素组成对比

Fig. 8 Sulfur isotope composition of the Wufeng, Giweigou, Naozhi and Xiaoxinancha deposits.

4 PTE 多重成矿模型

上述四个矿床（小西南岔、闹枝、五凤和刺猬沟），它们的许多矿床地质特征都是逐渐过渡的，既相互区别又相互联系，我们这里将它们的矿床类型划分为斑岩型（P）、斑岩-浅成热液过渡型（T）、浅成热液型（E），它们的特点总结于表3。

图9为延边地区PTE多重成矿模型的区域综合剖面。该图无疑是一个理想图式，它在构思上考虑了基底岩石、基底和盖层断裂系统、华力西期花岗质岩类、燕山期花岗质岩类、

表3 PTE矿床地质特征

Table 3. Geological characteristics of porphyry, transitional and epithermal deposits

矿床类型	斑岩型 (P)	过渡型 (T)	浅成热液型 (E)
产地地质环境	中生代火山岩盆地边缘断隆	中生代火山岩盆地内断隆	中生代火山岩盆地
产出深度	中深 (2~4 km)	中深 (2~3 km)	浅 (1~2 km)
与浅成岩浆房的联系	有联系, 供给酸性挥发性组分 (HCl, HF, CO ₂ 等)	有联系, 但较微弱, 供给少量酸性挥发性组分	没有直接联系
特征性蚀变 ^[5]	钾硅酸盐交代	微弱的钾硅酸盐交代	冰长石-碳酸盐交代
容矿岩石	基底变质火山岩和华力西期闪长岩	华力西期花岗质岩和中生代火山岩	中生代火山岩
矿化体	网脉群、浸染体	多脉	主要为大的单脉
特征性流体包裹体	高盐度多相包裹体丰富	高盐度多相包裹体有, 但数量不多	小气泡包裹体发育, 气泡跳动
成矿温度	150~550℃	150~450℃	100~400℃
盐度 (wt% NaCl)	2~42	1~49	0.5~5
δD (‰)	-80~-38	-124~-85	-105~-87
δ ¹⁸ O _{SMOW} (‰)	-4~+6	-5~+5	-11~-1
方解石的 δ ¹³ C _{PDB} (‰)	-7~-4		-10~-6
方解石的 δ ¹⁸ O _{SMOW} (‰)	+4~+13		-3~+5
δ ³⁴ S (‰)	+3~+8	-2~+3	-3~+5
典型矿床	小西南岔金铜矿床	闹枝金(铜)矿床	刺猬沟金矿床

中生代火山岩系中含水层和弱含水层等地质体对成矿的贡献，同时考虑了岩浆水和天水对流循环的方向，逐简略地表示了矿化和蚀变地质体的类型和形式。总的说来，由深而浅，共发育三个矿化-蚀变层次：斑岩型矿床（P）→斑岩-浅成热液过渡型矿床（T）→浅成热液型矿床（E）。在斑岩型矿床中可以同时包含浅成热液型矿床和过渡型矿床，而浅成热液型矿床中则很少包含斑岩型矿床。

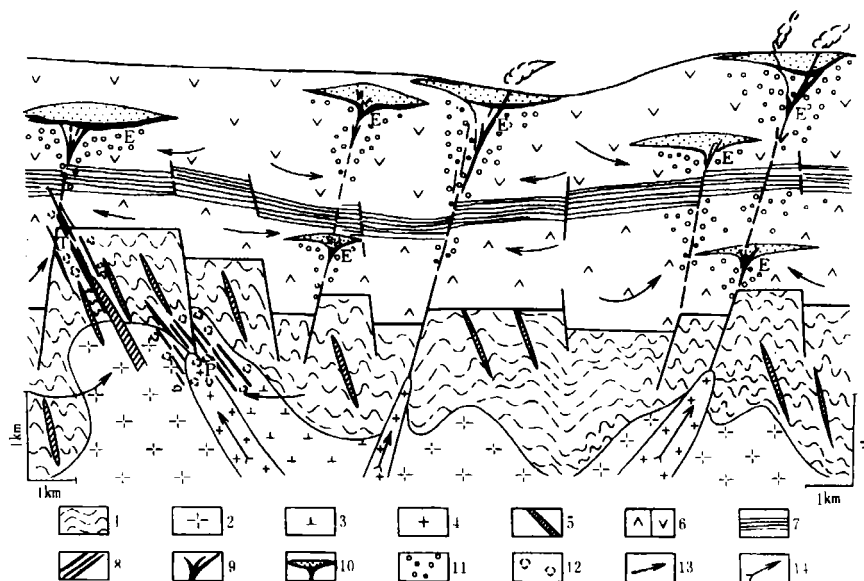


图9 斑岩型-浅成热液型（PTE）矿床多重成矿模型

1—基底岩石（包括上、下古生界基底）；2—华力西期花岗岩；3—华力西期闪长岩类；4—燕山期花岗岩；5—各类脉岩；6—中生代火山岩（主要为中侏罗世火山岩和早白垩世火山岩）；7—中生代火山岩系中弱含水层；8—矿脉群及浸染状矿化体；9—大脉型矿化体；10—玉髓质硅帽、中度酸性泥英岩化和浊沸石化岩；11—绢英岩化和碳酸盐-冰长石化的蚀变岩；12—钾硅酸盐化和绢英岩化蚀变岩；13—天水运移方向；14—岩浆水运移方向

Fig. 9. The multiple metallogenetic model of porphyry-epithermal deposits.

1—Basement rock (including Lower and Upper Paleozoic basement); 2—Variscan granitic rock; 3—Variscan diorite; 4—Yanshanian granitic rock; 5—Dike; 6—Mesozoic volcanic rocks (mainly Middle Jurassic and Early Cretaceous volcanic rocks); 7—Weak aquifer in Mesozoic volcanic rocks; 8—Ore vein group and disseminated mineralized body; 9—Large vein type mineralized body; 10—Chalcedonic silica cap, moderately acid argillized-quartzitized and laumontitized rocks; 11—Phyllic and carbonatized-adularized altered rocks; 12—K-silicized and phyllic altered rocks; 13—Migration direction of meteoric water; 14—Migration direction of magmatic water.

参 考 文 献

- 1 芮宗瑶, 张洪涛, 李宁, 王龙生. 论花岗岩岩浆多重浸位及其多重成矿模型. 岩石矿物学杂志, 1991, 10 (2): 97~104
- 2 丁梯平, 彭子成, 黎江等. 南岭地区几个典型矿床的稳定同位素研究. 北京: 北京科学技术出版社, 1988
- 3 黄典豪, 王义昌, 聂凤军, 江秀杰. 黄龙铺硫酸岩脉型铜(铅)矿床的硫、碳、氧同位素组成及成矿的物质来源

源, 地质学报, 1984, 58 (3)

- 4 芮宗瑶, 李宁, 王龙生. 关门山铅锌矿床: 盆地热卤水成矿及铅同位素打靶. 北京: 地质出版社, 1991
- 5 Sander M V, Einaudi M T. Epithermal deposition of gold transition from propylitic to potassic alteration at Round Mountain, Nevada. *Econ. Geol.*, 1990, 85 (2): 285~311

THE MULTIPLE METALLOGENIC MODEL OF THE PORPHYRY-EPITHERMAL COPPER-GOLD DEPOSITS IN EASTERN JILIN AND HEILONGJIANG

Rui Zongyao, Zhang Hongtao, Wang Longsheng and Chen Renyi
(*Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037*)

Key words: multiple metallogenic model, heated meteoric water system (A), discharge fluid system (B), steam plume reaction system (C)

Abstract

Based on comparative study of four typical deposits, i. e. Xiaoxinancha, Naozhi, Wufeng and Ciweigou, it is found that they are both related to and distinguished from each other in time, space and genesis. The Xiaoxinancha and the Naozhi deposit have three ore fluid systems, namely heated meteoric water system (A), discharge fluid system (B) and steam plume reaction system (C), whereas the Wufeng and the Ciweigou deposit have merely one ore fluid system, i. e. discharge fluid system (B). Ore fluids in the former deposits are provided by shallow-seated magma chamber, whereas ore fluids in the latter deposits are mainly circulating water, with no distinct supply from the magma chamber. The Xiaoxinancha copper-gold deposit occurs in the upwarped zone rimming the Mesozoic volcanic basin, being of porphyry type; the Naozhi gold (copper) deposit occurs in the lifted block within the Mesozoic volcanic basin, belonging to porphyry epithermal transitional type; the Wufeng and the Ciweigou gold (silver) deposit, which are two epithermal deposits, exist in the fault zone within the Mesozoic volcanic basin. From the surface to the depth in regional ore-forming activities, the epithermal type, porphyry-epithermal transitional type and porphyry type constitute a multiple metallogenic model.