

# 冀北银矿床含矿流体-交代作用特征、 形成机理及其演化模式\*

杨敏之

(冶金天津地质研究院, 天津)

**提 要:** 基于对冀北三个银矿带、含银岩石建造类型、7 个主要银矿床、区域地质背景、矿床地质、控矿地质条件、成矿时代、成矿期、成矿阶段、矿石物质组成研究基础上, 着重对银矿床近矿围岩蚀变带、蚀变岩石类型、蚀变矿物系列、交代作用物质平衡、蚀变岩分带性、形成物理化学机理进行了研究。提出银矿床近矿蚀变岩分带标志, 指出找矿方向。

**关键词:** 围岩蚀变岩带 形成机理 流体-交代作用演化模式 冀北银矿床

## 1 冀北银矿床成矿系列、矿床类型及其区域分布

据银矿床控矿地质条件、成矿时代、蚀变岩类型、成矿机理、成矿物质来源, 冀北银矿床有三个成矿系列 8 种矿床类型 (表 1), 区域上出现三个成矿带, 从北到南: ① 牛圈子-满汉图火山岩岩石建造有关的银矿成矿带; ② 中部青羊沟-蔡家营变质岩岩石建造有关的银矿带; ③ 银冶岭-冰沟碳酸盐-碎屑岩岩石建造有关的银矿带。

## 2 冀北银矿床围岩蚀变带的成矿流体-交代作用特征

(1) 围岩蚀变岩及围岩蚀变带的水平分带及垂直分带 (表 2): 据银矿床矿体产出的围岩及其出现的围岩蚀变岩石类型, 冀北银矿床主要成矿期、成矿阶段产出的矿体, 在近矿处围岩内出现以下围岩蚀变岩水平对称分带 (从矿脉两侧到新鲜围岩): ① 硅化带 (玉髓、蛋白石、石英) → 萤石化带 → 菱锰矿化带 → 伊利石化带 → 绿泥石-高岭石化带 → 未蚀变黑云母花岗岩 (牛圈子); ② 硅化带 → 萤石化带 → 菱锰矿化带 → 叶腊石化带 → 流纹质岩屑晶屑凝灰岩、英安岩 (满汉图、扣花营); ③ 硅化带 → 铁白云石-菱锰矿化带 → 透闪石化带 → 晶质白云质灰岩 (银冶岭、冰沟); ④ 硅化带 → 黄铁绢英岩带 → 绿泥石化带 → 阳起石化带 → 镁铁闪石化带 → 斜长角闪岩、斜长角闪片麻岩。从上到下出现垂直分带 (牛圈子 → 营房) 上部 (0 ~ 250 m) 角砾岩-硅化-萤石-伊利石-绿泥石-高岭石带, 中部碳酸盐化-黄铁绢英岩化带 (300 ~ 500 m); 下部为阳起石化-黑云母化-微斜石化带 (500 ~ 800 m)。

(2) 蚀变带岩石的岩石化学平衡计算和稀土元素分布模式: 通过工作说明含银流体与围岩进行交代作用时, 含银流体加入到围岩内的组份有  $H_2O$ 、 $SiO_2$ 、 $CO_2$ 、 $K_2O$ 、 $Na_2O$ 、 $Fe_2O_3$ , 围岩内的  $Al_2O_3$ 、 $CaO$ 、 $MgO$ 、 $FeO$  和稀土元素被淋失。这是与围岩内奥长石、角闪石、黑云母类矿物经受含矿流体与围岩交代作用, 而蚀变分解形成伊利石、绢云母等矿物所致。

(3) 蚀变带蚀变矿物组合与围岩岩石类型的依存关系: ① 流纹质岩屑、晶屑凝灰岩、英安岩: 髓石-伊利石-菱锰矿-铁白云石-萤石-叶腊石-高岭石组合; ② 花岗岩类岩石: 石英-绢云母-绿泥石-高岭石矿物组合; ③ 碳酸盐岩石: 髓石-铁白云石-菱锰矿-透闪石矿物组合; ④ 斜长角闪岩、斜长角闪片麻岩: 钾微斜长石-阳起石-镁铁闪石-黑云母-白云母-绢云母-石英矿物组合; ⑤ 变粒岩: 白云母-绢云母-黄铁矿-石英矿物组合。

## 3 含矿流体-围岩交代作用形成机理、物质来源

(1) 形成机理: 据围岩蚀变岩内石英的气-液包裹体类型、形态、均一法测温说明牛圈子银矿床、含银流体从早期喷气-沸腾阶段气液比例 25% ~ 30%, 到晚期热泉-银成矿阶段流体内气液比为 10% ~ 15%。矿

\* 国家自然科学基金资助项目 49273174

杨敏之, 65 岁, 教授, 博士生导师, 矿床地质地球化学。邮政编码: 300061

脉及蚀变带内石英均一法测温结果主要为 130~190℃。为低温热液-交代作用。蚀变岩石英流体包体内液、气相成分测定结果表明流体内富含  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$ ，成矿压力 780 Pa、盐度 (NaCl) 45.96%~46.34%， $\text{pH}=7.54\sim 9.81$ ， $E_h=0.76\sim 0.78\text{ eV}$ 。产于退化变质带的银矿床 (蔡家营、青羊沟)，据近矿硅化带内石英包裹体均一法测温为 130~180℃ (蔡家营)，150~180℃ (青羊沟)，硅化带石英包裹体的液相成分内富含  $\text{F}^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  和  $\text{Na}^+$ ，气相成分内富含  $\text{N}_2$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 。成岩成矿物理化学参数 (压力 780 Pa， $\text{pH}=7.05\sim 7.50$ ， $E_h=-0.6\sim 0.74$ ，盐度 48.08%~52.3% NaCl)。

表 1 冀北银矿床成矿系列、银矿床类型表

| 矿床成矿系列              | 银矿床类型                                               | 代表性矿床                |
|---------------------|-----------------------------------------------------|----------------------|
| 含银火山岩岩石建造有关的银矿成矿系列  | I. 火山沉积-火山热液银矿床<br>II. 火山喷气-热泉型银矿床<br>III. 火山热液型银矿床 | 满汉图<br>牛圈子<br>扣花营    |
| 含银碳酸盐-碎屑岩石建造有关的成矿系列 | I. 沉积-成岩型<br>II. 沉积变质-热液叠加型<br>III. 沉积变质-气液叠加型      | 高板河<br>银冶岭<br>冰沟、八家子 |
| 含银变质岩岩石建造有关的成矿系列    | I. 古热水沉积-热液叠加改造型<br>II. 变质-热液叠加型                    | 蔡家营、青羊沟<br>营房        |

表 2 冀北银矿床围岩蚀变带类别特征表

| 阶梯/m          | 围岩及时代                                                           | 围岩蚀变带                       | 矿床类型                 | 代表矿区           |
|---------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------|
| 上部<br>0~300   | 中生界上侏罗统流纹质岩<br>屑晶屑凝灰岩<br>英安火山角砾岩<br>(138.1±6)×10 <sup>6</sup> a | 菱锰矿化带、玉髓化带、<br>萤石化带、伊利石化    | 火山-沉积型<br>火山-热液型     | 满汉图<br>扣花营     |
|               |                                                                 | 硅化带、萤石化带、<br>绿泥石化带、碳酸盐-蛋白石带 | 火山-喷气-热泉<br>型矿床      | 牛圈子            |
| 中部<br>300~500 | 中元古界长城系高于庄组<br>白云质灰岩<br>1434×10 <sup>6</sup> a                  | 硅化带、碳酸盐化带、<br>菱锰矿化带、方硼石化带   | 层控-热液叠加<br>型银矿床      | 银冶岭、冰<br>沟、八家子 |
| 下部<br>500~700 | 古元古界红旗营子组<br>黑云斜长角闪片麻岩<br>(2332±7.7)×10 <sup>6</sup> a          | 阳起石岩带、黄铁绢英岩<br>带、绿泥石化带、硅化带  | 古喷气-热水沉积-<br>变质热液叠加型 | 蔡家营、营<br>房、青羊沟 |

(2) 据水-岩交代作用实验研究结果：对奥长石、微斜长石、黑云母分别进行了水溶液交代作用实验研究，在 160~360℃ ( $1\times 10^5\sim 86.18\times 10^5\text{ Pa}$ ) 封闭体系中进行 27~60 天反应，溶液 pH 值为中性，奥长石可蚀变为绢云母，酸性介质条件下黑云母可转变为绿泥石。

(3) 银矿成矿物质来源及其同位素年代：据蚀变岩内钾长石和矿石内方铅矿 Pb-Pb 同位素测定和围岩内锆石 U-Pb 同位素年代测定说明冀北银矿床成矿物质和含矿流体来源两个方面：① 结晶基底含矿围岩：主要为古元古界红旗营子组变质中-基性岩、变质中-酸性火山岩，中元古界长城系高于庄组碳酸盐-碎屑岩建造和上侏罗统张家口组中-酸性火山岩建造；② 来自深部下地壳-地幔流体。

#### 4 冀北银矿床含矿流体-交代作用成岩成矿演化模式

据构造-岩浆-火山作用的地史演化，含矿岩石建造类型及其形成-改造-活化-交代作用过程和含银流体物质来源、成矿机理、成矿同位素年代，说明冀北银矿床含银流体-交代作用具有三阶梯演化模式：① 古元古代 ( $2334\times 10^6\text{ a}$  U-Pb 同位素测定) 火山喷气-热水沉积作用形成含银-铅-锌的第一矿源层，后经退化变质交代作用；② 中元古代 ( $1400\times 10^6\text{ a}$ ) 热水沉积作用形成银-铅-锌第二矿源层；③ 中生代晚侏罗世 ( $150\sim 160\times 10^6\text{ a}$ —早白垩世 ( $100\sim 130\times 10^6\text{ a}$ )。深熔岩浆-流体+壳下流体+大气降水作用，形成第三矿源层。

中生代晚侏罗世—早白垩世燕山运动 I、II、III 幕对第一、二矿源层进行了改造-活化和流体叠加作用。