

# 阿尔哈达铅锌银矿床矿物组成及银的赋存状态研究

王蕾<sup>1</sup>, 纪永刚<sup>2</sup>, 谢玉玲<sup>1</sup>, 唐燕文<sup>3</sup>, 郭翔<sup>1</sup>, 张健<sup>1</sup>, 龚攀<sup>1</sup>

(1. 北京科技大学 土木与环境工程学院, 北京 100083;

2. 山东黄金集团 阿尔哈达矿业有限责任公司, 内蒙古 锡林郭勒盟 026000;

3. 中国科学院 地球化学研究所, 贵州 贵阳 550002)

阿尔哈达矿床位于西伯利亚板块南缘(李锦轶, 1986), 西伯利亚板块与华北板块接合带北部。矿区地层出露简单, 主要为侏罗系、泥盆系的火山岩和沉积岩, 及第三系、第四系的残积物和洪积物。岩浆岩以华力西期和燕山期花岗岩最为发育, 并且与金属矿床具有密切的空间分布关系(聂凤军等, 2004; 金岩等, 2005)。矿区发育一系列断裂构造, 走向多为 NE、NW、NEE。前人对矿区的矿床地质和矿床成因等方面进行了一定的工作(张万益等, 2007; 钱明等, 2006), 但对矿区成矿物质组成、银的赋存状态等研究较为薄弱。本文通过野外地质调研、岩矿相鉴定、扫描电镜/能谱(SEM/EDS)及电子探针(EPMA)分析对矿区矿物组成及银的赋存状态进行系统研究, 为深化矿床成因研究和银的综合回收提供依据。

## 1 样品及分析测试方法

本次样品主要是采自井下、探槽及地表露头。岩矿鉴定在北京科技大学资源工程系进行, 显微镜为 Olympus-BX51 偏反两用显微镜; SEM-EDS 测试在北京科技大学新金属材料国家重点实验室进行, 仪器型号 ZEISS EVO18; EPMA 测试是在北京核地质研究院完成, 仪器为日本生产的 JEOLJXA-8100。

## 2 分析结果

### (1) 岩矿分析结果

对矿区主要岩矿石的岩矿相分析表明, 矿区矿石结构主要有自形、半自形和它形粒状结构、包晶结构、交代残余结构和碎裂结构以及固溶体

分离结构等。矿石构造主要有块状构造、角砾状构造、浸染状构造、脉状构造和条带状构造。主要金属矿物有黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、毒砂、磁铁矿等, 脉石矿物主要有石英、方解石、白云母、绿泥石、萤石等, 另还发现有金红石、独居石、锡石、磷钇矿等, 另外西区地表发现表生铅矿化露头, 其矿物组成为黄钾铁矾和水磷铝铅矿。

### (2) SEM/EDS 分析结果

本次 SEM/EDS 分析银主要以独立银矿物形式包裹于方铅矿中, 或产于方铅矿、闪锌矿等硫化物粒间, 与硫化物密切共生, 其粒度多  $> 50 \mu\text{m}$ , 少量呈  $1 \sim 10 \mu\text{m}$  的显微包体存在于方铅矿中。对这些含银矿物的能谱分析表明, 其中除 S、Ag 外还发现有 Sb、Sn 等元素, 应为含银的硫酸盐矿物。另外, 能谱分析还表明, 在未发现银矿物包裹物的方铅矿、部分磷钇矿和独居石中也含较高的银, 方铅矿的 X 射线面扫描显示 Ag 在方铅矿中均匀分布, 未显示显微、超显微包裹物的存在, 说明方铅矿中含类质同象形式的银, 而磷酸盐矿物(磷钇矿和独居石)中含银更高, 但其存在形式尚不清楚。

### (3) EPMA 分析结果

含银矿物的 EPMA 分析结果表明, 方铅矿中的三种独立银矿物分别为深红银矿, 黝锑银矿, 硫银锡矿。深红银矿, 含银  $59.16\% \sim 59.23\%$ , 计算得其化学式为  $\text{Ag}_{2.8}\text{SbS}_{2.7}$ ; 黝锑银矿, 银含量为  $18.29\% \sim 33.28\%$ , 化学分子式  $(\text{Ag}_{4.74}\text{Cu}_{4.90}\text{Fe}_{1.68}\text{Zn}_{0.56})_{11.88}\text{Sb}_{5.04}\text{S}_{13.24}$ , 属黝铜矿族; 硫银锡矿, 银含量  $67.29\%$ , 计算得其化学式为  $\text{Ag}_{6.2}\text{Sn}_{1.1}\text{S}_{5.9}$ 。

## 3 讨论与结论

(1) 岩矿相鉴定、SEM/EDS 和 EPMA 结果表明, 阿尔哈达矿床中银有三种赋存形式, 分别

基金项目: 科技部公益性行业基金项目 (201011011); 山东黄金集团阿尔哈达矿业有限责任公司基金

作者简介: 王蕾, 女, 1989 年生, 硕士研究生, 矿业工程专业。  
E-mail: 18810349663@163.com

为以独立银矿物形式与方铅矿、闪锌矿共生或呈显微包体形式存在于方铅矿中；以类质同象形式存在于方铅矿中的银和磷酸盐中的银。银矿物的类型主要有深红银矿、黝锑银矿、硫银锡矿。

(2) 不可见银的赋存形式主要有晶格银和次显微包体银两种 (Sharp and Buseck, 1993; Costaliola et al., 2003), 其中晶格银即类质同象银, 常赋存于方铅矿中。前人研究表明, Ag 在高温条件下通常与 Sb (Bi) 一起置换 Pb (如  $\text{Ag}^+ + \text{Sb}^{3+} = 2\text{Pb}^{2+}$ ), 于是大量进入方铅矿的晶格形成晶格银 (Foord and Shawe, 1989); 当温度低于固溶体线时, Ag 倾向于和 Sb (Bi) 形成银的硫酸矿物 (如深红银矿、硫锑银矿) 沿方铅矿解理出溶 (Gasparrini and Lowell, 1985; Lueth et al., 2000), 此时 Ag 对 Pb 的类质同象替代大大减少, 这是造成本区方铅矿中含银较低的原因。此外, 方铅矿也可与自然银稳定共生 (Cosatgliola et al.,

2003), 但该矿区的硫化物中并未发现自然银。本区银矿物的 Ag-Cu-S-Sb 元素组合表明其成矿流体中 Cu、S、Sb 高度活跃, 所以自然银存在的可能性大大降低, 这可能是造成本区未发育自然银的原因。

(3) 前人研究表明, 银常与磷酸盐矿物密切共生。谢玉玲等 (2010) 在西藏的弄如日金矿也发现了与磷酸盐矿物共生的银, 其主要呈超显微包裹物的形式存在。本次还发现磷钼矿和独居石中赋存一定量的银, 进一步说明银与磷酸盐矿物的关系密切。但银与磷酸盐矿物的共生机理目前尚不清楚, 有待进一步工作。

(4) 矿区银主要以独立银矿物形式存在, 且与方铅矿密切共生, 有利于银的综合回收 (李九玲, 1990)。但对与磷酸盐共生的银对银品位的贡献目前尚不清楚, 对银在磷酸盐矿物中的存在形式等有待进一步研究。

## 参 考 文 献:

- 金岩, 刘玉堂, 谢玉玲. 内蒙东乌旗地区岩浆活动与多金属成矿的关系. 华南地质与矿产, 2005, 1: 8-12.
- 李锦轶. 内蒙古东部中朝板块与西伯利亚板块之间古缝合带的初步研究. 科学通报, 1986, 14: 1093-1096.
- 李九玲, 李树岩. 内蒙白音诺等矿床中引得赋存形式及其伴生元素锑、铋的关系. 岩石矿物学杂志, 1990, 9(4): 365-370.
- 聂凤军, 江思宏, 张义, 等. 中蒙边境及邻区斑岩型铜矿床地质特征及成因. 矿床地质, 2004, 23(2): 176-189.
- 钱明, 高群学. 内蒙古东乌旗阿尔哈达铅锌矿区矿床成因探讨. 地质找矿论丛, 2006, 21: 70-73.
- 谢玉玲, 陈伟, 李腊梅, 等. 西藏弄如日金矿矿石矿物组成、金银赋存状态及工艺特性. 北京科技大学学报, 2010, 32(5): 543-551.
- 张万益, 聂凤军, 刘妍. 内蒙古东乌旗阿尔哈达铅-锌-银矿床硫和铅同位素研究. 吉林大学学报, 2007, 37(5): 868-883.
- Costagliola P, Benedetto F D, Benvenuti M, et al. Chemical speciation of Ag in galena by EPR spectroscopy. *Mineralogical Society of America*, 2003, 88(8-9): 1345-1350.
- Foord E E, Shawe D R. The Pb-Bi-Ag-Cu-(Hg) chemistry of galena and some associated sulfosalts: a review and some new data from Colorado, California and Pennsylvania. *Canadian Mineralogist*, 1989, 27(3): 363-382.
- Gasparrini C, Lowell G R. Silver-bearing inclusions in "argentiferous" galena from the Silvermine district in southeastern Missouri. *Canadian Mineralogist*, 1985, 23(1): 99-102.
- Lueth V W, Megaw P K M, Pingitore N E, et al., Systematic variation in galena solid-solution composition at Santa Eulalia, Chihuahua, Mexico. *Economic Geology*, 2000, 95(8): 1673-1687.
- Sharp T G, Buseck P R. The distribution of Ag and Sb in galena: Inclusions versus solid solution. *American Mineralogist*, 1993, 78: 85-95.