

个旧锡矿铟富集成矿特征初析

李玉帮^{1,2}, 陶琰¹, 廖名扬^{1,2}, 熊风^{1,2}

(1. 中国科学院 地球化学研究所, 贵州 贵阳 550002; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

个旧锡矿是世界闻名的超大型锡铜多金属矿床, 构造位置位于扬子陆块、华夏陆块、越北古陆和哀牢山变质带的交汇处。该矿床产出Sn、Cu、Pb、Zn、W、Bi、Mo等有色、稀有及贵金属矿产达20余种, 已探明的锡资源储量超过200万吨, 矿区金属资源总量超过了1000万吨(庄永秋等, 1996)。近些年学者们对个旧锡矿的研究工作中发现In资源具有一定的潜力, 初步统计铟(In)资源达到2000t(涂光炽等, 2003)。通过对个旧矿区系统的采样工作和后期实验测试分析, 现对个旧锡矿In的分布、富集和赋存等特征有了如下一些认识。

(1) In分布情况。In主要分布在致密块状的闪锌矿矿石中, 例如产自松矿矿区的闪锌矿矿石中In的含量超过 500×10^{-6} 。其次在卡房矿区, 受玄武岩控制的层状、纹层状铜矿石中In的含量在 $30 \times 10^{-6} \sim 90 \times 10^{-6}$, 这使得该类型的矿石具有一定In资源前景。在区内不含闪锌矿且大量富集磁黄铁矿、黄铁矿、毒砂类的硫化物矿石中, In的品位一般在 $1 \times 10^{-6} \sim 10 \times 10^{-6}$ 之间。

(2) In富集与赋存状态。富铟硫化物矿石中单矿物微量元素数据显示: 个旧锡矿In的主要载体矿物是深色闪锌矿, 其次是黄铜矿和锡石, 而在其他硫化物矿物中含量普遍较低。In在闪锌矿中的含量有一定差异, 从 $300 \times 10^{-6} \sim 830 \times 10^{-6}$ 不等, 含量最高的深色闪锌矿产自松矿矿区, In含量高达 4700×10^{-6} 。锡石中In含量为 40×10^{-6} , 意味着个旧锡矿中In资源潜力是巨大的。张宝贵等(1965)在马拉格矿区的锡氧化带中发现有在表生作用下形成的In的独立矿物羟铟石 $[\text{In}(\text{OH})_3]$ 。目前为止, 还没有在原生硫化物矿石中发现有In的独立矿物存在。深色闪锌矿成分剖面显示其主量元素分布均匀, 没有环带和蚀变结构, 说明In在闪锌矿中的分布应该是均一的。Ishihara et al (2011)对大厂富铟矿床的闪锌矿研究时, 也得出同样的结论。

(3) In的成矿温度界定。个旧锡矿的主体成矿期次分为三期: 第一期次为氧化物期, 产出的是黑钨矿、白钨矿、绿柱石、锡石以及一些脉状矿化; 第二期次为石英-硫化物成矿期, 沉淀出辉钼矿、毒砂、磁黄铁矿、黄

铜矿、深色闪锌矿等, 在此期间锡石大量富集沉淀。黄铁矿、方铅矿以及闪锌矿多在该期次的晚期形成; 第三期次大量出现碳酸盐矿物, 如方解石、白云石、菱铁矿, 次要矿物为赤铁矿、绿泥石, 并伴有弱的锡矿化。挑选松矿一坑的与深色闪锌矿伴生的萤石进行流体包裹体测温, 显示其形成温度在 $200 \sim 360 \text{ }^\circ\text{C}$, 流体盐度 $5\% \sim 14\%$, 该温度区间反映的是第二期次的成矿温度范围。因为In所赋存在的深色闪锌矿主要在第二期次中沉淀出来, 这就间接指示出深色闪锌矿中In的沉淀温度大致在这个范围。

In主要富集在锡石硫化物矿床和富锡铅锌热液矿床(Zhang et al., 1998)。世界范围的铟资源主要来自块状硫化物矿床和花岗岩有关的脉状矽卡岩和浸染状矿床, 而铟主要提取自这些矿床的闪锌矿中(Ishihara et al, 2006; Zhang et al., 1998)。相较于In在OIB中的含量 $50 \times 10^{-9} \sim 140 \times 10^{-9}$ (Wen et al., 1995), 大陆地壳In的含量 0.050×10^{-6} (Taylor and McLennan, 1985), 原始地幔In的含量为 0.011×10^{-6} (McDonough and Sun, 1995), 个旧花岗岩中In的含量在 $0.0n \times 10^{-6} \sim 0.n \times 10^{-6}$ 之间, 在一定程度上是有所富集的。采自卡房、老厂和松矿矿石中的硫化物矿物 $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$ 变化于 $-4\% \sim 5\%$, 反映出硫物质岩浆来源的特征, 同时也有地层硫的加入。锡多金属矿床和贱金属矿床中富铟矿物的 $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$ 值在 $-3\% \sim 3\%$ 之间, 支持了铟岩浆来源的观点(Seifert et al., 1999, 2006; Schwarz-Schampera et al., 2002; Jung et al., 1996)。李晓峰等(2010)在大厂富铟锡矿床花岗岩包体中发现In含量很高, 认为其岩浆源区可能是富铟的源区。个旧锡矿富铟硫化物单矿物REE配分模式与矿体下部的花岗岩REE配分模式一致, 均为“右倾模式”, 反映出REE组分来自分异程度较高的岩浆。结合硫化物单矿物中硫同位素有岩浆来源的特征, 以及花岗岩岩体中In背景值偏高的现象, 因此我们推断个旧花岗岩岩体对In富集成矿是有物质来源贡献的。

个旧锡矿In资源潜力随着研究的进行, 资源前景逐步增大。与此同时, 对个旧锡矿In的地球化学特征以及成矿条件和成矿物质来源的研究工作仍需加强, 进而为研究富铟矿床富集成矿机制和In成矿理论做出贡献。

基金项目: 国家重点基础研究计划(2014CB440906); 矿床地球化学国家重点实验室创新课题(SKLOGD-ZY125-06)

作者简介: 李玉帮, 男, 1986年生, 博士研究生, 主要从事矿物学、岩石学、矿床学研究. E-mail: abang1225@163.com

* 通讯作者, E-mail: taoyan@vip.gyig.ac.cn