

# 云南兰坪金顶铅锌矿床流体包裹体研究

木兰<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院 地球化学研究所 矿床地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550002;

2. 中国科学院大学 地球科学学院, 北京 101408)

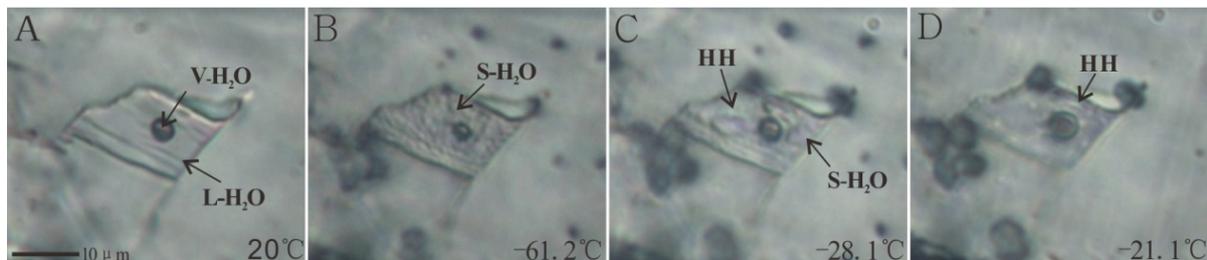
金顶铅锌矿位于西南三江特提斯造山带中段的中-新生代兰坪盆地北部, 夹持于东西两侧的金沙江-哀牢山断裂和澜沧江断裂之间。矿区地层以近水平的主逆冲断层为界, 外来系统推覆于原地系统之上, 矿体赋存于逆冲推覆构造间的白垩系景星组砂岩和古近系云龙组灰岩角砾砂岩中。原生矿石主要分为砂岩型和灰岩角砾型, 矿石以闪锌矿、方铅矿等热液矿物呈浸染状、脉状等交代砂岩和灰岩角砾中的碳酸盐胶结物为特征。方解石、天青石、石膏作为热液流体活动的产物, 其流体包裹体记录了流体性质及流体演化等重要信息, 对研究金顶矿床的成因机制具有重要意义。

限于金顶铅锌矿矿石矿物多在砂岩中呈浸染状分布, 流体包裹体的研究存在诸多困难, 前人从脉状的方解石、天青石和石膏中得到了较宽的均一温度范围为 54~370℃, 盐度范围为 1.6wt%~18wt% NaCl<sub>eqv</sub> (薛春纪, 2007; 唐永永等, 2011), 并识别出了可能指示较高压力的含 CO<sub>2</sub> 的包裹体 (薛春纪等, 2002) 和大量低温油气包裹体以及含 H<sub>2</sub>S 包裹体 (Chi et al., 2017)。本研究通过对包裹体的岩相学观察、冷热台测温和激光拉曼实验, 对金顶铅锌矿的流体包裹体有了进一步发现, 得出以下几点认识:

(1) 显微观察显示包裹体在开放空间充填的方解石、天青石 (天青石中钡离子不同程度替代锶向重晶石过渡, 本文统以天青石表示) 中较为发育, 胶状闪锌矿中少量发育, 浸染状矿石中很少发育。方解石和天青石中的包裹体大小为 3~20 μm, 少数达 20 μm 以上, 闪锌矿中的包裹体较小一般为 2~6 μm, 个别达 10 μm。包裹体形态呈不规则状、椭圆状和负晶形, 相态主要为气液两相包裹体, 少量纯液相包裹体, 闪锌矿中可见有纯气相包裹体。显微观察还发现了方解石和天青石中有显浅黄色的油气包裹体, 大小为 6~36 μm。

(2) 显微测温实验得方解石包裹体的均一温度范围在 61.4~312.5℃ 之间, 在 90~110℃、110~150℃ 和 150~180℃ 的温度范围内都出现了峰值, 与前人研究的温度集中区间相比此次实验测得的均一温度稍低。天青石包裹体的均一温度范围为 98.5~266.2℃, 两个明显的峰值分别出现在 130~180℃ 和 200~260℃, 值得注意的是天青石属于软矿物, 测温会使其体积膨胀而使测试的均一温度升高, 因此其捕获温度可能稍低于所测得的均一温度。闪锌矿中的包裹体小而少, 少量包裹体中测得的均一温度约为 95℃, 更多的数据有待补充。

(3) 显微测温实验研究发现成矿流体可能具有较高盐度。根据观察, 包裹体在低于 -65℃ 下冻结及约在低于 -52℃ 下初熔, 判断其为 NaCl-CaCl<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O 体系溶液。升温过程中冰在 -35~-20℃ 时全部熔化但水石盐并未融化, 直至 -15~10℃ 水石盐才最终消失, 如图 1 所示为方解石中包裹体在升温过程中的相态变化。



V-H<sub>2</sub>O. 气态水; L-H<sub>2</sub>O. 液态水; I-H<sub>2</sub>O. 冰; HH. 水石盐 (hydrohalite)

图 1 金顶铅锌矿方解石中含水石盐包裹体显微测温相态变化

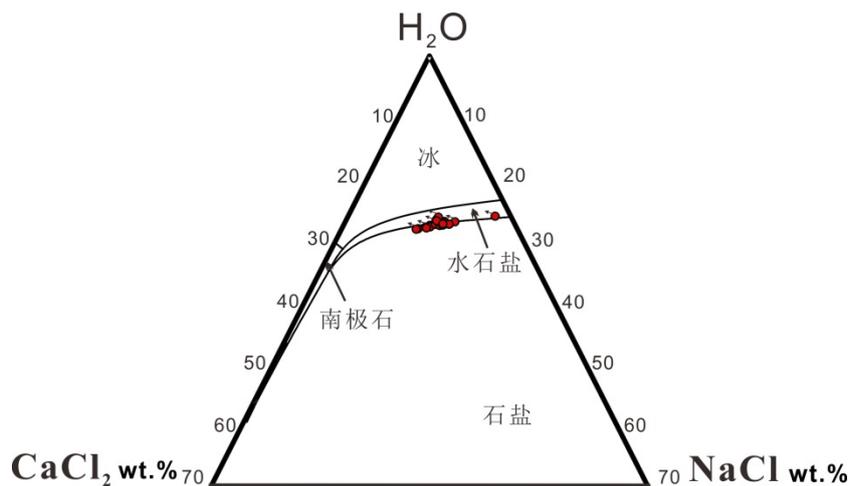
基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项 (B 类) (子课题编号: XDB18030200)

作者简介: 木兰, 女, 1992 年生, 博士研究生, 矿床地球化学专业. E-mail: mulan@mail.gyig.ac.cn

显然我们无法简单的用  $\text{NaCl-H}_2\text{O}$  公式计算出盐度, 因此我们利用 Steele-MacInnis (2010) 等建立的经校正的  $\text{NaCl-CaCl}_2\text{-H}_2\text{O}$  体系模型及其计算工具来判断包裹体组分、计算金顶铅锌矿方解石中包裹体的盐度范围, 并在  $\text{NaCl-CaCl}_2\text{-H}_2\text{O}$  三元相图中投点, 讨论其在稳态下的盐度以及  $\text{NaCl}$  和  $\text{CaCl}_2$  的含量 (图 2)。得到含水石盐的包裹体的盐度为 25.9wt%~28.1wt%, 结合矿区内其他样品中包裹体可知金顶铅锌矿方解石中包裹体盐度范围为 14.77wt%~28.1wt%, 属于高盐卤水。对同一个包裹体进行重复性升降温实验, 冰溶化的温度在视误差范围内, 而水石盐溶化温度重现性较差, 存在一定的波动范围, 且有的包裹体在降温至极限温度下也很难被完全冻结, 指示其可能处于亚稳定状态 (Roedder, 1984), 若其在亚稳定状态下, 那么实际的盐度值可能会稍稍低于投点值, 稍偏向箭头所指方向 (图 2), 更多的数据及亚稳定状态有待进一步研究。

(4) 激光拉曼光谱分析实验由于方解石矿物本身会产生荧光, 而金顶铅锌矿中方解石的荧光效应较强, 干扰了拉曼光谱, 因此没能得到可靠的分析结果。尽管如此, 还是识别到了天青石中包裹体的拉曼光谱, 在目前的包裹体样品中都没有检测到含  $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}_2$  的特征拉曼光谱, 说明天青石中包裹体为纯  $\text{H}_2\text{O}$  的包裹体。所检测的闪锌矿中气液包裹体也受到了荧光的干扰, 但仍检测到了沥青质包裹体, 此外还在显微观察时发现方解石和闪锌矿中都有油气包裹体, 这为金顶矿区古油气藏的存在提供了依据。

总体看来, 金顶流体包裹体中水石盐的发现指示了金顶铅锌矿成矿流体相较于前人的研究具有更高的盐度, Hanor (1980) 对现代富  $\text{Pb}$ 、 $\text{Zn}$  的沉积卤水特征的研究表明  $\text{Pb}$ 、 $\text{Zn}$  通常在富高盐度、弱酸性、富  $\text{SO}_4^{2-}$ , 温度范围在 60~160℃ 的卤水中运移, 即成矿流体可能为这种含金属元素的高盐卤水, 这种高盐卤水与 MVT 矿床成矿流体较为接近。



(底图自 Steele-MacInnis et al., 2011)

图 2 金顶铅锌矿方解石中包裹体  $\text{NaCl-CaCl}_2\text{-H}_2\text{O}$  体系相图

## 参 考 文 献:

- 薛春纪, Chi Guoxiang, 陈毓川, 等. 2007. 西南三江兰坪盆地大规模成矿的流体动力学过程-流体包裹体和盆地流体模拟证据. 地学前缘, 14(5): 147-157.
- 唐永永, 毕献武, 和利平, 等. 2011. 兰坪金顶铅锌矿方解石微量元素、流体包裹体和碳-氧同位素地球化学特征研究. 岩石学报, 27(9): 2635-45.
- Steele-MacInnis M, Bodnar R.J, Naden J. 2010. Numerical model to determine the composition of  $\text{H}_2\text{O}$  - $\text{NaCl-CaCl}_2$  fluid inclusion based on microthermometric and microanalytical data. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 75(2011): 21-40.
- Chi Guoxiang, Xue Chunji, Sun Xianda, et al. 2017. Formation of a gaint Zn-Pb deposit from hot brines injecting into a shallow oil-gas reservoir in sandstones, Jinding, southwestern China. *Terra Nava*, 10.1111: 1-9.
- Rabiei Morteza, Chi Guoxiang, Normand Charles, et al. 2017. Hydrothermal Rare Earth Element(xenotime) Mineralization at Maw Zone, Athabasca Basin, Canada, and Its Relationship with Unconformity-Related Uranium Deposit. (in press)