

福建龙岩中甲锡多金属矿床成因机理*

张 达

吴淦国

(中国地质科学院地质力学研究所, 北京) (中国地质大学, 北京)

陈金水 谢承涛

(福建地勘局第八地质大队, 龙岩市)

提 要: 通过对中甲锡多金属矿床围岩地层含矿性、稀土元素、微量元素、流体包裹体、稳定同位素的研究以及矿化时代的厘定, 可以得出中甲锡多金属矿床成矿物质主要来源于燕山早期的黑云母花岗岩及其后期分异的石英斑岩体, 部分来源于奥陶系罗峰溪群变质石英砂岩; 成矿热液早期以岩浆水为主, 后期有外来水的参入; Re-Os 同位素测年结果表明锡多金属矿床成矿年龄为 $193 \times 10^6 \sim 195 \times 10^6$ a, 属燕山早期阶段成矿; 锡多金属成矿历经高温-中高温热液交代的演化过程。

关键词: 中甲锡矿 矿床成因 成矿模式 福建龙岩

中甲锡多金属矿床位于闽西南拗陷漳平—龙岩—永定北北东向多金属成矿带的中段, 东邻政和-大埔深大断裂带, 矿区内燕山期花岗岩分布在东部和南部, 花岗岩浆结晶、分异演化、上升定位的过程造就了其和锡多金属矿化的紧密关系, 成为锡矿化的主要成矿地质条件; 矿区围岩地层具较强烈的蚀变特征, 锡元素平均含量较高, 具初始矿源层特征; 区内断裂裂隙构造及岩体接触带对矿床控制特征较明显, 是区内主要的控矿条件^[1]。

1 地层及其含矿性

中甲锡矿区主要地层单元为奥陶系中上统罗峰溪群浅变质岩系。其主要岩性为单层厚度不等的变质细砂岩、粉砂岩和千枚岩、板岩、硅质岩反复出现组成。岩石化学分析表明, 罗峰溪群变质石英砂岩属含碱高硅铝类型岩石, 化学性质不活泼, 但岩层中碱质成分高将有利于蚀变矿化。岩层的物理力学性质表现在罗峰溪群浅变质砂岩在矿区范围内比较破碎以及岩石本身具明显的各向不均一性, 在外力作用下易发生有利于矿化的脆性变形, 对成矿有利。罗峰溪群变质石英砂岩致密程度、变质程度低, 孔隙度较高, 渗透性好, 有利于成矿流体的渗透和充填交代。地球化学特征表现为地层中 Sn、W、Mo 元素平均含量较高, 对矿区及外围不同部位取样进行化学分析, 结果显示围岩中以上几种元素平均含量高, 其中锡高达 41.52×10^{-6} , 远远高于维诺格拉多夫地壳元素的克拉克值。根据区域及矿区地层含矿性分析, 将罗峰溪群变质岩系确定为锡多金属矿的初始矿源层。

* 国家计委科技找矿项目 (JG9471909) 及地矿部定向基金研究项目 (地科定 97-11) 部分研究成果

张达, 男, 31 岁, 助理研究员, 主要从事区域构造、矿田构造研究。邮政编码: 100081

2 稀土元素特征

根据岩石矿石稀土配分模式图可以得出燕山早期黑云母花岗岩、石英斑岩体、变质石英砂岩以及锡石、黑钨矿、辉钼矿钨具明显负异常,从它们的相关关系看石英斑岩体和黑云母花岗岩属同一岩浆演化系列,矿区内大多数矿石的成矿物质来源可能和黑云母花岗岩、石英斑岩及变质石英砂岩有关。本区岩石矿石稀土总量可分为 3 个层次,即 $\Sigma\text{REE} > 300 \times 10^{-6}$ 、 $300 \times 10^{-6} \sim 200 \times 10^{-6}$ 、 $200 \times 10^{-6} \sim 100 \times 10^{-6}$,反映了花岗岩浆及成矿产物的来源,其中大于 300×10^{-6} 占大部分说明岩浆物质主要来源于地壳,而 $100 \times 10^{-6} \sim 200 \times 10^{-6}$ 之间可能有地幔成分,矿区内也有个别样品在 $200 \times 10^{-6} \sim 300 \times 10^{-6}$ 之间,说明可能和壳幔混合成分有关。另外相关的参数 Sm/Nd 以及各种岩石矿石的 Ce 、 Eu 、 Ty 、 Tm 异常值特征也能得出相同的结论。

3 微量元素特征

岩(矿)石微量元素的整体特点可以看出,黑云母花岗岩特征和大多数蚀变岩、矿石中所含的微量元素相同,都有亲石元素、亲铁元素、亲铜元素及挥发分,根据微量元素的特征可以说明矿石和岩浆特别是黑云母花岗岩关系密切。单个微量元素特征能说明矿石和岩浆岩或变质岩的相关性,如亲石元素 Li 在蚀变岩和矿石中含量都较高,而含 Li 较高一般与含 Sn 花岗岩有关,除石英斑岩外, F 含量也较高,成矿和含高 F 型岩浆有关,除以上元素外, Rb 、 Be 、 Nb 、 Ta 、 Cs 、 V 、 Th 在黑云母花岗岩中及蚀变岩和矿石中含量较高。含 Sn 花岗岩中以上微量元素含量较高的特性,即成为成锡矿的专属性。花岗闪长岩的以上大多数元素含量为较低,反映和成矿无直接关系。相反 Ba 、 Sr 、 V 、 Co 等微量元素在花岗闪长岩中具较高的含量。综合以上分析,可以得出,和 Sn 有关的矿化可能和黑云母花岗岩关系密切,在长期演化过程中,矿石和岩石存在某些元素的正相关性,主要和 Sn 在岩浆演化的过程中的富集程度有关^[2,3]。

4 流体包裹体特征

中甲锡多金属矿床流体包裹体类型较多,以气液两相包裹体居多。辉钼矿床和 I 带锡矿体中都具有沸腾包裹体群特征说明,在与黑云母花岗岩类有关的辉钼矿及锡矿床成矿作用阶段,成矿热液发生过不同程度的沸腾。中甲锡多金属矿床沸腾包裹体发生在辉钼矿床和锡矿床的第 I 矿带及钨矿床周围,这 3 类矿床都和石英斑岩体有关,成矿流体在长期的迁移聚集过程中由于岩体顶部压力增大发生破裂^[5],因此,中甲锡矿中的斑岩型锡矿床可能和成矿流体的爆裂作用有关。

辉钼矿形成阶段较锡矿形成阶段气体成分总量大;但 CO_2 含量从辉钼矿到锡矿呈降低趋势;早期辉钼矿化阶段,流体中 H_2O 含量高,晚期 H_2O 含量低,说明矿化具分带性;锡成矿流体含 K^+ 较高,可解释为流体中有循环雨水的参与^[6]; F^-/Cl^- 在锡矿中小于 1,在辉钼矿中同样小于 1,说明在整个成矿过程溶液中始终伴随着高 Cl^- 的络合离子;成矿溶液 $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ 含量早期,即辉钼矿阶段较多,在锡矿成矿阶段, $\text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+}$ 的加入增多,

SO_4^{2-} 在从早到晚演化中, 逐渐增加, Σ^+ 的总量在后期增加, 反映较多的阳离子参与了 Sn 的成矿。

5 成矿年龄

确定矿床的成矿时代是矿床成因研究的重要任务之一, 成矿时代的确定不仅提供矿床形成时代的基本信息, 而且为研究矿床区域分布以及时空演化规律奠定了基础, 同时也为选择勘探靶区提供有力的证据。利用矿物中 Re-Os 的含量可以确定成矿年龄^[4]。中甲锡多金属矿床由锡、钼、钨等矿种组成。其矿石矿物包括锡石、辉钼矿以及黑钨矿、黄铁矿等。成矿阶段都为石英-硫化物阶段的产物。从本矿床的地质特征来看, 锡矿化和辉钼矿化总体上属同一成矿期, 中甲锡多金属矿床锡矿化时代的确定可以通过测定辉钼矿 Re-Os 同位素而确定。通过在辉钼矿不同部位取 3 个样进行分析得出的年龄数据非常相似, Re-Os 模式年龄主要集中在 $193 \times 10^6 \sim 196 \times 10^6$ a, 应属于燕山早期早阶段成矿。

6 稳定同位素特征

中甲锡多金属矿床 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值的变化范围较大, 其演化过程中成矿介质具多种不同的来源。锡石-氧化物期矿床, 氧同位素值属于岩浆水范围, 说明矿液主要来源岩浆期后热液。锡石-磁铁矿期的氧同位素值稍低, 其成矿介质也以岩浆水为主, 有少量外来水(可能为变质水或地下水)的参与。在锡石-绿泥石-硫化物期, 其氧同位素值更低, 离岩浆水的范围更远, 说明有天水的大量参与, 在最后阶段, 锡石-硫化物阶段, 氧同位素值更低, 此时天水占成矿介质的大部分, 天水加上先前形成的含矿溶液混合在一起迁移、聚集而形成锡石-硫化物矿床。氢同位素 $\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值在 $-70\text{‰} \sim -90\text{‰}$ 之间, 也同样说明了成矿介质在后期具多种属性。

7 成矿的物理化学条件

根据中甲锡多金属矿床岩体、矿体不同部位石英包裹体均一温度的测定结果可以发现矿床自黑云母花岗岩向外温度逐渐降低, 并且在每一个成矿阶段, 都有一个固定的温度区间, 锡矿床的两个温度区间可能反映了石英-锡石阶段和锡石-绿泥石硫化物两个成矿阶段, 总体上锡矿床为中高温热液型矿床。pH 值平均为 5.9, 最高值为 7.08, 说明中甲锡矿床的成矿溶液总体为酸性, 局部成矿阶段掺杂有碱性成分。

8 中甲锡多金属矿床成矿模式(见图 1)

晋宁—加里东期形成奥陶系罗峰溪群浅变质石英砂岩, 为本区锡多金属矿准备了良好的初始矿源层。海西印支期完成准地台的形成, 地层中锡发生局部富集; 印支晚期, 含锡的矿源层或深埋或叠置在新地层之上; 印支运动晚阶段—燕山早期, 本区大陆边缘活动达到高潮, 深切地壳到达上地幔引起壳幔不均一而发生熔融, 形成岩浆源, 通过导矿构造侵入到地壳浅部, 受侵入花岗岩的影响使基底中的锡活化、富集, 并形成含锡黑云母花岗岩, 后期热

液流体活动和围岩发生反应,在其接触带附近形成石英化、云英岩化、黑云母化、硅化蚀变、并在顶部形成石英岩型锡矿脉,由于围岩含钙质较高,在接触带产生高温热液交代作用,同时黑云母花岗岩形成后,后期由于分异作用产生石英斑岩补充侵入体,这些小的斑岩体聚集着很高的热能,压力急速降低迫使富含挥发分和成矿物质的气热流体向低压空间迅速聚集,形成了低熔残余熔浆,在斑岩体裂隙发育处形成锡的细脉,在外围发生中高温热液交代反应,形成绿泥石型锡矿床。流体包裹体、稳定同位素等资料可以看出本区成矿流体以高 K^+ 、富含氟等挥发组分为特征,首先岩浆自身结晶分异形成钠长石化及黑云母化,接着由于锡的气相迁移,发生云英岩化及高温接触热液交代,形成锡石细脉,之后,由于成矿介质的酸性淋滤作用,发生绿泥石化,经历中高温热液交代,在地壳浅部斑岩体附近形成斑岩型锡矿;在成矿作用的最后阶段,成矿热液掺杂有较多的天水,形成混合溶液进行迁移,发生强烈的绿泥石化,形成锡石-硫化物矿床及辉钼矿,黑钨矿床。根据 $Re-Os$ 同位素测年为燕山早期 195×10^6 a 左右成矿,属中高温、中浅成矿床。

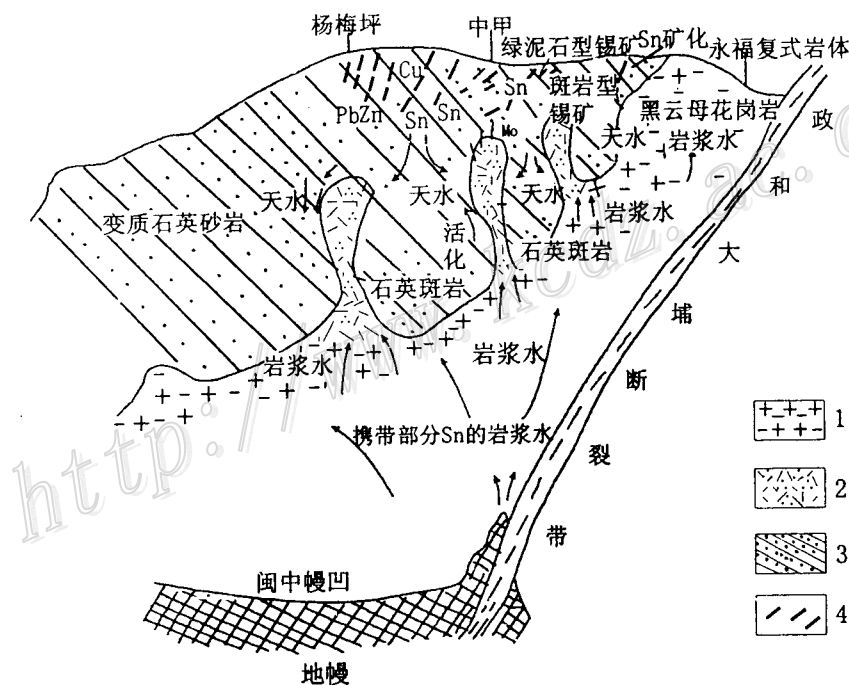


图1 中甲锡多金属矿床成矿模式图

1—黑云母花岗岩; 2—石英斑岩; 3—变质石英砂岩; 4—矿体

参考文献

- 1 陈毓川等. 南岭地区与中生代花岗岩类有关的有色及稀有金属矿床地质. 北京: 地质出版社, 1989.
- 2 弗·伊·斯米尔诺夫著. 矿床地质学. 《矿床地质学》翻译组译. 北京: 地质出版社, 1985.
- 3 R·G·泰勒著. 锡矿床地质学. 云南地科所等译. 北京: 地质出版社, 1983.
- 4 段宁万, 黄典豪. 铯-钨同位素体系的研究现状及其在地质学中的应用. 国外矿床地质, 1994.
- 5 Mao Jingwen and Chen Yichuan. Scientia Geologica Sinica, Science Press, Beijing China. 1995.
- 6 Charles G. Cunningham, etc, Relationship between the Porco, Bolivia, Ag-Zn-Pb-Sn Deposit and the Porco Caldera, Economic Geology, 1994, 89 (8).