

# 微细浸染型金矿成矿动力学模型化研究

刘 荣 高

(中国科学院地球化学研究所, 贵阳 550002)

关键词 成矿动力学 计算机模拟 水—岩作用 金矿

热液矿床的形成同热液与围岩的作用密不可分。因此研究流体流动与化学过程的耦合作用有助于深入理解成矿过程和成矿作用机制。流体流动与化学反应耦合的过程中, 各种影响因素并不是简单的叠加, 而是一个非线性过程。在这一过程中, 有些因素降到次要的位置, 而另外一些因素的微小变化将对体系产生重要影响。流体流动与化学反应的耦合对矿床形成提出了许多问题: (1) 决定热液体系形成矿床的最重要的因素是什么? (2) 流体流动和化学反应的耦合作用是怎样的叠加过程? 研究热液成矿的输运——化学反应耦合作用过程动力学的目的之一就是理解成矿因素的叠加, 找到成矿作用过程中的控制因素, 有利于了解矿床的形成过程。

作者将研究区域划分为许多小的、组成可近似看成均一的单元, 以单元内的质量守恒为基础, 建立了水—岩作用的流体流动与化学反应耦合的动力学模型:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\Phi \theta C_f) + \frac{\partial}{\partial t}(-D \frac{\partial(\theta C_f)}{\partial x} + u \theta C_f) = R_i \quad (i = 1, 2, 3 \dots N_{tot})$$

其中,  $C_f$  代表每千克溶液的溶质摩尔数;  $\theta$  为流体密度,  $u$  为达西通量,  $D$  为弥散-扩散系数,  $R_i$  为组分  $i$  的总反应速度,  $N_{tot}$  溶液中组分总数,  $\Phi$  为孔隙度。

利用有限元法解描述模型的数学偏微分方程组。利用 DLL、动态内存分配等技术, 实现了工作站 UNIX 操作系统模拟软件, 1DREACT 向微机 Windows 的移植, 移植程序与原程序分别在微机与工作站上运行比较, 结果表明, 除了两类计算机表示双精度浮点不同造成微小的误差外, 结果完全相同。编写了输入接口程序、输出数据自动绘图程序接口。

微细浸染型金矿基本地质特征包括:

(1) 区域上常成带(区)分布, 在我国主要分布于滇黔桂和川陕甘两个“金三角”地区, 而美国卡林型金矿的位置大致在目前太平洋板块向东俯冲碰撞线以东 500 km。

(2) 赋矿岩石主要为细碎屑岩, 矿床产于大断裂边缘, 赋矿地层以三叠系为主。

(3) 含矿围岩以板岩、砂岩为主, 泥质页岩和粉砂岩等次之, 最有利的含矿围岩是富含炭质的角砾岩化碎裂状、薄层状、条带状粉砂质、白云质灰岩或砂岩, 矿化主要受围岩岩性控制, 与围岩的成岩时代无直接关系。

收稿日期: 1997-3-10

作者简介: 刘荣高 男 1970 年生 硕士 矿床地球化学

(4) 矿体或矿床受断裂构造多级控制, 特别是受高角度正断层的控制。矿化沿着大陆边缘断裂的高角度正断层进行, 矿化范围均处于不同构造单元的边界部位, 矿化可能与引张作用或挤压后的引张作用有关。

(5) 金矿床通常与汞、锑、砷、铀矿及重晶石矿等有密切的共生关系, 常在一个成矿带中, 但矿化中心通常不重合。矿床中有一套典型的低温矿物(黄铁矿、辉锑矿、雄黄或雌黄、毒砂、辰砂以及红铊矿等)和低温元素(Au、As、Sb、Hg、Tl、Ba等)组合。

(6) 金基本为自然金, 有少量金的碲化物。矿石中金的粒度极细, 主要为次显微—显微自然金以晶隙金、裂隙金、包裹体金和吸附金的形式存在。氧化矿石中, 金以游离态产出; 原生矿石中, 金还可能被碳质吸附或形成某些络合物。黄铁矿、毒砂、粘土矿物为重要载金矿物。

(7) 矿床特征元素主要有 As、Sb、Hg、Ti 等, 金矿化与这些元素含量的高异常有关。

从不同期次黄铁矿中金的含量得出, 在微细浸染型金矿成矿过程中, 金的过饱和沉淀、金与硫化物的共沉淀及硫化物的吸附作用三种成金的沉淀机制都可能起重要作用: 物理化学条件的改变使迁移金的配合物分解, 溶液中金的化学位增大, 甚至超过溶液的浓度积而导致金的过饱和和沉淀; 沉淀的硫化物引起了金的共沉淀; 新鲜的黄铁矿有大的表面积, 易吸附溶液中的金。

通过热液对金的浸取模拟可知, 在金的溶解过程中, 流量、矿物初始体积、表面积、溶液组成、氧逸度等对金的浸取作用都有重大影响。其中萃取剂组成、氧逸度必须要在一定的范围内, 超过这个范围热液将失去浸取能力, 但在这一范围内的变化对金的浸取浓度并无大的影响, 可以说, 一定的氧逸度与溶液组成是浸取金的必要条件, 但不是决定条件。

反应速率与流体速度, 热液流动与化学反应的耦合作用控制着溶液浸取金的能力。流动过快, 热液浓度过低; 流动太慢, 搬运能力减少。在一定流量下, 矿物表面积的改变决定金的反应速率, 所以要求矿源层中金与溶液接触的有效表面积要大。金含量增大, 有利于金的浸取, 因此, 含有大量可浸取金的地层是矿源层形成的一个重要条件。金成矿前细菌等生物的预富集可提高热液的活化程度与增高金的含量。

金在成矿过程中, 流体流动与化学反应发生耦合作用, 流体既是成矿物质的携带者又是搬运者, 因此流体对于矿床的形成具有至关重要的作用。矿物沉淀反应速率是联系矿物与流体中成矿物质的纽带。成矿作用是流体搬运成矿元素与成矿元素沉淀的共同结果, 过大的流量矿物质来不及沉淀, 过小的流速带入的矿物质不能形成矿床; 如果成矿物质供应不充分, 大的反应速率还是不能形成矿床, 过小的沉淀速率即使成矿物质提供再多也不可能成矿, 成矿的条件是必须提供充足的成矿物质与成矿物质能够充分的沉淀, 二者在一定的阈值后必须保持一定的同步关系。金成矿在空间上与石英、黄铁矿具有相同的分布。

建立了微细浸染型金矿综合成矿模式: 矿源层的初期富集对于成矿具有重要意义, 频繁强烈的构造(岩浆)活动使热液从围岩中浸取出金, 温度的降低导致了硅化与黄铁矿化, 使金沉淀成矿。

# Research on Metallogenetic Dynamic Model of Micro-fine Disseminated Gold Deposits

Liu Ronggao

(*Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002*)

**Abstract** A coupled model of fluid flow and chemical reaction during water — rock interaction has been established. This model is available in computer. Using the model the ore-forming dynamic processes of micro-fine disseminated gold deposits have been studied and the ore-forming mechanism has been inquired. Based on the law of mass balance a coupled mathematical model of fluid flow and chemical reaction in water — rock interaction has been set up and the differential equations have been solved by the finite method. The simulation results of model showed that during the process of gold dissolving and gold precipitation both of the rates of fluid flow and chemical reaction were coupled to act and in certain ranges both were inter-constrained.

**Key words:** ore-forming dynamic; simulation of computer; water — rock interaction; gold deposit