

金矿床成因研究的若干问题

李景春

(沈阳地质矿产研究所)

金矿成矿流体的来源是金矿床成因研究的重要内容.对传统的成矿流体认识进行了评述,强调了渗滤热液在金成矿中的作用.金沉淀的机制除流体温、压的降低外,流体的混合作用及流体与围岩的反应是更为重要的因素.

关键词 金矿 成矿流体 沉淀机制 渗滤热液

内生金矿床的成因,一直是金矿地质研究中的重要内容和争论的焦点,并通过成矿流体作用或矿质来源的研究加以讨论.本文就金成矿流体的来源及金的沉淀机制等金矿床成因的基本问题加以阐述,对传统的成因认识提出异议.

1 成矿流体的来源

以往许多研究者依据金矿床产出的地质环境和有关的地质热事件将成矿流体分为变质热液、岩浆热液、火山(次火山)热液及渗滤热液等.得出这种认识的基本地质事实是金矿床多产于古老变质岩、花岗质侵入岩及其周围或火山岩等含金建造中,另有一些金矿床(主要是微细浸染型)产于岩浆活动微弱,甚至无岩浆活动地区的沉积岩含金建造中.人们往往把金矿床与围岩间的这种直观的空间关系深化为直接成因联系.上述认识流行的原因尚不能完全归结于此,另外一个重要原因是人们在具体矿床研究中,通常简单直观地利用了成矿流体的 $W^{18}O_{H_2O} - W_D$ 图解和矿石中矿物包裹体成分特征来判断成矿流体的来源,并将其作为金矿床成因类型的重要判据之一.在 $W^{18}O_{H_2O} - W_D$ 图解上,只要研究对象的投影点落在岩浆水区或变质水区,就理所当然地认为成矿流体是岩浆热液或变质热液,如果投影点近于大气降水线,通常认为是在成矿晚期有大气降水的加入.虽然成矿流体的氢、氧同位素组成特征不失为判断热液来源的有效工具,但应当注意的是二者之间并非简单的因果对应关系,而存在一果多因的情况.据研究^[1],中国东部中生代大气降水的氢、氧同位素组成为 $W^{18}O = -15.5\%$, $W_D = -115\%$,但在 $350-400^\circ C$,有效 W/R 比值从 0.01 到

0.05 的条件下,大气降水与深在 5 km 以下的中、基性岩相互作用,即可获得与形成焦家式金矿床成矿流体相似的氢、氧同位素组成,即 $W^{18}O = 4.7\% \sim 3.5\%$, $W_D = -73\% \sim -92\%$ 的成矿流体.由此可见,大气降水经过水-岩作用后的同位素组成可演化到与岩浆水一样的氢、氧同位素组成.所以,许多依据 $W^{18}O_{H_2O} - W_D$ 图解所作出的结论应当予以重新考虑.

矿物包裹体成分特征也是判别成矿流体来源的重要依据.但就目前的情况而言,包裹体成分特征的代表性是有限的.对具体矿床而言,我们都是通过抽样观察来进行包裹体研究,因而其结果应当是统计结果,这就要求有足够大的样品量.此外,更重要的是人们所采取的矿物包裹体样品的量与成矿流体所作用的范围相比是极其微小的,而矿床范围内的成矿流体作用往往是不均匀的.另外,现在所获得的包裹体成分是某次成矿流体演化至终结时被矿物封存的,并不能完全代表成矿流体的成分.同时,流体成分还应当受其所处的地球化学背景的影响.由此可见,依据矿物包裹体成分所得出的结论也具有或然性.

大量地质事实表明,原生金矿床均为后生热液矿床,即金矿床的形成与其围岩的形成普遍存在较大的时差,即使是人们认为与侵入岩或火山岩关系密切的矿床也是如此.大量产于岩体或火山岩中的矿体都受构造裂隙系统的控制,显然是岩浆冷凝成岩后又一次地质作用的产物.已有研究表明^[2],岩浆上升或结晶时所能释放出的水量甚微.高温高压实验结果也表明^[3],硅酸盐熔体与水处于平衡状态时,金从高温的硅酸盐熔体中($400^\circ C$ 以上)析出的数量微乎其微.另外,岩浆中的金并不随着岩浆分异和酸度的增加而富集^[4].诸多产于变质岩系中的以含金石英脉为矿化形式的矿床,其含金石英脉应当是由成矿流体沉淀而出,若以

现今所见的石英脉规模反演成矿时的硅-水体系, 则无论如何, 经变质过程从含金建造中析出的水量是难以满足的。

由上述可见, 关于金矿床成矿流体的来源无论在理论上, 还是在实验上或地质事实上都应当重新审视和进一步研究。

近年来, 人们逐步认识到渗滤热液在金成矿中的重要作用。这一方面是金的地球化学性质表明, 金虽然属于不活泼的化学元素, 但在中、低温地质作用过程中容易被活化、迁移和富集沉淀; 另一方面是越来越多的地质事实表明金成矿的流体作用主要是中、低温热液作用, 特别是浅成低温热液矿床的大量发现更加证实了这一点。

渗滤热液是在地质历史中, 大气降水及被含金建造封存的水受地热或岩浆作用被加热而形成的热液, 加之地壳构造的原因, 在地壳某一深度环流。这种被加热的地下水, 其温度一般不高, 对地质体的作用范围大且持续作用时间长, 往往含有较多的酸根配位基, 金容易以配合物的形式溶解于其中, 使含金建造中的金渗滤出来, 完成活化、迁移和富集过程。渗滤热液这种对金的淋滤作用已被一些实验所证实。莫测辉等^[5]对东坪金矿区的碱性杂岩进行的碱性碳酸盐溶液(200℃以上)淋滤实验表明, 岩石中金的淋出率达32%以上。以上表明, 渗滤热液在许多金矿床的形成过程中可能起着极为重要的作用。

不能否认, 岩浆作用、火山作用及变质作用过程中形成的流体或多或少地参与了金成矿的流体作用, 但在不同矿床其参与程度有所不同, 所以在金矿床中往往留下了其作用的痕迹。应当引起重视的是, 它们对金成矿的贡献可能远不及渗滤热液。对岩浆作用、变质作用与金矿床成因间的联系, 应当理解为这些地质作用产生的热效应对金成矿的贡献, 即更重要的是它们为金成矿地质场提供了热动力。

2 金的沉淀机制

对金的沉淀机制的研究多从金在流体中的迁移形式入手。传统上认为金在流体中的迁移形式主要是 Au(I)的 $Au(HS)_2^-$ 、 $AuCl_2^-$ 或 $AuH_2SiO_4^0$ 等可溶性配合物, 因而普遍认为金的沉淀是由于流体的物化条件的改变导致配合物不稳定所致, 也有流体中成核矿物对金的表面吸附或金与硫化物矿物共沉淀作用的因素。近年来的研究结果表明^[6], 金也可以 Au(O)的纳米金或胶体金形式迁移, 这类迁移形式的金, 其沉淀的主要原因应当是纳米金的归并和胶体凝聚。总之, 金的沉淀机制涉及其热力学及动力学过程。

过去人们大多把成矿流体温度和压力降低作为导

致金沉淀的最主要因素, 其依据是当温度和压力降低时会引起金配合物稳定性降低。但近年来的实验研究结果表明^[7], 在一定温度区间内, 金配合物稳定性的变化与温度、压力变化间的相关性并不像人们所认为的那样大, 单一的流体冷却和压力降低只是导致金沉淀的因素之一, 并非总是能产生金的大量沉淀, 应当还有其他因素的影响。

从许多地质事实来看, 成矿流体在储矿构造和导矿构造场所的温度及压力变化并不总是很大。所以可以认为, 对以充填成矿为主的流体作用, 成矿流体的混合作用应当是引起金沉淀的重要因素之一。如由于大气降水的不断加入, 在混合作用过程中, 首先会导致成矿流体温度的下降, 与此同时, 更重要的是低矿化度流体与含金高矿化度流体相混合, 会使成矿流体中配位基浓度大大降低, 会促使金配合物分解, 引起金的沉淀。对于以交代成矿方式为主的流体作用, 金沉淀则主要是流体与围岩反应所致^[8]。

除上述之外, 金沉淀还受矿物表面作用的影响。由于矿物表面的物理吸附作用, 带电的含金配合物通过静电作用被吸附到矿物表面电荷密度高的地方, 如矿物晶体的物理缺陷(破裂面)、晶体的边棱和化学不均匀带(微量元素富集置换带)等, 这也是金矿物在矿石中赋存形式的决定因素之一。

总之, 对金成矿流体来源的传统认识已受到来自多方面的挑战, 仍需进行深入研究。对金沉淀机制的研究, 近 10 多年来也有较大进展, 出现了许多修正传统认识的理论和实验结果。尽管如此, 由于金成矿流体作用过程涉及其热力学和动力学等复杂过程及诸如水-岩反应界面特性、界面化学和纳米金成矿等许多问题, 所以对金矿床成因的研究仍将有一个深入探索过程。

3 参考文献

- 1 张理刚, 等. 焦家式金矿水-岩交换作用——成矿流体氢氧同位素组成研究. 矿床地质, 1994, (3).
- 2 季克俭, 等. 关于尼克里的残余岩浆溶液的讨论. 地质论评, 1994, (3).
- 3 涂光炽, 等. 金的经济地质学. 北京: 地质出版社, 1984.
- 4 Boyle R W. 金的地球化学及金矿床. 马万钧, 译. 北京: 地质出版社, 1984.
- 5 莫测辉, 等. 花岗岩类岩体与金矿床成因关系探讨. 地质地球化学, 1997, (4).
- 6 李景春. 金在热液流体中存在形式的讨论. 贵金属地质, 1995, (4).
- 7 Shenberger D M, et al. Solubility of gold in aqueous sulfide solutions from 150 to 350°C. Geochim. Cosmochim. Acta, 1989.
- 8 Ridley J, et al. Archean lode-gold deposits: fluid flow and chemical evolution in vertically extensive hydrothermal systems. Ore Geology Reviews, 1996, (10).

SOME PROBLEMS IN THE GENESIS STUDY OF GOLD DEPOSITS

Li Jingchun

(*Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources*)

Abstract

The source of ore-forming fluid is the key object for genesis study of gold deposits. It is the infiltrating hydrothermal fluid, other than magmatic hydrothermal or meteoric water as the traditional understanding, that plays a leading role in mineralization. As to the precipitation mechanism of gold, the mixture of fluids and the interaction between fluid and surrounding rocks are more important than the reduction of temperature and pressure of fluid.

Key words gold deposit ore-forming fluid precipitation mechanism

作者简介 李景春 男 1963年生, 1984年毕业于武汉地质学院矿产系矿床学专业。现任沈阳地质矿产研究所副研究员, 从事金矿床地质研究。通讯地址: 沈阳市北陵大街 25号; 邮政编码 110032。