

金矿矿源层与矿源层中金的丰度和活度

王义为

(冶金部地球物理勘查院·保定市)

矿源层中金的原始丰度高。岩石中金的活度与丰度有关。矿源层与非矿源层的同类岩石,除均含有数量大致相当的造岩矿物中背景量的金外,矿源层比非矿源层多含了一部分活化的金。矿源层是某些类型金矿成矿的必要条件之一。

关键词 金矿;矿源层;丰度;活度

金矿矿源层中,成矿元素(Au)的含量是否高于非矿源层的同类岩石?矿源层是否为金矿的成矿条件之一?对这类问题,国内外地质界均有不同见解。这些认识,不仅涉及成矿模式等理论问题,而且也与区域成矿预测和普查找矿有直接关系。

矿源层、成矿母岩和矿体围岩

在讨论矿源层之前,笔者认为有必要简单说明一下矿源层、成矿母岩、矿体围岩和它们在成矿过程中元素的带入带出问题。

金矿矿源层是提供矿质(Au)来源的火山岩、沉积岩等层状岩石。不过,古老地层中的这些岩石,一般都经受了变质作用,如今往往呈现为一系列不同变质程度的变质岩,如山东的胶东群、小秦岭的太华群、河南的熊耳山群、河北的迁西群等。

成矿母岩,对于岩浆结晶分异矿床和熔离矿床是很特征的,如形成铬铁矿床的超基性岩和形成钨钛磁铁矿床的基性岩体。岩浆岩型金矿,如金川铜—镍硫化物伴生金矿床,在成因上和空间分布上均与超基性—基性岩浆岩有关。

矿体的围岩即矿体周围的岩石。

矿源层、成矿母岩,它们虽都与矿有成

因联系,但两者提供矿质的机理不同,前者是已成岩的岩石中的矿质被活化、迁移,并在有利部位富集,在成矿过程中,成矿元素有明显的带出、带入和再分配。而成矿母岩是在固结以前,由于结晶分异、熔离等原因,使矿质在某些部位相对富集,基本上成矿、成岩于同时。对于岩浆矿床的成矿母岩,成矿元素的带入带出和成岩后的再分配是不特征的。

至于围岩,只是从空间上说明和矿的关系。不过,矿源层、成矿母岩都可以作为矿体的围岩,但是,对于矿源层中的矿体和其周围的岩石,元素的带入带出、局部再分配最为强烈,对原岩丰度的歪曲最为严重。

丰度、本底值和背景

目前,在探讨矿源层问题中所列举的元素含量数据差别十分悬殊。例如,作为斯威士兰绿岩带金矿床中,金的“终极来源”的翁费尔瓦赫特群橄榄岩质和玄武岩质的科马提岩,Anhaeusser等人得出的金的含量数据为0.02ppm(1973)和0.01~0.0015ppm(1976)^[1]。前—数值高于金的克拉克值(4ppb,泰勒,1964)5倍,而后—含量范围的平均值却低于世界范围内拉斑玄武岩的平均值(0.0025ppm)。国内的情况也是如此,仅举一例:东秦岭地区太华群金的丰度

数据就有 0.71ppb (刘腾飞, 1986), 10~49ppb (罗镇宽, 1986) 等。这些差异十分悬殊的数据, 便是对矿源层这类问题各执己见的一个重要原因。

矿源层中, 成矿元素的丰度应指提供矿质前岩石中成矿元素的原始丰度, 即本底值。但是, 矿源层在经历各种地质作用中, 不可避免地发生了系统内某些元素的局部再分配或元素的带出带内。因此, 现今岩石中成矿元素 (Au) 的含量是经改造的原始丰度, 并非成岩时的本底值。对于只是矿源层内部的局部再分配, 没有系统外物质带内、带出的情况下, 求得岩石的原始丰度较为容易, 一般只需要注意样品的代表性和采用常用的数理统计方法即可。如果发生了物质的带内带出, 要求得原始丰度则困难得多, 往往出现明显的偏高或偏低。

求得的丰度值较原始本底值偏高的原因在于, 即使成矿物质主要来自矿源层, 根据多源成矿说, 成矿过程中也将有其它来源的矿质带内, 如岩浆热液的带内等等, 即便热液中这部分矿质 (Au) 也来源于系统内部——矿源层 (如混合岩化—重熔岩浆热液所携带的从矿源层中淋滤出来的金), 在不足以对矿源层具有整体代表性的采样数量的情况下, 往往会导致数据的偏高。

出现金含量值偏低的一个主要原因是岩石在变质过程中, 由于温度、压力的升高, 变质溶液的作用, 引起了某些元素的活化、迁移, 即使原来的岩石具有相当高的金含量, 但在“晚期的变质作用和热液活动可抹去了这一事实的全部记录”^[1]。尤其是对于老变质岩系, 应考虑这一事实。

至于地球化学探矿中的“背景”, 是一个衬托异常的相对值, 划分背景和异常的界限往往视欲找寻的目标而变。大一级范围的异常往往是衬托局部异常的背景。可见, 背景和丰度是两种不同的概念, 所以, 不宜将化探的背景作为矿源层的丰度值。

为使求得的元素含量接近岩层的原始丰度, 文献^[3]中提到在 1:5 万水系沉积物测量的同时, 进行区域地球化学调查。每平方公里采集一个岩石样品, 按地层单元统计元素丰度, 这种办法是可取的。利用区域长剖面的样品 (或数据) 统计丰度值, 在一定程度上也是可行的, 不过样品的整体代表性较差, 而且剖面往往通过矿体、蚀变带等对原岩丰度歪曲得最为严重的地段; 因此, 有比原始丰度值偏高较大的风险。根据矿区范围内的若干短剖面或少量随机样品, 显然是不能求得地层的原始丰度的。对样品的分析数据, 应按含量等级作概率统计, 若数据不服从正态或对数正态分布, 可试用 Cu、Pb、Zn、Mo、Sb、As、S “内标校正” 的办法, 来减少热液作用带内的那部分金对统计地层中金的本底含量的影响, 或在统计中采用稳健统计学的方法, 消除或压抑极值点。

丰度与活度的关系

对矿源层中成矿元素的丰度是否高于非矿源层的同类岩石虽颇有不同见解, 但似乎对岩石中元素的活度在提供矿质中具有重要的意义却无分歧。然而, 丰度与活度这两者之间是有联系的。在客观实际中, 这种关系并不是简单地表现为活度等于活度系数和浓度之积的线性关系, 而是随着成矿元素丰度的增高, 该元素的活性部分在其总量中所占的比例增加。反之, 如果地层中成矿元素的丰度低到一定程度, 从某种意义上讲, 也就不存在作为矿质来源的可被活化的部分了。

A. Ф. Коробейников 等对各类岩石中广泛分布的角闪石、辉石、黑云母、长石、石英等造岩矿物和侵入岩中的副矿物中金分布作了极为大量的研究。已有的国内外资料足以说明, 所研究的副矿物中金的含量是造岩矿物的 1.5~10 倍, 铁镁硅酸盐矿物中金的含量高于长英质矿物, 副矿物和铁镁硅酸盐矿物是金的富集矿物, 而长石、石

英是背景量级金的携带矿物。然而, 由于众所周知的原因, 长石、石英所携带的金占岩石总含金量的50~98%。

有资料表明, 在其它条件相同的情况下, 矿物中金的易活化程度按: 副矿物—铁镁硅酸盐矿物—长英质矿物的顺序递减。副矿物磁铁矿在花岗岩自变质作用的过程中, 金的析出率最高可达90%。角闪石中的金有38.4%和39.5%可被硝酸和王水所浸析。在自变质过程中, 闪石类矿物金的平均含量比原含量降低三分之一至二分之一。至于背景量级金的携带矿物——长石、石英, 虽然含有岩石总含金量的一半以上, 但因金的活度低, 难以作为矿质的来源。

可以认为, 矿源层与非矿源层的同类岩石, 除了均含有数量大致相当的造岩矿物中背景量级的金以外, 矿源层比非矿源层多含了一部分活化金。就是这部分活化金, 为成矿提供矿质来源。

不过, 元素的活度, 除了与岩石中该元素的丰度有上述联系外, 还与岩石所处的地质环境、介质条件——温度、压力、介质成分、地质作用的性质、强度和持续时间等外界因素有关。

Д.С.ГЛЮД 从事的金的热液变质成矿作用的一系列实验研究^[2]证明了介质条件与金的活度的关系。

在若干个长550mm, 直径220mm的陶质实验管中, 分层填装页岩、砂岩、灰岩、花岗岩的粉末, 或保持自然湿度和原始孔隙溶液成分的现代海底沉积物。填装的岩石粉末经过特殊处理, 确保不含易挥发和易溶的金化合物。在实验柱的中下端夹加一厚10mm的富金($^{197}\text{Au} + ^{195}\text{Au}$)层, 并在其中一组实验柱的富金层中拌入该层体积20%的NaCl晶体。实验柱分别用蒸馏水或3.5% NaCl溶液(模拟海水)润湿后放入有温度梯度(下端600℃, 上端200℃)的反应器中, 反应器中的压力约等于10个大气压, 实

验前后用闪烁检测器对柱中剖面进行Au($^{197}\text{Au} + ^{195}\text{Au}$)的放射性测定。结果表明, 不加NaCl晶体, 用蒸馏水润湿的实验柱, 金没有发生再分配, 且柱中的外观变化也极不明显, 仅发现与花岗岩粉末接触的碳酸盐部分有重结晶现象。加NaCl晶体用蒸馏水润湿的实验柱, 金出现明显的再分配, 在原富金层的上方, 放射性($^{197}\text{Au} + ^{195}\text{Au}$)有明显增高, 柱中碳酸盐层部位有金的富集, 整个实验柱有明显的外观变化: 重结晶、钠长石化、硅化十分强烈。用NaCl溶液润湿的实验柱, 富金层中的金大部分被带出, 并在柱的上端碳酸盐层集中。充填现代海底沉积物的实验柱, 在与其它实验柱相同的温度、压力条件下, 金发生了明显的再分配, 出现了金($^{197}\text{Au} + ^{195}\text{Au}$)沉淀的三个极大值, 分别与原富金层、富含碳酸盐的砂层、富含有机物的粘土—粉砂层相对应。

上述实验说明, 在一定的压力、温度梯度条件下, 介质成分对金活度的影响, 也说明了在海相含NaCl的情况下, 金的活度增加, 导致其活化迁移, 并在遇到碳酸盐、含有机物的粘土等地球化学障时, 发生沉淀聚积。

一定的环境、介质条件, 能够增高元素的活度, 但是, 浸析出矿物中背景量级的金却要困难得多。这也就是在丰度低到一定程度的情况下, 元素的活度就低到难以提供矿质的原因。

金矿源层与金矿的关系

事实表明, 金矿往往不以单个矿床产出, 而是若干个矿床集中分布, 形成金矿集中区。目前, “我国几乎70%的原生金矿集中在华北地块周围的几个矿化集中区内”(罗镇宽, 1986), 与中基性火山岩基底有明显的依存关系。矿化集中区和矿源层有密

切关系。深部矿源层不仅决定成矿的分区性,而且还影响和主导该地区多个地质时代的成矿,表现为成矿的继承性。按中国地质学会矿床学分会划分的中国金矿成因类型(1985),其中岩浆—热液金矿床中的混合岩化—重熔岩浆热液金矿床;火山及次火山—热液金矿床;沉积—变质金矿床;变质—热液金矿床和矿源层(包括深部矿源层)的依存关系尤为明显。当然,对于这些金矿的形成,除了矿源层,尚需有利的热动力、热流体条件和容矿的构造条件。华北地台太古宙老变质岩区的金矿,与燕山期岩浆岩的空间关系十分密切说明了这点。

在金矿床成因研究中,目前已有很多关于矿质(Au)和搬运矿质的介质热液非同—来源的证据,也就是金来源于矿源层,介

质为岩浆期后热液、变质热液或下渗到一定深度而被加热的大气水。矿质、介质的异源说使某些同位素测定结果($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{34}\text{S}$ 等)与金来源于古老的矿源层之间的矛盾得到了解释。

基于若干主要成因类型金矿和矿源层之间有着密切的成因联系,所以可以通过矿源层调查,进行成矿预测,指导普查找矿工作。文献[3]对福建瓯变质岩区和上侏罗统火山岩区成矿条件的分析评价便是一例。

参 考 文 献

- [1] 博伊尔, R. W., (马万钧等译), 《金的地球化学及金矿床》, 地质出版社, 1984.
- [2] Глюд, Д. С., Геохимия, 1989, №5, стр. 641~651.
- [3] 王义为, 地质论评, 1989, 第35卷, 第6期, 521~528页.

Abundance and Activity of Gold in the Source Bed

Wang Yiwei

The gold in its source bed usually has a higher primary abundance and the activity of gold in rocks has a bearing on the abundance. Either the source bed or the non-source bed consisted of similar rocks possesses a certain amount of gold equivalent to the background level of that in ore-forming minerals. The feature of the source bed is the essential condition for the formation of gold deposits of certain types.

(上接第33页)

- [18] Bonatti, E., et al., Geology, 1981, 9: 474~479.
- [19] 周国庆, 南京大学学报(地球科学), 1989, №1, 25~37.
- [20] 张 旗、赵大升、李达周, 岩石学报, 1991, №1, 1~15.
- [21] Dick, H. J. B. & Bull, J., Contrib. Mineral. Petrol., 1984, 86: 54~75.
- [22] Moody, J. B., Lithos, 1976, 9: 125~138.
- [23] Girardeau, J. et al., Contrib. Mineral. Petrol., 1985, 90: 309~321.
- [24] Kontinen, A., Precambrian Res., 1987, 35: 313~341.
- [25] Honnorez, J., Contrib. Mineral. Petrol., 1975, 49: 233~257.
- [26] Zou Haibo & Zhou Xinmin, Precambrian Research, 1991.

Two Types Ophiolite: One Associated with Lenticular

Chromite and the Other without

Zou Haibo Zhou Xinmin Zhou Guoging

On the basis of the ore potentiality of chromite associated with ophiolite, the author tried to classify the ophiolites into two kinds one bearing lenticular chromite and the other bearing none. Consulted a number of relevant references: on ophiolites both at home and abroad the difference of these two kinds of ophiolites suites are summed up in this paper. Two examples of ophiolite suites are cited for illustration.