

金的矿源层讨论

许 静

(江西地质矿产调查研究大队, 向塘)



岩层初始含矿丰度包括易释出和难释出两部分矿质, 这与现今岩样所测得现存丰度截然不同; 特殊的(火山)沉积建造是判别矿源层的综合标志, 含矿丰度只是其中一个重要标志, 其对比标准以区域背景值更为现实可行。

关键词 金矿 矿源层 含矿丰度

奈特(C. L. Knight) 1957年指出“特殊地层中同生硫化物, 受后期热事件影响, 发生不同程度的活化、迁移以致富集成矿。”^[1]从而明确指出有关矿床的成矿物质来自沉积建造本身, 这就是当初的矿源层概念。经过近50年的发展, 现今矿源层已成为研究矿化集中区成矿背景的基础和成矿远景区评价的前提条件, 也成为层控成矿、多元成矿和区域成矿有关理论的支柱, 但也正因为有关研究方兴未艾, 矿源层的概念也“仁者见仁、智者见智”, 依笔者之见, 矿源层是指具有成矿物质初始聚集的地层组合, 它主要是(变质)沉积建造, 往往包括同生的火山作用产物。它们经历后期地质营力及所引起的地下热液作用, 其中矿质活化成为有关矿床形成的物质来源。因此矿源层具有局限性, 首先一个层位(沉积建造)被确定为矿源层, 一般专指某一(些)矿种而言, 如金的矿源层, 钨、锡矿源层等, 不再是包罗万象的; 其次矿源层是地层组成部分, 均与一定的岩相(岩性组合)有关, 如含铁建造、碳硅(黑色)建造、碳酸盐建造等, 他们在每一地域都是具体的岩石地层单元, 纵、横向均限于一定范围, 很少有跨“统(世)”或超构造单元的例外, 但一定层位(时限)内可见多层叠置或穿层现象。基于这一认识, “基底矿源层”、“深部矿源层”、“元古界矿源层”等提法就值得商榷, 至少已不属C. L. 奈特初始拟议矿源层范畴。

金的矿源层是矿源层的一支, 1987年刘英俊称之为含金建造, 专指有金的初步富集的沉积建造, 系由含金层位和非含金层位共同组成的一套地层组合, 也包括该建造有关的火成岩(主要是火山活动的产物)。含金建造往往出现在构造层底部或区域不整合面上, 其中含金层位具尖灭现象^①。笔者接受这一定义, 并认为还应包括经历区域变质仍能为其后金的成矿提供矿质的变质沉积建造。现就有关问题, 抛砖引玉试参予讨论。

1 初始丰度与现存丰度

在阅读、参考一些文献、报告时, 常发现不少作者以某一地区一些(甚或几件)岩样矿质测定数据论证有关矿源层存在与否, 有的还据之评论区域找矿前景, 这里显然把岩石的现存(含

^① 刘英俊, 马东升. 华南含金建造的地球化学特征. 地质找矿论丛, 1987, 2(4).
本文1991年5月收到, 10月改回, 李国容编辑。

矿)丰度和初始(含矿)丰度混为一谈,必然导致结论的偏颇。

研究矿源层,着眼的是岩层初始(含矿)丰度,这一般和现存丰度截然不同。

岩层初始丰度包括易释出和难释出两部分矿质。一般只有易释出的那部分矿质参与后期成矿,(难释出部分只有在极特殊情况下,因其它组分迁出而“富集”成矿,权当例外);通常条件下释出难易取决于矿质初始赋存形态,易释出的金或被火山灰、碳质吸附,或赋存于硫化物、有机质和造岩矿物粒(隙)间,这类赋存状态的金极易在后来的地质营力(水)作用下活化、迁移,以致富集成矿;难释出的金则主要固定在硅酸盐或氧化物类矿物中,较难活化。当然难易是相对的,例如我们研究的武功山变质岩区,相当绿片岩相的浅变质岩的138个岩样平均含金为 1.18×10^{-9} ,相当层位遭混合岩化,变成混合片麻岩、混合岩化二云母石英片岩,其含金降为 0.60×10^{-9} (9个岩样算术平均),这近50%再释出金显然包括混合岩化过程中硅酸盐、氧化物重新组合、结晶中释出的金^①。近年研究揭示金的成矿温度域为340—30℃,相当宽广,如在有大量铁、锰、硫等变价元素强氧化剂的氯化水溶液中,250℃温度下金也可被溶解、析出。其实现代潜水也可析出岩层中的金等成矿元素,水化学找矿应用的就是这个原理。因此,现今岩层(尤其变质岩)中所测得矿质丰度,是经历了成岩、变质作用及其它地质事件(包括地表氧化淋滤)的混合产物。它和现已形成的矿床是同一过程中的不同产物,它主要为难释出的那部分矿质,也可能局部又有后期叠加成分,总之已不代表岩层初始含矿丰度。可见若简单地就所得岩石现存丰度高低讨论矿源层、甚至评价区域找矿前景,势必给找矿工作带来不应有的影响。例如刘静兰(1988)收集、统计苏联、加拿大、南非几个地区前寒武纪变质岩样分析结果^[2],有94%左右样品含金低于 4×10^{-9} ,其中约35%还小于 1×10^{-9} ,但70%以上金矿与前寒武系有关则是公认的,缘由就在于这些岩样分析结果是现存丰度,易释出那部分矿质已参与成矿。

2 地壳元素丰度与区域背景值

现今论证矿源层存在与否,多以区内所得岩石含矿丰度与地壳(元素)丰度(克拉克值)比较。如金,一般认为岩层金丰度大于地壳丰度(3.5×10^{-9} — 4×10^{-9})3倍、或10倍、或1—2个数量级,即为金的矿源层,这又是值得讨论的。除上述现存丰度不代表岩层初始丰度,往往只是难释出(或部分叠加)矿质丰度外,3倍、10倍或1—2个数量级这一尺度,人为性一目了然,A.刘易斯(1982)就提出含金异常高的源岩并不是形成热液金矿的先决条件^②,更多资料反映只要具备活化条件, 1 km^3 含金仅 $n \times 10^{-9}$ 的源岩也可提供数吨至十几吨的金,当然这里并不否认有含金高的矿源层存在成矿机会更多,但这很难给出一个尺度。本文仅就以地壳丰度(克拉克值)为对比标准提出异议,认为以区域背景值对比更为恰当,理由有二:

1. 金的地球化学特征具明显的亲铁和镁与硫氧性,因而属深源元素。S. R. 泰勒(1985)^③公布的上部大陆地壳平均含金 1.8×10^{-9} ,这不及公认的地核含金(2600×10^{-9})的1/1000,仅为地幔平均含金(5×10^{-9})的1/3;现有资料还表明地球圈层组成极不均匀,就地壳而言显然有这一先天性影响,加上地壳形成有早晚,组成物质来源有深浅,不均匀性更加明显。一般认为金为地球发展早期特征性矿化元素,成因上与地槽早期阶段的慢源型玄武岩类有关,事实上古老地壳比年青地壳含金高,据王中刚资料^[3],太古代、元古代地壳金的丰度比后寒武纪高2.9倍,而前太

① 钱皎凤,武功山花岗质岩类成因与金矿化初探,江西地质,1990,4(1)。

② 引自王魁元,太古代绿岩带金矿源岩研究的理论与实践,国外前寒武纪地质,1987,(2)40。

③ 引自马东升,地球的金丰度,黄金,1990,(6)。

古代比后寒武纪高 48.6 倍, 可见地壳丰度对某一特定区域是不具对比性的, 而讨论矿源层、矿质来源恰恰离不开区域性, 仅从这点也可见区域背景值为标准更为现实、有针对性、可比性。

2. 由于广泛重视矿源层研究, 近年获得的世界各地区、各种岩类的成矿元素测试数据大为丰富, 加上痕量金测试技术的改进, 金的测试灵敏度大大提高, 现有的近年获得的不同地域金背景值均“偏低”, 却更可信。曹大华、张志英通过统计大量分析数据发现二点^①: 一是前寒武纪变质岩金的丰度, 国外平均 1.89×10^{-9} (变化区间为 0.98×10^{-9} — 3.65×10^{-9}), 国内偏高、平均 3.39×10^{-9} ; 二是我国一些省、地区各时代地层金的背景值, 岩石平均为 1.39×10^{-9} , 水系沉积物平均为 1.37×10^{-9} , 这些数据均低于金的地壳丰度, 据此曹大华等提出修正公认的地壳丰度, 金改为诸如 1.30×10^{-9} — 1.50×10^{-9} 。笔者认为这一建议是合理的, 但具体工作远非如此简单, 样品(地域、岩类)的代表性与数量、测试方法与标样、统计方法与参数等等, 都应统一考虑, 而区域背景值相对则较容易求得, 对比也现实、有说服力。

至于区域背景值的计算, 方法很多, 笔者推崇栾世伟等所倡导的“分类加权平均法”或“累计频率图解法”^[3]。他所求得的小秦岭金矿田区域原始金丰度就用前一方法, 把区内金的分布按以下三组数据计算: I 组为分散在区域内不同地层(变质岩、混合岩)和各期岩浆岩(包括分布广泛的伟晶状花岗岩)等现存金丰度, 分别按其区域内所占面积加权平均求得 (X_p); II 组为形成区内金矿资源的那部分, 即依地质推测法估算区内一定 (1 050 m) 标高以上金矿资源总量, 将此值均摊于全区所求得的单位体积(重量)岩石中所提供的金资源量 (X_R); III 组是引起区内金异常的那部分金含量高 ($>10 X_p$, $<X_R$) 的样品, 求出异常金总量, 再将其均分于全区所得 (X_u), 这三部分之和 ($X_p + X_R + X_u$), 即为区域(原始)金背景值, 小秦岭金矿田为 2.02×10^{-9} 。

3 含矿建造是判别矿源层的综合标志

含矿丰度是判别矿源层的重要标志, 但不是唯一标志, 正确的判别矿源层应包括沉积建造及其初始含矿丰度。

国外 R. P. Viljoen 等人 (1969)^[2], 最早指出变质的原始岩层为金的矿源层, 他们提出金的终极来源是原始的(超)镁铁质火山岩, 并论证从超基性岩→基性岩→酸性岩→碱性岩金的含量呈逐渐降低趋势; 国内类似认识近年也广为流行^{②, ③}, 朱奉三等 (1986) 也指出太古代绿岩带在镁铁质火山岩向酸性火山岩转化的过渡部位, 通常金的丰度最高, 是金矿床的最重要的矿源层, 而且往往是金的原生矿源层^②。因此只要工作区有类似岩石组合出现(或潜伏), 尽管所得岩样现存金丰度不高, 甚或很低, 仍应作金的矿源层予以重视, 尤其近年研究发现金矿化还导致影响范围内出现金的低背景场(贫化、亏损区)。正是从这一认识出发, 赣中地区前寒武纪变质岩现存金丰度并不高, 我们对区内找金仍持乐观态度, 因为这里不仅有以新余式铁矿为代表的震旦纪硅铁建造(由新余向东火山作用产物增多, 且出现碳酸盐相、硫化物相硅铁建造, 近年 1:50 000 区域地质调查又发现其下前震旦纪潭头群夹有橄榄玄武岩、斑状玄武岩等火山岩二至十余层, 表明区内古生代前地槽阶段有过(超)基性火山活动, 震旦纪硅铁建造为这一特定环境下的连续生成物(硅铁建造与潭头群间无明显间断, 本身又有变玄武岩等夹层), 可作为区域金的矿

① 曹大华, 张志英. 关于地壳中金的丰度值探讨. 黑龙江地质情报, 1989, (2).

② 朱奉三, 杨连生, 黄健. 中国前寒武纪变质杂岩中金矿床地质及成矿作用. 全国金矿地质工作会议文献, 1986, 48—53.

③ 母瑞身, 论述金的成矿背景—含金地槽建造. 地质找矿论丛, 1987, 2(4): 62—69.

源层予以考虑、研究, 尤其近年兄弟单位(核工业部华东地质勘探局 261 大队)已在区内找到, 探明丰城黄金峰, 临川茅排等金矿床更证实这一论断。

含金矿源层的研究近年有较大进展, 如研究金的唯一同位素 ^{197}Au 来直接追踪金的来源, 已开始探索; 尽快找出与金有关的稳定伴生元素, 制定数字指标, 来追踪其来源或推算初始金丰度, 则已成为一个途径。例如近年屡见报道^{①, ②, ③}利用钯(Pd)来判别(超)铁质岩的原始金含量方法, 其依据是钯与金在超镁铁质岩结晶过程中性状相似, 均表现强烈的亲硫性, 均随岩浆演化富集于残浆中。当硫达到饱和时两者很快从岩浆中分离出进入不混溶硫化物中, 因此新鲜的未发生金流失的岩石, Au/Pd 值为一常数 K 。在随后的成岩、变质作用过程中钯相对呈惰性, 即金活化迁出、钯相对稳定。据此只要测出岩石现存的金、钯丰度, 通过 $K = \text{Au}_{\text{原}}/\text{Pd}_{\text{原}}$ 式计算, 得 K 值, 式中 $\text{Pd}_{\text{原}}$ 为岩石现存钯丰度)。R. R. Keays (1984)^{①, ②, ③}建议将哥伦比亚 Corgona 岛上与科马提岩成分相近的白垩纪苦橄岩作为标准岩, 其钯的平均丰度 11.1×10^{-9} 、金为 4.17×10^{-9} , 求得 $K = 0.37$, 这样据 $\text{Au}_{\text{原}} = \text{Pd}_{\text{原}} \times 0.37$ 就可求出原始金丰度, 进而又可求出易释出(即已流失)金量。如西澳 Clifford 山科马提岩现存金丰度为 $0.24 \times 10^{-9} - 0.82 \times 10^{-9}$ 、仅一个为 2.96×10^{-9} , 据相应岩石钯丰度 $5.91 \times 10^{-9} - 9.48 \times 10^{-9}$ 和 $K = 0.37$ 计算, 该科马提岩初始金丰度为 $2.18 \times 10^{-9} - 3.29 \times 10^{-9}$, 即有 $1.83 \times 10^{-9} - 2.96 \times 10^{-9}$ 的金已释出, 说明从成岩至今, 每立方米岩石已释出 7×10^{-9} 的金, 当然不能认定它全部参与成矿, 但已证明仅仅依现存金丰度论证矿源层存在与否的片面性。这一方法目前仍不成熟, 仍以一些假定为前提, 即假定钯与金在成岩过程至成岩时具相关性; 假定钯在成岩之后几乎不活化释出; 假定 R. R. Keays 建议的 K 值(0.37)具普遍性等, 但较之间接方法已前进一步, 而且随着研究深入, 数据积累, 类似方法会更多, 一些假定也会被证实、修正。

目前更多的是用间接方法来论证矿源层, 涂光炽等^[4]就指出金的矿源层的确定, 目前主要从含金岩系的地质产状, 岩石组合及岩相特征; 含金地层的岩石化学及微量元素地球化学特征, 包裹体成分及硫、铅同位素组成等方面入手, 最后再考虑岩石的含金性。他就从吉林夹皮沟地区含金石英脉包裹体与围岩(鞍山群二道沟组)的包裹体对比, 两者接近或相差无几, 认定后者为含金石英脉的矿源层^[4]; 同样, 对美国霍姆斯塔克金矿再认识, 也是据硫同位素组成等稳定同位素研究, 认定矿质就来自霍姆斯塔克组^[3, 4]。

4 小结

矿源层是一套含矿丰度较高的(火山)沉积建造, 其中矿质分易释出和难释出两部分, 而现今岩石所测得的矿质丰度往往是经成岩及其后多次地质作用、多阶段地球化学过程的混合丰度, 一般不代表岩层初始矿质丰度, 尤其对老变质岩强调这点是十分必要的。

正确的确定矿源层应把它看作地层的特殊部分, 目前矿质的直接追踪尚处探索阶段, 一般借助间接方法探讨, 因此更应着重有关建造的研究, 对金的矿源层则强调基性—超基性岩浆及其产物存在的必要性, 而具体含矿丰度对比, 建议以区域背景值代替地壳丰度。

① Keays R. R. 太古宙金矿床及其源岩, 上地幔与地壳接合处, 王魁元译, 国外前寒武纪地质, 1985, 30—53。

② 真允庆. 论金矿床的矿源层问题, 地质与勘探, 1989, (8): 1—8。

③ 汪东波. 金丰度与金矿化的潜在关系, 桂林冶金地质学院学报, 1989, 9(3): 327—333。

参 考 文 献

- 1 Knight C V. Ore genesis Hne source bed concept. *Econ. Geol.* 1957, 52 (7): 808—817.
- 2 刘静兰. 前寒武系变质岩的含金性及其研究意义. *地质论评*, 1988, 34 (4): 311—321.
- 3 栾世伟 (主编), 陈尚迪, 曹殿春, 方耀煌, 赵宝金, 李泽琴编著. 金矿床地质及找矿方法. (第一版), 成都: 四川科学技术出版社, 1987, 195, 346—347.
- 4 涂光炽等著. 中国层控矿床地球化学 (第一卷). (第一版), 北京: 科学出版社, 129—188.

THE SOURCE BED OF GOLD

Xu Jing

(Geological and Mineral Resources Investigation Party of Jiangxi Province, Xiangtang)

Abstract

The source bed usually refers to an original stratigraphic horizon from which secondary ore minerals were derived. It is mainly represented by a (metamorphosed) sedimentary formation with or without syngenetic volcanics. Through later actions of geological agents and subsurface hydrothermal fluids, the ore substances are believed to be released from the bed and migrate to a favourable site to form relevant deposits. Therefore, the source bed has its limitation, i. e. it refers to one (or some) particular kind(s) of ore and has a definite vertical and lateral extent. The gold source bed is a branch of it. The primary ore substance abundance of a rock formation is utterly different from that measured currently in the samples. The former comprises the readily reactive part and the less reactive part. The readily reactive part tends to be first remobilized and released out of the bed resulting in to a component part of ore through later mineralization. The content of ore substances of the current samples collected in or near ore district are most probably the product undergone the same geological processes as the existing ore deposit. In most cases, the figure of major content represents the less reactive part of ore substances. Thus, it is not advisable to merely discuss the existence of the source bed and its relevant problems by means of the existing ore substance content. It is rather practicable for prospecting to integrate the content of ore substance of a bed with the whole special (volcanic) sedimentary formation as the regional background value.

Key words: gold deposit, source bed, ore substance abundance

作 者 简 介

许静, 生于1936年10月, 籍贯福建省福州市。1960年毕业于长春地质学院地质系地质调查与找矿专业。长期从事地质矿产(金属)勘查, 近年侧重钨矿、金矿成矿预测研究。现任江西地质矿产调查队第二矿产研究室高级工程师。通讯地址: 江西省南昌县向塘江西地质矿产调查研究大队, 邮政编码: 330201。