

# 卡林型金矿研究的若干问题探讨

欧阳玉飞<sup>1,5</sup>, 刘继顺<sup>1</sup>, 周余国<sup>2,4</sup>, 刘卫明<sup>1,3</sup>, 高启芝<sup>4</sup>

(1. 中南大学 地球科学与信息物理学院, 长沙 410083;

2. 云南大学 资源环境与地球科学学院, 昆明 650091;

3. 江西理工大学 信息工程学院, 江西 赣州 341000; 4. 云南吉赛矿业有限公司, 昆明 650200;

5. 广东省广晟矿产资源投资发展公司, 广州 510600)

**摘 要:** 卡林型金矿作为一种重要类型的金矿床, 其众多成矿特征在地质学界已达成共识, 但在命名、成矿物质来源、有无矿源层、矿床成因诸问题上则争议颇大。通过分析前人资料, 结合在滇黔桂“金三角”地区的找矿实践和思考认为: 卡林型金矿本身不具有成因意义, 不是成因类型, 可定义为区带上集中分布的(超)微细、浸染、中低温热液矿床; 卡林型金矿不存在严格意义上的“矿源层”, 特定的大地构造环境为卡林型金矿成矿提供了物质来源; 金具有深源性, 金与砷、锑、汞等的组合关系既有必然性, 又有偶然性; 卡林型金矿的形成是多因耦合的结果。

**关键词:** 卡林型金矿; 定义; 物质来源; 矿床成因

**中图分类号:** P611; P618.51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2011)02-0151-06

提出自己的一些看法。

## 0 引言

自上世纪 60 年代在美国内华达州发现了卡林型金矿以来, 各国地质工作者已将卡林型金矿作为世界上一种重要的金矿类型<sup>[1-3]</sup>, 并从空间上、时间上和成因上试图揭示卡林型金矿的各种判别标志, 提出了各种不同的成因模式。至今, 无论是在找矿还是在研究上都取得很大的进展, 在中国, 一大批卡林型金矿在滇黔桂“金三角”地区<sup>[4-7]</sup>、川陕甘“金三角”地区<sup>[8-11]</sup>、长江中下游地区<sup>[12]</sup>等被先后发现并开采。卡林型金矿的众多特征已被人们所认识, 如矿床产在构造过渡带和裂谷环境中, 金的粒度为次显微-显微级, 成矿温度为中低温, 具有中低温的矿物共生组合和围岩蚀变,  $Au/Ag$ (储量比)  $> 1$  等。然而, 关于卡林型金矿的赋矿岩性、成矿物质来源、有无矿源层、矿床成因等方面仍是众说纷纭, 对于其定义和命名亦莫衷一是; 即使对于同一个金矿床, 看法也不尽相同。本文试图对这些问题进行梳理, 并

## 1 卡林型金矿的定义

由于人们对卡林型金矿的认识尚不统一, 关于如何定义卡林型金矿也出现了多种不同的看法。有人称之为卡林型金矿<sup>[1,3]</sup>, 也有人称之为微细浸染型金矿(陈纪明, 1990)、地下热(卤)水溶滤型金矿(贵金属矿床地质专业组, 1983; 栾世伟等, 1987; 罗镇宽等<sup>[13]</sup>, 1993)、沉积岩型金矿<sup>[14]</sup>(涂光炽, 1990)、碳硅泥岩型金矿(王学曾, 1994)等, 甚至有称浊积岩型金矿、可大规模开采的金矿、热泉型金矿、残坡积型金矿<sup>[15]</sup>、类卡林型金矿<sup>[16-18]</sup>等。

由上可知, 对于如何称谓和界定卡林型金矿目前还处于一种争论状态<sup>[19]</sup>。卡林型金矿是以首例矿床的发现地命名的; 1974 年, 美国地质学家 A. S. Radtke 和 F. W. Dickson 首先提出了“卡林型金矿”这一概念并归纳其主要特征如下<sup>[1]</sup>: 金与黄铁矿化、硅化关系密切; 含金矿物颗粒极细; 矿石中富含

收稿日期: 2010-01-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(40072032)资助。

作者简介: 欧阳玉飞(1979), 男, 湖南郴州人, 硕士, 博士研究生, 国土资源信息工程专业, 主要从事固体矿产勘查与成矿预测工作。通信地址: 广东省广州市越秀区寺右一马路 2 号, 珠江宾馆综合楼三楼 A; 邮政编码: 510600; E-Mail: ouyang1122001@126.com

有机物;金矿通常沿充填有蚀变火成岩的高角度断层分布,产于渗透性良好的不纯碳酸盐岩中,并和细粒硅化岩石及似碧玉岩共生;原生矿之上有氧化带存在;具泥化岩石;贱金属罕见;具砷、锑、汞异常,有些矿床中可见砷、锑、汞的矿化;高砷矿石中有铊;多数矿床可见晚期石英脉、重晶石脉、方解石脉;黄铁矿既有同沉积期形成的,也有热液成矿期形成的;成矿时代为第三纪。微细浸染型是中国学者通过该类型金矿的研究后,针对矿床中的含金硫化物和金矿物粒度极细并呈浸染状分布、矿体(矿石)与围岩呈渐变过渡、矿化易被忽略等特点而命名。地下热(卤)水溶滤型则是在强调该类型金矿的矿化特点和成矿机制而命名。微细浸染型和地下热(卤)水溶滤型均是以矿床附近无岩浆侵入活动、成矿与岩浆热液无成因联系为前提因素的。沉积岩型突出了容矿沉积建造的未变质和浅变质特征与矿床的后生热液成矿的性质,以避免矿床成因上的争论,可以包容更多产于沉积岩中的金矿床,还有学者直接将卡林型金矿与沉积岩型金矿等同视之(杨蔚华等,1997)。碳硅泥岩型着重描述了矿床的容矿-含矿建造的特殊性。类卡林型则是与经典卡林型金矿产于同一地质背景下,矿床地质、地球化学特征既相似又有差别的卡林型金矿的变种,如中国的八卦庙金矿<sup>[18]</sup>。张复新(1998,2007)提出不能将沉积岩型和卡林型金矿概念等同起来,卡林型金矿的含义不应无限扩大,仅指狭义的沉积岩型金矿。残坡积型强调的是在原生矿床基础上的后期叠加富集的成矿作用,从矿床产状上更贴近实际情况,也反映了微细浸染型金矿多期成矿的特点和过程。各种命名强调了这类矿床不同的成矿地质特点,从不同的角度分析矿床的控矿条件和形成过程,都具合理性但又难于统一归纳。

笔者认为,要对卡林型金矿达成共识,就必须增加卡林型金矿这一概念的包容性,降低进入卡林型金矿的门槛,并有一个相对统一的判别标准。卡林型金矿本身不具有成因意义,任何一种矿床成因类型在其(中)低温成矿阶段,随着成矿环境的改变和元素间的组合变化,都可能形成大致符合卡林型金矿特征的金矿床。判别一个金矿是否为卡林型金矿应主要考虑以下4条标准:①金呈(超)微细粒存在于不同的容矿岩石中;②矿石构造以浸染状为主,那些以(网)脉状构造为主的金矿即使金呈(超)微细粒存在也不能称之为卡林型金矿;③成因上统一于中低温热液成矿;④矿床具有区带集中分布的特点。基于以上标准,本文认为卡林型金矿定义为区带上

集中分布的(超)微细、浸染、中低温热液矿床。对于符合此标准的金矿床均可用“卡林型”称之。

## 2 矿源层及成矿物质来源

从国内外卡林型金矿床地质特征来看,卡林型金矿的赋矿地层为古生界和中生界,从寒武系—三叠系均有产出,不同矿集区的赋矿层位不同。美国内华达州卡林型金矿的赋矿层位是志留系—泥盆系罗伯茨山(Roberts)组和泥盆系波波维奇(Popovich)组<sup>[1]</sup>,极少数矿体产于岩浆岩中。我国滇黔桂地区卡林型金矿<sup>[20]</sup>的赋矿层位主要为三叠系,其次为二叠系和泥盆系;川西北地区<sup>[21]</sup>主要赋矿层位为三叠系;“西北金三角”阳山金矿<sup>[18]</sup>赋矿地层主要为泥盆系三河口群;秦岭地区<sup>[22-23]</sup>以泥盆系为主,寒武系中也偶有产出(拉尔玛金矿);赣西地区卡林型金矿<sup>[24-25]</sup>多产于上古生界和中生界中,以下石炭统华山岭组、下二叠统茅口组和下三叠统大冶组为主要赋矿层位;鄂东南地区卡林型金矿<sup>[12]</sup>主要赋存在下三叠统大冶组薄层状—纹层状和角砾状碳酸盐岩中。传统的观点认为容矿岩石为沉积岩(涂光炽,1992;刘东升等,1994),刘继顺(2007)等认为容矿岩石除沉积岩外,还可扩展至(次)火山岩、火山沉积岩、浅变质沉积岩,甚至在花岗岩接触带及中酸性岩脉发育区周围产出的卡林型金矿也不断有所报道<sup>[12]</sup>。

关于物质来源主要存在3种观点:①赋存地层即矿源层<sup>[4,26-28]</sup>,矿床具有典型的层控矿床属性;②形成该类矿床的所有成矿元素在浅部热液系统中都是活动组分,热液流经范围的任何岩石都可能作为这些元素的来源,因而,赋矿地层不是成矿元素的唯一来源,也不存在特定的矿源层<sup>[29-30]</sup>;Bruce E Nessbitt 则进一步指出,一些地区天水的对流深度可达10~12 km,在这样的深度,热液从其流经的岩石中萃取的成矿元素足以形成具有工业意义的金矿床<sup>[30]</sup>;③矿质主要来自于地幔或地壳深部的岩浆活动或海底喷流作用而非沉积地层,赋矿层位仅由于其岩性或构造条件有利而起到了“捕集器”的作用<sup>[31]</sup>。

大部分学者认为卡林型金矿与火成岩没有直接的成因关系,火成岩只是起着“热源”的作用,成矿物质主要来自地层,成矿热液主要来自大气降水(A. S. Radtke, 1985; V. F. Hollister, 1985; 刘东升等,

1987, 1994; 韩至钧等, 1996)。而另一部学者则认为卡林型金矿的成矿作用与岩浆活动关系密切, 岩浆活动及其产物可以是卡林型金矿床成矿物质和成矿溶液的来源, 也可以是驱动热液系统的热源(S. B. Romberger, 1986; 肖龙等, 1996)。Geman(1989), Hanington(1986, 1988, 1989), Huston 和 Large(1989)等提出卡林型金矿等成矿物质来源于海底热水沉积岩。总之, 不管卡林型金矿与岩浆关系如何, 许多研究者都认为金来自相当深部, 而不是来自容矿围岩本身。

笔者在研究滇黔桂“金三角”卡林型金矿时发现<sup>[19, 32]</sup>, 黔西南地区并不存在金及其他成矿元素的矿源层。在二叠纪峨眉山玄武岩喷发以前, 黔西南地区是一个稳定的地台, 元素含量变化差异甚小, 随着裂谷环境的形成, 峨眉山玄武岩及后期(碱)基性岩的侵入, 二叠系和三叠系才出现了金及大量亲铁元素含量的显著变化。也就是说, 黔西地区的金矿表面上看来是产在二叠纪和三叠纪沉积岩中, 本质上则混入了大量的基性火山物质。金的高背景及其突变性、深源性与本区亲基性场元素组合具有大致相似的地球化学行为, 是本区右江裂谷带、富宁—关岭SN向断裂带、文山—富宁逆冲推覆构造带, 特别是峨眉山幔柱所产生的基性岩浆喷溢及火山碎屑浊流沉积的客观地球化学反映。王国田(1989)、杨科佑(1992)等<sup>[33]</sup>的研究成果也显示出滇黔桂卡林型金矿与峨眉山玄武岩喷发有关。李甫安(1990)在研究桂西北主要金矿床地质特征时认为桂西北卡林型金矿矿质来源于幔隆和幔坡带。另外一些学者认为该区卡林型金矿成矿与燕山期岩石圈伸展形成的幔源基性岩有关, 如范军等(1997)、朱赖民等<sup>[34]</sup>、刘显凡等<sup>[35-36]</sup>通过系统的包裹体成分、热力学和同位素地球化学、围岩对比、矿石和相关火成岩的元素地球化学的研究, 刘显凡等(1998)通过矿石、围岩和石英脉的硅质阴极发光特征的研究, 苏文超等(2001)通过研究石英流体包裹体中的Co, Ni, Cu, Pb, Zn, Pt等微量元素特征研究, 均认为成矿物质来源于上地幔分异的成矿流体。苏文超(2000)利用Sr同位素示踪, 发现黔西南烂泥沟、金牙、丹寨矿床成矿流体的 $n(^{87}\text{Sr})/n(^{86}\text{Sr})$ 为0.701, 普遍低于成矿时赋矿围岩的0.7124, 并据此认为成矿物质的幔源成因。也有学者认为成矿物质主要来源于地壳, 如陈懋弘等<sup>[37]</sup>利用Re-Os法测试贵州贞丰烂泥沟金矿的含砷黄铁矿, 指出成矿物质来源于地壳而不是地幔。

笔者认为, 与裂谷、区域性深大断裂和峨眉山地

幔柱长期活动相伴的基性火成岩及火山碎屑浊流沉积是滇黔桂“金三角”地区卡林型金矿及其他低温矿产的物质来源。我国鄂东南—赣西北矿集区的卡林型金矿成矿与地幔柱也有直接的关系, 这与美国卡林金矿带相似。

另外, 革档金矿床黄铁矿元素分析结果(表1), 环带状黄铁矿明显表现为核部S过饱和, 边部S亏损, 核部无As, Au, Ni, Zn, Sb, 反映出原生黄铁矿(核部)成分较“单纯”, 且处于相对还原环境, 而热液期黄铁矿(中边部)由于成矿热液对原生黄铁矿的交代, 带入了大量的As和Au, Ni, Zn, Sb等元素, 并且原生黄铁矿中的S被As置换, 形成含砷黄铁矿。这也表明金矿成矿的物质来源并非地层, 地层中的原生黄铁矿对金矿的成矿作用起到了“捕集器”的作用。

### 3 矿床成因

矿床成因是个非常复杂的问题, 不同学者会形成不同的看法, 即使是同一学者对于同一矿床(区)的成因认识, 也可能会随着时间的推移、工程的不断揭露、测试手段的不断改进而有所改变。只能说某种假说能更好地解释(符合)我们所看到的地质现象(刘东升等, 1994)。目前, 关于卡林型金矿成因比较流行的观点有: 地层改造成矿说(A. S. Radtke, 1985; Romberger, 1986; 刘东升, 1985, 1994; 王承祺, 1987); 热泉成矿说(B. R. 伯格, 1980; L. J. 布坎南, 1981; V. F. Hollister, 1987); 岩浆热液成矿说(R. H. 西里托, 1990; A. 潘杰列夫, 1986); 喷流沉积说(Ridder, 1970; Hutch Gison, 1971, 1975)。P. M. Herzig(1995)等在研究太古宙绿岩型金矿后认为卡林型金矿是喷气作用把金携入优地槽建造中, 伴随化学沉积, 形成整合的层状金矿床。汪东坡等<sup>[38-39]</sup>和刘家军等<sup>[40-41]</sup>也分别认为扬子西北缘和黔西南微细浸染型金矿具有喷流沉积成因。以Sil-litoe和Bonham为代表, 提出卡林型金矿是与侵入体有关的岩浆热液系统的远端产物, 金等成矿物质主要来源于岩浆, 在侵入体为中心的矿化范围内, 含金流体一般通过高角度断层的渗透通道, 使含金热液长距离运移<sup>[42]</sup>。此外, 还有多源成矿说: 尽管卡林型金矿成矿流体以天水为主, 但矿质是多源的, 岩浆的、地层的、深部的都可能为卡林型金矿的矿质来源, 赋矿地层可能提供了部分成矿物质, 也可能是成矿的有利场所(张贻侠等, 1996)。

表 1 滇东南地区主要卡林型金矿黄铁矿元素分析及特征比值

| Table 1 Analysis of composition and characteristic ratio of elements of pyrite from major carlin type Au deposits |       |       |       |      |      |      |      |       |      |       |        |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|------|-------|--------|--------|
| 元素                                                                                                                |       | S     | Fe    | As   | Au   | Sb   | Cu   | Pb    | Zn   | Cr    | Co     | Ni     |
| 革<br>档                                                                                                            | 底 圩   | 53.27 | 45.89 | 1.20 | 1.44 | 85.9 | 68.0 | 158   | 11   | 13    | 43     | 62.9   |
|                                                                                                                   |       | 50.29 | 44.58 | 1.03 | 12.6 | 104  | 93.0 | 177   | 23   | 14    | 78     | 101    |
|                                                                                                                   | 核部    | 52.75 | 45.47 | 0    | 0    | 0    | 400  |       | 0    |       | 0      | 300    |
|                                                                                                                   | 边部    | 52.20 | 45.33 | 0.51 | 900  | 0    | 0    |       | 200  |       | 100    | 200    |
|                                                                                                                   | 核部    | 53.83 | 45.59 | 0    | 0    | 100  | 0    |       | 400  |       | 0      | 100    |
|                                                                                                                   | 环中部   | 52.99 | 44.06 | 1.81 | 100  | 0    | 400  |       | 300  |       | 0      | 100    |
|                                                                                                                   | 环边部   | 50.48 | 46.02 | 3.75 | 600  | 200  | 100  |       | 0    |       | 600    | 300    |
|                                                                                                                   | 核部    | 52.96 | 46.82 | 0    | 0    | 0    | 400  |       | 0    |       | 0      | 200    |
|                                                                                                                   | 环中间   | 52.80 | 44.50 | 1.33 | 100  | 0    | 300  |       | 0    |       | 100    | 300    |
|                                                                                                                   | 环边部   | 51.14 | 45.92 | 2.56 | 700  | 0    | 400  |       | 100  |       | 0      | 200    |
|                                                                                                                   | 核部平均  | 53.18 | 45.96 | 0    | 0    | 30   | 370  |       | 0    |       | 0      | 200    |
|                                                                                                                   | 环中间平均 | 52.90 | 44.28 | 1.57 | 100  | 0    | 350  |       | 150  |       | 50     | 200    |
|                                                                                                                   | 环边部平均 | 51.27 | 45.76 | 2.27 | 700  | 70   | 170  |       | 100  |       | 230    | 230    |
| 元素                                                                                                                |       | Mn    | Cd    | Ga   | Sn   | Bi   | Se   | S+ Fe | S/Fe | S/Se  | Co/ Ni | Pb/ Ni |
| 革<br>档                                                                                                            | 底 圩   | 29    | 1.0   | 1.2  | 24   | 64   | 12   | 99.16 | 1.16 | 44392 | 0.68   | 2.51   |
|                                                                                                                   |       | 18    | 1.0   | 1.6  | 5.0  | 30   | 20   | 94.87 | 1.13 | 25145 | 0.77   | 1.75   |
|                                                                                                                   | 核部    |       |       |      |      |      |      | 98.22 | 1.16 |       | ∞      |        |
|                                                                                                                   | 边部    |       |       |      |      |      |      | 97.53 | 1.15 |       | 2.00   |        |
|                                                                                                                   | 核部    |       |       |      |      |      |      | 99.42 | 1.18 |       | ∞      |        |
|                                                                                                                   | 环中部   |       |       |      |      |      |      | 97.05 | 1.20 |       | ∞      |        |
|                                                                                                                   | 环边部   |       |       |      |      |      |      | 96.50 | 1.10 |       | 0.50   |        |
|                                                                                                                   | 核部    |       |       |      |      |      |      | 99.78 | 1.13 |       | ∞      |        |
|                                                                                                                   | 环中间   |       |       |      |      |      |      | 97.30 | 1.19 |       | 3.00   |        |
|                                                                                                                   | 环边部   |       |       |      |      |      |      | 97.06 | 1.11 |       | ∞      |        |
|                                                                                                                   | 核部平均  |       |       |      |      |      |      | 99.14 | 1.16 |       | ∞      |        |
|                                                                                                                   | 环中间平均 |       |       |      |      |      |      | 97.18 | 1.19 |       | 4.00   |        |
|                                                                                                                   | 环边部平均 |       |       |      |      |      |      | 97.03 | 1.12 |       | 1.00   |        |

量的单位:  $w(\text{S, Fe, As})/\%$ , 其他元素  $w_B/10^{-6}$ 。底圩为 2 个样品的光谱分析结果, 革档为 1 个样品(环带状黄铁矿)多次不同部位电子探针分析结果。革档数据据天津地质研究院(1992)。

由以上不难看出, 关于卡林型金矿成因问题争论最多, 也是最难达成共识的。卡林型金矿类型不属于矿床成因概念范畴<sup>[23]</sup>, 微细浸染型金矿是矿化产出形式的概念, 不属于成因概念, 成因研究要从整个区域地质构造演化角度来进行<sup>[43]</sup>。笔者认为对于卡林型金矿成因之所以会出现如此多的不同认识, 主要是因为研究者在研究矿床时的侧重点不同, 加上对于卡林型金矿地质特征及定义界定上的分歧, 不同区带、不同矿床又表现出地质特征的复杂性和多样性, 测试手段和研究目标的不同也能导致对成因的不同看法, 就好比不同地质年龄的测试方法可能导致成矿年代相差甚远一样, 利用这些不同的成矿年代对同一矿床也会有不同的成因认识。另外, 卡林型金矿床不同矿床的成矿作用也具有一定差别。

从金的丰度可知, 要形成一个矿床必须要有 3 ~ 4 个数量级的富集, 仅凭任何一次成矿作用都是难以完成的, 因此同一个金矿床既可有浅部物质来

源又可有深部成矿物质来源, 这类矿床实际上是多因复成的, 具有多源多期成矿作用的特点。但在众多因素中, 只有一个占主导地位, 决定了矿床的形成, 这就要求全面审视整个成矿过程, 抓主导因素。

周余国(2009)在研究滇东南卡林型金矿时根据壳幔不均一性及壳幔相互作用, 提出了预成矿作用<sup>[44]</sup>。所谓预成矿作用, 简言之, 就是成矿作用前壳层物质经过了碰撞、挤压褶皱、加厚、隆起、风化剥蚀等剧烈活动后, 再经长期的物理、化学分选进而使成矿元素得到初始聚集的过程。笔者认为对于卡林型金矿的成因不宜过分苛求, 其成矿大致经历了壳幔不均一性及其相互作用→预成矿作用(预富集)→成矿作用(构造改造、岩浆叠加)→后成矿作用这样一个大自然对壳幔物质所进行的一系列“选矿”过程, 各种成矿作用之间既相互联系又递进发展, 卡林型金矿的形成是多因耦合的结果。

## 4 成矿深度及金与砷、锑、汞的关系

之前,人们根据卡林型金矿的低温成矿特征,认为卡林型金矿成矿深度在 200~ 300 m 以浅。刘东升等(1994)根据矿物包裹体测定资料计算我国卡林型金矿成矿温度一般在 165~ 290℃,为中低温热液矿床,成矿深度约 0.3~ 1.5 km,个别成矿深度可以大于 3 km(如双王金矿)。S. B. Romberger 和 Bagby(1991)认为卡林型金矿床形成深度可达 3 km; Kuehn 和 Rose(1992)推断卡林型金矿石沉淀于(3.8±1.9) km 深的减压带; Arenhart(1996)推断该类矿床形成于 2~ 4 km 的深度,不同于热泉型金矿,比人们认为的成矿深度大。最近,美国在 600~ 1 000 m 深发现了厚大而品位高的卡林型金矿,如储量达  $25 \times 10^4$  kg 的 Post-Betze 金矿有深度大于 600 m 的矿体,垂向延深最大的矿体超过 750 m 而没有矿物组合和结构的变化。由此可见,卡林型金矿成矿深度并不是之前认为的 200~ 300 m 以浅。这也启示我们是否应该对于那些认为成矿深度不大的矿山加强深部的勘探工作。

卡林型金矿有着非常相似的元素共生组合,即 Au, As, Sb, Hg, Ba 及 Ag。目前普遍用于找矿的特征元素是 Au, As, Hg, Sb, 李朝阳(1995)认为 Au 与 As, Sb, Hg(Tl) 等的矿石矿物组合及异常组合是卡林型金矿的“特征”<sup>[45]</sup>。在研究滇黔桂“金三角”地区金矿的文献中<sup>[3,46]</sup>也常把 Au 与 As, Sb, Hg“混”为一谈,似乎 Au 与 As, Sb, Hg 有必然的联系。笔者在研究滇黔桂“金三角”地区时,通过区域地层地球化学的对比发现<sup>[32]</sup>,与华南地区相比,本区与浅成中低温热液活动有关的亲硫元素具有地球化学高背景,如 Sb, As, Au, Hg 富集系数(富集系数所用参考值为华南地区均值,下同)分别为 2.69, 1.94, 1.56, 1.55, 也即本区存在 Sb, As, Au, Hg 等低温元素矿集区的地球化学块体,这种地球化学块体是原始地球的不均一性以及地球从初始演化以来元素分布再分配的最终结果的体现。Au 具有深源性,专属于与裂谷、特提斯、区域性深大断裂和峨眉地幔柱长期活动相伴的基性火成岩及火山碎屑浊流沉积,而 As, Sb, Hg 则是区域性的高背景,既可以在有金矿物源的地方在一定的成矿作用下和有利的环境中与 Au 伴生成矿,又可在没有金矿物源的地方作为一种低温元素组合指示其他矿种的找矿,并可能独立成矿于主矿体的外围。Au 与 As, Sb, Hg 等的组合关

系既有必然性,又有偶然性。笔者认为,在研究卡林型金矿时不宜将 Au 与 As, Sb, Hg 相伴产出绝对化,它们之间的组合只是代表一种中低温成矿作用。

## 参考文献:

- [1] Radtke A S, Rye R O, Dickson F W. Geology and stable isotope studies of the Carlin gold deposit, Nevada[J]. Econ. Geol., 1980, 75: 644-672.
- [2] Romberger S B. Ore deposits 9, disseminated gold deposits[J]. Geoscience Canada, 1986, 13(1): 27-32.
- [3] 刘东升, 谭运金, 王建业, 等. 中国卡林型(微细浸染型)金矿[M]. 南京: 南京大学出版社, 1994: 1-36.
- [4] 陶长贵. 黔西南微细浸染型金矿控矿条件及找矿标志[J]. 地质与勘探, 1990(8): 9-15.
- [5] 李甫安. 桂西北主要金矿床地质特征[J]. 广西地质, 1990, 3(3): 49-64.
- [6] 周余国, 刘德利, 刘继顺. 滇东南曼龙沟金矿地质地球化学特征[J]. 地学前缘, 2005, 12(4): 534.
- [7] 王文勇, 王汉碧, 王石华. 右江造山带北缘吴家坪组灰岩中卡林型金矿的发现及其意义[J]. 贵州地质, 2007, 24(3): 170-173.
- [8] 孙树浩, 文国林. 微细浸染型联合村式金矿的地质和地球化学特征[J]. 地质找矿论丛, 1993, 8(4): 9-22.
- [9] 郭俊华, 齐金忠, 孙彬, 等. 甘肃阳山特大型金矿地质特征及成因[J]. 黄金地质, 2002, 8(2): 15-19.
- [10] 郭红乐, 陆志平, 刘爽, 等. 甘肃寨上卡林型金矿床地质特征与控矿因素[J]. 黄金地质, 2003, 9(3): 21-26.
- [11] 何军, 张复新, 张旺定. 甘肃小沟里类卡林型金矿床地质地球化学特征[J]. 矿床地质, 2002, 21(增刊): 602-605.
- [12] 刘继顺, 舒广龙, 高珍权. 鄂东丰山矿田卡林型金矿地质地球化学特征[J]. 地学前缘, 2004, 11(2): 379-385.
- [13] 罗镇宽, 关康, 王曼祉, 等. 中国金矿床概论[M]. 天津: 天津科学出版社, 1993: 125-129.
- [14] 韦永福, 吕英杰. 中国金矿床[M]. 北京: 地震出版社, 1994: 39-49.
- [15] 冯学仕. 贵州“红土型”金矿成因类型新说[J]. 黄金地质, 2000, 6(2): 31-36.
- [16] 龙灵利, 季军良, 张复新. 陕西二台子金矿地球化学特征及其成因[J]. 黄金地质, 2001, 7(3): 47-52.
- [17] 程斌, 张复新, 贺国芬. 甘肃文县地区阳山超大微细浸染型金矿床的成因与类型[J]. 地质通报, 2006, 25(11): 1354-1360.
- [18] 张复新, 侯俊富, 张存旺, 等. 甘肃阳山超大型卡林-类卡林型复合式金矿床特征[J]. 中国地质, 2007, 34(6): 1062-1072.
- [19] 周余国, 刘继顺, 欧阳玉飞, 等. 卡林型金矿的再定义[J]. 黄金, 2008, 11(29): 7-11.
- [20] 肖龙, 叶乃清, 张明华, 等. 滇黔桂“金三角”岩浆活动与金矿成矿的关系[J]. 桂林工学院学报, 1996, 16(3): 263-271.
- [21] 孙树浩. 川北-甘南地区类卡林型金矿床的地质-地球化学特征[J]. 地质找矿论丛, 2005, 20(1): 8-14.
- [22] 邵世才. 秦岭地区沉积岩容矿金矿的类型、特征及找矿远景[J]. 有色金属矿产与勘查, 1996, 5(4): 193-198.

- [23] 张复新, 宗静婷, 马建秦. 秦岭卡林型金矿床及相关问题探讨[J]. 矿床地质, 1998, 17(2): 172-184.
- [24] 何维基, 钱国华. 赣西卡林型金矿床成矿地质条件及找矿前景[J]. 矿产与地质, 2003, 17(增刊): 392-394.
- [25] 钱国华, 张立. 赣西地区金矿类型、成矿规律及找矿标志[J]. 矿产与地质, 2003, 17(增刊): 395-397.
- [26] 潘家永, 张乾, 邵树勋. 桂西北发现一类新的微细浸染型金矿[J]. 黄金, 1998, 19(7): 3-6.
- [27] 谭运金. 滇黔桂地区微细粒浸染型金矿床的地球化学类型[J]. 矿床地质, 1994, 13(4): 308-321.
- [28] 万兵. 滇黔桂三角区(金、银)矿床地质特征及成矿条件[J]. 矿产与地质, 1991, 5(3): 169-172.
- [29] Robert O Rye. 碳酸盐岩为主岩的浸染型金矿床形成模式[J]. 张兴余, 译. 国外铀金地质, 1988(2): 12-18.
- [30] Nessbitt B E. Gold deposit continuum: A genetic model for lode Au mineralization in the continental crust[J]. Geology, 1998, 16: 1044-1048.
- [31] 王登红, 林文蔚, 杨建民, 等. 试论地幔柱对我国两大金矿集中区的控制意义[J]. 地球学报, 1999, 20(2): 157-162.
- [32] 周余国, 刘继顺, 王作华, 等. 从区域地层地球化学特征看南盘江盆地的演化——兼论滇黔桂“金三角”地区卡林型金矿的物质来源[J]. 地学前缘, 2009, 16(2): 1-10.
- [33] 杨科佑, 董振生. 滇黔桂及川西北卡林型金矿[M] // 中国科学院黄金科技工作领导小组办公室. 中国金矿研究新进展. 北京: 地震出版社, 1994: 284-350.
- [34] 朱赖民, 胡瑞忠, 刘显凡. 关于黔西南微细浸染型金矿床成因的初步认识[J]. 矿产与地质, 1997, 11(5): 296-302.
- [35] 刘显凡, 倪师军, 苏文超. 滇黔桂微细浸染型金矿同位素地球化学特征与深源流体成矿[J]. 矿物岩石, 1996, 16(4): 106-111.
- [36] 刘显凡, 杨科佑, 张兴春. 从桂西北隆或金矿的地质地球化学特征看微细粒浸染型金矿的可能成因[J]. 地质地球化学, 1998, 26(4): 1-8.
- [37] 陈懋弘, 毛景文, 屈文俊, 等. 贵州贞丰烂泥沟卡林型金矿床含砷黄铁矿 Re-Os 同位素测年及地质意义[J]. 地质论评, 2007, 53(3): 371-382.
- [38] 汪东坡, 邵世才, 徐勇. 金矿化过程中两个地球化学问题探讨[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1999, 24(3): 292-296.
- [39] 汪东坡. 金与铅锌矿化的关系[J]. 矿床地质, 1998, 17(增刊): 345-348.
- [40] 刘家军, 刘建明, 顾雪祥, 等. 黔西南微细浸染型金矿床的喷流沉积成因[J]. 科学通报, 1997, 42(19): 2126-2127.
- [41] 刘家军, 郑明华, 顾雪祥, 等. 海底喷流作用对金富集成矿的意义[J]. 矿产与地质, 1997, 11(5): 289-295.
- [42] Sillitoe R H, Bonham H F Jr. Sediment-hosted gold deposit: distal products of magmatic hydrothermal systems[J]. Geology, 1990, 18(2): 157-161.
- [43] 赵利青, 白院平, 于凤金. 微细浸染型金矿成矿与找矿的几个问题[J]. 黄金地质, 2001, 7(4): 60-65.
- [44] 周余国. 滇东南卡林型金矿地质地球化学与成矿模式(博士论文)[D]. 长沙: 中南大学, 2009: 72-73.
- [45] 李朝阳. 有关卡林型金矿的几点认识[J]. 矿物学报, 1995, 15(2): 132-137.
- [46] 李红阳, 高振敏, 杨竹森, 等. 我国西南地区卡林型金矿成矿模式讨论[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2000, 19(4): 360-361.

## Discussion on some problems in study of Carlin-type gold deposits

OUYANG Yu-fei<sup>1,5</sup>, LIU Ji-shun<sup>1</sup>, ZHOU Yu-guo<sup>2</sup>, LIU Wei-ming<sup>1,3</sup>, GAO Qi-zhi<sup>4</sup>

(1. School of Geoscience and Info Physics, Central South University, Changsha 410083, China;

2. School of Environment and Earth Science, Yunnan University, Kunming 650091, China;

3. Faculty of Information Engineering, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou 341000, Jiangxi, China; 4. Yunnan Geoscience Mining Co. Ltd, Kunming 650200, China;

5. Guangdong Rising Mining Investment Co. LTD, Guangzhou 510600, China)

**Abstract:** Geologists have come to common points about metallogenic features of the important Carlin-type gold deposits. However, denomination of individual deposits, their ore-forming material source, the source bed and genesis are still controversial. Combined analysis of the previous data with ore prospecting practice in the "Gold Triangle" area of Yunnan-Guizhou-Guangxi Provinces this paper puts forward that Carlin-type gold deposit itself has no genetic sense and can not be defined as a genetic type. It could be only defined as the zonally concentrated super-microdisseminated meso-epi-hydrothermal gold deposits without strictly sensed source bed. Their specific tectonic environments may be endowed with ore-forming materials. Gold comes from deep source and inevitably and incidentally correlates with As, Sb and Hg. Carlin gold deposits are the products of coupling of multiple factors.

**Key Words:** Carlin-type gold deposits; definition; ore material source; ore deposit genesis