

黔西南卡林型金矿成矿物质深部来源：来自同位素和稀土元素证据*

王泽鹏^{1, 2}, 夏 勇¹, 宋谢炎¹, 游 彬^{3, 4}, 郑新华^{3, 4}, 汪小勇^{3, 4}

(1 中国科学院地球化学研究所矿床地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550002; 2 中国科学院研究生院, 北京 100049; 3 贵州省地矿局 105 地质大队, 贵州 贵阳 550018; 4 新恒基矿业公司, 贵州 兴仁 562300)

卡林型金矿作为一种重要类型的金矿床, 主要分布在美国和中国。黔西南地区作为滇黔桂“金三角”的重要组成部分, 找矿前景巨大。但对卡林型金矿的研究分歧较大, 主要表现在成矿物质来源及成矿年代学等方面。本文通过同位素和稀土元素等地球化学特征, 探讨黔西南地区卡林型金矿成矿物质来源。

目前, 用于成矿物质示踪的方法主要包括 S、C、O、H 同位素, Pb、Sr、Nd 同位素, 稀有气体同位素, 以及微量元素和稀土元素。在卡林型金矿中, 硫化物广泛发育, 类型较多。黄铁矿是该类金矿中极其重要的硫化物, 分为沉积期和热液期黄铁矿, 其中热液期黄铁矿为该类型金矿主要的载金矿物, 此外, 雄黄、毒砂、粘土矿物也是卡林型金矿中重要的载金矿物。研究表明: 黔西南卡林型金矿区出露地表断裂带或矿体上盘往往发育碳酸盐脉或雄黄(雌黄)-辉锑矿-碳酸盐脉。这种碳酸盐脉的大量发育, 可能暗示已知金矿床的深部曾经发生含 Au 热液与含铁碳酸盐岩地层或胶结物相互作用(去碳酸盐化)的地球化学过程, 它们可能是金矿成矿作用中去碳酸盐化过程最直接的宏观地质表达。因此, 对雄黄、碳酸盐脉的研究, 可为研究矿床成因提供有效信息。

1 同位素特征

1.1 硫同位素

硫同位素组成是示踪成矿物质来源的重要手段之一, 卡林型金矿载金矿物硫同位素研究, 前人主要基于对载金黄铁矿的测定。然而由于载金黄铁矿具有环带结构, 即具有沉积期和热液期黄铁矿的存在, 一般所测的黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值不能真正代表成矿流体的硫同位素组成。

本次主要收集和测试黔西南地区具有代表性的卡林型金矿床的硫同位素数据, 一同绘制硫同位素直方图(图 1)。黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化在 -8.41‰ ~ 27.17‰ , 极差为 35.58‰ , 均值为 8.389‰ ; 雄黄 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化在 0.73‰ ~ 5.86‰ , 极差为 5.13‰ , 均值为 1.975‰ 。由于黄铁矿为沉积型和热液型黄铁矿的混合, 黄铁矿硫同位素组成变化很大, 其结果不能代表矿床硫同位素组成, 而雄黄 $\delta^{34}\text{S}$ 值变

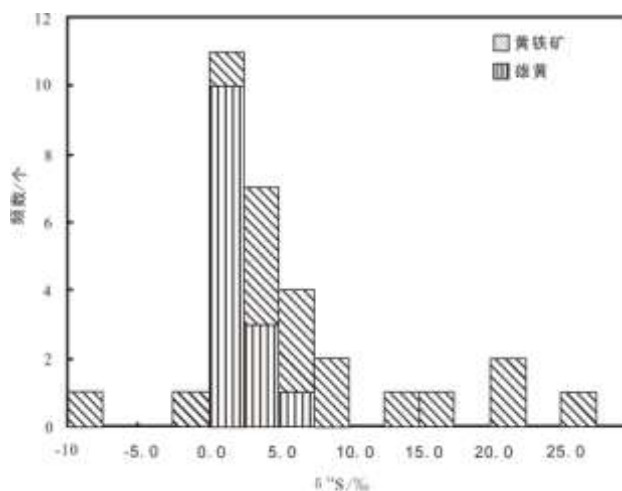


图 1 黔西南金矿雄黄和黄铁矿硫同位素频数直方图

(部分数据参考夏勇等, 2009; 王成辉等, 2010; 张瑜等, 2010)

*本文得到国家科技支撑计划课题(2006BAB01A13)、贵州省地质矿产勘查开发局地质科研项目[黔地矿科(2009)11 号]和矿床地球化学国家重点实验室自主研究课题的共同资助

化范围较窄,均一化程度较高,具有接近幔源硫同位素特征,指示成矿物质可能主要来源于深部特征。

1.2 碳、氧同位素

研究表明,卡林型金矿成矿过程中的方解石是金矿成矿过程中含铁碳酸盐矿物溶解释放的 Ca 形成的晚期的方解石脉 (Su et al., 2008)。因此,方解石的 C、O 同位素组成变化具有一定指示意义。结合前人对水银洞、簸箕田的研究数据和本次太平洞、紫木函金矿区方解石 C、O 测试结果, $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ 变化在 $-8.5\text{‰} \sim 2.7\text{‰}$, 而数据主要集中在 $-9\text{‰} \sim -4\text{‰}$ 之间。研究认为,自然界中不同来源的流体具有不同的碳氧同位素组成,岩浆流体或深部地壳流体的 $\delta^{13}\text{C}$ 值与正常地幔相似,为 $-9\text{‰} \sim -4\text{‰}$ (Zheng et al., 1993)。因此,黔西南卡林型金矿区碳可能主要为深部幔源碳和海相碳酸盐的混合,即成矿流体中碳主要由幔源岩浆带入的地幔碳和由碳酸盐地层中大气降水循环淋滤出的地层碳组成。

2 稀土元素

地球不同圈层中,稀土元素含量差别较大。再加上稀土元素 (REE) 具有相似的地球化学性质,在地质作用过程中往往作为一个整体迁移,因而广泛应用于矿床成矿流体来源与演化的示踪研究。

有关稀土元素在卡林型金矿中的研究,前人主要是对矿石全岩的稀土元素分析。本文主要利用成矿阶段的方解石 C、O 同位素组成,探讨黔西南地区卡林型金矿成矿流体演化。文中数据来自太平洞、紫木函、簸箕田金矿区。方解石稀土总量为 $2.29 \sim 44.17$, LREE 在 $0.71 \sim 32.86$ 之间, HREE 在 $1.04 \sim 20.89$ 之间, $\sum\text{LREE}/\sum\text{HREE}$ 为 $0.22 \sim 5.66$, $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}}$ 为 $0.08 \sim 17.47$, δEu 为 $0.79 \sim 10.67$, δCe 为 $0.10 \sim 1.32$ 。稀土球粒陨石配分图见图 2。

通常认为热液 Eu 正异常的形成,与长石蚀变过程中 Eu^{2+} 从矿物中迁出而进入溶液,使溶液中 Eu^{2+} 浓度相对增加 (Michard, 1989; Bau, 1991)。流体富 Eu 可能是从蚀变岩中活化或在深部蚀变富 Eu 岩石所致 (Ding et al., 2000; Ling et al., 2001)。本区矿石中方解石的正 Eu 异常,暗示了成矿流体可能经历过相对富含斜长石源区的水-岩反应,这与成矿期后的方解石稀土元素特征有很大的区别,暗示成矿流体来源于深部且经历过高温、还原的环境。

总之,硫碳同位素及稀土元素地球化学研究表明,黔西南地区卡林型金矿成矿物质可能主要来源于深部,印支晚期至燕山早期的构造运动结束本区盆地演化历史,地层褶皱、断裂,深大断裂和岩浆活动的发展,异常高地温,较深的埋藏,使地壳深部和上地幔形成了富含挥发分活动元素的成矿流体,并浸取了基底和深部富 Au 和 Hg、Sb、As、Tl 等的地层岩石 (Hu et al., 2003) 中的成矿元素而成为超压成矿流体。在燕山期区域构造作用下成矿流体沿深大断裂上涌,进入地壳上部,在有利部位由于成矿条件的骤变, Au 被快速沉淀富集成金矿床。

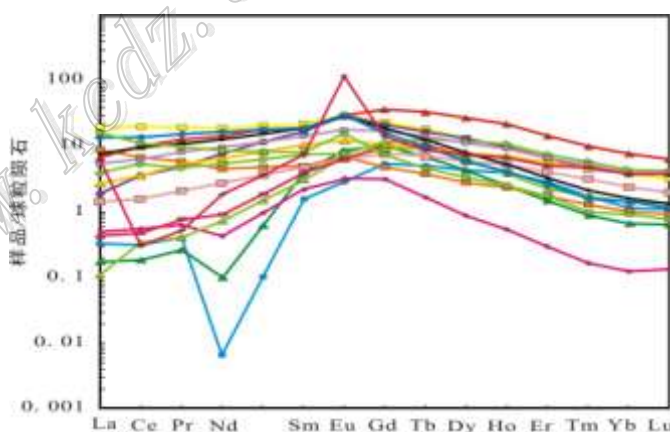


图2 黔西南卡林型金矿方解石稀土元素球粒陨石标准化分布型式图

(部分数据参考文献张瑜等, 2010)