

# 印度尼西亚 Ciemas 浅成低温热液金矿 “三位一体”成矿系统

张正伟<sup>1\*</sup>, 吴承泉<sup>1,2</sup>, 郑超飞<sup>1,2</sup>, 姚俊华<sup>1,2</sup>, 肖朝益<sup>1,2</sup>, 徐进鸿<sup>1,2</sup>

(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)

金马石(Ciemas)金矿区位于印度尼西亚西爪哇省, 其产出地质背景为巽他弧火山岩带。矿体赋存于中新世安山岩、英安岩, 和石英闪长玢岩。为了探讨矿床成因和相应的成矿意义, 我们详细研究了这些矿床的地质特征、岩相学、地球化学、同位素和流体包裹体分析。研究结果简要概括为以下几个方面: 矿石类型包括斑岩、石英-硫化物脉、构造蚀变岩; 含矿围岩石英闪长玢岩、角闪质凝灰角砾岩和安山岩中的锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年结果分别为  $17.1\pm 0.4\text{Ma}$ ,  $17.1\pm 0.4\text{Ma}$ ,  $17.5\pm 0.3\text{Ma}$ ; 石英-硫化物矿石中的石英流体包裹体以液、气液两相包裹体为主, NaCl-H<sub>2</sub>O 体系, 均一温度集中在  $240^{\circ}\text{C}\sim 320^{\circ}\text{C}$ , 盐度峰值为  $14\%\sim 17\%$ , 密度峰值为  $0.85\text{g}/\text{cm}^3\sim 0.95\text{g}/\text{cm}^3$ , 流体的压力值介于  $4.1\text{MPa}\sim 46.8\text{MPa}$ , 相应的成矿深度为  $150\text{m}\sim 1730\text{m}$ , 具有高硫型浅成热液矿床的成矿流体特点; 硫同位素组成非常均一, 岩石的  $\delta^{34}\text{S}$  值为  $3.71\text{‰}\sim 3.85\text{‰}$ , 而矿石的  $\delta^{34}\text{S}$  在  $4.90\text{‰}\sim 6.55\text{‰}$  范围, 暗示矿石硫组成来自地幔和沉积基底的混合并且有地表物质的加入; 矿石微量元素的相关性分析显示 Cu、As 与 Au 密切, 并且也显示成矿物质有沉积组分加入, Au 沉淀主要发生在岩浆活动后期。

关于斑岩型到浅成低温热液型的成矿系统已有许多文献阐述, 如 Sillitoe(1997)提出了浅成低温热液矿床与斑岩型矿床相伴生的成矿模式, Corbett(2002)用图解方式表述了浅成低温热液矿床、斑岩型 Cu-Au 矿床和矽卡岩型矿床之间的内在联系, Heinrich 等(2005)认为蒸气冷却收缩是从斑岩铜金矿至浅成低温热液型(铜)金矿形成的主要机理。由此表明, 浅成低温热液型矿床与斑岩型矿床之间密切伴生, 在成矿上属于一个连续的系列, 其形成温度并不局限在低温范围内。金马石(Ciemas)金矿在成矿空间和时间内与中新世石英闪长玢岩侵入到安山岩和英安岩的岩浆热液活动密切相关, 与一些典型的斑岩-成低温热液矿床(Marcoux, et al., 1994; Corbett, 2002)既有相同之处又有差别。矿床类型不仅包括了斑岩和石英硫化物脉型(相当于高硫型), 而且在侵入体外围发育构造蚀变岩型(其矿体的下部产出石英硫化物脉, 上部发育碳酸盐-贱金属, 空间分布特征类似于低硫型)。由此认为, 金马石金矿是一个比较典型的岩浆弧控制的斑岩-浅成低温热液型成矿系统。

根据金马石(Ciemas)金矿的矿体构造及地质特征描述, 其矿化类型大体上分为三种: 第一种以断裂构造控制矿体分布, 并且矿石赋存于片理化构造岩、构造碎裂岩和泥化带中, 由于构造蚀变作用致使矿石粒状变晶结构、碎裂结构, 块状构造和片状构造, 黄铁矿常常沿碎裂岩接触面或糜棱岩的构造面呈点状分布, 矿化特点类似于典型的由流体混合作用形成的低硫化型金矿床(Corbett, 2002)。第二种为石英-硫化物脉型矿体, 矿体形态产状可进一步分为块状石英脉、开放生长石英脉、复脉状石英脉和网状石英脉。矿石矿物组合是石英、黄铁矿、砷黄铁矿和硫砷铜矿, 围岩蚀变具有较强的粘土化(主要有高岭石、伊利石和蒙脱石), 这些特点相似于典型的高硫化型金矿床(Corbett, 2002; Carrillo et al., 2003)。第三种为斑岩型, 部分矿化发生在石英闪长玢岩内, 有黄铁矿和黄铜矿化, 但含金量一般小于  $0.1\text{ppm}$ , 多数矿体发育在青盘岩化带, 矿石矿物组合为黄铁矿、黄铜矿、磁铁矿和毒砂。围岩蚀变主要有绿帘石、绿泥石、钠长石和碳酸盐, 在蚀变带内侧出现中度泥化带, 以高岭石和蒙脱石类矿物组成为主。这三类矿体局限在同一个矿区范围内, 在空间上赋存于斑岩体侵入接触带及其附近的断裂, 在成因上属于一个连续的成矿系列(Zhang et al., 2015)。

基金项目: 国家自然科学基金项目(批准号: 41573039)

作者简介: 张正伟, 1959年生, 研究员, 主要从事矿床地球化学研究. E-mail: zhangzhengwei@vip.gyig.ac.cn; zhangzhengw@hotmail.com

这种有多成因内在联系的矿床类型发生在同一矿区的先例有很多,如 Kelly Au-Ag 矿床的矿物组合显示了从低硫、中硫到高硫的热液演化系统(Deyell et al., 2003), Lepanto 高硫化型 Cu-Au 矿床产于远东南斑岩铜矿之上(Hedenquist et al., 1998)。在这些矿床中,不同成矿部位在垂向上和平面上的差异性,致使成矿温度的高低不同,并且由于受岩浆流体与大气降水相互作用的围岩空间制约,其成矿元素组合和成矿作用方式也是多样的,从而导致形成多种成矿类型的矿体。金马石金矿包含了三种不同矿化类型的矿体,它们的成矿作用都是围绕着石英闪长玢岩进行的。根据他们之间的地质成因和空间联系,本文提出一个描述性地质成矿模型,亦即在中新世巽达大陆南缘弧火山岩浆活动频繁(17-19Ma),形成大面积喷发的安山岩,并在岩浆喷发结束后发育破火山口构造系统。随着安山质岩浆的进一步演化,英安质岩浆沿着先前的火山通道侵入并呈岩床状赋存在安山岩之上形成英安岩,然后被更晚期的石英闪长质岩浆侵入并呈岩株状形成石英闪长玢岩。在构造方面,安山岩喷发结束之后,在破火山口系统中形成高角度张性断裂,在区域上形成北东和北西走向的断裂,他们一般都不同程度地经历了张性、压扭性和张扭性多个构造阶段。这些断裂构造为随后的岩浆热液活动提供了空间。在斑岩体及接触带,形成斑岩型铜-金矿床,在斑岩体外接触带形成网状石英脉型金矿;在破火山口内的断层和英安岩与安山岩接触带中分别形成块状石英脉和开放生长环境的石英脉型金矿,在破火山口外围的断层中,由于石英闪长岩岩浆热液的高盐度流体与大气降水中和,形成复脉状石英脉型金矿;在远离斑岩体接触带的断层中,由于岩石破碎、蚀变和大气降水的热循环作用形成构造蚀变岩型金矿。虽然这些矿体的成矿类型不同,但在空间上和成因上具有“三位一体”的内在联系,它们都是演化到晚期的岩浆热动力驱动流体充填和交代围岩的产物,亦即岩浆热液系统和地热系统相互作用的结果,三者之间构成了既有区别又有成因联系的“三位一体”成矿系统。

上述成矿模型表明,来源于板块俯冲带的火山热液与浅地表物质相互作用的方式是复杂的,所形成的浅成热液金矿的类型应该是多样的,尤其是岩浆演化后期形成的浅成超浅成侵入体,不仅本身富含成矿元素或成为成矿母岩,而且其热动力驱动成矿流体运移到不同地质环境的构造部位,就有可能形成不同类型的金矿床。

## 参 考 文 献:

- Carrillor R F J, Morales R S and Boyce A J, 2003. High and intermediate sulphidation environment in the same hydrothermal deposit: The example of Au-Cu Palai-Islica deposit, Carboneras. Eliopoulos, et al. Proceedings of the Seventh Biennial SGA Meeting. Mineral Exploration and Sustainable Development. Rotterdam: Millpress Science Publishers, 445-448.
- Corbett G, 2002. Epithermal gold for explorationists. AIG Journal Applied Geoscientific Practice and Research in Australia. April, 1-26.
- Deyell C L and Cooke D R, 2003. Mineralogical and isotopic evidence for the genesis of the Kelly gold-silver deposit, Baguio District, Philippines: Diverse mineral assemblages in an evolving epithermal system. Eliopoulos, et al. Proceedings of the Seventh Biennial SGA Meeting. Mineral Exploration and Sustainable Development. Rotterdam: Millpress Science Publishers, 469-472.
- Hedenquist J W, Arribas A J and Reynolds T J, 1998. Evolution of an intrusion-centered hydrothermal system: Far Southeast Lepanto porphyry and epithermal Cu-Au deposits, Philippines. Economic Geology 93, 373-404.
- Heinrich C A, 2005. The physical and chemical evolution of low-salinity magmatic fluids at the porphyry to epithermal transition: a thermodynamic study. Mineralium Deposita 9, 864-889.
- Marcoux E and Milési J P, 1994. Epithermal gold deposits in West Java, Indonesia: Geology, age and crustal source: Journal of Geochemical Exploration 50, 393-408.
- Sillitoe R H, 1997. Characteristics and controls of the largest porphyry copper-gold and epithermal gold deposits in the circum-Pacific region. Australian Journal of Earth Sciences 44, 373-388.
- Zhengwei Zhang, Chengquan Wu, Xiaoyong Yang, Chaofe Zheng, Junhua Yao, 2015. The trinity pattern of Au deposits with porphyry, quartz-sulfide vein and structure-controlled alteration rocks in Ciemas, west Java, Indonesia. Ore Geology Reviews 64, 152-171.