

# 加里曼丹中部浅成低温热液金矿地球化学分带及构造背景

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)

本研究以加里曼丹新生代岩浆岩和相关的浅成低温热液型矿床为研究对象。初步研究表明, 加里曼丹中部的巽他大陆北缘发育新生代多期岩浆活动, 直接记录了由于南海扩张推动卢卡尼亚陆块向南运移俯冲碰撞的过程(Hotchison, 2004)。由于这个过程中的多期岩浆活动, 产生了浅成低温热液金矿带(Carlile and Mitchell, 1994), 并且可进一步划分为两个分带: 一个明显产出高硫型浅成低温热液金矿和矽卡岩型多金属矿床(Soeria et al., 1999), 成矿母岩为靠近卢卡尼亚俯冲带形成于 40-20 Ma 的安山质-英安质岩浆岩; 另一个则产出大量的低硫型浅成低温热液金-银多金属矿床(Thompson et al., 1994), 成矿母岩是远离俯冲带形成于 20-10 Ma 左右的钙碱或碱钙性岩浆岩。从成矿类型看, 两个分带具有矿床地球化学差异性; 从成矿作用构造背景分析, 它们受卢卡尼亚微陆块俯冲在巽他陆块之下的不同构造阶段的岩浆热液系统和地热系统的制约。本文以这些具有地球化学分带性的高硫和低硫型浅成低温热液金矿床为研究切入点, 通过矿床地质特征和成岩成矿时代的精确厘定, 确定不同矿床类型的分带性与不同构造属性之间的关系。

由于浅成低温热液金矿床的成矿环境受制于构造背景, 利用浅成低温热液金矿的地球化学差异性可以反推不同的构造动力学背景。如浅成低温热液型金矿的高硫和低硫类型表现为矿物中硫价态受成矿环境控制, 酸性硫酸盐的流体环境形成高硫型的金矿, 往往出现斑岩系统矿物组合, 陆缘弧挤压环境(Cooke, 2001; Davies et al., 2003); 然而低硫的主要特点是富含钾矿物、流体 pH 值近中性、盐度小、大气降水明显, 指示张性环境(Moritz, et al., 2003)。实际上, 成矿流体的来源和性质的差异对成矿类型制约非常明显, 如弧岩浆成矿流体显示贫 CO<sub>2</sub>、低 K/Na 值、富 Cl、低到中盐度、以 AuCl<sub>2</sub> 配合物形式为主、Au[HS] 形式为辅(Richards, et al., 2003)。然而, 与基底来源有关的岩浆成矿流体显示富 CO<sub>2</sub>、高 K/Na 值、富 F、低盐度、以 Au[HS] 配合物形式为主、AuCl<sub>2</sub> 形式为辅(Moritz, et al., 2003)。根据加里曼丹低硫型矿床矿物组合的初步分析, 富钾及挥发组分表明可能有陆壳物质参与, 暗示卢卡尼亚微陆块已经下插在巽他陆块之下。

巽他大陆北缘构造岩浆活动与南海扩张有关, 在早期俯冲阶段产生弧岩浆活动, 在晚期碰撞阶段的产生陆内岩浆活动。南海及其周边地区的新生代地质构造演化主要受控于四大地质构造因素: 一是南海始于 46 Ma 的扩张(Hotchison, 2004), 致使卢卡尼亚微陆块(Lucaonia)南移并向巽他大陆(Sundaland)俯冲; 二是印度板块挤入欧亚大陆边缘导致印支半岛右旋运动以及红河断裂的左旋走滑(Dewey et al., 1989); 三是太平洋板块俯冲对菲律宾和加里曼丹的影响(Seno et al., 1993); 四是澳大利亚板块向北俯冲并碰撞班达火山弧, 导致巽他东端左旋剪切并影响到加里曼丹的逆时针旋转(Hall et al., 2002), 可能抑制南海扩张。南海扩张作用致使卢卡尼亚微陆块呈被动陆缘向南东漂移(Daines, 1985), 使巽他陆块北缘成为具弧形的拉让海沟和大陆岩浆弧, 随后与巽他陆块的拼接, 致使加里曼丹经历了主动边缘、内部造山和被动边缘造山构造阶段(Ding et al., 2004)。

弧岩浆活动阶段产生高硫化型为主的矿化带, 碰撞阶段的产生低硫化型为主的矿化带。相当于上述主动边缘造山构造阶段中新世早期, 卢帕线附近发育弧岩浆带, 形成的英安岩和斑岩是金矿床的成矿母岩(Carlile and Mitchell, 1994), 如 Bau 金矿区的花岗闪长岩岩株和岩脉与金矿化有关(Mustard, 1997), Punda 金矿的矿化受中酸性花岗质杂岩体中隐爆角砾岩筒构造控制, 是一个典型的高硫型浅成低温热液型金矿床, 其动因是卢卡尼亚陆块被动南移并与巽他大陆拼合构成拉让构造带(Daines, 1985); 相当于内部造山和被动

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

边缘造山构造阶段的中新世中、晚期, 卢卡尼亚陆块被动南移并与巽他大陆拼合后, 加里曼丹中部发育内部造山作用(Daines, 1985), 产生低硫化型为主的金矿化带, 主要金矿分布地点有 Mirah、Masuparia、Muro、Kelian 和 Selanjian 等。Kelian 金矿区出露的最老的岩石是晚始新世流纹岩及流纹质火山碎屑岩, 该火山岩组合被始新世-渐新世含有凝灰质夹层的一套碳酸盐岩为主的厚层沉积物覆盖, 它们同时又被安山质岩株和花岗斑岩、闪长玢岩脉穿切。其中安山岩 K-Ar 年龄为  $22.9 \pm 5$  Ma, 安山质岩株 K-Ar 年龄为 24.0~14.4 Ma(Van et al., 1990)。Masuparia 成矿母岩火山岩的 K-Ar 年龄为  $(24.6 \pm 0.4)$  Ma(Thompson et al., 1994)。这些远离卢帕线南侧的金矿一般为低硫型浅成低温热液型金矿床, 矿区有关火成岩的化学组成特征属于典型的大陆边缘同碰撞火成岩(Harahap, 1993)。由此看出, 高硫型和低硫型矿床类型的差异性与其俯冲碰撞边缘岩浆活动的不同阶段密切相关。

需要进一步说明的是, 虽然高硫化型和低硫型浅成热液矿床的地球化学分带在区域上有分带性, 但实际上在同一矿区的不同空间部位发生从斑岩到浅成低温热液型金矿床的分带现象, 如 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, 说明不同类型矿体产出与成矿流体的性质和活动性有关, 并且与成矿流体来源和构造控制密切相关。我们对加里曼丹研究区两类矿床形成构造环境的初步推测是, 卢卡尼亚微陆块开始向巽他大陆俯冲时是正向的, 形成高硫金矿; 随后加里曼丹逆时针旋转, 导致斜向俯冲作用, 形成低硫金矿。

## 参 考 文 献:

- Carlile J C, Mitchell A H G, 1994. Magmatic arcs and associated gold and copper mineralization in Indonesia. *Journal of Geochemical Exploration* 50, 91-142.
- Cooke D R, McPhall D C, 2001. Epithermal Au-Ag-Te mineralization, Acupan, Baguio District, Philippines: Numerical simulations of mineral deposition. *Economic Geology*, 96(1): 109-131.
- Corbett, G., 2002. Epithermal gold for explorationists. *AIG Journal Applied Geoscientific Practice and Research in Australia*. April, pp. 1-26.
- Daines S R, 1985. Structural history of the west Natuna Basin and the tectonic evolution of the Sunda region. *Proceedings 14th Annual Convention, Indonesian Petroleum Association*, pp. 39-65.
- Davies A G S, Cooke D R, Gemmill J B, 2003. The Kelian Breccia Complex: A giant epithermal gold-silver deposit in Kalimantan, Indonesia. Eliopoulos, et al. *Proceedings of the Seventh Biennial SGA Meeting. Mineral Exploration and Sustainable Development*. Rotterdam: Millpress Science Publishers, 465-468.
- Dewey J F, Cande S, Pitman W C, 1989. Tectonic evolution of the India/Eurasia collision zone. *Ecl Geol Helv* 82(3): 717-734.
- Hall R, 2002. Cenozoic geological and plate tectonic evolution of SE Asia and the SW Pacific: computer-based reconstructions, model and animations. *Journal of Asian Earth Sciences* 20, 353-434.
- Harahap B H, 1993. Geochemical investigation of Tertiary, magmatism rocks from Central West Kalimantan, Indonesia, the Lesser Antilles, and other island arcs. *J Geophys Res.* 74, 5301-5310.
- Hedenquist J W, Jacob B L, 1994. The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposit. *Nature* 370(18): 519-527.
- Hutchison C S, 2004. Marginal basin evolution: the southern South China Sea. *Marine and Petroleum Geology* 21, pp 1129-1148.
- Kojima S, 1999. Some aspects regarding the tectonic setting of high - and low sulfidation epithermal gold deposits of Chile. *Resource Geology* 49(3): 175-181.
- Moritz R, Jacquat S, Chambeftor I, et al., 2003. Control on ore formation at the high-sulphidation Au-Cu Chelopech deposit, Bulgaria: Evidence from infrared fluid inclusion microthermometry of enargite and isotope systematics of barite. Eliopoulos, et al. *Proceedings of the Seventh Biennial SGA Meeting. Mineral Exploration and Sustainable Development*. Rotterdam: Millpress Science Publishers, 1209-1212.
- Seno T, Seth S, Gripp A E, 1993. A model for the motion of the Philippine Sea plate consistent with NUVEL-1 and geological data. *J. Geophys. Res.* 98(10): 17941-17948.
- Soeria A R, Noeradi D, Priadi B, 1999. Cenozoic magmatism in Kalimantan and its related geodynamic evolution. *Journal of Asian Earth Science* 17, 25-45.
- Thompson J F H, Abidin H Z, Both R A, 1994. Alteration and Epithemal mineralization in the Masuparia volcanic center, Center Kalimantan. *Journal of Geochemical Exploration* 50, 429-456.
- Van Leeuwen T M, Leach T, Hawke A A, et al., 1990. The Kelian disseminated gold deposit, East Kalimantan, Indonesia. *Journal of Geochemical Exploration* 50, 1-61.