

关于广西龙头山金矿矿质来源的讨论

李福春^{1*} 朱桂田² 朱金初¹

(1 南京大学地球科学系, 南京大学成矿作用国家重点实验室, 南京

2 中国有色金属工业总公司矿产地质研究院, 桂林)

提 要: 龙头山金矿为陆相火山-次火山岩型中低温热液金矿床, 以电气石化普遍发育而有别于其它陆相火山岩型金矿。通过对金属元素地球化学背景、稳定同位素、稀土元素配分和电气石化特征等的研究和讨论, 认为龙头山金矿矿质具有多来源特征, Au、S、REE 主要来自深部岩浆, Pb、B 主要来自上地壳, 成矿热液中的水为岩浆水和大气降水、同生水的混合水。

关键词: 金矿床 火山-次火山岩 电气石化 广西龙头山

位于广西贵港市西北 14 km 的龙头山金矿是我国华南最为典型的陆相火山-次火山岩型金矿床之一。该金矿自 1982 年发现以来一直未能引起科研工作者的足够重视, 科研工作进展缓慢。龙头山金矿以发育电气石化而有别于其它陆相火山岩型金矿, 同时又与紫金山、金瓜石等金铜矿有某些共同的特征。因此, 对其成矿机理进行研究不仅具有重要的理论意义, 而且具有重要的经济意义。本文着重讨论了矿质的可能来源问题。

1 地质简况

龙头山金矿床位于华南褶皱系西南部, 凭祥-大黎深大断裂与隐伏断裂的交汇部位。矿区内出露的沉积岩有: 寒武系黄洞口组下段轻变质砂岩、泥岩, 下泥盆统莲花山组底砾岩、泥质粉砂岩夹泥岩、细砂岩等。二者呈角度不整合接触。矿区内断裂构造以近南北向和北西向为主。

龙头山火山-次火山岩体具有明显的喷发和侵入特征, 平面上呈不规则等轴状, 面积约 0.5 km², 垂向上呈筒状, 近于直立。岩体由外向内大致可分为隐爆角砾岩-凝灰角砾岩-角砾熔岩-流纹斑岩-花岗斑岩五个相带。岩体是一个陆地中心式火山喷发的残留岩颈。第一阶段形成隐爆角砾岩、凝灰角砾岩和角砾熔岩; 第二阶段形成流纹斑岩, 其全岩 K-Ar 年龄为 163×10^6 a; 第三次岩浆上侵形成花岗斑岩, 其全岩 K-Ar 年龄为 91×10^6 a; 最后形成霏细岩岩脉、石英斑岩脉、英安流纹斑岩脉等酸性岩脉。

矿体呈脉状、透镜状产在火山岩内外接触带, 其中 13 个矿体产在流纹斑岩、角砾熔岩和凝灰角砾岩中, 个别矿体由内接触带延伸进入围岩。另外 7 个矿体产在泥质粉砂岩中。

无论是沉积岩还是火山-次火山岩体, 甚至早期酸性岩脉都发育强烈的电气石化、硅化, 同时伴有黄铁矿化、钾长石化、绢云母化、高岭石化、角岩化和金矿化。

* 李福春, 男, 1964 年生, 工程师, 现为地球化学专业博士生。邮政编码: 210093

2 金属元素地球化学背景

矿区内各类沉积岩中金平均含量分别为：寒武系黄洞口组砂岩 0.019×10^{-6} 、泥岩 0.016×10^{-6} ；下泥盆统莲花山组砂岩 0.16×10^{-6} 、泥质粉砂岩 0.26×10^{-6} 、泥岩 0.38×10^{-6} ，比金的克拉克值高几倍至上百倍。下泥盆统莲花山组三类岩石中 Cu、Pb、Mo 也比各自的克拉克值高几至十几倍，只有 Zn 含量低于其克拉克值，平均 $26.7 \times 10^{-6} \sim 54.0 \times 10^{-6}$ 。

但是，仅仅依据这些资料就断定金等成矿元素来自围岩就显得过于草率。从现有资料来看，尚很难确定地层中成矿金属高含量是原生的还是与矿化同期的，也无法确定矿区附近是否存在成矿金属的降低场。围岩提供成矿元素的能力还与成矿元素在其中的赋存状态有关。

Au 在喷出岩、流纹斑岩和花岗斑岩中平均含量分别为 0.70×10^{-6} 、 0.39×10^{-6} 和 0.18×10^{-6} 。Cu、Pb、Mo 在火山-次火山岩中平均含量也很高，在沉积岩中含量较低的 Zn 在岩浆岩中含量也低 ($37.9 \times 10^{-6} \sim 46.0 \times 10^{-6}$)。火山-次火山岩体是地质作用的最终产物，是统一的地质体，人为地把它界定为矿化岩和非矿化岩并把所谓的“非矿化岩”作为初始岩浆的代表来考察其对成矿的贡献大小是欠科学的。更不能根据其中金等成矿元素含量高就断定成矿物质来自岩浆。大量地质事实表明，金矿对围岩的选择性是不明显的，含金的热液在合适的物理化学条件下几乎在各类岩石中都可以成矿^[1]。火山-次火山岩和泥质粉砂岩一样是龙头山金矿的容矿岩石，只有结合其它地质资料才能比较准确的判断岩浆是否为矿床提供了成矿物质。值得注意的是，Р А Летников 等^[6]在东萨彦找到了地幔成因还原性流体运移贵金属的证据，这无疑是对岩浆来源说的有力支持。

Au、Cu、Pb、Mo 在岩石中各相之间的分配是有差异的。Au、Pb 倾向富集于喷发相中，Mo 富集于花岗斑岩中，而 Cu 富集于喷发相和花岗斑岩中。它们都不在流纹斑岩中富集。很多陆相火山岩型矿床中都存在上金下铜之垂直分带，如台湾金瓜石、福建紫金山铜金矿，有的还出现 Au-Cu 过渡带，如山东七宝山。龙头山金矿东北约 2 km 处的大平天山花岗闪长岩与龙头山花岗斑岩同期，且其内部相金平均含量 39×10^{-9} ，边缘相 18×10^{-9} ，也发育电气石化^[2]。龙头山金矿的形成不是孤立的成矿作用，它与矿区周围的 Cu、Au、Ag、Pb、Zn、Sn 等元素的矿化是同一地质作用的产物，其下部形成斑岩型 Cu-Mo 矿的可能性是存在的。

3 硼的来源讨论

近些年来，地质学家已经注意到富电气石的岩石对成矿环境的指示意义，并逐渐总结出了一些规律，如镁电气石与海底喷流块状硫化物矿床关系密切；黑电气石与锡或锡钨花岗岩有关；锂或锂铁电气石与锂铍铌钽花岗岩有关等。并认识到电气石种类与围岩类型有直接关系：如果围岩为灰岩，往往形成黑电气石，围岩为白云岩则形成镁电气石^[3]。

电气石与金矿化关系方面的研究较少。李秀华等^[4]在新疆沙尔布拉克金矿床中发现了层状电气石岩（微粒镁电气石为主）；澳大利亚 Golden Dyke Dome 金矿床中发现了层理发育

的电气石岩 (Plimer, 1986); 世界著名的穆龙套金矿床中发育镁电气石-钠长石脉和镁电气石-石英脉^[7]。

龙头山金矿床广泛发育面型电气石化, 矿石中常见电气石-石英细脉。沉积岩、喷出岩、次火山岩乃至成矿后的各种酸性岩脉均不同程度地发育电气石化。在岩浆岩中, 电气石有时完全交代长石斑晶和基质。在沉积岩中, 电气石交代泥质和胶结物, 甚至形成电气石岩。流纹斑岩遭受电气石化最强, B_2O_3 含量 (0.49%) 也最高, 花岗斑岩和霏细斑岩中 B_2O_3 含量分别为 0.050%、0.016%^[2]。

龙头山金矿区内各种沉积岩均发育电气石化, 说明电气石是热液作用产物; 不同期次上升侵位的岩浆岩也都发育电气石化以及其它各种交代现象说明有多期电气石化。硼属于亲石元素, 相对富集于上地壳岩石和海水中。多期电气石化的形成说明可能存在硼的“地下储库”, 在热液作用下不断向上迁移。电气石种类与围岩性质的密切关系说明形成电气石之 Mg、Fe、Ca 等元素至少有部分来自围岩。

4 稳定同位素证据

4.1 硫同位素

矿石中硫化物之 $\delta^{34}S$ 变化范围不大, 为 0.6‰~2.5‰, 13 个样品 (12 个黄铁矿、1 个磁黄铁矿) 平均值为 1.67‰^[2], 表现为较为典型的地幔硫之特点。

4.2 铅同位素

矿石中黄铁矿样品之 $^{206}Pb/^{204}Pb$ 分别为 18.548、19.019、18.660, $^{207}Pb/^{204}Pb$ 分别为 15.736、16.169、15.829, $^{208}Pb/^{204}Pb$ 分别为 38.972、40.242、39.259^[2]。① 三组数据数值较大而且变化明显, 说明矿石中富含放射性成因铅, 在 $^{207}Pb/^{204}Pb$ - $^{206}Pb/^{204}Pb$ 投影图上 (图略) 三点位于同一直线上, 表明铅属于异常铅, 即铅为多来源; ② 在投影图上有两个点落入上地壳线以上, 另一个点的位置稍稍低于上地壳线, 说明铅主要来自 U、Th 相对富集的上地壳, 部分来自造山带, 即铅是壳幔混合铅。

4.3 氢氧同位素

4 号、15 号和 48 号样品内包裹体水的 δD 分别为: -68‰、-80‰、-61‰, $\delta^{18}O$ 分别为 -2.2‰、-6.0‰、-7.4‰。测试样品为成矿阶段的黄铁矿, 不存在寄主矿物与包裹体之间的氢氧同位素交换, 因此基本上能代表成矿溶液的氢氧同位素组成。

在 δD - $\delta^{18}O$ 图上 (图略), 三个数据点均位于岩浆水区域与雨水线之间。但不能简单地据此认为成矿热液是岩浆水与雨水的混合水。还要看数据点是否位于代表赋矿火成岩的岩浆水与成矿时期当地雨水的两端员组分连线上。如果在连线上, 说明是岩浆水与大气降水的混合水; 如果不在连线上, 则可能是岩浆水和大气降水二者之中的一种同岩石发生同位素交换的结果^[5]。该问题还需要进一步研究。在 В Е Ветштейн 图上 (图略), 三个点较靠近 AC 线, 结合围岩蚀变特征等地质资料, 可以认为成矿热液以岩浆水与大气降水的混合水为主, 也不排除岩浆上侵过程中经过富含海水来源的同生水 (也可能富含硼) 的海相沉积岩时捕获的同生水。

5 稀土元素

从稀土元素含量特征可以看出：① 龙头山金矿稀土总量极低 ($32.04 \times 10^{-6} \sim 57.80 \times 10^{-6}$)，远远低于世界酸性岩稀土元素平均含量 (165.35×10^{-6})，也低于沉积岩平均值 100×10^{-6} ，反映了地幔特征；② LREE/HREE 为 1.735~3.167，配分曲线向右倾斜，但不明显，说明虽然富轻稀土，但轻重稀土之间分馏程度较低；③ δEu 为 0.622~0.834，表明铕略微亏损；④ $(\text{La}/\text{Sm})_{\text{N}}$ 为 2.340~4.026， $(\text{Gd}/\text{Yb})_{\text{N}}$ 为 0.471~1.106，反映了轻稀土之间分馏明显，重稀土之间分馏不明显；⑤ 角砾熔岩和粉砂岩的稀土配分曲线基本一致，而且稀土元素总量都很低，两者之间是否有成因联系还需进一步研究。

6 结 论

黄铁矿包裹体中氢氧同位素组成表明成矿热液为岩浆水与大气降水（可能有同生水）的混合水；铅主要来自上地壳，部分来自造山带；稀土元素配分特征说明其来自地幔岩浆；硫同位素组成具有地幔硫特征；硼属于亲石元素，主要集中在上地壳岩石和海水中，电气石发育特征及多期蚀变说明龙头山金矿深部可能存在硼的“地下储库”；Au、Cu、Pb、Zn、Mo 等成矿元素的地球化学背景暂无法作为矿质来源于岩浆或围岩的可靠证据。

综上所述，龙头山金矿成矿物质是多来源的。硫和稀土元素来源于地幔；铅和硼来自上地壳；成矿热液中的水主要为岩浆水和大气降水的混合水（可能有海相沉积岩中同生水的加入）；推断金主要来自地幔岩浆，可能有少部分来自围岩。

参 考 文 献

- 1 涂光炽. 关于火山岩型矿床若干问题的探讨. 火山岩、火山作用及有关矿产. 北京：地质出版社，1993，6~12.
- 2 陈业清. 广西龙头山火山-次火山岩热液型金矿地质特征及成矿条件探讨. 贵金属地质，1992，1（2-3）：153~157.
- 3 毛景文，王平安，王登红等. 电气石对成岩成矿环境的示踪性及应用条件. 地质论评，1993，39（6）：497~507.
- 4 李秀华，陈尚迪，周云霞. 新疆沙尔布拉克金矿床中的层状电气石岩特征及成因. 成都理工学院学报，1996，23（1）：1~7.
- 5 沈渭洲. 同位素地质学教程. 北京：原子能出版社，1997，220~272.
- 6 Летников Р А, Савельева В Б, Аникина Ю В. Высокоуглеродистые тектониты—новый тип концентрирования золота и платины. Доклады РАН, 1996, 347（6）：795~798.
- 7 Костицын Ю А. Изотопные Rb-Sr-исследования месторождения Мурунтау и рудоносные метасоматиты. Геохимия, 1994, 39（4）：497~507.