

文章编号:1008-0244(2003)02-0050-06

扬子地块西南缘低温成矿域 Au、Sb、Hg、As 矿床区域分布上的共生分异及控制因素

孙国胜^{1,2}, 胡瑞忠¹, 苏文超¹, 王国芝¹, 朱赖民³

(1. 中国科学院地球化学研究所矿床地球化学开放实验室, 贵州 贵阳 550002;

2. 吉林大学地学院, 吉林 长春 130026; 3. 国家海洋局第三海洋研究所, 福建 厦门 361005)

摘要: 扬子地块西南缘大面积低温成矿域的 Au、Sb、Hg、As 矿床, 常出现共生分异的现象, 在空间上形成 Au、Sb、Hg、As 矿床、矿带相伴出现而又相对独立的规律性分布。在详细研究 Au、Sb、Hg、As 矿床、矿带区域分布及其产出地质背景的基础上, 从不同的角度, 对制约 Au、Sb、Hg、As 矿床、矿带共生分异的因素进行了探讨。

关键词: 扬子地块西南缘; 低温成矿域; Au、Sb、Hg、As 矿床; 共生分异; 控制因素

中图分类号: P595 **文献标识码:** A

矿床的共生分异是指地球化学性质相近的一系列元素, 在成矿过程中既相互依存, 共同迁移、共同沉淀, 同时, 在成矿的时、空上又存在一定差异的双重地球化学行为。化学性质相近的一系列元素在成矿过程中的共生分异, 在许多矿床, 尤其在大型、超大型矿床中是较普遍的现象。例如我国的白云鄂博 REE-Fe-Nb 矿床、柿竹园钨多金属矿床、大厂锡多金属矿床等; 广东长坑 Au-Ag 矿床中, Au、Ag 在同一蚀变带中各自以独立矿体存在。国外的沃赛湾 (Voisey's Bay) Ni-Cu-Co 矿床、格拉斯贝格 (Grasberg) Au-Cu 矿床、干谷 (Cysou Jior) Pt-Au 矿床等^[1]。

扬子地块西南缘的滇、川、黔、桂、湘等地区, 是我国 Au、As、Sb、Hg 等低温热液矿床的重要产地。据不完全统计, 目前仅贵州省已发现金矿床 (点) 40 余处, 其中大中型矿床 5 处; 砷矿床 (点) 30 余处, 累计探明储量 1.17 万吨; 锑矿床 (点) 80 余处, 累计探明储量 49.89 万吨; 汞矿床 (点) 250 余处, 累计探明储量超过 8.81 万吨^[2]。区内 Au、As、Sb、Hg 等低温热液矿床之间时、空相伴, 表现出共生性的一面, 但又往往形成一种元素或几种元素的矿床组成的相对独立的矿带或矿集区, 在不同的矿带或矿集区内, 其他成矿元素的矿床在

数量、储量上, 均居于次要地位, 即这些共生的矿床之间又表现出分异性。Au、As、Sb、Hg 等低温热液矿床在区域上的共生分异现象, 受 Au、As、Sb、Hg 元素自身的化学性质、大地构造背景、赋矿围岩的岩性、区域地热场、成矿物化条件等因素控制。

1 区域上的共生分异现象

扬子地块西南缘的 Au、As、Sb、Hg 等低温热液矿床, 按矿床组合、矿床空间展布特点, 可以划分为: A—滇黔桂三角区卡林型金矿矿集区、B—湘黔汞矿带、C—华南锑矿带、D—湘西北的砷矿矿集区 (图 1)。这些矿带、矿集区共同构成了扬子地块西南缘大面积低温热液矿床 Au、As、Sb、Hg 共生的成矿域。

滇黔桂卡林型金矿矿集区, 分布有烂泥沟、紫木冲、戈塘、金牙、高龙等大、中型 Au 矿床, 其中还产有 Sb (大厂)、Hg-Tl (滥木厂) 矿床, 但与金矿相比, 其数量、储量及经济意义明显居于次要地位; 湘西、黔东北地区是 Hg 矿床的重要矿集区, 产有万山、务川等大型-超大型单 Hg 矿床和三都-丹寨 Au、Hg 共生型矿床; Sb 矿床则沿扬子地块西南缘的湘中-湘西南、黔东南、桂西北和云南等地区广泛分布 (简称华南锑矿带), 以锡矿山、半坡、木利等大型-超大型 Sb 矿床为代表, 该带内偶有 Au、As、Hg 等小型矿床或矿化点产出。湘西北的石门则分布有超大型石门砷矿床。

收稿日期: 2003-10-24; 修回日期: 2003-04-10

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目 (G1999043200)

第一作者简介: 孙国胜 (1964—), 博士, 主要从事矿床地球化学、金矿矿体定位预测工作。

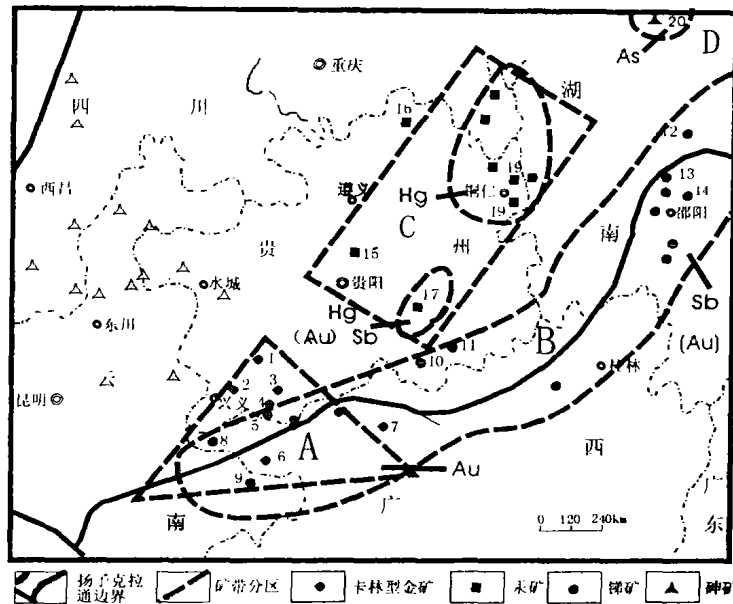


图 1 扬子地块西南缘 Au、Sb、Hg、As 矿床、矿带分布图

Fig. 1. Geological sketch map showing the distribution of the Au, Sb, Hg and As deposits and ore belts at the southwestern margin of the Yangtze Block.

A. 滇黔桂卡林型金矿区: 1. 紫木档; 2. 戈塘; 3. 烂泥沟; 4. 丫他; 5. 板其; 6. 高龙; 7. 金牙;

B. 华南锑矿带: 8. 马雄; 9. 木利; 10. 半坡; 11. 八棱; 12. 板溪; 13. 锡矿山; 14. 龙江;

C. 湘黔汞矿带: 15. 白马洞; 16. 务川; 17. 丹寨; 18. 铜仁; 19. 万山; D. 湘西北砷矿聚集区: 20. 石门雄黄矿

成矿时代上, 金牙金矿黄铁矿 RFC 单阶段铅模式年龄 $130 \sim 82 \text{ Ma}^{[3]}$, 烂泥沟石英裂变径迹定年数据 $95 \sim 75 \text{ Ma}^{[4]}$, 矿物流体包裹体 Rb-Sr 等时线年龄 $105.6 \text{ Ma}^{[5]}$ 。锡矿山锑矿床方解石 Sm-Nd 同位素等时线年龄数据为 $155.5 \pm 1.1 \text{ Ma}$ 和 $124.1 \pm 3.7 \text{ Ma}^{[6]}$, 马雄锑矿 K-Ar、Rb-Sr 法等时线年龄分别为 141 、 $156 \text{ Ma}^{[7]}$, 独山锑矿 K-Ar 法等时线年龄为 $145 \text{ Ma}^{[8]}$ 。目前湘黔汞矿带尚无测年数据, 但曾若兰^[9]根据赋矿地层和控矿构造的形成时期, 认为区内汞矿成矿时代为燕山期, 严均平^[10]认为汞矿成矿时代与区域最新构造同期, 属燕山运动的产物。从各种年龄测试数据和赋矿地层、控矿构造的形成时期来看, 区内的微细浸染型金矿床、锑矿床、汞矿床的主成矿期应为燕山期, 都是燕山运动的产物。区内 Au、As、Sb、Hg 等低温热液矿床在空间上共生、在时间上相伴说明, 它们并不是彼此孤立的, 而应是一组具有内在成因联系的共生分异矿床。

2 控制因素

2.1 元素的地球化学性质

元素的地球化学性质是导致其成矿过程中共

生分异的内因, 地球化学性质相近的元素在成矿中表现出共生的同时, 也因其自身性质之间的差异, 对成矿流体成分或物化条件改变的响应不同而产生分异。

① As、Sb、Hg 属活泼元素, Au 的地球化学活性比较复杂, 兼具活泼和中等活泼的双重特征。所以 Au、As、Sb、Hg 之间常表现出密切的共生关系, 但通常情况下由 $\text{Au} \rightarrow \text{As} \rightarrow \text{Sb} \rightarrow \text{Hg}$ 地球化学活性趋于增强, 这也是这些成矿元素产生分异的内因。

② Au、As、Sb、Hg 都具有较强的亲硫性, 都可以 S 的络合物—— $\text{Au}(\text{HS})_2^-$ 、 $\text{Au}(\text{HS})_2\text{S}^2$ 、 $[\text{AsS}_3]^{3-}$ 、 $[\text{SbS}_2]^{2-}$ 、 $[\text{SbS}_3]^{3-}$ 、 $[\text{HgS}_2]^{2-}$ 等形式迁移; As、Sb、Hg 的沉淀矿物也都是硫化物——毒砂、雄黄、雌黄、辉锑矿、辰砂等; Au 虽然不以硫化物的形式沉淀, 但 Au 主要赋存在黄铁矿、毒砂等硫化物中。

③ Au、As、Sb、Hg 都有在中低温下富集沉淀的性质, 但它们对温度变化的响应有一定的差异, 因此造成成矿时的共生分异。Au 趋向于在较高的温度下沉淀; Sb、Hg 尤其是 Hg 在较低温下沉淀成矿; As 可以在很宽的温度范围沉淀, 在较高的温

度下形成毒砂,在较低温下形成雄黄、雌黄,在较低温下形成雄黄、雌黄才具有工业意义,因此,具有工业意义的砷矿床,也是在低温下形成的。

④Au具有亲铁性,它的富集沉淀往往与黄铁矿、毒砂等含铁矿物的沉淀密切相关,这也是Au、As共生、而与Sb、Hg分异的主要原因之一;

⑤As、Sb、Hg都为活泼元素,但Hg为典型的铜型离子,As、Sb为典型的半金属,在电子构型、分子轨道及轨道能、离子半径、与硫的亲合力等方面存在差异,也是造成它们成矿分异的内在原因。

2.2 赋矿地层或矿源层初始富集的差异

成矿元素初始富集的差异,造成Au、As、Sb、Hg成矿元素区域上分布的不平衡,是控制区域Au、As、Sb、Hg矿床空间分布的因素之一。Au、Sb、Hg矿带(区)与赋矿地层或矿源层高的富集倍率具有相对性(图2)。在微细浸染型金矿主要赋矿地层黔西南、桂西北的三叠系中,Au相对于上部大陆地壳平均含量的富集倍率达到几倍到十几倍,华南锑矿带的赋矿地层湘西板溪群、泥盆系余田桥组中Sb的富集倍率达到几十倍到几百倍,富含Hg矿的三都丹寨寒武系中,Hg的富集倍率达到近十倍。

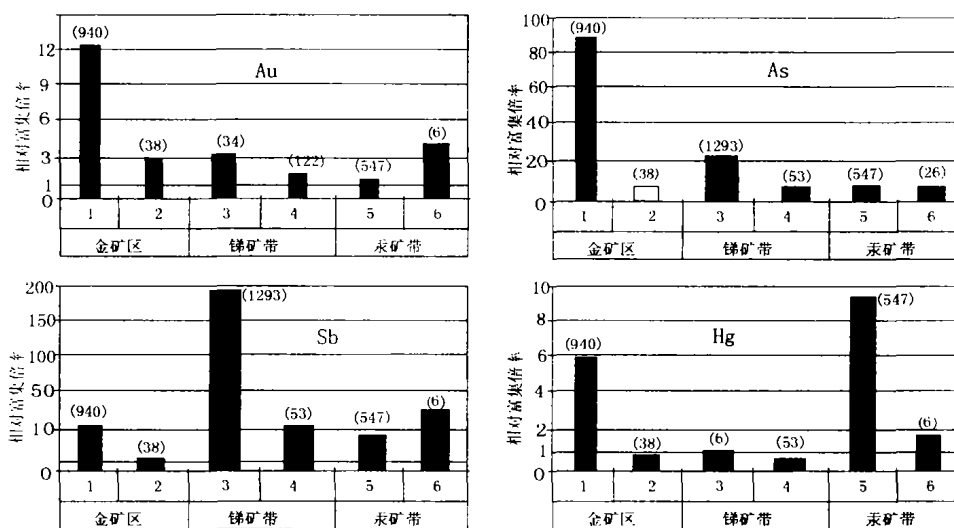


图2 金矿区、锑矿带、汞矿带主要赋矿地层 Au、As、Sb、Hg 富集倍率

Fig. 2. Enrichment rates of Au, As, Sb and Hg in main host strata of the Au ore field and Sb and Hg ore belts.

1. 黔西南三叠; 2. 桂西北三叠系; 3. 湘西板溪群; 4. 泥盆系余田桥组; 5. 三都丹寨寒武系; 6. 湘西寒武系

(注:富集倍率指地层平均含量/上部地壳平均含量;地层平均含量数据据文献[11~16];括号内数字为统计的样品数。)

2.3 地层岩性

Au、As、Sb、Hg矿床往往与特定的地层岩性相对应,暗示赋矿地层或矿源层对Au、As、Sb、Hg富集能力、活化率以及水岩反应的差异,可能是导致它们初始分异的重要因素之一。

经不完全统计表明(图3),分布在滇、黔、桂三角区的微细浸染型金矿,如烂泥沟、紫木函、戈塘、金牙、高龙等大、中型Au矿床,赋矿地层的岩性主要为粘土质粉-细砂岩、粉砂岩、粘土岩等细碎屑岩和不纯碳酸盐岩;华南锑矿带的锑矿尽管含矿岩性较多,但是,具有工业意义的锑矿主要赋存在(火山、变质)碎屑岩-碳酸岩系中,例如超大型的锡矿山锑矿主要位于砂岩、灰岩、页岩构成的余田桥组中,沃溪、半坡锑矿分别赋存在板溪群马底驿组板岩、泥盆系丹林

组石英砂岩中,马雄锑矿位于寒武系白云岩与泥盆系粉砂岩接触部位的泥盆系粉砂岩中,独山的巴年锑矿分布在独山组的碳酸岩与砂岩的接触面,贵州晴隆大厂锑矿则赋存在由下二叠统茅口组灰岩的顶部、上二叠统峨眉山玄武岩的底部和其间的火山碎屑岩组成的大厂层中。具有工业意义的汞矿则主要赋存在含白云岩和有机质含量高的碳酸岩系中,如务川、铜仁、丹寨汞矿均主要产于白云岩、白云质灰岩中,滥木厂汞矿位于炭质泥岩中。对贵州省区域上不同岩性中Hg的富集倍率的研究表明^[17],炭质页岩、白云岩对Hg具有超常富集作用(图4)。砷矿床的岩性选择不是十分明显,黔西南的丫他、广西的河池水落砷矿主要赋存在碎屑岩中,湘西北的石门雄黄矿则产在碳酸盐岩建造中。

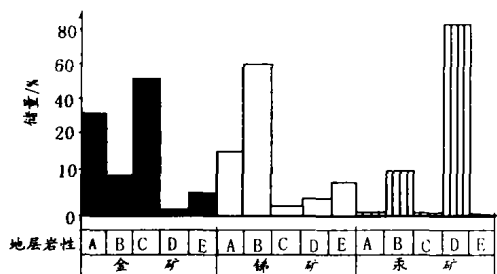


图 3 Au、As、Sb、Hg 矿床与赋矿围岩岩性
Fig. 3. Deposits of Au, As, Sb and Hg and lithology of the host rocks.

A. 前寒武系变质细碎屑岩-碳酸盐岩系; B. 细碎屑岩-碳酸盐岩系; C. 细碎屑岩系; D. 碳酸盐岩系; E. 火山-沉积岩(碳酸岩)系

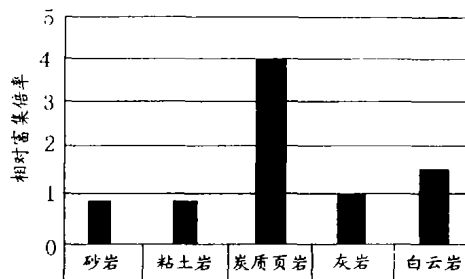


图 4 贵州地区不同岩性地层中 Hg 的富集倍率
Fig. 4. Enrichment rates of Hg in the strata of different lithologies from Guizhou.

2.4 层控性

Au、As、Sb、Hg 矿床都表现出一定的层控性, 虽然矿化层位可以很多, 但主要的矿床则集中在一些特定的地层中, 而且 Au、As、Sb、Hg 矿床的主要赋矿层位具有明显的不同。对滇、黔、桂微细浸染型金矿床的统计表明(图 5), 虽然在泥盆、石炭、二叠、三叠系地层中都有分布, 但绝大多数大、中型金矿床产于三叠系地层中, 如烂泥沟、百地、丫他、板其、金牙、高龙等, 其中三叠系地层中的许满组、边阳组、百逢组是最主要的含矿层位; 湘西南的脉状金矿床, 90% 以上产于元

古代的板溪群中, 少量位于冷家溪群和震旦系下统江口组。大型、超大型 Sb 矿床(锡矿山、木利、马雄、茶山、半坡等锑矿)主要赋存在泥盆系地层中, 其次是上元古代板溪群、震旦系的地层中, 如沃溪、渣滓溪、板溪、龙山、平茶锑矿等, 二叠系也有大、中型锑矿分布, 如黔西南的晴隆大厂锑矿。从储量上看, 80% 以上的 Hg 矿床位于寒武系地层中。石门雄黄矿位于晚寒武—奥陶系的地层中。但是, 值得指出的是, 这种层控性并不一定说明相应的地层提供了物源及其沉积成因, 而更可能是提供了矿质沉淀的空间和各自有利的沉淀环境。

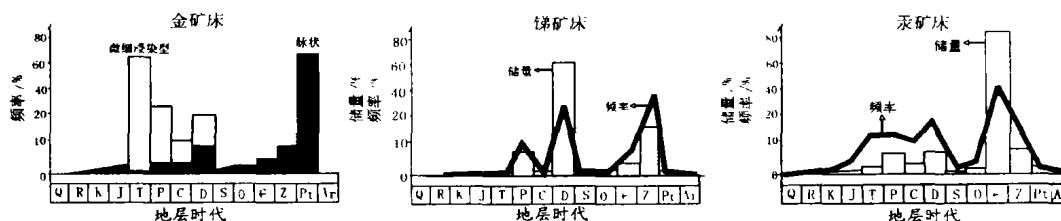


图 5 Au、Sb、Hg 矿床储量、频率与地层时代的统计图

Fig. 5 Statistical chart of Au, Sb, Hg reserves, frequency and strata age.

2.5 区域地热场差异

不同地区岩浆活动、构造活动强度和背景的不同, 将导致地热场的不均一性。由于 Au、As、Sb、Hg 成矿元素活化、迁移、沉淀, 需要不同的地热场, 所以地热场的背景特征将对低温热液矿床的分布及其共生分异起重要的控制作用。根据地层岩石中镜质体反射率资料^[18]和镜质体反射率与地温的对应关系, 可以推算出贵州境内地热场背景的二维三维有限元模型(图 6)。从图中可以看出, 由滇、黔、桂微细浸染型金矿带到黔东汞矿带, 地热温度呈逐渐降低的趋势。

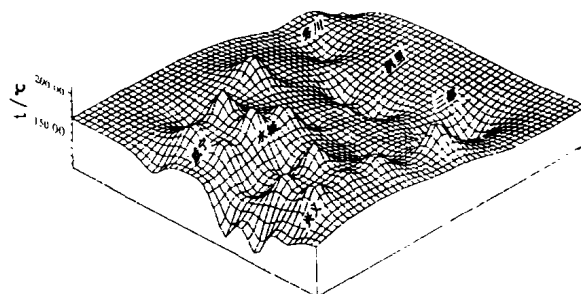


图 6 贵州区域地热场分布的二维三维有限元模型
Fig. 6. Two- and three-dimension finite-element model of the regional geothermal field in Guizhou.

2.6 温度

Au、As、Sb、Hg 从成矿流体中沉淀时,对温度的响应具有明显的差异,这是导致 Au、As、Sb、Hg 成矿时产生分异的重要因素。对 Au、Sb、Hg 矿床中的方解石、石英等矿物包裹体均一温度、爆裂温度大量的测试数据的统计表明,微细浸染型金矿床成矿温度的众值在 140~260 °C 范围内,平均值为 198 °C;晴隆大厂锑矿床的成矿温度变化于 145~190 °C,平均值为 169 °C;万山汞矿的成矿温度在 60~180 °C 之间,平均值为 123 °C(图 7)^[1]。成矿温度由微细浸染型金矿床—锑矿床—汞矿床呈明显降低的趋势。

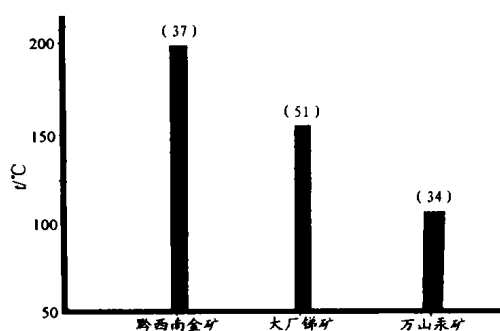


图 7 Au、Sb、Hg 矿床矿物包裹体均一温度统计图
Fig. 7. Statistical chart of the homogenization temperatures of fluid inclusions from Au, Sb and Hg deposits.

2.7 大地构造背景环境

我国 Au 矿床的大陆边缘成矿十分明显, Au 矿床在被动大陆边缘内侧较发育,如华北地台中间的胶东、小秦岭、燕辽金矿带等。扬子地块西南缘的 Au、As、Sb、Hg 矿床的分布,尤其是 Au、Sb 矿床的分布,受大陆边缘控制也十分明显, Au、Sb 矿床

主要分布扬子地块西南边缘带,大型、超大型 Hg、As 矿床则位于扬子地块的内部(图 1)。地台的边缘是构造的薄弱带,是构造活动、岩浆活动、变质作用等地质热事件活动最频繁的地带,而且具有长期活动的历史,有利于成矿物质的多次浓集;特别是燕山期华南地块由 SE 向扬子地块的俯冲,将使扬子地块西南缘的壳幔作用等更加强烈而频繁,并造成巨大的地热异常,深部成矿流体上涌。各种流体包括岩浆、变质和水热流体汇聚。此时,边缘带深部结晶基底中的 Au,由于离子半径较大,在强烈的挤压条件下,不稳定而迁出; As、Sb、Hg 等低温条件下稳定的元素,由于地热温度的升高、水热流体的淋滤而活化迁移,最终形成 Au、As、Sb、Hg 共生的、多来源的混合型成矿流体。Au、Sb 首先沉淀成矿,但是由于地台的边缘地热温度、成矿流体的温度高,不利于 Hg、As 低温成矿元素的沉淀,因此 Hg、As 迁移到扬子地块内部成矿,由此造成了 Hg、As 与 Au、Sb 成矿带的分异。

3 结论

扬子地块西南缘滇、黔、桂、湘地区的 Au、As、Sb、Hg 等低温热液矿床,在空间的分布上存在共生分异现象,即 Au、As、Sb、Hg 矿床、矿带在空间分布上,如影随形,密切相伴,但彼此又往往以独立的矿床、矿带存在。Au、As、Sb、Hg 等矿床在空间的分布上的共生分异,受元素自身元素化学性质、赋矿地层或矿源层初始富集的差异、地层岩性、层位、区域地热场差异、成矿物化条件等多重因素耦合的制约。

参 考 文 献

- [1] 涂光炽. 中国超大型矿床(I)[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [2] 《中国矿床发现史·贵州卷》编委会. 中国矿床发现史(贵州卷)[M]. 北京: 地质出版社, 1996.
- [3] 王国田. 广西金牙金矿床地质特征及成因[A]. 中国卡林型(微细浸染型)金矿[C]. 南京: 南京大学出版社, 1994.
- [4] 张峰, 杨科佑. 黔西南微细浸染型金矿裂变径迹成矿时代研究[J]. 科学通报, 1992, (17): 1593~1595.
- [5] 苏文超, 杨科佑, 胡瑞忠, 等. 中国西南部卡林型金矿床流体包裹体年代学研究[J]. 矿物学报, 1998, (3): 359~362.
- [6] 彭建堂, 胡瑞忠, 林源贤, 等. 锡矿山锑矿床热液方解石的 Sm-Nd 同位素定年[J]. 科学通报, 2002, (10): 789~792.
- [7] 韦文灼. 马雄锑矿床的地质特征[J]. 西南矿产地质, 1993, 7(2): 8~16.
- [8] 俸月星, 陈民扬, 徐文圻. 独山锑矿稳定同位素地球化学研究[J]. 矿产与地质, 1993, 34(7): 119~126.
- [9] 曾若兰. 中国汞矿[M]. 四川科学技术出版社, 1988.
- [10] 严均平. 贵州汞矿地质特征及成因[A]. 贵州汞矿地质[M]. 北京: 地质出版社, 1989.
- [11] 鲍振襄. 湖南西部层控锑矿床[J]. 矿床地质, 1989, (4): 49~60.

- [12] 花永丰. 贵州万山汞矿[M]. 北京: 地质出版社, 1995.
- [13] 何江, 马东升, 刘英俊. 中低温含硫、氯水溶液对地层中金、锑、汞、砷的淋滤实验研究[J]. 地质论评, 1996, 42(11): 76~85.
- [14] 张景荣. 黔西南地区微细浸染型金矿床的层控地球化学[J]. 南京大学学报, 1993, 29(2): 183~192.
- [15] 刘金钟. 桂西北中三叠统板纳组金及其相关元素的地球化学[J]. 桂林冶金地质学院学报, 1992, 12(2): 190~195.
- [16] 何立贤. 汞矿带中金矿成矿条件及赋存规律[J]. 贵州地质, 1990, 7(3): 187~195.
- [17] 向茂木. 论贵州汞矿成因[J]. 贵州区域地质, 1983, 13(1): 58~88.
- [18] 王华云. 贵州铅锌矿地质[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1996.
- [19] 朱赖民. 扬子地块西南缘(贵州)低温金属成矿域元素共生分异机制研究[R]. 中科院地球化学研究所博士后出站报告. 1998.

REGIONAL ASSOCIATION AND FRACTIONATION MECHANISM OF Au, Sb, Hg AND As DEPOSITS IN VAST EPITHERMAL MINERALIZATION AREA AT THE SOUTHWESTERN MARGIN OF THE YANGTZE BLOCK

SUN Guo-sheng^{1,2}, HU Rui-zhong¹, WANG Guo-zhi¹, SU Wen-chao¹, ZHU Lai-min³

(1. Open Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China; 2. Jilin University, Changchun 130026, China)

Abstract

The association and fractionation phenomena of Au, Sb, Hg and As deposits located in the epithermal mineralization area at the southwestern margin of the Yangtze Block have been identified during mineralization. Although these epithermal deposits and ore belts are associated with each other, their spatial occurrence is of relative independence. The mechanism of association and fractionation has not been clear up to now. Based on the regional distribution and geological setting of Au, Sb, Hg and As deposits and ore belts, the mechanism of association and fractionation of these epithermal deposits or ore belts will be discussed in different aspects in this paper.

Key words: Southwest Yangtze Block; epithermal mineralization area; deposits of Au, Sb, Hg and As; association and fractionation