

云南个旧矿集区区域构造—岩浆演化 与锡铜多金属成矿系统

徐启东^{1,2}, 夏庆霖^{1,2}, 成秋明^{1,2}

1. 中国地质大学资源学院, 湖北武汉 430074

2. 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室, 湖北武汉 430074

摘要: 个旧矿集区是滇东南最重要的锡铜多金属矿产地之一, 形成了云英岩—石英脉型矿化、与矽卡岩化有关的锡石—硫化物型矿化、蚀变基性火山—次火山岩型矿化和与断裂有关的各种脉型矿化构成的锡铜多金属成矿系统。根据区域构造—岩浆演化与锡铜多金属矿化系统的配置关系研究, 认为燕山晚期复式花岗岩体侵位进入以中三叠统为主的碳酸盐岩地层组成的褶皱带中, 锡铜等金属元素的成矿富集产生于花岗岩体与围岩接触带及其附近发生的接触交代和更远处发生的交代—充填过程。成矿元素主要源自燕山期中下部地壳物质熔融形成的花岗岩浆和印支期裂谷环境中来自地幔的玄武岩—辉绿岩—辉长岩类, 多期脉动式的岩浆活动驱动了一个长效的热液系统, 这些要素共同构筑了这一巨量的金属矿集区。由此建立了个旧矿集区的区域成矿模型, 并对进一步寻找新的矿化类型提出了理论线索。

关键词: 区域构造环境; 多期岩浆活动; 源区; 矿化类型; 滇东南。

中图分类号: P611

文章编号: 1000-2383(2009)02-0307-07

收稿日期: 2008-11-14

Tectono-Magmatic Evolution Related to Metallogenic System in Gejiu Ore-Concentration Area, Southeast Yunnan of China

XU Qi-dong^{1,2}, XIA Qing-lin^{1,2}, CHENG Qiu-ming^{1,2}

1. Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

2. State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

Abstract: Gejiu ore-concentration area is one of the most important occurrences of Sn-Cu polymetallic mineralization in Southeast Yunnan. Sn-Cu polymetallic system of mineralization in the area includes Sn-W greisen-quartz vein type, Cu-massive-sulfide cassiterite type, Cu-Sn altered-basic rock type, and Sn-Pb-Zn vein types of deposits. The study of the relationship between the tectono-magmatic evolution and the Gejiu system of mineralization shows that Sn-Cu polymetal enrichment occurred in and near the contact zone between granite and wall rock through contact metamorphism, metasomatic and filling processes, when the composite granites invaded into folded limestones of Middle Triassic (Gejiu Formation). These metals may come from two reservoirs, i. e. granitic magma originated from the middle-lower crust in the Yenshan period and basalt-diabase-gabbro from the mantle in the Indo-Chinese period. Pulsatory magmatic activities are believed to be the main driving force for the formation of the hydrothermal system for the ore-forming progress. A regional model of mineralization is proposed in this study for assisting mineral exploration and prediction for new types of mineral deposits in this area.

Key words: tectonic setting; composite magmatism; reservoir; type of mineralization; Southeast Yunnan.

个旧矿集区是滇东南最重要的锡铜多金属矿产地之一, 以个旧东区五大矿田为主的一系列矿床的

产出具有独特的矿床学特征。经过几十年的勘查、开采和科学研究, 对各类矿床的基本特征和主要控矿

基金项目: 中国地质调查局项目“重要矿产资源三维预测评价方法与示范”(No. 1212010633810); 教育部创新团队基金(No. IRT0755); 地质过程与矿产资源国家重点实验室科技部专项经费资助。

作者简介: 徐启东(1957—), 男, 教授, 主要从事矿床学和地球化学方面的研究。E-mail: xuqd@cug.edu.cn

要素都有了很好的掌控(李树基等, 1984; 庄永秋等, 1996)。随着个旧矿集区深部和西区找矿工作的进一步展开, 陆续又有了新的发现和认识, 进一步推动了对整个矿集区及邻区成矿规律和找矿前景的新探索。本文从区域构造—岩浆演化与成矿系统的配置关系出发, 讨论和建立个旧矿集区的区域成矿模型, 为开展矿产资源三维预测评价方法研究, 构筑综合信息模型提供目标和依据。

1 区域构造—岩浆活动框架

个旧矿集区所在的滇东南地区自古生代以来处于华南陆块形成及其西南部裂解和重组的演化历程中, 主要经历了早古生代末期华南褶皱带拼合到扬子陆块的加里东运动、晚古生代—早中生代华南陆块西南侧右江裂谷盆地的形成、金沙江—哀牢山洋盆发育和向西侧昌都—思茅地块俯冲事件的影响, 印支期因金沙江—哀牢山洋盆和澜沧江洋的闭合、碰撞和右江裂谷盆地向前陆盆地的转变与构造变形, 燕山期三江碰撞造山带的碰撞后隆升, 喜山期陆内的进一步汇聚及红河走滑断裂系统的发育, 最终构成了该区现今的地质构造面貌(曾允孚等, 1995; 莫宣学等, 1998; 李兴振等, 1999; 曾普胜等, 2002; 万天丰, 2004; 李锦轶, 2004)。图 1 表示了这一区域不同构造事件演化的主要程式, 它们与特提斯构造域的演变密切相关, 并受到太平洋构造域的影响。

加里东运动使得地球化学属性不同的华南褶皱

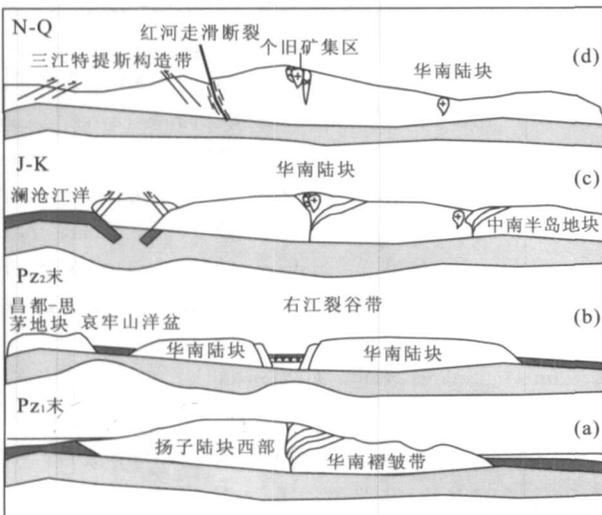


图 1 滇东南及邻区古生代以来主要构造事件演化程式
Fig. 1 Tectonic progresses since Paleozoic in Southeast Yunnan and its adjacent region

带拼合到扬子陆块南缘构成了晚古生代开始的华南陆块, 使得该区的岩石圈组成和陆壳的各种金属元素再循环产生了新的内容(图 1a)。晚古生代开始, 华南陆块西南部普遍裂陷化, 形成以右江裂谷盆地为代表的一系列张性断裂构造, 陆缘的一部分裂陷发育成为金沙江—哀牢山一线的一组洋盆, 造成一些陆块的碎片与华南板块向西分离, 昌都和兰坪—思茅地块就是保存下来的这样一些碎片或碎片的拼合体(图 1b)。二叠纪开始, 金沙江—哀牢山洋盆陆块一侧向西朝昌都和兰坪—思茅地块方向俯冲, 右江裂谷盆地的大部分仍然持续保留着这一构造—沉积状态, 这可能与这一时期、这一区域以峨眉山玄武岩为代表的幔柱活动所代表的垂向物质流的活动有关。三叠纪末期华南陆块西缘几个洋盆和澜沧江洋的碰撞闭合及中南半岛地块与华南陆块南部的碰撞对接引发的印支运动波及滇东南地区发生了一系列的褶皱和断裂变形, 右江裂谷盆地夭折, 并在燕山晚期明显出现了碰撞后的区域地壳隆升(图 1c)。进入喜山期, 随着印度板块与欧亚板块的俯冲碰撞, 来自西面的挤压作用使得本区陆壳物质汇集变形, 逆冲推覆和走滑构造发育, 尤其是先哀牢山断裂的左行走滑和后红河断裂的右行走滑, 将本区与三江构造带许多链接关系切断了(图 1d)。

个旧矿集区所在部位成为滇东南地区特定构造演化过程中岩浆活动的主要汇聚地之一。与区域构造环境和演化对应的岩浆活动及其性质主要表现在发育了与裂谷构造环境和碰撞后构造演化阶段有关的喷发和侵入岩类。前者主要表现为二叠系峨眉山玄武岩类和中三叠统个旧组中玄武岩、碱性玄武岩等火山岩及相应的辉绿岩等浅成侵入岩(贾沙辉长岩可能属于这个阶段的产物), 后者则主要表现为燕山晚期形成的复式花岗岩体和喜山期与走滑活动相关的碱性正长岩体组成的个旧复式侵入杂岩。薄竹山和老君山杂岩体则分别是滇东南地区另外两个燕山期岩浆活动和金属矿化的汇集地。不同时期侵入岩体汇集成区而点状散布是滇东南岩浆活动的一个明显特征。

2 矿集区的矿化类型和成矿作用

个旧矿集区的有用元素和矿化类型多种多样(庄永秋等, 1996), 几乎涵盖了与花岗岩有关的锡多金属矿化的所有类型(Cerny *et al.*, 2005; Meinert



图 2 个旧矿集区岩浆活动与不同类型矿化产状和分布的样式

Fig. 2 Spatial distributions of magmatic activity and different types of mineralization in Gejiu area

① 云英岩—石英脉型矿化; ② 锡石—硫化物型矿化; ③ 蚀变基性火山—一次火山岩型矿化; ④ 与断裂有关的各种脉型矿化; ? 表示推测可能出现的矿化类型部位

et al . , 2005) .有用元素以 Sn、Cu、Pb、Zn、Ag 为主, 伴生的 W、Be、Au、Bi、Mo、REE 等为辅; 矿化类型除与表生作用有关的砂锡矿化和离子吸附型矿化外, 还有云英岩—石英脉型矿化、与矽卡岩化有关的锡石—硫化物型矿化、蚀变基性火山—一次火山岩型矿化以及与断裂有关的各种脉型矿化(图 2). 这些主要的有用元素和原生矿化类型都与高中温流体的成矿作用有关. 层间氧化型矿化则囊括了锡石—硫化物型矿化、蚀变基性火山—一次火山岩型矿化和近顺层的断裂破碎带中的脉型矿化. 遭受后期酸性地下水氧化淋滤改造的产物, 并非一种原生矿化类型的风化产物.

个旧矿集区的原生矿化都与个旧燕山晚期复式花岗岩体存在直接和间接的联系, 它们都分布在个旧复式侵入杂岩体所影响的锡铜多金属成矿系统范围内(图 3a). 从岩体接触带到近接触带再到远接触带, 大致存在一个云英岩—石英脉型矿化→锡石—硫化物型矿化、蚀变基性火山—一次火山岩型矿化→与断裂有关的各种脉型矿化的分带性(图 2 中由①到④); 具体到不同矿田、矿床的所在部位, 则由于花岗质岩浆复式侵入引起的多期多阶段热液成矿的叠加和容矿构造的多样性, 这种分带性的面貌常常被模糊了.

从成矿作用类型来看, 成矿流体在花岗岩体与围岩接触带, 以及近接触带的接触交代和交代作用是形成个旧矿集区原生矿化的主要机制; 从成矿流体性质来看, 个旧矿集区的原生矿化主要涉及与燕山晚期复式花岗岩有关的岩浆热液的形成演变及与

所侵位的三叠纪地层中地下水之间相互作用; 从成矿物质来源看, 主要受到个旧燕山晚期花岗岩浆的区域中下部地壳的组成和印支期玄武质岩浆的区域上地幔成分的制约以及中三叠统个旧组沉积岩系组成的一定影响. 因此, 成矿流体形成和与矿集区具有不同成矿有利性质的岩石之间发生的交代作用所引起的岩浆源区和就位区各种成矿元素的再分配和浓集的事件、过程和控制因素, 就是个旧矿集区区域成矿的基本问题.

3 构造—岩浆演化与锡铜多金属矿化系统的配置关系

个旧矿集区主要的原生矿化类型受制于岩浆活动热驱动提供的大范围流体流动和不同来源的成矿元素循环进入区域地壳浅部有利部位的配置, 形成了一个以燕山晚期花岗岩浆侵入活动为核心、相互关联的锡铜多金属矿化系统. 区域构造环境和岩浆活动性质及其演化如何支撑成矿物质输送到上部地壳层次的热液体系中, 参与大规模成矿就是矿集区成矿发生和成矿有利度的基础.

个旧矿集区优势成矿元素的一个明显特征是集合了其东侧南岭地区与花岗岩类有关的相似矿床的优势成矿元素 Sn、W、Pb、Zn、Ag 等(从赣南、湘南—粤北到桂东北栗木—富钟贺一带和桂北丹—池一带)和其西侧滇中地区的不同时期成矿的优势成矿元素 Cu(滇中从早元古代到中生代都发育以 Cu 为主的各类矿床, 如大红山 Fe-Cu 矿床、东川式 Cu 矿床、震旦系沉积 Cu 矿床、中生代砂岩型 Cu 矿床等), 分别代表了华南褶皱带和扬子陆块西部陆壳中成矿元素浓集形成的优势矿种, 个旧矿集区花岗岩和矿床的铅同位素组成(张欢等, 2004; 黎应书等, 2006)所显示的由两个相邻区域有关金属矿床的铅同位素组成(秦德先和孟清, 1994; 高子英, 1997; 刘玉平等, 2000; 钱祥贵和李志伟, 2000; 张招崇和王福生, 2003)的混合趋势支持了这一认识(图 3b₂). 由此可见, 位于地球化学属性不同的华南褶皱带和扬子陆块西部拼合地带附近的个旧矿集区(图 3b₁), 在燕山晚期花岗岩浆形成的中下部地壳源区存在两种陆壳组成的混合, 两种区域地壳中的优势矿化元素 Sn、Cu 等得以萃取进入花岗质岩浆中, 并在岩浆热液中和与地下水的混合中再次富集, 在交代围岩和充填裂隙中进一步浓集, 构成了矿集区工

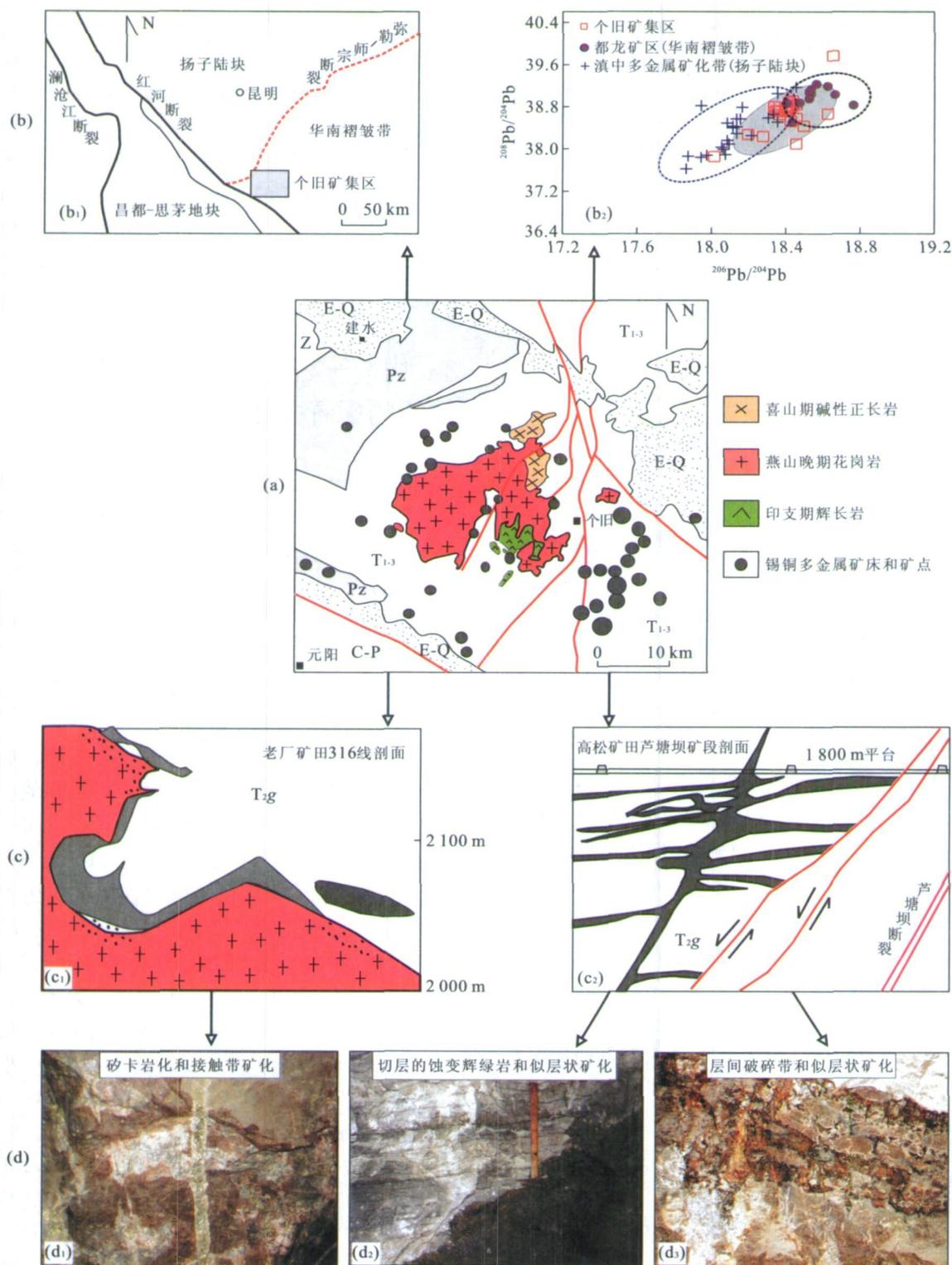


图3 个旧矿集区不同矿化类型与主要成矿元素源区之间关系在不同观察尺度中的表现

Fig. 3 Views of relationship between the ore-forming types and the sources of ore elements in Gejiu area

a. 个旧矿集区的主要控矿要素和矿化的分布; b. 区域构造部位和铅同位素组成指示了成矿源区的壳-壳混合性性质; c. 矿集区内三类主要的矿化类型; c₁ 为砂卡岩型矿化(壳源为主); c₂ 为蚀变基性岩型和构造破碎带控制脉型矿化的复合(分别以幔源和壳源为主); d. 图3c中三类矿化的露头影像(d₁ 为接触带型; d₂ 为蚀变基性岩型; d₃ 为风化改造的构造破碎带型)

业矿体的主要贡献之一(图 3c 和图 3d, 3d₃)。

相当数量的 T₂ 变玄武质火山岩的识别, 结合之前已经识别出的辉绿岩以及早于燕山晚期花岗岩形成的贾沙辉长岩体的存在, 说明这是一个印支期火山一次火山—浅成侵入岩集中分布区, 指示个旧矿集区所在的部位在个旧组沉积成岩时期曾经是右江裂谷盆地发育末期的一个基性岩浆活动中心, 来自地幔的岩浆活动, 其主要的优势矿化元素将是 Cu、Au、Ni、Co 等, 在后期的热液活动中, 流体—岩石相互作用将易使 Cu、Au 得到进一步浓集 (Meinert, 2000)。成矿流体交代层状—似层状的玄武岩和辉绿岩构成的以 Cu 为主的蚀变基性火山一次火山岩型矿化(图 3c 和图 3d 中), 已经成为矿集区另一个重要的工业矿体来源就是一个明证。作为这一时期基性岩浆活动的另一重要部分的贾沙辉长岩体受到燕山晚期花岗岩浆的同化混染特征明显, 但与花岗岩有关的成矿流体对它的蚀变改造及相应的矿化可能更有潜力, 应该进入研究的视野。

近十余年来, 由于对个旧矿集区内个旧组基性火山岩层的识别和层间氧化型矿体残留硫化物中鲕状和胶状黄铁矿的发现, 一些学者提出存在与印支期火山活动相关的海底热液喷流沉积形成的似层状硫化物矿体或贫矿层, 为矿集区的成矿提供了物质基础的认识 (周建平, 1999; 谈树成等, 2004; 黎应书等, 2007)。但正如已有研究者所指出的那样 (张洪培等, 2006), 这里有两个问题, 一是发现存在这些结构的矿化围岩属于不同的时代, 个旧为中三叠统, 白牛厂和都龙为中寒武统, 但为不同的地层组, 且在矿区之外的这些地层中没有出现含硫化物层, 因此不能认为不同时代的地层中都有海底热液喷流沉积的硫化物层出现。硫化物层仅仅出现在非常局限的后期同时代花岗岩浆活动影响的范围内。实际上, 层间氧化型矿体是各种似层状矿化体氧化后的结果, 并非对应于某种单一的矿化类型。二是其中的一些结构具有多解性, 例如胶状球粒黄铁矿, 它们可以是在两种温度不同的流体混合时快速结晶的产物 (Xu and Scott, 2005), 在个旧矿集区, 岩浆热液与地下水在顺层破碎带中相遇就可形成这种胶状球粒黄铁矿。因此, 在滇东南这几个与花岗岩有关的矿化区中, 海底热液喷流沉积的硫化物层作为矿源层是依据不足的。

基性岩浆活动中心和花岗岩浆活动中心在个旧矿集区的汇合, 得益于海西—印支期右江裂谷盆地和燕山晚期碰撞后隆升阶段的垂向伸展, 都发生在

早古生代末期华南褶皱带与扬子陆块拼合边界附近这一构造薄弱地带, 先后造成了幔源物质和地壳中下部的壳—壳混源物质输导到了这一个有限的空间, 成矿元素在地壳内和壳—幔之间再循环实现了预富集, 为成矿的发生准备了良好物质基础, 而印支期—燕山期—喜山期的长期脉动式的岩浆活动和热液活动, 出现了一个局部但持续时间足够长的高热流区域, 又为花岗质岩浆热液中成矿元素的浓集成矿、周边地下水加热循环系统形成、岩浆热液和岩浆热液—地下水混合流体交代基性岩浆活动形成的玄武岩层—辉绿岩床/岩脉—残留的辉长岩块/捕虏体成矿、在各种断裂中交代—充填成矿, 驱动了一个巨大的热液系统。以个旧组为主的三叠系碳酸盐岩和泥质碳酸盐岩地层在印支期末—燕山早期的强烈挤压变形和燕山晚期复式花岗岩体侵位上顶造成的先成变形构造松弛, 加强了这些岩石本身的化学活动性, 有利于交代和充填作用的充分进行, 有利于形成从高温到低温的一系列不同类型的矿化。从现有的已知矿化类型集中在高中温形成条件来看, 缺少成型的中低温—低温对应的矿化类型, 因此, 这也将是具有找矿潜力的研究对象。

个旧矿集区所在区域的构造环境和相应的岩浆活动的发生和演化, 为不同来源的优势成矿物质的富集和长期有效的热液系统的产生, 发挥了主要的作用, 形成了一个巨大的锡铜多金属矿化系统。综上所述, 可以为矿集区的区域成矿模型构筑基本的格架, 由此为进一步的找矿和三维预测评价方法提出新的线索和目标。

4 区域成矿模型

(1) 成矿环境: 燕山晚期复式花岗岩体在碰撞造山期后侵位进入以中三叠统为主的碳酸盐岩地层组成的褶皱带中, 锡铜等金属元素的成矿富集产生于花岗岩体与围岩接触带及其附近发生的接触交代和更远处发生的交代—充填过程, 成矿元素主要源自中下部地壳物质熔融形成的花岗岩浆和之前印支期裂谷环境中分布在地层中的来自地幔的玄武岩—辉绿岩—辉长岩类, 长期脉动式的岩浆活动驱动了一个长效的热液系统, 使得成矿元素在其中分配和再分配而得到浓集, 形成了一个燕山晚期花岗岩浆侵入活动为核心的锡铜多金属矿化系统。

(2) 矿化类型: 应该包括了从高温—中温—低温

的一系列矿化类型。从接触带到远离的围岩存在大致的规律性分布:云英岩—石英脉型矿化——与矽卡岩化有关的锡石—硫化物型矿化——蚀变基性火山—次火山岩—侵入岩型矿化——与断裂有关的各种脉型矿化。其中在个旧西区开展蚀变基性侵入岩型矿化、在矿集区外缘开展低温型矿化的研究,可能发现新的矿化类型,增加找矿潜力(图 2 中标示问号之处)。

(3)控矿因素和条件:复杂的岩体—围岩构造叠加接触带、层间破碎带、各种级序的断裂及与基性岩石和层间破碎带等交切相连的断裂都是矿化产出的有利空间。需要进一步加强贾沙岩体深部和边部残留部分的产状和蚀变特征的研究;需要进一步加强矿集区外缘地带低温型矿化(Ag-Au 为主)产状和分布的研究,并注意喜山期侵入岩体热驱动地下水循环对低温型矿化的影响。

References

- Cerny, P., Blevin, P. L., Cuney, M., et al., 2005. Granite-related ore deposits. In: Hedenquist J. W., Thompson, J. F. H., Goldfarb, R. J., et al., eds., *Econ. Geol.* 100th anniversary volume 1905—2005. Society of Econ. Geol. Inc., Littleton, Colorado, USA, 337—370.
- Gao, Z. Y., 1997. Characteristics of Pb isotope in main Pb-Zn deposits of Yunnan. *Geology of Yunnan*, 16(4): 359—367 (in Chinese with English abstract).
- Li, J. Y., 2004. Structural characteristics of crustal “mosaicking and superimposition” of the continent of China and its evolution. *Geological Bulletin of China*, 23(9—10): 986—1004 (in Chinese with English abstract).
- Li, S. J., Zhang, Z. X., Jiang, Y. N., et al., 1984. *Geology of tin deposit in Gejiu of China*. Metallurgical Industry Press, Beijing, 1—142 (in Chinese).
- Li, X. Z., Liu, W. J., Wang, Y. Z., et al., 1999. Tectonic evolution and metallogenesis in the Tethys of the Nujiang-Lancangjiang-Jinshajiang area, southwestern China. Geological Publishing House, Beijing, 103—122 (in Chinese with English abstract).
- Li, Y. S., Qin, D. X., Dang, Y. T., et al., 2006. Lead and sulphur isotope of Gejiu tin deposit in Yunnan Province. *Geology and Prospecting*, 42(2): 49—53 (in Chinese with English abstract).
- Li, Y. S., Qin, D. X., Hong, T., et al., 2007. The ore-controlling of basalt of the Indo-Chinese epoch in eastern Gejiu, Yunnan Province. *Nonferrous Metals (Mining)*, 59: 26—29 (in Chinese).
- Liu, Y. P., Li, C. Y., Gu, T., et al., 2000. Isotopic constraints on the source of ore-forming materials of Dulong Sn-Zn polymetallic deposit, Yunnan. *Geology-Geochemistry*, 28(4): 75—82 (in Chinese with English abstract).
- Meinert, L. D., 2000. Gold in skarns related to epizonal intrusions. *Reviews in Economic Geology*, 13: 347—375.
- Meinert, L. D., Dipple, G. M., Nicolescu, S., 2005. World skarn deposits. In: Hedenquist, J. W., Thompson, J. F. H., Goldfarb, R. J., et al., eds., *Econ. Geol.* 100th anniversary volume 1905—2005. Society of Econ. Geol. Inc., Littleton, Colorado, USA, 299—336.
- Mo, X. X., Shen, S. Y., Zhu, Q. W., et al., 1998. Volcanics-ophiolite and mineralization of middle-southern part in Sanjiang area of southwestern China. Geological Publishing House, Beijing, 48—85 (in Chinese with English abstract).
- Qian, X. G., Li, Z. W., 2000. Geological and geochemical characteristics of the Yaoan gold ore deposit in central Yunnan. *Geotectonica et Metallogenia*, 24(S1): 31—36 (in Chinese with English abstract).
- Qin, D. X., Meng, Q., 1994. Geochemical and genetic studies of lead-zinc deposits in central Yunnan. *Scientia Geologica Sinica*, 29(1): 29—40 (in Chinese with English abstract).
- Tan, S. C., Qin, D. X., Chen, A. B., et al., 2004. Regional crust evolution and metallogenesis of Gejiu tin deposit—A discussion. *Acta Mineralogica Sinica*, 24(2): 157—163 (in Chinese with English abstract).
- Wang, T. F., 2004. *Essentials of tectonics in China*. Geological Publishing House, Beijing, 75—271 (in Chinese).
- Xu, Q. D., Scott, S. D., 2005. Spherulitic pyrite in seafloor hydrothermal deposits: Products of rapid crystallization from mixing fluids. In: Mao, J. W., Bierlein, F. P., eds., *Mineral deposit research: Meeting the global challenge*. Springer, Berlin, 711—713.
- Zeng, P. S., Mo, X. X., Yu, X. H., 2002. Nd, Sr and Pb isotopic characteristics of the alkaline-rich porphyries in western Yunnan and its compression strike-slip setting. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 21(3): 231—241 (in Chinese with English abstract).
- Zeng, Y. F., Liu, W. J., Chen, H. D., et al., 1995. Evolution of sedimentation and tectonics of the Youjiang composite basin, South China. *Acta Geologica Sinica*, 69(2): 113—124 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, H., Gao, Z. M., Ma, D. Y., et al., 2004. Pb isotopic compositions and its significance in ore genesis in Gejiu tin-polymetallic deposits. *Acta Mineralogica Sinica*, 24

(2): 149—152 (in Chinese with English abstract).

- Zhang, H. P., Liu, J. S., Li, X. B., et al., 2006. Relationship of granites to tin, silver, copper, lead, zinc, polymetallic deposits in southeastern Yunnan, China. *Contributions to Geology and Mineral Resources Research*, 21(2): 87—90 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, Z. C., Wang, F. S., 2003. Sr, Nd and Pb isotopic characteristics of Emeishan basalt province and discussion on their source region. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 28(4): 431—439 (in Chinese with English abstract).
- Zhou, J. P., Xu, K. Q., Hua, R. M., et al., 1999. Discovery of sedimental fabrics and its significances in Gejiu tin deposit and others. *Progress in Natural Science*, 9(5): 419—422 (in Chinese).
- Zhuang, Y. Q., Wang, R. Z., Yang, S. P., et al., 1996. Gejiu Sn-Cu-polymetallic ore deposits in Yunnan. Seismological Publishing House, Beijing, 1—145 (in Chinese).

附中文参考文献

- 高子英, 1997. 云南主要铅锌矿床的铅同位素特征. *云南地质*, 16(4): 359—367.
- 李锦轶, 2004. 中国大陆地壳“镶嵌与叠覆”的结构特征及其演化. *地质通报*, 23(9—10): 986—1004.
- 李树基, 张志信, 江育楠, 等, 1984. 个旧锡矿地质. 北京: 冶金工业出版社, 1—142.
- 李兴振, 刘文均, 王义昭, 等, 1999. 西南三江地区特提斯构造演化与成矿. 北京: 地质出版社, 103—122.
- 黎应书, 秦德先, 党玉涛, 等, 2006. 云南个旧锡矿床铅、硫同位素研究. *地质与勘探*, 42(2): 49—53.
- 黎应书, 秦德先, 洪托, 等, 2007. 个旧东区印支期玄武岩的控

矿作用. 有色金属(矿山部分), 59(1): 26—29.

- 刘玉平, 李朝阳, 谷团, 等, 2000. 都龙锡锌多金属矿床成矿物质来源的同位素示踪. *地质地球化学*, 28(4): 75—82.
- 莫宣学, 沈上越, 朱勤文, 等, 1998. 三江中南段火山岩—蛇绿岩与成矿. 北京: 地质出版社, 48—85.
- 钱祥贵, 李志伟, 2000. 滇中姚安金矿床地质地球化学特征. *大地构造与成矿学*, 24(S1): 31—36.
- 秦德先, 孟清, 1994. 滇中铅锌矿床地球化学与成因研究. *地质科学*, 29(1): 29—40.
- 谈树成, 秦德先, 陈爱兵, 等, 2004. 个旧锡矿区域地壳演化与成矿探讨. *矿物学报*, 24(2): 157—163.
- 万天丰, 2004. 中国大地构造学纲要. 北京: 地质出版社, 75—271.
- 曾普胜, 莫宣学, 喻学惠, 2002. 滇西富碱斑岩带的 Nd、Sr、Pb 同位素特征及其挤压走滑背景. *岩石矿物学杂志*, 21(3): 231—241.
- 曾允孚, 刘文均, 陈洪德, 等, 1995. 华南右江复合盆地的沉积构造演化. *地质学报*, 69(2): 113—124.
- 张欢, 高振敏, 马德云, 等, 2004. 个旧锡多金属硫化物矿床铅同位素组成特征及其成因意义. *矿物学报*, 24(2): 149—152.
- 张洪培, 刘继顺, 李晓波, 等, 2006. 滇东南花岗岩与锡、银、铜、铅、锌多金属矿床的成因关系. *地质找矿论丛*, 21(2): 87—90.
- 张招崇, 王福生, 2003. 峨嵋山玄武岩 Sr、Nd、Pb 同位素特征及其物源探讨. *地球科学——中国地质大学学报*, 28(4): 431—439.
- 周建平, 徐克勤, 华仁民, 等, 1999. 个旧等锡矿中沉积组构的发现与矿床成因新探. *自然科学进展*, 9(5): 419—422.
- 庄永秋, 王任重, 杨树培, 等, 1996. 云南个旧锡铜多金属矿床. 北京: 地震出版社, 1—145.