

# 云南镇康芦子园铅-锌矿的成矿年龄

朱飞霖<sup>1,2</sup>, 陶 琰<sup>1</sup>, 胡瑞忠<sup>1</sup>, 廖名扬<sup>1,2</sup>, 王银喜<sup>3</sup>, 李玉帮<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, 贵阳 550002;

2. 中国科学院研究生院, 北京 100049; 3. 南京大学现代分析中心, 南京 210093

**摘要:** 芦子园铅锌矿为保山-镇康地块中一个重要的热液矿床。矿床赋存于早古生代碳酸盐岩中, 经人工分选出矿石中的闪锌矿、黄铜矿、与矿石硫化物密切共生的热液石英及石英钾长石脉中的钾长石等共 10 件单矿物样品, 采用 Rb-Sr 同位素定年分析, 获得等时线年龄  $141.9 \pm 2.6$  Ma, 初始锶同位素组成为  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(t=141.9 \text{ Ma})=0.714497$ 。揭示成矿作用时代与中特提斯怒江洋闭合时期大致相当, 矿石初始锶同位素组成也与保山-镇康地块中燕山期花岗岩初始 Sr 同位素组成基本一致, 指示矿床的成因可能与燕山期岩浆活动有关, 是中特提斯怒江洋闭合过程中碰撞造山作用的响应。

**关键词:** 保山-镇康地块; 芦子园铅-锌矿; 成矿年龄; Rb-Sr 同位素

中图分类号: P597<sup>+</sup>. 3 文献标识码: A 文章编号: 1007-2802(2011)01-0073-07

## Formation Age of the Luziyuan lead-zinc Deposit in Zhengkang, Yunnan

ZHU Fei-lin<sup>1,2</sup>, TAO Yan<sup>1</sup>, HU Rui-zhong<sup>1</sup>, LIAO Ming-yang<sup>1,2</sup>, WANG Yin-xi<sup>3</sup>, LI Yu-bang<sup>1,2</sup>

1. State Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences,

Guiyang 550002 China; 2. Graduate School of the Chinese Academy of Science, Beijing, 100049 China;

3. Center of materials analysis, Nanjing University, Nanjing, 210093 China

**Abstract:** The Luziyuan lead-zinc deposit hosted in the early paleozoic carbonate rocks is an important ore deposit in the Baoshan-Zhenkang block. 10 sulfide mineral separates including sphalerites, chalcopyrites, paragenous related quartz and feldspar were separated by hand picking. Rb-Sr analyses yield an isochron age of  $141.9 \pm 2.6$  Ma and an initial  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  of 0.71185. It reveals that the mineralization is contemporaneous with the closure of the meso-Tethys "Lujiang" ocean and the initial Sr isotopic composition of the deposit ore is analogues to that of the Yanshanian granitoid in the Baoshan-Zhenkang block. It can be concluded that the mineralization is genetically related with the granitic magmatism of orogeny which is responsible to the closure of the Meso-Tethys "Lujiang" ocean.

**Key words:** Baoshan-Zhenkang block; Luziyuan Pb-Zn deposit; isochron age; Rb-Sr isotope

保山-镇康地块是三江地区一个次级构造单元, 位于澜沧江断裂以西, 怒江断裂至龙陵-路西断裂(怒江断裂南段西支)以东(图 1), 成矿作用主要形成了铁-铜-铅-锌-银-汞-锡-稀有金属的热液矿床<sup>[2]</sup>。其中, 赋存在早古生代碳酸盐岩中的热液铅-锌(铜)矿为最重要的矿床类型, 典型的矿床有保山核桃坪、镇康芦子园和龙陵勐糯铅-锌等矿床。

目前对保山-镇康地块内部主要铅-锌矿成矿作

用的动力学背景尚不清楚, 是三江地区成矿规律研究中的薄弱环节之一。上述典型矿床尚缺乏精确的同位素成矿年龄; 目前对成矿时代还没有明确的认识, 现有研究主要依据地质现象进行推测, 因而争议纷纭。一般认为勐糯铅-锌矿的成矿于早古生代<sup>[3]</sup>, 保山核桃坪和镇康芦子园铅-锌矿可能与隐伏花岗岩有关, 推测可能为燕山期成矿<sup>[4,5]</sup>。但也有不同看法<sup>[6]</sup>。目前对芦子园铅-锌矿仅有矿石铅同位素

收稿日期: 2010-05-05 收到, 06-04 改回

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目(2009CB421005), 中国科学院重要方向项目(KZCX2-YW-111)及矿床地球化学国家重点实验室专项经费(KCZX2009)资助成果

第一作者简介: 朱飞霖(1981-), 男, 博士研究生, 地球化学专业, E-mail: zhufeilin2000@163.com.

通讯作者: 陶琰(1963-), 男, 博士, 研究员, 岩石学和矿床地球化学专业, E-mail: taoyan@vip.gyig.ac.cn.

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

模式年龄<sup>[1]</sup>,并无确切的年代学资料。有人认为芦子园铅-锌矿可能于加里东、印支和燕山期岩浆热液叠加的多期成矿<sup>[7]</sup>。成矿年代的不确定性造成了对矿床成因认识上的差异,已严重制约着对本区成矿作用的系统认识,影响到研究的深入。本文报道对芦子园铅-锌矿成矿年龄的测定结果。

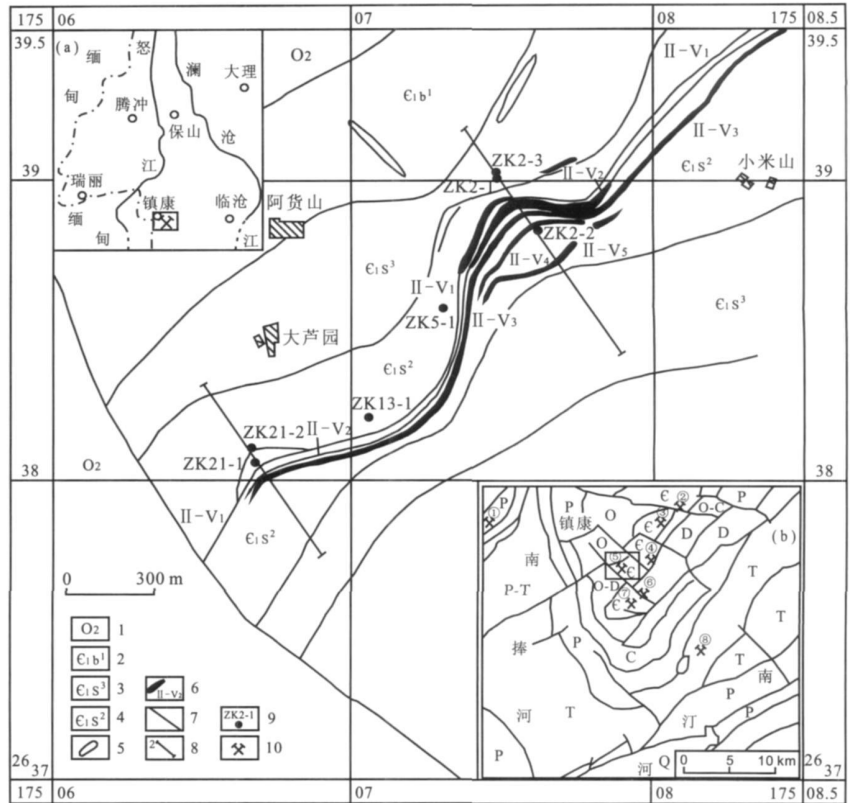
### 1 区域地质背景

保山-镇康地块西界怒江断裂,东界澜沧江断裂,北部在碧江一带由于澜沧江断裂和怒江断裂汇拢而消失,南部延出国境,属滇缅泰地块的组成部分,被认为是晚古生代从冈瓦纳大陆分离出来的<sup>[8]</sup>与和羌塘地块、拉萨地块在二叠纪一直位于冈瓦纳大陆的边缘;从早二叠世至晚三叠世,滇缅泰地块与羌塘地块一起快速向北漂移,导致中特提斯洋张开;从晚三叠世至早白垩世,拉萨地块快速向北漂移,使中特提斯洋闭合,在晚侏罗世完全闭合后,导致腾冲地块和保山地块碰撞,形成高黎贡碰撞构造带<sup>[9,10]</sup>。

保山-镇康地块在早古生代、印支期、燕山晚期和喜马拉雅期出现过花岗质岩浆活动。早古生代(距今500 Ma 前后)的岩浆活动形成了平达岩体<sup>[11,12]</sup>;同期成矿作用形成了勐糯铅-锌矿<sup>[3]</sup>;印支期的岩浆活动形成木场花岗岩岩体、岩房(大雪山)岩体和耿马大山岩体,成因上可能与古特提斯洋的闭合(晚三叠世)有关<sup>[13]</sup>。昌宁-孟连构造带主要形成与岛弧火山岩有关的矿产(如老厂铅-锌矿等<sup>[14]</sup>),该期在保山地块内部的成矿作用结果尚不清楚。燕山期岩浆活动形成的岩体有志本山和柯街等岩体,包括混合岩化作用,

相关的成矿作用可能有保山核桃坪铅-锌矿和镇康芦子园铅-锌矿<sup>[4,15]</sup>。喜马拉雅期的岩浆活动主要受印度板块向欧亚板块碰撞造山的影响<sup>[16~18]</sup>,成矿作用有云龙铁厂锡矿等<sup>[19,20]</sup>。

保山-镇康地块内部的沉积建造为陆壳基底之上的古生代沉积,发育一套浅海-半深海相碎屑岩、碳酸盐岩、硅质岩和笔石页岩等,并有多期多种成矿作用。其中,保山-镇康地块南部的镇康复背斜成矿热液活动较为集中,有芦子园、放羊山、水头山、草坝寨、枇杷水、岩脚山等铅-锌矿床和矿点,以及小干沟金矿、乌木兰锡矿等(图1)。区域重力和航磁资



a. 研究区位置示意图; b. 镇康地区区域地质简图; 1. 中奥陶统; 2. 上寒武统保山组第一段; 3. 上寒武统沙河厂组第三段; 4. 上寒武统沙河厂组第二段; 5. 辉绿岩脉; 6. 矿体及编号; 7. 断裂; 8. 勘探线及编号; 9. 钻孔及编号; 10. 矿床或矿点; ①岩脚山铅-锌矿; ②枇杷水铅-锌矿; ③草坝寨铅-锌矿; ④放羊山铅-锌矿; ⑤芦子园铅-锌矿; ⑥水头山铅-锌矿; ⑦乌木兰锡矿; ⑧小干沟金矿; 据云南地质调查院第四地质大队资料, 转引自文献 [1]

a. Location of research area; b. Geological sketch map of Zhenkang area; 1. Middle Ordovician; 2. The First Member of Upper Cambrian Baoshan Formation; 3. The Third Member of Upper Cambrian Shahechang Formation; 4. The Second Member of Upper Cambrian Shahechang Formation; 5. Diabase veins; 6. Orebody and its number; 7. Fault; 8. Exploration line and its number; 9. Drilling and its number; 10. Ore-deposit; ①Yanjiaoshan lead-zinc deposit; ②Pipashui lead-zinc deposit; ③Caobazhai lead-zinc deposit; ④Fangyangshan lead-zinc deposit; ⑤Luziyuan lead-zinc deposit; ⑥Shuitoushan lead-zinc deposit; ⑦Wumulan tin deposit; ⑧Xiaogangou gold deposit; After ref. [1], the map from the Fourth Geological Survey Division, Yunnan Institute of Geological Survey

图1 芦子园铅-锌矿产出位置及矿区地质图

Fig.1 Geological map of the Luziyuan lead-zinc deposit

料表明,镇康芦子园一带为区域重力负异常区,地表出露有矽卡岩,钻孔和深部坑道中矽卡岩化作用增强并出现钾长石脉,推测有隐伏岩体,显示本区铜-铅-锌多金属矿化可能与隐伏岩体存在成因联系<sup>[1]</sup>。

## 2 矿床地质特征

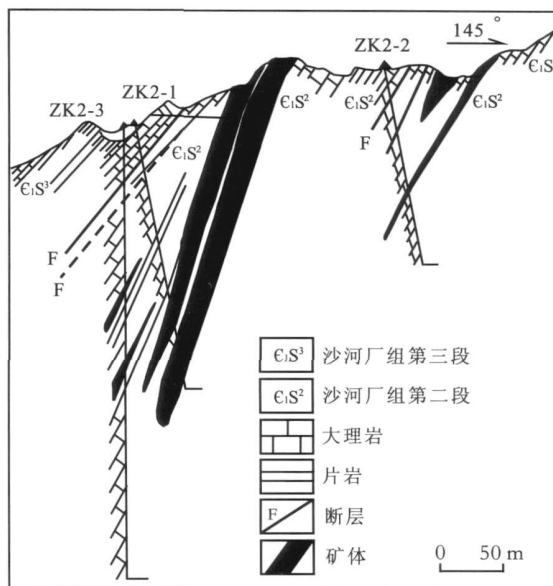
芦子园铅-锌多金属矿位于保山-镇康地块南部的镇康复式背斜的核部。出露地层有上寒武统保山组( $\epsilon 3b$ )含钙质绢云板岩、质粉砂岩夹结晶灰岩,沙河厂组( $\epsilon 3s$ )大理岩夹板岩、绿泥石英片岩。两翼地层为奥陶系-三叠系碳酸盐岩和细碎屑岩。矿体赋存于上寒武统沙河厂组第二段和第三段<sup>[7]</sup>。含矿层主为大理岩与板岩(片岩)互层,层间破碎带是铅-锌矿体的主要赋存部位(沙河厂组为一套大理岩、大理岩化灰岩、板岩和片岩的互层)。矿体呈脉状、似层状、透镜状,大致平行产出,矿体产状与地层产状基本一致(图2)<sup>[21]</sup>。

硫化矿石具浸染状、次块状和条带状构造。原生金属矿物组合为:闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、黄铁矿和磁铁矿。脉石矿物有方解石、石英、绿泥石、阳起石、透辉石、金云母、滑石等。主要有用化学成分为Pb和Zn,伴生有益组分为银、铜和镓。

围岩蚀变有大理岩化、硅化、黄铁矿化、绿泥石化、矽卡岩化、绢云母化、重晶石化、碳酸盐化和方解石化等。石英脉分布密集地段矿化集中,闪锌矿、方铅矿、黄铜矿呈星点状分布于石英脉中或成细脉充填于石英脉旁侧裂隙中。

## 3 样品及分析结果

Rb、Sr在石英和硫化物中的赋存状态尚不十分清楚,但大多数研究者认为,它们主要赋存于流体包裹体中。近年来将硫化物、石英作为Rb-Sr等时线



据云南地调院第四地质大队资料,转引自文献[1]

After ref. [1], the map from the fourth geological survey division, Yunnan institute of geological survey

图2 芦子园铅-锌矿床2号勘探线地质剖面图

Fig. 2 A profile (No.2 exploration line) of the Luziyuan lead-zinc deposit

法测定对象的方法,得到了较快发展<sup>[22~24]</sup>。本文人工分选芦子园铅-锌(铜)矿石中的闪锌矿、黄铜矿及与硫化物密切共生的热液石英和石英-钾长石脉中的钾长石等10件单矿物样品,进行Rb-Sr同位素定年分析。

样品采自芦子园铅-锌矿1号采矿坑道(坑口坐标: 23°51.392' N, 99°04.199' E, 高程: 1363 m)内第II至V号矿体,除LZY2P为近矿围岩中的石英-钾长石脉外,其余均为矿石样品,有大理岩型条带状铅-锌-铜矿石、矽卡岩型浸染状至次块状铅-锌-铜矿石、方解石-石英脉型铅-锌-铜矿石(表1)。

表1 芦子园铅-锌矿 Rb-Sr 同位素分析检测结果

Table 1 Rb-Sr isotopes of samples from the Luziyuan Pb-Zn deposit

样品号	矿石类型	样品名称	Rb( $\mu\text{g/g}$ )	Sr( $\mu\text{g/g}$ )	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
LZY2P	石英-钾长石脉	钾长石	0.1923	17.85	0.0319	0.714 571 $\pm$ 7
LZY5Q	石英脉型铅-锌-铜矿石	石英	0.2164	1.436	0.4057	0.715 312 $\pm$ 8
LZY1Z	大理岩型条带状铅-锌-铜矿石	闪锌矿	0.1852	11.29	0.0586	0.714 611 $\pm$ 6
LZY11Z	大理岩型条带状铅-锌-铜矿石	闪锌矿	0.1795	1.581	0.4105	0.715 328 $\pm$ 8
LZY12Z	大理岩型条带状铅-锌-铜矿石	闪锌矿	0.1897	1.803	0.3823	0.715 271 $\pm$ 7
LZY5Cu	石英脉型铅-锌-铜矿石	黄铜矿	0.3598	2.507	0.4568	0.715 408 $\pm$ 7
LZY11Cu	大理岩型条带状铅-锌-铜矿石	黄铜矿	0.8746	7.626	0.3543	0.715 227 $\pm$ 9
LZYL2Cu	矽卡岩型次块状铅-锌-铜矿石	黄铜矿	0.2913	5.275	0.1652	0.714 825 $\pm$ 10
LZY21Cu	矽卡岩型次块状铅-锌-铜矿石	黄铜矿	0.3107	5.612	0.1536	0.714 802 $\pm$ 9
LZYL2Cu	矽卡岩型浸染状铅-锌-铜矿石	黄铜矿	0.3251	22.14	0.0398	0.714 575 $\pm$ 5

分析者: 南京大学现代分析中心王银喜

分析方法和标样测定: 固体粉末样品经准确称重, 用无机混合酸消化溶解成清液(盐酸介质), 上 $\varnothing 0.9 \times 9$  cm 阳离子交换树脂柱(AG50W-X8 200~400目), 2.5 M HCl 淋洗接收 Sr 馏份, 供质谱测定 Sr 同位素。分别加入同位素稀释剂, 测定 Rb、Sr 含量。测试工作在南京大学现代分析中心的英国制造的 VG354 多接收质谱计上完成。实验测定 NBS 987 Sr 同位素标准(参考值 $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}=0.710340 \pm 260$ ) $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.710236 \pm 7$ 。

分析结果见表 1。采用 isoplot3 程序<sup>[25]</sup> 计算, 获得等时线成矿年龄为  $141.9 \pm 2.6$  Ma(图 3), 初始锶同位素组成为 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(t=141.9\text{ Ma})=0.714497 \pm 11$ 。样品的初始锶同位素组成 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(t=142\text{ Ma})$ 在一个较小的区间上(0.714486~0.714512),  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(t=142\text{ Ma})-1/\text{Sr}$  图解无线性相关(图 4), 从分析数据本身分析, 样品初始锶同位素组成 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(t)$ 的变化具有随机性, 等时线年龄应为有效年龄。

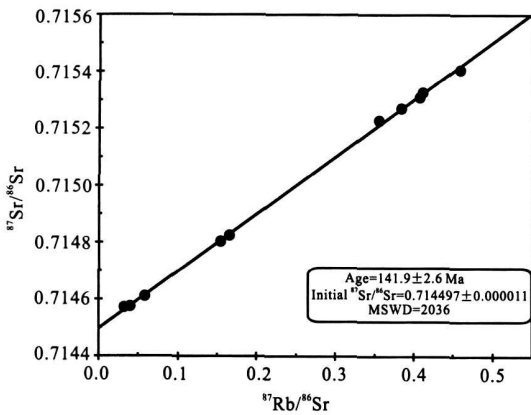


图 3 芦子园铅锌矿 Rb-Sr 同位素等时线

Fig. 3 Rb-Sr isochron plot of the Luziyuan Pb-Zn deposit

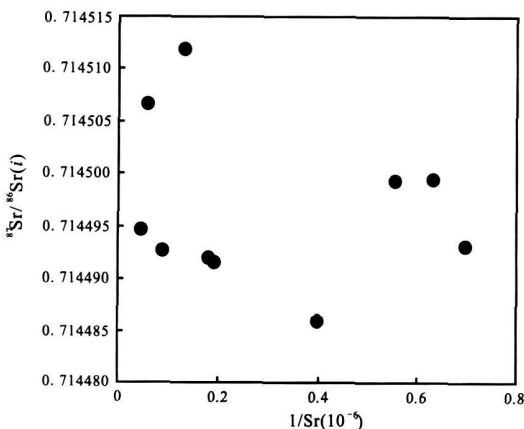


图 4 芦子园铅-锌矿样品的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(t)-1/\text{Sr}$ 图

Fig. 4  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(t)-1/\text{Sr}$  diagram

for the samples of the Luziyuan Pb-Zn deposit

## 4 讨 论

(1)成矿动力学背景: 定年结果获得的等时线年龄为  $141.9 \pm 2.6$  Ma, 这与班公湖-怒江洋所代表的中特提斯洋的闭合时代大致相当。研究表明, 中特提斯洋在早二叠世开始形成, 从中晚侏罗世至早白垩世末, 怒江洋逐渐关闭(形成班公湖-怒江缝合带构造)<sup>[8, 26]</sup>, 腾冲地块和保山地块的碰撞形成高黎贡碰撞构造带。高黎贡花岗岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年表明, 岩体形成于早白垩世晚期(126~118 Ma), 被认为是中特提斯怒江洋洋壳向西侧俯冲和海洋闭合过程的岩浆响应<sup>[27]</sup>。怒江结合带东侧的保山地块缺乏相应的火山建造, 分析认为保山地块在早白垩世的构造-岩浆活动与俯冲作用无关; 构造-岩浆活动和成矿作用可能是地壳碰撞加厚所致。地壳加厚和阶段性剪切拉张导致地壳重熔, 产生岩浆活动、混合岩化作用及相应的成矿作用。矿区辉绿岩广布<sup>[7]</sup>, 类似于中国东部中生代岩石圈加厚时出现的幕式拉张的成矿作用<sup>[28~30]</sup>, 地壳碰撞加厚会造成地块内部成矿物质与能量的积聚、剪切拉张诱发能量的释放, 并提供岩浆和成矿流体运输的通道<sup>[31, 32]</sup>。分析认为, 花岗岩、辉绿岩、岩浆热液矿床构成了保山地块内部燕山期成矿作用中密切相关的地质体组合<sup>[15]</sup>, 芦子园铅-锌矿的成矿作用是中特提斯怒江洋闭合过程碰撞造山作用的响应, 发生于地壳碰撞加厚与碰撞期内幕式剪切拉张的动力学背景下, 为三江特提斯复合造山成矿系统中一种重要的成矿作用类型。

(2)矿床成因: 分析表明, 矿石硫化物 Sr 同位素初始比值( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ )<sub>i</sub>=0.714497。较高的 Sr 同位素初始比值反映成矿物质主要为地壳来源, 它的 Sr 同位素组成与保山-镇康地块北部产出的核桃坪铅-锌矿矿石硫化物 Sr 同位素组成初值(0.711850)相近<sup>[15]</sup>, 并大致相当于保山地块同期花岗岩初始 Sr 同位素组成(如志本山花岗岩为 0.716810<sup>[31]</sup>); 表明矿床成因可能与花岗岩岩浆活动直接有关。

芦子园铅-锌矿床矿石中的闪锌矿、方铅矿硫同位素组成为 9.23‰~10.17‰<sup>[1]</sup>, 明显高于核桃坪铅-锌矿的硫同位素组成; 核桃坪矿床茅竹棚矿段砂卡岩型矿石中的方铅矿硫同位素组成为 1.95‰~0.99‰<sup>[5]</sup>, 具更为明显的深部岩浆硫源的同位素组成特点。芦子园铅-锌矿床矿石硫化物较高的<sup>34</sup>S 同位素组成可能是因为有更多围岩地层硫的参与。芦子园铅-锌矿床矿石硫同位素组成明显高于源于深部与岩浆作用有关的硫化物的硫同位素组成及其变

化范围,但低于围岩地层同期海水的硫同位素值(寒武纪下限值为 15 ‰),表明岩浆源硫和地层中海水源硫的混合<sup>[1]</sup>。综合分析认为,芦子园铅-锌矿为与隐伏花岗岩有关的矽卡岩型岩浆热液矿床,隐伏岩体可能为矽卡岩化、铜-铅-锌多金属矿化提供了热源和流体基础,成矿热液活动也明显受围岩地层的影响。

## 5 结 论

(1)芦子园铅-锌矿 Rb-Sr 等时线成矿年龄为  $141.9 \pm 2.6$  Ma, 矿石硫化物 Sr 同位素初始比值  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i = 0.714497$ , 为与燕山期隐伏花岗岩有关的矽卡岩型岩浆热液矿床,成矿热液活动也明显受到围岩地层的影响。

(2)芦子园铅-锌矿的成矿作用是中特提斯怒江洋闭合过程时碰撞造山作用的响应,发生在地壳碰撞加厚与碰撞期内幕式剪切拉张的动力学背景下,为三江特提斯复合造山成矿系统中一种重要的成矿作用类型。

**致 谢:** 云南地质调查院尹光候高级工程师和云南地矿资源股份有限公司勘查部经理周云满高级工程师对本项目研究工作有关的野外地质调查给予大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

## 参考文献 (References):

[1] 夏庆霖, 陈永清, 卢映祥, 蒋成兴, 刘红光, 吕志成. 云南芦子园铅-锌矿床地球化学、流体包裹体及稳定同位素特征[J]. 地球科学, 2005, 30(2): 177—186.  
Xia Qinglin, Chen Yongqing, Lu Yingxiang, Jiang Chengxing, Liu Hongguang, Lu Zhicheng. Geochemistry, fluid inclusion, and stable isotope studies of Luziyuan Pb-Zn Deposit in Yunnan Province, Southwestern China [J]. Earth Science Journal of China University of Geosciences, 2005, 30(2): 177—186. (in Chinese with English abstract)

[2] 侯增谦, 莫宣学, 杨志明, 王安建, 潘桂棠, 曲晓明, 聂凤军. 青藏高原碰撞造山带成矿作用: 构造背景、时空分布和主要类型[J]. 中国地质, 2006, 33(2): 340—351.  
Hou Zengqian, Mo Xuanxue, Yang Zhiming, Wang Anjian, Pan Guitang, Qu Xiaoming, Nie Fengjun. Metallogenesis in the collisional orogen of the Qinghai-Tibet Plateau: Tectonic setting, tempo-spatial distribution and ore deposit types [J]. Geology in China, 2006, 33(2): 340—351. (in Chinese with English abstract)

[3] 刘增乾, 李兴振, 叶庆同, 罗建宁, 沈敢富. 三江地区构造岩浆带的划分与矿产分布规律[M]. 北京地质出版社, 1993, 246p.  
Liu Zengqian, Li Xingzhen, Ye Qingtong, Luo Jianning. Shen

Ganfu. Division of tectono-magmatic zones and the distribution of deposits in the Sanjiang Area (Nujang-Lancangjiang-Jinshajiang Area) [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993; 246. (in Chinese)

[4] 薛传东, 韩润生, 杨海林, 杨志明, 田世洪, 刘勇强, 郝百武. 滇西北保山核桃坪铅-锌矿床成矿流体来源的同位素地球化学证据[J]. 矿床地质, 2008, 27(2): 243—252.  
Xue Chuandong, Han Runsheng, Yang Hailin, Yang Zhiming, Tian Shihong, Liu Yongqiang, Hao Baiwu. Isotope geochemical evidence for ore-forming fluid resources in Hetaoping Pb-Zn deposit, Baoshan, northwestern Yunnan [J]. Mineral Deposits, 2008, 27(2): 243—252. (in Chinese with English abstract)

[5] 陈永清, 卢映祥, 夏庆霖, 蒋成兴, 刘红光, 吕志成. 云南保山核桃坪铅-锌矿床地球化学特征与其成矿模式与找矿模型[J]. 中国地质, 2005, 32(1): 90—99.  
Chen Yongqing, Lu Yingxiang, Xia Qinglin, Jiang Chengxing, Liu Hongguang, Lu Zhicheng. Geochemical characteristics of the Hetaoping Pb-Zn deposit, Baoshan, Yunnan, and its genetic model and ore prospecting model pattern [J]. Chinese Geology, 2005, 32(1): 90—99. (in Chinese with English abstract)

[6] 李志国, 曾普胜, 符得贵, 喻学惠. 云南核桃坪矿集区矿床特征及成因初探[J]. 东华理工学院学报, 2006, 29(3): 211—215.  
Li Zhiguo, Zeng Pusheng, Fu Degui, Yu Xuehui. Geological characteristics and primary research on the genesis of the deposits in Hetaoping mineralization-concentrated region [J]. East China Instit. Techn., 2006, 29(3): 211—215. (in Chinese with English abstract)

[7] 董文伟, 陈少玲. 镇康芦子园铅-锌矿床特征及成因[J]. 云南地质, 2007, 26(4): 404—410.  
Dong Wenwei, Chen Shaoling. The characteristics and genesis of Luziyuan Pb-Zn deposit, Zhenkang [J]. Yunnan Geology, 2007, 26(4): 404—410. (in Chinese with English abstract)

[8] 莫宣学, 潘桂棠. 从特提斯到青藏高原形成: 构造岩浆事件的约束[J]. 地学前缘, 2006, 13(6): 43—51.  
Mo Xuanxue, Pan Guitang. From the Tethys to the formation of the Qinghai-Tibet Plateau: constrained by tectono-magmatic events [J]. Earth Science Frontiers, 2006, 13(6): 43—51. (in Chinese with English abstract)

[9] 钟大赉. 川滇西部古特提斯造山带[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 1—217.  
Zhong Dalai. Paleo-Tethyan orogenic belt in West Sichuan and West Yunnan [M]. Beijing: Science Press, 1998; 1—217. (in Chinese)

[10] 李朋武, 高锐, 崔军文, 管焱. 西藏和云南三江地区特提斯洋盆演化历史的古地磁分析[J]. 地球学报, 2005, 26(5): 387—404.  
Li Pengwu, Gao Rui, Cui Junwen, Guan Ye. Paleomagnetic results from the Three Rivers Region, SW China: Implications for the collisional and accretionary history [J]. Acta Geoscientia Sinica, 2005, 26(5): 387—404. (in Chinese with English abstract)

- English abstract)
- [11] 陈福坤, 李秋立, 王秀丽, 李向辉. 滇西地区腾冲地块东侧混合岩锆石年龄和 Sr-Nd-Hf 同位素组成[J]. 岩石学报, 2006, 22(2): 439—448.  
Chen Fukun, Li Qiuli, Wang Xiuli, Li Xianghui. Zircon age and Sr-Nd-Hf isotopic composition of migmatite in the eastern Tengchong block, western Yunnan[J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22(2): 439—448. (in Chinese with English abstract)
- [12] Liu Shen, Hu Ruizhong, Gao Shan, Feng Caixia, Huang Zhilong, Lai Shaocong, Yuan Honglin, Liu Xiaoming, Coulson Ian M., Feng Guangying, Wang Tao and Qi Youqiang. U-Pb zircon, geochemical and Sr-Nd-Hf isotopic constraints on the age and origin of Early Palaeozoic I-type granite from the Tengchong-Baoshan Block, Western Yunnan Province, SW China[J]. J. Asian Earth Sci., 2009, 36: 168—182.
- [13] 彭头平, 王岳军, 范蔚茗, 刘敦一, 石玉若, 苗来成. 澜沧江南段早中生代酸性火成岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年及构造意义[J]. 中国科学(D 辑), 2006, 36(2): 123—132.  
Peng Touping, Wang Yuejun, Fan Weiming, Liu Dunyi, Shi Yuruo, Miao Laicheng. SHRIMP zircon U-Pb geochronology of Early Mesozoic felsic igneous rocks from the southern Lancangjiang and its tectonic implications[J]. Science in China (D): Earth Sciences, 2006, 36(2): 123—132. (in Chinese)
- [14] 龙汉生, 罗泰义, 黄智龙, 周明忠, 杨勇, 钱志宽. 云南澜沧老厂大型银多金属矿床碳、氧同位素组成及其意义[J]. 矿床地质, 2009, 28(5): 687—695.  
Long Hansheng, Luo Taiyi, Huang Zhilong, Zhou Mingzhong, Yang Yong, Qian Zhikuan. Carbon and oxygen isotopic geochemistry of Laochang large-sized Ag polymetallic deposit in Lancang, Yunnan Province and its significance[J]. Mineral Deposits, 2009, 28(5): 687—695. (in Chinese with English abstract)
- [15] 陶琰, 胡瑞忠, 朱飞霖, 马言胜, 叶霖, 程增涛. 云南保山核桃坪铅-锌矿成矿年龄及动力学背景分析[J]. 岩石学报, 2010, 26(6): 1760—1772  
Tao Yan, Hu Ruizhong, Zhu Feilin, Ma Yansheng, Ye Lin, Cheng Zengtao. Ore-forming age and the geodynamic background of the Hetaoping lead-zinc deposit in Baoshan, Yunnan[J]. Acta Petrologica Sinica, 2010, 26(6): 1760—1772
- [16] 曾普胜, 莫宣学, 喻学惠. 滇西富碱斑岩带的 Nd、Sr、Pb 同位素特征及其挤压走滑背景[J]. 岩石矿物学杂志, 2000, 21(3): 231—241.  
Zeng Pusheng, Mo Xuanxue, Yu Xuehui. Nd, Sr and Pb isotopic characteristics of the alkaline rich porphyries in western Yunnan and its compression strike slip setting[J]. Acta Petrol. Miner., 2000, 21(3): 231—241. (in Chinese with English abstract)
- [17] 毕献武, 胡瑞忠, 彭建堂, 吴开兴, 苏文超, 战新志, 姚安和马厂箐富碱侵入岩体的地球化学特征[J]. 岩石学报, 2005, 21(1): 113—124.  
Bi Xianwu, Hu Ruizhong, Peng Jiantang, Wu Kaixing, Su Wenchao, Zhan Xinzhi. Geochemical characteristics of the Yao'an and Machangqing alkaline rich intrusions[J]. Acta Petrologica Sinica, 2005, 21(1): 113—124. (in Chinese with English abstract)
- [18] 董方浏, 侯增谦, 高永丰, 曾普胜, 蒋成兴. 滇西腾冲新生代花岗岩: 成因类型与构造意义[J]. 岩石学报, 2006, 22(4): 927—937.  
Dong Fangliu, Hou Zengqian, Gao Yongfeng, Zeng Pusheng, Jiang Chengxing. Cenozoic granitoid in Tengchong, western Yunnan; Genesis type and implication for tectonics [J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22(4): 927—937. (in Chinese with English abstract)
- [19] 张文源. 滇西云龙锡矿带花岗岩演化特征与锡矿成因探讨[J]. 矿产与勘查, 1989, (4): 8—13  
Zhang Wenyuan. Evolution of granitoid and genesis of Tin deposits in Yunlong Sn mineralization belt, West Yunnan. Geology and Exploration, 1989, (4): 8—13. (in Chinese)
- [20] Chen Yongqing, Huang Jingning, Zhai Xiaoming, Lu Yingxiang, Cheng Zhizhong, Li Jianrong. Zircon U-Pb age and geochemistry of granitoids within Jinla Pb-Zn-Ag polymetallic ore field across China and Myanmar Border[J]. Earth Sci. Front., 2009, 16(1): 344—362.
- [21] 董文伟. 保山镇康地块成矿条件及典型矿床成矿模式[J]. 云南地质, 2007, 26(1): 56—61.  
Dong Wenwei. The metallogenetic conditions and typical model in Baoshan-Zhenkuang massif[J]. Yunnan Geol., 2007, 26(1): 56—61. (in Chinese)
- [22] Christensen J N, Halliday A N, Leigh K E, Randell R N, Kesler S E. Direct dating of sulfides by Rb-Sr: A critical test using the Polaris Mississippi Valley-type Zn-Pb deposit[J]. Geochim. Cosmochim. Acta, 1995, 59(24) 5191—5197.
- [23] 刘玉平, 李朝阳, 谷团, 王金良. 都龙锡锌多金属矿床成矿物质来源的同位素示踪[J]. 地质地球化学, 2000, 28(4): 75—82.  
Liu Yuping, Li Chaoyang, Gu Tuan, Wang Jinliang. Isotopic constraints on the source of ore-forming materials of Dulong Sn-W polymetallic deposit, Yunnan[J]. Geology-geochemistry, 2000, 28(4): 75—82. (in Chinese with English abstract)
- [24] 李华芹, 王登红, 梅玉萍, 梁婷, 陈振宇, 郭春丽, 应立娟. 广西大厂拉么铜锌多金属矿床成矿作用年代学研究[J]. 地质学报, 2008, 82(7): 912—920.  
Li Huaqin, Wang Denghong, Mei Yuping, Liang Ting, Chen Zhenyu, Guo Chunli, Ying Lijuan. Lithogenesis and mineralization chronology study on the Lamo Zinc-Copper polymetallic ore deposit in Dachang orefield, Guangxi[J]. Acta Geologica Sinica, 2008, 82(7): 912—920. (in Chinese with English abstract)
- [25] Ludwig K R. User's Manual for isoplot 3.00—A geochronological toolkit for microsoft excel [M]. Berkeley Geoch Center. Special Publication No. 4, 2003.
- [26] 梁华英, 喻亨祥, 莫济海, 曾提, 胡光黔. 西藏冈底斯矿带成矿作用及远景分析[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2008, 27(3): 289—293.

- Liang Huaying, Yu Hengxiang, Mo Jihai, Zeng Ti, Hu Guangqian. Study on the metallogenesis and resource perspective of the Gangdisi Ore Deposit Belt in Tibet[J]. Bull. Mineral., Petrol. Geochem., 2008, 27(3): 289—293. (in Chinese with English abstract)
- [27] 杨启军, 徐义刚, 黄小龙, 罗震宇. 高黎贡构造带花岗岩的年代学和地球化学及其构造意义[J]. 岩石学报, 2006, 22(4): 817—834.
- Yang Qijun, Xu Yigang, Huang Xiaolong, Luo Zhenyu. Geochronology and geochemistry of granites in the Gaoligong tectonic belt, western Yunnan; Tectonic implications[J]. Acta Petrol. Sinica, 2006, 22(4): 817—834. (in Chinese with English abstract)
- [28] 毛景文, 谢桂青, 李晓峰, 张作衡, 王义天, 王志良, 赵财胜, 杨富全, 李厚民. 大陆动力学演化与成矿研究: 历史与现状——兼论华南地区在地质历史演化期间大陆增生与成矿作用[J]. 矿床地质, 2005, 24(3): 193—205.
- Mao Jingwen, Xie Guiqing, Li Xiaofeng, Zhang Zuoheng, Wang Yitian, Wang Zhiliang, Zhao Caisheng, Yang Fuquan, Li Houmin. Geodynamic process and metallogeny: History and present research trend, with a special discussion on continental accretion and related metallogeny throughout geological history in South China[J]. Mineral Deposits, 2005, 24(3): 193—205. (in Chinese with English abstract)
- [29] 胡瑞忠, 毛景文, 毕献武, 彭建堂, 宋谢炎, 钟宏, 陶琰, 谢桂青. 浅谈大陆动力学与成矿关系研究的若干发展趋势[J]. 地球化学, 2008, 37(4), 344—352.
- Hu Ruizhong, Mao Jingwen, Bi Xianwu, Peng Jiantang, Song Xieyan, Zhong Hong, Tao Yan, Xie Guiqing. Several developing directions of relationship between continental geodynamics and mineralization[J]. Geochimica, 2008, 37(4), 344—352. (in Chinese with English abstract)
- [30] 马东升. 华南重要金属矿床的成矿规律——时代爆发性、空间分带性、基底继承性和热隆起成矿[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2008, 27(3): 209—217.
- Ma Dongsheng. Metallogenetic characteristics of the important deposits in South China[J]. Bull. Miner., Petrol. Geochem., 2008, 27(3): 209—217. (in Chinese with English abstract)
- [31] 王兴阵, 陶琰, 马言胜. 壳幔混合及花岗质岩浆的形成[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2006, 25(2): 183—188.
- Wang Xingzhen, Tao Yan, Ma Yansheng. The crust-mantle mixing and the generation of granitic magmas[J]. Bull. Miner., Petrol. Geochem., 2006, 25(2): 183—188. (in Chinese with English abstract)
- [32] 张正伟, 彭建堂, 肖加飞, 朱笑青, 沈能平, 张中山, 游富华. 塔西南缘沉积岩层控型铅-锌矿带区域构造控矿作用[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2009, 28(4): 318—329.
- Zhang Zhengwei, Peng Jiantang, Xiao Jiafei, Zhu Xiaqing, Shen Nengping, Zhang Zhongshan, You Fuhua. Regional metallotectonics of the Lead-Zinc Deposits Zone in southwestern margin of the Taim Plate[J]. Bull. Miner., Petrol. Geochem., 2009, 28(4): 318—329. (in Chinese with English abstract)
- [33] 张玉泉, 谢应雯, 成忠礼. 三江地区含锡花岗岩 Rb-Sr 等时线年龄[J]. 岩石学报, 1990, (1): 75—81.
- Zhang Yuquan, Xie Yingwen, Cheng Zhongli. Rb-Sr isochron age for Tin-bearing granites in the Sanjiang region[J]. Acta Petrol. Sinica, 1990, (1): 75—81. (in Chinese with English abstract)