

文章编号: 1000-4734(2007)03-0360-06

云南澜沧老厂大型银铅锌多金属 矿床地质地球化学特征

龙汉生^{1,2}, 蒋绍平³, 石增龙³, 黄智龙¹, 罗泰义¹

(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; 3. 云南澜沧铅矿, 云南 澜沧 665601)

摘要:通过对老厂银铅锌多金属矿床地质地球化学特征的系统总结,并与相关海相火山岩块状硫化物矿床的对比,认为矿床期后岩浆热液叠加特征明显,矿体直接容矿围岩为火山-沉积岩,矿床属火山-沉积岩容矿的块状硫化物矿床。为介于典型的火山岩容矿的块状硫化物矿床(VHMS)和典型沉积岩容矿的海底喷气沉积矿床(SEDEX)之间的过渡类型,其矿化特征与新疆可可塔勒铅锌矿床(伊比利亚型)相类似。

关键词:银铅锌多金属矿床;矿床地质地球化学;老厂

中图分类号:P611; P618.4; P618.5 **文献标识码:**A

作者简介:龙汉生,男,1980年生,博士研究生,主要从事矿床地球化学研究。

老厂银铅锌多金属块状硫化物矿床地处滇西澜沧裂谷北端,距澜沧县城北西 30 km,是我国历史上重要的产银矿山,至今已有 600 年开采历史^[1],是“三江”成矿带重要的代表性矿床之一。该矿床银、铅、锌储量均达大型规模,Cu 储量亦达中型^[2]。其矿床成因主要有三种认识:①燕山期中酸性岩浆热液矿床^[1,3-6];②火山成因块状硫化物矿床^[7];③火山喷流沉积叠加燕山期中酸性岩浆热液矿床—多因复成矿床^[2,8-11]。但总体说来火山喷流沉积-叠加岩浆热液成因较好地解释了矿床成因。老厂矿床产出极具特色,在火山岩和碳酸盐岩中均有大量矿体产出,容矿建造具有火山岩容矿的块状硫化物矿床和典型沉积岩容矿的硫化物矿床的双重特征。

1 矿床地质

1.1 矿区地质特征

老厂矿区出露地层见图 1,有泥盆系、石炭系、二叠系及第四系。泥盆系为一套硅质碎屑岩建造,在矿区零星出露。石炭系下统(C_{1y})依柳组

为一套火山-沉积岩建造,主要由基性—中基性、碱性—碱中性火山岩及碳酸盐岩组成,其中火山岩以火山碎屑岩为主,次为熔岩,分为 C₁¹、C₁²、C₁³、C₁⁴、C₁⁵⁺⁶、C₁⁷ 及 C₁⁸ 八层。C₂₊₃—P₁为一套连续沉积的碳酸盐岩建造,石炭系和二叠系是矿区的主要出露地层,亦是主要的含矿层位,第四系以残坡积土壤为主。

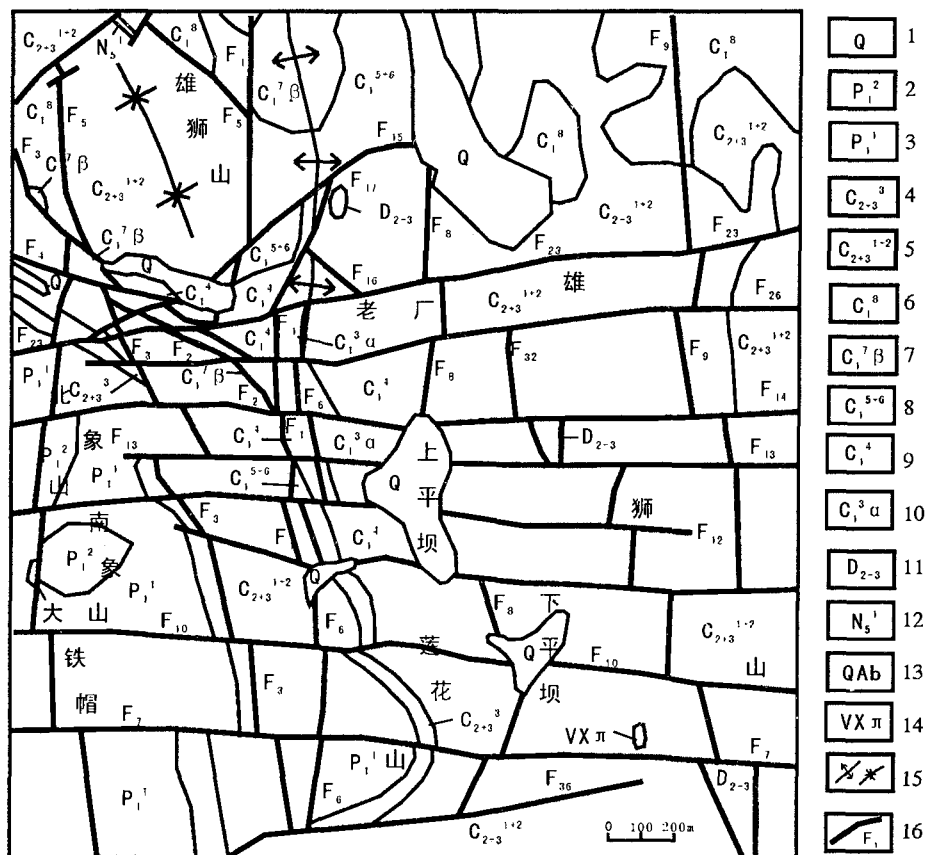
矿区内构造十分发育,以断裂为主,按断裂走向可分为 SN, NW, NE 和近 EW 向 4 组。SN 向和 NW 向断裂控制了老厂中心式火山喷发,矿体常围绕火山喷发中心沉积洼地分布。褶皱构造主要为轴南北向的宽缓背斜和向斜,如老厂背斜,其核部地层为下石炭统火山岩,两翼为中上石炭统—下二叠统碳酸盐岩。

1.2 火山岩—侵入岩特征

区内火山岩为石炭系依柳组(C_{1y})中—基性火山岩、火山碎屑岩,厚近 1000 m,可分为 8 层和 3 个火山旋回;其中 C₁¹—C₁³ 为第一旋回,其上部为安山岩,下部为玄武质熔结角砾岩和熔结凝灰岩;C₁⁴—C₁⁵⁺⁶ 为第二旋回,以火山碎屑岩为主,由下自上为橄榄玄武质、粗面玄武质、橄榄粗安质、粗面质集块岩、角砾岩、凝灰岩及少量同成分薄层熔岩;C₁⁷—C₁⁸ 为第三旋回,主要为碱性橄榄玄武

收稿日期:2007-05-20

基金项目:中国科学院地球化学研究所与云南澜沧老厂铅矿合作项目



1. 第四系浮土 2. 二叠系下统生物灰岩 3. 二叠系下统白云质灰岩 4. 石炭系中上统珊瑚灰岩 5. 石炭系中上统灰岩、白云岩 6. 石炭系下统沉积岩、沉碎屑岩 7. 石炭系下统上玄武岩、凝灰岩 8. 石炭系下统粗面安山质凝灰岩、角砾熔岩、沉积岩 9. 石炭系下统安山凝灰角砾岩夹沉积岩 10. 石炭系下统安山岩、集块岩 11. 泥盆系中上统砂岩、硅质岩 12. 辉绿岩脉 13. 石英钠长岩 14. 辉石云煌岩 15. 背斜、向斜轴 16. 断层及编号

图 1 老厂银铅锌多金属矿床地质略图(据云南有色 309 队资料修改)

Fig. 1. Geological sketch map of the Laochang silver-lead-zinc polymetallic ore deposit.

岩、橄欖玄武岩、粗面玄武质熔结凝灰岩、粗面质晶屑、岩屑凝灰岩和沉凝灰岩。其中第二火山旋回末期的粗面质凝灰岩(C_1^{5+6})、第三火山旋回末期的粗面玄武质和粗面质凝灰岩(C_1^7 顶部和 C_1^8) 为容矿层。

矿区有(中)酸性及基性—超基性岩浆活动。地表有石英钠长岩脉、辉绿岩脉及辉石云煌岩脉出露,深部有花岗斑岩脉和橄欖玄武玢岩脉^[6,8]。

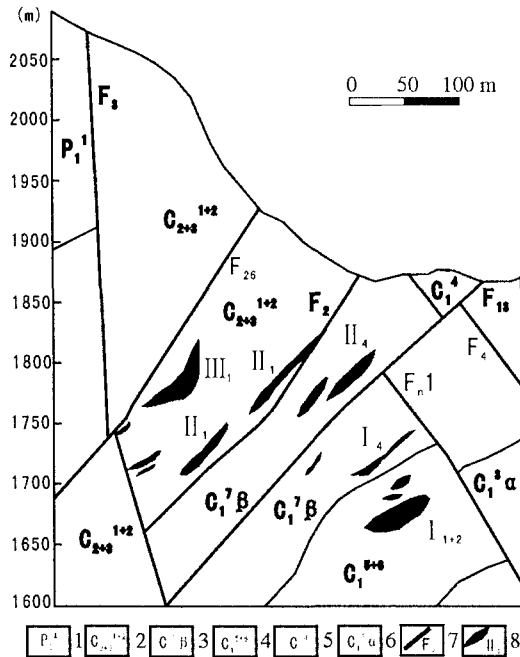
2 银铅锌矿体地质特征

2.1 矿体特征

老厂矿床有原生、次生矿两类:原生矿为产于 C_{1Y} 火山岩和 $C_{2+3}-P_1$ 碳酸盐岩中的硫化矿、氧化矿及混和矿;次生矿为残积、冲积、洪积形成的

泥铅、砂铅、人工堆积的废矿石堆及古人炼银留下的高铅炉渣,累计探明金属储量:Ag 1600 t, (Pb + Zn) 120 万 t, 其中次生矿金属量 Ag 373 t, (Pb + Zn) > 68 万 t^[1]。

矿石自然类型按矿石性质及矿物组合关系分为火山岩型和碳酸盐岩型两类。目前已控制矿带长 1600 余 m, 宽 200 ~ 400 m, 揭露三个原生矿群, 135 个矿体。I 号矿群为赋存于 C_1^{5+6} 中的似层状、透镜状矿体; II 号矿群为产于火山岩与碳酸盐岩的接触带中或靠近接触带部位的似层状、透镜状矿体; III 号矿群为产于 C_{2+3} 下部灰质白云岩中的似层状、透镜状矿体(图 2)。其中以 I_{1+2} 、II₂ 矿体的规模最大; I、II 号矿群以黄铁矿为主, III 号矿群以铅锌矿为主, 矿床呈现出上黑下黄的特征。



1. 下二叠统块状白云质灰岩 2. 中上石炭统灰岩、白云岩 3. 下石炭统上玄武岩、凝灰岩 4. 下石炭统粗面安山质凝灰岩、角砾熔岩、沉积岩 5. 下石炭统安山凝灰角砾岩夹沉积岩 6. 下石炭统安山岩、集块岩 7. 断层及编号 8. 银铅锌矿体及编号

图2 老厂银铅锌多金属矿床Ⅲ号矿群剖面图
(据云南有色309队资料修改)

Fig. 2. The No. III ore group profile of the Laochang silver-lead-zinc polymetallic ore deposit.

2.2 矿石结构、构造及矿物组分

矿石结构有自形—半自形粒状、它形粒状、共边、压碎裂结构、草莓状、胶状、胶体自形重结晶、交代溶蚀、交代残余、网脉充填—交代结构及固溶体分离结构等；矿石构造主要为块状、浸染状、角砾状、层纹状、条带状、脉状穿插构造也常见。

矿石的结构构造表明矿床既有沉积作用特征（如条带状构造、层纹状构造），又具有热液作用特征（如交代溶蚀、残余结构、脉状穿插构造等）。属于典型的海底火山喷流沉积—后期热液叠加改造型矿床。

矿床主要金属矿物组合较简单^[12]：有黄铁矿、方铅矿、铁闪锌矿，次要金属矿物有黄铜矿、磁黄铁矿、白铁矿、褐铁矿。其它微量矿物有：黝铜矿、砷黝铜矿、辉铋矿、含银铋铅矿、辉铋矿、自然金、自然银矿、毒砂、车轮矿、白铅矿、菱锌矿、水锌矿、硬锰矿等。脉石矿物主要有石英、方解石、绢云母、绿泥石、绿帘石、白云石、透辉石、石榴子石、透闪石等。

2.3 矿石类型和成矿阶段

矿石主要类型有①块状银铅矿石：方铅矿为主，含少量黄铁矿。②银铅锌矿石：方铅矿、闪锌矿为主，黄铁矿次之，有极少量黄铜矿。③块状黄铁矿：黄铁矿为主，含少量方铅矿、闪锌矿、黄铜矿等。以上三种矿石脉石矿物主要为石英、方解石、白云石。④含铜黄铁矿：胶状黄铁矿、黄铁矿为主，少量黄铜矿、毒砂。脉石矿物主要为石英、方解石；⑤砂卡岩型含铜黄铁矿：黄铁矿、黄铜矿为主，次为磁黄铁矿。脉石矿物主要为石榴石、石英、透辉石等。

据老厂矿床地质特征和成矿作用，将老厂矿床的矿化期和矿化阶段划分如下：

(1)早石炭世第二火山旋回末间火山期海底火山喷流沉积成矿期形成 C_1^{5+6} 上部似层状银铅锌黄铁矿体和中部似层状含铜胶状黄铁矿体。

(2)早石炭世第三火山旋回末间火山期海底火山喷流沉积成矿期形成 C_1^7 ，及 C_1^8 中似层状、透镜状银铅锌黄铁矿体。

(3)中、晚石炭世火山期后海底喷流沉积成矿期形成 C_{2+3} 、 P_1 碳酸盐岩中底部似层状、透镜状、豆荚状银铅锌黄铁矿体。

(4)燕山期(中)酸性岩浆期后热液叠加改造造成矿期形成 C_1^{5+6} 中部的含铜黄铁矿体及老厂矿区深部的砂卡岩型含铜黄铁矿体和铜矿体；叠加在先成似层状、透镜状银铅锌黄铁矿体之上使之变富；或沿断裂充填(交代)形成脉状银铅锌黄铁矿体；或沿层间断裂(F_2)及层间构造(C_{2+3} 、 P_1 底部)充填(交代)形成似层状、透镜状银铅锌黄铁矿体；或沿构造裂隙及构造裂隙交汇处充填(交代)形成银铅锌黄铁矿脉群、矿囊或矿柱。

2.4 围岩蚀变

矿区围岩蚀变强烈，类型复杂，具多期叠加和较明显分带的特点^[13]。主要蚀变类型为碳酸盐化、青磐岩化、硅化、黄铁矿化、黄铁绢英岩化、砂卡岩化、大理岩化等。从地表到深部，围岩蚀变分带为铁锰碳酸盐化—青磐岩化、硅化、黄铁矿化—黄铁绢英岩化—砂卡岩化。铁锰碳酸盐化为Ⅲ号矿体群的特征性近矿围岩蚀变，黄铁矿化、黄铁绢英岩化为Ⅰ、Ⅱ号矿群近矿围岩蚀变，黄铁矿化往往构成Ⅰ、Ⅱ号矿群的主体。

3 矿床地球化学特征

3.1 硫、铅同位素地球化学

老厂矿床矿体矿石矿物硫同位素组成稳定,其 $\delta^{34}\text{S}$ 变化范围在 $-1.7\text{‰} \sim +5.2\text{‰}$ 间,平均 $+1.58\text{‰}$ ^[14],其分布范围较窄,具明显的塔式分布特征,与岩浆硫组成特征相似。大量研究表明, $\delta^{34}\text{S}$ 接近零值的矿床其硫为火成来源,包括岩浆释放的硫和热液从火成岩中淋滤出来的硫; $\delta^{34}\text{S}$ 值近于 20‰ 的矿床,硫来自大洋水和海水蒸发盐^[15-16]。因此可以认为老厂矿床矿石矿物的硫化物来源主要为火山热液提供,但含矿地层中普遍见有草莓状黄铁矿,表明成矿时也可能有生物硫参与。

研究表明^[4,6,14]矿床矿石铅同位素的组成比较稳定,铅源为壳幔混合来源,矿石铅和岩石(碳酸盐岩、火山岩、花岗斑岩)铅同位素组成平均值近似,说明地层及侵入岩与成矿关系密切。此外由于矿床铅同位素不属“正常型”铅,故以往计算出来的铅同位素年龄基本不能反映成矿或围岩的时代^[17]。

3.2 碳、氢、氧同位素组成

矿床方解石的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ 值在 $-7.2\text{‰} \sim +2.8\text{‰}$ 间,平均值为 -2.06‰ ; $\delta^{18}\text{O}$ 值为 $-0.18\text{‰} \sim +10.5\text{‰}$,平均值为 $+5.72\text{‰}$ ^[6,14]。与 Taylor 等^[18]确定的原生碳酸岩 C、O 同位素组成范围 ($\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}: -4\text{‰} \sim -8\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}: 6\text{‰} \sim 10\text{‰}$) 比较差异明显,结合矿床产出地质条件,推测本矿床方解石的碳是岩浆碳与地层(碳酸盐岩、火山岩)碳或岩浆碳与地层及海水碳的混合碳。石英流体包裹体的 δD 平均值为 -86.8‰ ; $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 平均值为 $+3.62\text{‰}$,比较岩浆水的 δD 值 ($-50\text{‰} \sim -80\text{‰}$) 和 $\delta^{18}\text{O}$ 值 ($+6\text{‰} \sim +9\text{‰}$) 有明显差别,推测成矿流体初始以岩浆水为主,后有海水或大气降水参与。

4 与海相火山岩有关矿床对比

产于“三江”地区西南部昌宁—孟连 VHMS 成矿带的老厂矿床与板块俯冲体制有关的块状硫化物矿床相比^[19-22](表 1)有一定的相似性,但存在较明显的差别。老厂块状硫化物矿床形成于一个区域拉张的环境,即裂谷区内次级的火山断陷

盆地环境,与俯冲作用无关,而与地壳的拉张有关,不同于产于沟-弧-盆体系中的黑矿型块状硫化物矿床;就区内代表性矿床而言,老厂矿床含矿岩系为富碱高钛^[9]的中-基性火山碎屑岩、火山熔岩和碳酸盐岩,酸性火山岩不发育;而呷村矿床^[20]含矿岩系为双峰组合中一套流纹质火山碎屑岩,中基性火山岩不发育,两者在构造环境、容矿岩性上均有显著的差别。老厂矿床主成矿元素 ($\text{Pb} > \text{Zn} > \text{Cu}$) 与黑矿型 ($\text{Zn} > \text{Pb} > \text{Cu}$)、别子型 (Cu 、 Zn 为主) 和塞浦路斯型 ($\text{Cu} > \text{Zn}$) 块状硫化物矿床^[23]亦明显不同。

老厂矿床与产于阿尔泰山南缘麦兹泥盆纪火山-沉积盆地可可塔勒铅锌矿床(伊比利亚型)^[24-27]的成矿环境和矿化特征有一定的相似性,都产于陆缘的裂谷带内,其直接容矿围岩以火山-沉积岩为主,为火山-沉积岩容矿,具有典型沉积岩容矿的喷流沉积型矿床^[28-30]的部分特征。

矿床黄铁矿 Co/Ni 在 $0.48 \sim 3.75$ 间,与秦岭泥盆纪 SEDEX 型矿带的典型矿床,含矿岩系中无火山岩夹层、黄铁矿 Co/Ni 比值均 < 1 ^[31] 相比也不尽相同,老厂矿床显示出内外生成矿的特点;它与狼山—渣尔泰山中元古代裂陷槽内的热水喷流成矿作用形成的炭窑口、东升庙和霍各乞矿床^[32]很相似,但成矿的主因却不尽相同,前者火山岩在容矿岩性建造中所占比例不大,火山活动在成矿过程中所起作用不占主导,其更偏向 SEDEX 型一侧;而老厂矿床火山活动在成矿过程中起主要作用,更偏向 VHMS 一侧。

5 结论

在晚古生代早期本区沉积了含铅、锌丰度较高的碎屑岩系。在早石炭世初期,在地幔物质上涌的影响下,保山—掸邦微陆块边缘拉陷,随着强烈的裂陷拉张作用和火山喷发形成大量安山质、粗面质、玄武安山质、玄武质岩系海相火山沉积,通过岩浆热液、火山喷流热液直接提供成矿物质,提供热动力和构造动力,促使流体对流淋滤和萃取基底及围岩成矿物质,沿喷口(火山机构和同生断裂)喷出于海底盆地洼地沉积成矿。燕山期花岗斑岩的侵入,不仅使得早期成矿物质活化、富集,而且提供了成矿物质形成 C_1^{5+6} 中部的含铜黄铁矿体及老厂矿区深部的含铜黄铁矿体和铜矿体,并使先成似层状、透镜状银铅锌黄铁矿体变富。综上可获以下认识:

表1 老厂银铅锌多金属矿床与呷村、可可塔勒矿床对比

Table 1. Comparison of the Laochang silver-lead-zinc polymetallic ore deposit with the Gacun and Keketale ore deposits

矿床	老厂	呷村(黑矿型)	可可塔勒(伊比利亚型)
大地构造环境	保山—掸邦微陆块东缘裂谷	义墩岛弧裂谷	古陆陆缘拉张裂谷火山沉积盆地
容矿岩性建造	碱性玄武质火山碎屑岩系(安山质、粗面质、玄武安山质、玄武质凝灰岩、角砾岩和集块岩)、熔岩、碳酸盐岩	双峰组合中流纹质碎屑岩系,碳酸盐岩为顶板	火山岩和沉积岩(钙泥质凝灰质砂岩,火山凝灰岩、大理岩)
控矿因素	火山沉积洼地、火山喷口、地层、火山岩、构造	地层、火山穹窿、火山岩	火山沉积洼地、火山喷口、熔岩隆起
与岩浆岩关系	明显与石炭系中基性火山碎屑岩、火山熔岩有关,酸性火山岩不发育	与酸性火山岩关系密切,中基性火山岩不发育	明显与泥盆系酸性火山岩有关,中性火山岩不发育,少量基性火山岩
矿化作用	喷流、喷气和热液叠加交代	喷流、喷气和交代	喷流、喷气和热液叠加交代淋滤
主要成矿元素	Pb > Zn > Cu	Zn > Pb > Cu	Zn > Pb > Cu
伴生成矿元素	Ag, As, Au, Ga, In, Cd, Sn, Sb等	Ag, As, Au, Ga, Cd, Sb, Hg, Y等	Ag, Bi, As, Se, Te, Au, Ga, In, Cd, Sn等
主要矿物组成	自上而下为雄黄、雌黄—黄铁矿,方铅矿、闪锌矿—黄铁矿,黄铜矿,斑铜矿—黄铁矿,黄铜矿,及少量毒砂、磁黄铁矿等,脉石矿物有方解石、石英、绢云母、钠长石、绿泥石、透闪石、阳起石、透辉石、绿帘石等。黄铁矿 Co、Ni 含量低, Co/Ni: 0.48 ~ > 3.75	自上而下为闪锌矿、方铅矿—黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿—黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿、方铅矿、闪锌矿—黄铁矿等,脉石矿物有石英、钼长石、重晶石、绢云母、白云石等	黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、磁铁矿、磁黄铁矿、毒砂、白铁矿、重晶石、萤石。黄铁矿 Co、Ni 含量低
围岩蚀变	自上而下为铁锰碳酸盐化—青磐岩化、硅化、黄铁矿化—黄铁绢英岩化—砂卡岩化	上部硅化、绢云母化重晶石化,下部绿泥石化等	硅化,绢云母化、黄铁矿化、绿泥石化等
成矿时代	C ₂₊₃ —P ₁	T ₃	D ₁
矿床结构	碳酸盐岩中为大脉状;火山岩中上部为块状矿,下部网脉状	上部为块状矿,下部网脉状矿	与地层整合接触
矿体产状	层状、似层状、透镜状、网脉状	层状、似层状、透镜状	层状、似层状、透镜状
规模	大型	超大型	大型
品位	Pb + Zn ≥ 10%	Pb + Zn > 5%	Pb + Zn ≥ 4%
同位素特征	δ ³⁴ S: -1.7‰ ~ +5.2‰; 壳幔混合铅, 大部为正常铅	δ ³⁴ S: -4.6‰ ~ +3.1‰, 壳源混合铅	δ ³⁴ S: -20.6‰ ~ +5.1‰; 幔壳混合铅, 幔源铅为主
成矿温度	98 ~ 364 °C	110 ~ 319 °C	120 ~ 380 °C
盐度	3.5% ~ 18.8% NaCl	5.7% ~ 21.8% NaCl	7.1% ~ 43.1% NaCl
流体性质	δ ¹³ C _{PDB} : -7.2‰ ~ +2.8‰ δ ¹⁸ O _{H2O} : -0.18‰ ~ +10.5‰ δD: -69.86‰ ~ -93‰	δ ¹³ C _{PDB} : -6.3‰ ~ +3.5‰ δ ¹⁸ O _{H2O} : +7.0‰ ~ +7.6‰ δD: -90‰ ~ -130‰	δ ¹³ C _{PDB} : -11.6‰ δ ¹⁸ O _{H2O} : -1.2‰ ~ +4.7‰ δD: -89.1‰ ~ -49.48‰

注:老厂矿床数据主要来自文献[1,4,6,9,13-14];呷村矿床主要来自[19-22];可可塔勒主要来自[24-26]。

(1)老厂矿床成矿与火山岩关系密切,岩浆热液叠加改造特征明显,为喷流沉积-期后岩浆热液叠加矿床。

(2)老厂矿床硫来源主要为火山热液提供,部分生物成因硫参与了成矿;铅主要为壳幔混合来源;矿床方解石的碳是岩浆碳与地层碳或岩浆碳与地层及海水碳的混合碳;氢、氧同位素研究表明成矿流体初始以岩浆水为主,后有海水或大气降水参与。

(3)老厂矿床主成矿元素、成矿环境、矿化特征与黑矿型、别子型和塞浦路斯型块状硫化物矿床明显不同,其成矿环境、矿化特征与可可塔勒铅锌矿(伊比利亚型)相似。

(4)老厂矿床其直接容矿围岩为火山-沉积岩(中基性火山凝灰岩、熔岩、碳酸盐岩),具有火山岩容矿的块状硫化物矿床(VHMS)和典型沉积岩容矿的海底喷气沉积矿床(SEDEX)的双重特征,为介于两者之间但偏向 VHMS 一侧的一种过渡矿床类型。

参 考 文 献:

- [1] 薛步高. 论澜沧老厂银铅多金属矿床成矿特征[J]. 矿产与地质, 1998, 12(63): 2-32.
- [2] 王增润, 黄震, 彭省临, 等. 澜沧“老厂型”银多金属块状硫化物矿床成因和成矿模式[J]. 中国有色金属学报, 1997, 7(4): 1-6.
- [3] 薛步高. 对澜沧老厂铅锌矿成因的讨论[J]. 云南地质, 1989, 8(2): 181-188.
- [4] 欧阳成甫, 徐楚明. 云南澜沧老厂地洼型银铅矿床的地球化学特征及成因[J]. 大地构造与成矿学, 1991, 15(4): 317-326.
- [5] 徐楚明, 欧阳成甫. 云南澜沧老厂银铅矿床成因研究[J]. 桂林冶金地质学院学报, 1991, 11(3): 245-252.
- [6] 李虎杰, 田煦, 易发成. 云南澜沧老厂铅锌银铜矿床稳定同位素地球化学研究[J]. 有色金属矿产与勘查, 1995, 4(5): 278-282.

- [7] 杨开辉,侯增谦,莫宣学. “三江”地区火山成因块状硫化物矿床的基本特征与主要类型[J]. 矿床地质, 1992, 11(1): 35-44.
- [8] 周凤禄. 澜沧老厂铅锌银矿床成矿条件浅识[J]. 西南矿产地质, 1991, 5(2): 16-29.
- [9] 王增润,吴延之,段嘉瑞,等. 滇西澜沧裂谷成矿作用兼论老厂大型铜铅银矿床成因[J]. 有色金属矿产与勘查, 1992, 4(1): 207-215.
- [10] 彭省临,杨牧. 滇西老厂银铅矿床地质地球化学特征[J]. 中南工业大学学报, 1996, 27(5): 507-510.
- [11] 陈百友,王增润. 澜沧老厂银铅锌铜多金属矿床成因探讨[J]. 云南地质, 2000, 21(2): 134-144.
- [12] 陈元琰. 云南老厂火山岩型银铅锌铜矿床地质特征及成因[J]. 桂林工学院学报, 1995, 15(2): 124-130.
- [13] 胡承绮. 云南老厂银铅锌矿区围岩蚀变特征[J]. 桂林冶金地质学院学报, 1991, 11(4): 396-403.
- [14] 叶庆同,胡云中,杨岳清,等. 三江地区区域地球化学背景和金银铅锌成矿作用[M]. 北京:地质出版社, 1991: 191-215.
- [15] Ohmoto H and Rye R O. Isotopes of sulfur and carbon[A]. Barnes H L. *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*, [M]. Second Edition. New York: John Wiley and Sons, 1979: 509-567.
- [16] Ohmoto H. Systematics of sulfur and carbon isotopes in hydrothermal deposits[J]. *Econ Geol*, 1972, 67: 551-579.
- [17] 高子英. 云南主要铅锌矿床的铅同位素特征[J]. 云南地质, 1997, 16(4): 359-367.
- [18] Taylor H P, Frechen J, Degens E T. Oxygen and carbon isotope studies of carbonatites from the Laacher See District, West Germany and the Alno District Sweden[J]. *Geochim Cosmochim Acta*, 1967, 31: 407-430.
- [19] 朱维光,李朝阳,邓海琳,等. 四川西部呷村银多金属矿床硫铅同位素地球化学[J]. 矿物学报, 2001, 21(2): 219-224.
- [20] 侯增谦,浦边澈郎. 古代与现代海底黑矿型块状硫化物矿床矿石地球化学比较研究[J]. 地球化学, 1996, 25(3): 228-241.
- [21] 叶庆同. 四川呷村含金富银多金属矿床成矿地质特征和成因[J]. 矿床地质, 1991, 10(1): 108-118.
- [22] 王登红,陈毓川. 与海相火山岩有关的铜-铁-铅-锌矿床成矿系列类型及成因初探[J]. 矿床地质, 2001, 20(2): 112-118.
- [23] Hutchinson R W. 块状贱金属硫化物矿床[J]. 国外地质科技, 1982(2): 50-51.
- [24] 康吉昌. 可可塔勒铅锌矿床地质特征及其成因初探[J]. 矿产与地质, 2001, 15(2): 89-93.
- [25] 王书来,郭正林,王玉往,等. 新疆阿尔泰山南缘产于泥盆纪火山—沉积盆地铅锌矿床地质特征—以可可塔勒铅锌矿为例[J]. 地质与勘探, 2005, 41(6): 27-33.
- [26] 周刚,韩东南,邓吉牛. 新疆可可塔勒铅锌矿床同位素地球化学研究[J]. 矿产与地质, 1998, 12(1): 33-38.
- [27] 于际民,蒋少涌. 伊比利亚型——一种新类型块状硫化物矿床地质地球化学及成因[J]. 地质找矿论丛, 2000, 15(3): 246-253.
- [28] 杨永强,翟裕生,侯玉树,等. 沉积岩型铅锌矿床的成矿系统研究[J]. 地学前缘, 2006, 13(3): 200-205.
- [29] 韩发,孙海田. Sedex型矿床成矿系统[J]. 地学前缘, 1999, 6(1): 139-162.
- [30] Williams P J. An introduction to the metallogeny of the McArthur River - Mount Isa - Cloncurry Province [J]. *Economic Geology*, 1998, 93: 1120-1131.
- [31] 张汉文,李福东,孙南一. 秦岭式层控铅锌矿床的基本地质特征及成因[J]. 中国地质科学院西安地质矿产研究所所刊, 1987, 19: 83-96.
- [32] 彭润民,翟裕生. 内蒙古狼山—渣尔泰山中元古代被动陆缘热水喷流成矿特征[J]. 地学前缘, 2004, 11(1): 257-268.

GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE LAOCHANG LARGE-SCALE Ag-Pb-Zn POLYMETALLIC DEPOSIT IN LANCANG, YUNNAN

LONG Han-sheng^{1,2}, JIANG Shao-ping³,

SHI Zeng-long³, HUANG Zhi-long¹, LUO Tai-yi¹

(1. The State Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang, 550002, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Lancang Lead Mine of Yunnan, Lancang 665601, China)

Abstract: Described in this paper are the geological-geochemical characteristics of the Laochang large-scale Ag-Pb-Zn polymetallic deposit, which are compared with those of submarine volcanic-hosted massive sulfide deposits. The ore deposit has the characteristics of magma hydrothermal superimposition-reformation metallogenesis and the ore bodies hosted in volcanic-sedimentary rocks. It is suggested that the deposit belongs to a volcano-sedimentary rock-hosted massive sulfide deposit; and its mineralization characteristics are similar to those of the Keketale lead-zinc deposit (Iberian-type). Therefore, it is suggested that the Laochang deposit is a transitional subtype between a volcanic rock-hosted massive sulfide deposit (VHMS) and a typical sedimentary exhalative deposit (SEDEX).

Key words: silver-lead-zinc polymetallic deposit; geological and geochemical characteristics of the ore deposit; Laochang, Yunnan