

云南澜沧老厂多金属矿床矿化结构及成矿模式

李峰¹, 鲁文举², 杨映忠³, 陈琿¹, 石增龙³, 刘世维², 辛荣², 罗思亮¹

(1. 昆明理工大学, 昆明 650093; 2. 云南有色地质勘查局, 昆明 650051;
3. 云南澜沧铅矿, 云南 665600)

[摘要] 危机矿山深部矿是当前我国矿产勘查与研究的重要对象。基于新的综合研究和地质勘查成果, 对澜沧老厂矿区的矿化空间结构和成矿系统特征进行研究。结果表明: 矿区的矿体可分为六个矿体群, 它们由多时代、多成因、多矿化类型的矿体组成, 包括三个与早石炭世火山喷流沉积作用有关的层状铅锌银铜矿体群和三个与喜山期隐伏花岗岩有关的脉状铅锌银矿体群和细脉-浸染状钼(铜)矿体群, 前者形成于大陆裂谷环境, 后者形成于陆内碰撞造山环境; 六个矿体群在空间上构成特有的“三层叠三带”的矿化结构。根据矿化特征, 提出双系统同位叠加成矿模式, 指出矿区深部斑岩 Mo(Cu) 矿的找矿潜力巨大。

[关键词] 矿化类型 矿化结构 成矿模式 澜沧老厂

[中图分类号] P618.44 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2009)05-0516-08

Li Feng, Lu Wen-ju, Yang Ying-zhong, Chen Hui, Shi Zeng-long, Liu Shi-wei, Xin Rong, Luo Si-liang. Mineralizing texture and metallogenic model of the Laochang polymetallic deposit in Lancang, Yunnan[J]. *Geology and Exploration*, 2009, 45(5): 516-523.

0 引言

澜沧老厂是有 600 余年开采历史的老矿山, 资源严重危机。自 2006 年澜沧老厂危机矿山接替资源勘查项目实施以来, 矿区找矿取得重大进展。2008 年以来, 作者等先后在深部发现含铜黄铁矿矿体和斑岩钼(铜)矿体等新矿化类型。

矿区出露上古生界地层(图 1)。其中, 下石炭统依柳组为中基性火山-沉积岩系, 由两大旋回的熔岩-集块岩-角砾岩-凝灰岩-沉凝灰岩-沉积岩组成, 分八个岩性层, 厚 540~870m。其上为连续过渡的中、上石炭统-下二叠统, 以浅海碳酸盐岩为主。矿区地质构造以南北向主, F_1 、 F_3 、 F_{11} 等南北向主干断层经历拉张-挤压-右行走滑演变过程, 北西向 F_4 断层长期以压剪性活动为主, 是火山喷流沉积型矿体群的重要控矿构造。南北向老厂背斜形成较晚,

为喜山期斑岩成矿系统的控岩控矿构造。晚古生代以来, 矿区构造环境历经三次重大体制的转变与演化: 大陆裂谷期(D-P)→区域断块隆升与断陷期或滇西新特提斯开启与闭合期(T-K)→陆内碰撞造山期(Kz)。三大有利成矿构造环境更替、多种重要成矿地质作用的叠加与耦合特别明显, 尤其是裂谷期和陆内造山期的成矿地质作用表现强烈, 具备良好的区域成矿动力学条件。

1 前人对矿床成因的认识

前人对澜沧老厂大型多金属矿床的成因认识主要包括: 早石炭世海底火山喷流沉积成因^[1,2]; 燕山晚期-喜山期中酸性岩浆热液成因^[3-6]; 燕山期次火山热液成因^[7]; 早石炭世火山热液充填交代+燕山期中酸性岩浆热液成因^[8,9]; 早石炭世火山喷流沉积+后期岩浆热液成因^[10,11]①②; 构造蚀变岩型^③。

[收稿日期] 2009-03-14; [修订日期] 2009-07-01。[责任编辑] 杨欣。

[基金项目] 国家危机矿山项目(编号: 200653056)资助。

[第一作者简介] 李峰(1957年—), 男, 1983年毕业于中南矿冶学院, 获硕士学位, 教授(博导), 现主要从事区域地质与成矿学的教学与研究工作。

① 李峰. 滇西大型-超大型铜多金属矿床成矿条件及靶区优选[R]. 昆明理工大学科研报告, 2000.

② 陈百友. 云南省澜沧老厂银铅锌铜多金属矿床成矿学研究[D]. 长沙: 中南工业大学博士论文, 2002.

③ 云南省地质调查院. 云南南汀河铅锌银多金属矿评价[R]. 云南省地质调查院研究报告, 2004.

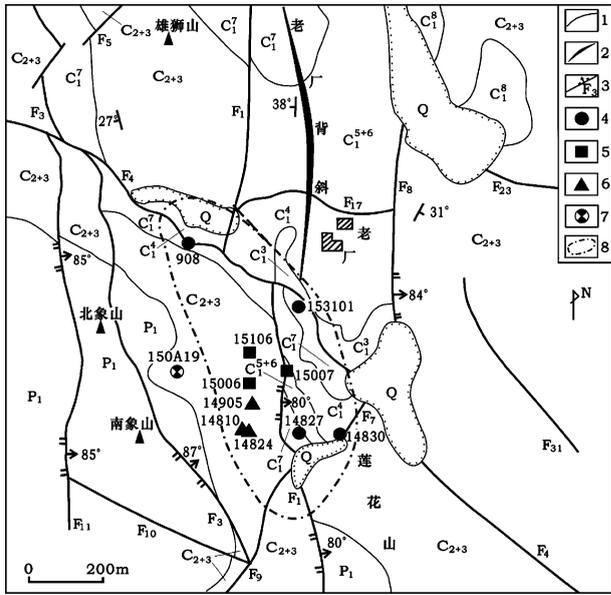


图 1 云南澜沧老厂矿区地质简图

Fig 1 Geological sketch map of Laochang deposits in Lancang, Yunnan

Q—第四系; P₁—下二叠统; C₂₊₃—中-上石炭统; C₁⁸—下石炭统依柳组 8 段; C_{1β}⁷—依柳组 7 段; C₁⁵⁺⁶—依柳组 5-6 段; C₁⁴—依柳组 4 段; C_{1α}³—依柳组 3 段; 1—地质界线; 2—背斜轴; 3—断层及编号; 4—见斑岩、矽卡岩和钼矿体孔; 5—见花岗岩体(脉)孔; 6—见矽卡岩和钼矿体孔; 7—见矽卡岩孔; 8—预测隐伏花岗岩体范围

Q—Quaternary clay; P₁—lower Permian; C₂₊₃—mid-upper Carboniferous; C₁⁸—8th unit of lower Carboniferous Yiliu Formation; C_{1β}⁷—7th unit of Yiliu Formation; C₁⁵⁺⁶—5th and 6th units of Yiliu Formation; C₁⁴—4th unit of Yiliu Formation; C_{1α}³—3rd unit of Yiliu Formation; 1—geological boundary; 2—anticlinal axis; 3—fault and serial number; 4—drill hole through granite porphyry, skarn and Mo ore body; 5—drill hole through granite porphyry; 6—drill hole through skarn and Mo ore body; 7—drill hole through Mo ore body; 8—inferred boundary of blind granite-porphyry

最近有学者将其定位为 VHMS 型和 SEDEX 型之间的过渡类型矿床^[12]。

总体看,前人的认识中,以火山喷流沉积成因和燕山期(或燕山晚期-喜山期)岩浆热液成因观点占主导,不同程度地阐述了火山喷流沉积成矿作用、岩浆热液成矿作用等的依据,也注意到了矿床多因复成的特点。上世纪 90 年代初,矿区深部发现隐伏花岗岩斑脉后,有学者提出深部找金铜矿的认识^[4]。但过去的研究中,对不同矿体成因类型及矿化类型的鉴别、相互关系、成矿作用演化和矿化空间结构等的研究薄弱,综合找矿思路不明确。致使近 20 年中深部找矿未获突破。

2 矿体群分类及其地质特征

澜沧老厂矿区已有原生矿体 138 个,还在不断增加中。过去的地质勘查和相关研究共分为 I、II 和 III 号矿体群,多认为 I 号矿体群为火山喷流沉积成因,II 号矿体群为热液沿层间破碎带充填成因,III 号矿体群属热液充填成因。本文通过详细分析研究,按成矿作用、矿化类型、产出层位和控矿构造等的不同,将矿区矿体分为六个矿体群(图 2)。

2.1 I 号矿体群

I 号矿群是矿区最主要的矿体群之一,已圈定大小矿体 48 个。具以下地质特征:

1) 矿体顺层产于 C₁⁵⁺⁶ 上部粗面安山质凝灰岩中,为早期火山旋回末的产物,含矿围岩除凝灰岩、沉凝灰岩夹白云质灰岩、炭质页岩外,普遍夹硅质岩等热水沉积岩;

2) 矿体厚 5 ~ 10m,走向长 80 ~ 950m,倾向延伸 50 ~ 120m。剖面上,主矿体在凝灰岩夹薄层碳酸盐岩和硅质岩的地段发育较好。横向上,厚层碳酸盐岩与凝灰岩过渡的地段矿体增厚;

3) 矿体形态主要呈层状-似层状、透镜状,产状受后期褶皱变形影响,随地层产状同步变化;

4) 矿体的矿化分带明显,无论是单个矿体还是整个矿体群,均表现出“上黑下黄”的矿化分带结构。如 I₁₊₂ 矿体,1875m 以上为富方铅矿-闪锌矿的硫化物矿体,形成“黑矿”,1875m 以下方铅矿、闪锌矿大幅减少,渐变为块状黄铁矿体,形成“黄矿”。在平面上,靠 F₃ 一侧(含铜)黄铁矿较发育,向东相对富铅锌,显示矿化中心靠近 F₃;

5) 矿石主要由黄铁矿、方铅矿、闪锌矿等硫化物组成,含量 40% ~ 85%,次为火山岩碎屑、方解石及石英等。硫化物虽明显重结晶,但保留有草莓状黄铁矿、胶状黄铁矿和典型的纹层-条带状构造等,可见方铅矿-闪锌矿呈 1 ~ 10cm 的纹(薄)层与黄铁矿纹层、含碳硅质页岩薄层交替出现。矿石具喷流-沉积成矿的结构构造特征。

2.2 II 号矿体群

也是矿区主要的矿体群。已圈定矿体 37 个,总体特征如下:

1) 矿体主要出现在 19 ~ 152 线间,分布范围较 I 号矿体群小。8 线以北矿体规模较小,8 线以南矿体规模逐渐变厚大,呈多层产出。矿体厚 6 ~ 14m,走向长 70 ~ 445m,倾向延伸 50 ~ 185m;

2) II号矿体群稳定出现在下石炭统(C₁)火山-沉积岩系顶部,为晚期火山喷发旋回末的产物,含矿围岩为凝灰岩、沉凝灰岩、白云质灰岩、含炭页岩、硅质岩和角砾状硅质岩等,向上过渡为C₂₊₃¹⁺²白云质灰岩。富矿地段常见含炭页岩及硅质岩;

3) 矿体呈似层状-透镜状产出,产状与地层一致,并与地层同步褶皱变形,层控性明显;

4) 8线以南的矿体上部相对富铅锌,下部以黄铁矿体为主,体现“上黑下黄”的矿化分带性。如II₂主矿体,上部相对富铅锌,向南、向下过渡为黄铁矿体;

5) 矿体氧化程度较高,但保留有典型的层状-纹层状等原生沉积构造。矿体在次级向斜轴部和靠南北向断层处,有明显增厚、增富的现象。主要矿石矿物普遍重结晶,后期改造成矿作用标志也较明显。

II号矿体群与I号矿体群具有基本一致的空间分布及矿化分带特征,说明I、II号矿体群形成时的火山喷流中心区基本一致,都受同生断层及沉积盆地岩相古地理环境控制。

2.3 III号矿体群

III号矿体群为产于C₂₊₃¹⁺²-P₁碳酸岩盐中的脉状、透镜状及不规则状银铅锌矿体。已发现矿体39个,具以下特征:

1) III号矿体群在矿区范围内分布广而零散,象山和莲花山一带相对较集中;

2) 矿体规模不大,一般厚1~10m,延伸10~60m,多呈脉状、透镜状、囊状充填于碳酸盐岩中的各种次级断层、空隙和节理裂隙中。矿体形态复杂,受构造制约,走向多近南北,部分为北西、北东及东西向等,倾角变化大。在主断裂或多组裂隙交汇部位,可形成囊状或不规则状富矿体;

3) 矿体穿层性明显,后生性典型。矿体两侧围岩常发生铁锰碳酸盐化、绢云母化等低温热液蚀变;

4) 矿石氧化程度较高,普遍褐铁矿化,富银、铅是其特征,平均含Ag 247.68g/t, Pb 7.80%, Zn 3.92%;

5) 在平面上,III号矿体群总体受褶皱-断裂控制,老厂背斜轴部及其两翼的断裂系统为主要容矿构造。在剖面上,矿体出现在矿化带顶部,控矿主断层与控制隐伏花岗斑岩的主断层一致。

2.4 IV号矿体群

IV号矿体群是指产于F₁、F₃、F₁₁等主断层中的陡倾斜大脉状矿体,过去曾将其作为II号矿体群的组成部分,并概括为“厂”字形矿体。本次综合研究表明,它与II号矿体群之间并非过渡关系,而是一种典型的穿插关系,时空分布各具特点。本文将其作为一种新类型矿体,依据如下:

1) IV号矿体群产于南北向主干断层带中,呈陡倾斜大脉状产出,后生性典型(图2);

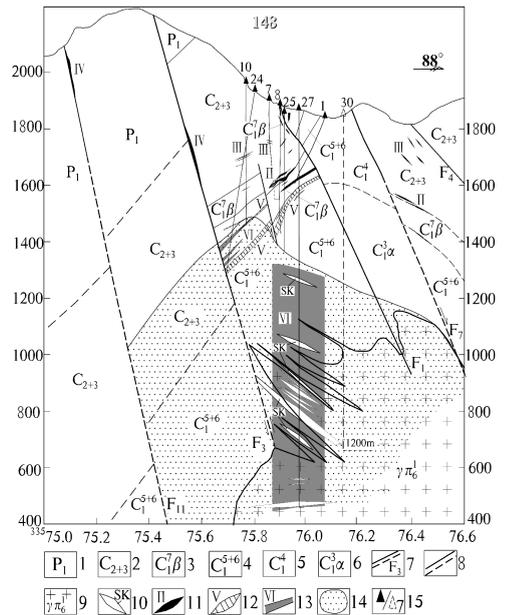


图2 老厂矿区148线剖面图

Fig. 2 Profile of the Line148 of Laochang deposit

1—下二叠统白云质灰岩;2—中上石炭统灰岩、白云岩;3—6—下石炭统;3—玄武岩及其凝灰岩;4—粗面安山质凝灰岩、角砾熔岩夹沉积岩;5—安山质角砾岩夹沉积灰岩;6—杏仁状安山岩、集块岩;7—实测、推测断层及编号;8—地质界线;9—花岗斑岩体;10—石榴石透辉石砂卡岩带;11—铅锌银矿体及编号;12—含铜黄铁矿体及编号;13—钼矿体;14—细脉浸染状钼(铜)矿化区;15—见矿钻孔/设计钻孔

1—lower Permian dolomite limestone; 2—mid-upper Carboniferous limestone and dolomite; 3—6—lower Carboniferous; 3—basalt and stuff; 4—trachyte-andesite tuff, breccial lava, and sedimentary rock; 5—andesitic breccia parting tuffite; 6—amygdaloidal andesite, agglomerate; 7—fault, inferred fault and serial number, 8—geological boundary; 9—granite porphyry; 10—garnet-diopside skarn zone; 11—Pb-Zn-Ag ore body and Serial number; 12—Cu-riched pyrite body; 13—Mo-ore body; 14—veinet-disseminated Mo(Cu) mineralized zone; 15—drill hole/design drill hole

2) 矿体与围岩界线分明,穿不同层位及岩性。如F₁、F₃中的大脉状矿体和F₁₁中的大铁帽,均切穿

④ 云南有色地质勘查局309队. 澜沧老厂银铅矿床第二期勘探报告,1992.

⑤ 云南澜沧铅矿. 云南澜沧银铅锌多金属矿床立体定位预测与增储研究. 云南省省院省校科技合作计划项目研究报告,2006.

不同岩性层;

3) 发育角砾岩型矿石。角砾大小混杂,棱角明显,成分复杂,以玄武质凝灰岩、玄武岩等角砾为主,少量灰岩、硅质岩及矿石角砾,角砾间为矿化胶结物,热液成矿特征明显;

4) 矿体围岩广泛出现网脉状铁锰碳酸盐化和黄铁矿化等热液蚀变;

5) 矿石氧化程度较高,普遍褐铁矿化,银、铅、锌品位较高;

6) 在空间关系上,IV号矿体群与III号矿体群呈逐渐过渡的关系。由下至上、由主断层至旁侧次级断裂,依次出现IV号矿体群(大脉状矿体)→III号矿体群(小脉状或不规则脉状矿体)。

该类矿体的识别和划分,对找矿有重要指导意义。2008年以来,通过对 F_3 主控矿断层实施找矿工程,先后有六个坑内钻孔和一个穿脉揭露到平均厚9.37m的IV号矿体,控制矿体长度300m,延深250m,平均品位Pb 8.31%,Zn 6.93%,Ag 251g/t。在 F_{11} 断层带上,也揭露到厚12.6m的铅银矿化蚀变带。

2.5 V号矿体群

该类矿体的发现与确认是矿区找矿重要进展之一。上世纪80年代末的地质勘探资料将其作为黄铁矿体或硫矿体,归入I号矿体群^[4],并被长期沿用^{[6]⑤}。90年代初,ZK15006等孔揭露厚大铜矿体和花岗斑岩脉、矽卡岩后,有的学者又将该铜矿体划归与隐伏斑岩有关的矽卡岩型矿体,认为形成于燕山晚期^{[3,4]②}。作者在详细观察研究新揭露矿体的基础上,对过去地质勘探原始资料进行全面复查,确认本类矿体是典型的含铜黄铁矿体,成矿时代和成因应与I号矿体群相同。由于其主成矿元素与I号矿体群不同,为便于综合评价和开采利用,将其编为V号矿体群。特征如下:

1) 矿体顺层产于 C_1^{5+6} 上部凝灰岩、沉凝灰岩中,形成于早期火山旋回末向正常沉积过渡阶段。矿体中普遍夹炭质页岩及硅质岩条带等;

2) 矿体呈面型分布。据勘探资料统计,已有71个钻孔和3个坑道工程在同一层位揭露到含铜黄铁矿体,其空间分布范围与I、II号矿体群的分布区基本一致,150~145线之间厚度较大;

3) 矿体形态呈层状-似层状、透镜状,产状随地层同步变化(图2);

4) 含铜黄铁矿体与矽卡岩化无成因联系。如ZK14808孔深395.83~432.61m处的含铜黄铁矿体,矿体及其围岩中均未见矽卡岩化。ZK14825在

孔深329~356m处揭露到厚27m的块状含铜铅锌黄铁矿体,其中见典型的由硅质条带、凝灰质纹层,硫化物多具微粒结构。ZK15006孔揭露的厚大(厚84.6m),条带状、稠密浸染状、块状含铜黄铁矿体,并被花岗斑岩脉穿切,未见矽卡岩化。部分地段的块状硫化物矿体中见透辉石、绿帘石等矽卡岩脉和石英-硫化物脉充填,并造成黄铁矿重结晶和Mo、Sn、Bi等高温矿化组合元素的叠加,如:ZK14827的V号矿体中,局部含锡0.9%左右;ZK14824层状含铜黄铁矿体中,部分样品含Mo 0.014%~0.12%;岩矿鉴定及能谱分析发现,沿黄铁矿的裂隙中,见微粒辉钼矿沿裂隙充填。显然,矿体中的矽卡岩化和Mo、Sn、Bi等矿化,与后期斑岩热液的叠加作用有关;

5) 除局部后期叠加矿化较强的部位外,矿石的矿物组合总体较简单,主要由浅黄-亮黄色中-细粒黄铁矿组成,含量一般在50%~80%之间,分布均匀,其中有共生的零星微粒黄铜矿,S含量一般大于26%,Cu含量一般在0.3%~2.5%(平均0.67%);

6) V号矿体群与I号矿体群在时空分布上呈过渡关系,前者位于下部,后者位于上部,共同构成典型的“上黑下黄”的矿化结构。

应该说,过去的勘探工程已大体控制本类矿体的分布范围,但由于对此类矿体的识别和重视程度不够,未圈出含铜黄铁矿体。本文划分出V号矿体群,不仅重新认识了铜资源找矿潜力(达中型规模),拓宽了找矿空间和找矿类型,对成矿规律的认识也有重要意义。

2.6 VI号矿体群地质特征

是危机矿山接替资源勘查项目实施以来最重要的找矿新突破。2007年ZK153101孔揭露三段花岗斑岩脉,在孔深509.2~1005.3m围岩中发现断续星点-线脉状辉钼矿化,三段主要矿化体样长10.3~21.8m,平均含Mo 0.02%~0.062%,花岗斑岩脉附近矿化较强。2008年ZK14824在孔深548.5~620.0m处发现四段细脉-浸染状辉钼矿化带,其中578.3~588.5m处(样长10.2m)Mo 0.318%、Cu 0.06%,610.5~613.3m处(样长2.8m)Mo 0.11%、Cu 0.17%。根据新发现的矿化类型,结合成矿条件综合分析,我们设计找矿深孔两个,其中,2009年4月已完工的ZK14827孔,在孔深561.8~1417.05m(终孔),揭露连续分布的钼矿化带厚达855m,达工业品位的矿体总厚477.5m(Mo平均品位0.082%),单个矿体最厚106m。目前施工中的

ZK14830孔,从孔深621.5m见钼矿化,连续揭露的钼矿化带厚度已大于560m,达工业品位的矿体总厚度大于300m。本文将新发现的厚大钼矿体,编为VI号矿体群。据目前初步研究,获得以下认识。

1) 钼矿(化)体无特定层位。目前已发现的钼矿(化)体均产于深部下石炭统火山岩系中,矿化部位从斑岩体至 C_1^{5+6} 的不同岩性层,矿化带穿切V号矿体群(图2);

2) 钼矿(化)体在成因上与隐伏花岗斑岩有关。表现在:矿化发生在花岗斑岩及其接触带的矽卡岩化-角岩化带中,斑岩体(脉)附近矿化最强;花岗斑岩富Mo、W、Cu、Pb、Zn、Ag等成矿元素,尤其是Mo、W有显著富集(分别为 19×10^{-6} 和 217×10^{-6}),岩体含矿性与矿化类型一致;钼矿(化)体中发育浸染状-细脉状黄铁矿,并见少量共生的微粒黄铜矿、白钨矿、辉铋矿等,具斑岩型钼矿床常见的金属矿物组合;

3) 钼矿(化)体在空间上分布于隐伏花岗斑岩体的内、外接触带。按含矿岩石类型不同,由隐伏花岗斑岩体内→外接触带,钼矿(化)体的类型连续变化,依次形成花岗斑岩型矿化带-矽卡岩型-角岩型矿化带-矽卡岩化凝灰岩型矿化带。矿化蚀变带围绕岩体分布,受岩体产状、温度梯度和围岩类型的控制,总厚度大于500m。据目前见矿钻孔观察统计,钼矿化带和矽卡岩化带出现的标高或深度大体相当,多出现在标高1400m以下。一般情况下,矽卡岩化强的部位和花岗斑岩体的顶部矿化强度高,如在近接触带的透辉石矽卡岩和石榴子石矽卡岩带中,易形成富含石英-辉钼矿细脉的矽卡岩型矿体,在花岗斑岩体顶部,易形成网脉状及浸染状的斑岩型富矿体。现有工程中,除ZK14827、ZK14830孔揭露到斑岩中的矿化带外,其余工程揭露的多为外接触带的矽卡岩型、角岩型→矽卡岩化凝灰岩型矿化带,主矿化带多未揭露;

4) 矿化矽卡岩的原岩以凝灰岩、沉凝灰岩和含角砾凝灰岩为主;

5) 辉钼矿呈细-线脉状、浸染状分布于矽卡岩化凝灰岩或矽卡岩的裂隙壁上。常见灰白色含辉钼矿方解石-石英细脉、薄膜状辉钼矿脉和浸染状辉钼矿等。辉钼矿多呈细小鳞片状集合体分布,有的沿蚀变凝灰岩中的火山碎屑或角砾边缘充填。据矿物组合及脉体相互关系,辉钼矿细网脉穿切矽卡岩,又被含辉铋矿-雄黄-黄铁矿碳酸盐脉穿切,显示钼矿化主要形成于矽卡岩化阶段之后,为斑岩热液成

矿中期的产物;

6) 成矿的隐伏花岗斑岩呈灰白-灰色,具巨斑状结构和块状构造。斑晶主要由钾长石、石英和斜长石组成,少量黑云母。基质主要由微-细粒钾长石、石英组成,粒度一般为0.01~0.15mm,含量一般大于50%。岩体及其围岩的钾化、硅化、矽卡岩化、黄铁矿化、碳酸盐化、大理岩化、绢云母化、萤石化和沸石化等蚀变广泛。岩石化学成分中, SiO_2 67.83%, K_2O+Na_2O 8.23%, $K_2O>Na_2O$,具典型的低钛、富碱高钾特点,与三江地区喜山期富碱高钾斑岩特征相似^[13]。在Nb-Y和Rb-Y+Nb等构造环境判别图上,均落在同碰撞花岗岩区;

7) 花岗斑岩中锆石的SHRIMP U-Pb年龄为 44.6 ± 1.1 Ma,细脉状辉钼矿的Re-Os同位素等时线年龄为 43.78 ± 0.78 Ma,前者代表花岗斑岩侵位结晶年龄,后者代表热液成矿年龄,成岩→成矿过程发生于早喜山期始新世中晚期。

VI号矿体群为作者等新发现的隐伏矿体,埋深多大于500m,保存完整,目前控制程度有限,正加紧勘查与深入研究中。

3 矿体成矿系列

按产状特征,6个矿体群可分为三大类:

1) 层状-似层状矿体:包括I、II和V号矿体群。矿体呈层状-似层状、透镜状产于依柳组(C_1)火山-沉积岩系中,为典型的火山-喷流沉积成因。

该类矿体的成矿时代为早石炭世,依据:①含矿岩系的上覆碳酸盐岩层中(C_{2+3})见中-晚石炭世珊瑚、腕足类、蜓类等化石;②ZK161101孔的 C_1^{5+6} 灰岩团块中,发现早石炭世贵州珊瑚化石;③I、II号矿体群中的矿石铅同位素模式年龄范围在357~217Ma之间^{[6]④},主要年龄区间为355~295Ma,与黄智龙研究员最近获得的 C_1 凝灰岩(矿体围岩)中锆石SHRIMP年龄(323Ma)接近;

2) 脉状矿体:包括III、IV号矿体群。矿体呈脉状充填于 F_1 、 F_3 、 F_{11} 断层及其旁侧裂隙带中。该类矿体目前尚无确切的同位素年龄依据。据地质条件综合分析,我们认为其形成应与喜山期花岗斑岩的热液作用有关;

3) 细脉-浸染状矿体:指VI号矿体群。矿体与围岩呈过渡关系,产于 C_1^{5+6} 及其以下层位及花岗斑岩体顶部,主要受隐伏花岗斑岩体及其接触带控制,成岩成矿期为始新世中晚期。

可见,矿区6个矿体群是多期多种成矿作用的

综合产物,在时空上构成两大成矿系列:

- 与火山喷流沉积成矿作用有关的矿体(成矿系列)
 - 喷流沉积型块状铅锌银硫化物矿体 (I、II号矿体群)
 - 喷流沉积型块状含铜黄铁矿体 (V号矿体群)
 - (喷流管道相)热液充填交代型网脉状矿体(?)
- 与斑岩成矿作用有关的矿体(成矿系列)
 - 热液充填型脉状铅锌银硫化物矿体(III、IV号矿体群)
 - 斑岩-矽卡岩型细脉-浸染状钼(铜)矿体(VI号矿体群)

4 矿化系统及其空间组合型式

老厂矿区六类矿体群的空间组合关系十分特殊:

在平面上,在约1.5km²的小范围内,六类矿体群集中出现,紧密相伴,构成特有的“六类一体”矿化系统(图3)。

在剖面上,由深部到地表,矿体类型依次为:斑岩-矽卡岩型钼(铜)矿体(VI号矿体群)→火山喷流-沉积型含铜黄铁矿体(V号矿体群)→火山喷流-沉积型黄铁铅锌银矿体(I-II号矿体群)→热液充填型铅锌银矿体(IV、III号矿体)。它们构成特有的Mo(Cu、Bi、W)→Cu、S(Pb、Zn)→Pb、Zn、Ag→Ag、Pb(Zn)复合成因型的成矿元素垂直分带。

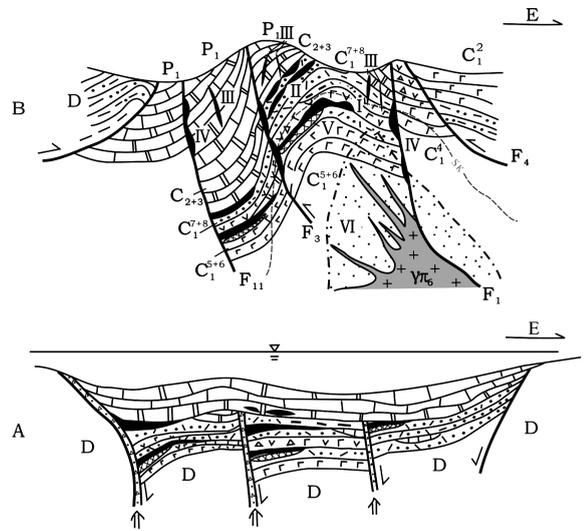
在成矿规模上,火山喷流-沉积型铅锌银矿体群具大型规模,新发现斑岩钼矿体群也具大型远景,二者构成罕见的“双大叠置”关系。

在成因类型组合上,矿区“六类一体”矿化系统是多类型、多阶段、大时差成矿地质作用同位叠加和集成的结果。早石炭世火山喷流沉积成矿作用形成V、I、II号矿体群,即“三层”较稳定的层控型矿体群。喜山期与隐伏花岗斑岩有关的成矿作用,由深部到浅部,依次形成近隐伏岩体的中(高)温带细脉-浸染状厚大VI号钼(铜)矿体群、岩体外的中低温带大脉型IV号铅锌(银)矿体群、浅部围岩中的低温带脉状III号银铅锌矿体群,它们共同构成斑岩成矿系列的“三带”。因此,矿区的矿化系统结构复杂,不同成矿系统“新-老”叠置,“层-带”交融,集成极具特色的“三层叠三带”矿化空间组合型式。

在成矿动力学环境演变上,“三层”矿体群形成于早石炭世大陆裂谷环境,而“三带”热液矿体群则形成于早喜山期陆内碰撞造山环境。

5 成矿模式

危机矿山的深部找矿是目前我国矿产勘查的重



- 1—玄武质熔岩及其凝灰岩;2—粗面安山质熔岩及火山碎屑岩;
- 3—沉凝灰岩;4—硅质岩及碳质页岩;5—中上泥盆统砂岩;6—中上石炭统碳酸盐岩;7—下二叠统碳酸盐岩;8—灰岩;9—同生断层;
- 10—多期活动断层及其编号;11—喷流热液运移方向;12—铅锌银矿体;
- 13—含铜黄铁矿体;14—斑岩热液脉状铅锌银矿体;15—细脉浸染状斑岩钼(铜)矿化带;16—矽卡岩化带;
- 17—隐伏花岗斑岩体;18—矿体群编号

图3 澜沧老厂双系统同位叠加成矿模式

Fig. 3 Metallogenic model of superimposed mineralization of the Laochang deposit

A. 早石炭世火山喷流沉积成矿系统;

B. 始新世隐伏花岗斑岩成矿系统

- 1—basaltic lava and tuff;2—trachyte andesite lava and pyroclast;
- 3—tuffite;4—silicalite and carbonaceous shale;5—middle - upper Devonian pebbly sandstone;6—mid - upper Carboniferous carbonate;
- 7—lower Permian carbonatite;8—limestone;9—contemporaneous fault;10—multi - periodic movement fault and its number;
- 11—migration direction of hydrothermal fluid;12—Pb - Zn - Ag ore body;13—Cu - pyrite ore;14—vein Pb - Zn - Ag ore body of porphyry hydrothermal type;
- 15—veinlet - disseminated porphyry Mo(Cu) mineralized zone;16—skarn zone;17—of hidden granite

A. early Carboniferous volcano - exhalative sedimentary metallogenic system; B. Eocene concealed granite - porphyry metall - ogenic system

要对象。近年来,成矿系统理论^[14,15]、第二矿化富集带概念^[16,17]等的提出,为深部找矿提供了重要理论依据,根据成矿条件和成矿系统理论发现新类型矿床的实例日愈受到关注^[17-19]。按成矿系统理论,澜沧老厂矿床是两套主要成矿系统、多种有利成矿要素有机耦合的结果,是多构造环境演变过程中形

成的火山喷流沉积+隐伏斑岩热液成因为主的矿床,多因复成特征和同位成矿特征^[20]典型。矿床形成过程为:早石炭世火山旋回间歇期及末期,在地幔物质上涌、裂谷扩张和深部岩浆余热动力学环境中,喷流沉积成矿作用形成 I、II 和 V 号矿体群等“三层”块状硫化物矿体群,构成铅锌银铜资源的主体;裂谷封闭-隆升期(P₂-K),喷流沉积矿体群经历第一次重大改造变形,矿质重结晶和局部富化;新生代的陆内碰撞造山期,在区域地壳大规模东西向挤压缩短和北东、北西向断裂走滑活动的动力学环境下,壳幔混合源富钾酸性岩浆超浅层侵入,沿斑岩体顶部和褶皱、断裂系统形成与斑岩热液成矿作用有关的 III、IV 和 VI 号矿体群,并在早期矿体群中叠加部分中(高)温元素组合,矿石组分复杂化。我们将其成矿模式归纳为“双系统同位叠加”模式(图 3)。

澜沧老厂矿区新的矿床类型发现和矿化系统结构的建立,说明深部找矿潜力巨大,有望成为新的大型铝业基地,老矿山的发展面临崭新的机遇。目前矿山正以“双系统同位叠加”成矿模式为指导,按深浅并举、综合找矿的思路,实施近期传统资源增储与中长期新型接替资源勘查相结合的新一轮大规模找矿工程。

致谢:全国危机矿山项目云南监审组专家张翼飞、黎功举两位教授级高级工程师在项目的立项、设计及实施过程中给予的支持和悉心指导,云南澜沧铅矿有限公司对研究工作给予大力支持,谨此致谢。

[参考文献]

- [1] 杨开辉. 三江地区火山岩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.
Yang Kai-hui. Volcanogenic massive sulfide deposits in Sanjiang Region, southwest China, geological features and main types[J]. Mineral deposits, 1992, 11(1): 35-44.
- [2] 潘桂棠, 徐强, 侯增谦. 西南“三江”多岛弧造山过程成矿系统与资源评价[M]. 北京: 地质出版社, 2003.
Pan Gui-tang, Xu Qiang, Hou Zeng-qian. The ore-forming system and resource evaluation of the process of islands arc orogenesis in “Sanjiang”, southwest of China [M]. Beijing: Gel. Pub. House, 2003.
- [3] 徐楚明, 欧阳成甫. 云南澜沧老厂银铅锌矿床成因研究[J]. 桂林冶金地质学院学报, 1991, 11(3): 245-252.
Xu Chu-ming, Ouyang Cheng-fu. A study on the genesis of the Ag-Pb-Zn Deposit in Laochang, Lancang, Yunnan [J], Journal of Guilin College of Geology, 1991, 11(3): 245-252.
- [4] 欧阳成甫, 徐楚明, 胡承绮, 郎跃秀. 云南澜沧老厂银铅矿区隐伏花岗岩体预测及其意义[J]. 大地构造与成矿学, 1993, 17(2): 119-126.
Ouyang Cheng-fu, Xu Chu-ming, Hu Cheng-qi, Lang Yue-xiu.

- Predicted existence of a concealed granitic body in the Laochang silver-lead deposit and the geologic significance, Langchang, Yunnan [J]. Geotectonica et Metallogenia, 1993, 17(2): 119-126.
- [5] 薛步高. 含锡花岗岩外带银铅多金属矿床的地质特征[J]. 矿产与地质, 1995, 9(3): 12-23.
Xue Bu-gao. Geological Characteristics of Ag-Pb polymetallic deposit outer Sn granite [J]. Mineral Resources and Geology, 1995, 9(3): 12-23.
- [6] 薛步高. 昆阳群 o 矿床地质论文集[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2003: 157-167.
Xue Bu-gao. Kunyang Group · Geological Papers [M]. Kunming: Yunnan Science & Technology Press, 2003: 157-167.
- [7] 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.
Li Hu-jie, Tian Xu, Yi Fa-cheng. The stable isotope geochemistry of the Lancang Pb-Zn-Ag-Cu deposit in Yunnan Province [J]. Geological Exploitation for Nonferrous Metals, 1995, 4(5): 278-282.
- [8] 叶庆同, 胡云中, 杨清. 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, 1992, 55-83.
Yue Qing-tong, Hu Yun-Zhong, Yang Qing. The geochemical background character and mineralization of Au-Ag-Pb-Zn in sanjiang [M]. Beijing: Gel. Pub. House, 1992, 55-83.
- [9] 周凤禄. 澜沧老厂铅锌银矿床成矿条件浅识[J]. 西南矿床地质. 1991, 5(2): 16-28.
Zhou Feng-lu. Metallogenic conditions of Laochang Pb-Zn-Ag deposit in Lancang [J]. Southwestern Minerals and Geology. 1995, 5(2): 16-28.
- [10] 王增润, 吴延之. 滇西澜沧裂谷成矿作用谦论老厂大型铜铅银矿床成因[J]. 有色金属矿产与勘查, 1992, (4): 207-215.
Wang Zeng-run, Wu Yan-zhi. The metallogensis of Lancang rift and the genesis of Laochang Cu-Pb-Ag deposit in western Yunnan [J]. Geological Exploitation for Non-ferrous Metals, 1992, (4): 207-215.
- [11] 李雷, 段嘉瑞, 李峰. 澜沧老厂铜多金属矿床地质特征及多期同位成矿[J]. 云南地质, 1996, 15(3): 246-256.
Li Lei, Duan Jia-rui, Li Feng. Geologic features and mltiperiodic syntopogenic metallogenesis of the Laochang Cu-Polymetal deposit in Lancang, Yunnan [J]. Yunnan Geology, 1995, 15(3): 246-256.
- [12] 龙汉生, 蒋绍平, 石增龙, 黄智龙, 罗泰义. 云南澜沧老厂大型银铅锌多金属矿床地质地球化学特征[J]. 矿物学报, 2007(3-4): 360-365.
Long Han-sheng, Jiang Shao-ping, Shi Zeng-long, Huang Zhi-long, Luo Tai-yi. Geological and geochemical characteristics of the Laochang large-scale Ag-Pb-Zn polymetallic deposit in Lancang, Yunnan [J], Acta Mineralogica sinica, 2007(3-4): 360-365.
- [13] 王登红, 应汉龙, 梁华英, 黄智龙, 骆耀南. 西南三江地区大陆动力学过程与大规模成矿[M]. 北京: 地质出版社, 2006, 71-93.

- Wang Deng-hong, Ying Han-long, Liang Hua-ying, Huang Zhi-long, Luo Yao-nan. Continental dynamics of Jinshajiang-Lancangjiang-Nujiang region and its large-scale mineralization, southwest China [M]. Beijing: Geol. Pub. House, 2006, 71-93.
- [14] 翟裕生. 论成矿系统[J]. 地学前缘, 1999, 6(1): 13-27.
Zhai Yu-sheng. On the metallogenic system [J]. Earth Science Frontiers, 1999, 6(1): 13-27.
- [15] 翟裕生, 邓军, 王建军, 彭润民, 刘家军, 杨立强. 深部找矿研究问题[J]. 矿床地质, 2004, 23(2): 142-149.
Zhai Yu-sheng, Deng Jun, Wang Jian-jun, Peng Run-min, Liu Jia-jun, Yang Li-qiang. Researches on deep ore prospecting. Mineral Deposits [J]. 2004, 23(2): 142-149.
- [16] 曾新志, 张旺生, 孔华山. 我国深部找矿研究进展综述[J]. 地质科技情报, 2009, 28(2): 104-106.
Cao Xin-zhi, Zhang Wang-sheng, Sun Hua-shan. Progress in study of deep exploration in China [J]. Geological Science and Technology Information, 2009, 28(2): 104-106.
- [17] 叶天竺, 薛建玲. 金属矿床深部找矿中的地质研究[J]. 中国地质, 2007, 34(5): 855-869.
- Ye Tian-zhu, Xue Jian-ling. Geological study in search of metallic ore deposits at depth [J]. Geology in China, 2007, 34(5): 855-869.
- [18] Vertess M, "Mac" Canby. A brief review of metal discoveries in the Tethyan belt since 1992 [A]. In: Colin J, Andrew. Digging Deeper [C]. Navan, Ireland: Irish Association for Economic Geology, 2007, Vol. 1: 97-100.
- [19] 李惠, 岑况, 沈镛立, 吴悦斌, 张国义. 危机矿山深部及其外围盲矿预测的化探新方法及其最佳组合[J]. 地质与勘探, 2006, 42(4): 62-66.
Li Hui, Cen Kuang, Shen Yong-li, Wu Yue-bin, Zhang Guo-yi. New geochemical methods and best technique combination for prediction of blind orebody in the deep and surrounding of crisis mines [J]. Geology and Exploration, 2006, 42(4): 62-66.
- [20] 梅友松, 汪东坡. 再论同位成矿与矿产勘查[J]. 地质与勘探, 2000, 36(5): 5-10.
Mei You-song, Wang Dong-po. On the isospatial metallogenesis and mineral exploration again [J]. Geology and Exploration, 2000, 36(5): 5-10.

Mineralizing Texture and Metallogenic Model of the Laochang Polymetallic Deposit in Lancang, Yunnan

LI Feng¹, LU Wen-ju², YANG Ying-zhong³, CHEN Hui¹, SHI Zeng-long³, LIU Shi-wei², XIN Rong², LUO Si-liang¹

(1. Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093;

2. Yunnan Bureau of Nonferrous Metals Geology and exploration, Kunming 650051;

3. Lancang Lead Mine of Yunnan, Lancang 665601)

Abstract: In this century, locating potential ores in depth of has become an important object of mineral exploration and research for critical mines in China. Base on the data of the latest synthesize research and exploration, this paper discussed the spatial texture of mineralization and metallogenic system of the Laochang polymetallic deposit in Lancang. This study indicates that: the orebodies in Laochang mining area have been divided into six ore clusters which are composed of poly-epoch, poly-genesis and poly-type orebodies. Three of them are stratabound Pb-Zn-Ag-Cu ore clusters which were related to the early Carboniferous volcano-exhalative sedimentary activity and formed in continental rift setting, and the other three are veined Pb-Zn-Ag ore bodies and veint-disseminated Mo(Cu) ore bodies which were related to Himalayan concealed granite-porphyry in genesis and formed in intracontinental collision orogenesis setting. Six ore clusters constituted a special "three layers+three zones" mineralizing texture in spatial distribution. According to the mineralize feature, syntopogenic-superposition metallogenic model is proposed, and there is a great exploration potential for porphyry Mo(Cu) deposit in the mining area.

Key words: mineralization type, mineralizing texture, metallogenic model, Laochang in Lancang