

湘西地区北洛塔和花垣铅锌矿田对比研究

彭能立, 刘伟, 梁恩云, 刘庚寅, 袁甫, 熊苗, 黄乐清

(湖南省地质调查院, 长沙 410016)

摘要: 洛塔矿田和花垣矿田是湘西北成矿带铅锌储量较大的两个矿田。文章以洛塔矿田和花垣矿田为研究对象, 在前人研究的基础上, 从成矿地质构造背景、矿床地质特征、地球化学特征、控矿规律、矿床成因等方面对两大铅锌矿田进行对比研究, 发现两矿田在诸多方面存在差异。洛塔矿田铅锌成矿时代为中泥盆世, 花垣矿田铅锌成矿时代为早泥盆世, 属于上扬子地台南缘伸展拉张环境下在湘西北地区不同时期不同地段深大断裂活动的产物; 构造是两矿田内最重要的控矿要素, 岩相、岩性控矿实质上岩石孔隙和裂隙系统控矿, 也是构造控矿的一种体现。区内的找矿工作应该沿着控矿构造+有利地层岩性组合的思路进行。

关键词: 洛塔铅锌矿; 花垣铅锌矿; 地质特征; 地球化学特征; 控矿规律; 矿床成因; 湖南省

中图分类号: P618.42, P613 **文献标识码:** A

0 引言

湘西北铅锌成矿带由北至南分布有洛塔、保靖、花垣和凤凰4个铅锌矿田^[1-2], 其中洛塔矿田和花垣矿田是该成矿带铅锌储量较大的两大矿田。目前湘西北地区已发现的铅锌矿床(点)主要分布在这两大矿田内, 因此, 近年来湘西北地区的铅锌找矿勘查和研究工作着重在洛塔矿田和花垣矿田内开展。

湘西北地区铅锌矿床的整体勘查程度较低, 基础地质方面的工作较多, 单一矿床的研究较多, 而对区域性铅锌成矿作用的认识较浅, 找矿工作一直在探索中前进, 因此, 弄清楚其区内铅锌矿床的成因对该区找矿尤为重要。

关于湘西北地区铅锌矿床成因问题的认识有多种观点, 主要倾向MVT型^[2-9]和沉积改造型^[10-12]两种, 少数学者提出属于热水沉积—生物成矿作用矿床范畴^[13]和盆源热液矿床范畴^[14], 另有部分学者和单位将其命名为“扬子型”^[15-16]。随着研究的深入,

学者们更倾向于MVT型, 但又发现湘西北地区铅锌矿床与典型的MVT矿床有一定差异, 如矿质来源、成矿时代和成矿模式等方面有较大的差异。

近两年来, 作者一直致力于湘西北地区的区域地质矿产调查工作, 工作范围涉及洛塔和花垣铅锌矿田, 本文将以洛塔矿田和花垣矿田为研究对象, 从成矿地质背景、矿床地质特征、地球化学特征、控矿规律及矿床成因等方面对两大铅锌矿田进行对比研究, 力图对区内找矿工作有所帮助。

1 成矿地质背景

研究区位于上扬子地块东南边缘与江南地块的过渡带上(图1a)。区内地壳构造运动经历了武陵期、雪峰至加里东期、海西期、印支至燕山期四个大的发展阶段, 因而区内褶皱、断裂构造发育, 但地层之间没有明显的角度不整合关系。区域构造线方向由NNE向往NE向逐渐偏转, 构成了湘西弧形构造带(图1b)。

收稿日期: 2015-03-29; **责任编辑:** 王传泰

基金项目: 中国地质调查局湖南1:5万邵阳市、红岩溪镇、咱果坪、洗车河幅区域地质矿产调查项目(编号:基201301014005)资助。

作者简介: 彭能立(1987—), 男, 助理工程师, 硕士, 2013年中南大学地球科学与信息物理学院矿物学、岩石学、矿床学专业硕士研究生毕业, 从事区域地质矿产调查工作。通信地址: 湖南省长沙市雨花区万家丽南路三段898号湖南地质大厦, 湖南省地质调查院; 邮政编码: 410016; E-mail: pnlcsu@163.com

区域地层为一套沉积岩—浅变质的沉积岩,除缺失石炭系、侏罗系、第三系外,自元古界板溪群至第四系均有分布。其中,寒武系、奥陶系发育最为完整,分布最广泛;白垩系、第四系为陆相沉积地层,其余均为海相沉积地层。以茶洞—花垣—保靖—张家界深大断裂为界,南东侧主要分布元古界和古生界地层,为斜坡相沉积岩分布区;北西侧主要分布古生界和中生界地层,为台地相沉积岩分布区。受区域构造控制,地层呈 NNE—NE 向展布(见图 1b)。

区内岩浆活动较弱,仅在古丈—吉首断裂带上的古丈龙鼻咀分布有面积约 4 km^2 、呈 NE 向展布的雪峰期基性—超基性浅成辉绿岩体出露,呈岩床或岩盆形态整合产于板溪群地层中,与区域成矿物源有一定的联系^[1]。

2 矿床地质特征对比

2.1 含矿岩系

洛塔铅锌矿田位于花垣—张家界断裂之北面,矿田内已发现的铅锌矿床(点)主要分布在矿田内的二坪背斜、红岩溪背斜、盐井背斜核部。洛塔铅锌矿田的赋矿层位跨越寒武系和奥陶系,除奥陶系牯牛潭组以外,从寒武系娄山关组至奥陶系桐梓组、红花园组、大湾组、宝塔组均有铅锌矿化现象,其中奥陶系桐梓组和红花园组是本矿田主要的赋矿层位。桐梓组(O_1t)岩性主要为白云质粉晶灰岩,泥晶灰岩、砂屑亮晶灰岩;顶部为砂屑亮晶灰岩夹页岩。红花园组(O_2h)岩性较为稳定,主要为粉晶灰岩、生物屑亮晶灰岩、瘤状灰岩、泥晶灰岩、泥质条带亮晶灰岩。铅锌矿化主要分布在上述基本不含泥质、质纯性脆、孔隙度高、易于破碎、有利于矿液渗透和沉淀^[2-3,5,13,17]的亮晶砂屑灰岩、(云质)粉晶灰岩、生物屑亮晶灰岩中;其显示出水动力较强的开阔台地生物滩、高能潮坪相沉积特征^[5,13,17]。

花垣铅锌矿田分布在花垣—张家界断裂和麻栗场断裂的交汇处附近,其赋矿层位单一,为下寒武统清虚洞组;铅锌矿化主要分布在清虚洞组上部的灰—浅灰色块状藻(礁)灰岩中,少数分布在其上覆的浅灰色厚层状亮晶砂屑—鲕粒—核形石灰岩的下部。一般容矿层藻灰岩厚度越大,越有利于成矿,矿体具有多层性,大的矿体多产于藻(礁)灰岩的底部,次为上部^[2];藻(礁)愈发育,矿愈好^[5],本组为稳定陆表浅海环境下的碳酸盐台缘礁和礁滩相沉

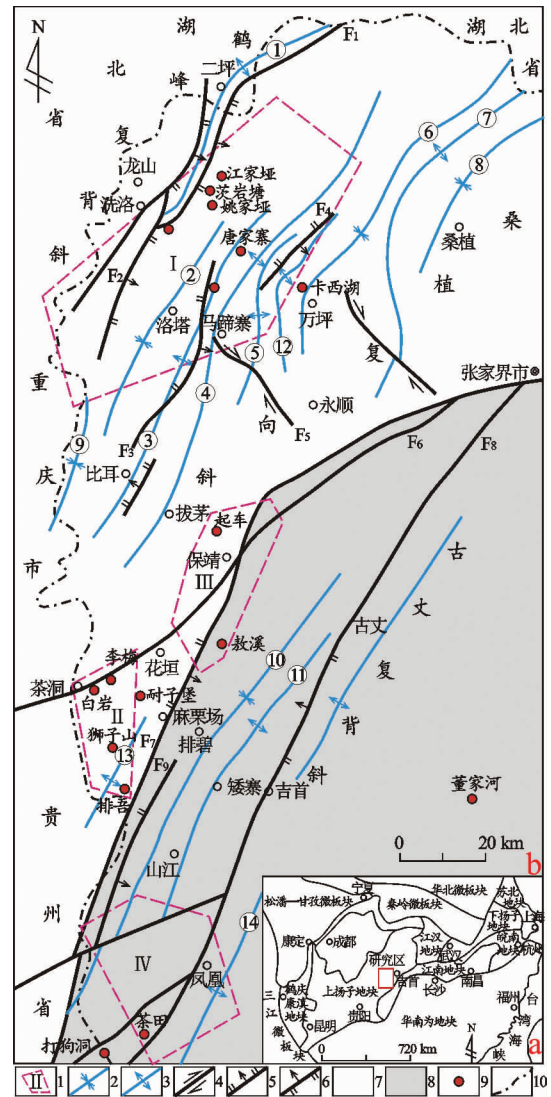


图1 湘西北铅锌矿带区域构造简图
(据文献[19]修编)

Fig. 1 Regional tectonic sketch of the northwest Hunan lead-zinc ore belt

1. 矿田范围及编号; 2. 向斜及编号; 3. 背斜及编号;
4. 平移断层即编号; 5. 正断层及编号; 6. 逆断层及编号;
7. 北区台地相; 8. 南区斜坡相; 9. 铅锌矿床(点); 10. 省界;
- F₁. 二坪断层; F₂. 洗洛断层; F₃. 红岩溪断层; F₄. 盐井断层;
- F₅. 大农车断层; F₆. 花垣—张家界断层; F₇. 麻栗场断层;
- F₈. 古丈—吉首断层; F₉. 乌巢河断层;
- ①二坪背斜; ②洛塔背斜; ③红岩溪背斜; ④马蹄寨向斜;
- ⑤盐井背斜; ⑥万坪向斜; ⑦窝云界背斜; ⑧桑植向斜;
- ⑨八面山向斜; ⑩排碧向斜; ⑪万岩背斜; ⑫卡西湖背斜;
- ⑬摩天岭背斜; ⑭凤凰复背斜;
- I. 洛塔铅锌矿田; II. 花垣铅锌矿田; III. 保靖矿田; IV. 凤凰矿田

积^[3,5,11,18]。陈明辉等^[11]对该类矿化藻灰岩进行了岩石化学分析,发现其系质地纯净的块状灰岩,所含方解石含量一般达98%,该类岩石化学性质活泼,岩

石原生孔隙及次生裂隙均较发育,有利于矿液渗透和充填交代。

可以看出,两矿田内矿床的空间分布受区域构造格架和岩相古地理条件控制;在赋矿地层层位上,花垣矿田的赋矿层位单一,洛塔矿田的赋矿层位多且高。

2.2 控矿构造

在洛塔矿田中,二坪、红岩溪、盐井三个 NE 向背斜控制了矿床(点)的分布,区域性二坪断裂、洗洛断裂、红岩溪断裂等是矿田内的导矿断裂^[1],背斜核部的层间剥离虚脱空间、两翼的层间滑动构造、层间破碎带、背斜轴部附近的小断裂及节理密集带,都是矿田内有利的容矿构造^[3,7,20]。

在花垣矿田中,保靖—花垣断裂南东侧藻礁相内的 NE 向 I 级短轴背斜、穹窿是主要的控矿构造,区域性 NNE 向麻栗场断裂和 NE 向保靖—花垣断裂是矿田内的主要导矿构造^[3],储矿层内的裂隙系统,包括扩张的缝合线、藻腐孔、粒间孔隙或晶隙、孔洞、构造裂隙等都是矿田内有利的容矿构造^[2,7]。

2.3 矿体形态、产状及规模

综合前人资料发现,两矿田内的铅锌矿体的形态、产状及规模较为相似。矿体形态均以似层状为主,脉状次之。似层状矿体大致顺层产出,产状与围岩基本一致;脉状矿体一般呈在容矿层中大多呈高角度斜交穿层产出。脉状矿体规模一般小于似层状矿体,但脉状矿体的品位一般大于似层状矿体。

洛塔矿田内矿体以铅为主,或以锌为主,亦有铅锌共生者;平均品位值 $w(\text{Pb}+\text{Zn})=2\%\sim 12\%$,最高 15.1%。花垣矿田内矿体以锌为主,铅次之;平均品位值 $w(\text{Pb}+\text{Zn})=1.06\%\sim 5.48\%$ ^[1]。二者相比,洛塔矿田内的铅锌矿床平均品位 $w(\text{Pb}+\text{Zn})$ 值高一些,这可能是受构造控矿的影响所致。

2.4 矿石组成及组构

洛塔矿田内矿体按矿石氧化程度把矿石划分为硫化矿石与氧化矿石两个自然类型;矿体地表及浅部普遍以氧化矿石为主,深部主要为硫化矿石。氧化矿石的主要矿石矿物为菱锌矿、异极矿及白铅矿,少量的水锌矿、硅锌矿、褐铁矿;硫化矿石中的主要矿石矿物为闪锌矿、方铅矿,少量的黄铁矿。脉石矿物主要为石英、方解石和白云石,次为粘土矿物等。矿石结构主要有半自形—他形晶粒状结构,交代结构及包含结构等;矿石构造主要为浸染状构造、条带状构造、致密块状构造,以及细脉状构造和角砾状构造等。

花垣矿田内矿体氧化带不发育,氧化矿石量少而分布局限,以硫化矿石为主。矿石矿物成分简单,以闪锌矿为主,次为方铅矿、黄铁矿。脉石矿物主要为方解石,次为白云石,少量的重晶石、石英。矿石结构主要有半自形—他形粒状结构,交代结构,次为草莓状结构;矿石构造主要有浸染状构造、斑点状构造、网脉状构造、角砾状构造,次为致密块状构造、细脉状构造、蜂窝状构造。

2.5 围岩蚀变

洛塔矿田围岩蚀变类型以硅化为主,其次为方解石化、白云岩化、黄铁矿化、褪色化等。其中,硅化是该矿田内最直接的找矿标志。铅锌矿化大都分布在含矿硅化蚀变灰岩体内(图 2a),多呈似层状、脉状、透镜体状沿地层断续分布。根据硅化岩的成因将其大致分为两类:一类为沉积—成岩的产物,所谓“不含矿硅化岩”;另一类为区域性成矿流体沿一定的岩层或构造带运移并进行水—岩反应形成的微晶石英岩(脉)体,系充填交代(硅化)蚀变岩(图 2b),称为“含矿硅化岩”。陈明辉等^[13]对这类“含矿硅化岩”进行了岩石化学分析,结果显示其具有高 SiO_2 含量,低 Al_2O_3 、 TiO_2 、 MgO 的特点,并根据现代温泉和海底热泉资料^[21],指出组成该类硅质岩的硅质矿物主要来源于热水,且是在离大陆较近的边缘浅海环境中沉积的。

花垣矿田围岩蚀变类型以方解石化为主,次为白云岩化、黄铁矿化、重晶石化、沥青化、褪色化等。其中,以方解石化、黄铁矿化及重晶石化与矿田内成矿关系最为密切,黄铁矿化与重晶石化发育的地方往往是相对富矿产出的部位。方解石化在矿田内分布最广,出现频率最高,是最要的一种蚀变类型,大致可划分为成矿前一成矿期方解石脉与成矿后方解石脉两大类。成矿前一成矿期方解石脉与成矿关系密切,其属于交代成因且大致顺层的网脉状、斑点状、斑块状乳白色方解石集合体(图 2c),在其边缘常见铅锌矿化分布(图 2d);另为高角度含矿方解石细脉,常成组出现,且相互有交叉,局部形成团块状方解石脉,显张性特征,一般沿张节理或张性断裂破碎带产出。成矿后方解石脉一般为乳白色方解石细脉,以高角度者多见,一般切割含矿脉石;成矿后方解石脉不含矿,矿田内分布普遍。

3 地球化学特征对比

3.1 同位素地球化学

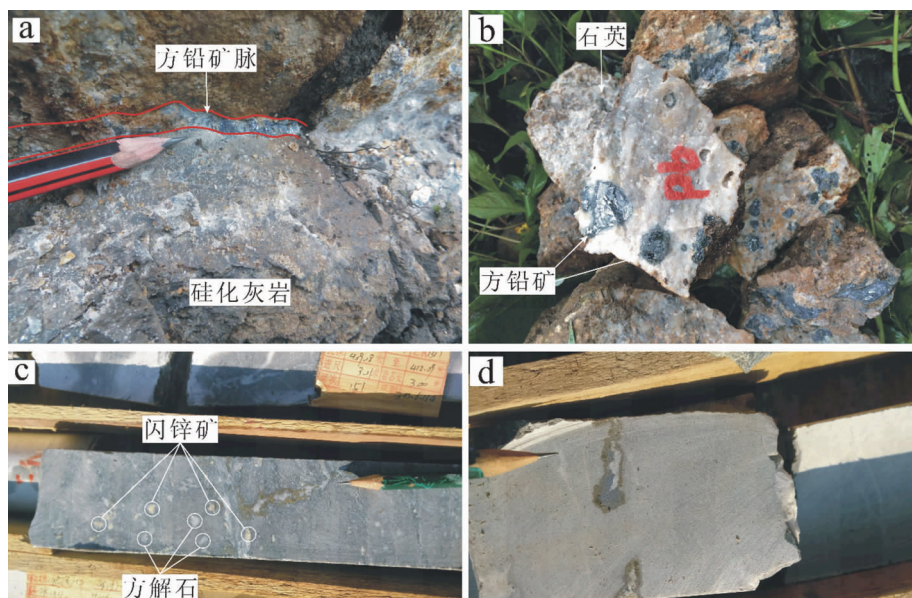


图2 两大矿田围岩蚀变及矿石特征照片

Fig. 2 Photos of characteristics of wall-rock alteration and ore in Luota and Huayuan lead-zinc ore fields

a. 硅化灰岩中的方铅矿脉; b. 石英脉体中的斑杂状方铅矿; c. 藻灰岩中的斑点状方解石及闪锌矿特征(闪锌矿呈浅黄色, 方解石呈灰白色); d. 沿方解石脉(斑块)边缘呈同心环状分布的铅锌矿化, 同心环由内而外分别为方解石→闪锌矿→方铅矿→黄铁矿

随着研究的深入,为了探索成矿物质来源,有关研究者对洛塔矿田和花垣矿田内的铅锌矿床进行了大量的硫同位素、铅同位素、碳、氧同位素地球化学研究工作。这些同位素地球化学研究成果为洛塔矿田与花垣矿田的同位素地球化学特征对比提供了条件。

(1) 硫同位素

对洛塔矿田内铅锌矿床已发表的铅锌矿石 S 同位素数据^[1,5-6,13,22-23]进行统计后发现,洛塔矿田内的铅锌矿石的 $\delta^{34}\text{S}$ 值介于 $9.5 \times 10^{-3} \sim 18.4 \times 10^{-3}$ 之间,平均值为 13.17×10^{-3} (34 件),极差小,具有相对集中富集重硫的海水硫酸盐同位素组成特征,反映硫来源于同沉积的碳酸盐岩地层(奥陶系容矿地层及下伏地层)中的海水硫酸盐。

对花垣矿田内铅锌矿床已发表的铅锌矿石 S 同位素数据^[1,9-10,23]进行统计发现,花垣矿田内的铅锌矿石的 $\delta^{34}\text{S}$ 值介于 $23.96 \times 10^{-3} \sim 33.5 \times 10^{-3}$ 之间,平均值为 28.56×10^{-3} (46 件),极差小,具有相对集中富集重硫的海水硫酸盐同位素组成特征,反映硫来源于赋矿地层——寒武系碳酸盐岩层中的海水硫酸盐成份。

对比发现,花垣矿田的 $\delta^{34}\text{S}$ 值比洛塔矿田的 $\delta^{34}\text{S}$ 值高。

(2) 铅同位素

洛塔矿田内已发表的矿石 Pb 同位素数据^[1,5,13,17,23]显示,铅来源具壳幔混合铅性质,主要来源于造山带,少量来自上地幔,表明铅主要来自容矿地层本身,兼有下伏地层铅源^[13]。

花垣矿田内已发表的矿石 Pb 同位素数据^[1,7-8,10-11,23]显示,铅来源是多源的,数据投影点在上地壳、造山带、地幔、下地壳 4 条演化线上下均有分布,以幔源铅为主,造山带铅次之。

(3) 碳、氧同位素

洛塔矿田铅锌矿碳酸盐围岩的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ 均值为 -0.15×10^{-3} , $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 均值为 20.21×10^{-3} ;花垣矿田铅锌矿碳酸盐围岩的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ 均值为 0.38×10^{-3} , $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 均值为 21.78×10^{-3} ^[24];碳酸盐围岩 C、O 同位素组成投点主要落在海相碳酸盐岩的范围。因此,两矿田内未蚀变碳酸盐围岩均为典型的海相沉积成因碳酸盐岩。

统计资料^[8,10,13,17,20,24-25]发现,相比围岩,两矿田铅锌矿(化)体的 $\delta^{13}\text{C}$ 略有降低, $\delta^{18}\text{O}$ 有明显的降低;表明成矿流体与灰岩之间长期而缓慢地进行了水-岩同位素交换,即成矿流体与围岩的水-岩反应是导致成矿期成矿物质沉淀的主要机制^[4,24]。

3.2 流体包裹体地球化学

整理前人对洛塔矿田流体包裹体地球化学研究

资料^[5-6,13,19-20]发现,洛塔矿田的成矿流体属 $\text{Na}^+ - \text{Cl}^- - \text{Ca}^{2+}$ 型热卤水,成矿流体离子成分主要为 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} ;成矿温度为 $94 \sim 335^\circ\text{C}$,主要范围值 $115 \sim 135^\circ\text{C}$;流体盐度范围为 $w(\text{NaCl}, \text{eq}) = 6.2\% \sim 14\%$,一般为 $6.6\% \sim 9.64\%$,盐度属正常热卤水范畴。以上表明,成矿流体为低温热卤水范畴。pH、Eh 值显示其成矿流体具弱酸性—近中性的弱还原性质。

整理前人对花垣矿田流体包裹体地球化学研究资料^[8,10,19,26]发现,花垣矿田的成矿流体属 $\text{Na}^+ - \text{Cl}^- - \text{Ca}^{2+}$ 型热卤水,成矿流体离子成分主要为 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} ;成矿温度为 $87 \sim 220^\circ\text{C}$,主要范围为 $125 \sim 150^\circ\text{C}$;流体盐度范围值为 $w(\text{NaCl}, \text{eq}) = 7.11\% \sim 33.6\%$,一般为 19.0% ,显示成矿流体为低温高盐度热卤水范畴,且矿田范围内自北向南成矿流体温度有降低的趋势,指示成矿热液的运移方向可能为自北向南。pH、Eh 值显示成矿流体具弱碱性—近中性的弱还原性质。

此外,两矿田铅锌矿还常伴有沥青化、成矿流体矿物包裹体中普遍含有烷类有机化合物(CH_4),它们起到还原剂作用^[27-30],为成矿提供充足的还原硫。

上述对比发现,洛塔矿田成矿流体的温度、盐度均比花垣矿田低,成矿流体是以下渗的大气降水为主要成分的多源低温流体^[4,13],具有卤水及油田

水特征;花垣矿田成矿流体是以地层水为主要成分的多源低温流体^[8,10,25,28],具有卤水及油田水特点。

3.3 成矿年代学

由于铅锌矿床定年方法的局限性,湘西北成矿带铅锌矿床的成矿时代一直是困扰研究者的一大难题,多在不得已而采用普通铅模式年龄来讨论问题,不免会造成一定的误解。近年来,闪锌矿 Rb-Sr 等时线定年法技术日渐成熟,该方法已经证明是一种测定 MVT 型铅锌矿床矿化年龄最直接有效的方法^[31-35]。因此,湘西北成矿带铅锌矿床的闪锌矿 Rb-Sr 等时线年龄陆续见有报导^[19,36]。

洛塔矿田唐家寨矿床闪锌矿 Rb-Sr 等时线年龄为 $379 \text{ Ma} \pm 4 \text{ Ma}$,显示矿床形成于中泥盆世^[19]。唐家寨矿床铅锌矿体赋存于奥陶系红花园组硅化灰岩地层中,矿床成矿特征如赋矿层位、矿体特征、矿石成分及结构构造、围岩蚀变等方面与矿田内其他铅锌矿床相似。因此,可以认为唐家寨铅锌矿床的成矿年龄对于整个洛塔矿田的铅锌成矿时代具有约束意义,即洛塔矿田的铅锌成矿时代为中泥盆世。

段其发等^[36]测得花垣矿田狮子山铅锌矿床闪锌矿 Rb-Sr 等时线年龄为 $410 \text{ Ma} \pm 12 \text{ Ma}$,表明此矿床形成于早泥盆世时期。狮子山铅锌矿床是花垣矿田内一个大型的铅锌矿,其矿床地质特征,成矿地质背景、成矿条件等都与花垣矿田内其他铅锌矿床具有相似性。因此,可以认为狮子山铅锌矿床的成

表 1 洛塔铅锌矿田与花垣铅锌矿田成矿地质特征对比

Table 1 Comparison of main geological characteristics and metallogenic conditions of Luota and Huayuan lead-zinc ore field

类 别	洛塔矿田	花垣矿田
矿田规模	大型	超大型
赋矿层位	寒武-奥陶纪,奥陶纪桐梓组、红花园组为主	寒武纪清虚洞组
沉积环境	碳酸盐开阔台地生物滩、高能潮坪相	碳酸盐台缘礁和礁滩相
围岩岩性	生物屑灰岩、粒(砂)屑灰岩、粉(亮)晶灰岩	藻礁灰岩(主)、粒(砂)屑灰岩(次)
控矿构造	北东向背斜及北东向断裂	北东向短轴背斜、穹窿
容矿构造	背斜核部的层间虚脱空间、滑动构造、破碎带、背斜轴部附近的小断裂及节理密集带	层内裂隙系统、扩张的缝合线、藻腐孔、粒间孔隙或晶隙、孔洞、层间裂隙
矿体形态	似层状(主)、脉状	似层状(主)、脉状
矿石类型	闪锌矿、方铅矿-石英、方解石、白云石; 菱锌矿、异极矿-石英、方解石、粘土矿物	闪锌矿、方铅矿-方解石、白云石、重晶石
围岩蚀变	硅化(主),方解石化、黄铁矿化、白云石化(次)	方解石化(主),白云石化、重晶石化(次)
硫源	重硫型,碳酸盐岩地层中的海水硫酸盐	重硫型,碳酸盐岩地层中的海水硫酸盐
铅源	造山带(主),上地幔(少)	多源,幔源(主),造山带(少)成矿流体
来源及性质	大气降水为主的多源低温热卤水;弱酸性-近中性的弱还原性质	地层水为主的多源低温高盐度热卤水;弱碱性-近中性的弱还原性质
成矿温度	$94 \sim 335^\circ\text{C}$,主要范围 $115 \sim 135^\circ\text{C}$	$87 \sim 220^\circ\text{C}$,主要范围为 $125 \sim 150^\circ\text{C}$
成矿时代	中泥盆世	早泥盆世

矿年龄对于整个花垣矿田的铅锌成矿时代具有同样的约束意义,即花垣矿田的铅锌成矿时代为早泥盆世。此成矿年龄与黔东南地区的金矿成矿时代^[37]和雪峰山地区大部分金矿成矿时代^[38-39]基本一致。

综上所述,洛塔矿田与花垣矿田成矿地质特征对比,如表1所述。两矿田在赋矿层位及沉积环境、容矿构造、围岩蚀变、成矿物质来源、成矿流体来源及性质、成矿流体的温度和盐度、成矿时代等方面存在较大的差异。

4 控矿规律及成因探讨

4.1 控矿规律

(1) 地层控矿

花垣矿田的赋矿层位单一、围岩岩性简单,铅锌矿体严格受下寒武统清虚洞组藻礁灰岩这一特殊层位控制,矿化与方解石化、黄铁矿化及重晶石化关系密切。而洛塔矿田铅锌矿体虽主要分布在奥陶系桐梓组、红花园组,但在寒武系娄山关组、奥陶系大湾组、宝塔组等地层中均有矿体产出,矿体的产出大多受硅化蚀变体的控制,且围岩岩性相对丰富,包括白云岩、生物屑灰岩、粒(砂)屑灰岩、粉(亮)晶灰岩、泥晶灰岩等。相比而言,花垣矿田的层控性更为明显,而洛塔矿田的构造控矿性更为明显。因此,在花垣矿田内人们更注重根据岩相、岩性标志来找矿,而在洛塔矿田内更注重根据矿床控矿构造和围岩蚀变(硅化)来找矿,而且效果较佳。

区域上的保靖矿田赋矿层位既有寒武系清虚洞组藻礁灰岩,又有奥陶系红花园组生物屑灰岩;凤凰矿田赋矿层位为寒武系敖溪组底部,主要岩性为粉晶白云岩,属斜坡相^[3-4]。由此可见,岩相的变迁对湘西北地区铅锌成矿并没有严格的控制作用,不同岩相可以在同一地区、同一时代成矿^[40]。

综观洛塔矿田和花垣矿田含矿岩系及沉积特征,两矿田含矿岩系岩石的物理化学性质活泼,岩石性脆,原生孔隙及次生裂隙均较发育,孔隙度高、渗透性好,这为矿液的流通和沉淀成矿提供了有利的空间^[11,41]。

(2) 构造控矿

对整个湘西北铅锌成矿带上的似层状、脉状矿体进行统计发现,脉状矿体的铅锌品位 $w(\text{Pb}+\text{Zn})$ 值一般大于似层状矿体的铅锌品位 $w(\text{Pb}+\text{Zn})$ 值^[1],且脉状矿体一般呈高角度斜交赋矿层位产出,

并可穿层,说明构造裂隙成矿作用明显强于顺层成矿作用^[40]。上述表明,外来成矿热液以充填作用在空间较大的裂隙中沉淀形成富矿,以脉状产出;在构造裂隙相对较不发育的含矿岩系内则以渗透、交代作用在含矿岩系的原生孔隙和次生孔隙中成矿,以似层状产出,品位相对较低。同理,似层状矿体的贫富与否也受含矿岩系层内裂隙系统的控制,如果层内裂隙系统不发育,矿液的流动和沉淀空间受到限制,只能在空间有限的原生孔隙及稀疏的裂隙中成矿,形成的一般都是贫矿体;如果裂隙系统发育,成矿空间则变大,除在原生孔隙内充填的斑脉状铅锌矿石外,还有大量的细脉状、网脉状矿石,导致矿石品位呈递增式叠加,结果形成富矿体。

有些学者提出藻类生物对Pb、Zn具有吸附作用,起到富集剂的作用,而认为矿床成因属沉积成岩矿床类型,成矿完全受岩相控制,找矿应沿藻礁浅滩相地进行^[10],可能是对岩石孔隙和裂隙系统控矿的一种误解。实质上,岩相、岩性对铅锌成矿的控制,是含矿岩系层内同沉积构造(孔隙、粒间晶隙、缝合线)和后生构造(层内裂隙、节理)对成矿的控制作用;岩相带的形成和展布也是受区域深大断裂控制的。花垣地区岩相带呈NNE向延伸,与茶洞—花垣—张家界深大断裂走向方向一致。

另外,斑脉状、网脉状、角砾状的矿石或矿脉不大可能是原始沉积成矿的结果,而更可能是对构造成矿的一种响应^[40]。

因此,可以认为洛塔矿田与花垣矿田内构造因素对铅锌成矿的控制起着主导作用,岩相、岩性控矿实质上也是构造控矿,有利的地层岩性为矿质的运移和沉淀提供场所;区内找矿工作应该沿着控矿构造+有利地层岩性组合的思路进行。

4.2 矿床成因探讨

湘西北铅锌成矿带位于上扬子地块东南缘,其成矿作用的“源→运→聚→储”地质过程,基本上是扬子被动陆缘海盆拉张裂陷→热沉降→成熟稳定→(碰撞)挤压、抬升一系列构造演化事件的响应^[3]。汪新伟等^[42]提出扬子克拉通加里东期的演化,依次经历了寒武纪的扩张期、早-中奥陶世的汇聚期、中-晚奥陶世的碰撞期造山期;进入志留纪以后,碰撞作用结束,挤压应力松弛,地壳回弹,为造山期后裂谷期。海西-印支期克拉通的演化与加里东期具有继承性^[43],泥盆纪—二叠世早期克拉通边缘仍处于伸展拉张环境,二叠纪—中三叠世拉张环境转变为印支期的挤压环境。

在寒武纪初期表现为裂谷带,在被动陆缘的拉张裂陷作用下,海底热水喷流和大规模海侵,带来了大量的陆缘碎屑物质和盆源物质,使震旦系、下寒武统牛蹄塘组(ϵ_1n)和石牌组(ϵ_1s)中富集 Pb、Zn 元素,成为区内的矿源层^[3,5,7]。随后的不同时期不同地区的深大断裂活动,可能导致不同时期不同地区成矿作用的发生。

区内的茶洞—花垣—张家界断裂、麻栗场断裂和古丈—吉首断裂构成了向北东收敛、向南西撒开的帚状构造,它们具有长期继承性、多期活动的特点^[7,44],且不同地段的地质特征存在明显的差异,切割深度可达上地幔,控制着湘西北地区的成岩、成矿作用。前已述及,湘西北花垣矿田铅锌成矿时代为早泥盆世,洛塔矿田铅锌成矿时代为中泥盆世,显示两矿田铅锌成矿具有相同的动力学背景,均形成于伸展拉张环境,其与加里东运动后伸展拉张构造引起的盆地流体运移有关。

早泥盆世时期,在扬子克拉通盆地边缘伸展拉张的构造背景下,花垣一带深大断裂的活动,引起深部矿质流体沿深大断裂向上运移;以地层水为主的热卤水在下渗过程中,由于地热增温,溶解地层中的膏盐矿物,盐度提高,成为高盐度热卤水;在流经富含铅锌元素的下寒武统牛蹄塘组和石牌组及震旦系时,从中萃取铅锌金属等成矿物质,从而演变成高盐度含矿热卤水热液,并在伸展拉张的背景下在重力驱动作用下使其沿盆地边缘通道继续运移;上升的深部矿质流体与高盐度含矿热卤水热液在深大断裂带内发生混合,形成高矿化度、高盐度、多来源的混合热卤水热液;该含矿热液继续向上运移,当迁移至下寒武统清虚洞组时,上覆的中寒武统高台组为一套泥质白云岩,由于该套岩石的渗透性较差,阻止了含矿热液的继续向上运移,因而,被限制在清虚洞组地层内的含矿热液便会寻找有利部位卸载负荷、沉淀成矿,此时,清虚洞组藻礁相灰岩内的孔隙、裂隙、节理及缝合线等构造系统将为含矿热液在层内的进一步运移扩散和沉淀成矿提供空间;成矿流体包裹体研究发现,矿物包裹体中普遍含有烷类有机化合物(CH_4),且含矿岩系中常伴有沥青质等有机质,这些有机质的存在可通过硫酸盐热化学还原反应(TSR)^[29,45],将成矿流体和地层中的 SO_4^{2-} 还原成 H_2S ,为成矿提供充足的还原硫; H_2S 与含矿热卤水中的铅、锌等金属络合物反应而沉淀出 ZnS 、 PbS 等,形成闪锌矿、方铅矿等金属硫化物聚集成矿,并伴生有方解石等非金属矿物。大规模的成矿作用,

便形成了花垣铅锌矿田,矿体形态以似层状为主,脉状次之。

同理,中泥盆世时期,在扬子克拉通盆地边缘伸展拉张的构造背景下,洛塔一带 NNE 向深大断裂(洗洛断层、二坪断层、红岩溪断层等)的活动,引起该地区大规模铅锌成矿作用的发生,形成了洛塔铅锌矿田。与花垣矿田不同的是洛塔矿田的赋矿层位高且多;成矿流体的盐度、温度要低,这可能是成矿流体中有更多的大气降水加入的原因。深部矿质与盆地热卤水混合组成的含矿热卤水沿矿田内的 NNE 向深大断裂向上运移,至一定深度后可向其派生的 NNE—NNW 向大断裂输送,再运移至背斜核部的层间剥离虚脱空间与层间滑动构造后,可卸载负荷、沉淀成矿,也可在奥陶系桐梓组和红花园组生物屑灰岩、粒(砂)屑灰岩、粉(亮)晶灰岩中的孔隙、裂隙系统沉淀成矿,形成似层状矿体;而在寒武系娄山关组和奥陶系大湾组、宝塔组地层中可沿派生的 NNE—NNW 向大断裂或构造裂隙充填沉淀成矿,形成脉状矿体。矿化一般受硅化体的控制,形成的金属矿物主要为闪锌矿、方铅矿,并伴有石英等非金属矿物,经后期表生阶段氧化形成菱锌矿与异极矿。

另外,凤凰矿田茶田铅锌矿床的闪锌矿 Rb-Sr 同位素年龄为 $487 \text{ Ma} \pm 1 \text{ Ma}$ ^[19],凤凰矿田南部的新晃打狗洞铅锌矿床的闪锌矿 Rb-Sr 同位素年龄为 $489 \text{ Ma} \pm 5 \text{ Ma}$ ^[46],两个矿床铅锌矿体均呈脉状赋存在寒武纪中统敖溪组白云岩破碎带中,为加里东期早奥陶世成矿。成矿年代学研究资料表明,湘西北铅锌成矿带铅锌矿床闪锌矿 Rb-Sr 同位素等时线年龄为 $379 \text{ Ma} \sim 489 \text{ Ma}$,由南至北成矿年龄有由老到新的变化趋势,铅锌成矿作用发生于加里东期—海西期。各矿田铅锌矿床成矿流体均为低温,成流体的温度和盐度均有降低的趋势^[19],矿床类型均为 MVT 型。但赋矿层位为不同时代的碳酸盐岩,成矿流体性质、成矿物质来源、围岩蚀变特征等均存在一定的差异,说明,湘西北成矿带铅锌成矿具多期性。

5 结论

(1)洛塔铅锌田与花垣铅锌田在赋矿层位及沉积环境、容矿构造、围岩蚀变、成矿物质来源、成矿流体来源及性质、成矿流体温度和盐度、成矿时代等方面存在卓差异。

(2)洛塔矿田的铅锌成矿时代为中泥盆世,花垣矿田的铅锌成矿时代为早泥盆世,但二者的成矿动力学背景相同,均为上扬子地台东南缘伸展拉张环境下形成,是湘西北铅锌成矿带不同时期不同地区深大断裂活动的产物。

(3)通过对花垣矿田赋矿岩石的岩相、岩性等控矿因素分析表明,岩相、岩性控矿实质上就是岩石孔隙和裂隙系统控矿,也是构造控矿的一种体现;构造是洛塔铅锌田和花垣铅锌田内最重要的控矿要素。

(4)根据洛塔铅锌田和花垣铅锌田成矿规律和成因分析,矿田内的进一步找矿工作应该沿着控矿构造+有利地层岩性组合的思路进行;其对湘西北及临近地区同样具有参考意义。

参考文献:

- [1] 龙国华,毛党龙,谢福和,等. 湖南龙山—保靖铅锌矿评价成果报告[R]. 长沙:湖南省地质调查院,2009:1-269.
- [2] 杨绍祥,余沛然,劳可通. 湘西北地区铅锌矿床成矿规律及找矿方向[J]. 国土资源导刊,2006(3):92-98.
- [3] 杨绍祥,劳可通. 湘西北铅锌矿床的地质特征及找矿标志[J]. 地质通报,2007,26(7):899-908.
- [4] 杨绍祥,劳可通. 湘西北铅锌矿床碳氢氧同位素特征及成矿环境分析[J]. 矿床地质,2007,26(3):330-340.
- [5] 钟九思,毛昌明. 湘西北密西西比河谷型铅锌矿床特征及成矿机制探讨[J]. 国土资源导刊,2007(6):52-56.
- [6] 匡文龙,刘新华,陈年生,等. 湘西北下光荣矿区铅锌矿床主要地球化学特征[J]. 地质科学,2008,43(4):685-694.
- [7] 夏新阶,付胜云. 湘西北铅锌矿床成矿模式[J]. 有色金属:矿山部分,2010,62(2):35-38.
- [8] 周云,段其发,彭三国,等. 湘西花垣地区铅锌成矿规律及矿床成因探讨[J]. 矿物学报,2011(增刊):234-235.
- [9] 蔡应雄,杨红梅,段瑞春,等. 湘西—黔东南下寒武统铅锌矿床流体包裹体和硫、铅、碳同位素地球化学特征[J]. 现代地质,2014,28(1):29-41.
- [10] 罗卫,尹展,孔令,等. 花垣李梅铅锌矿集区地质特征及矿床成因探讨[J]. 地质调查与研究,2009,(33)3:194-202.
- [11] 陈明辉,胡祥昭,鲍振襄,等. 湖南渔塘铅锌矿集中区地质特征及成矿问题讨论[J]. 地质与勘探,2011,47(2):251-260.
- [12] 汤朝阳,段其发,邹先武,等. 鄂西—湘西地区震旦系灯影期岩相古地理与层控铅锌矿关系初探[J]. 地质论评,2009,55(5):712-721.
- [13] 陈明辉,孙际茂,付益平,等. 湘西龙山铅锌矿带地质地球化学及其找矿前景[J]. 资源环境与工程,2008,22(2):152-158.
- [14] 雷义均,戴平云,段其发,等. 鄂西—湘西北地区铅锌矿床源层对铅锌矿床产出定位的制约[J]. 桂林理工大学学报,2013,33(1):1-6.
- [15] 芮宗瑶,叶锦华,张立生,等. 扬子克拉通周边及其隆起边缘的铅锌矿床[J]. 中国地质,2004,31(4):337-346.
- [16] 曹亮,段其发,彭三国,等. 扬子型铅锌矿的成矿特征及找矿进展[J]. 华南地质与矿产,2013,29(4):308-317.
- [17] 鲍珏敏,张安源. 湘西北龙山铅锌矿带沉积相及成矿作用[J]. 桂林冶金地质学院学报,1989,9(4):399-410.
- [18] 汤朝阳,邓峰,李堃,等. 湘西—黔东南地区寒武系清虚洞组地层特征与铅锌成矿关系[J]. 中国地质,2012,39(4):1034-1041.
- [19] 周云,段其发,唐菊兴,等. 湘西地区铅锌矿的大范围低温流体成矿作用—流体包裹体研究[J]. 地质与勘探,2014,50(3):515-532.
- [20] 彭能立,梁恩云,刘伟,等. 湘西北洛塔矿田铅锌矿床与典型MVT铅锌矿床的对比研究[J]. 南方金属,2014,199(4):5-16.
- [21] 彭军,夏文杰,伊海生. 湘西晚前寒武纪层状硅质岩的热液沉积地球化学标志及环境意义[J]. 岩相古地理,1999,19(2):29-37.
- [22] 包正相. 试论湘西汞铅锌矿床地质特征及其成矿作用[J]. 地质与勘探,1983,19(5):15-21.
- [23] 付胜云,彭志刚,刘红梅. 湘西北铅锌矿带成矿地质特征[J]. 国土资源导刊,2006(3):99-103.
- [24] 李堃,吴昌雄,汤朝阳,等. 湘西黔东南地区铅锌矿床C、O同位素地球化学特征及其对成矿过程的指示[J]. 中国地质,2014,41(5):1608-1619.
- [25] 夏新阶,舒见闻. 李梅锌矿床地质特征及其成因[J]. 大地构造与成矿学,1995,19(3):197-204.
- [26] 刘文均,郑荣才. 花垣铅锌矿床包裹体气相组份研究—MVT铅锌矿床有机地化研究(II)[J]. 沉积学报,1999,17(4):608-614.
- [27] 刘文均,郑荣才. 花垣铅锌矿床成矿流体特征及动态[J]. 矿床地质,2000,19(2):173-181.
- [28] 刘文均,郑荣才,李元林,等. 花垣铅锌矿床中沥青的初步研究—MVT铅锌矿床有机地化研究(I)[J]. 沉积学报,1999,17(1):19-23.
- [29] 吴越,张长青,毛景文. 油气有机质与MVT铅锌矿床的成矿—以四川赤普铅锌矿为例[J]. 地球学报,2013,34(4):425-436.
- [30] 李发源,顾雪祥,付绍洪,等. 有机质在MVT铅锌矿床形成中的作用[J]. 矿物岩石地球化学通报,2002,21(4):272-275.
- [31] 李文博,黄智龙,许德如,等. 铅锌矿床Rb-Sr定年研究综述[J]. 大地构造与成矿学,2002,26(4):436-441.
- [32] 杨红梅,蔡红,段瑞春,等. 硫化物Rb-Sr同位素定年研究进展[J]. 地球科学进展,2012,27(4):379-385.
- [33] Nakai S, Halliday A N, Kesler S E, et al. Rb-Sr dating of sphalerites from Tennessee and the genesis of Mississippi Valley-Type Ore deposits [J]. Nature, 1900, 346: 354-357.
- [34] Christensen J N, Halliday A N. Direct dating of sulfides by Rb-Sr: A critical test using the Polaris Mississippi Valley-Type Zn-Pb deposit [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1995, 59(24): 5191-5197.
- [35] Christensen J N, Halliday A N, Vearncombe J R, et al. Tes-

- ting models of large-scale crustal fluid flow using direct dating of sulfides: Rb-Sr evidence for early dewatering and formation of Mississippi Valley-Type deposits, Canning Basin, Australia [J]. *Economic Geology*, 1995, 90: 877-884.
- [36] 段其发, 曹亮, 曾健康, 等. 湘西花垣矿集区狮子山铅锌矿床闪锌矿 Rb-Sr 定年及地质意义[J]. *地球科学: 中国地质大学学报*, 2014, 39(8): 977-987.
- [37] 朱笑青, 王甘露, 卢焕章, 等. 黔东南金矿形成时代的确—兼论湘黔加里东金矿带[J]. *中国地质*, 2006, 33(5): 1092-1099.
- [38] 彭建堂, 戴塔根. 雪峰山地区金矿成矿时代问题的探讨[J]. *地质与勘探*, 1998, 34(4): 37-41.
- [39] 王秀璋, 梁华英, 程景平. 华南加里东金矿床的基本特征[J]. *矿床地质*, 2000, 19(1): 1-18.
- [40] 高伟利, 吕古贤, 肖克炎, 等. 湘西李梅铅锌矿区矿床地质特征与控矿要素[J]. *地质学刊*, 2014, 38(3): 374-379.
- [41] 周朝宪, 魏春生, 叶造军. 密西西比河谷型铅锌矿床[J]. *地质地球化学*, 1997(1): 65-75.
- [42] 汪新伟, 沃玉进, 张荣强. 扬子克拉通南华纪—早古生代的构造—沉积旋回[J]. *现代地质*, 2008, 22(4): 525-533.
- [43] 陈洪德, 张成弓, 黄福喜, 等. 中上扬子克拉通海西—印支期(泥盆纪—中三叠世)沉积层序充填过程与演化模式[J]. *岩石学报*, 2011, 27(8): 2281-2298.
- [44] 杨绍祥. 湘西花垣—张家界逆冲断裂带地质特征及其控矿意义[J]. *湖南地质*, 1998, 17(2): 96-99.
- [45] Leach D L, Sangster D F, Kelley K D, Large R R, Garven G, Allen C R, Gutzmer J, Walters S G.. Sediment-hosted lead-zinc deposits: A global perspective [C]. *Economic Geology 100th Anniversary Volume*, 2005: 561-607.
- [46] 杜国民, 蔡红, 梅玉萍. 硫化物矿床中闪锌矿 Rb-Sr 等时线定年方法研究—以湘西新晃打狗洞铅锌矿床为例[J]. *华南地质与矿产*, 2012, 28(2): 175-180.

A Comparative Study of Luota and Huayuan lead-zinc ore field in the Northwest Hunan province

PENG Nengli, LIU Wei, LIANG Enyun, LIU Gengyin,

YUAN Fu, XIONG Miao, HUANG Leqing

(Hunan Institute of Geological Survey, Changsha 410016, China)

Abstract: Relative big Pb-Zn reserves occur at Luota and Huayuan lead-zinc orefields in the Northwest Hunan province lead-zinc ore belt. Based on the previous data comparative study of the two ore fields is carried out in respects of geotectonic background, geological characteristics of the ore deposits, geochemical characteristics, ore-control pattern, ore genesis etc. Results show that there are some differences between them. Ore in Luota ore field is formed in Middle Devonian Epoch while Huayuan orefield in Early Devonian Epoch. They are the products of deep fault activity in the southwest margin of Yangtze Platform at different times and places. Structure is the most important ore-control factor in the two ore fields and facies and lithology control on ore is the reflection of structure, i. e. the pore, crack control on the ore. Ore prospecting work in Luota and Huayuan lead-zinc ore fields should follow the philosophy of ore-control structure plus favorite strata and lithology.

Key Words: Luota lead-zinc deposit; Huayuan lead-zinc deposit; geological characteristics; geochemical characteristics; ore-control pattern; genesis; Hunan province