

裂谷演化对铅锌矿成矿作用的影响 ——以辽吉裂谷为例

董耀松¹, 杨言辰²

(1. 中国地质大学(武汉) 资源学院, 武汉 430074; 2. 吉林大学 地球科学学院, 长春 130026)

摘要: 辽吉裂谷在拱张、裂隙、下沉、上升和挤压消亡过程中, 沉积了巨厚的碎屑沉积物, 并发生多次强烈的构造活动、岩浆活动、变质变形作用及深部的壳幔作用。通过对辽吉裂谷的演化和成矿模式、裂谷内铅锌矿床的成因类型和其地球化学行为的分析, 认为裂谷作用为铅锌矿形成提供了丰富的矿源、富集成矿的场所和有效的热能、裂谷演化中物理化学条件的改变和岩浆活动也使得成矿物质进一步富集成矿。

关键词: 裂谷演化; 铅锌矿; 成因类型; 成矿模式; 成矿作用

中图分类号: P548; P618.4 文献标识码: A 文章编号: 1001-1412(2006)01-0019-04

0 引言

世界上许多大型超大型铅锌矿床都赋存在裂谷环境中, 如澳大利亚的布罗肯希尔、芒特艾萨铅锌矿、英属哥伦比亚苏里凡的前寒武纪铅锌铜矿、美国密西西比的铅锌矿等矿床都赋存在裂谷建造中。我国内蒙的霍各乞、炭窑口、东升庙和甲生盘等大中型铜铅锌矿床都赋存在狼山—渣尔泰山裂谷带中; 西南川滇铅锌成矿带也是在裂谷作用下形成的; 尤其是世界最大的铅锌矿床朝鲜检德铅锌矿同我国华北地台的青城子、荒沟山、东胜、北瓦沟等大中型铅锌矿床同处于辽吉裂谷带中。可见裂谷作用与矿产的形成关系密切。因此, 对裂谷作用与成矿作用的研究已成为地质学家们最瞩目的课题之一(王东坡等, 1987)。这可能主要是由于裂谷活动的长期性、脉动性和继承性, 使得在古老的克拉通边缘经历多期裂隙和增生作用, 沉积了巨厚的碎屑沉积物, 并发生多次强烈的岩浆活动、变质作用、构造变形作用及深部的壳幔作用, 这些因素对铅锌矿的形成有着极为重要的意义。因此本文以辽吉裂谷为例, 探讨裂谷作用对铅锌矿成矿作用的影响。

1 辽吉裂谷的演化

辽吉裂谷西起郯庐断裂, 向东经盖县、宽甸、桓仁、白山、临江、长白, 然后向东南进入朝鲜北部(图 1)。

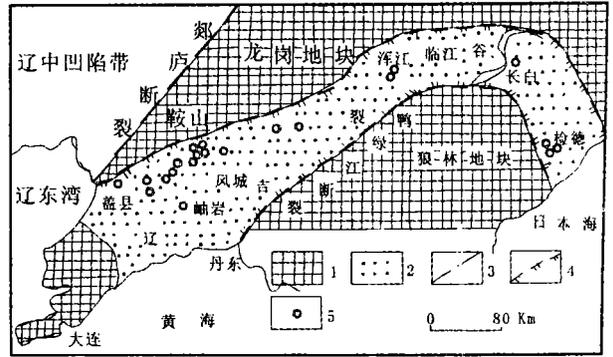


图 1 辽东—吉南裂陷槽分布图

Fig. 1 Distributing map of the Liaodong-Jinan aulacogen
1. 古陆 2. 裂陷槽 3. 断层 4. 同生断层 5. 铅锌矿床

张秋生等(1988)认为: 在辽吉裂谷的拱张、裂隙、下沉、上升和挤压消亡过程中, 伴随古元古代地层的堆积, 变质变形和中基性、中酸性火山活动、火山喷气作用, 以及沿深断裂的热水喷流作用的发生,

收稿日期: 2005-09-12

基金项目: 中国地质调查局“华北地台成矿规律和找矿方向综合研究项目”(编号: 200110200038)资助。

作者简介: 董耀松(1969), 男, 陕西户县人, 博士, 研究方向成矿规律与成矿预测。

形成了大量丰富而重要的金属或非金属矿产资源。

辽吉裂谷带内的早元古代地层主要包括辽河群、集安群和老岭群。太古宙末期克拉通发生张性裂开,引起海底火山喷发,并发育一系列与裂谷轴方向平行的深断裂,控制裂谷盆地的性质(杨松年等,1986)。在早元古代早期,在裂谷中央偏南部位沉积了集安群(吉林)和下辽河群(辽宁)地层。这套地层由黑云变粒岩、电气变粒岩、斜长角闪岩、片岩、石英岩、铁镁橄榄石金云母大理岩组成。在裂谷带中央偏北部位发育了下辽河群浪子山组碎屑岩和里尔峪组火山-沉积建造(王成文等,1996)。

在早元古代晚期,裂谷进一步扩张,在中央拗陷带及两侧形成老岭群和上辽河群地层(陈昌勇,1998)。老岭群由上到下分为珍珠门组、大栗子组和达台山组。主要岩石为大理岩、千枚岩、石英岩、石英砂岩、石英片岩、碳质板岩。上辽河群中上部在裂谷中央沉积,以白云质灰岩、泥灰岩和泥岩为主,夹有火山岩。在裂谷北缘部位则为上辽河群的中部,以含碳碎屑粘土岩和碳酸盐岩夹泥质岩为主,其中高家峪组为石墨条带白云质大理岩、斜长角闪岩及石墨变粒岩,上覆的大石桥组为中厚层白云质大理岩夹层状铅锌矿和菱镁矿。上辽河群下部为盖县组的一套海相泥砂质沉积,只含少量碳酸盐岩。经变质成为云母片岩、千枚岩、变质砂岩和大理岩。

本区岩浆岩比较发育,基性侵入岩与基性火山岩在稀土元素地球化学特征方面是一致的(张秋生,1988),反映它们是同构造环境、同岩浆来源。

据贺高品等(1998)研究认为:辽吉裂谷带内的早元古代地层经历了低绿片岩相、高绿片岩相和低角闪岩相递进区域变质作用的改造,变质相自裂谷两侧向裂谷中央依次升高,沿韧性剪切带发生热退化变质作用:其变形形式基本表现为早期拉伸作用下的变形和晚期挤压作用下的变形。

2 辽吉裂谷内铅锌矿床的成因类型

朝鲜检德铅锌矿是世界上最大的铅锌矿之一,距我国边境仅 50 km,而且,该矿床的含矿层位中下元古界摩天岭系与我国辽吉地区的下元古界辽河群、老岭群属同一地层单元,又同我国吉林的荒沟山、大栗子铅锌矿,辽宁的青城子、北瓦沟和东胜铅锌矿同处辽吉裂谷中(图 1),其矿床成因有相似之处。据方如恒等(1999)研究认为,朝鲜检德铅锌矿

床、吉林荒沟山铅锌矿床、辽宁北瓦沟铅锌矿床和东胜铅锌矿床都属于变质热液改造型层控铅锌矿床,吉林大栗子铅锌矿床是变质沉积铅锌矿床,辽宁青城子铅锌矿床是岩浆热液叠生型层控铅锌矿床。杨占兴等(1993)认为青城子铅锌矿床是沉积变质岩浆热液叠加改造型矿床,北瓦沟铅锌矿床是同生沉积变质热液矿床。金顿镐等(1993)认为吉林荒沟山和大栗子铅锌矿床都是沉积变质矿床。白龙俊等(1986)认为朝鲜检德铅锌矿床是沉积变质矿床。芮宗瑶等(1994)认为它们统属克拉通内裂谷非火山构造环境中的喷气沉积型块状硫化物矿床。虽然有不同的认识,但是从这些结论可以看出它们的成矿地质条件有一定的相似性,即沉积作用是主导的控矿因素。而从它们的矿床地质特征来看,含矿层位都是元古宙地层,岩石类型都为碳酸盐岩类,矿石结构构造具沉积组构、变质组构和热液组构,因此裂谷的沉积作用对铅锌矿床的形成肯定有很大的影响。

3 铅锌的地球化学行为

从辽吉裂谷内铅锌矿床的成因特点可以看出,通过沉积过程中铅锌的地球化学行为可以进一步了解裂谷对铅锌矿床的控制。在辽吉裂谷内的铅锌矿床的金属矿物主要是方铅矿、闪锌矿和黄铁矿等。据刘英俊等(1984)研究认为:根据配位场理论, Pb^{2+} 、 Zn^{2+} 离子构型具有较大的变型性以及较大的附加极化性能,它们与许多无机或有机络合体形成很稳定的络合物。因此尽管气成热液、热液是铅锌的主要析出阶段,但是在内生和外生作用中,铅锌都能紧密共生。方铅矿和闪锌矿是铅锌的主要沉淀形式,并以络合物的形式、吸附的形式及可溶性离子状态搬运。而温度下降, pH 值的变化,硫浓度的增加则是方铅矿、闪锌矿沉淀的主要条件。一般在还原条件下,铅锌可能沉淀富集成矿,形成层控铅锌矿床。

4 辽吉裂谷铅锌矿成矿模式

结合前人对裂谷的研究资料和辽吉裂谷内铅锌矿床的基本特征,作者认为可以这样描述辽吉裂谷铅锌矿成矿模式(图 2)。

在辽吉裂谷的演化过程中,元古宙早期裂谷发

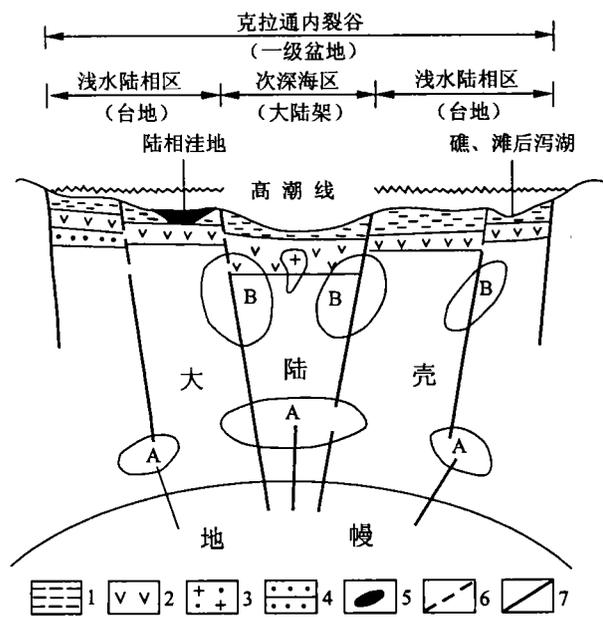


图 2 辽吉早元古代裂谷碳酸盐岩中铅锌矿床成因模式(据芮宗瑶等, 1994)

Fig. 2 A genetic model of Pb-Zn deposit in carbonate rocks of the Liaoning-Jilin Early Proterozoic rift

1. 泥岩、砂岩夹灰岩、玄武岩、凝灰岩
 2. 酸碱性火山岩、硬砂岩夹白云质灰岩、超基性熔岩
 3. 酸性次火山岩
 4. 泥质砂岩、砂岩夹灰岩
 5. 层状矿化
 6. 生长断裂
 7. 基底断裂
- A. 富含铝、硅的高温还原性超酸性含金属的卤化物流体
B. 低温氧化性硫酸盐-重碳酸盐-氯化物-硫化物流体

生拱张、裂隙作用, 一些酸性火山岩喷发, 堆积于槽底。伴随裂谷的继续裂隙, 由于深断裂沟通上地幔, 使深部硅镁层甚至地幔物质进入裂谷, 同时在充满水的裂谷中相伴出现碳酸盐的沉积, 辽河群的沉积物由泥砂质碎屑岩建造及火山碎屑岩建造为主转变为以碳酸盐岩建造为主, 并伴有碎屑岩及火山碎屑岩夹层。在裂谷上升阶段, 海水变浅, 海底火山活动减弱, 由喷溢转变为喷气为主。从地幔喷出的热液是富含铝、硅的高温还原性超酸性含金属的卤化物流体。这些热液沿基底断裂上升到下地壳或直接到上地壳, 它们与地壳中的水混合, 特别是进入上地壳后又与成岩水和对流渗入的海水混合, 使热液转化为低温氧化性硫酸盐-重碳酸盐-氯化物-硫化物流体(李英等, 1997)。在整个过程中, 都从围岩中萃取金属元素, 使之形成更富含金属的热卤水。由于断裂活动, 热卤水沿生长断裂喷到海底并被海水搬运到离喷气口较近的陆棚洼地或礁、滩后泻湖沉淀成矿(Hannington, M. D 等, 1986)。在裂谷断拗与断隆的边缘, 出现海湾盆地, 含矿气水热液沿盆地边缘的

同生断裂上涌与海水混合, 与成岩物质一起沉积了富含 Pb, Zn, S 的矿源层或贫矿层。由于原始沉积环境的差异, 东部为潮间浅海盆地富含 Zn, S 沉积; 西部为半泻湖相环境富含 Pb, S 沉积(芮宗瑶, 1994)。同时在吉南地区接受荒盆沟期的基性-中酸性火山岩及碳酸盐岩沉积, 形成了初始铅锌矿源层。随后经历了五台期和中条期两次变质作用, 促使以铅锌为主的成矿物质伴随脱水作用所析出的变质热液活化迁移形成了吉南地区荒盆沟为主体的含矿层或初始矿体。此后, 裂谷沉积环境从非补偿型沉积阶段转化为补偿型沉积阶段, 接受沉积了珍珠门组和大栗子组矿源层(金顿稿, 1993)。

由于遭受强烈的褶皱和区域变质作用, 以至裂谷消亡, 在裂谷消亡阶段, 辽吉裂谷由沉降拗陷变为挤压收缩, 矿源层和贫矿层及沉积物一起发生变形褶皱、断裂(张进红等, 1992)。断拗附近海盆地鼻状隆起处产生推覆构造, 并向西部推覆, 推覆过程中主滑脱面附近由于剪切应力产生的热和压应力作用, 岩层中的粒间水大量排出与矿物脱水析出的结晶水混合, 生成富 Na^+ , Cl^- 高盐度的热卤水溶液。这些热卤水在矿源层或贫矿层中的环流过程中促进了各种组分的重新分配、组合, 并使部分矿质活化、迁移, 在原层位或滑脱面附近的有利构造部位附近富集成矿床(Lister G. S. 等, 1991)。

在中生代构造-岩浆阶段, 岩浆热液作用的叠加改造, 使成矿溶液多次沉淀富集成矿, 形成多期、多源、多成因的铅锌矿床(徐光荣等, 1997)。

5 裂谷演化对铅锌成矿作用的影响

综合上述因素, 把裂谷演化、成矿模式、裂谷带内铅锌矿的成因和铅锌的地球化学结合起来分析, 裂谷演化对铅锌成矿作用的影响主要表现在以下几个方面:

5.1 裂谷作用提供了丰富的矿源

从以上分析可以看出, 在裂谷带中有丰富的矿源、幔源金属物质、深部和地层的硫源和卤水。大陆内部大型裂谷和大型拗陷的发育是地幔对流中心集中的一种表现(胡受奚等, 1994)。早期裂谷区地幔对流导致的穹状隆起作用, 引起了地壳的减薄和扩张。由于裂开和伸展构造发育, 便于深部上地幔物质上涌, 地热梯度高, 有利于上地幔及其派生成矿元素的物质输出和金属元素迁移富集, 形成初始的矿

源层。此外,裂谷的强烈下陷和快速的堆积作用形成的巨厚沉积物也为成矿作用提供了丰富的物质来源。

5.2 裂谷作用对成矿物理化学条件的影响

在辽吉裂谷演化过程中,铅锌以络合物的形式、吸附的形式及可溶性离子状态搬运。在上升的过程中由于温度下降, pH 值的变化, 硫浓度的增加使得方铅矿、闪锌矿沉淀富集成铅锌矿床。辽吉裂谷中铅锌矿床的主要金属矿物为黄铁矿、方铅矿和闪锌矿, 可以推测 pH 值的变化, 硫浓度的增加主要是因为裂谷上升和挤压阶段, 黄铁矿被氧化, 生成硫酸高铁或硫酸溶液引起的, 而且方铅矿在这个过程中也可能氧化生成白铅矿, 闪锌矿氧化生成菱锌矿, 进一步富集成矿。

5.3 裂谷作用为成矿作用提供了场所

在大陆裂谷的上部广泛发育一系列以正断层为主的地堑、半地堑组成的复杂的巨型地堑系, 形成断陷盆地和断陷谷等(杨森楠等, 1985)。这些不同深度的水盆地及盆地断裂是喷气热液活动的最佳环境。尤其是盆地边缘断裂以及伴生的生长断层, 在成矿期成为良好的导矿、导热和成矿流体的通道。

5.4 裂谷作用为成矿作用提供了有效的热能

裂谷是张性构造带, 深部的地幔物质沿这种构造带上升, 使得裂谷带内岩浆活动和火山活动频繁。这为成矿作用提供了有效的热能。

5.5 裂谷作用中的岩浆活动使铅锌矿进一步富集

气成热液、热液是铅锌的主要析出阶段, 所以岩浆热液对铅锌矿的形成有一定的影响。受岩浆作用的影响, 大气降水或有少量岩浆水加入的大气降水变成热水, 此种热水从围岩中萃取出金属就成为成矿溶液。构造的多次活动, 使周围的地热梯度发生了变化, 成矿溶液多次沉淀富集成矿床, 尤其是在岩浆侵位后期, 派生的岩脉大量贯入, 岩脉冷凝收缩, 在岩脉本身及其边部发生虚脱和裂隙, 为活化迁移的含矿溶液提供了良好的沉淀空间, 形成铅锌矿床。

参考文献:

[1] 王东坡, 何起祥. 大陆裂谷沉积特征及含矿性[J]. 世界地质,

1987, (构造地质专辑): 205-221.

- [2] 方如恒. 中朝古元古代层控铅锌矿床类型及其比较[J]. 辽宁地质, 1999, 16(1): 43-56.
- [3] 杨占兴, 田立臣. 辽宁省铅锌矿床成矿作用研究[J]. 辽宁地质, 1998, 15(1): 1-19.
- [4] 金顿稿, 孔繁生, 刘浩. 吉林省铅锌成矿地质特征及其成矿规律[J]. 吉林地质, 1993, 12(1): 1-15.
- [5] 白龙俊, 全国富, 李明姬, 等. 关于榆德一文乐坪型矿床[J]. 辽宁地质, 1986, (榆德铅锌矿译文专辑): 1-13.
- [6] 芮宗瑶, 施林道, 方如恒, 等. 华北陆块北缘及邻区有色金属矿床地质[M]. 北京: 地质出版社, 1994. 54-161.
- [7] 刘英俊, 曹励明, 李兆麟, 等. 元素地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1984. 295-311.
- [8] 刘家军, 郑明华, 顾雪祥, 等. 海底喷流作用对金富集成矿的意义[J]. 矿产与地质, 1997, 11(5): 289-294.
- [9] 杨松年, 缪远兴, 杨大平, 等. 辽(宁)吉(林)南部下元古界铅锌矿成矿地质特征及矿床控制因素[J]. 地质与勘探, 1986, 22(10): 6-13.
- [10] 王成文, 王天武, 刘永江. 辽东裂谷西段辽河群地层学研究的几个问题及进展[J]. 世界地质, 1996, 15(2): 8-15.
- [11] 陈昌勇. 华北地块北缘金、多金属成矿地质背景[J]. 辽宁地质, 1998, (4): 241-249.
- [12] 吉林省地质矿产局. 吉林省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1988. 5-122.
- [13] 辽宁省地质矿产局. 辽宁省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1989. 5-126.
- [14] 张秋生. 辽东半岛早期地壳与矿床[M]. 北京: 地质出版社, 1988. 221-225.
- [15] 贺高品, 叶惠文. 辽东-吉南地区早元古代两种类型变质作用及其构造意义[J]. 岩石学报, 1998, 14(2): 152-161.
- [16] 贺高品, 叶惠文. 辽东-吉南地区早元古代变质地体的组成和主要特征[J]. 长春科技大学学报, 1998, 28(2): 121-133.
- [17] 李英, 祁思敬. 中国北方超大型热水沉积硫化物矿床成矿模式[J]. 矿物岩石地球化学通报, 1997, 16(3): 155-158.
- [18] 张进红, 施林道. 辽东-吉南地区和朝鲜北部元古宙铅锌矿的区域成矿条件——从裂谷晚期活动角度探讨[J]. 有色金属矿产与勘查, 1992, 1(5): 268-275.
- [19] 徐光荣, 梁宜林, 张林. 吉林省南部元古宙宇宙尘的某些特征及其意义[J]. 矿物岩石地球化学通报, 1997, 16(4): 218-221.
- [20] 胡受奚, 郭继春, 叶瑛. 前寒武纪成矿作用与地球动力学的关系[J]. 国外前寒武纪地质, 1994, (3): 1-16.
- [21] 杨森楠, 杨巍然. 中国区域大地构造学[M]. 北京: 地质出版社, 1985. 11-96.

THE METALLOGENIC AGE OF JINDING SUPER-LARGE SCALE LEAD-ZINC DEPOSIT IN LANPING BASIN

LI Zhi-ming^{1,2}, LIAO Zong-ting², LIU Jia-jun³, QIN Jian-zhong¹, ZHANG Chang-jiang¹

(1. Wuxi Research Institute of Experimental Geology, SINOPEC, Wuxi 214151, China;

2. School of Marine and Earth Sciences, Tongji University, Shanghai 200092, China;

3. China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: It has not obtained reliable data of metallogenic age of the Jinding super-large scale lead-zinc deposit in Lanping basin due to the restricting of sample and technique of dating methods. The characteristics of geology and deposit of the Jinding lead-zinc ore deposit shows that ore-formation occurs after the ore-bearing stratum deposition and lithification and the nappe. The range of metallogenic age have been studied around three aspects, i. e. the ore-bearing stratum, the known dating result of isotopic chronology and the ore-forming fluids involved with metamorphic water and the characteristics of geology of ore district and the evolution process of regional structure. Finally, it is concluded that the metallogenic age of Jinding super-large scale lead-zinc deposit is 27~34 Ma, the transition of tectonic and dynamic regime of the local extension under the overall compressional setting may be the key factor which controlling forming of the Jinding lead-zinc deposit during this period.

Key words: Jinding super-large scale lead-zinc deposit; ore-bearing stratum; nappe; metamorphic water; metallogenic age; Yunnan province

(上接第 22 页)

EFFECT OF THE RIFT EVOLUTION ON Pb-Zn MINERALIZATION: A CASE STUDY OF LIAOJI RIFT

Dong Yao-song¹, Yang Yan-chen²

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

2. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130026, China)

Abstract: Globally, many Pb-Zn ore are hosted in rifts. Especially the mega Pb-Zn ore deposit Jiande Pb-Zn ore deposit of Korea is occurred in Liaoji rift. It is obvious that the relation of rift and mineral resources is intimate. In the process of arch-stretching, rifting, sinking, uplifting and compression, disappearance of the rift, mega-thick clastic sediments and many violent tectonic, magmatism, metamorphism and deformation, the deep crust-mantle interaction took place. The evolution of Liaoji rift, the metallogenic model, the genetic types of Pb-Zn ore deposits in the rift and its geochemical behavior is analyzed. The authors think: that the rift provide the abundant ore source, the location of enrichment and mineralization and the effectual thermal energy for ore formation, the change of physical-chemical condition of the rift evolution and magmatism, make the mineralogenic matter more enrichment and mineralization.

Key words: rift evolution; Pb-Zn ore deposit; genetic type; metallogenic model; mineralization