

# 兰坪盆地金顶超大型铅锌矿床成矿年龄探讨

李志明<sup>1,2</sup>, 廖宗廷<sup>2</sup>, 刘家军<sup>3</sup>, 秦建中<sup>1</sup>, 张长江<sup>1</sup>

(1. 中石化石油勘探开发研究院 无锡实验地质研究所, 江苏 无锡 214151;

2. 同济大学 海洋与地球科学学院, 上海 200092; 3. 中国地质大学 地球科学与资源学院, 北京 100039)

**摘 要:** 兰坪盆地金顶超大型铅锌矿床由于受样品和测年技术的制约, 目前尚没有获得可靠的成矿年龄数据; 矿区地质和矿床特征分析揭示成矿作用发生于沉积成岩和推覆体形成之后。据此结合区域构造演化特征, 从赋矿层位、已有同位素定年结果和成矿流体有变质水参与三个方面论述该矿床的成矿时间范围。最后认为矿床的成矿年龄为 27~34 Ma, 该时期总体挤压背景下的局部拉张这种构造动力体制转换, 可能是金顶超大型矿床形成的关键制约因素。

**关键词:** 金顶超大型铅锌矿床; 赋矿层位; 推覆作用; 变质水; 成矿年龄; 云南省

**中图分类号:** P597.3; P618.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2006)01-0023-05

## 0 引言

金顶超大型铅锌矿床位于滇西兰坪盆地北段中部, 是我国目前最大的铅锌矿床, 也是世界上铅锌总金属量大于 1 000 万 t 的 17 个超大型铅锌矿床之一<sup>[1]</sup>, 但由于受样品和测年技术的制约, 目前尚没有获得矿床成矿年龄的可靠数据<sup>[2]</sup>。其中矿区矿石矿物方铅矿的模式年龄由两组组成, 一组模式年龄为 56~190 Ma(以砂岩型矿石为主), 另一组模式年龄为 5~51 Ma(以灰岩型矿石为主)<sup>[3,4]</sup>; 架崖山矿段赋矿砂岩中磷灰石的裂变径迹年龄为 22 Ma 左右, 校正年龄为 27 Ma 左右<sup>[5]</sup>; 而选自架崖山和南厂砂岩型矿石中的黄铁矿  $Re-Os$  年龄为  $(72 \pm 4.4) Ma$ <sup>[6]</sup>。显然, 不同定年方法确定的成矿年龄存在较大的差异。本文在分析金顶铅锌矿床矿区地质与矿床特征的基础上, 结合区域构造演化特征, 从赋矿层位、已有同位素定年结果和成矿流体性质对成矿年龄的制约三个方面, 探讨该矿床的成矿年龄。

## 1 矿区地质与矿床特征

金顶矿区位于兰坪盆地北段中部由中-新生代

地层组成的复式向斜轴部附近沱江大断裂西侧的穹隆构造中, 区内未见岩浆岩和火山岩。矿床由架崖山、北厂、南厂、西坡、白草坪、跑马坪、蜂子山 7 个矿段组成(图 1)。

### 1.1 矿区地层

矿区内地层可分为外来系统和原地系统两部。外来系统地层倒置在原地系统地层之上, 自上而下由三叠系上统、侏罗系及少部分白垩系下统组成; 原地系统由白垩系上统及古新统云龙组等组成。两套地层系统之间以构造推覆面接触。其中外来系统上三叠统三合洞组( $T_{3s}$ )下部为深灰色灰岩夹沥青灰岩, 中部为泥质灰岩, 上部系紫红色泥岩夹灰白色砂岩, 厚约 400 m; 上三叠统麦初箐组( $T_{3m}$ )为黑-灰黑色含碳质页岩、粉砂岩, 厚约 180 m; 中侏罗统花开佐组( $J_2h$ )为一套紫红色泥岩夹灰色砂岩层, 厚约 500 m; 下白垩统景星组( $K_1j$ )上部为灰色厚层细粒石英砂岩, 下部为灰色含砾屑(钙质角砾)细砂岩夹粉砂岩, 该组为矿区的主要含矿层, 厚度大于 65 m。原地系统为正常层序, 主要由老第三系云龙组( $E_{1y}$ )含盐地层组成, 在跑马坪附近出露始新统果郎组( $E_2g$ )。其中云龙组上部( $E_{1y}^b$ )为灰色夹紫红色砾屑灰岩、含砾屑细-中粒砂岩, 也为主要含矿层位, 厚度 250~500 m; 下部( $E_{1y}^a$ )为紫灰色-紫红色砂岩, 常见花斑条带, 厚 300 m, 与下伏上白垩统虎头寺组( $K_2h$ )的长石石英砂岩为不整合接触。

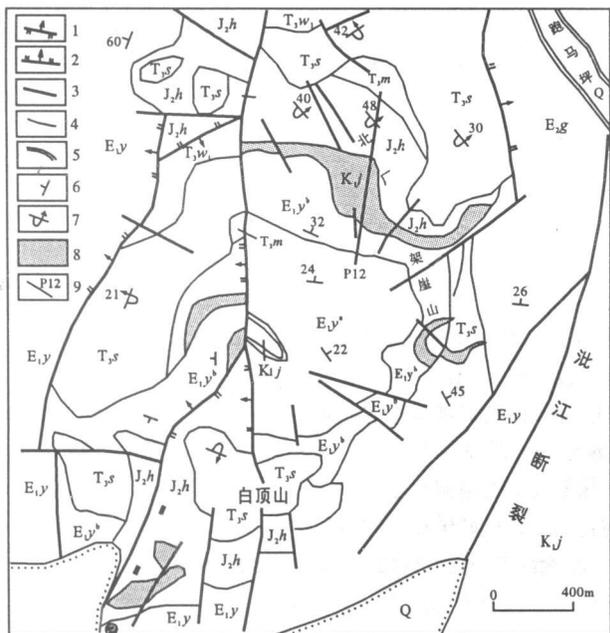


图1 金顶铅锌矿床矿区地质简图

(据云南地质三队 1989 资料修编)

Fig.1 Geological sketch of the Jinding lead-zinc ore deposit

1. 滑覆断层 2. 正断层 3. 性质不明断裂 4. 地质界线 5. 不整合面 6. 正常岩层产状 7. 倒转岩层产状 8. 铅锌矿体 9. 勘探线及编号 Q. 第四系 E<sub>2g</sub>. 始新统果郎组 E<sub>1y</sub>. 古新统云龙组 (未分) E<sub>1y<sup>a</sup></sub>. 古新统云龙组下段 E<sub>1y<sup>b</sup></sub>. 古新统云龙组上段 K<sub>1j</sub>. 下白垩统虎头寺组 K<sub>1j</sub>. 下白垩统景星组 J<sub>2h</sub>. 中侏罗统花开佐组 T<sub>3m</sub>. 上三叠统麦初箐组 T<sub>3s</sub>. 上三叠统三合洞组

### 1.2 矿床地质特征

由图1可见,各矿段的矿体围绕穹隆核心呈不规则的环带分布。按空间及层位,铅锌矿体主要发育在白垩系下统与老第三系构造接触面上下的景星组(上含矿带)与云龙组上段(下含矿带)两套地层中(图2)。上含矿带位于钙质胶结的分选好的灰色细粒石英砂岩中,矿化均匀稳定,几乎全层矿化<sup>[7]</sup>,金属矿物多呈浸染斑点状。矿体呈层状、似层状产出,延伸数百米,呈近EW走向,倾向N,倾角约30°。下含矿带赋矿岩石为一套含膏盐陆相碎屑岩,矿体多呈透镜状、脉状及不规则状产出,金属矿物沿节理、裂隙充填交代,矿体除含铅锌外,常含黄铁矿、白铁矿、天青石、石膏,它们有时可构成单独的工业矿体。

按岩性可将矿石类型划分为砂岩型和灰岩角砾岩型两大类。其中砂岩型矿石主要赋存于上含矿层以及北厂17线以西的下含矿层,分布于北厂、蜂子山、西坡、架崖山、白草坪等矿段;灰岩角砾岩型矿石

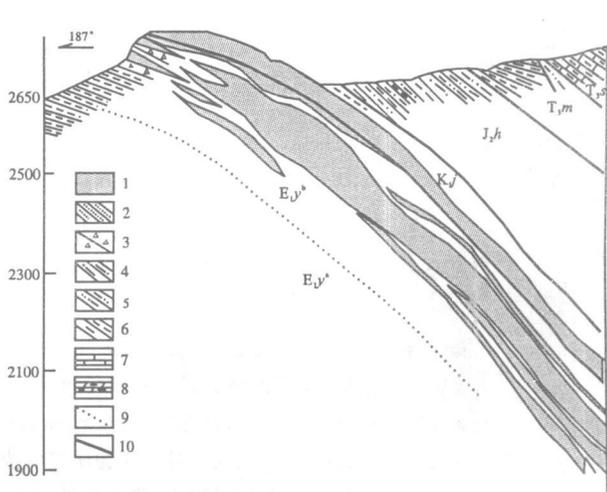


图2 金顶铅锌矿床北厂矿段 12 勘探线剖面图

(据云南地质三大队 1989 资料修编)

Fig.2 Exploring line 12 section of Beichang ore block of the Jinding lead-zinc deposit

1. 铅锌矿体 2. 砂岩 3. 砾岩 4. 含粉砂泥岩 5. 粉砂质泥岩 6. 泥岩 7. 灰岩 8. 泥灰岩 9. 地层界线 10. 滑覆断层 E<sub>1y<sup>a</sup></sub>- 古新统云龙组下段 E<sub>1y<sup>b</sup></sub>- 古新统云龙组上段 K<sub>1j</sub>- 下白垩统景星组 J<sub>2h</sub>- 中侏罗统花开佐组 T<sub>3m</sub>- 上三叠统麦初箐组 T<sub>3s</sub>- 上三叠统三合洞组

见于下含矿段,分布于北厂17线以东的架崖山、南厂、跑马坪等矿段。砂岩型矿石的结构较为简单,主要以金属矿物胶结砂屑而成的胶结结构为主,次为溶蚀交代结构、鲕状结构;矿石构造以浸染斑点状为主,块状次之。矿相学研究发现,矿石中天青石(少量重晶石)和硫化物(黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、白铁矿)先后交代主岩中的钙质胶结物而发生热液沉淀而成矿,硫化物交代原砂岩中钙质胶结物形成胶结结构。天青石、重晶石最早对碎屑岩中钙质胶结物交代,形成于热液成矿早期,与黄铁矿和少量闪锌矿共生,并被晚阶段硫化物交代。黄铁矿常见几个世代,早期的多微晶-胶状与天青石、闪锌矿、方铅矿伴生,并可被闪锌矿、方铅矿交代;晚期黄铁矿多呈粗晶(脉),自形程度高,与方解石及粗晶方铅矿伴生。热液成矿主阶段形成闪锌矿-方铅矿-黄铁矿典型共生组合,具有微晶-胶状结构,浸染状构造。另外矿石中的碎屑石英相对于不含矿主岩中的碎屑石英浑圆度更高,反映了热液对碎屑颗粒的溶蚀。这些现象表明热液或热卤水大规模铅锌成矿发生在碎屑岩成岩以后,矿床没有同生沉积成矿特征,具后生成因性质<sup>[2]</sup>,同时也说明成矿作用发生于推覆体形成之后。而灰岩角砾岩型矿石的结构构造较为复

杂, 主要为交代溶蚀结构、胶状同心环带结构、乳滴状结构和似文象结构; 常见的构造为网脉状、角砾状和条带状构造, 显示具有显著的后期充填交代特征<sup>[7]</sup>。

金顶铅锌矿床的围岩蚀变有黄(白)铁矿化、方解石化、赤铁矿化、硅化、白云石化、重晶石化、天青石化和退色作用等。此外, 石膏的塑性变形和似脉状穿插也发育, 靠近补给系统的灰岩角砾岩型矿石蚀变较之上部砂岩型矿石强烈, 尤其是角砾岩型矿石中各种蚀变作用叠加, 强度不一。与铅锌矿化关系密切的有黄(白)铁矿化、方解石化、赤铁矿化、重晶石化和天青石化。

## 2 矿床成矿年龄分析

### 2.1 赋矿层位的成矿年龄制约

由前面的分析可知, 金顶铅锌矿床主要赋存于原地地层系统古新世云龙组上段和外来地层系统下部的早白垩世景星组中, 矿床的地质特征表明成矿作用发生于沉积成岩之后; 而云龙组上段的时代上限约在 56 Ma 左右, 故可推测金顶铅锌矿床的成矿年龄应小于 56 Ma。对于金顶矿区外来地层系统的成因目前存在两种观点, 即推覆成因<sup>[3,8-11]</sup>和滑覆成因, 并认为滑覆体形成于古新世<sup>[12]</sup>。事实上, 从区域构造演化背景以及矿区地质特征分析, 矿区应经历了滑塌-推覆-滑覆等地质作用过程。新生代, 印度洋板块在东喜马拉雅构造结的俯冲、新特提斯洋的关闭和陆陆碰撞对研究区盆地的形成、构造演化有着强烈的影响。古新世-中始新世, 印支地块北部中生代统一的兰坪盆地被分化为两个相对独立的沉积盆地, 即受泚江断裂控制的兰坪-云龙盆地和受维西-莽后断裂控制的弥沙-莽后盆地, 两盆地间为雪帮山隆起所分割。其中控制兰坪-云龙盆地的泚江断裂位于盆地东侧, 断层 W 倾, 倾角约 60°, 具有同沉积正断层的特征。盆地内由下至上依次沉积了云龙组和果郎组, 其中云龙组与下伏的早白垩世虎头寺组间为区域性不整合接触。云龙组主要由泥岩、粉砂岩、细砂岩、角砾岩、泥灰岩、膏盐类组成, 属山麓重力滑塌、冲洪积扇、扇三角洲和滨浅湖沉积组合<sup>[9]</sup>。在金顶矿区, 云龙组上段岩性的空间变化较大, 矿区东部多为角砾岩、大岩块砂砾岩, 向西变为砾质-含砾的石英砂岩、细砂岩, 反映东部沉积物主要应属山麓重力滑塌、冲洪积扇的产物, 物源源自泚

江断裂东侧雪帮山隆起区的上三叠统三合洞组、麦初箐组及中侏罗统花开佐组和下白垩统景星组。晚始新世发生的印度板块与欧亚板块的会聚碰撞最为重要, 揭开了喜马拉雅构造运动的序幕。滇西地区晚始新世地层与下伏老地层组成的和谐褶皱之间的高角度不整合, 反映存在强烈的褶皱造山运动, 为推覆构造的形成期<sup>[13]</sup>, 至渐新世, 东部造山带继续由东向西推覆<sup>[9]</sup>。在金顶北部的河西三山构造带, 上三叠统不仅推覆于云龙组之上, 而且还推覆于果郎组和宝相寺组之上<sup>[11]</sup>。在金顶矿区架崖山以东, 又可见推覆的三合洞组灰岩和金顶含矿角砾岩均被上新世晚期的三营组不整合覆盖, 反映推覆体的形成时间要早于上新世晚期; 同时在泚江河谷可见三合洞组似乎是驮着三营组滑覆, 反映滑覆以及包括金顶矿区放射状、环状断裂的形成应是穹隆作用发展到一定阶段的产物, 时间应在三营组沉积之后(第三纪末至第四纪初)<sup>[11]</sup>。所以金顶矿区推覆体的形成时间应在中始新世之后, 这意味着金顶铅锌矿床的成矿年龄应小于 38 Ma, 但要大于 3.4 Ma。

### 2.2 已有定年结果的成矿年龄制约

赋矿层位对成矿年龄的制约分析可知, 矿区矿石矿物方铅矿的一组模式年龄 56~190 Ma(以砂岩型矿石为主)<sup>[3,4]</sup>和架崖山、南厂砂岩型矿石中的黄铁矿 Re-Os 年龄 (72 ± 4.4) Ma<sup>[6]</sup>显然不能代表金顶铅锌矿床的主成矿年龄。对这些同位素数据的解释只能有两种, 一种可能是对于像金顶这种成矿时代较晚的矿床, 铅同位素定年和 Re-Os 同位素定年存在很大误差, 并且一般定年结果会偏大或偏小; 另一种可能性为测定矿物可能与中生代地层同时生成, 作为物源沉积于赋矿围岩中, 但这种解释显然与矿床的地质特征不符, 因为这些砂岩型矿石的方铅矿和黄铁矿交代了原砂岩中钙质胶结物, 从而作为碎屑颗粒的胶结物产出, 不具同生沉积成矿的特征。所以这些同位素年龄可能受两种定年方法的局限性, 成矿年龄的指示意义不大。另一组灰岩型矿石中粗粒方铅矿和景星组砂岩裂隙中粗粒或脉状方铅矿的模式年龄为 5~51 Ma<sup>[3,4]</sup>, 并以 22~34 Ma 年龄段为主, 该模式年龄基本可与据赋矿地层推测的成矿年龄基本吻合。对于为什么砂岩型矿石为主和灰岩型矿石为主的方铅矿模式年龄相差较大, 有待今后需作进一步探讨。就金顶铅锌矿区的磷灰石裂变径迹来说, 由于矿物的裂变径迹对构造热事件特别灵敏, 尤其是磷灰石对温度很敏感, 标定的温度又较精确, 是个较理想的地质温度计。通过裂变径

迹的分析,可得到其所经历的热事件信息<sup>[14]</sup>。所以矿区含矿砂岩中磷灰石裂变径迹分析获得的校正年龄 27 Ma 左右<sup>[15]</sup>,代表的是矿床经历最后一次构造热事件的时间,并不一定与成矿作用时间有关。如果这次构造热事件与成矿作用有关的话,其仅代表金顶矿床最晚一期成矿作用的时间。

### 2.3 成矿流体特征的成矿年龄制约

对金顶铅锌矿床矿石矿物和脉石矿物的流体包裹体氢、氧同位素分析表明,成矿流体主要为盆地热卤水,并有变质水参与<sup>[1,15]</sup>,说明金顶铅锌矿床的成矿作用时间应与新生代发生的一次动力变质作用的时间相近。有关研究资料表明,沿兰坪盆地中轴断裂兰坪—思茅穿壳断裂,在中南段发育 NNW 向延伸的狭长状变质带——无量山变质带,出露长度 800 km,宽度 0~20 km,云南地矿局称之为“低压区域动力热流变质带”<sup>[16]</sup>。岩性以绢云母板岩、绢云母片岩、变质砂岩为主,岩石的动态结晶片理不发育,但热流作用使矿物重结晶形成的变斑结构显示出较高的变质程度。变质带可划分出低绿片岩相、高绿片岩相和低角闪岩相 3 个变质带,在垂直于变质带延伸的方向上,自断裂向两侧变质程度渐低,直至过渡为中生界红色碎屑岩;变质程度的高低与地层层位无关,而与断裂的相对位置关系密切。这种特点反映变质作用的产生是深断裂活动和沿断层深部热流上涌的综合作用结果,变质带中绢云母样品 K-Ar 法测得的变质年龄为 24~31 Ma<sup>[16,17]</sup>。这样,由成矿流体有变质水参与可推断成矿年龄应与该变质年龄相近。

## 3 结语

综上所述结果,可以认为金顶铅锌超大型矿床的形成年龄最可能为 27~34 Ma,相当于晚始新世—渐新世,刚好处于喜马拉雅构造运动第一幕与第二幕之间。该时期区域构造背景虽处于挤压状态,但当构造应力达到一定程度后,沿构造薄弱带的上地壳岩层超过承受的极限而造成破裂、垮塌,使得构造应力迅速释放减小,造成局部拉张的环境。而总体挤压背景下的局部拉张等构造动力体制转换,是形

成大型矿床的一种机制<sup>[18]</sup>。这可能是金顶超大型铅锌矿床在 27~34 Ma 成矿的关键制约因素。

### 参考文献:

- [1] 李志明. 兰坪盆地演化与多金属大型矿集区形成耦合关系研究[D]. 贵阳: 中国科学院贵阳地球化学研究所, 2003. 10.
- [2] 薛春纪. 云南兰坪盆地第三纪成矿系列研究[R]. 北京: 中国地质科学院, 2000. 11.
- [3] 张乾. 云南金顶超大型铅锌矿床的铅同位素组成及铅来源探讨[J]. 地质与勘探, 1993, 29(5): 21-28.
- [4] 周维全, 周全立. 兰坪铅锌矿床铅和硫同位素组成研究[J]. 地球化学, 1992, 20(2): 141-148.
- [5] 李小明, 谭凯旋, 龚文君, 等. 利用磷灰石裂变径迹法研究金顶铅锌矿成矿时代[J]. 大地构造与成矿学, 2000, 24(3): 282-286.
- [6] 薛春纪, 陈毓川, 王登红, 等. 滇西北金顶和白秧坪矿床: 地质和 He, Ne, Xe 同位素组成及成矿时代[J]. 中国科学(D辑), 2003, 33(4): 315-322.
- [7] 白嘉芬, 王长怀, 纳荣仙. 云南金顶铅锌矿床地质特征及成因初探[J]. 矿床地质, 1985, 4(1): 1-9.
- [8] 肖荣阁, 帅开业, 陈卉泉, 等. 云南喜山期构造运动与沉积岩铜矿成矿构造[J]. 矿床地质, 1994, 13(增刊): 48-49.
- [9] 王国芝, 胡瑞忠, 王成善, 等. 云南金顶超大型铅锌矿床的成矿地质背景[J]. 矿物学报, 2001, 21(4): 571-577.
- [10] 薛春纪, 陈毓川, 杨建民, 等. 金顶铅锌矿床地质-地球化学[J]. 矿床地质, 2002, 21(3): 270-278.
- [11] 吴根耀. 滇西北地区第三纪的逆冲-推覆构造[J]. 大地构造与成矿学[J]. 1994, 18(4): 331-338.
- [12] 燕守勋, 李朝阳, 周朝宪, 等. 金顶铅锌矿床穹隆构造成因及其相关问题探讨[J]. 矿床地质, 1994, 13(2): 148-154.
- [13] 段建中, 薛顺荣, 钱祥贵. 滇西“三江”地区新生代地质构造格局及其演化[J]. 云南地质, 2001, 20(3): 243-252.
- [14] 李小明, 谭凯旋, 龚革联, 等. 裂变径迹法对兰坪盆地构造热演化与成矿作用的初步研究[J]. 矿物岩石, 2000, 20(2): 40-42.
- [15] 李志明, 刘家军, 秦建中, 等. 滇西兰坪盆地多金属矿床碳、氧、氢同位素组成及其地质意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2004, 34(3): 360-366.
- [16] 云南地质矿产局. 云南省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1990, 106-278.
- [17] 阙梅英, 程敦模, 张立生, 等. 兰坪—思茅盆地铜矿床[M]. 北京: 地质出版社, 1998. 1-46.
- [18] 翟裕生, 吕古贤. 构造动力体制转换与成矿作用[J]. 地球学报, 2002, 23(2): 97-102.

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

LI Zhi-ming<sup>1,2</sup>, LIAO Zong-ting<sup>2</sup>, LIU Jia-jun<sup>3</sup>, QIN Jian-zhong<sup>1</sup>, ZHANG Chang-jiang<sup>1</sup>

(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-song<sup>1</sup>, Yang Yan-chen<sup>2</sup>

(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 minerogenic matter more enrichment and mineralization.

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