

辽宁省营口地区^① 玉隆铅锌矿床成因探讨

马瑞

(长春地质学院, 长春, 130061)

提 要 玉隆铅锌矿的成因是一个颇有争议的问题, 笔者通过野外地质测量及矿区、矿点的详细研究, 提出该矿的成因与构造有着密切的联系, 其成矿物质的迁移和富集, 均受特定的构造运动所制约, 是前寒武纪构造控矿类型的典型范例。指出该角砾状铅锌矿的成矿过程实际上是成矿物质在压力梯度作用下活化重就位的过程。

关键词 角砾状矿床 高压区 低压区 构造控矿

玉隆铅锌矿位于辽宁省营口县境内, 与北瓦矿区相连, 其矿体主要为角砾状铅锌矿构成。该矿区虽然规模不大, 但特征明显, 具有一定的代表性。该矿区的成因研究, 对整个辽东铅锌矿带中同类矿产的成因探讨与矿产预测有着重要意义。

1 矿区地质概况

本区系辽东早元古宙线性构造区的一部分, 位于虎皮峪背斜以东, 恒山里背斜的西段。该背斜东西向贯穿全区, 构成了本区主体构造格架, 控制着区内岩层条带及矿体的展布方向。区内分布的地层主要为早元古宙辽河群的部分层状岩系, 自下而上分别为:

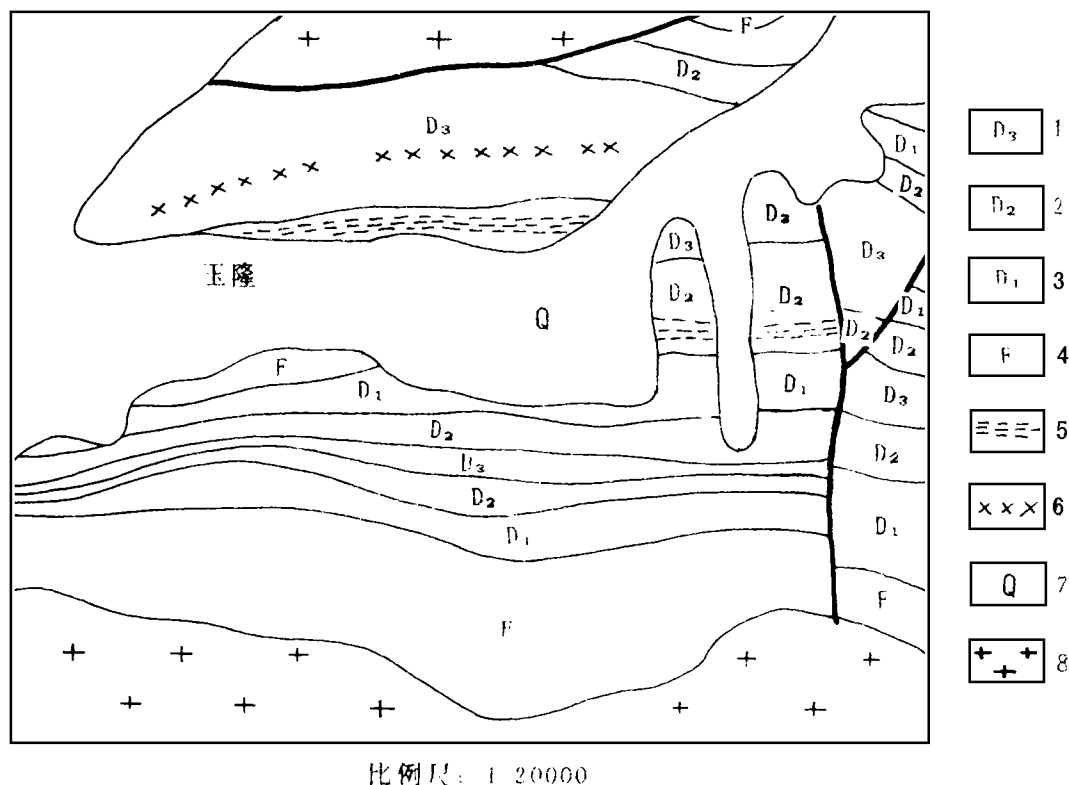
高家峪岩组: 主要出露在背斜核部, 岩石类型有斜长角闪岩, 钙硅变粒岩, 透闪变粒岩和透闪片岩等。

大石桥岩组: 主要出露在向斜核部, 主体岩性为碳酸盐岩类。岩石类型有含透闪石大理岩, 硅质结核、硅质条带大理岩, 透闪条带大理岩等, 后者是铅锌矿围岩, 也是找矿工作者最为关注的对象之一。

矿区内主体构造线方向为东西向, 所有的岩层条带及各种面状、线状构造方向均以东西向为主, 晚期构造不甚发育, 以北东向断裂为主。

① 收稿日期 1995. 4. 6 改回日期 1995. 6. 29

本区的主体构造是南北两个向斜和中间一个背斜构成的复式向斜构造,这三个褶皱的轴面及两翼地层产状基本向北倾斜,为紧闭的线性倒转褶皱,研究表明其是吕梁运动期间南北向强大挤压应力作用的产物(张秋生等,1988)(图1)



1. 大石桥岩组三段 2. 大石桥岩组二段 3. 大石桥岩组一段 4. 高家峪岩组 5. 韧性挤压带 6. 低压扩容带
7. 第四系 8. 元古代花岗岩

图1 玉隆矿区地质略图

Fig 1 Geological sketch of Yulong lead-zinc mine

在本区的大理岩中,发育有两个特殊的构造形式:韧性挤压带和低压扩容带,这两个构造与本区角砾状铅锌矿的形成有着极为密切的关系,特描述如下:

韧性挤压带:我们之所以称其为韧性挤压带,一是由于其走向为东西,与褶皱轴面平行,与区域压应力方向相垂直,处于压性结构面的位置;二是该带内岩石具有明显的韧性变形特征而扭动变形特征不明显,以压缩变形为主。实际上在实验岩石变形过程中,我们已经确定了韧性挤压带的存在(岳石等,1990)。

该带的一个突出特点就是糜棱叶理强烈发育,将岩石切割成细小的薄片,风化后这一现象更为明显,岩石几乎成为砂状粉末。镜下观察表明,该带内的岩石粒度明显变细,韧性挤压带外围的岩石粒度一般在0.5mm以上,而带内的岩石粒度在0.01~0.1mm之间,这是在强烈的

韧性挤压变形过程中动力重结晶-细粒化的结果。同时,岩石中韧性变形组构十分发育,方解石、白云石的强烈塑性压扁拉长特征表现得极为明显,晶形的长短轴之比可大于 1:10,有时可出现拔丝状。其它的变形组构诸如波状消光,机械双晶,压溶边等更是普遍发育。这些现象表明,该带的岩石在变形过程中经历了强烈的韧性挤压变形改造,为一高应变带。根据应力与应变的对应关系,我们有理由认为该带是变形过程中的应力集中区,因而称其为高压区。

该带虽然在各段发育程度不同,宽者近百米,窄者只有几米,但其分布范围是一定的,主要发育在大石桥岩组二段的地层之中,且在走向上连续,东西向贯穿全区。

热液蚀变现象在该带内普遍发育,几乎所有的透闪石矿物均遭受了滑石化,而且沿糜棱叶理发育有方解石和石英细脉,但该带内未见有铅锌矿化。

低压扩容带:位于韧性挤压带北侧,为一角砾岩带,该带与矿产关系密切,角砾状铅锌矿即产于此带中。

该带发育于大石桥岩组三段的透闪条带状大理岩中,其展布方向与韧性挤压带及地层一致,东西向贯穿全区,宽度变化较大,由几十米到几十厘米。带内岩石破碎,角砾发育。角砾棱角分明,显示出张性特征。

宏观上看,岩石韧性变形不明显,糜棱叶理不发育,无明显的面状及线状构造。显微镜下观察表明,岩石中的矿物(方解石,白云石)无明显变形迹象,矿物粒径变化不大,无动力重结晶及细粒化现象,机械双晶,波状消光及压扁拉长等变形组构少见,相对于韧性挤压带而言,该带的变形程度要低得多,说明该带在变形过程中处于构造应力相对低的区域,因而我们称其为低压区。带内的角砾状铅锌矿结晶程度高,晶形完好,颗粒粗大,无明显韧性变形及脆性破裂现象,说明其形成后未受到明显的构造改造。

该角砾岩带内各种蚀变发育,其中白云石化和硅化尤为明显,其它如蛇纹石化,黄铁矿化,透闪石化等也常见,显示了热液活动的多种迹象。

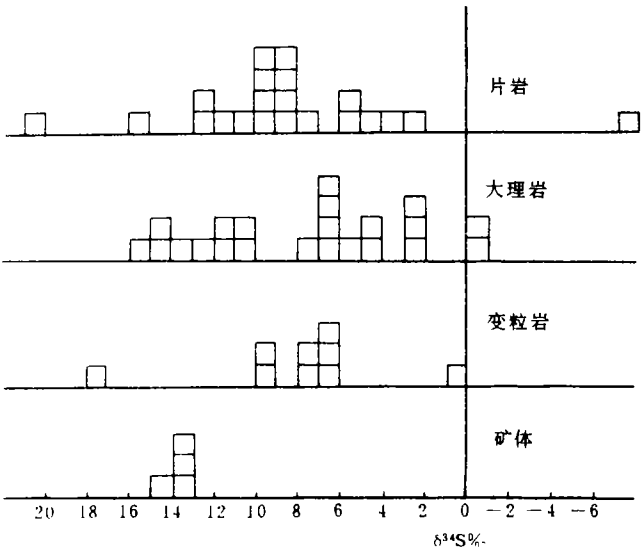
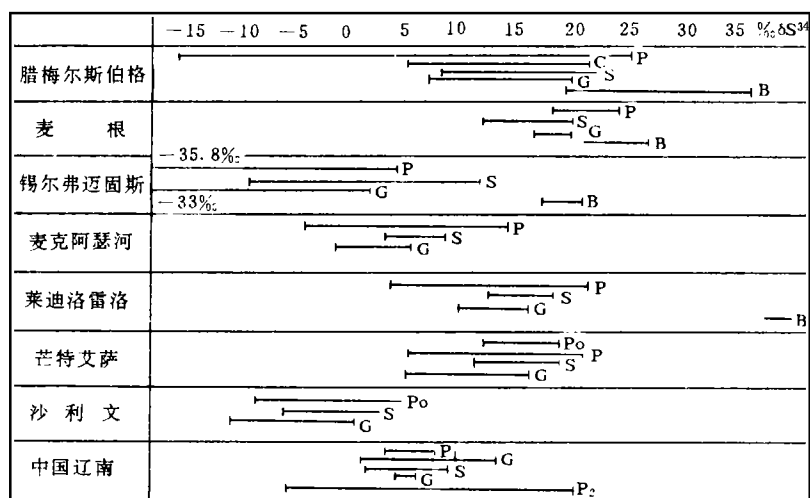


图 2 容矿岩系和矿体中黄铁矿的硫同位素组成
Fig. 2 $\delta^{34}\text{S}$ values of pyrite in host rocks and orebody

2 成矿物质来源

首先从硫同位素组成来看,容矿岩系与矿石中黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值具有共同特点,它们几乎全部为正值(图 2),容矿岩系中 $\delta^{34}\text{S}_{\text{‰}}$ 值的变化范围较大,在 $-6.0\text{‰} \sim +20.5\text{‰}$ 之间,平均值为 $+7.5\text{‰}$,矿石中 $\delta^{34}\text{S}_{\text{‰}}$ 值变化范围较窄,且在容矿岩系 $\delta^{34}\text{S}_{\text{‰}}$ 值的变化范围之内。以 $\delta^{34}\text{S}_{\text{‰}}$ 值特点看,生物硫并不是形成这些硫化物的主要来源。原始海洋硫酸盐在某种程度上可能大部分已经沉淀,在形成硫化物过程中也不大可能提供大量的硫,这类矿床中大部分硫可能是由火山喷气提供的,它可以与世界上产在沉积岩中的海底喷气型铅锌矿床中各种硫化物的 $\delta^{34}\text{S}_{\text{‰}}$ 值相类比(图 3)



P—黄铁矿 Po—磁黄铁矿 C—黄铜矿 G—方铅矿 S—闪锌矿 B—重晶石 (P₁—矿体中黄铁矿 P₂—容矿围岩中黄铁矿)

图 3 辽南铅锌矿带硫同位素与世界上产在沉积岩中的海底喷气型铅锌矿床硫同位素类比(据张秋生等, 1984)

Fig. 3 The sulphur isotope correlation of stratiform Pb-Zn deposits which formed by exhalating on sea floor in south Liaoning to Pb-Zn deposits in the world (from Zhang Qiusheng)

从铅同位素组成看,根据辽南铅锌矿带的 9 个矿区 39 个方铅矿样品测定的数据,表明²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb 变化范围较大(图 4)。林尔为和王义文等(1982)将其划分为两种类型:正常铅和异常铅,前者主要反映了其形成背景,而后者则主要反映了后期改造特点。在成矿物质形成后的地质事件演变过程中,相应地出现了后生脉状矿体,其铅同位素具有较多的放射性成因铅,有强异常的模式年龄,这也是区内所出现的模式年龄有老有新,以至于出现了零值和负值年龄的原因所在。总的来看,正常铅同位素的特点与产在沉积岩中海底喷气型铅锌矿铅同位素特点相近

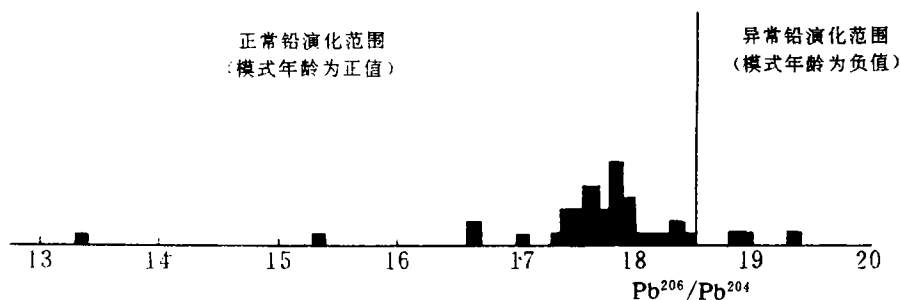


图4 辽南铅锌矿床中矿石铅同位素($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)分布图

Fig. 4 The lead isotope($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)distribution of stratiform Pb-Zn deposits in the south Liaoning

(图5)。其同位素的比值曲线与产在沉积岩中的海底喷气型矿床中铅同位素比值曲线一致,接近二阶段“增长”曲线。

根据上述硫和铅同位素组成特征及矿床学其它方面的研究表明,成矿物质来自地下深处,由于含矿喷气沿同沉积断裂向上进入到具浊流相沉积富镁,富碳的强还原盆地环境中,含矿汽水热液与海水混合,在由高能环境向低能环境转变时,金属硫化物与原地化学沉积物一起沉积,形成了一套富含铅锌的碳酸盐岩建造(张秋生等,1988)。在此进程中,可能形成了部分层状,似层状铅锌矿,但大部分成矿物质还应当是以分散状散布于碳酸盐岩中,因为本区角砾状铅锌矿体周围的容矿岩系中,未发现典型的层状、似层状铅锌矿,如果说角砾状铅锌矿是由层状、似层状铅锌矿转变而来的话,则这种转变如此彻底是难以置信的。

3 构造与矿化的关系

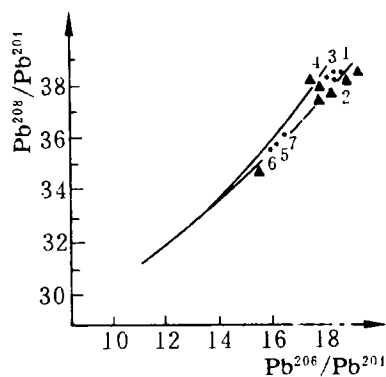
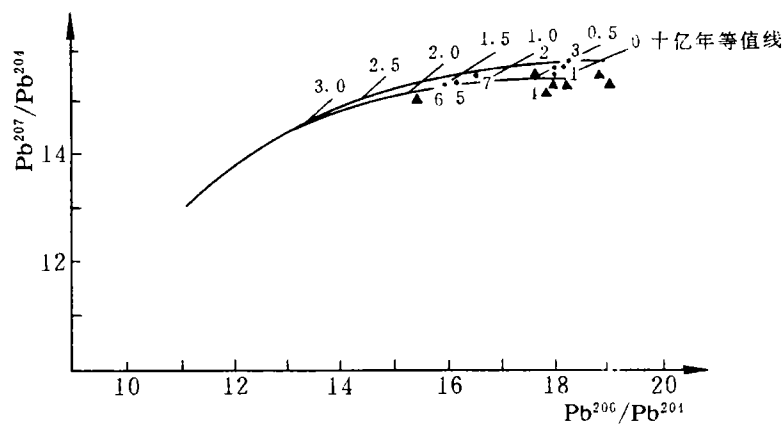
关于角砾状铅锌矿的成因,有人认为是成岩过程中,沉积物中的含矿热卤水在准同生角砾岩段沉淀的结果(张秋生等,1988),亦即角砾状铅锌矿是一种准同生矿床。

笔者认为角砾状铅锌矿不是准同生矿床,这是因为:

(1)辽河群地层形成之后,经历了吕梁运动的强烈改造,形成了各种面理,线理及规模不等形态各异的褶皱构造,角砾状铅锌矿的围岩虽然处于应力低压区,但也遭受了不同程度的变形改造,而赋存于其中的铅锌矿却未受到影响,角砾棱角分明,没受到任何影响,说明其形成时间不早于吕梁运动。

(2)观察角砾状矿石中角砾与矿的接触关系可以发现,在角砾边缘常发育有港湾构造等溶蚀现象,并且部分矿与大理岩角砾的边界并非截然分开,而是呈过渡关系,在角砾与矿之间存在一个矿染的暗化边(图6)。在角砾内部出现有乳滴状蛇纹石,呈黑色。而在闪锌矿中,则可见到孤岛状或不规则状的白云石残留体(图7)

另外,还可见到闪锌矿在大理岩角砾中形成细脉,是溶蚀作用的标志(图8)。这些现象表



1. 腊梅尔斯伯格 2. 麦根 3. 锡尔弗迈因斯 4. 图纳 5. 麦克阿瑟河 6. 芒特艾萨 7. 沙利文 ▲ 辽南铅锌矿

图 5 辽南铅锌矿床矿石铅二阶段增长曲线(参照 D. F. 拉奇, 1982)

Fig. 5 Two stage Pb isotope evolution model for Pb-Zn deposit in the South-Liaoning

明,角砾状铅锌矿的形成与热液活动有关,而铅同位素表明其与晚期岩浆活动无关。

(3)角砾岩带的展布方向与吕梁期构造形成的区域构造线方向一致,说明它们有着成因联系,亦即角砾岩带是吕梁运动的产物。

通过上述分析,可以认为角砾状铅锌矿的形成与角砾岩带的形成同期,是吕梁运动期间某一阶段的产物。

4 构造控矿机理

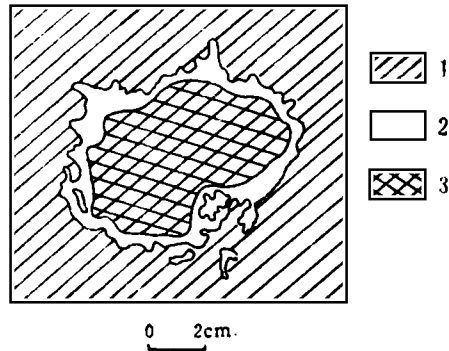
提到构造控矿,人们自然想到构造为成矿物质的迁移和富集提供通道和空间,但构造控矿

的内涵远不尽于此,它还应包括由于构造应力场的不均一性导致某些成矿物质在压力梯度作用下向某一区域迁移并富集成矿作用。在变质岩区,这一作用的意义和结果受到了越来越多的关注。

通过本区韧性挤压带构造特征的分析可知,其是由于南北向强大挤压应力持续作用的结果,根据其强烈的挤压变形程度及变形与应力的对应关系,我们认为该带的形成位置是挤压应力的高值区或高压区。

考察角砾岩带及附近的岩石变形特征,我们可以发现这里的变形程度相对低得多。相对于韧性挤压带而言,可以认为这里是应力的低值区或低压区。

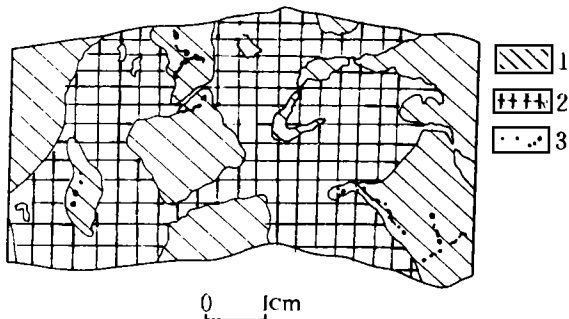
伴随着吕梁运动,本区发生了广泛的角闪岩相的区域热动力变质作用(张秋生等,1988)。在这样一个高温高压条件下,成矿物质必然要发生相应的变



1. 大理岩 2. 浸染大理岩 3. 闪锌矿

图6 闪锌矿与大理岩的浸染边

Fig. 6 Contamination fringe of a sphalerite aggregate



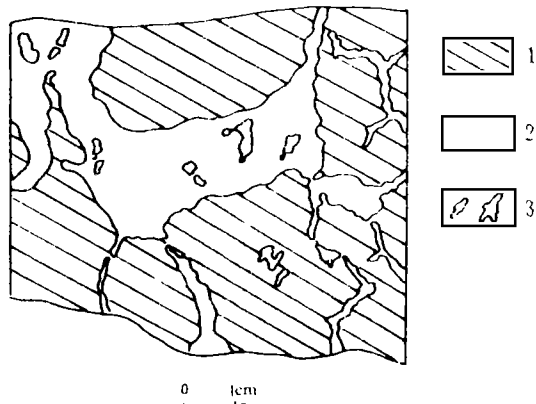
1. 白云石 2. 闪锌矿 3. 蛇纹石

图7 角砾岩内部乳滴状蛇纹石和孤岛状白云石

Fig. 7 Milky serpentine and isolated dolomite in the breccia 机分布的较大的矿物颗粒或集合体,并在有利地段形成小型层纹状或条带状矿体。第二种类型是有应力参与下的迁移,这时控制迁移行为的是应力梯度,即成矿元素由应力高值区向低值区迁移。这一类型的迁移无论是在迁移距离,迁移规模和富集程度上与前一类型的迁移相比都要完善得多。在吕梁运动中晚期,岩石塑性减弱,构造应力场逐渐由均衡变为不均衡,这时第二种迁移类型占据了主导地位,其结果在有利部位形成较大规模矿体。

在这里需要提及的是有关角砾岩带的成因问题。前面已经讨论了该带在吕梁运动中晚期构造应力场中处于低应力区,但这并不是角砾形成的直接原因,角砾的形成过程大致如下:经历了吕梁运动早期变形之后,本区早元古宙辽河群地层开始在第二幕构造应力场的作用下发生褶皱。在此过程中,伴随有包括层间剪切滑动在内的多种变形作用的发生,这些作用的结果在岩石中形成了多种微裂隙或软弱部位。褶皱形成之后,构造应力场不均衡程度加大,出现了

高压区和低压区,携有多种化学成份的变质热液在压力梯度驱动下向低压区汇集,这种热液具有较高的溶蚀能力,同时也具有一定压力,它们进入低压区并对那里大理岩中的微裂隙和软弱部位进行溶蚀,形成溶蚀劈理,随着溶蚀劈理的发育,块状大理岩发生解体。与此同时,变质热液所具有的压力也对岩石进行机械破坏,角砾的形成,就是上述化学和物理作用两种过程联合作用的结果,大理岩角砾中由溶蚀劈理所形成的闪锌矿脉(图 8)便是角砾成因的标志之一。有关实验也证实了这一过程的存在(岳石等,1990)。



1. 大理岩 2. 闪锌矿 3. 蛇纹石

图 8 大理岩角砾中闪锌矿细脉

Fig. 8 Fine vein sphalerite in marble breccia

5 构造演化与成矿过程

原岩和成矿物质形成之后,遭受到吕梁期间的变形变质改造,在吕梁运动早期变形期间,岩石处于较高的塑性状态,变形方式以塑性流动为主,构造应力场相对均一,这时成矿物质的迁移过程是前述的第一种迁移类型。

吕梁运动中晚期变形期间,构造应力场较前期变形有所加强,岩石塑性降低,本区东西向褶皱形成之后,应力场出现了不均衡现象,形成了高压区和低压区。成矿物质活化后进入变质热液并在应力梯度作用下向低压区迁移并富集,在那里由于应力和溶蚀的联合作用结果形成了角砾,铅锌矿便在由此而产生的空间中沉淀下来,形成了角砾状矿体。

综上所述,构成玉隆铅锌矿的成因要素有两个,成矿物质和构造应力,角砾状铅锌矿的形成过程实际上是成矿物质在压力梯作用下活化重就位的过程

参考文献

- 1 张秋生,等. 中国早前寒武纪地质及成矿作用. 吉林人民出版社,1984
- 2 林尔为,等. 青城子及其外围铅-锌矿床铅和硫同位素地质. 长春地质学院科学研究论文集(第五分册),1982
- 3 张秋生,等. 辽东半岛早期地壳与矿床. 地质出版社,1988
- 4 岳石,等. 关于韧性变形与成矿作用的一些实验结果. 地质找矿论丛,1990
- 5 岳石,等. 实验岩石变形与构造成岩成矿. 吉林大学出版社,1990

ORIGIN OF THE YULONG LEAD—ZINC DEPOSIT, YINGKOU, LIAONING, CHINA

Ma Rui

(Changchun University of Earth Sciences, Changchun, 130061.)

Abstract

The Yulong lead-zinc deposit in Yingkou, Liaoning mainly comprises breccia ores. Understanding of its origin is of significance for Pb-Zn exploration in the Pb-Zn belt, eastern Liaoning.

The breccia Pb-Zn ores are hosted in the banded tremolite marbles in Dashiqiao formation, Liaohe Group. Pb isotopic composition of galena suggested an ancient normal lead source, with a model age of 1810 Ma, which is consistent with the age of the Liaohe Group. Sulfur isotopic composition of the pyrite is analogous with the pyrite from other units in the Liaohe Group (8-14‰), suggesting sedimentary origin for the sulfides. The tremolite marbles are their hosting beds.

The major structural controls on the ores are the mid-late Luliang Ductile-brittle structures which are marked by the W-E ductile compressional belts and flanking parallel dilation zones. The ores are exclusively hosted in the dilation zones. Field and microscope work indicate that the W-E ductile compressional belts (high energy area) and the dilation zone (low energy area) were formed by intensive N-S compression during the mid-late Luliang orogeny. The dispersed metals in the source rocks were remobilized in the high energy areas and transported and precipitated in the low energy areas. Thus the mineralization resulted from remobilization under the influence of pressure gradients.