

# 中国北方超大型热水沉积硫化物矿床成矿模式

李 英 祁思敬

(西安地质学院, 西安 710054)

关键词 超大型矿床 热水沉积作用 大陆边缘盆地 热旋回

中国北方超大型热水沉积硫化物矿床(SEDEX)集中产出于华北地台北缘西段与扬子地台北缘西段,即秦岭与狼山两区。可确定的矿床类型主要是铜、铅、锌块状硫化物矿床,碳酸盐岩汞、锑矿床。近年微细浸染型金矿可望达到超大型规模。这些矿床具有与世界SEDEX矿床相同或相似的特征<sup>[1]</sup>:(1)成矿时代为1.4~1.2 Ga(狼山)<sup>[2,3]</sup>和0.4~0.3 Ga(秦岭),可与中元古代与晚古生代相对应;(2)地质背景属大陆边缘非造山性构造活动期的裂陷及伸展盆地;(3)矿体延伸远(千米以上)、矿层厚(多层累积达百米);(4)以块状-条带状为主的富硫矿石;(5)由黄铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿为主的简单矿物组合;(6)常有重晶石产于晚期相或边缘相;(7)以低温长石岩、铁白云石岩、硅岩等热水沉积岩为直接容矿岩石;(8)含矿岩系为一套稳定—亚稳定环境下形成的细碎屑岩-碳酸盐岩建造;(9)层状与下盘网脉状矿(化)体在空间上有规律分布;(10)成矿元素具明显的水平、垂直及层序上的分带性:Cu—Pb—Zn—Ba、Fe;(11)含矿层正常沉积岩显示由平静向迅速下降的沉积层序;(12)矿床多产于区域性基底断裂及同沉积期断裂附近;(13)具有与海相硫酸盐相似的或向陨石型过渡的硫同位素组成;(14)矿石铅为混合程度较高的均匀性铅,但个别矿床不甚均匀;(15)气液包裹体均一温度、盐度、成分、 $\delta D$ - $\delta^{18}O$ 指示其热液来源主要为建造水(地层水)(表1)。

南秦岭泥盆系成矿带形成于古生代中晚期扬子被动大陆边缘沉积盆地演化过程中。盆地自中晚志留世发生局部沉陷,至中泥盆世达到最大规模,并发生断陷活动。二叠纪前后缩小为前陆拗陷盆地,于早三叠世末封闭。一级海盆为两个由佛坪古陆分割的陆缘转换断层盆地,构成了两个成矿区。二级盆地由陆缘走滑断层和碳酸盐台地围限,同沉积期断裂提供了热水通道。在外陆棚海区陆棚边缘深水相区,形成了细碎屑岩型铅锌矿(如厂坝)及金矿(如八卦庙),而南部浅海区产出有硅岩型、碳酸盐岩型铅锌(铜)、金、汞、锑矿<sup>[4]</sup>。成矿作用自中晚志留世起始,终止于早石炭世的热液对流系统,其热源为400 Ma左右开始的深部岩浆活动。在370~350 Ma间的线型古地热异常中,发生了热水喷流成矿及随之而来的热变质作用。280~210 Ma为中基性—酸性岩浆侵入期,以动热变质与韧性变形为特征,铅锌矿体发生塑性流变及热液脉加厚、加富作用。晚期的脆性变形-退变质作用既有破坏,也有加富。超大型矿床是以热水沉积作用为主体,多期加厚、加富的产物。

表 1 中国北方超大型(大型)热水沉积硫化物矿床一般特征

| 地区           | 矿床          | 成矿时代 | 容矿沉积岩类             |                         | 矿 石<br>矿物组合                   | 典型结构                    | 构造<br>样式             | 成矿组分 |    |    |    |        | 同位素组成          |                              | 规 模  |              |
|--------------|-------------|------|--------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|----------------------|------|----|----|----|--------|----------------|------------------------------|--|--------------|
|              |             |      | 正常                 | 热水                      |                               |                         |                      | Pb   | Zn | Cu | Ba | 硫<br>铁 | 铅模式年<br>龄( Ma) | $\delta^{34}\text{S}$<br>(‰) | $\text{Cu} + \text{Pb} + \text{Zn}$<br>(%) | 总金属量<br>(万吨) |
| 秦 岭          | 厂坝—李家沟      | 中泥盆  | 细碎屑岩<br>(泥砂质与钙质)   | 钠长石岩、<br>重晶石岩           | 黄铁矿、<br>闪锌矿、<br>方铅矿、<br>磁黄铁矿  | 块状、<br>条带状              | 复式<br>褶皱             | √    | √  |    | √  | √      | 450 ~ 410      | 16 ~ 27                      | > 10                                       | > 500        |
|              | 铅洞山、<br>邓家山 | 中泥盆  | 生物碎屑灰<br>岩、泥质层     | 硅岩、铁<br>白云石岩            | 闪锌矿、<br>方铅矿、<br>黄(白)铁矿        | 层纹状、<br>块状、<br>角砾状      | 背斜                   | √    | √  |    |    |        | 450 ~ 410      | 5 ~ 15                       | 10 ±                                       | > 150        |
| 狼 山—<br>渣尔泰山 | 东升庙         | 中元古  | 白云岩、<br>炭质板岩       | 铁质白云<br>岩、硅岩、<br>钠长石英岩  | 黄铁矿、<br>磁黄铁矿、<br>闪锌矿          | 层纹—条带<br>—浸染状、<br>角砾状   | 复式<br>褶皱             |      | √  |    |    | √      | 1300 ~<br>1900 | 15 ~ 42<br>黄铜矿<br>— 0.6 ~ 3  | 4  | > 450        |
|              | 霍各乞         | 中元古  | 石英岩、<br>大理岩        | 二透岩、<br>硅岩、<br>绿泥石岩     | 磁黄铁矿、<br>铁闪锌矿、<br>方铅矿、<br>黄铁矿 | 条带状、<br>块状、浸染<br>—网脉状   | 向斜                   | √    | √  |    |    |        | 900 ~ 1200     | — 3 ~ 23                     | 5  | > 250        |
|              | 炭窑口         | 中元古  | 白云质灰<br>岩、炭质<br>板岩 | 硅岩、黄铁<br>重晶石岩、<br>钠长石英岩 | 黄铁矿、<br>黄铜矿、<br>铁闪锌矿、<br>磁黄铁矿 | 块状—条带<br>—浸染状、<br>网脉—细脉 | 紧闭<br>逆掩<br>褶皱<br>断裂 |      | √  | √  | √  | √      | 1400 ~<br>1800 | 1 ~ 38                       | 4  | > 150        |
|              | 甲生盘         | 中元古  | 炭质板岩<br>与灰岩互层      | 钠长石英<br>岩、细粒<br>白云岩     | 黄铁矿、<br>磁黄铁矿、<br>闪锌矿、<br>方铅矿  | 条带—块状、<br>层纹状、<br>角砾状   | 复式<br>向斜             | √    | √  |    |    | √      | 1400 ~<br>1600 | 7 ~ 31                       | 4  | > 150        |

注: 铅模式年龄为 Doc(1974) 单阶段演化模式

厂坝—李家沟矿床位于西成成矿区中一个变质作用—岩浆活动—韧性变形中心。北为黄渣关杂岩, 南为厂坝浅色花岗岩, 含矿层可达矽线石—十字石相。矿体产于大理岩和方解石石英片岩中, 为层状, 似层状。矿石以块状—条带状为主, 富黄铁矿和重晶石。一组细粒闪锌矿—方铅矿平行网穿插于其中, 使矿石品位超过 10%。层状矿体下盘见钠长石—硫化物网脉带, 向上钠长石岩、黄铁矿岩为容矿岩石的主矿体, 顶部为重晶石岩和钾质碳质硅岩。显示成矿贯穿了热水成矿的全过程, 才达到了超大规模。

狼山成矿区可分为南北两带。北有霍各乞铜—多金属矿床, 形成于华北地台北缘外裂陷槽中; 南有东升庙硫铁多金属矿床、炭窑口铜锌硫铁矿床以及东部渣尔泰山区的甲生盘铅锌硫铁矿床, 产于内侧裂陷槽中。内外槽中均形成了海进序列陆缘沉积建造, 沉积序列为粗碎屑岩—细碎屑岩—碳酸盐岩—碳质泥砂岩, 其下部碎屑岩层中见中性火山岩。容矿岩石主要为钠长岩、二透岩、白云岩、绿泥石岩、黄铁重晶石岩, 常常集中于富碳层位。含矿层中常见富黑云母、磁铁矿及透闪石、透辉石条带, 这与主岩的低绿片岩相不协调, 可以指示同沉积期地热异常活动。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

内外侧槽间因成矿环境的差别致使矿床地质地球化学特征出现差异。外侧矿床铅同位素均匀性高, 被称为正常铅, 而内侧则明显不均匀, 可以推断为两种不同时代形成的普通铅的混合, 早期的约为 2 700 Ma, 晚期的为 1 150 Ma, 混合铅变化在 2 000 ~ 1 000 Ma 间(图 1)。硫同位素组成的差异是, 内侧具典型海相硫酸盐型特征, 外侧为与陨石型的过渡型, 不明显的塔式分布及与共生硫酸盐(石膏)硫同位素相对富集系数值显示出它们主要是低温有机与中温无机还原海水硫酸盐成因, 而不是细菌还原。碳酸盐  $\delta^{18}\text{O}-\delta^{13}\text{C}$  指示其既有正常沉积来源, 又有深源  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$  的富  $^{12}\text{C}$  流体混入来源( $\delta^{13}\text{C} = -4\text{‰} \sim -14\text{‰}$ , 图 2)<sup>[2, 4]</sup>。矿物中的微量元素、稀土配分型式、气液包裹体  $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$  等也有差异, 在气液包裹体  $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$  图上, 外侧值靠近高岭石线, 内侧值介于海水线与外侧值之间, 接近变质水理论值<sup>[2, 4]</sup>。

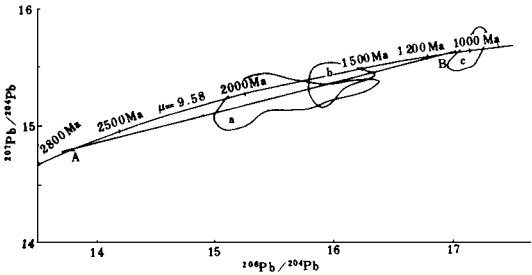


图 1 华北地台北缘西段 SEDEX 矿床铅同位素组成特征

a. 东升庙和炭窑口矿床(23 个点); b. 甲生盘矿床(12 个点); c. 霍各乞矿床(12 个点); AB 线为东升庙—炭窑口矿矿石铅混合线

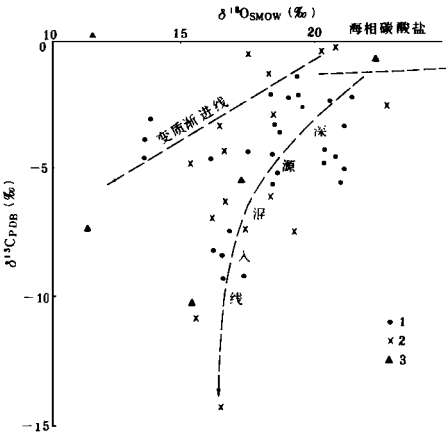


图 2 华北地台北缘西段矿床碳氧同位素组成

1. 甲生盘矿床; 2. 东升庙、炭窑口矿床; 3. 霍各乞矿床

推测外侧矿床有较大比例的内生来源, 但仍属热水沉积型矿床。

成矿的热旋回起始于 1 500 Ma, 以幔源火山岩岩浆开始活动为标志( $\text{Sm}-\text{Nd}$  全岩等时线年龄)。主要热水沉积成矿期在 1 400 ~ 1 200 Ma 间, 此时正处于晚元古超大陆形成前的非造山性构造活动期。早期为拗陷盆地, 中期因陆缘断裂形成而以断陷盆地为主, 外槽先发生拗陷—断裂, 内槽较晚, 而港湾区(甲生盘)最晚。金属主要来源于基底中的色尔腾群和东王分子群, 形成于 2 700 ~ 2 400 Ma, 性质具绿岩带特征。矿层下的中元古沉积柱, 厚度不足千米, 因而不可能是主要物源。由于两层时间间隔大, 铅同位素难以均匀混合。推

参 考 文 献

1 Large D E. 层控矿床和层状矿床(第九卷). K. H. 乌尔夫主编. 北京: 地质出版社, 1981. 299 ~ 321  
2 王思源, 杨海明. 狼山造山带喷溢成矿研究. 武汉: 中国地质大学出版社, 1993  
3 王 楫等. 内蒙古渣尔泰群与白云鄂博群时代对比及含矿性. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1989  
4 祁思敬, 李英等. 秦岭泥盆系铅锌成矿带. 北京: 地质出版社, 1993

# Metallogenic Model for Super-Large Type Sedimentary-hydrothermal (SEDEX) Sulfide Ore Deposits in North China

Li Ying      Qi Sijing

(Xi'an College of Geology, Xi'an 710054)

**Abstract** There are two major metallogenic provinces of super-large sedimentary-hydrothermal sulfide ore deposits in North China: Langshan mountains and Qinling range, such as Changba Zn-Pb deposits, Dongshengmiao Zn-pyrite deposits et al.. Those ore deposits were formed by the hydrothermal convection system circulating through underlying sedimentary columns and the basement in the progressive heating stages of the thermal cycle during the transformation periods from tension to compression of the non-active continental margins.

**Key words:** super-large type; sedimentary-hydrothermal process; continental margin basin; thermal cycle

## 更 正

本刊 1997 年第 2 期第 115 页数据表第 3 行 TH-19 号样品的  $\text{Sr}(\mu\text{g/g})$  含量应为 597.72,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比值应为  $0.708926 \pm 23$ ; 第 4 行 T-26 号样品的  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比值应为  $0.709808 \pm 20$ 。特此更正, 并向广大读者致歉。