

两类热卤水碳酸盐岩型铅锌矿床同位素组成差异的成矿构造背景制约

韩润生, 邱文龙, 任涛

昆明理工大学 有色金属矿产地质调查中心西南地质调查所, 昆明, 650093

热卤水碳酸盐岩型铅锌矿床, 一直是矿床学研究和矿产勘查领域非常重视的矿床类型, 特别是 MVT 型铅锌矿床。其实, 这类矿床属碳酸盐岩容矿的非岩浆后生热液型铅锌矿床 (叶天竺等, 2015)。根据成矿地质作用类型、成矿温度、成矿方式及赋矿碳酸盐岩的成因类型, 笔者将该类矿床划分为两个端元: 低温热卤水充填式与中高温热液充填-交代式。前者以典型的 MVT 型铅锌矿床为代表, 如花垣式铅锌矿床; 后者以扬子地块西南缘的云南会泽型 (HZZ) 铅锌矿床为代表, 在川-滇-黔铅锌多金属成矿域具有典型性和普遍性, 其成矿特征颇具特色 (韩润生等, 2006, 2012)。为了深入讨论不同成矿构造背景下两亚类矿床同位素组成的示踪作用, 本文综合了国内外典型的碳酸盐岩型铅锌矿床的 S-C-H-O-Pb 同位素组成特征 (因参考文献太多, 在此暂略), 研究概括两类矿床同位素组成明显差异受成矿构造背景制约的特征。

1 MVT 型铅锌矿床同位素示踪

硫同位素组成: 金属硫化物 $\delta^{34}\text{S}$ 值与同时代硫酸盐 $\delta^{34}\text{S}$ 值接近, 一般小于 15‰, 但有些矿床 $\delta^{34}\text{S}$ 值 > 15‰。全球矿床硫同位素值变化较大, 但总体表现出壳源特征。就单个矿床或地区而言, 硫可能有单一来源或多源, 如源自含硫酸盐的蒸发岩、同生海水、成岩期硫酸盐、含硫有机质、 H_2S 气体储库和盆地缺氧水中的还原硫等。

铅同位素: 国内外许多矿床 (矿集区) 铅具有基底源之特征, 其铅源为上地壳源。凡口铅锌矿床、塔里木周缘和辽东裂谷铅锌矿床具有类似特征。

碳氧同位素: 不同矿床或同一矿床、不同脉石

矿物的碳氧同位素差别较大, 但是几乎所有统计样品均落入海相碳酸盐岩区域, 具有向碳酸盐岩溶解作用-脱羧基作用偏移的趋势。凡口铅锌矿床 $\delta^{13}\text{C}$: -13.4‰~13.3‰, $\delta^{18}\text{O}$: -125.7‰~21.3‰; 彩霞山铅锌矿床 $\delta^{13}\text{C}$: -2.4‰~0.1‰, $\delta^{18}\text{O}$: 14.7‰~19.1‰。

氢氧同位素: 矿物流体包裹体氢氧同位素组成为 $\delta^{18}\text{O}$: 8.2‰~10.1‰, δD : -40.3‰~-94.3‰, 大部分靠近大气降水范围, 说明成矿流体以大气降水为主。

2 HZZ 型铅锌矿床同位素示踪

硫同位素组成: 除个别矿床外, $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$ 分布于 -16‰~25‰之间, 集中于 5‰~15‰之间, 与同期海水硫酸盐相同或接近, 说明成矿的硫源主要来自海水, 属泻湖、海湾、潮坪、泻湖-潮坪交替环境, 硫源主要为海水硫酸盐, 与典型的 MVT 型铅锌矿床基本一致。茂租、天宝山矿床的 $\delta^{34}\text{S}$ 值较低。

铅同位素: $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 16.01~21.36, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.01~18.88, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 35.73~48.65。从单个矿床看, 其组成相对稳定, 多属单阶段铅; 从整个矿田看, 变化范围很大, 反映了铅具多源性, 以壳源为主, 造山带次之。

碳氧同位素: 在川-滇-黔成矿域, 矿床的同位素组成变化较大 ($\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ = -1.23‰~+30‰, $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ = -25.42‰~+7.68‰), 主要分布于海相碳酸盐岩和岩浆岩之间, 氧同位素近于线性排列, 反映了明显的碳酸盐溶解过程; 灰岩、白云岩的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}/\text{‰}$ 变化较小, 显示 C 源于海相碳酸盐岩本身; 方解石 $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ 变化相对较大, 大部分位于或靠近海相碳酸盐岩区。这一特征反映了成矿流体中

C、O 具多源性，以碳酸盐岩围岩为主。亏损的碳同位素组成，可能反映了有机质参与了成矿过程。

氢氧同位素：其同位素组成指示成矿流体主要来自变质水，地层建造水次之。结合矿床成矿温度可高至 250℃ 以上，因此其成矿流体为变质水与建造水混合而成，不排除深源流体的参与。

3 成矿构造背景对矿床同位素组成的制约

综合两类矿床同位素组成特点，MVT 型矿床和 HZT 型矿床的硫源均具壳源，源于碳酸盐岩地层中的硫酸盐或地壳中硫酸盐蒸发岩等；MVT 型矿床的铅源为上地壳源，C 源于碳酸盐岩溶解作用，成矿流体以大气降水为主；HZT 型矿床铅、C-O 具多源性，铅以壳源为主，造山带次之，推测印支期造山作用是川-滇-黔成矿域不同源区铅混合的主因。成矿流体为变质水与建造水混合，不排除深源流体的参与。由此看来，两亚类矿床在成矿物源、流体源的差异，实质上取决于成矿构造背景的不同，从而也制约了两亚类矿床同位素组成的明显异

同。

Leach et al. (2010)、毛景文等 (2005)、刘英超等 (2008) 等均认为 MVT 型铅锌矿床主要产于伸展背景之下，大体有两种主要类型：前陆盆地型（如美国 Tristate District）和裂谷型（如西班牙 Maestrat）。前者形成的成矿构造背景具有“上压下张”的典型特征，即上部造山过程中形成挤压环境，下部俯冲板块俯冲时发生弯曲而形成一系列正断层，为拉张环境；后者产于陆内裂谷背景。典型的 MVT 型铅锌矿床具有成矿温度低、未见流体沸腾、有机质包裹体、岩相控制及典型角砾状矿石构造等主要特点；HZT 型铅锌矿床的构造背景处于造山带前陆碳酸盐岩台地的褶皱冲断构造带内，矿床产于冲断褶皱构造带控制的挤压构造环境下，其形成与印支晚期造山事件的成矿响应密切相关，造就了独具特色的大型-超大型矿床（韩润生等，2012），也制约了 HZT 型铅锌矿床 S-C-H-O-Pb 同位素组成特点不同于 MVT 型铅锌矿床。

表 1 两类碳酸盐岩型铅锌矿床同位素特征对比表

矿床类型	中高温热液交代型	低温热卤水充填型
构造背景	造山带前陆挤压	前陆盆地边缘、被动陆缘
主控因素	冲断褶皱构造	正断层、古喀斯特
矿化层位	多层位矿化	一般是单一层位
$\delta^{34}\text{S}$	变化范围较小：+5‰~+15‰之间，以地层硫为主	变化较大：-39‰~+34.4‰，以海水中的硫酸盐为主，兼具单一或多源特点
铅同位素	组成较稳定，具多源性，以壳源铅为主	组成较稳定，具多源性
$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}-\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$	以海相碳酸盐岩为主： $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}=-1.23\sim+30\text{‰}$ ， $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}=-25.42\sim+7.68\text{‰}$	以海相碳酸盐岩为主： $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}=-9.2\sim+0.1\text{‰}$
$\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$	多靠近变质水，地层建造水次之，不排除深源流体的参与	多靠近大气降水范围： $\delta^{18}\text{O}=8.21\text{‰}\sim 10.08\text{‰}$ ， $\delta\text{D}=-40.3\text{‰}\sim -94.3\text{‰}$

参 考 文 献 / References

- 韩润生, 陈进, 黄智龙, 等. 2006. 构造成矿动力学及隐伏矿定位预测——以云南会泽铅锌(银、锗)矿床为例. 北京: 科学出版社, 1~186.
- 韩润生, 胡煜昭, 王学琨, 等. 2012. 滇东北富锗银铅锌多金属矿集区矿床模型. 地质学报. 86(2): 280~294.
- 刘英超, 侯增谦, 杨竹森. 2008. 密西西比河谷型(MVT)铅锌矿床: 认识与进展. 矿床地质, 27(2): 253~264.
- 毛景文, 李晓峰, 李厚民, 等. 2005. 中国造山带内生金属矿床类型、特点和成矿过程探讨. 地质学报, 79(3): 342~372.
- 叶天竺, 吕志成, 庞振山 等. 2015. 勘查区找矿预测理论与方法[总论]. 北京: 地质出版社, 6-8.
- Leach D L, Bradley D C, Huston D, Pisarevsky S A, Taylor R D, Gardoll S J. 2010. Sediment-hosted lead-zinc deposits in earth history. Economic Geology, 105(3): 593~625.