

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

湖南耒阳上堡硫铁矿床矿物及其包体的氢、氧、 碳稳定同位素研究

穆治国 郑淑蕙 曹正民

(北京大学地质学系)

近年来,国外利用测定矿物及其包体的稳定同位素研究矿床的成因、热液的来源和成矿机理做了大量的工作,提出了令人信服的论据。在国内,这方面的工作还刚刚开始。一九七九年下半年我们对湖南耒阳上堡硫铁矿床开展了这方面的研究工作,并对该矿床的某些成因问题做了初步分析。

一、矿床地质条件概述

该矿为一小型的硫铁矿床。面积约为1.2km²的燕山期黑云母花岗岩侵入到上堡背斜的核部(背斜的核部由石炭系中上统壶天灰岩组成,而背斜两翼是下二叠统栖霞灰岩)。矿体就产在岩体与灰岩接触带的外带,呈似层状、串珠状、脉状和晶洞状。矿石块由结晶粗大个体完好的黄铁矿、石英、萤石、白云石和方解石等矿物构成。围岩蚀变比较发育。

二、实验方法

每一单矿物样在手选的基础上,分别在镜下作纯度检查,纯度均达98—100%。地表水和包体水的氢的转化用高温金属铈炉法^[1],矿物中氧的转化用BrF₃法,碳酸盐矿物中碳和氧的转化用纯磷酸法。从矿物中提取包体水多数是采用真空爆裂法,同时对少数样也用真空压碎法做了对比。

三、分析结果

我们对六种碳酸盐矿物做了氧、碳同位素分析,对十种矿物做了包体水的氘测定,同时对矿区附近六个地表水样做了稳定同位素分析。结果分别列入表1、表2和表3中,原生包体的测温数据列入表4中。

表1 矿物的 $\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta^{13}\text{C}$

矿 物	$\delta^{18}\text{O}_{(\text{SMOW})} \%$	$\delta^{13}\text{C}_{(\text{PDB})} \%$
细小晶形的白云石	+ 6.08	- 4.74
粗大晶形的白云石	+ 7.65	- 2.76
聚晶晶体的方解石	+ 16.15	- 2.96
六方柱晶体的方解石	+ 13.01	- 1.89
复三方偏三角面体方解石	+ 11.59	- 1.69
块状的方解石	+ 10.77	- 1.18
围岩灰岩方解石	+ 17.36	+ 1.65
围岩中的方解石脉	+ 2.29	+ 2.31
乳白色柱状的石英	+ 11.05	
磁铁矿 ^a	+ 3.16	

表2 矿物包裹体中水的 δD

矿 物	$\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}(\text{SMOW})} \%$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}(\text{SMOW})} \%$ 计 算
浅玫瑰色萤石	- 35.77	
无色萤石	- 98.8	
绿色萤石	- 56.6	
紫色萤石	- 50.7	
粗大晶形的白云石	- 33.3	
六方柱状方解石	- 61.7	
复三方偏三角面体方解石	- 44.3	+ 1.97
黄铁矿	- 54.5	
磁铁矿	- 81.0	+ 10.11
无色透明石英	- 71.0	
乳白色石英	- 62.1	+ 3.66

表 3 地表水的 $\delta^{18}\text{O}$ 和 δD

地 表 水	$\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}(\text{SMOW})} \text{‰}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}(\text{SMOW})} \text{‰}$
矿坑水 A	-28.99	-6.54
矿坑水 B	-22.25	-6.56
花岗岩中裂隙水 C	-21.44	-6.88
花岗岩中裂隙水 D	-22.65	-6.30
栖霞灰岩裂隙水	-25.05	
来水河河水	-36.78	-6.88

四、讨 论

首先,从表 1 看到矿床中的碳酸盐的 $\delta^{13}\text{C}$ 是从 $-1.18\text{‰}(\text{PDB})$ 到 $-4.74\text{‰}(\text{PDB})$, 落在那些从富碱的火成岩结晶出来的碳酸盐矿物的范围内^{[2][4]}, 而围岩的 $\delta^{13}\text{C}$ 为 $1.65\text{‰}(\text{PDB})$ 、则是海相碳酸盐的范围。而矿物的 $\delta^{18}\text{O}$ 值从 $+6.08\text{‰}(\text{SMOW})$ 到 $+16.15\text{‰}(\text{SMOW})$, 也落在了从岩浆水结晶出的矿物的范围。其次,从表 2 中看出作为成矿母液的 矿物包裹水的 δD 的范围是从 -44.3‰ 到 $-98.9\text{‰}(\text{SMOW})$, 基本上属岩浆水的范围。

表 4 某些矿物包裹体的均一温度

矿 物	特 征	产状及共生矿物	原生包体形状	均一温度 * ($^{\circ}\text{C}$)
紫色萤石	紫色间有绿色	矿脉中与黄铁矿紧密共生	六边形及三角形负晶	300—320
乳白色石英	块状或柱状晶体的根部	在矿脉中与黄铁矿、紫色萤石共生	多边形及浑圆多边形	290—300
环带状石英	柱状晶体的, 内带较透明, 外带多裂纹	在晶洞中与白云石、方解石及萤石共生	内带的多边形, 外带不规则的多边形	205—225
无色透明石英	无色透明	在晶洞中与白云石立方体萤石、方解石共生	平行四边形负晶	160—175
无色萤石	块状	无金属矿物的巨大脉(宽达 1 米)	浑圆状、多边形	210—240
粗大晶形白云石	块状及大的菱面体(可达几到几十厘米)	矿脉中及晶洞壁上, 与石英、萤石、方解石等共生	多边形状负晶	136
立方体萤石	立方体带有菱形十二面体及八面体聚形, 多为浅绿色	晶洞中, 多与方解石共生	三角形, 平行四边形负晶	60—80
方解石	具复三方偏三角面体晶形	晶洞中与立方体萤石共生	多边形负晶	60—70
黄铁矿	立方体大晶体	与紫色萤石、石英等共生		爆裂温度 350—385
磁铁矿	不规则粒状	与砂嘎岩矿物共生		爆裂温度 400 $\pm$

* 已经压力校正。

另外,从已知的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{矿物}}$ 值及包体的充填温度、计算了三个与之呈同位素平衡的矿液 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 的值*, 把地表水及成矿母液的 δD 和 $\delta^{18}\text{O}$ 划在 $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$ 图上(图1)。从图清楚的看到成矿早期溶液更接近岩浆水的范围, 只是到晚期生成浅色玫瑰色萤石时则受地表水影响较大, 再结合表 4 的包体均一温度资料, 可证实该矿床是属岩浆成因的高一中温热液矿床。并从表 1 的 $\delta^{13}\text{C}$ 得知矿液中的碳主要是深源的, 而不是源于碳酸盐围岩。

另据国外学者的实验资料, 在连续系列中呈同位素平衡, 按 $\delta^{18}\text{O}$ 减少的顺序应该是石英-白云石-方解石^[5], 本矿床 我们分析的结果则相反 $\delta^{18}\text{O}_{\text{方解石}} >$

* 计算根据^[3]: $10^3 \ln \alpha_{\text{石英-水}} = 3.38 \times 10^6 \cdot \text{T}^{-2} - 2.90$ (Clayton, 1972)
 $10^3 \ln \alpha_{\text{方解石-水}} = 2.70 \times 10^6 \cdot \text{T}^{-2} - 1.84$ (Rye, 1966)
 $10^3 \ln \alpha_{\text{磁铁矿-水}} = -1.47 \times 10^6 \cdot \text{T}^{-2} - 3.70$ (Anderson, 1971)

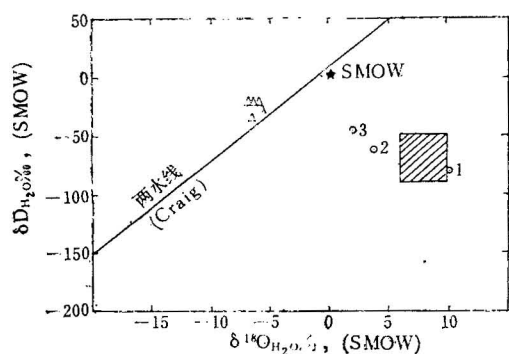


图 1 上堡矿区地表水、矿液 $\delta D - \delta^{18}O$ 图
斜线表示岩浆水域；三角为地表水；圆圈表示矿液。
1—磁铁矿；2—乳白色石英；3—复三方偏三角面体方解石

$\delta^{18}O_{\text{石英}}$ 。这种同位素的倒转现象表明，这些矿物不是一个连续系列。从表 4 的包体测温资料也可看到，具带状结构的石英，内外带温度不同，竟然还出现了外带温度高于内带的现象，这都表明该矿床并非一次成矿，而是多次脉动成矿。

致谢：在同位素分析过程中得我系陈成业，强德美二同志的帮助，质谱分析由地震地质所邱纯一、张仲禄二同志协助完成，特此致谢。

参 考 文 献

- [1] Rye, R. O., 1966, The carbon, Hydrogen and oxygen isotope composition of hydrothermal fluid responsible for the lead-zinc deposits at providencia, Zacotecas, Mexico. Econ. Geol. Vol. 61, pp. 1399—1427.
- [2] Faure, G., 1977, Principles of isotope geology. John Wiley & sons, Inc. pp. 379—395.
- [3] Friedman, I., 1977, Data of geochemistry sixth Edition. United states government printing office, washington. kk3.
- [4] Hoefs, J., 1980, Stable isotope geochemistry. Springer-verlag. pp. 72—102.
- [5] O'Neil, J. R., 1979, Stable isotope geochemistry of rocks and minerals. Lectures in isotope geology. Springer-Verlag. pp. 235—261.

HYDROGEN, OXYGEN AND CARBON ISOTOPE STUDIES OF THE MINERALS AND THEIR FLUID INCLUSIONS IN THE SHANGBAO PYRITE DEPOSIT, LAIYANG COUNTY, HUNAN PROVINCE

Mu Zhiguo, Zheng Shuhui and Cao Zhengmin

(Geological Department, Beijing University)

Abstract

The Shangbao pyrite deposit is located in Laiyang county, Hunan province. The mineralization in the deposit occurs in the outer part of the contact zone between a small granite body and the Hutian Limestone. The principal paragenetic minerals include pyrite, fluorite, quartz and carbonate minerals.

The isotopic analytic techniques used in the paper are: the BrF_5 method, used to extract oxygen in the

minerals and water; the uranium furnace method, used to extract hydrogen in the water; the H_3PO_4 method, used to extract carbon in the carbonates; and the vacuum decrepitation and crushing techniques, used to extract water in fluid inclusions of the minerals.

Stable isotope studies of fluid inclusion water of the minerals indicate that the $\delta\text{DH}_2\text{O}$ values of ore-forming fluids range from -33.3 to -98.9 per

mil(SMOW), $\delta\text{D}\text{H}_2\text{O}$ of present-day meteoric waters from -21.41 to -36.78 per mil (SMOW), $\delta^{13}\text{C}$ of carbonates from -1.18 to -4.74 per mil (PDB), and $\delta^{18}\text{O}$ of the minerals from $+2.29$ to $+16.15$ per mil (SMOW). All the

above-mentioned data imply that the deposit is an hydrothermal deposit of magmatic origin, and it is possible that the surface water was involved in the mineralization at the late stage.