

铜陵新桥矿区菱铁矿成因—来自碳氧同位素证据

徐亮, 谢巧勤, 陈天虎, 陈平, 马子意
合肥工业大学资源与环境工程学院, 合肥, 230009

铜陵矿集区是长江中、下游铜(金、铁)多金属成矿带重要成矿区, 区内长期强烈的岩浆活动、构造运动以及成矿作用使得铜陵地区形成了丰富的矿产资源。新桥硫铁矿床是铜陵矿集区典型矿床之一, 其矿体产状、赋矿层位、控矿因素、成矿规律等方面均具有代表性。虽然很多学者对矿床的地质地球化学特征进行了大量研究, 然而时至今日对矿床成因和成矿作用仍存在争议, 主要观点有三种: ①海底喷流沉积成矿作用(顾连兴等, 1986; 徐克勤, 1996; 郭维民, 2011); ②叠加改造成矿作用(侯增谦等, 2011; 蒋少涌等, 2011); ③岩浆热液成矿作用(Pan et al., 1999; 毛景文等, 2009)。菱铁矿是新桥矿田重要碳酸盐矿物, 矿区内菱铁矿以层状、似层状和透镜体等多种产状产出, 对其成因也存在争议(臧文栓等, 2004; 李学军, 2006), 主要争议在于菱铁矿是原始沉积还是后期的热液改造。因此, 新桥菱铁矿研究是揭示该矿床成因和成矿作用重要因素之一。本文以新桥矿田栖霞组与黄龙组之间的透镜体菱铁矿为研究对象, 利用碳氧同位素地球化学方法, 探讨菱铁矿的成因及形成环境, 为新桥矿田菱铁矿成因提供碳氧同位素数据支撑。

1 地质背景

新桥矿床位于下扬子褶皱带贵池-马鞍山断褶带中部的舒家店背斜与大成山背斜和圣冲向斜叠加形成的拗陷部位。矿区出露地层有中上志留统、上泥盆统五通组, 上石炭统黄龙组和船山组, 下二叠统栖霞组和孤峰组。矿区内与成矿有关的侵入岩为石英二长闪长质的叽头岩株和牛山岩株, 叽头岩株相对较大, 其出露面积约 0.5 km²。

矿区内菱铁矿主要以层状、似层状、透镜状产出。矿体主要赋存于二叠系栖霞组(P_{1q})底部, 产

状较为稳定, 厚度不一, 约 3~30m, 矿石具微晶结构, 纹层状、块状构造。上覆栖霞组(P_{1q})厚层状沥青质灰岩, 含燧石结核灰岩及硅质岩。下伏一套胶状黄铁矿层, 矿石具青灰色, 微晶结构, 块状构造。胶状黄铁矿层之下为石炭系黄龙组和船山组。其中黄龙组和船山组底部的碎屑岩和碳酸盐过渡部位为硫铁矿矿体主要赋矿层位。靠近岩体的菱铁矿后期受到岩浆的改造, 局部变成了磁铁矿。本文研究样品采自于新桥露天矿坑内透镜体菱铁矿体不同部位。

2 碳、氧同位素

选取样品中杂质较少、菱铁矿含量较纯的样品进行碳氧同位素测试分析, 测试结果示于表 1。

从结果可以看出, S-1、2、3 的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ 的值介于 -6.44‰~-4.96‰, $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 的值为 24.35‰~25.52‰, 变化范围较小。S-4、5 的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ 的值分别为 3.27‰和 3.42‰, $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 的值分别为 13.38‰和 12.73‰。将数据投影到刘裕庆(1991)的菱铁矿来源碳氧同位素分布图上(图 1), 可以看出 S-1、S-2、S-3 样品投点都在正常海相沉积中, 距离叠加改造的区域有一定的距离。S-4、S-5 样品投点都处于正常海相沉积与叠加改造的界线处, 对

表 1 新桥菱铁矿及围岩碳氧同位素测试结果

样品	测试矿物	$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}(\text{‰})$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}(\text{‰})$	数据来源
S-1	菱铁矿	-4.96	24.60	本文
S-2		-6.34	24.35	
S-3		-6.44	25.52	
S-4		3.27	13.38	
S-5		3.42	12.73	
新 82-4	方解石	-2.1	6.7	刘裕庆, 1991
新 82-5		-0.3	10.9	
新 82-6		-2.3	7.3	
新 82-7		1.4	19.4	

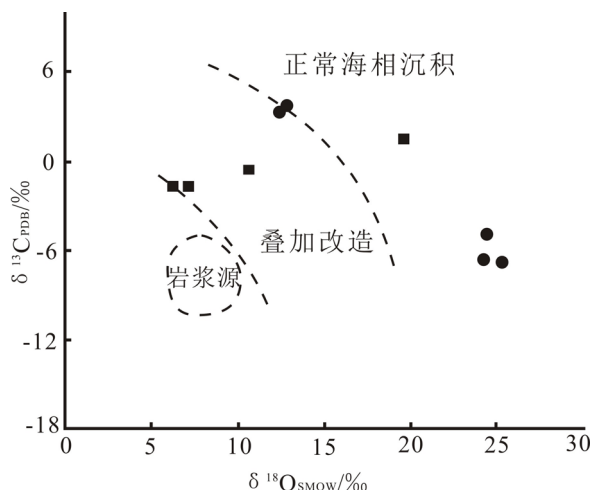


图1 新桥菱铁矿的碳氧同位素相关图

底图据刘裕庆, 1991; 图中圆点为本实验测试结果

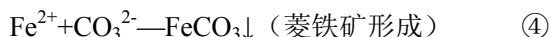
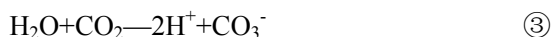
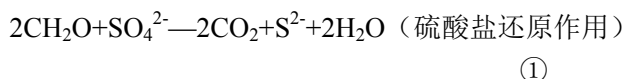
比刘裕庆(1991)所测菱铁矿以及灰岩样品, 可以看出新桥透镜体菱铁矿是在正常的海相环境中沉积, 但是受到后期岩浆热液作用影响, 显示叠加改造信息。

3 菱铁矿成因

菱铁矿的碳氧同位素能够很好地指示菱铁矿的成因和形成环境。图1中新桥菱铁矿碳氧同位素数值投点大部分位于正常海相沉积区域, 氧同位素与同时代海相沉积碳酸盐沉积的氧同位素组成范围非常一致(陈锦石, 1995), 这些都表明该菱铁矿为正常的海相环境产物, 但是个别样品的同位素组成位于热液改造区域(S4和S5), 暗示菱铁矿可能受到后期的热液改造作用, 但由于新桥矿区岩浆作用较弱, 矿体距离岩体较远, 因此改造作用较弱, 使得菱铁矿仍保存有沉积信息。

碳酸盐矿物的成核过程中所需要的CO₂的C同位素组成主要受4个带的控制, 由上到下依次为: 氧化带, 硫酸盐还原带, 微生物甲烷作用带或发酵带和热脱羧基带(Coleman et al., 1986; Curtis et al., 1986)。菱铁矿的δ¹³C_{PDB}值为-6.44‰~-4.96‰, 更接近于硫酸盐还原带(δ¹³C为-25‰, 为不同有机质C同位素的平均值)和微生物甲烷作用带之间, 并有海水(平均值接近于0‰)中的碳酸氢根参与。菱铁矿碳同位素的负值略高于同时代海相碳酸盐, 可能是生物参与的结果(王关玉等, 1986)。对菱铁矿矿石进行总有机碳(TOC)测试, 测试结果显示TOC含量为0.35%~0.87%, 含量较高。黄许陈

等(1993)研究也发现发现铜陵地区含矿岩石中有机碳含量高于不含矿岩石, 胶状黄铁矿层中有机碳含量也较高, 高达0.24%。冬瓜山矿区的菱铁矿的有机碳含量达0.22%, 显示为沉积或准同生沉积改造成因(刘裕庆等, 1984), 暗示了菱铁矿不仅为沉积-成岩成因, 且有生物作用参与。其形成过程可以表达为:



反应式①是硫酸盐还原菌代谢过程, 在此过程中硫酸盐还原菌利用硫酸盐作为电子受体, 有机质为能量来源和电子供体, 将硫酸盐还原同时产生碳酸根离子。随着孔隙水中的硫酸盐减少, 硫酸盐还原菌活动减弱, 此时甲烷菌将同沉积有机质转化为二氧化碳和甲烷(反应式②)。二氧化碳在水中以碳酸根离子、碳酸氢根离子的形式存在, 与海水中的碳酸根离子一起成为菱铁矿形成的碳源。在海水还原界面之下, 结合水中的亚铁离子, 生成菱铁矿沉淀(反应式④)。

4 成矿意义

碳氧同位素显示新桥矿区的透镜体菱铁矿为沉积-成岩成因, 谢巧勤等(2014)对菱铁矿下伏胶状黄铁矿研究显示其为沉积成因, 说明了新桥乃至整个铜陵地区在石炭纪时成矿条件充分, 并形成了层状胶状黄铁矿和菱铁矿矿体。该层状矿体不仅为后来中生代大规模铜成矿作用提供部分矿质, 而且可能为铜矿形成的地球化学障。中生代整个铜陵地区乃至长江中下游凹陷带都经历了强烈的构造作用和岩浆作用, 胶状黄铁矿及菱铁矿受燕山期的岩浆作用叠加改造, 胶状黄铁矿发生重结晶而转变为不同粒径的黄铁矿, 或发生矿物相变为磁黄铁矿, 氧逸度较高的流体作用下形成磁铁矿, 为此从距离岩体由近到远, 铁矿物分别为磁铁矿、磁黄铁矿、粗粒黄铁矿、细粒黄铁矿, 距离岩体最远为胶状黄铁矿。垂向上呈现从上向下的磁铁矿-黄铁矿(磁黄铁矿)的分带性。

5 结论

通过对新桥矿床透镜体菱铁矿的碳氧同位素

研究,发现新桥矿床透镜体菱铁矿为沉积-成岩成因,形成过程中有生物作用参与。间接证明了新桥地区在石炭纪时成矿条件充分,存在原始沉积。中生代时,受燕山期岩浆热液作用叠加改造的同时,也为大规模成矿提供部分矿源。

参 考 文 献 / References

- 陈锦石, 闻传芬, 钟华, 刘培伦. 1995. 古生代海洋碳同位素演化. 地质科学, 30(4): 338~347.
- 顾连兴, 徐克勤. 1986. 论长江中下游石炭纪海底块状硫化物矿床. 地质学报, 2: 176~188.
- 郭维民, 陆建军, 蒋少涌, 章荣清, 漆亮. 2011. 安徽铜陵新桥矿床下盘矿化中黄铁矿 Re-Os 同位素定年: 海底喷流沉积成矿的年代学证据. 科学通报, 56(36): 3023~3028.
- 侯增谦, 杨竹森, 吕庆田, 曾普胜, 谢玉玲, 蒙义峰, 田世洪, 徐文艺, 李红阳, 姜章平, 王训成, 姚孝德. 2011. 安徽铜陵冬瓜山大型铜矿: 海底喷流-沉积与矽卡岩化叠加复合成矿过程. 地质学报, 85(5): 659~686.
- 黄许陈, 储国正. 1993. 铜陵狮子山矿田多位一体(多层楼)模式. 矿床地质, (03)12: 221~230.
- 蒋少涌, 丁清峰, 杨水源, 朱志勇, 孙志明, 孙岩, 边立曾. 2011. 长江中下游成矿带铜多金属矿床中灰泥丘的发现及其意义——以武山和冬瓜山铜矿为例. 地质学报, 85(5): 744~756.
- 李学军. 2006. 铜陵地区控矿因素及成矿模式研究. 北京: 中国地质大学博士学位论文.
- 刘裕庆, 刘兆廉, 杨成兴. 1984. 铜陵地区冬瓜山铜矿的稳定同位素研究. 中国地质科学院矿床地质研究所刊, 1: 70~101.
- 刘裕庆, 刘兆廉. 1991. 铜陵地区层状铜(铁、硫)矿床同位素地球化学和矿床成因研究. 中国地质科学院矿床地质研究所刊, 1: 47~144.
- 毛景文, 邵拥军, 谢桂青, 张建东, 陈毓川. 2009. 长江中下游成矿带铜陵集区铜多金属矿床模型. 矿床地质, (002): 109~119.
- 王关玉, 陈成业. 1986. 层控菱铁矿的氧、碳同位素组成及其成因意义. 沉积学报, 4: 27~38.
- 谢巧勤, 陈天虎, 范子良, 徐晓春, 周跃飞, 石文兵, 谢晶晶. 2014. 铜陵新桥硫铁矿床中胶状黄铁矿微尺度观察及其成因探讨. 中国科学: 地球科学, 44(12): 2665~2674.
- 徐克勤, 王鹤年, 周建平, 朱金初. 1996. 论华南喷流-沉积块状硫化物矿床. 高校地质学报, 2(3): 241~256.
- 藏文栓, 吴淦国, 张达, 刘爱华. 2004. 铜陵新桥铁矿田地质地球化学特征及成因浅析. 大地构造与成矿学, 3: 187~193.
- Coleman M L, Raiswell R. 1981. Carbon, oxygen and sulphur isotope variations in concretions from the Upper Lias of N. E. England. Geochimica et Cosmochimica Acta, 45: 329~340.
- Curtis C D, Coleman M L, Love L G. 1986. Pore water evolution during sediment burial from isotopic and mineral chemistry of calcite, dolomite and siderite concretions. Geochimica et Cosmochimica Acta, 50: 2321~2334.
- Pan Y, Dong P. 1999. The Lower Changjiang(Yangzi/Yangtze River) metallogenic belt, east central China: intrusion-and wall rock-hosted Cu-Fe-Au, Mo, Zn, Pb, Ag deposits. Ore Geology Reviews, 15(4): 177~242.