

# 浙江漓渚铁矿“硅钙面”成矿机制探讨

贾德龙<sup>1)</sup>, 张志辉<sup>1)</sup>, 姚磊<sup>2)</sup>, 贺鹏飞<sup>2)</sup>, 刘鹏<sup>2)</sup>, 刘琳琳<sup>3)</sup>

1)中国地质调查局发展研究中心; 2)中国地质大学(北京); 3)成都理工大学

漓渚铁矿是中型规模的, 以矽卡岩型磁铁矿为主, 共生有钼、铅锌多金属的老矿山。与传统意义的典型矽卡岩矿床不同, 其特点在于距离成矿地质体较远, 在矿区范围内并未见到具有一定规模的成矿岩体; 矿体及矽卡岩主要受硅铝质岩石和钙质岩石的岩性接触界面控制, 矿体形态呈层状、似层状产出。本文通过内部成因机制和外部条件两方面, 对于漓渚铁矿床“硅钙面”成矿机制进行了探讨。

## 1 “硅钙面”研究背景

界面是指两物态间的转换面, 在自然界中, 地质界面成矿现象大量存在, 矿产资源普遍在各种形式的地质界面处超常富集(张善明, 2009)。近年来, 众多学者对界面成矿理论进行了研究。叶天竺(2009, 2011)认为岩性界面的成矿机理应需进行深入研究和得到足够的重视, 并根据地球化学障理论, 结合以流体为载体经过迁移和沉淀而形成矿床成矿作用动力学过程, 将界面成矿分为三个类型: ①岩性界面: 包括全部地球物质界面; ②构造界面: 包括全部地球物质隐性或显性破裂面; ③物理化学转换界面: 包括温度、压力、酸碱度、氧化还原条件等。“硅钙面”是指碳酸盐类岩石和碎屑岩类岩石接触界面, 接触面岩石化学成份为  $\text{CaCO}_3$  和硅铝酸盐。这是十分重要的成矿地球化学障, 经常形成规模巨大的顺层产出的矿床, 如桃冲铁矿、洛阳铁矿、马坑铁矿等。这是由于岩浆热液流体在超临界状态下的特性决定的(水的临界参数  $t_c=374^\circ\text{C}$ ,  $p_c=22.4\text{MPa}$ ) (叶天竺, 2007)。

朱裕生(2006)认为, 矿床成矿作用定位型式几乎囊括了矿床学领域内各类矿床的控矿条件和找矿标志, “界面成矿”是矿床成矿作用定位的地质位置的概括, 而硅钙界面作为一类地质体转换分界

面, 标定了四维空间内成矿作用形成的矿体的空间位置, 可作为指导深部勘查的依据。

叶天竺(2009, 2011)将“硅钙面”成矿机制划分为两种类型: 第一类属于高温、碱性介质、高还原硫环境, 金属元素为  $\text{HS}^-$  根络合物, 其成矿作用过程为: 当超临界流体经过碳酸盐岩类时, 大量  $\text{CaCO}_3$  转为  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{HCO}_3^-$  溶入流体, 同时分解出  $(\text{OH})^-$ , 则流体为碱性介质, 在高温高压条件下进入砂板岩界面后,  $\text{SiO}_2$  溶入流体, 首先形成石榴石、透辉石等矽卡岩矿物。流体碱度降低, 随着温度降低, 砂板岩中大量长石、黑云母等矿物蚀变为绢云母  $\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ 、高岭土  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ 、绿泥石  $\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_8$  等羟基矿物, 流体  $\text{H}^+$  增加,  $\text{PH}$  降低, 碱性向酸性转化。金属元素  $\text{HS}^-$  根络合物, 开始大量沉淀, 形成铜、铅锌等矿物。第二类属高温、酸性介质、低还原硫环境, 金属元素为  $\text{Cl}^-$  根络合物。其成矿作用过程为: 当超临界流体经过硅质岩, 石英砂岩, 砂板岩石时,  $\text{SiO}_2$  大量加入流体, 流体为酸性, 当进入碳酸盐岩石时,  $\text{CaCO}_3$  转为  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{HCO}_3^-$  溶入流体, 同时分解出  $(\text{OH})^-$ , 则流体向碱性转化,  $\text{SiO}_2$  大量沉淀, 随着  $\text{pH}$  值增长, 酸性向碱性转换, 金属元素  $\text{Cl}^-$  络合物分解, 开始大量沉淀, 形成铅锌等矿物, 同时沉淀黄铁矿。金属成矿物质在界面附近晶出成矿, 矿体在碳酸盐一侧。这是一个使流体发生酸碱度变换的地球化学界面。顺层产出的大型矿床, 特别是常见的铅锌矿, 往往和第二类硅钙面相关。

硅钙岩性界面对流体成矿的控制作用主要表现为: ①不同性质上、下层面以及不整合、假整合面往往控制流体的流动或循环。含矿溶液沿层面方向较易流动, 而在垂直层面方向则流动较为困难, 即形成一种有利于成矿的物理障壁作用; ②孔隙度

注: 本文受中国地质调查局老矿山找矿技术创新与示范项目(1212011220737)资助。

收稿日期: 2015-03-01; 改回日期: 2015-03-01; 责任编辑: 黄敏。

作者简介: 贾德龙, 男, 1985年生, 博士, 工程师, 矿床地球化学专业, Email: jdl1985@163.com。

大的透水岩石与致密的不透水岩石合理搭配, 孔隙度小的岩层砂板岩作为屏蔽层, 抑制成矿流体的扩散, 从而在透水性好的岩层碳酸盐岩富集成矿; ③不同力学性质的岩石合理搭配, 往往在易碎的脆性岩石中产生构造破碎带, 直接影响岩浆的侵入和热液的运移, 如岩性单一的厚层块状岩石分布地段, 岩浆和热液活动往往较复杂岩性地段弱而不利于成矿; ④岩石化学组分的差异和化学活泼性的不同, 在流体活动过程中往往影响了成矿元素的淋滤、浸出, 并制约着水—岩作用的过程(倪师军等, 2001)。

## 2 漓渚铁矿床“硅钙面”成矿机制

“硅钙面”成矿, 一方面是成矿作用的内在机制, 由于不同岩性界面的存在, 造成体系内温度、压力、氧化还原条件、酸碱度的变化, 破坏了平衡, 成矿组分由流体转换为矿物。另一方面, “硅钙面”的形成和存在也是重要的外部条件, 主要体现在提供了动力的、物理的、化学的外部条件, 直接控制了矿体位置。现将漓渚铁矿床“硅钙面”成矿机制叙述如下:

### 2.1 “硅钙面”成矿内在机制

当成矿地质体实现了岩石和流体的初始分离时, 高温含矿热液沿震旦系灯影组碳酸盐岩和底板硅质粉砂岩层间断裂贯入。当超临界流体经过底板硅质粉砂岩时, 高温流体中的挥发组分使底板硅质岩中的 Si 的活度增大,  $\text{SiO}_2$  大量加入流体, 流体呈酸性, 有利于 Fe 质迁移。同时, 当围岩中同时加入 Si 和 Fe, 促使流体与碳酸盐岩进行成分交换生成透辉石:  $\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2 + 2(\text{SiO}_3)^{2-} \rightarrow \text{CaMg}(\text{Si}_2\text{O}_6) + \text{CO}_3^{2-}$ , 或与钙发生反应形成钙铁榴石。当含矿流体进入碳酸盐岩石时, 首先造成大量  $\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$  分解为  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  和  $\text{HCO}_3^-$  溶入流体,  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  向流体内迁移, 交代早期矽卡岩矿物, 使 Fe 离子大量被置换从而游离出来。同时分解出  $(\text{OH})^-$ , 则流体向碱性转化, 适合 Fe 质沉淀晶出。相应的碳酸盐岩中的此时  $\text{HCO}_3^-$  则分解成为  $\text{CO}_2$  和  $\text{O}_2$ , 使环境富氧, 有利于磁铁矿沉淀。

### 2.2 “硅钙面”成矿的外部条件

岩石的物理性质对于成矿作用的方式、矿化强度、矿体产状及矿床类型等均有明显的控制作用。可塑性大的岩石不易产生裂隙, 往往成为矿液运移的隔挡层, 当脆性岩石与塑性岩石共存时, 在脆性

岩石中易成矿; 另外, 当发生构造运动时, 由于物性差异往往导致在界面附近形成层间断裂, 构成成矿热液运移和成矿物质沉淀的有利空间, 化学性质活泼的碳酸盐岩可与含矿热液发生交代作用, 形成矽卡岩矿体(张长青, 2012)。

漓渚铁矿床赋矿地层为灯影组钙质碳酸盐岩, 其物理性质特征是硬度小、性脆、遇酸易溶解, 而作为矿体围岩的长坞组和休宁组硅质碎屑岩, 则以硬度大、可塑性大、化学性质稳定为基本特征。两者之间存在着明显的物性差异, 因此, 由于灯影组“钙”质岩石地层的易碎、易溶等特点, 当构造活动发生时, 容易在碳酸盐岩地层内产生破碎, 扩容, 为矿质沉淀提供空间。当含矿热液流体流经碳酸盐岩时, 较易产生溶解、交代作用。相比较于灯影组地层, 硅质围岩硬度大, 耐酸性和孔渗性都较弱, 当其与含矿热液相遇时, 不易发生溶解、破碎和扩容, 可对热液的流通起到阻隔的作用, 成为矿化热液流动的“屏障”, 导致成矿物质在硅质岩对侧运移、富集和沉淀成矿, 从而形成了沿层交代的层状、似层状矿体。

## 参 考 文 献 / References

- 倪师军, 张成江, 滕彦国. 成矿流体地球化学界面: I 概念的由来及发展. 地质地球化学, 2001, 03: 19-21.
- 叶天竺, 王玉往, 王京彬, 等. 叠合成矿作用及相关问题. 矿产勘查, 2011, 2(6): 640-646.
- 叶天竺, 肖克炎, 严光生. 矿床模型综合地质信息预测技术研究. 地学前缘(中国地质大学(北京); 北京大学), 2007, 14(5): 11-19.
- 叶天竺, 薛建玲. 金属矿床深部找矿中的地质研究. 中国地质, 2007, 34(5): 856-869.
- 张长青, 叶天竺, 吴越, 王成辉, 吉海, 李莉, 张婷婷. Si/Ca 界面对铅锌矿床定位的控制作用及其找矿意义. 矿床地质, 2012, 03: 405-416.
- 张善明, 吕新彪, 邓国祥, 周喜. 地质界面控矿原理及其运用要点[J]. 地质科技情报, 2009, 06: 51-56.
- 朱裕生. 矿产预测理论——区域成矿学向矿产勘查延伸的理论体系. 地质学报, 2006, 10: 1518-1527.