弓长岭铁矿的流体-变形机制及其对富矿的影响*

周永贵[1]，陈正乐[1]，张 青[2]，韩凤彬[1]，王 永[1]

（1 中国地质科学院地质力学研究所，北京 100081；2 中国科学院青藏高原研究所，北京 100101）

1 弓长岭铁矿地质特征

弓长岭铁矿位于辽宁鞍山-本溪地区，其含矿围岩为太古界鞍山群，在本区出露的是主要是茨沟组，为一套角闪岩-含铁石英岩-钠长石片岩（变粒岩）和石英岩组成的变质硅铁-火山岩建造；铁矿分一、二、独木、三道岭等矿区，绝大部分矿体位于二矿区，二矿区分上、下 2 个含铁带，之间夹厚层钠长黑云变粒岩（K 层），矿体呈条带状、层状、似层状分布，其中富铁矿主要呈夹层透镜体状产在二矿区第六层磁铁矿层之中，一般呈似层状、脉状、筒状、团块状，以及其它不规则形状赋存在条带状磁铁石英岩层之中，在富铁矿体中常可见有条带状磁铁石英岩的交代残余；围岩蚀变有明显的分带性，以绿泥石化为主，还有石榴石化、镁铁闪石化等；围岩蚀变的强度通常与富铁矿体的发育程度正相关。

矿区构造相对简单，总体以高角度倾向北东的单斜构造为特征：岩层走向 120~160°，倾向北东，倾角 60~85°。两端受断层影响产状有些变化。其北西端受寒岭断裂的影响，地层走向变为 50°，倾向南东；在其东南因受老岭断裂的影响，产状变为南北走向，向东陡倾斜。

目前对磁铁富矿的成因有以下 3 种观点：

1、原生沉积富矿，依据是磁铁富矿具层状和层控矿床的特征；

2、原生菱铁矿经分解再造而成，依据是磁铁富矿中发现有石墨；

3、富矿是条带状磁铁贫矿经热液改造而成，依据是磁铁富矿体产在蚀变围岩中，受主干断裂控制并局部“穿插”贫矿体；热液富矿作用成为主流观点，但对于热液（流体）的来源仍存争议。

本研究主要以中小尺度构造分析为基础，以微观组构分析为主要手段，辅以同位素分析测试，以期深化对于该类铁矿的形成过程和富矿机制的认识。

2 石英光轴组构分析测试结果

分析测试结果显示，弓长岭矿区的构造、变形型式具有石英 c 轴组构普遍较弱的特点：镜下观测表明本区内所有成份层中的石英均经历了不同程度的应变恢复，因此，该石英光轴组构应为静态的应变恢复作用下弱化的结果：即部分弱光轴组构在应变恢复过程中定向消失，转变为无序的背景噪音，为应变恢复作用破坏的较强组构的残余。

3 弓长岭铁矿的流体-变形机制

研究表明，晶粒间流体的存在加速了颗粒边界的活化和应力驱动的沿晶体边界的物质扩散迁移，并最终导致矿物条带的发育和应变局部化。

本研究所得的石英氧同位素均值为 11.15‰，指示流体为变质水而非岩浆流体，磁铁矿的氧同位素多

* 资助项目：全国危机矿山接替资源找矿专项“华北陆块铁矿床成矿规律总结研究”（编号：20089950）

为负值，表明具负的 $\delta^{18}O$ 值的变质流体为形成铁矿的原始热液，而磁铁富矿及其围岩的高石英氧同位素正异常值则表明成矿（富矿）过程中过剩流体的存在。

在相对的的低温环境下（400~500℃之间），流体（变质水）以活化颗粒边界、降低滑移系活化（启动）能量的方式，使在高温下方可启动活化的高级滑移系发育。铁矿层的粒状结构使之成为本区天然的流体通道（高孔隙度）；以片状、柱状矿物为主的夹层表现为隔水层（低孔隙度），流体的选择性带入直接导致应变集中发生；铁矿层成为吸收本区变形的主体。

流体所致的应变集中可以产生以下两种结果：其一，溶解了原始围岩沉积中菱铁矿的流体进入本矿区的流体通道（铁矿层），其后沉积形成含石墨的磁铁富矿，原生矿床得以加富。其二，应变集中和应变弱化造成石英颗粒内部的滑移系大量发育，原始颗粒可在细粒化的动态重结晶过程中为流体所溶，SiO_2 的出溶亦可直接造成原始矿床的加富，铁矿和夹层的高级滑移系、较高的应变强度和氧同位素的正异常应为该过程的最佳证据。

4 结 论

本次研究以系统的构造分析和石英光轴组构分析为主要手段，认为弓长岭铁矿区的变质组合代表了一个产状陡立的韧性剪切带，该带经历走滑剪切和其后的静态应变恢复。微观组构分析表明，变形和铁矿发育有着极为密切的的成生关系：高应变多集中于铁矿和顶、底板；铁矿夹层多以弱组构或无组构为特点，变形强度与磁铁矿品位和流体含量密切正相关，流体导致的应变弱化和应变集中是富矿的主要机制。

志 谢 本次研究得到中国科学院青藏高原研究所张青教授的帮助，文中石英光轴组构分析实验及流体应变解释在张青教授帮助下完成，在此表示感谢！

参 考 文 献（略）