

内蒙古谢尔塔拉 Fe-Zn 矿床成矿流体 地球化学研究*

翟德高^{1,2}, 刘家军^{1,2}, 王建平^{1,2}, 袁峰^{1,2}, 王守光³, 李玉玺³,
刘立东⁴, 马怀岭⁴

(1 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室, 北京 100083; 2 中国地质大学岩石圈构造、深部过程及探测技术教育部重点实验室, 北京 100083; 3 内蒙古自治区地质调查院, 内蒙古 呼和浩特 010020; 4 陈巴尔虎天宝矿业有限责任公司, 内蒙古 海拉尔 021000)

大兴安岭地区以矿床类型丰富、矿产种类多样为特点, 历来受到国内外众多地质学家的关注(刘建明等, 2004; 赵一鸣等, 1994; 1997; 秦克章等, 1998)。近年来在大兴安岭成矿带北段发现了谢尔塔拉铁锌矿床, 已探明铁矿石储量为 7033.6 万吨, 其中主矿段共探明表内铁矿石储量 5851 万吨, 表外矿 1182.6 万吨, 锌金属量 27.7 万吨, 铜金属量 160 吨, 镉 1202 吨, 为一中型铁锌矿床。矿区出露的地层主要为石炭系下统莫尔根河组 (C_{1m})、侏罗系上统白音高老组 (J_3b)、第三系中新统呼查山组 (N_{1hc}) 及第四系更新统 (Q_{phq}) 和全新统 (Qh)。其中, 下石炭统莫尔根河组 (C_{1m}) 为主要含矿地层, 该层主要由中酸性火山碎屑岩-碳酸岩和含矿中基性火山碎屑岩-碳酸岩组成。谢尔塔拉铁锌矿床的四个矿体群均分布于该地层中, 矿体累计厚度达 264 m。矿区出露的侵入岩时代主要分为华力西中期、华力西晚期和燕山期。矿区构造主要表现为古火山机构-构造的特征, 以此为基础构成本矿区主要构造轮廓, 褶皱不发育, 而断裂构造较为明显。矿区已知规模较大的主要断裂有 F_1 和 F_2 断裂, 均为成矿后断裂, 但未对矿体造成破坏作用。

1 矿体特征及物质组成

谢尔塔拉矿床由上、下 2 个矿带中 5 个主要隐伏矿体群的 5 个主要矿体和 10 个从属矿体共 15 个矿体组成。矿体空间分布严格受火山岩岩层控制, 已发现的矿体均产在古火山口北部与北东侧的火山斜坡上, 呈扇形展布。矿体呈似层状、透镜状、薄层状产于石榴石岩和石榴石透辉石岩中, 富矿体呈扁豆状、囊状分布于贫铁矿矿体之中。矿体从南向北和向北东方向倾伏, I、II 号矿体倾角为 5~15°, III、IV 号矿体为 15~35°。矿体的顶底板岩石主要为石榴石岩、石榴石透辉石岩、透辉石石榴石岩及透辉石岩等夕卡岩类岩石, 其次为中酸性火山熔岩。矿区已发现的大部分矿体(包括 I、II、III 和 IV 号等主要矿体)均为铁锌矿体, 在铁矿体中普遍含闪锌矿, 仅有 V 号矿体为独立锌矿体组成, 闪锌矿呈脉状或团块状分布于石英、方解石脉中。铁矿体、铁锌矿体及锌矿体在空间上没有明显的分离现象, 仅靠化学分析才能区分。

野外观察和显微镜下矿物鉴定表明金属矿物组成主要为赤铁矿、磁铁矿、闪锌矿、黄铁矿、黄铜矿等, 非金属矿物主要为石榴石、透辉石、绿帘石、阳起石、方解石、石英等。矿石结构主要为交代残余、交代反应边、包含、共生边及出溶结构等, 构造主要为块状、角砾状、浸染状、脉状、网状及条带状构造等。根据脉体之间的穿插关系及矿物之间的交代次序, 可划分为 4 个成矿阶段: 夕卡岩阶段、铁氧化物阶段、石英硫化物阶段和晚期碳酸盐阶段, 具备典型夕卡岩成矿阶段划分的特征。夕卡岩阶段主要形成石榴石、透辉石、绿帘石、阳起石等夕卡岩矿物, 这些矿物都受到赤铁矿和磁铁矿的交代(图 1-A, D, E, F); 铁氧化物阶段主要形成赤铁矿和磁铁矿, 赤铁矿和磁铁矿之间的交代关系较为复杂、交代形态多样(图 1-F, G, H, I), 可判别出赤铁矿至少有两个世代(图 1-I), 早世代赤铁矿 (Hem_1) 呈长柱状或斑点状交代磁铁矿的内部, 晚世代赤铁矿 (Hem_2) 呈短柱状或芽状生长于磁铁矿的边部; 石英硫化物阶段主要形成石英和金属硫化物, 金属硫化物的生成顺序为黄铜矿-闪锌矿-黄铁矿, 闪锌矿常与黄铜矿形成固溶体分离结构(图 1-J), 黄铁矿形成较晚, 多为自形-半自形粒状结构(图 1-B, G, K); 碳酸盐阶段主要表现为晚期的碳酸盐脉。矿区内的蚀变类型主要为石榴石化和透辉石化, 还有晚期的碳酸盐化、硅化、绿帘石化等。

3 成矿流体地球化学

*本文得到中国地质大学(北京)地质过程与矿产资源国家重点实验室科学基金项目(GPMR0944); 内蒙古自治区政府地质勘查项目; 国家重点基础研究发展规划(2006CB403500); 高等学校科技创新引智计划(B07011); 教育部长江学者和创新团队计划的资助

对矿区内产出的黄铁矿进行硫同位素测定, 6件黄铁矿样品测试结果表明 $\delta^{34}\text{S}$ 范围为 6.1‰~9.2‰, 极差为 3.1‰, 平均值为 8.2‰。 $\delta^{34}\text{S}$ 的变化范围较小, 且均为正值。这种均为正值的 $\delta^{34}\text{S}$ 很有可能与沉积地层的硫酸盐中硫的还原有关。对矿区内黄铁矿进行铅同位素测定, 3件样品的测试结果表明 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的变化分别为 18.262~18.367、15.427~15.600 和 38.176~37.821, 变化范围相对较小。在 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 组成图解上样品点基本落于地幔铅和造山带铅之间, 表明矿床铅的来源主要为幔源, 形成矿床过程中混入了少量的壳源铅。5件方解石的碳-氧同位素测定结果表明 $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ 的变化范围为 -8.5‰~-2.35‰, $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ 的变化范围为 -5.51‰~12.44‰。 $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{18}\text{O}$ 组成图解表明方解石碳有可能来自深部的岩浆-地幔及大气降水的混合来源。3件石英样品的氢氧同位素测定结果表明 $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ 的变化范围为 -117‰~-85‰, $\delta^2\text{H}_{\text{V-SMOW}}$ 变化范围为 9.5‰~13.7‰。样品点在 $\delta^{18}\text{O}$ - δD 组成图上主要落于岩浆水附近及其右下方, 这表明矿热液成分组成很可能为大气降水和岩浆水的混合所致。成矿早期可能以岩浆热液为主, 晚期可能以加热补给的大气降水为主。

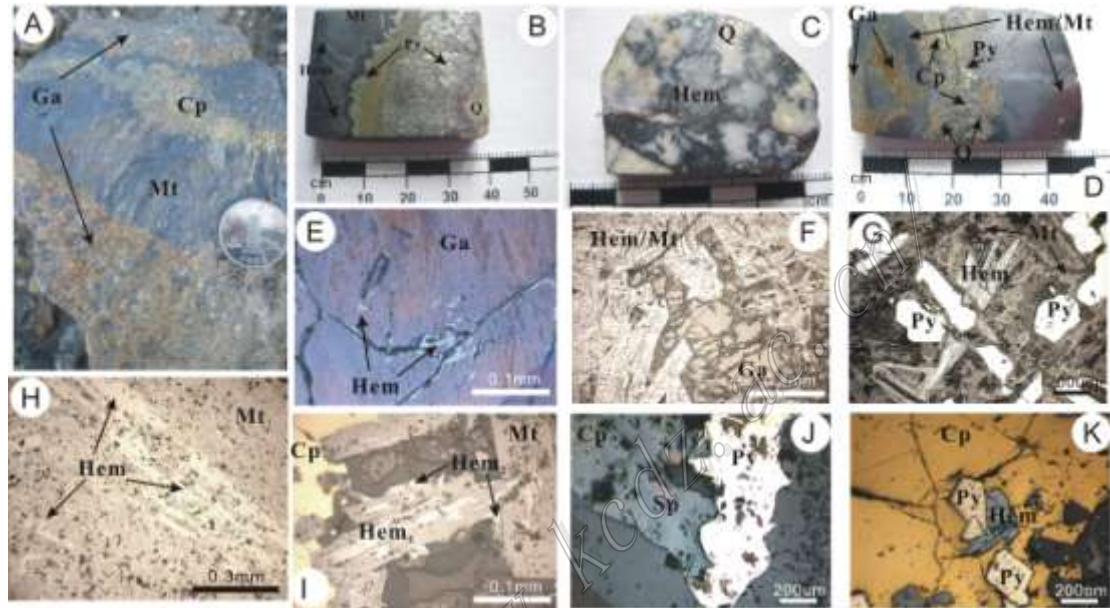


图 1 内蒙古谢尔塔拉 Fe-Zn 矿床结构、构造特征

A. 磁铁矿交代石榴石, 黄铜矿交代磁铁矿; B. 石英和黄铁矿交代磁铁矿和赤铁矿; C. 赤铁矿呈片状集合体或放射状生长于石英中; D. 赤铁矿和磁铁矿交代石榴石, 石英、黄铁矿、黄铜矿交代赤铁矿和磁铁矿; E. 赤铁矿沿微裂隙交代石榴石; F. 铁氧化物交代石榴石, 赤铁矿交代磁铁矿, 磁铁矿呈长柱状; G. 赤铁矿呈长柱状或放射状交代磁铁矿, 磁铁矿和赤铁矿被颗粒状黄铁矿交代; H. 赤铁矿呈柱状或斑点状交代磁铁矿; I. 赤铁矿呈两期交代磁铁矿, 早期赤铁矿 (Hem_1) 呈长柱状交代磁铁矿的中心部位, 晚期赤铁矿 (Hem_2) 呈芽状、片状集合体生长于磁铁矿的边部, 铁氧化物被黄铜矿交代; J. 闪锌矿与黄铜矿呈固溶体分离结构, 两者均被黄铁矿交代; K. 柱状-片状赤铁矿包含于黄铜矿中, 赤铁矿又被后期较自形的黄铁矿颗粒交代。Ga—石榴石; Q—石英; Cp—黄铜矿; Py—黄铁矿; Sp—闪锌矿; Hem—赤铁矿; Mt—磁铁矿

石英和方解石中包裹体的组成以原生包裹体为主, 体积较大 (一般为 $5\sim 33\ \mu\text{m}$), 包裹体的类型主要为气液两相包裹体, 其次为少量的纯气体及纯液体包裹体, 未见含 CO_2 和子晶的包裹体。包裹体显微均一测温结果表明均一温度集中在 $180\sim 380^\circ\text{C}$ 之间, 变化范围较大, 属于中-高温矿床; 冰点温度主要集中于 $-3.6\sim -0.2^\circ\text{C}$ 之间, 根据冰点温度计算得到盐度 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 的集中范围为 $1.02\%\sim 7.06\%$, 属于低盐度的流体。计算得到成矿流体的密度变化于 $0.92\sim 1.06\ \text{g}/\text{cm}^3$ 之间, 属于低密度的流体; 成矿压力的范围为 $29.4\sim 103.9\ \text{MPa}$, 属于中-高压环境; 成矿深度的范围为 $2.94\sim 8.43\ \text{km}$, 属于中-深成矿深度。包裹体激光拉曼光谱分析未发现有机质存在, 成矿流体组成以盐水成分为主。均一温度-压力关系图解投点分析表明两者之间存在良好的正相关性 ($R^2=0.9142$), 随着成矿作用的发生, 成矿温度持续降低的同时, 成矿压力也逐渐降低。均一温度-盐度图解显示成矿早-中期阶段发生流体沸腾作用, 中-晚期发生流体混合作用, 这两种作用对热液矿床成矿元素进行搬运、聚集和沉淀的过程中都具有重要的意义 (Derome et al., 2005; Cooke et al., 2001; 张德会, 1997)。流体混合及沸腾作用常常使得成矿热液体系发生物理-化学参数的突变或临界转变, 这种不同尺度的临界转换对成矿元素超常富集和巨量金属堆积是非常有利的 (翟裕生等, 2001)。

总体来讲, 谢尔塔拉 Fe-Zn 矿床成矿流体为一种中-高温、中-高压、低密度、中-深成矿深度、水盐体系的成矿流体, 成矿作用是在压力逐渐降低的环境下发生的。

参考文献 (略)