内蒙古固阳绿岩带三合明 BIF 型铁矿床的形成时代、地球化学特征及地质意义

刘 利[1,2]，张连昌[1]，代堰锫[1,2]，王长乐[1,2]

（1 中国科学院地质与地球物理研究所 矿产资源研究重点实验室，北京 100029；2 中国科学院研究生院，北京 100049）

固阳绿岩带是华北克拉通西部最大的太古宙绿岩带，产出多个 BIF 型铁矿，三合明铁矿是其中之一。该铁矿位于内蒙古自治区包头市达尔罕茂明安联合镇（百灵庙）东南石宝乡。本文基于锆石年代学和主微量元素地球化学特征，对三合明 BIF 型铁矿的形成时代进行了限定，并对其形成构造背景和物质来源进行了探讨。

1 矿区和矿床地质

三合明铁矿赋存于新太古界色尔腾山群，自下而上可分为下角闪岩段、下磁铁石英岩段、片岩段、中角闪岩段、上磁铁石英岩段、上角闪岩段和第三系、第四系。

矿区的构造主要为褶皱和断层。褶皱包括倒转背斜和单斜构造。区内北东向正断层共 5 条，规模较小，对矿体影响不大；北东向逆断层共 5 条，其中的 F6 长 700 m，矿体沿该断层面垂直错断 35 m 以上；北西向正断层共 3 条，断层线与褶皱轴近于垂直相交，对矿体破坏较大；北北东-北北西向正（逆）断层共 6 条，该组断层对矿体的破坏较大。

矿体呈层状或似层状赋存于新太古界色尔腾山群角闪岩中，呈近南北向展布，据层序可分为上、下两个层位。下含矿层的矿体产状受倒转背斜控制，西段矿体在南北两翼出露，走向北东 40°，倾向南东，倾角正常翼为 45°，倒转翼 70°；东段矿体呈北西走向，倾向南西，倾角大于 50°，受次级短轴倒转褶皱影响，矿体多次重复出现。上含矿层有两个主要矿体，其一长 1100 m 以上，厚 5.79~71.15m（平均 35.34 m），垂直延深 390 m；另一矿体长 1 100 m，厚 2~56.17 m（平均厚 22.87 m），最大倾斜延深 465 m。组成矿石的金属矿物主要有磁铁矿，次为赤铁矿和黄铁矿；非金属矿物主要为石英，次为镁铁闪石、透闪石、黑云母等。矿石主要呈粒状变晶结构（粒径 0.02~0.5 mm）、粒状-针柱状变晶结构，条带-条纹状构造（铁条带宽 0.3~1.5 cm，由若干磁铁矿条纹（0.1~0.26 mm）、石英条纹（0.14~0.53 mm）和镁铁闪石条纹构成；硅条带宽 0.4~2 cm）。

2 三合明 BIF 形成时代限定

由于 Algoma 型 BIF 的成因与火山活动密切相关（Gross, 1980），因此一般认为，对其火山岩围岩定年是限定条带状铁建造形成时代的最佳途径（Trendall et al., 1998; Tsikos, 2003）。三合明 BIF 的斜长角闪岩夹层中大部分锆石具有核边结构、且核部 Th/U 比大于 0.4，表明极有可能是原来岩浆结晶形成的锆石。由于大部分锆石的 $^{206}Pb/^{238}U$ 和 $^{207}Pb/^{235}U$ 都落在一致曲线下方，说明都或多或少有铅的丢失，因此将不一致曲线与一致曲线的上交点年龄（2560±12）Ma 作为核部锆石的形成年龄，亦即三合明铁矿斜长角闪岩原岩的形成年龄。简平等（2005）对固阳地区高镁闪长岩进行了 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年，结果显示其时代为 2556 Ma，与三合明铁矿斜长角闪岩的年龄非常一致。

3 三合明 BIF 形成构造背景

斜长角闪岩顺层产出，MgO-CaO-FeO*和 MnO-TiO_2 原岩恢复图解显示为正斜长角闪岩，未见特征的侵入岩结构。Zr/Ti-Nb/Y 图解显示为亚碱性玄武岩系列，在 FeO*+TiO_2-Al_2O_3-MgO 图解中，落入高铁拉斑玄武岩区；主量元素特征与 MORB 相近，REE 配分曲线和蛛网图都近于平坦，且介于 N-MORB 和 E-MORB 之间，LREE 略微富集（$(La/Yb)_N$=1.68），Th、U 相对亏损，Nb、Ta、Zr、Hf 无明显异常，$(La/Sm)_N$ 比值为 0.76，Nb/U 比值 49.64。根据这些特征推断原岩可能为 T-MORB。Ti-V 和 Th-Hf-Ta 构造环境判别图解中，分别落入 MORB 和弧后盆地的重叠区和 N-MORB 区。结合 T-MORB 的一般形成构造环境洋中脊和弧后盆地以及前人对固阳绿岩带的研究成果，认为三合明铁矿床的斜长角闪岩夹层可能形成于弧后盆地。

4 三合明 BIF 的物质来源

铁矿石化学组分主要为 SiO_2 和 TFe_2O_3，二者总和 93.52%，极低的 TiO_2（0.035%）和较低的 Al_2O_3（0.68%）指示有极少量陆源碎屑物质的加入。铁矿石的球粒陨石标准化 REE 配分模式与固阳绿岩带底部的科马提岩极为相似，后太古宙澳大利亚页岩标准化的铁矿石 REE 配分模式与热液海水混合物相似，LREE 亏损，HREE 富集（$(La/Yb)_{SN}$0.339），具有明显的正 Eu 异常（δEu=2.33）和微弱的正 Y 异常（δY=1.13），Y/Ho 重量比 28.71，摩尔比 53.23。根据铁矿石兼具有与科马提岩和热液海水混合物相似的地球化学特征，推断三合明 BIF 型铁矿的 Fe 和 Si 主要与海底热液淋滤科马提岩有关。

参 考 文 献

简 平，张 旗，刘敦一，金维浚，贾秀勤，钱 青. 2005. 内蒙古固阳晚太古代赞岐岩（sanukite）—角闪花岗岩的 SHRIMP 定年及其意义[J]. 岩石学报, 21(1): 151-157.

Gross G A. 1980. A classification of iron-formation based on depositional environments[J]. Canadian Mineralogist, 18: 215-222.

Trendall A F, Basei M A S, Delaeter J R and Nelson D R. 1998. SHRIMP zircon U-Pb constraints on the age of the Carajas formation, Para Group, Amazon Craton[J]. Journal of South American Earth Sciences, 11(3): 265-277.

Tsikos H, Beukes N J, Moore J M and Harris C. 2003. Deposition, diagenesis, and secondary enrichment of metals in the Paleoproterozoic Hotazel iron formation, Kalahari manganese field, South Africa[J]. Economic Geology, 98(7): 1449-1462.