

大兴安岭南段黄岗花岗岩体 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年代学和 Hf 同位素组成及其地质意义*

周振华¹, 吕林素², 杨永军³, 李 涛³

(1 中国地质科学院矿产资源研究所 国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 北京 100037; 2 中国地质博物馆, 北京 100034; 3 内蒙古黄岗矿业有限责任公司, 内蒙古 克什克腾旗 016100)

大兴安岭地区是我国 16 个重点矿产勘查区之一, 其广泛分布的中生代花岗岩类是中国东部构造岩浆事件的显著特征, 并且与中生代大规模内生矿作用之间有密切成因联系(毛景文等, 2003; 2005)。黄岗锡铁矿位于大兴安岭南段黄岗梁-乌兰浩特锡铅锌铜多金属成矿带的西南端, 是我国长江以北最大的以锡为主的多金属共生矿, 也是内蒙古自治区第二大铁矿。黄岗花岗岩体具有典型的 A 型花岗岩特征, 对其成岩过程的深入研究可以为研究大兴安岭南段晚中生代时期构造-岩浆大爆发活动的动力学背景提供线索, 也可以为探讨 A 型花岗岩成因机制和构造背景提供一个实例。

1 矿床地质背景

本区大地构造归属大兴安岭南段晚古生代增生造山带, 其南北边界分别为康保-赤峰断裂和二连浩特-贺根山-黑河缝合线, 向东以嫩江断裂为界, 向西没有截然的边界。矿区出露地层主要有下二叠统青山组板岩, 大石寨组细碧-角斑岩、安山岩、凝灰岩等及黄岗梁组大理岩、砂页岩。大石寨组及黄岗梁组, 是矿床的主体含矿层位。矿床主要构造线方向为北东向, 其次为近东西向, 空间展布受黄岗梁-乌兰浩特深断裂带控制。侵入岩主要为燕山期花岗岩类, 其次有少量华力西期中-基性岩类。金属矿物有: 磁铁矿、锡石、白钨矿、闪锌矿、斜方砷铁矿、黄铜矿等, 次要金属矿物有: 辉钼矿、辉铋矿、磁黄铁矿、毒砂、黄铁矿等, 脉石矿物主要为石榴子石、角闪石, 次为萤石、方解石、石英、绿帘石、绿泥石、阳起石、金云母。围岩蚀变常见有钾化、硅化、矽卡岩化、绢云母化、碳酸盐化、绿帘石化和绿泥石化等, 其中矽卡岩化与锡铁矿化的关系最为密切。

2 锆石 U-Pb 年代学

黄岗花岗岩中锆石结晶较好, 呈典型的长柱状晶形, 具有典型的岩浆震荡环带, 指示其主体为岩浆结晶的产物。锆石阴极发光图像中几乎所有锆石均具有清晰的单期生长的同心环带特征。对两件样品(花岗岩斑岩 HG-3-5、钾长花岗岩 HG-1-7)分别进行了 20 个点的测试。样品 HG-1-7 的 U 和 Th 含量变化范围较大, 分别为 $345 \times 10^{-6} \sim 3529 \times 10^{-6}$ 和 $42 \times 10^{-6} \sim 1516 \times 10^{-6}$, 个别分析点由于 U 含量或普通 Pb 含量较高, 未获得理想年龄, 在计算加权平均值时剔除。样品 HG-3-5 的 13 个测点 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄变化范围为 136.4~137.2 Ma, Th/U=0.29~0.56, 平均值 0.37。样品 HG-1-7 的 16 个测点 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄变化范围为 132.2~140.3 Ma, Th/U=0.17~0.53, 平均值 0.37。这些点均投影在谐和线上或附近, 两件样品(HG-3-5, HG-1-7)的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄分别为 $(136.8 \pm 0.57) \text{ Ma}$ (2σ , $n=13$, MSWD=0.05), $(136.7 \pm 1.1) \text{ Ma}$ (2σ , $n=16$, MSWD=2.9),

*本文得到了中央级公益性科研院所基本科研业务费项目(编号: K0921)、内蒙古重要矿产资源潜力评价及区域成矿规律研究项目(编号: 2006-02-YS01)的联合资助

第一作者简介 周振华, 男, 1981 年生, 博士研究生, 矿物学、岩石学、矿床学专业, 主要从事矿床学研究。Email: bs9903@163.com

证明该区花岗斑岩和钾长花岗岩形成时代一致,而非前人所提出的花岗斑岩和流纹岩侵入早于钾长花岗岩的两期侵入模式,均属早白垩世的产物。

3 Hf 同位素组成

Hf 同位素分析结果显示,绝大多数锆石的 $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$ 小于 0.002,表明锆石在形成以后具有较低的放射成因 Hf 积累,所测样品的 $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$ 基本可以代表其形成时体系的 Hf 同位素组成(Amelin et al., 1999)。花岗斑岩 HG-3-5 样品分析点的 $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 比值分布于 0.282793~0.282922,按照 $t=136.8\text{ Ma}$ 计算, $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ 值为 3.5~18.3,平均 8.7,单阶段 Hf 模式年龄 (t_{DM1}) 变化范围为 467~647 Ma,两阶段 Hf 模式年龄 (t_{DM2}) 变化范围为 561~795 Ma;钾长花岗岩 HG-1-7 样品分析点的 $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ 比值分布于 0.282744~0.282913,按照 $t=136.7\text{ Ma}$ 计算, $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ 值为 1.9~7.8,平均 4.8,单阶段 Hf 模式年龄 (t_{DM1}) 变化范围为 489~730 Ma,两阶段 Hf 模式年龄 (t_{DM2}) 变化范围为 581~888 Ma。考虑到锆石的 $f_{\text{Lu/Hf}}$ 明显小于镁铁质地壳的 $f_{\text{Lu/Hf}}$ (-0.34, Amelin et al., 2000) 和硅铝质地壳的 $f_{\text{Lu/Hf}}$ (-0.72, Vervoort et al., 1996),故 t_{DM2} 更能反映其源区物质在地壳的存留年龄,暗示本区新元古代时期曾发生一次重要的地壳增生事件。

在 $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ - t 图解和 $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ - t 图解中,绝大多数数据点落在球粒陨石演化线和亏损地幔演化线之间,并且更偏向亏损地幔演化线附近,个别点落在亏损地幔演化线之上,显示黄岗花岗岩体的成岩物质来源于亏损地幔物质的部分熔融。

4 讨论与结论

毛景文等(2005)通过对与中国北方金属矿床成矿作用有关的花岗岩年龄数据的统计后发现 180~160 Ma 和 140~130 Ma 是两次花岗岩侵位的高峰期,黄岗花岗岩体是中国东部燕山期大规模成矿作用的组成部分。研究区构造演化可分为两个阶段,包括① 早阶段晚古生代西伯利亚古板块与华北古板块碰撞隆升-裂陷-再次碰撞,形成了基本构造格架;② 晚阶段中生代时期强烈的陆缘活化型构造-岩浆活动,引发成矿大爆发。大多数学者认为华北板块与西伯利亚板块碰撞可能发生在二叠纪中晚期,并且有可能持续到三叠纪中期,二叠纪中期古动物群的混生,标志着该碰撞过程的开始;三叠纪早-中期磨拉石沉积的出现和三叠纪中期岩浆活动的发生,标志着该区强烈碰撞造山作用的发生和碰撞过程的结束。黄岗花岗岩形成于早白垩世,显然应该是属于非造山的环境。毛景文等(2003; 2005)提出,中国东部 140 Ma 左右成矿的地球动力学背景是构造体制大转折晚期。Mao 等(2008a; 2008b; 2008c; 2010)通过进一步工作,提出 135 Ma 以前表现为大陆边缘弧后伸展带内斑岩-矽卡岩-热液脉型大规模成矿作用,135 Ma 以后广泛出现多种类型金属成矿作用,且以火山-断陷盆地控矿为特征,与岩石圈伸展相耦合。事实上,中生代晚期大兴安岭地区岩石圈深部处于活跃的伸展状态,在软流圈隆起背景下,来自地幔的玄武质岩浆以底侵作用方式添加到下地壳,并导致下地壳部分熔融和地壳隆升。结合 Hf 同位素组成特征,笔者认为黄岗花岗岩的成因是在岩石圈伸展环境下,引发了深部软流圈物质上涌,幔源岩浆的底侵引发了本区白垩纪大范围强烈岩浆活动,这一方式与欧洲海西造山带的情况有所类似(Costa et al., 1995)。

参考文献(略)