吴川－四会成矿带燕山期地球动力学背景

——来自强过铝质花岗岩的制约*

Geodynamic Background of Wuchuan-Sihui Metallogenic Belt in Yanshanian Period: The Constraint from Strongly Peraluminous Granitoid

汪 洋[1,2] 李献华[1] 王联魁[1]

（1 中国科学院广州地球化学研究所，广东 广州 510640；2 中国地质大学地球科学与资源学院，北京 100083）

Wang Yang[1,2], Li Xianhua[1], Wang Liankui[1]

(1 Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, Guangdong, China;
2 Division of Petrology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

摘 要 燕山期强过铝质侵入岩广泛出露于广东省吴川－四会成矿带。其岩石化学成分表现出 Al_2O_3/TiO_2 比值较低的特征，暗示其源区熔融温度在 875℃以上。它们的稀土元素分布型式指示其熔融源区的残留矿物组合中含有斜长石、石榴石和角闪石，表明岩浆形成于 1.0 ～ 1.5 GPa 的压力条件下。据此推断，吴川－四会成矿带燕山期岩浆作用的能量主要来自底侵岩浆。

关键词 强过铝质花岗岩 岩石化学特征 燕山期 吴川－四会成矿带 广东

吴川－四会断裂带是广东省西部的一条钨、锡、铜、钼、铅锌的内生金属成矿带（广东省地矿局，1988；王联魁等，2001）。该带内燕山期岩浆活动十分强烈，形成 S 型花岗岩，其中包含有大量强过铝质花岗岩（A/CNK ≥ 1.10）。这套强过铝质花岗岩是燕山造山运动时期地壳发生部分熔融的产物。由于强过铝质花岗岩的岩石化学特征可以反映造山带地壳物质部分熔融时岩浆源区的温度条件和成分特征等重要深部地质信息（Sylvester, 1999），所以我们对吴川－四会成矿带燕山期强过铝质花岗岩的岩石化学数据进行了整理，提取其源区成分特征以及熔融温度方面的信息，进而探讨该成矿带形成的深部地球动力学背景。

1 强过铝质侵入岩岩石化学特征及其所反映的源区信息

吴川－四会成矿带燕山期 w（SiO_2）含量在 67 %～ 77 %之间的强过铝质酸性岩体的岩石化学成分数据显示，这些花岗岩在化学成分上具有高钾质的特征，其稀土元素特征显示出中等程度的轻稀土元素富集和明显的负铕异常（图 1、2）。这些强过铝质花岗岩的 Al_2O_3/TiO_2 比值大多数小于 100（图 3），据此我们推断大部分强过铝质岩浆的源区的熔融温度大于 875℃，而少数 Al_2O_3/TiO_2 比值大于 100 的花岗岩，其源区熔融温度小于 875℃（Sylvester, 1999）。这些强过铝质花岗岩的 CaO/Na_2O 比值大多大于 0.3，少数小于 0.3（图 3），指示岩浆源区成分以砂岩或正变质岩为主，少数为泥岩质成分。同时，这些强过铝质花岗岩的 CaO/Na_2O 比值与其 MgO/TFeO 比值呈正相关关系（图 4）。

* 本文得到国家自然科学基金项目(编号 40104003), 国土资源部科技发展计划 (20001010206；20001010202), 中国博士后科学基金, 中国地质调查局基础地质综合研究课题 “ 燕山造山带花岗岩与大陆地壳改造和生长 ” 和地质调查项目(K1.4-1-2)联合资助.

第一作者简介 汪洋，男，1969 年生，博士后，主要从事岩石学、地球化学、区域成矿规律和地球动力学的研究工作。

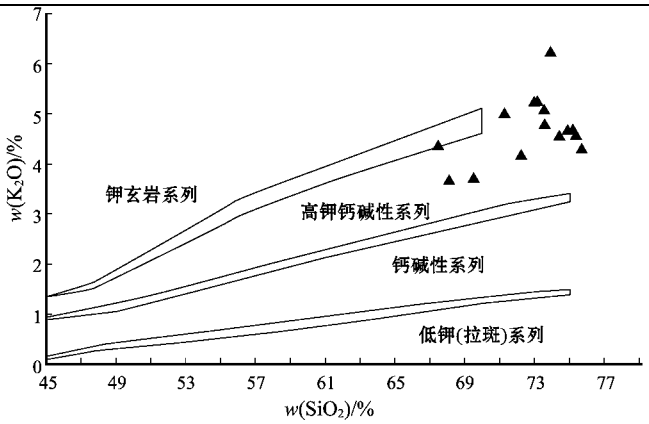


图 1　吴川－四会成矿带燕山期强过铝质花岗岩 SiO_2-K_2O 图解

图中 3 条框线代表各岩石系列之间的（过渡）分界线.

吴川－四会成矿带燕山期强过铝质花岗岩具明显的负铕异常和较为平坦的重稀土元素分布型式，多数显示中等程度的轻稀土元素富集（图 2）；而轻稀土元素富集程度低的花岗岩，其 Al_2O_3/TiO_2 比值大于 100、CaO/Na_2O 比值小于 0.3。这表明这些强过铝质花岗岩的大多数其熔融源区的残留矿物相中包括斜长石、石榴石和角闪石，压力范围大致为 1.0 ～1.5 GPa（Vielzeuf et al., 2001），对应的深度在 35 ～ 55 km 之间；而少数轻稀土元素富集程度低的花岗岩，其源区残留矿物相不包括石榴石，深度相对较浅。

因此，吴川－四会成矿带燕山期强过铝质花岗岩大部分形成于下地壳的含石榴石麻粒岩相源区，其熔融温度在 875℃以上；而少数形成于不含石榴石的源区，并且其熔融温度低于 875℃。

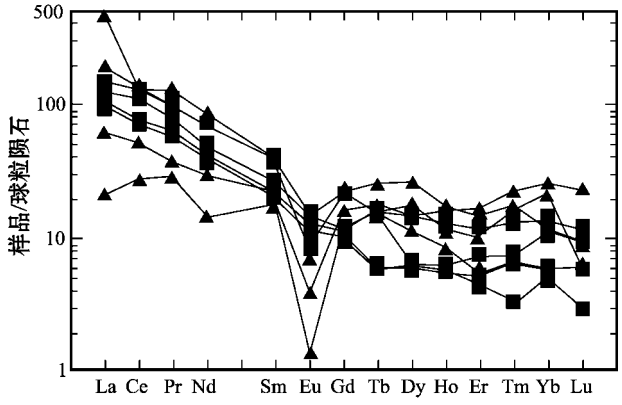


图 2　吴川－四会成矿带燕山期强过铝质花岗岩稀土元素配分图解

2　讨　论

传统上认为燕山期南岭造山带属于岩石圈地幔和地壳均增厚的碰撞造山带，其地幔是冷的，只有地壳是热的（邓晋福等，1996，1999）。但是，吴川－四会成矿带燕山期强过铝质花岗岩的岩石化学特征表明，大部分强过铝质花岗岩的源区熔融温度在 875℃以上。这暗示吴川－四会成矿带燕山期的深部动力学背景类似于欧洲海西造山带，属于“热”造山带，既其花岗质岩浆作用的深部能量主要来源于底侵的玄武质岩浆，而地壳增厚并不显著（Sylvester, 1999）。因此，我们认为南岭造山带燕山期地幔未必是冷的，其地壳增厚的程度也不一定很大。同时，吴川－四会成矿带中有少部分的燕山期强过铝质花岗岩形成源区相对较浅，可能与地壳叠复过程中逆冲推覆断层的剪切生热作用相关。

吴川－四会成矿带燕山期强过铝质花岗岩的 CaO/Na_2O 比值特征指示，多数的源区成分以砂岩（或正变质岩）为主，少数为泥岩质成分。一般认为，泥岩质成分的源区其成熟度较高，而砂岩成分源区其成熟度较低（Sylvester, 1999）。这似乎表明吴川－四会成矿带燕山期强过铝质花岗岩的源区的成分成熟度不高。但是，我们注意到这些强过铝质花岗岩的 CaO/Na_2O 比值与其 MgO/TFeO 比值呈正相关关系，这暗示其源区不一定是砂岩成分，而更有可能是基性的正变质岩。因此我们认为，吴川－四会成矿带燕山期强过铝质花岗岩多数是华南造山带偏基性的下地壳发生熔融的产物，少数是再循环表壳物质发生部分熔融的产物。

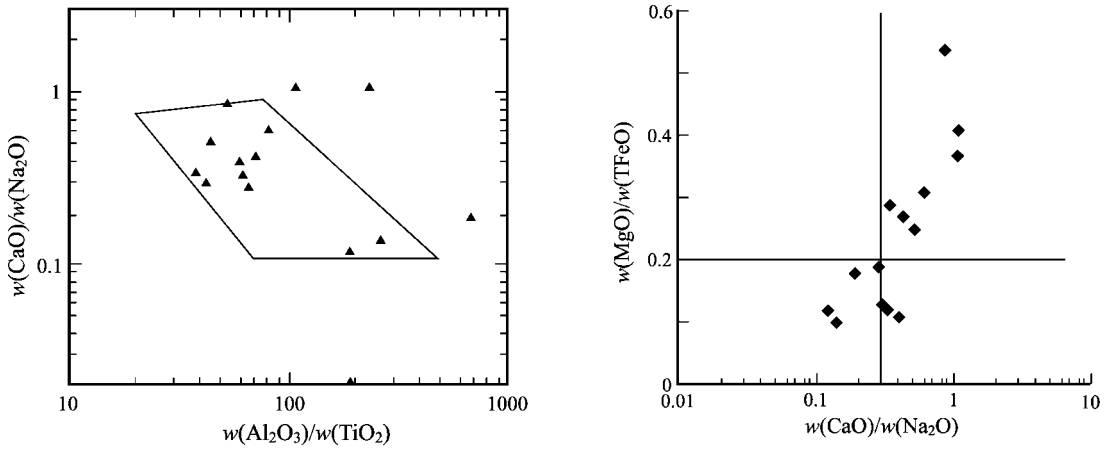


图 3 吴川—四会成矿带燕山期强过铝质花岗岩 CaO/Na_2O-Al_2O_3/TiO_2 图解（左图）

图 4 吴川—四会成矿带燕山期强过铝质花岗岩 $MgO/TFeO$-CaO/Na_2O 图解（右图）

当然，由于吴川－四会成矿带燕山期岩浆作用的深部能量主要来源于底侵玄武质岩浆，因此不排除泥岩熔融产物和玄武质岩浆发生混合而形成强过铝质花岗岩的可能性（Sylvester, 1999）。

由于吴川－四会成矿带的 Cu、Mo、W、Sn 内生金属矿产的形成与燕山期花岗岩岩浆作用密切相关（王联魁等，2001）；所以，我们认为该成矿带内与成矿作用有关的花岗岩是在中生代东亚陆缘俯冲带背景下，由底侵玄武质岩浆加热陆壳而导致后者发生部分熔融而形成的，其中的 Cu、Mo 等元素来自与俯冲作用相关的幔源玄武质岩浆（邓晋福等，1999），而 W、Sn 等亲壳源元素来自华南造山带陆壳。因此，吴川－四会成矿带燕山期内生金属成矿规律应当受安第斯型和海西型的复合式成矿作用的制约。

3 结 论

广东吴川－四会成矿带燕山期强过铝质花岗岩的岩石化学特征表明，大部分强过铝质花岗岩是偏基性的下地壳在相对高温（875℃以上）条件下发生部分熔融的产物，而少数是在逆冲推覆断层的剪切生热作用下由再循环表壳物质发生部分熔融的产物。整体上，吴川－四会成矿带燕山期的深部动力学背景属于“热”造山带，花岗质岩浆作用的能量来源主要与底侵作用有关。该成矿带燕山期内生金属成矿规律应当受安第斯型和海西型的复合式成矿作用的制约。

参 考 文 献

邓晋福, 罗照华, 赵海玲, 等. 1999. 岩浆作用、深部壳幔过程与资源-环境效应. 地质论评, 45（增刊）：21～25.

邓晋福, 赵海玲, 莫宣学, 等. 1996. 中国大陆根-柱构造——大陆动力学的钥匙. 北京: 地质出版社.

广东省地质矿产局. 1988. 广东省区域地质志. 北京：地质出版社.

王联魁, 覃慕陶, 刘师先, 等. 2001. 吴川－四会断裂带铜金矿控矿条件和成矿预测. 北京：地质出版社.

Sylvester P J. 1998. Post-collisional strongly peraluminous granites. Lithos, 45：29～44.

Vielzeuf D, Schmidt M W. 2001. Melting relations in hydrous systems revisited: application to metapelites, metagreywackes and metabasalts. Contrib. Mineral. Petrol., 141：251～267.