

太行山北段王安镇—大河南岩体岩石地球化学特征及成因与成矿关系探讨*

Petrological and geochemical characteristics of the Wanganzhen-Dahenan complex in the northern part of Taihang mountains with reference to its petrogenesis and mineralization

周利敏, 张德会

(中国地质大学, 北京 100083)

ZHOU LiMin and ZHANG DeHui

(China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

摘要 王安镇—大河南岩体是太行山—大兴安岭中生代构造岩浆带中的代表性岩体。它们由早期、中(主)期和晚期岩石组成。文章通过研究,发现中(主)期岩石具有类似埃达克质岩的特征,是被地幔岩浆加厚的下地壳底部部分熔融的结果。而早期和晚期岩石不具埃达克质岩特征。早期岩石是富集地幔部分熔融的产物,晚期岩浆为减薄的中、下地壳物质发生不同程度熔融形成的。中(主)期岩石发生了以斜长石和角闪石分离结晶的演化。王安镇岩体岩浆源区更多角闪石发生分解,王安镇岩体的岩浆比大河南岩体的岩浆富含挥发份,成矿潜力更大。埃达克岩形成过程中挥发份的产生可能是其与成矿作用密切相关的原因之一。

关键词 王安镇—大河南岩体; 岩石地球化学特征; 埃达克质岩; 岩石成因; 成矿作用

王安镇-大河南岩体位于太行山北段,沿紫荆关深断裂出露,是太行山—大兴安岭中生代构造岩浆带中出露面积较大的两个岩体。它们由早期、中(主)期和晚期三期岩石构成,是该区中生代深成岩浆活动的典型代表。三期岩石中仅有中(主)期岩石属埃达克质岩,早、晚期为非埃达克质岩。对它们的岩石地球化学研究,对探讨埃达克质与非埃达克质岩石的成因关系有重要意义。岩体附近有大量内生金属矿床,通过研究,可以初步探讨这两个岩体在成矿作用方面所具备的独特条件和差异性,为研究花岗岩体及埃达克质岩的成矿性问题作初步地探索。

1 岩体分带及岩石学特征

王安镇、大河南两岩体均为早、中(主)、晚三期岩浆侵入形成的环状岩体(图2),早期岩石主要是基-中性岩类(如橄榄辉石角闪石岩、辉长岩和闪长岩)及火山岩,该期岩石主要出露于两岩体的边部,其中闪长岩全岩 K-Ar 年龄为 186.9 Ma,属于燕山早期。中(主)期岩石主要是中酸性岩(如花岗闪长岩、二长花岗岩等),该期岩石为岩体的主体。花岗闪长岩 Rb-Sr 等时线年龄为 145.7 Ma,二长花岗岩 Rb-Sr 等时线年龄为 137.8 Ma,属于燕山晚期。晚期岩石主要是偏碱性的中酸性岩类(如钾长花岗岩、石英二长岩等),该期岩石多呈分散的小岩体或脉状出现。石英正长岩的 Rb-Sr 等时线年龄为 126.4 Ma,属于燕山晚期(蔡剑辉,2003)。

*本文得到国家自然科学基金(编号:40173021,40573033)的资助

第一作者简介 周利敏,男,1983年生,硕士研究生。地球化学专业,从事成矿作用地球化学及岩石地球化学研究工作。E-mail: limit711@sina.com

本文共采集岩石样品6件, 采样位置及编号见图1。中(主)岩石为花岗闪长岩、花岗岩, 随石英含量的增加斜长石和角闪石的含量减少, 钾长石的含量增加。晚期岩石为钾长花岗岩和石英正长岩。中(主)期岩石较晚期岩石富含斜长石、角闪石, 而钾长石含量较低。

2 岩石化学分类及主量元素地球化学特征

所采集样品显示王安镇-大河南岩体属于高钾钙碱性系列, 钾玄质, 准铝质岩石, 高镁系列。在 FL、DI 图解中样品均表现出良好的演化连续性。晚期岩石较之中(主)期岩石更偏碱性。中(主)期岩石主要为高钾钙碱性花岗岩(加里东深熔型花岗岩), 为碰撞后隆起环境产出的。而晚期岩石属于地壳熔融花岗岩(同造山花岗岩)。两期岩石产出环境存在差异。在 Harker 图解中, 随着 SiO_2 含量的增加, Al_2O_3 、 Na_2O 含量不断降低, 表明斜长石在演化过程中发生分离结晶; K_2O 含量增加, 表明钾长石未发生大规模分离结晶。Harker 图解中, 样品 WA-10 与演化趋势不一致, 与其它样品可能是异源的。

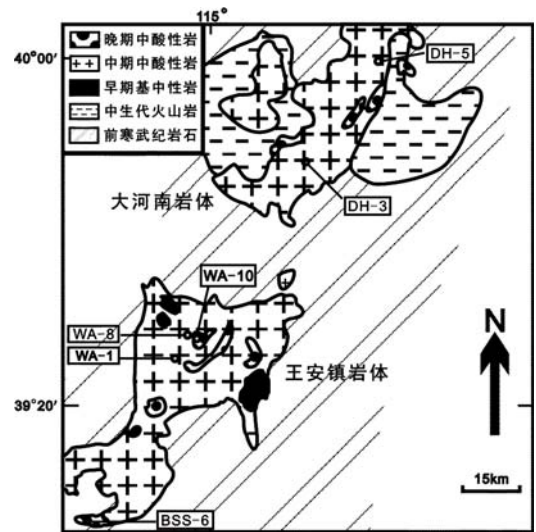


图1 王安镇-大河南岩体简图(据毛景文等, 1997 修改)

3 微量元素地球化学特征

在不相容元素原始地幔标准化图解(图2)中, 早期岩石总体显示出 Sr 和 Ba 的微正异常或无异常, 而晚期表现 Sr 和 Ba 的明显负异常。Sr 和 Ba 明显相迥的异常说明中(主)期岩石和晚期岩石是异源的。

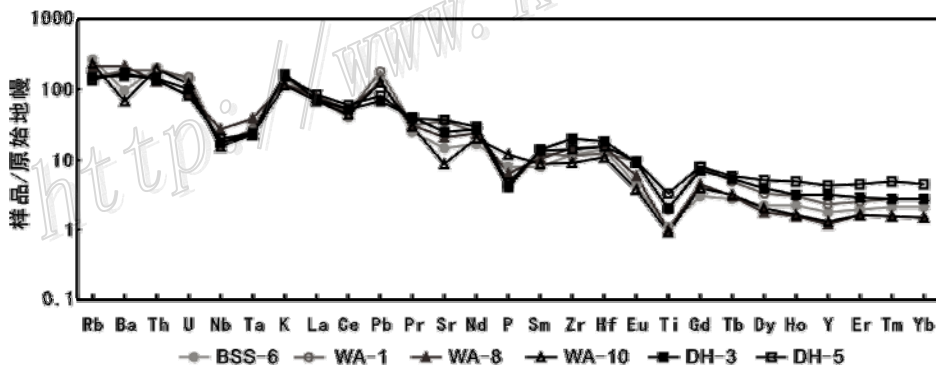


图2 王安镇-大河南岩体不相容元素原始地幔标准化图解(原始地幔数据引自 Sun & MacDonough, 1989)

岩体轻稀土富集, 重稀土亏损, 轻重稀土分异明显。中(主)期岩石出现 Eu 的弱负异常(图3), 晚期样品 Eu 的负异常较为明显。表明中(主)、晚期岩浆来源上的差异。Eu 正或微负异常及重稀土强烈亏损暗示岩浆源区无斜长石, 存在石榴石。但是 Eu 的正或微负异常也可能是后期演化中, 角闪石分离结晶的结果。在花岗岩类中, 斜长石和钾长石结晶能使残余岩浆的 Rb/Sr 值增高; 影响残余岩浆 K/Rb 值的是钾长石和黑云母; 斜长石和富钾矿物(钾长石)对残余岩浆 Sr/Ba 值得影响有相反的效应: 前者使其降低, 后者使其增加。中(主)期岩石样品随 SiO_2 含量增加 K/Rb 值基本不变, 说明钾长石未大量分离结晶; Sr/Ba 值急剧降低, 说明发生斜长石的分离结晶。同时, 随着 MgO 含量的减少, 岩石样品 Yb_N 不断减小。在中酸性岩浆体系中, 角闪石对重稀土是相容的。中(主)期岩石重稀土逐渐增强的亏损(即 Yb_N 的逐渐降低)

是角闪石分离结晶造成的。

可见，在中（主）期岩浆形成后的演化过程中发生了斜长石和角闪石的分离结晶。它们的分离结晶对残余岩浆中 Eu 含量的影响相反。这两者影响相抵消，使 Eu 含量未随岩浆演化协同变化。这也表明中（主）期岩石 Eu 的微负异常不是角闪石分离结晶所致，而应是源区无斜长石的残留。

4 岩浆成因演化和成矿作用探讨

将三期岩石（早期样品数据引自李金冬，2005）的主要特征与埃达克岩特征进行比较。早期岩石偏碱性；晚期岩石 $Sr < 400 \times 10^{-6}$ ，表现出负异常，Eu 有明显负异常，故都不属于埃达克质岩。中（主）期岩石中，除样品 DH-5 的 Y、Yb 含量偏高外，其他样品均基本符合埃达克岩的地球化学特征。在 Yb-Sr/Y 图解中（图 4），晚期岩石在埃达克岩区域外。而中（主）期岩石除样品基本在埃达克岩区域内。因此，王安镇-大河南岩体的三期岩石中，中（主）期岩石具有更接近埃达克岩的地球化学特征。而早、晚期岩石与埃达克岩差别较大。

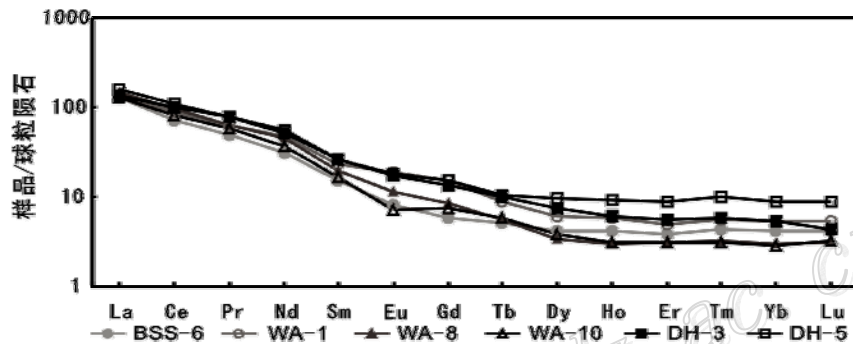


图 3 王安镇一大河南岩体稀土元素球粒陨石配分型式图解（球粒陨石数据引自 Taylor et al., 1985）

三期岩石侵入时间上有先后，岩浆源区也同。早期岩石 $\epsilon_{Nd}(t) < 0$ 、 I_{Sr} 较低（蔡剑辉，2003），是典型富集地幔的同位素特征，可能是古老陆壳下岩石圈富集地幔部分熔融的产物。中（主）期岩石具有埃达克岩的性质，但其富钾，与俯冲板片相关的富钠埃达克岩不同。此外，较俯冲板片部分熔融形成的埃达克岩 I_{Sr} 值较高，为 7.060（板片熔融型 < 0.705 ）， $\epsilon_{Nd}(t)$ 值偏低，为 -16.29~-14.27（板片熔融型 > 0 ）（蔡剑辉，2003）。稀土元素分异明显，Eu 呈弱负异常，源区残留物含石榴石且不含或者含少量斜长石，岩浆的温压条件在石榴石稳定的温压条件内。根据相关实验岩石学的研究，可推测中（主）期岩石与下地壳有关，是被地幔岩浆加厚的下地壳底部部分熔融的产物，可形成具有埃达克质岩特征的岩浆。形成后又发生了分离结晶，形成连续演化系列。主要是斜长石和角闪石的分离结晶。晚期岩石轻稀土元素富集，重稀土元素亏损，Eu 的负异常较为明显，表明该类岩石的源区残留有斜长石，由于斜长石稳定的压力（ $P \leq 1.2 \text{ GPa}$ ）低于石榴石，所以相对于中（主）期岩石形成深度较浅。此外，晚期岩石的 K_2O 最高（ $w(\text{Na}_2\text{O})/w(\text{K}_2\text{O}) = 0.74 \sim 0.76$ ）。可能是中（主）期埃达克质岩石熔出后，下地壳密度加大发生拆沉，软流圈地幔上涌到减薄陆壳底部，下地壳-幔过渡带，乃至中地壳部分熔融形成。

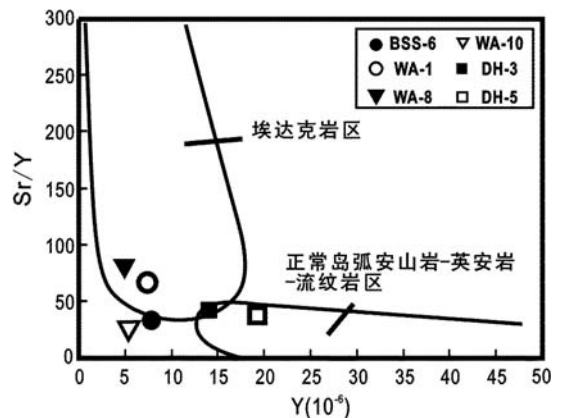
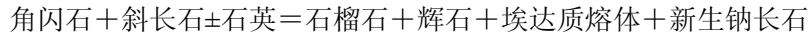


图 4 王安镇一大河南岩体 Y-Sr/Y 图解（据 Drummond et al., 1990）

这三期岩浆活动提供了大量成矿物质，多次连续岩浆侵入提供了持久的热源及热液来源。对区域内相关矿床的调查表明，多数内生属矿床分布在中（主）、晚期侵入岩附近，尤以中（主）期侵入体居多。中

(主)期岩石由增厚的下地壳部分熔融产生。高温、高压以及富含流体的增厚下地壳环境中形成的中酸性岩浆可能对铜金成矿有利。而早期底侵加厚到下地壳底部的上地幔岩浆也提供成矿物质。在岩浆源区角闪石向石榴石的转变释放出大量的流体,有利于成矿作用。晚期岩石是由于下地壳拆沉减薄,中-下地壳在减薄条件下熔融形成。拆沉下地壳熔融形成的高 Fe_2O_3 的熔体不断加入到地幔中,使地幔的 $f(\text{O}_2)$ 增高,金属硫化物被氧化,亲铜元素以硫酸盐形式进入熔体。这些在高温高压条件下熔融形成的中酸性熔体快速上升对Au、Cu、Mo等成矿物质在地壳浅处成矿非常有利。

同时,矿床资料还表明,王安镇岩体周围的矿床明显多于大河南岩体。两个岩体虽具有密切的成因联系,但成矿条件依然存在明显区别。流体对矿床形成有重要意义,是萃取、携带和运移成矿物质的载体。在下地壳环境下,流体通过埃达克岩的形成而产生:



角闪石在高压(1.2~4.0 GPa)、高温(850~1150°C)下分解产生大量挥发分,即下地壳岩石在向榴辉岩转变中释放大量流体,有利于Cu-Au-Mo等金属富集。源区角闪石的分解程度决定了挥发分的多少,从而影响岩浆成矿潜力。根据Sm、Yb、Zr在角闪石中的分配系数,低Sm/Yb和高Zr/Sm表明源区有角闪石分解较少。对王安镇-大河南岩体中(主)期岩石而言,王安镇岩体的Sm/Yb值较高(5.14),Zr/Sm值较低(29.29);大河南岩体Sm/Yb值较低(3.70),Zr/Sm值较高(31.20)。王安镇岩体岩浆源区有更多角闪石分解,释放出更多挥发分,岩浆要比大河南岩体的岩浆更富流体组分,能获得、携带更多成矿物质,成矿性潜力更大。在埃达克岩岩浆源区,伴随岩浆形成同时产生挥发分的作用,可能就是埃达克岩与Cu-Au-Mo等内生金属矿床有着密切关系的重要原因之一。

5 初步结论

(1) 王安镇-大河南岩体由三期岩浆侵入形成。早期不具埃达克质岩性质的基-中岩;中(主)期具有埃达克质岩性质的中酸性岩;晚期不具埃达克质岩性质的中酸性岩;

(2) 早期岩石为早中生代岩石圈地幔部分熔融的产物;中(主)期岩石是地幔物质上涌,地幔岩浆加厚的下地壳底部在高压条件下发生部分熔融的产物;晚期岩石是中(主)期岩石出熔后,下地壳密度加大发生拆沉,导致软流圈地幔上涌,减薄的中下地壳-地幔过渡带物质发生熔融所致。

(3) 中(主)期岩石为较为连续的演化系列,主要发生的是斜长石和角闪石的分离结晶作用。斜长石和角闪石分离结晶的同时发生使Eu异常未随岩浆演化发生协同变化;

(4) 该区域岩浆活动频繁,具有良好成矿条件。王安镇岩体岩浆源区的角闪石分解量大于大河南岩体,使其岩浆比大河南岩体的岩浆更富挥发分,成矿潜力更大。伴随埃达克岩的形成同时产生挥发分的过程,可能就是埃达克岩与Cu-Au-Mo等内生金属矿床密切相关的重要原因之一。

参 考 文 献

- 蔡剑辉, 阎国翰, 常兆山, 等. 2003. 王安镇岩体岩石地球化学特征及成因探讨. 岩石学报, 19(1): 81~92.
- 陈 斌, 翟明国, 邵济安. 2002. 太行山北段中生代岩基的成因和意义: 主要和微量元素地球化学证据. 中国科学(D辑), 32(11): 896~907.
- 陈 骏, 王鹤年. 2004. 地球化学. 北京: 科学出版社. 35-63, 331~365.
- 侯增谦, 孟祥金, 曲晓明, 等. 2005. 西藏冈底斯斑岩铜矿带埃达克质斑岩含矿性: 源岩相变及深部过程约束. 矿床地质, 24(2): 108~114.
- 马国玺. 1995. 河北涞源大湾锌铅矿床地质特征. 华北地质矿产杂志. 1995年, 10(1): 64~76.
- 马国玺. 1997. 河北省涞源县木吉村铜矿地质特征及成矿模式. 华北地质矿产杂志, 12(1): 52~66.