

苏州花岗岩中带状构造的成因*

徐夕生

(南京大学地球科学系)

在苏州花岗岩体的顶部和边部,发育了类似于条带状混合岩的带状构造。详细的野外地质、岩石地球化学工作,以及与相关实验资料的对比表明,这种带状构造是岩浆不混溶作用的产物,是花岗质岩浆双扩散对流作用的标志。

关键词 带状构造 花岗岩 苏州

苏州西郊出露面积约 50km² 的燕山期花岗岩,其成岩成矿作用,是国内外众多地质工作者感兴趣的地质问题之一。近年来的研究表明,这是一个 A 型花岗岩和 I 型花岗岩构成的复合岩体。岩石类型的一系列变化及其相互之间的侵入、穿插和包裹关系,显示了花岗质岩浆在侵位成岩过程中的多阶段性。但是,这种宏观存在的多阶段侵位岩浆的发育及其涌动过程的研究仅初步展开,岩体中普遍存在的、规模不大的成分分带现象的成因,仍处于争论之中。本文通过详细的野外地质调查和对不同成分带矿物学、岩石化学、地球化学成分的分析对比,结合有关实验资料,认为苏州花岗岩中的带状(环带状)构造是岩浆液态不混溶作用的产物,是双扩散对流作用的标志。不同阶段形成的不同岩石类型,则是岩浆结晶分异作用和岩浆液态不混溶作用复合的产物。

岩体地质

苏州花岗岩可分 3 个侵入阶段,即早侵入阶段的角闪石黑云母花岗岩、主侵入阶段的中粒黑云母花岗岩和晚侵入阶段的细粒黑云母花岗岩。依据均一法矿物包裹体测温 and

二长石温度计算法计算,可知岩体的成岩温度为 810℃;利用矿物包裹体进行压力测定,可知岩浆期的压力为 2.5kbar^[1]。从早至晚,不同岩石类型总体上呈 SiO₂、Na₂O+K₂O 逐渐增加,而 CaO、MgO、FeO+Fe₂O₃ 依次减少的变化规律,显示出岩浆结晶分异作用的特征。它们的稀土元素、微量元素配分形式及同位素组成的一致性,表明它们是同源的。

带状(环带状)构造

苏州花岗岩中的带状(环带状)构造以主侵入阶段花岗岩的顶部和边部最为发育。带状构造,外貌上类似于混合岩中的条带状构造,由富黑云母的深色带和富钠长石的浅色带相间组成,有时还夹长石石英伟晶岩和不规则空洞组成的条带。这种纹层状条带,大致平行于岩体和围岩的接触面,有时卷曲,呈“涡流状”(如阳山南坡)成分环带,往往以岩体中发育的晶洞为核心分布,从伟晶状长石石英充填晶洞向外,依次由富钠长石花岗岩带变为富黑云母花岗岩带变为主体黑云母花岗岩。有时,晶洞不发育,在富钠长石花岗岩上环绕富黑云母花岗岩并过渡为

* 国家自然科学基金资助项目。

本文 1992 年 4 月收到,范若芬编辑。

主体花岗岩。因此,成分环带和成分环带的变化规律相仿,只是前者相对简单,后者呈韵律式变化。岩石薄片研究表明,各成分带具典型的火成结构和流动构造。此外,在岩体边部,还有规模较大的富钠长石花岗岩与富黑云母花岗岩的分带现象(如横山)。对主体花岗岩及不同成分带的岩石化学、地球化学成分分析表明(见表),富黑云母花岗岩富 Fe、Mg、Ca、Mn、REE 等元素,而富钠长石花岗岩富 Si、Na, 贫 REE 元素。上述成分分带特点,用结晶分异作用、同化混染作用是难以解释的。

成因讨论

苏州花岗岩中带状(环带状)构造,是岩浆液态不混溶作用的产物,是双扩散对流作用的体现,依据如下:

1. 王联魁等^[2]在研究南岭花岗岩时,也曾发现了与上述情形类似的花岗岩构造,认为这是液态不混溶作用的产物,并成功地以诸广山黑云母花岗岩为初始物做了模拟实验。实验条件包括温度(840℃)、压力(1kbar)、初始物质成分(见表),与苏州花岗岩的成因条件及全岩物质成分十分接近;实验产物——不同相之间化学成分和微量元素的分配趋势亦与苏州花岗岩中不同成分带之间的成分变化相一致。因此,苏州花岗岩中成分环带、成分条带和较大规模的分带,对应于模拟实验过程中出现的从乳滴→微球粒→球粒→条带的变化;是岩浆液态不混溶作用规模逐渐发展的结果。

2. 岩浆液态不混溶作用,是指高温时稳定的溶体,在低温时不稳定分离为两个熔体相的现象,其化学过程已较为清楚,但其物理过程,特别是具体地质实例尚未深入涉及。近 10 多年来,流体动力学家和地质学家用 Na₂CO₃、NaCl 等盐溶液和蔗糖溶液等进行了一系列双扩散对流作用的理论推导和模拟实验^[3, 4, 5, 6],并用于解释层状岩

全岩化学成分分析表

	1	2	3	4
SiO ₂	73.54	76.12	70.86	72.29
TiO ₂	0.21	0.08	0.35	0.20
Al ₂ O ₃	12.95	12.13	13.22	12.72
Fe ₂ O ₃	0.56	0.25	0.78	0.58
FeO	1.85	1.65	3.20	2.32
MnO	0.06	0.05	0.11	0.07
MgO	0.25	0.05	0.11	0.57
CaO	0.81	0.46	0.76	1.81
Na ₂ O	3.70	4.23	3.86	3.07
K ₂ O	4.80	3.87	4.93	5.30
P ₂ O ₅	0.04	0.02	0.02	0.03
挥发分	0.22	0.18	0.24	0.31
H ₂ O ⁺	0.58	0.35	0.74	0.62
总和	99.57	99.44	99.18	99.89
REE	360.36	395.78	672.79	

1~3 据江苏省地矿局,苏州西部地区多金属成矿规律及隐伏矿床预测研究,1990。1—主侵入期花岗岩;2—富钠长石花岗岩;3—富黑云母花岗岩;4—诸广山燕山黑

云母花岗岩^[2]

浆房的形成。在水平板间进行的实验表明,当上部溶质密度较小,温度较低,且垂向温度梯度足以使膨胀后的流体克服流体粘性时,就可扩散成层,并发生对流(见图);

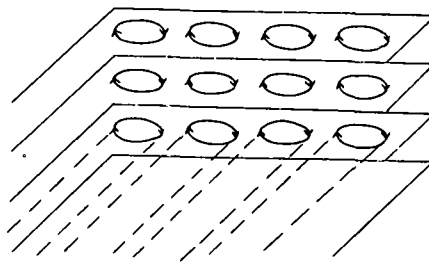


图 水平板间的扩散成层示意图

初始均一的盐溶液,由于侧壁冷却、结晶,也导致类似的扩散成层现象^[4]。但是,并非所有的花岗岩都发育带状构造,在苏州花岗岩及南岭地区的一些花岗岩中,也仅发育于边部和顶部。这一事实说明,双扩散对流作用的驱动是有条件的。流体动力学家在研究了流体动力学方程的线性稳定性后,认为流体的 Prandtl 数(P_r) $\gg 1$,热—溶质扩散比(τ) $\ll 1$,热瑞利数(R_T)和溶质瑞利数(R_s)差

值, $R_T - R_s \approx 10^3 \sim 10^4$ 时, 流体失稳发生双扩散对流。扩散层的厚度更是与温度梯度 (ΔT) 密切相关, 呈正比关系。理论推导和模拟实验启示我们, 对于初始成分均一的定位岩浆房, 热扩散是导制双扩散对流作用的基本原因, 定位岩浆房的边部和顶部, 与冷的围岩相接触, 是热扩散最快的部位, 温度梯度最容易建立并超过临界值, 从而发生双扩散对流。但并非所有与围岩接触处都能发生双扩散对流, 较大温度梯度的建立, 需要围岩具有较高的热导率。苏南地区古生代—中生代地层中不同岩石类型的热导率测定表明^[7], 含水砂岩的热导率 ($3.737 \text{ W/m} \cdot \text{K}$) 明显比碳酸盐岩 ($2.640 \sim 3.360 \text{ W/m} \cdot \text{K}$) 和火山岩 ($2.207 \text{ W/m} \cdot \text{K}$) 高。因此, 当苏州花岗岩侵位于地壳中深部 (结晶压力为 2.5 kbar), 与含水岩系五通组 (D) 石英砂岩和堰桥组 (P_1) 长石石英砂岩、粉砂岩接触时, 发育带状构造或较大规模的成分分

带; 而与其他岩石类型的围岩 (如北侧碳酸盐岩) 接触时呈块状构造。

工作中得到周新民教授、王汝成博士帮助, 作者深表谢意。

参考文献

- [1] 张兴隆等, 岩石学报, 1987, 第 2 期, 第 1~15 页。
- [2] 王联魁等, 中国科学, B 辑, 1987, 第 1 期, 第 79~85 页。
- [3] 鲍征宇, 地质科技情报, 1989, 第 4 期, 第 35~41 页。
- [4] Thompson, M. E. & Szekely, J., J. Fluid Mech., 187(1988), 409~433.
- [5] Huppert, H. E. & Sparks, R. S. J., Ann. Rev. Earth Planet. Sci., 12(1984), 11~37.
- [6] Turner, J. S. & Campbell, I. H., Earth-Sci. Rev., 23(1986), 255~352.
- [7] 王良书、施央申, 《油气盆地地热研究》, 南京大学出版社, 1989 年。

The Genesis of the Banded Structure in Granite, Suzhou

Xu Xisheng

Banded structure, somewhat like those appeared in striped migmatite, was found to develop at the top and the boundary of the Suzhou granitic mass. A combination of detail geological field survey, lithogeochemical study and related experimental data comparison demonstrates that the banded structure is a product due to the magma immiscibility and manifests itself as a marker showing the double diffusive convection of the granitic magma.

(上接第 6 页)

On Material Prerequisites for the Metallogenesis of the Xiaoqinling Gold Ore Belt, Henan Province

Shao Shicai He Shaoxun

Through a systematic study on the primary rock formation of the Archean ore-hosted wallrock (Taihua Group) of the Xiaoqinling gold ore belt, the ore-forming environment and the evaluation of the gold ore potentiality of the Taihua Group and Yenshanian granite, it is believed that the gold and other ore-forming elements are originated from the Taihua Group and the Yenshanian granite only plays a role of superimposed hydrothermalism and reworking. It has been also shown from the features of the ore controlling (ore-hosted) fractures and geochemical characteristics of the deposits that the Xiaoqinling gold deposit occurred in secondary ductile-brittle shear zone belongs to metamorphic-hydrothermal type. A metallogenic pattern for the deposit is suggested in this paper.