

花岗岩暗色微粒包体中的水及其在包体研究中的意义*

彭卓伦, 陈国能, Rodney Grapes
(中山大学地球科学系, 广东 广州 510275)

摘要: 通过对广东萝岗等岩体的非均一暗色微粒包体的不同部位进行热重-红外三维分析, 发现从包体边缘到中心水的含量逐渐递减, 亦即包体边缘的挥发份流体多于中心部位, 从一个侧面反映了包体在形成过程中内部温度的差异, 由此解释了包体内部出现环带状构造的原因, 并据此初步探讨了暗色微粒包体形成温度区间为715-850 °C之间。

关键词: 花岗岩; 暗色微粒包体; 非均一性; 含水量

中图分类号: P581 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2008) 01-0118-03

暗色微粒包体(MME)是花岗岩的组成部分, 因而一直被视为探讨花岗岩成因的重要窗口^[1-9]。在对华南众多花岗岩包体的野外调查发现, 暗色包体可分为“均一”和“非均一”两类^[10]。“均一”包体主要为黑云母集合体, 常见于岩基的内部, 直径多在1~几cm之间; 非均一包体个体体积一般较大, 直径从几cm到上百cm不等, 内部物相差异显著, 常发育清晰的基性边^[10]。非均一暗色包体从中心到边缘在岩石结构、矿物组合以及岩石化学、稀土元素等均呈规律性变化^[10]。Sawyer^[11]研究认为, 包体矿物组合的变化, 可视为岩石部分熔融的证据。作者对华南多个岩体暗色包体的系统研究, 也发现花岗岩中的暗色微粒包体, 主要是岩块部分熔融后的富铁镁残余物。

包体内部的常量元素、稀土元素等的规律性变化^[10], 指示作为包体的岩块在熔融过程中发生元素迁移, 而促使元素迁移的一个必不可少的因素, 就是熔渣(包体)内部挥发性流体(如H₂O、CO₂等)的存在。暗色微粒包体中有大量的含水矿物(如黑云母、角闪石等), 此外还有矿物包裹体中的水以及矿物粒间水等。这些均为熔渣固结成岩时的固结水, 在一定程度上应可反映包体形成时其内部的流体分布。因此, 研究暗色微粒包体中水的相对含量与分布状况, 有助于了解和追踪水在岩石熔融过程中的行为及其对元素迁移的影响, 目前这方面的研究尚未见有文献报道。

1 实验部分

1.1 样品 天然露头或采石场中所见的暗色微粒包体, 一般都是包体某个部位的切面, 难以据此判

别包体的完整形态以及切面的所在位置, 而且采样甚为困难。本次研究在广州萝岗岩体中获得了一个完整的包体(图1a)。包体外形呈蚌状, 长、短轴直径分别为30和16cm, 且具一波状起伏的薄边, 显示包体有可能(至少在一段时间内)呈塑性状态存在于岩浆中。

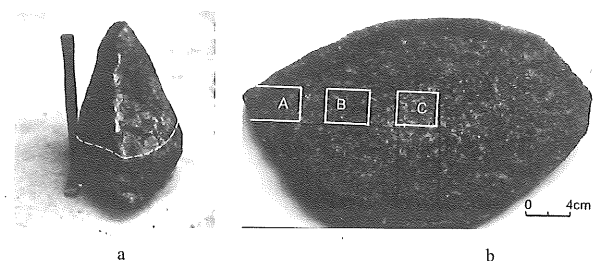


图1 (a) 广州萝岗岩体中的形态完整的暗色包体, 虚线示切割部位; (b) 示包体内部的环带状构造及取样位置(A, B, C分别代表样品Lg-A, B, C)

Fig. 1 (a) The shape of a mafic microgranular enclave of Luogang granite body in Guangzhou with the dashed line as the cutting position (b) The zoned interior structure of the enclave with A, B and C as the sampling positions

沿图1a中的虚线将包体切开, 可以看到包体内部具有明显的环带状构造, 即自中心向边缘, 包体岩石结构、矿物组合等均有显著差异: 边缘部分矿物颗粒较细, 颜色较深(称为基性边或暗色边), 向内长石含量增多, 矿物颗粒增大。为研究包体内部的物相变化, 分别在包体的基性边(A)、过渡区(B)和中心区(C)进行采样(图1b)。

* 收稿日期: 2007-03-16

基金项目: 中山大学实验教学研究与改革项目, 教育部高等院校博士点基金资助项目(20030558005)

作者简介: 彭卓伦(1970年生), 女, 博士; E-mail: eespzl@mail.sysu.edu.cn

图 2 是上述 3 个样品的显微照片, 从中可见, 包体边缘 (Lg-A) 的暗色矿物主要为黑云母, 中心部位 (Lg-C) 主要为角闪石, 而过渡区 (Lg-B) 的暗色矿物既有黑云母, 也有角闪石, 显示从包体的中心向外, 暗色矿物含量有黑云母逐渐增多, 角闪石逐渐减少的变化趋势。事实上, 绝大部分非均一包体的暗色矿物组成均有上述变化趋势^[10]。

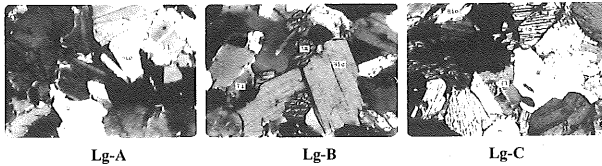


图 2 Lg 包体从边缘 A 到中心 C 的显微照片

Fig. 2 Microscope photos of the enclave from rim to core

1.2 TGIR 测试 为研究暗色包体的含水量变化, 将上述三个样品用玛瑙碾钵研成 200 目后进行热重红外测试。测试使用的实验仪器为德国 Netzsch/Bruker 公司的 TG-209 / Vector™-22 热重-红外光谱联用仪 (TGIR), 测定粉末样品在程序控制温度下分解过程中所生成气体产物的成份。试验样品称取 25 mg 以 N₂ 为载气, 流量为 20 mL/min, 升温速率为 10 K/min, 热解终温为 1000 °C。

2 结果与讨论

2.1 暗色微粒包体中的水, 样品从开始加热缓慢升到热解终温, 三个样品的热重红外三维分析均在 3 200 ~ 3800 cm⁻¹、1 400 ~ 1 700 cm⁻¹ 之间出现较强的吸收峰, 与水的标准红外谱图一致^[12], 明显为水分子的伸缩振动峰和弯曲振动峰 (图 3); 2 360 ~ 2 350 cm⁻¹ 附近出现弱的吸收峰应为 CO₂ 引起, 表明包体加热分解过程中产生的气体, 成分是以 H₂O 为主, 少量 CO₂。

从图 3 可见, 不论是包体边缘、过渡区还是中心, 挥发份流体中的水量均随着温度升高而不断增加。这一现象应与温度升高导致含水矿物 (如黑云母和角闪石) 的分解有关, 从另一侧面反映了熔渣 (包体) 固结时内部含水量的变化特征。

在对上述来自包体不同部位的三个样品的 (Lg-A, Lg-B, Lg-C) 进行热重-红外三维分析的基础上, 取 800 °C 对上述 3 个样品的红外光谱进行半定量比较, 可以看到水的特征吸收峰均在 3 250 cm⁻¹ 附近, 吸收强度从中心 (Lg-C) 到边缘 (Lg-A) 逐渐增加 (图 4)。再取 950 °C 以及 1000 °C (热解终温), 同一包体从边缘向中心含水量变化, 与 800 °C 处的变化趋势一致。

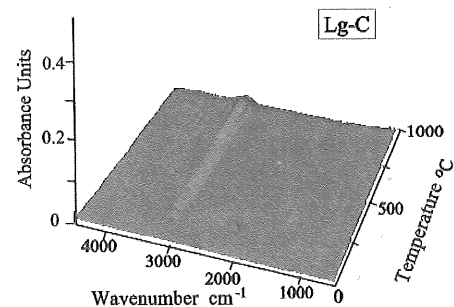
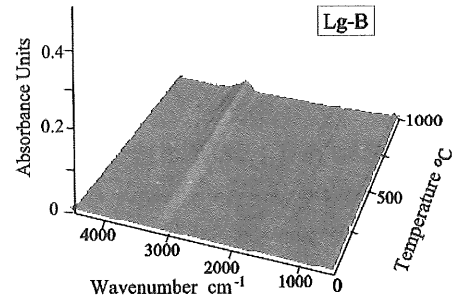
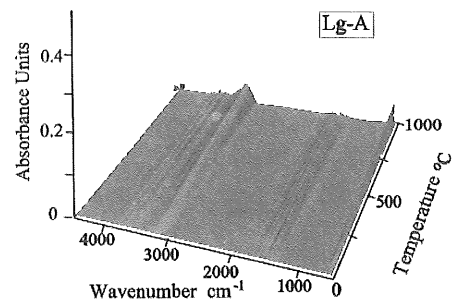


图 3 暗色微粒包体不同部位热重-红外三维分析图

Fig. 3 Three dimension analysis diagram of TGIR in different part of the MME

由于红外光谱吸收的强度与物质的量成正比^[12], 故在同一温度下, 包体水量从中心到边缘逐渐增加的现象, 应表明包体形成时, 其边缘部位的流体含量比中心部位多, 这与含水矿物黑云母的含量, 从包体中心向边缘逐渐增加的趋势 (图 2) 是一致的, 显示水是从包体中心向外迁移。

2.2 水在包体成因研究中的意义 水的活动迁移带动元素的活化。Hofmann^[13]曾经指出, 水与钾在硅质熔体中以相似的速率扩散迁移。在 Robertson and Wyllie (1971) 的花岗闪长岩-H₂O 体系 $p = 0.2 \text{ GPa}$ 下的相变关系图中, 该体系 a-b-c-d 一圆滑线右侧为 H₂O 过饱和区, 左侧为 H₂O 不饱和区。在 H₂O 过饱和区, 温度上升至 705 °C 时开始出现熔体, 温度进一步上升时钾长石消失, 约 735 °C 时石英消失。随着温度进一步上升, 黑云母、斜长石也先后消失, 最后约 960 °C 时少量角闪石消失, 熔体完全变成花岗闪长质^[14]。从该体系尚可知道, 不管体系含水量多少, 黑云母消失的温度区间大约为 850 - 900 °C。

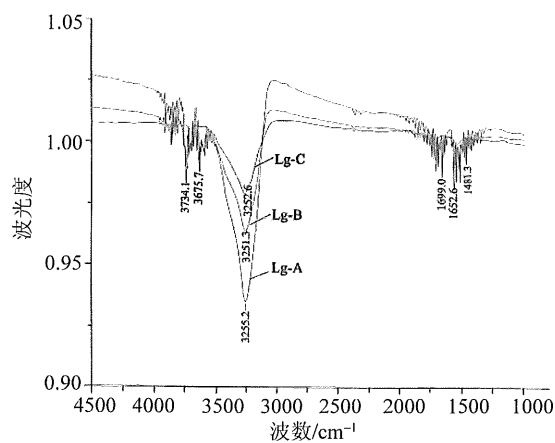


图 4 暗色包体 Lg 样品在 800 °C 时挥发份的红外光谱图

Fig. 4 IR spectrogram of the volatile in the MME (Lg samples) at 800 °C

在包体熔解实验中其残留的矿物晶体呈部分熔融结构^[9], 作者分析测试的数十个来自不同岩体的非均一包体样品中, 镜下普遍见黑云母残晶^[10], 表明包体内部的温度尚未达到黑云母消失的条件, 故为含水环境, 即包体内部的温度应低于黑云母消失的温度。在包体边缘, 流体的相对富集及温度环境有利于黑云母的形成, 因而产生富黑云母的暗色基性边。由于暗色微粒包体钾长石含量极少, 故可认为包体所处的岩浆体系的温度介于 715 ~ 850 °C 之间。

参考文献:

- [1] DIDIER J. Granites and their enclaves [M]. Amsterdam, London, New York: Elsevier Scientific Publishers, 1973.
 [2] DIDIER J. Contribution of enclaves studies to the understanding of origin and evolution of granitic magmas [J]. Geologische Rundschau, 1987, 76(1): 41 - 50.
 [3] DIDIER J, BARBARIN B. Enclaves and granite petrology [M]. New York: Elsevier Science Publishers, 1991.

- [4] BARBARIN B, DIDIER J. Genesis and evolution of mafic microgranular enclaves through various types of interaction between coexisting felsic and mafic magmas [J]. Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences, 1992, 83(1), 145 - 153.
 [5] CHEN G N, GRAPES R H. In-situ melting model for granite formation: evidence from SE China [J]. International Geology Review, 2003, 45(3): 611 - 622.
 [6] CHEN G N, GRAPES R H. In-situ melting: granite genesis and crustal evolution [M]. The Netherlands Springer, 2007.
 [7] SILVA M M V G, NEIVA A M R, WHITEHOUSE M J. Geochemistry of enclaves and host granites from the Nelas area, central Portugal [J]. Lithos, 2000, 50(1): 153 - 170.
 [8] YANG J H, WU F Y, CHUNG S L. Multiple sources for the origin of granites: Geochemical and Nd/Sr isotopic evidence from the Gudaoling granite and its mafic enclaves, northeast China [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2004, 68(1): 4469 - 4483.
 [9] GARCIA-MORENO O, CASTRO A, CORRETGE L G. Dissolution of tonalitic enclaves in ascending hydrous granitic magmas: An experimental study [J]. Lithos, 2006, 89(3): 245 - 258.
 [10] 彭卓伦. 花岗岩中的非均一暗色微粒包体及其成因研究 [D]. 广州: 中山大学, 2006.
 [11] SAWYER E W. Criteria for the recognition for partial melting [J]. Phys Chem Earth, 1999, 24(2): 269 - 279.
 [12] 董庆年. 红外光谱法 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1979.
 [13] HOFMANN A W. Diffusion in natural silicate melts: a critical review [C] // HARGRAVES R B, ed. Physics of Magmatic Processes. USA: Princeton University Press, 1980: 385 - 418.
 [14] 卢良兆, 林强, 刘招君. 成因岩石学 [M]. 长春: 吉林大学出版社, 2004.

Water in Mafic Microgranular Enclave of Granite and its Significance for Researches of Enclave Genesis

PENG Zhuo-lun, CHEN Guo-neng, GRAPES Rodney

(Department of Earth Science, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: TGIR analysis on the inhomogeneous mafic microgranular enclave (MME) from Luogang granite body in Guangdong indicates that water content of the MME decreases from its core to rim, indicating the volatile fluid at rim more than that at the core, and suggesting temperature difference between center and edge during formation of MME. The authors consider that formation of the zonal structure of MME is related to distribution of water within the MME and the formation temperature of enclaves is likely between 715 ~ 850 °C.

Key words: granite; mafic microgranular enclave (MME); inhomogeneity; water content