

石榴子石的矿物化学研究

郑坤, 孟宝航, 银雪琴

成都理工大学地球科学学院, 成都, 610059

石榴子石族矿物常见的主要为以下两个系列, 钙铁榴石系列(钙铝榴石、钙铁榴石、钙铬榴石)和铁铝榴石系列(镁铝榴石、铁铝榴石、锰铝榴石), 自然界中纯端员组分的石榴子石很少见, 一般为含多个端员的固溶体。石榴子石主要可分为三种成因类型, 分别为变质成因石榴子石、岩浆成因石榴子石及转熔成因石榴子石。

1 变质石榴石矿物化学特征及意义

变质成因的石榴子石常出现在各种中—高级变质岩中 (Spear, 1984; Enami, 1998; Carswell, 2000), 变质成因石榴石多为铝系列石榴石, 钙质系列石榴石出现在矽卡岩中。其矿物化学特征可以用来判断变质岩的 $P-T$ 变化, 进变质过程常见成分带为, 核部富锰铝榴石, 边部富铁铝榴石 (Spear, 1993)。石榴石中 Mn 含量随温度的升高而降低, 而 Mg 含量随温度的升高而升高, Ca 含量则随压力的升高而升高 (Spear, 1984; Enami, 1998; Carswell, 2000)。石榴石化学分布与共存矿物集合体中的其他矿物的矿物化学相联合, 可计算变质 $P-T$ 轨迹 (Spear, 1984)。后来的研究更建立了多种含石榴石的矿物温压力计, 对变质过程的 $P-T$ 定量计算。

石榴子石一般为 HREE 富集的左倾斜型的配分模式。但赵斌等对中国很多矽卡岩矿床研究发现矽卡岩型矿床中石榴子石多为 LREE 富集的右倾斜型。Hickmott 及其合作者最早对石榴石的微量元素环带进行研究。研究结果显示, 石榴石的微量元素环带可以指示主要矿物组合的变化, $P-T$ 演化历史 (Hickmott and Spear, 1992)。微量元素通常也呈现环带状分布, 从核部到边部, 重稀土 (HREE) 和 Y 在石榴石中的富集程度逐渐降低 (Otamendi et al., 2002)。

2 岩浆石榴石矿物化学特征及意义

岩浆成因石榴石多为铁铝榴石-锰铝榴石系列或锰铝榴石-铁铝榴石系列石榴子石, 主要出现在伟晶岩、细晶岩 (Manning, 1983; Whitworth, 1994), 及少量过铝质花岗岩中, 在一些中酸性火山岩中也曾有发现 (Fitton J G, 1972; Harangi, 2001)。伟晶岩、细晶岩中, 石榴子石 Mn 含量很高, 有时可达 80% 以上 (Manning, 1983; Whitworth, 1994)。高钙含量的石榴石在低压下是不稳定的, 中酸性火山岩中发现石榴石是很少见, 它的出现表明岩浆相对快速的上升速度 (Fitton J G, 1972; Harangi, 2001)。

早期研究认为花岗岩中出现石榴子石是由于岩浆富 Mn, 但后面的研究也发现一些石榴子石花岗岩 MnO 含量并不高, 石榴石并不富锰 (Hall, 1965)。Green (1977) 认为岩浆富 Mn 有利于石榴石在低压条件下稳定。du Bray (1988) 则认为, 过铝质花岗岩中更容易形成石榴石, 岩浆过铝才是石榴石形成的首要条件。Miller 等 (1981) 认为, 富 Mn 岩浆更适合石榴石的稳定存在, 大部分花岗岩类岩石中石榴子石从富锰岩浆中结晶形成, 贫锰石榴子石少见, 代表岩浆世代或者结晶的不寻常条件。

花岗岩中岩浆石榴石的矿物化学特征对于岩石成因方面研究有重要意义。岩浆石榴石与原生岩浆白云母的出现, 表明其高度分馏的特征 (Jahn et al., 2001)。石榴石的 Ca 含量对压力比较敏感, 能反映岩浆成因石榴石的形成压力, 压力越高 Ca 含量越高 (Green, 1977)。

3 转熔石榴石矿物化学特征及意义

转熔成因石榴石是介于岩浆成因与变质成因之间的石榴石。其形成过程为, 变质围岩由于岩浆侵入导致变质围岩发生部分熔融, 变质围岩中黑云

收稿日期: 2015-03-01; 改回日期: 2015-03-01; 责任编辑: 黄敏。

作者简介: 郑坤, 男, 1989 年生, 硕士, 矿物学、岩石学、矿床学。Email: 815942923@qq.com。

母等矿物与岩浆发生反应, 转熔形成石榴子石。其成分特征往往介于侵入岩浆直接岩浆结晶形成的石榴石与变质围岩中变质形成的石榴子石之间 (Villars et al., 2009; Lakey, 2011)。

参 考 文 献 / References

- Carswell D A, Wilson R N and Zhai M G. 2000. Metamorphic evolution, mineral chemistry and thermobarometry of schists and orthogneisses hosting ultra-high pressure eclogites in the Dabieshan of central China. *Lithos*, 52: 121~155.
- Enami M. 1998. Pressure-temperature path of Sanbagawa prograde metamorphism deduced from grossular zoning of garnet. *Journal of Metamorphic Geology*, 16: 97~106.
- Fitton J G. 1972. The genetic significance of almandine-pyrope phenocrysts in calc-alkaline Borrowdale Volcanic Group, Northern England. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 36:231~248.
- Green T H. 1977. Garnet in silicic liquids and its possible use as a P-T indicator. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 65:59~67.
- Harangi S, Downes H, Kósa L. 2001. Almandine Garnet in Calc-alkaline Volcanic Rocks of the Northern Pannonian Basin (Eastern-Central Europe): Geochemistry, Petrogenesis and Geodynamic Implications. *Journal of Petrology*, 42(10):1813~1843.
- Hickmott D D and Spear F S. 1992. Major- and trace-element zoning in garnets from calciferous pelites in the NW Shelburne Falls Quadrangle, Massachusetts: Garnet growth histories in Retrograded rocks. *Journal of Petrology*, 33 : 965~1005.
- Jahn B M, Wu F Y, Capdevila R, Fourcade S, Wang Y X, Zhao Z H. 2001. Highly evolved juvenile granites with tetrad REE patterns: the Woduhe and Baerzhe granites from the Great Xing'an (Khangai) Mountains in NE China. *Lithos* 59:171~198.
- Lackey J S, Erdmann S, Hark J S. 2011. Tracing garnet origins in granitoid rocks by oxygen isotope analysis: Examples from the South Mountain batholith, Nova Scotia. *The Canadian Mineralogist*, 49: 417~739
- Manning D A C. 1983. Chemical variation in garnets from aplites and pegmatites, peninsular Thailand. *Mineralogical Magazine*, 47 : 353~358.
- Miller C F and Stoddard E F. 1981. The Role of Manganese in the Paragenesis of Magmatic Garnet: An Example from the Old Woman-Piute Range, California. *The Journal of Geology*, 89: 233~246.
- Otamendi J E, delaRosa J D, Patiño Douce A E and Castro A. 2002. Rayleigh fractionation of heavy rare earths and yttrium during metamorphic garnet growth. *Geology*, 30: 159~162.
- Spear F S and Selverstone J. 1983. Quantitative P-T paths from zoned minerals: Theory and tectonic applications. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 83: 348~357.
- Spear F S, Selverstone J, Hickmott D, Crowley P and Hodges K V. 1984. P-T paths from garnet zoning: A new technique for deciphering tectonic processes in crystalline terranes. *Geology*, 12 : 87~90.