

岩浆储运系统的地质温压计测算及在峨眉大火成岩省的初步应用^{*}

陶 琰, 朱飞霖, 于宋月, 马言胜

(中国科学院地球化学研究所矿床地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550002)

岩浆从形成到喷发地表或形成岩体, 在这一过程中岩浆经历了什么样的变化, 是怎样运移的, 受到那些因素的影响和制约, 等等, 是人们对岩浆活动感知中一个相对薄弱的方面。这一过程涉及到岩石学、矿床学、火山活动、火山灾害等一系列学科领域中至关重要的环节。其中, 一个重要的方面是岩浆储运系统, 在喷发前岩浆是怎样储存以及是如何到达地表的。

一般岩浆储运系统的基本模型被描述为: 岩浆通过底劈、孔隙渗透、及岩浆劈裂的方式向上运动, 形成一个由各级岩浆储集库和岩浆通道构成的一个储运系统 (Cox, 1993)。目前从岩石地球化学方面对储运系统研究的方法主要采用 Putirka (1996) 的斑晶辉石-熔体温压计、查定各级岩浆储集库深度和温度。运用此方法对夏威夷群岛、大西洋 Canary 群岛、加利福尼亚 Coso 等火山岩、等开展的岩浆储运系统的研究, 取得了非常好的研究成果, 对岩浆的深部过程及岩浆系统获得了认识上的重大进展。

Putirka (1997) 利用 Putirka (1996) 的辉石-熔体温压计、对夏威夷群岛 (Hawaii) 的 Kilauea, Loihi 及 Mauna Kea 三个火山岛岩浆储运深度进行了系统测算研究, 展示了夏威夷火山活动深部过程的时空图景: 岩浆通道及储集库的深度变化从 15~40 km, 表明岩浆储集在一个深度范围内、包括地幔、而不是岩石圈之内一个单一的深度层面上; Kilauea 来自于相对较浅的储集库、而 Loihi 和 Mauna Kea 的岩浆储集库相对比较深; 将 Kilauea 岩浆储运深度与喷发序列联系起来, 展现出岩浆通道系统从顶到底的清空过程。Klugel 等 (2005) 和 Galipp 等 (2006) 利用 Putirka (1996) 的斑晶辉石-熔体温压计 (辅以斑晶辉石、橄榄石流体包裹体压力测算) 对 La Palma 火山岛 (大西洋 Canary 群岛) 玄武质熔岩进行了系统的压力测算, 恢复了岩浆储集库、岩浆上升及岛屿的形成过程, 研究表明有长期和短期的两类岩浆储集库, 分别位于 15~26 km 和 7~14 km 深度上; 揭示了 Taburiente 和 Vieja 火山的岩浆不是来源于同一个岩浆储集库, 它们有各自的岩浆储运系统。Mordick 等 (2006) 利用 Putirka 等 (1996) 辉石-熔体温压计系统测算了 Coso 和 Big Pine 两个火山岩区 (第四纪火山、相距约 60 km, 位于美国加利福尼亚中东部) 玄武岩中斑晶辉石的结晶深度, 论证了 2 个设想: Big Pine 火山岩区缺少伴生流纹岩的含有地幔捕虏体的玄武岩结晶于较大的深度, Coso 火山岩区伴生丰富的流纹岩的玄武岩结晶于较浅的深度; Coso 玄武岩岩浆储集在比 Coso 流纹岩岩浆更大的深度。其他一些研究还有如 Schwarz 等 (2004) 运用 Putirka 等 (1996) 辉石-熔体温压计对大西洋北东相距约 30 km 的由同一地幔热点形成的 Madeira 火山岛 和 Desertas 火山岛链 (3 个火山岛) 的研究, 认为结晶分异发生在大于 15 km 深度的地幔中多个层位上, 并在喷发之前在地壳中临时性滞留, 两个近邻的火山系统岩浆在地壳中滞留的深度明显不同, 表明浅部岩浆储集库不是共同的。

近年来, 对峨眉山大火成岩省的有关研究初步揭示了地幔柱岩浆的底侵及其效应。研究表明峨眉山大火成岩省存在岩浆底垫及内侵并造成长英质岩浆活动并对新生地壳的增长具有重要意义 (Shellnutt et al., 2007; Xu et al., 2008; Zhong et al., 2009), 地震波层析成像揭示峨眉山大火成岩省地震层序剖面存在高

^{*}基金项目: 国家自然科学基金项目 (40973039, 40773033), 中国科学院重要方向项目 (KZCX2-YW-111) 资助

速附加层(刘建华等, 2000), 热力学计算及矿物组合的地震波动参数拟合研究认为是由来自地幔柱岩浆在此结晶分异形成的堆晶层(Zhu et al., 2003)。

我们利用Putirka (1996) 的辉石-熔体温压计, 初步开展了峨眉山大火成岩省玄武岩浆储运系统的地质温压计测算, 测算结果表明, 金宝山岩体辉石结晶深度在40Km左右, 力马河岩体辉石结晶深度在35~40 km, 宾川苦杆岩辉石结晶深度主要40~50 km。峨眉山大火成岩省大部分辉斑玄武岩辉石的结晶深度主要10~20 km。根据这些测算结果认为:

① 苦杆岩可能直接来源于较深的岩浆储集库, 其辉石结晶深度指示岩浆储集库在壳幔边界, 一般, 苦杆岩中橄榄石无Ni亏损, 说明尚未发生硫化物熔离。苦杆岩代表了可能有部分额外橄榄石加积的原始岩浆组成。

② 岩浆铜镍铂族元素矿床成矿岩体金宝山岩体、力马河岩体的辉石结晶深度在35~40 km, 表明其岩浆储集库在下地壳中, 指示这一阶段是成矿岩浆演化的重要时期, 硫化物熔离作用可能主要发生在下地壳。对金宝山铂钯矿成因及成矿机制研究表明, 成矿岩浆经历了深部岩浆演化, 橄榄石、部分铬铁矿为深部结晶分异产物、硫化物也为深部熔离所形成, 成矿岩浆为深部演化形成的含矿晶粥, 同位素组成显示下地壳混染, 在矿石中发现有大量中元古代锆石、可能为下地壳来源。

③ 辉斑玄武岩辉石的结晶深度10~20 km, 指示在上地壳中的岩浆储集库, 而且, 岩浆可能在更深部(壳幔边界及下地壳) 经历过结晶分异, 已有研究表明, 大部分玄武岩与深成岩体有互补关系, 这些玄武岩只是原始岩浆深部分异演化后到达地表的剩余熔体部分。

参考文献

- 刘建华, 刘福田, 何建坤, 陈辉, 游庆瑜. 2000. 攀西古裂谷的地震成像研究——壳幔构造特征及其演化推断[J]. 中国科学(D辑), 30(增刊):9-15.
- Cox K G. 1993. Continental magmatic underplating[A]. In: Cox K G, McKenzie D, White R S, eds. Melting and melt movement in the Earth[M]. Oxford: Oxford University Press. 155-166.
- Galipp K, Klügel A and Hansteen T H. 2006. Changing depths of magma fractionation and stagnation during the evolution of an oceanic island volcano: La Palma (Canary Islands)[J]. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 155: 285-306.
- Klügel A, Hansteen TH and Galipp K. 2005. Magma storage and underplating beneath Cumbre Vieja volcano, La Palma (Canary Islands)[J]. Earth Planet. Sci. Lett., 236: 211-226.
- Mordick B E and Glazner A F. 2006. Clinopyroxene thermobarometry of basalts from the Coso and Big Pine volcanic fields, California[J]. Contrib. Mineral Petrol., 152: 111-124.
- Putirka K, Johnson M, Kinzler R, Longhi J and Walker D. 1996. Thermobarometry of mafic igneous rocks based on clinopyroxene-liquid equilibria, 0~30 kbar[J]. Contrib. Mineral Petrol., 123:92-108.
- Putirka K. 1997. Magma transport at Hawaii: Inferences based on igneous thermobarometry[J]. Geology, 25(1):69-72.
- Schwarz S, Klügel A and Wohlgemuth-Ueberwasser C. 2004. Melt extraction pathways and stagnation depths beneath the Madeira and Desertas rift zones (NE Atlantic) inferred from barometric studies[J]. Contrib. Mineral Petrol., 147: 228-240.
- Shellnutt J G and Zhou M F. 2007. Permian peralkaline, peraluminous and metaluminous A-type granites in the Panxi district, SW China: Their relationship to the Emeishan mantle plume[J]. Chemical Geology, 243: 286-316.
- Xu Y G, Luo Z Y, Huang X L, et al. 2008. Zircon U-Pb and Hf isotope constraints on crustal melting associated with the Emeishan mantle plume[J]. Geochim. Cosmochim. Acta, 72(13): 3084-3104.
- Zhang Z C, Mahoney J J, Mao J W and Wang F S. 2006. Geochemistry of Picritic and Associated Basalt Flows of the western Emeishan Flood Basalt Province, China[J]. J. Petrology, 47: 1997-2019.
- Zhong H, Zhu W G, Hu R Z, Xie L W, He D F, Liu and Chu Z Y. 2009. Zircon U-Pb age and Sr-N-Hf isotope geochemistry of the Panzhihua A-type syenitic intrusion in the Emeishan large igneous province, southwest China and implications for growth of juvenile crust[J]. Lithos, doi:10.1016/j.lithos.2008.12.006.
- Zhu D, Luo T Y, Gao Z M and Zhu C M. 2003. Differentiation of the Emeishan flood basalts at the base and throughout the crust of southwest China[J]. International Geology Review, 45: 471-477.