



新闻动态

您现在的位置: 首页 > 新闻动态 > 学术前沿

■ 图片新闻

■ 头条新闻

■ 通知公告

■ 学术活动

■ 综合新闻

■ 科研动态

■ 研究亮点

■ 学术前沿

【前沿报道】Science、Nature Geoscience: 冰岛近莫霍面处岩浆存储千年及其快速运移至地表的研究

2020-01-02 | 【大 中 小】 【打印】 【关闭】

Mutch等人在矿物温压计研究的基础上, 利用贝叶斯反演扩散计时法, 深入研究了冰岛北部Borgarhraun火山喷发物中橄榄石和尖晶石晶体Cr-Al的扩散模式, 结果表明, 在Borgarhraun火山喷发前, 储存在莫霍面深度的岩浆已经滞留了数千年, 岩浆从24公里的莫霍面深度上升至地表, 大约需要10天。上述认识对开展活动火山的监测与灾害评价研究均具有重要意义。

来自莫霍面附近深度的岩浆注入与岩浆混合通常被认为是火山喷发的重要触发机制。然而, 由于上升的岩浆在中上地壳易于产生成分分异与演化(包括地壳混染和分离结晶等), 因此人们很难有效地研究来自莫霍面深度岩浆的上升、运移与演化过程, 这也是多年来国际火山学界一直困惑的科学难题, 并因此阻碍了有效开展火山喷发机制与监测、预测研究的进程。

剑桥大学的Mutch等研究人员, 针对上述科学问题, 从系统的岩相学研究出发, 结合贝叶斯反演扩散计时技术, 通过对冰岛北部大约一万年前的Borgarhraun火山(图1)喷出的、结晶于莫霍面附近的早期堆晶体中橄榄石和尖晶石的Cr-Al扩散特征研究, 有效避开了中上地壳对于火山喷出的岩浆及其斑晶成分的影响, 定量刻画了玄武质岩浆上升、运移以及穿过整个地壳等过程的精细特征, 从而成功地解决了上述科学难题。该研究成果近期在*Nature Geoscience*和*Science*刊物相继发表。

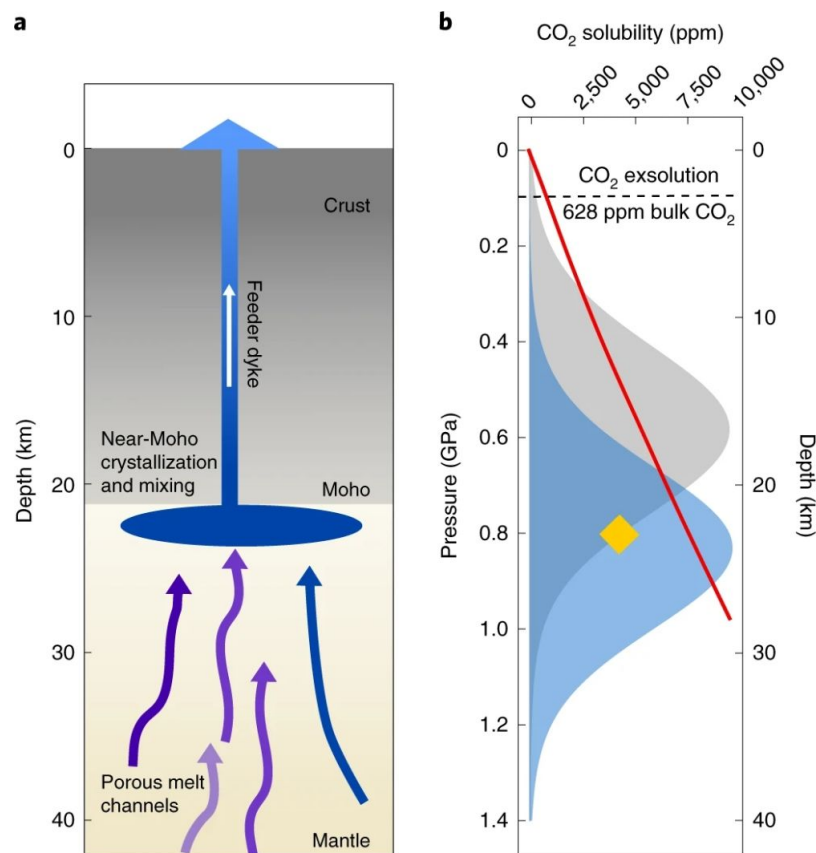


图1 Theistareykir火山近莫霍面处岩浆的结晶过程。a. Borgarhraun火山区的岩浆形成示意图。b. Borgarhraun火山区的岩浆深度估算结果。不同颜色的核密度估计(KDE)分布曲线指示了不同的单斜辉石-熔浆平衡压力计的估算结果; 蓝色KDE和灰色KDE分布区域分别对应两组不同压力计的估算结果; 黄色的菱形符号代表了OPAM压力计的估算结果; 红色实线表示CO₂溶解度曲线; 黑色虚线表示Borgarhraun岩浆中CO₂出溶的位置(Mutch et al., 2019a)

(1) 通过对橄榄石矿物的研究, 获得冰岛Borgarhraun火山岩浆的上升速度。首先根据橄榄石晶体中Al元素的特点, 将橄榄石划分为两组: 第一组称为Al-decoupled的橄榄石, 第二组称为growth-dominated橄榄石。第一组橄榄石晶体中X_{FeO}与Al呈现明显解耦关系, 指示其同时受晶体生长和扩散的控制; 第二组橄榄石晶体中X_{FeO}与Al出现明显的线性相关关系, 指示其主要受晶体生长的影响。在此基础上, 利用前人提出的FEniCS模式(Alnes et al., 2015), 建立了橄榄石中多元素(Fe-Mg、Ni、Mn)一维扩散有限元模型, 进一步结合嵌套抽样贝叶斯反演技术, 成功估算了在火山喷发过程中, 岩浆中的晶体从结晶直至上升到地表的时间。最后, 利用扩散模型获得岩浆上

升的时间尺度（图2），并结合矿物压力计的估算结果（~24 km），计算出冰岛Borgarhraun火山的岩浆上升速度为 $0.02\sim 0.1\text{ m s}^{-1}$ （Mutch et al. , 2019a）。

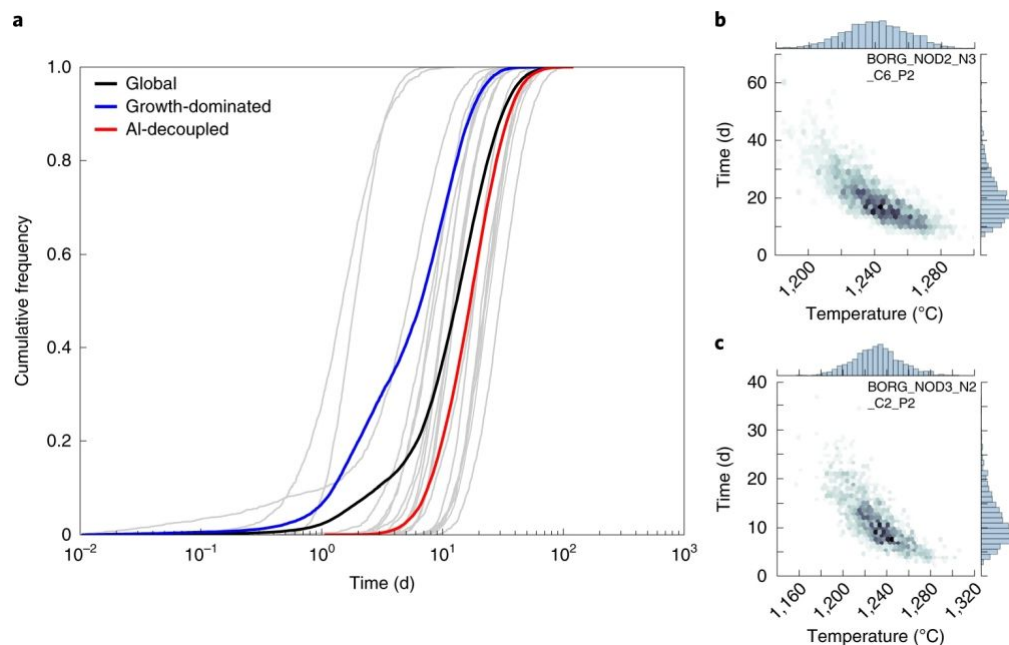


图2 Theistareykir火山岩浆运移的时间尺度。a. 累积频率分布图，图中曲线表示了利用贝叶斯反演估算的橄榄石晶体上升与运移的时间，灰线是单个橄榄石晶体模型的分布，全球平均数值（黑线）的中值时间为12.6天，growth-dominated晶体剖面（蓝线）的中值时间为7.2天，Al-decoupled晶体剖面（红线）的中值时间为16.4天。b, c. 温度-时间密度分布图，显示了文中所述的两个不同晶面的后验概率分布，在坐标轴上显示为蓝色直方图。考虑到扩散速率与温度之间的阿伦尼乌斯关系，温度与时间之间也存在着明显平衡的指数关系（Mutch et al. , 2019a）

（2）通过对尖晶石矿物的研究，获得火山喷发前岩浆的存储时间。在显微岩相学观察和矿物温压估算的基础上，作者提出，具环带结构的尖晶石矿物的边缘成分与晚期温度较低的晶粥体之间存在着平衡关系（其平衡温度为 $1215\text{ }^{\circ}\text{C}$ ），尖晶石晶体的核心成分（Cr#为0.4）与早期温度较高的晶粥体之间存在平衡关系。进而利用FEniCS模式，建立了尖晶石中Cr-Al交换的二维扩散模型，结合嵌套抽样贝叶斯反演技术，最终可以获得岩浆的存储时间尺度。作者通过对冰岛Borgarhraun火山喷发物中3个堆晶体的7件尖晶石矿物晶体（见图3中的7条灰线）的精细研究发现，该火山区岩浆存储时间的中值为1400年；超过90%的计算结果显示岩浆的存储时间在4100年以内。另外，Mg在斜长石平衡过程中的时间尺度提供了岩浆存储时间的最小值（~570年），这与该研究通过尖晶石模型获得的存储时间（见图3中的绿色区域）相吻合（Mutch et al. , 2019b）。因此，作者通过尖晶石中Cr和Al的扩散规律的研究，最终获得冰岛Borgarhraun火山的玄武质岩浆在壳幔边界储存了约数千年的结论。

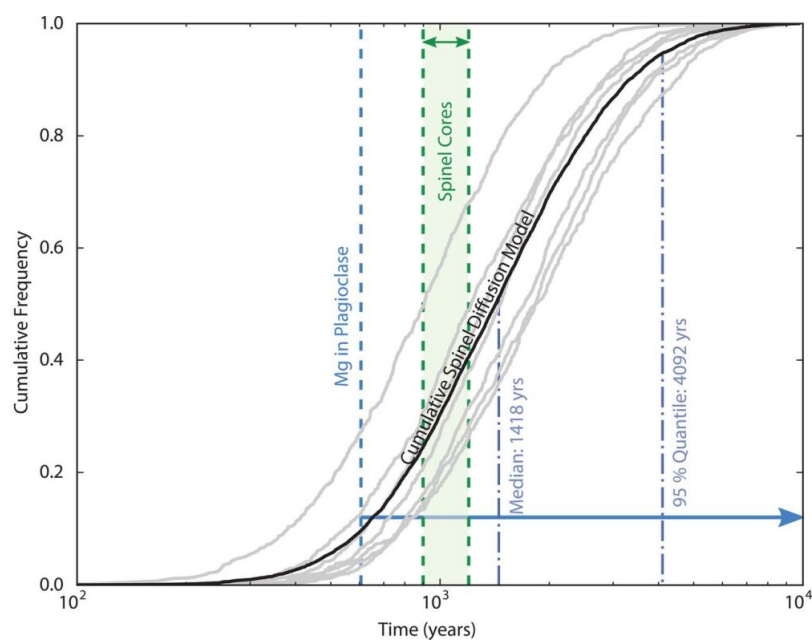


图3 岩浆在近莫霍面深度存储时间的估算结果。累积频率分布显示了贝叶斯反演估算的岩浆储集时间，灰线是利用单个尖晶石晶体的数据经过模拟计算获得的结果，黑线是利用模型计算获得的所有尖晶石晶体的累积频率分布曲线，蓝色虚线和蓝色箭头分别是利用斜长石中Mg的平衡模拟获得的岩浆存储时间的最小值及其变化范围，浅绿色区域是利用三维球面扩散模型获得的存储时间（Mutch et al. , 2019b）

本文开展的下地壳玄武质岩浆存储时间的估算，对于理解在不同构造背景下岩浆上升、穿过地壳运移的时间尺度具有重要意义，包括洋中脊和洋岛（如冰岛和夏威夷）以及下地壳由镁铁质、超镁铁质的岩浆作用主导的大陆弧（如巴基斯坦的Kohistan弧）等构造背景。目前岛弧下地壳中的岩浆储存时间还未有限制，因此该研究成果对于其它镁铁质岩浆系统在近莫霍面处存储时间的限定具有一定的指导意义。计算岩浆的存储时间也有助于我们理解和确定岩浆从源区运移至地表的机制。Mutch等人表示，相较于地下深处存在一个大型岩浆房的传统火山机构模型，它更像是一个穿过地壳的火山管道系统，并带有许多小的“喷口”，可以将岩浆迅速转移到地表。

主要参考文献

Alnes M, Blechta J, Hake J, et al. The FEniCS project version 1.5[J]. *Archive of Numerical Software*, 2015, 3: 9-23.

Mutch E J F, MacLennan J, Shorttle O, et al. Rapid transcrustal magma movement under Iceland[J]. *Nature Geoscience*, 2019a, 12: 569-574. (链接)

Mutch E J F, MacLennan J, Holland T J B, et al. Millennial storage of near-Moho magma[J]. *Science*, 2019b, 365 (6450): 260-264. (链接)

(撰稿: 李菊景, 马琳/新生代室)



地址: 北京市朝阳区北土城西路19号 邮编: 100029 电话: 010-82998001 传真: 010-62010846
版权所有© 2009-2020 中国科学院地质与地球物理研究所 京ICP备05029136号 京公网安备110402500032号

