

# 岩浆的演化过程

姜 芳 仪

(中国科学院力学研究所 北京 100080)

随着时间的推移人们逐渐认识到, 岩石圈内岩浆演化过程的研究对探讨大洋中脊的形成和发展、大陆裂谷的成因、对认识地球的演化过程、矿床的生成和勘探都有重要意义; 当前为减轻自然灾害, 为探讨地震震源、火山喷发机理有实际意义。在研究方法上着重岩浆的动力演化过程, 分析岩浆演化过程中的质量、动量、能量的传输及相变过程, 探讨所产生的热效应和力学效应。

液体岩浆和固体围岩之间的交界面简称为固-液交界面。固-液交界面把两个不同热物性的区域分开。在这个交界面处能量被释放或被吸收, 同时伴随着凝固过程和熔化过程发生, 于是固-液交界面向上迁移, 岩浆层向上迁移。

对简化模型厚度为  $D$  的高温岩浆层<sup>[1]</sup>, 高温岩浆不断向邻域围岩传热, 其结果造成岩浆层内热量的减少和周围围岩温度的升高, 并伴随有凝固过程和熔化过程发生。考虑岩浆温度随压力的变化(岩浆温度随深度的变化), 随着深度的增加岩浆层底部温度比岩浆层顶部温度高, 由于岩浆层温度差的存在, 使其内部形成对流。当瑞雷数足够大时, 其内迅速对流, 岩浆层底部将有足够的热量传输到岩浆层顶, 当凝固过程在底部发生时, 对流传输的热量可引起岩浆邻域围岩熔化, 于是岩浆层上、下固-液交界面向上迁移, 岩浆层向上迁移。

由于岩浆层上、下固-液交界面随着时间的推移不断向上迁移, 所以岩浆演化问题物理上是个动边界问题。为方便起见, 引入动坐标。然而岩浆及其上、下围岩的温度以及上、下固-液交界面的迁移速度是随着时间而变化的, 因此岩浆动力演化过程数学上是一个非线性不定常热传导问题。

本文对岩浆动力演化问题, 采用取微小时间间隔内的线性不定常热传导方程的瞬时点源解法(用此种方法与用数值求解的方法所得结果一致), 即在微小时间间隔内认为固-液交界面的向上迁移速度是个常数, 这样在微小时间间隔内, 将求解非线性不定常热传导问题转化为求解线性不定常热传导问题。于是在  $\Delta t$  微小时间间隔内可直接得到线性不定常热传导方程的面源解析解。从而大大简化了求解过程。在此基础上做定量数值计算。在每一时间间隔的终了得到的结果作为下一个微小时间间隔的计算初值, 反复计算。由此得到岩浆层上、下固-液交界面的迁移速度、热通量及岩浆随时间的演化过程。

我们不考虑岩浆在凝固时围岩中循环水的作用, 忽略液体岩浆、固化岩浆以及围岩的密度、比热、热传导系数等物性参数随温度的变化; 假设围岩初始温度是深度  $z$  的线性函数; 假设岩浆温度是深度  $z$  的线性函数并满足 Clapeyron 关系。

我们将厚度为  $D$  的无限大岩浆层分为三个独立的区域考虑, 区域 I 是围岩和固化岩浆, 区域 II 是液体岩浆, 区域 III 是围岩和固化岩浆。对于区域 I, 当  $t > 0$  时, 上固-液交界面温度一定处在 Clapeyron 曲线上, 穿过上固-液交界面的热满足热平衡方程<sup>[2]</sup>。求解区域 I 是解一组满足初始条件及上述边界条件的热传导方程组。对于区域 II, 上、下固-液交界面温度一定处在 Clapeyron 曲线上。由于熔化温度随深度的增加而增加, 当瑞雷数足够大时, 岩浆迅速对流并完全混合时, 除接近岩浆层上边界处以外, 所有的岩浆温度都处在岩浆层下边界温度上。区域 II 是求解在对流条件下, 满足边值条件的液体岩浆的热平衡方程。区域 III 可相应用区域 I 的方法描述处理。我们将三个区域的方程中的物理量互相耦合联立求解。

通过对液体岩浆及其邻域整个非线性传热系统中热对流、热传导及相变的耦合过程的区域分析及求解, 显示出地球内部热量及其传递在地球动力演化过程中所起的作用。

## 参 考 文 献

- [1] Ahern, J.L. et al., Journal of Geology, 89, 1981.
- [2] Carslaw, H.S. and J.C. Jaeger, Conduction of Heat in Solids, Oxford University Press, 1959.