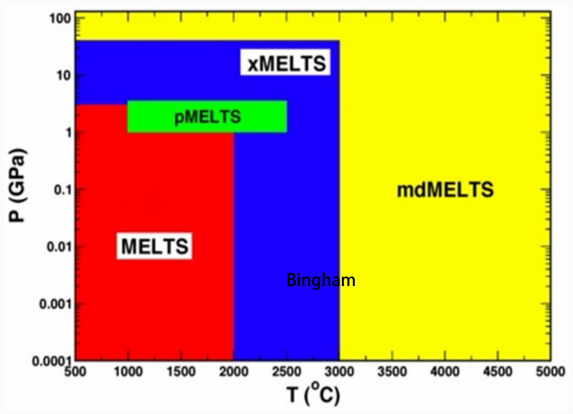
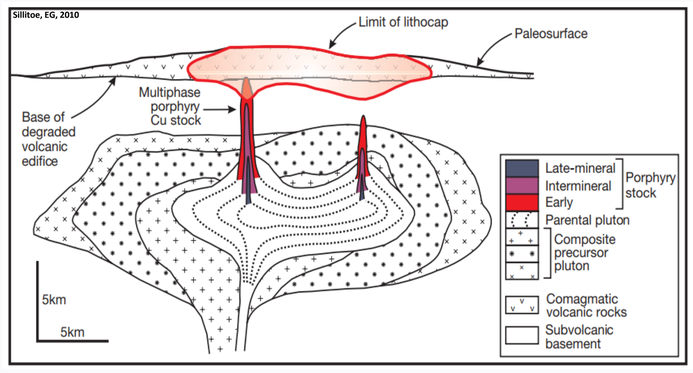
花岗质岩浆冷却结晶过程的多场耦合数值模拟

肖凡　王恺其　成秋明

中山大学地球科学与工程学院







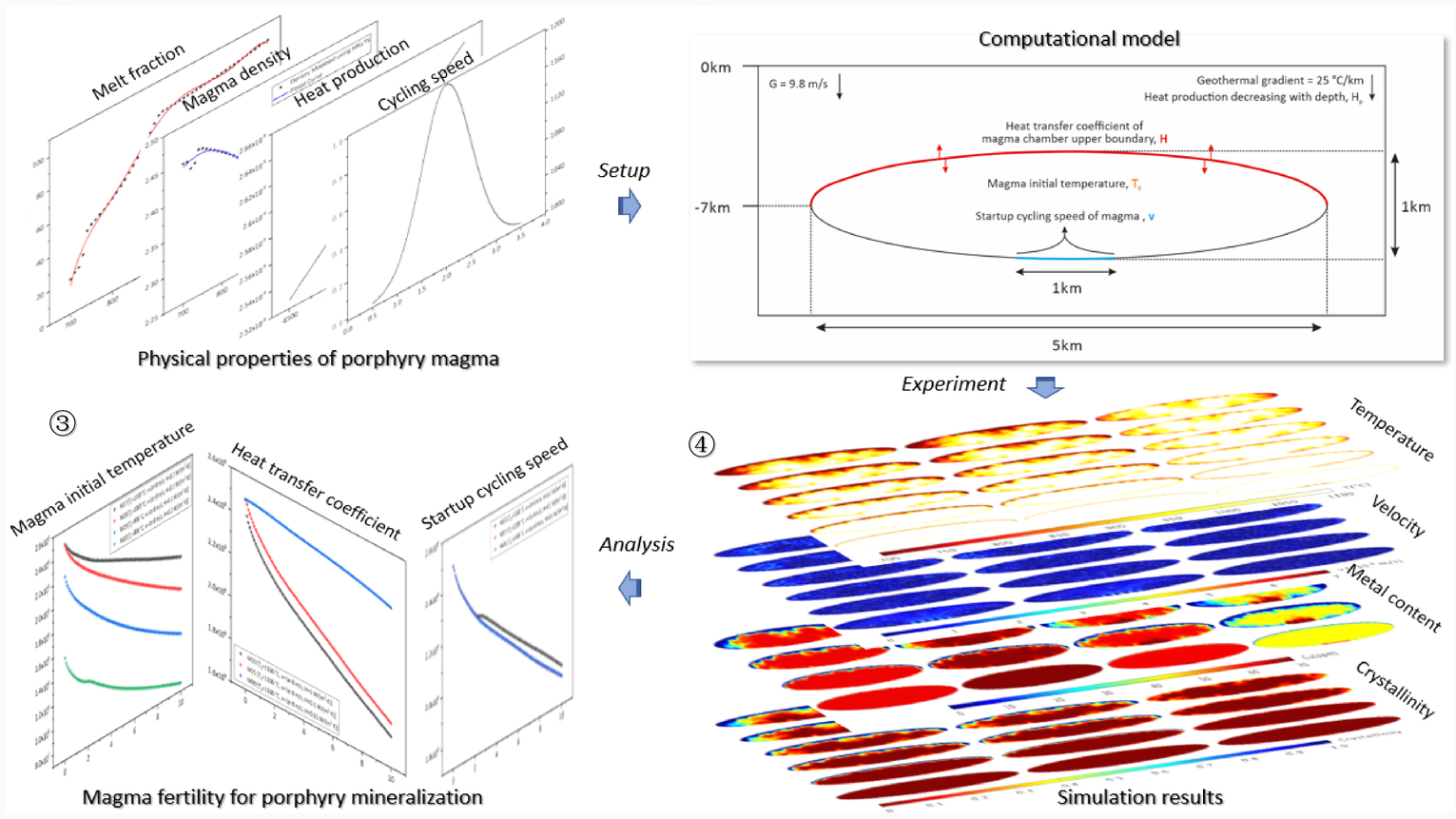


图1 基于热动力学平衡计算的多场耦合数值模拟。①重建花岗质斑岩岩浆演化热力学路径；②构建花岗质斑岩岩浆演化过程的数值计算模型；③计算与表征岩浆温度、流速、结晶度及成矿金属浓度等物理-化学参量；④分析和探讨不同条件下花岗质斑岩岩浆演化过程中成矿金属预富集程度。

热场

- $d_z\rho C_p\frac{\partial T}{\partial t}+d_z\rho C_p\mathbf{u}\cdot\nabla T+\nabla\cdot\mathbf{q}=d_zQ+q_0+d_zQ_{vd}+d_zQ_p$
- $q=-d_zk\nabla T$

流场

- $\rho\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t}+\rho(\mathbf{u}\cdot\nabla)\mathbf{u}=\nabla\cdot[-\mathrm{p}\mathbf{I}+\mathbf{K}]+\mathbf{F}+(\rho-\rho_{ref})\mathbf{g}$
- $\mathbf{K}=\mu(\nabla\mathbf{u}+(\nabla\mathbf{u})^{\mathrm{T}})-\frac{2}{3}\mu(\nabla\cdot\mathbf{u})\mathbf{I}$
- $\frac{\partial\rho}{\partial t}+\nabla\cdot(\rho\mathbf{u})=0$

热-流（TH）耦合

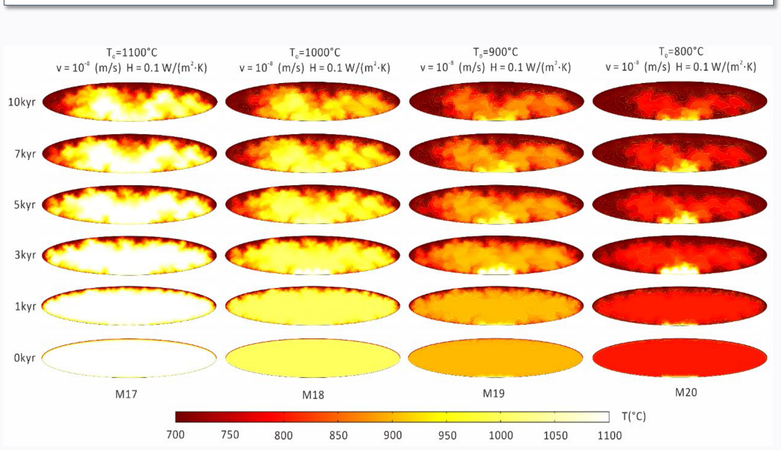
热力学-化学路径

- $\theta=f(T)$
- $\rho=f(T)$
- $C_p=f(\mathrm{T})$
- ……

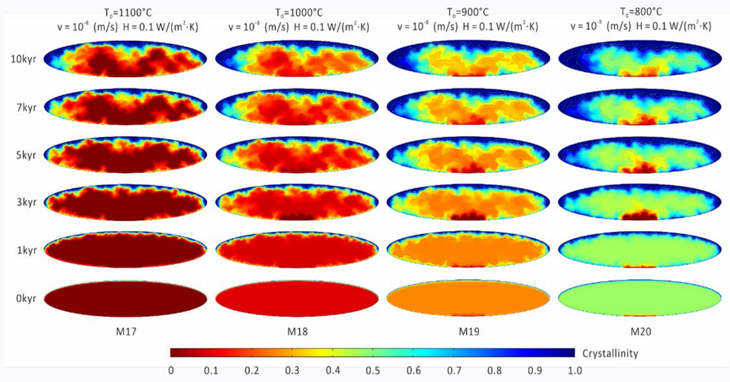
■模拟时长：10000年。

■时间步长：100年。

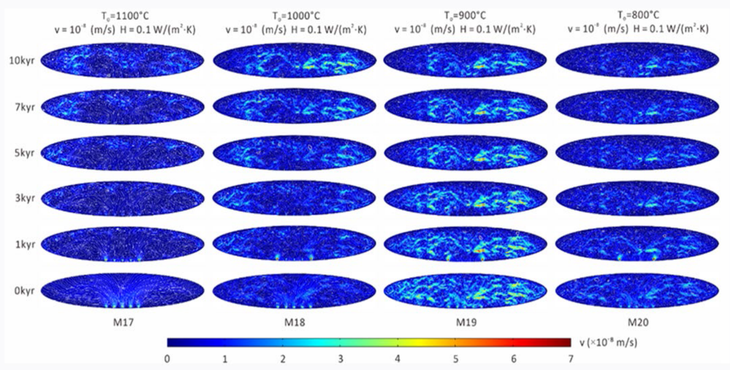
■控制岩浆温度、岩浆房边界导热率、岩浆启动循环速度。



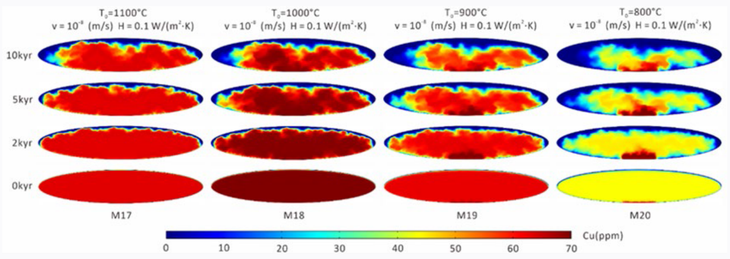
温度场模拟结果时间切片



结晶度场模拟结果时间切片



流速场模拟结果时间切片



金属浓度场模拟结果时间切片

图2 数值模型及模拟结果

Reference: Xiao F.*, Wang K.Q., Cheng Q.M. 2023. Porphyry magma cooling and crystallization control of mineralization: Insights from the dynamic numerical modeling. Ore Geology Reviews. 166: 105956; https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2024.105956.