

专题8: 地球深部物质物理化学属性和深部过程

高温高压和不同磁铁矿下干的多晶橄榄石 电导率实验及地球物理意义

代立东¹, 胡海英^{1*}, 孙文清¹, 李和平¹, 刘长财^{1,2}, 王梦琦^{1,2}

1. 中国科学院 地球化学研究所 地球内部物质高温高压重点实验室, 贵阳 550002; 2. 中国科学院大学, 北京 100039

为解释野外大地电磁测深观测的电导率高导异常, 前人通过实验室高温高压实验模拟做了大量的研究工作, 并提出很多不同成因的高导异常假说, 诸如: 名义无水矿物中的微量水(橄榄石、辉石、瓦兹利石、林伍德石等)、含水矿物的脱水或脱氢(蛇纹石、滑石、角闪石、绿帘石等)、部分熔融(硅酸盐熔融、碳酸盐熔融等)、颗粒边界的石墨层、相互连通的高导矿物相(磁铁矿、硫化亚铁等)、含盐(或含水)流体、电子自旋态转变(下地幔、核幔边界的含铁硅酸盐矿物等等)。然而, 关于高导性矿物相导致高导异常的实验研究相对比较匮乏。

本次工作, 首先借助于中国科学院地球内部物质高温高压重点实验室 YJ-3000t 多面顶压机上合成 7 组不同体积分数的含磁铁矿(0, 3, 5, 7, 10, 20 和 100 vol.%) 无水的多晶橄榄石作为初始物, 在 1.0~3.0GPa、873~1273K 和 不同体积分数磁铁矿控制条件下, 依次测量样品的电导率, 结合一些光学显微镜、扫描电镜、红外光谱等微区显微观察, 得出主要认识如下:

(1) 在给定压力和温度条件下, 随着磁铁矿含量的增加, 样品电导率非线性大和活化焓降低, 当磁铁矿体积分数达到 5vol.% 时, 无水多晶橄榄石电导率明显有一个跳跃, 表明高导性矿物相在橄榄石中渗透阈值为~5vol.%;

(2) 当压力从 1.0GPa 升至 3.0GPa, 不含磁铁矿的多晶橄榄石电导率降低, 而含磁铁矿样品电导率增大, 而含磁铁矿样品活化焓亦随之增大;

(3) 从不同压力的含磁铁矿 5vol.% 的无水多晶橄榄石电导率和温度的 Arrhenius 关系, 我们计算出活化能和活化体积值分别为: $(0.16 \pm 0.04)\text{eV}$ 和 $(-1.50 \pm 0.04)\text{cm}^3/\text{mole}$;

(4) 尽管在含磁铁矿的干的多晶橄榄石体系渗透阈值仅有 5vol.%, 然而含磁铁矿高导性矿物相不太可能解释软流圈顶部的高导异常, 因为通常上地幔矿物岩石中磁铁矿含量不会高于 1.5vol.%, 但地球内部其他圈层和区域的高导性矿物相存在的高导性矿物相, 是否可以导致高导异常, 仍需要更多的高压实验去证实。

基金项目: 中国科学院先导专项 (XDB 18010401)、中国科学院前沿科学重点项目 (QYZDB-SSW-DQC009)、中国科学院 A 类百人计划项目、国家自然科学基金项目 (41774099, 41772042)、中国科学院“西部青年学者”项目、中国博士后面上基金项目 (2018M643532) 等项目的联合资助,

第一作者简介: 代立东(1977-), 男, 研究员, 研究方向: 高压矿物物理实验研究. E-mail: dailidong@vip.gyig.ac.cn

*通信作者简介: 胡海英(1983-), 女, 副研究员, 研究方向: 地球内部物质物理性质. E-mail: huhaiying@vip.gyig.ac.cn