

· 实验矿物岩石地球化学 ·

天然锰铝榴石 ($Mn_{0.64}Fe_{0.36}$)₃Al₂Si₃O₁₂ 的热状态方程研究

范大伟^{1,3}, 周文戈¹, 邢印锁^{1,3}, 张辉¹, 刘景², 谢鸿森¹

1. 中国科学院 地球化学研究所, 贵阳 550002;

2. 中国科学院 高能物理研究所, 北京 100049; 3. 中国科学院 研究生院, 北京 100049

锰铝榴石是富含锰、铝的一种石榴子石, 一般产在花岗岩、酸性熔岩、伟晶岩和低绿片岩相变质岩中。前人对于锰铝榴石, 特别是对富锰的锰-铁系列石榴子石的热状态方程研究得较少。本文在北京同步辐射高压实验平台上用金刚石压腔外加热技术(HDAC), 结合同步辐射角度色散 X 射线衍射(ADX)技术研究了天然锰铝榴石的原位高温高压结构, 以期获得它在高温高压下的结构变化。

实验样品由张辉提供, 采自新疆阿尔泰可可托海 3 号伟晶岩脉中的含铁锰铝榴石, 其晶体化学式为 $(Mn_{0.64}Fe_{0.36})_3Al_2Si_3O_{12}$ 。杂质含量 < 1 wt%。实验前样品用超声清洗, 用玛瑙研钵在丙酮中研磨至粒度小于 5 μm , 在烘箱中恒温 24 h。

锰铝榴石原位高温高压同步辐射角度色散 X 射线衍射实验在中国科学院高能物理研究所北京同步辐射实验室(BSRF)的高压站完成。采用外加温金刚石(DAC)对顶砧高压装置。金刚石砧面直径为 500 μm , 高压密封垫片采用经预压的 T301 不锈钢片, 预压后的钢片厚度为 70 μm 。在预压后的高压密封垫片中央打一个直径 200 μm 的小孔作为

样品室。本次实验的传压介质为 16:3:1 配比的甲醇-乙醇-水, 压力标定物质采用 W。实验采用角度色散 X 射线衍射技术(ADX), 固定波长(λ)为 0.061 99 nm, 根据 W 的状态方程(Hixson 和 Fritz, 1992)来标定实验压力。

根据三阶 Birch-Murnaghan 状态方程(Birch, 1947), 即

$$p = \left(\frac{3}{2} \right) K_0 \left[\left(\frac{V_0}{V} \right)^{\frac{7}{3}} - \frac{V_0}{V} \right] \times \left\{ 1 + \frac{3}{4} (K'_0 - 4) \left[\left(\frac{V_0}{V} \right)^{\frac{2}{3}} - 1 \right] \right\}$$

其中, V_0 、 K_0 、 K'_0 分别为零压晶胞体积、等温体积模量及其压力导数。并结合温度的影响因素, 即 K_T

$$= K_0 + \left(\frac{\partial K}{\partial T} \right)_p (T - 300), V_T = V_0 \exp[\alpha_0 (T - T_0)],$$

对实验结果进行 $p-V-T$ 状态方程拟合。固定 $K'_0 = 4$ 时, 拟合得到锰铝榴石-铁铝榴石固熔体的体弹性模量 $K_0 = 184 \pm 2 \text{ GPa}$, 体弹性模量的温度导数 $(\partial K / \partial T)_p = -0.049 \pm 0.029 \text{ GPa K}^{-1}$, 热膨胀系数 $\alpha_0 = 6.7 \pm 1.2 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ 。

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KJCX2-SW-N20); 国家自然科学基金资助项目(40873052); 西部之光联合学者项目资助