

成因矿物学与成岩成矿过程的矿物记录

攀枝花钒钛磁铁矿中尖晶石出溶体的粒度序变特征及其成因分析

张志彬¹, 黄菲^{1*}, 万泉², 陈振宇³, 蔡建辉³

1. 东北大学资源与土木工程学院, 辽宁, 沈阳, 110819

2. 中国科学院地球化学研究所, 矿床地球化学国家重点实验室, 贵阳 550081

3. 国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京, 100037

攀枝花钒钛磁铁矿是世界上著名的典型的岩浆矿床, 其钒钛磁铁矿中见有大量纳-微米级别的尖晶石出溶体, 其形貌丰富多样、结构类型较为复杂。这种纳-微米出溶矿物作为成矿活动的遗迹承载着其所处地质环境变化过程的重要信息 (梁凤华等, 2006; Sun et al., 2007; 朱永峰和徐新, 2007; Airiyants et al., 2014; Xu et al., 2015)。为探究尖晶石出溶体的序变特征及成因, 本文在野外观察基础上, 采集攀枝花钒钛磁铁矿兰家火山矿段的矿石标本, 综合运用岩相观察和场发射扫描电镜、电子探针等微区原位观测手段, 研究钒钛磁铁矿中的尖晶石出溶体的成分、形貌和分布特征。

观测显示, 攀枝花钒钛磁铁矿中主要具有两种类型的尖晶石, 一种为钛磁铁矿边缘的尖晶石, 此类尖晶石出溶体常呈粒状分布在钛磁铁矿粒间或围绕钛磁铁矿边缘呈环礁状, 当钛磁铁矿和钛铁矿紧密镶嵌共生时, 尖晶石出溶体与钛磁铁矿晶形补生, 分布在钛磁铁矿边缘部分, 形成补自形晶结构。另一种尖晶石分布在钛磁铁矿内部, 具有一定的粒度序变特征: 在磁铁矿的内部, 尖晶石出溶体的粒度较大 (20~80 μm); 磁铁矿幔部中的尖晶石颗粒较小 (3~15 μm); 磁铁矿的边缘中常常表现的相对“干净”, 没有尖晶石的出溶现象。

根据相变热力学可知, 在相同的 ΔT 条件下, 晶体缺陷处可以允许更小的临界形核半径和临界能形核功, 以及更高的形核率, 并且这些缺陷的延伸方向为出溶晶核提供了有利的生长方向。颗粒边界的原子成键较弱, 该处的原子结构因变形而存在更多的缺陷, 因此具有更多的跃迁位置、更低的活化能和更高的反应性, 其扩散系数往往比对应的体扩散大若干个数量级, 因此晶界的裂隙处是尖晶石最优先出溶的部位 (Nagy and Giletti, 1986; Farver and Yund, 2000; Mike, et al, 2001)。

分析认为, 随着温度的逐渐降低, Mg^{2+} 和 Al^{3+} 逐渐从磁铁矿晶格中脱离出来, 在钛磁铁矿之间的晶界或者与钛铁矿的晶界处率先形核, 并在充足的物源 (Mg^{2+} 和 Al^{3+}) 供给条件下逐渐发育长大, 形成粒度较大的出溶体。由于尖晶石在这些

*基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (41172047); 矿床地球化学国家重点实验室 (中国科学院地球化学研究所 (贵阳)) 开放基金项目 (201308)。

通讯作者: 黄菲 (1959-), 女, 江苏扬州人, 东北大学教授, 博士生导师;
E-mail: huangfei@mail.neu.edu.cn; Tel: +86 024 8367 2595

晶界处出溶,其消耗了周围钛磁铁矿中大量的 Mg^{2+} 和 Al^{3+} ,使钛磁铁矿临近晶界的边缘部分形成 Mg^{2+} 和 Al^{3+} 的“贫化区”,并产生了钛磁铁矿从核心到边缘 Mg^{2+} 和 Al^{3+} 含量渐减的成分序变,这种成分上的序变直接导致了钛磁铁矿内部的尖晶石环带。

因此,由于出溶位置形核能力及出溶物质的差异产生了两种类型的尖晶石出溶体并形成了钛磁铁矿中尖晶石出溶体的粒度序变特征。

参考文献:

- [1] Airiyants E.V., Zhmodik S.M., Ivanov P.O., Belyanin D.K., and Agafonov L.V., 2014. Mineral inclusions in Fe-Pt solid solution from the alluvial ore occurrences of the Anabar basin (northeastern Siberian Platform). *Russian Geology and Geophysics*, 55: 945-958.
- [2] Farver J R, Yund R A. Silicon diffusion in forsterite aggregates: Implications for diffusion accommodated creep[J]. *Geophysical Research Letters*, 2000, 27(15):2337-2340.
- [3] Milke R, Heinrich W, Wiedenbeck M. Grain boundary diffusion of Si, Mg, and O in enstatite reaction rims: a SIMS study using isotopically doped reactants[J]. *Contributions to Mineralogy & Petrology*, 2001, 142(1):15-26.
- [4] Nagy K L, Giletti B J. Grain boundary diffusion of oxygen in a macroperthitic feldspar[J]. *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, 1986, 50(50):1151-1158.
- [5] Sun X.M., Tang Q., Sun W. D., Xu L., Zhai W., Liang J. L., Liang Y. H., Shen K., Zhang Z. M., Zhou B., and Wang F. Y., 2007. Monazite, iron oxide and barite exsolutions in apatite aggregates from CCSD drillhole eclogites and their geological implications. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 71(11): 2896-2905.
- [6] Xu H., Zhang J.F., Zong K.Q., and Liu L., 2015. Quartz exsolution topotaxy in clinopyroxene from the UHP eclogite of Weihai, China. *Lithos*, 226: 17-30.
- [7] 梁凤华, 曾令森, 许志琴, 陈方远, 陈晶, 2006. 中国大陆科学钻探主孔540~600m榴辉岩中赤铁矿-钛铁矿固溶体出溶结构的特征及对榴辉岩折返动力学过程的意义[J]. *岩石学报*, 22(7): 1905-1914.
- [8] 朱永峰, 徐新, 2007. 西准噶尔白碱滩二辉橄榄岩中两种辉石的出溶结构及其地质意义[J]. *岩石学报*, 23(5):1075 - 1086.