

金川铜镍矿床金属硫化物中铂族元素赋存状态及成因

陈列锰¹, 宋谢炎^{1*}, Leonid V. Danyushevsky²

(1. 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, 贵州 贵阳 550002; 2. ARC Centre of Excellence in Ore Deposits and School of Earth Sciences, University of Tasmania, Private Bag 79, Hobart, Tasmania 7001, Australia)

随着激光等离子体质谱(LA-ICP-MS)测试技术的发展,地质学家可以原位分析贱金属硫化物(如磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铜矿等)中铂族元素(PGE)和其它亲铜元素的赋存状态,并进一步用来制约矿床的成因机制。金川矿床位于华北地台边部阿拉善地块西南缘的龙首山推覆体北缘,是仅次于俄罗斯Noril'sk矿床和加拿大Sudbury矿床的世界第三大在采镍矿床,也是与岩浆通道系统成矿相关的典型的岩浆硫化物矿床(Song et al., 2009, 2012; Chen et al., 2013)。本研究通过对金川超大型铜镍矿床不同类型硫化物的贱金属硫化物中Ni、Co、Cu、PGE、Ag、As、Te、Bi等元素含量的LA-ICP-MS原位测定,查明PGE和其它亲铜元素的含量变化、赋存状态及分布规律,并深入揭示硫化物熔体分离结晶过程中PGE的分异机制、控制因素和地球化学行为。

本次研究分析结果表明:镍黄铁矿的Pd、Co含量最高,其次为磁黄铁矿,黄铜矿中Pd、Co含量最低。因此,Pd、Co与Ni表现出显著的正相关关系。海绵陨铁状和块状矿石比浸染状矿石的镍黄铁矿、磁黄铁矿具有高的Os、Ru、Rh、Re,并且Ru与Os、Rh具有较好的正相关关系。各金属硫化物中的Ir含量变化范围较大,且无明显的变化规律,而硫化物中Pt含量较低,变化范围较大,亦无明显的变化规律。黄铜矿中的PGE含量都很低,仅Ag与Cu表现出良好的正相关特征。

质量平衡计算结果表明绝大部分Co、Ni和Pd以类质同相代替Ni赋存在镍黄铁矿中,Re、Os、Ru、Rh和Ag等元素主要以类质同相代替Fe赋存在镍黄铁矿和磁黄铁矿中,黄铜矿中仅含少量Ag、Ir、Pt及部分Rh、Au则主要以微小的矿物颗粒形式存在。在激光剥蚀样品过程中,Ir、Rh与As或者Pt与As等元素的信号强度总是同步突变,指示了这些元素可能以微小的矿物颗粒存在。

根据上述元素赋存状态及分布规律的差异建立了这些元素在硫化物熔体分离结晶过程中的分异机制和地球化学行为模型。在高温阶段,单硫化物固溶体(MSS)发生分离结晶,Ni、Co、Os、Ir、Ru、Rh等相容元素在MSS中富集,而Cu、Pt、Pd、Ag、Te、Bi等不相容元素进入富Cu残余熔体中;随温度下降,富Cu残余熔体结晶为“富Cu中间固溶体”(ISS);与此同时,Ir及部分Rh在较早阶段形成Ir-As-S及Ir-Rh-As-S等铂族矿物,导致MSS中的Ir、Rh亏损;随温度进一步降低,MSS出溶形成镍黄铁矿和磁黄铁矿,Os、Ru部分Rh、Re等以类质同像形式代替硫化物中Fe的位置进入Pn和Po中,Co主要代替Ni进入Pn;富Cu中间固溶体出溶形成黄铜矿,由于Pt、Pd在Ccp中均强不相容,因此,Pt与As、Te等元素形成含Pt的铂族矿物;大部分Pd通过扩散到MSS中,最后以类质同像形式代替Ni进入Pn;少部分Pd形成含Pd的铂族矿物。

基金项目:国家自然科学基金项目(批准号:41003022;40973038;41172090)

作者简介:陈列锰,男,1981年生,副研究员,主要从事矿床学研究。E-mail: chenliemeng@vip.gyig.ac.cn

* 通讯作者, E-mail: songxieyan@vip.gyig.ac.cn