

# 豫西卢氏八宝山铁铜多金属矿床黄铁矿成分研究

周栋<sup>1,2</sup>, 包志伟<sup>1</sup>, 姚军明<sup>1</sup>, 赵太平<sup>1\*</sup>

(1.中国科学院 广州地球化学研究所 矿物学与成矿学重点实验室, 广东 广州 510640; 2.中国科学院大学, 北京 100049)

东秦岭地区不仅是我国世界级钼矿的聚集区也是一个重要的金矿和多金属矿聚集区 (Mao et al., 2011)。这些矿床主要形成在 235~110Ma, 且在过去的十年间得到了众多学者的大量研究 (Stein et al., 1997; Mao et al., 2002, 2011; 李永峰等, 2005; 叶会寿等, 2006; Zhang et al., 2007, 2011; Chen et al., 2008, 2009; Zhu et al., 2009; Xu et al., 2010; Chen and Wang, 2011; Fan et al., 2011; Li et al., 2011, 2012; Gao et al., 2013)。钼矿床的主要类型为斑岩-矽卡岩型 (陈衍景等, 2009)。豫西卢氏八宝山铁铜多金属矿是华北南缘中生代成矿体系中以铁矿化为主的矿床, 其成矿类型为斑岩-矽卡岩型 (刘家齐等, 2001; 王长明等, 2005; 马桂霞和李维明, 2006; 肖中军和孙卫志, 2007), 是东秦岭矿集区的重要矿床之一。八宝山矿床是卢氏地区与燕山期中酸性斑岩岩浆活动有关的矿床 (曾令君等, 2013), 找寻与这些燕山期中酸性斑岩类岩体有关的内生矿床是本区铁、铜、硫、贵金属及多金属矿产资源的一个重要的找矿方向 (马桂霞和李维明, 2006)。

刘家齐和曾贻善 (2001) 对八宝山矿床的流体包裹体进行了研究, 获得了成岩、成矿阶段和成矿后期热液阶段流体包裹体形成的温压地球化学特征; 杨荣华和孟宪刚 (2012) 研究了卢氏地区及八宝山矿区构造控矿的地球化学判据, 指出八宝山地区地球化学判据对构造控矿的支持。但他们对引起八宝山矿化的因素 (岩浆演化过程中氧逸度的变化、硫化物沉淀机制等特征) 没有作出相关报道。Sun et al (2013) 指出岩浆源区的氧化作用能使亲铜元素进入岩浆, 氧化性岩浆演化过程中硫化物是不饱和的, 岩浆中亲铜元素含量进一步升高, 最后的还原作用使溶解在岩浆中的 Cu 以硫化物的形式沉淀而形成斑岩铜矿。Redmond et al (2004) 认为硫化物的沉淀机制研究能了解成矿过程中成分的变化对成矿作用的控制。由于黄铁矿是热液活动的产物, 能反映

热液的成分、所处的环境以及流体的活动规律 (Deditius et al., 2009b)。对黄铁矿的研究有助于认识金属元素的迁移并指示热液系统中流体的变化 (Reich et al., 2012)。Cu、As 等元素的精细测定以及 Cu、As、S、Fe 原子百分比相关性研究, 有利于理解矿物形成过程中的元素分配机理和元素的迁移富集机制 (Deditius et al., 2009a)。因此我们对八宝山矿区矿床广泛发育的黄铁矿进行了光学显微镜观察和电子探针微区分析, 在此基础上探讨了八宝山矿区形成黄铁矿的流体的成分和性质, 以约束八宝山矿区热液的氧逸度变化环境以及黄铁矿沉淀机制, 并通过热液流体的这些特征评价八宝山矿区的成矿潜力, 为八宝山矿床的深部和外围找矿提供借鉴。

黄铁矿的主要元素 S 和 Fe 的含量是一致的, 但同一种黄铁矿的表面的不同位置微量元素 Cu 和 As 的含量存在突变, 表明形成黄铁矿的流体具有富 Cu 和富 As 两种端元。黄铁矿中的 As 有两种赋存价态  $As^{3+}$  和  $As^-$ 。这些特征表明: 1、八宝山岩体在上升侵位的过程中, 由于岩浆的演化, 导致超临界流体的分离, 当冷却至临界点以下就变成了热液。热液不断向周围运移, 遇到裂隙时会产生减压沸腾作用, 结果是使单相热液分离成蒸汽和热液两相, 这个过程使 Cu 和 As 发生了分离。随着两种热液相的继续演化, 含 Cu 的流体与正在上升的含 As 蒸汽发生混合, 而这次混合使黄铁矿发生了沉淀。因此流体成矿物质主要来自熔体, 围岩的贡献或很少。2、高氧逸度使岩浆中的低价硫转化为硫酸盐从而有利于 Cu 进入岩浆中, 而斑岩 Cu 的最终矿化是由还原态的  $S^{2-}$  控制的 (Sun et al., 2004; Liang et al., 2009)。还原态的  $S^{2-}$  的形成需要硫酸盐的还原, 还原过程主要是氧化性原始岩浆中的硫酸盐变为硫化物 ( $S^{2-}$ :  $H_2S/HS^-/S^{2-}$ ) 或多硫化物 (例如  $S_2^{2-}$ 、 $S_3^{2-}$ ) (Sun et al., 2013)。在八宝山成矿的相对氧化阶段即  $As^{3+}$  存在时, Cu 会优先进入岩浆中; 而在八宝山成矿的相对还原阶段即  $As^-$  存在时, Cu 便以硫化物或多硫化物的形式沉淀。因此, 八宝山矿床有形成斑岩铜矿床的潜力。同时八宝山矿区 As 含量较高的黄铁矿可能与金矿有密切关系。

**基金项目:** 河南省卢氏县北方矿业公司委托项目“卢氏八宝山铁铜多金属矿床成矿规律及深部找矿远景预测”

**作者简介:** 周栋, 男, 1989 年生, 硕士研究生, 主要从事矿床学研究。E-mail: gigzhoudong@163.com

\* 通讯作者, E-mail: tpzhao@gig.ac.cn