

德兴铜矿浮选过程中矿物学与地球化学特征*

高知睿^{1,2)}, 赵元艺¹⁾, 常玉虎³⁾, 曹冲³⁾

1) 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京, 100037;

2) 中国地质调查局天津地质调查中心, 天津, 300170;

3) 中国地质大学(北京), 北京, 100083

关键词: 浮选过程; 地球化学; 综合评价; 德兴铜矿

德兴铜矿是典型的斑岩型铜矿床, 伴生有 Re、Co、Au、Ag 等多种有用元素。本文通过对德兴铜矿大山和泗州两个选矿厂不同浮选阶段的粉末样品进行采集, 利用室内岩矿鉴定、X 射线衍射、扫描电子显微镜、化学分析测试等手段研究该矿主要的金属硫化物特征, 以及重要伴生元素 Re、Co、Au、Ag 在不同浮选流程阶段产品中的含量特征、赋存状态与分布特征, 对它们的综合利用情况进行评价。本文对浮选过程中的矿物学与地球化学特征进行研究, 为矿山绿色发展提供科学指导。

1 地质背景

德兴铜矿位于我国江西省东北部, 是典型的斑岩型铜矿床, 已探明铜金属总量 9.658 Mt 以上, 其中可利用的储量为 8.424 Mt, 钼 0.296 Mt, 平均品位铜为 0.46%、钼为 0.02%。该矿拥有铜厂、富家坞和朱砂红三个矿区。德兴铜矿矿化作用主要是与侏罗纪花岗岩闪长斑岩有关, 根据前人进行的锆石 U-Pb 和辉钼矿的 Re-Os 测年, 表明该矿的成岩和成矿作用的时代是一致的, 在 171 Ma 左右(Guo Shuo et al., 2012; 王强等, 2004; 毛景文等, 2006; 周清, 2011; 水新芳等, 2012)。矿体在斑岩体与围岩中分布的比例约为 1:2, 赋矿围岩为中元古界灰绿色、深灰色凝灰质板岩、凝灰质千枚岩夹千枚岩和变质凝灰岩, 局部地段见含碳板岩和变质中性-中酸性熔岩(毛景文等, 2010)。金属硫化物在矿石中含量一般在 4%~5%。其中以黄铁矿和黄铜矿最多, 辉钼矿次之, 再其次为砷黝铜矿、斑铜矿等。德兴铜矿目前建有大山和泗州两个选矿厂, 泗州选厂建成

较早, 原矿主要来自铜厂矿区, 而大山选厂原矿来自铜厂和富家坞矿区。大山选厂目前采用的是优选-混合浮选工艺(郑旭惠, 2007), 泗州选厂采用的浮选工艺为铜硫混合浮选(朱圣林, 2011)。

2 分析方法及测试结果

本文浮选样品的采集依据大山选厂和泗州选厂的选矿流程, 对浮选流程的每个阶段产品进行了系统采样, 其中大山选厂为 17 个选矿阶段进行了样品采集, 泗州选厂为 7 个选矿阶段进行了样品采集。鉴定与测试方法为镜下观察、X 射线衍射(XRD)分析、扫描电子显微镜与电镜能谱(SEM/EDS)分析、微量元素及 Au、Ag 分析测试。

测试结果表明, Re 主要赋存于辉钼矿中, 黄铁矿中 Re 的含量接近于 0, 而黄铜矿中 Re 的含量较黄铁矿的高。Co 的含量黄铁矿>黄铜矿>辉钼矿, 其所对应的硫精矿、铜精矿和钼精矿中 Co 的含量依次降低, 黄铁矿中 Co 百分含量在 0.5~2%, 硫精矿(SZJL 和 SJ)中 Co 的平均含量为 292.55 μ g/g, 而硫精矿中黄铁矿的含量在 90%以上, 说明 Co 的载体矿物最主要的为黄铁矿, 其次为黄铜矿。Au 和 Ag 在黄铁矿、黄铜矿和辉钼矿等金属硫化物中均有检测出, 辉钼矿中 Ag 的百分含量明显比其它黄铜矿、黄铁矿、方铅矿、砷黝铜矿、铜蓝、黝铜矿等其它硫化物中要高的多, 其含量 7.69~18.08%, 平均含量为 13.51%。三个黝铜矿中 Au 的平均含量为 1.9%。在扫描电镜实验过程中, 还发现有含银独居石矿物, Ag 的含量在 1.5 ~ 2.5%左右, 而 Au 在含银独居石中少量存在, 有的未检出。

相关性分析结果显示, 不同元素间的相关性差

*注: 本文得到国土资源部公益性行业科研专项“德兴铜矿生产过程中 Re 等元素分布规律研究”(编号: 201311072-01)、“德兴铜矿集区地球化学环境累积效应与预警方法研究”(编号: 201111020-05)以及“江西德兴斑岩铜矿科学基地研究”(编号: 200911007-01)共同资助的成果。

收稿日期: 2016-07-10; 改回日期: 2016-09-20; 责任编辑: 章雨旭。 Doi: 10.16509/j.georeview.2016. s1.126

作者简介: 高知睿, 女, 1987 年生。硕士研究生, 主要从事地质及矿床学研究。Email: 191432736@qq.com。

异显著。Cu 与其它 5 种元素的相关性很不显著, 相关系数均非常的低。Mo 与 Re、Co、Au、Ag 具有显著的正相关关系, 相关系数均大于 0.5, 其中 Mo-Re 和 Mo-Ag 的相关系数分别达到了 0.89 和 0.82。Re 与 Co、Au、Ag 的相关性较好, 其中 Re-Ag 的相关性最为显著, 其中 Re-Co 和 Re-Au 的相关性都在 0.5 左右, 而 Re-Ag 的相关系数为 0.65。Au 和 Ag 密切相关, 二者间的相关系数为 0.72。上述六种元素通过旋转正交因子特征分析, 当提取前三个因子时, 方差累积贡献百分比已达 90.206%, 表明前三个因子包含了上述六种元素之间关系约 90% 的信息, 因此取前三个因子能够说明 Cu、Mo、Re、Co、Au 和 Ag 元素之间的关系。主成分分析结果表明 F1 因子主成分为 Re 和 Mo, 其载荷量分别为 0.916 和 0.937; F2 因子主成分为 Co、Au 和

Ag, 载荷量分别为 0.875、0.866 和 0.705; F3 因子主成分则为单个 Cu, 载荷量为 0.995。聚类分析(图 1)所得到的三个类型为 I 类 (Re-Mo)、II 类 (Co-Au-Ag) 和 III 类 (Cu), 与主成分分析结果完全一致。

3 结论

铼主要赋存于辉钼矿中, 钴主要赋存于黄铁矿中, 金主要赋存于黄铜矿、黄铁矿和含银独居石中, 银主要赋存于黄铁矿、黄铜矿和辉钼矿。德兴铜矿伴生元素经浮选之后的硫精矿中 Co、精铜中 Au 和钼粗精矿中 Ag 的含量达到最高值, 平均含量分别为 292.55 $\mu\text{g/g}$ 、12.277 μg 和 66.05 $\mu\text{g/g}$, 建议对这几个阶段产品中的 Co、Au 和 Ag 金进行综合利用。

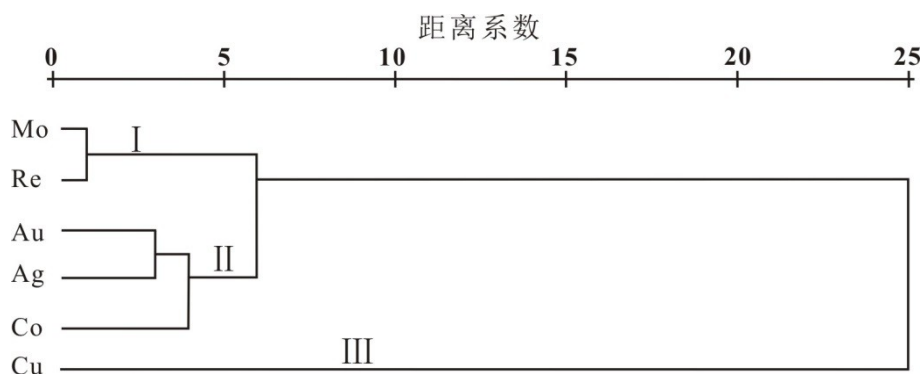


图 1 浮选过程中元素聚类分析谱图

参 考 文 献 / References

- 毛景文, 胡瑞忠, 陈毓川, 等. 2006. 大规模成矿作用与大型矿集区. 北京: 地质出版社, 1~1030.
- 毛景文, 张建东, 郭春丽. 2010. 斑岩铜矿~浅成低温热液银铅锌~远接触带热液金矿床模型: 一个新的矿床模型~以德兴地区为例. 地球科学与环境学报, 32(1): 1~14.
- 水新芳, 赵元艺, 郭硕, 吴德新, 朱小云, 王增科. 2012. 德兴矿集区花岗闪长斑岩锆石 U-Pb 年龄、Hf 同位素特征及其意义. 中国地质, 39(6): 1543~1561.
- 王强, 赵振华, 简平, 许继峰, 包志伟, 马金龙. 2004. 德兴花岗闪长斑岩 SHRIMP 锆石年代学和 Nd-Sr 同位素地球化学. 岩石学报, 20(2): 315~324.
- 郑旭惠. 2007. 德兴铜矿大山选矿厂工艺优化[J]. 矿冶工程, 27(6): 31~36.
- 周清. 2011. 德兴斑岩铜矿含矿斑岩成因及成矿机制(学位论文). 南京: 南京大学.
- 朱圣林. 2011. 分步优先浮选钼试验研究[J]. 现代矿业, (3): 28~31.
- Guo Shuo, Zhao Yuanyi, Qu Huanchun, Wu Dexin, Xu Hong, Li Chao, Liu Yan, Zhu Xiaoyun, Wang Zengke. 2012. Geological Characteristics and Ore-forming Time of the Dexing Porphyry Copper Ore Mine in Jiangxi Province. Acta Geologica Sinica, 86(3): 691~699.

GAO Zhirui, ZHAO Yuanyi, CHANG Yuhu, CAO Chong: Mineralogical and geochemical features in the flotation process of Dexing copper deposit, Jiangxi Province

Keywords: The flotation process; Geochemical; Comprehensive evaluation; Dexing copper deposit