

工艺矿物学对难选矿石评价的意义

王蓓,单勇,赵培樑,王德英

(国土资源部昆明矿产资源监督检查中心,云南 昆明 650218)

摘要:利用工艺矿物学研究,了解矿物矿石结构和构造、矿物成份、嵌布特征等,查明有益元素、有害元素在矿石中赋存状态以及矿物之间的共生关系,以及精矿中有害元素含量过高、尾矿中目的元素损失率高及难选别的主要原因,帮助选矿技术人员寻找解决的办法,并诠释选矿工艺方案的可行性。

关键词:工艺矿物学;选矿技术研究;结构;构造;细粒;类质同象;难选冶矿

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2015.01.013

中图分类号:TD989;P618 文献标志码:A 文章编号:1000-6532(2015)01-0058-04

近年来随着工业生产的迅猛发展,以及我国现有矿产资源、矿区深部找矿开发利用,使得越来越多的低品位、细粒级、共生组合复杂及大量可再利用尾矿等难处理矿石进入选冶工业部门,同时对矿产资源综合利用与回收指标的要求也日趋提高。选矿工艺中所出现的难分离、回收率低等原因多是由矿物成分复杂、矿石类型多样性、嵌布共生情况复杂或目的矿物品位低等引起的。随着矿物资源的减少和对矿产品质量要求的提高,这些问题仍将继续存在下去,甚至更加突出。

近年来选冶研究人员不断地改良选矿设备,组合、调配、研发各种新选矿新药剂,并配合选冶工艺联合攻关,寻找提高精矿品位及回收率的方法,使得一些难选矿石通过选冶技术的改进提升了矿山综合利用率,矿山企业得到进一步发展。然而,对于目前某些难选矿石而言,由于矿物之间特殊的结构构造、赋存嵌布粒度微细(粒度为几个 μm)、吸附状态赋存、类质同象等多种原因,使其无论是通过选冶加工工艺提升,还是新型药剂研发等方法都难以提升矿石有用价值。因此,矿产资源综合利用的提高,除利用新型测试技术,选冶加工,冶炼工艺方法的发展外,工艺矿物学也已成为地质、选矿、冶炼等部门提供加工工艺方案、实现选冶优化过程、诠释选冶机理等提供科学依据的重要依托。

1 工艺矿物学研究在选冶技术研究中的价值

众所周知,工艺矿物学可借助于显微镜、X-衍射分析、微区能谱分析、电子探针微区定量分析、红外光谱分析、金相显微分析、热重差热分析等大型精密仪器对矿物的微结构、共生连生嵌布特征、矿物粗粒与细粒的分布状况、各类岩石的岩相特征等进行更深入的研究^[1]。而难选矿之所以难选,除了矿石本身固有的某些特性外,还与嵌布粒度、共生关系、矿物之间的结构构造有着密不可分的关系。这都需要借鉴于工艺矿物学说明有用矿物的解离度、有害元素存在于矿物中的形式、精矿含杂质的主要原因、尾矿中有用矿物损失的状态、中间产品进行鉴定考察等,为选冶工作者对各类矿物选冶研究过程中提供矿物性质,同时也可诠释难选矿物之所以难选的主要原因;对矿山采选冶所产生的矿泥、采矿废石、尾矿等废料查明有价元素、稀有、贵金属及非金属再利用可能性,建立无“三废”采选冶工艺都具有重要的意义。

2 工艺矿物学在难选矿中的作用

随着矿产资源开发利用,易处理矿、单一矿、硫化矿越来越少,而大量的复杂、多金属矿、共生、嵌布

收稿日期:2014-02-23

作者简介:王蓓(1963-)女,高级工程师,研究方向为矿产资源综合利用。

粒度细、低品位、吸附性等物理特性极其复杂矿种越来越多。有益矿物存在的形态、单体解离度、包裹体粒度大小、类质同象、吸附形式与脉石矿物之间的结构构造等复杂关系,以及浮选、重选、磁选等选别环境、矿石可选性好坏,回收率的高低,都可借助工艺矿物学研究得到进一步的了解,说明矿物之所以难选的原因。

2.1 云南某地含砷铜铅锌矿可选性研究

矿样入选品位铜 2.83%、铅 3.55%、锌 6.01%,含砷 2.06%,铜、铅、锌矿属硫化矿。该矿主要采用“铜铅混浮-精矿铅铜分离-尾矿浮锌”方法回收目的矿物铜铅锌。在试验过程中发现,硫化锌难以抑制,锌在铜铅混合粗精矿中损失较大约占 10%左右;同时铜铅分离及降砷难度较大。铜铅粗精矿无论采用重选或浮选工艺分离难度较大,铜铅精矿互含较高,并且其精矿中含砷均高达 11.5%左右。通过工艺矿物学研究发现,此矿中硫化铜主要以砷黝铜矿赋存,部分以硫砷铅铜矿赋存,并且与方铅矿相互包裹,嵌布粒度较细,这是造成铜铅难以分离、含砷较高(见图 1)的主要原因;铅精矿中一部分以方铅矿为主,另一部分以硫砷铅铜矿为主(见图 2、3),二者之间相互共生;闪锌矿以独立锌存在于矿物中粒度细微,呈黑褐色,金刚光泽。镜下观察,呈它形粒状充填在白云石之间(见图 4)。但闪锌矿受到原矿中的铜离子活化作用,可浮性极好并难以抑制,是造成锌在铜铅混合精矿中损失较高的主要原因。此矿虽然经多次选矿试验研究,铜铅锌仍然未达到较好的回收效果。

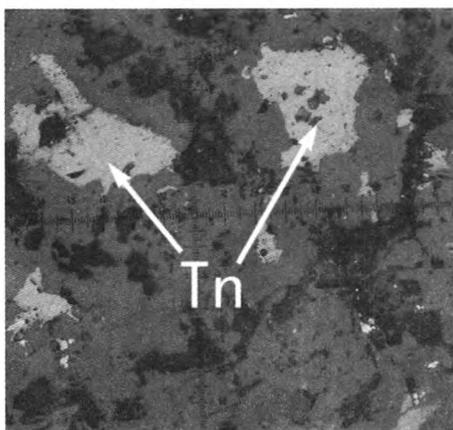


图 1 它形粒状的砷黝铜矿,浸染状分布于矿石中
Fig.1 Allotriomorphic granular texture of tennantite distributing in the ore in form of dip dyeing

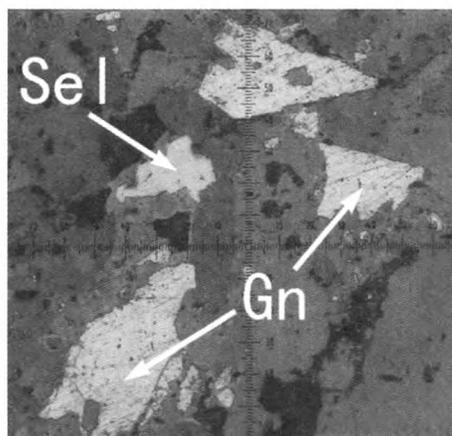


图 2 它形粒状的方铅矿(Gn)和硫砷铅铜矿(Sel)
Fig.2 Allotriomorphic granular texture of Gn and Sel

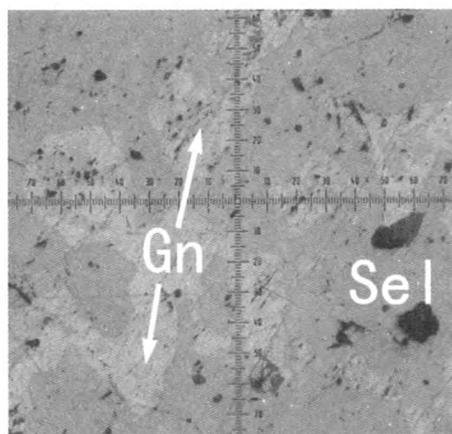


图 3 与方铅矿(Gn)紧密镶嵌的硫砷铅铜矿(Sel)
Fig.3 Sel disseminated with Gn

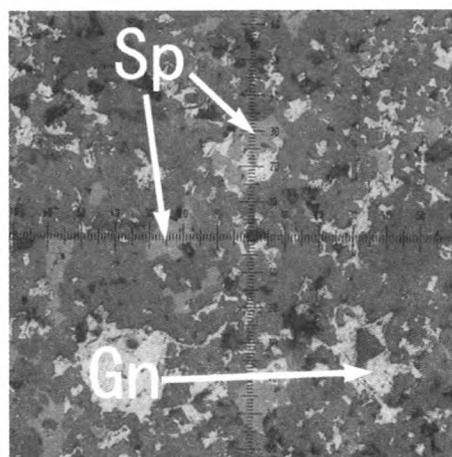


图 4 分布于白云石颗粒之间细小的闪锌矿(Sp)和方铅矿(Gn)
Fig.4 Sp and Gn distributed in dolomite

2.2 云南某地细脉状铁矿可选性研究

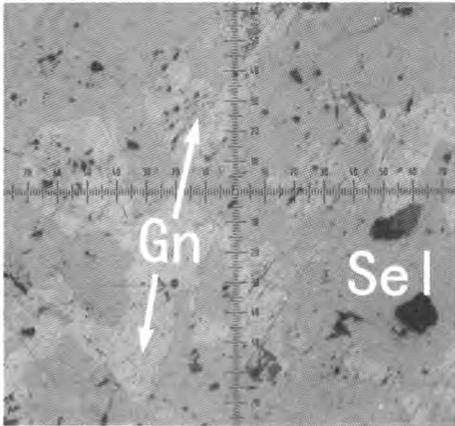


图5 方解石残余状于菱形网格状褐铁矿中

Fig.5 Calcite remained in the rhombic-shaped grid limonite

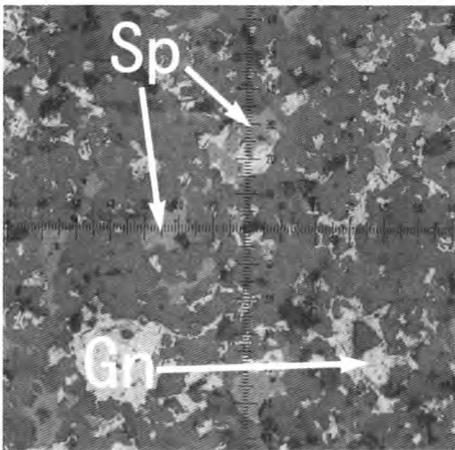


图6 多孔状胶态隐晶质褐铁矿

Fig.6 Porous colloid Cryptocrystalline limonite

矿样入选铁品位 35.66%；有害元素磷 0.038%、硫 0.05%、砷 220 g/t 均较低，矿样中铁矿物以褐铁矿主。根据矿石性质，分别拟定并开展了“强磁粗选-粗精矿再磨-强磁精选”、“强磁粗选-粗精矿再磨-摇床精选”、“强磁粗选-粗精矿再磨-阳离子反浮选”、“原矿摇床重选”和“原矿还原焙烧-弱磁选”等五种选铁工艺的探索对比试验后，认为原矿经“强磁粗选-粗精矿再磨-强磁精选”工艺等流程选别后，仅获得铁精矿品位为 50.01%，回收率为 55.04% 的技术经济指标。造成铁精矿品位、回收率偏低的主要原因是：①铁精矿中多数褐铁矿粒度细小，集合体呈网格状，网格中间被方解石充填（见图 5），从而影响了铁品位的提高；②部分褐铁矿呈

多孔状，孔洞中含有铁泥质（见图 6），不利于铁品位的提高。③矿石中多数褐铁矿嵌布粒度细小，部分呈吸附状态形式存在，常与绢云母及泥晶方解石、白云石等混杂分布，造成对细粒褐铁矿回收效果欠佳。

2.3 云南省某地高砷高硫金矿提金工艺研究

矿样入选品位金 2.77 g/t，含银 1.02 g/t、砷 2.16%、硫 9.35%。主要载金矿为黄铁矿、毒砂；主要脉石矿物为绢云母、石英、长石、白云石、绿泥石等。原矿经光薄片镜下观察、人工重砂分析、选择性化学溶解分析，均未见以自然元素形式存在的金。而毒砂、黄铁矿的单矿物经化学分析、电子探针微区定量分析其金含量分别高达 19.4 g/t、6.96 g/t；其在黄铁矿、毒砂中分布率分别为 43.45%、35.80%；并金主要是以类质同象的形式赋存在黄铁矿和毒砂中。该金矿最终经“浮选-金精矿氧化焙烧-氰化浸出”联合工艺流程选别后，其浮选金精矿品位仅 11 g/t；金精矿氧化焙烧-氰化浸出后的浸渣中仍含金仍高达 6 g/t 左右，氰化浸出率较低，最终金综合回收率仅为 50.40%。此金矿属高砷高硫难处理金矿，矿样中约有 50% 左右的金无法得到回收利用。

3 结 语

(1) 在选矿加工工艺研究中，可利用工艺矿物学研究查明矿石的种类、结构构造、嵌布特征、赋存状态、类质同像具有特殊性，造成部分有色金属、黑色金属、贵金属有各自不同程度难选冶的原因。

(2) 选矿工作者在追求高品位、高回收率的同时，应充分考虑矿石本身所固有的特殊性及其有害元素赋存状态，认知由矿石性质所决定的选矿难易度。

参考文献：

[1] 周乐光. 工艺矿物学[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2007.
 [2] 曾广策, 朱云海, 叶德隆, 等. 晶体光学及光性矿物学[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2006. 8
 [3] 王蓓, 罗兴, 杨晓峰, 等. 某地高碳难选氧化铜矿选矿技术试验研究[J]. 有色金属: 选矿部分, 2011(6): 26-30.
 [4] 王蓓, 孙广周, 杨晓峰, 等. 印尼某地难分离铜铅锌多金属矿选矿技术研究[J]. 有色金属: 选矿部分, 2010(6): 5-8.
 [5] 贾木欣. 国外工艺矿物学进展及发展趋势[J]. 矿冶, 2007(2): 95-99.

(下转 50 页)

的胶磷矿环带存在),故反浮选阶段就重点脱出胶磷矿和石英(多以鲕粒环带、核心存在),最终得到理想的铁精矿产品(TFe54.95%)。工艺矿物学研究贯穿了宁乡式铁矿选矿工艺甄别和建立的始终,对该类难选矿的技术突破起到了重要的指导作用。

参考文献:

[1]张裕书,丁亚卓,龚文琪.宁乡式鲕状赤铁矿选矿研究进展[J].金属矿山,2010(8):92-96.
 [2]李英堂.我国宁乡式鲕状赤铁矿的工艺矿物学特征及其

利用途径[J].矿产综合利用,1981(Z1):34-36.
 [3]成清书.矿石可选性研究[M].北京:冶金工业出版社,1989.
 [4]王婧,周满庚,李潇雨.巫山桃花鲕状赤铁矿工艺矿物学研究[J].矿产综合利用,2013(2):54-57.
 [5]龙运波,张裕书.某高磷鲕状赤铁矿选矿试验研究[J].矿产综合利用,2011(1):3-5.
 [6]张裕书,丁亚卓,龚文琪.宁乡式鲕状赤铁矿选矿研究进展[J].金属矿山,2010(8):92-96.

**The Importance of Process Mineralogy Research on Mineral Processing Technology
 ——Take Ningxiang-type Oolitic Hematite as Example**

Li Xiaoyu, Zhou Mangeng, Wang Jing

(Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, CAGS, Research Center of Multipurpose Utilization of Metal Mineral Resources of China Geological Survey, Key Laboratory of Multipurpose Utilization of Vanadium-titanium Magnetite of Ministry of Land and Resources, Chengdu, Sichuan, China)

Abstract: Carrying out particular mineral processing research on ore samples of some Ningxiang-type mine in the west of Hubei province, combined with characters of Ningyandang-type iron ore, taking effectively selectable aggregates (oolitic) and granular hematite as a unit rather than focus on some single mineral, re-classifying the mineral sorting objects, and detailedly studying the characteristics of various sorting process objects and their impact on mineral processing, which provides an important basis to discern suitable mineral processing and determine the final optimal mineral process.

Keywords: Ningxiang-type iron ore; Aggregate; Technological Characteristic; Process Mineralogy

(上接 60 页)

The Meaning of Process Mineralogy on Appraising Refractory Minerals

Wang Bei, Shan Yong, Zhao Peiliang, Wang Deying

(The Ministry of Land and Resources Kunming Mineral Resources Surveillance Testing Centre, Kunming, Yunnan, China)

Abstract: The research of process mineralogy is helpful to recognize the texture and structure of the mineral ores, mineral composition, dissemination characteristics, etc. It is useful to find out the occurrence state of beneficial and hazardous elements in the ore and the mineral symbiotic relationship. Also, it can thoroughly investigate high content of harmful elements in concentrates and the reasons of the high loss rate of objective elements in tailings. Meanwhile, it can illustrate the reasons of the beyond concentrating. It helps mineral processing technical staff members to find the suitable solution and the interpretation of the feasibility of beneficiation process scheme.

Keywords: Process mineralogy; Research of mineral processing technology; Texture; Structure; Fine grain; Isomorphism; Refractory ore