

文章编号:1674-2869(2015)09-0035-05

宜昌低品位胶磷矿筛分分级微差密度重介质分选技术

罗惠华¹,瞿定军²,苗华军²,胡学超²,胡 正²,张战利²

1.武汉工程大学资源与土木工程学院,湖北 武汉 430074;

2.湖北杉树垭矿业科技发展有限公司,湖北 宜昌 443000

摘 要:为了解决低品位胶磷矿重介质选矿关键技术,根据其工艺矿物学特性,在查清矿石的矿物组成、矿物的赋存状态以及嵌布特征的基础上,研究了低品位胶磷矿筛分分级微差密度重介质可选性关键技术以及工业应用,建立一套年处理 120 万吨原矿的工业化生产装置,该装置集分选精度高、稳定控制分选密度,具有回收与净化介质功能,有效减少介质消耗、密度变化、矿介分离的不稳定性。通过筛分分级微差密度重介质选矿,工业上采用无压给料三产品重介质旋流器,有效介质密度控制系统,实现了微密度差下高密度 2.80~2.90 g/cm³ 难重选宜昌磷矿的分选,获得精矿品位五氧化二磷 28.44%,尾矿品位小于 10%。与选择性破碎筛分分级相结合,回收中间产品,提高资源的回收率,综合回收率达到 83% 以上。

关键词:低品位胶磷矿;重介质;分选

中图分类号:TD923

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2015.09.006

0 引 言

磷矿是发展磷化工产业的战略资源。既是制作磷肥、保障粮食安全的重要资源,又是精细磷化工的物质基础,在农业、工业、医药、生物和国防等众多行业具有极其重要的应用价值。宜昌磷矿资源比较丰富,是中国五大磷矿基地之一。主要分布在夷陵、兴山、远安 3 县区交界处,由 16 个矿床(段)组成,2011 年宜昌磷矿资源储量 29.32 亿吨(其中基础储量 6.59 亿吨)占湖北省磷矿资源储量的 67.7%,占全国资源储量的 15.1%,名列湖北省第一位^[1]。宜昌磷矿资源特点为条带构造,高硅、高镁海相沉积型贫、细、杂低品位胶磷矿,需选矿提质降杂。适宜于宜昌磷矿选矿的技术^[2-3]主要有浮选(双步浮选、直接浮选、单一反浮选)、重介质分选、化学处理、光电拣选等,现阶段工业应用的主要有单一反浮选,重介质分选以及化学处理。单一反浮选适宜高镁磷矿的选矿,工艺简单,选矿成本低,但存在环境污染问题;化学处理采用浸出剂将高品位低镁磷矿中的白云石分解,获得精矿,但处理能力低,生产成本低,不宜处理中低品位高镁含量的磷矿;重介质分选适宜于条带构造磷矿的选矿,选矿不添加任何药剂,废水可以直接回用。

宜昌磷矿重介质分选开始于 20 世纪,1992 年建成宜昌花果树重介质选矿试验厂,其选矿处理量为 20 万 t/a,由于当时的技术经济条件等原因,选矿生产成本高,试车后即停产^[4]。2005 年初,花果树矿通过调研,将原有的重介质两产品旋流器,更换为重介质三产品旋流器,同时改造重介质三产品旋流器,使其适用于条带磷矿微差密度的分选,在生产过程中,通过逐步技术改造,改变了重介质分选磷矿回收率低的问题,进一步完善选别工艺和生产措施,保障了生产的稳定性,并于 2008 年改扩建生产规模为 120 万 t/a 的选矿厂。

1 矿石性质与实验室重液选矿试验

1.1 矿石性质

湖北省宜昌磷矿为沉积型磷块岩矿床。磷矿石具纹层状—条带状构造,磷酸盐矿物主要为泥晶磷灰石,在偏光显微镜下为非晶质或弱非均质性,胶状构造。矿石中的有用矿物为泥晶磷灰石(俗称胶磷矿),脉石矿物主要是白云石、石英、玉髓和粘土矿物。磷酸盐矿物的嵌布特征以及空间分布绝大多数是以纹层或条带的形式分布。

泥晶磷灰石(俗称胶磷矿):显微镜单偏光下呈浅褐色、棕色、灰白色,随杂质含量的增减而变

收稿日期:2015-07-06

基金项目:湖北省重大科技创新计划(2014ACA036);十二·五科技支撑项目(2013BAB07B01)

作者简介:罗惠华(1968-),男,湖北武汉人,教授,研究方向:选矿理论、工艺和浮选药剂。

化,正交偏光下显均质性或弱非均质性,随重结晶程度的提高而变化.集合体形态常见凝胶状、砂屑状、砾屑状,集合体内常混杂有粘土矿物、泥晶碳酸盐、铁质、硅质、碳质等,空间分布形式以条带状、纹层状为主,是矿石中最主要的含磷矿物.

白云石:是矿石中的主要脉石矿物之一,显微镜下呈泥晶集合体、粉晶-细晶集合体,泥晶粒径 $<0.01\text{ mm}$,粉晶-细晶粒度 $0.04\sim0.12\text{ mm}$.主要以胶结物的形式分布于磷质砂屑的孔隙间,或成条带状分布,构成白云岩条带.

硅质矿物:主要成分为石英、玉髓,其常见石英砂屑分布于白云岩和泥晶磷块岩内,呈尖角状,粒径 $0.1\sim0.3\text{ mm}$;微粒石英和隐晶质的玉髓构成硅质条带,与白云岩和磷块岩互层分布.

因此从工艺矿物学特性来看该矿石完全具备磷矿重介质选矿的工艺特性.

1.2 实验室重液选矿试验

当原矿品位 P_2O_5 23.80%, 分选粒级为 $0.5\sim15\text{ mm}$, 分选密度 2.89 g/cm^3 时, 获得了精矿品位 P_2O_5 30.79%、 MgO 1.44%, 回收率 87.61% 的重液分选指标. 宜昌磷矿重选可选性曲线见图 1^[5].

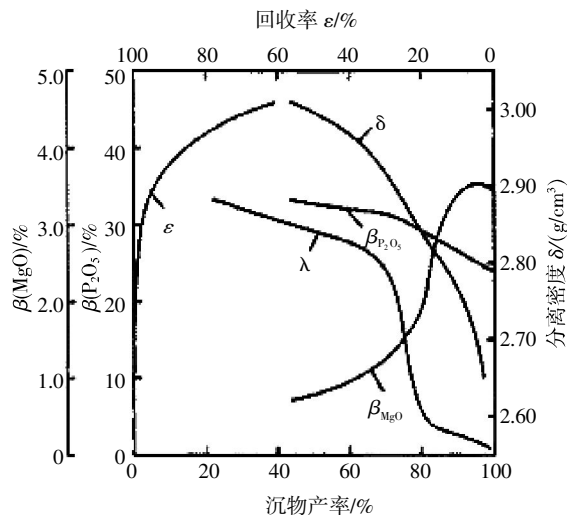


图 1 $-15+0.5\text{ mm}$ 原矿重选可选性曲线 λ

Fig. 1 Beneficiability curve of gravity separation of $-15+0.5\text{ mm}$ ore

从图 1 可以看出当重液密度为 $2.85\sim2.91\text{ g/cm}^3$ 时, 邻近比重物含 P_2O_5 都在 30% 左右, 属难重介质分选矿. 宜昌磷矿中密度大于 2.95 g/cm^3 主要是磷块岩条带, 白云岩条带密度在 2.85 g/cm^3 左右, 因此两条带有效分选密度差仅为 0.1 g/cm^3 , 要分选磷块岩和白云岩条带, 要求有较高分选精度的重介质分选装备, 同时必须稳定控制分选密度. 使其分选密度在 2.86 g/cm^3 到 2.89 g/cm^3 之间, 才能获得合格精矿, 产率和回收率等指标变化较小.

2 筛分分级微差密度重介质工业分选

根据宜昌地区的沉积型中低品位胶磷矿工艺矿物学特性, 研究矿石选择性破碎行为、矿物重介质选矿分选行为, 然后进行破碎方法以及重介质的筛选、论证和确定重介质工艺流程, 优化重介质工艺技术参数内部结构和工艺.

2.1 选择性破碎筛分分级

由于宜昌磷矿的胶磷矿, 碳酸盐矿物以及硅酸盐矿物的硬度不同, 矿石自然类型为白云岩条带状磷块岩、致密条带状磷块岩、页岩条带状磷块岩, 这 3 种不同的条带状磷块岩的破碎性质不同, 对于白云岩条带状磷块岩易于破碎, 而其他两种难于破碎, 破碎之后胶磷矿与碳酸盐矿物以及硅酸盐矿物分布在不同的产品中, 通过三级闭路破碎, 采用粗、中、细三段一闭路破碎系统联合两级原矿溜筛筛分分级系统, 实现了不同条带磷块岩的选择性破碎筛分, 获得不同粒级的筛分产品, 将原矿破碎成 -20 mm , 使磷矿物和脉石解离. 采用 4 mm 、 8 mm 溜筛对 -20 mm 原料进行筛分分级, 筛分分级结果见表 1.

表 1 低品位胶磷矿筛分分级结果

Table 1 Results of classification of low grade collophanite

粒级/mm	产率/%	品位/%	分布率/%
0~4	17.7	25.52	21.42
4~8	11.5	23.94	13.07
8~20	70.8	19.5	65.51
	100.00	21.08	100.00

通过表 1 可得出, 低品位胶磷矿通过破碎后, 由于矿石破碎的特性不同, 磷矿物在细粒级中富集. 通过将破碎后的产品用 4 mm 、 8 mm 溜筛筛分, $0\sim4\text{ mm}$ 物料的 $\text{P}_2\text{O}_5>25\%$, 产率为 17.7%, $4\sim8\text{ mm}$ 产品的 $\text{P}_2\text{O}_5>23\%$, 产率 11.5%, 根据目前市场需求, 23% 以上的矿石具备商品价值, 因此作为产品供应到磷矿加工企业. 筛分后只有粗粒级进入重介质分选, 由于无细粒级的物料进入重介质分选系统, 使得矿浆的粘度降低, 易于控制重介质的密度.

2.2 微差密度重介质工业分选

筛分后筛上物 ($+8\text{ mm}$) 进入无压三产品重介质旋流器分选^[6], 其第一段选别即原矿给入处, 控制分选密度一般为 2.80 g/cm^3 左右, 所抛弃的尾矿为低密度的含钾页岩; 通过二段分选系统在线无极调节, 使重介质再次浓缩, 形成分选密度为 2.90

g/cm^3 的分选区域,使磷块岩条带与白云石条带分离,分选的工艺流程图见图2.重介质精矿和尾矿,经脱介弧形筛脱介后,成为精矿和尾矿,尾矿进行再次筛分,得到 P_2O_5 20%左右矿砂与原矿筛下物合并作为产品回收.工业生产的结果见表2.

在原矿品位为 20.27% 时通过选择性破碎筛分分级微差密度重介质分选,重介质分选的精矿品位为 28.44%,对重介质分选尾矿再筛分,筛上物(+8 mm)作为最终尾矿,其品位只有 9.30%,进入尾矿区堆存.尾矿筛下物(-8 mm)与原矿筛分的细粒级(-8 mm)作为中间产品回收,综合回收率达到 83.63%.而传统重介质工艺两产品重介质旋流器分选的尾矿的品位高达 13.10%,损失率为 31.45%,综合回收率仅为 68.55%.三产品重介质旋流器首次应用于磷矿选矿,实现了高分选密度

($2.80\sim 2.90\text{ g/cm}^3$)下微密度差(密度差为 0.1 g/cm^3)矿物的分离.提高了重介质设备对磷块岩矿与脉石矿物的分选精度.

2.3 重介质分选磷矿系统的自动控制

在重介质分选宜昌磷矿过程中,控制中介质密度在规定的波动范围内,是保证获得稳定可靠的分选指标的关键因素之一.介质密度的自动控制系统由微机核密度计 FB-2300 控制、介质密度的上、下限值可通过键盘预先置入仪表,当发生密度越限时,报警指示系统灯亮,操作人员根据情况,进行适宜的操作,循环介质非磁性物含量的检测指示和定压漏斗、合格介质桶、缓冲矿仓料(液)位的测量指示及报警系统的组成,为介质正常循环,工艺流程的顺利实施,稳定密度,保证磷精矿品位,提高精矿回收率,起到了良好的保障作用.

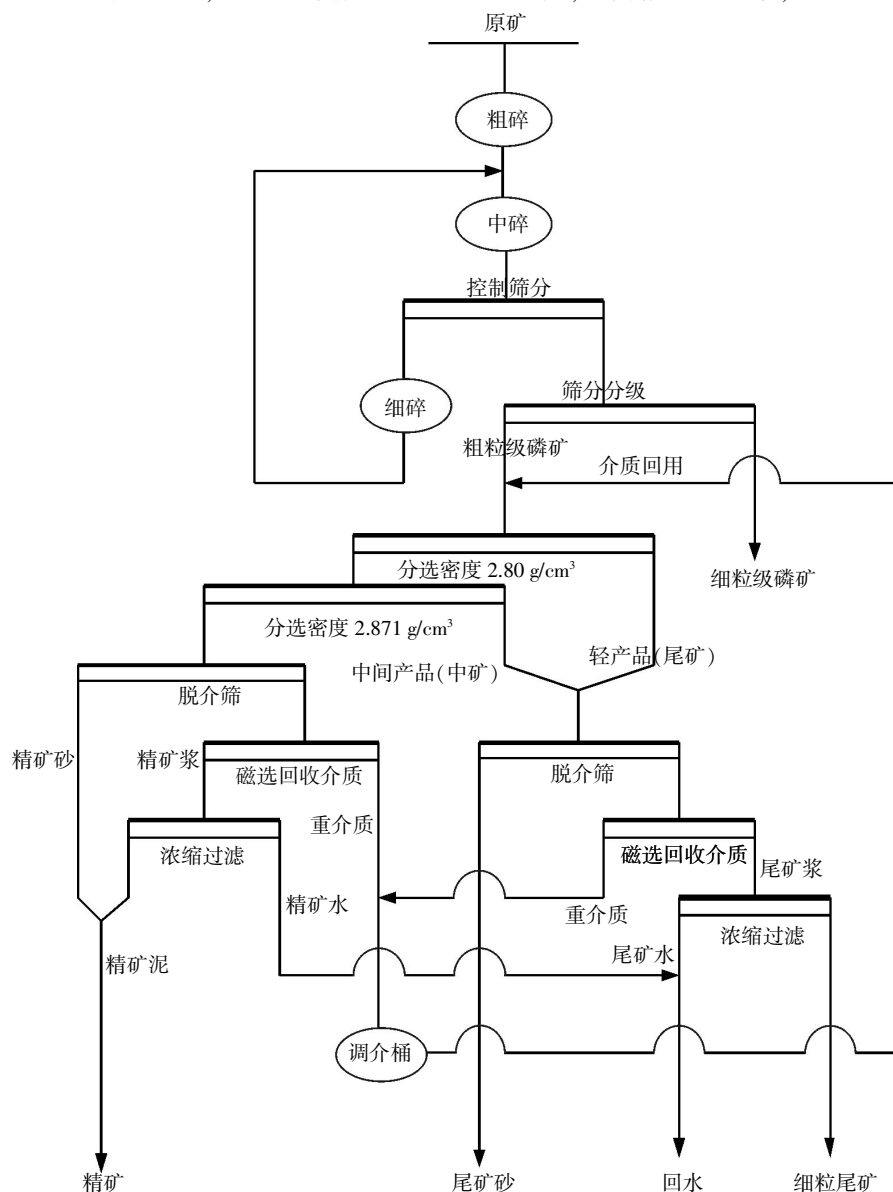


图2 微差密度重介质工业分选工艺流程图

Fig.2 Flow-sheet of classification-heavy medium separation

表 2 筛分分级微差密度重介质分选生产技术指标

Table 2 Operation performances of classification-heavy media separation

产品名称	产率/%	品位/%	回收率/%
精矿	37.54	28.44	52.68
细粒级磷矿	20.76	24.38	24.98
细粒尾矿	6.02	20.09	5.97
尾矿砂	35.68	9.30	16.37
给矿	100.00	20.27	100.00

3 结 语

宜昌磷矿属于难重选矿,磷块岩条带密度大于 2.95 g/cm^3 为主,白云岩条带密度在 2.85 g/cm^3 左右, 0.1 g/cm^3 的分选密度差是重介质选矿的最低要求,在此密度差下才能分选磷块岩和白云岩.工业上采用无压给料三产品重介质旋流器,有效介质密度控制系统,实现了微密度差下高密度 $2.80\sim 2.90 \text{ g/cm}^3$ 难重选宜昌磷矿的分选,获得精矿品位 P_2O_5 28.44%,与选择性破碎筛分分级相结合,回收中间产品,提高资源的回收率,综合回收率达到 83% 以上.

致 谢

感谢湖北省科技厅及武汉工程大学对本研究的资助.

参考文献:

- [1] 刘乃富.湖北省中低品位磷矿合理利用的分析与建议[J].化工矿物与加工,2005,34(11):1-4.
- LIU Nai-fu. Analysis and proposal about rational

utilization of middle-low grade phosphate rock in Hubei province[J]. Industrial Minerals and Processing,2005,34(11):1-4.(in Chinese)

- [2] 吴彩斌,段希祥.我国磷矿石的处理工艺研究[J].云南冶金,2000,29(4):19-22.
WU Cai-bin,DUAN Xi-xiang. Study on processing phosphorus ores in China[J].Yunan Metallurgy, 2000,29(4):19-22.(in Chinese)
- [3] 罗惠华. 湖北宜昌中低品位胶磷矿选矿工艺探讨[J]. 矿冶,2007,16(4):10-13.
LUO Hui-hua.Discussion on beneficiation for a mid-low grade collophanite ore of Hubei Yichang [J]. Mining & Metallurgy,2007,16(4):10-13.(in Chinese)
- [4] 魏祥松,黄启生,李宇新.花果树磷矿重介质选矿研究与应用综述 [J]. 化工矿产地质, 2010,32 (3):186-188.
WEI Xiang-song,HUANG Qi-sheng,LI Yu-xin. Study on heavy-medium separation and its' application in Huaguoshu phosphorite deposit[J]. Geology of Chemical Minerals 2010,32(3):186-188.(in Chinese)
- [5] 魏祥松,黄启生,李宇新.宜昌花果树磷矿重介质选别工业生产实践[J].武汉工程大学学报,2011,33(3):48-52.
WEI Xiang-song, HUANG Qi-sheng,LI Yu-xin. Heavy-medium separation industrial production practice of Yichang Huaguoshu phosphorite [J].Journal of Wuhan Institute of Technology,2011,33(3):48-52.(in Chinese)
- [6] 邵涛,乐宏刚.分选磷矿用重介质旋流器的研究与实践[J].化工矿物与加工,2009(10):13-16.
SHAO Tao,LE Hong-gang. Research and practice of dense medium for separation of phosphate ores [J]. Industrial Minerals and Processing, 2009 (10):13-16.(in Chinese)

Classification-heavy medium separation in minor differential for beneficiation of low grade collophanite in Yichang

LUO Hui-hua¹, QU Ding-jun², MIAO Hua-jun², HU Xue-chao², HU Zheng², ZHANG Zhan-li²

School of Resource and Civil Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China;

2. Hubei Shashuya Mining Technology Development Co.Ltd. , Yichang 443000, China

Abstract: To solve the common key technological problems existed in beneficiation of low grade collophanite, technical properties of phosphate ore, such as material composition, occurrence states and dissemination properties of minerals, etc. were investigated. The key separation technology and the industrial utilization of sieving and classification-heavy medium separation in minor differential for beneficiation of low grade collophanite were analyzed via self-dependent innovation and technology integration based on the research of process mineralogy. Then a series of industrial production facility of sieving and classification-heavy medium separation in minor differential with annual processing capacity of 1.2 million tons of phosphate rock was established, which was characterized by high separation accuracy, good stability in controlling the proportion of separation. This novel processing technology can recover and purify medium, and effectively decrease the consumption of medium and eliminate the instability caused by the change of density and the separation of minerals and medium. Under the condition of subtle density difference, the grade of concentrate reaches 28.44%, the grade of tailing is lower than 10% when three products dense medium cyclone with unpressurized feeding and control systems of effective medium density are applied in industry to realize the separation of Yichang phosphate with high density of 2.80 –2.90 g/cm³. Middle products can be recovered and the comprehensive recovery of the resource is improved with the rate over 83% by combining with selective crushing and screening classification.

Keywords: low grade collophanite; heavy medium; beneficiation

本文编辑:龚晓宁