

# 上房沟矿区高滑石型钼铁 矿石选矿工艺探讨

Mineral Processing Technology Discussion of High-talcosse Kamiokite  
Ore of Shangfanggou Mine Area

贺春明, 刘启生 (长沙有色冶金设计研究院, 湖南 长沙 410011)

关键词: 钼矿; 滑石; 浮选; 选矿工艺

摘要: 上房沟矿区矿床属高滑石型钼铁矿, 由于矿石难选, 选矿指标一直不理想, 影响了矿床的开发利用, 本文根据多年来有关研究单位所进行的试验研究成果, 结合小型选厂的生产实践, 提出了此类矿石的选矿工艺流程, 并将此工艺应用于目前正在新建的3000 t/d选厂。

**Key words:** molybdenum ore; talc; flotation; mineral processing technology

**Abstract:** The deposit of Shangfanggou mine area is high-talcosse kamiokite ore deposit. It was difficult for the ore to concentrate, and the concentrate indexes was not good, which affected the deposit developing. According to many years study and test results and combined with small scale mill production practice, the dressing technology of this kind of ore was put forward, and this technology was being used to present 3000t/d concentrator.

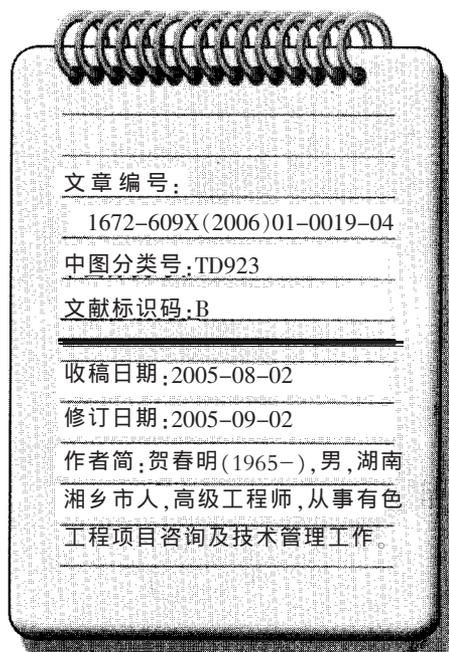
## 1 前言

栾川钼矿田上房沟矿区是以钼为主, 伴生有铁、硫、镓等可供综合利用的特大型斑岩(细脉浸染型)钼(铁)矿床, 钼金属储量70.5万t, 平均品位0.134%, 铁金属量526.86万t。该钼矿中80%以上的矿石为含滑石的难选矿石, 滑石含量一般为6%~15%。由于滑石自然可浮性好于辉钼矿, 多年来, 国内外多家研究院所无论是采用预先浮滑石、抑滑石浮钼或用多开路的浮选流程, 都未能从根本上解决滑石型钼矿选矿精矿品位和回收率低的技术难题。当滑石含量超过8%时, 选矿回收率仅50%~65%左右, 且药剂耗量大、回水利用率低、生产成本高。虽耗费巨资先后多次试图解决此类矿石选矿技术难题, 但均未取得理想效果。因此, 研究制定适宜的选矿工艺, 提高该类矿石的选别指标, 对于钼资源的综合利用及提高企业的经济效益, 具有十分重要的意义。

## 2 矿石性质

### 2.1 矿石类型

该矿区矿石自然类型可分为四种: ①蚀变碳酸盐岩型, 矿石量占53.27%, 主要分布于矿床上盘部分; ②角岩型, 矿石量占19.65%; ③花岗斑岩型, 矿石量占17.21%; ④辉长岩型, 矿石量占9.96%, 其中以蚀变碳酸盐岩型矿石滑石含量最高。



### 2.2 矿物组成

矿石中主要金属矿物有辉钼矿、磁铁矿、黄铁矿、钼白钨矿、白钨矿、磁黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、钼钙华、钼华、钨华等;脉石矿物主要有白云石、透

辉石、石英、云母、蛇纹石、绿泥石、滑石、阳起石、透闪石、方解石、长石、绿帘石、斜硅镁石、镁橄榄石等。

以蚀变碳酸盐岩型矿石为主的矿样中各矿物含量见表 1。

表 1 矿石中主要矿物含量

矿物名称	辉钼矿	滑石	磁铁矿	黄铁矿	石英	阳起石、透闪石	云母	蛇纹石、绿泥石	白云石、方解石	赤、褐铁矿
含量	0.37	11.53	12.0	3.0	13.0	21.0	10.0	11.5	7.5	1.0

### 2.3 主要矿物嵌布特征

#### 2.3.1 辉钼矿

矿石中 95% 以上钼以辉钼矿形式存在,80% 以上辉钼矿与石英紧密共生,有的呈毗邻关系,辉钼矿最大结晶粒度为 0.3mm,一般为 0.15~0.01mm,还有的小于 0.01mm 的微细辉钼矿被石英包裹,其晶体呈不均匀嵌布,以细粒为主;辉钼矿以片状、鳞片状集合体产出,少数辉钼矿则与滑石、磁铁矿共生,呈毗邻、包裹关系。

#### 2.3.2 磁铁矿

磁铁矿是矿石中主要的含铁矿物,以粒状、致密块状及微晶状集合体形式产出,主要与滑石、石英共生,粒度一般为 0.35~0.01mm,呈不均匀嵌布,且以细粒、微细粒为主;磁铁矿结晶程度较差,脉石矿物以穿插、切割、镶嵌等形式存在于磁铁矿中。

#### 2.3.3 黄铁矿

黄铁矿主要与滑石、石英及其他脉石共生,粒度一般为 0.5~0.1mm,呈颗粒状产出,有时以微晶粒状产出。

#### 2.3.4 滑石

矿石中滑石主要为蛇纹石深度蚀变的产物,滑石主要和磁铁矿、黄铁矿共生,粒度一般为 0.3~0.01mm,呈不均匀嵌布,滑石呈致密块状、叶片状、放射状、鳞片状和纤维集合体产出。由于滑石硬度较低,故大部分易在破磨过程中泥化进入矿泥中,少部分在破磨后呈粒状、纤维状形式存在。

### 2.4 原矿化学成份分析

原矿的化学组成分析结果见表 2。

表 2 原矿化学多元素分析结果

组分	Mo	Fe	S	Cu	Pb	Zn
含量	0.17	10.73	1.47	0.30	0.032	0.25

组分	SiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	P	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	As
含量	46.06	16.70	8.87	0.053	4.12	0.029

### 3 选矿试验

1991 年,长沙有色冶金设计研究院对取自上房沟矿上盘矿体的矿样进行了试验研究,试样含铁 13.54%,含滑石 12.7%,实验采用单一浮选流程,在磨矿细度 80%~0.074mm 的条件下进行粗选,粗精矿再磨精选,通过改善流程结构,选择三种药剂混合用药对滑石进行有效抑制的方案,获得较好的选别指标。闭路试验结果见表 3。

表 3 闭路试验结果

产品名称	产率	品位		回收率		
		Mo	MgO	Mo	MgO	
钼精矿	0.60	48.47	3.56	83.86	0.16	
尾矿	尾矿 1	97.08	0.045	12.876	12.60	95.64
	尾矿 2	2.32	0.53	23.68	3.54	4.20
	合计	99.40	0.056	13.128	16.14	99.84
原矿	100.0	0.347	13.07	100.0	100.0	

2003 年,郑州矿产综合利用研究所在小型试验的基础上采用预先弱磁选铁—螺旋溜槽重选及脱泥—钼浮选新工艺,对原矿钼品位 0.17%、滑石含量约 11.5% 试样进行了半工业试验,试验规模 7.5t/d,其产品铁精矿 TFe 品位 67.54%,回收率 76.82%,重选及脱泥后浮钼粗精矿钼品位 1.64%,回收率 82.29%,粗精矿钼浮选(小型试验)钼精矿品位 45.53%,作业回收率 97.5%,总回收率 80.27%。半工业试验结果见表 4,试验流程见图 1。

表 4 半工业试验结果

产品名称	产率	品位		回收率	
		Mo	TFe	Mo	TFe
钼精矿	0.30	45.53	1.77	80.27	4.95
铁精矿	12.20	0.027	67.54	1.97	76.82
尾矿	87.50	0.035	2.24	17.76	18.23
原矿	100.0	0.17	10.73	100.0	100.0

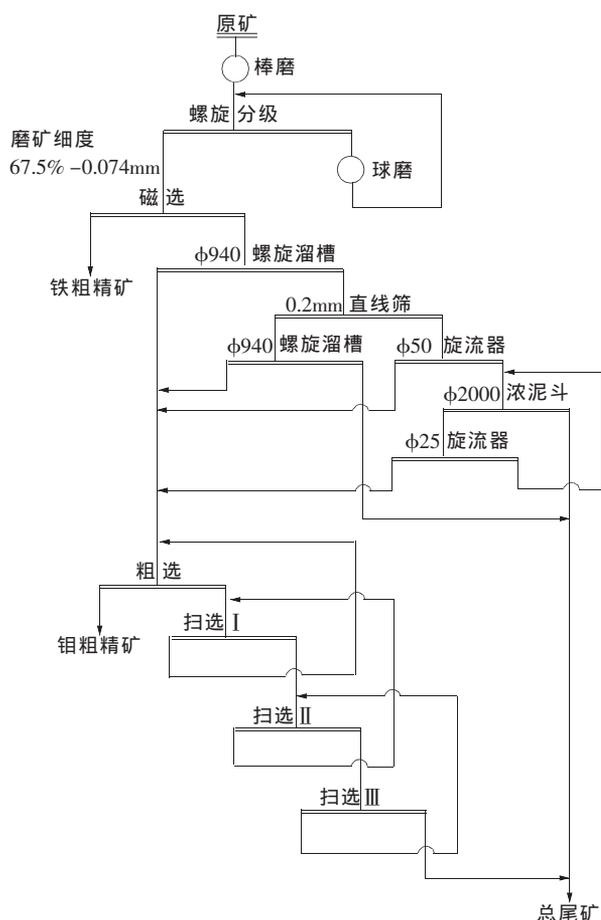


图 1 半工业试验流程

## 4 试验综合分析

### 4.1 脱泥对浮选指标的影响

长沙有色冶金设计研究院所进行的选矿试验，矿样滑石含量达 12.7%，但由于其试验目的主要是指导现场调试，而生产现场条件所限，难以进行脱泥作业，因而试验选择了抑镁浮钼的方案，并围绕此原则流程开展详细的研究工作，试验取得了钼精矿品位 48.47%，回收率 83.86% 的理想指标，在随后进行的生产调试中，虽然采取了调整流程结构、寻求混合用药最佳配比等措施，但由于矿石性质波动大、未脱泥及滑石易浮难抑等原因，造成滑石在流程中不断循环，恶化了浮选条件，调试结果与试验指标之间有一定距离。说明对于高滑石含量的矿石而言，采取单一的抑镁浮钼流程，难以取得较好的选别指标。

郑州矿产综合利用研究所进行的半工业试验研究得出了滑石型钼矿必须预先脱除一部分滑石后选钼才能取得较好技术经济指标这一结论，并在试验中采用重选+水力旋流器结合脱泥的流程，对

矿石中 9.88% 的矿泥予以脱除，再进行选钼作业。

半工业试验的成果表明，为尽可能降低滑石对钼浮选作业的影响，利用滑石易粉碎、泥化的特点，在浮钼前进行有效的脱除，是解决该类型矿石选别的有效途径之一。

### 4.2 选择高效氧化镁抑制剂

由于矿石中蛇纹石、绿泥石、滑石、镁橄榄石等硅酸盐矿物含量高，这些矿物在破磨过程中容易泥化附着于目的矿物的气泡表面，导致泡沫发粘，选择性差，恶化浮选环境，致使浮选药剂用量增大且精矿中氧化镁含量过高。因此，不论是否脱泥，试验均把寻求高效氧化镁抑制剂作为重要研究方向。

长沙院在试验中采用 CF-3、CF-4、CF-5 三种药剂混合用药，证明能很好地抑制滑石，并研究了各中药剂配比条件下的选别效果。

郑州所在原有 KL 系列滑石抑制剂的基础上，研制出新的滑石抑制剂，半工业试验研究结果表明，新药剂对滑石等蚀变矿物的抑制作用较强而对目的矿物辉钼矿的抑制作用较弱，具有较好的选择性抑制作用。

## 5 选矿工艺技术方案的制定

针对矿石中滑石、蛇纹石、绿泥石、镁橄榄石等脉石矿物极易泥化、有用矿物嵌布粒度细且不均匀、矿石难选等特点，在充分分析研究试验流程及试验结果的基础上，结合现场小型选厂生产实践及调试经验，制定了“粗磨—磁选—磁选尾矿脱泥—钼粗选—细磨—钼精选”的原则工艺流程，设计指标见表 5，设计工艺流程见图 2。

表 5 选矿设计指标 %

产品名称	产率	品位		回收率	
		Mo	TFe	Mo	TFe
钼精矿	0.417	45.00	1.80	75.0	7.01
铁精矿	12.22	0.02	63.0	8.20	72.0
尾矿	87.363	0.048	2.57	16.80	20.99
原矿	100.0	0.25	10.7	100.0	100.0

### 5.1 选择适宜的脱泥流程

脱泥是浮选前的关键作业，其效果直接影响选别指标，不仅使大部分矿泥在浮选前得以脱除，以优化浮选条件，降低药剂用量，而且要尽可能降低钼在矿泥中的损失率，保证钼回收率指标。

郑州所采用螺旋溜槽+直线筛+浓泥斗+水力旋

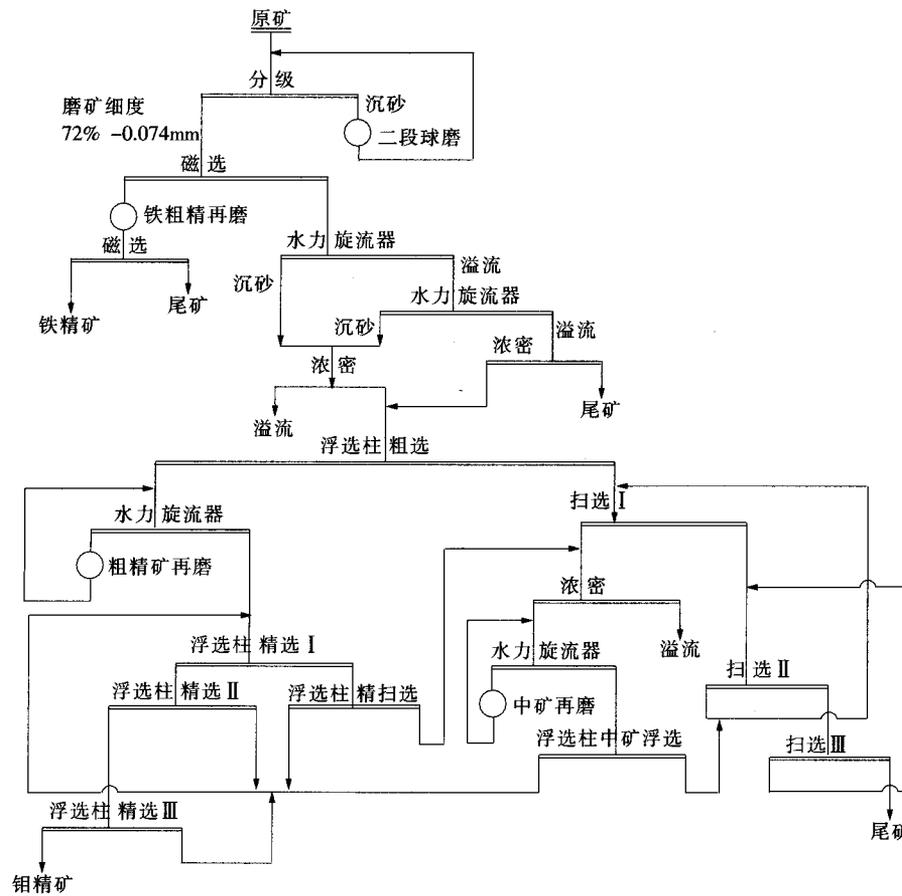


图 2 设计工艺流程

流器结合脱泥的流程,但由于脱泥流程复杂,如果在生产中应用,一方面因设备台数多,占地面积大,将增加选厂建设投资,另一方面,由于脱泥流程长,生产中难以实现稳定操作,脱泥效果难以保证。

3 000 t/d 选厂采用了磁选尾矿经两段水力旋流器加浓缩机三段脱泥流程,脱除 15~20 μm 矿泥,旋流器和浓缩机底流进入钨浮选作业,此流程具有作业稳定,易调节控制的特点。生产过程中可根据浓缩机底流的钨品位,调整进入浮选作业的矿浆量,因而流程对矿石性质的适应性较强。

### 5.2 先选铁后选钨

根据矿石性质,磁铁矿主要与滑石、石英共生,与辉钨矿关系不紧密,郑州所提交的半工业试验报告显示,磨矿细度-0.074mm 67.5%时,弱磁选产出的铁粗精矿钨品位为 0.017%,钨回收率为 1.97%,说明铁粗精矿中钨的损失率很低,先选铁对钨的回收率影响不会很大,而且先选出的铁粗精矿会带走部分滑石,铁粗精矿再磨再选可直接产出铁精矿和丢尾,减少进入下一步脱泥和浮选作业的矿石量,从而降低生产成本,另外,先选铁还可对未添加选矿

药剂的生产用水进行厂前回水利用。因此,选择先选铁后选钨的流程是适宜的。

### 5.3 选择浮选柱和浮选机结合工艺保证选别指标

浮选柱具有结构简单、高效节能、微细粒浮选效果显著的特点,应用浮选柱可实现设备大型化,减少占地面积,节省工程建设投资。选择浮选柱和浮选机结合工艺可充分发挥各自优势,浮选柱对于精矿品位及精选回收率的提高效果显著,而用浮选机进行粗选后的扫选作业,对大颗粒的目的矿物或连生体进行回收,使系统综合回收率有了可靠保证。同时通过改善浮选柱内部结构及喷淋水量,可进一步降低精矿中的氧化镁含量。

## 6 结语

(1)上房沟矿区是以钨为主,伴生有铁、硫、铀可供综合利用的特大型斑岩(细脉浸染型)钨(铁)矿床,该钨矿石中的有用矿物主要有:辉钨矿、磁铁矿、黄铁矿、钨白钨矿、白钨矿、磁黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、钨钙华、钨华、钨华等;脉石矿物主要有:白

(下转第 52 页)

### 新设备提高矿井运输效率

由河北煤炭科学研究所研制的“KWGP-90/600J 无极绳牵引普轨卡轨车”通过了河北省科技厅组织的专家鉴定。专家们认为,该产品主要技术性能达到了国内领先水平,提高了矿井运输环节的安全性能和运输效率,在煤矿辅助运输系统方面应用前景广阔。河北煤炭科学研究所是河北省煤炭系统唯一的综合性科研开发机构,拥有国际先进水平的专业设备 320 台(套)。为解决煤矿井下长距离、大坡度、大运量、多拐弯复杂巷道重型设备的连续运输难题,研制成功了 KWGP-90/600J 无极绳牵引普轨卡轨车,用于在采区煤层上(下)山工作面顺槽及综掘巷道的辅助连续运输工作,运送设备、材料和人员,替代了传统的小绞车接力运输,大大提高了安全性能和运输效率。

### 朱庄矿研制新型司控阻车器

安徽淮北矿业集团朱庄矿技术人员研制出安全性能高的司控阻车器,可在紧急时刻阻止飞驰而至的运输车。新研制的阻

车器,整体生根于轨道下方,直径 30mm 的转轴可承受 30 多吨的剪切力,安装于倾斜巷到变坡点 1m 以上位置,轨道较平坦,坡度不大于 6°,最多阻车数不超过 3 辆,以确保安全。该阻车器自 2005 年 8 月投入使用以来,历经多次改进,安全性能可靠,操作简便,安全系数大。该设备投入使用后,取得了良好的经济效益。

### 液压技术提升潜孔钻功能

中国铝业山东分公司矿业公司对 3 台旧式潜孔钻进行了改造,在钻杆支架的起落方式上引进了液压技术,收到了简便高效、平稳安全的效果。潜孔钻是矿业公司进行露天开采石灰石的主要设备。由于旧式潜孔钻钻杆支架的起落采用钢丝绳卷扬方式,加之钻杆支架长达 12m,使潜孔钻在搬移时非常不方便,要四五个人用五六个小时才能完成;而且,钻杆支架较高,不利于安全生产。对此,经过调研论证,对 3 台潜孔钻实施改造,引进了先进的液压技术。试验证明,改造后的潜孔钻起落钻杆支架工作由 1 名操作工在 10 分钟内就能完成,而且起落平稳,消除了

安全隐患,大大提高了工作效率。

### 液压自动张紧装置研制成功

兖州矿业(集团)公司机械制修厂成功地开发出了一种新型的液压自动张紧装置。胶带运输机械在煤矿井下得到了普遍应用。由于整芯阻燃胶带大量取代过去常用的钢丝绳芯胶带而导致胶带伸长率的巨大变化,过去常用的重锤张紧、回柱绞车张紧、液压油缸张紧等胶带张紧装置由于张紧距离小、张紧力受阻、液压站长期工作浪费能源等问题已经不能满足大型可伸缩胶带输送机的张紧要求。新研制的这种装置是由液压站、液压马达或者可调速绞车、拉力传感器、压力控制器、电控系统、缓冲装置等 6 大部分组成。该装置可以根据胶带机的运行工况自动调整张力的大小,保证胶带机启动时胶带不打滑及正常工作时胶带张紧力随着负载的变化而自动调整。该装置降低了胶带的张紧强度,尤其是正常运行过程中的压力自动监控,避免了胶带因打滑和撕带导致的故障停车,提高了生产效率。

(李剑锋)

(上接第 22 页)

云石、透辉石、石英、云母、蛇纹石、绿泥石、滑石、阳起石、透闪石、方解石、长石、绿帘石、斜硅镁石、镁橄榄石等。

(2) 由于矿石中滑石含量高,平均为 6%~15%,且呈不均匀嵌布,加之辉钼矿嵌布粒度细,包裹现象普遍存在,矿石中其他易泥化的脉石矿物多,滑石对钼浮选的干扰很强,因此属难选矿石。

(3) 根据矿石性质及试验研究成果,确定在磨矿细度-0.074mm72%的条件下,采用粗磨—磁选—磁选尾矿脱泥—钼粗选—细磨—粗精选的原则工艺流程,可获得较理想的选别指标,并可显著降低

生产成本,提高企业的经济效益。

(4) 本文所提出的工艺流程,对于同一类型钼矿或滑石(MgO)含量较高的其他类型有色金属矿的选矿而言,具有一定的借鉴作用。

### [参考文献]

- [1] 含氧化镁矿石(滑石、绿泥石)类型钼矿选矿试验报告[R].长沙有色冶金设计研究院.1991,12.
- [2] 鱼库选厂工业生产调试报告[R].长沙有色冶金设计研究院.1991,11.
- [3] 栾川上房沟滑石型钼矿选矿新工艺半工业试验研究报告[R].中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所.2003,6.