

含铜钼矿石的选矿试验研究及生产实践^{*}

冉记东

(寿王坟铜矿选矿厂, 河北承德市, 067100)

摘要:选矿厂的铜钼选矿系统出现了透辉石类含铜钼矿石, 使钼浮选钼精矿品位不稳定、回收率低。通过试验研究, 提出了“低浓度(18%~20%), 低pH值(pH=8.5~9.5), 高水玻璃(4~6kg/t)”工艺, 对生产流程和操作条件进行改造和完善, 使钼精矿品位稳定在45%以上, 铜、钼回收率分别提高了1.15%和18.93%。

关键词:含铜钼矿石; 试验研究; 工艺条件; 生产实践

中图分类号: 文献标识码: 文章编号: 1001-0076(2001)01-0042-06

Test Study and Production Practice of Molybdenum Ore with High Copper-bearing

RAN Ji-dong

(Concentrator of Shouwangfen Copper Mine, Chengde, Hebei Province 067100, China)

Abstract: With the grade of molybdenum concentrate unsteady, the recovery is low in processing production of the concentrator. The author finds the best technological conditions of "low density (18%~20%), low pH value(8.5~9.5) and high rate of Na_2SiO_3 (4~6kg/t)" through test research. After improvement of flowsheet and operation conditions, the molybdenum concentrate grade can be reached more than 45% controllably, and the recovery of copper and molybdenum can be increase 1.15% and 18.93% respectively.

Key words: molybdenum ore with high copper grade; test research; technological condition; production practice

寿王坟铜矿选矿厂主要处理铜铁矿石, 生产规模为日处理矿石 4000 吨。随着井下开拓面的延伸, 发现了部分含铜辉钼矿矿石, 为充分开发利用这部分资源, 1970 年建成了一个日处理矿石 400 吨的铜钼矿石选矿系统。该系统采用一段闭路磨矿流程, 浮选采用铜钼混合浮选, 混精经精选后再分离的工

艺流程, 其中钼为主产品, 铜为副产品。自投产至 1994 年间所处理的矿石, 浮选指标较好, 在保证钼精矿品位 45% 的前提下, 回收率达到 78% 左右, 但随着生产的持续进行, 原矿中出现了含铜高的透辉石含钼类型矿石, 即高铜品位钼矿石, 生产中该矿石难选, 使浮选指标急剧恶性循环化, 且波动较大, 钼

* 收稿日期: 1999-12-03; 修回日期: 2000-10-06

作者简介: 冉记东(1964-), 河北保定人, 高级工程师, 学士, 选厂技术厂长。

的回收率只有 20%~60%,精矿品位只有 35%~40%。根据矿山地质部门提供的资料表明,该类矿石今后所占的比例将越来越大,因此,搞好该类型钼矿石的试验研究,掌握其可选性,对指导生产提高选矿技术指标,增加经济效益具有重要的意义。

1 矿石性质

试样由选厂工程技术人员采于球磨机皮带给矿,每间隔 1h 采样一次,共采 48h,所采矿样经破碎,充分混匀后装袋,留做试验用,粒度 3mm 以下。

试样主要矿石类型为透辉石含钼,尚有少部分蚀变花岗闪长岩含钼矿石。

1.1 原矿主要成分

原矿主要成分见表 1。

表 1 原矿主要成分(%)

成分	Cu	Mo(全)	Mo(氧化)	Fe	Pb	Zn	MgO	P	S
含量	0.42	0.15	0.023	6.0	痕痕	12.0	0.015	0.4	

1.2 原矿矿物成分及特性

蚀变花岗闪长岩含钼矿石中,主要金属矿物是辉钼矿,有少量的黄铜矿和黄铁矿。

辉钼矿多呈星散状(1.0mm²左右),鳞片状(4mm²左右),细脉状(长 1~2cm,宽 1~2cm)或薄膜状充填在岩石的节理裂隙中,该类矿石易选,钼平均品位 0.12%,铜品位较低,在 0.10% 以下。脉石矿物主要有花岗闪长岩、柱石、绿泥石、柘榴子石、绿帘石等。

透辉石类型含钼矿石中,金属矿物主要是辉钼矿及呈星散状或细脉状的黄铜矿和黄铁矿,辉钼矿多呈浸染状及片状分布,或呈细脉浸染状充填在透辉石晶隙间,或呈薄膜状充填充填在透辉石的节理裂隙中,此类矿石难选,钼平均品位为 0.16%,含铜品位高,在 0.18%~0.45% 间,脉石矿物主要有透辉石和绢云母。

1.3 入选矿石的浮选特性

1.3.1 铜品位对辉钼矿可浮性的影响

经过统计近五年各班钼铜原矿品位之比,得出了如表 2 的钼铜原矿品位之比与钼回收率的大致规律(见表 2),钼原矿品位低于铜原矿品位时,钼回收率很低,为 60%~72%,钼原矿品位高于铜原矿品位时,随着比值的增大,钼回收率逐渐升高,当比值大于 1.6 时,钼回收率提高就缓慢了。

表 2 钼铜原矿品位比与回收率关系

Mo 品位/Cu 品位	<1.0	1.0~1.3	1.3~1.6	1.6~2.0	2.0~2.5	2.5~3.0	3.0~3.5	3.5~4.0	>4.0
Mo 回收率	60~72	73~79	80~82	80~83	82~85	83~87	83~87	84~88	86~88

从浮选现象上看:铜原矿品位高时,混合浮选粗选的泡沫上层为黄铜矿,下层为辉钼矿,在铜、钼矿物共同上浮的竞争中,钼的浮选速度低于铜,使钼不能及时刮出而进入尾矿,影响钼的回收率。

1.3.2 矿石嵌布粒度的影响

为查清辉钼矿在尾矿中的损失分布情况,使于指导试验和生产,对生产中 30 个小区的尾矿进行了筛析,结果见表 3。

表 3 钼浮选尾矿筛析结果(%)

粒级(μm)	产率	品位	粒级(μm)	产率	品位
+150	6.84	0.035	-61+52	10.14	0.0156
-150+100	20.78	0.013	-52+43	3.04	0.0333
-100+74	8.46	0.012	-43	38.78	0.041
-74+61	11.96	0.014	合计	100	0.025

从表 3 可以看出:钼在尾矿中主要损失于 +0.15mm 和 -0.052mm 粒级中,这是因为 +0.15mm 的辉钼矿颗粒未能与脉石矿物单体解离,且颗粒重,不能有效上浮;-0.052

mm 在矿物颗粒泥化恶劣严重, 辉钼矿棱边表面增加, 影响薄片表面的疏水性, 使其亲水不易上浮, 所以磨矿分级作业要尽量减少这两个级别的产率。

1.3.3 脉石矿物种类及细泥的影响

脉石矿物的种类及其在磨矿过程中产生的细泥, 严重影响辉钼矿的可浮性。将入选矿石中的主要脉石矿物花岗闪长岩和透辉石磨至不同细度, 在浮选前加入 0.038~0.15 mm 高品位的钼矿石 ($\alpha\text{MO} = 3.7\%$) 进行浮选, 结果见图 1。

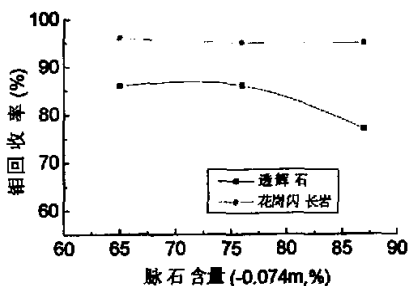


图1 脉石对辉钼矿可浮性的影响

从图1看出: 钼浮选结果的恶化不但受磨矿细度的影响, 而且受脉石矿物种类的影响, 即花岗闪长岩对辉钼矿可浮性的影响不大, 而透辉石则对辉钼矿的可浮选影响很大, 并随磨矿细度的增加越来越大, 这主要是因为透辉石易泥化, 细泥对药剂的吸附降低了药效, 并使矿浆粘性增加, 同时细泥粘附在辉钼矿表面, 形成包裹层, 影响了辉钼矿的浮选, 因此, 寻求合理的磨矿细度和药剂制度, 消除泥对辉钼矿的影响, 是提高该铜钼矿石选别指标的关键。

2 小型试验及结果分析

鉴于上述情况, 为全面查找造成现场指标低的原因, 试验采用单因素优选法的均分法做了铜钼混合浮选, 分离浮选的条件试验及闭路试验, 获得了较好的工艺条件和选矿

技术指标。

2.1 混合浮选开路条件试验

强化混合浮选作业是保证钼铜最终金属回收率的基础。因此, 混合浮选条件试验根据该类矿石的特性, 做了磨矿细度、pH 值、浮选浓度、捕收剂用量、水玻璃用量、加药地点及浮选时间等主要因素的试验。

2.1.1 开路工艺流程

开路工艺流程为“原矿磨矿后一次浮选得到铜钼混合精矿和尾矿”。

2.1.2 磨矿细度试验

磨矿细度是保证获得浮选技术指标的基础, 因此, 寻找适宜的磨矿细度, 特别是对易泥化的透辉石含钼类型矿石尤为重要, 磨矿细度试验结果见图2。

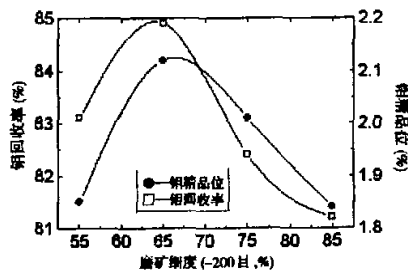


图2 磨矿细度对钼浮选的影响

由图2可知: 磨矿细度(-200目)应保持在60%~70%, 否则会使钼损失于尾矿中, 影响钼的回收率。

2.1.3 pH 值试验

试验结果见图3。

由图3可知: 矿浆 pH 值在 8.5~9.5 时为好, 这时辉钼矿的可浮性最好, 且浮选易于操作控制, 当 pH 值小于 8.5 时, 浮选所起的泡大且发脆, 泡沫不稳定, 此时黄铁矿不能被有效抑制, 水玻璃抑制硅酸盐类脉石矿物的作用减弱, 为防止混合浮选起脏而大的泡沫, 需要一定的 $[\text{HSiO}_3^-]$, pH 值不应低于 8.5, 同时, 分离浮选的 Na_2S 会水解生成 H_2S 而

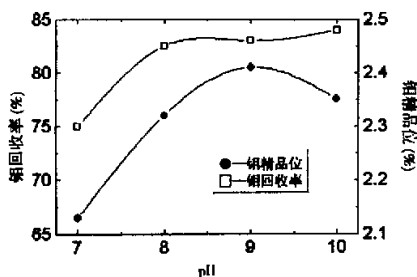


图3 pH对钼浮选的影响

逸出,增大 Na_2S 的用量和对环境的污染,当pH值过高时,会使 Ca^{2+} 大量增多,辉钼矿表面亲水化,而使辉钼矿受到抑制,同时使2#油起泡性能增强,矿浆度增大,泡沫发粘,脉石及细泥进入泡沫中,造成浮选作业“跑槽”,而破坏浮选过程,并给下一步Cu-Mo分离作业造成困难。

2.1.4 浮选浓度试验

浮选浓度是浮选含泥质类钼矿石的一个重要条件,浓度过大对浮选是极其有害的,会使矿浆粘度增大,泡沫层中夹杂的脉石矿泥将增加,势必使精矿品位下降,浓度过小不仅会使药耗,水耗,电耗增加,而且会缩短浮选时间,影响回收率。浮选浓度试验结果见图4。

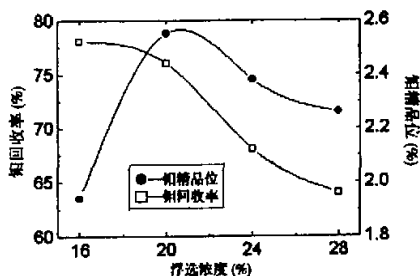


图4 浮选浓度对钼浮选的影响

由图4看出:浮选该类矿石的浓度不能大于20%。

2.1.5 煤油用量试验

试验结果见图5。

由图5可知:煤油用量以140~180g/t为佳,再多钼回收率不但不能提高,反而会使钼精矿品位下降,起泡剂2#油用量增大,使用过程中要特别注意煤油与起泡剂2#油的比例以确保最佳的泡沫状态,一般来说,对易选的花岗闪长岩类铜钼矿石,煤油与2#油的比例为2:1,对难选的透辉石类铜钼矿石2#油的用量有所增加。

2.1.6 水玻璃用量试验

水玻璃用量试验结果见图6。

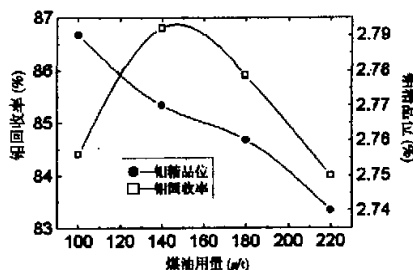


图5 煤油用量对钼浮选的影响

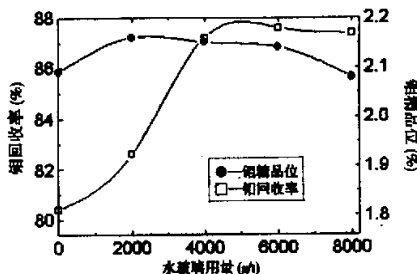


图6 水玻璃用量对钼浮选的影响

由图6可知:水玻璃在混合浮选的用量以4~6kg/t为好,与不加水玻璃相比,钼钼回收率,特别是钼回收率有显著的提高,主要是因为水玻璃能强烈抑制硅酸盐类脉石,同时,又对磨矿过程中产生的细泥有抗聚分散作用,当水玻璃用量足够大时,兼有将分散的细泥选择性吸附,从而使细泥表面亲水化被抑制沉淀,降低了矿浆的粘性,这样就减少了细泥对辉钼矿表面的污染,使辉钼矿从细泥

的絮凝体中释放出来,从而提高辉钼矿的浮选速度,改善浮选过程,这是钼浮选指标提高的主要原因。

2.1.7 加药地点试验

加药地点试验在 pH9.0、煤油用量 140g/L 条件下进行,结果见表 4 所示。

表 4 加药地点试验结果(%)

加药地点	精矿品位		尾矿品位		回收率	
	Cu	Mo	Cu	Mo	Cu	Mo
石灰加球磨,煤油、水玻璃加浮选	7.25	2.17	0.060	0.021	85.03	82.91
水玻璃加球磨、石灰、煤油加浮选	8.05	2.32	0.070	0.018	83.11	84.61
水玻璃、石灰加球磨、煤油加浮选	7.85	2.20	0.060	0.017	85.61	85.53
煤油、玻璃加球磨、石灰加浮选	8.15	2.45	0.070	0.017	83.64	86.35
煤油、石灰加球磨、浮选加水玻璃	7.35	2.00	0.060	0.020	85.87	83.29
三者全加球磨	6.95	2.15	0.065	0.015	85.00	87.96

由表 4 可知:煤油、石灰、水玻璃均加入球磨中选矿效果最佳。

2.1.8 浮选时间试验

浮选时间试验结果见图 7 所示。

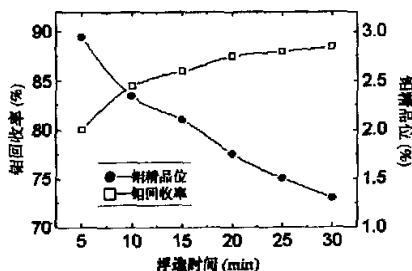


图7 浮选时间对钼浮选的影响

由图 7 可知:当浮选时间为 30min 时,钼还回收了 0.75%,可见该类型钼矿石浮选时间要求长,最低不能低于 30min。

2.2 分离条件试验

分离条件试验采用一次粗选,五次精选开路流程,探索了煤油用量,水玻璃用量及硫化钠用量试验,最终确定的最佳药剂条件为:煤油 40~50g/t;水玻璃用量 300~400g/t;硫化钠用量不少于 1000g/t。

2.3 闭路试验

在实验室进行了闭路试验。试验工艺流程及药剂条件下见图 8,试验结果见表 5。

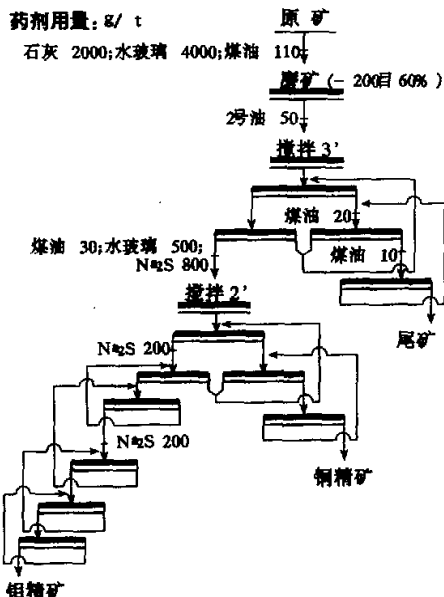


图 8 闭路试验流程及药剂条件

表 5 闭路试验结果(%)

原矿品位		精矿品位		尾矿品位		回收率	
Cu	Mo	Cu	Mo	Cu	Mo	Cu	Mo
0.42	0.15	15.30	46.87	0.085	0.014	80.24	83.23

3 生产实践

造成高铜品位钼矿石选矿指标低的主要原因,从矿石性质方面来讲有两大因素:(1)

入选矿石中铜品位的高低;(2)脉石矿物的种类及其在磨矿中产生的细泥。在工艺条件方面主要有五大因素:(1)磨选细度达不到技术要求,只有-200目52%~56%。(2)白灰用量过大,且添加不均衡,矿浆pH值太高(pH值11%左右)。(3)分散剂水玻璃的用量低(1~2kg/t)。(4)浮选浓度太高,达24%~26%。(5)浮选时间不足,只有24min。

3.1 流程及药剂制度调整

为提高钼选矿指标,对现有的工艺流程及药剂制度进行了部分改造和调整:(1)混合浮选增加一次扫选;(2)降低台时效率2t/h,并使溢流浓度由24%~26%降至18%~20%;(3)白灰由人工定时在分级机内添加改为变频调速在球磨机中均衡添加。(4)在混合浮选前搅拌槽中添加4~6kg/t水玻璃。

3.2 浮选操作问题

浮选操作上还应注意以下几个问题:

(1)混合浮选作业的捕收剂与2#油用量比例,要根据矿石性质灵活掌握,以确保最佳的泡沫状态。对易选的花岗闪长岩类钼矿石,煤油与2#油用量的最佳比例为2:1。对难选的透辉石类含钼矿石,岳收剂与2#油的比例为4:3。

(2)为强化分离浮选作业的效果,抑制剂 Na_2S 要分批添加,以防止局部浓度过大,失去其选择作用,影响辉钼矿的可浮性。另外,配置的 Na_2S 溶液不能过多,否则在空气中该放置过久会分解失效,影响使用效果。

(3)在分离浮选一、二、四精泡沫槽中加入部分块状 Na_2S ,以确保获得含铜小于0.3%的高质量钼精矿。这样即可作为补充 Na_2S 用,加快改善浮选状况,又可利用它溶解时放出的热量,使矿浆升温,有助于铜钼分离,提高钼精矿质量。

3.3 改造后生产指标与经济效益

半年的生产实践证明:调整后效果显著。

生产指标对比结果见表6。

表6 改造前后生产指标对比结果(%)

调整前后	原矿品位		精矿品位		尾矿品位		回收率	
	Cu	Mo	Cu	Mo	Cu	Mo	Cu	Mo
调前	0.42	0.16	15.2	41.56	0.090	0.024	78.20	56.92
调后	0.43	0.15	15.4	45.84	0.085	0.020	79.35	75.85

注:调整前的时间为3个月,调整后为6个月。

按年开车300d,日处理矿量400t,年增加的总收入为149.09万元,增加的成本费用为53.60万元,年经济效益为95.49万元。

5 存在的问题和改进建议

纵观每年的试验研究和生产实践,对现场生产中存在的问题,提出下列建议和措施。

(1)为确保钼精矿品位,应对混合精选或分离精选进行技术改造,即增加一次混合精选或增加一次分离精选。

(2)分离作业前的搅拌槽容积小,生产中常出现冒矿及管路堵塞现象,也不利于分离作业的平衡操作,需进行技术改造。

(3)针对矿石有用矿物嵌布粒度不均的情况,选择适宜的磨矿细度,可考虑在铜钼分离作业前进行再磨,以减少矿泥对浮选的影响,提高选别效果。

(4)努力探索新工艺新流程,并寻找适应矿石性质的新型高效率的选钼药剂。

6 结语

(1)高铜品位钼矿石钼精矿品位波动较大,实收率低的主要原因在于入选矿石中含铜品位的高低,脉石矿物的种类及其在磨矿中产生的细泥。要稳定和提高钼选矿指标,关键在于适宜的磨矿细度,消除矿泥的影响,浮选结果证实,水玻璃能消除矿泥的影响,显著的提高辉钼矿的浮选速度。

(2)五年的生产实践证明:处理该类型钼矿石,使用高用量的水玻璃(4~6kg/t),相应的采用低浓度(18%~20%)和低pH值(8.5~9.5),是提高钼选矿指标的最佳工艺条件。