

# 江西修水某含铜钼矿石选矿工艺试验

王海发\*, 马先军, 黄晔

(龙泽矿山技术开发有限公司, 湖北 黄石 435000)

**摘要:**为合理开发利用江西修水某钼矿,针对钼品位为0.089%的含铜钼矿石,通过一粗一扫两精得到了钼粗精,然后通过再磨加入硫化钠作抑制剂进行铜钼分离,分离流程为一粗三精,可获得钼品位为50.34%、钼回收率为82.45%的钼精矿;同时还获得了铜品位为14.91%、铜回收率为73.18%的铜精矿,该试验研究结果为钼矿生产提供了可行的技术方案和参考依据。

**关键词:**钼矿;铜钼分离;选别工艺;钼精矿;铜精矿

**中图分类号:**TD952, TD954

**文献标志码:**A

**文章编号:**1672-9102(2016)04-0054-08

## Beneficiation experiment on a molybdenum ore from Jiangxi Xiushui

WANG Haifa, MA Xianjun, HUANG Ye

(Longze Mining and Technology Co. Ltd., Huangshi 435000, China)

**Abstract:** For the rational development and utilization of molybdenum ore in Jiangxi Province, the molybdenum ore contains the copper, and its grade of molybdenum is 0.089%. By the means of 1 coarse, 1 sweeping, and 2 fine flotation, it gets the molybdenum coarse. Then, it adds the sodium sulfide as the inhibitors in regrinding for the subsequent copper-molybdenum separation. Separation process is 1 coarse and 3 fine flotation, the molybdenum concentrate is a grade of 50.34%, and the recovery is 82.45%. At the same time, the copper concentrate with a grade of 14.91% and the recovery of 73.18% is obtained. The test results have provided a feasibly technical scheme and reference for the production of the molybdenum ore.

**Key words:** molybdenum ore; copper-molybdenum separation; separation process; molybdenum concentrate; copper concentrate

钼是一种重要的稀有金属和战略储备资源,具有熔点高、热性能好等优良特性,广泛应用于冶金、机械、化工、航空航天等诸多领域,已经成为现代工业不可或缺的一种金属。近年来,随着世界科学技术的进步和发展,钼的消耗量迅速增长,预计每年以6%~8%的速度继续递增,因此有必要对一些低品位钼资源的开发利用进行研究<sup>[1]</sup>。为此,对江西修水某地辉钼矿进行了选矿工艺试验研究,在进行了大量的探索试验后,最终获得了指标较为理想的钼精矿和铜精矿,为该地区钼资源的开发提供了有力的技术依据。

钼矿物中,分布最广、最具有工业价值的是辉钼矿,目前世界上钼产量中99%是从辉钼矿中获得的<sup>[2]</sup>。由于辉钼矿具有良好的天然可浮性<sup>[3-5]</sup>,因此,在选矿过程中,多采用浮选工艺对其进行处理<sup>[6]</sup>。

### 1 矿石性质

江西修水某钼矿钼品位为0.088 6%,其中硫化钼含量高达89.17%,钼主要以辉钼矿的形式存在,因此钼具有较好的可浮性;铜品位为0.062%,硫化铜含量为83.33%,铜主要以黄铜矿的形式存在,铜也具有较

好的可浮性,其他金属含量均较低,仅有钼和铜元素具有有效的利用价值。

## 2 试验结果与讨论

试验全流程为原矿经一粗一扫两精得到铜、钼混合精矿后进行再磨,再磨混精进行一粗三精的铜、钼分离浮选,最终得到钼精矿和铜精矿。

### 2.1 粗选条件试验

辉钼矿浮选中最常用的煤油属于烃油类物质,通过多种药剂试验比较发现,烃油仍然是辉钼矿浮选的良好捕收剂之一<sup>[7]</sup>。浮选辉钼矿最常用的起泡剂选用2<sup>#</sup>油,在粗选阶段通常加入石灰和硅酸钠做调整剂<sup>[8]</sup>。石灰在浮选中能使矿泥凝聚,在一定程度上有消除矿泥对矿粒罩盖的作用,由于这种凝结作用,当石灰用量适当时,可使泡沫保持一定的黏度而具有适当的稳定性,而硅酸钠有助于减少细泥对浮选的影响,减少药剂消耗量,同时对矿石中石英等脉石有很好的抵制作用<sup>[9,10]</sup>。在探索试验中发现,当石灰用量为1 500 g/t、硅酸钠用量为1 000 g/t时,粗选泡沫丰富,石灰的用量增加或减少时,粗选泡沫非常不稳定,而且泡沫层非常薄,所以调整剂石灰和硅酸钠用量分别为1 500和1 000 g/t较为适宜。

#### 2.1.1 粗选磨矿细度试验

磨矿细度是矿物浮选试验中最重要的技术参数之一,适宜的磨矿细度是试验中获得良好浮选指标的前提条件<sup>[4]</sup>。因此,寻找合适的磨矿细度极其重要。粗选磨矿细度试验流程及其他药剂用量见图1,试验结果见图2。

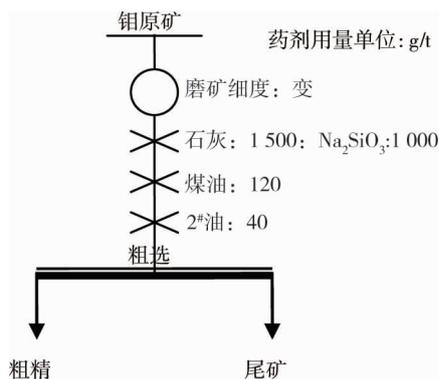


图1 浮选粗选磨矿细度试验流程

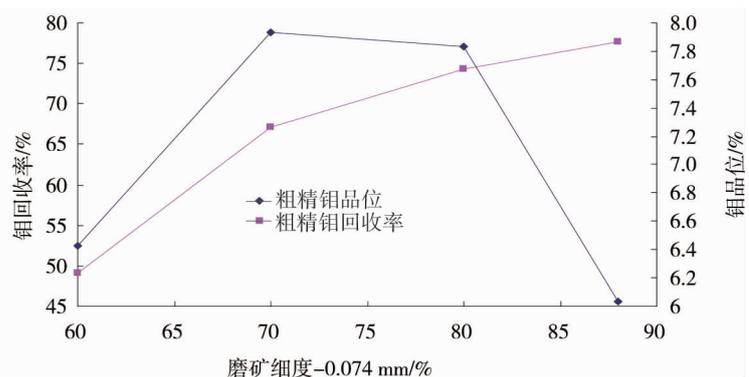


图2 粗选磨矿细度试验结果

由图2可见,随着磨矿细度的增加,粗精钼回收率逐渐增加,而钼品位先升后降,在磨矿细度超过-0.074 mm/80%后下降得尤其明显;磨矿细度在-0.074 mm/75%和-0.074 mm/80%之间时,粗精钼品位和回收率指标都较好,同时考虑到磨矿成本,选择最佳的磨矿细度为-0.074 mm/75%,此时粗精钼品位和钼回收率分别为7.50%和71.00%。

#### 2.1.2 粗选煤油用量试验

在磨矿细度试验中粗精钼回收率偏低,所以增加捕收剂煤油的用量,在石灰用量为1 500 g/t,硅酸钠用量为1 000 g/t,磨矿细度为-0.074 mm/75%的条件下,选择煤油用量分别为160, 200, 240 g/t进行试验,试验流程见图1,试验结果见图3。

由图3可见,随着煤油用量的增加,粗精钼回收率逐渐增加,钼品位在

200 g/t时达到最高,在240 g/t时稍有下降,但此时钼回收率要明显高于其他2个条件,所以最佳的煤油

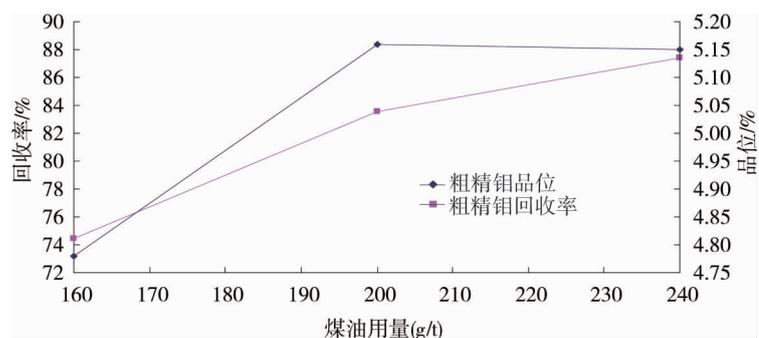


图3 粗选煤油用量试验结果

用量选择为 240 g/t,此时粗精钼品位和钼回收率分别为 5.15%和 87.40%.

### 2.1.3 粗选 2#油用量试验

确定了最佳的磨矿细度和煤油用量后,进行 2#油的用量试验,其用量分别选择为 20, 40, 60g/t, 试验流程见图 1, 试验结果见图 4.

由图 4 可知,随着 2#油用量的增加,粗精钼回收率也随之提高,而钼品位随之下降,当 2#油用量从 40 g/t 增加到 60 g/t 时,粗精钼回收率提高的幅度很小,而钼品位却下降的幅度较大;当 2#油为 20 g/t 时,粗精钼品位较高,但回收率却非常低,所以 2#油的最佳用量选择为 40 g/t,此时粗精钼品位和钼回收率分别为 5.15%和 87.40%.

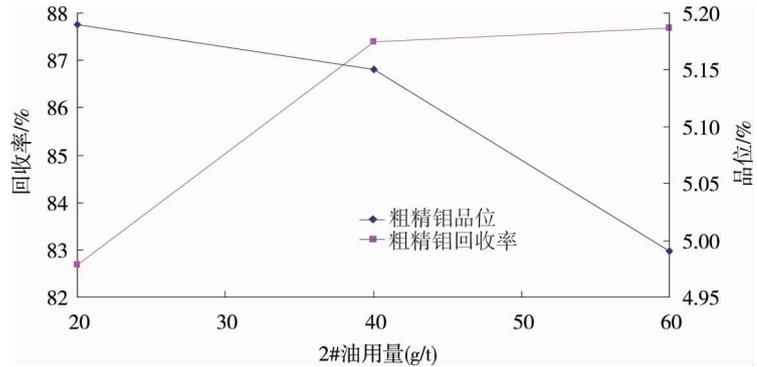


图 4 粗选 2#油用量试验结果

### 2.2 粗精直接精选试验

试验采用一粗一扫四精工艺流程,并在扫选作业补加适量药剂,将扫选精矿与粗选精矿合并形成精选原矿后进行精选.试验流程及药剂用量如图 5 所示,试验结果列入表 1.

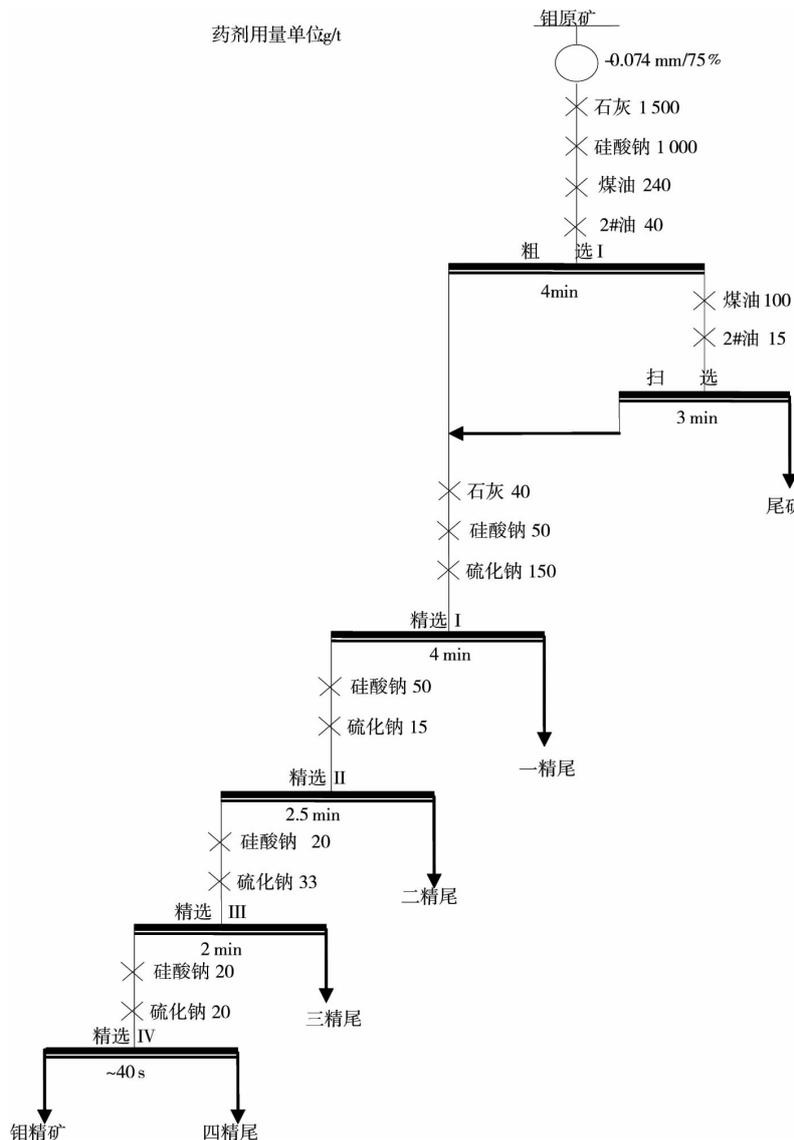


图 5 粗精直接精选探索试验流程图

表 1 试验结果表明,原矿经一粗一扫得到的粗精直接进行四次精选所得钼精矿品位只有 31.58%,这说明辉钼矿的嵌布粒度较细,在 -0.074 mm/75% 细度下大部分辉钼矿矿物并没有得到充分单体解离,难以得到合格的钼精矿,必须对粗精再磨到合适的细度再进行精选才有可能得到高品位的钼精矿。

### 2.3 粗精再磨细度试验

粗精再磨细度分别为 -0.038mm 粒级含量 70%,81% 和 93%,为保证钼精矿的回收率,在再磨精选 I 中补加一定量的煤油和 2<sup>#</sup>油;为了抑制黄铜矿物,再磨后添加硫化钠,粗精再磨试验流程及药剂条件见图 6,试验结果见图 7。

表 1 粗精直接精选试验结果

产品	产率/%	钼品位/%	钼回收率/%
钼精矿	0.03	31.580	10.44
四精尾	0.05	28.880	15.91
三精尾	0.08	17.920	15.79
二精尾	0.22	9.550	23.15
一精尾	1.36	1.450	21.72
粗精	1.74	4.550	87.01
尾矿	98.26	0.012	12.99
原矿	100.00	0.091	100.00

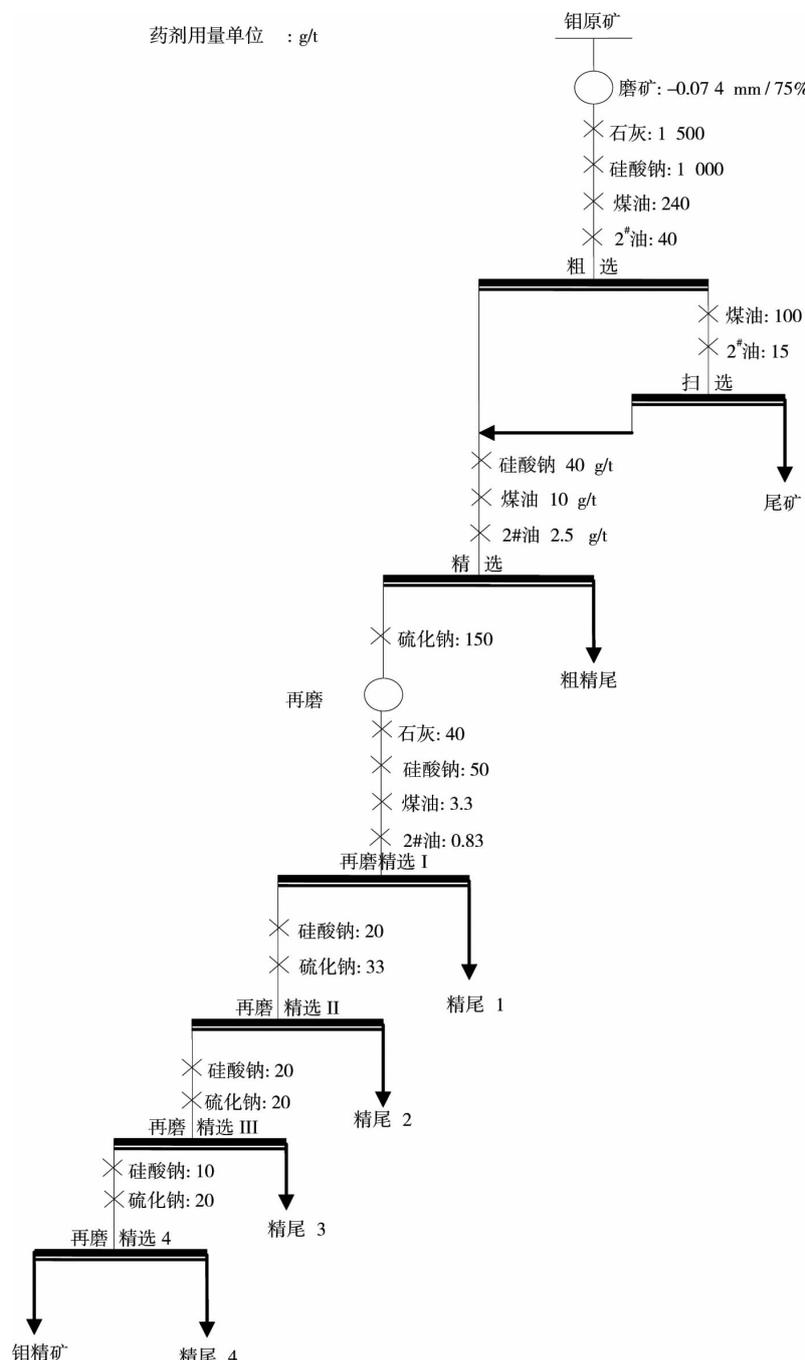


图 6 粗精再磨细度试验流程

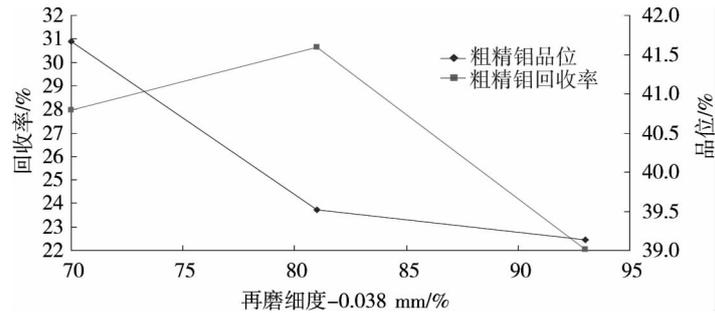


图7 粗精再磨细度试验结果

由图7可见,当再磨细度为-0.038 mm/70%时,获得了钼品位为41.67%,钼回收率为27.95%的钼精矿,其中钼品位为三者最高,回收率比-0.074 mm/81%条件下稍低,同时考虑到减少生产中磨矿成本,再磨细度选择为-0.038 mm/70%是较合适的。

为了进一步提高钼精矿的钼品位,须加大硫化钠的用量,把黄铜矿、黄铁矿等硫化矿物尽量抑制在精选尾矿当中。

### 3 全流程开路试验

在条件试验完成的基础上进行全流程开路试验,其中再磨精选I硫化钠用量增加至300 g/t,试验结果列入表2,试验流程及药剂用量如8所示。

表2 全流程开路试验结果

产品	产率/%	钼品位/%	钼回收率/%
钼精矿	0.03	47.210	15.90
四精尾	0.06	44.950	30.28
三精尾	0.06	29.820	20.09
二精尾	0.08	12.380	11.12
一精尾	0.33	0.530	1.96
粗精尾	1.38	0.480	7.44
尾矿	98.06	0.012	13.21
原矿	100.00	0.089	100.00

由表2结果可知,硫化钠的用量进一步增加后,能够获得产率为0.03%,钼品位为47.21%,钼回收率为15.90%的钼精矿,计算可知,再磨后经过3次精选即可获得产率为0.09%,钼品位为45.70%,钼回收率为46.18%的钼精矿,相比以上3套再磨精选试验,本次钼精矿指标有了很大的提高.所以,硫化钠的用量对最终钼精矿的品位有着非常大的影响,只有抑制住铜矿物等矿物,才能获得指标较好的钼精矿。

### 4 全流程闭路试验

在流程中考虑到了铜的回收,再磨前增加了一次精选,以保证铜精矿的质量,同时进一步加大了硫化钠的用量,试验流程及药剂用量见图9,试验结果见表3。

由表3和图6可知,原矿闭路流程试验得到产率为0.152%,钼品位为50.34%,钼回收率为82.45%,含铜0.37%的钼精矿;另外还获得了产率为0.188%,铜品位为14.91%,铜回收率为73.18%,含钼2.35%的铜精矿,钼在铜精矿中的损失率为4.76%;中矿产率为1.155%,含钼0.089%,含铜0.073%;尾矿产率为98.505%,含钼0.011%,含铜0.009%,钼,铜在中矿和尾矿中的损失率分别为12.79%和26.04%。

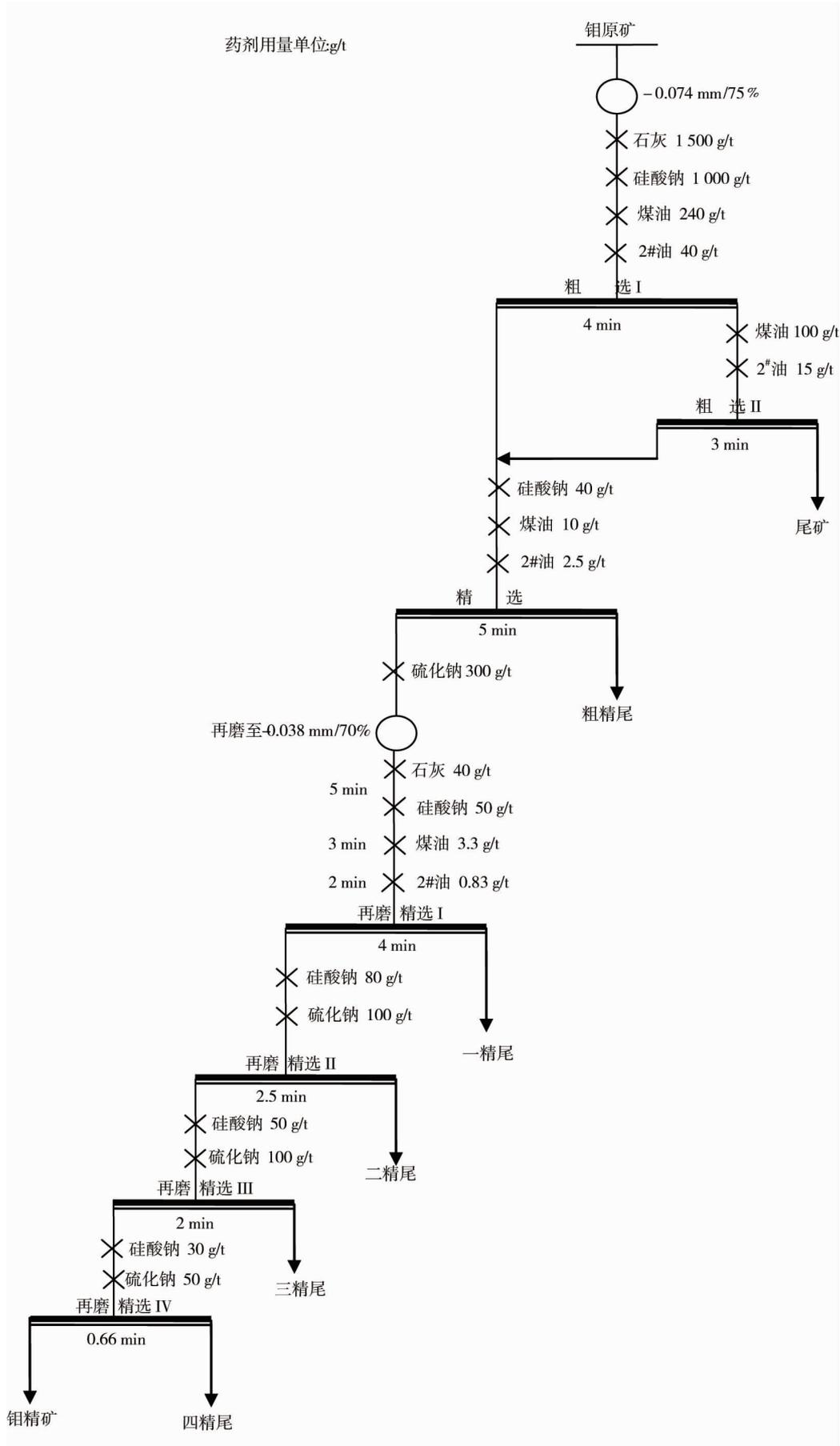


图 8 全流程开路试验流程

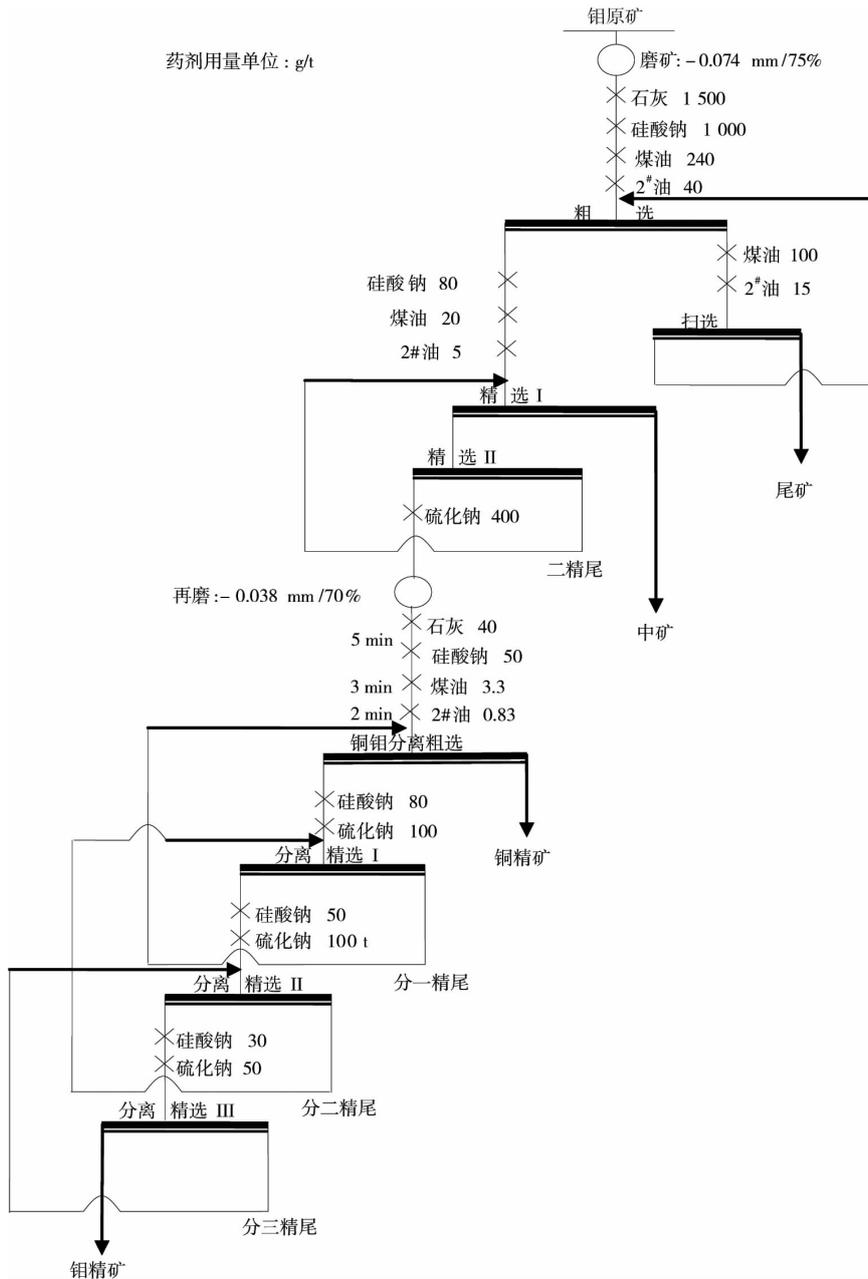


图9 全流程闭路试验流程

表3 全流程闭路试验结果

产品	产率/%	品位/%		回收率/%	
		Mo	Cu	Mo	Cu
钼精矿	0.152	50.340	0.370	82.45	1.47
分三精尾	0.008	12.430	/	1.07	/
分二精精	0.160	48.440	/	83.52	/
分二精尾	0.047	14.940	/	7.57	/
分一精精	0.199	41.980	/	90.02	/
分一精尾	0.074	7.630	/	6.08	/
铜精矿	0.188	2.350	14.910	4.76	73.18
分离粗精	0.226	36.350	/	88.53	/
二精尾	0.236	3.240	/	8.22	/
中矿	1.155	0.089	0.073	1.11	2.20
尾矿	98.505	0.011	0.009	11.68	23.15
原矿	100.000	0.093	0.038	100.00	100.00

从钼精矿指标来看,钼品位高,达到了50%以上,钼回收率为82.45%,钼精矿对于原矿中辉钼矿之钼的钼回收率为96.86%。另外还获得了铜精矿,虽然铜品位稍稍偏低,但目前铜精矿市场上这种品位的铜精矿销路很好,如果进一步改善药剂制度或流程结构,铜精矿的铜品位和回收率有望进一步提高,为甲方带来额外的经济效益。

综上所述,本次闭路试验结果较为成功,获得了各项指标都较为理想的钼精矿,还额外获得了可供出售的铜精矿。

## 5 结论

1)江西修水某钼矿主要以辉钼矿之钼为主,其含量为0.079%,占全钼的比例为89.17%;原矿中还含有一定量的铜矿物,其铜品位为0.048%,主要以硫化铜之铜为主,其含量为0.040%。

2)粗精直接精选难以得到合格的钼精矿,再磨到合适的粒度是提高钼精矿品位的有效措施,粗精再磨细度为-0.038 mm/70%时较为合适。

3)由全流程开路及闭路试验结果可知,由于原矿中含有一定量的铜矿物,分离精选中硫化钠的加入对钼精矿钼品位的提高有着非常重要的作用,只有加入足够量的硫化钠,才能得到合格的钼精矿。

4)全流程闭路试验获得了产率为0.152%,钼品位达50.34%的合格钼精矿,钼回收率为82.45%;此外还可获得了产率为0.188%,铜品位为14.91%,铜回收率为73.18%的铜精矿。

5)本试验为合理开发利用江西修水某钼矿提供了可行的技术方案和参考依据。

## 参考文献:

- [1] 任觉世.工业矿产资源开发利用手册[M].武汉:武汉工业大学出版社,1993.
- [2] 陈建华,冯其明.钼矿的选矿现状[J].矿产保护与利用,1994(6):26-28.
- [3] Chader S, Fuerstenau D W. On the natural floatability of molybdenite[J].Transactions of the Society of Mining Engineers of AIME,1972,252:62-68.
- [4] Chander S, Fuerstenau D W. Effect of potassium diethyl dithiophosphate on the interfacial properties of molybdenite[J]. Institution of Mining Metallurgy Transactions/Section, 1974:180-182.
- [5] Smit F J, Bhasin A K. Relationship of petroleum hydrocarbon characteristics and molybdenite flotation[J]. International Journal of Mineral Processing,1985,15(1/2):19-40.
- [6] 任骊东.选钼捕收剂的应用研究与实践[J].中国钼业,2006(3):18-20.
- [7] 张美鸽,冯仲云,任骊东.不同馏分烃油对某难选钼矿可选性试验[J].国外金属矿选矿,2006(2):32-33.
- [8] 马晶,张文钰,李枢本,等.钼矿选矿[M].北京:冶金工业出版社,2008.
- [9] 张文钰.世界钼业20年[J].中国钼业,1997,21(6):20-23.
- [10] 任骊东.选钼捕收剂的应用研究与实践[J].中国钼业,2006,30(3):18-20.