

某铜钨钼矿选矿试验研究

Metallurgical test study of some copper-wolfram-molybdenum ore

刘传国¹, 李争¹, 李洪昌¹, 郭淑庆², 包惠林¹

(1.北京千亿矿业投资有限公司, 北京 100078; 2.山东金创股份有限公司, 山东 蓬莱 265613)

摘要:对某铜钨钼矿进行了浮选工艺研究, 确定了最佳的工艺流程, 铜钼分离浮选闭路试验流程获得了铜品位 18.62%、铜回收率 58.62% 的铜精矿和钼品位 47.01%、钼回收率 91.49% 的钼精矿。

关键词:铜钨钼矿; 分离浮选; 回收率

Abstract: The metallurgical test of some copper-wolfram-molybdenum ore was carried out, and the best technological process was decided. The test result is that copper concentrate grade is 18.62%, molybdenum concentrate grade is 7.01%. The copper recovery rate is 58.62%, and the molybdenum recovery rate is 91.49%.

Key words: copper-wolfram-molybdenum ore; flotation of separation; recovery rate

1 前言

某铜钨钼矿属花岗岩型钼矿(含钨、铜), 金属矿物主要有辉钼矿、黄铜矿、斑铜矿、黄铁矿、赤铜矿、孔雀石、赤铁矿、黑钨矿等; 脉石矿物主要有钾长石、斜长石、石英、白云母、方解石、绢云母等; 原矿含钼 0.84%, 含钨 0.12%, 含铜 0.34%。通过对该矿石进行选矿试验研究, 最终确定铜、钼分离浮选的工艺流程, 小型闭路试验获得了铜品位 18.62%、铜回收率 58.62% 的铜精矿和钼品位 47.01%、钼回收率 91.49% 的钼精矿, 试验结果见表 1。

2 矿石性质

原矿的 X 荧光光谱分析及物相分析见表 2、表 3、表 4。

2.1 钼的粒度分布研究

钼的粒度分布分析结果见表 5。

从表 5 中研究数据分析得知, 钼主要分布在 +74 μm 粒级内, 占 54.78%, 其次是小于 40 μm , 占 30.40%。较粗的 +315 μm 相对含量也较大, 占 29.87%。这说明了钼的含量分布不均和粒度也分布极不均匀。

2.2 矿物组成及主要金属矿物嵌布特征

矿石类型为花岗岩型钼矿(含钨、铜)。金属矿物以辉钼矿为主, 次为黄铜矿、斑铜矿、黄铁矿、赤铜矿、孔雀石、赤铁矿、黑钨矿等。非金属矿物主要有钾长石、斜长石、白云母、方解石、绢云母。矿石中金属矿物具它形晶粒结构、自形片状结构; 团块状构造、星散浸染状构造、脉状及似脉状构造。

辉钼矿: 成弯曲鳞片状、叶片状的晶体, 片宽一般为 0.03~0.4mm, 具一组极完全片状解理, 易于沿解理裂成薄片状。其多以集合体形式产出, 与后期石英脉关系密切, 多分布于石

文章编号:

1672-609X(2008)01-0010-05

中图分类号: TD913

文献标识码: B

收稿日期: 2007-12-11

作者简介: 刘传国(1969-), 男, 山东莱山人, 工程师, 从事选矿工程技术管理工作。

表 1 小型闭路试验结果 %

试验 条件	产品 名称	产率	品位		回收率	
			Mo	Cu	Mo	Cu
铜钼分离 浮选闭路 试验结果	钼精矿	1.48	56.60	0.79	91.30	3.45
	综合铜精矿	0.93	1.97	18.62	2.18	58.62
	尾矿	97.59	0.06	0.11	6.52	37.93
	小计	100.00	0.92	0.29	100.00	100.00

表 2 原矿 X 荧光光谱分析结果 %

项目	MoO ₃	WO ₃	SiO ₂	S	CuO	ZnO	PbO	Bi ₂ O ₃
含量	1.13	0.026	70.45	0.33	0.37	0.01	0.009	0.03
项目	CaO	P ₂ O ₅	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	K ₂ O	Al ₂ O ₃	MnO
含量	0.496	0.11	1.21	1.76	0.17	3.53	8.83	0.053

表 3 原矿化学多项分析结果 %

项目	Mo	W	S	Cu
含量	0.84	0.12	0.53	0.34

表 4 铜的物相分析结果 %

赋存状态	氧化矿物中的铜	硫化矿物中的铜	总铜
含量	0.20	0.17	0.37
分布率	54.05	45.95	100.00

表 5 钼的粒度分布研究结果

粒级 μm	+315	-315~ +150	-150~ +102	-102~ +74	-74~ +53	-53~ +40	-40	小计
品位/%	26.19	0.36	0.89	0.39	0.33	0.43	0.62	0.72
分布 率/%	29.87	2.33	11.19	11.39	8.99	5.83	30.40	100.00

英脉中及附近,少量分布于矿石其它部位,在一块大石英脉中见 105mm×160mm±的辉钼矿团块。

黄铜矿:呈它形粒状及其集合体产出,粒度(包括集合体)一般为 0.5~2.7mm,少量 0.01~0.16mm 及 0.05~0.5mm,呈散浸染状产出,在不同样品中含量有变化(微量~少量)。见呈不规则状(主)、似脉状(次)等形态分布于其他矿物粒间,似脉状宽约 0.05~0.5mm。见较大黄铁矿集合体中有少量非金属矿物夹杂。

斑铜矿:呈它形粒状及其集合体产出,粒度(包括集合体)一般 0.02~0.16mm,见于黄铜矿含量相对较高的一件样品中,多出现于黄铜矿结合体中,分布于黄铜矿粒间,部分被黄铜矿晶粒包裹。

黄铁矿:半自形—它形晶,粒度一般 0.01~0.02mm,星散浸染状分布,也见零星分布于石英脉中。

黑钨矿:自形或半自形板条带状晶体。反射率低,反射色灰带褐红色或黄色,非均性清楚。内反射

带褐红色,一般在 0.01mm 左右,一组解理清楚,呈均匀的浸染状散布于脉石中。

3 选矿试验研究

在进行部分探索试验的基础上,最终决定采取优先浮选辉钼矿和黄铜矿的方案。主要以煤油为捕收剂,松醇油作起泡剂,用石灰来调节粗选 pH 值在 8.2 左右,采用水玻璃作抑制剂。浮选钼后的尾矿采用重选(摇床)与浮选的方法回收钨,先收钼后收钨,并在回收钼的同时回收铜或单独进行铜、钼分离得到精矿产品。

3.1 捕收剂用量试验

在磨矿细度-0.074mm 占 70%的条件下进行捕收剂的用量调节实验,其试验的流程与条件见图 1,试验结果见表 6。

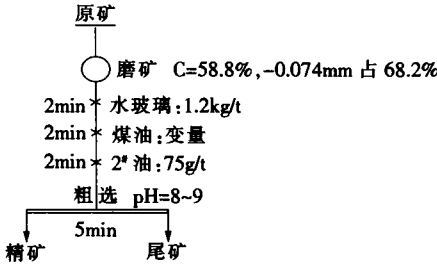


图 1 捕收剂用量条件试验流程图

表 6 捕收剂用量条件试验结果

捕收剂煤油 用量/(g/t)	产品名称	产率/%	Mo品位/%	Mo回收率/%
100	精矿	2.39	31.15	84.49
	尾矿	97.61	0.14	15.51
	小计	100.00	0.88	100.00
200	精矿	2.13	35.77	86.64
	尾矿	97.87	0.12	13.36
	小计	100.00	0.88	100.00
300	精矿	2.33	31.98	85.44
	尾矿	97.67	0.13	14.56
	小计	100.00	0.87	100.00
400	精矿	2.39	33.94	92.23
	尾矿	97.61	0.07	7.77
	小计	100.00	0.88	100.00

从表 6 中的试验数据分析来看,选择捕收剂煤油用量为 400g/t,对主要金属钼的回收率、品位以及尾矿中含钼都比较兼顾。故捕收剂的用量 400g/t 比较合适。

3.2 粗选抑制剂(水玻璃)用量条件试验

为了提高粗精矿中钼的品位,在钼回收率不发

生大的变化时,粗选采用水玻璃抑制石英及硅酸盐矿物,试验流程与条件见图 2,试验结果见表 7。

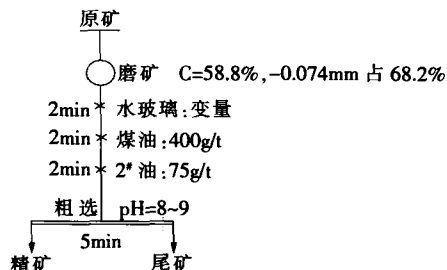


图 2 抑制剂用量条件试验流程

表 7 粗选抑制剂(水玻璃)用量条件试验结果

Na ₂ SiO ₃ 用量/(g/t)	产品名称	产率/%	品位/%		Mo回收 率/%
			Mo	W	
0	精矿	2.63	27.89		88.28
	尾矿	97.37	0.10	0.07	11.72
	小计	100.00	0.83		100.00
600	精矿	2.94	26.98		90.08
	尾矿	97.06	0.09	0.07	9.92
	小计	100.00	0.88		1200
1200	精矿	2.60	31.17		90.24
	尾矿	97.40	0.09	0.07	9.76
	小计	100.00	0.90		100.00
1800	精矿	2.45	32.67		90.12
	尾矿	97.55	0.09	0.07	9.88
	小计	100.00	0.89		100.00

从表 7 中试验数据分析来看,水玻璃选用 1.2kg/t 时,粗选对钼的品位及回收率都比较好。

3.3 混合捕收剂(煤油与柴油)配比用量试验

在以煤油作捕收剂浮选辉钼矿时,依据矿石的具体性质,固定捕收剂用量总量 400g/t 不变时,适当配加柴油,有助于煤油用量减少,浮选效果也较好,有助于降低药剂成本。其试验流程与条件见图 3,试验结果见表 8。

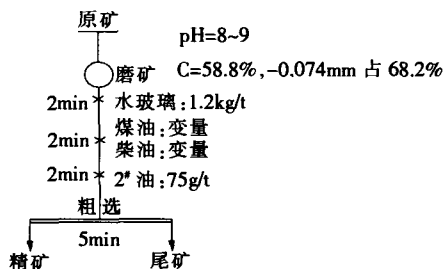


图 3 捕收剂(煤油与柴油)配比试验流程

从表 8 试验数据分析结果可知,选用煤油:柴

表 8 混合捕收剂(煤油与柴油)配比用量试验结果

混合捕收剂 用量/(g/t)	产品名称	产率/%	Mo品位/%	Mo回收率/%
煤油:400 柴油:0	精矿	2.60	31.17	90.24
	尾矿	97.40	0.09	9.76
	小计	100.00	0.90	100.00
煤油:300 柴油:100	精矿	2.56	32.41	94.45
	尾矿	97.44	0.05	5.55
	小计	100.00	0.88	100.00
煤油:200 柴油:200	精矿	2.27	36.16	95.45
	尾矿	97.73	0.04	4.55
	小计	100.00	0.86	100.00
煤油:100 柴油:300	精矿	2.25	36.11	92.23
	尾矿	97.75	0.07	7.77
	小计	100.00	0.88	100.00
煤油:0 柴油:400	精矿	2.96	28.75	97.77
	尾矿	97.04	0.02	2.23
	小计	100.00	0.87	100.00

油=1:1 的条件,用量总量为 400g/t 时比较佳。

通过上述的条件试验,粗选钼的回收率较佳的浮选条件为捕收剂用量:煤油 200g/t、柴油 200g/t;抑制剂用量:水玻璃 1.2kg/t。由于柴油的添加,有消泡的负作用,所以可以适当加大松醇油的用量。经过多组试验,将松醇油加大到 120~140g/t 时比较好。据资料表明,辉钼矿可浮选性最好时,pH 值为 8.2,故粗选时的 pH 值控制在 8~9 为宜。

3.4 钼粗选尾矿重选回收钨试验

将浮选辉钼矿后的尾矿进行重选,试验室用浮选尾矿进行摇床试验。浮选尾矿取样分析含钨 0.06%,试验流程及条件见图 4,试验结果见表 9。

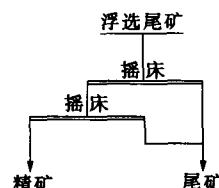


图 4 浮选尾矿重选回收钨试验流程

表 9 重选试验结果

条件	产品名称	产率	W品位	W回收率
浮选尾矿重 选富集钨	精矿	1.55	1.21	31.26
	尾矿	98.45	0.04	68.74
	小计	100.00	0.06	100.00

从表 9 中的试验结果数据分析可知,对浮选钼后的尾矿采用重选的方法再回收钨矿物,对钨矿物富集没有起到作用,得不到合格的钨精矿产品。

3.5 钼粗选尾矿浮选回收钨试验

将钼粗选后的尾矿,再进行矿浆的调整,采用图 5 的流程及条件进行钨矿物的浮选富集。其试验结果见表 10。

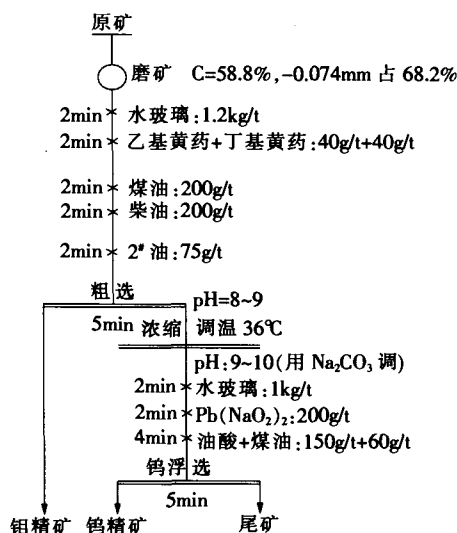


图 5 粗选尾矿浮选回收钨的试验流程

表 10 钼粗选尾矿浮选回收钨试验结果 %

条件	产品名称	产率	W品位	W回收率
粗选尾矿 浮选回收 钨的试验	钼精矿	3.92	1.31	42.86
	钨精矿	2.88	1.41	33.84
	尾矿	93.20	0.03	23.30
	小计	100.00	0.12	100.00

从表 10 中试验数据可知,钼粗选后尾矿中钨含量就更低,采用重选、浮选都不能得到合格的钨精矿产品,故后面试验对矿样中的钨矿物不进行回收利用。

3.6 优先选钼后回收氧化铜中铜的粗选探索实验

试验条件及流程见图 6,试验结果见表 11。

3.7 优先选钼后回收氧化铜中铜的精选探索实验

试验条件及流程见图 7,试验结果见表 12。

从表 12 中试验结果分析来看,选择氧化铜的活化剂 W-602 的用量为 2.0kg/t 时,氧化部分的铜的回收率和品位都比较理想。

3.8 闭路流程实验

在上述的条件试验研究的基础上,对该矿样进行了钼铜分离浮选闭路试验。试验的流程及条件见

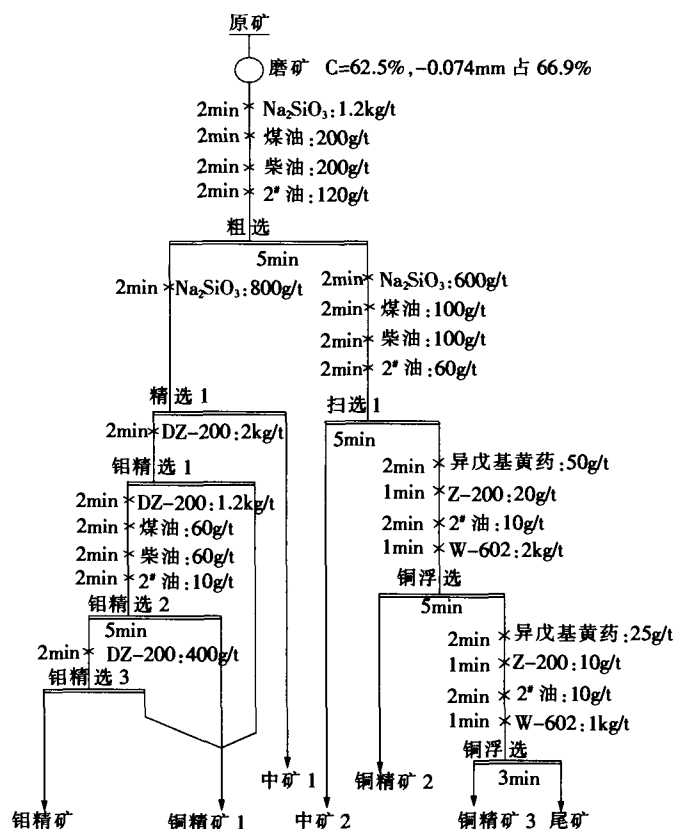


图 6 回收氧化铜中铜的粗选探索试验流程

表 11 回收氧化铜中铜的粗选探索实验结果 %

产品名称	产率	品位		回收率	
		Mo	Cu	Mo	Cu
钼精矿	1.39	54.06	0.79	89.20	3.35
铜精矿 1	0.51	7.41	22.30	4.49	34.66
中矿 1	1.97	0.50	0.56	1.16	3.36
中矿 2	0.97	0.59	2.40	0.68	7.09
铜精矿 2	2.78	0.23	0.83	0.76	7.03
铜精矿 3	1.46	0.27	2.53	0.47	11.26
尾矿	90.92	0.03	0.12	3.24	33.25
小计	100.00	0.84	0.33	100.00	100.00

图 8,试验结果见表 13。

表 13 中的试验综合数据显示,铜钼分离闭路试验最终可得到钼精矿产品,钼精矿产率 1.48%,含钼为 56.60%,含铜 0.79%,钼精矿中钼的回收率为 91.30%,铜的回收率为 3.45%。综合铜精矿产率为 0.93%,含铜为 18.62%,含钼 1.97%,铜精矿中铜回收率为 58.62%,钼的回收率 2.18%,试验证明铜钼分离工艺是适合该矿石的理想工艺。

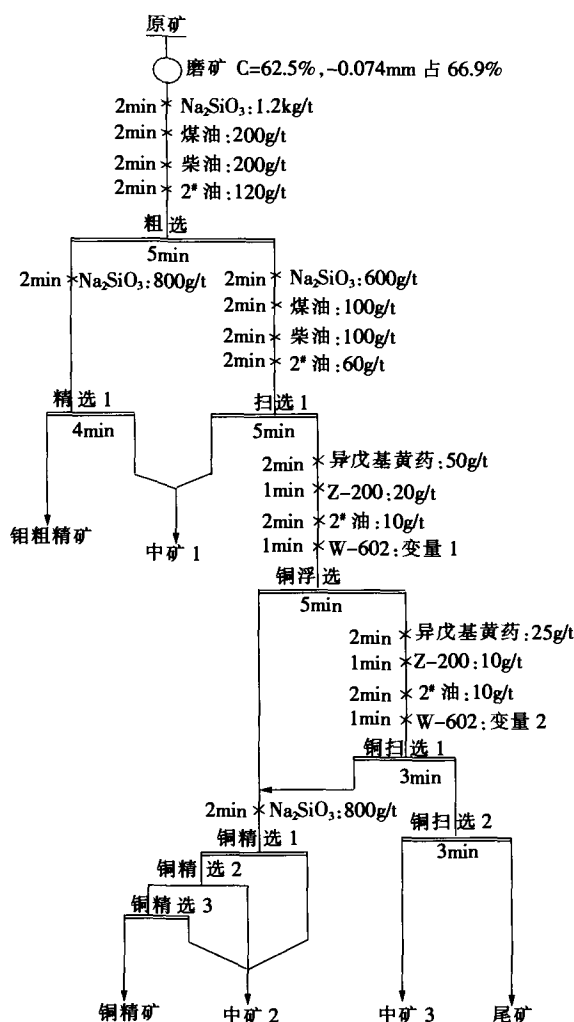


图7 回收氧化铜中铜的精选试验流程

4 结论

经过对该矿样的试验研究,得出如下结论。

(1)岩石鉴定矿石类型为花岗岩型钼矿(含钨、铜),矿石岩性见有细中粒花岗岩及花岗斑岩,矿石矿物成分较为简单。

(2)矿石主要有益成分有钼、铜和钨,由于原矿中嵌布粒度太细,钨呈均匀的浸染状散布于脉石中,粒度一般在0.01mm,如此细的矿物得不到回收。原矿含铜0.3%左右,铜的氧化率较高(54.05%),要提高铜的回收率,必须加强氧化铜中铜的回收利用。矿石中主要目的矿物辉钼矿的可浮性很好。

(3)铜钼分离闭路试验最终可得到钼精矿产品指标:钼精矿产率1.48%,含钼为56.60%,含铜0.79%,钼精矿中钼的回收率为91.30%,铜的回收率为3.45%。综合铜精矿产率为0.93%,含铜为18.62%,含钼1.97%,铜精矿中铜回收率为58.62%,

表12 回收氧化铜中铜的精选探索实验结果 %

W-602 用量/(g/t)	产品名称	产率	品位		回收率	
			Mo	Cu	Mo	Cu
变量1:1.0	钼粗精矿	1.79	43.71	5.85	90.97	34.93
变量2:0.5	中矿1	2.80	0.55	0.64	1.78	8.80
	铜精矿	0.39	3.02	20.45	1.37	26.56
	中矿2	2.31	0.48	0.21	1.28	1.58
	中矿3	0.69	0.71	3.06	0.57	7.03
	尾矿	92.02	0.04	0.07	4.03	21.10
	小计	100.00	0.86	0.30	100.00	100.00
变量1:2.0	钼粗精矿	1.90	40.54	6.19	91.70	35.67
变量2:1.0	中矿1	2.94	0.53	0.94	1.86	8.42
	铜精矿	0.42	2.14	21.60	1.07	27.49
	中矿2	2.29	0.70	0.25	1.61	1.74
	中矿3	1.37	0.31	1.45	0.51	5.60
	尾矿	91.08	0.03	0.08	3.25	21.08
	小计	100.00	0.84	0.33	100.00	100.00
变量1:3.0	钼粗精矿	1.92	40.32	0.61	91.08	34.72
变量2:1.5	中矿1	2.78	0.54	0.83	1.78	7.42
	铜精矿	0.40	2.08	20.21	0.98	26.08
	中矿2	2.18	0.61	0.27	1.56	1.91
	中矿3	1.34	0.68	1.45	1.07	6.26
	尾矿	91.38	0.03	0.08	3.53	23.61
	小计	100.00	0.85	0.31	100.00	100.00

表13 铜钼分离闭路试验综合试验结果 %

产品名称	产率	品位		回收率	
		Mo	Cu	Mo	Cu
钼精矿	1.48	56.60	0.79	91.30	3.45
铜精矿1	0.53	2.00	17.31	1.15	31.64
铜精矿2	0.40	1.94	20.36	0.84	28.08
综合铜精矿	0.93	1.97	18.62	2.18	58.62
尾矿	97.59	0.06	0.11	6.52	37.93
小计	100.00	0.92	0.29	100.00	100.00
中矿1	0.27	7.80	3.67	2.29	3.42
中矿2	1.10	0.61	0.93	0.73	3.53
中矿3	4.89	0.32	0.63	1.70	10.69
中矿4	1.28	0.41	1.55	0.57	6.84
中矿5	0.87	0.50	1.38	0.47	4.13

钼的回收率2.18%,试验证明铜钼分离工艺是适合该矿石的理想工艺。

(下转第43页)

- 1998.
- [3] M.戴维.矿产储量的地质统计学评价[M].北京:地质出版社,1989.
- [4] 张新宇,肖克炎,刘光胜等.阿舍勒铜矿可视化储量计算的指示克里格法应用研究[J].吉林大学学报(地球科学版),2006,36(2):305-309.
- [5] 赵鹏大,曹新志等.矿产勘查理论与方法[M].武汉:中国地质大学出版社,2001.
- [6] 国土资源部储量司.矿产资源储量计算方法汇编[M].北京:地质出版社,2000.
- [7] 肖斌,潘懋,赵鹏大,侯景儒.时空多元指示克里格法的理论研究[J].北京大学学报(自然科学版),2001,37(1).
- [8] 张建国,陈鸿汉,朱远峰等.济南泉域岩溶裂隙介质的多重指示克里格法研究[J].水文地质工程地质,2004(2):25-27.
- [9] WANG R Z, HU G D. Linear geostatistics[M]. Beijing: Geological Publishing House,1998.
- [10] DAVID M.Geostatistical estimation of mineral resources reserve[M]. Beijing: Geological Publishing House,1989.
- [11] Isaaks E H, Srivastana R M. An Introduction to Applied Geostatistics[A]. Oxford University Press, 1989.
- [12] Carr J R. On visualization for assessing Kriging outcomes [J].Mathematical Geology,2002,34(4).
- [13] Journal A G. Fundamentals of Geostatistics in Five Lessons [R],1997.
- [14] Bourgaultg. Using non-gaussian distributions in geostatistical simulation[J].Mathematical Geology, 1997,29(3).

(上接第 14 页)

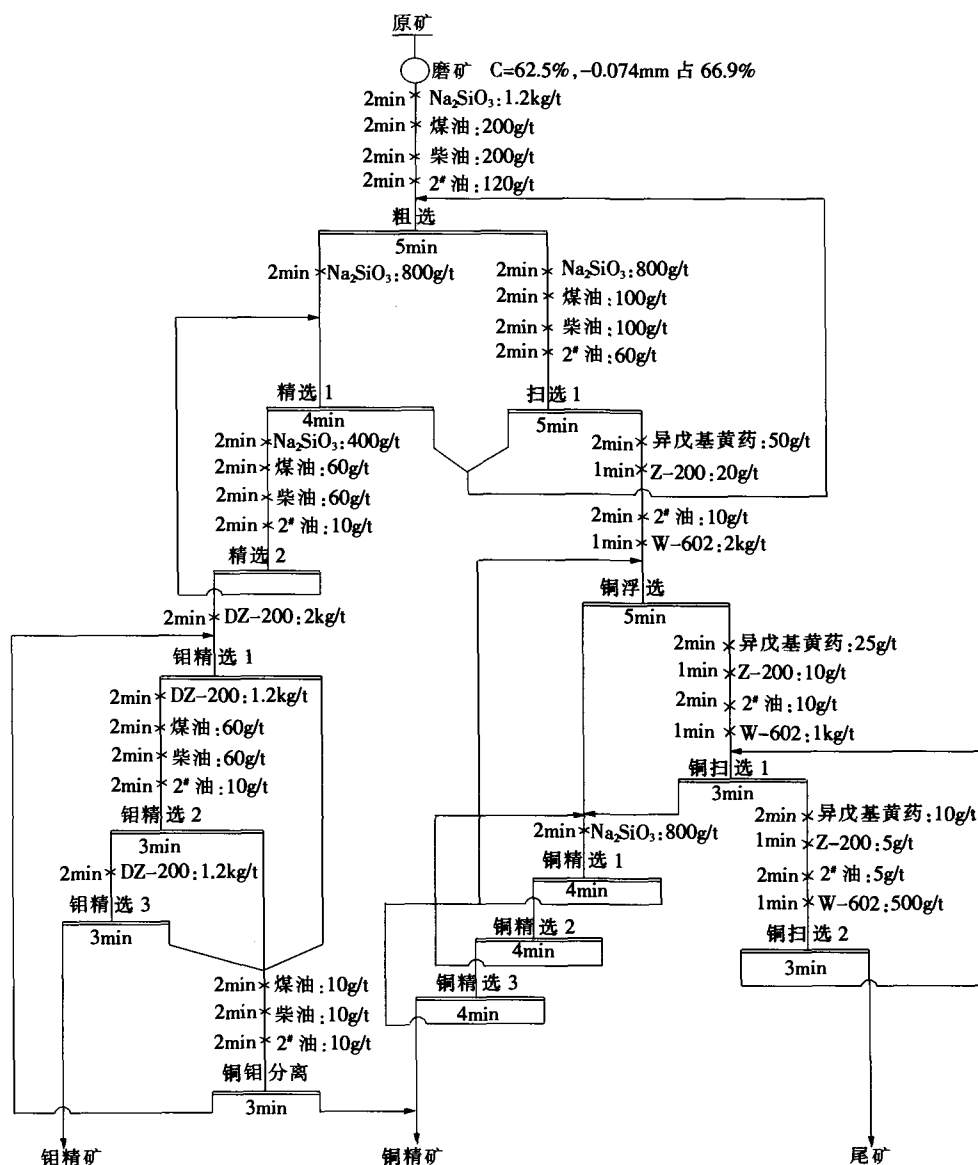


图 8 铜铅分离闭路试验流程