

内蒙古某多金属矿尾矿回收萤石实验研究

吴迪¹, 王洪岭¹, 孟庆波¹, 高玉德¹, 杨晓文², 张晓刚²

(1. 广东省科学院资源综合利用研究所, 稀有金属分离与综合利用国家重点实验室, 广东省矿产资源开发和综合利用重点实验室, 广东 广州 510651; 2. 内蒙古黄岗矿业有限责任公司, 内蒙古 赤峰 025350)

摘要: 内蒙古某多金属矿浮选尾矿中含有萤石资源, 由于受前期钨锡浮选药剂和矿石嵌布特性的影响, 萤石浮选精矿品位最高为 92%, 回收率 30% 左右, 尾矿中萤石资源未能有效回收。本研究通过预先磁选抛废提高萤石入选品位, 采用有机抑制剂 HG-1 代替酸化水玻璃, 在原料 CaF_2 品位 17.65% 的条件下, 获得 CaF_2 品位 97.26%, 回收率 63.15% 的高品质萤石精矿, 实现了该尾矿中萤石资源的综合回收。

关键词: 尾矿回收; 萤石浮选; 磁选抛废; 抑制剂 HG-1

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2022.06.026

中图分类号: TD952 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2022) 06-0155-04

萤石是一种重要的化工原料, 主要应用于冶金、化工和建材等行业, 其中约有一半用于制造氢氟酸, 而氢氟酸又是精细化工、国防军工、电子电气等领域的重要原材料^[1-3]。工业制备氢氟酸对萤石的品位要求较高, CaF_2 含量大于 97%, 一般采用浮选法对萤石矿进行富集提纯^[4-6]。内蒙古某多金属矿尾矿中含有萤石资源, 由于受矿石性质影响, 其直接浮选所获得的萤石精矿 CaF_2 品位最高为 92%, 回收率 30% 左右, 萤石选矿指标较差。本研究采用新工艺和新药剂进行实验研究, 目的是获得 CaF_2 品位大于 97%, 回收率大于 50% 高品质萤石精矿, 以实现该尾矿中萤石资源综合回收。

1 原矿性质和实验方法

1.1 原矿性质

内蒙古某多金属原矿含有铁、铜、锌、钨、锡、萤石等资源, 在经历铁、铜、锌、钨、锡选别之后的尾矿含有萤石资源, 可以进行综合回收。矿样多元素分析结果见表 1, 磁性分析结果见表 2, 矿样中-0.074 mm 82.34%。工艺矿物学分析表明, 该矿样中矿物种类复杂, 萤石与石榴石连生紧密, 部分萤石中含有微细粒磁铁矿和磁性脉石, 若不去除必然影响萤石精矿品质。结合磁性分析结果, 磁选能提高入选萤石品位, 同时去除部分含杂较高的萤石矿物颗粒。

表 1 矿样多元素分析结果/%

Table 1 Results of multi-element analysis of fluorite

CaF_2	Cu	Pb	Zn	As	Sn	Fe	Al_2O_3	SiO_2	WO_3	CaO	Bi	MgO	K_2O
17.85	0.005	0.029	0.033	0.18	0.20	8.16	7.58	39.34	0.028	16.47	0.022	2.84	2.45

1.2 实验方法

多金属矿浮选尾矿矿石种类多、性质复杂, 直接浮选萤石指标不佳, 本研究拟采用“磁选抛

废-非磁萤石浮选”的工艺进行萤石回收。磁选所用设备为周期式高梯度磁选机, 最大磁场强度为 9.6 kA/cm。实验所用药剂有碳酸钠、水玻璃、硫

收稿日期: 2020-12-21

基金项目: 广东省科学院建设国内一流研究机构行动专项资金项目 (2021GDASYL-20210103059)

作者简介: 吴迪 (1992-), 男, 博士, 工程师, 主要从事矿产及固废综合利用研究。

通信作者: 王洪岭 (1985-), 男, 高级工程师, 长期从事矿产资源综合利用研究工作。

表 2 矿样磁性分析结果
Table 2 Results of magnetic analysis of fluorite

磁选产物	产率/%	CaF ₂ 品位/%	分布率/%	累计品位/%	累计分布率/%	矿物种类
0~340	10.73	16.75	10.16	17.69	100.00	含磁铁矿萤石、钙铁榴石、角闪石、绿泥石
340~550	20.50	4.09	4.74	17.80	89.84	钙铁榴石、黑云母、绿帘石、角闪石
550~760	20.15	8.33	9.49	21.89	85.10	钙铝榴石、绿帘石、透辉石、符山石
760~970	9.93	8.12	4.56	27.52	75.61	符山石、钙铝榴石、白云母
970~1330	5.81	18.36	6.03	32.50	71.05	符山石、白云母
非磁产品	32.86	35.00	65.01	35.00	65.01	萤石、方解石、石英、长石
合计	100.00	17.69	100.00	-	-	-

酸、脂肪酸捕收剂 OZ 和新型抑制及 HG-1，均为工业纯。

2 条件实验

2.1 磁选抛废实验

磁选抛废采用高梯度磁选机，磁介质为 Φ0.2 mm 棒介质，磁场强度设置为 0.4 T、0.6 T、0.8 T、1.0 T 进行抛废实验，实验流程见图 1，实验结果见图 2。

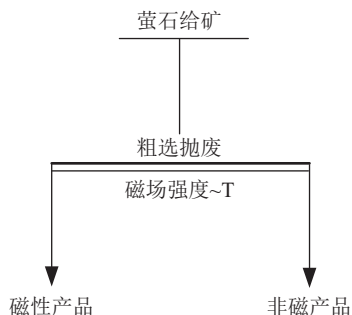


图 1 磁选实验流程

Fig.1 Flowsheet of magnetic separation test

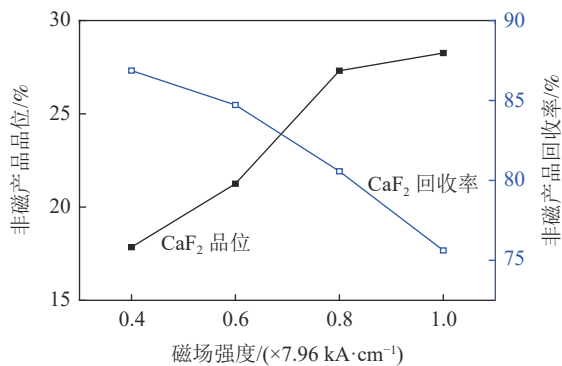


图 2 磁选实验结果

Fig.2 Results of magnetic separation test

由图 2 可知，随着磁场强度提高，非磁产品中 CaF₂ 品位逐渐升高并趋于平缓，回收率逐渐降低，综合考虑，采用 0.8 T 的磁场强度进行抛废，

此时获得的非磁产品中 CaF₂ 品位为 27.31%、回收率为 80.57%，该产品为萤石浮选给矿。

2.2 萤石粗选实验

2.2.1 碳酸钠用量条件实验

萤石浮选对水质要求较高，萤石浮选需要添加大量调整剂碳酸钠来降低水质硬度同时调节浮选 pH 值。萤石粗选碳酸钠为变量，水玻璃用量 3000 g/t，捕收剂 OZ 粗选用量 200 g/t，实验流程见图 3，实验结果见图 4。

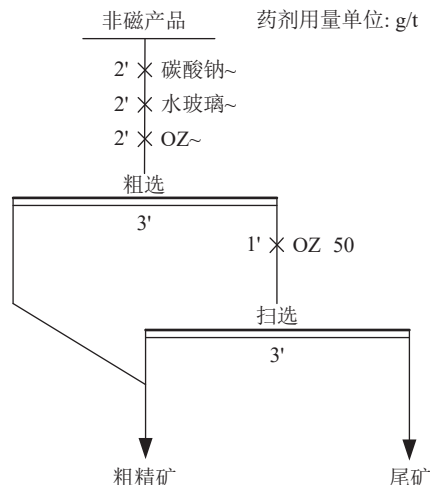


图 3 萤石粗选实验流程

Fig.3 Flowsheet of fluorite roughing test

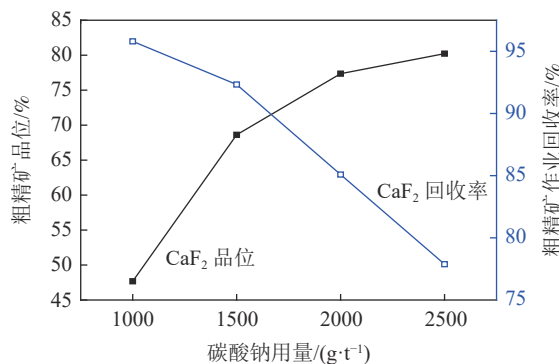


图 4 碳酸钠用量实验结果

Fig.4 Results of sodium carbonate dosage test

由图4可知，随着碳酸钠用量的增加，浮选粗精矿CaF₂品位逐渐提高，回收率逐渐下降，综合考虑，选取碳酸钠用量为1500 g/t较为适宜。

2.2.2 水玻璃用量实验

水玻璃是脉石的良好抑制剂。粗选段碳酸钠用量为1500 g/t，水玻璃为变量，捕收剂OZ用量为200 g/t，实验结果见图5。

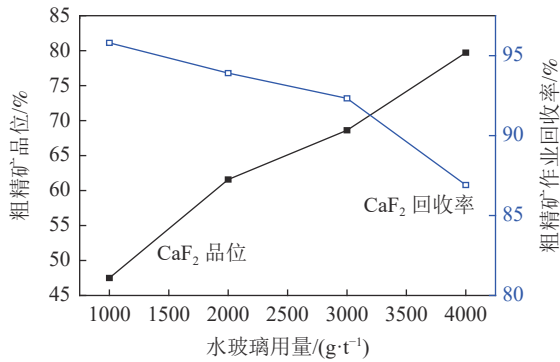


图5 水玻璃用量条件实验
Fig.5 Results of water glass dosage test

由图5可知，水玻璃用量增加可提高萤石粗精矿品位，但回收率会随之降低，粗选水玻璃最佳用量为3000 g/t。

2.2.3 捕收剂OZ用量实验

OZ是一种萤石浮选高效捕收剂，具有捕收性能好、耐低温的特点。粗选段碳酸钠用量为1500 g/t，水玻璃用量为3000 g/t，粗选捕收剂OZ为变量，扫选OZ用量为50 g/t，实验结果见图6。

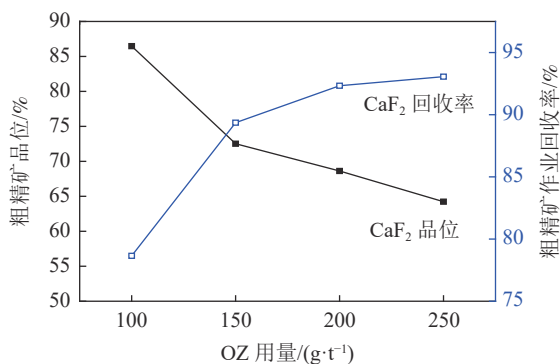


图6 捕收剂OZ用量实验
Fig.6 Results of collector OZ dosage test

由图6可知，OZ用量增加可以显著提高萤石回收率，但萤石粗精矿品位逐渐降低，粗选OZ较佳用量为200 g/t。此时粗精矿萤石CaF₂品位为68.62%、作业回收率为92.33%。

2.3 萤石精选实验

萤石精选采用硫酸调节pH值至中性，对比酸化水玻璃（硫酸：水玻璃=1：1）和新型抑制剂HG-1的作用效果，实验流程见图7，实验结果见图8。

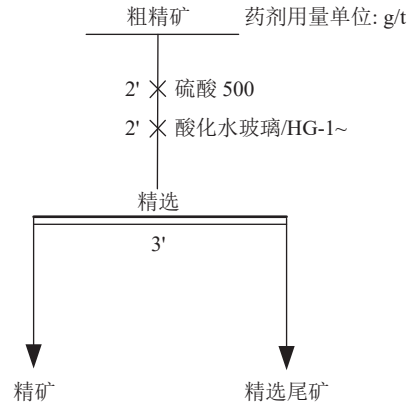


图7 萤石精选实验流程
Fig.7 Flowsheet of fluorite cleaning test

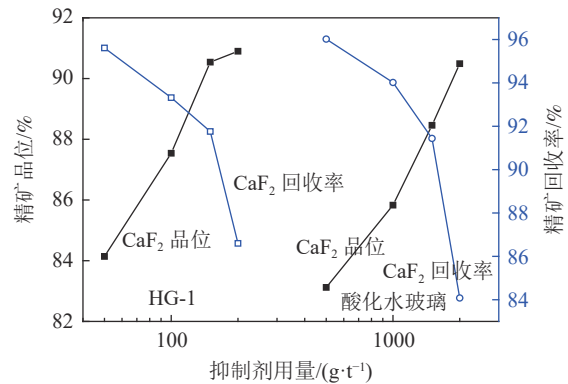


图8 抑制剂对比实验结果
Fig.8 Results of depressor comparison test

由图8可知，酸化水玻璃和HG-1均能显著提高萤石精矿品位。对比发现，HG-1的用量为酸化水玻璃的1/10就能取得较好的抑制效果，HG-1的较佳用量为150 g/t。

2.4 全流程闭路实验

综合以上实验条件，进行萤石选矿全流程闭路实验，实验流程见图9，实验结果见表3。

全流程实验获得了萤石精矿CaF₂品位97.26%，回收率63.15%。其中磁性脉石中萤石分布率为19.46%，此部分萤石直接浮选将会对萤石精矿品质造成影响。

3 结论

(1) 内蒙古某多金属矿尾矿中含萤石资源，矿石种类多、嵌布关系复杂、萤石品位不高、精

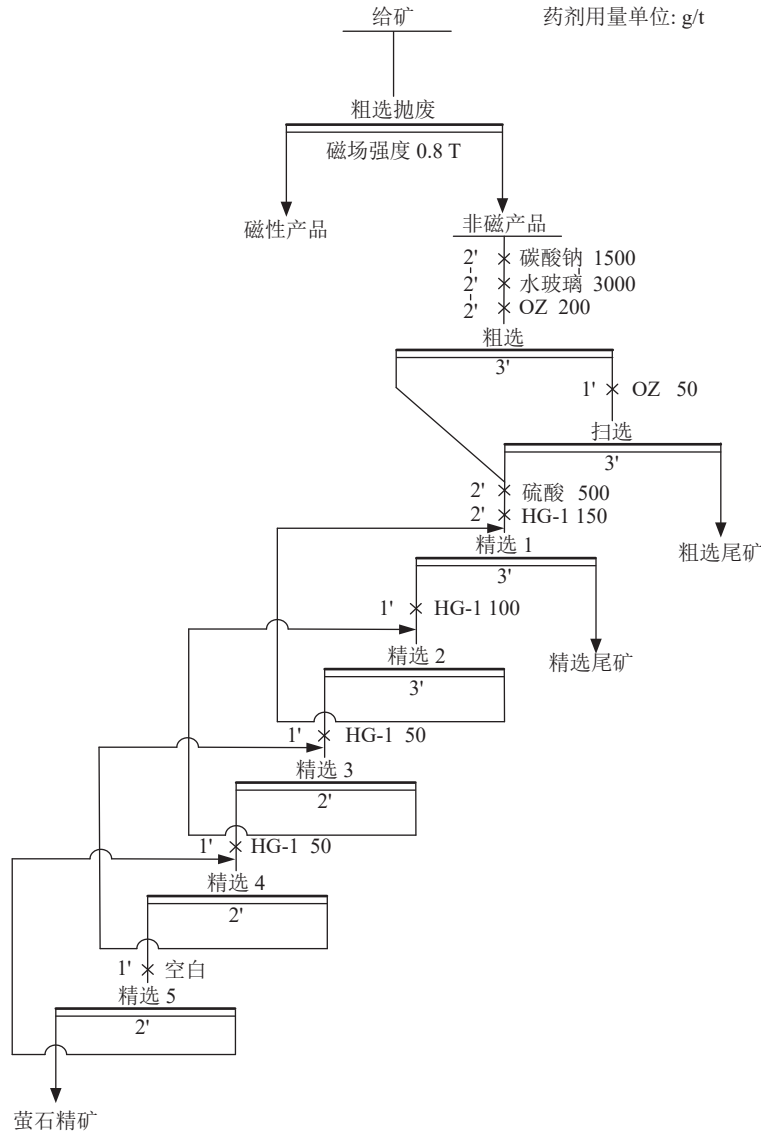


图 9 全流程实验流程
Fig.9 Flowsheet of whole test

表 3 全流程实验结果
Table 3 Results of whole test

产品名称	产率/%	CaF ₂ 品位/%	CaF ₂ 回收率/%
磁性产品	47.84	7.18	19.46
粗选尾矿	32.99	3.31	6.19
精选尾矿	7.71	25.64	11.20
萤石精矿	11.46	97.26	63.15
给矿	100.00	17.65	100.00

矿品质提升难度大，属于难选萤石矿。

(2) 本研究采用磁选抛废，有效去除脉石以及含杂较高萤石，提高萤石浮选入选品位；精选采用新型抑制剂 HG-1 替代酸化水玻璃，大幅减少药剂使用量。全流程实验最终获得萤石精矿

CaF₂ 品位 97.26%，回收率 63.15%，实现了多金属尾矿中萤石资源的综合回收。

参考文献：

[1] 崔瑞, 王旭, 魏骞, 等. 湖北某重晶石-萤石型矿综合利用研究[J]. 矿产综合利用, 2019(2):70-74.
CUI R, WANG X, WEI Q, et al. Study on comprehensive utilization of a barite-fluorite ore in Hubei province[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2019(2):70-74.
[2] 曾小波, 印万忠. 共伴生型萤石矿浮选研究进展与展望[J]. 矿产综合利用, 2021(1):1-7.
ZENG X B, YIN W Z. Reserch progress and prospect of flotation of assou ciated fluorite minerdl[s][J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2021(1):1-7.

(下转第 166 页)