

德昌稀土尾矿综合利用萤石选矿技术

王正华（四川和地矿业发展有限公司，四川 德昌 615500）

摘 要：德昌大陆槽氟碳铈矿经过十余年选矿，选厂选出稀土精矿后剩余的尾矿，通过尾矿管道采用自流的方式排入尾矿库堆存。尾矿库是矿山维持正常生产的重要设施也是重要的安全设施和环保设施，尾矿库的选址建造、生产运行管理、安全监测、安全管理加大了选矿成本，本着资源节约化利用，生态文明型的节能减排绿色发展理念，加强尾矿综合利用，本文开展了实际现场追踪尾矿回收萤石试验研究，探索尾矿中萤石的可选性及选矿试验的连续稳定性，优化出尾矿中萤石回收的最佳工艺和最佳药剂方案。采用自制抑制剂 $y\text{Fy}_5$ 及活化剂 $y\text{FH}_1$ ，以浮选方式，通过一粗三扫六精获得了品位 92%，回收率 65% 的 CaF_2 精矿。

关键词：氟碳铈矿；大陆槽；萤石；尾矿综合利用

四川德昌大陆槽稀土矿被发现后，相继成立德昌多金属试验采选厂、智能公司稀土选矿厂及富源公司稀土选矿厂对该矿山稀土矿石进行采选。2008 年汉鑫矿业成立并整合了富源公司和德昌多金属试验采选厂，采用重选摇床预先富集干磁选出产品的重磁工艺，稀土选矿回收率一直处在 25% 左右，致使选矿效益不高。2012 年底盛和资源托管汉鑫矿业（现和地矿业发展有限公司），继续加急加快稀土选矿试验。于 2013 年 6 月一条常温浮选富集品位、湿式磁选出合格产品的浮磁生产线落成并投产，稀土回收率提升到 55% 左右。在浮磁工艺的基础上，不断完善工艺流程、改进药剂制度。2014 年 7 月又一条崭新的“磁—浮—磁”生产线竣工投产，选矿回收率提高到 65% 左右。大陆槽氟碳铈矿选矿技术不断改进，但随着生产的过程，大量尾矿同样存在难处理情况，进一步开展尾矿综合利用势在必行，其中具有重要应用价值的萤石也是尾矿综合利用研究的重中之重，实验发现，大陆槽矿床矿石性质变化快、品位波动大，集石英型萤石矿、碳酸盐型萤石矿、重晶石型萤石矿以及硫化矿型萤石矿为一体难选萤石矿，采用常规的降硅抑钙方法很难得到稳定高级别的萤石产品，即使能达到工业品级要求，但作业回收率极低。本文通过自制组合抑制剂及活化剂，进行了大量组合型抑制剂反复试验，以抑制剂 $y\text{Fy}_5$ 及活化剂 $y\text{FH}_1$ 进行浮选，能持续稳定的实现萤石品位到工业级指标，回收率大幅提高，这为大陆槽尾矿的综合利用奠定了基础。

1 实验药剂及设备

1.1 试验药剂

丁黄；捕收剂 $y\text{Fp}_1$ 、 $y\text{Fp}_2$ 、 $y\text{Fp}_3$ ；调整剂 $y\text{Fy}_1$ 、 $y\text{Fy}_2$ 、 $y\text{Fy}_3$ 、 $y\text{Fy}_4$ ；碳酸钙特效抑制剂 $y\text{Fy}_5$ ；活化剂 $y\text{FH}_1$ 、 $y\text{FH}_2$ 、 $y\text{FH}_3$ ；336 脱硫剂。

1.2 试验设备

单槽浮选机；低真空烧结炉；循环水式真空泵；电子天平。

2 试验过程

2.1 矿物的采集与制备

矿物的采集：

分别采集生产现场浮选后的尾矿、强磁选后的尾矿混合后经过滤、晾干、混匀后采集试验样，送检化验。矿物的采集与制备流程如图 1。

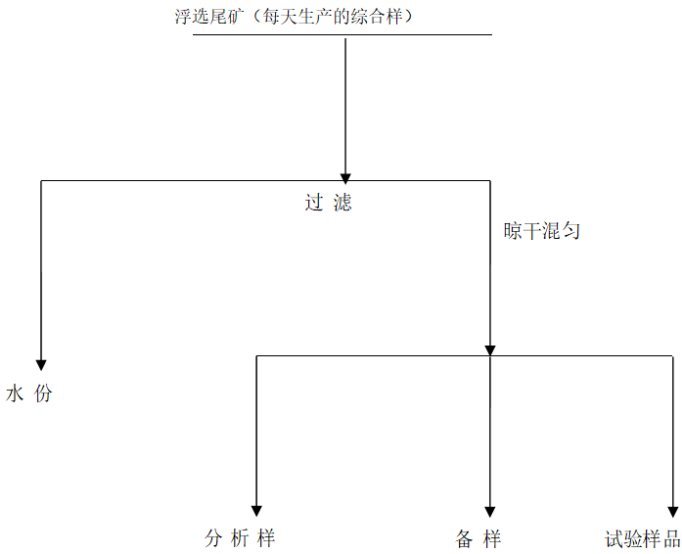


图 1 矿物的采集与制备流程图

试验样送检化验结果见表 1。

表 1 矿物试验样化验结果

元素	TREO	SiO ₂	CaF ₂	Ba	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO
含量	0.84	28.95	9.51	4.25	4.75	8.74	18.5
元素	S	MgO	K ₂ O	MnO	Ti	Pb	SrO
含量	1.93	2.30	4.15	0.34	0.23	0.04	8.45

由化验结果可知，该矿石中的元素组成比较复杂，其中硫、碳酸钙、硫酸钡、硫酸铈等元素含量较高，这对萤石回收会产生较大的干扰。

2.2 萤石回收试验方案

由于该矿性质复杂，变化大，萤石品位不稳定。矿石中的元素组成比较复杂，其中硫、碳酸钙、硫酸钡、硫酸铈等元素对萤石回收的干扰比较大。为使萤石回收更有可行性和针对性，采用实际现场追踪尾矿进行回收萤石试验研究，以进一步探索尾矿中萤石的可选性，以及选矿试验的连续稳定性，从而优化出对尾矿中萤石回收的最佳工艺和最佳药剂方案。由于矿石中硫元素含量较大，所以该矿萤石的回收试验先进行脱硫，脱硫试验流程如图 2。

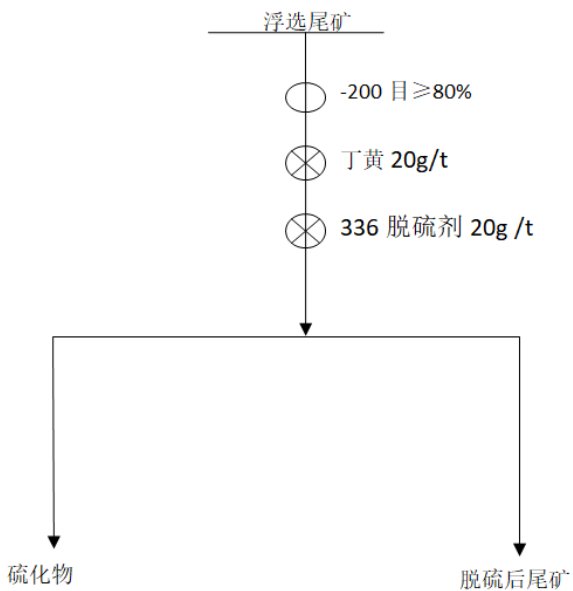


图 2 脱硫试验流程图

经过该工艺脱硫后的尾矿产品含硫为 0.23%，大幅度降低了矿石中硫元素的含量，能有效减少萤石回收过程中的干扰。

2.3 萤石回收药剂条件试验

根据前期探索试验情况得知大陆槽矿石性质复杂，萤石品位稳定性差等特点，选择了捕收剂 yFp₁、yFp₂、yFp₃，调整剂 yFy₁、yFy₂、yFy₃、yFy₄，对该矿的生产现场追踪萤石回收进行进一步的优化探索试验，为选择出该矿石中萤石回收的最佳药剂方案打下基础。捕收剂种类试验流程如图 3。

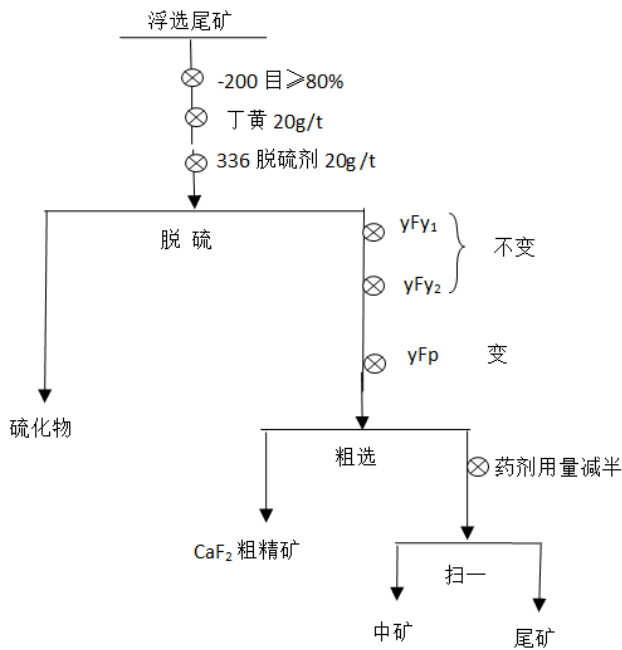


图 3 捕收剂种类试验流程图

由表 2 试验结果可以看出，在调整剂 yFy₁ 及 yFy₂ 不变的条件下，捕收剂 yFp₂ 具有较其他两种药剂具有更好的选择性能，可以获得较高品位的萤石精矿。

由表 3 试验结果可以看出，在调整剂 yFy₃ 及 yFy₄ 不变的条件下，捕收剂 yFp₂ 对该矿物中萤石的选择及捕

收效果明显好于 yFp₁ 及 yFp₃，综合考虑，下一步萤石回收试验中确定 yFp₂ 作为该矿物中萤石回收的主要捕收剂。

表 2 捕收剂种类选择试验结果

药剂名称	产品名称	重量 (g)	品位 (%)	金属量 (g)	回收率 (%)
yFy ₁ : 300g yFy ₂ : 100g	原矿	500	9.68	48.40	100
	yFp ₁ : 120g 粗选精矿	139.38	21.63	30.15	62.30
	中矿	73.31	14.20	10.41	21.50
	尾矿	268.31	2.77	7.45	15.40
	原矿	500	9.68	48.40	100
	yFp ₂ : 120g 粗选精矿	110.77	31.20	34.56	71.40
	中矿	68.25	12.41	8.47	17.50
	尾矿	298.50	1.76	5.24	10.82
	原矿	500	9.68	48.40	100
yFp ₃ : 120g	粗选精矿	121.70	26.45	32.19	66.50
	中矿	61.35	14.67	9.00	18.60
	尾矿	296.00	2.35	6.96	14.39

表 3 萤石优化分析结果

药剂名称	产品名称	重量 (g)	品位 (%)	金属量 (g)	回收率 (%)
yFy ₃ : 250g yFy ₄ : 250g	原矿	500	10.41	52.05	100
	yFp ₁ : 120g 粗选精矿	142.70	23.40	33.39	64.15
	中矿	68.60	15.49	10.62	20.40
	尾矿	271.20	2.88	7.82	15.02
	原矿	500	10.41	52.05	100
	yFp ₂ : 120g 粗选精矿	118.20	32.24	38.10	73.20
	中矿	71.40	11.59	8.28	15.90
	尾矿	291.40	1.81	5.28	10.15
	原矿	500	10.41	52.05	100
yFp ₃ : 120g	粗选精矿	126.20	27.13	34.25	65.80
	中矿	64.30	15.60	10.03	19.27
	尾矿	289.00	2.59	7.48	14.38

2.4 药剂合成对比试验

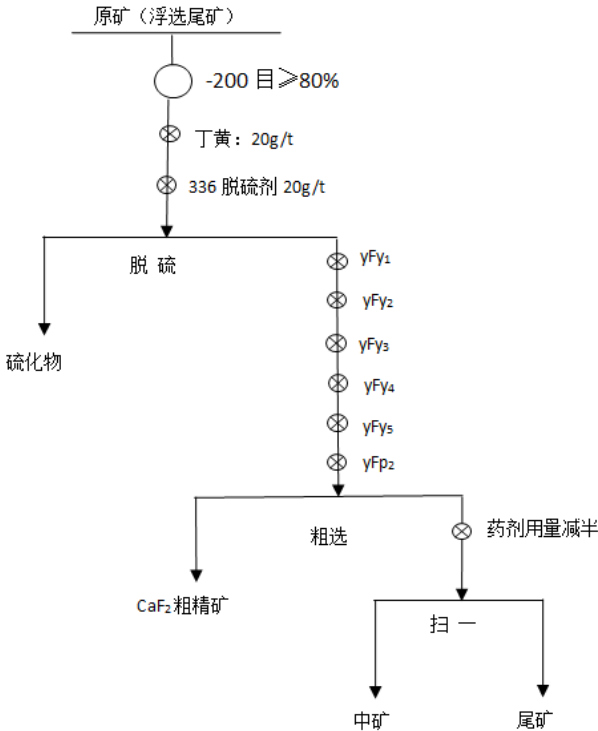


图 4 碳酸钙特效抑制剂 yFy₅ 试验图

针对该矿物前期的大量试验情况发现,该矿物受大量碳酸钙及硫酸钡的影响,该矿物的选别还差一定的对碳酸钙的特效辅助抑制剂及萤石的有效活化剂。因此根据矿石性质的选别需要,合成了碳酸钙特效抑制剂 yFy₅ 及萤石活化剂 yFH₁, yFH₂, 对该矿物萤石的选别进一步做优化探索试验,碳酸钙特效抑制剂 yFy₅ 试验如图 4。

表 4 碳酸钙特效抑制剂 yFy₅ 试验结果

药剂名称	产品名称	重量 (g)	品位 (%)	金属量 (g)	回收率 (%)
yFy ₁ : 300g	yFp ₂ : 120g	原矿	500	9.79	48.95
yFy ₂ : 100g		粗精矿	101	35.15	35.50
yFy ₃ : 250g		中矿	51.3	14.25	7.31
yFy ₄ : 250g		尾矿	325.50	1.76	5.73
yFy ₅ : 300g					11.70

由表 4 所示试验结果可以看出,合成的碳酸钙特效抑制剂 yFy₅ 对该矿物的选择有良好的效果,可以明显提高萤石粗精矿的品位,因此下一步萤石回收试验中确定 yFy₅ 作为该矿物中萤石回收的碳酸钙特效抑制剂。在捕收剂,调整剂,抑制剂不变得条件下,合成的萤石活化剂 yFH₁, yFH₂, 对矿物萤石的选别进一步做优化探索试验。

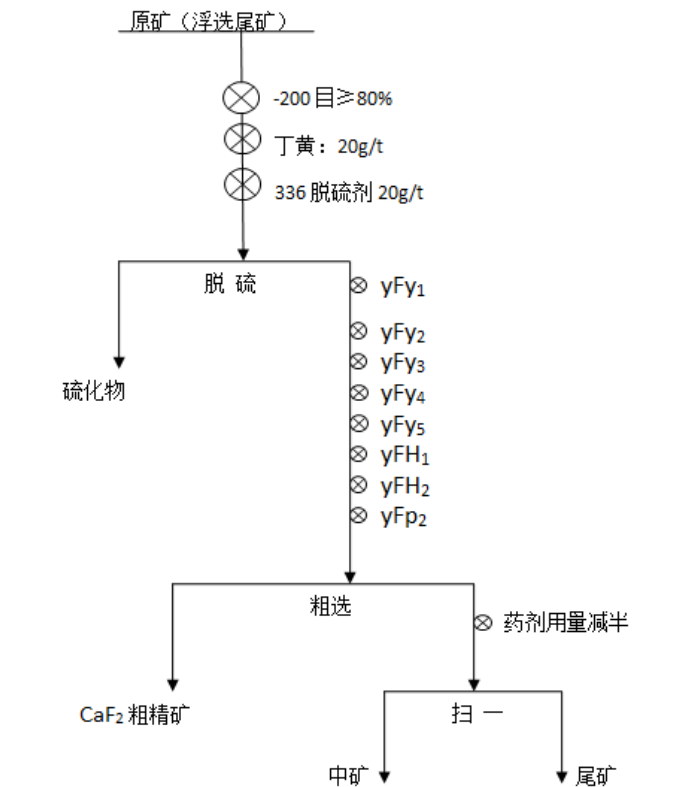


图 5 萤石的活化剂试验图

表 5 萤石的活化剂试验结果

药剂名称	产品名称	重量 (g)	品位 (%)	金属量 (g)	回收率 (%)
yFy ₁ : 300g	yFH ₂ : 50g yFp ₂ : 120g	原矿	500	9.79	48.95
yFy ₂ : 100g		粗精矿	108.6	34.97	37.96
yFy ₃ : 250g		中矿	56.10	12.34	6.92
yFy ₄ : 250g		尾矿	316.20	1.21	3.82
yFy ₅ : 300g					7.8
yFH ₁ : 80g					

由表 5 所示试验结果可以看出,在捕收剂,调整剂不变的条件下,合成的萤石活化剂 yFH₁, yFH₂, 能很好的增强该矿物中萤石的活性,能够大幅的提高该矿物中萤石分选的回收率。因此下一步萤石回收试验中确定 yFH₁ 及 yFH₂ 作为该矿物中萤石回收的活化剂。

2.5 试验方案的制定及选矿工艺

通过前面大量的试验得出,在该矿的萤石回收中,先脱去矿物中的硫化物,然后运用调整剂 yFy₁、yFy₂、yFy₃、yFy₄, 新合成的碳酸钙特效抑制剂 yFy₅, 萤石活化剂 yFH₁, yFH₂, 新型捕收剂 yFp₂ 做为最佳药剂组合进行后续的生产,追踪尾矿萤石的回收试验,推荐萤石选矿工艺流程如图 6。

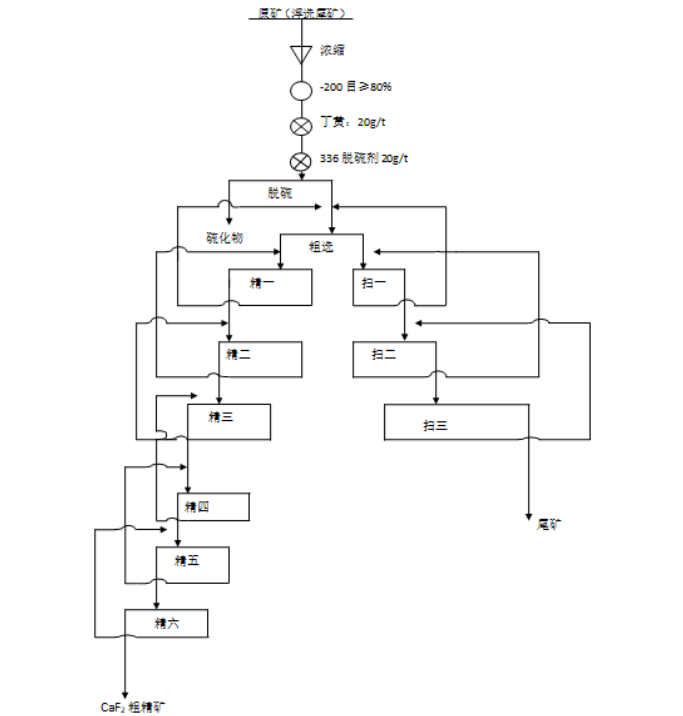


图 6 萤石选矿工艺流程图

3 结语

针对德昌大陆槽稀土矿物中硫、碳酸钙、硫酸钡、硫酸铈等对萤石回收的干扰问题,本文开展了实际现场追踪尾矿回收萤石试验研究,探索尾矿中萤石的可选性及选矿试验的连续稳定性,合成了有针对性的碳酸钙特效抑制剂 yFy₅ 及萤石活化剂 yFH₁, yFH₂, 优化出尾矿中萤石回收的最佳工艺和最佳药剂方案。采用浮选工艺选矿技术,通过一粗三扫六精获得品位 92%,回收率 65% 的 CaF₂ 精矿。

参考文献:

[1] 李小渝. 四川德昌大陆槽稀土矿床地质特征 [J]. 矿床地质, 2005, 24(002): 151-160.
[2] 何升云. 多尺度融合遥感数据的稀土矿山安全监测探究 [J]. 世界有色金属, 2019, No. 538(22): 125-126.

作者简介:

王正华 (1972-), 男, 汉族, 籍贯: 四川省凉山州, 学历: 大专, 专业: 安全生产管理, 研究方向: 稀土选矿及伴生矿物综合利用, 职称: 助理工程师。