

某高硫铜锌矿选矿试验研究

Experimental Study on Mineral Processing of a High Sulfur Copper Zinc Ore

周文梅¹, 张熊¹, 程茸荣¹, 王亚运², 刘文莉²

(1. 广东省大宝山矿业有限公司, 韶关 512000; 2. 中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

摘要:以高硫铜锌矿为研究对象,在工艺矿物学研究的基础上,根据矿石特征,研究磨矿细度、调整剂种类、捕收剂种类等对铜锌硫回收的影响规律,开发适宜的选矿工艺及药剂制度。试验结果表明,采用铜锌两次粗选、一次扫选、五次精选、三次精扫选的流程可以获得铜品位 6.90%、铜回收率 85.54%、锌品位 39.48%、锌回收率 94.76% 的铜锌混合精矿;采用一次粗选、一次扫选、三次精选的流程可以获得硫品位 49.09%、硫回收率 72.48% 的硫精矿,硫作业回收率 85.03%。本研究可以实现高硫铜锌矿中铜锌硫的高效回收,为该类型矿山资源的综合开发利用提供重要指导。

关键词:高硫铜锌矿; 硫抑制; 综合回收

中图分类号: TD971 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-609X(2025)03-0096-07

Abstract: Taking high sulfur copper zinc ore as the research object, based on the study of process mineralogy, according to the characteristics of the ore, the influence of grinding fineness, adjusting agent type, and collecting agent type on copper zinc sulfur recovery is studied, and suitable mineral processing technology and reagent system are developed. The experimental results show that using the process of two coarse, one scavenging, five fine, and three fine sweeps of copper and zinc can obtain a copper zinc mixed concentrate with a copper grade of 6.90%, a copper recovery rate of 85.54%, a zinc grade of 39.48%, and a zinc recovery rate of 94.76%; By adopting a process of one coarse, one scavenging, and three fine, a sulfur concentrate with a sulfur grade of 49.09% and a sulfur recovery rate of 72.48% can be obtained, with a sulfur operation recovery rate of 85.03%. This study can achieve efficient recovery of copper, zinc, and sulfur from high sulfur copper zinc ores, providing important guidance for the comprehensive development and utilization of this type of mining resource.

Key words: high sulfur copper zinc ore; sulfur inhibition; comprehensive recycling

1 前言

铜、锌金属是我国国民经济生产中的主要金属,在社会发展中起着重要作用,随着社会经济的发展,铜、锌金属的需求量在不断增加^[1-2]。目前,浮选是铜锌矿有价金属富集回收较为普遍的方法^[3]。

通常来说,高硫铜锌矿矿床中各矿物嵌布粒度相对较细,可能存在矿物并存状态,此情况下实现铜、锌、硫高效分离及回收存在较大困难^[4]。如果在选矿过程中过磨则会在某种程度上增加矿物的可溶性,矿浆中会存在 Cu^{2+} 离子。此时,锌和硫会受到一定程度的活化作用,可浮性收到影响^[5-7]。在高硫含量的铜锌矿浮选环境中,需要添加大量的石灰等抑制剂对硫进行抑制,但是大量的石灰会对铁

闪锌矿的浮选产生重要影响。因此,开发出高硫铜锌矿适宜的选矿工艺及药剂制度对于铜锌矿资源高效回收具有重要现实意义和经济意义。

本文以某高硫铜锌矿为研究对象,在进行工艺矿物学研究的基础上,开展系统选矿试验研究,探索高效回收铜、锌、硫的可行性,为同类型矿山资源开发利用提供重要技术支撑。

2 矿石性质

2.1 化学多元素分析

该铜锌矿样品化学多元素分析结果见表 1,化学分析结果表明,该样品中有价元素主要为锌、铜、硫。

2.2 矿物组成及相对含量

铜锌矿样品矿物组成及相对含量见表 2。结果表明,该铜锌矿中铜矿物主要为黄铜矿,另有少量辉铜矿、斑铜矿和铜蓝;铅矿物为方铅矿;锌矿物为闪锌矿;硫矿物主要为黄铁矿,少量为磁黄铁矿;铋矿物主要为自然铋,其次为碲铋矿和辉铋矿。脉石

[作者简介] 周文梅(1980—),女,广西崇左人,高级工程师,本科学历,主要从事选矿技术服务。

[引用格式] 周文梅,张熊,程茸荣,等.某高硫铜锌矿选矿试验研究[J].中国矿山工程,2025,54(3):96-102.

表1 铜锌矿样品化学多元素结果

组分	Zn	Cu	Pb	Bi	Fe	S	As	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	C
含量/%	2.94	0.59	0.70	0.031	20.57	16.31	0.001	19.78	11.64	5.50	8.98	4.22	0.04	0.56

表2 矿石的矿物组成及相对含量

矿物名称	含量/%	矿物名称	含量/%
闪锌矿	5.07	透辉石	2.57
黄铜矿	1.68	方解石	2.95
辉铜矿、斑铜矿、铜蓝	0.02	白云母	2.56
方铅矿	0.90	钙铁榴石	1.82
黄铁矿	25.14	绿帘石	1.49
磁黄铁矿	1.61	钙铝榴石	0.69
毒砂	0.003	高岭石	0.66
自然铋	0.03	透闪石	0.35
碲铋矿	0.02	楣石	0.32
辉铋矿	0.01	萤石	0.17
磁铁矿	0.75	斜长石	0.16
石英	14.79	白云石	0.13
正长石	14.67	磷灰石	0.07
金云母	9.37	黝帘石	0.07
绿泥石	7.59	其它	0.447
黑云母	3.89	合计	100.00

矿物主要为钾长石、石英和金云母,其次为绿泥石、黑云母、透辉石、方解石、白云母、钙铁榴石和绿帘石;另有少量的钙铝榴石、高岭石、透闪石、楣石、萤石、斜长石、白云石、磷灰石和黝帘石等。

2.3 嵌布特征

矿石中闪锌矿主要呈粗、中粒集合体嵌布于脉石矿物中(图1),集合体中时常可见脉石呈细粒或细脉充填,少量闪锌矿呈较细的不规则状嵌布于脉石矿物中,有时呈微细粒包裹于脉石中。

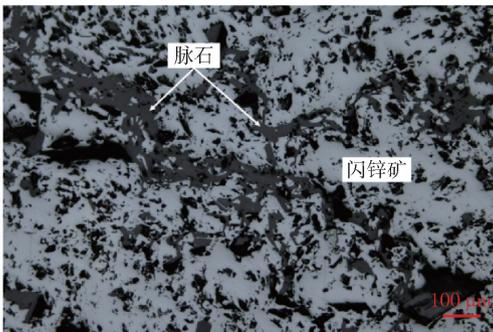


图1 闪锌矿呈粗粒集合体产出

集合体嵌布于先期形成的脉石或黄铁矿粒间或裂隙(图2),部分粒度较细,呈细脉状或细粒状嵌布于脉石矿物粒间,少量呈微细粒弥散于脉石矿物或黄铁矿粒间。

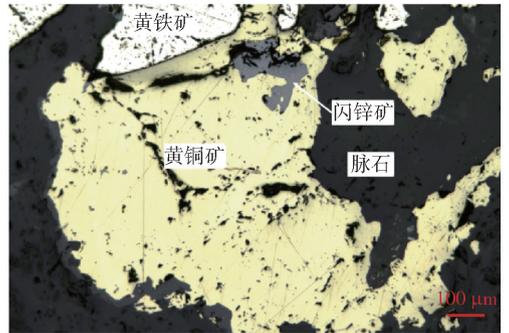


图2 黄铜矿呈不规则状集合体嵌布于脉石与黄铁矿粒间

黄铁矿在矿石中含量高,常呈自形晶、半自形晶集合体产出,集合体粒度往往较粗,最粗者可达30 mm以上。在黄铁矿粒间或裂隙时常可见黄铜矿、闪锌矿、方铅矿等后期结晶的硫化矿物充填于其中,大部分接触边界简单,易于相互单体解离(图3)。

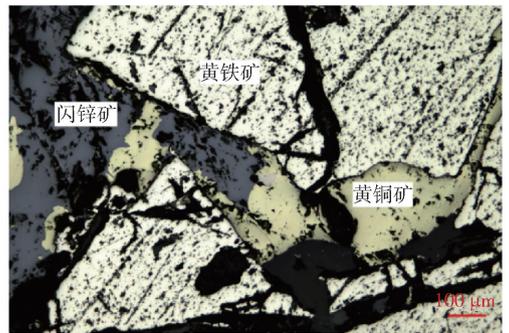


图3 黄铁矿粒间或裂隙充填黄铜矿和闪锌矿集合体

3 试验结果与讨论

3.1 磨矿细度试验

磨矿细度试验流程如图4所示,试验结果如图5所示。试验结果表明,随着磨矿细度的提高,铜和锌的回收率均有提升,但过细会产生负面作用,从试验现象及结果看,铜和锌的回收率达到90%以上应当采用两粗作业较为适宜,采用70%~0.074 mm的细度较为适宜。

黄铜矿是矿石中主要的铜矿物,主要呈他形晶

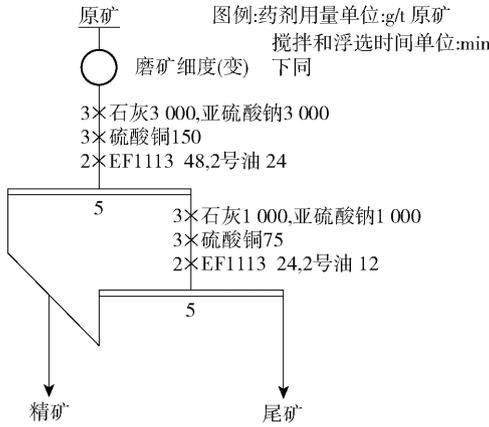


图4 磨矿细度试验流程

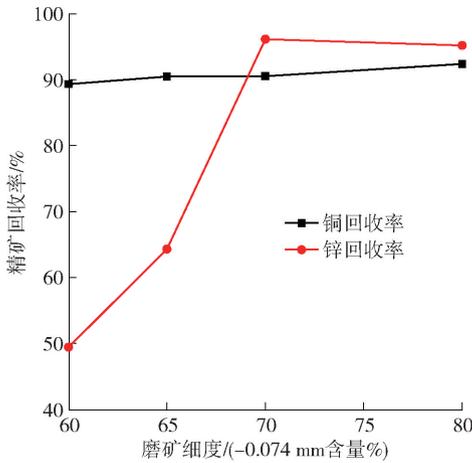


图5 磨矿细度试验结果

3.2 调整剂种类试验

调整剂种类试验流程如图6所示,试验结果如图7所示。试验结果表明,针对该矿石中硫含量很高的情况,采用石灰和亚硫酸钠的组合更有利于抑制硫。单独采用亚硫酸钠对硫铁矿物的抑制作用有限,采用其他类别的抑制剂时,或者是无法有效抑制硫铁矿物,或者是对锌矿物产生了明显负面作用。综合考量,在确保铜、锌回收率尽可能大于90%的前提下,选用石灰加亚硫酸钠的组合抑制剂较为适宜。

3.3 调整剂用量试验

调整剂用量试验流程如图8所示,试验结果如图9所示。试验结果表明,仅采用石灰作为抑制剂时,对硫的抑制效果很有限,且石灰用量增加对铜和锌的回收有比较明显的负面作用。综合考量,调整剂选择石灰用量2 000 g/t,亚钠用量2 000 g/t较为适宜。

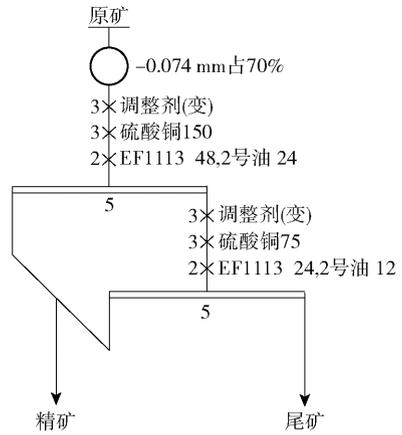


图6 调整剂种类试验流程

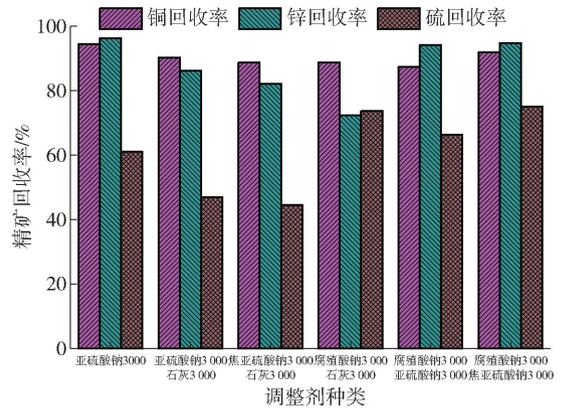


图7 调整剂试验结果

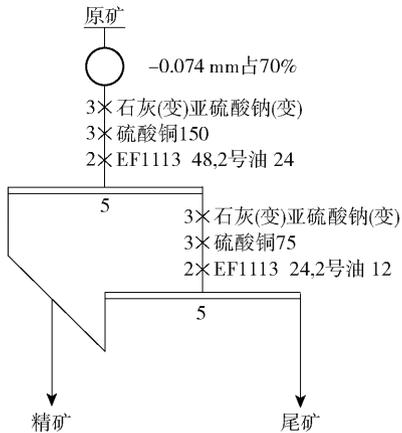


图8 调整剂用量试验流程

3.4 硫酸铜用量试验

活化剂硫酸铜用量试验流程如图10所示,试验结果如图11所示。试验结果表明,粗选1和粗选2作业选择硫酸铜用量均为100 g/t可以满足铜锌粗选回收率大于90%的需要。

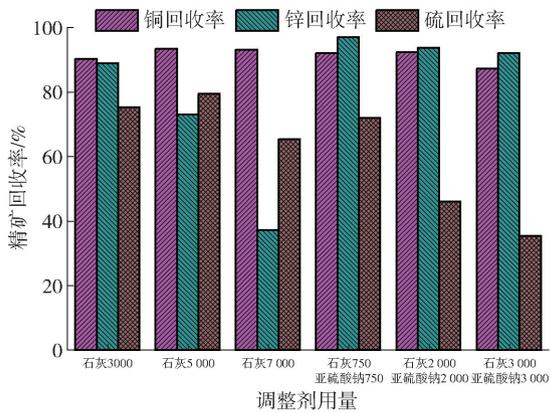


图9 调整剂用量试验结果

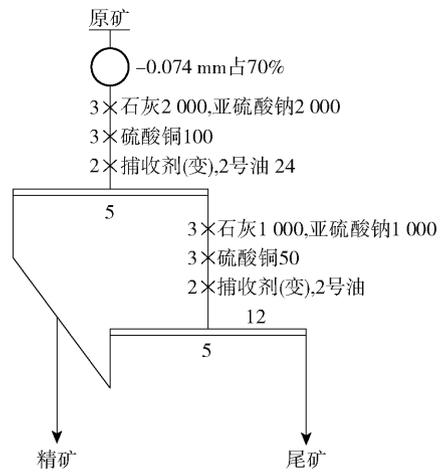


图12 捕收剂种类试验流程

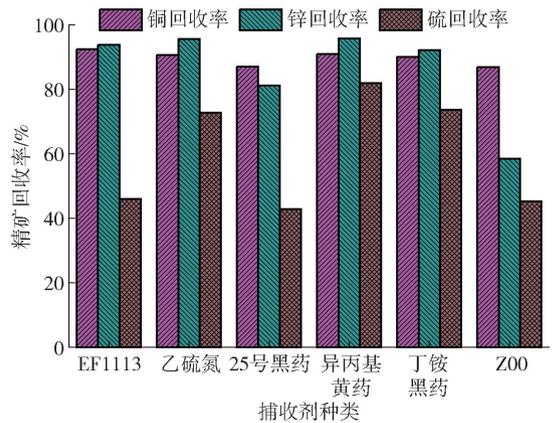


图13 捕收剂种类试验结果

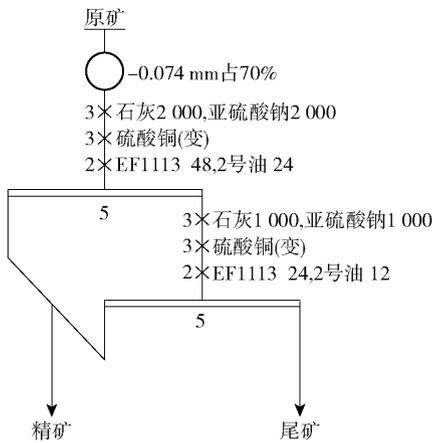


图10 硫酸铜用量试验流程

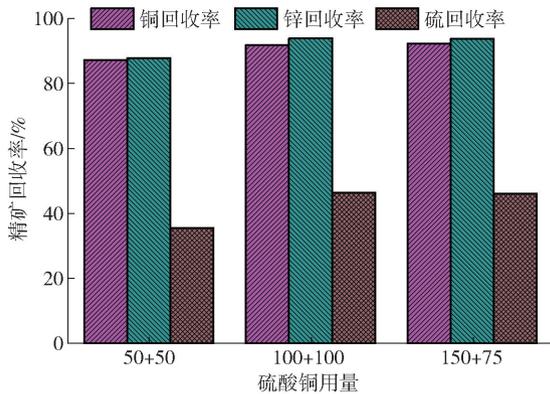


图11 硫酸铜用量试验结果

3.5 铜锌混选粗选捕收剂种类试验

铜锌混选的捕收剂种类试验流程如图12所示,试验结果如图13所示。试验结果表明,采用较强捕收性能的捕收剂时,硫的上浮量很高,基本成为铜、锌、硫混浮,采用较弱的捕收剂时,铜和锌的捕收效果很不理想。综合考虑,选择捕收剂为EF1113。

3.6 硫粗扫选条件试验

采用铜锌选矿后的尾矿作为给矿,开展了硫粗扫选的戊黄药用量及硫酸铜用量条件试验,试验流程如图14所示,试验结果如图15所示。试验结果表明,达到作业回收率85%以上,硫粗选选择硫酸铜200 g/t,戊黄药150 g/t的用量较为适宜。扫选选

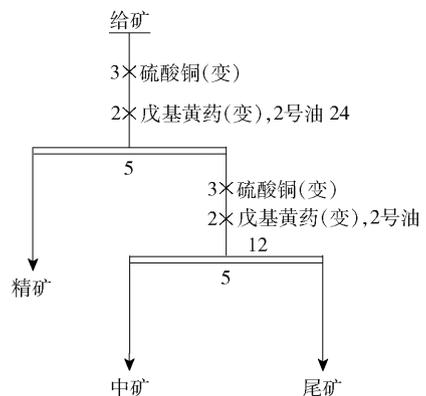


图14 硫粗扫选药剂用量试验流程

表3 开路试验结果

产品名称	产率/%	品位/%			回收率/%		
		Cu	Zn	S	Cu	Zn	S
混合精矿	4.70	6.58	42.16	32.03	50.45	66.92	9.40
硫精矿1	9.34	0.083	0.17	51.57	1.26	0.54	30.08
硫精矿2	0.86	0.15	0.22	50.52	0.21	0.06	2.71
中矿1	3.88	0.28	0.69	17.67	1.77	0.90	4.28
中矿2	7.06	0.78	3.06	37.09	8.98	7.30	16.35
中矿3	1.90	2.82	11.97	32.47	8.74	7.68	3.85
中矿4	1.01	4.90	29.55	32.53	8.07	10.08	2.05
中矿5	3.61	1.56	2.20	34.77	9.19	2.68	7.84
中矿6	1.08	0.75	1.49	33.05	1.32	0.54	2.23
中矿7	0.75	0.78	1.52	25.90	0.95	0.38	1.21
中矿8	0.50	0.62	1.02	20.75	0.51	0.17	0.65
中矿9	0.17	0.22	0.25	43.81	0.06	0.01	0.47
中矿10	3.04	0.25	0.36	14.28	1.24	0.37	2.71
中矿11	0.78	0.34	0.46	30.97	0.43	0.12	1.51
中矿12	3.28	0.21	0.25	21.13	1.12	0.28	4.33
尾矿2	5.05	0.29	0.36	9.89	2.39	0.61	3.12
尾矿1	52.99	0.038	0.075	2.18	3.31	1.36	7.21
原矿	100.00	0.61	2.96	16.01	100.00	100.00	100.00

表4 闭路试验结果

名称	产率/%	品位/%			回收率/%		
		Cu	Zn	S	Cu	Zn	S
铜锌混精	7.36	6.90	39.48	31.90	85.54	94.76	14.76
硫精矿	23.49	0.21	0.37	49.09	8.30	2.88	72.48
尾矿	69.15	0.053	0.10	2.93	6.17	2.37	12.76
原矿	100.00	0.59	3.07	15.91	100.00	100.00	100.00

收率 72.48% 的硫精矿, 硫作业回收率 85.03%。

4 结论

(1) 矿石中铜品位为 2.94%, 锌品位为 0.59%, 硫品位为 16.31%, 铜锌硫为主要回收有价元素。矿石中的铜矿物主要为黄铜矿, 锌矿物为铁闪锌矿, 硫矿物主要为黄铁矿, 脉石矿物主要为钾长石、石英和金云母等。

(2) 该矿石中铁闪锌矿的可浮性较差, 需要重点关注其活化问题, 在保证较高锌回收率的情况下, 选择硫抑制效果较为显著且不会或较少对铜、锌产生负面作用的抑制剂, 以及选择较高选择性的捕收剂, 至关重要。

(3) 采用铜锌两次粗选、一次扫选、五次精选、

三次精扫选的流程可以获得铜品位 6.90%、铜回收率 85.54%, 锌品位 39.48%、锌回收率 94.76% 的铜锌混合精矿; 采用一次粗选、一次扫选、三次精选的流程可以获得硫品位 49.09%、硫回收率 72.48% 的硫精矿, 硫作业回收率 85.03%。

[参考文献]

- [1] 焦芬. 复杂铜锌硫化矿浮选分离的基础研究[D]. 长沙: 中南大学, 2013.
- [2] 汤小军, 官长平, 邓星星, 等. 四川某高硫铜铅锌矿选矿工艺研究与生产实践[J]. 有色金属(选矿部分), 2013(6): 10-13+22.
- [3] 赵红芬, 彭时忠, 王周和, 等. 伏牛山高硫铜锌矿选矿工艺研究[J]. 有色金属: 选矿部分, 2015(3): 6. 1671-9492.

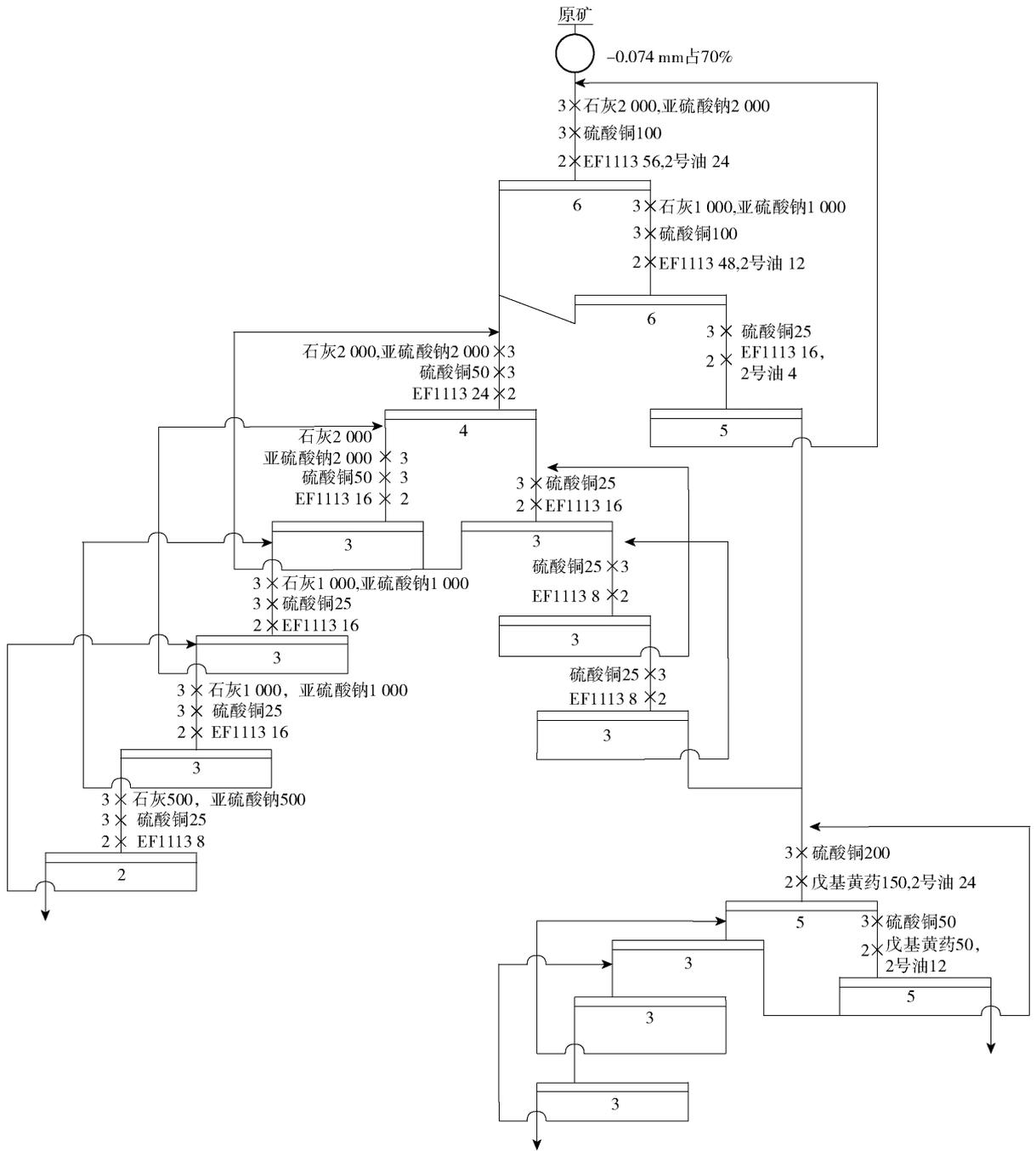


图 17 闭路试验流程

[4] 吴家彬,陶广根.某高硫难选铜锌矿选矿试验研究[J].中国金属通报,2018(2).

[5] 李光耀.某微细粒难选硫化铜矿选矿试验研究[J].新疆有色金属,2016,39(1):75-77.

[6] 朱一民,周玉才,李天霞,等.某高硫难选铜矿的选矿试验研究[J].矿产综合利用,2014(5):22-25.

[7] 余新阳,王强强,刘诚,等.河南某高硫难选铜锌矿选矿试验研究[J].有色金属工程,2016,6(4):53-57,62.