湖北某低品位铜硫资源新型药剂浮选试验研究①

章慧敏[1], 姚兆辉[1], 余洪[1], 张汉泉[1,2], 刘明霞[1,2]
(1.武汉工程大学 资源与安全工程学院, 湖北 武汉 430205; 2.磷矿及其共伴生资源绿色高效开发利用全国重点实验室,湖北 武汉 430074)

摘 要: 湖北某选铁尾矿含铜 0.058%、含硫 9.26%,现场采用先混合浮选再铜硫分离的方式对其进行回收,铜、硫浮选回收指标欠佳。为提高资源综合利用率,针对该选铁尾矿开展了新型药剂浮选试验研究。结果表明,在磨矿细度-0.074 mm 粒级占 64.81%条件下,以新型捕收剂协鑫 930 和起泡剂 2 号油开展铜硫混合浮选试验,以活性炭为活化剂、熟石灰为硫抑制剂、协鑫 950 为铜捕收剂,开展铜硫分离浮选试验,采用熟石灰分段添加的形式,可获得 Cu 品位 17.77%、回收率 60.07%的铜精矿和 S 品位 38.16%、回收率 34.48%的硫精矿。与现场生产指标相比,铜、硫精矿指标良好,回收率分别提高了 17.60 百分点和 12.28 百分点,实现了铁尾矿中铜、硫资源的有效回收,可为其他同类型低品位矿的高效回收提供一定的理论参考。

关键词: 选铁尾矿; 铜; 硫; 浮选药剂; 浮选; 铜硫分离
中图分类号: TD923 **文献标志码**: A doi:10.3969/j.issn.0253-6099.2026.03.019
文章编号: 0253-6099(2026)03-0145-06

Experimental Study on New Reagents for Flotation of Low-Grade Copper-Sulfur Resource in Hubei Province

ZHANG Huimin[1], YAO Zhaohui[1], YU Hong[1], ZHANG Hanquan[1,2], LIU Mingxia[1,2]
(1. *School of Resources and Safety Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan* 430205, *Hubei, China*; 2. *National Key Laboratory of Green and Efficient Development and Utilization of Phosphate Ore and Its Associated Resources, Wuhan* 430074, *Hubei, China*)

Abstract: The iron tailings in Hubei contains 0.058% copper and 9.26% sulfur. It is recovered by bulk flotation followed by separation on site, but the flotation indices of copper and sulfur are unsatisfactory. In order to improve the comprehensive resource utilization rate, experiments on flotation with new reagents were carried out for such iron tailings. With tailings at a grinding fineness of -0.074 mm 64.81%, a bulk floatation was performed with a new collector Xiexin 930 and frother No. two oil; a separation flotation was conducted with activated carbon as an activator, Xiexin 950 as a copper collector, and slaked lime as a sulfur depressant added in stages. As a result, the experiment produced a copper concentrate grading 17.77% Cu at recovery of 60.07%, and a sulfur concentrate grading 38.16% S at recovery of 34.48%. Compared with the on-site reagent regime, the separation indices are improved, with recoveries increased by 17.60 percentage points and 12.28 percentage points, respectively. It is shown that copper and sulfur resources in such iron tailings can be effectively recovered. This experimental study can provide a theoretical reference for the efficient recovery of other similar low-grade ores.

Key words: iron tailings; copper; sulfur; flotation reagent; flotation; Cu/S separation

铜和硫是关键的矿产资源,在国民经济建设中占据举足轻重的地位。铜具有优良的导电性、导热性和抗腐蚀性,广泛应用于电气、化工、钢铁、国防等诸多领域[1]。近年来,全球铜产量和需求量持续攀升[2],随着优质铜矿资源的大量开采,目前铜矿资源逐渐呈现贫、细、杂的特征。据资料记载,20 世纪初入选铜矿石

① **收稿日期**: 2025-12-15
基金项目: 国家自然科学基金(52104264)
作者简介: 章慧敏(2002—),女,安徽六安人,硕士研究生,主要研究方向为矿物加工与提取冶金、浮选工艺与理论、固体废物综合利用。E-mail:13485962458@163.com
通信作者: 刘明霞(1989—),女,湖北仙桃人,副教授,硕士研究生导师,主要研究方向为矿物加工与提取冶金、浮选工艺与理论、固体废物综合利用。E-mail:liumingxia820@126.com

的品位在1.5%~4.0%之间,2021年全球入选铜矿石的平均品位已降至0.4%,且未来铜矿入选品位还将继续下滑[3]。硫同样在化工、轻工业、有色金属冶炼等领域发挥着关键作用[4]。尽管世界硫资源储量较为丰富,但分布极为分散。我国主要从硫铁矿以及伴生硫铁矿中回收硫。部分矿山尾矿中硫含量高,不仅造成资源浪费,而且因产生酸性废水污染环境[5]。因此,随着高品位铜矿资源日渐减少及硫资源持续开采,对低品位含铜、硫等尾矿进行回收再利用,已成为铜资源开发利用、硫污染防治等领域的关键研究课题,对保障国家资源安全和经济可持续发展具有重要意义[6]。

我国铜硫资源回收工艺普遍存在硫资源综合利用率低、药剂选择性差及流程冗长[7-9]等问题。因此,开发高效低耗药剂与综合回收技术是亟待解决的关键问题。

湖北某矿业有限公司选矿厂以生产高品质铁精矿为主,同步产生的大量尾矿中含有较低品位的铜和硫资源。为了回收该尾矿中的铜、硫资源,现场采用了铜硫混合浮选-分离浮选的原则流程进行浮选试验,但由于原料中铜、硫品位较低,采用现场药剂制度浮选,铜、硫回收率较低,无法实现该低品位资源的高效利用。本文针对该选铁尾矿开展了新药剂浮选试验研究,详细探讨了混合浮选和分离浮选药剂制度对铜、硫资源回收的影响,可为生产实践提供借鉴。

1 试验原料与试验方法

1.1 试验原料

试验原料为湖北某矿业有限公司选矿厂的选铁尾矿,其化学多元素分析结果如表1所示。选铁尾矿中TFe品位为8.42%,Cu、S品位分别为0.058%、9.26%,主要脉石组分SiO_2、CaO含量分别为26.33%、22.95%。

表1 试验原料化学多元素分析结果(质量分数)

Table 1 Multi-elemental analysis of raw material %

TFe	Cu	S	CaO	MgO	SiO_2	Al_2O_3	K_2O	Na_2O
8.42	0.058	9.26	22.95	6.10	26.33	5.80	1.14	0.92

对原料中铜、硫组分进行了化学物相分析,结果如表2所示。由表2可知,该试样中硫主要以硫酸盐及硫化物形式存在,还含有少量磁性硫;含铜物相中硫化铜占比较大,其余部分为自由氧化铜以及结合氧化铜。

原料粒度及元素分布情况见表3。可见,该尾矿粒度较细,-0.074 mm粒级占64.81%。铜主要分布在细粒级颗粒中,-0.074 mm粒级中铜累计分布率为82.10%,其中,铜在-0.038 mm粒级中的分布率达53.30%。硫在-0.074 mm粒级中的分布率为66.35%,在+0.15 mm粒级中的分布率为19.65%,相较于Cu的分布,S表现出"细粒少、粗粒多"的现象。总体而言,该尾矿中铜、硫品位较低,试样粒度较细,铜、硫主要分布于-0.074 mm细粒级中,浮选研究无需进一步磨矿,但会存在一定的分选难度。

表2 原料铜、硫物相分析结果

Table 2 Phase analysis of Cu and S

元素	物相	含量/%	分布率/%
S	硫酸盐中硫	6.51	67.62
	硫化物中硫	3.07	31.89
	磁性硫	0.047	0.49
	合计	9.26	100.00
Cu	硫化铜中铜	0.048	85.71
	自由氧化铜中铜	0.007	12.50
	结合氧化铜中铜	0.001	1.79
	合计	0.058	100.00

表3 原料粒度及元素分布情况

Table 3 Particle size and element distribution of raw material

粒级/mm	负累计产率/%	累计分布率/%	
		Cu	S
-0.50+0.38	100.00	100.00	100.00
-0.38+0.15	97.94	99.71	99.56
-0.15+0.096	75.45	92.41	80.35
-0.096+0.074	70.67	87.99	74.53
-0.074+0.048	64.81	82.10	66.35
-0.048+0.038	49.66	65.88	45.40
-0.038	39.59	53.30	32.67

1.2 试剂

试验所用捕收剂包括乙基黄药(湖北某选矿厂现场药剂)、丁基黄药(购于湖南明珠选矿药剂有限责任公司)和协鑫系列药剂(安徽协鑫矿业技术开发有限公司针对本矿样性质研发的专用浮选药剂)。其中协鑫930捕收剂是在烃基羟肟基盐捕收剂基础上进行官能团结构重组得到的新型环保型高效捕收剂,可作为黄药的代替品,对硫化铜、铅、锌具有较强的捕收能力,对氧化铜、氧化铅也有一定捕收能力,该药剂为深红色至棕红色液体,直接原液使用;协鑫950为高效金铜捕收剂,对硫化铜及金具有较强的捕收能力,是含高硫硫化铜及金的选择性捕收剂。其他药剂包括起泡剂2号油、调整剂石灰等,均购自国药集团化学试剂有限公司。

1.3 试验方法

铜硫浮选试验设备为XFGⅡ5-35浮选机,混合浮选开路试验和分离浮选开路试验分别采用一粗一扫一精和一粗二精工艺流程,试验流程见图1。

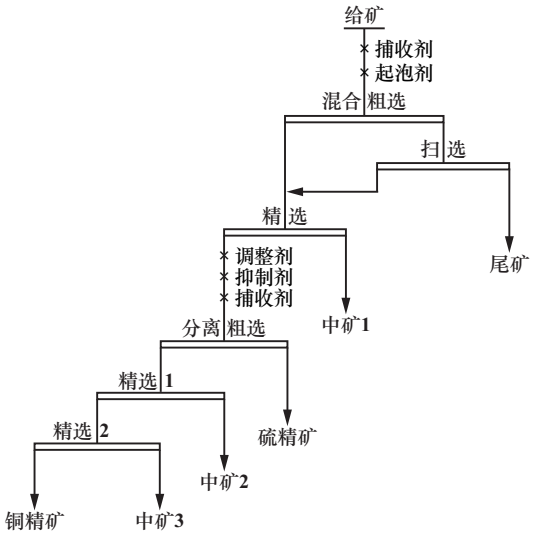


图 1　浮选试验流程

Fig. 1　Flowchart of flotation test

2　试验结果与讨论

2.1　混合浮选试验

2.1.1　捕收剂种类的影响

浮选矿浆浓度(质量分数)33%~35%,磨矿细度为-0.074 mm 粒级占 64.81%,起泡剂 2 号油用量 135 g/t 条件下,捕收剂种类对铜硫混合浮选的影响如表 4 所示。由表 4 可知,以丁基黄药为捕收剂时,铜、硫回收率分别为 68.81%、34.35%,以协鑫 930 为捕收剂时,铜、硫回收率分别为 75.40%、33.50%,两种捕收剂的浮选指标均优于 2 倍用量乙基黄药所得浮选指标。后续继续考察丁基黄药和协鑫 930 作用下其他条件对铜、硫回收的影响。

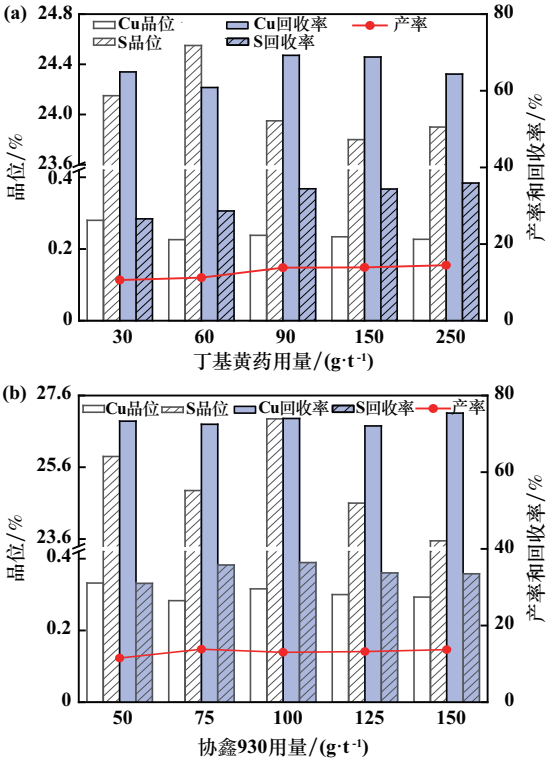
表 4　捕收剂种类对铜硫混合浮选的影响

Table 4　Effect of collector type on Cu-S bulk flotation

捕收剂种类及用量/(g·t^{-1})	产品名称	产率/%	品位/%		回收率/%	
			S	Cu	S	Cu
丁基黄药 150	精矿	13.90	23.80	0.234	34.35	68.81
	中矿	5.73	17.05	0.075	10.15	9.09
	尾矿	80.37	6.65	0.013	55.50	22.10
	给矿	100.00	9.63	0.047	100.00	100.00
协鑫 930 150	精矿	13.70	23.55	0.293	33.50	75.40
	中矿	7.50	—	0.059	—	8.32
	尾矿	78.80	6.80	0.011	55.64	16.28
	给矿	100.00	—	0.053	—	100.00
乙基黄药 300	精矿	10.13	24.30	0.276	25.56	57.66
	中矿	6.61	—	0.109	—	14.86
	尾矿	83.26	—	0.016	—	27.48
	给矿	100.00	—	0.048	—	100.00

2.1.2　捕收剂用量的影响

相同条件下,考察了丁基黄药与协鑫 930 用量对铜硫混合浮选的影响,结果见图 2。



(a) 丁基黄药;(b) 协鑫 930

图 2　捕收剂用量对铜硫混合浮选的影响

Fig. 2　Effect of collctor dosage on Cu-S bulk flotation

由图 2(a)可知,随着丁基黄药用量增加,混合精矿中硫品位整体呈现先升高后降低的趋势,硫回收率则呈现先升高后趋于稳定的趋势。随着丁基黄药用量增加,捕收剂与硫化矿相互作用的概率增加,精矿 S 回收率增加。丁基黄药用量 90 g/t 时,S 回收率达到 34.42%,此时铜回收率为 69.23%。综合考虑精矿 S 和 Cu 回收率,适宜的丁基黄药用量为 90 g/t。

由图 2(b)可知,随着协鑫 930 用量增加,混合精矿中硫回收率整体呈现先升高后降低的趋势,铜回收率在 72.05%~75.40%之间波动。协鑫 930 用量增加,捕收剂与硫化矿相互作用的概率增加,硫化矿回收率增大;但药剂用量过大时,捕收剂在矿物表面的吸附趋于饱和,硫化矿回收率不再继续提升。综合考虑精矿 Cu 和 S 回收率,适宜的协鑫 930 用量为 100 g/t。

对比两种捕收剂的浮选效果发现,在试验药剂用量范围内,以协鑫 930 为捕收剂时获得的混合精矿铜、硫指标略优于以丁基黄药为捕收剂时获得的指标。

2.2　分离浮选

为了考察分离浮选阶段的药剂适应性,仍采用传统药剂丁基黄药为混合浮选的捕收剂,开展分离浮选

新药剂条件试验,以明确新药剂对铜硫分离的效果。探索试验结果表明,活性炭表面带有一定的电荷,可以起到调节硫化矿表面电位的作用,使混合浮选中原本吸附的捕收剂解吸,从而降低硫化物可浮性,而其对铜矿物浮选的影响较小[10]。此外,中性或碱性条件下,黄铜矿表面的氧化反应能有效促进其浮选,而石灰则可调整矿浆 pH 值并抑制黄铁矿[11]。因此,分离浮选条件试验中固定磨矿细度为-0.074 mm 粒级占 64.81%,活性炭用量 120 g/t,熟石灰用量 3 000 g/t,按照图 1 所示流程,考察了协鑫系列选铜捕收剂对铜硫分离浮选的影响。

协鑫铜硫分离捕收剂主要有 80507、950、761、801 等,主要成分均为酯类,均对黄铜矿具有较好的捕收能力。在混合浮选捕收剂丁基黄药用量 90 g/t,起泡剂 2 号油用量 135 g/t,分离浮选捕收剂用量均为 30 g/t 条件下,考察了捕收剂种类对铜硫分离浮选的影响,结果见表 5。由表 5 可知,捕收剂用量相同时,协鑫 950 的选铜效果较好,经一段粗选、二段精选,铜精矿铜品位和作业回收率分别达到 11.970%和 47.81%。

表 5 捕收剂种类对铜硫分离浮选的影响

Table 5 Effect of collector type on Cu/S separation

捕收剂种类	样品名称	作业产率/%	Cu 品位/%	作业回收率/%
80507	铜精矿	0.28	9.586	47.93
	硫精矿	6.00	0.110	11.77
	中矿 1	9.48	0.076	12.85
	中矿 2	0.88	0.404	6.34
	中矿 3	0.26	1.038	4.81
	尾矿	83.10	0.011	16.30
	给矿	100.00	0.056	100.00
950	铜精矿	0.22	11.970	47.81
	硫精矿	6.37	0.091	10.52
	中矿 1	8.09	0.067	9.84
	中矿 2	0.95	0.461	7.95
	中矿 3	0.20	1.104	4.01
	尾矿	84.17	0.013	19.87
	给矿	100.00	0.055	100.00
761	铜精矿	0.27	9.157	46.65
	硫精矿	6.34	0.081	9.64
	中矿 1	8.46	0.056	8.90
	中矿 2	1.07	0.384	7.71
	中矿 3	0.30	0.911	5.13
	尾矿	83.56	0.014	21.97
	给矿	100.00	0.053	100.00
801	铜精矿	0.22	11.060	43.01
	硫精矿	6.80	0.099	11.90
	中矿 1	9.06	0.063	10.09
	中矿 2	1.32	0.346	8.07
	中矿 3	0.28	0.738	3.65
	尾矿	82.32	0.016	23.28
	给矿	100.00	0.057	100.00

采用一段粗选流程,考察了协鑫 950 用量对铜硫分离的影响,结果如图 3 所示。由图 3 可以看出,随着协鑫 950 用量增加,铜品位整体呈现先增加后减少的趋势,Cu 作业回收率呈现增加趋势。综合考虑,协鑫 950 的适宜用量为 60 g/t,此条件下铜精矿铜品位为 2.664%,作业回收率为 60.94%。

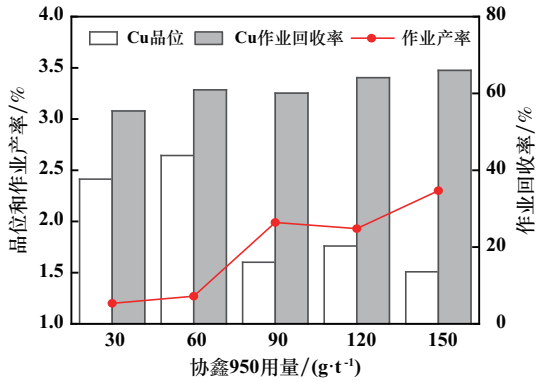


图 3 协鑫 950 用量对铜硫分离的影响

Fig. 3 Effect of Xiexin 950 dosage on Cu/S separation

2.3 闭路试验

根据混合浮选及分离浮选捕收剂种类与用量试验结果,从传统乙基黄药到丁基黄药,再到协鑫系列药剂的递进优化过程中,铜硫矿物的浮选回收率和精矿品位呈现阶梯式提升,其中协鑫 930+950 组合在保证精矿品位的同时显著提高了铜和硫的回收率。采用图 4 所示闭路试验流程进行闭路浮选试验,采用现场药剂体系[乙基黄药+Z200 用量(120+3 600) g/t、2 号油 60 g/t、活性炭 50 g/t]、丁基黄药体系[丁基黄药+Z200 用量(90+30) g/t、2 号油 135 g/t、活性炭 120 g/t]、协鑫药剂体系[协鑫 930+协鑫 950 用量(100+60) g/t、2 号油 135 g/t、活性炭 120 g/t]分别进行闭路浮选试验,结果见表 6。文献[12]研究表明,石灰分段加药有助于铜精矿品位的进一步提升,因此试验同时考察了熟石灰分段加药(第一次加药在分离浮选粗选前,第二次加药在铜硫分离精选 1 前)的效果,结果一并列于表 6 中。

混合浮选以丁基黄药为硫捕收剂、Z-200 为选铜捕收剂,分离浮选以熟石灰为铜抑制剂时,可获得 Cu 品位 12.57%、回收率 58.89%的铜精矿以及 S 品位 37.02%、回收率 34.82%的硫精矿,与现场药剂体系相比,铜精矿 Cu 品位比下降了 7.03 百分点,Cu 回收率上升了 16.42 百分点,硫精矿 S 品位下降了 1.91 百分点,S 回收率上升了 12.62 百分点;分段添加熟石灰时,铜精矿 Cu 品位 15.44%、回收率 53.41%,硫精矿 S 品位 39.05%、回收率 31.88%,与现场药剂体系相比,铜精矿 Cu 品位下降了 4.16 百分点,Cu 回收率上升了

10.94 百分点,硫精矿 S 品位上升了 0.12 百分点,S 回收率上升了 9.68 百分点;与一次添加熟石灰相比,铜精矿 Cu 品位和硫精矿 S 品位均有所上升,但回收率有一定程度下降。

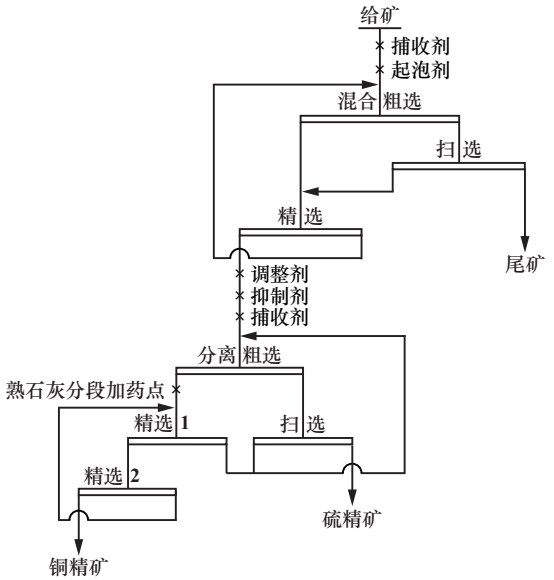


图 4　闭路试验流程

Fig. 4　Closed-circuit test flowchart

表 6　不同浮选药剂闭路试验结果与生产指标对比

Table 6　Comparison of closed-circuit test results and production indices with different flotation reagents

药剂体系	抑制剂用量/(g·t^{-1})	产品名称	产率/%	品位/%		回收率/%	
				Cu	S	Cu	S
现场药剂	生石灰 2 000	铜精矿	0.13	19.600	39.85	42.47	0.52
		硫精矿	5.73	0.250	38.93	24.14	22.20
		尾矿	94.14	0.021	8.25	33.39	77.28
		给矿	100.00	0.060	10.05	100.00	100.00
丁基黄药体系	熟石灰 3 000	铜精矿	0.26	12.570	37.59	58.89	1.04
		硫精矿	8.83	0.104	37.02	16.54	34.82
		尾矿	90.91	0.015	6.62	24.57	64.14
		给矿	100.00	0.056	9.39	100.00	100.00
	分段加药熟石灰 2 000+1 000	铜精矿	0.16	15.440	38.75	53.41	0.67
		硫精矿	7.56	0.100	39.05	16.67	31.88
		尾矿	92.28	0.015	6.77	29.92	67.45
		给矿	100.00	0.046	9.26	100.00	100.00
协鑫药剂体系	熟石灰 3 000	铜精矿	0.23	13.560	40.30	62.68	0.97
		硫精矿	8.22	0.070	38.54	11.56	33.18
		尾矿	91.55	0.014	6.87	25.76	65.85
		给矿	100.00	0.050	9.55	100.00	100.00
	分段加药熟石灰 2 000+1 000	铜精矿	0.18	17.770	38.00	60.07	0.72
		硫精矿	8.61	0.088	38.16	14.23	34.48
		尾矿	91.21	0.015	6.77	25.70	64.80
		给矿	100.00	0.053	9.53	100.00	100.00

采用协鑫 930+950 为捕收剂时,一次性添加熟石灰,获得的铜精矿 Cu 品位 13.56%、Cu 回收率62.68%,虽然 Cu 品位较现场药剂体系降低了 6.04 百分点,但 Cu 回收率提升了 20.21 百分点;硫精矿 S 品位 38.54%、S 回收率 33.18%,与现场药剂体系相比,S 回收率提升了 10.98 百分点。采用分段添加熟石灰方案,铜精矿 Cu 品位显著提升至 17.77%,较现场药剂体系低 1.83 百分点,但 Cu 回收率高达 60.07%,较现场药剂体系提升了 17.60 百分点;硫精矿 S 品位较稳定,S 回收率则较现场药剂体系提升了 12.28 百分点。结果表明,丁基黄药配合适宜的抑制剂可获得合格的分选效果,这为后续采用协鑫 930 的对比试验提供了重要参照。最终对比数据证实,采用协鑫 930 为铜硫混合浮选捕收剂,后续的铜硫分离效果优于以丁基黄药为混合浮选捕收剂,这一推论与试验结果完全吻合,进一步验证了协鑫 930 在整体浮选流程中的优越性。

综上所述,新药剂制度通过协鑫 950 的高效选择性捕收和熟石灰分段抑制的协同作用,在保证硫回收率稳定提升的基础上,实现了铜回收率的大幅提高,同时通过分段加药的方式有效缓解了铜品位下降问题,整体分选指标优于现场药剂体系,展现出良好的工业应用价值。

2.4　产品成分分析

对协鑫药剂 930+950 体系以及分段添加熟石灰获得的硫精矿和尾矿产品进行了 XRF 成分分析,结果分别见表 7 和表 8。同时对闭路试验产品中的 As、Pb、Zn 及 MgO 等有害杂质进行了分析,结果见表 9。

表 7　硫精矿 XRF 成分分析结果(质量分数)

Table 7　XRF analysis of sulfur concentrate　%

SO_3	Fe_2O_3	CaO	SiO_2	MgO	Al_2O_3	K_2O	Co_3O_4	Na_2O
42.653	30.443	10.277	8.472	4.408	2.302	0.460	0.211	0.202
CuO	NiO	P_2O_5	ZnO	SrO	As_2O_3	TiO_2	MnO	CuO
0.137	0.113	0.099	0.052	0.050	0.048	0.042	0.029	0.137

表 8　尾矿 XRF 成分分析结果(质量分数)

Table 8　XRF analysis of tailings　%

CaO	SiO_2	SO_3	Fe_2O_3	MgO	Al_2O_3	K_2O	Na_2O	TiO_2
27.877	22.914	20.109	11.404	6.641	6.475	2.338	0.900	0.41
MnO	P_2O_5	SrO	BaO	ZnO	CuO	Rb_2O	ZrO_2	MnO
0.271	0.242	0.233	0.07	0.041	0.037	0.029	0.008	0.271

由表 7~9 可知,铜精矿杂质元素满足 As 含量低于 0.1%、杂质 Pb 和 Zn 总含量低于 2%、MgO 含量低于 2%的要求,结合表 6,铜精矿 Cu 品位 17.77%,符合国家五级品铜精矿的标准;硫精矿中,SO_3 品位为 42.653%,Fe_2O_3 品位为 30.443%,杂质 As 含量低于

0.03%,杂质 Pb 和 Zn 总含量低于 0.3%,符合国家四级品硫精矿的标准;尾矿中主要成分为 CaO 和 SiO_2,含量分别为 27.877%和 22.914%,As、Pb、Zn 含量分别为 0.004 6%、0.004 9%、0.005 8%,硫主要以难选的硫酸盐形式存在。

表 9 闭路试验产品主要有害杂质分析结果(质量分数)

Table 9 Analysis of main harmful impurities in closed-circuit products %

产品名称	As	Pb	Zn	MgO
铜精矿	0.017 0	0.061 9	0.297 7	1.420 0
硫精矿	0.027 0	0.008 0	0.019 6	—
尾矿	0.004 6	0.004 9	0.005 8	—

3 结论

1) 湖北某矿业有限公司选矿厂选铁尾矿铜、硫品位较低,分别为 0.058%、9.26%,其中铜主要存在于硫化物中,占总铜的 85.71%,且赋存粒度较细;硫在硫酸盐矿物中占比较高,为 67.62%;脉石矿物主要为硅酸盐矿物和含钙矿物。采用浮选工艺高效分离回收铜、硫的难度较大。

2) 采用铜硫混合浮选-铜硫分离的原则流程,以协鑫 930 为铜硫混合浮选捕收剂、协鑫 950 为铜硫分离捕收剂,分离浮选阶段抑制剂熟石灰分段添加,闭路试验可获得 Cu 品位 17.77%、Cu 回收率 60.07%的铜精矿和 S 品位 38.16%、S 回收率 34.48%的硫精矿,铜精矿和硫精矿产品分别达到国家五级品铜精矿和国家四级品硫精矿标准。

3) 与现场药剂体系相比,新药剂体系下铜、硫回收率分别提高了 17.60 百分点和 12.28 百分点,试验指标良好,较好地实现了低品位含铜硫选铁尾矿资源中 Cu、S 的回收。

参考文献(References):

[1] 魏宗武,杨谦,黄涛,等. 某低品位难选铜铅锌硫化矿浮选分离试验研究[J]. 矿冶工程, 2023,43(5):58-61.
WEI Zongwu, YANG Qian, HUANG Tao, et al. Flotation of low-grade refractory copper-lead-zinc sulfide ore for mineral separation[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2023,43(5):58-61.

[2] 李志婷,彭华锋,汪庶明,等. 提升某高硫低铜品位铜硫矿铜浮选回收指标试验研究[J]. 有色金属工程, 2024,14(5):88-94.
LI Zhiting, PENG Huafeng, WANG Shuming, et al. Improving copper flotation recovery from a copper-sulfur ore with high sulfur and low copper[J]. Nonferrous Metals Engineering, 2024,14(5):88-94.

[3] 郭万进,吴明海,王阳,等. 我国铜矿尾矿资源化利用技术现状及进展[J]. 矿产综合利用, 2023,44(5):127-134.
GUO Wanjin, WU Minghai, WANG Yang, et al. Present situation and progress of resource utilization technology of copper tailings in China[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2023,44(5):127-134.

[4] 顾恒光,范宛惠,谢蕾,等. 某高硫铜矿预选铜尾矿活化浮硫试验研究[J]. 中国矿业, 2024,33(7):234-244.
GU Hengguang, FAN Wanhui, XIE Lei, et al. Experimental study on activated sulfur flotation of pre-processed copper tailings from a high sulfur copper mine[J]. China Mining Magazine, 2024,33(7):234-244.

[5] 尹琛,白丽梅,李绍英,等. 铁尾矿综合利用研究进展[J]. 矿产保护与利用, 2023,43(6):41-53.
YIN Chen, BAI Limei, LI Shaoying, et al. Research progress of comprehensive utilization of iron tailings[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2023,43(6):41-53.

[6] 王国彬,肖庆飞,田厚源,等. 我国铜尾矿规模化消纳的研究进展[J]. 有色金属工程, 2024,14(9):169-183.
WANG Guobin, XIAO Qingfei, TIAN Houyuan, et al. Research progress of large-scale consumption of copper tailings in China[J]. Nonferrous Metals Engineering, 2024,14(9):169-183.

[7] 杨文寿. 某含铜金银多金属硫化矿尾矿资源综合利用试验研究[J]. 矿冶工程, 2022,42(3):84-87.
YANG Wenshou. Comprehensive utilization of mineral resources from tailings of copper-gold-silver sulfide polymetallic ore[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2022,42(3):84-87.

[8] 吴承优. 某复杂难选多金属硫化矿铜铅浮选分离试验研究[J]. 矿冶工程, 2023,43(4):73-77.
WU Chengyou. Experimental study on copper-lead flotation separation of refractory polymetallic sulfide ore[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2023,43(4):73-77.

[9] 梁溢强,张宇,徐安勋,等. 青海某多金属矿综合利用回收工艺研究[J]. 矿冶工程, 2025,45(5):82-87.
LIANG Yiqiang, ZHANG Yu, XU Anxun, et al. Comprehensive utilization and recovery of polymetallic ore in Qinghai[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2025,45(5):82-87.

[10] 王妍,王旭,薛凯,等. 内蒙古某含银多金属硫化矿强化选别试验研究[J]. 矿冶工程, 2021,41(5):49-52.
WANG Yan, WANG Xu, XUE Kai, et al. Intensified separation of silver-bearing polymetallic sulfide ores from Inner Mongolia[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2021,41(5):49-52.

[11] CHEN J H. The interaction of flotation reagents with metal ions in mineral surfaces: A perspective from coordination chemistry[J]. Minerals Engineering, 2021,171:107067.

[12] 罗虹霖,杨政国,刘春龙. 西藏特大型铜矿浮选体系对铜硫分离的影响研究[J]. 现代矿业, 2023,39(5):138-141.
LUO Honglin, YANG Zhengguo, LIU Chunlong. Study on the influence of flotation system on copper-sulfur separation of super-large copper mine in Xizang[J]. Modern Mining, 2023,39(5):138-141.

引用本文:章慧敏,姚兆辉,余洪,等. 湖北某低品位铜硫资源新型药剂浮选试验研究[J]. 矿冶工程, 2026,46(3):145-150.
ZHANG Huimin, YAO Zhaohui, YU Hong, et al. Experimental study on new reagents for flotation of low-grade copper-sulfur resource in Hubei Province[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2026,46(3):145-150.