

# 提高湖南某选矿厂磨矿产品浓度工业试验研究<sup>①</sup>

张 硕<sup>1</sup>, 李茂林<sup>1,2</sup>, 曾志飞<sup>1,2</sup>, 沈慧明<sup>3</sup>, 龙 冰<sup>3</sup>, 李文恒<sup>3</sup>, 徐 涛<sup>3</sup>, 崔 瑞<sup>1</sup>, 徐寒冰<sup>2</sup>, 姚 伟<sup>1</sup>

(1. 武汉科技大学 资源与环境工程学院, 湖北 武汉 430081; 2. 长沙矿冶研究院有限责任公司, 湖南 长沙 410012; 3. 湖南柿竹园有色金属有限责任公司, 湖南 郴州 423037)

**摘要:** 针对湖南某多金属矿新建选矿厂所需浓密机占地面积大、建设成本高、施工周期长等问题, 尝试提高分级产品浓度来减小浓密机面积甚至取消浓密机, 实现精简、高效、低能耗的矿石预处理, 开展了水力旋流器补加水、锥角、柱体高度试验以及沉砂嘴直径试验。结果表明, 选用锥角 90°、柱体高度 800 mm 及沉砂嘴直径 50 mm 的“长柱短锥”型水力旋流器, 溢流浓度由 34% 提高至 44% 以上, 分级效率提高了 0.77 个百分点, -74 μm 粒级含量稳定在 70% 以上, 易选级别含量增加了 2.19 个百分点, WO<sub>3</sub> 金属分布率增加了 9.87 个百分点, 且后续浮选作业钨、钼、铋产品品位、回收率稳定。

**关键词:** 水力旋流器; 浓密机; 分级效率; 溢流浓度; 钨矿

中图分类号: TD921

文献标识码: A

doi: 10.3969/j.issn.0253-6099.2024.03.011

文章编号: 0253-6099(2024)03-0053-04

## Industrial Experimental Research on Increasing Concentration of Grinding Products in a Concentrator in Hunan

ZHANG Shuo<sup>1</sup>, LI Maolin<sup>1,2</sup>, ZENG Zhifei<sup>1,2</sup>, SHEN Huiming<sup>3</sup>, LONG Bing<sup>3</sup>, LI Wenheng<sup>3</sup>,

XU Tao<sup>3</sup>, CUI Rui<sup>1</sup>, XU Hanbing<sup>2</sup>, YAO Wei<sup>1</sup>

(1. College of Resources and Environmental Engineering, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430081, Hubei, China; 2. Changsha Research Institute of Mining and Metallurgy Co Ltd, Changsha 410012, Hunan, China; 3. Hunan Shizhuyuan Non-ferrous Metals Co Ltd, Chenzhou 423037, Hunan, China)

**Abstract:** As for the thickener designed for the new concentrator of a multi-metal mine in Hunan, aiming at the problems of covering a large area, high cost and long period of time for construction, efforts were made to increase the concentration of products from classification for reducing thickener area or even cancelling thickening operation, so as to actualize a simple, efficient and low energy-consuming pre-treatment of feed ore. For this purpose, experiments were carried out to determine parameters, such as hydrocyclone replenishment water, cone angle, cylinder height and apex diameter. It is found that by using a hydrocyclone consisting of a long cylinder and a short cone with cone angle of 90°, cylinder height of 800 mm and apex diameter of 50 mm, the overflow concentration can be increased from 34% to more than 44%, with the classification efficiency up by 0.77 percentage points, and the content of -74 μm size range is stabilized at more than 70%. Therewith, the content of easy-to-separate range increases by 2.19 percentage points and the WO<sub>3</sub> distribution increases by 9.87 percentage points. Furthermore, the grade and recovery of tungsten, molybdenum and bismuth all become stabilized in the follow-up flotation operations.

**Key words:** hydrocyclone; thickener; classification efficiency; overflow concentration; tungsten ore

传统钨矿选矿过程中, 为保证磨矿分级效率并降低过粉碎, 常采用低浓度分级<sup>[1-2]</sup>; 但为满足浮选要求, 磨矿分级产品需经过浓密机浓缩后才能进入浮选作业<sup>[3-4]</sup>。浓密机不仅占地面积大、建设周期长、建造费

用高, 而且能耗高, 探索其他途径提高磨矿分级产品浓度, 降低浓密机尺寸甚至取消浓密机, 对选矿厂降本增效具有重要意义。

相关研究表明, 提高水力旋流器的给料浓度可以

① 收稿日期: 2023-12-16

基金项目: 国家重点研发计划(2022YFC2905103)

作者简介: 张 硕(1999—), 男, 河北邢台人, 硕士研究生, 主要研究方向为磨矿分级工艺与装备。E-mail: 2418083668@qq.com

通信作者: 徐寒冰(1989—), 男, 湖北咸宁人, 中级工程师, 主要从事磨矿分级工艺与装备研究。E-mail: icebing417@163.com

直接提高其溢流浓度,但旋流器分级效率及溢流产品细度会随之变化<sup>[5]</sup>。水力旋流器锥角、柱体高度及沉砂嘴直径对溢流产品浓度及旋流器分级效率有较大影响<sup>[6-9]</sup>。为实现高浓度分级,本文对湖南某多金属矿1500 t/d选矿厂开展旋流器工业试验,在保证旋流器溢流产品细度的前提下提高溢流浓度,并考察高浓度分级对磨矿效率、粒度分布及分选指标的影响。

## 1 试验前流程考查

湖南某多金属矿选矿厂二段旋流器使用2台CZ400旋流器,结构参数为:直径400 mm、锥角20°、柱体高度300 mm、溢流管直径110 mm、沉砂嘴直径45 mm。试验前对该选矿厂磨矿分级工艺流程进行了考察,其工艺流程如图1所示,水力旋流器分级指标见表1,二段旋流器溢流粒度组成及金属分布情况见表2。由表1与表2可知,磨矿分级系统最终产品(即旋流器溢流)-74 μm 粒级含量71.28%,矿浆浓度34.18%, -10 μm 粒级含量31.94%, WO<sub>3</sub> 金属分布率52.42%。

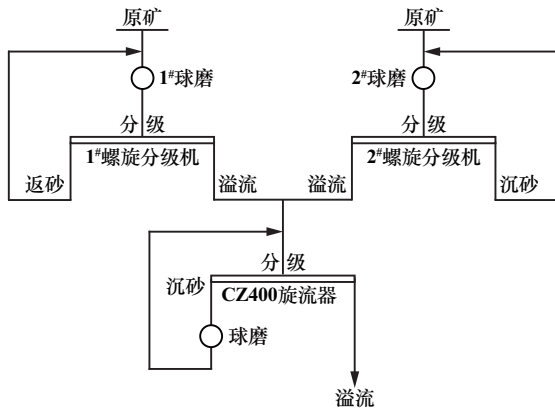


图1 多金属选矿厂磨矿分级工艺流程

表1 旋流器分级指标

产品名称	矿浆浓度/%	-74 μm 粒级含量/%	分级效率/%
二段旋流器溢流	34.18	71.28	
二段旋流器沉砂	76.78	16.91	44.65
二段旋流器给矿	50.23	55.96	

表2 二段旋流器溢流粒度组成与金属分布情况

粒级/μm	产率/%	负累计产率/%	WO <sub>3</sub> 品位/%	分布率/%
+150	5.67	100.00	0.110	2.23
-150+74	22.85	94.33	0.100	8.15
-74+38	16.58	71.48	0.170	10.06
-38+20	15.98	54.90	0.310	17.68
-20+10	6.98	38.92	0.380	9.46
-10	31.94	31.94	0.460	52.42
合计	100.00		0.280	100.00

## 2 工业试验

在该选矿厂开展了旋流器给料泵池补加水试验,结构优化试验,探索提高旋流器溢流浓度并稳定粒度与分级效率的措施。参数调整时,每30 min快速检测一次旋流器溢流浓度、细度,若旋流器溢流细度-74 μm 粒级含量小于65%则停止参数调整试验。参数调整2 h后,使用开口直径15 mm的扁口取样勺取样,每次取3勺样品,每20 min取样一次,连续取3次,将所取样品混匀后分析测定浓度、细度,并计算旋流器分离效率。

### 2.1 旋流器给料补加水试验

试验过程中,选矿厂保持处理量67 t/h,旋流器给矿压力0.06~0.08 MPa,通过调节水力旋流器给料泵池补加水量设计不同浓度的旋流器溢流,探究系统补加水对旋流器分级效果的影响,结果见表3。由表3可知,随着系统补加水减少,旋流器溢流产品浓度提高,但受现场工艺装备限制,旋流器溢流浓度最高为48.72%。旋流器溢流浓度48.72%时,旋流器分级效率显著降低。结合溢流产品浓度、细度,旋流器溢流浓度44.51%时有较好的分级效果,此时旋流器分级效率41.09%,循环负荷87.59%,但-74 μm 粒级含量仅68.54%,不能满足选矿厂生产要求。

表3 旋流器给料补加水试验结果

补加水量/(t·h <sup>-1</sup> )	产品名称	浓度/%	产率/%	粒级含量/%		分级效率/%	循环负荷/%
				-74 μm	-10 μm		
15.46	溢流	48.72	53.93	65.37	28.73		
	沉砂	81.26	46.07	23.56	5.76	30.57	85.41
	给矿	59.74	100.00	55.48	12.57		
28.85	溢流	44.51	53.31	68.54	29.55		
	沉砂	80.53	46.69	18.49	4.39	41.09	87.59
	给矿	56.26	100.00	54.28	12.62		
46.47	溢流	39.85	47.69	70.62	30.25		
	沉砂	78.52	52.31	17.82	4.21	44.85	109.70
	给矿	53.68	100.00	54.72	12.37		
74.17	溢流	34.05	42.18	71.23	31.65		
	沉砂	76.52	57.82	16.72	3.75	44.84	137.07
	给矿	50.14	100.00	55.81	12.85		

### 2.2 水力旋流器锥角试验

控制旋流器给料泵池补加水量,将水力旋流器溢流浓度稳定在44.51%左右(补加水量28.85 t/h),其他条件不变,开展了锥角试验。为保证矿浆在旋流器内的分离时间从而提高旋流器分级效率,不同锥角选配适当的柱段长度。水力旋流器锥角试验结果见表4。由表4可知,随着水力旋流器锥角增大及柱体高度增加,溢流产品细度及旋流器分级效率有所提高,沉砂产品浓度及产率略有提高。结合不同锥角旋流器溢流浓度及细度,

锥角 90°与柱段高度 800 mm 的旋流器在保证分离效率的同时可以实现溢流细度与分级效率的提高。

表 4 旋流器锥角及柱体高度试验

锥角/ (°)	柱体 高度/mm	产品 名称	浓度/%	产率/%	粒级含量/%		分级 效率/%	循环 负荷/%
					-74 μm	-10 μm		
20	300	溢流	44.56	53.75	68.85	29.43	41.53	86.06
		沉砂	80.47	46.25	18.64	4.26		
		给矿	56.15	100.00	54.37	12.61		
60	600	溢流	44.76	54.42	69.53	29.20	41.70	83.75
		沉砂	80.84	45.58	18.72	5.21		
		给矿	56.19	100.00	55.14	12.42		
90	800	溢流	44.63	54.07	70.24	28.94	42.97	84.93
		沉砂	81.57	45.93	18.74	5.94		
		给矿	56.35	100.00	55.26	12.57		

2.3 沉砂嘴直径试验

旋流器锥角 90°、柱段高度 800 mm,其他条件不变,进行了旋流器沉砂嘴直径试验,结果见表 5。由表 5 可知,锥角 90°、柱体高度 800 mm 条件下,旋流器沉砂嘴直径由 40 mm 增大至 50 mm,溢流产品细度与分级效率不断提高;继续增大沉砂嘴直径,旋流器分级效率出现明显下降。结合旋流器溢流产品的浓度、细度与旋流器分级效率,沉砂嘴直径 50 mm 时有较好的分级效果,此时旋流器溢流浓度 44.82%, -74 μm 粒级含量 70.86%,分级效率 45.48%, -10 μm 粒级含量 29.16%。

表 5 旋流器沉砂嘴直径试验结果

沉砂嘴 直径/mm	产品 名称	浓度/%	产率/%	粒级含量/%		分级 效率/%	循环 负荷/%
				-74 μm	-10 μm		
40	溢流	44.48	54.86	69.13	27.55	40.72	82.27
	沉砂	81.87	45.14	18.36	5.14		
	给矿	56.03	100.00	55.29	12.57		
45	溢流	44.59	54.65	70.46	28.78	43.19	83.00
	沉砂	81.61	45.35	18.42	5.47		
	给矿	56.14	100.00	55.48	12.63		
50	溢流	44.82	54.39	70.86	29.16	45.48	83.85
	沉砂	80.43	45.61	18.57	6.74		
	给矿	56.16	100.00	54.39	12.54		
55	溢流	44.52	51.54	69.51	32.35	40.32	94.03
	沉砂	80.13	48.46	22.17	7.28		
	给矿	56.74	100.00	55.24	12.36		

2.4 稳定试验

根据旋流器条件试验结果,选用锥角 90°、柱体高度 800 mm、沉砂嘴直径 50 mm 进行稳定试验,结果如表 6~7 所示。使用 90°锥角、柱体高度 800 mm 及沉砂嘴直径 50 mm 的水力旋流器,可保持溢流矿浆浓度大于 44%、细度-74 μm 粒级含量大于 70%,达到了选矿厂磨矿分级阶段的作业指标。考察旋流器溢流粒度组成时发现,旋流器溢流易选级别含量基本不变。

表 6 旋流器分级指标

产品名称	浓度/%	-74 μm 粒级含量/%	分级效率/%
二段旋流器溢流	44.50	70.77	45.42
二段旋流器沉砂	80.81	18.39	
二段旋流器给矿	56.72	54.36	

表 7 旋流器溢流粒度组成分析结果

粒级/μm	产率/%	负累计产率/%
+150	6.74	100.00
-150+74	22.49	93.26
-74+38	21.85	70.77
-38+20	14.77	48.92
-20+10	5.47	34.15
-10	28.68	28.68
合计	100.00	

3 调试前后指标对比

工业试验稳定后,对比分析了调试前后磨矿分级、浮选回收率等指标以及选矿厂生产数据,验证优化旋流器以提高磨矿分级产品浓度的可行性。

3.1 磨矿分级系统试验前后对比

对调试前后流程考察数据进行对比,结果见表 8~9。由表 8~9 可知,调试前后,旋流器溢流浓度从 34.18% 提高到 44.50%,分级效率提高了 0.77 个百分点;+150 μm 粒级含量增加了 1.07 个百分点,WO<sub>3</sub> 金属分布率减少了 0.13 个百分点;-10 μm 粒级含量减少了 3.26 个百分点,但 WO<sub>3</sub> 金属分布率减少了 9.74 个百分点;易选级别含量增加了 2.19 个百分点,WO<sub>3</sub> 金属分布率增加了 9.87 个百分点。

表 8 旋流器分级指标对比

试验 条件	产品 名称	浓度/%	-0.074 mm 粒级含量/%	分级 效率/%
调试前	二段旋流器溢流	34.18	71.28	44.65
	二段旋流器沉砂	76.78	16.91	
	二段旋流器给矿	50.23	55.96	
调试后	二段旋流器溢流	44.50	70.77	45.42
	二段旋流器沉砂	80.81	18.39	
	二段旋流器给矿	56.72	54.36	

3.2 调试前后浮选指标对比

为明确提高磨矿分级产品浓度对浮选作业的影响,分别统计调试前 15 d、稳定试验期间 15 d 的浮选指标,取平均值进行对比,结果如图 2 所示。由图 2 可知,与调试前相比,调试后钨回收率降低了 0.23 个百分点,钼回收率降低了 0.31 个百分点,铋回收率提高了 0.38 个百分点,各金属回收率基本稳定,高浓度分级未对浮选作业产生明显影响。

表9 旋流器溢流调试前后粒度组成与金属分布对比

统计期	粒级/ $\mu\text{m}$	产率/%	WO <sub>3</sub> 品位/%	分布率/%
调试前	+150	5.67	0.110	2.23
	-150+74	22.85	0.100	8.15
	-74+38	16.58	0.170	10.06
	-38+20	15.98	0.310	17.68
	-20+10	6.98	0.380	9.46
	-10	31.94	0.460	52.42
	合计	100.00	0.280	100.00
调试后	+150	6.74	0.086	2.10
	-150+74	22.49	0.093	7.59
	-74+38	21.85	0.210	16.65
	-38+20	14.77	0.400	21.44
	-20+10	5.47	0.480	9.53
	-10	28.68	0.410	42.68
	合计	100.00	0.276	100.00

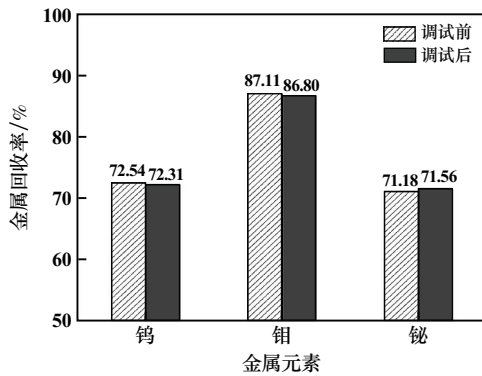


图2 调试前后浮选指标对比

### 3.3 选矿厂生产数据

为了更客观地反映提高磨矿分级产品浓度对生产指标的影响,统计了1500 t/d选矿厂稳定试验期间全月生产数据,并与往年同期生产数据进行了对比,详见表10。由表10可知,钨精矿回收率降低了0.12个百分点,钼精矿回收率降低了0.24个百分点,铋精矿回收率提高了0.58个百分点。稳定试验期间1500 t/d选矿厂全月生产数据良好,钨精矿、钼精矿、铋精矿回收率稳定,高浓度分级并未对实际生产产生明显影响。

表10 生产数据对比结果

统计期	产品名称	处理量/t	品位/%			金属回收率/%
			钨	钼	铋	
往年同时期	原矿	103 133	0.333	0.049	0.102	
	钨精矿		29.26			71.38
	钼精矿			43.58		71.47
	铋精矿				25.21	64.19
稳定试验	原矿	101 257	0.331	0.047	0.105	
	钨精矿		29.37			71.26
	钼精矿			43.29		71.23
	铋精矿				25.57	64.77

## 4 结 论

1) 对湖南某金属矿1500 t/d选矿厂水力旋流器分级系统开展了优化结构参数试验,优化后的旋流器结构参数为:直径400 mm、锥角90°、柱体高度800 mm、溢流管直径110 mm、沉砂嘴直径50 mm。采用该“长柱短锥”型水力旋流器实现了高浓度分级,在原矿处理量基本一致的情况下,优化结构参数后旋流器溢流浓度由34%提高到44%以上,分级效率提高了0.77个百分点,旋流器溢流细度稳定在-74  $\mu\text{m}$  粒级含量70%以上。旋流器溢流粒度组成及金属分布变化如下:+150  $\mu\text{m}$  粒级含量增加了1.07个百分点,WO<sub>3</sub> 金属分布率减少了0.13个百分点;-10  $\mu\text{m}$  粒级含量减少了3.26个百分点,WO<sub>3</sub> 金属分布率减少了9.74个百分点;易选级别含量增加了2.19个百分点,WO<sub>3</sub> 金属分布率增加了9.87个百分点。

2) 与调试前相比,调试后浮选钨回收率降低了0.23个百分点,钼回收率降低了0.31个百分点,铋回收率提高了0.38个百分点,各金属回收率基本稳定;对比往年同期生产数据可知,稳定试验期间钨精矿回收率降低了0.12个百分点,钼精矿回收率降低了0.24个百分点,铋精矿回收率提高了0.58个百分点,生产较为稳定。由此可认为高浓度分级未对浮选作业产生明显影响。

### 参考文献:

- [1] 刘国晨. 旋流器脱泥提升某氧化铜矿浮选指标的工业试验研究[J]. 矿冶工程, 2023, 43(3): 89-92.
- [2] 许道刚, 廖宁宁, 吴彩斌, 等. 某3000 t/d选厂磨矿分级优化研究[J]. 矿山机械, 2021, 49(12): 23-26.
- [3] 张光斌, 艾光华. 某白钨浮选尾矿钨再回收利用试验研究[J]. 有色金属(选矿部分), 2018(1): 65-69.
- [4] 袁代军, 郭江旭, 曾志飞, 等. 湖南某钨矿山中部分集样重介质预抛及白钨常温浮选试验研究[J]. 矿冶工程, 2023, 43(1): 59-62.
- [5] 李茂林, 曾凡霞, 崔瑞, 等. 旋流器用于氧压酸浸闪锌矿磨矿前预先分级的试验研究[J]. 矿冶工程, 2012, 32(1): 36-38.
- [6] 黄伟生, 谢加文, 邓海波. 旋流器结构参数对白钨浮选给矿分级的影响[J]. 中国钨业, 2013(6): 17-20.
- [7] 魏可峰, 赵强, 崔晓亮, 等. 锥角对水力旋流器流场及分离性能影响的数值试验研究[J]. 金属矿山, 2019(4): 147-153.
- [8] 张晋禄, 马鹏飞, 李强, 等. 某钨钛磁铁矿二段旋流器分级工业试验[J]. 云南冶金, 2023, 52(2): 34-37.
- [9] 卢涛, 吴启明, 张红华, 等. 大山选矿厂一段磨矿分级旋流器优化研究[J]. 铜业工程, 2020(3): 17-20.

引用本文: 张硕, 李茂林, 曾志飞, 等. 提高湖南某选矿厂磨矿产品浓度工业试验研究[J]. 矿冶工程, 2024, 44(3): 53-56.