

鲁中选矿厂磨矿分级流程优化改造^①

李孝龙¹, 罗俊凯², 吴承优², 王祥²

(1.鲁中矿业有限公司, 山东 济南 271113; 2.长沙矿冶研究院有限责任公司, 湖南 长沙 410012)

摘要: 针对鲁中选矿厂原磨矿分级系统存在的问题, 对该厂5#系列磨矿分级系统进行优化改造。通过优化自磨机运行工况、增设圆筒筛筛上产品磁滑轮预选和球磨机磨前湿式预选、更换螺旋分级机为水力旋流器组等措施, 改造后5#系列实际处理量由186 t/h提升至232 t/h, 可提前抛出产率5.40%、TFe品位7.05%的废石, 铁损失率1.25%, 同时可产出产率12.63%的+0.5 mm粒级粗砂, 铁损失率3.86%, 水力旋流器一段溢流产率44.09%、TFe品位53.00%, 优化改造效果明显。

关键词: 选矿厂; 铁矿; 磨矿; 分级; 优化改造; 预选抛尾; 湿式预选; 水力旋流器

中图分类号: TD92; TD951

文献标志码: A

doi: 10.3969/j.issn.0253-6099.2025.04.020

文章编号: 0253-6099(2025)04-0109-06

Optimization and Upgrading of Grinding and Classification Process in Luzhong Concentrator

LI Xiaolong¹, LUO Junkai², WU Chengyou², WANG Xiang²

(1. Luzhong Mining Co., Ltd., Jinan 271113, Shandong, China; 2. Changsha Research Institute of Mining and Metallurgy Co., Ltd., Changsha 410012, Hunan, China)

Abstract: To address the problem in the existing grinding and classification system in Luzhong concentrator, the 5[#] grinding and classification system in the concentrator was optimized and upgraded by the following measures, including optimizing the working conditions of the autogenous mill, adding pre-concentration process with magnetic pulley for the oversized material of the drum screen and wet pre-concentration process before the ball mill, replacing the spiral classifier with a hydrocyclone group. Those measures can not only increase the actual processing capacity of 5[#] system to 232 t/h from 186 t/h, but also discard waste ore grading 7.05% TFe with a yield of 5.40%, presenting an iron loss rate of 1.25%. Meanwhile, +0.5 mm coarse sand can be produced with a yield of 12.63% and an iron loss rate of 3.86%. It is shown that in the first-stage overflow of the hydrocyclone, 44.09% product grading 53.00% TFe is yielded, indicating a good effect by optimization and upgrading measures.

Key words: concentrator; iron ore; grinding; classification; optimization and upgrading; pre-concentration for tailings discarding; wet pre-concentration; hydrocyclone

鲁中选矿厂目前处理的矿石来自高温热液接触交代(矽卡岩型)含铜钴磁铁矿床^[1], 主要铁矿物为磁铁矿、次为赤铁矿。随着开采深度增加和港里矿的投产, 选矿厂入选矿石品位降低, 矿石中赤褐铁矿含量增加, 铁矿物嵌布粒度变细, 原磨矿分级工艺流程已不适应当前矿石性质, 导致一段磨矿溢流产品粗粒级与微细粒级含量均很高, 泥化严重^[2-4]。

鲁中选矿厂目前磨选系统配置的设备台套数多,

难以实现磨选自动化, 设备故障率高, 生产管理难度大, 成本可控性差, 有必要对磨选系统进行优化。通过优化自磨机设备运行工况、增设圆筒筛筛上产品磁滑轮预选、增设球磨机磨前预选、更换螺旋分级机为水力旋流器组等措施, 对5#系列磨矿分级流程进行优化改造, 可在小范围内进行工业试验, 再将优化改造经验推广到选矿厂其他系列上, 可为选矿厂提产扩能提供技术支持。

① 收稿日期: 2025-01-17

作者简介: 李孝龙(1983—), 男, 山东新泰人, 工程师, 主要从事选矿工艺技术及管理工作。E-mail: lixiaolongql@163.com

通信作者: 罗俊凯(1993—), 男, 湖南衡阳人, 硕士, 工程师, 主要研究方向为选矿工艺。E-mail: luojunkai@minmetals.com

1 矿石性质

采场矿石破碎至-350 mm,经磁滑轮干选后的精矿通过带式输送机输送到鲁中选矿厂,作为磨矿分级流程的给矿,即为本研究的试样。

显微镜下鉴定和 X 射线衍射分析综合研究结果表明,试样中铁矿物主要为磁铁矿和假象赤铁矿,次为赤铁矿和褐铁矿;脉石矿物以绿泥石为主,其次是方解石、蛇纹石、石英、长石、闪石、辉石、云母和蒙脱石等,尚见少量黄铁矿、自然铜零星分布。试样化学多元素和铁物相分析结果分别见表 1 和表 2。结果表明:试样中 TFe 品位 33.69%、Cu 品位 0.058%,可考虑综合回收;试样 TFe/FeO 为 4.42,碱性系数 $w(\text{CaO}+\text{MgO})/w(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3)$ 为 0.67;脉石组分主要为 SiO_2 ,其次为 CaO 、 MgO 和 Al_2O_3 , 四者含量总计为 40.76%;有害杂质硫和磷含量均不高,对铁精矿质量影响不大;试样中磁铁矿中铁和假象赤铁矿中铁合计分布率为 57.48%,这即为选矿采用单一弱磁选分选铁矿物时铁的最大理论回收率。综合化学成分特点,可以认为该矿样属低硫低磷含铜的半自熔磁-赤铁混合矿。

表 1 试样化学多元素分析结果(质量分数)

Table 1 Multi-elemental analysis of sample %

TFe	FeO	Fe ₂ O ₃	Cu	TiO ₂	Co	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO
33.69	7.62	40.32	0.058	0.27	0.021	18.23	6.06	8.44
MgO	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	P	S	C	烧失	
8.03	0.43	0.47	0.53	0.040	0.15	1.35	8.72	

表 2 试样铁物相分析结果

Table 2 Fe phase analysis results of sample

铁物相	含量(质量分数)/%	分布率/%
磁铁矿中铁	15.88	47.12
假象赤铁矿中铁	3.48	10.36
赤褐铁矿中铁	13.36	39.64
碳酸盐中铁	0.16	0.47
硅酸盐中铁	0.71	2.11
硫化物中铁	0.10	0.30
合计	33.69	100.00

2 流程优化改造的必要性和主要措施

2.1 原磨矿分级工艺流程

选矿厂原磨矿分级工艺流程如图 1 所示。矿石由粉矿仓给入湿式自磨机,自磨机排矿进入 5 mm 圆筒筛,圆筒筛筛下产品给入螺旋分级机预先分级,螺旋分级机返砂连同圆筒筛筛上产品一起进入球磨机磨矿,

球磨机排矿给入螺旋分级机分级,螺旋分级机溢流进入磁选系统。

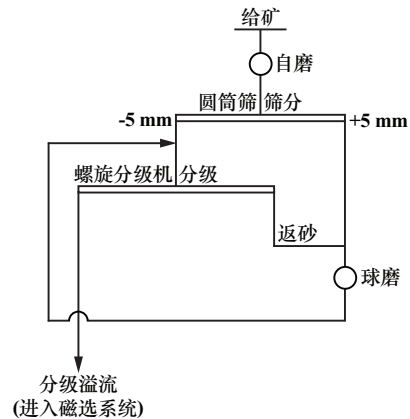


图 1 选矿厂原磨矿分级工艺流程

Fig. 1 Existing grinding and classification flowchart in concentrator

2.2 原磨矿分级工艺流程存在的问题

选矿厂原磨矿分级流程存在的问题主要表现在以下几个方面。

1) 自磨机存在过磨现象。原流程自磨机磨矿浓度高,矿浆流动性较差,自磨机排矿速度较低,导致合格粒级的产品不能及时排出而产生过磨现象,影响磨矿效率。

2) 圆筒筛筛上产品难以处理。原流程圆筒筛筛上矿石粒度 25~50 mm,且 TFe 品位大于 40%,无法直接抛废。粒度过粗不适合直接给入球磨机,若返回至自磨机,也会在自磨机内形成低品位“顽石”积累,难以处理。

3) 磨前缺少预选作业。磨前预选可降低入磨量。原流程圆筒筛筛下产品进入螺旋分级机后,返砂直接进入球磨机进行磨矿,而圆筒筛筛下产品粒度为-5 mm,已经符合磨前预选要求。

4) 螺旋分级机处理量难以提高且占用空间。原流程与磨矿作业配套使用的分级设备为螺旋分级机,自磨机产量提升后,给入螺旋分级机的矿量同步增加,分级效果受到影响,分级机成为制约磨矿系统提升的工艺环节,同时由于螺旋分级机体积较大,占用预选改造空间。

2.3 主要改造措施

对鲁中选矿厂 5# 系列磨矿分级流程进行改造。主要改造措施包括以下几个方面。

1) 优化自磨机设备运行工况。通过加大自磨机排料筛孔尺寸,优化自磨机格子板的结构形式,提高排料速度,提高自磨机的通过速率,同时实现磨矿自动

化,使自磨机始终保持高效运行,为其处理能力提升创造条件。

2) 增设圆筒筛筛上产品预选作业。在返回自磨机前增设筛上产品预选作业,既能降低循环负荷,又能将“顽石”剔除,同时减少湿式尾矿量,减轻尾矿库负担,综合效益显著。

3) 增设球磨机磨前预选作业。增设磨前预选,提前抛出 TFe 品位 8% 左右的尾矿,同时对预选尾矿进行分级, -0.5 mm 粒级物料经中矿浓缩后进入弱磁性矿物的选别流程,保障金属回收率, +0.5 mm 粒级物料则直接作为细砂进行综合利用^[5]。

4) 将螺旋分级机更换为水力旋流器组。将螺旋分级机更换为体积更小、效率更高的水力旋流器组,以适应更大的处理量并节省空间。

3 优化改造试验

3.1 实验室试验

3.1.1 圆筒筛筛上产品预选试验

线速度 1.31 m/s、磁场强度 0.35 T,采用磁滑轮对圆筒筛筛上产品进行实验室模拟预选抛尾试验;磁场强度 0.15 T,采用磁选管对磁滑轮预选精矿进行验证试验,探索筛上产品预选抛尾、减少球磨机入磨量的可行性,试验结果分别见表 3 和表 4。磁滑轮预选抛尾试验精矿 TFe 品位达到了 48.98%,尾矿 TFe 品位为 6.83%,铁回收率 93.57%;磁选管验证试验精矿 TFe 品位 64.38%,尾矿 TFe 品位 20.61%,与现场二段弱磁选尾矿品位相差不大。圆筒筛筛上产品通过磁滑轮预选抛尾,能提高球磨机入磨品位,作业抛废率约 33%。

表 3 磁滑轮预选抛尾试验结果

Table 3 Test results of pre-concentration by magnetic pulley for tailings discarding

产品名称	产率/%	TFe 品位/%	回收率/%
精矿	66.98	48.98	93.57
尾矿	33.02	6.83	6.43
给矿	100.00	35.06	100.00

表 4 磁滑轮精矿磁选管验证试验结果

Table 4 Verification test result of pre-concentration concentrate with magnetic tube

产品名称	产率/%	TFe 品位/%	回收率/%
精矿	63.86	64.38	84.66
尾矿	36.14	20.61	15.34
给矿	100.00	48.56	100.00

磁场强度 0.35 T,磁滑轮线速度对预选抛尾效果的影响如表 5 所示。结果表明,磁滑轮线速度增大,尾

矿产率增加,精矿 TFe 品位和 mFe 品位变化不大,Cu 未见明显分选,不作考虑。线速度 1.31 m/s 时,尾矿产率 34.55%,尾矿 TFe 品位 8.86%、mFe 品位 1.56%,尾矿 TFe 损失率 8.11%、mFe 损失率 1.95%,磁滑轮线速度 1.31 m/s 为宜。

表 5 磁滑轮线速度对预选抛尾效果的影响

Table 5 Effect of linear velocity of magnetic pulley on pre-concentration for tailings discarding

线速度/ (m·s ⁻¹)	产品名称	产率/%	品位/%			回收率/%		
			TFe	mFe	Cu	TFe	mFe	Cu
0.67	精矿	79.84	44.83	34.18	0.023	96.13	99.07	71.67
	尾矿	20.16	7.15	1.27	0.036	3.87	0.93	28.33
	给矿	100.00	37.23	27.54	0.026	100.00	100.00	100.00
0.97	精矿	73.72	47.63	37.17	0.026	94.24	98.57	73.72
	尾矿	26.28	8.16	1.51	0.026	5.76	1.43	26.28
	给矿	100.00	37.26	27.80	0.026	100.00	100.00	100.00
1.31	精矿	65.45	53.01	41.38	0.023	91.89	98.05	58.26
	尾矿	34.55	8.86	1.56	0.029	8.11	1.95	41.74
	给矿	100.00	37.75	27.62	0.025	100.00	100.00	100.00

考虑到工业现场圆筒筛筛上产品含水的问题,将干燥后的圆筒筛筛上产品配入一定比例的水并混匀,在线速度 1.31 m/s、磁场强度 0.35 T 条件下进行不同含水率磁滑轮试验,结果见表 6。含水率增加,预选尾矿产率降低,TFe 和 mFe 品位变化不大。现场实际操作过程中,水分超过 3%,存在皮带粘矿的现象,所以磨矿仓给料要尽量降低含水率,以确保后续抛尾效果。

表 6 不同含水率磁滑轮试验结果

Table 6 Magnetic pulley test results with different moisture content

含水率/%	产品名称	产率/%	品位/%		回收率/%	
			TFe	mFe	TFe	mFe
3.0	精矿	67.35	52.28	40.30	93.52	98.34
	尾矿	32.65	7.47	1.40	6.48	1.66
	给矿	100.00	37.65	27.60	100.00	100.00
6.0	精矿	73.11	48.96	37.18	94.84	98.69
	尾矿	26.89	7.24	1.34	5.16	1.31
	给矿	100.00	37.74	27.54	100.00	100.00
9.0	精矿	75.57	47.71	35.84	95.45	98.80
	尾矿	24.43	7.03	1.35	4.55	1.20
	给矿	100.00	37.77	27.41	100.00	100.00

3.1.2 圆筒筛筛下产品磨前湿式预选试验

对现场 5# 系列圆筒筛筛下产品开展湿式预选试验研究,磁场强度分别为 0.55 和 0.65 T,每个磁场强度进行 2 次重复试验,结果见表 7。磁场强度增大,尾矿 TFe 品位和产率均降低;重复试验结果一致。

表7 圆筒筛筛下产品湿式预选试验结果

Table 7 Wet pre-concentration test results of undersize of drum screen

磁场强度/T	试验编号	产品名称	产率/%	TFe 品位/%	回收率/%
0.55	1	精矿 1	30.55	56.62	71.01
		尾矿 1	69.45	10.17	28.99
		给矿 1	100.00	24.36	100.00
	2	精矿 2	30.76	56.29	70.81
		尾矿 2	69.24	10.31	29.19
		给矿 2	100.00	24.45	100.00
0.65	3	精矿 3	32.84	55.54	74.98
		尾矿 3	67.16	9.06	25.02
		给矿 3	100.00	24.32	100.00
	4	精矿 4	32.54	55.98	74.59
		尾矿 4	67.46	9.20	25.41
		给矿 4	100.00	24.42	100.00

为摸清预选抛废尾矿粒度组成情况,达到针对性地抛废控制,对湿式预选尾矿进行了粒度分布测试,结果见表8。尾矿+2 mm 粒级产品 TFe 品位 4.81%~6.41%, 1~2 mm 粒级产品 TFe 品位 5.85%~7.54%,均可直接抛废,累计产率 13.72%~15.92%,约占预选给矿的 10%。

表8 湿式预选尾矿粒度分布情况

Table 8 Particle size distribution of wet pre-concentration tailings

磁场强度/T	产品名称	粒级/mm	产率/%	TFe 品位/%	分布率/%	
0.55	尾矿 1	+2	10.07	6.20	6.12	
		-2+1	3.81	5.85	2.19	
		-1	86.12	10.86	91.69	
		合计	100.00	10.20	100.00	
		尾矿 2	+2	11.88	6.41	7.43
			-2+1	4.04	7.11	2.80
	-1		84.08	10.95	89.77	
	合计		100.00	10.26	100.00	
	尾矿 3		+2	9.83	4.81	5.22
			-2+1	3.89	6.20	2.66
		-1	86.28	9.68	92.12	
		合计	100.00	9.07	100.00	
尾矿 4		+2	10.89	4.96	5.85	
		-2+1	3.86	7.54	3.15	
	-1	85.25	9.85	90.99		
	合计	100.00	9.23	100.00		

3.2 半工业试验

鲁中选矿厂利用现场设备进行圆筒筛筛下产品湿式预选半工业试验。在螺旋分级机东侧安装磁选机(磁场强度 0.26 T),将圆筒筛筛下产品加水稀释至矿浆浓度(质量分数)30%左右给入磁选机进行预选试验,对预选精矿和尾矿分别取样化验,并对预选尾矿进行粒度分布测试,结果见表9~10。尾矿产率 47.91%、TFe 品位 12.01%、损失率 15.79%,与实验室试验相比,

尾矿产率较低而 TFe 品位较高,现场使用利旧磁选机,磁场强度仅 0.26 T,再叠加实际工业生产的复杂性,导致抛废指标不如实验室试验。预选半工业试验尾矿中 +5 mm 粒级产品 TFe 品位 4.02%, 1~5 mm 粒级产品 TFe 品位 7.90%,累计 TFe 品位 5.59%、产率 22.51%,相比实验室试验尾矿品位更低,因此考虑将抛废下限降低至 0.5 mm,经筛析,+0.5 mm 粒级产品累计 TFe 品位 7.41%、累计产率 30.47%,占预选给矿的 14.59%。

表9 圆筒筛筛下产品湿式预选半工业试验结果

Table 9 Semi-industrial test results of wet pre-concentration of undersize of drum screen

产品名称	产率/%	TFe 品位/%	回收率/%	浓度/%
精矿	52.09	58.93	84.21	53.92
尾矿	47.91	12.01	15.79	25.75
给矿	100.00	36.45	100.00	33.88

表10 湿式预选半工业试验产品粒度分布情况

Table 10 Particle size distribution of wet pre-concentration products from semi-industrial test

产品名称	粒级/mm	产率/%	TFe 品位/%	分布率/%
精矿	+5	9.45	52.79	8.47
	-5+1	5.39	51.11	4.68
	-1	85.16	60.05	86.85
	合计	100.00	58.88	100.00
尾矿	+5	13.43	4.02	4.41
	-5+1	9.08	7.90	5.85
	-1+0.5	7.96	12.57	8.16
	-0.5	69.53	14.38	81.58
	合计	100.00	12.26	100.00
给矿	+5	8.57	36.31	8.72
	-5+1	12.59	35.82	12.63
	-1	78.84	35.61	78.65
	合计	100.00	35.70	100.00

对+0.5 mm 粒级预选尾矿进行再磨-再选试验,磨矿细度-0.074 mm 粒级占 85%,磁场强度 0.8 T,结果见表 11。再磨-再选精矿作业产率 21.34%、TFe 品位 22.62%,在相同的细度条件下,低于现场赤褐铁矿回收流程中强磁选尾矿品位,证实+0.5 mm 粒级湿式预选尾矿暂无回收价值,可直接抛废。

表11 +0.5 mm 粒级预选尾矿再磨-再选试验结果

Table 11 Re-grinding and re-concentration test results of +0.5 mm tailings from wet pre-concentration

产品名称	作业产率/%	TFe 品位/%	作业回收率/%
精矿	21.34	22.62	66.65
尾矿	78.66	3.07	33.35
给矿	100.00	7.24	100.00

试验结果证实,圆筒筛筛上产品磁滑轮预选抛尾、

筛下产品磨前预选-预选尾矿筛分的方案可行,按磨矿仓给矿计算,预计能减少入磨量约40%。筛上产品预选尾矿、筛下产品磨前预选+0.5 mm 粒级可直接抛尾,抛尾 TFe 品位 7%左右,可产出粗砂、碎石等产品。

根据选矿工艺“能抛早抛”的基础原则,对圆筒筛筛上产品进行预选抛尾,减少后续流程的负荷,技术上可行,经济上合理,符合现阶段选矿技术的发展方向。

3.3 工业试验

3.3.1 工艺流程优化改造

2024年9月,鲁中选矿厂对5#系列原磨矿分级系统进行优化改造。磨矿仓产品先经自磨机磨矿,自磨机排矿进入5 mm 圆筒筛筛分。筛上产品进行磁滑轮预选,预选尾矿作为碎石抛废,预选精矿返回自磨机;筛下产品进行磨前湿式预选,预选尾矿经0.5 mm 直线筛筛分,+0.5 mm 粒级产品作为粗砂产品抛除,-0.5 mm 粒级产品给入1#Φ45 m 中矿浓密机,预选精矿经水力旋流器分级,与球磨机形成一段闭路磨矿,分级溢流则进入弱磁选作业。

3.3.2 工业试验指标

2024年9月11日和12日,鲁中选矿厂对改造后的

5#系列磨矿分级系统进行流程考查,结果如表12~13所示。采用粒级平衡和产率平衡两个方程联立求解一段磨矿分级作业产品产率,采用金属量平衡和产率平衡两个方程联立求解其他作业产品产率,在产率、金属量和粒级平衡的基础上进行相应回收率等计算。改造后5#系列磨矿分级工艺数质量流程图如图2所示。

表12 改造后5#系列磨矿分级工艺流程考查结果

Table 12 Investigation of 5# grinding and classification system after upgrading

产品名称	TFe 品位/%		
	9月11日	9月12日	平均值
给矿	30.34	30.69	30.52
圆筒筛筛上产品	42.37	40.80	41.59
磁滑轮预选精矿	47.25	42.20	44.73
磁滑轮预选尾矿	5.89	8.20	7.05
磨前预选给矿	33.30	30.42	31.86
磨前预选精矿	55.45	52.01	53.73
磨前预选尾矿	13.09	13.72	13.41
直线筛筛上产品	7.85	10.80	9.33
直线筛筛下产品	14.58	14.96	14.77
球磨机排矿	60.15	57.76	58.96
旋流器分级溢流	54.96	51.03	53.00
旋流器沉砂	59.87	57.27	58.57

表13 改造后5#系列一段磨矿分级工艺指标

Table 13 First-stage grinding indicators of 5# grinding and classification system after upgrading

产品名称	矿浆浓度(质量分数)/%			-0.074 mm 粒级产率/%			0.074 mm 分级效率/%	
	9月11日	9月12日	平均值	9月11日	9月12日	平均值	质效率	量效率
球磨机排矿	65.53	67.71	66.62	41.70	47.50	44.60		
水力旋流器溢流	25.05	30.20	27.63	78.32	73.35	75.84	56.51	76.01
水力旋流器沉砂	81.86	82.62	82.24	21.33	17.37	19.35		

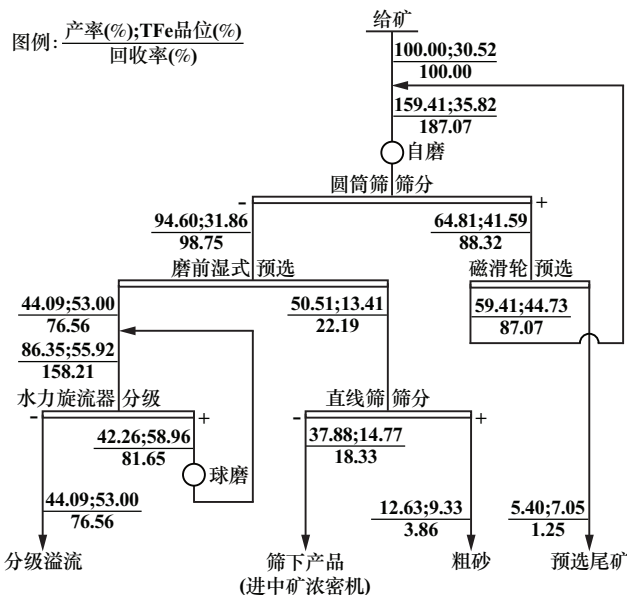


图2 改造后5#系列磨矿分级工艺数质量流程

Fig.2 Flow diagram of 5# grinding and classification process after upgrading with mass balance

改造前后5#系列磨矿分级系统技术指标对比情况如表14所示。改造前,5#系列磨矿分级系统实际处理量为186 t/h(设计处理量198 t/h),改造后实际处理量为232 t/h(设计处理量230 t/h),经优化改造,磨矿分级系统处理量提高,将来能更好地适应贫化的铁矿石。改造后可以抛出产率5.40%、TFe品位7.05%的预选尾矿,铁损失率为1.25%,同时可产出产率12.63%的+0.5 mm 粒级粗砂,铁损失率为3.86%。

表14 改造前后5#系列磨矿分级系统技术指标对比

Table 14 Comparison of technical indicators of 5# grinding and classification system before and after upgrading

阶段	处理量/(t·h ⁻¹)		一段磨矿分级溢流粒级产率/%			一段溢流 TFe 品位/%
	设计值	实际值	+0.2 mm	-0.074 mm	-0.019 mm	
改造前	198	186	14.78	58.31	29.46	33.70
改造后	230	232	5.69	75.84	15.52	53.00

改造前,5#系列一段磨矿分级溢流+0.2 mm 粒级产

率 14.78%, -0.074 mm 粒级产率仅 58.31%, -0.019 mm 粒级产率高达 29.46%, 呈典型的“两头大、中间小”分布, 一段溢流不仅未达到预期细度, 其微细粒级含量已经偏高, 说明自磨过程泥化严重; 改造后一段溢流 +0.2 mm 粒级产率仅 5.69%, -0.074 mm 粒级产率 75.84%, -0.019 mm 粒级产率 15.52%, 改造后 -0.074 mm 粒级产率显著增高, -0.019 mm 粒级产率显著降低, 说明泥化情况得到了改善。改造前一段溢流 TFe 品位仅 33.70%, 改造后, 相应的 TFe 品位提高至 53.00%, 有利于后续选别。

改造后, 5[#] 系列一段磨矿 0.074 mm 分级质效率达到了 56.51%, 分级设备由螺旋分级机更换为水力旋流器组后, 分级效率得到显著提高, 且占地面积较小。

4 结论

针对鲁中选矿厂原磨矿分级工艺流程存在的问题, 通过优化自磨机设备运行工况、增设圆筒筛上产品磁滑轮预选抛废和球磨机磨前湿式预选、更换螺旋分级机为水力旋流器组等措施, 5[#] 系列磨矿分级系统实际处理量由 186 t/h 提升至 232 t/h, 可抛出产率 5.40%、TFe 品位 7.05% 的废石, 铁损失率 1.25%, 同时产出产率 12.63% 的 +0.5 mm 粒级粗砂, 铁损失率 3.86%, 水力旋流器溢流产率为 44.09%、TFe 品位为 53.00%, 优化改造效果明显。后续可将 5[#] 系列改造经验推广到其他系列。

参考文献(References):

[1] 邱俊, 王周全, 李风雷, 等. 鲁中莱芜地区矽卡岩铁矿的工艺矿物

(上接第 108 页)

参考文献(References):

- [1] 吕一波, 司亚梅. 浓缩机技术理论及设备发展[J]. 选煤技术, 2006(5): 62-66.
LYU Yibo, SI Yamei. Technical theory of thickener and development of the equipment[J]. Coal Preparation Technology, 2006(5): 62-66.
- [2] 谢丹丹, 童雄, 谢贤, 等. 浓密机在选矿中的应用现状及研究进展[J]. 矿产保护与利用, 2015, 35(2): 73-78.
XIE Dandan, TONG Xiong, XIE Xian, et al. The application and development of thickener in mineral processing technology[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2015, 35(2): 73-78.
- [3] 吴凡, 张凌云, 潘瑞凯, 等. 全尾砂浆絮凝沉降试验及深锥浓密机选型研究[J]. 矿业研究与开发, 2024, 44(12): 46-52.
WU Fan, ZHANG Lingyun, PAN Ruikai, et al. Test of flocculation settlement of whole-tailing slurry and selection of deep cone thickener[J]. Mining Research and Development, 2024, 44(12): 46-52.
- [4] 崔宝玉, 林志昊, 张艺邺, 等. 给料浓度对浓密机内颗粒絮凝及沉降影响研究[J]. 有色金属(选矿部分), 2024(10): 22-27.

学性质[J]. 矿物岩石, 2015, 35(4): 23-27.

- QIU Jun, WANG Zhouquan, LI Fenglei, et al. Mineralogical properties of skarn iron ores from Laiwu central Shandong Province[J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 2015, 35(4): 23-27.
- [2] 张立刚. 正浮选提高鲁中选矿厂弱磁性矿回收率试验研究与工业应用[J]. 矿业工程, 2023, 21(4): 35-38.
ZHANG Ligang. Experimental study and industrial application of direct flotation to improve recovery rate of weakly magnetic ore in Luzhong Concentrator[J]. Mining Engineering, 2023, 21(4): 35-38.
- [3] 李伟, 边新峰, 李亚娥. 河北某铁矿磨矿分级工艺优化试验[J]. 现代矿业, 2024, 40(11): 171-173.
LI Wei, BIAN Xinfeng, LI Ya'e. Experiment on process optimization of grinding and grading of an iron ore in Hebei Province[J]. Modern Mining, 2024, 40(11): 171-173.
- [4] 李瑞杰, 李茂林, 施佳, 等. 球磨-细筛回路循环负荷对某钨矿石磨矿产品粒度分布的影响[J]. 矿冶工程, 2022, 42(2): 46-50.
LI Ruijie, LI Maolin, SHI Jia, et al. Influence of circulating load in ball milling-fine screening loop on size distribution of tungsten ore grinding product[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2022, 42(2): 46-50.
- [5] 陈少学, 储荣春, 于强. 鲁中某铁矿加工与砂石制备混用工艺实践[J]. 现代矿业, 2023, 39(1): 160-162.
CHEN Shaoxue, CHU Rongchun, YU Qiang, et al. Mixed process practice of processing and sand preparation of an iron ore in central Shandong Province[J]. Modern Mining, 2023, 39(1): 160-162.

引用本文: 李孝龙, 罗俊凯, 吴承优, 等. 鲁中选矿厂磨矿分级流程优化改造[J]. 矿冶工程, 2025, 45(4): 109-114.

LI Xiaolong, LUO Junkai, WU Chengyou, et al. Optimization and upgrading of grinding and classification process in Luzhong concentrator[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2025, 45(4): 109-114.

CUI Baoyu, LIN Zhihao, ZHANG Yiye, et al. Effect of feed concentration on the particle flocculation and settling behavior in a thickener[J]. Nonferrous Metals (Mineral Processing Section), 2024(10): 22-27.

- [5] 孙体昌. 固液分离[M]. 长沙: 中南大学出版社, 2011.
SUN Tichang. Solid-liquid separation[M]. Changsha: Central South University Press, 2011.
- [6] 缪亚兵, 薛珂, 赵文坡, 等. 某铅锌矿选铅尾矿絮凝沉降及溢流水回用于浮选评价试验研究[J]. 矿冶工程, 2023, 43(5): 80-84.
MIAO Yabing, XUE Ke, ZHAO Wenpo, et al. Experimental study on flocculation sedimentation of lead tailings from a Pb-Zn mine and evaluation of flotation with recirculated overflow[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2023, 43(5): 80-84.

引用本文: 曾建红. 大处理量重载高效浓密机在尾矿浓缩中的应用[J]. 矿冶工程, 2025, 45(4): 105-108.

ZENG Jianhong. Application of heavy-duty and efficient thickener with large processing capacity[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2025, 45(4): 105-108.