

海南某选矿厂跳汰选矿工艺优化研究

朱智超¹,袁 康¹,兰 舟¹,张少平¹,王梓力¹,黄正均^{2*},郭国龙²

(1. 海南矿业股份有限公司; 2. 北京科技大学土木与资源工程学院)

摘要:以海南某选矿厂跳汰系统为研究对象,针对入选矿石品位变化造成的跳汰产品指标下降问题,通过物相分析、取样调查等方法,从入选矿石粒度及品位、电子皮带秤量程系数、各粒级产品品位等方面展开研究,提出针对性的跳汰选矿工艺优化措施。通过控制入选矿石粒度、调整跳汰系统参数及选用 0~75 mm 粒级矿石取样等方法优化了工艺流程;各样品实测质量与电子皮带秤读数误差较大,粉矿样品质量误差约 16%,优化电子皮带秤量程系数后满足生产要求;试验样与生产样取样结果表明,实际跳汰原矿、中矿及粉矿品位比生产样品品位低,实际跳汰尾矿品位比生产样品品位高,说明生产取样样品代表性不足,应调整为断面取样方法。研究结果对跳汰选矿工艺优化具有重要参考价值。

关键词:跳汰选矿;工艺优化;矿石粒度;品位;重选

中图分类号:TD455.1

文献标志码:A

文章编号:1001-1277(2024)04-0044-04

doi:10.11792/hj20240410

引言

跳汰选矿是传统重力选矿工艺之一,在国内外铁矿、煤炭、钨矿等矿山应用极为广泛^[1-4]。跳汰选矿工艺流程及参数是影响选别指标的关键因素,进而影响选矿厂整体经济指标^[5-8]。为进一步提高产品质量,获得理想的选别指标,许多研究人员对跳汰选矿工艺进行了优化研究。杨文寿^[9]针对贵州某硫铁矿开展试验研究,在跳汰选矿粒度小于 0.5 mm、冲程 20 mm 条件下,结合后续浮选试验,获得了理想硫精矿产品;黄茂福^[10]采用“分级除泥—跳汰”工艺,对他达铁矿尾矿进行回收再选试验研究,选别指标良好,有效提高了选矿厂经济效益和服务年限;黄建成等^[11]通过对比摇床、跳汰选矿、磁选及联合试验结果发现,跳汰选矿优势在于选矿处理量大、抛废率高且设备占地面积小。

海南矿业股份有限公司位于海南省西部昌江黎族自治县石碌镇,2022 年因矿源调整,原矿品位下降,粒度分布及金属含量也有所变化。原跳汰选矿工艺流程及参数不能适应矿石性质变化,影响选别产品指标,亟须开展跳汰选矿工艺优化研究,以指导后续实际生产。

1 工程概况

海南矿业股份有限公司现有富矿生产线、110 万 t/a

选矿厂、200 万 t/a 贫矿选矿厂等生产单元。深部矿石设计选矿工艺流程见图 1。原矿经破碎、水洗、筛分后,产生溢流矿(0~0.5 mm)、跳汰粉矿(0.5~10 mm)及跳汰原矿(10~40 mm)3 种中间产品。跳汰原矿经跳汰机选别后,得到跳汰精矿、跳汰中矿及跳汰尾矿,工艺流程见图 2。跳汰系统设备为巴达克跳汰机^[12],并选择与其配套的斗式提升机用于后续矿石脱水及运输。跳汰机跳汰室长 1 m、宽 0.5 m,试验处理 10~40 mm 粒级样品时,跳汰床层高度不超过 180 mm,筛孔尺寸 0.15 mm,跳汰频率 50 次/min,冲程 120 mm。

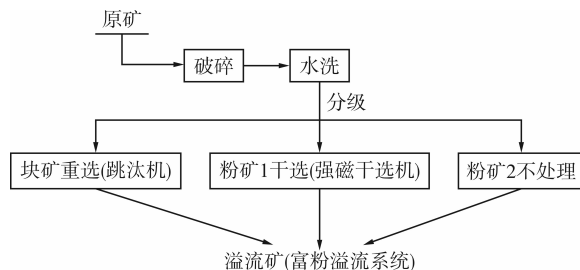


图 1 选矿工艺流程

Fig. 1 Ore-dressing process flow chart

原跳汰系统入选矿石主要由北一、枫树下及保秀 3 个采区提供,2022 年 8 月因采矿活动调整,入选矿石主要以北一采区为主,占比达 97% 以上。北一采区为地下开采,采出矿石品位低于其他采区,随着地采回采水平的下降,该采区矿石品位也逐渐变低。为确保资源充分利用,从当年 9 月开始,地下开采矿石

收稿日期:2023-11-10;修回日期:2023-12-24

基金项目:国家自然科学基金项目(51674018)

作者简介:朱智超(1991—),男,工程师,主要从事金属矿山技术研究及管理工作;E-mail:18242291102@163.com

*通信作者:黄正均(1985—),男,副教授,博士,研究方向为岩石力学与选矿;E-mail:huang_jun.0518@163.com

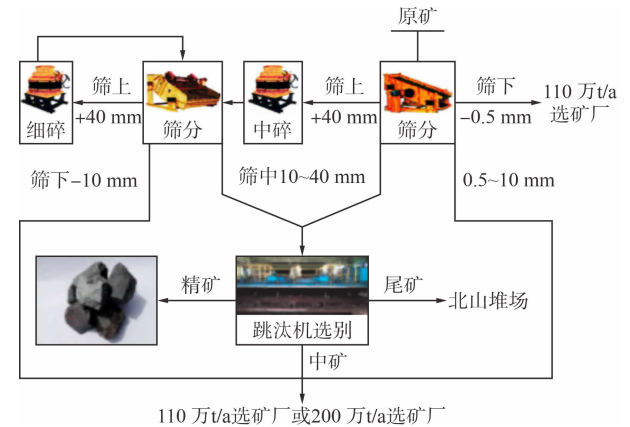


图 2 跳汰系统工艺流程

Fig. 2 Jigging system process flow chart

品位由 39.50 % 下降至 (38 ± 0.5) % ,除品位变化外,地下开采矿石粒度与露天矿矿石粒度也存在明显差异。入选矿石性质及粒度变化严重影响跳汰系统产品指标,因此,亟须开展相关研究工作。

2 原矿分析及优化措施

2.1 原矿性质分析

该矿床是一个以铁矿石为主,共生钴、铜的复合矿床。矿石基本特征是含铁较高,高硅低磷,其他有害组分含量甚微。目前可供利用的有用组分主要为 Fe、Co、Cu,属于富铁、富钴矿石。矿石化学成分分析结果见表 1。矿石中有害组分为 S,主要赋存于硫酸盐和硫化物中;其次是 SiO₂,其含量与 TFe 含量呈反比关系。

表 1 矿石化学成分分析结果

Table 1 Analysis results of ore chemical composition

成分	TFe	SFe	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	S	P
w/%	31.60	31.01	2.84	24.72	2.51	2.96	1.77	0.93	0.35

原矿铁物相分析结果见表 2。由表 2 可知:采出原矿中有益矿物以赤褐铁矿为主,占 82.28 %,磁铁矿占 13.23 %,其他有益矿物为硅酸铁、黄铁矿及碳酸铁,合计总分布率低于 5.00 %。

表 2 原矿铁物相分析结果

Table 2 Analysis results of iron physical phase of raw ore

相别	w(Fe)/%	分布率/%
磁铁矿	5.18	13.23
赤褐铁矿	32.23	82.28
假象赤褐铁矿	0.07	0.18
碳酸铁	0.30	0.77
硅酸铁	1.11	2.83
黄铁矿	0.28	0.71
总铁	39.17	100.00

2.2 原矿品位及粒度调查

通过跟班检测、记录,获得试验期间新系统近 12 个班次处理原矿矿量及品位,见表 3。

表 3 试验期间新系统处理原矿矿量及品位

Table 3 Raw ore treatment capacity and grade of new system during test

班次	矿量/t	w(Fe)/%	w(S)/%
1	291	38.00	0.791
2	9 037	37.83	0.811
3	4 997	37.50	1.181
4	7 121	39.55	0.810
5	8 337	36.45	1.147
6	3 970	39.33	0.810
7	3 478	36.83	0.833
8	6 159	38.97	0.463
9	5 305	35.85	0.785
10	1 418	39.10	0.611
11	8 069	39.05	0.686
12	8 062	38.15	0.854
平均值		38.02	0.833

试验期间无露天矿矿石配入,以全地下开采矿石入选,连续 12 个班次累计处理矿量 66 282 t,平均铁品位为 38.02 %,下降了 3.74 百分点(原矿品位 41.76 %),含有害组分 S 0.833 %。

在皮带上取矿样约 804 kg,分别用 8 mm、40 mm、75 mm 等不同规格筛子对地下开采矿石进行筛析,各粒级分布率及金属分布情况见表 4。

表 4 地下开采矿石粒度筛析结果

Table 4 Analysis results of particle size of underground extracted ore

粒级/mm	分布率/%	w(Fe)/%	铁金属量占比/%
≥150	9.49	30.20	7.57
100~150	16.85	43.40	19.32
75~100	6.87	33.40	6.07
40~75	15.81	34.80	14.54
8~40	32.42	42.60	36.50
≤8	18.56	32.60	16.00
合计	100.00	37.84	100.00

由表 4 可知:8~40 mm 粒级分布率和铁金属量占比比较高;≤100 mm 粒级分布率为 73.66 %,铁金属量占比为 73.11 %;≥150 mm 粒级占比为 9.49 %,铁品位为 30.20 %。初步判断,地下开采矿石中有大块低品位矿石混入。

2.3 跳汰系统优化措施

针对原矿品位下降及粒度变化问题,提出以下跳汰工艺优化措施:①严格控制破碎及筛分作业,保证

入选矿石粒度;②适当减小工作风压,增加浮标高度,风压由 39 kPa 调整为 37 kPa,粗选配质量由 6 870 g 增加至 6 920 g,精矿品位将随之增加,可保证产品指标;③在取样检测时,针对性地采取 0 ~ 75 mm 粒级原矿,该粒度范围原矿可反映出矿石质量,以此样品开展相关检测,能够指导未来跳汰系统优化工作。

3 跳汰系统产品分析及优化措施

3.1 产品矿量分析及优化措施

跳汰原矿及跳汰粉矿质量可通过电子皮带秤称量得出,而溢流矿浆无法直接称量,需要通过计算获得。试验期间富粉厂房生产指标为:平均溢流品位 25.05 %、平均预选精矿品位 40.76 %、平均尾矿品位 16.33 %,推算出理论预选精矿产率 35.68 %、预选精矿量约 500 t,则溢流矿量占新系统矿量的 2.11 %。

产品矿量精确控制是优化跳汰系统的首要工作,电子皮带秤量程系数是控制产品矿量的关键参数。为进一步确定目前量程系数设定是否合理,在跳汰原矿、精矿、中矿、尾矿等运输皮带上刮取长度 2 m 的样品称量,结合皮带运输机带速、测量值等参数,对比样品实质量与电子皮带秤称量读数,判断电子皮带秤读数误差,结果见表 5。

表 5 样品实质量与电子皮带秤读数对比					
Table 5 Comparison of actual sample weight and electronic belt scale readings					
样品名称	带速/ (m·s ⁻¹)	样品实质量/ (t·h ⁻¹)	皮带秤读数/ (t·h ⁻¹)	绝对误差值	量程系数
跳汰原矿	1.50	471.15	535.40	64.25	0.880
跳汰精矿	1.63	281.46	314.00	32.54	0.896
跳汰中矿	1.63	213.68	201.20	-12.48	1.062
跳汰尾矿	1.64	172.99	186.20	13.21	0.929
跳汰粉矿	1.63	316.58	266.00	-50.58	1.190

由表 5 可知:各样品实质量与电子皮带秤读数误差较大,其中,跳汰粉矿样品相对误差最大,达到约 16 %,其次是跳汰原矿、跳汰精矿。入选及产品矿量误差较大,将影响后续产品指标,通过调整设备量程系数可减小矿量误差。调整电子皮带秤量程系数后,继续通过刮矿称量方法,连续 5 天定时测量矿量,调整后跳汰系统各产品矿量见表 6。

由表 5、表 6 可知:通过调整电子皮带秤量程系数,入选原矿量占下槽量 64 % ~ 67 %,跳汰精矿量占下槽量 18 % ~ 24 %,跳汰中矿量占下槽量 15 % ~ 18 %,跳汰尾矿量占下槽量 25 % ~ 31 %。调整后的输入矿量与输出矿量在误差范围内,满足生产要求。

表 6 调整后跳汰系统各产品矿量						
Table 6 Adjusted ore quantities of various products in the jigging system						
样品编号	跳汰原矿量/t	跳汰精矿量/t	跳汰中矿量/t	跳汰尾矿量/t	跳汰粉矿量/t	溢流矿量/t
1	199	100	50	48	95	6
2	6 118	1 698	1 516	2 874	3 003	197
3	3 322	1 004	862	1 443	1 721	109
4	4 858	1 707	1 103	2 034	2 328	155
5	5 704	1 834	1 376	2 524	2 709	181
6	2 623	851	696	1 086	1 384	86
7	2 352	863	589	905	1 159	76
8	4 200	1 357	1 093	1 737	2 015	134
9	3 501	912	996	1 590	1 852	115
10	938	300	241	393	493	31
11	5 417	1 574	1 352	2 480	2 727	176
12	5 488	1 765	1 399	2 319	2 647	175

3.2 跳汰产品品位分析

通过取样试验方法,连续 5 天(每天取样一次)对跳汰原矿、跳汰尾矿、跳汰中矿及跳汰粉矿进行跟班取样,与生产样品位对比。试验样与生产样铁品位数据见表 7。利用统计数据计算各样品平均品位,试验样与生产样平均铁品位见表 8。

表 7 试验样与生产样铁品位				
Table 7 Iron grade of test samples and production samples				
批次	样品名称	w(Fe)/%		绝对误差
		试验样	生产样	
1 批次	跳汰原矿	37.71	37.50	0.21
	跳汰中矿	33.25	38.99	-5.74
	跳汰尾矿	12.92	12.87	0.05
	跳汰粉矿	29.91	33.17	-3.26
2 批次	跳汰原矿	38.90	38.50	0.40
	跳汰中矿	38.37	40.82	-2.45
	跳汰尾矿	13.87	8.29	5.58
	跳汰粉矿	31.95	33.98	-2.03
3 批次	跳汰原矿	36.93	37.20	-0.27
	跳汰中矿	40.03	40.06	-0.03
	跳汰尾矿	12.28	15.16	-2.88
	跳汰粉矿	33.93	31.19	2.74
4 批次	跳汰原矿	37.03	37.80	-0.77
	跳汰中矿	35.11	39.39	-4.28
	跳汰尾矿	11.40	8.65	2.75
	跳汰粉矿	32.87	33.23	-0.36
5 批次	跳汰原矿	35.08	38.60	-3.52
	跳汰中矿	36.31	42.18	-5.87
	跳汰尾矿	12.18	8.35	3.83
	跳汰粉矿	29.92	34.11	-4.19

表 8 试验样与生产样平均铁品位

Table 8 Average iron grade of test samples and production samples

样品名称	$w(\text{Fe})/\%$	
	试验样	生产样
跳汰原矿	37.13	37.92
跳汰中矿	36.61	40.29
跳汰尾矿	12.53	10.66
跳汰粉矿	31.72	33.14

由表 7、表 8 可知：在试验过程中，跳汰原矿、中矿及跳汰粉矿平均铁品位均比生产样低。其中，跳汰中矿平均铁品位比生产样低 3.68 百分点，而跳汰尾矿平均铁品位比生产样高 1.87 百分点。品位差异说明目前生产取样样品未能真实反映矿石质量，不能较好地指导生产调节。分析原因可能是跳汰原矿、跳汰粉矿、跳汰中矿及跳汰尾矿的取样方式为通过胶带面上点取，仅对分析对象局部取样，样品代表性不足，后续取样方式应调整为胶带断面取样，更能反映产品质量，能更好地指导生产。

4 结 论

1)通过跟班取样调查及矿石粒度筛析发现，矿源变化后，原矿品位下降 3.74 百分点，8~40 mm 粒级矿石占比较高，≤100 mm 粒级占比为 73.66%，≥150 mm 粒级品位为 30.20%，判断有大块低品位矿石混入。通过严格控制入选矿石粒度，调整工作风压、浮标高度、粗选配质量、风压高度等跳汰参数及重点采取 0~75 mm 粒级原矿取样等措施优化跳汰工艺，以满足现阶段生产要求。

2)在各产品运输胶带取样测量发现，电子皮带秤读数误差较大，影响后续产品质量。调整电子皮带

秤量程系数后，误差在合理范围之内，各产品矿量在下槽量占比满足要求。

3)采用取样分析方法，对比了试验样与生产样铁品位，发现在试验过程中实际跳汰原矿、中矿及粉矿品位比生产样品位低，实际跳汰尾矿品位比生产样品位高，说明目前生产取样样品代表性不足，应调整为断面取样方法。

[参 考 文 献]

[1] 罗主平. 我国重力粗粒预选抛废工艺技术研究与实践[J]. 现代矿业,2022,38(12):45-54.

[2] TRIPATHY A,PANDA L,SAHOO A K,et al. Statistical optimization study of jigging process on beneficiation of fine size high ash Indian non-coking coal[J]. Advanced Powder Technology,2016,27(4):1 219-1 224.

[3] PAUL S R,BHATTACHARYA S. Size by size separation characteristics of a coal cleaning jig[J]. Transactions of the Indian Institute of Metals,2018,71(6):1 439-1 444.

[4] 苏林海. 玻利维亚某锡矿石跳汰选矿试验研究[J]. 中国金属通报,2021(7):43-44.

[5] 张军,陶有俊,匡亚莉,等. 操作参数对跳汰床层的影响及颗粒运动特性分析[J]. 中国矿业大学学报,2019,48(5):1 029-1 035.

[6] 齐悦. 选煤厂跳汰中煤再选系统的优化与应用[J]. 矿山机械,2021,49(8):48-51.

[7] 张彩娟. 跳汰机煤层检测装置结构及封装工艺的改进[J]. 煤炭加工与综合利用,2022(9):10-13.

[8] 刘谊兵,朱宁. 半自磨工艺顽石与介质高效分离试验研究[J]. 矿冶工程,2022,42(4):75-77,81.

[9] 杨文寿. 贵州某硫铁矿石选矿试验研究[J]. 现代矿业,2023,39(2):149-152.

[10] 黄茂福. 他达铁尾矿再选的应用研究[J]. 矿冶工程,2003,23(2):40-41.

[11] 黄建成,彭会清,张颖,等. 江西某钽铌矿综合回收工艺流程试验[J]. 现代矿业,2020,36(3):113-116,120.

[12] 梁居明. 跳汰机应用在海南某铁矿的生产调试[J]. 中国金属通报,2020(5):75-76.

Optimization study of jigging ore-dressing process for an ore-dressing plant in Hainan

Zhu Zhichao¹, Yuan Kang¹, Lan Zhou¹, Zhang Shaoping¹, Wang Zili¹, Huang Zhengjun², Guo Guolong²
(1. Hainan Mining Co., Ltd.;

2. School of Civil and Resource Engineering, University of Science and Technology Beijing)

Abstract: Taking the jigging system of an ore-dressing plant in Hainan as the research object, this study addresses the issue of decreased jigging product indicators caused by variations in ore grade. Through physical phase analysis, sampling surveys, and other methods, research was conducted on the granularity and grade of the selected ore, the coefficient of the electronic belt scale range, and the grade of products at each particle size, proposing targeted optimization measures for jigging ore-dressing process. The process flow was optimized by controlling the input ore granularity, adjusting jigging parameters, and selecting ore samples ranging from 0 to 75 mm. Significant errors were observed between the measured weights of samples and the readings of the electronic belt scale, with a weight error of up to 16 % for samples. After optimizing the coefficient of the electronic belt scale range, the production requirements were met. Comparison between test samples and production samples showed that the actual grade of jigging crude ore, middlings, and powdered ores was lower than that of production samples, while the actual grade of jigging tailings was higher, indicating inadequate representativeness of production sampling, which should be adjusted to sectional sampling. The research results have important reference value for optimizing jigging ore-dressing processes.

Keywords: jigging ore-dressing; process optimization; ore granularity; ore grade; gravity separation