

某大型金属矿山 150 万吨/年选矿产线扩能改造应用

刘 贺

宝武资源八钢矿业敦德铁矿，新疆 巴州 841300

[摘要] 某矿山企业建有 150 万吨/年铁、锌金属回收选矿生产线，2016 年正式建成投产，多年来进行了不断的工艺优化、设备大型化和技术升级改造，创造了优异的扩能改造效益，该企业已经成长为当地和新疆地区重要的大型矿产综合回收基地。企业采用的选矿工序中破碎线前置预先筛分、细碎分流，选别设备大型化、永磁直驱技术等提产降效措施，在实现矿山高质量发展方面，起到重要和积极示范作用。

[关键词] 预先筛分；工艺改造；设备大型化；永磁直驱

DOI: 10.33142/ec.v5i7.6388

中图分类号: TD853

文献标识码: A

Application of Capacity Expansion and Reconstruction of 1.5 million Tons/Year Mineral Processing Line in A Large Metal Mine

LIU He

Baowu Resources Bagang Mining Dunde Iron Mine, Bazhou, Xinjiang, 841300, China

Abstract: A mining enterprise has built a 1.5 million tons/year iron and zinc metal recovery and beneficiation production line, which was officially completed and put into operation in 2016. Over the years, it has carried out continuous process optimization, large-scale equipment and technological upgrading, creating excellent benefits of capacity expansion and transformation. The enterprise has grown into an important large-scale comprehensive mineral recovery base in the local and Xinjiang region. The measures adopted by the enterprise to increase production and reduce efficiency, such as pre screening of crushing line, fine crushing and diversion, large-scale separation equipment and permanent magnet direct drive technology, which have played an important and positive demonstration role in realizing the high-quality development of the mine.

Keywords: pre screening; technological transformation; large scale equipment; permanent magnet direct drive

1 选矿生产线情况简介

本套生产线为于 2011 年开始施工建设，破碎流程包括鄂破、中破、细破、筛分、干选，选矿流程包括上料、磨选、锌浮选、铁磁选、铁过滤和锌过滤等工艺流程，共计 377 台套主要设备，破碎线工艺三段一闭路循环破碎加干磁选，选矿工艺为二段球磨、浮选、二段磁选、过滤、浓缩、排尾，最终成品为品位分别为 64%和 44%的铁精粉、锌精粉。设计处理原矿 150 万吨/年，年铁精矿产量 62 万吨，锌精矿产量 1.8 万吨，2016 年全面建成投产，2017 年达到设计产能，实现年产值 4.5 亿元。

2 主要扩能改造应用

2019 年以来，为实现持续产能提升，提高集团下游产业资源保供自给率，同时充分利用铁、锌精粉价格持续走高的市场机遇，该企业以解决生产难题为抓手，以方案经济高效为原则，针对选矿产线进行一系列重大技术改造，使整体产能突破设计枷锁，实现了历史性跨越。

2.1 破碎线预先筛分和细碎分流改造

该 150 万吨/年破碎线为美国全进口设备，设计采用三段一闭路循环破碎形式，由颚式破碎机、中碎圆锥破、振动筛分机、细碎圆锥破、干磁选机及转运皮带等模块设备组成，总投资 2800 万元，于 2015 年 7 月引进，2016

年 3 月正式建成投产。

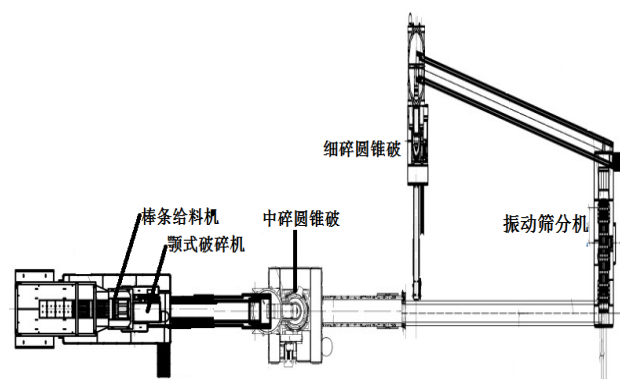


图 1 改造前破碎产线布置图

经日常生产观察和粒级实验发现，入破原矿中 30%为粒度 12mm 及以下，此部分粉料本身即为合格粒级产品，进入后续破碎流程中非但无法继续解离，且混杂在块矿中进入圆锥机破碎机，因粒度偏小，依靠机械挤压破碎难度大，造成圆锥机破矿效率下降，设备运行中刚性应力增大，故障率增高；同时粉料与水汽、雨雪等凝聚粘结，造成皮带机头及表面湿料较多，造成皮带频繁打滑、跑偏等故障，增加了人工清理的劳动强度和检修物资消耗，降低了产线

整体产量和设备运行质量；同时，因细碎圆锥设计性能限制，破矿粒度最低为 12mm，在设计 300t/h 给矿条件下，尚能保持破矿流程顺畅，如持续提高系统给矿量，系统无法满足过矿需求，细碎圆锥机不能及时处理筛分后块矿，在细碎料仓堆积直至满仓，鄂破机被迫停止喂料，台时给矿量无法提升，单产时间内设备损耗加剧。

为提高产能，解决上述生产难题，现场技术人员实施了如下改造：

(1) 加装 1 台复摆振动筛，3 条转运皮带，对棒条给料机下部落料仓改造，安装 1 条接料皮带，矿料经棒条给料机后，粒度 $\leq 100\text{mm}$ 的通过卸料间隙落入接料皮带，输送至前置振动筛，进行预先筛分，粒度 $\leq 12\text{mm}$ 的矿料，通过筛下成品皮带输送至成品料场；筛上粒度 $>12\text{mm}$ 的矿料由返料皮带输送至原生产线，实现了粗细分离，粉料预先筛分，集中块矿破碎。

(2) 新配置细碎圆锥机与现有细碎圆锥机并列运行，并在原细碎料仓下部新增开口设置电振给料机进行分流给料，新建圆锥机下部设置出料皮带引至中碎卸矿皮带，进入流程闭环，破矿间隙按照 12mm 控制。

改造后工艺布置图如下：

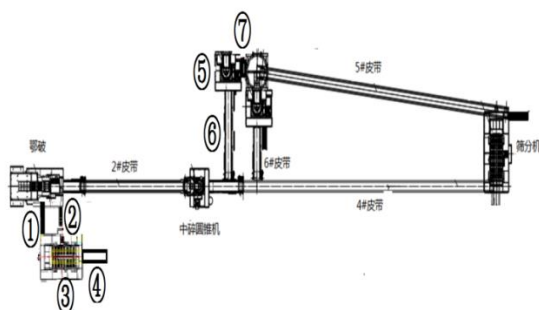


图 2 改造后破碎产线布置图

①：棒条给料机下接料皮带 ②：前置筛分返料皮带 ③：前置筛分模块 ④：前置筛分成品皮带 ⑤：新增细碎圆锥机 ⑥新增细碎下料皮带 ⑦：新增料仓分料电振给料机

2.2 选矿产线选锌工艺流程改造

(1) 浮选矿浆分流

2021 年根据公司生产经营目标选矿需生产铁精矿 80 万吨，根据铁精矿产量推算磨机台时入磨量需提高至 225t/h，根据 2020 年前期选矿厂生产经验，2020 年台时入磨量为 205t/h，继续提升后，锌粗选、精选负荷增大，表现为锌浮选机超负荷运转，浮选机电机电流出现过载现象，锌精扫选底流尾锌升高、一二段磁选机尾铁升高，磁选机布料槽翻矿、一段磨机磨矿效率下降等一系列问题，制约了铁精矿产能提升。

针对上述生产难题，该企业技术人员组织开展了多轮磁浮试验，在不断的尝试各种试验方案和药剂制度下，最终确定了锌粗、精选进行分流改造方案，将选矿厂金浮选车间通过优化工艺流程纳入选锌工艺中，一段旋流器和二

段旋流器溢流均分出 1/3 矿浆至金浮选车间，锌精矿由 1 条生产线改变为 2 条生产线同时生产。对旋流器溢流矿浆进行分流改造后，解决了锌粗选负荷选矿厂台时入磨量提高了 14%，同时提高锌金属回收率。磨机入磨量提升至 225t/h，年铁精粉增产 8.01 万 t，锌精粉增产 0.4 万吨。

铁精矿反浮选

2021 年 5 月选矿厂铁精矿中含硫上升超过月平均值 0.49%、铁精矿含硫最高升至 0.9%，导致直接客户拒收企业所产铁精矿，同时按照铁精矿买卖合同，对铁精矿质量进行考核减价，预计年减价费用 600 余万元。

面对质量的异常情况，该企业组织生产工艺人员，对铁降硫工艺产物进行了磁选管实验和小型浮选实验，探索通过磁选和浮选工艺手段对铁精矿降硫产物再次进行脱硫，通过不断的试验与探索，他提出实施三段磁精矿反浮选工艺改造，改造完成通过工业试验后，验证三段磁精矿通过反浮选脱硫指标优于一段粗精矿反浮选脱硫指标。面对困难，企业没有听之任之，而是通过反复的试验，分析、论证，总结，最终实现选矿厂的技术改造与创新，不断的提高产品质量，稳定了公司的经济效益。同时产品含硫指标进一步优化至 0.35% 以下。由减价转为增利，经计算，年铁精矿增利 2000 余万元。

2.3 磨选设备大型化改造

为满足持续提产扩能需求，现场技术人员进行了多次工艺流程考察，核对具备 250t/h 台时处理能力时，产线工艺和设备性能瓶颈如下：

(1) 原矿处理量为 225t/h 时，一段旋流器溢流浓度在 38% 左右，磨矿细度-200 目含量为 50-55%；二段旋流器溢流浓度 25-30%，细度-200 目含量为 80%。均低于设计要求，导致铁和锌流程矿未有效分级，磨机沉砂比过高，浮选和磁选工艺达不到销售参数指标，造成年产品质量减价达 600 万元以上。

(2) 一段、二段旋流器给矿泵和循环水泵、铁过滤机在现有的给矿条件下已达到满负荷状态，无法持续提升。

针对上述难题，该企业管理和技术人员通过流程计算，设备性能参数核算，最终形成以下改造实施方案：

(1) 采用改进型渐开线结构旋流器，放大进料口尺寸，提高一段、二段旋流器的处理能力；采用变锥型锥体结构，对锥体角度进行调整，降低沉砂夹细量，降低磨机的循环负荷。

(2) 依据 250t/h 条件下工艺参数，对一段、二段旋流器给矿泵、循环泵重新选型，同时根据泵的性能、进出料管道管径、角度、阀门大小等进行相应更换调整。

(3) 根据改造前后工艺流程计算，提产到入磨量 250t/h 条件下，选用 96 m² 盘式过滤机，替代原有 80 m² 陶瓷过滤机，单台滤矿能力达到原有 1.5 倍以上，有效提高成品精矿产量，减少系统循环负荷。

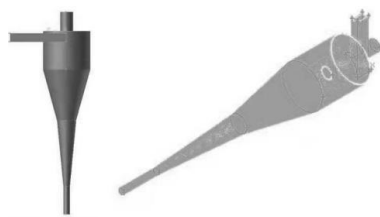


图3 变锥型锥体结构沉沙嘴

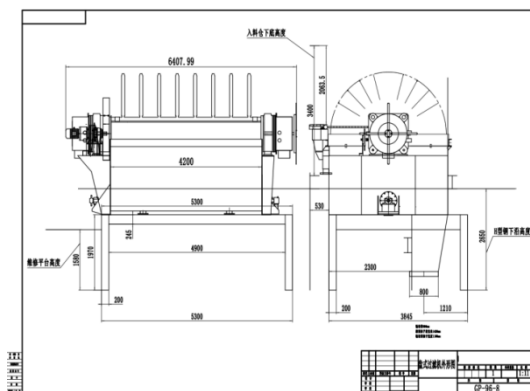


图4 96 m²盘式过滤机

2.3 永磁直驱节能改造

选矿3#上料皮带为通用的DT II型带式输送机，皮带机头传动装置为电动机、减速机、液力耦合器、联轴器等组成；针对上述设备高耗能和设备传动效率差的问题，结合永磁直驱技术的无极调速、恒转矩调速、节能降耗等特点，企业技术人员进行了认真选型对比，确定了以下改造方案：选用同额定输出扭矩的22kw永磁直驱电动滚筒，并同时配置专用变频器和自动注油装置，并根据设备安装尺寸重新进行支撑框架制作安装，调试运行。2022年1月改装完成，上线后用电量节约25%以上，且基本实现设备免维护。

另球磨系统中锌再磨球磨机为 $\phi 3200 \times 4500$ 型号球磨机，驱动装置为JR138-8绕线转子三相异步电动机、减速机、柱销联轴器组成，最终驱动球磨机圆周运动。其中JR138-8绕线转子三相异步电动机被列入《高耗能落后机电设备（产品）淘汰目录》；同时电动机、减速机设备结构落后，组件笨重，客观增加维护工作量和安全管理风险。该企业计划后续推进该永磁直驱电机改造，选用同额定输出扭矩的245kw永磁直驱电动机，并与自冷却风机一体化配置，实现无减速机直连运转。

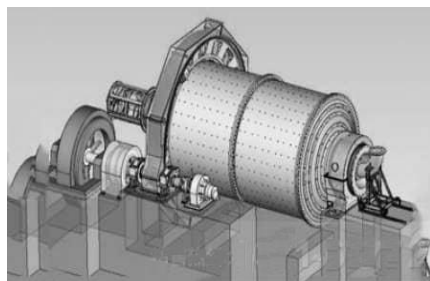


图5 传动球磨机驱动形式

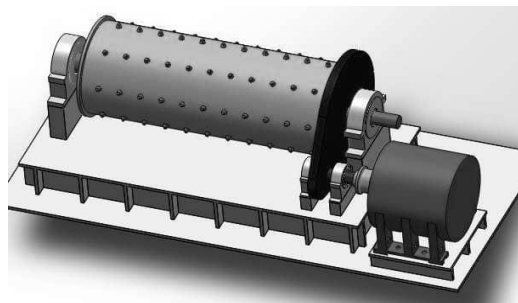


图6 永磁直驱传动方式

3 改造后企业效益

3.1 破碎产能提升：

经投用后正常使用6个月测算：通过粉料预先筛分和细碎分流，破碎生产线日破碎处理量由6000t提高7500t，年破碎成品矿增加33万t，破碎线年破矿量达到180万t，创历史最高记录，年产值增效225万元。

3.2 磨选产线提升

经投用后正常使用2个月测算：通过磨选设备大型化和工艺指标优化，台时处理量由设计的165t/h提升至240t/h，年铁精矿产量由设计的62万t提升至80万t，锌精矿产量由设计的1.8万t提升至3万t，产能提升的同时工艺指标并没有降低，保证了金属资源的合理利用和综合回收，年产值增加2.1亿元。改造后选矿产品技术指标对比如下表：

表1 选矿厂主要工艺指标改造前后对比表

产品名称	产率 r(%)	产量 (万 t/a)		品位 β (%)			
				铁		锌	
		改造前	改造后	改造前	改造后	改造前	改造后
原矿		150.00	207.59	32.61	32.61	1.06	1.06
入磨原矿	100.00	130.5	169.19	36.89	36.89	1.17	1.17
铁精矿	47.49	61.97	80.35	65.50	65.50	0.12	0.12
锌精矿	2.18	2.84	3.14	13.02	13.02	45.20	45.20
尾矿	50.33	65.68	85.15	10.93	10.93	0.25	0.25
废石	13.00	19.50	26.99	4.00	4.00	0.32	0.32

备注：在保持原设计的产率、品位、回收率的情况下进行计算。

3.3 永磁直驱节能

根据现场改造经验，永磁直驱技术节能效果显而易见，预计皮带机电动滚筒和球磨机电动机全部改造后，在传动故障显著降低的情况下，2台设备年化用电量由原来的131.5万kw·h降低25%，年节约用电费用约13.15万元，并真正实现免维护，大幅降低维护劳动强度，提高设备运行质量。

通过历年来不断的工艺改造和技术升级，2021年该企业实现总产值9.2亿元，较2017年增加4.7亿元；扣除涨价因素增加2.7亿元，取得了设备材料投入不足1500

万元, 产能和企业经济效益跨越提升的优异成效。

4 结束语

矿山企业的长期高质量发展, 需要管理和技术人员深入实践, 总结提炼, 直面困难和需求, 并制定出最佳解决方案; 同时新兴技术的不断兴起, 更为企业注入了更高更强的发展动力。尤其是金属矿山企业, 选矿各工艺流程基本相似, 该矿山企业的成功改造经验, 对行业高质量发展具有重要的借鉴意义。

[参考文献]

[1] 祝大卫. 金属矿山地质环境问题及防治措施[J]. 中国

金属通报, 2021(9): 132-133.

[2] 陈海健. 金属矿山隐伏矿的物探异常特征及找矿探究[J]. 新疆有色金属, 2021, 44(6): 25-26.

[3] 刘军华, 陈俊, 林俊领. 金属矿山选矿技术发展方向[J]. 世界有色金属, 2018(7): 67-69.

[4] 樊丽琴, 贾艳. 蒙古矿工艺试验及生产实践[J]. 现代矿业, 2012, 27(12): 100-102.

作者简介: 刘贺(1987-)男, 毕业院校: 山东科技大学; 所学专业: 自动化, 当前就职单位: 巴州敦德矿业有限责任公司, 职务: 设备工程部部长, 职称级别: 中级。