

秘鲁铁矿磁选工艺改造与设备更新

金永涛¹ 王晓明²

(1. 首钢秘鲁铁矿; 2. 北京矿冶研究总院)

摘要 为了提高选矿厂的处理能力, 首钢秘鲁铁矿进行了磁选工艺改造和老设备的更新换代, 并通过选型试验和现场工业调试确定新型磁选设备的工作参数。工艺改造与设备更新后, 首钢秘鲁铁矿实现了提高产能、优化分选指标、减少占地面积的目标。

关键词 秘鲁铁矿 工艺改造 设备更新 磁选机

Technology Reform and Equipment Update of Magnetic Separation in Peru Iron Mine

Jin Yongtao¹ Wang Xiaoming²

(1. Shougang Hierro Peru S. A. A; 2. Beijing General Research Institute of Mining and Metallurgy)

Abstract In order to improve the handling ability of concentrator, Carried out the technology reform and equipment update of magnetic separation in Peru Iron Mine. Determined the working parameters according to the lectotype test and industrial adjustment. After the reform, achieved the goal of improving productivity, promoting the separation index and deducing the floor area.

Keywords Peru iron mine, Technology reform, Equipment update, Magnetic extractor

首钢秘鲁铁矿位于秘鲁西南部的伊卡大区, 是首钢集团重要的境外矿石基地, 年处理高品位磁铁矿 1 000 多万 t, 年产精矿 700 多万 t。为了扩大产能、提高分选指标、减少原有设备的占地面积, 首钢秘鲁铁矿决定对旧的生产线进行技术改造和设备的升级换代。

1 矿石性质

秘鲁铁矿目前处理的铁矿为含铜、低磷高硫酸性磁铁矿石。矿石中可供选矿回收的主要组分是铁、铜、钴、硫, 需要选矿丢弃的组分是 SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 、 MgO 等。矿石中金属矿物以磁铁矿为主, 其次是半假象赤铁矿、假象赤铁矿、褐铁矿、黄铁矿、白铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿, 另有少量铜兰、闪锌矿、方铅矿、辉铜矿等, 脉石主要是阳起石、透闪石和普通角闪石。矿石中的有害组分磷、砷含量很低, 对选矿产品质量影响很小, 但是硫含量很高, 选矿过程中必须采用脱硫作业, 以获得合格的铁精矿, 因此选厂采用了阶段磨矿、弱磁选回收铁矿石矿物, 利用浮选进行脱硫作业获得最终精矿的作业流程, 改造前选矿原则流程见图 1。

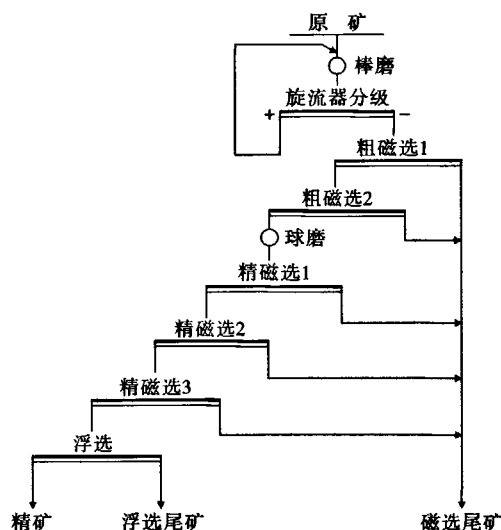


图1 改造前选矿工艺原则流程

2 存在的问题及原因分析

随着矿山规模扩大, 选矿厂处理量逐渐增大, 原磁选流程及设备逐渐暴露出其不适应性。

(1) 处理能力低。在现有流程中, 采用的磁选机种类型号较多, 其中粗磁选采用了 $\phi 600$ mm 双筒磁选机, 精磁选采用了 $\phi 600$ mm 三筒的磁选机, 为减少金属损失, 磨机不得不降低处理量, 从而影响选矿生产的顺利进行, 限制了选矿能力的进一步扩展。

(2) 分选效果差。选矿指标随着矿量变化而波

金永涛(1964—), 男, 副经理, 秘鲁利马耶稣玛利亚区。

动,当矿量增大,矿浆在选别空间流速加快,导致尾矿品位升高,且矿浆量的增大极易造成尾矿来不及排出而发生跑矿现象,致使金属回收率降低。

(3)占地面积大。以选厂中的第一系列为例,精选段原有流程中需要排布 11 台三筒精选磁选机,如需增加新的产能,选厂中已经没有新的空间增加新设备。为了提高产能,决定将原有的粗磁选机和精磁选机替换为 $\phi 1\ 200\ \text{mm}$ 筒径的磁选机,并减少分选次数。

通过对流程中磁选的不适应性分析,提出了解决办法:①解决设备分选效果差,首先要提高磁选设备的技术指标,其次通过增大设备规格,实现设备对于矿浆波动的适应性;②通过更新采用单机处理能力大的新型设备,提高设备的作业率,同时减少占地面积。

3 磁选机选型试验^[1]

为选择合适的磁选机,首钢秘鲁铁矿对选厂流程中的矿样进行了试验,以选择合适的磁选机参数,试验采用了磁选管和实验室用的小型筒式磁选机分别进行了粗选和精选试验,试验结果见表 1 和表 2。

表 1 粗选段磁选试验结果

磁场强度 /(kA/m)	原矿品位 /%	精矿/%			尾矿/%		
		品位	产率	回收率	品位	产率	回收率
63.69	53.8	66.84	74.70	92.40	15.96	25.63	7.60
95.54		66.80	74.61	92.64	15.60	25.39	7.36
119.43		66.62	75.18	93.10	14.96	24.82	6.90
159.24		66.46	75.43	93.18	14.93	24.57	6.82

表 2 精选段的试验结果

磁场强度 /(kA/m)	原矿品位 /%	精矿/%			尾矿/%		
		品位	产率	回收率	品位	产率	回收率
47.77	62.5	69.79	84.70	94.58	22.13	15.30	5.42
63.69		69.71	85.43	95.29	20.21	14.57	4.71
95.54		69.54	86.44	96.18	17.61	13.56	3.82
127.39		69.53	86.56	96.29	17.23	13.44	3.71

由表 1 可以看出磁选设备的磁场强度从 63.69 kA/m 到 159.24 kA/m 时,精矿品位保持在 66.46%~66.84%,精矿回收率随着磁场强度的增加由 92.40% 增加到 93.18%,可见磁场强度对于精矿指标的影响较小。尾矿品位随着磁场强度从 63.69 kA/m 增加到 159.24 kA/m 变化时,出现下降趋势从 15.96% 下降到 14.93%,尾矿品位基本保证在 15% 左右。

由表 2 可以看出分选场强对于精矿品位的影响不明显,磁场强度从 47.77~127.39 kA/m 变化时,精矿品位从 69.79% 降低到 69.53%,但随着磁场强度的增加精矿的回收率由 94.58% 提高的 96.29%。

分选场强对于尾矿品位的影响比较明显,磁场强度从 47.77 kA/m 到 127.39 kA/m 时,尾矿品位从 22.13% 降到 17.23%。

通过上述试验分别确定了粗选磁选机和精选磁选机适宜的平均场强,并根据现场生产的处理能力确定了设备的规格型号。

4 BGRIMM 系列磁选机

BGRIMM 系列磁选机根据矿石在不同磨矿段数时的粒度,浓度以及分选指标的侧重点不同,依据铁矿石在磁场中的行为规律,对磁系和槽体等重要部件进行了全新的设计。该系列设备具有选矿效率高,机械性能可靠,处理量大以及对矿浆性质波动适应性强等优点。

BGRIMM 系列中的粗选用磁选机分选棒磨机的出料,分选粒度较粗,虽然矿物已有相当大的解离度,但解离仍不充分,分选时要求保证较高的回收率的前提下,尽量充分地抛出已经完全解离的粗细粒脉石矿物^[2]。粗选用磁选机在设计过程中采用了适宜粗料的给料方式,保证给矿的均匀性,矿浆经过矿浆通道进入磁筒的底部,在磁力作用下脉石尤其粗粒和大比重的脉石与磁性矿物首先实现分层分离,磁性矿物在较强磁场条件下形成磁链,随着筒体的旋转进入精矿卸矿区,非磁性矿物不受磁力作用,随着矿浆一起流向尾矿卸料区。为保证尾矿卸料区中磁性矿物的充分捕收,采用了较大磁系包角的磁系结构,并同时提高了矿浆液位。为减少进入精矿中的脉石夹杂,通过采用较小磁极面,增加翻滚次数的磁路设计来实现。粗磁选磁选机的槽体机构和磁系结构适宜捕获较粗的磁性颗粒。粗磁选机的整机结构见图 2。

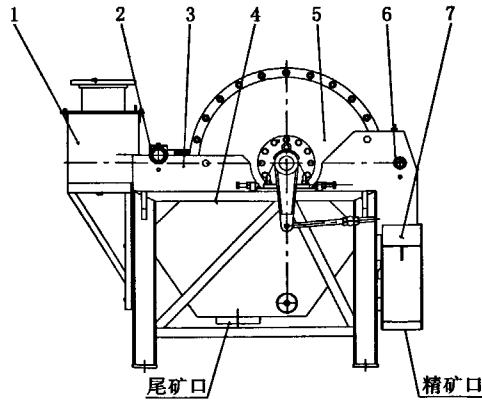


图 2 粗选磁选机外部结构示意图

1—给矿箱;2—给矿分散水;3—槽体;4—机架;
5—精矿卸料水;6—圆筒;7—精矿箱

BGRIMM 精选用磁选机是一种适合分选细粒强

磁性矿物的高效分选设备。分选球磨机的出料,根据分选物料粒度细,矿物已基本完全解离,分选时要求在保证精矿品位的前提下,尽量提高精矿的回收率的要求。精选磁选机在设计过程中采用了适宜细料的给矿方式,保证给矿的均匀性,同时设置了给矿分散水以增加矿浆给入分选区时的分散性,保证矿浆以悬浮状态受到磁场作用。矿浆进入分选区在磁力作用下,磁性矿物沿磁力线方向形成磁链,与非磁性矿物出现分离现象,因为矿浆的流向与磁力线方向不一致容易导致磁链中夹杂着脉石矿粒,影响精矿品位。为剔除磁链中的脉石,通过增加磁极数量,来增加磁性矿物在运输过程中的磁翻滚或磁抖动次数,同时通过选择合适的磁场强度,形成适合捕收细粒铁矿石的磁场力,捕收极易流失的细粒铁矿石,来提高精矿回收率。精选过程由两次分选组成,第一次分选的铁精粉在随着筒体的旋转进入卸料区,在精矿卸料水的作用下进入下一次精选作业。精选机的结构见图 3。

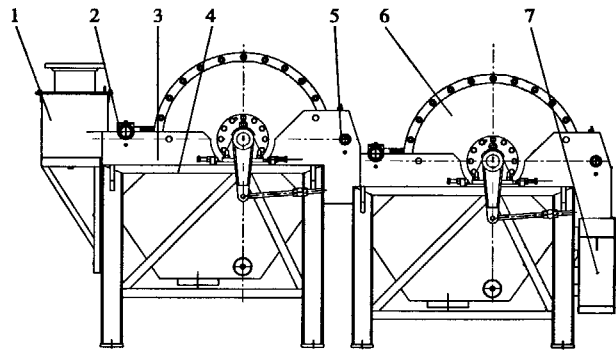


图 3 精选磁选机外部结构示意图

1—给矿箱;2—给矿分散水;3—槽体;4—机架;
5—精矿卸料水;6—圆筒;7—精矿箱

5 现场工业考察调试及应用

首钢秘鲁铁矿采用 BGRIMM 系列磁选机首先对选厂的 9 系列进行技术改造。通过采用单次粗磁选替代原有的两次粗磁选,通过采用两次精磁选代替原有的三次精磁选。改造后的选矿原则流程见图 4。

为考察设备对于现场工艺流程中矿石的适应性,进行了设备的适应性测试,对磁选机的磁偏角、底槽水流、排矿间隙等可调因素进行了调节。并且在保证棒磨机和球磨机的处理能力、磨矿效率不变的前提条件下对采用原流程的 8 系列和采用新流程的 9 系列进行了 30 d 的新旧设备分选性能考察和对比,考察结果见表 3、表 4。

对于粗磁选段统计结果表明,在给矿品位 53.9% 时,BGRIMM 粗选磁选机的精矿品位可以达

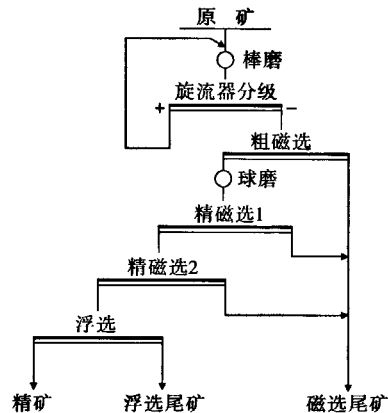


图 4 改造后的选矿工艺原则流程

到 61.9%,尾矿品位为 15.3%,精矿回收率达到 95.12%,亚铁损失率为 3.64%,与旧粗磁选机分选效果相比精矿品位提高、尾矿品位降低,特别是亚铁损失率变小,各项分选指标都优于旧粗磁选机。

表 3 粗磁选段现场平均生产指标对比 %

设备名称	给矿品位	精矿品位	尾矿品位	精矿产率	精矿回收率	亚铁损失率
BGRIMM 粗磁选机	53.9	61.9	15.3	82.83	95.12	3.64
旧粗磁选机	53.9	60.5	18.4	84.32	94.64	7.40

表 4 精磁选段现场平均生产指标对比 %

设备名称	给矿品位	精矿品位	尾矿品位	精矿产率	精矿回收率	亚铁损失率
BGRIMM 精磁选机	61.9	69.3	18.1	85.55	95.77	3.86
旧精磁选机	60.5	68.2	19.9	84.06	94.76	4.17

精磁选段的对比数据表明,BGRIMM 精磁选机在平均给矿品位 61.9% 时,可以实现精矿品位 69.3%,尾矿品位 18.1%,精矿回收率 95.77% 的指标,与旧精磁选机相比尾矿品位低,精矿回收率高,同时亚铁损失率下降。BGRIMM 精磁选机的分选指标明显优于旧精磁选机分选指标。

采用新流程的 9 系列利用 2 台 BGRIMM 粗磁选机和 3 台 BGRIMM 精磁选机取代了原有的 4 台粗磁选机和 8 台旧精磁选机,占地面积明显减少,与采用原流程的 8 系列相比,9 系列的磁选设备不存在跑矿、漏矿现象,且磁选设备维护简单方便,减少了工人的劳动强度。参照 9 系列的改造经验,首钢秘鲁铁矿已逐步开始对所有系列进行流程改造和设备的更换。

6 结 语

(1) 秘鲁铁矿通过采用新型的磁选设备降低了分选次数、减少了设备的占地面积实现了粗选段精矿回收率 95.12%,精选段精矿回收率 95.77%,精矿品位 69.3% 的综合技术指标,实现了选矿厂的既定目标。(下转第 27 页)

外围设备由防爆型核子秤、板式给矿机、输矿皮带和变频调速装置等组成。其控制示意图见图 4。

4.2 顺序启停连锁控制

为了保证 2[#]~6[#] 皮带、板式给矿机、圆锥破碎机、半自磨机、球磨机等设备正常运行,减少人工误操作引起停车,最大限度为企业减少损失。结合选厂工艺情况,对设备启停做了连锁控制。连锁控制示意图见图 5,其中上半部分为给料系统连锁,下半部分为磨机排出的不合格矿经圆筒筛分级后进入圆锥破碎机碎矿后进入原矿仓的连锁。

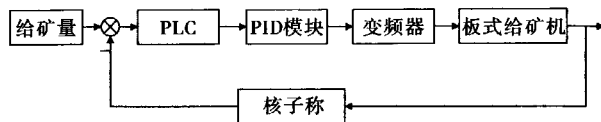


图 4 矿量控制示意

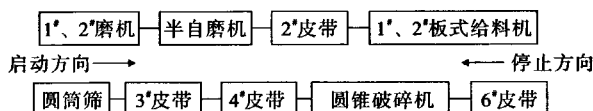


图 5 连锁控制示意

4.3 给矿水量控制

给矿水量控制见图 6。

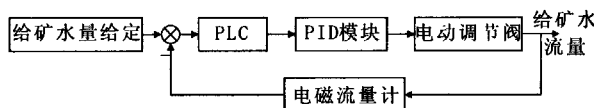


图 6 给矿水量控制示意

4.4 泵池液位控制

泵池液位是确保旋流器正常工作的重要因素。液位过低,容易出现“抽空”现象,液位过高,容易“跑槽”。泵池液位控制回路主要由超声波液位计、渣浆泵、变频器、PID 控制器组成。液位通过超声波液位计检测,通过变频器调节泵转速来达到控制泵池液位的要求。

4.5 旋流器入口浓度控制

旋流器入料矿浆浓度检测有核子浓度计、差压密度计、吹气式差压测量装置等。由于选厂环境复杂,维护力量较差,选用新一代核子浓度计,其特点为防护等级高、安全、非接触式连续密度浓度测量、就地安装在输料管道外或容器外,不受物料温度、压

力、粘度、电导率等性质影响,采用液晶显示,操作维护简单。

在磨矿分级系统中,对象的输出(被控变量)和输入(调节变量)之间存在较大的非线性关系,且该非线性又随负荷及负荷特性(如矿石性质)的变化而变化^[4]。若采用简单调节系统,不能得到满意的调节质量,因为调节器参数的整定值应与对象的动态特性相适应。在非线性对象中,当负荷变化时,对象的动态特性也发生变化,此时调节器的参数也应作相应的改变,才能使调节变量适应对象的非线性变化。但简单的调节系统不能做到这点,为此系统浓度控制采用串级控制系统,其控制结构见图 7。

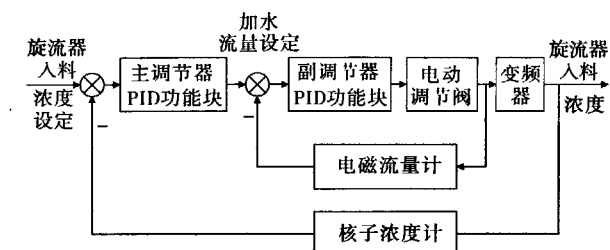


图 7 浓度控制结构示意图

5 结 语

利用西门子 S7-300PLC、西门子 Wincc 组态软件对云南某黄金选厂磨矿分级过程实现了自动控制。经实际运行表明,系统具有控制精度高、调节速度快、抗干扰能力强、稳定可靠等特点。系统投入运行 1 a 多以来,运行平稳,降低了操作人员的劳动强度和减少了操作人数,提高了选厂的自动化水平,为选厂创造了良好的工作环境,取得了较好的经济效益和技术效益。

参 考 文 献

- [1] 邹金慧,黄宋魏,等.基于 PLC 的磨矿分级智能控制系统[J].自动化仪表,2007(11):43-45.
- [2] 廖常初. PLC 编程及应用[M]. 北京:机械工业出版社,2002.
- [3] 西门子(中国)有限公司,自动化与驱动集团.深入浅出西门子 WinCC V6[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2004.
- [4] 谢 琦,吴 敏.磨矿分级控制系统的设计与应用[J].工程建设,2008(6):27-32.

(收稿日期 2011-06-10)

(上接第 24 页)

(2) BGRIMM 系列磁选机在应用过程中性能可靠、分选高效、处理量大,并根据现场的选矿实践进行针对性设计,充分提高了秘鲁铁矿选矿厂的分选能力,保证了选厂磁选流程的高作业率。

参 考 文 献

- [1] 北京矿冶研究总院,首钢秘鲁铁矿.首钢秘鲁铁矿设备选型试验及设备选型报告[R]. 北京:北京矿冶研究总院,2010.
- [2] 董恩海,谢 强,赵瑞敏. BKC 粗选筒式磁选机提高选矿厂粗选效果研究[J]. 有色金属:选矿部分,2004(5):40-42.

(收稿日期 2011-06-06)