

变频调速技术在半自磨机动力系统改造中的应用

万德明

(江西铜业股份有限公司城门山铜矿 江西 九江 332199)

摘要: 本文重点介绍了变频调速技术在动力系统改造中的应用,阐述了改造方案和改造效果,可为同行业矿山应用提供借鉴。

关键词: 半自磨机; 高压变频; 调速; 改造

0 引言

随着社会经济的进步与时代的发展,自动化技术与智能化程度得到了飞速的提升,当今世界进入工业4.0时代。多数设备选型过程中存在能力富余的情况,再加上工况条件的变化,需要输出不同的量。作为矿山重要设备,半自磨机主要是一部分利用矿石、一部分利用钢球作为磨矿介质完成磨矿的设备,具有能耗低、污染小、运行成本低等优势,但在具体应用过程中容易出现胀肚现象,系统稳定性不佳。变频调速技术则能够有效解决工艺单一、实时性差等问题,能够提升自动化程度,运用该技术对半自磨机动力系统进行改造有利于维持系统稳定性,提升工作效率。

1 半自磨机问题分析

城门山铜矿原矿处理量5000t/d系统的单流程主要设备为 $\phi 6.4 \times 3.3\text{m}$ 半自磨机。该半自磨机采用同步电机+气动离合器+开式齿轮边缘传动的传动形式。在运行过程中,由于矿石性质的原因,经常出现磨机胀肚的现象,严重影响磨机的工作率和选矿系统的稳定性。将其运行问题总结如下:

(1) 设备在运行过程中呈现出低负荷状态,富余能力大,降低了物料填充率,实际转速为额定转速,当研磨介质处于抛落状态时会直接向衬板砸击,导致衬板损坏;

(2) 负荷低,研磨介质持续表现为抛落状态,降低了研磨效率;

(3) 提升与抛落的研磨介质对物料的冲击主要集中在研磨介质之间,研磨介质冲击明显,导致消耗增加,一方面降低了磨矿作业效率,另一方面导致电能资源的浪费;

(4) 半自磨机充填物料效率降低,研磨介质及大块矿石均会直接冲击磨机内衬板,导致衬板消耗增加,

部分会出现变形,增加了轴承间隙,且在空心轴与轴瓦之间无法构建密闭空间,引起油压不稳定。

针对上述生产故障,结合磨矿系统智能化需求,该矿采取了变频改造的方法,对 $\phi 6.4 \times 3.3\text{m}$ 半自磨机动力系统进行变频改造,取得了良好的效果。

2 变频改造方案

与原有的磨机控制系统相比,本次改造主要增加高压变频器及自动切换柜,并对低压电控设备配套升级。改造后的系统电气原理图如图1所示。图中,GK表示高压开关柜,BP表示高压变频器,QS为隔离刀闸,KM为高压真空接触器,M表示电动机,GK为原有设备。

2.1 电机改造

为适应磨机变频运行需求,需将原先配备的TDMK2000-32工频电机更换为TBPM2000-32变频电机。新变频电机运行频率按照基准频率50Hz、基准转速187.5r/min设计,变频调速范围为-30%~10%;实际运行频率为35~55Hz,实际调速范围为131.25~206.25r/min;其中电机在131.25~187.5r/min时为恒转矩运行,在187.5~206.25r/min时为恒功率运行。新变频电机前后轴承带高压顶起装置,带独立油箱,保证在电机低频启、停时的轴瓦油膜的形成,以避免“烧瓦”。新变频电机与原有的旧电机安装接口一致,利用原电机的安装底板,从而减少了更换施工的工作量,节约了系统改造的时间。

2.2 电控系统改造

新电控系统包括磨机高压控制设备及成套低压电控设备。高压控制设备包含高压变频器和自动切换柜。其中高压变频器是对磨机主电机实现变频调速的主要装置,它将由电网提供的恒压、恒频的交流电变换为新的电压和频率的交流电,并接入到电动机定子绕组中,实现对磨机主电机机的变频无级调速。高压切换柜可

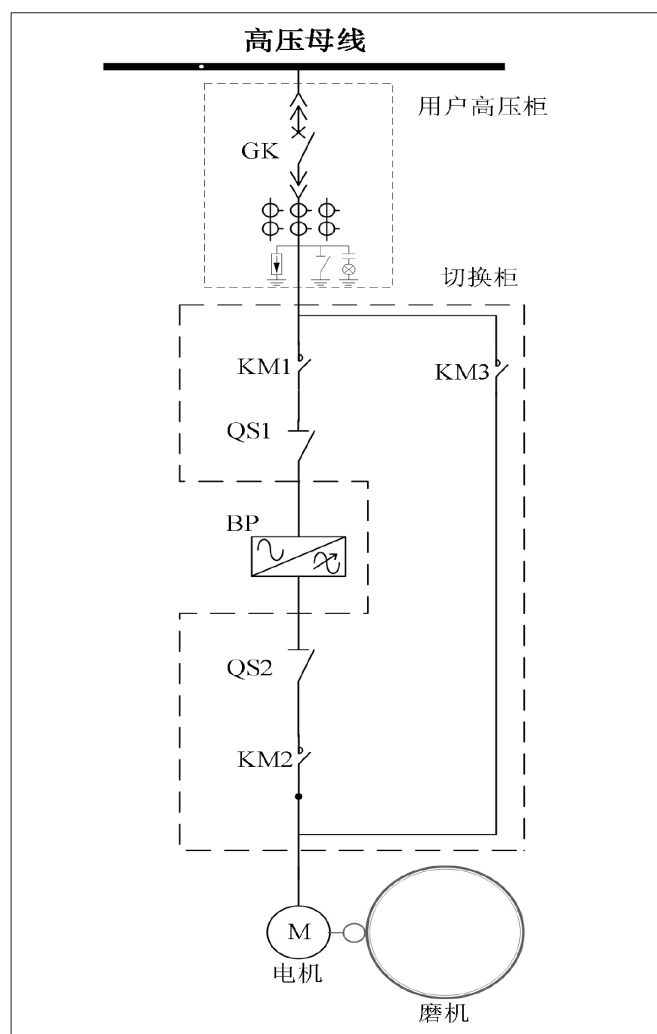


图1 动力系统电气原理图

以将电控系统从变频模式切换至普通模式，用于应对变频器的检修、故障等情况。改造后磨机电气控制系统可以在以下两种模式下运行。

2.2.1 变频启动，调速运行

变频模式下断开 KM3，合上 KM1、KM2 和 QS1、QS2，将变频器接入主电机供电回路，主电机由变频器来控制。如果选择电动机空载启动（即气动离合器脱开，主电机不带磨机筒体启动），电动机启动完毕后再闭合气动离合器，这样突加的负载会使电动机对变频器产生很大的电流冲，容易损坏变频器，或者突变的电流引起变频器过流跳闸导致启动失败。因此使用变频模式时选择主电动机带载启动方式，即先闭合离合器，将主电动机和小齿轮连接后再启动主电动机，让主电动机带筒体转动。

变频器启动同步电动机采用带励启动的方法，即启动前先由励磁柜向同步电动机的励磁绕组提供励磁电流，然后变频器再向同步电动机的电枢绕组输出高压

电，以启动电动机，驱动半自磨机加速运行到设定转速。变频器接收到启动指令，变频会发出励磁投励指令，实现恒电流控制。完成投励后，变频能够同时发出直流吸合指令，使得电动机转子能够被吸合到指令的位置。在变频器作用下，电动机旋转，加速至 10Hz，需要注意的是在启动过程中两者均保持同步运行的方式。控制启动时电机电流，不得超过额定电流的 50%。在运行过程中，高压变频器可以接受 PLC 或者 DCS 控制系统 4 ~ 20mA 控制指令，对电机转速做出相应调节。

2.2.2 工频启动，恒速运行

在高压变频器维修及有故障的情况下，可采用工频启动的方式启动磨机。即闭合 KM3，断开 KM1、M2 和 QS1、QS2，通过旁路柜切除高压变频器，由 6kV 电源直接驱动电机运行。此时电机需在空载状态下启动，即启动时气动离合器应脱开，主电机不带磨机筒体启动，在励磁装置投励运行正常后，再将气动离合器合上并带载运行。在变频器停车控制方面，应采用减速停车的方式，降低电动机速度为 0，然后选择变频器实现自由停车。若磨机出现结块或矿料发生粘连，采用变频器系统监测能够有效定位磨机位置，自动将磨机运行，防止粘连，同时也对板结起到一定的预防作用。当外界发生突然停电后，变频器功率单元会被自动断开，避免功率元器件反向击穿。

3 改造效果

3.1 降低磨机胀肚引起的停给矿次数和处理成本

因为矿石性质的原因该半自磨机经常发生胀肚现象，当磨机胀肚时磨机的功率会快速攀升。磨机胀肚会造成空转、处理量降低等问题，增加磨机的负荷，影响整个磨矿系统的效率。以往对该半自磨机的胀肚的处理方法是当监测到功率上升至警戒值时减少给矿量，乃至停止给矿，等磨机功率降至警戒值之下时重新给矿。在变频改造之前，平均每月会发生 3 ~ 5 次的胀肚现象，每次都需要停止给矿，单次的胀肚处理时间约为 8h。

变频改造后，当半自磨机电机功率上升至警戒值时，首先采取调高变频电机频率的方法，再采取减处理量的方式，最后停止给矿。经过调试，基本上采用变频调速 + 减处理量即可以解决胀肚问题。该半自磨机近 6 个月未出现因胀肚现象引起的停止给矿的问题，单次胀肚处理时间缩短至约 4h。通过变频处理提升了该半自磨机处理量，也提高了整个流程的稳定性。

3.2 能够有效控制磨矿粒度，提高生产的灵活性

对 $\phi 6.4 \times 3.3\text{m}$ 半自磨机磨矿频率、功率及磨机排

料粒度跟踪记录,得到数据汇总如图2所示(按照频率增大顺序排序)。

由图3可知,随着半自磨机频率的升高,磨矿产品中-200目颗粒呈现增多趋势,而+80目颗粒呈现减少趋势,由此可知:随着磨机频率越高,排矿粒度越细,磨矿效果越好;相应的,半自磨机的实际功率也会增高。研磨介质与块矿石会随着衬板的磨损降低高度,转速也会发生一定的改变,能够使得研磨介质与块矿石保持在同一最佳位置,促进磨快效率的提升,使得衬板使用寿命延长。

经过变频改造后,通过变频调速,可以改变半自磨机的出料粒度分布,使之与下游的球磨机、渣浆泵等设备功率分配更加合理协调,从而提高了整个选厂的设备综合利用率。同时,针对矿石的可研磨性变化,变频调速技术使得半自磨机可以通过改变转速来调节排料粒度,减小因进料矿石性质的波动带来的变

化和不确定性,为系统的工艺稳定和可靠生产提供了保障。

3.3 保护设备安全,节约使用成本

(1) 通过使用变频器软启动功能,启动过程更加平滑,减轻对电网冲击和对供电容量的要求,减少启动对大小齿轮等传动机构的冲击;停机时可通过变频调速实现稳定减速的可控停机,避免了自由停车过程中大小齿轮反复出现的力矩反向的持续碰撞的机械损伤,延长了齿轮的使用寿命。

(2) 变频调速使磨机具备低速慢转、定位制动的功能,满足磨机检修和维护的需要。

(3) 使用变频器理论上可以可以将网侧电压谐波总含量可以控制在2%以内,电流谐波总含量小于2%,延长了主电机的使用寿命。

(4) 使用变频器后,高压变频器内部滤波电容作用,从而减少了无功损耗,增加了电网的有功功率,提高了

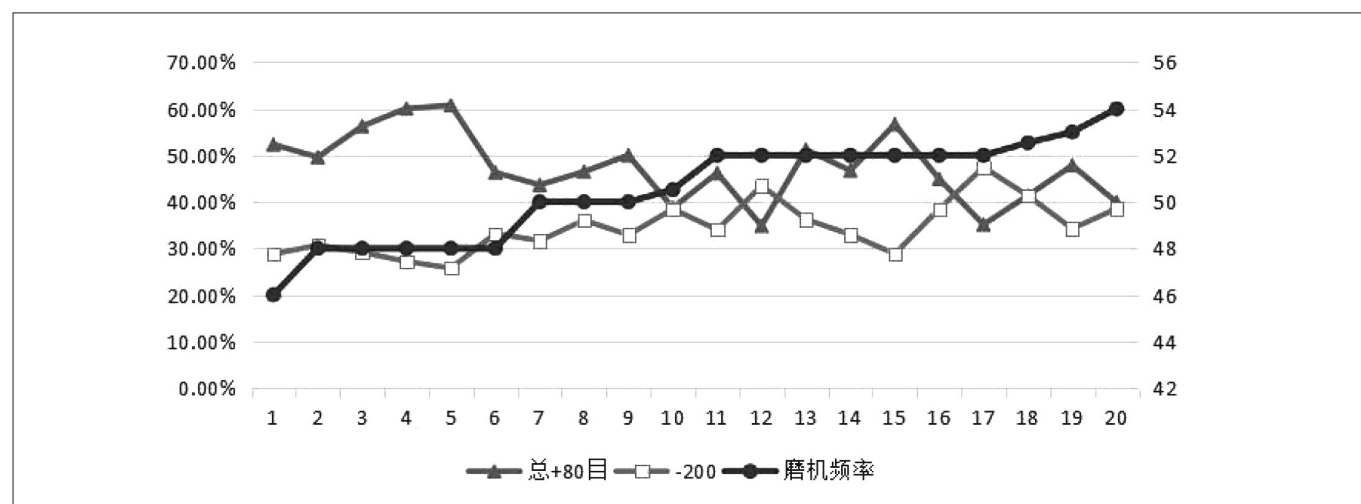


图2 $\phi 6.4 \times 3.3\text{m}$ 半自磨机频率与磨机排料粒度关系图

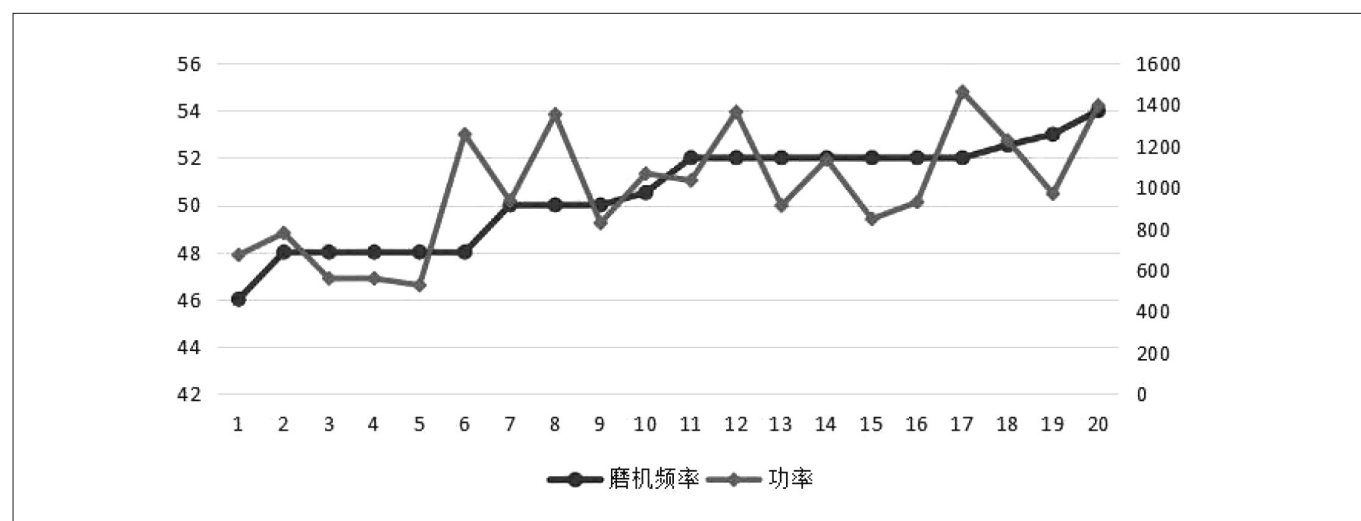


图3 $\phi 6.4 \times 3.3\text{m}$ 半自磨机频率与功率关系图

电网的功率因数。

4 结语

通过对 $\phi 6.4 \times 3.3\text{m}$ 半自磨机的动力系统的变频改造,很大程度上改善了该半自磨机因频繁出现的胀肚现象引起的停止给矿事故,增强了系统处理量的稳定性。同时,通过变频调速技术能够有效控制磨矿粒度,减少因进料矿石性质变化引起的排料粒度的变化。同时基于变频器的特性,减少了传动设备的冲击,可延长大小齿轮以及电机的使用寿命,也提高了电网的功率因数。通过变频改造,提升了整个磨矿系统的智能化和自动化水平,为进一步实现智能磨矿系统提供了基础。

参考文献:

- [1] 冯京晓,裴御鹏,张红军. 高压变频在磨机传动系统中的应用研究[J]. 变频器世界,2015(3):67-70.
- [2] 杨远坤,廖银英,黄志华,等. 高压变频调速技术在大型磨机上的应用及调试[J]. 矿山机械,2018,46(1):34-38.
- [3] 韩高翔,于小环,冯京晓. 采用高压变频器的磨机电控系统的设计及应用[J]. 矿山机械,2014(10):137-139.
- [4] 周洁,姬建钢,徐鹏,等. 变频调速在矿用磨机传动系统上的应用[J]. 矿山机械,2015(2):69-76.
- [5] 刘军祥,丁凯,刘大华. 高压变频在磨机驱动系统中应用的技术分析[J]. 变频器世界,2015(9):51+65-67.

(上接第36页)

本文通过对拖挂污泥处理设备性能、结构及应用优势进行分析,总结了拖挂污泥处理设备城市排水泵站的施工工艺及安全应用内容,将为拖挂污泥处理设备在城市排水泵站的应用提供工艺技术指导,将促进拖挂污泥处理设备广泛应用。

参考文献:

- [1] 楼成淦,朱广峰,决洋洋,等. 污泥处理设备中超声波振动系统的研制[J]. 声学与电子工程,2020(01):8-12.
- [2] 张国富. 活性污泥处理设备运行管理的优化[J]. 燃料与化工,2017,48(04):61.
- [3] 薛重华,孔祥娟,王胜,等. 我国城镇污泥处理处置产业化现状、发展及激励政策需求[J]. 净水技术,2018,37(12):33-39.
- [4] 徐建祥,池永洲,陈道雄,等. 通沟污泥湿式分级处理技术及装备的应用[J]. 中国给水排水,2019,35(04):84-88.
- [5] 污泥产业成果频出 污泥制砖通过鉴定 萧山打造国内最大污泥处理设备研发生产基地[J]. 墙材革新与建筑节能,2009(10):26.
- [6] 刘衡. 基于3dsMAX的污泥处理设备工作场景虚拟演示系统研究[J]. 产业与科技论坛,2016,15(17):48-49.

- [7] 詹俊,王培京,李现瑾,等. 农村污水设施车载式剩余污泥脱水技术与设备研究[J/OL]. 环境科学学报,2022,42(5):7-12.
- [8] 张睿,徐辉,陈毓陵,等. 斜向进流城市排水泵站进水箱涵配水均匀性的改善研究[J]. 灌溉排水学报,2017,36(12):75-80.
- [9] 李益民. 城市排水泵站的发展趋势及设备管理维护分析[J]. 住宅与房地产,2018(08):142.
- [10] 王生福,李墨爱,李大勇,等. 金锣一体化污水处理设备介绍及应用——以临沂市柳青河为例[J]. 资源节约与环保,2018(09):97-98.
- [11] 周保安. 地埋式一体化磁混凝沉淀水处理设备在工程中的应用[J]. 水科学与工程,2021(06):15-19.
- [12] 陈华,顾士杰. 城市排水泵站实现无人值守模式的关键技术探讨——以上海市为例[J]. 净水技术,2021,40(z1):257-264.
- [13] 周易军,张晔,徐礼勤. 城市排水泵站常见问题及其优化管理[J]. 水利发展研究,2013,13(10):50-51+71.

作者简介: 焦启兵(1973.12-),男,湖北兴山人,本科,研究方向:环保装备设计及运用;向代刚(1973.08-),男,湖南永顺人,本科,研究方向:机械设计制造及其自动化。