

基于板框压滤机间断卸料自动控制的应用研究

殷冠军, 赵子恒

(中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

[摘要] 在化工、制药、污水处理以及湿法冶金项目中,运用压滤机进行物理固液分离是不可或缺的工序之一。板框式压滤机在大宗物料处理、黏细物料分离中,具有极大的优势。板框压滤机压滤完成后一次性集中卸料,会对后续输送系统造成很大压力。在设计及生产实际中,一般通过控制物料工艺参数或加大输送机功率来保证固体物料连续输送,提升传输效率,避免堆料、过负荷故障发生。本文通过某项目除铁铝压滤工艺改造实例,论证通过改造压滤机滤饼间断卸料自控程序的方式来缓解后续工段压力,排除过负荷故障,为有改造需求的相关企业提供参考。

[关键词] 压滤机; 间断卸料; 优化控制; 自动控制; PLC

[中图分类号] TD462 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1003-8884(2023)02-0061-04

DOI: 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2023.02.012

0 引言

在冶金、化工、环保污水处理等工艺中,运用板框压滤机进行固液分离较为普遍。随着智能工厂理念的实践,要求设备具备更高的生产过程可控性,尽可能减少生产线人工参与。板框压滤机本体运行有自动、手动两种模式,目前新型压滤机一般采用全自动运行模式,通过一套或多套 PLC (Programmable Logic Control system, 可编程逻辑控制系统) 进行控制,全程无扰运行。

压滤机与前后工艺段结合连续控制一般由两种方式实现,一是通过压滤机本体 PLC 连接上下游设备驱动器,输出连锁控制;二是通过 OPC (OLE for Process Control, 用于过程控制的 OLE 技术) 协议、Profibus-DP、Profinet、Modbus RTU 等通讯方式,与上位机 DCS 系统进行数据通讯,输出连锁信号自动控制上下游设备。在压滤机下游设备中,承接固体渣料的运输皮带/螺旋给料机尤其重要,若其发生故障,停转或发生堆料,上游压滤机必须连锁停止运

行。

设计过程中,一般采用较大输出功率电动机驱动输送装置,以满足压滤机卸料的特殊要求。但在实际生产中,由于进料量、渣量、物料粘度、含水量等参数变化,设计选型的驱动装置负荷并不一定满足生产需要,出现堵料、电机烧毁等故障。为了保证压滤机平稳运行,使整个生产过程平稳、连续,本文通过优化压滤机自动卸料工序的控制逻辑,拆分集中卸料的瞬时负荷,实现降低频发故障的功效。同时以某项目“除铁铝压滤”子项及“产品过滤及包装”子项板框压滤机不同的改造方案作为对比,验证自控程序优化的优越性。

1 背景及问题描述

某项目为红土镍矿湿法冶金项目,进料品位约为 1% 红土镍矿,经高压酸浸氧化还原及一系列冶炼工艺后,产出含水量约为 40% 的氢氧化镍钴水合物(固体粉末)产品。其主工艺流程中,除铁铝压滤、产品过滤及包装两工段使用了原产国为芬兰的 LAROX 板框式压滤机。除铁铝压滤工段中,典型进料配方为 11 m³/次,出渣量为 3.5 t/次。

LAROX 板框式压滤机,采用先进控制系统,理论上可实现全自动运行、无人值守。其本体主控 CPU 为西门子 S7-300 系列,采用倍福分布式 IO 接口卡件。分布式子站有液压油站、门控安保、板框升

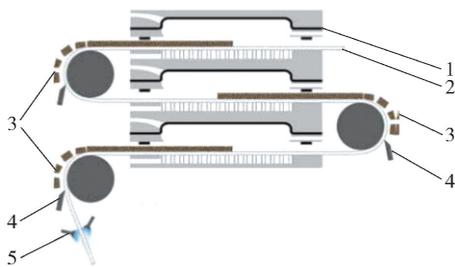
[收稿日期] 2022-11-09

[第一作者] 殷冠军(1987—),男,山东潍坊人,高级工程师,硕士,主要从事工业自动化、智能化等工作,现任中国恩菲工程技术有限公司数字智能技术公司自动化业务部主任。

[引用格式] 殷冠军,赵子恒.基于板框压滤机间断卸料自动控制的应用研究[J].有色设备,2023,37(2):61-64.

降、滤布检测、压缩空气控制及 HMI 人机交互 6 个子站,主控制器与子站之间通过 Profibus - DP 协议进行通讯。压滤机后端螺旋输送机驱动电机的控制信号集成到主控 CPU 中。其与上位 DCS 系统之间通讯也采用 Profibus - DP 通讯协议,信号上传至总控制室显示。

压滤机的运行过程分为:过滤、一次挤压、洗涤、二次挤压、空气干燥、滤饼排放。其中滤饼排放工序主要工作为:压滤机压滤成型的滤饼在干燥完成后,压滤机上的板框组件将打开,同时其滤布移动机构启动运行,滤布上的滤饼从过滤机两边排出。一般一次卸料时间为三层滤板的滚动时间,约 30 s。



1. 隔膜 2. 滤布 3. 滤饼 4. 刮刀 5. 冲洗喷头

图 1 压滤机滤饼排放示意图

某项目“除铁铝压滤”工段使用两台 PF939 型号 LAROX 压滤机(下文称为除铁铝压滤机)，“成品过滤及包装”工段使用两台 PF942 型号压滤机(下文称为产品压滤机),每台均含滤板 24 层,单次卸料分别为 3.5 t、2 t。瞬间排放的高重量滤饼(固体渣/成品)是对后续工艺螺旋输送机工作性能的严重考验,生产过程中频繁出现运输机堵料、压死和电机过负荷烧毁的情况。

为解决上述问题,产品压滤机子项依次采用以下方案解决问题:(1)更换后续工艺螺旋给料电动机,将电动机功率由 11 kW 提升至 22 kW;(2)在压滤机给料角仓与螺旋输送机之间增加泵阀,通过泵阀缓冲批量集中进料,将滤饼匀速蠕动进螺旋输送机中;(3)严格控制滤饼工艺参数,保证其湿度和粘度,以防止堵料现象发生。每台压滤机改造费用约 20 万元,工期 1 天。

为解决上述问题并节省改造成本,除铁铝压滤机在改造时,分析故障产生的根本原因,通过变更压滤机卸饼程序,将集中卸料转变为间断卸料,解决了上述故障频发的问题。

2 解决方案

2.1 故障分析

螺旋给料机堵料、压死或负荷过大乃至烧电机故障,其根本原因是短时间内大量物料集中排放,从压滤机角仓直接进入螺旋给料机受料端。可以从两种思路缓解这种情况:一是加大输送能力,二是控制单位时间出料量。第一种思路解决办法是不断提升输送机电动机功率,直至其满足压滤机卸料直至其满足压滤机运行卸料工序时,后续工段能连续无故障运行,能连续无故障运行;第二种思路有两种途径解决:一是通过改动料仓结构、添加泵阀或缓冲仓,二是优化卸料程序,延长卸料总时间。第一种思路解决方案和第二种思路改动设备物理结构的方案施工难度大,需要一定的改造空间,而卸料程序优化方案改动简单,仅需改动压滤机卸料程序,无需硬件改造。

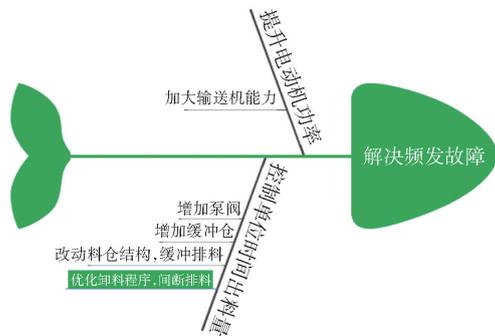


图 2 压滤机后段螺旋给料机堵料、压死故障处理思路图

2.2 优化方案

2.2.1 条件分析

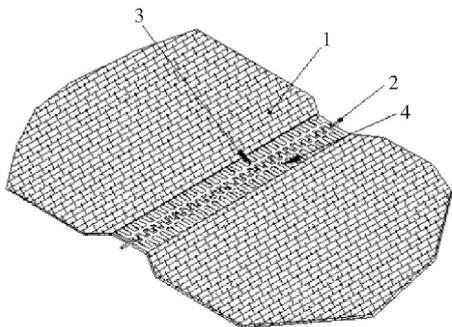
对原控制程序进行分析:压滤机在完成滤饼干燥后,启动卸饼程序。卸饼时,全部板框打开,液压站驱动滤布前进电机,使滤布向前运动。如图 1 所示,压滤机两侧滤布转动辊处均有刮刀,可把滤饼刮落,滤饼通过自重掉落在压滤机两侧的角仓中。

根据卸料原理,程序优化时需考虑以下几点:

(1)仅第一板滤饼卸料需进行间断卸料,之后两段板卸料为滤布再清理,滤饼料量很少,为压滤机工作效率考量,无需进行间断卸料。

(2)压滤机滤布通过一条金属接缝回环在一起,如图 3 所示。为保证每次压滤时,滤布接缝均位于转动辊表面,而不是在压滤舱(如图 1 隔膜与滤布之间形成的密闭空间),需通过滤布接缝检测器

和滤布前进编码器两个传感器共同计算,得出卸饼时滤布最终前进的相对距离。本文实例选用 PF939 除铁铝压滤机,单板长度为 1 440 mm、托辊半周长为 314 mm。所以每次卸饼时计算单板前进距离时以 1 754 mm 作为有效距离。



1. 滤布 2. 金属接缝 3. 金属钩 4. 强力胶

图3 压滤机滤布板其金属接缝示意图

(3)卸饼程序执行时,需考虑原连锁条件的适用性。具体为:①压滤机板框需始终处于卸饼位,卸饼插销传感器信号置 1,板框高度传感器反馈信号在允许范围内;②压滤机保护门处于闭合状态,门框传感器信号置 1;③干燥空气阀门均已关闭,阀门开到位信号置低电平,关到位信号置高电平;④模式处于全自动卸料模式。

2.2.2 变量分析

方案需选择合适的执行变量,当前进驱动电机运动时,滤布在极短的时间(约 5 ms)加速至约 0.2 m/s(记为 v ,视作匀速运动)。所以,滤布前进距离可通过时间计算,也可以通过滤布运动的相对距离进行计算。本实例中选用滤布运动相对距离变量。

(1)记单次卸饼时滤布间隔运行次数为 n 。

(2)记卸饼时滤布间隔运行时间为 t (单位 s)。

(3)设滤布当前位置为 S (滤布位置可通过脉冲编码器进行计算,根据定位辊转动的圈数、半径和脉冲数对应变换,为简化表示,本文中将滤布脉冲直接转化为 mm)。

(4)滤布卸饼程序执行时,打开板框并定位,记此时滤布相对位置为 S_1 (相对于接缝位置,单位为 mm)。

(5)记滤板长度为 L (单位 mm),本文实例为 1 440 mm。

(6)记辊筒半径为 R (单位为 mm),本文实例为 100 mm、半周长为 314 mm。

(7)单板滤布卸饼需要前进的距离为 $L + \pi R$,本文实例为 1 754 mm。

(8)计算单次相对运动距离 $(L + \pi R)/n$ 。

2.2.3 程序方案

编写滤布间断卸料执行程序:

(1)上文中,程序优化前置条件均作为间断卸料程序必要条件。全部满足后,程序使能。

(2)建立静态全局变量 m, n ,并通讯至触摸屏 HMI 及 DCS 上位机。操作员可在控制中心、现场操作屏幕修改两个参数。

(3)建立约束条件,当 $S_1 \leq S < S_1 + (L + \pi R)$ 时,跳转至新程序执行,条件不满足时,执行原程序。

(4)建立局部变量 S_2 ,记为当前滤布位置暂存位。卸饼程序启动,滤布向前运动时,将 S_1 传入 S_2 。

(5)当 $S = S_2 + (L + \pi R)/n$ 时,使用上升沿置位时间继电器,同时将当前滤布位置 S 记入 S_2 。

(6) t 时间后自复位,同时驱动滤布继续运动。

(7)循环执行至不满足第 3 条约束条件,跳出执行,进入原程序运行。

2.3 应用案例

在某红土镍矿冶炼项目中,对除铁铝压滤工况的压滤机进行间断卸料优化改进,通过试验最终选定 $m = 8$ s、 $n = 3$ 次的优化参数,压滤周期比改造前每轮多耗时 24 s。除铁铝压滤每轮工作周期约 25 min,总耗时上升约 1.6%,占比极小。

压滤机间断卸料优化程序的改进,既保证了压滤机整体运行效率的平稳性,又满足了后续螺旋给料机的负荷承受能力,极大减少了故障频次。在程序改进后,输送机压料、电机过负荷烧毁的现象基本不再发生。

相较于成品压滤及包装工况的设备改造,本文采用的方案无需考虑改造空间上的限制,没有硬件上的投资和改动,升级过程简单高效,程序下载安装和试验整体仅耗时 2 h,既节省了改造成本,又保证了生产稳定运行。

3 结语

智能设备优化控制的改进是工业企业面向未来,适应智能化、数字化发展的必然举措。在设备故障综合解决方案考评时,技术人员应选用适当节省成本的方案,或应用更合理的方案进行技术创新。本文应用间断卸料优化控制方式,改进了压滤机卸

饼控制程序,减轻了后续螺旋给料机瞬时运行负荷,极大降低了故障发生概率。本文案例应用并未改变现有系统的硬件,节省了改造成本和时间,以更加简便的方式实现工厂智能升级,对有压滤机卸料有改造需求的同类项目有借鉴意义。

[参考文献]

- [1] 孙慧. PLC在自动板框压滤机中的应用及故障分析[J]. 有色冶金设计与研究. 2014,35(4):49-51.
- [2] 张冶. 板框压滤机的故障分析与处理[J]. 中国新技术新产品,2016(5):49.

- [3] 杨志博. 板框压滤机常见故障分析与排除[J]. 辽宁科技学院学报. 2013,15(3):36-37+65.
- [4] 周芳达. 板框压滤机故障分析及处理思考[J]. 中国机械,2019(16):137-139.
- [5] 张小军,贺雄雄. 板框压滤机电气控制系统的改进[J]. 聚氯乙烯,2017,45(4):35-36.
- [6] 李畅. 板框压滤机工艺优化及自动化控制[J]. 中国化工贸易,2019,11(33):84.
- [7] 田磊,武思拓. 板框压滤机螺杆泵进料过程分析[J]. 山东工业技术,2018(17):35+15.

Research on the Application of Automatic Discharge Control based on Plate and Frame Filter Press

YIN Guan-jun, ZHAO Zi-heng

Abstract: In chemical, pharmaceutical, wastewater treatment, and hydrometallurgical projects, the use of filter presses for physical solid-liquid separation is one of the indispensable processes. Plate and frame filter presses have incomparable advantages in bulk material processing and separation of sticky and fine materials. After the plate and frame filter press action finished, the centralized discharge of the material will cause great pressure on the subsequent conveying system. In designing and actual production process, generally using controlling the process parameters of the materials, or increasing the power of the conveyor to ensure the continuous transportation of solid materials, improve the transmission efficiency, and avoid stacking and overload faults. In this article, through the example of modification demonstration in a project 'iron and aluminum filter press' process, to relieve the follow-up process pressure, and eliminate the overload fault by modifying the automatic control program of the filter cake's discontinuous discharge, for reference by similar enterprises in the case of reform needs.

Key words: Filter Press; Intermittent Discharge; Optimized Control; Automatic Control; PLC

