

带式输送机变频节能调速控制系统研究

刘 杰 (西山煤电集团有限责任公司辽源矿, 山西 太原 030000)

摘要: 带式输送机由于其运输距离远、运量大在煤矿井下得到广泛应用,但在实际运行工况下带式输送机由于采用传统的驱动方式,能耗高,易发生故障,运行效率低。为提高带式输送机的运行效率,本文基于 PLC 变频器设计提出带式输送机变频节能调速控制方案。并对系统的硬件、软件设计进行阐述,现场实践效果良好,为矿井带式输送机的改造提供参考。

关键词: 变频调速; PLC 控制器; 功率平衡; 运行效率

带式输送机由于其运距长、运载能力大,在矿山企业得到广泛应用。但是传统的带式输送机采用恒速运行,易发生低载高速甚至空载高速运行的现象,造成电能的严重消耗,运行效率低。随着带式输送机的运载能力的提升,其耗电成本占生产费用的比重也在增大。鉴于煤矿开采过程中的采煤量不是恒定值,易导致带式输送机在实际运行工况下存在满载、空载的现象,当满载时带式输送机的效率就高,反之较低,所以改善带式输送机运输速度与载重的配比情况对于提升带式输送机效率,降低运输成本非常重要。本文基于 PLC 变频控制器设计了带式输送机的变频调速控制系统,有效降低输送机的能耗,提高运行效率。

1 变频调速控制系统的软件设计

针对矿用带式输送机实际运行工况下存在大马拉小车,能耗高、运行效率低的问题,对变频控制系统进行研究,带式输送机的运行速度与带式输送机的能耗呈现正相关的关系,在实际运行过程中,降低带式输送机的运行速度能够达到降能的目的。在带式输送机运行过程中影响其运行速度的因素有许多,如运载量、皮带的宽度等。当运行速度降低时,此时的带式输送机的线密度增加,此时皮带需要的张力增大,当张力不足时会造成设备的损坏,所以在降低能耗的同时又能保障带式输送机的正常工作是本文研究的目标。带式输送机运量与运行速度间的关系如下公式所示:

$$v = \frac{Q}{3.6q_m}$$

公式中:

Q- 带式输送机运载量, kg;

v- 运行速度, m/s;

q_m- 带式输送机的线密度, kg/m。

所以在不同阶段内带式输送机的运输量是不同的,所以通过检测设备负载情况进行速度的自动控制,从而实现带速与载重量的匹配。进行带式输送机变频控制的前提需要设计 PLC 智能调节器, PLC 根据采集到的运行数据进行逻辑运算,从而给出带式输送机的运行速度,带式输送机的驱动装置选定为变频驱动。变频控制系统主要由控制单元、执行单元及检测单元组成,其中控制单元为整个控制系统的核心,检测单元为系统控制的基

础,执行单元为系统控制的保障。

PLC 控制程序需要包括电机的控制程序、煤量的控制程序、节能调速控制程序、预警控制程序等。PLC 控制主程序如图 1 所示。

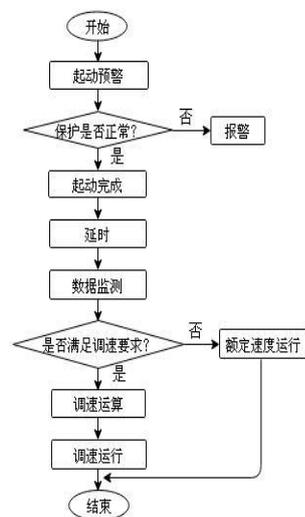


图 1 PLC 控制主程序流程图

从图 1 可以看出, PLC 控制主程序运行过程为先行启动预警,对系统保护状态进行检测,当发现问题时,系统自动报警,没有发现问题系统启动,启动为延迟启动,启动后对电机的运行状态进行检测,当无需调速时,此时带式输送机以恒定速度进行运行,当检测出存在功率和运载量不匹配情况时, PLC 控制程序经过逻辑计算输出合理带速,系统进行带速调节,带式输送机保持变频运行,直至结束工作。

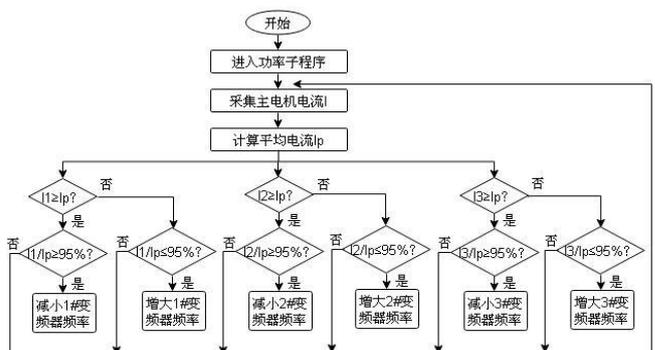


图 2 功率平衡程序控制流程图

功率平衡子程序是解决功率平衡重要的程序,其通过采集电机的运行信号进行分析,确定是否需要调节功

率,当需要调节功率时,程序自动对频率进行调节,从而实现功率调节的目的,功率平衡程序控制流程图如2所示。

从图2可以看出,功率平衡程序启动后,系统自动采集电机的电流信号,系统计算平均电流 I_p ,分别比较变频器电流与平均电流的大小,当变频器的电流与系统平均电流的比值大于95%时,此时降低变频器的频率,比值小于95%时增大变频器的频率,系统持续保持循环运行,保证达到功率平衡。

节能调速子程序是系统对运煤量及带式输送机运行速度信号进行采集、分析、处理,给出两者相互匹配的运煤数值,节能调速子程序流程图如3所示。

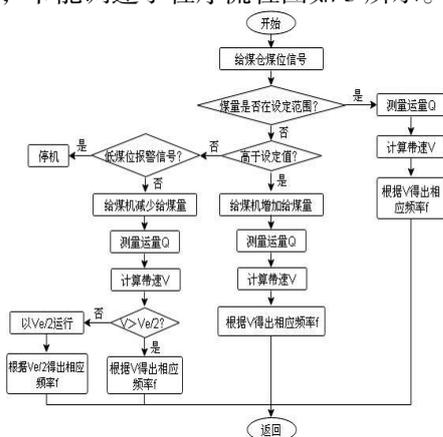


图3 节能调速子程序流程图

系统从开始运行后先对煤仓的煤位进行检测,检测煤量是否在设定的范围内,当煤量在设定范围内时,系统对运量进行检测,给出带速,实现节能控制,当煤量不在设定范围内时,检测是低于还是高于设定值,从而得出给煤机的装煤量,系统反复运行,实现节能调速控制。

2 变频调速控制系统的硬件选型

根据实际运行工况,对变频调速控制系统进行设计,变频器作为控制执行设备,其主要作用是将接收到的PLC信号进行识别,将信号转化为不同的输出频率作用于带式输送机的电动机上,从而实现带式输送机的变频调速。本文从安全的角度进行考虑选定MVG-2000/10/6k型变频器作为本文设计的调速装置,MVG-2000/10/6k型变频器具有过电流、过电压、过热和电机过载等保护功能,系统选用两条带式输送机,每台带式输送机选用3个变频器,所以系统共有6个变频器。变频器额定容量为2000kVA,额定的输入电压为10kV,额定的输出电压为6kV。

PLC控制是整个控制单元的重要部分,PLC主要用于采集运行状态信息及输出控制信号,系统的PLC控制器选用ControlLogix5000 1756控制器,ControlLogix5000 1756控制器具备可编程功能,其主要是由电源模块、核心CPU、通讯模块、模拟输入、输出模块和I/O模块等。

对综合保护装置进行选型,选定KTC101-Z作为综合保护装置,KTC101-Z综合保护装置具备瞬时停车方

式、设备互锁及信号联系,能够实现带式输送机的跑偏、打滑、撕裂及电机故障等事故的及时报警。KTC101-Z综合保护装置是矿井专用的集控系统,系统内部嵌入现场CAN总线技术和PC104控制,采用7芯一线就可实现所有功能。对带式输送机的PLC控制软件进行设计,选用编程软件RSLogix5000,对组态及监控进行编程,使得上位机通过界面就可实现故障的识别与监控,发生故障后,可以立即定位发生故障的位置,当发生故障较大,影响整体系统运行时,此时系统立即停止运行,进行故障的排处,完成故障排处后,带式输送机恢复运行,当系统故障较小,不影响整体运行时,此时带式输送机发出故障报警后继续运行,不影响带式输送机的整体效率。

3 运行效果分析

为验证优化后带式输送机的运行效果,本文对运行工况进行监测分析,经过优化后带式输送机能够实现带速的变频调节,节约电能约45%,平均每台电机可节省功率2.4kW左右,工作日按300d计算,则矿井每年可节省的电费为 $300 \times 24h \times 2.4 \times 1 = 1.728$ 万元(电费按照1元/kW·h)计算,节能效果理想。

同时,有效降低工人的劳动强度,减少运行时对皮带的磨损,提升了整体系统的稳定性与可靠性,为矿井开采成本的降低做出一定的贡献。

4 结论

本文通过分析带式输送机带速与运载量之间的关系,对带式输送机的变频控制系统进行设计分析,给出了PLC控制主程序、功率平衡子程序、节能调速子程序的控制流程图及其工作原理,并对系统变频器、PLC控制器及综合保护装置的选型进行分析,给出了带式输送机的变频控制系统,通过现场实践验证了系统的可行性,为矿井带式输送机的高效运行提供一定的参考。

参考文献:

- [1] 雷汝海,赵强. 矿井带式输送机节能优化与智能控制系统研究[J]. 煤炭技术,2017,36(012):184-186.
- [2] 白田红. 矿井带式输送机节能优化与智能控制系统的设计与应用[J]. 煤矿现代化,2019,15(05):162-164.
- [3] 刘欢. 基于PLC的带式输送机节能控制系统研究[J]. 能源与环保,2019,41(03):154-156.
- [4] 李威. 基于节能需求的矿井带式输送机智能控制设计探讨[J]. 中国机械,2019(02):13-15.
- [5] 余东,黄萌. 基于PLC的煤矿带式输送机智能监控与节能保护系统设计[J]. 煤矿机械,2018,41(5):4.
- [6] 郑慧. 井下带式输送机用变频调速技术的研究[D]. 济南:山东科技大学,2005.
- [7] 李剑峰. 煤矿带式输送机变频调速技术的研究与应用[J]. 变频技术应用,2014,29(02):88-93.
- [8] 刘士栋,徐清波. 变频调速技术分析及其在煤矿带式输送机中的应用[J]. 中国煤炭,2006,32(03):44-46.
- [9] 杨晋华. 变频调速技术在煤矿带式输送机中的应用及分析[J]. 山东煤炭科技,2017(12):117-119.