

基于变频控制系统的矿井带式输送机节能技术研究

梁 杰 (西山煤电集团有限责任公司西铭矿, 山西 太原 030053)

摘 要: 西铭矿为了解决带式输送机运输过程中存在大马拉小马的情况, 以带式输送机控制系统为研究对象, 对带式输送机的变频控制系统进行研究, 通过分析带速与运载量之间的关系, 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, 对系统硬件如变频器、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, 并通过现场实践验证了设计的可行性, 为矿井生产成本的降低提供了依据。

关键词: 带式输送机; 变频控制; 控制程序; 现场实践

1 前言

带式输送机作为煤矿井下的主要运输工具, 随着煤矿采掘规模的不断加大, 带式输送机逐步向着大跨距、大运量方向发展。为提高带式输送机的运载能力, 其耗电成本也大幅增加, 耗电成本占生产费用的比重也在增大^[1-2]。由于我国地质条件的不均匀性, 使得在进行煤矿开采过程中的采煤量不是恒定值, 所以带式输送机在运输过程中存在满载和空载的情况, 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, 降低运输成本十分重要^[3-4]。本文基于变频器对带式输送机的控制系统进行优化设计, 为带式输送机速度与载重的协调做出一定的借鉴。

2 变频节能控制系统的软件设计

针对矿用带式输送机这种大马拉小马的情况, 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 为带式输送机运载量, kg; v 为运行速度, m/s; q_m 为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。

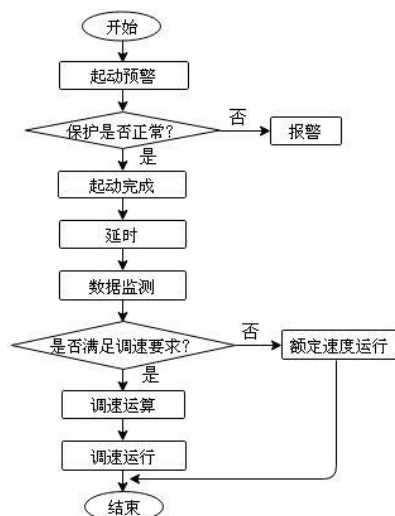


图 1 PLC 控制主程序流程图

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。

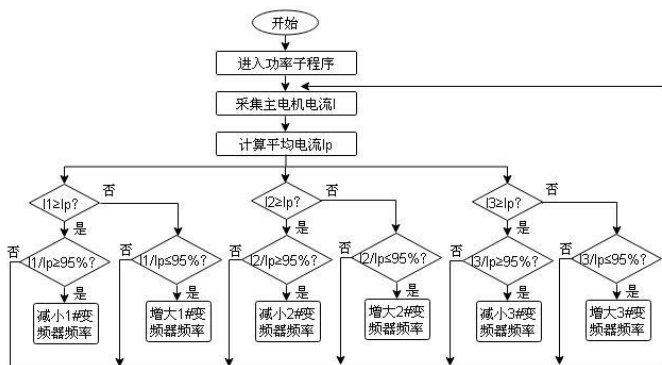


图 2 功率平衡程序控制流程图

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。

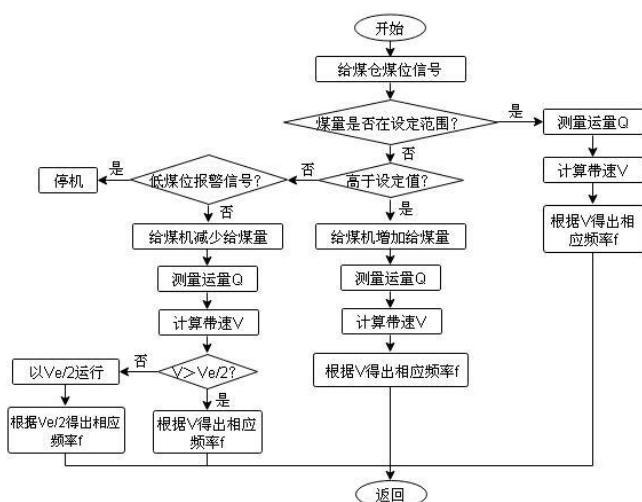


图 3 节能调速子程序流程图

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。

3 系统硬件设计



图 4 变频器实物展示图

根据实际情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, 变频器实物如图 4 所示。

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。

将优化后的带式输送机变频控制系统进行应用后发现, 经过优化后, 带式输送机能够实现带速的变频调节, 通过应用得出优化后的带式输送机变频系统有效解放了人工劳动强度, 提升了工作效率, 降低了带式输送机皮带的磨损, 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 结束语

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] 李万魁, 刘辉, 聂凯. 基于滑模观测器的煤矿带式输送机用永磁同步电动机控制系统研究 [J]. 矿山机械, 2021, 49(04): 37-41.
- [2] 郭丽丽. 煤矿带式输送机综合监控系统的设计与应用 [J]. 矿业装备, 2021(02): 262-263.
- [3] 陈健健. 同步变频驱动控制技术在带式输送机中的应用 [J]. 山东煤炭科技, 2021, 39(03): 139-141.
- [4] 杨引锁. 带式输送机节能调速控制系统研究 [J]. 煤矿机电, 2020, 41(06): 78-81.