矿井带式输送机变频调速技术的研究与应用

鲁亚光（山西西山煤电福利有限公司，山西　太原　030053）

摘　要：针对采用液力耦合器驱动的矿井胶带输送机在启动时瞬时电流大，对设备冲击较大，电机驱动功率不平衡等问题，设计了胶带输送机变频调速节能控制系统。系统采用基于 PLC 的变频调速控制器替代传统液力耦合器驱动装置，提高控制精度，实现电机转矩平衡，有效降低设备启动时瞬时电流大、机械冲击强的问题，实现了胶带输送机变频调速的节能运行。

关键词：胶带输送机；变频器；液力耦合器；PLC 控制程序

1 引言

胶带输送机作为煤矿井下的主要运输设备，在矿井的生产过程中发挥重要作用。随着矿井机械化程度的不断提高，胶带输送机逐渐向自动化，智能化和节能方向发展。目前，我国部分矿井胶带输送机的软起动装置大部分采用液力偶合器驱动，设备启动时瞬时电流大，在起动过程中会产生强大冲击力，导致机械部件磨损严重甚至损坏；同时，导致胶带输送机的运量不足，长期处于“大马拉小车”的状态。为此诸多学者开展相关研究。毛宝霞，赵金明[1]针对带式输送机在启动过程中产生电流大、功率不平衡等问题，设计 PLC 变频调速控制系统，保障设备的高效节能运行。本文采用 PLC 变频调速控制器对胶带输送机的控制系统进行优化设计，为煤矿胶带输送机控制系统的优化改造提供技术参考。

2 PLC 变频驱动控制的技术特点

实现了胶带输送机系统的软起动；胶带输送机采用多电机驱动时，采用主从控制，实现电机功率平衡；降低了启动时瞬时电流和启动冲击力；根据运输负载轻重自动调节皮带速度，节能同时还减少对皮带磨损。

3 控制系统的控制程序设计

通过对胶带输送机的变频控制系统研究发现，输送机的运行速度与能耗呈现正比例关系。在实际运行工况下，通过降低胶带输送机的运行速度能够降低能耗。运载量、皮带的宽度等都会影响胶带输送机的运行速度。当运行速度降低时，此时的胶带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胶带输送机的正常工作是本文研究的目标。胶带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– 胶带输送机运载量，kg；v– 运行速度，m/s；q_m– 胶带输送机的线密度，kg/m。所以在不同阶段内胶带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。

进行胶带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，从而给出胶带输送机的运行速度，胶带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 控制主程序运行过程为先进行启动预警，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，此时胶带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，胶带输送机保持变频运行，直至结束工作。

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 1 所示。

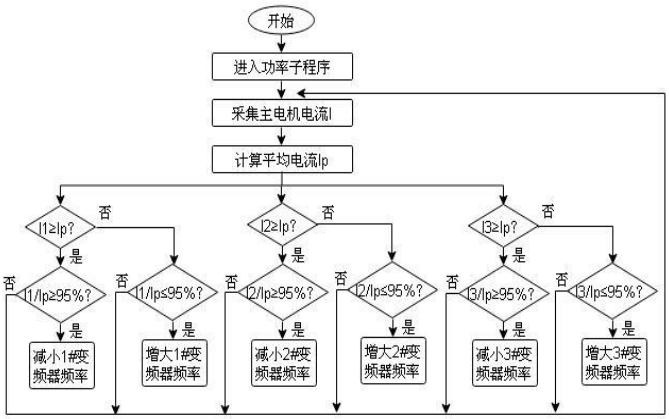

图 1　功率平衡程序控制流程图

从图 1 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胶带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行数值。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]。

4 控制系统硬件的设计选型

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胶带输送机的电动机上，从而实现胶带输送机的变频调速。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，系统选用两条胶带输送机，每台胶带输送机选用 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[3]。

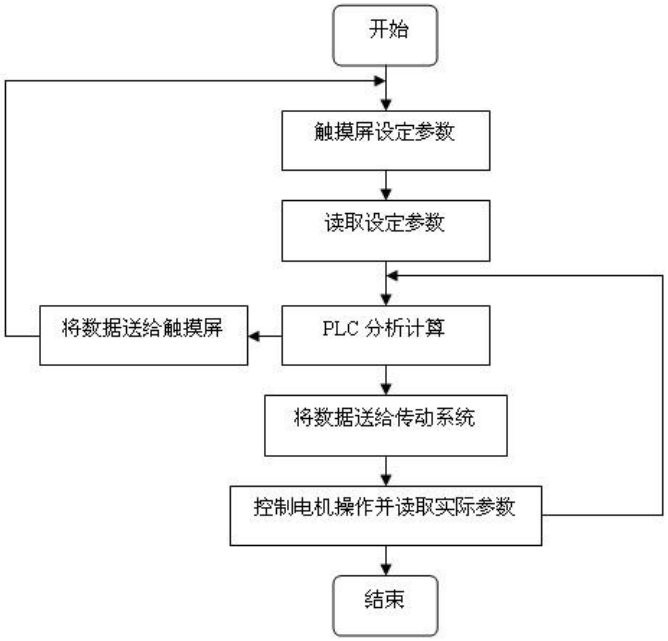

图 2 软件流程启动流程图

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，能够实现胶带输送机的跑偏、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 [4]。软件流程启动流程图如图 2 所示。

对胶带输送机的 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，胶带输送机恢复运行，当系统故障较小，不影响整体运行时，此时胶带输送机发出故障报警后继续运行，不影响胶带输送机的整体效率 [5]。

5 效果分析

胶带输送机的控制系统采用基于 PLC 变频控制器优化改造后研究发现，胶带输送机能够实现带速的变频调节，通过应用得出优化后的胶带输送机变频系统有效解放了工人的劳动强度，提升了运量和工作效率，降低胶带输送机皮带的磨损，节能效率提升 25%，保证了整体系统的安全稳定性运行，为矿井的高产高效运行做出一定的贡献 [6]。

6 结论

本文通过分析胶带输送机带速与运载量之间的关系，对胶带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，给出了胶带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，为矿井胶带输送机的高效运行提供一定的参考。

参考文献：

[1] 毛宝霞，赵金明．变频调速控制系统在煤矿带式输送机上的应用 [J]. 矿山机械，2007(004):145-146.

[2] 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，2017,000(012):117-119.

[3] 李剑峰．煤矿设备防爆变频调速技术的研究与实践 [J]. 变频器世界，2016,000(002):39-43.

[4] 王爱军．带式输送机变频节能控制技术的研究与应用 [J]. 水力采煤与管道运输，2017,000(001):26-31.

[5] 朱荣贵．变频技术在带式输送机运输系统中的应用研究 [J]. 山东煤炭科技，2016(9):145-146.

[6] 周凯．变频调速技术在带式输送机中的应用研究 [J]. 华东科技：学术版，2013,000(011):13-13.