

带式输送机控制系统中 PLC 技术的应用

郑 璐 (晋能控股煤业集团有限公司晋华宫矿, 山西 大同 037003)

摘要: 在煤矿生产工作当中, 带式输送机是一种较为重要的运输设备, 其工作状态对于矿井的工作效率有着直接影响。本文基于 PLC 技术, 采用模块化理念对于带式输送机进行改造, 开发出一套控制系统, 以改善传统带式传动机电机启动中诸如冲击力大、功率不平衡、可靠性差等方面的问题。经过优化后, 带式输送机的运输效率得到了显著提升, 并且能够根据实际情况进行自动功率调节, 让设备损耗得到了降低, 进而延长了设备的使用年限。

关键词: 带式输送机; PLC 技术; 系统设计

Abstract: in the coal mine production work, belt conveyor is an important transportation equipment, its working state has a direct impact on the efficiency of the mine. In this paper, based on PLC technology, the modular concept is used to transform the belt conveyor, and a set of control system is developed to improve the problems of traditional belt drive motor starting such as large impact force, power imbalance and poor reliability. After optimization, the transport efficiency of the belt conveyor has been significantly improved, and the automatic power adjustment can be carried out according to the actual situation, so that the equipment loss is reduced, and the service life of the equipment is extended.

Key words: belt conveyor; pLC technology; system design

带式输送机设备是井下煤矿生产中的关键运输设备, 设备的运输效率直接关系到矿井的生产能力。为了能够让矿井输送的效率质量得到保证, 就需要带式输送机能够以较大运量、长距离和高功率的条件实现运输工作。传统的电机启动式带式输送机的工作过程中, 由于其存在功率不均衡、冲击力较大的问题, 导致设备的可靠性受到了一定的影响, 这就需要对设备进行必要的电气化改造。PLC 控制系统可以让带式输送机能够在较为恶劣的工况下有效地监控设备的实际运行情况, 保证输送机设备处于最佳荷载状态, 进而让矿井的运输安全得到保障。

1 带式输送机原理和 PLC 技术的优势

1.1 带式输送机工作原理

带式输送机是一种通过挠性输送带来作为牵引件的连续输送设备, 而完成对物料运输。输送带一方面是牵引结构, 另一方面又是承载结构, 通过托辊的旋转作用来完成运输, 因而运行阻力并不大。在电机驱动的作用下, 主动滚筒旋转, 并且通过主动滚筒和输送带之间的摩擦力来推动设备的持续运行, 在物料达到顶端之后, 就由于输送带换向而自动卸载。而加装专门的卸载设备也可在终端任意部位完成卸载。如图 1 所示, 为带式输送机结构示意图。

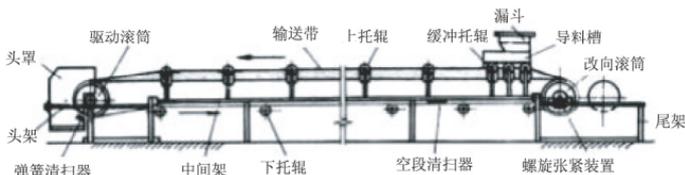


图 1 带式输送机结构示意图

1.2 PLC 控制器的优势

PLC 可编程计算机控制器的技术推广有效提高了工业自动化发展水平, 通过可编程控制技术, 可以有效地

替代继电器, 来完成对设备的逻辑控制器控制, 近年来随着计算机控制设备发展水平的不断提高, PLC 功能也越发完善, 现在已经实现了对逻辑控制器功能的超越, PLC 使用分时多任务功能, 可以有效实现实时控制和操作。PLC 是一种在生产过程中应用的数字运算操作电子设备, 在内部具有可编程程序, 从而实现储存执行、逻辑运算以及顺序运算等多种功能, 通过显示设备来完成模拟输入输出, 实现对生产过程的有效控制。编程控制器系统一般来说可以和工业控制系统进行整合, 为扩展提供了便利。应用于工业控制计算机中的 PLC 系统, 主要元件大致有 CPU、I/O 模块等。可编程控制器设备的特点在于以下三个方面: 第一, 具有良好的抗干扰能力, PLC 应用了较大规模的微电子集成电路, 可以有效地抵御外界干扰, 优秀的 PLC 控制产品可以实现 30 万 h 的无故障运行, 让停机检验时间得到了有效缩减; 第二, 可编程控制器具有极强的适应性, 近年来我国工业化生产中的自动化水平得到了显著提升, 所以 PLC 的功能也更加多样, 可以和工业控制设备进行整合, 从而提高了设备的适用能力; 第三, 编程控制器的操作更加简单, 通过编程语言和继电器电路图样梯形语言结构进行整合, 就可以让对继电器操作熟练的工作人员能够快速理解编程语言。具体来说, 其优势体现在以下几个方面:

1.2.1 硬件设备具有较强的通用性

PLC 硬件有着较强的产品标准化特点, 其产品类别较为丰富, 可以应用于多个生产过程, 具有较强的硬件功能, 适配多种产品类型, 可以为各种范围大小的控制系统进行构建。一般来说, 只要在 PLC 终端上接入信号组件就可以完成 PLC 控制系统的搭建, 而需要对控制系统进行更改, 则只需要变换控制器修改程序即可, 通过输入和输出组件和应用软件的不同, PLC 硬件设备就可

以实现对于不同选定目标的控制。

1.2.2 较高的可靠性和完备的功能

由于计算机拥有较为强大的数据处理能力，但是抗干扰能力上存在不足，因而在煤矿生产工作当中，很容易受到电磁干扰、电压变化的影响，与此同时机械振动和环境湿度变化也会在较大程度上影响计算机的运行情况，产生威胁。电气控制系统拥有较强的抗干扰能力，但是由于机械触点较多，所以使用寿命和稳定性都受到了较为严重的影响。而PLC长期运用了微电路继承技术，采用无触点的电路继承元件，而继电器操作则被软件操作所取代，具有较长的使用寿命和安全可靠性，通过实践可以确定，PLC控制系统可以实现5万h以上的无故障运行实践。由于PLC技术在硬件和软件抗干扰能力上存在的优势，可以给适用于各种环境的生产作业，除此之外也拥有故障纠错的使用功能。

1.2.3 便于维护的接口结构

由于PLC控制接口的设计是参照工业控制设计标准来进行的，因而在过载能力上存在优势，接口电路也是基于模块化结构进行设计，给后续维护提供了较大的便利。除此之外，PLC拥有带电插拔输出输入模块，在故障模块更换的过程中无需停机，从而让排障时间得到了较大的缩短。

1.2.4 功耗较低

例如小型PLC设备的输入输出接口有128个，而继电器则有600个接口，其接口数量明显更少。重量仅为2kg，空载功耗为1W，这仅仅相当于继电器控制系统的十分之一。PLC控制功能可以较为清晰地掌握现场信号的实时情况，显示控制系统工作状态，给工作人员监控操作带来了较大的便利。

1.2.5 逻辑控制器编制简单

PLC设备的设计思想是面向使用者的，对于工作人员的使用习惯给予了充分的考虑，PLC应用较为简单的梯形图方式和工业控制思维来完成编制，同时编程语言较为简单高效，大大降低了工作人员的掌握成本，能够更为快速地对程序进行编辑和修改。

2 PLC技术的具体应用

2.1 系统设计

如图2所示，为基于PLC的带式输送机控制系统设计示意图。不难看出，该带式输送机的控制模式为三电机驱动，具体分布为1台位于机头，2台位于机尾，采用三台变频器分别进行驱动，与此同时也应用变频驱动装置及时采集设备的运行数据，传输到PLC控制器当中。作为变频驱动装置的控制依据，通信模式选用Profibus-DP总线通信。本台带式输送机机身中也装设有速度传感器设备，可以按照特定频率来将带速进行采集，并且向PLC控制器完成传输。在带式输送机机身的制定位置则装设有承重设备，配有传感器，以便PLC系统及时获取动态荷载情况。保护器传感设备可以实现多种功能，如跑偏检测、打滑检测等，并且可以控制带式输

送机完成远程控制功能，进行停止操作。PLC控制器将Profibus-DP总线通信模式中的全部数据都发送到远程控制平台当中，并且接受指令完成相关操作步骤。

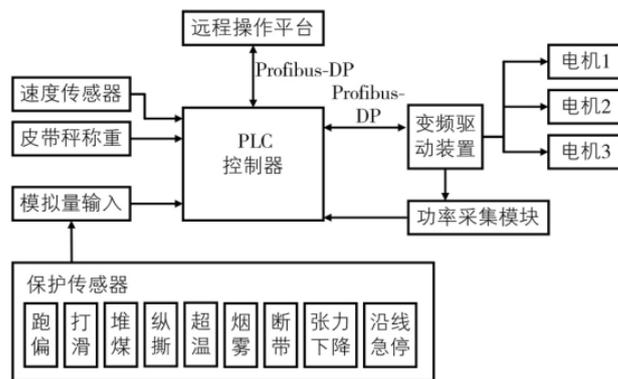


图2 硬件结构示意图

2.2 硬件选型

结合本带式输送机控制系统的实际功能需求和性价比方面的考虑，PLC控制设备的选型为西门子s7-300型，该设备具有较强的灵活性，该设备可以结合使用功能的不同来选用不同拓展模块，采集分布式I/O模拟量信号；S7-300型设备具有更短的循环周期，同时处理速度较快，拥有更强大的指令及功能，除了Profibus-DP通信之外，也具备了Modbus和CAN总线通信模式，具有较为多样的扩展模块。

应用的变频器设备为西门子ACS-1000中压变频器设备，该类设备的输出滤波装置性能较好，和本系统选定的S7-300PLC设备拥有较好的契合度。

跑偏传感器则选择了KG-1007A-1型，开关常闭，一旦输送带跑偏角大于 θ_{fir} 则确定为一级跑偏，而跑偏较大 θ_{sec} 时，则为二级跑偏，都可结合实际情况进行修正。堆煤传感器选用KG1006型物料探测传感器，在测点煤料的高度高于阈值，则直接进行语音预警。

打滑保护传感器选型为KG5007A，其是一种四线制传感器，电流输出线号为4-20毫安。一旦传感器探测到输送机带速低于设定阈值，则判断驱动滚筒和皮带之间出现了打滑问题，即可发送报警。

所选用的超温传感器为WZP-T温度传感器，该传感器应用三线制输出模式。如果传感器检测到皮带温度达到第一阈值，则可触发PLC控制开启喷雾装置用于降温；如果温度进一步上升到第二阈值，则直接发送超温报警信号，并直接关停设备。

所选用的纵撕传感器型号为DJSBY-1型，一旦发现带式输送皮带表面出现破损，则煤料可以直接从缺口掉落到纵撕传感器上，煤料达到足够数量，纵撕传感器即可发出信号，向PLC控制器发出信号，进行停机检修。

2.3 软件设计

由于带式输送机以PLC技术来完成自动化控制，需要配套相应的软件平台才能实现如图2所示的相关功能。在梯形图编制的过程中，需要结合带式输送机控制系统的功能，来将梯形图程序分为多个模块，包括有主控制

模块、模拟量和数字量输入模块、变频驱动模块等等，具体模块示意图如图 3 所示。

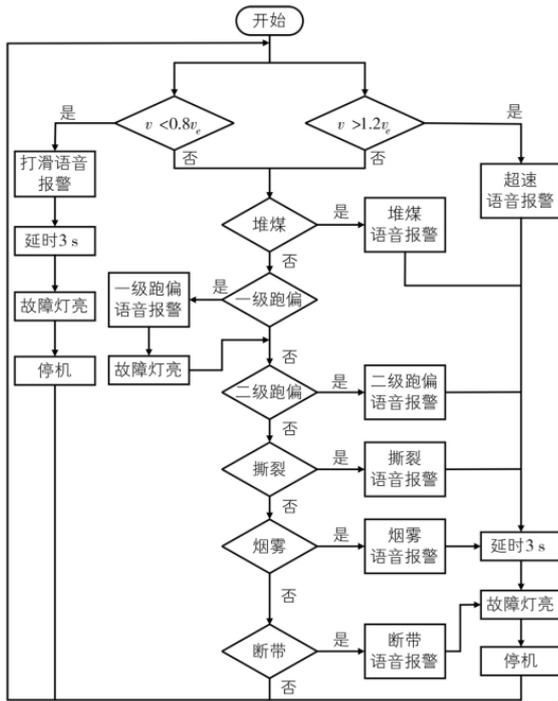


图 3 保护模块程序设计流程

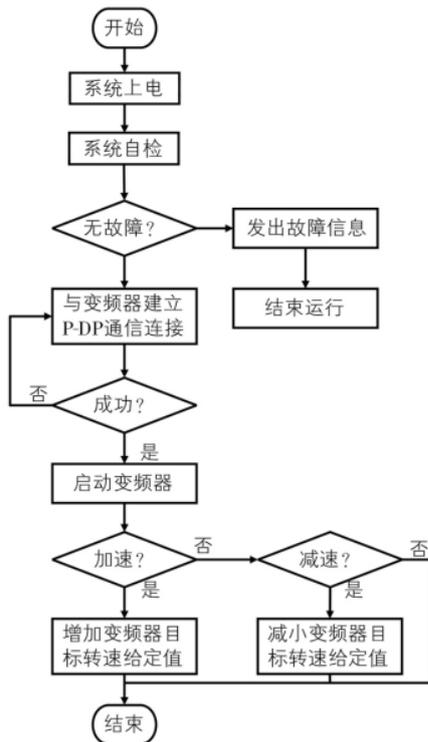


图 4 变频控制流程

在带式输送机系统保护模块设计流程图中， v_e 是指带式输送机所设定的预设带速，一旦速度小于 $0.8v_e$ ，则打滑传感器开始工作，开始发送报警信息，其后 3 秒故障灯亮起，完成停机操作；在速度大于 $1.2v_e$ 时，则认为出现超速现象，超速传感器工作，启动语音告警，亮起故障灯，3 秒后即可发送停机信号实现停机操作。同时 PLC 控制系统还可以通过其他传感器实现更为多样的功能，判断是否存在堆煤、是否出现跑偏、撕裂，是

否存在断带等方面的故障，一旦出现故障，则可立即进行停机操作，并发出告警信息，通知工作人员前来处置修理。

如图 4 所示，为带式输送机控制系统机头机尾部位电动机的变频控制流程，在控制系统通电，在通过自检，且无故障可以正常运行的情况下，PLC 控制器即可建立和变频器之间的通信连接，本设备的通信连接性是为 Profibus-DP 通信连接模式。控制器可以基于带式输送机的实际载荷情况，对变频器的速度进行动态控制，以避免系统空载、过载等问题，最大程度上提高了电能的利用率。在系统运行后进行了为期一个月的监测，实践证明，该 PLC 系统可以对于带式输送机工作状态实现较为准确的判断，实现了自动化控制功能。

3 总结

基于 PLC 控制技术来对带式输送机进行了技术优化，让设备的控制系统得到了较大程度的简化，系统运行稳定性更强，同时操作简单，让控制可靠性得到了提升，这些都有效地提高了设备安全稳定性，并且控制了输送带在启动和关停过程中对于电网所造成的冲击。该控制系统已经在井下、井上多条带式输送机上投入应用，实践表明，其可以有效提高设备的运行稳定性，降低设备运行风险，对于煤矿安全生产而言起到了较大的积极作用。

参考文献：

- [1] 李勇, 苏恒瑜, 马曙. 矿用带式输送机传动滚筒静力学分析及其结构优化研究 [J]. 能源与环保, 2021, 43(10): 294-299.
- [2] 申延凯. 选煤厂带式输送机节能降耗优化改造研究 [J]. 山东煤炭科技, 2021, 39(10): 134-135+140.
- [3] 寇振捷. 基于 PLC 的矿用带式输送机控制系统的应用分析 [J]. 机械管理开发, 2021, 36(06): 238-239+255.
- [4] 陈韦华. 基于液力耦合器的带式输送机启动特性优化研究 [J]. 机械管理开发, 2021, 36(05): 45-46+90.
- [5] 姚鑫奇. 带式输送机线摩擦驱动增压装置的研发 [D]. 太原: 太原科技大学, 2021.
- [6] 杜旭良. 皮带输送机控制电路原理与故障维修 [N]. 电子报, 2020-03-15(005).
- [7] 武新超. 基于 OMAP-L138 的嵌入式带式输送机减速器数据采集及分析系统 [D]. 北京: 中国矿业大学, 2018.
- [8] 卢岩. 工况因素对带式输送机压陷阻力影响规律的研究 [D]. 北京: 中国矿业大学, 2017.
- [9] 王瑜, 王温栋. 煤矿带式输送机智能控制系统设计与应用研究 [J]. 能源与环保, 2021, 43(10): 276-281.
- [10] 王圣冰. PLC 技术在带式输送机控制系统中的应用 [J]. 矿业装备, 2021(05): 32-33.

作者简介：

郑璐 (1994-)，山西大同人，男，2017 年毕业于山西农业大学信息学院，电气工程及其自动化专业，本科，助理工程师。