

矿井带式输送机智能控制系统设计与应用研究

朱杨帆（山西焦煤西山煤电股份有限公司马兰矿，山西 古交 030205）

摘要：煤矿带式输送机的核心部分是输送皮带，输送皮带的成本十分昂贵，因此撕裂检测技术在输送机上的应用显得尤为重要，通过撕裂检测技术及时检测输送带的撕裂并进一步减小撕裂的发生，但目前的纵撕检测技术都是基于接触式，事后监管。由于煤矿特殊的生产环境，大部分纵撕检测系统没有发挥出其特有功能，致使纵撕事故时常发生。因此，通过构建一套监控系统，以明确获取带式输送机的工作状态。主要监测的数据包括带式输送机的运量、电机转速、驱动电机的电信号等。此外，依靠电机上的变频控制器可实现对带式输送机驱动电机转速、输出功率的无极化变频调控，对提高设备的效能具有重要意义。基于此，本篇文章对煤矿带式输送机智能控制系统设计与应用进行研究，以供参考。

关键词：煤矿；带式输送机；智能控制系统设计；应用分析

对于我国煤矿产业的生产活动中，煤炭和矸石的运输工作主要由矿用强力带式输送机来承担，通过矿用强力带式输送机的应用虽然解决了传统人力运输的效率问题。但是矿用强力带式输送机运行过程中也存在一些弊端，这些弊端也会直接影响煤矿产业的效率，提高设备维修成本。比如在矿用强力带式输送机进行启停环节中，由于受到启停冲击的影响，经常会出现运输资源流失，造成资源浪费；一些矿用强力带式输送机在运输过程中还会出现撕带和胶带偏移的情况，从而影响煤矿资源的正常运输，给企业带来一定的损失。为此，在传统矿用强力带式输送机运行过程中设置智能监控系统，利用智能监控技术能够快速发现和解决这些问题，保障矿用强力带式输送机的稳定运行。

1 现有控制系统现在分析

皮带运输机作为煤矿的主要运输设备，一般以电能作为煤炭采掘、生产、转运和加工的动力，因此电能消耗是煤矿生产的主要能源消耗环节。由于技术限制，我国使用的皮带机一般是以恒定转速运行的，导致皮带机经常处于轻载甚至空载的状态，不仅造成电能大量浪费，还加速了设备的磨损和老化，降低了设备的使用寿命，因此如何降低皮带运输机的电能损耗，提高煤炭开采的能源利用效率，降低煤矿生产成本，成为一个重要的研究课题。近年来，国内外专家学者针对皮带机的优化开展了大量的研究工作，主要集中在三方面：一是设备层次的研究，主要提高皮带机的多元化性能，发展高带速、大运量、大功率、大角度的新型皮带运输机，拓展其应用范围；二是控制技术研究，将传统的PID、模糊控制技术优化为自动化程度更高的智能控制技术，同时不断提高皮带机控制精度和运行效率；三是节能优化的研究，国外一般通过建立相应的数学模型，提高系统的辨识和理论分析能力，而国内则通过变频调速达到节能的目的。

在实际运行中存在较多问题，主要有以下几个缺点：

①带式输送机中虽升级设计了自动化控制系统，但系统

的控制功能较为单一，部分只能实现对设备的自动化启动控制，当设备出现较大外界载荷冲击、超大功率运行、胶带磨损发热等异常现象时，大部分设备上的控制系统无法实现对设备的自动化报警及保护设置；②设备运行时经常出现异常振动现象，控制系统无法实时对设备的振动情况进行检测，一旦振动剧烈，将使得设备无法正常运行；③设备中的控制系统一般只采用了以太网进行通信，通信网络单一，信号的速度也相对较慢，在信号传输过程中也极易受到外部信号的干扰，严重影响着设备的运行效果及控制精度；④当前控制系统的数据处理能力相对较差，配置较低，控制中心存在运行速度较慢、信息处理量较低等问题，针对当前设备运行时的较多检测信号，处理器已无法满足较大数据量的处理能力。综上分析，为了缩小国内带式输送机与国外相同产品的差距，提高带式输送机的整体控制性能及精度，有必要开展带式输送机智能化控制系统的升级设计与应用研究。

2 带式输送机常见故障分析

2.1 皮带跑偏

煤矿带式输送机在实际运行中常常出现皮带跑偏的故障，如果发生皮带跑偏会严重影响到皮带的实际运输和实际使用寿命，甚至导致煤矿停止开采，威胁开采人员的生命安全，损害开采企业的经济效益。导致皮带跑偏的因素较多，比如：第一，带式输送机本身的主滚筒和从众滚筒存在较大的误差，其自身问题导致发生偏差，进而发生跑偏的问题。第二，安装不当。在安装带式输送机过程中受到各种因素影响导致不同零部件之间的安装精度不高，进而影响皮带的正常使用。例如滚筒与输送带中心不垂直，钢丝绳出现高低不齐的状况，都很容易导致皮带跑偏故障；再次在进行井下原煤运载的过程中，或者进行设备维护的过程中，操作人员注意力不集中导致货物摆放严重偏向一侧，这样也非常容易导致出现皮带跑偏现象。此外，维护人员没有及时清理滚筒托辊中的灰尘，影响了设备的运行，进而导致发生皮带

跑偏的现象。

2.2 皮带打滑

在实际应用带式输送机过程中如果滚筒和输送带之间没有足够的张力会导致因为张力不足而出现打滑的问题。造成皮带打滑的因素还包括带式输送机的尾部的浮沉较多,或者煤尘积累过多,维修人员没有在维护过程中及时清理干净这些灰尘,导致带式输送机在实际运行过程中的阻力增加而影响正常运行,发生皮带打滑现象。

2.3 堆煤故障

常见的堆煤故障原因是工作面运出的煤炭或矸石含水率较大,落入胶带输送机上后粘连在输送带上不随输送带一起向外运转,从而导致煤矸堆积在滚筒处,当堆积的煤炭达到一定程度时会造成胶带输送机滚筒停止运转,从而导致停机。

2.4 胶带机不能自动控制调整速度

目前胶带输送机的调速控制系统大多数只有低速挡和高速挡2个速度控制挡位,在工作面实际生产过程中,经常会出现胶带机空载和轻载现象,在设备启动和紧急制动时,因胶带输送机产生的张力较大,导致胶带机上承载动力负荷的各个部件受力较大,对设备部件造成较大的磨损。

3 煤矿带式输送机智能控制系统设计

3.1 带式输送机智能控制系统原理

主机、辅机1和辅机2构成了带式输送机的启动系统,主辅机之间通过CAN总线完成通信,同时由主机来实现对辅机运行状态的控制。在运用的过程中主要运用主机来采集带式输送机荷载电流,并将其与不同阈值进行对比分析,如果分析之后发现荷载电流大于辅机启动电流,则需要向辅机发送启动命令,反之则需要向辅机发送停机命令。使用智能控制系统的主要功能在于完成节能降耗的目的,智能控制系统在运行的过程中主要完成对投入带式输送机驱动电机台数的调节和控制。此外,智能控制系统还具备节能对比功能。

3.2 带式输送机智能控制效果分析

通过对带式输送机进行智能控制,能有效降低输送机的平均耗电量,同时能实现对带速的管理和控制。在运行的过程中主要运用模糊匹配控制逻辑时间对带式输送机的管理和控制,在此基础上完成智能调节的工作。多电机功率平衡技术能够实现对主电机运行情况的监测和管理,在此基础上实现输出调节控制信号的目的,以此来实现对带式运输机的智能调节,从而实现节能降耗的目的。通过分析带式运输机的实际控制效果发现智能控制能有效降低运输机的耗电量,同时实现优化带速的目的,而且通过控制能有效降低撒料等情况发生的可能性,从而提高带式运输机运行的安全性和稳性。此外,通过对带式输送机进行智能控制还有效提高了控制的智能化和自动化水平。实现智能控制之后能有效降低带式

输送机管控工作中对工作人员的依赖程度,以此来实现动力资源的合理配置,同时有效降低管理控制工作中的人力资源投入。

3.3 控制系统设计目标

带式输送机节能控制系统主要以PLC可编程控制器为核心,系统中主要设有三台电子皮带秤,电子皮带秤安装于带式输送机上,主要是用于监测皮上煤流量。该能耗优化控制系统的设计目标如下:①变频器故障检测能力。系统对变频器出现的各种故障能够及时发现并报警,起到对驱动电机变频器的保护作用,降低设备的故障风险;②带式输送机自动保护功能。带式输送机的控制系统具有对其常规故障实施保护的功能,如皮带跑偏报警、驱动电机过载保护、堆煤保护等,对于一般性的带式输送机故障都能起到较好的保护作用;③具有自动调节功能。控制系统可以根据带式输送机的运行情况以及煤矿运输量的大小对输送机驱动电机进行调节,以确保输送机的输出功率与载荷之间存在最佳匹配关系。

3.4 系统的硬件设计

3.4.1 变频器设计

本控制系统中选用S120型变频器,该型号变频器在工业领域有非常广泛的应用。变频器工作时,输入的电源频率为50Hz,输出的电源频率可以根据实际需要在0~120Hz内调整。控制系统可以基于内置的S曲线形启动模式对带式输送机的启动过程进行精确控制,避免设备启动过程出现过大的冲击,尤其是重载启动时产生的冲击。速度给定和功率平衡给定全部由控制器完成,变频器与控制器之间通过Profibus方式实现。速度给定时可以直接按照系统中内置的速度进行控制,称为自动控制模式;特殊情况下,也可通过人工方式在触摸屏中进行设定,称为人工控制模式。基于变频器不仅可以实现电机之间的协调控制,还可以实现带式输送机的软启动和软制动,按照S曲线形启动模式对电机的运行速度进行控制,实现对设备的启动和制动过程的精确控制。要求启动和制动过程中,输送带的加速度控制在0.08m/s²范围以内。煤矿开采过程中,有时煤矿开采效率相对较低,产煤量相对较少,大型带式输送机很多时候都需要实现轻载运行。在这种工况条件下,如果带式输送机仍然以额定的速度进行工作,那么就会发生“大马拉小车”的现象,不仅导致电力能源浪费问题,还会加速设备的磨损,增加维护保养成本。基于S120型变频器,可以根据带式输送机实际运行情况,对其输送速度进行调整,以适应实际的输出量。这种措施可以确保设备运行效率的同时,达到节省电力能源、降低设备零部件磨损的效果。

3.4.2 PLC控制器选型

选用西门子S7-1200型PLC控制器。该控制器带有14个数字量输入接口和2个模拟量输入接口、10个数

字量输出接口。传感器采集得到的数字量信号和模拟量信号均可以直接传入到 PLC 控制器中进行处理,避免了 A/D 转换环节,简化了整个系统的结构。电源模块型号为 PM1207,能够为 PLC 控制器的运行提供稳定的 24V 直流电源 CPU 模块型号为 1214C,数据处理能力优异,能够满足系统的实际工作需要。PLC 控制器主要模块构成。

3.4.3 检测模块选型

智能控制系统工作时需要对带式输送机的煤流量、皮带速度、耗电量进行检测。①煤流量检测。选用型号为 ICS-ST 电子皮带秤,专门针对煤矿领域设计,可以实现煤流量的动态检测,累计误差可以控制在 0.25~1%。结构上,电子皮带秤主要由支架、速度传感器、重量传感器和智能采集模块部分构成。速度传感器和重量传感器安装在支架上,采集模块主要是对传感器采集的数据进行处理,分析煤流量大小;②电机功率检测。采用 EDA9033A 模块对电机运行功率进行检测,该模块可以直接嵌入到变频器中。该型号装置可以检测的范围非常广,电压和电流的量程分别为 10~500V 和 1~1000A,通过对电压和电流的检测,分析电机功率大小;③皮带速度检测。选用的是本质安全型 GSH5 型速度传感器,该传感器直接安装在滚筒支架上,对滚筒的转动速度进行检测,再根据滚筒的半径计算得到皮带的运行速度。

3.4.4 综合保护

为了更好的提高矿用强力带式输送机的运行效率,减少设备故障率,延长输送机的使用寿命,可以通过矿用强力带式输送机的综合保护平台,监控设备运行过程中的各项指标,利用各类传感器实现矿用强力带式输送机的实时监测,掌握矿用强力带式输送机运行状态,了解运行过程中可能出现的问题,并及时传达给检测人员,有利于对矿用强力带式输送机进行及时的故障检修,降低矿用强力带式输送机运行故障风险。

3.4.5 机械本体

利用智能监控平台还可以对矿用强力带式输送机的机械本体进行实时监控。在以往的设备维护保养计划中,往往都是固定周期性开展设备维护与保养,这种设备维护保养方式不具备科学性,如果矿用强力带式输送机运行效果良好,停机维护的话就会影响生产进度,而如果没有达到维护时间设备就出现问题,也会对设备造成巨大的影响。因此,通过智能监控平台开展机械本体的控制,改变传统的维护保养模式,结合实际情况开展矿用强力带式输送机的维护,有效的解决了设备故障造成的一系列影响,提高矿用强力带式输送机的运行效率。

3.5 系统的软件设计

软件系统是系统功能实现的基础,由于硬件之间相互独立,缺乏联系与逻辑判断,因此要想构成一个完整的智能控制系统,软件设计必不可少。软件的结构设计

目标是实现各种控制与操作功能,软件的具体编程依靠专业团队完成,在此不再具体例举。PLC 控制程序是由西门子 TIAPortal 软件设计的,控制系统的上位机软件采用的是 WinCC8.0 编程软件开发,Win-CC 具有实时信息集成与交换的能力,可以提高可视化界面的性能,且具有强大的网络管理功能。控制系统软件集成了众多的控制程序,在实际操作中可使用调取。

4 应用效果评价

基于某煤矿带式输送机对应控制系统改造设计的需求,完成了设备中控制系统总体方案、硬件、软件的设计。为进一步验证控制系统的可行性和效果,将其应用于服役中的带式输送机中进行试运行,并跟踪记录系统运行效果。结果表明,控制系统运行稳定可靠,实现了井下带式输送机集中控制与远程控制功能。统计结果显示,该控制系统的投入使用,提高了带式输送机运行的稳定性,速度调节功能的引入,减少了带式输送机近 12% 的能源消耗,设备启动过程相对平衡,整个过程可通过远程方式进行设备启动控制,节约了 2~3 名带式输送机运维人员,降低了煤炭掘进的成本,预计为煤炭企业新增经济效益近 100 万元/a,取得了较好的应用效果。

5 结束语

该控制系统利用先进的智能远程监控系统对输送带上的煤量进行实时监测,根据胶带输送机的负荷大小自动控制调整电机的输出功率和胶带机的运行速度,输送带在无煤的情况下空载一定时间后设备能够实现自动停机,从而减少电力消耗和设备长时间空载造成的零部件磨损,减少设备检修维护费用。

参考文献:

- [1] 王瑜. 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, 2019, 43(10).
- [2] 张少宾. 矿用带式输送机输量测量方法现状及发展趋势[J]. 工矿自动化, 2019, 45(05).
- [3] 杜晓璐. 煤矿带式输送设备中智能永磁技术的应用[J]. 煤炭科技, 2019, 40(02).
- [4] 薛宏毅. 煤矿皮带机智能控制研究[J]. 能源技术与管理, 2019, 44(02): 170-171.
- [5] 贾佳. 基于智能调速的煤矿带式输送机控制系统研究[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2019.
- [6] 王瑜. 煤矿带式输送机运输系统节能方案[J]. 科技风, 2019(08).
- [7] 雷云. 煤矿主运带式输送机自动控制系统研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2018.
- [8] 王勇, 张颖辉. 矿用带式输送机智能安全监测保护系统[J]. 机械工程与自动化, 2018(06): 203-204+206.

作者简介:

朱扬帆(1997-), 男, 湖南衡东人, 2018 年 7 月毕业于大连大学机械设计制造及其自动化专业。