

# 智能化皮带监控系统在矿井中的应用

葛庆亮（山西焦煤西山煤电股份有限公司马兰矿，山西 古交 030205）

**摘要：**煤炭需求量的不断增大给传统皮带输送机可靠性提出了更高要求，现已引起了煤炭企业的广泛关注。皮带输送机工作过程中具有运行平稳、能耗低、输送距离可控的优势，适合连续周转输送场合，满足井下煤炭向地面输送的要求。由于煤炭井下工作环境较为恶劣，如烟雾、潮湿、瓦斯等，极不利于皮带输送机的长时间可靠工作，而且井下灯光暗淡，空间狭小，操作人员不能完全掌握其实际的运行情况，一旦出现故障轻则停机待修，重则酿成事故。目前皮带输送机使用的控制系统较为落后，存在较多的不足，如保护系统缺失等，因此，针对煤炭企业服役皮带输送机控制系统存在的不足，开展监控系统设计工作与应用研究工作具有重要意义。基于此，本篇文章对智能化皮带监控系统在煤矿的应用进行研究，以供参考。

**关键词：**智能化；皮带监控系统；煤矿；应用分析

煤炭运输是煤炭生产过程中的一个重要组成部分。随着科技的发展、矿井生产规模的扩大，运输系统也在不断变化和进步。皮带机因输送距离长、体积大、连续输送、运行可靠、易于自动集中控制而成为关键设备。皮带机是一种连续的输送设备，它依靠辊的表面摩擦力来驱动皮带运行，具有输送量大、使用维护方便和能耗低的优点，是地下矿井运输的主要设备。矿用带式输送机（简称为“皮带机”）长时间在高速、重负荷下工作时，容易发生输送带打滑、偏斜、过热、机头堆煤、输送带纵向撕裂等情况，造成皮带、电机、减速器、辊子等损坏。皮带机监控系统从 20 世纪 40 年代开始发展，早期的现场基准计和继电器构成了控制系统的前身。以 PLC 和 DCS 为代表，构成了第三代控制系统。国产皮带机监控系统存在故障误报率高、拥有多个独立监控保护系统、信息反复采集、难操作等问题，对在狭小恶劣井下工作的工人来说并不友好。因此，尽管当前的监测监控系统都能实现皮带机监控的基本功能，但随着技术发展和需求的提高，需要准确诊断并及时处理。该系统基于信息融合技术、融合控制系统、软启动系统、故障检测系统，可以获得更详细、更准确的信息。

## 1 相关概述

### 1.1 智能化建设的必要性

党的“十九大”报告中指出，我国经济增长已由高速增长阶段转向高质量发展阶段，坚持质量第一，效益优先，以供给侧结构性改革为主线，推动煤炭产业高质量发展，已成为主流共识。煤炭行业作为传统高危行业，发展不平衡、不充分、矛盾突出，更应该先行一步，全方位、全链条实施智能化建设，作为煤炭工业的重要环节，选煤厂顺应国家战略规划需求，从自动化、信息化向智能化方向发展。2020 年 2 月，国家八部委联合发文《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》，加快了推进煤矿智能化发展步伐。

### 1.2 煤矿主皮带运输系统

煤矿主皮带运输系统，具体来说便是利用皮带的无极运动对物料进行运输的一种机械设备。皮带运输系统

的优势为，具有很长的运输距离且运输能力比较强，无较大的工作阻力，安全便捷，也不需要耗费大量的电能资源。但是，在煤矿中对其应用时有明确的规定，如应用在倾斜巷道中，有着严格的要求，例如：向上运输时，倾角不能超过  $18^\circ$ ，一旦大于  $18^\circ$  时，货物下滑的情况会比较严重，甚至无法运输货物。主皮带运输系统的驱动装置主要由电机、液力耦合器、减速器、联轴器等组成。液力耦合器会将动力源（通常是发动机或电机）与工作机有效连接，之后利用液体动量矩的变化传递力矩的液力传动装置。但随着技术的提升，发现了液力耦合器的缺点和不足，需要进行改造。现在，应用变频调节，使得液力耦合器存在的不足得以改善，不但节约了能源资源，还提升了工作效率，帮助企业增加经济收益。

### 1.3 所有皮带输送机控制功能

皮带输送机在自动方式下按程序设定顺序启动、停止；皮带输送机在维修状态下单台启停；控制台有完善的自诊断功能和记忆显示功能；设备运行状态和故障的位置及性能显示；语音通信和急停闭锁功能，启车预警、故障报警；皮带每隔 100m 有带拉线功能的急停闭锁，每隔 200m 有带拉线急停功能的扩音电话；可与井上计算机联网通信实现文字、图形显示，显示整个生产系统运行状态和故障状态，包括故障性质和地点；系统备有标准接口，可与其他系统联网及扩展；系统连接采用防护等级为 IP67 的快速插接件，安装简便快捷，避免因连接错误而造成设备损坏和影响使用；配套设备开机密码启动功能，提供该套系统所有安装件；具备与矿井应急广播系统共享的接口。

### 1.4 矿井自动化控制技术在皮带运输中的应用路径

#### 1.4.1 在保护运输时的应用

从保护运输过程上看，利用矿井自动化控制技术有利于对皮带运输设备进行强有力的保护。一般情况下，皮带运输设备往往由于长距离且长时间的使用而导致使用寿命不断减少。加之受环境因素或其他自然条件的影响，皮带运输设备也会不可避免地产生一定程度的故障。而自动化控制技术则能够根据传感器传输的信息自动调

整负载以使其最大程度地适应实际情况，延长皮带运输设备的使用寿命并减少故障情况的发生率，提升设备运行的稳定性和安全系数。除此之外，由于皮带运输设备的长时间与长距离使用，其往往容易造成电机温度过高的问题，为矿井施工和皮带运输带来巨大的安全隐患。为解决这一问题，自动化控制技术的应用就显得极为重要。施工人员可设置温度检测系统，植入热电阻装置，使高温信号自动传递至控制中心，而控制中心通过识别和分析信息后马上停止工作，避免相关设备因高温受损并产生安全问题，从而实现皮带运输设备的保护。

#### 1.4.2 在检修操作时的使用

在生产领域普遍机械化的大背景下，对于设备的检查和维修工作早已成为工程建设中不可避免的一项工作任务。在现阶段的矿井工程建设中，自动化控制技术还广泛应用在对于皮带运输设备的检修操作过程中。具体说来，在对皮带运输设备进行常规的检查与维修时，需要在人工检测的同时利用自动化控制技术提高检修的精确程度，并对此进行调试直至故障的全面清除。

### 2 带式输送机常见故障分析

①皮带停转。在启动或者运行过程中，带式输送机常常出现停运的故障，这主要是因为荷载过大或者皮带过长而导致驱动滚筒空转、皮带打滑。如果皮带停转会严重影响到煤矿带式输送机的整体运行效率，进而对工作面开采产生不良影响；

②皮带断裂。如果皮带运输过程中受到过大的拉力会导致带式输送机发生断裂问题，这和接头固定不牢固或者皮带老化有着很大的关系；

③无法对皮带运行情况及设备进行在线检测，对设备的巡检和维护主要依赖人工，对设备的使用周期管理及配品备件供应及准备情况没有系统的管理台账，偶有出现例如皮带电机坏，现场没有备用电机从平地急调入井更换影响生产的情况；

④煤矿皮带运系统改造前，每部皮带均需一名皮带司机，另因皮带维护、清理洒煤等问题需另派 1~3 人负责沿途维护，皮带运输投入大量人力，效率低下；

⑤系统改造前期对局部皮带采用 PLC 系统进行集中控制，例如，掘进工作面 and 主斜井两部皮带，其他皮带仍采用传统人工操作的运行方式，无法形成全面集中智能控制，对前后皮带运输开启的衔接和控制不能形成自动化，影响高效生产；

⑥设备开启过程。如果采掘工作面有煤炭外运的需求，需要工作面人员向运输顺槽带式输送机的司机发出开机信号，运输顺槽输送机的司机再向采区运输巷的司机发出开机信号，从而使带式输送机由外向内依次开启。如果某部输送机的信号系统出现故障或某部输送机的司机不在操作位置，就无法使输送机顺启，从而影响生产进度。

### 3 智能化皮带监控系统在煤矿的应用分析

系统通过采集皮带输送机工况参数来实现自动控制

与远程监测，监测量包括：皮带运行速度、实时张紧力，滚筒温度与振动，电机的电流、温度与振动、减速器高速轴、中速轴与低速轴的温度与振动信号、跑偏、纵向撕裂、堆煤与盐雾传感器的采集数据。控制量包括：软启动回路、张紧回路、急停闭锁回路等的控制开关，皮带输送机洒水装置的电磁阀开关等。

#### 3.1 系统方案

根据皮带输送机对于监控系统的需求，完成了监控系统方案的设计，如图 1 所示。由图 1 可以看出，皮带输送机监控系统中的下位机采用了 PLC 控制器，上位机采用了工业用 PC 机。监控系统工作中由各传感器采集得到的皮带输送机实时运行状态数据传输至 PLC 中进行逻辑分析处理，处理完成之后的数据传输至上位机进行实时显示，数据传输使用 Modbus 实现。当传感器检测得到皮带输送机出现打滑、跑偏、撕裂等故障时，系统将会发出报警信号，提醒监控人员及时了解皮带输送机的运行故障情况，启动急停功能，确保井下作业人员的安全，将经济损失降到最低。与此同时，将故障数据传送至 PLC 控制器，进行逻辑分析处理，上位机能够将故障类型与地址进行显示，供运行维护人员参考及时排除故障。

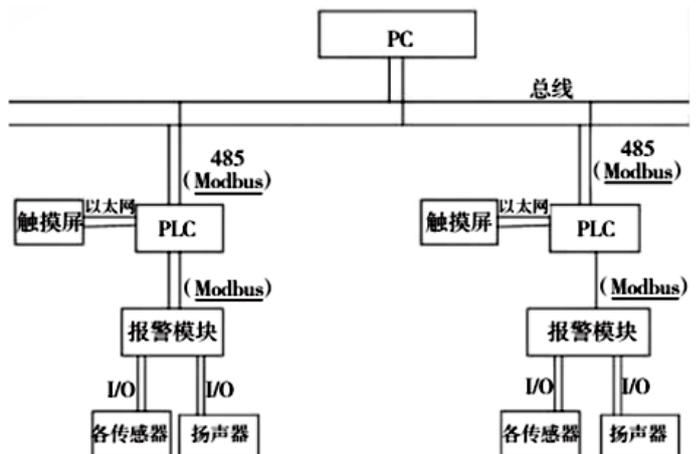


图 1 皮带输送机监控系统方案

#### 3.2 监控系统软件设计

##### 3.2.1 系统运行控制流程

系统上电初始化后，会对各皮带机沿线设备分配地址，循环检测沿线设备是否故障。系统启动后，系统进行故障自检，向张紧电机发送启动信号，当张紧力达到要求后，发送软启动信号，软启动回路发送反馈信号，上位机控制抱闸回路松闸，控制变频器驱动电机运转，皮带机进入正常运行状态。运行过程中，检测皮带机的工况参数，结合传感器数据及系统设定的报警阈值，对皮带机的故障进行监测与诊断，并执行相应的报警程序、洒水程序及停机程序等。当按下系统的停机开关后，驱动电机首先接到停机指令，带速逐渐降低，抱闸回路控制电机进行抱闸动作，最张紧电机停转。

##### 3.2.2 人机交互界面

皮带输送机人机交互界面又称监控系统界面，是实

现井下皮带输送机运行状态参数实时监控和在线调整的窗口,采用 MCGS6.2 通用版软件对其进行设计。图 2 所示给出了皮带输送机监控系统主界面,图中显示了井下三号线皮带输送机实时运行监控情况,监控界面中显示了三条皮带输送机的实时运行状态、各个运行参数数值、传感器采集数据等,同时显示了皮带输送机运行动画。系统实时显示的同时还能查询历史数据,为皮带输送机运维人员提供实用可靠的数据,指导其更好的开展运维工作。



图 2 监控系统主界面

### 3.3 系统应用情况

经过前期准备工作,矿井对主斜井及主运输巷道内的带式输送机进行智能化改造,按照设计方案对控制系统进行布设,主要由监控主机、备用主机、人机交互软件、通信系统、服务器、各类保护传感器、语音喊话系统、高清监控摄像头等组成。经过 90d 的试运转,整体工作情况良好,可实现以下效益目标。

#### 3.3.1 设备可靠性及运行安全系数提高

经过智能化改造,加大了对井下设备运行状态的监管力度,提高了矿井整体安全生产管理水平。仅在试运行期间,系统就及时处置了 22 起带式输送机撕裂、堆煤及跑偏事故等,故障预警及应急处置灵敏,也为人工故障处置提供了有效指导。

#### 3.3.2 其他效益

整个控制系统安装完成后,能够对设备运行的数据参数进行存储,并通过 SCADA 软件对数据图表及视频进行监控,操作过程灵活且简便,设备运行可靠性提高,井下作业环境也得到改善。

## 4 煤矿带式输送机常见故障的解决策略

### 4.1 皮带不转动的处理

如果皮带旋转不顺畅可以将其取下进行故障分析和处理。首先可以将输送带的数量增加,用一层皮带增加于滚筒外面,从而利用皮带张力将皮带和滚筒之间的紧密程度增加,然后添加物料,用一些煤添加在皮带上,直到皮带可以转动位置。在处理过程中,添加的物料不得比带式输送机的最大重量重。可以采用重锤安装等安装方式做好各种设备的调整和禁锢,可以达到控制输送设备的紧急启动和停止的作用。最后,加强矿井设备的定期维护和清洁,作为地下开采所用设备,煤矿皮带传

送带需要定期清洁,避免皮带摩擦力减小而发生打滑等问题。要由专业的维修养护人员处理矿井设备。

### 4.2 皮带断裂问题的处理

在皮带断裂问题处理时主要包括如下工作:首先应当及时安装更换老化的皮带,检查新皮带的质量是否合格,是否是正规厂家生产的产品,然后通过拉力试验确定皮带是否能够和设计标准相吻合。以此为基础,规范安装带式输送机的皮带,做好皮带松紧度的调试。在日常使用管理带式输送机过程中,应当加强皮带使用年限的关注,构建完善的皮带更换机制。最后,定期检查带式输送机的皮带、接头等,分析异常情况的原因并且采取有效的处理措施。

### 4.3 撒料及异常抖动问题的处理

首先,对带式输送机溜煤装置进行检查,排查破损、安装不规范的问题。然后,对溜煤装置及其与皮带连接部位的凹槽尺寸、型号进行对比检查,看是否相匹配。如果存在问题,要及时更换部件,做好连接安装。

## 5 结束语

总而言之,针对智能化煤矿皮带机设计了一种基于嵌入式处理器的监控系统,重点实现了皮带机及沿线设备的监控一体化,试验结果证明,系统可灵敏的诊断出皮带机的故障类型,实时显示运行参数,且误差范围较小,满足皮带机的监控需求。煤矿主皮带机作为煤炭运输的关键设备,其技术水平及运输性能将很大的影响煤矿开采运输效率。目前,我国皮带运输机机电一体化技术不断进步,但在大型皮带机的软启动与制动技术上还存在一定差距,下一步应当提高电机功率平衡精度与软启动的平稳性,降低对元部件的冲击,为煤矿生产提供高效、安全的技术保障。

### 参考文献:

- [1] 何帅印,王宁,高彬.基于 KJ83X(A) 安全监控系统智能化开发应用研究[J].中国矿业,2019,30(S2):149-152.
- [2] 陈海亮.智能化皮带监控系统在煤矿的应用[J].山东煤炭科技,2019,39(10):136-137+140.
- [3] 刘占波,刘建强.智能控制系统在砂石骨料行业中的应用分析[J].中国设备工程,2019(15):34-35.
- [4] 魏永龙,魏永东,徐威.冲击地压孤岛工作面智能化掘进工艺的探索与应用[J].中国矿业,2019,30(S1):113-119.
- [5] 孙进伟,郑勇,徐森.纳林河二号井煤矿智能化系统构建及关键技术探讨[J].山西煤炭,2019,41(02):105-110.
- [6] 李耀宗.智能化救援监控系统在煤矿安全生产中的应用[J].现代矿业,2019,36(11):182-184.
- [7] 刘凤伟,任文永,李继忠,张永康,张耀明,王宏伟,闫孝姮.正利煤矿综采工作面全系统智能化控制的实现[J].煤矿安全,2019,50(09):116-119.

### 作者简介:

葛庆亮(1995-),男,河北保定人,2019年07月毕业于山西工程技术学院,机械设计制造及其自动化专业。