

煤矿带式输送机节能控制系统研究

吴继辉

国家能源集团神东补连塔煤矿 内蒙古 鄂尔多斯 017209

【摘要】：带式输送机是矿井下最重要的输送装置，也是最大的能源消耗装置，它的恒速运转可以保证煤炭的输送，但是由于煤炭开采的影响，运行时存在的长时间轻载、空载期会增加系统能耗。本文介绍了一种节能控制系统，它是根据传送带煤的量来调节速度的，在大负荷时带式输送机恒速运行，轻载时降低速度，空载时保持备用，并对控制系统的结构组成、控制程序等作了详尽的说明。经使用，带式输送机万吨级运输的能源消耗比使用之前减少 20.26%，达到了明显的节约能源。

【关键词】：带式输送机；节能控制系统；煤量监测；运行速度

Research on Energy Saving Control System of Coal Mine Belt Conveyor

Jihui Wu

State Energy Group Shendong Bulianta Coal Mine, Inner Mongolia Ordos 017209

Abstract: Belt conveyor is the most important conveying device under the mine, and also the largest energy consumption device. Its constant speed operation can ensure the transportation of coal, but due to the influence of coal mining, the long time light load and no-load period in operation will increase the energy consumption of the system. This paper introduces an energy saving control system, which is based on the amount of conveyor belt coal, belt conveyor constant speed at large load, light load at low speed, keep standby, and the control system structure composition, control procedures are also explained in detail. After use, the energy consumption of belt conveyor 10,000-ton transportation is reduced by 20.26% compared with that before use, achieving obvious energy saving.

Keywords: Belt conveyor; energy saving control system; coal quantity monitoring; operation speed

带式输送机结构由胶带、机架、传动装置、托辊等组成，传动装置由驱动马达、传动装置、驱动滚筒等组成。传动马达是带式输送机工作的重要动力装置，它能否高效经济地运行，直接影响带式输送机的节约效率。目前，矿井采用这种带式输送机多采用恒速工作模式，由于矿井作业的原因，造成了煤炭运输的不平衡，造成了运输系统空载、重载等问题，造成了煤炭运输效率低下，浪费大量电力资源。对带式输送机能源的技术进行深入的探讨，对于减少带式输送机能源消耗有着重要的作用。本文对带式输送机交通控制系统的节电技术进行了讨论，并给出了带式输送机的节电控制方案，希望能够在某种意义上改善带式输送机的工作效率和减少装置的能源消耗。

1 带式输送机结构及节能控制方式

某煤矿主斜井使用了 1105 米的带式输送机，传送带的强力 2.5 公斤/米，带宽 1.2 米，倾斜角度 6 英寸，最大载重 800t/a。电动机的额定电压为 114V，额定功率为 250kW，额定转速为 1480r/分钟。

为降低皮带输送机的综合能耗，在对前人提出的减耗措施进行分析的基础上，建议采取与运载速度相适应的节电技术，具体如下：皮带输送机在重载时（例如采面运煤）带式输送机恒速运行，轻载时（例如掘进工作面接矸），空载时将处于待机状态。其中，带式输送机运输煤流的运载量可以由 ICS-ST 型煤流量探测器获得，而利用转速传感器进行监控。运行速度和负荷是降低带式输送机节能降耗的主要技术指标^[1]。

由于矿井条件较差，在带式输送机节能的情况下，必须对输送机的安全进行全面的考虑。该系统由监控层、控制层和执行层组成。它的中控层主要由工业以太网和上位机构组成，上位机用于对带式输送机的工作进行检测和控制，并利用工业以太网向上位机发送监视信号（变频器、电动机、断路信号和故障信号）；控制层主要是由 PLC 控制器组成，通过处理输入输出信号来实现对带式输送机系统的监控和控制；执行层的主体是马达，用于将带式输送机的工作状况反馈给上层（控制层），并且执行该控制层的指令^[2]。

2 电气节能控制系统的总体设计

2.1 设计背景

此文以某矿主斜井一带式输送机为例，其产能如下：带式输送机每小时运煤量 3000 吨，输送皮带宽度 1600 毫米，长度 1964 毫米，运输速度 4.5 米/秒。该带式输送机主要是用来运送主斜井的煤。从带式输送机运量和运速的概念可以看出，在运输过程中，要达到带式输送机的节能效果，可以根据运输机的实时运力来决定其动力和速度。所以带式输送机电力节能控制系统的核心设备是确定传送带的实时煤量的装置。

2.2 设计目标

本论文所开发的带式输送机电气节能控制系统，其主要作用是根据实际流量来调节其运行速度，并可对带式传送变频器进行故障监控，在系统变频器出现过载、过热、过电压、欠电

压等情况下,实现自动保护停机;该系统具有对带式输送机的自动防护能力,在发生跑偏、打滑、堆积煤炭等故障时,可实时报警,并与计算机进行通讯^[3]。

2.3 电气节能系统关键设备选型及结构设计

2.3.1 关键设备选型

当前能够实时监控输送机的煤炭产量的主要装置有两类:一是电子皮带秤,二是核子带秤。其中,电动皮带秤在使用过程中,易受皮带振动、拉力等因素的影响,并且需要经常维护;而且,由于皮带跑偏、张力、环境温度等因素的影响,核子皮带秤的计量精度比电子皮带秤更容易安装和维护^[4]。因此,在本论文中,选择核子带式皮带秤作为其电气节能控制的关键设备。

2.3.2 结构设计

为达到以上所述的节能控制系统的所有功能,本系统包括:上位监控系统,变频调速系统,信号监测系统,通讯系统,保护系统,PLC控制系统。

2.4 电气节能控制系统算法分析

电力节能控制的关键在于根据输送皮带上的实时煤量来控制皮带速度,即带式输送机的自适应控制。因此,本文所提出的控制系统算法是将神经网络和遗传算法相结合的一种方法。首先,根据神经网络的思想,对带式输送机煤流量进行了相应的建模;然后利用遗传算法进行优化,得到了最优运载皮带的实时运载能力和运载速度之间的关系,从而达到对带式输送机的自适应控制。

通过反复试验与验证,所得的节能控制模型为:当输送带运煤量 Q 为 357t/h 时,此时与其最为匹配的带速 v 为 1.9m/s。

$$P=2130u+937q/0.96 \times 0.9 \times 0.95$$

由公式(2)计算得出带式输送机的功率为 412kW。

由式(3)可知,可以通过控制带式输送机电机实现对带速的控制。

$$n/1495=u/4.5$$

式中: n 为电机的实时转速; v 为皮带速度。

3 节能控制系统结构

3.1 硬件设计

3.1.1 系统硬件结构

硬件构成主要由信号采集控制器、PLC 控制器以及其它辅助装置(以安全感应器为主)组成,具体系统硬件结构如图 1 所示。

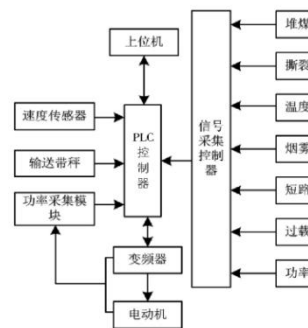


图 1 系统硬件结构

带式输送机变频控制器是 6SE71 型,根据硬件和设备的兼容性,选择了 S7-300 作为 PLC 控制器,它具有体积小、兼容性强、处理速度快、兼容性好等特点,主要功能模块由电源模块(输出 AC120/230 V,PS3-7)、CPU 模块(315-DP)、通信处理模块(CP342-5 和 CP343-1)。

该系统采用 KTC101 型信号采集控制器,实现对信号的采集、预处理和传输,采集信号包括短路,堆煤,速度,烟雾,温度等信号。用于对传送带的转速进行实时监控;用于采集电动机、变频器等的各种参数的能量感应器;煤、烟等传感器用于监控传送皮带的工作状况。每个感应器的监控数据由信号收集控制器发送到 PLC 进行控制,PLC 将处理后的数据传送到主机,完成对带式输送机操作的掌控。

3.1.2 检测部分

在整个系统运行中,流量传感器是整个检测区的中心。这种传感器是一种专用于探测输送机中煤流的厚度,并将其转换成模拟信号,然后用 RS-485 信号经通信电缆传送到节能控制器。该类型的传感器可实现 0.01 毫米的精确测量。

为了最大限度地控制节能控制器,通信电缆的传输速度非常快,可以实时传输,实时反应。转速传感器主要用于实时监控目前输送机的转速,因为其速度受煤层厚度的影响,因此在输送皮带上无煤时,会自动降低输送机的转速。这种改进使基础控制系统失去了打滑保护的作用,利用速度传感器对带式输送机速度进行无缝监控,可以实时监控输送带的运行速度,根据其他传感器提供的数据,判断输送带是否处于运输状态,位置传感器的存在就是为了验证其他传送器上传信息的准确性。

3.1.3 控制系统

该控制系统主要由 S7-300 型节能型控制器实现,该控制器能够读取并分析所检测到的相关数据,并根据已有的指令发出相应的指令,从而实现对该系统的控制。在进行控制时,利用专用的数字模型,实现了与变频调速系统的通信。变频调速装置,可调整煤层厚度;在控制器外部设置了通讯模块,实现了与原有的控制系统的数据交换,实现了与基本控制系统的无缝对接;该控制器还具有更多的功率均衡功能,在多个变频器的运行中,可以很好地控制整体的功率消耗。操作系统必须要

有专门的技术人员来管理和控制，而人机界面也是这次改造的重点之一，它的作用就是将更多的信息传递给用户，让用户可以更直观地了解到输送设备的各个部分的工作情况，同时也可以随时了解到每一部分的能量消耗。

3.2 软件设计

整个节能控制系统由硬件和软件组成，软件将各个独立的硬件连接在一起，实现了控制系统的预置功能。带式输送机 PLC 的操作程序由三个主要部分组成：启动程序、调速节能程序和综合保护程序。

3.2.1 启动程序

启动时，变频调速装置采用“S”型启动模式，以保证带式输送机可顺利工作，采用以上启动方式，起步时起步较慢，起步后 10 秒后开始加速；在操作速度达到预定值时带式输送机，以恒定的速度操作，带式输送机工作速度信号被传送给控制器，从而使带式输送机启动。

3.2.2 调速节能程序

带式输送机在运行期间所输送的煤量是实时变化的，如果使用的调速程序操作太灵敏，则带式输送机的运行速度会根据煤量的变化实时发生变化，不但不能保证带式输送机运行的可靠性，还会增加电力的损耗，从而达到节约能源的目的。因此，根据带式输送机上煤流的计算方法，将煤流分成 n 个区段，由控制系统根据不同区段的煤流大小来决定带式输送机的转速，然后向变频装置发送转速控制命令，以达到对带式输送机工作转速的调整，具体设计的速度调节程序如图 2 所示。

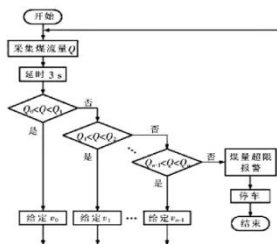


图2 调速控制流程

当带式输送机输送的煤炭流量超出其标称时，控制系统将会发布超限警告，使带式输送机停止工作。

4 系统运行分析

4.1 运行情况

在对带式输送机节能控制系统硬件安装和软件设计完成后，进行了系统的试运行。经调试后，节能控制系统可以根据

参考文献：

- [1] 李荣进,吴呈阳,王茹,等.基于 PLC 和 iFI 带式输送机的带式输送机集控系统[J].煤炭工程,2020,52(11):175-179.
- [2] 宋涛.变频调速节能控制技术在带式输送机上的应用[J].机械管理开发,2020,35(10):263-265.
- [3] 刘文升.基于变频控制的带式输送机节能控制系统的设计[J].机械管理开发,2020,35(8):247-249.
- [4] 刘宝军.矿井带式输送机能耗优化控制系统研究[D].西安:西安科技大学,2020.

输送的煤炭流量，实现恒速运行、节能运行模式的转换。在煤流大的条件下，采用恒速工作方式，根据实际工况，带式输送机转速可根据实际工况设置；在煤流小的时候，自动转换到节电方式，通过调节输送的煤流，可以动态地调节传送带的速度，减少能源消耗。带式输送机节能控制系统在运行过程中采集到的输送速度、煤流量变化曲线，以及采用节能控制系统，可以比较直观地了解煤流和速度变化的关系。从煤流量的变化可以看出，输送机的运行速度随着煤流量的增加而提高。

4.2 节能分析

为直观地了解节能控制系统的节能效果，对带式输送机在恒速运行和节能运行两种运行方式进行一周的能耗监控，具体结果见图 3 和图 4。

时间	煤炭运输量 / t	电能消耗量 / (kw · h)	电费 / 元
7.05	34 152.87	36 114.56	18 057.28
7.06	34 035.98	35 997.15	17 998.575
7.07	34 071.63	36 037.57	18 018.785
7.08	34 049.56	36 011.16	18 005.58
7.09	34 124.31	36 058.71	18 029.355
7.10	34 135.67	36 098.22	18 049.11
7.11	34 085.34	36 087.67	18 043.835
平均	34 093.62	36 078.236	18 028.93

图3 恒速运行时能耗

时间	煤炭运输量 / t	电能消耗量 / (kw · h)	电费 / 元
9.05	34 153.17	25 798.24	12 899.12
9.06	34 061.18	25 105.98	12 552.99
9.07	34 057.69	25 658.34	12 829.17
9.08	34 119.58	25 782.84	12 891.42
9.09	34 113.43	25 791.41	12 895.705
9.10	34 104.56	25 701.18	12 850.59
9.11	34 089.04	25 679.14	12 839.57
平均	34 099.81	25 783.329	12 822.65

图4 节能运行时能耗

根据能源监控数据，带式输送机在常速下的万吨能源消耗为 5288.2 元，在节电模式下，每吨能源消耗为 4216.6 元，每吨运输用电减少 20.26%，节能效果明显。

5 总结

(1) 根据井下带式输送机的特性，设计了一套节能控制系统的整体方案，该系统采用监控煤流来控制带式输送机的转速，实现了节能控制系统的节能控制系统。(2) 在设计完成后，在井下带式输送机进行安装，同时对恒速工况和节能控制方式进行了监测，结果表明，节能运行模式下带式输送机万吨煤炭的运输电费比恒速运行方式减少 20.26%，节约能源。同时，各个装置的磨损也减少了。