

带式输送机变频调速原理及自动控制系统研究

李丹曦 (晋能控股煤业天安公司圣鑫煤业, 山西 晋城 048000)

摘要: 目前矿井所使用的带式输送机选型的过程中, 往往由于电动机功率过高, 而导致出现大量电能浪费。当前我国提倡节能降耗, 且有部分节能技术得到了推广, 其中变频调速技术是其中较为重要的技术类型。本文首先对于常用节能技术进行了简要介绍, 并着重分析了变频调速技术, 之后对于自动控制系统的设计和应用情况进行了总结, 以供参考。

关键词: 带式输送机; 自动控制; 变频调速

0 引言

带式输送机是矿井生产工作中用于无聊运输的重要设备, 这种设备的运行具有持续性特点, 且工作功率较大。在煤矿综采设备不断发展的背景下, 带式输送机高能耗运行模式已经无法符合当前的使用需求。传统带式输送机无法实现速度调节功能, 因而需要频繁启停, 加之电机功率不均衡, 导致工作人员要频繁进行维修工作。因而对带式输送机进行变频技术改造, 可以有效提高自动化水平, 进一步提升煤矿的生产效率。

1 常用节能技术简介

1.1 减电机运行

一般来说, 矿井当中投入使用的带式输送机大多要配备两台或以上电机来进行驱动, 如果在运行过程中全程开启全部电机, 则会在煤流较少、空荷的情况下产生一定的电能损失。因而在带式输送机运行负荷较低的情况下, 可以关停部分电机, 从而实现电能的节约。该技术需要以太检测设备来对电机运行状态进行识别, 之后通过对 PLC 指令的控制来实现机器的启停。

1.2 功率平衡调节

对于多电机驱动的带式输送机而言, 如果两台电动机即便是型号和功率相同, 也可能由于电机传动设备、摩擦系数以及功率分配等要素的影响, 驱动过程中也可能出现功率不平衡问题, 由于负载不均而导致出现机械磨损、电机使用年限缩短以及能耗提高等等。在平衡功率方面, 可采用耦合补偿的方式, 经由对电动机差异进行分析, 及时修正参数, 一旦系统当中电动机运行参数发生变化, 就会自动进行反馈和补偿, 确保多台电动机可以得到更为均衡的荷载。与此同时, 在启动时, 合理分配电动机转速也可以在一定程度上节约电能。

1.3 降电压节能

在电动机的负载处于最佳状态的情况下, 运行效率较高, 电能浪费较少, 能耗也处于较为合理的水平。如果输送机设备低负荷运转或者空载运转, 则电动机的功率因数下降, 导致更多的电能损失。因而如果想要提高功率, 就需要提高功率因数、降低设备电压和运行电流。举例来说, 可以通过双向可控硅调压电路来控制电动机设备的电压和电流, 从而提高能效比。当前这种技术已经较为广泛地应用到煤矿带式输送机设备当中。

2 变频调速节能技术的原理

2.1 带式输送机功率和带速的关系

由于煤矿矿井的产能提升, 对于设备功率也有更高的要求, 因而带式输送机运煤量越来越大, 与之相伴的就是能耗的提高。矿井生产中所配置的带式输送机电机型号、减速机型号以及各部分装置配件都是固定的, 同时设备运行速度也不可调节, 因而无论是处于何种荷载情况, 电动机都会以恒定速度运行, 无法结合荷载来调节设备的运行速度。按照带式输送机运行过程中的工作阻力来进行计算, Q 为运煤重量、 V 为速度, P 为电动机功率, Q 和 V 对于 P 的影响作用是最为显著的, 如果 Q 不便, 则 P 和 V 成正比, 换言之, 就是电动机功率越高, 带速越大, 具体关系如图 1 所示。因而在满足于运煤量的前提之下, 如何控制带速就成为了能否实现电动机节能的关键。

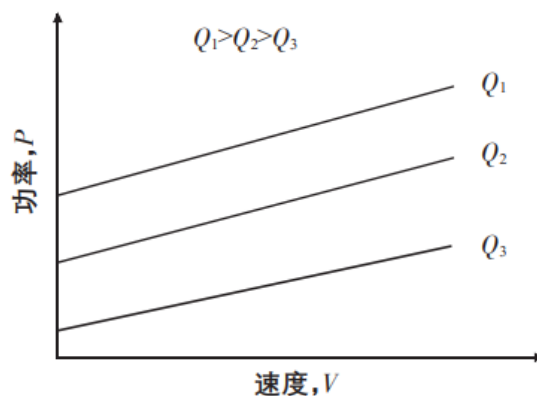


图 1 带式输送机功率与带速关系示意图

2.2 带式输送机变频调速节能效果预测

对于井下煤炭运输工作而言, 设备选型过程中都需要确保设备留有一定的富余量, 为了能够求得运煤量恒定的情况下, 电动机功率和带速变化之间的关系, 设计了如下实验进行验证: 假定运煤量为 500t/h, 在改变了输送机带速之后, 单位长度皮带内的煤炭质量发生变化, 则单位长度皮带填充率也出现了改变, 进而分析功率和能耗的变化情况。

相关实验结果表明, 在煤量保持不变的情况下, 带速越低, 则单位长度内的物料重量和皮带填充率都会发生变化, 进而降低了电动机消耗功率。也就是说, 运输

相同重量的煤炭,降低带速会进一步提升皮带填充率,降低电能浪费,在这个过程中,皮带电动机由于充分做功,而提高了能源利用率。因而使用变频控制技术可以合理控制带式输送机的运行功率和运行速度,从而实现节约电能的目标。但如果带速过低,又会由于阻力过大导致设备超负荷,降低设备的使用年限,这就需要将带速控制在一个合理的区间当中。

3 带式输送机自动控制系统的设计

3.1 硬件设计

3.1.1 基本构成

本系统核心控制单元选型为 s7-300 型 PLC 设备,具体包括有 PLC 控制主站、带式输送机保护结构、机身 PLC 控制分站以及通信信号等等。这些部分训词承担采集数据、传输信息功能,在此基础上,经过数据分析,可以将相关信息显示在屏幕上,且具备数据储存功能,在发生事故时可以及时进行报警,从而让系统可以实现自动启停功能。该系统可以直接通过网络上传相关信息,并且具备远程单机和多设备联动控制,如图 2 所示,为系统硬件基本结构。

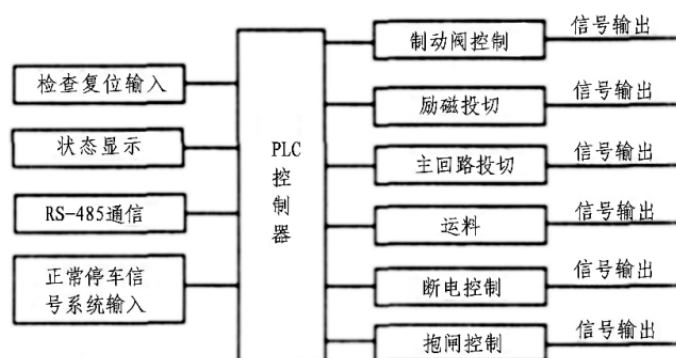


图2 系统硬件基本构成图

3.1.2 传感器选型要点

速度传感器的功能主要在于测量传送带的运行速度,如果在检测中发现速度存在异常,则由主控设备向励磁回路晶闸管发送信号;温度传感器则主要进行温度的测量,设有继承感温探头,对待测点的温度进行测量,之后再向主控主机进行传输,一旦超温则可自动洒水保护;烟雾传感器则用于检测设备运行环境中的烟雾情况,如果烟雾含量达到了 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$,就会输出低电平信号,启动保护;跑偏传感器则检测交代的运行是否跑偏,利用跑偏开关上的探杆来对牵引探杆轴进行旋转,在旋转刀某个角度,即可开动行程开关,进而控制主机启动跑偏信号;堆煤传感器主要承担煤位保护方面的功能;撕裂传感器则主要用于避免交代撕裂,如果作用力达到 20N 以上,就会发挥启动,无无聊的情况下输出电阻值在 $1\text{k}\Omega$ 以上,如果该数据不足 2Ω ,则可在延时 2 秒后关停设备;急停传感器则是在检测到拉杆受到较大动力之后即可发动,输出控制信号,并完成锁定。在设备锁定之后,需要工作人员进行人工复位,才能再次开启设备。

3.2 软件设计

对于 PLC 的现场控制和控制中心而言,其通信模块设备为 CP343-1,属于一种以太网模块,而控制中心则在操作服务器上装有 S7SIEMENS SOFTNET,除此之外还安装了 Intouch 的 OPCLINK 驱动程序,来让客户端可以正常启动。除此之外,采用以太网还可以能够顺利实现通信功能,让二者之间完成数据交流交换。如图 3 所示,为该系统的软件架构示意图。

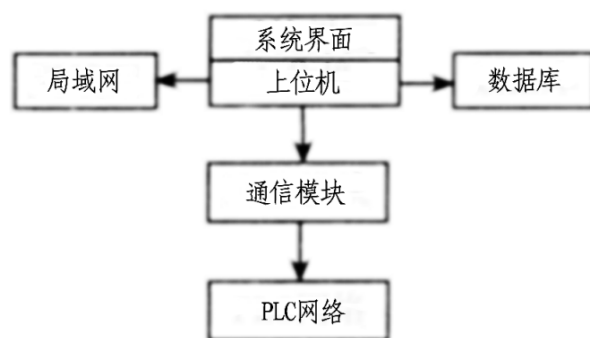


图3 系统软件架构示意图

所应用的上位监控软件为 Client/server。具体来看,其中有一部操作 server,一部历史 server,共同完成数据的采集和处理工作。其中工作 server 配置了 SQLSERVER 2003 程序,作为数据存储媒介。该软件应用的版本为 Wonderware 的 Intouch 版本,还植入了 Archestra 模块,二者进行配合,即可实现操作环境的统一化,可以继承若干个类型的数据来源信息。进而让其具备了运行报表、显示画面、发出报警信息等多方面的功能,成为了一个功能较为完备的操作终端。

3.3 上位机软件

上位机软件工作的开展主要分为两个角度展开,分别是数据采集和实时监管,如图 4 所示,为上位机监控系统结构示意图。

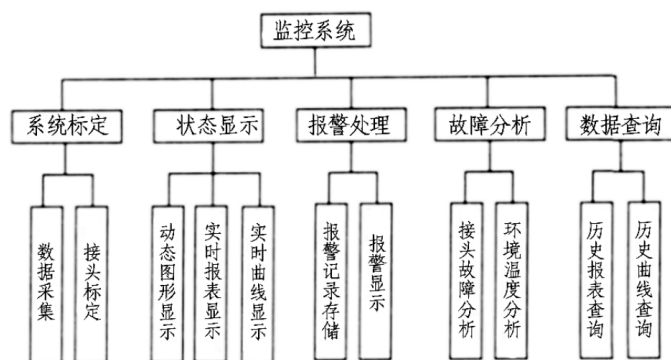


图4 上位机监控系统结构图

3.3.1 操作界面

操作界面就是人机界面,工作人员可以通过鼠标、键盘和显示器等硬件来和设备进行人际交流,实现对监控系统的操作。人机界面中有图标按钮和菜单,直观而便于操作。除此之外监控系统也可以对数据进行监控,绘制动态曲线,以方便工作人员判断变化趋势。系统配

置简体中文操作界面,可以实现表格和图形的绘制,一旦系统发生异常则可进行报警。Database 可以分类不同类型的报警信息,并将信息进行归档,方便工作人员按照类型和日期查询。

3.3.2 图形界面

图形界面主要承担的是显示功能,如监控软件的整体面貌、报警信息、监控数据的实时显示等。所有的画面都可以经由动画的形式来展现控制系统状态。一般来说,画面的显示可以模拟实际系统的情况,从而和工作人员的操作习惯相符合。Database 主要具备实时记录、查询和故障管理等方面的功能,一旦发生问题,可以及时显示故障的位置,方便工作人员确定问题的原因和方位,之后做出正确的处置。

3.3.3 实时 Database

系统工作中的所有数据均保存在 database 当中,该 database 结构设计水平会直接影响变成水平,与此同时,该数据库的安全性和完整性同样也极为重要。历史 database 可以实现对先前其他数据的储存,需要兼具通信功能,记录设备的运行情况等。

3.4 PLC 控制软件

用户可以将编写完毕的程序经过编程器上川岛 PLC 用户程序存储器当中,PLC 每次执行操作,就可以在跳转控制或无中断的情况下,结合存储地址号,按照大小顺序,依次扫描用户程序。PLC 程序的执行过程大致为,首先将输入信号的状态传达到影响寄存器当中再进行储存,跟单执行过程中,即便数据信息的输入状态发生变化,所寄存的信息数据依然可以完成传输。PLC 结合次序来对程序进行扫描,按照自上而下的顺序进行,从输入映像寄存器和元素映像寄存器当中完成读取,之后即可将具体执行结果记录下来。在完成执行之后,就可以进行输出刷新,将输出继电器的工作情况保存在输出锁存电路当中,之后驱动驱动负载进行工作,至此,PLC 就完成了一个工作周期。

4 实际应用效果

某煤矿运输机设计采用两台 160kW 电机直接顺序启动,由于启动性能较差,重载起车难度高,同时强力带式输送机运行速度不可调,为 2.5m/s,因而对于强力胶带的磨损较为严重。领导由于电机功率较大,且为一次性启动,在全速运行的情况下,启动电流较大而提高了冲击力,给设备的正常运行和安全生产造成了影响。采用变频调速自动化技术改造之后,实际应用效果如下:

4.1 实现了软启动、软停止

变频装置具有较好的软启动和软停止特性,启动和停车时间以及加减速均可自由调整,同时为了让启动更加平稳,还可以装设 S 型加减速算法,从而在最大程度上控制带式输送机启动和关停时形成的冲击力,这是其他驱动设备难以实现的功能。如果带式输送机的运煤量较小,变频系统也快而可以及时调整电机的速度和功率,从而让设备实现平稳启停。

4.2 重载启动更加平稳

由于带式输送机在运煤过程中可能会出现停车现象,所以需要对于设备重载启动功能要予以重视,变频装置应用了无速度传感器矢量控制,在低频运转的过程中,可以实现额定转矩 1.5 倍以上的输出,而在设备未运行时,由单独某一部带式输送机电机进行启动,经常由于启动力矩过小、电流过大,而导致出现无法启动胶带的现象,导致胶带压死。按照矿井统计数据来看,南胶带巷的带式输送机由于压死造成故障达到 10 次以上,停止生产时间超过 80h,自从改造以来,压死胶带事故没有再出现。

4.3 自动调速起到了较好的节能效果

经计算,改造以后实现了约 11% 的电能节约,每年可节约标准煤 14t 以上。以动力电 0.65 元/kW·h 计算,每月可以节约电费月 0.62 万元,每年节约电费 7 万元以上。

4.4 实现了工频转换功能

设备运行过程中如果发生故障,则可切换到工频旁路继续运转,同时即可检修变频设备,来适应长期全速运行的需求。与此同时,变频设备在启动之后,也可手动切换到工频状态下运行,从而让变频器内电解电容使用寿命得到了较大程度的延长。

4.5 系统集成度高,降低了故障率

由于合作厂家的技术已经趋于成熟,所应用的部件和设备均自国际知名厂商引进,设备质量可靠,在投运之后故障发生较少,因而有效地降低了维修时间,控制了维修成本。对比改造前后配件投入情况进行对比分析,改造前该带式输送机电控系统配件的投入消耗就达到了每年 20 万元以上,在完成改造以后,每年仅需要更换继电器等常用配件,主机系统当中则无需频繁更换易损零件,每年可节约配件费用 10 万元以上。

5 总结

在前文分析中不难发现,随着现代科学技术的不断发展进步,变频调速技术也将在矿井安全生产中起到越来越重要的作用,其安全性、经济性的优势也得到了人们的广泛认可。本文对于变频器在煤矿带式输送机的应用进行了简要分析,其优秀的调速能力、启动和制动性能都给企业的安全生产带来了保障,同时节约了大量运行成本,可以有效地让煤矿实现安全高效生产,让煤矿在获取经济效益的同时,也大大提升了社会效益,为我国能源行业竞争力的提升起到了积极作用。

参考文献:

- [1] 石元铎. 煤矿用带式输送机变频调速控制技术改造及其效果 [J]. 机械管理开发, 2021, 36(10): 222-223.
- [2] 张宝良. 基于 PLC 的矿用带式输送机自动化控制系统研究 [J]. 当代化工研究, 2019(02): 113-114.

作者简介:

李丹曦 (1989-), 山西临汾人, 男, 2011 年 7 月毕业于太原理工大学, 本科, 工程师, 研究方向: 煤矿机电。