

doi:10.16576/j.ISSN.1007-4414.2024.01.046

长距离运输带式输送机张紧力控制装置设计应用*

李梅香

(山西焦煤西山煤电机电厂, 山西 太原 030053)

摘要:带式输送机是煤矿井下主要运输设备之一,其自动化程度决定着煤炭运输效率的高低。煤矿井下长距离带式输送机运行工况复杂、负载大,导致输送带弹塑性变形大,因此需采用张紧装置给输送带一定张紧力,以确保其正常使用。根据带式输送机工作特点,综合变频控制、扭矩控制方式,构建一种张紧力控制装置。该装置采用张力传感器对输送带实际张紧力进行实时监测,且PLC及变频器可对张紧力进行分析并控制电机运行,实现张紧力调节。构建的张紧力控制装置结构简单、便于维护,现场应用后可满足带式输送机张紧控制需要,能够提升设备运行的可靠性。

关键词:长距离;带式输送机;张紧装置;变频器

中图分类号:TD528+1

文献标识码:A

文章编号:1007-4414(2024)01-0170-03

Research on Tension Control Device for Long-Distance Conveyor Belt

LI Mei-xiang

(Shanxi Jiaomei Xishan Coal Electric Machinery and Electrical Plant, Taiyuan 030053, Shanxi, China)

Abstract: As one of the main transportation equipment in coal mines, the automation level of belt conveyors determines the efficiency of coal transportation. Due to the complex operating conditions and heavy load of long-distance belt conveyors in coal mines, the conveyor belt undergoes significant elastic deformation. Therefore, a tensioning device needs to be used to give the conveyor belt a certain amount of tension to ensure normal use. Based on the working characteristics of the belt conveyor, a tension control device is constructed by combining frequency conversion control and torque control. This device uses a tension sensor to monitor the actual tension of the conveyor belt in real-time, and PLC and frequency converter analyze the tension and control the motor operation to achieve tension adjustment. The constructed tension control device has a simple structure and is easy to maintain. After on-site application, it can meet the tension control needs of belt conveyors and improve the reliability of equipment operation.

Key words: long distance; belt conveyor; tensioning device; frequency converter

0 引言

带式输送机是目前最有效的输送设备之一,它广泛应用于煤矿、港口、冶金和电厂等企业。目前,带式输送机正向着大运距、大运量、大倾角等多元化方向发展。张紧装置是带式输送机的重要组成部分,其对输送机的平稳启动和正常运行起着极其重要的作用。随着我国矿井开采范围以及产量不断提升,高功率带式输送机因其高运速、大运量以及长距离特点而在煤矿井下应用不断增加^[1]。然而,带式输送机易受到煤炭生产条件、使用环境等因素影响,其输送带张力容易出现较大波动并产生一定的伸缩量,严重时带式输送机还会出现打滑。

基于此,笔者针对带式输送机启动、运行以及停机过程进行分析,通过配备张紧装置并采用变频器、异步电机来实现张紧力调节,最终达到提升带式输送机运输可靠性的目的^[2]。

1 变频张紧装置设计

1.1 变频张紧装置结构组成及原理

为满足带式输送机启动和正常运行状态下所必须的足够张力和行程,使系统便于调节和控制,设计了带式输送机变频张紧装置结构,该结构包括控制柜、监测单元、机械传动单元、张紧小车等,如图1所示。

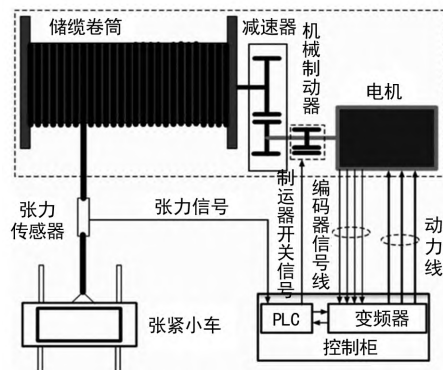


图1 变频张紧装置结构示意图

* 收稿日期:2023-06-27

作者简介:李梅香(1985-),女,山西太原人,工程师,主要从事煤矿机电设备管理等方面的研究工作。

控制柜内部变频器、PLC 等是张紧力控制系统的核心控制单元,其主要功能是与其它设备进行信息通信。机械传动单元主要包括变频电机(带编码器)、减速器、机械制动器、储绳滚筒等,变频电机端头编码器将信号传输至变频器,从而使得变频器控制模式变为矢量控制;机械制动器处于常闭状态,PLC 控制电磁铁通电后可将其打开;监测单元依靠张紧传感器监测钢丝绳张紧力信号并将信号传输给 PLC,张紧小车沿轨道前后移动,实现张紧力调整。具体张紧控制过程如下。

(1) 启动准备阶段。启动前,集控中心向张紧装置发出启动准备指令,变频器启动、机械制动打开,电机驱动储绳滚筒转动收紧钢丝绳直至输送带张紧力达到预先设定值;此后驱动绞车始终处于张紧力控制状态,并向控制中心发出反馈信号^[3]。

(2) 正常启动阶段。带式输送机启动时,上部输送带从机头(驱动滚筒)向机尾运动、下部输送带从机尾向机头运动,运动时间根据输送带铺设长度决定,耗时在几秒到几十秒不等。带式输送机启动初期,输送带张力会明显降低,因此要使变频电机快速响应以驱动储绳滚筒转动回收钢丝绳,使得输送带张紧力恢复至启动张紧力。

(3) 正常运行阶段。正常运行阶段,输送带需要的张紧力明显小于启动阶段,因此在带式输送机正常启动后,变频电机缓慢反转、张紧小车缓慢牵引,输送带张紧力预先设定斜率缓慢降低,直至张紧力降至运行张紧力;此时机械制动开启、制定弹簧锁住绞车,变频电机及变频器停止工作并处于待机状态。

(4) 动态调整阶段。带式输送机运行期间,输送带张紧力会随着运输载荷、外界环境等变化而改变。张紧力可通过张力传感器进行实时监测,当超过规定阈值上限或者下限时,张紧装置在控制柜作用下动作,确保运行张紧力始终在规定范围内^[4]。

(5) 停机阶段。带式输送机停止运行后,变频电

机缓慢反转、张紧小车沿着轨道缓慢前移,直至带式输送机张紧力降至 0。

1.2 张紧装置结构分析设计

1.2.1 电机参数的确定

张紧装置是带式输送机的重要配套设备,张紧装置需要根据带式输送机运行情况合理确定最大张紧行程 L 、最大张紧力 F 。张紧装置应依据 L 、 F 合理确定内部元器件以及运行参数,张紧装置电机参数选择流程如图 2 所示。

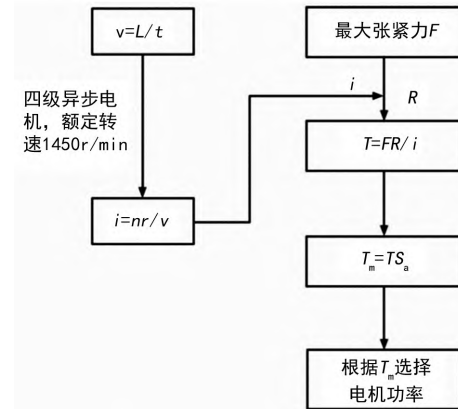


图 2 张紧装置电机参数选择流程

张紧装置选用的电机额定转速 $n = 1\ 450\ \text{r/min}$,依据张紧最大行程 L 、启动时间 t 可确定张紧装置运行速度 v ;通过电机转速 n 、储绳滚筒最小半径 r ,可对机械传动机构传动比 i 进行计算,具体公式为 $i = nr/v$;根据最大张紧力 F 、储绳滚筒最大半径 R ,可对电机扭矩 T 进行计算,具体公式为 $T = FR/i$;为确保张紧装置运行安全,给定一个安全系数 S_a ,则确定的电机额定转 $T_m = TS_a$,通过上述参数即可确定选用的电机功率^[5]。

1.2.2 张紧装置控制张力变频调节

张紧装置对张力变频的调节可通过变频器对电机运行的矢量控制调整来实现,具体如图 3 所示。

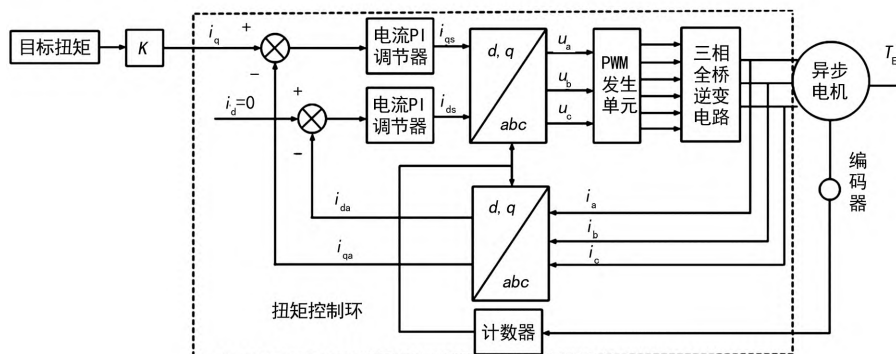


图 3 变频器矢量控制示意图

长距离带式输送机惯性大且输送带具备黏弹性

特征等问题,因此在启动过程中输送带张力峰值较

高。为确保带式输送机具备较好的静、动特性,文中采用的张紧装置应依据现场运行工况确定张紧力控制策略,各运行工况下张紧力给定情况如图4所示。

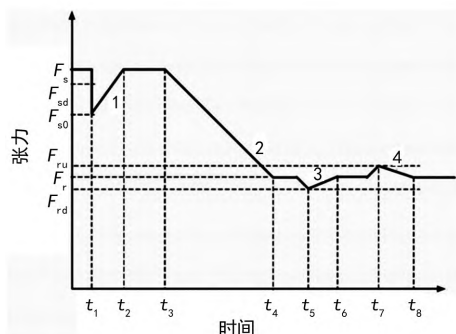


图4 各工况下张紧力调整示意图

(1) 启动过程。输送带弹塑性变形发生在启动过程中,只有给输送带提供足够的牵引力才能避免输送带打滑,张紧装置应施加较大的张紧力 F_s ;在 t_1 时刻启动时,输送带在驱动滚筒分离点后方变得松弛,当张紧力小于启动张紧力下限 F_{sd} 时,张紧装置在张紧力实际值 F_{s0} 位置开始按照斜率 K_1 迅速增加,使得张紧力可快速增加至启动张紧力 F_s 。张紧装置在启动阶段可对输送带进行补偿,避免出现打滑或者重载无法启动等问题^[6]。

(2) 工作状态调整阶段。带式输送机完成启动后进入到正常运行阶段,此阶段驱动装置主要用来克服各组成部件的摩擦力,使其不会受到惯性力作用。因此,可适当降低张紧力以减少设备磨损,提升带式输送机使用寿命。张紧装置将张紧力由 F_s 按照斜率 K_2 降至 F_r 。

(3) 正常运行张紧力控制。正常运行阶段,张紧力控制在 $F_r \pm 10\% F_r$ 范围内,运行期间张紧力上限及下限分别为 F_{ru} 、 F_{rd} 。张紧力在正常范围内时,张紧装置始终处于待机状态;若实际张紧力超过设定上限或者下限时,则按照斜率 K_2 将张紧力调整至 F_r ,此后张紧装置继续待机^[7]。

2 现场应用效果

在西山煤电官地矿3203运输大巷构建试验平台,对张紧装置应用效果进行分析。3200运输大巷铺设的带式输送机运输长度达到3500 m,输送带宽

度为1200 mm。以往带式输送机采用重锤张紧方式,其张紧力保持不变且张紧量较小,带式输送机在重载启动时易出现打滑情况且输送带磨损较为严重。安装张紧装置后,带式输送机始终保持平稳运行,张紧装置可依据带式输送机运行工况自动调整张紧力,其在满足原煤运输基础上可减少输送带、托辊以及滚筒等设备磨损;同时张紧装置张紧力调整响应时间为2.5 s以内,应用期间未出现控制张紧力超调问题,现场取得较好应用效果^[8]。

3 结 语

文中对张紧装置结构组成、运行原理进行分析,给出电机关键参数选择流程以及张紧力控制方法。构建的张紧装置结构简单,设备性能稳定且便于后续维护。张紧装置可根据带式输送机运行工况自动调整张紧力,在启动阶段施加较大的张紧力、张紧量,以补偿启动期间长距离输送带的弹塑性变形,避免出现打滑或者重载启动困难问题;在正常运行阶段,张紧装置可将张紧力保持在合理范围内,既可满足运输需求又可减少设备磨损及能耗。官地矿3203运输大巷带式输送机应用表明,该张紧装置运行平稳,可满足带式输送机长距离运输启动以及正常运行需要,应用期间未出现重载启动困难或者打滑等问题。

参考文献:

- [1] 苏磊,梅晓,王伟.长距离带式输送机液压张紧装置设计研究[J].煤矿机械,2008,29(11):6-8.
- [2] 刘伟莲.带式输送机调速张紧装置张紧力控制技术的研究[J].煤矿机械,2021,42(4):159-161.
- [3] 王坚,韩刚,卜培培.长距离带式输送机液压自动张紧装置的设计[J].太原科技大学学报,2012,33(4):273-276.
- [4] 刘赞.带式输送机自动张紧装置的灰色PID控制研究[J].中国科技博览,2012(7):78.
- [5] 李向军.一种带式输送机张紧装置的研究与应用[J].机械管理开发,2018,33(5):20-21.
- [6] 武焱.多点驱动带式输送机拉紧装置控制系统研究[J].机械工程与自动化,2021(1):204-205,208.
- [7] 蔺素宏,安高成,毋嘉豪,等.带式输送机电液伺服张紧装置张紧力控制研究[J].煤炭技术,2019(5):144-147.
- [8] 雷春福.长距离大型带式输送机张紧装置研究[J].机械管理开发,2022,37(11):171-173.