

大倾角下运带式输送机启制动关键技术

钱 科

中煤科工集团上海有限公司, 上海
Email: bluestar88@126.com

收稿日期: 2020年9月17日; 录用日期: 2020年10月6日; 发布日期: 2020年10月13日

摘 要

针对某矿大倾角下运带式输送机重载启车“溜车”, 磨损制动器闸皮, 启动失败的问题, 本文对下运带式输送机空载、重载工况进行了分析, 提出了下运带式输送机启制动关键技术, 最后结合现场情况分析重载启车“溜车”原因, 为以后提供设计选型和现场调试提供参考。

关键词

大倾角, 下运带式输送机, 溜车, 启制动

Key Technology of Starting and Braking for Downward Belt Conveyor with Large Inclination

Ke Qian

China Coal Technology & Engineering Group Shanghai Research Institute, Shanghai
Email: bluestar88@126.com

Received: Sep. 17th, 2020; accepted: Oct. 6th, 2020; published: Oct. 13th, 2020

Abstract

In view of the problem of heavy load starting “sliding” of downward belt conveyor in a mine with large inclination, the brake shoes are worn and the starting fails. This paper analyzes the no-load and heavy load conditions of the downward belt conveyor, and puts forward the key technologies of starting and braking the downward belt conveyor. Finally, combining with the field situation, the paper analyzes the causes of “sliding” of heavy load starting. It can provide reference for design and debugging in future.

Keywords

Large Inclination, Downward Belt Conveyor, Sliding, Starting and Braking

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 背景

山西某矿大巷带式输送机主要参数为: 带宽 $B = 1000$ mm, 运量 $Q = 800$ t/h, $H = -205$ m, 带速 $v = 3.15$ m/s, 长度 $L = 1100$ m, 电机电压 $U = 1140$ V, 功率 $P = 2 \times 450$ kW, 四象限变频器。经过计算, 电机功率富裕量较大, 达到 1.4 倍。该带式输送机重载启车时“溜车”, 变频器报各种故障, 启车失败, 磨损制动器闸皮, 存在严重安全隐患, 本文对大倾角下运带式输送机启制动关键技术进行了分析。

2. 下运带式输送机空载/重载工况分析

2.1. 空载工况分析

大倾角下运带式输送机空载启动时, 带式输送机胶带的下滑力不足以克服系统阻力, 电动机处于电动状态, 制动装置闸松开后, 胶带不会带动滚筒往下溜车, 变频器控制电机按照设定启动曲线缓慢启动。当电动机达到额定转速后, 随着物料的加载, 胶带及物料重力的下滑分力增大, 电机转速超过额定转速, 此时电机处于发电状态[1], 完成整个启动、加载过程。空载停车时, 电动机处于电动状态, 变频器可以选择“自由停车”或“减速停车”方式停车, 待胶带速度在 0.3~0.5 m/s 时, 制动器开始抱闸。

2.2. 重载工况分析

大倾角下运带式输送机重载启动时, 带式输送机胶带及物料重力的下滑力分力大于系统阻力, 电动机处于发电状态, 制动装置闸松开后, 胶带带动滚筒开始往下溜车, 此时如果没有制动措施, 胶带机下滑速度越来越快, 将发生“飞车”事故[2]。通过控制系统、四象限变频器和制动装置的有效配合, 实现大倾角下运带式输送机重载启动。有文章[3]提到下运带式输送机重载启动, 可以采用胶带机缓慢松闸, 采用胶带机在重力作用下滑行的方式启动, 胶带机滚筒带动电机转动, 待电机转速到达同步转速前, 电机启动切入。此方式不采用软启动装置, 电机直接启动, 明显不适用于带式输送机。

3. 下运带式输送机控制技术

大倾角下运带式输送机启动和停止通过四象限变频器与下运制动装置共同实现的。在带式输送机空载启动和停车时, 电动机均处于电动状态。启动时控制系统先发出“松闸”信号, 松开制动器闸盘, 然后发出“变频器启动”信号, 变频器收到信号后按照设定启动曲线控制电机缓慢启动; 停车时控制系统发出“变频器停机”信号, 变频器控制电机减速缓慢停车, 同时检测胶带速度, 当胶带速度在 0.3~0.5 m/s 时, 控制系统发出“制动器抱闸”信号, 制动器开始抱闸。

在大倾角下运带式输送机重载启动和停车时, 电动机均处于发电状态。启动时控制系统给制动器发出“松闸”信号的同时, 发出“变频器启动”信号, 随着制动力矩逐渐减小, 变频器按照设定启动曲线控制电机, 实现平稳启动; 紧急停机时, 控制系统发出“停机”信号, 制动器开始抱闸, 变频器采入“减

速停车”方式产生反向制动力，随着制动力矩逐渐加大，变频器封锁输出，制动器抱闸完成。重载时必须依靠制动系统，可靠的下运制动器配置是下运带式输送机安全的保障。

在大倾角下运带式输送机加载过程中，如果加载量超过带式输送机的额定运量，很可能会发生“飞车”事故。如何防止“飞车”事故的发生？控制系统实时监测电机转速，当电机转速超过额定转速 1.05 倍时，控制系统发出“停止给料”信号，减少带式输送机胶带上物料，待电机转速恢复正常后，往带式输送机上重新开始给料；当电机转速超过额定转速 1.1 倍时，此时带式输送机已严重超载，随时可能发生飞车，控制系统应立即发出“停止给料”和“重载停车制动”命令。

4. 四象限变频器技术

《煤矿安全规程》明确带式输送机应设软启动装置，带式输送机软启动装置主要有偶合器、CST、变频器等。其中变频器以其优越的启动和调速性能，已经成为带式输送机最常用的软启动装置。因下运带式输送机的电动机经常性处于发电状态，电流经二极管流入会导致变频器母线电压升高，普通的二象限变频器不能满足使用要求，必须选用具有回馈功能的四象限变频器。

4.1. 四象限变频器原理

所谓四象限变频器是指变频器控制电机运行机械特性曲线在数学轴的四个象限(电动正转状态、回馈制动状态、反接制动状态、反接制动状态)均可运行。普通变频器大都采用二极管整流桥将交流电转化成直流，然后 IGBT 逆变技术将直流转化成电压频率皆可调整的交流电控制电动机，这种变频器只能工作在电动状态，称之为两象限变频器。由于两象限变频器采用二极管整流桥，无法实现能量的双向流动，电机回馈系统能量无法送回电网。而四象限变频器采用 IGBT 做整流桥，可以实现能量双向流动。

4.2. 四象限变频器矢量控制

变频器矢量控制分速度闭环矢量控制和无速度开环矢量控制两种。利用检测的定子电压、电流等容易检测到的物理量进行速度估计以取代速度传感器。通过异步电机矢量控制理论来解决交流电机转矩控制问题。矢量控制实现的基本原理是通过测量和控制异步电动机定子电流矢量，根据磁场定向原理分别对异步电动机的励磁电流和转矩电流进行控制，从而达到控制异步电动机转矩的目的。

5. 下运制动技术

《煤矿安全规程》明确下运带式输送机应加设软制动装置。下运带式输送机的过度依赖制动器，增加制动器的工作量，且对制动性能要求较高，可以说制动器是下运输送机安全运行的最后一道保障。目前常用的带式输送机制动器主要有盘式制动器、液力制动器、液压制动器等。相比较而言，盘式制动器具有制动速度可控、定车、断电制动等功能更适合下运带式输送机。

5.1. 盘式制动器

盘式制动装置是一种利用压力油压缩碟簧松闸，卸压后碟簧产生压力施闸的常闭式制动装置[4]，主要由闸头、闸盘、液压站和电控箱组成。制动装置制动力为闸头上闸瓦与闸盘之间的摩擦产生的，通过调节闸瓦对闸盘的正压力，即可改变制动装置制动力，而正压力取决于油压。

5.2. 盘式制动器控制原理

盘式制动器收到控制系统“松闸”信号，制动器油泵电机启动，压力油通过高压油管进入活塞腔，压缩碟簧使闸瓦离开制动盘，闸瓦脱离制动盘的过程就是松闸的过程[5]。当盘式制动器收到控制系统“抱

闸”信号，制动器油泵电机停止，活塞腔油压降低，活塞在碟簧压力的作用下带动闸瓦压向制动盘，闸瓦抱紧制动盘的过程就是抱闸的过程，闸瓦与制动盘之间抱紧会产生大量的热，散热是盘式制动盘关键问题。

6. 某矿下运带式输送机重载“溜车”分析及解决

在现场，已经安装了四象限变频器、下运制动装置、控制系统的某矿大倾角下运带式输送机自 2019 年 8 月调试运行以来，一直存在重载启车“溜车”的问题，变频器被拖动报“过压”、“失控”等故障后，制动装置开始抱闸，重载启车失败。使用单位临时通过手动“松/抱闸”方式卸煤，空载后再次重新启车。整个重启过程耽误生产时间约 1.5~2 小时，对企业造成较大损失。制动装置闸瓦磨损较快，存在严重安全隐患。

6.1. 查看分析

经现场查看发现：(1) 控制系统核心 PLC 模块在硬件配置方面 I/O 点数不够。控制系统与变频器之间缺失部分变频器控制信号和故障返回信号，带式输送机司机无法通过人机界面全面了解变频器的状态，有时在变频器故障的情况下启车；(2) 控制系统不具备采集制动装置油压信号功能，控制系统通过时间估算方式实现制动装置和变频器启停车配合；(3) 控制系统不具备采集电机速度信号功能，变频器采用无速度传感器矢量控制，相对于有速度闭环控制，控制精度较低，尤其是在低频阶段；(4) 变频器参数设置需要调整，如启动频率、转矩提升、励磁时间、停车方式等。

6.2. 解决方法

由于轴编码器无法安装，变频器只能采用无速度矢量控制方式，但通过参数调整，提高了低频输出转矩；主要升级了控制系统硬件配置及软件画面，采集了制动装置油压信号，准确的控制制动器“松闸”及变频器“启动”，使两者配合得当，从 2020 年 1 月 13 日重新调试完成至今，该下运带式输送机重载启动正常，运行平稳，消除了安全隐患。

7. 结语

本文从下运带式输送机空载/重载工况分析，包括四象限变频器技术、下运制动和下运控制等技术已成为下运带式输送机的关键技术保障，各自需功能完善，还必须相互配合，才能使下运带式输送机安全、可靠运行。

参考文献

- [1] Sul, S.-K. (2011) Control of Electric Machine Drive System. Wukey-IEEE, Korea.
<https://doi.org/10.1002/9780470876541>
- [2] 蒋卫良. 高可靠性带式输送、提升及控制[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2008.
- [3] 孙伟. 下运带式输送机的启动与制动[J]. 煤矿机械, 2016(6): 136-138.
- [4] 包继华, 等. 下运带式输送机盘式制动系统的研究[J]. 煤矿自动化, 2005(5): 9-10.
- [5] 张媛, 等. 大功率下运带式输送机的制动技术[J]. 煤矿机械, 2002(4): 4-7.