

长运距大运量伸缩带式输送机的设计与应用

车新军

(华亭煤业集团有限责任公司矿山机械公司 甘肃 华亭 744103)

摘要：按照传统的后置式张紧布置方式，即张紧装置在驱动滚筒之后的布置方式，在带式输送机上运输或者平巷运输时，能够保证输送带有足够的张力，带式输送机运行平稳。而在长运距大运量下运伸缩带式输送机中，输送带会因为自重力的作用快速移动而超过带式输送机设定的运行速度，导致输送带张紧力不足出现松弛，这种布置方式会造成输送带在传动滚筒上打滑、张紧装置负荷大、运行成本高、存在安全隐患，不利于带式输送机的正常运行。

关键词：张紧装置；前置式；张紧力；长运距；下运

0 引言

带式输送机作为一种利用相关摩擦驱动方式连续输送物料的机械，是煤矿中最佳的高效连续输送设备。在实际运用过程当中具备维修简单方便，部件相对标准化，能够实现连续运输，运行可靠，易于实现相关自动化以及集中控制，特别是高效高产，带式输送机已逐渐成为煤矿机电一体化的关键设备。广泛应用于采矿、冶金、煤炭等需要连续作业的大型生产单位，如煤矿、钢铁厂、水泥厂松散物料或成件物品的输送。

输送带作为承载部件，会在带式输送机启动、运行或停止等工作过程中由于张紧力和惯性的作用变长松弛而无法正常工作。而张紧装置是保证输送带具有一定张紧力而不发生打滑的重要组成部分，因此在带式输送机的整体设计布局中，选择合适的张紧装置，确定其合理的安装位置，是保证带式输送机正常运转、启动或停止时，输送带在传动滚筒上不打滑的重要条件。

1 张紧装置合理布置的重要性

带式输送机中的张紧装置要求其响应速度快、性能好，能及时为张紧输送带提供足够的张紧力，保证带式输送机正常运行。因此，张紧装置的布置方式至关重要。设计合理的张紧装置布置方式应当考虑以下几点：

- (1) 张紧力越小，所需的张紧装置结构尺寸越小、安装所需的空间越小；为保证安装方便且有足够的张紧力，张紧装置应尽可能布置在张紧力最小处；
- (2) 对于长运距的水平带式输送机或短运距的下运带式输送机，张紧装置应尽可能靠近驱动滚筒；对于运输距离较短的水平带式输送机或上运带式输送机，张

紧装置应尽可能布置在带式输送机机尾，以机尾滚筒作为张紧滚筒，确保带式输送机启动和制动时有足够的张紧力使输送带不产生打滑现象；

(3) 张紧装置的张紧力应选择各种工况下计算所得的最大值，然后根据带式输送机的长度和输送带的类型，计算张紧行程；根据张紧力和张紧行程，选择张紧装置的型式。

常规带式输送机的设计原理是，为进一步提高驱动滚筒的传动效率，传动装置必须安装在高张力下；夹紧装置必须置于低压位置，夹紧力必须主动拧紧，以进一步有效减小张紧器的初始张力和胶带的最大张力。因此，从相关设计合理性的角度来看，传送带驱动装置必须置于传送带上方，夹紧装置必须置于传送带下方，这就是传统固定下降带式输送机的当前布置。然而，煤矿开采过程的特殊性在很大程度上直接决定了带式输送机的传动装置应置于下方。这就是下运接卸带式输送机与下运接卸带式输送机的技术问题的矛盾。在通常的固定配置中不能被按照常规的带式输送机上升（或下降）的传动装置来布置。下运带机正常运行时处于发电状态，物料的滑动力特别大，电动机处于发电机组制动运行状态，来自发动机的电力回馈电网，使带式输送机处于发电机组制动运行状态。下运带式输送机的传动和驱动装置应布置在带式输送机的下方，即带式输送机传动和驱动装置应布置在输送带的最低电压点，输送带的后部机械应在最高电压点，为了能够进一步有效减小张紧装置的张力，需要向前移动该装置。

而在长运距大运量下运伸缩带式输送机中，张紧位置的布置更为重要，选择不合理会直接导致输送带在传动滚筒上打滑、张紧装置负荷大、运行成本高、存在安全隐患。

2 后置式张紧布置方式在长运距大运量下运伸缩带式输送机中应用存在的缺陷

在下运带式输送机中，选用后置式张紧布置方式（张紧装置在驱动滚筒之后的布置方式），一是带式输送机运行时张紧装置负荷大，且输送带会在自身重力和惯性作用下，运行速度增大甚至超过带式输送机设定运行速度，造成输送带在传动滚筒上打滑，出现“飞带”现象，存在安全隐患；二是所需要的张紧力更大，需要选用满足更大张紧力的张紧装置，张紧力越大，张紧装置安装空间越大，导致安装困难、检修不便、运行成本增加。

3 前置式张紧布置方式在长运距大运量下运伸缩带式输送机中的应用分析

为解决长运距大运量下运伸缩带式输送机输送带在传动滚筒上打滑、张紧装置负荷大、安装困难、运行成本高等问题，在华亭煤业集团华亭煤矿DSJ140/250/2×400（A）X下运带式输送机上设计应用了前置式张紧布置方式。

- 该带式输送机主要技术参数：
- （1）运输能力：2500t/h；
 - （2）运输速度：3.5m/s；
 - （3）输送机长度：2500m；
 - （4）带宽：1400mm；
 - （5）输送机提升高度：-120～-200m；
 - （6）总功率：2×400kW；
 - （7）驱动形式：防爆永磁同步变频电动机+变频器控制；
 - （8）输送机形式：可伸缩式。

下运工况下两种张紧装置布置方式，输送带在不同承载情况下所需张紧力对比见表。

表 不同承载情况下所需张力对比表

输送带承载情况	张紧装置布置方式		
	后置式张紧布置方式所需张紧力 /kN	前置式张紧布置方式所需张紧力 /kN	两种张紧方式所需张紧力对比
各段均满载	$T_1=1008$	$T_1'=290$	$T_1\approx3.5T_1'$
各段均空载	$T_2=270$	$T_2'=680$	$T_2\approx0.4T_2'$
下运段空载，平运段满载	$T_3=190$	$T_3'=660$	$T_3\approx0.28T_3'$
下运段满载，平运段空载	$T_4=1040$	$T_4'=300$	$T_4\approx3.5T_4'$

通过对比，在带式输送机正常运行时各段均满载及下运段满载、平运段空载工况下，后置式张紧布置方式所需张紧力约为前置式张紧布置方式所需张紧力的 3.5 倍；而在输送带各段均空载及下运段空载、平运段满载

工况下，后置式张紧布置方式所需张紧力约为前置式张紧布置方式所需张紧力的 30%，几乎相差不大。

输送带在下运段空载或承载物料较少情况下容易出现松弛，需要及时张紧输送带，需要的张紧力增大，但前、后张紧布置方式所需张紧力几乎相差不大；输送带在下运段满载的情况下，输送带不易松弛、所需张紧力较小，后置式布置方式所需张紧力是前置式布置方式所需张紧力的 3.5 倍。

根据相关分析计算，带式输送机在大负荷运行时，物料的滑动力尤为重要，输送机在相关物料重力的实际作用下进行自动下落。同时在此阶段，相对应的带式输送机电机处于发电以及制动状态过程当中，物料的势能将会被电机转化为电能。驱动方式不能使用液压调速型液力偶合器或液粘装置，否则将不能快速实现同步输入以及切断。为了能够在一定程度上更有效地保证相关带式输送机的正常运行，应当在实践过程当中充分利用相应的可再生能源，有必要进一步使用四象限变频器来控制相关带式输送机。下带式输送机主要采用四象限变频调速装置，高效实现可控启动、速度控制以及相对应的功率平衡。机组还向电网进行回馈电能，从而进一步有效保证相关带式输送机的安全运行以及相对应的能量回馈。

下倾带式输送机正常运行时，物料在重力作用下产生的相关滑动力主要由有关发动机产生的制动力来进行平衡。当制动停止或相应的矿区突然出现断电时，发动机的制动力则会消失，材料在重力作用下的滑动力和惯性力作用在制动系统上。在没有相关相对合适可靠的制动系统情况下，就会出现打滑、物料泄漏等事故。带式输送机设计采用双系统比例液压控制系统，实现相关制动控制，从而促进带式输送机在重载情况下依旧能够正常停机。特别是在非正常停机的情况下，能在一定程度上实现平稳制动停机。

制动系统分为控制部分、信号传感器反馈部分以及相对应的制动部分。控制部分接收制动控制信号，通过发送恒定值的电流反馈以及相关检测相应的压力信号，缓慢调节与 0A 成比例的阀电流，使比例阀的开度逐渐有效减小，制动压力缓慢下降到 0MPa，在相关制动结束时，制动泵电机停止，执行整个制动过程。通过设定比例阀的当前减速时间，将制动时间控制在 40s 的框架内，将制动速度控制在 0.1m/s² 的框架内。在整个制动过程中，制动载荷逐渐增加，以在一定程度上有效满足制动阻尼要求。在系统出现突然断电的情况下，通过将相关电磁开关阀关闭进行有效复位，将相关安全阀以及速度控制阀投入运行。通过将调速阀的开度设置在最佳场，使

减速时间进一步控制在 25s 左右, 制动减速速度控制在 0.16m/s^2 左右, 同时也能在一定程度上有效满足相关制动阻尼要求。

这种带式输送机是一种比传统带式输送机设计计算方法相对更典型的伸缩式带式输送机。解决大型伸缩带式输送机问题最可靠、最方便的设计方法是采取相关阻尼技术。当带式输送机停止时, 尽可能使用相关阻尼技术来平衡有关物品的滑动力, 即安装一种相对特殊而有效的阻尼装置, 以进一步有效形成一种滑动摩擦力, 其阻尼系数远高于物品运行的阻力系数。通过进一步调整阻尼板的数量和传送带上的接触压力, 由阻尼装置产生的阻尼力可以补偿由传送材料产生的滑动力。使输送带输送机在电动工作状态下进一步有效改变动力产生电力运行状态, 不仅能够一定程度上降低了驱动单元所需的电机功率, 也降低了输送带的张力。阻尼装置是一种特殊的阻尼装置, 具有双重阻力(阻燃、抗静电), 由高分子量聚乙烯制成。安装方法与滚筒完全相同, 阻尼装置的作用是增加输送带在载荷作用下的垂度, 使输送带与阻尼装置之间产生滑动摩擦, 产生与载荷成正比的摩擦阻力(即阻尼力), 即载荷越高, 阻尼力越大, 这符合真实情况。

综合分析, 前置式张紧布置方式下所需张紧力明显更小、张紧装置结构尺寸小、占用空间小、安全性更高, 减小张紧力延长了输送带的使用寿命, 节约了安装空间, 降低了运行成本, 有效防止了输送带打滑、“飞带”等安全隐患, 保证了下运带式输送机的安全可靠运行。

4 结语

选择合理的张紧装置、确定合理的安装位置是保证输送机正常运行的重要条件。前置式张紧布置方式在华亭煤业公司华亭煤矿 DSJ140/250/2 $\times$ 400(A) X 长运距下运带式输送机上成功应用, 该带式输送机 2020 年 2 月安装使用至今, 未出现任何安全问题, 取得了良好的效益。

(1) 安全效益: 完美解决了下运带式输送机张紧装

置张紧力大、输送带在传动滚筒上打滑、“飞带”等问题, 保证了下运带式输送机的安全可靠运行; 该种张紧方式及时将输送带因下运、自重下滑的输送带快速张紧, 避免输送带在传动滚筒上打滑及跑带, 防止输送带“飞带”现象的发生及输送带过分松弛下垂而引起撒料。

(2) 经济效益: 前置式张紧布置方式所需要的张紧力小, 选用的张紧装置结构尺寸小, 因此所需要的安装空间小、安装简便、检修容易, 降低了运行成本。

(3) 社会效益: 该带式输送机张紧装置布置方式的成功研究应用, 在带式输送机设计能力上有了更大的提高, 很大程度上降低了运输成本, 提高了下运带式输送机运行的安全性, 在自动化采煤工作中具有良好的应用前景。

参考文献:

- [1] DT II (A) 型带式输送机设计手册 (第二版) [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2014.
- [2] 田恬. 带式输送机拉紧装置的类型与布置 [J]. 煤炭工程, 2021(z2): 181-182.
- [3] 胡秀海. 带式输送机张紧装置的类型与布置 [J]. 矿山机械, 2008(14): 87-88.
- [4] 王锡法. 长距离变坡下运带式输送机的设计研究 [D]. 西安: 西安理工大学, 2005.
- [5] 王建斌, 张营, 崔志强, 等. 液压卷带装置在运顺带式输送机中的应用及改进 [J]. 科技成果纵横, 2020, 29(1): 49.
- [6] 李金亮. 基于 ANSYS 的超大运量半移置可伸缩带式输送机设计 [J]. 煤矿机械, 2020, 41(10): 112-113.
- [7] 刘畅, 孙健, 赵立. 带式输送机用比例液压张紧系统设计 [J]. 煤炭技术, 2020, 39(5): 152-154.
- [8] 李晓伟, 何治斌, 刘敏, 等. 一种初级调平系统在扩展式方舱载车上的设计与应用 [J]. 今日自动化, 2021(6): 66-67+93.

作者简介: 车新军 (1971.04-), 男, 汉族, 甘肃灵台人, 本科, 高级工程师, 研究方向: 机械制造。