

# 基于皮带输送机设备的皮带 内置多体动力学分析

崔友, 乔磊, 贾志宁\*

(承德石油高等专科学校, 河北承德 067000)

**摘要** 皮带输送机设备是一种常用于物料输送的机械设备, 广泛应用于矿山、港口、化工、冶金等行业。输送机设备的运行稳定性和寿命直接关系到生产效率和经济效益。在输送机设备的设计和运行过程中, 多体动力学是一个非常重要的研究领域。在输送机设备中, 皮带和输送物料是多体系统的重要组成部分。因此, 对皮带内部多体动力学行为的研究对于输送机设备的设计和优化具有重要的意义。基于此, 本文研究基于皮带输送机设备的皮带内部多体动力学, 旨在为相关领域的研究提供新的思路和方法, 以提高输送机设备的运行效率和寿命。

**关键词** 皮带输送机; 多体动力学; 皮带张力; 数学模型; 实验测试

中图分类号: TH113

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)07-0124-03

目前, 对于输送机设备的多体动力学研究主要集中在整体系统的力学分析、动力学仿真以及振动控制等方面。然而, 在皮带输送机设备中, 皮带内部多体动力学行为的研究还相对较少。因此, 研究基于皮带输送机设备的皮带内置多体动力学分析具有重要的现实意义和理论意义。

## 1 皮带输送机设备的多体动力学模型

### 1.1 皮带输送机的工作原理及结构

皮带输送机是一种将物料从一个地点运输到另一个地点的机械设备, 它主要由输送带、托辊、驱动装置和支架等部分组成。

#### 1.1.1 输送带

输送带是皮带输送机的核心部分, 它由多层织物或钢丝绳加上橡胶、聚氨酯等材料制成。输送带分为多种类型, 根据不同的应用场景和物料性质, 选用不同的输送带。其工作原理是利用电动机的驱动下, 使输送带绕过两个端部的驱动滚筒和托辊滚筒, 形成循环运动, 从而实现物料的输送。输送带的速度可以根据实际需要进行调节, 以达到最佳的输送效果。

#### 1.1.2 托辊

托辊是一种安装在输送带上的滚筒, 主要用来支撑输送带和传递物料重量。托辊由钢制或聚合物材料制成, 它的种类较多, 常见的有承载托辊、缓冲托辊、转向托辊等。托辊的数量和位置可以根据实际需要进

行设计和布置, 以保证输送带的平稳运行和物料的顺利输送。

#### 1.1.3 支架

支架是用来支撑输送带和托辊的设备, 主要有吊架和支架两种。吊架由两个起重机架设在跨越物料输送路线的两侧, 通过吊带或钢绳将输送带吊挂在起重机上。支架则是将输送带固定在地面上。支架的选用要根据物料输送的距离、高度、质量等因素进行设计和布置, 以保证输送带的稳定运行和物料的顺利输送。

## 1.2 皮带与托辊的多体动力学模型

皮带输送机是一种将物料从一个地点运输到另一个地点的机械设备, 它主要由输送带、托辊、驱动装置和支架等部分组成。在运行过程中, 输送带和托辊之间的相互作用会影响整个系统的动力学性能, 因此需要建立相应的多体动力学模型来分析。

### 1.2.1 皮带动力学模型

皮带可以看作是一条由弹性材料制成的细长物体, 在运动过程中既受到外力的作用, 也受到自重和张力的作用。根据材料的本构关系, 可以将皮带建模为一个弹性杆或连续介质。在动力学分析中, 通常采用连续介质模型, 将皮带看作是一条具有一定厚度的弹性体, 它的运动状态可以由弹性变形和形变耗散能来描述。通过建立相应的连续介质模型, 可以计算出皮带在运动过程中的变形、应力和应变等动力学参数。

★基金项目: 矿用带式输送机皮带运行故障诊断、预警及监测系统成套设备研制, 项目编号: 19211601D。

\*本文通讯作者, E-mail: ysuja@163.com。

### 1.2.2 托辊动力学模型

托辊是用来支撑输送带和传递物料重量的设备,它在输送带运动过程中既要承受物料的重量,又要克服摩擦力和滚动阻力等作用力,因此需要建立相应的动力学模型来分析。托辊通常采用刚性体模型,将其看作是一个刚性滚筒,通过建立相应的滚动阻力模型,可以计算出托辊在输送带运动过程中的摩擦力、滚动阻力和动态响应等动力学参数。

### 1.2.3 皮带与托辊相互作用模型

皮带和托辊之间存在相互作用,它们的运动状态和变形会相互影响。在多体动力学模型中,通常采用接触力模型来描述皮带和托辊之间的相互作用。接触力模型通常包括弹性接触模型和非弹性接触模型两种,根据具体的工况和物料性质进行选择。通过建立相应的接触力模型,可以计算出皮带和托辊之间的接触力、摩擦力和动态响应等动力学参数。

## 2 皮带输送机设备的内部力学特性分析

### 2.1 皮带张力计算及其影响因素

皮带张力是指皮带在输送过程中受到的拉力大小,它是影响皮带输送机运行稳定性和输送能力的重要因素。皮带张力的计算涉及多个因素,主要包括以下几个方面:

第一,自重张力。皮带本身具有一定的自重,当皮带在输送过程中上升或下降时,会产生自重张力。自重张力的大小与皮带重量、倾角和长度等因素有关。

第二,引进张力。引进张力是指由于物料落差或机械装置引起的张力,它通常由驱动装置和转向装置提供。引进张力的大小取决于输送物料的性质和输送高度等因素<sup>[1]</sup>。

第三,预张力。预张力是指在安装皮带时提前施加的一定张力,主要目的是保证皮带在运行过程中保持一定的张力。预张力的大小需要根据具体的皮带类型和应用情况进行选择。

第四,摩擦张力。摩擦张力是指皮带在与托辊接触时产生的张力,它是由于摩擦力和托辊滚动阻力等因素引起的。摩擦张力的大小取决于皮带和托辊之间的接触力、摩擦系数和托辊滚动阻力等因素。

第五,动态张力。动态张力是指由于物料在输送过程中的变化所引起的皮带张力波动。动态张力的大小取决于物料流量、物料类型和输送距离等因素<sup>[2]</sup>。

### 2.2 皮带、托辊与支架间的力学相互作用分析

在皮带输送机中,皮带、托辊和支架是三个主要的组成部分,它们之间的力学相互作用对整个系统的性能和稳定性有着重要的影响。皮带与托辊之间的力

学相互作用是最主要的一个问题。皮带在传送过程中与托辊之间存在着摩擦力和接触力,同时托辊也会受到来自皮带的拉力。为了确保皮带的稳定运行,必须保证皮带与托辊之间的摩擦系数和接触力处于合适的范围内。同时,皮带的张力也会对托辊的负荷产生影响。如果张力过大,将会导致托辊负荷过重,影响托辊的使用寿命。托辊与支架之间的力学相互作用也是一个重要的问题。托辊的设计和安装位置必须考虑到支架的承重能力,以确保托辊的负荷不会超过支架的承受能力。同时,支架的稳定性和刚度也会影响到托辊的使用寿命。在皮带传送机的设计和使用过程中,需要综合考虑以上因素的相互作用,以确保系统的稳定性和性能。同时,还需要对皮带、托辊和支架的材料、结构和制造工艺进行合理的选择和优化,以提高系统的使用寿命和运行效率。

## 3 皮带内置多体动力学分析的研究现状及不足之处

### 3.1 模型简化程度较高

在输送机设备的皮带内部多体动力学分析中,由于涉及许多复杂的因素,例如皮带的非线性、滞后、摩擦以及输送物料的特性等,因此建立精确的模型十分困难。当前的研究大多采用基于弹性力学理论的简化模型,忽略了皮带内部的复杂性。具体来说,当前的研究中,通常将皮带视为一根具有弹性的杆,将输送物料视为一定质量和体积的刚体,并将皮带和输送物料之间的摩擦系数、皮带弯曲刚度等参数视为常数。在这种模型下,可以通过求解弹性力学方程和动力学方程来得到皮带内部的应力、变形、位移和速度等参数。

### 3.2 缺乏标准化方法

输送机设备的皮带内部多体动力学分析在实际应用中往往需要考虑各种不同的因素,例如输送物料的属性、皮带的材料和结构、传动系统的参数等。针对不同的问题,研究者们也采用了各种不同的分析方法和工具,例如基于有限元法、多体动力学理论、神经网络算法等。然而,由于缺乏统一的标准化方法,这导致了数据来源的不确定性、参数的选择和调整出现偏差等问题,进而影响到研究的可重复性和科学性。

### 3.3 数据获取和处理困难

数据获取和处理是进行皮带内部多体动力学分析的基础工作,然而在实际应用中,这个过程常常会遇到一些困难,主要表现在以下几个方面:

第一,数据获取困难,包括输送物料的属性参数、皮带的材料参数、传动系统的参数等。

第二,数据处理复杂,实际运行中获取的数据可

能包含一些异常值和干扰项,需要通过滤波和去除来进行处理。

第三,数据不完整,在实际应用中,可能无法获取到所有需要的数据,例如在一些特殊的工况下,无法进行实验测量或者数据采集。这会影响到模型的精度和可靠性。

第四,数据不一致,在进行皮带内部多体动力学分析时,可能需要使用不同来源、不同类型的数据,这些数据之间可能存在不一致性,这会影响到模型的精度和可靠性。

### 3.4 软件算法和性能有待提高

在进行皮带内部多体动力学分析时,通常需要使用相应的软件工具来进行计算和模拟。然而,当前的软件算法和性能还有待进一步提高,主要表现在以下几个方面:

首先,皮带内部多体动力学分析需要考虑多种复杂因素的综合影响,然而,现有的算法往往只能考虑其中的部分因素,导致模型的精度有限。

其次,进行皮带内部多体动力学分析需要进行大量的计算,而当前的计算速度较慢,不能满足实际应用的需求。这也限制了该技术的广泛应用。

最后,目前的皮带内部多体动力学分析软件功能还不够全面,无法满足不同工程需求。

## 4 皮带内部多体动力学分析方法

### 4.1 数学模型

数学模型是皮带内部多体动力学分析的核心部分,通过建立皮带内部运动状态和受力特征的数学模型,可以对皮带的内部运动状态和受力特征进行定量分析。在建立这些数学模型时,需要考虑到皮带内部的各种因素,例如皮带材料的强度和刚度、皮带与输送设备之间的摩擦系数、皮带的张力分布情况等。同时,还需要进行实验测试,获取相应的实验数据,并通过数据处理和模拟仿真等方法验证和优化模型的精度和可靠性<sup>[3]</sup>。总之,数学模型是皮带内部多体动力学分析的核心内容,建立合适的数学模型可以深入研究皮带内部的运动状态和受力特征,为优化设计提供重要的理论依据。

### 4.2 实验测试

实验测试是皮带内部多体动力学分析的重要环节,通过实验测试可以获取皮带内部的各种数据,这些数据可以用来验证和优化建立的数学模型,提高分析的精度和可靠性。在进行实验测试时,需要考虑以下几个方面:

首先,需要选择合适的实验设备,如力传感器、位移传感器、速度传感器等,以便能够准确测量和记录皮带内部的各种参数。

其次,需要控制实验条件,如皮带的初始位置、输送速度、负载等,以便能够模拟实际的工作情况,获取真实可靠的实验数据<sup>[4]</sup>。

最后,需要采集和处理实验数据,如将传感器测得的数据转化为计算所需的格式,并进行数据清洗和处理,以消除数据误差和噪声干扰。在进行实验测试时,需要注意数据的准确性和可靠性,并根据实验结果对模型进行验证和优化,以确保分析结果的可靠性和有效性。

### 4.3 数据处理

在进行皮带内部多体动力学分析时,需要处理大量的数据,这些数据包括位移、速度、加速度、张力分布、摩擦系数等,对这些数据进行处理是分析的关键环节之一<sup>[5]</sup>。数据处理的主要任务是将采集到的原始数据进行清洗、处理和转化,以消除数据误差和噪声干扰,提高数据的准确性和可靠性,并将处理后的数据转化为计算所需的格式。在数据处理过程中,需要注意数据的准确性和可靠性,并严格遵循数据处理的标准和规范,以保证分析结果的准确性和可靠性。

## 5 结语

综上所述,皮带内置多体动力学分析是一种重要的方法,可用于研究皮带传动系统的运动学和动力学特性,进而优化设计皮带传动系统,提高其运行效率和可靠性。因此,未来的研究应重点解决这些问题,进一步深入挖掘皮带传动系统的运动学和动力学特性,提高分析和优化设计的准确性和可靠性,为实际工程应用提供更好的理论支持和技术保障。

## 参考文献:

- [1] 王强,陈庚,周波,等.基于多体动力学的发动机正时皮带仿真分析[J].汽车实用技术,2017(14):147-148,192.
- [2] 梁善飞,郭丰,张勇刚,等.基于动力学的发动机正时皮带怠速噪声仿真分析及试验研究[J].内燃机工程,2019,40(05):81-85.
- [3] 王德成,郭海波,隋鹏超,等.发电机减振皮带轮的可靠性研究及应用[J].柴油机设计与制造,2019,25(03):12-14,29.
- [4] 李光玲.基于线性互补与罚函数皮带传动动力学研究[J].机械传动,2014,38(11):83-87.
- [5] 黄琳.基于虚拟样机技术的皮带连接桥动力学分析[J].矿山机械,2013(06):100-102.