

doi:10.16576/j.ISSN.1007-4414.2025.01.028

振动输送机结构设计及原理分析*

谭 剑

(青岛英谷教育科技股份有限公司, 山东 青岛 266000)

摘要: 文章基于茶叶厂茶叶输送的难点以及茶叶本身的物理特性, 设计了一种振动输送机以满足茶叶输送需求。首先阐述了振动输送机的适用场合, 分析了振动输送机的输送工作原理以及物料在振动输送机中的受力情况, 总结归纳了各类输送机的优缺点, 提出了一种连杆式振动输送机的机械结构, 并对其工艺和材质进行了定义。最后对振动输送机进行了运动仿真, 探究了影响输送机输送效率的主要因素, 所作分析研究为后续振动输送机的优化提供了重要参考依据。

关键词: 振动输送; 结构设计; 实验研究

中图分类号: TH122

文献标识码: A

文章编号: 1007-4414(2025)01-0113-03

Structural Design and Principle Analysis of Vibration Conveyor

TAN Jian

(Qingdao Yinggu Education Technology Co., Ltd, Qingdao 266000, Shandong, China)

Abstract: Aiming at the difficulties of tea conveying in tea factory and the physical characteristics of tea itself, a vibration conveyor is designed to meet the needs of tea conveying. Firstly, the applicable occasions of the vibrating conveyor are expounded; the working principle of the vibrating conveyor and the force of the material in the vibrating conveyor are analyzed. The advantages and disadvantages of various conveyors are summarized. Then, mechanical structure of the connecting rod vibrating conveyor is proposed, and its process and material are defined. Finally, the motion simulation of the vibration conveyor is carried out, and the influencing factors affecting the conveying efficiency of the conveyor are explored. It provides an important reference for optimization of the subsequent vibration conveyor.

Key words: vibration transmission; structural design; experimental research

0 引言

通常情况下, 机械振动会减少机械设备的使用寿命, 进而会影响设备的正常工作, 因此机械设计通常会想尽办法减少或消除机械振动。而凡事都没有绝对, 对于一些特定的机械设备, 反而需要利用机械振动来实现具体的功能目标, 比如输送、抖散、冲击、洗涤等, 振动输送机就是其中比较有代表性的设备之一。

对于一些特殊物料(比如丝状、粉状、粒状物料)来说, 为了实现某种工艺流程, 必须利用振动输送机进行输送才能达到想要的效果。振动输送机具有结构简单、装卸物料方便、制造成本低等优点, 适用于输送松散物料, 其在国民经济的多个行业(比如煤矿、化工、粮食、冶金等)都有广泛应用。与传统带式输送、滚筒式输送相比, 振动输送机存在输送效率偏低、振动噪音大、易损件更换频繁等缺点, 因此要想有效利用振动输送机就必须优化其设计参数, 以改善上述亟待解决的问题^[1-3]。

笔者以茶叶厂解决茶叶输送问题为切入点, 对连杆式振动输送机展开研究, 分析了物料的输送工艺和输送运动原理, 创建了设备参数化模型, 验证了影响

振动输送机输送效率的变量, 期望能对类似机械结构的设计及理论分析提供重要借鉴和参考。

1 工作原理

振动输送机的工作原理是通过输送槽做往复简谐振动来使物料从一端移动到另一端。物料在输送槽上做向前抛掷、滑动动作, 物料在输送过程中与槽底存在高频次间歇式接触, 原理如图 1 所示。

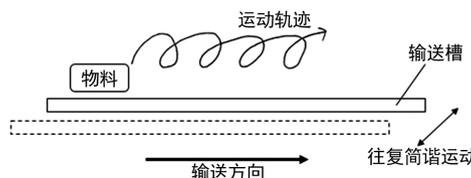


图 1 振动输送原理图

物料在输送过程中受到间歇摩擦力和冲击力的作用, 属于强非线性动力学问题, 物料的受力分析如图 2 所示。图中物料受到的惯性冲击力 F , 其可以分解为向上的撞击力 F_y 和向前的摩擦力 F_x 。

在不同的振动频率下, 物料在输送槽中的运动状态是有区别的。当振动频率比较低时, 物料在输送槽上以滑动动作为主要运动状态, 不存在或者存在较少

* 收稿日期: 2024-04-18

作者简介: 谭 剑(1990-), 男, 山东青岛人, 硕士, 工程师, 主要从事机械项目设计研发、教学等方面的工作。

的抛掷运动;随着振动频率的增加,物料的抛掷运动越来越多,占据物料主要运动状态,滑动动作逐渐变少^[4]。

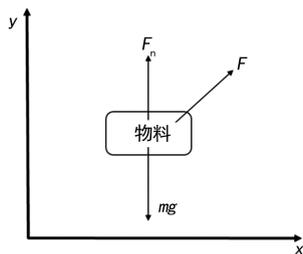


图2 受力分析

根据输送原理可以将目前主流的振动输送机分为惯性式振动输送机、连杆式振动输送机、电磁式振动输送机三种,三种形式的输送机对比如表1所列。

表1 三种振动输送机对比表

种类	原理	优点	缺点
惯性式振动输送机	偏心块旋转产生沿圆周方向变化的激振力	阻尼小、隔振性能好	对地面产生较大载荷
连杆式振动输送机	弹性连杆振动	稳定性好、功耗低、结构简单,适用于轻工业,使用最广泛	惯性力大
电磁式振动输送机	电磁铁产生周期变化吸力	体积小、重量轻、安装方便	故障率高、维修困难

通过表1可知,连杆式振动输送机具有结构简单、稳定性好、功耗低等优点,是三种振动输送机中使用最广泛的,尤其其适用于茶叶生产等轻工业行业。

2 设备结构设计

连杆式振动输送机主要由输送槽、架体、平衡体、连杆、激振装置组成,其中驱动源为电机,连杆式振动输送机设备结构如图3所示。

设备架体由方钢管、槽钢焊接而成,材质选用Q235普通碳钢,架体通过底脚螺栓与地面固定,起到了支撑整个设备的作用。输送槽材质选用食品级304不锈钢板,整个结构通过焊接、螺栓固定而成。平衡体由碳钢型材焊接而成。输送槽、平衡体、架体通过连杆进行连接,连杆将平衡体的振动传导至输送槽。连杆实物照片如图4所示。

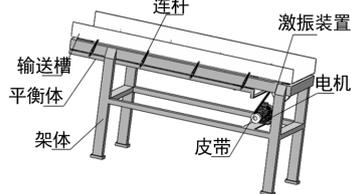


图3 连杆式振动输送机结构图

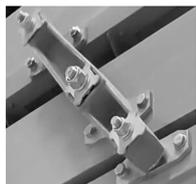


图4 连杆实物

激振装置的工作原理是驱动电机通过V带使曲轴运动,曲轴与驱动杆通过铰链连接,驱动杆端部固定弹簧,弹簧与平衡体固定,从而可以将电机高速旋转转化为平衡体高频振动,原理如图5所示。



图5 激振装置振动原理

3 设备结构优化

在对机械进行分析时,都需要绘制出其机构运动简图^[5]。为了方便分析振动输送机的运动特性,根据振动输送机的结构及传动原理,绘制其机构运动简图,如图6所示。其中AB为曲轴轴心到铰链的中心距,BC为驱动杆及弹簧模组结合体,CD为平衡体,GH为输送槽,CG与DH为连杆。

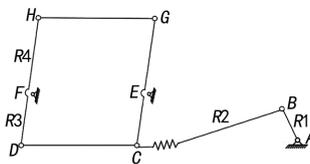


图6 机构运动简图

对参数化模型进行测量可知, $AB = 30 \text{ mm}$, $BC = 450 \text{ mm}$, $CE = DF \approx 47 \text{ mm}$, $EG = FH \approx 137.5 \text{ mm}$, AE 水平距离约等于 423 mm , 垂直距离约等于 19 mm , $AE \approx 423.5 \text{ mm}$ 。将上述数据赋值到机构运动简图,并在三维分析软件中进行运动仿真。由仿真结果可知,曲柄AB不能进行圆周运动,其在某一点会卡死。

为了使曲柄AB能进行圆周运动,需减小BC、AB的数值。AB的修改涉及到曲轴的结构改变,难度较大,而BC的修改只需缩短驱动杆长度;从加工难度上来讲,修改BC的难度明显低于AB。因此,尝试采用改变BC长度的办法使AB能进行圆周运动,进而带动整个机构正常运转。

采用随机法对BC进行取值,当 $BC = 420 \text{ mm}$ 时,整个机构能正常运转;当 $BC = 400 \text{ mm}$ 时,曲柄AB又出现卡死现象,整个机构不能正常工作。由此可以得出结论,在其他结构尺寸不改变的前提下,要使整个机构能正常运转,BC应在某个取值范围内,过大或过小都会出现卡死现象。

现对BC取值范围进行分析,根据图6可知,当BC与AB共线,且满足BC、AB与AE共线时,C点位于位移极限位置,此时的BC值等于机构能够正常运转的最大或最小值,极限位置示意图如图7所示。

当BC与AB不重合时,B点处于 B_1 位置,C点处于 C_1 位置,各机构几何尺寸满足关系如下:

$$AB + BC = AE + CE \quad (1)$$

其中 AB 、 AE 、 CE 数值已知, 则可以得出 $BC_{\max} = 440.5 \text{ mm}$ 。

当 BC 与 AB 重合时, B 点处于 B_2 位置, C 点处于 C_2 位置, 各机构几何尺寸满足关系如下:

$$BC - AB = AE - CE \quad (2)$$

由此可得 $BC_{\min} = 406.5 \text{ mm}$ 。

综上, BC 的取值为: $406.5 \text{ mm} \leq BC \leq 440.5 \text{ mm}$ 。

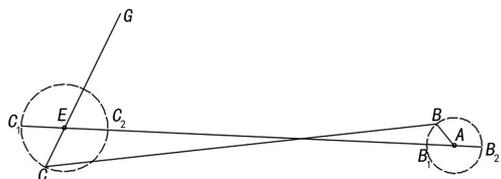


图 7 极限位置示意图

4 设备运动分析

在茶叶厂生产输送过程中发现, 茶叶在振动输送机上输送的效率比较低, 而输送效率与输送槽的角加速度关系密切。结合上述现象以及目前设备现状可知, 目前可行性比较高的解决措施有两种: ①调节驱动电机转速; ②在取值范围内更改驱动杆长度。经过两种措施的调整发现, 输送效果有所变化, 因此可以判断输送槽角加速度与驱动电机转速、驱动杆长度有关。为了验证输送槽角加速度与两者之间的关系, 需要对其进行运动分析。

设备的驱动电机选择变频三相异步电机, 具体技术参数为: 型号: YVF2-90S-6; 功率为 0.75 kW; 额定转速为 960 r/min; 额定扭矩为 8 N·m; 调速区间为 100~960 r/min。

皮带轮减速机构减速比为 1:2, 当电机处于额定转速时, 曲柄的转速为 480 r/min。现设定曲柄不同转速, 然后对振动输送机槽体进行运动仿真。当曲柄的转速分别为 480、240、120 r/min 时, 输送槽的运动规律曲线分别如图 8~10 所示。

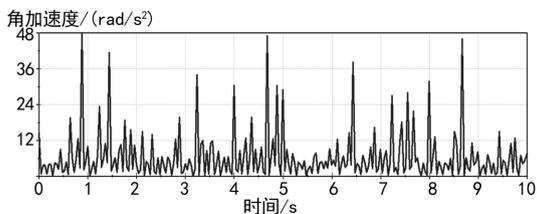


图 8 480 r/min 转速下输送槽角加速度

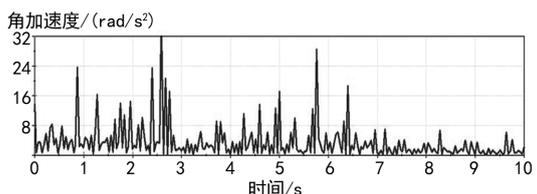


图 9 240 r/min 转速下输送槽角加速度

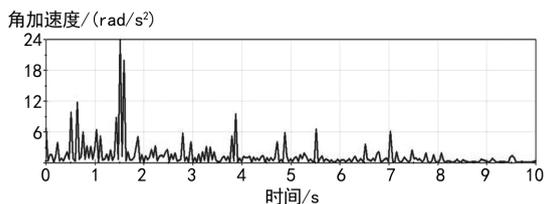


图 10 120 r/min 转速下输送槽角加速度

通过以上分析可以得出结论, 驱动电机转速对输送槽的运动规律影响明显, 随着驱动电机转速的下降, 设备运动更加趋向于平稳, 输送效率逐渐降低。

然后分析驱动杆 BC 长度对输送槽运行的影响。现取 BC 长度分别为 415 mm、425 mm、435 mm, 曲柄转速统一设定 120 r/min, 对输送槽进行运动仿真。

当 BC 长度分别为 415、425、435 mm 时, 输送槽的运动规律曲线如图 11~13 所示。

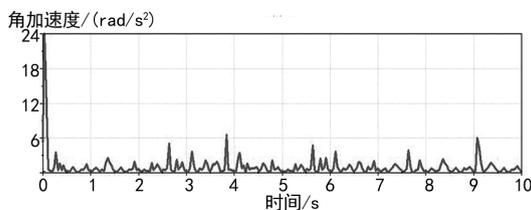


图 11 $BC=415 \text{ mm}$ 时输送槽角加速度

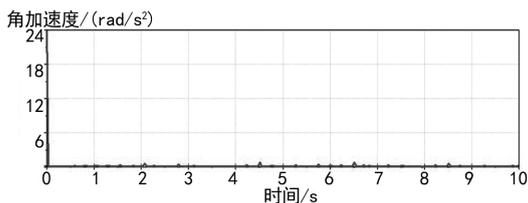


图 12 $BC=425 \text{ mm}$ 输送槽角加速度

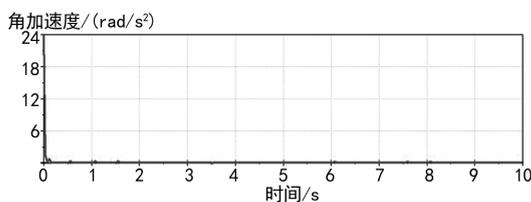


图 13 $BC=435 \text{ mm}$ 输送槽角加速度

通过以上分析可以得出结论, 驱动杆 BC 长度变化对振动输送机运动特性影响不大, 进而对输送效率影响不大, 但对设备启动加速度数值影响明显。

5 结论

文章结合工作过程中遇到的项目问题, 以振动输送机作为研究对象进行了机械结构设计及运动原理分析, 通过三维分析仿真软件验证了输送效率的影响因子, 得出以下结论及成果。

(1) 阐述了振动输送机的应用场合和应用价值, 为工程师在机械结构设计中选择合适的输送解决方

(下转第 122 页)

硬件与控制系统设计。并利用以计算机为基础的现代机械设计方法,通过在现场的实际使用与数据统计,达到了紧固力矩一次性成功率提高了50%的目标。在生产应用中节省了大量的人力物力,提高了产品质量和维修效率,创造了可观的经济效益。

参考文献:

- [1] 王国法,范京道,徐亚军,等.煤炭智能化开采关键技术创新进展与展望[J].工矿自动化,2018,44(2):5-12.
- [2] 李靖.煤矿机械的发展现状及趋势探究[J].矿业装备,2021(5):272-273.
- [3] 王学文,麻豪洲,李博,等.不同工况条件下刮板输送机刚散耦合效应研究[J].煤炭科学技术,2023,51(11):190-201.
- [4] 郭倩.矿用刮板输送机链条故障及预防措施[J].机械管理开发,2022,37(8):345-346.
- [5] 贾宁,周好斌,贺艺博,等.矿用刮板链自动拆装定位装置设计

[J].机械研究与应用,2020,33(6):111-113.

- [6] 贺艺博,周好斌,徐向前,等.刮板链自动拆装PLC控制系统设计[J].机械研究与应用,2020,33(5):136-138.
- [7] 路超超,周好斌,徐向前.矿用刮板链自动拆装控制系统设计[J].工程机械,2022,53(1):78-81+93.
- [8] 程卓,周好斌,徐向前.矿用刮板链拆装设备结构设计与仿真分析[J].机械制造与自动化,2023,52(1):123-126.
- [9] 沈霆.伺服电机控制技术及应用及发展趋向分析[J].通信电源技术,2018,35(3):155-156.
- [10] 王晓瑜.基于PLC与HMI的伺服电机运动控制系统设计与实现[J].自动化与仪表,2022,37(7):31-34+42.
- [11] 翟志强.GEVO16型柴油机主轴螺栓紧固工艺研究[J].机车车辆工艺,2009(3):24-26.
- [12] 李张银.新型螺栓紧固试验系统的设计研究[D].合肥:合肥工业大学,2010.
- [13] 孙千里,张煜盛,杨国强,等.柴油机气缸盖螺栓扭矩-转角法拧紧工艺的制定[J].汽车工艺与材料,2003(11):33-35+41.

(上接第115页)

案提供了新的思路。

(2) 分析了振动输送机的输送原理及物料在输送过程中的受力情况,解释了特定物料选择振动输送形式的原因。

(3) 横向对比了各类振动输送机的原理和优缺点,突出了连杆式振动输送机的优势。

(4) 建立了振动输送机参数化模型,完成了对设备的机械结构方案设计,并研究了振动输送机的传动原理和工作原理,为设备研发提供了理论基础。

(5) 对设备输送过程进行了运动仿真,找出了问题点,并对设备进行了设计变更、参数优化,为设计人员在面对类似机构时的参数优化提供了参考。

(6) 通过运动仿真分析了设备中驱动电机转速、机构的几何尺寸对输送效率的影响,结果表明:驱动

电机的转速对振动输送机输送效率和输送稳定性影响很大,而驱动连杆在有效长度范围内的尺寸变动对振动输送机输送效率和输送稳定性影响比较小。

参考文献:

- [1] 吕燕.水平振动输送机传输特性的研究与动态仿真[D].西安:西安建筑科技大学,2007.
- [2] 徐辉能,黎兆和,徐永杰.振动输送机的改造与应用[J].设备管理与维修,2017(2):71.
- [3] 张文兵.连杆式振动输送机虚拟样机设计与建模[J].北京工业职业技术学院学报,2011,10(4):1-6.
- [4] 孔祥希.直线振动输送机物料运动状态分析[J].东北大学学报,2015,36(6):827-839.
- [5] 孙桓,陈作模,葛文杰.机械原理[M].北京:高等教育出版社,2013.

(上接第118页)

力托举,提高了安装效率,降低了人力成本及工人的劳动强度,生产效率得到提升,省时省力,达到了预期的设计目的。

目前虽解决了电气柜产品门板装配及流转过程中存在的缺陷及不足,但是该装置仍存在以下不足之处:①整体结构尺寸偏大,需要进一步进行紧凑型改良设计;②底部框架的轮部安装机构中的万向轮其刹车功能未能够使用到,整个装置亦未配备相关刹车机构;③门板承载机构中未有固定门板的相关限位机构,门板在流转过程中会晃动;④因丝杆升降器的操作位置与门板铰链的安装位置距离较远,安装门板时需要一人安装螺钉,一人升降丝杆升降器,安装人数

有待进一步减少。综上,需继续对现有设备中存在的不足之处进行改造升级,以便满足高效率、复杂工况等生产需求所带来的挑战。

参考文献:

- [1] 付万良.论电气柜工艺设计的基本要求[J].化工管理,2020(17):189-190.
- [2] 曹伟.我国工业铝型材生产的现状及发展趋势[J].世界有色金属,2021(3):1-2.
- [3] 李栋.基于人机工程学的机械系统人机界面舒适性研究[D].西安:西安建筑科技大学,2007.
- [4] 康国栋.中国经济发展的电力需求及对环境的影响分析[D].西安:陕西师范大学,2010.