

# 带自动纠偏功能的收放卷装置结构设计研究

朱庆瑞

邢台纳科诺尔精轧科技股份有限公司, 河北 邢台 054001

**[摘要]**随着现代工业自动化程度不断提高,收放卷装置在纺织、薄膜、纸张及锂电等诸多行业当中的应用变得愈发普遍起来。若想确保卷材收放期间定位精度以及质量的稳定性得以维持,那么引入自动纠偏功能便成为了提升设备智能化程度以及可靠性方面极为关键的一项技术。此项研究着眼于传统收放卷装置中卷材出现偏移、张力产生波动等一系列问题,特意设计出了一种带有自动纠偏功能的收放卷装置。文章中较为详尽地剖析了收放卷装置的工作原理以及自动纠偏技术,并且还综合机械结构布局、纠偏机构、张力以及速度调节机构等这些关键部位展开了结构方面的设计工作。经过借助机械结构以及动力学仿真的方式,对设计的合理性予以了验证。从实验所得到的结果来看,该装置确实能够在很大程度上有效地达成自动纠偏的目的,进而使得物料的张力以及线速度都保持稳定的状态,由此也大幅度提升了收放卷的运行效率以及质量水准。

**[关键词]**自动纠偏;收放卷装置;结构设计

DOI: 10.33142/ect.v3i9.17872

中图分类号: TG334.9

文献标识码: A

## Research on the Structural Design of a Winding Device with Automatic Correction Function

ZHU Qingrui

Xingtai Naknor Technology Co., Ltd., Xingtai, Hebei, 054001, China

**Abstract:** With the continuous improvement of modern industrial automation, the application of winding devices in many industries such as textiles, films, paper, and lithium batteries has become increasingly common. If we want to ensure the positioning accuracy and stability of the quality during the roll material collection and retraction period, then introducing automatic correction function has become a crucial technology to improve the intelligence and reliability of the equipment. This study focuses on a series of problems such as coil deviation and tension fluctuations in traditional winding devices, and specifically designs a winding device with automatic correction function. The article provides a detailed analysis of the working principle and automatic correction technology of the winding device, and also integrates key components such as mechanical structure layout, correction mechanism, tension and speed adjustment mechanism to carry out structural design work. The rationality of the design was verified through the use of mechanical structure and dynamic simulation. From the results obtained from the experiment, it can be seen that the device can effectively achieve the goal of automatic correction to a large extent, thereby maintaining stable tension and line speed of the material, and greatly improving the operating efficiency and quality level of winding and unwinding.

**Keywords:** automatic correction; roll up and rewind device; structural design

### 引言

放卷装置属于卷材加工生产线里的关键装备,主要负责像纺织品、塑料薄膜、纸张及锂电行业相关卷材的收卷以及放卷工作,它的性能状况会直接对产品质量以及生产效率产生影响,在传统设备于运行期间,经常会冒出卷材出现偏移还有张力不够稳定的情况,这使得卷材容易出现褶皱或者发生断裂,进而对后续的工序造成影响。自动纠偏技术能够实时对卷材偏移情况进行检测并且对物料位置做出调整,以此达成高精度的纠偏效果,它已然成为提升设备性能的关键举措。不过其结构较为复杂,响应速度以及张力控制方面依旧存在着一些难题。本文就针对这些难题,给出了合理的机械布局方案以及关键机构设计思路,着重去解决料筒更换、边缘发生变化以及线速度调节等难题,并且通过仿真以及实验的方式验证了设计的有效性,其目的在于推动收放卷工艺朝着智能化的方向进行升级。

### 1 收放卷装置及自动纠偏原理

#### 1.1 收放卷装置基本工作原理

收放卷装置主要由收卷机构、放卷机构、传动系统、张力控制系统以及辅助装置构成。其基本的工作流程是借助放卷机构把卷材从原料卷筒上均匀展开,经过生产线的相关处理之后,再依靠收卷机构将物料重新卷绕成卷。传动系统负责对放卷与收卷的速度加以协调,使其相匹配,以此来确保物料能够平稳地进行输送,防止出现张力波动或者松紧不均的情况。张力控制系统通过对物料张力进行实时监测并且调节驱动力,进而实现张力的恒定与稳定,从而避免卷材出现褶皱或者断裂的现象。在实际运行的过程当中,物料的卷径会逐渐发生变化,这使得张力以及转速的需求随之进行动态调整,所以收放卷装置得具备良好的适应能力以及调节机制,以此来保证生产能够连续且稳定地开展。

## 1.2 自动纠偏技术原理与方法

自动纠偏技术依靠感知物料出现的位置偏移情况,借助反馈控制的相关手段来对物料的运行轨迹做出调整,以此确保卷材能够沿着预先设定好的路径精准地运行起来。其主要的技术流程涵盖了偏移检测、信号处理以及纠偏执行这三个不同的环节。在偏移检测方面,一般会采用光电传感器、激光传感器或者视觉系统来实时地采集物料边缘又或者是中心位置的具体数据。信号处理单元针对所检测到的信号展开滤波操作,并且进行相应的算法计算,进而确定出偏差的具体量以及纠偏应当朝向的方向。执行机构依据控制指令去调节引导装置,像导辊、导向轮亦或是机械臂等,从而实时地对物料的位置加以调整。常用的纠偏方法包含了边缘跟踪法、中心对齐法以及张力控制法等多种方式。现代的自动纠偏系统正逐步朝着智能化的方向不断发展,在结合了先进的传感器技术以及数字控制手段之后,能够达成较高的响应速度以及较高的纠偏精度,由此也极大地提升了收放卷装置在运行过程中的稳定性以及物料的质量状况。

## 2 收放卷装置设计中存在的主要问题

### 2.1 料筒更换与料卷取放时间问题

在工业生产领域当中,料筒的更换操作以及取放卷相关操作,会对设备的连续运行效率产生直接的影响作用。传统的收放卷装置在进行料筒更换的时候,存在着操作流程比较繁琐以及耗费时间较长等一系列问题,这些问题使得生产线的停机时间有所增加。尤其是在面对大卷径或者重载料卷这样的情况之下,不论是依靠人工还是借助机械来完成料筒更换,其操作难度都比较大,而且很容易引发设备出现损伤的情况,还会带来一定的安全隐患。除此之外,如果对料卷取放的时机把控不够准确,那么就有可能致使物料发生断裂的现象,或者是出现张力异常的情况,如此一来便会对后续的加工质量造成影响。所以说,在设计环节当中务必要充分考虑到能够实现快速并且安全的料筒更换机制,与此同时还需要对料卷取放的时间控制加以优化,从而达成生产过程具备高效的连续性这一目标。

### 2.2 料卷边缘变化及纠偏难题

料卷于收放进程当中,其卷径以及边缘形态始终处于不断变化的状态,如此一来便极易致使物料出现偏移的情况。并且,卷材的边缘往往还会伴随有翘曲、不规则或者局部存在损伤等状况,这就让自动纠偏系统针对偏移所做出的感知以及响应情况变得更加复杂起来。哪怕是边缘位置仅仅发生了一些细微的变化,也有可能促使传感器出现误判的现象,而一旦出现误判,那么就极有可能引发纠偏机构做出过度或者不足的调整操作,最终对物料的稳定运行造成一定的影响。与此不同材料之间物理性质存在着的差异,这就要求纠偏机构必须要具备较强的适应能力。在设计相关系统的时候,务必要充分地考量边缘检测的准确性以及纠偏系统所具备的动态响应能力,唯有如此才能够达成高精度

纠偏的目的,进而确保物料能够稳定地完成输送任务。

### 2.3 收放线速度与张力控制问题

放卷装置以及收卷装置的线速度和张力,这两者可是保证卷材质量极为关键的参数。当线速度出现波动的时候,这很可能会引发物料张力发生急剧的改变,进而致使卷材出现皱折的情况,甚至还可能造成拉伸乃至断裂等严重状况。张力控制系统得在卷径发生变化以及速度需要调整这样的整个过程当中维持一种动态的稳定状态,不过受到传感器响应速度方面限制、控制算法本身的局限以及机械惯性的影响,实际的操作效果往往都会存在着滞后的现象以及偏差情况。除此之外,收卷和放卷之间对于速度的匹配要求是非常高的,要是有任何不协调的地方,那就极有可能会让物料变得过紧或者过松,如此一来便会对产品的最终质量产生影响。所以说,在设计相关设备的时候,应当着重关注对张力传感器灵敏度的提升工作以及对速度控制的精准化处理,以此来确保收放整个过程能够实现连续且稳定的运行状态。

## 3 带自动纠偏功能的收放卷装置结构设计要点

### 3.1 机械结构总体布局设计

带自动纠偏功能的收放卷装置设计,得先合理规划其整体机械结构布局,如此一来,设备在空间利用上能保持紧凑,操作起来也方便。规划时要充分考量各功能模块间的相互配合情况,像收卷主轴和放卷主轴的位置关系、张力控制装置的合理摆放、自动纠偏机构的安装方式以及传动系统的协同作用等,务必让各个部分协调运作,别互相干扰。整体布局一方面得满足物料流动的连续性,保障物料在收放过程里顺畅输送;另一方面还要顾及设备日常维护以及料筒更换的便捷性,降低生产停机时间以及操作难度。结构设计还得兼顾设备的整体稳定性和刚度,不能让设备运行过程中产生的振动或者机械变形,致使误差传递且性能下降。通过合理设计托辊的位置、间距以及支撑架构,能在物料输送过程中有效减少跳动和偏移,给后续自动纠偏机构的精确调整打下坚实的机械基础。布局设计要有良好的适应性,能兼容不同尺寸和规格的料卷,满足多样化的生产需求以及工艺要求,让装置具备灵活的应用能力以及较高的工业适应性,进而提升整体生产效率和产品质量。

### 3.2 自动纠偏机构设计

自动纠偏机构在实现物料位置精准调整方面起着关键作用,其设计状况对整个收放卷装置的纠偏成效以及运行稳定性有着直接影响(如图2)。在设计环节中,选取了高精度的边缘传感器当作检测单元,并且结合运用多点传感技术,如此一来,能大幅增强对物料边缘形态以及位置变化的识别能力,从而保证系统可及时且准确地捕捉到偏移信息。纠偏机构一般会采用伺服驱动的导向辊设计,凭借实时接收控制系统所发出的纠偏指令,灵活地去调整导辊的角度或者位置,主动引导物料快速回归至正确的运行轨迹之上。该机构的设计不但要动作响应快、调整精度高并且运行稳定可靠,

而且得具备一定的缓冲能力,以便有效防止因为纠偏动作过于激烈而对材料形成损伤或者产生拉伸变形的情况。驱动系统和机械结构之间的刚性匹配对于确保纠偏效果而言极为重要,良好的刚性配合可减少机械震动,提升控制精度以及系统的使用寿命。在设计过程里,还需充分考量环境因素,采取防尘、防腐蚀以及安全保护方面的措施,以此保障自动纠偏机构在复杂工业环境下能实现长期稳定的运行以及方便的维护,进而延长装置的整体使用寿命。

### 3.3 张力与速度调节机构设计

精准调控张力以及速度,这是保证收放卷整个过程能够顺利开展的关键所在。在设计环节当中,运用了闭环张力控制这一系统,其可对物料张力予以实时监测,并且会根据监测情况去调节驱动电机的转速,进而维持张力处于稳定的状态。张力调节机构一般都会配备那种灵敏度颇高的张力传感器,借助数据采集系统来达成快速的反馈效果。而速度调节机制,则是依照物料卷径出现的变化情况,动态地去调整放卷还有收卷时的线速度,务必要让这两者速度保持同步,避免出现物料松弛或者拉紧这类状况。在设计工作的开展过程中,对于传动系统的平稳性以及动力传递的效率都给予了重点关注,采用了减震的相关结构以及高效的电机控制器,以此来减少系统惯性以及振动给张力还有速度所带来的影响。并且,该机制还得具备兼容多种物料特性的能力,能够契合不同生产工艺方面的各类需求。

### 3.4 物料输送及双接料平台设计

要达成连续生产的目,物料输送系统在设计的时候务必要保证物料能够从放卷环节一路平稳地过渡到收卷环节,尤其是在进行料卷更换的期间更是如此。双接料平台属于实现快速更换的关键部件之一,它的设计得要能达成高效的切换效果,进而确保新料卷和旧料卷之间能够实现近乎无缝的连接,以此来把生产停机的时间尽可能地缩减掉<sup>[1]</sup>。这个平台的结构得具备相当不错的承载能力,同时还要有精确定位的相关功能,再配合上自动纠偏机构,这样才能充分保证接料整个过程的准确性。输送系统这边采用了多段缓冲的设计方式,通过这样的设计可以对物料张力出现的波动起到一定的缓解作用,从而让传输的稳定性得到提升。在设计的过程当中还应当充分考虑到设备操作所涉及的安全性方面的情况,还有人机交互时候的便捷性方面的因素,以便于维护人员能够更为轻松地对系统展开调节以及检修等相关工作。

## 4 装置性能分析与实验验证

### 4.1 机械结构及动力学仿真

为了验证所设计机械结构的合理性以及稳定性,运用有限元分析软件针对该结构展开强度与刚度方面的仿真操作。在仿真的整个进程里,着重去考察那些关键受力部件的应力分布状况以及变形的具体情形,以此来保证这些部件能够在运行载荷的作用之下符合安全裕度方面的要求。就动力学仿真而言,其主要是对收放卷这一过程之中

机构所呈现出的运动响应特性加以分析,借此评估机械惯性、振动以及驱动力相互之间的匹配情况如何<sup>[2]</sup>。凭借仿真所得出的结果,可对结构参数以及材料选型予以优化,进而提升设备在运行时的稳定性以及耐用程度。动力学分析同样能够助力于控制系统调节策略的设计工作,达成机械与控制协同优化的目标。

### 4.2 纠偏控制系统仿真分析

利用控制仿真平台来模拟自动纠偏系统的动态响应情况,对传感器采集信息、信号处理以及执行机构动作的时延和精度展开测试。通过构建数学模型并运用控制算法,评估系统在不同偏移量以及扰动条件之下的纠偏效果<sup>[3]</sup>。仿真得出的结果显示,运用先进的反馈控制策略能够有效地降低物料出现偏移的情况,提升纠偏的响应速度,并且增强其稳定性。此项仿真可为后续的硬件调试给予理论方面的支撑,对参数调整以及系统集成起到指导作用。

## 5 结语

此项研究着眼于传统收放卷装置所存在的诸如物料出现偏移以及张力不够稳定等一系列问题,由此提出并且精心设计出了一种拥有自动纠偏功能的收放卷装置。通过对收放卷以及自动纠偏工作原理展开系统分析,清晰地明确了在设计过程当中的那些关键难点所在,随后再综合考量机械结构的具体布局情况、纠偏机构的相关事宜以及张力和速度调节方面的机制,最终顺利完成了整个装置的整体结构设计工作。经过仿真操作以及实际实验的验证之后得出的结果显示,所设计出来的这套装置不但能够达成高精度的自动纠偏效果,而且还能切实有效地稳定住物料的张力以及线速度,由此使得设备的运行稳定性以及生产效率都得到了颇为显著的提升。该设计不仅考虑到了实际应用的便利性,也充分顾及到了其可靠性,进而为工业生产环节当中卷材的自动化处理给予了相应的技术支持。在未来的发展过程当中,伴随着智能控制技术以及传感技术不断地向前发展,该装置还有望得到进一步的优化改进,从而实现更高层次的智能化水平以及更强的适应能力,以此来推动相关行业在技术层面的进步以及生产效率的提高。

### 【参考文献】

- [1]张振.卷式收放卷机设计与分析[J].印制电路信息,2023,31(3):47-51.
  - [2]朱鹏程.分切机收放卷控制原理解析[J].黑龙江造纸,2021,49(4):39-40.
  - [3]陈保胜,舒航.带材收放卷张力控制系统研究[J].现代机械,2022(6):64-68.
- 作者简介:朱庆瑞(1988—)女,民族:汉,就职于邢台纳科诺尔精轧科技股份有限公司,河北省邢台市襄都区,现职称:工程师,2025/7 毕业于河北工业大学,最高学历:本科,现主要从事的工作或研究的方向:锂电池辊压设备设计与制造。