

浮动张力应用于吹膜收卷机上的控制技术

林德坡, 陈昭楷, 黄瑞雯

(广东金明精机股份有限公司, 广东 汕头 515098)

摘要:在现代薄膜设备生产过程中, 张力控制是一个重要的控制环节, 张力的稳定控制直接影响到薄膜制品的质量和生产效率。随着对薄膜等制品的工艺要求逐渐提高, 传统的张力辊控制已经无法满足所有的控制场景, 浮动辊张力控制则可以解决传统张力辊无法满足的控制要求。本文主要介绍几种浮动张力辊结构, 以及通过 PLC 控制系统, 结合自适应 PID 算法, 实现对浮动张力的精确控制。

关键词: 浮动张力; PLC 控制系统; PID 控制

中图分类号: TQ330.66

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2025)08-0069-04

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2025.08.015

张力, 指的是塑料薄膜在生产过程中经过每一道牵引和进入收卷中被拉紧的力。张力控制是薄膜在生产和加工过程中应用最广泛的技术, 如吹膜生产工艺、流延生产工艺、双向拉伸生产工艺等, 以及薄膜后道处理的分切、复卷、涂布复合、印刷等, 都涉及到张力控制问题。张力控制的好坏, 直接影响关系到产品生产效率的高低和质量的好坏, 若张力不足, 薄膜在运行中易产生漂移或者膜卷松垮, 导致成品膜卷起皱或者膜卷过松现象; 若张力过大, 薄膜又易变形, 出现收卷膜卷过紧导致收缩成锥形, 甚至被拉断。以上两种情况都会导致薄膜的质量受损并且不符合标准而成为废品。所以张力控制在薄膜生产过程中的重要性不言而喻。

传统的张力辊控制技术则是将张力传感器安装在张力检测辊的两个轴头中, 将检测到的薄膜张力信号转换成电信号, 送到张力控制器或者控制系统中, 与设定的张力值比较后, 通过加快或者减小牵引的速度, 来达到实际张力值与设定张力值接近的目的。这个方案是薄膜直接作用在张力辊上, 其优点为控制精度高, 检测范围宽, 响应速度快, 线性好。但是无法吸收薄膜在换卷等工作环境中产生的张力波动(张力峰值), 这会使系统的调整周期变长, 在生产初期产生一定的废品。

而浮动张力辊则是将摆辊的位置通过电位器转换成电信号, 同样将信号送到张力控制器或者控制系统中, 与设定的张力值比较后, 通过加快或者减小牵引

的速度, 以此来达到控制张力的目的。其优点在于本身摆辊就是一个储膜结构, 利用其自身摆幅的作用, 在遇到大范围的张力变化有良好的吸收缓冲作用, 减弱张力变化导致对膜卷的影响。但由于受浮动辊自重或者气压的影响, 它不能用于较低张力(比如低于 1 kg)的控制。

1 浮动辊的几种机械形式

1.1 配重式浮动张力辊

配重式浮动张力辊主要由控制器(张力控制器或者 PLC 控制系统)、浮动辊、位置电位器、配重块等组成(见图 1)。它是一种间接张力检测方式, 实际上是位置控制模式。其工作原理是将配重块挂于浮动辊的一端, 同时将这一端连接位置电位器, 将配重块的重量和位置电位器最大位置的电信号在系统中做等比例处理, 例如配重块是 10 kg, 位置电位器的电信号是电压信号(0~10 V)或者电流信号(4~20 mA), 以电压信号为例, 此时最大量程是 10 V, 则将配重块的 10 kg 和位置信号最大的最大量程信号 10 V 在系统做对等处理, 通过设定相应的张力值, 当张力稳定时, 浮辊会稳定在相应的位置; 当张力发生变化导致浮辊

作者简介: 林德坡(1988-), 男, 本科, 电气工程师, 研发电气设计组副经理, 主要研究方向为推进吹膜设备实现智能化方向发展, 曾荣获“广东省机械工业科学技术奖”、“五层共挤在线纵向拉伸增强薄膜吹塑装备”二等奖。

上下摆幅时,系统会根据位置电位器反馈的信号对牵引输出相应的信号控制其速度的变化来达到设定张力,使浮辊稳定在相应的位置。该结构缺点是,张力大小由配重块决定,如果当前配重无法满足其生产要求,调整张力较为麻烦。

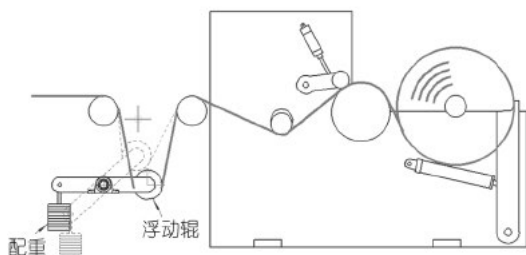


图1 配重式浮动张力简易结构图

1.2 气动式浮动张力辊

气动式浮动张力辊主要由控制器(张力控制器或者 PLC 控制系统)、浮辊、位置电位器、气缸和比例阀控制等组成(见图2)。它也是一种间接张力检测方式,将位置电位器安装在摆辊的支点随着浮辊一起转动,或者将电位器安装在气缸上随着气缸的行程进退都可。不同的是虽然都是位置控制模式,但气动式浮动张力在张力稳定时,薄膜的张力和气缸的作用力保持平衡,浮辊需要始终保持在中间位置。当张力发生变化导致浮辊前后摆动时,系统需根据位置电位器反馈的信号对牵引输出相应的信号控制其速度的变化来使浮辊固定在中间位置。气动式浮动张力控制,需要将气缸的作用力转换成张力(例如2 MPa的气压等于50 kg的张力,这个需要用实际砝码校准),这样才能让用户直观的设定符合实际工作环境的张力。也有在浮辊前再增加一个张力辊来显示其实际张力,两种方式都可以。总而言之,气动式浮动张力模式中,设定张力是控制气缸的作用力,位置电位器则是控制牵引的速度信号,两者在控制上需区分。对比配重式浮动张力结构,张力实际由比例阀控制,适用方位更广。

2 浮动张力的控制程序设计

本文以气动式浮动张力控制为例来介绍的控制程序的硬件组态结构由西门子 S7-1215c CPU 和西门子 G120 系列变频器(240E-2 功率单元搭配 250S-2 控制单元)组成。编程软件则是西门子博图平台,整个系统使用 PROFINET 现场总线网络,将 PLC、HMI 和变频器等连接在一起,实现实时控制与信息交换。程序结构先通过 FB 功能块进行封装,在由 FC 功能块

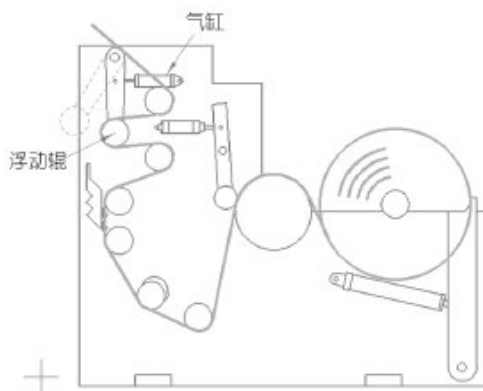


图2 气动式浮动张力简易结构图

进行调用。程序结构主要分为张力计算, PID 控制等组成。

2.1 浮辊位置计算

浮辊张力控制其核心就是位置控制,所以首先将浮辊的位置通过程序转换成实际位置,再将其位置信号发送至张力控制程序。如图3所示,IN1为浮辊最小位置的电压值,IN2为浮辊最大位置的电压值,IN3为浮辊最大位置的工程值,IN4为浮辊最小位置的工程值,IN5为程序工程转换值,IN6为实际位置工程值。在校准好 IN1—IN4 四个实际工程值后,通过两点间距离公式(如图4所示)计算出当前浮辊的实际位置值。

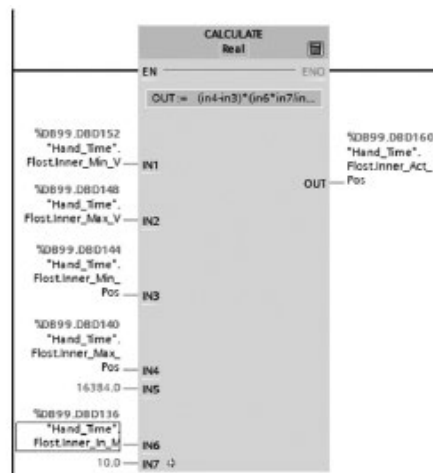


图3 浮辊位置计算功能块

2.2 浮动张力 PID 计算控制

如图4所示,该功能块为 PID 控制功能块,其中 Setpoint 为浮辊的设定位置(浮动辊最大行程=100%,由于浮动张力辊的位置需始终保持在中间位置,故该值也可以设置为 50%),Input 为浮辊的实际位置,ManualEnable 为 PID 计算使能的开关按钮,

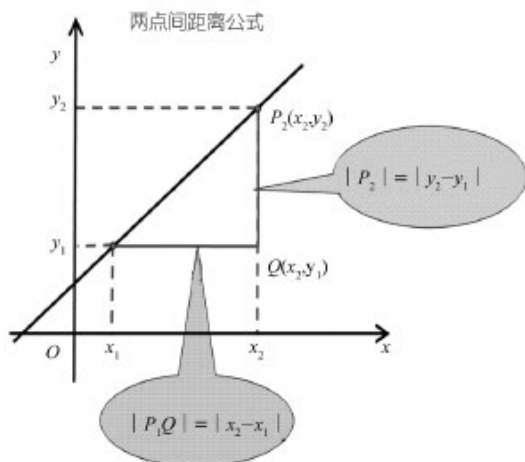


图4 两点间距离公式

接通则开始运行 PID 计算, Reset 为功能块故障复位按钮, Output 为 PID 计算后的输出控制值。由于 PID 输出为百分比信号, 需要根据控制对象的物理量化单位进行转换, 本系统的控制对象是牵引速度, 需要将 PID 输出量化为 m/min, 对牵引实施精准控制, 为了控制过程更加稳定, 避免在一些极端情况下由于控制幅度原因, 导致控制对象出现大幅振荡, 需要对 PID 输出转化进行限幅处理。由于图 5 的功能块为西门子博图平台自带的, 在使用其功能块时, 还需要在系统的工艺对象中调用和配置, 如图 6 所示。浮动张力的控制其实就是位置控制, 故在选择控制器类型时则选择

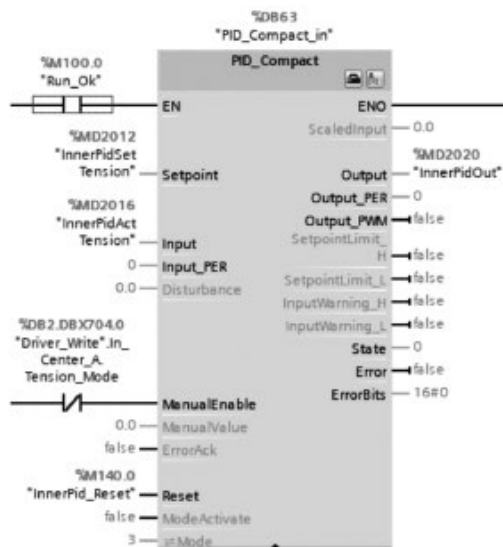


图5 PID 计算控制功能块

常规即可, 同时单位选择为“%”, 参数的配置可以在该功能中提前设置好, 也可以将各个参数的变量关联到程序中的变量去, 这样提高程序的扩展性, 比如需要多段 PID 控制时, 方便在调试中可以根据需求更改 PID 各个参数, 但需要将其“启用手动输入”开关关掉。同时在调试 PID 功能时, 还需要针对不同过程进行参数调整, 例如在换卷过程中造成的张力波动, 此时就需要调整相应的参数, 以此来减少张力波动造成的影响。

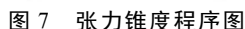


图6 PID 功能配置图

2.3 浮动张力锥度计算控制

由于随着收卷膜卷的增大, 薄膜又是易拉伸的材料, 如果一致保持同个张力 (即气缸的作用力), 则有可能随着膜卷的增大, 膜卷越收越紧, 导致膜卷成锥形形状, 这个时候就需要将张力设置一个反比例锥度, 使设定张力随着膜卷的增大而减小。如图 7 所示, 其

中 enable 是整个功能块的使能开关, 需要保持开启状态, taperMdoe 是锥度模式, 该功能块中有 4 个模式 (如图 8 所示), 输入 0 则为没有锥度模式, 模式 1 是张力直线模式, 模式 2 是张力曲线 1 模式, 模式 3 是张力曲线 2 模式, 模式 4 是自由张力模式, 其中模式 1 是张力跟随卷径线性减少, 模式 2—4 都需要用户



自己定义一个卷径和张力的数组才能完成该功能。输入 1-4 则可以选择相应的锥度模式控制，diamActVal 为当前膜卷的实际卷径，taperRatio 为设定锥度，tensionValues 和 diametervales 则为用户可以根据自己的经验值，指定卷径和张力的关系，输入系统，由系统计算输出相应的张力。tensionTaper 则是功能块根据用户选择的锥度模式和当前卷径，计算输出相应的锥度值，再将其锥度值和当前的设定张力进行关联。

在塑料薄膜的加工和制造中,薄膜张力是一个非常关键的参数,它直接影响到薄膜材料的性能和质量,在不同薄膜材料制造和加工环境中,浮动张力辊和传

A. F. Windsor, *Executive Director*

Graphical representation

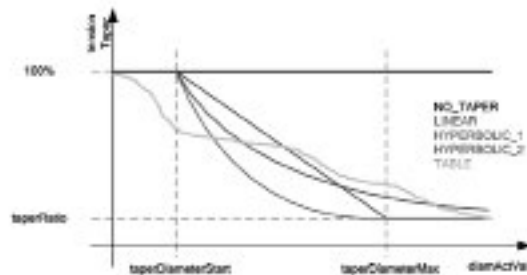


图 8 张力锥度模式功能图

动张力辊也需要针对不同的应用环境去选用，以此来精确地做到薄膜的张力控制，以保证薄膜的品质和应用效果。

Lin Depo, Chen Zhaokai, Huang Ruiwen

(Guangdong Jinming Precision Machinery Co. LTD., Shantou 515098, Guangdong, China)

Abstract: In the production process of modern thin film equipment, tension control is a crucial aspect, and its stability directly affects the quality and production efficiency of thin film products. With the continuous improvement of process requirements for thin films and other products, traditional tension roller control methods have become difficult to meet the needs of all control scenarios, while floating roller tension control technology can effectively address the control requirements that traditional tension roller control cannot achieve. This article focuses on introducing several structural designs of floating tension rollers and discusses how to achieve precise control of floating tension through the combination of PLC control system and adaptive

PID algorithm.

Key words: floating tension; PLC control system; PID control

(R-03)

米其林专为法拉利 F80 打造超高性能轮胎——米其林 Pilot Sport Cup 2 R K1

Michelin creates ultra-high performance tires specifically for Ferrari F80- Michelin Pilot Sport Cup 2 R K1

在与法拉利的深度合作下，米其林仅用 15 个月时间，成功研发出全新米其林 Pilot Sport Cup 2 R K1 轮胎。这款轮胎专为法拉利 F80 量身定制，全面应对其超强动力输出、高扭矩、强空气动力负载以及极速行驶需求，展现出米其林在高性能轮胎领域的强大研发能力和技术积淀。

作为目前米其林为法拉利打造的超高性能轮胎，新一代 Pilot Sport Cup 2 R K1，汇集了多项源自赛车运动的前沿科技，全面释放 F80 的卓越性能。这款轮胎不仅胎面更宽、更具科技含量，还在开发过程中首次将仿真模拟技术贯穿于前期设计与开发的全流程，开创了量产轮胎开发的新标准。除此之外，其所应用的创新技术、工程设计与全新制造工艺，使该轮胎在干地性能方面达到了前所未有的高度，完美匹配这款非凡座驾的需求。

颠覆性的 15 个月研发周期

借助数字化设计、前端仿真模拟以及米其林自主研发、全球独有的 C3M 制造工艺相结合的高强度虚拟开发流程，Pilot Sport Cup 2 R K1 的整体研发周期得以大幅缩短并减少了实体原型轮胎的制造数量。这一前所未有的量产胎开发组合，使米其林能在最初设计阶段就将法拉利 F80 的整车性能纳入研发考量，大幅提升研发效率。与此同时，由于原型轮胎制造数量减少 20% 至 30%，显著降低了整体碳足迹。

深度高阶仿真，缔造非凡性能

仿真模拟技术通常应用于赛车及 Hypercar（超级跑车）轮胎开发，而此次米其林与法拉利进一步深化此项技术。早在车辆仍处于虚拟建模的预开发阶段，仿真技术便已用于精准确定轮胎尺寸。前两轮虚拟测试直接在法拉利马拉内罗总部的动态模拟器上进行，初步验证了技术方向，也彰显出双方在该领域的高度协同。随后第三轮仿真测试进一步明确了轮胎设计参数，确保其性能与整车表现无缝匹配。

全面释放法拉利 F80 的性能潜力

为了应对法拉利 F80 所释放的强大动力、扭矩及极高空气动力负载，米其林采用赛车运动中使用的混合工艺，研发了一种全新胶料配方，首次将其应用于量产公路轮胎，确保在各种车速下均具备卓越抓地力。不仅如此，Pilot Sport Cup 2 R K1 还搭载高密度强化“双层”子午线胎体结构，有效承载横向与垂直应力。该轮胎还采用了全新的肩部束带层强化技术。它也是首款通过显著提升胎肩环向刚性来大幅减少离心力的轮胎，旨在最大限度地提升抓地力。

这三项革新首次同时应用于量产公路轮胎，开创行业先河。轮胎规格也极具特色：前轮 285/30R20，后轮 345/30R21。

C3M：米其林专属的智能制造工艺

为了精准制造这款复杂技术结构的轮胎，米其林依赖其独有的 C3M 智能制造工艺。该工艺类似 3D 打印，可高精度地控制每种材料的布置位置，并确保开发过程中定义的轮胎性能在后续生产批次中高度一致，具备出色的稳定性。C3M 是全球唯一由米其林掌握并运用于量产的先进制造技术。

绿色创新，推动可持续发展

自 2016 年起，米其林与法拉利合作，将仿真模拟技术融入轮胎开发流程，积极推动更绿色的创新方式。此次专为法拉利 F80 打造的 Pilot Sport Cup 2 R K1 轮胎（“K1”标识代表专为该车型设计），由位于法国克莱蒙费朗的 Gravanhes 工厂生产。该工厂自 2019 年 11 月起实现碳中和，并具备米其林集团最低的水消耗量水平之一。

摘编自“中国轮胎商务网”

(R-03)