

# Stability Analysis of Sleeve Control of High Speed Wire Production Line

Bo Ruan

Jiangsu Shagang Group Co., Ltd., Zhangjiagang, Jiangsu, 215625, China

## Abstract

This paper conducts stability analysis on the loop control system of high-speed wire production line. Through theoretical analysis and practical testing, the key factors affecting the stability of loop control were revealed, and corresponding improvement measures were proposed. The effectiveness of the improvement measures was verified by applying the improved control system on multiple production lines. The research results indicate that the optimized control system not only improves the stability of the production line, but also enhances production efficiency and product quality, revealing that the stability of the loop control system is influenced by multiple factors. These achievements not only provide strong technical support for the control of high-speed wire production lines, but also provide valuable references for the stability research of similar production systems.

## Keywords

high-speed wire line; sleeve control; stability analysis

# 高速线材生产线活套控制稳定性分析

阮勃

江苏沙钢集团有限公司, 中国 · 江苏 张家港 215625

## 摘要

论文针对高速线材生产线的活套控制系统进行了稳定性分析。通过理论分析和实际测试, 揭示了影响活套控制稳定性的关键因素, 并提出了相应的改进措施, 通过在多个生产线上应用改进后的控制系统, 验证了改进措施的有效性。研究结果表明, 优化后的控制系统不仅提高了生产线的稳定性, 还增强了生产效率和产品质量, 揭示了活套控制系统稳定性受多种因素的影响。这些成果不仅为高速线材生产线的控制提供了有力的技术支持, 也为类似生产系统的控制稳定性研究提供了宝贵的参考。

## 关键词

高速线材生产线; 活套控制; 稳定性分析

## 1 引言

随着工业自动化水平的不断提高, 高速线材生产线在现代工业生产中发挥着越来越重要的作用。活套控制作为生产线的重要组成部分, 其稳定性直接影响到产品的质量和生产效率。因此, 对活套控制系统的稳定性进行分析和研究具有重要的现实意义。

## 2 活套控制系统的组成与工作原理

### 2.1 活套装置

活套装置的主要作用是在轧制过程中, 将带钢以一定的速度套入出口套筒。活套装置主要由减速装置、活套轴承、活套辊、活套槽等组成。在活套轴承内, 安装有一个可动的

圆柱形滚子, 滚子的上表面和下面均有多个小孔, 用于调节活套辊的轴向位置。活套轴承的径向位置由滚子与活套辊之间的间隙来调节。活套辊由多个圆锥形凸轮组成, 每个凸轮的开口度都是不同的, 保证了带钢在轧制过程中能够自由进出, 从而达到套筒尺寸均匀的目的。活套装置的控制主要由 PLC 来完成, PLC 通过采集现场信号实现对活套辊转速、活套高度等参数的控制 (见图 1、图 2)。

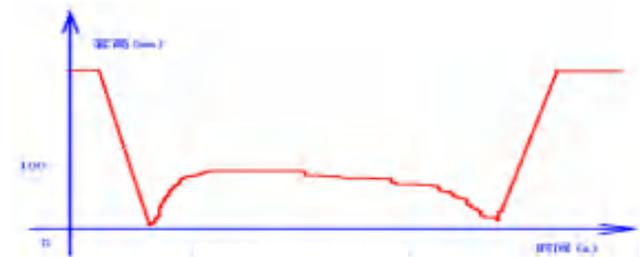


图 1 拉钢的套高趋势图

【作者简介】阮勃 (1972-), 男, 中国陕西商南人, 本科, 高级工程师, 从事电气自动化研究。



图2 拉钢的活套调节量

## 2.2 张力传感器

在活套控制系统中，张力传感器的作用是测量活套的张力，当张力大于设定值时，活套启动，将钢锭放入套筒内；当张力小于设定值时，活套停止，并将套筒拉出。当轧机工作时，轧辊的实际直径与设定值（张力传感器检测到的轧件实际直径）之差即为张力。当钢锭到达设定位置后，套筒开始工作。套筒套入钢锭后，通过活套控制系统检测到套筒上有一个固定的力矩传感器信号（即张力传感器信号）。当活套运行到设定位置后，套筒自动停止工作<sup>[1]</sup>。

## 2.3 控制器

控制器是整个系统的核心，是以CPU为核心，并根据各个过程的实际情况实时对其进行调整和控制，在整个系统中处于非常重要的地位。在高速线材生产线中，为了适应线材的不同规格，要对活套的速度进行调整，活套控制系统要对活套的速度进行实时检测，并将检测到的信号通过总线传送到控制柜。同时还要将其与现场变频器和PLC的速度、张力等进行比较和运算，通过对比后输出控制信号来控制活套。在实际生产中，为了提高速度和精度，都要将活套的速度设定在一定范围内进行调整。另外还应将实际收套口线速和设定值进行比较，得出收套口实际的收套口线速。

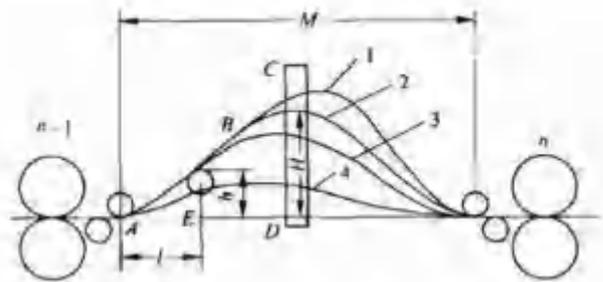
## 3 活套控制稳定性影响因素分析

### 3.1 线材的材质、直径、长度、传输速度

线材生产线的工作环境相对比较恶劣，尤其是高速运转的过程中，由于线材的温度变化较大，会出现温度差和热膨胀系数不同的情况，因此在线材的加工过程中要充分考虑线材在加工过程中存在的热胀冷缩问题，根据生产工艺对线材的温度进行精确控制。线材在加工过程中会产生一定的内应力，如果内应力超过了材料自身的强度极限，就会导致线材表面出现裂纹或者是断裂。线材本身具有一定的弹性模量，因此当材料弹性模量发生变化时，其内部应力也会发生相应的变化<sup>[2]</sup>。

由于线材生产线是一种典型的多品种、小批量生产，线材的质量对活套控制影响非常大。通常线材的规格有4~6mm、8~10mm、12~16mm、20~32mm等几种，不同规格的线材其直径也有很大的差别。不同规格线材的长度也有差异，通常在6m左右，长度越长，其内部应力越大，当活套张力变小时，会出现线材缠绕等现象。同时，由于线材传输过程中速度较快，会产生较大的摩擦力，影响线材的控制

稳定性。以上几种因素都会对活套控制稳定性产生影响。因此要控制好活套张力和速度，就要根据生产工艺对设备进行合理配置（见图3）。



1—第1种套形；2—第2种套形；3—第3种套形；  
4—第4种套形

图3 活套设定与控制套型

### 3.2 张力传感器的精度

活套系统中使用了大量的张力传感器，包括速度传感器、接触式张力传感器和数字式张力传感器等。张力传感器是控制系统中最重要传感器之一，它的精度将直接影响到整个活套控制系统的稳定性，因此选择好的张力传感器至关重要。目前，中国张力传感器的精度较高，如德国SICK公司生产的张力传感器精度可达0.0005mm；瑞士ANSYS公司生产的张力传感器精度可达0.0001mm。国内主要用在轧机上，精度较低。为保证系统控制精度，在选择张力传感器时应考虑以下因素：①选用张力传感器时，应根据实际情况选择精度高的传感器；②选用具有较高性价比和较好使用性能的张力传感器；③考虑到系统对速度和位置信号的要求，应优先选择高速型张力传感器。

### 3.3 控制器的控制策略

控制策略的选择对整个控制系统的性能有很大影响，它直接关系到控制系统的控制精度、响应时间和鲁棒性等指标。控制策略有很多种，常见的有PID控制、模糊控制等，PID控制是应用最广泛的一种，也是最基本的一种，它可以实现快速、准确、稳定地跟踪给定信号。在实际生产中，根据实际需要，对张力曲线进行了分段，从而满足不同规格和品种对张力控制精度和响应速度的要求。采用传统的PID控制器时，在一定范围内具有较好的稳定性，但随着生产负荷的不断变化，张力波动频繁，容易造成活套张力与设定值产生偏差，使活套无法精确地跟踪给定信号<sup>[3]</sup>。

活套控制采用PID控制，在控制过程中，控制器需要根据采集的实际值，对活套控制律进行实时调整。传统的PID算法，无法满足高精度、快响应的要求，在实际生产中，还需要通过经验进行调整。活套控制的稳定性主要受控制律和张力反馈精度的影响。如果活套张力控制律不准确、不稳定，将造成活套实际值与设定值产生偏差，在这种情况下，即使张力传感器反馈信号是准确的，也不能保证活套控制的

稳定性。

### 3.4 外部环境的变化

活套的主要作用是保证轧件在轧制过程中的稳定性和准确性,因此,工作辊的精度直接影响活套系统的性能。在实际生产中,应该从两个方面来考虑:①在设计活套系统时,应该使其有足够的调节能力来适应轧制过程中轧件尺寸及位置的变化。②当外部环境发生变化时,应该能够自动调整工作辊的位置。

由于在轧制过程中,活套的直径大小在不断地变化,如果设定的是固定值,会产生较大的偏差。另外,当轧制过程中出现断带时,由于活套的位置会发生变化,对活套的速度产生影响,如果设定的是固定值,则会引起较大的偏差。所以,要确保活套控制系统有足够的调节能力来适应轧制过程中各种因素的变化。同时,在实际生产中,轧件尺寸的变化也会引起活套控制系统产生一定程度上的偏差。由于这些偏差与活套系统没有直接关系,因此一般不考虑。

## 4 活套控制稳定性改进措施

### 4.1 优化控制策略

当轧件进入轧机时,进行套量计算,当活套实际套量超出活套参数的允许范围时,报警提示;如果在规定时间内(一般为10min)活套没有调整到位,将会引起断头;如果在规定时间内(一般为30min)活套没有调整到位,将会引起断头。这样的控制策略存在以下几个问题:无法实现活套系统的自动补偿功能:在实际生产中,由于设备维护和管理人员的失误,可能会造成活套位置误差或套量误差超出允许范围,导致轧件出现断头的情况。一旦发生断头,就会引起活套系统报警,影响生产正常进行。因此,需要优化控制策略,避免上述问题发生<sup>[4]</sup>。

### 4.2 参数调整

在活套系统中,活套力是一项重要参数,直接影响到活套控制的稳定性和可靠性。目前国内外对于活套力的参数设定一般采用的是两种方法:一种是经验值,即通过在实际生产中不断观察、摸索来调整活套力;另一种是数学模型,通过对活套力进行数学建模,并通过调整活套力补偿值来达到稳定活套力的目的。根据计算活套力公式可以知道,活套力与活套开口度成正比关系。根据生产实际经验,当活套力大于5T/h时,可以保证生产过程中不出现套压过大的情况;当活套力小于5T/h时,可以保证生产过程中不出现套压过小的情况。

活套控制系统中,在设计阶段就考虑了活套的开口度和开口位置对活套力的影响。在生产过程中,活套在开口度增加时,会产生较大的套压波动。为了减小开口度引起的套压波动,可以通过控制开口度来调整活套开口度。通过将活套力补偿值设置为固定值,来减小活套开口度,并在固定开口度时控制活套开口角度。对活套进行开口度补偿的范围在

0~3mm<sup>[4]</sup>。实际生产中,当活套力较大时,会造成活套力波动过大,而当活套力较小时,会造成开口度不稳定。所以在实际生产过程中需要根据实际情况对活套力补偿值进行调整,以减小开口度的波动。

### 4.3 加强设备维护

活套控制系统的稳定性主要取决于活套控制系统的设备状况。因此,必须加强对设备的维护,确保设备的正常运行。对活套架进行定期维护,保证活套架在水平方向和垂直方向上的垂直度。在活套架与夹送辊之间安装一块长度为600mm的直尺,在活套架上安装1块长度为300mm的直尺。为了保证活套架在水平方向和垂直方向上的垂直度,在活套架和夹送辊之间设置一个长度为800mm的直尺。如果发现活套架倾斜或水平度有较大变化,就需要对活套架进行调整。对活套架进行定期的维护,保证活套架在水平和垂直方向上的垂直度。在活套架的每个夹送辊的中心线上,设置1个长度为400mm的直尺,在活套架和夹送辊之间安装一块水平尺。由于活套架在垂直方向上存在倾斜,所以在垂直方向上设置1个长度为600mm的直尺。定期检查并调整活套,保证活套运行在最佳位置上。

对活套架进行润滑,对活套架与夹送辊之间的油道进行定期检查和清洗,保证油道内的干净整洁<sup>[5]</sup>。同时,定期对活套架上的润滑油进行检查和更换,确保活套控制系统运行在最佳状态。此外,还要加强活套架与夹送辊之间油道内润滑油的检查和更换,以保证活套架运行稳定。

## 5 结语

通过对高速线材生产线活套控制系统的稳定性分析,揭示了影响活套控制稳定性的关键因素,并提出了相应的改进措施。这些措施的实施可以有效提高活套控制的稳定性,保证生产线的正常运行和生产效率。未来还需要进一步深入研究活套控制系统的优化设计和智能化控制,以适应现代工业生产的需求。

### 参考文献

- [1] 崔少为.天津轧三钢铁公司2~#高线主轧线控制系统[C]//全国冶金自动化信息网,《冶金自动化》杂志社.全国冶金自动化信息网2014年会论文集.天津冶金集团轧三钢铁有限公司设备部,2014:5.
- [2] 衣松泉,孔海超,孙伟.高线活套调节系统[J].科技创新与应用,2016(21):152-153.
- [3] 方浩.高线节能吹雾方式创新[J].科技与企业,2015(11):174.
- [4] 张昊,潘巍.榆钢高速线材生产线连轧区自动控制系统总体方案[C]//全国冶金自动化信息网,《冶金自动化》杂志社.全国冶金自动化信息网2014年会论文集.中冶京诚工程技术有限公司电气与自动化工程技术所,2014:3.
- [5] 杜显峰,任丽春.高速线材生产线工艺设计实践[J].现代冶金,2010,38(6):44-47.