

Principles, Fault Analysis and Applied Measures for High-Speed Wire Rod Loopers

Liying Huang Jun Yan Wenbin Wang

Wuhu Xinxing Ductile Iron Pipes Co., Ltd., Wuhu, Anhui, 241000, China

Abstract

This article introduces the working principle of high-speed wire rod loopers and analyzes the typical causes of looper faults along with their handling methods. It aims to help steel rolling personnel gain a deeper understanding of the control principles of rolling line loopers and thoroughly analyze the root causes of looper faults to grasp the essence of the control system. By understanding these control principles, preventive measures can be developed to effectively maintain stable production, reduce looper equipment failures, and lighten the workload of operators.

Keywords

Looper working principle; Typical faults; Preventive measures

高速线材活套原理及故障分析应用措施

黄立英 严军 王文彬

芜湖新兴铸管有限责任公司, 中国 · 安徽 芜湖 241000

摘 要

介绍了高速线材活套工作原理及对活套典型故障原因进行了分析和处理方法, 让轧钢人员能更深入认识轧线活套的控制原理和对活套故障原因深入分析了解其控制本质, 通过活套控制本质从中做出预防措施, 能有效地维护生产稳定和减少活套设备故障, 降低操作人员劳动强度。

关键词

活套工作原理; 典型故障; 预防措施

1 引言

某钢厂现有两条高速线材生产线, 产品规格为 $\phi 5.5 \sim 24 \text{ mm}$ 。为实现无张力轧制, 轧线从 13 号轧机到精轧机使用活套进行辅助控制, 每条轧线共设计有 8 个活套。活套是连轧线上重要的辅助设备, 它们可在机架之间速度不协调的时候作为缓冲存料环节, 也是控制钢料在轧制过程中因机架之间动态速度变化而影响的轧件尺寸精度的波动, 是实现无扭、无张力的一种手段^[1]。但在实际生产中, 往往因各种因素导致活套不能满足工艺要求, 而活套故障造成的堆钢也给生产带来了一定的影响。本文分析了线材生产中活套的工作原理和典型的活套堆钢事故原因和解决方法, 根据本质原因提出了减少堆钢事故的相应预防控制措施。

2 轧机级联原理

轧机级联控制是现代线材轧机控制系统的重要组成部分

分, 主要用于实现连轧过程中各机架间的速度协调, 确保金属秒流量平衡, 从而维持无张力轧制状态, 其核心是通过检测活套高度偏差和张力的变化, 动态调整上游机架转速以补偿工艺波动^[2]。

3 活套工作原理

活套是用来检测相邻两架轧机级联的活套量信息, 并通过活套高度控制系统的调节, 保持套量稳定, 从而实现无张力轧制的一种手段。一般活套控制都是由活套支架、伸缩气缸系统、活套调节系统、起套辊、活套扫描仪等组成。活套起落套是由直流 24V 控制伸缩气缸电磁换相阀工作, 线圈得电起套, 线圈失电后, 气缸阀芯换相排气落下。活套扫描仪用来检测红钢位置, 按活套扫描仪高度参考位置 (20~400 mm 对应 4~20 MA) 将检测到的红钢高度数据传送给 PLC 系统, PLC 系统经过转换处理反馈出活套实际高度, 而实际高度与设定活套高度进行比较产生套高偏差, 然后根据偏差经过 PI 调节器产生速度修正信号, 修正信号输出调整上游机架的速度, 以维持活套高度在设定值上不变, 并逆向级联调节上游所有机架速度, 最终实现在用活套前后

【作者简介】黄立英 (1986-), 男, 助理工程师, 从事轧钢自动化控制技术和管 理研究。

轧机之间正确的速度配合,达到无张力轧制。一般轧制开始时都会先使用模拟过钢来检验活套起落情况,但是模拟过钢只能检验活套是否起落正常,不能检验自动调节功能。

4 活套调节原理

活套控制系统是使用PI调节原理,通过比例P和积分I作用的线性组合,实时调整控制量以消除系统偏差,可快速响应与消除稳态误差的能力^[2]。PI调节概念如图1左为P调节,控制响应太快,直线到达设定目标值;如图1中为I调节,控制响应太慢,曲线接近设定目标值;如图1右为PI调节,是合成调节,控制响应快慢可变化,较好的到达设定目标值。

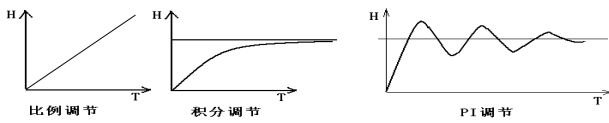


图1 PI示意图

图2为活套实际调节原理:活套设定高度一定,当活套自动起套后,自动调节开始。含钢瞬间,实际套高与设定高度的差值较大,活套的调节量输出最大,级联给上游轧机的速度,使上游轧机提升速度,增大秒流量,使实际套高较快的达到设定高度;当实际套高高于设定高度时,活套的调节量为负,级联给上游轧机速度,使上游轧机降低速度,减少秒流量,使实际套高向设定高度靠拢;调节的目的是将实际套高与设定高度的差值为零(实践中是在一个较小的范围内就认为一致了)。

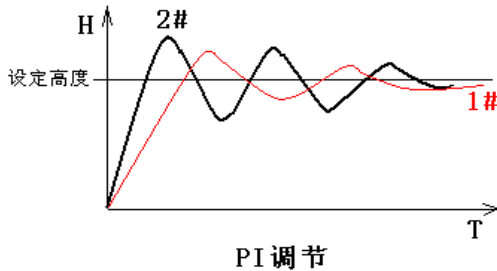


图2 PI调节示意图

操作人员可以通过人机界面设定比例和积分时间来改变活套调节的快慢。图6 2#调节线调节的快(比例大),起套后,很快就达到设定高度,但它会反复大幅振荡多次才能平稳;1#线调节慢一点(积分大),但它振荡小且平稳;在实际生产中,要根据现场实际情况来改变比例和积分时间值,达到自己满意的调节要求。

5 活套的常见故障和典型故障案例分析

5.1 活套常见故障

在生产实践中影响活套控制不稳定性因素较多,常见影响有工艺参数设定不合理、活套气缸启动慢、卡起套臂、

扫描仪检测信号镜头脏以及现场电磁阀元件故障等,根据轧线实际情况进行了原因分析和总结,做了相应的处理措施^[3]。

(1) 自动不起:在转换手动方式试验活套能正常起落,则说明电流级联条件不满足自动起套条件或工艺参数设定不合理,查看PDA曲线记录来分析原因;或自动开关信号没有给到PLC,需要检查选择开关和线路;另外手动方式试验不能起落活套,可先手动试验气缸和电磁换相阀,如正常,再检查控制线圈的电源和线路,直到排除原因。

(2) 正常过钢活套突然拉钢:先查看曲线记录分析,A若活套器元件或线路坏(则曲线记录显示高度一直是最大值);B水、雾气或镜头脏造成的丢信号;C参数变化了(下标值、高度等严重不符合实际);D活套器固定松,位置向下了。

(3) 突然堆钢:查看计算机记录曲线分析,A参数变化了(下标值、高度等严重不符合实际);B活套器固定松,位置向上;C活套机械卡,气缸气压不稳,没起到位。

(4) 调节不稳(波动大):A检查下游轧机转速是否稳定;B高度设定不合理(与起套轮的高低有关);C前后轧机工艺上严重堆或拉钢,全靠活套调节在维持;D通过设定比例和积分时间来改变活套调节的快慢。

(5) 落套过早或晚:A先排除机械、气源气路或电磁阀脏的影响;B速度快,改控制程序提前或延时落套。

5.2 典型故障案例一:活套工艺参数设定不合理

某班先生产22规格品种(精轧使用ST15、ST16、ST19、ST20号轧机和LP3、LP4、LP7、LP8活套,班中更换品种使用ST15、ST16、ST17、ST18号轧机和LP3、LP4、LP5、LP6活套,过钢生产时发生了活套堆钢事故,故障处理经过如下:先了解活套更换情况,现在使用的LP5、LP6活套架是刚从LP7、LP8活套倒来重新安装的,且操作工没有调整活套参数。查看曲线跟踪记录,分析得出:开始起套小(低于设定套高),活套正调节提速;后部又起大套(高于设定套高),活套下调节降速;其调节与活套实际套高是对应的。因此活套的电器元件和自动功能是正常的,排除了电气和现场(脏、水雾)的原因。分析开始一直起不到设定高度的原因是轧机速度和钢料配比不好,让操作工提高前轧机的速度4下(一下为0.01%,先要保证用料规范),再把比例时间加大,积分时间降低,使活套调节快些。开始起套有一些改善,但后部大套还存在。到现场观察活套的套高实际变化:起套轮在起的位置偏低,实际套高里跑槽也只有150~200的位置;分析如下A:活套器和电器扫描器更换后,必然影响到套高的设定;在使用前,要检查跑槽底部有钢时,显示套高在0~30之间;否则现场实际和计算机显示就偏差大了,设定的高度就不符合实际要求了。B:看记录有“低上调,高下调”,自动调节有效,活套的不稳只与钢料、速度和设定套高有关。C:调节起套轮和压套轮的高度和位置,力争将实际抛物线的顶点与活套器中心线重

合（扫描器在中心线上）；这样现场活套的变化和扫描采集的变化一直有信号，活套的自动调节效率最好。D：活套的故障多是通过扫描仪反馈给控制系统，系统通过测量数值与设定套高对比来调节上游机架，针对扫描仪故障在设定时间内实际套高未能达到设定高度，可通过程序控制来做预防措施，将调节量为零，稳定两轧机级联速度，该方法能有效避免堆拉钢。

5.3 典型故障案例二：活套尾部起大套分析

生产过程中 LP6 活套尾部突然起大套堆钢，活套高度曲线记录显示：每支钢活套在尾部套高超过设定高度，说明粗中轧拉钢严重，活套在尾部全部下调；最终处理是通过调整粗中轧用料和速度，缓解拉钢，使尾部钢料大降，降低到可消化的状态，使 LP4 活套不在一直调节 ST15 轧机速度上升，那么到尾部料大时，活套降速时响应增快，对下游的影响减小，即 LP5 和 LP6 活套的调节能力能够消化尾部料大的影响。事故结论就是各轧机用料和速度级联匹配不好，会导致尾部钢料大，超出了活套的调节能力，造成不可控状态。

6 活套预防措施

总之活套故障本质原因都反映在活套扫描器检测反馈信号上，当检测信号的变化决定了实际套高与设定套高偏差，使得相邻机架之间金属秒流量不等，过大的偏差值会使活套控制系统调节上架轧机提速或负调节降速，这样就会引起堆钢或拉断钢材的现象，所以处理套高偏差值的变化可为预防轧机持续提速或负调节带来了预防措施。预防措施就是在活套控制程序增加程序段，当活套检测信号反馈的实际套高与设定套高出现偏差值 $\#TEMP0$ 大于预先设定阈值 $\#h$ 并且在预设延时 $\#t1$ 到达时，套高偏差值 $\#TEMP0$ 的绝对值一直大于设定阈值 $\#h$ ，则活套调节上游速度调节量为零，不调节上架轧机速度，保持当前轧机轧制速度，可避免因持续调节轧机升速或降速造成堆拉钢，而造成活套故障，影响轧线生产。具体程序优化如下：在原程序中，添加新程序控制在使用的活套发出起套命令后，活套扫描器检测软件实际反馈高度与设定套高的套高偏差值 $\#TEMP0$ ，即实际套高 - 设定套高 $=\#TEMP0$ 。判断当前套高偏差值的绝对值 $|H|$ 大于设定阈值 $\#h$ （一般为设定套高的三分之一）时，定时器开始按设定时间 $\#t1$ 计时。如果 $|\#TEMP0|$ 一直小于阈值 $\#h$ ，活套正常调节输出，按原控制程序调节上游机架速度，直到落套结束；若 $|\#TEMP0|$ 大于阈值 $\#h$ 并达到设定延时 $\#t1$ 置位一个停止信号，将调节上游机架速度的调节量为零（直到

活套落套），即不对上游轧机速度进行调节，保持当前轧制速度，该预防措施已在某钢厂高速线材活套上得到应用并取得了较好的效果，预防措施具体体现在以下几方面：

- (1) 实时监测：该方法可以实时监测活套的运行状态，及时发现故障并报警，操作人员可以采取相应的措施。
- (2) 降低堆钢风险：当活套扫描仪数据反映异常时，通过停止对上游轧机调速，能降低堆拉钢的风险，减少生产跑堆钢事故。
- (3) 提高生产效率：通过及时预防活套故障带来的问题，现场处理及时并恢复使用，减少了后续堆钢处理时间，从而提高生产效率。
- (4) 该方法已实际应用在线材活套控制中，并取得了良好的效果。原来没有优化活套控制系统前出现的现场活套气缸损坏，活套实际高度无法起到设定高度，造成跑堆钢事故，需要人员处理废钢，影响生产效率；在优化活套控制系统后，同样出现了六号活套气缸坏，无法完成活套启动，也造成检测实际高度达不到设定高度，但在优化的活套控制里轧机能保持速度不调节，生产顺利进行，避免了跑堆钢事故和停机处理。
- (5) 实际应用表明，该方法能够有效地提高生产效率，降低事故风险，并减轻工人的劳动强度。通过对比分析，优化后的活套控制方法显著提升了系统的稳定性和可靠性，减少了设备故障率，确保了生产线的连续运行，进一步验证了该技术在提高生产效率和保障安全生产方面的实际应用价值。

7 结语

本文通过介绍活套工作原理和典型故障处理及预防措施，为轧钢人员提供了分析活套轧制生产途径和处理方法。而活套控制系统是轧线轧制的重要组成部分，熟悉了活套的基本工作原理，了解了活套常见故障和典型故障处理，为解决活套控制的难点技术和活套稳定性提供了处理基础，并通过对现场活套进行观察研究分析，才能保障生产的稳定性和产品质量提升。

参考文献

- [1] 谭芳.棒线活套控制原理分析与应用[J].四川冶金.2017（2）：44-46.
- [2] 赵恒.高速线材轧机活套闭环控制系统的研究与应用[J].科技创新与应用.2023（12）：106-109.
- [3] 刘舒慧.一种双高线的活套控制方案和速度联调方式[J].电气传动.2015（12）：61-64.