

精轧机组活套控制稳定性分析与优化

张泽朋 张维中 王超

(首钢京唐钢铁联合有限责任公司 河北 唐山 063200)

摘要: 现代热轧生产线精轧机组普遍应用了活套控制技术, 活套控制在生产中遇到了一系列稳定性难题。本文通过对精轧机组活套控制进行系统性研究、分析, 确定了影响活套控制稳定性的关键因素。经过系统性优化, 活套控制稳定性差的问题明显改善, 提高了生产的稳定性。

关键词: 热轧; 精轧; 活套; 秒流量; 角度控制; 张力控制

0 引言

随着轧钢技术的不断发展, 精轧机组活套在现代热轧带钢生产中应用广泛。精轧机活套可以在一定的范围内保持张力恒定, 防止带钢因张力过大引起拉窄或拉断现象。精轧活套还可以调整金属秒流量的变化, 在一定范围内调整AGC控制以及轧机速度控制偏差并防止起套叠轧。活套在带钢轧制过程担当着重要角色, 保持精轧机组活套控制的稳定性一直是热轧带钢生产过程中的一个重点、难点。

1 精轧机组活套介绍

当精轧机下游机架的秒流量大于上游机架的秒流量时, 如果秒流量差过大, 会引起带钢在两架轧机之间张力过大导致带钢拉窄或断带。如果下游机架的秒流量过小, 两架精轧机间就会产生多余的套量, 不断增加的套量会引起带钢的折叠。如果发生了折叠, 带钢可能会以3倍以上的带钢厚度进入下一架轧机, 这样可能会导致轧辊断裂或断轴。为了防止以上现象的发生, 在两架精轧机之间安装了活套(如图1所示)。

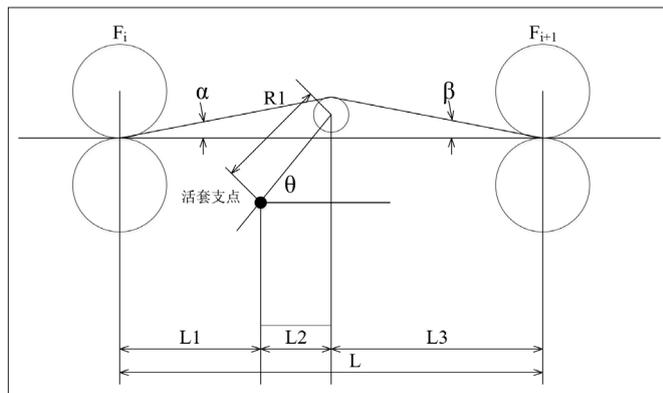


图1 精轧机组活套简图

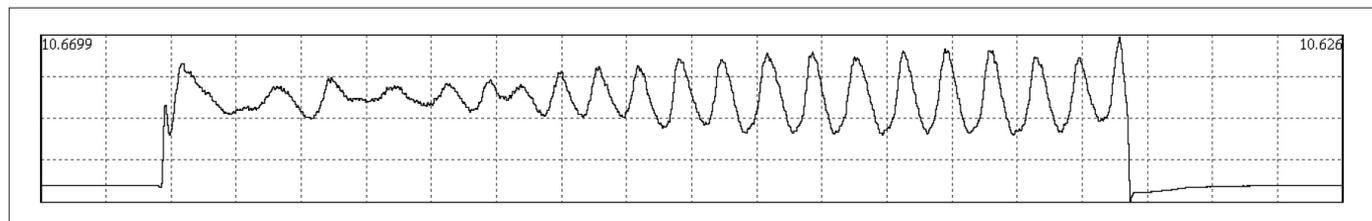


图2 精轧机组活套稳定性异常曲线

精轧机组活套普遍采用液压驱动结构, 活套液压缸通过伺服阀驱动, 液压式驱动方式具有惯性低, 响应快的优点, 但液压系统控制比较复杂, 维护量大。为了检测张力数据, 活套液压缸的活塞侧、杆侧分别装有高精度的压力传感器。活套角度的检测通过码器(单圈编码器)检测活套角度, 活套下位为 9° , 抬起位为 61° 。精轧活套控制复杂, 影响因素多, 活套控制稳定性经常发生异常(如图2所示)。

F_i : 上游机架; F_{i+1} : 下游机架; L : 相邻两架轧机间的距离; L_1 : 上游机架和活套支点间的距离; L_2 : 活套辊中心点和活套支点间的距离; L_3 : 活套辊中心点和下游机架间的距离; R_1 : 活套臂的长度; R_2 : 活套辊的半径; α : 上游机架带钢角度; β : 下游机架带钢角度; θ : 活套角度

2 活套控制稳定性分析、优化

2.1 活套等待位角度控制与优化

带钢进入到精轧入口飞剪区域或除磷区域(精轧入口禁止条件) 起车后或者当前机架抛钢后, 触发活套的等待位的角度控制, 活套处于等待位10度左右, 具体设定值是根据每架轧机的轧制线高度计算活套等待位角度。设定角度和实际反馈角度偏差超1度后, 会触发精轧机组禁止进入, 因此活套等待位角度的稳定性, 直接关系到当前带钢是否可以进入精轧机组正常轧制。根据活套机械结构受力情况可以分析出, 活套要稳定地保持目标等待位角度, 需要知道活套在等待位角度的具体转矩, 保持一定的伺服阀开口度。因此活套自重转矩与活套角度的关系, 将直接影响等待位角度控制精度。

2.2 活套起套控制与优化

当下游机架咬钢时活套要从等待位角度达到轧制角度, 轧制角度通过二级模型下发, 一般为22度。活套从等待位

控制切换到强制起套至轧制角度的过程称作强制起套阶段。在活套等待位控制的基础上实现活套抬起,就需要给活套加一个起套力矩,起套力矩的计算直接影响活套起套阶段的控制稳定性。

根据精轧机组活套的机械结构进行受力分析,可以发现活套自重转矩与活套呈递减关系,因此为了稳定活套起套控制,起套力矩也需要跟随活套角度的变化而变化。除了活套自重力矩,下游机架咬钢后,活套上方会有带钢通过,带钢的重量也会对活套的起套控制造成影响。活套自重转矩,带钢自重转矩确定后,还有一个关键参数会影响起套控制的稳定性,那就是起套控制的持续时间,何时切换到张力、角度控制阶段。不同规格的带钢,张力设定不同,带钢截面积也存在较大差异。如果采用固定强制起套力矩,不同规格带钢控制难度大,无法做到稳定性控制。因此,在强制起套阶段,强制起套力矩要根据带钢张力、截面积、起套时间等进行分层设定。

2.3 张力、角度控制与优化

活套接触到带钢并达到一定条件后,活套将由起套控制阶段切换为张力、角度控制阶段。该阶段同时要保持工艺张力、角度设定,是一个多个变量同时控制的阶段。活套的张力、角度属于相互竞争的两个过程控制目标。当活套控制系统需要使用两个执行器实现两种不同的目标控制,而每个执行器都会同时影响过程变量张力、角度,问题就变得相当棘手。

对于张力、角度需要同时控制的系统,为了使活套控制系统实现张力、角度控制的最优控制。传统的方法是将张力、角度的稳定性控制问题转化为线性二次型稳定性控制,然而活套张力、角度之间并不存在清晰的数学关系,需要大量的数据计算,现有 PLC 不能精确计算出张力、角度之间的数学模型。为了减少活套张力、角度之间数学关系的计算量,采用了一种逆线性二次型控制方式。

活套逆线性二次型控制方式,活套张力、角度采用双闭环控制方式,角度控制环的内环为液压缸压力控制环。该控制方式的输出量分别为上游机架轧机速度修正值和液压缸输出转矩,通过调节上游机架的速度和液压缸输出转矩来实现对活套张力、角度的稳定控制。该控制方式可以通过张力、角度的反馈实现耦合关系的确定,调节增益系数后与时间无必然联系,因此张力、角度可以实现渐近式解耦。增益系数调节过大会影响系统的稳定性,所以在现场调试时,一般都会从系统增益系数的下限值开始逐渐增大,根据系统的响应情况确定增益系数。此外,当活套张力、角度改变时,可以相应的修改控制程序中的增益系数,以适应控制对象发生的改变,这也是活套逆线性二次型控制方式的易于进行设备参数调整的优点。

另外,根据精轧机组活套的机械结构进行受力分析,活套张力、角度控制的前提是在准确描述活套自重以及带钢自重基础上增加的控制量。因此,准确描述活套自重、带钢重量与角度的关系模型,是活套张力、角度稳定控制的基础。

2.4 小活套控制与优化

在精轧机组抛钢前,为了带钢角度过高,发生避免带钢发生甩尾现象,需要将活套降低一定的角度,来缓冲带钢惯性,这就是活套的小活套控制。小活套控制仍然需要保持活套张力、角度控制,只是需要在此基础上,改变活套角度控制目标。改变活套角度目标值的过程中,需要按一定斜率下发角度变化,避免角度出现阶跃式下发。另外,需要在上游机架抛钢前开始触发小活套控制,不同钢种、规格采用不同的时间。

3 活套自重转矩与角度的关系

通过以上分析发现,活套自重转矩在精轧机组活套的各个阶段起着重要作用,它是实现活套各个控制阶段稳定的基础。活套角度与活套自重转矩之间的关系模型计算非常复杂,需要大量的受力分析、计算,传统的 PLC 无法实现其模型关系的准确描述。为了减少 PLC 系统的计算量,同时兼顾活套自重与角度关系的解耦,可以在活套角度动作范围内,确定 11 个角度并测量这 11 个角度的活套自重转矩(如图 3 所示)。

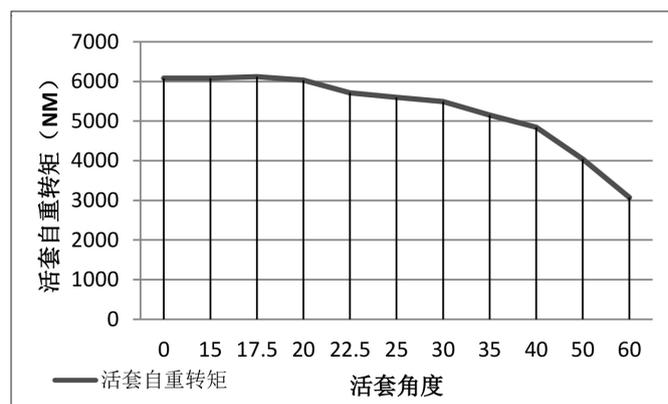


图 3 精轧机组活套自重转矩与角度模型图

4 结语

本文重点对精轧机组活套介绍,通过对活套各个控制阶段进行详细分析、优化,实现了精轧机组活套的稳定性控制。活套稳定控制后可以稳定地调整金属秒流量的变化,有效消除了轧机速度控制偏差并防止起套叠轧,提高了精轧机组的整体稳定性。

参考文献:

- [1] 张殿华,郑芳,邹霄燕.热连轧机活套控制系统的研究与发展[J].基础自动化,1999(03):1-4+8.
- [2] 栗建辉,王瑞,董跃星,等.热连轧活套稳定性评价及应用[J].河北冶金,2020(12):4.
- [3] 徐吉利.攀钢.2050 热轧厂液压活套运行稳定性研究[J].城市建设理论研究(电子版),2013,000(036):1-6.
- [4] 林刚,许劼.武钢三热轧 1580mm 热连轧机活套控制系统研究及应用[J].冶金自动化,2009(04):30-34.

作者简介:张泽朋(1986-),男,汉族,河北唐山人,本科,中级工程师,研究方向:机械制造及其自动化。