

冷连轧张力、厚度和板形的动态控制

Tirlochan S. Bikhu (阿尔斯通公司)

翻译: 沈冰泉 (高速线材厂)

摘 要 本文介绍了冷连轧的厚度自动控制(AGC)和板形自动控制(AFC)的原理,运用工业应用中的实例来介绍前馈和反馈控制器在实践中的应用。

关键词 冷轧 张力 厚度 板形控制

1 引言

冷轧带钢用户希望带钢有良好的板形、表面光洁度、一致的冶金性能和精确厚度,这就要求在带钢轧制中对带钢的厚度、张力和板形进行动态控制。这些控制常称为厚度自动控制(AGC)和板形自动控制(AFC)。

在自动化分级中(图1)中,动态过程控制(如AGC)被划为1级轧制控制,它向0级中指

定的电机和阀的伺服控制提供动态给定,最高级(3级)负责生产协调和系统的轧制区域管理,基于模型的带卷设定和进行相应匹配计算的计算机系统位于2级,它预设轧机辊缝、轧辊挠度和速度给定,以及给出与产品相关的增益和数据的AGC和AFC程序,它根据轧线的整个产品规格进行动态控制性能的优化。

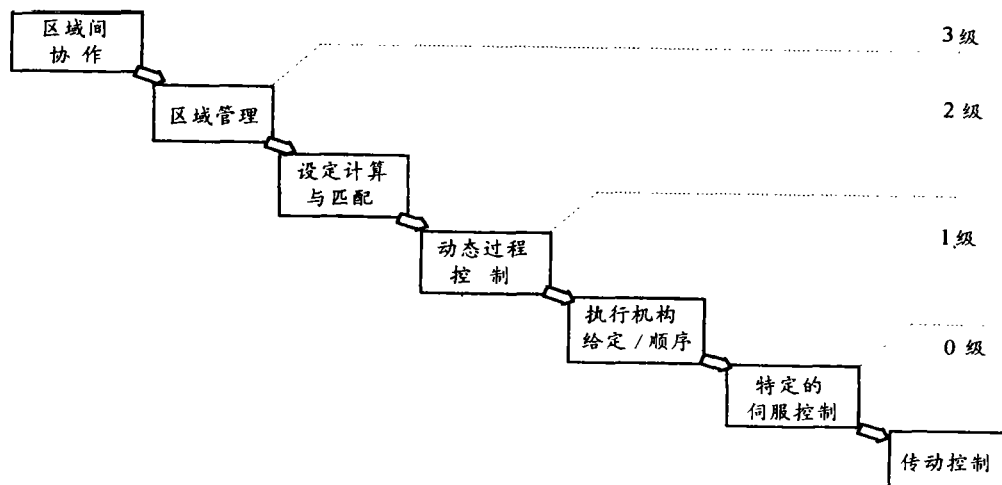


图1 自动化分级

AGC的设计和目标是发展了许多年,快速响应性使轧机的能力得到了最大限度利用,在控制误差时,扰动必须降到最低,即系统必须无相互干扰。分级控制的目的是控制误差源。控制应尽量简单,例如,当基于模型的强大的2级系统更具准确预测能力时,复杂的AGC增益计

算就不在1级完成。最后系统必须可分阶段实施,设计时还必须突出易调试易维护的特点,在不影响整个AGC系统的前提下,综合考虑传感器和设备的需要量。

2 控制配置

有开环前馈和闭环反馈两组控制器(图2)。

前馈控制与测量值无关,它取决于校正控制器的增益及灵敏度的准确模型。对于闭环控制器,测量值反馈到控制器,给定值和测量值间一旦有偏差,控制器就起作用而减少偏差。

对于反馈控制,稳定性一般不成问题,因此执行机构的整个带宽都能被使用,但反馈控制还有一些需解决的问题,其最终设计要综合考虑快速响应性、鲁棒性和稳定性的关系,在实际应用中,这些控制的带宽只限于执行机构能力的一部分。相位移在反馈系统中关系重大,在典型的积分反馈控制中,执行机构和测量系统引入的相位移应限制在 10° 或 20° ,否则系统不稳定,大于 $40^\circ \sim 50^\circ$,系统将会有振荡的危险。

延时不影响系统增益,但增加相位移程度,即使延时小到 0.1 秒或 0.2 秒,仍能显著地增加相位移。克服反馈的带宽限制的方法有 Smith 预测器或 Smith 控制法(图 3),它将设备

的动态和传输延时模型增加到传统的反馈控制中。

设备动态模型的输出在第一个反馈回路不经过延,第二个回路比较模型的预测值和实际测量值,并有效地修正设备模型,如果模型相当准确或模型的误差是一个简单偏置量,那么系统的工作状况则很好。一般来说,Smith 控制方法可调整到比传统的积分反馈控制好,Smith 控制是目前深受欢迎的厚度控制方法。

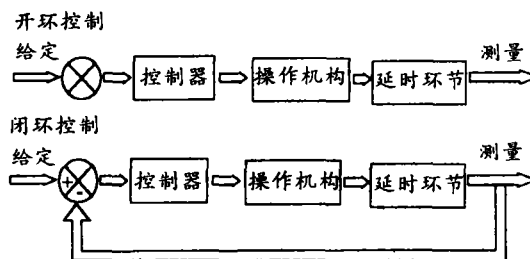


图 2 开环和闭环控制

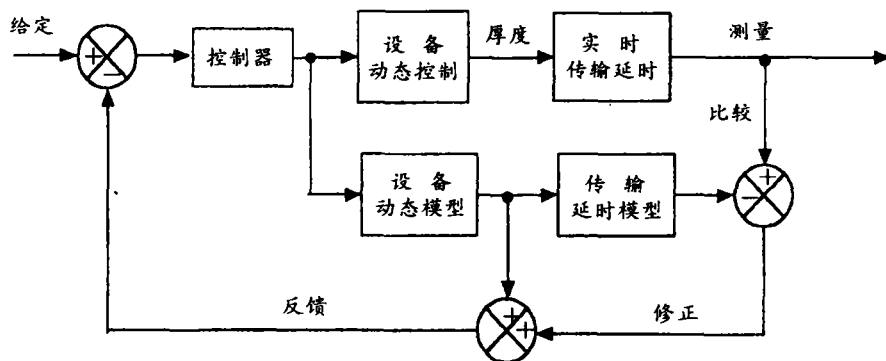


图 3 Smith 控制法方框图

3 连轧 AGC

连轧 AGC 的基本原理是在轧制过程中保持金属秒流量不变(图 4),每个机架的出口侧的金属秒流量等于轧件的速度和厚度乘积,如果机架间金属秒流量正确,则 1[#] 机架的出口侧的金属秒流量等于最末机架的出口侧金属秒流量。

但是,机架速度发生变化将影响带钢张力。由于机架速度控制带钢厚度,辊缝调节控制机架间带钢张力(图 5),张力变化率是机架间进

出口速度差的函数,所以张力调节器用来调节下一机架的辊缝调节,辊缝的变化直接且即时影响机架间张力。

保持 1[#] 机架的金属秒流量恒定是通过 1[#] 机架后的测厚仪(图 5)的前馈控制,此测厚仪跟踪带钢的厚度偏差直到轧件到 2[#] 机架,然后修正 1[#] 机架的速度来修正 2[#] 机架入口的金属秒流量。

采用轧线入口厚度偏差的前馈控制和张力控制,结合带钢硬度偏差,出口厚度任何偏差都

由 Smith 反馈控制来修正,直至最末机架(图 5)。

4 1[#] 机架 AGC

根据测量仪表的状况,可以选择前馈控制或反馈控制加到指定机架的 AGC 以修正(补

偿)到达机架入口前的厚度和硬度偏差,对于核心机架的 AGC,开发了两种厚度控制方法:间接法测量轧机咬钢时的带钢厚度的 Birsra 测厚仪方式和金属秒流量法。

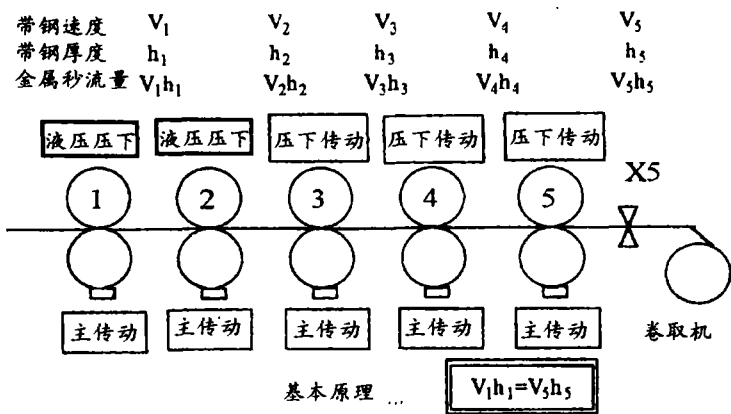


图 4 连轧的金属秒流量控制原理

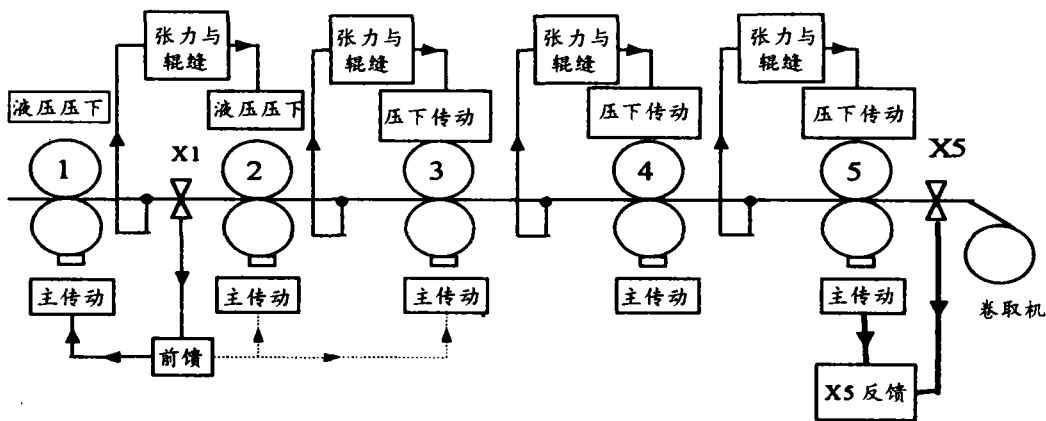


图 5 辊缝调节控制机架张力

4.1 Birsra 测厚仪法

其检测原理是典型的“Wigwam”图(即轧制力与带钢厚度关系曲线,图 6),图 6 中左图轧辊压下曲线与带钢变形曲线交点显示咬入点轧制力与厚度。当入口带钢厚度一有偏差时,压力测量装置就立即检测到变化,现在一般用伸展曲线(如上图)将轧件咬钢时的压力偏差转换为厚度偏差(Δh Birsra),当厚度差反馈修正辊

缝的调节量,轧件的伸展量发生变化,这样就消除了厚度偏差(图 6 右图)。

本例中的压力差初始值为正,用校正辊缝来消除误差将会进一步提高压力,控制器的压力量为正反馈,系统可能会不稳定。由伸展曲线计算厚度差时,必须考虑因辊缝调整时压力的变化。

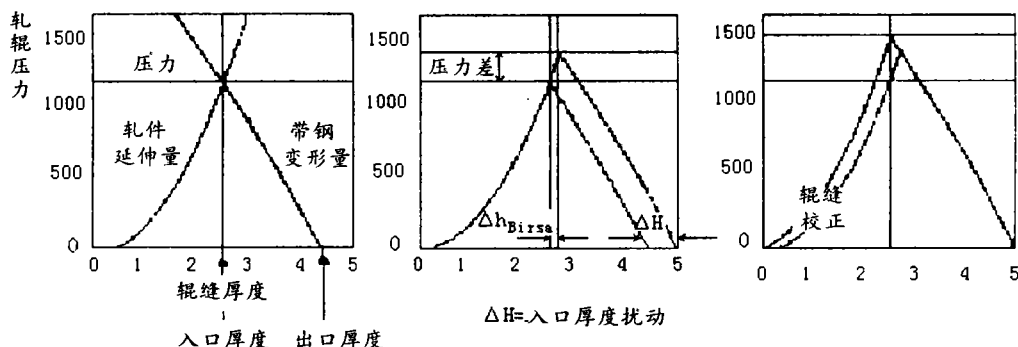


图6 Birsra 测厚仪法校正1[#]机架带钢厚度

4.2 金属秒流量法

其基本原理是带钢的入口和出口金属秒流量必须时刻相等(图7),这样可以保证入口和出口带钢的张力接近常数。假设带钢的宽度(无缩颈或展宽)无变化,则金属秒流量等于带钢出口侧速度和厚度乘积。这样,测量带钢入口和出口速度,就可以计算咬钢机架的出口侧带钢厚度,一旦检测到与设定值有偏差,此偏差值就反馈到一个积分或比例积分调节器来调整辊缝。

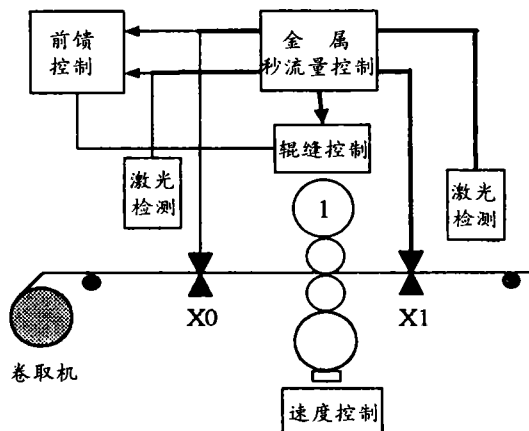


图7 校正1[#]机架厚度的金属秒流量法

5 金属秒流量补偿

用1[#]机架的AGC辊缝调整来修正带钢厚度时,机架的金属秒流量立即发生变化,而卷取机的惯性使速度不能及时变化,这样就在入口张力和厚度间发生相互影响,这种相互影响在严重时将引起厚度波动。为了最大限度地降低这种相互影响,就引入了卷取机的金属秒流量

补偿(图8),根据出口厚度变化量,用所预计的入口速度的期望变化量控制卷取机电机。

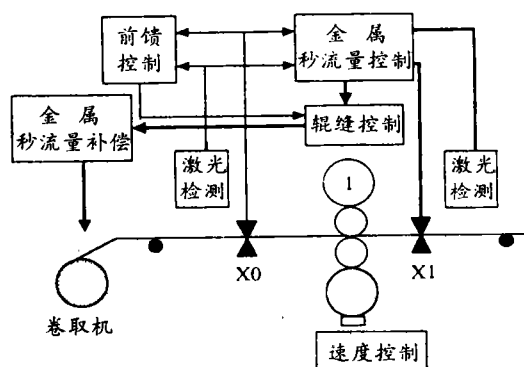


图8 金属秒流量补偿法控制卷取机电机

6 连轧 AGC 配置

将1[#]机架控制增加到传统的连轧张力和厚度控制配置中就形成了一个近似完整的连轧AGC系统,此配置(图9)在世界上一些镀锡板或最末机架为光亮辊的连轧线中普遍使用。

最末机架是毛化辊的薄板轧线,因轧件变形量小,又为了保证良好的表面光洁度,用最末机架的辊缝来进行张力控制效果不好,一般用最末机架的速度(图10)进行张力控制来修改系统,这样4[#]机架就变为最后的厚度控制机架,为了确保4[#]和5[#]机架间因厚度控制而不产生张力偏差,则5[#]机架要参与级联控制。

图11是一个可供选择的薄板轧线AGC系统,3[#]机架的速度反馈级联到前面机架。此系统的优点是反馈修正可被前面机架共用,这样可以平衡轧机在稳态时的穿带。(未完,接下期)

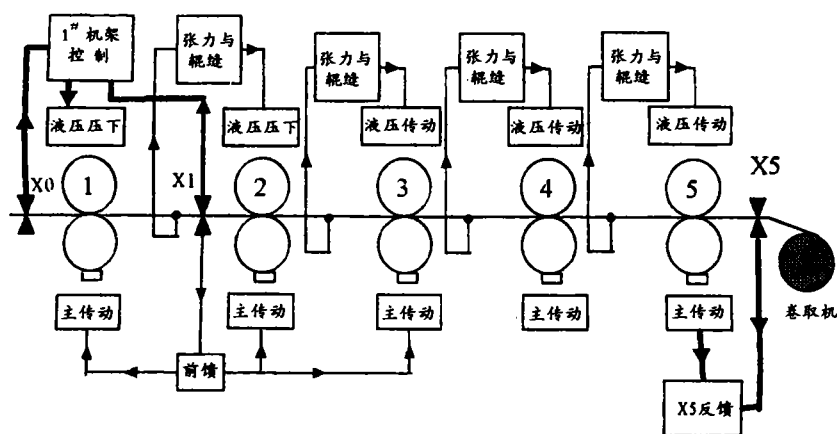


图9 镀锡板或最末机架为光亮辊的连轧线的 AGC 控制

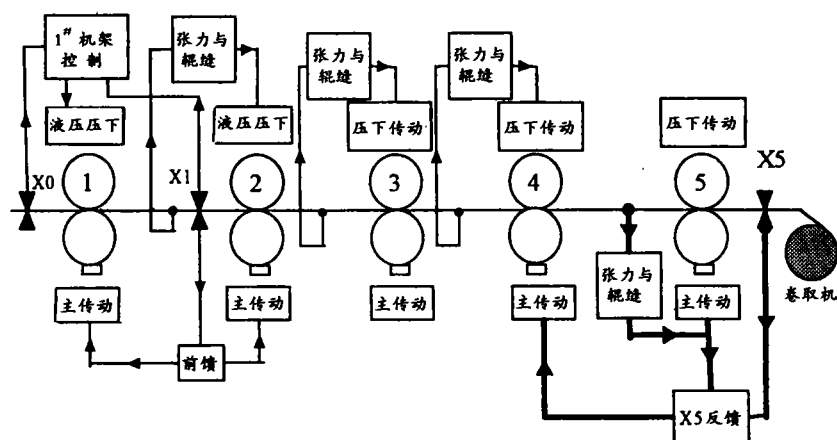


图10 最末机架是毛化辊的连轧线 AGC 配置

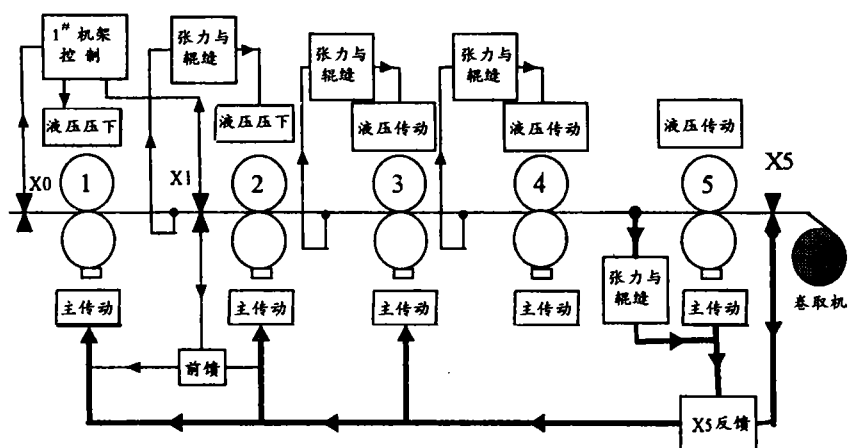


图11 薄板轧线 AGC 系统,校正 3^号机架处的厚度,3^号机架的速度逆级联控制。