

宽厚板步进式冷床同步控制的改进

陈儒峰¹, 王艳², 杨丛军¹

1. 内蒙古包钢钢联股份有限公司薄板厂, 内蒙古 包头 014010;
2. 包头市职业培训技术指导中心, 内蒙古 包头 014010)

摘要: 文章介绍了宽厚板步进式冷床的上下料装置和本体的工艺流程, 针对包钢股份薄板厂宽厚板生产线步进式冷床在钢板横移过程中产生的钢板划伤、钢板横移到出口位歪斜严重、无法进行钢板下料的生产状况, 分析原因因为步进式冷床在长期使用过程中设备磨损, 造成冷床2个区横移每步动作有微小差距, 使得整个横移过程累加偏差过大, 导致了钢板横移过程中出现歪斜状况。提出了通过增加绝对值编码器和修正程序去弥补冷床2个区每步横移的微小差距的解决方案。

关键词: 步进冷床; 同步; 偏差

中图分类号: TG333.3

文献标识码: B

文章编号: 1009-5438(2023)04-0077-04

Improvement of Synchronous Control of Walking Beam Cooler for Wide and Thick Plate

Chen Ru-feng¹, Wang Yan², Yang Cong-jun¹

1. CSP Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China;
2. Baotou Vocational Training Technical Guidance Center, Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China)

Abstract: In the article, the loader and unloader as well as process flow of walking beam cooler for wide and thick plate are introduced. The production status is that there is scuffing of plate during the lateral moving process of plate in walking beam cooler of production line of wide and thick plate in CSP Plant of Baotou Steel as well as plates are seriously skewed when lateral moving to the exit position so that unloading of plate cannot be carried out. The reason is the equipment wear of walking beam cooler in long-term use through analyzing, resulting in slight differences of each step of lateral moving in the two zones of cooling bed so that the cumulative deviations during the whole lateral moving process are too large. As a result, the plates are skewed in lateral moving process. The solution of compensating slight differences of each step of lateral moving in the two zones of cooling bed by adding the absolute value encoder and revision program is proposed.

Key words: walking beam cooler; synchronous; deviation

包钢股份薄板坯连铸连轧厂(以下简称薄板厂)宽厚板生产线于2007年10月投产。该生产线

由三座加热炉、双机架可逆 4 100 mm 轧机、矫直机、步进式冷床、精整线和热处理生产线组成,整条生产线采用了先进的三级计算机控制系统。宽厚板生产线的轧机和剪切线主要设备及工艺技术均由德国西马克公司提供,其中包括平面视觉轧制(PVR)、热机械控制轧制(TMCP)、分阶段轧制和加速冷却工艺(ACC、DQ)、辊缝可自动调节动态轻压下技术等。此外,该生产线还配备了先进的西门子自动化控制系统,并采用德国 LOI 公司提供的三个炉子进行热处理。

步进式冷床是一种大型结构冷床,由上下料装置、多组固定梁和格栅以及活动梁和格栅组成。活动梁和格栅通过液压或电动升降传动装置及移送机构实现上下及前后的步进运动,以达到冷却和输送钢板的目的。为满足不同性能要求,冷床设计多种多样,从功能上可分为步进式冷床、特厚板冷床等;从结构上可以分为电动步进式冷床、电动特厚板冷床、液压步进式冷床、液压特厚板冷床等。

薄板厂宽厚板生产线的冷床采用的是电动步进式冷床。钢板在冷床上需要经过多次步进循环才能从入口到达出口。该冷床分为 2 个区,虽然这 2 个区的步距只存在微小的偏差,但是在冷床出口累加偏差会很大。这样一来,在钢板移动至冷床出口下料时,钢板会出现严重的倾斜现象;同时,钢板下表面也会受到较严重的划伤,对产品质量造成了影响,导致整块钢板被判废处理。因此,需要解决冷床出口的偏差问题,以提高产品质量和生产效率。

1 工艺流程

1.1 钢板经过步进式冷床过程

宽厚板冷床运送钢板过程如图 1 所示。

(1) 钢板到达输入辊道入口,经输入辊道运输到冷床上料装置。

(2) 通过上料装置将钢板运输到步进式冷床本体入口。

(3) 通过冷床本体横移机构将钢板逐步运输到本体出口。

(4) 出口下料装置将钢板运输到出口辊道。

(5) 出口辊道将钢板运输到下一个工序。

1.2 钢板通过上、下料装置横移过程

下料装置横移小车的零位为小车梁在低点位置,且小车后缘与光电开关检测点对齐。小车从初始位置提升至上升位,然后横移固定距离,将钢板运

送至辊道上方,再从上升位下降至低位后,将钢板放置到输出辊道上,然后小车返回至初始位置。正常操作时,横移小车应低位返回冷床本体处^[1]。

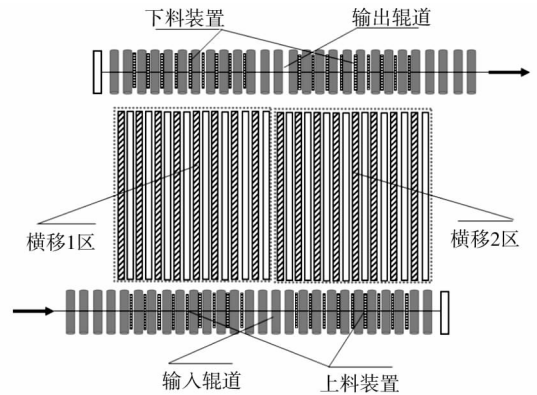


图 1 宽厚板冷床运送钢板过程图

当 PLC 获得钢板的数据信息后,首先根据长度判断上、下料小车是否需要联动,如需要联动则启动磁性离合器将两组小车联动,否则判断钢板位置,启动相应的小车上、下料装置。

上料小车的横移距离根据钢板宽度来确定,分为以下两种情况。

(1) 当钢板宽度不小于上料小车宽度且不大于辊道宽度时,小车直接上升,横移距离是钢板距辊道中心线距离减去钢板宽度值的一半,然后小车下降到位,退回零位。

(2) 当钢板宽度不小于最窄钢板宽且不大于上料小车宽度时,小车先后退,后退距离为上料小车宽度减去钢板宽度值的一半,后退到位后升起横移,横移距离为钢板距辊道中心线距离减去钢板宽度值的一半,然后小车下降到位,退回零位。

1.3 钢板通过步进冷床本体横移过程

步进式冷床本体的活动机架由横移机构和升降机构来实现钢板的横移动作,具体过程是由升降机构将冷床抬起,横移机构带动钢板向前移动。在设计时,考虑到宽厚板产品规格非常多,钢板长度变化比较大,从节约能源和降低设备损耗的角度,将冷床分为 2 个区分别控制,对于短钢板,就用 1 个区运输,另外 1 个区停止运行;对于长的钢板需要 2 个区的横移机构同时动作将钢板横移运输。横移运输是通过电机带动减速机,减速机带动横移机构,电机通过变频器控制速度。

2 存在问题

2.1 电磁离合器无法投入

如图2所示,原设计在两个区横移电机的轴上都安装有一个长连接轴,并在连接轴尾部安装了电磁离合器。这样,在需要步进式冷床两个区域同步横移时,电磁离合器被结合在一起,以确保步进式冷床两个区域的动作同步。在实际运行中,发现依靠电磁离合器这种硬连接会对机械结构造成很大的损伤,设备运行不到半年时间,就会导致电磁离合器或连接杆的损坏。因此,实际运行中没有采用电磁离合器这种硬连接方式来实现步进式冷床的横移同步^[2]。

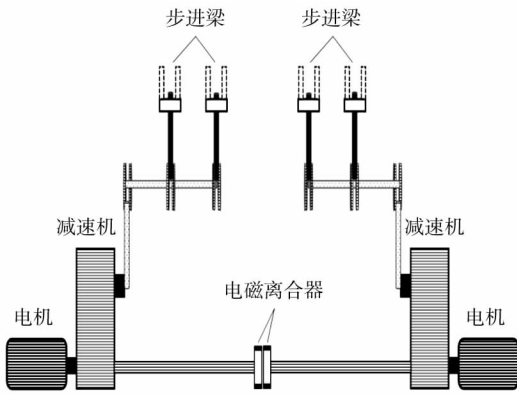


图2 步进冷床横移机构简图

2.2 机械磨损

步进冷床刚投入使用前几年,即使电磁离合器不投入,由于设备均为新设备,机械磨损程度较小,基本可以保证两个区域的冷床横移电机速度和设定步距一致,保证了横移实际动作的一致性,避免出现不同步的情况。在运行10年后,机械磨损程度开始出现差异,尽管差异并不大,但由于横移距离较长,导致冷床出口位置的钢板前后偏差加大。例如,4[#]冷床横移全长约46.5 m,每步横移距离为1.2 m,在钢板从入口到出口需要移动38步,这些累积偏差导致4[#]冷床出口位置的钢板前后偏差达到240 mm,这不仅影响钢板下料,还会导致钢板表面出现划伤。

3 同步控制改进方法

3.1 改进控制方法

通过对步进式冷床的问题进行分析,找到了解

决步进式冷床横移不同步的关键,就是消除由于机械磨损不一致所导致的实际横移偏差。为了实现这一目标,在横移机构的连接轴上增加了一个绝对值编码器,通过该编码器,可以测量出步进梁的实际横移距离。当完成一个步距后,比较两个区域的实际横移偏差,这个偏差即为横移机构的机械磨损偏差,然后将该偏差值反馈到下一次横移步距的设定值上,从而弥补上一步走行的偏差。为了确保横移时的平稳运动,通过在电机轴上安装的增量型编码器来控制横移电机的速度,这样能够准确地控制电机的转速,并且保证两个区的步进位移一致^[3]。宽厚板冷床横移步距设定值计算公式如下。

$$L_{set1} = L_{set0} - (L_1 - L_2) \times P \quad (1)$$

式中: L_{set0} 为设定的横移步距值; L_{set1} 为横移1区步距设定值; L_1 为横移1区横移轴上的编码器计算出上一步所走行的距离; L_2 为横移2区横移轴上的编码器计算出上一步所走行的距离; P 为调节系数,需要根据现场实际调试测算。

横移电机的速度控制逻辑框图如图3所示。

(1) 横移2区步距设定值不做改变,为正常的横移步距 L_{set0} 。

(2) 通过1区或2区的步距设定值,计算出电机的速度值,并通过变频器控制速度,使冷床向前横移。同时,通过对应区域电机的速度编码器反馈值,计算出实际步距值。

(3) 当实际步距等于对应区步距设定值时,电机停止运行,冷床前进到位,然后冷床下降,下降到位后,冷床开始后退,后退到末尾位置后停止,这样就完成了宽厚板步进式冷床的1个循环。

3.2 数据计算举例和比较

根据上述计算公式,以4[#]步进式冷床第3步的步距控制进行计算和比较。4[#]冷床的横移步距值为2 000 mm,横移2区的设定值等于横移步距值2 000 mm,横移1区横移轴上的编码器计算出第2步所走行的距离为2 020 mm,横移2区横移轴上的编码器计算出第2步所走行的距离为1 993 mm,调节系数 P 为0.55,根据公式(1),横移1区第3步设定值为 $2\,000 - (2\,020 - 1\,993) \times 0.55 = 1\,985.15$ mm。改进前横移1区的步距设定值都为2 000 mm,改进后横移1区第3步的步距设定值就要比改进前少14.85 mm,通过这个偏差值弥补第2步时步距差。

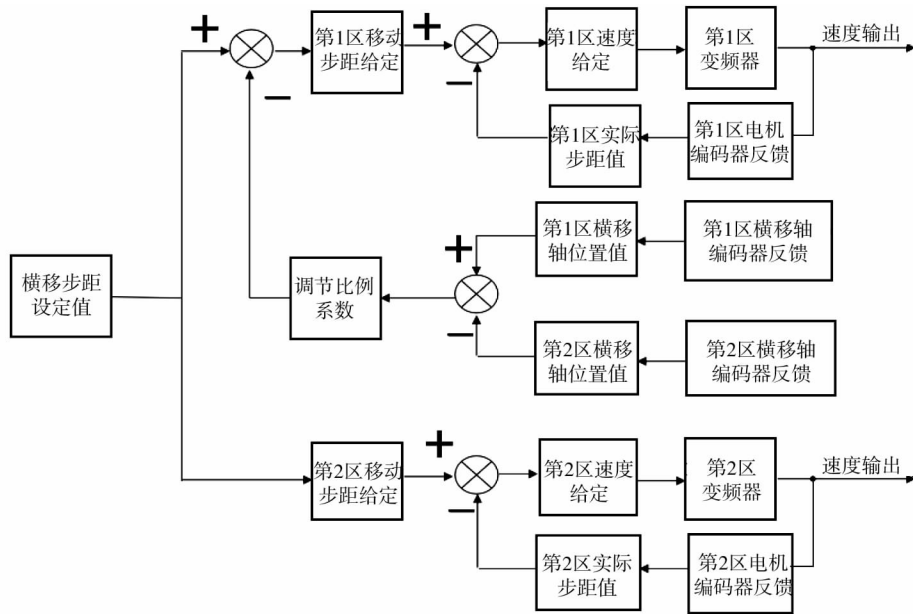


图3 横移电机的速度控制逻辑框图

3.3 调试过程

根据图3控制逻辑框图,实际调试过程主要确定比例系数,比例系数通过时间调试得出。理论上,比例系数应为1,但实际运行中,由于减速机和步进梁的机械磨损的变化,安装在横移轴上的编码器计算钢板的横移距离存在偏差,通过比例系数修正偏差。

4[#]步进式冷床要求出口钢板头尾偏差值小于50 mm,调试过程采用逐渐增加系数的方式进行。为了避免在调试过程中对钢板造成划伤,在开始时先使用一块调试板进行测试,该调试板长度为16 m,将钢板用吊车吊到冷床入口,并手动对齐,之后执行自动横移运输钢板的步骤。当钢板到达出口时,测量钢板头尾与出口固定梁之间的距离,并计算两者的偏差值,通过该偏差值的大小,来判断需要调整的比例系数的大小。表1为4[#]步进式冷床钢板横移测试记录。

表1中前5次为调试板调试的结果,第5次调试时出口头尾偏差值为40 mm,满足生产要求。调试板调试结束,再跟踪记录了5次生产钢板的情况,结果偏差都再50 mm以内。通过对宽厚板步进式冷床同步控制的改进,4[#]冷床出口头尾偏差由240 mm降低到50 mm以内,改进前步进式冷床1个月划伤钢板重量大约为50 t,改进后步进式冷床钢板划伤现象消失,证明改进后的控制系统较好地实现了步进式冷床横移同步控制。

表1 4[#]步进式冷床钢板横移测试记录

试验编号	比例系数	钢板长度 /m	钢板厚度 /mm	出口头尾偏差值 /mm
1	0	16	20	240
2	0.30	16	20	160
3	0.40	16	20	135
4	0.50	16	20	90
5	0.55	16	20	40
6	0.55	14	30	34
7	0.55	15	40	30
8	0.55	14	25	35
9	0.55	12	50	26
10	0.55	15	35	36

4 结束语

经过对薄板厂宽厚板生产线步进式冷床横移同步控制的改进,成功实现了通过较小的设备投入、简单的编程、短时间的调试可实现步进式冷床横移过程的同步。这一改进有效满足了生产需求,并成功避免了宽厚板钢板在经过步进式冷床时产生划伤的情况。

参考文献

- [1] 于世果,沈继刚.现代厚板生产工艺技术及工艺装备技术[J].钢铁技术,2009(2):18-24,28.
- [2] 郑勇,陆俊,于梦龙.宝钢5 m厚板步进式冷床同步控制技术设计及应用[J].冶金自动化,2020,44(3):65-72.
- [3] 陆俊,王云波,王彦龙.基于动态位置跟踪算法的双边剪同步控制[J].冶金自动化,2013,37(5):51-75.