位置与转矩平衡控制在芯棒限动齿条中的应用*

杨 飞,陈 亮,熊树友

(内蒙古包钢钢联股份有限公司钢管公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 包钢钢管公司Φ460 mm无缝钢管生产线,采用世界先进的PQF连轧技术,连轧机组采用芯棒限动齿条系统,在限动齿条运动过程中,要有快速的速度响应,停止时位置必须准确,在控制上面,采用对不同周期位置给定不同速度的位置控制模式,来保证生产和控制的可靠要求。转矩平衡控制能有效解决电机之间推拉受力,负载不均衡的现象。

关键词: 芯棒限动齿条;位置控制;转矩平衡控制;周期

中图分类号: TH17 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2019)04-0077-03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2020.02.023

Application of Position and Torque Balance Control on Retained Rack of Mandrel

Yang Fei, Chen Liang, Xiong Shu-you

(*Steel Tube Co. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: The production line of Φ460 mm seamless steel tube in Steel Tube Co. of Baotou Steel adopts the world advanced PQF continuous rolling technology and the continuous rolling mill is with the retained rack of mandrel system. In the movement process of retained rack of mandrel, the fast speed response is required and the position must be accurate when it stops. For control, the position control mode of different positions of periods with different speeds is adopted to ensure reliable requirements for production and control. The torque balance control can effectively solve the problems of push-pull force and unbalanced load between motors.

Key words: retained rack of mandrel; position control; torque balance control; period

在PQF连轧机组中,芯棒限动齿条的有效控制对于无缝钢管的连轧过程是非常重要的。其工艺优点是消除了以往传统的其他轧制工艺带来的竹节状毛管的缺陷,其可以通过较短的芯棒通过较大的延伸系数,来轧制较长的钢管。实际生产中,轧制出来的毛管温度高而且均匀,壁厚偏差较小,钢管内外表面的质量比较优良。限动齿条的轧制工艺目前在钢管轧制中占据主流方向[1]。

包钢钢管公司Φ460 mm无缝钢管生产线,控制系统采用ABB的AC800M控制器,编程软件为Compact Control Buider M,它为AC800M控制器提供各种控制应用,传动系统采用ACS800多传变频器,整流部分采用ISU整流系统,即IGBT整流模式,逆变部分采用多组R8i模块并联输出。现场设备是6台500 kW的交流异步电动机上下排列,驱动减速机带动传动轴运转,传动轴连接的齿轮,咬合齿条在

* 收稿日期:2019-04-11

作者简介:杨 飞(1986-),男,陕西省周至县人,硕士,工程师,现从事电气设备维护工作。

中国知网 https://www.cnki.net

轧制线上进行前后运动。限动齿条在运动过程分为6个周期阶段,即:接近周期(approch - cyc)、插入周期(insert - cyc)、咬入周期(bit - cyc)、限动周期(retain - cyc)、制动周期(brake - cyc)和返回周期(return - cyc)。齿条带动芯棒在轧制线上的运动轨迹实时可控,根据PSS(计算机辅助轧制系统)计算出来的轧制数据,确定不同位置的不同速度,推着芯棒带着毛管进入轧机进行轧制。ABB多传控制系统,能够实现6台电机的快速平滑调速,精确定位,而且通过转矩平衡控制,能够使得转矩得到良好的平衡分配,还能够有效地限制齿轮间隙造成的机械冲击。

1 工艺过程简介

限动芯棒齿条在轧钢过程中的运动过程是:假如此刻芯棒限动机构在HomePos(原始位置)位置时,当连轧前台的毛管在轧制线处于等待时,齿条机构带动着芯棒会按照程序中设定好的位置控制来依次进入接近周期,插入周期。然后连轧机架开始咬钢,限动齿条机构将会以一个恒定运行的速度带动芯棒向轧机中运动,这个时候限动速度保持恒定,连轧机组设备布局见图1。

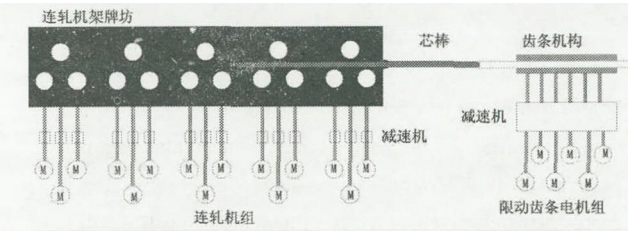


图1 连轧机组设备布局示意图

当钢管顺利通过第5个机架时,同时脱管机再将钢管迅速脱出机架和芯棒,而芯棒限动齿条速度降到零速。脱管机将钢管尾部脱离时,限动芯棒齿条系统则反向运动去执行最后的返回周期,直至运行到HomePos(原始位置)位置时停止,这时下线回转臂接着会准备将芯棒从轧制线上托举并移送到返回辊道上,再经过辊道运输到冷却站进行降温冷却,并传送到石墨润滑站里进行喷淋石墨润滑。与此同时,上线回转臂等候下线回转臂在离开干涉位以后,再将已经冷却润滑好的新芯棒托举移送到空的轧制线上,准备下一次的轧制周期。

编码器反映实时位置变化,与从PSS(计算机辅助轧制系统)计算好的轧钢时的位置数据进行比较,在不同的轧制周期也就是位置区间,输出不同的数据。其中当齿条的实时位置从基准位开始运动,完成接近周期(approch - cyc)为4.5 m,其中,当齿条运动到1.8 m时,前台支撑辊(PRoll)依次落下。当齿条位置大于9.3 m时,事故挡叉(AFork)落下。插入周期(insert - cyc)为19 m。限动周期(retain - cyc)结束为28.2 m。齿条回退到基准位(HomePos)为0.3 m。

2 位置控制

速度控制传动的过程是,通过逐步来改变速度,达到控制的目的,但是其控制起来反应太慢,给出不同的速度给定,然后再根据其加减速斜坡一点一点去完成。传动系统不是遵循连续的给定去改变其运动轨迹。但是在位置控制系统中,电机就会遵循系统的连续的给定,来改变其运动轨迹。原理如图2所示,波形发生器能够按照设定的位置控制目标,根据最大的移动速度和最大的加速度,按照时间最短原则计算出位置和速度给定波形,位置调节器是位置闭环控制的核心环节,它将波形发生器产生的位置和编码器采集的实际位置进行比较,得到偏差值,以及速度给定值通过位置环增益放大计算出传动装置的给定速度,来实现准确定位的要求。

芯棒限动齿条依次按照运行周期在轧制线进行往复运动。在每一个运行周期中,都应用了ABB的位置控制思想。位置控制模式主要是通过编码器到电机的速度反馈,再通过计算得到位置反馈。与给定的位置再进行比较,然后再去控制变频器使其有一个最佳的输出值。

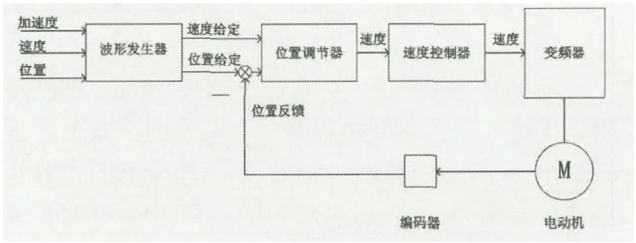


图2 位置控制原理

位置控制程序已固化在功能块PositionController中,其输入的参数有,位置控制使能(EnPosCtrl)、实际使用的给定位置(ActUsedRefPos)、位置控制的比例增益(Kiln)、速度给定(SpdRef)、位置给定值(PosRefVal)、实际加减速(ActDec)、在位公差

中国知网 https://www.cnki.net

(InPosTol)等这些必须的参数控制信号。经过位置控制器(PositionController)模块处理后,速度给定 SpRef 传输出去,再去控制限动齿条的运动。

如果反馈的位置与给定的位置计算结果要比停车范围大的时候,那么系统会沿着给定的速度继续运行,而如果这个结果要比停车范围小的时候,就要使用计算出来的速度运转,不再依照给定速度,然后再去逐渐的减小速度的给定值,这个时候,电机的实际速度运动轨迹就会变成抛物线样子的曲线。这样运行的话,就能够保证了快速停车,能够实现位置控制要求的精度。

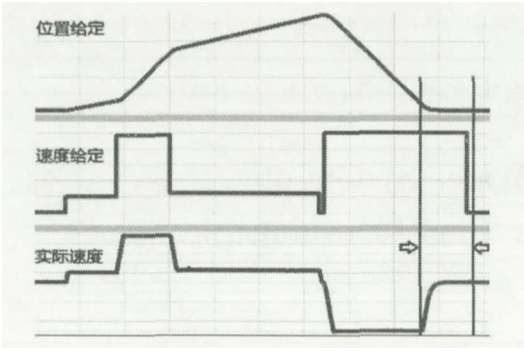


图 3　齿条回退位置控制曲线

以限动齿条在回退过程中的位置曲线(图 3)为例说明:

图中包含有 3 条曲线,分别为:位置给定曲线,速度给定曲线,以及实际速度曲线。

在限动齿条回退过程中,即回退周期,此时,位置给定是由 28.20 m 回退到 0.30 m(基准位置)的过程中,速度给定一直为 3.0 m/s,而实际速度也一直为 3.0 m/s。但是,当限动齿条的位置回退到 2.08 m 的时候,图中竖线和箭头所示区间,实际速度却不再是给定速度 3.0 m/s,而是成为一条抛物线样式的曲线,慢慢变为 0.0 m/s,直到回到限动齿条的基准位置,这样既保证了快速运行,又保证了稳定准确的停止。

3　转矩平衡控制

6 台交流异步电动驱动着限动芯棒齿条机构运动,其传动方式是以机械方式进行连接在一起,而每一台电动机都是通过逆变单元独立控制,在控制的时候,会将他们作为一个整体进行实施精确控制,他们之间在运转过程中可能会出现推拉受力,负载不均衡的现象,这样他们之间就会互相有一个小的负载,就会对安全构成影响。所以在实际控制中,需要应用转矩平衡的控制模式。

具体操作过程就是,在程序中从逆变器上对六台电机的实时转矩进行实时采样,然后通过求平均值的运算,算出一个转矩平均值,再将这个转矩平均值与每一个转矩进行比较求差,将每一个的转矩差值进行转矩—速度变换,得到一个额外速度,再将这个额外的速度与原来电机的给定速度进行叠加,形成一个新的速度给定,作为最终速度给定给变频器输出,来控制电机运行,达到转矩平衡的目的[2]。

4　结束语

通过对芯棒限动齿条的运行过程进行分析,位置控制能够实现对限动齿条的良好控制,能够满足生产过程的控制需要。转矩平衡控制很好地解决了各个电机之间存在的受力不均匀,负载不平衡的隐患,对于电机的安全平稳运行提供了很好的保障。自设备投产以来,位置控制和负载平衡控制系统在限动齿条机组运行稳定,对于保证无缝钢管连轧系统的精度控制以及机械和电气设备的稳定运行发挥了很大的积极作用。

参　考　文　献

[1] 李攀. PQF 轧机控制系统的研究[D]. 天津:河北工业大学,2010.

[2] 李攀,宋毅,安连祥. PQF 三辊同步控制技术的研究和应用[J]. 自动化与仪表,2010,(12):29-32.

中国知网　https://www.cnki.net