

拉矫机控制原理浅析及控制模型改进

尹小军 刘靖 杨志宇 程华

(北京首钢股份有限公司 河北 迁安 064400)

摘要: 文章结合机电混合式拉矫机的张力控制原理, 提出了控制系统的新模型, 成功解决了由于辊面磨损导致拉矫机内部带钢张力异常波动和辊组打滑的问题, 在调节电机负荷平衡、提高设备使用寿命等方面进行了探讨。

关键词: 拉矫机; 控制模型; 负荷平衡

0 引言

在冷轧带钢生产中拉矫机是关键设备, 在工艺段酸洗槽前设置拉矫机, 用来改善热轧来料的板型, 并且通过弯矫原料表面的锈蚀氧化层, 提高酸洗工艺质量, 进而提升冷轧带钢的产品质量。

拉矫机张力辊组的张力提升幅度较大, 且拉矫机系统设备结构庞大, 转动惯量较大。随着产量的不断增加和工艺参数的变化, 拉矫机机械设备出现磨损, 导致控制系统的性能和精度下降, 拉矫机出现内部张力异常波动、辊系表面打滑的异常问题, 影响生产工艺正常性能指标和硅钢产品表面质量。

本文建立了拉矫机控制系统模型, 分析拉矫机内部张力异常波动和辊系表面打滑的根本原因, 提出了速度-转矩自动控制系统的模型, 成功解决了由于辊面异常磨损导致的辊径异常、机械传动设备磨损导致拉矫机内部张力异常波动和辊系打滑的问题。

1 酸轧机组拉矫机控制过程分析

拉矫机工作原理对张力辊组的控制系统提出了特殊的要求: 张力值提升幅度大, 在张力辊不同辊组之间应该能够持续保持一个合适的速度差值。因此, 张力辊传动大多采用齿轮传动, 本课题主要研究机电混合式传动的拉矫机控制系统。

机电混合式拉矫机系统的传动控制原理图如图 1 所示, 首端的 2[#] 张力辊组由一对 S 型辊构成, 末端 3[#] 张力辊组

由两对 S 型辊构成。G1、G2 辊组成拉矫机入口区域张力提升辊组; G3、G4、G5、G6 辊组成拉矫机出口区域张力降低的辊组。

2 拉矫机张力控制原理 (图 2)

机组带钢由入口活套传送至拉矫机入口, 根据机组工艺参数标准, 带钢以入口活套较小的张力值进入拉矫机入口端张力辊组, 经 G1、G2 组成的 2[#] 张力辊组形成包角, 在带材和辊面之间摩擦力作用下, 使得带钢张力值逐级提升放大达到工艺所需的大张力进行破鳞拉矫。

拉矫机入口端张力辊组 G1、G2 的输出提升的转矩为拉矫内部张力, 所以入口辊组的张力辊组 G1、G2 采用转矩控制方式。G2 张力辊作为拉矫机入口张力辊组的主辊, 由延伸率控制器进行转矩设定, 采用转矩闭环控制。将该力矩按照负荷平衡分摊给每根张力辊, 使每根辊的张力放大倍数相同, 但不超过其最大放大倍数,

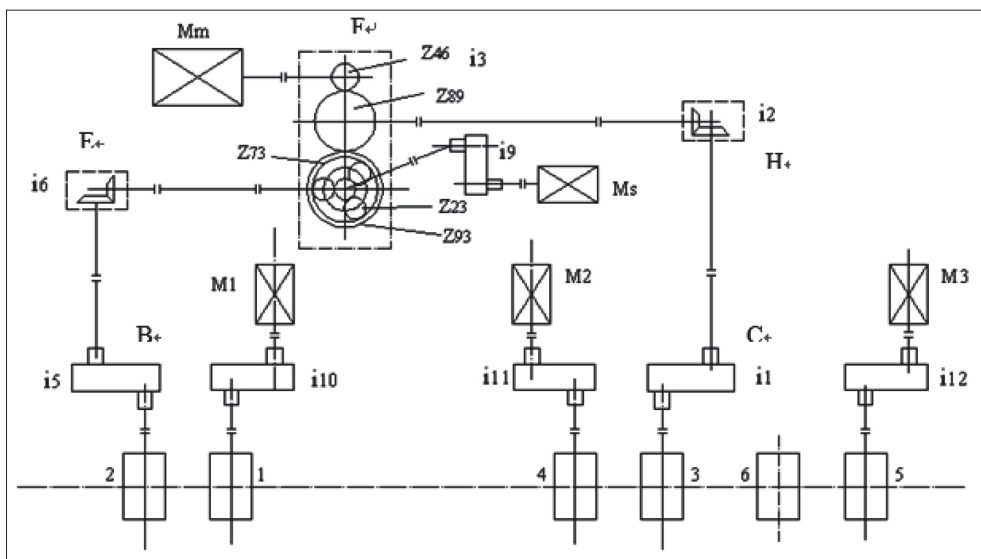


图 1 机电混合式拉矫机张力辊传动系统图

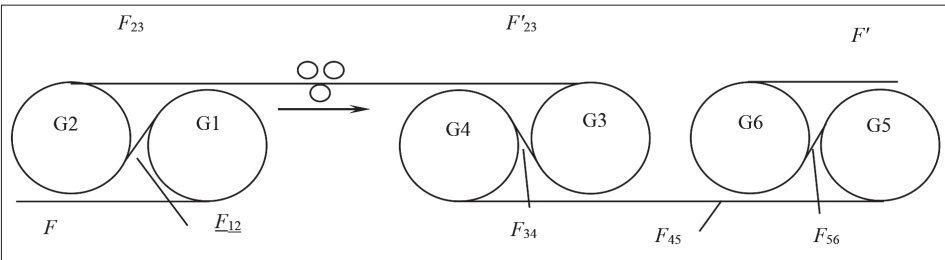


图 2 张力辊组张力示意图

由对应的驱动电机输出对应的转矩。

$$\frac{F_{23}}{F_{12}} = \frac{F_{12}}{F} = \lambda_1 < K_{\max} \tag{1}$$
$$\frac{F'_{23}}{F_{34}} = \frac{F_{34}}{F_{45}} = \frac{F_{45}}{F_{56}} = \lambda_2 < K_{\max} \tag{2}$$

在实际生产过程中，辊面制作加工不可能完全一致，辊体直径不可避免地存在正负偏差。随着生产的持续进行，各张紧辊辊面的磨损量是不同的，使得辊体实际直径偏差进一步扩大，导致拉矫系统张力出现异常波动，使得张力辊辊面的张力放大倍数超过设计极限，从而出现带钢在张力辊辊面打滑的异常问题。

3 拉矫机自动控制模型

3.1 转矩自动控制模型（图 3）

机电混合式拉矫机系统结构中配置独立三相异步电动机的辊体 G1、G4、G5 是通过转矩进行控制，以自动化系统下发的张力值为目标值进行闭环调节控制。其控制系统如图 3 所示。

随着生产量的增加和拉矫机工艺参数的调整变化，拉矫机系统机电设备不可避免地出现磨损、辊组辊面出现磨损，整体控制系统的性能和控制精度下降，导致拉矫机内部张力值异常波动、辊系辊面异常打滑，影响生产工艺指标和硅钢产品表

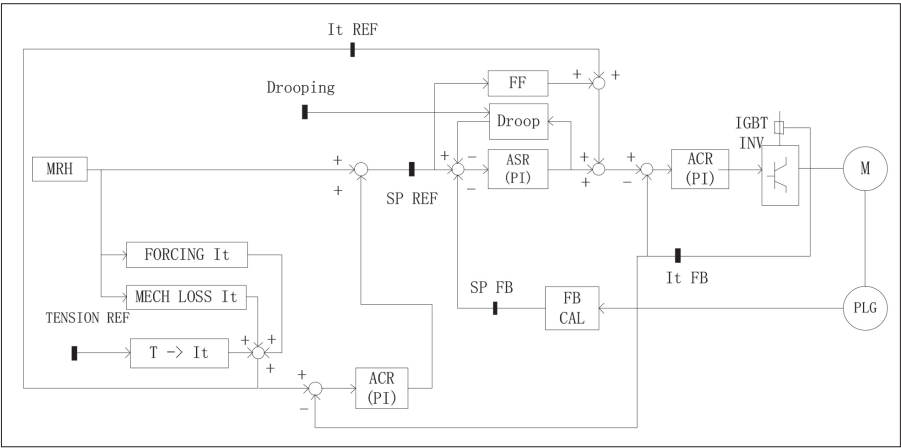


图 3 转矩控制模型

面质量。

3.2 速度自动控制模型

该酸轧机组拉矫机张力系统控制过程中，由行星差动齿轮箱传动的两根辊体 G2 和 G3 采用目标速度值闭环控制，该辊组运行速度为工艺段主令速度值。行星差动齿轮箱由主驱动三相异步电

动机 Q 和主延伸率三相异步电动机 q 共同驱动。

拉矫机速度控制系统由电动机编码器实时速度值构成的速度外环闭环控制和变频器实时运行电流值构成的电流内环闭环串级控制系统，如图 4 所示，内外两个控制环均采用 PI 控制调机。

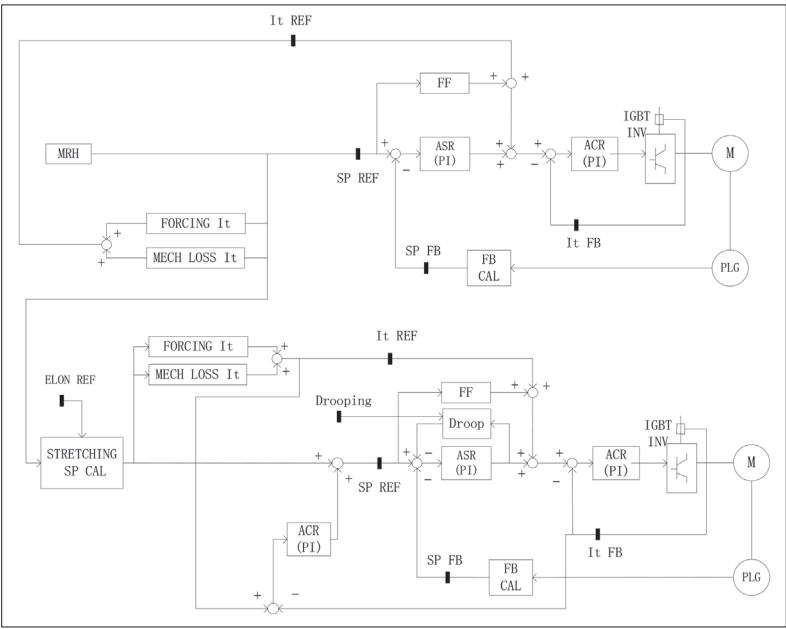


图 4 速度控制模型

在 PI 控制调节器中，比例控制参数成比例地调节待控制系统中检测的偏差信号 $e(t)$ ，偏差一旦产生，调节器马上进行调节作用，以减少偏差的幅度。积分控制参数主要用于消除余差，提高系统的无差度。积分作用的强弱取决于积分时间常数 T_i ， T_i 越大，积分作用越弱，反之则越强。

4 速度控制系统模型的改进及应用

拉矫机系统中驱动电动机在进行加速、减速调节时，系统中机械结构和驱动电机及辊体构成的组合体的机械特性是存在差异性的，系统中各个张力辊不能同时达到目标设定速度，这也会造成带钢在辊体表面发生瞬时

打滑的现象。

通过改进拉矫机系统控制方案，开发新的速度控制模型，通过调取拉矫机系统中三相异步电动机实时的运行电流值 I_t FB 与自动化系统设定值 I_t REF 的进行差值计算，根据实时电流计算的差值数据采用比例和积分调节后在该系统速度控制参数 MRH 上增加拉矫机辊系速度补偿环节。在拉矫机驱动电机速度设定参数上增加一个速度实时补偿参数，调节优化速度补偿环节的比例和积分控制参数，从拉矫机辊系自动控制系统上克服系统辊体直径和机械结构一定程度的磨损导致拉矫机系统内部带钢张力值发生波动异常的难题，避免带钢在拉矫机辊面上发生瞬时打滑的现象。

从图 5 可以看出，新开发的自动控制系统为保证各辊间的张力值稳定，各传动电机的实际运行速度会根据速度补偿参数自动做出实时的调整，达到控制系统优化改进的目的。

5 改进功能应用实例及使用效果分析

通过建立拉矫机控制系统模型，成功地解决了由于辊面磨损、机械设备磨损导致拉矫机张力异常波动和辊系打滑的问题。

实践证明，改善后拉矫机张力值波动从改善前的 $\pm 5\%$ 提高到 $\pm 1\%$ ，如图 6 所示，控制精度明显提升，辊系打滑问题彻底消除，取得了良好的控制效果，达到各辊系负荷均匀分配的效果。这种控制方式也为冷轧拉矫机自动控制方式提供了一种新的控制思路。

6 结语

拉矫机新控制模型的成功应用实例表明，速度、转矩自动控制系统的新的控制方法能够有效地避免冲击负载，达到负荷平衡、均匀负荷分配的目的，能够提高速度控制精度、减少设备冲击，提高设备使用寿命，可以借鉴到同类机组及控制系统中。

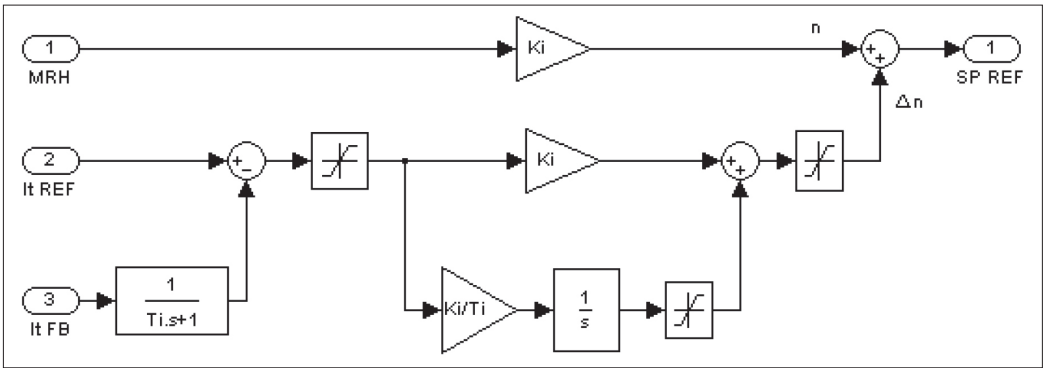


图 5 改进控制系统速度调节图

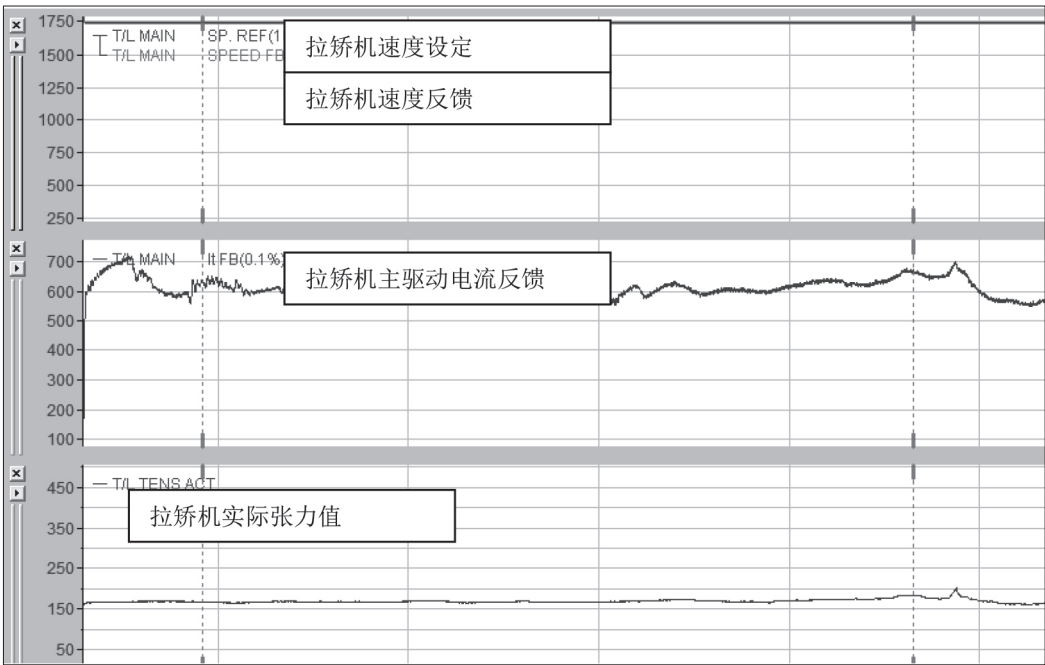


图 6 新控制方案下拉矫机实际张力曲线

参考文献：

[1] 刘新伟. 拉伸弯曲矫直机张力辊传动装置分析[J]. 一重技术, 2010(3): 4-7.
[2] 张秀峰. MATLAB 机电控制系统技术与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2011.
[3] 陈德来. 直接传动型拉矫机拉矫工艺与传动系统控制策略研究[D]. 北京: 北京科技大学, 2009.
[4] 陈伯时, 冯晓刚. 电气传动系统的智能控制[J]. 电气传动, 1997(1): 3-7.

作者简介: 尹小军 (1983-), 男, 汉族, 硕士, 中级工程师, 研究方向: 变频设备控制。