

# 冷轧开卷机张力控制系统分析

游思佳 于旭

(063000 唐山钢铁集团微尔自动化有限公司 河北 唐山)

**【摘要】**冷轧是带钢生产中一个最重要的工序，而开卷机是冷轧生产的关键设备，简单论述了首钢京唐1700酸轧开卷机张力控制系统的原理。同时对开卷机张力断带保护及卷径记忆测量等内容进行了分析，从而达到为技术人员更好地控制开卷机，便于日后维护优化工作目标，以满足高质量产品的需求。

**【关键词】**开卷机 张力控制 卷径

## 一、前言

在冷轧薄板生产中，为了得到高质量的带钢产品，必须在入口张力辊与开卷机之间建立足够的带钢张力，能抵抗各种干扰并保持张力恒定。如果张力波动，对带钢开卷时会产生时紧时松的现象，造成钢卷层间窜动和推拉，很容易堆钢，甚至断带，无法进行生产。因此，酸洗入口的开卷机张力控制十分重要。

## 二、张力控制系统原理

首钢京唐1700酸轧开卷机的张力控制通过PLC计算出电流调节器的给定值来对开卷机的电动机进行控制，以达到保持张力恒定的目的。电流计算方式如下：

$$I_{REF} = I_T + I_{ACC} + I_M \quad (1)$$

式中： $I_{REF}$ 为张力电流给定值； $I_T$ 为电机张力电流； $I_{ACC}$ 为电机加减速电流； $I_M$ 为机械损耗电流。

(一) 张力电流计算  $\tau_T = \zeta\varphi \times I_T \times \frac{1}{g}$  (2)

电机的力矩公式是：

$$\text{带钢对开卷机产生的张力力矩：} \tau_M = \frac{D}{2} \times T \tau_M = \frac{D}{2} \times T \quad (3)$$

为了保持带钢张力T的恒定，电机应该提供与钢卷卷径D成正比的张力力矩，即(2)式应该等于(3)式，得到

$$I_T = \left(\frac{D}{2} \times \frac{g}{\zeta\varphi}\right) \times T \quad (4)$$

式中： $T$ 为带钢张力； $I$ 为电机电流； $D$ 为钢卷直径； $\zeta\varphi$ 为交流电机力矩常数； $\tau_T$ 为电机力矩； $g$ 为重力加速度； $\tau_M$ 为开卷机力矩。从(4)式可以看出，为了保持带钢张力T的恒定，就要保持电机电流I与不断在减小的钢卷直径D成正比的关系。

## (二) 动态补偿

开卷机、电动机和带钢均有运动惯性，在加减速时电动机将要消耗动态力矩，如不加以补偿将使带钢张力发生波动，必须对电机电流进行补偿，才可以克服加减速对带钢张力的影响。根据公式：转矩=转动惯量\*角加速度，得到：

$$\tau_{acc} = J \left(\frac{d\omega}{dt}\right) \quad (5)$$

式中： $\tau_{acc}$ 为升降速时的动态转矩； $J$ 为转矩惯量，

$$J = \left(\frac{GD^2}{4}\right) \times g'$$

$\omega = \frac{2\pi n}{60}$  将上述关系代入(5)式得到：

$$\tau_{acc} = \left(\frac{GD^2}{375}\right) \times \left(\frac{dN}{dt}\right) \quad (6)$$

式中： $GD^2$ 为飞轮惯量； $N$ 为电机转速； $t$ 为加速/减速时间。

在升降速时的动态力矩应该与电机的输出力矩相等，这样才能使带钢在动态变速过程中保持张力恒定，即(2)式等于(6)式得出：

$$I_{ACC} = \left(\frac{\tau_{acc}}{\zeta\varphi}\right) \times g' \quad (7)$$

在公式(7)中，实际的 $GD^2$ 由下列几部分构成：

$$GD^2 = GD_M^2 + GD_m^2 + GD_c^2 \text{ 其中：} GD_c^2 = \pi \times W \times \left(\frac{\rho}{g}\right) \times (D^4 - D_0^4)$$

式中： $GD_M^2$ 为电机的 $GD^2$ ； $GD_m^2$ 为机械的 $GD^2$ ； $GD_c^2$ 为钢卷 $GD^2$ ； $W$ 为钢卷的宽度； $\rho$ 为密度。

## (三) 机械损耗电流补偿

因为k开卷机在转动时有摩擦力，所以必须进行空载补偿，空载补偿电流可以通过实际测量电动机在不同转速下的空载电流来得到，而且开卷机电动机在从静止到启动的瞬间要克服最大静摩擦力。这一点的电流可以通过先把电动机电流限幅值给零；再将开卷机置于电动状态；然后逐渐加大电流限幅值，直至电动机运转。此时的电流值可作为空载电流曲线的第1点，空载电流值可通过造表的方式存入计算机，在实时控制中通过查表求得，即采用函数发生器的形式来进行补偿。

## 三、断带保护

系统在正常轧制作业，速度环—电流环的双环系统变为张力的电流环单环系统，速度环处于饱和输出状态。若一旦发生断带，张力立即消失，而张力系统力图维持张力不变，就会使开卷机加速到不允许的程度，因此本系统设有断带保护环节。

在断带的情况下，开卷机加速，当给定不变，反馈将很快大于给定值，使速度环饱和状态被打破，时系统检测张力给定与速度环输出值，如果速度环输出大于张力给定，那么将发出断带信号给系统，使主电机紧急停车，同时开卷机将低速运行，最终停止。

## 四、卷径记忆与测量

精确测得卷径是本控制系统的关键，开卷机工作过程中卷径值D是不断变化的，直接测量难以实现，本系统采用的是间接测量方法。由式 $D = \frac{60V}{\pi n}$ 可知只要测出板材线速度V和开卷机角速度n即可间接得到卷径值D，这一间接检测卷径的方法是由卷径记忆单元实现的，如图2所示。

开卷机在工作之前，应根据卷径的外径检测设定一个最大卷径值Dmax(卷径预置)存在记忆单元。开卷机工作时卷径记忆单元所记忆的卷径值与开卷机角速度n(取自于开卷机测速发电机)相乘得模拟线速度V。这个模拟线速度V与实际板材线速度相比较，如果差值e=0，则说明卷径记忆单元所记忆卷径值与实际卷径相符；如果差值e≠0，则说明所记忆卷径值与实际值不等，则用e值去修改卷径记忆单元，直到e=0为止。实际上开卷过程中，卷材直径是在不断减小的，e值始终存在，它在不断地修改卷径记忆的卷径D值，使其跟随实际卷径的变化，这也是一个动态调节过程。

## 五、结语

上述开卷机控制系统中没有采用张力计构成闭环，它是间接张力控制方式。首钢京唐冷轧厂的酸洗五连轧生产工艺，具有高效率、连续化和自动化的特点。冷轧是带钢生产中一个最重要的工序，而开卷机是冷轧生产的关键设备，本文对首钢京唐1700酸轧开卷机张力控制系统的论述，在今后的维护工作中，还会不断优化，来提高冷轧产品质量，以满足高质量产品的需求。

## 参考文献：

- [1] 顾绳谷. 电机及拖动基础. 北京: 机械工业出版社, 1984
- [2] 天津电气传动设计研究所. 电气传动自动化技术手册. 北京: 机械工业出版社, 1992.
- [3] 陈伯时. 电力拖动自动控制系统. 北京: 机械工业出版社, 1992
- [4] 胡松涛. 自动控制原理[M]. 北京: 国防工业出版社, 1984