

纵剪线卷取机设计中几个问题的探讨

徐留宏

(江苏广播电视大学 江都学院,江苏 江都 225200)

摘要:国内介绍卷取机设计计算的资料不多,在有关轧钢机的文献中主要针对大张力卷取机,不适用于纵剪线卷取机。本文提出了纵剪线卷取机张力的合理确定方法、电机功率计算中的主要参数的选取,以及张力恒定控制方法的分析比较。

关键词:机械制造自动化;卷取机;纵剪生产线;设计

中图分类号:TG385.9 **文献标识码:**B

1 前言

卷取机是纵剪线中的主要设备之一,卷料在开卷后带材经过纵剪机切边分条,再由卷取机把这些窄带材重新卷成带卷。卷取机属于轧钢机械的辅助设备,有热带钢卷取机和冷带钢卷取机两类。前者用于热轧线上,后者又分为大张力卷取机和精整卷取机,大张力卷取机用于冷轧线上,纵剪线卷取机属于精整卷取机。

目前,关于卷取机设计的文献不多,一般只在有关轧钢机械的书有所论述。近年来冶金工业出版社出版的有关书籍中对卷取机介绍相对较多的是邹家祥主编的“轧钢机械”^[1]。上世纪末出版过一本关于卷取机的专著,是周国盈编著的“带钢卷取设备”^[2]。由于卷取机只是轧钢机械的辅助设备,因此,介绍的内容并不多,而且大多是针对大张力卷取机的,对于精整卷取机不适合,参考它来设计纵剪线卷取机时,往往会感到困难。本文就纵剪线上精整卷取机的设计计算过程中,一些参数的选择和张力控制等问题进行了初步探讨。

2 卷取机负载的机械特性

卷取机的卷筒轴上负载转矩与转速之间的函数关系,称为卷取机的机械特性。为了便于和电动机的机械特性配合起来分析传动系统的运行情况,这里卷取机的机械特性是指电动机轴上的负载转矩与转速之间的函数关系。

为了把分条后的窄带材在卷筒上卷成带卷,带

材必须先通过张紧装置产生一定的张力 T ,才能在卷筒上紧密的卷紧。这个张力在整个卷取过程中必须保持恒定,使带卷从小到大始终保持紧密,以及端面齐整。另外,纵剪线在正常运行过程中带材的运行速度 v 应保持稳定,即带材在卷取过程中的线速度应是恒定不变的(图 1)。

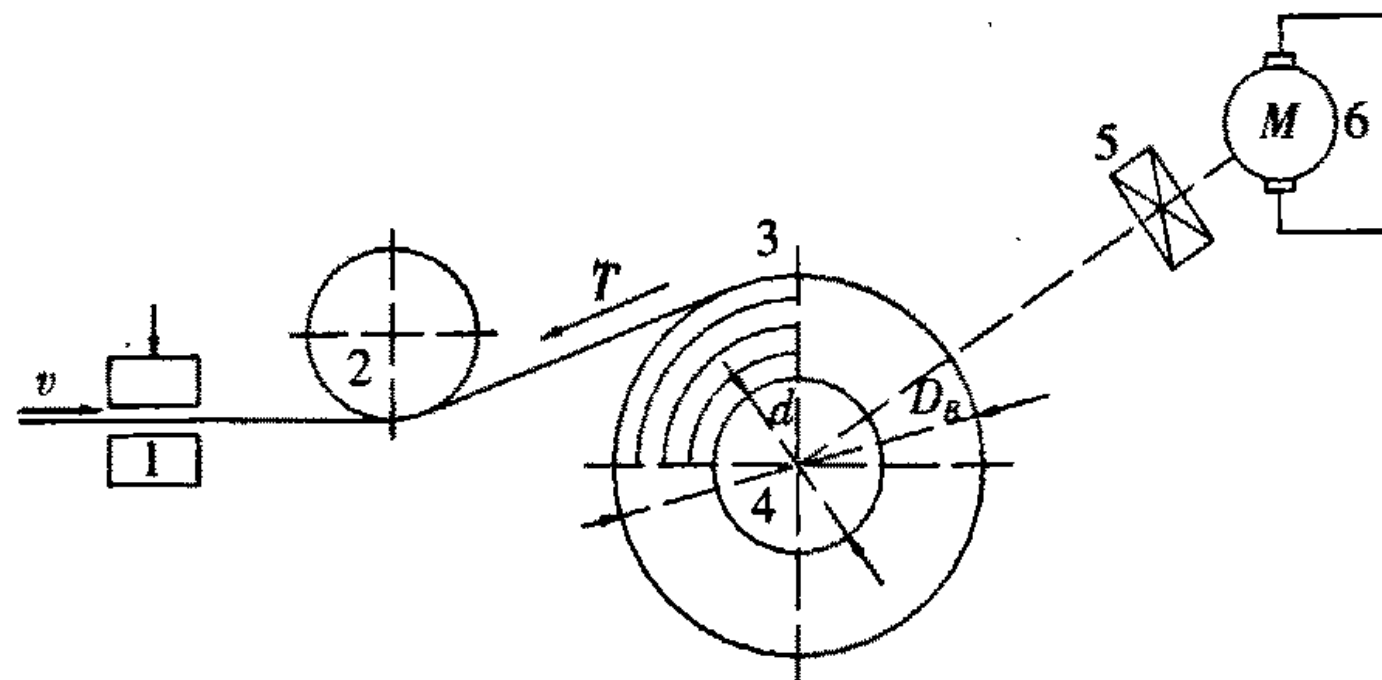


图 1 卷取机工作示意图

- 1.张紧机构 2.转向辊 3.带卷 4.卷取机卷筒
5.卷取机传动系统 6.卷取机电机

在卷取过程的任一瞬间,设带卷的动态卷径为 D_B ,折算到电机轴上克服张力所需的负载转矩为:

$$M_c = TD_B / 2i\eta \quad (1)$$

这一瞬间电机轴的动态转速为:

$$n_c = iv / \pi D_B \quad (2)$$

式中: i ——传动系统的传动比;

η ——传动系统的机械效率。

这一瞬间的负载功率为:

$$N = \frac{M_c n_c}{975} = \frac{1}{975} (TD_B / 2i\eta) (iv / \pi D_B) \\ = Tv / (2 \times 975 \pi \eta) = \text{常数} \quad (3)$$

从式(3)中可以知道,在卷取过程中随着卷径的变化负载功率基本上是恒定的,即卷取机负载具有恒功率机械特性。

3 卷取张力的确定

收稿日期:2007-11-15

作者简介:徐留宏(1969-),男,讲师,钳工技师,从事锻压装备设计制造及教学

大张力卷取机用于速轧线上,轧制工艺要求较大的卷取张力。而精整卷取机的卷取张力是使带卷能卷得紧密,并且不产生跑偏,保证带卷端面的平整。因此,精整卷取机所需的张力要比大张力卷取机小得多。

卷取张力的基本参数是单位卷取张力 σ_0 。单位卷取张力的合理选择非常重要,因为卷取张力作用在卷筒上的转矩占卷筒上总转矩的大部分,卷取机电机的功率大小主要取决于它。单位卷取张力取得过大,将使电动机容量增大,并导致传动系统中一系列零件尺寸都增大,造成浪费和增加制造成本。单位卷取张力取得过小,将会造成带卷卷得不紧密,出现跑偏而导致带卷端面不平整。对于纵剪线中的卷取机,根据使用经验通常取单位张力 $\sigma_0=5\text{MPa}\sim 10\text{MPa}$ 。一般说来,带材厚度大,单位张力可以取得小一些,厚度小,则可以取得大一些;带材的屈服强度 σ_s 较高,单位张力应取得大一些, σ_s 较低,则可以取得小一些。

4 电机功率计算

卷取机电机轴上的最大转矩可按下式计算:

$$M=M_T+M_b+M_f+M_j \quad (\text{N}\cdot\text{m}) \quad (4)$$

在式(4)的4项转矩中, M_T 为张力对电机轴的阻力矩, M_b 是带材的弯曲变形对电机轴的阻力矩, M_f 是卷筒轴的轴承摩擦形成的阻力矩, M_j 是卷取机启动加速时形成的阻力矩。其中 M_T 、 M_b 和 M_f 是稳态转矩, M_j 是动态转矩。它们分别为:

$$M_T=\frac{TD}{2i}\times 0.001 \quad (5)$$

式中: $T=\sigma_0bh$ ——带材卷取张力,N;

b ——带材宽度,mm;

h ——带材厚度,mm;

D ——带卷外径,mm。

$$M_b=\frac{bh^2}{4i}\sigma_s\times 0.001 \quad (6)$$

式中: σ_s ——带材的屈服强度,MPa。

$$M_f=(\sum P\mu d/2i)\times 0.001 \quad (7)$$

式中: $\sum P$ ——带卷和卷筒轴的重力与卷取张力的合力,N;

μ ——轴承摩擦系数;

d ——轴承内径,mm。

$$M_j=J\varepsilon \quad (8)$$

式中: J ——带卷、卷筒轴和传动部件折算到电机轴上的转动惯量+电机转动惯量 $\text{kg}\cdot\text{m}^2$;

ε ——电机轴的角加速度, rad/s^2 。

则电机功率为:

$$N=Mn/9550\eta \quad (\text{kW}) \quad (9)$$

计算中需要注意以下几点:

(1)上述4项转矩中,带材张力的阻力矩是最重要的,前面提到的卷取机负载的恒功率机械特性也正是由此得出的。这4项转矩的数值,在卷径最大时 M_T 、 M_f 和 M_j 为最大,而 M_b 则在卷径最小时为最大,但它在卷径最大和最小时的差别不是很大,所以,可以选择最大卷径时的转矩以及相应的电机转速来计算电机功率。

但是,纵剪线的用户提出的卷料参数一般是卷料的最大质量 $G_{\max}$,最大卷径 $D_{\max}$ 和卷料的宽度范围 $b_{\min}\sim b_{\max}$ 。计算时不应取 $D_{\max}$ 、 $D_{\min}$ 和 $b_{\max}$ 一起代入计算,这样不符合实际情况,计算结果也偏大。建议根据 $G_{\max}$ 和 $b_{\max}$ 计算得到 D ,以及根据 $G_{\max}$ 和 $D_{\max}$ 选择符合实际情况的 b ,然后对这两种情况分别进行计算,按其大值选择电机功率。

(2)带材弯曲变形的阻力矩 M_b 是按塑性弯曲力矩来计算的,在带料卷取过程中,随着卷径的增大,根据带材厚度的不同,其弯曲变形从开始时的塑性变形(或弹塑性变形)逐渐变为弹塑性变形(或弹性变形),弯曲力矩逐渐变小。由于 M_b 在总的转矩中占的比重很小,为了便于计算,都按塑性弯曲力矩计算也是可以的。

(3)计算 M_f 时, $\sum P$ 包括带卷和卷筒轴的重力和带材的张力,但是重力和张力的作用方向不同,应计算其合力。由于 M_f 在总转矩中占的比重也很小,合力的计算可以不必很精确。

对于纵剪线卷取机来说, (M_b+M_f) 与 M_T 的比值约为10%~20%,与文献[1]中的数值比较吻合,而文献[2]中为5%~10%,更适用于大张力卷取机。

(4)计算 M_j 时确定 J 和 ε 的数值是关键。纵剪线运行时如全线中某处出现故障停车后再启动,有的卷取机会出现电机电流过大跳闸的情况,往往是由于 M_j 的计算不合理造成的。转动惯量 J 包括许多部件,计算是非常繁琐的。有些外购件可能难以计算,制造厂也不提供。文献[2]中计算转动惯量时,把带卷和卷筒一起作为实心圆柱体(计及带材的填充率),以此作为全部转动惯量。这样计算的转动惯量无疑偏小,因为高速级的电机和联轴器折算到卷筒轴的转动惯量就显著大于带材和卷筒的转动惯量。最好是对已有的卷取机转动惯量进行测定,得到比较可靠的数据,新设计卷取机时可以参考比较。具体的测定方法见文献[3]。

角加速度 ε 的数值可根据带材直线运动的加速度 a 计算得到。文献[2]中推荐 $a=0.8\sim 1.5\text{m/s}^2$,这对于

高速轧线可能合适,对于纵剪线卷取机则太大。国内现有纵剪线卷取机运行速度一般不超过 200m/min,建议取 $a=0.25\sim 0.3\text{m/s}^2$,如果速度低于 100m/min, a 值可以更小一些。

卷取机减速时, M_T 、 M_b 和 M_f 三项稳态转矩都是帮助电机制动的,因此,减速转矩明显小于加速转矩,所以不必计算制动时的减速转矩。

5 卷取张力的恒定控制

在纵剪线中,无论是用毛毡张紧、辊式张紧、皮带张紧或是拖剪张紧,它们产生的张力是很难精确确定的。而且纵剪线中没有张力仪进行张力的测量,所以是间接张力控制。

5.1 张力控制的基本关系式

前面已经提到折算到电机轴上的带材张力阻力矩为:

$$M_e = TD_B / 2i\eta$$

直流电机的电磁转矩为:

$$M_m = C_m I_a \Phi$$

式中: C_m ——电机的转矩常数;

I_a ——电机的电枢电流;

Φ ——电机的磁通。

在电机稳态运行时,带材的弯曲变形阻力矩 M_b 和卷筒轴摩擦阻力矩 M_f 比较小,所以电机的电磁转矩与张力阻转矩近似相等,即:

$$M_m = M_e$$

$$\therefore T = 2i\eta C_m I_a \Phi / D_B = K I_a \Phi / D_B \quad (10)$$

式中: $K = 2i\eta C_m$ = 常数。

由式(10)可知,只要维持 $I_a \Phi / D_B$ 恒定,就可以维持卷取张力的恒定。在卷取张力控制技术的发展过程中,先是采用电流电势复合控制法,后来采用最大力矩控制法。

5.2 电流电势复合控制法

为了维持卷取张力的恒定,电流电势复合控制法需要同时维持 I_a 和 Φ / D_B 均为常数。

直流电机电枢回路的电压方程式为:

$$U_a = E_a + I_a R_a$$

式中: U_a ——电枢回路的电压;

E_a ——电机的反电动势;

R_a ——电枢回路的电阻。

$$\therefore I_a = (U_a - E_a) / R_a$$

电枢电流 I_a 的恒定可以通过调节电枢电压 U_a 来实现。

为了维持 Φ / D_B 为常数,必须控制磁通 Φ 随着带卷直径 D_B 的变化而变化,也就是使电机的励磁电

流正比于带卷直径而变化。因为在整个卷取过程中必须维持 Φ / D_B 恒定,所以电机的弱磁倍数至少要等于卷径比,即:

$$\frac{n_{\max}}{n_{er}} = \frac{D_{\max}}{d}$$

式中: $n_{\max}$ ——电机的最高弱磁转速;

n_{er} ——电机的额定转速;

$D_{\max}$ ——最大带卷外径;

d ——卷筒直径。

文献[1]中就提出了这样的关系式,要求卷取机电机的激磁调节范围需大于或等于最大卷径比。但目前纵剪线的带卷质量一般都在 10t 以上,较多的是 15t~16t,甚至有 20t 的,这样就使卷径比大于 3。而常用的 Z4 系列直流电机在额定功率 75kW~185kW 范围内,激磁调节范围达到 3 的很少,极个别为 3.2,所以 Z4 系列直流电机不适宜用于电流电势复合控制法。同时,由于电机始终处于弱磁状态下工作,只有达到最大卷径时才处于满磁状态,电机的转矩不能充分发挥。因此,在上世纪 80 年代以后,电流电势复合控制法已被最大力矩控制法取代。

5.3 最大力矩控制法

为了维持卷取张力的恒定,最大力矩控制法是在电机额定转速以上时,通过磁场控制回路使电机在弱磁状态下运行,随着带卷直径 D_B 的增大磁通 Φ 成正比的增大,维持 Φ / D_B 恒定,而这时电枢电流 I_a 保持不变。在额定转速以下时,电机满磁通运行,磁通 Φ 保持不变,而电枢电流 I_a 随着带卷直径 D_B 的增大成正比的增大,保持 I_a / D_B 恒定。这种控制法的核心是在电机额定转速以上维持满电压,在额定转速以下维持满磁通,使电机转矩能够得到最大的发挥,因而称为最大力矩控制法。

采用这种控制方法,一般是使电机的弱磁调速范围占整个调速范围的 65%~85%为宜,过分压缩弱磁调速范围,势必导致电机容量的增加^[2]。这种控制方法的优点是电机的弱磁倍数与卷径比无关,可以选择弱磁倍数小的电机。由于额定转速以下电机满磁通运行,启动和制动时的过渡过程加快,还可以输出最大转矩,增加过载能力。

现在纵剪线卷取机已普遍采用了最大力矩控制法,张力恒定控制系统已逐步实现了数字化。直流电机调速系统本身带有许多软件功能模块,通过功能模块的组合就可以实现张力的恒定控制,使用起来非常简单方便。

6 结束语

纵剪线卷取机与轧线上的大张力卷取机有很大

文章编号:1672-0121(2008)01-0021-02

用“铜柱墩粗法”检测螺旋压力机的有效能量

郭亚兰

(华中科技大学 武汉新威奇科技有限公司,湖北 武汉 430074)

摘要:根据 D.Wafermann 的“铜柱墩粗法”的基本原理,参照我们的试验结果,提出了对螺旋压力机的铜柱检测规范,有较大的实用价值。

关键词:机械制造;能量检测;墩粗试验;螺旋压力机

中图分类号:TG315

文献标识码:B

1 前言

螺旋压力机主要用于金属零件的模锻、校正、挤压、压印、切边和冲压等工序。由于具有良好的力能特性,螺旋压力机被公认为进行叶片、齿轮等零件精密模锻的最佳设备。同时它又是粉末冶金制件较理想的成型设备,故在粉末冶金、耐火材料、陶瓷和砖瓦等建筑材料行业中得到广泛的应用。

2 螺旋压力机的力能关系

螺旋压力机由于传动形式的特点,其运动部分动能要通过主螺旋副等系统才能传递给锻件。又因

为存在螺旋副摩擦和机身、主螺杆等受力零件的弹性变形,均需要消耗部分能量,因此,打击时的有效能量,只是运动全部能量的一部分,而且与打击力的大小有关。螺旋压力机的力能关系曲线^[1]如图 1 所示。

有效能量 E_d 的计算公式为:

$$E_d = \beta E_L - P^2 / 2C \quad (1)$$

式中: β ——能量折减系数;

C ——机器总刚度;

P ——打击力。

能量折减系数 β 值,应由制造厂提供,但也可根据主螺杆等的结构尺寸,由下式算出:

$$\beta = \frac{\tan \alpha}{\tan(\alpha + \beta) + 2/3 \tan \rho \left(\frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right)} \quad (2)$$

$$\tan \alpha = h / \pi d_0 \quad (3)$$

收稿日期:2007-10-25

作者简介:郭亚兰(1962-),女,工程师,从事螺旋压力机的研发设计和质检工作

差别,选择合理匹配的工艺参数和先进的张力控制系统对于纵剪线卷取机至关重要,既降低卷取机的制造成本,简化调试过程,又降低了用户的使用成本,节省电能。

【参考文献】

- [1] 邹家祥.轧钢机械(第3版).北京:冶金工业出版社,2000.
- [2] 周过盈.带钢卷取设备(修订本).北京:冶金工业出版社,1992.
- [3] 魏延萍,等.一种确定开卷机卷取机传动系统转动惯量的测试方

法.重型机械,2007,(1):43-45.

- [4] 唐谋凤.现代带钢冷轧机组的自动化.北京:冶金工业出版社,1995.
- [5] 孙一康,等.冷轧生产自动化技术.北京:冶金工业出版社,2006.
- [6] 蔡 诚,等.开卷机张力控制方法的探讨.锻压装备与制造技术,2006,41(1):31-33.
- [7] 刘向群,等.纵剪线常见问题及其解决对策.锻压装备与制造技术,2005,40(5):31-32.

Discussion about Problems of Recoiler's Design in Slitting Line

XU Liuhong

(Jiangsu TV University, Jiangdu College, Jiangdu 225200, Jiangsu China)

Abstract:The proper defining method of tension force of recoiler in slitting line has been introduced in this text as well as main data selection in calculation of power of motor with analysis of different methods of controlling the constant tension force.

Keywords:Recoiler; Slitting production line; Design