

2000mm 铝箔精轧机卷取电机选择与校验

李献国

(中色科技股份有限公司,河南洛阳 471039)

摘要:本文从卷取机允许张力、动态电流、电机允许过载能力及张力控制等方面进行分析,推导出了卷取机动态力矩与卷材卷径及带材加速度之间的函数关系,并以 2000mm 不可逆铝箔精轧机卷取电机为实例,通过对卷取机允许张力和动态力矩的校验,说明如何合理地选择铝箔精轧机卷取电机。

关键词:卷取机;铝箔精轧机;张力控制;动态电流;电动机

中图分类号: TG334.9 **文献标识码:** B **文章编号:** 1671-6795(2003)05-0060-03

1 前言

中色科技股份有限公司正在设计的一台 2000mm 不可逆铝箔精轧机主要技术参数如下:

最大入口厚度	0.035 mm
最小出口厚度	2 × 0.006 mm
卷材最大宽度	1850 mm
卷材最大外径	2000 mm
卷材内径	665 mm
最大卷重	13000 kg
轧制速度	0 - 540/1200 m/min
最大轧制压力	6000 kN
工作辊	Φ260/245 × 2050 mm
支承辊	Φ800/750 × 2000 mm
主电机功率	650 kW
开卷张力	420 ~ 4200 N
开卷速度(最大)	1200 m/min
卷取张力	300 ~ 3000 N
卷取速度(最大)	1500 m/min
卷取加速度	0.6 m/s ²
张力精度:动态	± 3% 额定张力
静态	± 1.5% 额定张力
速度精度:动态	± 0.4% 额定速度
静态	± 0.1% 额定速度

卷取机控制是铝箔轧机的重要环节。卷取张力的控制直接影响到成品箔材质量。卷取机间接张力控制通常有两种方式:第一种是电流电势方式,其控制原则是在稳速轧制时电枢电流保持恒定,励磁磁通与铝卷直径成正比,随卷径增大而增大;第二种方式是最大力矩方式,其控制原则是电动机的励磁磁通与

铝卷直径变化无关,仅仅取决于电机转速。在基速以下,电动机是满磁状态,电流与卷径成正比,可以输出最大力矩;在基速以上,电动机按弱磁升速,即电枢电流恒定,随卷径增加而加大励磁电流。第一种控制方式在最大卷径以下均处于弱磁状态,这就带来了电机力矩利用不充分,功率因数差等缺点,现在已很少采用;第二种控制方式电机在基速以下可以输出最大力矩,基速以上又可以输出最大功率,使电机得到充分利用,完全满足铝箔轧机低速大张力,高速小张力的工艺要求。因此我们采用最大力矩方式控制卷取电机。

由于铝箔轧机在最大张力时要求电机也工作在最大速度下,所以根据 $P = TV$ 初选电机功率为 75kW。根据样本选取卷取直流电机:

功率	81kW × 1
转速	540/1600 rpm
电压	400 V
电流	236 A
齿轮箱速比	2.275

下面从稳态和动态两方面进行验算,校验其是否满足稳态张力和动态力矩的要求。

2 卷取机稳态张力验算

当卷取机以不同的线速度 V 工作时,卷取机允许张力为:

$$T_d = \frac{2i\eta M_e}{D_e} \cdot \frac{1}{k_j} \quad (1)$$

$$k_j = f(D_{\min}, D_{\max}, n_e, n_d, V) \quad (2)$$

式中 M_e ——电动机额定转矩;
 η ——传动效率;

k_j ——均方根系数;

i ——机械传动比;

D_{min} ——最小卷径;

D_{max} ——最大卷径;

D_c ——基速时的卷径($D_{min} \leq D_c \leq D_{max}$);

n_c ——电动机额定转速;

n_d ——电动机弱磁转速。

根据不同带材速度计算的卷取机允许张力见表1。

由表1可以看出,该卷取机电机的允许张力在最高速度25m/s以下均能满足工艺要求的最大张力(3kN)。

表1 81kW 卷取电机在不同速度下允许的最大张力

带材线速度 m/s	6.82	9.09	11.36	13.64	15.91	18.18	20.45	22.73	25.00
临界卷径	0.55	0.73	0.91	1.10	1.28	1.46	1.65	1.83	2.01
均方根系数	2.24	2.04	1.64	1.38	1.22	1.11	1.04	1.01	1.00
允许张力 kN	4.15	4.15	4.13	4.08	3.98	3.82	3.61	3.36	3.10

3 卷取机动态补偿验算

为了保证轧机在轧制全过程中的张力恒定,在轧机加减速过程中必须使电机产生一个动态力矩,对机械设备和带卷的飞轮力矩进行补偿即产生一个动态附加力矩 M_d 进行动态补偿。

动态力矩计算的一般公式为:

$$M_d = \frac{\sum GD^2}{375} \cdot \frac{dn}{dt} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \sum GD^2 &= GD_b^2 + GD_j^2 + \frac{GD_p^2}{i^2} \\ &= GD_b^2 + GD_j^2 + \frac{\pi \cdot \gamma \cdot b \cdot \rho \cdot g}{8 \cdot i^2} (D^4 - D_0^4) \end{aligned} \quad (4)$$

式中 GD_b^2 ——电动机转动惯量;

GD_j^2 ——机械转动惯量(已折算到电机轴上);

GD_p^2 ——带卷转动惯量;

γ ——带材比重;

ρ ——带材占积率;

b ——带材宽度;

g ——重力加速度;

D_0 ——带材内径(卷筒直径);

D ——带材(实时)外径。

速度变化率:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{\pi D}{60i} \cdot \frac{dn}{dt} + \frac{\pi n}{60i} \cdot \frac{dD}{dt} \quad (5)$$

万方数据

$$\frac{dD}{dt} = \frac{2hv}{\pi D \times 10^3} \quad (6)$$

$$\frac{dn}{dt} = \frac{60i}{\pi D} \cdot \frac{dv}{dt} + \frac{120iV^2 h}{\pi^2 D^3} \times 10^{-3} \quad (7)$$

式中 h ——带材厚度。

上式第二项是卷取过程中卷径变化所引起的电动机转速的变化,在稳速轧制时也存在。由于所轧制的带材很薄,卷径每秒钟变化量很小,经计算第二项仅为第一项的千分之六,故可忽略不计,则:

$$\begin{aligned} M_d &= \frac{\sum GD^2}{375} \cdot \frac{60i}{\pi D} \cdot \frac{dv}{dt} \\ &= \left[GD_b^2 + GD_j^2 + \frac{\pi \cdot \gamma \cdot b \cdot \rho \cdot g}{8 \cdot i^2} (D^4 - D_0^4) \right] \frac{1}{375} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\cdot \frac{60 \cdot i}{\pi \cdot D} \cdot \frac{dv}{dt} \\ &= \left[\frac{60 \cdot \gamma \cdot b \cdot \rho \cdot g}{375 \times 8 \cdot i} \cdot D^3 + (GD_b^2 + GD_j^2) \cdot \right. \end{aligned}$$

$$\left. \frac{60 \cdot i}{375 \cdot \pi \cdot D} - \frac{60 \cdot \gamma \cdot b \cdot \rho \cdot g \cdot D_0^4}{375 \times 8 \cdot i} \right] \frac{dv}{dt}$$

$$\text{令} \quad K_1 = \frac{60 \cdot r \cdot b \cdot \rho \cdot g}{375 \times 8 \cdot i} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} K_2 &= (GD_b^2 + GD_j^2) \cdot \frac{60 \cdot i}{375 \cdot \pi} - \frac{60 \cdot \gamma \cdot b \cdot \rho \cdot g \cdot D_0^4}{375 \times 8 \cdot i} \\ &= (GD_b^2 + GD_j^2) \cdot \frac{60 \cdot i}{375 \cdot \pi} + K_1 \cdot D_0^4 \end{aligned} \quad (9)$$

$$\text{则} \quad M_d = K_1 \cdot D^3 \cdot \frac{dv}{dt} + K_2 \cdot \frac{1}{D} \frac{dv}{dt} \quad (10)$$

当卷取机速度为1500m/min、张力为3000N、加速度为0.6m/s²时,卷取机动态电流按以上公式验算的结果见表2。

表2 81kW 卷取机动态电流校验

带卷直径	电机转速	弱磁比 B	额定出力 f/F	张力 kN·m	动态电流 A	动态力矩 kN[总]	空补电流 A	动态电流 A	稳态电流 A	动态电流 A	电流过载 [电机侧]	卷材惯量 N·m ²
0.67	1633	0.33	0.47	230	0.05	24	64	1.2	1.3			0
0.81	1336	0.40	0.58	230	0.12	48	53	1.2	1.4			864
0.96	1130	0.48	0.68	230	0.21	73	44	1.2	1.5			2354
1.11	979	0.55	0.79	230	0.34	102	39	1.1	1.6			4719
1.35	805	0.67	0.96	230	0.63	154	32	1.1	1.8			11153
1.50	724	0.75	1.07	230	0.87	192	29	1.1	1.9			17365
1.60	679	0.80	1.14	230	1.06	219	27	1.1	2.0			22685
1.80	603	0.89	1.28	230	1.51	279	24	1.1	2.3			36757
1.90	572	0.94	1.35	230	1.78	311	23	1.1	2.4			45800
2.00	543	0.99	1.42	230	2.08	345	21	1.1	2.5			56389

由表2和图1可以看出,卷取机在1.35m以上卷径升速过程中,电机实际工作电流已超出电机允许的

过载倍数,电机不能给出所需的力矩,因此须加大卷取电机的功率。

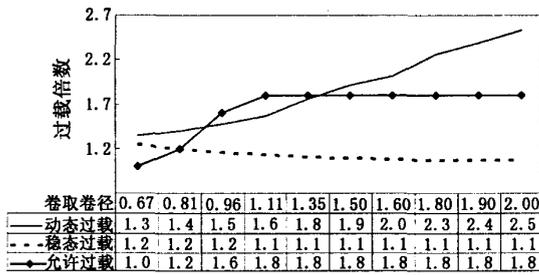


图1 81kW卷取电机电流过载曲线

根据系统参数,将卷取机传动电机功率加大到 99kW(转速为 540/1500 r/min),此时重新进行动态电流验算,结果见表 3 和图 2。

表 3 99kW 卷取电机动态电流校验

带卷直径	电机转速	弱磁比	额定出力	张力	动态力矩	动态力矩	空补	电流过载		卷材惯量
m	rpm	f/F	kN·m	A	kN[总]	A	A	稳态	动态	N·m ²
0.67	1522	0.35	0.62	224	0.05	20	58	1.0	1.1	0
0.81	1245	0.43	0.76	224	0.12	45	48	1.0	1.1	994
0.96	1053	0.51	0.90	224	0.22	70	40	0.9	1.2	2711
1.11	912	0.59	1.04	224	0.36	98	35	0.9	1.3	5434
1.35	750	0.72	1.26	224	0.67	150	29	0.9	1.4	12844
1.50	675	0.80	1.40	224	0.93	187	26	0.9	1.6	19997
1.60	633	0.85	1.49	224	1.13	213	24	0.9	1.6	26124
1.80	562	0.96	1.68	224	1.62	271	22	0.9	1.8	42328
1.90	533	1.00	1.75	227	1.91	307	21	0.9	2.0	52742
2.00	506	1.00	1.75	239	2.23	358	20	0.9	2.2	64936

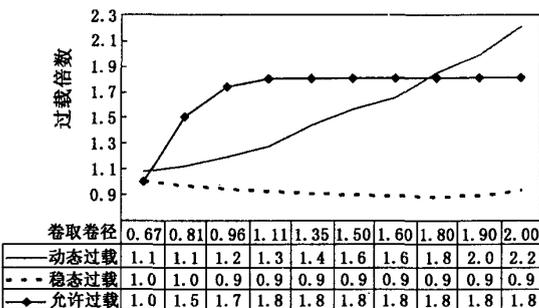


图2 99kW卷取电机电流过载曲线

由表 3 和图 2 可以看出,更换电机后,当卷取速度为 1500 m/min、张力为 3000N 时,在 1.8m 以下卷径升速过程中,电机实际工作电流都不超出电机允许的过载倍数,但 1.8m 以上卷径时,动态力矩仍然不够,如果继续加大卷取电机的功率,虽然可以满足动态力矩

的需要,但在小张力轧制时,会带来难以控制的问题。在实际生产过程中很少会在这么大卷径下进行加速,即使遇到这种情况,可将卷取机加速度降低到 0.5m/s^2 即可。

带材在升速过程中,张力波动及轧速变化将对带材厚度产生影响。在生产过程中,应尽量缩短加减速时间。为此,系统可以对不同的卷取张力、卷径采取不同的加速度进行升/降速,这在全数字控制系统中通过编程很容易实现。计算表明,当卷取张力为 300N 时,卷取机可以以 1m/s^2 的加速度加速到 1500m/s 的带材速度而不超过电机的允许过载能力。综合以上因素,我们认为卷取电机选取 99kW 是合适的,可以达到在不同厚度(张力)下以 $0.6 \sim 1\text{m/s}^2$ 的加速度进行生产的目的。

4 结束语

在一般冷轧机中,由于齿轮箱传动比较大,折算到电动机轴上的卷材惯量相对较小,在卷取机飞轮矩中占比例最大的是电动机和机械系统的转动惯量,即式(4)中的 $GD_0^2 + GD_1^2$,和铝箔轧机不同的是动态力矩出现在最小卷径下,此时卷取卷径增加的很快,况且卷取机的动态力矩一般不超过卷取电机额定力矩的 40%,所以根本不会出现动态力矩超过电机过载范围的现象;而在 2000mm 铝箔精轧机卷取系统中,由于精轧机电机和齿轮箱都偏小,其转动惯量在整个系统中所占份量很小,再加上机械传动比又小,这就使卷材的转动惯量在动态力矩中起决定性作用,卷取机动态力矩随着卷取卷径的增加而增大。如在本例中,卷取加速度为 0.6m/s^2 ,当卷取卷径达到 1.84m 时,动态力矩就超过了电机额定力矩。因此,卷材的转动惯量过大是引起 2000mm 铝箔精轧机卷取电机动态力矩严重超载的根本原因,这从动态力矩计算公式(10)中也可以得到印证。

因此,当我们进行精轧机或单电机控制的铝箔轧机设计时,应结合生产工艺,主要根据动态力矩来合理选择卷取电机。

参考文献

- [1] 吴绍英.卷取机整定参数计算[J].有色金属加工,2002,(2):54-55.
- [2] 刘晓荣.Φ120/450×390铜带冷轧机张力控制分析[J].有色设备,2000,(4):3-6.

(下转第 11 页)

立可靠、有效的信息系统,就不可能进行交流及合作,将使企业的生产经营决策失去科学依据,所以应对我国铜管生产的信息化系统建设给予特别的关注;

④ 加强行业协调,规范市场秩序,促进我国铜管生产的健康发展。目前国内铜管生产企业数量众多,竞争十分激烈,如果简单地展开价格战,无疑将引发恶性竞争。为了使行业能够健康发展和有序竞争,必须加强行业协调,避免恶性竞争。增强骨干铜管生产企业之间的合作是非常重要的;

⑤ 在未来的几年内,我国的铜加工企业可能会迎来进一步发展的机遇。要充分发挥市场的调节机制,加大企业的结构调整力度,逐步实现企业集团化、生产规模化、经营集约化、管理现代化。在市场竞争中进一步提高生产集中度、经营集约度,加速形成合理的垄断竞争格局,努力建成具有较强竞争能力的现代化生产体系和营销体系。

4 结束语

最近几年,我国铜管生产发展很快,一些企业已

经形成了规模,产量迅速增加,技术装备水平明显提高,建立并形成了相对完整的产业体系,为实现产业的技术创新奠定了良好基础。由于已经形成规模生产的铜管企业仍在不断加大投入进行扩张,预计未来几年我国铜管生产将继续保持高速发展态势,为我国成为世界制造中心提供可靠的材料支持。

全球信息技术的发展和产业结构的调整,使传统产业正在大规模地从工业化国家向发展中国家转移。鉴于我国目前市场需求巨大、经济持续高速发展、人民购买能力增强、资源综合成本低廉、投资环境明显规范、基础设施日益改善、制造基础比较雄厚,应成为世界新一轮产业转移的首选之地。由此将会带来原材料就地采购等一系列的机遇和商机。

总之,正如国务院研究发展中心产业研究部所指出的那样,“对有色金属压延工业来说,加入世贸后总体上讲初期影响不大,中长期有一定发展空间和比较优势,具有一定的潜在竞争力”。我国铜加工企业目前面临的最迫切问题是如何使潜在的竞争力尽快发挥出来,提高行业生产集中度,形成一批垄断企业集团,从而使行业整体实现由大到强的转变。

Current Situation and Development Trend of China's Copper Tube Industry

WANG Shuo

(Heavy Metal Branch of China National Nonferrous Metals Fabrication Industry Association, Luoyang, Henan, 471039, China)

Abstract: The paper introduces in detail the current situation of China's copper tube industry, points out the existing problems, and puts forward several proposals for further developing the industry.

Keywords: copper tube industry; current situation; existing problem; development; proposal

(上接第 62 页)

Selecting and Checking of Coiler Motor for 2000mm Aluminum Foil Finishing Rolling Mill

LI Xian - guo

(China Nonferrous Metals Processing Technology Co., Ltd., Luoyang, Henan, 471039, China)

Abstract: Through analyzing the permissible coiling tension, dynamic current, motor overload capacity and tension control, the paper derives the functional relation among coiler dynamic torque, coil diameter and strip acceleration. Tacking the coiler motor of 2000mm non-reversing aluminum foil finishing rolling mill being designed by our company as a practical example, the paper expounds how to reasonably select coiler motor for aluminum foil finishing mill through checking the permissible coiling tension and dynamic torque.

Keywords: coiler; aluminum foil finishing rolling mill; tension control; dynamic current; motor

2000mm铝箔精轧机卷取电机选择与校验

作者: [李献国, LI Xian-guo](#)
作者单位: [中色科技股份有限公司, 河南, 洛阳, 471039](#)
刊名: [有色金属加工](#)
英文刊名: [NONFERROUS METALS PROCESSING](#)
年, 卷(期): 2003, 32(5)
被引用次数: 0次

参考文献(2条)

1. [吴绍英](#) [卷取机整定参数计算](#)[期刊论文]-[有色金属加工](#) 2002(02)
2. [刘晓荣](#) [Φ120/450×390铜带冷轧机张力控制分析](#)[期刊论文]-[有色设备](#) 2000(04)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_ysjsjg200305019.aspx

下载时间: 2010年8月8日