

松式络筒机张力装置的分析与改进

金春奎

(江苏工程职业技术学院 机电工程学院, 江苏 南通 226007)

摘要: 松式络筒工序与筒纱染色质量密切相关。供染色用的筒纱要求密度均匀一致、成形好、锭长准确,所以保持卷绕过程中纱线张力均匀显得尤为重要。配重式张力调节装置普遍存在张力控制波动大、高速络筒时断头率高等问题。通过建立纱线张力波动的机构动力学模型,比较分析了单一配重式张力调节装置和BD-S10型松式络筒机采用的弹簧与配重负载相结合的张力装置在纱疵通过时不同张力波动的特征。分析表明,改进的张力装置在纱疵通过时产生的纱线张力动态波动远小于单一配重式张力调节装置。

关键词: 松式络筒;张力装置;张力控制;调节装置

中图分类号: TS103.192

文献标识码: B

文章编号: 1001-2044(2018)10-0023-04

Analysis and improvement of tension adjusting device on soft-cone winder

JIN Chunkui

(Department of Mechanic and Electronic, Jiangsu College of Engineering and Technology, Nantong 226007, China)

Abstract: Soft-cone winding process is closely related with the cheese dyeing quality. Cone dyed yarn require uniform density and good forming, and fixed length, tension uniformity is particularly important for winding yarn. The counterweight tension adjusting device generally has problems such as large fluctuation of tension control and high breakage rate at high speed winding. Based on the analysis of tension adjusting device structure on the BD-S10 soft-cone winder and the traditional one, a dynamic model of the yarn tension fluctuation is established respectively, and the yarn tension fluctuant characteristics of the two devices are obtained by comparison. Analysis shows that yarn dynamic tension fluctuation on BD-S10 soft-cone winder is far less than the traditional one when the yarn defects pass, which is further confirmed by compared test with the similar equipment in the process of practical application.

Key words: slack winder; tension device; tension control; adjuster

DOI:10.16549/j.cnki.issn.1001-2044.2018.10.007

松式络筒的目的是将纺纱工序得到的紧密筒子经过松式络筒机卷绕成密度、质量、成形等都符合染色要求的松式筒子,以方便筒纱染色。一般来说供染色用的筒纱要求密度均匀一致、成形好、锭长准确,而保持卷绕过程中纱线张力均匀对松式络筒的质量及筒纱染色的质量具有关键作用^[1-3]。

1 松式络筒张力调节装置问题分析与改进

1.1 配重式张力调节装置及存在的问题

配重式张力梳张力调节装置是国内松式络筒机普遍采用的形式。图1是该装置示意图,其工作原理是通过改变重力负载,调节张力梳开口,改变纱线与摩擦齿的包围角,从而达到调节纱线张力的目的^[2]。然而若采用这种张力调节方式,当遇到纱节时,在纱线运动速度极快的情况下,纱节引起的配重运动变化(加速度)也极大。根据牛顿运动定律,其反作用力波动也十分明显,从而引起纱线张力的急剧变化,极易产生断头,造成停机。因此,改进张力调整装置,减少纱线张力波动对于减少络纱断头率,提高筒纱质量具有重要

的实践意义。

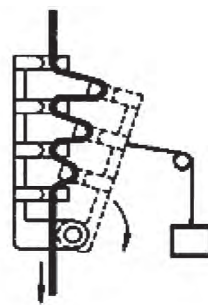


图1 配重式张力梳张力调节装置

1.2 弹簧加配重式张力调节装置

针对现有张力调节装置的不足,常州百鼎纺织设备有限公司在BD-S10型松式络筒机上采用了一种弹簧与配重相结合的张力调整装置,如图2所示。用一台步进电动机驱动弹簧的平衡位置,即时调节活动梳齿的张开角度,改变纱线通过的摩擦角,达到同步调节纱线摩擦力的目的。由于平衡位置由弹性结构控制,当纱线粗细发生变化而引起张力波动时,能及时缓冲吸振;而当高频谐振引起振动时,惯性重力配重的滞后效应又能很好地抑制高频共振^[4]。改进后装置的张力控制更及时、精确,克服了高速卷绕时,单一的重力配重装置由于惯性引起的张力剧变,使纱线的张力波

收稿日期: 2018-01-08

作者简介: 金春奎(1966—),男,硕士,副教授,主要从事机电技术教学与研究工作。

动控制在有限范围之内。另外,单一的重力配重张力控制方式无法实现卷绕的结节纱、麻等松式筒子都可以在新型的络筒机上轻松卷绕。下面对两种装置在纱节通过时产生的张力波动作比较分析。

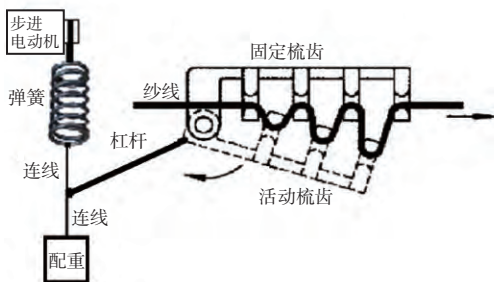


图2 BD-S10型张力调节装置示意图

2 两种张力调节装置分析与比较

2.1 两种张力调节装置简化模型

梳式张力通过改变梳齿的纱线摩擦包围角实现张力调节,这与图3的摩擦杆式张力调节装置原理是相同的。为方便分析,本文以摩擦杆式张力调节装置代替多齿的梳式张力装置,以活动摩擦杆代替张力梳的活动梳齿。张力梳的活动梳齿质量很小,为方便分析,忽略梳齿即活动摩擦杆的质量。

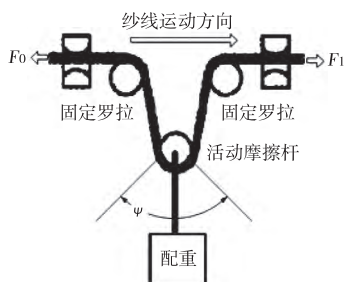


图3 摩擦杆式张力调节装置示意图

同理,图4是弹簧加配重式张力调节装置的简化模型。

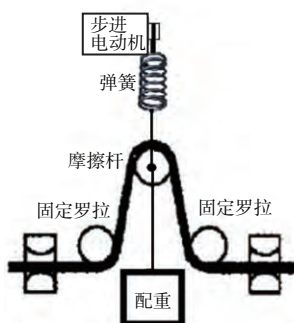


图4 BD-S10型张力调节装置简化示意图

2.2 纱节通过时摩擦杆波动模型及参数

2.2.1 纱节通过时的摩擦杆波动模型

如图3所示,纱线粗细平滑均匀,配重的重力与纱线张力平衡,纱线的运动处于稳定状态。当出现粗节等纱线粗细显著变化的情况时,由于纱线几何尺寸的增加,导致纱线通过时的摩擦力加大,牵引张力增加,为保持平衡,摩擦杆与配重向上运动;当纱节通过后,摩擦力在配重的作用下有向下运动的趋势。摩擦杆的上下起伏运动可改变纱线的摩擦角,达到稳定张力的目的。图4的情形与图3类似,纱节通过时摩擦杆向下运动,通过后摩擦杆向上运动。

配重上下起伏运动的幅度与纱线的径向尺寸及几何压缩相关,精确估计有一定的难度,但由于纱线具有柔软弹性,因此配重起伏的幅度有一定的连续性。当粗节通过活动摩擦杆时,便是摩擦杆从最低处向最高处平缓运动,达到最大值再次降落的过程。因此,摩擦杆的运动可以用图5正弦函数从0~T一个周期的变化来表达。函数式见式(1):

$$y = \frac{h}{2} + \frac{h}{2} \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) \quad (1)$$

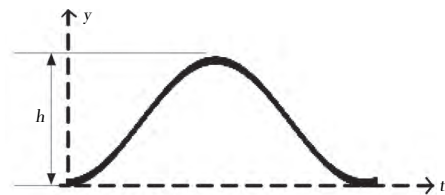


图5 摩擦杆的起伏运动

h是与纱节粗细相关的参数,ω与纱节通过装置的速度及纱节长度相关。对图4的模型,可以取向下的方向为正方向,分析摩擦杆的运动可以得到同样的表达。

2.2.2 纱节通过时的波动模型参数估计

ω与纱线运动速度、纱节的长度相关,计算式见式(2):

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi v}{\lambda} \quad (2)$$

设卷绕速度v为900 m/min = 15 m/s。依照FZ/T 01050—1997《纺织品纱线疵点的分级与检验方法 电容式》标准,纱疵按粗细及长度的不同可分为23类,包括短粗节、长粗节及长细节3大类。短粗节纱疵按粗细分为+100%、+150%、+250%、+400% 4个界限;疵点长度分为0.1、1、2、4、8 cm 5个界限。

分析中,以典型值纱疵粗细+150%、疵点长度为2 cm为例。则粗+150%、长2 cm的纱疵的λ=0.02 m, ω约为1500π。

正弦的波幅 h 与纱节的粗细有关,以 32 S 纱线为例,纱线的直径 d 计算式见式(3)^[5]:

$$d = 0.037 \sqrt{N_{\text{tex}}} = 0.037 \sqrt{\frac{583.1}{32}} \approx 0.16 \text{ mm} \quad (3)$$

上述+150%纱疵的直径变化约为 0.24 mm。考虑到纱线的伸长与压扁引起摩擦杆或配重的上下波动, $h < 0.24 \text{ mm}$ 。虽然 h 的估计有难度,但在同样的 h 波动下,比较两种装置的张力波动的相对值具有参考价值。下面的分析以压扁率 50%计,即: $h = 0.12 \text{ mm}$ 。

纱线张力控制在 0.2 N (20 g) 范围内,通常配重 0.5 N,即 50 g。改进装置选用的弹簧 $k = 100 \text{ N/m}$ 。

2.2.3 两种装置动力学分析

以活动摩擦杆为对象,单配重式张力装置受力分析见图 6。

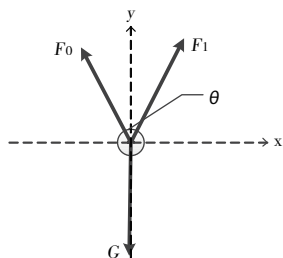


图 6 活动摩擦杆受力分析

当其他参数稳定时,喂入张力 F_0 与牵引张力 F_1 的关系可表示为式(4):

$$(F_0 + F_1) \sin \frac{\theta}{2} = G \quad (4)$$

当遇到纱节时,配重的运动状态发生改变,其动力学方程见式(5):

$$(F_0 + F_1 + \Delta F) \sin \frac{\theta}{2} = G + m \frac{d^2 y}{dt^2} \quad (5)$$

结合(4)式,得出式(6):

$$\Delta F = m \frac{d^2 y}{dt^2} / \sin \frac{\theta}{2} = m \omega^2 y / \sin \frac{\theta}{2} \quad (6)$$

张力的变化与配重大小、卷绕速度及纱节长度有关。特别是高速卷绕时, ω^2 值很大,张力的变化非常大。

上式中 θ 为纱路绕过摩擦杆路径的夹角,在单一的活动摩擦杆装置中, θ 与摩擦角 ψ 是互补的。在多齿的梳状装置中,摩擦角是累积的,也就是说, θ 的变化只是摩擦角 ψ 的 $1/n$, n 为纱线绕过梳齿的个数,实践中 θ 的变化也十分微小。因此,在式中 $\sin(\theta/2)$ 可以看成 0~1 的常数。

同理,改进装置以活动摩擦杆为对象,其受力分析

见图 7。

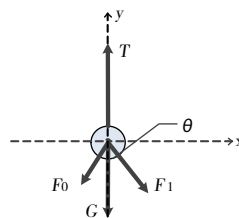


图 7 活动摩擦杆受力分析

F_0 与 F_1 的关系见式(7):

$$(F_0 + F_1) \sin \frac{\theta}{2} + G = k(L - L_0) \quad (7)$$

当遇到纱节时,配重的运动状态发生改变,以式(1)规律运动的活动摩擦杆在正常的 900 m/s 卷绕速度下,当遇到纱节时,其运动加速度 $m\omega^2 y$ 远大于重力加速度,配重处于完全的失重状态,配重对摩擦杆的作用力 $G = 0$ 。也就是说,当摩擦杆在随纱节向下波动时,配重做自由落体的运动。图 8 是在正常卷绕速度下配重与摩擦杆运动位移随时间变化的比较图,在一个纱节周期里,配重的运动位移十分微小。

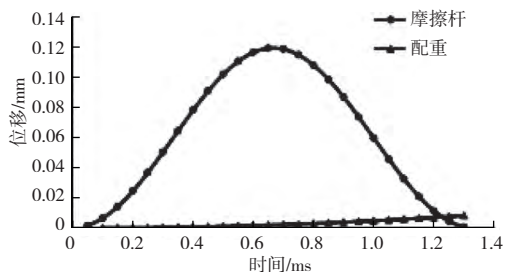


图 8 配重与摩擦杆运动位移比较图

此时,摩擦杆受力见式(8):

$$(F_0 + F_1 + \Delta F) \sin \frac{\theta}{2} = k(L - L_0 + y) \quad (8)$$

结合式(7)得式(9):

$$\Delta F = (ky + G) / \sin \frac{\theta}{2} \quad (9)$$

比较式(6)和式(9), $\omega = 1500\pi$, ω^2 是一个很大的值,配重 $m = 0.05 \text{ kg}$,则 $G = 0.5 \text{ N}$ 。弹簧倔强系数为 100 N/m , $h = 0.12 \text{ mm}$, y 最大值为 h 。单一重力负载见式(10):

$$\Delta F_{\text{max}} = m \omega^2 h / \sin \frac{\theta}{2} \approx 133.23 / \sin \frac{\theta}{2} \quad (10)$$

弹性与重力负载相结合的张力装置的 ΔF 见式(11):

$$\Delta F = (ky + G) / \sin \frac{\theta}{2} \approx G / \sin \frac{\theta}{2} = 0.5 / \sin \frac{\theta}{2} \quad (11)$$

由此可以看出,单一重力负载的张力装置与改进的弹性与重力负载相结合的张力装置相比,当同样的纱节通过时,纱线张力的变化剧烈得多,高速络筒时尤为明显。这是由重力惯性负载运动的特点决定的。因此,高速时松式络筒张力波动大,导致定长不准、断头频繁^[6]。

改进后张力装置的张力大小由弹簧位置设定,从式(11)可以看出,张力波动的极值近似由配重限制。通过弹簧的伸缩实现了配重失重的补偿,弹性的负载惯性小,反应快^[7],同时纱节通过后,配重在弹性回复时有效减缓了回复冲击,防止产生共振跳动,从而有效保持了纱线张力的均匀。

3 实践应用效果

自该装置在BD-S10型松式络筒机上应用以来,已在多家纺织企业进行了测试应用,反响良好。主要体现在张力控制更精确、可控,实现了变张力工艺控制等功能。针对不同的品种,在线检测与控制结果一般在0~0.02 N范围内。

3.1 张力控制精度高

通过张力装置的改进,张力波动更稳定,使得动态在线张力检测、闭环控制、数字张力自动调节等智能化功能得以实现,提高了络筒张力实时调节能力,保证了络纱张力的可控与精确调节。表1是不同工艺下最大锭差对照表。

表1 不同工艺下最大锭差对照表

工艺			BD/S10		参照设备	
定长/m	张力/N	速度 /(m·min ⁻¹)	锭差/m	百分比 /%	锭差/m	百分比 /%
65 250	0.04	750	234	0.36	407	0.63
20 320	0.09	1 000	131	0.64	440	2.17
13 200	0.09	800	45	0.30	440	2.17

由于稳定的张力控制,BD-S10型松式络筒机定长精度(一致性)<5‰。高精度的定长提高了制作经

轴时的筒纱利用率,减少了浪费,有利于降低生产成本^[8]。

3.2 生产效率得到提升

稳定的张力控制使得络筒时断头率和操作人员的劳动强度大大降低,络筒速度高,生产效率大幅提升。

3.3 工艺适应性增强

稳定的张力控制使筒子的卷绕密度稳定,配合数字张力控制功能,张力参数的设定,可以满足不同染色工艺的要求。

工艺适应性增强还体现在由于纱线的张力波动控制在有限的范围之内,对传统张力控制方式无法实现卷绕的结节纱、麻等松式筒子都可在该装置上轻松卷绕。

4 结 语

采用弹性与惯性负载相结合的张力调节装置,配以闭环控制的张力自动调节系统,张力控制与调节性能有了显著提高。在高精度张力控制的基础上,松式络筒机的其他性能如精确定长、稳定密度、可变密度等工艺也得到体现,这为后道染色工序质量稳定提供了保障。



参考文献:

- [1] 张健.松式络筒对筒纱染色的影响[J].现代丝绸科学与技术,2011(5):175-177.
- [2] 罗金龙.络筒机纱线张力控制策略及其新型控制器的研究[D].上海:华东理工大学,2016.
- [3] 蒋家松,侯秀良,杨一奇.筒子和经轴染色的液流分布及其匀染性[J].印染,2014(3):46-50.
- [4] 胡寿松.自动控制原理[M].北京:科学出版社,2007.
- [5] 张曙光.现代纺织技术[M].上海:东华大学出版社,2007.
- [6] 韩帅,狄士春,杨俊杰.嵌入式纱线张力控制系统设计[J].机械设计与制造,2015(8):140-142.
- [7] 延皓,李长春,陈策.电液伺服系统综合负载模拟器仿真与试验研究[J].液压与气动,2013(3):49-52.
- [8] 姚俊红.络筒机用计长仪的研制[J].纺织学报,2012(9):126-129.

《上海纺织科技》编辑部启事

我编辑部尚有少量会议论文集优惠出售,有需要者可直接联系本刊编辑部邮购。

联系电话:021-55211341,传真021-51670000,联系人:冯雪峰,欲购从速,款到即寄。

《2010全国现代纺纱技术论文集》 100元

《耐高温芳砜纶纤维开发应用研讨会论文集》 50元

《“太平洋杯”2007现代梳理技术论文集》 50元

《2006“苏拉杯”全国现代纺纱技术论文集》 50元