

DOI: 10.19333/j.mfkj.2018030130504

染色工序经轴纱自动装卸夹持器设计

吴双峰^{1,2}, 单忠德¹, 王德成¹, 刘琳³, 李周¹

(1. 机械科学研究总院集团有限公司 先进成形技术与装备国家重点实验室, 北京 100044; 2. 机械科学研究总院集团有限公司江苏分院, 江苏 常州 213164; 3. 泰安康平纳机械有限公司, 山东 泰安 271000)

摘要: 针对染色工序人工装卸经轴纱单体质量大、装卸频繁导致用工密集、劳动强度大的问题, 通过研究经轴自动夹持原理, 建立了经轴纱装卸模型, 得出装卸过程在 x 、 y 、 z 向三维空间均有移动且伴随翻转, 夹持机构需要实现对经轴纱的6个自由度约束, 提出基于螺纹副自锁夹持与柔性牵引翻转的经轴纱自动装卸夹持方法。设计出具有自锁螺旋副的螺纹带动夹指闭合和钢丝绳牵引下的变力臂翻转机构, 设计了适用于直径范围 175~300 mm 的经轴纱自动装卸夹持器, 并进行验证, 有效地解决了大质量、长轴类纺织品自动装卸问题。

关键词: 经轴纱; 自动装卸; 夹持器; 自锁; 变力矩

中图分类号: TS 132.7 文献标志码: A

Design of automatic loading and unloading warp beam holder in dyeing process

WU Shuangfeng^{1,2}, SHAN Zhongde¹, WANG Decheng¹, LIU Lin³, LI Zhou¹

(1. State Key Laboratory of Advanced Forming Technology and Equipment, China Academy of Machinery Science & Technology Group Co., Ltd., Beijing 100044, China; 2. Jiangsu Institute, China Academy of Machinery Science & Technology Co., Ltd., Changzhou, Jiangsu 213164, China; 3. Tai'an Companion Machinery Co., Ltd., Tai'an, Shandong 271000, China)

Abstract: To solve the problem of high labor intensity due to manual loading and unloading of warp beam with large quality of monomer and frequent loading and unloading, the principle of beam automatic clamping was studied, the handling model of warp beam was established, the conclusion is that in the loading and unloading process, the three-dimensional space: x direction, y direction and z direction both have movements and come with flips, clamping device need to implement 6-degrees of freedom constraint on the warp beam, a automatic loading and unloading method based on screw pairs self-locking clamp and flexible traction flip of warp beam was proposed. A variable arm turning mechanism with self-locking screw pairs of screw driven pinch finger closure and wire rope traction and an automatic loading and unloading of warp beam holder for diameter range 175~300 mm were designed, and verified, the problem of automatic loading and unloading high quality and long axle textiles was effectively solved.

Keywords: warp beam; automatic loading and unloading; holder; screw pairs; torque

经轴在染色、织布和复合材料制造等领域广泛应用^[1-2]。目前经轴纱染色主要采用人工装卸经轴纱的方式, 存在单体质量大、装卸频繁等问题, 属于用工密集、劳动强度大的工序, 从事该岗位的工人意

愿越来越低。自动化技术已经在纺织领域得到了越来越多的应用, 在搬运方面经轴实现了立体自动存储^[3], 整经机的自动上落^[4], 在抓取方面实现了夹持器基于多手指的织物自动抓取^[5], 在计量方面实现了羽绒的自动称量^[6], 在检测方面实现了机器视觉检测钢领内圆的圆度^[7], 大幅降低工人劳动强度, 提高生产效率和质量, 因此研发经轴纱自动装卸系统成为解决上述问题的有效方法。染色用经轴较织布用经轴搬运复杂, 在平动运输的同时还伴随着翻转安装, 经轴纱还具有表面细纱覆盖率高(95%

收稿日期: 2018-03-12

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFB1304004)

第一作者简介: 吴双峰, 研究员, 博士生, 主要研究方向为纺织染整自动化。通信作者: 单忠德, E-mail: shanzd@cam.com。

以上)、染后湿状态下的纱线易被污染(特别是白色)等特点,要求自动装卸装置避免纱线断裂、起毛和污染等问题。另外,经轴外形为细长轴,装卸空间狭小,直径变化范围100~300 mm,因此研发的自动装卸装置还需满足不同尺寸纱笼的要求。针对以上问题,本文设计了经轴纱自动装卸夹持器,有效解决了大质量、长轴类纺织品自动装卸问题。

1 经轴纱自动夹持原理

经轴纱染色过程装卸方式主要有2种:一种是染色工位经轴纱轴线以竖直方向放置载纱架,见图1(a),染液从底部进入,从上表面流出,实现纱线均匀染色;另一种是转运或存放工位经轴纱轴线以水平方向放置,见图1(b),可保证经轴纱转运过程的稳定性,避免重心高导致磕碰现象。

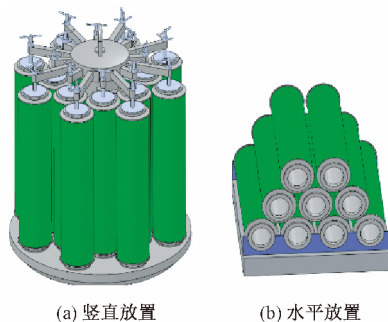


图1 经轴纱放置方式

以竖直方向放置经轴纱的轴线为z轴,以水平方向放置经轴纱轴线且与z轴相交的直线为y轴,以垂直zy平面且过z轴与y轴交点的直线为x轴,建立经轴纱搬运的空间笛卡尔坐标系,如图2所示。

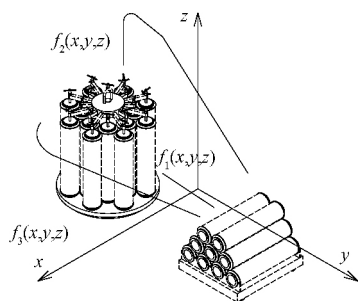


图2 经轴纱装卸典型运动轨迹

竖直放置经轴纱数学描述:

$$\begin{cases} (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 \leq r^2 \\ z_1 \leq z \leq z_1 + l \end{cases} \quad (1)$$

式中: r 为经轴半径; l 为经轴纱长度。

水平放置经轴纱数学描述:

$$\begin{cases} (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2 \leq r^2 \\ x_2 \leq x \leq x_2 + l \end{cases} \quad (2)$$

从竖直放置状态到水平放置状态,装卸过程经

轴纱质心典型的运动轨迹有3种:即 $f_1(x, y, z)$ 、 $f_2(x, y, z)$ 和 $f_3(x, y, z)$ 。 $f_1(x, y, z)$ 是载纱架与转运车相邻部分的直接装卸轨迹, $f_2(x, y, z)$ 是载纱架与转运车背离部分的经轴纱经过载纱架上空的装卸轨迹, $f_3(x, y, z)$ 是载纱架与转运车背离部分的经轴纱在载纱架侧面避开障碍物的装卸轨迹。依据3条典型的装卸轨迹分析得出经轴纱在 x、y 和 z 向三维空间均有移动且伴随翻转,夹持机构需要对经轴纱的6个自由度实施约束,才能实现上述搬运路径。

根据经轴纱属长轴类物体,可分为一端夹持、中间夹持和两端夹持3种夹持约束形式,夹持方式对比见表1。

表1 夹持方式的优缺点

夹持方式	翻转力矩	污染性	结构复杂度
一端夹持	大	无	简单
中间夹持	小	有(与纱线表面接触)	简单
两端夹持	小	无	复杂

由表1可知,一端夹持结构简单,可与纱线无接触避免污染,但存在经轴纱翻转过程力矩过大、耗能大的问题;中间夹持结构简单,翻转力矩小,但存在与经轴纱表面接触导致纱线损伤或染色交叉污染的问题;两端夹持方式具有翻转力矩小,可与纱线无接触,具有避免纱线损伤和污染等优点。因此可采用两端式夹持机构,实现对经轴纱的夹持约束,见图3。

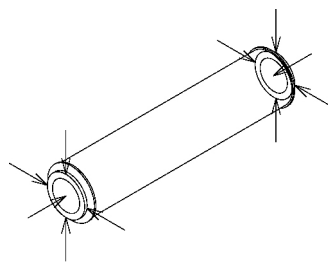


图3 经轴纱夹持约束示意图

2 经轴纱夹持器设计

2.1 连续可调且自锁功能的夹持机构设计

针对经轴纱单个体积大、直径规格多、排布密集等特征,夹持机构需满足以上要求,以保证装卸经轴纱过程无脱落现象。据此设计了基于两端夹持的经轴纱夹持机构,见图4。该机构工作原理为:根据设定的装卸经轴纱直径,伺服电动机驱动螺杆,螺杆带动夹指实现设定的闭合完成夹持功能。两端夹持点在两端法兰盘的外侧无经轴纱覆盖区,既利用经轴纱两端法兰盘作为轴向约束,又避免了抓取机构与纱线直接接触导致的纱线破损或颜色交叉污染等问题。

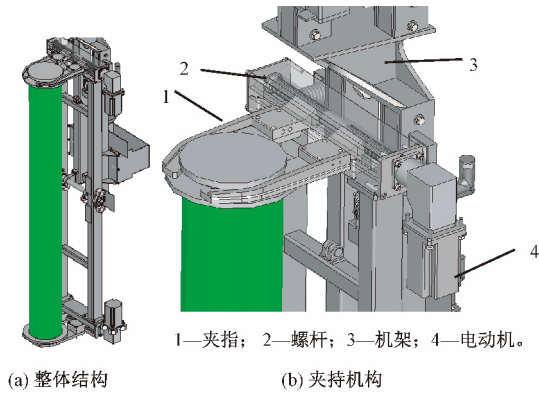


图 4 夹持机构图

夹指与经轴纱接触方式采用类 V 型接触。在保证 V 型接触前提下对 V 底进行圆角钝化处理,增加夹指的强度,优化半径为:

$$r < r_{\text{最小}} \quad (3)$$

式中: r 为手指中间钝化圆弧半径; $r_{\text{最小}}$ 为所有装卸经轴纱中最小经轴纱的半径。

机械自锁有效解决了搬运过程中突然断电下的安全夹持和驱动系统受力问题,主要由斜面、楔形、螺纹等摩擦副实现^[8-9]。为了实现夹指夹持不同直径经轴纱自锁功能,设计了螺杆驱动夹指闭合,螺杆副倾角 α 正切值小于金属面的最大静摩擦因数,既能保证任何情况下不脱落,又能保证夹持过程中电动机不受力。

2.2 变力矩柔性牵引翻转机构设计

根据装载空间狭小和轻量化要求,设计了经轴装卸柔性变力矩翻转机构,见图 5。

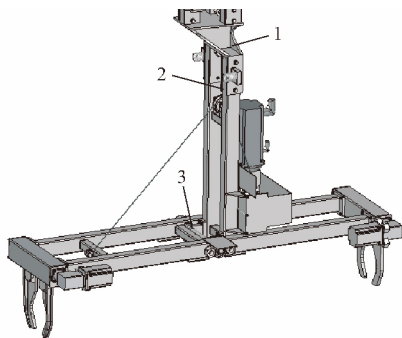


图 5 经轴装卸柔性变力矩翻转机构

该机构主要由支架、柔性牵引系统、翻转轴组成。翻转机构设计为两端与夹持机构连接,一端为刚性转轴,一端为柔性牵引机构,经轴纱的质心位于两端中间位置,利用重力实现竖直状态向水平状态翻转,经轴纱由水平状态向竖直状态翻转时,柔性牵引系统的电动机驱动滚筒拉紧钢丝绳克服经轴重力做功,绕翻转轴轴心 A,翻转至竖直状态。经轴纱由竖直状态向水平状态翻转时,柔性牵引系统的电动

机驱动滚筒翻转放松钢丝绳,经轴纱在重力驱动下绕翻转轴轴心 A,翻转至水平状态。

变力矩柔性牵引机构充分利用了钢丝^[10-11]绳牵引具有占用空间小、可变量臂等优点,主要由固定端、钢丝绳、滚筒、动力系统及支架等组成。经轴纱的重力力臂为 $L_{\text{重}}$,柔性牵引力力臂为 $L_{\text{柔}}$,经轴纱装卸过程翻转原理图见图 6。

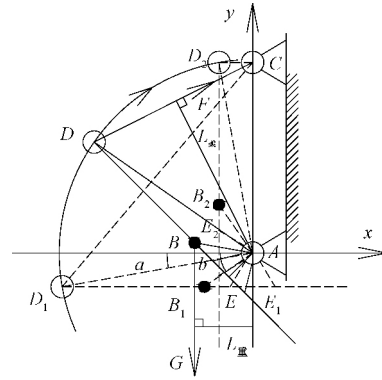


图 6 经轴纱装卸过程翻转原理图

$L_{\text{重}}$ 与 $L_{\text{柔}}$ 的关系求解为:经轴纱装和卸的动作是可逆过程,“装”由 $ACD_1B_1E_1$ 水平状态翻转至 $ACD_2B_2E_2$ 竖直状态,“卸”则由 $ACD_2B_2E_2$ 竖直状态翻转至 $ACD_1B_1E_1$ 水平状态。A 为翻转轴轴心, B 为经轴纱质心点, C 为柔性牵引支撑点, D 为柔性牵引经轴的使力点, E 为经轴纱轴线与过 A 垂线交点,经轴质心 B 与转轴 A 连线与 x 轴负向夹角为 α ,柔性牵引点 D 与转轴 A 连线与 x 轴负向夹角为 β ,经轴转角为 θ ,线段 BA、CA、DC、EA 为定长。

根据两平行线内错角相等,可得:

$$\alpha = \angle ABE = \arccos \frac{EA}{BA} \quad (4)$$

$$\beta = \angle ADE = \arcsin \frac{EA}{DA} \quad (5)$$

则

$$L_{\text{重}} = BA \cos(\alpha - \theta) = BA \cos(\arccos \frac{EA}{BA} - \theta) \quad (6)$$

$$L_{\text{柔}} = CA \sin \angle DCA \quad (7)$$

由正弦定理可得

$$\sin \angle DCA = \frac{DA \sin \angle DAC}{DC} \quad (8)$$

由余弦定理得

$$DC = \sqrt{CA^2 + DA^2 - 2CA \cdot DA \cos \angle DAC} \quad (9)$$

$$L_{\text{柔}} = \frac{CA \cdot DA \sin(\arcsin \frac{EA}{DA} + 90^\circ - \theta)}{\sqrt{CA^2 + DA^2 - 2CA \cdot DA \cos(\arcsin \frac{EA}{DA} + 90^\circ - \theta)}} \quad (10)$$

3 经轴纱自动夹持研究

基于上述研究基础,研制出经轴纱自动装卸夹持器样机并进行相关试验验证,经轴纱自动夹持装卸图见图7。选择夹持经轴直径范围175~300 mm,样机抓取最小直径经轴纱直径175 mm、质量40 kg,最大直径经轴纱直径300 mm、质量220 kg,进行自动装卸验证。试验表明:自动夹持、翻转全过程实现了对经轴纱6个自由度约束,经轴纱按设定轨迹运动且平稳无晃动,柔性牵引钢丝绳一直处于拉伸力状态,满足了生产需求。

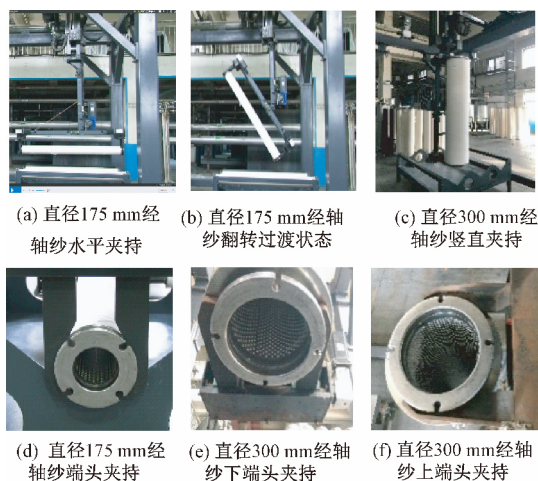


图7 经轴纱自动夹持装卸图

4 结论

本文针对人工装卸经轴纱用工密集、劳动强度大的问题,研究了基于螺纹副自锁夹持与柔性牵引翻转的经轴纱自动装卸夹持器。该经轴纱自动装卸

夹持器由经轴抓取机构、翻转机构和自动锁紧机构等部分组成,是具有连续自锁功能的夹持机构和变力臂翻转机构。该机构能够有效避免经轴纱自动装卸过程中纱线损伤、染色交叉污染等现象,大幅提高了大质量、长轴类纺织品装卸效率。

参考文献:

[1] 陈颖. 纱线染色新进展[J]. 印染, 2017(12): 55-56.
 [2] 张贵. 锦纶经编布经轴染色工艺优化[J]. 针织工业, 2014(2): 36-39.
 [3] 杜星祝. 经轴自动存取与自动上落系统设计[D]. 郑州: 中原工学院, 2017.
 [4] 刘汉申, 王庆华, 李铭, 等. 整经机经轴上落运输智能机器人研发[J]. 山东工业技术, 2017(22): 25, 138.
 [5] 张蕾, 韦攀东, 李鹏飞, 等. 采用神经网络算法的多指机械手织物抓取规划[J]. 纺织学报, 2017, 38(1): 132-139.
 [6] 尚会超, 段梦珍, 段晓伟, 等. PLC控制的羽绒定量输送与自动称量方法[J]. 毛纺科技, 2018, 46(1): 60-64.
 [7] 甘佳佳, 李思平, 杨崇倡. 基于LabVIEW的钢领圆度自动化检测系统[J]. 毛纺科技, 2017, 45(5): 64-67.
 [8] 赵红. 新型螺旋自锁紧液缸设计[J]. 机械设计与制造工程, 2014, 43(9): 76-78.
 [9] 宋立权, 支则君, 曾礼平, 等. 基于自锁原理的汽车双质量飞轮安全装置设计研究[J]. 机械工程学报, 2015, 51(4): 141-147.
 [10] 桑宏强, 陈发, 刘芬, 等. 钢丝绳传动机器人运动学的支路分析方法[J]. 计算机工程与应用, 2017, 53(4): 45-50.
 [11] 王晓宇. 钢丝绳参数化建模及力学特性分析[D]. 长春: 吉林理工大学, 2017.