

# 整经机经轴上落机器人经轴升降机构设计

李 铭<sup>1</sup>, 王庆华<sup>1</sup>, 李幼简<sup>2</sup>, 崔家荣<sup>3</sup>, 崔运喜<sup>4</sup>, 张 洪<sup>1</sup>, 刘汉申<sup>1</sup>, 陈威望<sup>1</sup>, 魏 毅<sup>1</sup>

(1.中原工学院, 河南 郑州 450007; 2.中南大学, 湖南 长沙 410083)

(3.中密苏里大学, 美国 密苏里州 64093; 4.郑州纺机工程技术有限公司, 河南 郑州 450006)

**摘要:** 根据整经机经轴上落机器人的使用要求,提出一种机器人内部经轴升降机构的设计方案。经轴升降机构是机器人的核心机构之一,承担在机器人内部调运经轴的工作,该机构选用精度较高的丝杠螺母传动,在螺母上安装卡头对经轴进行夹持。针对经轴质量较大,可能使丝杠发生弯曲形变导致丝杠螺母传动精度下降的问题,以及螺母跟随丝杠转动等问题,提出了将丝杠安装在支撑架内,并在螺母左右两侧加装深沟球轴承作为导轮与支撑架内壁接触的方案,改善了丝杠的受力状况,消除了螺母跟随丝杠转动等问题。为使卡头夹持经轴效果更好,同时保护与卡头直接接触的经轴轴端内锥齿面,将卡头端部仿照经轴轴端内锥齿圈顶锥角角度设计为倾角 20°的圆台形,通过 ANSYS Workbench 软件对卡头进行校核,验证了卡头端部设计的可靠性。

**关键词:** 整经机; 经轴; 升降机构; 丝杠

**中图分类号:** TS103.322

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1001-2044(2018)10-0016-03

## Design of lifting mechanism for installing and uninstalling robot of warp shaft of warping machine

LI Ge<sup>1</sup>, WANG Qinghua<sup>1</sup>, LI Youjian<sup>2</sup>, CUI Jiarong<sup>3</sup>, CUI Yunxi<sup>4</sup>,  
ZHANG Hong<sup>1</sup>, LIU Hanshen<sup>1</sup>, CHEN Weiwang<sup>1</sup>, WEI Yi<sup>1</sup>

(1.Zhongyuan University of Technology, Zhengzhou 450007, China)

(2.Central South University, Changsha 410083, China)

(3.University of Central Missouri, Missouri 64093, America)

(4.Zhengzhou Textile Machinery Engineering & Technology Co., Ltd., Zhengzhou 450006, China)

**Abstract:** According to the use requirements of the installing and uninstalling robot of warp shaft of warping machine, a design proposal of internal warp shaft lifting mechanism of robot is put forward. The warp shaft lifting mechanism is one of the core mechanisms of the robot. It is responsible for transporting warp shaft inside the robot. The machine uses high-precision screw nut to drive, on which the wire rope clip is installed to clamp the warp shaft. There is a problem that the large weight may lead to bending deformation that the precision of screw nuts will get lower, and nuts rotating after screws is another problem. In view of these problems, a design plan is proposed. It is to install the screw into the carriage and a pair of deep groove ball bearings added to both sides of the nuts as a leading wheel in contact with the inner wall of the carriage, which not only solve the problems above and improve the stress situation. For the better effect of clamping between the wire rope clip and the warp shaft, and protection on the inner bevel gear flank at the top of the warp shaft, which is in a direct contact with the wire rope clip, the cone angle of the inner tip bevel gear at the top of the warp shaft is simulated to design the top of the wire rope clip as a circular truncated cone with a dip angle. The reliability of design on the top of the wire rope clip is validated by checking on ANSYS Workbench.

**Key words:** warper; warper beam; lifter; screw

DOI:10.16549/j.cnki.issn.1001-2044.2018.10.005

纺织业是我国重要的民生产业,属于劳动密集型行业,随着人工成本不断升高,行业利润率逐年下降,产业生产方式升级迫在眉睫<sup>[1]</sup>。整经工序是重要的织前准备工序,大多数整经机的经轴上、落由工人手工操作完成,国内外少数企业使用手动液压叉车上、落经轴<sup>[2]</sup>。GZH62-200型整经机所适配的贝宁格经轴单个未卷绕纱线时的空经轴(下文简称“空轴”)质量约为 120 kg,绕满纱线达到工艺要求的经轴(下文简称

“满轴”)质量约为 890 kg。整经机车速快,车间内经轴上、落频繁,人力搬动经轴危险性大,工人劳动强度大,生产效率低,易发生工伤事故<sup>[3]</sup>。实现经轴自动上、落,有利于整经效率的提升,是增强纺织业行业竞争力的重要举措。

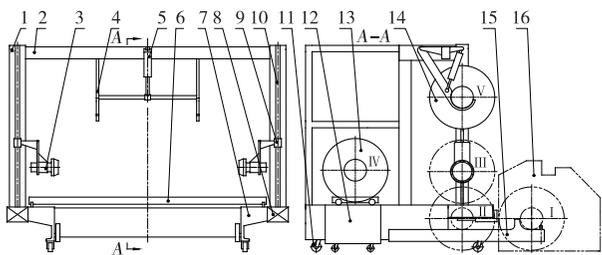
## 1 整经机经轴上落机器人

图 1 是针对郑州纺机工程技术有限公司的 GZH62-200 型整经机开发的经轴上落机器人结构示意图,它可实现对整经机车头内经轴进行自动上落,并能在车间内自动导航寻迹行走,在经轴库与整经机之间运输经轴,有助于实现经轴上落全过程的无人化操作<sup>[4]</sup>。

收稿日期: 2018-04-03

基金项目: 中国纺织工业联合会科技指导性项目(2017096);河南省现代制造装备与仪器重点学科开放实验室资助项目(2017MEI004)

作者简介: 李铭(1960—),男,教授级高级工程师,主要从事纺织机械等机械结构及节能工艺方面的研究。



1-支撑架;2-支撑横梁;3-卡头机构;4-空轴托架;5-伺服电缸;6-满轴车;7-底盘;8-电动机;9-螺母;10-丝杠;11-车轮;12-AGV 自动导航行走机构;13-满轴;14-空轴;15-托臂;16-整经机车头

图1 经轴上落机器人结构示意图

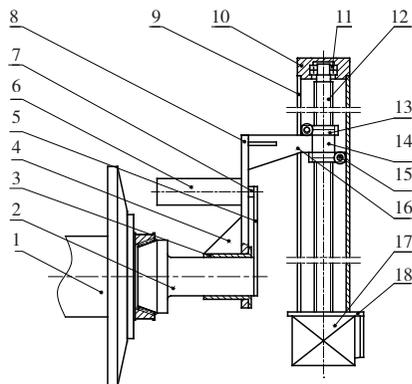
如图1所示,经轴上落机器人由五部分组成:升降机构,由卡头机构3、电动机8、螺母9、丝杠10组成,负责在机器人内部升降经轴;空轴托架机构,由空轴托架4和伺服电缸5组成,负责在机器人行进途中托举空轴;机架,由支撑架1和支撑横梁2组成,是升降机构和空轴托架机构的载体;满轴运输机构,即满轴车6,负责在机器人内部运输满轴;底盘机构,由底盘7、车轮11、AGV自动导航行走机构12、托臂15组成,负责机器人在车间内行进以及和整经机车头对接。

当整经机车头的经轴满匹时,机器人携带空轴行进至整经机车头前,托臂15将I位置整经机车头内的满轴接取至机器人内部II位置;卡头机构3将满轴提升至III位置,同时,满轴车6前进至III位置,卡头机构3将满轴放置在满轴车6上后升至V位置,满轴车6装载满轴返回IV位置;升降机构1将V位置处空轴托架4上的空轴取下并下降放置在V位置处托臂15上,托臂15将空轴推送至整经机车头内I位置进行拍合,拍合完成后,托臂15回缩,对整经机落满轴、上空轴操作结束。

## 2 升降机构技术方案

升降机构在经轴上落机器人中起到关键的“串联”作用,负责空轴、满轴在机器人内部的升降。由于达到工艺要求绕满纱线后的满轴质量约为890 kg,所以对升降机构传动的平稳性有较高的要求。丝杠螺母传动稳定性强、精度高、自锁性好,符合机器人升降经轴要求<sup>[5]</sup>。选用长度为2 000 mm、大径 $d=53$  mm、小径 $d_1=40$  mm、螺距 $P=12$  mm的丝杠,材料为45#的优质碳素钢(作调质处理)。因经轴整体形状左右对称,所以升降机构设计为左右两侧相同的机械结构,使用一套控制系统来实现动作的同步性,见图2。可见,为保证升降机构运动的顺畅和稳定,支撑架9选用校直后的方钢,丝杠12安装在支撑架9内部,在支撑架9

内侧开长槽,实现连接臂16在槽中的上下运动,两侧的支撑架9分别安装在两侧的底盘18上。丝杠12上端安装于支撑架9顶端配有圆锥滚子轴承11的轴承座10上,丝杠12下端安装在底盘18上带空心轴减速器的伺服电动机17上,安装时要保证两侧支撑架内丝杠的平行。卡头2、套筒滑道3、伺服电缸6安装在结构板8上,且卡头2与电动缸缸臂7通过连接板5连接,连接臂16安装在螺母14上并与与结构板8连接。当需要升降经轴1时,伺服电缸6的电缸缸臂7回缩,带动卡头2抵住经轴1后,伺服电缸6断电自锁,电动机17启动,丝杠12旋转带动螺母14升降,从而带动经轴1升降。



1-经轴;2-卡头;3-套筒滑道;4-加强肋板;5-连接板;6-伺服电缸;7-电缸缸臂;8-结构板;9-支撑架;10-轴承座;11-圆锥滚子轴承;12-丝杠;13-支撑块;14-螺母;15-深沟球轴承;16-连接臂;17-带空心轴减速器伺服电动机;18-底盘

图2 经轴上落机器人单侧升降机构示意图

## 3 关键零部件设计分析

### 3.1 螺母导轮设计

GZH62-200型整经机所适配最常用的经轴盘片直径为800 mm。丝杠长径比 $=2000/40=50>25$ ,此丝杠属于细长轴<sup>[6]</sup>。在经轴升降过程中,卡头会受到来自经轴质量带来的压力,使丝杠发生形变。

丝杠的最大形变计算式见式(1):

$$|y_{\max}| = \frac{M(l^2 - 3a^2)^{3/2}}{9\sqrt{3}EI} \quad (1)$$

式中: $M$ ——经轴质量与丝杠之矩;

$a$ ——螺母所处位置与丝杠底端的距离;

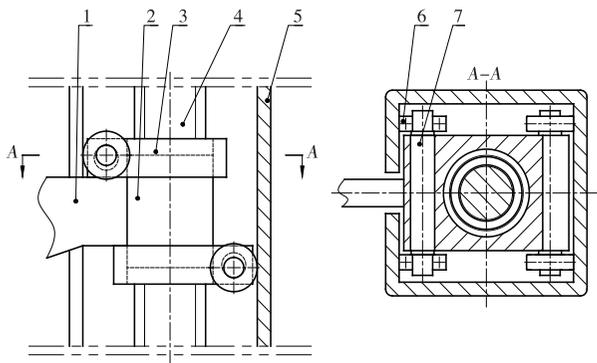
$l$ ——丝杠总长度;

$E$ ——丝杠材料的弹性模量;

$I$ ——丝杠最小惯性矩

当升降机构提升满轴至图1 III位置时,丝杠将会产生最大的弯曲形变。

由式(1)得:丝杠的最大弯曲形变为0.09 mm。当螺距 $P$ 选为12 mm时,丝杠与螺母之间的顶隙为0.5 mm。虽然丝杠的最大弯曲形变为0.09 mm < 0.5 mm,不影响丝杠螺母传动运转,但由于冲击较大,长期使用升降机构会导致丝杠产生不可逆形变,使传动误差累积增大,导致传动精度下降。因此,需要对丝杠受力情况进行改善,见图3。



1-连接臂;2-螺母;3-支撑块;4-丝杠;5-支撑架;6-6202 深沟球轴承;7-偏心轴

图3 升降机构螺母导轮设计图

如图3所示,为改善丝杠4的弯曲形变,保证丝杠螺母传动运行平稳度和精准度,在螺母2上下两端加装支撑块3。支撑块3靠近支撑架5内壁的一侧安装一对6202深沟球轴承6作为导轮,6202深沟球轴承的额定动载荷为7.65 kN,可承受丝杠螺母运行中经轴质量带来的力。上下两支撑块背向安装,使螺母2左上和右下两侧时刻有两个深沟球轴承6的外圈与支撑架5内壁接触。

螺母在丝杠旋转时,易受惯性影响跟随丝杠旋转方向转动,这种惯性转动会导致卡头机构偏离原定位置,无法夹持经轴。图3中的4个深沟球轴承外圈均与支撑架内壁接触,当螺母升降时不会再因惯性发生转动,使经轴升降更加平稳。

### 3.2 卡头分析

卡头是对经轴进行夹持的承重零件,因达到工艺要求的满轴质量较大,卡头会受到较强的冲击,因此卡头材料选用韧性较好的20#优质碳素钢。在对经轴进行夹持时,卡头与经轴轴端内锥齿圈直接接触。经轴轴端内锥齿圈顶锥角为 $20^\circ$ ,若卡头端部与内锥齿圈齿顶形成点接触,则卡头会对内锥齿圈齿顶造成点蚀损伤;若卡头与内锥齿圈形成线、面接触,则可有效分担经轴质量带来的压应力,使其抗冲击能力增强。所以可将卡头端部仿照经轴端部内锥齿圈的顶锥角角度

设计成倾角为 $20^\circ$ 的圆台形。

卡头做为升降机构中的主要承重零件,需对其进行强度校核。为了能使校核结果更加直观,可使用ANSYS Workbench软件对其进行校核。卡头造型并不复杂,使用Hex Domiant网格划分方式进行划分,网格单元尺寸为5 mm,网格划分后,共有节点290 111个,单元78 615个。对卡头的圆台端施加载荷,经轴满匹后的自重为890 kg,由于升降机构左右对称,单侧卡头将受到来自满轴4 450 N的压力;并将卡头另一端设置固定约束。可知,卡头在承载满轴时的极限应力 $\sigma$ 为79.614 MPa,20#优质碳素钢的许用应力 $[\sigma]$ 为235 MPa, $\sigma < [\sigma]$ ;根据升降机构的设计方案,卡头的长度 $L$ 为330 mm,所以卡头的许用静刚度 $[f] = L/800 = 0.412 5$  mm。卡头在承载满轴时的极限形变为0.032 664 mm,0.032 664 mm < 0.412 5 mm,所以,卡头设计完全符合应用要求。

通过对螺母加装做为导轮的深沟球轴承后,解决了丝杠弯曲形变和螺母惯性转动的问题。通过卡头端部的圆台形设计,使卡头能够与经轴轴端内锥齿面更好地贴合,大大增强了抗冲击能力。对这两大关键零部件进行针对性设计,使整个升降机构传动的平稳性有了显著改善。

## 4 结 语

经轴升降机构是整经机经轴上落机器人内部承上启下的关键机构。本文采用的丝杠螺母传动方案精度高、自锁性好;螺母导轮可有效应对丝杠弯曲形变和螺母惯性转动问题;卡头端部倾角可使卡头在承载经轴时获得更好的受力效果。该设计可较好地、平稳地完成经轴在机器人内部的上下调度,满足了整经机经轴上落机器人的现实需要。未来可对升降机构做柔性化改动,使卡头左右有效位移范围增大并对底盘作相应修改,使整经机经轴上落机器人能够对更多型号的经轴进行自动上落,为纺织车间无人化操作进程贡献更多力量。



### 参考文献:

- [1] 卢志渊.中国纺织产业国际竞争力现状及提升路径[J].上海纺织科技,2014(2):1-4.
- [2] 李铭,刘汉申,崔运喜,等.GZH62-200型整经机经轴上落运输智能机器人研发[J].上海纺织科技,2017(12):50-52.
- [3] 张汉山.浆纱机织轴自动上落车的研究[D].河南:中原工学院,2016.

☞(下转第56页)

物及处理 24 h 后制备的复合织物表面电阻率的变化梯度相比有所减小,可以看出等离子体处理对结合牢度有明显提高;等离子体处理放置 24 h 后制备的石墨烯/涤纶复合织物其水洗结合牢度有所下降,但依旧高于未处理的复合织物。综上所述,等离子体处理后即时进行石墨烯/涤纶复合织物的制备,可使涤纶和石墨烯的结合牢度有显著提高。

### 3 结 语

等离子体处理能提高复合材料界面间的结合性能,与未经常温常压等离子体处理的涤纶织物相比,经改性处理后制备的石墨烯/涤纶复合织物结合牢度明显提高,表面电阻率变化率由 99.1% 提高至 49.2%;同时经等离子体处理后制备的复合织物表面的导电性也优于未经处理的复合织物;对通过等离子体处理后即时制备的复合织物与处理 24 h 后制备的复合织物的氮元素比例、导电性等性能进行对比,发现等离子处理具有明显的时效性,织物的氮元素比例由 3.73% 下降到 1.33%,复合织物的表面电阻率由  $0.124 \text{ M}\Omega/\text{cm}^2$  增加到  $0.259 \text{ M}\Omega/\text{cm}^2$ 。通过试验及对比分析可知,等离子体处理能有效提高石墨烯/涤纶复合织物的导电性能及结合牢度,为智能织物的产业化提供了可选方法。



#### 参考文献:

- [1] 李金茗,吴穗生,杨梅,等.功能性石墨烯纺织品的应用研究[J].化纤与纺织技术,2017,46(1):11-15.
- [2] 刘浩怀,刘力飞,卢嘉明,等.石墨烯及其衍生物的抗菌性研究进展[J].中国测试,2015,41(3):8-13.
- [3] 唐晓宁,田明伟,朱士凤,等.石墨烯及其功能纺织品的制备方法[J].棉纺织技术,2015,43(5):80-84.
- [4] 胡希丽.石墨烯层层自组装功能纺织品制备及其性能研究[D].青岛:青岛大学,2016.
- [5] 杜敏芝,田明伟,曲丽君.层层自组装纳米石墨烯整理棉织物电热性能研究[J].成都纺织高等专科学校学报,2016,33(3):7-11.
- [6] 于杨菁华,马丽芸,邱夷平,等.常温常压等离子体处理涤纶与石墨烯结合制备导电材料[J].纺织导报,2017(9):84-86.
- [7] 朱士凤,曲丽君,田明伟,等.涤纶织物的氧化石墨烯功能整理及其防熔滴性能[J].纺织学报,2017,38(2):141-145.
- [8] 靳洋.石墨烯/环氧树脂复合材料的制备及其介电性能的研究[D].哈尔滨:哈尔滨理工大学,2017.
- [9] 胡忠良,陈艺锋,李娜,等.石墨烯复合材料的结构、制备方法和原理[J].功能材料,2014,45(S2):16-21.
- [10] 王洪杰,向超,胡洪亮.石墨烯导电复合材料研究进展[J].吉林建筑大学学报,2016,33(3):35-39.
- [11] 赵剑,蒋中山.石墨烯的制备及应用发展方向概述[J].当代化工,2017,46(10):2119-2123.
- [12] 张秋平.表面引发开环易位聚合方法在石墨烯表面制备聚合物及其应用研究[D].长春:吉林大学,2015.
- [13] 郑飞.功能化氧化石墨烯的制备及其与共轭聚合物的相互作用[D].济南:山东大学,2017.
- [14] 周敏.氧化石墨烯的制备与表征[J].化工技术与开发,2017,46(7):21-24.
- [15] 宋富佳.等离子体技术在纺织行业的应用及问题[J].纺织导报,2011(6):87-88.
- [16] 耿轶凡.涤纶织物等离子体处理的研究[D].上海:东华大学,2009.
- [17] 陈英,陈森,宋富佳.等离子体接枝反应对涤纶织物亲水性能的影响[J].纺织学报,2010,31(7):74-78.
- [18] KIM M S, KIM H K, BYUN S W, et al. PET fabric/polypyrrole composite with high electrical conductivity for EMI shieldin[J]. Synthetic Metals, 2002, 126(2): 233-239.
- [19] 王振欣,梁小平,王月然,等.低温等离子体改性效果时效性的研究进展[J].纺织学报,2011,32(2):149-154.
- [20] 任煜,邓佳,臧传锋,等.碱-等离子体处理涤纶织物的时效性研究[J].合成纤维工业,2011,34(5):19-22.

(上接第 18 页)

- [4] 陈威望,张洪,李铭,等.整经机经轴上落运输智能机器人机械结构设计[J].上海纺织科技,2018(1):59-62.
- [5] 朱龙英,李贵三.机械设计[M].北京:高等教育出版社,2012.

(上接第 52 页)

量控制水平。

企业的生产、经营随着市场的变化而变化,会采取各种生产、经营模式,如贴牌外发加工、经营承包、品牌代理或输出等。如何对产品质量实施有效的监控,关键取决于企业内部自身的监督、控制能力和有效管理

办法,检测机构应向该类企业提供其需要的检测、监控服务,协助其提高自控能力,从而更加有效地确保企业最终产品的质量,从源头上抓好和监控羽绒服装产品在各个环节的品质质量。

