

[研究·设计]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2015.05.013

三维编织夹头机构的结构设计

郑占阳, 贺辛亥, 张申申, 郭杰赞, 王俊勃, 邢圆圆

(西安工程大学机电工程学院, 陕西 西安 710048)

摘要:针对三维编织过程中,以集体绑束进行固定纱线端部的常规方式存在的不足,提出一种用于固定纱线端部的夹头机构。该机构采用多个简单模块组合的形式,为每根纱线设置了挂钩和专用通道,使用导柱、导套结构为运动提供保证。使用结果表明该机构能够保证纱线在行、列方向是等间距的,适用于多种不同形状预制件纱线的固定,应用方便、可靠。该机构能实现纱线的有序固定,减小过渡长度且适用范围广、扩展能力强。

关键词:三维编织;夹头机构;集体绑束;夹板模块

中图分类号:TS103.1

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2015)05-0055-04

Structure Design of Chuck Institution on Three-Dimensional Knitting

ZHENG Zhanyang, HE Xinhai, ZHANG Shenshen, GUO Jiezan, WANG Junbo, XING Yuanyuan

(College of Mechanical & Electrical Engineering, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

Abstract: In the process of three-dimensional knitting, the conventional way of fixed yarn ends with a collective yarn tie has shortcomings. A kind of chuck institution for fasten ends of yarn was put forward. This institution adopted the form of many simple module combination, and set the hook and dedicated channel for each yarn. By using the guide pin and guiding sleeve structure it provided guarantee for movement. The use results show that this institution can ensure the yarn with even space in direction of the line and column, and it is applicable to fix yarn of a variety of different shape fabricated part. And the institution is convenient and reliable. It achieves orderly fixed yarn and reduces the transition length. It has wide range of application and strong ability to extension.

Key words: three-dimensional braided; chuck institution; yarn collective tie; plywood module

由于三维编织复合材料具备了一系列优异的机械性能,因此受到航空航天等先进复合材料界的高度重视^[1-2]。利用三维编织机编织出的预制件在其它领域中应用也越来越广泛。三维编织机的研发成为人们关注的重点,尤其是自动化的三维编织机。这就对三维编织机各部件的便捷化、可靠性提出了更高要求。

江南大学汪昭君^[3]在三维编织实验中,玻璃纤维在 h (高度,即 Z)方向拢成束状用绳固定在上方梁上,编织张力通过调节绳的长短来实现。东华大学程灿灿^[4]在编织过程中固定纱线使用的是机床上面的挂纱杆,根据设计预制件的长度调整挂纱杆与编织底盘的距离。两实例中,编织平面在空间的位置发生了变

化,使得编织角不能保持恒定。对于固定纱线的具体结构、余留的纱线端以及过渡部分等情况未予以描述。

由此可见,在固定纱线端部这一问题上缺少简便、可靠的装置,这对三维预制件的自动化编织产生了阻碍。因此,本文提出一种夹头机构,用于固定纱线端部,使用方便、可靠,适用范围广且可扩展能力强。

1 三维编织夹头机构

现有文献主要是涉及三维编织技术及其装置,重点在编织原理和实现技术方面的阐述;在设备装置方面仅进行了部分机械结构的简略描述,具体实施过程、操作方法尚不明晰^[5-14]。其中对纱线的固定是采用集体绑束的方法,或者由于技术保护没有提及对纱线的

收稿日期:2015-05-05;修回日期:2015-06-29

基金项目:陕西省科学技术研究发展计划项目(2013K07-20);西安工程大学博士科研启动基金项目(BS1302)

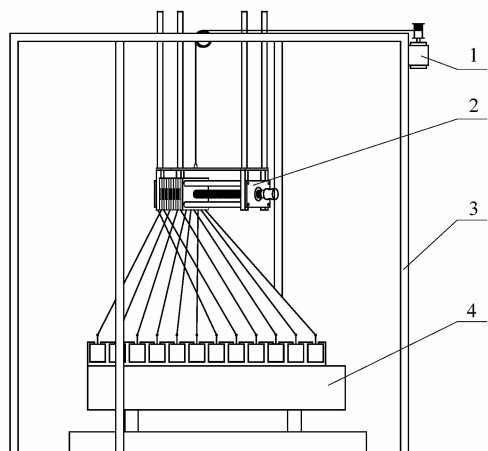
作者简介:郑占阳(1989),男,河南滑县人,硕士研究生,主要从事三维编织机的研究。E-mail:15229014716@139.com;通信作者:贺辛亥,E-mail:hexinhai@xpu.edu.cn

固定方法。常用固定方法编织时,线固定混乱,纱线间距难以确定,端部余留过长。这使得成型件形状到所需预制件形状的过渡长度过长,纱线密度不均匀,编织完成后纱线端的处理不便。

1.1 结构设计

针对三维编织过程中的现有情况,提出一种三维编织夹头机构,该机构用于固定预制件纱线的端部,预制件形状可以是恒截面或变截面的方形或方形组合的常规截面或异形截面,其适用范围较广。它能够实现定速或变速的直线拉动预制件,以保证编织平面的空间位置保持不变。该机构能够保证纱线在行和列方向上是等间距的且便于对预制件的打紧。

图1为编织机的夹头机构示意图。图中的缠绕机构中,电机带动滚轮转动,滚轮缠绕拉力绳,滑轮起改变拉力绳方向的作用,拉力绳连接在夹头机构上,使电机的圆周运动转化为夹头机构的直线运动,进而实现夹头机构在不同速度状态下的匀速运动或变速运动。夹头机构固定纱线端部,为打紧工序提供基础结构并拉动已成形的预制件向上移动。图2为所设计的夹头机构在实际使用中,装配在机架上的效果图。



1—缠绕机构;2—夹头机构;3—外架机构;4—底盘机构

图1 夹头机构在编织机中的结构示意图

Figure 1 Structure diagram of chuck institutions in knitting machine

图3为夹头机构的装配示意图。导向块、方条导柱的组合机构实现了整个下半部分的上下移动,方条导柱的导柱部分的长度决定了夹头机构的移动距离,进而决定了能够编织预制件的长度;螺旋杆和导杆的存在,使各夹板模块可自由地在4根平行导杆上滑动,根据需求各夹板模块分离或紧贴在一起,方便挂、摘纱线。

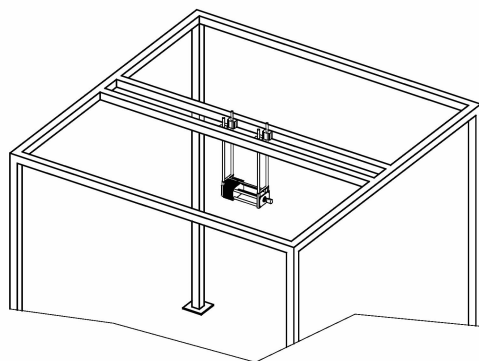
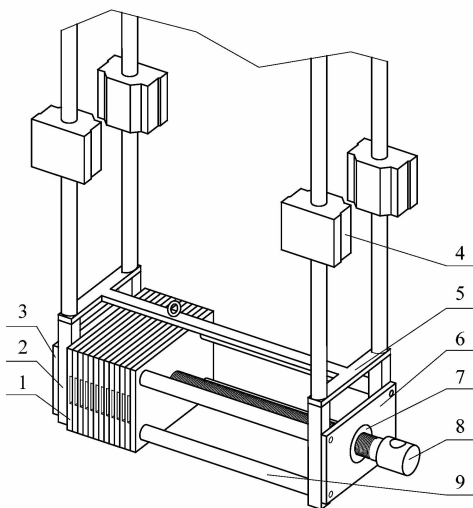


图2 夹头机构在机架上安装示意图

Figure 2 Structure diagram of chuck institutions installed on frame



1—夹板模块;2—方条导柱;3—后固定板;4—导向块;5—提升板;6—前固定板;7—圆形螺母;8—螺旋杆;9—导杆

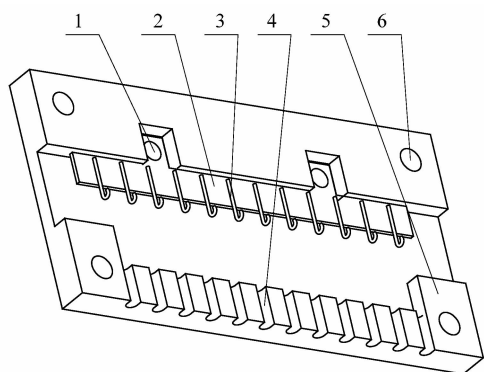
图3 夹头机构结构示意图

Figure 3 Detailed structure diagram of chuck institutions

图4是图3中夹板模块1的示意图。钩子的作用是用来挂纱线的,与钩子对应的沟槽为纱线的顺出提供通道。根据预制件的编织需要,确定钩子的间距和钩子的数量,沟槽间距与数量与之对应。

图5是夹板模块组合完成后的底部试图。设计要求夹板的厚度等于夹板上沟槽的间距,使得纱线固定后在行、列方向上的间距是相等的,从而保证编织预制件的均匀性,同时为保证复合预制件均匀的力学性能做铺垫。根据预制件对纱线直径和纱线密度的要求,选择夹板的数量、厚度和沟槽间距,使该机构操作起来比较方便。

图6是夹头机构固定纱线后的示意图。其中黑色的点表示固定有纱线的位置,空心的圆圈表示未固定



1—铆钉;2—钩子固定板;3—钩子;4—线槽;5—夹板;6—定位孔

图4 夹板模块示意图

Figure 4 Structure diagram of splint module

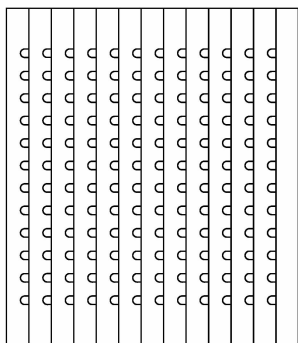
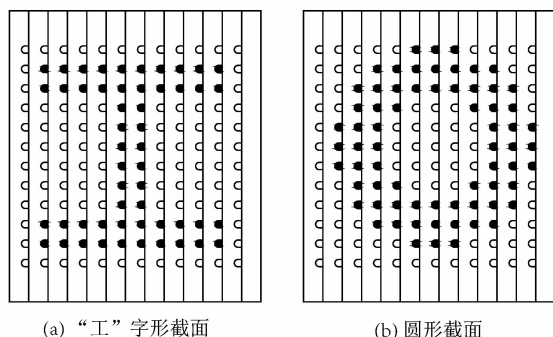


图5 夹板模块装配底部视图

Figure 5 View of splint modules installed from bottom

纱线的位置。图6(a)为“工”字形截面预制件固定纱线后的示意图,类似于矩形或矩形组合形截面的预制件的纱线固定是完全能够实现的;图6(b)为圆形截面预制件固定纱线后的示意图,带有圆弧形截面的预制件的固定采用的是逼近的方法,当夹板尺寸越小误差就越小。随着编织成形预制件长度的增加,误差也越来越小。



(a) “工”字形截面

(b) 圆形截面

图6 夹头机构固定异形预制件纱线示意图

Figure 6 Schematic diagram of chuck institutions fixed special-shaped fabricated part yarn

1.2 理论分析

为保证编织平面不变,在夹头机构的设计过程中,须考虑该机构能够可控运动,故采用了4个导柱、导套组件,使该夹头机构中夹板模块、导杆、提升板等零件在导柱、导套引导下可以沿着导柱上下运动。采用4个导柱、导套组件会产生过定位,但该机构的运动过程要求不需太精确,且导柱、导套组件加工时的公差为间隙配合,因此上下运动过程中不会出现卡死现象。机构中使用的螺旋副结构,是用于传动和紧固,螺纹稳定的传动性和良好的自锁性保证了该部分结构的稳固。

用多个外形简单、易于加工的相同零件组合成一个相对复杂结构,是该机构的重点之一。先生产出多种类型夹板模块,然后根据需求对夹板模块进行排列组合,可得所需的产品。这种模式使得该机构适用范围广泛,操作简单。为每束纱线设计独立专用通道,通道直径等于或略小于纱线直径,紧固后能保证纱线间尺寸的相等和纱线的稳固。

在整个机构中,根据公式(1)~(4)可分别求得钩子拉伸强度 σ_1 ,拉力绳拉伸强度 σ_2 ,拉动转矩 T 和编织速度 v 。

1) 钩子拉伸强度

$$\sigma_1 = \frac{F_1}{d_1} \leq [\sigma_1], \text{ 即 } d_1 \geq \frac{F_1}{[\sigma_1]}. \quad (1)$$

式中: σ_1 为钩子拉伸强度, d_1 为钩子直径, F_1 为纱线张力, $[\sigma_1]$ 为钩子的许用拉伸强度。

2) 拉力绳拉伸强度

$$\sigma_2 = \frac{F_2}{d_2} = \frac{N \cdot F_1}{d_2} \leq [\sigma_2], \text{ 即 } d_2 \geq \frac{N \cdot F_1}{[\sigma_2]}. \quad (2)$$

式中: F_2 为拉力绳所受张力, d_2 为拉力绳直径, σ_2 为拉力绳拉伸强度, N 为纱线根数, $[\sigma_2]$ 为拉力绳许用拉伸强度。

3) 拉动转矩

$$T = \frac{1}{2} F_2 \cdot d_3 \leq [T]. \quad (3)$$

式中: d_3 为滚轮直径, T 为拉动转矩, $[T]$ 为电机的额定转矩。

4) 编织速度

$$n = \frac{\pi d_3}{v}. \quad (4)$$

式中: v 为 Z 向编织速度, n 为电机转速。

从设计原则上讲,设计结果既要满足功能要求又要满足力学性能要求,因该机构所固定的纱线张力比较小,又数量不多,故在力学性能验证方面未进行详细

阐述。该机构设计重点在于功能性方面。当实际需求在纱线张力和数量上发生较大变化时,各零件的尺度参数需要通过以上力学公式计算进行确定,如:当纱线数量增加至440根,纱线张力增加至5 N,滚轮直径为30 mm时,计算得电机的额定转矩大于等于33 N·m,在选择电机时,选择额定转矩为40 N·m的电机较为合适;其他参数以此方法类推。

2 电机的选择

该夹头机构的运动速度与编织速度和编织角等参数有关,故该速度针对不同的编织方法和不同的纱线类型是不相同的,所以拉动该夹头机构运动的电机转速是可调节的,但对电机的转速精确度要求不需要太严苛。综合几点因素,选择使用步进电机。

文中三维编织设备挂纱总数是98根,每根纱线的最大张力不大于3 N,可根据理论公式计算求得最大转矩。又由于该夹头机构Z向运动精度要求不高,因此在实际应用中选用型号为86HS45的雷塞步进电机。该电机为两相混合式电机,扭矩为4 N·m,步距角为1.8°,保持转矩为4.5 N·m。

不同的预制件类型和不同的纱线类型对纱线的张紧力要求是有区别同的,夹头机构悬挂纱线的数量也影响着纱线对夹头机构的拉力^[15]。所以,当编织类型、纱线数量和张力改变时,需要通过计算选择电机的型号。

对步进电机的控制可以借助现有的运动控制卡也可以选择使用单片机控制系统,万胜前在《基于MSP430F449单片机的24BYJ48步进电机控制》一文给出了详细的控制方法和实例程序。使用现有步进控制卡方便,但是成本稍高,使用单片机控制系统节约成本、简化电路、使用灵活^[16]。

文中步进电机的控制采用的是雷塞的运动控制卡,其型号为DMC1380。参数如下:控制轴数为3轴,脉冲型号输出类型为差分/单端,脉冲型号模式为脉冲/方向,最大脉冲频率为1.2 MHz。使用与电机配套的驱动器,其型号为DM856。参数如下:相数为两相,电压为18~70 DC,细分度为1~256,控制信号为差分/单端。根据运动要求、与硬件匹配的程序格式,编写控制程序。

3 结语

1) 该夹头机构改变了以往集体绑束纱线的方式,减少了成型预制件到所需形状过渡的编织周期,提高了纱线的利用率,均匀了纱线密度。

2) 该夹头机构便于改变固定纱线的数量和纱线间距,适用于多种形状预制件纱线的固定。

3) 该夹头机构对固定圆形或圆形组合形状的预制件尚显不足,编织预制件的长度也有限制。

随着三维编织工艺的不断发展,大而厚的变截面异型预制件将是航空航天领域需求的热点,但是,现有的变截面三维编织技术和编织设备还不能满足对大而厚的变截面预制件进行整体、快捷编织的要求,因此,研发出自动化程度更高,柔性更大的设备是基础条件之一。大型三维编织机是国外禁止出口设备,它的研制工作是个系统工程^[17],外围的辅助机构也影响着整个编织机的自动化进程,应该受到重视。

参考文献:

- [1] CHOU T W, KO F K. Textile structural composites[M]. Amsterdam: Elsevier, 1989.
- [2] MOURITZA A P, BANNISTE M K, FALZON B P J, et al. Review of applications for advanced three-dimensional fibre textile composites[J]. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 1999, 30(12):1445-1461.
- [3] 汪昭君. 新型三维编织体结构的开发研究[D]. 无锡: 江南大学, 2010:19-20.
- [4] 程灿灿. 变截面三维编织复合材料的减纱工艺及弯曲性能研究[D]. 上海: 东华大学, 2012:29-31.
- [5] 刘兆麟, 程灿灿, 刘丽芳, 等. 变截面三维编织复合材料减纱工艺与弯曲性能[J]. 复合材料学报, 2011, 28(6):118-124.
- [6] 李苏红, 刘丽芳, 阎建华, 等. 三维编织结构参数对复合材料拉伸性能的影响[J]. 玻璃钢/复合材料, 2014(7):69-72.
- [7] 曾涛, 姜黎黎. 三维编织复合材料力学性能研究进展[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2011, 16(1):35-41.
- [8] 贺辛亥, 郭杰赞. 一种可实行增减纱的携纱器装置: 中国, 201420492121.8[P]. 2015-01-07.
- [9] 刘兆麟, 刘丽芳, 俞建勇. 变截面三维编织复合材料的净型制备及弯曲性能[J]. 材料科学与工程学报, 2012, 30(5):667-683.
- [10] 李政宁. 一种三维编织机主动携纱器的驱动研究与设计[D]. 武汉: 武汉纺织大学, 2013:14-25.
- [11] 李宗迎, 贺辛亥, 杨超群, 等. 基于减纱技术的三维编织携纱器的设计[J]. 纺织器材, 2014, 41(6):17-19.
- [12] 胡芳. 三维编织技术新进展[J]. 非织造布, 2013(5):94-98.
- [13] 杨超群, 王俊勃, 李宗迎, 等. 三维编织技术发展现状及展望[J]. 棉纺织技术, 2014, 42(7):1-5.
- [14] 丁辛, 李毓陵. 新型三维编织机: 中国, 01105999.0[P]. 2001-09-12.
- [15] 道德琨, 吴明心, 李兴江. 立体织物与复合材料[M]. 上海: 中国纺织大学出版社, 1999.
- [16] 万胜前. 基于MSP430F449单片机的24BYJ48步进电机控制[J]. 鄂州大学学报, 2011, 18(2):13-15.
- [17] 唐雯, 敖利民, 张致祥. 四步法编织载纱装置设计思想[J]. 河北轻工业学院学报, 1998, 19(2):38-40.