

# 四步法三维编织机底盘装置的设计研究

杨超群, 贺辛亥, 王俊勃, 郑占阳, 李宗迎

(西安工程大学 机电工程学院, 西安 710048)

**摘要:** 为了克服当前三维编织机底盘装置结构复杂、制造成本高、灵活性差等问题, 介绍四步法三维编织的工作原理, 设计一种可实现四步法编织的底盘装置及其运动控制系统, 并给出系统的总体结构以及各硬件的连接方法。通过利用 VC++6.0 编辑器完成上位机软件的编程, 进而实现对步进电机的控制, 完成四步法编织, 该装置能保证运动精度, 降低运行差错率, 且具有良好的系统扩展能力。

**关键词:** 三维编织机; 底盘装置; 三维编织; 交错运动; 控制系统; DMC1380 运动控制卡; VC++6.0

中图分类号: TS103.33<sup>+</sup>7.9

文献标志码: A

文章编号: 1001-9634(2015)04-0006-04

## The Design of the Chassis Device on the 4-step Braiding Machine

YANG Chaoqun, HE Xinhai, WANG Junbo,

ZHENG Zhanyang, LI Zongying

(College of Mechtronical Engineering Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

**Abstract:** In order to overcome the problems with the chassis device on the current 3D braiding machine such as complex structure, high manufacturing cost, and poor flexibility, introduction is made to the working principle of 4-step 3D braiding machine, a new chassis device and motion control system are introduced realizing the 4-step braiding. The general structure of the system and the connection method of the parts are introduced herewith. By using the VC++6.0 editor to complete PC software programming, and then achieve the control of the step motor, realizing the 4-step braiding process. The device can guarantee the accuracy, reduce the operation error, and have good system scalability.

**Key Words:** 3D braiding machine; chassis device; 3D braiding; staggered movement; control system; DMC1380 motion control card; VC++6.0

## 0 引言

三维编织技术是 20 世纪 80 年代发展起来的一种高新纺织技术, 具有异形预制件一次编织成型的特点。在编织过程中, 携纱器按照一定的运动规律

使纱线在空间相互交叉, 从而形成具有一定形状的预制件<sup>[1]</sup>。三维编织机是三维编织技术成型的关键设备, 但该设备核心部件之一的底盘装置, 大多结构复杂、控制系统繁琐, 生产和维护成本较高<sup>[2]</sup>。

笔者采用 DMC1380 运动控制卡设计出的控制系统, 旨在简化编织底盘的结构、降低生产成本。

## 1 三维编织机的工作原理与实现机制

### 1.1 三维编织机的工作原理

四步法三维编织的工作原理, 就是使携纱器完成如图 1 所示的运动。一个编织循环分为 4 步: 第 1 步, 携纱器携带纱线按行向交错运动(图 1b); 第

收稿日期: 2014-08-07

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: 杨超群(1987—), 男, 西安人, 硕士研究生, 主要研究方向为三维编织设备的设计与研发。

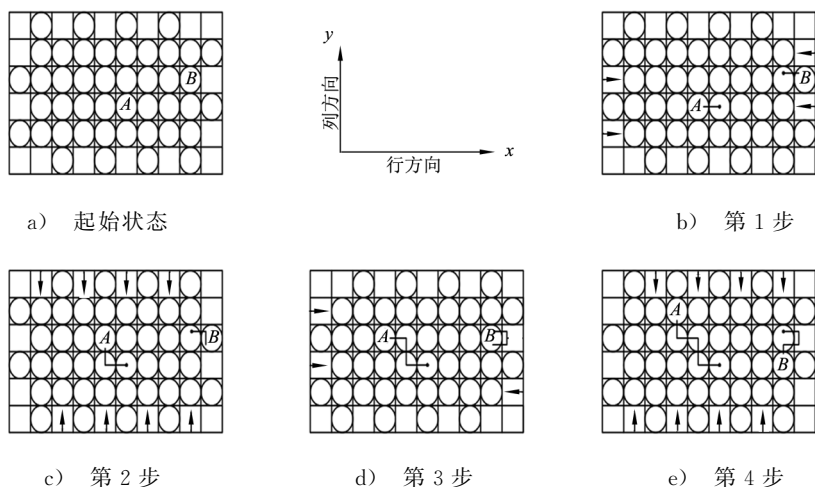
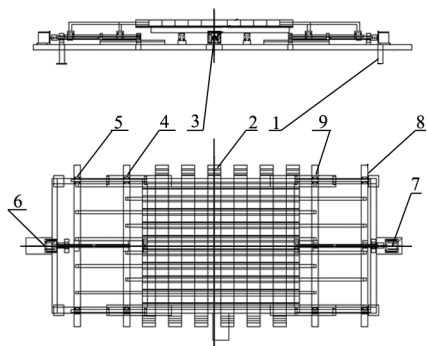


图 1 四步法编织工艺原理

2 步,携纱器携带纱线按列向交错运动(图 1c);第 3 步,携纱器携带纱线运动的方向与第 1 步相反(图 1d);第 4 步,携纱器携带纱线运动的方向与第 2 步相反(图 1e)。经过数个编织循环之后,就可完成预制件的编织。

### 1.2 实现编织的机制

现有三维编织机的底盘设计都较为复杂,例如: John T. Klein<sup>[3]</sup>等人在其专利上使用曲柄结构完成携纱器的运动,这样做会使编织底盘结构复杂、成本加大,更重要的是此种设计在编织过程中灵活性差;再如天津工业大学韩清<sup>[4-5]</sup>所设计的编织机控制系统,是利用气缸完成携纱器的推动,这样的设计也会加大制造成本。为了克服上述编织底盘装置的缺点,笔者设计了四步法编织底盘装置(如图 2 所示),利用丝杠作为传动件完成携纱器的四步法运动:丝杠 1 完成携纱器行方向的交错运动,丝杠 2 丝杠 3 协同完成携纱器列方向的交错运动,具体的传动方案控制系统如图 3 所示。



1—机架;2—床身导轨;3—丝杠 1;4—推杆 2;  
5—推杆 1;6—丝杠 2;7—丝杠 3;  
8—推杆 4;9—推杆 3。

图 2 底盘装置

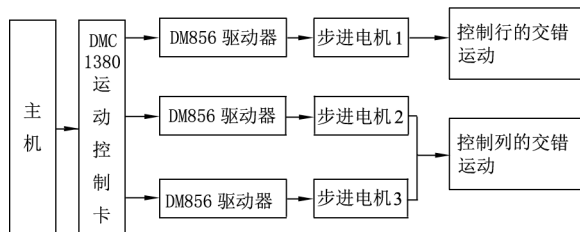


图 3 三维编织机控制系统框图

该传动系统采用左右旋为一体的丝杠螺母,当步进电机旋转时,右旋与左旋上面的丝杠螺母就会相向运动,实现行或列的交错运动,进而实现携纱器的四步法编织。具体编织步骤如下。

第 1 步:丝杠 1 左旋与右旋上的丝杠螺母分别驱动偶数行与奇数行上的携纱器,并使其达到预定位置,之后步进电机 1 停止转动,这样步进电机 1 驱动丝杠 1 完成行的交错运动。

第 2 步:在列的方向上,丝杠 2 和丝杠 3 只能同时单独完成奇数列(或偶数列)单排携纱器的推动,因此丝杠 2 驱动的推杆 1、推杆 2 与丝杠 3 驱动的推杆 4、推杆 3 需协同完成列的交错运动。具体实施如下:丝杠 2 左旋与右旋上的丝杠螺母分别驱动推杆 1 与推杆 2,丝杠 3 左旋与右旋上的丝杠螺母分别驱动推杆 4 与推杆 3,推杆 1 与推杆 3 协同完成奇数列上携纱器的运动,同时推杆 2 与推杆 4 协同完成偶数列上携纱器的运动,携纱器达到预定位置后,步进电机 2 和 3 停止转动,这样步进电机 2 驱动丝杠 2 与步进电机 3 驱动丝杠 3 协同完成列的交错运动。

第 3 步:步进电机 1 的转向与第 1 步相反,使携纱器达到预定位置后,步进电机 1 停止。

第 4 步:步进电机 2 与 3 的转向与第 2 步相反,

使携纱器到达预定位置后,步进电机 2 与 3 停止;至此,完成了 1 个编织周期。

## 2 四步法三维编织机的控制系统

由设计的机械装置可知,驱动携纱器完成四步法三维编织,主要是利用步进电机带动丝杠,然后由丝杠螺母带动推杆(列方向)、床身导轨(行方向)完成携纱器的交错、间歇、往复直线运动。所以,上位机采用“PC 机+运动控制卡”的运动控制方案(图 3),进而实现三维编织机底盘的自动化。

运动控制卡 DMC1380<sup>[6]</sup>与 PC 机构成主从式控制结构,PC 机负责人机交互接口的管理和控制系统的实时监控,包括键盘和鼠标的管理、系统状态的显示、控制指令的发送、外部信号的监控等;DMC1380 运动控制卡完成运动控制的细节问题,包括脉冲和方向信号的输出、原点和限位等信号的检测等。采用 VC++6.0 开发语言,利用 DMC1380 运动控制卡所提供的运动函数,通过编译完成 3 个步进电机的正、反向运转和转数的设置,进而完成预制件的编织。控制系统流程及硬件连接如图 4、图 5 所示。

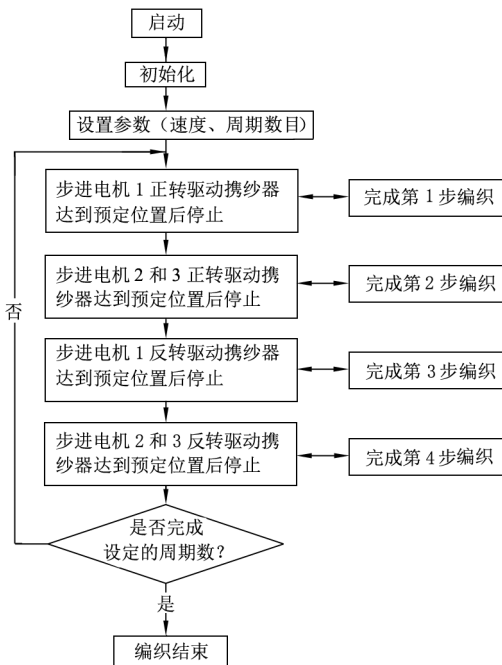


图 4 控制系统流程

DMC1380 运动控制卡与驱动器、步进电机所组成的控制系统主要是产生脉冲和方向信号,来控制步进电机按照要求进行运动。图 5 中,外接线板上的 PUL(+/-)、DIR(+/-)与驱动器上的 PUL(+/-)、DIR(+/-)对应连接;外接线板需要一个 24 V 的直流电源,而驱动器根据所选的步进电机也

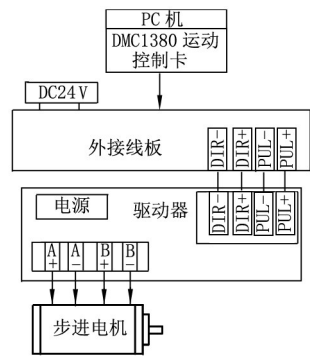


图 5 运动控制卡与驱动器、步进电机的连接结构

要选择合适的直流电源,以驱动步进电机正常运转。PUL(+/-)是脉冲信号,控制电机的转数与角位移;DIR(+/-)是方向信号,控制电机的转向。步进电机驱动丝杠,丝杠带动床身导轨与推杆完成携纱器的运动。

## 3 控制步进电机的软件设计

### 3.1 软件的编程

软件的设计主要是完成步进电机转速与方向的编程,并进一步完成人机界面的设计。

本次设计采用 VC++6.0 软件编辑器<sup>[7]</sup>完成上位机的编程工作,利用运动控制卡所提供的函数来完成电机的运动,包括对运动控制卡与步进电机的初始化操作,电机脉冲、转向、循环周期的设置,以及停车设计。

使用函数 d1000\_board\_init()与 d1000\_get\_axis\_status()可对运动控制卡与步进电机进行初始化操作,方法如下:

```
int nCard(0);
```

```
CString str_card, str_axis; //定义变量//
```

```
nCard=d1000_board_init(); //初始化控制卡  
为控制卡分配系统资源//
```

```
int axisnum=0; //检查轴数//
```

```
if(d1000_get_axis_status(0)>0)
```

```
{axisnum++;} //轴数加一//
```

```
if(d1000_get_axis_status(1)>0)
```

```
{axisnum++;} //轴数加一//
```

```
if(d1000_get_axis_status(2)>0)
```

```
{axisnum++;} //轴数加一//
```

```
if(nCard<=0) //控制卡初始化//
```

```
{MessageBox("未检测到控制卡!", "警告");
```

```
axisnum=0; //不存在控制//
```

```
str_card.Format("卡数=%d", nCard);
```

```
MessageBox(str_card); str_axis. Format("轴数  
= %d", axisnum);
```

使用函数 `d1000_start_t_move(short axis, long Dist, long StrVel, long MaxVel, double Tacc)` 可对电机脉冲、转向、循环周期进行操作,方法如下:

```
d1000_start_t_move(0, 10000, theApp. get_speed-  
500, theApp. get_speed, 1); //定义步进电机 1 运行  
的各个参数,顺时针转 250 圈即是推动携纱器移动  
的距离,加速度时间为 1 s//
```

```
while(d1000_check_done(0) == 0); //检查步进电  
机 1 是否完成转动//
```

```
d1000_immediate_stop(0); //步进电机 1 停止工  
作//
```

```
d1000_start_t_move(1, 10000, theApp. get_speed-  
500, theApp. get_speed, 1); //定义步进电机 2 运行  
的各个参数,顺时针转 250 圈即是推动携纱器移动  
的距离,加速度时间为 1 s//
```

```
d1000_start_t_move(2, 10000, theApp. get_speed-  
500, theApp. get_speed, 1); //定义步进电机 3 运行  
的各个参数,顺时针转 250 圈即是推动携纱器移动  
的距离,加速度时间为 1 s//
```

```
while(d1000_check_done(1) == 0 && d1000_check  
_done(2) == 0); //检查步进电机 2、3 是否完成转  
动//
```

```
d1000_immediate_stop(1); //步进电机 2 停止工  
作//
```

```
d1000_immediate_stop(2); //步进电机 3 停止工  
作//
```

```
d1000_start_t_move(0, -10000, theApp. get_  
speed-500, theApp. get_speed, 1); //定义步进电机  
1 运行的各个参数,逆时针转 250 圈即是推动  
携纱器移动的距离,加速度时间为 1 s//
```

```
while(d1000_check_done(0) == 0); //步进电机 1  
完成转动//
```

```
d1000_immediate_stop(0); //步进电机 1 停止工  
作//
```

```
d1000_start_t_move(1, -10000, theApp. get_  
speed-500, theApp. get_speed, 1); //定义步进电机  
2 运行的各个参数,逆时针转 250 圈即是推动携纱  
器移动的距离,加速度时间为 1 s//
```

```
d1000_start_t_move(2, -10000, theApp. get_  
speed-500, theApp. get_speed, 1); //定义步进电机  
3 运行的各个参数,逆时针转 250 圈即是推动携纱
```

器移动的距离,加速度时间为 1 s//

```
while(d1000_check_done(1) == 0 && d1000_check  
_done(2) == 0); //检查步进电机 2、3 是否完成转  
动//
```

```
d1000_immediate_stop(1); //步进电机 2 停止工  
作//
```

```
d1000_immediate_stop(2); //步进电机 3 停止工  
作//
```

```
theApp. get_init++;
```

使用函数 `d1000_board_close()` 可对运动控制卡进行关闭操作,方法如下:

```
d1000_board_close(); //关闭控制卡,释放系统资  
源//
```

```
CDialog::OnCancel();
```

### 3.2 人机界面的设计

通过上述编程操作,设计出人机界面如图 6 所示。该界面可完成控制卡、步进电机的初始化,设置转数与编织的周期数目,与图 2 实现的四步法三维编织工艺底盘装置,共同完成四步法编织。



图 6 初始化及电机运转的设置

## 4 结论

本文中介绍的三维四步法编织底盘控制系统,不仅可实现携纱器的四步法运动,而且简化了三维编织底盘的结构。

通过 3 台步进电机为系统提供动力,设计了基于“PC 机+运动控制卡”为核心的控制系统。由于 DMC1380 运动控制卡采用专用运动控制芯片设计的 PCI 总线脉冲式运动控制卡,可以对多个步进电机进行点位控制,进而保证运动精度、降低编织机运行过程中的出错率。通过试验台的搭建、使用左右旋为一体的丝杠螺母,有效地减少了机械零件的使用量,且该系统具有良好的系统扩展能力。

(下转第 47 页)

## 2 日照裕华盖板式负压异形管的使用效果

我公司自 2012 年开始,对日照裕华盖板式负压异形管进行上车试验,数据见表 1。通过表 1 数据

说明盖板式负压异形管对产品指标没有影响;同样指标如做到赛络集聚纺和集聚纺互换,每台可节约设备投资费用 $(200-5) \times 80 = 15\ 600$ 元。

表 1 日照裕华盖板式负压异形管上车试验数据

异形管	CV <sub>b</sub> /%	CV/%	细节/(个·km <sup>-1</sup> )		粗节/(个·km <sup>-1</sup> )		棉结/(个·km <sup>-1</sup> )		毛羽 H
			-40%	-50%	+35%	+50%	+140%	+200%	
普通	1.8	14.20	169	8	275	27	445	56	0.14
盖板	1.9	14.18	153	6	216	24	460	53	0.12

注:纺纱品种为 CG/CA 16.9 J tex。

之后,我们又相继和裕华公司做了改变盖板槽宽和成纱质量及用电能耗的试验,都取得了可喜的

效果,具体数据见表 2 和表 3。

表 2 不同盖板槽宽的成纱质量数据

盖板槽宽/ mm	CV <sub>b</sub> /%	CV/%	细节/(个·km <sup>-1</sup> )		粗节/(个·km <sup>-1</sup> )		棉结/(个·km <sup>-1</sup> )		毛羽 H
			-40%	-50%	+35%	+50%	+140%	+200%	
0.8	2.7	13.76	243	21	198	15	55	14	0.26
1.2	2.1	13.72	219	14	186	12	53	18	0.38
1.6	2.5	14.17	276	26	220	15	70	14	0.72

表 3 负压风机变频下调 4 Hz 后,不同盖板槽宽的成纱质量数据

盖板槽宽/ mm	CV <sub>b</sub> /%	CV/%	细节/(个·km <sup>-1</sup> )		粗节/(个·km <sup>-1</sup> )		棉结/(个·km <sup>-1</sup> )		毛羽 H
			-40%	-50%	+35%	+50%	+140%	+200%	
0.8	2.7	13.70	222	10	170	11	45	12	0.20
1.2	2.1	13.87	262	19	192	13	67	20	0.31
1.6	2.8	14.27	321	26	254	20	54	13	0.31

表 2 和表 3 试验说明,我们可以根据品种,在优选合理负压值、提高产品质量的同时,通过改变负压异形管的盖板槽宽、调整负压风机变频来实现节能降耗的目的<sup>[2]</sup>。因此,盖板式负压异形管不但给我们提供了优化质量的空间,更为公司节能降耗提供了方便,我公司现已应用 2 万多锭。

压异形管和赛络集聚纺负压异形管,可完成集聚纺纱和赛络集聚纺纱时的互换生产,既满足了纺织企业多品种、小批量试纺的生产需求,为纺织企业节约设备投资费用,又使机械制造厂节约了有限的金属资源,值得推广。

## 3 结语

### 参考文献:

日照裕华盖板式负压异形管,能替换集聚纺负

- [1] 日照裕华机械有限公司. 负压异形管产品说明书[Z].  
[2] 杨锁廷. 纺纱学[M]. 北京:中国纺织出版社,2004.

(上接第 9 页)

### 参考文献:

- [1] 陈利,孙颖,马明. 高性能纤维预成形体的研究进展[J]. 中国材料进展,2012,31(10):21-29.  
[2] Dmitri Mungalov, Raleigh. AUTOMATED 3-D BRAIDING MACHINE: US 6,439,096 B1 [P]. 2002-08-27.  
[3] John T klein, Broughton Jr, David G Beale. BRAIDED

- FABRIC AND METHOD OF FORMING: US 5,899,134[P]. 1999-05-04.  
[4] 韩清,万振凯. AS-49PC-4 在异型三维编织机控制系统中的应用[J]. 天津工业大学学报,2007,26(2):58-61.  
[5] 韩清. 异型三维编织机的计算机控制系统[D]. 天津工业大学,2006.  
[6] 深圳市雷塞智能控制股份有限公司. DMC1380 运动控制卡使用手册[Z].  
[7] 宋坤. Visual C++ 开发实战宝典[M]. 北京:清华大学出版社,2010.