

[研究·设计]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2021.05.004

剑杆织机碳纤剑带包绕传剑轮的约束载荷特征

朱金杰, 周香琴

(浙江理工大学 浙江省现代纺织装备技术重点实验室, 浙江 杭州 310018)

摘要:在引纬时,剑杆织机的碳纤剑带由传剑轮驱动,始终处于直线运动与圆弧运动的反复交替过程中。为了避免碳纤剑带开裂分层,提高使用寿命,课题组研究了碳纤剑带的刚度属性。基于梁在简单载荷作用下的力学模型,分析碳纤剑带包绕传剑轮的约束载荷特征以及影响约束载荷特征的因素。结果表明:传剑轮底径和剑带压块与传剑轮之间的间隙越小,则剑带与传剑轮之间的约束载荷越大。因此,合理设计传剑轮底径、合理设置剑带压块与传剑轮之间的间隙,对提高碳纤剑带使用寿命有较大意义。

关键词:剑杆织机;碳纤剑带;传剑轮;压块;约束载荷

中图分类号:TH112.1;TS103.337.3

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2021)05-0020-05

Restraint Load Characteristics of Rapier Loom Carbon Fiber Belt Wrapped Rapier Wheel

ZHU Jinjie, ZHOU Xiangqin

(Zhejiang Provincial Key Laboratory of Modern Textile Machinery Technology, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In the process of weft insertion, the carbon fiber rapier belt of the rapier loom is driven by the rapier wheel and is always in the process of repeated alternating between linear motion and circular arc motion. In order to avoid cracking and delamination of carbon fiber belt and improve its service life, the stiffness properties of carbon fiber belt were studied. Based on the beam's deformation model under simple load, the restraint load characteristics of the carbon fiber rapier belt wrapped rapier wheel and the factors that affect the restraint load characteristics were analyzed. The results show that the smaller the bottom diameter of the rapier wheel and the gap between the rapier belt pressing block and the rapier wheel, and the greater the restraint load between the rapier belt and the rapier wheel. Therefore, a reasonable design of the bottom diameter of the rapier wheel and a reasonable setting of the gap between the rapier belt pressing block and the rapier wheel are of great significance to improve the service life of the carbon fiber rapier belt.

Keywords: rapier loom; carbon fiber rapier belt; rapier wheel; pressing block; restraint load

碳纤剑带是剑杆织机引纬机构中的关键零件,由纵横2个方向交替的多层碳纤与环氧树脂结合而成,具有一定的刚度和挠性。剑带压块把碳纤剑带约束在传剑轮上,由传剑轮带动剑头运动,从而实现引纬。由于碳纤剑带相对其他挠性剑带具有更大的刚度,因此梭口内无需导钩约束,对织物品种适应性很好,深受使用者欢迎;但碳纤剑带包绕在传剑轮上需要较大的约束力,运行过程中剑带温度较高,容易出现剑带开裂磨损等问题。为了提高设备性能,研究碳纤剑带包绕在传剑轮上的约束载荷特征,可为剑杆织机的使用提供

更科学的依据,具有较高工程意义。目前有学者研究了引纬机构中传剑轮载荷特性^[1],引纬机构中剑杆及剑带的运动规律^[2-3],引纬机构中剑带润滑导向机构设计^[4],引纬机构的载荷特征^[5-7],剑带在剑箱中的变形^[8],剑带孔加工冲压模具及加工工艺^[9],以及剑带冷却装置^[10],但对于引纬过程中剑带磨损、断裂、损坏原因的探索以及改进措施的研究相对较少。因此课题组通过分析碳纤剑带在传剑轮处的约束特征,研究碳纤剑带所受的约束载荷及其影响因素,针对影响因素提出完善措施,从而提高剑带使用寿命,为剑杆织机的

收稿日期:2021-02-04;修回日期:2021-07-19

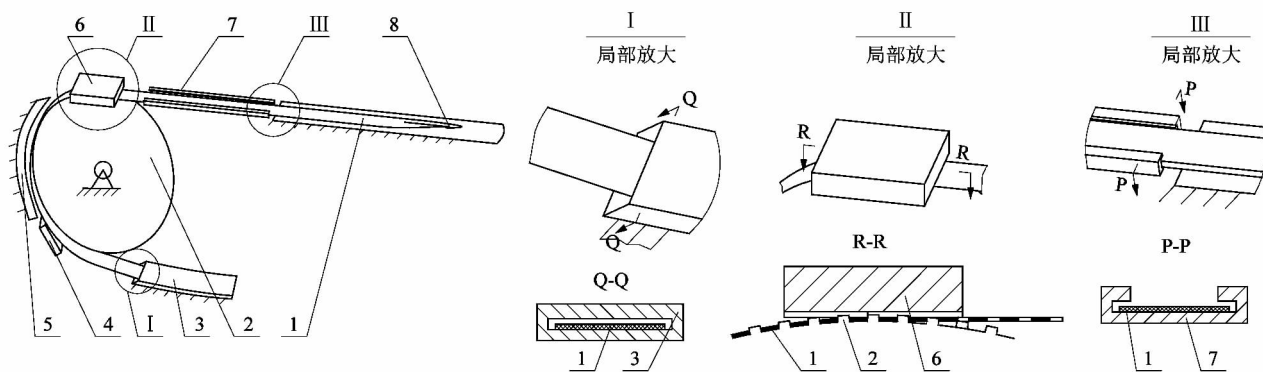
第一作者简介:朱金杰(1995),男,浙江绍兴人,硕士研究生,主要研究方向为织机机械机构学。E-mail:784334641@qq.com

设计和稳定运行提供合理的建议。

1 碳纤剑带的约束特征

碳纤剑带的工作环境如图 1 所示。引纬机构中碳纤剑带 1 在传剑轮 2 的带动下,从剑库 3 中牵引而出(剑带在剑库中被约束只能沿剑库方向运动),在剑带压块 4、剑带压块 6 约束下包绕在传剑轮上,在传剑轮的外部,碳纤剑带由剑库 3 和静导轨 7 约束。工作时,传剑轮顺时针转动,带动碳纤剑带和剑头从剑库出来,

经过传剑轮和静导轨,进入梭口,把纬纱交给右侧剑头;随后,传剑轮逆时针转动,带动碳纤剑带经过静导轨和传剑轮回到剑库,完成了一次引纬工作。在该运动过程中,碳纤剑带在剑库内的长度始终在变化,但总有一部分碳纤剑带留在剑库和静导轨中。剑带在剑带压块 4 和 6 处受到约束力,在约束力的作用下,碳纤剑带实现直线运动与圆弧运动的转变。



1—剑带;2—传剑轮;3—剑库;4—剑带压块;5—剑带护圈;6—剑带压块;7—静导轨;8—剑头。

图 1 剑带约束原理图

Figure 1 Schematic diagram of rapier belt restraint

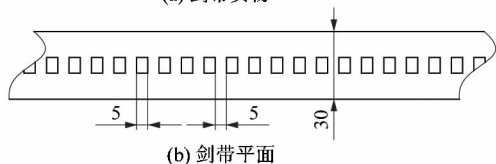
2 碳纤剑带的刚度属性

引纬过程中剑带包覆在传剑轮表面,而碳纤剑带内部均匀分布的方孔与传剑轮齿相互啮合,在传剑轮的驱动下实现引纬功能。碳纤剑带带宽 30 mm,带厚 $t = 1.35$ mm,如图 2 所示。

实验数据通过计算来获得剑带截面抗弯刚度参数 EI 。



(a) 剑带实物



(b) 剑带平面

图 2 碳纤剑带

Figure 2 Carbon fiber rapier belt

2.1 测试刚度属性的理论模型

为研究碳纤剑带约束特征,需获得碳纤剑带刚度属性参数。基于悬臂梁力学模型,测量碳纤剑带刚度属性,如图 3 所示。因碳纤剑带内部质量分布不均匀(见图 2),不宜单独测量弹性模量 E 及惯性矩 I ,可将

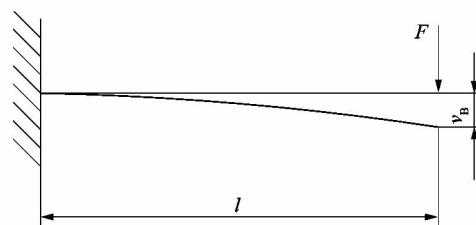


图 3 悬臂梁在集中力作用下的形变

Figure 3 Deformation of cantilever beam under concentrated force

已知挠度 v_B 为

$$v_B = \frac{Fl^3}{3EI} \quad (1)$$

式(1)变换可得截面抗弯刚度参数 EI 为

$$EI = -\frac{Fl^3}{3v_B} \quad (2)$$

2.2 测试刚度属性的实验模型

实验如图 4 所示,通过增减砝码改变集中载荷 F 、移动剑带夹紧位置改变距离 l ,测得挠度值 v_B ,计算获得剑带截面抗弯刚度参数 EI 。

2.3 测试结果

碳纤剑带的截面抗弯刚度如表 1 所示。

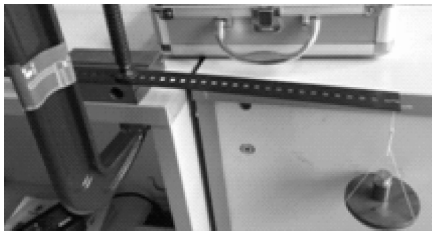


图4 悬臂梁实验测量实物图
Figure 4 Actual picture of cantilever beam experimental measurement

表1 碳纤剑带的截面抗弯刚度 EI
Table 1 Sectional bending stiffness EI of carbon fiber belt

l/mm	F/N	v_B/mm	$EI/(N \cdot m^2)$	l/mm	F/N	v_B/mm	$EI/(N \cdot m^2)$
150	0.980	-4.5	0.245	200	2.940	-31.5	0.249
150	1.960	-8.8	0.250	200	3.920	-38.8	0.269
150	2.940	-13.6	0.243	200	4.900	-50.5	0.259
150	3.920	-17.5	0.252	250	0.196	-4.0	0.255
150	4.900	-21.5	0.256	250	0.490	-10.5	0.243
200	0.980	-10.0	0.261	250	0.980	-20.0	0.255
200	1.960	-21.2	0.246				

综上所述,经数据处理后,剑带截面抗弯刚度 EI 约为 $0.25 N \cdot m^2$ 。

3 碳纤剑带的约束载荷

3.1 剑带静态约束载荷

取包绕在传剑轮上的剑带为研究对象,对剑带进行静态约束载荷分析,如图5所示。

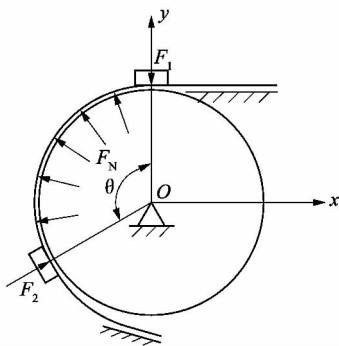
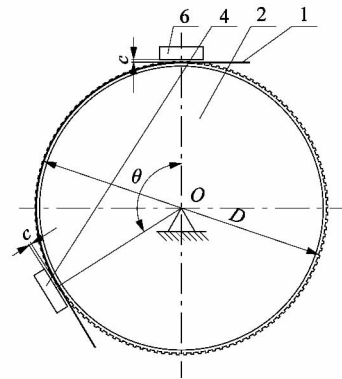


图5 剑带的静力分析
Figure 5 Static analysis of rapier belt

图中: F_1, F_2 为剑带压块对剑带的约束载荷; F_N 为传剑轮各齿对剑带的均布载荷。对剑带包绕传剑轮的约束载荷 F_1 和 F_2 进行分析(由于 $F_1 = F_2$, 下文中均以约束载荷 F 代替),探究影响约束载荷特征的因素。

3.2 约束载荷理论模型

剑带、剑带压块及传剑轮位置关系如图6所示。剑带压块对剑带起约束作用,使剑带包覆在传剑轮上,且剑带压块下表面与剑带上表面存在间隙 c 。



1—剑带;2—传剑轮;4—剑带压块;6—剑带压块。

图6 剑带、剑带压块及传剑轮位置关系
Figure 6 Positional relationship between rapier belt, pressing block and rapier wheel

图6中 D 为传剑轮底径, θ 为剑带对传剑轮的包络角。剑带包绕传剑轮的约束载荷可近似于梁在弯曲力作用下的力学模型,如图7所示。

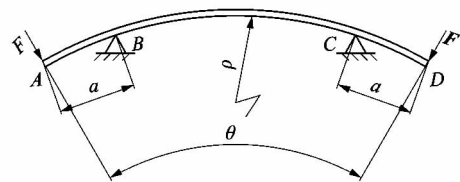


图7 梁在弯曲力作用下的变形示意图
Figure 7 Schematic diagram of beam deformation under bending force

图7中 a 为力臂, ρ 为曲率半径。取图6中剑带压块6处进行剑带弯曲变形分析,剑带包绕传剑轮的约束载荷作用支点可参考图8所示。

在纯弯曲情况下,弯矩与曲率间的关系为

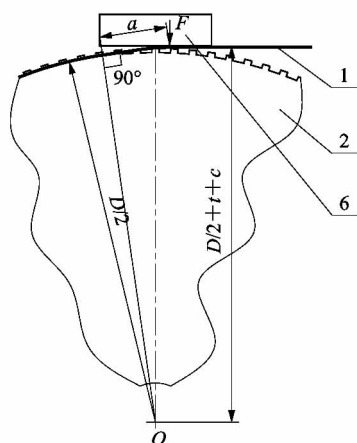
$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI} \quad (3)$$

弯矩与作用载荷关系为

$$M = Fa. \quad (4)$$

将图8简化,得到剑带位置示意如图9所示。

图9中 t 为剑带厚度, c 为剑带压块下表面与剑带上表面间隙。图9可视为剑带在集中力作用下的弯曲变形,剑带下表面 ABC 与传剑轮底径相切,弯曲变形为挠曲线 \widehat{AC} 。端截面转角 θ_p 和最大挠度 w_p 的公式为:



1—剑带;2—传剑轮;6—剑带压块。

图8 剑带约束载荷支点示意图

Figure 8 Schematic diagram of restraint load fulcrum of rapier belt

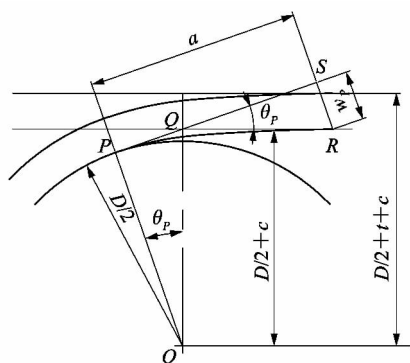


图9 剑带约束载荷支点简图

Figure 9 Rapier belt restraint load fulcrum vector

$$\left. \begin{aligned} \theta_p &= \frac{Fa^2}{2EI}; \\ w_p &= \frac{Fa^3}{3EI} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

由图9可知,线段QS与 w_p 满足

$$w_p = \overline{QS} \tan \theta_p \quad (6)$$

当 θ_p 足够小, $\tan \theta_p \approx \theta_p$, 结合图9和式(5)~(6), 可得力臂 a 为

$$a = 3 \sqrt{\left(\frac{D}{2} + c\right)^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2} = 3 \sqrt{Dc + c^2} \quad (7)$$

联立式(3)~(4)和式(7), 集中约束载荷 F 为

$$F = \frac{EI}{\rho a} = \frac{2EI}{3D \sqrt{Dc + c^2}} \quad (8)$$

3.3 约束载荷实验

根据图7理论模型搭建图10实验平台, 测得各条件下剑带的约束载荷 F 如表2所示。



图10 静态载荷约束实验照片

Figure 10 Photo of static load restraint experiment

表2 实验测得不同条件下对应的约束载荷 F

Table 2 Experimentally measured corresponding restraint load F under different conditions

D/mm	$\theta/(\circ)$	F/N				
		$c = 0.1 \text{ mm}$	$c = 0.2 \text{ mm}$	$c = 0.3 \text{ mm}$	$c = 0.4 \text{ mm}$	$c = 0.5 \text{ mm}$
367.8	127	70.46	50.84	43.45	36.96	34.68
395.5		66.14	44.40	36.60	33.20	29.59
430.0		50.68	38.64	34.60	29.60	26.44
367.8	162	70.10	50.80	42.46	36.70	34.84
395.5		66.24	44.60	37.70	33.36	29.68
430.0		50.62	38.60	34.45	29.80	26.55
367.8	180	70.28	50.94	42.23	36.84	34.96
395.5		65.36	44.82	37.90	33.50	29.80
430.0		50.82	38.64	34.64	29.86	26.53

3.4 实验数据分析

由表2实验数据可知: 改变传剑轮底径 D , 约束载荷 F 随之变化, 底径 D 越大, 约束载荷 F 越小, 初步证明约束载荷 F 与传剑轮底径 D 呈负相关; 改变包络角 θ , 约束载荷 F 无明显变化, 即约束载荷 F 与包络角 θ 无关; 剑带压块与剑带的间隙 c 越大, 约束载荷 F 越小, 即约束载荷 F 与间隙 c 呈负相关。根据式(8)的计算关系, F 与 D 和 c 之间的变化规律如表3所示。

表3 剑带约束载荷 F 随 D, c 改变的理论值

Table 3 Theoretical value of restraint load F of rapier belt changing with D and c

D/mm	F/N				
	$c = 0.1 \text{ mm}$	$c = 0.2 \text{ mm}$	$c = 0.3 \text{ mm}$	$c = 0.4 \text{ mm}$	$c = 0.5 \text{ mm}$
367.8	74.71	52.82	43.12	37.34	33.39
395.5	67.00	47.37	38.67	33.49	29.95
430.0	54.81	41.79	34.11	29.54	26.41

将表2实验数据与表3理论值进行对比, 曲线如图11所示。可知剑带约束载荷实验数据与理论值基本吻合, 验证理论模型正确, 同时也得出结论: 传剑轮

底径 D 、剑带压块下表面与剑带上表面间隙 c 是影响剑带约束载荷的 2 个重要因素。

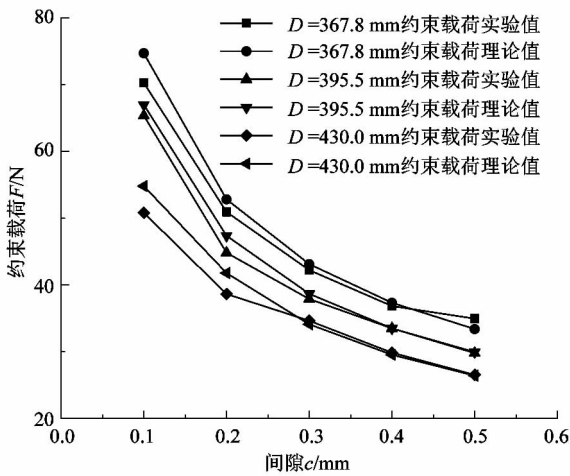


图 11 数据对比

Figure 11 Data comparison

4 结论

课题组针对剑杆织机碳纤剑带包绕传剑轮进行了约束载荷分析,得出影响剑带约束载荷的主要因素:

- 1) 传剑轮底径。底径越大,约束载荷越小。
- 2) 剑带压块与剑带的间隙。间隙越大,约束载荷越小。
- 3) 剑带截面抗弯刚度。刚度越大,约束载荷越大。

根据上述研究结论,课题组提出减小剑带约束载荷的措施:

- 1) 在设计时尽可能增大传剑轮底径;

2) 在设计和使用时,严格控制剑带压块与剑带的间隙;

- 3) 条件许可时降低剑带截面抗弯刚度。

约束载荷减小,摩擦因数不变情况下,剑带所受摩擦力减小。因此剑带在高速运动过程中摩擦产生的温升降低,剑带受热开裂分层情况得到改善,从而提高剑带的使用寿命。

参考文献:

- [1] 杨胜皎,周香琴,王琴龙. 剑杆织机传剑轮载荷特性分析[J]. 浙江理工大学学报(自然科学版),2017,37(1):42.
- [2] EREN R,ERTURK M,HASCELİK B. Kinematic design and motion analysis of spatial rapier drive mechanisms used in weaving machines [J]. Textile Research Journal,2014,84(19):2065-2073.
- [3] 周香琴,张雷. 剑杆织机空间连杆引纬机构载荷特性研究[J]. 中国机械工程,2013,24(14):1881-1885.
- [4] 张争取. 高速剑杆织机剑杆带新型润滑导向机构[J]. 纺织器材,2012,39(4):37.
- [5] 胡浙科,周香琴. 基于 Pro/E 的开口机构惯性载荷特性研究[J]. 浙江理工大学学报,2013,30(5):723.
- [6] 邓威进,周香琴. 基于 Pro/E 的织机打纬系统载荷特性研究[J]. 机电工程,2014,31(3):320.
- [7] 江浙,周香琴,王琴龙. 球面 4R 引纬机构运动及载荷特性研究[J]. 机电工程,2015,32(10):1325.
- [8] 吴祚常. 挠性剑带在剑箱中的变形[J]. 中国纺织大学学报,1990,16(2):128.
- [9] 弓海滨,李艳春. 高速剑带孔加工冲压模具及加工工艺研究[J]. 知识经济,2013(12):81.
- [10] 董明. 一种剑杆织机剑带冷却装置的设计[J]. 化纤与纺织技术,2014,43(2):26.

www.QCtester.com
 因为专业,所以权威
 因为用心,所以收获更多

扫一扫 加入我们