

DOI: 10.3969/j.issn.1671-024x.2024.04.013

受限空间下打纬机构力矩平衡分析及其调控策略

袁汝旺^{1,2}, 艾明^{1,2}

(1. 天津工业大学 机械工程学院, 天津 300387; 2. 天津工业大学 天津市现代机电装备重点实验室, 天津 300387)

摘要: 针对打纬机构惯性打纬力与打纬阻力不平衡造成的不利影响, 建立打纬机构的力学模型, 以四连杆打纬机构为例, 确定打纬机构结构方向的调节方法, 考虑空间受限情况进行定量仿真分析, 对比分析不同调节方案对驱动力矩和输出力矩的影响, 并分析不同杆长设计参数带来的运动特性。仿真结果表明: 通过增设平衡构件和改变杆长比例可以有效地调控惯性打纬力; 当打纬力不足时, 转动惯量与角加速度后打纬力矩分别提升了约 14.5% 与 3%, 共同调节提升约 17.8%; 当打纬力过大时, 通过尺度调节后力矩降低了约 7.6%; 转动惯量和角加速度是惯性打纬力的主要控制变量, 通过调节这两个变量可满足不同条件下的织造工艺需求, 并为打纬机构尺度及结构设计提供理论参考。

关键词: 惯性打纬力; 转动惯量; 角加速度; 驱动力矩; 四连杆打纬机构

中图分类号: TS103.12

文献标志码: A

文章编号: 1671-024X(2024)04-0082-07

Analysis of moment balance in beating-up mechanism and its regulation strategies under restricted space

YUAN Ruwang^{1,2}, AI Ming^{1,2}

(1. School of Mechanical Engineering, Tiangong University, Tianjin 300387, China; 2. Tianjin Key Laboratory of Advanced Mechatronics Equipment Technology, Tiangong University, Tianjin 300387, China)

Abstract: In order to deal with the adverse effects caused by the imbalance of inertia beating force and beating resistance of beating-up mechanism, the mechanical model of beating-up mechanism is established, and the adjustment method for the structural direction of beating-up mechanism is determined by taking the four-link beating-up mechanism as an example, and the quantitative simulation analysis is carried out under the consideration of space limitation. Comparative analysis is conducted on the effects of different adjustment schemes on driving torque and output torque, and the motion characteristics brought about by different rod length design parameters are analyzed. The simulation results show that the inertia beating-up force can be effectively regulated by adding balancing members and changing the rod length ratio. When the beating-up force is insufficient, the beating torque is increased by about 14.5% and 3% after rotational inertia and scale adjustment respectively, and increased by about 17.8% after joint adjustment. When the beating-up force is too large, the torque is reduced by about 7.6% after scale adjustment. The rotational inertia and angular acceleration are the main control variables of the inertia beating force, which can be adjusted to meet the requirements of weaving process under different conditions, and provide theoretical reference for the scale and structure design of the beating-up mechanism.

Key words: inertia beating-up force; rotational of inertia; angular acceleration; driving moment; four-link beating-up mechanism

织机中的打纬机构负责将纬纱打进织口, 与经纱交织形成织物^[1], 是织机中的重要组成部分。无梭织机打纬机构主要采用四连杆式、六连杆式和共轭凸轮式这 3 种打纬形式^[2-4], 其中四连杆式打纬因具有结构简

单、生产成本低等优点而被广泛使用。近年来织造产业高速发展^[5-6], 提高织造效率以及增大打纬力通常被作为打纬研究的两大目标^[7-8]。

打纬机构的惯性打纬力关系织物的品质及织机

收稿日期: 2022-08-06

基金项目: 天津市自然科学基金资助项目(18JCYBJC20200); 中国纺织工业联合会应用基础研究项目(J202003)

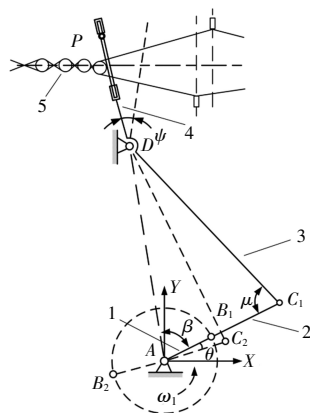
通信作者: 袁汝旺(1979—), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向为纺织机械设计与机构学。E-mail: yuanruwang@tiangong.edu.cn

的动态特性:如果打纬力小于打纬阻力,织物将无法被打紧,得不到理论纬密;如果打纬力过大,不仅增加断头风险,而且增大主轴及摆轴回转的不均匀性与磨损,限制速度的提升^[9]。由于现有打纬机构的结构基本固定,箱体空间受到限制,织造不同织物时,打纬力与打纬阻力间的耦合难以达到理想状态^[10]。因此,打纬机构根据工况提供合适的惯性打纬力仍为一个亟需解决的问题。邱海飞等^[11]通过改变钢筘材料属性来改变钢筘系统的自重,以此控制惯性打纬力,并进行了动态特性分析。邓威进等^[12]分析了打纬机构各构件的转动惯量分布规律以及钢筘系统的最大打纬阻力,得到了最佳打纬区以及可克服打纬阻力范围。毛莹等^[13]提出摇轴配重结合冗余伺服电机法,对惯性打纬产生的振动力与振动力矩进行了平衡优化。近年来对于打纬机构减震降噪与提速的应用主要有:海佳等公司^[14-15]采用实心打纬轴上安装配重块,改变钢扣系统的整体质心向轴心偏移,达到平衡减振效果;津田驹等公司^[16-18]先后使用中空支撑型分段式的摇轴,在分割后的摇轴间加装凹型平衡轴,与通轴配重相比控制了摇轴的质量,而复杂的结构对织造和装配精度有更高的要求^[19]。

本文从钢筘系统的力矩平衡出发,考虑到实际应用中箱体空间受限的情况下,基于打纬机构的结构设计,通过调节钢筘系统的转动惯量和运动特性,优化机构的惯性打纬力,以期打纬机构的减振降噪及高速化研究提供理论参考。

1 工作原理

四连杆打纬机构如图 1 所示。



注:1. 曲柄;2. 牵手;3. 摇杆;4. 钢筘系统;5. 织物。

图 1 四连杆打纬机构示意

Fig.1 Schematic diagram of four-link weft beating-up mechanism

图 1 中,通过曲柄 1 以角速度 ω_1 匀速转动带动摇

杆及钢筘系统实现往复摆动。当筘到达 P 点处,即前死心位置,将纱线打入织口完成惯性打纬。

打纬过程可分为纬纱输送和打纬脉冲 2 个阶段,如图 2 所示。图 2 中,当钢筘从后死心位置 E_1 摆动到 E_2 处时开始输送引入的纬纱,至织口附近 E_3 处时到达织口,纱线间屈曲加剧,打纬阻力开始急剧上升,自此打纬过程进入打纬脉冲阶段,直到钢筘摆动到前心位置 E_4 处,打纬过程结束。

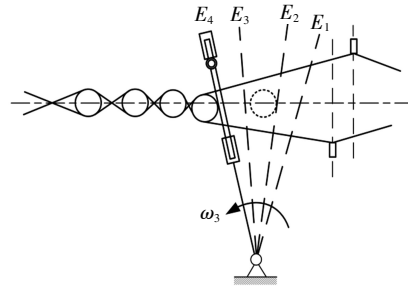


图 2 打纬过程示意

Fig.2 Schematic diagram of beating-up process

2 打纬机构动力学建模

2.1 钢筘系统力矩平衡分析

假设在打纬脉冲阶段,忽略钢筘系统重力、摩擦等因素,钢筘系统所受力矩如下:由摇杆驱动的输出力矩 M_3 ;由打纬阻力 F_R 产生的阻力矩 M_R 。打纬脉冲阶段中钢筘向前心和后心两位置摆动时的受力分析图,如图 3 所示。

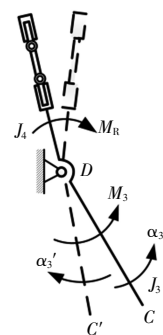


图 3 钢筘系统受力分析

Fig.3 Force analysis of reed system

钢筘系统的力矩平衡方程为:

$$M_3 + (J_3 + J_4)\alpha_3 - M_R = 0 \tag{1}$$

式中: J_3 为摇杆的转动惯量; J_4 为钢筘系统的转动惯量; α_3 为摇杆或钢筘系统的角加速度。由此得到输出力矩 M_3 的表达式为:

$$M_3 = M_R - (J_3 + J_4)\alpha_3 \tag{2}$$

由式(2)可知,打纬阻力矩与惯性力矩的平衡主

要与 $J_4 \cdot \alpha_3$ 的乘积有关,在打纬脉冲阶段,当钢筘由后心摆至前心时:

- ① 若 $M_3 = 0$, 此时钢筘刚好完成惯性打纬;
- ② 若 $M_3 < 0$, 多余的惯性力会加剧打纬机构的负面影响;
- ③ 若 $M_3 > 0$, 惯性力不足无法打紧纬纱, 电机需要提供额外的驱动力来克服打纬阻力矩。

图4为打纬脉冲阶段示意图。假设曲轴转到 $\beta - \delta/2$ 时进入打纬脉冲, 至 $\beta + \delta/2$ 时结束, 钢筘在此阶段摆过的角度为 φ_0 。

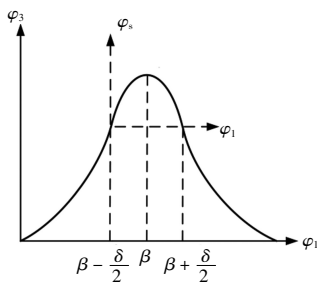


图4 打纬脉冲阶段示意
Fig.4 Schematic diagram of beating pulse stage

打纬阻力矩曲线如图5所示, 可近似用正弦分段函数表示为:

$$\text{当 } \beta - \frac{\delta}{2} \leq \varphi \leq \beta + \frac{\delta}{2} \text{ 时,}$$

$$M_R = M_0 \sin \frac{\pi(\varphi - \beta + \delta/2)}{\delta} \quad (3)$$

$$\text{当 } \varphi < \beta - \frac{\delta}{2} \text{ 或 } \varphi > \beta + \frac{\delta}{2} \text{ 时}$$

$$M_R = 0 \quad (4)$$

式中: M_0 为最大阻力矩; δ 为打纬脉冲阶段曲柄角的位移; β 为钢筘处于前心位置时, 曲柄与 A 、 D 连线的夹角。

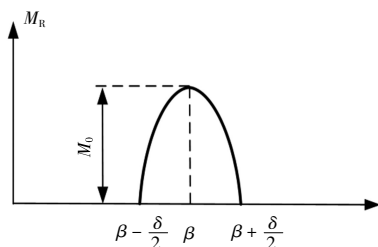


图5 打纬阻力矩曲线
Fig.5 Curve of weft resistance torque

2.2 打纬机构驱动力矩计算

四连杆打纬机构满足第二类拉格朗日方程的适用条件, 该打纬系统的动力学方程为:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial E_k}{\partial \dot{q}} \right) - \frac{\partial E_k}{\partial q} + \frac{\partial E_p}{\partial q} = M_e \quad (5)$$

式中: E_k 为系统的动能; E_p 为系统的势能; M_e 系统为广义力矩; q 为广义坐标。

该打纬系统的动能之和为:

$$E_k = \frac{1}{2} J_e \dot{q}^2 \quad (6)$$

式中: J_e 为打纬系统的等效转动惯量。

取曲柄角位移为广义坐标, 将整个系统的惯性折算到曲柄上, 并将连杆转动惯量集中等效在 B 和 C 两处铰链, 其等效转动惯量 J_e 为:

$$J_e = \frac{1}{2} (J_{1e} \omega_1^2 + J_{3e} \omega_3^2 + J_4 \omega_3^2) \quad (7)$$

式中: J_{1e} 、 J_{3e} 、 J_4 为图1中打纬系统各构件等效转动惯量。

忽略势能的影响, 将整个系统的力矩折算到曲轴上, 可得到该系统广义力矩 M_e 的表达式:

$$M_e = J_e \alpha_1 + \frac{1}{2} \frac{dJ_e}{d\varphi_1} \omega_1^2 + M_R \frac{\omega_3}{\omega_1} \quad (8)$$

其中, $\alpha_1 = 0$, 将式(7)展开, 则 M_d 表示为:

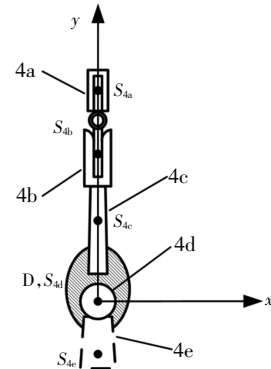
$$M_d = M_e = \frac{1}{\omega_1} (J_{3e} \omega_3 \alpha_3 + J_4 \omega_3 \alpha_3) + M_R \frac{\omega_3}{\omega_1} \quad (9)$$

综上所述, 驱动力矩的主要影响因素与钢筘系统的结构和运动特性有关, 当 M_R 一定时, ω_3 、 α_3 、 J_4 与 M_d 均呈正相关关系。

3 输出力矩的调控策略

3.1 转动惯量调节

钢筘系统4由钢筘、筘座、筘座脚、摇轴和配置构件等多个构件组成, 如图6所示。



注: 4a 为钢筘; 4b 为筘座; 4c 为筘座脚; 4d 为摇轴; 4e 为配置构件。

图6 钢筘系统示意

Fig.6 Schematic diagram of reed system

假设钢筘系统中各构件的材料相同且质量连续分布, 其转动惯量可表示为:

$$J_4 = \sum_{i=a}^e (J_{S_{4i}} + m_{4i} r_{4i}^2) \quad (10)$$

式中: $i = a, b, c, d, e$; $J_{S_{4i}}$ 为各构件绕其质心的转动惯量; m_{4i} 为各构件质量; r_{4i} 为各构件偏心距。

钢筘系统转动惯量的大小与各构件质量和质心位置有关。在实际工况中,其调控方式可通过增设平衡构件以及改变轴的结构来实现,配置构件 4e 的模型如图 7 所示。

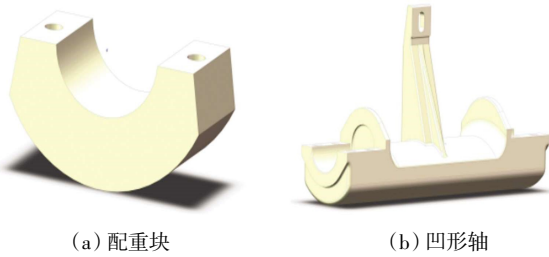


图 7 配置构件模型

Fig.7 Model of configuration components

(1) 采用(a)类配置时,配重块通过与摇轴抱合的方式放置在反筘侧,配置后的 J_4 增大,惯性打纬力上升。

(2) 采用(b)类配置时,将摇轴沿轴向分割为多段摇轴,在反筘侧用凹形轴间隔替代断轴。分段的摇轴降低了 m_{4i} ,使钢筘系统可以在不增加质量(m_4)的情况下降低偏心矩(r_4),配置后的 J_4 增大,使惯性打纬力上升。

离心力的表达式为:

$$F_4 = m_4 \omega_3^2 r_4 \quad (11)$$

由式(11)可知,在一定空间下配置构件的质量距 $m_{4e} r_{4e}$ 越大,对离心力的影响越小,而在实际应用中考虑到箱体空间以及机器负载的影响, r_4 往往不能降至 0。

3.2 角加速度调节

当钢筘摆角与主轴转速一定时,筘的角加速度大小与各杆长比例相关^[20]。如图 1 所示,在曲柄摇杆机构设计过程中,将前心角 β 作为独立的设计参数,当钢筘运动至前心时, β 可表示为:

$$\beta = \arccos \frac{(l_1 + l_2)^2 + l_4^2 - l_3^2}{2(l_1 + l_2)l_4} \quad (12)$$

改变 l_4 的大小不会影响打纬机构的运动规律,只需求得各杆件的相对长度即可。经推导,曲柄的相对长度为:

$$\frac{l_1}{l_4} = -\frac{\sin(\psi/2)\cos(\phi/2 + \beta)}{\sin[(\phi - \psi)/2]} \quad (13)$$

式中: $\phi = \pi - \theta$; θ 为极位夹角。

连杆的相对长度为:

$$\frac{l_2}{l_4} = \frac{\sin(\psi/2)\sin(\phi/2 + \beta)}{\cos[(\phi - \psi)/2]} \quad (14)$$

摇杆的相对长度为:

$$\frac{l_3}{l_4} = \sqrt{\frac{(l_1 + l_2)^2 - 2l_4(l_1 + l_4)\cos\beta}{l_4^2} + 1} \quad (15)$$

传动角 μ 通常作为机构可行性的一个重要参考,其值可表示为:

$$\mu = \arccos \frac{l_2^2 + l_3^2 - e^2}{2l_2l_3} \quad (16)$$

其中, e 的长度为

$$e = l_1^2 + l_4^2 - 2l_1l_4 \cos\varphi \quad (17)$$

如图 1 所示,当曲柄 AB 运动到与机架 AD 共线时, μ 出现最小值: $\mu_{\min} = [\mu_1, \mu_2]_{\min}$ 。其中, μ_1 指在一个周期内曲柄与机架第一次共线时的 μ 值; μ_2 为第二次共线的 μ 值。

4 仿真分析

4.1 打纬机构的尺度要求

为了验证本文调控方法的有效性,采用了 Matlab 软件进行了仿真,表 1 给出喷水织机打纬机构已知设计参数和尺度要求作为仿真参数,为满足打纬工艺需求,打纬机构设计过程要兼顾空间限制、传力性能以及引纬等工艺需求。由于曲轴和连接连杆的连杆销具有一定直径,为设计合理曲柄和牵手的长度应大于等于其许用值: $l_1 \geq [l_1]_{\min}, l_2 \geq [l_2]_{\min}$; 墙板和钢筘系统箱体空间限制,牵手长度和图 7 中钢筘系统配置构件的质心应小于等于其许用值: $l_1 \leq [l_1]_{\max}, r_{4e} \leq [r_{4e}]_{\min}$ 。

表 1 给定的机构参数

Tab.1 Given parameters of mechanism

参数	数值	参数	数值
l_1/m	0.031	$\delta/(\circ)$	29.80
l_2/m	0.065	$\varphi_s/(\circ)$	1.02
l_3/m	0.155	$\mu_{\min}/(\circ)$	57.30
l_4/m	0.167	m_{4e}/kg	12.40
$\psi/(\circ)$	23.080	$[r_{4e}]_{\min}/m$	0.08
r_4/m	0.045	$[l_1]_{\min}/m$	0.03
m_4/kg	56.800	$[l_2]_{\max}/m$	0.85
$J_4/(kg \cdot m^2)$	0.620	$[l_2]_{\min}/m$	0.06

注: μ_{\min} 为最小传动角; θ_i 为各杆件质心与杆的夹角; ψ 为钢筘最大摆角。

4.2 偏心距与转动惯量分析

图 8、图 9 为 m_{4e} 相同条件下,随着 r_{4e} 增大, r_4 与 J_4 的变化曲线。

由图 8 可知,由于(a)类配置中 m_4 较大,则 r_4 的初值较大,变化率更大,当 r_{4e} 为 0.13 m 时,两类配置构件皆使钢筘系统达到完全平衡,此时钢筘系统偏心距降至零,离心力为零。由图 9 可知,随着 r_{4e} 增大, J_4

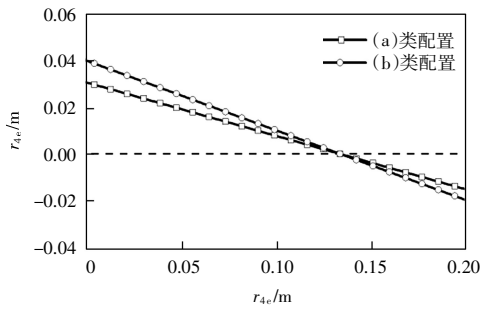


图 8 配置后 r_4 的变化曲线

Fig.8 The change curve of r_4 after configuration

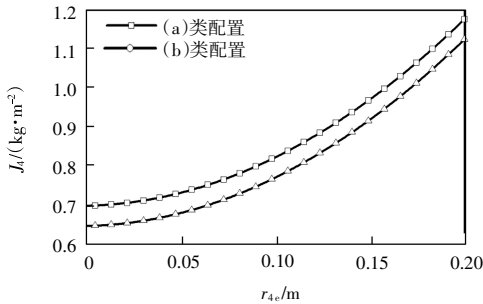


图 9 配置后 J_4 的变化曲线

Fig.9 The change curve of J_4 after configuration

增长率逐渐增大,由于(a)、(b)配置中摇轴转动惯量不同, J_4 始终具有一定差值,在一定空间范围内,当配置构件 m_{4e} 与 r_{4e} 一定时,(a)类配置后的 m_4 较大, r_4 较小,对 J_4 和驱动力矩的影响也更大。

4.3 相对杆长与传动角分析

过大的 θ 值会导致机构的传动效率变差,以及钢筘角位移的不对称性变大,故极位夹角不应取得过大,即区间为 $\theta = -2^\circ \sim 2^\circ$ 。表 2 所示为当 θ 值为 $-2^\circ, 0^\circ, 2^\circ$ 时,不同 β 值的短牵手 ($\lambda < 3$) 打纬机构的相对杆长比例和传动角数值情况。由表 2 可知,当 θ 值一定时,随着 β 值的增加, μ_{\min} 增大, l_1/l_4 和 l_3/l_4 增大,而 l_2/l_4 和 牵手比减小。由此可知,过大的 β 值会使曲柄与摇杆杆长尺寸过大、连杆空间占有率不足,导致传动效率降低。

4.4 机构的运动特性分析

图 10 所示为无急回特性的打纬机构运动规律曲线。

由图 10 可见,随着 β 值增大,钢筘角速度的幅值增大,峰值变大且向前心方向偏移;在前心时刻的角加速度峰值变大,不均匀性增大。

因此,在工况复杂、织造厚重织物时可将极位夹角取为 0° ,在满足杆长和传动效率条件后, β 取较大值,可有效增大前心时刻的角加速度,增大最大打纬阻力,以满足力矩最优;而以织造轻薄织物、高速为目的的时可将 β 与 θ 同取较小值,以此提高织机的稳定性。

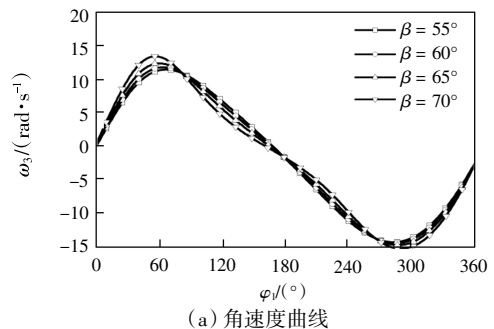
4.5 打纬机构的参数优化设计

针对打纬机构的提速与稳定性要求,考虑传力性

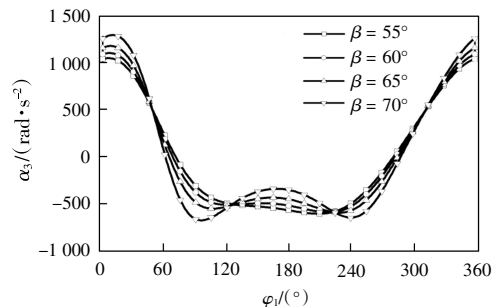
表 2 不同设计参数的杆长比率

Tab.2 Rod length ratios of different design parameters

设计参数	传动角		相对杆长比			牵手比 λ	
	$\theta/(^\circ)$	$\beta/(^\circ)$	$\mu_{\min}/(^\circ)$	l_1/l_4	l_2/l_4		l_3/l_4
-2		60	65.02	0.178	0.530	0.891	2.98
		62	63.69	0.181	0.497	0.907	2.74
		64	62.05	0.184	0.462	0.922	2.51
		66	60.03	0.187	0.427	0.936	2.28
		68	57.50	0.190	0.392	0.950	2.06
		70	54.25	0.192	0.356	0.962	1.85
0		60	65.02	0.178	0.530	0.891	2.98
		62	63.69	0.181	0.497	0.907	2.74
		64	62.05	0.184	0.462	0.922	2.51
		66	60.03	0.187	0.427	0.936	2.28
		68	57.50	0.190	0.392	0.950	2.06
		70	54.25	0.192	0.356	0.962	1.85
2		60	65.02	0.178	0.530	0.891	2.98
		62	63.69	0.181	0.497	0.907	2.74
		64	62.05	0.184	0.462	0.922	2.51
		66	60.03	0.187	0.427	0.936	2.28
		68	57.50	0.190	0.392	0.950	2.06
		70	54.25	0.192	0.356	0.962	1.85



(a) 角速度曲线



(b) 角加速度曲线

图 10 不同 β 值的钢筘运动规律

Fig.10 Motion law of reed for different β values

能、结构尺寸、运动规律等因素,对机构参数进行优化,得到 3 组优化结果,如表 3 所示。

在前心时刻 $M_3 > 0$ 、 $M_3 < 0$ 以及 $M_3 = 0$ 这三种情况下,分别调节 J 与 α 的设计参数,为效果明显配置构件采用(a)类配重块,当 $M_0 = 745$ 时, $M_3 = 0$,在前心位置惯性力矩与阻力矩达到平衡,此组为对照组,未做任

表 3 调节后的机构参数

Tab. 3 Parameters of mechanism after optimization

参数	$M_3 < 0$	$M_3 > 0$	$M_3 = 0$
l_1/m	0.030	0.032	0.031
l_2/m	0.084	0.062	0.065
l_2/m	0.151	0.158	0.155
r_4/m	0.020	0.040	0.040
$J_4/(kg \cdot m^2)$	0.620	0.710	0.620
$\mu_{min}/(^\circ)$	64.400	57.230	57.230
M_0	600	800	745
$\theta/(^\circ)$	-2	0	2.020
$\beta/(^\circ)$	61.040	68.300	65.980
m_{4c}/kg	0	12.400	0
r_{4c}/m	0	0.080	0

何调节,计算过程中忽略杆长改变时曲轴、牵手和摇杆的质量变化以及质心位置对结果产生的影响。

加速度调节曲线如图 11 所示,当 $M_3 < 0$ 时 α 峰值降低了 5%,幅值降低了 9%,在后心处较为平缓,且对称性较好;当 $M_3 > 0$ 时,其峰值增加了约 3%。

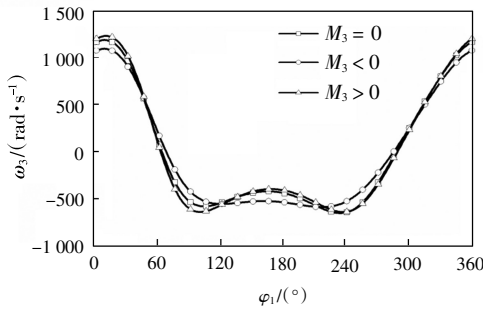


图 11 调节前后钢筘角加速度曲线

Fig.11 Angular acceleration curve of reed before and after adjustment

调节前后钢筘输出力矩对比曲线和驱动力矩对比曲线如图 12、图 13 所示。在打纬脉冲阶段,钢筘摆动同时对输出力矩与驱动力矩作用效果不同:在钢筘由前心向后心摆动时打纬阻力矩做正功,钢筘由后心向前心摆动时打纬阻力矩做负功。

由图 12 可知,当筘由后死心向前死心摆动时,当 $M_3 < 0$,经加速度调节后打纬力矩降低了约 7.6%,使前心处的 M_3 从 $-135 \text{ N}\cdot\text{m}$ 提升至 $-79 \text{ N}\cdot\text{m}$;当 $M_3 > 0$,转动惯量与加速度调节后打纬力矩分别提升了约 14.5% 与 3%,在仅 J 调节、仅 α 调节、二者共同调节下,使前心处惯性力矩 M_3 从调节前的 $64 \text{ N}\cdot\text{m}$ 分别降低至 $-41 \text{ N}\cdot\text{m}$ 、 $-43 \text{ N}\cdot\text{m}$ 、 $-66 \text{ N}\cdot\text{m}$ 。

由图 13 可知,当前心时刻 $M_3 < 0$ 时,由于调节后的角加速度峰值的降低,驱动力矩峰值降低约 13%;当前心时刻 $M_3 > 0$ 时,在仅 J 调节、仅 α 调节、二者共同调节下, M_3 峰值上升 19%、7%、23%。其数值可见共同调节对结果影响较为明显。

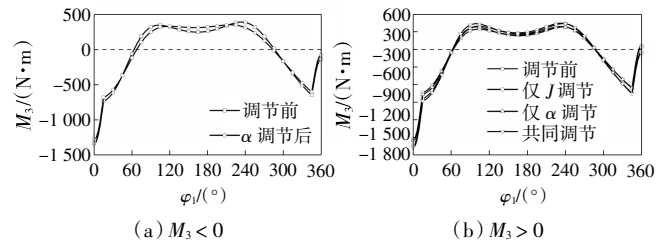


图 12 钢筘输出力矩对比曲线

Fig. 12 Comparison curve of reed output moment

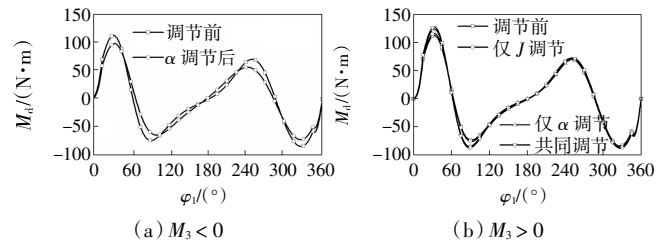


图 13 驱动力矩对比曲线

Fig.13 Comparison curve of driving moment

5 结论

(1) 建立钢筘系统的力矩平衡方程,引出影响输出力矩的 2 个主要参数,确定了配置附加构件和调节杆长比例的调控方法,在空间限定的实际情况下对两参数进行调节;基于拉格朗日方程求解打纬机构的驱动力矩,分析各调控方法对输出力矩与驱动力矩的影响状况,通过文中仿真验证,调节后的打纬机构对输出力矩和驱动力矩皆有不同程度的影响,验证了本文调控策略的可行性,说明其是提高织机性能行之有效的措施。

(2) 在加速度调控方法中,设计参数 β 值较大的打纬机构具有更高的前心角加速度,有利于增加惯性打纬力,适合复杂工况织造厚重织物;适当降低 β 值和 θ 值有助于减少相对曲轴和相对牵手长度以及后心处加速度的波动。调控过程中可通过对两角度调节获得需要的打纬性能,以满足不同的打纬工艺需求。

(3) 在转动惯量的调控方法中,采用配重块配置转动惯量更大,能够更有效地提升惯性力的同时对驱动力矩的影响也较大;凹形轴配置后的钢筘系统质量较低,偏心距较低,对离心力影响较小。

参考文献:

[1] NEJE G, BEHERA B. Geometrical modeling of 3D woven spacer fabrics as reinforcement for lightweight sandwich composites [J]. The Journal of the Textile Institute, 2019, 110(5): 732-739.
 [2] EREN R, AYDEMIR A. An approach to kinematic design of four-bar sley drive mechanisms in weaving[J]. The Journal of

- the Textile Institute, 2004, 95(1/2/3/4/5/6): 193-205.
- [3] EREN R, AYDEMIR A. Kinematic design method for six-bar linkage sley drive mechanisms in weaving[J]. Indian Journal of Fiber & Textile Research, 2005, 30(3): 243-251.
- [4] TANG X M. Calculation algorithm for kinematics accuracy reliability of conjugate cams beating-up mechanism[J]. Journal of Information and Computational Science, 2014, 11(18): 6787-6793.
- [5] MOUNTASIR A, HOFFMANN G, CHERIF C. Development of multilayered woven panels with integrated stiffeners in the transverse and longitudinal directions for thermoplastic lightweight applications[J]. Textile Research Journal, 2013, 83(14): 1532-1540.
- [6] ISHMAEL N, FERNANDO A, ANDREW S, et al. Textile technologies for the manufacture of three-dimensional textile preforms[J]. Research Journal of Textile and Apparel, 2017, 21(4): 342-362.
- [7] 徐昊月, 孙志宏. 一种立体织机平行打纬机构的设计与优化[J]. 东华大学学报(自然科学版), 2020, 46(2): 304-307, 327.
XU H Y, SUN Z H. Design and optimization of the parallel beating-up mechanism for looms[J]. Journal of Donghua University(Natural Science), 2020, 46(2): 304-307, 327(in Chinese).
- [8] 邱海飞. 高速打纬共轭凸轮理论廓线反求实现[J]. 机械强度, 2021, 43(4): 1002-1006.
QIU H F. Reverse realization of pitch curve on conjugate cam with high speed beating-up[J]. Journal of Mechanical Strength, 2021, 43(4): 1002-1006(in Chinese).
- [9] 王联晓. 打纬的理论研究[J]. 陕西纺织, 1993(3): 46-50.
WANG X L. Theoretical study of weft beating[J]. Journal of Shanxi Textile, 1993(3): 46-50.
- [10] 吴强, 李佳, 陈革. 立体织造打纬阻力的计算[J]. 东华大学学报(自然科学版), 2013, 39(5): 614-617.
WU Q, LI J, CHEN G. Computing on the beating-up force of 3D weaving[J]. Journal of Donghua University(Natural Science), 2013, 39(5): 614-617(in Chinese).
- [11] 邱海飞. 基于 ADAMS 的四连杆打纬机构动态设计与仿真[J]. 机械传动, 2011, 35(7): 52-55.
QIU H F. The dynamic design and simulation of 4-bar beating-up mechanism based on ADAMS[J]. Journal of Mechanical Transmission, 2011, 35(7): 52-55(in Chinese).
- [12] 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): 320-324.
DENG W J, ZHOU X Q. Beating-up mechanism in rapier loom based on Pro/E loading characteristic[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2014, 31(3): 320-324(in Chinese).
- [13] SUN Z H, JIANG C Y, et al. Dynamic balancing optimization of rigid beating-up mechanism on the water-jet loom based on the partial redundant servo motor method[J]. Journal of Donghua University(Natural Science), 2016, 42(6): 889-893(in Chinese).
- [14] 李勇, 王安俭, 吕兴尉. 用于纺织机械上实心打纬轴的配重装置: CN202989444U[P]. 2013-06-12.
LI Y, WANG A J, LYU X W. Counterweight device for solid weft beating shafts on textile machines: CN202989444U [P]. 2013-06-12(in Chinese).
- [15] 周荣华, 张勤英, 居雪华, 等. 一种喷水织机的打纬结构: CN216404669U[P]. 2022-04-29.
ZHOU R H, ZHANG Q Y, JU X H, et al. A beating-up structure of water jet loom: CN216404669U [P]. 2022-04-29(in Chinese).
- [16] 名木启一, 山岸大吾, 田村公一, 等. 织机的打纬装置: CN114481417A[P]. 2022-05-13.
KEIICHI N, DAIGO Y, KOICHI T, et al. Weft beating device of loom: CN114481417A [P]. 2022-05-13(in Chinese).
- [17] 冯文成, 张智帆, 高玉刚. 一种喷水织机平衡打纬装置: CN211897271U[P]. 2020-11-10.
FENG W C, ZHANG Z F, GAO Y G. A kind of balanced weft beating device for water jet loom: CN211897271U [P]. 2020-11-10(in Chinese).
- [18] 南谷德生, 名木启一. 织机的打纬装置: CN1702212B[P]. 2010-09-22.
NAMIYA D, KEIICHI N. Weft beating device of loom: CN1702212B [P]. 2010-09-22(in Chinese).
- [19] 董少伟, 张建民, 袁伟, 等. 喷气织机分段式打纬机构与通轴打纬机构对比分析[J]. 纺织器材, 2021, 48(2): 12-14, 35.
DONG S W, ZHANG J M, YUAN W, et al. Comparison and analysis of sectional beating-up mechanism and shaft beating-up mechanism of air-jet loom[J]. Textile Accessories, 2021, 48(2): 12-14, 35(in Chinese).
- [20] 华大年, 唐之伟. 机构分析与设计[M]. 北京: 纺织工业出版社, 1985: 92-100.
HUA D N, TANG Z W. Mechanism Analysis and Design[M]. Beijing: Textile Industry Press, 1985: 92-100(in Chinese).

本文引文格式:

- 袁汝旺, 艾明. 受限空间下打纬机构力矩平衡分析及其调控策略[J]. 天津工业大学学报, 2024, 43(4): 82-88.
YUAN R W, AI M. Analysis of moment balance in beating-up mechanism and its regulation strategies under restricted space[J]. Journal of Tiangong University, 2024, 43(4): 82-88(in Chinese).