

共轭凸轮引纬机构设计

俞成涛¹, 曹清林¹, 洪流², 宋威¹, 王华强³, 黄欢³, 姚忆³

[1.江苏理工学院, 江苏 常州 213001; 2.虹光精密工业(苏州)有限公司, 江苏 苏州 215021]

(3.江苏润源控股集团有限公司, 江苏 常州 213131)

摘要: 为了开发剑杆织机的引纬运动装置,对织机的引纬类型进行了研究。针对共轭凸轮引纬机构,分析了引纬机构中剑头的运动规律,得到剑头相对于共轭凸轮运动要求为具有两次停歇的往复摆动;根据摆角变化特点,建立了平面四连杆机构的图解法模型,给出了设计平面四连杆机构的方法和步骤;再结合剑杆加速度运动规律,通过 MATLAB 编程软件求解得到共轭凸轮工作轮廓线;最终,得到引纬机构的所有尺度。

关键词: 剑杆织机; 引纬机构; 连杆机构; 共轭凸轮

中图分类号: TS103.134.7

文献标识码: B

文章编号: 1001-2044(2018)10-0013-03

Design of conjugate cam weft insertion mechanism

YU Chengtao¹, Cao Qinglin¹, Hong Liu², SONG Wei¹, WANG Huaqiang³, HUANG Huan³, YAO Yi³

(1.Jiangsu University of Technology, Changzhou 213001, China)

(2.Avision Precision Industry (Suzhou) Co., Ltd., Suzhou 215021, China)

(3.Jiangsu Runyuan Holding Group Co., Ltd., Changzhou 213131, China)

Abstract: In order to develop the weft insertion motion device of rapier loom, the type of the weft insertion is researched. As for the conjugate cam weft insertion mechanism, the motion law of the sword head in the weft insertion device is analyzed, and the motion law of the sword head required to be the reciprocating swing with two stops relative to the conjugate cam is obtained. According to the characteristics of swing angle, the diagrammatized method model of planar four-bar linkage is established. In detail, the methods and procedures for designing planar four-bar mechanism are provided. The working contour curve of conjugate cam is obtained by MATLAB programming in combining with the acceleration motion law of rapier. Finally, all dimensions for the weft insertion device are obtained.

Key words: rapier loom; wefting device; linkage motion; conjugate gear

DOI:10.16549/j.cnki.issn.1001-2044.2018.10.004

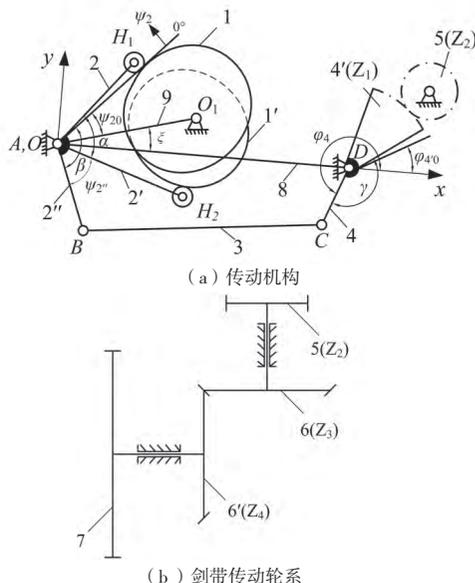
引纬机构是剑杆织机整机的重要组成部分。常见的引纬机构利用平面连杆机构、凸轮机构、空间连杆机构或电子凸轮(伺服电动机)机构来实现剑头的引纬运动^[1-4]。其中,由于凸轮机构设计方便,相较于连杆机构约束较少,并且结构简单,制造成本较低,故被广泛使用。

对凸轮引纬机构的研究主要是从动力学方面进行分析。如:李冰清等人^[5]对引剑机构中的若干杆件以及共轭凸轮尺度进行优化,使凸轮尺寸缩小,提升凸轮升程传动效率,使得引纬装置具有较好的动力学特性;黄民柱等人^[6]建立了凸轮引纬系统的动力学模型,研究了引纬系统的运动规律以及动态综合;赵雄等人^[7]则通过优化织机剑头运动规律,在满足织机织造要求的同时降低机构加工难度。本文主要从运动学方面分

析共轭凸轮引纬机构的运动特点及要求,探讨共轭凸轮引纬机构的设计方法。

1 机构结构及传动原理

共轭凸轮引纬机构示意图见图1。



收稿日期: 2018-03-22

基金项目: 江苏省重点研发计划-产业前瞻与共性关键技术(BE2015007-1);江苏省高校自然科学研究面上项目(16KJB460008);江苏省“双创计划”-企业博士后项目

作者简介: 俞成涛(1987—),男,安徽六安人,博士,讲师,主要从事机械设计、机构学的研究。

通信作者: 曹清林。E-mail: cql@just.edu.cn。

1, 1'-共轭凸轮; 2, 2'-摆杆从动件; 2''-摆杆; 3-连杆; 4-摆动输出杆; 4'-扇形齿轮; 5-驱动齿轮; 6, 6'-圆锥齿轮; 7-剑轮; 8, 9-机架

图1 共轭凸轮引纬机构示意图

如图1(a)所示,1和1'是共轭凸轮,2和2'为摆杆从动件,构件2''与2(2')为整体一起摆动,作为平面四连杆机构ABCD的运动输入;摆动输出杆4与扇形齿轮4'为整体一起摆动,驱动齿轮5往复摆动。如图1(b)所示,圆锥齿轮6(与齿轮5为整体)和6'啮合,并带动剑轮7转动,使围绕在其上的剑带作往复直线运动,即驱动剑杆作进剑和退剑运动。

2 运动要求分析

在图1(a)中,以A点为坐标原点O,直线AD为x轴,建立直角坐标系xOy。设摆杆2的摆角为 Ψ_2 ,以AH₁与AO₁之间最小夹角(Ψ_{20})位置为其摆动0°位置,逆时针方向为 Ψ_2 的摆角正方向。

对于图1(b)中的剑轮7,其作圆周运动,以驱动剑带作直线移动,设以剑带上剑头运动到机器侧面极限位置为相对直线位移S的零点位置,剑带中间位置为位移正方向,拟定出剑头的运动要求S与凸轮的转动关系见图2,其中,S_{max}为剑头运动动程。

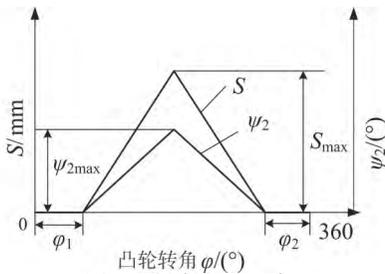


图2 剑头运动要求

设剑轮7半径为r,扇形齿轮4'和驱动齿轮5齿数分别为Z₁和Z₂,则其传动比为*i*₁=Z₂/Z₁。圆锥齿轮6和6'的齿数分别为Z₃和Z₄,传动比为*i*₂=Z₄/Z₃。则得到扇形齿轮4'摆角 $\varphi_{4'}$,见式(1):

$$\varphi_{4'} = \frac{S}{i_1 i_2 r} \quad (1)$$

设构件4摆角为 φ_4 ,则 $\varphi_4 = \varphi_{4'}$,对平面四连杆机构ABCD,设构件2''、3、4和机架8的杆长分别为*l*_{2''}、*l*₃、*l*₄和*l*₈,并设构件2''、3、4和8分别为矢量 $\vec{L}_{2''}$ 、 \vec{L}_3 、 \vec{L}_4 和 \vec{L}_8 。在矢量多边形ABCD中,有式(2):

$$\vec{L}_{2''} + \vec{L}_3 = \vec{L}_4 + \vec{L}_8 \quad (2)$$

设矢量 $\vec{L}_{2''}$ 、 \vec{L}_3 和 \vec{L}_8 的幅角分别为 $\varphi_{2''}$ 、 φ_3 和 φ_8 ,且 $\varphi_8 = 0^\circ$,式(2)可写成复指数形式,见式(3):

$$l_{2''} e^{i\varphi_{2''}} + l_3 e^{i\varphi_3} = l_4 e^{i\varphi_4} + l_8 \quad (3)$$

将式(3)展开有式(4)、(5):

$$l_{2''} \cos\varphi_{2''} + l_3 \cos\varphi_3 = l_4 \cos\varphi_4 + l_8 \quad (4)$$

$$l_{2''} \sin\varphi_{2''} + l_3 \sin\varphi_3 = l_4 \sin\varphi_4 \quad (5)$$

则 $\varphi_{2''}$ 计算式见式(6):

$$\varphi_{2''} = 2 \tan^{-1} \frac{a_1 \pm \sqrt{a_1^2 + b_1^2 - c_1^2}}{b_1 - c_1} \quad (6)$$

式中: $a_1 = 2l_{2''} l_4 \sin\varphi_4$, $b_1 = 2l_{2''} (l_4 \cos\varphi_4 + l_8)$, $c_1 = -(l_4 \cos\varphi_4 + l_8)^2 - (l_4 \sin\varphi_4)^2 - l_{2''}^2 + l_3^2$ 。因构件2''与摆动从动件2(2')为一整体,故由式(1)、(2)可确定出摆杆2的运动要求 ψ_2 与凸轮的转动关系,见图2。

3 机构设计

3.1 连杆机构设计

根据图1(a)所示的几何关系,设构件2与2''之间夹角为 β , $\overline{OO_1}$ 与 \overline{OD} 之间夹角为 ξ ,又另设O₁和D点坐标分别为(x_{o1},y_{o1})和(x_D,0)。对于平面四连杆机构ABCD,任取构件2''杆长*l*_{2''},摆动范围角为 $\Delta\varphi_{2''}$,其初始位置角为 ψ_{20} ,连杆机构设计见图3。

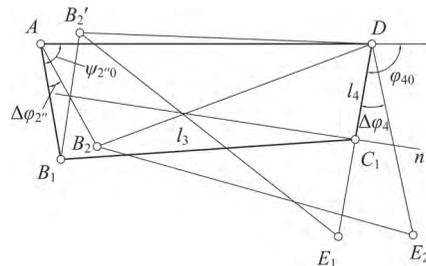


图3 连杆机构设计

计算式见式(7):

$$\xi = \tan^{-1} \frac{y_{o1}}{x_{o1}} \quad (7)$$

得到式(8):

$$\psi_{20} = \beta - \psi_{20} - \xi \quad (8)$$

设构件4与扇形齿轮4'之间夹角为 γ ,扇形齿轮4'初始位置角为 φ_{40} ,则构件4初始位置角 φ_{40} 的计算式见式(9):

$$\varphi_{40} = \gamma - \varphi_{40} \quad (9)$$

设构件4的摆动范围角为 $\Delta\varphi_4$,由剑头的运动动程S_{max},可求得 $\Delta\varphi_4$,见式(10):

$$\Delta\varphi_4 = \frac{S_{\max}}{i_1 i_2 r} \quad (10)$$

对平面四连杆机构ABCD,已知 \overline{AD} 、 \overline{AB} 杆长,摆杆 \overline{AB} 和 \overline{CD} 初始位置及摆角范围,可进行机构的设计。

如图3所示,根据 \overline{AB} 的初始位置角 ψ_{20} 确定位置 $\overline{AB_1}$,根据 \overline{CD} 的初始位置角 φ_{40} 作出其第一位置线 $\overline{DE_1}$,

并在其上任取一点 E_1 , 再根据 \overline{AB} 、 \overline{CD} 的摆动范围角 $\Delta\varphi_2''$ 和 $\Delta\varphi_4$, 定出位置 $\overline{AB_2}$ 、 $\overline{DE_2}$ 。

根据反转法原理^[8], 将三角形 B_2DE_2 视为刚体绕 D 点反转 $-\Delta\varphi_4$ 角度, 使 $\overline{DE_2}$ 与 $\overline{DE_1}$ 重合, 得到 B_2 点的新位置 B_2' 。连接点 B_1 、 B_2' , 作其垂直平分线 n 与 $\overline{DE_1}$ 交于点 C_1 , 则 $l_3 = \overline{B_1C_1}$, $l_4 = \overline{DC_1}$ 。

3.2 共轭凸轮机构设计

对图 1(a) 共轭凸轮机构, 设构件 2 与构件 2' 杆长同为 l , 两者夹角为 α , 另设机架 9 的长度为 l_9 , 则 $l_9 = \sqrt{x_{O_1}^2 + y_{O_1}^2}$ 。

共轭凸轮机构中的主凸轮机构和回凸轮机构的运动简图见图 4。图 4(a) 中, 以凸轮转动中心 O_1 点为坐标原点, 机架线为 x_1 轴, 建立直角坐标系 $x_1O_1y_1$, 并设凸轮 1(1') 的转动方向 ω 为逆时针。

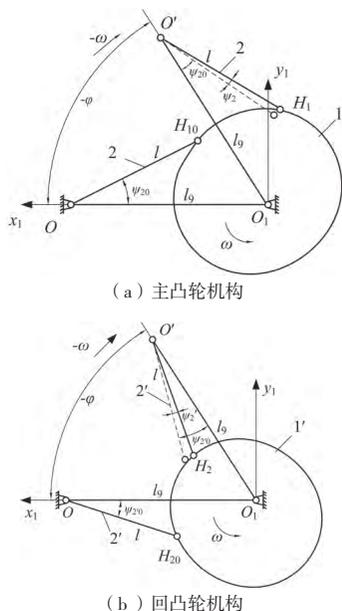


图 4 共轭凸轮机构设计

当凸轮转过 φ 角, 对主凸轮机构应用反转法, 设凸轮 1 不动, 从动件 2 绕 O_1 点反转 φ 角至 $\overline{O'H_1}$ 位置, 对应摆杆 2 摆动角位移为 ψ_2 , 则 H_1 点坐标 (x_{1H1}, y_{1H1}) 的计算式见式(11)、(12):

$$x_{1H1} = l_9 \cos\varphi - l \cos(\varphi - \psi_{20} - \psi_2) \quad (11)$$

$$y_{1H1} = l_9 \sin\varphi - l \sin(\varphi - \psi_{20} - \psi_2) \quad (12)$$

同理, 对回凸轮机构, 如图 4(b) 所示, H_2 点坐标 (x_{1H2}, y_{1H2}) 计算式见式(13)、(14):

$$x_{1H2} = l_9 \cos\varphi - l \cos(\delta + \psi_{2'0} - \psi_{2'}) \quad (13)$$

$$y_{1H2} = l_9 \sin\varphi - l \sin(\delta + \psi_{2'0} - \psi_{2'}) \quad (14)$$

式中: $\psi_{2'0} = \alpha - \psi_{20}$, $\psi_{2'} = \psi_2$ 。

式(11)、(12)和式(13)、(14)为共轭凸轮理论廓线方程。设滚子半径为 R , 则共轭凸轮实际廓线方程见式(15)、(16):

$$x_1' = x_1 + R \sin\theta \quad (15)$$

$$y_1' = y_1 + R \cos\theta \quad (16)$$

式中 $\sin\theta$ 、 $\cos\theta$ 的计算式见式(17)、(18):

$$\sin\theta = (dx_1/d\varphi) / \sqrt{(dx_1/d\varphi)^2 + (dy_1/d\varphi)^2} \quad (17)$$

$$\cos\theta = -(dy_1/d\varphi) / \sqrt{(dx_1/d\varphi)^2 + (dy_1/d\varphi)^2} \quad (18)$$

4 设计实例

设计某剑杆织机, 根据引纬工艺要求, 要求剑头单边最大动程 $S_{\max} = 850$ mm, 织口外两侧停歇时间对应主轴转角分别为 30° 。

取 $Z_1 = 18$, $Z_2 = 300$, 得 $i_1 = Z_2/Z_1 = 16.67$; 取 $Z_3 = Z_4$, 则 $i_2 = Z_4/Z_3 = 1$; 取剑轮半径 $r = 120$ mm, 将 S_{\max} 代入式(10), 得 $\Delta\varphi_4 = 24.35^\circ$ 。

在坐标系 xOy 中, 取 $O_1(210, 120)$, $D(427.5, 0)$, 单位为 mm, 由式(7)、(11)和(12)求得 $\xi = 29.74^\circ$, $l_9 = 241.87$ mm。

设计连杆机构 $ABCD$, 根据机构结构, 取 $l_{2'} = 150$ mm, $\Delta\varphi_2'' = 19^\circ$, $\psi_{20} = 55^\circ$, $\beta = 156^\circ$, 代入式(4)和式(5)求得 $\psi_{2'0} = 71.26^\circ$ 。另取 $\gamma = 130^\circ$, $\varphi_{40} = 30^\circ$, 代入式(9), 求得 $\varphi_{40} = 100^\circ$ 。

根据得到的 $\psi_{2'0}$ 、 $\Delta\varphi_2''$ 、 φ_{40} 以及 $\Delta\varphi_4$, 按照图 3 所示的方法, 作图求得 C_1 点位置, 即得到 $l_3 = 362.55$ mm, $l_4 = 107.75$ mm。

设计共轭凸轮机构, 取 $l = 80$ mm, $\alpha = 116^\circ$, 滚子半径 $R = 30$ mm, 从动件 2(2') 选择修正梯形加速度运动规律, 应用 MATLAB 编程软件得到共轭凸轮廓线, 见图 5。

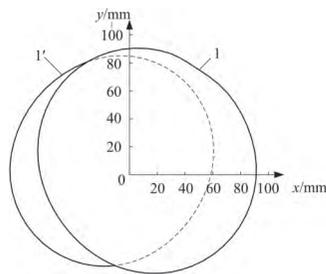


图 5 共轭凸轮实际轮廓线

对设计出的共轭凸轮引纬机构进行运动分析, 剑头运动位移曲线见图 6, 剑头实际动程为 $S_{j\max} = 887.46$ mm,

☞ (下转第 32 页)

流水的累积,当回流水液面高度达到虹吸装置5的上端弯管下弧面处时,由于虹吸作用,回流水连同脱下的丝胶便从虹吸装置5与脱胶室14连通的位置经虹吸装置5流入回收单元A中。由于虹吸装置5下端滤胶器4的过滤作用,从蚕丝上退下的毛羽不会进入回收单元A中。回收单元A中的水连续不断地汽化上升、冷却回流、脱胶,而丝胶始终在回收单元A中,如此反复数次(控制超声波的振荡频率,循环脱胶次数在5~8次),丝胶便会被脱尽,丝胶随着脱胶液全部被收集到回收单元A中。

在脱胶过程中,若水分损失导致脱胶室14中液面低于虹吸装置5的上端弯管下弧面处,则可直接经注水室15添加去离子水,以确保脱胶过程顺利完成。

脱胶结束后,关闭电加热器2和超声波振荡器3及冷却水,将回收单元A与脱胶单元B分离,从样品孔板6和滤胶器4处取出蚕丝样品,烘干称重记为 G_1 ,则蚕丝含胶率可按式(1)计算:

$$\text{蚕丝含胶率} = \frac{G_0 - G_1}{G_0} \times 100\% \quad (1)$$

3 结果分析

按照 FZ/T 40004—2009《蚕丝含胶率试验方法》的取样要求,取两份试样,每份试样(20±2)g。按照

(上接第15页)

偏差 $\Delta S = 37.46$ mm, 相对偏差 $\Delta S/S_{\max} = 4.4\%$, 小于 ±5%, 满足工程应用要求。

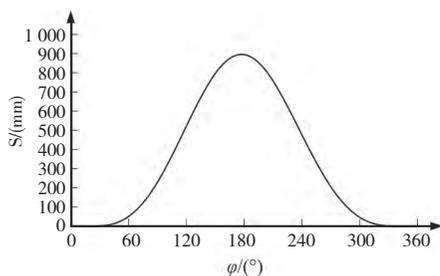


图6 剑头运动位移

5 结语

剑杆织机引纬机构中,剑杆的运动要求形式为具有两次停歇的往复运动,根据剑头运动特点和动程大小,应用图解法综合得到平面四连杆机构尺度,再通过选用合适的剑杆加速度运动规律,编程计算得出共轭凸轮实际轮廓线。

GB/T 9995—1997《纺织材料含水率和回潮率的测定烘箱干燥法》的规定分别将两份试样烘至恒重,称取脱胶前干重 G_0 分别为17.58、18.21 g,然后将两份试样分别放入含胶率测试仪中,按照上述程序对其进行脱胶。从样品孔板6和滤胶器4处取出蚕丝样品,烘干称重记为 G_1 ,分别为17.15、17.76 g。根据式(1)计算可得两份试样的含胶率分别为2.45%、2.47%;两份试样含胶率差异 = $\frac{2.47\% - 2.45\%}{2.45\%} \times 100\% = 0.82\% < 2\%$,符合标准规定的要求。

4 结语

本文采用基于“虹吸”原理和超声振荡的脱胶蚕丝含胶率测试仪进行脱胶试验,操作方法简便,劳动强度低,结果可靠,保障了试验人员权益。同时,所测产品适应性强,一般含胶类的纤维如桑蚕丝、蓖麻蚕丝、桑皮纤维、锦葵纤维等材料的含胶率均可测试,浆纱的上浆率试验、化纤含油率试验也可以采用此仪器进行,拓展了仪器的使用范围。

参考文献:

- [1] 盐城工业职业技术学院. 一种蚕丝含胶率测试仪器: 201611098466.5[P]. 2017-02-22.

参考文献:

- [1] 宋波, GA731、GA747、和 TP536 剑杆织机的应用对比分析[J]. 毛纺科技, 2005(4): 52-55.
 [2] 赵雄, 徐宾, 陈建能, 等. 几种典型的剑杆织机引纬机构及其机构创新[J]. 纺织机械, 2008(2): 48-51.
 [3] 张雷, 余克龙, 陈少钟, 等. 基于 ANSYS 和 ADAMS 空间四连杆引纬机构的柔性动力学仿真[J]. 纺织学报, 2013, 34(5): 116-120.
 [4] KAZUO W, HIDEHIKO S, ATUJI M. Servo-controlled weft yarn inserting mechanism for rapier loom[J]. Journal of Textile Engineering, 2006, 46(3): 83-92.
 [5] 李冰清, 吕思初. 剑杆织机引纬机构的优化设计[J]. 浙江丝绸工学院学报, 1989, 6(4): 35-41.
 [6] 黄民柱, 兰向军, 何践, 等. 剑杆织机凸轮引纬系统的运动规律及动态综合[J]. 纺织学报, 2000, 21(1): 34-38.
 [7] 赵雄, 胡宇龙, 林万焕, 等. 剑杆织机新型引纬运动学曲线的构造及应用[J]. 浙江理工大学学报, 2010, 27(4): 556-560.
 [8] 孙恒, 陈作模, 葛文杰. 机械原理[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.