

For citation: Gong Zhengxing, Mei Shunqi, Zhangming, Zhangyanwei. Investigation of conjugate cam weft beating mechanism for weaving apparatus // Grand Altai Research & Education — Issue 2 (20)'2023 (DOI: 10.25712/ASTU.2410-485X.2023.02) — EDN: <https://elibrary.ru/vxxqfc>

UDK 677.05

INVESTIGATION OF CONJUGATE CAM WEFT BEATING MECHANISM FOR WEAVING APPARATUS*

Gong Zhengxing¹, Mei Shunqi¹, Zhangming², Zhangyanwei²

1 Hubei Digital Textile Equipment Key Laboratory, Wuhan Textile University, Wuhan, 430073, China;

2 Yichang Jingwei Textile Machinery Co.Ltd, 443000, China;

E-mail: 1365541718@qq.com ; meishunqi@vip.sina.com

Abstract: Modern weaving machines frequently use the high-speed conjugate cam weft-tying mechanism. The conjugate cam weft-beating mechanism has a greater transmission accuracy than the linkage mechanism in addition to having a compact layout and strong impact resistance when compared to the conventional four-link and six-link weft-beating mechanisms. This study primarily presents the function of the weft-beating mechanism, explains how it should satisfy the weft-beating requirements, and describes the structure and operation of the conjugate cam weft-beating mechanism. Additionally, research conjugate cam mechanism design and analysis techniques in related sectors to compile the guidelines for the next work.

Key words: conjugate cam; Principle of weft beating; law of motion

织机共轭凸轮打纬机构的研究进展**

龚正兴¹, 梅顺齐¹, 张明², 张炎威²

1 武汉纺织大学, 湖北省数字化纺织装备重点实验室, 武汉 430073;

2 宜昌经纬纺机有限公司, 湖北宜昌, 443000, 中国;

E-mail: 1365541718@qq.com ; meishunqi@vip.sina.com

摘要: 共轭凸轮打纬机构是目前现代织机常采用高速打纬机构. 相较于传统的四连杆和六连杆打纬机构, 共轭凸轮打纬机构不仅布局紧凑, 抗冲击性强, 而且传动精度比连杆机构更高. 本文主要介绍了打纬机构的作用, 打纬机构应当满足的打纬要求以及共轭凸轮打纬机构的组成和其工作原理. 并且研究相关领域对共轭凸轮机构的设计及分析方法, 从而总结规律为后续工作做铺垫.

* This paper was supported by the Chinese Research Foundation: 51175385; 2012AAA07-02; 2014BHE010.

** 本文得到国家和湖北省高端纺织装备引智基地计划资助 (111HTE2022002, HWZ201819).

关键词: 共轭凸轮; 打纬原理; 运动规律

0 引言

共轭凸轮打纬不仅结构紧凑, 抗冲击性能强, 传动精度高, 而且还能够依据织造工艺要求来设计筘座的运动规律. 共轭凸轮打纬机构能够产生更大的加速度以及打纬力, 而且筘座的动程较小, 更加利于织造高精密织物. 凸轮高速运转时, 受到筘座和转子接触等影响, 打纬机构会产生冲击振动, 使筘座运动产生偏差, 因此, 打纬运动对共轭凸轮有较高的设计制造精度要求. 目前, 共轭凸轮设计难度较大, 图解法虽然简便, 但无法保证复杂的凸轮轮廓线的精度设计; 同样的, 解析法在从动件运动规律较复杂的情况时, 设计难度和工作量都会大大增加. 本文对共轭凸轮打纬的原理及组成进行了介绍, 并对共轭凸轮打纬机构设计和动力学分析的研究进行综述, 对其设计思路和方法进行了总结与展望.

1 织机打纬机构的作用及其要求

1.1 织机打纬机构的作用

- (1) 控制纬纱的飞行方向;
- (2) 控制经纱的密度, 排列以及幅宽;
- (3) 通过装在筘座上的钢筘把纬纱推向织口, 使纬纱能够与经纱交织从而形成满足要求的织物 [1].

1.2 织机打纬机构应满足的要求

- (1) 在保证纬纱能顺利飞过梭口的前提下, 筘座动程尽量的小, 这样可减轻对经纱的摩擦.
- (2) 当钢筘打纬的瞬时速度为零时, 加速度达到最大, 以提高打纬力; 筘在后死心附近时的速度尽量低, 以利于引纬.
- (3) 在满足打纬力前提下, 筘座重量要轻, 刚性要好, 以利于提高织机转速 [2].

1.3 织机打纬机构的分类

织机打纬机构可按其结构形式不同可以分为连杆式打纬机构 (四连杆, 六连杆); 共轭凸轮打纬机构.

四连杆打纬机构结构简单, 加工制造方便, 维修保养简便, 是织机中使用最广泛的一种打纬机构. 在各种有梭织机, 喷气织机, 喷水织机和剑杆织机上均有使用. 但四连杆传动路线长; 惯性力难以消除, 而且在后死心位置筘座无静止时间, 且相对静止时间较短, 所以并不适合高速打纬运动. 其机构简图如下所示:

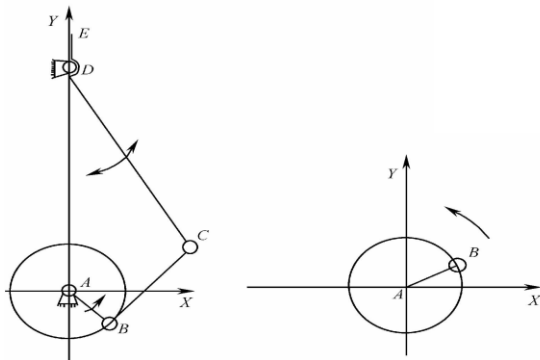


图 1 四连杆打纬机构简图
Fig. 1. Four-link weft-beating mechanism sketch

六连杆打纬机构箱座在后止点附近相对静止时间较长, 给引纬器留下充裕的飞行时间, 故一般用在高速, 阔幅的织机, 如喷气织机, 剑杆织机。

2. 共轭凸轮打纬机构的组成及原理

2.1 共轭凸轮打纬机构简介

共轭凸轮主要组成部分如下图 1 所示, 它是由凸轮主轴, 打纬摇轴, 转子以及箱座部分组成. 在共轭凸轮打纬机构中, 凸轮主轴上的主, 副凸轮决定着钢筘的打纬的运动规律, 打紧纬纱时是由共轭凸轮将打纬力传递给转子, 转子带动摇轴转动从而驱动钢筘向前运动。

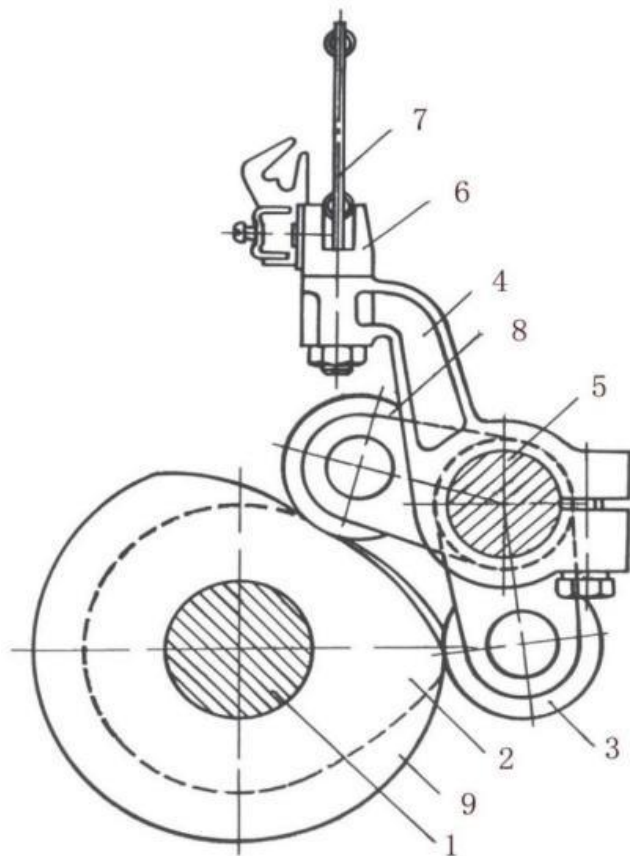


图 2 共轭凸轮打纬机构
1 – 主轴; 2 – 主凸轮; 3 – 转子;
4 – 箱座脚; 5 – 摇轴; 6 – 箱座;
7 – 钢筘; 8 – 转子; 9 – 副凸轮
Fig. 2. Conjugate cam wefting mechanism
1 – principal axis; 2 – master cam;
3 – rotors; 4 – Reed seat foot;
5 – rocker shaft; 6 – reed block;
7 – reed; 8 – rotors; 9 – secondary cam

2.2 共轭凸轮打纬机构工作原理:

当轴 1 回转时, 主凸轮 2 推动转子 3, 带动箝座脚 4 以摇轴 5 为中心按逆时针方向摆向机前, 使箝座 6 上的钢箝 7 进行打纬, 此时转子 8 在双臂摆杆作用下紧贴副凸轮 9. 打纬完成后, 副凸轮变为主动, 推动转子 8, 使箝座脚按顺时针方向向机后摆动, 此时, 转子 3 又贴紧主凸轮. 两个凸轮相互共轭, 从而实现箝座的往复运动^[3].

3. 共轭凸轮打纬机构的分析与设计

3.1 共轭凸轮打纬机构设计研究

共轭凸轮是形锁合结构, 利用特定的几何形状使组成高副的两构件始终保持接触, 它是由主, 副凸轮贴合在一起并固定在一根轴上形成的, 一般情况下, 要求主副凸轮的基圆半径相同, 主, 副凸轮的最大半径也应相同, 两摆杆的长度也应尽量相同, 这能保证箝座前后摆动幅度一致. 在设计主, 副凸轮时应先确定主副凸轮的基圆半径, 最大摆角, 摆杆长度, 滚子半径以及从动件的运动规律. 主, 副凸轮廓线有严格的对应关系, 在得出主凸轮轮廓曲线后, 相应的能够得出副凸轮的轮廓曲线, 在装配主, 副凸轮时错开预定的装配角形成了共轭凸轮.

共轭凸轮打纬机构设计的一般步骤如下:

- 1) 确定采用何种形式的共轭凸轮机构, 以满足设计使用的需要;
- 2) 选取从动件运动规律, 优先选用性能良好, 无刚性冲击和柔性冲击的运动曲线, 以提高共轭凸轮机构的工作性能;
- 3) 确定凸轮机构基本参数, 包括如从动件滚子半径主凸轮基圆半径和偏距, 回凸轮基圆半径和偏距等;
- 4) 根据确定的凸轮机构基本参数, 对主, 回凸轮压力角进行校核, 若压力角不能满足许用压力角时, 应对基本参数进行调整, 直到满足要求为止;
- 5) 根据从动件运动规律以及已确定的主, 回凸轮基本参数, 计算主, 回凸轮理论轮廓曲线;
- 6) 根据共轭凸轮理论轮廓曲线, 求取共轭凸轮实际轮廓曲线;
- 7) 轮廓曲线最小曲率半径的校验, 若滚子半径大于凸轮理论轮廓曲线, 修正滚子半径后, 重新计算凸轮轮廓曲线.

张春林 [4] 等提出利用三角函数运动规律的组合和主, 回凸轮廓线的共轭特性. 推导出适合共轭凸轮打纬机构的双简谐运动规律和共轭凸轮廓线的坐标方程, 为设计高速织机凸轮机构奠定了基础.

李志杰 [5] 通过对三坐标测绘出来的凸轮离散坐标点进行拟合重构, 并且根据主要运动参数特点, 引入了三角函数和直线交替的梯形加速度运动曲线, 如图 3 所示. 同时采用解析法来更加精确地计算出更适合高速运转的规律重构共轭凸轮轮廓线.

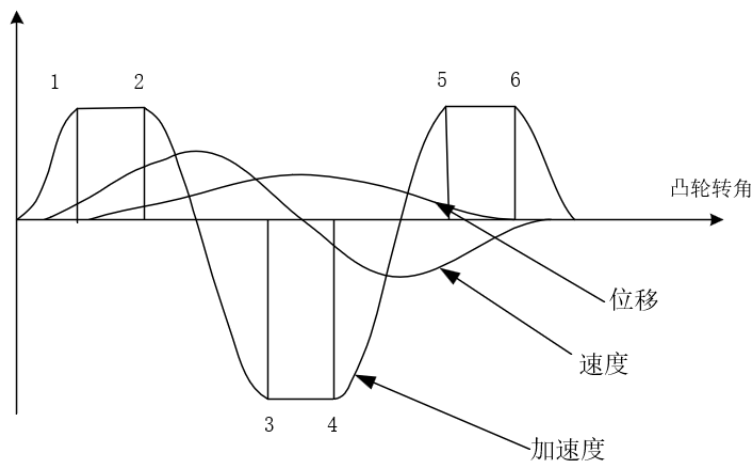


图3 三角函数和直线交替的梯形加速度运动曲线
Fig. 3. trapezoidal acceleration motion curves with alternating trigonometric functions and straight lines

牛建设 [6] 等从织造工艺要求出发, 先确定箱座运动规律, 采用正弦和余弦组合的加速度运动曲线, 如图 4 所示. 运用解析法求解出凸轮的理论轮廓线, 然后通过预设的凸轮参数借助 visual basic 语言编程序来得到凸轮的实际运动参数, 对比计算得出的参数和实际计算机生成的参数, 从而验证运动曲线的正确性.

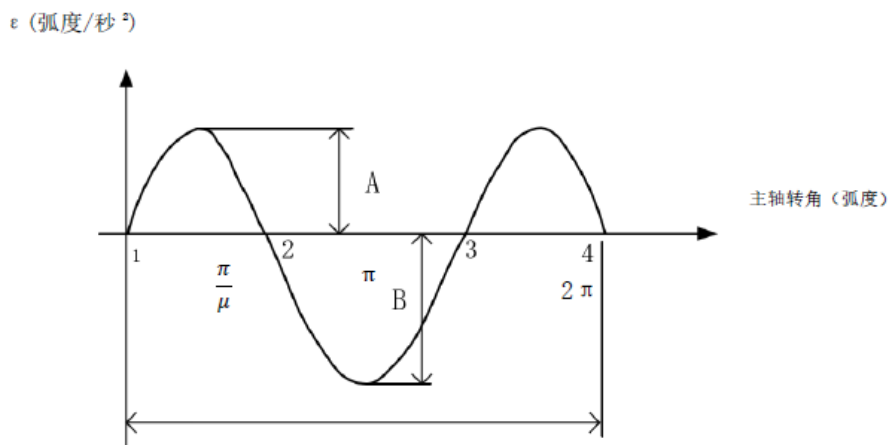


图4 正、余弦加速度运动曲线
Fig. 4. sine and cosine acceleration motion curves

邱海飞 [7] 等人为了减轻织机在打纬前, 后心时所产生的瞬时冲击, 从而提出了一种修正梯形箱座摆动的运动规律, 来对共轭凸轮打纬机构进行工艺改进. 他们通过利用 Matlab 构建基于正弦-直线-余弦分段组合的方式来确定从动件的运动规律, 试验测试表明, 此次模型共轭凸轮动力传递平稳, 纱线在打纬点附近与箱座发生明显的接触和前移, 打纬效果良好.

总体而言, 目前对共轭凸轮的设计首先是根据打纬要求以及箱座运动规律来选择合适的运动曲线, 然后再借助目前强大的算力软件来进行凸轮理论轮廓线与实际轮廓线的计算. 并且通过不断的优化运动曲线使共轭凸轮打纬机构的工作性能得到提高.

3.2 共轭凸轮打纬机构动力学研究

唐雪梅 [8] 等为了提高织机可靠性, 稳定性, 运动精度等, 他们借鉴了多种误差分析技术运用到织机运动精度分析中. 最终得出结论表示凸轮副磨损误差对共轭凸轮打纬机构影响最大, 因而控制降低凸轮副磨损误差能够有效提升共轭凸轮打纬运动精度.

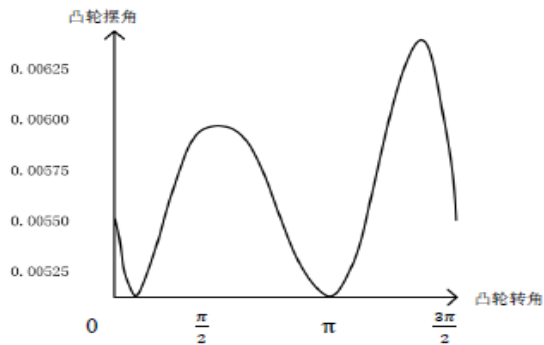


图 5 考虑凸轮副磨损误差时摆角误差
Fig. 5. Pendulum angle error when cam sub wear error is considered

滕兵 [9] 等人借助 ADAMS 和 ANSYS 等分析软件对主, 从动轮受到的接触力和摇轴的应力应变做出了仿真分析, 为改进共轭凸轮打纬机构设计提供了更多的理论依据.

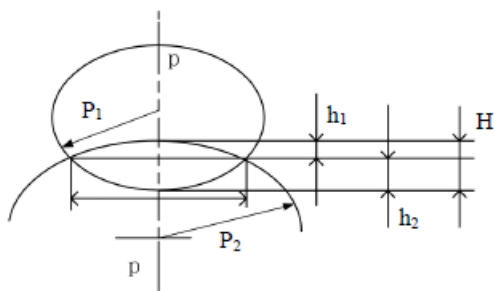


图 6 凸轮与滚子间的弹性接触
Fig. 6. Elastic contact between cam and roller

金国光 [10] 等人利用 Lagrange 方程建立柔性从动件共轭凸轮打纬机构的动力学方程, 运用 Matlab 软件对其进行运动仿真. 结果表明在高速运动时, 打纬机构柔性从动件产生的横向振动导致箱座角加速度有很明显波动, 从而提出减小箱座脚质量来减小其加速度偏差和机构振动的方法.

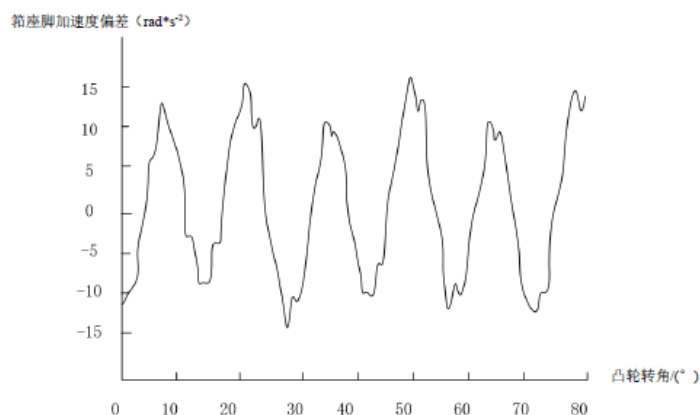


图 7 箱座脚质量为 1kg 时的角加速度偏差
Fig. 7. Angular acceleration deviation for a reed seat foot mass of 1kg

综上所述, 不管是对共轭凸轮打纬机构的主, 副凸轮, 摇轴以及转子进行运动学分析, 还是对打纬机构的运动精度, 可靠性以及稳定性等分析, 都是为了能够更好为共轭凸轮的轮廓线设计提供依据.

4 结束语

相比较于其他凸轮机构, 共轭凸轮在设计难度方面以及运算的工作量方面都明显较大. 对于传统设计方法, 现如今对共轭凸轮的设计更多是借助算力强大的软件, 不仅能够根据所需要的的箱座运动规律来作为初始条件, 从而通过软件来对共轭凸轮理论轮廓线进行反求设计, 而且还能在此基础上对共轭凸轮的动力学进行分析, 优化共轭凸轮的轮廓曲线, 从而验证了共轭凸轮设计的思路和可行性, 为以后的共轭凸轮打纬机构设计提供了新的思路以及技术支持.

参考文献

- [1] 李洋. 含间隙剑杆织机共轭凸轮打纬机构动力学研究 [D]. 天津工业大学, 2022.
- [2] 朱鹏程. 单层变高度间隔织物织机共轭凸轮打纬机构设计及系统动力学分析 [D]. 东华大学, 2023.
- [3] 孙庆军. 剑杆织机共轭凸轮打纬机构介绍 [J]. 纺织报告, 2018(01):41-42.
- [4] 张春林, 白士红. 打纬共轭凸轮机构的设计 [J]. 北京理工大学学报, 2000(01):33-36.
- [5] 李志杰. 打纬共轭凸轮机构的反求及其虚拟样机的研究 [D]. 东华大学, 2006.
- [6] 牛建设. 无梭织机共轭凸轮打纬机构的设计 [J]. 中原工学院学报, 2005(04):24-27.
- [7] 邱海飞, 王超辉, 张嘉友等. 基于轮廓曲线修正的织机打纬凸轮设计及验证 [J/OL]. 棉纺织技术: 2023(01):1-7.
- [8] 唐雪梅, 朱伟林, 赖奇暉等. 共轭凸轮打纬机构运动精度分析 [J]. 机电工程, 2014(02):173-177.
- [9] 滕兵, 何勇. 共轭凸轮打纬机构弹性动力学和有限元分析 [J]. 机械设计与制造, 2006(02):39-40.
- [10] 金国光, 路春辉, 魏展等. 打纬机构钢筘的柔性动力学分析 [J]. 天津工业大学学报, 2020, 39(04):73-81.

References

- [1] Li Y. Study on the dynamics of conjugate cam weft-beating mechanism of rapier loom with gap [D]. Tianjin University of Technology, 2022.
- [2] Zhu Pengcheng. Design and system dynamics analysis of conjugate cam weft beating mechanism for single layer variable height spacer fabric loom [D]. Donghua University, 2023.
- [3] SUN Qingjun. Introduction of conjugate cam weft beating mechanism for rapier loom [J]. Textile report, 2018(01):41-42.
- [4] ZHANG Chunlin, BAI Shihong. The design of weft-tying conjugate cam mechanism [J]. Journal of Beijing Institute of Technology, 2000(01):33-36.
- [5] Li C.J. Inverse solution of weft-beating conjugate cam mechanism and its virtual prototype [D]. Donghua University, 2006.
- [6] Niu Jianshe. Design of conjugate cam weft beating mechanism for shuttleless loom [J]. Journal of Zhongyuan Institute of Technology, 2005(04):24-27.
- [7] Qiu Haifei Design and validation of weft beating cam for loom based on contour curve correction [J/OL]. Cotton Textile Technology. 2023(01):1-7.

- [8] Tang Xuemei Motion accuracy analysis of conjugate cam wefting mechanism [J]. 2014(02):173-177.
- [9] Teng Yong Elastic dynamics and finite element analysis of conjugate cam wefting mechanism [J]. Mechanical Design and Manufacturing, 2006(02):39-40.
- [10] Jin Guoguang Flexible dynamic analysis of the reed of weft beating mechanism [J]. Journal of Tianjin Polytechnic University, 2020, 39(04):73-81.