

文章编号: 0253-9721(2007)08-0102-04

基于 MatLab 的纺机常用机构的计算机 辅助分析与仿真

石全伟, 张迎春, 张少东

(天津工业大学 机械电子学院, 天津 300160)

摘要 在纺织机械机构的设计过程中, 为能直接看到机构的动态运动过程及其任一点或杆的运动参数(位移、速度、加速度), 依据平面连杆机构的基本组成原理和拓扑学知识, 建立机构的结点基本信息数据库和约束关系数据库, 分离出独立的基本杆组并对其求解, 应用 MatLab 语言编制通用程序, 建立了平面连杆机构的计算机辅助分析与仿真系统, 并以经编机沉降片为例对结果进行验证。结果表明, 对任一给定的机构, 仅需输入已知信息, 就可以得到其动态仿真图形及其任一点或杆的运动参数。

关键词 纺织机构; 基本杆组; 计算机辅助分析; 仿真

中图分类号: TS103.16 文献标识码: A

Computer aided analysis and simulation of textile mechanism based on MatLab

SHI Quanwei, ZHANG Yingchun, ZHANG Shaodong

(School of Mechanical and Electronic Engineering, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300160, China)

Abstract During the process of designing textile mechanism, it would be helpful for the designer to view the whole dynamic kinetic course of the designed mechanism and the kinetic information (displacement, velocity, acceleration) of any point or linkages of the mechanism in the meantime. Based on the basic structure theory of planar linkage mechanism and topology, the node basic information database and restricting relation database of mechanism were established. The independent basic linkage groups were isolated and solved. The current program was compiled using MatLab and the computer aided analysis and simulation system of the planar linkage mechanism were developed. Warp knitting machine sinker was taken for example to validate the result. For any given mechanism, as long as the known information database of it was input, its dynamic simulation graph and kinetic information of any point or link can be gotten.

Key words textile mechanism; basic linkage group; computer aided analysis; simulation

平面连杆机构广泛应用于纺织、轻工及各种自动化机械中, 对它的分析及设计一直是机构学研究的一个重要课题。设计者在进行连杆机构设计时, 希望能够直观地看到所设计机构的整个动态运动过程及得到机构上任一点或杆的运动参数(位移、速度、加速度)^[1]。传统的机构分析方法主要是图解法, 其特点是求解简单、直观, 但精度较低。随着计算机的出现及其性能的飞速提高, 利用计算机进行机构分析与设计已成为重要的手段。机构的计算机辅助分析软件系统的开发就成为一项重要工作。

在纺织机械中, 由 II 级杆组组成的连杆机构得到了广泛的应用, 如丝织机打纬机构、经编机沉降片传动机构、槽针经编机的针床、梳节传动机构等, 因此建立一套针对纺织机械机构的计算机辅助分析与仿真系统十分必要。本文从平面机构的基本组成原理和拓扑学知识出发, 针对机构建立其邻接矩阵, 通过分析找出待求的未知点, 分离出含有这些未知点的 II 级可求解基本杆组和可求单个构件, 并依次求解它们, 从而实现对部分纺织机构的计算机辅助分析和动态仿真。

收稿日期: 2006-03-17 修回日期: 2006-09-11

作者简介: 石全伟(1981—), 男, 硕士生。主要研究方向为机械设计及其理论。张迎春, 通讯作者, E-mail: zyc@tjpu.edu.cn。

1 平面机构的组成原理

任何机构都可以看作是由若干个基本杆组依次连接于原动件和机架上而构成的。最常见的基本杆组是由 2 个构件与 3 个低副构成的 II 级杆组,而且绝大多数的机构都是由 II 级杆组构成^[2]。根据上述原理,当对一个给定的机构进行运动分析时,可将机构分解为机架和原动件及若干个基本杆组,然后对相同的基本杆组以相同的方法进行分析,所以对平面连杆机构进行分析就是从机构中将可求解的基本 II 级杆组分离出来依次进行求解,最终完成对整个机构的分析与仿真。图 1 为经编机沉降片机构。其中,曲柄 l_{12} 为原动件,绕固定转动副 1 旋转, l_{25} 和 l_{56} 、 l_{46} 和 l_{56} 、 l_{68} 和 l_{78} 为 3 个 II 级杆组(RRR 型), l_{78} 和 l_{79} 为同一构件。

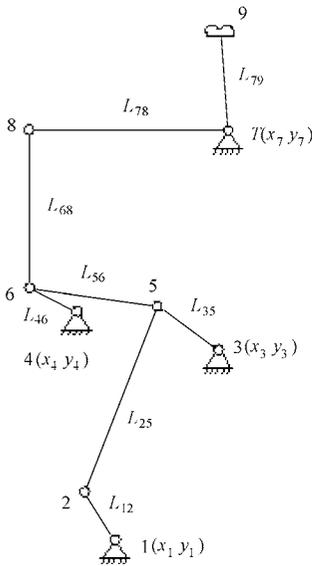


图 1 经编机沉降片机构简图

Fig.1 Mechanism sketch of warp knitting machine sinker

2 机构拓扑图与数据库的建立

对于平面连杆机构,可以把机构运动简图看作是由相互约束关系的点及这些点的连线构成,所以可以用 2 个数据库来描述一个连杆机构的运动简图:结点基本信息数据库和约束关系数据库。其中结点基本信息数据库可表示为

$$P = \{ P_i(i, x_i, y_i, R_i) \}$$

式中: x_i, y_i 为第 i 点的坐标值; R_i 表示 i 点的运动状态(1 表示已知,0 表示未知)。

对图 1 的机构,建立的结点基本信息数据库为

1	x_1	y_1	1
2	0	0	0
3	x_3	y_3	1
4	x_4	y_4	1
5	0	0	0
6	0	0	0
7	x_7	y_7	1
8	0	0	0
9	0	0	0

约束关系数据库可通过带权的邻接矩阵描述:

$$D = [d_{ij}]_{n \times n}$$

式中 $\begin{cases} 0 & \text{点 } i \text{ 与 } j \text{ 之间无线连} \\ l_{ij} & \text{点 } i \text{ 与 } j \text{ 之间有连线} \end{cases}$, l_{ij} 是以 i, j 为端点的杆长。

对于图 1 的机构,建立的邻接矩阵如下:

0	l_{12}	0	0	0	0	0	0	0
l_{12}	0	0	0	l_{25}	0	0	0	0
0	0	0	0	l_{35}	0	0	0	0
0	0	0	0	0	l_{46}	0	0	0
0	l_{25}	l_{35}	0	0	l_{56}	0	0	0
0	0	0	l_{46}	l_{56}	0	0	l_{68}	0
0	0	0	0	0	0	0	l_{78}	l_{79}
0	0	0	0	0	0	l_{68}	l_{78}	0
0	0	0	0	0	0	0	l_{79}	0

对于本系统,由于机构杆件的数目及其相互联系都是可变动的,因此在建立以上数据库时应该是动态的,可以根据输入的机构不同动态修改。

3 独立杆组的分解

分离可独立求解的基本杆组,就是通过扫描结点的基本信息数据库,确定运动状态未知的点,并通过邻接矩阵确定与之相连接点的运动状态,将可求解的未知点确定并求解。确定一个可求解的未知点可采用如下的算法。

1) 原动杆上的未知点可根据已知条件首先求解,图 1 中点 2 的运动参数可由绕点 1 旋转的原动件 l_{12} 求出;

2) 对于铰接点,如果与之相连接的点当中有 2 个点的运动参数是已知的,此 3 点构成 RRR 型 II 级杆组,则这个铰接点是可求的,图 1 中点 5 的运动参数可由点 2、点 3 求出,同样,点 6 和点 8 可分别

由点 4 和点 5、点 6 和点 7 求出；

3) 对于同一构件的固定转折点,如果此构件的 3 个点当中有 2 个点的运动参数是已知的,则第 3 点是可求的,图 1 中点 7、8、9 在同一构件上,点 7 的运动信息是已知的,点 8 的运动信息已由其在 II 级杆组求出,则点 9 的运动信息可依此求出；

4) 对于 3 点共线的情况,如果已知其中 2 点的运动参数,则第 3 点的运动信息是可求的。

对于某一给定的纺织机械机构,重复以上过程,则每一次至少可以找到一个可以求解的未知点,求解后扫描下一个可求解的未知点,直到所有未知点求解完毕,完成机构的一个运动状态的确定。

4 基本杆组的求解

由于基本杆组的自由度为零,即如果给定其外接副的运动参数,则该杆组的运动参数也随之确定。文献[3]中已详细给出了 RRR 型 II 级杆组的求解方法,下面以有固定转折点的构件为例来说明基本杆组的求解。如图 2 所示,如果已知点 1、点 2 的基本信息和杆长 l_{12} 、 l_{13} 以及二杆之间的夹角 ϕ_0 ,则点 3 运动信息可求：

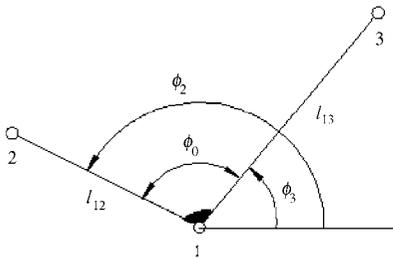


图 2 有固定转折点的构件

Fig. 2 Component with fixed turning point

$$\phi_2 = \text{atan} \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}, \text{ 则有}$$

$$\phi_3 = \phi_2 - \phi_0, \text{ 可得点 3 的位移为}$$

$$\begin{cases} x_3 = x_1 + l_{13} \cos \phi_3 \\ y_3 = y_1 + l_{13} \sin \phi_3 \end{cases}$$

在以上公式中, ϕ_2 、 ϕ_3 均为矢量,逆时针方向为正向。速度和加速度可以分别通过对位移求一阶导数、二阶导数得到。

5 系统的实现

基于所述原理及过程,可建立一个平面连杆的计算机辅助分析与仿真系统,该系统采用在屏幕上

交互绘制机构简图,然后自动对其进行求解,并根据动画原理进行动态仿真^[4]。目前,这一系统具有对部分纺织机构进行自动分析与动态仿真的能力。图 3 为运行此系统后得到的经编机沉降片的动态仿真图形。同时可根据需要绘制出机构上任一点或杆的运动参数,图 4 为经编机沉降片点 5 的运动参数。

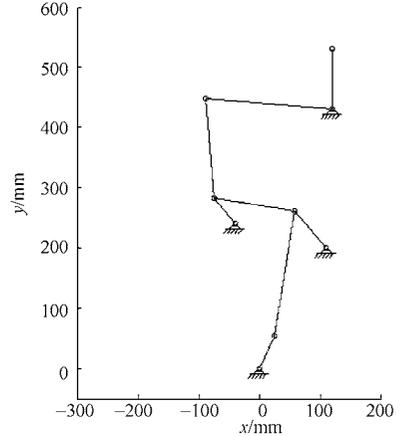


图 3 经编机沉降片的仿真图形

Fig. 3 Simulation graph of warp knitting machine sinker

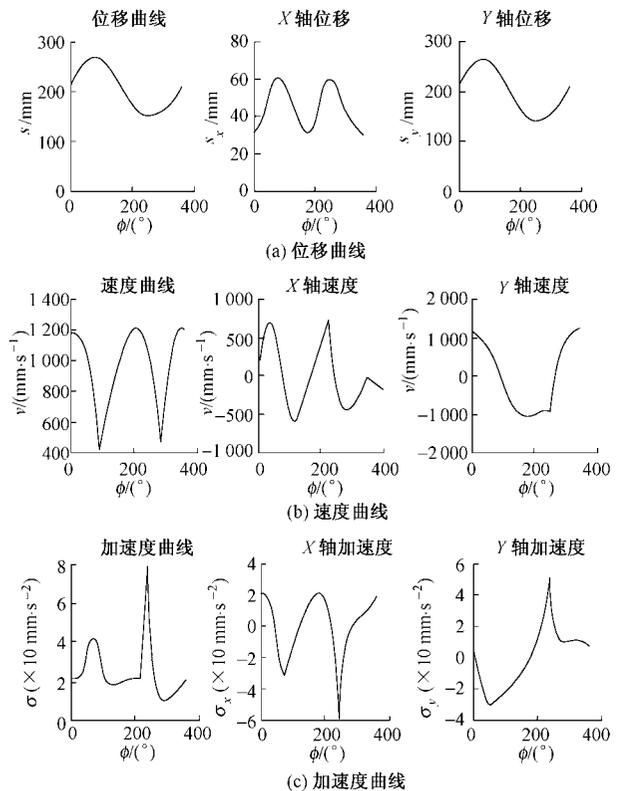


图 4 经编机沉降片点 5 的运动信息

Fig. 4 Kinetic information of point 5 of warp knitting machine sinker. (a) Displacement curve; (b) Velocity curve; (c) Acceleration curve

该系统对部分纺织机械常用机构的分析与仿真具有通用性,如将丝织机打纬机构和槽针经编机的针床、梳节传动机构的结点基本信息数据库和约束关系数据库输入系统,可得其动态仿真图形,见图 5、6。

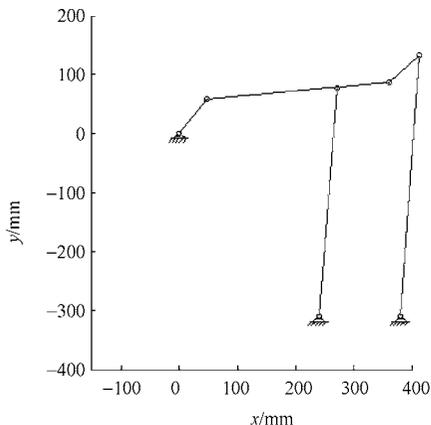


图 5 丝织机打纬机构的仿真图形

Fig. 5 Simulation graph of silk loom beat-up mechanism

6 结 语

依据平面连杆机构的基本组成原理和拓扑学知识,针对纺织机械机构建立其邻接矩阵,通过求解未知点,分离出未知点的 II 级可求解基本杆组和可求单个构件,实现对部分纺织机械机构的计算机辅助分析和动态仿真。

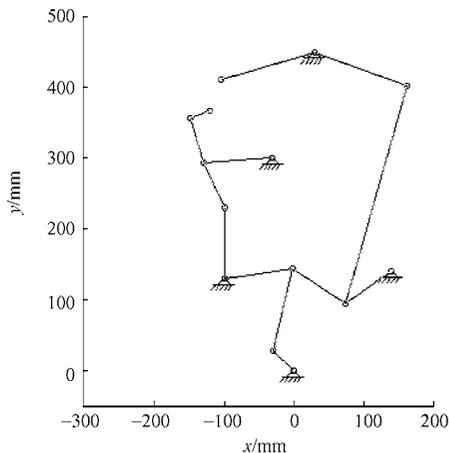


图 6 槽针经编机的针床、梳节传动机构的仿真图形

Fig. 6 Simulation graph of grooved needle warp knitting machine needle bed and hackling drive mechanism

就本文所述系统的功能来讲,还有待进一步完善,但对于纺织机械计算机辅助分析与设计系统的建立,也是一种有益的探索与实践。 FZXB

参考文献:

- [1] 王浩程. 六连杆打纬机构的 MAPLE 动态设计及分析[J]. 纺织学报, 2006, 27(6) : 32 - 35 .
- [2] 李连江. 平面连杆机构的计算机辅助分析与仿真[J]. 机械工程师, 2004(10) : 32 - 33 .
- [3] 华大年, 唐之伟. 机构分析与设计[M]. 北京: 纺织工业出版社, 1985 : 5 .
- [4] 张志涌. 精通 MATLAB 6[M]. 5 版. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003 : 3 .