

# 旋转式编织机编织线交叉机构的计算机仿真

邱明华

(西安交通大学系统工程研究所 710049)

朱 潮

(西北橡胶厂, 咸阳 712023)

**摘要** 旋转式编织机具有一种独特的交叉导引机构, 它可使由外锭子引出的编织线与内锭子进行交叉。通过建立数学模型, 对这种交叉导引机构的循环运转过程进行了计算机仿真。利用这种仿真技术, 可在实物加工安装之前, 以各种方式对交叉导引机构的运转情况进行考核。

**关键词** 旋转式编织机, 导引机构, 计算机仿真

生产各种胶管、电缆所用的编织机有各种设计结构。一般, 编织机中一半的载线锭子相对于另一半载线锭子作逆向运动, 为使织线交叉形成编织结构, 锭子沿大圆轨道运动的同时还需作径向往复移动。国内外普遍使用的 225 型和 MR-11 型编织机都属于这种类型, 其每个锭子带动织线绕胶管或电缆沿 S 形轨道作大圈运动, 这种编织机结构称为五月柱式 (Maypole) 结构。

目前国内引进的 RB-2 型编织机则采用了一种全新的设计思路, 它的载线锭子仅仅作最简单的圆圈运动<sup>[1]</sup>, 这是近年来编织机设计上的一个突破, 这种编织机结构称为过线式或旋转式<sup>[2]</sup>。它的一半锭子 (外锭子) 固定在外盘上, 由于与外盘无相对运动, 也就不存在相应的磨损、冲击等问题。只有内锭子和内盘有相对滚动, 其运动轨迹是一个和外盘旋向相反的圆周轨迹。与五月柱式 S 形轨迹相比, 这种编织机每形成一周周期编织结构, 其锭子行程可缩短 30% 左右。由于内外锭子分别配置在两个盘上, 同样锭子数的编织机内锭子轨迹圆也要小一些。通过上述分析可以看出, 在同样的材料和加工条件下, 旋转式编

织机可设计出更高的编织速度和更大的载线容量。例如, RB-2 型 24 锭编织机的最高转速为  $75r \cdot \min^{-1}$ , 最大载线容量 (钢丝) 为 11.3kg, 而 225 型编织机这两个参数分别为  $37.5r \cdot \min^{-1}$  和 8.16kg。

常见的两上两下编织结构是由织线不断交叉形成的。为了使并无内外交叉运动的锭子所引出的织线在每个交汇点实现内外交叉, 发明了一种引导织线交叉的空间连杆机构, 该机构巧妙地利用质量较小的织线导引杆代替过去所使用的大惯性的锭子作快速内外交叉。RB-2 型编织机的此项设计已申请了专利<sup>[3]</sup>。

## 1 结构分析与问题的提出

织线交叉导引机构如图 1 所示。

该机构可看成是由一组空间连杆联接一组平面连杆组成。平面机构的从动杆起引线作用, 它必须在内锭子到来之前将由外锭子拉出来的织线引导到内锭子轨道下方, 而在内锭子转过这一位置后迅速把织线导回上方。因为编织机各部件安装相当紧凑, 所以要求织线上、下动作与相关件精确同步。平面连杆的分析并不困难, 设计上最困难的是对空间连杆的分析和计算。本文只对空间连杆机构进行研究。

作者简介 邱明华, 男, 1968 年出生, 系统工程博士, 主要从事系统工程理论研究, 在国内外多种杂志上发表论文近 10 篇。

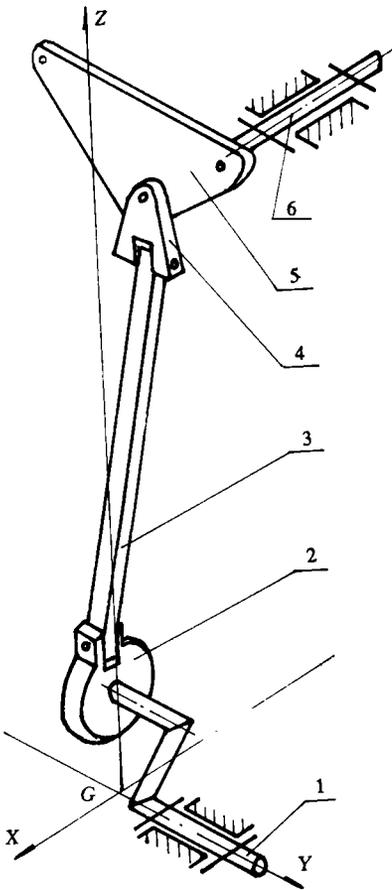


图 1 编织线交叉机构

1—主动轴; 2, 3, 4—万向节构件; 5—从动摇杆; 6—从动轴

我们所关心的是:

(1)机构几何尺寸如各杆件长度、输入和输出轴孔位已确定后,这套机构是否能转得起来,会不会发生干涉现象。

(2)上述机构的主动轴转角 ( $\theta$ )和从动摇杆摆角 ( $j$ )之间存在何种对应关系。

(3)我们需要  $\theta$  和  $j$  之间服从已知的对应关系,如何去设定或调整机构的几何尺寸。

这些问题涉及到空间结构,用作图法或一般解析法无法求解,只能利用计算机进行仿真分析。为此需要建立一个数学模型

## 2 数学模型

连杆机构的平面投影图如图 2所示。主

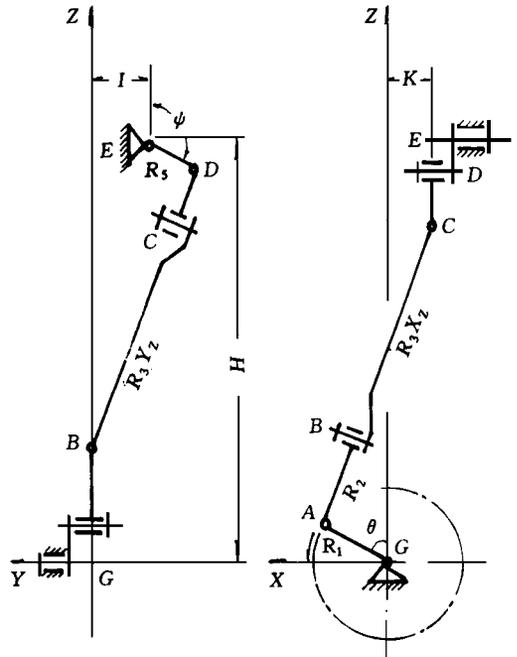


图 2 连杆机构的平面投影

$\theta$ —主动轴转角;  $j$ —从动摇杆摆角

动轴  $G$ 转至任一位置时此空间连杆机构的 6 个节点坐标位置见附表。

附表 节点空间位置

节点	X坐标	Y坐标	Z坐标
G	0	0	0
A	$X_A$	0	$Z_A$
B	$X_B$	0	$Z_B$
C	K	$Y_C$	$Z_C$
D	K	$Y_D$	$Z_D$
E	K	I	H

杆件  $GA, AB, BC, CD$ 和  $DE$ 的长度分别为  $R_1, R_2, R_3, R_4$ 和  $R_5$ ,均符合以下方程:

$$R_1 = \sqrt{X_A^2 + Z_A^2} \quad (1)$$

$$R_2 = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Z_B - Z_A)^2} \quad (2)$$

$$R_3 = \sqrt{(K - X_B)^2 + Y_C^2 + (Z_C - Z_B)^2} \quad (3)$$

$$R_4 = \sqrt{(Y_D - Y_C)^2 + (Z_D - Z_C)^2} \quad (4)$$

$$R_5 = \sqrt{(I - Y_D)^2 + (H - Z_D)^2} \quad (5)$$

受转动副  $B$  的约束,  $AB-BC$  连杆在  $XGZ$  平面的投影是一条直线, 且有:

(1) 受  $G$  及  $A$  的约束,  $AB$  投影为  $R_2$ ;

(2)  $BC$  投影为  $R_3XZ$ :  $R_3XZ = \sqrt{R_3^2 - Y_C^2}$

(3)  $AB-BC$  在  $Z$  轴上的投影为  $Z_C - Z_A$ :  
 $Z_C - Z_A =$

$$\sqrt{(R_3^2 - Y_C^2 + R_2)^2 - (X_A - K)^2} \quad (6)$$

受转动副  $C$  约束,  $BC-CD$  连杆在  $YGZ$  平面的投影是一条直线, 且有:

(1) 受  $E$  及  $D$  的约束,  $CD$  投影为  $R_4$ ;

(2)  $BC$  投影为  $R_3YZ$ :  $R_3YZ =$   
 $\sqrt{R_3^2 - (X_B - K)^2}$

(3)  $BC-CD$  在  $Z$  轴上的投影为  $Z_D - Z_B$ :  
 $Z_D - Z_B =$

$$\sqrt{[R_3^2 - (X_B - K)^2 + R_4]^2 - Y_D^2} \quad (7)$$

主动轴转角  $\theta$  和从动摇杆摆角  $j$  还分别服从以下关系:

$$Z_A = R_1 \cdot \cos\theta \quad (8)$$

$$Z_D - H = R_5 \cdot \cos j \quad (9)$$

式 (1)~ (9) 组成了一组非线性方程组, 这就是计算机仿真的数学模型

### 3 计算机仿真

上述非线性方程组, 用牛顿迭代法求解已设计出专门程序, 此程序已考虑保证收敛问题以及有较好的收敛速度等

还借助 AutoCAD 进行了三维立体造

型, 并结合利用 3DS 软件计算机显示屏上动态显示这组空间连杆机构循环运动过程, 就像已设计好的机构真的已加工运转供观察考核一样。

这组线性方程组含有 18 个变量, 为了求解, 可根据仿真目的先选择不少于 9 个变量, 并赋予在初步设计中已确定的值。

例如, 欲对已设计好的几何机构进行其  $\theta$  与  $j$  的关系的验算, 可以取  $R_1 \sim R_5, K, I, H$  为已设计数据, 然后按一定步长输入  $\theta$  值, 求出对应的各  $j$  值, 打印输出结果如下:

主动轴转角 $\theta$	从动摇杆摆角 $j$
0	42.1778
30	49.7730
60	67.7084
90	89.2780
120	110.6618
150	128.3470
180	136.1397

### 4 结语

本仿真分析结果已用于 RB-2 型编织机设计数据的验算。实际应用说明, 它是国内各高压编织胶管生产厂消化吸收引进设备的重要手段。此外, 计算机仿真分析技术还可扩大应用于类似空间连杆机构的辅助设计。

### 参考文献

- 1 Vincent A Iannucci, 刘玉田译. RB-2 型旋转式编织机. 现代胶管胶布技术, 1986, 1~6 期合刊: 63~66
- 2 《橡胶工业手册》编写小组. 橡胶工业手册第九分册. 修订版, 北京: 化学工业出版社, 1994, 447
- 3 Vincent A Iannucci, Rubber Herbert Haehnel, Ronald Scheck Schartel D 04 C 3/06, US P 4034642, 1977, 1~5

收稿日期 1996-06-17

### 南通建 SBR 合资厂

英国《欧洲橡胶杂志》1996 年 178 卷 8 期 26 页报道:

Marubeni 公司、台湾合成橡胶公司和南通石化公司三方合资组建了申花化学工业公司, 该公司预计年产 10 万 t SBR, 于 1998 年

4 月份投产。总投资额为 4122 万美元。70% 的股份将为台湾合成橡胶公司的母公司——新加坡 Poly bus 公司所拥有, 而南通石化公司和 Marubeni 将分别占有 18% 和 12% 的股份。

(萧 仪摘译)