

织机六连杆打纬机构的计算机辅助设计

袁守华 朱国华

(郑州纺织工学院)

【摘要】 本文研究织机六连杆打纬机构计算机辅助设计方法,重点分析了用优化设计的方法确定六连杆打纬机构各轴的位置和杆件的长度,并对该机构进行了运动分析,对程序设计进行了说明。

关键词: 织机 打纬机构 六连杆机构 计算机辅助设计 优化设计 运动分析

中图分类号: TS103.135

无梭织机都具有一共同特点,即根据工艺要求箱座在后心时必须要有—静止时间(或相对静止时间)以便于引纬。共轭凸轮打纬机构根据凸轮特点,可以设计成箱座运动到后心完全静止,静止时间根据需要可达 200° 以上,对引纬非常有利,但其凸轮加工精度较高,使共轭凸轮价格昂贵,增加整机成本;为了在老机改造或简易无梭织机开发中降低成本、降低机加工要求,可考虑采用连杆打纬机构。连杆打纬机构结构简单、零件加工精度低、制造比较容易,可降低整机成本,但该机构设计较复杂,并且很难满足箱座的位移、速度、加速度要求。本文主要讨论六连杆打纬机构的设计方法。

一、问题的提出

六连杆打纬机构的设计精度要求较高,作图法和实验法不能满足设计精度,误差很大,且工作繁杂,设计周期冗长,而计算机的使用使复杂的计算变得简单,且运算快速准确,计算机还具备“存储”、“检索”、“模拟”和“判断”等功能,利用优化设计可设计出最佳方案,因此使用计算机辅助设计方法设计六连杆打纬机构。

二、轴的位置和连杆长度确定

图 1 为典型的六连杆打纬机构示意图。该题就是根据织造工艺要求求三根轴的位置 ($X_a, Y_a; X_c, Y_c; X_f, Y_f$) 和五根连杆的长度 (l_1, l_2, l_3, l_4, l_5)。

该机构的设计从老机改造和新机设计两方

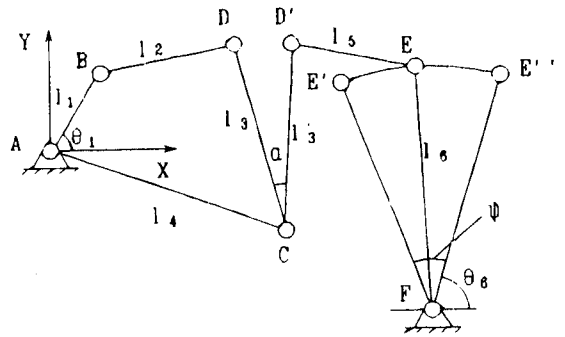


图 1 六连杆打纬机构示意图

A 为主轴;C 为过渡轴;F 为摇轴;
AB 为曲柄;BD 为短牵手;DCD' 为摇臂;
D'E 为牵手;EF 为箱座脚。

面来考虑,对于老机改造,从工艺方面来说一般主轴 A、摇轴 F 点固定不变,而新机设计,根据织造工艺有多种情况,为了能够适应所有情况列举了八种设计方案可共选择,而目标函数却总是一样,使得设计过程简洁、迅速、方便。

1. 工艺要求

六连杆打纬机构一般用于低速宽幅织机,根据该机的特点要使引纬器能顺利通过织口,织造工艺要求箱座在后心要有一相对静止时间,即箱座在后心相对静止(摆动 0.8°),主轴转角度(即箱座相对静止时间) $120^\circ \sim 150^\circ$

2. 优化设计

(1) 设计变量的选择

如图 1 所示,对于设计参数不同,该系统在设计时采用人工对话输入方式选择所需的或已知的参数,系统能根据输入情况自动把机构中的未知参数作为设计变量,可生成八种设计变量:

- ① $\vec{X} = (l_2, l_3, l'_3, X_c, Y_c, l_5, \alpha)$
- ② $\vec{X} = (l_2, l_3, l'_3, X_c, Y_c, l_5, \alpha, l_6)$
- ③ $\vec{X} = (l_2, l_3, l'_3, X_c, Y_c, l_5, \alpha, l_6, X_f, Y_f)$
- ④ $\vec{X} = (l_2, l_3, l'_3, X_c, Y_c, l_5, \alpha, X_f, Y_f)$
- ⑤ $\vec{X} = (l_2, l_3, l'_3, X_c, Y_c, l_5, \alpha, l_1)$
- ⑥ $\vec{X} = (l_2, l_3, l'_3, X_c, Y_c, l_5, \alpha, l_1, l_6)$
- ⑦ $\vec{X} = (l_2, l_3, l'_3, X_c, Y_c, l_5, \alpha, l_1, X_f, Y_f)$
- ⑧ $\vec{X} = (l_2, l_3, l'_3, X_c, Y_c, l_5, \alpha, l_1, l_6, X_f, Y_f)$

(2) 目标函数

如图 1 所示, 设主轴的角位移 θ_1 , 摇臂角位移 θ_3 , 箱座角位移 θ_6 , 则:

$$\theta_3 = \arctg(A_1 / \sqrt{B_1^2 + C_1^2}) + \arctg(C_1/B_1) - \alpha$$

$$\theta_6 = \arccos(A_2 / \sqrt{B_1^2 + C_1^2}) + \arctg(C_2/B_2)$$

式中

$$A_1 = l_2^2 - l_3^2 - (l_1 \cos \theta_1 - X_c)^2 - (l_1 \sin \theta_1 - Y_c)^2$$

$$B_1 = 2l_3(X_c - l_1 \cos \theta_1)$$

$$C_1 = 2l_3(Y_c - l_1 \sin \theta_1)$$

$$A_2 = l_5^2 - l_6^2(X_c - F_c + l_3 \cos \theta_3)^2 - (Y_c - Y_f + l_3 \sin \theta_3)^2$$

$$B_2 = 2l_6(X_f - X_c - l_3 \cos \theta_3)$$

$$C_2 = 2l_6(Y_f - Y_c - l_3 \sin \theta_3)$$

θ_6 为 θ_1 的函数 $\theta_6 = f(\theta_1)$

设箱座运动规律推回程相同, 箱座在后心相对静止摆动角 $\Delta\theta_6$, 主轴转角 $\Delta\theta_1 = (120^\circ \sim 150^\circ)$, 则:

$$\Delta\theta_6 = f(\pi) - f(\pi - \Delta\theta_1/2)$$

要使箱座静止 $\Delta\theta_6 \rightarrow \min (< 0.8)$, 则目标函数为:

$$F(\vec{X}) = \Delta\theta_6 \rightarrow \min (< 0.8)$$

(3) 约束条件

① 箱座动程 DK 约束条件

箱座动程是打纬机构的一个重要参数。太大会使箱座的速度、加速度增大, 动态性能变坏; 太小又会使经纱受引纬挤压, 甚至不能正常引纬, 因此须有一定的限制。若 DK_1 、 DK_2 为箱座动程变化范围, 则有: $DK_1 \leq DK \leq DK_2$

写成约束函数形式为:

$$g'(x) = 1 - |DK - (DK_2 + DK_1)/2| / ((DK_2 - DK_1)/2) \geq 0$$

② 打纬角 Ψ 约束条件

打纬角对织物成形质量影响很大, 钢筘的打纬力作用在织物上的方向不同, 打纬效果也不同, 因此根据不同织物选择适当的打纬角, 若 Ψ_1 、 Ψ_2 为打纬角的变化范围, 则有:

$$\Psi_1 \leq \Psi \leq \Psi_2$$

写成约束函数形式为:

$$g2(x) = 1 - |\Psi - (\Psi_2 + \Psi_1)/2| / ((\Psi_2 - \Psi_1)/2) \geq 0$$

③ 构成机构的基本条件

$$g3(x) = l_3 + l_4 - l_1 - l_2 \geq 0$$

$$g4(x) = l_2 + l_4 - l_1 - l_3 \geq 0$$

$$g5(x) = l_2 + l_3 - l_1 - l_4 \geq 0$$

$$g6(x) = l_4 + l_6 - l'_3 - l_5 \geq 0$$

$$g7(x) = l_5 + l_6 - l'_3 - l_4 \geq 0$$

$$g8(x) = l_4 + l_5 - l'_3 - l_6 \geq 0$$

④ 机构压力角的约束条件

$$g9(x) = \cos 40 - \cos \gamma_{1\min} \geq 0$$

$$g10(x) = \cos \gamma_{1\max} - \cos 140 \geq 0$$

$$g11(x) = \cos 40 - \cos \gamma_{2\min} \geq 0$$

$$g12(x) = \cos \gamma_{2\max} - \cos 140 \geq 0$$

另外程序能根据屏幕提示及输入情况对每个变量的上、下限自动生成约束。

(4) 优化方法

根据以上处理已将一个工程问题转化成一个数学问题, 即成为一个在满足所有约束条件下, 寻找设计变量 X 的最优点 X^* , 使目标函数 $F(X)$ 在 X^* 处为最小值的数学问题。由于目标函数不可导, 约束条件较多, 选择的最优化方法是内点 powell 法。

三、机构运动分析

由于机构复杂, 参变量较多, 优化后的结果是否满足设计要求, 还要对其运动特性进行分析, 如图 1 所示, 设主轴角速度 ω_1 , 角加速度 ϵ_1 , 摇臂角速度 ω_3 , 角加速度 ϵ_3 , 箱座角速度 ω_6 , 角加速度 ϵ_6 , 则:

$$\omega_3 = \frac{D_1}{C_1 \cos(\theta_3 + \alpha) - B_1 \sin(\theta_3 + \alpha)} \omega_1$$

$$\epsilon_3 = \frac{E_1 - F_1 + D_1 \epsilon_1}{C_1 \cos(\theta_3 + \alpha) - B_1 \sin(\theta_3 + \alpha)}$$

$$\omega_6 = \frac{D_2}{C_2 \cos \theta_6 - B_2 \sin \theta_6} \omega_1$$

$$\omega_6 = \frac{E_2 - F_2 + D_2 \varepsilon_3}{C_2 \cos \theta_6 - B_2 \sin \theta_6} \omega_1$$

式中:

$$D_1 = 2l_1(Y_c \cos \theta_1 - X_c \sin \theta_1) - 2l_1 l_3 \sin(\theta_1 - \theta_3 - \alpha)$$

$$E_1 = [-2l_1(Y_c \cos \theta_1 + X_c \sin \theta_1)\omega_1 - 2l_1 l_3 \cos(\theta_1 - \theta_3 - \alpha)(\omega_1 - \omega_3)]\omega_1$$

$$F_1 = -2l_1 l_3 \omega_1 \omega_3 \cos(\theta_1 - \theta_3 - \alpha) - C_1 \omega_3^2 \sin(\theta_3 + \alpha) - B_1 \cos(\theta_3 + \alpha)$$

$$D_2 = 2l_3[(X_c - X_f) \sin \theta_3 - (Y_c - Y_f) \cos \theta_3] - 2l_3 l_6 \sin(\theta_3 - \theta_6)$$

$$E_2 = \{2l_3[(X_c - X_f) \cos \theta_3 + (Y_c - Y_f) \sin \theta_3]\omega_3 - 2l_3 l_6 (\omega_3 - \omega_6) \sin(\theta_3 - \theta_6)\}\omega_3$$

$$F_2 = -2l_3 l_6 \omega_3 \omega_6 \cos(\theta_3 - \theta_6) - C_2 \omega_6^2 \sin \theta_6 - B_2 \omega_6^2 \cos \theta_6$$

分析结果,箱座角位移、角速度、角加速度如不满足设计要求则重新设定参数计算。直到满意为止。

四、程序设计

该软件采用 Turbo C 编程,采用人机对话方式输入箱座动程、打纬角的变化范围及机构中的已知参量,以机构中的未知参量作为设计变量,当输入设计变量的初始值及各设计变量的上下限值后,软件根据输入的原始数据自动

生成规范化了的约束函数,并自动建立优化设计的数学模型。

五、设计实例

已知 $l_1 = 62$,箱座相对静止时间 159° ,设计变量为第二种,优化方法为内点 powell 法,其中步长取 0.001,精度取 0.0001,设计变量初值由用户根据屏幕提示由键盘输入,则计算结果:

$$l_2 = 169, l_3 = 120, l_4 = 120, l_5 = 212, l_6 = 630,$$

$$\alpha = 0, X_c = 164, Y_c = -63$$

六、总结与展望

按本文的方法设计的六连杆打纬机构能完全满足工艺要求,不仅箱座静止时间长,而运动平衡,机构最为合理。此方法在老机改造设计,新机开发设计中均可使用。其中老机改造中在不提高机速的前提下可增大箱幅,提高生产效率。该软件与 AUTOCAD 配合使用,可完成机构的具体定型设计,从而为 CAD/CAM 一体化奠定基础。

参 考 资 料

- [1] 陈元甫:《纺织工艺与设备》(下册),纺织工业出版社,1984。
- [2] 陈立周:《机械优化设计方法》,冶金工业出版社,1986。