

挠性剑杆织机引纬机构优化方案探讨

刘景霞 蒋秀明

(天津纺织学院)

【摘要】 本文探讨了适于老机改造的挠性剑杆引纬机构型式。研究了该机构的优化设计方法，并结合 1515 型 190.5 厘米织机参数，给出两种类型传剑机构的多种优化设计方案。分析比较了各方案的剑杆运动特性。

近几年国际上织机制造厂研究出各种各样适应高速要求的传剑机构，但由于 1515 织机下面的两个特点，限制了一些新型传剑机构的采用：1. 四连杆中牵手打纬机构，非分离式箱座要求剑杆要随箱座摆动。某些与凸轮打纬机构配套的传剑机构不能采用。2. 老机采用长箱座脚，摇轴位置太低，因此某些机构如 TP400、TP500 等把扇形齿轮或差动轮系装在摇轴上，亦不易直接采用。本文对 H213 型及 Saurer 350 型在 1515 型织机上的移植方案进行初步探讨，评述于后。

一、曲柄摆轮式传剑机构设计

1. 工作原理与工艺参数

如图 1 所示，ABCD 为原 1515 织机四连杆打纬机构。主轴 A 以 1:2 速比传动曲柄轴 H，通过连杆机构 HGFED 传动活套于 E 轴上的摆轮 5 摆动。E 轴固装于箱座上，随箱座运动。轮 5 相对于箱座的摆动是箱座摆动与曲柄 HG 转动的合成运动，然后通过齿形带 6 传动轮 7，再由锥齿轮 8 及

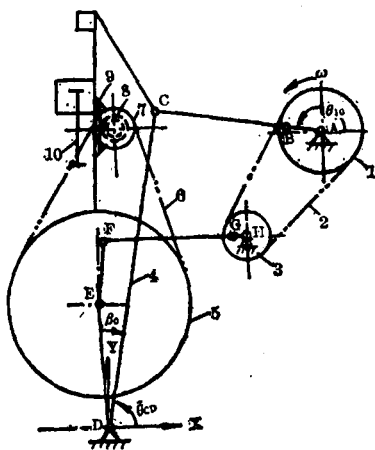


图 1 曲柄摆轮式传剑机构

9 传动剑轮 10 使之往复回转，与剑轮啮合的剑杆则作进剑或退剑。

设剑杆动程为 S_{max} ，
则有：

$$S_{max} = B/2 + a + b \quad (1)$$

式中： B 为最大穿幅，1515 型织机 1905 毫米，实际穿幅约 1850 毫米，若中央交接则单边剑杆幅内行程 925 毫米。 a 为剑杆布外行程，初选定 200 毫米。 b 为两剑杆交接冲程之半，参考同类机械取为 20 毫米。

$$\text{则 } S_{max} = 925 + 200 + 20 = 1145 (\text{毫米})$$

考虑到剑杆进剑的平均速率和极值应低于出剑数值，即进剑时主轴转角偏大，最大行程位置选择在主轴转角 $185^\circ \pm 5^\circ$ 。

剑头进出梭口时间的选择：剑头进到或退至布边时，为防止产生边跳及擦伤经线等，梭口应保证适当的三角形。由于 1515 型织机箱座自前心向后心运动时后退较慢，其运动规律如图 2 所示。为适应梭口三角形需要，拟定：进

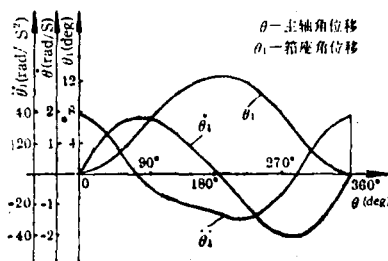


图 2 1515 型织机箱座运动规律

剑时间 $70^\circ \sim 80^\circ$ ；退剑时间 285° ，剑杆位移为 200 毫米。

2. 机构优化设计

本文仅结

合 1515 型织机的要求简述优化设计过程。

用解析方法推导出的剑杆位移 S 、速度 v 、

加速度 a 的表达式可简记为:

$$S = S(\theta, \{X\}); v = v(\theta, \omega, \{X\});$$

$$a = a(\theta, \omega, \{X\}).$$

式中: θ 、 ω 分别为主轴转角和角速度; $\{X\}$ 表示传剑五杆机构的机构参数。

(1) 目标函数及设计变量

为了优选机构参数实现预定的工艺要求, 建立如下目标函数:

$$F(\{X\}) = \min \left[\sum_{j=1}^N C_j (S(\theta_j) - S(\theta_j, \{X\}))^2 \right] \quad (2)$$

式中: j 为主轴位置节点; N 为节点总数; θ_j 为 j 节点处主轴转角; C_j 为加权系数; $S(\theta_j)$ 为引纬工艺要求的剑杆位移, 仅与主轴位置 θ_j 对应, 按前述的工艺参数确定; $S(\theta_j, \{X\})$ 为机构实现的剑杆位移, 即位移表达式 (2); $\{X\}$ 为要优选的机构参数, 它是设计变量。

机构所能实现的剑杆位移在进出梭口、最大动程等主轴位置应尽量满足工艺要求的剑杆位移量。即在这些位置需减小 $S(\theta_j, \{X\})$ 与 $S(\theta_j)$ 之间的误差, 加权系数 C 在此相应位置须给予较大值。表 1 列出了某次求取目标函数 $F(\{X\})$ 最小值过程中 j 、 θ_j 、 C_j 、 $S(\theta_j)$ 的部分取值。

表 1 加权系数与主轴位置对应表

j	θ_j (deg)	$S(\theta_j)$ (mm)	C_j	j	θ_j (deg)	$s(\theta_j)$ (mm)	C_j
1	0	0	1	6	185	1150	4
2	20	0	1	7	195	1130	2
3	40	0	1	8	285	200	4
4	75	200	4	9	320	0	1
5	175	1130	2	10	340	0	1

选取设计变量 $\{X\}$ 考虑到老机上四连杆打纬机构不变, 即 A_s 、 A_v 、 AB 、 BC 、 CD 均取现有 1515 型 190.5 厘米机构参数。而五杆机构 $HGFED$ 中 H_s 、 H_v 、 θ_{20} 、 HG 、 FG 、 EF 、 DE 、 β_0 均为未知, 此外轮 5 至轮 9 的传动比 i 、剑轮半径 r_{10} 也可取为变量。但因

i 和 r_{10} 仅起线性放大或缩小剑杆位移、速度、加速度规律的作用, 所以优化过程中不取为设计变量, 其值在计算前给定。这样设计变量 $\{X\}$ 共有 8 个参数:

$$\{X\} = \{H_s, H_v, \theta_{20}, HG, FG, EF, DE, \beta_0\}^T$$

其中: H_s 、 H_v 为 H 轴相对摇轴的水平及垂直距离; θ_{20} 为曲柄 HG 在主轴 0° 时的初始安装角; β_0 为 DE 杆与 CD 间的夹角; 其余均为各杆件长度。

(2) 约束方程

为使机构实现周期运动, 即满足连杆机构的几何约束条件; 为保证机构可安装和方便安装条件; 保证引纬机构具有较好的动力学性能, 须对机构的某些参数在取值上加以限制。以上过程归结为建立约束方程。本文在优化计算中主要约束方程如下:

$$H_{s\min} \leq H_s \leq H_{s\max} \quad (3)$$

$$H_{v\min} \leq H_v \leq H_{v\max} \quad (4)$$

$$DE_{\min} \leq DE \leq DE_{\max} \quad (5)$$

$$\beta_{0\min} \leq \beta_0 \leq \beta_{0\max} \quad (6)$$

$$\alpha \leq \alpha_{\max} \quad (7)$$

其中: 式 (3)、(4) 是对 H 点安装位置的限制。 $H_{s\min}$ 、 $H_{s\max}$ 和 $H_{v\min}$ 、 $H_{v\max}$ 分别表示 H 轴水平和垂直方向的最小、最大取值。式 (5)、(6) 是对 E 轴在箱座上安装位置的限制, 显然 DE 杆最小不得小于轮 5 的半径 r_5 , 否则无法安装, 但 E 点的安装位置过高或偏离箱座的重心与摇轴联线过远, 不利于减小构件动力载荷。式 (7) 为压力角约束方程, α 为机构 F 点处的压力角, 通过机构不同的位置时, 杆件 FG 、 EF 的几何关系求得, α_{\max} 为最大限定压力角, 此约束方程是使机构最大压力角不超出 α_{\max} 。

在建立目标函数和约束方程对机构参数优选过程中, 不同的初始参数; 不同的参数取值限制范围, 如对压力角极值出现位置不同, 会有多种不同的最佳方案。本文为验证此机构在 1515 型织机上应用的可行性, 给出了四种优化方案以便于分析和比较, 具体参数见表 2。

表 2 曲柄摆轮式传剑机构四种优化方案计算结果

方 案	机构参数(长度: 毫米 角度: 度)										75° (进剑)			80° (进剑)		
	H_a	H_y	θ_{20}	HG	FG	EF	DE	β_0	i	r_{10}	S (mm)	v (m/s)	a (m/s ²)	S (mm)	v (m/s)	a (m/s ²)
1	308	404	180°	13	303	119	265	10°	12.5	124	159	6.2	154	194	7.0	152
2	317	435	184°	12	270	108	265	4°	12.5	124	178	5.8	145	210	6.6	147
3	339	371	172°	14	301	137	300	10°	12.5	124	163	7.0	161	210	7.8	156
4	362	374	180°	12	317	91	277	4°	10.0	124	168	6.4	148	203	7.0	146

方 案	285° (退剑)			速度峰值 (m/s)		加 速 度 峰 值 (m/s ²)		最大动程		最大压力角	
	S (mm)	v (m/s)	a (m/s ²)	进 剑	退 剑	数 值	位 置	数值	位置	数值	位置
1	174	-7.8	181	11.6	-12.7	153 184 -345	75° 290° 190°	1150	185°	24.9°	190°
2	170	-9.0	198	11.4	-13.0	147 219 -322	80° 300° 190°	1149	185°	28.7°	310°
3	201	-7.3	157	11.8	-11.9	162 159 -334	70° 290° 185°	1149	180°	26.8°	190°
4	188	-7.7	171	11.5	-12.0	148 175 -347	75° 290° 190°	1150	185°	29.9°	190°

3. 优化设计结果分析

表 2 中方案 4 为传动比 $i=10$ 结果, 其余均为 $i=12.5$ 。其中第 1、2 两方案的剑杆位移 S 、速度 v 、加速度 a 及机构压力角 α 曲线分别如图 3 和 4 所示。比较诸方案, 其共同特

点为:

- (1) 剑杆位移在满足最大动程条件下, 布外行程皆较小, 有利于减少机器占地面积。
- (2) 整个运转过程中, 连杆机构压力角皆小于 30°, 有利于减小机构驱动力和构件受力。

(3) 剑杆进至及退至布边时的速度皆较小, 有利于准确钳取纬纱和将纬纱顺利引出布边。

(4) 剑杆负加速度峰值普遍较正向加速度峰值大近一倍, 且发生在两剑交接位置附近, 增加剑杆的惯性冲程。

(5) 剑杆进足时间皆在 180°~185°, 机构参数确定后, 交接时间不可调节。

(6) 表中所列方案均是以剑杆最大动程 S_{max} 为 1150 毫米, 80° 及 285° 左右剑

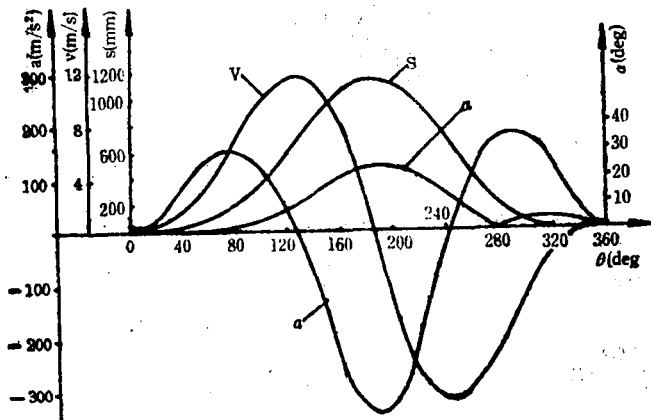


图 3 第 1 种方案剑杆运动规律及机构压力角

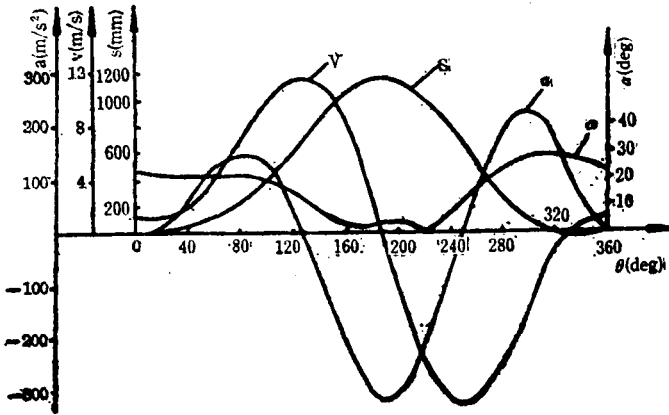


图4 第2种方案剑杆运动规律及机构压力角

杆位移 200 毫米条件下计算结果, 若根据织造工艺需要改变幅宽, 可以调节摆轮传动臂 EF , 每 ± 5 毫米, S_{max} 约为 1150 ± 30 毫米。

二、连杆齿带式传剑机构设计

1. 工作原理

该机构参考 Saurer 350 型设计, 如图 5 所示, 曲柄轴 E 由主轴 A 以 1:1 速比同向传动, $EFGH$ 为曲柄摇杆机构, H 点活套于织机中轴(平纹踏盘轴)上, 在摇杆与连杆的联接点 G 装一连杆 GI , I 点绞装于随箱座摆动的齿形带上, 当 EF 回转时, 齿形带传动使活套于 O 轴的带轮往复转动, 通过齿轮 1、2、

3、4 带动剑轮 5, 以传动剑杆进退剑。图 5 适用于连杆机构装于齿形带外侧的结构布置。若需将连杆机构装于齿形带轮的内侧, 即 I 点自上向下运动为进剑, 则可采用图 6 所示机构。图中传动齿带的连杆下端绞装于连杆 FG 的延长线上的 J 点。

2. 机构优化设计

利用解析法不难求出 I 点相对于箱座的位移、速度、加速度与主轴转角、角速度的对应规律, 再经齿轮机构放大后即为剑杆的运动规律。

目标函数建立过程与曲柄摆轮式传剑机构同理。在图 5 所示的机构中, 设计变量有: E 轴安装位置 E_x, E_y ; 曲柄 EF 的初始安装角 θ_{E0} ; 杆长 EF, FG, HG, GI 。因此设计该机构需确定以上 7 个参数。 H 点位置借用原机中轴, 已知。

约束方程除了 $EFGH$ 四杆机构有曲柄、可回转的几何约束条件外, 主要考虑以下约束条件:

a) E 点安装位置的限制, E 轴位置不应太低, 即与地面的垂直高度应大于曲柄 EF 的长度, 且 EF 回转不与摇轴相碰。

b) 连杆 GI 与齿形带交接点 I 极限位置的限制, 即 I 点在箱座上最下、最上位置应满足齿形带轮机构在箱座上的合理装配。

c) 压力角限制, 该机构有两个压力角, 四杆 $EFGH$ 机构 G 点压力角 α_1 ; 滑块 I 点压力角 α_2 。 α_1 最大两数值发生在曲柄 EF 与 EH 共线两位置, 而 α_2 为连杆 GI 与 I 点滑动方向间的夹角。

采用图 6 布置的方案时需增加一个设计变量 FJ ,

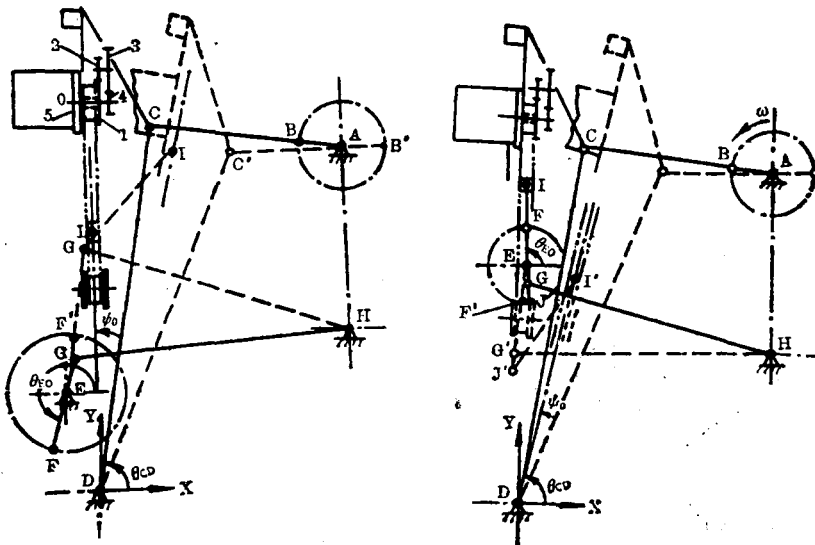


图5 外侧安装的连杆齿带传剑机构 图6 内侧安装的连杆齿带式传剑机构

表 3 连杆齿带式传剑机构两种优化方案计算结果

方 案	机构参数(长度, 毫米; 角度, 度)								70° (进剑)			75° (进剑)			
	E_2	E_3	θ_{E0}	EF	FG	HG	GI	FJ	k	S (mm)	v (m/s)	a (m/s ²)	S (mm)	v (m/s)	a (m/s ²)
5	-62	186	260°	106	170	527	248	(170)	7.22	183	5.4	124	213	6.1	137
6	9	451	88°	68	101	491	211	134	7.22	162	7.0	201	201	8.1	196

方 案	285° (退剑)			速度峰值 (m/s)		加 速 度 峰 值 (m/s ²)		最大动程		最大压力角			
	s (mm)	v (m/s)	a (m/s ²)	进剑	退剑	数 值	位 置	数值	位置	α_{1max}	位置	α_{2max}	位置
5	226	-8.1	149	12.5	-11.0	164 163 -312	90° 295° 170°	1152	180°	45°	290°	31.6°	200°
6	200	-7.4	178	12.0	-12.8	201 180 -258	70° 280° 195°	1151	180°	45°	70°	26.4°	240°

其它均与图 5 方案同理, 见表 3。

3. 计算结果讨论

用优化方法优选出上面两套机构的结构参数, 作为本文提出的第 5、6 方案, 列于表 3。图 7、8 给出了这两方案剑杆运动及机构压力角曲线。与曲柄摆轮式传剑机构方案比较, 方案 5、6 具有下列特点:

(1) 由于剑杆的主要运动由曲柄 EF_1 传动, 调节 EF 的初始安装位置即可改变进剑、退剑时间, 以适应不同开口工艺的需要。

(2) 剑杆最大加速度较小, 剑杆交接惯性冲程较小。

(3) 由于不用大摆轮, 随箱座摆动构件的惯量小, 减轻箱座转动惯量。

(4) 从 75° 及 285° 对应的剑杆位移来看, 方案 5、6 布外行程较大, 则进剑时间需稍相应提前, 若一定保证较晚的进剑时间, 则应使总动程增

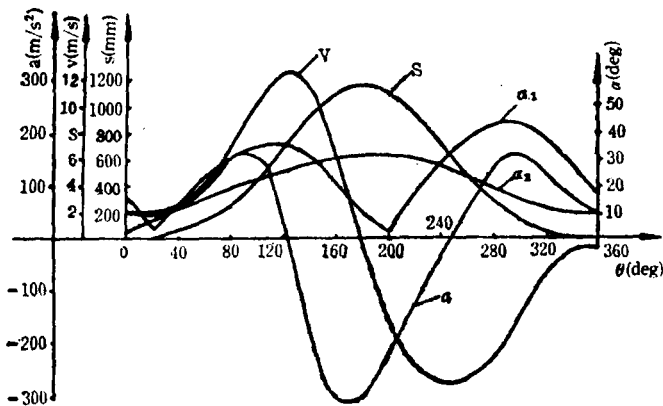


图 7 方案 5 剑杆运动规律及机构压力角

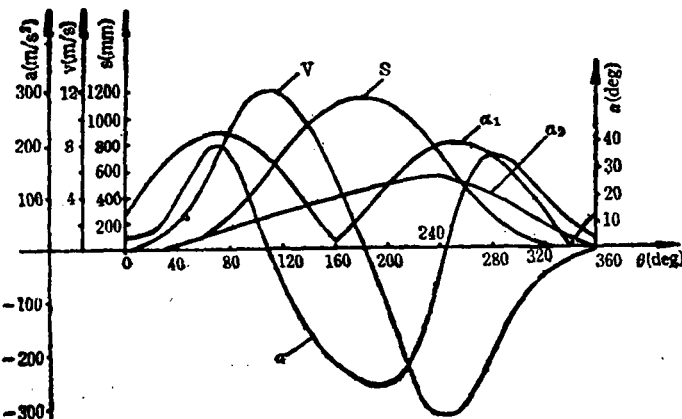


图 8 方案 6 剑杆运动规律及机构压力角

(下转第 11 页)