

压板机构的优化设计

叶元烈 刘臻华 秦东晨
(郑州工业大学机械系)

摘要 本文针对服装整体熨烫机的压板机构进行了分析,并完成该机构的优化设计,机构的优化设计使用了复合形法,采用多级优化技术,得到了满意的结果,为结构设计提供了合理、可靠的数据。

关键词 压板机构;复合形法;多级优化

中图分类号 TH122

服装整体熨烫机是衬衫熨烫的一个关键设备,可以大大提高衬衫的加工质量,其中压板机构是其主要部件之一,压板机构是服装整体熨烫机的执行机构,其运动稳定性和工作性能直接影响到整机性能和加工质量,因此研究压板机构有着十分重要的意义.本文采用优化方法对压板机构进行优化设计,得到了满意的结果.

1 压板机构方案分析

整体熨烫机是衬衣熨烫中提高工作效率和加工质量的一个关键设备,熨烫动作是压板运动给人体模上的衬衣进行加压,因此对压板机的运动有以下几个方面的工作要求:

- (1) 压板运动稳定可靠,到位时不能产生冲击;
- (2) 压板到位准确,到位后压板与人体模之间的压力分布均匀;
- (3) 压板机构尺寸不可太大,结构简单,运动轻巧;
- (4) 环境清洁安静,无污染.

根据对整体熨烫机的工作要求及其特点,我们进

行了方案分析与研究,选择了多种机构方案进行对比分析,例如曲柄摇杆机构、曲柄滑块机构、手动驱动机构,气动驱动机构等等,最后集中在气动六杆机构类型上,它包括压板、气缸、摇臂等部件,在气动六杆机构中气动曲柄摇杆六杆机构和气动曲柄滑块六杆机构是典型的两种类型,如图1所示,由于气动曲柄滑块六杆机构在运动过程中,压板运动随滑块做直线运动,运动平稳,压板与人体模之间的间隙一直是均匀的,但是结构十分复杂与笨重,成本较高;而气动曲柄摇杆六杆机构中的压板运动轨迹为摆动轨迹,压板运动过程中与人体模之间的间隙不均匀,但到位后人体模变形均匀,机构简单轻巧,制造安装方便,机架结构简单,整机尺寸较小,适合服装整体熨烫机的执行机构要求.因此,整体熨烫机的压板机构选用了气

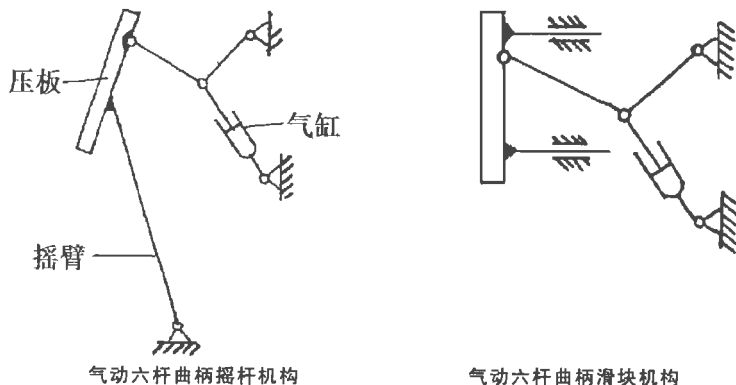


图1 压板机构方案分析简图

动曲柄摇杆六杆机构.

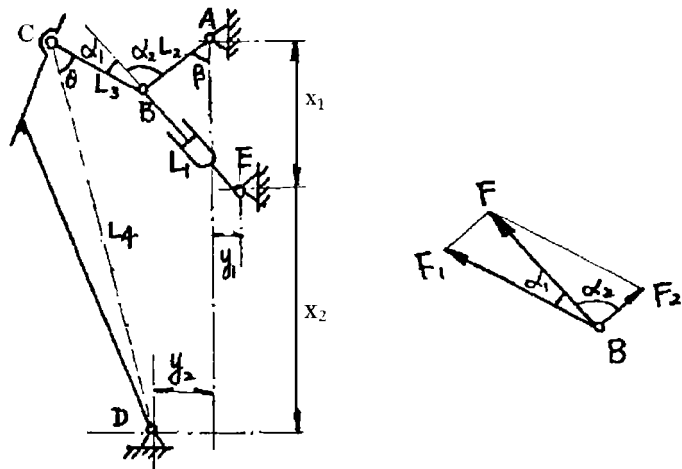


图 2 压板机构简图

2 优化数学模型的建立

压板机构如图 2 所示, 根据分析, 选取设计变量为:

$$X = \{\beta, L_2, L_3, L_4, y_1, y_2\}^T = [x(1), x(2), x(3), x(4), x(5), x(6)]^T$$

通过对机构 B 点的受力分析, 希望气缸推力分配到杆 BC 的力最大, 以达到最大的起动力, 即要求气缸的传力比最大, 由图 2 可以得到:

$$\frac{F_1}{F} = \frac{\sin \alpha}{\sin(180^\circ - \alpha - \alpha)} = \frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha + \alpha)}$$

其中: F 为气缸推力, F₁ 为杆 BC 所受的分力.

则传力比为:
$$C = \frac{F_1}{F} = \frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha + \alpha)}$$

该机构优化设计的目标函数为:
$$FX = -C = \frac{-\sin \alpha}{\sin(\alpha + \alpha)}$$

即
$$\min(FX) = \min\left[-\frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha + \alpha)}\right]$$

对于该优化设计问题, 约束函数选取了边界约束和性能约束, 根据结构需要, 边界约束采用各个设计变量的变化范围, 性能约束采用对机构传动角 θ 的限制, 防止机构效率过低和自锁.

3 机构参数的计算

压板机构的机构简图如图 3 所示, 气缸的行程近似取为:

$$S = \left[\frac{\pi}{2} - \beta\right] \cdot L_2$$

根据气缸结构需要, 取初始状态下气缸总长为

$$L_1 = 480\text{mm}$$

由图可得: $BC = L_2 \cdot \sin \beta$

$$\begin{aligned}
 GF &= y_1, AG = L_2 \cdot \cos \beta \\
 BF &= BG + GF = L_2 \sin \beta + y_1, \\
 \therefore EF &= \sqrt{BE^2 - BF^2} \\
 &= \sqrt{480^2 - (L_2 \sin \beta + y_1)^2},
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 AH &= AG + EF \\
 &= L_2 \cos \beta + \sqrt{480^2 - (L_2 \sin \beta + y_1)^2}, \\
 \text{即 } x_1 &= L_2 \cos \beta + \sqrt{480^2 - (L_2 \sin \beta + y_1)^2},
 \end{aligned}$$

$$\angle FBE = \arctg \left(\frac{EF}{BF} \right),$$

$$\text{故得到 } \alpha = \pi - \left[\frac{\pi}{2} - \beta \right] - \angle FBE = \frac{\pi}{2} + \beta - \arctg \left[\frac{480^2 - (L_2 \sin \beta + y_1)^2}{L_2 \sin \beta + y_1} \right]$$

压板到达工作位置时,压板压熨面与地面垂直,杆 L_2 、 L_3 拉成一条直线,即处于死点位置,因此 $AC = L_2 + L_3$

$$\begin{aligned}
 AM &= x_1 + x_2 = \sqrt{L_4^2 - (L_2 + L_3 - y_2)^2}, \\
 \therefore x_2 &= AM - x_1 \\
 &= \sqrt{L_4^2 - (L_2 + L_3 - y_2)^2} - L_2 \cos \beta - \sqrt{480^2 - (L_2 \sin \beta + y_1)^2}, \\
 DN &= AM - AG = \sqrt{L_4^2 - (L_2 + L_3 - y_2)^2} - L_2 \cos \beta, \\
 BN &= BG - NG = BG - DM = L_2 \sin \beta - y_2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{则得: } BD &= \sqrt{DN^2 + BN^2} \\
 &= \sqrt{\left[\sqrt{L_4^2 - (L_2 + L_3 - y_2)^2} - L_2 \cos \beta \right]^2 - (L_2 \sin \beta - y_2)^2},
 \end{aligned}$$

$$\text{在 } \triangle BCD \text{ 中, } \cos \theta = \frac{CD^2 + BC^2 - BD^2}{2 \cdot CD \cdot BC},$$

$$\text{所以 } \theta = \arccos \left(\frac{L_4^2 + L_3^2 - BD^2}{2 L_3 L_4} \right),$$

$$\begin{aligned}
 \text{同理, } \angle DBE &= \arccos \left\{ \frac{L_1^2 + BD^2 - DE^2}{2 L_1 \cdot BD} \right\} \\
 &= \arccos \left\{ \frac{L_1^2 + BD^2 - [x_2^2 + (y_1 + y_2)^2]}{2 L_1 \cdot BD} \right\}, \\
 \angle CBD &= \arccos \left\{ \frac{L_3^2 + BD^2 - L_4^2}{2 L_3 \cdot BD} \right\},
 \end{aligned}$$

$$\text{故: } \alpha = \pi - \angle DBE - \angle CBD.$$

4 优化方法的选择

由于目标函数和部分约束函数为非线性函数,因此压板机构优化设计问题属于非线性优化设计问题(NLP).为了保证优化过程的稳定性和可靠性,该优化问题可采用复合形法.复合形法使用方便,稳定可靠,只是收敛速度较慢,但压板机构优化设计数学模型比较简单,计算时间较短,迭代次数不是主要矛盾,因此复合形法适合于该机构的优化设计.

5 计算结果

在压板机构优化设计中,采用了多级优化技术,即首先使用较粗的收敛精度进行优化

得到一个初级优化结果, 然后根据该结果缩小边界约束, 再进行优化计算, 得到较高精度的优化结果, 这样可以减少优化的迭代次数, 经过计算, 初级优化结果为:

$$X'=[0.69219, 136.486, 151.298, 1090.673, -5.657, 18.547]^T$$

根据初级优化结果, 对约束函数进行调整, 重新优化, 得到了较高精度的优化结果, 即

$$X^*=[0.67818, 137.094, 181.850, 1023.903, -6.921, 18.860]^T$$

$$FX=-0.78783.$$

经过圆整, 得到最后实用的优化结果为:

$$X=[0.6515352, 138, 180, 1020, -10, 18]^T$$

$$FX=-0.7813478, x_1=580.5, x_2=394.3846.$$

$$\theta=29.3728^\circ.$$

6 结 论

通过对压板机构优化设计结果的分析, 可以总结以下几点.

- (1) 与原西德产品“坎尼吉塞双星衬衣熨烫机 HPV”相比, 该优化结果的传力比提高了 3.5%, 且机构尺寸比西德产品小;
- (2) 多级优化技术计算效率高, 精度也高;
- (3) 复合形法可靠稳定, 对小型优化设计问题是一种简单方便的方法;
- (4) 经过分析, 压板机构的优化设计结果是合理可行的, 现已用于整体熨烫机的设计之中.

参 考 文 献

1 辉殿臣等. 服装机械原理. 纺织工业出版社. 1990 年
2 陈立周等. 机械优化设计. 冶金工业出版社 1985 年
3 J·伏尔默连杆机构. 机械工业出版社. 1989 年
4 孙恒. 机械原理. 高等教育出版社. 1988 年

A Optimal Design to the Pressing Mechanism

Ye Yuanlie Liu Zhenhua Qin Dongchen
(Zhengzhou University of Technology)

Abstract This paper has analyzed a pressing mechanism of a clothing presser and has carried out the optimal design of the mechanism. The optimization makes use of a complex method; and the multi-stage optimization. A satificated result was obtained and gave a feasible data for the design of the clothing presser.

Keywords pressing mechanism; complex method; multi-stage optimization