

皮革削匀机供料机构优化设计

李大磊 覃寿同 马胜钢 孙俊杰
(郑州工业大学机械系)

摘要: 本文详细介绍了在研制皮革削匀机带自动补偿的供料机构中所采取的优化设计方法,提出了在设计中所遇到的主要问题和解决办法,为同类皮革机械的研制和开发提供了一条成功的经验。

关键词: 优化, 目标函数, 约束, 复合形法

中图分类号: TH122

皮革的削匀是制革生产过程中一道重要工序,它能使厚度不合要求和各部位厚度有差异的皮革达到规定的厚度且均匀一致、平整光洁。皮革削匀机是该工序的关键设备,该机的性能直接影响到成品皮革的质量。长期以来,1500毫米以上的宽幅削匀机主要依靠进口,价格昂贵、备件得不到保证。近年来,虽有工厂从国外引进宽幅削匀机的生产技术,但引进的产品多半是较落后的甚至是淘汰产品。在皮革机械市场竞争激烈的环境下,我国必须尽快设计出具有先进性能的产品。我院根据省科委星火计划,组织人力对皮革削匀机进行攻关,在广泛调研的基础上,充分吸收国内外同类产品的成功经验,应用现代设计方法和国内最新技术,开发出具有国际先进水平的1800毫米宽幅削匀机。本文主要介绍该机供料机构的优化设计方法。

皮革削匀机的基本工作原理如图1所示。机器的主要工作件是供料辊、刀辊、压辊、刮辊和砂轮,它们的轴线相互平行。当机器开动后,供料辊处于张开状态,操作工人可放入待削皮张,然后踩脚踏板使供料辊靠近刀辊,随着靠近动作进行,供料辊自动旋转,皮

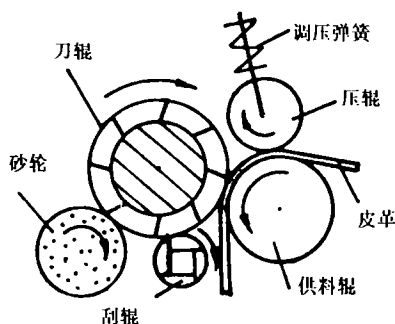


图1

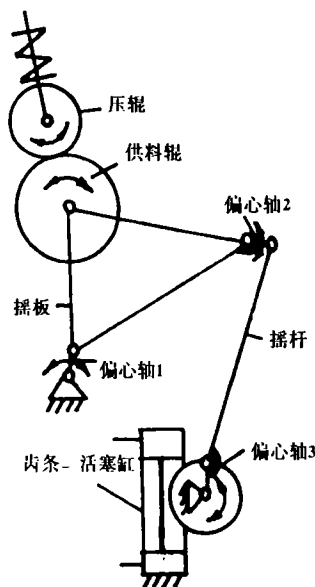


图2

革在压辊与供料辊的夹紧下喂入刀辊进行削匀。不削皮时,砂轮在磨刀机构带动下沿刀辊轴向往复运动对刀辊进行磨削,以保证刀片锋利。刮辊的作用是防止皮张缠卷刀辊。供料辊的靠近动作和因刀片磨损需要进行的自动补偿运动是由供料机构完成的,其工作原理如图2,供料辊装在两个摇板的轴承中,当齿条——活塞缸上下移动时,通过齿轮带动偏心轴可使摇杆运动,摇杆带动摇板绕其支点转动,从而使摇板上的供料辊获得靠近或脱开刀辊的运动。偏心轴3达到其园轨迹顶部时,供料辊到达工作时的削皮位置;达到其园轨迹最低点时为不削皮位置。左右相对的两个偏心轴2用于调节供料辊与刀辊间

的平行度,调节后予以锁紧。两个偏心轴1由步进电机驱动,自动调节刀辊与供料辊之间的间隙以补偿刀片的磨损,最大补偿距离可达30毫米,自动调节后可以自锁。在补偿过程中,为了保证削匀质量,要求压辊与供料辊之间对皮革的压紧力保持不变,因此,供料辊的补偿运动轨迹必须满足这一要求,供助微机采用优化设计的方法来解决这一问题是可以的。

1、自动补偿过程中供料辊中心的理想轨迹

供料机构的简化模型如图3。座标原点取在偏心轴1的转动中心。在补偿过程中,供料辊中心从M点移动到M'点,欲保持皮革所受压紧力不变,M'的座标值应考虑三方面的影响:G点位置座标值、 \overline{GM} 距离不变座标值。由于供料辊与压辊接触位置改变导致力变化的补偿座标值,所以M'点的理想轨迹应满足下式:

$$\left. \begin{aligned} M_x' &= G_x \cdots \left(\frac{L_o \cos \gamma_1}{\cos \varphi_i} - L_o \right) \sin \gamma_0 + \overline{GM} \sin (\gamma_0 - \varphi_i) \\ M_y' &= G_y \cdots \left(\frac{L_o \cos \gamma_1}{\cos \varphi_i} - L_o \right) \cos \gamma_0 + \overline{GM} \cos (\gamma_0 - \varphi_i) \end{aligned} \right\} (1)$$

式中: \overline{GM} ——压辊中心至供料辊中心距离

γ_0 ——压辊运动轨迹与Y轴夹角

γ_1 ——供料辊补偿起点中心与压辊运动方向夹角

φ_i ——供料辊补偿过程中M'点座标与压辊运动方向夹角

L_o ——调压弹簧予压缩量

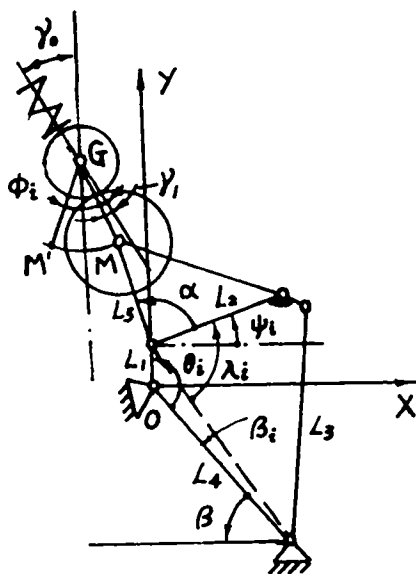


图3

2、供料机构数学模型、目标函数及约束条件

分析和计算表明,偏心轴2对理想轨迹拟合的影响较小,为了便于计算和建模简单,把供料机构简化为四杆机构后,其数学模型如下:

$$\left. \begin{aligned} M_x^{(i)} &= L_1 \cos(\theta_i + \beta) + L_5 \cos(\psi_i + \alpha) \\ M_y^{(i)} &= L_1 \sin(\theta_i + \beta) + L_5 \sin(\psi_i + \alpha) \\ \varphi_i &= \beta + \arccos \frac{L_1^2 L_2^2 L_3^2 L_4^2 - 2L_1 L_4 \cos \theta_i}{2L_2 \sqrt{L_1^2 + L_4^2 - 2L_1 L_4 \cos \theta_i}} - \arctg \frac{L_1 \sin \theta_i}{L_4 - L_1 \cos \theta_i} \end{aligned} \right\} (2)$$

其中: $i=1, 2, \dots, S$

该机构要求再现边杆轨迹 MM' , 可采用有接由连杆上 M 点再现的 S 个点与给定的 S 个点之差值平方和为最小的方法建立目标函数, 即:

$$F(X) = \sum_{i=1}^S \omega_i \{ [M_x^{(i)} - M'_x{}^{(i)}]^2 + [M_y^{(i)} - M'_y{}^{(i)}]^2 \}$$

其中: $M_x^{(i)}, M_y^{(i)}$ —— M 点在位置 i 时的座标

$M'_x{}^{(i)}, M'_y{}^{(i)}$ —— M 点在位置 i 时的理想座标

ω_i —— 权因子

将(2)式代入目标函数式得:

$$F(X) = \sum_{i=1}^S \omega_i \left\{ [L_1 \cos(\theta_i + \beta) + L_5 \cos(\psi_i + \alpha) - M'_x{}^{(i)}]^2 + [L_1 \sin(\theta_i + \beta) + L_5 \sin(\psi_i + \alpha) - M'_y{}^{(i)}]^2 \right\} (3)$$

该机构是曲柄摇杆机构, 由曲柄条件, L_1 为最短杆, $L_1 \leq L_i (i=2, 3, 4)$, 则该机构的约束函数:

$$\left. \begin{aligned} g_1(x) &= -L_1 - L_2 + L_3 + L_4 \geq 0 \\ g_2(x) &= -L_1 + L_2 - L_3 + L_4 \geq 0 \\ g_3(x) &= -L_1 + L_2 + L_3 - L_4 \geq 0 \end{aligned} \right\} (4)$$

3、优化方法及程序框图

由图 3 知, 把座标原点取在曲柄轴心, 该机构有 8 个相互独立的设计变量需要优化, 即 $L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, \alpha, \beta$ 和 θ_i 。若对这 8 个变量全部优化, 有利于达到最佳效果。考虑到整机结构安排, 布置和部分动力学要求, 还要对上述 8 个变量中的部分参数加以约束, 甚致作为常量来限制。由于该机构目标函数的性态和约束条件较复杂, 属非线性规划问题, 采用复合形法寻优具有较大的灵活性和可靠性。在应用该方法时要注意解决好以下几个问题:

(1) 采用随机函数与约束条件配合来选择复合形顶点, 有利于扩大初始点工作范围和多次运行程序, 经过对结果的比较分析, 求出全局最优值。

(2) 注意到目标函数性态对优化结果的影响, 在选择终止迭代判据时, 采用两次迭代的目标函数值之差与相邻两点变量之差并用的方法取得了较好的效果。

(3) 由于该优化过程中的设计变量较多, 为了使优化过程尽可能收敛于最优值, 对一些敏感设计变量进行权重和尺度处理, 以解决所有设计变量都必须按一定的比例和方向变化带来的问题。程序框图见图 4。

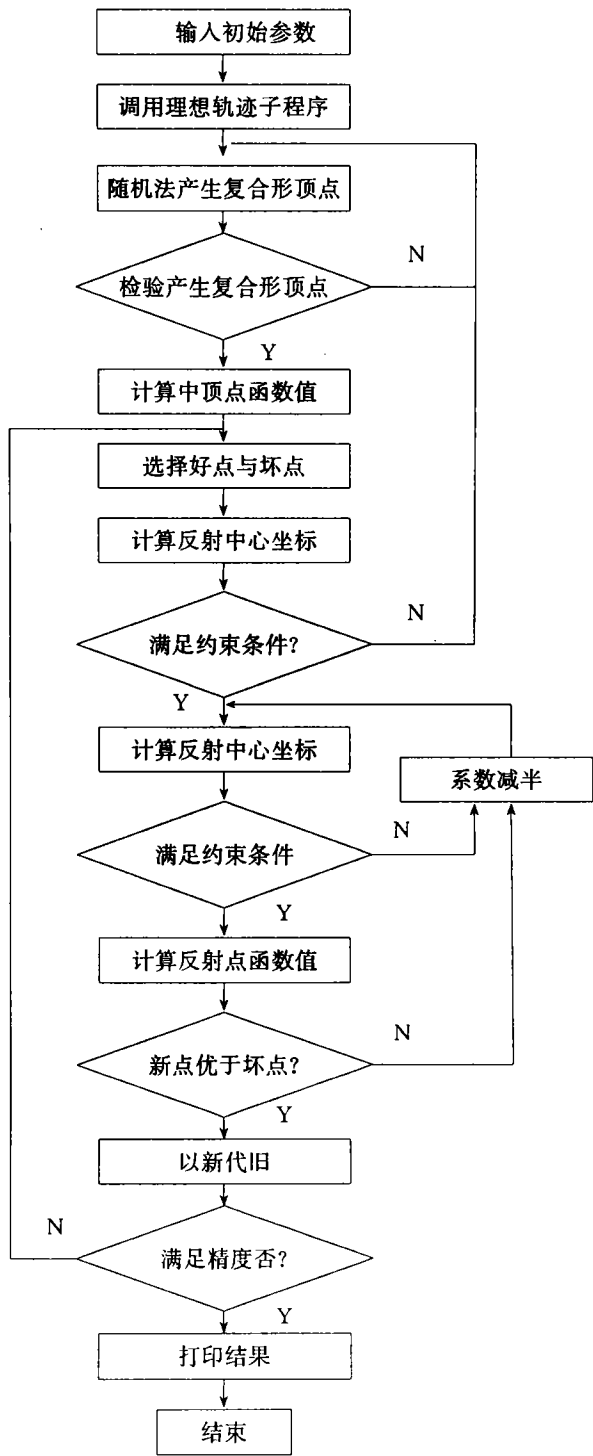


图 4

4. 优化结果及分析

在优化过程中正确处理实际机构中的具体问题,并对计算结果进行仔细的分析、比较,才能得到一个符合工程实际的最优设计方案。在供料机构中,为了减少补偿控制系统软件工作量和提高机构运动平稳性,要求曲柄均匀转动实现拟合。为保证拟合曲线的精度和高的计算效率,该机构优化中选择 M 点在给定轨迹 MM'上精确再现 11 个点。本程序编制中,还要考虑到皮革削匀机设备上的具体问题和各种影响因素,用了 9 个约束条件。针对上述问题的优化应用 KUHN-TUCKEY 条件分析判断,不属凸规化问题,所以每次优化结果往往停留在局部极值点上,必须选择几个差异较大的初始点进行搜索,通过比较,分析才能得到一个可靠的结果。

该优化程序在 386 微机上运行,首先对图 3 机构中 8 个参数在较宽范围内进行优化,虽然得到了较好的效果,(目标函数值及拟合误差均较小)因篇幅所限,此结果略去,但设计参数 β 和 L_4 不能满足动力学和机构布局的要求,结合本机的实际情况把 β 和 L_4 的范围作较大的限制(或基本固定),对其余 6 个参数多次进行优化计算,得到了几组比较稳定的结果,取一组较为符合本机实际的结果参数作为最优解是合理的。

最优解为: $L_1=24.82(\text{mm})$; $L_2=348.93(\text{mm})$; $L_3=384.12(\text{mm})$; $L_5=332.28(\text{mm})$; $\alpha=89.97^\circ$; $\theta_1=-3.10^\circ$; $L_4=401(\text{mm})$, $\beta=60^\circ$ 其误差 $\Delta M_x^{(i)}-M_x'^{(i)}$ 及 $\Delta m_y^{(i)}=m_y^{(i)}-m_y'^{(i)}$,见表 1。对各设计变量的敏感性分析见表 2,很明显, α 、 β 两参数的变化对拟合精度的影响较大,因此在设计和制造供料机构时应严格控制这两个参数的变化值。

以优化法所得结果可以算出该曲柄机构最小传动角为 $61^\circ19'$,大于 40° ,满足传力性要求,可见该算法过程是合理正确的,其优化结果是可靠有效的。见表 3。

表 1 单位:mm

i	$\theta_i-\beta_{(xi)^\circ}$	$m_x'^{(i)}$	$\Delta M_x^{(i)}$	$\Delta M_y^{(i)}$			
1	-63.10	-8.10	-6.36	-1.74	308.08	3.9.68	-1.60
2	-68.10	-11.08	-10.05	-1.03	307.76	308.69	-0.93
3	-73.10	-14.05	-13.65	-0.40	307.50	307.88	-0.38
4	-78.10	-17.03	-17.14	-0.10	307.29	307.25	0.04
5	-83.10	-20.02	-20.49	0.46	307.13	306.81	0.32
6	-88.10	-23.01	-23.67	0.66	307.03	306.57	0.45
7	-93.10	-26.00	-26.67	0.66	306.99	306.53	0.45
8	-98.10	-29.00	-29.45	0.45	307.00	306.69	-0.30
9	-103.10	-31.99	-31.99	0.00	307.06	307.06	-0.00
10	-108.10	34.98	-34.28	-0.70	307.18	307.63	-0.45
11	-113.10	-37.98	-36.30	-1.67	307.35	308.39	-1.03

表 2

设计变量	25(mm)	350(mm)	385(mm)	401(mm)	332(mm)	90°	60°	—3.10°
敏感梯度	307	—2.2	4.5	—2.7	1	30	31	—2.3

表 3

变 量 方 法	L ₁ (mm)	L ₂ (mm)	L ₃ (mm)	L ₄ (mm)	L ₅ (mm)	α	β	θ _i	目标 函数	X 坐标 平均误差 (mm)	Y 坐标 平均误差 (mm)
作图法	20	290	410	410	290	90°	60°	125°	46.5	3.93	1.02
优化法	25	350	385	401	322	90°	60°	—3.10°	9.8	0.70	0.53

结束语

皮革削匀机中采用自动补偿的供料机构可以有效地稳定大批量皮革加工时皮革厚度均匀不变,有利于提高生产效率和产品质量。采用优化方法设计该机构才能达到理想效果。本文所用的设计方法也适用于其它刀轴类皮革机械的设计和开发。

参 考 文 献

«机构最优化设计»贺贤贵、徐振华,高等教育出版社,1984:

Optimal Design of stuff feeding mechanism in
a leather shaving mechine

Li Dalei Ma Shenggang Qin Shoutong Sun Junjie
(Zhengzhou University of Technology)

Abstract: A optimal design is described in this paper, which is used to design a stuff feeding mechanism with automatic compensating ability in a leather shaving machine. The major problems encountered in designing and solving method are given. A successful experience can be acqired from this paper in researching and developing similar leather machines.

Keywords: Optimization, object function. Constrain Complex method.