

# 滚筒洗衣机移位控制的弹性复合支脚创新设计

陈祥敏

(安徽国防科技职业学院 机械工程系 安徽 六安 237011)

**【摘要】**滚筒洗衣机滚筒的高速旋转不仅引起了箱体的振动及噪声,而且使洗衣机整体的水平方向移位。为了控制或消除滚筒洗衣机移位,创新性地设计了一款弹性复合支脚,并对弹性复合支脚核心件弹簧进行了详细设计。经试验验证,其对洗衣机移位的抑制收到了一定的效果,达到了预期设计目标。

**【关键词】**滚筒洗衣机 移位 弹性复合支脚 弹簧

**【中图分类号】**TH122 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1673-1891(2014)01-0046-02

## 1 前言

滚筒洗衣机滚筒的高速旋转给洗衣机带来的不仅仅是箱体的振动以及振动引起的噪声,而且还造成了洗衣机整体的水平方向移位。原因是滚筒不断变化的旋转扭矩包含了水平方向的扭转的分量<sup>[1,2]</sup>。而主要抵抗这种水平扭转的是洗衣机4只支脚所提供的水平方向的摩擦力,因此,想要改善洗衣机的移位现象,需要对洗衣机的支脚进行优化设计。

## 2 弹性复合支脚设计方案

经过在美的公司滚筒洗衣机振动移位试验现场的观察与测试发现,洗衣机确实存在着移位的现象,并且同时伴随着支脚离开地面的情况。这是因为滚筒内的不平衡质量在高速旋转时所产生的扭矩的方向从水平到竖直往复变化着,而其中的竖直分量有使洗衣机翻倒的倾向,因此造成了洗衣机支脚与地面的脱离。

支脚的离地加剧了洗衣机的移位现象,因此,可以设想,减少甚至消除洗衣机支脚离地的情况会抑制或者消除洗衣机的移位现象。基于上述设想,以原支脚设计为基础,创新性地设计了滚筒洗衣机的弹性复合支脚<sup>[3,4]</sup>。

弹性复合支脚是支脚为一半刚性一半弹性的复合体。在静止时刚性脚和弹性脚共同分担正压力,在工作情况下,特别是当支脚抬起的情况下,弹性支脚在弹簧的作用下伸出,压住底面,为平衡滚筒的水平扭矩提供额外的摩擦力,以此抑制或消除洗衣机的移位现象。设计方案的简图如图1所示:

## 3 核心件弹簧的设计

### 3.1 弹簧刚度的计算

由设计方案简图可知,弹簧的刚度是否合适是很重要的因素。若弹簧刚度过大,使支脚弹性部分

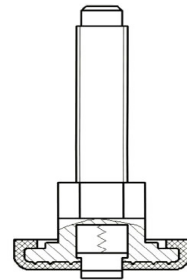


图1 弹性复合支脚设计方案简图

能够支撑起洗衣机,这相当于在洗衣机与地面间增加了一个弹簧,给洗衣机增加了6个自由度,这一定会使洗衣机变得更加不稳定,加剧洗衣机的振动与移位。若弹簧刚度过小,那么支脚弹性部分又有可能起不到预想当中的作用,使得该设计方案没有价值。因此,需要对设计方案中的弹簧刚度进行合理设计。

洗衣机工作时是一个动态过程,因此,弹簧刚度的计算是一个非线性的动力学问题,想要准确地求得其真实解十分困难。现将此问题进行简化,只从静力学的角度求得一个简单解,并利用此解进行弹簧刚度的设计。

从静力学角度考虑,取滚筒不平衡质量产生的扭矩作用于水平面时的工况来计算,洗衣机受力简图如图2所示:

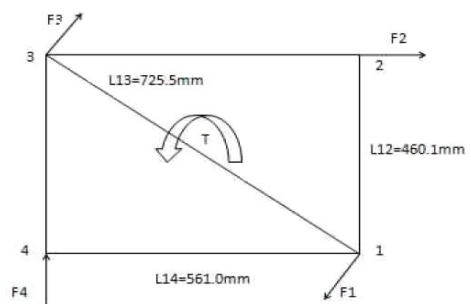


图2 洗衣机受力简图(俯视图)

已知洗衣机总质量  $M_{\text{机}}=65\text{kg}$  ,脱水时滚筒转速为  $1400\text{rpm}$  ,不平衡质量  $m=300\text{g}$  ,不平衡质量质心到滚筒旋转轴距离为  $r=236.9\text{mm}$  ,不平衡质量质心到滚筒悬挂平面的距离  $L=91.7\text{mm}$  ,力臂  $L_{14}=561.0\text{mm}$  ,  $L_{12}=460.1\text{mm}$  ,  $L_{13}=725.5\text{mm}$  ,支脚橡胶材料为 IIR 丁基橡胶 ,与地面摩擦系数为  $0.6\sim 0.85$  ,取中间值  $\mu=0.725$ 。

假设 4 只支脚为刚性支脚 ,洗衣机静止时 ,1,2,3,4 号支脚平均受到  $G/4$  的正压力。洗衣机脱水时假设由于洗衣机的振动和移位导致了一只支脚的离地 ,不妨设为 3 号支脚。此时假设 3 号支脚原来承受的  $G/4$  正压力转移至了 1 号支脚上。此时与滚筒扭矩  $T$  平衡的力为 1,2,4 号支脚上的摩擦力。取 1 号支脚位置为摩擦力力矩的中心 ,计算如下 :

滚筒产生扭矩为  $T=m^2 \cdot r \cdot L = 0.3 \cdot 146.72 \cdot 0.2369 \cdot 91.7 = 140254 \text{ N} \cdot \text{mm}$  ,摩擦力为  $F_2 = F_4 = G/4 = 0.725 \cdot 637/4 = 115\text{N}$  ,摩擦力产生力矩为  $M = F_2 L_{12} + F_4 L_{14} = 115 \cdot 460.1 + 115 \cdot 561.0 = 117427\text{N} \cdot \text{mm}$  ,  $M < T$  ,说明摩擦力提供的力矩无法平衡滚筒不平衡质量产生的扭矩 ,因此才有了洗衣机的移位。

假设 4 只支脚为弹性复合支脚 ,洗衣机静止时 ,各个支脚受  $G/4$  正压力 ,其中对每一只支脚 ,刚性部分和弹性部分分担着一部分的正压力 ,其和为  $G/4$ 。当洗衣机脱水时 ,前面所假设的 3 号支脚的离地只是其刚性部分的离地 ,其弹性支脚任然支撑着地面 ,受到正压力为  $N_{3\text{弹性}}$  ,提供的摩擦力为  $F_3 = \mu \cdot N_{3\text{弹性}}$ 。此时 ,摩擦力产生的力矩为  $M = F_2 L_{12} + F_4 L_{14} + F_3 L_{13} = (117427 + 526N_{3\text{弹性}}) \text{N} \cdot \text{mm}$  ,令  $M = T$  ,则

$117427 + 526N_{3\text{弹性}} = 140254$  ,  $N_{3\text{弹性}} = 43.4\text{N}$ 。

由于原洗衣机支脚模型尺寸的限制 ,弹性支脚的初始压缩量不可能取很大 ,取压缩量  $X = 2\text{mm}$  ,则弹簧刚度  $k = N_{3\text{弹性}} / X = 21.7\text{N/mm}$ 。

### 3.2 弹簧尺寸的确定

考虑到各种类弹簧的性能、用途、特点 ,设计制造的复杂性以及成本等问题 ,在设计方案中选择了常见的螺旋弹簧。由于支脚尺寸的限制 ,所选的弹簧尺寸也有要求。

已知参数 :弹簧工作载荷  $F = 43.4\text{N}$  ,压缩变形量  $X = 2\text{mm}$  ,刚度  $k = 21.7\text{N/mm}$ 。由设计简图知 ,弹簧中径  $D < 10\text{mm}$  ,弹簧自由高度  $H \geq 6.3\text{mm}$ 。材料为碳素钢丝 GB4357 D 级。

根据圆柱螺旋压缩弹簧的尺寸及参数表<sup>[5]</sup>。结合如下公式(3-1)、(3-2)、(3-3)进行结构尺寸参数计算 ,如有效圈数  $n$ 、节距  $p$ 、自由高度  $H_0$  等。

$$n = GD/8C^3K \quad (3-1)$$

$$p = (0.28 - 0.5)D \quad (3-2)$$

$$H_0 = pn + d \quad (3-3)$$

其中 :  $G$  -- 切变模量(MPa) ,  $C$  -- 旋绕比 ,  $C = D/d$ 。

最后 ,验算弹簧的疲劳强度 ,共振及稳定性 ,比较出最优的弹簧尺寸选项是  $d = 0.8\text{mm}$  ,  $D = 4.5\text{mm}$  的弹簧尺寸。

## 4 试验验证

目前 ,上述弹性复合支脚的设计思想已得到美的公司的初步认可 ,并进行了试验测试。由试验测试结果得知 ,弹性复合支脚的设计方案对抑制滚筒洗衣机的移位产生了积极的作用 ,达到了预期设计的目标。

### 注释及参考文献 :

- [1]左言言,申秀敏,刘海波.滚筒洗衣机机箱动态特性分析[J].噪声与振动控制 2007(3):55-58.
- [2]魏玉东,高建,杨志永.基于 MSC.ADAMS 的滚筒洗衣机动态特性研究[J].机械设计 2008,25(7) 51-53.
- [3]鲁民月,陈秀珍,彭旭.弹性支撑对机械设备机脚振动级的影响研究[C].第九届全国振动理论及应用学术会议论文集摘要集 2007:274-278.
- [4]赵学建.一种可调式弹性支撑脚[M].河南:郑州中民专利代理有限公司 2005.
- [5]机械设计手册编委会.机械设计手册.第2卷[M].北京:机械工业出版社 2004 :1-64.

## The Composited Elastic Foot Innovative Design of Drum Washing Machine Displacement Control

CHEN Xiang-Min

(The Department Mechanical Engineering, Anhui National Defence Vocational College, Liuan, Anhui 237011)

Abstract: The high speed rotation of drum washing machine cylinder not only induces the vibration and noise, but also the horizontal displacement. In order to control or remove the displacement of drum washing machine, this paper innovatively designs a composited elastic foot and detailedly designs the core part spring of the composited elastic foot. Validated by test, the composited elastic foot evidently restrains the displacement of drum washing machine and actualizes expected design goal.

Key words: drum washing machine, displacement, composited elastic foot, spring