

波轮式洗衣机包装的关键防护部位研究

郝丽敏¹, 杨昌茂², 陈宏², 张新昌¹

(1. 江南大学, 无锡 214122; 2. 宁波福达包装有限公司, 宁波 315700)

摘要: 以一款典型波轮洗衣机运输包装件为研究对象, 通过堆码试验、随机振动试验及跌落试验分析, 初步确定了波轮洗衣机包装的关键防护部件为洗衣机盛水桶底部的离合器组件; 建立了波轮洗衣机与缓冲包装衬垫的分析模型, 并进行了模型简化及力学计算, 从理论上证明了初步结论的正确性; 分析了波轮洗衣机关键防护部位的防护技术措施, 为波轮洗衣机关键部位防护包装设计提供参考。

关键词: 波轮洗衣机; 包装; 关键防护部位; 防护措施

中图分类号: TB485.3; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)05-0073-04

Research on Key Protective Parts of Pulsation Washing Machine Packaging

HAO Li-min¹, YANG Chang-mao², CHEN Hong², ZHANG Xin-chang¹

(1. Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Ningbo Fuda Packaging Co., Ltd., Ningbo 315700, China)

Abstract: Transport package of a typical pulsation washing machine was taken as research object. Stacking, random vibration and drop tests were carried out and analyzed. It was primarily concluded that the key protection part was the clutch subassembly in the bottom of washing tub. An analysis model of the pulsation washing machine with cushion packaging was established; the model was then simplified; and mechanical calculation was carried out. It was proved theoretically that the primary conclusion is correct. The protection measures of the key protection part of pulsation washing machine were analyzed. The purpose was to provide reference for packaging structure design for key protection part of pulsation washing machine.

Key words: pulsation washing machine; cushion packaging; key part; protection measure

对产品进行包装设计之前, 需要明确该产品需要重点保护或特殊保护的部位, 这对包装设计方向的把握和产品的包装防护十分重要。波轮式洗衣机作为典型家电产品, 其主要结构包括 3 部分: 外壳、吊杆及可动部件(可动部件均指洗衣桶及洗衣桶底部的离合器、驱动电机等零部件)。为了有针对性地对波轮洗衣机产品进行包装设计, 需要在了解波轮洗衣机结构特点的基础上, 确定波轮洗衣机需要重点包装防护的部位, 提出相应的解决方案。笔者以某款波轮洗衣机运输包装件的相关试验及其力学分析为切入点, 讨论波轮洗衣机包装的关键防护部位和防护措施。

1 洗衣机关键防护部位的试验分析

在实验室条件下, 对某品牌一款完好的洗衣机及

其包装进行试验测试。产品的整体包装除瓦楞外箱外, 包括本实验室开发的纸质缓冲衬垫^[1]和洗衣机内筒支撑件, 见图 1。其中, 下衬垫由蜂窝纸板与瓦楞

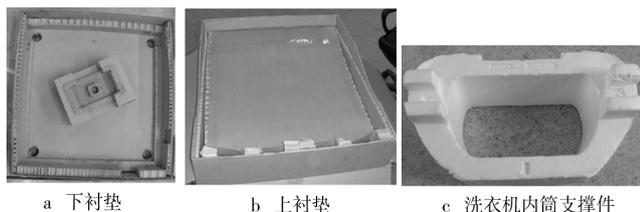


图 1 波轮洗衣机缓冲衬垫

Fig. 1 The cushion of pulsation washing machine

纸板组合成型, 中心位置固定有 PP 支撑件; 上衬垫由瓦楞纸板、蜂窝纸板及牛皮纸成型; 内筒支撑件由 EPS 成型。

分别根据 GB/T 4857.3, GB/T 4857.23 及 GB/

T 4857.5 对该波轮洗衣机包装件进行堆码试验、随机振动试验及跌落试验(面、棱、角跌落),试验结果见表 1。

表 1。

由表 1 可知,试验后,洗衣机产品外观均无明显

表 1 堆码、振动和跌落试验结果

Tab. 1 Results stacking, random vibration and drop tests

测定项目	堆码试验	随机振动试验	面跌落试验	棱跌落试验	角跌落试验
洗衣机外观	良好	良好	良好	良好	良好
洗衣机工作	正常	正常	正常	正常	正常
下衬垫	无明显破损	无明显破损	无明显破损	中间蜂窝垫块有破损	中间蜂窝垫块有破损
上衬垫	无明显破损	无明显破损	无明显破损	无明显破损	无明显破损
内筒支撑件	无明显破损	无明显破损	无明显破损	无明显破损	无明显破损

损伤且能够正常工作;上衬垫及内筒支撑件均无明显的结构损坏。在棱、角跌落试验后,下衬垫中心离合器防护支撑件(蜂窝垫块)有损坏,下面从产品及衬垫两方面分析其破损原因。

①产品本身:当洗衣机包装件以一定角度跌落时,洗衣机壳体内部大质量的(约 26 kg 左右)可动部件在落地瞬间,会对下衬垫产生强烈的冲击,由于下衬垫与洗衣机可动部件的接触部位为离合器的金属外罩,且其处于倾斜状态,因此该冲击力会集中作用于离合器防护支撑件的侧向及垂直方向上。②衬垫部分:离合器防护支撑件的侧向抗冲击能力主要由蜂窝纸板的边压强度提供,但由于蜂窝纸板边压强度相对较小,导致蜂窝纸板成型的离合器防护支撑件没有足够的强度抵抗可动部件的冲击。

可见下衬垫的离合器防护支撑件是整个缓冲包装中相对易损的结构,造成其损坏的直接原因为质量集中的离合器组件的冲击作用。因此,初步确定波轮洗衣机包装的关键防护部件为盛水桶底部的离合器组件。

2 洗衣机关键防护部位的受力分析

对洗衣机而言,跌落冲击是导致产品损坏及包装不完整的主要原因^[2-4],因此,主要针对跌落冲击下的波轮洗衣机包装件进行力学分析。

2.1 建立分析模型

为便于分析,将波轮洗衣机抽象简化为壳体、吊杆、洗衣桶及底部质量块等 4 部分组成的分析模型,见图 2a。由于分析重点为可动部件对下衬垫的冲击作用,因此将瓦楞外箱及上衬垫省略,建立洗衣机与下衬垫、内筒支撑件的分析模型,见图 2b。

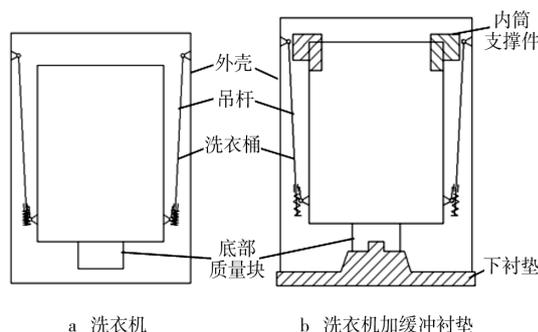


图 2 洗衣机力学分析模型

Fig. 2 Mechanical analysis model of washing machine

由于波轮洗衣机包装后吊杆处于松弛状态^[5-6],洗衣机包装件跌落时,对下衬垫的冲击只由可动部件的重力产生。随着包装件倾斜角度的增加,可动部件作用在下衬垫侧向的力逐渐增大;当包装件侧面置于水平位置时,见图 3,该状态下衬垫受到的侧向冲击力最大。因此,选择侧面水平放置状态进行分析。

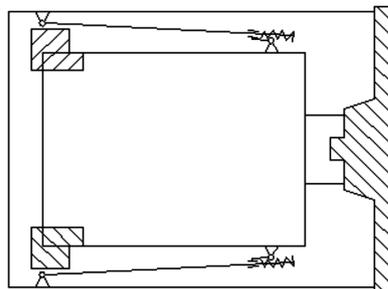


图 3 洗衣机侧面水平放置示意图

Fig. 3 Schematic diagram of side level placement of washing machine

2.2 简化分析模型

洗衣机及缓冲包装组合结构的分析是一个很复杂的问题,为便于分析计算,将模型逐步简化,简化过

程见图 4。

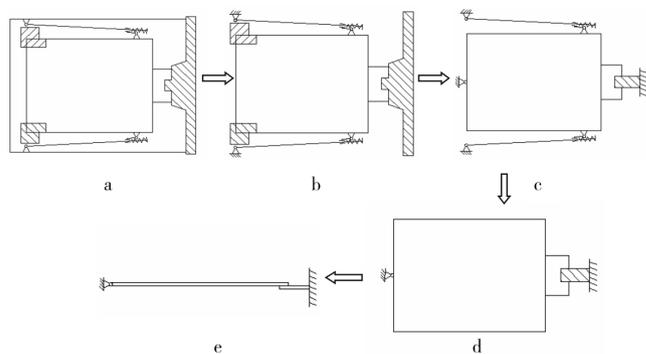


图 4 分析模型简化过程

Fig. 4 Simplification process of the analysis model

图 4a 所示结构为洗衣机、下衬垫及内筒支撑件分析模型。此处洗衣机壳体只起到连接吊杆上支点的作用,对分析无影响,因此将模型 a 中洗衣机壳体部分视为 2 个机架,简化为图 4b 中所示模型。

图 4b 中,洗衣机内筒支撑件对洗衣桶上部起到限位作用,因此将内筒支撑件简化为洗衣桶上部中心位置的机架,可动部件绕该中心支点有相对运动趋势。下衬垫只有侧向受力,且视其底面与外箱为刚性连接,因此将下衬垫简化为悬臂结构,见图 4c。

由于波轮洗衣机包装后吊杆弹簧处于松弛状态,此时吊杆不起作用^[5-6],因此将图 4c 中吊杆构件略去,从而使模型得到进一步简化,见图 4d。

洗衣桶及底部质量块为刚性连接,可看作是一个整体,故将 2 部分合并简化为一根杆。通过一系列简化,最终建立了图 4e 所示的力学分析模型,其由一根摇杆及一根悬臂梁结构组成。下面进行受力分析及计算。

2.3 力学分析及计算

侧面置于水平位置的洗衣机包装件从高 H 处自由跌落,可动部件初始速度 $v_0 = 0$,摇杆 AB (即可动部件)的质量为 m ,见图 5。不计空气阻力及摩擦力,根据能量守恒定律,有

$$\frac{1}{2} m v_0^2 + m g H = \frac{1}{2} m v_1^2$$

可得 $v_1 = \sqrt{2gH}$,其中 v_1 为包装件落地瞬间可动部件的冲击速度。

如图 5a,跌落瞬间,由于惯性作用,摇杆 B 端有绕支点 A 继续向下运动的趋势,因此悬臂梁会受到摇杆 B 端的冲击力作用,记为 P ,见图 5b。

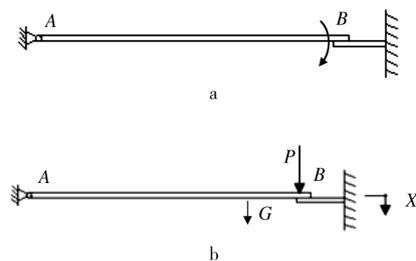


图 5 受力分析

Fig. 5 Force analysis diagram

根据动量定理^[7]:

$$\int_0^{t_p} F dt = 0 - (-m v_1) = m v_1$$

$$\text{即: } \int_0^{t_p} P dt = m v_1 = m \sqrt{2gH}$$

其中: F, P 均为作用于支撑件的冲击力; t_p 为冲击作用时间,即跌落冲击开始到支撑件变形最大的时间。

假设冲击力 P 为常量,不计各种能量损失,则有:

$$P t_p = m \sqrt{2gH}$$

$$\text{即: } P = \frac{m \sqrt{2gH}}{t_p}$$

假设可动部件质量 $m = 26 \text{ kg}$,跌落高度 $H = 0.6 \text{ m}$,冲击时间 $t_p = 0.03 \text{ s}$,则 $P \approx 2\ 972 \text{ N}$ 。

由于冲击作用的时间及其短促,导致悬臂梁(离合器防护支撑件)在一瞬间要承受极大的冲击力^[7];从计算结果可以看出,该冲击力为可动部件自身重力的 10 倍以上。

该分析结果与前面得到的初步结论一致,进一步证明了初步结论的正确性。

3 关键部位的防护措施

波轮洗衣机的关键防护部位是盛水桶底部的离合器组件,需采取的防护技术措施包括:(1)洗衣机的底部缓冲衬垫必须能对洗衣盛水桶和离合器组件等可动部件起支撑限位和缓冲作用,以防止垂直跌落时衬垫压溃或衬垫刚度太大导致洗衣机部件受损;(2)洗衣机的底部缓冲衬垫必须具有足够的侧向抗冲击强度(包括材料本身强度和衬垫结构强度两方面),以防止可动部件在侧向跌落时大幅度偏移,从而导致吊杆损坏或洗衣水桶撞击壳体。

综上,作为关键防护部位保护的洗衣机下衬垫设

计,不仅需要可对可动部件起支撑和缓冲作用,还要具有足够的侧向支撑刚度。

4 结语

通过试验及理论分析,确定了波轮洗衣机产品包装的关键防护部位为洗衣盛水桶底部的离合器组件,在此基础上总结出了波轮洗衣机关键部位防护包装设计时需采取的防护技术措施,为波轮洗衣机底部缓冲包装设计提供了依据,具有一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 杨昌茂. 波轮洗衣机包装缓冲衬垫: 中国, 201020196232. 6 [P]. 2011-03-09.
YANG Chang-mao. A Cushion Packaging of Pulsator Washing Machine: China, 2010 20196232. 6 [P]. 2011-03-09.
- [2] 杨延梅, 朱大鹏. 运输包装学[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2010.
YANG Yan-mei, ZHU Da-peng. Transport Packaging [M]. Chengdu: Southwest Jiaotong University Press, 2010.
- [3] 华丽, 钱静. 洗衣机运输包装件的跌落仿真分析[J]. 包装工程, 2008, 29(4): 61-62.
HUA Li, QIAN Jing. Dropping Simulation analysis of the Transport Package of Washing Machine[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(4): 61-62.
- [4] 汤伯森, 向红. 包装动力学[M]. 长沙: 湖南大学出版社, 2001.
TANG Bo-sen, XIANG Hong. Packaging Dynamics [M]. Changsha: Hunan University Press, 2001.
- [5] 王志伟, 胡长鹰. 后峰锯齿形脉冲激励下洗衣机包装系统的冲击特性[J]. 包装工程, 1998, 19(5): 4-7.
WANG Zhi-wei, HU Chang-ying. The Impact Characteristics of the Washing Machine Packaging System under the Action of the Peak Jagged Pulse[J]. Packaging Engineering, 1998, 19(5): 4-7.
- [6] 王志伟. 半正弦脉冲激励下洗衣机的冲击谱分析[J]. 包装工程, 1997, 18(4): 8-11.
WANG Zhi-wei. The Shock Spectra of Washing Machine under the Action of Half-sinusoid Pulse [J]. Packaging Engineering, 1997, 18(4): 8-11.
- [7] 彭国勋. 运输包装[M]. 北京: 印刷工业出版社, 1999.
PENG Guo-xun. Transportation and Packing [M]. Beijing: Printing Industry Press, 1999.
- (上接第 50 页)
- [4] GURAV S P, BEREZNIISKI A, HEIDWEILLER A, et al. Mechanical Properties of Paper-pulppackaging [J]. Composites Science and Technology, 2003, 63(9): 1325-1334.
- [5] QING Hua, YAO Yi-han, XIAO Yan. Invasive and Native Tall Forms of *Spartina Alterniflora* Respond Differently to Nitrogen Availability [J]. Acta oecologica, 2011, 37(1): 23-30.
- [6] 杨斌, 陈海燕. 纸浆模塑制品结构及其力学性能研究 [J]. 包装工程, 2006, 27(5): 90-92.
YANG Bin, CHEN Hai-yan. The Research on Structural Design and Mechanics of the Pulp Molded Products [J]. Packaging Engineering, 2006, 27(5): 90-92.
- [7] 王和敏. 纸浆模塑的缓冲机理以及优化分析研究 [D]. 天津: 天津大学, 2005.
WANG He-min. Studying on Cushioning Mechanism of Moulded Pulp and Optimizing Analysis [D]. Tianjin: Tianjin University, 2005.
- [8] 王宏涛, 骆光林, 郭彦峰, 等. 纸浆模塑制品缓冲性能的实验研究 [J]. 包装工程, 2007, 28(2): 48-66.
WANG Hong-tao, LUO Guang-lin, GUO Yan-feng, et al. Experimental Research on Cushioning Performance of Pulp Molded Product [J]. Packaging Engineering, 2007, 28(2): 48-66.
- [9] GB/T 8168-2008, 包装用缓冲材料静态压缩试验方法 [S].
GB/T 8168-2008, Testing Method of Static Compression for Packaging Cushioning Materials [S].
- [10] 姜松, 崔志平, 李健康, 等. 不同加载方式下的鸡蛋静力学性能和有限元分析 [J]. 食品科学, 2009, 30(21): 90-93.
JIANG Song, CUI Zhi-ping, LI Jian-kang, et al. Static Properties and Finite Element Analysis of Chicken Eggs under Different Loading Modes [J]. Food science, 2009, 30(21): 90-93.
- [11] 余彬莺. 网状结构植物纤维缓冲材料特性的研究 [D]. 福州: 福建农林大学, 2007.
SHE Bin-ying. Study on Properties of Cushioning Material Made Plant Fibers with Network Structure [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2007.