doi:10.16018/j.cnki.cn32 - 1650/n.201603008

基于 3D 位移传感器的应用研究

吴云贵,吴增元

(惠而浦(中国)股份有限公司技术研究院 洗衣机性能技术部,安徽 合肥 230000)

摘要:对3D 位移传感器在滚筒洗衣机上的应用进行分析和试验研究。首先以3D 位移传感器 为研究对象,分析其工作原理;其次对测量系统进行评估(Measurement System Evaluation,简称 MSE),确保测量系统的精密度;最后测得脱水过程中悬挂系统3 轴向振动位移量。通过对测试 数据的分析,判定偏心所在的位置,并对不同机器进行试验验证,证实结论的可靠性。

关键词:3D 传感器;滚筒洗衣机; 脱水过程; 偏心; MSE

中图分类号:TB2 文献标识码:A 文章编号:1671-5322(2016)03-0046-04

滚筒洗衣机自研制成功至今已有 90 多年的 历史,其原理基本上没有太大的变化^[1]。随着科 技的发展,人们对生活质量的要求越来越高,环境 保护意识越来越强,噪音作为一种污染源已经引 起人们的高度重视^[2-5]。GB 19606—2004^[6]规 定:洗衣机洗涤、脱水时的噪音按声功率级计,不 应大于 62 dB、72 dB(A 计权)。引起噪音的因子 有很多,其中衣物产生的偏心是较为常见的一种。 本文主要对滚筒洗衣机在脱水过程中偏心所在的 位置进行研究,通过添加 3D 位移传感器,测得悬 挂系统 3 轴向振动位移量,根据 X,Y,Z 方向之间 的关系,判断偏心所在的位置。

1 3D 位移传感器介绍

本文使用的 3D 传感器是一种电子器件,其 结构有别于传统 PCB 厂家的三向加速度传感器, 外形如图 1 所示。

此类传感器的采样间隔是 2 ms,采样率是 500 Hz,振动位移量计算公式如下:

X方向位移量 = (X方向振动量 × 0.2) mm

Y方向位移量 = (Y方向振动量 × 0.2)mm

Z方向位移量 = (Z方向振动量 × 0.2) mm

X、*Y*、*Z*方向振动量为一个振动周期内正反方向的最大振幅,输出范围为 – 128 mm ~ +127 mm;可以表示的位移范围为 – 25.6 mm ~ +25.4 mm。



图 1 3D 位移传感器 Fig. 1 3D displacement sensor

2 MSE (Measurement System Evaluation, MSE)分析

MSE 分析的目的是对测量系统进行评估,确 保测量系统的精密度。针对同一个平台、转速,同 一种均布负载、偏心,不同机器、3D 传感器的这种 工况进行试验分析,得到试验数据并制作控制图 如图 2 所示,采样树如图 3 所示。

从图2可以看出以下两点:

(1) R 图中所有数据均在控制线以内,表明 测量系统是 SPC(stable predictable consistent)的。 因为组内样品数有 5 个,最小测量单位的个数应 为 5 个, 而 R 图所示的最小测量单位个数只有 3 个,说明分辨力是不够的,其测量误差可被估计为:

作者简介:吴云贵(1987—),男,安徽安庆人,工程师,硕士,主要研究方向为振动试验控制系统、结构动力学。

收稿日期:2016-03-15



Fig. 2 X – Bar and R

$$\sigma_e^2 = \frac{\overline{R}}{d_2} = \frac{1.1}{2.326} = 0.473$$

式中: d_2 可以查表获得,因为本文样品数为5 个,查表得 d_2 = 2.326。误差量 ε = 0.473 × 0.2 = 0.095 < 0.1,在公差允许范围内。

(2)*X* – Bar 图中所有的数据均在控制线以 外,说明产品变异大于测量变异,因此测量系统的 精确度/重复性是足够的。

3 试验研究

3.1 试验方案设计

首先,测量滚筒洗衣机在脱水过程中悬挂系统3轴向振动位移量。X、Y、Z方向分别表示悬挂系统的左右、前后、上下,如图4所示。

其次,使用尺寸为 300 mm × 206 mm × 2 mm, 重量为 0.44 kg 的磁力橡胶块代替均布负载。试 验中均布负载有 4 种规格,分别是 0 kg、10 kg、20 kg、30 kg。磁力橡胶块的粘贴方式如图 5 所示。



Fig. 3 MSE sample tree



图 4 滚筒洗衣机悬挂系统 Fig. 4 Suspension system of drum washing machine





再次,使用尺寸为 70 mm × 206 mm × 2 mm, 重量为 0.1 kg 的磁力橡胶块代替衣物偏心。试 验时偏心从 0 kg 开始,记录不同转速下 *X*、*Y*、*Z* 方 向的位移量,并且每次增加 0.2 kg 偏心重复上述 记录,直到洗衣机出现撞桶、移位、振动超标、噪音 超标等等为止。偏心的摆放位置有 3 种,分别为 内筒的前、中、后,如图 6 所示。



图 6 模拟偏心的摆放位置 Fig. 6 The position of simulation unbalance

最后,通过基于 NI 的 Labview 软件测量并记录结果。测量系统的用户界面如图 7 所示。



图 7 测量系统的用户界面

Fig. 7 The user interface of the measurement system

3.2 试验结果曲线

记录试验数据,整理绘制成如图8所示曲线。









图 8 均布负载 Fig. 8 Distribution load

3.3 试验结果分析

从上述试验结果中,可以很清晰地得到如表 1的结论:

表1 偏心位置	
Table 1	The unbalance location
关系	结论
Z > Y	偏心在前面
$X \leqslant M$	偏心在中间
Z < Y	偏心在后面

表中,*M*为3D测试*X*方向的限值,本文*M*= 13。当 $\frac{Y-Z}{Y} \leq 5\%$ 时,不能清晰地分辨偏心所在 的位置,但此时偏心量一般都比较小,可以默认偏 心在中间。

3.4 试验结果的验证

3.3 中结论仅仅是从一台洗衣机上试验得到 的,结论是否具有通用性是关注的重点。从2中 可以知道,测量系统是精确的,于是随机抽取一台 新机器,采用3.1 中同样的测试方法进行试验,将 得到的测试结果与3.2 中的对比,如图9所示。

从图9可知,两台机器的试验结果基本重合, 规律一致。因此可以判定,3.3 中得到的结论是 可靠的。

4 结束语

本文采用3D 位移传感器对洗衣机的脱水过 程进行测定,初步得到洗衣机脱水过程中偏心所

参考文献:

- [1] 杨晓文. 滚筒式洗衣机的振动模态分析[D]. 上海:上海交通大学,2006.
- [2] 徐超. 滚筒洗衣机噪音控制研究[D]. 镇江:江苏大学,2007.
- [3] 郑毅,赵国群,孙胜. 洗衣机振动过程的计算机模拟研究[J]. 振动、测试与诊断. 2001,21(3):191-195.
- [4] TURKAY O S, SUMER I T, TUGCU A K. Modeling and dynamic analysis of the suspension system of a front loaded washing machine [J]. Advance in Design Automation, 1992(2):383-389.
- [5] TURKAY O S, SUMER I T, TUGCU A K. Modeling and experimental assessment of suspension dynamics of Horizonta-Axis washing machine [J]. Journal of Vibration and Acoustics, 1998, 120;534-543.
- [6] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫局,中国国家标准化管理委员会.家用和类似用途电器噪声限值:GB 19606—2004[S].北京:国家标准出版社,2004.

Research on the Application of 3D Displacement Sensor

WU Yungui, WU Zengyuan

(Performance Technology Department of Washing Machine, Technology Institute of Whirlpool-China Co., Ltd,

Hefei Anhui 230000, China)

Abstract: In this paper, we use the experiment to research the 3D displacement sensor in the application of the drum washing machine. Firstly, the research object is a 3D displacement sensor, analyzing its working principle. Secondly, the Measurement System has been evaluated (Measure – ment System Evaluation, for short MSE), to ensure the precision of the Measurement System. Last but not the least, measure three axial vibration displacement in the process of the spin of suspension system. The unbalance location has been determined through the analysis of test data, and the experiment has been done in the different machines to ensure the reliability of test results.

Keywords: 3D sensor; drum washing machine; dehydration process; unbalance; MSE



图 9 试验结果对比 Fig. 9 The comparison of test results

在的位置;再通过测量系统评估、试验结果验证, 确定测量系统的稳定性以及结论的可靠性,为洗 衣机的结构设计、脱水曲线优化和振动噪音源的 寻找提供一种新的方法。当然,影响洗衣机脱水 过程的因素还有很多,还需要更多的分析研究。