

基于 MEMS 的复合测量系统线性及偏倚研究

于金伟

(潍坊学院 机电与车辆工程学院, 山东 潍坊 261061)

摘要:介绍了测量系统偏倚及线性分析的概念及方法,通过运用 Minitab 软件对微机电系统(MEMS)微传声器频响、灵敏度测量系统的偏倚及线性进行了分析,提出了复合测量系统的概念,并对此进行了有效分析,根据研究结果,找到了运用整体偏倚值对测量系统进行修正的方法,并用 Minitab 对改善后的测量系统进行了预测,应用于生产实际后,提高了 MEMS 微传声器测量系统测试数据的可靠性。

关键词:Minitab;微机电系统(MEMS);复合测量系统;测试数据;偏倚;线性分析

中图分类号:TN641+2 **文献标识码:**A

Study on Linearity and Bias of MEMS Complex Measurement System Based on Minitab

YU Jinwei

(College of Machinery and Vehicle Engineering, Weifang University, Weifang 261061, China)

Abstract: In this paper, the concept and method of bias and linearity analysis of measurement system are introduced, the Minitab software is used to analyze the bias and linearity of the frequency response and sensitivity measurement system of MEMS microphone and the concept of complex measurement system has been put forward, and it is effectively analyzed. A method using the whole bias value to correct the measurement system has been discovered and the performance of the improved measurement system has been forecasted by using Minitab software. The reliability of the measured data of MEMS microphone measurement system has been improved greatly.

Key words: Minitab; MEMS; complex measurement system; measure data; bias; linearity analysis

0 引言

在产品的制造过程中会产生大量数据,这些数据一般通过测量产生。测得的各种数据均为测量值,真值是不可知的,测量值=真值+测量误差。测量误差太大时就会扭曲掩盖真值。那么测量误差到底多大才可接受呢?这就需判断测量数据质量的高低,而判断测量数据质量的高低则需测量系统分析。对于制造业的生产厂家,单纯对测量仪器设备进行周期检定和校准,只能代表该测量设备在特定场合的某种偏倚状况,不能完全反映出该测量设备在生产制造现场可能出现的各种偏差问题。“检定合格”的仪器设备未必能确保产品最终的测量质量。如果能应用测量系统分析,即通过使用一些合适的统计技术对这些数据进行分析,就可减少因仪器设备引

起的误差,并得到测试数据中所隐含的信息,从而提高测试数据的可靠性。因此为了避免可能存在的潜在质量问题,所以必须对相关的“测量系统”进行分析。而偏倚及线性分析是测量系统分析的前提和基础,本文重点对此进行分析研究。

1 测量系统偏倚及线性分析

1.1 偏倚

偏倚是指对相同零件上同一特性多次测量结果的平均值与真值(参考值)的差异,其中参考值可通过更高级别的测量设备进行多次测量,取其平均值来确定^[1]。

1.2 偏倚分析的方法

1) 选取一个样件,并确定其可追溯至相关标准的标准值作为“参考值”。如果不能得到这个标准

收稿日期:2011-07-24

基金项目:国家星火计划基金资助项目(2011GA740047),山东省国际科技合作计划基金资助项目(201013),山东省星火计划基金资助项目(2011XH06025),山东省科学技术发展计划基金资助项目(2011YD16019)

作者简介:于金伟(1967-),女,山东潍坊人,副教授,硕士,主要从事微机电系统的研究。E-mail:ycgyjw@sina.com。

值,可选择一件其测量值落在中心值区域的零件作为偏倚分析的参考件,首先用更精密的器具测量10次,计算其平均值作为“参考值”。

2) 让一个评价人以常规的方式对样件测量 n 次,测量次数 $n \geq 10$ 。

1.3 线性

线性是指在测量设备预期的工作(测量)量程内偏倚值的差异。线性可被视为偏倚对于量程大小不同所发生的变化。线性就是要求这些偏倚量在数学上表现为是其对应参考值的线性回归关系。

1.4 线性分析的方法

1) 选取被测零件个数 $g \geq 5$ 个被测零件,这些零件的测量值要覆盖测量设备整个工作量程。

2) 用上级计量标准设备,全尺寸测量每个零件,确定每个零件参考值。

3) 为减小其他因素的影响,要求由同一测量人员在尽可能短的时间内完成每个零件($n \geq 10$ 次)的测量。

2 用 Minitab 进行偏倚及线性分析

2.1 Minitab 软件

Minitab 软件是 MINITAB 公司开发的一款统计技术数据处理软件。它包含丰富的统计数据信息。其核心功能是进行数据分析、图形分析及趋势预测。它具有以下特点:

- 1) 强大的数据处理功能。
- 2) 具有明显的图形处理优势。
- 3) 提供多问题解决工具。
- 4) 简单、直接、清晰和易懂等^[2]。

针对偏倚及线性分析 Minitab 有专门的模块,从“统计>质量工具>量具研究>量具线性及偏倚研究”入口,按要求写入相关变量即可^[3]。

2.2 MEMS 微传声器频响、灵敏度测试系统的偏倚及线性分析

本文分析的测试系统应用在量产生产线上的微机电系统(MEMS)硅微电容传声器产品测试控制,它与一般测量系统的差异是在量程的每个点上又复合了多个频率点所对应的响应值,将这种复杂的测量系统称为复合测量系统。

1) 确定参考值。选取5只覆盖产品灵敏度公差范围的产品,在消音室用 B&K 测试仪连续测试10次取其平均值,结果如图1所示。

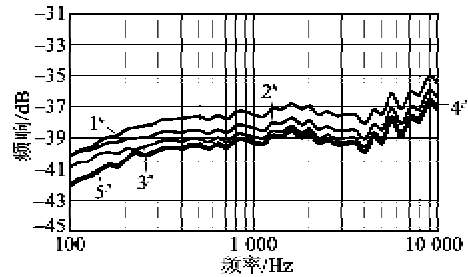


图1 在消音室用 B&K 测试仪测得的参考值

2) 在生产线上用在线测量系统,对该5只产品连续测试12遍,测试结果如图2所示。

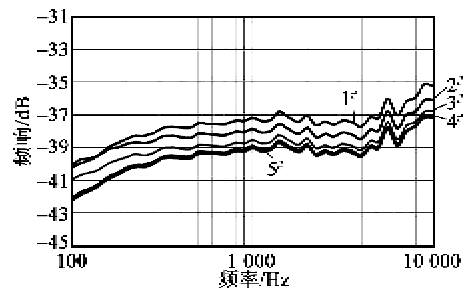


图2 用在线测量系统对5只产品连续测试12遍的结果

3) 打开 Minitab,从“统计>质量工具>量具研究>量具线性及偏倚研究”入口,取频点 100 Hz、1 000 Hz、3 150 Hz、8 000 Hz 时测量值按要求写入相关变量,得到偏倚及线性的分析结果如图3~6 所示。

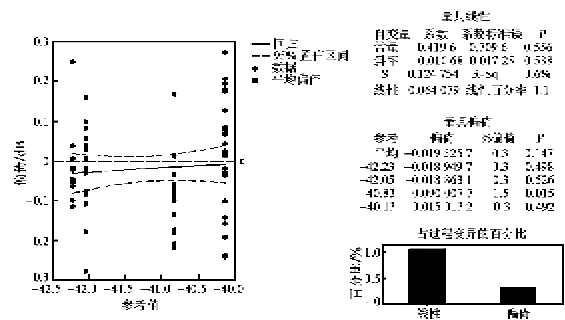


图3 100 Hz 频点偏倚及线性分析

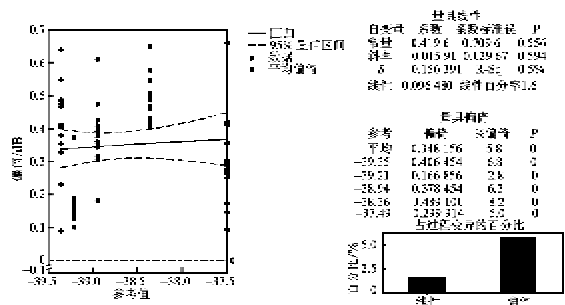


图4 1 000 Hz 频点偏倚及线性分析

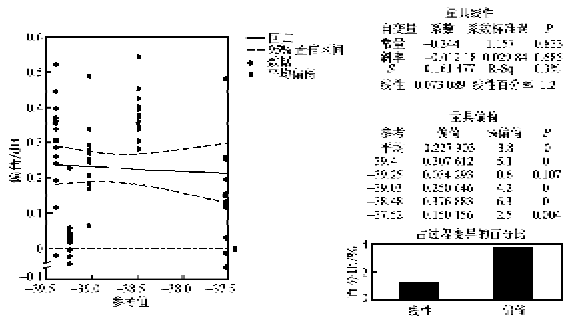


图 5 3 150 Hz 频点偏倚及线性分析

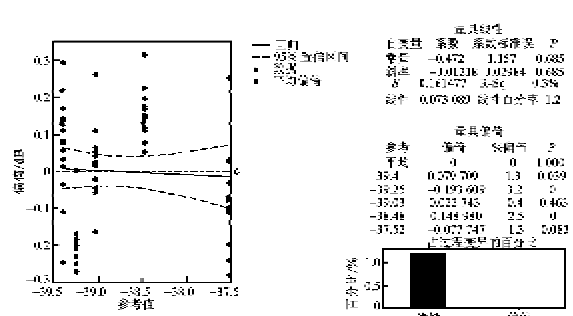


图 8 3 150 Hz 频点偏倚及线性改善预测

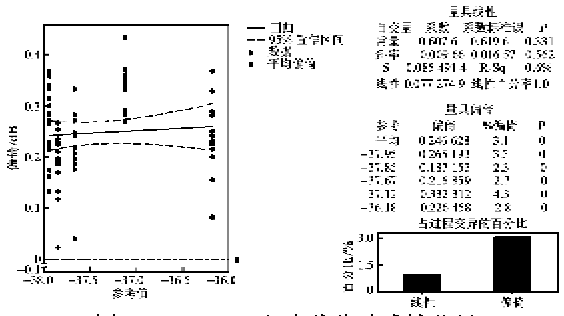


图 6 8 000 Hz 频点偏倚及线性分析

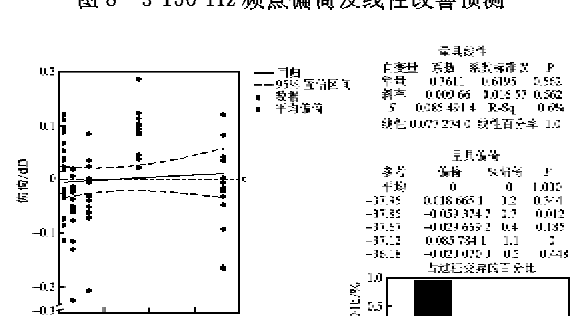


图 9 8 000 Hz 频点偏倚及线性改善预测

3 对分析结果的解释及测量系统的改善预测

综上所述可知,该测量系统在低频 100 Hz 处,“偏倚=0”线完全在拟合线置信区间带内,线性可接受;整体偏倚百分率为 0.3%,对应的概率 $p=0.147>0.05$,所以判定整体偏倚为 0。该测量系统在 1 000 Hz 处,整体偏倚百分率为 5.8%,对应的 $p=0<0.05$,偏倚不可接受。该测量系统在中频 3 150 Hz 处和 8 000 Hz 处,整体偏倚百分率分别为 3.8%和 3.1%,对应的 $p=0<0.05$,偏倚也不可接受。

根据 Minitab 分析的结果,可在各频点用测量软件对偏倚进行修正,修正值分别为 1 000 Hz 处为 0.348 156 dB,3 150 Hz 处为 0.227 903 dB,8 000 Hz 处为 0.246 528 dB。

按上述修正值对测试数据修正后,可预测测量系统的偏倚及线性的改善效果如图 7~9 所示。

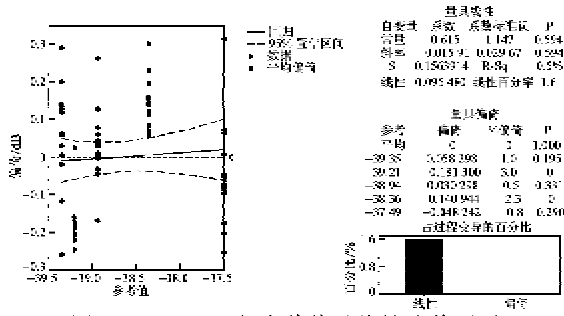


图 7 1 000 Hz 频点偏倚及线性改善预测

从上述改善预测分析可见,偏倚修正后,该测量系统“偏倚=0”线在各频点完全移到了拟合线置信区间带内,且整体偏倚百分率也修正到了 0,改善了该测量系统的偏倚及线性不良。

4 结束语

通过运用 Minitab 软件对 MEMS 微传声器频响、灵敏度测量系统的偏倚及线性进行了分析,提出了复合测量系统的概念,并对此进行了有效的分析,根据研究结果,找到了运用整体偏倚值对测量系统进行修正的方法,并用 Minitab 对改善后的测量系统进行了预测,应用于生产实际后,提高了 MEMS 微传声器测量系统测试数据的可靠性。

参考文献:

[1] Measurement systems analysis (MSA) Work Group. Measurement system analysis reference manual (Version 4.0)[M]. Michigan: AIAG, 2010.

[2] DAI Runsheng, HAN Jianping. The relationship between calibration verification and metrological confirmation[J]. OIML Bulletin, 2004, 14(1): 20-22.

[3] 马林,何桢. 六西格玛管理[M]. 北京:中国人民大学出版社, 2007: 375-390.