

基于“柔性测试”技术的汽车零部件异响异响信号检测系统

摘要：中国是全球零部件的生成基地，已成为全球汽车产业链的重要组成部分。为了实现整车质量的提升，在零部件的生产过程中，试验设备的技术水平和数量规模都在与日俱增。但仍然有大量的实际问题需要解决。问题之一就是，一类不合格产品在正常工作或处于振动环境时，会发生异响。对于周期性的异响信号，已经有一些较为成熟的解决方案。但对于非周期性的异响信号，市场上还没有自动化的解决方案。一直是人工方式进行筛选。本文所述系统，针对微弱的非周期性异响信号，专门设计了整套系统，解决了零部件生产厂面临的非周期性异响测试问题。对相关领域的测试系统设计，有一定的参考价值。

关键词：异响检测；汽车零部件；非周期性异响

中图分类号：TP274 **文献标识码：**A

0 引言

汽车零部件在生产过程中，会有一定比例的不合格产品。其中一类不合格产品的问题是，当产品处于振动环境时会发生异响。汽车厂商需要对生产线上的产品进行逐个测试，筛选合格产品。以往的此类异响问题，都是靠人工进行主观识别。然而人工识别的速度较慢，准确度较低。是一种高成本低效率的方式。

本文实现了一种可行的方法，对盒状结构中的异物进行异响测试。针对特定被测对象，设计特定的传感器及参数阈值，可达到较高的检测准确率。对相关领域的测试系统设计，有一定的参考价值。

1 异响异响描述

异响信号根据其周期性特点，可分为周期性信号和非周期性信号。周期性信号常见的有电机异响、风扇异响等。这类信号的自动检测，主要从频域分析或阶次分析的角度进行分析。市场上已经有一些成熟的解决方案。非周期性信号常见的有零部件内部掉落物等产生的异响。这类异响信号在频域和阶次域的特征不明显，以往尚无成熟的自动化测试解决方案，通常采用人工主观判断的方式对产品进行筛选。

2 问题与挑战

本系统实施过程中遇到并解决了以下问题：

- 1.非周期性信号在频域和阶次域的特征不明显。无法采用传统的异响信号分析方法。
- 2.工厂生产线的环境噪声很大。声学测试的信噪比极低，无法得到有效的信号。
- 3.异响来源不同。系统必须能分辨出多种异响。其算法需要具有一定程度的普遍适用性。

3 系统设计及测试技术

本系统主要由振动控制系统、数据采集系统、消音箱和机柜构成。系统框图如下：

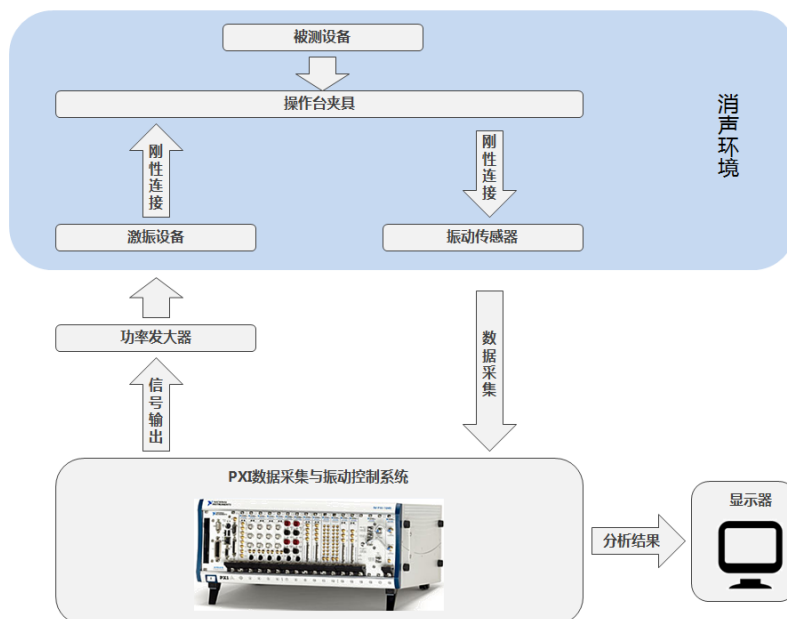


图 1 系统框图

3.1 振动控制系统

振动控制系统由振动控制软件、振动控制板卡、功放、激振器和夹具构成。

振动控制软件与振动控制板卡配合，可输出各种定制波形。常见的有稳定正弦信号、正弦扫频信号、随机谱信号、路谱信号等。当前系统中，针对本次测试对象，设计了特定频率的稳定正弦信号作为激励信号。设计时需考虑避开被测物以及夹具的固有频率。

夹具采用了气缸自动夹紧的方式。当系统检测到被测件已放好后，气缸自动夹紧被测件。



图 2 激振器与夹具

3.2 数据采集系统

数据采集系统包含：1 个 2 通道的动态数据采集卡、1 个加速度传感器和 1 个声压传感器。分别采集振动环境下来自夹具平台的振动信号和被测件附近的噪声信号。

振动传感器采用了灵敏度为 1000mV/g 的加速度传感器。由于软质异物产生的振动量级极小，专门定制研发了灵敏度远高于常见值的加速度传感器。

3.3 消声箱

消声箱为测试系统提供的一个足够安静的测试环境。

生产现场的环境本底噪声较大，并且噪声信号不稳定。本底噪声中有些成分的信号特征与被测件中异音异响信号特征较为接近，会为测试带来较大的干扰。为保证测试准确度，设计了专用消声箱。该消声箱可在体积很小的情况下，提供一个足够安静的环境供测试使用。

3.4 异音来源

被测物中的异音来源于掉落的硬质异物。本文中选择以下异物为例：

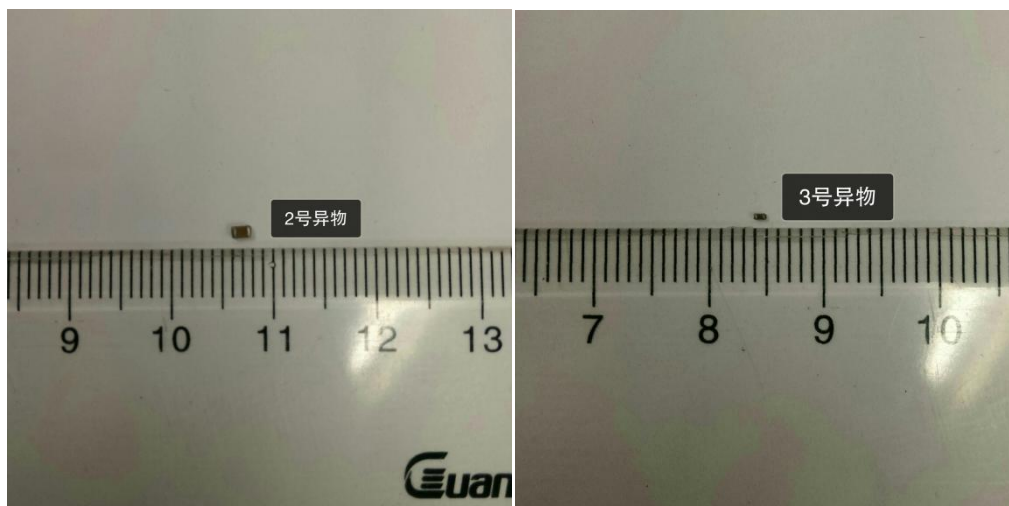


图 3 典型异物

4 信号处理

系统检测的异响信号为非周期性信号，不能用频域的方法进行识别。

对声音信号进行高速采集，得到的典型曲线如下图所示：

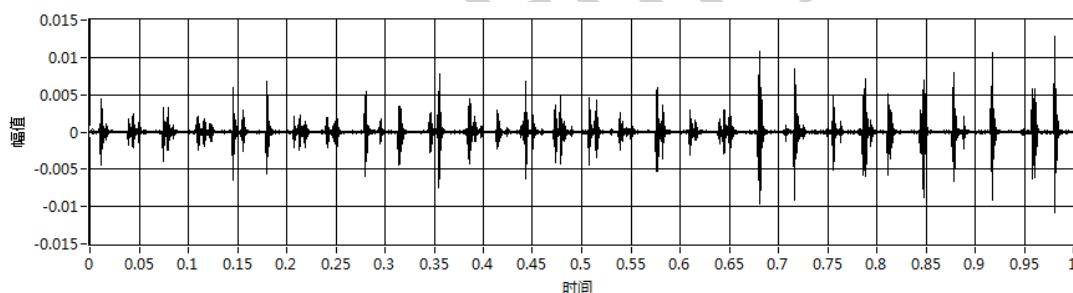


图 4 典型时域曲线-有异物

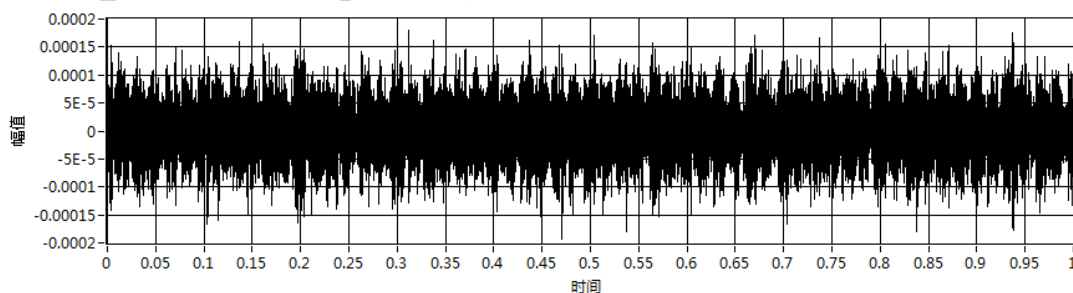


图 5 典型时域曲线-无异物

对不同样本异音异响信号，通过大量的测试，得到海量的测试数据。分析发现，有异物信号中，高频阶段的能量较大；而无异物信号中高频阶段的能量几乎都是数据采集卡的本底噪声。二者能量相差较大。

对信号进行高通滤波，求信号的 RMS 值。得到的结果用 Q 表示。Q 表征了信号中的高频部分信号的能量。需要说明的是，即使对于相同的被测件，不同的边界条件下测试得到的 Q 值也可能差别很大。所以该 Q 值仅在特定测试环境下的测试结果之间才有对比意义。

对有异物和无异物的情况分别进行 10 次振动测试，计算 Q 值，得到结果如下：

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

2 号异物	0.463	0.500	0.459	0.399	0.699	0.554	0.646	0.593	0.477	0.719
3 号异物	0.108	0.145	0.114	0.113	0.114	0.092	0.146	0.128	0.133	0.155
无异物	0.051	0.040	0.041	0.040	0.043	0.042	0.051	0.042	0.042	0.041

根据大量实验数据的规律，将判断阈值设置为 0.8。最终的报警准确率在 95%左右。

5 结束语

本测试系统使用振动台特消音箱以及高精度振动测试系统,构建了一个理想的异音异响的测试环境。系统测试速度快,准确率高,解决了非周期性异音异响测试的问题。对汽车零部件生产线异音异响测试问题有一定的参考价值。

系统主要特点如下:

1 实现非周期性异音异响信号检测

突破了传统异音检测手段只能测试周期性信号的弊端,采用新的分析方法,可对非周期性信号进行检测。解决了异音测试领域的核心问题之一,大大扩展了异音检测系统的适用范围。

2 可定制的振动信号

本系统包含一个小型振动台,为被测物提供振动环境。振动信号可定制为路谱信号、正弦扫频信号、随机谱信号以及发动机阶次等信号。

3 完美的静音测试环境

系统包含一个小型消音箱,为振动和噪声测试提供了一个安静的环境。在嘈杂的生产线上,仅占用很小的面积,即可保证测试快速、有效的进行。

4 测试速度快

系统最终的测试节拍为 25s。