

机器噪声的谱相关

侯温良

(中国科学院东海研究所, 上海 200032)

摘要: 文章以风扇噪声为例分析了影响机器噪声谱相关的一些因素, 为利用机器噪声的谱相关来诊断机器发生故障, 供选取识别阈时提供参考。

关键词: 机器噪声; 谱相关; 识别阈

中图分类号: TB533+.1 文献标识码: A

Spectrum correlation of the machines

HOU Wen-liang

(Shanghai Acoustics Laboratory, The Chinese Academy of Sinices, Shanghai 200032, China)

Abstract: Factor affected spectrum correlation of the machines, fan for example were analysed in this paper, as a reference for selection of classification threshold, the result is useful to diagnose trouble of the machines by the spectrum correlation.

Key words: noise of the machines; spectrum correlation; classification threshold

1 引言

通过机器噪声来判断机器是否发生故障, 以及发生的是什么样的故障。为此曾经定义过所谓谱相关:

$$C_{xy} = \frac{\int_{f_1}^2 N_{xx}(f) \cdot N_{yy}(f) df}{[\int_{f_1}^2 N_{xx}^2(f) df \cdot \int_{f_1}^2 N_{yy}^2(f) df]^{1/2}}$$

$N_{xx}(f)$ 、 $N_{yy}(f)$ 分别代表信号 1 和信号 2 的频谱。由此我们提出利用机器噪声的谱相关来诊断机器所发生的故障^[1]。但是, 和通常的相关识别一样, 利用谱相关来诊断机器发生故障也需要一个识别阈。显然, 对于各种不同类型的机器, 机器噪声谱相关的识别阈是不同的。那么, 哪些因素影响到机器噪声谱相关的大小。作为例子, 我们通过对风扇噪声的分析研究, 提出一些会影响机器噪声谱相关的原因。经过实验, 我们认为以下几个因素是影响谱相关大小的主要原因: 机器噪声的随机起伏、线谱的不稳定性、其它噪声源的干扰等。

2 实验

我们的实验是这样进行的。利用一部鸿运扇 (KYT4-30 型), 在其外壳的某个固定位置上安装一

个拾振器, 然后通过放大器、A/D 转换, 把由拾振器接收到的信号送入计算机, 进行谱相关运算。在实验中, 我们所用的 A/D 转换的采样频率为 11025Hz, 每次采样到的信号长度大于 20s。从信号开始取 1024 个样点为一段, 作 FFT 变换, 将时间阈信号变换为频率阈信号。然后, 沿着时间轴移动, 每次移动 512 个样点, 分别得到第 2 段、第 3 段、……, 把这些信号段也变换为频率阈信号, 在频率阈上多次平均以后, 得到一平均谱。接着, 继续沿时间轴移动, 和上类似得到第 2 段平均谱、第 3 段平均谱……, 分别和第一段平均谱进行相关运算(谱相关)。

作为例子, 图 1(a) 为 1 秒钟的风扇噪声信号, 其上的 S1 是 1024 个样点的信号, S 是每次沿着时间轴滑动 512 个样点, 移动 20 次后信号的总长度。图 1(b) 是 S1 信号段扩展后的波形。图 1(c) 是 S1 信号段的频谱。图 1(d) 是经过移动后, 20 段 1024 个样点的信号频谱的平均结果(经 20 次平均后的一段平均谱)。上述沿时间轴移动的次数和在频率阈上进行平均的次数可以改变。

3 影响噪声谱相关的因素

3.1 随机起伏的影响

众所周知, 机器噪声是一种随机过程。它的波形是随机起伏的, 它的频谱也是起伏的, 但它是个平稳随机过程, 在频率阈上经多次平均以后机器噪声的频谱趋于比较稳定。而且, 随着平均次数增加其平均谱更加稳定。因此, 机器噪声的谱相关也随着

收稿日期: 2000-02-17; 修回日期: 2000-05-29

作者简介: 侯温良(1941-), 男, 苏州人, 研究员。

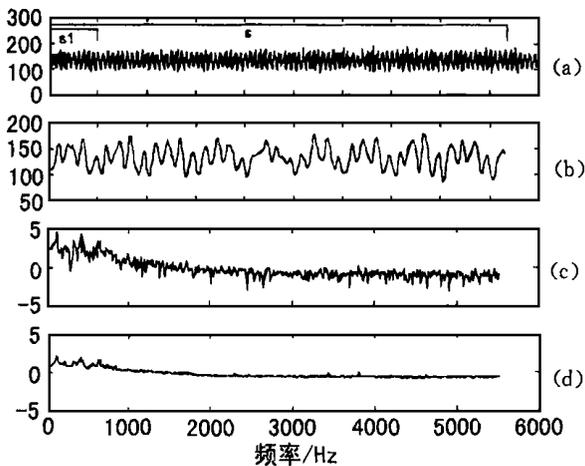


图 1 选取信号段以及它的频谱、平均谱

平均次数的增加而更趋稳定。图 2(a~d) 4 根曲线是上述风扇噪声段分别经过 2 次、5 次、10 次、30 次平均后的谱相关系数。平均次数越多谱相关系数的起伏越小。

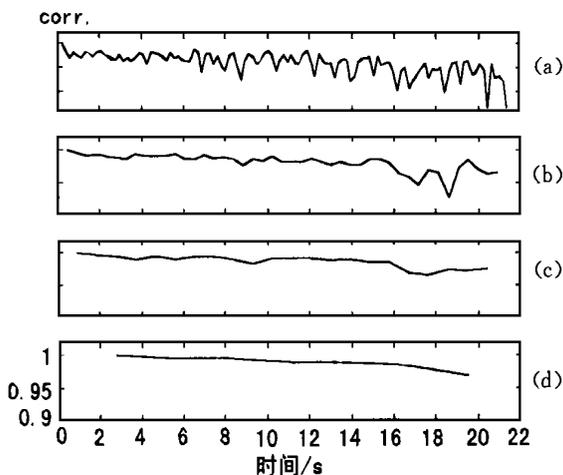


图 2 分别平均 2、5、10、30 次后的谱相关系数

3.2 线谱不稳的影响

机器噪声包括的范围很广,按机械构造分类,可以分为:动力噪声、动力传动噪声、作业体噪声、机座噪声。按机械振动起因分类,可分为:往复运动、惯性力不平衡、不均匀旋转运动、接触和冲击等机械起因或电气起因^[2]。但是,不管它们如何分类,在机器噪声的频谱中有两大类,一类是连续谱,一类是线谱。特别是对于往复运动和转动这类机器噪声的频谱中,线谱占有重要地位,它的频带很窄,但是,它的幅度比相邻频率的幅度大得多。线谱位置有时可能是不稳定的,会在一定的小范围内发生变化。它的不稳定性对于机器噪声的谱相关也有明显的影响。图 3 是经过 20 次平均后频谱很稳定时的谱相

关系数。我们让图上的第 2 条较大的线谱(403.4 Hz) 分别左移(图 4(b))、右移(图 5(b)) 1 条后(其它都保持原样),和原来的机器噪声谱(上述图 3(a)) 进行谱相关运算。图 4(c) 和图 5(c) 是计算得到的谱相关系数。由图可见,线谱即使移位 1 根,亦可使谱相关系数的大小发生明显的变化。

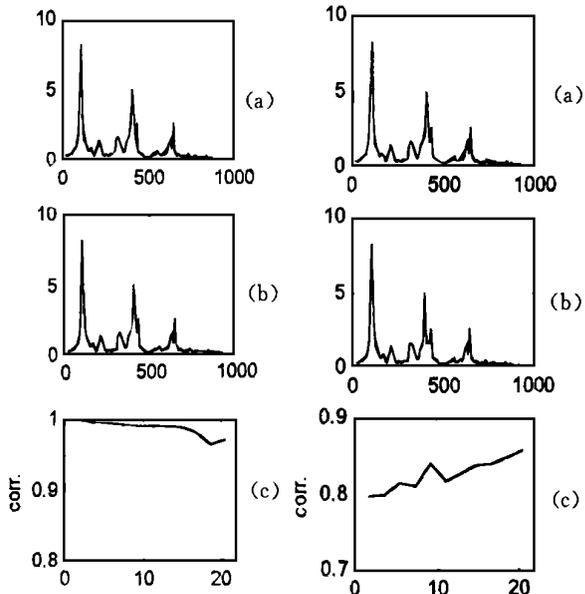


图 3 线谱没移动的谱相关 图 4 线谱左移后的谱相关

3.3 其它噪声源干扰的影响

我们利用风扇进行实验时,风扇产生的噪声比较单一。如果用于其它机器时,会有其它的干扰或因故障引入的噪声。实际上,通常的情况,机器发生故障也是在正常的机器噪声之中添加了别的噪声,原来的噪声状态发生了变化。为了观测其它噪声干扰的影响,我们在采样所得的风扇噪声之中(第 7.4s 到 14.86s 之间) 加入一段由计算机产生的随机函数,以此模拟干扰噪声。因为这样做便于调节随机函数的幅度。图 6(a) 是采样得到的风扇噪声,从 3s 到 3.1s 的信号波形。6(b) 是加入随机噪声后第 14.8s 到 14.9s 之间信号的波形,从

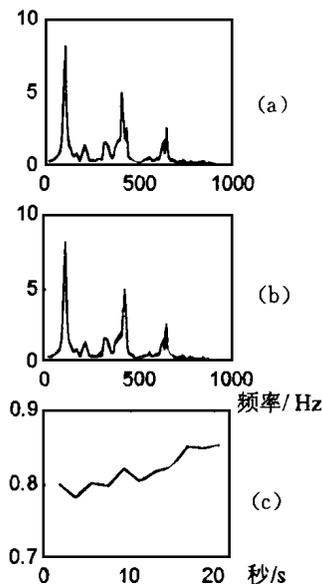


图 5 线谱右移后的谱相关

图上可以很清楚地看出它正处在有随机噪声和无随机噪声的边沿。图 6(c) 是它的谱相关系数, 在加入随机噪声的地方谱相关系数非常明显的减小, 而且和波形图对照, 在时间上是完全一致的。所加随机噪声的幅度是机器噪声幅度的 1/10, 为的是在波形图上可以看得很清楚。即使随机噪声的幅度小于 1%, 谱相关系数还是有明显的减小, 这意味着机器噪声发生故障, 出现不该有的附加噪声, 在谱相关上会有所反应。图 6(d) 是没有加随机噪声的情况, 谱相关系数比较稳定。

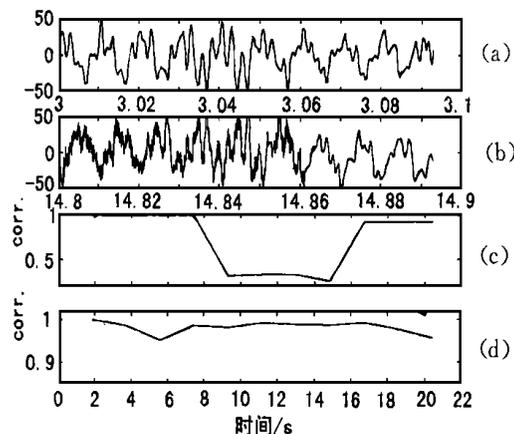


图 6 受随机噪声干扰后风扇噪声的波形和谱相关系数

4 几个故障例子

图 7 中列举了几个风扇有故障时谱相关系数的例子。图 7(a) 是正常情况下风扇噪声的谱相关系数, 大小接近于 1。图 7(b) 是两档不同转速的风扇噪声的谱相关系数。一档速度相对于另一档速度而言好比发生了故障一样, 故谱相关系数减小了, 约为 0.9 附近。为了模拟风扇故障, 我们在风扇的一个叶片上粘贴一段大约有 10cm 长的塑料带。图 7(c) 是粘贴塑料带后的噪声, 和不粘贴塑料带时的风扇噪声之间的谱相关系数。它发生了很大的变化, 减小到大概只有 0.8 左右。图 7(d) 是当风扇在正常转动时把一张小纸片塞入叶片中后又马上拿掉。在没有塞入纸片和塞入纸片时的噪声之间求谱相关系数。从图上可以看到, 纸片塞入的那段时间谱相关系数明显的减小, 大概减小到 0.6 左右。如果我们将粘贴有塑料带模拟风扇故障的噪声自身求谱相关(如图 8(a)), 以及纸片塞入那段时间的噪声和全程 20 余秒的噪声求谱相关(图 8(b)), 可发现有故障时候自身的谱相关系数很大, 接近于 1。这说明利用机器噪声的谱相关能认出机器发生了故障。

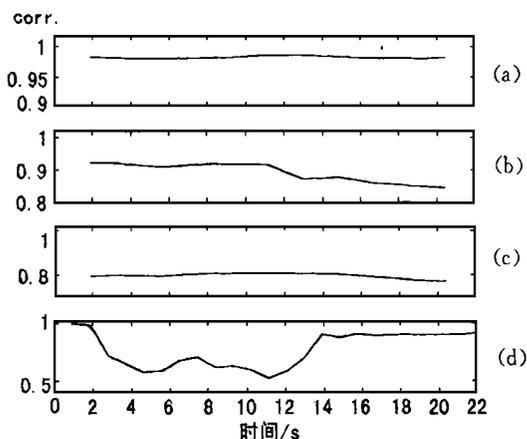


图 7 正常情况(最上图)和有故障时(下面三图)的谱相关系数

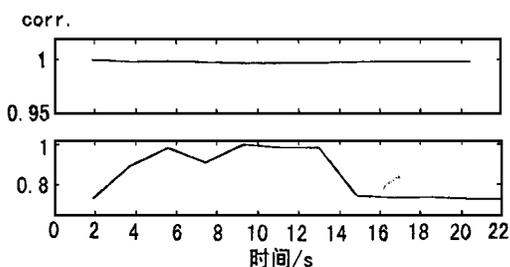


图 8 机器有故障时的噪声自身的谱相关系数

5 结论

由上所述, 我们可以看到影响机器噪声谱相关的几个主要原因。但是, 对于随机起伏可用增加平均次数的办法使之比较稳定。对于线谱不稳的影响, 首先看线谱不稳的程度, 如果线谱相邻左右移动对于机器的运转是不允许的, 那么我们得到的谱相关系数的变化正是机器故障的反映。如果线谱相邻左右移动是允许的, 那么, 在计算谱相关前, 作谱分析时, 需要选择谱分析所用的带宽, 使线谱左右移动的最大变化都不会落到一个带宽之外。

但是, 机器的噪声和机器本身一样千变万化, 最终如何选取机器谱相关的判别阈, 还要根据不同的机器分析而定。对于本文实验所用风扇的噪声, 我们选择谱相关的识别阈为 0.93, 能较好地判别工作是否正常。

参考文献:

- [1] 侯温良. 从振动噪声判别机器故障——谱相关法[J]. 声学学报, 1983, 8(6): 1-6.
- [2] 福田基一, 奥田襄介[日] 合著. 张成译. 噪声控制与消声设计[M]. 北京: 国防工业出版社