

轮胎腔体模式产生的表面振动和噪声辐射

A. M. Jessop, J. S. Bolton

(School of Mechanical Engineering, Purdue University, West Lafayette, USA)

中图分类号: TQ336.1; TB533⁺.2 文献标志码: B 文章编号: 1006-8171(2013)09-0521-04

由于轮毂受力, 轮胎声学模式一直是驾驶室内部噪声因素之一, 它同时也影响胎侧的振动。胎侧振动引起的轮胎噪声辐射不同于轮胎胎体的结构波传播。这一声学模式的检测可以用来显示轮胎充气压力或轮胎腔体内异物的存在。

本文概述研究轮胎声学模式对胎侧和轮胎噪声辐射影响的测量方法和技术。采用波数转换法根据沿胎侧表面测量的振动识别轮胎声学模式。

轮胎声学模式是由在胎体和轮辋封闭的流体介质中传播的声波引起的。圆形的轮胎要求轮胎腔体内的所有声学模式沿轮胎圆周都有一个波长整数。轮胎内部容积的最低模式频率 $f = c/\pi d$, 其中 c 为声音在空气中的传播速度(室温下为 $343 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$), d 为轮胎平均腔体直径。对于大多数轿车轮胎, 1 阶声学模式发生在频率 $200 \sim 250 \text{ Hz}$ 范围内, 更高阶的模式将出现在 1 阶模式频率的近整数倍处。音速几乎不随压力变化, 因此, 轮胎声学模式共振频率在所有充气压力下是相同的(排除由于充气压力增大, 轮胎产生微小变形的影响)。

以往轮胎声学模式研究显示, 在轮胎声学模式频率下轴上受力显示出尖峰。峰的尖锐度归因于轮胎内空气具有的微小阻尼。与声学模式相关的轴受力峰值很容易检测。该力也可能引起作用于胎侧的压力, 导致轮胎声学模式频率下的外部噪声辐射。

1 胎侧振动测量

通过测量检查轮胎声学模式对胎侧振动的影响。用扫描激光测振仪检测胎面上点力激发的轮胎振动。

检测轮胎属于 Kelly Safari Signature 235/70R15 系列。这些轮胎之前用于实验室另一个项目, 一条轮胎胎侧有一处小的刮痕, 另一条轮胎沿胎面暴露小面积的带束层。这些缺陷对有关轮胎腔体声学模式的测试没有影响。频率为 200 Hz 的轮胎声学模式没有考虑轮辋尺寸。轮辋几何尺寸没有精确测量, 估计为 $3 \sim 5 \text{ cm}$ 深, 这将使轮胎声学模式频率增大 $10 \sim 15 \text{ Hz}$ 。因此轮胎声学模式预计出现在频率 $210 \sim 215 \text{ Hz}$ 范围。

其中一条测试轮胎是充气轮胎, 为普通轿车轮胎; 另一条轮胎填充了通常用于飞机客舱隔音的吸声材料。隔音材料的填充减少了轮胎声学模式的传播, 因此, 应该可消除任何对声学模式的影响。填充隔音材料的轮胎仍进行充气, 以提供与普通充气轮胎同等的刚度。

测试轮胎充气压力范围为 $207 \sim 413 \text{ kPa}$, 每次增量为 34.5 kPa 。用扫描激光测振仪沿胎侧测量 80 个点。轮胎安装到一个固定的轮轴上, 并通过贴在胎面中心的一个小振动器激发白噪声信号。图 1 所示为轮胎激发原理和沿胎侧的扫描路径。

沿胎侧的每一个测量点产生一个轮胎表面的法向振动频谱。轮胎上的振动随位置的空间变化

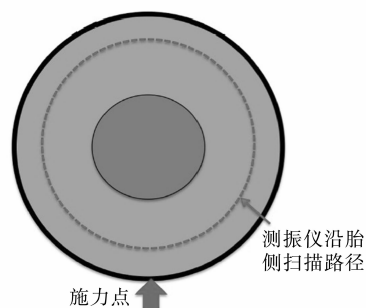


图1 胎侧振动测量示意

在单一频率振动时可以用相对位置的傅里叶变换生成轮胎振动展开式。波数是位置相变速率,行波波数随频率变化,变化率与波速成反比。因此,轮胎振动检测图为频率-振动波数关系函数图,可以揭示波沿胎侧的传播及速度。轮胎声学模式是一种由两个等强度反向传播的波叠加而成的驻波模式,该模式显示为频率-波数图上的一个单点。

充气压力为 379 kPa 时轮胎完整的频率-波数图如图 2 所示,图中颜色较浅部分代表高幅振动特征。轮胎振动由在 100 Hz 左右截止的慢移波($30\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)控制,同时有一个分量在 250 Hz 左右截止。这很可能是环形胎面振动对胎侧的影响。

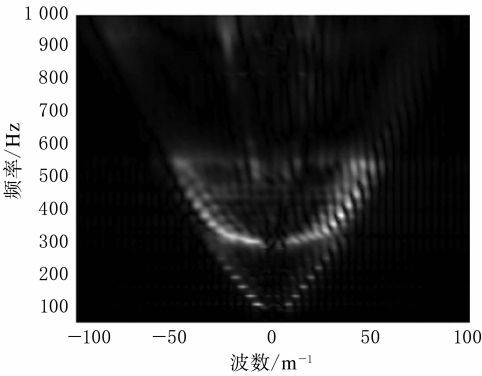


图 2 充气压力为 379 kPa 时频率-波数图

图 3 和 4 所示分别为充气压力为 413 kPa 时充气轮胎和泡沫材料填充轮胎在接近 212 Hz 预期轮胎声学模式频率和波数为 $2/d$ (约为 4 m^{-1}) 的频率-波数图。图中圈出的对称峰表示轮胎声学模式。

图 5 所示为充气压力为 207 kPa 时充气轮胎声学模式频率-波数图。当声学模式的位置与图

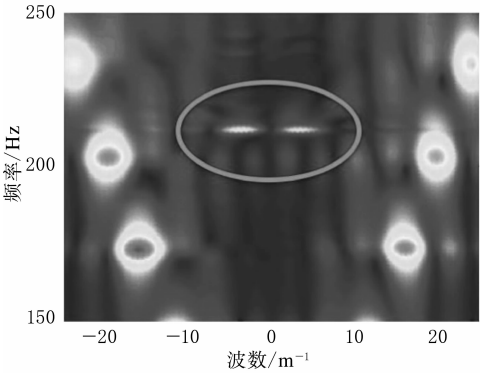


图 3 充气压力为 413 kPa 时充气轮胎声学模式频率-波数图

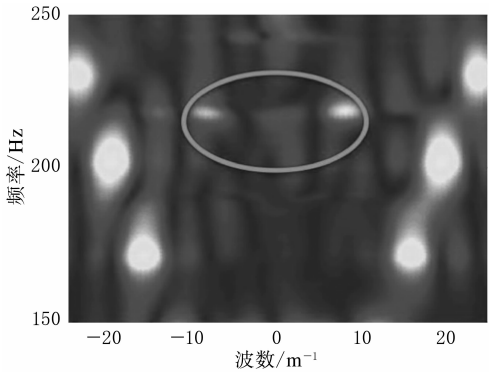


图 4 充气压力为 413 kPa 时填充隔音材料轮胎声学模式频率-波数图

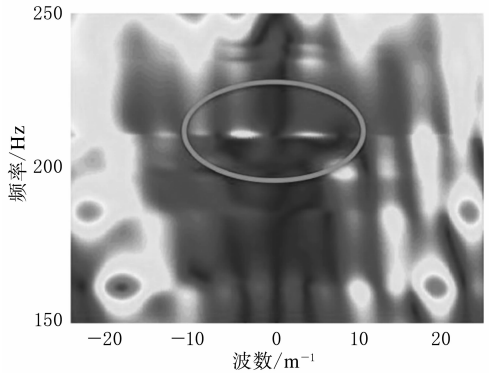


图 5 充气压力为 207 kPa 时充气轮胎声学模式频率-波数图

3 相同时,其他特征位置随充气压力改变;随着充气压力减小,图像边缘的高振幅峰曲线斜率减小,表明沿轮胎胎侧传播结构波的波速减小,这与充气压力减小可使轮胎刚度减小一致。填充泡沫材料轮胎没有这些变化。

2 声学测量

轮胎声学模式可在胎侧振动中看到,它具有空气中音速的相速度,因此可以假设声学模式有效地向环境中辐射声音。对充气轮胎和填充隔音材料轮胎都进行声学测量,以检测是否可在轮胎外部测量到声学模式变化趋势。

2.1 稳态激发方法

轮胎以与振动试验同样的方式激发,振动器周围采用高阻尼材料减少激发源的噪声辐射。轮胎周围安装 4 个声学配置麦克风,测量给予轮胎的力、邻近施力点胎侧的加速度、振动器噪声以及安装轮胎的轮轴的加速度。试验装置如图 6 所示。



图 6 稳态激发测量试验装置

4 个麦克风无法提供足够的全息可视化或可用分辨率的波数转换数据,但可提供一些轮胎结构噪声辐射的数据。充气轮胎和填充隔音材料轮胎测试充气压力均为 138~413 kPa,增幅为 34.5 kPa。

位于轮轴加速度计的数据提供了以往轮胎声学模式研究与该试验数据的关系。充气压力为 413 和 138 kPa 时轮轴的振动分别如图 7 和 8 所示。

由图 7 和 8 可以看出,充气轮胎和填充隔音材料轮胎在 145 和 211 Hz 处表现出显著差异,充

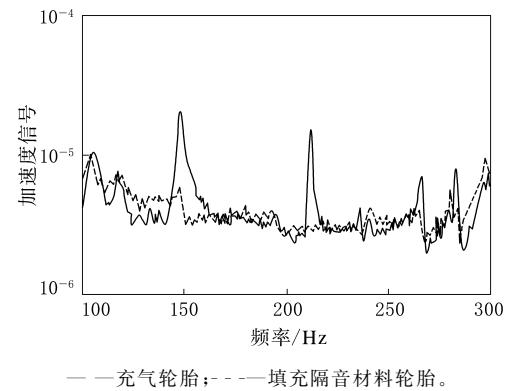


图 7 充气压力为 413 kPa 时两种轮胎振动信号对比

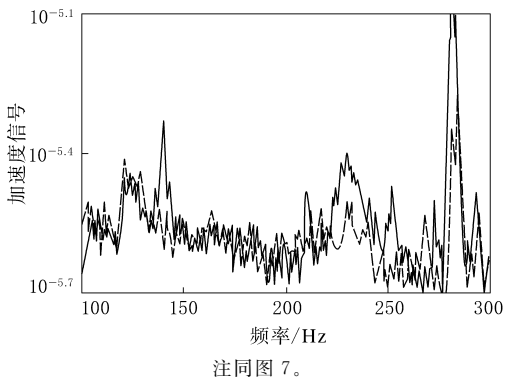
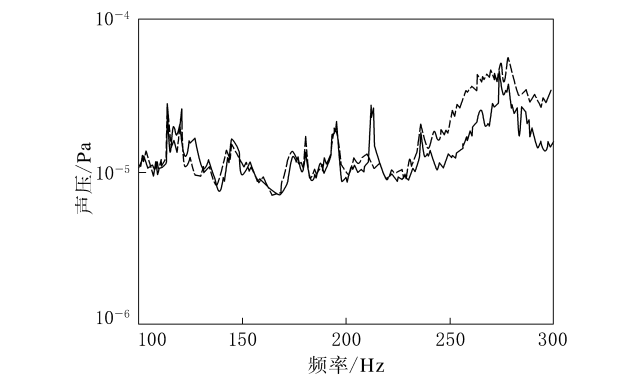


图 8 充气压力为 138 kPa 时两种轮胎振动信号对比

气轮胎显示出轮轴的振动阻尼尖峰信号。频率 145 Hz 处的差异不知是什么原因造成的,但频率 211 Hz 处的尖峰信号可以明确地归因于轮胎的声学模式。在较低的充气压力下,两个尖峰的幅度均减小,说明轮胎声学模式作用于轮轴的力减小。由以上结果可以看出,填充外物可抑制轮胎的声学模式。

4 个麦克风测得的两种轮胎平均辐射数据对比如图 9 所示。由图 9 可以看出,在频率 212 Hz 处,两个轮胎的声学辐射信号有明显差异,充气轮胎显示出阻尼尖峰信号;在频率 240 Hz 处两个轮胎的声学信号无明显差异。这表明声学模式可以用麦克风检测到。充气压力为 276 kPa 时,在频率 212 Hz 处的峰小得多;充气压力为 138 kPa 时,两个轮胎的声学辐射几乎相同,表明声学模式辐射受充气压力的影响。频率在 240 Hz 以上时,填充隔音材料轮胎比充气轮胎的声辐射更明显。试验频率范围内,声辐射的主要机理是环形轮胎的振动,轮胎内声波传播的消除可能会降低轮胎内的流体负荷,导致振动和声辐射的增强。



注同图 7。

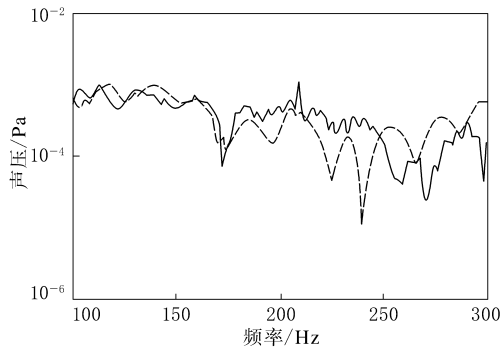
图 9 充气压力为 413 kPa 时两种轮胎声学信号对比

2.2 下落试验方法

在声学测试中,两个轮胎落到地面上时表现出不同的声音特性。主观上讲,这些差异远比点力驱动声学测量的稳定状态时听到的要明显得多。轮胎下落试验量化了这些差异。轮胎从 152.4 mm 的高度下降后反弹。用距离轮胎约 30.48 cm 的两个麦克风记录下降过程。所有试验截取相等长度下降时间历程,提供类似的频率分辨率。

不同充气压力下两种轮胎下落试验声学辐射对比分别如图 10 和 11 所示。由图 10 和 11 可以看出:在频率 212 Hz 处,下落试验的尖峰信号比稳态试验时显著得多;填充隔音材料的轮胎在频率 212 Hz 处没有尖峰;在低充气压力下,填充隔音材料轮胎的声学信号与充气轮胎相同。

两种测试的主要区别在于轮胎力分配的特性。由于下落试验力施加在整个接触面,类似轮胎正常操作条件,因此下落试验的结果更能代表实际操作。在稳态测试中,是在一个非常小的表面进行振动激发,而下落试验冲击了整个轮胎接触面,后者的激发将消除高阶振动模式在轮胎胎



注同图 7。

图 11 充气压力为 138 kPa 时两种轮胎下落试验声学辐射对比

体内的传播,因此应着重研究低阶声学模式。

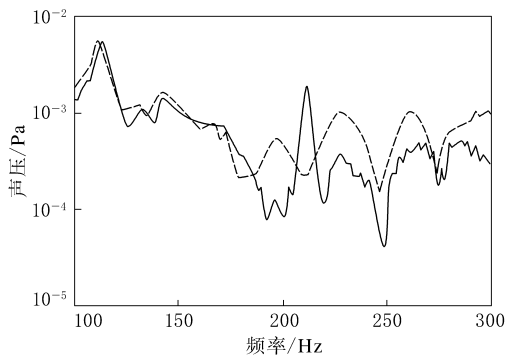
3 结论

试验测试表明,轮胎声学模式可以在轮胎外部检测到。频率-波数曲线的特征与预期位置和轮胎声学模式共振驻波模式特征相匹配。在轮胎声辐射的声学信号中可以发现与以往轮胎轮轴上声学模式力研究中的频率相匹配的类似尖峰。当轮胎内部用隔音材料填充后,抑制了波的传播,声学模式共振频率峰消失。

(北京橡胶工业研究设计院 吴淑华摘译

徐立校)

译自美国“Tire Science and Technology”,
39(4),245~255(2011)



注同图 7。

图 10 充气压力为 413 kPa 时两种轮胎下落试验声学辐射对比

热塑性树脂组合物及使用其的轮胎

中图分类号:TQ334;TQ336.1 文献标志码:D

由横滨橡胶株式会社申请的专利(公开号 CN 102858878A, 公开日期 2013-01-02)“热塑性树脂组合物及使用其的轮胎”,涉及的热塑性树脂混合物用于充气轮胎内衬层,具有透气率低且由疲劳引起的透气率变化率小的优点。该混合物由在聚酰胺树脂及乙烯-乙醇共聚物中分散具有酸酐基或环氧基的改性橡胶制成,其中聚酰胺树脂与乙烯-乙醇共聚物的用量比为 47/53~61/39。经检验,该混合物在室温下重复加载 100 万次 20% 拉伸应变时的透气率变化率小于 1.30 倍,内衬层使用该混合物的充气轮胎在室内行驶 7 万 km 后的漏气量变化率小于 1.30 倍。

(本刊编辑部 马晓)

二鼓轮胎成型机卸胎装置

中图分类号:TQ330.4+6/93 文献标志码:D

由桂林橡胶机械厂申请的专利(公开号 CN 202640783U, 公开日期 2013-01-02)“二鼓轮胎成型机卸胎装置”,涉及的二鼓轮胎成型机卸胎装置包括前端设有抓胎卡盘的转臂、连接存胎车的滑道架和接胎架。接胎架设于抓胎卡盘卸胎的转动路径上,其上设有作平移运动接胎并向滑道架翻转送胎的翻胎架;转臂的传动机构为抓卸胎电动机驱动的减速器,抓卸胎电动机通过线路连接与转臂转轴同轴设置的编码器。该装置可实现轮胎胎坯自动卸胎、存储检查轮胎胎坯的功能,并可方便送入存胎车,操作方便、省力,控制准确,自动化程度高,占地面积小。

(本刊编辑部 马晓)