

产品检测

轮胎噪声仿真分析专用球声源的研制

陈霞¹, 陈理君¹, 毛飞¹, 陈弘²

(1. 武汉理工大学, 湖北 武汉 430070; 2. 杭州橡胶集团公司, 浙江 杭州 310008)

摘要:介绍轮胎噪声重放专用球声源的研制。球声源系统硬件包括扬声器、功放电路和电脑。扬声器球壳上均匀分布小孔, 球体外部声场的波阵面呈球面波, 声波无指向性, 球面上声源的辐射声级基本相同。本研制专用球声源结构简单, 实用性强, 性价比高, 在轮胎噪声测试分析中具有较高的应用价值。

关键词:球声源; 轮胎; 噪声; 仿真

用 TNS 系统对轮胎噪声进行微机仿真放声或录音重放噪声, 需要一个无指向性放声声源。本研制采用 2 个扬声器面-面相对合成专用球声源, 用于某橡胶企业室内轮胎噪声测试分析系统。该专用球声源具有制作方便、结构简单的特点, 发出的声音基本符合 ISO 140-3 及 ISO 3382 要求, 具有很高的性价比, 适用于要求不高的声学实验系统。

1 软硬件设计

球声源系统硬件包括扬声器、功放电路和电脑, 结构如图 1 所示。

扬声器系统由 2 个扬声器面-面相对组合而成, 固定安装在金属球体内部, 具有良好的低频特性。其中, 球壳上均匀分布小孔, 孔径大于 1 cm, 孔间间距为 2.8 cm; 在 2 个面对面安装的扬声器中间填充厚度为 1 cm 的海绵吸声材料以吸收声能, 以减弱颤抖声。在保证输入阻抗匹配的同时, 使 2 个扬声器能够同相位辐射, 配上功率放大器, 运行电脑上的安装软件 TNS 或 SpectraLab, 球声源就可以工作了。SpectraLab 软件可产生一系列声音, 如白噪声(频率 1 kHz)、粉红噪声(频率 500 Hz)。TNS 软件可仿真放声, 发出轮胎噪声。

具体分析是, 声音是一层层稀疏与稠密交替变化的波, 而疏与密是由空气压力变化所引起的, 这种变化通过人的耳膜传入大脑, 从而使人听到声音。声波是声音产生的物理现象, 常用波形示出。

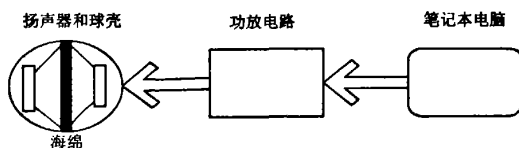


图1 硬件结构示意图

轮胎噪声分析属于线形声学范畴, 本研制采用的惠更斯分析原理为: 当波行进时, 波前上的每一点都可视为新的点波源, 以其为圆心或球心, 各自发出圆形波或球面波, 在某一时刻和这些圆形波或球面波相切的线或面(称为包迹)形成新的波前。

根据惠更斯原理, 在各向同性的均匀介质中传播的波, 波阵面的几何形状是不变的, 即平面波就是平面波, 球面波就是球面波, 这是因为在各个方面上波的传播速度是不变的; 另外, 球体内的声波经均匀分布的小孔传出, 每个小孔可视为一个新的声源, 发出球面波, 因此从总体来看, 本研制球体外部声场的波阵面呈球面波, 消除了单个扬声器发出的声波的指向性。这一点已通过试验验证。

功放电路在阻抗为 $8\ \Omega$ 时, 每个声道的输出功率达到 80 W。根据轮胎噪声测试分析的要求, 测试系统一个声道电路(如图 2 所示)的工作频率为 100~4 000 Hz, 指向不均匀性限制在 2 dB 以内, 电声指标为在 160 W 和 1 kHz 时的谐波失真(THD)小于 0.1%。

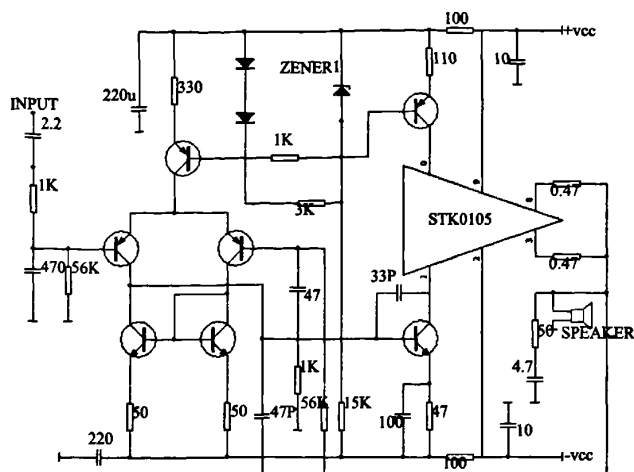


图 2 功率放大器电路

2 实测分析

对球声源信号进行了多次室内测试,通过分析不同测点处的信号直方图来观察球体外部声场的波阵面。信号的测量在消声实验室中进行,通过频谱分析仪记录信号功率和频谱。测试方法通常为断声源法和脉冲声源法,断声源法用的声源一般为粉红噪声和白噪声,其中粉红噪声用得比较多。

白噪声是在整个音频频率范围内,功率密度谱均匀分布且宽度比例相等、能量相等的一种噪声,一般用于测试音响设备的频率响应等特性。

粉红噪声是一种频率覆盖范围很宽的声音, 频率每升高八度, 信号强度就衰减 3 dB, 由于人耳对音量的感受是对数型的, 因此人耳听见的粉红噪声的每个频段的音量大小都是一致的。

我们用 SpectraLab 软件,通过笔记本电脑接入功率放大器并发出粉红信号,扬声器面平行于地平面时测点的布置如图 3 所示(扬声器面垂直于地平面时测点的布置类似)。

本研制扬声器发出的声音具有类似球面发出声音的无指向性,为证明这一点,采取对同一信号在同一个圆的7个不同位置进行信号测试。进行了半径为0.5~8 m的球声源噪声声级测试,这里仅列出2种距离的测点数据,结果如表1和2所示。

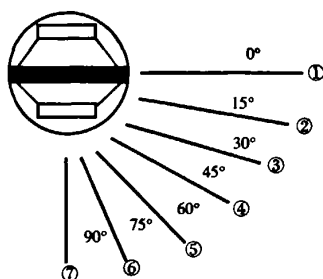


图3 扬声器面平行于地平面时的
测点布置示意

表 1 在消声室内测试的球声源噪声声级
(频率 500 Hz, 半径 1.0 m)

扬声器 放置方式	测点位置						
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
垂直	79.0	79.0	79.7	79.0	78.5	79.0	80.0
平行	78.0	78.0	79.0	79.0	78.7	78.4	78.0

表 2 在消声室内测试的球声源噪声声级
(频率 1 kHz, 半径 2.0 m)

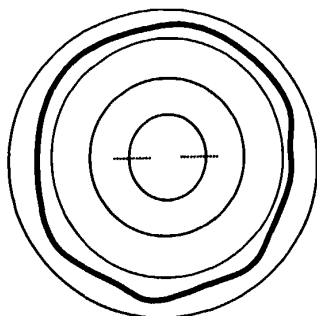
扬声器 放置方式	测点位置						
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
垂直	90.2	90.0	90.5	89.0	89.5	90.2	90.0
平行	91.0	89.0	90.0	90.4	89.3	89.1	90.5

从表 1 和 2 可以看出,在声波频率相同时,间距相同的 7 个位置的噪声声级基本相同,最大噪声声级差不超过 2 dB,由此可见,在以球声源为中心的球面上声源的辐射声级几乎相同。为进一

步分析这种现象,绘制了声级分布曲线,当球声源频率为 1 kHz 时,在半径 3 m 处发声的指向性曲线如图 4 所示。

3 结语

本研制轮胎噪声仿真分析专用球声源具有制作方便、结构简单的特点,发出的声音基本符合 ISO 140-3 及 ISO 3382 标准对球声源发声的要求,具有很高的性价比,适用于要求不高的声学实验系统。试验证明,这种专用球声源在轮胎噪声分析系统中具有较高的应用价值。



75 70 65 ... 0 ... 65 70 75 dB

图 4 半径 3 m 处声级分布曲线

工程机械轮胎试验场和 巨型转鼓试验机

随着矿山机械化程度的不断提高,露天矿和地下矿采掘作业中所用的工程机械轮胎产品研制已成为热点课题,工程机械轮胎试验场的建设和测试设备的开发也相应深受关注。

1 工程机械轮胎试验场

位于西班牙的阿尔梅里亚轮胎试验场是米其林公司在全世界范围内著名的试验场之一。试验场呈馒头形,最长直线跑道长约 2 500 m,是专门测试矿用工程机械轮胎性能的试验场。

耐久性测试跑道分为 2 种:(1)平坦跑道,长度为 1 025 m,宽度为 7 m,梯度介于 0%~1.5% 之间,弯道曲率半径为 150~280 m,沥青路面;(2)山地跑道,长度为 5 367 m,宽度为 14 m,最大梯度为 3%,石灰和泥土混合路面。

噪声测试跑道:长度为 1 356 m,宽度为 6 m,沥青路面,符合 ISO 10844 标准。

沙砾测试跑道:长度为 3 680 m,宽度为 5.5 m。

泥土和砂砾混合测试跑道:长度为 5 367 m,宽度为 14 m,最大梯度 3%,石灰,砂砾和泥土混合路面。

干地操纵性测试跑道:长度为 2 820 m,宽度为 4 m,最大梯度为 0.5%,弯道曲率半径为 30~240 m,沥青路面。

2 巨型转鼓试验机

Buzuluk Komarov 公司是橡胶加工机械和测试设备的生产企业。为适应近年来工程机械轮胎的发展,Buzuluk Komarov 公司相应开发了大规格轮胎的生产和测试设备,近期开发成功的巨型轮胎转鼓试验机的转鼓直径达到 5 m(如图 1 所示)。

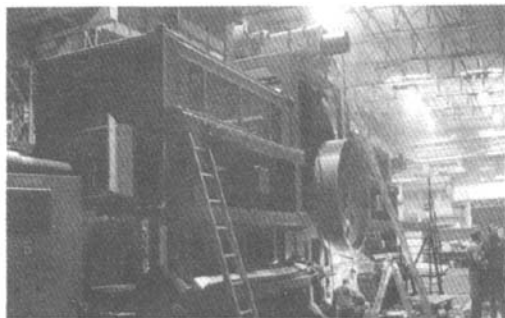


图 1 Buzuluk Komarov 公司正在组装的
巨型轮胎转鼓试验机

Buzuluk Komarov 公司还开发了一套完整的测试轮胎温度分布技术,这是根据不断监测环境温度 and 轮胎表面温度、胎肩温度和轮胎内部气体温度而获得的。公司正准备推出一款单工位轮胎测试机,通过控制系统升级,这款优化设计测试机可以测试子午线轮胎和斜交轮胎的尺寸偏差。

蒂坦国际公司新研制转鼓试验机的转鼓直径为 7.32 m,负载能力为 226.8 t,最高试验速度为 72.4 km·h⁻¹,该机是目前世界上最大的轮胎转鼓该试验机,已成功用于蒂坦公司 63 英寸巨型工程机械子午线轮胎的测试。

苏 博