

轮胎噪声影响因素及低噪声轮胎设计方法

赵书凯, 邓世涛, 丁海峰, 姜晓辉

(三角轮胎股份有限公司, 山东 威海 264200)

摘要:分析轮胎噪声影响因素, 提出低噪声轮胎设计方法。胎面花纹形状、节距及排列、胎面胶配方以及轮胎均匀性等都对轮胎噪声有一定影响; 采用尽可能多的节距数, 减小花纹沟深度和宽度, 适当降低胎面胶硬度, 减小胎冠和胎侧刚度, 提高轮胎均匀性等均有利于减小轮胎噪声。

关键词:轮胎; 噪声; 影响因素; 胎面花纹; 均匀性

中图分类号: TQ336.1; TB533⁺.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-8171(2014)02-0076-05

随着高速公路的迅速发展, 汽车速度大大提高, 交通噪声对人体健康的影响也日益严重, 汽车噪声不仅增加驾乘人员的疲劳, 而且影响汽车行驶安全。欧盟 779 号指令要求进口欧盟的轮胎要标注轮胎燃料级别、湿地抓着性能和滚动噪声, 并要求欧盟各成员国自 2012 年 11 月 1 日起实施。轮胎噪声已经成为衡量汽车质量的重要指标之一。近年来, 高性能、低噪声轮胎在轮胎行业中占有明显优势, 许多整车厂选择配套轮胎都已经将轮胎噪声作为考核的主要性能参数。当汽车行驶速度超过 $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 时, 轮胎噪声就成为行驶车辆噪声的主要成分^[1]; 车速越快、负荷越大, 轮胎噪声的能量级越高, 在汽车行驶噪声中所占比例也越大。作为汽车乘坐舒适性的重要评价指标, 汽车噪声也在很大程度上反映出生产厂家的设计和工艺水平。

本工作分析轮胎噪声产生机理、测试方法和影响因素, 并提出低噪声花纹轮胎的设计方法。

1 轮胎噪声分类及产生机理

1.1 分类

轮胎噪声分为直接噪声和间接噪声, 直接噪声由轮胎花纹和轮胎振动产生, 间接噪声主要指因路面不平等原因导致轮胎振动, 传递到悬挂系统和车身, 造成内部空气振动产生的车内噪声。

作者简介:赵书凯(1975—), 男, 山东威海人, 三角轮胎股份有限公司工程师, 学士, 主要从事轮胎结构设计工作。

1.2 产生机理

(1)空气紊流噪声。轮胎在滚动前进过程中, 前方空气被分开, 后方空气被吸入, 造成空气紊流, 引起声压变化, 产生噪声。

(2)花纹槽泵浦噪声。轮胎滚动时, 花纹槽被压缩与释放, 槽内气体随之高速地在前沿区挤压、后沿区膨胀, 前后沿产生的压差形成空气涡流, 从而产生泵浦噪声(沟槽空气泵噪声)。

(3)空气柱共鸣噪声。在轮胎花纹与路面接触时, 胎面花纹沟槽与路面组成类似管状的结构。管内空气柱振动发声的频率与花纹沟固有频率相同, 二者形成谐振, 引发共鸣现象, 导致轮胎噪声在此频率处出现峰值。

(4)轮胎弹性振动噪声。车辆行驶过程中, 当前沿的胎面花纹进入接地面时, 花纹块撞击路面一起激振; 当后沿的胎面花纹离开接地面时, 胎面花纹恢复变形产生振动也会产生噪声, 同时会产生连续打击地面的噪声。道路表面凹凸不平和轮胎内部激励因素, 如轮胎动不平衡引起的操纵系统振动和行驶中轮胎的不均匀性引起的共振产生噪声。

(5)号角效应。胎面沟槽在接地面内被完全封住时其作用像一个气管, 可以产生窄频鸣叫。

(6)粘滑噪声。当轮胎接地面应力导致轮胎胎面在横向或周向发生滑移时会产生粘着/滑移噪声。

2 轮胎噪声测试方法

(1)试验车惯性滑行法。将轮胎安装在测试车辆上, 测试车辆行驶到试验区时, 在关闭发动机

和变速器空档情况下使车辆靠惯性向前滑行,测试轮胎的噪声。

(2)拖车法。将轮胎安装在具有隔声罩的拖车上,由汽车牵引拖车经过试验区,测试拖车上轮胎的噪声。

(3)通过噪声测试法。采用噪声尽可能小的实车,在测试路段上以一定速度进行滑行,主要测试轮胎在规定路面的滚动噪声等级。

(4)室内转鼓法。在消声室内的试验转鼓上测试轮胎噪声(如图 1 所示)。消声室可以为噪声测试提供稳定的环境,测试结果的重复性和可比性较好,适于轮胎噪声机理研究和低噪声轮胎研发。在半消声室或全消声室内用转鼓设备带动试验轮胎转动,转鼓表面可模拟实际路面给轮胎施加不同压力的负荷,使试验结果接近实用中的轮胎噪声数据。



图 1 轮胎室内噪声测试系统

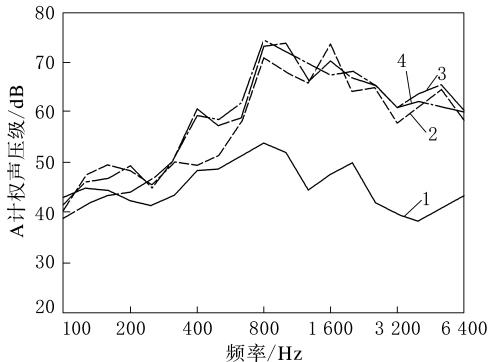
本研究轮胎噪声测试在同济大学声学研究所标准轮胎噪声实验室中进行,测试环境温度为 18℃,湿度为 80%。试验轮胎规格为 205/55R16。试验条件:充气压力 175 kPa,负荷 461 kg,速度 80 km·h⁻¹。

3 轮胎噪声影响因素

3.1 花纹设计

3.1.1 花纹形状

试验结果表明,光面轮胎噪声最小,纵向花纹沟轮胎次之,斜向沟槽花纹轮胎第三,横向花纹沟轮胎噪声最大(参见图 2)。由于轮胎胎面花纹噪声是轮胎噪声的主要来源,可以通过优化胎面花纹结构来降低噪声,这也是轮胎降噪最主要的方法。胎面花纹设计应该减小噪声的总体幅值,同时使噪声能量分布在尽可能宽的频率范围内,避



1—刻纵沟;2—刻纵沟,肩部块上刻横沟;3—刻纵沟,肩部和边部块上刻横沟;4—刻纵沟,肩部、边部和中间块上刻横沟。

图 2 不同形状花纹噪声频谱曲线

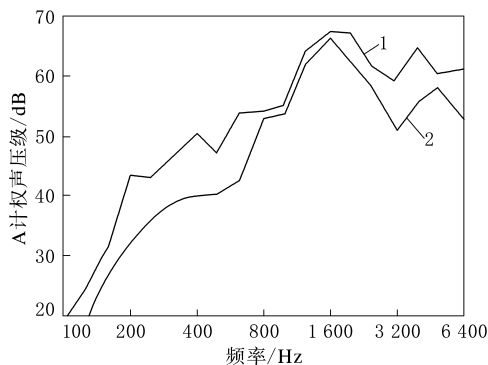
免在窄频率范围内出现峰值。

3.1.2 多节距设计与排序优化

花纹节距大小通常有 3 或 5 种,为了避免排序的对称性,花纹节距总数以及每种花纹节距的数目采用素数。在相同条件下,单一花纹节距的噪声频谱峰值比 3 种花纹节距的噪声频谱峰值高 11 dB。为进一步展开频谱带宽,对花纹节距排序做进一步优化后,频谱峰值明显降低^[2]。

3.1.3 采用较窄和较浅的花纹沟

为了降低轮胎噪声,轮胎花纹节距的横沟设计趋向细小化。细小的横沟设计可以保证干路面的操控性能,同时减小横沟的空气泵浦发声以及花纹块拍打路面的激振噪声。减浅花纹沟槽设计噪声频谱曲线如图 3 所示。



1—正常花纹;2—纵向沟减浅花纹。

图 3 减浅花纹沟槽设计噪声频谱曲线

3.1.4 沟槽的降噪设计

为了降低噪声,各大轮胎厂纷纷推出了自己的最新花纹静音技术。

(1)为了保证轮胎的排水性能,纵向沟的宽度和数目一般不能减小,这使得纵向沟的泵浦噪声成为轮胎噪声的重要来源。消音槽是为降低纵向沟泵浦噪声而设计的,其作用表现在两方面:一是将接地处的空气柱分割成两部分,且两部分的长度随时间变化,使得空气柱的共振频率随时间不断变化,发声的带宽增大;二是以一定的时序打断

纵向沟泵浦发声,进一步增大带宽。德国马牌轮胎采用3D数字模拟静音的科技降噪技术原理与此类似,即通过扰乱轮胎共振,打破轮胎纵向花纹沟槽中产生噪声的气流,实现轮胎静音效果。消音槽如图4所示,消音槽对轮胎噪声的影响如图5所示。

(2)东洋TRANSAS TEO轮胎在胎面的纵

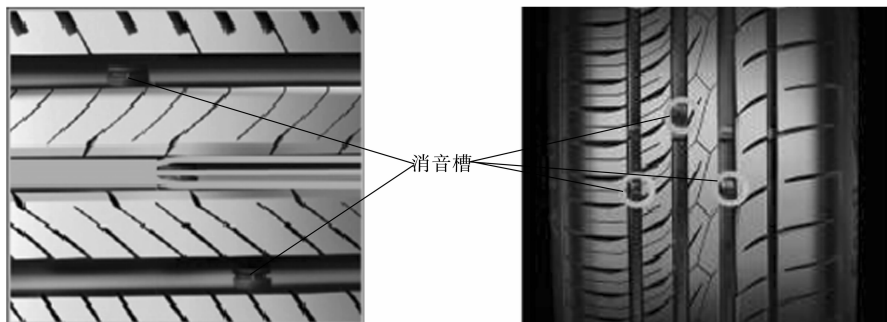
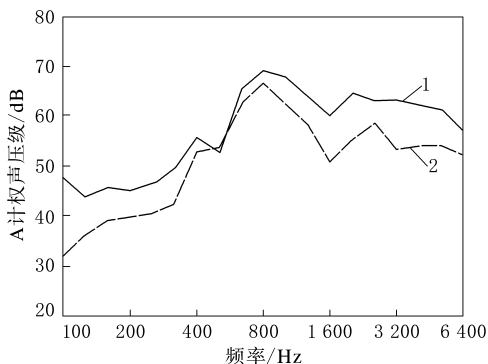


图4 消音槽示意



1—无消音槽;2—有消音槽。

图5 消音槽对轮胎噪声的影响

向沟槽侧面,采用细竖沟槽花纹的“静音壁”设计,控制空气流动,抑制行车时产生的空气管共鸣音,降低花纹噪声;在轮胎两侧的受力部位交互采用“消音环”设计,减小由路面传向轮胎的振动,从而降低路面噪声,如图6所示。

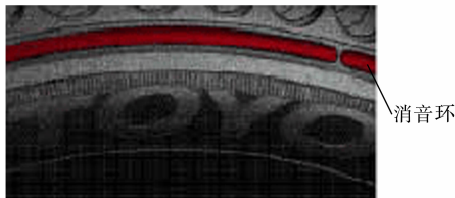
(3)米其林轮胎的“静音筋”技术是使轮胎圆周方向胎面中央静音筋的横截面沟槽宽度固定不变,从而使轮胎进入接地面时橡胶的刚性趋于一致,使路面对轮胎的有效激励减小,从而降低噪声,如图7所示。

3.2 胎面胶

选择合适的胎面胶对降低噪声设计非常重要,胎面胶硬度越小,轮胎的噪声越小。不同胎面



(a) 静音壁



(b) 消音环

图6 静音壁和消音环示意

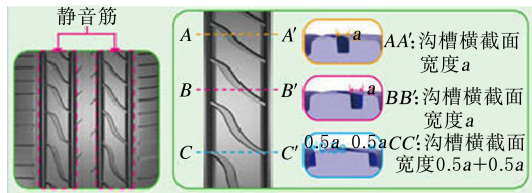


图7 米其林静音筋花纹示意

胶对噪声影响的幅度可以达到5 dB。

3.3 轮胎动不平衡和均匀性

轮胎动不平衡是指车轮旋转时产生离心转动

惯量,动不平衡会引起车辆操纵系统的振动,从而产生噪声。轮胎不均匀性是由材料和制造工艺造成的,分为几何尺寸不均匀性、质量分布不均匀性和力的分布不均匀性,它在旋转轴上产生各种力和力矩。随着速度的提高,谐波频率也随之升高,直到速度达到一定程度使谐波频率与轮胎的固有频率一致,引起轮胎的共振,从而产生噪声。

3.4 胎面和胎侧刚度

轮胎胎面和胎侧的振动、胎面撞击路面以及胎面相对路面的滑动都会产生振动噪声。汽车行驶过程中,胎面和胎侧产生振动的频率与轮胎的固有频率一致,引起轮胎共振,产生噪声。汽车转弯时,由于胎面与胎侧的刚性以及胎面与路面的摩擦都会引起轮胎产生噪声。

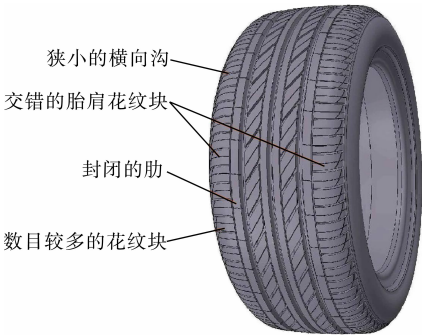


图 8 低噪声花纹设计原则

花纹分别刻在同规格优化施工设计后的光面轮胎上,进行刻花轮胎室内噪声测试,优选出最佳花纹方案,再进行客户评价确认,达到要求后进行模具加工和批量生产。光面轮胎刻花纹如图 9 所示,低噪声花纹轮胎的设计流程如图 10 所示。

4 低噪声花纹轮胎的设计

4.1 低噪声花纹的设计

了解了影响轮胎噪声的主要因素,在进行新产品设计时只要遵循图 8 所示几项原则,即可进行初步的花纹设计。

4.2 光面轮胎刻花纹和低噪声花纹的设计流程

为了优化产品设计流程,缩短开发周期,降低开发成本,首先优化花纹和轮廓设计,将优选出的



图 9 光面轮胎刻花纹

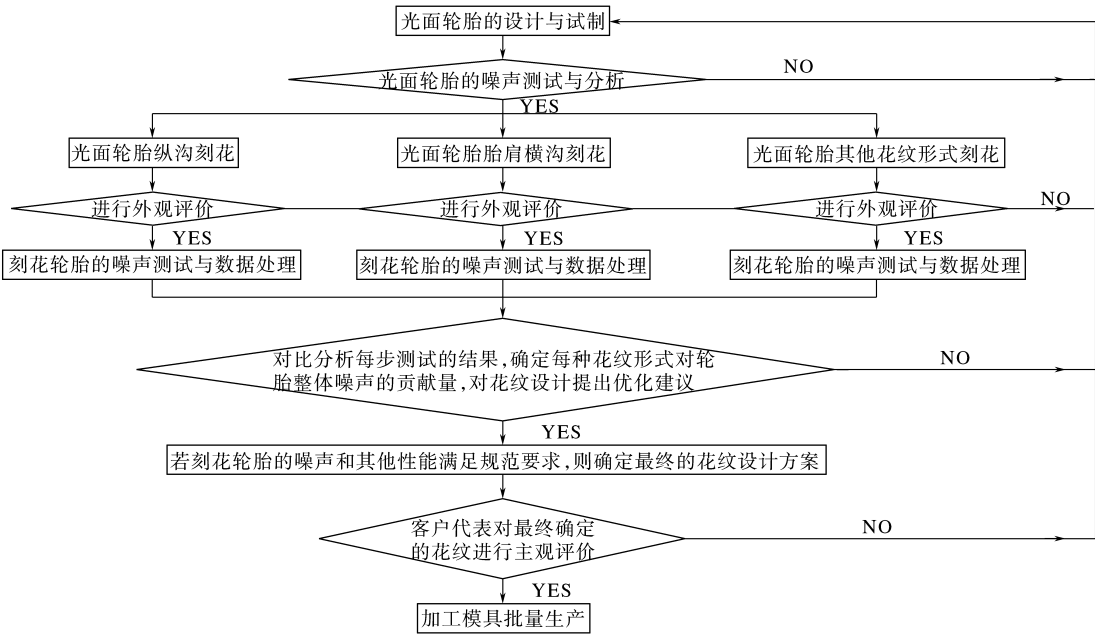


图 10 低噪声轮胎设计流程

5 结论

综上所述,低噪声轮胎设计要点如下。

(1)采用尽可能多的花纹节距数,多采用不等节距设计。通过软化花纹块进而减小花纹块对路面的撞击振动,避免噪声频谱线上的峰值集中。

(2)横向花纹沟趋向较窄、较浅,细小的花纹沟可以降低泵浦噪声,同时可以保证干路面的操控性能。

(3)花纹沟有良好的通透性,花纹沟端部开放使沟槽内的气柱共鸣减弱,减少接地时闭合的花纹沟数以减少共振;肩部采用封闭的肋,避免肩部沟槽内的气柱流向纵向沟产生共鸣。

(4)选择合适的胎面胶,降低胎面胶硬度。

(5)提高轮胎动平衡和均匀性,有效降低胎面

的弹性振动,避免轮胎发生共振。

(6)减小胎冠和胎侧刚度,以减少对路面的冲击。

低噪声花纹设计方法的应用缩短了产品开发周期,优化了产品设计流程。

致谢:感谢同济大学葛剑敏教授在本研究试验工作中给予的帮助和指导。

参考文献:

- [1] 葛剑敏,范俊岩,王胜发,等.低噪声轮胎设计方法与应用[J].轮胎工业,2006,26(2):79-84.
- [2] 荣英飞,丁海峰,于利刚,等.低噪声轮胎的设计理念与技术分析[J].轮胎工业,2013,33(3):131-134.

第7届全国橡胶工业用织物和骨架材料技术研讨会论文

Influential Factors on Tire Noise and Design Method of Low-noise Tire

ZHAO Shu-kai, DENG Shi-tao, DING Hai-feng, JIANG Xiao-hui

(Triangle Tire Co., Ltd, Weihai 264200, China)

Abstract: The influential factors on the tire noise were analyzed, and the design method of low noise tire was proposed. The pattern shape, pitch and its arrangement, tread compound, and tire uniformity all had an influence on the tire noise. To reduce the tire noise, it was recommended to increase the number of pitches, reduce the depth and width of grooves, properly decrease the hardness of tread compound, reduce the stiffness of crown and sidewall, and improve the tire uniformity.

Key words: tire; noise; influential factor; tread pattern; uniformity

一种自动分胎装置及分胎方法

中图分类号: TQ330.4⁺93 文献标志码: D

由北京橡胶工业研究设计院申请的专利(公开号 CN 103342231A, 公开日期 2013-10-09)“一种自动分胎装置及分胎方法”, 涉及的自动分胎装置主要由摆臂、胀套、轴、底板、摆杆、中间耳轴气缸和安装座等部分组成, 并采用两种分胎方法, 实现高效、可靠、优化的自动分胎过程。该发明解决了轮胎检测成品线上人工分胎过程费时费力、效率低、成本高, 以及升降式分胎装置结构复杂等问题, 提升了设备自动化程度和企业生产效率, 降低了成本, 很好地满足了现代轮胎生产企业对提高企业自动化程度的要求, 同时, 简单的结构以及小巧、灵活的安装方案, 既提高了保全性和可

靠性, 也拓展了其自身的通用性。

(本刊编辑部 马 晓)

轮胎胎圈结构

中图分类号: TQ336.1 文献标志码: D

由江苏通用科技股份有限公司申请的专利(公开号 CN 103317974A, 公开日期 2013-09-25)“轮胎胎圈结构”, 涉及的轮胎胎体包括主体部和反包部, 胎体内包覆位于胎体反包部一端的钢丝圈和连接钢丝圈一端的三角胶条, 钢丝圈外表面包裹胶片。本发明结构简单、紧凑、合理, 解决了钢丝圈与胎体间刚性冲击和应力集中现象, 提高了轮胎的承载能力与使用寿命。

(本刊编辑部 马 晓)