

低噪声轮胎的设计理念与技术分析

荣英飞¹,丁海峰¹,于利刚¹,苗岱江²

(1.三角轮胎股份有限公司,山东 威海 264200;2.潍坊高新技术产业开发区管委会,山东 潍坊 261205)

摘要:根据轮胎噪声源的分类,结合典型的低噪声轮胎设计,从轮胎振动噪声、空气噪声和轮胎花纹节距设计优化方面分析了当前低噪声轮胎设计的技术思路。分析结果表明,目前降低轮胎噪声的主要技术手段有以下几方面:不对称多节距的胎面花纹设计;减小横沟宽度,增加纵沟宽度;拓展轮胎噪声频谱的三维花纹沟设计;改善胎面接地压力分布,优化轮胎轮廓以降低胎体对振动激励的响应。

关键词:轮胎噪声;节距优化;花纹设计

中图分类号:U463.341;TB533⁺.2 **文献标志码:**B **文章编号:**1006-8171(2013)03-0131-04

汽车工业的蓬勃发展带来了轮胎行业的快速发展,同时也给轮胎设计研发带来了新的挑战。轮胎的噪声大小直接关系到汽车对环境噪声的污染程度,关系到汽车的乘坐舒适性。全球轮胎市场对轮胎的性能要求也越来越高,欧盟法规ECE117对轮胎的噪声性能、湿地抓着性能和滚动阻力等提出了新的等级要求。然而,轮胎噪声的发声机理复杂,受多种因素相互影响,难有统一的设计思路来指导轮胎低噪声设计。近年来,轮胎企业以及相关的科研机构都纷纷加大对轮胎噪声机理的研究和低噪声轮胎的设计。本文在整理知名轮胎制造商开发的低噪声轮胎基础上,从振动噪声、空气噪声、花纹节距设计与优化方面分析轮胎降噪的技术思路,并总结了最新的轮胎降噪技术流行趋势。

1 振动噪声的降噪思路

轮胎作为1个振动系统,其振动噪声响应取决于两方面因素:一是路面对轮胎的激励,二是胎体结构的振动特性^[1]。因此可通过降低路面对轮胎的激励、改善胎体结构的振动特性,来达到降低轮胎振动噪声的目的。

1.1 减小路面对轮胎的激励

减小路面对轮胎激励有两个途径:一是选择

合适的胎面胶,二是优化胎面花纹设计。选择合适的胎面材料,对于低噪声轮胎设计非常重要。根据大陆轮胎公司的研究结果表明:不同胎面胶对噪声影响的幅度可以达到5 dB。另外,优化胎面花纹设计也可以起到减小路面对轮胎的激励,米其林轮胎公司推出的Primacy LC静音轮胎,在其花纹上设计了“静音肋”,其沟槽截面A-A,B-B和C-C的宽度在周向上恒定,具体示意如图1所示。该设计保证了车辆在行驶过程中,静音肋和路面的接触面积保持不变,接地面的胎面应力保持不变,从而使路面对轮胎的有效激励减小。

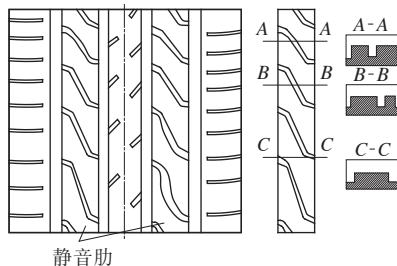


图1 米其林 Primacy LC 静音轮胎胎面花纹示意

1.2 改善轮胎振动特性

轮胎的结构设计决定着胎体的振动特性,合理的设计可以降低胎体对振动激励的响应。为了提高轮胎的性能,通常要对轮胎的轮廓结构做优化设计,这些优化设计往往对提高轮胎的静音也是有利的。横滨轮胎公司的应变能最小设计理论是为了解决子午线轮胎的带束层端部和胎体帘布

作者简介:荣英飞(1984—),男,山东威海人,三角轮胎股份有限公司助理工程师,硕士,主要从事轮胎力学及性能测试研究工作。

层反包端点容易出现应力集中的问题而提出来的^[2]。轮胎在使用过程中,胎体的各种组成材料不可避免地要发生应变,应变能最终会转化为热量和噪声。显然以最小应变能作为设计优化的目标,有利于降低轮胎噪声。在胎体中增加特殊的吸声和吸振结构,也可以降低胎体对振动激励的响应。固特异御乘轮胎在胎面胶底部和胎肩内侧增加了吸振胶料,吸收胎体的振动能量,改善胎体的振动特性,其断面示意如图2所示。

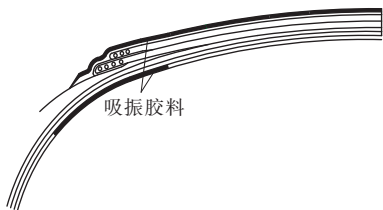


图2 固特异御乘轮胎断面示意

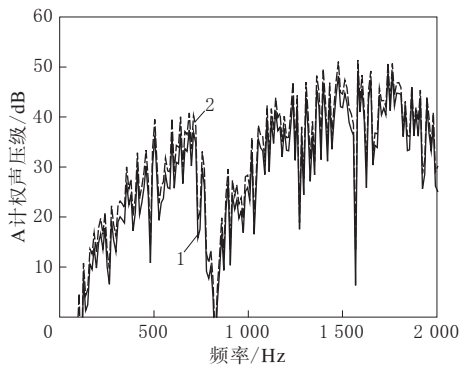
2 空气噪声的降噪理念与技术

花纹沟的空气噪声主要包括泵浦噪声和共振噪声。当胎面接触路面时,花纹沟被压缩,花纹沟中的空气被挤出;当胎面离开路面时,花纹沟膨胀,吸入空气。花纹沟的压缩与膨胀导致的空气泵浦效应,产生了泵浦噪声。当花纹沟槽和路面相接触,封闭的空气会共振发声,共振频率取决于沟槽的长度。空气噪声的抑制可以从减小横向花纹沟宽度,降低沟槽内空气压力、减缓气流流速,拓展噪声带宽度等方面进行^[3]。

2.1 减小横向花纹沟宽度

花纹沟的宽度和深度越小,参与产生空气噪声的气体总量越少,从而有利于降低噪声。但是沟槽的尺寸减小,不利于轮胎的排水性能。由于横向花纹沟对噪声的贡献大于纵向花纹沟,因此目前普遍采用减小横向花纹沟尺寸,增大纵向花纹沟尺寸的方式来降低噪声,以保持轮胎的排水性能。减小横向花纹沟宽度可以减小沟槽的泵浦噪声,同时可以降低路面对轮胎的有效激励。横向花纹沟宽度对胎面和路面相互作用频谱的影响如图3所示。

从图3可以看出,在相同条件下,当横向花纹沟宽度分别占花纹节距宽度的15%和10%时,频谱的峰值相差2.7 dB。横向花纹沟越窄,频谱的



横向花纹沟宽度与花纹节距宽度的比值:1—10%;2—15%。

图3 横向花纹沟宽度对胎面和路面相互作用频谱的影响

幅值越低。

2.2 降低花纹沟内空气压力、减缓空气流速

空气噪声的强度可以从压力变化和体积振速两方面描述。减小花纹沟内空气压力、减缓空气流速就是从压力变化和体积振速入手抑制噪声,主要技术手段包括:①避免设计两端封闭的横向花纹沟;②胎肩横向花纹沟的出口截面逐渐扩张;③花纹沟内壁采用锯齿设计(如图4所示)。

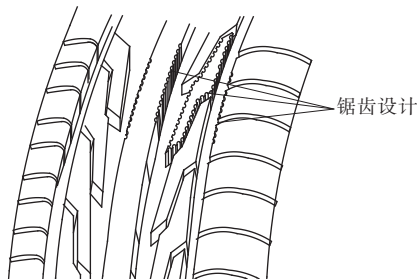


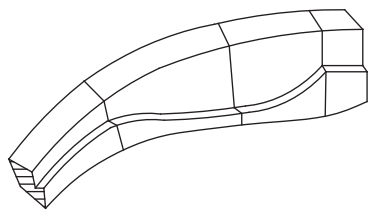
图4 花纹沟内壁锯齿设计示意

花纹沟内壁锯齿设计是近年来东洋轮胎公司的创新,被称为“静音壁”。其对外宣传是利用锯齿设计改变噪声的反射方向,延长传播路线,增加胎面对声波的吸收。但是实际上空气噪声的波长远大于锯齿的宽度,因此锯齿对噪声反射的影响到底有多大值得商榷。然而锯齿结构的存在,可以减缓空气流速,起到降低噪声的效果。

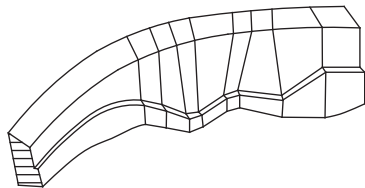
2.3 拓展花纹沟共振噪声频带

花纹沟内空气的共振频率主要取决于沟槽的尺寸,因此拓展花纹沟共振噪声频带的设计主要是围绕花纹沟的几何性质展开的,其主要技术手段包括:①花纹沟取不等长,使共振频率错开;②对同类型花纹沟在深度方向上做三维设计(如

图 5 所示);③在纵向花纹沟内设置隔断,使其在接地过程中与路面形成腔体的尺寸是变化的。



(a)普通花纹沟槽



(b)三维花纹沟槽

图 5 同类型花纹沟在深度方向上的三维设计

3 花纹节距设计与优化

轮胎作为一个噪声系统,可以看作一个滤波放大器。当噪声能量一定时,频带越窄,幅值越大,轮胎的滤波特性对窄带的噪声不起作用,噪声幅值较大;反之频带越宽,幅值越小,经过轮胎滤波后的噪声较低。花纹节距设计与优化可以拓展轮胎噪声频谱,从而降低轮胎噪声^[4-7]。

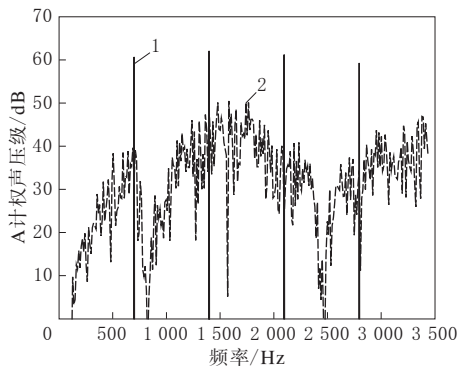
3.1 多节距设计与排序优化

花纹节距大小通常有 3 种和 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,单一花纹节距和 3 种花纹节距对轮胎与路面相互作用频谱的影响如图 6 所示。从图 6 可以看出,单一花纹节距的噪声频谱为脉冲函数,峰值比 3 种花纹节距的频谱高出 11 dB。

为进一步展开频谱带宽,通常采用启发式算法(遗传算法和禁忌算法)对花纹节距排序做进一步优化。结局排序优化对轮胎与路面相互作用频谱的影响如图 7 所示。从图 7 可以看出,与随机序列的频谱相比,优化序列的频谱峰值明显较低。

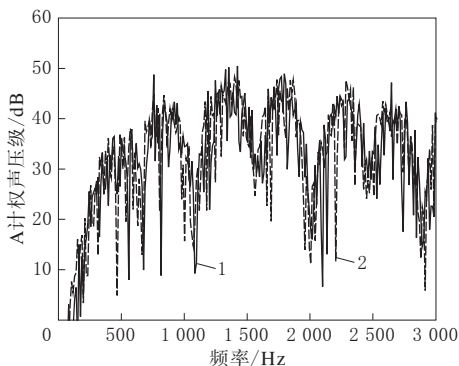
3.2 不对称花纹节距设计

车辆在行驶过程中,特别是转向时,对轮胎内外侧的应力要求不同,采用内外侧不对称的节距花纹设计可以提高车辆的操控性能。同时由于内



1—单一花纹节距;2—3 种花纹节距。

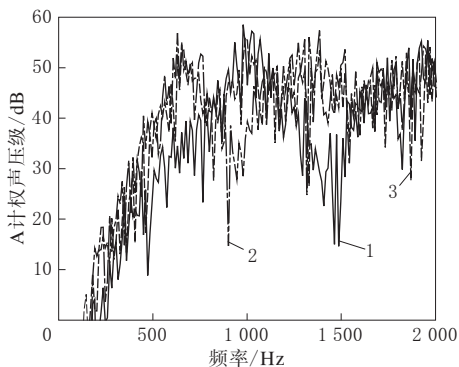
图 6 单一花纹节距和 3 种花纹节距对轮胎与路面相互作用频谱的影响



1—随机序列;2—优化序列。

图 7 结局排序优化对轮胎与路面相互作用频谱的影响
外侧的花纹节距不同,其噪声频谱不同,整体的噪声频谱被展宽。不对称花纹节距设计对轮胎与路面相互作用频谱的影响如图 8 所示。

从图 8 可以看出,与对称花纹节距设计相比,不对称花纹节距设计的噪声频谱带宽较宽,峰值



对称花纹节距设计:1—节距数目为 89,2—节距数目为 59。

3—不对称花纹节距设计,节距数目为 89/59。

图 8 不对称花纹节距设计对轮胎与路面相互作用频谱的影响

较低。

4 结语

低噪声轮胎设计涉及的技术复杂,往往不是使用单一降噪技术就能实现轮胎的降噪,需要新材料、新结构以及合理的胎面花纹设计相互配合,来实现轮胎降噪。总结知名轮胎制造商开发的低噪声轮胎设计理念,呈现出以下的流行趋势。

(1)横向花纹沟趋向细小,纵向花纹沟槽增大。细小的横向花纹沟设计,可以降低泵浦噪声,同时可以保证接地的平稳性,增大纵向花纹沟的比例,保证轮胎排水性能。

(2)强调胎面接地的平稳性。轮胎接地的波动小,可以使得路面对轮胎的有效激励小。另外,减小横向花纹沟宽度,增加横向花纹沟数量,以使胎面和路面的作用平稳。

(3)尽量拓展噪声频谱。由于拓展噪声频谱的设计技术,一般不会影响轮胎的其他性能,如三维花纹沟的设计。因此目前这方面的设计技术得到了强化。

(4)重视噪声的隔离。尽管封闭的胎肩、连续的静音肋设计虽然不利于降低泵浦噪声,但是可以使胎面内侧花纹沟的噪声无法向外传播。

(5)关注纵向花纹沟的空气噪声。纵向花纹沟结构简单,其空气噪声一般低于横向花纹沟噪声,所以最初的降噪设计并不涉及纵向花纹沟。

随着降噪技术的发展,横向花纹沟的噪声得到了有效抑制,纵向花纹沟的空气噪声开始得到关注。例如在纵向花纹沟内壁的设置锯齿结构设计,以减缓气流;在纵向花纹沟内设计隔断,以增加频谱带宽。

参考文献:

- [1] Buddenhagen F E. Tire Casing with Noiseless Tread[P]. USA:USP 2612928,1952-10-07.
- [2] 编委会. 子午线轮胎结构设计与制造生产新技术新工艺及产品质量检测手册[M]. 北京:中国科技文化出版社,2007.
- [3] 陈理君,孙波波,肖旺新,等. 道路/轮胎噪声研究的现状与发展[J]. 轮胎工业,2011,31(9):519-524.
- [4] Becker M. Genetic Algorithms for Noise Reduction in Tire Design[A]. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2006[C]. USA: IEEE Press, 2006: 5304-5308.
- [5] Chiu J T, Weng W C, Hung C F. Optimization of Pitch Sequencing for Pneumatic Tire by Tabu Search Method[J]. Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics, 2002, 19(3):399-414.
- [6] Nakajim Y, Abe A. Application of Genetic Algorithms for Optimization of Tire Pitch Sequences[J]. Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics, 2000, 17(3):403-426.
- [7] Becker M, Jaschke S, Szczerbicka H. Tread Profile Optimization for Tires with Multiple Pitch Tracks[A]. IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems, 2009 [C]. USA:IEEE Press, 2009:125-130.

收稿日期:2012-09-20

普利司通威尔逊工厂率先通过 ISO 50001 认证

中图分类号:F27 文献标志码:D

普利司通美洲公司在美国北卡罗来纳州的威尔逊轮胎厂率先通过 ISO 50001 能源管理体系认证,成为全球首家获得此认证的轮胎厂。另外,其也是首个达到超级能源绩效成熟节能路径认可的工厂。

2001—2011年,威尔逊轮胎厂能源消耗降低16.8%。

“公司长期以来一直致力于减少使用自然资源和实行可持续生产质量管理规范,因而获得此认证是我们的荣誉,我高兴地说这就像往常一样是我们的一项业务,”普利司通轮胎制造厂经理

Gary Williamson 说,“能源节约不仅有益于环境,也是我们必须面对的关键问题,所以这确实达到了双赢局面。”

ISO 50001:2011 是一项新的国际标准,对工业能源管理系统有详细要求,是一个以计划-执行-检查-行动过程为基础的标准,提倡建立能源基准,记录能耗降低,建立能源目标和行动计划,并且管理重大的能源消耗设备。

超级能源绩效是由美国能效制造理事会发起的,并且鼓励节能减排超过了 ISO 50001 体系的要求。超级能源绩效成熟节能路径鼓励企业实施 50 余个“最佳节能实践”,并要求在过去 10 年中减少 15% 的能源消耗,并得到认可。

(孙斯文摘译 贺年茹校)