

轮胎在道路上产生的外部噪声

Ann Dowling

(剑桥大学, 英国)

中图分类号: TQ336.1; U467.4⁺93

文献标识码: B

文章编号: 1006-8171(2004)05-0268-03

与日俱增的公众压力和不断变化的车辆测试程序要求轮胎制造商必须设计出静音效果更好的轮胎。在此发表 URGENT(认识轮胎在道路上的外部噪声)项目的一些初步研究结果。该项目的特点是加强了行业和院校活动的相互配合。该项目涉及一家轮胎制造商(登录普)、一家汽车制造商(ROVER/陆虎)、一家独立的研究实验室(TRL)和一所大学(英国剑桥大学)。剑桥大学负责模型开发,但在理论研究方面得到了其它合作者实际经验的指导。

1 轮胎噪声的预测

尽管近来在预测轮胎噪声方面已取得了相当大的进展,但其仍是一项复杂和苛求的任务。

通常这样区分各种声源:胎面花纹块进入接地地区时不稳定排气而产生的噪声称为“气泵”;胎面花纹块离开接地地区时,脱离牵引而产生的振动称为“胎面花纹块的排放”。URGENT 项目采取了一种略微不同的研究方法,研究中,这些典型噪声源是自然产生的。试验轮胎被一层对比表面所包覆(见图1),从而将问题分为两方面:一方面是通过对比表面建立标准空气速度模型,包括模拟轮胎的动态特性和接地地区宏观结构的空气共振;另一方面是建立用于确定对比表面上标准空气速度所发出的远域声波的传播模型。这种方法的优点是分别研究噪声产生和传播的物理机理,而且每种机理均可由经本项目研究证实为行之有效的模型分别模拟。

2 噪声源

轮胎噪声的主要声源位于轮胎接地面附近,

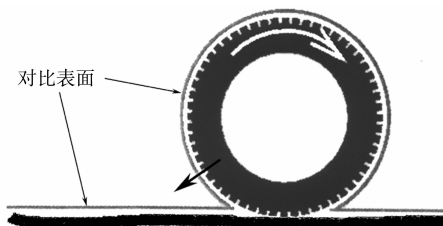


图1 包覆着不固定对比表面的轮胎

这个区域的尺寸与其产生声音的波长相比很小。无约束空间小声源的低效率是声源的一个普遍特性。本质上讲,声源向周围发射的声能(就像内燃机里的活塞)的大小等于压力、速度和面积三者的乘积。对于一个无约束空间的小声源,与速度同相的压力很小,其发射的声能也比较小。然而,当一个具有相同排气量的声源位于喇叭形的几何条件下,其速度和附近压力之间的关系就会发生戏剧性的变化。这时该声源将变成一个高效的声能发射器,正如老式留声机的喇叭形扬声器可放大由微弱振动产生的声音。但是这种效应对轮胎却没有益处。路面和轮胎胎面构成的喇叭形几何空间大大放大了原本就不希望产生的噪声,轮胎的噪声会因此被放大到 22 dB。如果想可靠预测轮胎-道路相互作用的噪声,就有必要适当了解和模拟声压级如此之高的噪声。

本项目通过在剑桥大学消声室中的测量研究了这种放大效应。在路面上放一个诸如扬声器的简单声源,测量在有和无轮胎存在(是否形成喇叭口)时声压的比例是测量这种放大效应的理想方法(见图2)。但这种方法操作起来有些问题,因为在这样一个有限的区域内很难放入一个意义明确的声源。代替这种测量方法的方法是互换声源和听筒的位置,就是测量诸如扬声器这样的远距

离声源在轮胎接地地区产生的声压,这样操作起来就非常简单。图 3 所示为喇叭放大效应的典型结果。应注意到,在声音频率很低时没有放大效应,另外,在一很窄的频率范围内(1.7 kHz 附近)还有一个抵消效应,而不是放大效应。一种商业化的边界单元码(boundary element code)是计算喇叭放大效应的出色工具,用它计算得到的预测结果与在 0~2.5 kHz, 1 dB 时的试验结果基本一致(见图 3)。

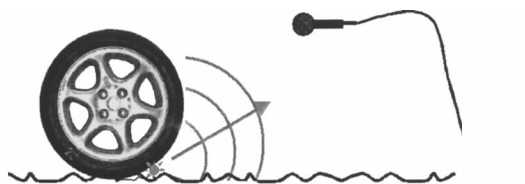


图 2 处于胎面与路面所形成的喇叭口形中的声源

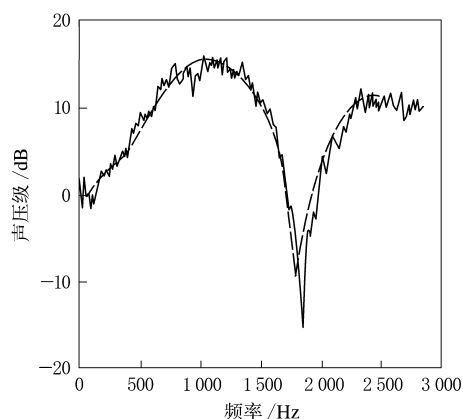


图 3 喇叭口形对声源的放大作用

实线—实测结果;虚线—一边界单元法计算结果
声源位于距接地线 110 mm 处。

3 喇叭放大效应分析

然而,边界单元法无法给出物理学上的解释,因此我们又开发了一个有助于解释喇叭放大效应某些特性的理论模型。在低频时,轮胎可视为一个密实的声学散射体,理论模型重现了图 3 所示的初始时噪声随频率的线性增大,理论模型还表明,在此范围内,喇叭放大效应与轮胎宽度成比例关系。在高频时,如果设想声音像光一样沿直线传播,结果就较好理解。声从声源向各个方向发射,在喇叭形周围反射,即连续在道路及轮胎表面上反射。对于每一个声源-听筒组合,从声源到听筒的声线折角都是有限的。通过将这些声线的影响进行加和

可以计算出有时声线的路径是与直观相反的。图 4 所示为 6 次反射的声线路径,该声线从声源传播到与听筒有一定距离的接地地区,仅仅 3 次反射后,声线即转向,开始向听筒传播。声线传播理论与高频时的测量结果一致,也表明了“声压级下降”是由于多束声线相消干涉的作用。实质上是由于不同的声线在声源和听筒之间有不同的路径长度,在一定的频率下,这些声线到达听筒时处于不同的相位,从而相互抵消。这些“声压级下降”出现的频率与声源距接地地区的距离密切相关,与轮胎的宽度也有关,但程度较小。轮胎设计者的目标就是将“热点”(此处的胎面振动最大)置于听觉范围的中部的一个“声压级下降”区域内。

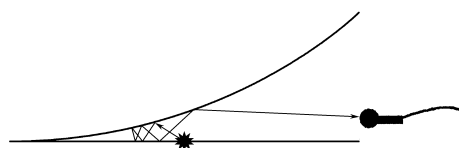


图 4 经过 6 次反射的声线路径

边界单元法与理论模型相结合的试验能够研究各种参数对喇叭放大效应的影响。事实上,放大效应与喇叭细部几何形状仅有很小的相关性,这对模拟很有好处。如果以接地地区边缘为起点测量声源位置时,高负荷和无负荷轮胎的喇叭放大效应可拟合到同一曲线上。如果轮胎的胎肩较圆,放大效应的峰值将降低。

在一个粗糙的 HRA 表面上依然得到了高达 18 dB 的喇叭放大效应。值得注意的是,当粗糙路面产生更多散射时,尽管行进方向的喇叭放大效应轻微减小,但重要的在轮胎轴向向旁路位置的放射却有所增大。

4 宏观结构

轮胎接地地区宏观结构的共振也能改变所发射的声音。接地地区的纵向和横向花纹沟形成端头敞开的“声带”。由 Rover 和登录普在滚动路面上进行的声场特殊变换(STSF)测量证实了发射声音中的声带共振。对由纵向和横向花纹沟所导致的放大作用已进行了试验研究,并且作为 UR-GENT 项目的一部分进行模拟。轮胎花纹沟附近的胎面振动是一个产生声波的声源,该声波沿接地地区的花纹沟传播,声音的一部分从花纹沟开

口端向外发射,其余的被反射。可采用与研究喇叭放大效应相似的方法来研究花纹沟共振,即利用互换原理,在远处放一个声源,在花纹沟里放一个话筒。声音在一个与花纹沟尺寸相同的小管中仅轻微地衰减,并因此产生较强的共振,在共振频率附近产生主共振。然而,当管子的端部位于一个喇叭口里时,声音将被更高效地向外发射,这意味着衰减更大的共振及较低的放大作用。尽管如此,花纹沟共振仍可将其内部或邻近外部声源的声音放大到高达 12 dB,这些效应通过简单的理论便可很好地解释。

5 力学模型

已开发了多种力学模型来预测具有胎面花纹块的轮胎在粗糙路面上滚动时所产生的振动。类似于 Kropp 的工作,在时间域内进行计算,胎面及粗糙和光滑路面的随机分布可在相同的理论框架内进行处理。开发的新力学模型能同时解析轮胎对胎面花纹块激振的静态响应和动态响应。轮胎胎面模拟为具有弯曲刚度和面内张力的弹性薄板,胎侧由径向弹簧和阻尼壶代替,还包含一个内部充气空腔。三维模型能使胎面花纹块在轮胎横向和周向上随机分布,同时考虑了二维路面粗糙度特性。该力学模型首先直接被陆虎公司获得的试验数据所证实。在这些试验里,用一个振荡器和谐地激振单一的胎面花纹块,测量不同花纹块和不同激振频率下加速度/作用力的传递函数。

预测的传递函数在很宽的频率范围内与试验数据相符。

下一步工作是用登录普在滚动路面上获得的数据来证实该模型。预测的胎面花纹块作用力历史和加速度再一次与试验结果很好地吻合。该模型除了可用于外部噪声,还可有更广的应用范围,如对不稳定轴力、结构产生的声音及内部噪声等的预测。

6 激光技术

TRL 利用激光技术研究了在代表性道路表面上结构的空问变化。目前,这些信息正被直接用于力学模型以确定轮胎在粗糙路面上滚动时花纹块及轮胎胎面的振动。因为认为轮胎上每一点的加速度都是频率的函数,所以用喇叭放大因数与这个函数相乘并在轮胎表面上连续积分即可确定发出的声音。该方法的可行性已经得到证实并开发了计算机程序用来预测在粗糙路面上滚动的轮胎的发射声场,该轮胎的胎面花纹块为随机分布,而不是设计拟定的。该模型通过与 TRL 在滚动路面和试验跑道上获得的噪声试验数据相比较将得到证实,试验所用车辆进行了专门改装,7 个话筒分别布置在试验轮胎关键部位的周围。目前正在进行理论和实践的比较。

(贺海留摘译 涂学忠校)

译自英国“Tire Technology International 2002”,P60~62

建大和库珀联合在中国大陆建轮胎厂

中图分类号:TQ336.1 文献标识码:D

英国《欧洲橡胶杂志》2004 年 186 卷 2 期 3 页报道:

库珀轮胎和橡胶公司将与台湾建大橡胶工业有限公司合作,在中国大陆建立生产轿车和轻型载重车轮胎的工厂。

该厂建在江苏省,将于 2005 年年底投产,开始将生产库珀各牌号的轮胎供出口。这两家公司未透露项目的费用及生产能力。投资将在 4~5 年内完成,生产能力取决于市场条件和 2005 年及其以后的需求。双方将分别拥有库珀建大轮胎制造(江苏)公司 50% 的股份。

库珀与建大一直有合作关系,自 1999 年建大一直为库珀北美市场提供载重斜交轮胎,自 2000 年一直为库珀欧洲市场提供轿车子午线轮胎。

在库珀公司决定将其载重子午线轮胎生产从佐治亚州奥尔巴尼迁至中国后的 10 个星期,库珀与建大达成在中国大陆建厂的协议。这是库珀公司实现其亚洲战略的一个重要步骤。它使库珀公司既能增加产能,又可降低成本。

对建大而言,合资协议是一个双赢的方案。建大-库珀的关系无疑将提高建大的地位,而它在合资公司中的股权将有助于建大在子午线轮胎市场的增长。

(涂学忠摘译)