

轮胎噪声和滚动阻力标签数据的综述及分析

杨永宝, 危银涛, 王 昊, 项大兵

(清华大学 汽车节能与安全国家重点实验室, 北京 100084)

摘要:依据公开资料,通过搜集整理米其林、固特异、大陆、倍耐力、普利司通品牌的轿车轮胎和载重轮胎的噪声和滚动阻力标签数据,采用条形图对 5 个不同品牌轮胎的噪声等级和滚动阻力进行分析;采用数据透视图给出不同规格轮胎的噪声等级和滚动阻力级别,并分析不同规格区间轿车轮胎的噪声标签达标情况。分析结果表明:轮辋直径与轮胎噪声水平间无明显相关性;轮胎断面宽与其噪声水平呈正相关;轮胎高宽比与其滚动阻力呈正相关,但轮辋直径与轮胎滚动阻力呈负相关。载重轮胎的噪声水平与滚动阻力水平有一定程度的正相关性,但轿车轮胎的噪声水平与滚动阻力间的相关性并不显著。

关键词:轮胎;滚动阻力;通过噪声;标签法

中图分类号:TQ336.1 **文献标志码:**B **文章编号:**1006-8171(2014)12-0707-09

轮胎作为汽车与路面唯一接触的部件,对汽车的舒适性、行驶性能和操纵稳定性具有重要影响。但汽车行驶过程中轮胎与路面的接触会产生噪声,且随着发动机及整车技术的提高,轮胎噪声在汽车整体噪声中的占比不断提高,而汽车噪声作为交通噪声的主要来源,对人们的正常生产和生活带来了较大的危害^[1]。

轮胎本身材料和结构属性及道路的作用,使轮胎在滚动时产生了阻碍前进的滚动阻力,作为车辆行驶的 4 种主要阻力来源之一,滚动阻力造成了燃油的消耗,影响车辆的燃油经济性。

由于轮胎噪声及滚动阻力大小对车辆本身及生活环境有重要影响,多国均对轮胎的噪声和滚动阻力水平进行了强制规定^[2]。其中,2012 年 11 月 1 日开始实施的欧盟轮胎标签法最为严苛。法规规定,销往欧盟的轮胎必须以标签的形式标示轮胎的三大性能等级,分别是轮胎噪声、滚动阻力、湿滑路面抓着力^[3]。这一法规给中国轮胎企业带来了前所未有的压力与挑战。

本工作搜集了目前市场占有率较高的米其林、固特异、大陆、普利司通和倍耐力载重轮胎和轿车轮胎的噪声及滚动阻力的标签数据^[4-9],并进行统计、分析研究。

作者简介:杨永宝(1987—),男,山东泰安人,清华大学在读博士研究生,主要进行轮胎噪声研究。

1 噪声及滚动阻力简介

轮胎噪声的产生主要源于轮胎滚动时与地面的接触,按照作用对象的不同可分为内部噪声和外部噪声。内部噪声即轮胎通过悬架车身传递到汽车内部的噪声,对车辆的乘坐舒适性有重要意义,其频率主要集中在 80~800 Hz^[10]。外部噪声即向外辐射的轮胎噪声,主要对道路上的其他车辆和行人造成影响,而轮胎标签法中的噪声规定也主要针对外部噪声。外部噪声的频率主要集中在 300~3 000 Hz。根据轮胎噪声的产生机理可将其分为泵浦效应噪声、轮胎振动噪声及空气动力学效应噪声^[11]。泵浦效应噪声的产生主要源于轮胎与地面接触时造成的轮胎变形,空气在轮胎前端被压入,在后端被压出,气流压力的波动造成了泵浦噪声^[12]。轮胎振动噪声则是由于轮胎与路面间的接触冲击和切向振动而产生。空气动力学效应噪声是指轮胎在运动过程中引发的周围空气的不稳定流动带来的噪声^[13]。

影响轮胎噪声的因素较多,主要涉及结构设计和使用情况两方面。结构设计主要有以下几个方面的影响:(1)子午线轮胎的噪声普遍低于斜交轮胎^[14];(2)帘线材料的不同也会对轮胎噪声造成影响,通常材料刚度越高,轮胎噪声越小;(3)轮胎的配方材料也将直接影响轮胎的噪声水平;(4)轮胎的断面宽及花纹类型对轮胎噪声产生较大影

响,通常横向花纹沟及较大的轮胎断面宽将产生较大的噪声^[15]。

轮胎在滚动过程中,循环变化的应力-应变造成能量损耗,形成轮胎滚动阻力,也称为轮胎滞后能量损耗。资料表明^[16],克服轮胎滚动阻力消耗的燃油占总油耗的10%以上。影响轮胎滚动阻力的因素较多,包括所用材料、轮胎结构、外部使用条件等。从轮胎结构方面看,子午线轮胎的滚动阻力低于斜交轮胎,另外,轮胎高宽比越小、轮胎辍直径越大,则轮胎滚动阻力越小^[17]。

综合考虑轮胎的噪声水平和滚动阻力性能,从设计者及消费者的角度来看,低噪声、低滚动阻力轮胎是最佳选择。但相关文献资料表明^[18],轮胎的噪声与滚动阻力之间并没有明显的相关性。

2 噪声标签数据分析

通过对相关公开资料的搜集整理,得到米其林、大陆、固特异、普利司通、倍耐力等5家轮胎公司主要的载重轮胎和轿车轮胎产品的噪声标签数据。

2.1 噪声大小情况分析

以噪声标签数据为横轴,以对应轮胎数量为纵轴,对5个品牌载重轮胎的噪声标签数据进行综合,如图1所示。

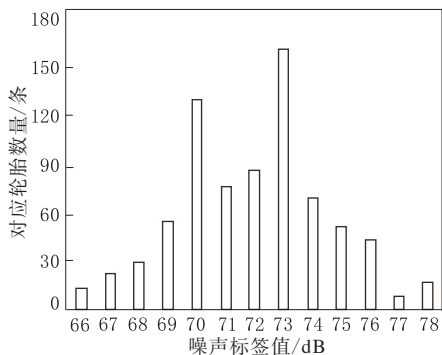


图1 5个品牌载重轮胎的噪声标签总体分布情况

从图1可以看出:5个品牌载重轮胎的噪声水平总体较低,大多数轮胎的噪声标签值在73 dB以下;仅有小部分轮胎的噪声标签值超过了73 dB;若再考虑使用条件等因素,可发现,上述大多数轮胎的噪声水平已经达到了欧盟标签法第2阶段的限值要求。5家品牌载重轮胎各自的噪声水平如图2~6所示。

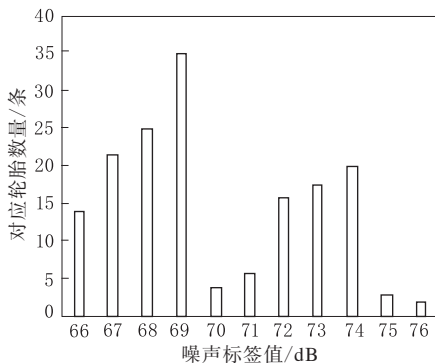


图2 米其林载重轮胎的噪声标签分布情况

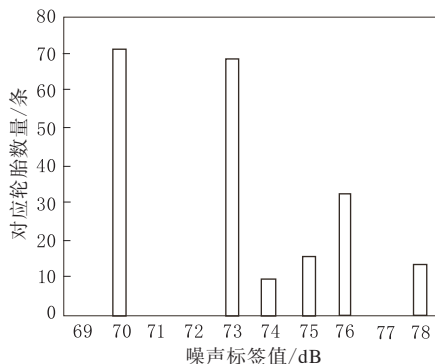


图3 大陆载重轮胎的噪声标签分布情况

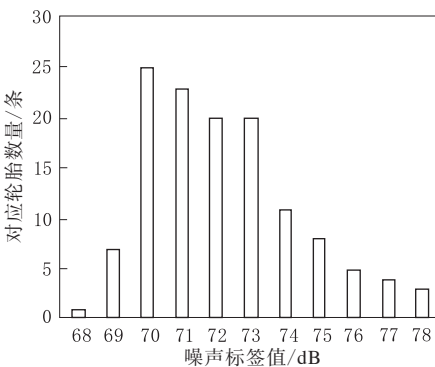


图4 固特异载重轮胎的噪声标签分布情况

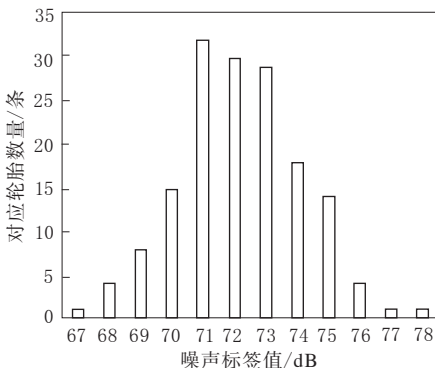


图5 普利司通载重轮胎的噪声标签分布情况

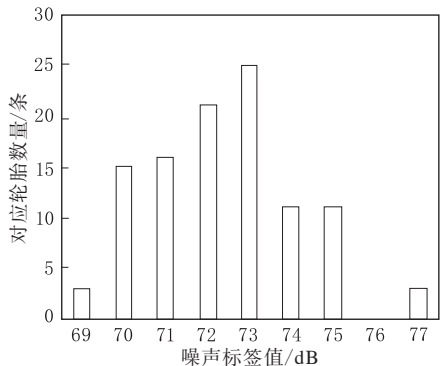
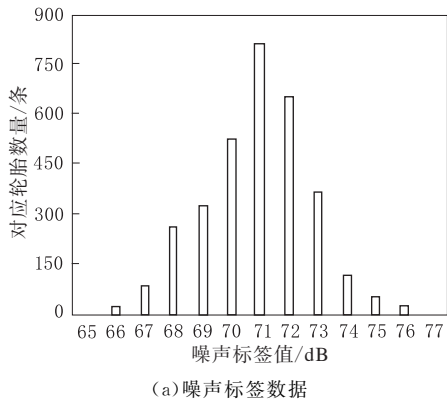


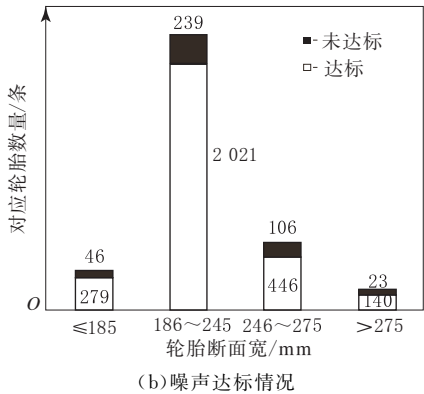
图 6 倍耐力载重轮胎的噪声标签分布情况

从图 2~6 可以看出,5 个品牌载重轮胎的噪声标签分布情况并不相同。其中米其林载重轮胎的总体噪声水平最低。

对 5 个品牌轿车轮胎的标签数据进行分析。图 7 所示为 5 个品牌轿车轮胎的总体噪声水平及不同规格的达标情况。



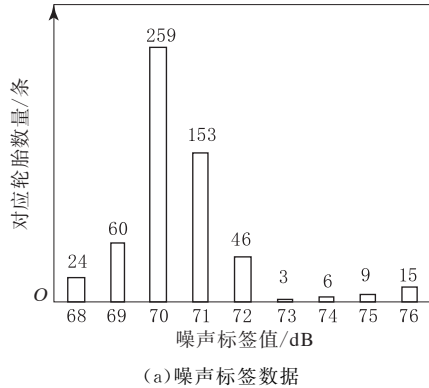
(a) 噪声标签数据



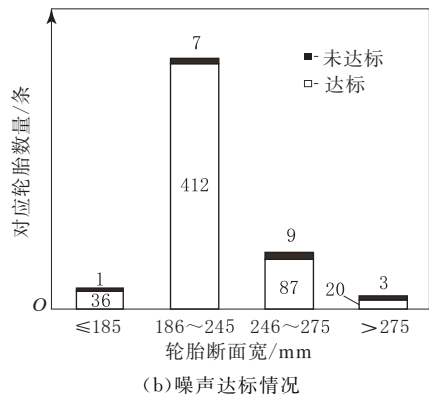
(b) 噪声达标情况

图 7 5 个品牌轿车轮胎的噪声标签总体分布及达标情况

从图 7 可以看出,5 个品牌轿车轮胎的噪声水平均较低,大多数达到了欧盟轮胎标签法第 2 阶段的限值要求。图 8~12 所示为 5 个品牌轿车轮胎噪声标签值和达标情况具体数据。

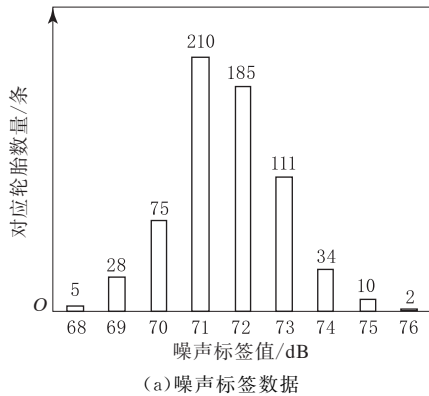


(a) 噪声标签数据

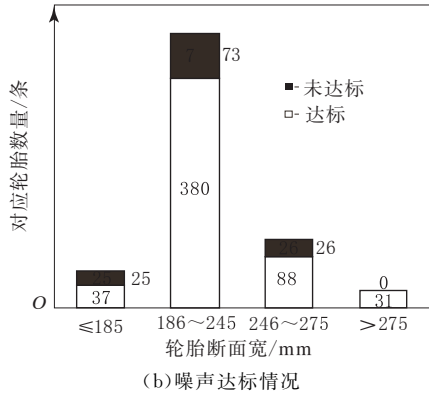


(b) 噪声达标情况

图 8 米其林轿车轮胎的噪声标签分布及达标情况

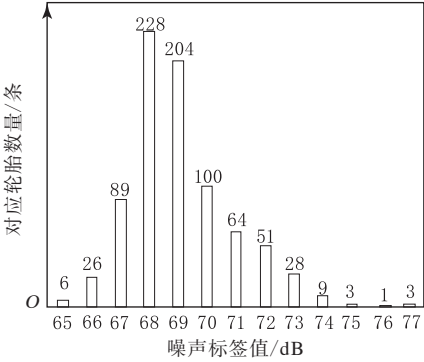


(a) 噪声标签数据

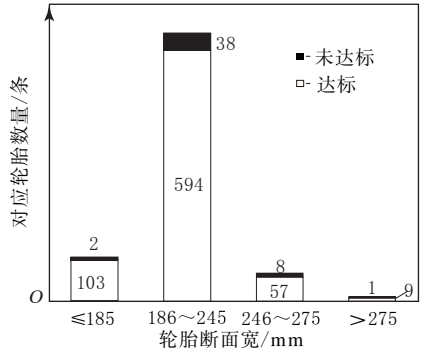


(b) 噪声达标情况

图 9 普利司通轿车轮胎的噪声标签分布及达标情况

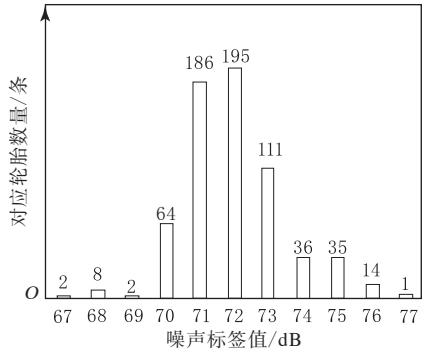


(a) 噪声标签数据

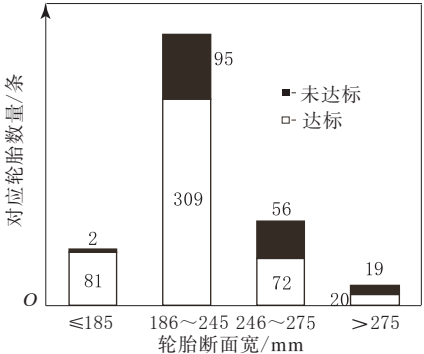


(b) 噪声达标情况

图 10 固特异轿车轮胎的噪声标签分布及达标情况

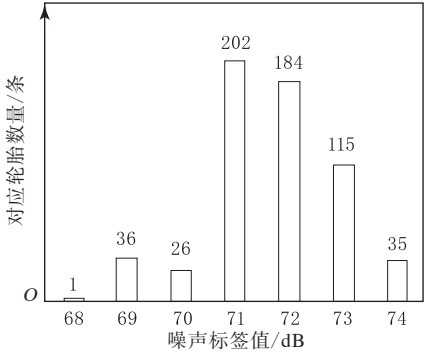


(a) 噪声标签数据

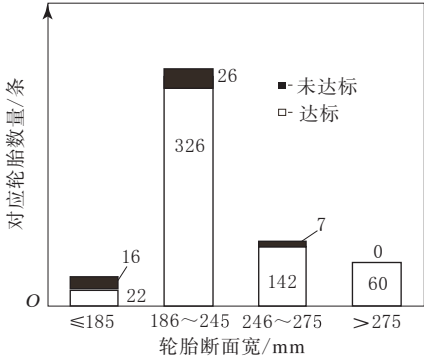


(b) 噪声达标情况

图 11 大陆轿车轮胎的噪声标签分布及达标情况



(a) 噪声标签数据



(b) 噪声达标情况

图 12 倍耐力轿车轮胎的噪声标签分布及达标情况

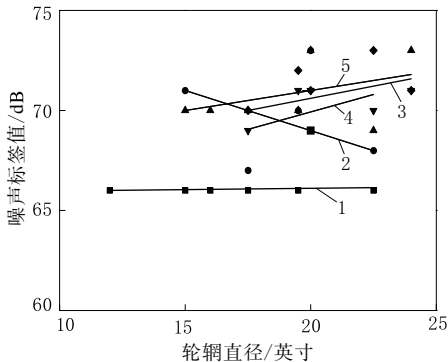
从图 8~12 可以看出,米其林轮胎的噪声水平总体情况最好,大陆轮胎的噪声水平则相对较高,若排除统计数据的不全面及可能的统计错误等因素,这可部分反映不同品牌轿车轮胎的噪声水平(与图 7 中的统计方法一样,统计合格率时也考虑了不同轮胎的使用条件)。

2.2 噪声与轮胎结构的相关性

轮胎结构对轮胎噪声有较大影响。通过上述轮胎标签数据的整理分析,得到了轮辋尺寸、轮胎断面宽和花纹类型与轮胎噪声间的关系。图 13 所示为轮胎噪声水平与轮辋直径的关系。

为尽量保证单一变量对比原则,分别对 5 个品牌轮胎数据进行抽取分析。图中所取轮胎数据保证除轮辋直径外,其他参数尽可能接近或者一致。由于轮胎结构尺寸、使用条件、花纹类型等多种参数关联性,很难做到仅有轮辋直径的单一参数变化。从图 13 可以看出,轮辋直径与轮胎噪声水平无明显相关性。这与相关资料^[9]中的论述基本一致。

轮胎噪声标签数据与轮胎断面宽的关系如图 14 所示。



轮胎品牌:1,■—米其林;2,●—普利司通;3,▲—大陆;
4,▼—倍耐力;5,◆—固特异。

图 13 轮胎噪声水平与轮辋直径的关系

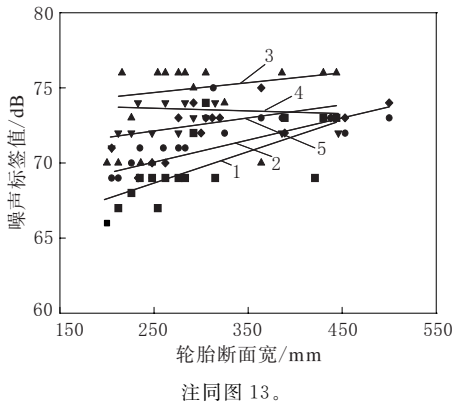


图 14 轮胎噪声水平与断面宽的关系

与图 13 相似的是,同样较难做到仅维持轮胎断面宽单一参数变化的对比,但在选择图中数据时尽量保证其他参数的相同或者接近。从图 14 可以看出,轮胎噪声大小与其断面宽大致呈正相关。

在分析轮胎的噪声标签数据发现,即使轮胎的大部分参数及使用条件保持一致,轮胎的噪声水平也会由于花纹类型的不同而有较大的不同。在不考虑轮胎所使用材料及内部结构的前提下,通过对 5 个品牌载重轮胎的花纹特征结合噪声标签数据进行对比研究,归纳出了一些低噪声轮胎的花纹特征。

图 15 所示为 3 个不同品牌的 4 款具有不同花纹的轮胎。它们的其他结构参数基本相同。但从左至右,4 条轮胎的噪声标签值分别为 66,71,72 和 76 dB。对比 4 条轮胎的花纹结构特点可以看出:轮胎花纹中纵向花纹沟越多,横向花纹沟越少,轮胎噪声越低;轮胎花纹沟之间的沟槽连通情



图 15 不同花纹的轮胎对比

况越好,轮胎噪声越低;横沟较多的情况下,横沟与轮胎纵向中心线夹角越大,噪声越低。

3 滚动阻力分析

3.1 滚动阻力标签数据分析

5 个品牌载重轮胎的滚动阻力标签数据总体分布情况如图 16 所示。

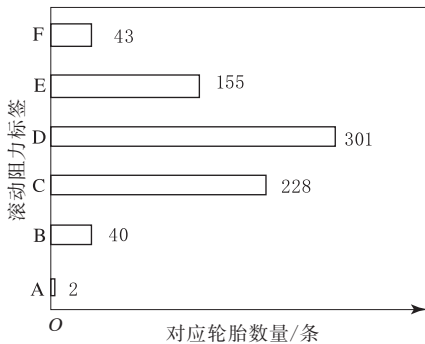


图 16 5 个品牌载重轮胎的滚动阻力标签数据总体分布情况

从图 16 可以看出,5 个品牌载重轮胎的滚动阻力水平大致符合正态分布,绝大多数轮胎的滚动阻力标签为 D。每个品牌载重轮胎滚动阻力的具体情况如图 17~21 所示。

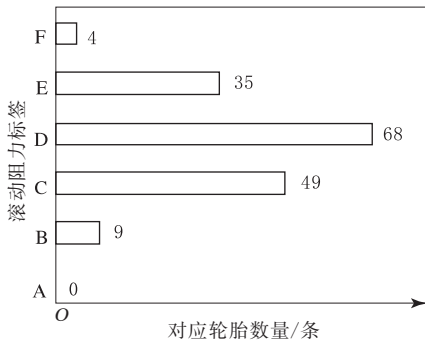


图 17 米其林载重轮胎的滚动阻力标签数据分布情况

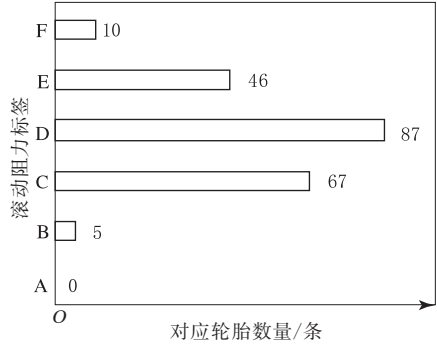


图 18 大陆载重轮胎的滚动阻力标签数据分布情况

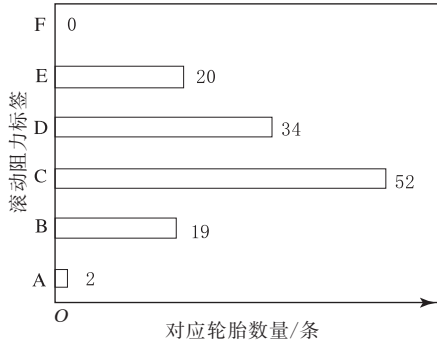


图 19 固特异载重轮胎的滚动阻力标签数据分布情况

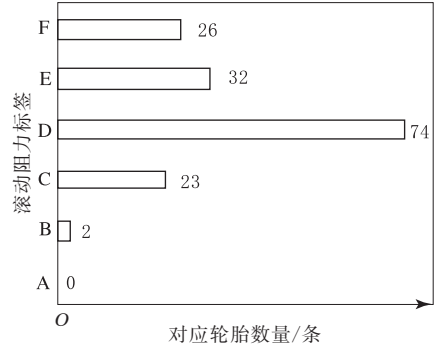


图 20 普利司通载重轮胎的滚动阻力标签数据分布情况

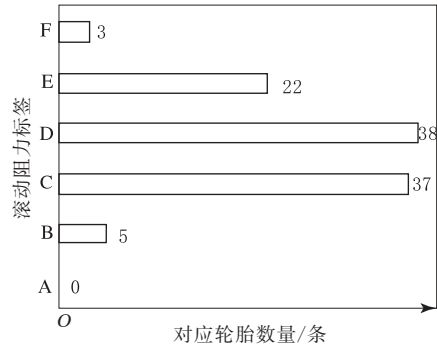


图 21 倍耐力载重轮胎的滚动阻力标签数据分布情况

从图 17~21 可以看出,5 个品牌载重轮胎的滚动阻力水平比较接近,除固特异外,其余 4 个品

牌的滚动阻力标签等级分布最多的均是 D,与总体的滚动阻力情况一致。

轿车轮胎滚动阻力标签总体分布情况如图 22 所示,每个品牌轿车轮胎滚动阻力的分布情况如图 23~27 所示。

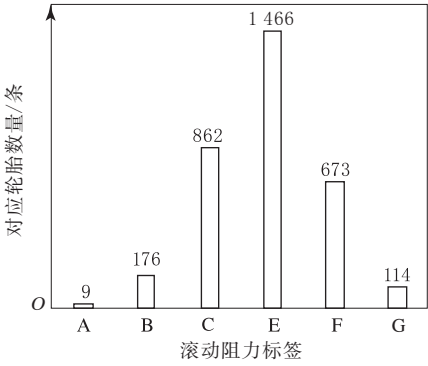


图 22 5 个品牌轿车轮胎的滚动阻力标签数据总体分布情况

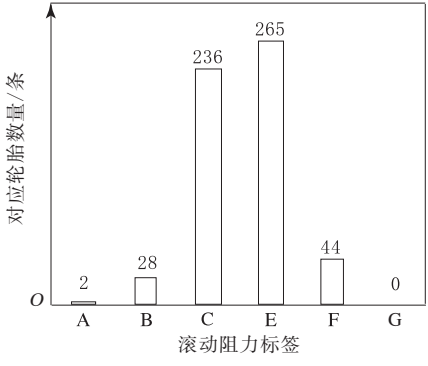


图 23 米其林载重轮胎的滚动阻力标签数据分布情况

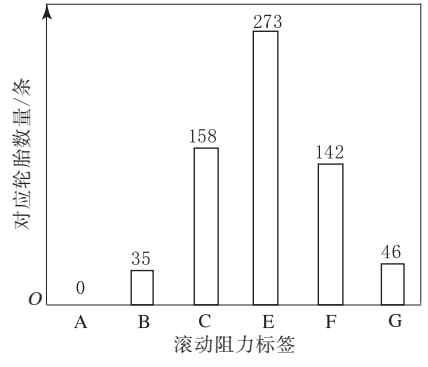


图 24 大陆载重轮胎的滚动阻力标签数据分布情况

从图 22 可以看出,轿车轮胎的滚动阻力标签等级多集中在 E 级,与载重轮胎滚动阻力的等级分布情况不同。

从图 23~27 可以看出,5 个品牌轿车轮胎的

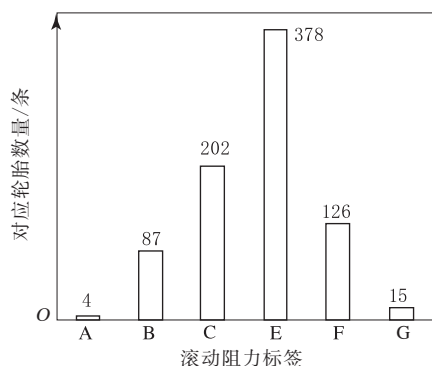


图 25 固特异载重轮胎的滚动阻力标签数据分布情况

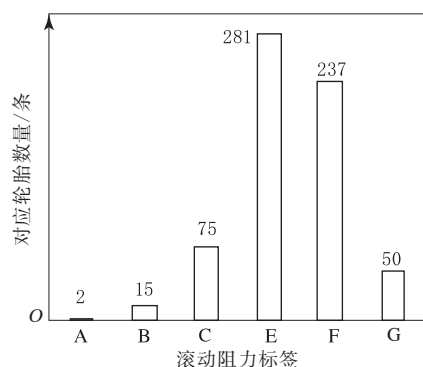


图 26 普利司通载重轮胎的滚动阻力标签数据分布情况

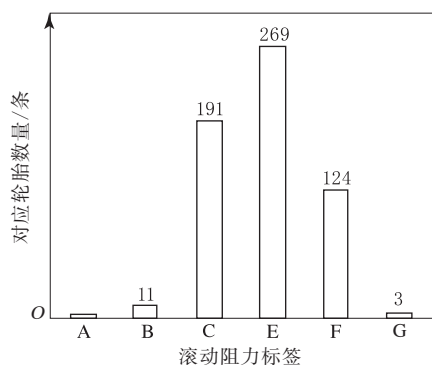
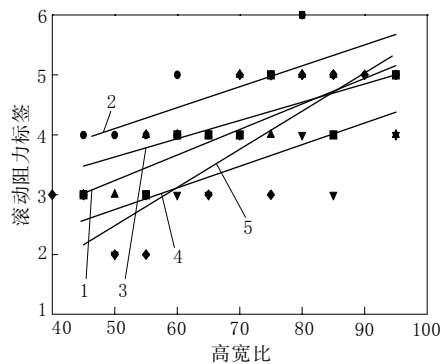


图 27 倍耐力载重轮胎的滚动阻力标签数据分布情况
滚动阻力标签分布规律几乎一致,滚动阻力等级为 E 的轮胎数量均是最多的,滚动阻力等级为 A 或 G 的轮胎均比较少。

3.2 轮胎滚动阻力与结构的相关性

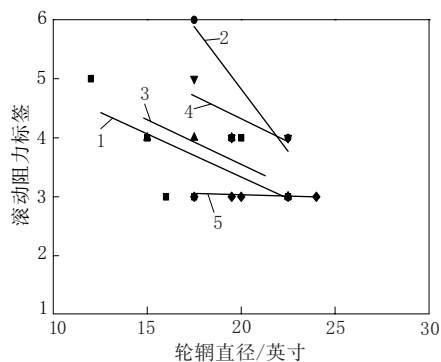
为分析轮胎滚动阻力与结构尺寸的相关性,将轮胎的高宽比和轮辋直径分别作为横轴、轮胎滚动阻力水平作为纵轴,为方便绘图,轮胎滚动阻力等级 A~F 依次以数字 1~6 替代,图 28 和 29 所示分别为轮胎滚动阻力与高宽比和轮辋直径的关系。

为保证单一变量原则,图 28 和 29 所取的轮



注同图 13。

图 28 轮胎滚动阻力与高宽比的关系



注同图 13。

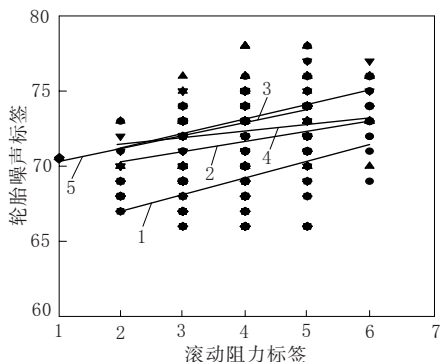
图 29 轮胎滚动阻力与轮辋直径的关系

胎数据尽可能地排除了其他因素的影响。从图 28 和 29 可以看出:随着轮胎高宽比的增大,轮胎滚动阻力水平呈增大趋势;随着轮辋直径的增大,轮胎滚动阻力水平呈降低趋势。轮胎的高宽比增大,轮胎变形呈增大趋势,导致滞后损失增大,从而造成滚动阻力增大;在相同的载荷条件下,轮辋直径较大的轮胎变形相对较小,轮胎滞后损失较小,滚动阻力也就变小。

3.3 滚动阻力与噪声的相关性

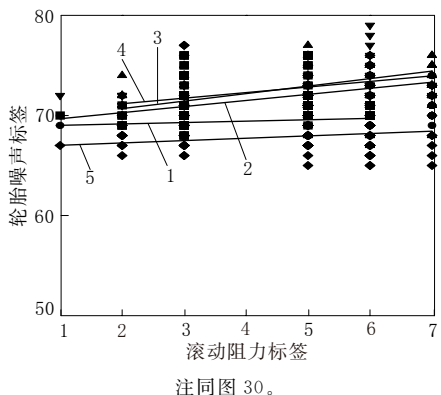
轮胎的滚动阻力和噪声为轮胎综合性能的两项重要指标,二者之间的相关性对轮胎的设计至关重要,图 30 和 31 所示分别为不同品牌载重轮胎和轿车轮胎的滚动阻力与噪声水平的关系。

从图 30 和 31 可以看出:载重轮胎的噪声等级与滚动阻力大致呈一定程度的正相关;轿车轮胎的噪声等级与滚动阻力之间则并无显著相关性。载重轮胎和轿车轮胎的滚动阻力与噪声间相关性的不同,说明影响载重轮胎和轿车轮胎噪声的主要因素不同。



滚动阻力等级 A~G 依次以数字 1~7 替代;其余注同图 13。

图 30 载重轮胎噪声等级与滚动阻力的关系



注同图 30。

图 31 轿车轮胎噪声等级与滚动阻力的关系

载重轮胎的噪声可能更多源于其与地面接触时产生的冲击振动。如当胎面宽在一定范围内减小时,胎面与路面的冲击减小,噪声因此而降低,同时滚动阻力也会由于胎面宽的减小而降低^[4]。如果轮胎带束层的刚度增大,可降低胎肩的振动,从而降低轮胎的噪声。由于带束层刚度的增大,减小了轮胎的变形,使滚动阻力也有所降低^[19]。在某些因素的影响下,二者的变化趋势是保持一致的。

轿车轮胎的噪声来源或更多是泵浦效应噪声,主要与轮胎胎面花纹类型有关,但滚动阻力与轮胎花纹类型间并没有确定的影响关系。这可以在一定程度上解释轿车轮胎的噪声与滚动阻力间没有显著相关性的现象。

4 结论

(1)米其林、普利司通、大陆、倍耐力和固特异轮胎的噪声水平总体较低,以米其林为较优,多数轮胎的噪声水平满足欧盟轮胎标签法规的第2阶

段限值要求,且大部分轮胎的噪声水平远低于法规要求。

(2)轮辋直径与轮胎的噪声水平无显著相关性,轮胎的断面宽与其噪声水平呈正相关,与文献中的相关结论相吻合。

(3)花纹类型中,横向花纹沟槽较少、纵向花纹沟槽较多的轮胎噪声水平较低;轮胎的横向花纹沟间使用较宽的纵向花纹沟进行连通,将在一定程度上显著降低轮胎的噪声水平。

(4)5个品牌载重轮胎的滚动阻力主要集中在D级,而轿车轮胎的滚动阻力主要集中在E级,均大致呈正态分布形式。

(5)轮胎的高宽比与滚动阻力呈正相关,轮辋直径与滚动阻力呈负相关。

(6)载重轮胎的滚动阻力和噪声等级之间存在一定的正相关性,轿车轮胎的滚动阻力与噪声等级之间没有显著相关性。

参考文献:

- [1] 阮新昇. 现代低噪轮胎花纹仿真优化设计[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2008.
- [2] 苏梅, 冷传刚, 张宪忠. 汽车轮胎噪声及其欧洲认证标准[J]. 天津汽车, 2009(1): 43-46.
- [3] ECE Regulation No. 117—2011. Uniform Provisions Concerning the Approval of Tyre with Regard to Rolling Sound Emissions and to Adhesion on Wet Surfaces and/or to Rolling Resistance[S].
- [4] Michelin Tyre Labelling[EB/OL]. http://www.michelin.co.uk/tyres/car-tyres#type=type_1, 2013-09-02/2013-10-10.
- [5] Goodyear Tyre Labelling[EB/OL]. http://www.goodyear.eu/uk_en/tires/passenger/index.jsp, 2013-09-02/2013-10-10.
- [6] Continental Tyre Labelling[EB/OL]. http://www.continental-tyres.co.uk/www/tyres_uk_en/themes/tyrelabel/viewer.html, 2013-09-02/2013-10-10.
- [7] Bridgestone Tyre Labelling[EB/OL]. <http://www.bridgestone.co.uk/auto/>, 2013-09-02/2013-10-10.
- [8] Pirelli Tyre Labelling[EB/OL]. <http://www.pirelli.com/tyre/gb/en/car/catalog#>, 2013-09-02/2013-10-10.
- [9] Blackcircles[EB/OL]. <http://www.blackcircles.com/tyres/brands>, 2013-09-02/2013-10-10.
- [10] Gent A N, Walter J D. The Pneumatic Tire[M]. London: NHTSA, 2005.
- [11] 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.

[12] 董毛华, 李明, 闫芳, 等. 低噪声轿车子午线轮胎的研究开发[J]. 中国橡胶, 2007, 23(4): 32-37.

[13] 于增信, 谭惠丰, 杜星文. 轮胎花纹沟噪声研究进展[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2002, 34(1): 105-108.

[14] 欣然. 子午线轮胎的优缺点[J]. 汽车维修与保养, 1999(6): 56.

[15] Ulf Sandberg, Jerzy A. Ejsmont. Tire/Road Noise Reference Book[M]. Kisa: Informex, 2002.

[16] 伍江涛, 夏松茂. 汽车轮胎滚动阻力及其测试方法[J]. 中国橡胶, 2007, 23(21): 27-33.

[17] 何燕, 张忠富. 轮胎滚动阻力影响因素及测试方法[J]. 轮胎工业, 2004, 24(4): 238-241.

[18] 赵冬梅, 姜慧慧. 轮胎噪声与滚动阻力的相关性[J]. 轮胎工业, 2012, 32(3): 178-180.

[19] 吴桂忠, 曲学新. 影响轿车子午线轮胎滚动阻力的因素初探[J]. 轮胎工业, 2001, 21(3): 131-134.

2014 年国际橡胶会议(北京)论文

Ironman 阵容新增 ST 子午线轮胎

中图分类号: TQ336.1⁺1; U463.341⁺.6 文献标志码: D

美国《现代轮胎经销商》(www.moderntire-dealer.com)2014 年 10 月 26 日报道:

美国轮胎经销公司的全资子公司 Hercules 轮胎公司声称, 其新推出的 Ironman ST-SVP 挂车子午线轮胎(见图 1)是为挂车设计的经济性选择。Ironman ST-SVP 挂车子午线轮胎品牌家族还包括乘用车轮胎、轻型和中型载重轮胎、工程机械轮胎、农业轮胎、特种轮胎和工业轮胎产品线。



图 1 Ironman ST-SVP 挂车子午线轮胎

Ironman ST-SVP 挂车子午线轮胎具有以下特点和优点: 特殊的胎面胶配方, 延长了轮胎寿命; 双层钢丝带束层结构; 无接头锦纶冠带层使挂车行驶平稳, 牵引流畅; 对称的胎面花纹设计具有坚实的中心条形花纹, 可以提供优异的高速稳定性、可靠的牵引性能和长磨损寿命。

该公司营销副总裁 Joshua Simpson 说: “我们期待 ST-SVP 轮胎以其优良品质和竞争性定位成为主要的 Ironman 轮胎产品。”

当前, 13~16 英寸 Ironman ST-SVP 轮胎(6, 8 和 10 层级)已经上市。Hercules 公司计划于 2015 年在该产品线增加 10 层级 ST235/85R16 轮胎。

(赵 敏摘译 吴秀兰校)

韩泰美国工厂破土动工

中图分类号: TQ336.1; F27 文献标志码: D

美国《现代轮胎经销商》(www.moderntire-dealer.com)2014 年 10 月 9 日报道:

韩泰轮胎有限公司为其美国田纳西州克拉克斯维尔工厂举行了开工仪式, 这是韩泰轮胎的第 8 个全球生产基地及第 1 个美国工厂。

田纳西州州长 Bill Haslam、国家和地方官员以及媒体代表出席了奠基庆典。

韩泰表示, 新厂预计于 2016 年开始生产, 届时年产能将达到 1 200 万条轮胎, 主要供应北美市场。这将使韩泰的市场经销更有效, 并使其得到更多的机会来加强与美国汽车制造商的业务, 以提供原配胎。此外, 新增该厂的生产能力将使韩泰年度全球轮胎产量超过 1 亿条。

韩泰轮胎 CEO 兼副主席 Seung Hwa Suh 说: “今天是我们作为轮胎制造商 73 年历史中一个重要的里程碑, 新田纳西州厂将满足我们在美国不断增长的业务需求, 并将推动全球产能组合的均衡。结合我们先进的技术能力, 新厂将创造高价值, 并将巩固我们在全球轮胎行业中顶级成员的地位。”

新厂总占地面积为 190 万 m² (469 英亩), 韩泰轮胎将投资 8 亿美元用于新厂建设。新厂将配备最先进的轮胎生产设备, 并将为该地区提供约 1 800 个全职工作岗位。

在过去的几十年里, 韩泰轮胎在美国进行了累计投资, 包括于 1981 年建立美国地区总部及于 1992 年建立阿克隆技术中心。建立田纳西州厂的声明于 2013 年 10 月发出, 田纳西州被选为该公司新厂的理想厂址是因其交通便利。

(赵 敏摘译 吴秀兰校)