

轿车轮胎室内噪声性能的研究

刘俊杰, 陈亚婷, 孙向阳, 杨洪涛, 张超, 贾春辉

(青岛双星轮胎工业有限公司, 山东 青岛 266400)

摘要:以8种规格的轿车轮胎为对象, 研究行驶速度、负荷、充气压力以及测试角度和距离对轮胎室内噪声的影响。

结果表明: 轮胎噪声声压级随着行驶速度的提高而增大; 负荷和充气压力对轮胎噪声的影响不大, 但在负荷率为50%时噪声声压级出现拐点; 在不同测试角度和距离所得到的轮胎噪声声压级有明显的指向性和衰减规律。

关键词:轿车轮胎; 室内噪声; 行驶速度; 负荷; 充气压力; 测试角度; 测试距离

中图分类号:U463.341⁺.4; TB533⁺.2

文献标志码:A

文章编号:1006-8171(2019)12-0759-04

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2019.12.0759



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

随着汽车工业的迅速发展, 人们对乘车舒适性要求越来越高, 车辆噪声是衡量乘车舒适性的指标之一。车辆噪声通常分为两大类: 第1类是动力噪声, 包括引擎、排气管和冷却系统噪声; 第2类是运动噪声, 包括轮胎/路面相互作用噪声、空气动力噪声以及汽车振动噪声。车辆噪声受吸收、反射以及距离等传播因素的影响^[1]。研究表明, 轿车速度超过70 km·h⁻¹时, 轮胎噪声成为车辆主要噪声源^[2]。轮胎在路面滚动所产生的噪声从其发生机理上可大致分为三类: 轮胎振动、轮胎运动过程中的空气动力学效应和泵浦效应。由于空气动力学噪声所占轮胎噪声的比例很小, 因此主要为振动噪声和泵浦噪声^[3]。

本工作研究各类条件对轿车轮胎室内噪声的影响。

1 实验

1.1 试验轮辋和轮胎

试验轮辋规格包括5.0J×14, 6.0J×16, 7.0J×17, 6.5J×18, 7.5J×17, 8.0J×18, 7.5J×19。

试验轮胎规格为175/70R14 84T, 195/55R16 91H, 225/50R17 98Y, 225/60R18 100H, 235/50R17 96W, 235/45R18 94V, 235/50R19 99V(A品牌), 235/50R19 99V(B品牌)。

作者简介:刘俊杰(1988—), 男, 山东青岛人, 青岛双星轮胎工业有限公司工程师, 硕士, 主要从事轮胎性能的检测与评价工作。

E-mail:545434209@qq.com

1.2 主要试验设备

SCM205型多通道振动噪声分析系统, 德国西门子公司产品。

1.3 试验步骤

(1) 行驶速度。变速度试验轮胎的充气压力为220 kPa, 负荷率为50%, 麦克风位置与轮胎接地中心线距离为1 m, 高度为0.2 m, 与轮胎中心垂直^[4], 速度范围为40~130 km·h⁻¹, 间隔为10 km·h⁻¹。

(2) 负荷。变负荷试验的行驶速度为80 km·h⁻¹, 充气压力为220 kPa, 负荷率范围为40%~100%, 间隔为10%。

(3) 充气压力。变充气压力试验的行驶速度为80 km·h⁻¹, 负荷率为50%, 充气压力范围为140~280 kPa, 间隔为20 kPa。

(4) 角度和距离。测试角度分别为0°, 45°, 90°, 135°和180°, 距离分别为1, 2, 3和4 m。

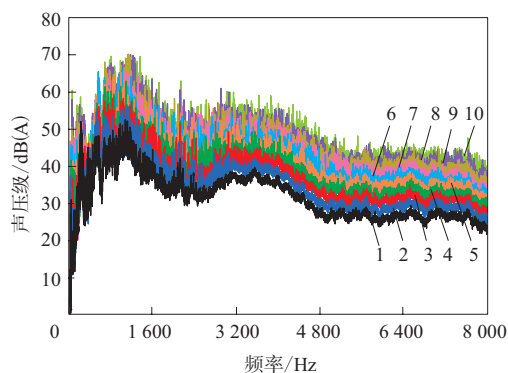
2 结果与讨论

2.1 行驶速度

235/50R19 99V(A)轮胎在不同行驶速度下的自功率曲线如图1所示。

由图1可见: 随着行驶速度的提高, 轮胎整体噪声幅值逐渐增大, 且在高频区更明显; 噪声峰值出现在频率1 200 Hz附近。经分析, 8种规格轮胎自功率谱的噪声峰值均出现在800~1 500 Hz频率范围内。由此可见, 在该阶段轮胎噪声及变化以胎面振动噪声为主, 轮胎泵浦噪声等为辅^[4-7]。

不同规格轮胎室内噪声随行驶速度的变化如

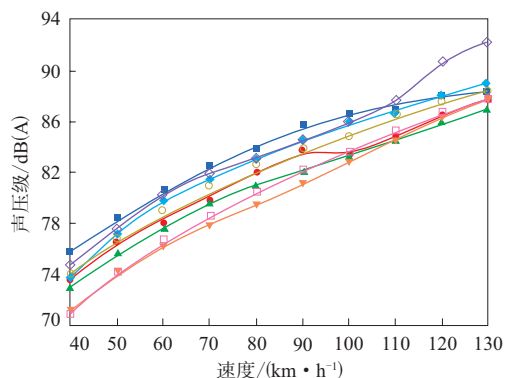


行驶速度/($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$): 1—40; 2—50; 3—60; 4—70; 5—80; 6—90;
7—100; 8—110; 9—120; 10—130。

图1 235/50R19 99V (A) 轮胎在不同行驶速度下的自功率曲线

图2所示。

由图2可见,不同规格轮胎的声压级随着速度的提高而增大。结合自功率谱的分析可知,当行驶速度提高时,轮胎撞击地面的频率和冲量均有所增大,导致轮胎粘滑切向噪声和粘吸噪声增大,因此轮胎噪声随着行驶速度的提高逐渐增大。



■—175/70R14 84T; ●—195/55R16 91H; ▲—225/50R17 98Y;
▼—225/60R18 100H; ◆—235/50R17 96W; □—235/45R18
94V; ○—235/50R19 99V (A); ◇—235/50R19 99V (B)。

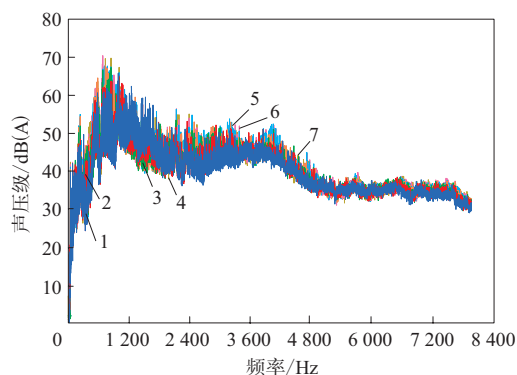
图2 不同规格轮胎室内噪声随行驶速度的变化

2.2 负荷

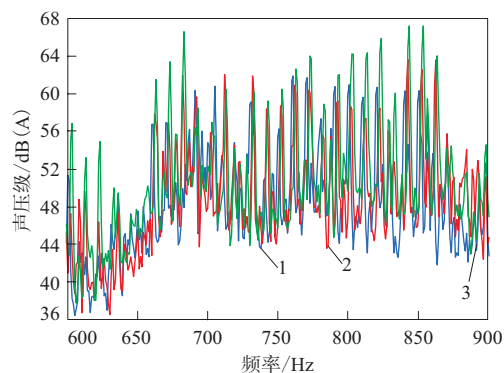
235/50R19 99V (A) 轮胎在不同负荷下的自功率曲线如图3所示。

由图3(a)可见,随着负荷的增大,轮胎的自功率曲线变化不明显,但可以看出其出现峰值的频率范围为600~850 Hz。因此可以认为,随着负荷的增大,轮胎主要噪声变化为胎面振动造成的振动噪声^[4-5]。

由图3(b)可以明显看出,在750~825 Hz频



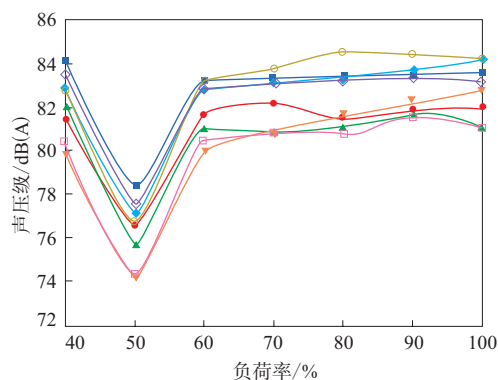
(a) 整体



(b) 局部放大

负荷率/%: 1—40; 2—50; 3—60; 4—70; 5—80;
6—90; 7—100。

图3 235/50R19 99V (A) 轮胎在不同负荷下的自功率曲线谱峰值区间内,50%负荷率的噪声幅值比40%和60%负荷率的噪声幅值小,这也与8种规格的轮胎均在50%负荷率时声压级出现拐点的现象(见图4)一致。分析原因可能是当负荷率小于50%时,轮胎的粘滑切向噪声较小,但粘吸噪声较大,当负荷率大于50%时,轮胎的粘吸噪声较小,但粘滑切向噪



注同图2。

图4 不同规格轮胎室内噪声随负荷的变化

声较大,而当负荷率为50%时,轮胎的粘滑切向噪声和粘吸噪声均较小,因此出现声压级较小的现象。

2.3 充气压力

235/50R19 99V (A) 轮胎在不同充气压力下的自功率曲线如图5所示。

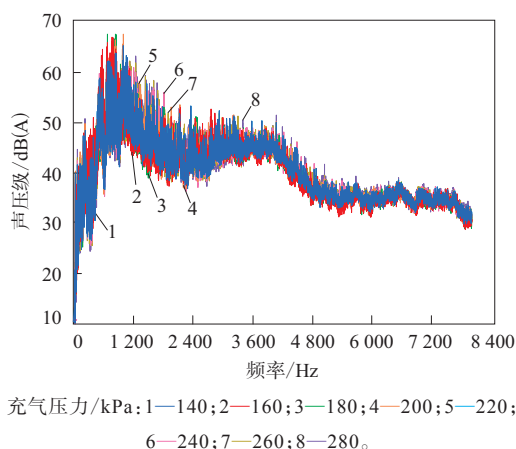


图5 235/50R19 99V (A) 轮胎在不同充气压力下的自功率曲线

由图5可以看出,随着充气压力的增大,轮胎的自功率曲线变化不明显,但可以看出其峰值出现在频率900 Hz左右。因此可认为随着轮胎充气压力的增大,轮胎主要噪声变化为胎面振动造成的振动噪声^[4-5]。不同规格轮胎室内噪声随充气压力的变化如图6所示。

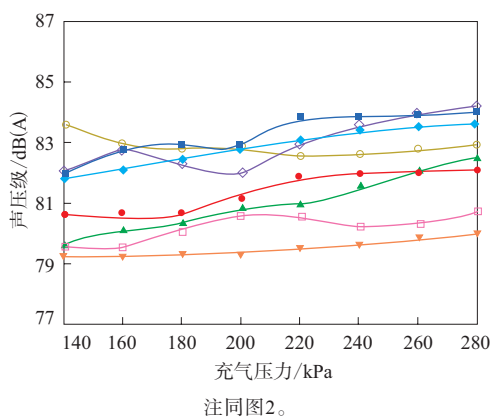


图6 不同规格轮胎室内噪声随充气压力的变化

由图6可以看出,各轮胎的声压级随着充气压力的增大略呈上升趋势,这主要是因为轮胎充气压力的增大导致胎面刚性增大,导致轮胎的粘滑切向噪声增大。一些规格轮胎噪声随着充气压力的增大出现拐点现象,可能是充气压力增大后

轮胎的粘滑切向噪声增大,但由于轮胎胎面配方的缘故导致粘吸噪声减小造成的。而两种品牌235/50R19 99V轮胎声压级随着充气压力的增大先呈下降的趋势,对其自功率曲线进行分析发现,随着充气压力的增大,其自功率曲线的峰值区间范围呈现增大的趋势,这是因为随着充气压力的增大,虽然轮胎的刚性增大,但由于轮胎厂商对轮胎花纹、轮廓和带束层在不同充气压力下的不同设计,使其接地压力随着充气压力的增大分布更加均匀,因此胎面的振动频带范围更大,因此轮胎的声压级减小。

2.4 测试角度和距离

不同规格轮胎室内噪声声压级随测试角度的变化见表1。

表1 不同规格轮胎室内噪声声压级随

轮胎规格	测试角度的变化				
	角度/(°)				
	0	45	90	135	180
175/70R14 84T	89.81	86.18	83.89	86.88	89.08
195/55R16 91H	89.41	84.63	81.89	85.47	88.83
225/50R17 98Y	88.72	84.94	81.01	85.28	88.79
225/60R18 100H	87.88	84.63	79.52	84.85	88.27
235/50R17 96W	91.99	86.84	83.16	88.00	92.23
235/45R18 94V	87.77	84.99	80.54	85.12	88.98
235/50R19 99V (A)	90.87	87.04	82.61	87.34	90.66
235/50R19 99V (B)	91.87	89.41	83.00	87.22	90.09

由表1可以看出,8种规格轮胎的声压级随测试角度的变化趋势很明显,在90°时声压级最小,45°和135°时次之,0°和180°时最大。其中175/70R14 84T和195/55R16 91H轮胎在180°接地端的声压级小于0°离地端,而225/50R17 98Y, 225/60R18 100H, 235/50R17 96W和235/45R18 94V轮胎在180°接地端声压级大于0°离地端,这是因为当轮胎的接地面积较小时,轮胎接地端的粘滑切向噪声和粘吸噪声的影响较小,而离地端由于轮胎纵向花纹沟的Horn效应导致小规格的轮胎接地端声压级小于离地端;随着轮胎接地面积的增大,轮胎接地端的粘滑切向噪声和粘吸噪声影响越来越大,导致大规格的轮胎接地端声压级大于离地端。235/50R19 99V两种品牌轮胎接地端声压级小于离地端,对轮胎的花纹观察后发现,与其他轮胎不同,235/50R19 99V两种品牌轮胎的横向花纹沟没有将纵向主花纹沟连通,纵向花纹

沟基本都是全封闭式设计,尤其是235/50R19 99V(B)轮胎连通性更差,这就加剧了Horn效应的影响,因此该品牌两轮胎接地端声压级小于离地端。

从表1还可以看出,除235/50R19 99V(B)轮胎外,其余轮胎在135°时的声压级均大于45°时,这是因为在135°和45°位置时Horn效应的影响较小,主要是轮胎胎面振动的粘滑切向噪声和粘吸噪声的影响,而135°位置距接地端更近,所以其声压级更大,而235/50R19 99V(B)轮胎声压级的异常是由于其纵向花纹沟之间的连通性差,导致其Horn效应的影响对135°和45°位置依然有较大的影响。

不同规格轮胎室内噪声声压级随测试距离的变化见表2。

由表2可以看出,随着测试距离的增大,8种规格轮胎的声压级均有所减小,按以下点声源随传播距离增大引起的衰减值公式进行计算:

$$L(r_2) = L(r_1) - 20 \lg(r_2/r_1)$$

式中, L 为噪声声压级, r_2 和 r_1 为测试点到发声点的距离。公式计算得到的结果与实际结果有所差异,造成差异的原因可能是轮胎与转鼓的接地面积相对于试验过程中的声压级的测试距离来看不能完全把轮胎与转鼓接触处看成点声源。虽然受限于消音室的场地面积,无法对更远距离的声压级衰减规律进行试验,但是其声压级减小的趋势与点声源衰减规律相一致。

3 结论

轮胎室内噪声声压级随着行驶速度的提高而增大;负荷和充气压力对噪声的影响不大,但当负荷率为50%时其噪声出现拐点;在不同角度和距离

表2 不同规格轮胎室内噪声声压级随

测试距离的变化 dB

轮胎规格	距离/m			
	1	2	3	4
175/70R14 84T	83.89	79.22	74.98	73.36
195/55R16 91H	81.89	77.45	73.06	71.96
225/50R17 98Y	81.01	76.35	72.29	71.56
225/60R18 100H	79.52	75.18	71.10	70.20
235/50R17 96W	83.16	78.35	73.77	72.41
235/45R18 94V	80.54	75.52	71.16	70.16
235/50R19 99V(A)	82.61	78.05	73.98	72.96
235/50R19 99V(B)	83.00	78.36	74.65	73.16

测试轮胎噪声表明,轮胎噪声声压级有明显的指向性和衰减规律。

轮胎负荷率为50%时其声压级较小,可作为整车厂在新车型开发选择轮胎时的参考依据,轮胎噪声声压级的指向性,可为轮胎胎面配方和花纹的设计开发时降低轮胎的切向粘滑噪声和粘吸噪声提供参考依据。

参考文献:

- [1] Sandberg J Ejsmont. Texturing of Cement Concrete Pavements to Reduce Traffic Noise Emission[C]. Transportation Research Board, 77th Annual Meeting, Washington D C: 1998. 981069.
- [2] Sandberg U, Ejsmont J A. Tyre/Road Noise Reference Book[M]. Kisa: Informex, 2002.
- [3] Heckl M. Tyre Noise Generation[J]. Wear, 1986, 113: 157-170.
- [4] 杨永宝,危银涛,冯希金,等. 轮胎近场噪声与远场噪声的相关性研究[J]. 轮胎工业, 2015, 35(2): 67-74.
- [5] 陈理君,周玲,肖旺新,等. 道路/轮胎噪声分析及其降噪路径[J]. 轮胎工业, 2009, 29(11): 654-658.
- [6] 许志超,周福强,危银涛,等. 商用车轮胎通过噪声与温度、速度和花纹关系的实验研究[J]. 橡胶工业, 2017, 64(11): 655-659.
- [7] 王琦,翟辉辉,周海超,等. 带束层结构参数对轮胎振动噪声的影响分析[J]. 橡胶工业, 2018, 65(5): 490-494.

收稿日期: 2019-07-27

Study on Indoor Noise Performance of Passenger Car Tire

LIU Junjie, CHEN Yating, SUN Xiangyang, YANG Hongtao, ZHANG Chao, JIA Chunhui

(Qingdao Doublestar Tire Industry Co., Ltd, Qingdao 266400, China)

Abstract: Taking 8 types of passenger car tire as the object, the effects of velocity, load, inflation pressure, test angle and distance on the indoor noise of tire were investigated. The results showed that the sound pressure level of tire noise increased with the increase of velocity. The load and inflation pressure had little effect on tire noise, but the sound pressure level had an inflection point when the load rate reached 50%. The obtained sound pressure level of tire noise at different test angle and distance showed strong directivity and attenuation pattern.

Key words: passenger car tire; indoor noise; velocity; load; inflation pressure; test angle; test distance