

结构因素对轮胎模态及力传递特性的影响

孟祥龙, 罗旭, 冷德新, 王方程, 吴兴华

[浦林成山(山东)轮胎有限公司, 山东 威海 264300]

摘要:研究带束层材料、带束层角度、三角胶高度和有无冠带层4种结构因素对轮胎模态和力传递特性的影响。结果表明:不同的带束层材料有不同的隔振性能;带束层角度与刚体模态频率呈正相关,但对空腔模态频率几乎无影响,带束层角度与轮胎力传递率呈正相关;三角胶高度与刚体模态频率呈正相关,但对空腔频率几乎无影响,三角胶高度与径向空腔及横向力传递率呈负相关;有无冠带层对轮胎模态频率影响较大,有冠带层轮胎比无冠带层轮胎径向模态频率大,且高阶模态更容易受其影响,而有无冠带层对横向刚体模态频率的影响呈负相关,有无冠带层与径向1阶和径向空腔力传递率呈正相关,与横向1阶力传递率呈负相关。

关键词:轮胎;结构因素;带束层材料;带束层角度;三角胶高度;冠带层;模态;力传递特性

中图分类号:TQ336.1

文献标志码:A

文章编号:1006-8171(2023)04-0199-04

DOI:10.12135/j.issn.1006-8171.2023.04.0199



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

近年来,消费者对汽车乘坐舒适性的关注度越来越高,消费者的主观感受主要源于车辆的噪声、振动及声振粗糙度(NVH)性能。因此NVH性能已经成为汽车厂家重要设计及产品指标。汽车NVH问题主要分为风噪、动力NVH及道路NVH。轮胎作为汽车与路面接触的唯一部件,不仅具备支撑车体质量、传递动力及改变方向的功能,而且其与道路的相互作用直接影响汽车的NVH性能。

在汽车行驶过程中,轮胎被激励从而产生振动,同时轮胎对激励进行一定的过滤后将激励沿车辆悬架、底盘、转向系统等不同路径传递至车内,最后被乘客感知为低频噪声和振动。因此,轮胎模态及力传递特性的研究是改善汽车NVH问题的重要手段。冯希金等^[1]基于有限元分析揭示了轮胎振动特性与轮胎使用条件以及材料特性之间的关系;B. S. KIM等^[2]采用试验方法得到了不同规格的轮胎在不同条件下的固有频率和模态振型;W. SOEDEL等^[3]采用自由状态下轮胎的固有频率和模态计算了轮胎接地状态下的固有频率和模态;朱新静等^[4]研究了轮胎带束层结构对轮胎固有频率的影响。

轮胎的模态及力传递特性受不同因素的影响,包括非结构因素和结构因素。为了探究结构因素对轮胎模态及力传递特性的影响,选取带束层材料、带束层角度、三角胶高度及有无冠带层4种结构因素进行自由条件下轮胎模态及力传递特性试验研究。

1 方案设计

采用控制变量法对我公司实际生产用3种带束层材料(A,B,C)、3种带束层角度(24°,27°,29°)、3种三角胶高度(30,35,40 mm)及是否缠绕冠带层进行对比试验,从试验数据中找寻这4种因素对轮胎模态及力传递特性影响的规律。

2 结果与讨论

带束层是指在子午线轮胎胎面下沿胎面中心线圆周方向呈一定角度箍紧胎体的骨架层^[5-6]。除了起箍紧胎体的作用外,缓和冲击也是带束层的主要功能^[7-8]。通常带束层的研究分带束层材料和带束层角度两个方面^[9-10]。

2.1 带束层材料

在带束层角度、三角胶高度和冠带层结构相同的条件下,不同带束层材料轮胎刚体模态和空腔模态下频率对比如表1所示。

由表1可见,带束层材料对刚体模态和空腔模

作者简介:孟祥龙(1998—),男,黑龙江哈尔滨人,浦林成山(山东)轮胎有限公司助理工程师,学士,主要从事轮胎结构与性能相关性研究。

E-mail:614095619@qq.com

表1 带束层材料对各刚体模态和空腔模态下

频率的影响				Hz
模 态	带束层材料			
	A	B	C	
错动	95.72	95.80	95.47	
翻转	95.52	95.78	95.02	
平动	59.98	59.86	59.76	
空腔	228.55	228.61	228.45	

态频率的影响小于1%,这是因为本次选取的带束层材料差异较小。

带束层材料对轮胎力传递率的影响见图1。

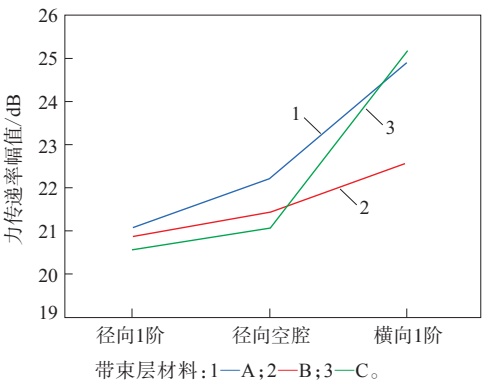


图1 带束层材料对轮胎力传递率的影响

由图1可见,带束层材料对轮胎力传递特性具有一定的影响,尤其是横向1阶力传递率变化最为明显,这表明不同带束层材料轮胎的隔振效果是有差别的。

2.2 带束层角度

在进行试验方案设计时,带束层角度分别设计为24°,27°和29°,但实际生产的复杂性不可避免,为了降低工艺误差的影响,在试验结束后对样品轮胎进行了带束层角度测量,实际测得轮胎样品带束层角度为24°,25°和28°,以下都按照实际测量的角度进行分析说明。在带束层材料、三角胶高度和冠带层结构相同的条件下,带束层角度对轮胎刚体模态和空腔模态下频率的影响如表2所示。

由表2可见,带束层角度增大1°,模态频率的变化并不明显,而带束层角度增大3°或者4°时,模态频率明显增大,且越低阶模态影响越大,尤其是刚体模态,其频率的变化大于3%,带束层角度变化对空腔模态频率的影响小于1%。

带束层角度对轮胎力传递率的影响见图2。

由图2可见,带束层角度变化也会影响轮胎的

表2 带束层角度对各刚体模态和空腔模态下

模 态		频率的影响			Hz
		带束层角度/(°)			
		24	25	28	
错动		97.31	97.26	101.08	
翻转		96.98	97.36	100.27	
平动		60.50	61.58	64.80	
空腔		229.59	228.45	227.41	

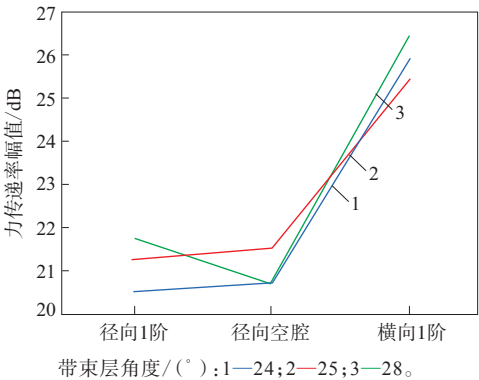


图2 带束层角度对轮胎力传递率的影响

力传递特性,带束层角度增大4°时,径向1阶力传递率幅值增大1.28 dB,横向1阶力传递率幅值增大0.60 dB。

2.3 三角胶高度

三角胶高度也是轮胎NVH性能改善中的重要因素,常被用来调整轮胎舒适性。在带束层材料、带束层角度和冠带层结构相同的条件下,三角胶高度对轮胎刚体模态和空腔模态下频率的影响如表3所示。

表3 三角胶高度对各刚体模态和空腔模态下

模 态		频率的影响			Hz
		三角胶高度/mm			
		30	35	40	
错动		93.06	96.56	99.13	
翻转		93.16	96.46	98.04	
平动		58.81	61.38	63.70	
空腔		228.80	228.98	228.57	

由表3可见,三角胶高度增大,轮胎刚体模态下的频率增大,影响大于3%,而三角胶高度对空腔模态下的频率几乎没有影响。

三角胶高度对轮胎力传递率的影响见图3。

由图3可见:三角胶高度增大5~10 mm,径向1阶力传递率幅值仅变化0.2 dB且无明显规律,可以

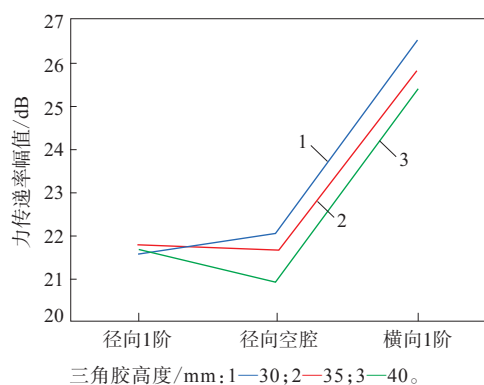


图3 三角胶高度对轮胎力传递率幅值的影响

认为三角胶高度变化对径向1阶力传递率几乎无影响;三角胶高度增大,径向空腔和横向1阶力传递率均有下降趋势,三角胶高度增大10 mm,径向空腔力传递率幅值和横向1阶力传递率幅值分别减小1.09和1.07 dB。

2.4 冠带层

在带束层材料、带束层角度和三角胶高度相同的条件下,有无冠带层对轮胎径向模态频率的影响如图4所示。

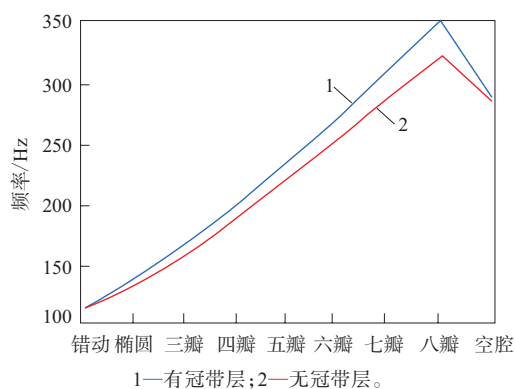


图4 冠带层对轮胎径向模态频率的影响

由图4可见:冠带层对轮胎模态及力传递特性影响较大,有冠带层轮胎比无冠带层轮胎各阶径向模态频率大,且越高阶模态频率差越大;对于空腔模态,有冠带层轮胎的径向空腔频率比无冠带层轮胎增大4 Hz。

冠带层对横向模态频率的影响如图5所示。

由图5可见,有冠带层轮胎的横向刚体模态频率较无冠带层轮胎小,而弹性体模态则相反。

冠带层对轮胎力传递特性的影响见表4。

由表4可见,与无冠带层轮胎相比,有冠带层轮胎的径向及空腔激励力的隔振能力较差,而对

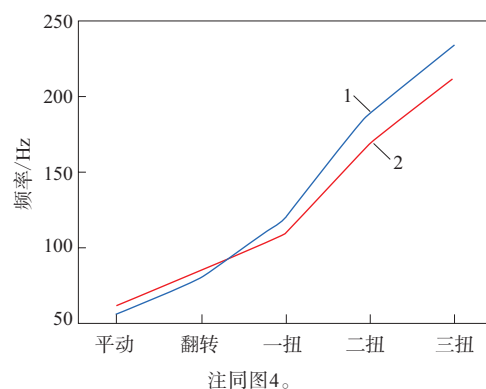


图5 冠带层对轮胎横向模态频率的影响

表4 冠带层对轮胎力传递率幅值的影响 dB

冠带层	径向1阶	径向空腔	横向1阶
有	22.97	13.70	32.95
无	22.38	11.39	34.12

横向激励力的隔振能力较好。

3 结论

通过对带束层材料、带束层角度、三角胶高度及有无冠带层4种因素进行模态试验和力传递特性试验的多方案分析,得到以下结论。

(1) 由于本试验所选带束层材料差异较小,对轮胎刚体模态和空腔模态频率的影响可以忽略,但这并不能说明带束层材料对轮胎固有频率无影响,还需要进一步增大带束层材料之间的差异进行研究。通过力传递率试验可以发现,不同的带束层材料有不同的隔振能力,因此通过调整带束层材料可以改善轮胎的隔振性能。

(2) 带束层角度与刚体模态频率呈正相关,但对空腔模态频率几乎无影响,带束层角度与轮胎力传递率呈正相关。

(3) 三角胶高度与模态频率呈高度正相关,但是对空腔频率几乎无影响,改变三角胶高度对径向1阶力传递率几乎无影响,与径向空腔及横向1阶力传递率呈负相关,因此调整三角胶高度可以改善轮胎的径向空腔和横向1阶传递特性。

(4) 有无冠带层对轮胎模态频率影响较大,有冠带层轮胎比无冠带层轮胎各阶径向模态频率大,且高阶模态更容易受其影响,而有无冠带层对横向刚体模态频率的影响呈负相关。有无冠带层与径向1阶、径向空腔力传递率呈正相关,与横向1

阶力传递率呈负相关。

在进行轮胎设计时,可以通过调整轮胎结构达到改善轮胎NVH性能的目的。

参考文献:

- [1] 冯希金,郑小刚,危银涛,等. 轮胎振动特性的有限元分析及关键影响因素研究[J]. 轮胎工业,2013,33(1):12-20.
- [2] KIM B S, CHI C H, LEE T K. A study on radial directional natural frequency and damping ratio in a vehicle tire[J]. Applied Acoustics, 2007,68(5):538-556.
- [3] SOEDEL W, PRASAD M G. Calculation of natural frequencies and modes of tires in road contact by utilizing Eigenvalues of the axisymmetric non-contacting tire[J]. Journal of Sound and Vibration, 1980,70(4):573-584.
- [4] 朱新静,朱作勇,赵鹏翔,等. 轮胎带束层结构变化对固有频率的影响研究[J]. 轮胎工业,2017,37(5):259-263.
- [5] 文孝霞,田云坤,杜子学. 走行轮轮胎带束层帘线性能参数对轮胎磨损影响规律研究[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版),2022,41(5):151-156.
- [6] 崔志博,侯丹丹,苏召乾,等. 带束层膨胀对轮胎接地印痕的影响研究[J]. 橡胶工业,2021,68(1):10-16.
- [7] 王宝凯. 205/55R16子午线轮胎的结构设计、带束层优化与性能研究[D]. 青岛:青岛科技大学,2020.
- [8] 潘超,郑涛. 半钢胎带束层角度对其性能的影响研究[J]. 中国橡胶,2020,36(2):41-44.
- [9] 杨清芝. 现代橡胶工艺学[M]. 北京:中国石化出版社,2004.
- [10] 黄兆阁,李长宇,孟祥坤,等. 235/45R18轮胎带束层帘线的有限元优化设计[J]. 橡胶工业,2020,67(3):209-213.

收稿日期:2022-12-10

Influence of Structural Factors on Tire Modal and Force Transfer Characteristics

MENG Xianglong, LUO Xu, LENG Dexin, WANG Fangcheng, WU Xinghua

[Prinx Chengshan (Shandong) Tire Co., Ltd, Weihai 264300, China]

Abstract: The influence of belt material, belt angle, apex height, and crown ply on the tire modal and force transfer characteristics was studied. The results showed that different belt materials had different vibration isolation performances. The rigid body modal frequency and the tire force transfer rate were positively correlated with the belt angle, but the cavity modal frequency was not affected by it. Moreover, the rigid body modal frequency was positively correlated with the apex height, while the cavity frequency was not affected by the apex height. On the other hand, the radial cavity and the lateral force transfer rate were negatively correlated with the apex height. In addition, the tire modal frequency was significantly affected by the crown ply of the tires. The radial modal frequency of the tire with crown ply was higher than that of the tire without crown ply, and the higher-order modes were more susceptible to its impact, while the transverse rigid body modal frequency of the tire with crown ply was lower than that of the tire without crown ply. Besides, with crown ply, the first-order radial and the radial cavity force transfer rate were higher, but the first-order transverse force transfer rate was lower.

Key words: tire; structural factor; belt material; belt angle; apex height; crown ply; modal; force transfer characteristic

欢迎订阅《轮胎工业》《橡胶工业》《橡胶科技》杂志
欢迎刊登广告