

轮胎包络特性及冲击特性的影响因素研究

孙绪利, 王志斌, 张凯凯, 王龙庆, 李慧敏

(青岛森麒麟轮胎股份有限公司, 山东 青岛 266229)

摘要: 以215/55R17轮胎为研究对象, 研究不同的充气压力与负荷对轮胎包络特性及冲击特性的影响。结果表明: 在低速包络试验中, 轮胎的径向力峰值随充气压力的增大而增大, 随负荷的增大而减小, 纵向力峰峰值随充气压力和负荷的增大而增大, 但变化幅度不大; 在冲击试验中, 轮胎的径向力峰值与纵向力峰峰值随充气压力的增大而增大, 径向力峰值随负荷的变化受到速度的影响但变化幅度较小, 纵向力峰峰值随负荷的增大而增大。

关键词: 轮胎; 包络特性; 冲击特性; 充气压力; 负荷

中图分类号: TQ336.1

文献标志码: A

文章编号: 2095-5448(2024)04-0192-07

DOI: 10.12137/j.issn.2095-5448.2024.04.0192



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

随着汽车工业的发展, 人们对驾驶体验的要求不仅局限在安全性和操纵性, 对车辆舒适性的要求也越来越高^[1-3]。影响车辆舒适性的因素主要有悬架、座椅、发动机及轮胎等^[4-7]。而轮胎作为车辆与路面的唯一接触部件, 能够包覆、缓冲路面激励对车辆的影响, 因此汽车厂商对轮胎的舒适性提出了更高的要求^[8-9]。目前主要通过轮胎包络特性及冲击特性的研究来提高轮胎的舒适性。

车辆类型不同, 其轮胎的使用条件也不同, 特别是充气压力与负荷不同, 因此需要掌握充气压力与负荷对轮胎包络特性及冲击特性的影响规律, 从而针对不同车辆的使用条件精准设计轮胎结构。

本工作以215/55R17轮胎为研究对象, 研究不同充气压力与负荷下轮胎的包络特性及冲击特性。

1 实验

1.1 试验轮胎

试验轮胎为215/55R17轮胎, 青岛森麒麟轮胎股份有限公司产品。

作者简介: 孙绪利(1989—), 男, 山东肥城人, 青岛森麒麟轮胎股份有限公司工程师, 硕士, 主要从事轮胎结构设计工作。

E-mail: 136516124@qq.com

1.2 试验设备

轮胎高速均匀性试验机, 德国ZF公司产品。采样频率为1 000 Hz。试验中凸块尺寸为15 mm×15 mm^[7], 采用横置90°安装(只能激起轮胎面内特性)。

1.3 试验方法

1.3.1 低速包络特性

轮胎低速包络特性测试采用公司内部标准, 主要测试轮胎低速通过凸块时, 其径向力与纵向力的变化情况^[10]。试验条件如表1所示。

表1 轮胎低速包络特性试验条件

速度/(km·h ⁻¹)	充气压力/kPa	负荷/kg
1	220	460/535/600
1	240	460/535/600
1	260	460/535/600

低速包络试验中, 为了更好地反映充气压力的影响, 进行了3个负荷试验, 通过径向力峰值与纵向力峰峰值考察轮胎的包络特性, 其中, 径向力峰值为径向力曲线的中间峰峰值, 纵向力峰峰值为纵向力曲线的波峰与波谷纵向力之差。

1.3.2 冲击特性

轮胎冲击特性测试采用公司内部标准, 主要

测试轮胎在3种充气压力(220,240,260 kPa)、3种负荷(460,535,600 kg)及2种较高速度(30和60 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)下通过凸块时,其径向力与纵向力在时域内的变化^[10]。通过径向力峰值与纵向力峰峰值考察轮胎的冲击特性,其中,径向力峰值为动态冲击试验中轮胎径向力最大值与初始值之差,纵向力峰峰值为第1个波峰与第1个波谷纵向力之差^[11]。

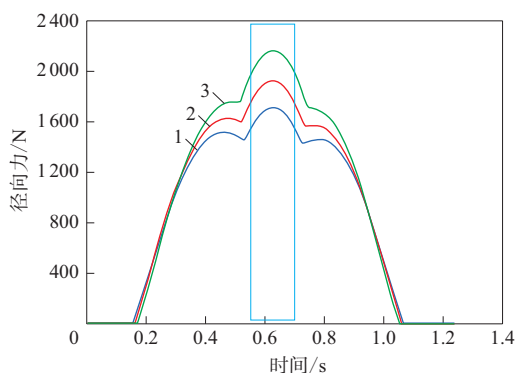
2 结果与讨论

2.1 低速包络特性

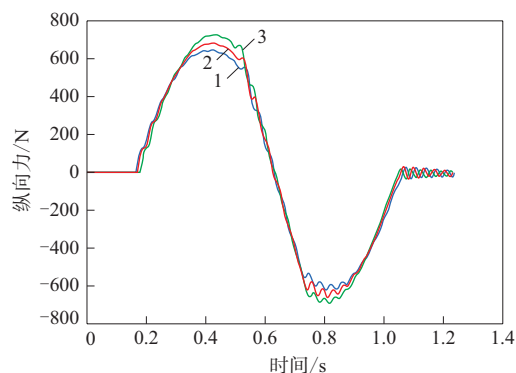
2.1.1 充气压力的影响

图1为不同充气压力下轮胎的径向力与纵向力-时间曲线,其中径向力-时间曲线中矩形框中的峰为中间峰。

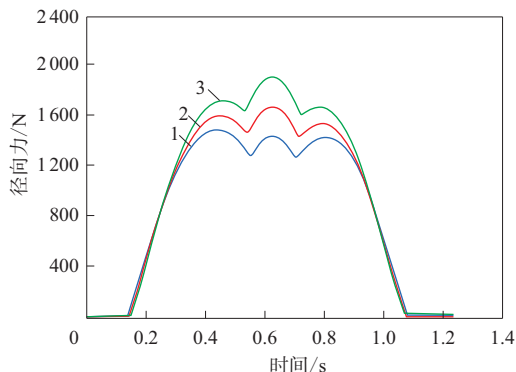
从图1可以看出:不同负荷及充气压力下,轮



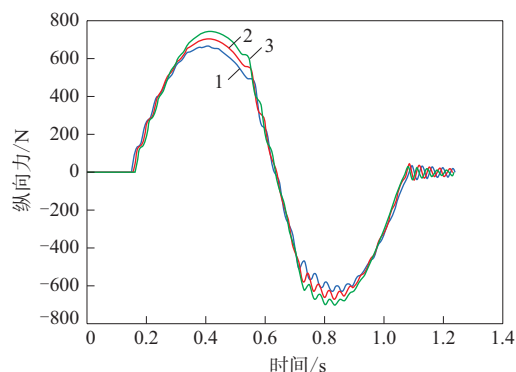
(a) 460 kg负荷下径向力-时间曲线



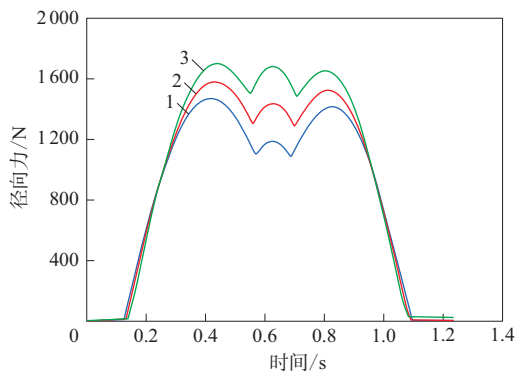
(b) 460 kg负荷下纵向力-时间曲线



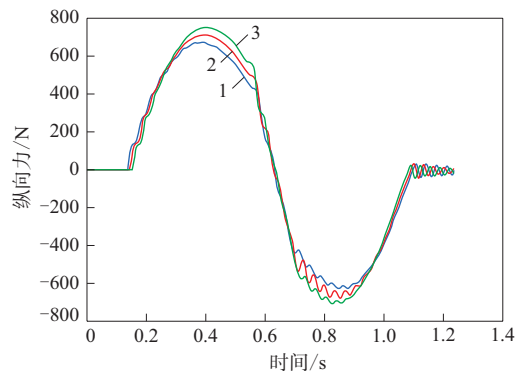
(c) 535 kg负荷下径向力-时间曲线



(d) 535 kg负荷下纵向力-时间曲线



(e) 600 kg负荷下径向力-时间曲线



(f) 600 kg负荷下纵向力-时间曲线

充气压力/kPa: 1—220; 2—240; 3—260。

图1 不同充气压力下轮胎的径向力与纵向力-时间曲线

胎的径向力-时间曲线发生变化,在负荷较低(460 kg)时,不同充气压力下的轮胎径向力曲线中间峰均为凸出形状,随着负荷的增大,充气压力低时中间峰下降的趋势更明显,这是由于充气压力较低且负荷较大时,轮胎的下沉量增大,轮胎能够将凸块包覆住,轮胎中心受到的力减小^[12];在负荷相同时,轮胎的径向力峰值随充气压力的增大而增大;

轮胎的纵向力-时间曲线形状基本未发生变化;轮胎的纵向力峰峰值随充气压力的增大而增大,但变化幅度较小。

2.1.2 负荷的影响

图2为不同负荷下轮胎的径向力与纵向力-时间曲线。不同负荷及充气压力下轮胎的径向力峰值与纵向力峰峰值如表2所示。

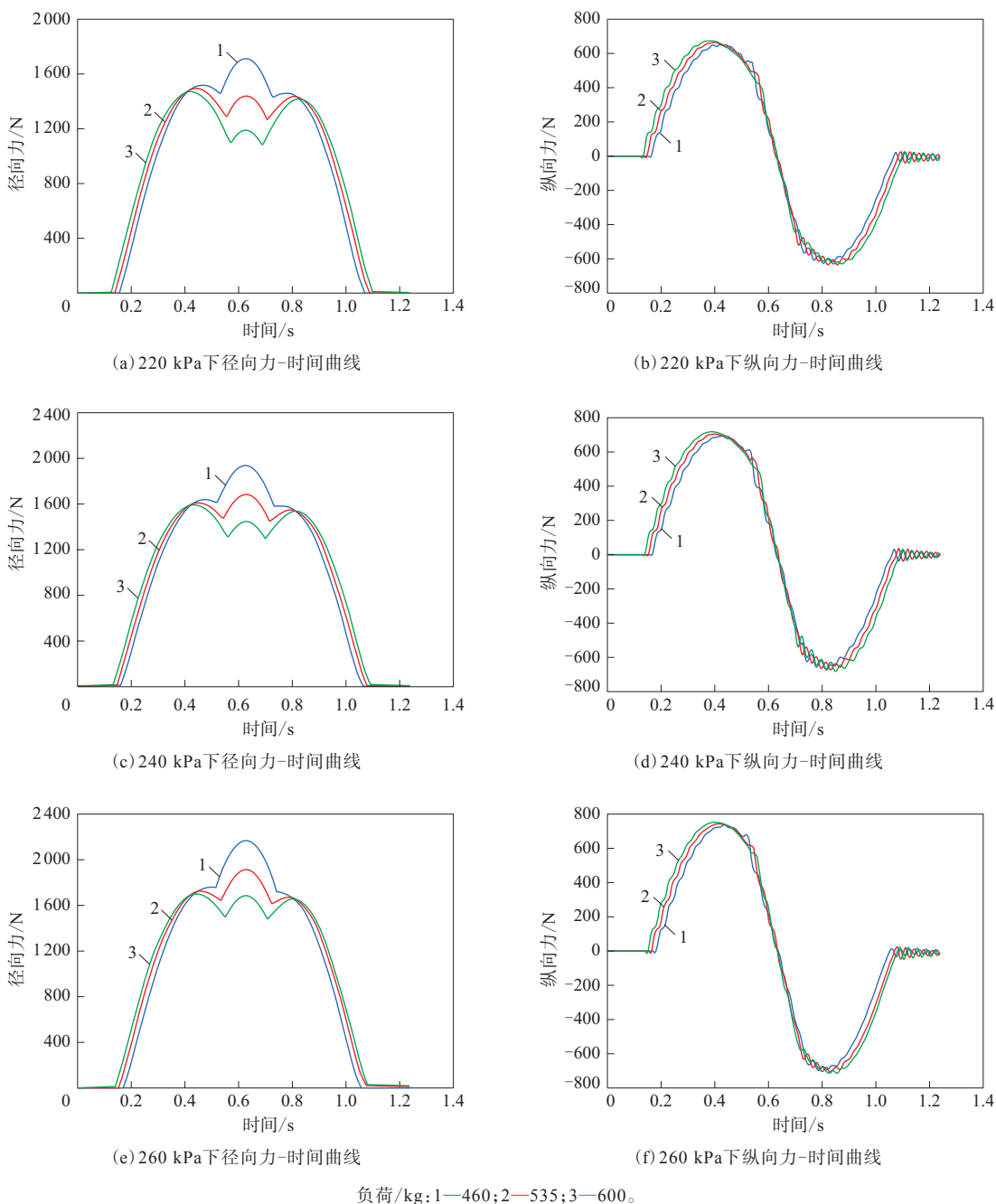


图2 不同负荷下轮胎的径向力与纵向力-时间曲线

表2 不同负荷及充气压力下轮胎的径向力峰值与纵向力峰峰值 N

项 目	充气压力/kPa		
	220	240	260
460 kg负荷			
径向力峰值	1 713. 7	1 928. 9	2 170. 6
纵向力峰峰值	1 275. 9	1 353. 6	1 424. 8
535 kg负荷			
径向力峰值	1 442. 7	1 673. 9	1 912. 7
纵向力峰峰值	1 298. 2	1 376. 9	1 448. 2
600 kg负荷			
径向力峰值	1 192. 0	1 439. 4	1 689. 1
纵向力峰峰值	1 305. 1	1 398. 0	1 462. 5

从图2和表2可以看出:在同一充气压力下,负荷越大,轮胎的径向力峰值越小,纵向力峰峰值越大但变化幅度较小;在同一充气压力及不同负荷下,轮胎的径向力、纵向力开始变化的时间不同,负荷越大,力的变化出现得越早,这是由于同一充气压力下负荷增大时,轮胎的接地长度增大,导致轮胎接触凸块的时间提前。

2.1.3 接地印痕

在试验工况下进行轮胎的接地印痕试验,不同充气压力及负荷下的轮胎接地印痕参数如表3

表3 不同充气压力及负荷下的轮胎接地印痕参数

项 目	接地面积/cm ²	中间接地长度/mm	接地长度比值 ¹⁾	接地宽度/mm	下沉量/mm	径向刚度/(N·mm ⁻¹)
充气压力为220 kPa						
460 kg负荷	132. 17	123. 75	1. 23	160. 93	21. 00	214. 62
535 kg负荷	154. 00	134. 11	1. 15	166. 42	24. 00	218. 44
600 kg负荷	173. 08	145. 08	1. 12	168. 55	26. 50	221. 87
充气压力为240 kPa						
460 kg负荷	127. 57	119. 18	1. 23	159. 41	19. 70	228. 83
535 kg负荷	148. 82	130. 15	1. 16	164. 90	22. 50	233. 04
600 kg负荷	165. 70	139. 29	1. 15	167. 03	25. 00	235. 20
充气压力为260 kPa						
460 kg负荷	123. 80	115. 52	1. 21	159. 11	19. 50	231. 18
535 kg负荷	143. 18	126. 49	1. 16	163. 98	21. 40	245. 00
600 kg负荷	157. 89	134. 42	1. 14	166. 73	23. 60	249. 12

注:1) 为2×中间接地长度/(内侧胎肩接地长度+外侧胎肩接地长度)。
所示。

从表3可以看出:在同一充气压力下,随着负荷的增大,轮胎接地印痕的中间接地长度逐渐增大,与上述结论一致;轮胎的下沉量增大,能够包覆凸块的程度增大,可以解释轮胎径向力曲线中间峰在负荷增大时降低的现象。

从表3还可以看出:在相同的充气压力下,随着负荷的增大,轮胎的径向刚度增大;在相同的负荷下,随着充气压力的增大,轮胎的径向刚度也增大。

由公式(1)可知,在轮胎质量不变的情况下,轮胎的径向刚度增大,其固有频率也增大。因此,改变轮胎的充气压力和负荷可以调整其固有频率,在整车调校过程中可通过此方法改善轮胎与车辆的共振。

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \tag{1}$$

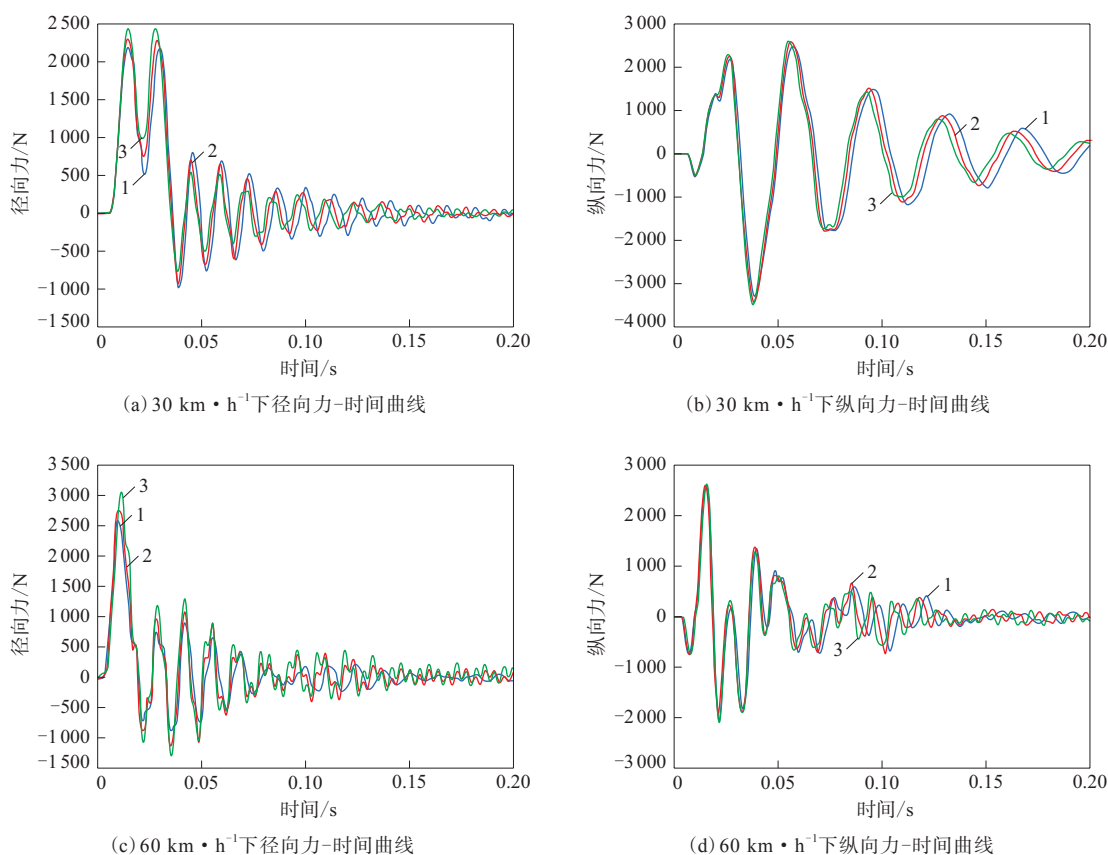
式中, f 为轮胎的固有频率, k 为轮胎的径向刚度, m 为轮胎的质量。

2.2 冲击特性

2.2.1 充气压力的影响

试验负荷为600 kg时,不同速度及充气压力下轮胎的径向力与纵向力-时间曲线如图3所示,轮胎的径向力峰值与纵向力峰峰值如表4所示。

从图3及表4可以看出:在相同的负荷及速度下,轮胎的径向力峰值与纵向力峰峰值随充气压力的增大而增大,径向力与纵向力-时间曲线随充气压力的增大逐渐有左移的趋势,这是因为随着充气压力的增大,轮胎的径向刚度增大,从而使其径向固有频率增大^[13-14];速度变化后,相同负荷、不



注同图1。

图3 不同速度及充气压力下轮胎的径向力与纵向力-时间曲线(600 kg负荷)

表4 不同速度及充气压力下轮胎的径向力峰值与纵向力峰峰值(600 kg负荷)

项 目	充气压力/kPa		
	220	240	260
径向力峰值			
30 km • h ⁻¹	2 184.30	2 312.06	2 437.65
60 km • h ⁻¹	2 612.11	2 783.31	3 075.16
纵向力峰峰值			
30 km • h ⁻¹	5 803.23	6 007.43	6 121.44
60 km • h ⁻¹	4 448.17	4 568.94	4 724.31

同充气压力下轮胎径向力的衰减趋势发生变化,说明调整充气压力及速度可以改变轮胎的阻尼特性。

2.2.2 负荷的影响

充气压力为220 kPa时,不同速度及负荷下轮胎的径向力与纵向力-时间曲线如图4所示,轮胎的径向力峰值与纵向力峰峰值如表5所示。

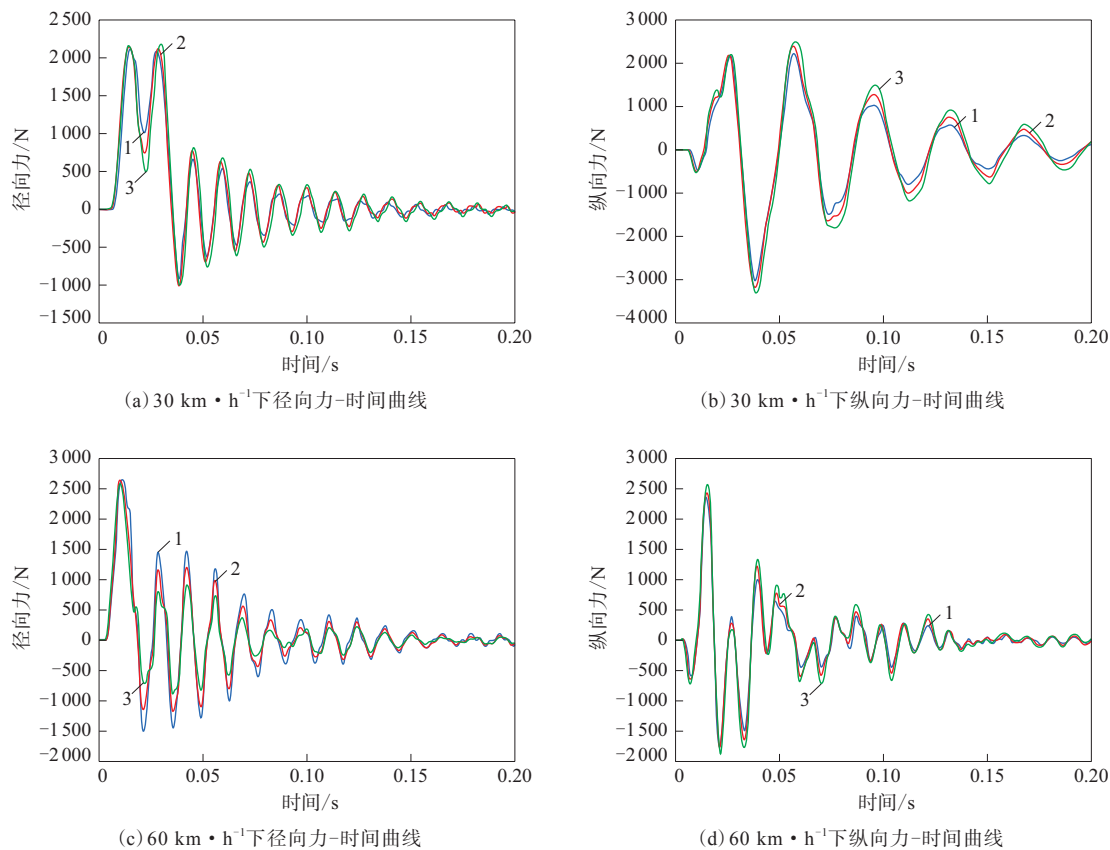
从图4和表5可以看出:当充气压力一定时,轮

胎的径向力峰值在 $30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 速度下随负荷增大而增大,在 $60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 速度下随负荷增大而减小,但两个速度下的径向力峰值变化幅度均较小;在不同速度下,轮胎的径向力衰减表现出不同的趋势,速度较大时,负荷较大的轮胎的径向力衰减较快;两个速度下轮胎的纵向力峰峰值均随负荷的增大而增大。

3 结论

(1)在低速包络试验中,轮胎的径向力峰值随充气压力的增大而增大,随负荷的增大而减小;纵向力峰峰值随充气压力和负荷的增大而增大,但变化幅度不大。

(2)在冲击试验中,轮胎的径向力峰值与纵向力峰峰值随充气压力的增大而增大;径向力峰值随负荷的变化受到速度的影响但变化幅度较小,纵向力峰峰值随负荷的增大而增大。



注同图2。

图4 不同速度及负荷下轮胎的径向力与纵向力-时间曲线 (220 kPa充气压力)

表5 不同速度及负荷下轮胎的径向力峰值与纵向力峰峰值 (220 kPa充气压力) N

项 目	负荷/kg		
	460	535	600
径向力峰值			
30 km · h ⁻¹	2 132. 22	2 160. 26	2 184. 30
60 km · h ⁻¹	2 661. 74	2 635. 49	2 612. 11
纵向力峰峰值			
30 km · h ⁻¹	5 299. 49	5 564. 96	5 803. 23
60 km · h ⁻¹	4 079. 80	4 239. 82	4 448. 17

参考文献:

[1] 徐哲,刘豪,党威,等. 汽车制动舒适性控制研究综述[J]. 科学技术与工程,2022,22(17):6790-6801.

[2] 许叔亮. 轮胎发展中的科学与技术[J]. 中国橡胶,2023,39(2):15-20.

[3] 史一峰. 砥砺前行中的我国轮胎行业发展状况及展望[J]. 轮胎工业,2020,40(12):707-713.

[4] 杨振,汪洋青,宋佳音. 汽车空气悬架平顺性设计研究[J]. 汽车测试报告,2023(13):16-18.

[5] 王雷. 聚氨酯非充气轮胎的结构优化设计与制造[D]. 北京:北京化工大学,2023.

[6] 张文清,吴健,李增平,等. 轿车轮胎结构特性与舒适性研究[J]. 轮胎工业,2021,41(8):520-523.

[7] 孙绪利,李帅,王志斌,等. 结构参数对轮胎冲击特性的影响[J]. 橡胶科技,2022,20(1):18-21.

[8] 何菁,王兆龙,张凯凯,等. 利用有限元方法研究轮廓参数对轮胎性能的影响[J]. 橡胶科技,2023,21(4):169-173.

[9] 王锐佳,雍占福,杨永宝. 轮胎磨损与轮胎动力学性能变化的研究进展[J]. 橡胶工业,2021,68(2):140-145.

[10] 刘振国,任念组,魏晓辰. 轮胎包容特性及冲击特性试验数据分析[J]. 中国橡胶,2018,34(5):36-40.

[11] 郭孔辉,黄世庆,吴海东. 适用于高频激励的面内轮胎动态模型[J]. 吉林大学学报(工学版),2020,50(1):19-28.

[12] 章谦. 高频激励下轮胎面内力学特性研究[D]. 长春:吉林大学,2014.

[13] 姜其亮. 轮胎高频动力学特性的试验及模拟[D]. 长春:吉林大学,2015.

[14] 王宁宁. 子午线轮胎径向接地特性试验与仿真研究[D]. 厦门:厦门理工学院,2023.

收稿日期:2023-12-01

Study on Influencing Factors of Enveloping Characteristics and Impact Characteristics of Tire

SUN Xuli, WANG Zhibin, ZHANG Kaikai, WANG Longqing, LI Huimin

(Qingdao Century Tire Co., Ltd., Qingdao 266229, China)

Abstract: Taking 215/55R17 tires as the research object, the influence of different inflation pressures and loads on tire enveloping characteristics and impact characteristics were studied. The results showed that in the low speed enveloping test, the radial force peak value of the tire increased with the increase of inflation pressure and decreased with the increase of load, the longitudinal force peak-to-peak value increased with the increases of inflation pressure and load, but the change amplitude was not large. In the impact test, the radial force peak value and the longitudinal force peak-to-peak value of the tire increased with the increase of inflation pressure. The radial force peak value with the change of load was affected by the speed, but the change amplitude was small, while the longitudinal force peak-to-peak value increased with the increase of load.

Key words: tire; enveloping characteristic; impact characteristic; inflation pressure; load

生物基高性能长寿命汽车空气悬架用空气 弹簧和铰链中试产品顺利下线

日前,多位行业专家在淄博市沂源县参加了由淄博国创中心与北京化工大学共同主办的“生物基弹性体的制备与规模化应用”项目2023年度进展及其成果转化推介会,共同见证了国家重点研发计划的规模化应用成果——生物基高性能长寿命汽车空气悬架用空气弹簧和铰链中试产品(以下简称本产品)下线,这标志着该国家级创新成果在淄博市正式实现产业化。

据介绍,本产品以杜仲橡胶的高模量和优异耐疲劳性能为突破口,解决了现有空气弹簧及铰链耐疲劳性能差、使用寿命短等问题,满足汽车轻量化悬架系统对于全生命周期空气弹簧及铰链等弹性元件的需求;本产品层间剥离强度可以达到国外品牌对标产品的1.5倍,台架疲劳寿命超过600万次,超出国家标准要求的1倍以上,同时爆破压力超过2.5 MPa,完全满足商用汽车空气悬架的要求,可以与国际一线品牌同类产品的性能媲美,实现进口产品替代。本产品将于2024年实现规模化量产,为我国新能源汽车和低碳生物基新材料产业发展注入更强的动力。

(本刊编辑部)

兴达股份2023年CDP评级达到A-级

日前,江苏兴达钢帘线股份有限公司(简称兴达股份)凭借在环境方面的优秀管理与实践,于全球环境信息研究中心(简称CDP)近日颁布的2023年度评分中,由上年的B级提升至A-级,显著高于同行业平均水平(C级),也显著高于全球及亚洲平均水平,跻身该评估体系“领导力等级”行列。

2023年,兴达股份在环境方面的主要成绩如下:改善了泰国基地的冷却水系统,扩容了三大生产基地的太阳能电站,升级了生产电动机系统以及余热回收系统,同时实施了碳排放管理平台的建设,单位产品能耗降低16%以上。

(本刊编辑部)

赛轮集团柬埔寨轮胎新品上市

日前,赛轮集团股份有限公司(简称赛轮集团)与柬埔寨经销商共同举办的轮胎新品上市发布会在金边隆重举行。发布会上,赛轮集团的TERRAMAX RT轮胎重磅亮相,其全新设计的花纹、轮廓以及专为越野车设计的胎面胶配方为车辆提供了更好的承载和越野性能,能够轻松、安全地应对多种复杂路况的挑战。

(本刊编辑部)