

胎面基部胶厚度对轮胎性能的影响

孙晓峰,张凯凯,王龙庆,李慧敏,李 帅

(青岛森麒麟轮胎股份有限公司,山东 青岛 266229)

摘要:通过控制胎面挤出过程,调整基部胶厚度占胎面总厚度的比例(以下简称基部胶厚度占比,分别取20%,35%和50%),研究胎面基部胶厚度占比对轮胎性能的影响。结果表明,适当增大基部胶厚度占比可以提高轮胎的耐久性能,减小轮胎过坎冲击力,提高乘坐舒适性,增大侧向力,提高操纵性能,增大纵向力和接地面积,提高抓着力性能和制动性能,并且降低滚动阻力系数,提高燃油经济性。

关键词:胎面;基部胶;厚度;轮胎性能;刚性;滚动阻力

中图分类号:TQ336.1

文章编号:2095-5448(2022)02-0087-05

文献标志码:A

DOI:10.12137/j.issn.2095-5448.2022.02.0087



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

随着经济的发展和人们生活水平的提高,汽车行业迅速发展,轮胎作为汽车与地面接触的唯一零部件,对汽车的操纵稳定性和乘坐舒适性有关键影响,轮胎与悬架相互耦合作用,支配着整个车辆的运动形态。

随着市场竞争逐渐激烈,主机厂也对轮胎的性能提出了更高的要求。轮胎基本部件有7个,而且轮胎结构也在工程师的探索中逐渐固定,因此进一步细致地研究轮胎结构对轮胎性能的影响已是趋势。车辆通过轮胎与地面接触,轮胎通过胎面与地面接触,因此胎面部位的结构对轮胎性能的影响至关重要。

胎面主要由胎冠胶、基部胶和翼胶组成。胎面需要提供驱动、制动和转向必需的抓着力或牵引力,是与地面直接接触的部分,基部胶位于胎面胶底部,可以用于改善滚动阻力,也可以进行平顺性、噪声和操纵性能的精细化调整^[1-2]。本工作通过控制胎面挤出过程,调整基部胶厚度占胎面总厚度的比例(以下简称基部胶厚度占比),研究基部胶厚度占比对轮胎性能的影响,以期改进轮

胎面结构设计,提高轮胎性能提供参考。

1 实验

1.1 试验设备

高速耐久试验机和TMT-2 PCR型轮胎综合试验机,汕头市浩大轮胎测试装备有限公司产品;轮胎高速均匀性和滚动阻力试验机,德国采埃孚集团公司产品;MTS Flat-Trac CT Plus型六分力试验机,美国MTS系统公司产品。

1.2 试验设计

胎面结构如图1所示, H 为胎面总厚度, h 为基部胶厚度。

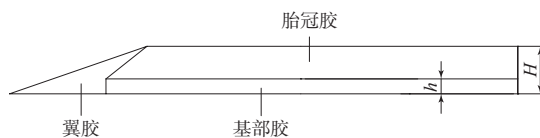


图1 胎面结构示意图

保持胎面总厚度相同,基部胶厚度占比分别为20%,35%和50%,3个方案编号为方案一、二、三。其余挤出参数保持一致。

选取225/55R17 101/XL W规格轮胎进行安全性、操纵性能和舒适性的相关试验,轮胎最大充气压力为340 kPa,最大单胎负荷为825 kg。验证过程只更换胎面,其余部件相同。

作者简介:孙晓峰(1995—),男,山东潍坊人,青岛森麒麟轮胎股份有限公司工程师,学士,主要从事轮胎动力学研究和结构设计工作。

E-mail:2514304701@qq.com

2 结果与讨论

2.1 安全性试验

轮胎倾角高速试验条件和结果分别如表1和2所示^[3]。

从表2可以看出,随着基部胶厚度占比的增

表1 轮胎倾角高速试验条件

项 目	测试阶段					
	1	2	3	4	5	6
速度/(km·h ⁻¹)	190	240	250	260	270	280
行驶时间/min	10	10	10	10	10	10

注:充气压力 280 kPa,负荷率 69%,轮胎倾角 3°。

表3 轮胎低充气压力耐久性试验条件

项 目	测试阶段							
	1	2	3	4	5	6	7	8
负荷率/%	85	90	100	110	120	130	130	130
速度/(km·h ⁻¹)	120	120	120	130	140	150	160	160
行驶时间/h	4	6	24	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

注:阶段1—3充气压力为220 kPa,从阶段4开始充气压力为160 kPa。

表4 轮胎低充气压力耐久性试验结果

方案编号	结束速度/(km·h ⁻¹)	运行时间/h	损坏方式
方案一	160	42.06	胎肩掉块
方案二	160	46.81	胎肩掉块
方案三	160	44.07	胎肩掉块

大,低充气压力耐久性试验时间呈现先延长后缩短的趋势。整体分析,基部胶厚度占比增大,低充气压力耐久性试验结果变好,与倾角高速试验结

表2 轮胎倾角高速试验结果

方案编号	结束速度/(km·h ⁻¹)	运行时间/min	损坏方式
方案一	250	36.9	轮胎爆破
方案二	250	20.3	轮胎爆破
方案三	250	24.7	轮胎爆破

大,倾角高速试验时间呈现先缩短后延长的趋势。整体分析,基部胶厚度占比增大,倾角高速试验结果变差。

低充气压力耐久性试验条件和结果分别如表3和4所示。

从表4可以看出,随着基部胶厚度占比的增

果恰好相反。

2.2 刚性和印痕试验

参考GB/T 23663—2009,分别进行80%,100%和120%负荷率下的轮胎刚性试验^[4]。100%负荷率下轮胎刚性试验结果如表5所示。

从表5可以看出,不同刚性随基部胶厚度占比的变化趋势是不一样的,径向刚性、横向刚性和扭转刚性随着基部胶厚度占比的增大,呈现先增大后减小的趋势,基部胶厚度占比为35%时达到极

表5 100%负荷率下轮胎刚性试验结果

项 目	径向刚性/(N·mm ⁻¹)	纵向刚性/(N·mm ⁻¹)	横向刚性/(N·mm ⁻¹)	扭转刚性/[N·m·(°) ⁻¹]	包络刚性/(N·m ⁻¹)
方案一	236.2	275.1	116.1	100.7	807.0
方案二	243.5	282.5	129.2	102.1	815.9
方案三	236.2	295.0	126.7	98.7	838.2
变化幅度 ¹⁾ /%	3.09	7.23	11.28	3.44	3.87

注:1)3个方案最大值与最小值的差值与最小值的百分比。

大值;而纵向刚性和包络刚性随着基部胶厚度占比的增大而呈现近似线性增大的趋势。另外,进一步比较刚性的变化幅度,基部胶厚度占比对横向刚性的影响最大,对径向刚性的影响最小。

在250 kPa充气压力、100%负荷率下进行轮胎印痕试验,印痕关键参数如表6所示。

从表6可以看出,4个指标均随基部胶厚度占比的增大呈现先减小后增大的趋势。基部胶厚度占比增大到50%时,接地面积大幅增大,而且接地

表6 100%负荷率下轮胎印痕的关键参数

项 目	接地长度/mm	接地宽度/mm	接地长度比值 ²⁾	接地系数 ³⁾
方案一	165.8	186.8	1.09	0.88
方案二	160.3	186.5	1.08	0.85
方案三	174.6	188.6	1.16	0.92
变化幅度 ¹⁾ /%	8.92	1.13	7.41	8.24

注:1)3个方案最大值与最小值的差值与最小值的百分比;

2)接地长度比值为中间接地长度×2/(胎肩外侧接地长度+胎肩内侧接地长度);3)接地系数为中间接地长度与接地宽度的比值。

长度比值增大,印痕形状更接近长椭圆形;接地系数增大,说明中间接地长度增大更为明显,接地长度和接地面积增大可以提高轮胎的抓着性能和乘坐舒适性^[5]。

2.3 动态冲击试验

通过高速均匀性试验机进行动态冲击试验,障碍物(cleat条)尺寸选用20 mm×20 mm,负荷选用最大单胎负荷的80%,测试速度为60 km·h⁻¹。轮胎过cleat条后径向力和纵向力的变化曲线分别如图2和3所示,第1,2,3波峰、波谷的数值如表7所示,第1,2,3波峰、波谷的差值即波动幅度如表8

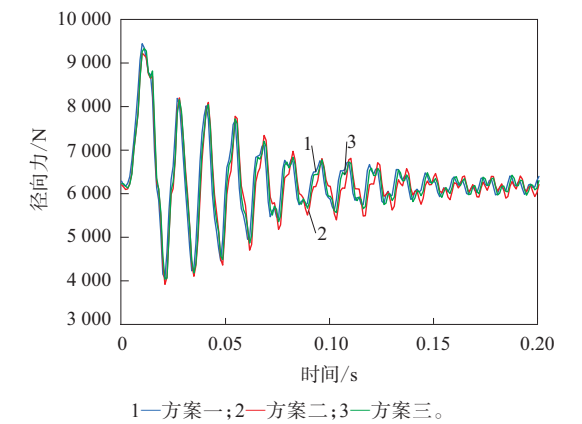


图2 轮胎过cleat条后径向力的变化曲线

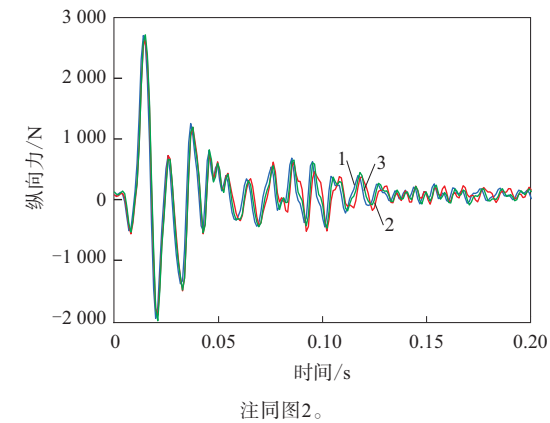


图3 轮胎过cleat条后纵向力的变化曲线
所示,第1,2,3波峰依次相减的数值如表9所示,其代表了衰减速度。

径向力结果表明,随着基部胶厚度占比的增大,初始径向冲击力(波动1)呈现逐渐减小的趋势,基部胶厚度占比为50%时,初始径向冲击力最小,基部胶厚度占比为35%时,径向冲击力衰减最慢。

纵向力结果表明,随着基部胶厚度占比的增大,初始纵向冲击力(波动1)呈现先减小后增大的趋势,基部胶厚度占比为35%时,初始纵向冲击力最小,纵向力衰减最慢。

表7 第1,2,3波峰、波谷的数值 N

方案编号	波峰1	波谷1	波峰2	波谷2	波峰3	波谷3
径向力						
方案一	9 442.81	4 062.01	8 190.34	4 229.15	8 017.70	4 462.12
方案二	9 227.52	3 919.69	8 200.34	4 105.63	8 097.34	4 361.58
方案三	9 334.20	4 038.12	8 155.12	4 180.90	8 042.74	4 489.48
纵向力						
方案一	2 703.10	-1 959.05	724.75	-1 389.31	1 253.19	-510.08
方案二	2 632.22	-1 905.72	725.36	-1 504.77	1 191.46	-564.26
方案三	2 716.17	-1 999.67	658.62	-1 491.30	1 194.51	-547.39

表8 第1,2,3波峰、波谷的差值 N

方案编号	波动1	波动2	波动3
径向力			
方案一	5 380.80	3 961.19	3 555.58
方案二	5 307.83	4 094.71	3 735.76
方案三	5 296.08	3 974.22	3 553.26
纵向力			
方案一	4 662.15	2 114.06	1 763.27
方案二	4 537.94	2 230.13	1 755.72
方案三	4 715.84	2 149.92	1 741.90

总体来看,基部胶厚度占比增大会减小径向和纵向冲击力,有利于降低过坎的冲击感,综合考虑初始径向和纵向冲击力,基部胶厚度占比为35%时,乘坐舒适性有所改善,继续增大基部胶厚度占比,虽然初始纵向冲击力增大,但初始径向冲击力会进一步减小,而且径向力和纵向力衰减加快,整体乘坐舒适性得到提高。

2.4 六分力试验

在250 kPa充气压力、80%负荷率下进行纯侧

表9 第1,2,3波峰依次相减的数值 N

方案编号	衰减1	衰减2
径向力		
方案一	1 252.47	172.64
方案二	1 027.18	103.00
方案三	1 179.08	112.38
纵向力		
方案一	1 978.35	-528.44
方案二	1 906.86	-466.10
方案三	2 057.55	-535.89

偏和纯纵滑试验,对数据进行归一化处理^[6]。对2°侧偏角下的侧向力相对值(相对于负荷,后同)和2%滑移率下的纵向力相对值分别进行计算,结果如表10所示。

表10 2°侧偏角下的侧向力相对值和2%滑移率下的纵向力相对值

方案编号	侧向力相对值	纵向力相对值
方案一	0.505	0.478
方案二	0.528	0.486
方案三	0.529	0.464

从表10可以看出,随着基部胶厚度占比的增大,侧向力逐渐增大,然后趋近饱和,纵向力则呈现先增大后减小的趋势。由此可见,适当增大基部胶厚度占比可以增大轮胎侧向力,提高车辆操纵性能,基部胶厚度占比为35%时,纵向力比较大,有利于提高车辆制动性能。

2.5 滚动阻力试验

按照ISO 28580:2018进行滚动阻力试验^[7-10],充气压力为250 kPa。方案一、二、三轮胎滚动阻力系数分别为6.56,6.41和6.40 N·kN⁻¹。可以看出,随着基部胶厚度占比的增大,滚动阻力系数减小,基部胶厚度占比达到35%后变化趋势渐缓。总体来说,基部胶厚度占比对滚动阻力性能有比较大的影响,提高基部胶厚度占比可以减小轮胎滚动阻力,提高车辆的燃油经济性。

3 结论

通过控制胎面挤出过程,调整基部胶厚度占比,研究基部胶厚度占比对轮胎性能的影响,可以得出以下结论。

(1)安全性能:基部胶厚度占比增大,轮胎倾角高速性能有所下降,低充气压力耐久性能有所提高;基部胶厚度占比为35%时,倾角高速性能最

差,耐久性能最好。

(2)刚性和印痕:基部胶厚度占比对横向刚性影响最大,对径向刚性影响最小;随基部胶厚度占比增大,接地长度和接地面积均增大,可以提高轮胎的抓着性能和乘坐舒适性。

(3)动态冲击性能:基部胶厚度占比增大,过cleat条初始径向冲击力减小,基部胶厚度占比为50%时,纵向冲击阻尼明显增大,振动衰减加快,整体乘坐舒适性有所提高。

(4)六分力:适当增大基部胶厚度占比可以增大轮胎侧向力,提高车辆操纵性能,基部胶厚度占比为35%时,纵向力比较大,有利于提高车辆制动性能。

(5)滚动阻力:基部胶厚度占比对轮胎滚动阻力有比较大的影响,增大基部胶厚度占比可以减小滚动阻力系数,提高车辆的燃油经济性。

整体分析,适当增大基部胶厚度占比可以提高轮胎耐久性能,减小轮胎过坎冲击力,提高乘坐舒适性,增大侧向力,提高操纵性能,增大纵向力和接地面积,提高抓着性能和制动性能,并且降低滚动阻力系数,提高燃油经济性。

参考文献:

- [1] 危银涛,李勇,冯希金,等. 轮胎理论与技术[M]. 北京:清华大学出版社,2013.
- [2] 曹秋梅,张艳民,朱丽娜. 全钢子午胎肩空问题的浅析[C]. 2002年全国橡胶产品性能评价技术研讨会论文集. 北京:中国化工学会, 2002:215-217.
- [3] 何毫明,高超群,蔡习舟,等. 31×10.50R15LT 109Q 6PR泥地轮胎的开发[J]. 轮胎工业,2020,40(2):92-94.
- [4] 胡德斌,张宁. 轮胎施工参数对横向刚性的影响[J]. 轮胎工业, 2020,40(11):700-702.
- [5] 陈其忠. 轮胎结构设计对轮胎性能影响的研究[D]. 青岛:青岛理工大学,2018.
- [6] 王锋,董毛华,卢荡,等. 轿车子午线轮胎结构与侧偏特性的探讨[J]. 轮胎工业,2010,30(12):726-730.
- [7] 刘俊杰,陈雅婷,周磊,等. 轿车轮胎滚动阻力的研究[J]. 轮胎工业,2020,40(2):84-87.
- [8] 孙绪利,刘平娟,张凯凯,等. 结构参数对轿车子午线轮胎滚动阻力的影响[J]. 橡胶科技,2020,18(11):623-625.
- [9] 王国林,陈晨,周海超,等. 胎面与胎体间接触特性对轮胎滚动阻力影响的研究[J]. 橡胶工业,2020,67(6):403-409.
- [10] 顾培霜,郑昆,陈松. 低滚动阻力高抗湿滑轿车胎的开发[J]. 世界橡胶工业,2014,41(12):1-3.

收稿日期:2021-10-25

Effect of Tread Base Compound Thickness on Tire Performance

SUN Xiaofeng, ZHANG Kaikai, WANG Longqing, LI Huimin, LI Shuai

(Qindao Sentury Tire Co., Ltd, Qingdao 266229, China)

Abstract: By controlling the tread extrusion process to adjust the ratio of base compound thickness to total tread thickness (referred to as the ratio of base compound thickness, taking 20%, 35% and 50% respectively), the influence of the ratio of base compound thickness on tire performance was investigated. The results showed that appropriately increasing the ratio of base compound thickness could improve the durability of the tire, reduce the impact force of the tire on the bumping road, improve the riding comfort, increase the lateral force to improve the handling performance, increase the longitudinal force and ground area to improve the grip performance and braking performance, and reduce the rolling resistance coefficient to improve the fuel economy.

Key words: tread; base compound; thickness; tire performance; stiffness; rolling resistance

双星“稀土金”轮胎通过鉴定

日前,青岛双星轮胎工业有限公司(简称双星)“稀土金”轮胎通过了专家组鉴定。双星运用“稀土金”橡胶复合新材料所研发的“稀土金”轮胎将为全球用户奉献新双星的最新科技成果。

经专家组鉴定,“稀土金”橡胶复合新材料以特殊的稀土钕系顺丁橡胶与天然橡胶和高性能炭黑等配合,并采用专门的混炼工艺而成,技术工艺成熟,性能优异,可以批量推广。

“稀土金”轮胎以“稀土金”橡胶复合材料为原料,采用全零度缠绕技术以及独特的花纹进行生产。这种新型轮胎具有超省油、超耐磨的特点,滚动阻力系数可以达到 $3.8 \sim 4.5 \text{ N} \cdot \text{kN}^{-1}$,行驶里程可以达到50万km,经两次翻新总行驶里程可以达到100万km。双星“稀土金”轮胎预计近期即可大批量投放市场。

2016年3月,全国首个石墨烯轮胎中心实验室项目在双星开工建设。2018年4月,该项目被山东省列为重点项目。2018年年底双星石墨烯轮胎研发成功,但由于成本过高而没有进行大规模市场推广。在此之后,双星针对稀土钕系顺丁橡胶特点,联合欧洲、美国、韩国等多国技术专家,进一步研究和开发稀土钕系顺丁橡胶+天然橡胶+高性

能炭黑等配方,并利用双星“工业4.0”工厂的制造优势,研发出“稀土金”橡胶复合新材料。与此同时,双星结合中国市场的特殊需要,采用“稀土金”橡胶复合材料和全零度缠绕技术,设计和生产出“稀土金”载重轮胎。

据介绍,稀土被称为“工业黄金”“工业维生素”“新材料之母”。稀土是化学元素周期表中镧系元素和钪、钇元素的总称。它最重要的功能是显著提高其他产品的质量和性能,形成具有不同特性的新材料和其他材料。

基于上述功能,“稀土金”轮胎的滚动阻力可以降低。根据可比数据分析,一辆大挂车如果按照行驶100万km计算,使用滚动阻力系数达到 $4.5 \text{ N} \cdot \text{kN}^{-1}$ 的“稀土金”轮胎,可以节油6.3万L,按每升汽油7元计算,可节约汽油支出44万元,相当于免费使用293条轮胎;一辆车节省的耗油相当于减少碳排放168 t,不仅降低了车主的运营成本,还履行了节能减碳的社会责任。

目前双星正在制定有关措施,积极推进“双碳”目标,通过绿色能源、智能制造、传统降耗和减排、生物基和再生材料、自身发展的碳交易项目等,争取早日实现碳中和。

(摘自《中国化工报》,2021-12-08)