

测试·分析

胎体结构对轮胎耐撞击性能的影响研究

金汉杰^{1,2}, 肖凌云^{1,2*}, 王 琰^{1,2}, 周晓琴^{1,2}

[1. 国家市场监督管理总局缺陷产品管理中心, 北京 100101; 2. 国家市场监管重点实验室(产品缺陷与安全), 北京 100101]

摘要: 针对同品牌同规格不同胎体结构的两种轿车子午线轮胎开展耐撞击性能对比研究, 分别选取5条轮胎进行室内摆锤冲击试验, 对轮胎撞击动能和撞击后状态进行分析。结果表明: 单层帘布高反包胎体结构轮胎撞击动能明显小于双层帘布低反包胎体结构轮胎, 鼓包发生率更高, 耐撞击性能明显较差; 胎体结构对轮胎耐撞击性能具有重要影响。

关键词: 轮胎; 胎体结构; 单层帘布高反包; 双层帘布低反包; 耐撞击性能

中图分类号: TQ336.1

文献标志码: A

文章编号: 1000-890X(2022)09-0709-05

DOI: 10.12136/j.issn.1000-890X.2022.09.0709



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

近年来, 汽车轮胎质量投诉中, 鼓包是反映强烈的问题之一。2019和2020年我中心收到轮胎鼓包与爆胎合计投诉分别为59和197例, 位居轮胎质量投诉排行榜前列。车质网^[1-2]轮胎投诉数据显示, 2019和2020年轮胎鼓包投诉问题分别以476和245例的投诉量成为排列第2和第3位的轮胎投诉故障点, 爆胎投诉分别为192和161例, 成为第4大轮胎投诉故障点。更值得关注的是, 爆胎与轮胎鼓包有着密切的联系, 鼓包如果没有被及时发现, 会逐步造成部件间脱层乃至爆胎, 成为消费者日常行车安全的隐患。

1 国内外轮胎耐撞击性能研究现状

轮胎鼓包关联因素众多, 国内外采用不同的试验方法开展了较多有关轮胎耐撞击性能以及轮胎鼓包的试验研究, 美国汽车工程师学会(SAE)开展了轮胎撞击测试并制定了撞击测试方法^[3]。美国高速公路安全管理局(NHTSA)开展了路牙石撞击试验(on-vehicle curb impact test)、路面障碍冲击测试(road hazard impact test)等实车试验, 并将

试验结果与对应轮胎的实验室摆锤跌落试验进行比较, 得出摆锤从100°角度跌落的撞击力大致相当于55系列轮胎以28.98 km·h⁻¹(18 mile·h⁻¹)、65系列轮胎以35.42 km·h⁻¹(22 mile·h⁻¹)、75系列轮胎以48.30 km·h⁻¹(30 mile·h⁻¹)的速度撞击路缘的结论^[4]。此外, 德国汽车工业联合会(VDA)开展了室内钟摆法轮胎耐撞击性能测试。国内研究了与室内摆锤法测试轮胎耐撞击性能相关的设备及试验方法, 并于2013年颁布了GB/T 30195—2013《汽车轮胎耐撞击性能试验方法》^[5]。李小龙^[6]在轮胎冲击性能的数值分析方法与研究中提出, 轮胎冲击强度的高低可认为是轮胎受到外力冲击后产生振动变形从而吸收能量的能力强弱。丁家翔等^[7]对子午线轮胎鼓包问题进行了研究, 认为合理选择轮胎断面高度、胎体采用双层帘布可以提高轮胎抗鼓包能力。国家橡胶轮胎质量监督检验中心^[8]的轮胎撞击鼓包测试分析报告认为, 同等条件下扁平率低的轮胎更容易鼓包。贾永辉^[9]在浅析轮胎鼓包产生原因及预防措施时认为, 车辆行驶过程中, 轮胎受到强烈的挤压会造成轮胎

作者简介: 金汉杰(1974—), 男, 湖南娄底人, 国家市场监督管理总局缺陷产品管理中心工程师, 硕士, 主要从事汽车缺陷产品调查管理与研究工作。

*通信联系人(xiaoly@dpac.gov.cn)

引用本文: 金汉杰, 肖凌云, 王琰, 等. 胎体结构对轮胎耐撞击性能的影响研究[J]. 橡胶工业, 2022, 69(9): 709-713.

Citation: JIN Hanjie, XIAO Lingyun, WANG Yan, et al. Effect of carcass structure on impact resistance of tire[J]. China Rubber Industry, 2022, 69(9): 709-713.

帘线断裂而鼓包。

胎体是轮胎的主要受力部件之一,其作用是承载、耐撞击、耐屈挠。胎体结构决定胎面形状,从而决定与胎面形状直接相关的各项轮胎性能。胎体结构还直接决定胎体本身性能,这些性能主要为胎冠中心线的周向一致性、胎侧刚性等^[10]。轮胎结构除对轮胎自身性能具有一定影响外,还对汽车使用性能具有一定影响^[11-12]。轮胎属于大变形部件,因此需要研究轮胎撞击特性^[13]。考虑汽车行驶时的实际路况,可采用摆锤法冲击试验模拟车轮轮胎总成的路障冲击^[14]。

本工作在上述对轮胎耐撞击性能以及鼓包研究的基础上,采用区别于上述研究的方法,具体选取了某品牌的两种同规格不同胎体结构的轿车子午线轮胎,开展实验室对比试验,比较两者之间耐撞击性能的差异,以研究胎体结构与耐撞击性能之间的关系。

2 轮胎耐撞击试验

2.1 试验对象

采用某品牌的两种胎体结构(见图1)的215/

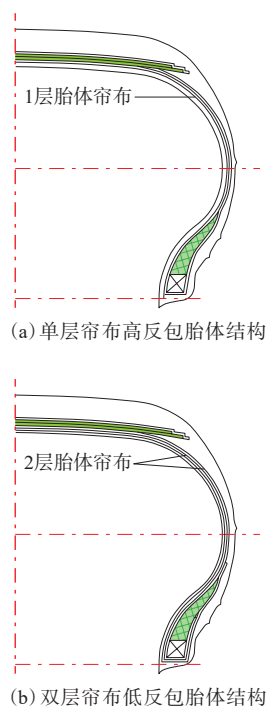


图1 两种胎体结构示意图
Fig. 1 Two carcass structures

50R17 91V轿车子午线轮胎开展耐撞击性能试验,其中图1(a)为单层帘布高反包胎体结构,图1(b)为双层帘布低反包胎体结构,两种结构均为目前市场上轿车轮胎常见胎体结构。样品轮胎其他信息为:轮胎结构 胎侧部位两层聚酯帘布,胎冠部位两层聚酯帘布+2层钢丝帘布+1层锦纶帘布;测试数量 5条。

2.2 试验设备

采用轮胎撞击测试机(见图2)模拟轮胎受到外力瞬间撞击时的状况。通过不同形式的撞击头在不同高度落下,模拟不同障碍物和不同车速对轮胎的撞击破坏过程。



图2 轮胎撞击测试机
Fig. 2 Tire impact tester

2.3 试验条件和试验过程

将测试轮胎牢固安装在轮胎撞击测试机上,调整好位置,撞击锤角度设置为外倾角 6° ,侧偏角 0° ,偏差 $\pm 0.5^\circ$ 。将测试轮胎气压调整到标准要求的200 kPa。启动测试设备,使摆杆和摆锤在达到预定的撞击高度和撞击角度位置以获得需要的撞击动能,然后让摆杆和摆锤从锁定位置自由下落,撞击试验轮胎。每个试验点撞击3 min后,逐个检查轮胎撞击点及附近,记录鼓包高度并检查轮胎气压^[15]。

3 试验数据

3.1 单层帘布高反包胎体结构

对单层帘布高反包胎体结构轮胎进行了25次有效撞击试验,试验数据如下。

(1)有4个测试点出现鼓包临界点(鼓包高度

不大于0.5 mm),这些鼓包为不明显鼓包。试验数据见表1。

表1 未产生明显鼓包的测试点试验数据(|)

Tab.1 Test data of test points without obvious bulges(|)

测试点序号	撞击动能/J	鼓包高度/mm	气压/MPa
1	928	0	200
2	928	0.30	200
3	944	0	200
4	977	0.48	200

(2)有6个测试点产生了高度为0.5~1 mm的鼓包,试验数据见表2。

表2 鼓包高度0.5~1 mm的测试点试验数据

Tab.2 Test data of test points with bulge heights of 0.5~1 mm

测试点序号	撞击动能/J	鼓包高度/mm	气压/MPa
1	944	0.57	200
2	928	0.66	200
3	1 030	0.66	200
4	994	0.83	200
5	1 012	0.85	200
6	1 049	0.92	200

(3)有13个测试点产生了高度大于1 mm的鼓包,试验数据见表3,典型胎侧鼓包情况见图3。

表3 鼓包高度大于1 mm的测试点试验数据

Tab.3 Test data of test points with bulge heights greater than 1 mm

测试点序号	撞击动能/J	鼓包高度/mm	气压/MPa
1	994	1.07	200
2	1 012	1.14	200
3	1 030	1.23	200
4	1 012	1.47	200
5	1 195	1.86	200
6	1 068	2.00	200
7	1 195	2.27	200
8	1 218	2.43	200
9	1 128	2.83	200
10	1 108	2.85	200
11	1 195	2.91	200
12	1 129	3.85	200
13	1 129	4.41	200
14	1 218	2.43	200

(4)有2个测试点出现轮胎破裂、漏气现象,试验数据见表4,胎侧破裂情况见图4。

3.2 双层帘布低反包胎体结构

对双层帘布低反包胎体结构轮胎进行了25次有效撞击试验,试验结果如下。



图3 典型胎侧鼓包
Fig.3 Typical sidewall bulge

表4 破裂和漏气的测试点试验数据(|)

Tab.4 Test data of test points of rupture and air leakage(|)

测试点序号	撞击动能/J	鼓包高度/mm	气压/MPa
1	1 129	—	—
2	1 195	—	—



图4 胎侧破裂
Fig.4 Sidewall rupture

(1)有21个测试点出现鼓包临界点,这些鼓包为不明显鼓包,试验数据见表5。

(2)有1个测试点产生了高度为0.5~1 mm的鼓包,试验数据为:撞击动能 1 242 J,鼓包高度 0.92 mm,气压 200 kPa。

(3)有1个测试点产生了高度大于1 mm的鼓包,试验数据为:撞击动能 1 293 J,鼓包高度 1.40 mm,气压 200 kPa。

(4)有2个测试点出现轮胎破裂、漏气现象,试验数据如表6所示,胎侧破裂、漏气情况如图5所示。

4 结果与讨论

结合单层帘布高反包结构和双层帘布低反包结构两种胎体结构轮胎受到撞击后的状态和相关试验数据,做出如下分析。

表5 未产生明显鼓包的测试点试验数据(Ⅱ)
Tab. 5 Test data of test points without obvious bulges(Ⅱ)

测试点序号	撞击动能/J	鼓包高度/mm	气压/MPa
1	1 150	0	200
2	1 150	0	200
3	1 150	0	200
4	1 172	0	200
5	1 172	0	200
6	1 172	0	200
7	1 195	0	200
8	1 195	0	200
9	1 195	0	200
10	1 195	0	200
11	1 218	0	200
12	1 218	0	200
13	1 218	0	200
14	1 242	0	200
15	1 242	0	200
16	1 242	0	200
17	1 267	0	200
18	1 267	0	200
19	1 267	0	200
20	1 292	0	200
21	1 292	0	200

表6 破裂和漏气的测试点试验数据(Ⅱ)
Tab. 6 Test data of test points of rupture and air leakage(Ⅱ)

测试点序号	撞击动能/J	鼓包高度/mm	气压/MPa
1	1 267	—	—
2	1 218	—	—



图5 胎侧破裂和漏气
Fig. 5 Sidewall rupture and air leakage

4.1 轮胎撞击后状态对比

两种胎体结构轮胎撞击后鼓包、破裂状态见表7。

从表7可以看出:撞击试验后,双层帘布低反包结构轮胎未产生明显鼓包的次数和占比分别为21和84%,远大于单层帘布高反包胎体结构轮胎未

表7 同规格不同胎体结构轮胎撞击后形态分布
Tab. 7 Status of tires with same specification and different carcass structures after impact

撞击后的形态	单层帘布高反包结构		双层帘布低反包结构	
	试验次数	占比/%	试验次数	占比/%
不明显鼓包	4	16	21	84
0.5~1 mm高度鼓包	6	24	1	4
大于1 mm高度鼓包	13	52	1	4
胎侧破裂	2	8	2	8
总计	25	100	25	100

产生明显鼓包的次数和占比4和16%,鼓包发生率较低。

4.2 轮胎耐撞击性能对比

按照GB/T 38528—2020《轿车轮胎耐撞击性能评价》的规定,鼓包高度为0~1 mm的轮胎通过试验,认定为未鼓包;鼓包高度大于1 mm以及破裂的轮胎不能通过试验,认定为鼓包。所以,在比较耐撞击动能时,通过试验的轮胎比较最大撞击动能,未通过试验的轮胎比较最小撞击动能,对比数据见表8。

表8 同规格不同胎体结构轮胎的耐撞击性能对比
Tab. 8 Comparison of impact resistances of tires with same specification and different carcass structures

项 目	单层帘布高反包结构	双层帘布低反包结构
最大撞击动能/J		
不明显鼓包	977	1 292
0.5~1 mm鼓包	1 049	1 242
最小撞击动能/J		
大于1 mm鼓包	994	1 292
轮胎破裂	1 129	1 218

从表8可以看出,双层帘布低反包胎体结构轮胎未产生明显鼓包时最大撞击动能和产生鼓包或轮胎破裂时最小撞击动能均明显大于单层帘布高反包胎体结构轮胎。

5 结论

(1)单层帘布高反包胎体结构轮胎鼓包发生率远大于双层帘布低反包胎体结构轮胎。

(2)单层帘布高反包胎体结构轮胎产生明显鼓包以及轮胎破裂时最小撞击动能明显小于双层帘布低反包胎体结构轮胎,即前者耐撞击性能明显较差。

(3)胎体结构对轮胎耐撞击性能具有重要影响。

参考文献:

- [1] 车质网.2019年度国内轮胎投诉分析报告[EB/OL].(2020-02-21)
<http://www.12365auto.com/dcbg/20200221/419125.shtml>.
- [2] 车质网.2020年度国内轮胎投诉分析报告[EB/OL].(2021-02-09)
<http://www.12365auto.com/dcbg/20210209/447615.shtml>.
- [3] Society of Automotive Engineers.Road hazard impact test for wheel and tire assemblies (Passenger car, light truck, and multipurpose vehicles):SAE J 1981—2016[S].Society of Automotive Engineers, 2016:1-12.
- [4] SNYDER A, FEVE S, MACISAAC J D, et al.Tire impact forces—Comparison of SAE J 1981 (1994-06) road hazard impact test with on-vehicle curb impact tests for light vehicle tire and wheel assemblies[M].Transportation Research Center Inc., National Highway Traffic Safety Administration, 2013:29-32.
- [5] 全国轮胎轮辋标准化技术委员会. 汽车轮胎耐冲击性能试验方法: GB/T 30195—2013[S].北京: 中国标准出版社, 2013:2-4.
- [6] 李小龙.轮胎冲击性能的数值分析方法与研究[J].上海汽车, 2017(8):34-37.
LI X L.Numerical analysis method and research on the tire impact performance[J]. Shanghai Auto, 2017(8):34-37.
- [7] 丁家翔,程鹏,陶亚诚.子午线轮胎鼓包问题的研究[J].轮胎工业, 2011,31(10):585-588.
DING J X, CHENG P, TAO Y C.Study on bulge of radial tire[J].Tire Industry, 2011,31(10):585-588.
- [8] 国家橡胶轮胎质量监督检验中心. 轮胎撞击鼓包测试分析报告 [DB/OL]. (2012-05-16). <https://wenku.baidu.com/view/fb9d3724aaea998fcc220e42.html>.
- [9] 贾永辉.浅析轮胎鼓包产生原因及预防措施[J].装备制造与技术, 2015(9):170-172,177.
JIA Y H.Analysis of tire bulge and preventive methods[J].Equipment Manufacturing Technology, 2015(9):170-172,177.
- [10] 郑正仁,王洪士,毛寿昌.子午线轮胎技术与应用[M].合肥:中国科学技术大学出版社,1994:3-5,8-11.
- [11] 赵侃,何勇,赵旭升,等.轮胎结构对汽车使用性能影响的试验研究[J].汽车维护与修理,2007(5):63-64.
ZHAO K, HE Y, ZHAO X S, et al.The study of the tire structure impacting to the vehicle performance[J]. Auto Maintenance & Repair, 2007(5):63-64.
- [12] 陶森望,宋健,徐丹丹,等.基于自定义特征的子午线轮胎结构参数化系统的设计[J].橡胶工业, 2021,68(7):483-490.
TAO S W, SONG J, XU D D, et al.Design of a parametric system of radial tire structure based on user defined features[J].China Rubber Industry, 2021,68(7):483-490.
- [13] 郭建保,孙晴,刘珍海,等.乘用车轮胎动态冲击的试验与仿真分析[J]. 汽车安全与节能学报, 2016,7(1):49-54.
GUO J B, SUN Q, LIU Z H, et al.Test and simulation analysis of vehicle tire dynamic impact[J].Journal of Automotive Safety and Energy, 2016,7(1):49-54.
- [14] 陆斌.车轮轮胎总成的路障冲击试验[J].汽车工程师, 2009(11):46-50.
LU B.Road hazard impact test for wheel and tire assemblies[J].Auto Engineer, 2009(11):46-50.
- [15] 全国轮胎轮辋标准化技术委员会. 轿车轮胎耐冲击性能评价: GB/T 38528—2020[S].北京: 中国标准出版社, 2020:3-5.

收稿日期:2022-05-09

Effect of Carcass Structure on Impact Resistance of Tire

JIN Hanjie^{1,2}, XIAO Lingyun^{1,2}, WANG Yan^{1,2}, ZHOU Xiaoqin^{1,2}

[1. SAMR Defective Product Administrative Center, Beijing 100101, China; 2. Key Laboratory of State Administration for Market Regulation (Product Defect and Safety), Beijing 100101, China]

Abstract: A comparative study on the impact resistance of two kinds of passenger car radial tires with the same brand, same specification and different carcass structure was carried out. Five specimens of each kind of tire were selected for indoor pendulum impact test, and the impact kinetic energy and post impact state of the tire were analyzed. The results showed that the impact kinetic energy of the tire with a single ply cord and high turn-up carcass structure was significantly lower than that of the tire with a double ply cord and low turn-up carcass structure, the incidence of bulging was higher, and the impact resistance was obviously poor. The carcass structure had an important influence on the impact resistance of the tire.

Key words: tire; carcass structure; single ply cord and high turn-up; double ply cord and low turn-up; impact resistance