

静音绵在新能源汽车轮胎上的应用研究

郝云南, 张昌林, 方涛

(双钱集团(安徽)回力轮胎有限公司, 安徽 芜湖 241000)

摘要:以新能源汽车轮胎作为研究对象,阐述了汽车行驶过程中的噪声来源,研究了静音绵的材料选择、生产工艺、尺寸选择、性能测试,以及在新能源汽车专用轮胎中的应用等,得出了静音绵轮胎的优势。试验结果表明,静音绵能有效降低轮胎腔内噪音,提升驾乘舒适性。

关键词:静音绵;新能源汽车轮胎;噪音

中图分类号: TQ323.8

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2025)09-0018-05

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2025.09.004

随着新能源车的快速崛起,作为与之配套的轮胎也迎来了发展新机遇,节能、静音、安全舒适作为新能源汽车的基本要求,而轮胎噪音是影响体感的重要方面,所以如何更好的降低轮胎噪音就成为摆在我们面前的一个热点问题。

与传统燃油车相比,新能源汽车没有发动机,车主在车内听不到发动机的声音,轮胎噪音更加明显,因此轮胎噪音能很清晰地传到车内,这就对新能源汽车轮胎的静音性能提出了更高的要求,使用静音绵可以有效减少这部分噪音。

汽车行驶过程中的噪声分别来自发动机噪声、胎噪和风噪,当车的行驶速度低于 100 km/h 时,轮胎噪声将会成为车辆的主要噪声。目前包括电动车、混合动力车在内的多类型新能源汽车,中低速行驶时普遍依赖更安静的电驱动,当动力系统噪音降低,便使得轮胎的噪音问题则更加突出。而轮胎的噪音来自三个方面,分别是胎体噪音、花纹噪音、腔体共振。

本文我们主要研究贴静音绵改善腔体共振引起的胎内噪音,通过使用特殊的聚氨酯材料来实现吸音和降噪,贴附在轮胎内侧的聚氨酯泡沫隔层,它能够吸收特定频率的空腔噪声的声波的声能。

目前降低胎内噪音的主流方法就是静音绵技术,为此我们对新能源汽车专用轮胎加贴静音绵后的相关性能进行研究,主要研究静音绵降噪技术。

聚氨酯也是一种高分子化合物,有着良好的隔音、抑震、保温和极其稳定的理化性能,具有优异的耐磨性、耐油性和耐化学品性能,被广泛应用于涂料、黏合剂、弹性体、密封材料、弹簧、橡胶制品等领域,由于其优异的性能,聚氨酯材料在工业和日常生活中得到了广泛的应用。因其同时具有较高的强度和耐久性,因此被用在了诸多高科技领域,比如航空航天领域,聚氨酯材料被塑造成各种抑震保温材料,而在飞机的座椅内部填充物,也能找到这种材料的应用。因此我们选取聚氨酯作为静音绵轮胎的首选材料。

在没有使用聚氨酯隔音绵之前,只能通过调配橡胶配方和花纹设计来实现轮胎静音性能的提升。而在聚氨酯材料的加持下,轮胎与路面之间的振动噪声被大大减弱,同时还能使轮胎有了更多的性能优势——花纹不用再妥协于静音而丧失抓地力,橡胶不用妥协于静音而丧失耐用性。

总而言之,静音绵轮胎是目前轮胎静音方面最超前、最先进的产品类型,针对低频段噪音的有效解决方案之一是轮胎静音绵技术。

2022 年以来,国内主流品牌最多只有少量静音绵轮胎型号,全年静音绵轮胎生产销售数量在 100 万条左右;2023 年国际品牌包括德国马牌、法国米其林、意大利倍耐力、美国固特异、韩泰轮胎都有多款以上静音绵轮胎产品。而众多汽车品牌也纷纷采用静音绵

1 聚氨酯材料

静音绵是一种特殊的具有多孔隙结构的聚氨酯材

作者简介:郝云南(1982-),女,工程师,高分子材料专业学士,项目管理专业硕士,主要从事轮胎产品研发和质量管理工作。

轮胎来降低车内噪音，提高驾乘舒适性。

正因如此，目前市场上特斯拉 Model3、ModelX、ModelY、奥迪 A6/A6L/RSQ8/Q4e-tron、捷豹 XF、保时捷 N1、宾利欧陆、小鹏 P7、比亚迪汉、极克 001 等车型开始采用静音绵轮胎。相关报道也显示：中国市场新能源车轮胎的使用，正在慢慢被全新的静音绵技术轮胎替代，雷神静悦、支点静力 S1、东风鹰击系列，都是中国品牌的静音绵轮胎，这个榜单上的雷神静悦系列轮胎，光是一款产品，就悄然拥有超过 8 000 条用户评价，位列整个途虎静音绵轮胎销量第一名，可以预计，随着电动汽车的快速发展，静音绵轮胎需求将得到快速发展和普及。

通过实拍图 1 可以看出，聚氨酯静音绵有点类似于我们生活中见到的海绵，上面存在大大小小的气孔，能够进一步隔绝轮胎的空腔噪声和花纹压缩的泵吸噪声。



图 1 聚氨酯静音绵

2 静音绵贴合工艺

传统轮胎想要在静音上做文章，只能依仗的“软化”橡胶配方和“细化”轮胎花纹，但会导致轮胎的干地抓地力减弱、湿地排水性变差，以及更软的胎面不耐磨耐用问题。而聚氨酯泡沫材料的加入，静音绵轮胎拥有比采用传统降噪设计的轮胎更出色的静音效果。

众所周知，轮胎在使用过程中，要面对 0℃ 以下和 110℃ 以上的温度挑战，而家用汽车轮胎的寿命一般会在 5 年左右，必须要在 3~5 年的时间里保持稳定的黏合性能，普通的胶水是无法达到的，很容易变脆、脱胶。需要通过一系列工艺保证其持久性。静音绵轮胎工艺的关键是黏合剂，贴合过程是一个较大的挑战。

具体做法是：在对轮胎内部进行彻底清洁后，通过特制的黏合剂，将静音绵牢牢贴在传统轮胎内部，

并使用打压滚筒压紧海绵材料，使得静音绵与轮胎的贴合更加稳固，从而确保降噪效果的长期稳定。要求特种黏合剂能在高温、低温下，长年累月保持黏合状态，不硬化、不老化，从而为轮胎带来了全新的降噪路径。轮胎橡胶自身产生的胎体噪音、外部的花纹噪音、内部的空腔共振噪音，通通都会被这层厚实的聚氨酯材料所阻隔。

目前静音绵黏合剂主流形式有三种：①特制 3~6 条黏合胶条；②自修复胶满涂胎里；③双面胶形式胶条。

由于自修复胶满涂成本高，工艺复杂，散热效果差；双面胶形式，高温老化性能差，尤其是行驶至一定里程后，脱落风险高，且这两种形式对轮胎内部清洁要求高，目前一般需激光清洗轮胎胎里；鉴于以上情况，我们决定采用黏合胶条的形式进行静音绵贴合如图 2，易于现场操作，成本较低。

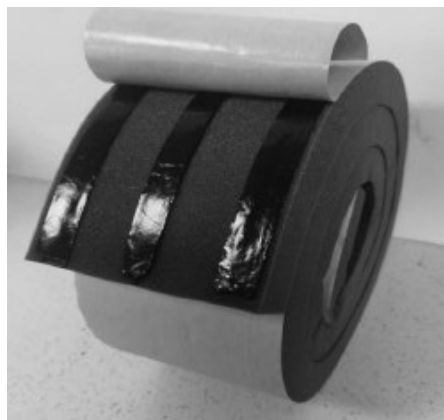


图 2 特制黏合胶条

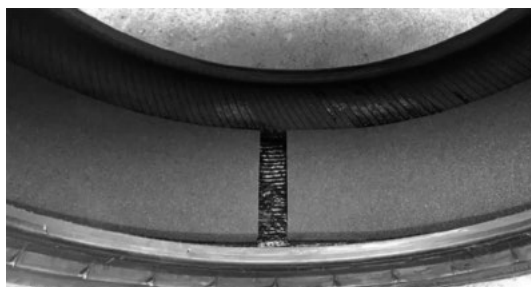


图 3 贴合完成的静音绵轮胎

3 静音绵尺寸型号选择

根据当前市场上通用的静音绵型号，结合所贴合轮胎的尺寸型号和试验结果，定义静音绵选取宽度为轮胎断面宽(S_w) $\times 45\% \sim 60\%$ ，建议将计算结果取按 5 和 10 的倍数取整。以下是部分常用静音绵型号与轮胎尺寸对应关系，如表 1，表 2。

表 1 静音绵型号与轮胎尺寸型号对应关系

静音绵型号	静音绵尺寸	适配轮胎断面宽 S_w /mm	适配轮胎尺寸
A	100	≤ 215	$< 17''$
B	120	$215 \leq S_w \leq 235$	$17 \sim 18''$
C	140	≥ 245	$\geq 19''$

表 2 轮胎规格与静音绵尺寸的对应关系

轮胎规格	轮胎名义断面宽	静音绵宽度/mm	静音绵宽度/轮胎名义断面宽
205/55R16	205	100	49%
215/55R17	215	100	47%
225/50R17	225	120	53%
235/45R18	235	120	51%
235/45R19	235	120	51%
235/40R18	235	120	51%
235/50R19	235	120	51%
245/45R19	245	140	57%
255/45R20	255	140	55%
255/50R20	255	140	55%
265/40R21	265	140	53%

4 静音绵轮胎性能验证

静音绵手动贴在轮胎内壁上，会不会有脱落风险，对胎噪的改善是不是真的有介绍的那么明显，会不会对轮胎均匀性和动平衡产生极大影响，以及遇到轮胎被刺扎的情况，是不是很难修补？围绕以上疑问，我们开展了一系列的研究和验证。

4.1 降噪能力试验

静音绵技术的降噪效果如何？我们委托第三方测试结构对静音绵轮胎进行腔体噪音测试，试验数据显示，在光滑路面（如图 4）和粗糙路面（如图 5）等不同路况以及各种不同行驶速度下，加贴静音绵后能将车内噪音值降低 1~3 dB，即无论何种路况都能让车友享受到更加静谧的驾驶体验。



图 4 光滑路面



图 5 粗糙路面

试验基本信息如下：

测试时间：2024.6.15；

测试地点：玛吉斯测试场 - 振动噪声测试道；

测试工况：光滑路面和粗糙路面；

测试速度：60 kPh 80 kPh 100 kPh 120 kPh；

测试车型：极氪 007、四驱；

测试环境：空气温度 26°、地表温度 41°、风速 2.1

m/s；

测试方案：同等路况和速度条件下，对比测试静音绵轮胎和普通轮胎噪音；

测点位置：主驾驶左耳和右后乘客右耳。

正常情况下，人能够听到的声音范围在 20~20 000 Hz。轮胎空腔共振噪声是由路面激励使轮胎和车轮之间的空腔气体产生共振，形成共鸣音，其频率一般为 200~250 Hz，人耳对于该频率段的噪音较为敏感，是引发驾乘人员烦躁情绪的重要因素。因此，降低车内低频段噪音对于提升驾乘舒适性至关重要。

本次试验主要验证静音绵轮胎能否有效减少 200~250 Hz 的空腔噪音解决轮胎共振问题。以这样的低频率为目标降低噪音，选择测试速度为 60 km/h、80 km/h、100 km/h 和 120 km/h 时记录车内噪声，为避免风噪灌入车内造成干扰，测试关闭所有车窗和空调。

车内噪音测量结果表明，静音绵降噪效果明显如表 3 所示。尤其是对人体最敏感的 200~250 Hz 之间的噪音峰值有效降低 1~3 dB，最高可以降低 5.5 dB。

表 3 静音绵轮胎与普通轮胎噪音测试结果对比

路况	速度/kPh	测点位置/dB(A)	空腔音 200~250(Hz)		
			普通胎	静音绵轮胎	差值
光滑路面	60	驾驶员左耳	50.2	47	3.2
		右后乘客右耳	50.1	47.9	2.2
	80	驾驶员左耳	51.8	50.7	1.1
		右后乘客右耳	52.6	52.2	0.4
	100	驾驶员左耳	55.5	54.3	1.2
		右后乘客右耳	56.2	55.9	0.3
	120	驾驶员左耳	58.2	57.7	0.5
		右后乘客右耳	59.6	59.7	-0.1
粗糙路面	60	驾驶员左耳	64.5	59	5.5
		右后乘客右耳	63.2	59.4	3.8
	80	驾驶员左耳	65.3	62.7	2.6
		右后乘客右耳	64.7	63.2	1.5
	100	驾驶员左耳	68.1	65.7	2.4
		右后乘客右耳	67.4	66.3	1.1
	120	驾驶员左耳	69.7	68	1.7
		右后乘客右耳	69.1	67.7	1.4

4.2 静音绵轮胎路试

我们分别在合肥和芜湖两个不同的城市，各选择 1 台新能源车辆对贴静音绵轮胎进行实车路试。随后，技术人员定期对轮胎路试情况进行跟踪，测量沟深，记录行驶里程，查看轮胎外观是否完好，并将轮胎拆卸下来检查静音绵是否完好，同时和司机进行访谈询问静音绵轮胎的使用感受。

从收集的信息来看，跟踪实际行驶里程 2.5 万 km 以上，检查静音绵情况完好，驾乘体验良好，达到了预期效果，具体信息见表 4 所示。

表 4 静音绵轮胎路试跟踪

序号	规格	基本信息	运输区域	路况	安装时间	初始里程	路试情况跟踪		评估
		车辆照片					跟踪里程	路试总里程	
1	215/55ZR17 98Y		合肥市区	省道 / 高速等	2023.11	65 112	91 228	26 116	静音绵完好 静音效果明显
2	215/55ZR17 98Y		芜湖市区	省道 / 高速等	2023.11	33 827	59 602	25 775	正常使用 无任何异常

4.3 其他性能验证

轮胎产品都是经过了严格的标准测试、验证之后才推向市场的，确保轮胎全生命周期的使用安全性。轮胎贴合静音绵后对综合性能的影响也是我们主要研究的内容。

4.3.1 均匀性

半钢子午线轮胎对均匀性和动平衡性能有着较高的要求，轮胎的均匀性对车辆的操控性能、行驶稳定性、制动性能和油耗都有着重要的影响。如果轮胎不均匀，会导致车辆行驶不稳定，增加制动距离，增加

油耗等问题。因此保持轮胎均匀性对提高车辆性能和安全性具有重要意义。

静音绵一般为标准长方形，只要按操作步骤施工，成品在轮胎内部会非常规则，并且整体重量不超 300 g，对轮胎动平衡影响基本没有影响。

我们选取代表规格进行均匀性和动平衡测试对比验证，发现静音绵对均匀性动平衡影响较小，在可控范围内，满足要求，下表为静音绵轮胎与普通轮胎的均匀性数据对比（以 245/45ZR19 102Y XL EV 产品为例）：

表 5 静音绵对均匀性动平衡的影响

类别	序号	均匀性检测结果					动平衡检测结果		
		RFV	R1H	LFV	L1H	CON	Static	UPPER	LOWER
普通轮胎	1	14.27	8.02	8.27	5.61	-1.67	281.85	4.61	13.78
	2	11.21	7.80	5.11	3.85	2.05	647.90	19.20	13.14
	3	7.87	6.32	5.29	4.64	0.69	188.57	8.06	16.16
	4	7.96	5.10	3.02	1.72	0.53	300.90	17.36	12.97
	均值	10.33	6.81	5.42	3.96	0.40	354.81	12.31	14.01
静音绵轮胎	1	13.3	6.60	7.05	4.84	-0.21	474.57	15.03	5.92
	2	10.19	6.19	3.05	1.88	1.87	490.97	19.94	12.83
	3	7.19	5.49	4.23	3.37	0.83	479.05	29.76	12.03
	4	7.95	4.82	2.54	1.46	0.88	318.62	12.71	1.32
	均值	9.66	5.77	4.22	2.89	0.84	440.80	19.36	8.03

4.3.2 高速和耐久性能

产品加贴静音绵后销往市场，其室内高速性能、耐久性能也必须满足国标要求。贴合静音绵后对轮胎有一定隔热效果，需要评估静音绵对轮胎高速性能的影响。

经研究验证，V 级以下规格轮胎在贴合静音绵后，对高速性能影响不明显，但 V 级以上尤其 W 级及以上轮胎，贴合静音绵后高速性能的波动较大。为此我们对静音绵覆胶方式、覆胶厚度、宽度、静音绵的厚度、形状等进行优化验证，很好改善了静音绵轮胎高速波动问题，见表 6。

同样，需要评估静音绵对轮胎耐久性能的影响。经验证，静音绵对轮胎的耐久性能影响不是很明显，耐久性能均能通过公司的内控标准，且测试结束后，静音绵均保持完好，见表 7。

5 静音绵轮胎修补

静音绵轮胎在修补方面与传统轮胎并无显著差异，唯一的额外环节是在修补前需移除受损部位的静音绵。具体做法是：首先定位轮胎具体的受损点，移除该处的静音绵，然后对受损区域进行打磨，并涂抹专用的补胎胶水进而完成修补。修补过程中被移除非

表 6 静音绵对轮胎高速性能的影响

序号	规格	类别	测试结果 /min	损坏形式
1	235/45ZR18 98W	普通轮胎	87	轮胎胎面离层
		静音绵轮胎	86	轮胎胎面离层
2	255/50ZR20 109W	普通轮胎	87	轮胎胎面鼓包
		静音绵轮胎	80	胎体完好
3	255/45ZR20 105W	普通轮胎	81	轮胎胎面离层
		静音绵轮胎	90	胎体完好
4	235/50R19 99V	普通轮胎	102	轮胎胎面离层
		静音绵轮胎	93	轮胎胎面鼓包
5	235/45R19 95V	普通轮胎	114	轮胎胎面离层
		静音绵轮胎	90	轮胎胎体完好
6	245/45ZR19 102W	普通轮胎	95/92	轮胎胎面离层 / 胎面崩花
		静音绵轮胎	130	轮胎胎体完好

表 7 静音绵对轮胎耐久性能的影响

序号	规格	区分	测试结果 /min	轮胎外观
1	235/45ZR18 98Y	普通轮胎	83h30	轮胎完好
		静音绵轮胎	83h30	轮胎完好
2	235/45R19 95V	普通轮胎	83h30	轮胎完好
		静音绵轮胎	83h30	轮胎完好
3	245/45ZR19 102Y	普通轮胎	83h30	轮胎完好
		静音绵轮胎	83h30	轮胎完好

常小部分的静音绵，对整体静音性能的影响微乎其微。

6 结语

静音绵轮胎是为了适应新能源汽车性能需求而进行的工艺升级，通过对静音绵生产各环节的跟进和贴静音绵对轮胎性能影响研究，我们初步实现静音绵轮胎批量生产。进一步丰富和拓宽公司的产品线，满足市场需求的同时有效的提升公司的效益和顾客满意度。

Research on the application of sound-absorbing cotton in new energy vehicle tires

Hao Yunnan, Zhang Changlin, Fang Tao

(Double Coin Group (Anhui) Warrior Tire Co. LTD., Wuhu 241000, Anhui, China)

Abstract: This article takes new energy vehicle tires as the research object, elaborates on the sources of noise during vehicle driving, deeply explores the material selection, production process, size optimization, and performance testing of silent cotton, and analyzes its application in special tires for new energy vehicles. Finally, the significant advantages of silent cotton tires are revealed. The test results show that the silent cotton can effectively reduce the noise inside the tire cavity and significantly improve driving and riding comfort.

Key words: silent cotton; new energy vehicle tires; noise

(R-03)

