

芳纶帘线在半钢子午线轮胎中的应用及室外场地实验

赵淑霞, 秦增辉, 苟金峰, 李光亭, 尚荣武

(山东万达宝通轮胎有限公司, 山东 东营 257500)

摘要: 随着全球经济的飞速发展, 人们生活需求提高, 汽车进入普通家庭, 极大地方便了人们的生活。而轮胎是汽车与地面接触的唯一部位, 承载着车辆行驶中的安全性和驾乘舒适性。因此市场对轮胎性能提出了日益严格的要求, 对轮胎骨架材料的性能及要求也相应提高。本文叙述了半钢子午线轮胎的特点, 轮胎骨架材料的分类与骨架材料中芳纶帘线和其他帘线材料应用对比, 并进行了芳纶帘线在半钢子午线轮胎中的应用的室外场地实车实验, 为相关人员的研究提升一定的参考。

关键词: 芳纶帘线; 子午线轮胎; 应用实验

中图分类号: TQ336.1

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2024)03-0054-05

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2024.03.012

自 1895 年米其林首个充气轮胎问世, 轮胎制造业取得了快速发展与提升, 出现了许多优质轮胎, 全球轮胎制造商也相继建立起完整的、高效的生产线, 满足了汽车制造对轮胎的需求。进入新世纪, 随着我国汽车的普及, 汽车进入普通家庭, 越来越多的人开始追求高品质及环保轮胎, 并且越来越重视轮胎的骨架材料, 据相关研究显示, 使用芳纶帘线作为轮胎框架结构, 能降低纤维材料的数量, 降低生产成本。因此, 有必要在相关研究的基础上, 对芳纶帘线作为轮胎框架结构的轮胎进行实车使用实验, 为进一步研究提供实证依据。

1 半钢子午线轮胎的特点

半钢子午线轮胎是子午线轮胎的一种, 子午胎名字的得来是因为里面的钢丝的排布就像子午线一样交叉, 故得名。一般而言, 轿车胎都是半钢子午胎, 全钢一般是指卡车胎, 当然也有特殊的, 比如轻卡胎, 一般为半钢, 也有部分全钢的, 还有现在大力发展的全钢工程车胎。所谓半钢和全钢的区别, 半钢是指胎面部用钢丝来作为补强层, 胎体是用尼龙或者聚酯材料; 全钢, 除了胎面, 胎体也全部是用钢丝来承担力。子午胎是相对于斜交胎而言的。斜交胎的支撑受力(专业术语叫骨架材料)的主要材料是尼龙。

2 轮胎骨架材料的分类与芳纶帘线和其他帘线材料对比

在橡胶制品中, 骨架材料是其中的重要受力层, 决定了使用的性能、时间及价值。较为优质的骨架材质, 应具有以下性能: 抗疲劳; 高强度和模量; 蠕变、密度较低; 抗高低温、抗氧化以及能阻燃等特性。汽车轮胎的骨架材质一般有四种类型, 都有其长处与缺陷。

(1) 人造丝帘线有出色的耐高温性能, 且收缩性低, 其尺寸稳定性比锦纶及聚酯帘线更加优越, 因此在子午线轮胎胎体上的应用更加广泛, 可以提供更好的操纵性能。然而, 由于其湿强度较低, 容易导致生产过程中的污染。

(2) 聚酯帘线由于其有特殊特征, 其模量、硬度、伸长率、热收缩率、尺寸的稳定性以及干湿程度均较为理想, 耐疲劳、抗冲击特性远超过人造丝帘线, 然而, 随着温度上涨, 也可能出现胶解现象。

(3) 锦纶帘线也具有许多出色特性, 如较高的强度、较小的相对密度、发生滞后的亏损较小、较低的吸水率、较高的湿强度及良好的弹性, 它的耐屈挠性

作者简介: 赵淑霞 (1982-), 女, 主要从事轮胎原材料、成品轮胎检测及国家级实验室认证等相关工作。

收稿日期: 2023-09-08

能超过了人造丝的十倍,在抗疲劳方面也更胜一筹。然而,其最大问题在于具有较大的热收缩率,较弱的热稳定性及尺寸稳定性。

(4) 近几年,由于芳纶帘线具备良好的耐热、坚固、

高模量、不易变形,其应用范围越来越广泛,既可以减轻轮胎的重量,又可减小滚动摩擦阻力,同时还可改善轮胎的抗撕裂、抗磨损等性能。如表1,不同的骨架材料具有不同的特点。

表1 轮胎常用骨架材料的性能对比

项目	对位芳纶	钢丝	人造丝	锦纶66	聚酯
密度/($\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$)	1.44	7.85	1.53	1.14	1.38
分解温度(氮气)/ $^{\circ}\text{C}$	500	1600	200	255	260
抗张强度/MPa	2830	2550	780	960	1150
比强度/($\text{mN}\cdot\text{tex}^{-1}$)	1970	330	510	840	830
初始模量/GPa	80	160	18	6	14
比模量/($\text{N}\cdot\text{tex}^{-1}$)	55	20	12	5	10
热膨胀系数/ $\times 10^{-6}/\text{K}^{-1}$	-2.2	3.7	-	-	-
断裂伸长率/%	3.6	1.9	13.0	20.0	13.5
200 $^{\circ}\text{C}$ ×48 h后强力保持率/%	90	100	20	45	55
空气干热收缩率(160 $^{\circ}\text{C}$ ×4 min)/%	<0.1	0	1.0	3.8	5.0

根据表1的数据,芳纶帘线材料在-200~200 $^{\circ}\text{C}$ 之间依旧维持良好,即使在抗张强度不变的情况下,也能够显著降低橡胶制品的重量,从而满足极端环境的需求。芳纶帘线有着较好的抗蠕变、耐疲劳、热收缩低以及抗化学腐蚀特性,它不仅能够大幅提升橡胶的尺寸稳定性,还能够大大增加其使用时间,所以,芳纶帘线无疑十分合适作为轮胎的支撑材料。

3 芳纶帘线骨半半钢子午轮胎室外场地实验

随着芳纶帘线的优异特性,已被广泛应用于轮胎制造中,为检验其半钢子午线轮胎中的使用效果,进行了一系列的室外实车实验,以期获得更好的结果:

3.1 客观性能测试

客观性能试验是运用相关技术指标衡量车轮特性,包括噪声、干湿制动等,可以对轮胎骨架性能进行客观评价。

(1) 湿地制动功能

为提高湿地行驶的安全性,须对轮胎进行特殊处理。其中,最重要的是改善胎面花纹及配方设计。轮胎的花纹最重要的作用是用来排水,一般来说,V字形单导向花纹或者带有较深周边沟槽的直线型花纹能快速清除轮胎表面的积水,恢复行驶时轮胎表面和道路的接触。

(2) 干地制动特性

汽车行驶的路面最常见的是干地,在干旱的道路条件下提高干地性能,确保汽车行驶安全,显得尤为重要。通过干地制动测试,我们可以更好地了解轮胎的干地性能。为了提高轮胎的干地制动性能,可以采

取措施,如扩大胎面的触地面积,减小胶的硬度,以及其他措施。

(3) 通过噪声检测轮胎性能

为了有效地减少轮胎的噪声,设计者应该对其表面花纹及其组成部分进行改进。其中,可以使用变节距的技术,以减少轮胎滚行时产生的固有频率,并应用计算机模拟计算对节距进行优化,更好的抑制噪声。在经过严格检验的场景中,经验丰富的驾驶员可以清晰地观察到来自外界的各种噪音,包括轮胎发出的噪音。这些噪音能在胎体、车轮以及骨架中传播,也会和汽车的其他零件一起发生振动,增加噪音量。汽车驾驶员可以从轮胎的反馈信息中获得有关轮胎性能的信息进而检测轮胎的等级。例如在低速行驶中的嗡嗡声、在平坦道路表面的刺耳鸣叫。由于各种噪声,轮胎的设计变得更为复杂。通过提高轮胎面胶的厚度,同时尽可能减小三角胶的硬度,可以获得在粗糙道路表面噪音的消减,但这样做也轮胎的滚动阻力也会增加,从而损害汽车行驶的平稳与可控性能。

3.1.1 试验要求

(1) 在进行测试时,道路应该是光滑的。此外,在进行车外噪音检测和湿地制动时,道路也应该符合ISO标准。

(2) 在没有雨水和雾气的情况下,将实验的环境温度控制在5~40 $^{\circ}\text{C}$ 之间的范围,路面的温度控在在5~50 $^{\circ}\text{C}$ 之间的范围,其中路面温度基本稳定变化要小于10 $^{\circ}\text{C}$ 以下,同时,风速要小于5 m/s。

3.1.2 干地/湿地制动测试

(1) 测试仪器和要求:①使用的VBOX数据采集器必须具备以下功能:可以准确地检测出实际汽车的

瞬时速度、刹停时间以及刹停距离；②其检测速度以及距离的准确率必须达到 1% 以上，而时间检测准确率则必须达到 0.1 s 以上；③在检测刹停时，其检测踏板制动力准确率必须达到 1% 以上。轮荷仪的准确性必须保持在 ± 5 kg 的范围之内。

(2) 实验时对轮胎的要求：①测试轮胎必须按照轮胎生产商指定的位置安装，并且记录轮胎的宽度数。②轮胎的总成必须保证合理的动平衡。③对于新轮胎，在进行测试以前必须经过轮胎的磨合。轮胎的磨合程度大约相当于在一般公路上驾驶 100 km。④若安装旧轮胎，那么旧轮胎必须具备良好的花纹，其中花纹的深度要达到 50% 以上。⑤此外，在试验开始之前，轮胎必须预先行驶最少 5 km，以保证轮胎的温变。

(3) 轮胎的负荷要求：经过实验测试，轮胎的负荷指数不小于 $(65 \pm 5)\%$ ，其中，单个轮胎的负荷值不得低于负荷指数的 50%，不得高于 90%。

(4) 标准型的压力范围在 210 ± 10 kPa 之间，而增强型的压力范围则在 250 ± 10 kPa 之间。

(5) 试验的操作步骤：①在实验中，车辆起始速度要在 80 km/h 为宜，并将其制动速度稳定地操控到 80 ± 1 km/h 范围内。②当实验车辆进入实验范围，立即采取措施，将踏板力维持到 400 ± 50 N 之间，以确保汽车能停止。③在这项实验中，采用了一种单向的方法，并且要求重复完成五次。

(6) 整理记录每次试验的制动距离和时间。

(7) 测试的结果：经过 5 次测试，我们得出了轮胎的制动性能。在干地上，制动速度在 100 km/h 到 0 之间，而在湿地上，制动速度应该在控制在 80 km/h 到 20 km/h 之间为宜。

3.1.3 通过噪声测试

(1) 测试方法

当汽车发动机停止运行并在变速器空挡时，汽车分别按照 60 km/h、70 km/h、80 km/h 和 90 km/h 经过测试场所，观察它们经过的每个测量点时，麦克风上的最大声压强度。在不同的运动状态下，应该进行 3 次以上的测量。为了确保准确性，麦克风的安装应该在离地面 1.2 ± 0.02 m 的范围内，并且离车辆的正中央 7.5 ± 0.05 m。

(2) 测试结果

必须对测试的结果认真分析，画出压级和速度对数之间的回归曲线，从而可以获得 80 km/h 的声压级，并更好地反映出轮胎的噪音特性。

3.2 主观性能测试

主观性能测试是一种重要的汽车测试技术，它旨在评估汽车在户外环境下的行驶性能，包括轮胎的平顺度、振动和噪音水平、转向精度、操控灵活性以及稳定性等，以上都是汽车驾驶员非常重视的性能指标。

3.2.1 试验要求

在实验室中，对实验场所以及环境设备的要求要与客观性的能测验保持一致。

3.2.2 测试内容

(1) 测试项目内容。测试项目内容请参考表 2。

表 2 主观测试项目

测试的项目		测试的项目	
行驶过程平顺性	吸震的缓冲性能 隔绝感 路面感	转向性能	驻车 / 低速转向力 中心感 手应感
行驶过程振动与噪声	良路中振动 振动中噪声 花纹中噪声 行驶共鸣音		转向的响应 线性感
行驶过程操控性能	抓地力的极限 侧倾中的支撑 安心感	稳定性能	直线行驶中的稳定性 直线制动中的稳定性 转弯制动中的稳定性 车道变换中的稳定性

(2) 测试结果评分。通过十分制评分方法，将全部测试项目内容进行评分，将 7 分当做基准分， ± 0.25 分当做一个等级，将这些分数的平均分可以当做轮胎主观性能的最终分数，作为对轮胎实际性能的评定。从表 3 可以看出每个分值的独特含义。

表 3 各分值对应的含义

分值	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
含义	表示极差	表示差	表示较差	表示稍差	表示接受	表示合格	表示好	表示很好	表示极好	表示完美

3.3 测试数据对比

在这个户外环境中，使用的是 235/55R18 以及 255/50ZR19 两种不同的轮胎，并且为尼龙 840D/2 以及芳纶 1000D×1/ 尼龙 840D×1 这两类不同的冠带条帘线提供 4 条不同的轮胎配置。为确保实验准确性，使用的是同一个驾驶员和汽车，并沿着同一道路进行实验，以减少外界环境（如温度、湿度、风速）的变化，以确保实验的准确性。

3.3.1 客观数据对比

经过表 3 发现更换芳纶混纺帘线会使轮胎的干地制动效果稍微改善，但改善的程度并不明显。湿地制动以及通过噪音这两个帘线的效果各有利弊。研究表明，影响干地制动的关键在于胎面特点以及 60% 的接地覆盖面积。两个冠带条帘线轮胎的表面结构特点几乎一致，而 60% 的接地覆盖面积也几乎一致，这就使

得它们的制动效果几乎没有差异。两个冠带条帘线的胎面配方、花纹排水功能都对湿地制动有着重大的作用，这两种性能的一致性使得湿地制动性能基本一致。

通过进行客观的性能测试，我们可以看到相关的差异，详情请见表 4。

表 4 客观性能测试中的数据对比

试验的项目		235/55R18		255/50ZR19	
尼龙 840D×1	尼龙 840D/2	芳纶 1000D×1/ 尼龙 840D×1	尼龙 840D/2	芳纶 1000D×1/ 尼龙 840D×1	
湿地制动的距离 /m	29.49	29.89	25.08	24.90	
干地制动的距离	40.74	40.32	36.74	36.66	
通过的噪声性能 /dB	72.3	73	72.4	72.3	

3.3.2 主观数据对比

根据表 4 的两种不同的材料的主观性能测量结果，我们发现尼龙帘线与芳纶混纺的整体效果大致一致，

但是前者的转弯特性略胜一筹，而芳纶混纺帘线的操控流畅度、振动以及噪音等指标略占优势。根据实验，我们可以看到主观性能的差异，详情请参见表 5。

表 5 主观性能测试数据对比

试验项目		235/55R18		255/50ZR19	
		尼龙 840D/2	芳纶 1000D×1/ 尼龙 840D×1	尼龙 840D/2	芳纶 1000D×1/ 尼龙 840D×1
行驶	吸震缓冲	7	7.25	7	7.25
	平顺性	7	6.75	7	7
振动与噪声	路面感	7	7.25	7	7.25
	良路振动	7	6.75	7	7
	振动噪声	7	7.25	7	7
	花纹噪声	7	7	7	7
	共鸣音	7	7.25	7	7.25
操控性能	抓地力极限	7	7	7	6.75
	侧倾支撑	7	7	7	7
	安心感	7	7	7	7
	驻车 / 低速	7	7	7	7
转向性能	转向力				
	中心感	7	7	7	7
	手应感	7	6.75	7	7
	转向响应	7	7	7	7
	线性感	7	6.5	7	6.75
	直线行驶	7	7	7	7
稳定性能	稳定性				
	直线制动	7	7	7	7
	稳定性				
	转弯制动	7	7	7	7
	稳定性				
平均得分	车道变换	7	7	7	6.75
	稳定性				
平均得分		7	6.99	7	7

根据表 5 的结果发现，汽车的转向性能与轮胎的横向刚度以及肩部接触的印迹面积密切相关。当这些指标较高时，汽车的转向性能就会更优秀。相比之下，尼龙帘线的横向刚度以及肩部接触的印迹面积略微更高，这也会更有利于汽车的转向。汽车轮胎的径向刚性影响了汽车的行驶稳定性、振动以及噪音，其数值高的对汽车的这些特性越好。随着芳纶混纺帘线的径向刚度增加，可以快速地衰弱受到的冲击或进行传播，从而提升车辆的行驶稳定性、振动及噪音水平。经过比较，两种冠带条材质的性能几乎没有区别，因此它

们的主观性能几乎没有任何不同。

3.4 室外场地实车测试结论

经过精心挑选，选择的两种不同规格的尼龙与芳纶混纺帘线当做冠带条，并对它们开展主客观性能对比实验。经过对测试结果的综合分析，发现芳纶帘线能够提供出色的操纵性能，从而实现汽车工业的需求，并且能广泛应用在各种轮胎的生产中。

4 总结与展望

本文通过回顾半钢子午轮胎的特点，轮胎骨架材

料的基本分类,根据相关研究对芳纶帘线和其他帘线作为轮胎骨架材料的性能对比,并对芳纶帘线轮胎与其他轮胎进行了室外场地实车实验分析,从而使得以上研究结果。如今,市场中对于汽车轮胎有着更高的性能要求,也更加关注骨架材料的性能,然而市场上芳纶帘线应用依然有限,随着汽车轮胎行业的转型升级,芳纶帘线作为轮胎骨架材料将有更为广泛的应用。

参考文献:

- [1] 郭磊磊.低滚动阻力轿车子午线轮胎带束层设计优化[J].胎工业.2022(12):93-95.
- [2] 董林林.隔离剂对子午线轮胎胎体胶性能的影响[J].橡胶科技.2022(10):82-84.
- [3] 奚丰希.半钢子午线轮胎胎面导电胶挤出易中断问题及其导电可靠性研究[J].轮胎工业.2022(09):121-123.

Application of aramid cord in semi-steel radial tire and outdoor field experiments

Zhao Shuxia, Qin Zenghui, Gou Jinfeng, Li Guangting, Shang Rongwu

(Shandong Wanda Baotong Tire Co. LTD., Dongying 257500, Shandong, China)

Abstract: With the rapid development of the global economy and the improvement of people's living standards, cars have entered ordinary households, greatly facilitating people's lives. And tires are the only component of a car that comes into contact with the ground, carrying the safety and driving comfort of the vehicle. Therefore, the market has put forward increasingly strict requirements for tire performance, and the performance and requirements of tire skeleton materials have also been correspondingly improved. This article describes the characteristics of semi-steel radial tires, the classification of tire skeleton materials, and the comparison of the application of aramid cord and other cord materials in skeleton materials. At the same time, outdoor field experiments were conducted on the application of aramid cord in semi-steel radial tires, providing a certain reference for relevant personnel's research.

Key words: aramid cord; radial tires; application experiments

(R-03)

利好！重要轮胎市场需求复苏

Good news!The demand of the important tire market is recovery

2024年1月11日,信达证券发布一篇基础化工行业的研究报告。报告指出,美国进口需求较好,看好轮胎企业出海建厂。

美国市场: 替换市场需求较稳定, 配套市场明显复苏。

2023年11月,美国汽车零部件及轮胎店零售额为113.15亿美元,环比下降4.80%,同比上涨8.90%。

配套市场上,汽车供应链问题缓解,美国汽车销量持续恢复。

2023年12月美国汽车销量为145.42万辆,环比上涨17.05%,同比上涨12.97%。

美国进口市场: 2023年11月,美国进口PCR数量为1778.45万条,环比下降7.12%,同比上涨26.66%,比2021年同期上涨12.37%;

美国进口TBR数量155.26万条,环比下降0.76%,同比下降14.59%,比2021年同期上涨8.69%。

据分析,2022年美国进口数量受到累库、去库的影响,去库存已经基本结束;对比2023年和2021年的进口数量,2023年11月美国进口需求较2021年有明显涨幅,美国进口需求仍相对旺盛。

编自“轮胎观察网”

(R-03)