

# 轮胎力传递率试验影响因素的研究

官声欣,周涛,丁俊杰

(万力轮胎股份有限公司,广东 广州 510080)

**摘要:**研究轮胎力传递率试验的影响因素,包括轮胎充气压力、测试敲击方式、轮辋、生产批次和加速度传感器粘贴胶。结果表明:轮胎充气压力、测试敲击方式、轮辋、生产批次和加速度传感器粘贴胶对轮胎一阶频率有一定的影响,波动范围为1~4 Hz,其中轮辋的影响最大,测试敲击方式的影响较小;对空腔频率的影响相对小一些,甚至几乎无影响;对一阶幅值比和空腔幅值比均有影响。

**关键词:**轮胎;力传递率;噪声;振动;声振粗糙度

**中图分类号:**U463.341

**文章编号:**2095-5448(2023)02-0094-04

**文献标志码:**A

**DOI:**10.12137/j.issn.2095-5448.2023.02.0094



OSID开放科学标识码  
(扫码与作者交流)

车辆的噪声、振动与声振粗糙度(NVH)性能是衡量汽车质量的重要标准之一,轮胎作为汽车与地面接触的唯一部件,其NVH特性对汽车振动噪声有着重要影响,例如在汽车行驶过程中,当汽车内部的某个振动频率与轮胎的固有频率十分接近时,很可能造成车辆出现明显的共振和噪声问题。而具有良好的力传递率的轮胎对来自路面的激励相对不敏感,可减小路面对悬架的振动传递,有利于提高车辆的NVH性能<sup>[1]</sup>,同时轮胎力传递率也可以评价轮胎空腔的共振灵敏度。因此,准确的轮胎力传递率测试结果对诊断和优化车辆与轮胎的NVH性能意义重大。

本工作研究轮胎的充气压力、测试敲击方式、轮辋种类、轮胎批次和加速度传感器粘贴胶等因素对轮胎力传递率试验的影响,以便后续测试尽可能地降低这些因素对于测试结果的干扰,从而提升轮胎力传递率测试的稳定性与准确性。

## 1 力传递率试验方法

轮胎力传递率是指轮胎轴心输出力与胎面

**作者简介:**官声欣(1981—),男,广东揭阳人,万力轮胎股份有限公司研究院副院长,学士,主要从事半钢子午线轮胎产品开发和配套技术研究等工作。

**E-mail:**guanshengxin@wanliti.cn

激励力的比值,表征了轮胎对路面激励力的衰减能力。根据传递函数的互异性,轮胎轴心到胎面的传递函数等于胎面到轮胎轴心的传递函数<sup>[2]</sup>。将轮胎装配到轮辋上,充气后将轮胎用胶绳悬挂,令轮胎处于自由状态,按实际需要调节轮胎充气压力等试验条件。采用德国西门子公司设备,按顺序要求依次将数据传输线逐一与三向传感器连接,在轮胎轴心上下两侧分别粘贴1个传感器(记为M<sub>1</sub>和M<sub>2</sub>),在胎面中心粘贴传感器(记为M<sub>3</sub>),取x,y和z方向数据(x,y和z为轮胎坐标系,非传感器自身x,y和z方向,x为轮胎径向,y为轮胎胎面切向,z为垂直轮毂朝外),传感器粘贴位置见图1。

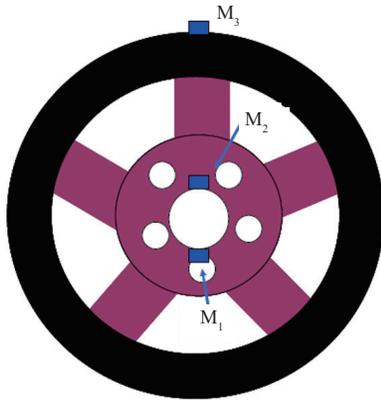
M<sub>1</sub>和M<sub>2</sub>的敲击点方向相反,在计算分析中,若令M<sub>1</sub>的敲击方向为正,则M<sub>2</sub>的敲击方向为负,需要变更传递函数的正负号,假设某点传递函数为H<sub>03</sub>,前面的字母表示激励点,0表示轮心,后面的数字为响应点,那么采用空间平均的方式可以得到式(1):

$$\begin{cases} H_{03} = (H_{13} + H_{12})/2 \\ H_{10} = (H_{21} + H_{22})/2 \\ H_{00} = (H_{10} + H_{20})/2 = (H_{11} + H_{12} + H_{21} + H_{22})/4 \end{cases} \quad (1)$$

通过式(1)计算得到轮胎的力传递率。图2示出了测试某款轮胎得到的力传递率曲线(幅值比为驱动和传递的频响函数的比值),第1个峰值频



(a)



(b)

图1 传感器粘贴位置

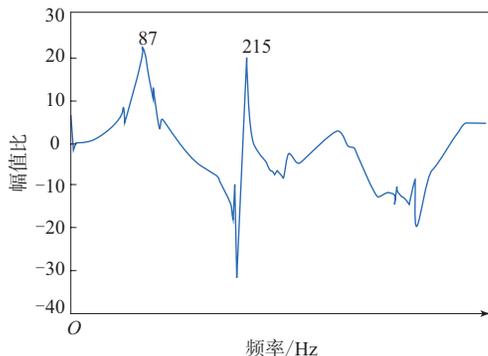


图2 轮胎力传递率曲线

率为87 Hz,为轮胎的一阶频率,第2个峰值频率为215 Hz,为轮胎空腔频率。

## 2 影响因素分析

### 2.1 充气压力

轮胎日常存放过程中,有时会使用堆叠存放方式,导致底部的轮胎承受更大的重力,从而造成轮胎漏气,充气压力降低<sup>[3-9]</sup>。因此在本试验中,通过控制变量的试验方法,在只改变轮胎充气压力的情况下对3个不同编号的轮胎进行力传递率测

试,结果如表1所示。

表1 充气压力对轮胎力传递率测试结果的影响

| 轮胎编号 | 充气压力/<br>kPa | 一阶频率/<br>Hz | 一阶幅<br>值比 | 空腔频率/<br>Hz | 空腔幅<br>值比 |
|------|--------------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| 7174 | 270          | 88          | 11.44     | 220         | 11.66     |
| 7174 | 250          | 85          | 11.29     | 219         | 10.50     |
| 6241 | 270          | 89          | 11.61     | 220         | 10.33     |
| 6241 | 250          | 86          | 11.58     | 218         | 10.28     |
| 7159 | 270          | 84          | 10.08     | 220         | 11.92     |
| 7159 | 250          | 82          | 9.53      | 218         | 10.98     |

从表1可以看出,随着充气压力的降低,同一条轮胎的一阶频率和一阶幅值比下降,空腔频率变化较小,可以忽略不计,而空腔幅值比下降。

### 2.2 测试敲击方式

不同测试人员有不同的测试习惯,敲击力度、敲击位置、敲击方法难以完全一致,测试敲击方式的不一致性可能会对轮胎力传递率测试结果产生一定影响。表2示出了测试敲击方式对轮胎力传递率测试结果的影响。

表2 测试敲击方式对轮胎力传递率测试结果的影响

| 轮胎编号 | 测试敲<br>击方式 | 一阶频率/<br>Hz | 一阶幅<br>值比 | 空腔频率/<br>Hz | 空腔幅<br>值比 |
|------|------------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| 7174 | 1          | 89          | 10.79     | 219         | 12.67     |
| 7174 | 2          | 89          | 10.69     | 219         | 12.73     |
| 6241 | 1          | 90          | 10.68     | 219         | 10.88     |
| 6241 | 2          | 91          | 10.64     | 219         | 11.10     |
| 7159 | 1          | 85          | 9.97      | 219         | 13.26     |
| 7159 | 2          | 86          | 10.15     | 219         | 14.08     |

注:充气压力为270 kPa。

从表2可以看出,测试敲击方式不同,部分轮胎的一阶频率有1 Hz的差异,一阶幅值比变化不大,空腔频率一致,空腔幅值比差异较小。可见测试敲击方式对轮胎力传递率测试结果的整体影响不大。

### 2.3 轮辋

轮辋种类也是轮胎力传递率试验中变化的因素之一,不同公司在测试轮胎力传递率时会根据产品设计需求安装不同的轮辋,而不同的轮辋会对轮胎力传递率测试结果产生一定的影响。表3示出了同一型号、不同结构和材质、不同质量的3种轮辋对轮胎力传递率测试结果的影响。

从表3可以看出,在保证轮胎充气压力稳定的情况下,使用同一型号、不同结构和材质、不同质量的轮辋会对轮胎的一阶频率和一阶幅值比产生

表3 轮辋对轮胎力传递率测试结果的影响

| 轮胎编号 | 轮辋代号 | 一阶频率/Hz | 一阶幅值比 | 空腔频率/Hz | 空腔幅值比 |
|------|------|---------|-------|---------|-------|
| 7174 | 1    | 85      | 9.41  | 219     | 9.46  |
| 7174 | 2    | 89      | 10.79 | 219     | 12.67 |
| 7174 | 3    | 88      | 11.44 | 220     | 11.66 |
| 6241 | 1    | 86      | 9.66  | 219     | 8.20  |
| 6241 | 2    | 90      | 10.68 | 219     | 10.88 |
| 6241 | 3    | 89      | 11.61 | 220     | 10.33 |
| 7159 | 1    | 81      | 9.63  | 218     | 9.79  |
| 7159 | 2    | 85      | 9.97  | 219     | 13.26 |
| 7159 | 3    | 84      | 10.08 | 220     | 11.92 |

注:同表2。

非常明显的影响,对空腔频率影响不大,但对空腔幅值比有一定的影响。由此推断,轮辋种类对轮胎力传递率测试结果有重要影响。

#### 2.4 生产批次

跟踪同一规格不同批次生产的轮胎力传递率,结果如表4所示。

表4 生产批次对轮胎力传递率测试结果的影响

| 轮胎编号 | 轮胎批次 | 一阶频率/Hz | 一阶幅值比 | 空腔频率/Hz | 空腔幅值比 |
|------|------|---------|-------|---------|-------|
| 7888 | 1    | 82      | 23.64 | 215     | 21.07 |
| 6847 | 2    | 83      | 23.87 | 215     | 22.15 |
| 8732 | 3    | 84      | 22.18 | 215     | 19.80 |

注:充气压力为250 kPa。

从表4可以看出,不同生产批次轮胎的一阶频率有1~2 Hz的差异,但空腔频率保持不变,这可能是由于轮胎结构或配方的调整、或者轮胎均匀性等问题导致。因此,保持轮胎结构和配方一致、均匀性良好,对轮胎一阶频率的稳定性有重要影响。

#### 2.5 加速度传感器粘贴胶

在进行轮胎力传递率试验时,需要在轮轴中心和轮胎胎面粘贴加速度传感器,用来读取激励和相应信号,常用粘土胶和蓝丁胶等粘贴胶进行粘贴,不同粘贴胶的厚度和粘度等参数不同,可能会对轮胎力传递率测试结果造成影响。表5示出了加速度传感器粘贴胶对同一条轮胎力传递率测试结果的影响。

从表5可以看出:不同加速度传感器粘贴胶对轮胎的一阶频率有1~3 Hz的影响,粘贴胶3对轮胎的一阶幅值比影响尤其明显;对空腔频率有1~2 Hz的影响,对空腔幅值比的影响较对一阶幅值比的影响小。

表5 加速度传感器粘贴胶对同一条轮胎力传递率测试结果的影响

| 粘贴胶代号 | 一阶频率/Hz | 一阶幅值比 | 空腔频率/Hz | 空腔幅值比 |
|-------|---------|-------|---------|-------|
| 1     | 86      | 20.62 | 215     | 18.40 |
| 2     | 87      | 19.66 | 214     | 17.39 |
| 3     | 89      | 17.85 | 213     | 17.24 |
| 4     | 87      | 19.88 | 215     | 17.75 |

注:同表4。

### 3 结论

轮胎充气压力、测试敲击方式、轮辋、生产批次和加速度传感器粘贴胶对轮胎力传递率测试结果的影响的研究结果表明:轮胎充气压力、测试敲击方式、轮辋、生产批次和加速度传感器粘贴胶对轮胎一阶频率均有一定的影响,波动范围为1~4 Hz,其中轮辋的影响最大,测试敲击方式的影响较小;对空腔频率的影响相对小一些,甚至几乎无影响;对一阶幅值比和空腔幅值比均有影响。在轮胎力传递率测试过程中要尽量避免上述因素的影响,以便能更准确地提供轮胎力传递率测试结果,用于车辆与轮胎相关性能的分析。

#### 参考文献:

- [1] 赵阳阳,李俊鹏,张芳. 车轮轮胎力传递率试验和计算方法研究[J]. 上海汽车,2015(12):24-28.
- [2] 白化同,郭继忠. 模态分析理论与试验[M]. 北京:北京理工大学出版社,1997.
- [3] 王国林,祁勤,梁晨,等. 轮胎充气压力损失仿真方法及其影响因素研究[J]. 橡胶工业,2021,68(10):729-734.
- [4] LIANG C,ZHU X Y,LI C D, et al. Simulating tire inflation pressure loss rate test by the ideal material method[J]. International Journal of Automotive Technology, 2019,20(4):789-800.
- [5] 王志勇,王明伟,冷德新. 12R22.5 152/149L无内胎子午线轮胎胎荷与充气压力的函数关系计算[J]. 橡胶科技,2020,18(12):678-681.
- [6] 朱昕宇. 轮胎充气压力损失仿真分析方法研究[D]. 镇江:江苏大学,2019.
- [7] JONATHAN E M, EDWARD R T, R CHRISTOPHER N, et al. Effect of measurement frequency and test duration on the inflation pressure loss rate of radial medium truck tires[J]. Tire Science and Technology,2015,43(4):325-337.
- [8] 王志勇. 胎体骨架设计对零气压轮胎性能的影响研究[D]. 青岛:青岛科技大学,2018.
- [9] 吉柳. 耦合温度场和氧化反应的轮胎充气压力损失仿真方法研究[D]. 镇江:江苏大学,2020.

收稿日期:2022-11-28

## Study on Influencing Factors of Tire Force Transfer Rate Test

GUAN Shengxin, ZHOU Tao, DING Junjie

(Wanli Tire Co., Ltd, Guangzhou 510080, China)

**Abstract:** The factors influencing the tire force transfer rate test were studied, including tire inflation pressure, test knock mode, rim, production batch and acceleration sensor adhesive. The results showed that all the studied factors had certain influence on the first-order frequency of tire, in which the rim had the most significant influence and the test knock mode had much less influence, and the fluctuation of the first-order frequency was usually 1~4 Hz. The influence of the factors on the cavity frequency was relatively small. It was also found that both the first order amplitude ratio and the cavity amplitude ratio were affected by the factors.

**Key words:** tire; force transfer rate; noise; vibration; harshness

### 《国家清洁生产先进技术目录(2022)》公布

2023年1月13日,生态环境部《国家清洁生产先进技术目录(2022)》(以下简称《目录》)公布。《目录》涉及20项清洁生产技术,其中包括多项化工相关清洁生产先进技术。

《目录》中的20项清洁生产先进技术主要应用于能源、冶金、焦化、建材、有色、化工、印染、造纸、原料药、电镀、农副食品加工、工业涂装、包装印刷等重点行业领域,其中包括工业用复叠式热功转换制热技术、大型跨临界二氧化碳冷热联供技术、具有纳米自洁涂层换热装备的焦炉上升管余热回收技术、包装印刷无溶剂复合加工装备与应用技术、硫化促进剂MBT清洁生产及硫化氢尾气回收循环利用技术、联碱工业煅烧余热回收应用于结晶冷却高效节能技术及装置、电石法氯乙烯合成用纳米型低固汞触媒循环利用技术、活性染料染色残液络合萃取盐水再生利用技术、典型重金属污泥矿相重构法资源化处置技术、汽液分流微负压蒸汽冷凝水回收技术、管式冷凝节能节水及多污染物脱除技术装备、合成革DMF废水低温高效精馏与两级MVR压缩机耦合节能减排技术12项涉及化工行业技术。

据了解,入选《目录》的技术要求节能、节水、节材、减污、降碳效果明显,主要技术、经济指标具

有先进性和适用性;达到实际应用要求,有已验收1年以上的成功应用案例;在行业内尚未达到广泛应用,具有推广潜力。

入选《目录》的硫化促进剂MBT清洁生产及硫化氢尾气回收循环利用技术申报企业河南开伦化工有限责任公司监事会主席刘志勇表示,我国是全球最大的橡胶生产和消费国,在橡胶助剂行业推广清洁生产技术意义重大,公司自主开发出硫化促进剂MBT清洁生产及硫化氢尾气回收循环利用工艺。该技术以苯胺、二硫化碳和硫黄为主要原料,采用改进的溶剂法合成硫化促进剂MBT,在合成工序采用高压反应釜,萃取过程采用全封闭回收循环系统,无废水产生;反应产生的硫化氢气体回收硫黄并作为原料实现循环利用,蒸汽可作为其他装置热源使用。与传统酸碱法工艺相比,该工艺吨产品节约用水20 t,降低能耗109.16 kg标准煤,减少二氧化碳排放量约283.81 kg。

生态环境部表示,《目录》的发布是为了加快减污降碳协同技术的应用推广,促进形成绿色生产方式,充分发挥清洁生产在深入打好污染防治攻坚战和推动实现“双碳”目标中的重要作用。

(本刊编辑部)