

综述·专论

轮胎均匀性和动平衡测试技术分析 及计量技术规范解读

王希光¹, 王克先¹, 闫国强¹, 刘信忠²

(1. 北京橡胶工业研究设计院有限公司, 北京 100143; 2. 中策橡胶集团股份有限公司, 浙江 杭州 310018)

摘要:介绍轮胎均匀性和动平衡测试技术及原理, 解释有关术语和定义; 对我国现行轮胎均匀性和动平衡测试相关标准和规范进行梳理; 对JJF 1839—2020和JJF 1840—2020两项轮胎均匀性和动平衡计量技术规范从设备命名、计量特性、校准条件、校准方法、测量不确定度等方面进行细致解读。

关键词:轮胎; 均匀性; 动平衡; 测试技术; 计量技术; 标准; 规范

中图分类号: TQ336.1; T-652

文献标志码: A

文章编号: 1000-890X(2022)08-0635-05

DOI: 10.12136/j.issn.1000-890X.2022.08.0635



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

轮胎均匀性和动平衡测试是轮胎出厂前质量控制的重要手段, 反映了轮胎在负荷下运转的力学性能波动和轮胎在动态下的质量不平衡性, 对车辆行驶的舒适性、安全性、操控性等有着重要影响, 对轮胎质量检验、质量分级、不合格品控制起到了重要作用, 因此受到汽车和轮胎行业的广泛关注。轮胎均匀性和动平衡测试多是通过均匀性和动平衡试验机, 在生产线上的最后一环对输送下线的轮胎自动进行测试。线上连续作业、测试试验量大是轮胎均匀性和动平衡测试的重要特点, 因此对测试技术和装备的准确性、可靠性要求较高, 否则将直接增大轮胎质量成本、生产成本和时间成本。

1 轮胎均匀性和动平衡测试技术简介

广义的轮胎不均匀性可以归因为3个方面, 一是尺寸偏差, 二是质量不平衡, 三是力波动^[1]。轮胎尺寸偏差由不圆度表征, 质量不平衡由动平衡表征, 力波动由均匀性表征。以下介绍轮胎均匀性和动平衡测试技术。

1.1 轮胎均匀性测试

轮胎在旋转下产生力的不均匀性。轮胎不均匀性由2个力的变量和2个力表征, 它们是径向力变量和侧向力变量(测试原理见图1), 角度效应力和锥度效应力(测试原理见图2)。径向力变量是轮胎在固定负荷半径和恒定速度下, 每转一周自身反复出现的径向力变化值; 侧向力变量是轮胎在固定负荷半径和恒定速度下, 每转一周自身反复出现的侧向力变化值。锥度效应是指不因轮胎旋转方向改变而改变方向的侧向力偏移, 这个方向是在轮胎制造过程中产生的; 角度效应是指随着轮胎旋转方向的改变而改变方向的侧向力偏移, 这个方向是由轮胎的带束层引起的。由于轮胎在制造过程中其结构与材料已决定这些因素, 因此这些力及其变量将伴随着轮胎直到损坏为止^[2-3]。

轮胎均匀性测试是通过轮胎均匀性试验机, 利用多分量传感器测量转鼓模拟路面上充气轮胎在一定负荷下运转而产生的径向力和侧向力波动, 通过记录这些力学变化的连续波形信号, 再将采集的数据由傅里叶变换等处理而得到试验结果。

作者简介: 王希光(1992—), 男, 河北保定人, 北京橡胶工业研究设计院有限公司工程师, 硕士, 主要从事标准化和计量技术研究和管理工作。
E-mail: bxywxg@126.com

引用本文: 王希光, 王克先, 闫国强, 等. 轮胎均匀性和动平衡测试技术分析及其计量技术规范解读[J]. 橡胶工业, 2022, 69(8): 635-639.

Citation: WANG Xiguang, WANG Kexian, YAN Guoqiang, et al. Analysis of tire uniformity and dynamic balance testing technology and interpretation of metrological technical specifications[J]. China Rubber Industry, 2022, 69(8): 635-639.

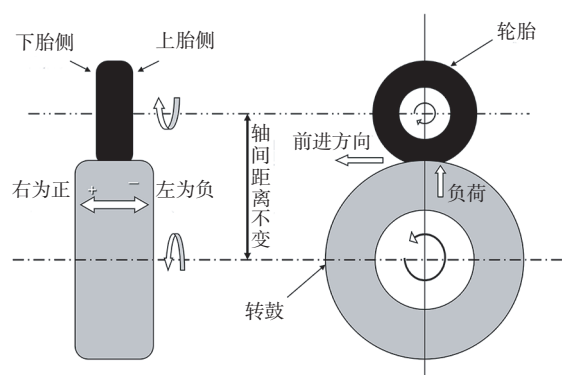


图1 径向力与侧向力变量的测试原理示意

Fig. 1 Schematic diagram of radial force and lateral force variable testing principle

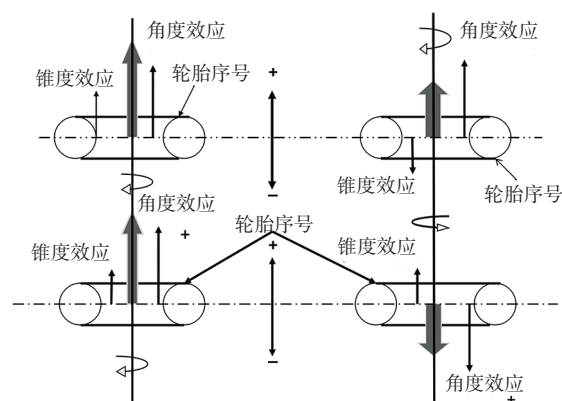
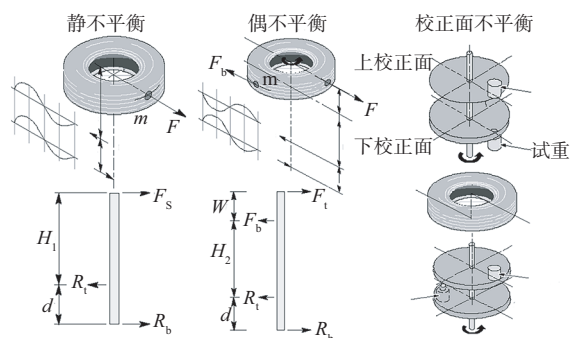


图2 角度效应力与锥度效应力测试原理示意

Fig. 2 Schematic diagram of angle effect force and taper effect force testing principle

1.2 轮胎动平衡测试

质量分布不均会使轮胎产生不平衡以及导致车辆在行驶过程中产生振动。动平衡试验机能够检测轮胎不平衡量,从而能够实现对轮胎质量分布不均进行修正。不平衡可分为静不平衡和偶不平衡。静不平衡量可以用1个试重平均分配到轮胎2个面来模拟,静不平衡是车辆在高速行驶过程中驾乘人员能够感觉到的车辆跳跃。偶不平衡则是相对于轮胎中心线形成了一对大小相等、方向相反的力偶,偶不平衡可以用2个质量相等的质子对称分布于轮胎的2个面上来表征,它是车辆在高速行驶过程中驾乘人员能够感觉到的车辆在摆动。动不平衡就是静不平衡与偶不平衡的组合。而校正面不平衡则是为了抵消不平衡量而定义的,将不平衡量等效到上下校正面,方便消除修正不平衡质量^[1,4]。各类不平衡受力原理见图3。



m 为轮胎不平衡质量等效在轮胎中心线的质子质量; F 为等效质子的离心力; H_1 为轮胎中心线到上传感器的垂直距离; d 为上下传感器之间的垂直距离; F_s 为等效质子的离心力; R_t/R_b 为上/下传感器收到的反作用力; W 为相对于轮胎中心线分布的2个质子之间的垂直距离; H_2 为下层质子到上传感器的垂直距离; R_t/R_b 为相对于轮胎中心线分布的2个质子的一对离心力。

图3 各类不平衡受力原理示意

Fig. 3 Schematic diagram of various unbalanced stress principles

轮胎动平衡测试是通过轮胎动平衡试验机,基于离心力原理测量充气轮胎在一定转速不平衡质量下产生的离心力对轮轴的反作用力,通过轮轴上下2个传感器测量值计算力和力矩,得到静不平衡量与力偶不平衡量,再等效计算到上下校正面,得到上下校正面的不平衡量。

2 我国轮胎均匀性和动平衡测试有关标准

正因轮胎均匀性和动平衡指标对轮胎质量起着重要作用,近年来形成了较为完备的轮胎均匀性和动平衡测试标准体系,目前我国现行的轮胎均匀性和动平衡测试有关标准如表1所示。

表1 我国现行的轮胎均匀性和动平衡测试有关标准
Tab. 1 China's current relevant standards for tire uniformity and dynamic balance testing

标准编号	标准名称
GB/T 18505—2013	汽车轮胎动平衡试验方法
GB/T 18506—2013	汽车轮胎均匀性试验方法
GB/T 25158—2010	轮胎动平衡试验机
JJF 1839—2020	轮胎均匀性试验机校准规范
JJF 1840—2020	轮胎动平衡试验机校准规范
HG/T 4799—2015	轮胎均匀性检验机
T/CMA HG 026—2021	轿车轮胎均匀性试验机 and 动平衡试验机校准用轮胎
T/CMA HG 027—2021	载重汽车轮胎均匀性试验机 and 平衡试验机校准用轮胎

以上标准中试验方法标准2项,设备产品标准2项,国家计量技术规范2项,选胎方法标准2项。2项试验方法标准的目的是指导和规范有关试验操作人员对轮胎进行动平衡和均匀性测试;2项设备产品标准的目的是指导和规范有关橡塑机械设备制造企业对轮胎均匀性和动平衡试验设备进行出厂检验与型式检验;2项国家计量技术法规的目的是指导和规范计量机构和用户对轮胎均匀性和动平衡试验机进行计量溯源和正确使用;2项选胎方法标准则是对以上标准中用于核查、检验、校准等的轮胎给出选择方法以及相应的技术支撑和参考依据。通过这一系列标准的制定,基本形成了国家标准、行业标准、团体标准相互支撑及协调统一的轮胎均匀性和动平衡测试标准体系。

3 2项国家计量技术规范解读

轮胎均匀性和动平衡试验机的2项校准规范JJF 1839和JJF 1840是由全国振动冲击转速计量技术委员会以国振计委第[2016]17号《2016年国家计量技术法规制(修)订计划》批复立项,由北京橡胶工业研究设计院有限公司负责制定的。经过形成草案、多次会议研讨、验证试验、征求意见、反复修改、审查报批等阶段工作,国家市场监督管理总局于2020年7月2日发布了JJF 1839—2020和JJF 1840—2020这2项国家计量技术规范,并于2021年1月2日正式实施^[5-6]。以下就这2项规范的内容进行解读。

3.1 命名和概述说明

JJF 1839—2020的轮胎均匀性试验机的命名与GB/T 18506—2013一致,也与国内外轮胎行业通用的命名相符,但HG/T 4799—2015《轮胎均匀性检验机》将其称为“轮胎均匀性检验机”,这2种命名仪器均指的是同一种试验设备。而关于是否称为轮胎均匀性检验机还是称为轮胎均匀性试验机也征询了行业专家和进行了会议讨论,大家认为命名为轮胎均匀性试验机为宜。该情况也征询了HG/T 4799标准的归口单位(全国橡胶塑料机械标准化技术委员会)和该标准起草人的意见,他们也认同本规范的轮胎均匀性试验机命名。JJF 1839—2020用于轿车轮胎和载重汽车轮胎均匀性试验机的校准,其概述一章主要简述了被校对象

的用途、原理和结构,还给出了轮胎均匀性试验机校准原理示意图。另外,对于目前行业中还在使用的轮胎高速均匀性试验机,本规范的轮胎均匀性试验机与其还存在一些不同,但本规范的轮胎均匀性试验的一些计量特性和校准方法轮胎高速均匀性试验机也可参照执行(目前轮胎高速均匀性试验机校准还没有国家规范),但本规范未将该类设备涵盖在内。

JJF 1840—2020的轮胎动平衡试验机的命名与GB/T 18505—2013一致,也与国内外轮胎行业通用的命名相符。唯一可能对本规范使用者造成困扰的是JJF 1151—2006《车轮动平衡机校准规范》的“车轮动平衡机”,车轮动平衡机和轮胎动平衡试验机是完全不同的2种试验设备:轮胎动平衡试验机是多用于轮胎生产线上的成品轮胎不平衡性能检测设备,可以线上自动检测并根据检测结果对轮胎进行分级与打点标识;而车轮动平衡机广泛用在汽车4S店和修理厂,以在装备车轮时先利用轮胎动平衡试验的标识,将气门嘴和轮胎的轻点相对装配,这样可利用气门嘴对应轮胎的轻点来抵消掉一部分不平衡质量,然后再用车轮动平衡机进行车轮动平衡试验,检测包含轮胎和轮辋等的车轮整体平衡性能,最后采用在车轮上加铅块的方式来消除车轮不平衡。因此这2类设备从原理、结构、用途等多方面均存在着显著不同。JJF 1840—2020适用于轿车轮胎和载重汽车轮胎动平衡试验机的校准,概述一章也主要简述了被校对象的用途、原理和结构,还给出了轮胎动平衡试验机校准原理示意图。

3.2 计量特性和校准条件确立

JJF 1839—2020确立了5项计量特性,包括:试验转速、试验气压、力测试系统、试验机不卸胎测量重复性和试验机卸胎测量重现性。JJF 1840—2020确立了7项计量特性,包括:试验转速、试验气压、不平衡质量、面分离比、重点(或)轻点标识角度、试验机不卸胎测量重复性和试验机卸胎测量重现性。计量特性依据相关试验方法标准和机械标准等要求提出,包括对被校对象所有可能的示值和量值。通过对规定的计量特性进行校准,可以确定被校仪器的计量性能。这2项规范计量特性的设立是出于如下考虑:试验转速和试验气压

等计量特性是试验机进行试验的重要试验条件;力测试系统和不平衡质量等计量特性是试验机的核心测量数据体系;试验机不卸胎测量重复性和试验机卸胎测量重现性等计量特性是对试验机的测量精密度评价。通过对试验机的重要试验条件确定、核心测量数据体系考察以及测量精密度评价,可从多层次多方面做好试验机的计量技术保障。

JJF 1839—2020的校准条件一章包含了“环境条件”“测量标准及其他设备”2个部分。“环境条件”规定了试验机校准的环境条件,其是指校准活动中对测量结果有影响的环境条件,该环境条件的要求与相关试验方法标准和机械标准等保持一致,意在校准时也应在试验机的正常使用环境条件下进行,同时在验证试验中对环境条件也设计了部分试验,以验证所选计量标准和确立的校准方法在规定环境条件范围内,不会对校准过程造成不良影响及不会对校准结果产生不利偏倚。“测量标准及其他设备”规定了使用的测量标准和其他设备及其必须具备的计量特性,且设计了验证试验和不确定度计算。

关于JJF 1839—2020和JJF 1840—2020校准条件有以下几点说明。

(1)2项规范均提到标准测试轮胎,规范中给出校准所用轮胎“应符合国内相关标准的要求”并注释了标准测试轮胎。目前T/CMA HG 026—2021和T/CMA HG 027—2021这2项团体标准已经发布实施,标准测试轮胎还可用于对试验机进行期间核查。

(2)JJF 1839—2020中选用了标准测力仪来进行力测试系统的校准,这与一些设备厂家原来用砝码的校验方法有所不同。标准测力仪较砝码而言,可以更加动态、全面的体现试验机力的全量程范围,而砝码一方面无法加载到较大的试验力,另一方面只能体现砝码固定的点而无法通过试验机设置力值自动加载校准,选用标准测力仪的校准方法和试验机的真实试验过程更为接近。

(3)JJF 1840—2020中6.2.6章节提到试重,试重在附录B中给出了相关解释和要求。B.1介绍了试重、用途并说明了质心所在位置,表B.1注特别说明了“所有试重安装后的重心距校正平面高度应一致”;B.2介绍了试重安装和使用,其参数应

正确引入试验机标定工作模式或验证工作模式;B.3和B.4则分别给出了试重的误差要求和规格数量。试重是特制的,是用以解决动平衡试验机量值溯源问题的中间媒介,但是质心位置、安装高度等参数是否正确引入试验机是保障其校准准确、可靠的关键。

3.3 校准方法和测量不确定度分析

JJF 1839—2020和JJF 1840—2020的校准项目包括了规定的试验机全部计量特性,校准方法优先采用国家计量技术规范以及国际、地区、国家或行业相关标准或技术规范中规定的方法。在相关试验方法标准和机械产品标准中对试验机的精度要求以及验证精度要求的方法等也作为计量规范制定时的参考依据。结合校准原理、方法、环境、设备等进行了试验机测量不确定度的评定,在2项规范附录均给出了校准方法和测量不确定度评定示例以作参考。

关于这一部分重点有以下几点说明。

(1)JJF 1839—2020中关于力测试系统的校准,前文也提到了该规范选用标准测力仪进行,值得注意的是标准测力仪应能正确作用于力测试系统的施(受)力中心,另外该规范校准方法中式(3)和式(4)一个是用试验机示值减去校准值的3次平均值,一个是用试验机示值的3次平均值减去标准测力仪的读数,这是由于方法中施受力的不同,一个是“待试验机径向力测试系统示值达到所取校准点时,记录标准测力仪上的读数”,一个是“待标准测力仪上读数达到所取校准点时,记录侧向力测试系统示值”,应予甄别。

(2)JJF 1840—2020中关于不平衡质量和面分离的校准,校准基于等效校准原理进行。该规范附录A阐述了利用等效校准原理校准不平衡质量,这是因为通过正常轮胎产生不平衡质量的位置不便于安装试重,因此将其位置等效到可以安装试重的位置,通过将该位置的质量等效计算出试验机不平衡质量产生的位置以模拟轮胎校正面上的不平衡质量,从而验证试验机的准确、可靠。因此等效校准的参数是否被正确引入试验机是其准确校准的关键。

(3)2项规范在气压、转速等校准方法中多次出现“保持转速30 s”“每20 s记录1次”“保压30 s”等,

即测试时间间隔较短,这是出于轮胎均匀性和动平衡试验本身要求试验时间较快,而试验机是生产线上的检验设备,要求试验快速的前提下保障测试结果准确、可靠,因此试验机校准也应该模拟真实试验过程,使试验机在短时间内快速达到稳定,准确读取数据。

(4) 2项规范关于试验机不卸胎测量重复性和试验机卸胎测量重现性的校准方法中,不卸胎重复测量是1条轮胎自动运输、润滑、转卡、充气后进行重复测量5次,对同一个样品由同一个试验人员操作,在相同的试验条件下在同一台设备上重复测量,一般称为重复性测量,而且这个重复测量还是在短时间内的操作;而重现性测量则可以改变操作人员,甚至在不同时间段、不同设备、不同实验室进行,这类测量称为重现性测量,对于均匀性和动平衡测量的卸胎重现性,则是通过对5条轮胎进行依次试验,一条完成后换下一条,规范中特意明确表述“将其依次编号,分别按1,2,3,4,5,1,2,……的顺序”测量。不卸胎测量重复性和卸胎测量重现性两者的方法应注意区别。

4 结语

轮胎均匀性和动平衡性能作为反映轮胎质量的重要指标,日益得到轮胎生产厂商、广大用户

和配套厂家的重视。随着JJF 1839—2020和JJF 1840—2020的发布实施,我国已经构建了较为完善的轮胎均匀性和动平衡测试标准体系,但是我国在轮胎均匀性和动平衡测试技术、仪器装备、数据计算方法等方面还存在着不少问题,导致测试结果一致性和可比性差、设备国产化率低、对轮胎生产工艺缺乏指导性。相信随着轮胎均匀性和动平衡校准规范的进一步改进,并通过标准测试轮胎研制、实验室间测试比对、大数据分析等技术的发展,我国轮胎轮胎均匀性和动平衡计量测试技术水平将在今后一段时期得到长足的进步。

参考文献:

- [1] 全国轮胎轮辋标准化技术委员会. 汽车轮胎动平衡试验方法:GB/T 18505—2013[S]. 北京:中国标准出版社,2013.
- [2] 全国轮胎轮辋标准化技术委员会. 汽车轮胎均匀性试验方法:GB/T 18506—2013[S]. 北京:中国标准出版社,2013.
- [3] 全国轮胎轮辋标准化技术委员会. 轮胎均匀性检验机:HG/T 4799—2015[S]. 北京:中国标准出版社,2015.
- [4] 全国橡胶塑料机械标准化技术委员会. 轮胎动平衡试验机:GB/T 25158—2010[S]. 北京:中国标准出版社,2010.
- [5] 全国振动冲击转速计量技术委员会. 轮胎均匀性试验机校准规范:JJF 1839—2020[S]. 北京:中国质检出版社,2020.
- [6] 全国振动冲击转速计量技术委员会. 轮胎动平衡试验机校准规范:JJF 1840—2020[S]. 北京:中国质检出版社,2020.

收稿日期:2022-03-03

Analysis of Tire Uniformity and Dynamic Balance Testing Technology and Interpretation of Metrological Technical Specifications

WANG Xiguang¹, WANG Kexian¹, YAN Guoqiang¹, LIU Xinzhong²

(1. Beijing Research and Design Institute of Rubber Industry Co., Ltd., Beijing 100143, China; 2. Zhongce Rubber Group Co. Ltd., Hangzhou 310018, China)

Abstract: The testing technologies and principles of tire uniformity and dynamic balance were introduced, and relevant terms and definitions were explained. China's current relevant standards and specifications for tire uniformity and dynamic balance testing were sorted out. Two metrological technical specifications of JJF 1839—2020 and JJF 1840—2020 were interpreted in detail from the aspects of equipment naming, metrological characteristics and calibration conditions, calibration methods and measurement uncertainty.

Key words: tire; uniformity; dynamic balance; testing technology; metrological technology; standard; specification