

# 轮胎的评价

Williams A R

(登录普轮胎有限公司 英国)

**摘要:** 轮胎评价是必要的,但非常昂贵。原配轮胎用户和车辆的拥有者希望提高轮胎的服务水平,原配轮胎制造商要求在轮胎制造以前经常鉴定轮胎的特性。这种趋势导致增加轮胎模拟方面的要求,因此需要评价模拟预测的真实性。在本文中,讨论了轮胎评价最近的发展趋势,包括室内和室外试验技术以及它们的相关性,以满足用数学描述来评价轮胎性能的要求。同时指出了用于轮胎评价所需的现代轮胎性能范围,而且建议轮胎试验的经济性是拥有仪器或者合作伙伴拥有先进的手段提供给车辆制造商,满足他们目前对轮胎提出的详细性能要求。

**关键词:** 轮胎;性能评价;试验

**中图分类号:** TQ336.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8171(2000)03-0135-05

轮胎试验耗时、昂贵且复杂。轮胎生产者希望所生产的轮胎达到或超过使用寿命和性能指标,避免轮胎结构设计和原材料之间的矛盾。此外,为了缩短轮胎和车辆的开发周期,工业上要求孤立地预测轮胎的特性且加强轮胎与所安装车辆的联系,而且这些工作能够在轮胎和车辆生产之前完成。

当这些开发工作面临挑战和竞争时,便需要根据“实际情况”从科学的角度对开发工作进行评价,以免误入歧途。这种能力面临着在有限元技术基础上轮胎数学模拟的复杂性的不断挑战以及轮胎试验设备设计的挑战。此外,为了获得这样的设备,经济上的支持是必不可少的。

在本文中,第 1 部分讨论轮胎室内试验技术,大致分为三方面:

(1) 产品的均匀性试验和评价;

(2) 使开发的轮胎达到结构上完整所需的开发性试验;

(3) 对特殊性能的室内评价,例如滚动阻力、噪声和舒适性等。上述试验的许多内容可以对轮胎单独进行或与车辆结合进行。

第 2 部分讨论轮胎和车辆的室外试验方法的开展情况以及试验场评价轮胎性能的最新发展趋势。介绍了在试验场的开发中合作伙伴的

引入,并提出了以此作为轮胎试验最经济的且在商业上恰当的方式。

第 3 部分简要地介绍了轮胎特性数学预测的研究以及未来对确保预测结果精确的试验仪器的要求。

## 1 轮胎室内试验

### 1.1 产品均匀性试验

一旦轮胎的规格确定了,产品的均匀性则是体现轮胎总体质量的关键因素,它取决于产品设计和制造的不同阶段。轮胎试验的范围取决于产品的用途和法规要求(见表 1)。

表 1 欧洲轮胎试验要求法规

轮胎品种	法规	测量项目
轿车轮胎	ECE 30	外缘尺寸
		高速转鼓试验(试验速度取决于轮胎速度级)
载重轮胎	ECE 54	外缘尺寸
		载荷/速度耐久性试验(47 h)
		高速耐久性试验[轮胎载荷指数不大于 121 以及速度级别大于 P (150 km h <sup>-1</sup> ), 1 h]
摩托车轮胎	ECE 75	外缘尺寸
		高速转鼓试验(试验速度取决于轮胎速度级)
		离心力试验[P 级轮胎(150 km h <sup>-1</sup> ) 以及上述斜交/带束斜交结构]

此外,还需控制产品的尺寸精度和胶料的物理性能。试验内容包括质量和外缘尺寸的测量以及对轮胎动态轮廓的研究和断面形状及形态的分析。

利用形态分析技术,轮胎的断面分析在最近几年得到了很大的发展。尽管非破坏性轮胎断面分析是可靠的且经济的方式,但部件位置仍无法得到确定。X光和CT检测技术已经得到广泛应用,但采用CT检测技术进行尺寸分析还没有推广。

相对于国际上通用的加工过程,轮胎法规规定了产品均匀性试验指标。人们希望这个复杂的课题在全球得到简化,目前这些正在“轮胎工业会议”中进行讨论。通常,轮胎制造者会以超出国际上的基本要求对其产品进行检测。

通过切割断面或其它方式进行的部件分析、轮胎中个别橡胶部件的样品分析以及轮胎动态性能评价都是目前常见的均匀性评估的基础。产品均匀性监测是在轮胎制造工序中而不是在专业实验室或测量部门中完成的。

## 1.2 轮胎试验开发

在产品开发过程中,评价轮胎结构性能的一些常用试验包括:

- (1) 高速——达到4侧倾角;
- (2) 高速/温升试验(载重轮胎);
- (3) 通常的结构试验;
- (4) 胎圈性能;
- (5) 压穿强度;
- (6) 轮胎充气膨胀;
- (7) 脱圈;
- (8) 胎体强度。

轮胎耐久性试验通常存在确定轮胎损坏时刻的问题。开发不同的非破坏性试验,例如人们常使用的有剪切曲线、全息照相、热分析以及超声波试验。

在轮胎室内试验中,为了进一步详细地检测,探讨轮胎损坏的根源是最重要的。在查明轮胎损坏方式或轮胎分解成碎块以前,使用不同设备进行检测,以尽快结束试验,如采用监测器和利用神经网络学的声音分析仪等设备观察分析来自于旋转轮胎的声音。这是一个统计分

析的领域,而且是一个复杂的在接近控制试验条件下对轮胎的损坏进行数学预测的领域。

## 1.3 轮胎和轮胎/车辆性能的室内评价

现在要特别强调的是,在充分装备的轮胎和车辆动态实验室中,利用广泛的装备给出轮胎性能特征。轮胎/车辆动态实验室典型的要求如下:

- (1) 载重汽车悬挂台架:测量滚动阻力以及商业轮胎转向力;
- (2) 轿车轮胎高速均匀性:测量速度达到 $300 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 时轮胎部件不规则的接触力;
- (3) 车辆底盘台架:由于侧向力测量车辆的底盘;
- (4) 轿车轮胎动态高速性:测量滚动阻力、转向力、松弛长度和回正力矩;
- (5) 具有可更换路面的四鼓滚动路面:振动和噪声评价;
- (6) 轮胎悬挂台架:没有装配在汽车上的轮胎在滚动路面上的运行试验;
- (7) 载重轮胎低速均匀性:由于轮胎部件原因,测量轮胎不圆度;
- (8) 轿车轮胎低速均匀性:由于轮胎部件的原因,测量轿车/摩托车轮胎不规则的接触力;
- (9) 万能台架:测量载重/轿车轮胎接地平面应力;
- (10) 负荷变形:由于载荷的原因,测量轮胎径向变形,轮胎结构和内腔气体承受的载荷大小的测量;
- (11) 激光轮廓测量:测量轮胎轮廓;
- (12) Hoffmann 玻璃平面:在转动条件下,可用肉眼观察轮胎的接触;
- (13) Trifilar 悬架:测量悬挂系统惯性力矩;
- (14) 热分析:测量轮胎表面生热;
- (15) 双麦克分析系统:噪声测量系统;
- (16) 振动声音分析系统:固定的和非固定的信号单元过程;
- (17) 正常声学通过性噪声系统:测量通过性噪声。

测量设备包括低速和高速均匀性测试仪,用来表征特殊的轮胎结构和行为。例如在平面

接触条件下和超过声学范围的轮胎均匀性的评价和对轮胎结构、利用表面光滑的成型鼓的胎面花纹在定型压力、刀槽形状以及粗糙的路表面等情况下的振动和舒适性的评价。

轮胎动态实验室应当能测量轮胎振动形式和在高频条件下噪声从轮胎/路面界面通过轮胎到车轮轮廓和悬挂系统的噪声的传递。在内部噪声的测量和预测中,轮胎/车辆/悬挂系统是研究的关键领域。例如,激光干涉仪技术被用于表征轮胎振动形式的特征,包括轮胎的胎侧和胎面。

最近,用于开展这项工作的早期设备已提高了精度,以对结果进行说明。可是,当这项工作完成时,仍然需要保留这个设备来监测传递到悬挂系统和车体的力,这里特别设计了力和力矩的测量装置,如 Kistler 装置。本研究的目的是了解从轮胎/路面的界面到车体的轮胎振动和噪声谱。

对车辆模型必不可少的动态轮胎评价的另一个重要领域是用轮胎力和力矩特点表征轮胎特性。用于上述测量的设备种类很有限,如 M. T. S. 的“平面拖动”设备,能得到的大多数设备考虑的只是轮胎自由滚动且无驱动或制动的条件。

为了建立用于特殊轮胎结构的“Pacejka 常数”,需要获得轮胎的力和力矩特征,而这需要相当长的试验时间和大量的轮胎样品。这种方法的实用性和在车辆模型与拖动试验方面与汽车性能关系的意义,已经成为欧洲轮胎和车辆生产的研究课题。但是,对这种轮胎数据的需求者范围越来越广泛,不仅有轿车制造商,而且有摩托车或许在将来还有载重汽车制造商。

未来的挑战不只是测量驱动和制动状态,还需要了解轮胎与基础面不同摩擦值的影响。假如摩托车轮胎具有非常高的弯曲条件,这样的要求可以鼓励设备制造商开发除 M. T. S. “平面拖动”类型以外的设备。这样先进的设备的经济性在于利用合作伙伴,这一方法与后面介绍的“试验场”所采取的方式是一样的。

这是平面拖动设备应用的一个例子,设备由美国阿克隆的史密斯公司提供,轮胎测量条

件依据现有的条件。

尚未通过的轮胎对路面噪声法规的引入,已经导致了利用具有粗糙表面的滚动路面模拟轮胎与路面的噪声界面,从而进行噪声测试的研究,这项研究在强调分析设备方面极为成功,满足了噪声的室内评价要求。例如声域设备的特殊转换以及近来的高速激光全息照相,开发了表面变形测量的能力,可帮助了解试验中滚动的轮胎所产生的噪声。这项研究最有价值的是从外界噪声测量的可变性中区分出或给出一个标准过程或标准如 ISO 10844 的书面说明。

轮胎滚动阻力对所有新开发的轮胎是一个重要指标,可采用标准试验程序(ISO 9984 或 ISO 8767)在实验室中测量。滚动阻力因数测量通常采集红外线辐射能,采用轮胎热分析仪。同样,路面颗粒对鼓表面产生的部分热能和热损失,在轮胎结构中与实际使用状况更相关。

众所周知,路面颗粒的几何形状对轮胎滚动阻力的大小起重要作用。对轮胎滚动阻力能量损失的研究将不仅与未来滚动条件相关,而且与轮胎实际使用的其它因素相关,或许包括车辆悬挂系统和抗振动的承载设计。

有经验的轮胎物理学家认识到,轮胎和地面之间的接地印痕是了解轮胎性能的关键部分。对轮胎接地印痕平面应力和力矩研究以及红外线测量仪的使用和接地压力的计算已使在试验中预测轮胎的磨损成为可能。

其它方法包括使用激光检测并生成整个轮胎子午线或侧向不圆度曲线,利用旋转轮胎在旋转鼓上而不是在鼓表面测量接地印痕的平面应力和力矩。激光技术在滚动轮胎变形形状的研究中起重要作用。

在结束室内轮胎评价过程的动态试验以前,应该提到已经开发的轮胎和车辆仪器。除车辆和零部件商开发的噪声机械外,滚动路面噪声实验室是相当重要的开发内容且能用于最终的轮胎/道路噪声的评价。其它还有动力的设备以及车辆惯性装置,这在车辆的特性中起重要的作用,因此要求输入车辆数学模型程序。

越来越多的轮胎制造商正在安装这样的设备,用于自己轮胎所要安装车辆的评价,以此作

为对用户的支持。这种设备适用于具有滚动路面的四鼓设备,既可以用于整车评价,也可用于悬挂系统的评价。

虽然尚未对载重轮胎性能进行详细的讨论,但也要求轮胎力和力矩性能以及静态稳定性,而且要求进行上面谈到的轿车轮胎的一系列测量项目。

## 2 室外试验

室外试验可分为两部分,轮胎磨耗评价和特殊性能评价,例如操纵性、湿滑性、拖动性、噪声和舒适性等。

在正常使用条件下,轮胎磨耗阻力通常必须满足最小指标,但更重要的是证明轮胎在整个寿命中磨耗均匀分布。传统的用于轮胎磨耗评价的运输试验不仅是经费上和时间的浪费,而且通常提供的只是有限的实际使用条件下的分布。此外,测量胎面花纹深度的传统方法不仅耗时而且不准确,不能给出用于决定轮胎性能潜能的全部数据。最近,激光检测设备已可从市场上买到,例如 Bytewise 的设备。

利用这个设备,在任何运输条件或空载的最初阶段,设计者能根据轮胎的全部磨耗特性和磨耗规律特点评价其潜力。具有路面平面应力和力矩测试以及热分析功能的这些测量设备已经成为轮胎磨耗早期评价的主要工具,轮胎磨耗的改进与改变结构和胎面花纹形式设计相关。

对于轮胎和轮胎/车辆评价的世界级试验场的要求如下:

- (1) 安全性;
- (2) 可得到的有关道路/产品当地的法律;
- (3) 良好的天气条件(1年的条件);
- (4) 特殊试验所需的试验跑道;
- (5) 充分考虑状况和安全性的良好的保持仪器;
- (6) 包含高速操纵性和耐久性以及低速操纵灵活性;
- (7) 直线湿滑性——制动/拖动,转弯湿滑性——稳定性、侧向性和操纵性;
- (8) 噪声产生机理;

(9) 舒适性评价。

这些要求在轮胎的一系列试验中是不可缺少的,评论条件包括热气候和极差的冬天条件,没有一个试验场的条件将满足所有工业的需要。

在严苛的冬季气候条件下,轮胎的评价是更复杂的课题,它也适用于热气候下轮胎的评价。模拟严苛的使用条件,并以此评价轮胎的耐久性或可以用来评价热气候下轮胎的越野性能。对这个问题的讨论,考虑的只是在西欧类型天气条件下轮胎/车辆的评价。试验场试验设施的基本用途如下:

- (1) 干燥操纵性和稳定性及湿制动性;
- (2) 长板滑动湿操纵性;
- (3) 侧向滑动性;
- (4) 通过时噪声(法律上);
- (5) 车内噪声;
- (6) 干制动性;
- (7) 振动试验(舒适性);
- (8) 高速耐久性试验。

在冬季条件下的轮胎试验包括:

- (1) 在冬季路面的操纵性;
- (2) 雪地/冰面的操纵性;
- (3) 不光滑路面操纵性;
- (4) 丘陵爬坡;
- (5) 冰面操纵性
- (6) 冰面上加速;
- (7) 冰面上用 ABS 制动;
- (8) 冰面上刹车制动性。

前面提到的试验场的开发,由于初始花费和持续不断的投入,最好利用合作伙伴的条件。这里给出一个理想的范例,多年来,登录普轮胎公司同汽车工业研究协会(MIRA)联合其它的零部件和车辆制造商改进他们的设备。这些设备的优点在于经济而且技术先进。

如果能较好地利用试验场,那么测试结果的重现性较好。同样,可较好地使零部件和车辆制造商两者的测试方法达成一致,而不必进行复杂的相关性试验。这种试验通常是昂贵的,一般不进行。利用共同的地方试验场进行产品开发具有显著的优点,可在开发过程中减

少经费和节省时间。

登录普公司与工业和政府的合作伙伴在其开发的 MIRA 试验场进行了特殊项目的开发, 试验包括干操纵性、循环稳定性、湿制动设备的直线性、转弯特性以及湿操纵稳定性的测试。每种测试仪器不仅能适应轿车和摩托车, 也能适应轴载荷达到 130 t 的载重汽车, 而且能适应速度不断增大和可预知的未来其它车辆。

关注 15 年的开发历程是有趣的, 开始时, 干操纵性对于车辆是关键性的因素, 然后是开发 ABS 系统的湿滑特性以及后来的转弯稳定性和现在的湿操纵性。在一段时间内, 由于测试仪器的出现, 上述所列轮胎和车辆的性能已经得到明显的改进。同样有趣的是, 由于这些设备的出现, 零部件和车辆制造者的认识和应用经验在这几年中已经大大提高了。

### 3 轮胎模型和轮胎评价过程的相关性

近来, 对提供轮胎性能和汽车性能数学模型的需求日益迫切, 这已多次被提到。最基本的需求是保持数学模型与实际情况一致, 而这将有可能改变试验的一些方法, 最终肯定会要求在进行测试的同时实际采用数学模型进行特殊轮胎性能的预测。采用这种方法, 可使轮胎的测试结果与实际和预测结果进行对比, 同时允许改变模型以显示轮胎对于物理条件, 如速度、载荷、压力等的敏感性。其目的是保持总体上方法先进, 且今天能在某些领域完成。在轮胎技术的理论上和实际上比较, 这个原则有一定作用, 以确保预测工作的现实基础。在工业界, 轮胎模型的基础是有限元分析, 常用两种方法用以预测轮胎的静态和动态特性。

目前对轮胎结构特性能给出合理的预测,

但是, 一直有改变材料常数的要求。近来, 对轮胎动态性能预测研究的成果已非常令人鼓舞, 采用这种方法可以明显地减少为推导 Pacejka 常数而要求的实际轮胎试验所需的昂贵费用和时间消耗。

动态有限元分析技术的新领域是预测强调胎面设计的弹性流体力学润滑现象。在这种特性预测研究中, 尚未解决的是路面形态。为了协助这项工作, 体现形态的路面模型已经建立, 它可以从数学上描述。该模型将也用于研究模拟在轮胎/路面之间外部噪声的产生, 这对高速公路起越来越重要的作用。

轮胎模拟要求参照整车模型, 而更多的车辆制造商要求在制造的初期用模型的形式运转制版的车辆。为了对操纵性和稳定性进行准确的模型预测, 要求精确的轮胎模型。最终的目的是从轮胎设计图纸阶段开发一个恰当的数学模型, 它可以同 ADAMS 类似的车辆模型接口运算。

### 4 结语

本文试图描述评价轮胎所采用的最新技术和方法。轮胎的评价是昂贵的, 且耗时, 又必须考虑减少新轮胎和车辆开发的费用和时间的需要。

到目前为止, 数学模型越来越成功, 然而, 它需要实际试验的指导, 以使预测的结果足够精确。这种趋势来自于车辆制造者对这种信息的不断需求。同样, 本文也指出了轮胎/车辆试验设备对合作伙伴的需要, 以满足对不只是最小的花费而且也是最有效和最少的校准试验的要求。

收稿日期: 1999-09-09

## 我国首条沙漠高速公路开工

中图分类号: U412.36<sup>+</sup>6 文献标识码: D

国家能源重化工基地和国家生态农业示范区建设的重点项目——榆靖(榆林-靖远)高速公路近日开工。

据介绍, 榆靖高速公路全长 115.9 km, 总投资 17.5 亿元, 是陕西榆林地区连接省会西安

及银川和太原的重要干线, 也是目前我国开工建设的第 1 条沙漠高速公路。建设该高速公路, 对于落实国家关于开发大西北的战略目标, 加快榆林生态农业示范区的建立和靖远油气田的开发, 完善陕西乃至全国公路网结构, 具有十分重要的意义。

(摘自《中国汽车报》, 2000-01-05)