

新技术

不同厂家轮胎动平衡试验机测量结果分析

杭柏林, 孟 鹏, 东野广俊

(青岛高校软控股份有限公司, 山东 青岛 266045)

摘要: 本文详细介绍了轮胎动平衡的测试方法, 并采用相同的轮胎, 在不同厂家生产的轮胎动平衡试验机上进行了测试, 将测试的结果经统一单位表示后, 对测试结果进行了对比分析, 确定各厂家对轮胎测试的结果和精度是一致的。

关键词: 静不平衡量; 偶不平衡量; 动不平衡量; 测试

1 轮胎动平衡试验机现状和市场需求

近年来, 我国汽车工业、公路建设、公路运输得到迅猛发展。从“八五”开始的子午线轮胎及原材料引进、消化一条龙工程项目的实施, 成功地推进了我国子午线轮胎生产的发展。经过十几年的实践, 轿车子午线轮胎的产量、使用量、质量都有了相当大的提高。与此同时, 轿车普及率的迅速提高对轿车子午线轮胎的质量也提出了新的要求。

国外工业发达国家进行轮胎动平衡试验研究, 开始于上个世纪 70 年代, 10 年后迅速扩大应用。从可收集到的资料分析, 其多数应用于轿车轮胎。轮胎动平衡试验机有在线和实验室检测两种。美国、德国、日本、意大利的轮胎动平衡试验机行销世界各国。动平衡工艺成熟, 设备运行可靠。

我国进行轮胎动平衡试验相对于工业发达国家较晚, 且绝大多数应用于子午线轮胎。行业规定动平衡试验对于子午线轮胎是必检项目。到目前为止, 我国轮胎企业使用的在线式轮胎动平衡试验机几乎全部是进口产品。我国的子午线轮胎产量要发展, 质量要提高, 要进行动平衡量的标定和修正, 已经得到大轮胎企业的重视和认同。

在欧美发达国家, 检测设备早已成为各大轮胎生产厂家生产高品质子午线轮胎的必备关键设备。这可以从美国阿克隆标准公司的动平衡试验机销售情况看出: 阿克隆公司目前在全球销售动平衡试验机最多, 而且绝大部分市场在欧美发达国家。其它如美国 MTS、德国科尔曼、德国依科特朗、日本神户制钢、日本三菱、日本国际计测器

等公司也生产检测设备, 主要包括: 动平衡试验机、均匀性试验机、偏心度试验机、X 光机、里程试验机等, 它们在全球也都有较大的销量。因此可以看出检测设备在所有轮胎设备中同样占有相当重要的地位。

随着我国汽车工业的迅猛发展, 子午线轮胎 2004 年产量达 10400 万条, 按照行业规定, 子午线轮胎必须进行动平衡检测, 则需要上百台这样的检测设备。根据我国轮胎企业该类设备的拥有情况及子午线轮胎产量, 以在线检测动平衡试验机为例, 对年产 8600 万条轿车、轻卡子午线轮胎, 按 30s(含维护时间)检测一条胎, 每天工作两班 16h 计、每年工作 350 天计, 每台年检测能力约 67.2 万条, 则需要 120 多台轮胎动平衡试验机, 而国内现在的设备仅有几十台。对年产 1800 万条载重子午线轮胎, 按 50s(含维护时间)检测一条胎, 每天工作两班 16h 计、每年工作 350 天计, 每台年检测能力约 40.3 万条, 则需要 40 多台, 而国内现在的设备仅有几台。到 2010 年, 根据行业预测子午线轮胎需求量 20640 万条, 其中载重子午线轮胎年产 3710 万条, 轿车、轻卡子午线轮胎 16930 万条, 平均每年增长 2048 万条。预计市场需求为每年 30 多台。随着市场对子午线轮胎质量要求的提高, 市场竞争的加剧, 新的子午线轮胎产品标准的颁布实施, 该产品将会拥有更好的推广使用前景。随着子午线轮胎动平衡试验机的不断完善, 打入国际市场的前景也存在。因此动平衡试验机具有广阔的市场空间。

2 轮胎动平衡试验机测量的方法

轮胎动平衡试验机是检测子午线轮胎静、动不平衡量的专用设备。该设备能检测出轮胎的静不平衡量、不平衡力偶量、上、下两平面的不平衡量及相位,不仅能科学地定标轮胎的质量分布和平衡质量,而且能用来指导对轮胎的不平衡校正,使轮胎的剩余不平衡量达到最小值,从而达到改善、提高轮胎平衡质量的目的。

2.1 不平衡量的介绍

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。轮胎本身固有的是静不平衡及偶不平衡。静不平衡及偶不平衡的组合就是我们通常所说的动不平衡。质量不均匀的轮胎在转动过程中出现的振动归结为两种失衡现象,即轮胎上下颠簸和轮胎左右摆动,这分别是由静不平衡量和偶不平衡量引起的。

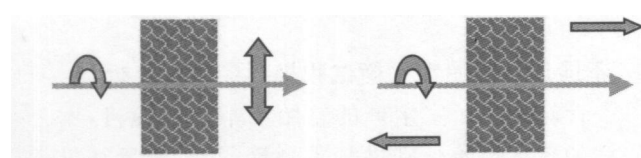


图1 轮胎旋转时的两种失衡现象:上下颠簸和左右摆动

1. 静不平衡量

根据《汽车轮胎动平衡试验方法》(GB/T 18505-2001)标准的定义,静不平衡量就是轮胎质量乘以重心偏心距。

汽车轮胎是一筒状断面的圆环型旋转体,是由多层带有钢丝帘线的橡胶预制材料、复合橡胶预制材料经贴合、成型、硫化定型而成。这样就可能产生材料的不均或质量偏心即静不平衡量。根据力学原理,存在静不平衡量的轮胎在高速旋转情况下必定会产生交变的径向力,从而引起汽车的振动、噪声,影响汽车运行的速度、舒适度或平稳度。严重的会损坏汽车零部件,甚至会引发交通事故。

静不平衡量就是车辆在高速行使过程中,乘客能够感觉到车辆在跳跃的那种感觉。

2. 偶不平衡量

相对于轮胎中心线的离心力形成了一对离心力,它们大小相等、方向相反,且不在一个平面上,这就叫做力偶。

偶不平衡量就是车辆在高速行使过程中,乘

客能够感觉到车辆在摆动的那种感觉。

3. 动不平衡

动不平衡就是静不平衡与偶不平衡的组合。动不平衡就是车辆在高速行使过程中,乘客既能够感觉到车辆在跳动又在摆动的那种感觉。

2.2 不平衡量的测量方法

静不平衡量在轮胎上平面的模拟质量块与偶不平衡量在轮胎上平面的模拟质量块的合成,就是上不平衡量。同理,静不平衡量在轮胎下平面的模拟质量块与偶不平衡量在轮胎下平面的模拟质量块的合成,就是下不平衡量。如图2所示。

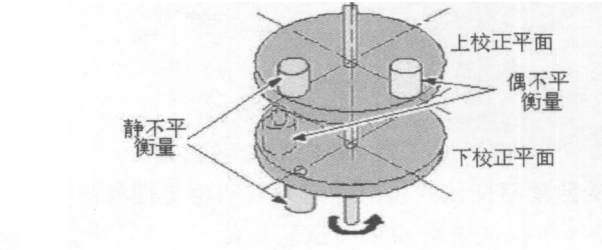


图2 不平衡量分解到轮胎上、下两个平面

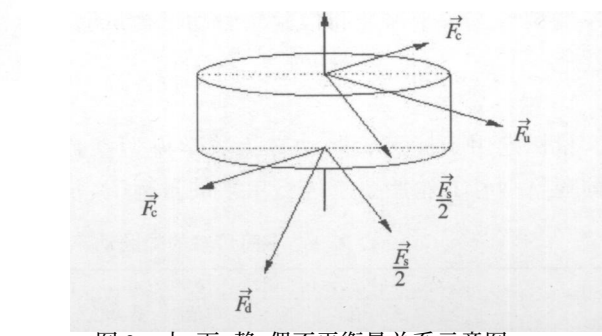


图3 上、下、静、偶不平衡量关系示意图

由图3得,其中是 $\vec{F}_u$ 上不平衡量,是 $\vec{F}_d$ 下不平衡量,是 $\vec{F}_s$ 静不平衡量,是 $\vec{F}_c$ 偶不平衡量:

$$\frac{\vec{F}_s}{2} + \vec{F}_c = \vec{F}_u \tag{1}$$

$$\frac{\vec{F}_s}{2} - \vec{F}_c = \vec{F}_d \tag{2}$$

由式(1)、(2)可知,求静、偶不平衡量的过程可以归结为对上、下不平衡量的求解,只要得到了上、下不平衡量,则可以求出静、偶不平衡量。

根据《汽车轮胎动平衡试验方法》(GB/T 18505 2001)的定义,静不平衡量和偶不平衡量是汽车轮胎本身固有的;把静不平衡量和偶不平衡量人为地分解到两个校正平面上,用一个合成的力来代替,即校正面上的不平衡量是由静不平衡

量和偶不平衡量分解在校正平面上的分量的矢量和;上、下、静、偶不平衡量的关系如图 3 可知,得到了上、下不平衡量就可以得到静、偶不平衡量。

2.3 力分解的不唯一性

如图 4,力 $\vec{F}$ 可以由 $\vec{F}_1$ 、 $\vec{F}_3$ 矢量相加得到,也可以由 $\vec{F}_3$ 、 $\vec{F}_4$ 矢量相加得到,反之可以说 $\vec{F}$ 可以分解为 $\vec{F}_1$ 、 $\vec{F}_2$,也可以分解为 $\vec{F}_3$ 、 $\vec{F}_4$,易知, $\vec{F}$ 的分解不唯一, $\vec{F}$ 可以进行任意的分解。

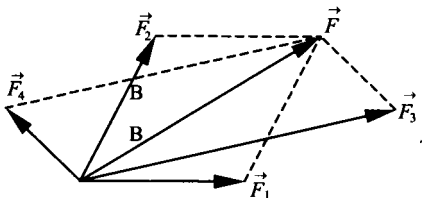


图 4 力分解的不唯一性示意图

3 轮胎动平衡试验机的标定方法和稳定性检测

为了保证轮胎动平衡试验机的可靠性、稳定性、数据的准确性,采用了量标定、零模式校正、 $M \times N$ 测试等方法来保证和检验轮胎动平衡试验机的性能。

1. 量标定

量标定用于标定轮胎动平衡数学模型参数,不同规格型号的轮胎要求进行单独的量标定,量

标定的结果是确定动平衡不平衡量的大小,每种规格的轮胎有不同的物理参数,在对某一种规格的轮胎进行测量前进行标定。

2 零模式校正

零校正主要用于线性度的验证,它是一种回归性的检验方法,检验量标定与偏心补偿计算结果的准确度,根据已标定的动平衡测量参数和系统自身的不平衡量,用一个预先已知的试重砝码加载于轮辋上,其数据结果应当为加载的试重砝码的质量,允差为 $\pm 2\%$ 。

3. $M \times N$ 测试

$M \times N$ 测试用于检测设备的重复稳定性,本测试对 5 条轮胎进行按顺序重复测量,测量的结果的极差值应满足:最大值 M_{ax} - 最小值 $M_{in} \leq 5g$ 以内,则认为本设备有良好的准确性和重复性。 5×5 报表附后。

4 不同厂家轮胎动平衡试验机测量数据分析

针对不同厂家生产的轮胎动平衡试验机,用同样的 5 条轮胎分别进行了测量,并对测量结果进行了对比分析。见表 1、表 2,分别为使用日本公司、美国公司、青岛软控生产的轮胎动平衡试验机对同样的 5 条轮胎进行测量得到的数据。

表 1 不同厂家的轮胎动平衡试验机对 5 条轮胎的测量结果汇总

胎号与厂家	上不平衡量			下不平衡量			静不平衡量			偶不平衡量		
	最大值	最小值	均值	最大值	最小值	均值	最大值	最小值	均值	最大值	最小值	均值
1号胎	美国公司	20.9	15.6	18.5	18.1	15.3	16.7	35.4	25.3	32.5	4.6	3.2
	日本公司	10.9	8.5	9.5	27.4	24.9	26.2	33.6	33.0	33.4	9.0	7.0
	青岛软控	15.3	13.7	14.5	24.3	21.3	22.7	33.5	31.0	32.5	15.6	12.7
2号胎	美国公司	28.4	21.2	25.3	3.2	1.0	1.8	27.9	24.3	26.3	14.4	9.1
	日本公司	30.2	29.0	29.4	9.0	6.8	7.9	21.8	21.4	21.6	19.0	18.0
	青岛软控	19.5	17.7	18.7	6.7	3.6	5.3	23.1	20.6	21.8	14.8	11.6
3号胎	美国公司	20.1	17.6	18.6	21.7	20.1	21.0	36.5	35.0	35.9	9.3	7.4
	日本公司	13.2	11.1	12.1	25.8	22.4	24.4	33.8	32.4	33.3	8.0	6.0
	青岛软控	15.3	14.7	14.9	18.4	15.4	17.0	30.3	27.1	28.6	10.5	6.9
4号胎	美国公司	20.1	17.8	18.9	10.1	7.1	8.5	24.7	22.6	23.9	9.0	8.2
	日本公司	15.7	14.9	15.3	10.6	9.1	10.1	20.8	19.8	20.3	8.0	6.0
	青岛软控	15.5	13.4	14.5	7.1	2.4	5.2	19.4	15.9	18.0	12.0	6.7
5号胎	美国公司	29.3	25.7	27.4	35.3	33.1	34.3	59.3	57.5	58.3	12.0	9.0
	日本公司	19.5	16.2	17.9	43.8	42.1	43.2	56.6	55.6	56.0	15.0	13.0
	青岛软控	21.2	20.1	20.6	32.5	30.2	30.8	47.9	45.6	46.6	16.3	11.9

上不平衡量、下不平衡量是静不平衡及偶不平衡量人为地等效分解在校正平面上的用于测量

和校正的量,根据平行四边形法则,一个力可以有多种分法,不同的分法其分力有不同的结果,不是

轮胎所固有的。通过上表可以看出,各厂家轮胎动平衡试验机测得的上不平衡量、下不平衡量的数值差异很大,是不具可比性的,因为上不平衡量、下不平衡量就是静不平衡与偶不平衡的组合,它可以用模拟静不平衡及偶不平衡的试重组合来表示。上不平衡量、下不平衡量是等效分解到上、下校正平面上的合成量,根据力可以进行任意的分解的原理,上不平衡量、下不平衡量可以是不同的。各厂家轮胎动平衡试验机在设备结构、分解算法、数学建模等方面的不同,上不平衡量、下不平衡量可能是不同的。但是,轮胎的静不平衡量

表 2 不同厂家的轮胎动平衡试验机对 5 条轮胎的测量结果的精度分析

胎号与厂家		上不平衡量			下不平衡量			静不平衡量		
		最大值	最小值	差值	最大值	最小值	差值	最大值	最小值	差值
1号胎	美国公司	20.9	15.6	5.3	18.1	15.3	2.8	35.4	25.3	10.1
	日本公司	10.9	8.5	2.4	27.4	24.9	2.5	33.6	33.0	0.6
	青岛软控	15.3	13.7	1.6	24.3	21.3	2.9	33.5	31.0	2.5
2号胎	美国公司	28.4	21.2	7.2	3.2	1.0	2.2	27.9	24.3	3.6
	日本公司	30.2	29.0	1.2	9.0	6.8	2.2	21.8	21.4	0.5
	青岛软控	19.5	17.7	1.7	6.7	3.6	3.1	23.1	20.6	2.4
3号胎	美国公司	20.1	17.6	2.5	21.7	20.1	1.6	36.5	35.0	1.5
	日本公司	13.2	11.1	2.1	25.8	22.4	3.4	33.8	32.4	1.4
	青岛软控	15.3	14.7	0.6	18.4	15.4	3.0	30.3	27.1	3.2
4号胎	美国公司	20.1	17.8	2.3	10.1	7.1	3.0	24.7	22.6	2.1
	日本公司	15.7	14.9	0.8	10.6	9.1	1.5	20.8	19.8	0.9
	青岛软控	15.5	13.4	2.1	7.1	2.4	4.7	19.4	15.9	3.5
5号胎	美国公司	29.3	25.7	3.6	35.3	33.1	2.2	59.3	57.5	1.8
	日本公司	19.5	16.2	3.3	43.8	42.1	1.7	56.6	55.6	1
	青岛软控	21.2	20.1	1.1	32.5	30.2	2.4	47.9	45.6	2.3

5 结 论

1. 力分解的多样性。

由于存在力分解的多样性,静不平衡量分解到轮胎上、下平面时可以表现为不同的大小和角度,同理,表现为不同大小、角度的上、下不平衡量可以合成为相同的静不平衡量。上、下不平衡量对每一个轮胎来说是一个相对的参数,在不同的轮胎动平衡试验机上可以不同,所以不同厂家的动平衡试验机测量得到的上、下不平衡量可以存在不一致的现象,这是由于不同厂家采用不同的测量手段或建立不同的数学模型所造成的。

2. 静不平衡量的一致性。

该静不平衡量的测试精度和角度是组装和校正车轮的重要依据。静不平衡量是直接造成轮胎

是本身所固有的,是质量分布不均匀的结果,这个量不论用哪个厂家的设备测量,其数值应是一致的。见表 1 的静不平衡量一栏,各厂家测得的结果是一致的。按照设备本身的测试精度要求,5 次测得结果应满足:

最大值 Max - 最小值 Min ≤ 5g

从表 2 中 5 个轮胎测得的数据差值一栏可以看出,青岛软控、日本公司的设备测得的结果满足上述要求,而美国公司的设备因使用年限较长,测得的结果只有三处偏大一些。

失衡现象的原因之一,它的值才能真实反映轮胎的动平衡性能。上、下不平衡量的计算是为求得静、偶不平衡量服务的,上、下不平衡量的计算是得到静、偶不平衡量的一个步骤,其值本身不能直接体现轮胎的不平衡性。但由上、下不平衡量计算而来的静不平衡量的测量结果对每一个轮胎是固定的,在对设备的可信程度的比较中,应当以静不平衡量参数作为比较的关键因素。各个厂家的动平衡试验机对同一条轮胎的测量结果中,静不平衡量应当保持一致,即具有一致性。

3. 测量结果是一致的。

通过对三个厂家轮胎动平衡试验机测量数据的比较及以上分析,日本公司、美国公司、青岛软控的测量结果是一致的。