

载重轮胎不圆度的实验室简单检测

陈振艺

(双钱集团股份有限公司 轮胎研究所, 上海 200245)

摘要:介绍在轮胎噪声转鼓实验室内对载重轮胎不圆度进行精确检测的一种简单方法。使用轮胎噪声和振动性能测试用激光距离传感器和数据采集分析系统,通过控制轮胎旋转速度和数据采样率,以及后期的试验数据处理,能够有效解决轮胎花纹沟和流失胶等因素对试验数据的影响,得到精确的轮胎径向和侧向跳动数据。

关键词:轮胎;不圆度;激光距离传感器

中图分类号:TQ336.1;U463.341+.3 **文献标志码:**B **文章编号:**1006-8171(2013)07-0436-03

不圆度是轮胎(特别是载重轮胎)的重要检测指标之一。橡胶性能和轮胎加工工艺的限制造成轮胎外缘尺寸的不均匀,外缘尺寸较大的载重轮胎更为突出。轮胎外缘尺寸均匀性差会影响车辆的驾驶性能,降低乘坐舒适性,并使轮胎表面磨损不均匀,从而缩短轮胎的使用寿命。此外,不圆度数值大的轮胎往往噪声也会增大。

目前,许多轮胎企业将载重轮胎不圆度列为必测指标之一。但是工厂的不圆度在线检测设备受检测速度或设备性能的限制,检测结果的准确性和重复性不够理想。

本工作利用轮胎噪声和振动性能测试仪器,在轮胎噪声转鼓实验室内对载重轮胎主要不圆度指标(径向跳动和侧向跳动)进行检测。

1 检测方法

本方法为基于测距原理的非接触式检测,将数个激光距离传感器固定在专用支架上,分别对准胎冠、胎肩和胎侧等检测部位。在不施加负荷的情况下缓慢转动轮胎,记录轮胎旋转过程中各个激光距离传感器所测到的距离数值,并绘制成曲线,便可直观地看到轮胎不同部位的尺寸不均匀情况,相应曲线的最大值与最小值之差就是径向跳动或侧向跳动的数值。

轮胎不圆度检测一般安排在噪声测试之前,

作者简介:陈振艺(1961—),男,上海人,双钱集团股份有限公司教授级高级工程师,主要从事轮胎结构设计和计算机辅助设计软件开发工作。

此时轮胎已经按照要求充气停放并且安装到转鼓试验机上。激光距离传感器与轮胎表面的距离没有特别要求,只要在激光距离传感器的测量范围内即可,建议不同部位的激光距离传感器位于同一个轮胎断面上,与轮胎表面的距离调整得不一樣,这样在同一坐标下的几条曲线不会重合。轮胎转动速度缓慢可以提高检测精度,不过太小的转动速度有时会使轮胎表面的气孔流失胶或飞(废)边等凸起物显示尺寸较大,不利于试验数据的后续处理。轮胎的转动有两种方法,一种是启动转鼓试验机,用很小的速度(小于 $1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$)和很小的负荷(10~50 kg)带动轮胎缓慢转动,这种方法操作简便,轮胎旋转速度均匀,得到的尺寸不均匀曲线比例不失调,而且劳动强度低。但有的转鼓试验机低速时速度均匀性不好,或者负荷低时负荷控制性能不稳定,特别是轮胎径向跳动较大时负荷更不易控制,此时得到的尺寸不均匀曲线比例会有所失调,但对径向跳动或侧向跳动的数值没有影响。另一种方法是手工转动轮胎,轮胎旋转速度可以小于 $0.1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,最大的缺点是轮胎旋转速度的均匀性不容易控制。

2 检测仪器

本试验使用的激光距离传感器型号为 OADM 12U6460/S35A,瑞士 Baumer Electric AG 公司产品,距离检测范围为 16~120 mm,输出电压信号范围为 0~10 V,距离检测范围小于 25 mm 时检测精度优于 0.02 mm,对轮胎不圆度

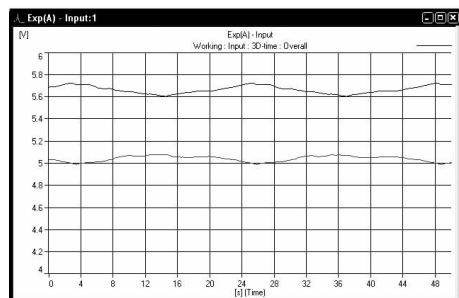
检测来说非常理想。激光距离传感器输出的信号用丹麦 BK 公司的 PULSE 系统采集并显示, PULSE 系统同时也是轮胎噪声试验数据的采集系统。固定激光距离传感器的专用支架自行制作, 结构非常简单, 由底座(铁板之类)以及若干不锈钢的圆杆、圆管和薄片等, 通过简单的焊接和螺丝固定组成, 能够灵活调节激光距离传感器的位置。如果有条件可以将支架固定在转鼓试验机的基座上, 通过简单的移动或者翻转就能使用。

自行设计制作一套轮胎不圆度激光检测系统也不是很困难, 检测方法就是广泛应用于工业在线检测领域的激光三角法检测方法, 这是一种非接触式检测方式, 目前广泛应用于轮胎生产过程和成品检验^[1-2]。也有文献^[3]详细介绍了非接触式轮胎不圆度检测方法, 包括仪器设备和数据处理等。当然, 作为噪声试验前的不圆度检测系统不需要那么复杂, 只需要采购现成的激光距离传感器和数据采集卡, 将激光距离传感器通过数据采集卡与计算机相连, 利用数据采集卡自带的软件或者开发函数自行编写数据采集和显示程序即可。

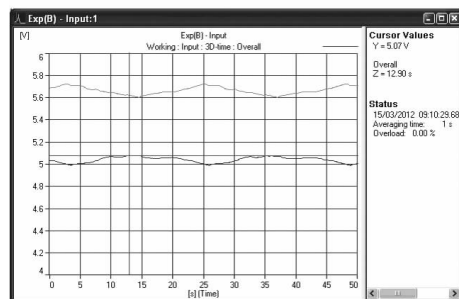
3 检测结果

PULSE 系统同时记录并显示的 2 个激光距离传感器输出的距离信号曲线如图 1(a)所示, 其中上面一条颜色稍深的曲线是当前活动曲线。曲线的上下位置与激光距离传感器到轮胎表面的距离有关。在 PULSE 系统中可以同时用多个窗口分别显示同一条曲线, 也可以用一个窗口同时显示多条曲线。图中横坐标是时间(单位 s), 纵坐标为电压(单位 V), 横坐标和纵坐标的显示范围可以根据需要随时调节。从图 1 可以看出, 整个曲线包含了两个以上的轮胎旋转周期, 数据的重复性很好。

如果要求出径向或者侧向跳动数值, 只需要求出相对应曲线的最大值和最小值。将鼠标移动到当前活动曲线的最大值处按下鼠标左键, 即可在窗口的右面读出曲线的最大数值[如图 1(b)所示]。用同样方法可读出曲线的最小数值, 两者相减, 再乘以激光距离传感器每单位电压对应的距离范围系数(本测试为 $10.4 \text{ mm} \cdot \text{V}^{-1}$), 就可得到激光距离传感器照射部位的跳动数值。



(a) 距离信号曲线



(b) 读取曲线最大值

图 1 PULSE 系统输出激光距离传感器信号界面

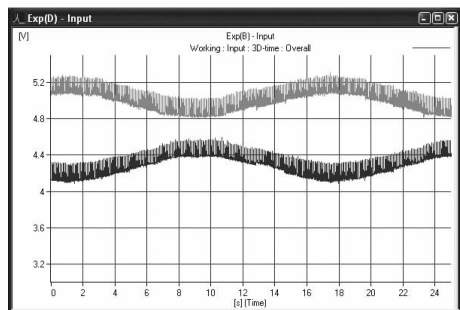
如果是自行开发制作的不圆度检测系统, 也可以通过编程的方法达到同样的效果, 通过编程开发专用软件显示检测结果, 可上网查找类似的代码。另外也可以用编程的方法通过读取试验数据得到曲线的最大值和最小值, 直接计算出跳动数值。

4 数据处理

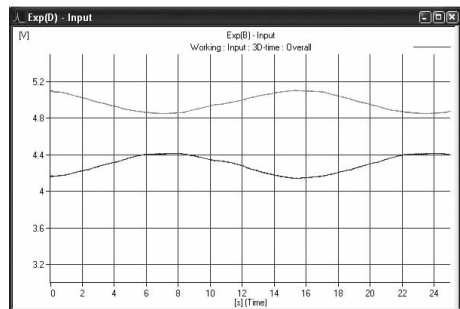
在轮胎不圆度的检测过程中往往会遇到两个问题: 一个是轮胎胎冠或胎侧有花纹沟, 检测数据曲线往往不是平滑的, 如图 2(a)所示; 另一个是轮胎表面的气孔流失胶或者飞(废)边等使得曲线出现毛刺, 花纹沟底的形状和激光距离传感器本身的输出以及数据采集仪器本身的背景噪声也有可能让曲线产生毛刺。

要解决上述问题, 可以从三个方面着手。一是适当移动激光距离传感器的位置, 尽量选择花纹沟宽度比较窄的地方, 同时尽量避开气孔流失胶或者飞(废)边, 并多检测几个周期, 选择毛刺影响较小的曲线区间。二是控制轮胎的转速, 或者调节数据采集的采样率, 直接去除花纹和毛刺。三是对检测数据进行后续处理, 用计算的方法过滤掉花纹和毛刺。图 2(b)所示为保持轮胎的转速并降低数据采样率所得到的曲线, 两组曲线整

体形状基本一致,而花纹沟和毛刺问题得到解决。当然这个方法有局限性,从理论上讲轮胎的转速小以及提高数据采样率可以得到比较精确的结果,但可能增大毛刺的尺寸和数量,而加快轮胎的转速或者降低数据采样率可能使得检测结果的精确度受到影响。因此当这个方法不能完全解决问题,或者影响检测精度时,就需要对检测数据进行后续处理。



(a) 调整前



(b) 调整后

图2 轮胎转速和采样率调整前后输出数据曲线对比

数字滤波能够去除曲线的花纹和毛刺等^[3-5]。去除花纹和毛刺所用的滤波算法不同,比较而言,去除毛刺的计算方法更简单一些。也可以直接对曲线数据进行多项式拟合(如图3所示),再根据拟合曲线自动计算出曲线的最大值和最小值。多项式的次数可以根据不同检测曲线的实际情况进行调整,可以简单地编写程序,能够方便地改变多项式的次数,并进行自动计算处理,拟合出理想的曲线。这类程序代码可在网上查到。

如果由气孔流失胶或飞(废)边等引起的毛刺较多,或者幅度较大时,直接进行多项式曲线拟合可能会产生不必要的误差,这时还是需要用滤波的方法先去除毛刺。

仔细分析图3(a)可以发现,该轮胎胎冠和花纹沟底的变化不一致,也就是变化幅度(最大值与

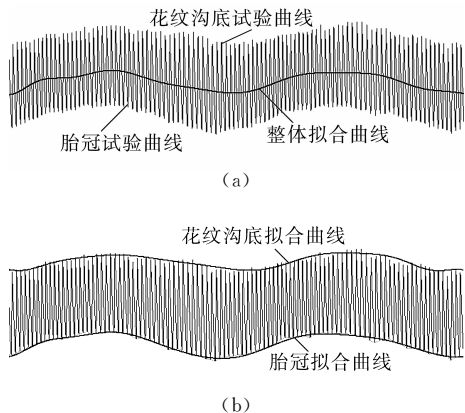


图3 拟合方法处理数据曲线示意

最小值的数值之差)不一样,变化的步调(最大值与最小值出现的位置)也不一致。这时可以分别求出胎冠和花纹沟底检测数据的包络线,再分别对两根包络线进行多项式曲线拟合,就能分别得到胎冠和花纹沟底的变化曲线以及其最大和最小值,如图3(b)所示。

5 结语

利用轮胎噪声和振动性能测试用激光距离传感器和数据采集分析系统,在载重轮胎噪声试验的前后,对其不圆度(径向跳动和侧向跳动数值)进行精确的检测,方法简单,效果良好,对分析不圆度数值与轮胎之间噪声差异的关系起到了重要的作用。通过调整轮胎旋转速度和控制数据采样率以及试验数据的后续分析处理,能够有效解决轮胎胎冠和胎侧表面花纹沟以及流失胶等对检测数据的影响,通过对轮胎胎冠和花纹沟底检测数据的包络线进行多项式曲线拟合,能够分别得到轮胎胎冠和花纹沟底的尺寸变化数值。

参考文献:

- [1] 姜少杰. 激光技术在轮胎生产及成品检验中的应用[J]. 振动、测试与诊断, 2004, 24(增刊): 150-153.
- [2] 滕国兴. 激光传感器在轮胎工业中的应用[J]. 橡塑技术与装备, 2005, 31(5): 18-21.
- [3] 方磊. 非接触式轮胎不圆度检测技术研究[D]. 天津: 天津大学, 2009.
- [4] 杭柏林, 刘鑫. 激光传感器在轮胎偏心度测量中的应用[J]. 轮胎工业, 2010, 30(3): 177-179.
- [5] 张彦军, 陈振喜, 李华光, 等. 基于测距原理的轮胎外形轮廓检测系统[J]. 青岛科技大学学报(自然科学版), 2009, 30(6): 545-549.