

[研究·设计]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2014.04.010

轮毂轴承预紧力对其固有频率影响的试验

曹启鹏¹, 翁泽宇¹, 陈松海², 黄德杰², 沈苏艺¹, 翁 焕³

(1. 浙江工业大学 机械工程学院, 浙江 杭州 310014; 2. 浙江万向精工有限公司, 浙江 杭州 311202;
3. 北京航空航天大学 机械工程及自动化学院, 北京 100191)

摘 要:轮毂轴承的预紧力会影响其工作性能和工作寿命,为了研究其作用机理,开展轮毂轴承预紧力对其固有频率影响的研究显得尤为重要。针对某型号轿车轮毂轴承,搭建了轮毂轴承的正弦扫频激振试验系统,对不同预紧力的轮毂轴承进行试验,得出结论:轮毂轴承的预紧力对其前3阶固有频率没有影响,第4阶固有频率随着预紧力增大逐渐增大,且增大趋势随着预紧力增大逐渐变缓。

关 键 词:轮毂轴承,预紧力,固有频率,动态试验

中图分类号:U463.343

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2014)04-0039-04

Experimental Research about Effect of Wheel Hub Bearing Preloads on the Natural Frequency

CAO Qipeng¹, WENG Zeyu¹, CHEN Songhai², HUANG Dejie², SHEN Suyi¹, WENG Huan³

(1. College of Mechanical Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China;

2. Zhejiang Wanxiang Precision Industry Co., Ltd., Hangzhou 311202, China;

3. School of Mechanical Engineering and Automation, Beihang University, Beijing 100191, China)

Abstract: The preloads of wheel hub bearing affects its working performance and service life. In order to study the action mechanism, the study on the effect of wheel hub bearing preloads on the natural frequency is particularly important. Aiming at a certain type wheel hub bearing, the wheel bearing swept sine vibration test system was built, and the conclusion was got after testing different preload of wheel hub bearing. The conclusion shows that the first three natural frequency of wheel hub bearing does not change while the fourth natural frequency gradually increases with the preload increase, but the increasing trend gradually slows with the preload increase.

Key words: wheel hub bearing; preloads; natural frequency; dynamic test

轮毂轴承是汽车车轴处用来承重和为轮毂转动提供精确引导的零部件,既承受轴向载荷又承受径向载荷,是汽车承载和转动的重要组成部分^[1]。轮毂轴承作为汽车中最为关键零部件之一,一直受到国内外有关学者和工程技术人员的重视,其性能好坏直接影响到车辆的行驶安全及舒适性。轮毂轴承的预紧力不同,会反映到其固有频率的不同,影响到轮毂轴承使用寿命、振动噪声及旋转精度^[2-3]。

本文的研究对象是某型号的第三代轿车轮毂轴承。目前第三代轮毂轴承单元越来越广泛地应用到轿车上,与前两代的一个重要区别是:第三代轮毂轴承安

装到车上之前普遍进行预紧。该预紧力的大小将影响到其工作性能和使用寿命^[4-5]。当预紧力过小时,轮毂轴承在受载状态下容易松旷而形成振动;当预紧力过大时,会造成滚道的接触应力过大而产生早期疲劳,这2种状态对轴承的寿命和性能均不利^[6]。

国外已有学者应用试验的方法对通用轴承的预紧力与固有频率的关系开展研究:日本的山田仁、Hisakazu Tadokoro等^[7-8]对带芯轴的轴承内圈进行激振,通过传感器检测轴承内外圈的振动,经信号的分析处理得到轴承的固有频率,并研究轴承系统的传递函数;美国俄亥俄州立大学的 Avdin Gunduz等^[9]对双列

收稿日期:2013-11-23;修回日期:2013-12-31

作者简介:曹启鹏(1989),男,浙江瑞安人,硕士研究生,主要研究方向为机械振动。E-mail:781557138@qq.com

角接触球轴承建立五自由度模型,通过改变模型的预紧力以计算出不同的固有频率,然后设计实验加载装置,通过加载装置对轴承进行轴向和径向的加载,再通过力锤对轴承装置的多个点进行激振,得到轴承的固有频率,然后比较不同预紧力对轴承固有频率的影响。迄今为止,国内外学者对通用轴承预紧力与固有频率的关系已经开展了一些研究,但对轮毂轴承预紧力与其固有频率关系的研究,尚未见报道。

1 试验系统

轮毂轴承动态试验系统主要由试验对象、试验装置、激振系统、数据采集测量系统、数据分析处理系统组成。数据分析处理系统通过控制激振系统对试验对象进行激振,数据采集测量系统对试验对象和试验装置的输入信号和输出信号进行测量,将测得的信号再送数据分析处理系统加以处理,从而得到轮毂轴承的频率响应函数,试验系统框图如图1所示。

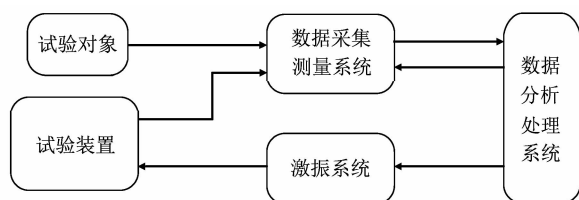


图1 试验系统框图

Figure 1 Test system block diagram

1.1 激振系统

激振系统是机械结构动态特性测试中的重要环节,直接关系到结构效率的测试精度。激振系统的作用是产生符合要求的激振力对被测试结构进行激振。激振系统一般由信号发生器、功率放大器及激振器3个部分组成。信号发生器产生一定大小、形式的电流信号,经功率放大器对电流信号进行放大,放大的电流信号驱动激振器以产生所需的激振力。

激振方法按照激振装置的不同,分为激振器法、锤击法和工作激振法3种方法^[10]。激振器法通过扫频、随机等激振方式可以准确、可靠地得到结构的动态特性,受到人为因素影响小,是比较可靠和准确的动态试验方法;锤击法适用于小结构动态试验,简单方便,但受人为因素影响较大;工作激振不需要外界的激振力,通过机构运行中产生的冲击力或振动力作为动态试验的激振力。

为了得到较准确的轮毂轴承动态试验数据,轮毂轴承动态性能测试采用美国MB公司的MODAL 110型激振器(其最高激振频率为5 000 Hz),以及该公司

的MB500VI型功率放大器。

1.2 数据采集测量系统

数据采集测量系统的主要功用是测试及采集试验中的激振力和振动响应。一般在动态试验中,被测系统的输入(即激振力的大小)用力传感器进行测量;而被测系统的输出(如加速度、速度、位移等)用运动传感器进行测量。

轮毂轴承动态性能测试的数据采集测量系统采用美国PCB公司的201B03型的力传感器以及356A02型单向加速度传感器。

1.3 数据分析处理系统

数据分析处理系统的主要任务是分析处理由传感器得到的信号,进而获得频率响应函数。目前动态试验比较常用的仪器是以快速傅里叶变换(FFT)技术为核心的数字信号分析仪,数据采集处理系统集成了数据采集、处理、频响函数分析等功能。

轮毂轴承动态性能测试的数据分析处理系统采用美国Spectral Dynamic公司的Siglab20—42型动态信号分析仪。

1.4 试验装置的设计

为了使激振系统与试验对象(轮毂轴承)相连接,需要设计一个固定轮毂轴承的试验台架,通过轮毂轴承的5个螺纹孔将其固定在台架上,台架与轮毂轴承相连接部分的尺寸与轮毂轴承的尺寸相匹配,另外台架需要足够大的刚度以免与轮毂轴承的动态特性相干扰。图2为轮毂轴承试验台架及其安装图,该试验装置主要由激振器、台架、带芯轴的轮毂轴承等组成。轮毂轴承固定在台架上,激振器产生的激振力通过激振杆传递到带有芯轴的轮毂轴承上。

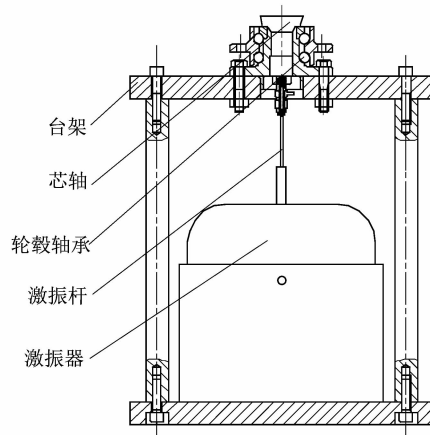


图2 轮毂轴承试验台架及其安装图

Figure 2 Wheel hub bearing test rig and its installation diagram

2 轮毂轴承预紧力对其固有频率影响的试验

2.1 试验用轮毂轴承

轮毂轴承试验样品有6件,均由某专业厂商提供,其参数如表1所示。轮毂轴承的预紧力均是通过测卸载力的方法测得(即将卸载力的值作为预紧力的值),有4种不同大小预紧力的轮毂轴承。其中,3号、4号和5号轮毂轴承的预紧力相同,其区别在于这3件轮毂轴承的钢球直径尺寸有所不同,其对应的尺寸分别为12.7,(12.7-0.004),(12.7-0.006)mm。

表1 不同预紧力的轮毂轴承样品参数

Table 1 Sample parameters of different wheel hub bearing preload

试验编号	轮毂轴承	预紧力/N
1	大预紧力(卸载力方法测得)	7 000
2	中预紧力(卸载力方法测得)	1 900
3	小预紧力-钢球规值	800
4	小预紧力-钢球规值	800
5	小预紧力-钢球规值	800
6	无预紧力	0

2.2 轮毂轴承预紧力对其固有频率影响的试验

轮毂轴承动态试验现场如图3所示。图4是预紧力为7 000 N的1号轮毂轴承进行正弦扫频激励试验,得到的相干函数和频率响应函数曲线。

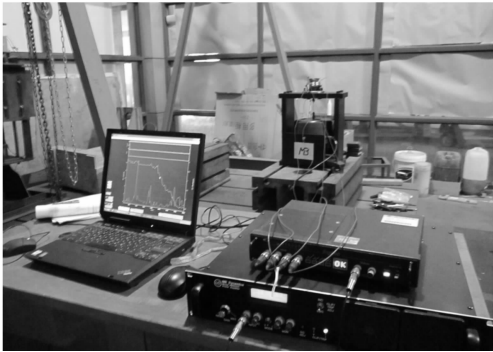


图3 轿车轮毂轴承动态试验

Figure 3 Wheel hub bearings dynamic test

由图4可知,在0~4 500 Hz频率范围内,其相干函数曲线(Coh)接近于1,故试验所得的频率响应函数曲线有比较高的可信度。将试验所得频率响应曲线峰值对应的频率近似为轮毂轴承的各阶固有频率。在图5中,比较明显的峰值频率分别为:420,930,3 210和3 630 Hz,对应于试验轮毂轴承的第1阶、第2阶、第3阶和第4阶固有频率。

对6个轮毂轴承进行动态试验,所得的4阶比较明显峰的固有频率值如表2所示。

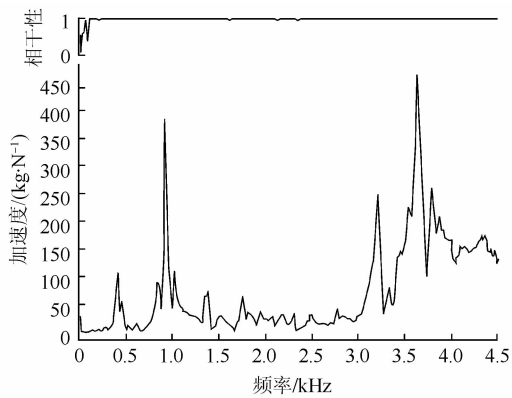


图4 动态试验所得的相干函数和频率响应函数曲线

Figure 4 Resulting of coherence function and frequency response function curve from dynamic test

表2 6个轮毂轴承的固有频率值

Table 1 Natural frequency value of 6 wheel hub bearings

试验编号	1~4阶固有频率值/Hz			
	1	2	3	4
1	420	930	3 210	3 630
2	420	930	3 210	3 600
3	420	930	3 210	3 570
4	420	930	3 210	3 570
5	420	930	3 210	3 570
6	420	930	3 210	3 480

轮毂轴承的预紧力对4阶固有频率的影响见图5。由图5可知,轮毂轴承的预紧力对前3阶固有频率不产生影响,对第4阶固有频率的影响是:随着预紧力增大,该阶固有频率逐渐增大,但增大趋势随着预紧力增大逐渐变缓。

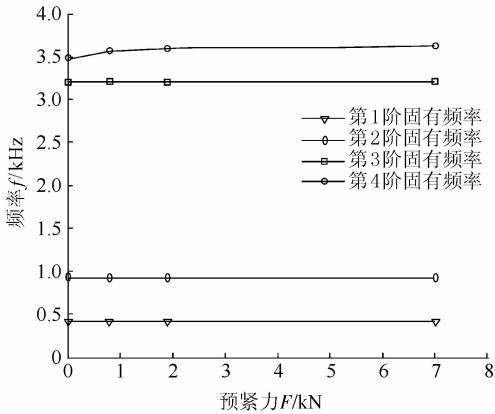


图5 轮毂轴承预紧力与其各阶固有频率的关系
Figure 5 Relationship between wheel hub bearing preload and its natural frequency

(下转第46页)