

基于 ADAMS 的轮毂轴承噪音寿命的分析

雷良育^{1,2}, 胡永伟¹, 刘国辉¹, 荆家宝¹

(1. 浙江农林大学 工程学院, 浙江 杭州 311300; 2. 浙江兆丰机电股份有限公司, 浙江 杭州 311200)

摘要:随着轮毂轴承技术的进步,尤其是轴承钢和加工技术的成熟,轮毂轴承的疲劳寿命和强度寿命已经不再是局限轮毂轴承寿命的瓶颈。为了检测轮毂轴承的寿命周期,各国轴承协会和各大轮毂轴承制造商提出轮毂轴承噪音寿命的概念。由于每一款轮毂轴承的额定噪音与失效噪音均不同,利用 ADAMS 分析平台对重卡轮毂轴承 HZF1558、一代轮毂轴承 428236-BB、二代轮毂轴承 HZF430-BR-2B、三代轮毂轴承 HZF488B-3T 等 4 款轮毂轴承的正常振动噪音和失效振动噪音进行分析,并利用振动关系公式求出 4 款轮毂轴承的正常振动量化值与失效振动噪音量化值,从而为轮毂轴承的试验机与装配生产线的设计提供噪音寿命的参考标准。

关键词:轮毂轴承;噪音寿命;ADAMS;动力学分析

中图分类号:TH136 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2019)01-0012-07

轮毂轴承是全车的支撑点,是连接车轮和底盘的重要联接件,其质量好坏直接关系到全车运行的平稳性^[1]。各个轴承研究机构和轴承公司都将轮毂轴承设计当作其技术储备的重要内容之一。

近年来,随着轮毂轴承技术的进步,尤其是轴承钢和加工技术的成熟,轮毂轴承的疲劳寿命和强度寿命已经不再是局限轮毂轴承寿命的瓶颈^[2],于是各国轴承协会和各大轮毂轴承制造商提出轮毂轴承噪音寿命的概念,将轮毂轴承从正常的振动噪音至发出异常振动噪音的时间称为噪音寿命。利用轮毂轴承的噪音寿命概念,可将轮毂轴承的寿命判别条件由其疲劳损坏改为振动分贝达到一定值。

轮毂轴承的异常振动是预判轴承失效的重要因素之一^[3]。美国的轴承协会 ABMA 和中国的轴承工业协会 CBIA,在对我国轴承生产商采购轮毂轴承时,都要求各生产商出具振动试验报告和磨损振动数据报告。由此可以看出振动噪声对评判一款轮毂轴承的好坏和预判轮毂轴承失效的重要性。

1 ADAMS 在轮毂轴承动力学分析中的运用

轮毂轴承的正常振动噪音与轴承的结构、质量、载荷等因素有关^[2],每一款轮毂轴承的额定噪音与失效噪音均不同,因此不能利用另一款轮毂轴承的额定噪音去确定既定型号的轮毂轴承的额定噪音,同样也不能利用另一款轮毂轴承的失效噪音去判断既定轮毂轴承失效与否。所以有必要找到一种方便、有效的求取额定噪音与失效噪音的方法,为试验机设计和装配生产线的设计提供噪音寿命的参考标准。

ADAMS 软件是一款针对机械动力学的分析平台,特别是对机械振动的分析,有专门的后处理工具窗口^[4]。轮毂轴承是运动学中最具代表性的标准件之一,在各个研究机构和轴承生产商研制轮毂轴承过程中,ADAMS 动力学分析都是轮毂轴承设计必不可少的环节。

ADAMS 软件中有专门针对运动学分析的插件,如系统控制模块 Controls、振动模块 Vibration、耐久性模块 Durability、机电一体化模块 Mecha-

收稿日期:2018-10-07

基金项目:杭州市发改委国家高端软件及应用系统产业项目(2017-330109-34-03-001587-000)

作者简介:雷良育(1966—),男,湖北蕲春人,教授,博士,主要研究方向为机电检测与控制技术、车辆实验技术、轮毂轴承技术等教学和应用。

tronics,这些模块可以搭建各种仿真平台、设计各种仿真实验,实现对设计的轴承进行各种仿真数据的提取。

2 ADAMS 在轮毂轴承振动噪声分析中的运用

2.1 建立轮毂轴承仿真环境

以重卡轮毂轴承 HZF1558、一代轮毂轴承 428236-BB、二代轮毂轴承 HZF430-BR-2B、三代轮毂轴承 HZF488B-3T4 种型号的轮毂轴承为研

究对象,其四大件的材料和接触属性如表 1 所示,三维模型如图 1 所示。将 4 种型号的轮毂轴承的三维模型导入 ADAMS,建立仿真环境、设计试验参数、提取重心点到地面的振动加速度,得到图 2 所示的正常工况下的 4 种型号的轮毂轴承的振动加速度曲线。

将 4 种型号轮毂轴承四大件中的外圈、内圈、滚子进行裂纹破坏^[3],用同样的办法得到图 3 ~ 图 6 所示 4 种型号轮毂轴承在异常工况下的振动加速度曲线。

表 1 轮毂轴承四大件的材料和接触属性
Table 1 Materials and contact properties of the four major parts of the hub bearing

属性	外圈	滚动体	保持架	内圈
材料	GCr15	GCr15	强尼龙	GCr15
连接	旋转	接触	接触	固定
驱动/(r·min ⁻¹)	700 ~ 1000	从动	从动	固定
径向载荷/N		95550		
轴向载荷/N		28665		
重力加速度/(m·s ⁻²)		9.8		
接触刚度/(N·mm ⁻¹)	90000	90000	3800	90000
接触阻尼系数	50	50	0.68	50
穿透深度/mm	0.015	0.015	0.200	0.015
静摩擦系数	0.08	0.08	0.13	0.08
动摩擦系数	0.05	0.05	0.09	0.05
恢复系数	0.13	0.13	0.2	0.13

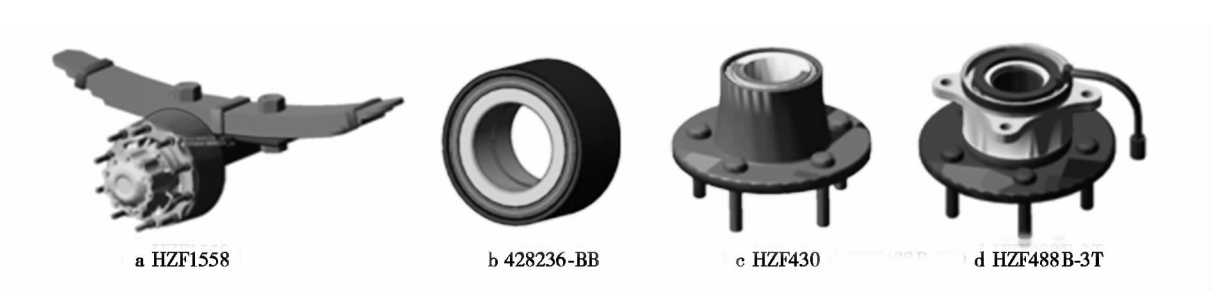
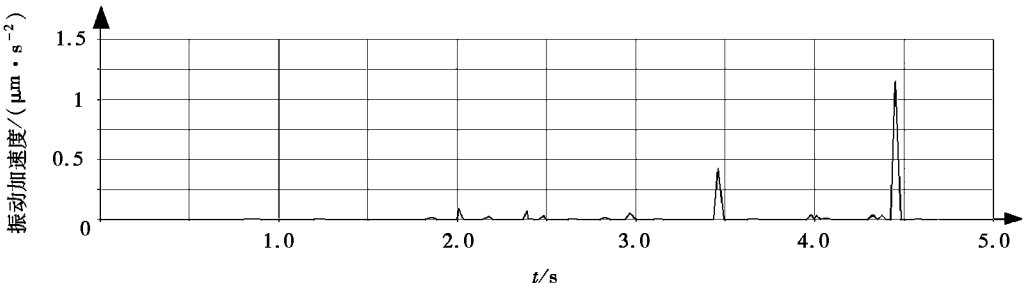
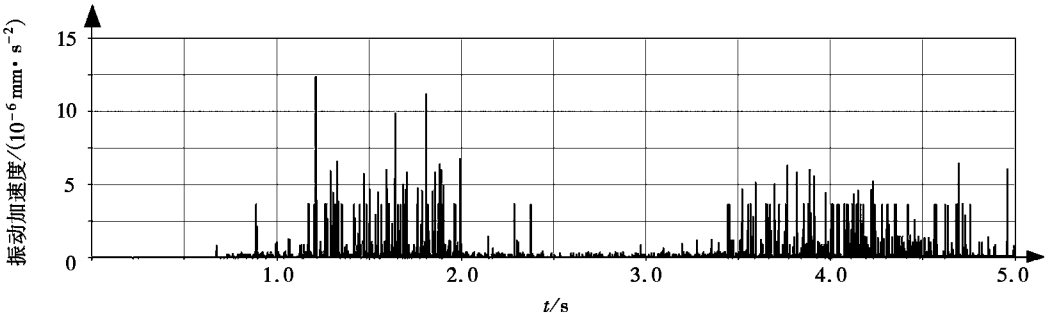


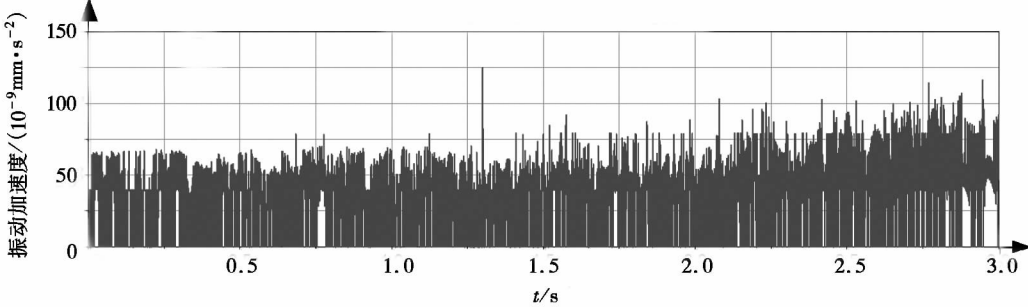
图 1 轮毂轴承三维模型图
Fig. 1 Three-dimensional model of wheel bearing



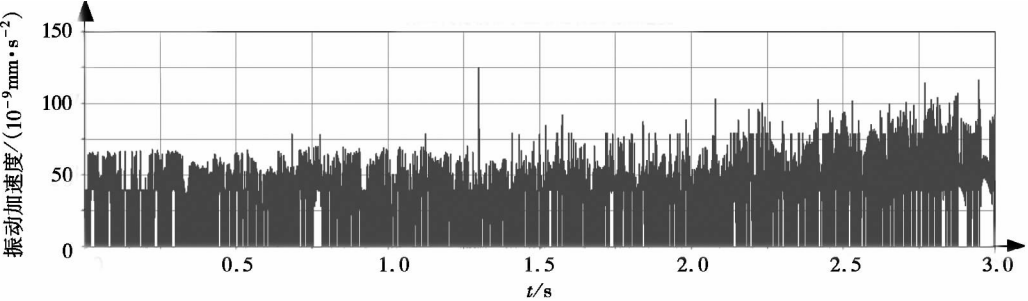
a 重卡零游隙



b 第一代轮毂轴承



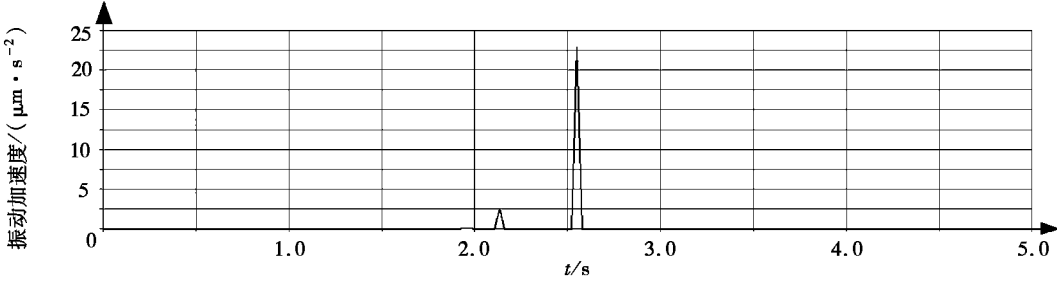
c 第二代轮毂轴承



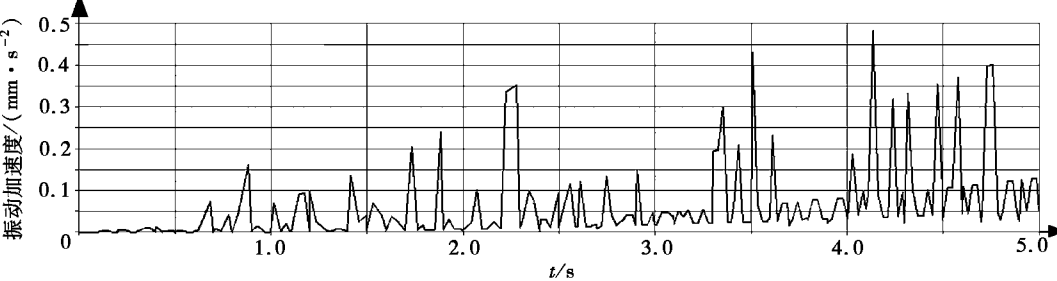
d 第三代轮毂轴承

图 2 正常工况下 4 种型号轮毂轴承的振动加速度曲线

Fig. 2 Vibration acceleration curves of four types of hub bearings under normal working conditions



a 外圈损坏零游隙



b 内圈损坏零游隙

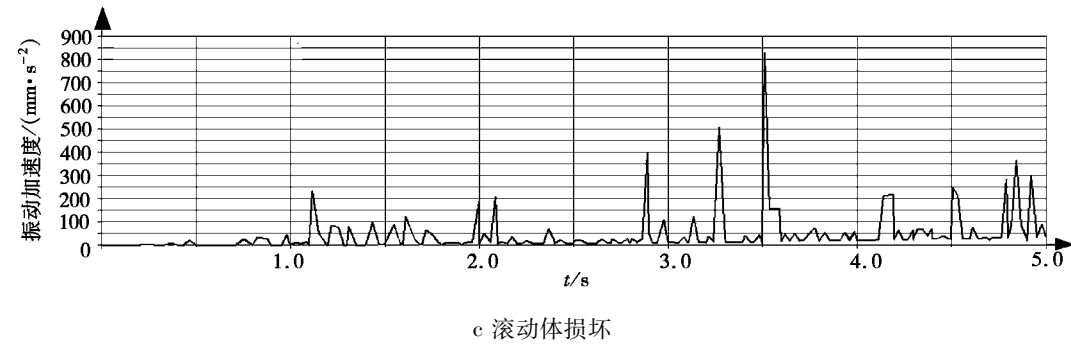


图 3 异常工况下重卡轮毂轴承 HZF1558 的振动加速度曲线

Fig.3 Vibration acceleration curve of outer ring, rolling element and inner ring of heavy truck wheel bearing HZF1558

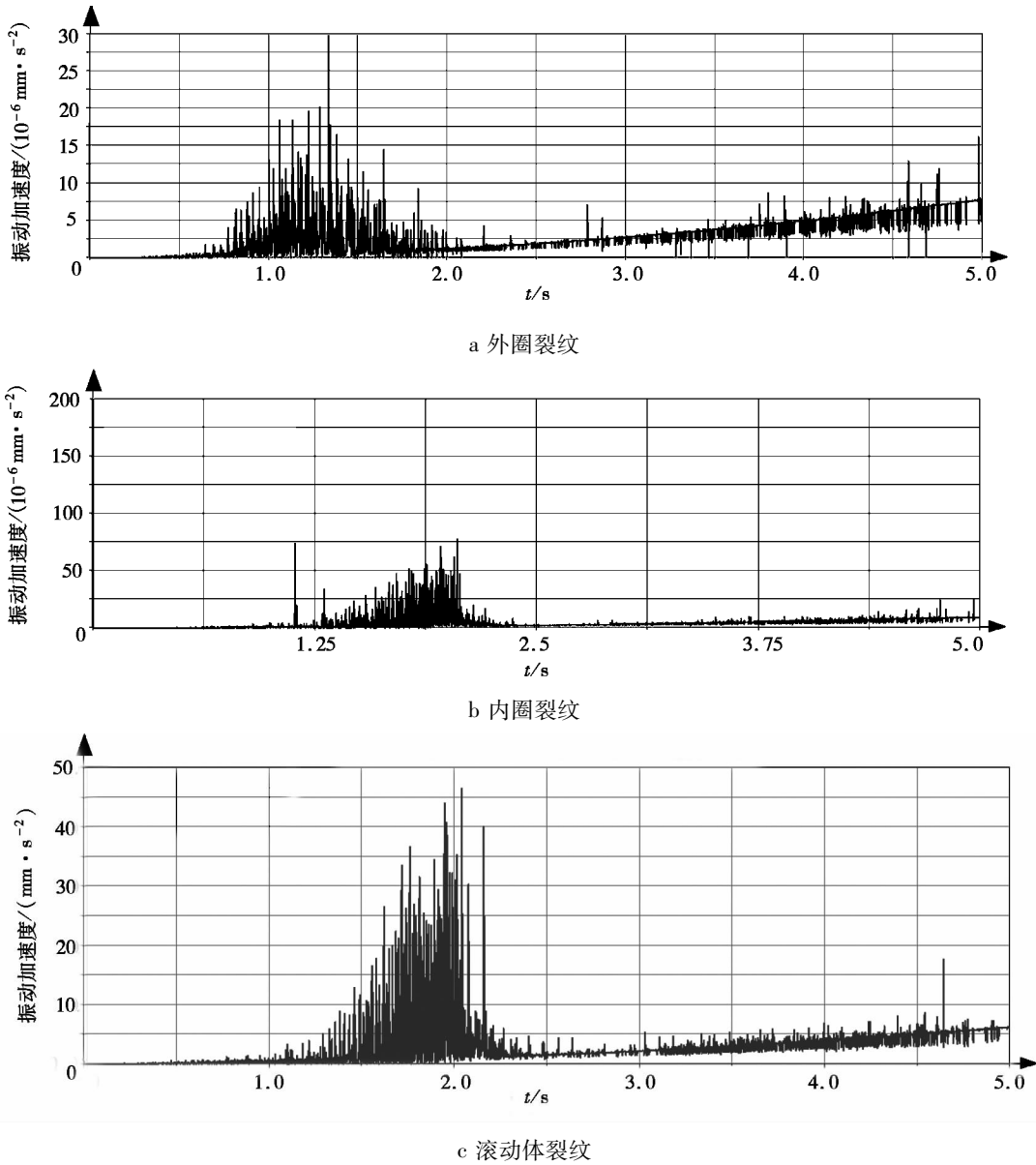
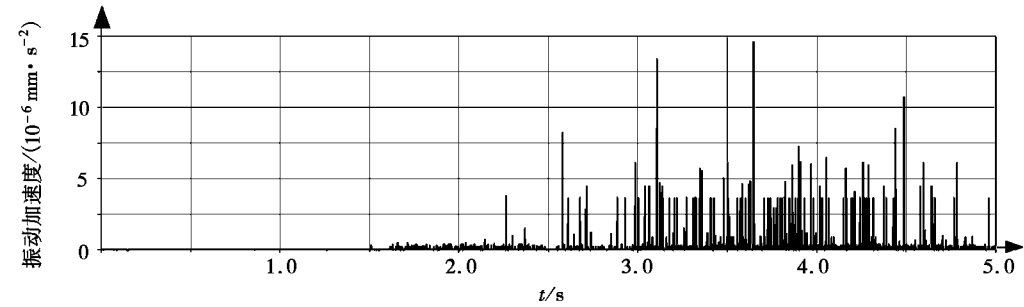
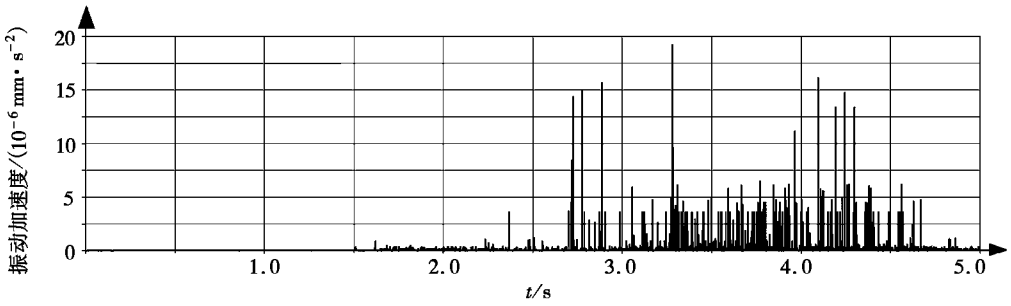


图 4 异常工况下一代轮毂轴承 428236-BB 的振动加速度曲线

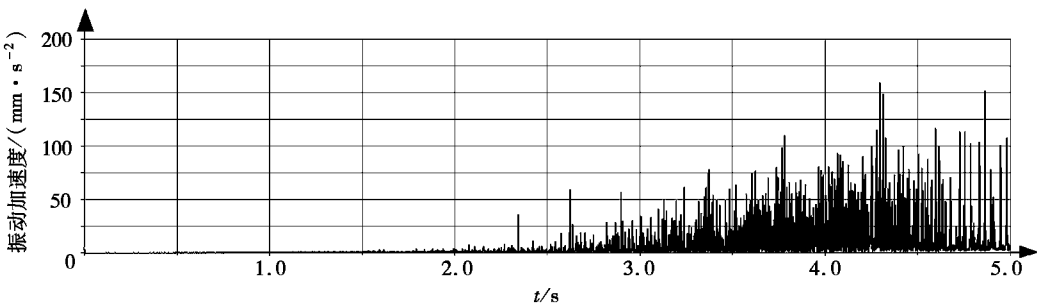
Fig.4 Vibration acceleration curve of the outer ring, rolling element and inner ring of the first generation of hub bearing 428236-BB



a 外圈裂纹

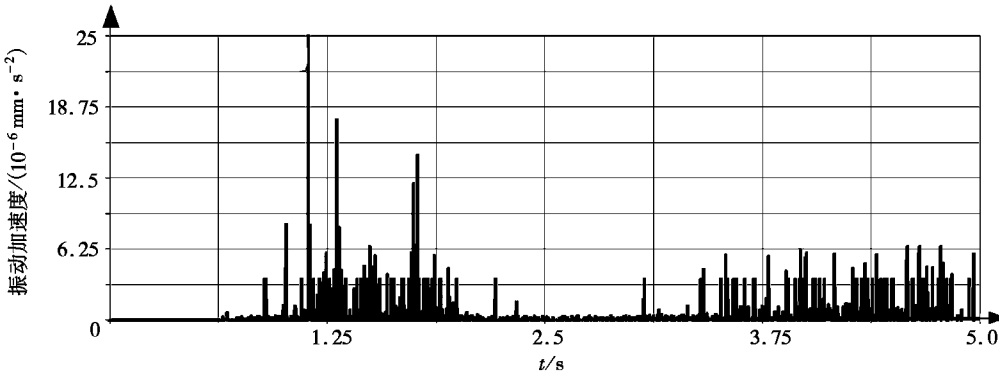


b 内圈裂纹



c 滚动体裂纹

图 5 异常工况下二代轮毅轴承 HZF430-BR-2B 的振动加速度曲线
Fig. 5 Second-generation wheel bearing HZF430-BR-2B outer ring, rolling element, inner ring damage vibration acceleration curve



a 外圈裂纹

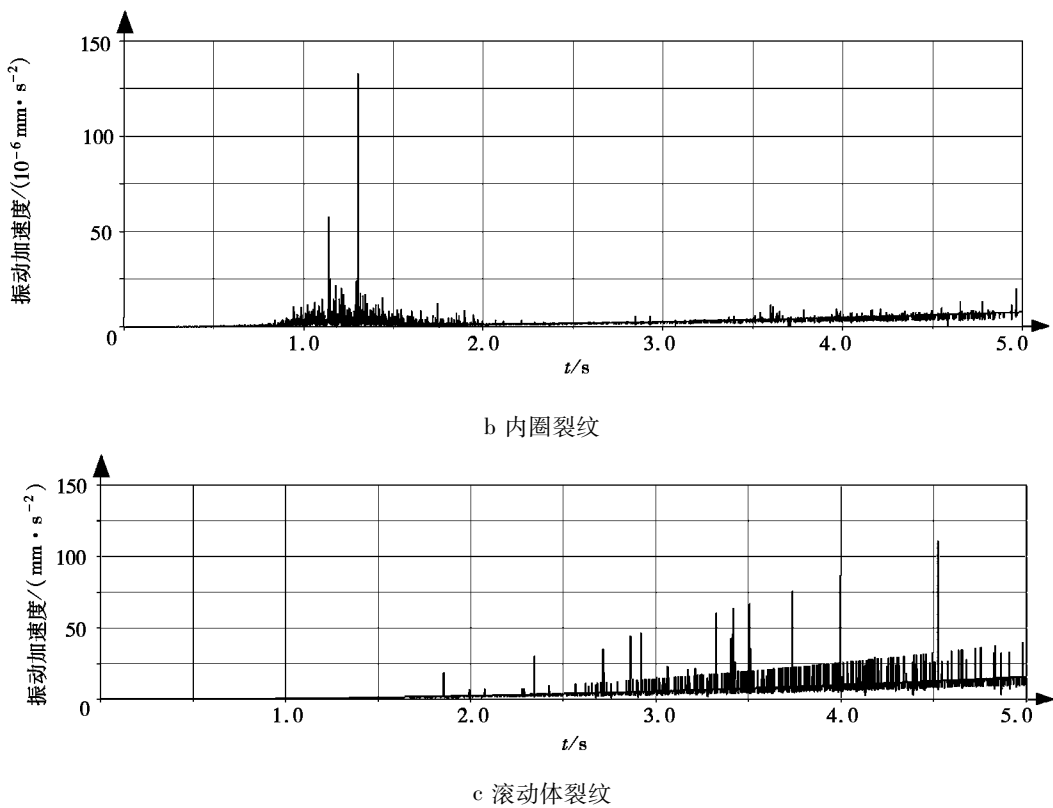


图 6 异常工况下三代轮毂轴承 HZF488B-3T 的振动加速度曲线

Fig.6 Three-generation wheel bearing HZF488B-3T outer ring, rolling element, inner ring damage vibration acceleration curve

2.2 对提取曲线进行振动噪声分析

利用公式(1)对 4 种型号轮毂轴承曲线进行振动分贝分析^[5],得到表 2 试验数据。由表 2 可以看出,外圈损坏、内圈损坏、滚动体损坏的轴承的振动噪音依次增大,且都远大于运行正常的轴承的噪音(1.5 倍以上)。

$$B = 20 \cdot \lg \frac{1 \times 10^6 \cdot A}{g} \tag{1}$$

式中: B 为振动噪音,db; A 为振动加速度曲线幅值的加权分均, mm/s^2 ; g 为重力加速度, mm/s^2 。

表 2 4 种型号轮毂轴承的振动噪音

Table 2 Vibration noise data of various states of HZF1558, 428236-BB, HZF430-BR-2B and HZF488B-3T wheel bearings db

轮毂轴承 状态	重卡振动	一代振动	二代振动	三代振动
正常运行	40.1	6.3	1.9	5.2
外圈损坏	68.8	9.7	3.7	8.13
内圈损坏	94.2	37.7	6.0	22.1
滚动体损坏	158.8	132.2	143.6	140.2

3 总结

利用 ADAMS 动力学仿真平台可以真实可靠地得到轮毂轴承正常运行的振动噪音分贝值和疲劳损坏后的振动噪音分贝值,每一款轮毂轴承异常振动分贝值均大于正常值的 150% 以上,其中重卡轴承的外圈损坏失效振动分贝值达到了 68.8,是正常值 40.1 的 172%;内圈损坏失效振动值达到 94.2,是正常值 40.1 的 235%;滚动体损坏失效振动值达到 158.8,是正常值 40.1 的 396%。显然,不同型号的轮毂轴承失效振动噪音分贝值与正常振动噪音分贝值的差异程度,与各轮毂轴承的结构、质量有关。因此,可以利用这种差异设置检测传感器的分贝值,且不同型号的轮毂轴承的正常振动噪音分贝值不同,要因型而定;失效振动噪音分贝值要设置为正常振动噪音分贝值的 1.5 倍。

参考文献:

[1] 王悦. 轮毂电机驱动电动汽车悬架系统振动控制方法研究[D]. 沈阳:沈阳工业大学,2018.
[2] 王飞. 缺陷轴承的噪音检测研究[D]. 太原:中北大学,2015.
[3] 尹迪江. 轿车轮毂轴承耐久性试验方法研究与系统设计[D]. 杭州:浙江工业大学,2009.
[4] 田春伟,马军星,王进,等. 基于 ADAMS 的钢丝绳建模方法研究[J]. 建筑机械化,2014(7):42-44.
[5] 孙溥泉. 用声级计作环境振动测量时直接读取分贝值的简便方法[J]. 噪声与振动控制,1983(5):31-33.

Analysis of Noise Life of Hub Bearings Based on ADAMS

LEI Liangyu^{1,2}, HU Yongwei¹, LIU Guohui¹, JING Jiabao¹

(1. School of Engineering, Zhejiang A&F University, Hangzhou Zhejiang 311300, China;
2. Zhejiang ZhaoFeng Mechanical and Electronic Co.,Ltd, Hangzhou Zhejiang 311300, China)

Abstract: With the development of hub bearing technology, especially the maturity of bearing steel and processing technology, the fatigue life and strength life of hub bearing are no longer the bottleneck of limiting the life of hub bearing. In order to detect the life cycle of hub bearings, the concept of noise life of hub bearings has been proposed by various bearing associations and major manufacturers of hub bearings. Because the rated noise and failure noise of each hub bearing are different, the normal and failure vibration noise of heavy truck hub bearing HZF1558, first generation hub bearing 428236-BB, second generation hub bearing HZF430-BR-2B and third generation hub bearing HZF488B-3T are analyzed by using ADAMS analysis platform. The vibration relationship formula is used to obtain the normal vibration quantification value and the failure vibration noise quantification value of the four wheel hub bearings, thus providing a reference standard for noise life for the design of the testing machine and the assembly line.

Keywords: hub bearing; noise life; ADAMS; dynamics analysis

(责任编辑:李华云)

启 事

本刊已入编《中国知网(CNKI)》《中文科技期刊数据库》“万方数据——数字化期刊群”等,作者著作权使用费在本刊稿酬中一并给付(另有约定者除外)。对此不同意者,请在来稿时说明。